

# MMA8451Q, 3 轴, 14 位/8 位

## 数字加速度计

MMA8451Q 是一款智能、低功耗、三轴、电容式、微加工的加速度计，分辨率为 14 位。该加速度计包含嵌入式功能，具有灵活的用户可编程选项，可配置为两个中断引脚。嵌入式 i 干扰功能允许整体省电，使主机处理器免受持续轮询数据的干扰。可以访问低通过滤数据和高通滤波数据，这最大限度地减少了 jolt 检测所需的数据分析和更快的过渡。该设备可以配置为从可配置的嵌入式功能的任何组合中生成惯性唤醒中断信号，允许 MMA8451Q 监控事件，并在不活动期间保持低功耗模式。MMA8451Q 有 16 针 QFN，3 毫米 x3 毫米 x1 毫米封装。

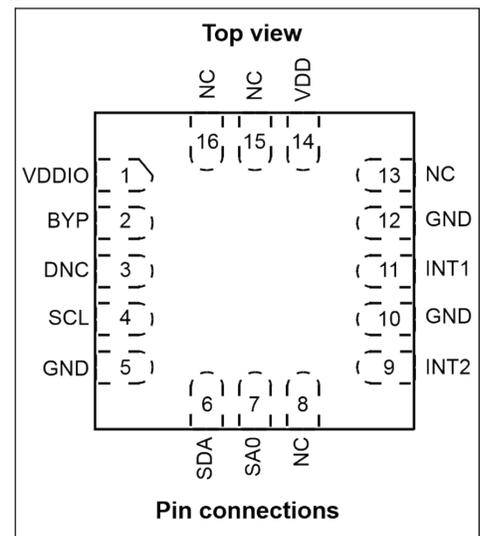
### 特点

- 1.95 V 至 3.6 V 电源电压
- 1.6V 至 3.6V 接口电压
- $\pm 2G/\pm 4G/\pm 8G$  可动态选择的全比例
- 输出数据速率 (ODR) 从 1.56 赫兹到 800 赫兹
- 99M 克/ $\sqrt{\text{赫兹}}$  噪声
- 14 位和 8 位数字输出
- I<sup>2</sup>C 数字输出接口
- 七个中断源的两个可编程中断引脚
- 三个嵌入式运动检测通道
  - 自由落体或运动检测：一个通道
  - 脉冲检测：一个通道
  - 颠簸检测：一个通道
- 带有可编程滞后的定向 (肖像/景观) 检测
- 自动改变 ODR，自动唤醒并恢复睡眠状态
- 32 个样本 FIFO
- 每个样本并通过 FIFO 提供高通滤波器数据
- 进行自我测试
- 当前消耗量：6mA 到 165M 罗马字母的第一个字母

### 典型应用

- 电子指南针应用
- 静态方向检测 (肖像/景观、上/下、左/右、后/前位置识别)
- 笔记本、电子阅读器和笔记本电脑翻滚和自由落体检测
- 实时方向检测 (虚拟现实和游戏 3D 用户位置反馈)
- 实时活动分析 (计步器步数计数、HDD 自由落体下降检测、死亡计算 GPS 备份)
- 便携式产品省电的运动检测 (手机、PDA、GPS、游戏的自动睡眠和自动唤醒)
- 冲击和振动监控 (机电补偿、运输和保修使用记录)
- 用户界面 (按方向更改滚动菜单，点击检测以更换按钮)

## MMA8451Q



### 订购信息

部件号	温度范围	包装描述	运输
MMA8451QT	-40°C 至 +85°C	QFN-16	托盘
MMA8451QR1	-40°C 至 +85°C	QFN-16	磁带和卷轴



# 内容

## 方块图和引脚描述

描述 .....	3
<b>2 机械和电气规格</b> .....	<b>6</b>
2.1 机械特性 .....	6
2.2 电气特性 .....	7
2.3 I2C 接口特性 .....	8
2.4 绝对最高评分 .....	9
<b>3 术语</b> .....	<b>10</b>
3.1 敏感性 .....	10
3.2 零 g 偏移 .....	10
3.3 自我测试 .....	10
104 系统模式 (SYSMOD) .....	11
<b>5 功能</b> .....	<b>12</b>
5.1 设备校准 .....	12
5.2 8 位或 14 位数据 .....	13
5.3 内部 FIFO 数据缓冲区 .....	13
5.4 低功耗模式与高分辨率模式 .....	13
5.5 自动唤醒/睡眠模式 .....	13
5.6 自由落体和运动检测 .....	14
5.7 .....	14
5.8 点击检测 .....	14
5.9 方向检测 .....	15
5.10 中断寄存器配置 .....	16
5.11 系列 I2C 接口 .....	16
<b>6 注册描述</b> .....	<b>20</b>
6.1 数据寄存器 .....	21
6.2 32 样本 FIFO .....	23
6.3 肖像/景观嵌入式函数寄存器 .....	28
6.4 运动和自由落体嵌入式函数寄存器 .....	32
6.5 瞬态 (HPF) 加速检测 .....	36

6.6	单、双和定向水龙头检测寄存器	.39
6.7	自动唤醒/睡眠检测	.43
6.8	控制寄存器	.45
6.9	用户偏移校正寄存器	.49
7	印刷电路板布局和设备安装	.52
7.1	印刷电路板布局	.52
7.2	焊接注意事项概述	.53
7.3	卤素含量	.53
8	包裹信息	.54
8.1	磁带和卷轴信息	.54
8.2	包装描述	.559 修订历史
	述	.58
	史	.58

## 相关文档

MMA8451Q 设备功能和操作在各种参考手册、用户指南和应用程序说明中进行了描述。要查找这些文档的最新版本：

1. 转到 MMA8451Q 网页 <http://www.nxp.com/products/MMA8451Q>。
2. 单击文档选项卡。

## MMA8451Q

2  
1

传感器  
NXP 半导体 N.V.

### 方框图和引脚描述

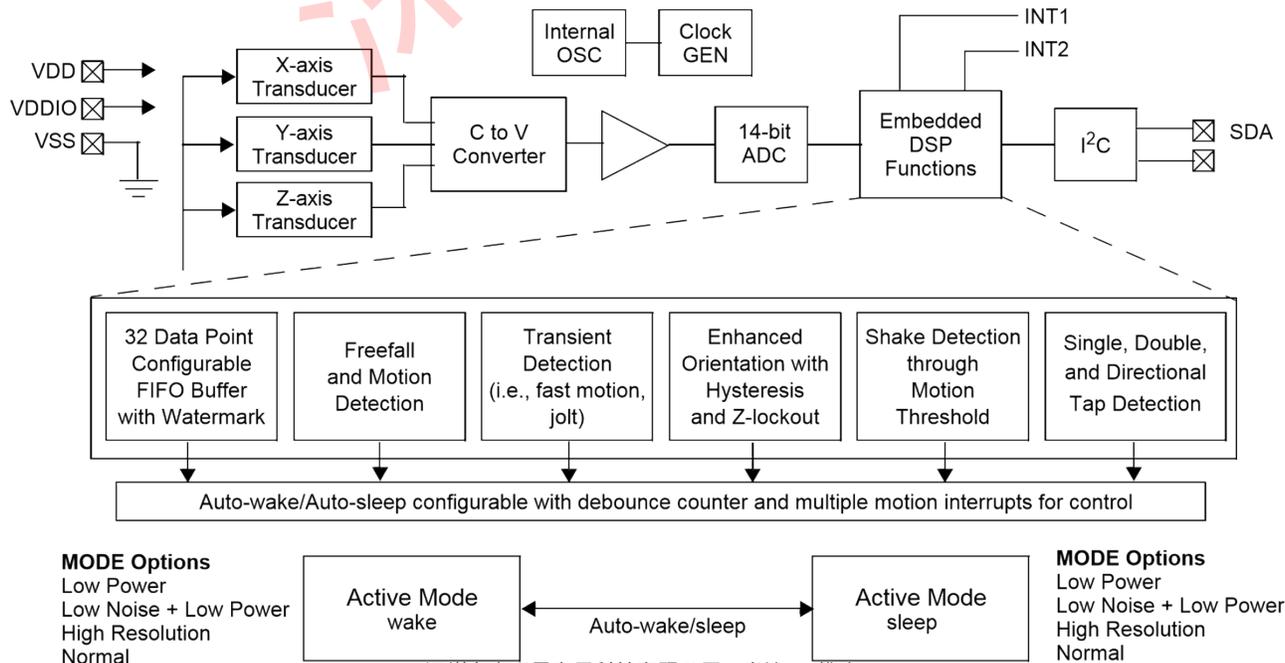


图 1. 方框图

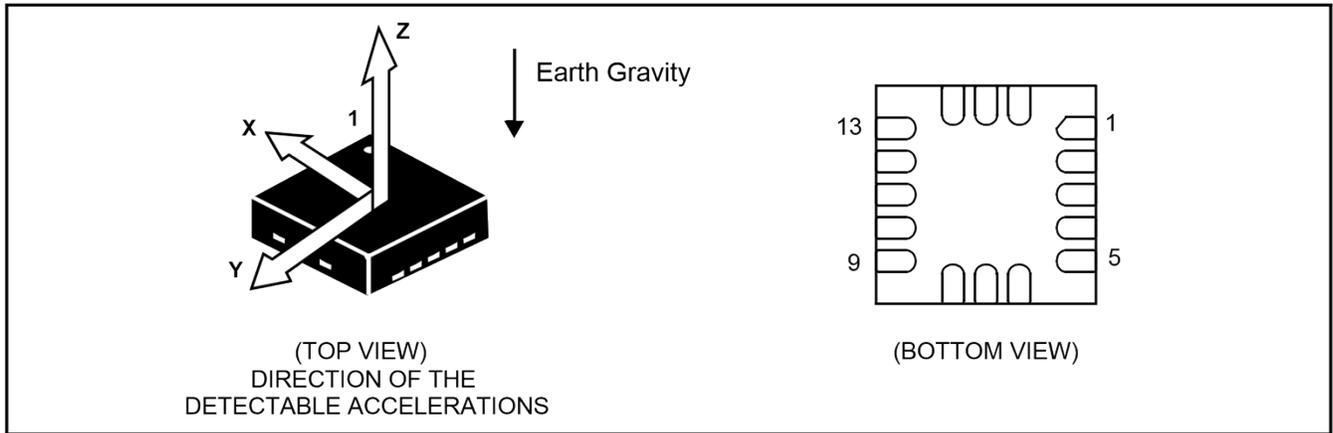


Figure 2. Direction of the detectable accelerations

MMA8451Q

Figure 3 shows the device configuration in the six different orientation modes. These orientations are defined as the following: PU = portrait up, LR = landscape right, PD = portrait down, LL = landscape left, back and front side views. There are several registers to configure the orientation detection and are described in detail in the register setting section.

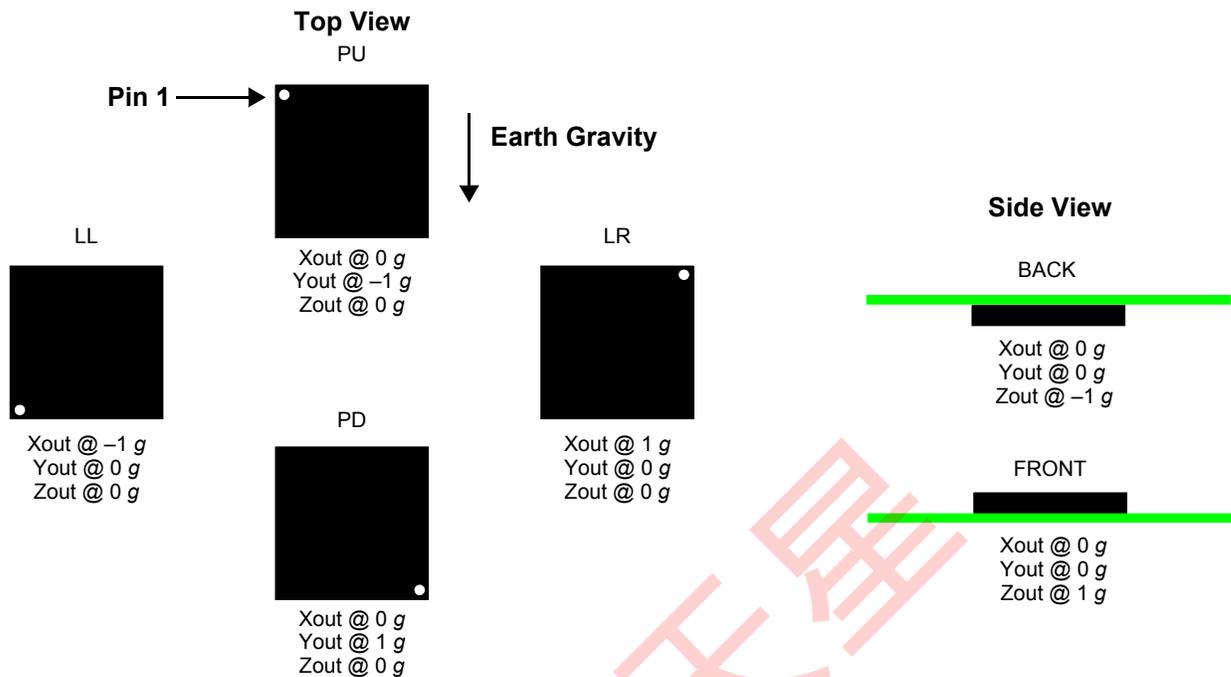


Figure 3. Landscape/portrait orientation

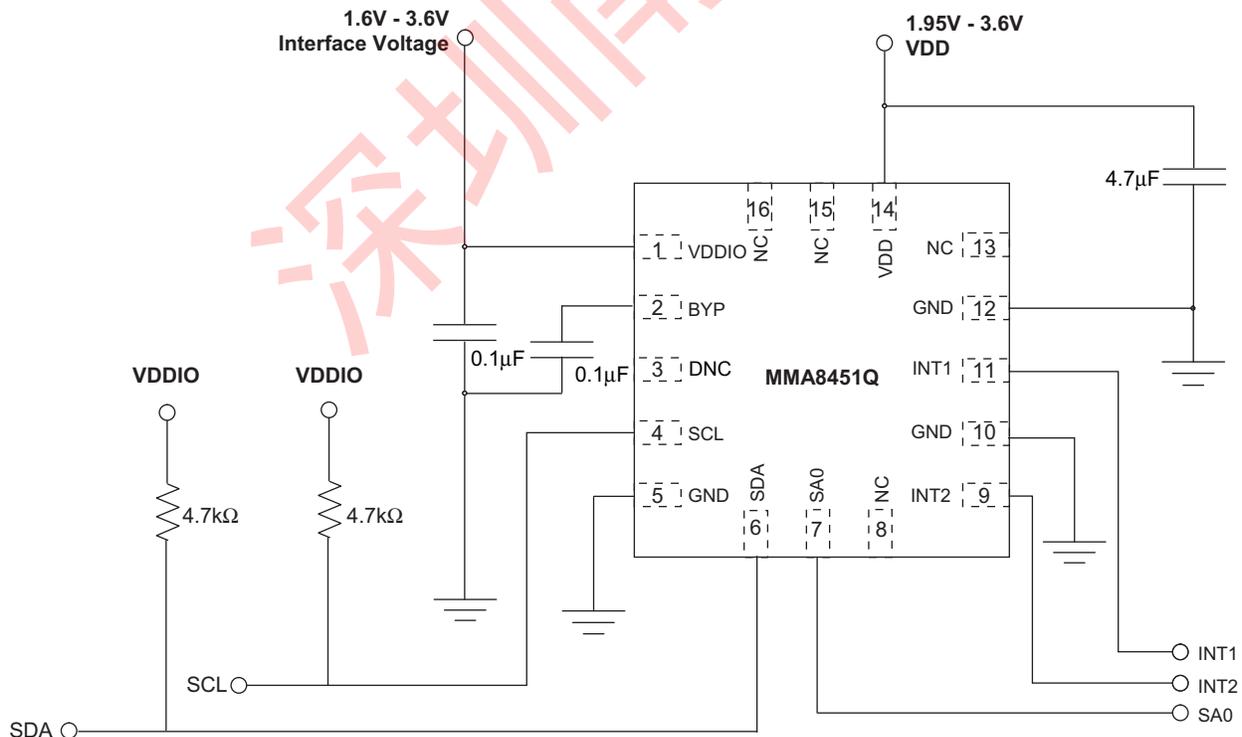


Figure 4. Application diagram

**Table 1. Pin description**

Pin #	Pin name	Description
1	VDDIO	Internal power supply (1.62 V to 3.6 V)
2	BYP	Bypass capacitor (0.1 $\mu$ F)
3	DNC	Do not connect to anything, leave pin isolated and floating.
4	SCL	I <sup>2</sup> C serial clock, open drain
5	GND	Connect to ground
6	SDA	I <sup>2</sup> C serial data
7	SA0	I <sup>2</sup> C least significant bit of the device I <sup>2</sup> C address, I <sup>2</sup> C 7-bit address = 0x1C (SA0 = 0), 0x1D (SA0 = 1).
8	NC	Internally not connected
9	INT2	Inertial interrupt 2, output pin
10	GND	Connect to ground
11	INT1	Inertial interrupt 1, output pin
12	GND	Connect to ground
13	NC	Internally not connected
14	VDD	Power supply (1.95 V to 3.6 V)
15	NC	Internally not connected
16	NC	Internally not connected (can be GND or VDD)

The device power is supplied through VDD line. Power supply decoupling capacitors (100 nF ceramic plus 4.7  $\mu$ F bulk, or a single 4.7  $\mu$ F ceramic) should be placed as near as possible to the pins 1 and 14 of the device.

The control signals SCL, SDA, and SA0 are not tolerant of voltages more than VDDIO + 0.3 V. If VDDIO is removed, the control signals SCL, SDA, and SA0 will clamp any logic signals with their internal ESD protection diodes.

The functions, the threshold and the timing of the two interrupt pins (INT1 and INT2) are user programmable through the I<sup>2</sup>C interface. The SDA and SCL I<sup>2</sup>C connections are open drain and therefore require a pullup resistor as shown in the application diagram in [Figure 4](#).

