

高精度、I²C 集成 RTC/TCXO/晶体

DS3231

概述

特性

DS3231 是低成本、高精度 I²C 实时时钟 (RTC)，具有集成的温补晶体振荡器 (TCXO) 和晶体。该器件包含电池输入端，断开主电源时仍可保持精确的计时。集成晶体振荡器提高了器件的长期精确度，并减少了生产线的元件数量。DS3231 提供商用级和工业级温度范围，采用 16 引脚、300mil 的 SO 封装。

RTC 保持秒、分、时、星期、日期、月和年信息。少于 31 天的月份，将自动调整月末日期，包括闰年补偿。时钟的工作格式可以是 24 小时或带 AM/PM 指示的 12 小时格式。提供两个可编程日历闹钟和一路可编程方波输出。地址与数据通过 I²C 双向总线串行传输。

精密的、经过温度补偿的电压基准和比较器用来监视 V_{CC} 状态，检测电源故障、提供复位输出，并在必要时自动切换到备用电源。另外，RST 监视引脚可以作为手动按钮输入以产生外部复位信号。

- ◆ 0°C 至 +40°C 范围内精度为 ±2ppm
- ◆ -40°C 至 +85°C 范围内精度为 ±3.5ppm
- ◆ 为连续计时提供备用电池输入
- ◆ 工作温度范围
 - 商用级：0°C 至 +70°C
 - 工业级：-40°C 至 +85°C
- ◆ 低功耗
- ◆ 实时时钟提供秒、分、时、星期、日期、月、年信息，并提供有效期至 2100 年的闰年补偿
- ◆ 两个日历闹钟
- ◆ 可编程方波输出
- ◆ 快速 (400kHz) I²C 接口
- ◆ 3.3V 工作电压
- ◆ 数字温度传感器输出：精度为 ±3°C
- ◆ 老化修正寄存器
- ◆ RST 输入/输出

应用

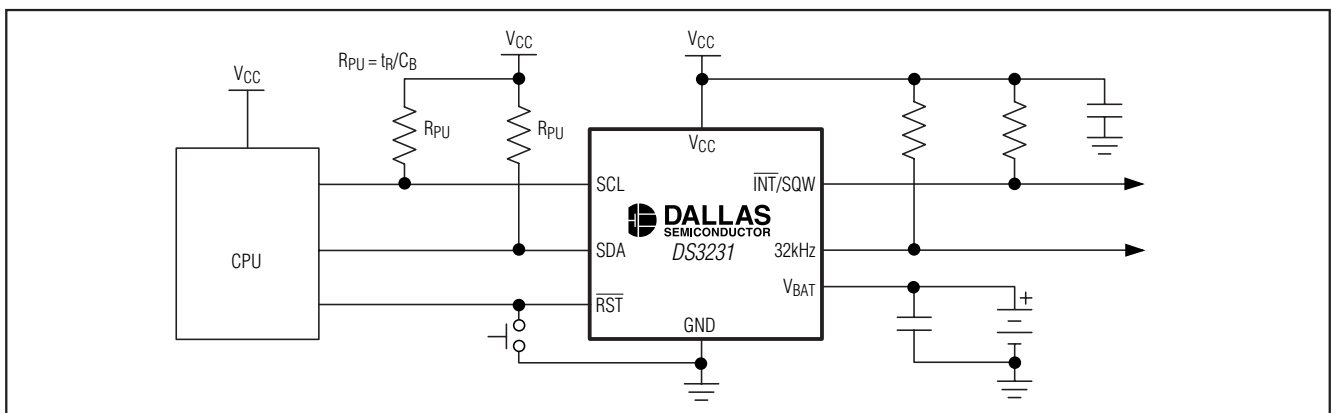
服务器
电表
远程信息处理系统
GPS

订购信息

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	TOP MARK
DS3231S	0°C to +70°C	16 SO	DS3231S
DS3231SN	-45°C to +85°C	16 SO	DS3231SN

引脚配置在数据资料的最后部分给出。

典型工作电路



购买 Maxim Integrated Products, Inc. 或其从属授权关联公司的 I²C 产品，即得到了 Philips I²C 的专利许可，将这些产品用于符合 Philips 定义的 I²C 标准规范的系统。

高精度、I²C 集成 RTC/TCXO/晶体

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltage Range on V_{CC}, V_{BAT}, 32kHz, SCL, SDA, $\overline{\text{RST}}$,
 $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$ Relative to Ground-0.3V to +6.0V
 Operating Temperature Range-40°C to +85°C
 Junction Temperature+125°C

Storage Temperature Range-40°C to +85°C
 Lead Temperature
 (Soldering, 10s)+260°C/10s
 Soldering TemperatureSee the *Handling, PC Board Layout, and Assembly* section.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

(T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V _{CC}		2.3	3.3	5.5	V
	V _{BAT}		2.3	3.0	5.5	V
Logic 1 Input SDA, SCL	V _{IH}		0.7 x V _{CC}		V _{CC} + 0.3	V
Logic 0 Input SDA, SCL	V _{IL}		-0.3		+0.3 x V _{CC}	V
Pullup Voltage (SDA, SCL, 32kHz, $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$)	V _{PU}	V _{CC} = 0V			5.5V	V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = 2.3V to 5.5V, V_{CC} > V_{BAT}, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Typical values are at V_{CC} = 3.3V, V_{BAT} = 3.0V, and T_A = +25°C, unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Active Supply Current	I _{CCA}	(Notes 3, 4)	V _{CC} = 3.63V		200	μA
			V _{CC} = 5.5V		300	
Standby Supply Current	I _{CCS}	I ² C bus inactive, 32kHz output on, SQW output off (Note 4)	V _{CC} = 3.63V		110	μA
			V _{CC} = 5.5V		170	
Temperature Conversion Current	I _{CCSCONV}	I ² C bus inactive, 32kHz output on, SQW output off	V _{CC} = 3.63V		575	μA
			V _{CC} = 5.5V		650	
Power-Fail Voltage	V _{PF}		2.35	2.575	2.70	V
Logic 0 Output, 32kHz, $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$, SDA	V _{OL}	I _{OL} = 3mA			0.4	V
Logic 0 Output, $\overline{\text{RST}}$	V _{OL}	I _{OL} = 1mA			0.4	V
Output Leakage Current 32kHz, $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$, SDA	I _{LO}	Output high impedance	-1	0	+1	μA
Input Leakage SCL	I _{LI}		-1		+1	μA
$\overline{\text{RST}}$ Pin I/O Leakage	I _{OL}	$\overline{\text{RST}}$ high impedance (Note 5)	-200		+10	μA
V _{BAT} Leakage Current (V _{CC} Active)	I _{BATLKG}			25	100	nA

