
IIS3DHHHC: 高分辨率、高稳定性的 3 轴数字加速度计

引言

本文档旨在提供 ST IIS3DHHHC 运动传感器相关的使用信息和应用提示。

IIS3DHHHC 是系统级封装的 3D 加速度计，具有数字 SPI 串口标准输出，超低噪声性能，并能不同时间和温度条件下维持出色的稳定性，因此特别适合精密测斜仪、平台和天线定向/稳定和水准仪等应用。

该器件具有 $\pm 2.5\text{ g}$ 的满量程加速度范围，并能以 1100 Hz 的输出数据率测量加速度。IIS3DHHHC 内置具有可配置低通滤波器的 DSP 引擎。

IIS3DHHHC 内置 32 级先进先出 (FIFO) 缓冲器提供给用户存储数据，可以减少主控的干预。

IIS3DHHHC 采用高性能 (低应力) 陶瓷腔焊盘栅格阵列 (CC LGA) 封装，可在 -40°C 至 $+85^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内工作。

1 引脚说明

图 1. 引脚连接

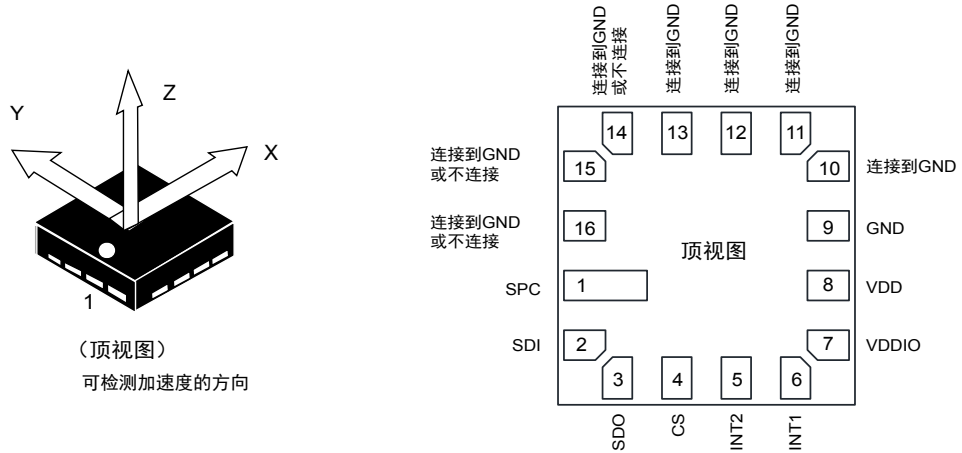


表 1. 引脚状态

引脚#	名称	功能	引脚状态
1	SPC	SPI 串口时钟	默认: 输入开漏
2	SDI	SPI 串行数据输入	默认: 输入开漏
3	SDO	SPI 串行数据输出	默认: 输入开漏
4	CS	SPI 模式选择 (1: SPI 空闲模式; 0: SPI 通信模式)	默认: 输入开漏
5	INT2	可编程中断 2	默认: 推挽输出强制接地
6	INT1	可编程中断 1	默认: 推挽输出强制接地
7	Vdd_IO	I/O 引脚的供电	I/O 引脚的供电
8	Vdd	电源	电源
9	GND	0 V 电源	0 V 电源
10	Reserved	与 GND 连接	与 GND 连接
11	Reserved	与 GND 连接	与 GND 连接
12	Reserved	与 GND 连接	与 GND 连接
13	Reserved	与 GND 连接	与 GND 连接
14	Reserved	连接到 GND 或保持断开	连接到 GND 或保持断开
15	Reserved	连接到 GND 或保持断开	连接到 GND 或保持断开
16	Reserved	连接到 GND 或保持断开	连接到 GND 或保持断开

注意: 通过置位 CTRL_REG4 寄存器的 PP_OD_INT1 和 PP_OD_INT2 位, 可分别将 INT1 和 INT2 引脚配置为以开漏模式工作。

2 寄存器



表 2. 寄存器

寄存器名	地址	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
WHO_AM_I	0Fh	0	0	0	1	0	0	0	1
CTRL_REG1	20h	NORM_ MOD_EN	IF_ADD_INC	0	0	BOOT	SW_RESET	DRDY_PULSE	BDU
INT1_CTRL	21h	INT1_DRDY	INT1_BOOT	INT1_OVR	INT1_FSS5	INT1_FTH	INT1_EXT	0	0
INT2_CTRL	22h	INT2_DRDY	INT2_BOOT	INT2_OVR	INT2_FSS5	INT2_FTH	0	0	0
CTRL_REG4	23h	DSP_LP_ TYPE	DSP_BW_ SEL	ST2	ST1	PP_OD_ INT2	PP_OD_ INT1	FIFO_EN	OFF_TCOMP_ _EN
CTRL_REG5	24h	0	0	0	0	0	0	0	FIFO_SPI_ _HS_ON
OUT_TEMP_L	25h	Temp3	Temp2	Temp1	Temp0	0	0	0	0
OUT_TEMP_H	26h	Temp11	Temp10	Temp9	Temp8	Temp7	Temp6	Temp5	Temp4
STATUS	27h	ZYXOR	ZOR	YOR	XOR	ZYXDA	ZDA	YDA	XDA
OUT_X_L_XL	28h	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
OUT_X_H_XL	29h	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
OUT_Y_L_XL	2Ah	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
OUT_Y_H_XL	2Bh	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
OUT_Z_L_XL	2Ch	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
OUT_Z_H_XL	2Dh	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
FIFO_CTRL	2Eh	FMODE2	FMODE1	FMODE0	FTH4	FTH3	FTH2	FTH1	FTH0
FIFO_SRC	2Fh	FTH	OVRN	FSS5	FSS4	FSS3	FSS2	FSS1	FSS0

根据保密协议，不可复制

3 工作模式

IIS3DHHHC 提供了 2 种可能的操作配置：

- 掉电模式；
- 正常模式。

在施加电源（数据表中给出了要求的上电时序）后，IIS3DHHHC 执行一段 10 ms 的启动程序来加载修整参数。启动完成后，器件会自动配置为掉电模式。

当传感器处于掉电模式时，器件的几乎所有内部模块都会关闭。SPI 数字接口保持激活，以便能够与器件进行通信。保留配置寄存器的内容而不更新输出数据寄存器，可保持进入掉电模式前存储器中采样的最后数据。