## 2 机械和电气规格

### 2.1 机械特性

表 2。除非另有说明，否则机械特性@ VDD = 2.5 V, VDDIO = 1.8 V, T = 25°C。

参数	测试条件	标志	分钟	类型	麦克斯	单位
测量范围 <sup>(1)</sup>	FS[1:0]设置为 00 2G 形式	FS	—	±2	—	G
	FS[1:0]设置为 01 4G 形式		—	±4	—	
	FS[1:0]设置为 10 8G 形式		—	±8	—	
敏感性	FS[1:0]设置为 00 2G 形式	如此	—	4096	—	计数/G
	FS[1:0]设置为 01 4G 形式		—	2048	—	
	FS[1:0]设置为 10 8G 形式		—	1024	—	
灵敏度精度 <sup>(2)</sup>	—	索阿	—	±2.64	—	%
灵敏度变化与温度	FS[1:0]设置为 00 2G 形式	TCS0	—	±0.008	—	% / °C
	FS[1:0]设置为 01 4G 形式		—		—	
	FS[1:0]设置为 10 8G 形式		—		—	
零-G 水平偏移精度 <sup>(3)</sup>	FS[1:0] 2G, 4G, 8G	TyOff	—	±17	—	毫克
零-G 水平偏移精度板后安装 <sup>(4)</sup>	FS[1:0] 2G, 4G, 8G	TyOffPBM	—	±20	—	毫克
零-G 水平变化与温度	—40°C 至 85°C	TCOff	—	±0.15	—	毫克 / °C
自测试输出变化 <sup>(5)</sup> 英语字母中的第二四个字母 第 25 个字母 罗马字母表第 26 个字母	FS[1:0]设置为 0 4G 形式	Vst	— — —	+181 +255 +1680	— — —	LSB
ODR 准确性 2MHz 时钟	—	—	—	±2	—	%
输出数据带宽	—	BW	ODR/3	—	ODR/2	赫兹

## 2.2

输出噪声	正常模式 ODR = 400 Hz	噪音	—	126	—	Mg/√赫兹
输出噪声低噪声模式 <sup>(1)</sup>	正常模式 ODR = 400 Hz	噪音	—	99	—	Mg/√赫兹
工作温度范围	—	顶部	-40	—	+85	°C

1. 动态范围限制为 4G 当寄存器 0x2A 中的低噪声位时，设置位 2。
2. 如上所述，灵敏度保持在规格中，但将过采样模式更改为低功耗会导致 3% 的灵敏度偏移。在正常、低噪声+低功耗或高分辨率模式下从 800 赫兹更改为任何其他数据速率时，也会看到这种行为。
3. 在板安装之前。
4. 板后安装偏移规格基于 8 层 PCB，相对于 25°C。
5. 自我测试只是一个方向。

6

### 电气特性

表 3。除非另有说明，否则电气特性@ VDD = 2.5 V, VDDIO = 1.8 V, T = 25°C。

参数	测试条件	标志	分钟	类型	麦克斯	单位
电源电压	—	VDD (1)	1.95	2.5	3.6	V
接口电源电压	—	VDDIO (1)	1.62	1.8	3.6	V
低功耗模式	ODR = 1.56 赫兹	我女儿 LP	—	6	—	M 罗马字母的第一个字母
	ODR = 6.25 赫兹		—	6	—	
	ODR = 12.5 赫兹		—	6	—	
	ODR = 50 赫兹		—	14	—	
	ODR = 100 赫兹		—	24	—	
	ODR = 200 赫兹		—	44	—	
	ODR = 400 赫兹		—	85	—	
	ODR = 800 赫兹		—	165	—	
正常模式	ODR = 1.56 赫兹	我女儿	—	24	—	M 罗马字母的第一个字母
	ODR = 6.25 赫兹		—	24	—	
	ODR = 12.5 赫兹		—	24	—	
	ODR = 50 赫兹		—	24	—	
	ODR = 100 赫兹		—	44	—	
	ODR = 200 赫兹		—	85	—	
	ODR = 400 赫兹		—	165	—	
	ODR = 800 赫兹		—	165	—	

## 2.3

启动序列期间的电流，使用推荐的旁路帽的最大持续时间为 0.5 毫秒	VDD = 2.5 V	ldd 靴子	—	—	1	妈
BYP 引脚上的电容器值	-40 °C 至 85°C	便帽	75	100	470	nF
待机模式电流@25°C	VDD = 2.5 V, VDDIO = 1.8 V, 待机模式	我女儿斯特比	—	1.8	5	M 罗马字母的第一个字母
数字高电平输入电压 SCL, SDA, SA0	—	VIH	0.75*VDDIO	—	—	V
数字低电平输入电压 SCL, SDA, SA0	—	维尔	—	—	0.3*VDDIO	V
高电平输出电压 INT1, INT2	我字母o= 500M 罗马字母的第一个字母	VOH	0.9*VDDIO	—	—	V
低电平输出电压 INT1, INT2	我字母o= 500M 罗马字母的第一个字母	卷	—	—	0.1*VDDIO	V
低电平输出电压 SDA	我字母o= 500M 罗马字母的第一个字母	VOLS	—	—	0.1*VDDIO	V
开机坡道时间	—	—	0.001	—	1000	女士
启动时间	—	Tbt	—	350	500	Ms
开机时间	从待机模式到活动模式获取有效数据的时间。	吨 1	—	2/ODR + 1 毫秒		—
开机时间	从施加的有效电压中获取有效数据的时间。	吨 2	—	2/ODR + 2 毫秒		—
工作温度范围	—	顶部	-40	—	+85	°C

1. 不需要电源排序。VDDIO 输入电压可以高于 VDD 输入电压。

MMA8451Q

传感器

NXP 半导体 N.V.

7

### 我<sup>2</sup>C 接口特性

表 4. 我<sup>2</sup>C 从属时序值<sup>(1)</sup>

参数	标志	我 <sup>2</sup> C 快速模式		单位
		分钟	麦克斯	
SCL 时钟频率	第六个罗马字母 SCL	0	400	千赫

MMA8451Q

## 2.4

停车和启动条件之间的无总线时间	字母 TBUF	1.3	—	M 罗马字母的第十九个
(重复) 开始保留时间	字母 T 高消; STA	0.6	—	M 罗马字母的第十九个
重复启动设置时间	字母 TSU;STA	0.6	—	M 罗马字母的第十九个
停止条件设置时间	字母 TSU;STO	0.6	—	M 罗马字母的第十九个
SDA 数据保留时间	字母 THD;DAT	0.05	0.9 (2)	M 罗马字母的第十九个
SDA 设置时间	字母 TSU;DAT	100	—	Ns
SCL 时钟低时间	字母 T 低	1.3	—	M 罗马字母的第十九个
SCL 时钟高时间	字母 T 高中	0.6	—	M 罗马字母的第十九个
SDA 和 SCL 上升时间	字母 T 字母 R	$20 + 0.1 C_{\text{字母 b}}^{(3)}$	300	Ns
SDA 和 SCL 秋季时间	字母 T 第六个罗马字母	$20 + 0.1 C_{\text{字母 b}}^{(3)}$	300	Ns
SDA 有效时间 <sup>(4)</sup>	字母 TVD;DAT	—	0.9 (2)	M 罗马字母的第十九个
SDA 有效确认时间 <sup>(5)</sup>	字母 TVD;ACK	—	0.9 (2)	M 罗马字母的第十九个
SDA 和 SCL 上必须抑制的尖峰的脉冲宽度 内部输入过滤器	字母 TSP	0	50	Ns
每条公交线路的电容负载	Cb	—	400	pF

1.所有值都提到  $V_{IH}$  (分钟) (0.3 V<sub>女儿</sub>) 和  $V_{IL}$  (最大) (0.7 V<sub>女儿</sub>) 水平。

2.该设备不会延长低周期 ( $t_{\text{低}}$ ) 的 SCL 信号。

3.字母 C<sub>字母 b</sub> = 一条公交线路的总电容 (以 pF 为单位)。

4. $t_{\text{VD;DAT}}$  = 数据信号从 SCL 低到 SDA 输出的时间 (高或低, 取决于哪个更差)。

5. $t_{\text{VD;ACK}}$  = 从 SCL 低到 SDA 输出的确认信号的时间 (高或低, 取决于哪个更差)。

## 2.5

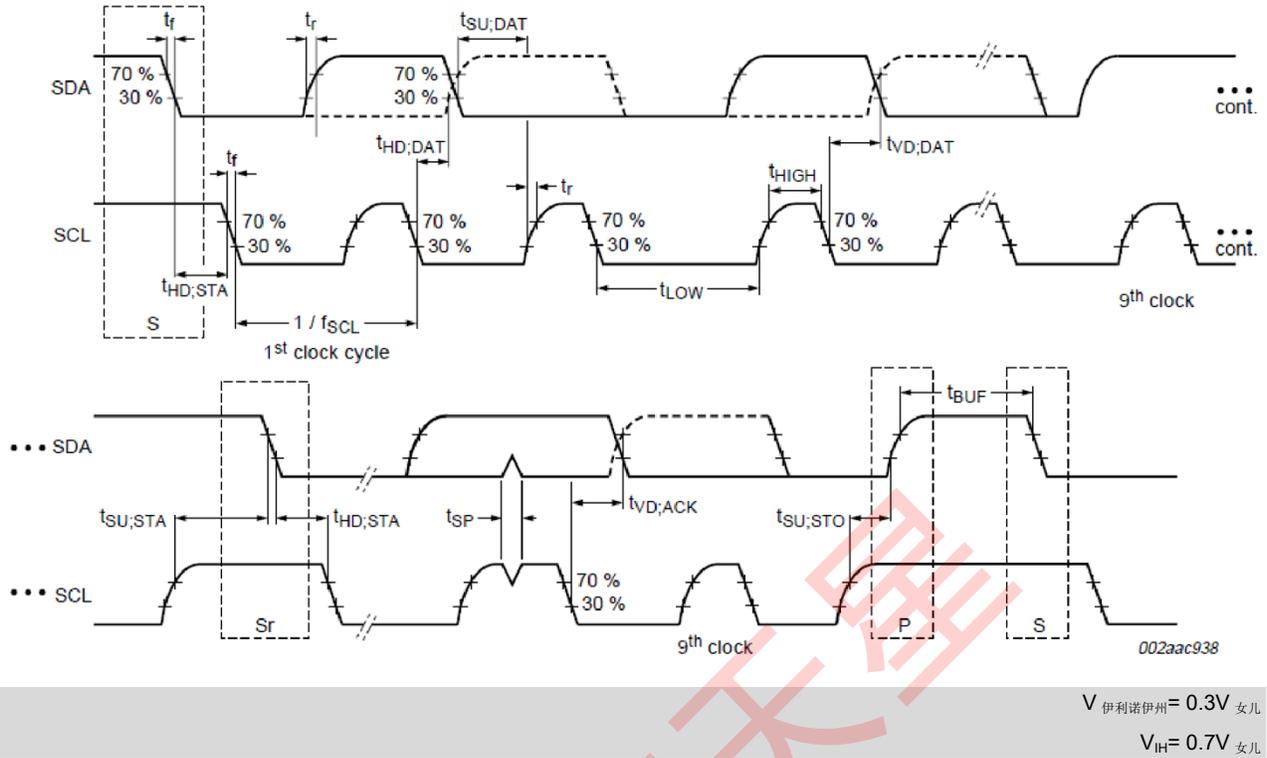


图 5. 我<sup>2</sup>C 从属时序图

8

### 绝对最高评分

高于列出的重音*绝对最高评分*可能会对设备造成永久性损坏。长时间暴露在最大额定条件下可能会影响设备的可靠性。

表 5. 最高评分

评分	标志	价值	单位
最大加速度 (所有轴, 100MS)	G 最大	5,000	G
电源电压	VDD	-0.3 到 + 3.6	V
任何控制引脚 (SA0、SCL、SDA) 上的输入电压	葡萄酒	-0.3 到 VDDIO + 0.3	V
跌落测试	D 点滴	1.8	罗马字母的第十三个字母

MMA8451Q

## 2.6

工作温度范围	字母 T 手术	-40 到+85	°C
存储温度范围	字母 TSTG	-40 到+125	°C

**注意：** 不建议进行超声波清洗。传感元件可能会被超声波清洗过程损坏。

**表 6. ESD 和闩锁保护特性**



评分	标志	价值	单位
人体模型	HBM	±2000	V
机器模型	毫米	±200	V
充电设备型号	CDM	±500	V
T = 85°C 时的锁锁电流	—	±100	妈

该设备对机械冲击很敏感。处理不当可能会导致部件永久损坏或导致部件出现故障。

该设备对 ESD 敏感，处理不当会对部件造成永久性损坏。

深圳南天星

## 3 专门用语

### 3.1 敏感性

灵敏度以计数表示/G。在 2G 模式灵敏度为 4096 计数/G。在 4G 模式灵敏度为 2048 计数/G 在 8G 模式灵敏度为 1024 计数/G。

### 3.2 零-G 抵消

零-G 偏移 (TyOff) 描述了如果传感器是静止的, 实际输出信号与理想输出信号的偏差。静止在水平表面上的传感器将测量 0G 在 X 轴和 0G 在 Y 轴中, 而 Z 轴将测量 1G。输出最好位于传感器动态范围的中间 (OUT 寄存器 0x00 的内容, 数据表示为 2 的补数)。在这种情况下, 偏离理想值被称为零-G 抵消。偏移量在某种程度上是 MEMS 传感器应力的结果, 因此在将传感器安装在印刷电路板上或将其暴露在广泛的机械应力下后, 偏移可能会略有变化。

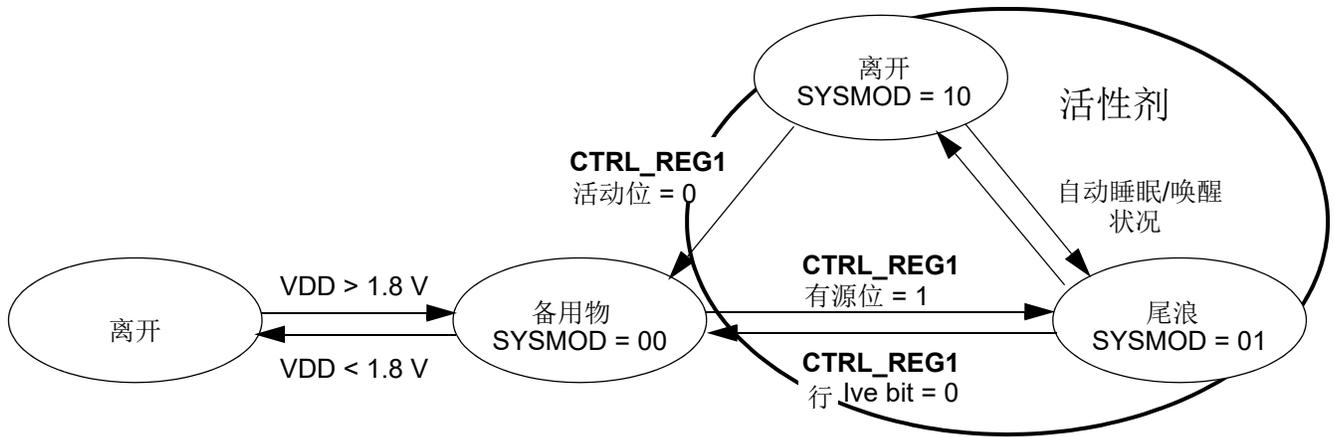
### 3.3 进行自我测试

自我测试在没有外部机械刺激的情况下检查传感器的功能。当自我测试被激活时, 对传感器施加静电驱动力, 模拟小加速度。在这种情况下, 传感器输出将显示一个 cha 在他们的直流电平中, 通过设备灵敏度与选定的全刻度相关。当自我测试被激活时, 设备输出电平由作用在传感器上的加速度和 t 产生的信号的代数和给出静电测试力。

深圳南天星

MMA8451Q

## 4 系统模式 (SYSMOD)



数字 6. 模式过渡图

表 7. 操作模式描述

形式	我 <sup>2</sup> C 巴士状态	VDD	功能描述
离开	关闭	< 1.8 V VDDIO 可以是 > VDD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 设备已关机</li> <li>• 所有模拟和数字块都关闭了</li> <li>• 我<sup>2</sup>C 总线抑制</li> </ul>
备用物	我 <sup>2</sup> C 通信是可能的	> 1.8 V	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 只有数字块被启用 Analog 子系统已禁用</li> <li>• 禁用内部时钟</li> <li>• 可读/写注册</li> <li>• 设备配置为待机模式。</li> </ul>
主动 (唤醒/睡眠)	我 <sup>2</sup> C 通信是可能的	> 1.8 V	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 所有块都已启用 (数字、模拟)。</li> </ul>

从活动模式过渡到待机模式时，所有寄存器内容都会被保留。一些寄存器在从待机过渡到活动时重置。这些都在设备内存地图寄存器表中注明。睡眠和唤醒模式是活动模式。有关如何使用睡眠和唤醒模式以及如何在这些模式之间切换的更多信息，请参阅本文档的功能部分。

## 5 实用性

MMA8451Q 是一款低功耗、数字输出、3 轴线性加速度计，带有 I<sup>2</sup>C 接口和嵌入式逻辑用于检测事件，并在中断线上通知外部微处理器。该功能包括以下内容：

- 8 位或 14 位数据、高通滤波数据、8 位或 14 位可配置 32 样本 FIFO
- 根据应用要求，在分辨率和当前消耗之间妥协的四个不同的过采样选项
- 额外的低噪声模式，独立于过采样模式工作，以获得更高的分辨率
- 低功耗和自动唤醒/睡眠模式，以节省当前消耗
- 单次/双击，带定向信息，一个通道
- 带有定向信息的运动检测或一个通道自由落体
- 基于高通滤波器和可设置阈值的瞬态/震动检测，用于检测具有方向信息一通道的阈值以上加速度变化
- 灵活的用户可配置的肖像横向检测算法，解决了屏幕定向的许多用例

所有功能都在 2 中可用 G, 4G 或 8G 动态 ranges。有许多配置设置来启用所有不同的功能。提供了单独的应用程序说明，以帮助为每个嵌入式功能配置设备。表 8. MMA845xQ 设备的特点

功能列表	MMA8451Q	MMA8452Q	MMA8453Q
数字分辨率 (位)	14	12	10
数字灵敏度 (计数/G)	4096	1024	256
数据就绪中断	是	是	是
单脉冲中断	是	是	是
双脉冲中断	是	是	是
定向脉冲中断	是	是	是
自动唤醒	是	是	是
自动睡眠	是	是	是
自由落体中断	是	是	是
32 级 FIFO	是	不是	不是
高通滤波器	是	是	是
低通滤镜	是	是	是
方位检测人像/景观=30°, 景观到人像=60°, 和固定 45°阈值	是	是	是
可编程方向检测	是	不是	不是
带方向的运动中断	是	是	是
使用高通滤波器进行瞬态检测	是	是	是
低功耗模式	是	是	是

## 5.1 设备校准

设备接口经过工厂对灵敏度和零-G 每个轴的偏移量。修剪值存储在非易失性存储器 (NVM) 中。开机时, 从 NPM 读取修剪参数并应用于电路。在正常使用中, 最终应用中不需要进一步校准。然而, MMA8451Q 允许用户调整零-G 开机后每个轴的偏移量, 更改默认偏移值。用户偏移调整存储在六个不稳定寄存器中。有关设备校准的更多信息, 请参阅 NXP 应用说明 AN4069。

## 5.2 8 位或 14 位数据

测量的加速度数据存储在 OUT\_X\_MSB、OUT\_X\_LSB、OUT\_Y\_MSB、OUT\_Y\_LSB、OUT\_Z\_MSB 和 OUT\_Z\_LSB 注册为 2 的补充 14 位数字。每个轴最重要的 8 位存储在 OUT\_X (Y, Z)\_MSB 中, 因此只需要 8 位结果的应用程序可以使用这三个寄存器并忽略 OUT\_X、Y、Z\_LSB。为此, 必须设置 CTRL\_REG1 中的 F\_READ 位。当 F\_READ 位被 cleared 时, 快速读取模式将被禁用。

当满刻度设置为 2 时 G, 测量范围是-2G 到+1.99975G, 每个计数对应于 1G/4096 (0.25 毫克) 14 位分辨率。当满刻度设置为 8 时 G, 测量范围是-8G 到+7.999G, 每个计数对应于 1G/1024 (0.98 mg), 14 位分辨率。如果只使用 8 位结果, 分辨率会降低 64 倍。有关数据格式和模式之间数据操作的更多信息, 请参阅 NXP 应用说明 AN4076。

