

## 超声波流量高精度测量电路

## 主要特点

- 四精度模式测量精度高达 8.75ps
- 测量范围 750ns~16ms @4MHz
- 具有自动循环测量功能
- 具有回波峰值检波功能
- 具有两路温度测量功能
- 内嵌精密、阈值可编程比较器
- 发射脉冲相位插入功能
- 独立的脉冲供电单元，最高可支持 4.5V
- 支持多种状态检测（时钟，温度，流量）
- 内置低噪声、低功耗 LDO
- 超低功耗，静态电流 2.5 $\mu$ A  
(32k 时钟+LDO+静态功耗)

## 应用

- 超声波水表
- 超声波气表
- 超声波流量计
- 超声波风速仪

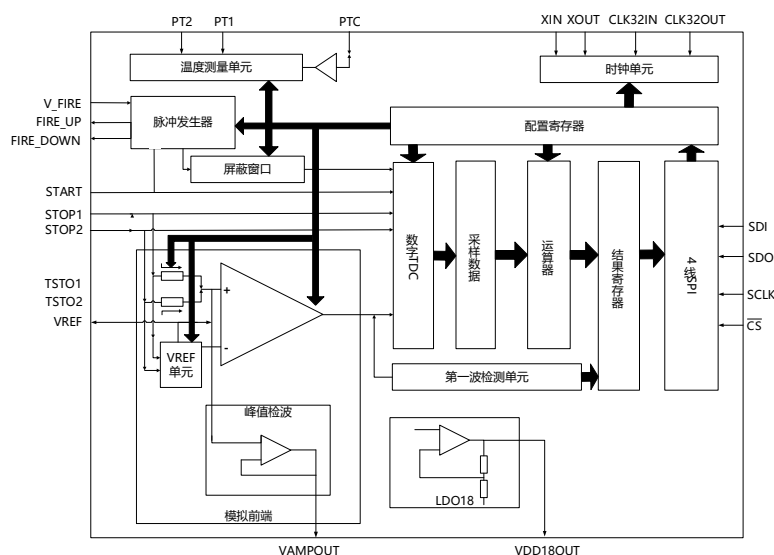
## 产品简述

MS1031 是一款针对超声波流量计的高精度测量电路，具有高精度、高稳定性、高效率、低功耗等特点。四精度模式下测量精度高达 8.75ps，测量范围 750ns~ 16ms@4MHz。内部比较器的 offset 可编程范围为 -64mV~62mV。在第一波模式下，比较器的可编程范围还另外增加了 -128mV~126mV；内置自动循环测量功能，可自动定时进行顺逆流测量，降低外围单片机参与度，大大降低了测量功耗。MS1031 内置回波峰值检波功能，可以对回波信号进行监测，有效识别传感器衰减。

## 订购信息

| 产品型号    | 封装形式  | 丝印名称    |
|---------|-------|---------|
| MS1031N | QFN32 | MS1031N |

