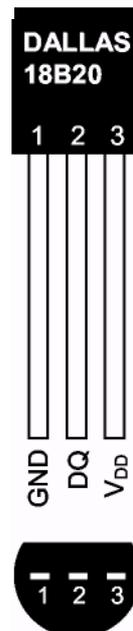


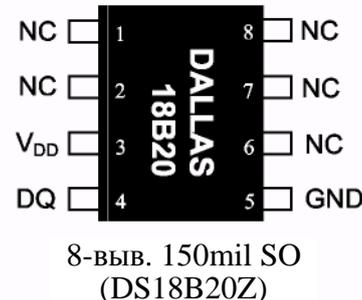
ОСОБЕННОСТИ

- Для интерфейса 1-Wire® требуется только один вывод порта для связи
- Каждое устройство имеет уникальный 64-разрядный серийный номер, хранящийся во встроенном ROM
- Возможность упрощенного распределения на одной шине множества датчиков температуры
- Не требуется внешних компонентов
- Может запитываться от линии данных. Диапазон напряжения питания – от 3.0V до 5.5V
- Диапазон измеряемой температуры – от -55°C до +125°C (от -67°F до +257°F)
- Точность измерения температуры в диапазоне от -10°C до +85°C – ±0.5°C
- Выбираемая пользователем разрешающая способность термометра – 9...12 разрядов
- Время преобразования температуры при 12-разрядном разрешении – 750ms (макс.)
- Определяемые пользователем энергонезависимые настройки сигнальных параметров
- Команда сигнального поиска идентифицирует и адресует устройства, температура которых находится вне заданных пределов (условие температурной сигнализации)
- Выпускаются в корпусах: 8-выв. SO (150mil), 8-выв. μSOP и 3-выв. TO-92
- Программная совместимость с DS1822
- Применяется в устройствах термостатического контроля, промышленных системах, потребительских изделиях, термометрах, или любых термочувствительных системах

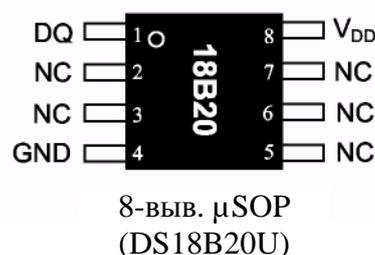
НАЗНАЧЕНИЕ ВЫВОДОВ



(ВИД СНИЗУ)
TO-92
(DS18B20)



8-выв. 150mil SO
(DS18B20Z)



8-выв. μSOP
(DS18B20U)

ОПИСАНИЕ ВЫВОДОВ

- GND - Земля
DQ - Данные (вход/выход)
V_{DD} - Напряжение питания
NC - Не подключен

ОПИСАНИЕ

Цифровой термометр DS18B20 обеспечивает измерение температуры в °C с 9...12-разрядным разрешением, и имеет сигнальную функцию с энергонезависимыми программируемыми пользователем верхним и нижним пределами триггера. DS18B20 подключается к шине 1-Wire, которая по определению требует только одной линии данных (и земли) для связи с центральным микропроцессором. Диапазон измеряемой температуры – от -55°C до +125°C с точностью ±0.5°C в интервале от -10°C до +85°C. Кроме того, DS18B20 может получать питание непосредственно от линии данных ("паразитное питание"), устраняя потребность во внешнем источнике питания.

Каждый DS18B20 имеет уникальный 64-разрядный серийный номер, который позволяет множеству DS18B20 работать на одной однопроводной шине. Таким образом, одним микропроцессором можно управлять многими DS18B20, распределенными на большой площади. DS18B20 могут быть полезными в системах экологического контроля, включая HVAC, системах контроля температуры внутри зданий, оборудовании или машин, и системах контроля.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ВЫВОДОВ Таблица 1

SO*	μSOP*	TO-92	СИМВОЛ	ОПИСАНИЕ
5	4	1	GND	Земля.
4	1	2	DQ	Ввод / вывод данных. Вывод интерфейса 1-Wire с открытым стоком. Также обеспечивает питание устройства при использовании в режиме паразитного питания (см. раздел "паразитное питание".)
3	8	3	V _{DD}	Дополнительный вывод V_{DD}. при работе в режиме паразитного питания должен быть заземлен.

* Все выводы, не указанные в этой таблице остаются не подключенными.

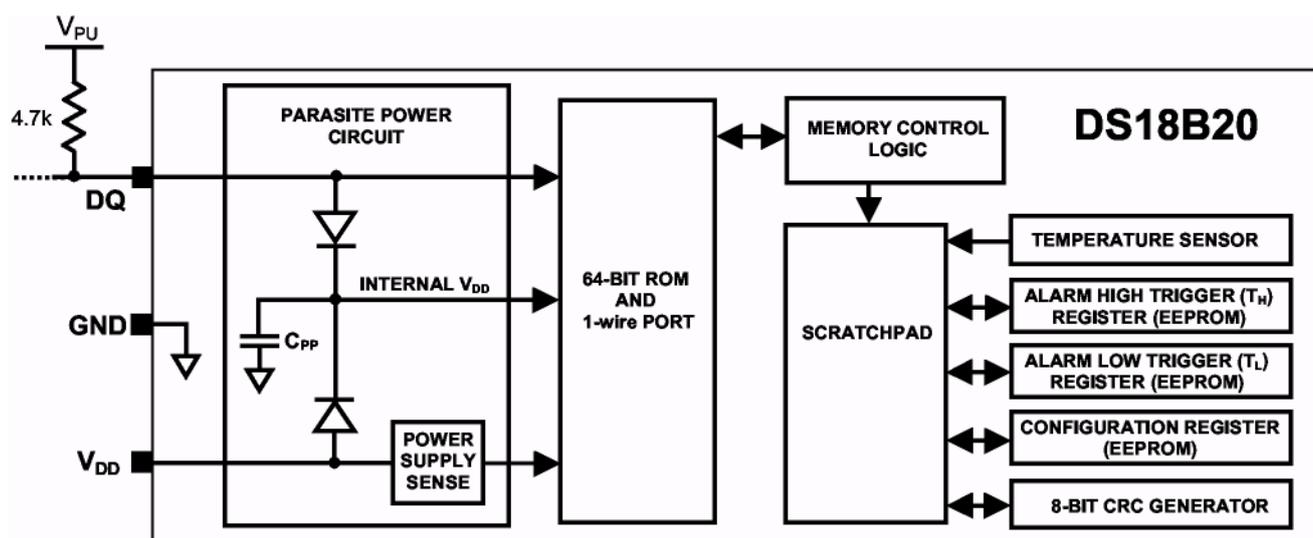
КРАТКИЙ ОБЗОР

На рис. 1 изображена блок-схема DS18B20, а описания выводов даны в таблице 1. В 64-разрядном ROM записан уникальный серийный номер устройства. В оперативной памяти содержится 2^x-байтный температурный регистр, в котором хранится цифровой результат температуры датчика. Кроме того, через оперативную память обеспечивается доступ к верхнему и нижнему 1-байтным триггерным сигнальным регистрам (T_H и T_L), и 1-байтному регистру конфигурации. Регистр конфигурации позволяет пользователю устанавливать разрешающую способность преобразования температуры – 9, 10, 11, или 12 бит. Регистры T_H, T_L и конфигурации энергонезависимы (EEPROM), поэтому, когда устройство выключено, данные в них сохраняются.

DS18B20 использует шинный протокол 1-Wire от Dallas для связи на шине с использованием одного сигнала управления. На линии управления требуется слабый подтягивающий резистор, так как все устройства связаны с шиной через порт с открытым стоком или с 3 состояниями (вывод DQ DS18B20). В этой шинной системе, микропроцессор (мастер-устройство) идентифицирует и адресует устройства на шине, используя уникальный 64-разрядный код каждого устройства. Поскольку каждое устройство имеет уникальный код, количество устройств, к которым можно обратиться на одной шине, фактически неограниченно. Протокол шины 1-Wire, с подробным объяснением команд и "временных интервалов", описан в разделе *МАГИСТРАЛЬНАЯ СИСТЕМА 1-WIRE* этого документа.

Другая особенность DS18B20 – способность работать без внешнего питания. Питание при этом подается через 1-Wire-подтягивающий резистор и вывод DQ, когда на шине высокий уровень. Высокий уровень сигнала также заряжает внутренний конденсатор (C_{PP}), который отдает запасенную энергию устройству, когда на шине низкий уровень. Этот метод питания от шины 1-Wire упоминается как "паразитное питание". В качестве альтернативы, к выводу V_{DD} может быть подключен внешний источник питания.

