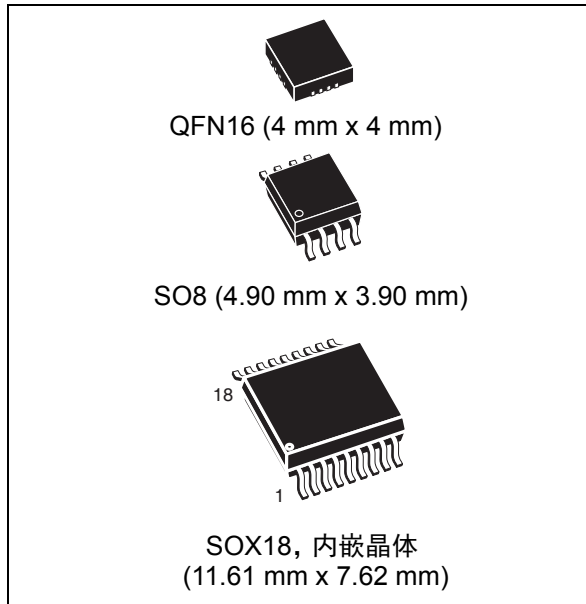


带有电池自动切换功能的串行 I²C 总线实时时钟 (RTC)

数据手册 - 生产数据



- 复位 ($\overline{\text{RST}}$) 输出
- 看门狗定时器
- 可编程 8 位计数器 / 定时器
- 电池备份的 7 字节用户 SRAM
- 电池低电压标志
- 低工作电流: 80 μA
- 振荡器失效检测
- 电池或 SuperCap™ 备份
- 工作温度范围: $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 封装选项
 - 16 脚 QFN (M41T83)
 - 8 脚 SOIC (M41T82) 或
 - 18 脚内嵌晶体 SOIC (M41T83)
- RoHS 认证: 无铅元件符合 RoHS 标准

特性

- 超低电池供电电流: 365 nA
- 精度经工厂校准, 确保 2 次回流后精度为 ± 5 ppm (SOX18)
 - 采用内置可编程模拟和数字校准电路, 可获得更高精度
- 时钟工作电压: 2.0 V 至 5.5 V
- 带有可记录 1/100 秒、1/10 秒、秒、分、小时、星期、日期、月、年和世纪的计时器
- 电池自动切换和复位输出电路 (固定基准)
 - M41T83S: $V_{\text{CC}} = 3.00\text{ V}$ 到 5.50 V
 - M41T83R: $V_{\text{CC}} = 2.70\text{ V}$ 到 5.50 V
 - M41T83Z: $V_{\text{CC}} = 2.38\text{ V}$ 到 5.50 V
- 串行接口支持 I²C 总线 (400 kHz 协议)
- 带有中断功能的可编程报警 (闹铃) (即使在电池备份模式下同样有效)
- 可选的第二路可编程报警 (闹铃)
- 上电后, 方波输出默认值为 32 KHz (仅指 M41T83)

目录

1	说明	6
2	工作原理	12
2.1	2 线总线特性	13
2.1.1	总线空闲	13
2.1.2	开始数据传输	13
2.1.3	停止数据传输	13
2.1.4	数据有效	13
2.1.5	回应	14
2.2	读模式	15
2.3	写模式	17
2.4	数据维持和电池切换功能 ($V_{SO} = V_{RST}$)	18
2.5	上电复位 (t_{rec})	18
3	时钟工作原理	19
3.1	时钟数据一致性	20
3.1.1	不一致示例	20
3.1.2	访问设备	21
3.2	挂起位 (HT) 工作原理	21
3.2.1	掉电时间戳	22
3.3	实时时钟精度	27
3.4	时钟校准	28
3.4.1	数字校准 (周期性计数器校正)	28
3.4.2	模拟校准 (可编程负载电容)	31
3.4.3	预编程校准值	32
3.5	设定报警 (闹铃) 时钟寄存器	36
3.6	可选的第二个可编程报警 (闹铃) 和用户 SRAM	37
3.7	看门狗定时器	37
3.8	8 位 (倒计时) 定时器	38
3.8.1	M41T83 定时器中断 / 输出	38
3.8.2	定时器标志 (TF)	40
3.8.3	定时器中断使能 (TIE, 仅适用于 M41T83)	40
3.8.4	定时器使能位 (TE)	40

3.8.5	TD1/0	40
3.9	方波输出（仅适用于 M41T83）	41
3.10	电池低电压警告	42
3.11	世纪位	43
3.12	振荡器失效检测	44
3.13	振荡器失效中断使能（仅适用于 M41T83）	44
3.14	IRQ1/FT/OUT 脚，频率测试，中断和 OUT 位（仅适用于 M41T83） ...	44
3.14.1	V _{CC} 供电时的主动工模式	46
3.14.2	电池备份模式	47
3.15	FT/RST 脚，频率测试和复位输出脚（仅适用于 M41T82）	48
3.16	初始上电默认设置	48
3.17	OTP 位工作原理（仅适用于 SOX18 封装的 M41T83）	49
4	最大额定值	50
5	直流和交流参数	51
6	封装机械数据	56
6.1	QFN16 封装信息	56
6.2	SOX18 封装信息	59
6.3	SO8 封装信息	60
6.4	承载带信息	61
7	器件型号	62
8	修订历史	63

表格索引

表 1.	信号名称	8
表 2.	M41T82 时钟 / 控制寄存器表 (32 字节)	23
表 3.	表 2: 说明 M41T82 时钟 / 控制寄存器表 (32 字节)	24
表 4.	M41T83 时钟 / 控制寄存器表 (32 字节)	25
表 5.	表 4: 说明 M41T83 时钟 / 控制寄存器表 (32 字节)	26
表 6.	数字校准值	30
表 7.	模拟校准值	32
表 8.	报警 (闹铃) 重复模式	37
表 9.	看门狗寄存器	38
表 10.	定时器控制寄存器表	39
表 11.	自由运转模式下定时器中断工作 (TI/TP = 1)	39
表 12.	定时器源时钟频率的选定 (244.1 μ s 至 4.25 hrs)	40
表 13.	方波输出频率	41
表 14.	V _{CC} 供电时 IRQ1/FT/OUT 脚优先级	46
表 15.	电池备份模式下工作的 IRQ1/FT/OUT 脚优先级	47
表 16.	初始上电默认值 (第 1 部分)	48
表 17.	初始上电默认值 (第 2 部分)	48
表 18.	绝对最大额定值	50
表 19.	工作和交流测量条件	51
表 20.	电容	51
表 21.	直流特性	52
表 22.	晶体电气特性	53
表 23.	振荡器特性	53
表 24.	断电 / 上电切换点直流特性	54
表 25.	交流特性	55
表 26.	QFN16 – 16 脚, 方形扁平封装, 无铅, 4 x 4 mm 封装机械数据	57
表 27.	SOX18 – 18 脚塑料小外形, 300 mils, 内嵌晶体, 封装机械数据	59
表 28.	SO8 - 8 脚塑料小尺寸 (150 mil 体宽) 封装机械数据	60
表 29.	QFN16, SOX18 和 SO8 封装的承载带尺寸	61
表 30.	订购信息	62
表 31.	文档修订历史	63

图片索引

图 1.	M41T82 逻辑框图	7
图 2.	M41T83 逻辑框图	7
图 3.	SO8 (M) 连接图 (M41T82)	9
图 4.	QFN16 (QA) 连接图 (M41T83)	9
图 5.	SOX18 (MY) 连接图 (M41T83)	9
图 6.	M41T82 结构框图	10
图 7.	M41T82 硬件接线图	10
图 8.	M41T83 框图	11
图 9.	M41T83 硬件接线图	11
图 10.	串行总线数据传输时序图	14
图 11.	回应序列	14
图 12.	从设备地址	15
图 13.	读模式时序	16
图 14.	可选的读模式时序	16
图 15.	写模式序列	17
图 16.	时钟数据一致性	20
图 17.	内部负载电容调整	27
图 18.	温度范围内晶体精度	32
图 19.	时钟精度 vs. 片上负载电容	34
图 20.	时钟分频器链和校准电路	35
图 21.	晶体隔离示例	36
图 22.	自由运转模式下定时器输出波形图 (TI/TP = 1)	39
图 23.	电池检测	42
图 24.	2 比特二进制计数器 (世纪位 CB1:CB0)	43
图 25.	IRQ1/FT/OUT 输出脚电路	45
图 26.	测量交流 I/O 波形	51
图 27.	I _{CC2} vs. 温度	53
图 28.	断电 / 上电模式交流波形图	54
图 29.	总线计时要求序列	55
图 30.	QFN16 – 16 脚, 方形扁平封装, 无铅, 体宽 4 x 4 mm 封装图	56
图 31.	QFN16 – 16 脚, 方形扁平封装, 无铅, 4 x 4 mm, 推荐封装	57
图 32.	32 KHz 晶体 + QFN16 vs. VSOJ20 机械数据	58
图 33.	SOX18 – 18 脚塑料小外形, 300 mils, 内嵌晶体, 封装图	59
图 34.	SO8 – 8 脚塑料小封装外形	60
图 35.	QFN16, SOX18 和 SO8 封装的承载带	61

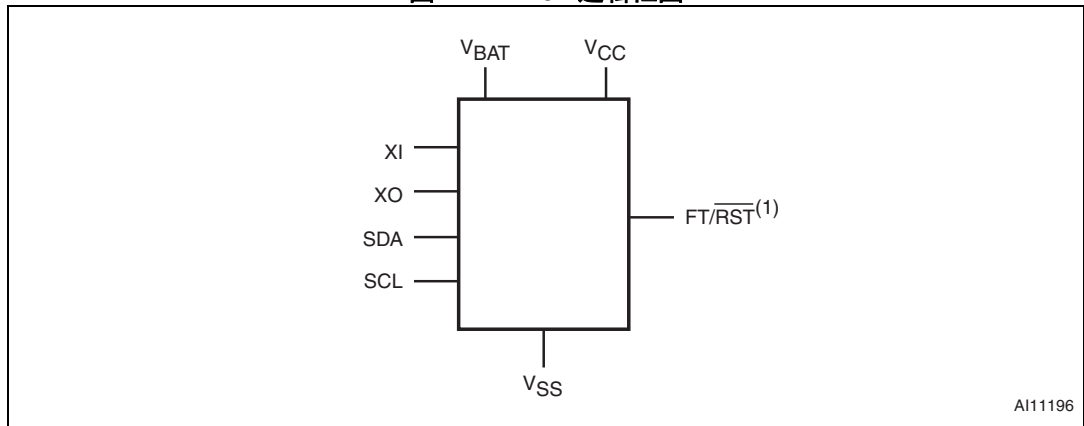
1 说明

M41T8x 是一款内置 32.768 kHz 振荡器（QFN16 和 SO8 封装需外部晶体控制，SOX18 封装内嵌晶体）的低功耗串行 I²C 实时时钟（RTC）寄存器表（参见表 2 第 23 页）的 8 个字节配置为二进制编码的十进制（BCD）格式，提供时钟 / 日历功能。寄存器表的另外 17 个字节提供 2 个报警（闹铃）、看门狗、8 位计数器和方波功能的状态 / 控制。还有 7 个字节可供用户使用的 SRAM。

地址和数据通过一个两线双向 I²C 接口串行传输。内部的地址寄存器在每一次写或读数据后自动递增。M41T8x 带有内置的电源感测电路，用于检测电源失效并在电源失效时自动切换到电池供电。在电源失效时，用于维持时钟运行的能量由一个小型纽扣锂电池供给。

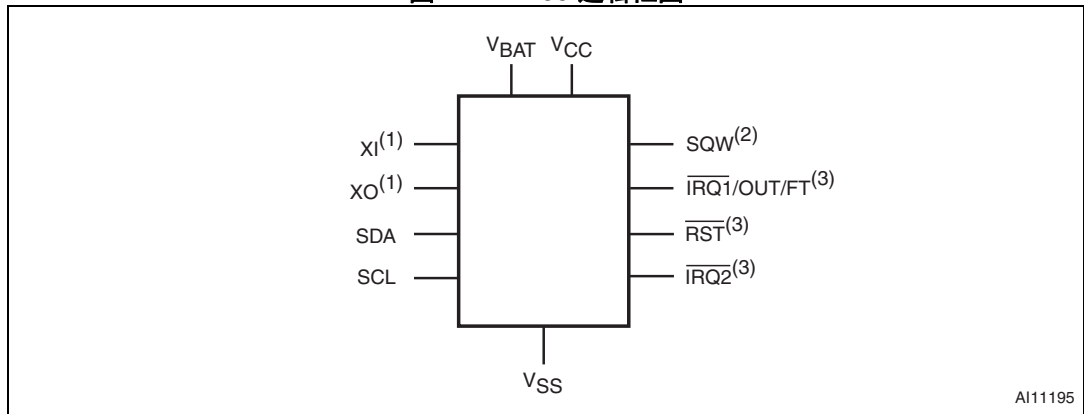
用户可用的功能包括 1 个非易失计时时钟 / 日历、2 个报警（闹铃）中断、看门狗定时器、可编程 8 位计数器和方波输出。8 个时钟地址位置包括世纪、年、月、日期、星期、小时、分钟、秒、1/10 秒和 1/100 秒，为 24 小时的 BCD 格式。系统可以自动将月份的天数修正为 28、29（闰年）、30 和 31 天。M41T83 采用 QFN16 或 SOX18、内嵌 32 KHz 晶体的 300 mil SOIC 封装。SOX18 封装只需要用户提供电池就能实现非易失操作。M41T82 仅提供 SO8 封装。

图 1. M41T82 逻辑框图



1. 漏极开路

图 2. M41T83 逻辑框图



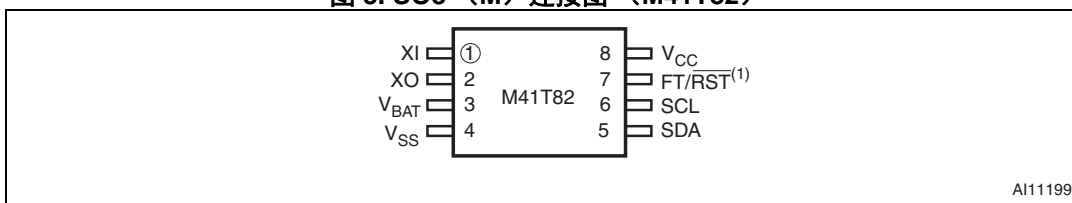
1. 仅适用于 QFN16 封装
2. 上电时默认值为 32 KHz
3. 漏极开路

表 1. 信号名称

符号	说明
XI ⁽¹⁾	32 KHz 振荡器输入
XO ⁽¹⁾	32 KHz 振荡器输出
$\overline{\text{IRQ1/OUT/FT}}$ ⁽²⁾	中断 1/ 输出驱动器 / 频率测试输出 (漏极开路)
SQW ⁽³⁾	32 KHz 可编程方波输出
$\overline{\text{RST}}$	上电复位输出 (漏极开路)
$\overline{\text{FT/RST}}$	频率测试输出 / 上电复位 (漏极开路 - 仅对 M41T82)
$\overline{\text{IRQ2}}$ ⁽²⁾	报警 (闹铃) 中断 2 (漏极开路)
SDA	串行数据地址输入 / 输出
SCL	串行时钟输入
V _{BAT}	电池供电电压 (若无电池连接, 则 V _{BAT} 应连接到 V _{SS} 。)
DU ⁽⁴⁾	不使用
V _{CC}	电源电压
V _{SS}	接地

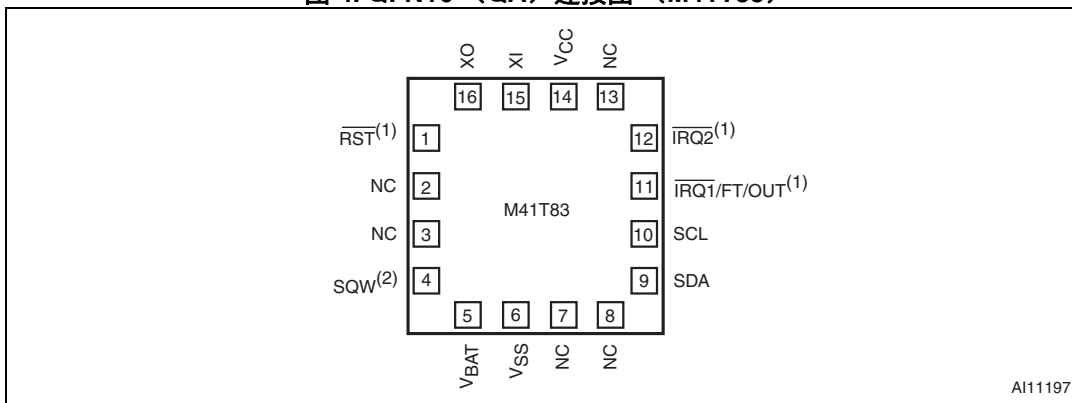
1. 仅适用于 SO8 和 QFN16 封装。
2. 仅适用于 SOX18 和 QFN16 封装。
3. 上电时默认值为 32 KHz。
4. DU 引脚必须连接到 V_{CC}。

图 3. SO8 (M) 连接图 (M41T82)



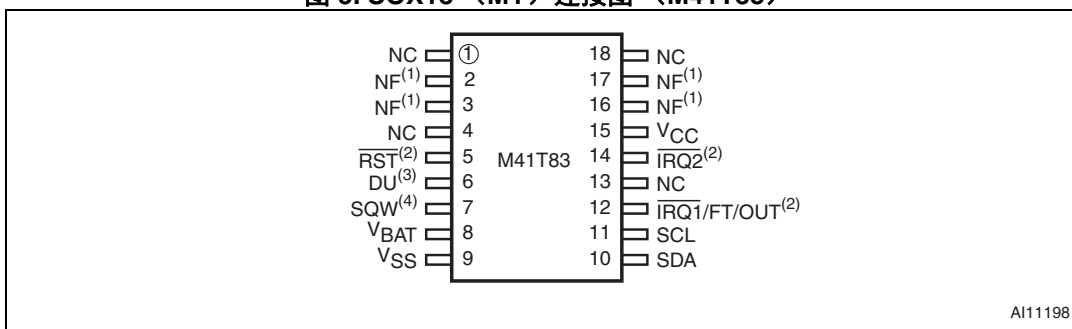
- 1. 漏极开路输出

图 4. QFN16 (QA) 连接图 (M41T83)



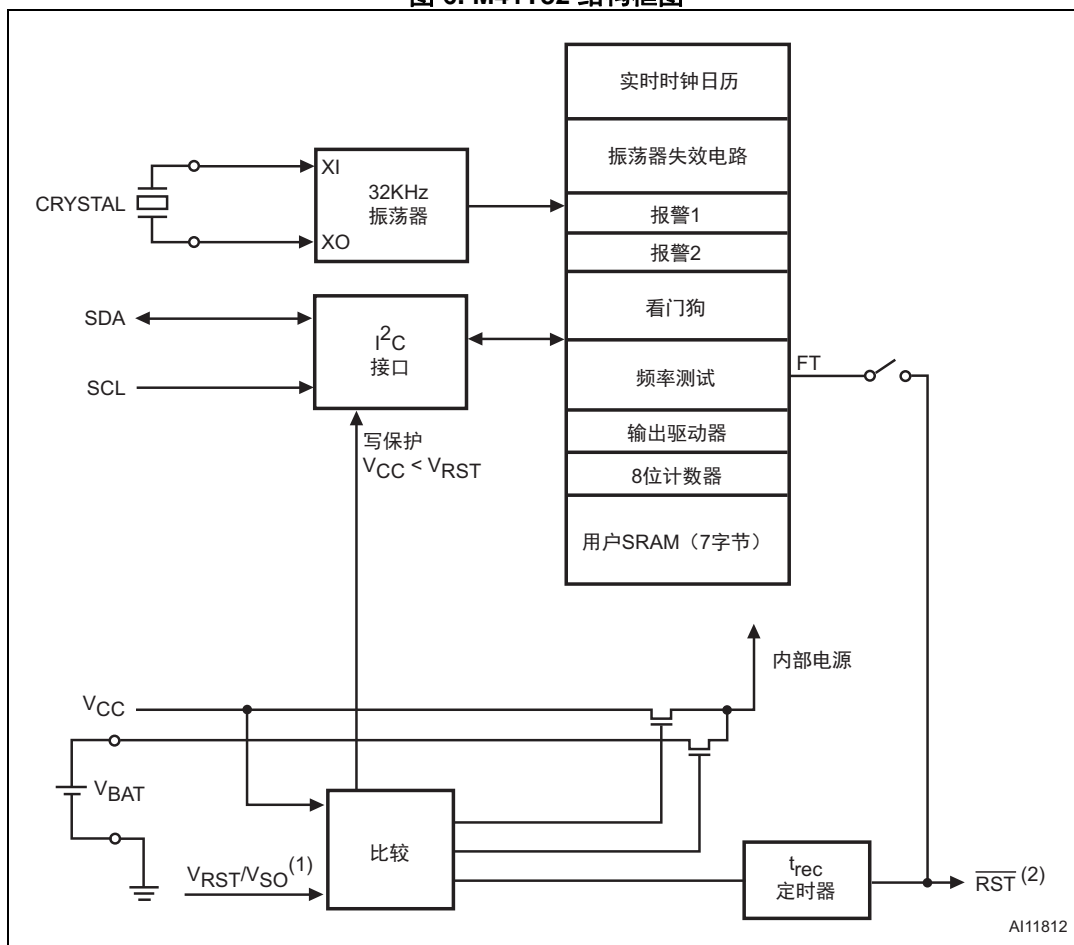
- 1. 漏极开路输出。
- 2. 上电时默认值为 32 KHz。

图 5. SOX18 (MY) 连接图 (M41T83)