## 内部框图

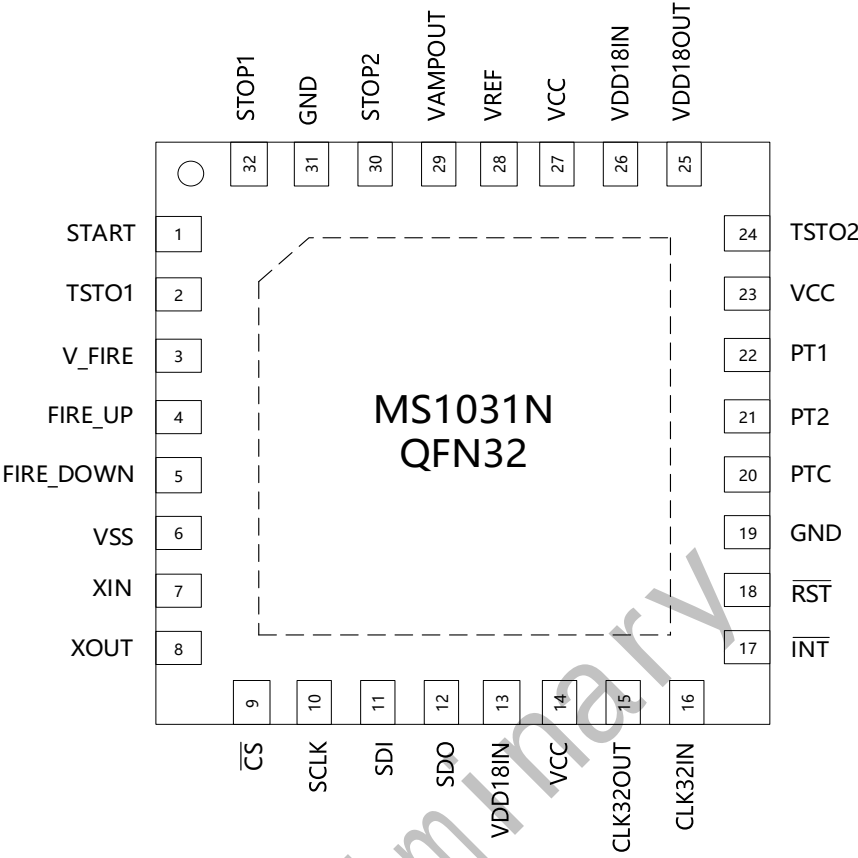


目录

|           |   |               |    |
|-----------|---|---------------|----|
| 主要特点..... | 1 | 极限参数 .....    | 5  |
| 产品简述..... | 1 | ESD 注意事项..... | 5  |
| 应用 .....  | 1 | 推荐工作条件 .....  | 5  |
| 订购信息..... | 1 | 电气参数 .....    | 6  |
| 内部框图..... | 1 | 时序.....       | 9  |
| 目录 .....  | 2 | 典型应用图 .....   | 12 |
| 管脚说明..... | 3 | 封装外形图 .....   | 13 |
|           |   | 印章与包装规范.....  | 14 |

Preliminary

管脚说明



| 管脚编号 | 管脚名称            | 管脚属性 | 管脚描述              |
|------|-----------------|------|-------------------|
| 1    | START           | I    | START 输入通道        |
| 2    | TSTO1           | I/O  | 有源高速时钟输入/测试输出管脚 1 |
| 3    | V_FIRE          | -    | 脉冲发射单元电源          |
| 4    | FIRE_UP         | O    | 顺流脉冲发射            |
| 5    | FIRE_DOWN       | O    | 逆流脉冲发射            |
| 6    | VSS             | -    | 脉冲发射单元地           |
| 7    | XIN             | I    | 高速晶振输入            |
| 8    | XOUT            | O    | 高速晶振输出            |
| 9    | $\overline{CS}$ | I    | SPI 串行接口使能，低电平有效  |
| 10   | SCLK            | I    | SPI 串行接口时钟输入      |
| 11   | SDI             | I    | SPI 串行接口数据输入      |
| 12   | SDO             | O    | SPI 串行接口数据输出      |
| 13   | VDD18IN         | -    | 内核电源              |

| 管脚编号 | 管脚名称                    | 管脚属性 | 管脚描述                      |
|------|-------------------------|------|---------------------------|
| 14   | VCC                     | -    | 端口电源                      |
| 15   | CLK32OUT                | O    | 32kHz 时钟输出                |
| 16   | CLK32IN                 | I    | 32kHz 时钟输入                |
| 17   | $\overline{\text{INT}}$ | O    | 中断输出, 低电平有效               |
| 18   | $\overline{\text{RST}}$ | I    | 系统复位输入, 低电平有效             |
| 19   | GND                     | -    | 地                         |
| 20   | PTC                     | -    | 温度测量电容端                   |
| 21   | PT2                     | O    | 温度测量端口 2                  |
| 22   | PT1                     | O    | 温度测量端口 1                  |
| 23   | VCC                     | -    | 端口电源                      |
| 24   | TSTO2                   | I/O  | STOP 端口使能, 高电平使能/测试输出管脚 2 |
| 25   | VDD18OUT                | -    | LDO 输出电压                  |
| 26   | VDD18IN                 | -    | 内核电源                      |
| 27   | VCC                     | -    | 端口电源                      |
| 28   | VREF                    | O    | 内部基准输出, 外接电容              |
| 29   | VAMPOUT                 | O    | 峰值检波电压输出                  |
| 30   | STOP2                   | I    | STOP 输入通道 2               |
| 31   | GND                     | -    | 地                         |
| 32   | STOP1                   | I    | STOP 输入通道 1               |

对不使用的管脚进行以下设置

| 管脚名称    | 未使用接法 |
|---------|-------|
| START   | GND   |
| TSTO1   | VCC   |
| XIN     | GND   |
| CLK32IN | GND   |
| TSTO2   | VCC   |
| STOP2   | GND   |
| STOP1   | GND   |

