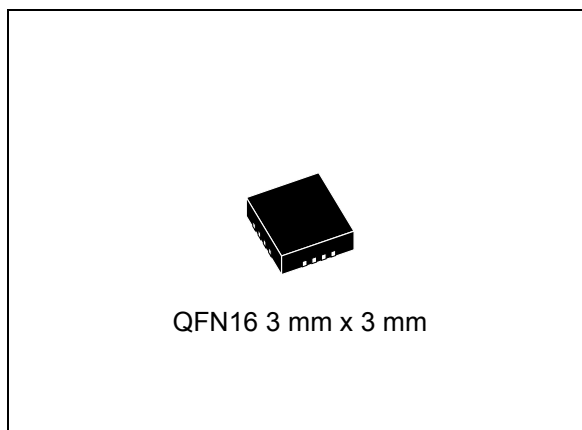


具有报警功能的串行实时时钟

特性

- 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
- 32 kHz 振荡器集成了晶体负载电容同时支持高串联阻抗 (Rs) 晶体运行
- 振荡器停止检测可以监视时钟工作状态
- 串行接口支持 I²C 总线 (400 kHz)
- 525 nA 计时电流 @3 V
- 35 mA 低工作电流 (@400 kHz)
- 计时工作电压低至 1.0 V
- 1.3 V 至 4.4 V I²C 总线工作电压
 - 允许用于锂离子充电应用
- 上电时的 32 KHz 方波可在低功耗模式下驱动微控制器
- 可编程 (1 Hz 至 32 KHz) 方波
- 具有中断功能的可编程闹钟
- 精确的可编程看门狗 (从 62.5 ms 至 31 min)
- 软件时钟校准, 补偿温度带来的晶振偏差
- 自动闰年补偿
- 工作温度范围: -40 ~ 85 °C
- 无铅 16 引脚 QFN 封装



目录

1	说明	5
2	操作	8
2.1	2 线总线特性	8
2.1.1	总线空闲	8
2.1.2	开始数据传输	8
2.1.3	停止数据传输	8
2.1.4	数据有效	9
2.1.5	回应	9
2.2	READ(读) 模式	10
2.3	WRITE(写) 模式	12
3	时钟工作原理	13
3.1	时钟寄存器	14
3.2	校准时钟	16
3.3	设定报警 (闹铃) 时钟寄存器	18
3.4	看门狗定时器	19
3.5	方波输出	20
3.6	世纪位	20
3.7	输出驱动引脚	21
3.8	振荡器失效检测	21
3.9	初始上电默认设置	22
4	最大额定值	23
5	直流和交流参数	24
6	封装机械数据	28
7	器件型号	32
8	修订历史	33

表格索引

表 1.	信号名称	6
表 2.	M41T66 寄存器映射	15
表 3.	报警（闹铃）重复模式	18
表 4.	方波输出频率	20
表 5.	初始上电默认值	22
表 6.	世纪位示例	22
表 7.	绝对最大额定值	23
表 8.	工作和交流测量条件	24
表 9.	电容	25
表 10.	DC 特性	25
表 11.	晶体电气特性	26
表 12.	振荡器特性	26
表 13.	交流特性	27
表 14.	QFN16 – 16 脚，方形扁平封装，无铅，体宽 3 x 3 mm，机械数据	29
表 15.	QFN16（3 mm x 3 mm）封装的承载带尺寸	30
表 16.	具有 12 mm 承载带的卷盘尺寸 - QFN16 封装	31
表 17.	订货代码	32
表 18.	文档修订历史	33
表 19.	中文文档修订历史	33

图片索引

图 1.	M41T66 逻辑框图	5
图 2.	M41T66 连接	6
图 3.	M41T66 框图	6
图 4.	SuperCap™ 备份工作的硬件连接	7
图 5.	串行总线数据传输时序图	9
图 6.	回应序列	10
图 7.	从设备地址	11
图 8.	READ(读) 模式序列	11
图 9.	替代的 READ(读) 模式序列	11
图 10.	WRITE(写) 模式序列	12
图 11.	温度范围内晶体精度	17
图 12.	校准波形	17
图 13.	报警 (闹铃) 中断复位波形	18
图 14.	AC 测量 I/O 波形	24
图 15.	晶体隔离示例	24
图 16.	总线时序要求	26
图 17.	QFN16 – 16 脚, 方形扁平封装, 无铅, 体宽 3 x 3 mm, 外形图	28
图 18.	QFN16 – 16 脚, 方形扁平封装, 无铅, 3 x 3 mm, 推荐封装	29
图 19.	32 KHz 晶体 + QFN16 vs. VSOJ20 机械数据	29
图 20.	QFN16 (3 x 3 mm) 封装的承载带	30
图 21.	卷盘原理图	31

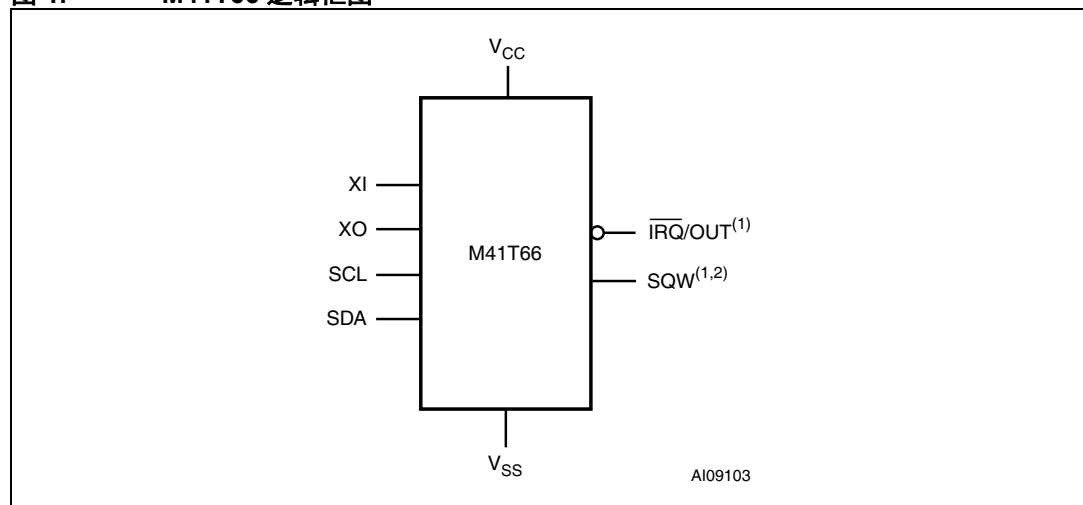
1 说明

M41T66 是一款带有 32.768 kHz 振荡器（外部晶振控制）的低功耗串行实时时钟 (RTC)。8 个寄存器用于提供时钟 / 日历功能，配置为二进制编码的十进制 (BCD) 格式。另有 8 个寄存器提供报警（闹铃）、方波、校准以及看门狗功能的状态 / 控制。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。

用户可用的功能包括 1 个计时时钟 / 日历、报警（闹铃）中断、可编程的方波输出和看门狗输出。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补偿为 28、29（闰年）、30 和 31 天。