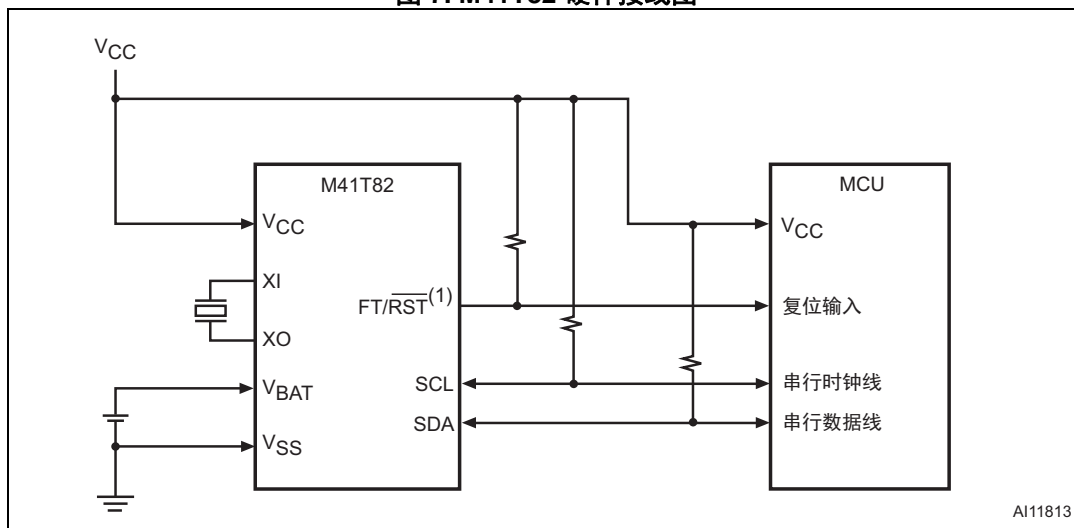
- 1. NF 引脚必须连接到 VSS。引脚 2 和引脚 3，以及引脚 16 和引脚 17 内部短接。
- 2. 漏极开路输出。
- 3. 不使用 (必须连接到 VCC)。
- 4. 上电时默认值为 32 KHz。

图 6. M41T82 结构框图



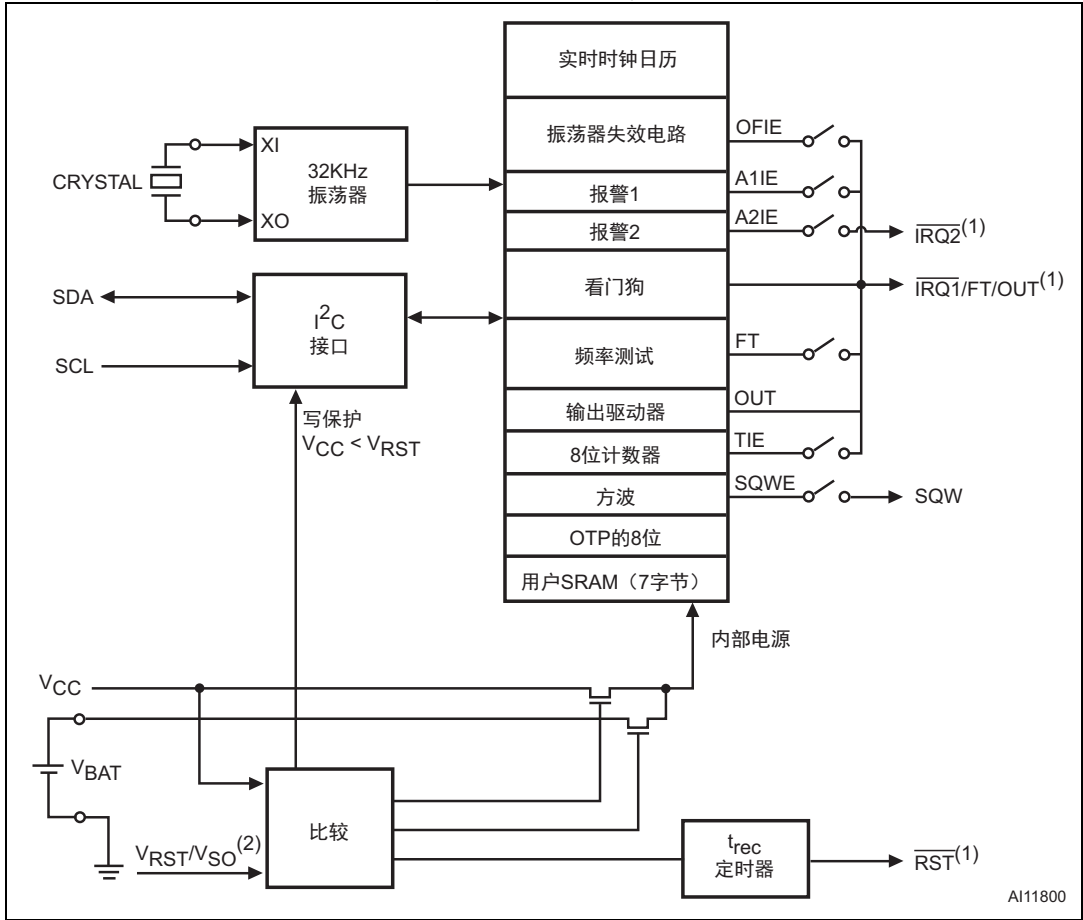
1. $V_{RST} = V_{SO} = 2.93\text{ V}$ (S型), 2.63 V (R型) 和 2.32 V (Z型)。
2. 漏极开路输出。

图 7. M41T82 硬件接线图



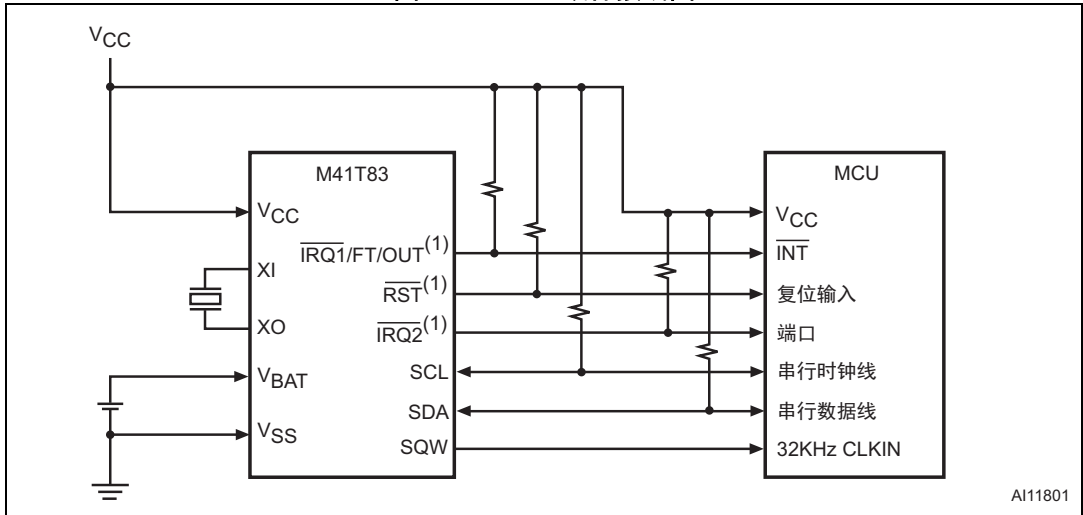
1. 漏极开路输出。

图 8. M41T83 框图



1. 漏极开路输出。
2. $V_{RST} = V_{SO} = 2.93\text{ V}$ (S型), 2.63 V (R型) 和 2.32 V (Z型)。

图 9. M41T83 硬件接线图



1. 漏极开路输出。

2 工作原理

M41T8x 时钟在串行总线上作为从设备工作。访问此器件需要先发送起始条件，然后发送正确的从设备地址（D0h）。设备内部的 32 个字节可以按下面的顺序被依次访问：

- 第 1 个字节：1/100 秒和 1/10 秒寄存器
- 第 2 个字节：秒寄存器
- 第 3 个字节：分寄存器
- 第 4 个字节：世纪 / 小时寄存器
- 第 5 个字节：星期寄存器
- 第 6 个字节：日期寄存器
- 第 7 个字节：月寄存器
- 第 8 个字节：年寄存器
- 第 9 个字节：数字校准寄存器
- 第 10 个字节：看门狗寄存器
- 第 11 - 15 字节：报警（闹铃）1 寄存器
- 第 16 个字节：标志寄存器
- 第 17 个字节：定时器数值寄存器
- 第 18 个字节：定时器控制寄存器
- 第 19 个字节：模拟校准寄存器
- 第 20 个字节：方波寄存器
- 第 21 - 25 字节：报警（闹铃）2 寄存器
- 第 26 - 32 字节：用户 RAM

M41T8x 时钟连续地监测 V_{CC} 是否超出容限。一旦 V_{CC} 跌落到 V_{RST} 以下，设备中止当前的访问操作并复位设备的地址计数器。此时 RTC 禁止外部访问，以防止超出容限的系统将错误的数据写入 RTC 中。当 V_{CC} 跌落到电池备份切换电压（ $V_{SO} = V_{RST}$ ）以下，电源输入将由 V_{CC} 引脚供电切换到电池供电。这时时钟寄存器靠电池供电维持工作。当系统电源恢复且 V_{CC} 大于 V_{SO} ，电池将断开，电源电压转换为外部 V_{CC} 供电。

2.1 2 线总线特性

此总线用于不同的 IC 之间的通信。它包含两条线路：一条双向数据信号线（SDA）和一条时钟信号线（SCL）。SDA 和 SCL 线都必须通过一个上拉电阻器连接到正电源电压。

下面是定义的传输协议：

- 数据传输只能在总线空闲期间开始。
- 数据传输期间，时钟线为高时，数据线必须保持稳定。
- 当时钟线为高时，数据线中的变化将被解释为控制信号。

相应的，下面是定义的总线状态：

2.1.1 总线空闲

数据线和时钟线都保持为高。

2.1.2 开始数据传输

当时钟线为高时，数据线状态由高到低的改变定义 START（开始）条件。

2.1.3 停止数据传输

当时钟线为高时，数据线状态由高到低的改变定义 STOP（停止）条件。

2.1.4 数据有效

在开始条件后时钟信号为高期间数据线保持稳定时，数据线的状态表示有效的数据。时钟信号为低期间，线上的数据可以改变。每一个时钟脉冲对应一数据位。每一次数据传输开始于一个开始条件，终止于一个停止条件。在开始条件和停止条件之间传输的数据字节数没有限制。信息以字节宽进行传输，各接收器通过第 9 位进行回应。

根据定义，发出信息的设备称为“发送器”，获得信息的设备称为“接收器”。控制信息的设备称为“主设备”，被主设备控制的设备称为“从设备”。

2.1.5 回应

每 8 个比特组成的一个字节后紧接着一个回应位。此回应位由接收器将总线拉低实现，但主设备产生与额外回应相关的时钟脉冲。被寻址的从设备接收器必须在接收完从设备发送器发送的每个字节后生成一个回应位。

生成回应位的设备必须在响应位对应的时钟脉冲期间拉低 SDA 线，并保证在时钟脉冲高期间 SDA 线保持为稳定的低状态。当然，必须考虑建立和保持时间。主设备接收器必须向从设备发送器发出数据结束信号，这通过对所收到的最后一个字节不产生回应来实现。在这种情况下，发送器必须保持数据线为高，以使得主设备能够生成 STOP（停止）条件。

图 10. 串行总线数据传输时序图

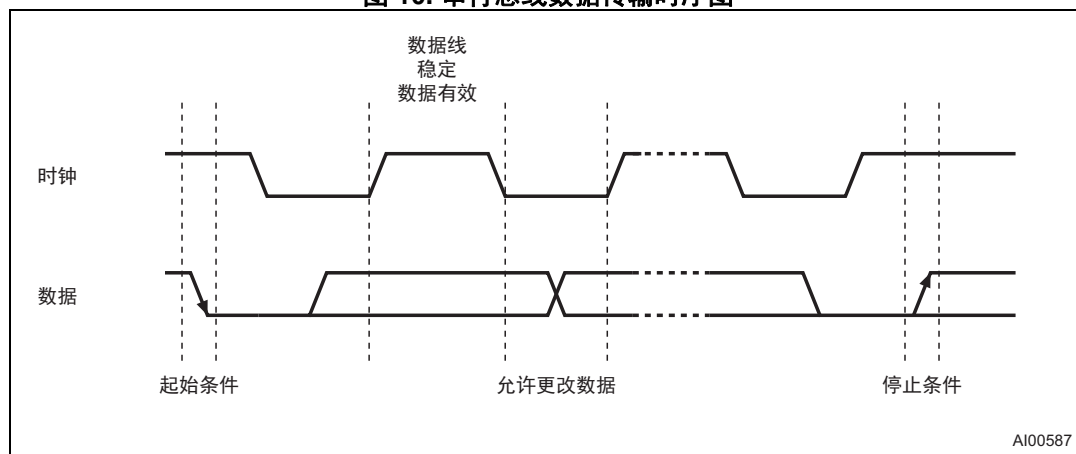
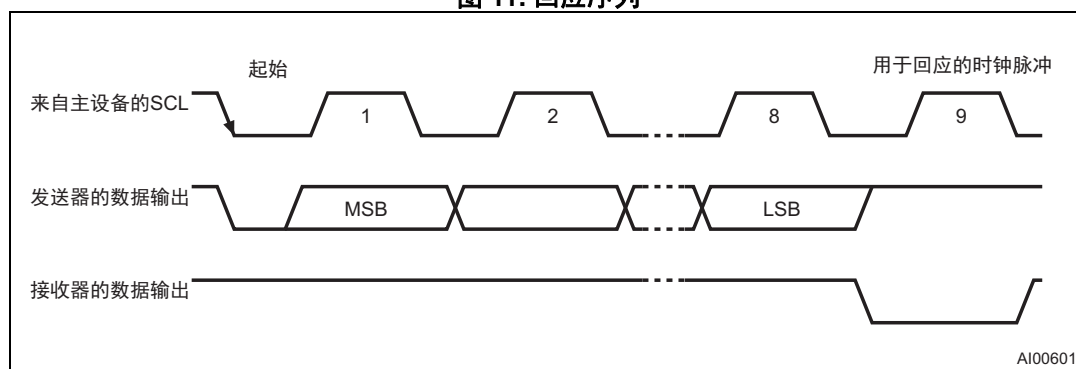


图 11. 回应序列



2.2 读模式

在这种模式下，设定好从设备地址后（参见图 13 第 16 页），主设备可以读取 M41T8x 从设备。字地址 'An' 在 WRITE(写) 模式控制位 ($R/\bar{W} = 0$) 和回应位之后被写入到芯片上的地址指针，接着重复 START(开始) 条件和从设备地址，然后设置 READ(读) 模式控制位 ($R/\bar{W}=1$)。这时，主设备发送器变为主设备接收器。将发送被寻址的数据字节，主设备接收器将向从设备发送器发出响应位。地址指针只有在接收到回应时钟后才增加。M41T8x 从设备发送器此时会把地址 $An+1$ 的数据字节发送到总线上，主设备接收器读取新字节并响应后，地址指针会增加到 " $An+2$ "。

这一连续地址的读取循环将持续到主设备接收器向从设备发送器发出 STOP(停止) 条件为止。大多数寄存器和存储器地址可被直接访问，而 RTC 计数器则通过一系列地址为 00h 到 07h 的缓冲 / 传输寄存器来访问。计数器不能被直接读取或写入。在读循环或写循环开始的时候，计数器中的数据就被复制到 8 个缓冲 / 传输寄存器中，以使用户能够连续读取，接收到一整串的数据的同时，即时复制。

也可以执行替代的 READ (读) 模式，从而使主设备可以读取 M41T8x 从设备，而无需在一开始写入 (易失的) 地址指针。首次读取的地址为上次保存在指针中的地址 (参见图 14 第 16 页)。

图 12. 从设备地址

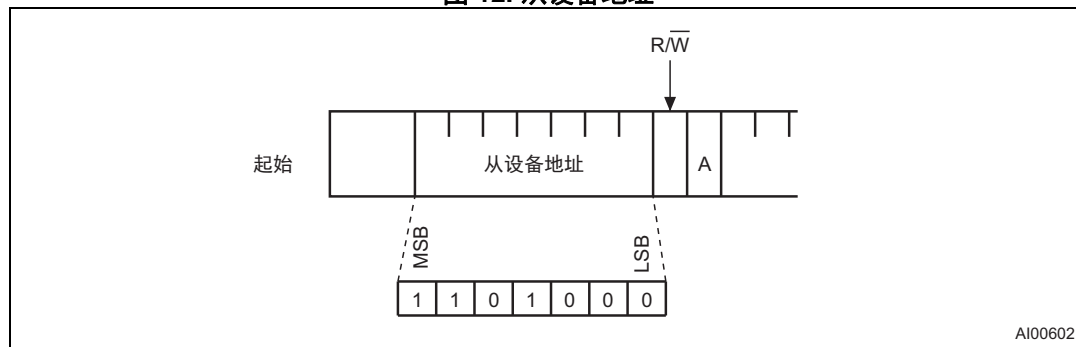
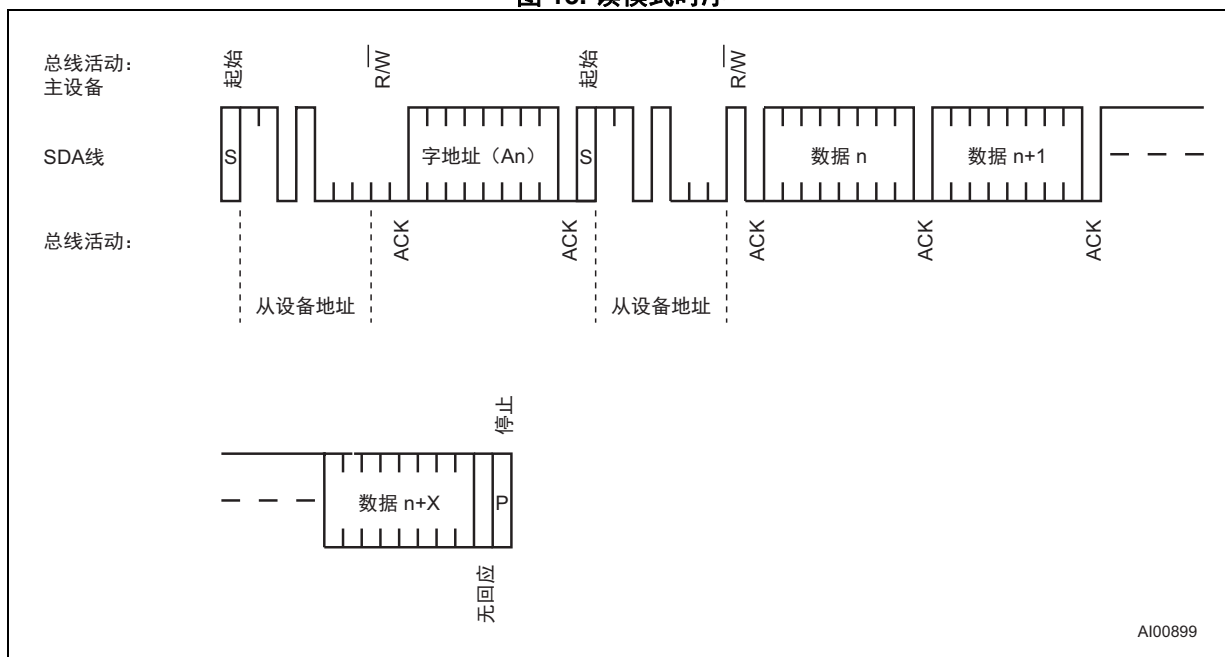
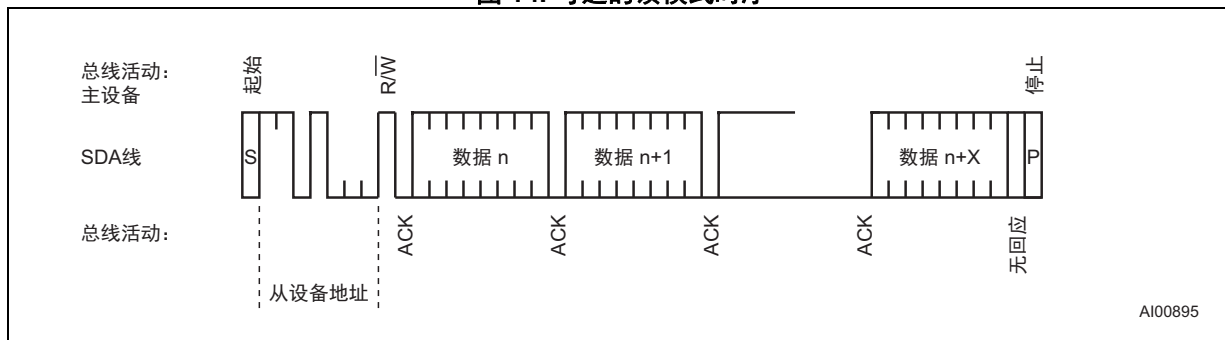