## 极限参数

芯片使用中，任何超过极限参数的应用方式会对器件造成永久的损坏，芯片长时间处于极限工作状态可能会影响器件的可靠性。极限参数只是由一系列极端测试得出，并不代表芯片可以正常工作在此极限条件下。

| 参数        | 符号           | 额定值                 | 单位 |
|-----------|--------------|---------------------|----|
| 内核供电电压    | $V_{DD18IN}$ | -0.3~2              | V  |
| IO 供电电压   | $V_{CC}$     | -0.3 ~ 4            | V  |
| 输入管脚电压    | $V_{IN}$     | -0.5 ~ $V_{CC}+0.5$ | V  |
| 存储温度      | $T_{STG}$    | -65 ~ +150          | °C |
| 最大结温      | $T_{JMAX}$   | 150                 | °C |
| 工作温度      | $T_A$        | -40 ~ 125           | °C |
| ESD (HBM) | $V_{HBM}$    | ±8000               | V  |

## ESD 注意事项

|                                                                                    |                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>静电在很多地方都会产生，采取下面的预防措施，可以有效防止由于受静电放电的影响而引起的损坏：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 操作人员要通过防静电腕带接地。</li> <li>2. 设备外壳必须接地。</li> <li>3. 装配过程中使用的工具必须接地。</li> <li>4. 必须采用导体包装或抗静电材料包装或运输。</li> </ol> |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 推荐工作条件

| 参数                  | 符号               | 测试条件                               | 最小值      | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---------------------|------------------|------------------------------------|----------|-----|-----|----|
| 内核供电电压 <sup>1</sup> | $V_{DD18IN}$     |                                    | 1.5      |     | 1.9 | V  |
| IO 供电电压             | $V_{CC1}$        | $V_{DD18OUT} = 1.8V$               | 2.5      |     | 3.6 | V  |
|                     | $V_{CC2}$        | $V_{DD18OUT} = 1.5V$               | 2.4      |     | 3.6 | V  |
| $V_{FIRE}$ 供电电压     | $V_{FIRE}$       |                                    | $V_{CC}$ |     | 4.5 | V  |
| VDD18 电压稳定时间        | $t_{VDD18\_STB}$ | $C_L = 100\mu F$<br>在 VDD18OUT 管脚上 |          | 15  |     | ms |

注 1：包括晶振管脚 XIN、XOUT、CLK32IN、CLK32OUT。

## 电气参数

除非另外说明,  $V_{CC}=3V$ ,  $T_A=25^{\circ}C$ 。

| 参数            | 符号        | 测试条件                                            | 最小值                 | 典型值   | 最大值                 | 单位      |
|---------------|-----------|-------------------------------------------------|---------------------|-------|---------------------|---------|
| <b>直流特性</b>   |           |                                                 |                     |       |                     |         |
| 32kHz 晶振电流    | $I_{32}$  | 仅 32kHz 晶振工作, 低电流模式                             |                     | 1.2   |                     | $\mu A$ |
|               |           | 仅 32kHz 晶振工作, 高电流模式                             |                     | 4     |                     | $\mu A$ |
|               |           | 外部输入模式                                          |                     |       | 1                   | $\mu A$ |
| 4MHz 晶振电流     | $I_{HS}$  | $V_{DD18IN}=1.8V$                               |                     | 210   |                     | $\mu A$ |
|               |           | $V_{DD18IN}=1.5V$                               |                     | 120   |                     | $\mu A$ |
|               |           | 高速晶振关闭,<br>高速时钟从 TSTO1 输入                       |                     | 40    |                     | $\mu A$ |
|               |           | 关闭时                                             |                     |       | 1                   | $\mu A$ |
| 时间测量单元电流      | $I_{TMU}$ | 仅当时间测量开启                                        |                     | 0.47  |                     | mA      |
| 静态电流          | $I_{DDQ}$ | 所有时钟关闭 (LDO 关闭)                                 |                     | 0.3   |                     | $\mu A$ |
| 测量电流 (每秒 1 次) | $I_{O1}$  | $V_{DD18IN}=1.8V$ , 单次测量 (模拟开启)                 |                     | 0.5   |                     | $\mu A$ |
|               | $I_{O2}$  | $V_{DD18IN}=1.8V$ , 顺逆流 1 次测量 (模拟开启)            |                     | 1     |                     | $\mu A$ |
|               | $I_{O1}$  | $V_{DD18IN}=1.8V$ , 单次测量 (模拟开启), Vref 输出关闭      |                     | 0.4   |                     | $\mu A$ |
|               | $I_{O2}$  | $V_{DD18IN}=1.8V$ , 顺逆流 1 次测量 (模拟开启), Vref 输出关闭 |                     | 0.85  |                     | $\mu A$ |
| 温度测量电流        | $I_T$     | 每 30 秒一次                                        |                     | 0.085 |                     | $\mu A$ |
| 模拟部分电流        | $I_{ANA}$ | $V_{DD18IN}=1.8V$ , 开启模拟部分                      |                     | 1.25  |                     | mA      |
|               |           | $V_{DD18IN}=1.5V$ , 开启模拟部分                      |                     | 1.15  |                     | mA      |
|               |           | $V_{DD18IN}=1.8V$ , 开启模拟部分, Vref 输出关闭           |                     | 0.95  |                     | mA      |
|               |           | $V_{DD18IN}=1.5V$ , 开启模拟部分, Vref 输出关闭           |                     | 0.9   |                     | mA      |
| 高电平输出电压       | $V_{OH}$  | $I_{OH}=4mA$                                    | $0.8 \times V_{CC}$ |       |                     | V       |
| 低电平输出电压       | $V_{OL}$  | $I_{OL}=4mA$                                    |                     |       | $0.2 \times V_{CC}$ | V       |
| 高电平输入电压       | $V_{IH}$  |                                                 | $0.7 \times V_{CC}$ |       |                     | V       |
| 低电平输入电压       | $V_{IL}$  |                                                 |                     |       | $0.3 \times V_{CC}$ | V       |
| <b>终端等效电容</b> |           |                                                 |                     |       |                     |         |
| 数字输入端口电容      | $C_{IN}$  | $V_{CC}=3V$<br>$f=1MHz$ , $T_A=25^{\circ}C$     |                     | 7     |                     | pF      |
| 数字输出端口电容      | $C_O$     |                                                 |                     | 3     |                     |         |
| 双向端口电容        | $C_{IO}$  |                                                 |                     | 9     |                     |         |