БЛОК-СХЕМА DS18B20 Рис. 1



ОПЕРАЦИЯ — ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

Функциональная основа DS18B20 – датчик с цифровым выводом значения температуры. Разрешающая способность температурного датчика задается пользователем: 9, 10, 11, или 12 бит, с приращением в 0.5°C, 0.25°C, 0.125°C, и 0.0625°C, соответственно. Заданная по умолчанию разрешающая способность при включении питания – 12 бит. При включении питания DS18B20 находится в неактивном состоянии с низким энергопотреблением; чтобы инициализировать измерение температуры и аналого-цифровое преобразование, мастер должен послать команду Convert T [44h]. После преобразования, результат измерения сохраняется в 2^x-байтном температурном регистре в оперативной памяти, и DS18B20 возвращается в неактивное состояние. Если DS18B20 подключен к внешнему источнику питания, после команды Convert T мастер может выдать "временной интервал считывания" (см. раздел *МАГИСТРАЛЬНАЯ СИСТЕМА 1-WIRE*). DS18B20 ответят, передавая 0, если происходит преобразование температуры и 1, если преобразование завершено. Если DS18B20 подключен с паразитным питанием, эта методика уведомления не может использоваться, так как шина должна быть подтянута к питанию сильной подтяжкой в течение всего времени преобразования. Требования к шине для паразитного питания подробно объясняются в разделе *ПИТАНИЕ DS18B20* этого документа.

Выходные данные температуры в DS18B20 калиброваны в °C; для перевода в градусы Фаренгейта, нужно использовать переводную таблицу или подпрограмму преобразования. Результат преобразования сохраняется как 16-разрядное знаковое число в 2^x-байтном температурном регистре (см. рис. 2). Знаковые биты (S) указывают положительна температура или отрицательна: для положительных значений S = 0, для отрицательных – S = 1. Если DS18B20 сконфигурирован для 12-разрядного разрешения, все биты в температурном регистре будут значащими. При 11-разрядном разрешении бит 0 не определен. При 10-разрядном разрешении не определены биты 1 и 0, а при 9-разрядном разрешении не определены биты 2, 1 и 0. В таблице 2 даны примеры соответствия выходных данных измеренной температуре для 12-разрядного разрешения.

ФОРМАТ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕГИСТРА Рис. 2

	бит 7	бит 6	бит 5	бит 4	бит 3	бит 2	бит 1	бит 0
мл. байт	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	2 ⁻⁴
	бит 15	бит 14	бит 13	бит 12	бит 11	бит 10	бит 9	бит 8
ст. байт	S	S	S	S	S	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴

ОТНОШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРА/ДААННЫЕ Таблица 2

ТЕМПЕРАТУРА	ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ (bin)	ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ (hex)
+125°C	0000 0111 1101 0000	07D0h
+85°C*	0000 0101 0101 0000	0550h
+25.0625°C	0000 0001 1001 0001	0191h
+10.125°C	0000 0000 1010 0010	00A2h
+0.5°C	0000 0000 0000 1000	0008h
0°C	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.5°C	1111 1111 1111 1000	FFF8h
-10.125°C	1111 1111 0101 1110	FF5Eh
-25.0625°C	1111 1110 0110 1111	FE6Fh
-55°C	1111 1100 1001 0000	FC90h

* Значение температурного регистра при сбросе по включению питания - +85°C

СИГНАЛИЗАЦИЯ ПРЕВЫШЕНИЯ ЗАДАННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

После завершения преобразования, значение измеренной температуры сравнивается со значениями, сохраненными пользователем в 1-байтных сигнальных триггерных регистрах T_H и T_L (см. Рис. 3). Знаковый разряд (S) указывает, положительно значение или отрицательно: для положительных значений $S = 0$, а для отрицательных – $S = 1$. Регистры T_H и T_L энергонезависимы (EEPROM), поэтому данные в них сохраняются при выключенном питании устройства. К регистрам T_H и T_L можно обратиться через байты 2 и 3 оперативной памяти, как объяснено в разделе *ПАМЯТЬ* этого документа.

ФОРМАТ РЕГИСТРОВ T_H И T_L Рис. 3

бит 7	бит 6	бит 5	бит 4	бит 3	бит 2	бит 1	бит 0
S	2^6	2^5	2^5	2^5	2^2	2^1	2^0

Т.к. регистры T_H и T_L – 8-разрядные, при сравнении используются только с 11 по 4 биты температурного регистра. Если измеренная температура ниже или равна T_L или выше T_H , возникает условие сигнализации, и в DS18B20 устанавливается сигнальный флаг. Этот флаг обновляется после каждого измерения температуры, поэтому, если сигнальное условие пропадает, флаг будет сброшен после следующего преобразования.

Мастер-устройство может проверить состояние сигнальных флагов всех DS18B20 на шине, послав команду Alarm Search [ECh]. Любой DS18B20 с установленным сигнальным флагом ответит на команду, так что мастер может точно определить, какие DS18B20 испытали сигнальное условие. Если существует сигнальное условие и параметры настройки T_H , или T_L изменились, должно быть произведено новое преобразование для проверки правильности сигнального условия.

ПИТАНИЕ DS18B20

DS18B20 может быть подключен к внешнему источнику питания через вывод V_{DD} , а так же может работать в режиме "паразитного питания", который позволяет устройству функционировать без местного внешнего источника питания. Паразитное питание очень полезно, например, для приложений, в которых датчики температуры находятся на достаточно большом удалении. На рис. 1 показана схема управления паразитным питанием DS18B20, который "запитывается" от шины 1-Wire через вывод DQ, когда на шине высокий уровень. Когда на шине 1, заряжается конденсатор паразитного питания (C_{pp}), когда на шине 0 часть энергии, запасенной на нем, отдается для поддержания питания датчика. Если используется режим паразитного питания DS18B20, вывод V_{DD} должен быть подключен к земле.

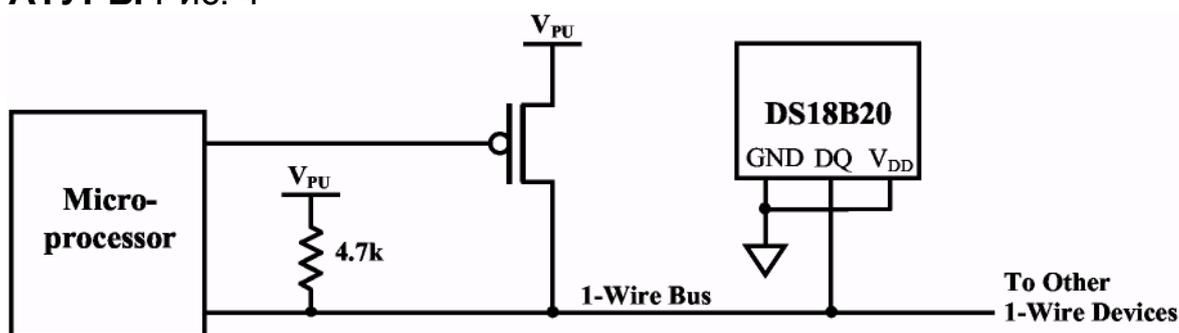
В режиме паразитного питания шина 1-Wire и C_{pp} могут обеспечить достаточный ток для DS18B20 при большинстве операций, пока временные характеристики и напряжения находятся в допустимых пределах (см. разделы *СТАТИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ* и *ДИНАМИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ* этого документа). Однако, при выполнении преобразования температуры или копировании данных из оперативной памяти в EEPROM, потребляемый ток может достигать 1.5mA. Протекая продолжительное время через подтягивающий резистор, такой ток может вызвать недопустимое снижение напряжения питания, т.к. он больше, чем может обеспечить C_{pp} . Чтобы гарантировать достаточный ток питания DS18B20, необходимо обеспечивать сильную подтяжку шины 1-Wire каждый раз, когда идет преобразование температуры или копируются данные из оперативной памяти в EEPROM. Непосредственно подключить линию данных к шине питания можно, используя MOSFET, как показано на рис. 4. Сильная подтяжка к шине 1-Wire должна быть подключена не более чем через 10µs после выдачи команды Convert T [44h] или Copy Scratchpad [48h]. Шина в таком состоянии должна находиться пока идет преобразование (t_{conv}) или передача данных ($t_{wr} = 10ms$). В течение этого времени никакой другой активности на шине 1-Wire быть не может.

Также DS18B20 может быть подключен обычным методом к внешнему источнику питания через вывод V_{DD} , как показано на рис. 5. Преимущество этого метода – в том, что не требуется подтягивающий MOSFET, и шину 1-Wire можно использовать для передачи данных во время преобразования температуры.