图 13. 读模式时序



AI00899

图 14. 可选的读模式时序

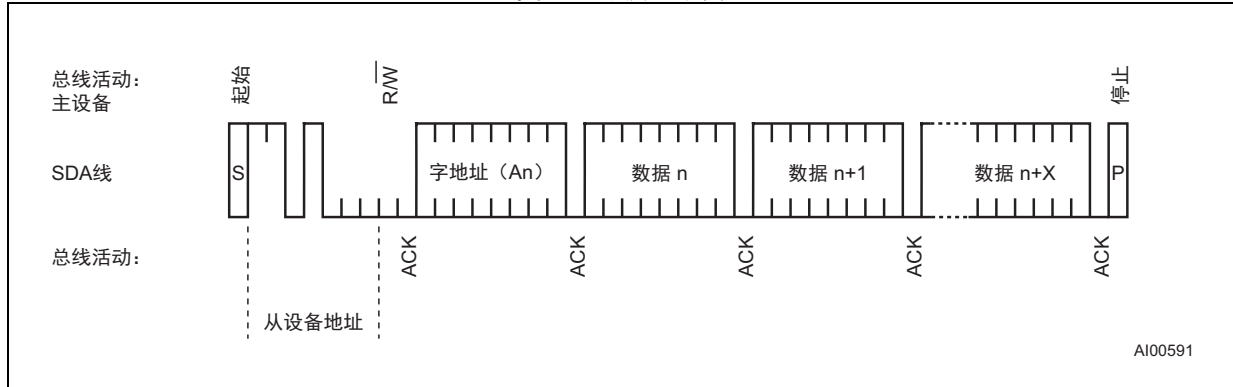


AI00895

2.3 写模式

在此模式下，主设备发送器向 M41T8x 从设备接收器发送数据。B 总线如图 15 所示。START（开始）条件和从设备地址之后，一个逻辑 '0'（R/W=0）被发送到总线上，告知被寻址的设备接下来的字地址“An”要写如其片上地址指针上。接下来选通向存储器写入的数据字，并在接收到响应时钟后将内部地址指针增加到下一地址位置。M41T8x 从设备接收器在接收到从设备地址（参见图 12 第 15 页）以及再次接收到字地址和每个数据字节后，都会向主设备发送器发送响应时钟。

图 15. 写模式序列



读取时，一些寄存器和存储器位置可被直接写入，而 RTC 计数器则通过一系列地址为 00h 到 07h 的缓冲 / 传输寄存器来访问。用户将日期和时间信息连续写入，然后，在 I²C 写循环结束或当地址指针递增超过 07h 时，缓冲 / 传输寄存器将被复制到 RTC 计数器。所有的时间参数 - 1/100 秒和 1/10 秒，秒，分，小时，星期，日期，月，年和世纪位 - 都被同时复制。

由于缓冲 / 传输寄存器中的任何数值都将被复制到计数器，因此如果用户只改变 8 个字节中的一个，剩余的 7 个字节将会接收到缓冲 / 传输寄存器中未改变的内容，其中包含写访问刚开始时计数器中的数据。

例如，如果用户 2009 年 11 月 16 日星期一的 17:52:27.03 开始一次写循环，将 22 写入分寄存器中，那么数值 2009 年 11 月 16 日星期一 17:52:22.03 将会被写回计数器中。写循环一开始，计数器的 8 个字节就被复制到缓冲 / 传输寄存器中。接着，第二个寄存器被覆盖。最后，8 个字节全部被复制回计数器中，而其中的第二个数值被改变。

2.4 数据维持和电池切换功能 ($V_{SO} = V_{RST}$)

当 V_{CC} 降到切换电压 ($V_{SO} = V_{RST}$) 以下时, 设备将自动切换到电池供电并进入超低电流供电模式以延长电池寿命。如果 V_{BAT} 小于或大于 V_{RST} , 当 V_{CC} 降到 V_{RST} 以下时, 设备从 V_{CC} 供电切换到 V_{BAT} 供电 (参见图 28 第 54 页)。这时, 时钟寄存器和用户 RAM 将依靠电池供电维持工作。

当使用后备电池供电时, 设备在 $V_{SO} +$ 滞回后从电池供电切换回 V_{CC} 供电。当 V_{CC} 升高超过 V_{RST} 时, 设备可以识别输入。更多关于电池储存寿命的信息, 请参见应用手册 AN1012。

2.5 上电复位 (t_{rec})

M41T8x 持续地监测 V_{CC} 。当 V_{CC} 降低至电源失效检测门限值时, \overline{RST} 输出拉低 (漏极开路), 在上电后 V_{CC} 升高到超过 V_{RST} (最大值) 以后的 t_{rec} (典型值为 210 ms) 时间内, 该输出保持拉低。

注: t_{rec} 期间不会影响 RTC 工作。仅当 V_{CC} 低于 V_{RST} 时进行写保护。当 V_{CC} 升高到 V_{RST} 以上时, RTC 会被立刻选定。只有 \overline{RST} 输出会受 t_{rec} 影响。

\overline{RST} 脚为漏极开路输出, 需要选择合适的上拉电阻 (以控制上升时间) 连接到 V_{CC} 。

3 时钟工作原理

M41T8x 由一个石英晶体控制的振荡器驱动，额定频率为 32.768 kHz。实时时钟的精确度取决于石英晶体的频率，这一频率用作实时时钟的时间基准。

8 字节时钟寄存器（参见表 2 第 23 页和表 4 第 25 页）采用二进制编码的十进制格式，设置时钟并从时钟读取日期和时间。1/100 秒和 1/10 秒、秒、分、和小时都包含在前四个寄存器中。

寄存器 01h 的 D7 位包含了停止位（ST）。将停止位设置为 '1' 将会使振荡器停止工作。复位为 '0' 时，振荡器将在一秒钟（典型值）之内重新开始工作。

注：初始上电时，用户应将 ST 位设置为 '1'，而后立即将 ST 位复位为 '0'。这将使振荡器电路开始工作。

时钟寄存器 03h（世纪 / 小时寄存器）的 D6 和 D7 位包含世纪位 0（CB0）和世纪位 1（CB1）。寄存器 04h 的 D0 到 D2 位包含星期（星期几）的信息。寄存器 05h、06h 和 07h 包含了日期（天）、月和年的信息。第 9 个时钟寄存器是数字校准寄存器，而模拟校准寄存器在 12h 地址位上（这两部分均在第 3.4 节：时钟校准部分描述）。RTC 带有一个振荡器失效检测电路，用于在标志寄存器中设置 OF 位（寄存器 0fh 的第 2 位）。对于 M41T83，09h 寄存器（看门狗寄存器）的 D7 位包含振荡器失效中断使能位（OFIE），可启用中断，当 OF 位被置位时（参见第 3.12 节：振荡器失效检测第 44 页），也会产生一个中断输出信号。

注：对时钟寄存器的前 8 个字节（00h-07h）任意位置的写操作，包括 ST 位和 CB0-CB1 位，都会引起 RTC 计数器的更新和分频器链的复位。这会引发当前时间细微的改变。例如，ST 位位于秒寄存器中（01h 地址位），世纪位（CB0-CB1）位于小时寄存器中（03h 地址位），因此用户在改变 ST 位或世纪位时需小心不要改变了这些位中的其他参数。

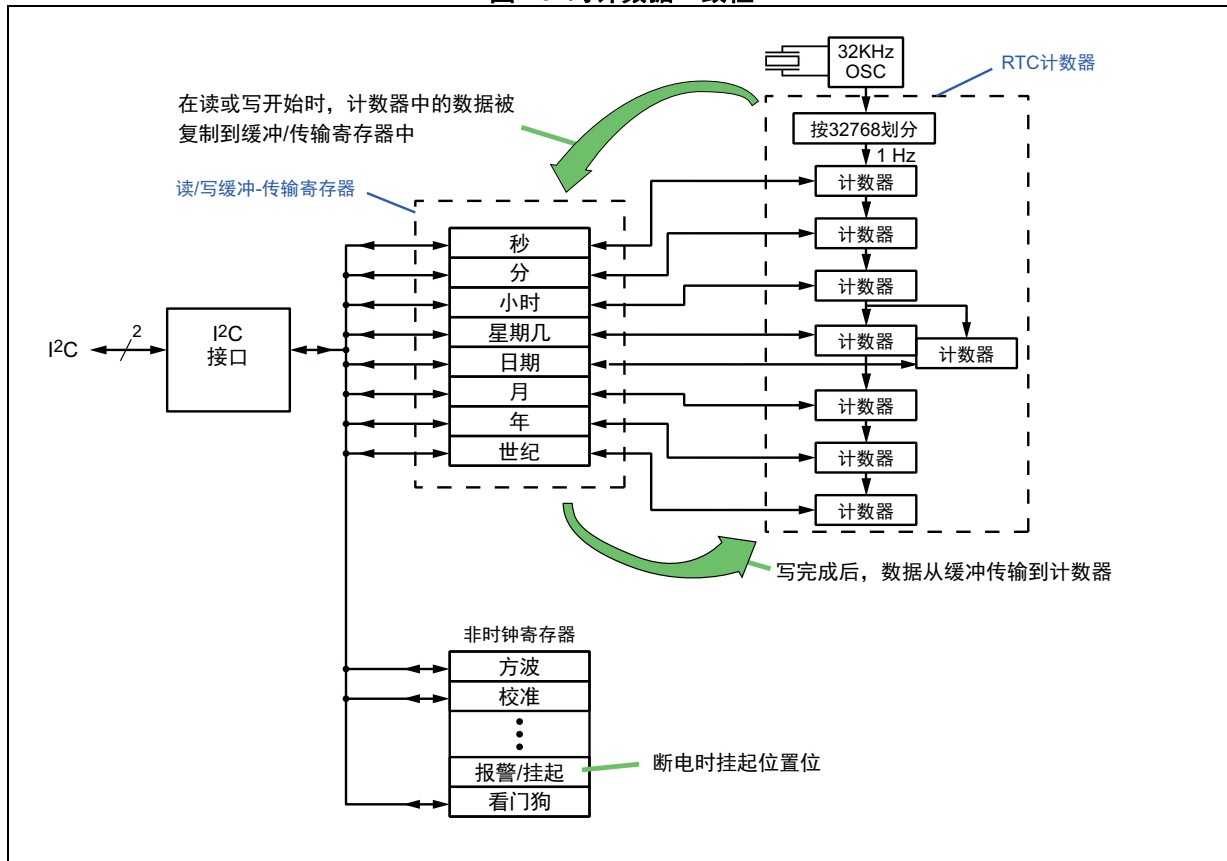
这 8 个时钟寄存器可以一次读一个字节，也可以连续块读取。读循环开始时，时间 / 日期计数器中的数据被复制到缓冲 / 传输寄存器中，随后被连续输出而不用考虑传输中的时间 / 日期增量以及由此产生的数据错误。例如，如果用户要读取秒寄存器，接着开始另一总线循环来读取分寄存器，分计数器在两次读循环间隔期间可能递增。秒和分钟值不在同一瞬间获得；因此不一致。而利用连续读操作特性，读出的数值在同一瞬间获得，因此一致。

同样，对 RTC 寄存器进行写操作时，在一次写循环周期内，用户可以将时间 / 日期计数器中的所有 8 个字节连续传输到缓冲 / 传输寄存器中，这样它们会被同时载入 RTC 计数器中，以确保时间 / 日期信息一致更新。

3.1 时钟数据一致性

为了使实时时钟设备的读和写操作中数据同步，用户端的 I²C 串行接口和局部时钟 / 日历计数器之间须有一组缓冲传输寄存器。当用户将读 / 写数据每次 1 比特地传入设备和从设备传出，会在缓冲寄存器和计数器之间会发生传输，以使全部比特数据同步复制。这保持了数据一致性，保证在数据传输过程中，没有计数器发生递增。

图 16. 时钟数据一致性



3.1.1 不一致示例

没有缓冲 / 传输寄存器时，如果用户在 23:59:59 时直接读取计数器，则读取秒寄存器会返回 59 秒。地址指针增加后，下一次读取将返回 59 分钟。接着下一次读取会返回 23 小时，但是如果时钟恰好在两次读取之间发生了增加，那么用户会看到 00 时。时间重置后，1 小时会出现 00:59:59，这是错误的。

通过利用缓冲 / 传输寄存器来保存时间的复本，用户能够读取全部寄存器，而在读取过程中其值不发生变化。

类似的，当应用需要改变计数器中的时间，则所有的计数器必须同时加载。因此，用户可连续向缓冲 / 传输寄存器写入，每次传输写入的数据都复制到计数器中，从而对计数器一致加载。

3.1.2 访问设备

M41T82/83 包含了 32 个地址，提供对时间和日期、两个报警（闹铃）、看门狗、标志、定时器、方波（仅限 M41T83）和 NVRAM 寄存器的访问。时钟和报警（闹铃）参数为二进制编码的十进制（BCD）格式。校准、定时器、看门狗和方波参数为二进制格式。

对 M41T82 和 M41T83，每次开始对串行传输器读取或写入时，计数器值自动复制到缓冲寄存器中。对 0-7 范围内的任意寄存器的写事件过程中，串行传输结束时，缓冲寄存器中的值复制回计数器，进而修改日期 / 时间。传输过程中 8 个寄存器（地址为 0-7）都不更新，保持其原有值，写回到计数器。例如，如果仅有秒值改变，其他 7 个寄存器中的值最后将与串行传输开始时的值相同。

但是不影响时钟寄存器的写入 - 即仅对非时钟寄存器（地址为 0x08 至 0x1F）进行写入 - 将不会使缓冲寄存器中的值复制回计数器。计数器仅在对 0-7 范围内的寄存器进行写入时更新。

不论 RTC 寄存器（地址为 0-7）何时写入，振荡器的分频器链都复位。

3.2 挂起位（HT）工作原理

当设备掉电而进入电池备份模式时，控制位，称为挂起或 HT 位，自动置位。这会阻止后续从计数器到缓冲寄存器的传输，进而在缓冲寄存器中冻结最后一次访问时间 / 日期。

重复读取时钟寄存器会返回相同的值。向地址 0x0C 的位 6 写入 0 使 HT 位清零后，对 RTC 的下次读取会返回当前值。

注：在 HT 位置位状态下向 RTC 寄存器（地址为 0-7）写入时间，会导致时间错误。由于缓冲寄存器中含有 HT 位被置位前最后一次访问的时间，对 0-7 范围内地址进行写入都会导致时间为最后一次访问时复制到计数器的时间。

示例：最后一次访问发生在 2009 年 11 月 17 日 16:15:07.77。系统随后掉电，置位 HT 位并将此时的时间值冻结到缓冲器中。然后，2009 年 12 月 18 日，03:22:43.35 时，系统上电，用户将秒数写为 46 而不先将 HT 位清零。串行传输结束时，随着秒数被修改为 46，原来的时间 / 日期将会被写回时钟寄存器，进而将其破坏。新的错误的时间为 2009 年 11 月 17 日 16:15:46.77。这导致断电过程中 RTC 丢失时间。

因此上电时，在向 0-7 范围内的任意地址进行写入之前，用户应总是将 HT 位清零（向 0x0C 地址的位 6 写入 0）。

典型的上电流程为读取上次访问的时间，接着清除 HT 位，然后读取当前时间。

3.2.1 掉电时间戳

一些应用可能需要确定备份模式的时长。如果掉电时间和上电时间已知，则能够计算出备份模式时长。后者（上电时间）可以直接得到。但是只有当掉电前正好进行了访问操作，才能知道掉电时间。也就是说，如果掉电前正好对设备进行了访问，该访问时间会冻结在缓冲传输寄存器中，因而可以获取掉电的近似时间。

如果应用需要确定掉电时间，实现它的最佳方式是设置软件来频繁地读取时钟，例如每隔 1 秒或 5 秒读取一次。这样，上电时，缓冲 - 传输寄存器会有一个时间值，该值在实际掉电时间的 1 秒（或 5 秒）之内。更多信息，请参考 AN1572，“串行实时时钟（RTC）的掉电时间标记功能”。

表 2. M41T82 时钟 / 控制寄存器表 (32 字节)⁽¹⁾

地址									功能 / 范围 BCD 格式	
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
00h	0.1 秒				0.01 秒				秒	00-99
01h	ST	10 秒			秒				秒	00-59
02h	0	10 分			分				分	00-59
03h	CB1	CB0	10 小时		小时 (24 小时格式)				世纪 / 小时	0-3/00-23
04h	0	0	0	0	0	星期几			日	01-7
05h	0	0	10 日		日: 日期				日	01-31
06h	0	0	0	10M	月				月	01-12
07h	10 年				年				年	00-99
08h	0	FT	DCS	DC4	DC3	DC2	DC1	DC0	数字校准	
09h	0	BMB4	BMB3	BMB2	BMB1	BMB0	RB1	RB0	看门狗	
0Ah	0	0	ABE	AI1 10M	Alarm1 月				AI1 月	01-12
0Bh	RPT14	RPT15	AI1 10 日		Alarm1 日				AI1 日	01-31
0Ch	RPT13	HT	AI1 10 时		Alarm1 时				AI1 时	00-23
0Dh	RPT12	Alarm1 10 分			Alarm1 分				AI1 分	00-59
0Eh	RPT11	Alarm1 10 秒			Alarm1 秒				AI1 秒	00-59
0Fh	WDF	AF1	AF2 ⁽²⁾	BL	TF	OF	0	0	标志	
10h	定时器倒计时数值								定时器数值	
11h	TE	0	0	0	0	0	TD1	TD0	定时器控制	
12h	ACS	AC6	AC5	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0	模拟校准	
13h	0	0	0	0	0	0	AL2E	0	SQW	
14h	0 ⁽³⁾	0 ⁽³⁾	0 ⁽³⁾	AI2 10M	Alarm2 月				SRAM/AI2 月	01-12
15h	RPT24	RPT25	AI2 10 日		Alarm2 月				SRAM/AI2 日	01-31
16h	RPT23	0 ⁽³⁾	AI2 10 时		Alarm2 日				SRAM/AI2 时	00-23
17h	RPT22	Alarm2 10 分			Alarm2 分				SRAM/AI2 分	00-59
18h	RPT21	Alarm2 10 秒			Alarm2 秒				SRAM/AI2 秒	00-59
19h-1Fh	用户 SRAM (7 字节)								SRAM	

