



# CD32S31A

超高精度、I<sup>2</sup>C 接口、集成 RTC/TCXO/晶体

版本: Rev 1.0.0 日期: 2025-6-25

## 产品特性

- 高精度 RTC 全面管理所有计时功能
- 实时时钟计数秒、分、时、月份日期、月份、星期几及年份，具
- 在 0°C 至 +40°C 温度范围内精度  $\pm 2\text{ppm}$  (百万分之二)
- 在 -40°C 至 +85°C 温度范围内精度  $\pm 3.5\text{ppm}$  (百万分之三点五)
- 数字温度传感器输出： $\pm 3^\circ\text{C}$  精度
- 老化微调寄存器
- 复位输出/按钮复位去抖动输入
- 两个每日定时闹钟
- 可编程方波输出信号简单串行接口连接大多数微控制器
- 快速 (400kHz) I2C 接口电池备份输入以实现持续计时
- 低功耗操作延长电池备份运行时间
- 3.3V 电压

操作工作温度范围：商用 (0°C 至 +70°C) 和工业级 (-40°C 至 +85°C)

## 产品应用

- 服务器
- 远程通信
- 公用电功率表
- 全球定位系统

## 产品描述

CD32S31A 是一款低成本、极高精度的 I2C 实时时钟 (RTC)，集成了温度补偿晶体振荡器 (TCXO) 和晶体。该装置包含一个电池输入，在设备主电源中断时仍能保持精确的时间记录。晶体谐振器的集成不仅增强了器件的长期精度，还减少了生产线上所需的部件数量。CD32S31A 提供了商业级和工业级温度范围的选择，并采用 16 引脚、300 密耳 SOP 封装形式供应。RTC 保存秒、分、时、日、日期、月和年份信息。对于不足 31 天的月份，月末日期会自动调整，并且包括闰年的校正。时钟可工作在 24 小时或 12 小时格式，并带有 AM/PM 指示符。它提供了两个可编程的每日闹钟和一个可编程的方波输出。地址和数据通过 I2C 双向总线串行传输。

## 目录

产品特性 .....	- 1 -
产品应用 .....	- 1 -
产品描述 .....	- 1 -
引脚分配 .....	- 3 -
引脚描述 .....	- 3 -
功能框图 .....	- 4 -
典型应用电路 .....	- 5 -
绝对最大额定值 .....	- 5 -
推荐 DC 电气操作条件 .....	- 5 -
DC 电气特性 .....	- 6 -
AC 电气特性 .....	- 7 -
操作时序 .....	- 9 -
典型电气特性 .....	- 10 -
封装外形及尺寸 .....	- 17 -
包装/订购信息 .....	- 18 -
修订日志 .....	- 19 -

## 引脚分配

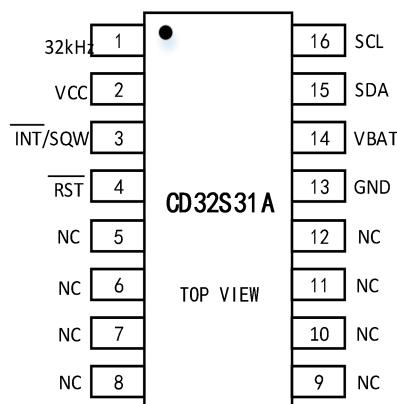


图 1. SOP16 引脚分配

## 引脚描述

引脚编号	引脚名称	描述
1	32kHz	32kHz 输出。此开漏引脚需要一个外部上拉电阻。启用后，该输出可由任一电源供电运作。如果不使用，可以保持开路。
2	V <sub>CC</sub>	主电源的直流电源引脚。应使用 0.1 微法到 1.0 微法的电容对此引脚进行去耦。如果不使用，请连接到地线。
3	INT/SQW	低电平中断或方波输出。此开漏引脚需要一个上拉电阻，该电阻连接到 5.5V 或更低的电源上。这个多功能引脚的功能由控制寄存器(0Eh)中的 INTCN 位的状态决定。当 INTCN 被设置为逻辑 0 时，该引脚输出方波，其频率由 RS2 和 RS1 位决定。当 INTCN 被设置为逻辑 1 时，那么时间保持寄存器与任一闹钟寄存器之间的匹配将激活 INT/SQW 引脚(如果闹钟被启用)。由于在首次供电时 INTCN 位被设置为逻辑 1，该引脚默认为中断输出，此时闹钟功能未启用。上拉电压最高可达 5.5V，不受 V <sub>CC</sub> 电压影响。如果不使用此引脚，可以将其悬空。
4	RST	低电平复位。此引脚是一个开漏输入/输出。它表示 V <sub>CC</sub> 相对于 VPF 规格的状态。当 V <sub>CC</sub> 低于 VPF 时，RST 引脚被拉低。当 V <sub>CC</sub> 超过 VPF，并持续时间 t <sub>RST</sub> ，内部上拉电阻将 RST 引脚拉高。该低电平、开漏输出与去抖动按钮输入功能相结合。此引脚可通过按下按钮请求复位来激活。它有一个内部标称值为 50kΩ 的上拉电阻至 V <sub>CC</sub> 。不应连接外部上拉电阻。如果振荡器被禁用，则 t <sub>REC</sub> (复位恢复时间) 被跳过，RST 立即变为高电平。
5-12	NC	无连接。必须接地
13	GND	地
14	V <sub>BAT</sub>	备用电源输入。当使用 V <sub>BAT</sub> 输入作为设备的主要电源时，应使用 0.1μF 到 1.0μF

		的低泄漏电容对此引脚进行去耦。当将 VBAT 输入用作备份电源时，则不需要电容。如果不使用 VBAT，应将其连接到地。该设备已通过 UL 认证，确保在与一次锂电池配合使用时防止反向充电。
15	SDA	串行数据输入/输出。此引脚是 I <sup>2</sup> C 串行接口的数据输入/输出端。此开漏引脚需要一个外部上拉电阻。上拉电压可高达 5.5V，与 VCC 上的电压无关。
16	SCL	串行时钟输入。此引脚是 I <sup>2</sup> C 串行接口的时钟输入，用于同步串行接口上的数据传输。此引脚可使用高达 5.5V 的电压，与 VCC 上的电压无关。