## 5.3 内部 FIFO 资料缓冲區

MMA8451Q 包含一个 32 个样本的内部 FIFO 数据缓冲区, 最大限度地减少跨 I 的流量 2C 巴士。FIFO 还可以通过允许主机处理器/MCU 进入睡眠模式, 而加速度计独立存储数据, 每轴最多 32 个样本, 从而为系统节省电力。FIFO 可以以所有输出数据速率运行。那里有 th 访问完整的选项 14 位数据或仅用于访问 8 位数据。当访问速度比高分辨率更重要时, 8 位数据读取是一个更好的选择。

### MMA8451Q

FIFO 包含 F\_SETUP 寄存器 0x09 中描述的四中模式（填充缓冲区、循环缓冲区、触发器和禁用）。填充缓冲模式收集前 32 个样本，并在缓冲区已满且另一个样本到达时断言溢出标志。It dOes 在读取缓冲区之前不再收集任何数据。这有利于必须收集所有样本的数据记录应用程序。圆形缓冲区模式允许填充缓冲区，然后新数据替换缓冲区中最古老的样本。Mos 最近的 32 个样本将被存储在缓冲区中。这有利于处理器正在等待特定中断发出信号，即必须刷新数据才能分析事件的情况。触发模式将保持最后一个数据到以下点触发器发生，可以设置为在事件发生后保留可选择数量的样本。

MMA8451Q FIFO 缓冲区具有可配置的水印，允许在可配置数量的样本填充缓冲区（1 至 32）后触发处理器。

有关 FIFO 缓冲区的规格以及更具体的示例和应用优势的详细信息，请参阅 NXP 应用说明 AN4073。

## 5.4 低功耗模式与高分辨率模式

MMA8451Q 可以针对低功耗模式或更高分辨率的输出数据进行优化。通过在寄存器 0x2A 中设置 LNOISE 位来实现高分辨率。这提高了分辨率，但请注意动态范围限制为 4G 当这个位设置时。这将影响所有内部功能并减少噪音。提高数据分辨率的另一种方法是过度采样。当 MODS = 10 在寄存器 0x2B 中激活时，数据的过度采样方案之一可以激活，这会使我只提高输出数据的分辨率。最高分辨率在 1.56 赫兹时实现。

低功耗和高分辨率之间有权衡。当过采样率降低时，可以实现低功率。当 MODS = 11 或采样率设置为 1.56 Hz 时，可以实现最低功率。有关如何配置的更多信息低功耗模式或高分辨率模式下的 MMA8451Q，为了实现其优势，请参阅 NXP 应用说明 AN4075。

## 5.5 自动唤醒/睡眠模式

MMA8451Q 可以配置为根据设备的四个中断功能在采样速率（及其各自的电流消耗）之间转换。使用自动唤醒/睡眠的优点是系统可以自动过渡需要时使用更高的采样率（更高的电流消耗），但当设备不需要更高的采样率时，大部分时间都花在睡眠模式（低电流）。自动唤醒是指由其中一个 int 触发的设备中断功能以过渡到更高的采样率。这也可能会中断处理器从睡眠模式过渡到更高功率模式。

睡眠模式发生在加速度计没有检测到中断超过用户可定义的超时期间之后。该设备将过渡到指定的较低采样率。它也可能提醒处理器进入低功耗模式以节省在这个不活动期间的当前。

可以将设备从睡眠中唤醒的中断如下：点击检测、方向检测、运动/自由落体和瞬态检测。如果设置了 FIFO 门位，FIFO 可以配置为将数据保存在缓冲区中，直到它被刷新在寄存器 0x2C 中，但 FIFO 无法将设备从睡眠中唤醒。

可以防止设备入睡的中断与添加 FIFO 后可以唤醒设备的中断相同。如果启用了 FIFO 中断，并且正在为中断服务持续访问数据，那么设备将保持唤醒模式。有关自动唤醒/睡眠的更多详细信息，请参阅 AN4074。

## 5.6 自由落体和运动检测

MMA8451Q 具有灵活的中断架构，用于检测自由落体或运动。在设定的阈值必须小于配置的阈值时，可以启用自由落体，或者在设定的阈值必须大于阈值的地方可以启用运动。运动配置可以选择启用或禁用高通滤波器，以消除倾斜数据（静态偏移）。自由落体不使用高通滤波器。有关特定应用的自由落体和运动检测的详细信息 n 示例和推荐的配置设置，请参阅 NXP 应用说明 AN4070。

### 5.6.1 自由落体检测

检测自由落体涉及监测 X 轴、Y 轴和 Z 轴，以监测在用户可定义的时间内加速度幅度低于用户指定的阈值的情况。通常，可用的阈值在 ±100 毫克和 ±500 毫克。

### 5.6.2 运动检测

Motion 通常用于简单地提醒主处理器设备当前正在使用。当加速度超过设定的阈值时，会断言运动中断。运动可以是快速移动的摇晃，也可以是缓慢移动的倾斜。这将取决于为事件配置的阈值和时间值。运动检测功能可以分析静态加速度变化或更快的颠簸。例如，为了检测一个物体正在旋转，所有三个轴都将启用阈值检测 >2G。这种情况至少需要发生 100 毫秒，以确保事件不仅仅是噪音。计时值由可配置的反弹计数器设置。反弹计数器就像一个过滤器，以确定可配置的时间集是否存在条件（i.e., 100 毫秒或更长时间）。源寄存器中还有方向数据可用于检测运动方向。这对于定向抖动或轻弹等应用程序很有用，这有助于算法各种手势检测。

## 5.7 瞬态检测

MMA8451Q 内置高通滤波器。加速数据通过高通滤波器，消除了偏移（DC）和低频。高通滤波器截止频率可由用户设置为四个不同的频率，这些频率取决于  $nt$  输出数据速率（ODR）。更高的截止频率确保直流数据或较慢的移动数据将被过滤掉，只允许较高的频率通过。嵌入式瞬态检测功能使用高通滤波数据，允许 E 用户设置阈值和反弹计数器。通过绕过高通滤波器，瞬态检测功能可以以与运动检测相同的方式使用。配置寄存器中有一个选项可以做到这一点。这增加了更多的灵活性涵盖各种客户用例。

许多应用使用加速度计的静态加速度读数（即倾斜），仅测量重力导致的加速度变化。这些功能受益于使用低通滤波器过滤加速数据，其中高频数据被视为噪声。然而，有许多功能使加速度计必须分析动态加速度。敲击、轻弹、摇晃和步数等功能是基于对加速度变化的分析。解释起来更简单当静态组件被移除时，这些功能依赖于动态加速数据。瞬态检测功能可以通过 CTRL\_REG5 寄存器（0x2E）中的位 5 路由到任一中断引脚。0x1D 到 0x20 的寄存器是专用的瞬态检测配置寄存器。源寄存器包含方向数据，用于确定加速度的方向，无论是正的还是负的。有关嵌入式瞬态检测功能的优点以及说明的详细信息 ific 应用程序示例和推荐的配置设置，请参阅 NXP 应用程序说明 AN4071。

## 5.8 点击检测

MMA8451Q 嵌入了单/双和定向抽头检测。此功能具有各种自定义计时器，用于设置脉冲时间宽度和脉冲之间的延迟时间。所有三个轴都有可编程的阈值。水龙头检测 N 可以配置为通过高通滤波器运行，也可以通过低通滤波器运行，这提供了更多定制和可调性的水龙头检测方案。状态寄存器提供关于检测到事件的轴和方向的更新水龙头。有关如何配置设备进行点击检测的更多信息，请参阅 NXP 应用程序说明 AN4072。

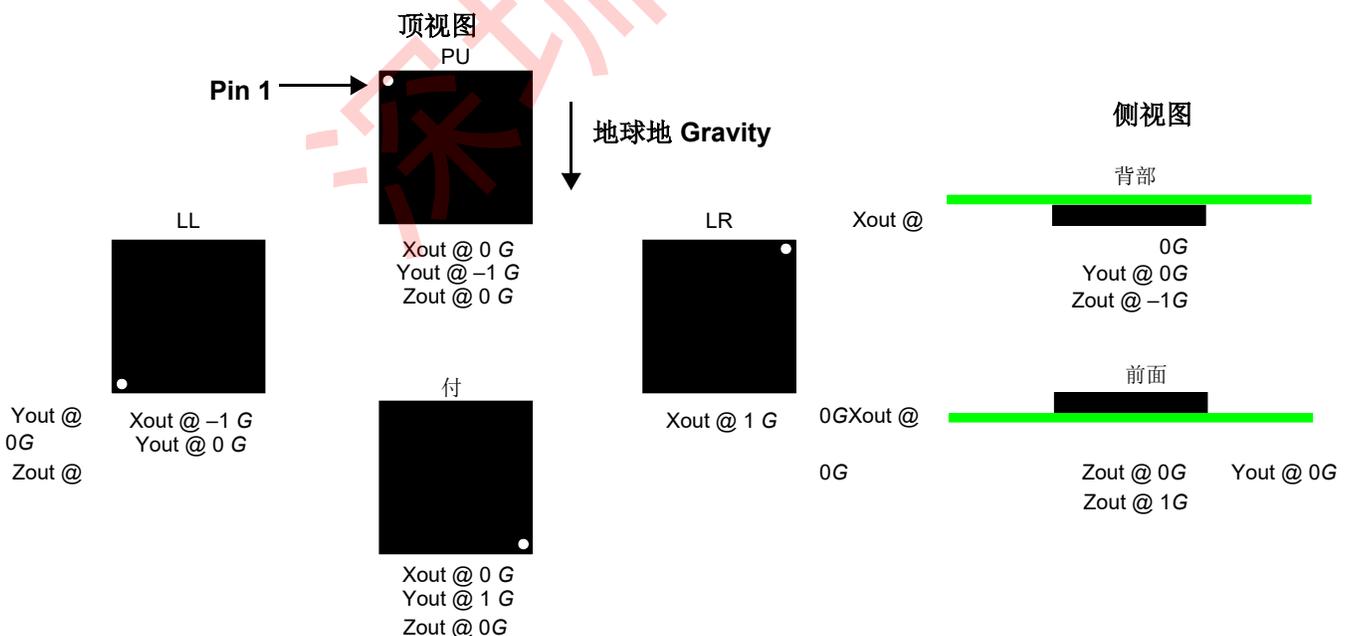
## 5.9 Orientation Detection

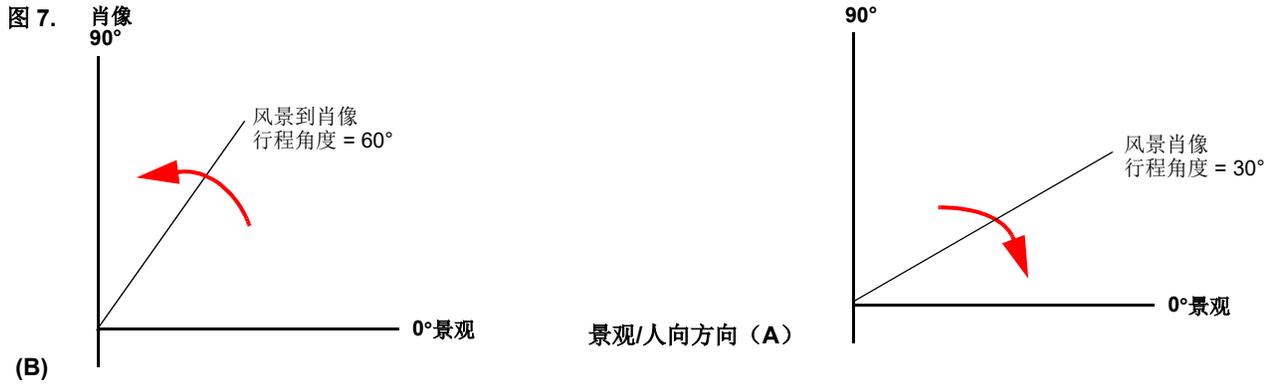
MMA8451Q 集成了用于定向检测的高级算法（能够检测所有六个方向），具有可配置的行程点。嵌入式算法允许选择具有所需滞后值的中点。

MMA8451Q 定向检测算法通过可配置的 Z 锁定角度确认了该功能的可靠性。基于线性加速度计的已知功能，不可能围绕 Z 轴旋转设备来检测在缓慢的 angular 速度下加速。设备不再检测到方向变化的角度被称为...的 Z-lockout 角度。该设备从平坦位置向下工作到 14°。

有关方向检测功能的配置设置的更多信息，包括配置设备以支持各种应用用例的建议，请参阅 NXP 应用说明 AN4068。

图 8 显示了从风景到肖像（A），然后从肖像到风景（B）的旅行角度的定义。





肖像  
图 8. 景观到肖像过渡 (A) 和肖像到景观过渡 (B) 的插图

图 9 说明了 Z 角锁定区域。当将设备从平坦位置直立抬起时，它将处于活动状态，用于从平坦位置低至 14° 的方向检测。这是用户可配置的。默认角度为 29°，但可以设置为低至 14°。

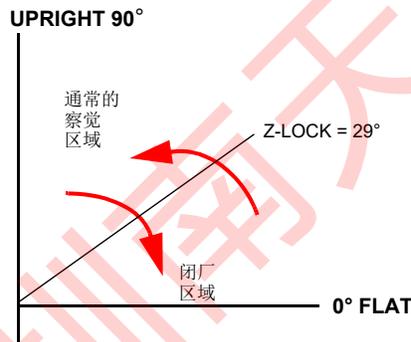
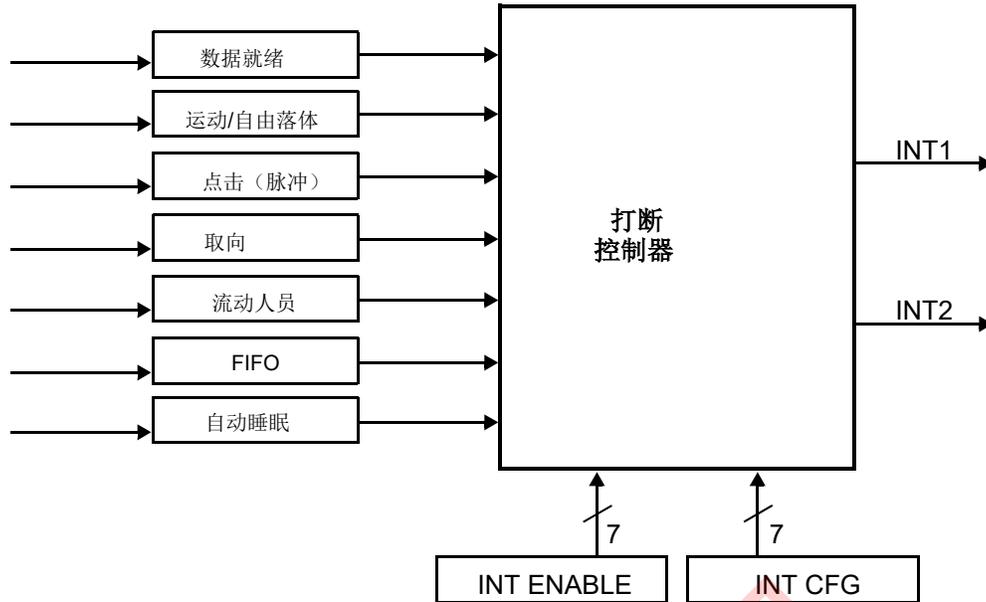


图 9. Z 倾斜角度锁定过渡的插图

## 5.10 中断寄存器

MMA8451Q 中有七个可配置的中断：数据就绪、运动/自由落体、点击（脉冲）、定向、瞬态、FIFO 和自动睡眠事件。这七个中断源可以路由到两个中断引脚中的一个。必须启用和配置中断源。如果由于检测到事件条件而断言事件标志，相应的中断引脚 INT1 或 INT2 将断言。



数字 10。系统中断生成框图

## 5.11 序列号 I<sup>2</sup>C 接口

加速数据可以通过 I 访问 I<sup>2</sup>C 接口，从而使该设备特别适合与微控制器直接接口。MMA8451Q 具有中断信号，指示何时可以使用一组新的测量加速度数据，从而简化数据同步 N 在使用该设备的数字系统中。MMA8451Q 还可以配置为根据设备的可编程嵌入式功能生成其他中断信号，用于运动、自由落体、瞬态、定向和敲击。

MMA8451Q 内嵌入的寄存器可以通过 I 访问 I<sup>2</sup>C 串行接口（表 9）。为了启用 I<sup>2</sup>C 接口，VDDIO 线路必须绑得很高（即与接口电源电压）。如果 VDD 不存在且 VDDIO 存在，则 MMA8451Q 处于关闭模式，并在 I 上进行通信 I<sup>2</sup>C 接口被忽略。The I<sup>2</sup>C 接口可用于其他 I 之间的通信 I<sup>2</sup>C 设备和 MMA8451Q 不会影响 I<sup>2</sup>C 巴士。

表 9。串行接口引脚描述

Pin name	Pin 描述
SCL	我 I <sup>2</sup> C 系列时钟
SDA	我 I <sup>2</sup> C 序列数据
SA0	我 I <sup>2</sup> C 设备地址的最小有效位

有两个信号与 I 相关联 I<sup>2</sup>C 总线：串行时钟线（SCL）和串行数据线（SDA）。后者是一条双向线路，用于向/从接口发送和接收数据。SDA 和 SCL 预计将使用连接到 VDDIO 的外部上拉电阻。当公交车有空时，两条线路都很高。The I<sup>2</sup>C 接口兼容快速模式（400 kHz）和正常模式（100 kHz）I<sup>2</sup>C 标准（表 4）。

### 5.11.1 我 I<sup>2</sup>C 操作

总线上的交易是通过启动条件（开始）信号开始的。启动条件被定义为数据线上的高到低过渡，而 SCL 线保持高。在主人传送启动后，公交车被认为是繁忙的。启动后传输的下一个数据字节包含前七位中的从属地址，第八位告诉主服务器是从从服务器接收数据还是向从从服务器传输数据。当发送地址时，t 中的每个设备系统将启动条件后的前七位与其地址进行比较。如果它们匹配，设备认为自己已由主服务器解决。在从属地址字节（以及随后的每个字节）之后的第 9 个时钟脉冲是确认（ACK）。发射器必须在 ACK 期间释放 SDA 线路。然后，接收器必须将数据线拉低，使其在确认时钟周期的高期间保持稳定的低点。

当 SCL 线高时，SDA 线上的低到高过渡被定义为停止条件（停止）。数据传输总是通过停止终止。主服务器也可能在数据传输过程中发出重复启动。MMA8451Q 期待重复开局用于从特定寄存器随机读取。

MMA8451Q 的标准从属地址是两个顺序地址 0011100 和 001101 之间的选择。选择分别由 SA0（引脚 7）输入的高逻辑水平和低逻辑水平进行。奴隶地址是工厂编程和交替的 Te 地址可应客户要求提供。该格式显示在表 10.表 10。我<sup>2</sup>C 地址选择表

从属地址 (SA0 = 0)	从属地址 (SA0 = 1)	评论
0011100 (0x1C)	0011101 (0x1D)	工厂默认

**单字节读取** MMA8451Q 有一个内部 ADC，可以根据要求采样、转换和返回传感器数据。传输一个 8 位命令从 SCL 的下降边缘开始。使用八个时钟周期发送命令后，请注意，一旦收到数据，返回的数据将首先与 MSB 一起发送。图 11 显示加速度计 8 位 I2C 读取操作的时序图。主（或 MCU）将启动条件（ST）传输到 MMA8451Q，从属地址（1D），R/W 位设置为“0”写信，MMA8451Q 发送确认。然后，主服务器（或 MCU）发送寄存器的地址进行读取，MMA8451Q 发送确认。主（或 MCU）传输重复启动条件（SR），然后解决 MMA8451Q（1D），R/W 位设置为“1”，以便从之前选择的寄存器读取。然后，从服务器确认并传输所请求的寄存器的数据。主机不承认（NAK）传输的数据，但传输一个停止条件离子结束数据传输。

