

特性

- 以 0.5°C 增量测量温度的数字温度计
- 内置实时时钟 (RTC) 和计时器，其精确度在 0°C 至 45°C 范围内、每月偏差±2 分钟以内
- 自动唤醒、并按照用户设定的从 1 至 255 分钟的时间间隔来测量温度
- 在受保护的 non-volatile (NV) 存储器中可记录 2048 个连续的温度测量结果
- 用分辨率为 2.0°C 的直方图记录一段时间内的温度
- 可编程高温和低温报警门限
- 温度超出报警门限设定范围时，可记录 24 个时间标记和报警状态持续时间
- 512 字节通用读/写 NV 存储器
- 通过一路速率为每秒 14.1kbps 或 125kbps 的数字信号、按照 1-Wire® 协议实现与主机的通信

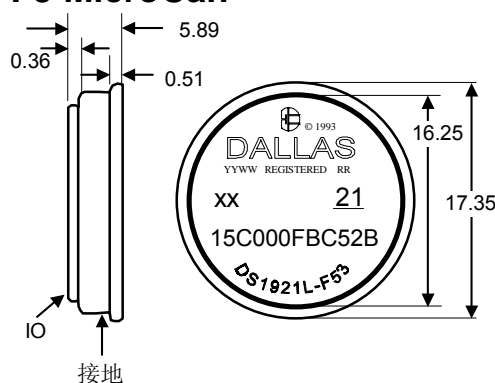
iButton 的共性

- 短接触实现数字识别和数字信息的读写操作
- 工厂刻入并检验 64 位注册码 (8 位家族码 + 48 位序列号 + 8 位 CRC 校验码)，没有任何两个器件的注册号是相同的，这一唯一性确保每个器件能够被绝对跟踪
- 适用于 1-Wire 网络多点控制器
- 基于芯片的数据载体提供了一种紧凑的存储信息方案
- 可以安装在某一物体上、并读取数据
- 纽扣外形使其可以自动对准杯状检测器
- 注册号刻在耐用的不锈钢外壳上，能够承受恶劣的环境

1-Wire 和 iButton 是 Dallas Semiconductor 的注册商标。
MicroCan 是 Dallas Semiconductor 的商标。

- 安装时可以很容易地用自粘胶粘贴背面、固定其翻边，或嵌装在环箍内
- 当阅读器首次上电时进行在线检测应答
- 符合 UL#913 (第四版) 标准；本质安全器件，经过 I 级，1 区，A、B、C、D 组指定区域的认证（申请中）

F5 MicroCan™



图中数据单位：mm

订购信息

DS1921L-F51	-10°C 至 +85°C	F5 iButton®
DS1921L-F52	-20°C 至 +85°C	F5 iButton
DS1921L-F53	-30°C 至 +85°C	F5 iButton
DS1921L-F50	-40°C 至 +85°C	F5 iButton

相关产品

DS9096P	自粘胶垫
DS9101	多用途夹
DS9093RA	安装固定环
DS9093A	链扣
DS9092	iButton 读取探头

iButton 概述

DS1921L 温度记录 iButton 是一个坚固的、用来测量温度、并将结果记录在受保护的存储器区域内的自供电系统。记录操作按用户设定的速率执行，存储方式有两种：直接存储温度值和用直方图方式存储温度。可存储 1 至 255 分钟等间隔时间的 2048 个温度值。直方图提供 63 个单元、分辨率为 2.0°C。如果实际温度超出了用户设定的范围，DS1921L 将记录发生温度异常的时间、记录温度停留在所允许范围以外的持续时间、温度是过高还是过低。附加的 512 字节可读/写 NV 存储器能存储 DS1921L 相关的附加信息。数据按照 1-Wire 协议串行传输，所以只需单条数据线和地回路。每片 DS1921L 内部均有在工厂光刻的 64 位序列码，为唯一的身份验证提供了保证，也确保了可绝对跟踪功能。采用坚固的不锈钢封装可承受恶劣的工作环境，具有防尘、防潮、抗震等特性。与 DS1921L 配套的附件使其几乎可以安装在任何物体上，包括：容器、垫板和包上等。

应用

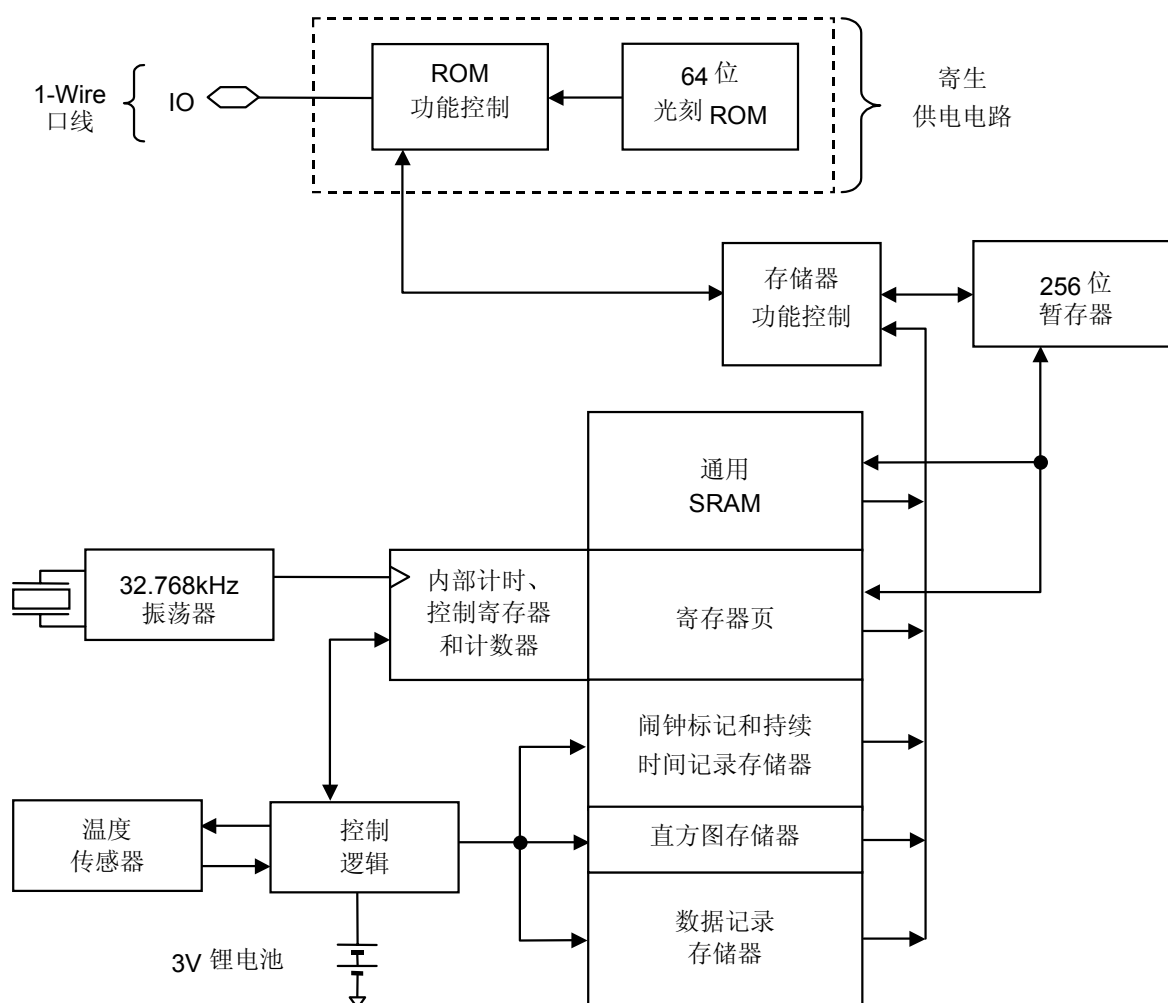
DS1921L 温度记录 iButton 适用于监控任何它所附着的、或一同运输的物体，如易腐蚀货物或用来存放对温度要求严格的化学制品的容器。利用 TMEX，读/写 NV 存储器就能清楚地存储运输信息、制造日期以及其它作为加密文档写入的重要数据的电子拷贝。

概述

图 1 框图说明了 DS1921L 主要控制器与存储器区域间的关系。这种器件具有七个主要的数据部件：1) 64 位光刻 ROM，2) 256 位暂存器，3) 4096 位通用 SRAM，4) 256 位用于计时、控制和计数寄存器寄存器页，5) 96 字节报警时间标记和连续时间记录存储器，6) 126 字节的直方图存储器，还包括 7) 2048 字节的数据记录存储器。除了 ROM 和暂存器以外，其它所有存储器均按单一的线性地址空间排列。所有用于记录数据的存储器、计数寄存器和其它几个寄存器对用户来说都是只读的。在对器件进行编程时，计时和控制寄存器带有写保护。

1-Wire 协议的层次结构如图 2 所示。总线主机必须首先提供七条 ROM 功能命令中的一条：1) Read ROM，2) Match ROM，3) Search ROM，4) Conditional Search ROM，5) Skip ROM，6) Overdrive Skip ROM 或 7) Overdrive Match ROM。通过以标准速率执行 Overdrive ROM 命令字节，器件可进入高速模式，在此模式下所有通信都是高速进行。这些 ROM 功能命令的所需协议在图 12 中有所描述。成功地执行完一条 ROM 功能命令后，可对存储器进行访问，主机可能提供七条有效命令中的任意一条。用于这些存储器功能命令的协议在图 10 中有所描述。**所有数据的读和写操作均从最低有效位开始。**

DS1921L 框图 图 1



寄生供电

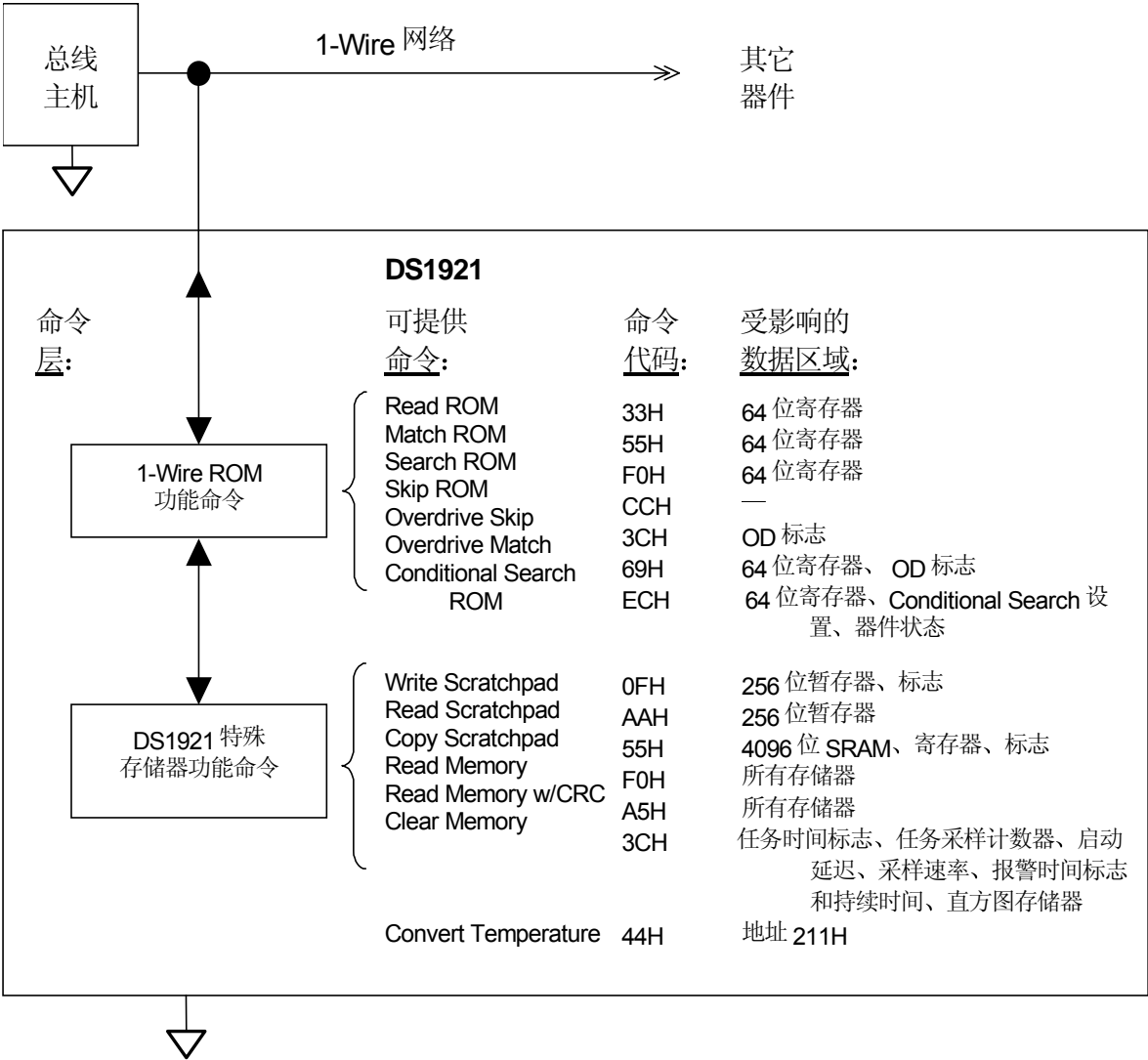
上述框图（图 1）显示的是寄生供电电路。该电路在 IO 口输入为高电平时“窃取”电能。只要满足规定的时间和电压要求，IO 就能提供足够的能量。寄生供电有两个优点：1）寄生供电能够节省锂电池的电量，2）即使出现（不管什么原因）锂电池没电的情况，ROM 仍可以正常地进行读取操作。

64 位光刻 ROM 代码

每片 DS1921L 都有唯一的 64 位 ROM 代码。其中，前 8 位是 1-Wire 家族码，接下来的 36 位是每个器件唯一的序列号；再接下来的 12 位是温度范围代码，它用来区分 DS1921L-F5 的各种版本以及区分 DS1921H 和 DS1921Z；最后 8 位是前面 56 位码的 CRC 校验码。详情参阅图 3。1-Wire 的 CRC 校验码由一个多项式发生器产生，它是由一个移位寄存器和异或门电路组成，如图 4 所示。多项式方程为： $X^8 + X^5 + X^4 + 1$ 。关于 Dallas 的 1-Wire 循环冗余码校验的更多信息请参考应用笔记 27 和 *Book of DS19xx iButton Standards*。

移位寄存器初始化为零后，从 8 位家族码的最低有效位开始移入，每次移 1 位。移完第 8 位家族码后、开始移入序列号，接着移入温度范围代码。温度范围代码移入后，移位寄存器中的值就是 CRC 码。如果继续移入返回的 8 位 CRC 校验码，移位寄存器将归零。