| 参数                              | 符号                                 | 测试条件                                                          | 最小值     | 典型值  | 最大值   | 单位    |
|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------|------|-------|-------|
| 模拟电路前端                          |                                    |                                                               |         |      |       |       |
| 比较器输入失调电压                       | V <sub>OS</sub>                    |                                                               |         | 1    |       | mV    |
| STOP1/STOP2 开关导通电阻              | R <sub>DS(ON)(AS)</sub>            | 模拟开关开启                                                        |         | 300  |       | Ω     |
| FIRE_UP、FIRE_DOWN<br>开启时的输出导通电阻 | R <sub>DS(ON)(FIRE)</sub>          | 对称输出,<br>R <sub>DS(ON)(HIGH)</sub> = R <sub>DS(ON)(LOW)</sub> |         | 4    |       | Ω     |
| STOP 偏置电压                       | V <sub>REF</sub>                   | V <sub>DD18IN</sub> =1.8V                                     |         | 0.7  |       | V     |
|                                 |                                    | V <sub>DD18IN</sub> =1.5V                                     |         | 0.58 |       | V     |
| 比较器传输延时                         | t <sub>PD</sub>                    |                                                               |         | 150  |       | ns    |
| 时间测量单元                          |                                    |                                                               |         |      |       |       |
| 时间测量精度                          | t <sub>ACC</sub>                   | V <sub>DD18IN</sub> =1.8V, 四精度                                |         | 8.75 |       | ps    |
|                                 |                                    | V <sub>DD18IN</sub> =1.5V, 四精度                                |         | 10.5 |       | ps    |
| 测量分辨率                           | t <sub>RES</sub>                   | V <sub>CC</sub> =3.0V@4MHz                                    |         | 3.8  |       | ps    |
| 测量范围                            | t <sub>M</sub>                     | V <sub>CC</sub> =3.0V@4MHz                                    | 0.00075 |      | 16    | ms    |
| 标准偏差                            | σ                                  | V <sub>DD18IN</sub> =1.8V                                     |         | 28   |       | ps    |
|                                 |                                    | V <sub>DD18IN</sub> =1.5V                                     |         | 31   |       | ps    |
| LDO 单元                          |                                    |                                                               |         |      |       |       |
| 输出电压                            | V <sub>OUT1</sub>                  | V <sub>CC</sub> =3.0V,<br>寄存器配置输出 1.8V                        | t.b.d   | 1.8  | t.b.d | V     |
|                                 | V <sub>OUT2</sub>                  | V <sub>CC</sub> =3.0V,<br>寄存器配置输出 1.5V                        | t.b.d   | 1.5  | t.b.d | V     |
| 输出电流                            | I <sub>OUT1</sub>                  | V <sub>CC</sub> =3.0V, V <sub>OUT</sub> =1.8V                 |         | 35   |       | mA    |
|                                 | I <sub>OUT2</sub>                  | V <sub>CC</sub> =2.5V, V <sub>OUT</sub> =1.8V                 |         | 13   |       | mA    |
|                                 | I <sub>OUT3</sub>                  | V <sub>CC</sub> =3.0V, V <sub>OUT</sub> =1.5V                 |         | 42   |       | mA    |
|                                 | I <sub>OUT4</sub>                  | V <sub>CC</sub> =2.5V, V <sub>OUT</sub> =1.5V                 |         | 20   |       | mA    |
| 输出电压温度系数                        | ΔV <sub>OUT</sub> /ΔT <sub>A</sub> | V <sub>CC</sub> =3.0V                                         |         | 0.1  |       | mV/°C |
| 负载调整率                           | ΔV <sub>LOAD</sub>                 | V <sub>CC</sub> =3.0V,<br>I <sub>L</sub> =1μA~25mA            |         | 0.5  |       | %     |
| 电源调整率                           | ΔV <sub>LINE</sub>                 | V <sub>CC</sub> =2.7V~3.6V                                    |         | 0.6  |       | %     |

