

# 颖展电子高精度时钟芯片 DS3231 的接口应用

编辑：颖展电子

官网：[www.yzic88.com](http://www.yzic88.com)

日期2016-08-16

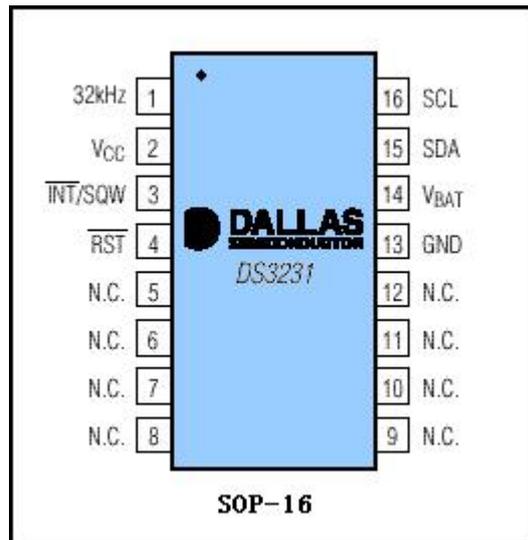
## [1]. 前言

在许多单片机的测控系统和家用电器中都含有时钟显示部分,最廉价的是直接使用单片机中的定时器,辅以一定的中断服务程序,构成时钟显示部分,这种方式是几乎不需要增加新的硬件即可实现,缺点是计时误差大,同时电源掉电不能保持时钟继续运行。在相对要求较高的场合,则使用廉价的时钟芯片(如 DS1302等等)辅以备用电池,计时精度略高,可满足一般的要求。

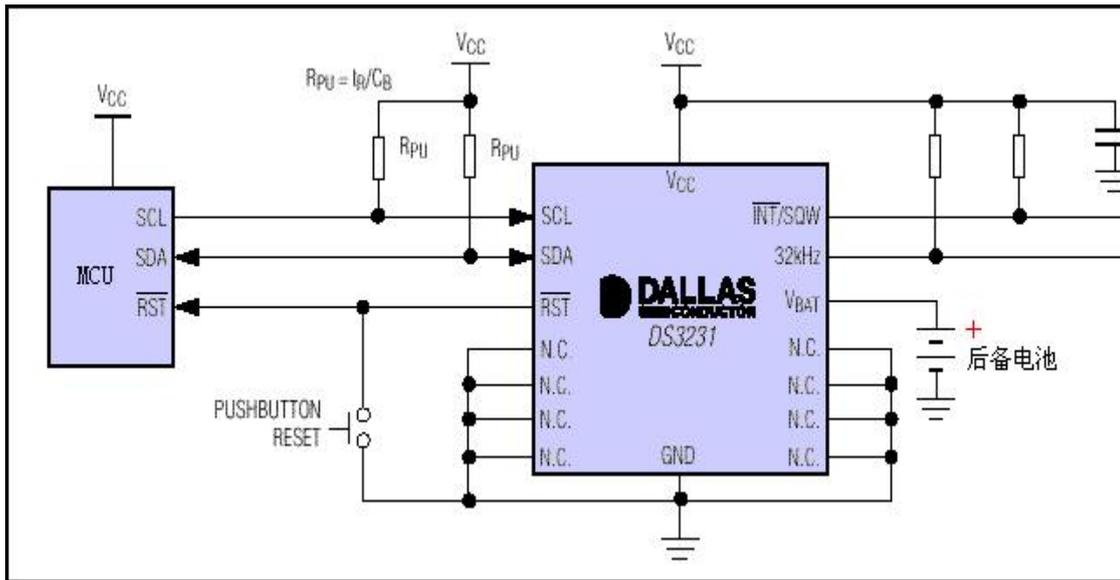
在这篇文章中,我们重点介绍高精度时钟电路 DS3231的设计和應用。在 DS1302普及型时钟芯片,晶体均需外置,由于晶体的离散性,很难选择到精度很高的器件,同时也没有温度补偿电路,不同的温度环境下,晶体的特性也在变化,直接影响着时钟的振荡频率,较大的误差在所难免。而 DS3231高精度时钟芯片,将晶体和温度补偿均集成在芯片中,为提高计时精度提供了可能,实册证明,使用 DS3231时钟芯片,误差可做到一年小于一分钟,甚至部分显示器误差可小于20秒/一年。这对有相对精确时钟要求的应用场合是个理想的选择。