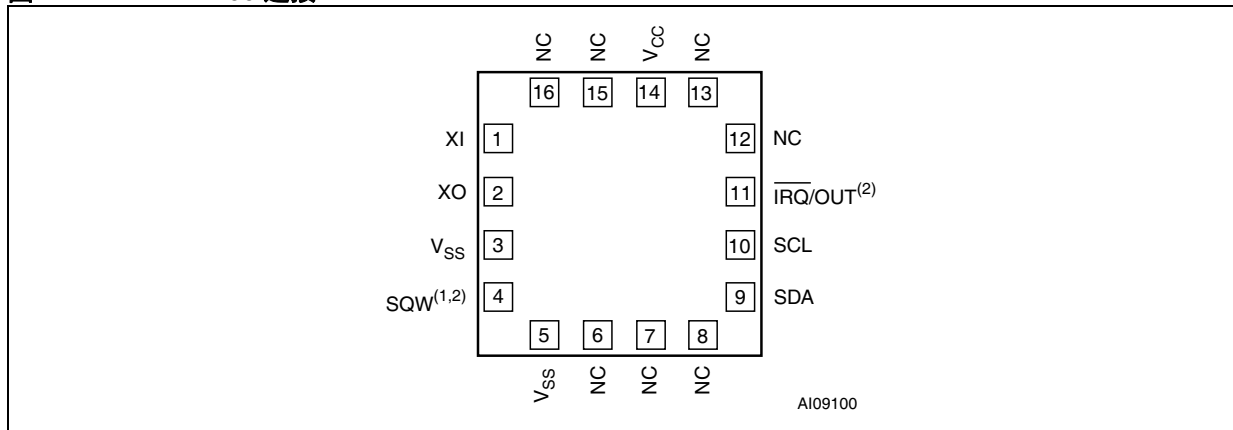
M41T66 为 16 引脚 QFN 封装。

图 1. M41T66 逻辑框图



1. 漏极开路
2. 上电时默认值为 32 KHz

图 2. M41T66 连接

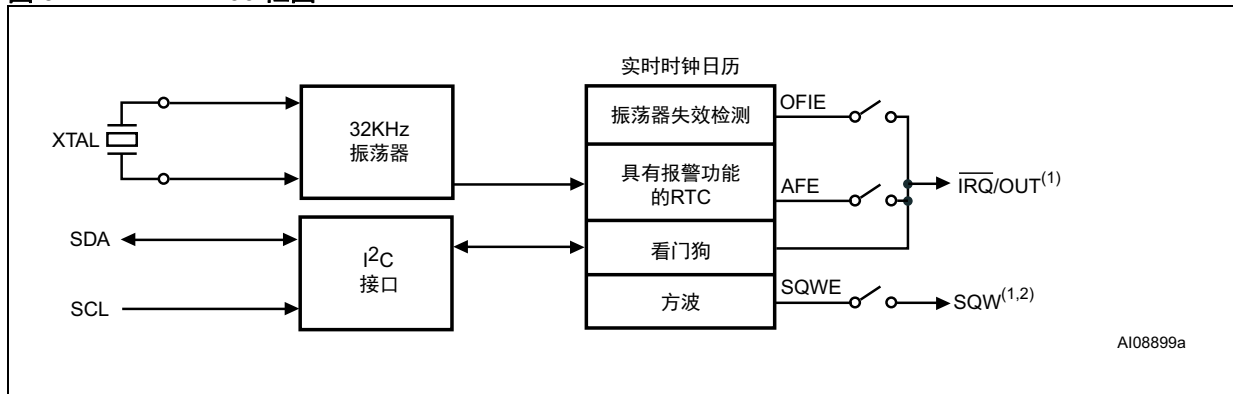


1. 上电时 SQW 输出默认为 32 KHz
2. 漏极开路

表 1. 信号名称

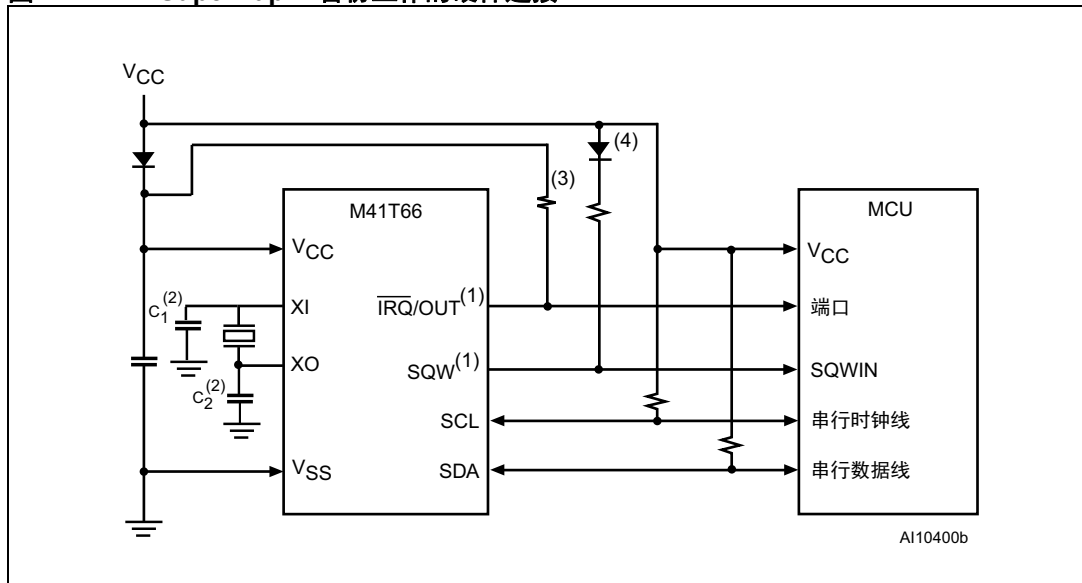
XI	振荡器输入
XO	振荡器输出
SDA	串行数据输入 / 输出
SCL	串行时钟输入
$\overline{\text{IRQ}}/\text{OUT}$	中断或 OUT 输出（漏极开路）
SQW	可编程方波 - 上电时默认为 32 KHz（漏极开路，仅限 M41T64）
V _{CC}	电源电压
V _{SS}	接地

图 3. M41T66 框图



1. 漏极开路
2. 上电时默认值为 32 KHz

图 4. SuperCap™ 备份工作的硬件连接



1. 漏极开路
2. 对于一个有 12.5 pF 电容 (C_L) 的晶振, 必须增加两个并联外部 12.5 pF 电容 (C_1 和 C_2) 以实现更高的时钟精度。
3. 它还可以连接到其他电源。
4. 由于存在用于 SQW 输出的输出缓冲电路, 该引脚上不能施加大于 V_{CC} 的电压。SQW 引脚上需要二极管, 用于 SuperCap™ (或电池) 备份。推荐使用低阈值 BAT42 二极管。

2 操作

M41T66 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 16 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：小时寄存器
- 第 5 个字节：方波 / 星期寄存器
- 第 6 个字节：日期寄存器
- 第 7 个字节：世纪 / 小时寄存器
- 第 8 个字节：年寄存器
- 第 9 个字节：校准寄存器
- 第 10 个字节：看门狗寄存器
- 第 11 - 15 个字节：报警（闹铃）寄存器
- 第 16 个字节：标志寄存器

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：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：

2.1.1 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 5. 串行总线数据传输时序图

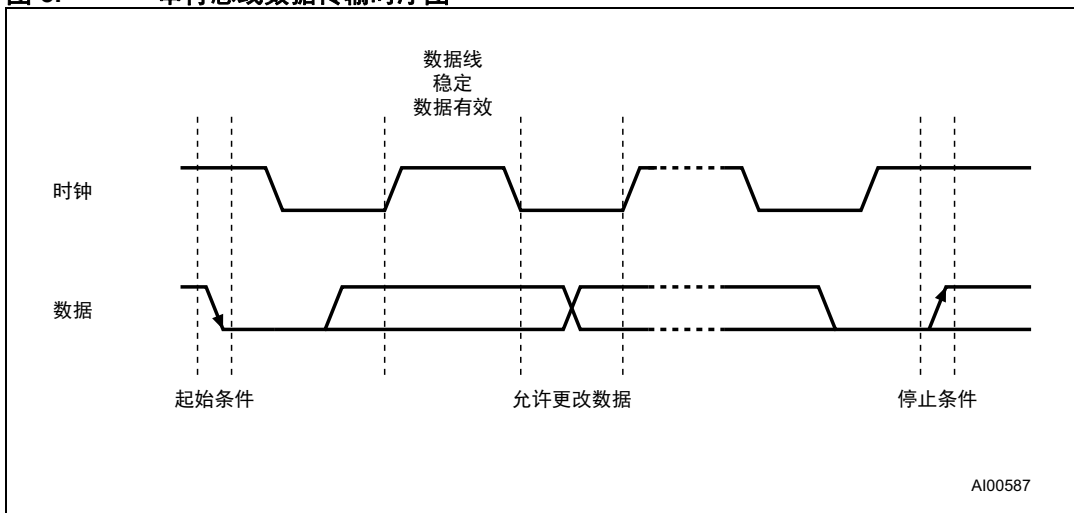
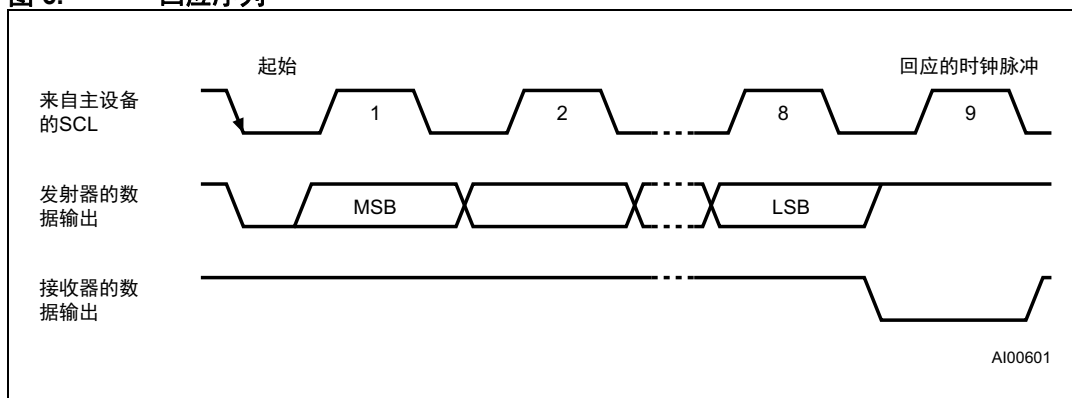