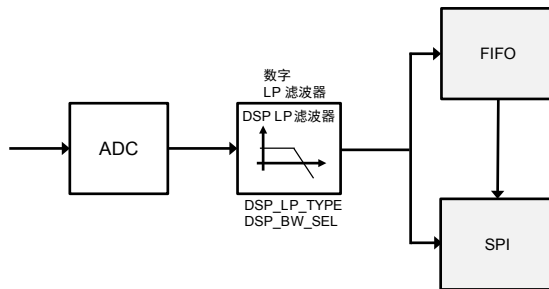
在正常模式下，可通过 CTRL_REG1 寄存器 NORM_MOD_EN 位的置位配置 IIS3DHHHC：传感器以 1100 Hz 的输出数据率提供加速度数据。该器件的满量程加速度范围为±2.5 g。

3.1 加速度计滤波链

加速度计采样链由两个级联模块表示：ADC 转换器和数字低通滤波器。

图 2. 加速度计滤波链 显示加速度计采样链。

图 2. 加速度计滤波链



数字低通滤波器所需滤波器类型（FIR 或 IIR）和带宽（235 Hz 或 440 Hz）可分别通过 CTRL_REG4 寄存器的 DSP_LP_TYPE 和 DSP_BW_SEL 位配置。表 3 总结了所有可能的配置和要丢弃的样本的相对建立时间。在退出掉电模式时或在运行时间重新配置滤波链时，建议丢弃指定数量的样本。

表 3. 数字低通滤波器类型和带宽

DSP_LP_TYPE	DSP_BW_SEL	滤波器	带宽 [Hz]	建立时间 (要丢弃的样本) ⁽¹⁾
0	0	线性相位 FIR	440	1
	1	线性相位 FIR	235	2
1	0	非线性相位 FIR	440	2
	1	非线性相位 FIR	235	4

1. 最终值的 99% 时的建立时间。

3.2 启动状态

器件上电后，IIS3DHHHC 执行一段 10 ms 的启动程序来加载修整参数。启动完成后，传感器会自动配置为省电模式。启动时间内，寄存器不可访问。

上电后，可通过将 CTRL_REG1 寄存器的 BOOT 位置为 1，来重载修调参数。

不需要切换设备电源线，器件控制寄存器内容不被修改，因此启动后器件工作模式不变。如果需要复位至控制寄存器的默认值，可通过将 CTRL_REG1 寄存器的 SW_RESET 位置为 1 来实现。SW_RESET 过程会需要 5 μ s；复位状态由 CTRL_REG1 寄存器 SW_RESET 位的状态为信号：当复位完成时，该位自动置为低电平。

复位过程将以下寄存器重新配置为它们的默认值：CTRL_REG1、INT1_CTRL、INT2_CTRL、CTRL_REG4、CTRL_REG5 和 FIFO_CTRL。

可通过将 INT1_CTRL 寄存器的 INT1_BOOT 位或 INT2_CTRL 寄存器的 INT2_BOOT 位置为 1 将启动状态信号驱动至中断引脚：当启动运行时此信号被置为高电平，启动过程结束时此信号被重新置为低电平。

要将器件恢复为掉电默认设置，在任何操作模式下都请执行以下步骤：

1. 将 CTRL_REG1 寄存器的 SW_RESET 位置 1；
2. 等待 5 μ s（或等待至 CTRL_REG1 寄存器的 SW_RESET 位返回 0）；
3. 将 CTRL_REG1 寄存器的 BOOT 位置 1；
4. 等待 10 ms。

为了避免冲突，重启和 sw 复位不能同时执行（不要同时将 CTRL_REG1 寄存器的 BOOT 位和 SW_RESET 位同时置为 1）。

4 读取输出数据

4.1 启动序列

当器件上电时，器件会自动从嵌入的内存中加载校准系数到内部寄存器中。启动程序完成后，加速度计会自动进入掉电模式。

要启用加速度计并通过 SPI 接口采集加速度数据，必须通过 CTRL_REG1 寄存器的 NORM_MOD_EN 位选择正常模式。

以下通用顺序可用来配置加速度计：

1. 写入 CTRL_REG1 = C0h // 使能正常模式和自动增量
2. 写入 CTRL_REG4 = 01h // 使能嵌入式温度补偿
3. 写入 INT1_CTRL = 80h // INT1 引脚上的数据准备中断

4.2 使用状态寄存器

该器件具有一个 STATUS_REG 寄存器，应当对该寄存器进行轮询以检查一组新数据何时可用。当有一组新的数据可用时，ZYXDA 位被置为 1。

应当按照如下步骤进行读取：

1. 读 STATUS
2. 如果 ZYXDA = 0，则进入 1
3. 读 OUTX_L_XL
4. 读 OUTX_H_XL
5. 读 OUTY_L_XL
6. 读 OUTY_H_XL
7. 读 OUTZ_L_XL
8. 读 OUTZ_H_XL
9. 数据处理
10. 调到步骤 1

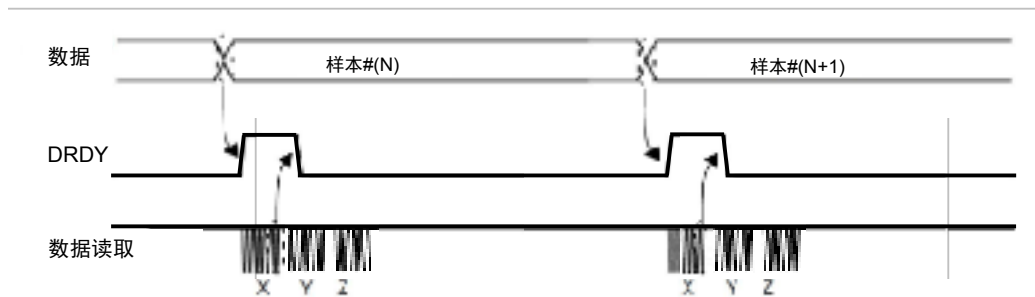
4.3 使用数据准备就绪信号

该器件可配置为具有一个 HW 信号，以确定新的一组测量数据何时可以读取。

数据就绪信号由 STATUS 寄存器的 ZYXDA 位表示。通过将 INT1_CTRL 寄存器的 INT1_DRDY 位置为 1，可将该信号驱动至 INT1 引脚，通过将 INT2_CTRL 寄存器的 INT2_DRDY 位置为 1，将其驱动至 INT2 引脚。