1-Wire 协议的层次结构 图 2



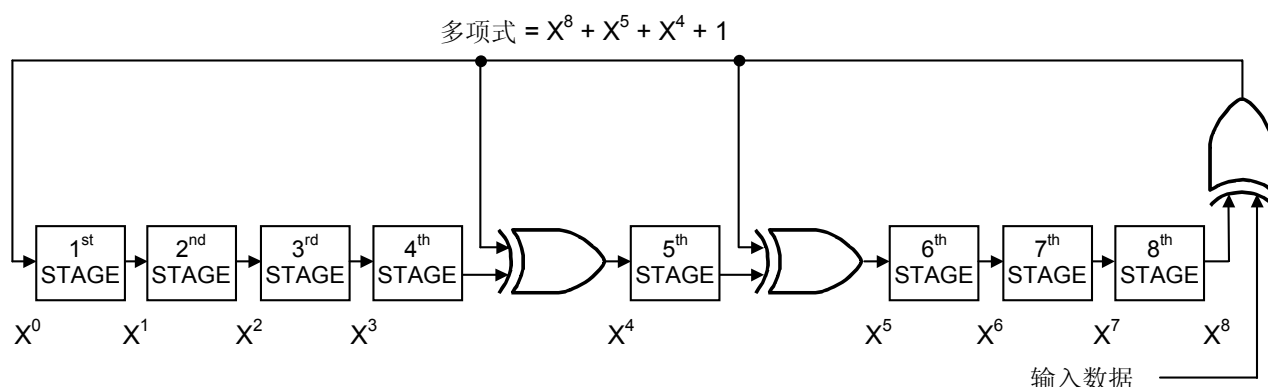
64 位光刻 ROM 代码 图 3

MSB		LSB					
8 位 CRC 校验码		12 位 温度范围码		36 位序列号		8 位家族码 (21H)	
MSB	LSB	MSB	LSB	MSB	LSB	MSB	LSB

器件	温度范围 (°C)	分辨率 (°C)	温度范围代码			等效十六进制码
DS1921L-F51	-10 至 +85	0.5	0011	0100	1100	34C
DS1921L-F52	-20 至 +85	0.5	0010	0101	0100	254
DS1921L-F53	-30 至 +85	0.5	0001	0101	1100	15C
DS1921L-F50	-40 至 +85	0.5	0000	0110	0100	064
DS1921H-F5	+15 至 +46	0.125	0100	1111	0010	4F2
DS1921Z-F5	-5 至 +26	0.125	0011	1011	0010	3B2

1-Wire CRC 校验码生成器

图 4



存储器

DS1921L 的存储器分配图如图 5 所示。4096 位通用 SRAM 为第 0 至第 15 存储器页。计时、控制和计数寄存器占用第 16 页存储器，并把这一页叫做寄存器页（参见图 6）。第 17 至第 19 存储器页被分配用来存储报警时间标记和持续时间。温度直方图存储器从第 64 页开始，共四页。温度记录存储器覆盖第 128 至第 191 页存储器。第 20 页至第 63 页、第 68 页至第 127 页、第 192 页至第 255 页存储器留作后期扩展。暂存器占用的是附加页面，在向 SRAM 存储器或寄存器页面写入数据时作为缓冲器。第 17 页和第 17 页以上的存储器页对用户来说都是只读的、写入或删除操作都在片内控制逻辑的单独监控之下。

DS1921L 存储器分配图

图 5

32 字节中间存储暂存器		
地址		
0000H 至 01FFH	通用 SRAM (16 页)	第 0 至第 15 页
0200H 至 021FH	32 字节寄存器页面	第 16 页
0220H 至 027FH	报警时间标记与持续时间	第 17 至第 19 页
0280H 至 07FFH	(留作后期扩展用)	第 20 至第 63 页
0800H 至 087FH	温度直方图存储器	第 64 至第 67 页
0880H 至 0FFFH	(留作后期扩展用)	第 68 至第 127 页
1000H 至 17FFH	数据记录存储器 (64 页)	第 128 至第 191 页
1800H 至 1FFFFH	(留作后期扩展用)	第 192 至第 255 页

DS1921L 寄存器页图 图 6

地址范围	访问类型*	说明
0200H 至 0206H	R/W; R**	RTC 寄存器
0207H 至 020AH	R/W; R**	RTC 报警
020BH	R/W; R**	低温报警门限
020CH	R/W; R**	高温报警门限
020DH	R/W; R**	采样速率
020EH	R/W; R**	控制寄存器
020FH 至 0210H	R; R**	(无效; 将读取 00H)
0211H	R; R**	强制温度转换读出
0212H 至 0213H	R/W; R**	任务启动延迟
0214H	R/W; R/W	状态寄存器
0215H 至 0219H	R; R	任务时间标记
021AH 至 021CH	R; R	任务采样计数器
021DH 至 021FH	R; R	器件采样计数器

*在各项任务中访问类型一栏内的第一项是有效的。第二项显示了在任务进程中可应用的访问类型。

**在任务进程中，可以读取左边一栏列出的地址。第一次写操作将结束任务，但不会改写任何设置。

计时

RTC/报警和日历信息的存取是通过读/写寄存器页（地址为 200H 至 206H）中的专用字节实现的。要注意的是有些位已经设置为 0；在读取这些位时，不管它们被写入的是 0 还是 1，将都读成 0。时间、日历和报警寄存器中的内容均为二进制编码的十进制(BCD)格式。

RTC 与 RTC 报警寄存器位图

地址	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
0200H	0	秒（十位）			秒（个位）			
0201H	0	分（十位）			分（个位）			
0202H	0	12/24	时（20 时位） AM/PM	时（十位）	时（个位）			
0203H	0	0	0	0	0	星期（个位）		
0204H	CENT	0	天（十位）		天（个位）			
0205H	0	0	0	月（十位）	月（个位）			
0206H	年（十位）				年（个位）			
0207H	MS	秒报警（十位）			秒报警（个位）			
0208H	MM	分报警（十位）			分报警（个位）			
0209H	MH	12/24	时报警（十位） AM/PM	时报警（十位）	时报警（个位）			
020AH	MD	0	0	0	0	星期报警		

RTC/日历

DS1921L 的 RTC 运行在 12 时或 24 时模式下。小时寄存器的第 6 位（地址是 202H）是定义 12 时或 24 时模式的选择位。当这一位为高电平时，选择的是 12 时模式。在 12 时模式下，第 5 位是 AM/PM 位，逻辑 1 表示 PM。而在 24 时模式中，第 5 位表示 20 时位（20 点至 23 点）。

为了能够区分一星期中的每一天，DS1921L 包含一个从 1 至 7 的计数器。这个计数器的任务就是计算当天是星期几。通常数字 1 代表星期天（美国标准）或星期一（欧洲标准）。

日历逻辑设计成能够自动补偿闰年。遇到每个年数的后两位是 00 或者是 4 的整倍数时，器件可加上二月份的第 29 天。这条规律将一直适用到（但不包括）2100 年。

DS1921L 已经解决了 Y2K 问题，地址为 205H 的月寄存器第 7 位（CENT）用作世纪标志位。当年数寄存器从 99 变至 00 时，世纪标志位被触发。当设置处在 2000 年至 2099 年期间的时间/日期的 RTC 时，建议把世纪标志位写为 1。

RTC 报警

DS1921L 还包括一项 RTC 报警功能。报警寄存器在寄存器中的地址是 207H 至 20AH。每个报警寄存器的最高有效位均为屏蔽位；当所有的屏蔽位均为逻辑 0 时、将在每周当计时寄存器（地址为 200H 至 203H）的值与周时间报警寄存器中的时间值相匹配时发生一次报警。任何报警都将设置状态寄存器（地址为 214H）中的 Timer Alarm Flag（TAF，定时器报警标志）。总线主机可以在控制寄存器（地址为 20EH）中设置 Search Conditions（搜索条件），通过所谓的 Conditional Search（条件搜索）功能识别具有定时器报警的器件（参见 *ROM 功能命令*）。

RTC 报警控制

报警寄存器屏蔽位 (207H 至 20AH 的第 7 位)				
MS	MM	MH	MD	
1	1	1	1	每秒报警一次。
0	1	1	1	秒匹配时报警 (每分钟一次)。
0	0	1	1	分钟和秒均匹配时报警(每小时一次)。
0	0	0	1	小时、分钟和秒均匹配时报警(每天一次)。
0	0	0	0	天、小时、分钟和秒均匹配时报警(每周一次)。

温度转换

DS1921L 以 0.5 摄氏度的分辨率测量温度。温度值用一个字节表示，是无符号的二进制数，它所对应的理论范围只能到 128°C。范围被限制在 0000 0000 (00H)至 1111 1010 (FAH)；温度代码 01H 至 F9H 均被认为是有效的温度读数。

如果温度转换后得到的数值超出了范围，这个值将被记录为 00H（温度过低）或 FAH（温度过高）。因为超出温度范围的结果在直方图中被累计在 0 单元和第 62 单元（参见温度记录与直方图），这些单元中的数据为有限值。出于上述原因，DS1921L 中指定的温度范围是从代码 04H 至 F7H，对应于直方图的第 1 至第 61 单元。

用 $T[7..0]$ 来代表一个温度读数的十进制值，温度值可用下面的式子来计算：

$$\vartheta (^{\circ}\text{C}) = T[7..0] / 2 - 40.0$$

这个公式在转换存储在数据记录存储器中的温度以及存储在强制温度转换读出寄存器（地址为 211H）中的数据时有效。

为确定高、低温报警门限，需要将上面的公式变换成：

$$T[7..0] = 2 * \vartheta (^{\circ}\text{C}) + 80.0$$

例如：一个 23°C 的温度值，可转换成 126（十进制）或 7EH。对应于二进制的 0111 1110，并将此二进制值写入温度报警寄存器（地址为 020BH 和 020CH）。

温度报警寄存器图

地址	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
020BH	低温报警门限							
020CH	高温报警门限							

采样速率

采样速率寄存器（地址为 020DH）中的内容决定在任务进程中每次温度转换的间隔需要多少分钟。采样速率可以是 1 至 255 间的任意值，代码是无符号的 8 位二进制数。如果存储器已清零（状态寄存器的 MEMCLR 位 = 1）、而且任务已经启动（状态寄存器的 $\overline{\text{EM}}$ 位 = 0），写一个非零值到采样速率寄存器就能启动一次任务。有关启动一次温度记录所需步骤的正确顺序描述，请参见任务配置。

采样速率寄存器图

地址	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
020DH	采样速率							

控制寄存器

DS1921L 通过向它的特殊功能寄存器内写入适当的数据进行操作设置，特殊功能寄存器位于寄存器页中。有几条功能只由一位控制，将这些位组成一个字节，称为控制寄存器（地址为 20EH）。该寄存器能够进行读、写操作。如果器件已被设置了一项任务，那么写数据到控制寄存器在初次尝试时将会结束任务，但不会覆盖任何设置。然而，随后的每次写操作将会改变寄存器中的内容。

控制寄存器位图

地址	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
020EH	$\overline{\text{EOSC}}$	EMCLR	0	$\overline{\text{EM}}$	RO	TLS	THS	TAS

每个数据位功能分配参见下表。第 5 位没有任何功能；这一位总是 0，不能写成 1。

控制寄存器详细资料

位的描述	位	定义
$\overline{\text{EOSC}}$: Enable Oscillator (振荡器使能)	b7	这一位用来控制 RTC 的晶体振荡器。当把它设置成逻辑 0 时，振荡器将开始运行。当写入逻辑 1 时，振荡器将会停振；器件处于低功耗数据保持模式。 正常运行时这一位必须为 0。
EMCLR: Memory Clear Enable (清存储器使能)	b6	需要将这一位设置成 1 才能使能 Clear Memory 功能，它作为存储功能命令调用。只有在下一次访问器件发出 Clear Memory 命令后，才能使时间标记、直方图存储器、任务时间标记、任务采样计数器、任务启动延迟和采样速率寄存器均清零。在执行完下一次存储器功能命令时，EMCLR 位将会返回 0。
$\overline{\text{EM}}$: Enable Mission (任务使能)	b4	此位用来控制采样速率写入时 DS1921L 是否立即启动一项任务。为了启动器件工作，这一位必须为 0。
RO: Rollover Enable/Disable (反转使能/禁止)	b3	这一位控制温度记录存储器是重复写入新数据、还是控制在任务进程中存储器写满数据时停止数据记录。将这一位设置为 1，就允许反转，数据收集之前，数据记录操作将连续、反复地从起始位置进行。将这一位清零后，反转功能被禁止，一旦温度记录存储器写满数据就不再存储更多的温度值。任务并不终止，器件将继续测量温度、更新直方图。
TLS: Temperature Low Alarm Search (低温报警搜索)	b2	假使这一位为 1，如果在任务进程中温度达到或低于存放在 020BH 地址的低温门限，那么器件将响应 Conditional Search 命令。
THS: Temperature High Alarm Search (高温报警搜索)	b1	假使这一位为 1，如果在任务进程中温度达到或高于存放在 020CH 地址的高温门限，那么器器件将响应 Conditional Search 命令。
TAS: Timer Alarm Search (定时器报警搜索)	b0	假使这一位为 1，如果在任务进程中出现了定时器报警，那么器件将响应 Conditional Search 命令。因为不能禁止定时器报警，所以在任务进程中 TAF 标志读数一般为 1。因此在大多数情况下，推荐将 TAS 位设置为 0。

任务启动延迟

任务启动延迟寄存器中的内容决定从启动一项任务到任务启动后的第一次温度测量需要多少分钟。延迟值是无符号的 16 位整数，存储在地址 212H（低字节）和 213H（高字节）。最大延迟时间为 65535 分钟，相当于 45 天 12 小时 15 分钟。

典型操作中，任务启动延迟设置为 0。如果在设定的采样速率下，用单片 DS1921L 存储所有的温度读数任务持续时间过长，可以用几个器件通过设置任务启动延迟时间，使得第一个器件的存储器存满之后立即启动第二个器件记录数据。为了防止数据记录存储器在温度记录写满之后被重复写入，必须将控制寄存器（地址为 020EH）中的 RO 位设置为 0。

状态寄存器

状态寄存器内保存器件的状态信息与报警标志。寄存器的查询地址是 214H。写状态寄存器时不必结束任务。

状态寄存器位图

地址	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
0214H	$\overline{\text{TCB}}$	MEMCLR	MIP	SIP	0	TLF	THF	TAF