## [2]. DS3231时钟芯片结构原理

DS3231是一款高精度 I<sup>2</sup>C 实时时钟(RTC)器件,具有集成的温度补偿晶体振荡器(TCXO)。该器件包含电池输入端,断开主电源时仍可保持精确计时。集成的晶体振荡器可提高器件的长期精确度。DS3231的寄存器能保存秒、分、时、星期、日期、月、年和闹钟设置等信息。少于31天的月份,可自动调整月末日期,包括闰年补偿。时钟的工作格式为24小时或带 AM / PM 指示的12小时格式。DS3231提供两个可编程日历闹钟和一路可编程方波输出。DS3231与单片机通过 I<sup>2</sup>C 双向串行总线传输地址与数据。



下图为 DS3231典型应用电路,图中可看出,DS3231几乎不需要外部元件。

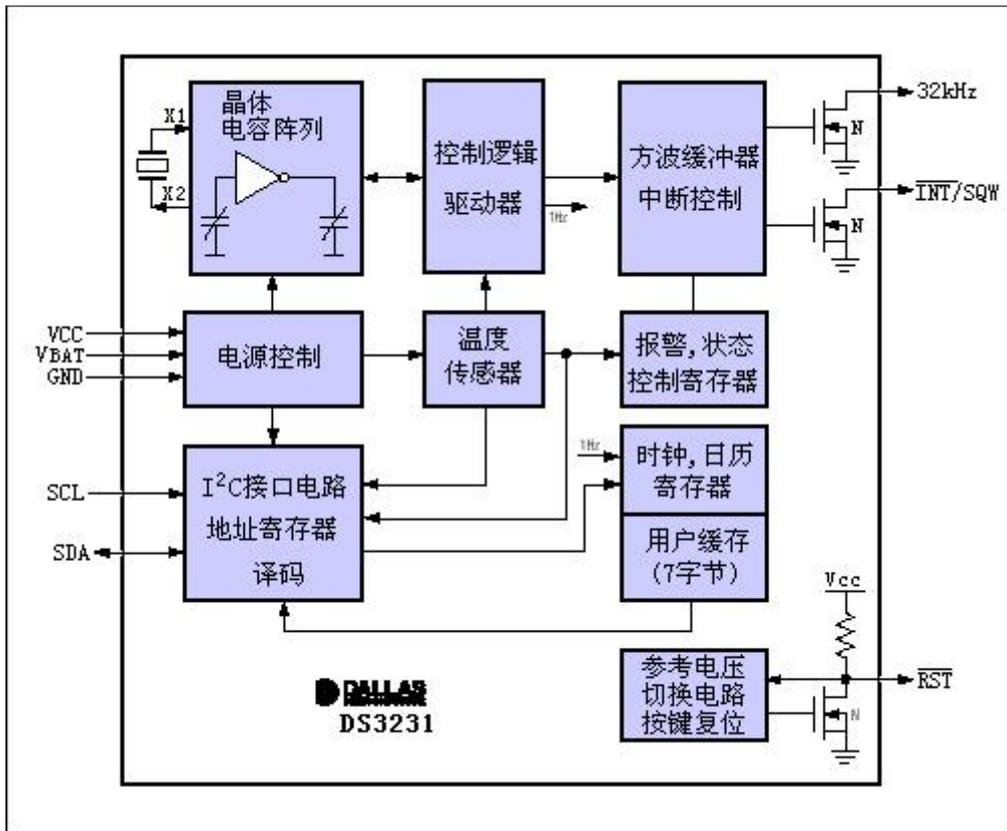


### [3]. DS3231时钟芯片结构

如图1所示，DS3231的主要组成部分有8个模块，划分为4个功能组：TCXO、电源控制、按钮复位和 RTC。

#### 1. 32 kHz 的 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输出，使用查表法确定所需的电容，加上 AGE 寄存器的老化修正。然后设置电容选择寄存器。仅在温度变化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。VCC 初次上电时就会读取温度值，然后每隔64 s 读取一次。



## 2. DS3231的内部寄存器及功能

DS3231寄存器地址为00h~12h，分别用于存放秒、分、时、星期、日期及闹钟设置信息。在多字节访问期间，如果地址达到RAM空间的结尾12h处，将发生卷绕，此时定位到开始位置即00h单元。DS3231的时间和日历信息通过读取相应的寄存器来设置和初始化。用户辅助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。以控制寄存器(地址为0Eh)为例，可以控制实时时钟、闹钟和方波输出。其各bit定义如下表。

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
0	0	0	1	1	1	0	0

**BIT7位:** 使能振荡器(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VBAT时，振荡器停止。初次上电时该位清零(逻辑0)。当DS3231由VCC供电时，振荡器与EOSC位的状态无关，始终保持工作状态。

