## 描述

LIS2DW12TR 是一款高精度数字三轴加速度传感器芯片，内置功能更丰富，功耗更低，体积更小，测量更精确。

芯片通过 I²C/SPI 接口与 MCU 通信，加速度测量数据以中断方式或查询方式获取。INT1 和 INT2 中断管脚提供多种内部自动检测的中断信号，适应多种运动检测场合，中断源包括数据就位中断信号、FIFO 数据 WTM 和 OVERRUN 中断信号、6D/4D 方向检测中断信号、自由落体检测中断信号、睡眠和唤醒检测中断信号、单击和双击检测中断信号。芯片内置高精度校准模块，对传感器的失调误差和增益误差进行精确补偿。±2G、±4G、±8G 和±16G 四种可调整的全量程测量范围，灵活测量外部加速度，输出数据率1HZ 和 400HZ 间可选。

芯片内置自测试功能允许客户系统测试时检测系统功能，省去复杂的转台测试。芯片内置产品倾斜校准功能，对贴片和板卡安装导致的倾斜进行补偿，不占系统资源，系统文件升级不影响传感器参数。

## 主要特点

- 宽电压范围 1.71V-3.6V
- 1.8V 兼容数字 IO 口
- Power Down 模式电流低至 1μA
- ±2G/±4G/±8G/±16G 动态全量程范围
- 12bit 有效数据(DLPF)
- I²C/SPI 数字输出接口
- 6D/4D 方向检测
- 自由落体检测
- 单击双击检测及运动检测可编程中断生成电路
- 内嵌自测试功能
- 内嵌 FIFO
- 10000g 高G 抗击能力

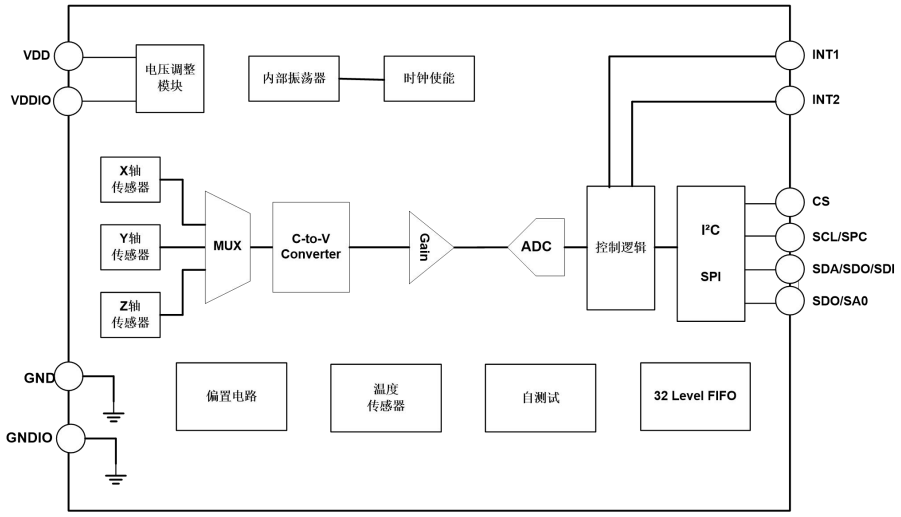
## 应用

- 手机平板
- 室内导航
- 图像旋转
- 运动激活用户接口
- 游戏
- 智能穿戴

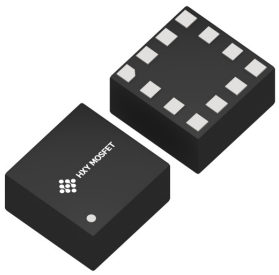
## 产品规格分类

| 产品名称 | 封装形式 | 打印名称 | 材料 | 包装形式 |
|---|---|---|---|---|
| LIS2DW12TR | LGA-12-2x2x1.0 | XXXX | 无铅 | 编带 |

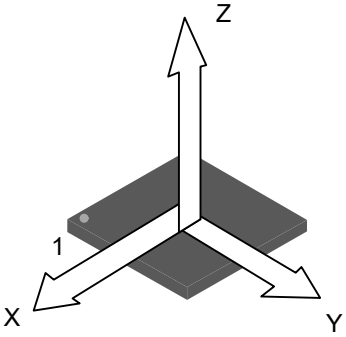
## 内部框图



## 管脚排列图

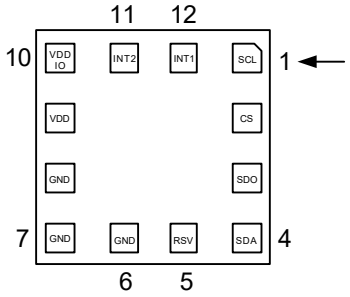


LGA-12-2x2x1.0




（俯视图）

可检加速度方向




（仰视图）

## 管脚描述

| 管脚编号 | 符号 | I/O | 描述 | 连接模式 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | I²C模式 | SPI四线模式 | SPI三线模式 |
| 1 | SCL | I | I²C模式下串行时钟SCL，SPI模式下串行时钟SPC | SCL | SPC | SPC |
| 2 | CS | I | I²C/SPI模式选择，高电平为I²C模式，低电平为SPI模式 | NC | CS | CS |
| 3 | SDO | O | SPI模式下串行数据输出<br>I²C模式下地址选择 | I2C Slave Device Address Select | SDO | NC |
| 4 | SDA | I/O | I²C模式下作SDA<br>SPI四线模式下作SDI<br>SPI三线模式下作SDA | SDA | SDI | SDA |
| 5 | RSV | -- | -- | -- | -- | -- |
| 6 | GND | S | 0V供电(Ground) | GND | GND | GND |
| 7 | GNDIO | S | 0V供电(Ground) | GND | GND | GND |
| 8 | GND | S | 0V供电(Ground) | GND | GND | GND |
| 9 | VDD | S | 模拟电源电压 | VDD | VDD | VDD |
| 10 | VDDIO | S | 数字电源电压（I/O） | VDDIO | VDDIO | VDDIO |
| 11 | INT2 | O | 用户编程中断脚2，推挽输出 | INT2 | INT2 | INT2 |
| 12 | INT1 | O | 用户编程中断脚1，推挽输出 | INT1 | INT1 | INT1 |

**注：**I=输入，O=输出，I/O=输入输出，S=电源供电，OC=集电极开路输出

## 极限参数

| 参　　数 | 符号 | 测试条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|
| 电源电压 1 | $V_{CC}$ | 电路不损坏 | -0.3 | 3.6 | V |
| 电源电压 2 | $V_P$ | 电路不损坏 | -0.3 | 3.6 | V |
| 任一控制管脚 | $V_{in}$ | 电路不损坏<br>(CS/SDO/SCL/SDA/INT1/INT2) | -0.3 | VDDIO+0.3 | V |
| 工作温度 | $T_{OPR}$ | 电路不损坏 | -40 | +85 | °C |
| 贮存温度 | $T_{STG}$ | 电路不损坏 | -55 | +150 | °C |

## 机械参数(VDD=2.5V, $T_A$=25°C)

| 参 数 | 符 号 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 全量程测量范围 | $F_{S0}$ | FS=0 | -- | ±2.0 | -- | g |
| | $F_{S1}$ | FS=1 | -- | ±4.0 | -- | |
| | $F_{S2}$ | FS=2 | -- | ±8.0 | -- | |
| | $F_{S3}$ | FS=3 | -- | ±16.0 | -- | |
| 灵敏度 | So0 | FS=0 (HR mode) | -- | 1 | -- | mg/digit |
| | So1 | FS=1 (HR mode) | -- | 2 | -- | |
| | So2 | FS=2 (HR mode) | -- | 4 | -- | |
| | So3 | FS=3 (HR mode) | -- | 8 | -- | |
| 温变灵敏度 | $T_{CSO}$ | FS=0 | -- | ±0.01 | -- | %/°C |
| 零漂 | $Ty_{Off0}$ | FS=0 | -- | ±80 | -- | mg |
| 温漂 | $TC_{Off}$ | 与 25°C 的最大偏差 | -- | ±0.5 | -- | mg/°C |
| 自测输出 | $V_{st1}$ | FS=0， X 轴 | -- | 276 | -- | LSb |
| | $V_{st2}$ | FS=0， Y 轴 | -- | 276 | -- | LSb |
| | $V_{st3}$ | FS=0， Z 轴 | -- | 984 | -- | LSb |
| 系统带宽 | BW | | -- | ODR/2 | -- | HZ |
| 工作温度 | $T_{OPR}$ | | -40 | -- | +85 | °C |