当一组新数据生成并可读取时，数据准备就绪信号升高为 1。数据就绪信号可以是锁存的或脉冲的：如果 CTRL_REG1 寄存器的 DRDY_PULSE 位被置为 0（默认值），则数据就绪信号被锁存，并且当其中一个通道的较高部分（29h、2Bh、2Dh 寄存器）被读取时，中断复位。如果 CTRL_REG1 寄存器的 DRDY_PULSE 位置为 1，则数据就绪信号是脉冲的，并且在中断引脚上观察到的脉冲持续时间通常为 227µs。脉冲模式不适用于总是锁存的 ZYXDA 位。

图 3. 数据准备就绪信号



4.4 使用块数据更新（block data update, BDU）功能

如果读取输出数据特别慢，并且不能（或者不需要）与 STATUS 寄存器中的 ZYXDA 位或驱动到 INT1/INT2 引脚的 DRDY 信号同步，那么强烈建议将 CTRL_REG1 寄存器中的 BDU（块数据更新）位置为 1。

此功能可以避免读取不同采样相关的值（输出数据的最高有效部分和最低有效部分）。特别地，当 BDU 被激活时，每个信道相关的数据寄存器中始终包含器件产生的最新输出数据，但是，一对给定读数（即 OUTX_H_XL(G) 和 OUTX_L_XL(G)，OUTY_H_XL(G) 和 OUTY_L_XL(G)，OUTZ_H_XL(G) 和 OUTZ_L_XL(G)）被初始化的情况下，这对读数不能更新，直至数据的 MSB 和 LSB 部分均被读取。

请注意：BDU 只能确保 LSB 部分和 MSB 部分同一时刻被采样。例如，如果读取速度非常慢，则 X 和 Y 可在 T1 读取，Z 在 T2 采样。

4.5 理解输出数据

测得的加速度数据被发送到 `OUTX_H_XL`、`OUTX_L_XL`、`OUTY_H_XL`、`OUTY_L_XL`、`OUTZ_H_XL` 和 `OUTZ_L_XL` 寄存器。这些寄存器分别包含作用于 X、Y 和 Z 轴的加速度信号的最高有效部分和最低有效部分。

X、Y、Z 通道的完整输出数据是由 `OUTX_H_XL & OUTX_L_XL`、`OUTY_H_XL & OUTY_L_XL`、`OUTZ_H_XL & OUTZ_L_XL` 共同提供的，表示为 2 的补码。

加速度输出数据表示为 16 比特的数字。

环行功能自动激活，用于自动寻址 IIS3DHHHC 寄存器，以进行循环突发模式读取。基本上，伴随加速度计输出寄存器上的多重读取操作，所读取的寄存器地址会自动从模式的第一个寄存器转到最后一个寄存器（2Dh），然后返回第一个寄存器（28h）。

注意：CTRL_REG1 中的 IF_ADD_INC 位必须置为 1，才能使能 SPI 接口多字节访问。

4.5.1 输出数据示例

表 4. 输出数据寄存器内容 vs. 加速度 提供的几个基本示例中，会在器件受给定加速度影响的情况下读取数据寄存器中的数据。

下表中所列值是在理想器件校准的假设下给出的（即，无偏移，无增益误差，……）。

表 4. 输出数据寄存器内容 vs. 加速度

加速度值	寄存器地址	
	OUTX_H_XL (29h)	OUTX_L_XL (28h)
0 g	00h	00h
350 mg	11h	FDh
1 g	33h	66h
-350 mg	EEd	03h
-1 g	CCh	9Ah

5 先进先出 (FIFO) 缓冲区

为了限制主机处理器干预并避免数据丢失，IIS3DHHIC 为三条输出通道 X、Y 和 Z 分别嵌入了先进先出 (FIFO) 缓冲区。

FIFO 缓冲区可在五种不同模式下工作，各个模式可确保在应用开发过程中实现高度灵活性：Bypass 模式、FIFO 模式、Continuous 模式、Bypass-Continuous 模式和 Continuous-FIFO 模式。

可使能可编程阈值、FIFO 已满和 FIFO 上溢事件在 INT1 或 INT2 引脚上生成专用中断。为保证 Continuous-FIFO 模式和 Bypass-Continuous 模式的外部异步输入触发功能，可将 INT1 引脚配置为输入。

5.1 FIFO 描述

FIFO 缓冲区能够保存最多 32 个加速度样本。

数据样本集合由 6 个字节 (XI、Xh、Yl、Yh、Zl 和 Zh) 和组成，它们会以 1100 Hz 的输出数据速率释放到 FIFO 中。

新样本集合会放在第一个空闲的 FIFO 位置中，缓冲区被占满后，新样本集合会覆盖最早的值。

表 5. FIFO 缓冲区填满示例 (存储第 32 个采样集)

输出寄存器	28h	29h	2Ah	2Bh	2Ch	2Dh
	XI	Xh	Yl	Yh	Zl	Zh
FIFO 索引	FIFO 样本集合					
FIFO (0)	XI (0)	Xh (0)	Yl (0)	Yh (0)	Zl (0)	Zh (0)
FIFO (1)	XI (1)	Xh (1)	Yl (1)	Yh (1)	Zl (1)	Zh (1)
FIFO (2)	XI (2)	Xh (2)	Yl (2)	Yh (2)	Zl (2)	Zh (2)
FIFO (3)	XI (3)	Xh (3)	Yl (3)	Yh (3)	Zl (3)	Zh (3)
...
FIFO (30)	XI (30)	Xh (30)	Yl (30)	Yh (30)	Zl (30)	Zh (30)
FIFO (31)	XI (31)	Xh (31)	Yl (31)	Yh (31)	Zl (31)	Zh (31)

表 6. FIFO 缓冲区完整表示 (存储了第 33 个样本集合、丢弃了第 1 个样本)