**BIT6位:** 电池备份的方波使能(BBSOW)。当设定为逻辑1并且 DS3231由 VBAT 引脚供电时, 在没有加载 VCC 的情况下, 该位使能方波输出。当 BB-SQW 设定为逻辑0时, 若 VCC 降至低于电源故障门限值, 则 INT / SQW 引脚变为高阻抗。初次上电时, 该位清零(逻辑0)。

**BIT5位:** 转换温度(CONV)。该位置为1时, 强制温度传感器将温度转换成数字, 并执行 TCXO 算法更新振荡器的电容阵列。只在空闲期间有效。状态位 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, 应检查状态位 BSY。用户启动的温度转换不影响内部64 s 更新周期。用户启动的温度转换在大约2 ms 内不会影响 BSY 位。CONV 位从写入开始直到转换完成一直保持为1, 转换完后, CONV 和 BSY 均变为0。在监视用户启动转换状态时, 应使用 CONV 位。

**BIT4和 BIT3位:** 频率选择(RS2和 RS1), 初次上电时, BIT4和 BIT3 设置为逻辑1。方波使能时用于控制方波输出的频率。RS1、RS2的逻辑值与方波输出频率的关系如表2所列。

**方波输出频率与RS0, RS1设置关系**

RS2	RS1	方波输出频率
0	0	1Hz
0	1	1.024kHz
1	0	4.096kHz
1	1	8.192kHz

**BIT2位:** 中断控制(INTCN)。该位控制 INT / SQW 信号。INTCN 置为0时, INT / SQW 引脚输出方波; INTCN 置为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 INT / 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 位置为逻辑1。

**BIT1位:** 闹钟2中断使能(A2IE)。该位置为逻辑1时, 允许状态寄存器中的闹钟2标志位(A2F)触发 INT / SQW 信号(当 INTCN=1时)。当 A2IE 位置为0或者 INTCN 置为0时, A2F 位不启动中断信号。初次上电时, A2IE 位清零(逻辑0)。

**BIT0位:** 闹钟1中断使能(A1IE)。该位置为逻辑1时, 允许状态寄存器中的闹钟1标志位(A1F)触发 INT / SQW 信号(当 INTCN=1时)。当 A1IE 位置为0或者 INTCN 置为0时, A1F 位不启动 INT / SQW 信号。初次上电时, A1IE 位清零(逻辑0)。

### 3. DS3231的电源控制

电源控制功能由温度补偿电压基准(VPF)和监视 VCC 电平的比较器电路提供。当 VCC 高于 VPF 时, DS3231由 VCC 供电, 当 VCC 低于 VPF 但高于 VBAT 时, DS3231由 VCC 供电; 当 VCC 低于 VPF 并低于 VBAT 时, DS3231由 VBAT 供电。为保护电池, VBAT 首次加到器件时振荡器并不启动, 除非加载 VCC, 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 s 以内。在 VCC 加电后或者有效的 I2C 地址写入后大约2 s, 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, 只要电源(VCC 或者 VBAT)有效就会一直保持工作状态。器件每隔64 s 进行一次温度测量并校准振荡器频率。

### 4. DS3231的时钟和日历 RTC

可以通过读取适当的寄存器字节获得时钟和日历信息。通过写入适当的寄存器字节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。

### 5. DS3231的复位按钮

DS3231具有连接至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RST信号的下降沿。如果检测到一个边沿转换,DS3231通过拉低RST完成开关去抖。内部定时器定时结束后,DS3231继续监视RST信号。如果信号依旧保持低电平,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RST为低电平并保持tRST。RST还可用于指示电源故障报警情况。当VCC低于VPF时,产生内部电源故障报警信号,并强制拉低RST引脚。当VCC返回至超过VPF电平时,RST保持低电平大约250ms(tREC),使供电电源达到稳定。如果在VCC加载时,振荡器不工作,将跳过tREC,RST立刻变为高电平。

### 6. DS3231的闹钟和报警功能

DS3231包含2个定时/日期闹钟。闹钟1可通过写入寄存器07h~0Ah设定。闹钟2可通过写入寄存器0Bh~0Dh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INT/SQW输出。每个定时/日期闹钟寄存器的第7位是屏蔽位。当每个闹钟的屏蔽位均为逻辑0时,只有当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。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位A1IE或A2IE也置为逻辑1,并且INTCN位置为逻辑1,闹钟条件将会触发INT/SQW信号。RTC在时间和日期寄存器每秒更新时都会检测匹配情况。