每一位的功能分配情况在下表中都有说明。MIP、TLF、THF 和 TAF 位只能写 0；其它位都是只读的；第 3 位没有任何功能。

状态寄存器详细资料

位的说明	位	定义
$\overline{\text{TCB}}$: Temperature Core Busy（温度内核忙）	b7	如果这一位读取的值为 0，那么说明 DS1921L 正在执行温度转换，且有两种情况：一是在任务进程中自启动，二是任务不在进程中时靠命令来启动。 $\overline{\text{TCB}}$ 位在温度转换开始之前为低电平，在结果存入地址为 0211H 的读出寄存器后就返回高电平。
MEMCLR: Memory Cleared（存储器清零）	b6	如果这一位读数为 1，第 17 页和第 17 页以上的存储内容（报警时间标记/持续时间、温度直方图、除数据记录存储器外）以及任务时间标记、任务采样计数器、任务启动延迟和采样速率寄存器已经在执行 Clear Memory 功能命令后均被清零。假如 $\overline{\text{EM}}$ 位为 0，在向采样速率寄存器中写入非 0 值启动一项新任务时，MEMCLR 位将返回 0。 为启动一项任务，存储器必须清零。
MIP: Mission in Progress（任务进行中）	b5	如果这一位读数为 1，说明 DS1921L 已被设置任务、且任务仍在进行。如果控制寄存器（地址为 20EH）中的 $\overline{\text{EM}}$ 位为 0、且向采样速率寄存器（地址为 20DH）中写入一个非零值，将启动一项任务。任务结束时 MIP 位从逻辑 1 返回逻辑 0。对 200H 至 213H 地址范围内的任意寄存器进行首次写操作（Copy Scratchpad 命令）时，就会结束任务。另外，还可以用直接写状态寄存器将 MIP 位设置为 0 的方法来结束任务。在写状态寄存器时，不能将 MIP 位写为 1。
SIP: Sample in Progress（采样进行中）	b4	如果这一位读数为 1，说明作为任务进程的一部分 DS1921L 目前正在进行温度转换。在实际的温度转换前 250ms 开始允许唤醒芯片电路，SIP 位将从 0 变为 1。温度转换过程包括一段最大值为 875ms 的唤醒过程。在这段时间内可以读取第 17 页及第 17 页以上的存储内容，但是可能显示为无效数据。
TLF: Temperature Low Flag（低温标志）	b2	低温标志位为逻辑 1，表明在任务执行过程中的一个温度测量值与低温门限寄存器中存储的数值相等或是更低。只要将低温标志位写成 0 就可将其清除。
THF: Temperature High Flag（高温标志）	b1	高温标志位为逻辑 1，表明在任务执行过程中的一个温度测量值与高温门限寄存器中存储的数值相等或是更高。只要将高温标志位写成 0 就可将其清除。
TAF: 定时报警标志	b0	如果这一位读数为 1，说明发生了 RTC 报警（详细内容参见计时）。只要将该位写入逻辑 0 定时报警标志位就可清除。因为无法禁止定时报警，所以在任务进程中 TAF 标志通常读为 1。

任务时间标记

一项任务开始时，将地址为 0201H、0202H 和 0204H 至 0206H 的 RTC 寄存器的拷贝存为任务时间标记。任务时间标记并不指示任务进程中的第一次温度转换的发生时间。为了计算第一次温度转换的发生时间，需要在任务时间标记中加入采样速率寄存器与任务启动延迟寄存器内分钟数的和。随后的温度转换时间由采样速率寄存器的数值确定。在分钟数变化时进行采样。

任务时间标记寄存器位图

地址	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
0215H	0	分（十位）			分（个位）			
0216H	0	12/24	时（20 时位） AM/PM	时（十位）	时（个位）			
0217H	0	0	天（十位）		天（个位）			
0218H	0	0	0	月（十位）	月（个位）			
0219H	年（十位）				年（个位）			

任务采样计数器

任务采样计数器表明在当前任务进程中（MIP = 1）或是前一次的任务（MIP = 0）中进行了多少次温度测量。这个值是无符号的 24 位整数。利用 Clear Memory 命令可对计数值复位。

任务采样计数器寄存器位图

地址	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
021AH	低位字节							
021BH	中间字节							
021CH	高位字节							

器件采样计数器

器件采样计数器表示器件从工厂装配完毕后进行了多少次温度测量。这个值是无符号的 24 位整数。这种格式所能代表的最大数值为 16777215，高于 DS1921L iButton 的预期寿命。该计数值不能在软件控制下进行复位。

器件采样计数器寄存器位图

地址	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
021DH	低位字节							
021EH	中间字节							
021FH	高位字节							

温度记录与直方图

一旦对操作进行了设置，DS1921L 可将温度测量值逐字节地记录到数据记录存储器、并同时按照直方图格式记录到直方图存储器中。数据记录存储器可存储 2048 个在相等的时间间隔点上测量的温度值。在任务进程中测量到的第一个温度值被写入地址为 1000H 的数据记录存储器，第二个温度值写入地址为 1001H 的存储单元，接下来的值以此类推。知道了起始时间（任务时间标记）、温度测量的时间间隔和任务启动延迟时间，就能重建每次测量的时间和日期。

在数据记录存储器的 2048 个字节写满后，可对 DS1921L 进行两种操作。用户可以编程器件使其停止所有进一步的记录操作（禁止反转）或覆盖以前的记录数据（允许反转），每次一个字节，从地址 1000H 开始重新记录第 2049 个温度测量值。任务采样计数器（地址为 21AH 至 21CH）中的内容配合采样速率和任务时间标记将允许重建数据记录存储器中所有温度值对应的时间点。可以为最新获得的 2048 个温度测量值提供准确的温度历史记录。所有以前测量的温度不能够重新恢复。无论是否允许反转，这些值都被统计在任务进程中的温度直方图中。

对温度直方图来说，DS1921L 提供了 63 个储存单元，存储器地址从 0800H 开始。每个单元由一个 16 位、非反转二进制的计数器构成，每当测量的温度值落入其相应的范围时，计数器递增。每个单元的最低有效字节存储在低位地址上。0 单元从存储地址 0800H 开始，1 单元对应的存储地址为 0802H，以此类推，62 单元对应的存储地址 087CH；如图 7 所示。完成一次温度转换后，单元编号将随之更新，具体由去掉二进制温度值的两个最低有效位后的温度值确定。超出范围的温度值落入 00H 或 FAH。

直方图单元与温度范围对照表 图 7

温度读数	换算为℃	直方图储存器编号	直方图储存器地址
00H	-40.0 或更低	0	800H 至 801H
01H	-39.5	0	800H 至 801H
02H	-39.0	0	800H 至 801H
03H	-38.5	0	800H 至 801H
04H	-38.0	1	802H 至 803H
05H	-37.5	1	802H 至 803H
06H	-37.0	1	802H 至 803H
07H	-36.5	1	802H 至 803H
08H	-36.0	2	804H 至 805H
F3H	+81.5	60	878H 至 879H
F4H	+82.0	61	87AH 至 87BH
F5H	+82.5	61	87AH 至 87BH
F6H	+83.0	61	87AH 至 87BH
F7H	+83.5	61	87AH 至 87BH
F8H	+84.0	62	87CH 至 87DH
F9H	+84.5	62	87CH 至 87DH
FAH	+85.0 或更高	62	87CH 至 87DH

因为每个数据单元占 2 个字节，所以它能递增到 65535 次。对于超出最大计数值的温度检测，相应单元将不在进行计数，而是保持其最大计数值。在每分钟采样一次的最快采样速率下，如果所有温度读数均落入同一单元，那么，一个 2 字节的单元足够用来存储 45 天的温度读数。

温度报警记录

有些应用可能不但记录整个时间的温度和温度直方图，还要记录温度超出预定温度范围的时间、以及温度停留在限定范围以外的时间。DS1921L 能够记录温度过高和温度过低的持续时间。容许范围由所谓的温度报警门限寄存器指定，地址是寄存器页的 20BH 和 20CH。还可以对高、低温门限进行设置。有关写入温度的数据格式参见温度转换部分。只要温度值在容许的温度范围内（例如，高于低温门限、低于高温门限），DS1921L 将不会记录任何温度报警。但是，如果在任务进程中，温度值达到或超出了高、低温门限中的任何一个，DS1921L 就会发出温度报警并在状态寄存器（地址为 214H）中设置高温标志（THF）或低温标志（TLF）。这种情况下，如果搜索条件（地址为 20EH）是针对这个条件设置的，主机通过 Conditional Search 命令（参阅 ROM 功能命令）能够很快地识别出带有温度报警的器件。另外，器件还生成一个何时出现报警和开始记录温度报警持续时间的标记。

温度偏离容许范围的时间标记和持续时间存储在地址 0220H 至 027FH 内，如图 8 所示。这样分配地址可以记录 24 个单独的报警事件和周期（其中 12 个区用于温度过高记录、12 个区用于温度过低记录）。每个区的日期和时间由任务时间标记和每个温度读数的时间间隔决定。

报警时间标记与持续时间地址图 图 8

地址	说明	报警事件
0220H	任务采样计数器低位字节	低温报警 1
0221H	任务采样计数器中间字节	
0222H	任务采样计数器高位字节	
0223H	报警持续时间计数器	
0224H 至 0227H	报警时间标记和持续时间	低温报警 2
0228H 至 024FH	报警时间标记和持续时间	低温报警 3 至 12
0250H	任务采样计数器低位字节	高温报警 1
0251H	任务采样计数器中间字节	
0252H	任务采样计数器高位字节	
0253H	报警持续时间计数器	
0254H 至 0257H	报警时间标记和持续时间	高温报警 2
0258H 至 027FH	报警时间标记和持续时间	高温报警 3 至 12

发生报警时，报警时间标记是任务采样计数器的拷贝，最低有效字节存储在低端地址。高于时间标记的下一个地址，DS1921L 保留了一个字节的持续时间计数器，用于存储温度超出门限的采样次数。如果这个计数器达到其上限 255 次、且温度还没有恢复到容许范围内，器件将在接下来的一个高位地址设置另一个时间标记、并打开另一个计数器记录持续时间。如果计数器计满之前所测温度恢复到正常状态，那么特定时间标记的持续时间计数器将不再递增。如果温度再次超出门限，另一个时间标记将被记录下来，并且相关的计数器将按照温度连续超出容许范围的次数递增。这个算法是根据高温以及低温门限执行的。

任务配置

DS1921L 的典型任务就是记录对温度敏感物体的温度。在器件执行这项功能之前，需要对其进行配置。这个过程叫做任务配置。

首先，DS1921L 需要将 RTC 设置到有效的时间和日期。参考时间可以是 UTC（也叫做 GMT，格林尼治标准时间）、也可以为应用选择其它时间标准。时钟必须保持运行（ $\overline{\text{EOSC}} = 0$ ）。另外，RTC 报警设置是可选项。用来存储报警时间标记和持续时间、温度直方图的存储器、以及任务时间标记、任务采样计数器、任务启动延迟和采样速率必须用 Memory Clear 命令清零。为了使器件能够执行一项操作，必须将 $\overline{\text{EM}}$ 标志设置为 0。无论监控什么类型的物体、任务的持续时间如何，这些常规设置都是必不可少的。

其次，必须定义用来指定温度容许范围的低温门限和高温门限。有关如何将温度值转换成二进制代码写入寄存器的相关内容参见本文档前一部分的 *温度转换*。

对控制寄存器中搜索条件状态位的规定不会影响任务。如果多个器件连接起来构成一个 1-Wire 网络、将搜索条件状态位置位能够使器件在出现诸如定时、温度报警等符合设定的搜索条件时，响应条件搜索。有关搜索条件的详细内容参见后面的 *ROM 功能命令和控制寄存器*。

RO 位（允许反转）的设置和采样速率取决于任务的持续时间和监控要求。如果最后的温度记录很重要，应允许反转（RO = 1）。另外，应该按分钟估算任务的持续时间，用 2048 除这个数即可计算出采样速率（两次温度转换间隔的分钟数）。例如，如果估计一项任务的持续时间为 10 天（=14400 分钟），2048 个字节的数据记录容量足以支持每 7 分钟存储一个新值。如果 DS1921L 的数据记录存储器的容量不足以存储所有的温度读数，可以采用多个器件的方法，并将任务启动延迟的值设置成第一个器件的存储器存满后立即起用第二个器件开始记录数据，后续器件以此类推。为了禁止反转还需要将 RO 位设置为 0，否则将覆盖已存储的温度记录。

设置完 RO 位和任务启动延迟之后，最后要写入的数据元素就是采样速率寄存器。采样速率可以是 1 至 255 的任意值，用无符号的 8 位二进制码表示。一旦设定采样速率，DS1921L 将把当前的时间和日期复制到任务时间标记寄存器中、设置 MIP 标志、清除 MEMCLR 标志。达到任务启动延迟时间设定的分钟数后，器件执行任务的第一次温度转换。任务标志计数器和器件采样计数器的计数值随之递增。所有后续的温度测量都发生在采样速率寄存器指定的分钟数边界上。可以通过读 DS1921L 存储器的方法监视任何时刻的任务进程。

任务启动之后，就能读取全部寄存器页面和存储在温度报警寄存器至器件采样计数器中加密格式的内容，并把这些内容作为数据文件存储在器件的 4096 位的 SRAM 区域中。这个通用的寄存器操作可独立执行，与任务进程中用于记录数据的存储器无关。无论如何，不要向寄存器页上使任务结束的寄存器中写入任何内容。

地址寄存器与传输状态

由于采用串行数据传输，所以 DS1921L 用到了三个地址寄存器，称为 TA1、TA2 和 E/S（图 9）。寄存器 TA1、TA2 必须加载数据要写入的目标地址，或利用 Read 命令要发送到主机的数据的目标地址。寄存器 E/S 的作用类似于一个字节计数器或传输状态寄存器。它通常配合 Write 命令验证数据的完整性。因此，主机只能读取该寄存器。E/S 寄存器的低 5 位指示已经写入暂存器的最后一个字节的地址。这个地址叫做 Ending Offset（终止位置）。E/S 寄存器的第 5 位叫做 PF 或“partial byte flag（半字节标志）”，它在主机发送的数据位不是 8 的整数倍时被置位。第 6 位总是 0。注意，目标地址的最低 5 位也决定暂存器中的地址，代表中间存储的起始地址。这些地址叫做字节偏移。例如，如果 Write 命令对应的目标地址为 13CH，那么暂存器将从 1CH 的字节偏移开始储存到来的数据，4 个字节后即被存满。在这个例子中，相应的终止位置为 1FH。综合考虑速率和效率两方面因素，比较经济的方案是要写入的目标地址应指向新页面的起始位置（即字节偏移为 0）。这样，可利用暂存器的全部 32 个字节的容量，终止位置同样是 1FH。但能够在页面中写 1 或几个临近的字节。终止位置、半字节标志和 Overflow Flag（溢出标志）用于主机执行 Write 命令后验证数据的完整性。E/S 寄存器的最高位叫做 AA 或 Authorization Accepted（授权认可），它表示已经接收并执行了一条有效的暂存器复制命令。该位在向暂存器写入数据时被清零。

地址寄存器 图 9

位	7	6	5	4	3	2	1	0
目标地址(TA1)	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	T0
目标地址(TA2)	T15	T14	T13	T12	T11	T10	T9	T8
最终地址与数据 状态 (E/S) (只读)	AA	0	PF	E4	E3	E2	E1	E0