## 功能框图

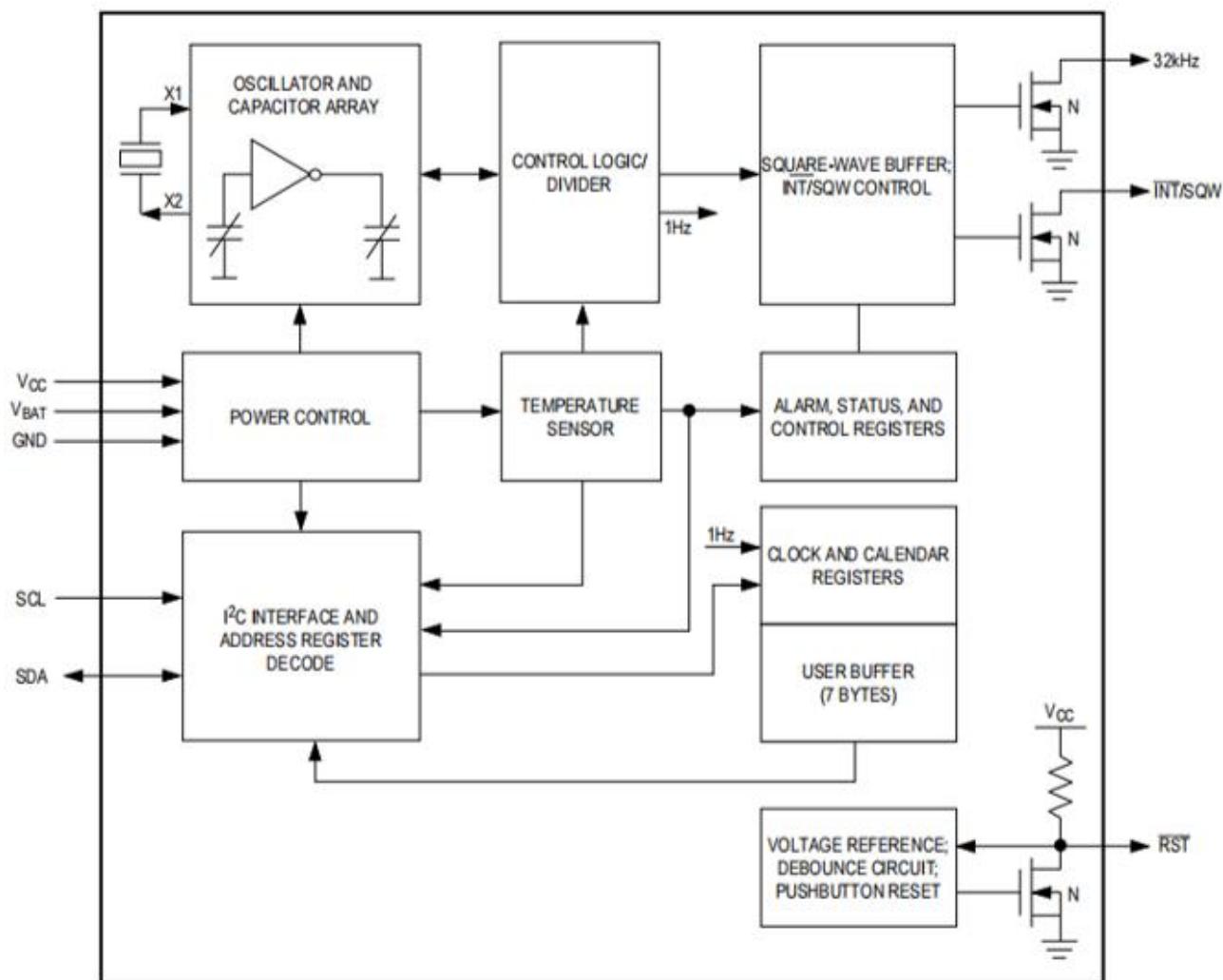


图 2. 产品框图

## 典型应用电路

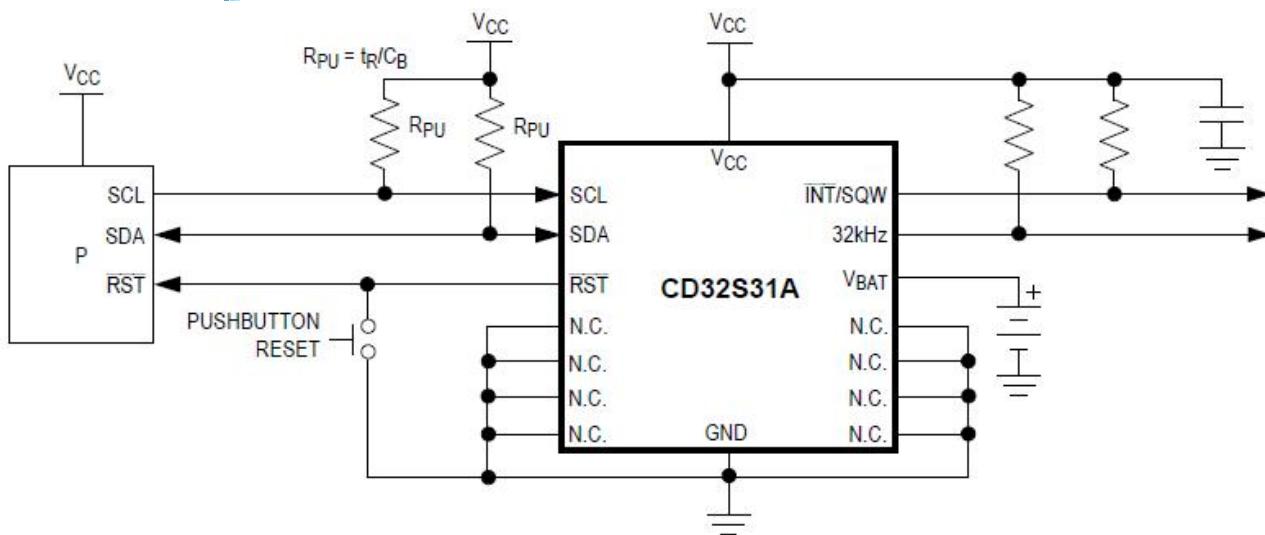


图 3. 典型应用电路图

## 绝对最大额定值

参数	范围
相对于GND的任何引脚上的电压范围	-0.3 V to +6 V
工作温度范围	-40°C to +85°C
存储温度范围	-40°C to +85°C
引线温度 (焊接, 10s)	260°C
焊接温度 (回流焊)	260°C
结至环境热阻( $\theta_{JA}$ )	73°C/W
结至壳间热阻( $\theta_{JC}$ )	23°C/W

## 推荐 DC 电气操作条件

除非另有说明, (V<sub>CC</sub>=V<sub>CC</sub> (MIN) 至 V<sub>CC</sub> (MAX) , T<sub>A</sub>=-40°C 至+85°C, 典型值为 T<sub>A</sub>=+25°C。) (注 1)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>		2.3	3.3	5.5	V
	VBAT		2.3	3.0	5.5	
Logic0 Input SDA, SCL	V <sub>IL</sub>		-0.3		+0.3V <sub>C</sub>	V
Logic1 Input SDA, SCL	V <sub>IH</sub>		0.7V <sub>CC</sub>		V <sub>CC</sub> +0.	V

## DC 电气特性

除非另有说明, VCC=2.3V 至 5.5V, VCC=有效供电 (参见表 1), TA = 最低工作温度至最高工作温度, (典型值在 VCC = 3.3V, VBAT = 3.0V, 以及 TA = +25°C 条件下测得, ) (注释 2、3)