图 6. 回应序列



2.2 READ(读) 模式

在这种模式下，设定好从设备地址后（参见图 8 第 11 页），主设备可以读取 M41T66 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响应位。地址指针只有在接收到回应时钟后才增加。M41T66 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。

当读取的地址是时钟地址（00h 到 07h）时，时钟数据从系统到用户之间的传输可以随时中止。停止状态下或指针累加到任何非时钟地址（08h）时，更新会继续。

注： 这同时适用于 READ（读）模式和 WRITE（写）模式。

也可以执行替代的 READ（读）模式，从而使主设备可以读取 M41T66 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 9 第 11 页）。

图 7. 从设备地址

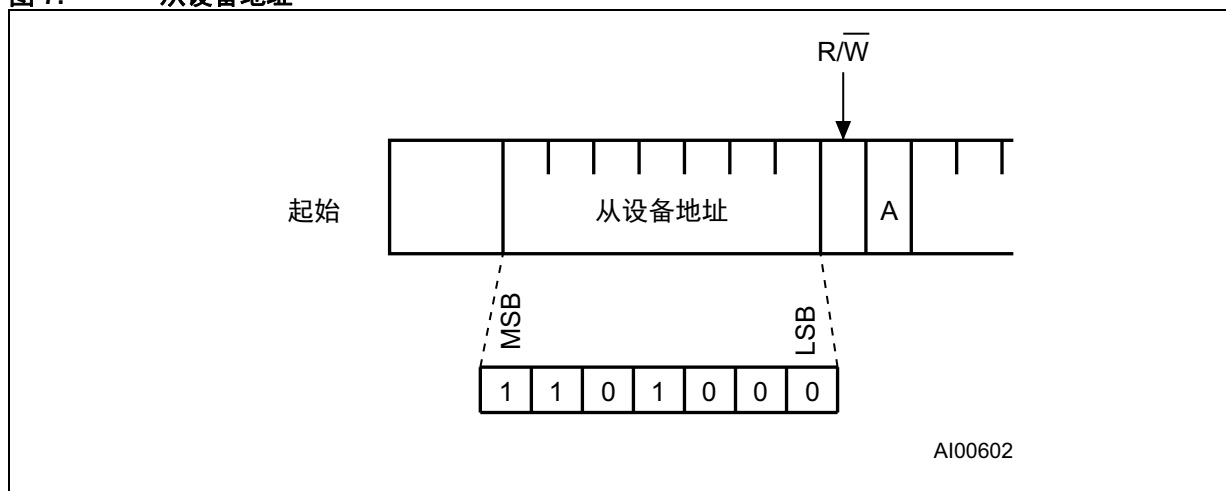


图 8. READ(读)模式序列

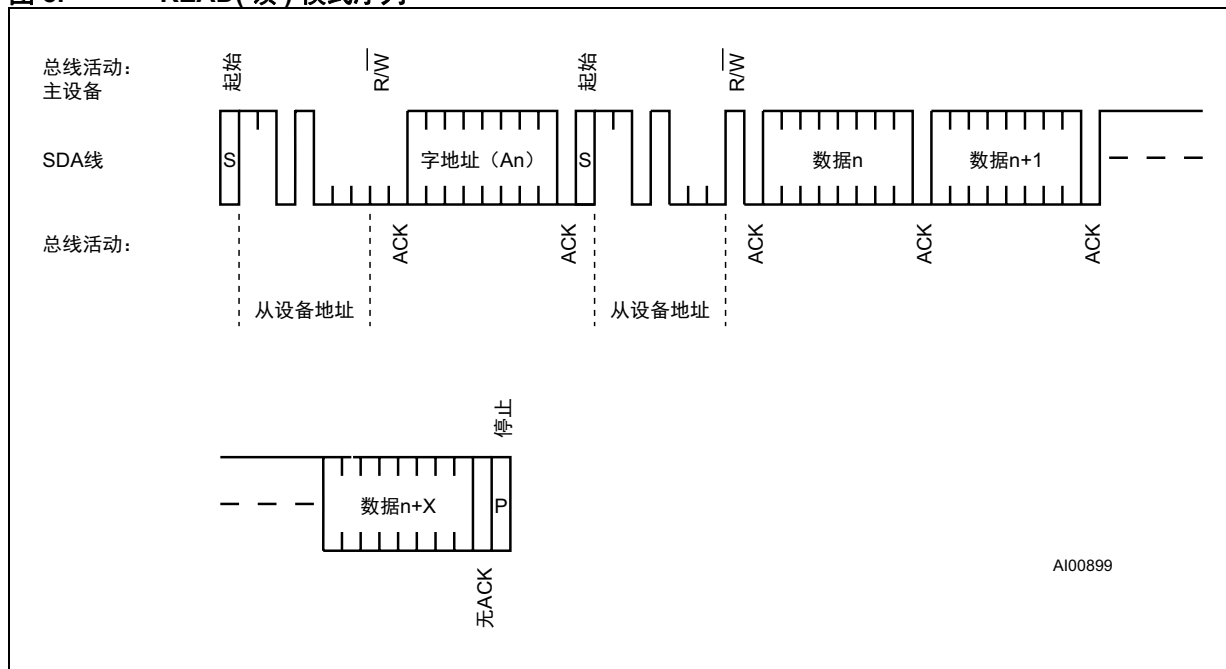
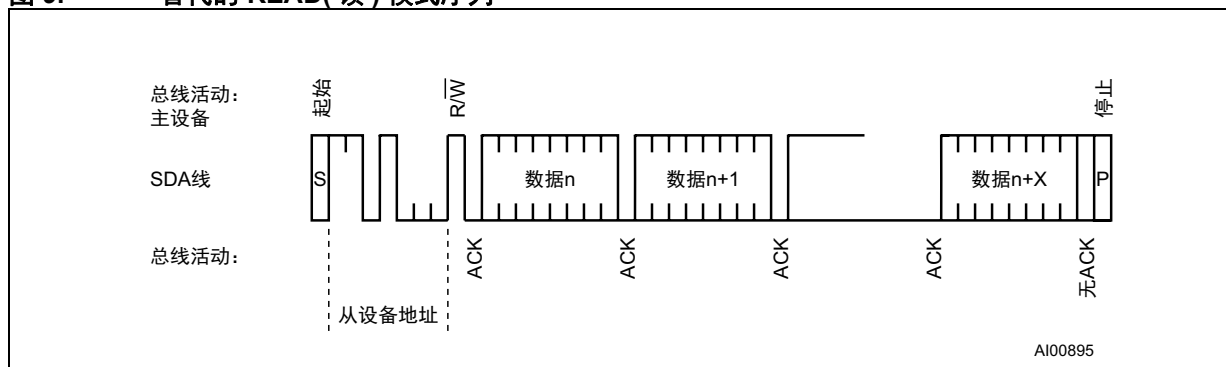