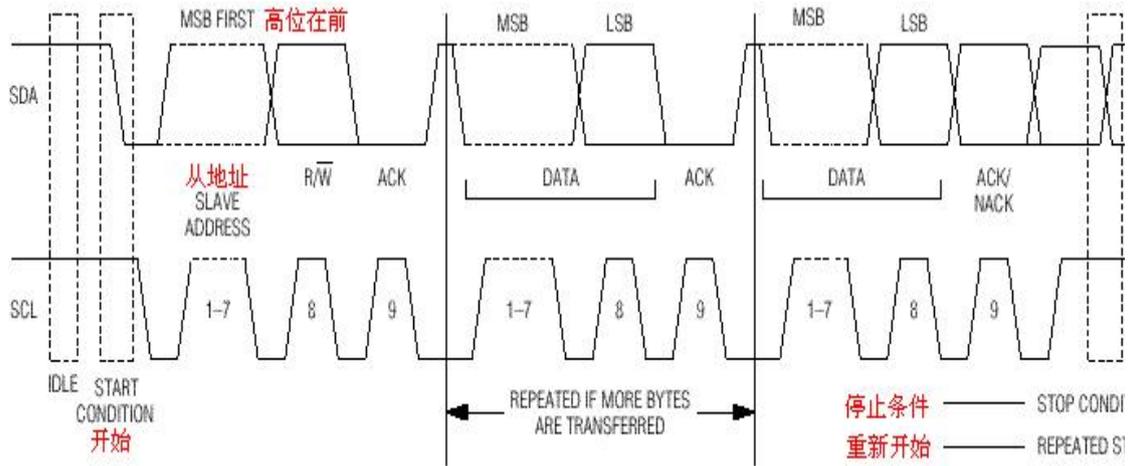
### 7. DS3231的I<sup>2</sup>C总线时序,数据交换及其格式及编程注意事项

DS3231在I<sup>2</sup>C总线上作为从器件。通过执行START命令并且在验证器件地址后才可以访问。然后寄存器可以被访问直到执行一个STOP命令为止。

所有在I<sup>2</sup>C总线上传输的地址包长度均为9位,它包括7个地址位,1个R/W控制位和1个应答位ACK,如果R/W为1,则执行读操作;如果R/W为0,则执行写操作。从机寻址后,必须在第9个SCL(ACK)周期通过拉低SDA做出应答,若从机忙或者无法响应主机,则应在ACK周期内保持SDA为高。然后主机发出STOP状态或者REP START状态重新开始发送。地址包包括从机地址和称为SLA+R或者SLA+W的READ或者WRITE位。地址字节的MSB首先被发送。所有1111xxxx的地址均保留。以便将来使用。

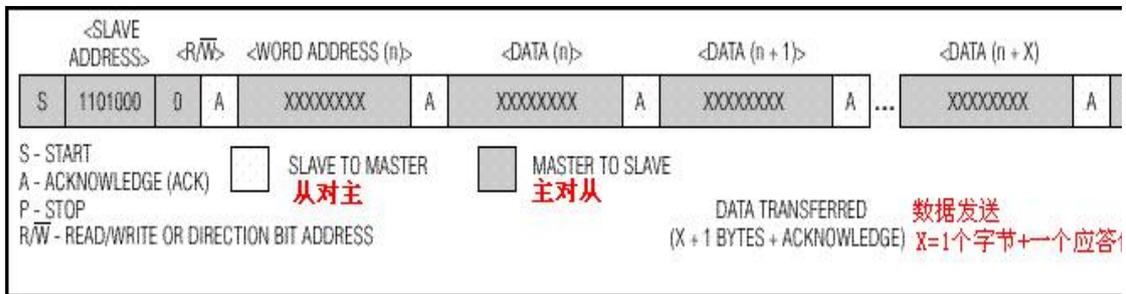
所有在I<sup>2</sup>C总线上传送的数据包长度均为9位,它包括8个数据位和1个应答位。在数据传送中,主机产生时钟及START与STOP状态,而接收器响应接收。应答是由ACK在第9个SCL周期拉低SDA实现的。如果接收器拉高SDA,则发送NACK信号。如果接收器由于某种原因不能接收更多数据,应在最后一个数据字节后发出NACK信号告诉发送器停止发送,首先发送数据的MSB。

下图为DS3231与MCUI<sup>2</sup>C总线数据交换时序:

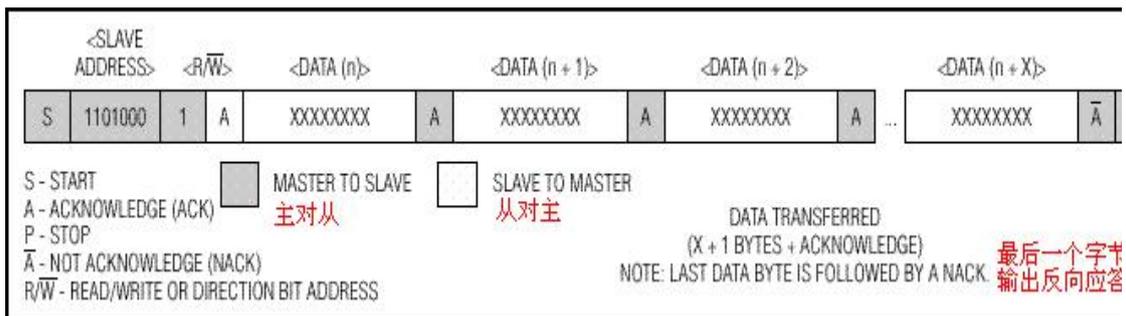


DS3231通过双向数据线 SDA 和时钟线 SCL 与外界进行数据交换，从其时序关系可看出，DS3231 有两种操作方式：

**写操作：**把 SDA 数据线上的数据按 RAM 指定的首地址(Word Address)依次写入 N 个字节数据。主器件首先传输从器件的地址字节，紧接着是一系列数据字节。从器件每收到一个字节后返回一个应答位 ACK。其格式下图所示。

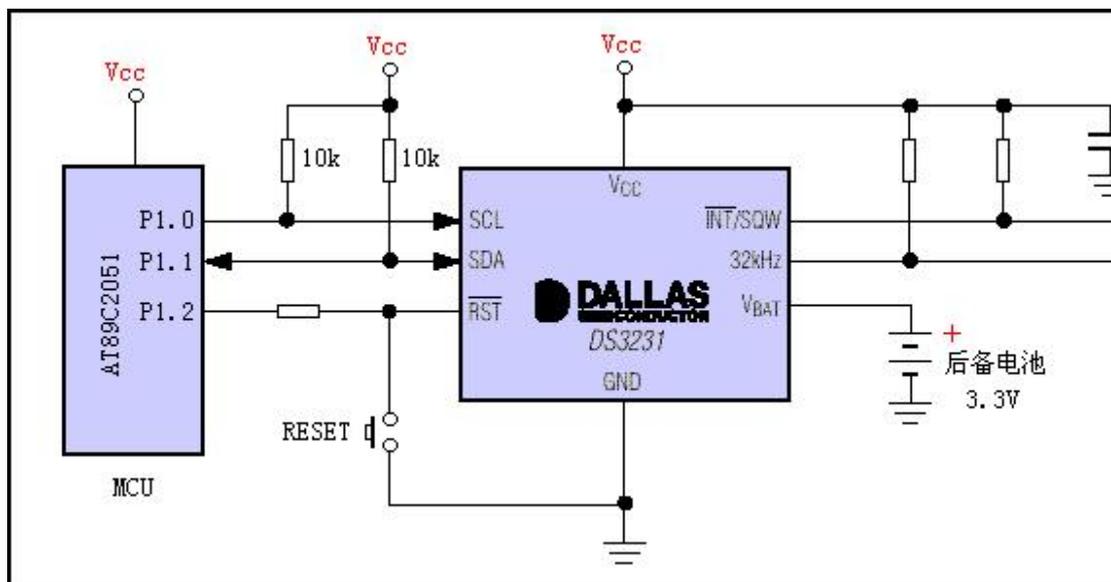


**读操作：**按 RAM 指定的首地址依次读取 N 个字节数据，主器件首先传输从器件地址。从器件返回一个应答位。随后是从器件传输的一系列数据字节。主器件收到除最后一个字节外的所有字节后返回一个应答位。在收到最后一个字节后，返回一个“非应答位” NACK。其格式下图所示。



上述读写操作信号中：S 为起始信号(START)，1101 000为 DS3231的口地址，A 为应答信号 ACK，A 为非应答信号 NACK，P 为停止信号(STOP)。主器件产生所有的串行时钟和 START、STOP 条件，通过传输 STOP 和重发 START 条件使其停止。

#### 4. DS3231与 AT89C2051单片机的接口电路



其实，可以使用 AT89C2051单片机的任何两个 I/O 口与 DS3231相连接，复位部分也可取消。编程时需认真分析 DS3231的时序，哪怕一个应答位的编程时序错误，也不能正确读写 DS3231。同时需注意，因为 C51单片机的特点，在将 SDA 拉低后（此时为输出口），如果下一步是当做输入口，结束任务后应将此端口拉高，否则 DS3231的输出不能使该输出口置1。

更详细的数据手册，请阅读 [\[DS3231数据手册\] English](#)

下图为一款 DS3231实验板实物图