1. 请参见表 3: 表 2: M41T82 时钟 / 控制寄存器表 (32 字节) 说明。
2. 如果 AL2E 位置为 0, 则 AF2 读数始终为 0。
3. 如表 3 所示, 标为 0 的位应该被写为 0。但就该 4 位而言, AL2E 为 0 时, 寄存器 14-18h 在 SRAM 位置, 这些位成为 SRAM 单元, 从而不受限制。

表 3. 表 2: M41T82 时钟 / 控制寄存器表 (32 字节) 说明

符号	说明
0	必须设置为 0
ABE	电池备份模式下报警（闹铃）使能位
AC0-AC6	模拟校准位
ACS	模拟校准符号位
AF1, AF2	报警（闹铃）标志位
AL2E	报警（闹铃）2 使能位
BL	电池低位
BMB0-BMB4	看门狗乘数位
CB0, CB1	世纪位
DC0-DC4	数字校准位
DCS	数字校准符号位
FT	频率测试位
HT	挂起更新位
OF	振荡器失效位
RB0-RB2	看门狗分辨率位
RPT11-RPT15	报警（闹铃）1 重复模式位
RPT21-RPT25	报警（闹铃）2 重复模式位
ST	停止位
TD0, TD1	定时器频率位
TE	定时器使能位
TF	定时器标志
WDF	看门狗标志

表 4. M41T83 时钟 / 控制寄存器表 (32 字节) (1)

地址									功能 / 范围 BCD 格式	
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
00h	0.1 秒				0.01 秒				秒	00-99
01h	ST	10 秒			秒				秒	00-59
02h	0	10 分			分				分	00-59
03h	CB1	CB0	10 小时		小时 (24 小时格式)				世纪 / 小时	0-3/00-23
04h	0	0	0	0	0	星期几			日	01-7
05h	0	0	10 日		日: 日期				日	01-31
06h	0	0	0	10M	月				月	01-12
07h	10 年				年				年	00-99
08h	OUT	FT	DCS	DC4	DC3	DC2	DC1	DC0	数字校准	
09h	OFIE	BMB4	BMB3	BMB2	BMB1	BMB0	RB1	RB0	看门狗	
0Ah	A1IE	SQWE	ABE	AI1 10M	Alarm1 月				AI1 月	01-12
0Bh	RPT14	RPT15	AI1 10 日		Alarm1 日				AI1 日	01-31
0Ch	RPT13	HT	AI1 10 时		Alarm1 时				AI1 时	00-23
0Dh	RPT12	Alarm1 10 分			Alarm1 分				AI1 分	00-59
0Eh	RPT11	Alarm1 10 秒			Alarm1 秒				AI1 秒	00-59
0Fh	WDF	AF1	AF2 ⁽²⁾	BL	TF	OF	0	0	标志	
10h	定时器倒计时数值								定时器数值	
11h	TE	\overline{TI}/TP	TIE	0	0	0	TD1	TD0	定时器控制	
12h	ACS	AC6	AC5	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0	模拟校准	
13h	RS3	RS2	RS1	RS0	0	0	AL2E	OTP	SQW	
14h	A2IE	0 ⁽³⁾	0 ⁽³⁾	AI2 10M	Alarm2 月				SRAM/AI2 月	01-12
15h	RPT24	RPT25	AI2 10 日		Alarm2 日				SRAM/AI2 日	01-31
16h	RPT23	0 ⁽³⁾	AI2 10 时		Alarm2 时				SRAM/AI2 时	00-23
17h	RPT22	Alarm2 10 分			Alarm2 分				SRAM/AI2 分	00-59
18h	RPT21	Alarm2 10 秒			Alarm2 秒				SRAM/AI2 秒	00-59
19h-1Fh	用户 SRAM (7 字节)								SRAM	

1. 请参见表 5: 表 4: M41T83 时钟 / 控制寄存器表 (32 字节) 说明。

2. 如果 AL2E 位置为 0, 则 AF2 读数始终为 0。

3. 如表 5 所示, 标为 0 的位应该被写为 0。但就该 3 位而言, AL2E 为 0 时, 寄存器 14-18h 在 SRAM 位置, 这些位成为 SRAM 单元, 从而不受限制。

表 5. 表 4: M41T83 时钟 / 控制寄存器表 (32 字节) 说明

符号	说明
0	必须设置为 0
ABE	电池备份模式下报警（闹铃）使能位
A1IE, A2IE	报警（闹铃）中断使能位
AC0-AC6	模拟校准位
ACS	模拟校准符号位
AF1, AF2	闹钟标志
AL2E	报警（闹铃）2 使能位
BL	电池低位
BMB0-BMB4	看门狗乘数位
CB0, CB1	世纪位
DC0-DC4	数字校准位
DCS	数字校准符号位
FT	频率测试位
HT	挂起更新位
OF	振荡器失效位
OUT	输出电平
OFIE	振荡器失效中断使能
OTP	OTP 控制位
RB0-RB2	看门狗分辨率位
RPT11-RPT15	报警（闹铃）1 重复模式位
RPT21-RPT25	报警（闹铃）2 重复模式位
RS0-RS3	SQW 频率
SQWE	方波使能
SRAM/ALM2	SRAM / 报警（闹铃）2 位
ST	停止位
TD0, TD1	定时器频率位
TE	定时器使能位
TF	定时器标志
$\overline{\text{TI}}/\text{TP}$	定时器中断或脉冲
TIE	定时器中断使能
WDF	看门狗标志

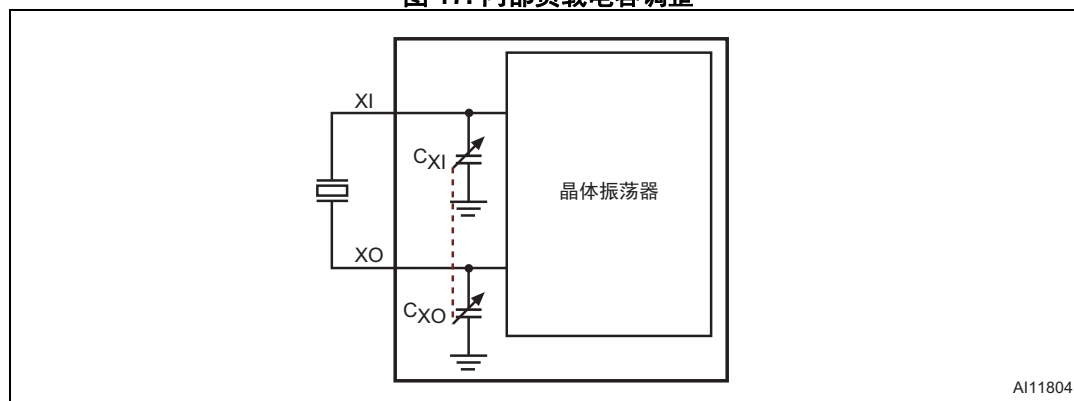
3.3 实时时钟精度

M41T8x 由一个石英晶体控制的振荡器驱动，额定频率为 32,768 Hz。实时时钟的精确度取决于晶体的精确度，以及振荡器电路的电容负载和微调晶体所需的电容负载之间的匹配度。温度也会影响晶体频率，引入额外误差（参见图 18 第 32 页）。

M41T8x 提供了可选的时钟校准，可以在生产过程中校准也可在应用中校准。全部可能的补偿为 -93 ppm 至 +156 ppm（典型值）。可用的两个补偿电路为：

1. 模拟校准寄存器（12h）可用来调整内部（片上）负载电容，用于振荡器电容微调。单个负载电容 C_{X1} 和 C_{X0} （参见图 17），在 -18 pF 至 +9.75 pF 范围内以步长 0.25 pF 可选。这相当于约为 ± 30 ppm 的补偿（参见第 3.4.2 节：模拟校准（可编程负载电容）第 31 页）。
2. 也可使用数字校准寄存器（08h），在 512 Hz 分频器级加上或减去一个脉冲来调整时钟计数器。这种方法提供了约 -63 ppm 至 +126 ppm 的周期补偿（参见第 3.4.1 节：数字校准（周期性计数器校正）第 28 页）。

图 17. 内部负载电容调整



3.4 时钟校准

M41T8x 振荡器设计带有一个 12.5 pF 的晶体负载电容。正确使用校准电路时，25 °C 下时钟准确度会好于 ± 1 ppm。

M41T8x 设计提供下列两种方法进行时钟误差校正。

3.4.1 数字校准（周期性计数器校正）

这种方法使用周期性计数器校正，通过调整 100 Hz 分频器级与 512 Hz 分频器级之间的比率来实现校准。正常情况下，对于 512 Hz 输入级的每 512 个脉冲，经过 100 Hz 分频器级正好输出 100 个脉冲，用于给 1/10 秒和 1/100 秒时钟寄存器提供输入频率。通过调整用于产生 100 个输出脉冲的 512 Hz 输入脉冲的数量，时钟可以被加速或者减速，如[图 20 第 35 页](#)所示。

当一个非零数值被载入数字校准寄存器（08h）的 5 个校准位（DC4 – DC0）并且符号位为‘1’时（指正校准），对于每 511 个输入脉冲，而不是通常的 512 个，100 Hz 分频级输出 100 个脉冲。因为此时 100 个脉冲的输出时间变短，这样的效果是对于校准电路激活的每一秒，时钟被加快 1/512 秒。类似的，当符号位为‘0’，表明为负校准，电路对于每 513 个输入脉冲输出 100 个脉冲。由于此时 100 个脉冲的输出时间变长，这样的效果是对于校准电路激活的每一秒，时钟被减慢 1/512 秒。

校准的数量由校准寄存器中的数值（N）控制，数值以一秒为增量。对于正校准，每 8 分钟的前 N 秒被加快，对于负校准，每 16 分钟的前 N 秒被减慢（参见[表 6 第 30 页](#)）。

例如，如果校准寄存器被设置为“100010”，则每分钟会产生 2 秒钟的调整。同样，如果校准寄存器被设置为“000011”，那么每隔一分钟会出现 3 秒钟的调整。

数字校准位（DC4 – DC0）在数字校准寄存器（08h）中占 5 个低顺序位。这些位以二进制格式可以被设置成 0 到 31 之间的任何数值。第 6 位（DCS）是一个符号位，“1”代表正校准，“0”代表负校准。校准出现在 8 分钟（正）或 16 分钟（负）循环之内。因此，每一个校准步对时钟精度有 +4.068 或 -2.034 ppm 的影响。假设振荡器的运转频率为 32,768 Hz，校准字节的 31 个增量中的每一个都意味着每个月 +10.7 或 -5.35 秒，这对应着校准总范围将为每个月 +5.5 或 -2.75 分钟。

确定所需数字校准数量的一种方法为，使用器件的频率测试输出脚（FT）（关于使能 FT 输出的更多信息，参见[第 3.14 节第 44 页](#)）。

FT 有效时，M41T83 的 $\overline{\text{IRQ1}}/\text{FT}/\text{OUT}$ 脚、M41T82 的 $\text{FT}/\overline{\text{RST}}$ 脚输出一个 512 Hz 的信号。可通过使用高精度定时器如频率计数器来测量该信号。然后将测得的数值与 512 Hz 相比，得到以 ppm 为单位的振荡器误差。

用户要牢记，数字校准值的改变将不会影响到 FT 脚上测量到的信号。虽然模拟校准电路会影响振荡器，但数字校准电路利用 512 Hz 分频器链之后的周期性计数器校正，因此不影响 FT 脚。

- 注：
- 1 由于误差补偿的周期性，调整后的脉冲在频率测试（FT）输出上观察不到，对校准的影响也无法实时测量。
 - 2 数字正校准以 8 分钟循环执行，因此对于正校准，校准寄存器中的数值修改频率不应高于每 8 分钟一次。数字负校准以 16 分钟循环执行，因此对于负校准，校准寄存器中的数值修改频率不应高于每 16 分钟一次。

表 6. 数字校准值

校准值 (二进制)	舍入到最相近 ppm 的校准值	
	负校准 (DCS = 0) 使过快时钟减速	正校准 (DCS = 1) 使过慢时钟 加速
0 (00000)	0	0
1 (00001)	-2	4
2 (00010)	-4	8
3 (00011)	-6	12
4 (00100)	-8	16
5 (00101)	-10	20
6 (00110)	-12	24
7 (00111)	-14	28
8 (01000)	-16	33
9 (01001)	-18	37
10 (01010)	-20	41
11 (01011)	-22	45
12 (01100)	-24	49
13 (01101)	-26	53
14 (01110)	-28	57
15 (01111)	-31	61
16 (10000)	-33	65
17 (10001)	-35	69
18 (10010)	-37	73
19 (10011)	-39	77
20 (10100)	-41	81
21 (10101)	-43	85
22 (10110)	-45	90
23 (10111)	-47	94
24 (11000)	-49	98
25 (11001)	-51	102
26 (11010)	-53	106
27 (11011)	-55	110
28 (11100)	-57	114
29 (11101)	-59	118
30 (11110)	-61	122
31 (11111)	-63	126
N	N/491520 (每分钟)	N/245760 (每分钟)

3.4.2 模拟校准（可编程负载电容）

第二种校正使用可编程内部负载电容的办法，调整（或微调）振荡器频率。如 [第 3.4.1 节](#) 中所述，512 Hz 频率测试输出可用于确定振荡器中频率误差的数量。模拟校准值的改变将会影响频率测试输出，从而使用户可以立即看到这些改变的影响（关于使能 FT 输出的更多信息，参见 [第 3.14 节第 44 页](#)）。

通过设计，使在连接 12.5 pF 的晶体时，振荡器在室温下（25 °C，参见 [图 18 第 32 页](#)）的精度为 0 ppm（± 晶体精度）。参考 [图 19 第 34 页](#)，器件具有两个负载电容， C_{X1} 和 C_{X0} ，从 X1 和 X0 脚连接到地。每个电容的标称值为 25 pF。有效负载电容是这两个电容的级联等效：

$$C_{LOAD} = \frac{C_{X1} \times C_{X0}}{C_{X1} + C_{X0}}$$

标称的 $C_{X1} = C_{X0} = 25 \text{ pF}$ ，

$$C_{LOAD} = \frac{25 \times 25}{25 + 25} = 12.5 \text{ pF}$$

因此，标称有效负载电容与 12.5 pF 的晶体参数是相符的。

模拟校准寄存器可进行数字调整（上调或下调），增量为 0.25 pF，改变电容 C_{X1} 和 C_{X0} 。默认值为 25 pF。最大值为 34.75 pF，可使时钟减速；最小值为 7 pF，可使时钟加速。

模拟校准值为符号 - 幅度格式，最高位的为符号位。下表表示每个位的近似权重。

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	
符号	16	8	4	2	1	0.5	0.25	pF

虽然 7 个模拟校准位加上符号位可表示的总调整范围为 ±31.75 pF，但器件内部逻辑将该调整范围限制于 +9.75 pF / -18 pF 范围内。下表总结了负载电容的标称值、上限和下限以及对振荡器工作频率的预期影响。

C_{LOAD} (pF)	C_{X1}, C_{X0} (pF)	ACAL (Addr 0x12)	振荡器频率
12.5	25 (默认)	0x00	0 ppm
17.4	34.75 (+9.75)	0x27	-15 ppm (慢)
3.5	7 (-18)	0xC8	+95 ppm (快)

调整范围的非对称性（+9.75 pF / -18 pF）是由于 32.768 kHz 表面晶体的频率对温度曲线（[图 18](#)）的性质而产生。温度高于或低于室温（~25 °C）时，振荡器都会减速。因此，通常需要将其加速，所以减少电容而调整范围增大，而不是增加电容。

如 图 19 中所示，振荡器速度和负载电容之间的关系不是线性的。工作于曲线左端时，负载电容微小变化带来的影响比工作于曲线右端时要大。例如，-15 pF 时，减小 3 pF 变为 -18 pF 会导致部件运行加快约 30 ppm（从 +65 ppm 变为 +95 ppm）。相反地，+5 pF 时，增加 3 pF 达到 +8 pF 仅使部件减慢约 4 ppm（从 -8 ppm 变为 -12 ppm）。

3.4.3 预编程校准值

用户在使用采用内嵌晶体封装的 M41T83 时，可选择使用工厂编程的模拟校准值（请参考 第 3.17 节第 49 页）。

图 18. 温度范围内晶体精度

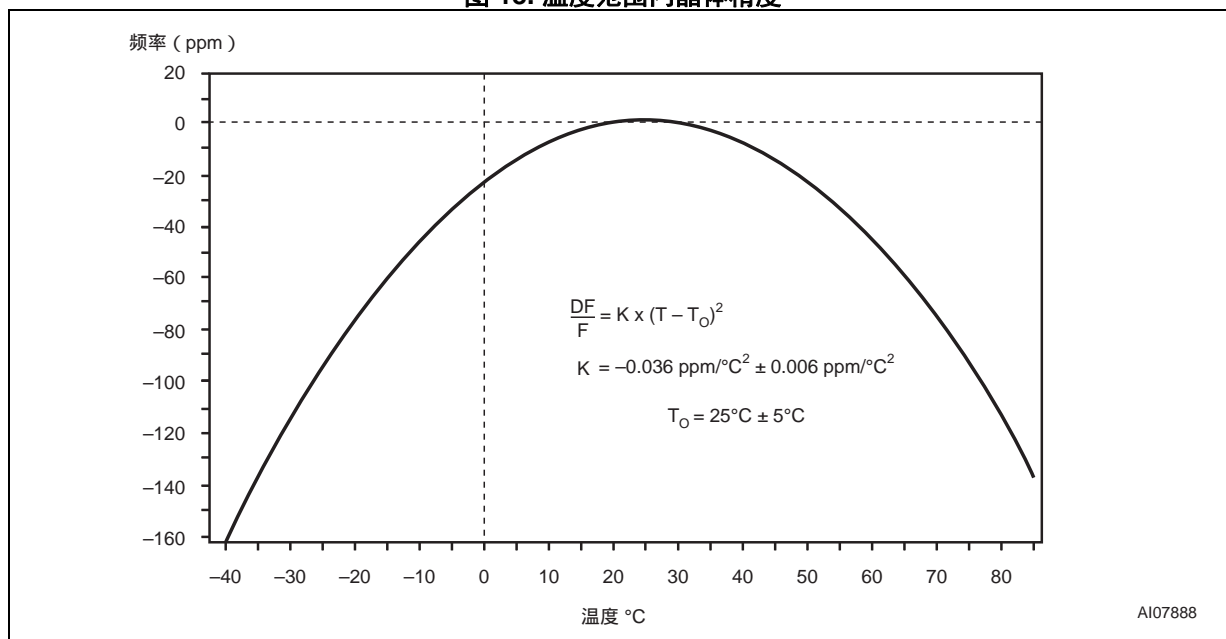


表 7. 模拟校准值

地址	模拟校准值	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	C _{XI} , C _{XO}	C _{LOAD} ⁽¹⁾
		ACS (±)	AC6 (16 pF)	AC5 (8 pF)	AC4 (4 pF)	AC3 (2 pF)	AC2 (1 pF)	AC1 (0.5 pF)	AC0 (0.25 pF)		
12h	0 pF	x	0	0	0	0	0	0	0	25 pF	12.5 pF
	3 pF	0	0	0	0	1	1	0	0	28 pF	14 pF
	5 pF	0	0	0	1	0	1	0	0	30 pF	15 pF
	-7 pF	1	0	0	1	1	1	0	0	18 pF	9 pF
	9.75 pF ⁽²⁾	0	0	1	0	0	1	1	1	34.75 pF	17.4 pF
	-18 pF ⁽³⁾	1	1	0	0	1	0	0	0	7 pF	3.5 pF