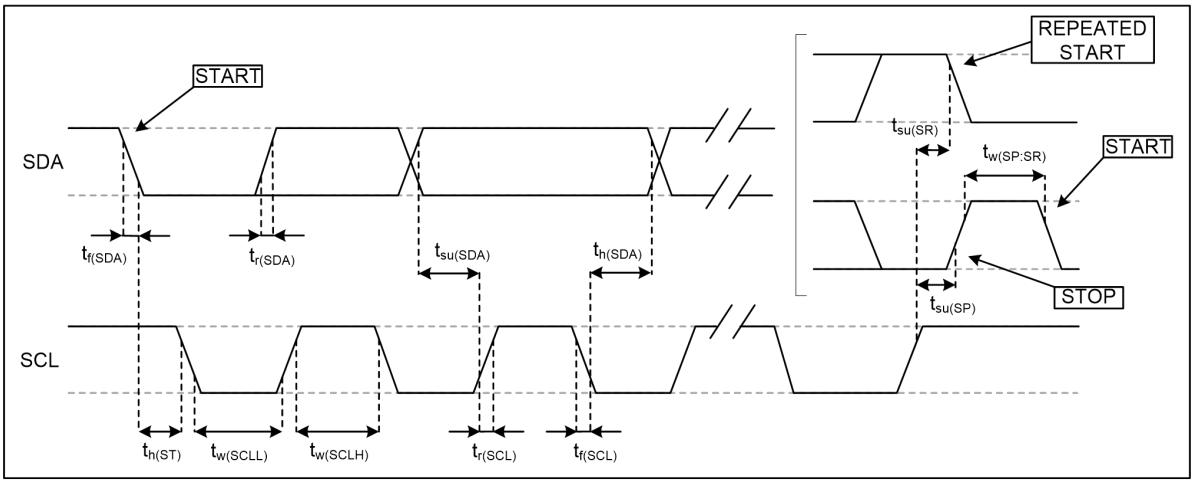
**注意：**电路 2.5V 出厂校准。电路实际工作电压 1.71V-3.6V

## 电气参数(VDD=2.5V, $T_A$=25°C)

| 参 数 | 符 号 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 供电电压 | $V_{DD}$ | | 1.71 | 2.5 | 3.6 | V |
| IO 供电电压 | $V_{DDIO}$ | | 1.71 | -- | $V_{DD}$+0.1 | V |
| 供电电流 | $I_{DD}$ | $T_A$=25°C，ODR=100HZ | -- | 20 | -- | uA |
| 低功耗电流 | $I_{DDLP}$ | $T_A$=25°C，ODR=100HZ | -- | 10 | -- | uA |
| 掉电电流 | $I_{DDPdn}$ | $T_A$=25°C | -- | 0.5 | -- | uA |
| 数字高电平输入电压 | $V_{IH}$ | -- | 0.8* $V_{DDIO}$ | -- | -- | V |
| 数字低电平输入电压 | $V_{IL}$ | -- | -- | -- | 0.2* $V_{DDIO}$ | V |
| 高电平输出电压 | $V_{OH}$ | -- | 0.9* $V_{DDIO}$ | -- | -- | V |
| 低电平输出电压 | $V_{OL}$ | -- | -- | -- | 0.1* $V_{DDIO}$ | V |
| 输出数据率 | ODR0 | ODR= 1HZ | -- | 1 | -- | HZ |
| | ODR1 | ODR= 10HZ | -- | 10 | -- | |
| | ODR2 | ODR= 25HZ | -- | 25 | -- | |
| | ODR3 | ODR= 50HZ | -- | 50 | -- | |
| | ODR4 | ODR= 100HZ | -- | 100 | -- | |
| | ODR5 | ODR= 200HZ | -- | 200 | -- | |
| | ODR6 | ODR= 400HZ | -- | 400 | -- | |
| 开启时间 | $T_{on}$ | ODR=100HZ | -- | 1 | -- | ms |
| 工作温度 | $T_{opr}$ | -- | -40 | -- | +85 | °C |

## I²C 控制接口参数(=2.5V, TA=25°C)

| 参 数 | 符 号 | I²C 标准模式 | | I²C 快速模式 | | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MIN | MAX | MIN | MAX | |
| SCL 时钟频率 | $f_{(SCL)}$ | 0 | 100 | 0 | 400 | KHz |
| SCL 时钟低时间 | $t_{w(SCLL)}$ | 4.7 | -- | 1.3 | -- | us |
| SCL 时钟高时间 | $t_{w(SCLH)}$ | 4.0 | -- | 0.6 | -- | |
| SDA 建立时间 | $t_{su(SDA)}$ | 250 | -- | 100 | -- | ns |
| SDA 数据保持时间 | $t_{h(SDA)}$ | 0.01 | 3.45 | 0.01 | 0.9 | us |
| SDA/SCL 上升沿时间 | $t_{r(SDA)}$ $t_{r(SCL)}$ | -- | 1000 | 20+0.1Cb | 300 | ns |
| SDA/SCL 下降沿时间 | $t_{f(SDA)}$ $t_{f(SCL)}$ | -- | 300 | 20+0.1Cb | 300 | ns |
| START 条件保持时间 | $t_{h(ST)}$ | 4 | -- | 0.6 | -- | us |
| 重复 START 条件建立时间 | $t_{su(SR)}$ | 4.7 | -- | 0.6 | -- | |
| STOP 条件建立时间 | $t_{su(SP)}$ | 4 | -- | 0.6 | -- | |
| 总线空闲时间 | $t_{w(SP:SR)}$ | 4.7 | -- | 1.3 | -- | |

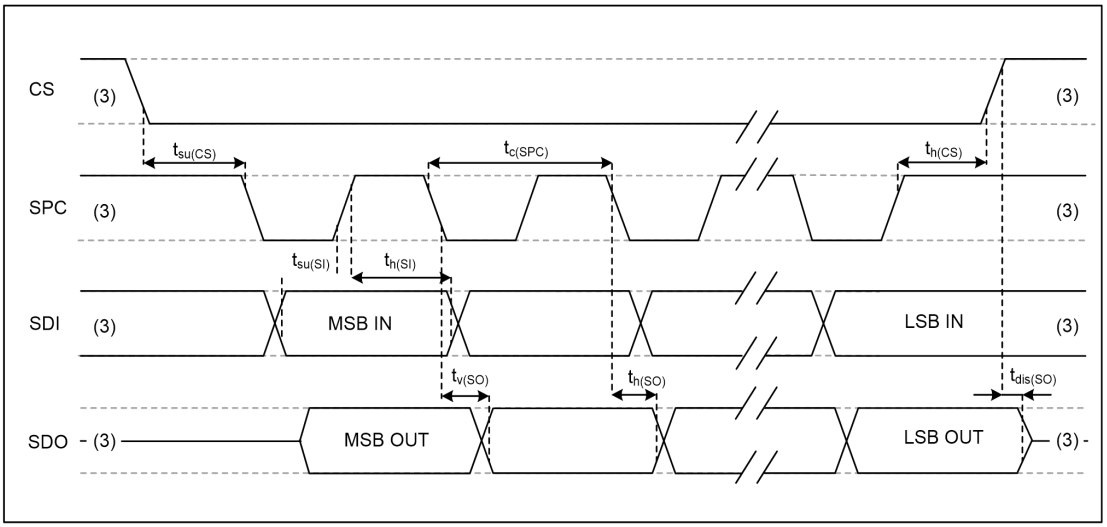



I²C 从设备时序图

## SPI 串行外围接口参数($V_{DD}$=2.5V, $T_A$=25°C)

| 参 数 | 符 号 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SPI 时钟周期[注] | $T_{c(SPC)}$ | | 100 | -- | -- | ns |
| SPI 时钟频率 | $F_{c(SPC)}$ | | -- | -- | 10 | MHz |
| CS 建立时间 | $T_{su(CS)}$ | | 5 | -- | -- | ns |
| CS 保持时间 | $T_{h(CS)}$ | | 8 | -- | -- | |
| SDI 输入建立时间 | $T_{su(SI)}$ | | 5 | -- | -- | |
| SDI 输入保持时间 | $T_{h(SI)}$ | | 15 | -- | -- | |
| SDO 有效输出时间 | $T_{v(SO)}$ | | -- | -- | 50 | |
| SDO 输出保持时间 | $T_{h(SO)}$ | | 6 | -- | -- | |
| SDO 输出无效时间 | $T_{dis(SO)}$ | | -- | -- | 50 | |

注：10MHZ 时钟速率




SPI 从设备时序图

# 功能描述

## 1 详细特点

LIS2DW12TR 是一款极小体积、超低功耗、数字输出的 LGA 封装的 3 轴线性加速度计。完整的电路芯片包括一个机械传感单元和一个集成电路接口。集成电路接口，负责与机械传感单元接口，读取其传感器信息，并通过 I²C/SPI 接口提供到外部 MCU。

## 2 机械传感单元

机械传感单元，由悬吊的质量块和硅框架组成。框架是质量块的固定端，悬吊质量块通过锚点固定在框架上。悬吊质量块可在三维空间中自由移动。另外，在机械传感单元上做盖帽保护，防止封装注塑时对机械部分造成损伤。当传感器加速时，质量块会相对固定部分产生位移，从而引起差分电容不平衡变化。集成电路接口部分通过电荷积分电路对加在差分电容上的电压脉冲进行积分，以积分结果衡量差分电容大小，进而衡量位移量的大小，最终测量出对应的加速度值。

稳定状态下电容结构的电容值大概是 pF 级，当有加速度时，电容的最大改变量是 fF 级。

## 3 IC 接口

电路部分的完整测量链路由电容放大器和 ADC 组成。低噪声电容放大器将机械传感单元的不平衡电容转换成模拟电压，再通过 ADC 转换成数字信号。加速度值数据可通过 I²C/SPI 接口访问，特别适合与微处理器直接接口。电路本身还设计有 RDY 信号，用以表示新的测量数据已经就绪，简化数据系统中的数据同步。另外，电路还设计了“唤醒”和“自由落体”检测功能，根据用户对寄存器的配置编程加速度触发事件来生成中断信号。

## 4 工厂校准补偿

电路部分设计有灵敏度（So）和零漂（$Ty_{Off}$）校准补偿功能。

校准补偿的修调值保存在电路内部的 NVM 中。当电路上电后，修调值被调入内部寄存器中以供正常操作补偿用。该功能使用户无需更深层次的校准就可以使用电路。

## 5 6D/4D 检测

当检测到传感器处在设定的姿态产生中断，或者进入设定的姿态产生中断。传感器在三维空间的 6 个状态均可独立检测。详细设置见应用说明文档。

## 6 自由落体检测

当检测到传感器处在自由落体状态产生中断。自由落体时，传感器质量块处于失重状态，三轴理论输出为零，传感器内置检测模块检测大三轴输出小于设定阈值则驱动中断信号产生和相应状态寄存器置位。

## 7 睡眠和唤醒检测（静止/运动检测）

睡眠检测，传感器内置模块对输出值进行检测，当传感器输出值在某段时间内均无变化且输出值在设置阈值范围内，则判定传感器无动作，即置位相应状态信号和产生相应中断信号，通知 MCU 设置系统和传感器进入更低功耗的工作状态。详细设置见应用说明文档。

唤醒检测，传感器内置模块对输出值进行检测，当传感器输出值超过设定阈值且达到设置时间范围，则判定传感器有动作，即置位相应状态信号和产生相应中断信号，通知 MCU 设置系统和传感器进入正常工作状态。详细设置见应用说明文档。