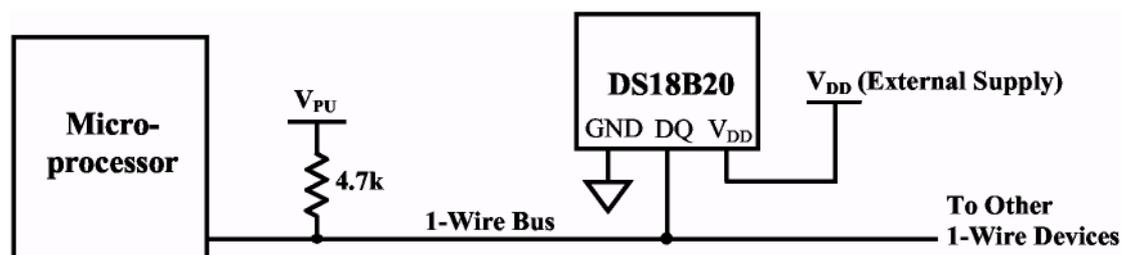
Не рекомендуется использование паразитного питания для температур выше $+100^{\circ}\text{C}$, т.к. DS18B20 может быть не способен поддерживать связь из-за более высоких токов утечки, которые возможны при таких температурах. Для приложений, где вероятны такие температуры, строго рекомендуется, чтобы DS18B20 были подключены к внешнему питанию.

В некоторых случаях мастер шины может не знать, подключены DS18B20 на шине к внешнему питанию или используют "паразитное питание". Мастеру необходима эта информация, чтобы определить, использовалась ли сильная подтяжка шины во время преобразования температуры. Для получения этой информации мастер может послать команду Skip ROM [CCh], сопровождаемую командой Read Power Supply [B4h], и "временным интервалом чтения". В течение временного интервала чтения DS18B20 с паразитным питанием "подсадит" шину, а DS18B20 с внешним питанием – "отпустит" ее. Если шина "подсажена", то во время преобразования температуры мастер должен обеспечить сильную подтяжку на шине 1-Wire.

ПАРАЗИТНОЕ ПИТАНИЕ DS18B20 ВО ВРЕМЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ Рис. 4



ПИТАНИЕ DS18B20 ОТ ВНЕШНЕГО ИСТОЧНИКА Рис. 5



64-РАЗРЯДНЫЙ КОД ROM

Каждый DS18B20 в своем ROM содержит уникальный 64-разрядный код (см. рис. 6). Младший байт кода ROM содержит 1-Wire - код семейства DS18B20 – 28h. The next 48 bits contain a unique serial number. Следующие 48 бит содержат уникальный серийный номер. Старший байт содержит значение циклического контроля избыточности (CRC), который определяется исходя из первых 56 бит кода ROM. Подробное объяснение битов CRC находится в разделе *ГЕНЕРИРОВАНИЕ CRC*. 64-разрядный код ROM и функциональная логика управления, позволяют работать DS18B20 как устройству 1-Wire, используя протокол, подробно описанный в разделе *МАГИСТРАЛЬНАЯ СИСТЕМА 1-WIRE* этого документа.

64-РАЗРЯДНЫЙ КОД ROM Рис. 6

8-РАЗР. ЗНАЧЕНИЕ CRC	48-РАЗР. СЕРИЙНЫЙ НОМЕР	8-РАЗР. КОД СЕМЕЙСТВА (28h)
MSB	LSB MSB	LSB MSB

ПАМЯТЬ

Память DS18B20 организована, как показано на рис. 7. Она состоит из оперативной памяти (SRAM) и энергонезависимой (EEPROM) для верхнего и нижнего триггерных сигнальных регистров (T_H и T_L) и регистра конфигурации. Обратите внимание, если сигнальная функция DS18B20 не используется, регистры T_H и T_L могут использоваться как регистры общего назначения. Все команды работы с памятью подробно описаны в разделе *ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КОМАНДЫ DS18B20*.

Байты 0 и 1 SRAM содержат младший и старший байты температурного регистра, соответственно. Они только для чтения. Байты 2 и 3 обеспечивают доступ к регистрам T_H и T_L . Байт 4 – регистр конфигурации, о нем подробно рассказано в разделе РЕГИСТР КОНФИГУРАЦИИ этого документа. Байты 5, 6, и 7 зарезервированы для внутреннего использования устройством. Они не могут быть перезаписаны и читаются как FFh.

Байт 8 – только для чтения, содержит значение циклического контроля избыточности (CRC) для байтов 0...7. DS18B20 генерирует значение CRC, используя метод, описанный в разделе *ГЕНЕРИРОВАНИЕ CRC*.

Данные в регистры 2, 3, и 4 SRAM записываются командой Write Scratchpad [4Eh] и должны передаваться в DS18B20, начиная с младшего бита регистра 2. Для проверки целостности данных, после записи можно считать содержимое SRAM (используя команду Read Scratchpad [BEh]). При чтении содержимого SRAM данные по шине 1-Wire передаются, начиная с младшего бита байта 0. Для копирования содержимого регистров T_H , T_L и конфигурации из SRAM в EEPROM мастер должен послать команду Copy Scratchpad [48h].

При выключенном устройстве данные сохраняются в регистрах EEPROM. При включении питания, данные из EEPROM загружаются в соответствующие регистры SRAM. Данные также могут быть перезагружены из EEPROM в SRAM в любое время, используя команду Recall E² [B8h]. После команды Recall E² мастер может посылать временные интервалы чтения. Если выполнение команды не завершено, DS18B20 передаст 0, если завершено – 1.

КАРТА ПАМЯТИ DS18B20 Рис. 7



* Состояние при включении питания зависит от значения, сохраненного в EEPROM

РЕГИСТР КОНФИГУРАЦИИ

Байт 4 оперативной памяти – регистр конфигурации, организация которого проиллюстрирована на рис. 8. Пользователь может установить разрешающую способность преобразования DS18B20, используя биты R0 и R1 этого регистра, как показано в табл. 3. При включении питания по умолчанию значения этих битов – R0 = 1 и R1 = 1 (12-разрядное разрешение). Обратите внимание на прямую зависимость между разрешающей способностью и временем преобразования. Биты 7 и 0 – 4 в регистре конфигурации зарезервированы для внутреннего использования устройством и не могут быть перезаписаны, читаются как единицы.

РЕГИСТР КОНФИГУРАЦИИ Рис. 8

бит 7	бит 6	бит 5	бит 4	бит 3	бит 2	бит 1	бит 0
0	R1	R0	1	1	1	1	1

КОНФИГУРАЦИЯ РАЗРЕШЕНИЯ ТЕРМОМЕТРА Таблица 3

R1	R0	Разрешение	Макс. время преобразования	
0	0	9-разр.	93.75ms	($t_{CONV}/8$)
0	1	10-разр.	187.5ms	($t_{CONV}/4$)
1	0	11-разр.	375ms	($t_{CONV}/2$)
1	1	12-разр.	750ms	(t_{CONV})

ГЕНЕРИРОВАНИЕ CRC

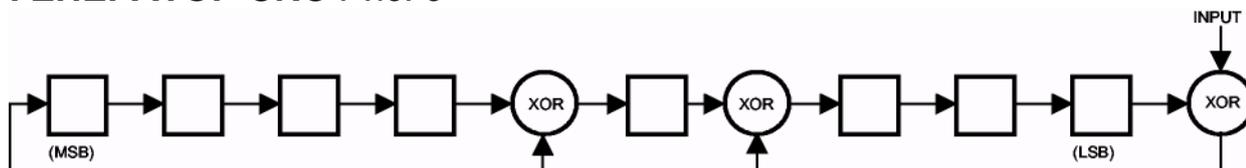
Байты CRC являются частью 64-разрядного кода ROM DS18B20 и 9^{-м} байтом оперативной памяти. CRC кода ROM подсчитывается из его первых 56 бит и является старшим байтом кода ROM. CRC SRAM подсчитывается из данных, хранящихся в нем, и поэтому изменяется при изменении данных в оперативной памяти. Контроль CRC является методом проверки правильности считанных мастером шины данных от DS18B20. Для проверки правильности считывания данных мастер шины должен пересчитать значение CRC исходя из полученных данных и затем сравнить его со значением CRC кода ROM (при чтении ROM) или SRAM (при чтении оперативной памяти). Если расчетное значение CRC соответствует считанному, данные были получены без ошибок. Сравнение значений CRC и решение продолжать операцию принимается мастером шины. В DS18B20 нет никакой схемы, препятствующей продолжению последовательности команд, если значение CRC (ROM или SRAM) не соответствует значению, сгенерированному мастером шины.

Эквивалентная полиномиальная функция CRC (ROM или SRAM):

$$CRC = X^8 + X^5 + X^4 + 1$$

Мастер шины может пересчитать значение CRC и сравнить его со значениями CRC, принятыми от DS18B20, используя полиномиальный генератор, показанный на рис. 9. Эта схема состоит из сдвигового регистра и элементов "исключающее ИЛИ", при инициализации все биты сдвигового регистра равны 0. Начиная с младшего бита кода ROM или 0^{-го} байта SRAM, их содержимое сдвигается в сдвиговый регистр. После сдвига 56^{-го} бита кода ROM или старшего бита 7^{-го} байта SRAM полиномиальный генератор будет содержать пересчитанное значение CRC. Затем, 8-разрядное значение CRC кода ROM или SRAM от DS18B20 сдвигается по кругу. В этот момент, если пересчитанное значение CRC верно, в сдвиговом регистре будут одни нули. Дополнительная информация о циклическом контроле избыточности Dallas 1-Wire доступна в *Application Note 27: Understanding and Using Cyclic Redundancy Checks with Dallas Semiconductor Touch Memory Products*.