1. C_{LOAD} = 1/(1/C_{XI} + 1/C_{XO}).
2. 最大负校准值。
3. 最大正校准值。

片上电容可计算如下：

$$C_{\text{LOAD}} = 12.5 + [\text{ACS}:(\text{AC6}:\text{AC0 value, decimal})] \cdot 0.125 \text{ pF}$$

其中 ACS 为符号。

例如：

ACAL (addr 12h) = 0 → $C_{\text{LOAD}} = 12.5 \text{ pF}$

ACAL = 10111100b → $C_{\text{LOAD}} = 5 \text{ pF}$

ACAL = 00010100b → $C_{\text{LOAD}} = 15 \text{ pF}$

随着模拟校准值被调整为其最低值，振荡器将有最小负载电容 3.5 pF，如表 7 的最后一行所示。

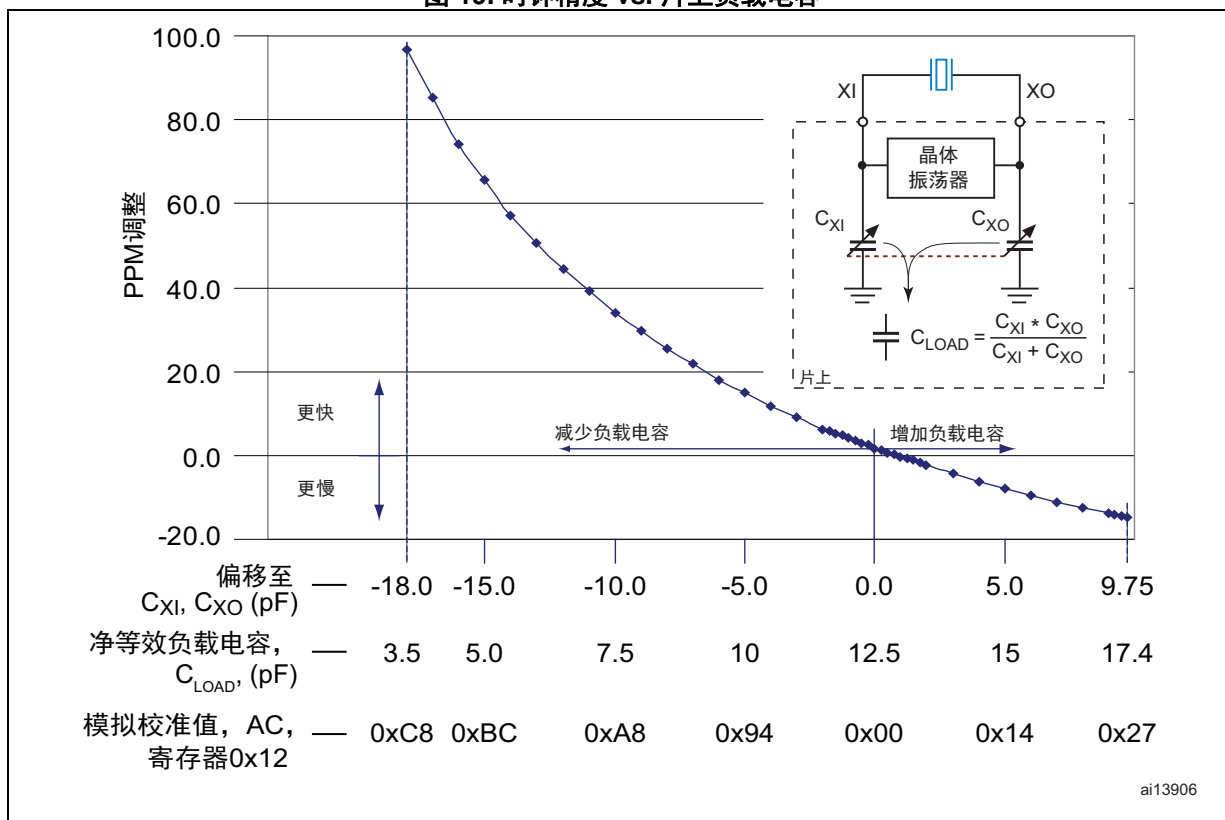
注： 这些为典型值，除了模拟校准寄存器决定的数值以外，晶体的负载电容总值还包含约 1-2 pF 的封装和电路板电容。

任何无效的模拟校准值操作都会导致电容值恢复为 25 pF 默认电容（对于 C_{X1} 和 C_{X0} ）。

结合数字调整范围（-63 至 +126 ppm）和模拟微调范围（-15 至 +95 ppm），M41T82-83 的时间总调整范围近似为 -78 至 +221 ppm。

图 19 表示一个典型的时钟 ppm 调整与模拟校准数值关系的曲线。这一曲线可随着晶体不同而变化，因此在为给定应用设立调整值之前，最好能评估用于 M41T82-83 器件的晶体。

图 19. 时钟精度 vs. 片上负载电容



有两种方法可以确定一个给定的 M41T8x 可能需要多少校准：

- 第一种方法为设定时钟，让其运行一个月，然后与一个已知的精确参考时钟作比较，记录给定时间周期内的偏差量。这使得即使最终产品为不可更改的封装形式，设计者仍可使终端用户能根据环境的要求校准时钟。设计人员可以提供一个简单的程序来访问任何一个校准字节或者两个校准字节。
- 第二种方法更适用于生产环境，它使用 512 Hz 频率测试输出脚。即 M41T83 上的 IRQ1/FT/OUT 脚和 M41T82 上的 FT/RST 脚（关于使能 FT 输出的更多信息，参见第 3.14 节和第 3.15 节）。可通过使用高精度定时器如频率计数器来测量 512 Hz 频率测试信号。然后将测得的数值与 512 Hz 相比，得到以 ppm 为单位的振荡器误差。

相对于 512 Hz 的偏差可表示在测试温度下振荡器频率漂移的程度和方向。例如：读到 512.010124 Hz 说明有 +20 ppm 的振荡器频率误差，要校正它，需要在数字校准位中载入 -10 (xx001010)，或在模拟校准位中载入 +6 pF (00011000)。

注： 设定或者更改数字校准位并不影响振荡频率测试、方波输出或看门狗定时器频率，但是改变模拟校准位 DOES 会影响所有源自低电流振荡器的功能（参见图 20）。

图 20. 时钟分频器链和校准电路

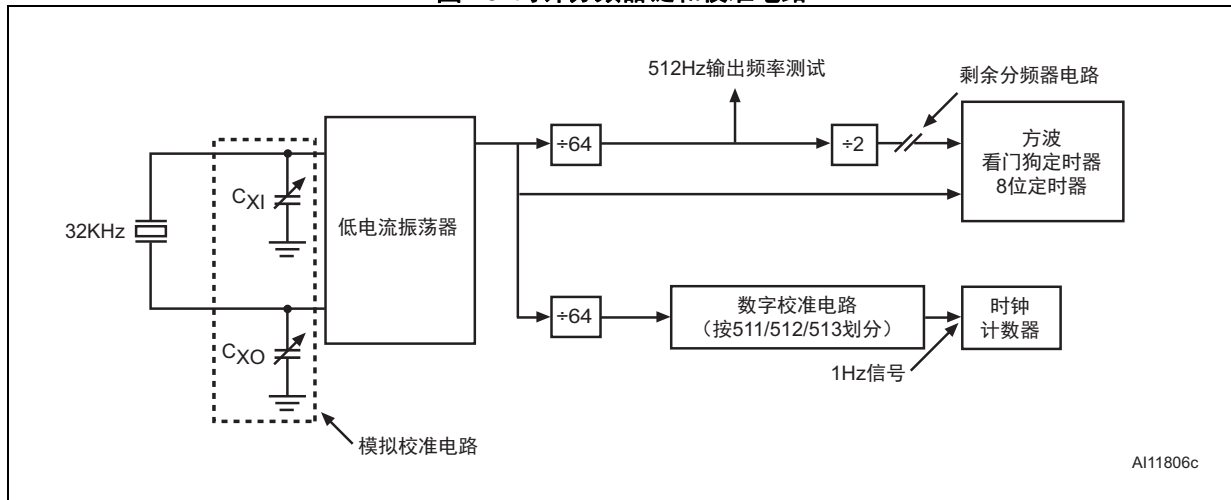
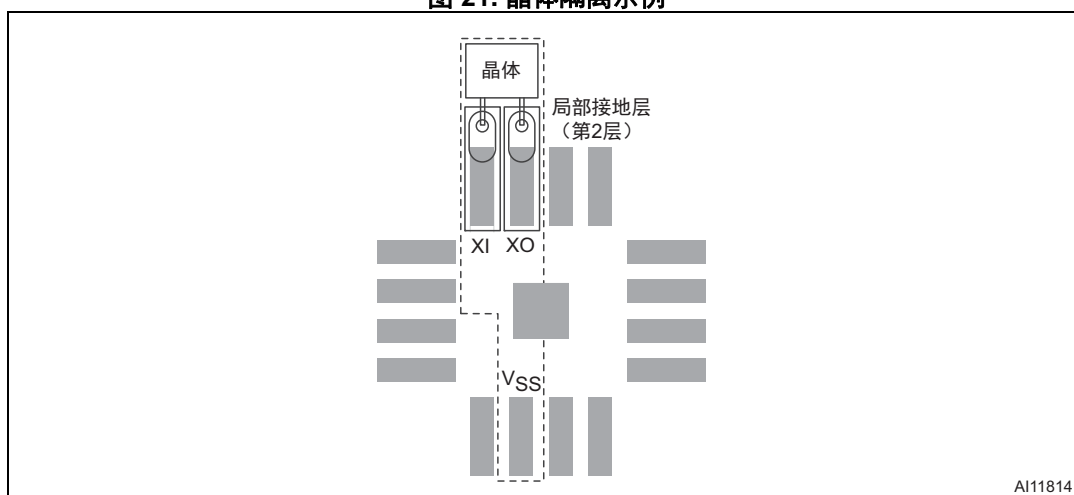


图 21. 晶体隔离示例



1. 衬底应连接到 V_{SS}。

3.5 设定报警（闹铃）时钟寄存器

表 8 中没有列出的编码默认为每一秒都报警（闹铃），这样可以快速的告诉用户此时报警（闹铃）设定不正确。根据 RPTx5-RPTx1（报警（闹铃）1 中 x = 1，报警（闹铃）2 中 x = 2）定义的匹配条件，当时钟信息满足报警（闹铃）时钟设置时，报警（闹铃）标志 AFx 被置位。通过读取标志寄存器可清除报警（闹铃）标志。报警产生后一定要读取标志寄存器以确保报警（闹铃）标志值已被复位为 0。

M41T83 报警（闹铃）的中断

M41T83 中的报警（闹铃）1，只要其他配置位被相应置位，设置报警（闹铃）中断使能 A1IE，可使 AF1 被置位时中断输出有效（参见，来获取第 3.14 节更多关于 IRQ/FT/OUT 输出的信息）。

同样，对于报警（闹铃）2，置位 A2IE，AF2 变高时 $\overline{\text{IRQ2}}$ 有效。要使两个报警（闹铃）器中的任意一个失效，可给报警（闹铃）日期寄存器和 RPTx5-RPTx1 位写入 0。

注： 如果地址指针被增加到标志寄存器地址，或最后一个地址写为“报警（闹铃）秒”，地址指针会增加至标志地址，则在地址指针移动到另一个地址之前，报警（闹铃）条件不会产生中断/标志。

通过读取标志寄存器（0Fh）使报警（闹铃）标志被清除时，报警（闹铃）IRQ 输出引脚被禁用。

$\overline{\text{IRQ1/FT/OUT}}$ 脚在电池备份模式下同样可以被激活。这需要将 ABE 位（电池备份使能中报警（闹铃））置位（所用附件条件，参见第 3.14.2 节：电池备份模式）。一旦电池备份模式下中断被激活，该中断将保持为真，直到 V_{CC} 恢复，随即发生对标志寄存器的读取。

3.6 可选的第二个可编程报警（闹铃）和用户 SRAM

当报警（闹铃）2 使能（AL2E）位（地址 13h 的 D1）被设置为逻辑 1，寄存器 14h 至 18h 提供对另一个可编程报警（闹铃）器的控制，这一报警（闹铃）器工作方式和第 3.5 节中描述的报警（闹铃）器功能相同。AL2E 位初始上电时默认为逻辑 0（报警（闹铃）2 无效）。在此模式下，五个报警（闹铃）2 字节（14h-18h）作为附加的用户 SRAM 使用，这样用户 SRAM 共有 12 字节。

AL2E 位设置为 1，报警（闹铃）被激活，将使 AF2 位在报警（闹铃）条件满足时被置位。对于 M41T83，如果 A2IE（报警（闹铃）2 中断使能）位被置位，IRQ2 脚将产生一个中断。通过读取标志寄存器（0Fh）清除报警（闹铃）后，中断无效。

通过将 ABE 置为 1（同时置位 A2IE）， $\overline{\text{IRQ2}}$ 在电池备份模式下可被激活。

表 8. 报警（闹铃）重复模式

RPT5	RPT4	RPT3	RPT2	RPT1	报警（闹铃）设置
1	1	1	1	1	每秒一次
1	1	1	1	0	每分钟一次
1	1	1	0	0	每小时一次
1	1	0	0	0	每天一次
1	0	0	0	0	每月一次
0	0	0	0	0	每年一次

3.7 看门狗定时器

看门狗定时器用来检测微处理器是否跑飞。通过对地址为 09h 的看门狗寄存器设定需要的超时时间，用户可以对看门狗定时器进行编程。BMB4-BMB0 位保存一个二进制乘数，两个低位 RB1-RB0 选择分辨率，其中 00=1/16 秒，01=1/4 秒，10=1 秒，11=4 秒。将 5 位的乘数与分辨率相乘即可得到超时的时间。（例如，在看门狗寄存器中写入 00001110 等于 3*1，即 3 秒）。如果处理器在指定的时间内没有复位定时器，M41T8x 置位 WDF（看门狗标志）。

通过对看门狗寄存器执行写操作，看门狗定时器被重新置位。随后超时周期重新开始。

M41T83 看门狗中断

对于 M41T83，只要必要的配置位被置位，看门狗超时发生时 $\overline{\text{IRQ/FT/OUT}}$ 输出将被激活（所用附加条件，参见第 3.14 节）。

一旦看门狗定时器超时，必需对看门狗寄存器（09）的低 7 位进行写操作，以禁用 IRQ1/FT/OUT 输出。这也会禁用看门狗输出和重新初始化看门狗。给该 7 位写入 0 会禁用输出并使看门狗失效。

读取标志寄存器会复位看门狗标志（D7 位；寄存器 0Fh），但不会使 $\overline{\text{IRQ1/FT/OUT}}$ 输出失效。上电以及看门狗寄存器被清除时，看门狗功能自动被禁用。

表 9. 看门狗寄存器

地址	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	功能
09h	OFIE	BMB4	BMB3	BMB2	BMB1	BMB0	RB1	RB0	看门狗

3.8 8 位（倒计时）定时器

定时器数值寄存器是一个 8 位二进制倒数定时器。通过定时控制寄存器（11h）TE 位启动或停止。其它定时特性如源时钟或中断产生也在定时控制寄存器（参见表 10）中选择。为了精确读回倒计时数值，I²C 总线时（SCL）必须至少以所选定时器时钟 2 倍的频率运行。

定时器控制寄存器为定时器从 4 个源时钟频率中选择一个频率（4096, 64, 1 或 1/60 Hz），并使定时器启动或关闭。定时器从一个软件载入的 8 位二进制数值（寄存器 10h）往下倒数，一直减少到 1。在下一倒数时，定时器重新载入定时器倒计时数值，并设定定时标志（TF）位。TF 位只能被软件清零。如果被设定，定时器标志（TF）同样可以被用来在 M41T83 上产生中断（IRQ1/FT/OUT）。写入定时器倒计时数值（10h）对 TF 位或 IRQ1/FT/OUT 输出没有影响。

3.8.1 M41T83 定时器中断 / 输出

根据 $\overline{\text{TI/TP}}$ 配置位（定时器中断 / 定时器脉冲，位 6，寄存器 11h），M41T83 的输出有两种选择。

正常中断模式

$\overline{\text{TI/TP}} = 0$ ，输出像正常中断一样有效，并一直保持低，直到通过软件读取标志寄存器（0Fh）将 TF 位清除。

自由运转模式

当 $\overline{\text{TI/TP}}$ 为 1 时，输出为自由运转波形，如 图 22 所示。在保持一段特定时间（如 表 11 所示）的低之后，输出自动变为高，无需软件清除任何位。每次定时器重新载入后，TF 位都将被设置，但是该模式下无需进行软件清除。而且，该模式下清除 TF 位对输出无影响。

对定时器倒计时寄存器（10h）的写入控制重新载入的数值，对该寄存器的读取将返回当前倒计时定时器数值。

表 10. 定时器控制寄存器表⁽¹⁾

地址	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	功能
0Fh	WDF	AF1	AF2	BL	TF	OF	0	0	标志
10h	定时器倒计时数值 ⁽²⁾								定时器数值
11h	TE	$\overline{\text{TI/TP}}$	TIE	0	0	0	TD1	TD0	定时器控制

1. 被标为 '0' 的位应当始终被写入逻辑 '0'。
2. 对定时器寄存器的写入不会复位 TF 位，也不会清除中断。

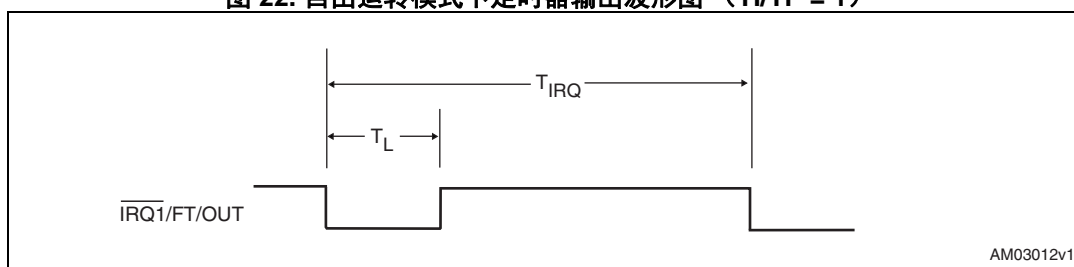
当定时器处于自由运转模式下时，将 n 编入定时器倒计时数值，在总的 n 个周期中，输出应该在特定时钟源的一个周期保持为低， $n-1$ 个周期保持为高。因此，倒计时周期为 $n / \text{源时钟频率}$ 。

特殊情况下当 $n = 1$ ，如表 11 中所示，当时钟源为 4096 或 64 Hz，保持低时间 (T_L) 为时钟周期的一半，而不是整个时钟周期。

表 11. 自由运转模式下定时器中断工作 ($\overline{\text{TI/TP}} = 1$)

源时钟 (Hz)	$\overline{\text{IRQ}}$ 低保持时间 - T_L (秒) ⁽¹⁾		$\overline{\text{IRQ}}$ 周期 - $T_{\overline{\text{IRQ}}}$ (秒)	
	$n = 1$ ⁽²⁾	$n > 1$	$n = 1$	$n > 1$
4096	$1/8192 = 122 \mu\text{s}$	$1/4096 = 244 \mu\text{s}$	$1/4096 = 244 \mu\text{s}$	$n / 4096$
64	$1/128 = 7.8 \text{ ms}$	$1/64 = 15.6 \text{ ms}$	$1/64 = 15.6 \text{ ms}$	$n / 64$
1	$1/64$	$1/64$	1	n
1/60	$1/64$	$1/64$	1 分钟	n 分钟

1. TF 变为真时， $\overline{\text{IRQ1/FT/OUT}}$ 有效。
2. $n =$ 载入的倒计时定时器数值 ($0 < n < 255$)。 $n = 0$ 时定时器停止。

图 22. 自由运转模式下定时器输出波形图 ($\overline{\text{TI/TP}} = 1$)

3.8.2 定时器标志 (TF)

定时器倒数计时结束，定时器重新载入数值时，TF 被设置为逻辑 '1'。不论 TF 位（或 $\overline{TI/TP}$ 位）的状态是什么，定时器都会持续进行倒计时和重新载入。

