

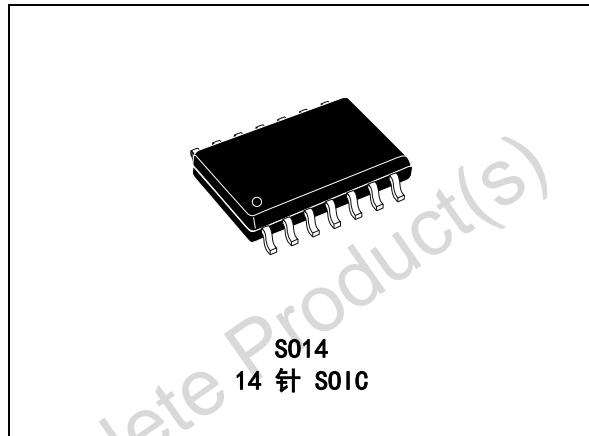
温度补偿 I²C 串行实时时钟 (RTC)

数据手册 – preliminary data

Features

特性

- 内置高稳定性 32 KHz DTCXO(数字温补晶振)
- 温度补偿串行实时时钟
 - 最大 ± 5.0 ppm(-40 至 85 °C)
 - 最大 ± 3.8 ppm(0 至 50 °C)
- 电源电压
 - 时钟工作和计时 :1.6 至 5.5 V
 - I²C 接口工作 :1.8 至 5.5 V
 - 温度补偿 :2.2 至 5.5 V
- 0.8 μ A 典型电流 (3.0 V 电源电压)
- 400 KHz I²C 接口
- 计时闹钟 (带有中断)
- 固定周期计时器中断功能
- 时间更新中断功能
- 可编程频率输出
 - $F_{OUT} = 1$ Hz, 1 KHz 和 32 KHz
- 具有自动闰年补偿, 用于秒分, 时, 星期, 日(日期)月和年的寄存器
- 可编程温度补偿周期 (0.5 s, 2 s, 10 s, 30 s, 2 s 为默认值)



说明

M41TC8025 是一款 I²C 串行实时时钟。它具有温度补偿功能，能够在 -40 至 +85 °C 的整个工业温度范围内保持精确的计时。M41TC8025 除了能提供日期和时间 (秒, 分, 时, 星期, 日(日期), 月和年) 外, 还提供闹钟功能, 固定周期计时器, 时间更新中断和可编程频率输出 (1 Hz, 1 KHz 或 32 KHz) 功能。

M41TC8025 采用 200 mil, 14 针 SOIC 封装。

应用

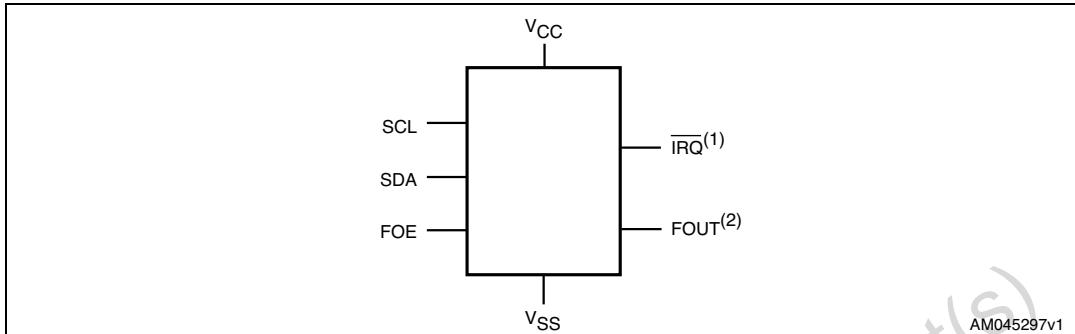
- 电表
- 工业应用

表 1. 设备综述

订购代码	精度	封装
M41TC8025AMC6F	± 5.0 ppm(-40 至 85 °C) ± 3.8 ppm(0 至 50 °C)	SO14

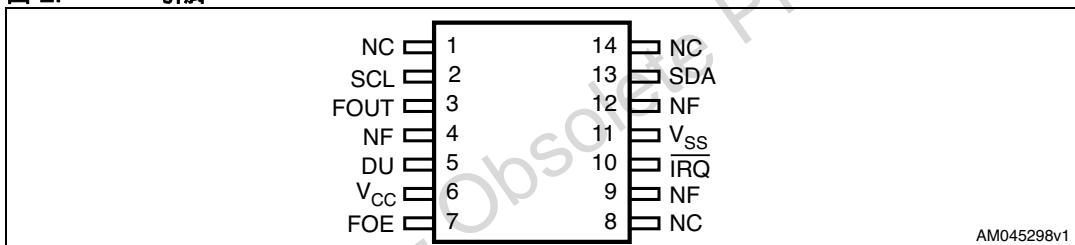
1 设备概述

图 1. 逻辑图



1. IRQ 为漏极开路输出
2. FOUT 为 CMOS 输出

图 2. 引脚



AM045298v1

表 2. 引脚得◆

引脚	名称	说明
1	NC	无连接
2	SCL	串行时钟输入
3	FOUT	可编程频率输出 (CMOS). 如果 FOE 为低, FOUT 引脚为 Hi-Z.
4	NF	无功能 .NF 引脚可连接到 V _{CC} , GND 或者浮空 .
5	DU	请勿在外部使用 .DU 引脚必须浮空 .
6	V _{CC}	电源
7	FOE	频率输出启用, 控制 FOUT 引脚上的频率输出
8	NC	无连接
9	NF	无功能 .NF 引脚可连接到 V _{CC} , GND 或者浮空 .
10	IRQ	中断输出 (漏极开路)
11	V _{SS}	电源地
12	NF	无功能 .NF 引脚可连接到 V _{CC} , GND 或者浮空 .
13	SDA	串行数据输入 / 输出
14	NC	无连接

注： 确保在 V_{CC} 和 V_{SS} 之间连接一个 0.1 μ F 或 1 μ F 的旁路电容器。

图 3. 框图

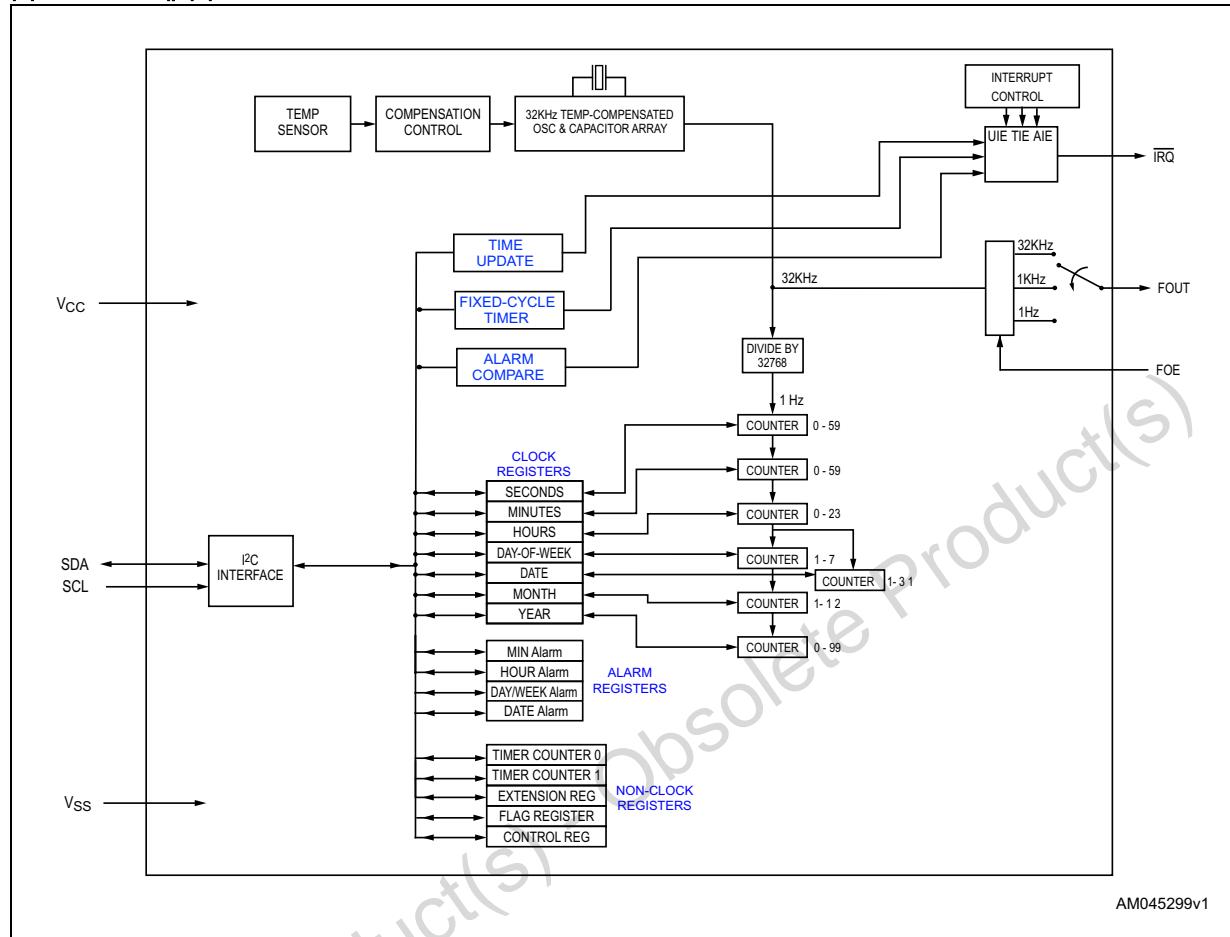
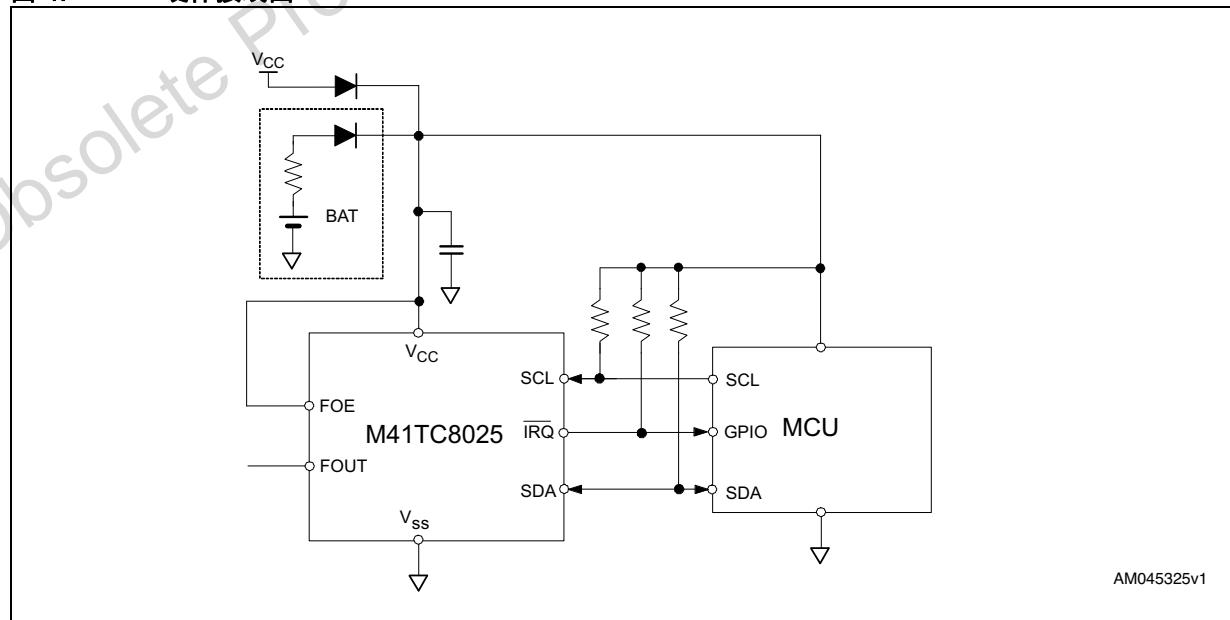


图 4. 硬件接线图



2 工作

2.1 功能综述

2.1.1 用户界面

M41TC8025 RTC 在 I²C 串行总线上作为从设备工作。访问此设备需要先执行 START 条件，然后是正确的从设备地址 (64h, 参考[第 7 页上的表 3](#))。设备内含的 16 个字节寄存器就可被访问。

2.1.2 温度补偿时钟和日历

M41TC8025 RTC 提供日期和时间 (秒, 分, 时, 周, 日 (日期), 月和年), 同时集成温度补偿 (用户可编程的采样周期), 能在 -40 至 +85° C 的整个工业温度范围内保持精确的计时。闰年自动补偿。请参考[第 10 页的第 2.4 节: 时钟和日历](#)。

