

Глава 3. Термохронный датчик-накопитель DS1921

3.1. Общие сведения

3.1.1. Назначение

Термохронный датчик-накопитель DS1921 является идеальным прибором для мониторинга температуры любого объекта - подвижного или неподвижного, к которому он прикреплен (например, скоропортящиеся товары или контейнеры с химическими веществами, чувствительными к температуре). Управляемый соответствующими программами, он, кроме данных о температуре, может хранить в своей памяти электронные копии торговой информации, даты производства и другую важную информацию, записанную надежно, как в зашифрованных файлах. Уникальный регистрационный (серийный) номер и счетчик, который не подлежит перезапуску и инкрементируется при выполнении каждой новой функции, дают возможность вести диалог с конкретным прибором и сигнализировать о постороннем вмешательстве в его работу.

3.1.2. Краткое описание

DS1921 является мощной функционально законченной системой, которая, будучи запрограммированной на выполнение миссии, измеряет температуру окружающей среды и записывает ее значения в защищенные области памяти. Измерение и запись производятся с устанавливаемой пользователем частотой, причем параллельно производится запись значений температуры по инкрементируемым адресам памяти и формирование гистограммы в специально отведенной для этого области памяти. За одну миссию можно записать до 2048 значений температуры через равные промежутки времени. Интервал между соседними замерами программируется и может составлять от 1 до 255 минут. Гистограмма формируется на основе 63 температурных интервалов шириной 2°C каждый. Все они связаны с 16-битовым двоичным счетчиком, показание которого увеличивается на единицу всякий раз, когда измеренное значение температуры попадает в соответствующий температурный интервал. Кроме того, термометр

фиксирует выход температуры за установленный пользователем допустимый диапазон. При этом отмечается момент выхода за диапазон, длительность нахождения за его пределами, а также тот факт, выше или ниже указанного диапазона оказалась измеренная температура. В память может быть записано до 24 подобных событий: по 12 для каждого края запрограммированного пользователем контрольного диапазона. Помимо этих двух областей памяти (температурных значений и гистограммы) существует энергонезависимая память, доступная по чтению и записи, в которую можно записать данные о контролируемом объекте. Обмен данными происходит согласно 1-проводному протоколу [1].

Существует еще сверхоперативная память, используемая в качестве буфера при записи информации в энергонезависимую память, а также в специальные регистры, ведающие режимами работы устройства. При любом акте записи данных они сначала помещаются в СОП, откуда могут быть прочитаны. Если контрольное чтение подтвердит их истинность, они перемещаются по заданному адресу в основную память. Этот процесс сохраняет целостность данных. Заводской 48-битовый серийный номер позволяет производить абсолютную идентификацию прибора. Двух приборов с одинаковыми серийными номерами не существует. Прочный корпус MicroCap устойчив к таким воздействиям окружающей среды, как загрязнение, влажность и удары. Его форма в виде таблетки хорошо сопрягается со считывающим пробником, позволяя оператору легко производить как чтение, так и запись информации. Несколько разновидностей крепежных аксессуаров дают возможность крепить DS1921 к любой поверхности, включая резервуары, поддоны, баллоны и т. д.

3.1.3. Структура

Блок-схема прибора представлена на рис. 3.1. Она поясняет взаимосвязь между блоками управления и памяти. DS1921 включает семь основных областей памяти: 1) 64-битовое ПЗУ, 2) 256-битовая СОП, 3) 4096-битовое статическое ОЗУ (SRAM), 4) 32-байтовая страница регистров времени, управления и счета, 5) 2048 байтов памяти регистрации данных (температуры), 6) 128 байтов памяти гистограмм, 7) 96 байтов памяти для регистрации событий выхода за пре-

дела контрольного диапазона температур (событий тревоги). За исключением ПЗУ и СОП, вся остальная память размещена в едином линейном адресном пространстве. Память, предназначенная для регистрации данных, регистры управления и несколько других регистров доступны пользователю только для чтения. Когда прибор запрограммирован на выполнение миссии, регистры управления и времени защищены от записи.

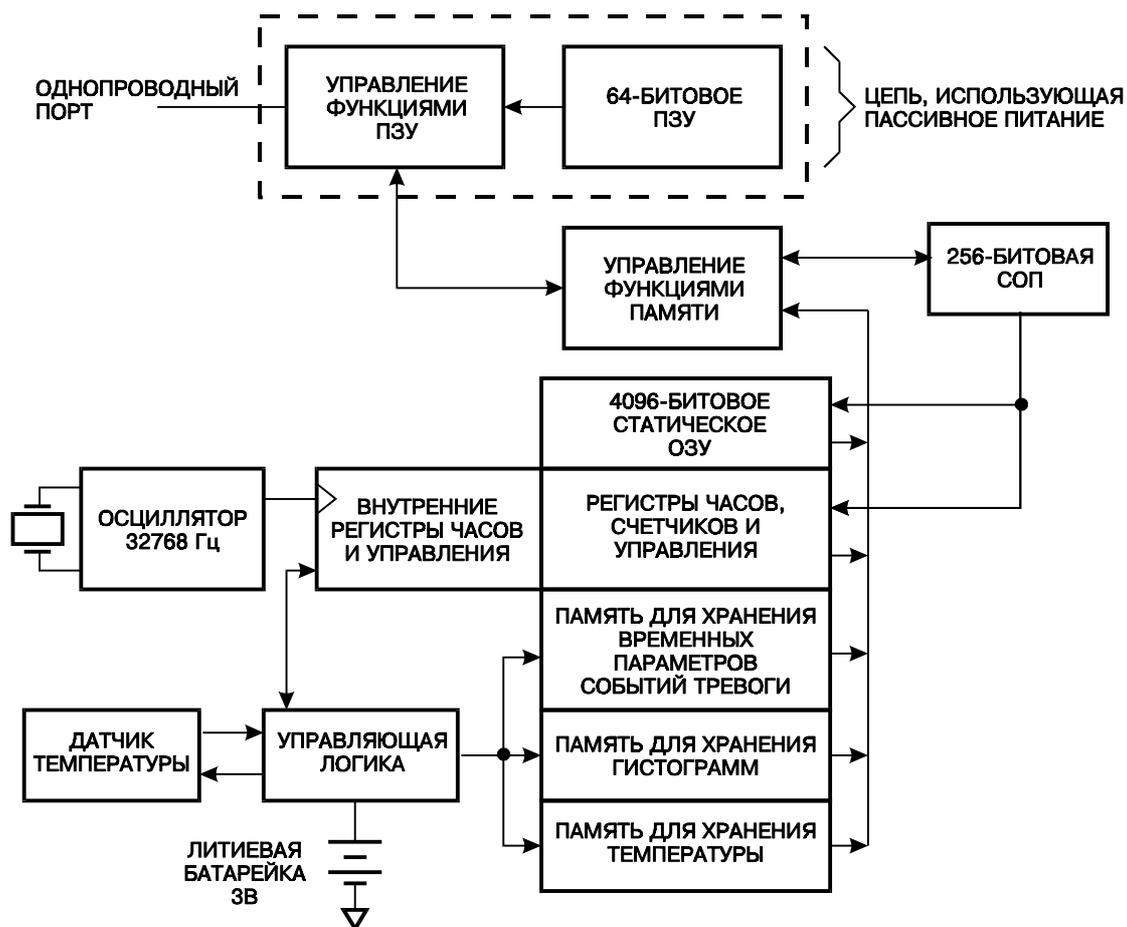


Рис.3.1. Блок-схема термохронного датчика-накопителя DS1921.

Иерархическая структура однопроводного протокола показана на рис. 3.2. Мастер шины должен сначала выдать одну из семи команд функции ПЗУ: 1)"Чтение ПЗУ" (Read ROM); 2)"Выбор ПЗУ" (Match ROM); 3)"Исследование ПЗУ" (Search ROM); 4)"Исследование ПЗУ по условию" (Conditional Search ROM); 5) "Игнорирование ПЗУ" (Skip ROM); 6)"Игнорирование ПЗУ в ускоренном режиме" (Overdrive-Skip ROM); 7)"Выбор ПЗУ в ускоренном режиме" (Overdrive-Match ROM). По завер-

шении выполнения команды "Игнорирование ПЗУ в ускоренном режиме" или "Выбор ПЗУ в ускоренном режиме" на стандартной скорости прибор переходит в ускоренный режим, где последующая связь происходит на большей скорости.

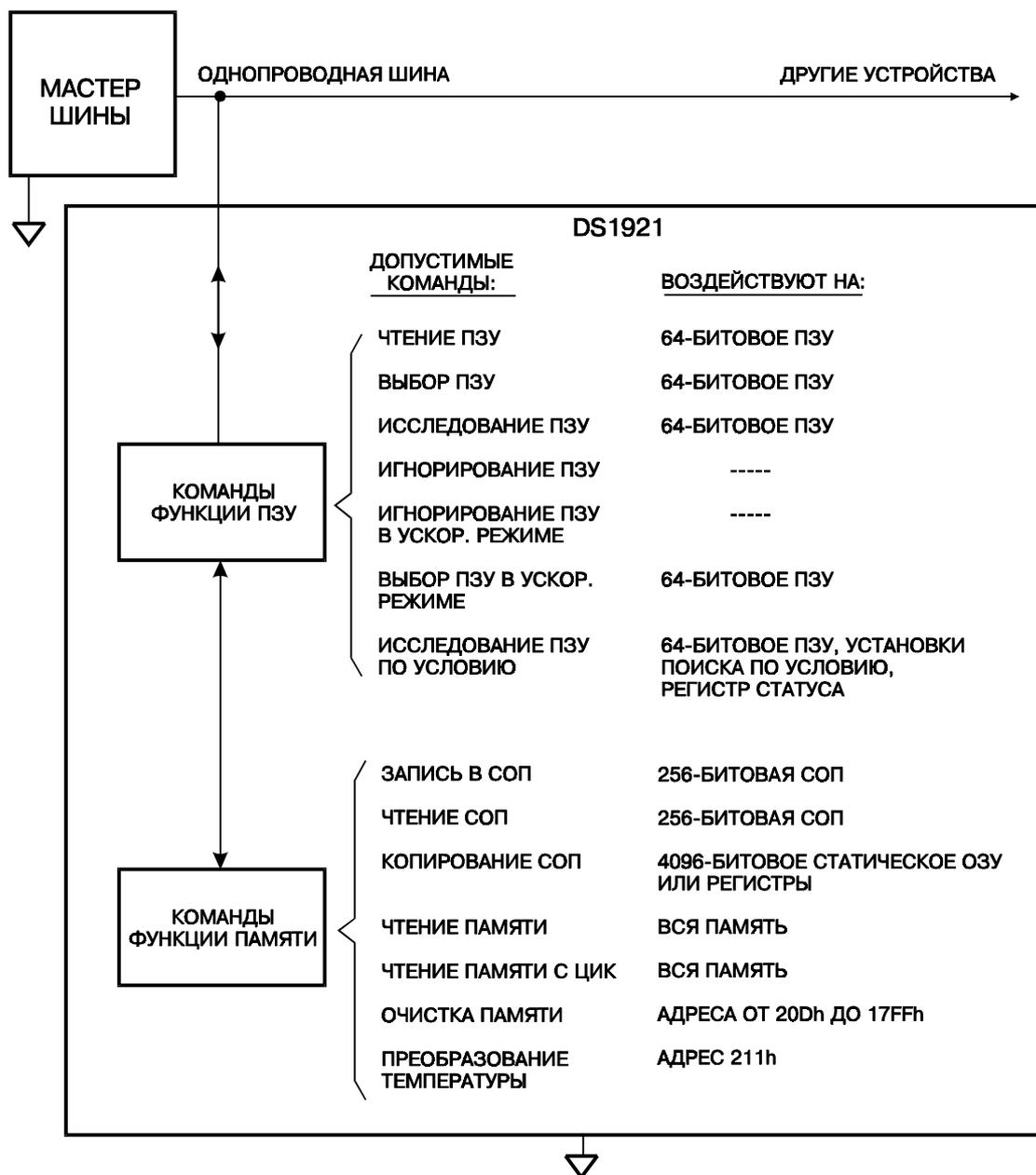


Рис.3.2. Иерархическая структура однопроводного протокола.