## 8 单击和双击检测

传感器根据设定的阈值和时间判断输出值是否满足单击和双击条件，置位相应状态信号和产生相应中断信号。详细设置见应用说明文档。

## 9 特定词汇说明

### 9.1 灵敏度

灵敏度是描述传感器增益的物理量，在此可用±1G 加速度输入时能准确解析的一半最大数字输出表示。实际测试中，通过重力加速度来测量。将电路需要测量的轴正对地心，记录电路的输出值 A1，再在这个轴线的任意平面上旋转 180°，将该轴的另一端对准地心，记录电路的输出值 A2。再计算 A2-A1 的绝对值，绝对值除以 2 的结果就是该轴的灵敏度，该值随温度和时间的变化量很小。另外一个参数“灵敏度容差”，描述了大批量电路的灵敏度范围，是衡量电路一致性的参数。

### 9.2 零漂

零漂（$Ty_{Off}$）描述的是，0 加速度输入时，实际输出与理想输出的偏移程度。电路在稳定状态下，放置到水平面上时，其 X 和 Y 轴的实际加速度是零，Z 轴是 1G。理想状态下，XY 轴输出应该处在输出量程的中心位置（以二进制补码表示的 0），但实际会有很小的偏移。这种实际输出与理想输出偏移就称为“零漂”。“零漂”在某一范围内是电路上机械部分应力的结果，因此当电路焊装到 PCB 板上或者处在某个外部压力环境下时，“零漂”会有少量的改变。“零漂”随着温度偏移称为“温漂”。

### 9.3 自测试

自测试功能是允许在不做机械运动的情况下测试机械部分的功能。自测试位配置为零时，自测试功能被关闭。该自测试位为“1”时，相应功能被打开，一个驱动力被加到机械部分的质量块上，模拟出某一确切的加速度输入。此时，电路在设置好的量程范围内输出相应的数据。当自测试模式被使能后，电路的实际输出是外部加速度输入与静电驱动力输入两者的代数和。如果自测试输出信号变化在说明书的范围内，则电路工作正常。

## 10 数字接口

LIS2DW12TR 电路内部寄存器可通过I²C或者SPI接口访问。SPI接口还可以通过软件设置成3线或者4线模式下工作。SPI的3线模式可以先在4线写模式（写入仅需3线）下写入对应控制位配置成3线后，即可在3线下正常通信。这些接口通信管脚复用。如果需要使用I²C接口，则CS信号必须被拉高（内部已有上拉电阻连接到VDDIO）。

通信接口管脚描述

| 管脚名 | 管脚描述 |
|---|---|
| CS | SPI使能<br>I²C/SPI模式选择（1：I²C模式；0：SPI使能） |
| SCL/SPC | I²C串行时钟（SCL） SPI串行时钟（SPC） |
| SDA/SDI/SDO | I²C串行数据（SDA） SPI串行数据输入（SDI） 3线接口串行数据输出（SDO） |
| SDO | SPI串行数据输出（SDO） |

### 10.1 I²C 串行接口

本电路的 I²C 总线接口是从设备。可以通过 I²C 接口写入数据到寄存器，也可从寄存器读出数据。相关的 I²C 名词说明如下表。

串行接口管脚描述

| 名词 | 描述 |
|---|---|
| 发射端 | 发送数据到总线 |
| 接收端 | 从总线接收数据 |
| 主机 | 发起传输，生成时钟信号，终止传输 |
| 从设备 | 由主设备寻址访问 |

I²C 总线相关的两根信号线：串行时钟线和串行数据线。串行数据线是双向通信管脚，可由主机发送数据到从设备，也可由从设备发送到主机。两根信号线都通过上拉电阻连接的 VDDIO 端。当总线空闲时，两根数据线都为高。I²C 接口遵循快速模式（400KHZ）I²C 标准。

#### 10.1.1 I²C 操作

总线的传输通过一个 START 信号开始。START 条件定义为：SCL 高期间，SDA 上有一个高到低的变化。之后，总线会被认为进入占用状态。接下来的一个字节数据的高 7 位表示主机需要通信的寻址位，第 8 位表示接下来的数据传输是主机到从设备，还是由从设备到主机。当地址被发送出去后，每个连接到该总线上的电路会比较这个地址是不是自己的地址。如果地址配对成功，则返回 ACK 到主机。ACK 是在第 9 个 CLK 上的一个低电平。

LIS2DW12TR 的从设备地址是 001100xb(具体地址可根据用户需求配置)。数据传输需要 ACK 信号返回方可有效。发送端在第 9 个 CLK 上必须释放总线，接收端在第 9 个 CLK 上拉低总线，完成一个 ACK 返回。接收端必须在接收到每个字节后返回 ACK。LIS2DW12TR 的 I²C 接口是从设备接口，而且遵循近似的标准 I²C 协议（稍有不同）。START 信号之后，主机的从设备地址发送出去。当从设备的 ACK 返回后，一个 8 位的子地址被发送出去，其低 7 位表示的是实际的寄存器地址，最高位表示的是是否地址自增。如果最高位为“1”，则之后的寄存器地址自增，可允许多数据读写。

从地址加上读写控制位构成一个完整的从设备地址。如果读写控制位为“1（读）”，从设备地址和子寄存器地址发送成功，则需要发送一个“重复 START”信号。如果读写控制位为“0（写）”，则下一个字节的传输方向不变。

**I2C 地址**

| SDO外围连接 | 7位I2C从机地址 | 8位I2C从机地址 | 备注 |
|---|---|---|---|
| 悬空/接逻辑高 | 0x19 | 0x32(W)、0x33(R) | 推荐 |
| 接逻辑低 | 0x18 | 0x30(W)、0x31(R) | 需关闭SDO内部上拉电阻 |

备注：SCL(PIN12)/SDA(PIN2)/SDO(PIN1)，三个引脚默认内置有上拉电阻，上拉电阻阻值范围：50k~60K。上拉电阻电压为 VDDIO。若 SDO 外接逻辑低电平，需要通过 I2C 总线通讯关闭 SDO 内部上拉电阻。若能确保 LIS2DW12TR 外围有上拉电阻，也可通过 I2C 总线通讯方式关闭 SCL、SDA 的芯片内部上拉电阻。

**主机写一个字节到从设备**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Master | ST | SAD+W | | SUB | | DATA | | SP |
| Slave | | | SAK | | SAK | | SAK | |

**主机写多字节到从设备**

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Master | ST | SAD+W | | SUB | | DATA | | DATA | | SP |
| Slave | | | SAK | | SAK | | SAK | | SAK | |

主机从从设备读取一个字节

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Master | ST | SAD+W | | SUB | | SR | SAD+R | | | NMAK | SP |
| Slave | | | SAK | | SAK | | | SAK | DATA | | |

主机从从设备读取多个字节

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Master | ST | SAD+W | | SUB | | SR | SAD+R | | | MAK | | MAK | | NMAK | SP |
| Slave | | | SAK | | SAK | | | SAK | DATA | | DATA | | DATA | | |

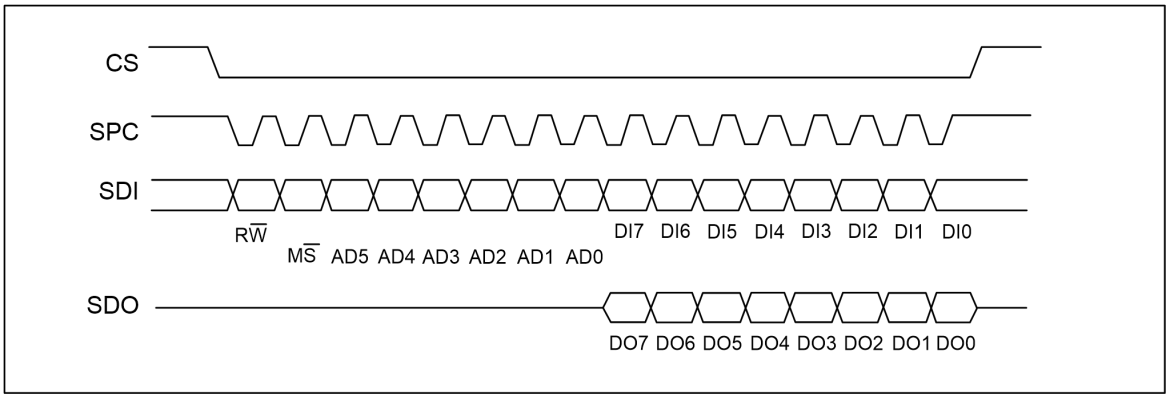
数据以字节的形式在总线上传输，每个数据传输包含 8 个位。每一次传输的次数不限制。数据传输时，最高位先发送。如果接收端正在处理其他事物，不能完整接收数据，则拉低 SCL 线迫使发送端进入等待状态。只有等到接收端不再繁忙，且释放 SCL 总线后，方可继续传输。如果从设备接收端因为实时事务不能应答从设备地址，SDA 线也不能被占用，主机会自行终止传输。SCL 为高状态时，SDA 总线上的一个低到高的跳变，定义为一个 STOP 条件。每个数据传输需要有 STOP 条件来终止。