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电流	I <sub>CCA</sub>	(注释 s 4, 5)VCC = 3.63V	--	--	200	μA
		(注释 s 4, 5)VCC = 5.5V	--	--	300	μA
待机电源电流	I <sub>CCS</sub>	I2C 总线无活动, 32kHz 输出开启, SQW 输出关闭 (注释 5), VCC = 3.63V	--	--	110	μA
		I2C 总线未激活, 32kHz 输出开启, SQW 输出关闭 (注意 5), VCC = 5.5V	--	--	170	
温度转换电流	I <sub>CCSConv</sub>	I2C 总线不活动, 32kHz 输出开启, SQW 输出关闭, VCC = 3.63V	--	--	575	μA
		I2C 总线未激活, 32kHz 输出开启, SQW 输出关闭, VCC = 5.5V	--	--	650	μA
电源故障电压	V <sub>PF</sub>		2.45	2.575	2.70	V
逻辑 0 输出, 32kHz, INT/SQW, SDA	V <sub>OL</sub>	I <sub>OL</sub> = 3mA	--	--	0.4	V
逻辑 0 输出, RST	V <sub>OL</sub>	I <sub>OL</sub> = 1mA	--	--	0.4	V
输出漏电流 32kHz, INT/SQW, SDA	I <sub>LO</sub>	输出高阻抗	-1	0	+1	μA
输入漏电流 SCL	I <sub>LI</sub>		-1	--	+1	μA
RST 引脚 I/O 漏电流	I <sub>OL</sub>	RST 高阻抗 (注释 6)	-200	--	+10	μA
V <sub>BAT</sub> 漏电流 (V <sub>CC</sub> Active)	I <sub>BATLKG</sub>		--	25	100	nA
输出频率	f <sub>OUT</sub>	VCC = 3.3V 或 VBAT = 3.3V	--	32.768	--	kHz
频率稳定性相对于温度的变化	Δf/f <sub>OUT</sub>	VCC = 3.3V 或 VBAT = 3.3V, 老化偏移=00h	--	--	±3.5	ppm
频率稳定性相对于电压的变化	Δf/V		--	1	--	ppm/V
修调寄存器频率每个 LSB 的灵敏度	Δf/LSB		--	0.8	--	ppm

温度精度	Temp	VCC = 3.3V 或 VBAT = 3.3V	-3	--	+3	°C
晶体老化指标	$\Delta f/f_0$	回流后, 未进行生产测试, 1年	--	$\pm 1.0$	--	ppm
		回流后, 未进行生产测试, 0-10年	--	$\pm 5.0$	--	ppm

( $V_{CC} = 0V, V_{BAT} = 2.3V$  至  $5.5V, T_A =$  最低工作温度至最高工作温度, 除非另有说明) (注释 2)

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电池电流	IBATA	$\overline{EOSC} = 0, BBSQW = 0,$ $SCL = 400kHz$ (注释 5)	$V_{BAT} = 3.63V$	--	70	$\mu A$
			$V_{BAT} = 5.5V$	--	150	
时钟电池电流	IBATT	$\overline{EOSC} = 0, BBSQW = 0,$ $EN32kHz = 1, SCL = SDA = 0V$ 或 $SCL = SDA = V_{BAT}$	$V_{BAT} = 3.63V$	--	0.84	3.0
		$V_{BAT}$ (注释 5)	$V_{BAT} = 5.5V$	--	1.0	3.5
温度转换电流	IBATTC	$\overline{EOSC} = 0, BBSQW = 0,$ $SCL = SDA = 0V$ 或 $SCL = SDA = V_{BAT}$	$V_{BAT} = 3.63V$	--	575	$\mu A$
			$V_{BAT} = 5.5V$	--	650	
数据保持电流	IBATTD R	$\overline{EOSC} = 1, SCL = SDA = 0V, +25^\circ C$	--	--	100	nA

## AC 电气特性

除非另有说明( $V_{CC} = V_{CC(MIN)}$  to  $V_{CC(MAX)}$  或  $V_{BAT} = V_{BAT(MIN)}$  至  $V_{BAT(MAX)}$ ,  $V_{BAT} > V_{CC}, T_A = T_{MIN}$  至  $T_{MAX}$ ) (注释 2)

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
SCL 时钟频率	$f_{SCL}$	快速模式	100	--	400	$kHz$
		标准模式	0	--	100	
总线在 STOP 状态与 START 条件之间的时间间隔	$t_{BUF}$	快速模式	1.3	--	--	$\mu s$
		标准模式	4.7	--	--	
保持时间 (重复) 启动条件(注释 7)	$t_{HD:STA}$	快速模式	0.6	--	--	$\mu s$
		标准模式	4.0	--	--	
SCL 时钟的低电平周期	$t_{LOW}$	快速模式	1.3	--	--	$\mu s$
		标准模式	4.7	--	--	
数据保持时间 (注释 s 8, 9)	$t_{HD:DAT}$	快速模式	0	--	0.9	$\mu s$

		标准模式	0	--	--	
数据建立时间 (注释 10)	$t_{SU:DAT}$	快速模式	100	--	--	ns
		标准模式	250	--	--	
启动建立时间	$t_{SU:STA}$	快速模式	0.6	--	--	ns
		标准模式	4.7	--	--	
数据和时钟信号的上升时间 (注释 11)	$t_R$	快速模式	$20+0.1$ $C_B$	--	300	ns
		标准模式	$20+0.1$ $C_B$	--	1000	
数据和时钟信号的下降时间 (注释 11)	$t_F$	快速模式	$20+0.1$ $C_B$	--	300	ns
		标准模式	$20+0.1$ $C_B$	--	1000	
停止条件的建立时间	$t_{SU:STO}$	快速模式	0.6	--	--	$\mu$ s
		标准模式	4.7	--	--	
每条总线的电容负载	$C_B$	(注释 11)	--	--	400	pF
I/O 电容(SDA, SCL)	$C_{I/O}$		--	--	10	pF
振荡器停止标志(OSF)延迟	$t_{OSF}$	(注释 12)	--	100	--	ms
必须由输入滤波器抑制的尖峰 脉冲宽度	$t_{SP}$		--	30	--	ns
按钮去抖动	$PB_{DB}$		--	250	--	ms
复位激活时间	$t_{RST}$		--	250	--	ms
温度转换时间	$t_{CONV}$		--	125	200	ms

## 电源特性

( $T_A = T_{MIN}$  至  $T_{MAX}$ )

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位
Recovery at Power-Up (Note 15)	$t_{REC}$	--	250	300	ms
$V_{CC}$ Fall Time; $V_{PF(MAX)}$ to $V_{PF(MIN)}$	$t_{VCCF}$	300	--	--	$\mu$ s
$V_{CC}$ Rise Time; $V_{PF(MIN)}$ to $V_{PF(MAX)}$	$t_{VCCR}$	0	--	--	$\mu$ s