2.1.3 可编程时钟输出

M41TC8025 RTC 可在 FOUT 引脚上提供可编程且精确的 1 Hz, 1024 Hz (1 KHz) 和 32768 Hz (32 KHz) 的输出。FOUT 引脚为 CMOS 输出, 受 FOE 引脚状态控制。

如果 FOE 引脚为逻辑高, 则启用 FOUT 输出。如果 FOE 引脚为逻辑低, 则禁用 FOUT 输出并为 Hi-Z 状态。详细描述请参考[第 13 页的第 2.5 节: FOUT 引脚上的可编程频率输出](#)。

2.1.4 固定周期计时器中断

固定周期计时器中断功能能够产生固定周期可在 244.14 微秒至 4095 分钟之间编程的任何周期性中断。

当中断产生后, 如果启用 (位 TIE=1), $\overline{\text{IRQ}}$ 引脚将被拉低, 同时标志位 (TF) 将设置为 1, 以表明该中断的产生。当 $\overline{\text{IRQ}}$ 引脚被拉低后, 在经过 t_{RTN} 时间后会被自动释放 (变为 Hi-Z), 这样周期性中断即使在用户没有清除标志位的情况下仍然能够产生 (无自动清除标志位)。详细描述请参考[第 14 页的第 2.6 节: 固定周期计时器中断](#)。

2.1.5 时间更新中断

时间更新中断功能根据内部时钟计时更新, 以一秒或一分钟的周期产生周期性中断。

当时间更新产生后, 如果启用 (位 UIE=1), $\overline{\text{IRQ}}$ 引脚将被拉低, 同时标志位 (UF) 将设置为 1, 以表明时间更新的产生。当 $\overline{\text{IRQ}}$ 引脚被拉低后, 在经过 t_{RTN} 时间后会被自动释放 (变为 Hi-Z), 这样周期性中断即使在用户没有清除标志位的情况下仍然能够产生 (无自动清除标志位)。详细描述请参考[第 18 页的第 2.7 节: 时间更新中断功能](#)。

2.1.6 闹钟中断

用户可以在闹钟日期, 周, 时和分寄存器中设置闹钟中断条件。一旦当前的时钟和日历与闹钟条件相匹配, 闹钟将被激活。此时如果启用 (位 bit AIE=1), $\overline{\text{IRQ}}$ 引脚将被拉低, 同时标志位 (AF) 被设置为 1 以表明闹钟的产生 (无 $\overline{\text{IRQ}}$ 引脚和标志位自动清除信号)。详细描述请参考[第 20 页的第 2.8 节: 闹钟中断功能](#)。

2.2 2- 线 I²C 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：双向数据信号线 (SDA) 和时钟信号线 (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：

2.2.1 总线空闲

数据线和时钟线都保持为高。

2.2.2 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。

2.2.3 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。

2.2.4 数据有效

在 START(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 START(开始) 条件，终止于一个 STOP(停止) 条件。在 START(开始) 条件和 STOP(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 "。

2.2.5 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回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 5. 串行总线传输序列

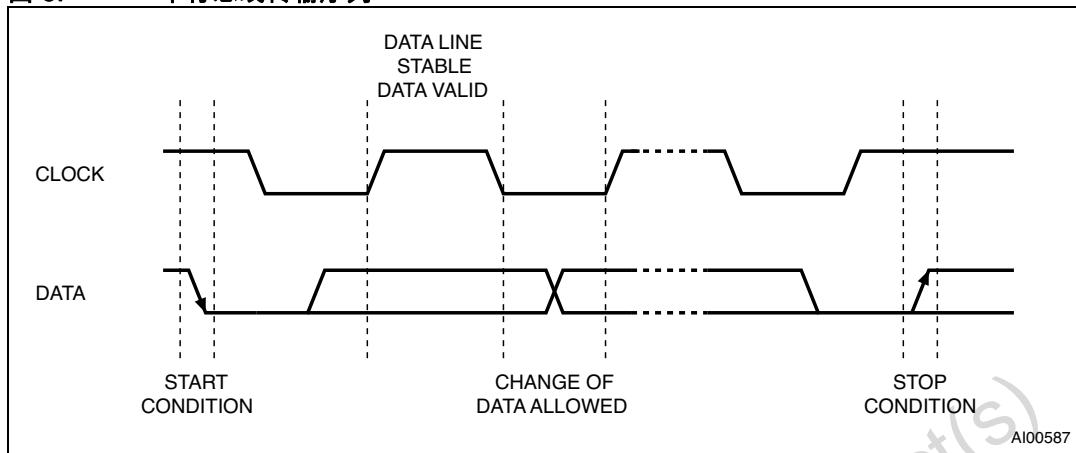
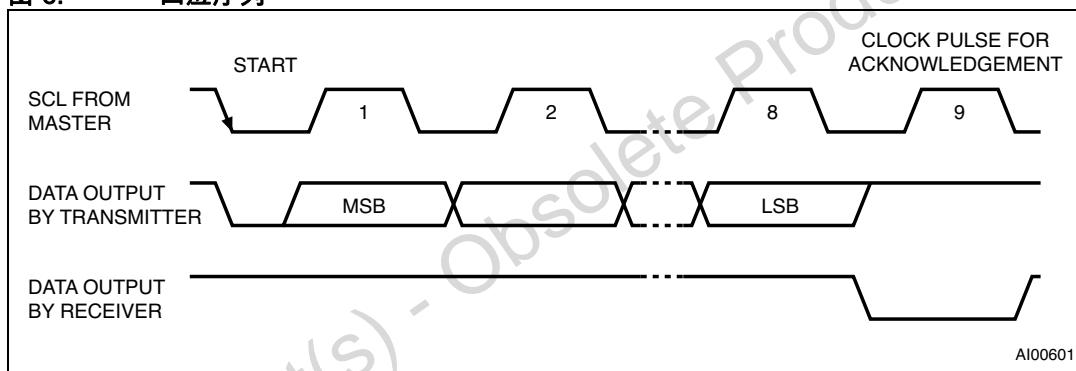


图 6. 回应序列



2.2.6 READ(读) 模式

在这种模式下，设定好从设备地址后（参见第7页表3），主设备可以读取M41TC8025从设备字地址‘An’在WRITE(写)模式控制位(R/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/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回应位。地址指针只有在接收到回应时钟后才增加。M41TC8025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回应后，地址指针会增加到“An+2”（参见第8页的图7）。

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。地址指针到达寄存器0Fh后，将立刻自动返回到00h。

注：地址指针返回功能在READ(读)模式和WRITE(写)模式下都适用。

也可以执行替代的READ(读)模式，从而使主设备可以读取M41TC8025从设备，而无需在一开始写入(易失的)地址指针。首次读取的数的地址为上次保存在指针中的地址（参见第8页的图8）。

注：如果主设备选择了未定义的寄存器地址，M41TC8025地址指针不会变化。在读命令中，未定义的寄存器地址将不会被回应，第一个读取的地址是上次保存在指针中的地址（M41TC8025使用替代读模式操作）。在写命令中，未定义的寄存器地址将不会被回应，地址指针保持不变。

表3. 从设备地址字节

命令	从设备地址								R/W
	位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0	
读(65h)	0	1	1	0	0	1	0	1	
写(64h)	0	1	1	0	0	1	0	0	

MSB(最高有效位)
LSB(最低有效位)

图 7. READ(读) 模式序列

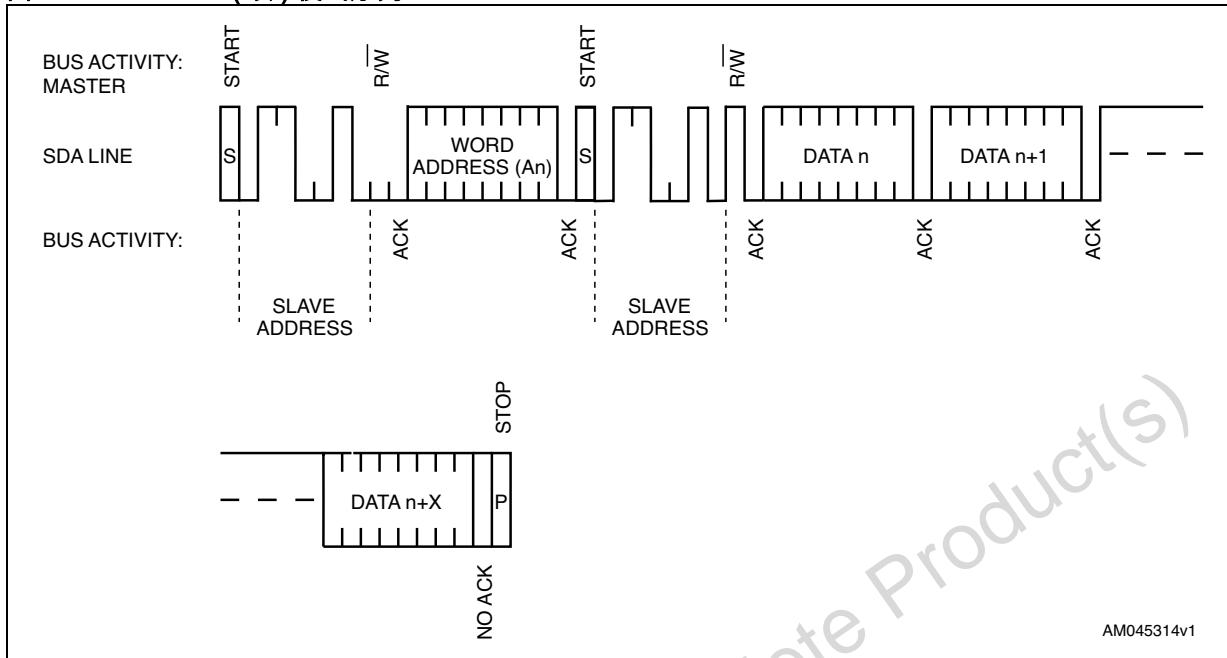
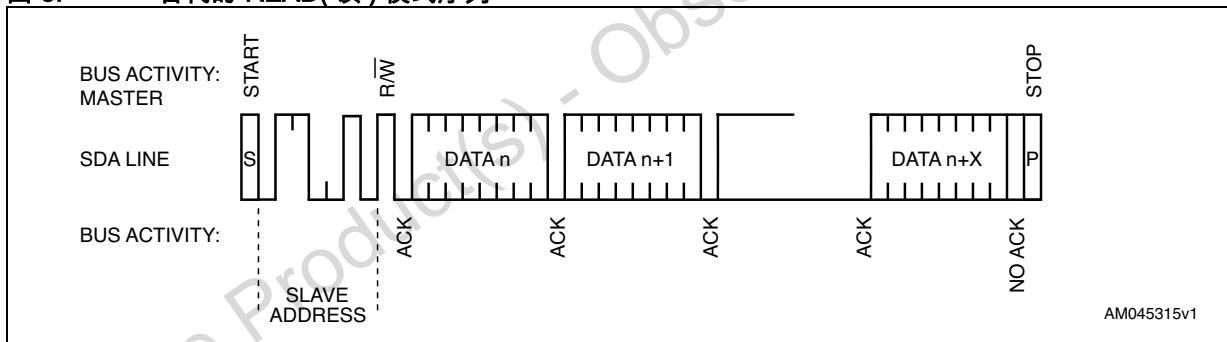


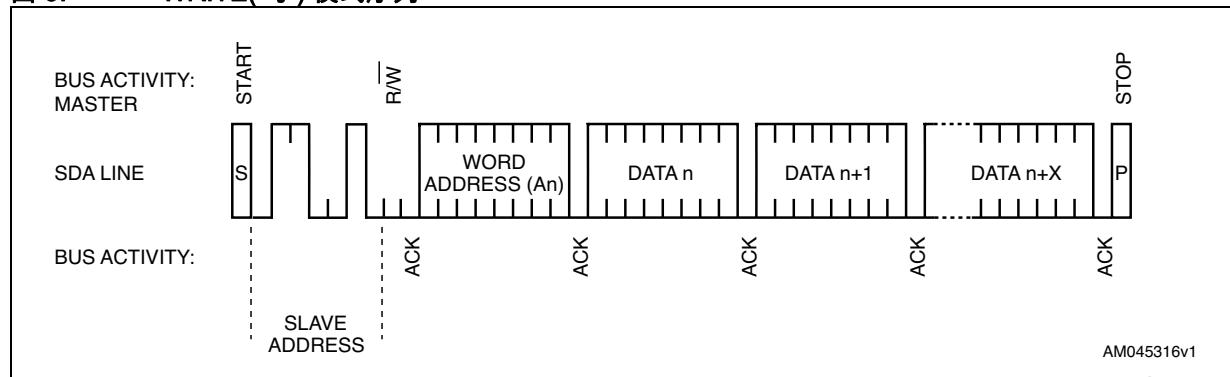
图 8. 替代的 READ(读) 模式序列



2.2.7 WRITE(写) 模式

在此模式下，主设备发送器向 M41TC8025 从设备接收器发送数据。总线协议如 [第 9 页的图 9](#) 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" 要写到其芯片地址指针上。接下来选通向存储器写入数据字，并在接收到回应时钟后将内部地址指针增加到下一地址位置。M41TC8025 从设备接收器在接收到从设备地址 (参见 [第 7 页的表 3](#)) 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回应时钟。