После того, как команда функции ПЗУ успешно выполнена, становятся доступными команды функции памяти, и мастер может выдать любую из семи таких команд: 1)"Запись в СОП" (Write Scratchpad); 2)"Чтение СОП" (Read Scratchpad);

3)"Копирование СОП" (Copy Scratchpad); 4)"Чтение памяти" (Read Memory); 5)"Чтение памяти с ЦИК" (Read Memory With CRC); 6)"Очистка памяти" (Clear Memory); 7)"Преобразование температуры" (Convert Temperature).

3.1.4. Питание

На рис. 3.1 пунктиром выделена часть устройства, использующая пассивное питание. 64-битовое ПЗУ и его управляющие цепи "приворачивают" энергию из линии связи, когда та находится в состоянии логической 1. Преимущества такого решения двояки: во-первых, экономится ресурс встроенной в датчик литиевой батарейки; во-вторых, когда литиевая батарейка истощится, ПЗУ все же может быть прочитано обычным образом.

3.1.5. Память

Как и все iButton, DS1921 располагает 64-битовым ПЗУ (см. рис. 3.3). Первые 8 бит - это код однопроводного семейства, одновременно указывающий на функциональную принадлежность прибора. Для DS1921 он равен 21h. Следующие 48 бит – уникальный серийный номер. Последние 8 бит – ЦИК первых 56 бит.

8-БИТОВЫЙ ЦИК		48-БИТОВЫЙ СЕРИЙНЫЙ НОМЕР		8-БИТОВЫЙ КОД СЕМЕЙСТВА	
СЗР	МЗР	СЗР	МЗР	СЗР	МЗР

Рис.3.3. 64-битовое ПЗУ DS1921.

Когда процессор начинает сеанс связи с устройством, он первым делом читает 8 байт его ПЗУ, причем младший значащий бит читается первым. Если ЦИК, рассчитанный процессором на основе принятых данных (семи младших байтов), совпадает с содержимым 8-го байта ПЗУ, считается, что данные приняты верно. Если эти значения не совпадают, процесс чтения ПЗУ повторяется. ЦИК вычисляется с помощью сдвигового регистра и логических ворот "Исключающее ИЛИ" (XOR) по формуле полинома восьмой степени, как это показано на рис. 3.4. Первоначально все биты сдвигового регистра сбрасываются. Затем, начиная с младшего бита, в регистр поби-

тово вводится байт кода семейства. За ним так же вводятся 6 байтов серийного номера. Когда последний бит серийного номера введен в регистр, в нем окажется ЦИК. Подробно программные и аппаратная реализации ЦИК описаны в [1].

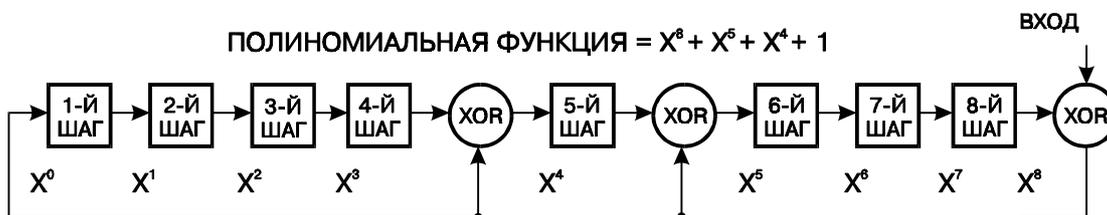


Рис.3.4. Аппаратная реализация 8-битового алгоритма проверки истинности данных циклическим избыточным кодом, соответствующая полиномиальной функции $X^8 + X^5 + X^4 + 1$.

32-байтовая промежуточная СОП	
АДРЕСА:	СТРАНИЦЫ:
0000h-001Fh	32-байтовое энергонезависимое ОЗУ длительного хранения 0
0020h-01FFh	Энергонезависимое ОЗУ длительного хранения 1-15
0200h-021Fh	32-байтовая регистровая страница 16
0220h-027Fh	Область хранения событий тревоги 17-19
0280h-07FFh	(Зарезервировано для будущих применений) 20-63
0800h-087Fh	Область хранения гистограммы 64-67
0880h-0FFFh	(Зарезервировано для будущих применений) 68-127
1000h-17FFh	Область хранения температурных замеров (64 страницы) 128-191
1800h-1FFFh	(Зарезервировано для будущих применений) 192-255

Рис.3.5. Организация оперативной памяти DS1921.

На рис. 3.5 показано устройство оперативной памяти DS1921. Эта память состоит из 32-байтной буферной СОП и дополнительных 32-байтных страниц различного назначения.

4096-битовое статическое ОЗУ занимает страницы от 0 до 15 включительно. Регистры времени, управления и счетчиков находятся на странице 16 - регистровой странице (рис. 3.6). Страницы 17-19 отведены для записи событий выхода температуры за установленный контрольный диапазон. Страницы 64-67 содержат данные гистограммы. Данные температурных измерений размещаются на страницах 128-191 включительно. Страницы памяти 20-63, 68-127 и 192-255 зарезервированы для будущих применений.

Страница СОП используется в качестве буферной памяти при записи в статическое ОЗУ или в регистровую страницу. Страницы 17 и далее пользователь может только читать. Запись в них и стирание информации осуществляется под управлением внутренней логики прибора.

3.1.6. Отсчет времени

Содержимое часов реального времени и календаря располагается в первых байтах регистровой страницы памяти по адресам с 200h по 206h включительно (см. рис. 3.6). Эти байты доступны для чтения и записи. Однако, как видно из рисунка, некоторые биты в них постоянно сброшены. Их чтение всегда будет давать 0. Содержимое регистров времени, календаря и тревоги представлено в двоично-десятичном коде.

Часы реального времени DS1921 могут работать как в 12-часовом, так и в 24-часовом режиме. Нужный режим устанавливается с помощью бита 6 регистра часов (байта с адресом 202h). Если этот бит установлен, то реализуется 12-часовой режим. В этом режиме бит 5 служит индикатором половин суток: если он сброшен, то идет первая половина суток (AM), если установлен, то - вторая (PM). В 24-часовом режиме бит 5, наряду с битом 4, служит для отсчета десятков часов. Бит 4 устанавливается, когда пошел второй десяток часов (10-19), а бит 5 - когда пошел третий десяток часов (20-23).

Для отсчета дней недели служит счетчик, расположенный по адресу 203h регистровой страницы. Три младших бита данного байта отражают содержимое этого счетчика. Значению счетчика, равному 1, можно поставить в соответствие любой день недели. Обычно этим днем считается воскресенье (американский стандарт) или понедельник (европейский стандарт).

Календарь сделан так, что автоматически учитывает виссо-

косные годы. В каждый заканчивающийся на 00 или делящийся на 4 год прибор добавляет 29 февраля. Эта схема рассчитана на работу до 2099 года включительно.

Адр.	Бит 7	Бит 6	Бит 5	Бит 4	Бит 3	Бит 2	Бит 1	Бит 0	Функция
200	0	Десятки секунд			Единицы секунд				Регистры часов реального времени
201	0	Десятки минут			Единицы минут				
202	0	12/24	10час	10час	Единицы часов				
			AM/PM						
203	0	0	0	0	0	День недели			
204	0	0	Дес. даты		Единицы даты				
205	Век	0	0	10 мес	Единицы месяцев				
206	Десятки лет			Единицы лет					
207	MS	Дес. секунд тревоги			Единицы секунд тревоги				Регистры часов реального времени для тревоги
208	MM	Дес. минут тревоги			Единицы минут тревоги				
209	MH	12/24	10ч.т.	10ч.т.	Единицы часов тревоги				
			AM/PM						
20A	MD	0	0	0	0	День недели трев.			
20B	Нижний порог температуры								Температура тревоги
20C	Верхний порог температуры								
20D	Число минут между преобразованиями температуры								Частота замеров
20E	\overline{EOSC}	MCLRE	0	\overline{EM}	RO	TLS	THS	TAS	Регистр управления
20F	0	0	0	0	0	0	0	0	Не используется
210	0	0	0	0	0	0	0	0	
211	Значение температуры при измерении вне миссии								Температура
212	Младший байт								Задержка первого измерения
213	Старший байт								
214	\overline{TCB}	MCLR	MIP	SIP	0	TLF	THF	TAF	Регистр статуса
215	Минуты								Время старта миссии
216	Часы								
217	День								
218	Месяц								
219	Год								
21A	Младший байт								Счетчик измерений в миссии
21B	Средний байт								
21C	Старший байт								
21D	Младший байт								Полное число измерений датчика
21E	Средний байт								
21F	Старший байт								

Рис.3.6. Регистровая страница памяти DS1921.

Бит номер 7 в регистре месяца по адресу 205h служит флагом столетия. Когда регистр года переходит от (19)99 к (20)00, флаг столетия меняется. Начиная с 2000 года, при установке реального времени в этот бит следует записывать 1.

DS1921 имеет также функцию тревоги в часах реального времени. Регистры тревоги расположены по адресам 207h - 20Ah. Старший бит каждого из регистров тревоги – бит-маска (см. табл. 3.1). Например, если все биты-маски равны логическому 0, сигнал тревоги будет подаваться раз в неделю, когда секунда, минута, час и день недели в регистрах часов реального времени (200h-206h) совпадут с соответствующими величинами, установленными в регистрах тревоги (адреса с 207h по 20Ah). Сигнал тревоги выражается в установке флага тревоги TAF (бита 0 в регистре статуса по адресу 214h). Мастер шины может в регистре управления по адресу 20Eh установить определенные условия поиска (см. ниже), в том числе и условия поиска по наличию факта тревоги. Если бит 0 (поиск по факту тревоги - TAS) регистра управления установлен, то в случае наступления события тревоги данное устройство будет реагировать на команду мастера "Поиск по условию" (см. раздел "Команды функции ПЗУ").

Таблица 3.1. Бит-маски регистров тревоги.

MS	MM	MH	MD	
1	1	1	1	Сигнал тревоги подается каждую секунду
0	1	1	1	Сигнал тревоги подается каждую минуту
0	0	1	1	Сигнал тревоги подается каждый час
0	0	0	0	Сигнал тревоги подается один раз в день
0	0	0	0	Сигнал тревоги подается один раз в неделю

3.1.7. Преобразование температуры

DS1921 может измерять температуру в пределах от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$ с дискретностью 0.5°C . Результат заносится в специальный регистр по адресу 211h в регистровой странице. Если прибор запрограммирован на выполнение миссии, результат заносится также и в соответствующую ячейку памяти. В регистре значение температуры представлено двоичным беззнаковым числом в диапазоне от 00000000 (-40°C) до 11111010 ($+85^{\circ}\text{C}$). Пусть D - десятичный эквивалент прочи-

танного из регистра двоичного значения температуры, тогда десятичное значение температуры вычисляется по формуле:

$$T(^{\circ}\text{C}) = D/2 - 40.$$

Для записи значений температурных порогов в соответствующие регистры (адреса 20Bh, 20Ch) используется формула:

$$D = 2 * T(^{\circ}\text{C}) + 80,$$

где: D - десятичный эквивалент записываемого в регистр значения; T - пороговая температура. Например, если нужно установить пороговую температуру +23°C, то в соответствующий регистр следует записать число 126 или, в двоичном выражении, 01111110. При установке температурного порога -20°C в регистр записывается двоичное число 00101000.