| 参数                   | 符号                | 测试条件                    | 最小值 | 典型值    | 最大值 | 单位      |
|----------------------|-------------------|-------------------------|-----|--------|-----|---------|
| 输入电压                 | $V_{IN1}$         | $V_{DD18OUT} = 1.8V$    | 2.5 |        | 3.6 | V       |
|                      | $V_{IN2}$         | $V_{DD18OUT} = 1.5V$    | 2.4 |        | 3.6 | V       |
| 工作电流                 | $I_Q$             |                         |     | 0.8    |     | $\mu A$ |
| 时钟振荡器                |                   |                         |     |        |     |         |
| 32kHz 参考晶振频率         | $f_{CLK32}$       |                         |     | 32.768 |     | kHz     |
| 32kHz 晶振<br>在上电后起振时间 | $t_{32ST}$        |                         |     | 1      |     | s       |
| 高速晶振参考频率             | $f_{CLKHS}$       |                         | 2   | 4      | 16  | MHz     |
| 陶瓷晶振起振时间             | $t_{OSZST}$       | 4M 晶振                   |     | 100    |     | $\mu s$ |
| 石英晶振起振时间             | $t_{OSZST}$       | 4M 晶振                   |     | 1      |     | ms      |
| 温度测量单元               |                   |                         |     |        |     |         |
| 分辨率                  | RMS               | NTC=10k                 |     | 16.5   |     | Bit     |
| 信噪比                  | SNR               | NTC=10k                 |     | 75     |     | dB      |
| 绝对增益                 | Gain              | $V_{CC}=3.6V$ , NTC=10k |     | 0.9962 |     |         |
|                      |                   | $V_{CC}=3.0V$ , NTC= 0k |     | 0.9960 |     |         |
| 增益漂移                 | Gain VS. $V_{CC}$ | NTC=10k                 |     | 0.01   |     | %/V     |
| 初始零点失调漂移             | $Zero_{OFFSET}$   | NTC=10k                 |     | <20    |     | mK      |

时序

除非另外说明， $T_A=25^{\circ}\text{C}$ 。

串行接口

| 参数                                      | 符号                | $V_{CC}=2.5\text{V}$ |     |     | $V_{CC}=3.3\text{V}$ |     |     | 单位  |
|-----------------------------------------|-------------------|----------------------|-----|-----|----------------------|-----|-----|-----|
|                                         |                   | 最小值                  | 典型值 | 最大值 | 最小值                  | 典型值 | 最大值 |     |
| 串行时钟频率                                  | $f_{\text{CLK}}$  |                      |     | 30  |                      |     | 50  | MHz |
| 串行时钟，脉冲高                                | $t_{\text{PWH}}$  | 16                   |     |     | 10                   |     |     | ns  |
| 串行时钟，脉冲低                                | $t_{\text{PWL}}$  | 16                   |     |     | 10                   |     |     | ns  |
| $\overline{\text{CS}}$ 开启到时钟沿有效         | $t_{\text{SUCS}}$ | 40                   |     |     | 10                   |     |     | ns  |
| $\overline{\text{CS}}$ 在写循环之间的脉冲宽度      | $t_{\text{PWCS}}$ | 50                   |     |     | 40                   |     |     | ns  |
| $\overline{\text{CS}}$ 在 SCLK 下降沿后的保持时间 | $t_{\text{HCS}}$  | 32                   |     |     | 20                   |     |     | ns  |
| 数据建立到 SCLK 下降沿的时间                       | $t_{\text{SUD}}$  | 5                    |     |     | 5                    |     |     | ns  |
| 数据在 SCLK 下降沿后的保持时间                      | $t_{\text{HD}}$   | 5                    |     |     | 5                    |     |     | ns  |
| 在 SCLK 上升沿到数据有效的时间                      | $t_{\text{VD}}$   | 16                   |     |     | 10                   |     |     | ns  |