高精度、I²C 集成 RTC/TCXO/晶体

DS3231

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = 2.3V to 5.5V, V_{CC} > V_{BAT}, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Typical values are at V_{CC} = 3.3V, V_{BAT} = 3.0V, and T_A = +25°C, unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Frequency	f _{OUT}	V _{CC} = 3.3V or V _{BAT} = 3.3V		32.768		kHz
Frequency Stability vs. Temperature (Commercial)	Δf/f _{OUT}	V _{CC} = 3.3V or V _{BAT} = 3.3V	0°C to +40°C		±2	ppm
			>40°C to +70°C		±3.5	
Frequency Stability vs. Temperature (Industrial)	Δf/f _{OUT}	V _{CC} = 3.3V or V _{BAT} = 3.3V	-40°C to <0°C		±3.5	ppm
			0°C to +40°C		±2	
			>40°C to +85°C		±3.5	
Frequency Stability vs. Voltage	Δf/V			1		ppm/V
Trim Register Frequency Sensitivity per LSB	Δf/LSB	Specified at:	-40°C		0.7	ppm
			+25°C		0.1	
			+70°C		0.4	
			+85°C		0.8	
Temperature Accuracy	Temp	V _{CC} = 3.3V or V _{BAT} = 3.3V	-3		+3	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = 0V, V_{BAT} = 2.3V to 5.5V, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Active Battery Current	I _{BATA}	$\overline{\text{EOSC}}$ = 0, BBSQW = 0, SCL = 400kHz (Note 4)	V _{BAT} = 3.63V		70	μA
			V _{BAT} = 5.5V		150	
Timekeeping Battery Current	I _{BATT}	$\overline{\text{EOSC}}$ = 0, BBSQW = 0, EN32kHz = 1, SCL = SDA = 0V or SCL = SDA = V _{BAT} (Note 4)	V _{BAT} = 3.63V	0.84	3.0	μA
			V _{BAT} = 5.5V	1.0	3.5	
Temperature Conversion Current	I _{BATTC}	$\overline{\text{EOSC}}$ = 0, BBSQW = 0, SCL = SDA = 0V or SCL = SDA = V _{BAT}	V _{BAT} = 3.63V		575	μA
			V _{BAT} = 5.5V		650	
Data-Retention Current	I _{BATTD}	$\overline{\text{EOSC}}$ = 1, SCL = SDA = 0V, +25°C			100	nA

高精度、I²C 集成 RTC/TCXO/晶体

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = V_{CC(MIN)} to V_{CC(MAX)} or V_{BAT} = V_{BAT(MIN)} to V_{BAT(MAX)}; V_{BAT} > V_{CC}; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SCL Clock Frequency	f _{SCL}	Fast mode	100		400	kHz
		Standard mode	0		100	
Bus Free Time Between STOP and START Conditions	t _{BUF}	Fast mode	1.3			μs
		Standard mode	4.7			
Hold Time (Repeated) START Condition (Note 6)	t _{HD:STA}	Fast mode	0.6			μs
		Standard mode	4.0			
Low Period of SCL Clock	t _{LOW}	Fast mode	1.3			μs
		Standard mode	4.7			
High Period of SCL Clock	t _{HIGH}	Fast mode	0.6			μs
		Standard mode	4.0			
Data Hold Time (Notes 7, 8)	t _{HD:DAT}	Fast mode	0		0.9	μs
		Standard mode	0		0.9	
Data Setup Time (Note 9)	t _{SU:DAT}	Fast mode	100			ns
		Standard mode	250			
Start Setup Time	t _{SU:STA}	Fast mode	0.6			μs
		Standard mode	4.7			
Rise Time of Both SDA and SCL Signals (Note 10)	t _R	Fast mode	20 + _____		300	ns
		Standard mode	0.1C _B		1000	
Fall Time of Both SDA and SCL Signals (Note 10)	t _F	Fast mode	20 + _____		300	ns
		Standard mode	0.1C _B		300	
Setup Time for STOP Condition	t _{SU:STO}	Fast mode	0.6			μs
		Standard mode	4.7			
Capacitive Load for Each Bus Line (Note 10)	C _B				400	pF
Capacitance for SDA, SCL	C _{I/O}			10		pF
Pulse Width of Spikes That Must Be Suppressed by the Input Filter	t _{SP}			30		ns
Pushbutton Debounce	PB _{DB}			250		ms
Reset Active Time	t _{RST}			250		ms
Oscillator Stop Flag (OSF) Delay	t _{OSF}	(Note 11)		100		ms
Temperature Conversion Time	t _{CONV}			125	200	ms

POWER-SWITCH CHARACTERISTICS

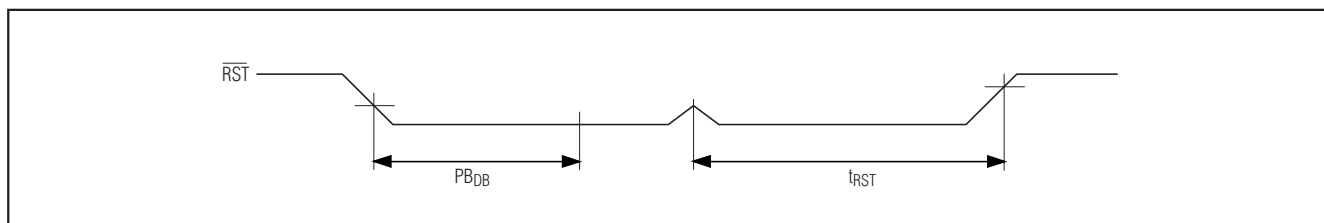
(T_A = T_{MIN} to T_{MAX})

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V _{CC} Fall Time; V _{PF(MAX)} to V _{PF(MIN)}	t _{VCCF}		300			μs
V _{CC} Rise Time; V _{PF(MIN)} to V _{PF(MAX)}	t _{VCCR}		0			μs
Recovery at Power-Up	t _{REC}	(Note 12)		250	300	ms