为了能更快传输数据，可使用批量读取或批量写入来加快。子地址最高位为 1，表示地址自增的批量读写模式。

例如：读取三轴数据（寄存器地址 0x28~0x2D）,采用连续读取寄存器数据的地址为 0xA8（0x28|0x80）。

### 10.2 SPI 总线接口

本电路的SPI总线接口是从设备。可以通过SPI接口写入数据到寄存器，也可从寄存器读出数据。相关的四个总线信号是：CS、SPC、SDI和SDO。



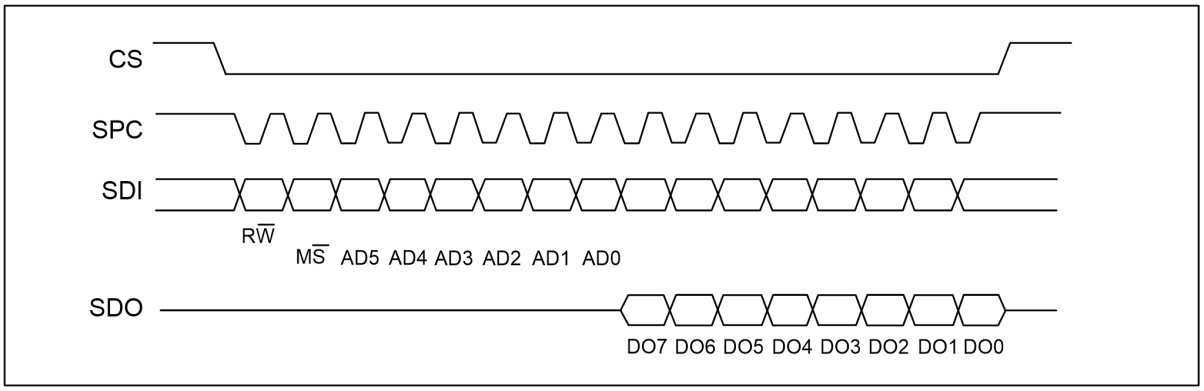

SPI读写时序

CS是SPI的使能信号，由SPI主机控制，在SPI传输开始前变低，在SPI传输结束后变高。SPC是SPI接口的串行时钟信号，由SPI主机控制。在CS为高期间为高（无传输）。SDI和SDO是串行数据输入和输出，在SPC的下降沿驱动，SPC的上升沿读取。单字节读写以16个时钟完成，如果是多字节读写，则是8的倍数个时钟完成。第一个位（bit0）在SPC的第一个下降沿上开始发送。SPC的第一个下降沿在CS的下降沿后开始。最后一个位（bit15或者bit23,…）在最后一个SPC的下降沿开始发送，但SPC的上升沿必须在CS的上升沿前完成。

- Bit0：RW̄位。0:DI(7:0)是写入到电路数据。1:DO(7:0)是从电路读出数据。如果是读，则电路会在bit8开始驱动SDO。
- Bit1：MS̄位。为0，地址将不会自增。为1，地址会自动自增，方便多字节访问。
- Bit2-7：地址AD(5:0)是寄存器地址。
- Bit8-15：数据DI(7:0)（写模式），写入到从设备的数据（MSB先发送）。
- Bit8-15：数据DO(7:0)（读模式），由从设备读取出来的数据（MSB先发送）。

在多字节读写命令中，更多的8时钟周期被加上。如果MS̄位为0，每次访问的都是同一个地址。如果MS̄位为1，则地址自动在下一次访问增加1。SDI和SDO的功能和行为不变。

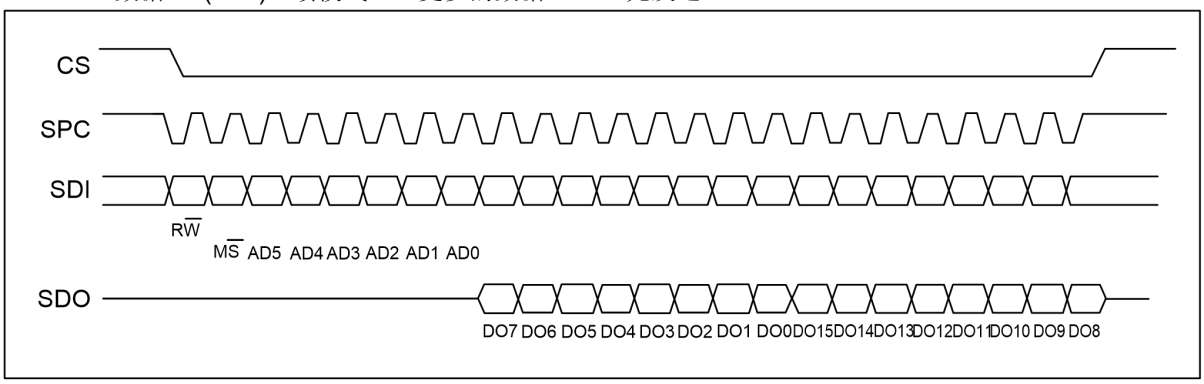
### 10.2.1 SPI 读




SPI读协议

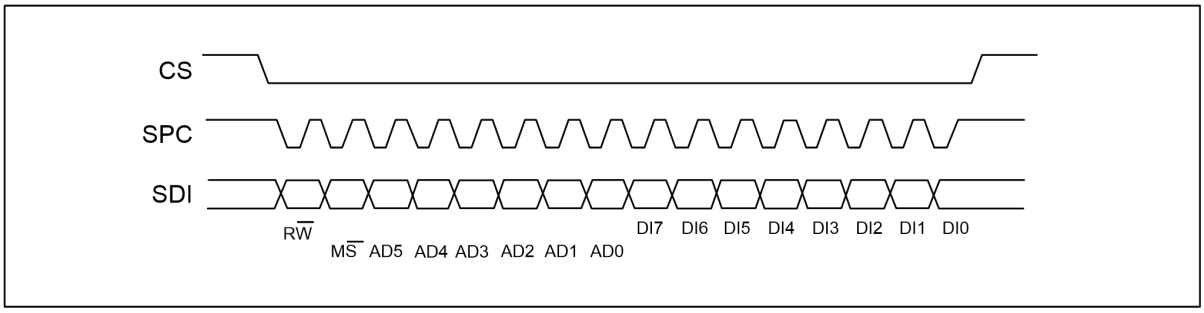
SPI读命令以16个时钟完成。多字节的读会增加更多的8时钟模块。

- Bit0：读写控制位，为1。
- Bit1：MS位。为0，地址将不会自增。为1，地址会自动自增，方便多字节访问。
- Bit2-7：地址AD(5:0)是寄存器地址。
- Bit8-15：数据DO(7:0)（读模式），由从设备读取出来的数据（MSB先发送）。
- Bit16-…：数据DO(…:8)（读模式），更多的数据（MSB先发送）。




SPI多字节读协议（2字节为例）

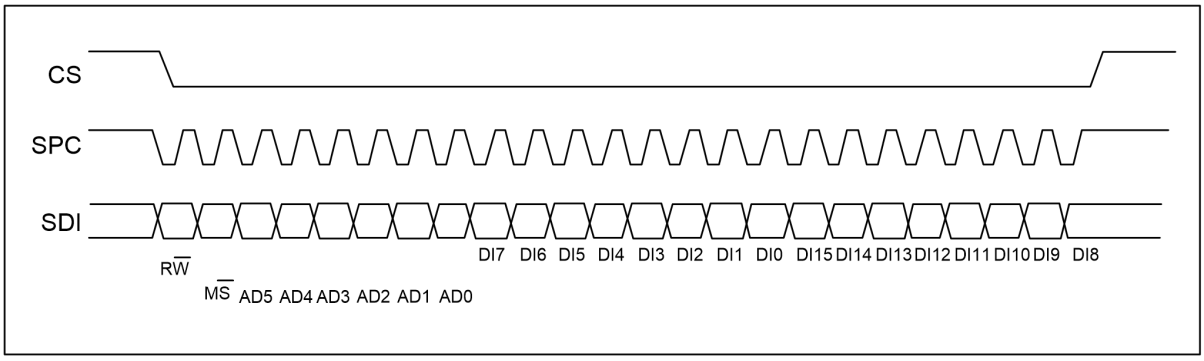
### 10.2.2 SPI 写




SPI写协议

SPI单字节写命令以16个时钟完成。多字节的读会增加更多的8时钟模块。

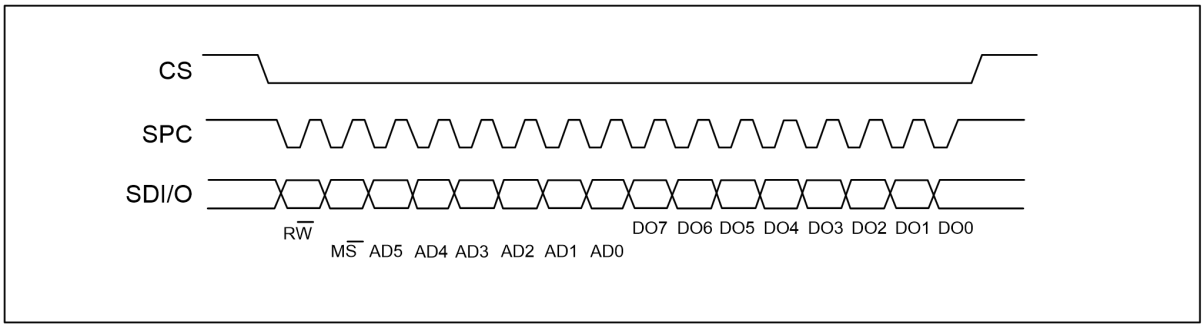
- Bit0：读写控制位，为0。
- Bit1：M$\overline{S}$位。为0，地址将不会自增。为1，地址会自动自增，方便多字节访问。
- Bit2-7：地址AD(5:0)是寄存器地址。
- Bit8-15：数据DI(7:0)（写模式），向从设备写数据（MSB先发送）。
- Bit16-…：数据DI(…:8)（写模式），写入更多的数据（MSB先发送）。




SPI多字节写协议（2字节为例）

### 10.2.3 SPI 3 线模式读

3线通过想SIM位写入1来完成设置。4线模式写与3线模式写都只用到3个信号线，且逻辑与时序相同，所以通过4线写模式将从设备配置成3线模式，再以3线模式访问。




SPI 3线模式读协议

SPI读命令以16个时钟完成。

- Bit0：读写控制位，为1。
- Bit1：M$\overline{S}$位。为0，地址将不会自增。为1，地址会自动自增，方便多字节访问。
- Bit2-7：地址AD(5:0)是寄存器地址。
- Bit8-15：数据DO(7:0)（读模式），由从设备读取出来的数据（MSB先发送）。

SPI连续读取三轴加速度计FIFO数据时，需要从0x27寄存器开始读取，连续读取7个字节数据，取后6个字节分别拼接成三轴数据。使用备注：禁止多SPI设备复用SPC、MOSI、MISO。