带有验证的写操作

为将数据写入 DS1921L，必须用暂存器做中间存储。首先主机发出 Write Scratchpad 命令指定所期望的目标地址和要写入暂存器的数据。下一步，主机发送 Read Scratchpad 命令，读取暂存器的内容并验证数据的完整性。作为暂存器中数据的报头，DS1921L 发送被请求的目标地址 TA1 和 TA2 以及 E/S 寄存器中的内容。如果 PF 标志置位，表明数据没有正确地存入暂存器中。主机不必继续进行读数；它可以开始一次新的写暂存器操作。同样，AA 标志表明 iButton 没有正确识别 Write 命令。如果一切都正确进行，两个标志位被清除、终止位置指示写入暂存器的最后一个字节的地址。主机就可以继续验证每个数据位。主机完成数据校验后，必须发送 Copy Scratchpad 命令。这条命令后面必须正确地跟随主机验证暂存器时已经读取的三个地址寄存器 TA1、TA2 和 E/S 的数据。只要 DS1921L 接收到这些字节，就将数据复制到以目标地址打头的请求位置上。

存储器功能命令

存储器功能流程图（图 10）描述了一些访问 DS1921L 存储器和特殊功能寄存器的必要协议。如何利用这些功能或其它功能建立 DS1921L 任务的有关描述参见本文档的最后电特性一节。主机与 DS1921L 间的通信速率可以是常规速率（默认值，OD = 0）或高速模式下的速率（OD = 1）。如果事先没有设置为高速模式，DS1921L 将采用常规速率通信。

Write Scratchpad 命令[0FH]

在发出 Write Scratchpad 命令之后，主机必须首先提供 2 字节的目标地址，接着是要写入暂存器的数据。数据将被写入以字节偏移（T4:T0）打头的暂存器中。终止位置（E4:E0）是主机停止写数据的字节偏移。它只接受完整的数据字节。如果最后一个数据字节不完整，其内容将被忽略，并将半字节标志（PF）置位。

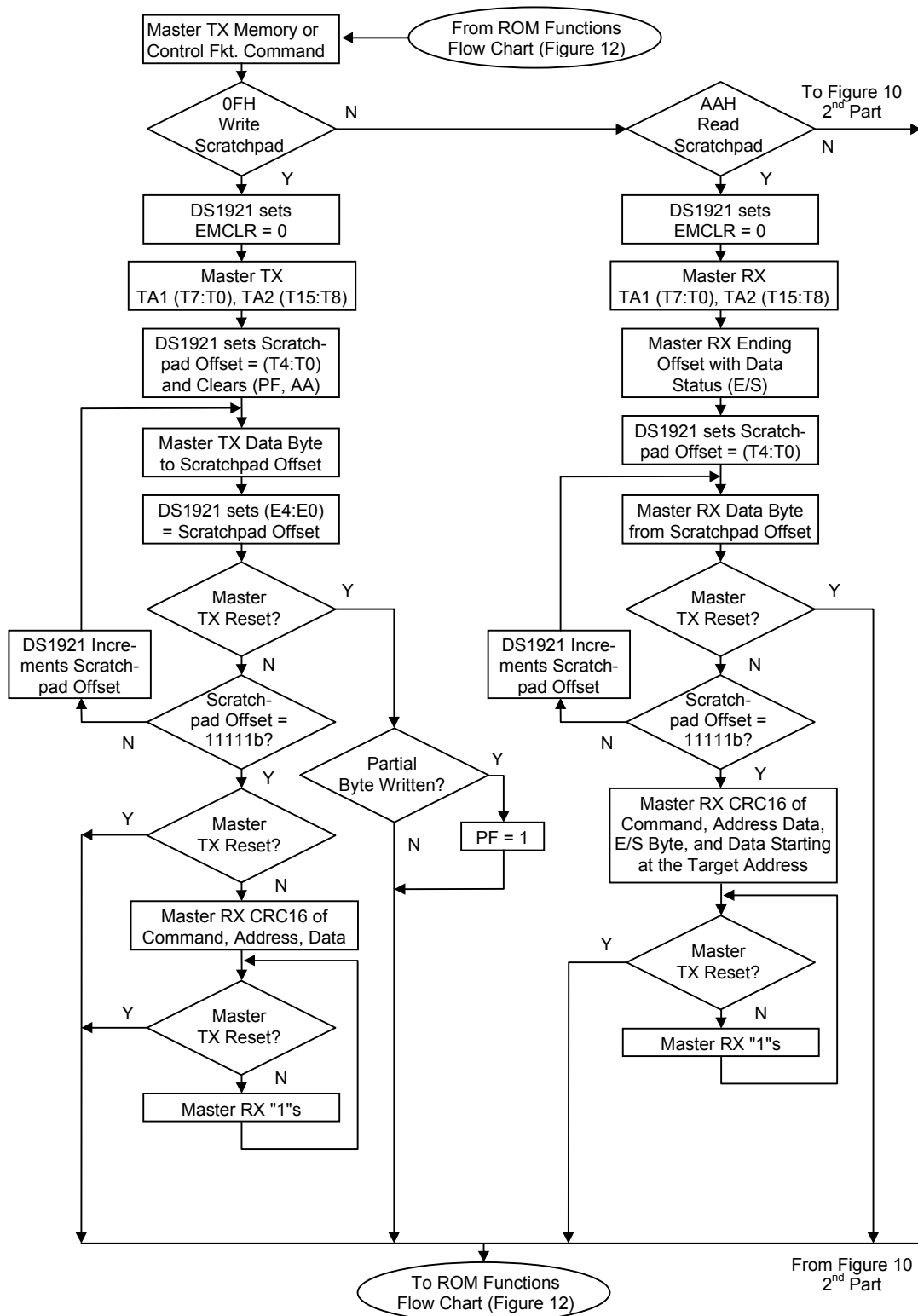
在执行 Write Scratchpad 命令时，DS1921L 内部的 CRC 码生成器（参阅图 15）将计算整个数据流的 CRC 校验码，数据流的开头是命令代码，结尾是主机发出的最后一个数据字节。这个 CRC 值采用 CRC16 多项式生成，它首先将 CRC 生成器清零，然后移入 Write Scratchpad 命令代码（0FH）、主机提供的目标地址 TA1 和 TA2 以及所有的数据字节。主机可以随时终止 Write Scratchpad 命令。不过，如果终止位置为 11111b，主机可能发送 16 个读时隙、接收 DS1921L 生成的 CRC 校验码。

任务进程中，200H 至 213H 范围的寄存器页带有写保护。有关任务进程中单个寄存器的访问类型参见图 6，寄存器页图。

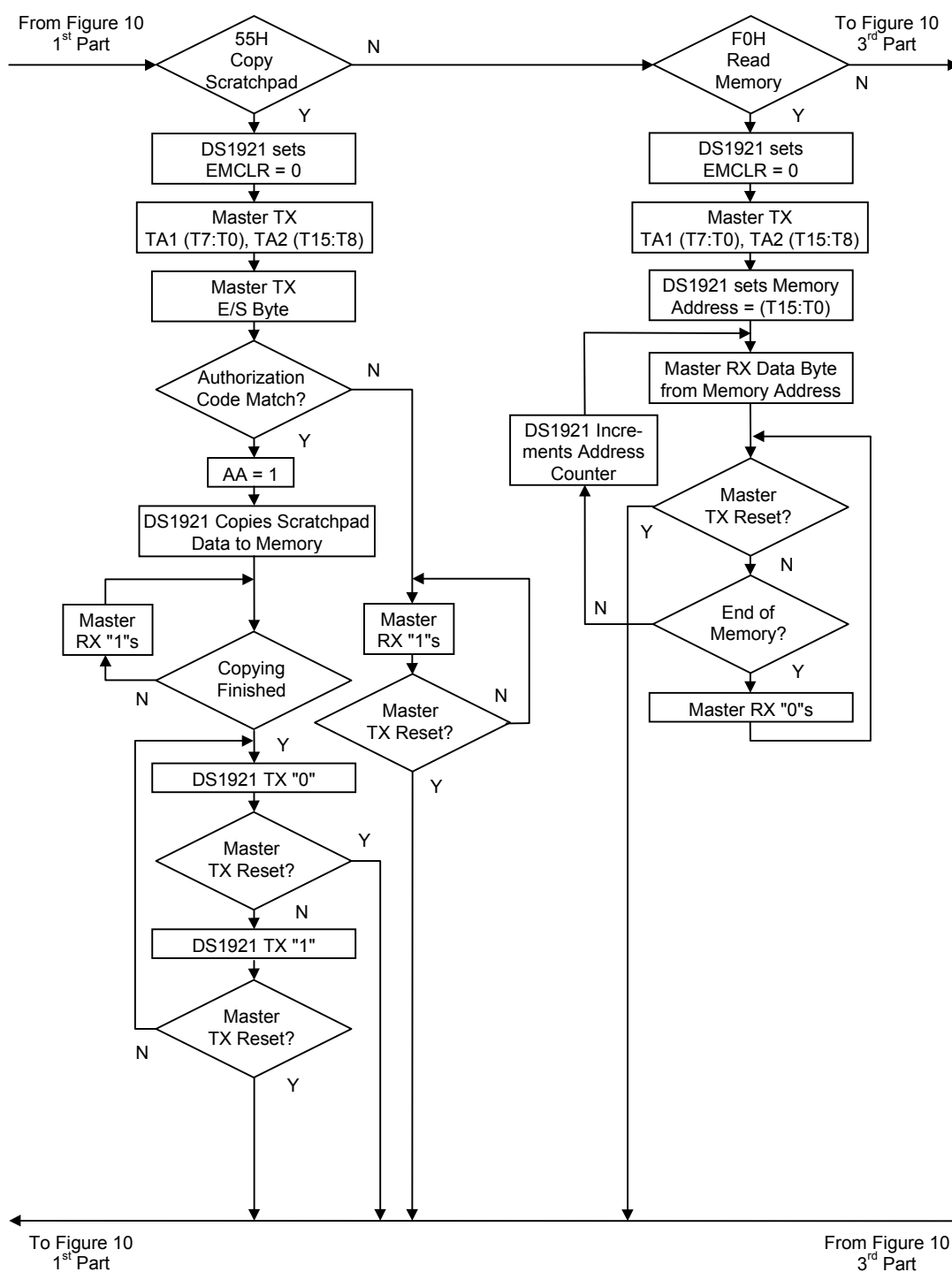
Read Scratchpad 命令 [AAH]

Read Scratchpad 命令用于验证暂存器数据和目标地址。发出 Read Scratchpad 命令后，主机开始读数。前 2 个字节是目标地址，接下来的字节是终止位置/数据状态字节（E/S），随后是以字节偏移（T4:T0）打头的暂存器数据，如图 9 所示。当主机在读完暂存器数据后仍持续读操作，它随后收到的将是 CRC16 命令代码、目标地址 TA1 与 TA2、E/S 字节和以目标地址打头的暂存器数据，这与实际终止位置无关。读完 CRC 校验码之后，总线主机将会读到 DS1921L 发出的逻辑 1，直到出现一个复位脉冲为止。