如果应用中同时使用定时器和报警（闹铃）中断，中断源可通过读取标志位来确定。请参考 [第 3.14 节](#) 来获取更多关于这些位之间相互作用的信息。通过读取标志寄存器，可以清零 TF 位。这将使因定时器产生的中断输出无效。

3.8.3 定时器中断使能 (TIE, 仅适用于 M41T83)

正常中断模式下 ($\overline{TI/TP} = 0$)，当 TF 有效，中断输出也有效（若 TIE = 1）。要使中断无效，TF 位或 TIE 位必须被复位。通过清除 TIE 位使中断无效将会禁用输出，但是不会清除 TF 位。因此，如果 TIE 在清除 TF 之前重新使能，中断将立即有效。

3.8.4 定时器使能位 (TE)

- TE = 0
当定时器寄存器 (10h) 被设置为 '0'，定时器失效。
- TE = 1
定时器启动。掉电时 TE 被复位（失效）。重新启动时，计数器将从失效时的数值继续开始计数。

3.8.5 TD1/0

以下为定时器源时钟频率选择位（参见 [表 12](#)）。这些位为倒数计时器确定源时钟（参见 [表 10 第 39 页](#)）。不使用时，TD1 和 TD0 位应被设置为 '11'（1/60 Hz）以节能。

表 12. 定时器源时钟频率的选定 (244.1 μ s 至 4.25 hrs)

TD1	TD0	定时器源时钟频率 (Hz)
0	0	4096 (244.1 μ s)
0	1	64 (15.6 ms)
1	0	1 (1 s)
1	1	1/60 (60 s)

3.9 方波输出（仅适用于 M41T83）

M41T83 提供了一个用户可编程的方波功能，通过 SQW 脚输出。地址 13h 的 RS3-RS0 位设定方波输出频率。表 13 中列出了这些频率值。一旦 SQW 频率的选定完成，可以通过软件控制位于寄存器 0Ah 的方波使能位（SQWE）来打开和关闭 SQW 脚输出。

注：如果 SQWE 位被置位 '1'，且 V_{CC} 降到切换电压 (V_{SO}) 以下，方波输出功能将被禁用。

表 13. 方波输出频率

方波位				方波	
RS3	RS2	RS1	RS0	频率	单位
0	0	0	0	无	-
0	0	0	1	32.768	kHz
0	0	1	0	8.192	kHz
0	0	1	1	4.096	kHz
0	1	0	0	2.048	kHz
0	1	0	1	1.024	kHz
0	1	1	0	512	Hz
0	1	1	1	256	Hz
1	0	0	0	128	Hz
1	0	0	1	64	Hz
1	0	1	0	32	Hz
1	0	1	1	16	Hz
1	1	0	0	8	Hz
1	1	0	1	4	Hz
1	1	1	0	2	Hz
1	1	1	1	1	Hz

3.10 电池低电压警告

M41T8x 在每次 V_{CC} 上电和时钟午夜翻转时自动检测电池的电压。

V_{BAT} 和 V_{BL} (大约 2.5 V) 相比较, 如果电池电压低于 V_{BL} , 位于标志寄存器 0Fh 的 D4 位的电池低 (BL) 位将被置位。类似的, 如果 V_{BAT} 大于 V_{BL} , 电池检测时 BL 位会被清零。

BL 位会保持其状态不变, 直到下一个电池低电压检测开始。这表明 BL 位在电池更换时不会被立刻清零, 只会在下一次上电或时钟午夜翻转时电池低电检测开始后清零。

如果上电时产生了电池低状态, 表示电池低于大约 2.5 V, 可能无法保持数据的完整性。此时时钟数据也许是不正确的, 需要用户验证数据的正确性, 并更换新电池。

如果在每 24 小时的检查中产生了电池低状态, 那表示电池可能接近失效。但因为此时是正常 V_{CC} 供电, 数据不会受到损害。为了保证此后电池备份模式下的数据完整性, 应该更换电池。

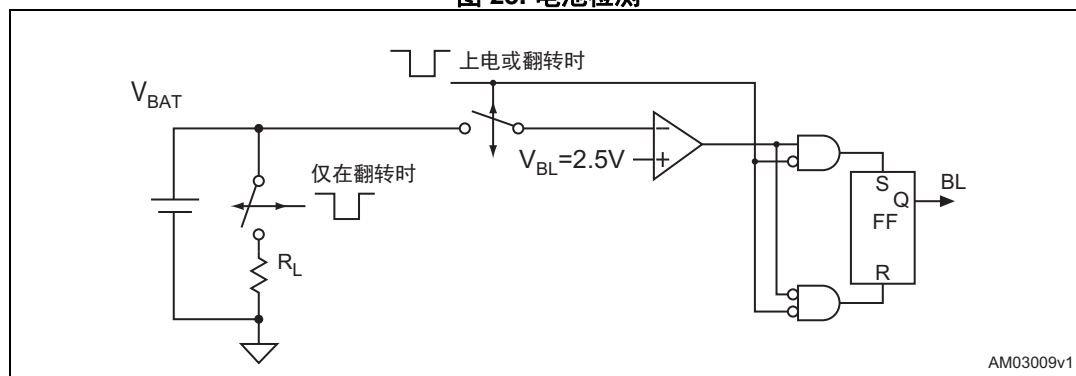
午夜翻转检测

如 图 23 所示, 午夜翻转检测期间, M41T8x 将负载加于电池之上, 然后将 V_{BAT} 与 V_{BL} 比较并据此更新 BL 位。由于存在负载, V_{BAT} 脚开路会导致 BL 位被置位。检测完成之后, RTC 会断开负载。

上电时电池检测

上电检测时, 因为假定 RTC 已经从电池备份模式进入主电源供电的工作状态下, 电池上可认为无负载。如果电池不存在, V_{BAT} 将处于浮空状态且电池检测结果将不确定。

图 23. 电池检测



M41T8x 只有在 V_{CC} 供电时才会检测电池。在备份模式下不检测电池。因此，我们告知用户在长时间的备份模式下，电池会降低到时间保持失效或数据毁坏电平。上电时，如果显示电池低，则应该检验数据完整性。

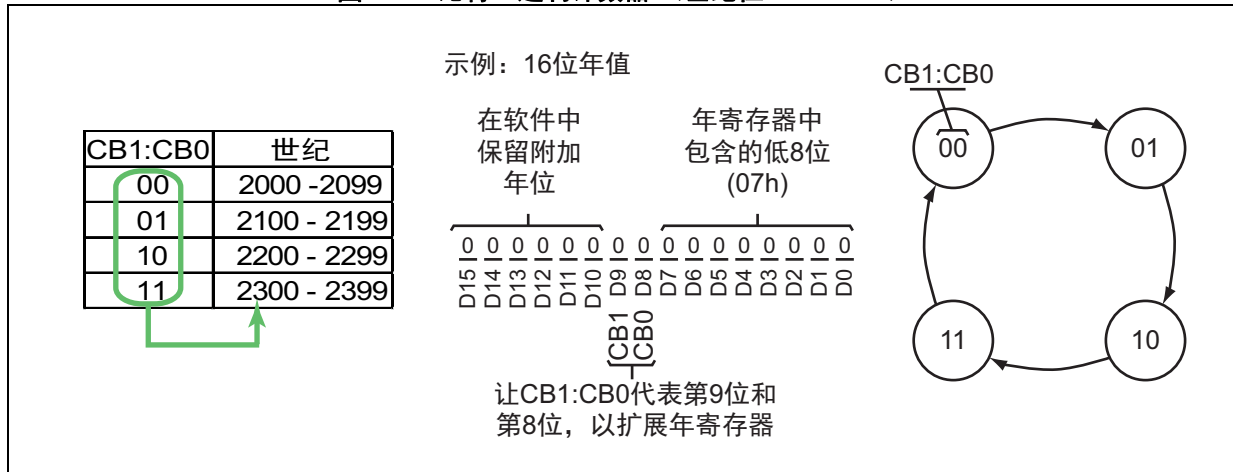
强制电池检测

如果想在任意时间检测电池，一种常用技术是使用应用软件写入刚好午夜之前的时间 23:59:59，然后等待 2 秒钟让时钟翻转，使 BL 位更新。应用软件随后使时间恢复到之前的值加 2 秒。

3.11 世纪位

M41T82-83 含有 2 个世纪位 (CB1, CB0)，用作 2 比特二进制计数器，每次世纪结束时会增加。用户可以任意赋值 CB1:CB0 来表示世纪值，不过使用这两个位的最简单的方式是将其直接扩展为年寄存器的位 9 和位 8 (年寄存器包含位 7:0)。更高位的世纪位可通过应用软件来维持。

图 24.2 比特二进制计数器 (世纪位 CB1:CB0)



本例中，CB1:CB0 表示世纪位字节的两个低比特位。

闰年

闰年每四年一次，其年份能被 4 整除。例如，2012 年是闰年。能被 100 整除的年份除外。例如，2100 年不是闰年。但能被 400 整除的年份是闰年。因此，2100 年不是闰年，而 2400 年是闰年。

当处于能被 4 整除的年份时，ST RTC 和 TIMEKEEPER 器件会自动插入闰日，2 月 29 日。因此，在例外的年份 (2100 年，2200 年，等等)，应用软件必须能够如上文提到的那样正确插入闰日。

3.12 振荡器失效检测

如果振荡器失效位 (OF) 被内部设定为 '1', 这表明振荡器已经停止工作, 或曾在一段时间内停止过。可由此位的状态来判断时钟和日期数据的有效性。每当振荡器停止工作, OF 位会被置位为 '1'。

在除了初始上电状态之外的其它任何时间发现 OF 位置为 '1' 时, 停止位 (ST) 应该被写为 '1', 之后立即复位为 '0'。这会使振荡器重新开始工作。下列情况会引起 OF 位被置位:

- 第一次加电时 (上电状态默认为 '1')。

注: 如果 OF 位在初始上电后 4 秒钟之内没有被写入 '1', 停止位 (ST) 应被写入 '1', 然后立即复位为 '0'。

- V_{CC} 电压或电池电压不足以维持振荡器工作。
- ST 位被置为 '1'。
- 晶体的外部干扰

对于 M41T83, 如果正当其失效中断使能位 (OFIE) 被置为 '1', $\overline{IRQ1/FT/OUT}$ 脚也将被激活 (所需附加条件, 参见 [第 3.13 节](#) 和 [第 3.14 节](#))。通过复位 OF 位为 0, 而不是通过读取标志寄存器, 可以使 $\overline{IRQ1/FT/OUT}$ 输出无效。OF 位将保持为 '1' 直到被写为逻辑 0。读取标志寄存器对 OF 位没有影响。

在将 OF 位复位为 '0' 之前, 振荡器必须开始工作并运转至少 4 秒。

振荡器失效检测电路在电池备份模式下同样有效。如果电源掉电条件下发生触发事件阻止振荡器正常工作, OF 位会被相应地置位。

3.13 振荡器失效中断使能 (仅适用于 M41T83)

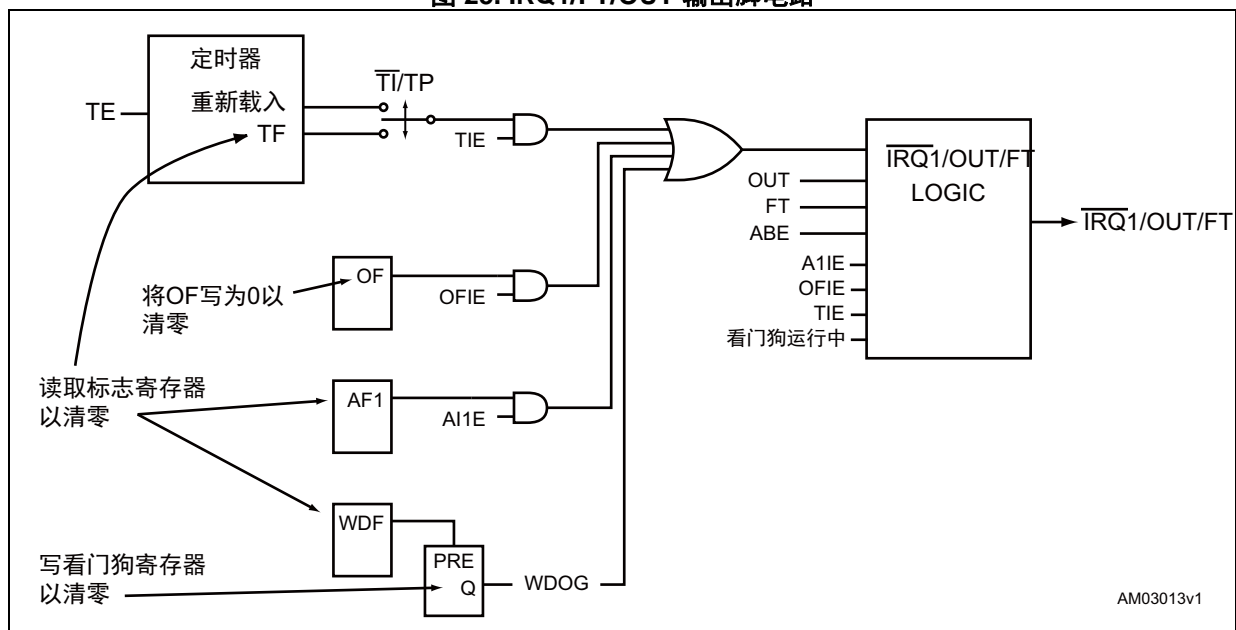
随着 OFIE 位被置位, OF 位将使 $\overline{IRQ1/FT/OUT}$ 输出有效 (使用的附加条件, 参见 [第 3.14.1 节](#) 和 [3.14.2](#))。通过复位 OF 位为 0 (不是通过读取标志寄存器), 可将 $\overline{IRQ1/FT/OUT}$ 输出清零。清除 OFIE 位也会使 $\overline{IRQ1/FT/OUT}$ 输出无效, 但如果 OFIE 位在清除 OF 位之前即被置位, 随着 OFIE 位被置位, $\overline{IRQ1/FT/OUT}$ 输出将立刻被激活。要阻止此类意外事件的发生需清除 OF 位。

如果电池备份使能位 ABE 上的报警 (闹铃) (与 OFIE 一起) 被置位, 备份模式下, 振荡器失效检测将在 $\overline{IRQ1/FT/OUT}$ 脚输出一个中断。详情请参考 [第 3.14.2 节](#)。

3.14 $\overline{IRQ1/FT/OUT}$ 脚, 频率测试, 中断和 OUT 位 (仅适用于 M41T83)

4 个中断源, 频率测试功能和离散输出 OUT 位都使用 $\overline{IRQ1/FT/OUT}$ 脚。优先级被编入器件中, 一些功能控制另一些功能。此外, 优先级取决于配置位如 OUT 位和 ABE 位, 以及器件是由 V_{CC} 供电还是在电池备份模式下工作。该脚为漏极开路输出, 需要一个外部上拉电阻。

[图 25](#) 图解 $\overline{IRQ1/FT/OUT}$ 输出脚的不同信号源和控制位。

图 25. $\overline{\text{IRQ1/FT/OUT}}$ 输出脚电路

定时器，振荡器失效检测电路，报警（闹铃）1，以及看门狗通过或逻辑作为基础中断源。频率测试信号 FT 用来在 $\overline{\text{IRQ1/FT/OUT}}$ 脚产生一个 512 Hz 的输出，以校准 RTC。当不被作为中断或频率测试输出使用时，该脚可作为一个由 OUT 位控制的离散逻辑输出使用。ABE 位用来在电池备份模式下激活中断。

V_{CC} 供电时，四个中断源全部可用。而备份模式下，定时器和看门狗被禁用，只剩下 2 个中断源：报警（闹铃）1 和振荡器失效检测电路。

3.14.1 V_{CC} 供电时的主动工模式

V_{CC} 供电时，输出电路的工作情况如 表 14 所示。

表 14. V_{CC} 供电时 $\overline{\text{IRQ1}}/\text{FT}/\text{OUT}$ 脚优先级

OUT ⁽¹⁾	FT ⁽²⁾	A1IE ⁽³⁾ + OFIE ⁽⁴⁾ + TIE ⁽⁵⁾ + 看门狗 ⁽⁶⁾ 运 转	引脚	备注
0	0	x	0	当 OUT 为 0 且 FT 被禁用时，OUT 起支配作用，中断源没有任何影响。
0	1	x	512 Hz	FT = 1，OUT = 1 且无中断被激活时，输出将为 512 Hz 频率测试（FT）信号。
x	1	0		
1	x	1	$\overline{\text{IRQ}}$	当一个或多个中断被激活且 OUT = 1 时，引脚保持高直到其中的一个中断有效。
1	0	0	1	当 OUT = 1，FT = 0 且无中断被激活时，引脚为高。

1. OUT 位为寄存器 08h 的位 7（数字校准）。
2. FT 位为寄存器 08h 的位 6（数字校准）。
3. A1IE 位为寄存器 0Ah 的位 7（报警（闹铃）1，月）。
4. OFIE 位为寄存器 09h 的位 7（看门狗）。
5. TIE 位为寄存器 11h 的位 5（定时器控制）。
6. 看门狗由寄存器 09h 控制（看门狗）。

当 OUT = 0 且 FT = 0 时，不管是否有中断被激活，引脚都将为 0。

当 FT = 1 时，若 OUT = 0 或没有中断被激活，将输出 512 Hz 信号。

当 OUT = 1 且一个或多个中断被激活时，中断源控制引脚。

如果 OUT = 1，FT = 0 且没有中断被激活，则引脚将为 1。

3.14.2 电池备份模式

在电池备份模式下，输出电路的工作情况如表 15 所示。

表 15. 电池备份模式下工作的 $\overline{\text{IRQ1/FT/OUT}}$ 脚优先级

OUT ⁽¹⁾	ABE ⁽²⁾	A1IE ⁽³⁾ + OFIE ⁽⁴⁾	引脚	备注
x	0	x	1	当 ABE = 0 时，不考虑 OUT 或中断源，引脚为 1。
1	x	0	1	当 OUT = 1 且无中断被激活时，引脚为 1。 (A1IE 和 OFIE 为此模式下仅有的中断)。
0	1	x	0	当 ABE = 1，OUT = 0 时，OUT 起支配作用，而不考虑中断源。
1	1	1	$\overline{\text{IRQ}}$	当一个或多个中断被激活，ABE = 1，且 OUT = 1 时，引脚保持高直到其中一个中断有效。

1. OUT 位为寄存器 08h 的位 7（数字校准）。
2. ABE 位为寄存器 0Ah 的位 5（报警（闹铃）1，月）。
3. A1IE 位为寄存器 0Ah 的位 7（报警（闹铃）1，月）。
4. OFIE 位为寄存器 09h 的位 7（看门狗）。

在电池备份模式下，频率测试被禁用。因此，FT 位为 '不理睬'。

在备份模式下，ABE 激活中断。如果 ABE = 0，不管其它位，输出脚为 1。

OUT = 1 且无中断被激活，引脚同样为 1。

OUT = 0 且 ABE = 1 时，不管中断，引脚为 0。

因此，为了在备份模式下激活中断，OUT 必须为 1，ABE 也必须为 1，且一个或多个中断使能必须为 1。

同时中断

由于不止一个中断源会引起 $\overline{\text{IRQ1/FT/OUT}}$ 脚变低，因此在微处理器维护中断时不止一个中断可能会出现挂起的现象。因此，应用软件应该读取标志寄存器（0Fh）以辨别哪个或哪些条件正激活引脚。

要知道，一旦一个标志激活引脚，其它标志随后也可能会变为真。由于引脚已经为低，不会再发生输出转换。这就是软件必须检查标志寄存器的原因。

示例：如果看门狗正在使用中，振荡器失效检测中断被激活，且看门狗超时， $\overline{\text{IRQ1/FT/OUT}}$ 脚将变低。如果，在处理器维护中断之前的间隔时间内，振荡器的正常工作被打扰，如一滴水凝结在晶体引脚上，OF 位也会被置位。因此，当软件维护中断时，必须维护两个中断源：必须重新初始化看门狗并清除 OF 位，以使 $\overline{\text{IRQ1/FT/OUT}}$ 脚失效。通过读取标识寄存器，软件将会知道两个标志都被置位，且两个都需要维护。