Температуры ниже -40°C записываются как 00000000 (= -40°C), а температуры выше 85°C как 11111010 (=85°C).

3.2. Запись и хранение температурных данных

3.2.1. Формирование полей температуры и гистограмм

DS1921 регистрирует результаты температурных исследований одновременно как в области памяти для хранения температурных данных, так и в гистограммной памяти в виде гистограмм. Память для записи температурных данных способна хранить до 2048 значений температуры, измерения которой производятся через равные промежутки времени. Дата и время начала миссии размещаются в регистровой странице по адресам 215h-219h. Первое значение температуры записывается по адресу 1000h, второе – по адресу 1001h и т. д. Зная время первого измерения и интервал между измерениями температуры, легко вычислить время и дату каждого из них.

Существуют два альтернативных пути поведения DS1921 после того, как все 2048 байтов памяти заполнены данными. Пользователь может запрограммировать прибор таким образом, что тот при переполнении памяти прекратит дальнейшую регистрацию данных и будет хранить их до следующего программирования. Можно, однако, запрограммировать прибор на режим, когда он, заполнив всю память, будет продолжать миссию, замещая самые старые по времени данные новыми. Так, результат 2049-го измерения он разместит по адресу 1000h, уничтожив результат 1-го измерения, результат 2050-

го измерения перезапишет по адресу 1001h, уничтожив хранившийся там результат 2-го измерения, и т. д. Показания счетчика измерений, проведенных с момента старта миссии (регистры 21Ah-21Ch), в сочетании со временем первого измерения и частотой измерений, позволяют восстановить время каждого измерения, хранящегося в памяти устройства. Это дает точную температурную картину во времени для последних 2048 измерений. Все предыдущие - восстановлению не подлежат. Независимо от того, включен режим перезаписи или нет, данные накапливаются в температурной гистограмме.

Для конструирования температурной гистограммы DS1921 располагает 63 ячейками (бинами), адреса которых начинаются с 0800h. Каждый бин содержит 16-битовый непереписываемый двоичный счетчик, который инкрементируется каждый раз, как только значение температуры попадает в двухградусный температурный диапазон этой ячейки. Младший байт каждого бина хранится по младшему адресу. Бин 1 располагается по адресу 0800h, бин 2 – по адресу 0802h и так далее вплоть до адреса 087Ch для бина 63.

После очередного преобразования температуры номер бина, который должен быть изменен, определяется путем отбрасывания двух младших битов от двоичного температурного значения. Таким образом, ячейка 1 будет изменена, если полученное значение температуры попадает в интервал от -40°C до -38.5°C . Ячейка 2 соответствует интервалу температур от -38.0°C до -36.5°C . Наконец, в ячейку 63 попадают значения температуры от $+84^{\circ}\text{C}$ и выше.

Поскольку каждый бин содержит два байта, он может инкрементироваться 65535 раз. Если значение данного бина превысит этот максимум, то он будет сохранять свое максимальное значение. При самой большой скорости измерений (1 замер в минуту) бин заполнится за 45 дней, если все значения температуры будут попадать в один и тот же двухградусный диапазон.

До тех пор, пока миссия не остановлена, измерения температуры будут продолжаться через запрограммированные промежутки времени, независимо от того, включен ли режим перезаписи или нет. И все время от старта до остановки миссии будет формироваться гистограмма. Из этого следует, что если, например, запрограммирован режим с остановом, т. е.

по накоплении 2048 замеров прибор прекращает записывать температуру в память, он, тем не менее, продолжает формировать гистограмму, в которую войдут и замеры температуры, сделанные после заполнения памяти. Этот факт нужно учитывать при анализе полученных данных, так как гистограмма, считанная после остановки миссии из гистограммной памяти, не будет совпадать с гистограммой, построенной на основе 2048 измерений, накопленных в температурной области ОЗУ устройства.

3.2.2. Фиксация запороговых значений температуры

В некоторых случаях может быть существенна не только регистрация температуры с течением времени и температурной гистограммы, но и регистрация моментов времени, когда значения температуры вышли за допустимые пределы, а также того, как долго они оставались вне этих пределов. DS1921 предоставляет такую информацию.

Пределы области допустимых значений определяются регистрами пороговой температуры, расположенными в регистровой странице по адресам от 20Bh до 20Ch. Можно задать верхний и нижний температурные пороги. Температурные значения записываются в эти регистры в формате, описанном в разделе "Преобразование температуры". Если температура находится в области допустимых значений, т. е. выше нижнего порога и ниже верхнего, то DS1921 не регистрирует тревогу. Когда температура равна или превышает какое-либо из граничных значений, то DS1921 объявляет тревогу и устанавливает либо флаг верхнего порога (THF), либо флаг нижнего порога (TLF), т. е. биты 1 и 2 в регистре состояний по адресу 214h. В дополнение к этому прибор регистрирует начало тревоги и записывает длительность состояния тревоги.

DS1921 хранит информацию о времени возникновения тревоги как копию счетчика измерений в миссии на момент, когда объявляется тревога. Младший байт хранится по младшему адресу. На один адрес выше, чем адрес момента тревоги, DS1921 содержит однобайтный счетчик длительности, который считает количество выходов температуры за допустимые пределы. Если этот счетчик переполнился, а температура все еще не возвратилась в допустимые рамки, прибор регистрирует еще один момент выхода за пределы разрешен-

ного диапазона и записывает это время по следующему адресу. При этом, как и в предыдущем случае, он открывает еще один счетчик длительности состояния тревоги. Если температура возвратилась в допустимые рамки до того, как счетчик достиг своего предела, счетчик длительности этого нарушения больше не инкрементируется. Если температура опять выйдет за допустимые рамки, то будет зарегистрирован еще один момент времени и соответствующий счетчик будет инкрементироваться при каждом значении температуры, выходящем за рамки допустимых значений. Этот алгоритм справедлив как для высокотемпературного, так и для низкотемпературного граничного значения.

Моменты времени и длительности, когда температура опускается за нижний порог, хранятся по адресам от 0220h до 024Fh (48 байтов). Адреса в памяти от 0250h до 027Fh (48 байтов) зарезервированы для моментов времени и длительности, когда температура поднимается за верхний порог. Такое расположение позволяет зарегистрировать 24 отдельных момента тревоги и длительности (12 за пределами "горячих" периодов и 12 за пределами "холодных").

Приборы, температура которых вышла за допустимые пределы, могут быть обнаружены мастером шины с помощью команды "Поиск по условию". При этом необходимо, чтобы в приборе возможность такого поиска была предусмотрена установкой соответствующих битов (0-2) регистра управления (по адресу 20Eh).

3.3. Регистровая страница памяти

Режим функционирования DS1921 зависит от того, какая информация записана в специальные функциональные регистры, расположенные в регистровой странице (странице 16 пространства памяти устройства). Несколько функций, каждая из которых управляется единственным битом, объединены в группу, управляемую совокупностью этих битов, собранных в специальный байт, расположенный по адресу 20Eh и называемый регистром управления, или управляющим регистром. Он доступен для чтения и записи. Если прибор уже запрограммирован на выполнение миссии, то любая запись в регистр управления или другой доступный для записи регистр (т. е. в области адресов от 200h до 213h) остановит выполнение мис-

сии, но не перезапишет ее установки. Однако уже следующая попытка записи изменит содержимое регистров. Подобно управляющему регистру, осуществляющему побитовое управление различными функциями прибора, регистр статуса каждым из своих битов отражает текущее состояние DS1921. Регистр статуса расположен по адресу 214h и доступен только для чтения. Исключение составляет бит 5 этого регистра (см. ниже). Все регистры, расположенные по адресам от 215h и выше, недоступны для записи. Любая попытка записи в них не оказывает влияния на состояние и функционирование прибора.

3.3.1. Регистр управления (адрес 20Eh)

Бит 0. TAS - Поиск по тревоге

Когда этот бит установлен, т. е. равен 1, устройство будет откликаться на команду мастера "Поиск по условию", если во время исполнения миссии наступило состояние тревоги. Напомним, что время тревоги программируется в специальных регистрах по адресам 207h-20Ah (см. рис. 3.6). Поскольку эти установки не могут быть отменены, то во время миссии флаг тревоги TAF регистра статуса всегда при чтении будет давать 1. Поэтому в большинстве случаев целесообразно бит 0 регистра управления при программировании сбрасывать, т. е. записывать в него 0.

Бит 1. THS - Поиск перехода за верхний порог

Когда этот бит равен 1, устройство будет реагировать на команду мастера "Поиск по условию", если во время миссии температура достигнет или превысит значение, записанное в регистре верхнего порога температуры по адресу 20Ch.

Бит 2. TLS - Поиск перехода за нижний порог

Когда этот бит равен 1, устройство будет реагировать на команду мастера "Поиск по условию", если во время миссии температура станет равной или ниже значения, записанного в регистре нижнего порога температуры по адресу 20Bh.

Бит 3. RO - Режим перезаписи

С помощью этого бита выбирается режим, определяющий, как поведет себя прибор при заполнении всех 2048 яче-

ек памяти. Если этот бит установлен, то датчик при заполнении памяти продолжит измерения и новые данные будет размещать на месте старых, начиная с младших адресов. Сброс бита 3 в 0 отменяет режим перезаписи. При этом датчик, заполнив все 2048 ячеек данными, прекратит дальнейшую запись в память и будет хранить полученные 2048 значений до следующего перепрограммирования. Однако, как уже указывалось выше, измерения температуры через запрограммированные интервалы времени не прекращаются. Измеренные значения заносятся, как обычно, в регистр текущей температуры по адресу 211h, но не сохраняются в долговременной памяти. В регистре текущей температуры информация хранится до следующего замера, после чего заменяется новой. Напомним, что хотя в этом режиме при заполнении памяти новые данные в нее не заносятся, формирование гистограммы продолжается с учетом этих "сверхнормативных" данных.

Бит 4. EM - Разрешение миссии

Если этот бит равен 0, то миссия разрешена и стартует сразу же, как только в регистр по адресу 20Dh будет записано значение временного интервала между измерениями температуры.

Бит 5. Не используется. При чтении всегда дает 0.

Бит 6. MCLRE - Разрешение очистки памяти

Чтобы действовала команда "Очистка памяти", этот бит должен быть равен 1. Он автоматически возвратится в состояние 0, как только после команды "Очистка памяти" будет выполнена любая другая команда функции памяти (см. ниже).

Бит 7. EOSC - Разрешение осциллятора

Этот бит управляет работой тактового генератора часов реального времени. Если он равен 0, генератор работает. Когда бит 7 равен 1, генератор останавливается, и прибор переходит в экономичный режим хранения данных. Для нормальной работы датчика этот бит должен быть сброшен.

3.3.2. Регистр статуса (адрес 214h)

Бит 0. TAF - Флаг тревоги

Если этот бит равен 1, значит, наступило событие тревоги (см. раздел "Отсчет времени"). Сбросить флаг можно, записав в этот бит 0. Поскольку таймер тревоги нельзя отключить, то обычно во время миссии в этом бите содержится 1.

Бит 1. THF - Флаг верхнего порога

Наличие в этом бите 1 свидетельствует о том, что во время миссии температура оказалась равной или превысила значение, записанное в регистре верхнего порога по адресу 20Ch. Бит можно сбросить, записав в него 0.

Бит 2. TLF - Флаг нижнего порога

Если этот бит равен 1, следовательно в процессе температурных измерений миссии обнаружилась температура, равная или меньшая той, что записана в регистре нижнего порога по адресу 20Bh. Бит можно сбросить, записав в него 0.