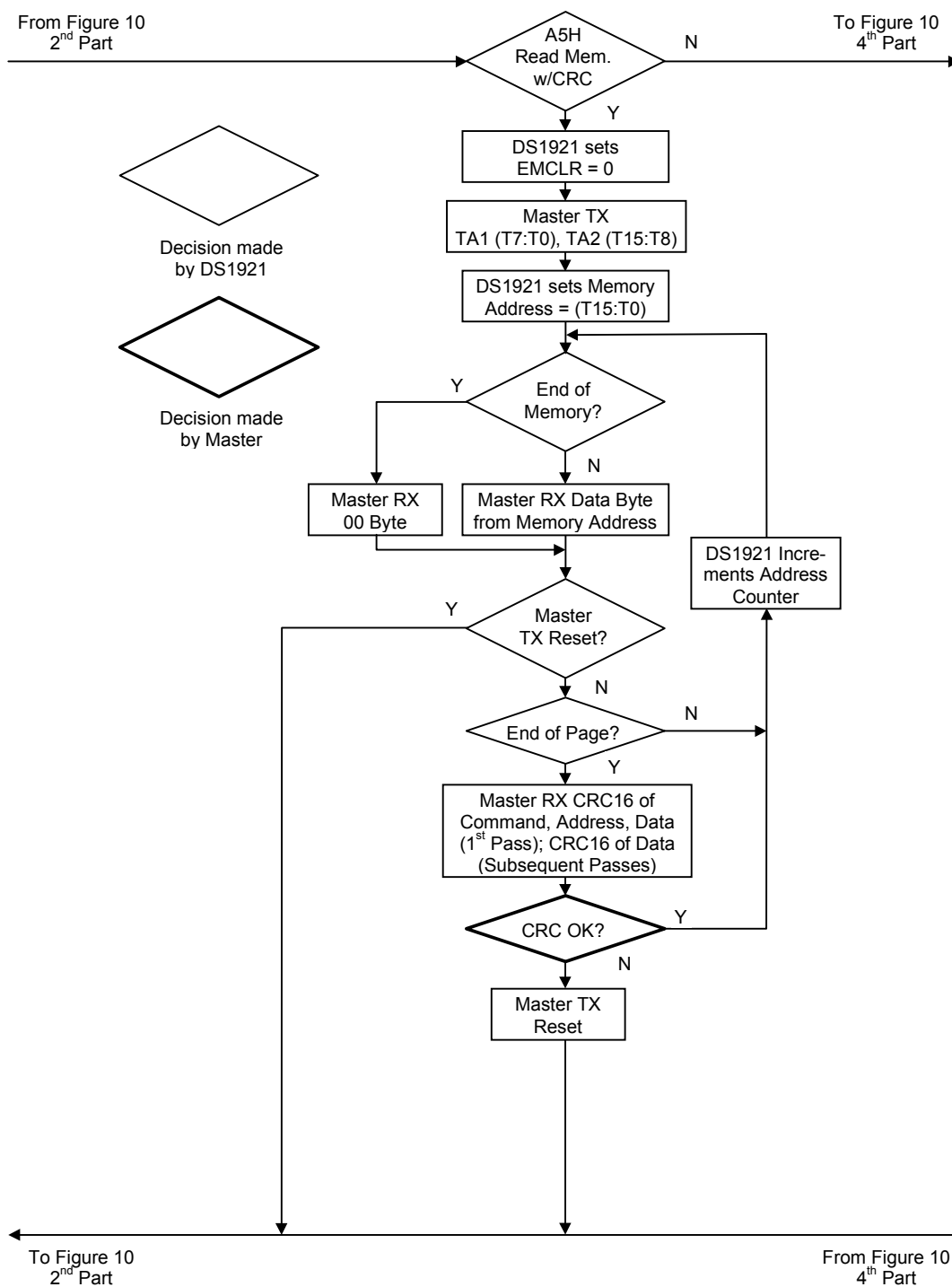
存储器功能流程图 图 10-1



存储器功能流程图 图 10-2

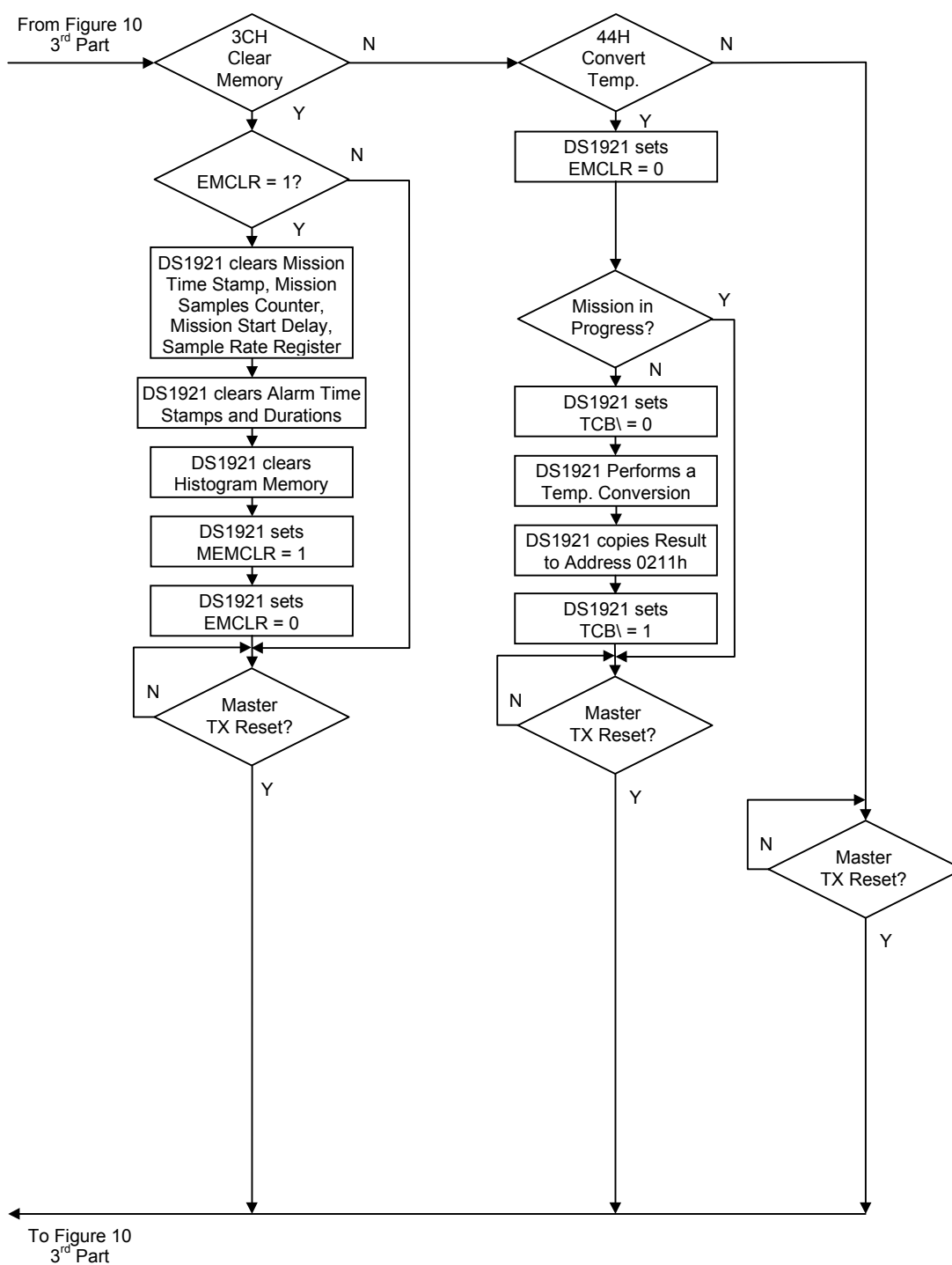


存储器功能流程图 图 10-3



存储器功能流程图

图 10-4



Copy Scratchpad [55H]

Copy Scratchpad 命令用于将暂存器中的数据复制到可写入的存储区域。发出 Copy Scratchpad 命令后，主机必须提供 3 个字节的数据组合作为授权，这 3 个字节可通过读暂存器操作获得并加以验证。此模板必须准确地与存储在三个地址寄存器（TA1、TA2、E/S，并按该次序）中的数据匹配。如果模式匹配，AA（授权认可）标志位被置位、并开始复制操作。在数据复制完成后将开始交替传送 1 和 0 码，直到主机发出复位脉冲后结束。复制过程中，将忽略任何复位操作。复制一个字节一般需要 2 μ s。

要复制的数据区由三个地址寄存器确定。从起始偏移到终止位置的暂存器数据被复制，从目标地址开始。利用该命令，可以将 1 至 32 字节的任何数据复制到存储器。AA 标志将始终保持逻辑 1，直到下一条 Write Scratchpad 命令将其清零为止。

Read Memory [F0H]

Read Memory 命令可用于读取整个存储器。发出 Read Memory 命令后，主机必须提供 2 个字节的目标地址。在这 2 个字节之后，主机将从目标地址开始读取数据，这个过程可能持续到存储器的末尾，此后将会读到逻辑 0。重要的是要了解目标地址寄存器包含了所需要的地址，终止位置/数据状态字节没有影响。

DS1921L 的硬件提供了无差错写入存储区的机制。为了确保在 1-Wire 环境下读操作数据的安全、同时又要加快数据传输速率，建议采用数据打包的方式，每个数据包的尺寸为一个存储页。为保证快速、无差错的数据传输，数据包将存储每页数据的 16 位 CRC 校验码，不必多次读取每页数据验证接收数据是否正确。（参考 *Book of DS19xx iButton Standards* 的第 7 章或应用笔记 114 中推荐的文件结构。）

Read Memory with CRC [A5H]

Read Memory with CRC 命令用于读取无法打包的存储数据，例如寄存器页和任务进程中器件记录的数据。该命令在本质上与简单的 Read Memory 命令相同，唯一区别是跟随在存储器页最后一个数据字节后面、由 DS1921L 生成并发送的 16 位 CRC 校验码。

发送 Read Memory with CRC 命令代码后，总线主机将送出一个 2 字节地址（TA1 = T7:T0, TA2 = T15:T8），该地址指示起始字节的位置。在随后的读数据时隙中，主机接收来自 DS1921L 的数据，从起始地址开始直到读完 32 个字节为止。此后，总线主机将发送 16 个额外的读数据时隙、并接收 16 位 CRC 校验码。在随后的读数据时隙中，主机将开始接收下一页数据和该页数据的 CRC 校验码。这个过程一直进行到总线主机复位器件为止。

对于开始的 Read Memory with CRC 命令流，对应的 16 位 CRC 校验码由移入已清零的 CRC 生成器的命令字节、接下来的 2 位地址字节和数据存储器的内容计算得到。对于随后的 Read Memory with CRC 命令流，所产生的 16 位 CRC 校验码则由清零的 CRC 生成器和随后移入数据存储器的内容计算得到。读完最后一页的 16 位 CRC 校验码，总线主机将从 DS1921L 接收到逻辑 0、并

在页边界收到 CRC16，这个过程一直持续到发出复位脉冲为止。任何时刻只要发出一个复位脉冲，Read Memory with CRC 命令过程就会结束。

Clear Memory [3CH]

Clear Memory 命令通常用来清除寄存器页的采样速率、任务启动延迟、任务时间标记和任务采样计数器，以及温度报警存储器和温度直方图存储器。为器件设置另一任务时必须先将存储器内容清零。为使 Clear Memory 命令有效，必须先将控制寄存器中的 EMCLR 位置为 1。Clear Memory 命令必须恰好在下次访问器件存储器时发出（定时访问）。发出任何其它有效的存储器功能命令将使 EMCLR 位复位。完成一次 Clear Memory 命令需要大约 500 μ s、而且不能中止。然而，在 Clear Memory 命令执行过程中，有可能发出复位/在线应答序列、执行任何 ROM 命令、访问用户 RAM 的 4096 位数据，或者读取 RTC 或状态寄存器。当 Clear Memory 命令完成后，状态寄存器中的 MEMCLR 位读数为 1、EMCLR 位将变为 0。

Convert Temperature [44H]

如果任务不在进程中，发出 Convert Temperature 命令可用于测量器件的当前温度。温度转换的结果存储在地址为 211H 的寄存器页。完成 Convert Temperature 命令大约需要 300ms、而且不能中止。在进行温度转换的过程中，可访问器件的所有存储单元。

1-Wire 总线系统

1-Wire 总线是用一根数据线连接单个主机和一台或多台从机器件的系统。任何情况下，DS1921L 都作为从机器件使用。总线主机是典型的微处理器或 PC。对小型配置来说，1-Wire 通信信号可利用一个口线、在软件控制下实现。对多个传感器组成的网络来说，推荐使用 DS2480B 1-Wire 线驱动器或基于这个芯片的串行端口适配器（DS9097U 系列）。这样做能够简化硬件设计、并使微处理器从实时响应的操作中解脱出来。

对单总线系统的论述分为以下三个部分：硬件结构、处理流程和 1-Wire 信令（信号类型和时隙）。1-Wire 协议规定总线的收发按照特殊时隙下的总线状态进行、由主机发出的同步脉冲下降沿进行初始化。需要了解更多的通信协议细节，参见 *Book of DS19xx iButton Standards* 的第 4 章。

硬件结构

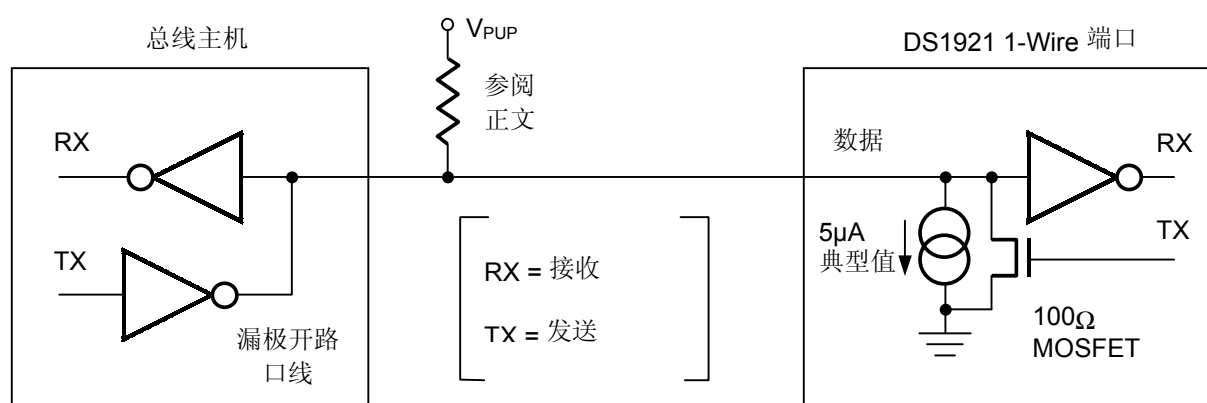
1-Wire 单总线系统中只定义了一根数据线，所以，确保在适当的时间驱动总线上的每个器件是非常重要的。为使上述操作易于实现，挂接在 1-Wire 总线上的每个装置必须都带有一个漏极开路或三态输出端口。DS1921L 的 1-Wire 端口为漏极开路型，其内部等效电路如图 11 所示。

多点总线由连接了多个从机器件的 1-Wire 总线组成。在标准速率模式下，1-Wire 总线的最大数据传输速率是 16.3kbps；在高速模式下，最大速率增大到 142kbps。DS1921L 并不完全符合 iButton

标准。在标准速率模式下，DS1921L 的最大数据传输速率为 14.1kbps；在高速模式下，最大速率为 125kbps。上拉电阻的阻值主要根据网络尺寸和负荷状态决定。大多数应用中，上拉电阻的最佳阻值约为 2.2k Ω 。

1-Wire 总线在空闲状态下为高电平。不管是何种原因需要暂停处理流程、且要求处理流程还能继续时，总线**必须**处于空闲状态。如果情况不是这样、且总线保持低电平超过 16 μ s（高速模式下）或超过 120 μ s（标准速率下），总线上的一个或多个器件将被复位。为了确保 1-Wire 总线上的所有从机器件均不执行复位操作，挂接了 DS1921L 的总线在高速模式下置于低电平的时间不能超过 15.2 μ s。尽管 DS1921L 在兼容性有一定限制，但当 DS1921L 配合 DS2480B 1-Wire 驱动电路或基于该驱动器的串行端口适配器工作时能够进行正确通信。

硬件结构 图 11



处理流程

通过 1-Wire 端口访问 DS1921L 的处理流程如下：

- 初始化
- ROM 功能命令
- 存储器功能命令
- 处理/数据

初始化

1-Wire 总线上所有的操作均从初始化过程开始。初始化过程由主机发出的复位脉冲和从机发出的在线应答脉冲组成。

在线应答脉冲使主机能够检测到挂接在总线上的 DS1921L，并准备就绪。详细内容参见 *1-Wire 信令* 一节。

ROM 功能命令

一旦主机检测到在线应答脉冲，就可以发出 7 条 ROM 功能命令中的一条。所有 ROM 功能命令的长度为 8 位。以下列出了这些命令（参考图 12 中的流程图）。

Read ROM [33H]

此条命令允许总线主机读取 DS1921L 的 8 位家族码、温度范围代码、唯一的 36 位序列号和 8 位 CRC 校验码。此命令仅适用于总线上只挂接一片 DS1921L 的情况。如果总线上挂接了多个从机器件，当所有从机器件在同一时间都试图发送数据时，必然发生数据冲突（漏极开路输出将产生一个线与结果）。家族码、温度范围代码、唯一的 36 位序列号将产生不匹配的 CRC 校验码。

Match ROM [55H]

Match ROM 命令后面跟随 64 位 ROM 代码，允许总线主机访问多从机总线系统中某个特定的 DS1921L。只有与 64 位 ROM 代码完全匹配的 DS1921L 才会响应主机随后发出的功能指令。所有不匹配 64 位 ROM 代码的从机将处于等待复位脉冲状态。由此可知，该命令既适用于单从机系统，也适用于多从机系统。

Skip ROM [CCH]

Skip ROM 命令在单从机总线系统中允许总线主机直接访问存储器，而无须提供 64 位 ROM 代码，从而节省时间。如果总线上挂接了不止一个从机器件，而且在 Skip ROM 命令后发出了一条 Read 命令，总线上的多个从机器件就会同时传送数据，从而引起数据冲突（漏极开路输出将产生一个线与结果）。

Search ROM [F0H]

系统初次上电时，总线主机可能不知道 1-Wire 总线上从机器件的数目或它们的 64 位 ROM 代码，Search ROM 命令能够使总线主机利用排除法检测出总线上的所有从机器件的 64 位 ROM 代码。Search ROM 过程其实只是三个常规步骤的重复：读一位、读此位的补码，然后写这一位的期望值。总线主机对 ROM 中的每一位都执行这 3 步简单的常规操作。一轮操作通过后，总线主机就能读出某个器件 ROM 中的内容。其余器件和它们的 ROM 代码可由另外的操作检测出来。需要了解关于 Search ROM 命令更详细的内容，可参考 *Book of DS19xx 1Button Standards* 的第五章，并且还包括一个范例。