### 多字节读取

当执行多字节读取或突发阅读，MMA8451Q 在收到读取命令后会自动 increment 收到的寄存器地址命令。因此，在遵循单个字节读取步骤后，可以在每个 MMA8451Q ac 之后从顺序寄存器中读取多个字节的数据收到知识（AK），直到主服务器发出不承认（NAK），然后是停止条件（SP），标志着传输结束。

### 单字节写入

要启动写命令，主服务器将启动条件（ST）传输到 MMA8451Q，从属地址（1D），R/W 位设置为写入为“0”，MMA8451Q 发送确认。然后主服务器（MCU）传输寄存器的地址来写入到，MMA8451Q 发送确认。然后，主服务器（或 MCU）传输 8 位数据以写入指定的寄存器，MMA8451Q 发送确认其已收到数据。由于这次传输已经完成，主 tr 对数据传输发出停止条件（SP）。发送到 MMA8451Q 的数据现在存储在适当的寄存器中。

### 多字节写入

MMA8451Q 在收到写入命令后会自动 increment 收到的寄存器地址命令。因此，在遵循单个字节写入步骤后，在收到每个 MMA8451Q 确认（ACK）后，可以将多个字节的数据写入顺序寄存器。

表 11. 我<sup>2</sup>C 设备地址序列

指挥权	[6:1]设备地址	[0] SA0	[6:0]设备地址	R/W	8 位最终值
读	001110	0	0x1C	1	0x39
写	001110	0	0x1C	0	0x38
读	001110	1	0x1D	1	0x3B
写	001110	1	0x1D	0	0x3A

### 我<sup>2</sup>C 数据序列图

#### <单字节读取>

圣人	设备地址[6:0]	罗马字母的第 23 个字母	注册地址[7:0]	球面度	设备地址[6:0]	字母 R	NAK	SP
----	-----------	---------------	-----------	-----	-----------	------	-----	----



## 6 注册说明

表 12. 注册地址图

名字	类型	注册地址	自动增量地址				默认选项	十六进制值	评论	
			FMODE = 0 F_READ = 0	FMODE > 0 F_READ = 0	FMODE = 0 F_READ = 1	FMODE > 0 F_READ = 1				
STATUS/F_STATUS <sup>(1)(2)</sup>	字母 R	0x00	0x01				00000000	0x00	FMODE = 0, 实时状态 FMODE > 0, FIFO 状态	
OUT_X_MSB <sup>(1)(2)</sup>	字母 R	0x01	0x02	0x01	0x03	0x01	输出信息	—	[7:0]是 14 位样本的八个 MSB。根指针指向 XYZ FIFO 数据。	
OUT_X_LSB <sup>(1)(2)</sup>	字母 R	0x02	0x03		0x00		输出信息	—	[7:2]是六个 14 位实时样本的 LSB	
OUT_Y_MSB <sup>(1)(2)</sup>	字母 R	0x03	0x04		0x05	0x00	输出信息	—	[7:0]是 8 个 14 位实时样本的 MSB	
OUT_Y_LSB <sup>(1)(2)</sup>	字母 R	0x04	0x05		0x00		输出信息	—	[7:2]是六个 14 位实时样本的 LSB	
OUT_Z_MSB <sup>(1)(2)</sup>	字母 R	0x05	0x06		0x00		输出信息	—	[7:0]是 8 个 14 位实时样本的 MSB	
OUT_Z_LSB <sup>(1)(2)</sup>	字母 R	0x06	0x00				输出信息	—	[7:2]是六个 14 位实时样本的 LSB	
矜持的	字母 R	0x07	—	—	—	—	—	—	保留。读取返回 0x00。	
矜持的	字母 R	0x08	—	—	—	—	—	—	保留。读取返回 0x00。	
F_SETUP <sup>(1)(3)</sup>	R/W	0x09	0x0A				00000000	0x00	FIFO 设置	
TRIG_CFG <sup>(1)(4)</sup>	R/W	0x0A	0x0B				00000000	0x00	FIFO 数据捕获事件地图	
SYSMOD <sup>(1)(2)</sup>	字母 R	0x0B	0x0C				00000000	0x00	当前系统模式	
INT_SOURCE <sup>(1)(2)</sup>	字母 R	0x0C	0x0D				00000000	0x00	中断状态	
WHO_AM_I <sup>(1)</sup>	字母 R	0x0D	0x0E				00011010	0x1A	设备 ID (0x1A)	
XYZ_DATA_CFG <sup>(1)(4)</sup>	R/W	0x0E	0x0F				00000000	0x00	动态范围设置	
HP_FILTER_CUTOFF <sup>(1)(4)</sup>	R/W	0x0F	0x10				00000000	0x00	截止频率设置为 16Hz @ 800 赫兹	
PL_STATUS <sup>(1)(2)</sup>	字母 R	0x10	0x11				00000000	0x00	景观/人景定位状态	
PL_CFG <sup>(1)(4)</sup>	R/W	0x11	0x12				10000000	0x80	景观/人形配置。	
PL_COUNT <sup>(1)(3)</sup>	R/W	0x12	0x13				00000000	0x00	景观/人景反弹计数器	
PL_BF_ZCOMP <sup>(1)(4)</sup>	R/W	0x13	0x14				01000100	0x44	后/前, Z 锁行程阈值	
P_L_THS_REG <sup>(1)(4)</sup>	R/W	0x14	0x15				10000100	0x84	风景旅行角度的肖像是 29°	

FF_MT_CFG <sup>(1)(4)</sup>	R/W	0x15	0x16				00000000	0x00	自由落体/运动功能块配置
FF_MT_SRC <sup>(1)(2)</sup>	字母R	0x16	0x17				00000000	0x00	自由落体/运动事件源注册
FF_MT_THS <sup>(1)(3)</sup>	R/W	0x17	0x18				00000000	0x00	自由落体/运动门槛寄存器
FF_MT_COUNT <sup>(1)(3)</sup>	R/W	0x18	0x19				00000000	0x00	自由落体/运动反弹计数器
矜持的	字母R	0x19	—	—	—	—	—	保留。读取返回 0x00。	
矜持的	字母R	0x1A	—	—	—	—	—	保留。读取返回 0x00。	
矜持的	字母R	0x1B	—	—	—	—	—	保留。读取返回 0x00。	
矜持的	字母R	0x1C	—	—	—	—	—	保留。读取返回 0x00。	
TRANSIENT_CFG <sup>(1)(4)</sup>	R/W	0x1D	0x1E				00000000	0x00	瞬态功能块配置
TransIENT_SCR <sup>(1)(2)</sup>	字母R	0x1E	0x1F				00000000	0x00	瞬态事件状态登记册
TRANSIENT_THS <sup>(1)(3)</sup>	R/W	0x1F	0x20				00000000	0x00	瞬态事件阈值
TRANSIENT_COUNT <sup>(1)(3)</sup>	R/W	0x20	0x21				00000000	0x00	瞬态反弹计数器

表 12. 注册地址图 (续)

名字	类型	注册地址	自动增量地址				默认选项	十六面值	评论
			FMODE = 0 F_READ = 0	FMODE > 0 F_READ = 0	FMODE = 0 F_READ = 1	FMODE > 0 F_READ = 1			
脉冲_CFG (1) (4)	R/W	0x21	0x22				00000000 0	0x00	ELE、double_XYZ 或 single_XYZ
脉冲_SRC (1) (2)	字母 R	0x22	0x23				00000000 0	0x00	EA, double_XYZ 或 single_XYZ
脉冲_THSX (1) (3)	R/W	0x23	0x24				00000000 0	0x00	X 脉冲阈值
脉冲_THSY (1) (3)	R/W	0x24	0x25				00000000 0	0x00	Y 脉冲阈值
脉冲_THSZ (1) (3)	R/W	0x25	0x26				00000000 0	0x00	Z 脉冲阈值
脉冲_TMLT (1) (4)	R/W	0x26	0x27				00000000 0	0x00	脉冲时间限制
脉冲_LTCY (1) (4)	R/W	0x27	0x28				00000000 0	0x00	2 的延迟时间脉冲
脉搏_风 (1) (4)	R/W	0x28	0x29				00000000 0	0x00	第二个脉冲的窗口时间
ASLP_计数 (1) (4)	R/W	0x29	0x2A				00000000 0	0x00	自动睡眠的计数器设置
CTRL_REG1 (1) (4)	R/W	0x2A	0x2B				00000000 0	0x00	ODR = 800 Hz, 待机模式。
CTRL_REG2 (1) (4)	R/W	0x2B	0x2C				00000000 0	0x00	睡眠启用, 操作系统模式, RST, ST
CTRL_REG3 (1) (4)	R/W	0x2C	0x2D				00000000 0	0x00	从睡眠中醒来, 国际刑警组织, PP_OD
CTRL_REG4 (1) (4)	R/W	0x2D	0x2E				00000000 0	0x00	中断启用寄存器
CTRL_REG5 (1) (4)	R/W	0x2E	0x2F				00000000 0	0x00	中断引脚 (INT1/INT2) 地图
关闭_X (1) (4)	R/W	0x2F	0x30				00000000 0	0x00	X 轴偏移调整
关闭_Y (1) (4)	R/W	0x30	0x31				00000000 0	0x00	Y 轴偏移调整
关闭_Z (1) (4)	R/W	0x31	0x0D				00000000 0	0x00	Z 轴偏移调整
保留 (不修改)		0x40 – 7F	—				—	—	保留。读取返回 0x00。

1. 当从活动模式过渡到备用模式时, 寄存器内容将被保留。
2. 当从待机模式过渡到活动模式时, 寄存器内容会重置。
3. 寄存器内容可以随时在待机或活动模式下进行修改。写入此寄存器将导致相应内部系统反弹计数器的重置。
4. 除 CTRL\_REG1 活动位和 CTRL\_REG2 RST 位外, 只有当设备处于待机模式时, 才能修改此寄存器的内容。

**笔记:** 不是简单增量的自动增量地址在**大胆的**。仅当使用 i 读取设备寄存器时, 才启用自动增量寻址 2C 突发读取模式。因此, 每当检测到停止位时, 自动增量地址的内部存储都会被清除。

## 6.1 数据寄存器

以下是 MMA8451Q 的数据寄存器。有关 MMA8451Q 数据操作的更多信息, 请参阅应用说明, AN4076。

当在寄存器 0x09 (F\_SETUP) 中找到 F\_MODE 位时, 位 7 和 6 都被清除 (FIFO 未打开)。注册表 0x00 反映了 X、Y 和 Z 样本数据的实时状态信息。当 F\_MODE 值大于零时, FIFO 是打开的 (在填充、循环或触发模式)。在这种情况下, 寄存器 0x00 将反映 FIFO 的状态。预计当 FIFO 打开时, 用户将从寄存器 0x01 (X\_MSB) 访问 14 位或 8 位数据的数据。当访问设置了 F\_READ 位 (寄存器 0x2A) 的 8 位数据, 该数据修改了自动增量以跳过 LSB 数据。当 F\_READ 位被清除时, 14 位数据被读取, 依次访问所有六个字节 (X\_MSB、X\_LSB、Y\_MSB、Y\_LSB、Z\_MSB、Z\_LSB)。F\_MODE = 00: 0x00 状态: 数据状态寄存器 (只读)

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
ZYXOW	ZOW	哟	XOW	ZYXDR	ZDR	YDR	XDR

表 13. 状态描述

字段	描述
ZYXOW	X、Y、Z 轴数据覆盖。默认值：0 0：没有发生数据覆盖 1：之前的 X、Y 或 Z 数据在读取之前被新的 X、Y 或 Z 数据覆盖

表 13. 状态描述 (续)

字段	描述
ZOW	Z 轴数据覆盖。默认值：0 0：没有发生数据覆盖 1：以前的 Z 轴数据在读取之前被新的 Z 轴数据覆盖了
哟	Y 轴数据覆盖。默认值：0 0：没有发生数据覆盖 1：以前的 Y 轴数据在读取之前被新的 Y 轴数据覆盖
XOW	X 轴数据覆盖。默认值：0 0：没有发生数据覆盖 1：之前的 X 轴数据在读取之前被新的 X 轴数据覆盖
ZYXDR	X、Y、Z 轴新数据准备就绪。默认值：0 0：没有准备好新的数据集 1：一组新的数据已经准备就绪
ZDR	Z 轴新数据可用。默认值：0 0：没有新的 Z 轴数据准备就绪 1：新的 Z 轴数据准备就绪
YDR	Y 轴新数据可用。默认值：0 0：没有新的 Y 轴数据准备就绪 1：新的 Y 轴数据已准备就绪
XDR	X 轴新数据可用。默认值：0 0：没有新的 X 轴数据准备就绪 1：新的 X 轴数据已准备就绪

**ZYXOW** 在完成上一组的检索之前，每当产生新的加速数据时，都会设置。当至少一个加速数据寄存器（即 OUT\_X、OUT\_Y、OUT\_Z）的内容被覆盖时，就会发生此事件。ZYXOW 被清除了，当 t 读取所有活动通道的加速数据（OUT\_X\_MSB、OUT\_Y\_MSB、OUT\_Z\_MSB）的高字节。

**ZOW** 每当在检索上一个样本之前生成与 Z 轴相关的新加速度样本时，都会设置。当这种情况发生时，之前的样本被覆盖。每当读取 OUT\_Z\_MSB 寄存器时，ZOW 都会被清除。

**哟** 每当在检索上一个样本之前生成与 Y 轴相关的新加速度样本时，都会设置。当这种情况发生时，之前的样本被覆盖。每当读取 OUT\_Y\_MSB 寄存器时，YOW 都会被清除。

**XOW** 每当在检索上一个样本之前生成与 X 轴相关的新加速样本时，都会设置。当这种情况发生时，之前的样本被覆盖。每当读取 OUT\_X\_MSB 寄存器时，XOW 都会被清除。

**ZYXDR** 信号表明任何启用通道的新样本都可用。当读取所有启用通道的加速数据（OUT\_X\_MSB、OUT\_Y\_MSB、OUT\_Z\_MSB）的高字节时，ZYXDR 被清除。

**ZDR** 每当生成与 Z 轴相关的新加速度样本时，都会设置。每当读取 OUT\_Z\_MSB 寄存器时，ZDR 都会被清除。

**YDR** 每当生成与 Y 轴相关的新加速度样本时，都会设置。每当读取 OUT\_Y\_MSB 寄存器时，YDR 都会被清除。

**XDR** 每当生成与 X 轴相关的新加速样本时，都会设置。每当读取 OUT\_X\_MSB 寄存器时，XDR 都会被清除。

**数据寄存器：0x01 OUT\_X\_MSB, 0x02 OUT\_X\_LSB, 0x03 OUT\_Y\_MSB, 0x04 OUT\_Y\_LSB, 0x05 OUT\_Z\_MSB, 0x06 OUT\_Z\_LSB**

这些寄存器包含 X 轴、Y 轴和 Z 轴，以及以 2 的补数表示的 14 位输出样本数据。

**注意：**如果 FIFO 数据输出寄存器驱动程序被禁用，样本数据输出寄存器会存储当前样本数据，但如果

MMA8451Q

启用 FIFO 数据输出寄存器驱动程序 (F\_MODE > 00) 样本数据输出寄存器指向 FIFO 缓冲区 (寄存器 0x01 X\_MSB) 的头部, 该缓冲区包含之前的 32 个 X、Y 和 Z 数据样本。数据寄存器 F\_MODE = 00

**0x01: OUT\_X\_MSB: X\_MSB 寄存器 (只读)**

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
XD13	XD12	XD11	XD10	XD9	XD8	XD7	XD6

**0x02: OUT\_X\_LSB: X\_LSB 寄存器 (只读)**

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
XD5	XD4	XD3	XD2	XD1	XD0	0	0

**0x03: OUT\_Y\_MSB: Y\_MSB 寄存器 (只读)**

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
YD13	YD12	YD11	YD10	YD9	YD8	YD7	YD6

**0x04: OUT\_Y\_LSB: Y\_LSB 寄存器 (只读)**

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
YD5	YD4	YD3	YD2	YD1	YD0	0	0

**0x05: OUT\_Z\_MSB: Z\_MSB 寄存器 (只读)**

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
ZD13	ZD12	ZD11	ZD10	ZD9	ZD8	ZD7	ZD6

**0x06: OUT\_Z\_LSB: Z\_LSB 寄存器 (只读)**

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
ZD5	ZD4	ZD3	ZD2	ZD1	ZD0	0	0

OUT\_X\_MSB、OUT\_X\_LSB、OUT\_Y\_MSB、OUT\_Y\_LSB、OUT\_Z\_MSB 和 OUT\_Z\_LSB 存储在 0x01 至 0x06 的自动增量地址范围内, 以将读取状态后随 14 位轴数据的读取到 7 个字节。如果设置了 F\_READ 位 (0x2A 位 1), 则自动 increment 将跳过 LSB 寄存器。这将把数据采集从 7 字节缩短到 4 字节。LSB 寄存器只能在相应的 MSB 寄存器的读取访问后立即读取。对 LSB 寄存器的随机读取访问是不可能的。读取 MSB 寄存器, 然后按顺序读取 LSB 寄存器, 确保两个字节 (LSB 和 MSB) 都属于同一个数据样本, 即使新的数据样本在读取 MSB 和 LSB 字节之间到达。

## 6.2 32 个样本 FIFO

以下寄存器用于配置 FIFO。有关 FIFO 的更多信息, 请参阅 AN4073。

### F\_MODE > 0 0x00: F\_STATUS FIFO 状态寄存器

当 F\_MODE > 0 时, 寄存器 0x00 成为 FIFO 状态寄存器, 用于检索有关 FIFO 的信息。此寄存器有一个溢出和水印的标志。它还有一个计数器, 可以读取以获取存储在启用 FIFO 时的缓冲区。

**0x00: F\_STATUS: FIFO 状态寄存器 (只读)**

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
F_OVF	F_WMRK_FLAG	F_CNT5	F_CNT4	F_CNT3	F_CNT2	F_CNT1	F_CNT0

**表 14. FIFO 标志事件描述**

F_OVF	F_WMRK_FLAG	事件描述
0	—	未检测到 FIFO 溢出事件。
1	—	检测到 FIFO 事件; FIFO 已溢出。
—	0	未检测到 FIFO 水印事件。
—	1	检测到 FIFO 水印事件。FIFO 样本计数大于水印值。 如果 F_MODE = 11, 检测到触发事件。

当事件源仍然处于活动状态时, F\_OVF 和 F\_WMRK\_FLAG 标志仍然断言, 但用户可以通过读取 F\_STATUS 寄存器来清除中断源寄存器 (INT\_SOURCE) 中的 FIFO 中断位标志。在这种情况下, SRC\_FIFO 位在当下一个数据样本进入 FIFO 时, 将再次设置 INT\_SOURCE 寄存器。因此, 当 FIFO 溢出时, F\_OVF 位标志将保持断言状态, 当 F\_CNT 值等于或更大时, F\_WMRK\_FLAG 位标志将保持断言状态比 F\_WMRK 值。如果 FIFO 溢出标志被清除, 如果 F\_MODE = 11, 那么即使 FIFO 已满并溢出, FIFO 溢出标志将在触发事件前保持 0。如果设置了 FIFO 溢出标志, 并且如果 F\_MODE 是=11, FIFO 已停止接受样品。