图 9. WRITE(写)模式序列



2.2.8 I²C 超时功能

M41TC8025 设备具有 I²C 总线超时功能。当与 M41TC8025 设备通信时，从发送 START(开始) 条件到发送 STOP(停止) 条件的一系列操作必须保持在 0.95 秒内。

如果上述操作超过 0.95 秒，通过此超时功能，I²C 总线界面会自动在重置为待机模式。

如果在数据字节传送过程中发生了超时，正在传输的数据字节 (读或写) 将不会成功完成。写入设备的数据将不会被回应，地址指针保持不变。如果正在进行读操作，读出的超时后数据位全为 1 且地址指针保持不变。

2.3 寄存器描述

M41TC8025 内的寄存器图及其初始上电默认值请参考 [第 10 页的表 4](#)。

寄存器 00h 至 06h 用作时钟和日历。详细功能和寄存器设置请参考 [第 10 页的第 2.4 节：时钟和日历](#)。

寄存器 07h 是 RAM 字节，供用户使用。

寄存器 08h 至 0Ah 是闹钟寄存器，用于闹钟中断。详细功能和寄存器设置请参考 [第 20 页的第 2.8 节：闹钟中断](#)。

寄存器 0Bh 至 0Ch 用于固定周期中断计时器的目标值设置。详细功能和寄存器设置请参考 [第 14 页的第 2.6 节：固定周期计时器中断](#)。

寄存器 0Dh 至 0Fh 是状态和控制寄存器，各位的详细功能参见各自的功能部分。

表 4. 寄存器图及默认值

地址	功能	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
00h	秒	0	40	20	10	8	4	2	1
01h	分钟	0	40	20	10	8	4	2	1
02h	小时	0	0	20	10	8	4	2	1
03h	星期	0	6	5	4	3	2	1	0
04h	日 (日期)	0	0	20	10	8	4	2	1
05h	月	0	0	0	10	8	4	2	1
06h	年	80	40	20	10	8	4	2	1
07h	RAM	x	x	x	x	x	x	x	x
08h	闹钟 - 分钟 (默认)	AM_M (1)	40	20	10	8	4	2	1
09h	闹钟 - 小时 (默认)	AM_H (1)	x	20	10	8	4	2	1
0Ah	闹钟 - 星期 (默认)	AM_D (1)	6	5	4	3	2	1	0
	闹钟 - 日期 (默认)		x	20	10	8	4	2	1
0Bh	计时器计数器 0	128	64	32	16	8	4	2	1
0Ch	计时器计数器 1	x	x	x	x	2048	1024	512	256
0Dh	扩展寄存器 (默认)	Test (0)	WADA (0)	USEL (0)	TE (0)	FSEL1 (0)	FSEL0 (0)	TSEL1 (0)	TSEL0 (0)
0Eh	标志寄存器 (默认)	0	0	UF (0)	TF (0)	AF (0)	0	VLF (1)	VDET (1)
0Fh	控制寄存器 (默认)	CSEL1 (0)	CSEL0 (1)	UIE (0)	TIE (0)	AIE (0)	0	0	RESET (0)

注释:

- 1 初始上电后或 VLF 位读取为 1 时, 用户必须在使用 RTC 前对所有寄存器进行初始化.
- 2 日期和时间数据格式必须配置正确. 如果数据错误, 时钟不能保证工作正确.
- 3 Test, UF, TF, AF, VLF 或 VDET 位只能写入 "0".
- 4 任何标为 "0" 的位应在初始化后写入 "0", 从这些位读取的数据均为 "0".
- 5 任何标为 "x" 的位均为 RAM 位, 数据读 / 写操作不会影响 RTC 的功能.
- 6 Test 位仅供制造商测试使用. 用户必须向 TEST 位写入 0.

2.4 时钟和日历

M41TC8025 具有精确的温度补偿实时时钟和日历. 用户可以通过读写寄存器 00h 至 06h 进行访问.

2.4.1 时钟寄存器配置

表 5. 时钟计数器 (00h 至 02h)

地址	功能	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
00h	秒	0	40	20	10	8	4	2	1
01h	分钟	0	40	20	10	8	4	2	1
02h	小时	0	0	20	10	8	4	2	1

时钟计数器对秒，分钟和小时进行计数。数据格式为 BCD 格式。例如，“秒”寄存器的数值 "0101 1001" 表示 59 秒。

秒和分钟计数器从 "00" 开始到 "01", "02" 直到 "59" 进行计数，然后返回 "00"。

小时计数器从 "00" 开始到 "01", "02" 直到 "23" 进行计数，然后返回 "00"。

注：
写入无效的时间数据会影响时钟计数器的正常工作。

2.4.2 日历寄存器配置

表 6. 日历计数器 (03h 至 06h)

地址	功能	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
03h	星期	0	6	5	4	3	2	1	0
04h	日 (日期)	0	0	20	10	8	4	2	1
05h	月	0	0	0	10	8	4	2	1
06h	年	80	40	20	10	8	4	2	1

在星期寄存器中，每一位 (从位 0 至位 6) 代表每周中的每一天。

星期的数据值序列如下:Day 01h → Day 02h → Day 04h → Day 08h → Day 10h → Day 20h → Day 40h → Day 01h → Day 02h 等。星期寄存器的可能配置如表 7 所示。

表 7. 星期数据

位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	数据 [h]	星期
0	0	0	0	0	0	0	1	01h	星期日
0	0	0	0	0	0	1	0	02h	星期一
0	0	0	0	0	1	0	0	04h	星期二
0	0	0	0	1	0	0	0	08h	星期三
0	0	0	1	0	0	0	0	10h	星期四
0	0	1	0	0	0	0	0	20h	星期五
0	1	0	0	0	0	0	0	40h	星期六

注：不能在星期寄存器中写入多个“1”位。

注：写入无效的星期数据会影响日历的正常工作。

年，月，日（日期）寄存器中的数据均为 BCD 格式。例如，日期寄存器的数值 "0011 0001" 表示 31 日。

日期计数器从 "01" 开始到 "02", "03" 直到 "31" 进行计数，然后返回 "01"。最大的日期值取决于月寄存器中的值，如表 8 所示。

表 8. 日（日期）寄存器的数据

月值	日（日期）寄存器的数据
1, 3, 5, 7, 8, 10 或 12	01 → 02 → ... → 31 → 01 → 02 → ...
4, 6, 9 或 11	01 → 02 → ... → 30 → 01 → 02 → ...
正常年份中的 2 月	01 → 02 → ... → 28 → 01 → 02 → ...
闰年中的 2 月	01 → 02 → ... → 29 → 01 → 02 → ...

注：任何能够被 4 整除的年份（如 04, 08, 12...88, 92 或 96）为闰年。00 年不是闰年。

月计数器从 "01" 开始到 "02", "03" 直到 "12" 进行计数，然后返回 "01"。代表 1 月，2 月 ... 及 12 月。

年计数器从 "00" 开始到 "01", "02" 直到 "99" 进行计数，然后返回 "00"。代表 2000 年，2001 年 ... 及 2099 年。任何能够被 4 整除的年份（如 04, 08, 12...88, 92, 96 等）自动作为闰年进行处理。00 年不是闰年。

2.4.3 时钟重置功能

表 9. 控制寄存器 0Fh 中的重置位

地址	功能	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
0Fh	控制寄存器	CSEL1	CSEL0	UIE	TIE	AIE	0	0	RESET

控制寄存器 0Fh 中的 RESET 位与时钟计数器的操作相关。

如果 RESET=1, 内部低于 4KHz 的时钟分频器将被停止, 同时将清除 RTC 模块的内部计数器值. 将停止对秒, 分, 时, 星期, 日(日期), 月和年寄存器的更新. 这样, 也将停止闹钟功能, 时间更新中断功能及部分固定周期中断功能(时钟源 < 4KHz).

如果 RESET=0, 低于 4KHz 的时钟分频器正常工作. 所有时钟及日历的更新和中断恢复正常.

一旦 RESET 位被设置为 1, 停止条件, 重新启动条件或 0.95 秒 I²C 超时功能的发生均能够使 RESET 位自动清零.

2.4.4 温度补偿

M41TC8025 RTC 集成了温度传感器以监测设备温度, 并补偿内部时钟源, 从而确保在 -40 ~ +85°C 的整个工业温度范围内都能保持精确时钟. 补偿周期可由用户配置为 0.5 秒, 2 秒, 10 秒或 30 秒. 相关寄存器位 (CSEL1 和 CSEL0, 用粗体突出显示) 见 [表 10](#), 详细配置请参考 [表 11](#).

表 10. 控制寄存器 0Fh 中的温度补偿位

地址	功能	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
0Fh	控制寄存器	CSEL1	CSEL0	UIE	TIE	AIE	0	0	RESET

表 11. 温度补偿周期配置

CSEL1	CSEL0	补偿周期	注释
0	0	0.5 秒	
0	1	2 秒	默认
1	0	10 秒	
1	1	30 秒	

2.5 FOUT 引脚的可编程频率输出

M41TC8025 RTC 在 FOUT 引脚上提供精确的可编程 1 Hz, 1, 024 Hz (1 KHz) 和 32, 768 Hz (32 KHz) 方波时钟输出. 用户可通过 0Dh 寄存器中的 FSEL1 和 FSEL0 位来配置输出频率. FOUT 引脚为 CMOS 输出, 受 FOE 引脚控制.

如果 FOE 引脚为逻辑高, 则启用 FOUT 输出. 如果 FOE 引脚为逻辑低, 则禁用 FOUT 输出并为 Hi-Z 状态.

表 12. FOUT 引脚输出频率选择

地址	功能	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
0Dh	扩展寄存器	TEST	WAD A	USEL	TE	FSEL1	FSEL0	TSEL1	TSEL0

寄存器 0Dh 中的 FSEL1 和 FSEL0 位供用户选择 FOUT 引脚上输出频率. 频率选项请参考 [表 13](#).

表 13. FOUT 频率配置

FSEL1	FSEL0	FOUT 频率	注释
0	0	32768 Hz	默认
0	1	1024 Hz	
1	0	1 Hz	
1	1	32768 Hz	

2.6 固定周期计时器中断

固定周期计时器中断功能能够产生固定周期可在 244.14 微秒至 4095 分钟之间编程的任何周期性中断。

当固定周期计时器中断产生后，如果启用 (位 TIE=1), \overline{IRQ} 引脚将被拉低，同时标志位 (TF) 被设置为 1，以表明该中断的产生。当 \overline{IRQ} 引脚被拉低后，在经过 t_{RTN} 时间后将被自动释放 (变为 Hi-Z)，这样周期性中断即使在用户没有清除标志位的情况下仍然能够产生。

与固定周期计时器中断功能相关的寄存器如 [表 14](#) 所示。

表 14. 固定周期计时器中断相关的寄存器位

地址	功能	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
0Bh	计时器计数器 0	128	64	32	16	8	4	2	1
0Ch	计时器计数器 1	x	x	x	x	2048	1024	512	256
0Dh	扩展寄存器	TEST	WADA	USEL	TE	FSEL1	FSEL0	TSEL1	TSEL0
0Eh	标志寄存器	0	0	UF	TF	AF	0	VLF	VDET
0Fh	控制寄存器	CSEL1	CSEL0	UIE	TIE	AIE	0	0	RESET

注：所有与固定周期中断功能相关的寄存器位标示为粗体。

2.6.1 相关寄存器

寄存器 0Bh 和 0Ch 用于设置内部计时器的中断触发值。它为 12 位二进制格式，数值从 1 (001h) 至 4095 (FFFh)。

寄存器 0Dh 中的 TE 位用于启动 (TE=1) 或停止和重置 (TE=0) 内部计时器。一旦启动，计时器会从 000h 开始朝着中断触发值计数。当计时器数值达到中断触发值，将触发固定周期中断，同时计时器将自动开始从 000h 再次朝中断触发值计数。

寄存器 0Eh 中的 TF 位是固定周期计时器中断的标志位。当计时器启动 (TE=1) 并且内部计数器增量达到中断触发值时，TF 位立即被设置为 1，以表示发生了固定周期计数器中断。一旦 TF=1，将不会被自动清零，需要用户重置为 0。将 TF 位重置为 0 会使 \overline{IRQ} 引脚立即从低释放到 Hi-Z。否则， \overline{IRQ} 引脚会在经过 t_{RTN} 时间 (如 [表 15](#) 所示) 后自动释放。