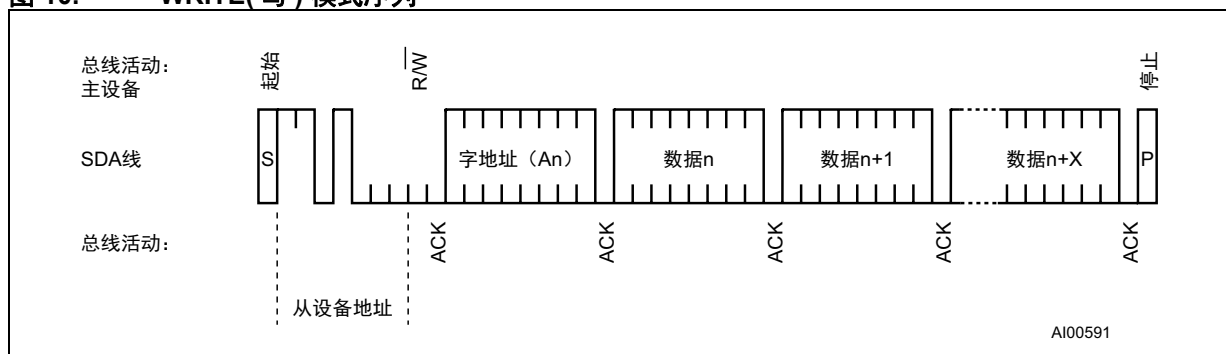
图 9. 替代的 READ(读)模式序列



2.3 WRITE(写) 模式

在此模式下，主设备发送器向 M41T66 从设备接收器发送数据。总线如图 10 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。M41T66 从设备接收器在接收到从设备地址（参见图 7 第 11 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 10. WRITE(写) 模式序列



AI00591

3 时钟工作原理

M41T66 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：M41T66 寄存器映射）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。

对任一时钟寄存器的写入（WRITE）会导致 1/100 秒、1/10 秒复位为“00”，且 1/100 秒、1/10 秒仅能被写为“00”，而不能写为其他值。

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。第九个时钟寄存器是校准寄存器（详见时钟校准章节）。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。

寄存器 02h（分钟寄存器）的 D7 位包含振荡器失效中断使能位（OFIE）。当用户将该位置为“1”，则置位振荡器失效位（OF）的任意条件（见振荡器失效检测第 21 页）都将产生中断输出。

时钟寄存器 06h（世纪 / 月寄存器）的 D6 和 D7 位包含世纪位 0（CB0）和世纪位 1（CB1）。

对时钟寄存器的前 8 个字节（00h-07h）任意位置的写操作，包括 OFIE 位、RS0-RS3 位和 CB0-CB1 位，都会引起系统时钟的更新和分频器链的复位。这会引起当前时间细微的改变。这些非时钟相关数据都应在设置时钟前写入并保持不变，直到写入新的时钟时间。

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。有机制可以确保在读取任何时钟地址时，时钟不会更新。如果一个时钟地址被读取，则对其时钟寄存器的更新将中止。这会阻止读（READ）过程中的数据传输。

3.1 时钟寄存器

M41T66 提供了 16 个内部寄存器，包括时钟、校准、报警（闹铃）、看门狗、标志和方波（寄存器）。时钟寄存器是包含了外部（用户可访问）和内部拷贝数据的存储单元。除了利用递增内部拷贝的同步传输进行周期更新之外，外部拷贝独立于内部功能。完成向任一时钟地址（00h 至 07h）的写入时，内部分频器（或时钟）链将会复位。

当读取的地址是时钟地址（00h 到 07h）时，时钟数据从系统到用户之间的传输可以随时中止。停止状态下或指示器累加到任何非时钟地址时，更新会继续。

时钟和报警（闹铃）寄存器以 BCD 格式存储数据。校准、看门狗和方波位以二进制格式写入。

表 2. M41T66 寄存器映射⁽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				1/10 / 1/100 秒	00-99
01h	ST	10 秒			秒				秒	00-59
02h	OFIE	10 分			分				分	00-59
03h	0	0	10 小时		小时 (24 小时格式)				小时	00-23
04h	RS3	RS2	RS1	RS0	0	星期几			日	01-7
05h	0	0	10 日		日: 日期				日期	01-31
06h	CB1	CB0	0	10M	月				世纪 / 月	0-3/01-12
07h	10 年				年				年	00-99
08h	输出	0	S	校准				校准		
09h	RB2	BMB4	BMB3	BMB2	BMB1	BMB0	RB1	RB0	Watchdog	
0Ah	AFE	SQWE	0	AI 10M	报警 (闹铃) 月				AI 月	01-12
0Bh	RPT4	RPT5	AI 10 日		闹钟日期				AI 日期	01-31
0Ch	RPT3	0	AI 10 时		报警 (闹铃) 时				AI 时	00-23
0Dh	RPT2	报警 (闹铃) 10 分钟			闹钟 - 分钟				AI 分	00-59
0Eh	RPT1	报警 (闹铃) 10 秒			报警 (闹铃) 秒				AI 秒	00-59
0Fh	WDF	AF	0	0	0	OF	0	0	标志	

1. 重点:
0 = 必须设为“0”
AF = 报警 (闹铃) 标志 (只读)
AFE = 报警 (闹铃) 标志使能标志
BMB0 - BMB4 = 看门狗乘数位
CB0-CB1 = 世纪位
OF = 振荡器失效位
OFIE = 振荡器失效中断使能位
OUT = 输出电平
RB0 - RB2 = 看门狗分辨率位
RPT1-RPT5 = 报警 (闹铃) 重复模式位
RS0-RS3 = SQW 频率位
S = 符号位
SQWE = 方波使能位
ST = 停止位
WDF = 看门狗标志位 (只读)

3.2 校准时钟

M41T66 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石英晶体的频率，这一频率用作实时时钟的时间基准。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。M41T66 振荡器设计带有一个 6 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 ± 2 ppm。M41T66 的振荡器可驱动晶体的负载电容（大于 6 pF）。必须增加外部电容以达到更高的时钟准确度（参见图 4 第 7 页）。

晶振的振荡速率随温度而变化（见图 11 第 17 页）。因此，M41T66 在设计上采用了周期性计数器修正技术。校准电路从振荡器分频电路中增加或减少计数，步长为 256 级，如图 12 第 17 页所示。脉冲数量消隐（减，负校准）或分离（加，正校准）取决于校准寄存器中加载到五个校准位中的数值。计数增加会使时钟变快，反之会使时钟变慢。

校准位占据了校准寄存器 08h 中的五个低阶位 (D4-D0)。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。位 D5 是符号位：‘1’表示正校准，‘0’表示负校准。校准在 64 分钟周期内完成。周期中前 62 分钟内，每分钟都会有一秒要短 128 个振荡周期，或者长 256 个振荡周期。如果二进制“1”加载到寄存器中，只有 64 分钟周期中的前 2 分钟会被修改；如果加载的是二进制 6，则前 12 分钟会受影响；以此类推。

因此，对于每 125,829,120 个实际振荡周期，每个校准步骤都会增加 512 个振荡周期或减少 256 个振荡周期，即在校准寄存器中每个校准步骤会产生 +4.068 或 -2.034 ppm 的调整。

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天 +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（参见图 12 第 17 页）。

有两种方法可以确定 M41T66 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。包括在给定时段内丢失或获得的秒数在内的校准值都可以在应用笔记 AN934（如何使用 TIMEKEEPER[®] 和串行实时时钟（RTC）中的数字校准功能）中找到。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校准字节。
- 第二种方法更适合于生产环境，它使用 SQW 引脚。SQW 引脚在 512 Hz 时切换，当 RS3 = “0”，RS2 = “1”，RS1 = “1”，RS0 = “0”，SQWE = “1”且 ST = “0”时。