ГЕНЕРАТОР CRC Рис. 9



МАГИСТРАЛЬНАЯ СИСТЕМА 1-WIRE

Магистральная система 1-Wire использует единственное мастер-устройство шины, для управления одним или более ведомыми устройствами. DS18B20 – всегда ведомый. Если на шине только один ведомый, система является "одноточечной"; если на шине более одного ведомого, такая система является "многоточечной".

Все данные и команды по шине 1-Wire передаются, начиная с младшего бита.

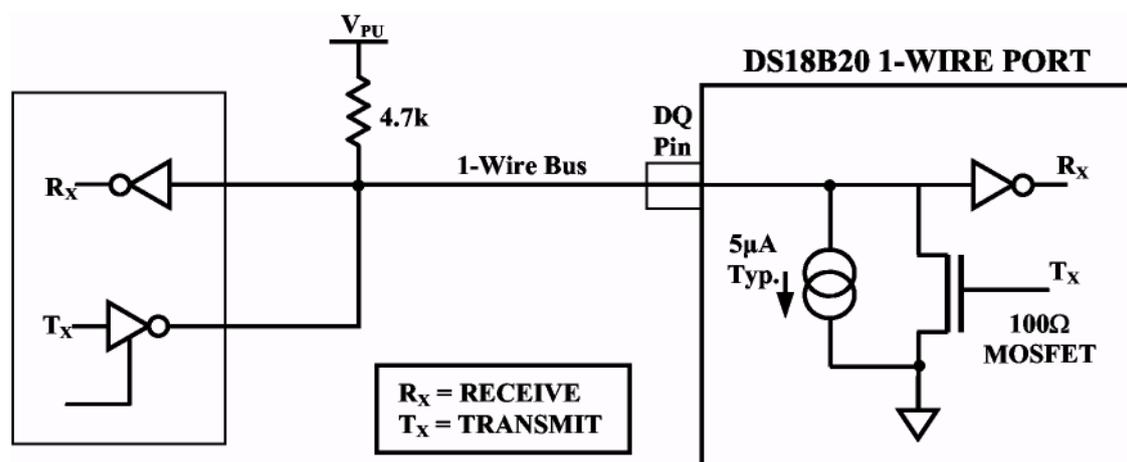
Последующее описание магистральной системы 1-Wire разделено на три раздела: аппаратная конфигурация, операционная последовательность, и типы сигналов шины 1-Wire (типы сигналов и временные диаграммы).

АППАРАТНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ

Шина 1-Wire по определению имеет только одну линию данных. Каждое устройство (мастер или ведомый) подключается к линии данных с помощью через порт с 3^{-мя} состояниями или с открытым стоком. Это позволяет каждому устройству "отпускать" линию данных, когда оно не передает данные, так что шина доступна для использования другим устройством. Порт 1-Wire DS18B20 (DQ) – вывод с открытым стоком, внутренняя эквивалентная схема, которого показана на рис. 10.

Шине 1-Wire требуется внешний подтягивающий резистор сопротивлением примерно 5кОм; таким образом, в неактивном состоянии на шине 1-Wire – высокий уровень. Если по какой-то причине обмен данных должен быть приостановлен, шину НУЖНО оставить в неактивном состоянии до продолжения обмена данных. Время восстановления между битами, пока шина 1-Wire находится в неактивном (высоком) состоянии (период восстановления) может быть бесконечно долгим. Если низкий уровень на шине удерживается дольше 480µs, все компоненты на ней будут сброшены.

АППАРАТНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ Рис. 10



ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ

Последовательность операций для обращения к DS18B20 следующая:

шаг 1. Инициализация

шаг 2. ROM-команда (сопровожаемая необходимым обменом данных)

шаг 3. Функциональная команда DS18B20 (сопровожаемая необходимым обменом данных)

Очень важно всегда придерживаться этой последовательности при обращении к DS18B20, поскольку он не будет отвечать, если любые шаги в последовательности отсутствуют или следуют не по порядку. Исключения из этого правила – команды Search ROM [F0h] и Alarm Search [ECh]. После отправки любой из этих ROM-команд, мастер должен возвратиться к шагу 1 в данной последовательности.

ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ

Любой обмен данных на шине 1-Wire начинается с последовательности инициализации. Последовательность инициализации состоит из импульса сброса, переданного мастером шины, сопровождаемого импульсом присутствия, переданным ведомым(и). Импульс присутствия указывает мастеру шины, что на ней находятся ведомые устройства (типа DS18B20) и готовы работать. Временные параметры импульсов сброса и присутствия подробно описаны в разделе *ТИПЫ СИГНАЛОВ ШИНЫ 1-WIRE*.

ROM-КОМАНДЫ

После того, как мастер шины обнаружил импульс присутствия, он может послать ROM-команду. Эти команды оперируют уникальным 64-разрядным кодом ROM каждого ведомого и позволяют мастеру выбрать определенное устройство, если на шине 1-Wire присутствует несколько устройств. Эти команды также позволяют мастеру определять, сколько и какого типа устройства присутствуют на шине, а так же произошло ли в любом из устройств сигнальное условие. Существует пять ROM-команд, длина каждой – 8 бит. Мастер-устройство должно послать соответствующую ROM-команду перед отправкой функциональной команды DS18B20. Блок-схема операций ROM-команд показана на рис. 11.

SEARCH ROM [F0h]

При включении питания мастер должен идентифицировать коды ROM всех ведомых устройств на шине. Эта команда позволяет мастеру определять количество ведомых и их типы. Мастер изучает коды ROM методом исключения. Ему требуется исполнить цикл поиска ROM (т.е. команда Search ROM, сопровождаемая обменом данных) столько раз, сколько необходимо для идентификации всех ведомых устройств. Если на шине только один ведомый, вместо процесса поиска ROM может использоваться более простая команда Read ROM (см. ниже). Для подробного объяснения процедуры поиска ROM обратитесь к документу *iButton® Book of Standards* (<http://www.ibutton.com/ibuttons/standard.pdf>). После каждого цикла поиска ROM, мастер шины должен возвратиться к шагу 1 операционной последовательности (Инициализация).

READ ROM [33h]

Эта команда может использоваться только когда на шине лишь один ведомый. Она позволяет мастеру шины читать 64-разрядный код ROM ведомого, не используя процедуру поиска ROM. Если эта команда используется, когда на шине больше одного ведомого, произойдет конфликт на уровне данных при попытке одновременного ответа всех ведомых.

MATCH ROM [55h]

Команда соответствия ROM, сопровождаемая 64-разрядным кодом ROM, позволяет мастеру шины обращаться к определенному ведомому на многоточечной или одноточечной шине. На функциональную команду, посланную мастером, ответит только ведомый с точно соответствующим 64-разрядным кодом ROM, все другие ведомые на шине будут ожидать импульс сброса.

SKIP ROM [CCh]

Мастер может использовать эту команду для одновременного обращения ко всем устройствам на шине, не передавая информацию о коде ROM. Например, мастер может одновременно заставить все DS18B20 на шине исполнять преобразование температуры, послав команду Skip ROM, сопровождаемую командой Convert T [44h].

Обратите внимание, что команда Read Scratchpad [BEh] может следовать за командой Skip ROM, если на шине только один ведомый. В этом случае экономится время, позволяя мастеру считывать данные от ведомого, не посылая 64-разрядный код ROM устройства. Если на шине больше одного ведомого, команда Skip ROM, сопровождаемая командой Read Scratchpad, вызовет конфликт на шине на уровне данных при попытке одновременной передачи данных всеми ведомыми.

ALARM SEARCH [ECh]

Операция этой команды идентична команде Search ROM за исключением того, что ответят только ведомые с установленным флагом тревоги. Эта команда позволяет мастеру определить, произошло ли сигнальное условие в любом из DS18B20 в течение последнего преобразования температуры. После каждого цикла поиска сигнального условия (т.е. команда Alarm Search, сопровождаемая обменом данными), мастер шины должен возвратиться к шагу 1 операционной последовательности (Инициализация). В разделе *ОПЕРАЦИЯ — СИГНАЛИЗАЦИЯ ТРЕВОГИ*, объясняется функция сигнального флага.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КОМАНДЫ DS18B20

После использования мастером ROM-команды для обращения к нужному DS18B20, он может послать одну из функциональных команд. Они позволяют мастеру обмениваться данными с оперативной памятью DS18B20, инициировать преобразование температуры и определять режим питания. Функциональные команды DS18B20, описанные ниже, подытожены в таблице 4 и проиллюстрированы блок-схемой на рис. 12.