Бит 3. Не используется. При чтении всегда дает 0.

Бит 4. SIP - Идет преобразование температуры

Когда бит равен 1, это значит, что идет процесс преобразования температуры в код при очередном измерении по программе миссии. Бит устанавливается примерно за 250 миллисекунд до начала преобразования, чтобы соответствующие цепи прибора пришли в рабочее состояние. Процесс преобразования длится не более 750 мс, включая и подготовительные 250 мс. На протяжении этого времени страницы памяти от 17-й и выше доступны для чтения, но прочитанные в это время данные могут оказаться неверными.

Бит 5. MIP - Миссия в действии

В случае бита равного 1 следует, что прибор запрограммирован на выполнение миссии и она выполняется (т. е. не остановлена). Миссия стартует, если бит 4 регистра управления (EM - Разрешение миссии) сброшен, а в регистр по адресу 20Dh записано ненулевое значение, определяющее временной интервал между последовательными измерениями температуры. Когда миссия закончена, бит 5 регистра статуса

сбрасывается. Миссия заканчивается при первой попытке записи (по команде "Копирование СОП") в любой из регистров по адресам от 200h до 213h. Первая попытка записи только остановит миссию, но не изменит данных. Другой способ остановить миссию - это записать 0 в бит 5 регистра статуса. В этом случае бит 5 сбрасывается уже при первой попытке записи. Этот бит можно только сбросить. Установить его путем записи в него 1 нельзя. Все другие биты регистра статуса предназначены только для чтения.

Бит 6. MCLR - Память очищена

Если бит равен 1, все страницы памяти от 17-й и выше очищены. Очищены также регистры 16-й страницы, содержащие время старта миссии, число преобразований в миссии, задержку первого измерения миссии и частоту замеров. Бит 6 регистра статуса сбрасывается при старте новой миссии, когда бит 4 регистра управления сброшен, а в регистр "Частота замеров" по адресу 20Dh записано ненулевое значение. Чтобы новая миссия стартовала, нужно предварительно очистить память.

Бит 7. TCV - Преобразователь температуры занят

Наличие нуля в этом бите свидетельствует о том, что идет процесс преобразования температуры в код - либо по программе миссии, если таковая в действии, либо по команде "Преобразование температуры", если миссия остановлена.

3.3.3. Управление миссией

Типичной задачей DS1921 является запись температуры объекта, к которому он прикреплен, в течение некоторого промежутка времени. При этом объект может быть как неподвижным, так и подвижным. В силу своих малых размеров и автономности питания DS1921 имеет преимущества перед всеми другими решениями. В этом разделе мы рассмотрим, как запрограммировать прибор на выполнение конкретной миссии и как затем запустить миссию в работу.

Чтобы прибор был готов правильно регистрировать данные, прежде всего следует установить его часы реального времени. Для этого в регистры реального времени (200h-206h) записываются текущее время и дата в форматах, опи-

санных в разделе "Отсчет времени". Затем нужно обеспечить работу тактового генератора часов, сбросив бит 7 управляющего регистра (EOSC=0). Если нет каких-либо соображений по использованию функции тревоги, соответствующие регистры (по адресам 207h-20Ah) можно не программировать, т. е. ничего в них не писать. Области памяти, отведенные для хранения температурных замеров, гистограмм, моментов выхода температуры за пороговые значения и длительности таких выходов, должны быть очищены с помощью команды "Очистка памяти". Таким же образом должны быть очищены и области регистровой страницы, хранящие данные о времени старта миссии, числе проведенных температурных замеров, времени задержки первого измерения и частоты замеров. Бит 4 управляющего регистра, разрешающий миссию, должен быть сброшен (EM=0). Все эти подготовительные операции нужно провести независимо от характера объекта и продолжительности программируемой миссии.

Следующим шагом в регистры по адресам 20Bh и 20Ch записываются значения соответственно нижнего и верхнего порогов допустимой области температур. Выше, в разделе "Преобразование температуры", было описано, как преобразовать десятичное значение температуры в двоичное число, записываемое в однобайтовый регистр.

Состояние битов 0-2 (TAS, THS, TLS) управляющего регистра, содержащих установки для поиска по условию наступления временной или температурной тревоги, не влияют на выполнение миссии. Они важны, когда несколько приборов DS1921 объединены в сеть MicroLAN. В этом случае установки обуславливают возможность для прибора участвовать в операции поиска датчика с совершившимися событиями температурной или временной тревоги, проводимого мастером шины по команде "Поиск по условию". Подробно о конкретном значении этих битов см. раздел "Команды функции ПЗУ".

Содержание бита 3 (RO - Режим перезаписи) управляющего регистра и параметра "Частота замеров", помещаемого по адресу 20Dh, зависят от конкретной задачи. Если планируется непрерывный температурный мониторинг и интерес представляют лишь последние по времени 2048 замеров, то бит 3 устанавливается (RO=1). В противном случае программист должен оценить продолжительность миссии в минутах и, разделив это число на 2048, получить параметр "Частота

замеров" в виде количества минут, которое должно пройти между двумя последовательными замерами температуры. Например, если миссия должна продолжаться 10 дней (14400 минут), то 2048 байт памяти будет достаточно, чтобы проводить замеры через каждые 7 минут.

При частых замерах в течение длительного промежутка времени памяти одного прибора может оказаться недостаточно. Тогда следует прикрепить к объекту сразу несколько приборов, сдвинув начало миссии каждого из них так, чтобы миссия второго стартовала в тот момент, когда заполнится память первого, миссия третьего - когда заполнится память второго, и т. д. При такой организации мониторинга бит RO каждого из приборов должен быть сброшен, чтобы исключить потерю данных в результате перезаписи. Величина задержки первого измерения в минутах записывается в виде 16-битового беззнакового числа по адресам 212h (младший байт) и 213h (старший байт). Максимальная задержка составляет 65535 минут, что эквивалентно 45 суткам, 12 часам и 15 минутам. Эта задержка показывает, сколько минут пройдет от момента старта миссии до момента первого температурного измерения.

После того как записаны время задержки первого измерения и бит RO, последним шагом программирования, запускающим миссию на выполнение, является запись в регистр "Частота замеров" (20Dh) соответствующего двоичного числа. Это число должно лежать в пределах от 1 до 255 (т. е. минимальный интервал между соседними замерами равен 1 минуте, а максимальный - 255 минутам). Как только проведена запись в этот регистр, DS1921 копирует текущее время и дату в регистры по адресам 215h-219h, содержащие время старта миссии. Он также установит бит 5 (MIP - Миссия в действии) и сбросит бит 6 (MCLR - Память очищена) регистра статуса. По истечении числа минут, записанного в параметре "Задержка первого измерения", датчик произведет первое измерение в миссии. При этом увеличатся на 1 значения счетчика измерений в миссии и счетчика полного числа измерений, когда-либо произведенных прибором (соответственно области адресов 21Ah-21Ch и 21Dh-21Fh). Последующие замеры будут производиться с интервалом времени, равным параметру "Частота замеров". Память DS1921 доступна для чтения в любой момент в продолжение миссии.

Производитель рекомендует после запуска миссии прочитать содержимое регистровой страницы с адреса 20Vh по адрес 21Fh включительно и записать прочитанную информацию в виде файла данных в 4096-битовое энергонезависимое статическое ОЗУ (страницы 0-15 памяти), т. е. создать в этих страницах копию параметров режима на случай разряда внутренней батарейки. Можно, однако, эту память использовать и для хранения разного рода сведений об объекте или комментариях.

Запустив миссию в работу, необходимо быть осторожным и не пытаться писать в доступные для записи байты регистровой страницы, ибо это приведет к окончанию миссии.

3.3.4. Запись в память

Запись информации в любую страницу памяти осуществляется через 32-байтную СОП, служащую промежуточным буфером. Записав байт или пакет байтов в СОП, мастер читает из нее и сравнивает исходную информацию с прочитанной. Если данные совпадают, то мастер выдает команду "Копирование СОП", перегружая тем самым данные в нужную страницу памяти. Для всех этих операций используются три дополнительных регистра (рис. 3.7). Два из них - TA1 и TA2 - регистры адреса, доступные для записи и чтения. Третий - E/S - используется как счетчик байтов и регистр состояния, контролирующей правильность обмена. Он доступен только для чтения.

Младший байт адреса (TA1)	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	T0
Старший байт адреса (TA2)	T15	T14	T13	T12	T11	T10	T9	T8
Регистр E/S (конечное смещение и биты статуса, только для чтения)	AA	1)	PF	E4	E3	E2	E1	E0

1) этот бит всегда равен 0

Рис.3.7. Адресные и статусный регистры, используемые при записи данных через СОП.

В регистры TA1 и TA2 загружается адрес, по которому будут посланы данные при записи или из которого они будут прочитаны при выполнении команды чтения. При этом в ре-

регистр TA1 загружается младший байт адреса. Младшие пять битов (0-4) регистра E/S определяют адрес хвоста записи, т. е. адрес последнего байта, записанного в СОП. Этот адрес называется конечным смещением. Бит 5 регистра E/S можно назвать флагом дробности (PF - partial byte flag). Он устанавливается, если число битов в пакете данных, переданных мастером, не кратно 8. Бит 6 регистра E/S всегда равен 0. Заметим, что младшие 5 битов регистра TA1 определяют также позицию внутри СОП, с которой начинается запись данных в этот промежуточный буфер (начальное смещение). Если, например, требуется записать данные по адресу 13Ch, они расположатся в СОП, начиная со смещения 1Ch, и, таким образом, в буфере поместятся только 4 байта данных (от 1Ch до 1Fh). Адрес хвоста данных, размещаемый в пяти младших битах регистра E/S, при этом будет равен 1Fh. Для лучшего использования буфера и, как следствие, ускорения передачи необходимо указывать адрес в начале страницы, т. е. смещение должно быть равно 0. Тогда можно записывать данные пакетами максимальной длины - по 32 байта. Конечное смещение (адрес хвоста записи) при этом всегда будет равно 1Fh. Это пожелание не исключает возможности записывать один или несколько байт в любом месте страницы памяти. Конечное смещение вместе с флагом дробности являются лишь инструментом, позволяющим мастеру шины проверять целостность данных при их записи в память. Старший бит регистра E/S называется флагом разрешения (AA - Authorization Asserted). Если он установлен, это значит, что содержащиеся в СОП данные скопированы по адресу назначения в основную память. При записи в СОП новой порции информации этот бит сбрасывается.

Учитывая все вышесказанное, опишем теперь последовательность действий при записи в память. Прежде всего мастер выдает команду "Запись в СОП" (Write Scratchpad), за которой следует, начиная с младшего байта, двухбайтовый адрес той области памяти, в которую планируется направить данные. Затем следуют собственно данные. Следующим шагом мастер посылает команду "Чтение СОП" (Read Scratchpad), чтобы проверить целостность данных. В ответ на эту команду DS1921 возвращает переданный ему в предыдущем шаге двухбайтовый адрес (начиная с младшего байта), содержимое регистра E/S и записанные в СОП данные. Мас-

тер анализирует полученную информацию, и если окажется, что бит дробности (PF) регистра E/S установлен, процесс записи данных повторяется, начиная с первого шага, т. е. новой посылки команды "Запись в СОП". Точно так же, если флаг разрешения (AA) регистра E/S установлен, это значит, что DS1921 не распознал команду "Запись в СОП", и процесс нужно повторить, начиная с первого шага. Если же все прошло гладко, то оба флага окажутся сброшенными, а конечное смещение будет указывать на позицию последнего записанного в СОП байта. Теперь мастер может продолжать проверять каждый бит данных. При благополучной проверке мастер выдает команду "Копирование СОП" (Copy Scratchpad), по которой содержимое СОП копируется в соответствующее место основной памяти. За командой "Копирование СОП" должны следовать три байта с содержимым регистров TA1, TA2 и E/S таким, какое мастер прочитал из СОП в процессе проверки целостности данных. Как только DS1921 получит эти три байта, он скопирует данные из СОП по указанному адресу в основную память.