**警告：当部件处于电池备份模式时，低于-0.3V 的负下冲可能引起数据丢失。**

**注 1：**封装热阻是依据 JEDEC 规范 JESD51-7 中描述的方法，采用四层板获得的。有关封装热考虑的详细信息。

**注 2：**-40°C 下的极限值是通过设计保证的，而非生产测试验证。

**注 3:** 所有电压均参考地。

**注 4:**  $I_{CCA}$ —SCL 时钟的最大频率为 400kHz 时的工作电流。

**注 5:** 电流为平均输入电流，其中包括温度转换电流。

**注 6:** RST 引脚内置一个  $50\text{k}\Omega$  (标称) 至 VCC 的上拉电阻。

**注 7:** 此时间段后，将产生第一个时钟脉冲。

**注 8:** 设备内部必须为 SDA 信号提供至少 300ns 的保持时间 (相对于 SCL 信号的  $V_{IH(MIN)}$ )，以跨过 SCL 信号下降沿的不确定区域。

**注 9:** 仅当设备不延长 SCL 信号的低周期 ( $t_{LOW}$ ) 时，才需要满足最大  $t_{HD:DAT}$ 。

**注 10:** 快速模式设备可用于标准模式系统，但必须满足  $t_{SU:DAT} \geq 250\text{ns}$  的要求。如果设备不延长 SCL 信号的低周期，则这自然满足。如果这样的设备确实延长了 SCL 信号的低周期，它必须在 SCL 线释放前  $t_{R(MAX)} + t_{SU:DAT} = 1000 + 250 = 1250\text{ns}$ ，将下一个数据位输出到 SDA 线上。

**注 11:** CB—单条总线线路的总电容，单位为皮法(pF)。

**注 12:** 参数  $t_{OSF}$  是指为了在电压范围  $0.0\text{V} \leq V_{CC} \leq V_{CC(MAX)}$  和  $2.3\text{V} \leq V_{BAT} \leq 3.4\text{V}$  内设置 OSF 标志，振荡器必须停止的时间段。