寄存器 0Fh 中的 TIE 位是中断使能位。如果启用中断 (TIE=1) 并且发生固定周期中断事件， \overline{IRQ} 引脚会被拉低。如果禁用中断 (TIE=0)，即使发生了固定周期中断事件， \overline{IRQ} 引脚状态也不会改变，保持 Hi-Z。但无论 \overline{IRQ} 引脚状态如何，TF 位仍可设置为 1。当 \overline{IRQ} 引脚为低时，将 TIE 位重置到 0 会使 \overline{IRQ} 引脚立即释放 (更改为 Hi-Z)。

寄存器 0Dh 中的 TSEL1 和 TSEL0 位用于选择内部计时器的计数源时钟。配置如表 15 所示。

表 15. 计时器源时钟配置

TSEL1	TSEL0	时钟源	自动重置时间 (t_{RTN})	RESET 位的影响
0	0	4096 Hz(周期为 244.14 μ s)	122 μ s	没有影响
0	1	64 Hz(周期为 15.625 ms)	7.8125 ms	当 RESET = 1 时不工作
1	0	1 Hz(周期为 1 秒)	7.8125 ms	
1	1	" 分 " 更新 (周期为分)	7.8125 ms	

注释:

- 1 \overline{IRQ} 引脚自动释放时间 (t_{RTN}) 随源时钟选择不同而变化。
- 2 当源时钟选为 " 秒更新 " 或 " 分更新 " 时, 计数及中断计时与时钟更新计时同步。
- 3 当控制寄存器 0Fh 中的 RESET 位为 1 时, 低于 4KHz 的时钟分频器停止工作。因此, 固定周期计时器中断在源时钟为 64 Hz, 1 Hz 及 " 分 " 更新时停止工作。

2.6.2 固定周期计时器中断间隔配置

表 16 提供了固定周期计时器中断的可能周期示例。

表 16. 固定周期计时器中断配置

计时器计数器 设置	源时钟			
	4096 Hz TSEL1, 0 = 0, 0	64 Hz TSEL1, 0 = 0, 1	"秒"更新 1 Hz TSEL1, 0 = 1, 0	"分"更新 TSEL1, 1 = 0, 1
0	-	-	-	-
1	244.14 微秒	15.625 毫秒	1 秒	1 分
2	488.28 微秒	31.25 毫秒	2 秒	2 分
...
41	10.01 毫秒	640.63 毫秒	41 秒	41 分
205	50.049 毫秒	3.203 秒	205 秒	205 分
410	100.1 毫秒	6.406 秒	410 秒	410 分
2048	500 毫秒	32 秒	2048 秒	2048 分
...
4095	0.9998 秒	63.984 秒	4095 秒	4095 分

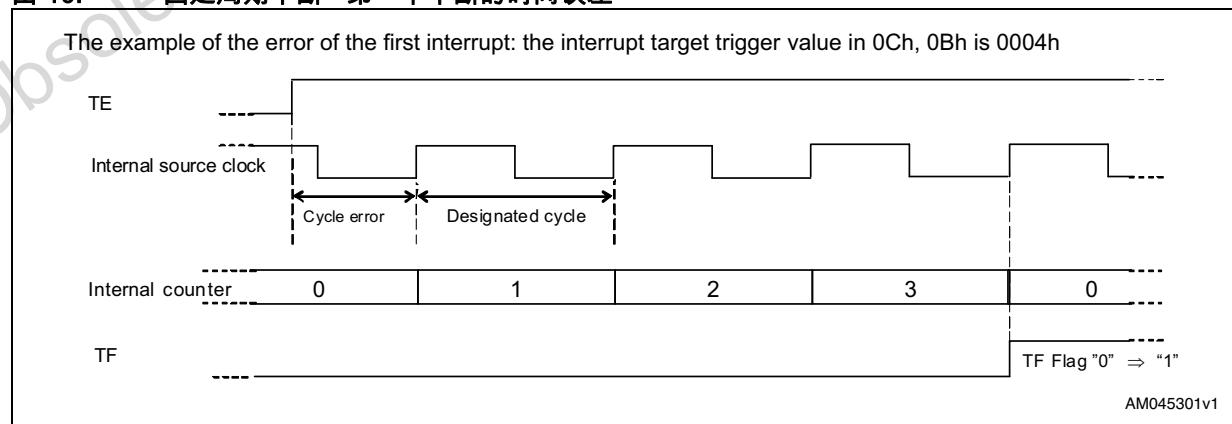
2.6.3 固定周期计时器中断的时间误差

在配置固定周期计时器中断条件 (例如, 设置寄存器 0Bh 和 0Ch 中的值或选择源时钟) 之前, 建议用户先对 TE 和 TIE 位写入 0, 以防止在配置期间产生硬件中断。

当 TE 位从 0 设为 1 时, 第一个中断的产生可能具有误差。最大时间误差为源时钟的周期。如下图 10 所示。

同样, 如果用户将 RESET 位设置为 1, 低于 4 kHz 的内部时钟分频器将被清除。一旦清除 RESET 位, 也会导致第一个中断出现误差。此计时误差不会影响 4 kHz 时钟源的固定周期中断。

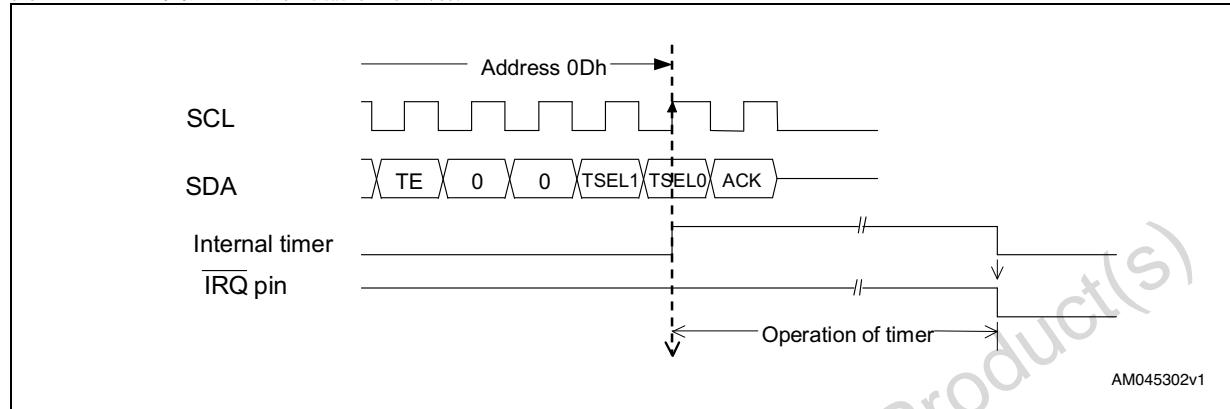
图 10. 固定周期中断 - 第一个中断的时间误差



2.6.4 开始固定周期计时器中断

固定周期计时器中断的内部计数器值开始于 TE 值从 "0" 变为 "1" 时 SCL 信号的上升沿 (发送 LSB 后). 详情参考 [图 11](#).

图 11. 固定周期计时器中断开始点



2.6.5 停止固定周期计时器中断

当控制寄存器 0Fh 中的 RESET 位为 1 时，低于 4KHz 的时钟分频器停止工作。因此，固定周期计时器中断在源时钟为 64 Hz, 1 Hz 及 "分" 更新时停止工作。RESET 位不会影响源时钟为 4096 Hz 的固定周期计时器中断。

2.6.6 固定周期计时器中断的示例操作

[图 12](#) 提供了固定周期计时器中断的示例。[图 13](#) 提供了固定周期计时器中断的时序。

图 12. 固定周期计时器中断示例

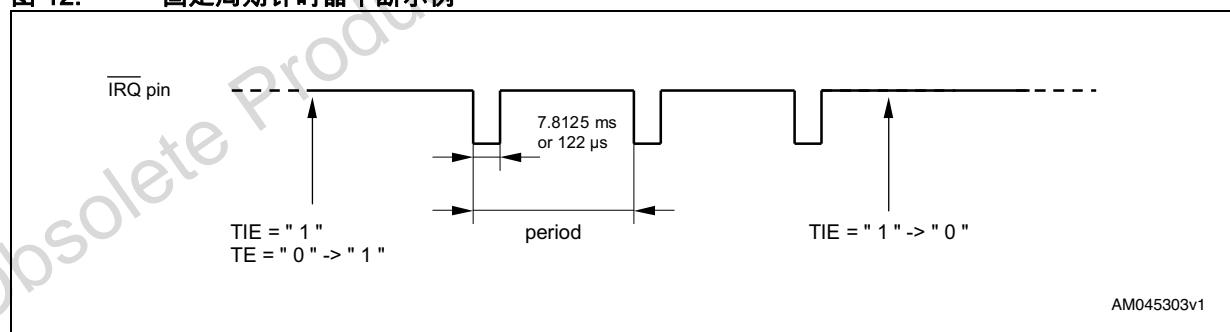
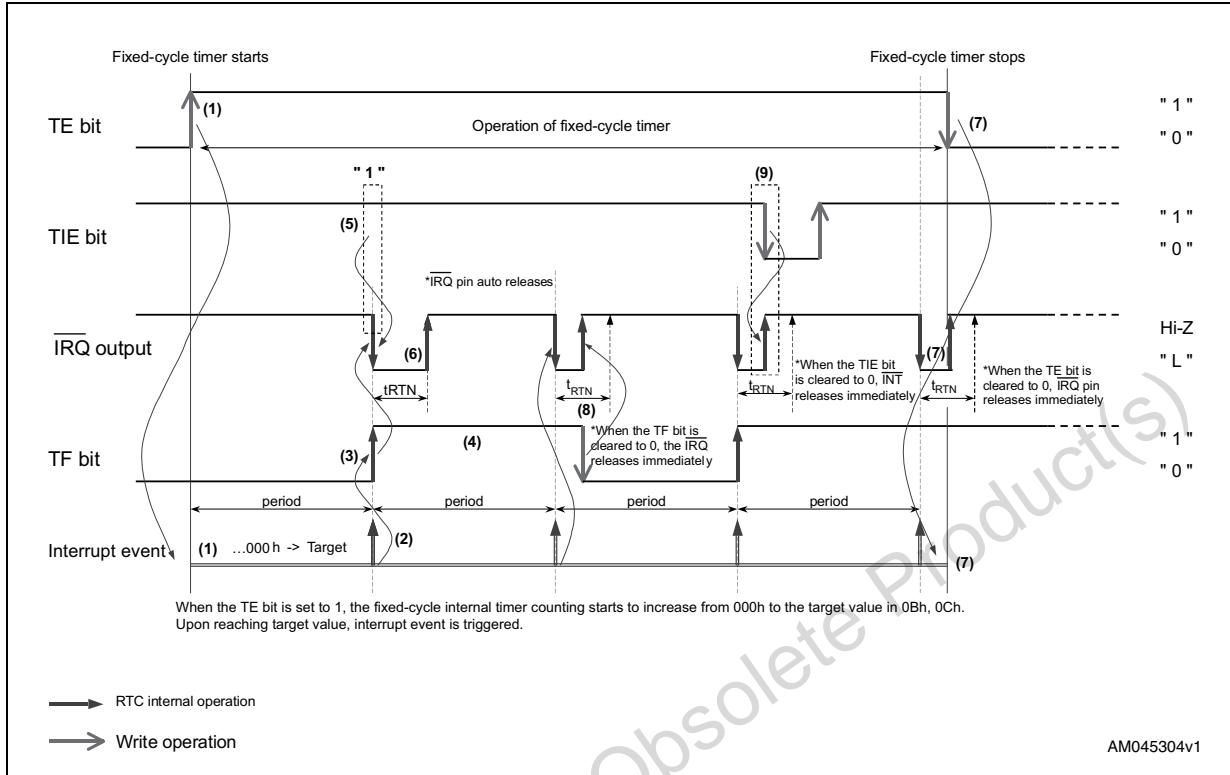


图 13. 固定周期计时器中断时序



- 当 TE 位设置为 1 时，固定周期内部计时器开始从 000h 朝着寄存器 0Bh 和 0Ch 中设置的目标值增加 .
- 当内部计时器值达到目标值，中断事件产生 . 中断事件产生后，内部计时器再次自动从 000h 开始朝着目标值计数 .
- 当固定周期计时器中断事件产生后，TF 位设置为 1.
- 当 TF 位设置为 1 后将一直保持直到用户重置为 0.
- 当固定周期计时器中断事件产生且 TIE=1 时， \overline{IRQ} 引脚输出被拉低 . 当固定周期计时器中断事件产生且 TIE=0 时， \overline{IRQ} 引脚保持 Hi-Z.
- 当事件产生后， \overline{IRQ} 引脚在 t_{RTN} 期间内的输出保持为低，然后自动释放到 Hi-Z. \overline{IRQ} 引脚在下次中断事件中会被再次拉低 .
- 当 TE 位重置为 0 时，固定周期计时器功能停止， \overline{IRQ} 引脚立即释放到 Hi-Z.
- 如果 \overline{IRQ} 引脚为低，将 TF 位值从 1 更改为 0 会立即将 \overline{IRQ} 引脚释放到 Hi-Z.
- 如果 \overline{IRQ} 引脚为低，将 TIE 位值从 1 更改为 0 会立即将 \overline{IRQ} 引脚释放到 Hi-Z.