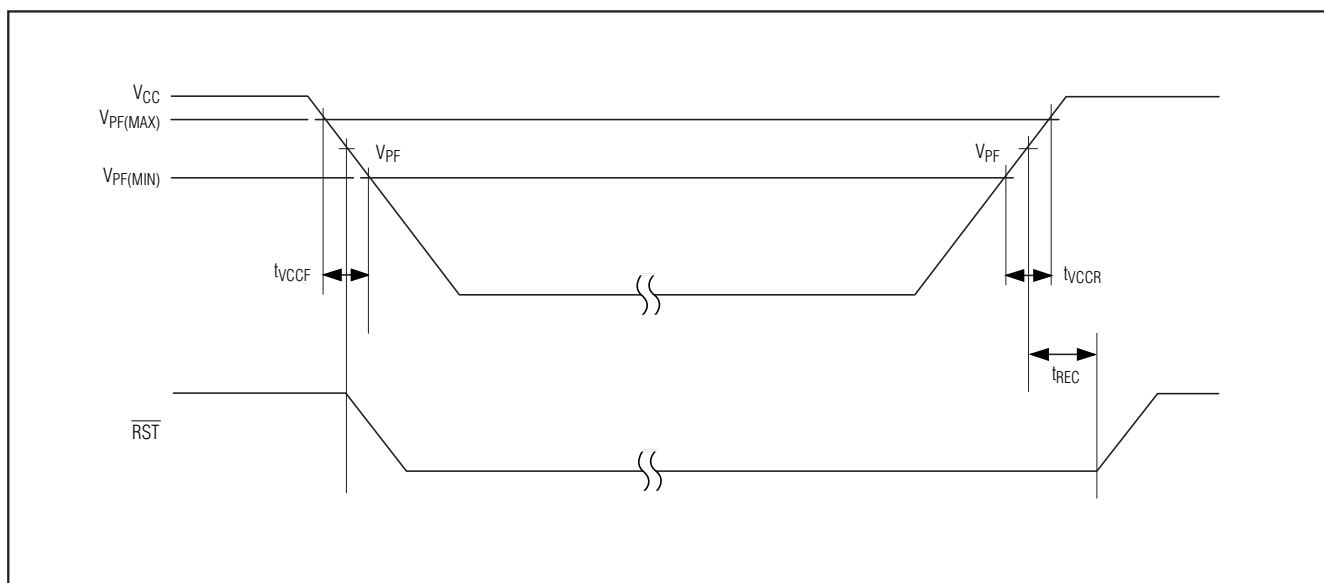
高精度、I²C 集成 RTC/TCXO/晶体

DS3231

按钮复位时序

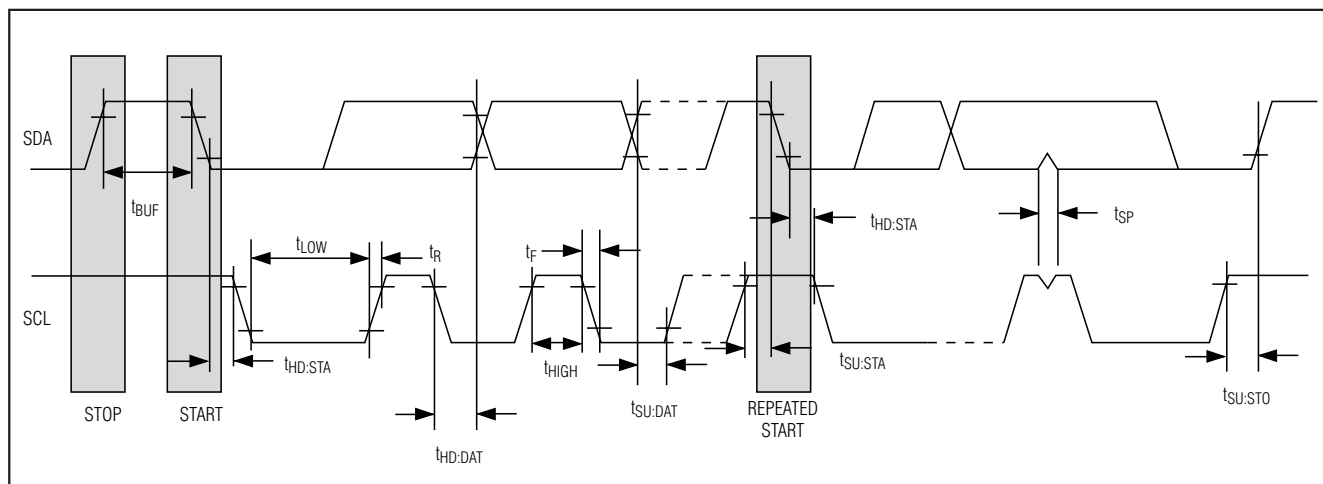


电源开关时序



高精度、I²C 集成 RTC/TCXO/晶体

I²C 串行总线上的数据传输



Note 1: Limits at -40°C are guaranteed by design and not production tested.

Note 2: All voltages are referenced to ground.

Note 3: I_{CCA}—SCL clocking at max frequency = 400kHz.

Note 4: Current is the averaged input current, which includes the temperature conversion current.

Note 5: The $\overline{\text{RST}}$ pin has an internal 50k Ω (nominal) pullup resistor to V_{CC}.

Note 6: After this period, the first clock pulse is generated.

Note 7: A device must internally provide a hold time of at least 300ns for the SDA signal (referred to the V_{IH(MIN)} of the SCL signal) to bridge the undefined region of the falling edge of SCL.

Note 8: The maximum t_{HD:DAT} needs only to be met if the device does not stretch the low period (t_{LOW}) of the SCL signal.

Note 9: A fast-mode device can be used in a standard-mode system, but the requirement t_{SU:DAT} ≥ 250ns must then be met. This is automatically the case if the device does not stretch the low period of the SCL signal. If such a device does stretch the low period of the SCL signal, it must output the next data bit to the SDA line t_{R(MAX)} + t_{SU:DAT} = 1000 + 250 = 1250ns before the SCL line is released.

Note 10: C_B—total capacitance of one bus line in pF.

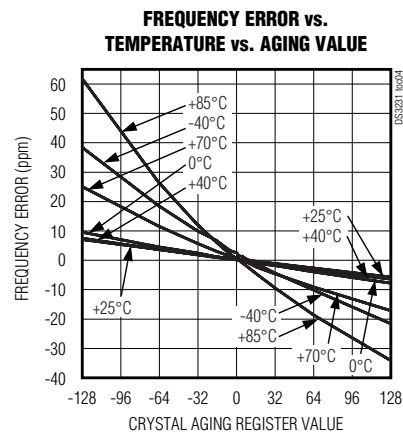
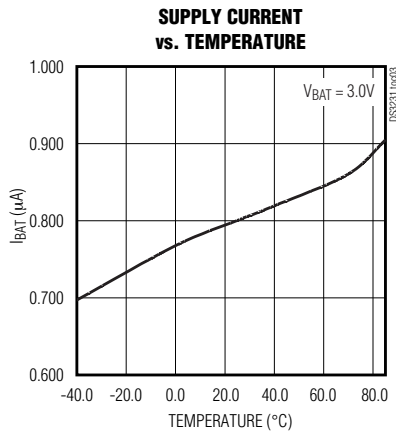
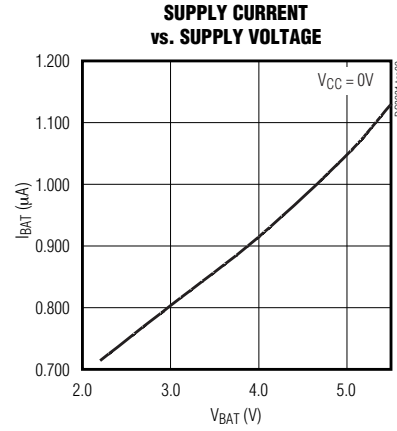
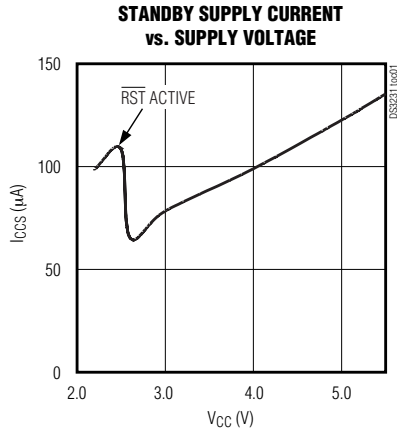
Note 11: The parameter t_{OSF} is the period of time the oscillator must be stopped for the OSF flag to be set over the voltage range of 0.0V ≤ V_{CC} ≤ V_{CC(MAX)} and 2.3V ≤ V_{BAT} ≤ 3.4V.

Note 12: This delay applies only if the oscillator is enabled and running. If the $\overline{\text{EOSC}}$ bit is a 1, the startup time of the oscillator is added to this delay.