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)。请注意，设置或改变校准字节不会影响方波输出频率。

图 11. 温度范围内晶体精度

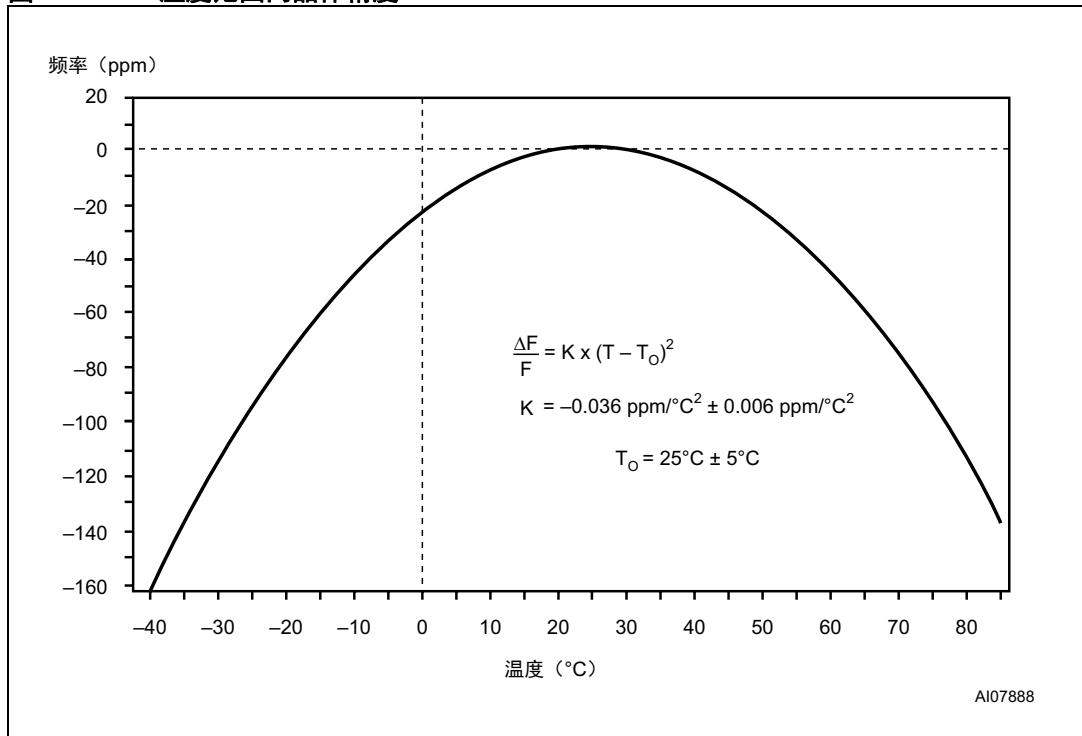
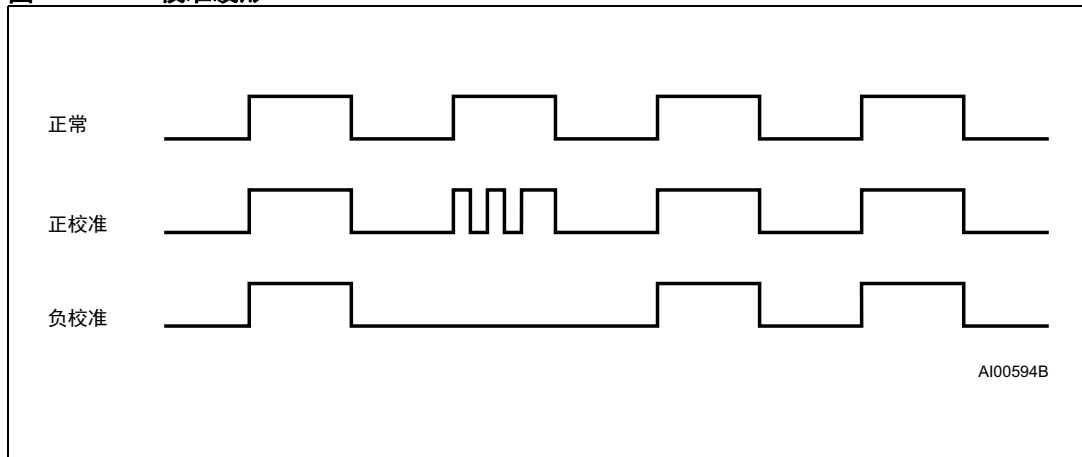


图 12. 校准波形



3.3 设定报警（闹铃）时钟寄存器

地址位置 0Ah-0Eh 包含报警（闹铃）设置。报警（闹铃）可配置为在规定时间（特定的月、日、时、分或秒）停止，或每年（每月、每日、每小时、每分钟或每秒）重复。RPT5–RPT1 位使报警（闹铃）工作在重复模式。表 3 显示了可能的配置。表中没有列出的编码默认为每一秒都报警（闹铃），这样可以快速地告诉用户此时报警（闹铃）设定不正确。

当时钟信息与报警（闹铃）时钟设置匹配（基于 RPT5–RPT1 定义的匹配条件）时，AF（报警（闹铃）标志）置位。如果 AFE（报警（闹铃）标志使能）也置位，则报警（闹铃）条件激活 IRQ/OUT。要禁用报警（闹铃），向报警（闹铃）日期寄存器和 RPT5–RPT1 中写入“0”。

注：如果地址指针被增加到标志寄存器地址，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。还应注意，如果最后地址写入的是“报警（闹铃）秒”，则地址指针将增加到标志地址，这也会导致发生（报警（闹铃）条件不产生中断/标志）。

通过读取标志寄存器，可清除 $\overline{\text{IRQ/OUT}}$ 输出，如图 13 中所示。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”。

图 13. 报警（闹铃）中断复位波形

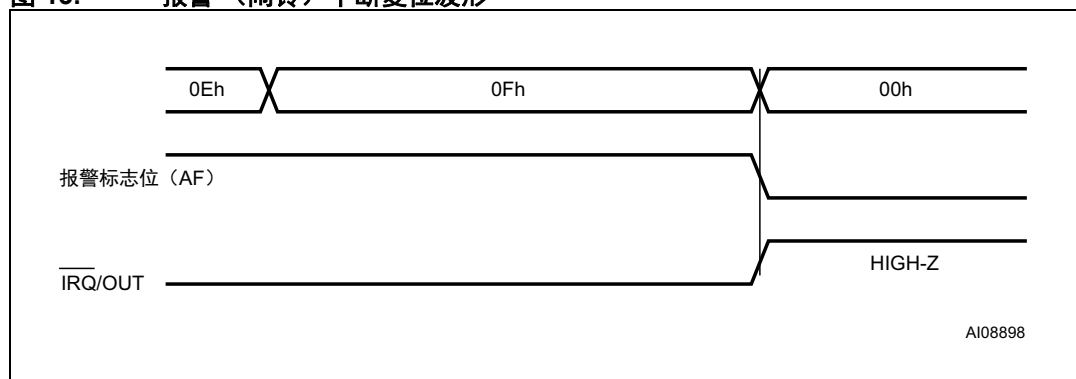


表 3. 报警（闹铃）重复模式

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

3.4 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 位存储了一个二进制乘法器，3 个 RB2-RB0 位选择分辨率，其中：

000=1/16 秒（16 Hz）

001=1/4 秒（4Hz）

010=1 秒（1 Hz）

011=4 秒（1/4 Hz）；以及

100 = 1 分钟（1/60 Hz）

注：无效组合（101、110 和 111）不能使能看门狗超时。设置 BMB4-BMB0 = 0，并任意组合 RB2-RB0（除了 000），会立即导致看门狗超时。

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，M41T66 置位 WDF（看门狗标志）并在 $\overline{\text{IRQ/OUT}}$ 引脚上产生一个中断。看门狗定时器仅能通过微处理器对看门狗寄存器进行写入来实现复位。随后超时周期重新开始。

如果看门狗定时器超时，则要清除 $\overline{\text{IRQ/OUT}}$ 脚，可向看门狗寄存器写入任意值。值 00h 将禁止看门狗功能，直到再次设置一个新的值。读取标志寄存器会复位看门狗标志（D7 位；寄存器 0Fh）。上电以及看门狗寄存器被清除时，看门狗功能自动被禁用。

注：对任意时钟寄存器的写入都将重启看门狗定时器。

3.5 方波输出

M41T66 提供了一个用户可编程的方波功能，通过 SQW 脚输出。地址 04h 的 RS3-RS0 位设定方波输出频率。表 4 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。

SQW 输出是开漏输出驱动器。SQW 输出的内部上电缺省为 32 KHz。

注：当 SQW 使能且 ST 位置位 (ST = 1) 时，方波输出为低电平或高电平，并通过上拉电阻泄漏电流。

由于存在用于 SQW 输出的输出缓冲电路，该引脚上不能施加大于 V_{CC} 的电压。SQW 引脚上需要一个二极管，用于 SuperCap™ (或电池) 备份。推荐使用低阈值 BAT42 二极管 (见图 4 第 7 页)。

表 4. 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

3.6 世纪位

这两个位将在世纪交接时以二进制形式递增，并正确处理所有的闰年。参见表 6 第 22 页获得其他信息。

3.7 输出驱动引脚

当 OFIE 位、AFE 位和看门狗寄存器不设置为生成中断时， $\overline{\text{IRQ/OUT}}$ 引脚就变为输出驱动，反映校准寄存器中地址 D7 的内容。换言之，当 D7（OUT 位）为“0”时， $\overline{\text{IRQ/OUT}}$ 引脚就被拉低。