2.7

时间更新中断功能

时间更新中断功能根据内部时钟计时，以一秒钟或一分钟间隔内产生周期性中断 .

当时间更新产生后，如果启用 (位 UIE=1), \overline{IRQ} 引脚将被拉低，同时标志位 (UF) 将设置为 1，以表明时间更新的产生 . 当 \overline{IRQ} 引脚被拉低后，在经过 t_{RTN} 时间后将被自动释放 (变为 Hi-Z), 这样周期性中断即使在用户没有清除标志位的情况下仍然能够产生 .

与时间更新中断功能相关的寄存器如 [表 17](#) 所示 .

表 17. 时间更新中断相关的寄存器位

地址	功能	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
0Dh	扩展寄存器	TEST	WADA	USEL	TE	FSEL1	FSEL0	TSEL1	TSEL0
0Eh	标志寄存器	0	0	UF	TF	AF	0	VLF	VDET
0Fh	控制寄存器	CSEL1	CSEL0	UIE	TIE	AIE	0	0	RESET

注：所有与计时器更新中断功能相关的寄存器位标示为粗体。

2.7.1 相关寄存器

寄存器 0Dh 中的 USEL 位用于选择一秒或一分更新以产生中断。如果 USEL=0(默认值), 选择一秒更新中断。如果 USEL=1, 选择一分更新中断。

寄存器 0Eh 中的 UF 位是时间更新中断标志。当时间获得更新 (USEL 位选择一秒或一分更新) 时 , UF 位被设置为 1 来表明时间更新发生。一旦 UF=1, 将不会被自动清零 , 需要用户重置为 0. 将 UF 位重置为 0 会使 \overline{IRQ} 引脚立即从低释放到 Hi-Z. 否则 , \overline{IRQ} 引脚会在经过 t_{RTN} 时间 (如 [表 18](#) 所示) 后自动释放。

寄存器 0Fh 中的 UIE 位是中断使能位。如果启用中断 (UIE=1) 并且发生时间更新中断事件 , \overline{IRQ} 引脚会被拉低。如果禁用中断 (UIE=0), 即使发生了时间更新中断事件 , \overline{IRQ} 引脚状态也不会改变 , 保持 Hi-Z. 但无论 \overline{IRQ} 引脚状态如何 , UF 位仍可设置为 1. 当 \overline{IRQ} 引脚为低时 , 将 UIE 位重置到 0 会使 \overline{IRQ} 引脚立即释放 (更改为 Hi-Z)。

表 18. 时间更新中断周期选择

USEL	时间更新中断周期	自动重置时间 (t_{RTN})	RESET 位的影响
0	一秒更新 (每秒一次)	500 毫秒	当 RESET = 1 时不工作
1	一分更新 (每分一次)	7.8125 ms	

注释： 1 \overline{IRQ} 引脚自动释放时间 (t_{RTN}) 随中断选择不同而变化。

2 当源时钟设置为 " 秒更新 " 或 " 分更新 " 时 , 计数及中断计时与时钟更新计时同步。

3 由于 RESET=1 会停止低于 4096 Hz 的时钟链 , 所以无论一秒更新还是一分更新都会停止。

2.7.2 开始时间更新中断

一旦 M41TC8025 上电 , 打开时间更新中断。根据 USEL 位的选择 (一秒或一分更新) , 一旦有时间更新就设置一次 UF 位。如果启用 (UIE 位 =1), \overline{IRQ} 引脚会被拉低。

2.7.3 停止时间更新中断

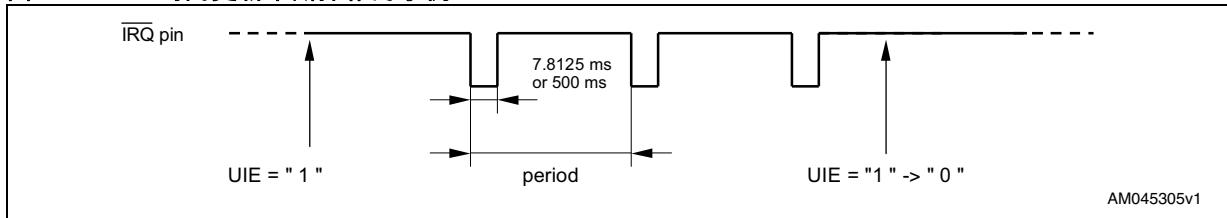
尽管时间更新中断功能无法完全停止 , 但是在 UIE=0 时 , 可防止时间更新中断发生。

由于 RESET=1 将使低于 4096 Hz 的时钟分频器停止 , 所以无论一秒更新还是一分更新中断都将停止。

2.7.4 时间更新中断的示例操作

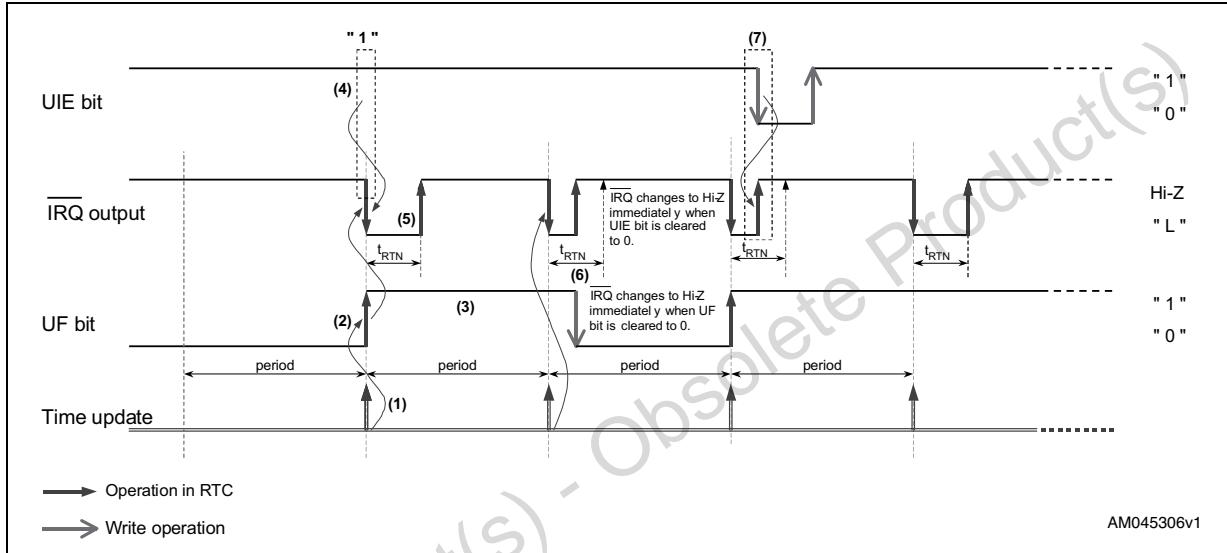
[图 14](#) 提供了时间更新中断的示例。[图 15](#) 提供了时间更新中断的时序图。

图 14. 时间更新中断操作的示例



注：一秒更新自动释放时间为 500 毫秒，一分更新自动释放时间为 7.8125 毫秒。

图 15. 时间更新中断时序图



- 当内部时钟值与秒更新或分更新 (由 USEL 位选择) 匹配时，会发生时间更新事件。
- 当时间更新事件发生时，UF 位设置为 1。
- UF=1 后将保持该状态直到用户清零。
- 当时间更新中断发生时，如果 UIE=1，IRQ 引脚输出会被拉低。如果 UIE=0，发生时间更新时，IRQ 引脚保持 Hi-Z。
- 每次发生中断时，IRQ 引脚被拉低的最长时间为 t_{RTN} 时间内被拉低 (秒更新固定为 500 毫秒，分更新固定为 7.8125 毫秒)，然后自动释放为 Hi-Z。当下次中断事件发生时，IRQ 引脚会被再次拉低。
- 当 IRQ 引脚为低时，UF 位被重置为 0 后将立即释放为 Hi-Z。
- 当 IRQ 引脚为低时，UIE 位设置为 0 后将立即释放为 Hi-Z。

2.8 闹钟中断功能

在闹钟寄存器 08h 至 0Ah 中设置的条件下，闹钟中断功能产生闹钟。当前时钟与日历一旦达到了闹钟条件，即启用闹钟功能。标志位 (AF) 将设置为 1 以表明闹钟事件，如果启用 (位 AIE=1)，IRQ 引脚将被拉低。IRQ 引脚或标志位都不会自动清除。

与闹钟中断功能相关的寄存器如表 19 所示。

表 19. 与闹钟中断相关的寄存器位

地址	功能	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
01h	分钟	0	40	20	10	8	4	2	1
02h	小时	0	0	20	10	8	4	2	1

表 19. 与闹钟中断相关的寄存器位

地址	功能	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
03h	星期	0	6	5	4	3	2	1	0
04h	日 (日期)	0	0	20	10	8	4	2	1
08h	闹钟 - 分钟	AM_M	40	20	10	8	4	2	1
09h	闹钟 - 小时	AM_H	x	20	10	8	4	2	1
0Ah	闹钟 - 星期	AM_D	6	5	4	3	2	1	0
	闹钟 - 日期		x	20	10	8	4	2	1
0Dh	扩展寄存器	TEST	WADA	USEL	TE	FSEL1	FSEL0	TSEL1	TSEL0
0Eh	标志寄存器	0	0	UF	TF	AF	0	VLF	VDET
0Fh	控制寄存器	CSEL1	CSEL0	UIE	TIE	AIE	0	0	RESET

注：所有与闹钟中断功能相关的寄存器位标示为粗体。

2.8.1 相关寄存器

寄存器 01h 至 04h 是当前的时钟和日历寄存器，详细描述请参考 [第 2.4 节：时钟和日历](#)。

寄存器 08h 至 0Ah 设置闹钟条件的分，时，星期 / 日期。每个寄存器的 MSB 是闹钟屏蔽位 AM_M, AM_H 和 AM_D。如果 AM_x=0，在闹钟寄存器设置和相应的当前时钟和日历寄存器值相匹配时，闹钟产生。如果 AM_x=1，该闹钟寄存器值与相应的时钟和日历值不做比较。

寄存器 0Ah 用于定义星期或日 (日期)。可以由寄存器 0Dh 中的 WADA(星期闹钟 / 日期闹钟) 位选择。当 WADA=0 时，选择星期。当 WADA=1 时，选择日 (日期)。

在 08h 中闹钟分钟寄存器的可能取值为 BCD 格式的 "00", "01", "02" 直至 "59"。

在 09h 中闹钟分钟寄存器的可能取值为 BCD 格式的 "00", "01", "02" 直至 "23"。

在 0Ah 中闹钟星期寄存器中，从位 0 到位 6，一位分别代表一天，这和在 03h 星期寄存器的格式一样。唯一的不同是：在寄存器 03h 中，应仅设置一个位，以代表日历中一周中的某一天，但在寄存器 0Ah 中，可以设置多个位，以代表闹钟发生在一个星期中的不同天。

在 0Ah 中，闹钟日期寄存器的可能取值为 BCD 格式的 "00", "01", "02" 直至 "31"。

寄存器 0Eh 中的 AF 位为闹钟标志位。当闹钟事件产生时，AF 位设置为 1。一旦 AF=1，将不会被自动清除，需要用户重置为 0。将 AF 位重置为 0 后，IRQ 会立即由低释放为 Hi-Z。

寄存器 0Fh 中的 AIE 位是闹钟使能位。如果启用闹钟 (UIE=1) 并且发生闹钟事件，IRQ 引脚会被拉低。如果禁用闹钟 (UIE=0)，即使有闹钟事件产生，IRQ 引脚也会保持 Hi-Z 不变。当 IRQ 引脚为低时，将 AIE 位设置为 0，IRQ 引脚会立刻从低释放为 Hi-Z。(On 1196 and 1197, the "UIE" in English originals should be "AIE")

由于 RESET=1 会使低于 4096 Hz 的时钟链停止，因此闹钟中断功能也停止。

2.8.2 闹钟中断实录

下面的 [表 20](#) 提供了选择 " 星期 "(WADA=0) 时的闹钟设置示例。

表 20. 星期闹钟设置

	寄存器 0Ah								Reg.0 9h	Reg.08h	闹钟描述	
	星期闹钟								小时 闹钟	分钟 闹钟		
	位 7 AM_D	位 6 S	位 5 F	位 4 T	位 3 W	位 2 T	位 1 M	位 0 S				
已选择星期 (WADA=0)	0	0	1	1	1	1	1	0	08h	80h~ FFh	星期一至星期五上午 8 点	
	0	1	0	0	0	0	0	1	80h~ FFh	38h	星期六和星期日，每小时的 38 分。小时值不作比较。	
	0	1	1	1	1	1	1	1	18h	18h	每天下午 6:18	
	1	x	x	x	x	x	x	x				
	1	x	x	x	x	x	x	x	80h~ FFh	80h~ FFh	每一分钟都产生闹钟	