**表 15. FIFO 样本计数描述**

字段	描述
F_CNT[5:0]	FIFO 样品计数器。默认值: 00_0000。 (00_0001 至 10_0000 表示存储在 FIFO 中的 1 至 32 个样本)

F\_CNT[5:0]位表示当前存储在 FIFO 缓冲区中的加速样本数量。计数 000000 表示 FIFO 为空。

**0x09: F\_SETUP FIFO 设置寄存器**

**0x09 F\_SETUP: FIFO 设置寄存器 (读/写)**

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
F_模式 1	F_MODE0	F_WMRK5	F_WMRK4	F_WMRK3	F_WMRK2	F_WMRK1	F_WMRK0

**表 16. F\_SETUP 描述**

字段	描述
F_MODE[1:0] <sup>(1) (2)</sup>	<p>FIFO 缓冲区溢出模式。默认值: 0。</p> <p><b>00:</b> FIFO 已禁用。</p> <p><b>01:</b> FIFO 包含溢出时的最新样本 (圆形缓冲区)。最古老的样品被丢弃, 由新样品取代。</p> <p><b>10:</b> 溢出时, FIFO 停止接受新样品。</p> <p><b>11:</b> 触发模式。FIFO 将处于循环模式, 最多取决于水印中的样本数量。FIFO 将处于循环模式, 直到触发事件发生, 之后 FIFO 将继续接受 32-WMRK 样品的样品, 然后停止接收进一步的样品。这允许在触发事件之前和之后收集数据, 并且可以通过水印设置来定义。</p> <p>每当 FIFO 被禁用、自动 ODR 更改 (自动唤醒/睡眠) 或从待机模式过渡到活动模式时, FIFO 都会被刷新。禁用 FIFO (F_MODE = 00) 会将 F_OVF、F_WMRK_FLAG、F_CNT 重置为零。</p> <p>FIFO 溢出事件 (即 F_CNT = 32) 将断言 F_OVF 标志, FIFO 样本计数等于样本计数水印 (即 F_WMRK) 断言 F_WMRK_FLAG 事件标志。</p>

F_WMRK[5:0] <sup>(2)</sup>	<p>FIFO 事件样本计数水印。默认值：00_0000。</p> <p>这些位设置了触发水印中断所需的 FIFO 样本数量。当 FIFO 样本计数 F_CNT[5:0] 时，会引发 FIFO 水印事件标志 ≥ F_WMRK[5:0] 水印。</p> <p>将 F_WMRK[5:0] 设置为 00_0000 将禁用 FIFO 水印事件标志生成。</p> <p>也用于在触发模式下设置预触发样本的数量。</p>
----------------------------	---

1. 位字段可以在活动模式下写入。
2. 位字段可以在待机模式下写入。

处于活动状态时可以更改 FIFO 模式。模式必须首先禁用 F\_MODE = 00，然后可以在填充模式、循环模式和触发模式之间切换。超过水印事件的 FIFO 样本计数不会阻止 FIFO 接受新数据。FIFO 更新率由所选系统 ODR 决定。在活动模式下，ODR 由 CTRL\_REG1 寄存器中的 DR 位设置。当自动睡眠处于活动状态时 ODR 由 CTRL\_REG1 寄存器中的 ASLP\_RATE 字段设置。

当从 FIFO 缓冲区读取字节时，将返回 FIFO 缓冲区中最古老的样本数据，并从 FIFO 缓冲区的前面删除，而 FIFO 样本计数则减少一个。假设主机应用程序应使用 I<sup>2</sup>C 多字节读取事务以清空 FIFO。

### 0x0A: TRIG\_CFG

在触发器配置中，注册设置的位（逻辑'1'）控制哪个函数可以触发 FIFO 到其中断，相反，被清除的位（逻辑'0'）指示哪个函数没有断言其中断。

位集对上升边缘敏感，通过低到高状态更改进行设置，并通过读取适当的源寄存器进行重置。

#### 0x0A: TRIG\_CFG 触发器配置寄存器（读/写）

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
—	—	Trig_TRANS	Trig_LNDPRT	Trig_PULSE	Trig_FF_MT	—	—

表 17. 触发器配置描述

字段	描述
Trig_TRANS	瞬态中断触发位。默认值：0
Trig_LNDPRT	横向/肖像方向中断触发位。默认值：0
Trig_PULSE	脉冲中断触发器位。默认值：0
Trig_FF_MT	自由落体/运动触发位。默认值：0

### 0x0B: SYSMOD 系统模式寄存器

系统模式寄存器指示当前设备运行模式。使用自动睡眠/唤醒机制的应用程序应使用此寄存器将应用程序与设备操作模式过渡同步。系统模式寄存器也指示 Es FIFO 门错误的状态以及自门错误发生以来的样本数量。

#### 0x0B: SYSMOD: 系统模式寄存器（只读）

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
FGERR	FGT_4	FGT_3	FGT_2	FGT_1	FGT_0	SYSMOD1	SYSMOD0

表 18. SYSMOD 描述

字段	描述
FGERR	<p>FIFO 门错误。默认值：0。</p> <p>0: 未检测到 FIFO 门错误。</p> <p>1: 检测到 FIFO 门错误。</p> <p>清空 FIFO 缓冲区会清除 SYS_MOD 寄存器中的 FGERR 位。</p> <p>参见部分 0x2C: CTRL_REG3 中断控制寄存器有关配置 FIFO 门功能的更多信息。</p>
FGT[4:0]	自 FGERR 断言以来，ODR 时间单位的数量。当 FGERR 清除时重置。默认值：0_0000

SYSMOD[1:0]	系统模式。默认值：00。 00：待机模式 01：唤醒模式 10：睡眠模式
-------------	---

#### 0x0C: INT\_SOURCE 系统中断状态寄存器

在中断源寄存器中，可以确定各种嵌入式功能的状态。设置的位（逻辑‘1’）指示哪个函数断言了中断，相反，被清除的位（逻辑‘0’）表示哪个函数没有断言或取消中断。**位由低到高过渡设置，并通过读取适当的中断源寄存器来清除。**通过读取 X、Y 和 Z 数据来清除 SRC\_DRDY 位。它不能仅仅通过阅读状态寄存器（0x00）来清除。

#### 0x0C: INT\_SOURCE: 系统中断状态寄存器（只读）

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
SRC_ASLP	SRC_FIFO	SRC_TRANS	SRC_LNDPRT	SRC_脉冲	SRC_FF_MT	—	SRC_DRDY

表 19. INT\_SOURCE 描述

字段	描述
SRC_ASLP	自动睡眠/唤醒中断状态位。默认值：0。 逻辑“1”表示发生了可能导致唤醒进入睡眠或进入睡眠唤醒系统模式过渡的中断事件。 逻辑“0”表示没有发生唤醒到睡眠或睡眠到唤醒系统模式过渡中断事件。 <b>醒来入睡</b> 当超过用户指定限制（ASLP_COUNT）的时间段内没有中断时，就会发生转换。这导致系统过渡到用户指定的低 ODR 设置。 <b>睡觉醒来</b> 当用户指定的中断事件唤醒系统时，就会发生转换；从而导致系统过渡到用户指定的高 ODR 设置。 读取 SYSMOD 寄存器会清除 SRC_ASLP 位。
SRC_FIFO	FIFO 中断状态位。默认值：0。 逻辑“1”表示发生了 FIFO 中断事件，如溢出事件或水印。逻辑“0”表示没有发生 FIFO 中断事件。 FIFO 中断事件生成器：FIFO 溢出，或（水印：F_CNT = F_WMRK），中断已启用。 通过读取 F_STATUS 寄存器来清除此位。
SRC_TRANS	瞬态中断状态位。默认值：0。 逻辑“1”表示发生了大于用户指定阈值的加速瞬态值。逻辑“0”表示没有发生瞬态事件。 这个位是断言的，每当 EA_TRANS_SRC 中的位被断言，中断已被启用。通过读取 TRANS_SRC 寄存器来清除此位。
SRC_LNDPRT	横向/肖像方向中断状态位。默认值：0。 逻辑“1”表示由于设备方向状态的变化而产生了中断。逻辑“0”表示没有检测到方向状态的变化。 这个位是断言的，每当 NEWLPL 断言了 PL_STATUS 中的位，并启用了中断。 通过读取 PL_STATUS 寄存器来清除此位。
SRC_脉冲	脉冲中断状态位。默认值：0。 逻辑“1”表示由于单脉冲和/或双脉冲事件而生成中断。逻辑“0”表示没有检测到脉冲事件。 这个位是断言的，每当 EAPULSE_SRC 中的位被断言，中断已启用。 通过读取 PULSE_SRC 寄存器来清除此位。

SRC_FF_MT	自由落体/运动中断状态位。默认值：0。 逻辑“1”表示自由落体/运动函数中断处于活动状态。逻辑“0”表示没有检测到自由落体或运动事件。 这个位是断言的，每当 EAFF_MT_SRC 寄存器中的位被断言，FF_MT 中断已启用。 通过读取 FF_MT_SRC 寄存器来清除此位。
SRC_DRDY	数据就绪的中断位状态。默认值：0。 逻辑“1”表示 X、Y、Z 数据就绪中断处于活动状态，指示存在新数据和/或数据超支。 否则，如果是逻辑“0”，X、Y、Z 中断不活动。 当设置 ZYXOW 和/或 ZYXDR 并启用中断时，会断言此位。 通过读取 X、Y 和 Z 数据来清除此位。

#### 0x0D: WHO\_AM\_I 设备 ID 寄存器

设备识别寄存器标识部件。默认值为 0x1A。这个值是工厂编程的。咨询工厂以获取自定义替代值。

#### 0x0D: WHO\_AM\_I 设备 ID 寄存器（只读）

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
0	0	0	1	1	0	1	0

#### 0x0E: XYZ\_DATA\_CFG 寄存器

XYZ\_DATA\_CFG 寄存器设置动态范围，并为输出数据设置高通滤波器。当设置 HPF\_OUT 位时，FIFO 和 DATA 寄存器都将包含高通滤波数据。

#### 0x0E: XYZ\_DATA\_CFG（读/写）

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
0	0	0	HPF_OUT	0	0	FS1	FS0

表 20. XYZ 数据配置描述

字段	描述
HPF_OUT	启用高通输出数据 1=输出数据高通滤波。默认值：0。
FS[1:0]	输出缓冲区数据格式全比例。默认值：00（2G）。

默认的全尺度值范围是 2G 高通滤波器被禁用。

表 21. 全尺寸范围

FS1	FS0	全尺寸范围
0	0	2
0	1	4
1	0	8
1	1	矜持的

#### 0x0F: HP\_FILTER\_CUTOFF 高通滤波器寄存器

该寄存器设置高通滤波器截止频率，用于删除偏移和较慢变化的加速数据。当设置寄存器 0x0E 的位 4（HPF\_OUT）时，此滤波器的输出由数据寄存器（0x01 至 0x06）指示。过滤器 cUtoff 选项根据所选的数据速率进行更改，如图所示表 23。有关高通滤波器的实现详情，请参阅 NXP 应用说明 AN4071。

#### 0x0F: HP\_FILTER\_CUTOFF: 高通滤波器寄存器（读/写）

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
-----	-----	------	-----	-----	-----	-----	-----

0	0	脉冲_HPF_BYP	脉冲_LPF_EN	0	0	SEL1	SEL0
---	---	------------	-----------	---	---	------	------

表 22. 高通滤波器截止寄存器描述

字段	描述
脉冲_HPF_BYP	旁路高通滤波器（HPF）用于脉冲处理功能。 0: HPF 用于脉冲处理，1: HPF 用于脉冲处理默认值：0。
脉冲_LPF_EN	为脉冲处理功能启用低通滤波器（LPF）。 0: LPF 禁用脉冲处理，1: LPF 启用脉冲处理默认值：0。
SEL[1:0]	HPF 截止频率选择。 默认值：00（见表 23）。

表 23. 高通滤波器截止选项

SEL1	SEL0	800 赫兹	400 赫兹	200 赫兹	100 赫兹	50 赫兹	12.5 赫兹	6.25 赫兹	1.56 赫兹
<b>过采样模式=正常</b>									
0	0	16 赫兹	16 赫兹	8 赫兹	4 赫兹	2 赫兹	2 赫兹	2 赫兹	2 赫兹
0	1	8 赫兹	8 赫兹	4 赫兹	2 赫兹	1 赫兹	1 赫兹	1 赫兹	1 赫兹
1	0	4 赫兹	4 赫兹	2 赫兹	1 赫兹	0.5 赫兹	0.5 赫兹	0.5 赫兹	0.5 赫兹
1	1	2 赫兹	2 赫兹	1 赫兹	0.5 赫兹	0.25 赫兹	0.25 赫兹	0.25 赫兹	0.25 赫兹
<b>过采样模式=低噪声低功耗</b>									
0	0	16 赫兹	16 赫兹	8 赫兹	4 赫兹	2 赫兹	0.5 赫兹	0.5 赫兹	0.5 赫兹
0	1	8 赫兹	8 赫兹	4 赫兹	2 赫兹	1 赫兹	0.25 赫兹	0.25 赫兹	0.25 赫兹
1	0	4 赫兹	4 赫兹	2 赫兹	1 赫兹	0.5 赫兹	0.125 赫兹	0.125 赫兹	0.125 赫兹
1	1	2 赫兹	2 赫兹	1 赫兹	0.5 赫兹	0.25 赫兹	0.063 赫兹	0.063 赫兹	0.063 赫兹
<b>过采样模式=高分辨率</b>									
0	0	16 赫兹	16 赫兹	16 赫兹	16 赫兹				
0	1	8 赫兹	8 赫兹	8 赫兹	8 赫兹				
1	0	4 赫兹	4 赫兹	4 赫兹	4 赫兹				
1	1	2 赫兹	2 赫兹	2 赫兹	2 赫兹				
<b>过采样模式=低功耗</b>									
0	0	16 赫兹	8 赫兹	4 赫兹	2 赫兹	1 赫兹	0.25 赫兹	0.25 赫兹	0.25 赫兹
0	1	8 赫兹	4 赫兹	2 赫兹	1 赫兹	0.5 赫兹	0.125 赫兹	0.125 赫兹	0.125 赫兹
1	0	4 赫兹	2 赫兹	1 赫兹	0.5 赫兹	0.25 赫兹	0.063 赫兹	0.063 赫兹	0.063 赫兹

1	1	2 赫兹	1 赫兹	0.5 赫兹	0.25 赫兹	0.125 赫兹	0.031 赫兹	0.031 赫兹	0.031 赫兹
---	---	------	------	--------	---------	----------	----------	----------	----------

### 6.3 纵向/景观嵌入式函数寄存器

有关不同用户可配置设置的含义的更多详细信息，例如代码，请参阅 NXP 应用程序注释 AN4068。

#### 0x10: PL\_STATUS 肖像/景观状态寄存器

可以读取此状态寄存器，通过读取位 7 来获取有关方向任何变化的最新信息，或通过读取其他位来获取方向细节的详细信息。为了进一步了解肖像向上，肖像向下，横向左，横向右、后、前方向请参考图 3。读取 PL\_STATUS 寄存器时，中断被清除。

#### 0x10: PL\_STATUS 寄存器（只读）

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
NEWLP	LO	—	—	—	LAPO[1]	LAPO[0]	BAFRO

表 24. PL\_STATUS 寄存器描述

字段	描述
NEWLP	景观/肖像状态更改标志。默认值：0。 0：无变化，1：BAFRO 和/或 LAPO 和/或 Z-tilt 锁定值已更改
LO	Z 倾斜角度锁定。默认值：0。 0：未检测到锁定条件。 1：Z-倾斜锁定行程角度已超过。已检测到锁定。

表 24. PL\_STATUS 寄存器描述（续）

LAPO[1:0] (1)	景观/肖像方向。默认值：00 00：纵向向上：设备以正常方向垂直站立 01：纵向朝下：设备垂直站在倒置方向 10：景观右侧：设备右侧处于景观模式 11：左侧景观：设备左侧处于景观模式。
BAFRO	后向或前向。默认值：0 0：正面：设备处于正面朝向。1：背面：设备朝向背面。

1. 默认开机状态是 BAFRO = 0, LAPO = 0, LO = 0。

在待机到主动过渡后的第一次定向检测后，以及每当 LO、BAFRO 或 LAPO 发生变化时，NEWLP 都设置为 1。每当读取 PL\_STATUS 寄存器时，NEWLP 位都会被清除。定向机制状态变化最多限制为 1.25G。当 NEWLP 设置时，LAPO BAFRO 和 LO 会继续变化。如果三个轴中任何一个轴上经历的加速度的绝对值大于 1.25，则当前位置被锁定 G。

#### 0x11: 纵向/景观配置寄存器

此寄存器启用纵向/景观功能，并设置 debounce 计数器的行为。

#### 0x11: PL\_CFG 寄存器（读/写）

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
DBCNTM	PL_EN	—	—	—	—	—	—

表 25. PL\_CFG 描述

字段	描述
DBCNTM	放弃计数器模式选择。默认值：1 0：每当利息条件不再有效时，减少反弹。 1：每当利益条件不再有效时，清除柜台。

PL_EN	启用人像/景观检测。默认值：0 0：人像/景观检测被禁用。 1：启用人像/景观检测。
-------	---

### 0x12: 肖像/景观反弹计数器

此寄存器为定向状态过渡设置反弹计数。最小反弹延迟由所选系统 ODR 和 PL\_COUNT 寄存器的乘积设置的数据速率决定。从唤醒到睡眠的任何过渡，反之亦然设置内部景观/肖像反弹计数器。**注意：**降压计数器加权（时间步骤）根据 ODR 和过采样模式发生变化。[表 27](#) 解释了所有采样率和所有过采样模式的时间步进值。**0x12: PL\_COUNT 寄存器（读/写）**

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
DBNCE[7]	DBNCE[6]	DBNCE[5]	DBNCE[4]	DBNCE[3]	DBNCE[2]	DBNCE[1]	DBNCE[0]

表 26. PL\_COUNT 描述

字段	描述
DBNCE[7:0]	Debounce 计数值。默认值：0000_0000。

表 27. PL\_COUNT 与 ODR 的关系

ODR (赫兹)	最大时间范围				时间步进 (毫秒)			
	通常的	LPLN	高分辨率	LP	通常的	LPLN	高分辨率	LP
800	0.319	0.319	0.319	0.319	1.25	1.25	1.25	1.25

表 27. PL\_COUNT 与 ODR 的关系

400	0.638	0.638	0.638	0.638	2.5	2.5	2.5	2.5
200	1.28	1.28	0.638	1.28	5	5	2.5	5
100	2.55	2.55	0.638	2.55	10	10	2.5	10
50	5.1	5.1	0.638	5.1	20	20	2.5	20
12.5	5.1	20.4	0.638	20.4	20	80	2.5	80
6.25	5.1	20.4	0.638	40.8	20	80	2.5	160
1.56	5.1	20.4	0.638	40.8	20	80	2.5	160

### 0x13: PL\_BF\_ZCOMP 后/前和 Z 补偿寄存器

Z-lock 角度补偿位允许用户将 Z-lockout 区域从 14°调整到 43°。开机时，默认的 Z 锁定角度设置为默认值 29°。背向前行角度默认设置为±75°，但这个角度也 N 从 65°到 80°的范围进行调整，以 5°的步增量。