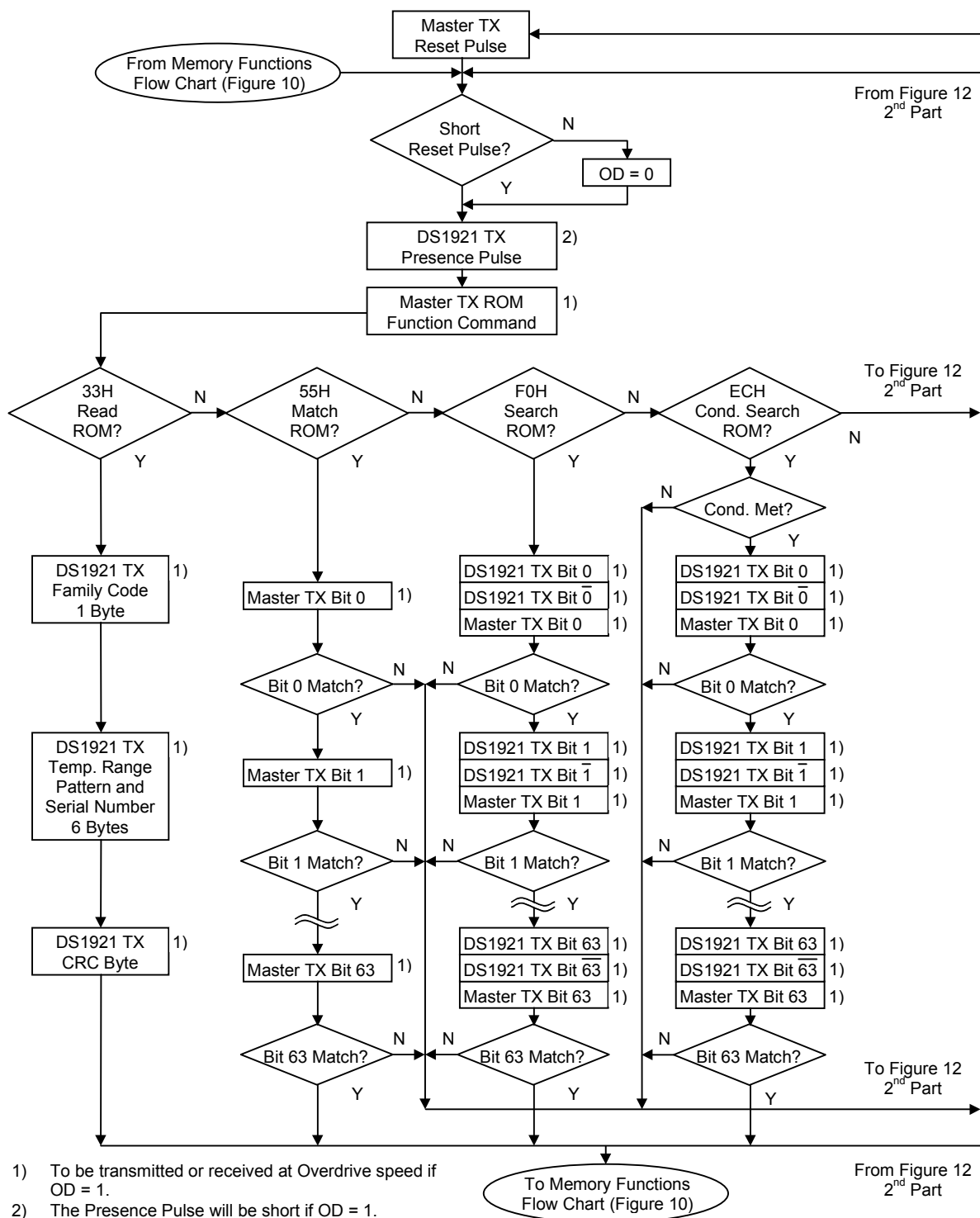
Conditional Search [ECH]

Conditional Search ROM 命令的操作类似于 Search ROM 命令，两者间的区别是：前者要求只有满足特定条件的器件才会参与搜索过程。这个条件是由地址为 20EH 的控制寄存器的功能位 TAS、THS 和 TLS 指定。Conditional Search ROM 命令为总线主机在多点系统识别出发生了重大事件（例如，温度超出了容许范围）的从机器件提供了一个有效途径。多点总线上每个通过条件搜索检验的特定器件，就能成功地确定其 64 位 ROM 码；特定器件可以通过 Match ROM 命令被单独访问，因为所有其它器件将在搜索过程中被滤除，处于等待复位脉冲的状态。

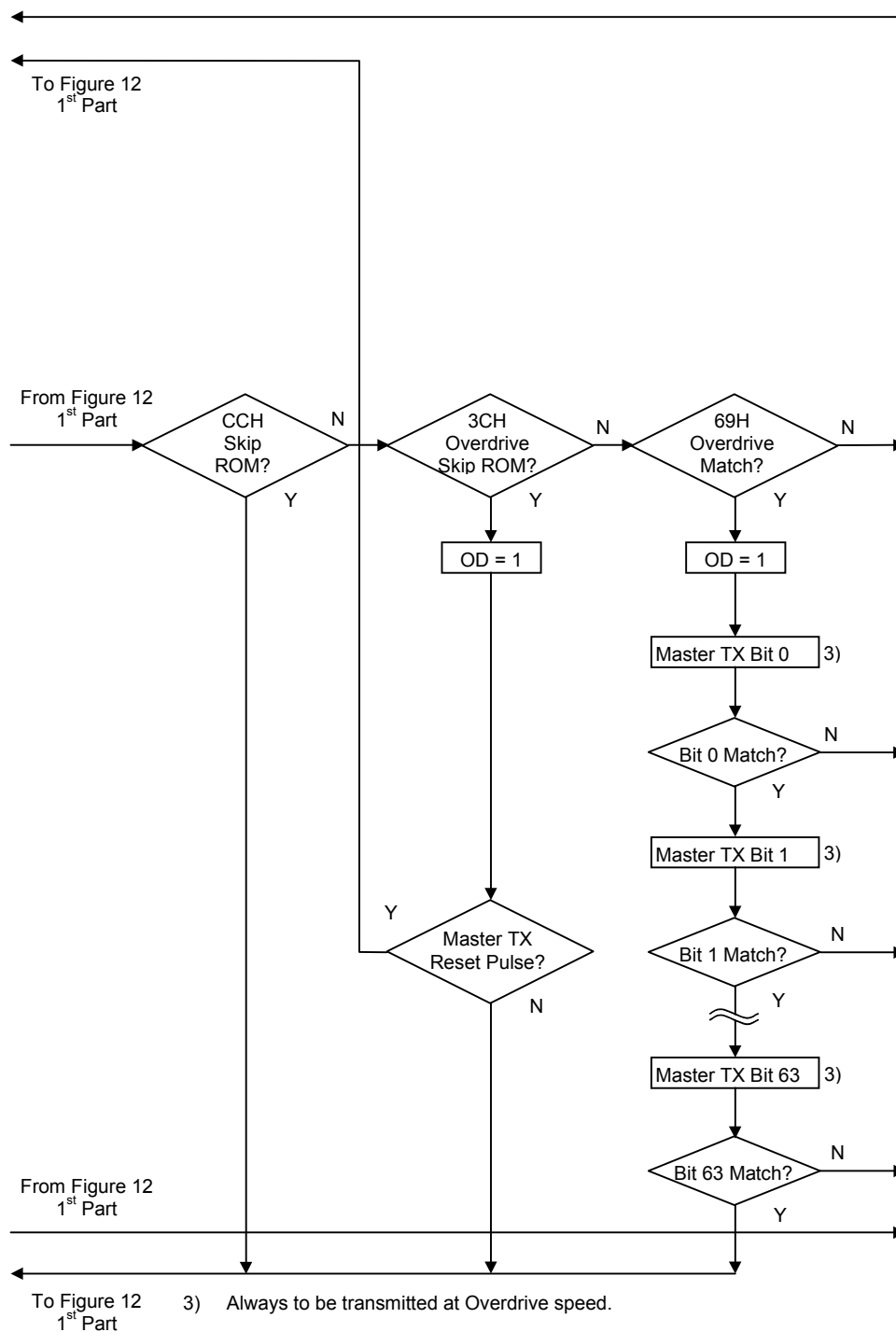
对于条件搜索而言，可以通过将相关位置 1 的方法来选择三种搜索条件的任意组合。这些位直接对应于器件状态寄存器的标志位。如果状态寄存器的标志读数为 1、且控制寄存器的相应位也是逻辑 1，那么这个器件就响应 Conditional Search 命令。如果在搜索条件中选取了不止一位，那么第一个事件发生时将使器件响应 Conditional Search 命令。

ROM 命令的操作流程

图 12-1



ROM 功能流程图 图 12-2



Overdrive Skip ROM [3CH]

在单点总线上该命令允许总线主机直接访问存储器，无需提供 64 位 ROM 代码、节省时间。与普通 Skip ROM 命令不同，Overdrive Skip ROM 命令将 DS1921L 的通信速率设置为高速模式（OD = 1）。这条命令之后的所有通信将持续工作在高速模式下，直到最少持续 480 μ s 的复位脉冲将总线上所有器件复位到标准速率（OD = 0）为止。

对于多点总线，该命令将所有支持高速模式的器件设置为高速模式的速率。为了以后能寻址到一个特定的支持高速模式的器件，必须在以高速模式的速率发出一个复位脉冲后发送 Match ROM 或 Search ROM 命令序列。这将加快搜索过程。如果总线上挂接了不止一个支持高速模式的从机器件，而且在 Read 命令后发出了一条 Overdrive Skip ROM 命令，总线上的多个从机就会同时传送数据，引起数据冲突（漏极开路输出将产生一个线与结果）。

Overdrive Match ROM [69H]

Overdrive Match ROM 命令之后、以高速模式的速率传送 64 位 ROM 序列，可以使总线主机在多点总线上寻址一个特定的 DS1921L，并同时将其设置在高速模式下。只有准确地与 64 位 ROM 序列相匹配的 DS1921L 才会响应随后的存储器功能命令。由于前面的 Overdrive Skip 命令或 Match 命令已经将从机器件设置在高速模式下，它将继续保持高速模式。所有具有高速能力的从机将在下一个最少持续 480 μ s 的复位脉冲到来时返回到标准速率。Overdrive Match ROM 命令可用于单点或多点总线。

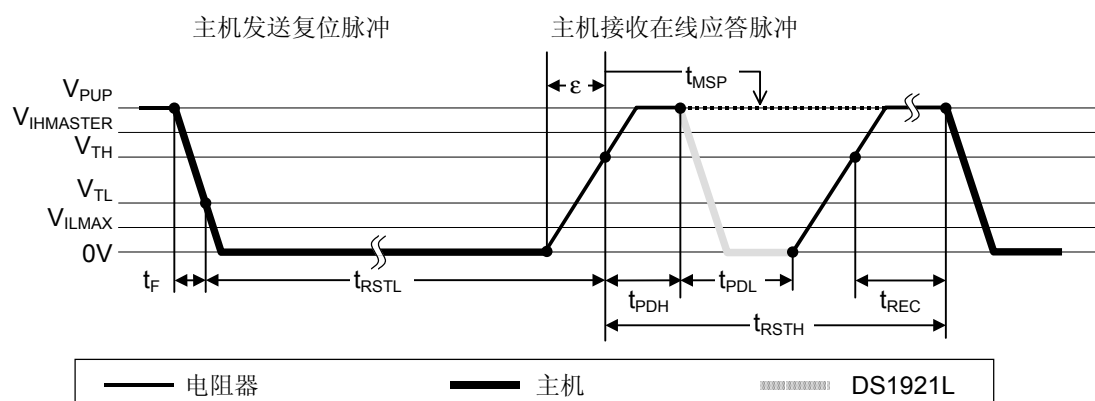
1-Wire 信令

DS1921L 需要严格的通信协议以确保数据的完整性，此协议由以下四种类型的信号组成：由复位脉冲和在线应答脉冲组成的复位序列、写 0、写 1 和读数据。除了在线应答脉冲以外，其它信号都由主机初始化。DS1921L 的通信速率有两种：标准速率和高速模式下的速率。如果没有明确地设置为高速模式，DS1921L 将采用标准速率进行通信。在高速模式下，所有波形采用高速时隙。

为了激活空闲状态下的器件，需要将 1-Wire 总线上的电压从 V_{PUP} 降至阈值电压 V_{TL} 以下。为了使器件从运行状态转入空闲状态，需要将 1-Wire 总线上的电压从 V_{ILMAX} 提升至阈值电压 V_{TH} 以上。在判断逻辑电平的高低时，电压 V_{ILMAX} 与 DS1921L 相关，但它不被用来触发任何事件。

启动 DS1921L 任何一次通信的初始化过程如图 13 所示。如果复位脉冲之后跟随有在线应答脉冲，表明 DS1921L 已经准备开始接收数据，可以发出正确的 ROM 命令和存储器功能命令。在一个混合型网络中，为使通信速率最慢的 1-Wire 从机器件能够识别出复位脉冲，需要将复位低电平时间 t_{RSTL} 设置得足够长。对于 DS1921L 来说，这个持续时间在标准速率下为 480 μ s、在高速模式下为 62 μ s。如果总线上主机的下降沿利用了摆率限制，为了补偿边缘时间，必须将总线拉低（ $t_{RSTL} + t_F$ ）。持续时间为 480 μ s 或更长的 t_{RSTL} 将使器件退出高速模式、返回到标准速率。如果 DS1921L 处于高速模式下、而且 t_{RSTL} 没超过 80 μ s，那么器件仍将保持高速模式。

初始化过程 (复位和在线应答脉冲) 图 13



总线主机释放总线后将进入接收模式。现在，1-Wire 总线是通过上拉电阻或借助有源电路（采用 DS2480B 驱动器）将电压拉到 V_{PUP} 。当超出阈值电压 V_{TH} 后，DS1921L 将等待 t_{PDH} 时间，然后将总线拉低 t_{PDL} 发送在线应答脉冲。为了能够检测到在线应答脉冲，主机必须测试 1-Wire 总线在 t_{MSP} 时刻的逻辑状态。

t_{RSTH} 窗口的时间必须至少是 t_{PDHMAX} 、 t_{PDLMAX} 和 t_{RECMIN} 的总和。 t_{RSTH} 时间终止后，DS1921L 立即就绪、开始进行数据通信。在混合型网络中，为了适应其它 1-Wire 器件，应该延长 t_{RSTH} ：即 t_{RSTH} 在标准速率下至少为 $480\mu s$ ；在高速模式下至少为 $48\mu s$ 。

读/写时隙

DS1921L 进行数据通信时每个时隙只传送一位。写时隙将数据从总线主机传送给从机。读时隙将数据由从机传送给主机。关于读、写时隙的定义如图 14。

所有的通信均从主机拉低数据线开始。当 1-Wire 总线上的电压低于阈值电压 V_{TL} 时，DS1921L 就启动它的内部时基。从机时基的容差产生了一个从机采样窗口，时间宽度从 t_{SLSMIN} 至 t_{SLSMAX} 。数据线在采样点的电压决定 DS1921L 将时隙解码为 1 还是 0。为保证可靠通信，该电压必须在整个采样窗口低于 V_{ILMAX} 或高于 V_{TH} 。