注： $\overline{\text{IRQ/OUT}}$ 引脚为漏极开路输出，需要一个外部上拉电阻。

3.8 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'）。
- 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

如果振荡器失效中断使能位（OFIE）被置为“1”， $\overline{\text{IRQ/OUT}}$ 脚也将被激活。通过复位 OFIE 或 OF 位为“0”（不是通过读取标志寄存器），可将 $\overline{\text{IRQ/OUT}}$ 输出清零。

OF 位将保持为“1”直到被写为逻辑“0”。在将 OF 位复位为“0”之前，振荡器必须开始工作并运转至少 1 秒。如果掉电条件下发生触发事件，该位会被正确地置位。

3.9 初始上电默认设置

设备初始上电时，表 5 指出了寄存器位的初始上电状态。

表 5. 初始上电默认值

条件	ST	OF	OFIE	输出	AFE	SQWE	RS3-1	RS0	Watchdog
初始上电 ⁽¹⁾	0	1	0	1	0	1	0	1	0

1. 所有其他控制位在不明状态下上电。

表 6. 世纪位示例

CB0	CB1	闰年?	示例 ⁽¹⁾
0	0	是	2000
0	1	否	2100
1	0	否	2200
1	1	否	2300

1. 每四年发生一次闰年（年份可被 4 整除），但能被 100 整除的年份除外。唯一的例外是能够被 400 整除的年份（2000 年是闰年，但 2100 年不是）。

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 7. 绝对最大额定值

符号	参数	条件 ⁽¹⁾	值 ⁽²⁾	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 5.0	V
T _{SLD} ⁽³⁾	10 秒的铅焊温度		260	°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
V _{ESD(HBM)}	静电放电电压 (人体模型)	T _A = 25 °C	>1500	V
V _{ESD(RCDM)}	静电放电电压 (机器人充电设备模型)	T _A = 25 °C	>1000	V

1. 测试符合 JEDEC 标准要求。
2. 数据基于特征结果，未经生产测试。
3. 260 °C 峰值温度时回流（总热开支不超过 245 °C，持续 30 秒以上）。

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 8. 工作和交流测量条件⁽¹⁾

参数	M41T66
供电电压 (V_{CC})	1.5 V 到 4.4 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 14. AC 测量 I/O 波形

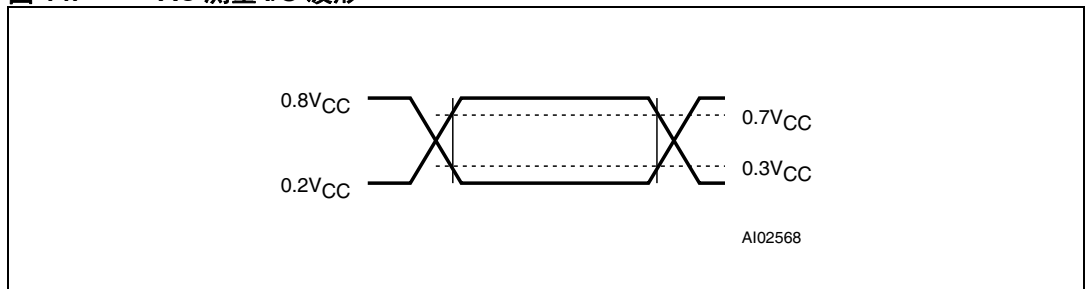
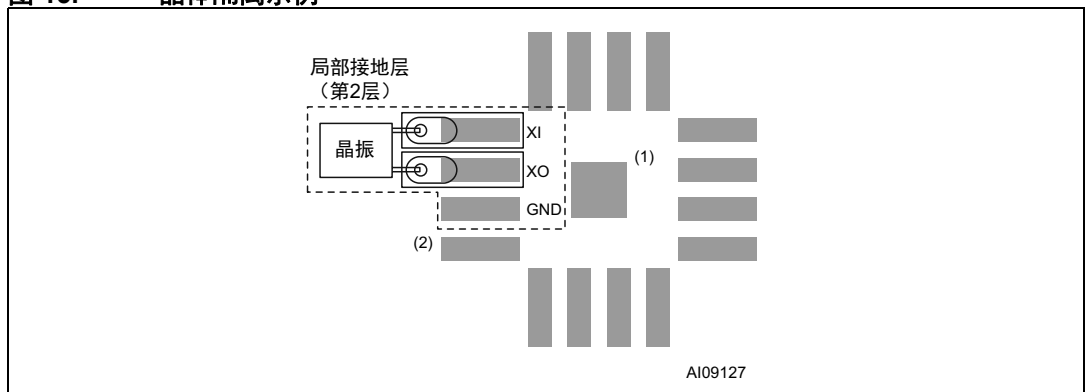


图 15. 晶体隔离示例



1. 衬底应连接到 V_{SS} 。
2. 为了防止引脚 4 (SQW) 和引脚 2 (XO) 之间发生耦合，引脚 3 (GND) 应当与引脚 4 相邻以实现隔离。

表 9. 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

1. 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。
2. 25 °C 时， $f = 1$ MHz
3. 输出禁能。

表 10. DC 特性

符号	参数	测试条件 ⁽¹⁾		最小值	典型值	最大值	单位	
$V_{CC}^{(2)}$	工作电压	时钟	0 °C 至 85 °C	1.0		4.4	V	
			-20 °C 至 85 °C	1.3		4.4	V	
			-40 °C 至 85 °C	1.5		4.4	V	
		I ² C 总线 (400 kHz)		1.3		4.4	V	
I_{CC1}	供电电流	SCL = 400 kHz (无负载)		4.4 V		100	μA	
				3.6 V		50	70	μA
				3.0 V		35		μA
				2.5 V		30		μA
				2.0 V		20		μA
I_{CC2}	供电电流 (待机)	SCL = 0 Hz 所有输入 $\geq V_{CC} - 0.2$ V $\leq V_{SS} + 0.2$ V	SQW 关 闭	4.4 V		1100	nA	
				3.6 V		550	900	nA
				3.0 V@25 °C		525		nA
				1.8 V@25 °C		450		nA
V_{IL}	输入低电压			-0.2		$0.3 V_{CC}$	V	
V_{IH}	输入高电压			$0.7 V_{CC}$		$V_{CC} + 0.3$	V	
V_{OL}	输出低电压	$V_{CC} = 4.4$ V, $I_{OL} = 1.0$ mA (SQW, \overline{IRQ}/OUT)				0.4	V	
V_{PU}	上拉电源电压 (漏极开路)	\overline{IRQ}/OUT				4.4	V	
		SQW				V_{CC}	V	
I_{LI}	输入泄漏电流	$0V \leq V_{IN} \leq V_{CC}$				± 1	μA	
I_{LO}	输出泄漏电流	$0V \leq V_{OUT} \leq V_{CC}$				± 1	μA	
	方波占空比 ⁽³⁾	无负载		40	50	60	%	

1. 在环境工作温度 $T_A = -40$ 至 $+85$ °C 有效； $V_{CC} = 1.5$ V 至 4.4 V (除非特别说明)。
2. 振荡器只保证在 25 °C 下 1.6 V 以上启动。
3. 设计保证。

表 11. 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 ($T_A = -40$ 到 70°C)			75 ⁽³⁾⁽⁴⁾	k Ω
C_L	负载电容		6		pF
			7-12.5 ⁽⁵⁾		

1. 如果使用 QFN16 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)，来调节叉形石英晶体。KDS 可通过 http://www.kds.info/index_en.htm 联系。Citizen 可通过 <http://www.citizencrystal.com> 联系。
2. 负载电容集成到 M41T66 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。
4. $R_{S(max)} = 65 \text{ k}\Omega$ ，对于 $T_A = -40$ 到 85°C 及振荡器在 1.7 V 处启动。
5. 必须增加外部电容以实现更高的时钟精度。

表 12. 振荡器特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{STA}	振荡器起振电压	25 °C 时	1.6			V
t_{STA}	振荡器起振时间	$V_{CC} = 1.6 \text{ V}@25^\circ\text{C}$		500		ms
		$V_{CC} = 3.0 \text{ V}$			1	s
C_g	XIN			12		pF
C_d	XOUT			12		pF
	IC 到 IC 的频率偏移 ⁽¹⁾		-10		+10	ppm

1. 参考值。 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ， $V_{CC} = 3.0 \text{ V}$ ， CMJ-145 ($C_L = 6 \text{ pF}$ ， 32,768 Hz) 制造商 Citizen。