输出寄存器	28h	29h	2Ah	2Bh	2Ch	2Dh
	XI	Xh	Yl	Yh	Zl	Zh
FIFO 索引	FIFO 样本集合					
FIFO (0)	XI (1)	Xh (1)	Yl (1)	Yh (1)	Zl (1)	Zh (1)
FIFO (1)	XI (2)	Xh (2)	Yl (2)	Yh (2)	Zl (2)	Zh (2)
FIFO (2)	XI (3)	Xh (3)	Yl (3)	Yh (3)	Zl (3)	Zh (3)
FIFO (3)	XI (4)	Xh (4)	Yl (4)	Yh (4)	Zl (4)	Zh (4)
...
FIFO (31)	XI (32)	Xh (32)	Yl (32)	Yh (32)	Zl (32)	Zh (32)

表 5. FIFO 缓冲区填满示例 (存储第 32 个采样集) 表 6. FIFO 缓冲区完整表示 (存储了第 33 个样本集合、丢弃了第 1 个样本) 表示的是存储了 32 个样本时 FIFO 已满的状态，而表示下一步，当第 33 个采样插入到 FIFO 中，同时第 1 个采样被覆盖。新的最早样本集合在输出寄存器中可用。

5.2 FIFO 寄存器

FIFO 缓冲区由两个不同的加速度计寄存器进行管理：FIFO_CTRL 寄存器可使能并配置 FIFO 特性，FIFO_SRC 寄存器则提供关于缓冲区状态的信息。

一些其他寄存器用于传送引脚上的 FIFO 事件以中断应用处理器。这些在第 5.3 节 FIFO 中断中进行讨论。

5.2.1 FIFO_CTRL (2Eh)

FIFO_CTRL 寄存器包含有设置 FIFO 的模式。复位时，FIFO 模式默认为 Bypass 模式，表示 FIFO 关闭。只要模式设置为 Bypass 以外的其他模式，FIFO 就会使能并开始存储采样值。

表 7. FIFO_CTRL 寄存器

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
FMODE2	FMODE1	FMODE0	FTH4	FTH3	FTH2	FTH1	FTH0

FMODE[2:0]位可选择 FIFO 缓冲区行为:

1. FMODE[2:0] = 000b: Bypass 模式 (FIFO 关闭)
2. FMODE[2:0] = 001b: FIFO 模式
3. FMODE[2:0] = 011b: Continuous-FIFO 模式
4. FMODE[2:0] = 100b: Bypass-Continuous 模式
5. FMODE[2:0] = 110b: Continuous 模式

第 5.3.1 节 FIFO 阈值中讨论了 FTH[4:0]位。

5.2.2 FIFO_SRC (2Fh)

该寄存器每个 ODR 会更新一次，会提供关于 FIFO 缓冲区状态的信息。

表 8. FIFO_CTRL 寄存器

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
FTH	OVRN	FSS5	FSS4	FSS3	FSS2	FSS1	FSS0

- 如果 FIFO 内容超过阈值水平，会通过 FIFO_CTRL 寄存器的 FTH[4:0]位将 FTH 位置为高电平。此标志可连接至 INT1 和 INT2 引脚 (参见第 5.3 节 FIFO 中断)。
- 在 FIFO 缓冲区满后，重写第一个采样时，OVRN 位置为高电平。这意味着 FIFO 缓冲区包含 32 个未读采样。第一个样本集合已被读取时，OVRN 位会复位。
- FIFO_SRC 寄存器的 FSS[5:0]位用于提供使用了多少 FIFO 空间的信息 (000000b 表示 FIFO 为空，100000b 表示 FIFO 已满)。FSS5 位可连接至中断引脚 (参见第 5.3 节 FIFO 中断)。

寄存器内容会与 FIFO 写操作和 FIFO 读操作同步更新。

表 9. FIFO_SRC 特性 (假定 FTH[4:0] = 15)

FTH	OVR	FSS	未读 FIFO 样本	时序
0	0	000000	0	t0
0	0	000001	1	t0 + 1/ODR
0	0	000010	2	t0 + 2/ODR
...
0	0	001110	14	t0 + 14/ODR
1	0	001111	15	t0 + 15/ODR
...
1	0	011111	31	t0 + 31/ODR
1	0	100000	32	t0 + 32/ODR

FTH	OVR	FSS	未读 FIFO 样本	时序
1	1	100000	33	$t_0 + 33/ODR$

5.3 FIFO 中断

有三个特定的 FIFO 事件可以连接到中断引脚，以通知主处理器：FIFO 阈值、FIFO 已满和 FIFO 上溢。所有 FIFO 事件均可以连接到 INT1 和 INT2 引脚。

5.3.1 FIFO 阈值

FIFO 阈值是可用于生成特定中断的可配置功能，可用于确定 FIFO 缓冲区何时包含的样本数至少为定义为阈值等级的数目。用户可以使用 FIFO_CTRL 寄存器中的 FTH [4:0] 字段在 0 到 31 之间的范围内选择所需的等级。

如果 FIFO (FSS[5:0]) 中的条目数大于或等于 FTH [4:0] 中编程的值，则 FIFO_SRC 寄存器中的 FTH 位置为高电平。

FSS[5:0] 会以输出数据率频率增加一步，并在每次由用户执行样本集合读取操作时减小一步。

阈值标志 (FTH) 可以传送到 INT1 和 INT2 引脚，为应用处理器提供专用中断信号。INT1_CTRL 寄存器的 INT1_FTH 位和 INT2_CTRL 寄存器的 INT2_FTH 位专门用于此目的。

5.3.2 FIFO 已满

只要 FIFO 已满，就可以配置器件，使之产生一个中断。为此，只需将 INT1_CTRL 寄存器的 INT1_FSS5 位置为 1 (或将 INT2_CTRL 寄存器的 INT2_FSS5 位置为 1) 即可。为避免丢失样本，FIFO 读取操作必须在一个输出数据率时窗内开始并完成。

5.3.3 FIFO 溢出

如果 FIFO 中发生上溢事件，可以配置器件，使之生成一个中断。为此，只需将 INT1_CTRL 或 INT2_CTRL 寄存器的 INT1_OVRN 或 INT2_OVRN 位置为 1。