CONVERT T [44h]

Эта команда инициализирует одно преобразование температуры. После преобразования, данные сохраняются в 2-байтовом температурном регистре в оперативной памяти и DS18B20 возвращается в неактивное состояние с низким энергопотреблением. Если устройство используется в режиме паразитного питания, не позднее, чем через 10 μ s после того, как послана эта команда, мастер должен включить сильную подтяжку на шине 1-Wire и обеспечивать ее в течение времени преобразования (t_{CONV}) как описано в разделе *ПИТАНИЕ DS18B20*. Если DS18B20 подключен к внешнему питанию, после отправки команды Convert T мастер может посылать временные интервалы считывания и DS18B20 ответят, выдавая 0 во время преобразования температуры, или 1, если преобразование завершено. В режиме паразитного питания этот метод уведомления не может использоваться, так как в течение времени преобразования на шине будет высокий уровень из-за сильной подтяжки.

WRITE SCRATCHPAD [4Eh]

Эта команда позволяет мастеру записывать 3 байта данных оперативную память DS18B20. Первый байт данных запишется в регистр T_H (2^{-й} байт SRAM), второй – в регистр T_L (байт 3), а третий – в регистр конфигурации (байт 4). Данными должны передаваться начиная с младшего бита. Все три байта ДОЛЖНЫ быть записаны прежде, чем мастер пошлет импульс сброса, иначе данные могут быть испорчены.

READ SCRATCHPAD [BEh]

Эта команда позволяет мастеру читать содержимое оперативной памяти. Передача данных начинается с младшего бита байта 0 и продолжается пока не считываются 9 байт SRAM (байт 8 – CRC). Если необходимо считать только часть данных SRAM, мастер может послать импульс сброса, чтобы закончить чтение в любое время.

COPY SCRATCHPAD [48h]

Эта команда копирует содержимое оперативных регистров T_H , T_L и конфигурации (байты 2, 3 и 4) в EEPROM. Если устройство используется в режиме паразитного питания, не позднее, чем через 10 μ s после того, как послана эта команда, мастер должен включить сильную подтяжку на шине 1-Wire и обеспечивать ее не менее 10ms, как описано в разделе *ПИТАНИЕ DS18B20*

RECALL E² [B8h]

Эта команда повторно копирует значения регистров T_H , T_L и конфигурации из EEPROM в регистры 2, 3, и 4 оперативной памяти, соответственно. Мастер может посылать временные интервалы считывания после команды Recall E². Если процесс копирования не завершен, DS18B20 передаст 0, если завершен – 1. При включении питания эта операция происходит автоматически, поэтому данные в оперативной памяти доступны, как только питание подано на устройство.

READ POWER SUPPLY [B4h]

Мастер посылает эту команду, сопровождаемую временным интервалом чтения, чтобы определить, присутствуют ли на шине DS18B20 с паразитным питанием. В течение интервала считывания DS18B20 с паразитным питанием удержит на шине низкий уровень, а DS18B20 с внешним питанием отпустит ее. Для получения информации об использовании этой команды см. раздел *ПИТАНИЕ DS18B20*.

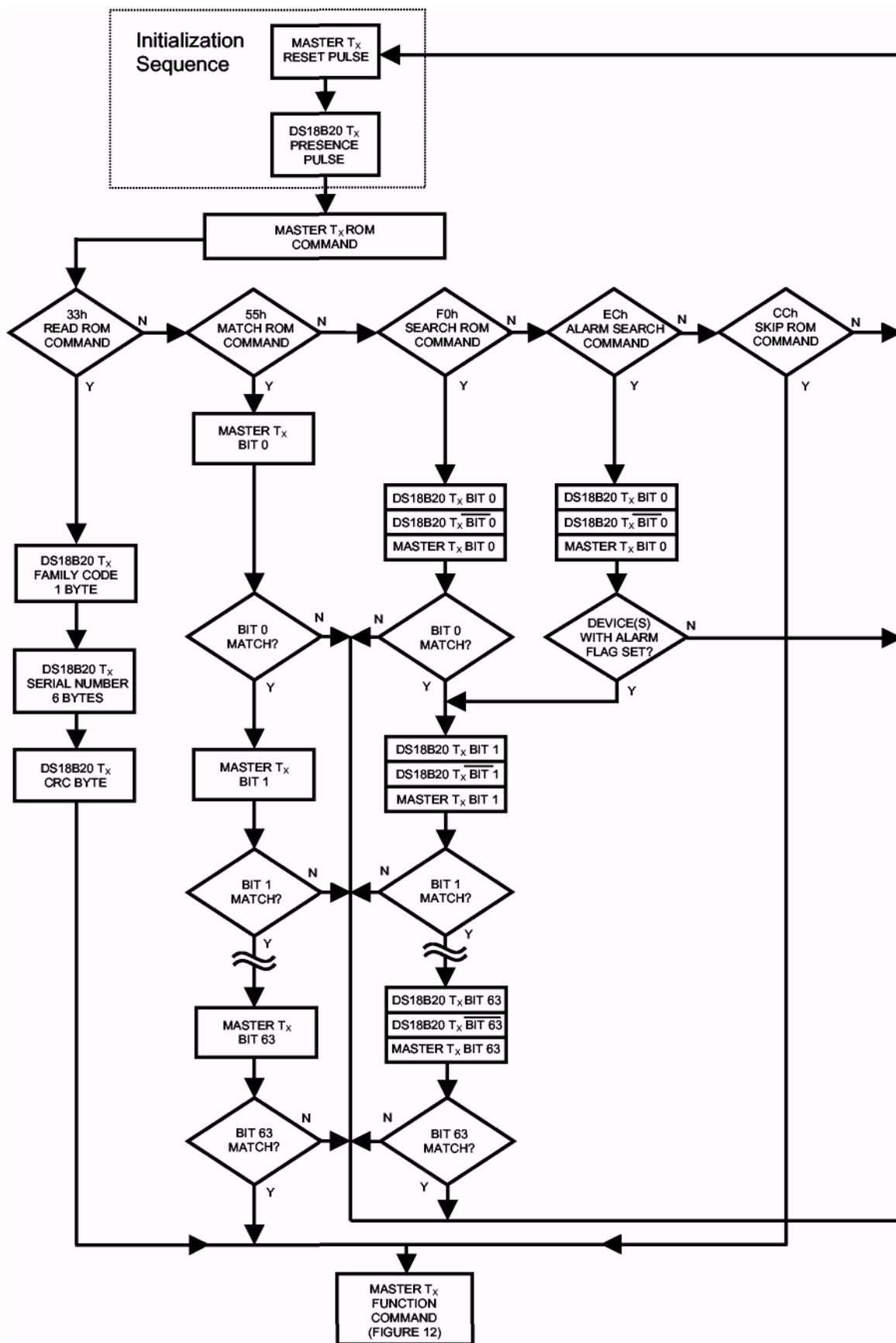
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КОМАНДЫ DS18B20 Таблица 4

Команда	Описание	Код команды	Состояние шины 1-Wire после отправки команды	Примечания
КОМАНДЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ				
Convert T	Инициализация преобразования температуры.	44h	DS18B20 передает мастеру состояние преобразования (не применяется для DS18B20 с паразитным питанием).	1
КОМАНДЫ ДЛЯ РАБОТЫ С ПАМЯТЬЮ				
Read Scratchpad	Чтение всей оперативной памяти, включая байт CRC.	BEh	DS18B20 передает мастеру до 9 байт данных.	2
Write Scratchpad	Запись данных в регистры 2, 3 и 4 SRAM (регистры T_H , T_L и конфигурации).	4Eh	Мастер передает 3 байта данных в DS18B20.	3
Copy Scratchpad	Копирование содержимого оперативных регистров T_H , T_L и конфигурации в EEPROM.	48h		1
Recall E ²	Копирование регистров T_H , T_L и конфигурации из EEPROM в оперативную память.	B8h	DS18B20 передает мастеру состояние процесса копирования.	
Read Power Supply	Информирование мастера о режиме питания DS18B20.	B4h	DS18B20 передает мастеру состояние питания.	

ПРИМЕЧАНИЯ:

- 1) Для DS18B20 с паразитным питанием мастер должен обеспечить сильную подтяжку на шине 1-Wire в течение времени преобразования температуры и копирования содержимого оперативной памяти в EEPROM. Никакой другой активности на шине в это время быть не может.
- 2) Мастер может прервать передачу данных в любое время, пошлав импульс сброса.
- 3) Все три байта должны быть записаны прежде, чем послан импульс сброса.