SPI 串行接口（SPI 兼容，时钟相位 =1，时钟极性 =0）：

SPI 串行接口是 4 线制 SPI 从机接口。

SPI 接口在时钟下降沿采样数据，数据从最高位(MSB)开始传输，最低位(LSB)结束，以字节方式传输。

$\overline{\text{CS}}$ 的下降沿或者第一个 SCLK 的上升沿将会复位INT（中断管脚）管脚状态。

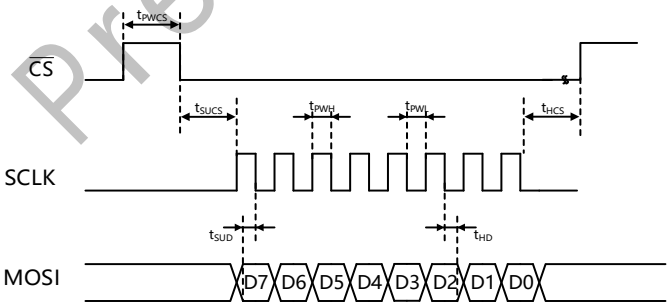


图 1. SPI 写时序

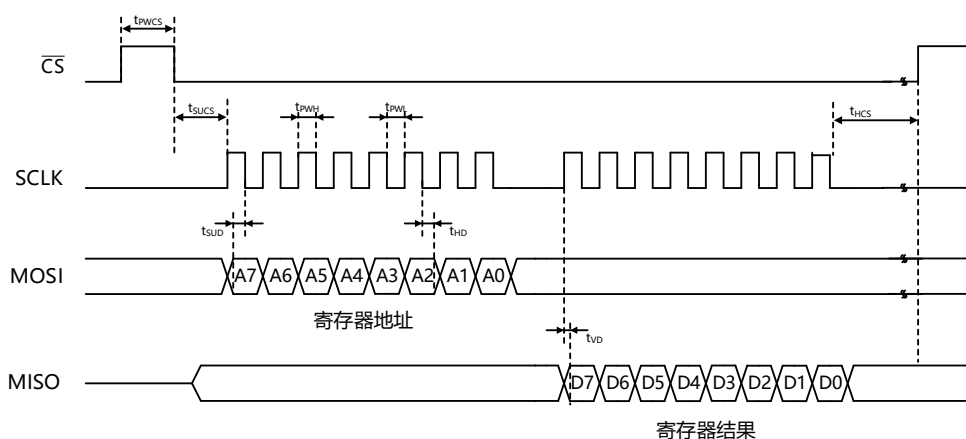


图 2. SPI 读时序

SPI 接口支持增量写入模式，仅需要在起始写入字节输入地址，后续增量写入仅需要输入时钟和数据即可完成数据写入，无需再输入地址和  $\overline{CS}$  控制。该方式适应多个配置寄存器写入情况，从而降低功耗，但输入时钟必须满足配置寄存器的位数，不然写入无效。

SPI 接口也支持增量读取模式，仅需要在起始读取字节输入地址，无需再输入地址和  $\overline{CS}$  控制，后续增量读取仅需要输入读取数据的时钟，即可读出需要的数据。该方式适应多个结果寄存器读出情况，从而降低功耗。