0x13: PL\_BF\_ZCOMP 寄存器（读/写）

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
BKFR[1]	BKFR[0]	—	—	—	兹洛克[2]	兹洛克[1]	ZLOCK[0]

表 28. PL\_BF\_ZCOMP 描述

字段	描述
BKFR[7:6]	后/前行角度阈值。默认： <b>01≥±75°</b> 。台阶尺寸为 5°。范围：±（65°至 80°）。
ZLOCK[2:0]	Z-lock 角度阈值。范围从 14°到 43°。台阶尺寸为 4°。默认值： <b>100≥29°</b> 。最大值： <b>111≥43°</b> 。

## MMA8451Q

注意：所有角度都精确到 $\pm 2^\circ$ 。

表 29. Z-lock 阈值角度

Z 锁值	阈角
0x00	14°
0x01	18°
0x02	21°
0x03	25°
0x04	29°
0x05	33°
0x06	37°
0x07	42°

表 30. 后/前方向定义

BKFR	后/前过渡	前/后过渡
00	$Z < 80^\circ$ 或 $Z > 280^\circ$	$Z > 100^\circ$ 和 $Z < 260^\circ$
01	$Z < 75^\circ$ 或 $Z > 285^\circ$	$Z > 105^\circ$ 和 $Z < 255^\circ$
10	$Z < 70^\circ$ 或 $Z > 290^\circ$	$Z > 110^\circ$ 和 $Z < 250^\circ$
11	$Z < 65^\circ$ 或 $Z > 295^\circ$	$Z > 115^\circ$ 和 $Z < 245^\circ$

### 0x14: PL\_THS\_REG 肖像/景观阈值和滞后寄存器

此寄存器表示纵向到横向旅行阈值寄存器，用于设置从纵向到横向和横向过渡的行程角度。这个寄存器包括一个滞后值。

#### 0x14: PL\_THS\_REG 寄存器（读/写）

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
PL_THS[4]	PL_THS[3]	PL_THS[2]	PL_THS[1]	PL_THS[0]	HYS[2]	HYS[1]	HYS[0]

表 31. PL\_THS\_REG 描述

字段	描述
PL_THS[7:3]	肖像/景观旅行阈值角度从 15°到 75°。看见表 32 对于具有相应近似阈角的值。默认值：1_0000（45°）。
HYS[2:0]	这个角度被添加到阈角中，以便从纵向到横向，从横向到纵向更平稳地过渡。这个角度从 0°到±24°不等。默认值是 100（±14°）。

表 32 是一个设置阈值的查找表。这是将为从纵向到风景，从风景到纵向的旅行点设置的中心值。默认行程角度为 45°（0x10）。默认的滞后是±14°。

**注意：**必须满足条件  $THS + HYS > 0$  和  $THS + HYS < 32$ ，才能使景观/肖像检测正常工作。

32 的值以十进制表示 PL\_THS 和 HYS 寄存器值的总和。例如，THS 角度=75°，PL\_THS=25（dec），那么最大 HYS 必须设置为 6 才能满足  $THS + HYS < 32$  的条件。为了正确配置滞后（HYS）角度必须小于阈角（PL\_THS）。

表 32. 阈值角度阈值查找表

阈值角（大约）	5 位寄存器值
15°	0x07
20°	0x09
30°	0x0C
35°	0x0D
40°	0x0F
<b>45°</b>	<b>0x10</b>
55°	0x13
60°	0x14
70°	0x17
75°	0x19

表 33. 带有 45°角的滞后跳闸角度

滞后寄存器值	滞后±角度范围	风景到肖像旅行角度	肖像到风景旅行角度
0	±0	45°	45°
1	±4	49°	41°
2	±7	52°	38°
3	±11	56°	34°

MMA8451Q

4	±14	59°	31°
5	±17	62°	28°
6	±21	66°	24°
7	±24	69°	21°

## 6.4 运动和自由落体嵌入式功能寄存器

自由落体/运动功能可以通过自由落体或运动检测模式进行配置 **OAE** 配置位 (0x15 位 6)。可以通过将所有三个位 **ZEFE**、**YEFE** 和 **XEFE** 设置为零来禁用自由落体/运动检测块。

取决于寄存器位 **ELE** (0x15 位 7) 和 **OAE** (0x15 位 6)，每个自由落体和运动检测块都可以在四种不同的模式下运行：

### 模式 1：自由落体检测，ELE = 0，OAE = 0

在这种模式下，**EA** 位 (0x16 位 7) 表示反弹计数器完成后的自由落体事件。**ZEFE**、**YEFE** 和 **XEFE** 控制位决定了自由落体检测考虑哪些轴。一旦设置了 **EA** 位，并且 **DBCNTM** = 0，**EA** 位只能在 **FF\_MT\_COUNT** 指定的延迟后被清除。这是因为计数器处于递减模式。如果 **DBCNTM** = 1，则一旦自由落体条件消失，**EA** 位将被清除，并且在 **FF\_MT\_COUNT** 指定的延迟过去之前不会再次设置。读取 **FF\_MT\_SRC** 寄存器并不能清除 **EA** 位。事件标志 (0x16) **ZHE**、**ZHP**、**YHE**、**YHP**、**XHE** 和 **XHP** 反映了运动检测状态 (即高 **G** 事件) 没有任何反弹，前提是设置了相应的位 **ZEFE**、**YEFE** 和/或 **XEFE**。

### 模式 2：自由落体检测，ELE = 1，OAE = 0

在这种模式下，**EA** 事件位表示反弹计数器后的自由落体事件。一旦 **debounce** 计数器达到设置阈值的时间值，就会设置 **EA** 位，并保持设置，直到读取 **FF\_MT\_SRC** 寄存器。当读取 **FF\_MT\_SRC** 寄存器时，**EA** 位和反弹计数器被清除，只有在 **FF\_MT\_CNT** 指定的延迟后才能生成新事件。**ZEFE**、**YEFE** 和 **XEFE** 控制位确定自由落体检测考虑哪些轴。当 **EA** = 0 时，事件标志 **ZHE**、**ZHP**、**YHE**、**YHP**、**XHE** 和 **XHP** 反映了运动检测状态 (即高 **G** 事件) 没有任何反弹，前提是设置了相应的位 **ZEFE**、**YEFE** 和/或 **XEFE**。当设置 **EA** 事件位时，事件标志 **ZHE**、**ZHP**、**YHE**、**YHP**、**XHE** 和 **XHP** 被锁定。事件标志 **ZHE**、**ZHP**、**YHE**、**YHP**、**XHE** 和 **XHP** 将开始仅在读取 **FF\_MT\_SRC** 寄存器后才进行。

### 模式 3：ELE = 0，OAE = 1 的运动检测

在这种模式下，**EA** 位表示在达到反弹计数器时间后的运动事件。**ZEFE**、**YEFE** 和 **XEFE** 控制位决定了运动检测考虑哪些轴。一旦 **EA** 位已设置，**DBCNTM** = 0，只有在 **FF\_MT\_COUNT** 指定的延迟后，**EA** 位才能被清除。如果 **DBCNTM** = 1，则 **EA** 一旦运动高，位就会被清除-**G** 条件消失了。事件标志 **ZHE**、**ZHP**、**YHE**、**YHP**、**XHE** 和 **XHP** 反映了运动检测状态 (即高-**G** 事件) 没有任何反弹，前提是设置了相应的位 **ZEFE**、**YEFE** 和/或 **XEFE**。阅读 **FF\_MT\_SRC** 不会清除任何标志，反弹计数器也不会重置。

### 模式 4：ELE = 1 的运动检测，OAE = 1

在此模式下，**EA** 位表示弹跳后的运动事件。**ZEFE**、**YEFE** 和 **XEFE** 控制位决定了运动检测考虑哪些轴。一旦反弹计数器达到阈值，**EA** 位被设置，并保持设置直到读取 **FF\_MT\_SRC** 寄存器。当读取 **FF\_MT\_SRC** 寄存器时，所有寄存器位都被清除，**debounce** 计数器被清除，只有在 **FF\_MT\_CNT** 指定的延迟后才能生成新事件。虽然位 **EA** 为零，事件标志 **ZHE**、**ZHP**、**YHE**、**YHP**、**XHE** 和 **XHP** 反映了运动检测状态 (即高 **G** 事件) 没有任何反弹，前提是设置了相应的位 **ZEFE**、**YEFE** 和/或 **XEFE**。当设置 **EA** 位时，这些位将保留其当前值，直到读取 **FF\_MT\_SRC** 寄存器。

## 0x15: FF\_MT\_CFG 自由落体/运动配置寄存器

这是用于设置自由落体或运动函数条件的自由落体/运动配置寄存器。

### 0x15: FF\_MT\_CFG 寄存器 (读/写)

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
ELE	OAE	ZEFE	耶菲	XEFE	—	—	—

表 34. FF\_MT\_CFG 描述

字段	描述
ELE	事件门锁启用：事件标志被锁定在 FF_MT_SRC 寄存器中。读取 FF_MT_SRC 寄存器会清除事件标志 EA 和所有 FF_MT_SRC 位。默认值：0。0：事件标志门锁已禁用；1：事件标志门锁已启用
OAE	运动检测/自由落体检测标志选择。默认值：0。（自由落体标志） 0：自由落体标志（逻辑和组合） 1：运动标志（逻辑或组合）
ZEFE	在 Z 上启用事件标志。默认值：0。 0：事件检测被禁用；1：在超过预设阈值的测量加速值时提高事件标志
耶菲	事件标志在 Y 事件上启用。默认值：0。 0：事件检测被禁用；1：在超过预设阈值的测量加速值时提高事件标志
XEFE	事件标志在 X 事件上启用。默认值：0。 0：事件检测被禁用；1：在超过预设阈值的测量加速值时提高事件标志

**OAE** 位允许在运动（逻辑 OR 组合）和自由落体（逻辑和组合）检测之间进行选择。

**ELE** 表示启用的事件标志是否将锁定在 **FF\_MT\_SRC** 寄存器中，或者 **FF\_MT\_SRC** 中的事件标志状态将指示事件的实时状态。如果 **ELE** 位设置为逻辑“1”，那么当 **EA bi** 时，事件标志将被冻结 **t** 被设置，并通过读取 **FF\_MT\_SRC** 源寄存器被清除。

**ZHFE, YEFE, XEFE** 当 X、Y、Z 通道上的测量加速度数据超过 **FF\_MT\_THS** 寄存器中设置的阈值时，可以检测运动或自由落体事件。如果 **ELE** 位在 **FF\_MT\_CFG** 寄存器中设置为逻辑“1”，则新事件标志将被阻止更新 **FF\_MT\_SRC** 寄存器。

**FF\_MT\_THS** 是用于检测自由落体运动事件的阈值寄存器。未签名的 7 位 **FF\_MT\_THS** 阈值寄存器持有自由落体检测的阈值，其中 X 和 Y 以及 Z 加速值的大小低于或等于阈值。相反，**FF\_MT\_THS** 还保持运动检测的阈值，其中 X 或 Y 或 Z 加速度值的幅度高于阈值。

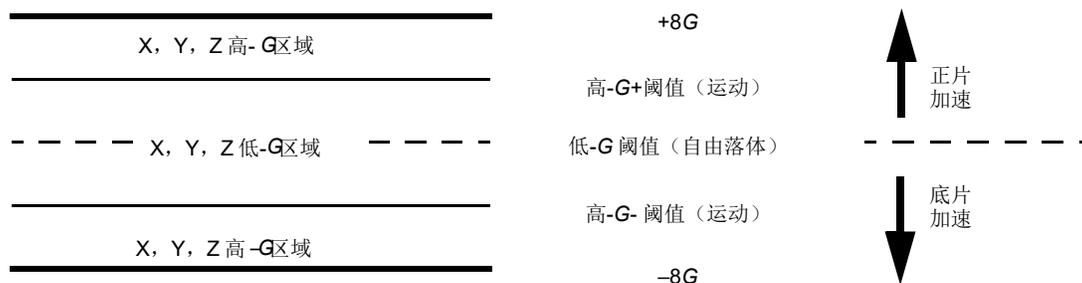


图 12. FF\_MT\_CFG 高和低 G 度

深圳市南天星

### 0x16: FF\_MT\_SRC 自由落体/运动源寄存器

#### 0x16: FF\_MT\_SRC 自由落体和运动源寄存器（只读）

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
EA	—	哲	ZHP	YHE	YHP	XHE	XHP

表 35. 自由落体/运动源描述

字段	描述
EA	事件活动标志。默认值：0。 0：没有断言事件标志；1：已断言一个或多个事件标志。 请参阅 OAE 位的描述，以确定 3 轴事件标志对 EA 位的影响。
哲	Z 运动标志。默认值：0。 0：未检测到 Z 运动事件，1：已检测到 Z 运动 如果 ZEFE 控制位设置为零，则此位读取始终为零
ZHP	Z 运动极性旗。默认值：0。 0：Z 事件是积极的 G，1：Z 事件是负面的 G 如果 ZEFE 控制位设置为零，则此位读取始终为零
YHE	Y-运动标志。默认值：0。 0：检测到无运动事件，1：已检测到 Y 运动。如果 YEFE 控制位 设置为零，此位读取始终为零
YHP	Y-运动极性旗。默认值：0 0：检测到 Y 事件为阳性 G，1：Y 事件是负的 G 如果 YEFE 控制位设置为零，此位总是读零
XHE	X-motion 旗帜。默认值：0 0：未检测到 X 运动事件，1：已检测到 X 运动 如果 XEFE 控制位设置为零，此位总是读为零
XHP	X 运动极性旗。默认值：0 0：X 事件是积极的 G，1：X 事件为负 G 如果 XEFE 控制位设置为零，此位总是读为零

此寄存器跟踪正在触发（或已触发，如果 FF\_MT\_CFG 寄存器中的 ELE 位设置为 1）事件标志的加速事件。特别是，当加速事件的逻辑组合 f 时，EA 被设置为逻辑“1”滞后在 FF\_MT\_CFG 寄存器中指定的为真。此位与 INT\_EN\_FF\_MT 和 INT\_CFG\_FF\_MT 寄存器位中的值结合使用，以生成自由落体/运动中断。

当 X 或 Y 或 Z 通道的加速度值高于 FF\_MT\_THS 寄存器中定义的预设阈值时，X、Y 或 Z 运动为真。

相反，当 X、Y 和 Z 通道的加速值低于或等于 FF\_MT\_THS 寄存器中定义的预设阈值时，X、Y 和 Z 低事件为真。

### 0x17: FF\_MT\_THS 自由落体和运动阈值寄存器

#### 0x17: FF\_MT\_THS 寄存器（读/写）

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
DBCNTM	THS6	THS5	THS4	THS3	THS2	THS1	THS0

表 36. FF\_MT\_THS 描述

字段	描述
DBCNTM	放弃计数器模式选择。默认值：0。 0：递增或递减反弹，1：递增或清除计数器。
THS[6:0]	自由落体/运动阈值：默认值：000_0000。

阈值分辨率为 0.063G/LSB 和阈值寄存器的范围为 0 到 127 计数。最大范围是 8G。请注意，即使全尺度值设置为 2G 或 4G 运动检测高达 8G。如果在寄存器 0x2A 中设置了低噪声位，那么最大阈值将限制为 4G 无论全尺寸范围如何。

当感兴趣的惯性事件暂时不真实时，DBCNTM 位配置了复弹计数器重置的方式。

当 DBCNTM 位是逻辑“1”时，每当感兴趣的惯性事件不再为真时，debounce 计数器就会被清除为 0，如图所示图 13，(B)。当 DBCNTM 位设置为逻辑“0”时，每当感兴趣的惯性事件不再为真时，反弹计数器就会减少 1 (图 13，(C)) 直到反弹计数器达到 0 或感兴趣的惯性事件变得活跃。

减少反弹计数器作为中位数，使系统能够过滤掉可能阻碍惯性事件检测的不规则的虚假事件。

#### 0x18: FF\_MT\_COUNT 反弹寄存器

此寄存器设置事件触发器的 debounce 样本计数数量。

#### 0x18: FF\_MT\_COUNT 寄存器 (读/写)

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

表 37. FF\_MT\_COUNT 描述

字段	描述
D[7:0]	计数值。默认值: 0000_0000

此寄存器设置了连续匹配为自由落体、运动事件选择的检测条件用户的 debounce 样本计数的最小数量。

当内部反弹计数器达到 FF\_MT\_COUNT 值时，将设置自由落体/运动事件标志。反弹计数器永远不会超过 FF\_MT\_COUNT 值。用于反弹样本计数的时间步骤取决于所选择的 ODR 和结束采样模式如图所示表 38。

表 38. FF\_MT\_COUNT 与 ODR 的关系

ODR (赫兹)	最大时间范围				时间步进 (毫秒)			
	通常的	LPLN	高分辨率	LP	通常的	LPLN	高分辨率	LP
800	0.319	0.319	0.319	0.319	1.25	1.25	1.25	1.25
400	0.638	0.638	0.638	0.638	2.5	2.5	2.5	2.5
200	1.28	1.28	0.638	1.28	5	5	2.5	5
100	2.55	2.55	0.638	2.55	10	10	2.5	10
50	5.1	5.1	0.638	5.1	20	20	2.5	20
12.5	5.1	20.4	0.638	20.4	20	80	2.5	80
6.25	5.1	20.4	0.638	40.8	20	80	2.5	160
1.56	5.1	20.4	0.638	40.8	20	80	2.5	160

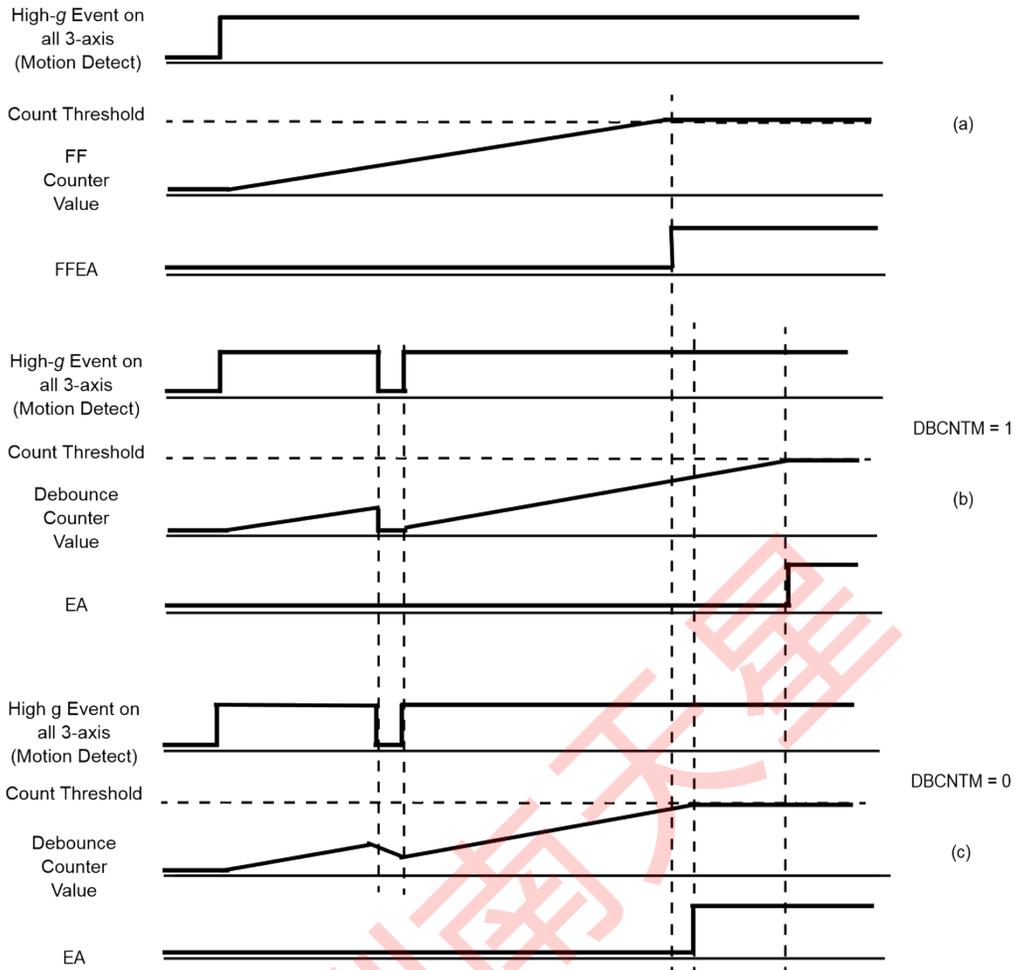


Figure 13. DBCNTM Bit Function

## 6.5 瞬态（HPF）加速检测

有关瞬态功能使用的更多信息，请查看 NXP 应用说明 AN4071。除了比较高通滤波数据外，此功能与运动检测相似。有一个选项可以通过该函数禁用高通滤波器。在这种情况下，行为与运动检测相同。这允许该设备具有两个运动检测功能。