高精度、I²C 集成 RTC/TCXO/晶体

典型工作特性

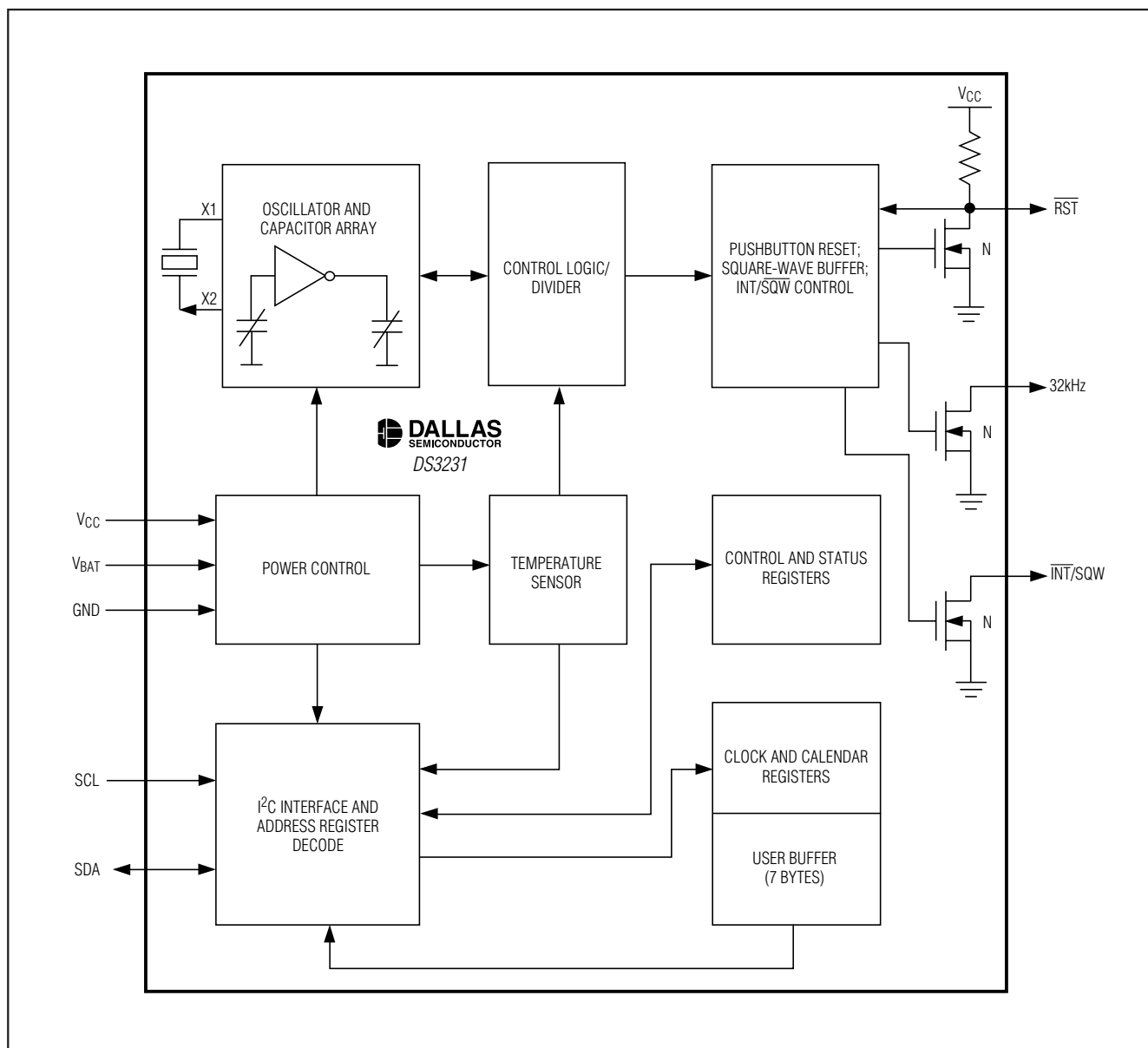
(V_{CC} = +3.3V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)



DS3231

高精度、I²C 集成 RTC/TCXO/晶体

方框图



高精度、I²C 集成 RTC/TCXO/晶体

引脚说明

DS3231

引脚	名称	功能
1	32kHz	32kHz 输出。此漏极开路输出引脚要求外接上拉电阻。如不使用，可保持开路。
2	V _{CC}	用于主电源的DC电源引脚。该引脚应使用0.1μF至1.0μF电容进行去耦。
3	INT/SQW	低电平有效中断或方波输出。该漏极开路输出引脚要求外接上拉电阻。如未使用，可保持开路。该多功能引脚的功能由控制寄存器(0Eh)的INTCN位决定。当INTCN设定为0时，引脚输出方波，其频率由RS2和RS1位决定。当INTCN设定为1时，计时寄存器与任一闹钟寄存器相匹配时都会触发INT/SQW引脚(如果使能闹钟功能)。由于首次上电时INTCN位设定为1，因此引脚缺省设置为中断输出并禁止闹钟。
4	RST	低电平有效复位引脚。该引脚为漏极开路输入/输出。引脚指示V _{CC} 相对于V _{PF} 指标的状态。如果V _{CC} 下降至低于V _{PF} ，RST引脚被拉低。若V _{CC} 超过V _{PF} 并持续t _{RST} 时间，RST引脚驱动为高阻抗。低电平有效、漏极开路输出还具有去抖的按钮输入功能。该引脚可由按钮复位请求来触发。引脚内部通过标称值为50kΩ的上拉电阻连接至V _{CC} 。无需外接上拉电阻。如果禁止晶体振荡器，t _{RST} 延时会延长一个振荡器的启动时间。
5-12	N.C.	无连接。外部必须接地。
13	GND	地
14	V _{BAT}	备用电源输入。该引脚应使用0.1μF至1.0μF的低泄漏电容进行去耦。
15	SDA	串行数据输入/输出。该引脚为I ² C串口的数据输入/输出。此漏极开路引脚要求外接上拉电阻。
16	SCL	串行时钟输入。该引脚为I ² C串口的时钟输入，用于串口上同步数据传输。

详细说明

DS3231 为由 32kHz 温补晶体振荡器驱动的串行 RTC。TCXO 提供稳定、精确的基准时钟。在 -40°C 至 +85°C 范围内，RTC 的精度保持在 ±2 分钟/年之内。TCXO 频率在 32kHz 引脚输出。RTC 为低功耗时钟/日历，提供两个可编程日历闹钟和一路可编程方波输出。INT/SQW 提供由闹钟条件决定的中断信号或者方波输出。时钟/日历提供

秒、分、时、星期、日期、月和年信息。少于 31 天的月份，将自动调整月末的日期，并包括闰年补偿。时钟可工作在 24 小时或带 AM/PM 指示的 12 小时格式。内部寄存器通过 I²C 总线接口访问。

温补电压基准和比较器电路用于监视 V_{CC} 电平，以检测电源故障，并在必要时自动切换至备用电源。RST 引脚提供外部按钮输入功能，并可用于指示电源故障情况。

高精度、I²C 集成 RTC/TCXO/晶体

工作原理

方框图给出了 DS3231 的主要组成部分。八个模块可划分为四个功能组：TCXO、电源控制、按钮复位功能和 RTC。它们的工作原理在以下各部分加以说明。

32kHz TCXO

TCXO 包括温度传感器、振荡器和控制逻辑。控制器读取片上温度传感器的输出，使用查找表确定所需的电容，加上 AGE 寄存器的老化修正，然后设置电容选择寄存器。仅在温度值发生变化时，或者用户启动的温度转换完成时，才加载包括 AGE 寄存器变化的新值。V_{CC} 初次上电时就会读取温度值，然后每 64 秒读取一次。

电源控制

该功能由温补电压基准和监视 V_{CC} 电平的比较器电路提供。当 V_{CC} 高于 V_{PF} 时，器件由 V_{CC} 供电。当 V_{CC} 低于 V_{PF} 但高于 V_{BAT} 时，DS3231 由 V_{CC} 供电。当 V_{CC} 低于 V_{PF} 并低于 V_{BAT} 时，器件由 V_{BAT} 供电。参考表 1。

表 1. 电源控制

SUPPLY CONDITION	POWERED BY
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}

为保护电池，V_{BAT} 首次加到器件上时振荡器并不启动，除非加载 V_{CC}，或者向器件写入一个有效的 I²C 地址。典型的振荡器启动时间在 1 秒以内。在 V_{CC} 加电后或者有效的 I²C 地址写入后大约 2 秒钟，器件会测量一次温度，并使用计算的修正值校准振荡器。一旦振荡器运行起来，只要电源 (V_{CC} 或者 V_{BAT}) 有效就会一直保持运行状态。器件每隔 64 秒钟进行一次温度测量并校准振荡器频率。