在增量读写的过程中，会根据 SCLK 时钟个数，自动对地址进行加 1。

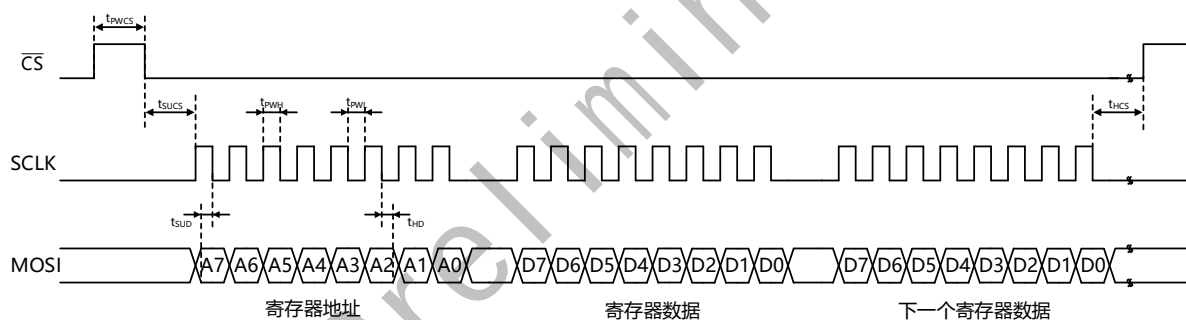


图 3. SPI 增量写

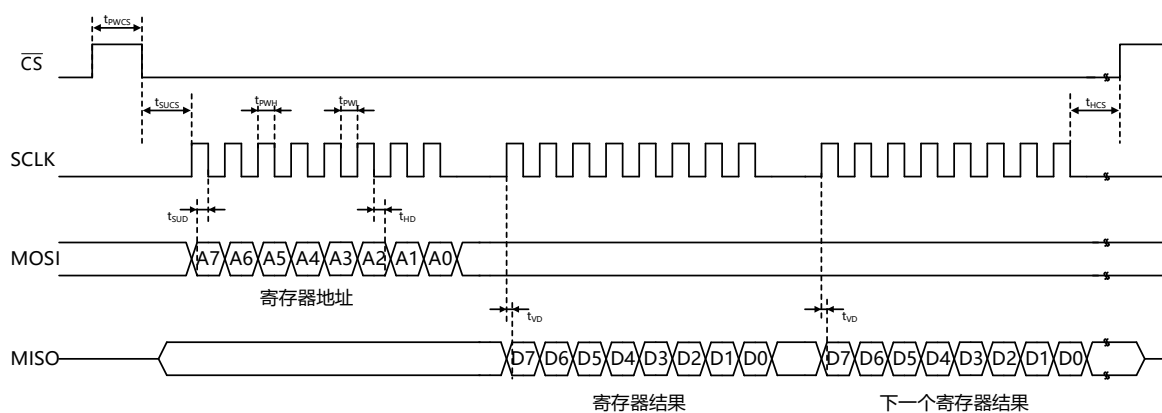


图 4. SPI 增量读

复位时序

| 参数                   | 符号        | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------------|-----------|-----|-----|-----|----|
| 复位时间                 | $t_{RST}$ | 30  |     |     | ns |
| 在复位脉冲上升沿后可以接受脉冲的时间间隔 | $t_{RFS}$ | 30  |     |     | ns |

在硬件复位后，至少要等待 500μs，才可以操作寄存器。

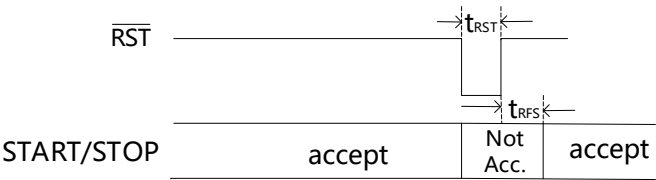
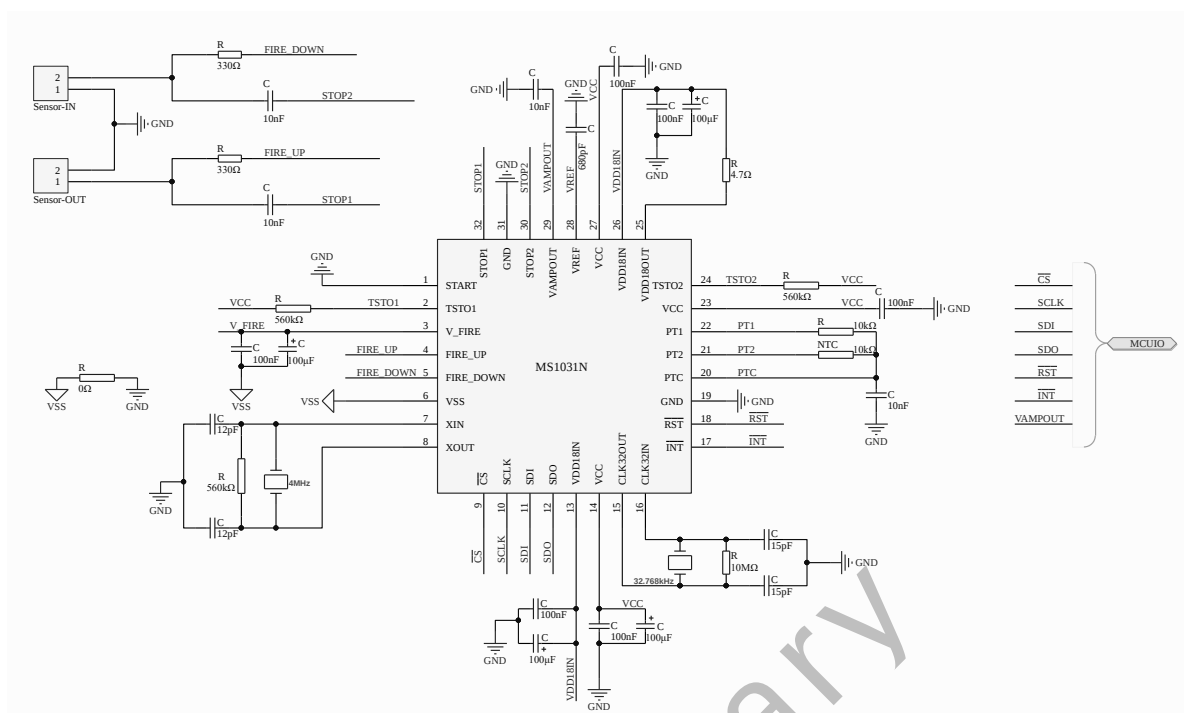