3.4. Однопроводная шина

3.4.1. Аппаратная реализация

Однопроводная шина - это система, состоящая из одного мастера и одного или нескольких помощников. В качестве мастера выступает компьютер или автономный микроконтроллер, а в качестве помощников - DS1921. Обмен данными между мастером и помощником происходит согласно однопроводному протоколу, подробно описанному в [1]. Отметим только, что обмен осуществляется путем установки или определения состояния шины в течение нормированных интервалов времени - временных слотов. Начало каждого временного слота определяется мастером путем перевода шины в низкое-уровневое состояние.

Однопроводная шина имеет один сигнальный и один обратный провод (землю). Важно, чтобы и мастер, и любой помощник могли в определенные моменты влиять на состояние шины. Для этого каждое подключенное к шине устройство должно иметь выход либо с Z-состоянием, либо типа "открытый сток". Порт ввода-вывода DS1921, эквивалентная

схема которого показана на рис. 3.8, выполнен в виде открытого стока. Стандартная скорость обмена составляет 16.3 кбит/сек. Эта скорость может быть увеличена до 142 кбит/сек включением специального скоростного режима (см. ниже). Шина требует подтягивающего резистора примерно 5 кОм, переводящего ее в исходное высокоуровневое состояние, когда и мастер, и помощники пассивны, т. е. отпускают шину. Основное состояние шины - логическая 1. Если во время сеанса связи по какой-либо причине нужно приостановить обмен, то во весь период остановки шина должна поддерживаться в высокоуровневом состоянии. Если этого не сделать, и шина в течение некоторого времени (более 16 мкс в скоростном режиме и более 120 мкс - в стандартном) будет находиться в низкоуровневом состоянии, подключенные к ней помощники могут сбросить все свои установки.

Последовательность доступа к DS1921 через однопроводную шину следующая:

- Инициализация
- Команда функции ПЗУ
- Команда функции памяти

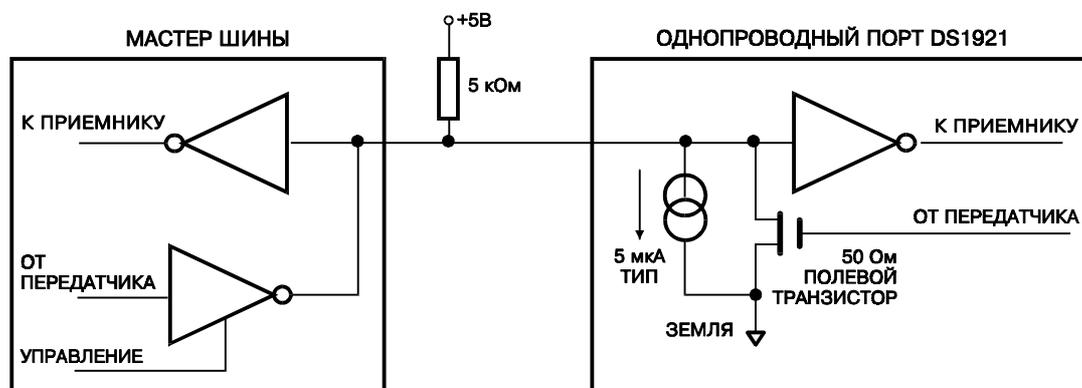


Рис.3.8. Соединение двунаправленных портов типа "открытый сток" мастера и помощника.

3.4.2. Сигналы однопроводной шины

Для сохранения целостности данных требуется выполнение строгого протокола обмена. Протокол состоит из нескольких типов сигналов в линии: импульса сброса, импульса присутствия, записи нуля, записи единицы, чтения нуля, чтения единицы. Все эти сигналы, за исключением импульса присутствия, генерируются мастером шины. На рис. 3.9 приведена

инициализирующая последовательность, необходимая для начала любых обменов в шине. Импульс сброса и следующий за ним импульс присутствия показывают, что помощник готов к передаче или приему данных, инициируемых командами функций ПЗУ и памяти. Мастер шины передает импульс сброса (сигнал низкого уровня длительностью не менее 480 мкс в стандартном и не менее 48 мкс в скоростном режиме), освобождает линию и переходит в состояние приема. Однопроводная шина подтянута к высокому логическому уровню подтягивающим резистором 5кОм. Обнаружив задний (восходящий) фронт импульса сброса, помощник ждет (15-60 мкс в стандартном или 2-6 мкс в скоростном режиме) и затем передает импульс присутствия (сигнал низкого уровня длительностью 60-240 мкс в стандартном или 8-24 мкс в скоростном режиме). Импульс сброса длительностью 480 мкс и более отключит скоростной режим и переведет DS1921 в стандартный режим обмена. Если устройство находится в скоростном режиме, и импульс сброса не превысит 80 мкс, то оно и останется в этом режиме.

Чтение и запись данных происходят с использованием временных интервалов чтения/записи, разделяющих соседние биты, а также командного слова, определяющего смысл операции.

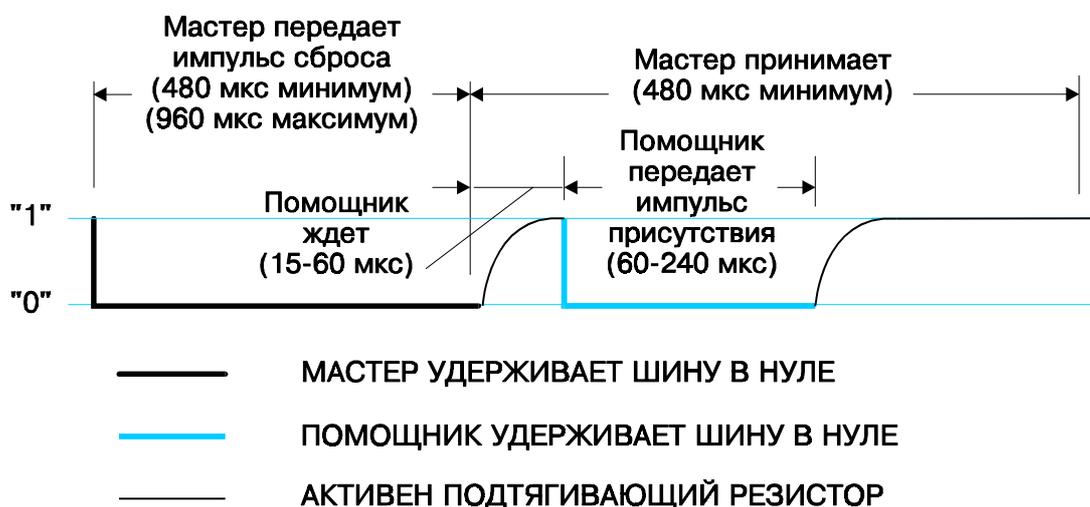


Рис.3.9. Инициализирующая последовательность в однопроводной шине (стандартный режим).

Временные интервалы (слоты) записи. Временной интервал записи инициируется сразу же, как только мастер пере-

ведет шину из высокого логического состояния в низкое. Имеются два типа временных интервалов: записи единицы и записи нуля. Каждый из них должен обладать длительностью не менее 60 мкс, а между соседними интервалами должна быть восстановительная пауза не менее 1 мкс (все величины даны для стандартного режима).

Для выдачи одного временного интервала записи единицы мастер должен установить шину в низкое состояние, а затем освободить ее. В течение 15 мкс шина под действием подтягивающего резистора примет высокое логическое состояние. Для выдачи одного временного интервала записи нуля мастер должен установить шину в низкое состояние и удерживать ее в этом состоянии 60 мкс. В пределах временного окна от 15 мкс до 60 мкс после перевода шины в низкое состояние помощник проверяет ее состояние. Если в этот период шина находится в высоком состоянии, помощник воспринимает данный факт как запись в него "1", если в низком, - как запись "0" (см. рис. 3.10).

Временные интервалы (слоты) чтения. Если нужно прочитать данные из помощника, мастер генерирует временные интервалы чтения. Временной интервал чтения инициируется сразу же, как только мастер переведет шину из высокого логического состояния в низкое. Шина данных должна оставаться в низком состоянии, как минимум, в течение 1 мкс. Данные от помощника будут истинны в течение 15 мкс после спадающего фронта временного интервала чтения. Значит, мастер через 1 мкс после перевода шины в низкое состояние (т. е. начала генерации временного интервала чтения) должен освободить шину, чтобы иметь возможность в последующие 14 мкс прочитать ее истинное значение, устанавливаемое помощником (см. рис. 3.10). По окончании временного интервала чтения шина под воздействием подтягивающего резистора возвратится в высокое логическое состояние, так как помощник по истечении 15 мкс перейдет в Z-состояние. Каждый из временных интервалов чтения должен иметь длительность не менее 60 мкс, а между соседними интервалами должна быть восстановительная пауза не менее 1 мкс.

На рис. 3.11 показано, что сумма времени инициализации интервала чтения T_{INIT} , времени освобождения шины T_{REC} и времени анализа шины T_{SAPMLE} не должна превышать 15 мкс.

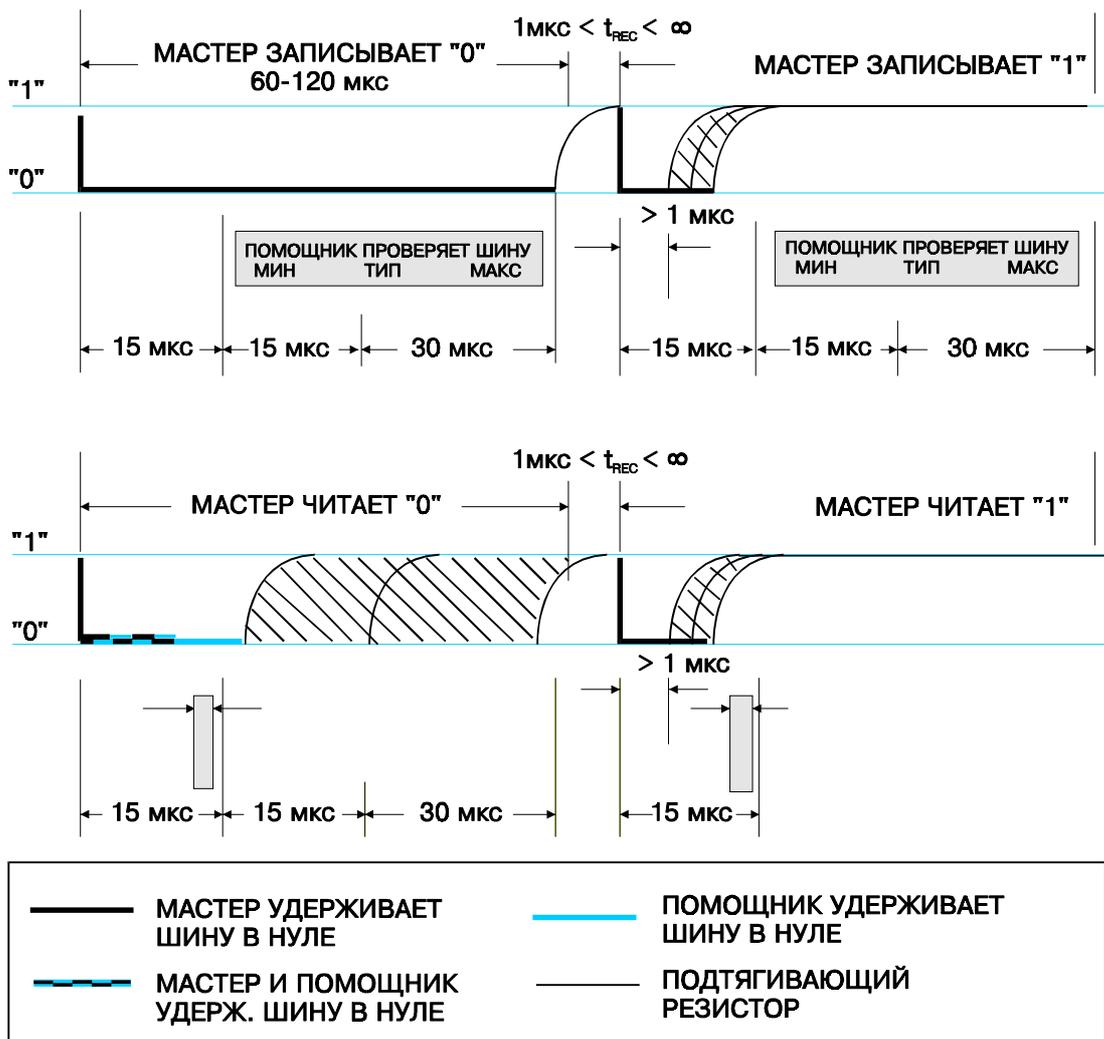


Рис.3.10. Временные слоты чтения/записи (стандартный режим).