**注 13:** 此延迟仅在振荡器启用并运行时适用。如果 EOSC 位为 1， $t_{REC}$  被跳过，RST 立即变为高电平。RST 的状态不影响 I2C 接口、RTC 或 TCXO。

## 操作时序

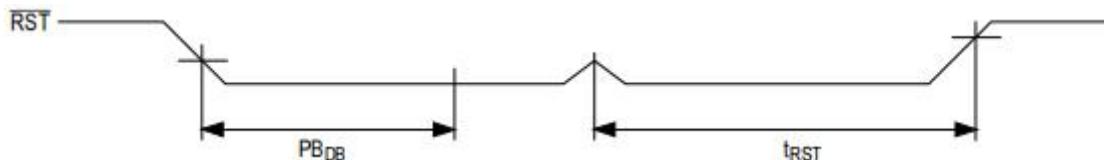


图 4. 按钮重置时间

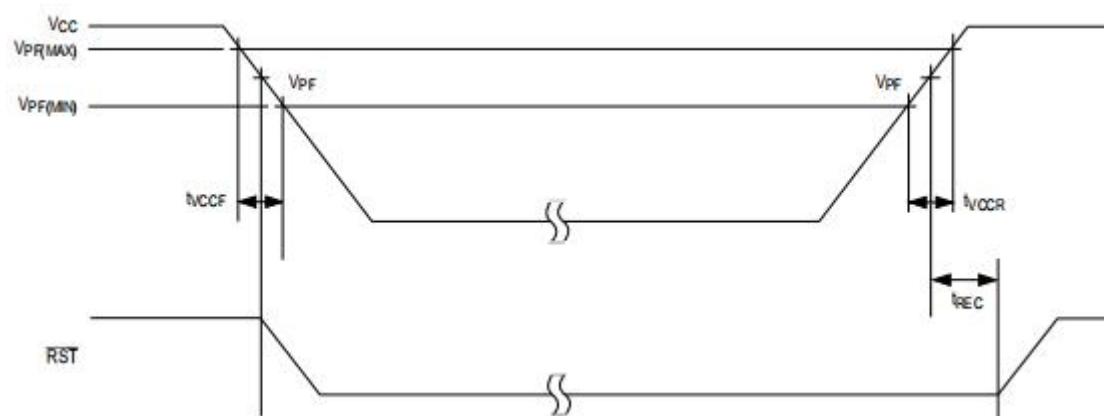


图 5. 电源开关定时

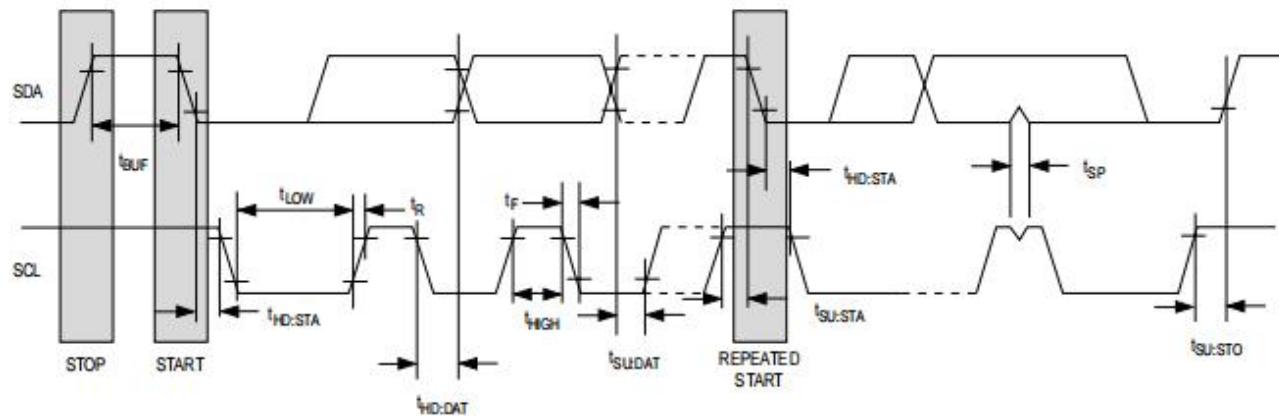


图 6. I2C 串行总线上的数据传输

## 典型电气特性

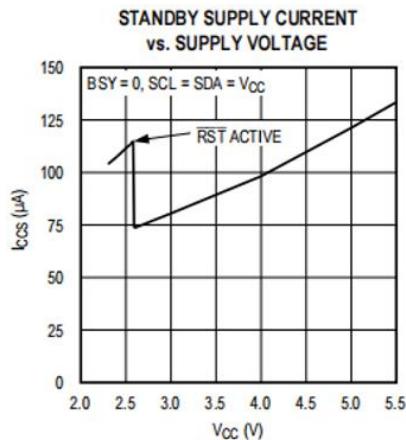


图 7. 标准电源电流 vs. 电源电压

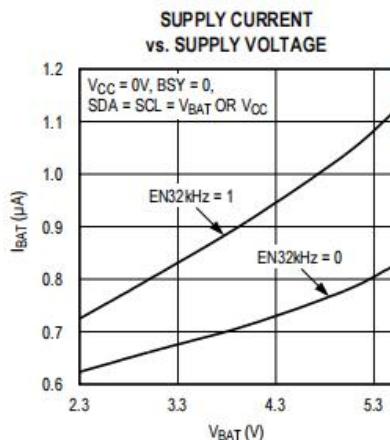


图 8. 电源电流 vs. 电源电压

## 详细描述

CD32S31A 是一款由温度补偿的 32kHz 振荡器驱动的串行实时时钟 (RTC)。温度补偿晶体振荡器 (TCXO) 提供了稳定且精确的参考时钟，确保在-40°C 至+85°C 的温度范围内，RTC 的精度保持在每年  $\pm 2$  分钟以内。TCXO 的频率输出可在 32kHz 引脚获得。RTC 是一个低功耗的时钟/日历，具有两个可编程的每天报警时间和一个可编程的方波输出功能。INT/SQW 引脚可提供因报警条件产生的中断信号或方波输出。时钟/日历提供秒、分、小时、星期几、日期、月份和年份信息。月末的日期会自动调整，以适应少于 31 天的月份，并包括闰年的校正。时钟可设置为 24 小时或 12 小时格式，并带有 AM/PM 指示符。内部寄存器通过 I2C 总线接口访问。内置的温度补偿电压基准和比较电路监控 VCC 电平，检测电源故障并必要时自动切换到备用电源。RST 引脚提供外部按钮功能，并作为电源故障事件的指示。操作模块图展示了 CD32S31A 的主要元件。八个模块可归为四个功能组：TCXO、电源控制、按钮功能及 RTC。以下各节分别描述它们的操作。

### 32kHz TCXO

温度传感器、振荡器和控制逻辑共同构成了 TCXO。控制器读取片上温度传感器的输出，并使用查找

表确定所需的电容值，加入 AGE 寄存器中的老化校正值，然后设置电容选择寄存器。新值（包括对 AGE 寄存器的更改）仅在温度值变化时或用户启动的温度转换完成后加载。温度转换在初次应用 VCC 时发生，并在此之后每 64 秒进行一次。

## 电源控制

这一功能通过温度补偿电压基准和监控 VCC 电平的比较电路实现。当 VCC 大于 VPF 时，器件由 VCC 供电。当 VCC 低于 VPF 但高于 VBAT 时，CD32S31A 仍由 VCC 供电。如果 VCC 既低于 VPF 又低于 VBAT，则设备改由 VBAT 供电。详情请参见表 1。

**表 1. 电源控制**

电源条件	有源电源
$V_{CC} < V_{PF}, V_{CC} < V_{BAT}$	$V_{BAT}$
$V_{CC} < V_{PF}, V_{CC} > V_{BAT}$	$V_{CC}$
$V_{CC} > V_{PF}, V_{CC} < V_{BAT}$	$V_{CC}$
$V_{CC} > V_{PF}, V_{CC} > V_{BAT}$	$V_{CC}$

为了保护电池，在首次将 VBAT 电压施加到设备上时，振荡器直到 VCC 超过 VPF 或直到向部件写入有效的 I2C 地址后才会启动。典型的振荡器启动时间小于一秒。大约在 VCC 接通或写入有效 I2C 地址后的 2 秒，设备会进行温度测量并将计算出的校正应用到振荡器上。一旦振荡器开始运行，只要存在有效的电源（VCC 或 VBAT），它就会持续运行，并且设备会每隔 64 秒继续测量温度并校正振荡器频率。首次接通电源（VCC）或向部件写入有效 I2C 地址时，时间和日期寄存器将重置为 01/01/00 01 00:00:00 (DD/MM/YY 周几 HH:MM:SS)。

## VBAT 操作模式

有几种操作模式会影响 VBAT 电流的消耗量。当设备由 VBAT 供电且串行接口处于活动状态时，会消耗活动电池电流 IBATA。当串行接口不活动时，会使用包括平均温度转换电流 IBATTC 的时间保持电流 IBATT（详情请参阅应用笔记 3644：高精度实时时钟的电源考虑）。由于系统必须能够支持周期性的更高电流脉冲并仍维持有效的电压水平，所以特别指定了温度转换电流 IBATTC。数据保持电流 IBATTDR 是在振荡器停止（EOSC=1）时器件所消耗的电流。这种模式可用于在不需要维护时间和日期信息的时候（例如，终端系统等待发往客户期间）最小化电池需求。

## 按钮复位功能

CD32S31A 允许将一个按钮开关连接到 RST 输出引脚。当 CD32S31A 不在复位周期内时，它会持续监控 RST 信号是否有低电平跳变。如果检测到边沿转换，CD32S31A 通过拉低 RST 来进行按钮去抖。内部计时器到期（PBDB）后，CD32S31A 会继续监控 RST 线。如果线路仍然为低，CD32S31A 将持续监控线路寻找上升沿。检测到释放后，CD32S31A 强制 RST 引脚低电平并保持 tRST 时间。RST 还用于指示电源故障条件。当 VCC 低于 VPF 时，会产生内部电源故障信号，迫使 RST 引脚低电平。当 VCC 恢复到高于 VPF 的水平时，RST 引脚会保持低电平约 250 毫秒 (tREC) 以使电源稳定。如果在 VCC 接通时振荡

器未运行（见电源控制部分），则跳过 tREC，RST 立即转为高电平。无论是通过按钮还是电源故障检测触发 RST 输出，都不会影响 CD32S31A 的内部操作。

### 实时时钟 (RTC)

使用 TCXO 作为时钟源，RTC 提供秒、分、时、日、日期、月、年信息。月末日期会自动调整不足 31 天的月份，并包含闰年的校正。时钟可工作在 24 小时或 12 小时格式，并带有 AM/PM 指示符。时钟提供两个可编程的每日闹钟和一个可编程的方波输出。INT/SQW 引脚可以根据 INTCN 位的设置产生报警中断或输出方波信号。