РОМ-КОМАНДЫ. БЛОК-СХЕМА Рис. 11



ТИПЫ СИГНАЛОВ ШИНЫ 1-WIRE

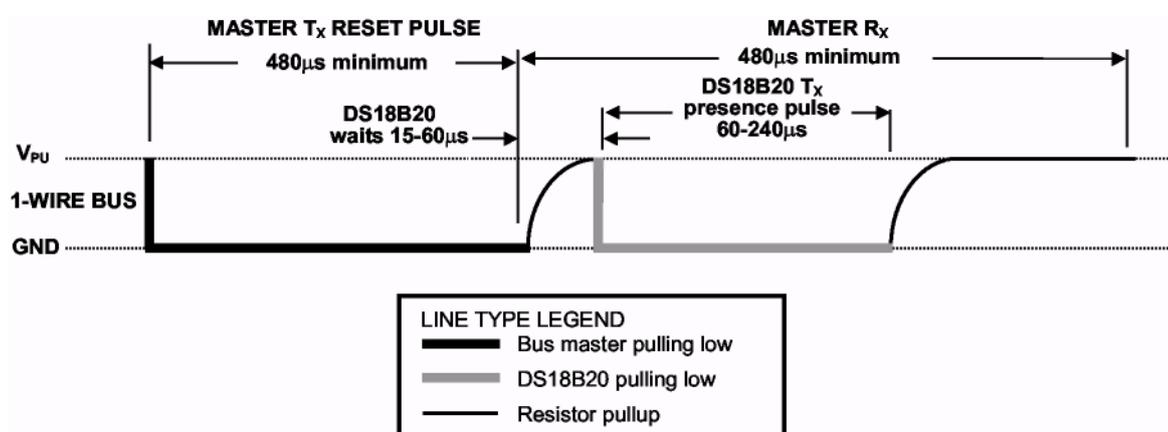
Для обеспечения целостности данных DS18B20 использует строгий протокол связи 1-Wire. В соответствии с этим протоколом определены следующие типы сигналов: импульс сброса, импульс присутствия, запись 0, запись 1, чтение 0 и чтение 1. Все эти сигналы, за исключением импульса присутствия, инициализирует мастер шины.

ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ: ИМПУЛЬСЫ СБРОСА И ПРИСУТСТВИЯ

Любая связь с DS18B20 начинается с последовательности инициализации, которая состоит из импульса сброса от мастера, сопровождаемого импульсом присутствия от DS18B20. Это проиллюстрировано на рис. 13. Когда DS18B20 посылает импульс присутствия в ответ на импульс сброса, это указывает мастеру, что он (DS18B20) находится на шине и готов работать.

Во время инициализации мастер передает (T_x) импульс сброса, удерживая на шине 1-Wire низкий уровень не менее $480\mu s$. Затем мастер отпускает шину и переходит в режим приема (R_x). При отпускании шины, благодаря подтягивающему резистору $5k\Omega$, на ней устанавливается высокий уровень. При обнаружении этого фронта, DS18B20 ожидает от 15 до $60\mu s$ и затем передает импульс присутствия, удерживая на шине 1-Wire низкий уровень длительностью от 60 до $240\mu s$.

ВРЕМЕННАЯ ДИАГРАММА ИНИЦИАЛИЗАЦИИ Рис. 13



ВРЕМЕННЫЕ ИНТЕРВАЛЫ ЧТЕНИЯ – ЗАПИСИ

Мастер шины записывает данные в DS18B20 в течение временных интервалов записи и читает данные от DS18B20 в течение временных интервалов чтения. За один временной интервал по шине 1-Wire передается один бит данных.

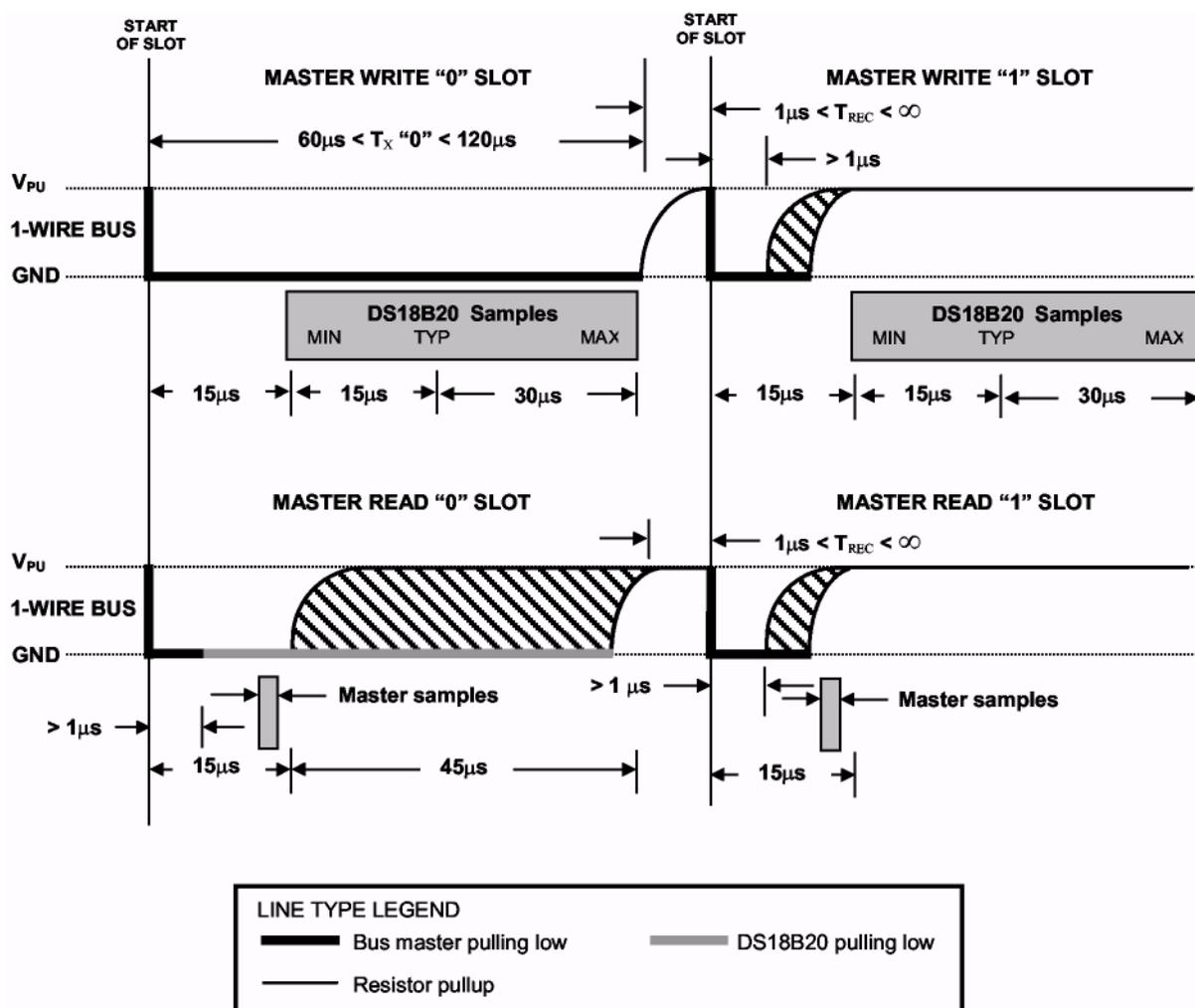
ВРЕМЕННЫЕ ИНТЕРВАЛЫ ЗАПИСИ

Есть два типа временных интервалов записи: "Запись 1" и "Запись 0". Для записи лог. 1 в DS18B20 мастер шины использует временной интервал Записи 1, а для записи лог. 0 – временной интервал Записи 0. Длительность временных интервалов записи должна быть не менее $60\mu s$, а длительность времени восстановления между интервалами записи – не менее $1\mu s$. Оба типа временных интервалов записи инициализируются мастером, устанавливающим на шине 1-Wire низкий уровень (см. рис. 14).

Для генерации временного интервала Записи 1, после установления на шине 1-Wire низкого уровня, мастер должен отпустить ее не позднее, чем через $15\mu s$. При отпускании шины, благодаря подтягивающему резистору $5k\Omega$, на ней установится высокий уровень. Для генерации временного интервала Записи 0, после установления на шине 1-Wire низкого уровня, мастер должен продолжать удерживать ее до окончания временного интервала (не менее $60\mu s$).

DS18B20 производит выборку шины 1-Wire в течение окна длительностью от 15 до 60µs после того, как мастер инициализирует временной интервал записи. Если при осуществлении выборки на шине будет высокий уровень, в DS18B20 запишется 1, если низкий – то 0.