3.15 FT/RST 脚，频率测试和复位输出脚（仅适用于 M41T82）

M41T82 中，512 Hz 频率测试信号和复位输出共同使用一个引脚，即 FT/RST。FT 位（寄存器 08h 的位 6）为 1 时，512 Hz 测试信号通过该引脚被激活。FT = 0 且 V_{CC} 良好时（高于 V_{RST}），输出为高。如果 V_{CC} 失效时 512 Hz 被激活，FT 位将被清除，输出将变低，以使复位有效。上电时，FT 将为 0，使引脚功能为复位输出。

3.16 初始上电默认设置

设备初始上电时，表 16 和表 17 指出了寄存器位的初始上电状态。

表 16. 初始上电默认值（第 1 部分）

条件 ⁽¹⁾	ST	CB1	CB0	OUT	FT	DCS ACS	数字校准	模拟校准	OFIE ⁽²⁾	看门狗 ⁽³⁾	A1IE ⁽²⁾	SQWE ⁽²⁾	ABE
初始上电	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
后续上电 ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	UC	UC	UC	UC	0	UC	UC	UC	UC	0	UC	UC	UC

1. 所有其他控制位在不明状态下上电。
2. 仅适用于 M41T83
3. BMB0-BMB4, RB0, RB1
4. 电池备份模式时
5. UC = 无变化

表 17. 初始上电默认值（第 2 部分）

条件 ⁽¹⁾	RPT11-15	HT	OF	TE	T _I /TP ⁽²⁾	TIE ⁽²⁾	TD1	TD0	RS0	RS1-3	OTP ⁽²⁾	A2IE ⁽²⁾	RPT21-25	AL2E
初始上电	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
后续上电 ⁽³⁾⁽⁴⁾	UC	1	UC	0	UC	UC	UC	UC	UC	UC	UC	UC	UC	UC

1. 所有其他控制位在不明状态下上电。
2. 仅适用于 M41T83
3. 电池备份模式时
4. UC = 无变化

3.17 OTP 位工作原理（仅适用于 SOX18 封装的 M41T83）

使用工厂提供的模拟校准值

当 OTP（一次可编程）位被设置为 '1' 时，内部 OTP 寄存器的工厂校准值会被传送到模拟校准寄存器（12h）且该寄存器为只能读模式。OTP 值由生产商编程，包含使得器件经过两次回流 SMT 后，常温下仍能达到 ± 5 ppm^(a) 精度的校准数值（仅限 V_{CC} ）。时钟精度可确保在第一年的漂移不超过 ± 3 ppm，并且随着晶体老化，以后的每一年漂移不超过 ± 1 ppm。

如果 OTP 位被设置为 '0'，模拟校准寄存器会变为写 / 读寄存器并且像普通寄存器一样工作，可使用户输入任意模拟校准值。

当用户将 OTP 置位，设备将 OTP 值传输到模拟校准寄存器之前大约要等待 8 ms 的时间。

a. 最大值 = +12 ppm / -5 ppm，基于有限的数据库

4 最大额定值

对设备施加超出绝对最大额定值表中列出的额定值的压力，可能会对设备造成永久损坏。这些仅仅是耐受额定值，并不意味着器件可在这些条件下或是超出本说明书工作原理部分指示的任何条件下工作。长期处在绝对最大额定值的条件下会影响器件的可靠度。

表 18. 绝对最大额定值

符号	参数	数值 ⁽¹⁾	单位	
T _{STG}	储存温度 (V _{CC} 关断, 振荡器停止)	-55 到 125	°C	
V _{CC}	电源电压	-0.3 到 7.0	V	
T _{SLD}	10 秒的铅焊温度	260 ⁽²⁾	°C	
V _{IO}	输入或输出电压	-0.2 至 V _{CC} +0.3	V	
I _O	输出电流	20	mA	
P _D	功率耗散	1	W	
Q _{JA}	热阻, 结到周围环境	QFN16	35.7	°C/W
		SO8	128.4	
		SOX18		

1. 数据基于特征结果, 未经生产测试。

2. 回流焊峰值温度为 260 °C。超过 255 °C 的时间不得超过 30 秒 (根据 JEDEC J-STD-020D)。

5 直流和交流参数

本节概括了工作测量条件，及器件的直流和交流特性。下列直流和交流特性表中的参数在测试中获得，这些测试在相关表格中所概括的测量条件下进行。当需要引证本节提供的参数时，设计师需要检查项目中的工作条件与测量条件是否一致。

表 19. 工作和交流测量条件

参数 ⁽¹⁾	M41T8x
供电电压 (V_{CC})	2.38 V 到 5.5 V
工作环境温度 (T_A)	-40 到 85 °C
负载电容 (C_L)	50 pF
输入上升和下降时间	≤5 ns
输入脉冲电压	0.2 V_{CC} 到 0.8 V_{CC}
输入和输出时序参考电压	0.3 V_{CC} 到 0.7 V_{CC}

1. 输出 Hi-Z 定义为数据不再被驱动的点。

图 26. 测量交流 I/O 波形

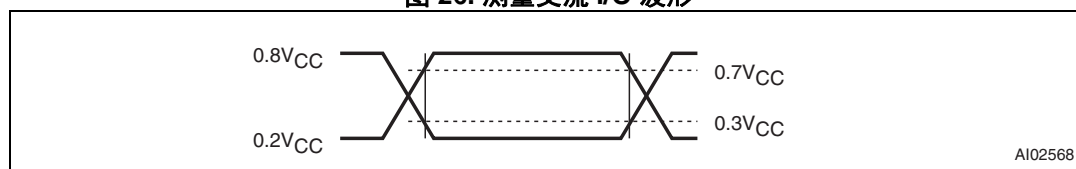


表 20. 电容

符号	参数 ⁽¹⁾⁽²⁾	最小值	最大值	单位
C_{IN}	输入能力		7	pF
$C_{OUT}^{(3)}$	输出能力		10	pF
t_{LP}	低通滤波器输入时间常数 (SDA 和 SCL)		50	ns

- 有效电容在供电电压为 3.6 V 下测量；仅为采样，不是 100% 测试。
- 25 °C 时， $f = 1$ MHz
- 输出禁能

表 21. 直流特性

符号	参数	测试条件 ⁽¹⁾	最小值	典型值	最大值	单位	
V _{CC}	工作电压 (S)	-40 到 85 °C	3.00		5.50	V	
	工作电压 (S)	-40 到 85 °C	2.70		5.50	V	
	工作电压 (Z)	-40 到 85 °C	2.38		5.50	V	
I _{LI}	输入泄漏电流	0V ≤ V _{IN} ≤ V _{CC}			±1	µA	
I _{LO}	输出泄漏电流	0V ≤ V _{OUT} ≤ V _{CC}			±1	µA	
I _{CC1}	供电电流	SCL = 400 kHz (无负载)	5.5 V		125	150	µA
			3.0 V		55		µA
			2.5 (仅限 Z)		45		µA
I _{CC2}	供电电流 (待机)	SCL = 0 Hz; 所有的输入 ≥ V _{CC} - 0.2 V 或 ≤ V _{SS} + 0.2 V (SQWE 位 = 0)	5.5 V		8	10	µA
			3.0 V		6.5		µA
V _{IL}	输入低电压		-0.3		0.3V _{CC}	V	
V _{IH}	输入高电压		0.7V _{CC}		V _{CC} +0.3	V	
V _{OL}	输出低电压	\overline{RST} , FT/ \overline{RST}	V _{CC} /V _{BAT} = 3.0 V, I _{OL} = 1.0 mA		0.4	V	
		SQW, $\overline{IRQ1}$ /FT/OUT, $\overline{IRQ2}$	V _{CC} = 3.0 V, I _{OL} = 1.0 mA		0.4	V	
		SCL, SDA	V _{CC} = 3.0 V, I _{OL} = 3.0 mA		0.4	V	
V _{OH}	输出高电压	V _{CC} = 3.0 V, I _{OH} = -1.0 mA (推 - 拉)	2.4			V	
	上拉电源电压 (漏极开路)	$\overline{IRQ1}$ /FT/OUT, $\overline{IRQ2}$, FT/ \overline{RST} , \overline{RST}			5.5	V	
V _{BAT}	备份供电电压 (电池或电容器)		2.0		5.5	V	
V _{BL}	电池电量低 (BL 位) 判别阈值			2.5		V	
I _{BAT}	电池供电电流	25 °C; V _{CC} = 0 V; OSC 接通; V _{BAT} = 3 V; SQW 断开		365	450	nA	

1. 仅在环境工作温度中有效: T_A = -40 至 85 °C ; V_{CC} = 2.38 V 至 5.5 V (除非特别说明)

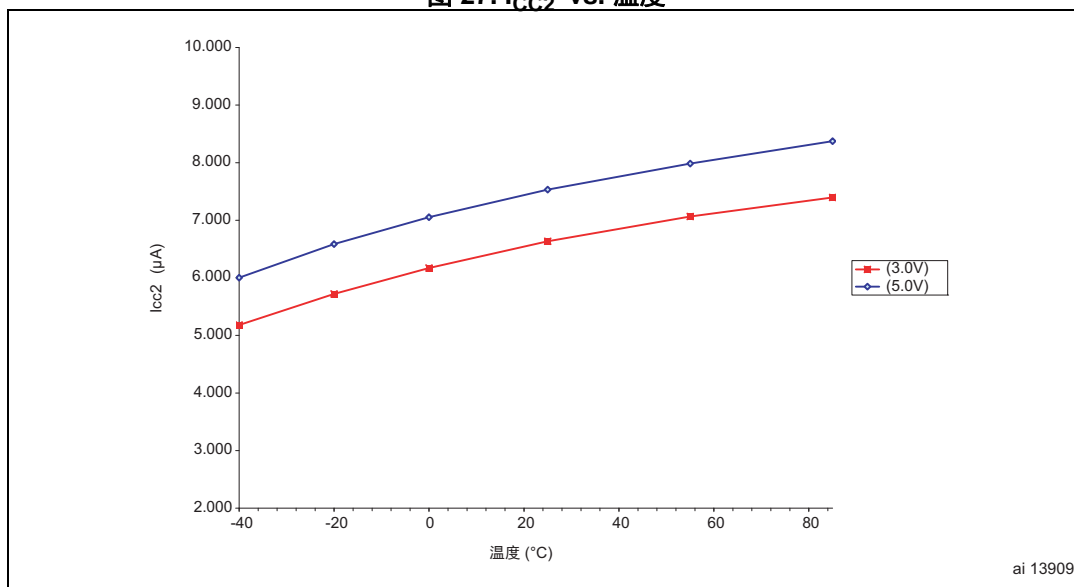
图 27. I_{CC2} vs. 温度

表 22. 晶体电气特性

符号	参数 ⁽¹⁾⁽²⁾	最小值	典型值	最大值	单位
f_0	共振频率		32.768		kHz
R_S	串联电阻			65 ⁽³⁾	k Ω
C_L	负载电容		12.5		pF

1. 如果使用 QFN16 或 SO8 封装，则外部供电。意法半导体建议，对于穿孔使用 Citizen CFS-145 (1.5 x 5 mm) 和 KDS DT-38 (3 x 8 mm)，对于表面贴装使用 KDS DMX-26S (3.2 x 8 mm) 或 Micro Crystal MS3V-T1R (1.5 x 5 mm)，来调节叉形石英晶体。
2. 负载电容集成到 M41T8x 中。需要考虑对 32.768 kHz 晶体迹线长度最小和对 RF 生成信号隔离的电路板布局注意事项。
3. 设计保证。

表 23. 振荡器特性

符号	参数 ⁽¹⁾⁽²⁾	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{STA}	振荡器起始电压	≤ 4 s	2.0			V
t_{STA}	振荡器起始时间	$V_{CC} = V_{SO}$			1	s
C_{XI}, C_{XO} ⁽¹⁾	电容器输入，电容器输出			25		pF
	IC- 到 -IC 频率变化 ⁽²⁾⁽³⁾		-10		+10	ppm

1. 具有默认模拟校准值 (= 0)
2. 参考值
3. $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5.0$ V

图 28. 断电 / 上电模式交流波形图

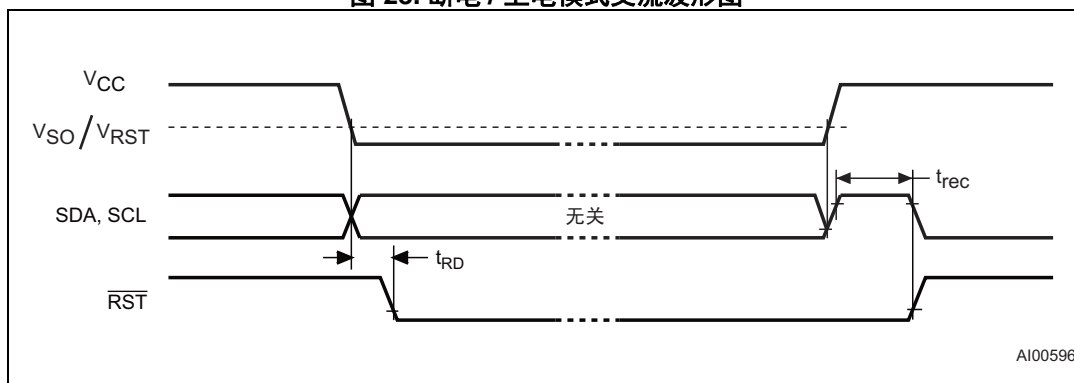
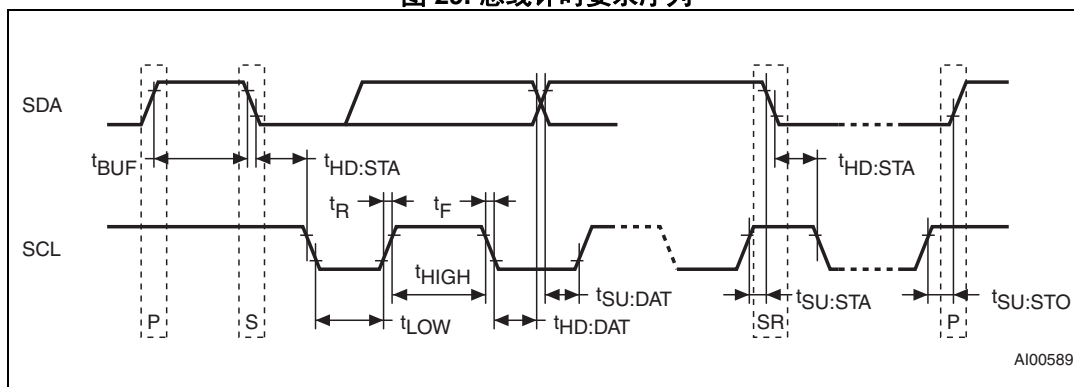


表 24. 断电 / 上电切换点直流特性

符号	参数 ⁽¹⁾⁽²⁾	最小值	典型值	最大值	单位	
V _{RST}	重置阈值电压	S	2.85	2.93	3.0	V
		R	2.55	2.63	2.7	V
		Z	2.25	2.32	2.38	V
V _{SO}	电池备份切换		V _{RST}		V	
	迟滞		25		mV	
t _{rec}	V _{CC} 为高后 $\overline{\text{RST}}$ 保持	140		280	ms	
t _{RD}	V _{CC} 重置延迟 ⁽³⁾		2.5		μs	

1. 所有电压均参考 V_{SS}
2. 仅在环境温度中有效: T_A = -40 至 85 °C; V_{CC} = 2.38 至 5.5 V (除非特别说明)
3. V_{CC} 下降摆率为 10 mV/μs, V_{CC} 在 V_{RST} + 100 mV 至 V_{RST} - 100 mV 范围内时测量

图 29. 总线计时要求序列



AI00589

表 25. 交流特性

符号	参数 ⁽¹⁾	最小值	典型值	最大值	单位
f_{SCL}	SCL 时钟频率	0		400	kHz
t_{LOW}	时钟低时间	1.3			μs
t_{HIGH}	时钟高时间	600			ns
t_R	SDA 和 SCL 上升时间			300	ns
t_F	SDA 和 SCL 下降时间			300	ns
$t_{HD:STA}$	START(开始)保持时间 (这段时间后第一个时钟脉冲产生)	600			ns
$t_{SU:STA}$	START(开始)建立时间 (仅限于重复开始条件)	600			ns
$t_{SU:DAT}^{(2)}$	数据建立时间	100			ns
$t_{HD:DAT}$	数据保持时间	0			μs
$t_{SU:STO}$	STOP(停止)建立时间	600			ns
t_{BUF}	一次新的发送开始前总线必须保持空闲的时间	1.3			μs

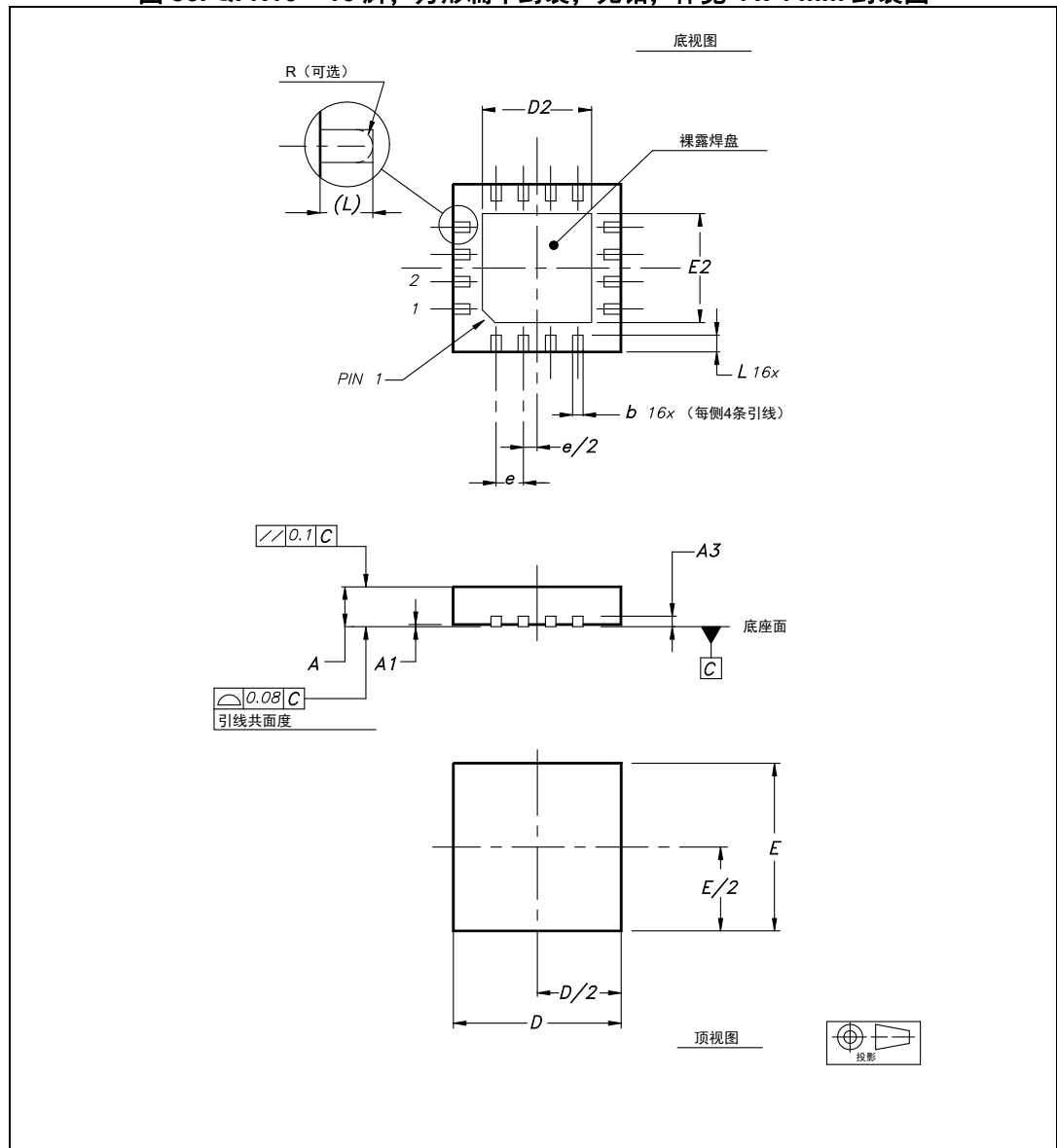
1. 仅在环境温度中有效: $T_A = -40$ 至 85 °C; $V_{CC} = 2.38$ 至 5.5 V (除非特别说明)。
2. 发送器必须提供内部保持时间, 以连接 SCL 下降沿的不确定区域 (最大 300 ns)。