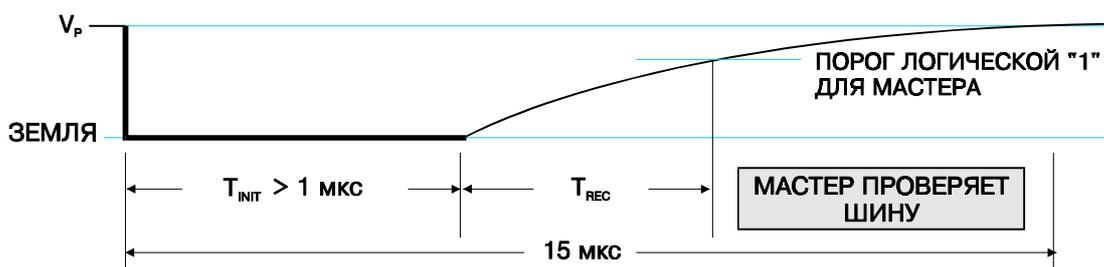


Рис.3.11. Подробная диаграмма временного слота чтения "1" (стандартный режим).

Из рис. 3.12 видно, что надежные условия чтения можно обеспечить, сводя к минимуму времена T_{INIT} и T_{REC} и сдвигая окно анализа состояния шины к концу 15-микросекундного интервала.

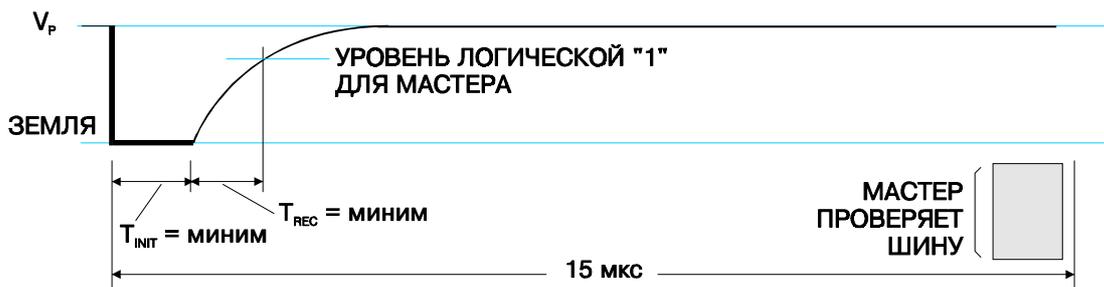


Рис.3.12.Рекомендуемая диаграмма временного слота чтения "1" (стандартный режим).

3.4.3. Генерирование ЦИК

При обмене данными с DS1921 вычисляются две разновидности ЦИК (проверки циклическим избыточным кодом). Первая разновидность - 8-битовый ЦИК, определяемый по содержимому 64-битового ПЗУ датчика и хранящийся в старшем байте этого ПЗУ. Для его нахождения используется полином 8-й степени $X^8 + X^5 + X^4 + 1$. Схема аппаратной реализации алгоритма вычисления показана на рис. 3.4. Этот ЦИК рассчитывается и записывается в ПЗУ прибора при его изготовлении. Чтобы установить, правильно ли считаны данные из ПЗУ, мастер вычисляет ЦИК 56 младших битов ПЗУ и сравнивает полученную величину со старшим байтом этого же ПЗУ. Если значения равны, значит, данные прочитаны верно.

Другая разновидность - 16-битовый ЦИК - вычисляется на основе полинома 16-й степени $X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$. Схема его аппаратной реализации показана на рис. 3.13. Этот ЦИК рассчитывается при операциях чтения из СОП, записи в СОП, а также при чтении памяти по команде "Чтение памяти с проверкой ЦИК" (см. раздел "Команды функции памяти"). В отличие от 8-битового, 16-битовый ЦИК всегда представляется в инверсном коде.

При первом выполнении команды "Чтение памяти с проверкой ЦИК" 16-битовый ЦИК находится путем побитовой прогонки через предварительно очищенный 16-разрядный сдвиговый регистр (рис. 3.13) командного байта, затем двух адресных байтов и, наконец, байтов данных. При последующих исполнениях команды "Чтение памяти с проверкой ЦИК" он вычисляется путем побитовой прогонки через предварительно очищенный 16-разрядный сдвиговый регистр только байтов данных.

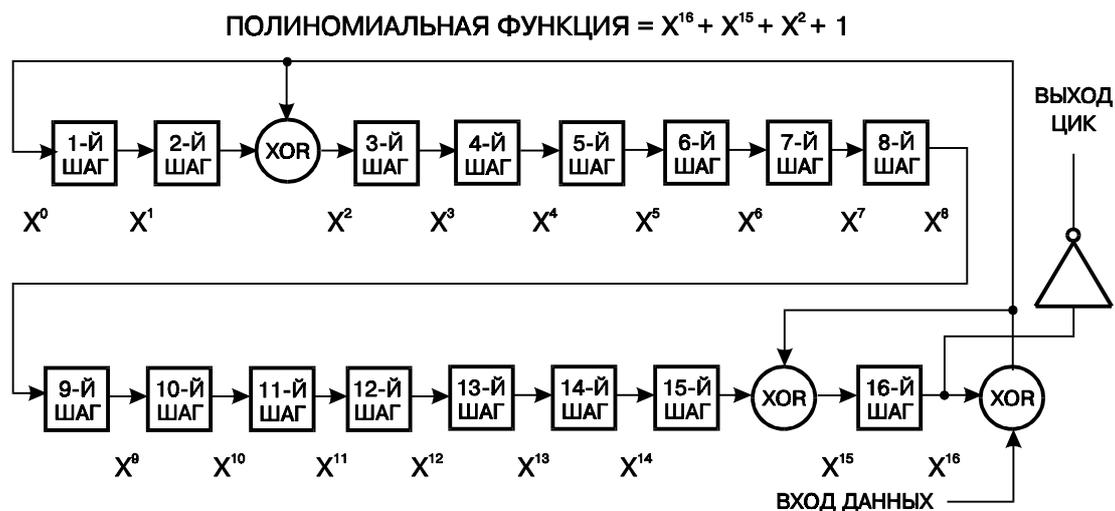


Рис.3.13. Аппаратная реализация 16-битового алгоритма проверки истинности данных циклическим избыточным кодом, соответствующая полиномиальной функции $X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$.

При выполнении команды "Запись в СОП" ЦИК находится путем побитовой прогонки через очищенный сдвиговый регистр байта команды, адресов ТА1 и ТА2 и всех байтов данных. DS1921 передаст этот ЦИК только в том случае, если последний из записанных в СОП байтов расположился в последнем, 31-м байте СОП, т. е. когда конечное смещение равно 11111b. При этом начало пакета данных может располагаться в любом месте СОП.

При выполнении команды "Чтение СОП" ЦИК определяется путем побитовой прогонки через очищенный сдвиговый регистр байта команды, адресов ТА1 и ТА2, байта E/S и содержимого СОП, начиная со смещения ТА1 и до конца СОП. Важно, чтобы чтение производилось именно до конца СОП, невзирая на величину конечного смещения. В противном случае DS1921 не сгенерирует ЦИК.

3.5. Система команд

3.5.1. Команды функции ПЗУ

После получения от DS1921 импульса присутствия мастер-шины может выдавать одну из семи команд функции ПЗУ. Все эти команды однобайтовые. Ниже приводится их краткое описание.

Чтение ПЗУ (Read ROM, [33h])

Команда позволяет мастеру шины прочесть 8-битовый код принадлежности к семейству однопроводных устройств из 64-битового ПЗУ DS1921, уникальный 48-битовый серийный номер и 8-битовый ЦИК. Её можно использовать, если к шине подключен только один датчик. При большом их количестве использование этой команды может привести к конфликту данных, когда все помощники сразу начнут передачу (открытый сток при этом даст результат, эквивалентный монтажному "И").

Выбор ПЗУ (Match ROM, [55h])

Эта команда, если за ней следует 64-битовый код из ПЗУ конкретного датчика, позволяет мастеру адресоваться к нему на многоточечной шине (т. е. на шине, к которой подключено более одного помощника). Только тот датчик, чей код в точности соответствует посланной мастером 64-битовой последовательности, откликнется на последующую команду функции памяти. Все остальные будут ждать импульса сброса. Команда может использоваться как при единственном подключенном к шине помощнике, так и в случае, когда их много.

Игнорирование ПЗУ (Skip ROM, [CCh])

Команда экономит время в случае, если к шине подключен только один помощник. Она позволяет мастеру обратиться к функциям памяти без предварительного генерирования 64-битового кода ПЗУ. Если на шине присутствует более одного помощника и после команды CCh следует команда чтения, возникнет конфликт данных, так как несколько помощников будут передавать одновременно (открытый сток при этом даст результат, эквивалентный монтажному "И").

Исследование ПЗУ (Search ROM, [F0h])

При первом включении системы мастер шины может не знать, сколько устройств подключено к шине, а также их коды. Данная команда позволяет мастеру методом исключения идентифицировать ПЗУ-коды всех подключенных помощников.

Исследование ПЗУ по условию (Conditional Search, [ECh])

Эта команда действует так же, как и команда "Исследование ПЗУ", за исключением того, что на нее откликаются

только те помощники, состояние которых отвечает заданным условиям. Последние задаются битами TAS, THS и TLS управляющего регистра, расположенного по адресу 20Eh в пространстве памяти DS1921. Команда дает мастеру возможность определения тех устройств на шине (если их подключено больше одного), в которых состоялись события тревоги - временной или температурной. После каждого прохождения команды, заканчивающегося обнаружением заданного условиями устройства, с ним можно работать, как в случае команды "Выбор ПЗУ". Все другие устройства при этом в обмене не участвуют и ждут импульса сброса. Можно выбрать любую комбинацию из трех условий, отражаемых тремя младшими битами регистра управления (20Eh), записывая в соответствующие биты 1. Эти биты соответствуют флагам в трех младших битах регистра статуса (214h). Если установлен какой-либо из этих флагов и одновременно соответствующий бит регистра управления, устройство будет откликаться на команду мастера "Исследование ПЗУ по условию". Если установлено сразу несколько флагов, то первый по времени установленный флаг уже заставит устройство откликаться на команду поиска по условию.