## 11 寄存器列表

下表列出了 LIS2DW12TR 所有的寄存器及地址和初值。

| Name | Type | 寄存器地址 | | Default | Comment |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Hex | Binary | | |
| Reserved（do not modify） | | 00-0B | | | Reserved |
| OUT_TEMP_L | r | 0C | 0001100 | output | |
| OUT_TEMP_H | r | 0D | 0001101 | output | |
| Reserved（do not modify） | | 0E | | | Reserved |
| WHO_AM_I | r | 0F | 000 1111 | 00010001 | |
| Reserved（do not modify） | | 10-12 | | | Reserved |
| USER_CAL | | 13-1A | | | |
| Reserved（do not modify） | | 1B-1D | | | Reserved |
| NVM_WR | rw | 1E | 001 1110 | 00000000 | |
| TEMP_CFG | rw | 1F | 001 1111 | output | |
| CTRL_REG1 | rw | 20 | 010 0000 | 00000111 | |
| CTRL_REG2 | rw | 21 | 010 0001 | 00000000 | |
| CTRL_REG3 | rw | 22 | 010 0010 | 00000000 | |
| CTRL_REG4 | rw | 23 | 010 0011 | 00000000 | |
| CTRL_REG5 | rw | 24 | 010 0100 | 00000000 | |
| CTRL_REG6 | rw | 25 | 010 0101 | 00000000 | |
| REFERENCE | rw | 26 | 010 0110 | 00000000 | |
| STATUS_REG | rw | 27 | 010 0111 | 00000000 | |
| OUT_X_L(BLE=0) | r | 28 | 010 1000 | output | |
| OUT_X_H(BLE=0) | r | 29 | 010 1001 | output | |
| OUT_Y_L(BLE=0) | r | 2A | 010 1010 | output | |
| OUT_Y_H(BLE=0) | r | 2B | 010 1011 | output | |
| OUT_Z_L(BLE=0) | r | 2C | 010 1100 | output | |
| OUT_Z_H(BLE=0) | r | 2D | 010 1101 | output | |
| FIFO_CTRL_REG | rw | 2E | 010 1110 | 00000000 | |
| FIFO_SRC_REG | r | 2F | 010 1111 | | |
| AOI1_CTRL_REG | rw | 30 | 011 0000 | 00000000 | |
| AOI1_SRC | r | 31 | 011 0001 | 00000000 | |
| AOI1_THS | rw | 32 | 011 0010 | 00000000 | |
| AOI1_DURATION | rw | 33 | 011 0011 | 00000000 | |
| AOI2_CTRL_REG | rw | 34 | 011 0100 | 00000000 | |
| AOI2_SRC | r | 35 | 011 0101 | 00000000 | |
| AOI2_THS | rw | 36 | 011 0110 | 00000000 | |
| AOI2_DURATION | rw | 37 | 011 0111 | 00000000 | |
| CLICK_CTRL_REG | rw | 38 | 011 1000 | 00000000 | |
| CLICK_SRC | r | 39 | 011 1001 | 00000000 | |
| CLICK_THS | rw | 3A | 011 1010 | 00000000 | |
| TIME_LIMIT | rw | 3B | 011 1011 | 00000000 | |
| TIME_LATENCY | rw | 3C | 011 1100 | 00000000 | |
| TIME_WINDOW | rw | 3D | 011 1101 | 00000000 | |
| DIG_CTRL | rw | 57 | 101 0111 | 00000000 | |

标识为“保留”的，在使用中不要更改，可能会引起永久性破坏。

在“引导启动”时加载到寄存器中的内容不要改变。这些内容包含了工厂校准补偿的信息，能掉电保存和自动加载。

## 12 寄存器描述

### 12.1 CTRL_REG1(20h)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ODR3 | ODR2 | ODR1 | ODR0 | LPen | Zen | Yen | Xen |

| | |
|---|---|
| ODR3-0 | 数据率选择，默认值：0000。 |
| LPen | 低功耗使能，默认值为 0。<br>(0：正常工作模式， 1：低功耗模式) |
| Zen | Z 轴使能， 默认值为 1。<br>(0: Z 轴禁止，1：Z 轴使能) |
| Yen | Y 轴使能， 默认值为 1。<br>(0: Y 轴禁止，1：Y 轴使能) |
| Xen | X 轴使能， 默认值为 1。<br>(0: X 轴禁止，1：X 轴使能) |

**ODR<3:0>** 用来设置电源模式和数据率的选择。下表通过设置 ODR<3:0>的值来设置频率。

**数据输出率的配置**

| ODR3 | ODR2 | ODR1 | ODR0 | 电源模式选择 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 电源关断模式 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 正常 I / 低功耗模式 (1 Hz) |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 正常 I / 低功耗模式(10 Hz) |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 正常 I / 低功耗模式(25 Hz) |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 正常 I / 低功耗模式(50 Hz) |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 正常 I / 低功耗模式(100 Hz) |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 正常 I / 低功耗模式(200 Hz) |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 正常 I / 低功耗模式(400 Hz) |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 低功耗模式 (1.6 KHz) |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 正常工作模式 (1.25 kHz) / 低功耗模式(5 KHz) |

备注：在传感器正常工作时，关于 ODR 需要注意以下三点：

1)，低 ODR 向高 ODR 切换时，需要先配置为 0x97（1.25k 正常模式），然后配置到预先想要设置的高 ODR。

2)，DLPF_EN 打开后，传感器开始工作后需要 7 个 ODR 时钟后才能将第一个数据输出到寄存器中。

3)，在 ODR 较小时，DLPF_EN 置 1 后会一定程度影响运动物体的加速度幅值。

### 12.2 CTRL_REG2 (21h)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| HPM1 | HPM0 | HPCF2 | HPCF1 | FDS | HPCLICK | HPIS2 | HPIS1 |

| | |
|---|---|
| HPM1-HPM0 | 高通模式选择。默认值：00<br>参考“高通模式配置” |
| HPCF2 -HPCF1 | 高通截止频率选择 |
| FDS | 数据滤波选择。默认值：0<br>(0：跳过内部滤波； 1：内部滤波以后的数据输出到数据寄存器或 FIFO |
| HPCLICK | CLICK 功能高通滤波使能。<br>(0：滤波禁止； 1：滤波使能) |
| HPIS2 | AOI2 数据高通滤波使能。<br>(0：滤波禁止； 1：滤波使能) |
| HPIS1 | AOI1 数据高通滤波使能。<br>(0：滤波禁止； 1：滤波使能) |

高通模式配置

| HPM1 | HPM0 | 高通滤波模式 |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 正常模式 (读高通滤波自动复位) |
| 0 | 1 | 滤波参考信号 |
| 1 | 0 | 正常模式 |
| 1 | 1 | 中断事件自动复位 |

### CTRL_REG3(22h)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I1_CLICK | I1_AOI1 | I1_AOI2 | I1_DRDY1 | I1_DRDY2 | HI1_WTM | I1_OVERRUN | -- |

| | |
|---|---|
| I1_CLICK | CLICK 中断在 INT1 脚上。默认值：0<br>(0：禁止； 1：使能) |
| I1_AOI1 | AOI1 中断在 INT1 脚上。 默认值：0<br>(0：禁止； 1：使能) |
| I1_AOI2 | AOI2 中断在 INT1 脚上。默认值：0<br>(0：禁止； 1：使能) |
| I1_DRDY1 | DRDY1 中断在 INT1 脚上。默认值：0<br>(0：禁止； 1：使能) |
| I1_DRDY2 | DRDY2 中断在 INT1 脚上。默认值：0<br>(0：禁止； 1：使能) |
| I1_WTM | FIFO WTM 中断在 INT1 脚上。默认值：0<br>(0：禁止； 1：使能) |
| I1_OVERRUN | FIFO 溢出中断在 INT1 脚上。默认值：0<br>(0：禁止； 1：使能) |

### 12.3 CTRL_REG4(23h)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BDU | BLE | FS1 | FS0 | DLPF_EN | ST1 | ST0 | SIM |

| | |
|---|---|
| BDU | 块数据更新。默认值：0<br>(0：连续更新；1：输出数据寄存器不更新直到 MSB 和 LSB 被读取) |
| BLE | 大端/小端数据选择。默认值：0<br>(0：低字节数据在低地址；1：高字节数据在低地址) |
| FS1-FS0 | 全量程选择。默认值：00<br>(00： +/- 2G； 01： +/- 4G； 10： +/- 8G； 11： +/- 16G) |
| DLPF_EN | 数字低通滤波器使能。默认值：0<br>(0： 禁止； 1：使能) |
| ST1-ST0 | 自测试使能。默认值：00<br>(00: 自测试禁止；其他： 参考“自测试模式配置” ) |
| SIM | SPI 串行接口模式配置。默认值：0<br>(0：4 线接口； 1：3 线接口) |

自测试模式配置

| **ST1** | **ST0** | **测试模式** |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 正常模式 |
| 0 | 1 | 自测试 0 |
| 1 | 0 | 自测试 1 |

### 12.4 控制寄存器 5(24h)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BOOT | FIFO_EN | -- | -- | AOI1_LIR | AOI1_D4D | AOI2_LIR | AOI2_D4D |

| | |
|---|---|
| BOOT | 重载修调值。默认值：0<br>(0：正常模式； 1：重载修调值) |
| FIFO_EN | FIFO 使能。默认值：0<br>(0：FIFO 禁止； 1： FIFO 使能,需要同时使能 FIFO 控制寄存器的 FIFO 模式才能正常工作) |
| AOI1_LIR | 锁存 AOI1 配置寄存器上指定中断功能的中断响应信号（PIN 脚的高低电平）。<br>通过读 AOI1 中断状态寄存器可以清除相应锁存的中断响应信号。默认值：0<br>(0： 不锁存中断信号； 1：锁存中断信号) |
| AOI1_D4D | 4D 使能： 使能 AOI1 上 4D 检测，需要同时要把 AOI1 配置寄存器中的 6D 为置 1。 |
| AOI2_LIR | 锁存 AOI2 配置寄存器上指定中断功能的中断响应信号（PIN 脚的高低电平）。<br>通过读 AOI2 中断状态寄存器可以清除相应锁存的中断响应信号。默认值：0<br>(0： 不锁存中断信号； 1：锁存中断信号) |
| AOI2_D4D | 4D 使能： 使能 AOI2 上 4D 检测，需要同时要把 AOI2 配置寄存器中的 6D 为置 1。 |