ДИАГРАММЫ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ ЧТЕНИЯ – ЗАПИСИ Рис. 14



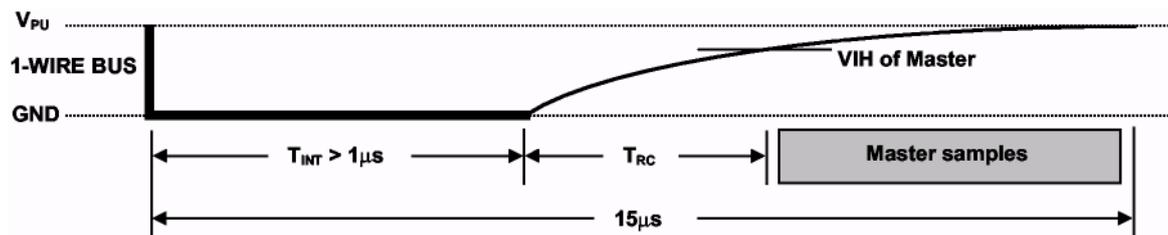
ВРЕМЕННЫЕ ИНТЕРВАЛЫ ЧТЕНИЯ

Когда мастер посылает временные интервалы чтения, DS18B20 может только передавать данные мастеру. Поэтому, мастер должен генерировать временные интервалы чтения сразу после выдачи команд Read Scratchpad [BEh] или Read Power Supply [B4h], чтобы DS18B20 мог обеспечить требуемые данные. Кроме того, мастер может генерировать временные интервалы чтения после отправки команд Convert T [44h] или Recall E² [B8h] для определения момента завершения этих операций, как объяснено в разделе *ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КОМАНДЫ DS18B20*.

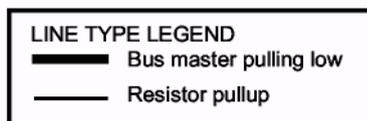
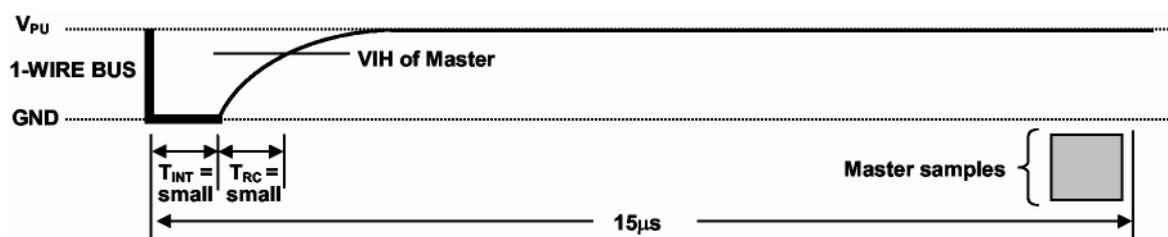
Длительность всех временных интервалов чтения должна быть не менее 60µs, а время восстановления между интервалами – не менее 1µs. Мастер-устройство инициализирует временной интервал чтения, устанавливая и удерживая низкий уровень на шине 1-Wire не менее 1µs, а затем отпускает ее (см. рис. 14). После того, как мастер инициализирует временной интервал чтения, DS18B20 начнет передавать на шину 1 или 0. DS18B20 передает 1, оставляя на шине высокий уровень, или 0, устанавливая и удерживая низкий уровень. При передаче 0, DS18B20 отпустит шину в конце временного интервала, и подтягивающий резистор возвратит ее в неактивное (высокое) состояние. Выходные данные от DS18B20 действительны через 15µs после спада импульса, инициализирующего временной интервал чтения. Поэтому, мастер должен отпустить шину и через 15µs от начала интервала произвести выборку ее состояния.

Рис. 15 иллюстрирует: для временного интервала чтения сумма T_{INT} , T_{RC} , и T_{SAMPLE} должна быть не более $15\mu s$. На рис. 16 показана развернутая диаграмма для минимальных значений T_{INT} и T_{RC} и выборкой мастера, расположенной в конце $15\mu s$ -периода от начала временного интервала чтения.

ПОДРОБНАЯ ДИАГРАММА ЧТЕНИЯ МАСТЕРОМ 1 Рис. 15



РЕКОМЕНДОВАННАЯ ДИАГРАММА ЧТЕНИЯ МАСТЕРОМ 1 Рис. 16



ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

К DS18B20 могут быть применены следующие материалы. Их можно получить из “Application Note Book” от Dallas Semiconductor через web-узел <http://www.dalsemi.com/> или через нашу службу поддержки по факсу (214) 450-0441.

Application Note 27: Understanding and Using Cyclic Redundancy Checks with Dallas Semiconductor Touch Memory Product

Application Note 55: Extending the Contact Range of Touch Memories

Application Note 74: Reading and Writing Touch Memories via Serial Interfaces

Application Note 104: Minimalist Temperature Control Demo

Application Note 106: Complex MicroLANs

Application Note 108: MicroLAN – In the Long Run

Application Note 162: Interfacing the DS18X20/DS1822 1-Wire Temperature Sensor in a Microcontroller Environment

Примеры подпрограмм 1-Wire, представленных в AN74, можно загрузить с web-узла или FTP-сайта Dallas.

ОПЕРАЦИИ DS18B20. ПРИМЕР 1

В этом примере на шине несколько DS18B20, и они используют паразитное питание. Мастер шины инициализирует преобразование температуры в конкретном DS18B20, а затем читает содержимое его оперативной памяти и повторно вычисляет значение CRC для проверки данных.

РЕЖИМ МАСТЕРА	ДААННЫЕ (НАЧИНАЯ С МЛ. БИТА)	КОММЕНТАРИИ
TX	Сброс	Мастер посылает импульс сброса.
RX	Присутствие	DS18B20 отвечают импульсом присутствия.
TX	55h	Мастер посылает команду Match ROM.
TX	64-разрядный код ROM	Мастер посылает код ROM DS18B20.
TX	44h	Мастер посылает команду Convert T.
TX	На линии DQ, сильной подтяжкой удерживается высокий уровень	Мастер применяет сильную подтяжку линии DQ в течение времени преобразования (t_{CONV}).
TX	Сброс	Мастер посылает импульс сброса.
RX	Присутствие	DS18B20 отвечают импульсом присутствия.
TX	55h	Мастер посылает команду Match ROM.
TX	64-разрядный код ROM	Мастер посылает код ROM DS18B20.
TX	BEh	Мастер посылает команду Read Scratchpad.
RX	9 байт данных	Мастер читает всю оперативную память, включая CRC. Затем мастер повторно вычисляет CRC первых восьми байт данных SRAM и сравнивает расчетный CRC с принятым (байт 9). Если они совпадают, мастер продолжает; в противном случае повторяется операция чтения.

ОПЕРАЦИИ DS18B20. ПРИМЕР 2

В этом примере на шине только один DS18B20, и использует паразитное питание. Мастер записывает оперативные регистры T_H , T_L , и конфигурации в DS18B20, читает оперативную память и повторно вычисляет CRC для проверки данных. Затем мастер копирует содержимое SRAM в EEPROM.

РЕЖИМ МАСТЕРА	ДААННЫЕ (НАЧИНАЯ С МЛ. БИТА)	КОММЕНТАРИИ
TX	Сброс	Мастер посылает импульс сброса.
RX	Присутствие	DS18B20 отвечает импульсом присутствия.
TX	CCh	Мастер посылает команду Skip ROM.
TX	4Eh	Мастер посылает команду Write Scratchpad.
TX	3 байт данных	Мастер посылает три байта данных в SRAM (T_H , T_L , и регистр конфигурации).
TX	Сброс	Мастер посылает импульс сброса.
RX	Присутствие	DS18B20 отвечает импульсом присутствия.
TX	CCh	Мастер посылает команду Skip ROM.
TX	BEh	Мастер посылает команду Read Scratchpad.
RX	9 байт данных	Мастер читает всю оперативную память, включая CRC. Затем мастер повторно вычисляет CRC первых восьми байт данных SRAM и сравнивает расчетный CRC с принятым (байт 9). Если они совпадают, мастер продолжает; в противном случае повторяется операция чтения.
TX	Сброс	Мастер посылает импульс сброса.
RX	Присутствие	DS18B20 отвечает импульсом присутствия.
TX	CCh	Мастер посылает команду Skip ROM.
TX	48h	Мастер посылает команду Copy Scratchpad.
TX	На линии DQ, сильной подтяжкой удерживается высокий уровень	Мастер применяет сильную подтяжку линии DQ во время операции копирования (не менее 10ms)

МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ПАРАМЕТРЫ*

Напряжение на любом из выводов относительно земли	от -0.5В до +6.0В
Рабочий температурный диапазон	от -55°C до +125°C
Температура хранения	от -55°C до +125°C
Температура пайки	см. IPC/JEDEC J-STD-020A
Температура конвекционной печи	+220°C

* – предельные значения, работа устройства при этих значениях или любых других условиях, выходящих за пределы рабочих параметров, указанных в данной спецификации, не подразумевается. Воздействие максимально допустимых параметров в течение продолжительного времени может ухудшить надежность устройства.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПО ПСТОЯННОМУ ТОКУ

(-55°C ... +125°C; $V_{DD}=3.0 \dots 5.5V$)