### 计时寄存器

注意：除非另有说明，否则在首次接通电源时，寄存器的状态是未定义的。

ADDRESS	BIT 7 MSB	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0 LSB	FUNCTION	RANGE			
00h	0	10 Seconds			Seconds				Seconds	00–59			
01h	0	10 Minutes			Minutes				Minutes	00–59			
02h	0	12/24	AM/PM 20 Hour	10 Hour	Hour				Hours	1–12 + AM/PM 00–23			
03h	0	0	0	0	0	Day			Day	1–7			
04h	0	0	10 Date		Date				Date	01–31			
05h	Century	0	0	10 Month	Month				Month/ Century	01–12 + Century			
06h	10 Year				Year				Year	00–99			
07h	A1M1	10 Seconds			Seconds				Alarm 1 Seconds	00–59			
08h	A1M2	10 Minutes			Minutes				Alarm 1 Minutes	00–59			
09h	A1M3	12/24	AM/PM 20 Hour	10 Hour	Hour				Alarm 1 Hours	1–12 + AM/PM 00–23			
0Ah	A1M4	DY/DT	10 Date		Day				Alarm 1 Day	1–7			
					Date				Alarm 1 Date	1–31			
0Bh	A2M2	10 Minutes			Minutes				Alarm 2 Minutes	00–59			
0Ch	A2M3	12/24	AM/PM 20 Hour	10 Hour	Hour				Alarm 2 Hours	1–12 + AM/PM 00–23			
0Dh	A2M4	DY/DT	10 Date		Day				Alarm 2 Day	1–7			
					Date				Alarm 2 Date	1–31			
0Eh	EOSC	BBSQW	CONV	RS2	RS1	INTCN	A2IE	A1IE	Control	—			
0Fh	OSF	0	0	0	EN32kHz	BSY	A2F	A1F	Control/Status	—			
10h	SIGN	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	Aging Offset	—			
11h	SIGN	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	MSB of Temp	—			
12h	DATA	DATA	0	0	0	0	0	0	LSB of Temp	—			

### 地址 Map

上述展示了 CD32S31A 时间保持寄存器的地址映射。在多字节访问过程中，当地址指针达到寄存器空间的末尾 (12h) 时，它会回绕到位置 00h。在 I2C START 信号出现或地址指针增到 00h 时，当前时间会被转移到第二组寄存器中。时间信息从这些辅助寄存器中读取，而时钟可以继续运行。这样就消除了在读取过程中因主寄存器更新而需要重新读取寄存器的需要。

### I2C 接口

只要 VCC 或 VBAT 中的任何一个处于有效电平，I2C 接口就可以访问。如果连接到 CD32S31A 的微控制器因为失去 VCC 或其他事件而复位，微控制器和 CD32S31A 之间的 I2C 通信可能会不同步，例如，

微控制器在从 CD32S31A 读取数据时复位。当微控制器复位时，通过切换 SCL 直到观察到 SDA 为高电平，可以使 CD32S31A 的 I2C 接口进入已知状态。此时，微控制器应在 SCL 为高电平时将 SDA 拉低，产生 START 条件。

## 时钟和日历

通过读取相应的寄存器字节获取时间和日历信息。图 1 展示了 RTC 寄存器的结构。时间和日历数据通过写入相应的寄存器字节来设置或初始化。时间和日历寄存器的内容采用二进制编码的十进制(BCD)格式。CD32S31A 可以运行在 12 小时或 24 小时模式下。小时寄存器的第 6 位定义为 12 小时或 24 小时模式选择位。当该位为高时，选择 12 小时模式。在 12 小时模式下，第 5 位是 AM/PM 位，逻辑高表示下午。在 24 小时模式下，第 5 位是 20 小时位 (20-23 小时)。世纪位 (月份寄存器的第 7 位) 在年份寄存器从 99 溢出到 00 时翻转。星期几的寄存器在午夜时分递增。对应于星期几的值由用户定义，但必须是连续的 (例如，如果 1 代表星期日，则 2 代表星期一，以此类推)。不合逻辑的时间和日期输入会导致未定义的操作。在读取或写入时间和日期寄存器时，使用辅助 (用户) 缓冲区以防止内部寄存器更新时发生错误。当读取时间和日期寄存器时，用户缓冲区在任何 START 信号出现时以及寄存器指针滚动到零时与内部寄存器同步。时间信息从这些辅助寄存器中读取，同时时钟继续运行。这消除了在读取过程中主寄存器更新时需要重新读取寄存器的需要。每当写入秒寄存器时，倒计时链都会重置。写入传输在 CD32S31A 响应 ACK 后进行。一旦倒计时链被重置，为了避免溢出问题，剩余的时间和日期寄存器必须在 1 秒内写入。如果启用了 1Hz 方波输出，在秒数据传输后 500ms 会变为高电平，前提是振荡器已经在运行。

## 闹钟

CD32S31A 包含两个按时间/日期设置的闹钟。通过写入寄存器 07h 至 0Ah 设置闹钟 1。通过写入寄存器 0Bh 至 0Dh 设置闹钟 2。闹钟可以通过控制寄存器中的闹钟启用和 INTCN 位编程，以便在闹钟匹配条件时激活 INT/SQW 输出。每个时间/日期闹钟寄存器的第 7 位是屏蔽位 (表 2 所示)。当每个闹钟的所有屏蔽位均为逻辑 0 时，只有当时间保持寄存器中的值与时间/日期闹钟寄存器中存储的相应值匹配时，闹钟才会触发。闹钟也可以编程为每秒、每分钟、每小时、每天或每月重复。表 2 显示了可能的设置。表格中未列出的配置将导致不合逻辑的操作。DY/DT 位 (闹钟日/日期寄存器的第 6 位) 控制该寄存器的第 0 至 5 位所存储的值代表的是星期几还是月份的日期。如果 DY/DT 被写为逻辑 0，闹钟将是与月份日期匹配的结果。如果 DY/DT 被写为逻辑 1，闹钟将是与星期几匹配的结果。当 RTC 寄存器的值与闹钟寄存器的设置相匹配时，相应的闹钟标志 ‘A1F’ 或 ‘A2F’ 位被设置为逻辑 1。如果对应的闹钟中断允许 ‘A1IE’ 或 ‘A2IE’ 位也被设置为逻辑 1，且 INTCN 位设置为逻辑 1，闹钟条件将激活 INT/SQW 信号。匹配测试在每秒一次的时间和日期寄存器更新时进行。

DY/DT	ALARM 1 REGISTER MASK BITS (BIT 7)				报警率
	A1M4	A1M3	A1M2	A1M1	
X	1	1	1	1	每秒报警一次
X	1	1	1	0	秒匹配时报警
X	1	1	0	0	分秒匹配时报警

X	1	0	0	0	小时、分钟和秒匹配时报警
0	0	0	0	0	日期、小时、分钟和秒匹配时报警
1	0	0	0	0	当天、小时、分钟和秒匹配时发出警报

DY/DT	ALARM 2 REGISTER MASK BITS (BIT 7)				报警率
	A1M4	A1M3	A1M2	A1M1	
X	1	1	1	1	每秒报警一次
X	1	1	1	0	秒匹配时报警
X	1	1	0	0	分秒匹配时报警
X	1	0	0	0	小时、分钟和秒匹配时报警
0	0	0	0	0	日期、小时、分钟和秒匹配时报警