按钮复位功能

DS3231 提供连接至 $\overline{\text{RST}}$ 输出引脚的按钮开关功能。若 DS3231 不在复位周期，会持续监视 $\overline{\text{RST}}$ 信号的下降沿。如果检测到一个边沿转换，DS3231 通过拉低 $\overline{\text{RST}}$ 完成开关去抖。内部定时器定时结束 (PB_{DB}) 后，DS3231 继续监视 $\overline{\text{RST}}$ 信号线。如果信号线依旧保持低电平，DS3231 持续监视信号线以检测上升沿。一旦检测到按钮释放，DS3231 强制 $\overline{\text{RST}}$ 引脚为低电平并保持 t_{RST} 时间。

同一引脚 $\overline{\text{RST}}$ ，还用来指示电源故障报警情况。当 V_{CC} 低于 V_{PF} 时，会产生内部电源故障报警信号，并强制拉低 $\overline{\text{RST}}$ 引脚。当 V_{CC} 返回至超过 V_{PF} 电平时， $\overline{\text{RST}}$ 引脚保持低电平大约 250ms (t_{REC})，以使供电电源稳定下来。如果在 V_{CC} 加载时振荡器没有工作 (参考电源控制部分)，将会跳过 t_{REC}， $\overline{\text{RST}}$ 立刻变为高电平。

实时时钟

以 TCXO 作为时钟源，RTC 提供秒、分、时、星期、日期、月和年信息。少于 31 天的月份，将自动调整月末日期，其中包括闰年的修正。时钟可工作在 24 小时或带 AM/PM 指示的 12 小时格式。

时钟提供两个可编程定时闹钟和一个可编程方波输出。INT/SQW 引脚可产生由闹钟条件决定的中断信号，或者输出方波信号。功能选择通过 INTCN 位来控制。

地址分配表

图 1 给出了 DS3231 计时寄存器的地址分配表。在多字节访问过程中，当地址指针到达寄存器空间的末尾 (12h) 时，将会返回到地址 00h。在 I²C 的 START 条件下或者地址指针递增至地址 00h 时，当前的时间会传输至辅助寄存器中。在时钟继续运行的同时，可从辅助寄存器中读取时间信息。这样在读操作期间发生主寄存器更新时，可以避免重新读取寄存器。

图 1. 计时寄存器

ADDRESS	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	FUNCTION	RANGE
00H	0	10 Seconds			Seconds				Seconds	00–59
01H	0	10 Minutes			Minutes				Minutes	00–59
02H	0	12/24	AM/PM 10 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	00–31
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 10 Hour	10 Hour	Hour				Alarm 1 Hours	1–12 + AM/PM 00–23
0AH	A1M4	DY/D $\overline{T}$	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 10 Hour	10 Hour	Hour				Alarm 2 Hours	1–12 + AM/PM 00–23
0DH	A2M4	DY/D $\overline{T}$	10 Date			Day			Alarm 2 Day	1–7
						Date			Alarm 2 Date	1–31
0EH	$\overline{E}OSC$	BBSQW	CONV	RS2	RS1	INTCN	A2IE	A1IE	Control	—
0FH	OSF	0	0	0	EN32kHz	BSY	A2F	A1F	Control/Status	—
10H	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	Aging Offset	—
11H	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	MSB of Temp	—
12H	DATA	DATA	0	0	0	0	0	0	LSB of Temp	—

注释：除非另有说明，初次上电时的寄存器状态未做定义。

时钟和日历

可以通过读取适当的寄存器字节获得时钟和日历信息。图 1 给出了 RTC 寄存器的配置说明。通过写入适当的寄存器字节来设定或者初始化时钟和日历数据。时钟和日历寄存器的内容采用二—十进制编码 (BCD) 格式。DS3231 可以运行于 12 小时或者 24 小时模式。小时寄存器的第 6 位定义为 12 或 24 小时模式选择位。该位为高时，选择 12 小时模式。在 12 小时模式下，第 5 位为 AM/PM 指示位，逻辑高时为 PM。在 24 小时模式下，第 5 位为第二个十位小时位 (20–23 小时)。当年寄存器由 99 溢出至 00 时，会转换世纪位 (月寄存器的第 7 位)。

星期寄存器在午夜时递增。对应于星期的值由用户定义，但是该值必须连续 (即，如果 1 等于星期日，那么 2 等于星期一，依次类推)。不合逻辑的时间和日历输入会导致不确定的操作。

读取或写入时间和日历寄存器时，辅助 (用户) 缓冲区用于防止内部寄存器更新时可能出现的错误。读取时间和日历寄存器时，用户缓冲区在任何 START 条件下或者寄存器指针返回到零时与内部寄存器同步。时间信息从这些辅助寄存器读取，此时时钟继续保持运行状态。这样在读操作期间发生主寄存器更新时可以避免重新读取寄存器。

高精度、I²C 集成 RTC/TCXO/晶体

任何时候写秒寄存器时，计时链都会复位。在 DS3231 应答时进行写传输操作。一旦计时链复位，为避免地址返回问题，必须在 1 秒钟之内写入剩余的时间和日历寄存器。倘若振荡器已经工作，并且使能方波输出，那么 1Hz 方波输出在秒数据传输完成后转换为 500ms 高电平。

闹钟

DS3231 包含两个定时/日期闹钟。闹钟 1 可通过写入寄存器 07h 至 0Ah 来设定。闹钟 2 可通过写入寄存器 0Bh 至 0Dh 来设定。可对闹钟进行编程（通过控制寄存器的闹钟使能位和 INTCN 位），从而在闹钟匹配条件下触发 $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$ 输出。每个定时/日期闹钟寄存器的第 7 位是屏蔽位（表 2）。当每个闹钟的屏蔽位均为逻辑 0 时，闹钟只有在计时寄存器中的值与存储于定时/日期闹钟寄存器中

的对应值相匹配时才会告警。闹钟也可以编程为每秒、分、时、星期或日期重复告警。表 2 给出了可能的设置。如果不按照表中配置，会导致不合逻辑的操作。

DY/ $\overline{\text{DT}}$ 位（闹钟定时/日期寄存器的第 6 位）用于控制存储于寄存器第 0 位至第 5 位的闹钟值是反映星期几还是月份中的日期。如果 DY/ $\overline{\text{DT}}$ 设为逻辑 0，闹钟将会是与月份日期匹配的结果。如果 DY/ $\overline{\text{DT}}$ 设为逻辑 1，闹钟则是与星期几匹配的结果。

当 RTC 寄存器值与闹钟寄存器的设定值相匹配时，相应的闹钟标志位 'A1F' 或 'A2F' 置为逻辑 1。如果对应的闹钟中断使能 'A1IE' 或 'A2IE' 也设定为逻辑 1，并且 INTCN 位设定为逻辑 1，闹钟条件将会触发 $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$ 信号。在时间和日期寄存器每秒更新时都会检测匹配情况。