### 12.5 控制寄存器 6(25h)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I2_CLICK | I2_AOI1 | I2_AOI2 | I2_BOOT | 0 | -- | H_LACTIVE | -- |

| | |
|---|---|
| I2_CLICK | CLICK 中断在 INT2 脚上。默认值：0<br>(0：禁止； 1：使能) |
| I2_AOI1 | AOI1 中断在 INT2 脚上。 默认值：0<br>(0：禁止； 1：使能) |
| I2_AOI2 | AOI2 中断在 INT2 脚上。 默认值：0<br>(0：禁止； 1：使能) |
| I2_BOOT | BOOT 状态在 INT2 脚上。 默认值：0<br>(0：禁止； 1：使能) |
| H_LACTIVE | 中断引脚默认电平控制位。默认值：0<br>0：中断触发时输出高电平(默认低电平)<br>1：中断触发时输出低电平(默认高电平) |

### 12.6 状态寄存器(27h)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ZYXOR | ZOR | YOR | XOR | ZYXDA | ZDA | YDA | XDA |

| | |
|---|---|
| ZYXOR | X，Y 和 Z 三个轴新的数据至少有一个已经覆盖老的数据。 默认值：0 |
| | (0：三个轴中没有一个轴新的数据覆盖老的数据；<br>1： 三个轴中至少有一个轴新的数据已经覆盖了老的数据) |
| ZOR | Z 轴新的数据已经覆盖老的数据。 默认值：0<br>(0：Z 轴新的数据尚未覆盖老的数据；<br>1： Z 轴新的数据覆盖了老的数据) |
| YOR | Y 轴新的数据已经覆盖老的数据。 默认值：0<br>(0：Y 轴新的数据尚未覆盖老的数据；<br>1： Y 轴新的数据覆盖了老的数据) |
| XOR | X 轴新的数据已经覆盖老的数据。 默认值：0<br>(0：X 轴新的数据尚未覆盖老的数据；<br>1： X 轴新的数据覆盖了老的数据) |
| ZYXDA | X, Y 和 Z 三个轴新的数据全都转换完成。默认值：0<br>(0：三轴中至少某一轴的数据尚未转换完成； 1：三个轴新的数据全都转换完成) |
| ZDA | Z 轴新的数据到来。 默认值：0<br>(0：Z 轴新的数据尚未转换完成；<br>1： Z 轴新的数据转换完成) |
| YDA | Y 轴新的数据到来。 默认值：0<br>(0：Y 轴新的数据尚未转换完成；<br>1： Y 轴新的数据转换完成) |
| XDA | X 轴新的数据到来。 默认值：0<br>(0：X 轴新的数据尚未转换完成；<br>1： X 轴新的数据转换完成) |

备注：查询新数据是否就位可采用如下条件进行判断：If((Read(0x27)&0x0F)==0x0F){break;}

### 12.7 OUT_X_L(LSB), OUT_X_H (MSB)

X 轴加速度计值。 这个值以 2 的补码的形式输出。

| BLE | (28h) | (29h) |
|---|---|---|
| BLE=0 | OUT_X_L | OUT_X_H |
| BLE=1 | OUT_X_H | OUT_X_L |

### 12.8 OUT_Y_L (LSB),OUT_Y_H (MSB)

Y 轴加速度计值。 这个值以 2 的补码的形式输出。

| BLE | (2Ah) | (2Bh) |
|---|---|---|
| BLE=0 | OUT_Y_L | OUT_Y_H |
| BLE=1 | OUT_Y_H | OUT_Y_L |

### 12.9 OUT_Z_L(LSB),OUT_Z_H (MSB)

Z 轴加速度计值。 这个值以 2 的补码的形式输出。

| BLE | (2Ch) | (2Dh) |
|---|---|---|
| BLE=0 | OUT_Z_L | OUT_Z_H |
| BLE=1 | OUT_Z_H | OUT_Z_L |

以 X 轴数据拼接及单位转换为例

| OUT_X_H | OUT_X_L | 16bits(DEC) | 10bits(DEC) | FS[1:0]=00 | FS[1:0]=01 | FS[1:0]=10 | FS[1:0]=11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x40 | 0x00 | 16384 | 256 | 1.0g | 2.0g | 4.0g | 8.0g |
| 0x20 | 0x00 | 8192 | 128 | 0.5g | 1.0g | 2.0g | 4.0g |
| 0xE0 | 0x00 | -8192 | -128 | -0.5g | -1.0g | -2.0g | -4.0g |
| 0xC0 | 0x00 | -16384 | -256 | -1.0g | -2.0g | -4.0g | -8.0g |

```
unsigned    char    X_H,X_L,Y_H,Y_L,Z_H, Z_L;                    //三轴数据（高、低位）
signed short int    SL_ACCEL_X,SL_ ACCEL_Y,SL_ ACCEL_Z ;   //三轴数据
SL_ACCEL_X =    （signed short int）  ((X_H<< 8) | X_L);        //拼接数据
SL_ACCEL_Y =    （signed short int）  ((Y_H<< 8) | Y_L);        //强制数据类型转换
SL_ACCEL_Z =    （signed short int）  ((Z_H<< 8) | Z_L);        //16 位带符号整型数据
SL_ACCEL_X =    SL_ ACCEL_X>>6;                                 //取 10 位带符号整型数据，Y,Z 同理
```

### 12.10 FIFO_CFG(2Eh)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FM1 | FM0 | TR | FTH4 | FTH3 | FTH2 | FTH1 | FTH0 |

| | |
|---|---|
| FM[1:0] | FIFO 模式选择。默认值：00<br>00: By-Pass 模式（旁路模式，即不使用 FIFO 功能）<br>01: FIFO 模式 （缓存满未及时读取，新数据丢弃）<br>10: Stream 模式 （缓存满后，最早数据丢弃，添加新数据）<br>11: 触发模式 （AOI1 或者 AOI2 中断事件有效，从 stream 模式进入 FIFO 模式） |
| TR | FIFO 触发模式选择。默认值：0<br>0：AOI1 中断作为 FIFO 触发模式中断事件输入<br>1：AOI2 中断作为 FIFO 触发模式中断事件输入 |
| FTH[4:0] | FIFO 功能 WTM 阈值设置<br>当 FIFO 中的数据个数超过设定阈值时，FIFO 状态寄存器相应状态位会置“1” |

备注：加速度计使用 FIFO 模式工作时，FIFO 数据读取完成后，需要先将 FIFO 模式切换到 BY-PASS 模式，然后切回到 FIFO 模式，即可继续工作。

### 12.11 FIFO_SRC(2Fh)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| WTM | OVER | EMPTY | FSS4 | FSS3 | FSS2 | FSS1 | FSS0 |

| | |
|---|---|
| WTM | 当 FIFO 中的数据个数超过设定阈值时，WTM 位置“1”。 |
| OVER | 当 FIFO 中的数据溢出时，OVER 位置“1”。 |
| EMPTY | 当 FIFO 中无数据时，EMPTY 位置“1”。 |
| FSS[4:0] | 在 FIFO 中未读取数据的组数。<br>当 FIFO 中的一组数据被读取时，该 FIFO 数据组数寄存器置会自动减一。 |

备注：当 B6(OVER)==1 时，可以读取 32 组 FIFO 数据。

### 12.12 AOI1_CRTL_REG (30h)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AOI | 6D | ZHIE/<br>ZUPE | ZLIE/<br>ZDOWNE | YHIE/<br>YUPE | YLIE/<br>YDOWNE | XHIE/<br>XUPE | XLIE/<br>XDOWNE |

| | |
|---|---|
| AOI | 与/或中断事件。默认值：0。参考“中断模式” |
| 6D | 6 个方向检测功能使能。默认值：0。参考“中断模式” |
| ZHIE/<br>ZUPE | Z 轴高事件中断或者 Z 轴方向检测中断使能。默认值：0<br>(0：禁止中断；1：使能中断) |
| ZLIE/<br>ZDOWNE | Z 轴低事件中断或者 Z 轴方向检测中断使能。默认值：0<br>(0：禁止中断；1：使能中断) |
| YHIE/<br>YUPE | Y 轴高事件中断或者 Y 轴方向检测中断使能。默认值：0<br>(0：禁止中断；1：使能中断) |
| YLIE/<br>YDOWNE | Y 轴低事件中断或者 Y 轴方向检测中断使能。默认值：0<br>(0：禁止中断；1：使能中断) |
| XHIE/<br>XUPE | X 轴高事件中断或者 X 轴方向检测中断使能。默认值：0<br>(0：禁止中断；1：使能中断) |
| XLIE/<br>XDOWNE | X 轴低事件中断或者 X 轴方向检测中断使能。默认值：0<br>(0：禁止中断；1：使能中断) |

| **AOI** | **6D** | **中断模式** |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 或中断事件 |
| 0 | 1 | 6 个方向运动识别 |
| 1 | 0 | 与中断事件 |
| 1 | 1 | 6 个方向位置检测 |

### 12.13 AOI1_SRC (31h)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -- | IA | ZH | ZL | YH | YL | XH | XL |

| | |
|---|---|
| IA | AOI1 中断触发状态位。默认值：0<br>(0： 中断没有产生； 1：一个或多个中断已经产生) |
| ZH | Z 轴高。 默认值：0<br>(0：没有中断， 1：Z 轴高事件已经产生) |
| ZL | Z 轴低。默认值：0<br>(0：没有中断， 1：Z 轴低事件已经产生) |
| YH | Y 轴高。 默认值：0<br>(0：没有中断， 1：Y 轴高事件已经产生) |
| YL | Y 轴低。默认值：0<br>(0：没有中断， 1：Y 轴低事件已经产生) |
| XH | X 轴高。 默认值：0<br>(0：没有中断， 1：X 轴高事件已经产生) |
| XL | X 轴低。默认值：0<br>(0：没有中断， 1：X 轴低事件已经产生) |

### 12.14 AOI1_THS (32h)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -- | THS6 | THS5 | THS4 | THS3 | THS2 | THS1 | THS0 |

| | |
|---|---|
| THS6 - THS0 | **AOI1** 阈值。 默认值： 000 0000<br>1LSB=16mg @ FS=2g 1LSB=32mg @ FS=4g<br>1LSB=64mg @ FS=8g 1LSB=128mg @ FS=16g |