### 0x1D: Transient\_CFG 寄存器

瞬态检测机制可以配置为在超过高通滤波加速阈值时提高中断。TRANSIENT\_CFG 寄存器用于启用 thr 的瞬态中断生成机制加速度的 ee 轴（X、Y、Z）。还有一个绕过高通滤波器的选项。当绕过高通滤波器时，该功能的行为类似于运动检测。

#### 0x1D: TRANSIENT\_CFG 寄存器（读/写）

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
—	—	—	ELE	ZTEFE	YTEFE	XTEFE	HPF_BYP

**表 39. TRANSIENT\_CFG 描述**

字段	描述
ELE	瞬态事件标志被锁定在 TRANSIENT_SRC 寄存器中。读取 TRANSIENT_SRC 寄存器会清除事件标志。默认值：0。 0：事件标志门锁已禁用；1：事件标志门锁已启用
ZTEFE	事件标志在 Z 瞬态加速度大于瞬态阈值事件时启用。默认值：0。 0：事件检测被禁用；1：在测量的加速度增量值大于瞬态阈值时升起事件标志。
YTEFE	事件标志在大于瞬态阈值事件的 Y 瞬态加速度上启用。默认值：0。 0：事件检测被禁用；1：在测量的加速度增量值大于瞬态阈值时升起事件标志。
XTEFE	事件标志在 X 瞬态加速度大于瞬态阈值事件上启用。默认值：0。 0：事件检测被禁用；1：在测量的加速度增量值大于瞬态阈值时升起事件标志。
HPF_BYP	绕过高通滤波器。默认值：0。 0：数据到瞬态加速检测块通过 HPF 1：数据到瞬态加速检测块不通过 HPF（类似于运动检测功能）

**0x1E: TRANSIENT\_SRC 寄存器**

瞬态源寄存器提供启用轴的状态和极性（方向）信息。当读取此寄存器时，它会清除瞬态检测的中断。当新事件到达时，而 EA = 1，额外的\*TRANSE 位 mAy get set，相应的\*\_Trans\_Pol 标志被更新。然而，在读取 TRANSIENT\_SRC 寄存器之前，不得清除任何\*TRANSE 位。

**0x1E: TRANSIENT\_SRC 寄存器（只读）**

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
—	EA	ZTRANSE	Z_Trans_Pol	YTRANSE	Y_Trans_Pol	XTRANSE	X_Trans_Pol

**表 40. TRANSIENT\_SRC 描述**

字段	描述
EA	事件活动标志。默认值：0。 0：没有事件标志被断言；1：一个或多个事件标志已被断言。
ZTRANSE	Z-瞬态事件。默认值：0。 0：无中断，1：发生大于 TRANSIENT_THS 事件值的 Z 瞬态加速度
Z_Trans_Pol	触发中断的 Z 瞬态事件的极性。默认值：0。 0：Z 事件为正 g，1：Z 事件为负 g
YTRANSE	Y-瞬态事件。默认值：0。 0：没有中断，1：发生大于 TRANSIENT_THS 事件值的 Y-瞬态加速度
Y_Trans_Pol	触发中断的 Y 瞬态事件的极性。默认值：0。 0：Y 事件为正 g，1：Y 事件为负 g
XTRANSE	X-瞬态事件。默认值：0。 0：无中断，1：发生大于 TRANSIENT_THS 事件值的 X-瞬态加速度
X_Trans_Pol	触发中断的 X 瞬态事件的极性。默认值：0。 0：X 事件为正 g，1：X 事件为负 g

当 ELE = 1 时设置 EA 位时，所有其他状态位都冻结在当前状态。通过读取 TRANSIENT\_SRC 寄存器，所有位都会被清除。

传感器

NXP 半导体 N.V.

37

**0x1F: TRANSIENT\_THS 寄存器**

瞬态阈值寄存器设置了检测瞬态加速度的阈值极限。价值在

TRANSIENT\_THS 寄存器对应于 G 与高通过滤数据的值进行比较的值。如果高通过滤加速值超过阈值限制，则会引发事件标志，如果启用，则会生成中断。**0x1F: TRANSIENT\_THS 寄存器（读/写）**

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
DBCNTM	THS6	THS5	THS4	THS3	THS2	THS1	THS0

**表 41. TRANSIENT\_THS 描述**

字段	描述
DBCNTM	放弃计数器模式选择。默认值：0。0：增量或减少反弹；1：增量或清除计数器。
THS[6:0]	瞬态阈值：默认值：000_0000。

阈值 THS[6:0] 是一个 7 位无符号数字，0.063G/LSB。最大阈值是 8G。即使部件设置为全尺寸为 2G 或 4G 此功能仍将运行到 8G。如果在寄存器 0x2A 中设置了低噪声位，则要达到的最大阈值为 4G。

**0x20: TRANSIENT\_COUNT**

TRANSIENT\_COUNT 设置了连续匹配高通过滤数据的无符号值大于 TRANSIENT\_THS 用户指定值的条件的最小反弹计数。

**0x20: TRANSIENT\_COUNT 寄存器（读/写）**

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

**表 42. TRANSIENT\_COUNT 描述**

字段	描述
D[7:0]	计数值。默认值：0000_0000。

瞬态检测反弹计数器的时间步骤由系统 ODR 和过采样模式的值设置。**表 43. TRANSIENT\_COUNT 与 ODR 的关系**

ODR (赫兹)	最大时间范围				时间步进 (毫秒)			
	通常的	LPLN	高分辨率	LP	通常的	LPLN	高分辨率	LP
800	0.319	0.319	0.319	0.319	1.25	1.25	1.25	1.25
400	0.638	0.638	0.638	0.638	2.5	2.5	2.5	2.5
200	1.28	1.28	0.638	1.28	5	5	2.5	5
100	2.55	2.55	0.638	2.55	10	10	2.5	10
50	5.1	5.1	0.638	5.1	20	20	2.5	20
12.5	5.1	20.4	0.638	20.4	20	80	2.5	80
6.25	5.1	20.4	0.638	40.8	20	80	2.5	160

1.56	5.1	20.4	0.638	40.8	20	80	2.5	160
------	-----	------	-------	------	----	----	-----	-----

MMA8451Q

## 6.6 单、双和定向水龙头检测寄存器

有关如何配置水龙头检测和示例代码的更多详细信息，请参阅 NXP 应用程序说明 AN4072。水龙头检测寄存器被称为脉冲。

### 0x21: PULSE\_CFG 脉冲配置寄存器

此寄存器为水龙头检测配置事件标志，以启用/禁用检测每个轴上的单脉冲和双脉冲。

#### 0x21: PULSE\_CFG 寄存器（读/写）

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
DPA	ELE	ZDPEFE	ZSPEFE	YDPEFE	YSPEFE	XDPEFE	XSPEFE

表 44. PULSE\_CFG 描述

字段	描述
DPA	双脉冲中止。默认值：0。 0：如果在 PULSE_LTCY 寄存器指定的时间段内检测到脉冲的启动，则双脉冲检测不会中止。 1：如果在 PULSE_LTCY 寄存器指定的时间段内检测到脉冲的开始，并且脉冲在 PULSE_LTCY 寄存器指定的时间段结束之前结束，则设置 DPA 位将暂时暂停双击检测。
ELE	脉冲事件标志被锁定在 PULSE_SRC 寄存器中。读取 PULSE_SRC 寄存器会清除事件标志。 默认值：0。 0：事件标志门锁已禁用；1：事件标志门锁已启用
ZDPEFE	事件标志在 Z 轴上的双脉冲事件上启用。默认值：0。 0：禁用事件检测；1：启用事件检测
ZSPEFE	事件标志在 Z 轴上的单个脉冲事件上启用。默认值：0。 0：禁用事件检测；1：启用事件检测
YDPEFE	事件标志在 Y 轴上的双脉冲事件上启用。默认值：0。 0：禁用事件检测；1：启用事件检测
YSPEFE	事件标志在 Y 轴上的单个脉冲事件上启用。默认值：0。 0：禁用事件检测；1：启用事件检测
XDPEFE	事件标志在 X 轴上的双脉冲事件上启用。默认值：0。 0：禁用事件检测；1：启用事件检测
XSPEFE	事件标志在 X 轴上的单个脉冲事件上启用。默认值：0。 0：禁用事件检测；1：启用事件检测

### 0x22: PULSE\_SRC 脉冲源寄存器

此寄存器表示发生了双脉冲或单脉冲事件，以及哪个方向。必须在寄存器 0x21 中启用相应的轴和事件，才能在源寄存器中看到事件。

#### 0x22: PULSE\_SRC 寄存器（只读）

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
EA	AxZ	AxY	AxX	DPE	PolZ	波利	PolX

表 45. PULSE\_SRC 描述

字段	描述

EA	事件活动标志。默认值：0。 (0: 未生成中断; 1: 已生成一个或多个中断事件)
AxZ	Z 轴事件。默认值：0。 (0: 无中断; 1: 发生 Z 轴事件)

MMA8451Q

传感器

NXP 半导体 N.V. 39 表 45. PULSE\_SRC 描述 (续)

字段	描述
AxY	Y 轴事件。默认值：0。 (0: 无中断; 1: 发生 Y 轴事件)
AxX	X 轴事件。默认值：0。 (0: 无中断; 1: X 轴事件发生)
DPE	第一次事件的双脉冲。默认值：0。 (0: 单脉冲事件触发中断; 1: 双脉冲事件触发中断)
PoIZ	Z 轴事件的脉冲极性。默认值：0。 (0: 触发中断的脉冲事件为正数; 1: 触发中断的脉冲事件为负数)
波利	Y 轴事件的脉冲极性。默认值：0。 (0: 触发中断的脉冲事件为正数; 1: 触发中断的脉冲事件为负数)
PoIX	X 轴事件的脉冲极性。默认值：0。 (0: 触发中断的脉冲事件为正数; 1: 触发中断的脉冲事件为负数)

当 ELE = 1 时设置 EA 位时，所有状态位 (AxZ、AxY、AxX、DPE 和 PoIX、PoIY、PoIZ) 都被冻结。阅读 PULSE\_SRC 寄存器会清除所有位。阅读源寄存器将清除中断。

0x23 - 0x25: X、Y 和 Z 寄存器的 PULSE\_THSX、Y、Z 脉冲阈值

脉冲阈值可以为 X、Y 和 Z 轴单独设置。PULSE\_THSX、PULSE\_THSY 和 PULSE\_THSZ 寄存器定义了系统用于启动脉冲检测过程的阈值。

0x23: PULSE\_THSX 寄存器 (读/写)

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
0	THSX6	THSX5	THSX4	THSX3	THSX2	THSX1	THSX0

表 46. PULSE\_THSX 描述 Iption

字段	描述
THSX[6:0]	X 轴上的脉冲阈值。默认值：00 0_0000。

0x24: PULSE\_THSY 寄存器 (读/写)

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
0	THSY6	THSY5	THSY4	THSY3	THSY2	THSY1	THSY0

表 47. PULSE\_THSY desc 撕裂

字段	描述
THSY[6:0]	Y 轴上的脉冲阈值。默认值：0 0_0000。

0x25: PULSE\_THSZ 寄存器 (读/写)

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
0	THSZ6	THSZ5	THSZ4	THSZ3	THSZ2	THSZ1	THSZ0

表 48. PULSE\_THSZ 描述

字段	描述
THSZ[6:0]	Z 轴上的脉冲阈值。默认值：000_0000。

阈值从 1 到 127 不等，步骤为 0.063G/LSB 在固定的 8G 加速范围，因此最小分辨率始终固定在 0.063G/LSB。如果设置了寄存器 0x2A 中的低噪声位，那么最大阈值将为 4G。足够的

MMA8451Q

PULSE\_THSX、PULSE\_THSY 和 PULSE\_THSZ 寄存器定义了系统用于启动脉冲检测过程的阈值。阈值在 7 位以上表示为无符号数字。

**0x26: PULSE\_TMLT 脉冲时间窗口 1 寄存器**

**0x26: PULSE\_TMLT 寄存器 (读/写)**

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
TMLT7	TMLT6	TMLT5	TMLT4	TMLT3	TMLT2	TMLT1	TMLT0

**表 49. PULSE\_TMLT 描述**

字段	描述
TMLT[7:0]	脉冲时间限制。默认值: 0000_0000。

位 TMLT7 到 TMLT0 定义了从所选轴上超过指定阈值的加速度开始到所选轴上的加速度必须低于指定值的结束之间可以经过的最大时间间隔 Reshold 被认为是有效的脉搏。

脉冲时间限制的最小时间步骤定义在表 50 和表 51。给定 ODR 和过采样模式的最大时间是时间步脉冲乘以 255。可用的时间步骤取决于过采样模式以及脉冲低通滤波器选项是否已启用。脉冲低通滤波器设置为寄存器 0x0F。

**表 50. 脉冲时间限制的时间步进 (注册 0x0F) Pulse\_LPF\_EN = 1**

ODR (赫兹)	最大时间范围				时间步进 (毫秒)			
	通常的	LPLN	高分辨率	LP	通常的	LPLN	高分辨率	LP
800	0.319	0.319	0.319	0.319	1.25	1.25	1.25	1.25
400	0.638	0.638	0.638	0.638	2.5	2.5	2.5	2.5
200	1.28	1.28	0.638	1.28	5	5	2.5	5
100	2.55	2.55	0.638	2.55	10	10	2.5	10
50	5.1	5.1	0.638	5.1	20	20	2.5	20
12.5	5.1	20.4	0.638	20.4	20	80	2.5	80
6.25	5.1	20.4	0.638	40.8	20	80	2.5	160
1.56	5.1	20.4	0.638	40.8	20	80	2.5	160

**表 51. 脉冲时间限制的时间步进 (注册 0x0F) Pulse\_LPF\_EN = 0**

ODR (赫兹)	最大时间范围				时间步进 (毫秒)			
	通常的	LPLN	高分辨率	LP	通常的	LPLN	高分辨率	LP
800	0.159	0.159	0.159	0.159	0.625	0.625	0.625	0.625
400	0.159	0.159	0.159	0.319	0.625	0.625	0.625	1.25
200	0.319	0.319	0.159	0.638	1.25	1.25	0.625	2.5
100	0.638	0.638	0.159	1.28	2.5	2.5	0.625	5
50	1.28	1.28	0.159	2.55	5	5	0.625	10
12.5	1.28	5.1	0.159	10.2	5	20	0.625	40

6.25	1.28	5.1	0.159	10.2	5	20	0.625	40
1.56	1.28	5.1	0.159	10.2	5	20	0.625	40

**0x27: PULSE\_LTCY 脉冲延迟计时器寄存器**

**0x27: PULSE\_LTCY 寄存器 (读/写)**

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
LTCY7	LTCY6	LTCY5	LTCY4	LTCY3	LTCY2	LTCY1	LTCY0

**表 52. PULSE\_LTCY 描述**

字段	描述
LTCY[7:0]	延迟时间限制。默认值: 0000_0000

位 LTCY7 到 LTCY0 定义了第一次脉冲检测后开始的时间间隔。在这个时间间隔内，所有脉冲都被忽略。**注意：**此计时器必须设置为单脉冲和双脉冲。

脉冲延迟的最小时间步进定义在表 53 和表 54。最大时间是 ODR 和过采样模式的时间步长乘以 255。当启用或禁用脉冲 LPF 时，时序也会发生变化。

**表 53. 脉冲延迟@ ODR 和电源模式的时间步骤 (注册号 0x0F) Pulse\_LPF\_EN = 1**

ODR (赫兹)	最大时间范围				时间步进 (毫秒)			
	通常的	LPLN	高分辨率	LP	通常的	LPLN	高分辨率	LP
800	0.638	0.638	0.638	0.638	2.5	2.5	2.5	2.5
400	1.276	1.276	1.276	1.276	5	5	5	5
200	2.56	2.56	1.276	2.56	10	10	5	10
100	5.1	5.1	1.276	5.1	20	20	5	20
50	10.2	10.2	1.276	10.2	40	40	5	40
12.5	10.2	40.8	1.276	40.8	40	160	5	160
6.25	10.2	40.8	1.276	81.6	40	160	5	320
1.56	10.2	40.8	1.276	81.6	40	160	5	320

**表 54. 脉冲延迟@ ODR 和电源模式的时间步进 (注册号 0x0F) Pulse\_LPF\_EN = 0**

ODR (赫兹)	最大时间范围				时间步进 (毫秒)			
	通常的	LPLN	高分辨率	LP	通常的	LPLN	高分辨率	LP
800	0.318	0.318	0.318	0.318	1.25	1.25	1.25	1.25
400	0.318	0.318	0.318	0.638	1.25	1.25	1.25	2.5
200	0.638	0.638	0.318	1.276	2.5	2.5	1.25	5
100	1.276	1.276	0.318	2.56	5	5	1.25	10
50	2.56	2.56	0.318	5.1	10	10	1.25	20
12.5	2.56	10.2	0.318	20.4	10	40	1.25	80

6.25	2.56	10.2	0.318	20.4	10	40	1.25	80
1.56	2.56	10.2	0.318	20.4	10	40	1.25	80

0x28: PULSE\_WIND 寄存器 (读/写)

0x28: PULSE\_WIND 第二个脉冲时间窗口寄存器

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
风 7	风 6	风 5	风 4	风 3	风 2	风 1	风 0

MMA8451Q

42

传感器  
NXP 半导体 N.V.