表 2. 闹钟屏蔽位

DY/ $\overline{\text{DT}}$	ALARM 1 REGISTER MASK BITS (BIT 7)				ALARM RATE
	A1M4	A1M3	A1M2	A1M1	
X	1	1	1	1	Alarm once per second
X	1	1	1	0	Alarm when seconds match
X	1	1	0	0	Alarm when minutes and seconds match
X	1	0	0	0	Alarm when hours, minutes, and seconds match
0	0	0	0	0	Alarm when date, hours, minutes, and seconds match
1	0	0	0	0	Alarm when day, hours, minutes, and seconds match
DY/ $\overline{\text{DT}}$	ALARM 2 REGISTER MASK BITS (BIT 7)			ALARM RATE	
	A2M4	A2M3	A2M2		
X	1	1	1	Alarm once per minute (00 seconds of every minute)	
X	1	1	0	Alarm when minutes match	
X	1	0	0	Alarm when hours and minutes match	
0	0	0	0	Alarm when date, hours, and minutes match	
1	0	0	0	Alarm when day, hours, and minutes match	

高精度、I²C 集成 RTC/TCXO/晶体

DS3231

控制寄存器 (0Eh)

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
$\overline{\text{EOSC}}$	BBSQW	CONV	RS2	RS1	INTCN	A2IE	A1IE

特殊功能寄存器

DS3231 具有两个附加寄存器 (控制和状态)，可以控制实时时钟、闹钟和方波输出。

控制寄存器 (0Eh)

第7位：使能振荡器 ($\overline{\text{EOSC}}$)。设定为逻辑0时，启动振荡器。如果设定为逻辑1，在DS3231电源切换至V_{BAT}时振荡器停止。初次上电时，该位清零 (逻辑0)。当DS3231由V_{CC}供电时，振荡器与 $\overline{\text{EOSC}}$ 位的状态无关，始终保持运行状态。

第6位：电池备份的方波使能 (BBSQW)。当设定为逻辑1并且DS3231由V_{BAT}引脚供电时，在没有加载V_{CC}的情况下，该位使能方波输出。当BBSQW设定为逻辑0时，若V_{CC}降至低于电源故障门限值，则 $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$ 引脚变为高阻抗。初次上电时，该位清零 (逻辑0)。

第5位：转换温度 (CONV)。该位设定为1时，强制温度传感器将温度转换成数字码，并执行TCXO算法以更新振荡器的电容阵列。这只能发生在空闲期间。状态位BSY，在BSY = 1时禁止设定转换温度位。用户在强制控制器开始新的TCXO操作之前，应该检查状态位BSY。用户启动的温度转换不影响内部64秒更新周期。

用户启动的温度转换在大约2ms内不会影响BSY位。CONV位从写入开始直到转换完成保持为1，转换完后CONV和BSY均变为0。在监视用户启动转换的状态时应该使用CONV位。

第4和第3位：频率选择 (RS2和RS1)。方波使能时，这两位用于控制方波输出的频率。以下表格给出了可以通过RS位选择的方波频率。初次上电时，这两位均设置为逻辑1 (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

第2位：中断控制 (INTCN)。该位控制 $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$ 信号。INTCN设定为0时， $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$ 引脚输出方波。INTCN设定为1时，若计时寄存器与任何一个闹钟寄存器相匹配，则会触发 $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$ 信号 (如果也使能闹钟的话)。匹配时相应的闹钟标志总是置位，而与INTCN位的状态无关。初次上电时，INTCN位设定为逻辑1。

第1位：闹钟2中断使能 (A2IE)。该位设定为逻辑1时，允许状态寄存器中的闹钟2标志位 (A2F) 触发 $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$ 信号 (当INTCN = 1时)。当A2IE位设定为0或者INTCN设定为0时，A2F位不启动中断信号。初次上电时，A2IE位清零 (逻辑0)。

第0位：闹钟1中断使能 (A1IE)。该位设定为逻辑1时，允许状态寄存器中的闹钟1标志位 (A1F) 触发 $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$ 信号 (当INTCN = 1时)。当A1IE位设定为0或者INTCN设定为0时，A1F位不启动 $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$ 信号。初次上电时，A1IE位清零 (逻辑0)。

高精度、I²C 集成 RTC/TCXO/晶体

状态寄存器 (0Fh)

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
OSF	0	0	0	EN32kHz	BSY	A2F	A1F

状态寄存器 (0Fh)

第7位：振荡器停止标志 (OSF)。该位为逻辑1表示振荡器现在停止工作，或者曾经停止工作，可用于判定计时数据的有效性。无论何时振荡器停止工作，该位均置为逻辑1。以下情况能够造成OSF置位：

- 1) 初次上电。
- 2) V_{CC} 与 V_{BAT} 上的电压都不足以支持振荡器工作。
- 3) 在电池备份模式下， $\overline{EOSC}$ 位关闭。
- 4) 晶体的外部影响 (即噪声、泄漏等)。

该位保持为逻辑1，直到写入逻辑0清除。

第3位：使能32kHz输出 (EN32kHz)。该位表示32kHz引脚的状态。当设定为逻辑1时，使能32kHz引脚，并输出32.768kHz方波信号。设定为逻辑0时，32kHz引脚变为高阻态。初始化上电时，该位为逻辑1。DS3231加载电源后 (如果振荡器工作)，32kHz引脚输出32.768kHz方波信号。

第2位：忙 (BSY)。该位表示器件正在执行TCXO功能。温度传感器的转换控制信号使BSY置为逻辑1。当器件处于1分钟空闲状态时该位清零。

第1位：闹钟2标志 (A2F)。闹钟2标志位为逻辑1时表示时间与闹钟2寄存器匹配。如果A2IE位为逻辑1，并且INTCN位设定为逻辑1，则同时触发INT/SQW引脚。写入逻辑0时A2F位清零。该位仅能写入逻辑0。试图写入逻辑1的操作不改变原逻辑值。

第0位：闹钟1标志 (A1F)。闹钟1标志位为逻辑1时表示时间与闹钟1寄存器匹配。如果A1IE位为逻辑1，并且INTCN位设定为逻辑1，则同时触发INT/SQW引脚。写入逻辑0时A1F位清零。该位仅能写入逻辑0。试图写入逻辑1的操作不改变原逻辑值。

晶体老化

晶体老化补偿寄存器提供一个8位码，并加到电容阵列寄存器中。该码为2的补码。电容阵列与晶体引脚相连，一个LSB表示一个小电容加入或移出该阵列。在以下情况下，补偿寄存器加至电容阵列寄存器：在正常温度转换期间，如果温度与前一次转换结果相比发生改变，或者在用户人工转换 (设定CONV位) 期间。为立刻观察到老化寄存器对32kHz输出频率的效果，应该在每次老化寄存器更改后启动人工温度转换。

在不同的温度下，每个LSB对应的频率变化 (ppm) 是不同的。频率-温度关系曲线会根据这个寄存器中的值发生偏移。在+25°C下，一个LSB通常提供约0.1ppm的频率修正。

晶体老化补偿 (10h)

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data

高精度、I²C 集成 RTC/TCXO/晶体

DS3231

温度寄存器 (高字节) (11h)

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data

温度寄存器 (低字节) (12h)

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
Data	Data	0	0	0	0	0	0

温度寄存器 (11h–12h)

温度值采用 10 位编码表示，具有 +0.25°C 的分辨率，访问地址为 11h 和 12h。温度编码为二进制补码格式。高 8 位位于地址 11h，低 2 位位于地址 12h 的高半字节。上电复位后，寄存器的缺省温度值设定为 0°C，控制器启动温度转换。新的温度读数存储在该寄存器中。