图 16. 总线时序要求

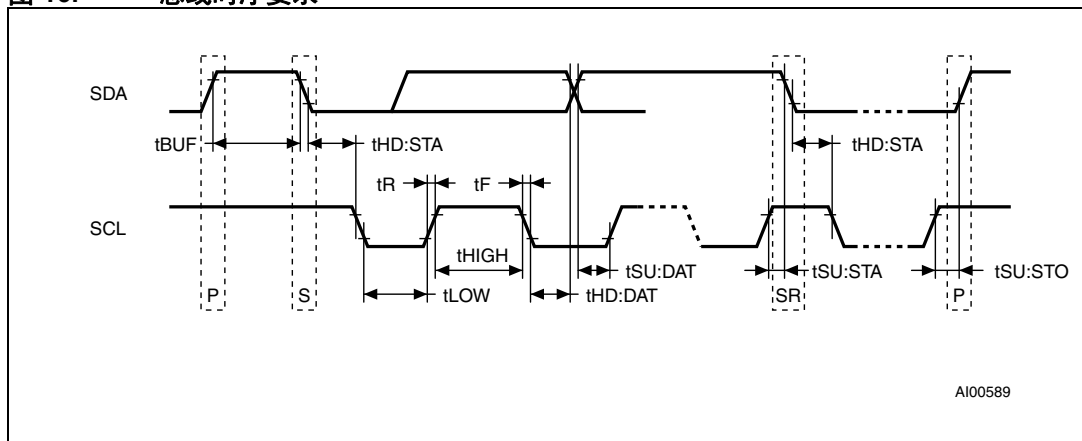


表 13. 交流特性

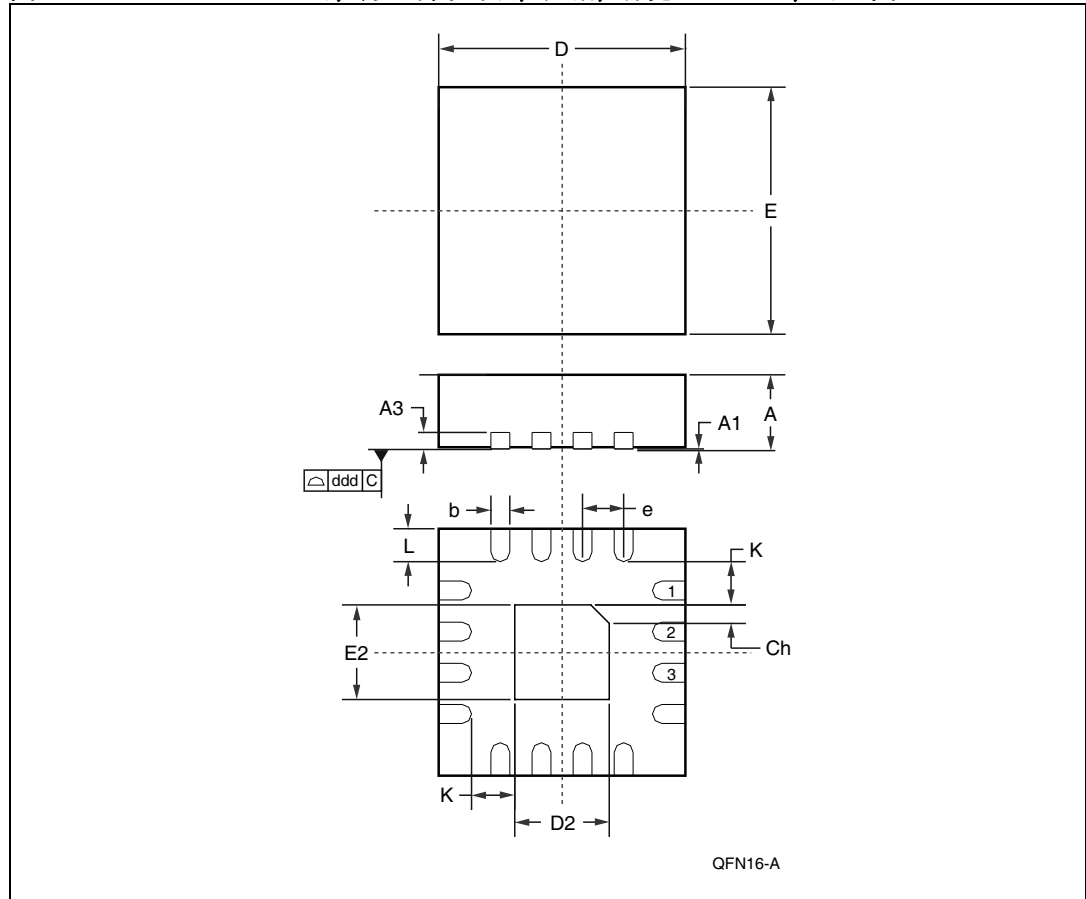
符号	参数 ⁽¹⁾	最小值	典型值	最大值	单位
f_{SCL}	SCL 时钟频率	0		400	kHz
t_{LOW}	时钟低时间	1.3			μs
t_{HIGH}	时钟高时间	600			ns
t_R	SDA 和 SCL 上升时间			300	ns
t_F	SDA 和 SCL 下降时间			300	ns
$t_{HD:STA}$	START (开始) 保持时间 (这段时间后第一个时钟脉冲产生)	600			ns
$t_{SU:STA}$	START (开始) 建立时间 (仅限于重复开始条件)	600			ns
$t_{SU:DAT}^{(2)}$	数据建立时间	100			ns
$t_{HD:DAT}$	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 $85^\circ C$; $V_{CC} = 1.5$ 至 $4.4 V$ (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)。

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® 的规格、等级定义和产品状态可在 www.st.com 上查询。ECOPACK® 是意法半导体的商标。

图 17. QFN16 – 16 脚，方形扁平封装，无铅，体宽 3 x 3 mm，外形图

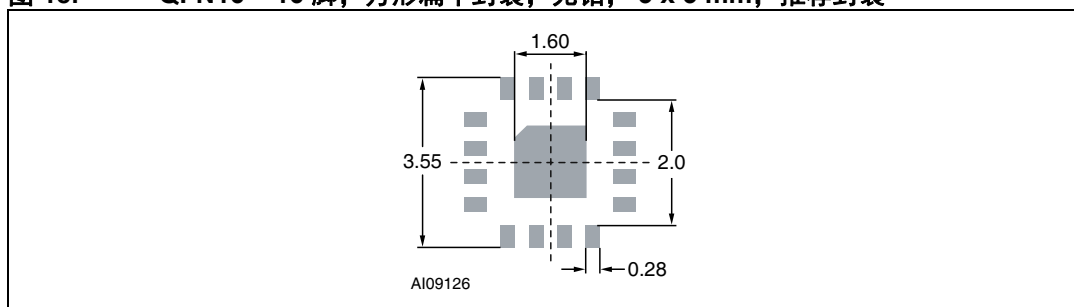


1. 图纸未按比例绘制。

表 14. QFN16 – 16 脚，方形扁平封装，无铅，体宽 3 x 3 mm，机械数据

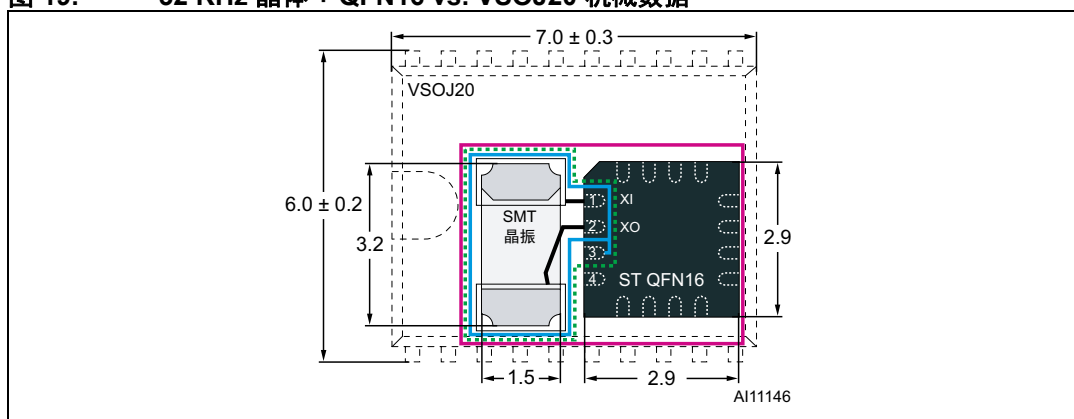
Symb	mm			英寸		
	典型值	最小值	最大值	典型值	最小值	最大值
A	0.90	0.80	1.00	0.035	0.032	0.039
A1	0.02	0.00	0.05	0.001	0.000	0.002
A3	0.20	–	–	0.008	–	–
b	0.25	0.18	0.30	0.010	0.007	0.012
D	3.00	2.90	3.10	0.118	0.114	0.122
D2	1.70	1.55	1.80	0.067	0.061	0.071
E	3.00	2.90	3.10	0.118	0.114	0.122
E2	1.70	1.55	1.80	0.067	0.061	0.071
e	0.50	–	–	0.020	–	–
K	0.20	–	–	0.008	–	–
L	0.40	0.30	0.50	0.016	0.012	0.020
ddd	–	0.08	–	–	0.003	–
Ch	–	0.33	–	–	0.013	–
N	16			16		