5.4 FIFO 模式

在通过将 CTRL_REG4 寄存器中的 FIFO_EN 位置为 1 使能 IIS3DHC FIFO 功能后，FIFO 缓冲区可配置为五种不同的工作模式，这些模式可通过 FIFO_CTRL 寄存器中的 FMODE[2:0] 字段进行选择。可用配置确保了高度灵活性，并扩展了可用于应用开发的功能数量。

以下段落描述了 Bypass、FIFO、Continuous、Continuous-FIFO 和 Bypass-Continuous 模式。

5.4.1 Bypass 模式

启用 Bypass 模式后，FIFO 不可运行：缓冲区内容会被清空、输出寄存器（0x28 到 0x2D）会冻结为最后载入的值，在选择其他模式之前，FIFO 缓冲区会保持空白状态。

可以通过在 FIFO_CTRL 寄存器中将 FMODE [2:0] 字段置为 000b 来激活 Bypass 模式。

当在不同模式下工作时，要停止和复位 FIFO 缓冲器，必须使用 Bypass 模式。请注意，将 FIFO 缓冲区置于 Bypass 模式会清除整个缓冲区的内容。

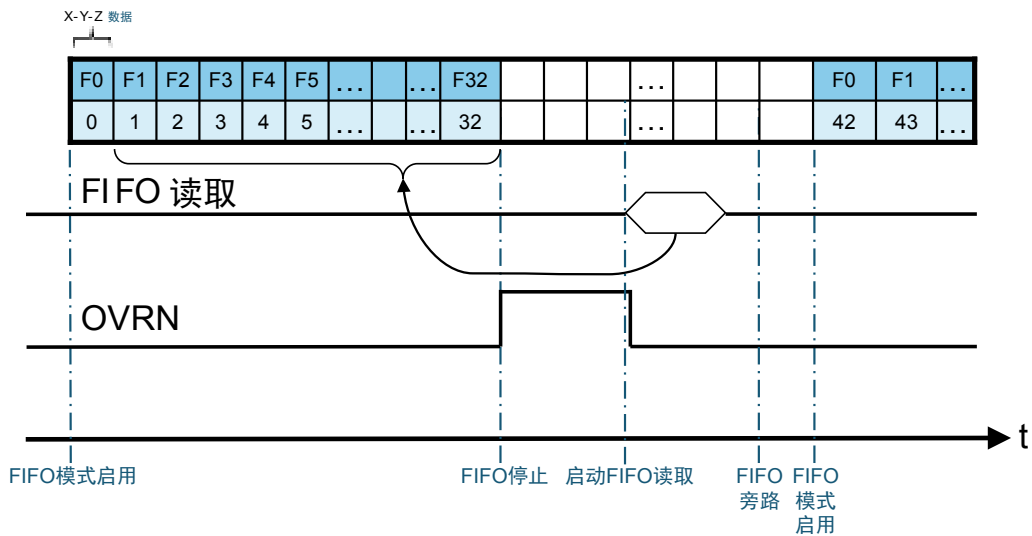
5.4.2 FIFO 模式

FIFO 模式中，缓冲器继续填充直至充满。然后停止采集数据，FIFO 内容保持不变，直至选用不同模式。

可以通过在 FIFO_CTRL 寄存器中将 FMODE [2:0] 字段置为 001b 来激活 FIFO 模式。

选择该模式后，FIFO 会开始进行数据采集，FSS[5:0] 也会根据存储的样本数发生变化。程序结束时，OVRN 标志上升为 1，然后可以恢复数据，从输出寄存器读取 32 个样本集合。由于在 FIFO 模式下数据采集已停止，并且不存在覆盖已获取数据的风险，因此通信速度并不重要。重新启动 FIFO 模式之前，请务必在读取操作之后退出 Bypass 模式。

图 4. FIFO 模式



如果使能了 FIFO 模式，缓冲区会开始采集数据，并以所选输出数据速率填入全部 32 个位置（从 F0 到 F31）。缓冲区已满后，下一采样会进入并重写缓冲区，OVRN 位会变为高电平，数据采集会永久停止。用户可随时读取 FIFO 内容，因为在选择 Bypass 模式之前，FIFO 缓冲区的内容保持不变。第一个样本集合已被读取时，OVRN 位会复位。Bypass 模式设置会复位 FIFO 并允许用户再次使能 FIFO 模式。

如果在 OVRN 事件之前读取 FIFO 中保存的数据，FIFO 将不会停止采集数据。例如，如果 FIFO 数据读取与 FSS5 事件同步，FIFO 将连续传输缓冲区中的数据流。

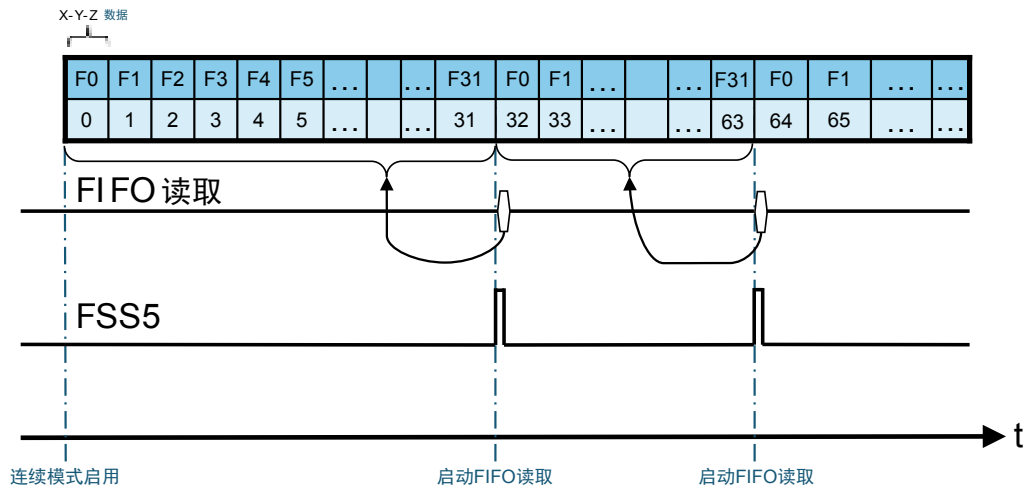
5.4.3 Continuous 模式

在 Continuous 模式下, FIFO 会继续填入数据: 如果缓冲区已满, FIFO 索引会从头开始使用, 较早的数据会被当前数据替代。最早的数据继续被覆盖, 直至读取操作释放了 FIFO 插槽。为了使 FIFO 位置的释放速度快于获得新数据的速度, 主机处理器的读取速度非常重要。Bypass 配置下 FMODE[2:0]用于停止该模式。