注释: 1 x 表示均可。

2 如果寄存器 08h, 09h 和 0Ah 中的 AM_M, AM_H 和 AM_D 位均设置为 1, 表示寄存器无需比较所有分钟, 小时, 星期, 并且每一分钟都产生闹钟。

[表 21](#) 提供了指定 "日 (日期)"(WADA=1) 时的闹钟设置示例。

表 21. 日期闹钟设置

	寄存器 0Ah								Reg.0 9h	Reg.08h	闹钟描述	
	日 (日期) 闹钟								小时	分钟		
	位 7 AM_D	位 6 0	位 5 20	位 4 10	位 3 08	位 2 04	位 1 02	位 0 S01				
已选择日 (日期) (WADA=1)	0	0	0	0	1	0	0	0	18h	80h~ FFh	每月 8 日下午 6 点，分钟值不用比较	
	0	0	0	1	1	0	0	0	80h~ FFh	28h	每月 18 日，每小时的 28 分，小时值不用比较	
	1	x	x	x	x	x	x	x	18h	18h	每天下午 6:18	
	1	x	x	x	x	x	x	x	80h~ FFh	80h~ FFh	每一分钟都产生闹钟	

注释: 1 x 表示均可。

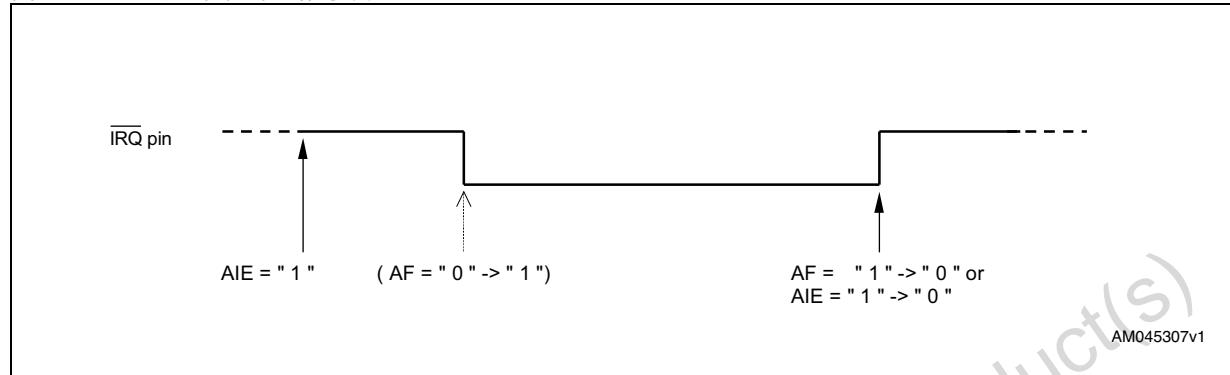
2 如果寄存器 08h, 09h 和 0Ah 中的 AM_M, AM_H 和 AM_D 位均设置为 1, 表示寄存器无需比较所有分钟, 小时, 日期, 并且每一分钟都产生闹钟。

闹钟事件只有在当前时钟与日历计数达到了闹钟条件时才会发生。即使当前日期 / 时间设置为闹钟条件, 闹钟也不会立即产生, 而要等得到计数器计数达到当前日期 / 时间才会发生 (即, 闹钟将在下次产生, 不会立即产生)。

2.8.3 闹钟中断工作示例

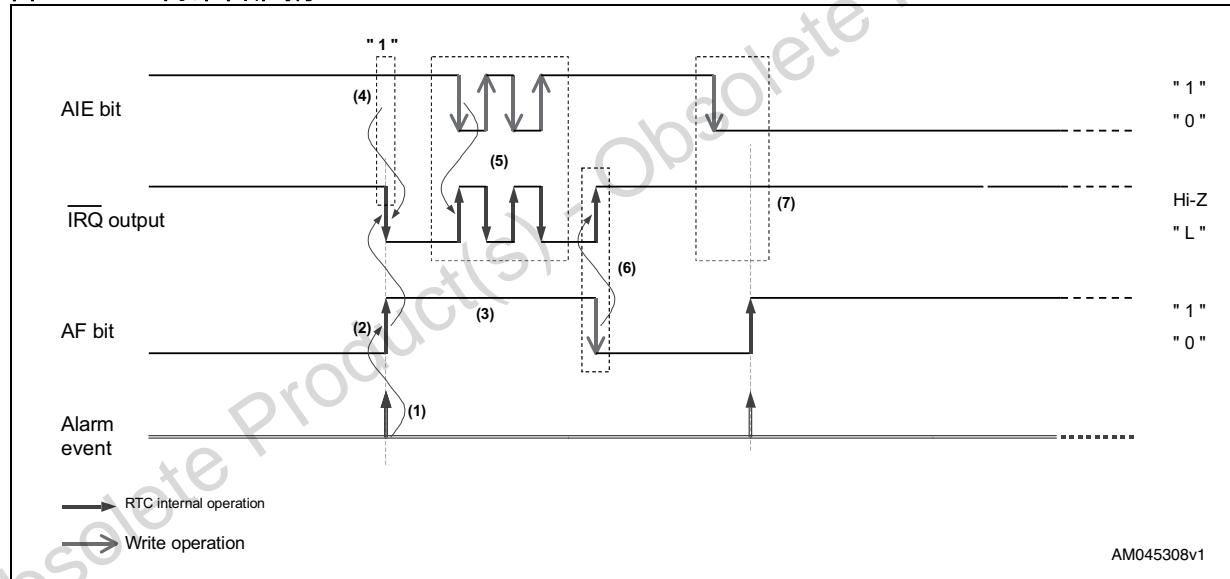
图 16 提供了闹钟中断示例。图 17 提供了闹钟中断时序。

图 16. 闹钟中断工作示例



注：IRQ 引脚不会自动清除。

图 17. 闹钟中断时序



1. 应提前设置闹钟分钟、小时、星期或日期条件，以及 WADA 位。闹钟事件只有在当前时钟与日历计数符合闹钟条件时才会发生。即使当前日期/时间设置为闹钟条件，闹钟也不会立即产生，而要等到计数器计数达到当前日期/时间才会发生（即，闹钟将在下次产生，不会立即产生）。
2. 当闹钟事件产生时，AF 位设置为 1。
3. 当 AF=1 时，将一直保持直到用户重置为 0。
4. 当闹钟事件产生且 AIE=1 时，IRQ 引脚被拉低，并保持该状态直到当 AF 位或 AIE 位被清零而将 IRQ 引脚释放到 Hi-Z。
5. 当 IRQ 引脚为低，清零 AIE 位会使 IRQ 引脚立即释放到 Hi-Z。
6. 当 IRQ 引脚为低，清零 AF 位会使 IRQ 引脚立即释放到 Hi-Z。
7. 当闹钟事件产生且 AIE=0 时，IRQ 引脚状态保持 Hi-Z 不变。

2.9 三种中断之间的关系

IRQ 引脚在上述三种中断类型中是共用输出引脚。它输出这三种中断的逻辑“或”结果。

当中断产生且 \overline{IRQ} 引脚被拉低时，UF, TF 和 AF 标志状态表明产生了何种中断。

如果用户在 \overline{IRQ} 引脚为低时将 RESET 设置为 1, \overline{IRQ} 引脚立即释放为 Hi-Z.

2.10 低电压检测

M41TC8025 在 0Eh 中有两个寄存器位来指示电压低水平，这在 [表 22](#) 中突出显示。

表 22. 电池电压低相关的寄存器位

地址	功能	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
0Eh	标志寄存器	0	0	UF	TF	AF	0	VLF	VDET

VLF(电压低标志) 位指示低电压的发生。在设备初始上电时，VLF 位设置为 1, 用户需要在例行启动过程中将其重置为 0. VLF 位是自动设置，只能由用户重置为 0.

在工作过程中，如果 VLF=1, 所有寄存器数据的正确性将不能保证，RTC 需要进行初始化。

VDET(电压检测标志) 位指示温度补偿的状态。在设备初始上电时，VDET 位设置为 1, 用户需要在例行启动过程中将其重置为 0.

在工作过程中，如果 VDET=1, 尽管计时功能正常，但温度补偿功能停止，从而无法保证计时精度。VDET 位是自动设置，只能由用户重置为 0.

VLF 和 VDET 检测仅在温度补偿期间进行 (参见 [第 13 页的第 2.4.4 节：温度补偿](#)). 在最坏情况下，VLF 和 VDET 位设置为 1 会滞后 30 秒 (最长温度补偿周期)。

2.11 应用

2.11.1 电池备份和恢复

[图 18](#) 提供了 M41TC8025 电池备份的示例。电池模块中的二极管只有在使用锂电池时才需要。电池备份序列及交流特性分别如 [图 19](#) 和 [表 23](#) 所示。

图 18. 电池备份连接

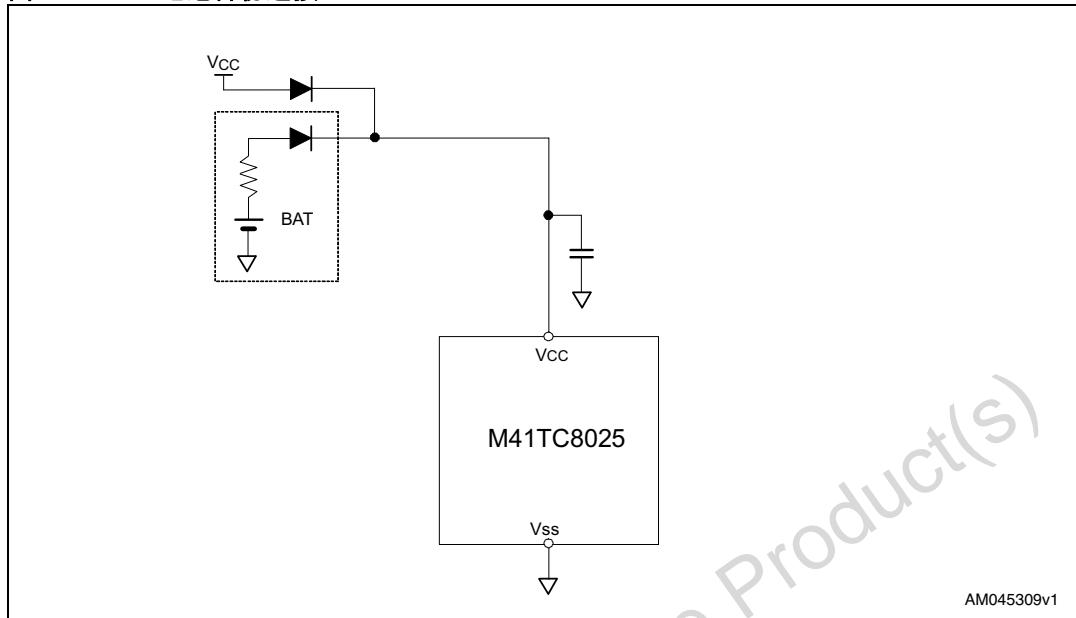


图 19. 电池备份序列

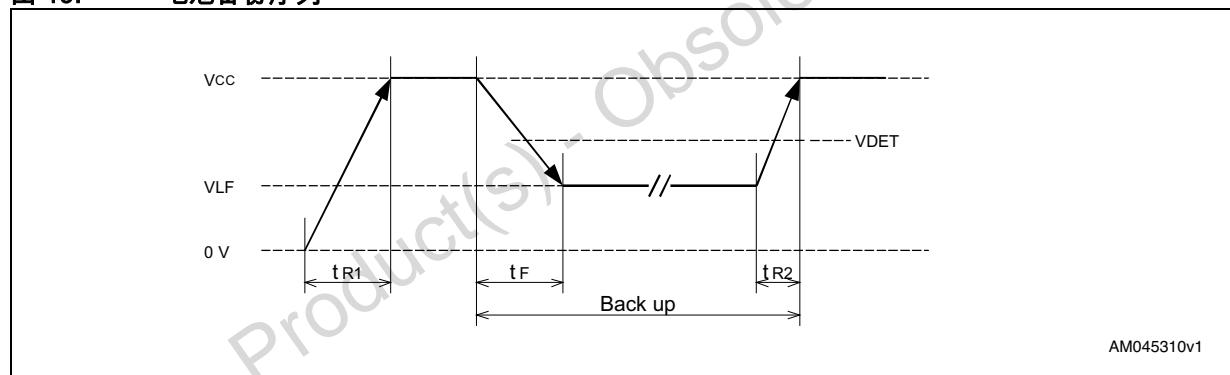


表 23. 电池备份时间交流特性

参数	符号	条件	最小	典型	最大	单位
电源电压检测电压 1	V_{DET}	-			2.2	V
电源电压检测电压 2	V_{LF}	-			1.6	V
电源掉电时间	t_F	-	2			$\mu s/V$
初始上电时间	t_{R1}	-			10	ms/V
时钟保持上电时间	t_{R2}	1.6 V 至 $V_{CC} \leq 3.6$ V	5			$\mu s/V$
		1.6 V 至 $V_{CC} \geq 3.6$ V	15			$\mu s/V$