图 18. QFN16 – 16 脚，方形扁平封装，无铅，3 x 3 mm，推荐封装



1. 所示图形尺寸以毫米（mm）为单位。

图 19. 32 KHz 晶体 + QFN16 vs. VSOJ20 机械数据



1. 所示图形尺寸以毫米（mm）为单位。

图 20. QFN16 (3 x 3 mm) 封装的承载带

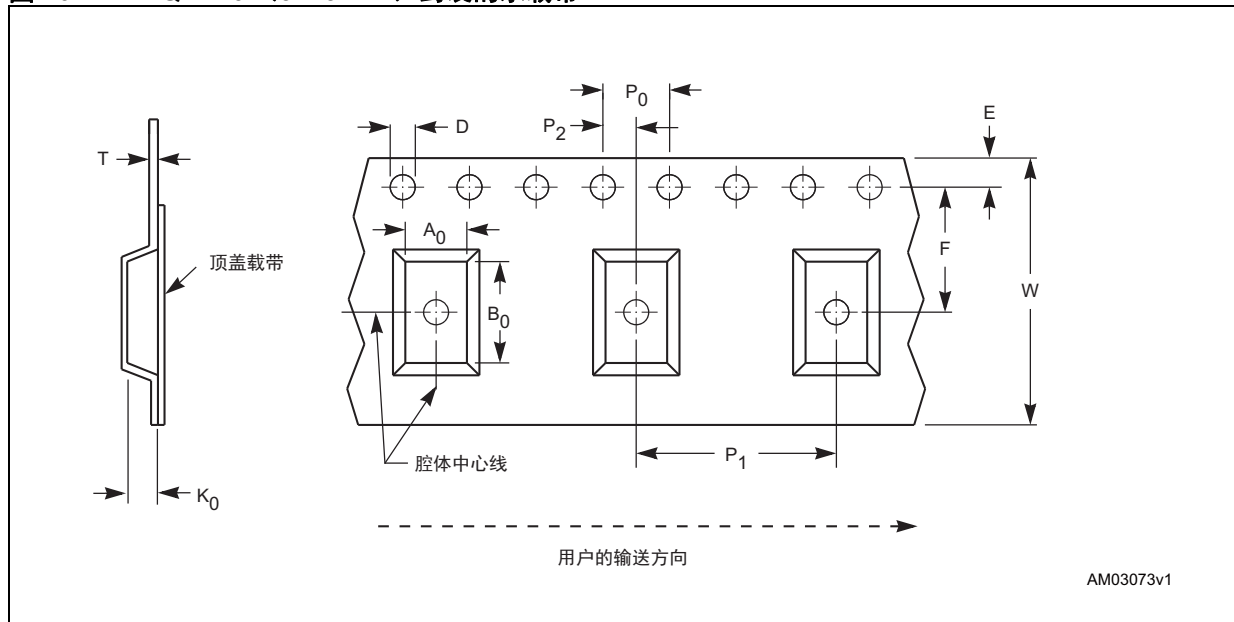


表 15. QFN16 (3 mm x 3 mm) 封装的承载带尺寸

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	3.30 ±0.10	3.30 ±0.10	1.10 ±0.10	8.00 ±0.10	0.30 ±0.05	mm	3000

图 21. 卷盘原理图

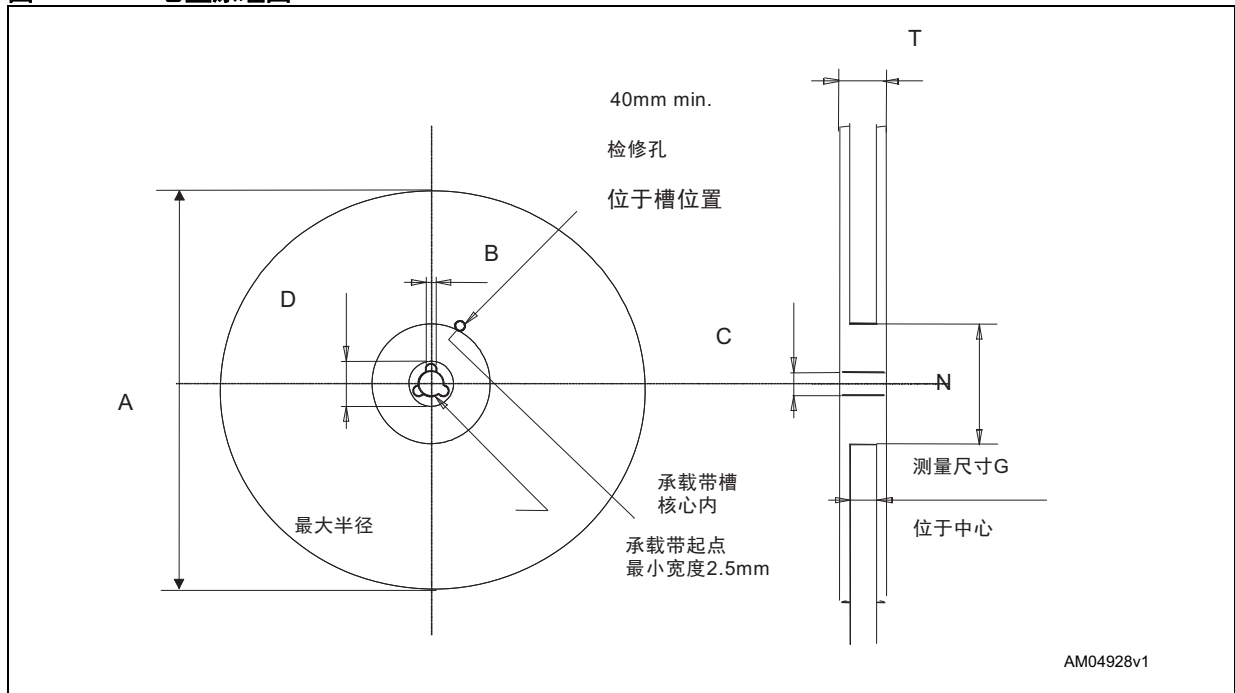


表 16. 具有 12 mm 承载带的卷盘尺寸 - QFN16 封装

A (最大值)	B (最小值)	C	D (最小值)	N (最小值)	G	T (最大值)
330 mm (13-inch)	1.5 mm	13 mm ± 0.2 mm	20.2 mm	60 mm	12.4 mm + 2/-0 mm	18.4 mm

注: 表 16 中给出的尺寸包含了容限, 覆盖了临界参数的所有变化。

7 器件型号

表 17. 订货代码

示例:	M41T	66	Q	6	F
器件系列 M41T					
器件类型和供电电压 66 = $V_{CC} = 1.5\text{ V}$ 到 4.4 V					
封装 Q = QFN16 (3 mm x 3 mm)					
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 修订历史

表 18. 文档修订历史

日期	版本	变更
2008 年 10 月 22 日	1	初始版本
2011 年 10 月 25 日	2	更新了标题；少量文本更新；更新了第 6 节：封装机械数据中的 ECOPACK [®] 文本；增加了图 20、21、表 15 和 16

表 19. 中文文档修订历史

日期	版本	变更
2008 年 10 月 22 日	1	中文初始版本
2015 年 10 月 14 日	2	更新了标题；少量文本更新；更新了第 6 节：封装机械数据中的 ECOPACK [®] 文本；增加了图 20、21、表 15 和 16

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 2015