如下图所示, 当使能了 Continuous 模式时, FIFO 缓冲区会持续填入数据 (从 F0 到 F31)。当缓冲区满时, FSS5 位变为高电平, 应用处理器会立即读取所有 FIFO 样本 (32 * 6 字节) 以免丢失数据, 并限制主机处理器的干预从而提高系统效率。关于 FIFO 读取速度的更多详细信息, 请参见第 5.5 节从 FIFO 获取数据。

读取命令发送到器件后, 输出寄存器内容会移动到 SPI 寄存器, 当前最早的 FIFO 值会移入输出寄存器, 以执行下一次读取操作。

图 5. Continuous 模式



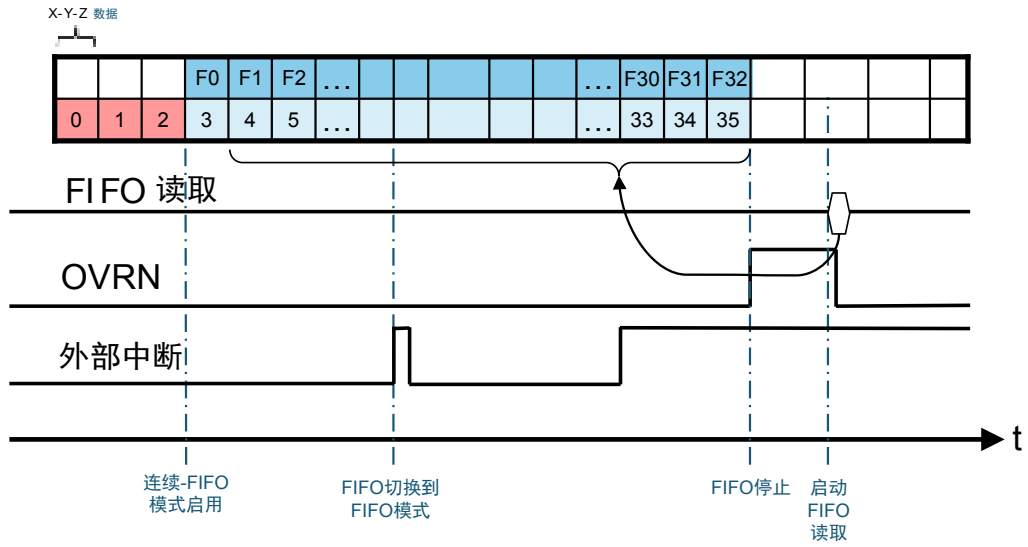
用户可使 FIFO 数据读取与 FSS5 信号 (对应于 FIFO 已满事件) 同步, 或与 FTH 信号同步以便检查 FIFO 中保存的样本数量是否大于或等于要求的 FIFO 阈值 (通过 FIFO_CTRL 寄存器的 FTH[4:0]位配置)。

5.4.4 Continuous-FIFO 模式

此模式是先前所述的 Continuous 和 FIFO 模式的组合。在 Continuous-FIFO 模式中，FIFO 缓冲器开始工作于 Continuous 模式，当发生外部事件时切换为 FIFO 模式。需通过 INT1_CTRL 寄存器 INT1_EXT 位的置位将 INT1 引脚配置为输入，在捕获外部中断信号时，FIFO 切换模式。

在 Continuous 模式下，FIFO 缓冲区持续填充；当发生外部事件时，FIFO 模式改变。然后，一旦缓冲区变满，OVRN 位置为高电平，下一个采样将覆盖最早的数据且 FIFO 停止采集数据。

图 6. Continuous-FIFO 模式

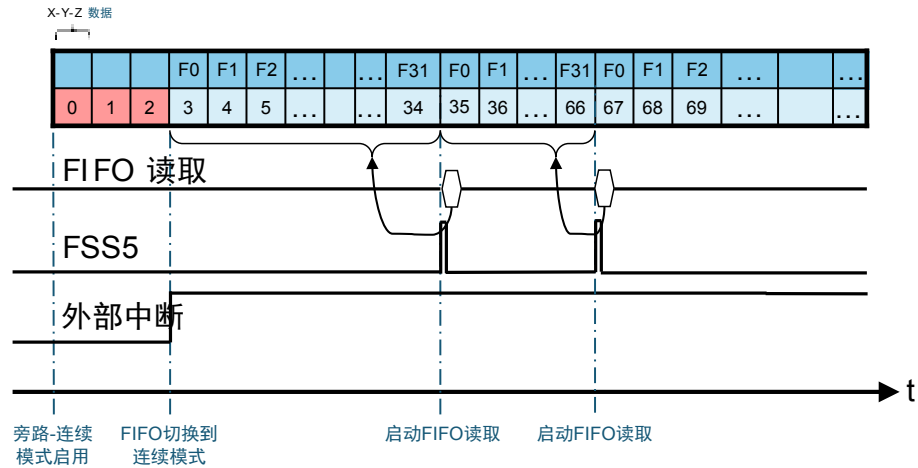


5.4.5 Bypass-Continuous 模式

此模式是先前所述的 Bypass 和 Continuous 模式的组合。在 Bypass-Continuous 模式中，FIFO 缓冲器开始 Bypass 模式，当发生外部事件时切换为 Continuous 模式。需通过 INT1_CTRL 寄存器 INT1_EXT 位的置位将 INT1 引脚配置为输入，在捕获外部中断信号时，FIFO 切换模式。