2.11.2 应用流程图

图 20 和 图 21 中的流程图分别提供了 M41TC8025 的初始上电程序和初始化流程示例。用户可以根据实际应用进行修改。

图 20. 初始上电程序

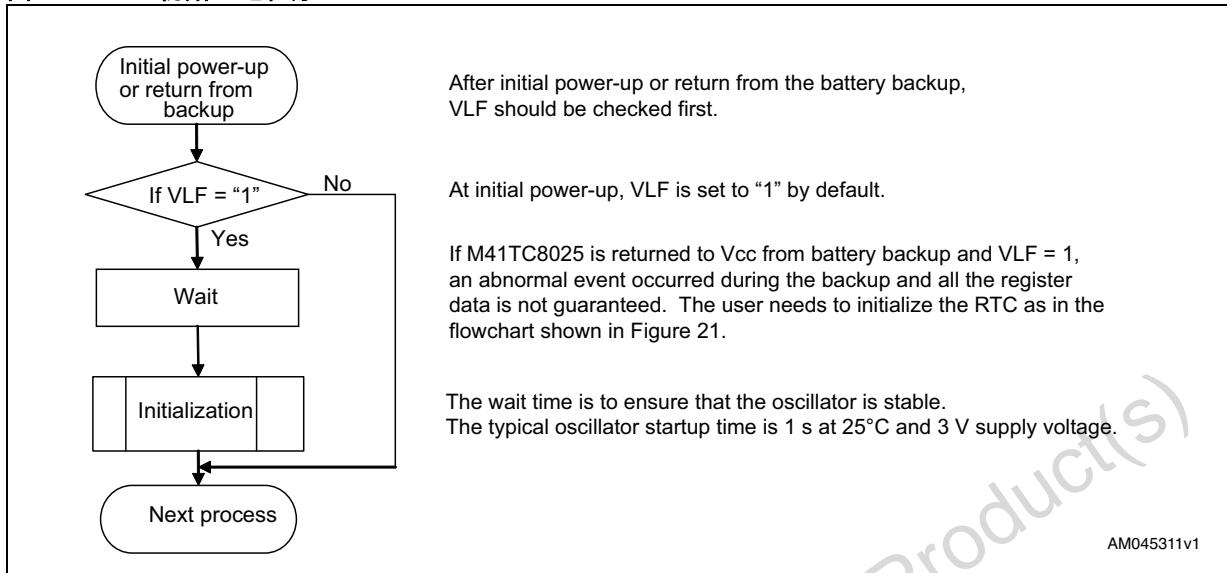
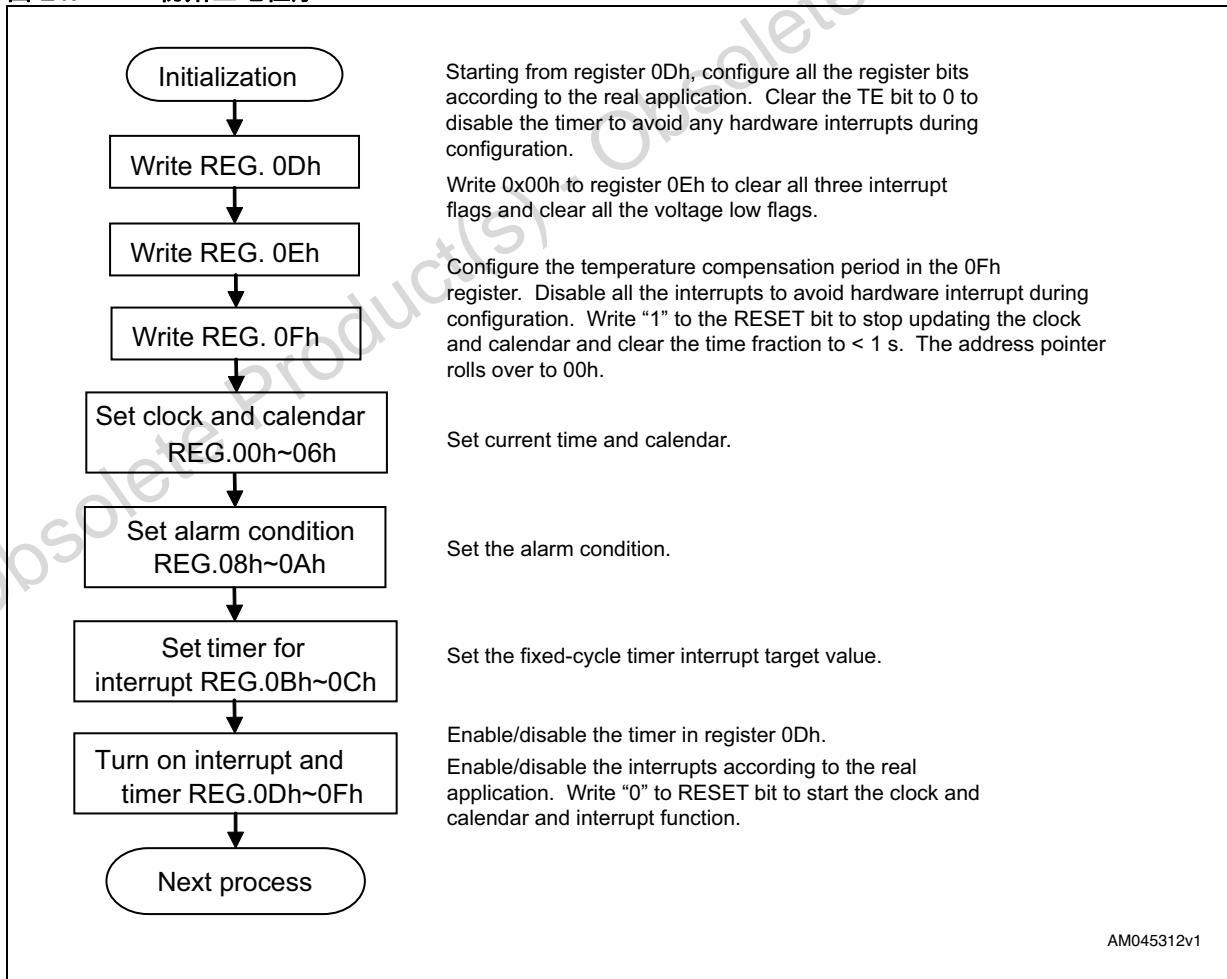


图 21. 初始上电程序



推荐用户将所有初始化流程包含在一条 I²C 命令中完成，确保所有命令从 START(开始) 条件到 STOP(停止) 条件均保持在 0.95 秒之内，以避免触发超时功能。通过一条命令，用户无需对 RESET 位写入 "0"，因为 STOP(停止) 条件会自动将 RESET 位设置为 0.

Obsolete Product(s) - Obsolete Product(s)

3 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。这些仅仅是压力额定值，并不表明设备可在这些条件或是任何其它超出本规格书工作原理章节指示的条件下工作。设备长时间处在绝对最大额定条件下可能影响设备的可靠性。

表 24. 绝对最大额定值

符号	参数	值 ⁽¹⁾	单位
T_{STG}	储存温度 (V_{CC} 关断，振荡器停止)	-55 至 +125	°C
V_{CC}	电源电压	-0.3 至 7.0	V
$T_{SLD}^{(2)}$	10 秒的铅焊温度	260	°C
V_{IO}	FOE 引脚上的输入电压	-0.3 至 $V_{CC}+0.3$	V
	SCL 和 SDA 引脚上的输入电压	-0.3 至 7.0	
	FOUT 引脚上的输出电压	-0.3 至 $V_{CC}+0.3$	
	SDA 和 \overline{IRQ} 引脚上的输出电压	-0.3 至 7.0	
q_{JA}	热阻 (接头到周围环境)	75	W/°C

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。

4 直流和交流参数

本节概括了工作测量条件，及设备的直流和交流特性。后续直流和交流特性表中的参数来自各测量条件下的测试，这些测量条件在表 25: 工作和交流测量条件中有概括。当设计人员引用直流和交流特性表中的参数时应检查其所设计电路的工作条件是否与表中描述的工作条件匹配。

表 25. 工作和交流测量条件

参数	值	单位
时钟工作和计时 V_{CC} 电源电压	-1.6 至 5.5	V
I^2C 接口工作 V_{CC} 电源电压	-1.8 至 5.5	V
温度补偿 V_{CC} 电源电压	-2.2 至 5.5	V
工作环境温度 (T_A)	-40 至 +85	°C

表 26. 频率特性

参数	条件	值	单位
精度	$T_A = -40$ 至 $+85^\circ C$; $V_{CC} = 3.0$ V	± 5.0	ppm
	$T_A = 0$ 至 $+50^\circ C$; $V_{CC} = 3.0$ V	± 3.8	ppm
频率 / 电压特性	$T_A = 25^\circ C$; $V_{CC} = 2.2$ 至 5.5 V	± 1.0	ppm/V
老化	$T_A = 25^\circ C$; $V_{CC} = 3.0$ V, 第一年	± 3.0	ppm/ 年
振荡器启动	$T_A = -40$ 至 $+85^\circ C$; $V_{CC} = 2.2$ 至 5.5 V	3.0 (最大)	s

表 27. 直流和交流特性

参数	符号	条件 ⁽¹⁾⁽²⁾	最小	典型	最大	单位
工作电压	V_{CC1}	时钟工作和计时	1.6		5.5	V
	V_{CC2}	I^2C 接口工作	1.8		5.5	V
	V_{CC3}	温度补偿	2.2		5.5	V
供应电流	I_{CC1}	$f_{SCL} = 0$ Hz, $\overline{IRQ} = V_{CC}$ $FOE = V_{SS}$, $FOUT =$ 输出断开 (Hi-Z) 温度补偿间隔 = 2.0 秒	5 V		1.2	μA
	I_{CC2}		3 V		0.8	μA
	I_{CC3}	$f_{SCL} = 0$ Hz, $\overline{IRQ} = V_{CC}$ $FOE = V_{CC}$, $FOUT = 32$ KHz, $C_L = 0$ pF 温度补偿间隔 = 2.0 秒	5 V		3.0	μA
	I_{CC4}		3 V		2.0	μA
	I_{CC5}	$f_{SCL} = 0$ Hz, $\overline{IRQ} = V_{CC}$ $FOE = V_{CC}$, $FOUT = 32$ KHz, $C_L = 30$ pF 温度补偿间隔 = 2.0 秒	5 V		8.0	μA
	I_{CC6}		3 V		5.0	μA
温度补偿时间	t_C			0.977		ms
输入电压逻辑高	V_{IH}	FOE	$0.7*V_{CC}$		$V_{CC} + 0.3$	V
		SCL 和 SDA	$0.7*V_{CC}$		5.5	
输入电压逻辑低	V_{IL}	FOE, SCL 和 SDA	$V_{SS} - 0.3$		$0.3*V_{CC}$	V
输出电压逻辑高	V_{OH1}	FOUT	$V_{CC} = 5$ V, $I_{OH} = -1$ mA	4.5		5.0
	V_{OH2}		$V_{CC} = 3$ V, $I_{OH} = -1$ mA	2.2		3.0
	V_{OH3}		$V_{CC} = 3$ V, $I_{OH} = -100$ μA	2.9		3.0
输出电压逻辑低	V_{OL1}	FOUT	$V_{CC} = 5$ V, $I_{OL} = 1$ mA	V_{SS}		$V_{SS} + 0.5$
	V_{OL2}		$V_{CC} = 3$ V, $I_{OL} = 1$ mA	V_{SS}		$V_{SS} + 0.8$
	V_{OL3}		$V_{CC} = 3$ V, $I_{OL} = 100$ μA	V_{SS}		$V_{SS} + 0.1$
	V_{OL4}	\overline{IRQ}	$V_{CC} = 5$ V, $I_{OL} = 1$ mA	V_{SS}		$V_{SS} + 0.25$
	V_{OL5}		$V_{CC} = 3$ V, $I_{OL} = 1$ mA	V_{SS}		$V_{SS} + 0.4$
	V_{OL6}	SDA	$V_{CC} \geq 2$ V, $I_{OL} = 3$ mA	V_{SS}		$V_{SS} + 0.4$

表 27. 直流和交流特性 (continued)

参数	符号	条件 ⁽¹⁾⁽²⁾	最小	典型	最大	单位
输入泄漏电流	I_{LI}	SDA, SCL, FOE 引脚 $V_{IN} = V_{CC}$ 或 V_{SS}			± 0.5	μA
输出泄漏电流	I_{LO}	\overline{IRQ} , SDA, FOUT 引脚 $V_{IN} = V_{CC}$ 或 V_{SS}			± 0.5	μA

1. 仅在环境工作温度中有效: $T_A = -40$ 至 $+85^\circ C$; $V_{CC} = 1.8 V$ 至 $5.5 V$ (除非特别明示).