Игнорирование ПЗУ в скоростном режиме (Overdrive Skip ROM, [3Ch])

В случае, если к шине подключен лишь один помощник, эта команда позволяет сэкономить время, так как отпадает необходимость работы с ПЗУ. В отличие от аналогичной команды в стандартном режиме, она устанавливает DS1921 в скоростной режим обмена. Последний будет осуществляться до появления импульса сброса длительностью не менее 480 мкс, который вернет шину в стандартный режим.

При выдаче данной команды в шину, к которой подключено больше одного помощника, все устройства, поддерживающие скоростной режим, перейдут в него. Чтобы в этом режиме обратиться к конкретному помощнику, нужно выдать импульс сброса для скоростного режима, а затем либо команду "Выбор ПЗУ", либо команду "Исследование ПЗУ". Процесс исследования ПЗУ при этом ускорится. Если к шине подключено несколько поддерживающих скоростной режим устройств и после команды "Игнорирование ПЗУ в скоростном режиме" последует команда чтения, возникнет конфликт дан-

ных, так как несколько помощников будут передавать одновременно (открытый сток при этом даст результат, эквивалентный монтажному "И").

Выбор ПЗУ в скоростном режиме (Overdrive Match ROM, [69h])

Выдача в шину этой команды с последующей посылкой в скоростном режиме 64-битового ПЗУ конкретного устройства позволяет мастеру подключиться к данному устройству, одновременно переводя его в скоростной режим обмена. Последующие команды функции памяти будут выполняться только этим устройством. Все другие устройства, переведенные ранее командами "Игнорирование ПЗУ в скоростном режиме" или "Выбор ПЗУ в скоростном режиме" в указанный режим, в нем и останутся. Находящиеся в скоростном режиме устройства перейдут в стандартный по первому же импульсу сброса длительностью не менее 480 мкс. Описываемая команда может использоваться независимо от того, сколько помощников подключено к шине.

3.5.2. Команды функции памяти

После успешного выполнения команды функции ПЗУ мастер получает доступ к командам функции памяти и может выдать одну из следующих команд:

Запись в СОП (Write Scratchpad, [0Fh])

После выдачи этой команды мастер должен послать двухбайтовый адрес (сначала младший байт), а затем байты данных. Данные будут записаны в СОП, начиная со смещения, определяемого первыми пятью битами младшего байта адреса (биты T4:T0 регистра TA1, см. рис. 3.7). Конечное смещение (биты E4:E0 в регистре E/S) указывает на позицию в СОП, после которой мастер прекращает запись. Записываются только целые байты. Если последний байт данных не полный, т. е. предпринята попытка передать число бит, не кратное 8, содержимое неполного байта игнорируется, и в регистре статуса устанавливается бит дробности PF.

При выполнении команды "Запись в СОП" генератор ЦИК внутри DS1921 вычисляет ЦИК на основе всего потока передаваемой мастером информации, начиная от кода команды и

заканчивая последним байтом данных. ЦИК рассчитывается по полиному 16-й степени, как это было описано в разделе "Генерирование ЦИК". Если конечное смещение равно 11111b (1Fh), мастер может получить сгенерированный DS1921 ЦИК, послав 16 временных слотов чтения.

Напомним, что во время действия миссии регистры 200h-213h в регистровой странице защищены от записи.

Чтение СОП (Read Scratchpad, [AAh])

Эта команда выдается для проверки записанных в СОП данных и адреса. Выдав эту команду, мастер начинает чтение. Первые два прочитанных байта - байты адреса. Следующим прочитается байт E/S, а затем данные. Независимо от значения конечного смещения мастер может читать данные вплоть до конца СОП, после чего он получит 16-битовый ЦИК, вычисленный на основе кода команды, содержимого регистров адреса TA1 и TA2, регистра E/S и данных. После получения ЦИК мастер, продолжая чтение, будет получать от DS1921 лишь логические 1 до тех пор, пока не выдаст импульс сброса.

Копирование СОП (Copy Scratchpad, [55h])

Команда применяется для копирования данных из СОП в основную память. После выдачи этой команды мастер должен послать трехбайтовую последовательность (разрешающий код), состоящую из содержимого прочитанных при выполнении команды "Чтение СОП" регистров TA1, TA2 и E/S (именно в такой последовательности). Если разрешающий код совпадет с содержимым соответствующих байтов в СОП, установится флаг разрешения AA и начнется копирование. Для копирования обычно требуется 2 мкс на байт. Прервать процесс импульсом сброса или каким-либо другим способом невозможно. После окончания копирования DS1921 выдает на шину последовательность из чередующихся нулей и единиц до тех пор, пока мастером не будет выдан импульс сброса.

Данные, которые требуется скопировать, определяются тремя регистрами: TA1, TA2 и E/S. В память по адресу, записанному в регистры TA1 и TA2, переносится содержимое СОП, начиная от начального смещения и заканчивая конечным смещением. За один прием в память может быть скопировано от 1 до 32 байтов. Флаг разрешения AA будет сброшен первой же командой "Запись в СОП".

Чтение памяти (Read Memory, [F0h])

Команда используется, чтобы прочитать всю память или любую ее область. После выдачи кода мастер должен послать два байта адреса. Это дает возможность читать данные, начиная с указанного адреса вплоть до конца памяти. По достижении конца памяти мастер будет получать от DS1921 лишь логические единицы. Для этой команды несущественно содержимое регистра E/S.

DS1921 позволяет осуществить безошибочную запись в память. Для обеспечения безошибочного чтения из памяти DS1921 и одновременного ускорения процесса рекомендуется формировать данные в пакеты размером в одну страницу памяти. Такой пакет обычно содержит 16-битовый ЦИК, позволяющий избежать многократного чтения с целью проверки истинности данных.

Чтение памяти с ЦИК (Read Memory with CRC, [A5h])

Команда используется в тех случаях, когда данные невозможно пакетировать, т. е. когда читается неполная страница памяти (например, отдельные байты регистровой страницы или данные, записанные во время выполнения миссии). В этом случае по достижении последнего байта страницы DS1921 передает 16-битовый ЦИК.

Выдав последовательно байт кода команды и два байта адреса (TA1 и TA2), мастер, организуя последовательность временных слотов чтения, читает данные из памяти, начиная с адреса TA2:TA1 до конца 32-байтной страницы. В этом месте он посылает дополнительно 16 временных слотов чтения, чтобы получить ЦИК от DS1921. Последующие слоты чтения будут получать данные со следующей страницы, которая также закончится считыванием для нее ЦИК. Процесс будет продолжаться, пока мастер не прочитает последнюю страницу памяти.

При чтении первой страницы памяти ЦИК вычисляется на основе кода команды, кода адреса и данных. При чтении последующих страниц ЦИК находится на основе только 32-х байтов данных читаемой страницы. После прочтения ЦИК последней страницы мастер будет получать от DS1921 последовательность логических единиц. Эта последовательность прерывается выдачей импульса сброса.

Очистка памяти (Clear Memory, [3Ch])

Команда применяется для очистки ячеек памяти по адресам 220h и выше, а также некоторых областей регистровой страницы, а именно, областей, содержащих следующие параметры миссии: частоту замеров (20Dh), задержку первого измерения (212-213h), время старта миссии (215-219h), число замеров в миссии (21A-21Ch). Перед программированием новой миссии нужно очищать память устройства. Чтобы команда "Очистка памяти" сработала, бит 6 регистра управления (MCLRE - очистка памяти разрешена) должен быть установлен. Между командой функции памяти, устанавливающей бит MCLRE, и командой "Очистка памяти" не должно быть других команд функции памяти, так как это приведет к сбросу бита MCLRE. Выполнение команды "Очистка памяти" занимает примерно 500 мкс и не может быть прервано. Однако, во время выполнения этой команды можно посылать импульсы сброса и присутствия, выполнять любую из команд функции ПЗУ, читать и писать в 4096-битовое пользовательское ОЗУ, а также читать регистры статуса и реального времени. По окончании действия команды "Очистка памяти" бит MCLR регистра статуса примет значение 1, а бит MCLRE управляющего регистра - значение 0.

Преобразование температуры (Convert Temperature, [44h])

По этой команде DS1921 производит преобразование температуры окружающей среды в код и результат помещает в регистровой странице по адресу 211h. Выполнение команды занимает приблизительно 750 мкс и его нельзя прервать. Тем не менее, в это время возможен доступ в любую область памяти устройства. Команда применяется вне миссии, т. е. когда миссия не запущена.

3.6. Пример организации миссии

Предположим, что предыдущая миссия закончилась. Если она продолжается, то для ее остановки можно, например, провести последовательность команд, как показано ниже в разделе "Шаг 1", или просто записать в бит MIP (Mission In Progress - миссия в действии) регистра статуса логический 0. Так или иначе, а подготовка DS1921 к старту новой миссии требует следующих четырех шагов:

Шаг 1: установить, если требуется, часы реального времени на правильные дату и время.

Шаг 2: удалить данные предыдущей миссии.

Шаг 3: установить биты поиска по условию и задержку первого измерения.

Шаг 4: установить пороги температуры, по которым будет выдаваться сигнал тревоги, и записать значение параметра "Частота замеров", после чего миссия стартует.

Шаг 1

Пусть текущее время - 15:30:00, день недели - среда, дата - 7 апреля 1999 года. В этом случае в регистры реального времени нужно записать следующие данные:

Адрес	200h	201h	202h	203h	204h	205h	206h
Данные	00h	30h	15h	03h	07h	04h	99

Если к шине подключен только один DS1921, последовательность команд первого шага выглядит следующим образом:

Режим мастера	Данные (младший бит первый)	Комментарии
Передача	Сброс	Мастер посылает импульс сброса (480-960 мкс)
Прием	Присутствие	Мастер получает импульс присутствия
Передача	CCh	Мастер посылает команду "Игнорирование ПЗУ"
Передача	0Fh	Мастер посылает команду "Запись в СОП"
Передача	00h	Мастер посылает начальное смещение 00h в регистр TA1
Передача	02h	Мастер посылает старший байт адреса 0200h в TA2
Передача	7 байт данных	Мастер записывает в СОП семь байт данных

Передача	Сброс	Мастер посылает импульс сброса
Прием	Присутствие	Мастер получает импульс присутствия
Передача	CCh	Мастер посылает команду "Игнорирование ПЗУ"
Передача	AAh	Мастер посылает команду "Чтение СОП"
Прием	00h	Мастер читает содержимое регистра TA1 (начальное смещение = 00h)
Прием	02h	Мастер читает содержимое регистра TA2 (адрес = 0200h)
Прием	06h	Мастер читает содержимое регистра E/S (конечное смещение = 6h, флаги = 0h)
Прием	7 байт данных	Мастер читает семь байт данных из СОП и проверяет их истинность
Передача	Сброс	Мастер посылает импульс сброса
Прием	Присутствие	Мастер получает импульс присутствия
Передача	CCh	Мастер посылает команду "Игнорирование ПЗУ"
Передача	55h	Мастер посылает команду "Копирование СОП"
Передача	00h	Мастер посылает содержимое регистра TA1
Передача	02h	Мастер посылает содержимое регистра TA2
Передача	06h	Мастер посылает содержимое регистра E/S
Передача	Сброс	Мастер посылает импульс сброса
Прием	Присутствие	Мастер получает импульс присутствия

Шаг 2

Устанавливаем бит MCLRE и сбрасываем бит EOSC регистра управления, тем самым разрешая очистку памяти и работу тактового генератора часов реального времени. Затем исполняем команду "Очистка памяти". В регистр управления, следовательно, нужно записать следующие данные:

Адрес	20Eh
Данные	40h

Если, как и в первом шаге, к шине подключен только один датчик DS1921, последовательность команд второго шага будет следующей:

Режим мастера	Данные (младший бит первый)	Комментарии
Передача	Сброс	Мастер посылает импульс сброса (480-960 мкс)
Прием	Присутствие	Мастер получает импульс присутствия
Передача	CCh	Мастер посылает команду "Игнорирование ПЗУ"
Передача	0Fh	Мастер посылает команду "Запись в СОП"
Передача	0Eh	Мастер посылает начальное смещение 0Eh в регистр TA1
Передача	02h	Мастер посылает старший байт адреса 020Eh в TA2
Передача	40h	Мастер записывает в СОП один байт данных
Передача	Сброс	Мастер посылает импульс сброса
Прием	Присутствие	Мастер получает импульс присутствия
Передача	CCh	Мастер посылает команду "Игнорирование ПЗУ"
Передача	AAh	Мастер посылает команду "Чтение СОП"
Прием	0Eh	Мастер читает содержимое регистра TA1 (начальное смещение = 0Eh)
Прием	02h	Мастер читает содержимое регистра TA2 (адрес = 020Eh)
Прием	0Eh	Мастер читает содержимое регистра E/S (конечное смещение = 0Eh, флаги = 0h)
Прием	40h	Мастер читает один байт данных из СОП и проверяет их истинность

Передача	Сброс	Мастер посылает импульс сброса
Прием	Присутствие	Мастер получает импульс присутствия
Передача	CCh	Мастер посылает команду "Игнорирование ПЗУ"
Передача	55h	Мастер посылает команду "Копирование СОП"
Передача	0Eh	Мастер посылает содержимое регистра TA1
Передача	02h	Мастер посылает содержимое регистра TA2
Передача	0Eh	Мастер посылает содержимое регистра E/S
Передача	Сброс	Мастер посылает импульс сброса
Прием	Присутствие	Мастер получает импульс присутствия
Передача	CCh	Мастер посылает команду "Игнорирование ПЗУ"
Передача	3Ch	Мастер посылает команду "Очистка памяти"
Передача	Сброс	Мастер посылает импульс сброса
Прием	Присутствие	Мастер получает импульс присутствия

Шаг 3

Пусть в нашем примере режим перезаписи отключен (бит RO регистра управления содержит 0), условный поиск разрешен только по верхнему порогу температуры (бит THS регистра управления содержит 1), а задержка первого измерения равна 90 минутам (5Ah). Тогда в соответствующие регистры нужно записать следующие данные:

Адрес	20Eh	20Fh	210h	211h	212h	213h
Данные	02h	00h*	00h*	00h*	5Ah	00h

* Здесь по пути к регистрам 212h и 213h произведена необязательная запись в регистры 20Fh-211h. Дело в том, что такой переход от регистра 20Eh к регистрам 212h и 213h быстрее, чем запись в них посредством отдельного цикла.

Попытка же записи в регистры 20Fh-211h не влияет на их содержимое.

Как и прежде, полагаем, что к линии подключен лишь один датчик. Тогда последовательность команд третьего шага будет следующей:

Режим мастера	Данные (младший бит первый)	Комментарии
Передача	Сброс	Мастер посылает импульс сброса (480-960 мкс)
Прием	Присутствие	Мастер получает импульс присутствия
Передача	CCh	Мастер посылает команду "Игнорирование ПЗУ"
Передача	0Fh	Мастер посылает команду "Запись в СОП"
Передача	0Eh	Мастер посылает начальное смещение 0Eh в регистр TA1
Передача	02h	Мастер посылает старший байт адреса 020Eh в TA2
Передача	6 байт данных	Мастер записывает в СОП шесть байт данных
Передача	Сброс	Мастер посылает импульс сброса
Прием	Присутствие	Мастер получает импульс присутствия
Передача	CCh	Мастер посылает команду "Игнорирование ПЗУ"
Передача	AAh	Мастер посылает команду "Чтение СОП"
Прием	0Eh	Мастер читает содержимое регистра TA1 (начальное смещение = 0Eh)
Прием	02h	Мастер читает содержимое регистра TA2 (адрес = 020Eh)
Прием	13h	Мастер читает содержимое регистра E/S (конечное смещение = 13h, флаги = 0h)
Прием	6 байт данных	Мастер читает шесть байт данных из СОП и проверяет их истинность

Передача	Сброс	Мастер посылает импульс сброса
Прием	Присутствие	Мастер получает импульс присутствия
Передача	CCh	Мастер посылает команду "Игнорирование ПЗУ"
Передача	55h	Мастер посылает команду "Копирование СОП"
Передача	0Eh	Мастер посылает содержимое регистра TA1
Передача	02h	Мастер посылает содержимое регистра TA2
Передача	13h	Мастер посылает содержимое регистра E/S
Передача	Сброс	Мастер посылает импульс сброса
Прием	Присутствие	Мастер получает импульс присутствия

Шаг 4

Установим нижний температурный порог равным -25°C , а верхний на 10 градусов выше. Пусть замеры с записью температуры в память происходят каждые 10 минут. Это значит, что миссия продлится полных 14 суток. Таким образом, в соответствующие адреса регистровой страницы нужно записать следующую информацию:

Адрес	20Bh	20Ch	20Dh
Данные	1Eh	32h	0Ah

При одном датчике на линии последовательность команд четвертого шага выглядит следующим образом:

Режим мастера	Данные (младший бит первый)	Комментарии
Передача	Сброс	Мастер посылает импульс сброса (480-960 мкс)
Прием	Присутствие	Мастер получает импульс присутствия
Передача	CCh	Мастер посылает команду "Игнорирование ПЗУ"
Передача	0Fh	Мастер посылает команду "Запись в СОП"

Передача	0Bh	Мастер посылает начальное смещение 0Bh в регистр TA1
Передача	02h	Мастер посылает старший байт адреса 020Bh в TA2
Передача	3 байта данных	Мастер записывает в СОП три байта данных
Передача	Сброс	Мастер посылает импульс сброса
Прием	Присутствие	Мастер получает импульс присутствия
Передача	CCh	Мастер посылает команду "Игнорирование ПЗУ"
Передача	AAh	Мастер посылает команду "Чтение СОП"
Прием	0Bh	Мастер читает содержимое регистра TA1 (начальное смещение = 0Bh)
Прием	02h	Мастер читает содержимое регистра TA2 (адрес = 020Bh)
Прием	0Dh	Мастер читает содержимое регистра E/S (конечное смещение = 0Dh, флаги = 0h)
Прием	3 байта данных	Мастер читает три байта данных из СОП и проверяет их истинность
Передача	Сброс	Мастер посылает импульс сброса
Прием	Присутствие	Мастер получает импульс присутствия
Передача	CCh	Мастер посылает команду "Игнорирование ПЗУ"
Передача	55h	Мастер посылает команду "Копирование СОП"
Передача	0Bh	Мастер посылает содержимое регистра TA1
Передача	02h	Мастер посылает содержимое регистра TA2
Передача	0Dh	Мастер посылает содержимое регистра E/S
Передача	Сброс	Мастер посылает импульс сброса
Прием	Присутствие	Мастер получает импульс присутствия

Если все команды четвертого шага выполнены успешно, в регистры 215h-219h регистровой страницы (Время старта миссии) переписутся дата и время из регистров часов реального времени (200h-206h), а в регистре статуса бит MIP будет содержать 1, а бит MCLR - 0.

3.7. Технические характеристики DS1921

Статические электрические параметры (при подтягивающем напряжении от 2.8В до 6.0В и рабочей температуре от -40°C до +85°C):

Параметр	Мин.	Тип.	Макс.	Ед. изм.	Примеч.
Уровень логической 1	2.2			В	1, 8
Уровень логического 0	-0.3		+0.8	В	1, 9
Уровень логического 0 при втекающем токе 4 мА			0.4	В	1
Входной нагружающий ток		5		мкА	3
Время жизни батареи (в числе преобразований)		250000 0			10
Емкость ввода/вывода		100	800	пФ	6

Динамические электрические параметры в режиме стандартной скорости обмена (при подтягивающем напряжении от 2.8В до 6.0В и рабочей температуре от -40°C до +85°C):

Параметр	Мин.	Тип.	Макс.	Ед. изм.	Примеч.
Длительность временного слота	60		120	мкс	
Длительность низкого уровня при записи 1	1		15	мкс	
Длительность низкого уровня при записи 0	60		120	мкс	
Время восстановления	1			мкс	
Время присутствия на шине истинных данных для чтения	в точности 15			мкс	
Время отпуская шины	0	15	45	мкс	
Время подготовки к чтению			1	мкс	5
Длительность высокого уровня при сбросе	480			мкс	4
Длительность низкого уровня при сбросе	480			мкс	7

Длительность высокого уровня импульса присутствия	15		60	мкс	
Длительность низкого уровня импульса присутствия	60		240	мкс	
Длительность низкого уровня при чтении	1		15	мкс	

Динамические электрические параметры в режиме повышенной скорости обмена (при подтягивающем напряжении от 2.8В до 6.0В и рабочей температуре от -40°C до +85°C):

Параметр	Мин.	Тип.	Макс.	Ед. изм.	Примеч.
Длительность временного слота	6		16	мкс	
Длительность низкого уровня при записи 1	1		2	мкс	
Длительность низкого уровня при записи 0	6		16	мкс	
Время восстановления	1			мкс	
Время присутствия на шине истинных данных для чтения	в точности 2			мкс	
Время отпускания шины	0	1.5	4	мкс	
Время подготовки к чтению			1	мкс	5
Длительность высокого уровня при сбросе	48			мкс	4
Длительность низкого уровня при сбросе	48		80	мкс	7
Длительность высокого уровня импульса присутствия	2		6	мкс	
Длительность низкого уровня импульса присутствия	8		24	мкс	
Длительность низкого уровня при чтении	1		2	мкс	

Примечания:

1. Все напряжения измерены относительно земли.
2. V_{PUP} - внешнее подтягивающее напряжение.
3. Входная нагрузка измеряется относительно земли.
4. Повторный сброс или какой-либо обмен не может состояться, пока не истечет, как минимум, 480 мкс
5. Это максимальное время подготовки мастера к чтению данных после выдачи синхронизирующего спадающего фронта. Данные на шине

станут гарантированно верными по истечении этого времени после синхронизирующего фронта.

6. В первый момент после касания пробника емкость входного контакта может достигать 800 пФ. Если используется подтягивающий резистор 5 кОм, то уже через 5 мкс после касания эта паразитная емкость не будет оказывать влияния на обмен.
7. Продолжительность низкого уровня при сбросе не должна превышать 960 мкс, чтобы не маскировать импульсы прерываний.
8. Уровень логической единицы зависит от величин подтягивающего резистора и V_{PUP} .
9. При определенных условиях низковольтного питания максимальный уровень логического нуля должен быть понижен до 0.5 В, чтобы гарантированно обеспечить импульс присутствия.
10. Число преобразований температуры, возможных за время жизни встроенного источника энергии, зависит от температуры, при которой датчик работает или хранится. Если датчик не выполняет миссию, то он должен храниться при температуре не выше +25°C.

Предельные эксплуатационные режимы:

Напряжение на выводе данных

относительно земли.....от -0.5В до +6.0В

Диапазон рабочих температур.....от -40°C до +85°C

Влажность.....90%

Срок службы.....10 лет при 25°C

Масса.....3.3г

Размер:

 диаметр.....17.35 мм

 высота.....5.89 мм

Следует отметить, что длительная эксплуатация прибора в условиях одного или нескольких предельных режимов ведет к снижению его надежности. Не рекомендуется длительное время использовать прибор при температурах выше +70°C.