### 12.15 AOI1_DURATION (33h)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -- | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |

| | |
|---|---|
| D6 - D0 | 持续时间设定值，1LSB = 1/ODR。默认值： 000 0000<br>D6 - D0 位设置需要识别到 AOI1 事件的最小持续时间。持续时间时间步进是由 ODR 决定。<br>举例：例如设置 D[6:0]=000 1000，那么设置轴的数据需要连续大于阈值 8 次。 |

AOI1 中断数据源说明：

按照中断事件的组合逻辑分为与事件和或事件。顾名思义，与事件是指指定的多个事件同时发生则触发中断，或事件是指指定的多个事件发生一个即可触发中断；例如 X 轴数据大于设定阈值或 Y 轴数据大于设定阈值，就需要使用或事件中断功能；该功能可用于活动检测，一般情况下需要配置高通后的数据作为该功能的数据源。

按照中断事件的功能分为方向运动识别事件和方向位置识别事件。方向运动识别事件是指设备从一个方向（已知或未知）到另一个已知的方向会产生一次中断，中断响应时间为 1/ODR。方向位置识别事件是指设备处于一个稳定的已知方向时会触发中断，如果一直在这个预设的已知方向位置，那么会触发中断后的电平会保持不变。该功能可用于姿态检测，一般情况下，不能配置高通后的数据作为该功能的数据源，且需要设置的阈值较大，设置状态保持的持续时间较大。

6D/4D/3D 识别功能说明：

当 6D 功能位（30.6h）没有置 1 时，实现的是 3D 功能;

当 6D 功能位（30.6h）置 1 时，4D 功能位（24.0h 或 24.2h）没有置 1 时，实现的是 6D 功能;

当 6D 功能位（30.6h）置 1 时，4D 功能位（24.0h 或 24.2h）置 1 时，实现的是 4D 功能;

3D 识别功能: 若配置 X 轴高事件触发时，需要 X 数据的绝对值大于阈值才触发，相当于正向或负向数据都能触发中断，触发前 XL=1，触发后 XH=1;

6D 识别功能: 若配置 X 轴高事件触发时，需要 X 数据的值大于阈值才触发，相当于只有正向数据才能触发中断,触发前 XH=0，触发后 XH=1。为了实现双方向数据绝对值较大时都能触发中断，需要同时配置 X 轴高事件触发和 X 轴低事件触发。触发前 XH=0，XL=0，触发后，XH=1 或 XL=1;

4D 识别功能:在该配置时，Z 轴位置检测功能被禁用，因此减少了位置识别的情况。

AOI2 功能与 AOI1 功能的配置方法相同。

备注：与或中断和运动位置中断在判断大于阈值次数时，该计数值是每个成立情况下自增一，在不成立情况下自减一；若设置 AOI_DURATION 最高位为 1（D7），则可以减小阈值次数判断时的中断误触法情况。

### 12.16 AOI2_CRTL_REG (34h)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AOI | 6D | ZHIE/<br>ZUPE | ZLIE/<br>ZDOWNE | YHIE/<br>YUPE | YLIE/<br>YDOWNE | XHIE/<br>XUPE | XLIE/<br>XDOWNE |

| | |
|---|---|
| AOI | 与/或中断事件。默认值：0。参考“中断模式” |
| 6D | 6 个方向检测功能使能。默认值：0。参考“中断模式” |
| ZHIE/<br>ZUPE | Z 轴高事件中断或者 Z 轴方向检测中断使能。默认值：0<br>(0：禁止中断；1：使能中断) |
| ZLIE/<br>ZDOWNE | Z 轴低事件中断或者 Z 轴方向检测中断使能。默认值：0<br>(0：禁止中断；1：使能中断) |
| YHIE/<br>YUPE | Y 轴高事件中断或者 Y 轴方向检测中断使能。默认值：0<br>(0：禁止中断；1：使能中断) |
| YLIE/<br>YDOWNE | Y 轴低事件中断或者 Y 轴方向检测中断使能。默认值：0<br>(0：禁止中断；1：使能中断) |
| XHIE/<br>XUPE | X 轴高事件中断或者 X 轴方向检测中断使能。默认值：0<br>(0：禁止中断；1：使能中断) |
| XLIE/<br>XDOWNE | X 轴低事件中断或者 X 轴方向检测中断使能。默认值：0<br>(0：禁止中断；1：使能中断) |

| **AOI** | **6D** | **中断模式** |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 或中断事件 |
| 0 | 1 | 6 个方向运动识别 |
| 1 | 0 | 与中断事件 |
| 1 | 1 | 6 个方向位置检测 |

### 12.17 AOI2_SRC (35h)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -- | IA | ZH | ZL | YH | YL | XH | XL |

| | |
|---|---|
| IA | AOI2 中断触发状态位。默认值：0<br>(0： 中断没有产生； 1：一个或多个中断已经产生) |
| ZH | Z 轴高。 默认值：0<br>(0：没有中断， 1：Z 轴高事件已经产生) |
| ZL | Z 轴低。默认值：0<br>(0：没有中断， 1：Z 轴低事件已经产生) |
| YH | Y 轴高。 默认值：0<br>(0：没有中断， 1：Y 轴高事件已经产生) |
| YL | Y 轴低。默认值：0<br>(0：没有中断， 1：Y 轴低事件已经产生) |
| XH | X 轴高。 默认值：0<br>(0：没有中断， 1：X 轴高事件已经产生) |
| XL | X 轴低。默认值：0<br>(0：没有中断， 1：X 轴低事件已经产生) |

### 12.18 AOI2_THS (36h)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -- | THS6 | THS5 | THS4 | THS3 | THS2 | THS1 | THS0 |

| | |
|---|---|
| THS6 - THS0 | **AOI2** 阈值。 默认值： 000 0000<br>1LSB=16mg @ FS=2g 1LSB=32mg @ FS=4g<br>1LSB=64mg @ FS=8g 1LSB=128mg @ FS=16g |

### 12.19 AOI2_DURATION (37h)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -- | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |

| | |
|---|---|
| D6 - D0 | 持续时间设定值，1LSB = 1/ODR。默认值： 000 0000<br>D6 - D0 位设置需要识别到 AOI1 事件的最小持续时间。持续时间时间步进是由 ODR 决定。<br>举例：例如设置 D[6:0]=000 1000，那么设置轴的数据需要连续大于阈值 8 次。 |

### 12.20 CLICK_CRTL_REG (38h)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -- | -- | ZD | ZS | YD | YS | XD | XS |

| | |
|---|---|
| ZD | Z 轴双击中断使能控制。默认值：0<br>（0：禁止中断请求；1：使能中断请求） |
| ZS | Z 轴单击中断使能控制。默认值：0<br>（0：禁止中断请求；1：使能中断请求） |
| YD | Y 轴双击中断使能控制。默认值：0<br>（0：禁止中断请求；1：使能中断请求） |
| YS | Y 轴单击中断使能控制。默认值：0<br>（0：禁止中断请求；1：使能中断请求） |
| XD | X 轴双击中断使能控制。默认值：0<br>（0：禁止中断请求；1：使能中断请求） |
| XS | X 轴单击中断使能控制。默认值：0<br>（0：禁止中断请求；1：使能中断请求） |

### 12.21 CLICK_SRC (39h)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -- | IA | DCLICK | SCLICK | Sign | Z | Y | X |

| | |
|---|---|
| IA | 中断激活。默认值：0<br>(0： 中断没有产生； 1：一个或多个中断已经产生) |
| DCLICK | 双击检测状态位。默认值：0<br>(0：没有检测到双击； 1：检测到双击) |
| SCLICK | 单击检测状态位。默认值：0<br>(0：没有检测到单击； 1：检测到单击) |
| Sign | 单双击检测到的符号。<br>(0：检测到正方向； 1：检测到负方向) |
| Z | Z 轴检测到单双击。默认值：0<br>(0：没有检测到中断； 1：检测到中断) |
| Y | Y 轴检测到单双击。默认值：0<br>(0：没有检测到中断； 1：检测到中断) |
| X | X 轴检测到单双击。默认值：0<br>(0：没有检测到中断； 1：检测到中断) |

### 12.22 CLICK_THS (3Ah)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -- | Ths6 | Ths5 | Ths4 | Ths3 | Ths2 | Ths1 | Ths0 |

| | |
|---|---|
| Ths6 - Ths0 | 单双击触发的阈值。默认值：000 0000 |

### 12.23 TIME_LIMIT (3Bh)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -- | TLI6 | TLI 5 | TLI 4 | TLI 3 | TLI 2 | TLI 1 | TLI 0 |

| | |
|---|---|
| TLI 6 - TLI 0 | 单击检测时间的阈值。默认值：000 0000 |

### 12.24 TIME_LATENCY (3Ch)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TLA7 | TLA6 | TLA5 | TLA4 | TLA3 | TLA2 | TLA1 | TLA0 |

| | |
|---|---|
| TLA7 – TLA0 | 延迟时间。默认值：000 0000 |

### 12.25 TIME_WINDOW (3Dh)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TW7 | TW6 | TW5 | TW4 | TW3 | TW2 | TW1 | TW0 |

| | |
|---|---|
| TW7 – TW0 | 时间窗。默认值：000 0000 |

### 12.26 ACT_THS (3Eh)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -- | Acth6 | Acth5 | Acth4 | Acth3 | Acth2 | Acth1 | Acth0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | |
|---|---|
| Acth[6:0] | 从低功耗模式唤醒时，三轴数据需要大于的阈值。默认值：000 0000<br>1LSb = 16mg @FS=2g 1LSb = 32 mg @FS=4g<br>1LSb = 62 mg @FS=8g 1LSb = 186 mg @FS=16g |

### 12.27 ACT_DUR (3Fh)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ActD7 | ActD6 | ActD5 | ActD4 | ActD3 | ActD2 | ActD1 | ActD0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | |
|---|---|
| ActD[7:0] | 从唤醒模式进入到低功耗模式所需要的持续时间. Default:0000 0000; T = (8*N+1)/ODR<br>若在持续时间内任意一轴数据出现大于 Acth 时，该持续时间计数也不清零。<br>若需要关闭低功耗唤醒功能，需要将 ActD[7:0]设置为 0x00，否则会自动进入低功耗。 |