2. 典型值为: $V_{CC} = 3.0 V$ 及 $T_A = 25^\circ C$ (除非特别明示).

图 22. 温度补偿

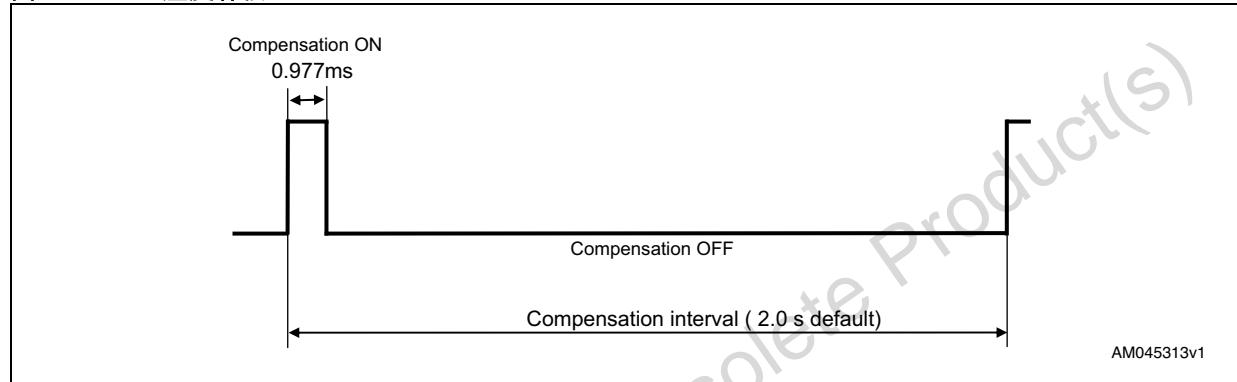
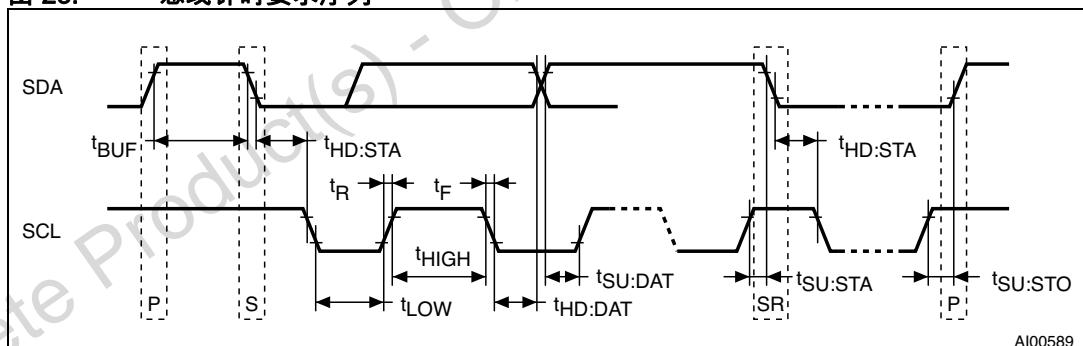


图 23. 总线计时要求序列



注：当访问此设备时，从发送 START(开始)条件到发送 STOP(停止)条件的所有通信应在 0.95 秒内完成。如果通信时间需要 0.95 秒或更长，内部总线超时功能会重置 I²C 总线接口。详细描述请参见第 9 页的第 2.2.8 节 :I²C 超时功能。

表 28. 交流特性

符号	参数 ⁽¹⁾	最小	典型	最大	单位
f_{SCL}	SCL 时钟频率	0		400	kHz
t_{LOW}	时钟低期间	1.3			μs
t_{HIGH}	时钟高期间	600			ns
t_R	SDA 和 SCL 上升时间			300	ns
t_F	SDA 和 SCL 下降时间			300	ns

表 28. 交流特性

符号	参数 ⁽¹⁾	最小	典型	最大	单位
$t_{HD:STA}$	START(开始)条件保持时间 (这段时间后第一个时钟脉冲产生)	600			ns
$t_{SU:STA}$	START(开始)条件建立时间 (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			μ s
$t_{SU:STO}$	STOP(开始)条件建立时间	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			μ s

1. 仅在环境工作温度中有效: $T_A = -40$ 至 85°C ; $V_{CC} = 1.8$ 至 5.5 V (除非特别明示).

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).

5 封装机械数据

为了满足环境要求，根据其环境符合级别，ST 提供不同 ECOPACK® 封装级别的设备。ECOPACK® 规范，级别定义和产品状态请查阅网页：www.st.com ECOPACK® 为 ST 商标。

图 24. SO14-14 引线小尺寸 (200 密耳体宽) 封装机械图

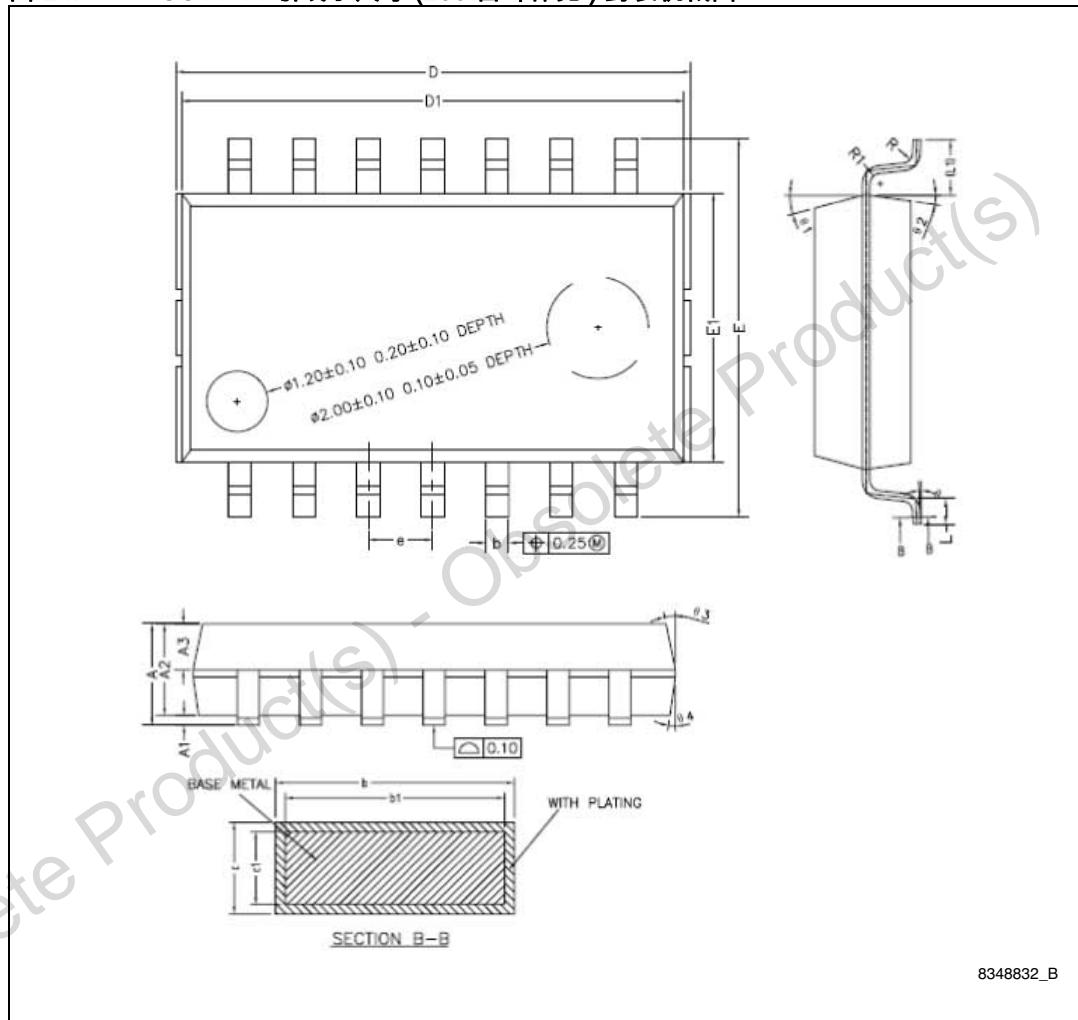


表 29. SO14-14 引线小尺寸 (200 密耳体宽) 封装机械数据

符号	mm			in		
	最小	典型	最大	最小	典型	最大
A	-	-	2.25	-	-	0.089
A1	0.15	0.20	0.25	0.006	0.008	0.010
A2	1.80	1.90	2.00	0.071	0.075	0.079
A3	0.85	0.95	1.05	0.033	0.037	0.041
b	0.41	-	0.54	0.016	-	0.021
b1	0.40	0.45	0.50	0.016	0.018	0.020
c	0.14	-	0.21	0.006	-	0.008
c1	0.13	0.15	0.17	0.005	0.006	0.007
D1	9.80	9.90	10.00	0.386	0.390	0.394
D ⁽¹⁾	10.05	10.15	10.25	0.396	0.400	0.404
E	7.30	7.45	7.60	0.287	0.293	0.299
E1	5.20	5.30	5.40	0.205	0.209	0.213
e	1.27			0.050		
L	0.30	0.50	0.70	0.012	0.020	0.028
L1	1.07 ref.			0.042 ref.		
R	0.07	-	-	0.003	-	-
R1	0.07	-	-	0.003	-	-
q1	0°	-	8°	0°	-	8°
q2	13°	15°	17°	13°	15°	17°
q3	6°	8°	10°	6°	8°	10°
q4	9.5°	11.5°	13.5°	9.5°	11.5°	13.5°
q5	6°	8°	10°	6°	8°	10°

1. 尺寸 "D" 包含磨具毛刺误差容限 .

6 封装标识信息

表 30. 标识描述

零件号	精度	封装	上表面标识
M41TC8025	±5.0 ppm(-40 至 85 °C) ±3.8 ppm(-0 至 50 °C)	SO14	TBD

7 零件编号

表 31. 订购信息表

示例：

设备系列	M41TC	8025	A	MC	6	F
设备类型						
精度						
	A = $\pm 5.0 \text{ ppm}$ (-40 至 85 °C)					
	$\pm 3.8 \text{ ppm}$ (-0 至 50 °C)					
封装						
	MC = SO14					
温度范围						
	6 = -40°C 至 85°C					
装运方式						
	F = ECOPACK® 封装，卷带					

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 版本历史

表 32. 文档版本历史

日期	版本	修改
2013 年 5 月 20 日	1	原始发布 .

请仔细阅读：

本文档中信息的提供仅与 ST 产品有关。意法半导体公司及其子公司（“ST”）保留随时对本文档及本文所述产品与服务进行变更、更正、修改或改进的权利，恕不另行通知。

所有 ST 产品均根据 ST 的销售条款出售。

买方自行负责对本文所述 ST 产品和服务的选择和使用，ST 概不承担与选择或使用本文所述 ST 产品和服务相关的任何责任。

无论之前是否有过任何形式的表示，本文档不以任何方式对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。如果本文档任何部分涉及任何第三方产品或服务，不应被视为 ST 授权使用此类第三方产品或服务，或许可其中的任何知识产权，或者被视为涉及以任何方式使用任何此类第三方产品或服务或其中任何知识产权的保证。

除非在 ST 的销售条款中另有说明，否则，ST 对 ST 产品的使用和 / 或销售不做任何明示或默示的保证，包括但不限于有关适销性、适合特定用途（及其依据任何司法管辖区的法律的对应情况），或侵犯任何专利、版权或其他知识产权的默示保证。

除非获得两个 ST 授权代表明确的书面批准，否则，不推荐、授权或保证 ST 产品用于军事、飞机、太空、救生、生命维持系统，以及失效或故障可能造成人身伤害、死亡或严重的财产或环境危害的产品或系统。未被指定为“汽车级”的 ST 产品只能在用户自行承担风险的情况下才可用于汽车应用。

经销的 ST 产品如有不同于本文档中提出的声明和 / 或技术特点的规定，将立即导致 ST 针对本文所述 ST 产品或服务授予的任何保证失效，并且不应以任何形式造成或扩大 ST 的任何责任。

ST 和 ST 徽标是 ST 在各个国家或地区的商标或注册商标。

本文档中的信息取代之前提供的所有信息。

ST 徽标是意法半导体公司的注册商标。其他所有名称是其各自所有者的财产。

© 2013 STMicroelectronics 保留所有权利

意法半导体集团公司

澳大利亚 - 比利时 - 巴西 - 加拿大 - 中国 - 捷克共和国 - 芬兰 - 法国 - 德国 - 中国香港 - 印度 - 以色列 - 意大利 - 日本 - 马来西亚 - 马耳他 - 摩洛哥 - 菲律宾 - 新加坡 - 西班牙 - 瑞典 - 瑞士 - 英国 - 美国

www.st.com