ПАРАМЕТР	ОБОЗНАЧЕНИЕ	УСЛОВИЕ	MIN	ТYP	MAX	ЕД. ИЗМ.	ПРИМ.
Напряжение питания	V_{DD}	местное питание	+3.0		+5.5	V	1
Напряжение питания подтяжки	V_{PU}	паразитное питание	+3.0		+5.5	V	1,2
		местное питание	+3.0		V_{DD}		
Ошибка термометра	t_{ERR}	от -10°C до +85°C			±0.5	°C	3
		от -55°C до +125°C			±2		
входное напряжение лог. 0	V_{IL}		-0.3		+0.8	V	1,4,5
входное напряжение лог. 1	V_{IH}	местное питание	+2.2		не более 5.5 или $V_{DD} + 0.3$	V	1,6
		паразитное питание	+3.0				
Ток нагрузки	I_L	$V_{V/O}=0.4V$	4.0			mA	1
Потребляемый ток в неактивном состоянии	I_{DDS}			750	1000	nA	7,8
Потребляемый ток в активном состоянии	I_{DD}	$V_{DD}=5V$		1	1.5	mA	9
Входной ток ввода DQ	I_{DQ}			5		µA	10
Дрейф				±0.2		°C	11

ПРИМЕЧАНИЯ:

- 1) Все напряжения указаны относительно земли.
- 2) Спецификация питания подтяжки предполагает, что подтягивающее устройство идеально, и поэтому высокий уровень подтяжки равен V_{PU} . Для соответствия значения V_{IH} спецификации DS18B20, при питании транзистора сильной подтяжки нужно учитывать падение напряжения на включенном транзисторе, таким образом: $V_{PU_ACTUAL} = V_{PU_IDEAL} + V_{TRANSISTOR}$.
- 3) См. типовую рабочую кривую на рис. 17
- 4) Напряжения Лог. 0 определены при токе нагрузки 4mA.
- 5) Чтобы гарантировать импульс присутствия в условиях низкого напряжения паразитного питания, V_{ILMAX} , возможно, придется уменьшить до 0.5V.
- 6) Напряжения Лог. 1 определены при входном токе 1mA.
- 7) Потребляемый ток в неактивном состоянии указан при температуре до 70°C. Типовое значение при +125°C – 3µA.
- 8) Чтобы минимизировать I_{DDS} , напряжение на выв. DQ должно быть в следующих пределах: $GND \leq DQ \leq GND + 0.3V$ или $V_{DD} - 0.3V \leq DQ \leq V_{DD}$.
- 9) Потребляемый ток во время преобразования температуры, или записи в EEPROM.
- 10) На линии DQ высокий уровень ("Z" – состояние).
- 11) На основании испытаний: 1000 часов работы при +125°C и $V_{DD} = 5.5V$.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ: ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМАЯ ПАМЯТЬ

(-55°C ... +100°C; $V_{DD} = 3.0V \dots 5.5V$)

ПАРАМЕТР	ОБОЗНАЧЕНИЕ	УСЛОВИЕ	MIN	ТУР	MAX	ЕД. ИЗМ.
Длительность цикла записи в EEPROM	t_{WR}			2	10	ms
Количество циклов записи в EEPROM	N_{EEWR}	-55°C ... +55°C	50k			записей
Сохранность данных в EEPROM	t_{EEDR}	-55°C ... +55°C	10			лет

ДИНАМИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

(-55°C ... +125°C; $V_{DD} = 3.0V \dots 5.5V$)

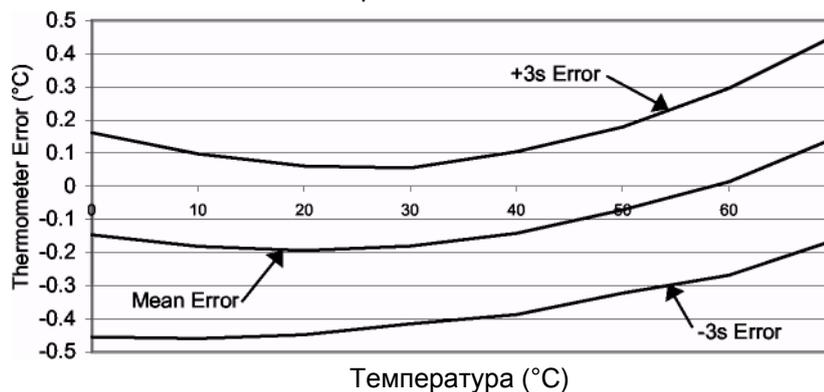
ПАРАМЕТР	ОБОЗНАЧЕНИЕ	УСЛОВИЕ	MIN	ТУР	MAX	ЕД. ИЗМ.	ПРИМ.
Продолжительность преобразования температуры	t_{CONV}	9-разрядов			93.75	ms	1
		10- разрядов			187.5	ms	1
		11- разрядов			375	ms	1
		12- разрядов			750	ms	1
Время включения сильной подтяжки	t_{SPON}	от начала команды Convert T			10	μs	
Временной интервал	t_{SLOT}		60		120	μs	1
Время Восстановления	t_{REC}		1			μs	1
Сигнал низкого уровня записи 0	t_{LOW0}		60		120	μs	1
Сигнал низкого уровня записи 1	t_{LOW1}		1		15	μs	1
Чтение действительных данных	t_{RDV}				15	μs	1
Сигнал высокого уровня импульса сброса	t_{RSTH}		480			μs	1
Сигнал низкого уровня импульса сброса	t_{RSTL}		480			μs	1,2
Сигнал высокого уровня импульса присутствия	t_{PDHIGH}		15		60	μs	1
Сигнал низкого уровня импульса присутствия	t_{PDLOW}		60		240	μs	1
Емкость	$C_{IN/OUT}$				25	pF	

ПРИМЕЧАНИЯ:

- См. временные диаграммы на рис. 18.
- Если при паразитном питании $t_{RSTL} > 960\mu s$, может произойти сброс при включении питания.

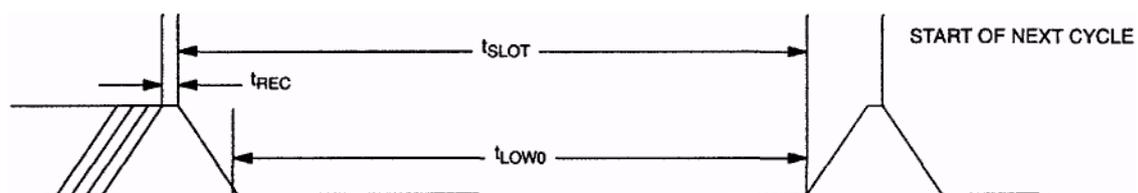
ТИПОВАЯ РАБОЧАЯ КРИВАЯ Рис. 17

Типовая кривая ошибки DS18B20

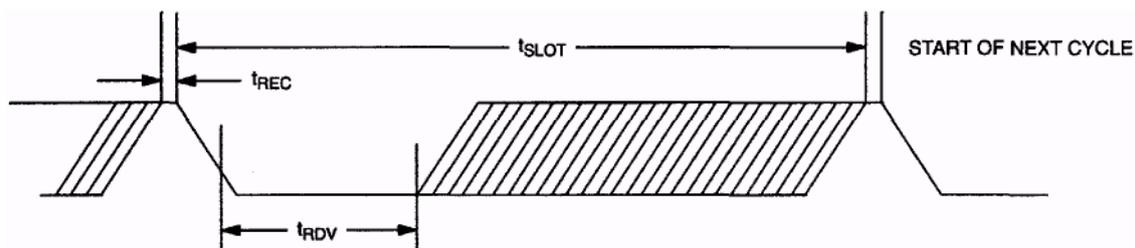


ВРЕМЕННЫЕ ДИАГРАММЫ Рис. 18

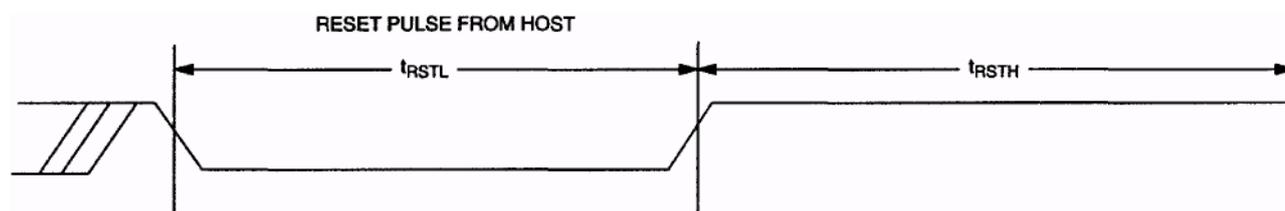
1-WIRE – ВРЕМЕННОЙ ИНТЕРВАЛ ЗАПИСИ 0



1-WIRE – ВРЕМЕННОЙ ИНТЕРВАЛ ЧТЕНИЯ 0



1-WIRE – ИМПУЛЬС СБРОСА



1-WIRE – ОБНАРУЖЕНИЕ ПРИСУТСТВИЯ