### 12.27 DIG_CTRL (57h)

| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -- | -- | -- | -- | SDO_PU | I2C_PU | -- | -- |

| | |
|---|---|
| SDO_PU | SDO 内部上拉电阻控制位。默认值：0<br>(0：上拉电阻使能； 1：禁止上拉电阻)<br>禁止上拉电阻后，该引脚为浮空输入模式，请保证引脚外围电平确定，否者 I2C 通讯会异常。 |
| I2C_PU | SDA 和 SCL 内部上拉电阻控制位。默认值：0<br>(0：上拉电阻使能； 1：禁止上拉电阻)<br>禁止上拉电阻后，该引脚为开漏模式，请保证引脚外围有上拉电阻。 |

备注：0x57 寄存器仅通过 I2C 通讯方式才能实现对应操作。

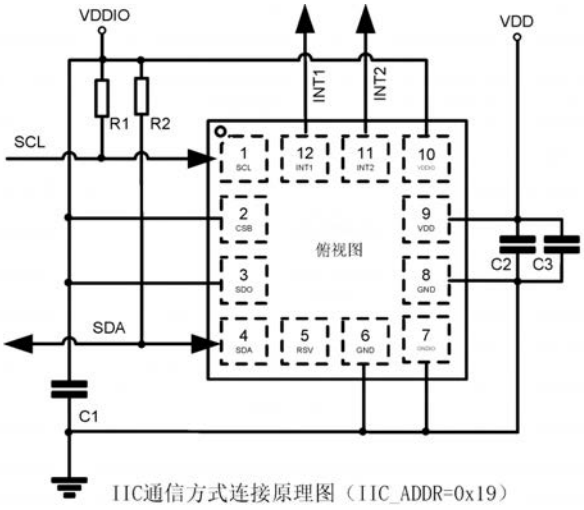
单独关闭 SDO 内部上拉电阻方法：

```
Write(0x1E,0x05);      //打开操作权限，0x1E 寄存器写 0x05
Read(0x57,sl_val);     //读取 0x57 寄存器当前配置
sl_val=sl_val|0x08;    //SDO_PU 置 1
Write(0x57,sl_val);    //操作 SDO_PU 位，0x57 寄存器写入配置
Write(0x1E,0x00);      //关闭操作权限，0x1E 寄存器写 0x00
```

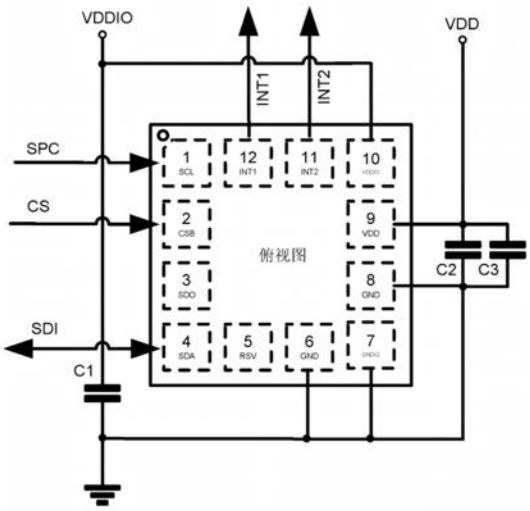
单独关闭 I2C 内部上拉电阻方法：

```
Write(0x1E,0x05);      //打开操作权限，0x1E 寄存器写 0x05
Read(0x57,sl_val);     //读取 0x57 寄存器当前配置
sl_val=sl_val|0x04;    //I2C_PU 置 1
Write(0x57,sl_val);    //操作 I2C_PU 位，0x57 寄存器写入配置
Write(0x1E,0x00);      //关闭操作权限，0x1E 寄存器写 0x00
```

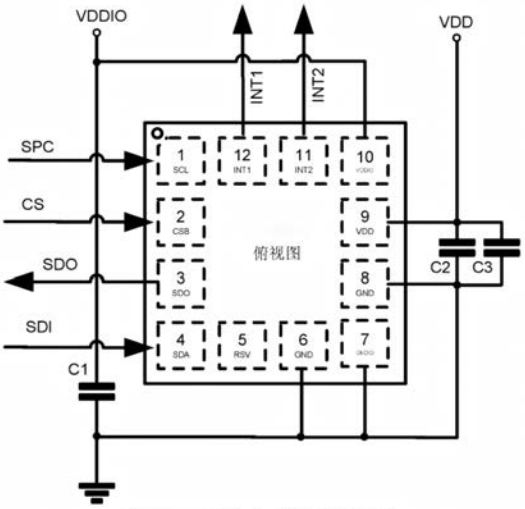
## 典型应用电路图




IIC通信方式连接原理图（IIC_ADDR=0x19）




三线SPI通信方式连接原理图




四线SPI通信方式连接原理图

**注意：C1，C2 的推荐值为 100nF，C3 的推荐值为 10uF，R1，R2 的推荐值为 4.7KΩ。**
**采用使用 SPI 通讯时，禁止多设备共用 SPI 总线（SDA/SDI/SDO/SPC）。**

电路的核心部分以VDD供电，而IO接口部分以VDDIO供电。为了保证正常功能，所有的电源上电时间相同。CS/SDO/SCL/SDA/INT1/INT2管脚的最大电压不超过VDDIO+0.3V。

## 虚焊检查方法：

因为手工焊接容易出现虚焊情况，所以芯片无法进行通信及正常工作时，请检查虚焊问题。因为芯片引脚内部接有反向保护二极管，二极管正极接地，二极管负极接引脚，所以可以通过测量芯片引脚上的二极管特性来核查虚焊问题。测试流程如下：

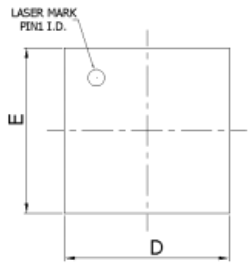
1，虚焊测试前请确保各个引脚不与其他设备相连；

2，万用表切换到二极管档位进行检测；

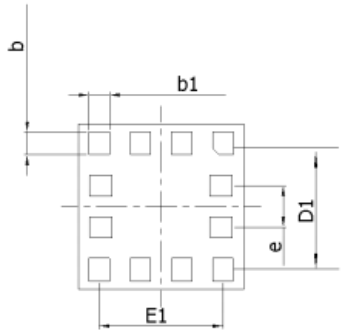
3，红表笔接GNDIO(PIN7)或GND(PIN8)，黑表笔接待测试虚焊的引脚，若显示数据在0~1之间，则说明焊接正常。

## 封装外形图 单位：mm

**LGA-12-2x2x1.0**

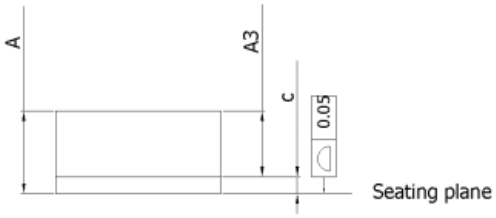



TOP VIEW




BOTTOM VIEW

| SYMBOL | Min | NOM | Max |
|---|---|---|---|
| A | 0.93 | --- | 1.05 |
| A3 | 0.65 | --- | 0.85 |
| c | 0.13 | --- | 0.30 |
| D | 1.90 | 2.00 | 2.10 |
| E | 1.90 | 2.00 | 2.10 |
| D1 | 1.52 BSC | | |
| E1 | 1.50 BSC | | |
| b | 0.22 | 0.275 | 0.325 |
| b1 | 0.20 | 0.25 | 0.30 |
| e | 0.45 | 0.50 | 0.55 |



## MOS电路操作注意事项：

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 MOS 电路由于受静电放电影响而引起的损坏：

- 操作人员要通过防静电腕带接地。
- 设备外壳必须接地。
- 装配过程中使用的工具必须接地。
- 必须采用导体包装或抗静电材料包装或运输。

## Attention

■ Any and all HUA XUAN YANG ELECTRONICS products described or contained herein do not have specifications that can handle applications that require extremely high levels of reliability, such as life-support systems, aircraft's control systems, or other applications whose failure can be reasonably expected to result in serious physical and/or material damage. Consult with your HUA XUAN YANG ELECTRONICS representative nearest you before using any HUA XUAN YANG ELECTRONICS products described or contained herein in such applications.

■ HUA XUAN YANG ELECTRONICS assumes no responsibility for equipment failures that result from using products at values that exceed, even momentarily, rated values (such as maximum ratings, operating condition ranges, or other parameters) listed in products specifications of any and all HUA XUAN YANG ELECTRONICS products described or contained herein.

■ Specifications of any and all HUA XUAN YANG ELECTRONICS products described or contained herein stipulate the performance, characteristics, and functions of the described products in the independent state, and are not guarantees of the performance, characteristics, and functions of the described products as mounted in the customer's products or equipment. To verify symptoms and states that cannot be evaluated in an independent device, the customer should always evaluate and test devices mounted in the customer's products or equipment.

■ HUA XUAN YANG ELECTRONICS CO.,LTD. strives to supply high-quality high-reliability products. However, any and all semiconductor products fail with some probability. It is possible that these probabilistic failures could
give rise to accidents or events that could endanger human lives, that could give rise to smoke or fire, or that could cause damage to other property. When designing equipment, adopt safety measures so that these kinds of accidents or events cannot occur. Such measures include but are not limited to protective circuits and error prevention circuits for safe design, redundant design, and structural design.

■ In the event that any or all HUA XUAN YANG ELECTRONICS products(including technical data, services) described or contained herein are controlled under any of applicable local export control laws and regulations, such products must not be exported without obtaining the export license from the authorities concerned in accordance with the above law.

■ No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and recording, or any information storage or retrieval system, or otherwise, without the prior written permission of HUA XUAN YANG ELECTRONICS CO.,LTD.

■ Information (including circuit diagrams and circuit parameters) herein is for example only ; it is not guaranteed for volume production. HUA XUAN YANG ELECTRONICS believes information herein is accurate and reliable, but no guarantees are made or implied regarding its use or any infringements of intellectual property rights or other rights of third parties.

■ Any and all information described or contained herein are subject to change without notice due to product/technology improvement, etc. When designing equipment, refer to the "Delivery Specification" for the HUA XUAN YANG ELECTRONICS product that you intend to use.