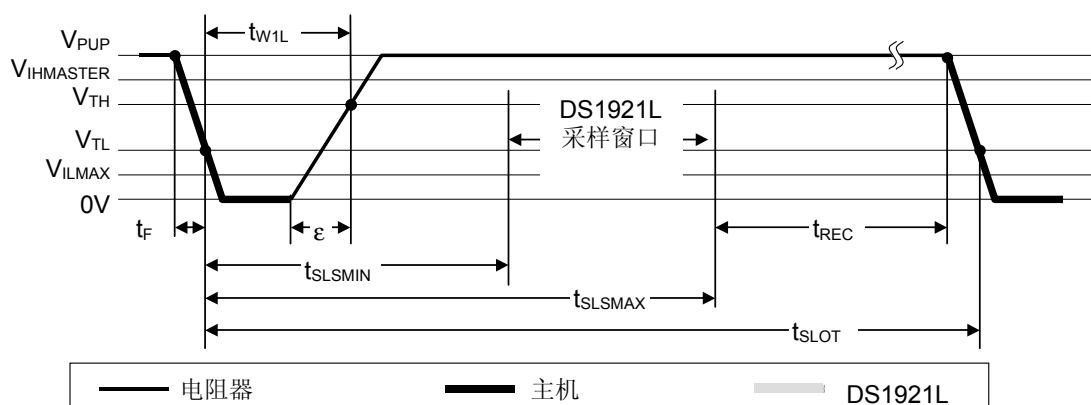
主机至从机

对于**写 1**时隙，主机的下拉时间（ $t_{MPD1} = t_{W1L} - \epsilon + t_F$ ）必须足够短，以允许 1-Wire 总线的电压在 t_{SLSMIN} 时刻（DS1921L 最早的采样点）达到 V_{TH} 。最后一个采样点（ t_{SLSMAX} ）之后、和下一个时隙启动之前必须有一段恢复时间（ t_{REC} ）。

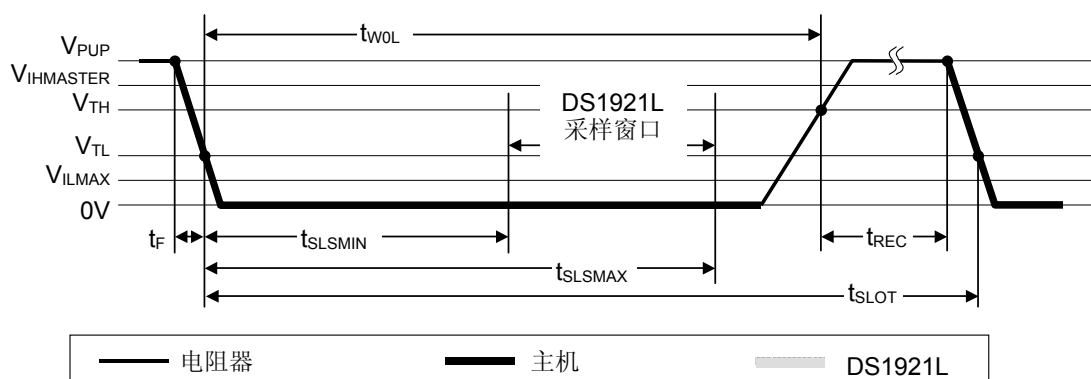
对于**写 0**时隙，主机的下拉时间（ $t_{MPD0} = t_{W0L} + t_F$ ）必须足够长，以保证数据线上的电压在低速 DS1921L 的采样点（ t_{SLSMAX} ）低于 V_{ILMAX} 。在下次时隙启动之前，数据线上的电压首先要上升到 V_{TH} 以上，并保持到恢复时间 t_{REC} 为止。

读/写时序图 图 14

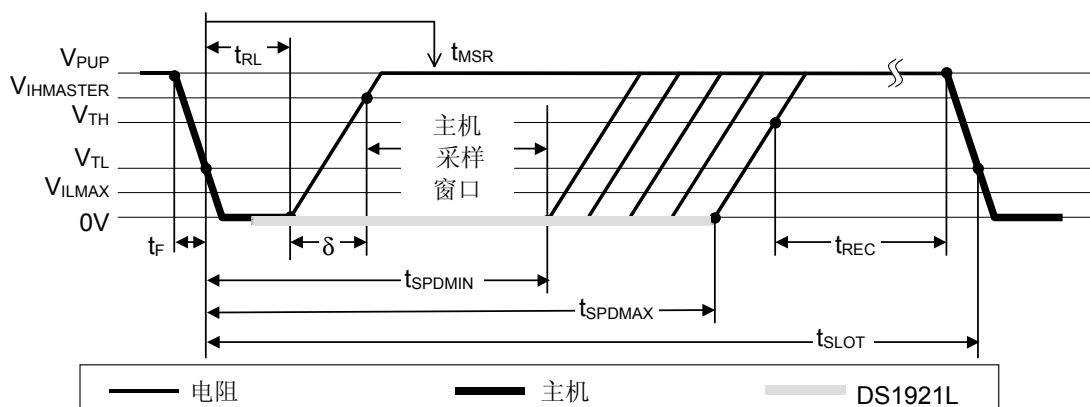
写 1 时隙



写 0 时隙



读数据时隙



从机至主机

读数据时隙与写 1 时隙相同。主机通过拉低数据线启动读数据时隙。当 1-Wire 总线上的电压低于阈值电压 V_{TL} 时，DS1921L 启动它的内部时基。主机下拉时间 ($t_{MPDR} = t_{RL} + t_F$) 必须足够长以覆盖建立时间 t_{SU} ，在此之后 DS1921L 传递一位到它的 1-Wire 端口。如果发送数据位为 0，那么 DS1921L 将保持拉低数据线的时长为 t_{SPD} ；如果数据位为 1，DS1921L 将不会把数据线拉低。

主机在 t_{MSR} 时刻对数据线进行采样，采样点在由 $t_{RL} + \delta$ （上升时间）和 t_{SPDMIN} 确定的窗口内。**读 0** 情况下，最佳采样点是不超出 t_{SPDMIN} 。**读 1** 情况下，1-Wire 总线上的电压在 t_{MSR} 以内必须达到 $V_{IHMASTER}$ 。这个条件决定了主机下拉时间的最长持续时间。为保证可靠通信，主机的下拉时间应该尽可能的短、使数据线达到 V_{IHMIN} 所允许的时间最大。在下一个时隙启动之前 t_{SPDMAX} 必须结束，且数据线上的电压必须上升到 V_{TH} 以上、并在恢复时间 t_{REC} 结束以前保持这个值。

CRC 的生成

对 DS1921L 来说，有两种类型的循环冗余校验法（CRC）以供选择。一种是 8 位 CRC，它存储在 64 位 ROM 码的最高有效字节。总线主机能够从 64 位 ROM 码的前 56 位计算出 CRC 校验码，并将其与存储在 DS1921L 内的数值进行比较，以此来确定接收到的 ROM 数据是否有错。与 CRC 等价多项式方程为 $X^8 + X^5 + X^4 + 1$ 。这个 8 位的 CRC 校验码按照其实际（不取逻辑反）格式接收。CRC 校验码是在工厂就已计算好、并光刻入 ROM 中的。

另一类型是 16 位的 CRC，它根据标准的 CRC16 多项式 $X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$ 生成。当采用 Read Memory with CRC 命令读取数据存储器或在写入、读出暂存器需要快速检验传输数据时，用此类 CRC 校验码来进行错误检测。它与基于 NV RAM 的 iButton 在 iButton 的 Extended File Structure（扩展文件结构）内部进行错误检测的 CRC 类型相同。与 8 位 CRC 校验码相比，16 位的 CRC 校验码总是取逻辑反的形式。按照图 10 所示的命令流程图，DS1921L 芯片内部的 CRC 生成器（图 15）将计算一个新的 16 位 CRC 码。总线主机把从器件读取的 CRC 值与它根据数据计算出来的 CRC 值进行比较，确定是继续执行操作、还是由于 CRC 码错误重读部分数据。对于开始的 Read Memory with CRC 命令流，对应的 16 位 CRC 值由移入已清零的 CRC 生成器的命令字节、接下来的 2 位地址字节和数据存储器的内容计算得到。对于随后的 Read Memory with CRC 命令流，所产生的 16 位 CRC 码则由清零的 CRC 生成器和随后移入数据存储器页的内容计算得到。

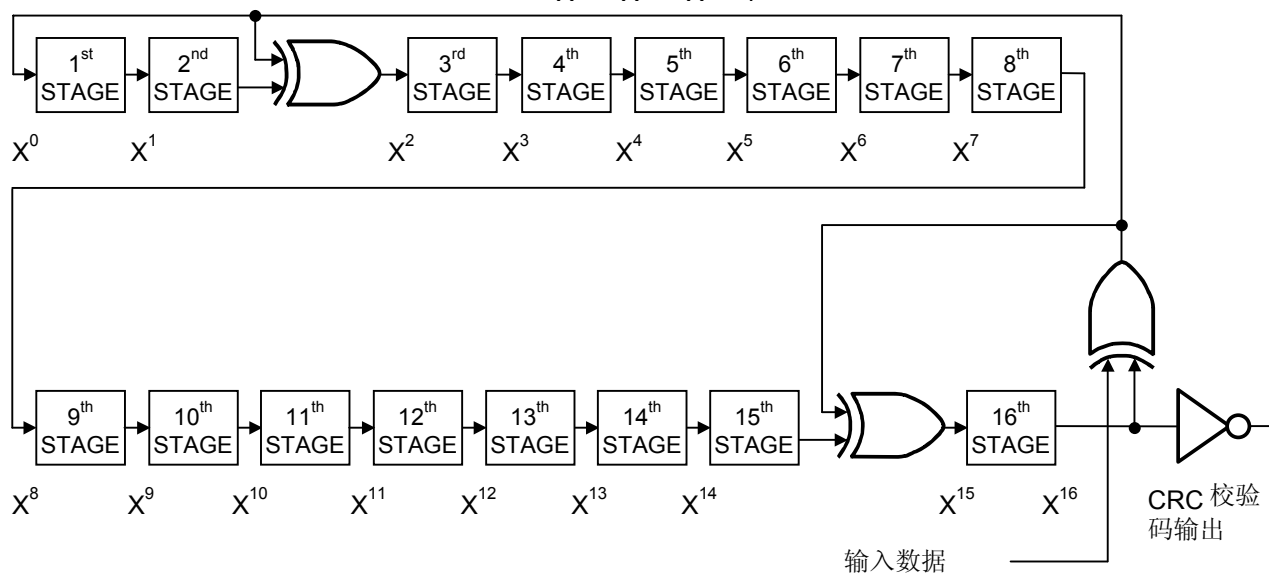
执行 Write Scratchpad 命令时，CRC 校验码是通过首先清除 CRC 生成器、然后移入命令代码、目标地址 TA1 和 TA2 以及所有数据字节的方式产生的。只有在写入暂存器的数据包括暂存器终止位置 11111b 时，DS1921L 才传送这个 CRC 码。数据可以从暂存器内部的任何存储单元开始。

执行 Read Scratchpad 命令时，CRC 校验码是通过首先清除 CRC 生成器、然后移入命令代码、目标地址 TA1 和 TA2、E/S 字节以及从目标地址开始的暂存器数据的方式产生的。如果读完暂存器的数据后仍持续读操作，DS1921L 将连续传送这个 CRC 校验码，与实际终止位置无关。

有关生成 CRC 校验码的更多信息，参见应用笔记 27 或 *Book of DS19xx iButton Standards*。

CRC-16 的硬件描述和多项式 图 15

$$\text{多项式} = X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$$



任务范例：准备与开始一项新任务

假定：前一项任务已结束。如果需要可通过执行步骤 1 或将状态寄存器的 MIP 位写 0 结束一项正在进行的任务。

准备启动 DS1921L 执行一项任务时需要四个步骤：

- 步骤 1：设置 RTC （如果它需要调整）
- 步骤 2：清除上次任务中的数据
- 步骤 3：设置搜索条件和任务启动延迟
- 步骤 4：设置温度报警并写入采样速率以启动任务

步骤 1

将当前时间设成 2002 年 4 月 1 日、星期一、15:30:00。这需把下列数据写入 RTC 寄存器：

地址:	200H	201H	202H	203H	204H	205H	206H
数据:	00H	30H	15H	01H	81H	04H	02H

总线主机上只挂接了单片 DS1921L 时，步骤 1 的通信过程如下所示：

主机工作方式	数据（低位在前）	注释
TX	（复位）	复位脉冲 (480µs 至 960µs)
RX	（在线应答）	在线应答脉冲
TX	CCH	发出 Skip ROM 命令
TX	0FH	发出 Write Scratchpad 命令
TX	00H	TA1, 起始偏移 = 00H
TX	02H	TA2, 地址 = 0200H
TX	<7 个数据字节>	向暂存器写入 7 个数据字节
TX	（复位）	复位脉冲
RX	（在线应答）	在线应答脉冲
TX	CCH	发出 Skip ROM 命令
TX	AAH	发出 Read Scratchpad 命令
RX	00H	读 TA1, 起始偏移 = 00H
RX	02H	读 TA2, 地址 = 0200H
RX	06H	读 E/S, 终止位置偏移 = 6H, 标志 = 0H
RX	<7 个数据字节>	读暂存器数据并校验
TX	（复位）	复位脉冲
RX	（在线应答）	在线应答脉冲
TX	CCH	发出 Skip ROM 命令
TX	55H	发出 Copy Scratchpad 命令
TX	00H	TA1
TX	02H	TA2 (授权代码)
TX	06H	E/S
TX	（复位）	复位脉冲
RX	（在线应答）	在线应答脉冲

步骤 2

将 EMCLR 位置 1，启动 RTC 并接着执行 Clear Memory 命令。这需要将下列数据写入状态寄存器中：

地址:	20EH
数据:	40H

总线主机上只挂接了单片 DS1921L 时，步骤 2 的通信过程如下所示：

主机工作方式	数据（低位在前）	注释
TX	（复位）	复位脉冲（480μs 至 960μs）
RX	（在线应答）	在线应答脉冲
TX	CCH	发出 Skip ROM 命令
TX	0FH	发出 Write Scratchpad 命令
TX	0EH	TA1, 起始偏移 = 0EH
TX	02H	TA2, 地址 = 020EH
TX	40H	向暂存器中写入状态字节
TX	（复位）	复位脉冲
RX	（在线应答）	在线应答脉冲
TX	CCH	发出 Skip ROM 命令
TX	AAH	发出 Read Scratchpad 命令
RX	0EH	读 TA1, 起始偏移 = 0EH
RX	02H	读 TA2, 地址 = 020EH
RX	0EH	读 E/S, 终止位置偏移 = 0EH, 标志 = 0H
RX	40H	读暂存器数据并校验
TX	（复位）	复位脉冲
RX	（在线应答）	在线应答脉冲
TX	CCH	发出 Skip ROM 命令
TX	55H	发出 Copy Scratchpad 命令
TX	0EH	TA1 TA2 (授权代码) E/S
TX	02H	
TX	0EH	
TX	（复位）	复位脉冲
RX	（在线应答）	在线应答脉冲
TX	CCH	发出 Skip ROM 命令
TX	3CH	发出 Clear Memory 命令
TX	（复位）	复位脉冲
RX	（在线应答）	在线应答脉冲