在 Bypass 模式下，FIFO 缓冲区为空；当发生外部事件时，FIFO 模式改变并开始以 Continuous 模式传输数据流。

图 7. Bypass-Continuous 模式



5.5 从 FIFO 获取数据

当 FIFO 模式不是 Bypass 时，读取输出寄存器（28h 至 2Dh）会返回早先的 FIFO 样本集合。

读取输出寄存器时，其内容会移至 SPI 输出缓冲区。理想地，FIFO 插槽会向上移动一格，以便释放空间接收新的采样，并且输出寄存器载入 FIFO 缓冲器中存储的当前最旧的值。

通过从加速度计输出寄存器执行 32 次读取操作，可以重新取回整个 FIFO 内容。

为了提高应用的灵活性，可使用每种读取字节组合从 FIFO 读取数据（例如：192 次单字节读取，32 次 6 字节读取，1 次 192 字节的多字节读取等）。

为了最大限度地减少主器件与从器件之间的通信，建议通过 192 字节多字节读取的方式读取所有 FIFO 位置（6 个输出寄存器乘以 32 个存储位置）：通过将 CTRL2 寄存器的 IF_ADD_INC 位置为“1”，可使器件的读取地址自动递增。当到达寄存器 0x2D 时，器件回滚到 0x28。

注意：对于高于 6 MHz 的 SPI 时钟频率，建议将 CTRL_REG5 寄存器中的 FIFO_SPI_HS_ON 位置位。

6 温度传感器

IIS3DHHHC 具有内部温度传感器，适用于环境温度测量。

如果加速度计处于掉电模式，则温度传感器关闭。如果加速度计处于正常模式，则温度传感器的输出数据率通常为 68.75 Hz（加速度计 ODR/16）。

温度数据由 OUT_TEMP_H 和 OUT_TEMP_L 寄存器联合给出，以左对齐二进制补码的格式表示为一个 12 位的数字，其灵敏度为 16 LSB/°C。输出零值对应于 25 °C。

6.1 温度数据计算示例

下表提供了在不同环境温度值下从温度数据寄存器中读取数据的几个基本示例。本表中所列值是在理想器件校准的假设下给出的（即，无偏移，无增益误差，……）。

表 10. 输出数据寄存器内容 vs. 温度

温度值	寄存器地址	
	OUT_TEMP_H (26h)	OUT_TEMP_L (25h)
0°C	E7h	00h
25°C	00h	00h
50°C	19h	00h

6.2 嵌入式温度补偿

IIS3DHHHC 器件内置内部模块，用于对加速度计数据进行与温度相关的补偿。可通过将 CTRL_REG4 寄存器的 OFF_TCOMP_EN 位置为 1，来使能内置的温度补偿模块。如果不使用外部温度补偿算法，建议使能温度补偿。

7 自检功能

嵌入式自检功能可支持无需移动器件而对其功能进行检查。

当自检使能时，传感器上会施加一个致动力，模拟一定的数据加速度。这种情况下，传感器输出会在其 DC 电平上表现出变化，该电平通过灵敏度值关联到所选满量程。

加速度计自测功能可通过 CTRL_REG4 寄存器的 ST[1:0]位进行配置。当 ST[1:0]位被设定为 00b 时，自检关闭；当 ST[1:0]位被置为 01b（正符号自检）或 10b（负符号自检）时，该功能使能。

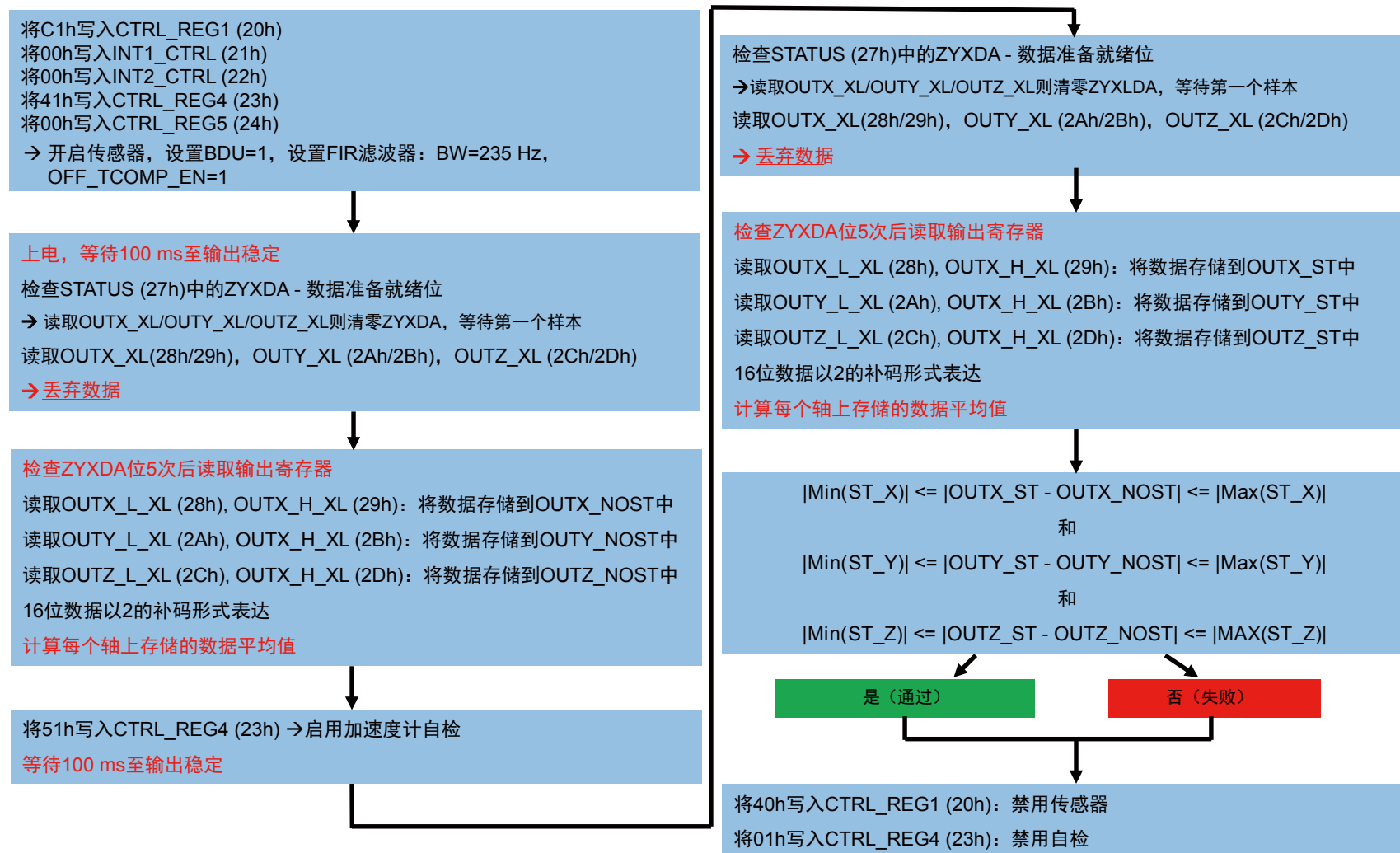
当加速度计自检功能激活时，传感器输出电平由作用在传感器上的加速度和静电测试力的代数和给出。