6 封装机械数据

为满足环境要求，意法半导体为这些器件提供了不同等级的 ECOPACK[®] 封装，具体取决于它们的环保合规等级。ECOPACK[®] 规范，级别定义和产品状态请查阅网页：www.st.com。ECOPACK[®] 是意法半导体的商标。

6.1 QFN16 封装信息

图 30. QFN16 – 16 脚，方形扁平封装，无铅，体宽 4 x 4 mm 封装图

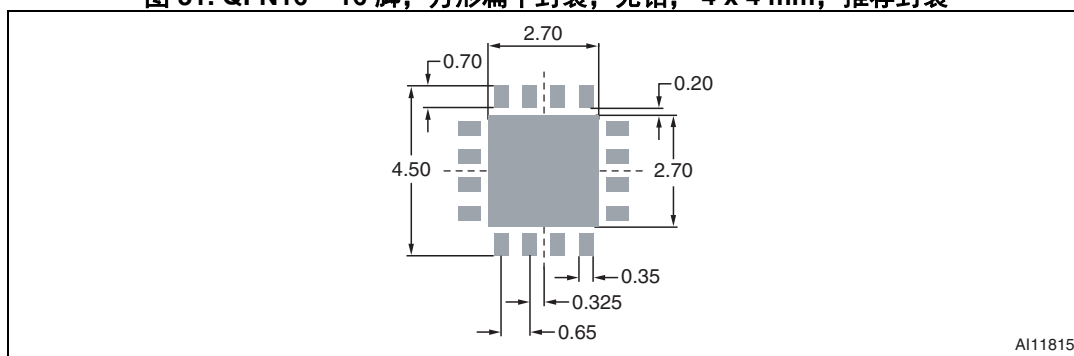


注： 图纸未按比例绘制。

表 26. QFN16 – 16 脚，方形扁平封装，无铅，4 x 4 mm 封装机械数据

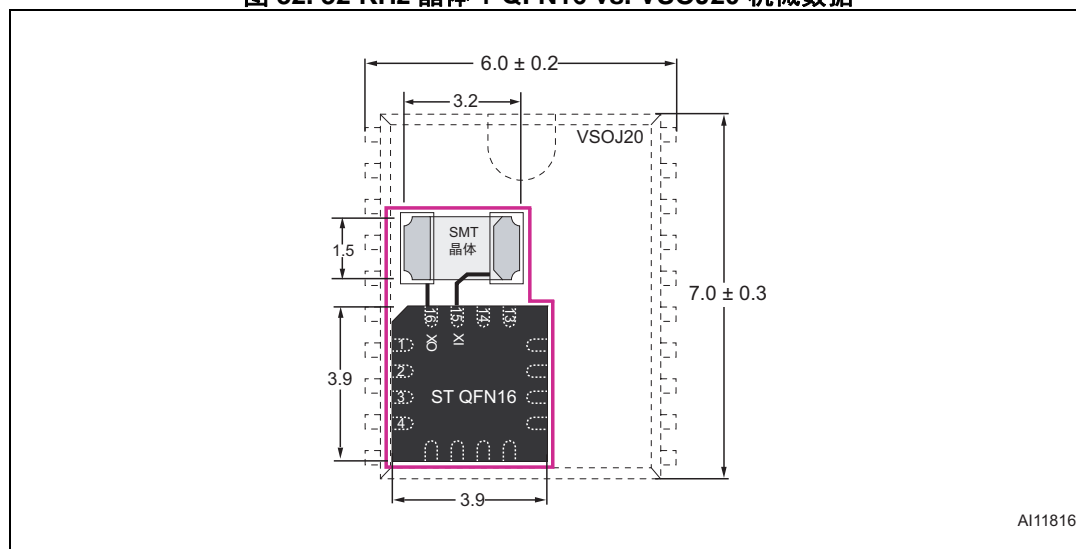
符号	mm			英寸		
	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值
A	0.80	0.90	1.00	0.031	0.035	0.039
A1	0.00	0.02	0.05	0.000	0.001	0.002
A3	–	0.20	–	–	0.008	–
b	0.25	0.30	0.35	0.010	0.012	0.014
D	3.90	4.00	4.10	0.154	0.157	0.161
D2	2.50	–	2.80	0.098	–	0.110
E	3.90	4.00	4.10	0.154	0.157	0.161
E2	2.50	–	2.80	0.098	–	0.110
e	–	0.65	–	–	0.026	–
L	0.30	0.40	0.50	0.012	0.016	0.020

图 31. QFN16 – 16 脚，方形扁平封装，无铅，4 x 4 mm，推荐封装



注： 所示图形尺寸以毫米（mm）为单位。

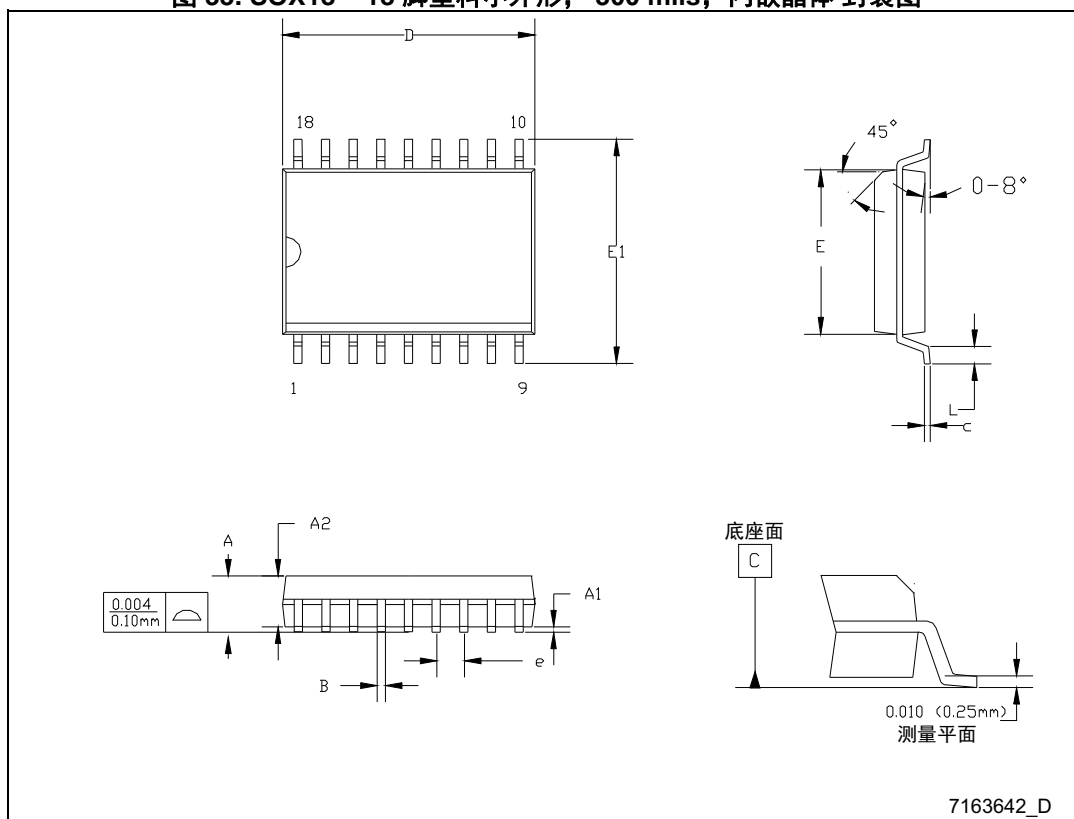
图 32. 32 KHz 晶体 + QFN16 vs. VSOJ20 机械数据



注： 所示图形尺寸以毫米（mm）为单位。

6.2 SOX18 封装信息

图 33. SOX18 – 18 脚塑料小外形, 300 mils, 内嵌晶体 封装图



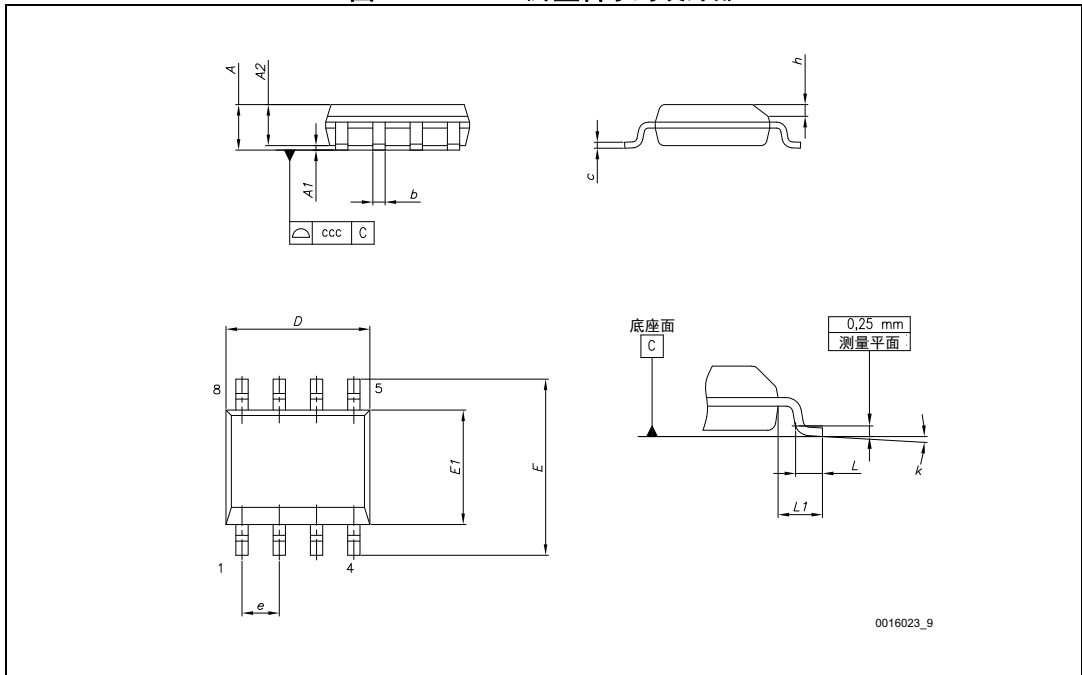
注： 图纸未按比例绘制。

表 27. SOX18 – 18 脚塑料小外形, 300 mils, 内嵌晶体, 封装机械数据

符号	mm			英寸		
	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值
A	2.44	2.57	2.69	0.096	0.101	0.106
A1	0.15	0.23	0.31	0.006	0.009	0.012
A2	2.29	2.34	2.39	0.090	0.092	0.094
B	0.41	0.46	0.51	0.016	0.018	0.020
c	0.20	0.25	0.31	0.008	0.010	0.012
D	11.56	11.61	11.66	0.455	0.457	0.459
E	7.57	7.62	7.67	0.298	0.300	0.302
E1	10.16	10.34	10.52	0.400	0.407	0.414
e	—	1.27	—	—	0.050	—
L	0.51	0.66	0.81	0.020	0.026	0.032

6.3 SO8 封装信息

图 34. SO8 - 8 脚塑料小封装外形



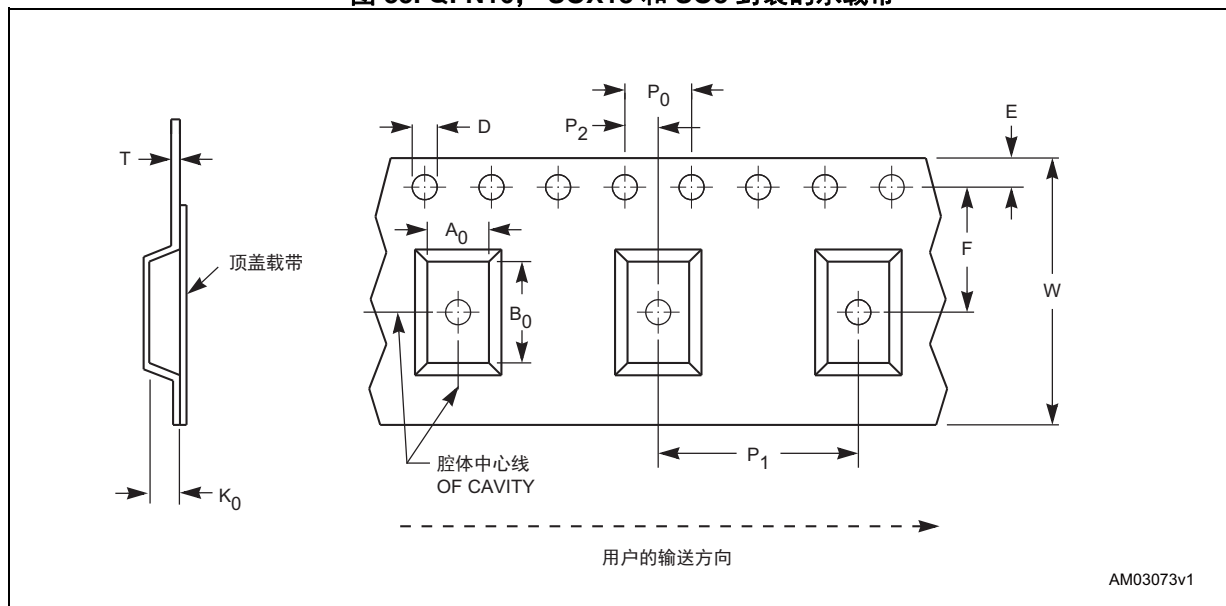
注：图纸未按比例绘制。

表 28. SO8 - 8 脚塑料小尺寸（150 mil 体宽）封装机械数据

符号	mm			英寸		
	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值
A			1.75			0.069
A1	0.10		0.25	0.004		0.010
A2	1.25			0.049		
b	0.31		0.51	0.012		0.020
c	0.17		0.25	0.007		0.010
ccc			0.10			0.004
D	4.80	4.90	5.00	0.189	0.193	0.197
E	5.80	6.00	6.20	0.228	0.236	0.244
E1	3.80	3.90	4.00	0.150	0.154	0.157
e	-	1.27	-	-	0.050	-
h	0.25		0.50	0.010		0.020
k	0°		8°	0°		8°
L	0.40		1.27	0.016		0.050
L1		1.04			0.041	

6.4 承载带信息

图 35. QFN16, SOX18 和 SO8 封装的承载带



注：脚 1 方向按照 EIA 标准。

表 29. QFN16, SOX18 和 SO8 封装的承载带尺寸

封装	W	D	E	P ₀	P ₂	F	A ₀	B ₀	K ₀	P ₁	T	单位	批量数量
QFN16	12.00 ±0.30	1.50 +0.10/ -0.00	1.75 ±0.10	4.00 ±0.10	2.00 ±0.10	5.50 ±0.05	4.30 ±0.10	4.30 ±0.10	1.10 ±0.10	8.00 ±0.10	0.30 ±0.05	mm	1000
SOX18	24.00 ±0.30	1.50 +0.10/ -0.00	1.75 ±0.10	4.00 ±0.10	2.00 ±0.10	11.50 ±0.10	12.70 ±0.10	11.90 ±0.10	3.20 ±0.10	16.00 ±0.10	0.30 ±0.05	mm	1000
SO8	12.00 ±0.30	1.50 +0.10/ -0.00	1.75 ±0.10	4.00 ±0.10	2.00 ±0.10	5.50 ±0.05	6.50 ±0.10	5.30 ±0.10	2.20 ±0.10	8.00 ±0.10	0.30 ±0.05	mm	2500

7 器件型号

表 30. 订购信息

示例:	M41T	83	S	QA	6	F
器件系列	M41T					
设备类型		82 (仅限 SO8 封装) 83				
工作电压			S = $V_{CC} = 3.00$ 到 5.5 V R = $V_{CC} = 2.70$ 到 5.5 V Z = $V_{CC} = 2.38$ 到 5.5 V			
封装				QA = QFN16 (4 mm x 4 mm) M ⁽¹⁾ = SO8 MY ⁽²⁾ = SOX18		
温度范围					6 = -40°C 至 85°C	
装运方式						F = ECOPACK [®] 封装, 卷带

1. 仅限 M41T82
2. SOX18 封装保护一个 32,768 Hz 晶体。

其它选择, 或需了解本设备任何方面的更多信息, 请联系最近的 ST 销售办事处。

8 修订历史

表 31. 文档修订历史

日期	修订	变更
2009 年 4 月 09 日	9	更新了表 1, 2, 4, 6, 10, 11, 21, 图 20, 28, 第 3 节, 第 3.4.1 节, 第 3.4.2 节, 第 3.5 节, 第 3.6 节, 第 3.7 节, 第 3.8 节, 第 3.8.2 节, 第 3.8.3 节, 第 3.8.4 节, 第 3.8.5 节, 第 3.12 节, 第 3.13 节, 第 6 节; added 第 3.8.1 节, 第 3.14 节, 第 3.15 节, 表 9, 14, 15, 图 22, 25; 去掉“输出驱动脚”部分, “报警(闹铃)中断复位波形”图, “备份模式报警(闹铃)波形”图, “定时器倒计时值寄存器位(地址为 11h)”表; 在图 35、表 29 中加入卷带信息。
2010 年 1 月 5 日	10	更新了第 2.2 节: 读模式、第 2.3 节: 写模式、第 3 节: 时钟工作原理、第 3.1 节、第 3.2 节、表 25。
2010 年 3 月 25 日	11	更新了图 28; 表 24。
2010 年 10 月 19 日	12	更新了第 3.12 节: 振荡器失效检测中的注释。
2011 年 10 月 12 日	13	更新了特性、标题、第 3.1 节: 时钟数据一致性、第 3.2 节: 挂起位 (HT) 工作原理; 加入图 16, 向表 30: 订购信息中加入脚注 3。
2012 年 5 月 16 日	14	向第 3.2.1 节: 掉电时间戳中添加了 AN1572 的参考; 对第 3.17 节: OTP 位工作原理 (仅适用于 SOX18 封装的 M41T83) 的文本更新; 表 21: 直流特性中更新了 I _{BAT} 的测试条件; 表 30: 订购信息中删去了管道中运送方法。
2012 年 10 月 26 日	15	关于回流进行了文本修改 (特性, 第 3.17 节); 删去了表 18 的脚注 3; 更行了表 22 的脚注 1; 删去第 8 章: 参考文献。
2013 年 12 月 4 日	16	更新了第 3.4.2 节: 模拟校准 (可编程负载电容); 移动并更新了第 3.4.3 节: 预编程校准值; 更新了第 3.11 节: 世纪位并加入了图 24; 更新了第 3.17 节; 更新了表 18: 绝对最大额定值的脚注 2。
2015 年 1 月 8 日	17	加入对承载带引脚 1 方向的说明 (图 35: QFN16, SOX18 和 SO8 封装的承载带)。
2015 年 6 月 2 日	18	更新了表 28 中的图 30、图 33、图 34 和尺寸 b、c 和 L。从表 26 中删除了尺寸 ddd。

重要通知 - 请仔细阅读

意法半导体公司及其子公司 (“ST”) 保留随时对 ST 产品和 / 或本文档进行变更、更正、增强、修改和改进的权利，恕不另行通知。买方在订货之前应获取关于 ST 产品的最新信息。ST 产品的销售依照订单确认时的相关 ST 销售条款。

买方自行负责对 ST 产品的选择和使用，ST 概不承担与应用协助或买方产品设计相关的任何责任。

ST 不对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。

转售的 ST 产品如有不同于此处提供的信息的规定，将导致 ST 针对该产品授予的任何保证失效。

ST 和 ST 徽标是 ST 的商标。所有其他产品或服务名称均为其各自所有者的财产。

本文档中的信息取代本文档所有早期版本中提供的信息。

© 2015 STMicroelectronics - 保留所有权利