步骤 3

在这个范例中，反转已被屏蔽并且将搜索条件设置为只针对高温报警。任务在延迟 90（5AH）分钟后启动。这需要将下列数据写入特殊功能寄存器：

地址:	20EH	20FH	210H	211H	212H	213H
数据:	02H	00H*	00H*	00H*	5AH	00H

* 连续写入存储单元 20FH 至 211H 的方式要比用单独启用一个周期访问任务来启动延迟寄存器的方式快。写操作不会影响这些寄存器的内容。

总线主机上只挂接了单片 DS1921L 时，步骤 3 的通信过程如下所示：

主机工作方式	数据（低位在前）	注释
TX	（复位）	复位脉冲 (480μs 至 960μs)
RX	（在线应答）	在线应答脉冲
TX	CCH	发出 Skip ROM 命令
TX	0FH	发出 Write Scratchpad 命令
TX	0EH	TA1, 起始偏移 = 0EH
TX	02H	TA2, 地址 = 020EH
TX	<6 个数据字节>	暂存器写入 6 个数据字节
TX	（复位）	复位脉冲
RX	（在线应答）	在线应答脉冲
TX	CCH	发出 Skip ROM 命令
TX	AAH	发出 Read Scratchpad 命令
RX	0EH	读 TA1, 起始偏移 = 0EH
RX	02H	读 TA2, 地址 = 020EH
RX	13H	读 E/S, 终止位置偏移 = 13H, 标志 = 0H
RX	<6 个数据字节>	读暂存器数据并校验
TX	（复位）	复位脉冲
RX	（在线应答）	在线应答脉冲
TX	CCH	发出 Skip ROM 命令
TX	55H	发出 Copy Scratchpad 命令
TX	0EH	TA1
TX	02H	TA2 (授权代码)
TX	13H	E/S
TX	（复位）	复位脉冲
RX	（在线应答）	在线应答脉冲

步骤 4

在本范例中，温度报警设置是：低温门限为-5°C、高温门限为 0°C。采样速率是每 10 分钟一次，允许任务持续 14 天。这需要将下列数据写入特殊功能寄存器：

地址:	20BH	20CH	20DH
数据:	46H	50H	0AH

总线主机上只挂接了单片 DS1921L 时，步骤 4 的通信过程如下所示：

主机工作方式	数据（低位在前）	注释
TX	（复位）	复位脉冲 (480μs 至 960μs)
RX	（在线应答）	在线应答脉冲
TX	CCH	发出 Skip ROM 命令
TX	0FH	发出 Write Scratchpad 命令
TX	0BH	TA1, 起始偏移 = 0BH
TX	02H	TA2, 地址 = 020BH
TX	<3 个数据字节>	向暂存器写入 3 个数据字节
TX	（复位）	复位脉冲
RX	（在线应答）	在线应答脉冲
TX	CCH	发出 Skip ROM 命令
TX	AAH	发出 Read Scratchpad 命令
RX	0BH	读 TA1, 起始偏移 = 0BH
RX	02H	读 TA2, 地址 = 020BH
RX	0DH	读 E/S, 终止位置偏移 = 0DH, 标志 = 0H
RX	<3 个数据字节>	读暂存器数据并校验
TX	（复位）	复位脉冲
RX	（在线应答）	在线应答脉冲
TX	CCH	发出 Skip ROM 命令
TX	55H	发出 Copy Scratchpad 命令
TX	0BH	TA1
TX	02H	TA2 (授权代码)
TX	0DH	E/S
TX	（复位）	复位脉冲
RX	（在线应答）	在线应答脉冲

如果成功地完成了步骤 4，日期和 RTC 的时间都将存储在任务采样寄存器中；另外状态寄存器中的 MIP 位将为 1，且 MEMCLR 位为 0。

物理规格

大小	参见机械制图
重量	3.3 克
湿度	50°C 下 90%的相对湿度
高度	10,000 英尺
安全性	符合 UL#913（第四版）；本质安全设备；经过 I 级、1 区、A、B、C 组和指定 D 区域场合的认证

极限参数*

IO 对地电压	-0.5V, +6V
IO 吸入电流	20mA
温度范围	-40°C 至 +85°C
焊接温度	+150°C
存储温度范围	-25°C 至+50°C

* 这只是器件所能承受的极限值。在不超出极限参数的前提下，要使器件正常工作还需保证不超出特性参数列表中的限定条件。如果器件长时间处于这些极限参数下会影响其可靠性。为延长器件的使用寿命，不要将这些器件置于超出 70°C 的环境中。

电特性(V_{PUP} = 2.8V 至 5.25V, T_A = -40°C 至+85°C)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位	注释
IO 引脚通用数据							
1-Wire 上拉电阻	R _{PUP}				2.2	kΩ	1, 2
输入电容	C _{IO}			100	800	pF	3, 16
输入负载电流	I _L	IO 引脚于 V _{PUP}			10	μA	4
高电平至低电平切换门限	V _{TL}	V _{PUP} > 4.5V	1.14		2.70	V	5, 6, 7, 16
			0.71		2.70		
输入低电平	V _{IL}				0.30	V	1, 5, 8
低电平至高电平切换门限	V _{TH}	V _{PUP} > 4.5V	1.00		2.70	V	5, 6, 9, 16
			0.66		2.70		
4mA 时输出低电平	V _{OL}				0.4	V	5, 10
恢复时间	t _{REC}	标准速度, R _{PUP} = 2.2kΩ	5			μs	1, 16
		高速模式, R _{PUP} = 2.2kΩ	2				
		高速模式, 直接在复位脉冲之前; R _{PUP} = 2.2kΩ	5				
时隙持续时间	t _{SLOT}	标准速度,	65			μs	1, 15
		高速模式	8				

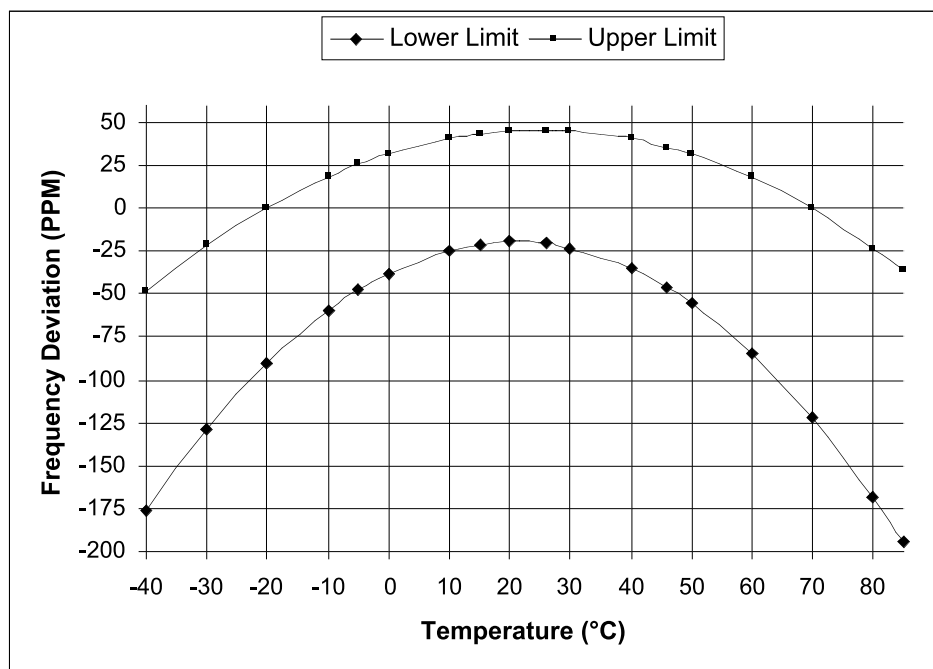
参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位	注释
IO 引脚, 1-Wire 复位, 在线检测周期							
复位低电平时间	t _{RSTL}	标准速度, V _{PUP} > 4.5V	480		640	μs	1, 15
		标准速度,	540		640		
		高速模式	48		80		
在线检测高电平时间	t _{PDH}	标准速度,	15		60	μs	15
		高速模式	1.1		6		
在线检测低电平时间	t _{PDL}	标准速度,	60		270	μs	15
		高速模式	7.5		24		
在线检测采样时间	t _{MSP}	标准速度,	60		75	μs	1, 16
		高速模式	6		8.6		
IO 引脚, 1-Wire 写							
写 0 低电平时间	t _{W0L}	标准速度,	60		120	μs	1, 15
		高速模式	6		15		
写 1 低电平时间	t _{W1L}	标准速度,	5		15 - ε	μs	1, 11
		高速模式	1		2 - ε		
写采样时间 (从机采样)	t _{SLS}	标准速度,	15		60	μs	15
		高速模式	2		6		
IO 引脚, 1-Wire 读							
读低电平时间	t _{RL}	标准速度,	5		15 - δ	μs	1, 12
		高速模式	1		2 - δ		
读 0 低电平 (数据来自从机)	t _{SPD}	标准速度,	15		60	μs	15
		高速模式	2		6		
读采样时间	t _{MSR}	标准速度,	t _{RL} + δ		15	μs	1, 12
		高速模式	t _{RL} + δ		2		
实时时钟							
频偏	Δ _F	-5°C 至 +46°C	-48		+46	PPM	
温度转换							
工作温度范围	T _{TC}	DS1921L-F50	-40		+85	°C	
		DS1921L-F51	-10		+85		
		DS1921L-F52	-20		+85		
		DS1921L-F53	-30		+85		
转换时间	t _{CONV}		19		90	ms	
温度响应时间常数	τ _{RESP}			130		s	13, 16
转换误差	Δθ		-1		+1	°C	
转换次数	N _{CONV}		(见图)			---	14, 16

注释:

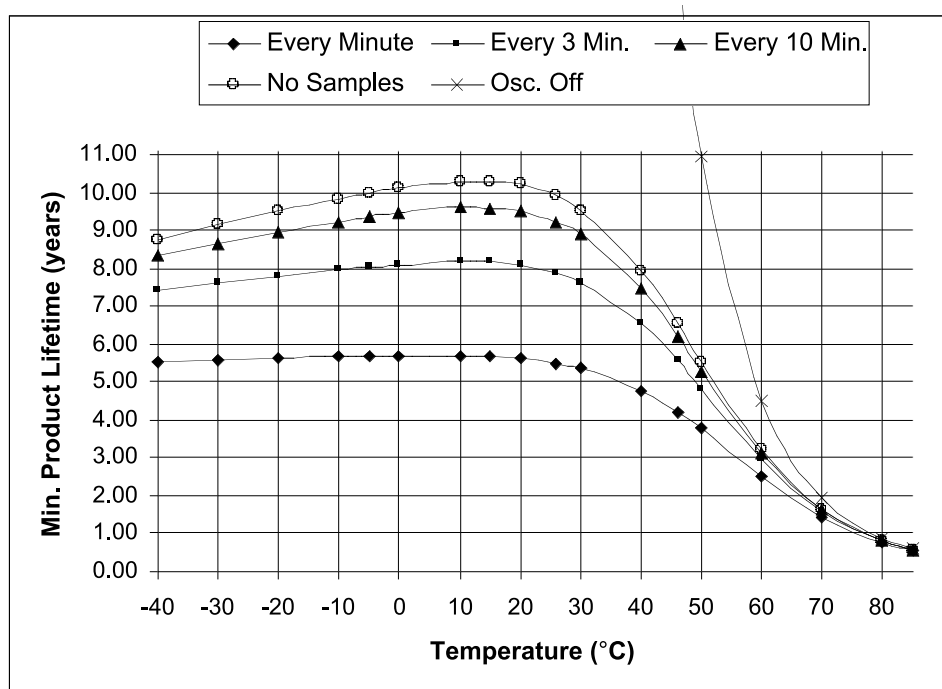
- 1) 系统要求
- 2) 最大上拉电阻值是系统中 1-Wire 器件数目和 1-Wire 恢复时间的函数。这里给定的数值适用于只挂接了单个器件、具有最小 1-Wire 恢复时间的系统。对于负荷更重的系统，需要有源上拉，可能需要 DS2480。
- 3) 初次上电时数据引脚的电容为 800pF。如果用 5k Ω 的电阻将数据线上拉到 V_{PUP} ，上电 5 μ s 后，寄生电容将不会影响正常通信。
- 4) 输入负载接地。
- 5) 所有电压以地为参考点。
- 6) V_{TL} , V_{TH} 是内部电源电压的函数。
- 7) 在 IO 的下降沿、电压低于该值则检测到逻辑 0。
- 8) 每当主机将总线驱动为低电平时，IO 电压必须低于或等于 V_{ILMAX} 。
- 9) 在 IO 的上升沿、电压高于该值则检测到逻辑 1。
- 10) 电压小于 1V 时 I-V 特性是线性的。
- 11) ϵ 指上拉电路将 IO 从 V_{IL} 上拉到 V_{TH} 所用的时间。
- 12) δ 代表上拉电路将 IO 从 V_{IL} 上拉到总线主机的输入高门限值所用的时间。
- 13) 这些测试数据由法国 Antony 的 Cemagref 于 2000 年 7 月提供，测试报告 E42 参见 <http://www.cemagref.fr/English/index.htm>。
- 14) 温度转换次数 (= 采样数) 与内部电源有关，取决于器件的工作温度和储存温度，如果没有用于执行任务，应该关闭 RTC 振荡器、器件的储存温度不要高于 25 $^{\circ}$ C，这种条件下成品寿命至少可达 10 年。
- 15) 下表中用颜色加深的数值并不符合已公布的 iButton 标准。对照表如下。
- 16) 这些数值是通过仿真交叉过程、电压和温度得到的，并非生产测试数据。

参数名称	标准 数值				DS1921L 数值			
	标准速率		高速模式		标准速率		高速模式	
	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值
t_{SLOT} (包括 t_{REC})	61 μ s	(未定义)	7 μ s	(未定义)	65 μ s	(未定义)	8 μ s	(未定义)
t_{RSTL}	480 μ s	(未定义)	48 μ s	80 μ s	540 μ s	640 μ s	48 μ s	80 μ s
t_{PDH}	15 μ s	60 μ s	2 μ s	6 μ s	15 μ s	60 μ s	1.1 μ s	6 μ s
t_{PDL}	60 μ s	240 μ s	8 μ s	24 μ s	60 μ s	270 μ s	7.5 μ s	24 μ s
t_{WOL}	60 μ s	120 μ s	6 μ s	16 μ s	60 μ s	120 μ s	6 μ s	15 μ s
t_{SLS} , t_{SPD}	15 μ s	60 μ s	2 μ s	6 μ s	15 μ s	60 μ s	2 μ s	6 μ s

RTC 频率偏差与温度



不同采样速率下产品最短使用寿命与温度的关系



不同温度下产品最短使用寿命与采样速率的关系