I²C 串行数据总线

DS3231 支持双向 I²C 总线和数据传输协议。向总线发送数据的设备定义为发送器，接收数据的设备定义为接收器。控制信令的设备称为主设备。由主设备控制的设备称为从设备。总线必须由主设备来控制，主设备负责产生串行时钟 (SCL)、控制总线访问，以及产生 START 和 STOP 条件。DS3231 在 I²C 总线上作为从设备工作。设备通过漏极开路 I/O 线 SDA 和 SCL 与总线连接。总线规范中定义了标准模式 (100kHz 最高时钟频率) 和快速模式 (400kHz 最高时钟频率)。DS3231 支持这两种工作模式。

定义了如下的总线协议 (图 2):

- 只能在总线空闲时才能启动数据传输。
- 在数据传输过程中，当时钟线为高电平时，数据线必须保持稳定。如果时钟线为高电平时数据线电平发生变化，会被认为是控制信号。

相应地，定义了如下的总线条件:

总线空闲: 数据和时钟线均保持高电平。

启动数据传输: 时钟线为高电平时，数据线状态由高变低，定义为 START 条件。

停止数据传输: 时钟线为高电平时，数据线状态由低变高，定义为 STOP 条件。

数据有效: 产生 START 条件后，若在时钟信号为高电平期间数据线保持稳定，则此时数据线状态代表有效数据。线上数据必须在时钟信号为低电平期间改变。每个时钟脉冲传送一位数据。

使用 START 条件启动每次数据传输，并由 STOP 条件终止传输。在 START 与 STOP 条件之间传输的数据字节数没有限制，仅由主设备决定。信息传输以字节为单位，每个接收器使用第 9 位进行应答。

应答: 被寻址的接收设备必须在收到每个字节后发出应答信号。主设备必须生成额外的时钟脉冲，用于该应答位。

应答设备必须在应答时钟脉冲期间拉低 SDA 线，因此在应答时钟脉冲的高电平期间，SDA 线保持稳定的低电平。当然，建立与保持时间必须考虑在内。通过不对从设备同步输出的最后字节产生应答位，主设备向从设备指示数据的结尾。这样，从设备必须保持数据线为高电平以使主设备能够产生 STOP 条件。

高精度、I²C 集成 RTC/TCXO/晶体

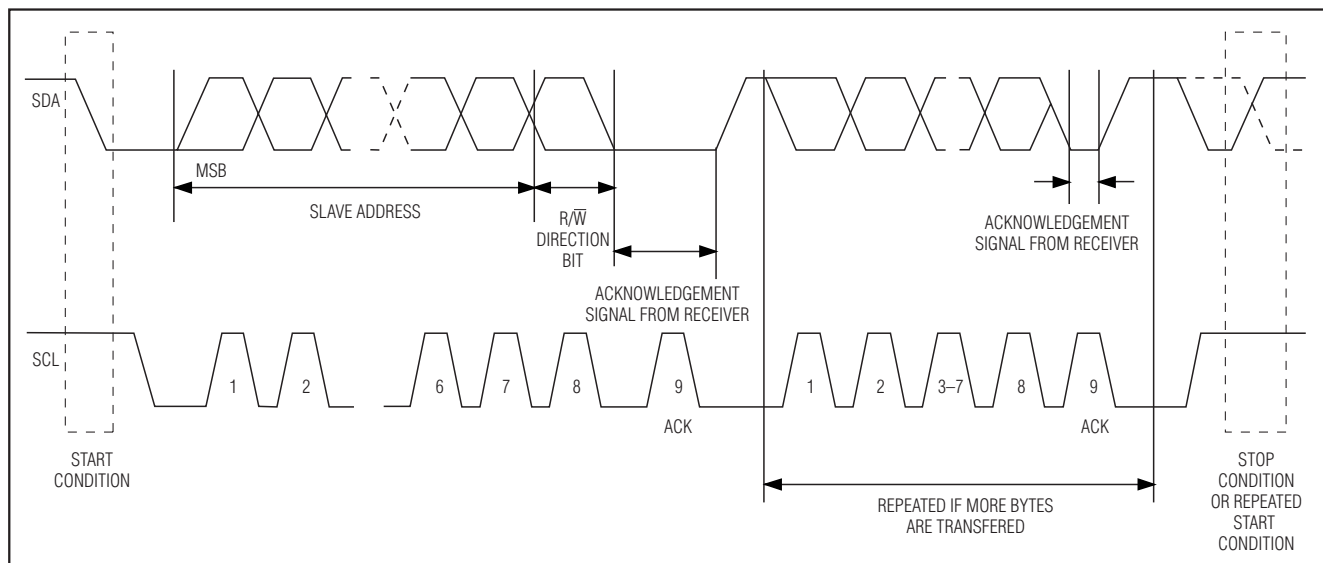


图2. I²C 数据传输示意图

图3和图4详细说明了如何在I²C总线上完成数据传输。根据R/W位的状态，可完成两类数据传输：

数据由主设备发送器传输至从设备接收器。主设备发送的首字节是从设备地址。接下来是若干数据字节。从设备收到每个字节后返回应答位。数据从最高有效位 (MSB) 开始传输。

数据由从设备发送器传输至主设备接收器。主设备发送首字节 (从设备地址)。然后从设备返回应答位。接下来由从设备向主设备发送若干数据字节。除最后一个字节外，主设备收到每个字节后均返回应答位。收到最后一个字节后，返回非应答位。

主设备产生所有的串行时钟脉冲和START、STOP条件。传输由STOP条件或者重复START条件结束。由于重复START条件同时也是下一个串行传输的开始，因此不会释放总线。数据从最高有效位 (MSB) 开始传输。

DS3231可工作于以下两种模式：

从设备接收模式 (DS3231 写模式)：通过SDA和SCL接收串行数据和时钟。收到每个字节后，发送应答位。START和STOP条件作为串行传输的开始和结束。

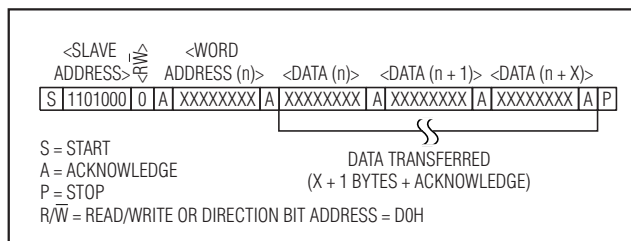


图3. 从设备接收模式 (写模式)

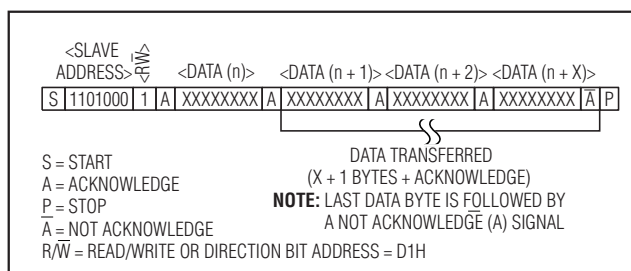


图4. 从设备发送模式 (读模式)

在收到从设备地址和方向位之后，由硬件实现地址识别。主设备产生START条件后，从设备地址字节是收到的第一个字节。从设备地址字节包括7位DS3231地址，即1101000，接着是方向位(R/W)。该位为0，表示写操作。在收到并译码从设备地址字节后，DS3231向SDA发出应答信号。在DS3231应答从设备

高精度、I²C 集成 RTC/TCXO/晶体

DS3231

地址 + 写位之后，主设备发送一个字地址至 DS3231。这用于设定 DS3231 的寄存器指针，DS3231 对该传输做出应答。主设备随后可以发送 0 或者更多字节的数据，DS3231 应答每个收到的字节。每个数据字节传输完后，寄存器指针自动递增。主设备产生 STOP 条件以终止数据写入。