### 控制寄存器 (0Eh)

—	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
<b>Name</b>	EOSC	BBSQW	CONV	RS2	RS1	INTCN	A2IE	A1IE
<b>Por</b>	0	0	0	1	1	1	0	0

### 特殊用途寄存器

CD32S31A 具有两个额外的寄存器（控制寄存器和状态寄存器），用于控制实时时钟、闹钟和方波输出。

### 控制寄存器 (0Eh)

**位 7: 使能振荡器 (EOSC)**。设置为逻辑 0 时，振荡器启动。设置为逻辑 1 时，在 CD32S31A 切换到 VBAT 时振荡器停止。首次上电时，此位清零（逻辑 0）。当 CD32S31A 由 VCC 供电时，无论 EOSC 位的状态如何，振荡器始终开启。当 EOSC 被禁用时，所有寄存器数据都是静态的。

**位 6: 电池支持的方波使能 (BBSQW)**。当与 INTCN = 0 且 VCC < VPF 一起设置为逻辑 1 时，此位启用方波。当 BBSQW 为逻辑 0 时，若 VCC < VPF，INT/SQW 引脚变为高阻态。首次上电时，此位被禁用（逻辑 0）。

**位 5: 转换温度 (CONV)**。将此位设置为 1 会强制温度传感器将温度转换为数字码，并执行 TCXO 算法以更新振荡器的电容阵列。这仅在没有正在进行转换的情况下才能发生。用户在强制控制器开始新的 TCXO 执行前应检查状态位 BSY。用户发起的温度转换不影响内部 64 秒的更新周期。用户发起的温度转换在大约 2 毫秒内不会影响 BSY 位。CONV 位从写入时开始保持为 1，直到转换完成，此时 CONV 和 BSY 均变为 0。当监测用户发起的转换状态时，应使用 CONV 位。

**位 4 和 3: 速率选择 (RS2 和 RS1)**。这些位控制当方波被启用时的方波输出频率。下表显示了使用 RS 位可以选择的方波频率。这两个位在首次上电时都被设置为逻辑 1（即 8.192kHz）。

## 方波输出频率

RS2	RS1	SQUARE-WAVE OUTPUT FREQUENCY
0	0	1Hz
0	1	1.024kHz
1	0	4.096kHz
1	1	8.192kHz

**位 2：中断控制 (INTCN)**。此位控制 INT/SQW 信号。当 INTCN 位设为逻辑 0 时，INT/SQW 引脚输出方波。当 INTCN 位设为逻辑 1 时，若时间保持寄存器与任意闹钟寄存器匹配，则激活 INT/SQW 输出（如果闹钟也被启用的话）。无论 INTCN 位的状态如何，相应的闹钟标志总是被设置。首次上电时，INTCN 位设为逻辑 1。

**位 1：闹钟 2 中断允许 (A2IE)**。设为逻辑 1 时，此位允许状态寄存器中的闹钟 2 标志 (A2F) 位在 INTCN = 1 时断言 INT/SQW。当 A2IE 位设为逻辑 0 或 INTCN 设为逻辑 0 时，A2F 位不启动中断信号。首次上电时，A2IE 位被禁用（逻辑 0）。

**位 0：闹钟 1 中断允许 (A1IE)**。设为逻辑 1 时，此位允许状态寄存器中的闹钟 1 标志 (A1F) 位在 INTCN = 1 时断言 INT/SQW。当 A1IE 位设为逻辑 0 或 INTCN 设为逻辑 0 时，A1F 位不启动 INT/SQW 信号。首次上电时，A1IE 位被禁用（逻辑 0）。

## 状态寄存器(0Fh)

—	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
<b>Name</b>	OSF	0	0	0	EN32kHz	BSY	A2F	A1F
<b>Por</b>	1	0	0	0	1	X	X	X

## 状态寄存器(0Fh)

**位 7：振荡器停止标志 (OSF)**。这一位为逻辑 1 表示振荡器已停止或在某段时间内停止过，可用于判断时间保持数据的有效性。只要振荡器停止，此位即设置为逻辑 1。以下是一些可能导致 OSF 位设置的条件示例：1. 首次上电时。2. VCC 和 VBAT 上的电压不足以支持振荡。3. 在电池备份模式下关闭 EOSC 位。4. 晶体受到的外部影响（如噪声、泄漏等）。此位保持为逻辑 1，直到被写入逻辑 0。

**位 3：使能 32kHz 输出 (EN32kHz)**。这一位控制 32kHz 引脚的状态。设置为逻辑 1 时，32kHz 引脚被启用并输出 32.768kHz 方波信号。设置为逻辑 0 时，32kHz 引脚变为高阻态。此位的初始上电状态为逻辑 1，当电源接通到 CD32S31A 后（如果振荡器正在运行），32kHz 引脚上会出现 32.768kHz 方波信号。

**位 2：忙碌 (BSY)**。这一位表示设备正忙于执行 TCXO 功能。当向温度传感器发出转换信号时，它变为逻辑 1，然后在设备进入 1 分钟空闲状态时清除。

**位 1：闹钟 2 标志 (A2F)**。闹钟 2 标志位为逻辑 1 表示时间与闹钟 2 寄存器匹配。如果 A2IE 位为逻辑 1 且 INTCN 位设置为逻辑 1, INT/SQW 引脚也会被激活。A2F 位被写入逻辑 0 时清除。此位只能写入逻辑 0。尝试写入逻辑 1 会使值保持不变。位 0：闹钟 1 标志 (A1F)。闹钟 1 标志位为逻辑 1 表示时间与闹钟 1 寄存器匹配。如果 A1IE 位为逻辑 1 且 INTCN 位设置为逻辑 1, INT/SQW 引脚也会被激活。A1F 位被写入逻辑 0 时清除。此位只能写入逻辑 0。尝试写入逻辑 1 会使值保持不变。

### 老化偏移

老化偏移寄存器接受用户提供的值，以添加到或从电容阵列寄存器的代码中减去。代码采用二进制补码表示，其中第 7 位代表符号位。1LSB 代表一个微小的电容器，将在晶体引脚处接入或断开电容阵列。老化偏移寄存器的电容值会在每次温度补偿时加到或减去设备计算出的电容值中。如果温度自上次转换以来变化或在手动用户转换（设置 CONV 位）期间，偏移寄存器会在正常的温度转换期间加到电容阵列中。要立即看到老化寄存器对 32kHz 输出频率的影响，每次更改老化寄存器后应开始手动转换。正值向阵列添加电容，降低振荡器频率；负值则从阵列中移除电容，提高振荡器频率。每 LSB 的 ppm 变化在不同温度下是不同的。温度与频率曲线会根据此寄存器中使用的值而移动。在 +25°C 时，1LSB 通常提供大约 0.1ppm 的频率变化。使用老化寄存器不是为了达到 EC 表格中定义的精度所必需的，但它可以用来帮助补偿给定温度下的老化。参见典型操作特性部分中展示该寄存器对随温度变化的准确性影响的图表。老化