该过程包括：

1. 使能加速度计
2. 启动自检之前，对 5 个采样取平均
3. 启动自检之后，对 5 个采样取平均
4. 计算每个轴的绝对值差值，并验证它是否落在给定的范围内。数据表中给出了最小和最大值。

完整的自检过程如下图所示。

图 8. 加速度计自检步骤



8 使用 IIS3DHHC 作为高精度测斜仪

在系统上的净加速度长期为重力的应用中，可使用加速度计测量静态倾斜角度。

使用加速度计检测倾斜的基本假设是，唯一的加速度激励与重力相关。事实上，可以对信号输出执行信号处理，以去除输出信号中的高频内容。

IIS3DHHC 是 3 轴加速度计，能够使用以下先进公式计算 **x** 和 **y** 轴相对于水平线的倾斜角度：

$$\rho_x = \tan^{-1} \frac{a_x}{\sqrt{a_y^2 + a_z^2}}$$

$$\vartheta_y = \tan^{-1} \frac{a_y}{\sqrt{a_x^2 + a_z^2}}$$

这些公式假设取参考位置作为器件的典型方向，**x** 和 **y** 轴位于水平线的平面中，**z** 轴与水平线正交。

凭借 16 位输出数据分辨率，超低噪声性能，偏移和灵敏度在不同时间和温度条件下的高度稳定性，以及内置的低通滤波能力，IIS3DHHC 可提供精度极高的倾斜角度测量。

根据最终应用的绝对精度目标，可能必须执行焊后的初次传感器偏移室温校准（某些情况下还包括灵敏度），但此后，得益于它在不同时间和温度条件下的出色稳定性，器件能够在其整个生命周期中提供准确、可靠的倾斜角度测量，无需再进行任何介入。

版本历史

表 11. 文档版本历史

日期	版本	变更
2018 年 2 月 27 日	1	初始版本
2018 年 6 月 11 日	2	更新了 表 10. 输出数据寄存器内容 vs. 温度 增加了 第 8 节 使用 IIS3DHHIC 作为高精度测斜仪

目录

1	引脚说明.....	2
2	寄存器.....	3
3	工作模式.....	4
3.1	加速度计滤波链	4
3.2	启动状态	4
4	读取输出数据	6
4.1	启动序列	6
4.2	使用状态寄存器	6
4.3	使用数据准备就绪信号.....	7
4.4	使用块数据更新 (block data update, BDU) 功能	7
4.5	理解输出数据	8
4.5.1	输出数据示例	8
5	先进先出 (FIFO) 缓冲区	9
5.1	FIFO 描述.....	9
5.2	FIFO 寄存器.....	9
5.2.1	FIFO_CTRL (2Eh).....	10
5.2.2	FIFO_SRC (2Fh).....	10
5.3	FIFO 中断.....	11
5.3.1	FIFO 阈值	11
5.3.2	FIFO 已满	11
5.3.3	FIFO 溢出	11
5.4	FIFO 模式.....	12
5.4.1	Bypass 模式	12
5.4.2	FIFO 模式	12
5.4.3	Continuous 模式	13
5.4.4	Continuous-FIFO 模式	14
5.4.5	Bypass-Continuous 模式.....	15
5.5	从 FIFO 获取数据	15
6	温度传感器	16



6.1	温度数据计算示例	16
6.2	嵌入式温度补偿	16
7	自检功能.....	17
8	使用 IIS3DHHHC 作为高精度测斜仪.....	19
	版本历史	20

表一览

表 1.	引脚状态	2
表 2.	寄存器	3
表 3.	数字低通滤波器类型和带宽	4
表 4.	输出数据寄存器内容 vs. 加速度	8
表 5.	FIFO 缓冲区填满示例 (存储第 32 个采样集)	9
表 6.	FIFO 缓冲区完整表示 (存储了第 33 个样本集合、丢弃了第 1 个样本)	9
表 7.	FIFO_CTRL 寄存器	10
表 8.	FIFO_CTRL 寄存器	10
表 9.	FIFO_SRC 特性 (假定 FTH[4:0] = 15)	10
表 10.	输出数据寄存器内容 vs. 温度	16
表 11.	文档版本历史	20

图一览

图 1.	引脚连接	2
图 2.	加速度计滤波链	4
图 3.	数据准备就绪信号	7
图 4.	FIFO 模式	12
图 5.	Continuous 模式	13
图 6.	Continuous-FIFO 模式	14
图 7.	Bypass-Continuous 模式	15
图 8.	加速度计自检步骤	18

重要通知 - 请仔细阅读

意法半导体公司及其子公司（“ST”）保留随时对 ST 产品和/或本文档进行变更、更正、增强、修改和改进的权利，恕不另行通知。买方在订货之前应获取关于 ST 产品的最新信息。ST 产品的销售依照订单确认时的相关 ST 销售条款。

买方自行负责对 ST 产品的选择和使用，ST 概不承担与应用协助或买方产品设计相关的任何责任。

ST 不对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。

转售的 ST 产品如有不同于此处提供的信息的规定，将导致 ST 针对该产品授予的任何保证失效。

ST 和 ST 标志是 ST 的商标。关于 ST 商标的其他信息，请访问 www.st.com/trademarks。其他所有产品或服务名称是其各自所有者的财产。

本文档中的信息取代本文档所有早期版本中提供的信息。

© 2019 STMicroelectronics - 保留所有权利