从设备发送模式 (DS3231 读模式): 接收和处理首字节的方式与从设备接收模式相同。但是，在这种模式下，方向位指示的传输方向是相反的。DS3231 向 SDA 发送串行数据，并由 SCL 输入串行时钟。START 和 STOP 条件作为串行传输的开始和结束。在收到从设备地址和方向位后，由硬件进行地址识别。主设备产生 START 条件后，从设备地址字节是收到的首字节。从设备地址字节包括 7 位 DS3231 地址，即 1101000，接下来是方向位 (R/W)。该位为 1，表示读操作。在接收和译码从设备地址字节后，DS3231 向 SDA 发出应答信号。然后 DS3231 开始发送数据，并从寄存器指针所指向的寄存器地址开始。如果在启动读模式之前未写寄存器指针，所读取的首地址是最后存储的寄存器指针值。DS3231 必须收到非应答信号以结束读操作。

操作、PC 板布局 and 安装

DS3231 封装包含石英音叉晶体。可以使用拾取-贴装设备，但是必须谨慎小心，以确保避免过度冲击。避免使用超声波清理，以免损坏晶体。

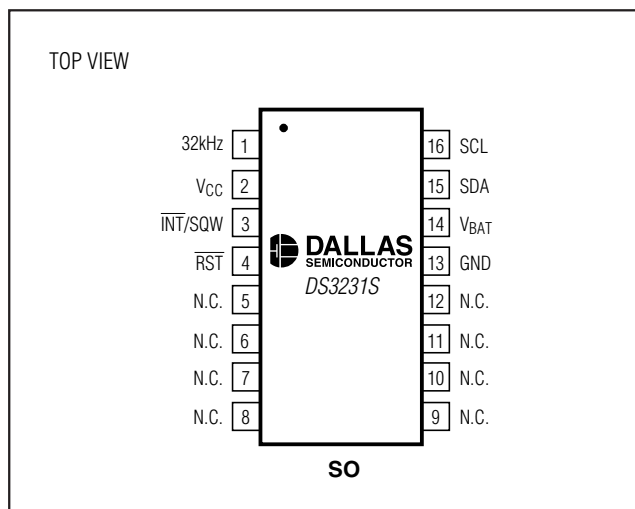
除非封装与信号线之间有地层隔开，否则避免在器件下面走信号线。所有 N.C. (无连接) 引脚必须接地。

只要峰值温度不超过 +240°C，SO 封装可以进行回流焊。峰值回流焊温度 ($\geq +230^{\circ}\text{C}$) 的持续时间不应超过 10 秒钟，并且高于 +200°C 的总时间不要超过 40 秒钟 (标称值 30 秒)。回流焊次数最多 2 次。

潮湿敏感封装出厂时采用防潮包装。必须遵循封装标签上列出的操作说明，以防止回流焊过程中损坏器件。潮湿敏感器件 (MSD) 的分类请参考 IPC/JEDEC J-STD-020 标准。

高精度、I²C 集成 RTC/TCXO/晶体

引脚配置



芯片信息

TRANSISTOR COUNT: 33,000
SUBSTRATE CONNECTED TO GROUND
PROCESS: CMOS

散热信息

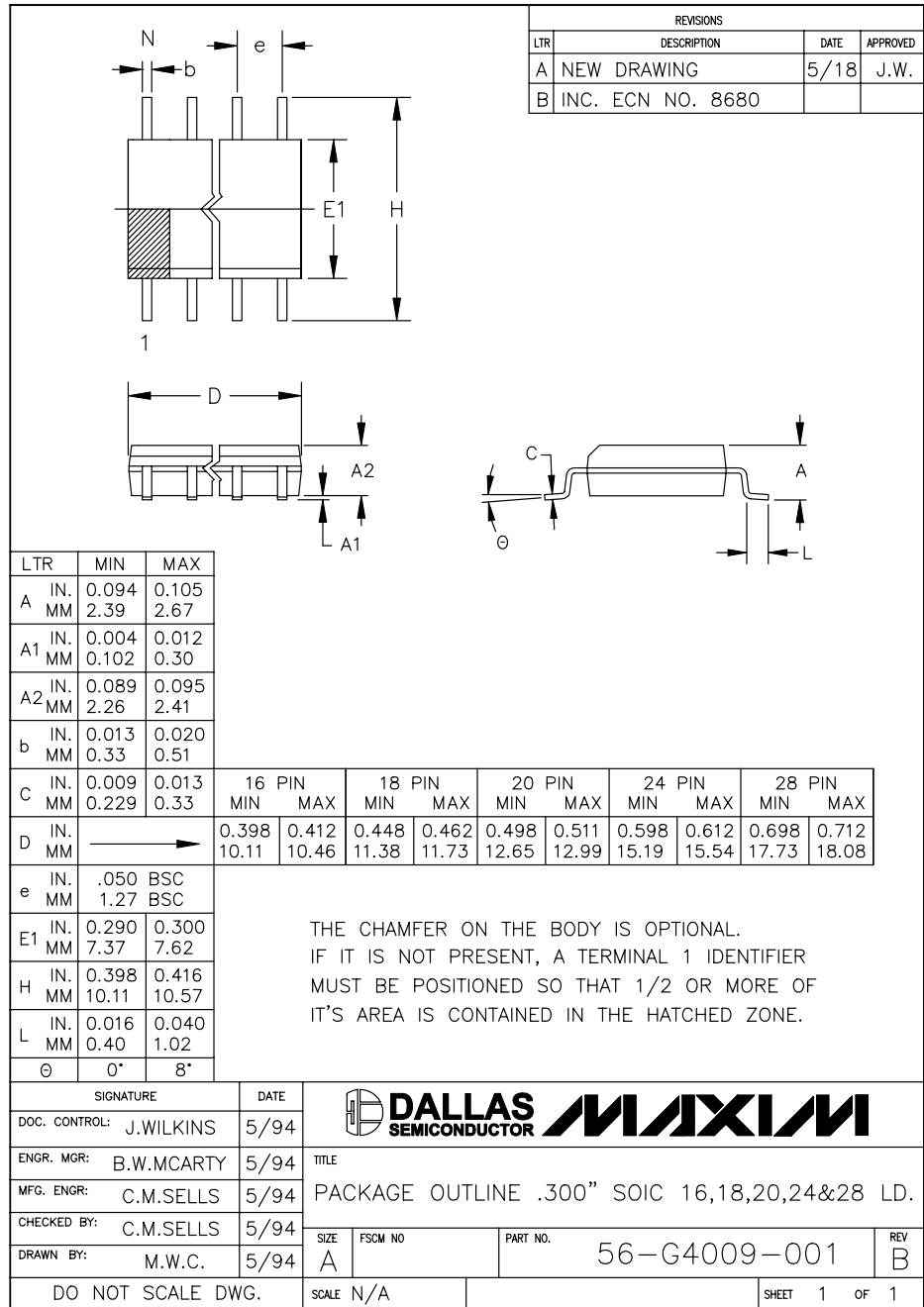
Theta-JA: +73°C/W
Theta-JC: +23°C/W

高精度、I²C 集成 RTC/TCXO/晶体

封装信息

(本数据资料提供的封装图可能不是最近的规格，如需最近的封装外型信息，请查询 www.maxim-integrated.com/DallasPackInfo。)

DS3231



Maxim 不对 Maxim 产品以外的任何电路使用负责，也不提供其专利许可。Maxim 保留在任何时间、没有任何通报的前提下修改产品资料和规格的权利。

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600 19