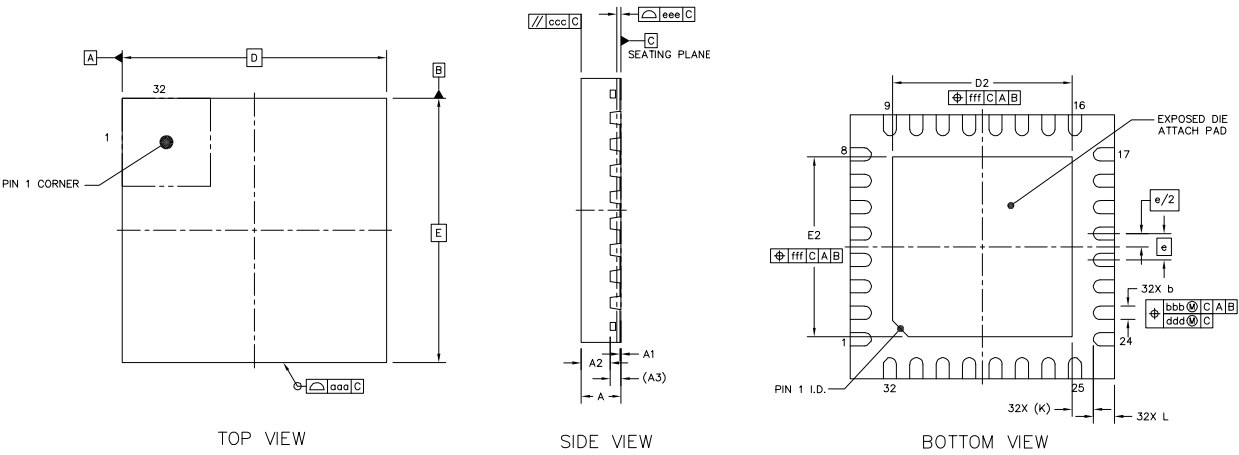
图 5. 系统复位时序

## 典型应用图



封装外形图

QFN32



| 符号  | 尺寸 (毫米)   |      |      |
|-----|-----------|------|------|
|     | 最小值       | 典型值  | 最大值  |
| A   | 0.7       | 0.75 | 0.8  |
| A1  | 0         | 0.02 | 0.05 |
| A2  | -         | 0.55 | -    |
| A3  | 0.203 REF |      |      |
| b   | 0.2       | 0.25 | 0.3  |
| D   | 5 BSC     |      |      |
| E   | 5 BSC     |      |      |
| e   | 0.5 BSC   |      |      |
| D2  | 3.3       | 3.4  | 3.5  |
| E2  | 3.3       | 3.4  | 3.5  |
| L   | 0.3       | 0.4  | 0.5  |
| K   | 0.4 REF   |      |      |
| aaa | 0.1       |      |      |
| ccc | 0.1       |      |      |
| eee | 0.08      |      |      |
| bbb | 0.1       |      |      |
| ddd | 0.05      |      |      |
| fff | 0.1       |      |      |

印章与包装规范

1. 印章内容介绍



产品型号：MS1031N

生产批号：XXXXXXX

2. 印章规范要求

采用激光打印，整体居中且采用 Arial 字体。

3. 包装规范说明

| 型号      | 封装形式  | 颗/卷  | 卷/盒 | 颗/盒  | 盒/箱 | 颗/箱   |
|---------|-------|------|-----|------|-----|-------|
| MS1031N | QFN32 | 4000 | 1   | 4000 | 8   | 32000 |

## 免责声明

- 瑞盟保留说明书的更改权，恕不另行通知。

客户在下单前应获取最新版本资料，并验证相关信息是否完整。

- 在使用瑞盟产品进行系统设计和整机制造时，买方有责任遵守安全标准并采取相应的安全措施，以避免潜在失败风险可能造成的人身伤害或财产损失。



+86-571-89966911



杭州市滨江区伟业路 1 号  
高新软件园 9 号楼 701 室



[http:// www.relmon.com](http://www.relmon.com)