### 老化偏移(10h)

—	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
<b>Name</b>	Sign	Data						
<b>Por</b>	0	0	0	0	0	0	0	0

### 温度寄存器 (Upper Byte) (11h)

—	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
<b>Name</b>	Sign	Data						
<b>Por</b>	0	0	0	0	0	0	0	0

### 温度寄存器 (低位字节) (12h)

—	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
<b>Name</b>	Data	Data	0	0	0	0	0	0
<b>Por</b>	0	0	0	0	0	0	0	0

### 温度寄存器 (11h-12h)

温度以 10 位代码表示，分辨率为 0.25°C，可在位置 11h 和 12h 访问。温度采用二进制补码格式编码。上 8 位，即整数部分，在位置 11h，而低 2 位，即小数部分，在位置 12h 的上半字节。例如，0001100101b 表示 +25.25°C。在电源复位时，寄存器设置为默认温度 0°C，控制器开始温度转换。温度在 VCC 初次应用或 VBAT 上的 I2C 访问时读取，并在之后每隔 64 秒读取一次。每次用户发起的转换后以及每隔 64 秒的转换后，温度寄存器都会更新。温度寄存器为只读。

### I2C 串行数据总线

CD32S31A 支持双向 I2C 总线和数据传输协议。将数据发送到总线上的设备定义为发送器，接收数据的设备定义为接收器。控制消息的设备称为主机。被主机控制的设备称为从机。总线必须由一个主机设备控制，该设备产生串行时钟(SCL)，控制总线访问，并产生 START 和 STOP 条件。CD32S31A 在 I2C 总线上作为从机操作。与总线的连接通过 SCL 输入和开漏 SDA I/O 线进行。在总线规范中，定义了标准模式（最大时钟频率为 100kHz）和快速模式（最大时钟频率为 400kHz）。CD32S31A 在这两种模式下都能工作。已定义以下总线协议（见图 9）：

- 数据传输只能在总线空闲时启动。
  - 在数据传输期间，当时钟线为高电平时，数据线必须保持稳定。在时钟线为高电平期间数据线的变化被解释为控制信号。

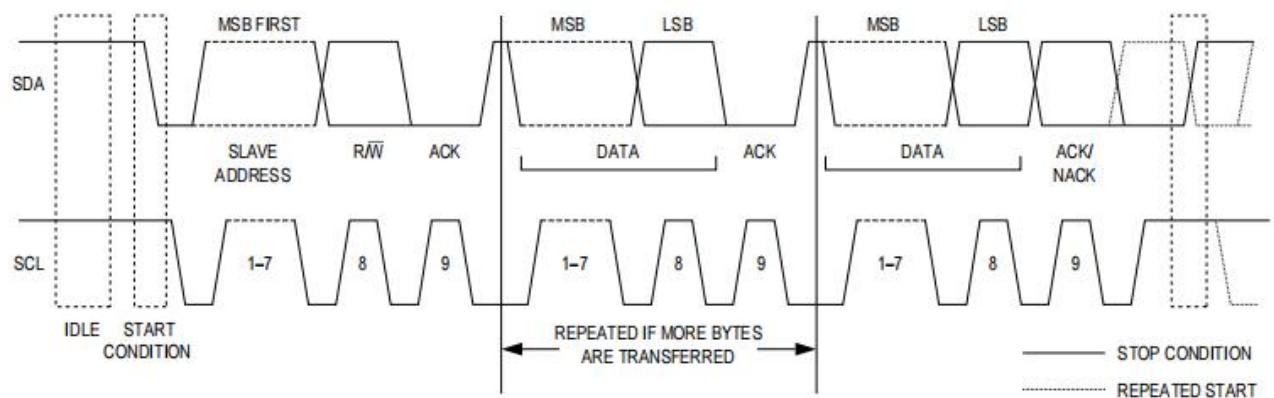


图 9. I2C 数据传输概述

## 封装外形及尺寸

SOP-16

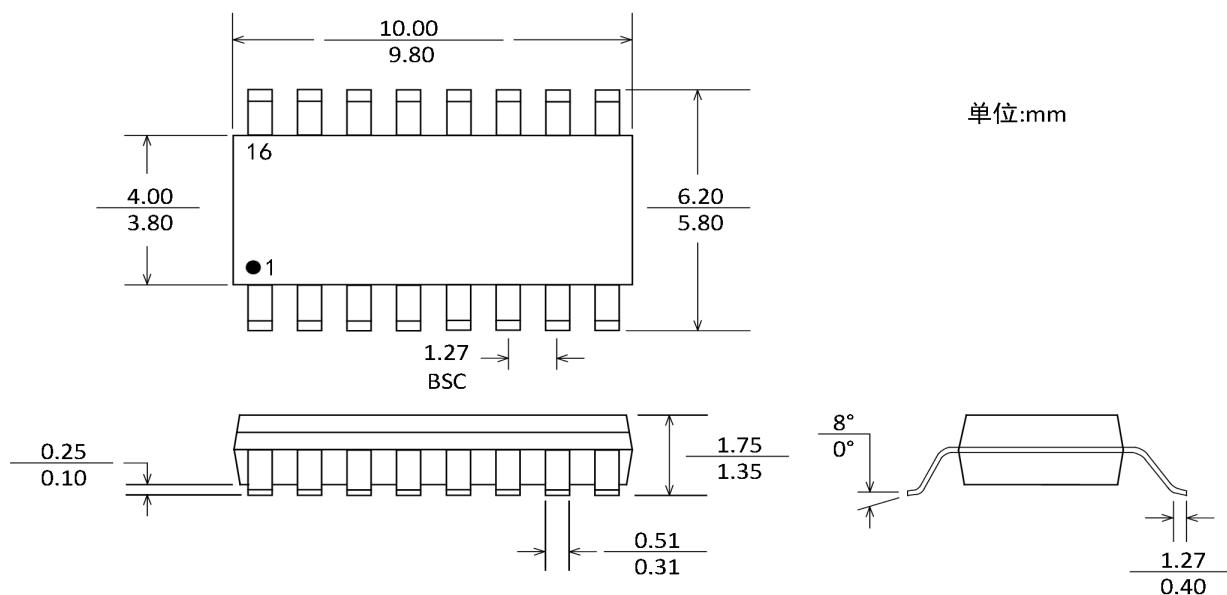


图 10. SOP16 封装外形图



## 包装/订购信息

产品型号	温度范围	产品封装	运输及包装数量
CD32S31AS16	-40°C~85°C	SOP-16	编带和卷盘,每卷 2500



## 修订日志

版本	修订日期	变更内容	变更原因	制作	审核	备注
V1.0	2025.6.25	初版生成	常规更新	WW	LYL	