表 55. PULSE\_WIND 描述

字段	描述
风[7:0]	第二个脉冲时间窗口。默认值: 0000_0000。

位 WIND7 到 WIND0 定义了延迟间隔结束后可以经过的最大时间间隔, 在延迟间隔结束后, 必须检测第二个脉冲事件的开始, 前提是设备已配置为双脉冲检测。德特第二个脉冲宽度必须短于 PULSE\_TMLT 寄存器指定的时间限制约束, 但双脉冲的结束不需要在 PULSE\_WIND 寄存器指定的时间内完成。

脉冲窗口的最小时间步骤定义在表 56 和表 57。最大时间是 ODR、过采样模式和 LPF 过滤器选项的时间步长乘以 255。

表 56. 脉冲检测窗口@ ODR 和电源模式的时间步骤 (注册 0x0F) Pulse\_LPF\_EN = 1

ODR (赫兹)	最大时间范围				时间步进 (毫秒)			
	通常的	LPLN	高分辨率	LP	通常的	LPLN	高分辨率	LP
800	0.638	0.638	0.638	0.638	2.5	2.5	2.5	2.5
400	1.276	1.276	1.276	1.276	5	5	5	5
200	2.56	2.56	1.276	2.56	10	10	5	10
100	5.1	5.1	1.276	5.1	20	20	5	20
50	10.2	10.2	1.276	10.2	40	40	5	40
12.5	10.2	40.8	1.276	40.8	40	160	5	160
6.25	10.2	40.8	1.276	81.6	40	160	5	320
1.56	10.2	40.8	1.276	81.6	40	160	5	320

表 57. 脉冲检测窗口@ ODR 和电源模式 (注册 0x0F) 的时间步骤 Pulse\_LPF\_EN = 0

ODR (赫兹)	最大时间范围				时间步进 (毫秒)			
	通常的	LPLN	高分辨率	LP	通常的	LPLN	高分辨率	LP
800	0.318	0.318	0.318	0.318	1.25	1.25	1.25	1.25
400	0.318	0.318	0.318	0.638	1.25	1.25	1.25	2.5
200	0.638	0.638	0.318	1.276	2.5	2.5	1.25	5

MMA8451Q

100	1.276	1.276	0.318	2.56	5	5	1.25	10
50	2.56	2.56	0.318	5.1	10	10	1.25	20
12.5	2.56	10.2	0.318	20.4	10	40	1.25	80
6.25	2.56	10.2	0.318	20.4	10	40	1.25	80
1.56	2.56	10.2	0.318	20.4	10	40	1.25	80

## 6.7 自动唤醒/睡眠检测

ASLP\_COUNT 寄存器设置从中指定的值更改当前 ODR 值所需的最小不活动时间段 DR[2:0]注册到 ASLP\_RATE 注册值,前提是 SLPE 位设置为逻辑“1”在 CTRL\_REG2 注册。看见表 59 对于可能被监控为不活动的功能块,以触发回到睡眠中事件。

### 0x29: ASLP\_COUNT 寄存器 (读/写)

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

表 58. ASLP\_COUNT 描述

字段	描述
D[7:0]	持续时间值。默认值: 0000_0000。

D7-D0 定义了更改当前 ODR 值的最小持续时间时间 DR 去 ASLP\_RATE。时间步长和最大值取决于所选的 ODR, 如图所示表 59。

表 59. ASLP\_COUNT 与 ODR 的关系

输出数据速率 (ODR)	持续时间	ODR 时间步骤	ASLP_COUNT 步骤
800 赫兹	0 到 81 s	1.25 毫秒	320 毫秒
400 赫兹	0 到 81 s	2.5 毫秒	320 毫秒
200 赫兹	0 到 81 s	5 毫秒	320 毫秒
100 赫兹	0 到 81 s	10 毫秒	320 毫秒
50 赫兹	0 到 81 s	20 毫秒	320 毫秒
12.5 赫兹	0 到 81 s	80 毫秒	320 毫秒
6.25 赫兹	0 到 81 s	160 毫秒	320 毫秒
1.56 赫兹	0 到 162 s	640 毫秒	640 毫秒

表 60. 睡眠/唤醒模式门和触发器

中断源	事件重新启动计时器并延迟返回睡眠状态	事件将从睡眠中醒来
FIFO_GATE	是	不是
SRC_TRANS	是	是
SRC_LNDPRT	是	是
SRC_脉冲	是	是
SRC_FF_MT	是	是

SRC_ASLP	不*	不*
SRC_DRDY	不是	不是

\*如果 FIFO\_GATE 位设置为逻辑“1”，SRC\_ASLP 中断的断言不会阻止系统过渡到睡眠或唤醒模式；相反，它会阻止 FIFO 缓冲区接受新的示例数据，直到主机应用程序刷新 FIFO 缓冲区。

为了唤醒设备，必须在 CTRL\_REG4 中启用所需的功能，并在 CTRL\_REG3 中设置为唤醒为睡眠。所有启用的功能仍将在睡眠 ODR 的睡眠模式下运行。只有为唤醒选择的功能从睡眠中会尾浪设备。

MMA8451Q 有四种功能，可用于防止传感器进入睡眠状态：瞬变、方向、点击和运动/自由落体。可以启用其中一个或多个功能。为了唤醒设备，提供了四种功能：瞬态、orientation、tap 和运动/自由落体。请注意，FIFO 不会唤醒设备。自动唤醒/睡眠中断不影响唤醒/睡眠，数据准备中断也不会。当设置时，寄存器 0x2C 中的 FIFO 门（位 7）将保存最后一个数据在过渡到不同的 ODR 之前，FIFO 缓冲区刷新后，它将在当前 ODR 接受新的样本数据。有关睡眠位的唤醒，请参阅寄存器 0x2C。

如果自动睡眠位被禁用，那么设备只能在待机模式和唤醒模式之间切换。如果启用了自动睡眠中断，则从活动模式过渡到自动睡眠模式，反之亦然会生成中断。

## MMA8451Q

44

传感器  
NXP 半导体 N.V.

## 6.8 控制寄存器

**注意：**除了待机模式选择外，设备必须处于待机模式才能更改 CTRL\_REG1（0x2A）中的任何字段。

### 0x2A: CTRL\_REG1 系统控制 1 个寄存器

#### 0x2A: CTRL\_REG1 寄存器（读/写）

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
ASLP_RATE 1	ASLP_RATE 0	DR2	DR1	DR0	LNOISE	F_READ	活性剂

表 61. CTRL\_REG1 描述

字段	描述
ASLP_RATE[1:0]	当设备处于睡眠模式时，配置自动唤醒样本频率。默认值：00。 看见表 62 了解更多信息。
DR[2:0]	数据速率选择。默认值：000。 看见表 63 了解更多信息。
LNOISE	降低噪音降低最大范围模式。默认值：0。 (0: 正常模式; 1: 降噪模式)
F_READ	快速读取模式：数据格式限制为单字节默认值：0。 (0: 正常模式 1: 快速阅读模式)
活性剂	全面选择。默认值：00。 (0: 待机模式; 1: 活动模式)

MMA8451Q

**表 62. 睡眠模式速率描述**

ASLP_RATE1	ASLP_RATE0	频率 (Hz)
0	0	50
0	1	12.5
1	0	6.25
1	1	1.56

需要注意的是，当设备处于自动睡眠模式时，系统 ODR 和所有系统功能块的数据速率被设置的数据速率覆盖 **ASLP\_RATE** 领域。

**DR[2:0]**位为加速样本选择输出数据速率（ODR）。默认值是 **000**，数据速率为 **800 赫兹**。

**表 63. 系统输出数据速率选择**

DR2	DR1	DR0	ODR	一段时间
0	0	0	800 赫兹	1.25 毫秒
0	0	1	400 赫兹	2.5 毫秒
0	1	0	200 赫兹	5 毫秒
0	1	1	100 赫兹	10 毫秒
1	0	0	50 赫兹	20 毫秒
1	0	1	12.5 赫兹	80 毫秒
1	1	0	6.25 赫兹	160 毫秒
1	1	1	1.56 赫兹	640 毫秒

活性剂位在待机模式和活动模式之间进行选择。待机模式的默认值为 **0**。

表 64. 全面选择

活性剂	形式
0	备用物
1	活性剂

**LNOISE** 位在正常全动态范围模式和高灵敏度、低噪声模式之间进行选择。在低噪声模式下，可以测量的最大信号是±4G。**注意**：任何设定在 4 以上的阈值 **G** 无法到达。

**F\_READ** 位在正常和快速读取模式之间选择。选中后，自动增量计数器将跳过 LSB 数据字节。从 FIFO 读取的数据将跳过 LSB 数据，从而减少获取时间。注意 **F\_READ** 只能在 **FMODE = 00** 时更改。**F\_READ** 位适用于输出寄存器和 FIFO。

### 0x2B: CTRL\_REG2 系统控制 2 寄存器

#### 0x2B: CTRL\_REG2 寄存器 (读/写)

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
圣人	RST	0	SMODS1	SMODS0	SLPE	MODS1	MODS0

表 65. CTRL\_REG2 描述

字段	描述
圣人	自检启用。默认值：0。 0：禁用自检；1：启用自检
RST	软件重置。默认值：0。 0：设备重置已禁用；1：设备重置已启用。
SMODS[1:0]	睡眠模式电源方案选择。默认值：00。 看见表 66 和表 67
SLPE	自动睡眠启用。默认值：0。 0：未启用自动睡眠；1：启用自动睡眠。
MODS[1:0]	主动模式电源方案选择。默认值：00。 看见表 66 和表 67

**圣人**位激活自检功能。当 **ST** 设置时，**X**、**Y** 和 **Z** 输出将发生变化。**RST** 位用于激活软件重置。重置机制可以在待机和活动模式下启用。

当启用重置位时，所有寄存器都是静止的，并加载默认值。将“1”写入 **RST** 位会立即重置设备，无论它处于活动/唤醒、活动/睡眠还是待机模式。

我 <sup>2</sup>C 通信系统被重置，以避免意外损坏的数据访问。

在引导过程结束时，**RST** 位被解断为 0。读取此位将返回零值。

足够的 **(S)MODS[1:0]** 位选择要使用的过采样模式显示在表 66。过采样模式在唤醒模式 **MOD[1:0]** 和睡眠模式 **SMOD[1:0]** 中都可使用。

表 66. MODS 过采样模式

(S) MODS1	(S) MODS0	电源模式
0	0	通常的
0	1	低噪声低功耗
1	0	高分辨率

1	1	低功耗
---	---	-----

表 67. MODS 过采样模式当前消耗和每个 ODR 的平均值

形式	正常 (00)		低噪音低功耗 (01)		高分辨率 (10)		低功耗 (11)	
	电流 M 罗马字母的第一个字母	操作系统比率						
1.56 赫兹	24	128	8	32	165	1024	6	16
6.25 赫兹	24	32	8	8	165	256	6	4
12.5 赫兹	24	16	8	4	165	128	6	2
50 赫兹	24	4	24	4	165	32	14	2
100 赫兹	44	4	44	4	165	16	24	2
200 赫兹	85	4	85	4	165	8	44	2
400 赫兹	165	4	165	4	165	4	85	2
800 赫兹	165	2	165	2	165	2	165	2

0x2C: CTRL\_REG3 中断控制寄存器

0x2C: CTRL\_REG3 寄存器 (读/写)

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
FIFO_GATE	唤醒_TRANS	唤醒_LNDPRT	唤醒_脉冲	唤醒_FF_MT	—	IPOL	PP_OD

表 68. CTRL\_REG3 描述

字段	描述
FIFO_GATE	<p>0: FIFO 门被绕过。在系统模式从唤醒模式过渡到睡眠模式或从睡眠模式过渡到唤醒模式时, FIFO 会刷新。默认值: 0。</p> <p>1: 从唤醒模式过渡到睡眠模式或从睡眠模式过渡到唤醒模式时, FIFO 输入缓冲区被阻止, 直到 FIFO 被刷新。虽然系统从唤醒过渡到睡眠或从睡眠过渡到唤醒 FIFO 缓冲区的内容被保留, 但新的在 FIFO 被主机应用程序清空之前, 数据样本被忽略。</p> <p>如果 FIFO_GATE 位设置为逻辑“1”, 并且 FIFO 缓冲区在下一个样本到达之前没有清空, 则将断言 SYS_MOD 寄存器 (0x0B) 中的 FGERR 位。只要 FIFO 缓冲区保持不空, FGERR 位就保持断言状态。</p> <p>清空 FIFO 缓冲区会清除 SYS_MOD 寄存器中的 FGERR 位。</p>
唤醒_TRANS	<p>0: 在睡眠模式下绕过瞬态功能。默认值: 0。</p> <p>1: 瞬态功能中断可以唤醒系统</p>
唤醒_LNDPRT	<p>0: 在睡眠模式下绕过定向功能。默认值: 0。</p> <p>1: 定向功能中断可以唤醒系统</p>
唤醒_脉冲	<p>0: 在睡眠模式下绕过脉冲功能。默认值: 0。</p> <p>1: 脉冲功能中断可以唤醒系统</p>
唤醒_FF_MT	<p>0: 在睡眠模式下绕过自由落体/运动功能。默认值: 0。</p> <p>1: 自由落体/运动功能中断可以唤醒</p>
IPOL	<p>中断极性主动高或主动低。默认值: 0。</p> <p>0: 主动低; 1: 主动高</p>

PP_OD	中断垫上的推拉/打开排水管选择。默认值：0。 0：推拉；1：打开排水管
-------	--

IPOL 位选择中断信号的极性。当 IPOL 为“0”（默认值）时，任何中断事件都将以逻辑 0 发出信号。

PP\_OD 钻头将中断引脚配置为推拉或开放模式。默认值为 0，对应于推拉模式。开漏配置可用于在同一中断线上连接多个中断信号。

MMA8451Q

传感器

NXP 半导体 N.V. 470x2D: CTRL\_REG4 寄存器 (读/写)

0x2D: CTRL\_REG4 寄存器 (读/写)

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
INT_EN_ASLP	INT_EN_FIFO	INT_EN_TRANS	INT_EN_LNDPRT	INT_EN_PULSE	INT_EN_FF_MT	—	INT_EN_DRDY

表 69. 中断启用寄存器描述

字段	描述
INT_EN_ASLP	中断启用。默认值：0。 0：禁用自动睡眠/唤醒中断；1：启用自动睡眠/唤醒中断。
INT_EN_FIFO	中断启用。默认值：0。 0：FIFO 中断已禁用；1：FIFO 中断已启用。
INT_EN_TRANS	中断启用。默认值：0。 0：瞬态中断已禁用；1：瞬态中断已启用。
INT_EN_LNDPRT	中断启用。默认值：0。 0：方向（横向/肖像）中断被禁用。 1：启用方向（横向/肖像）中断。
INT_EN_PULSE	中断启用。默认值：0。 0：脉冲检测中断已禁用；1：脉冲检测中断已启用
INT_EN_FF_MT	中断启用。默认值：0。 0：自由落体/运动中断已禁用；1：自由落体/运动中断已启用
INT_EN_DRDY	中断启用。默认值：0。 0：禁用数据就绪中断；1：启用数据就绪中断

相应的功能块中断启用位允许功能块将其事件检测标志路由到系统的中断控制器。中断控制器将启用的功能块中断路由到 INT1 或 INT2 引脚。

0x2E: CTRL\_REG5 寄存器 (读/写)

0x2E: CTRL\_REG5 中断配置寄存器

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
INT_CFG_ASLP	INT_CFG_FIFO	INT_CFG_TRANS	INT_CFG_LNDPRT	INT_CFG_脉冲	INT_CFG_FF_MT	—	INT_CFG_DRDY

表 70. 中断配置寄存器描述

字段	描述

MMA8451Q

INT_CFG_ASLP	INT1/INT2 配置。默认值：0。 0：中断路由到 INT2 引脚；1：中断路由到 INT1 引脚
INT_CFG_FIFO	INT1/INT2 配置。默认值：0 0：中断路由到 INT2 引脚；1：中断路由到 INT1 引脚
INT_CFG_TRANS	INT1/INT2 配置。默认值：0。 0：中断路由到 INT2 引脚；1：中断路由到 INT1 引脚
INT_CFG_LNDPRT	INT1/INT2 配置。默认值：0。 0：中断路由到 INT2 引脚；1：中断路由到 INT1 引脚
INT_CFG_脉冲	INT1/INT2 配置。默认值：0。 0：中断路由到 INT2 引脚；1：中断路由到 INT1 引脚
INT_CFG_FF_MT	INT1/INT2 配置。默认值：0。 0：中断路由到 INT2 引脚；1：中断路由到 INT1 引脚
INT_CFG_DRDY	INT1/INT2 配置。默认值：0。 0：中断路由到 INT2 引脚；1：中断路由到 INT1 引脚

系统的中断控制器显示在图 10 使用 CTRL\_REG5 寄存器中的相应位字段来确定 INT1 和 INT2 中断引脚的路由表。如果位值是逻辑“0”，则功能块的中断路由到 INT2，如果位值是逻辑“1”，则中断路由到 INT1。一个或多个函数可以断言中断引脚；因此，响应中断的主机应用程序应读取 INT\_SOURCE（0x0C）寄存器，以确定中断的适当来源。

## 6.9 用户偏移校正寄存器

有关如何校准 0 的更多信息 G 偏移，请参阅应用说明 AN4069。2 的补偏移校正寄存器值用于重新对齐零-G 设备板安装后 X、Y 和 Z 轴的位置。偏移寄存器的分辨率为每个 LSB2 毫克。2 的补码 8 位值将导致偏移补偿范围±256 毫克。**0x2F: OFF\_X 偏移校正 X 寄存器**

### 0x2F: OFF\_X 寄存器（读/写）

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

表 71. OFF\_X 描述

字段	描述
D[7:0]	X 轴偏移值。默认值：0000_0000。

### 0x30: OFF\_Y 偏移校正 Y 寄存器

#### 0x30: OFF\_Y 寄存器（读/写）

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

表 72. OFF\_Y 描述

字段	描述
D[7:0]	Y 轴偏移值。默认值：0000_0000。

### 0x31: OFF\_Z 偏移校正 Z 寄存器

#### 0x31: OFF\_Z 寄存器（读/写）

位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

表 73. OFF\_Z 描述

字段	描述
D[7:0]	Z 轴偏移值。默认值：0000_0000。

表 74. MMA8451Q 寄存器地图

注册	名字	定义	位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
00	状态/F_状态	数据状态 R	ZYXOW	ZOW	响	XOW	ZYXDR	ZDR	YDR	XDR
01	OUT_X_MSB	14 位 X 数据 R	XD13	XD12	XD11	XD10	XD9	XD8	XD7	XD6
02	OUT_X_LSB	14 位 X 数据 R	XD5	XD4	XD3	XD2	XD1	XD0	0	0
03	OUT_Y_MSB	14 位 Y 数据 R	YD13	YD12	YD11	YD10	YD9	YD8	YD7	YD6
04	OUT_Y_LSB	14 位 Y 数据 R	YD5	YD4	YD3	YD2	YD1	YD0	0	0
05	OUT_Z_MSB	14 位 Z 数据 R	ZD13	ZD12	ZD11	ZD10	ZD9	ZD8	ZD7	ZD6
06	OUT_Z_LSB	14 位 Z 数据 R	ZD5	ZD4	ZD3	ZD2	ZD1	ZD0	0	0

MMA8451Q

传感器

NXP 半导体 N.V. 49 表 74. MMA8451Q 寄存器地图 (续)

注册	名字	定义	位 7	位 6	比特 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
09	F_设置	FIFO 设置 R/W	F_模式 1	F_MODE0	F_WMRK5	F_WMRK4	F_WMRK3	F_WMRK2	F_WMRK1	F_WMRK0
0A	TRIG_CFG	FIFO 触发器 R/W	—	—	Trig_TRANS	Trig_LNDPRT	Trig_PULSE	Trig_FF_MT	—	—
0B	SYSMOD	系统模式 R	FGERR	FGT_4	FGT_3	FGT_2	FGT_1	FGT_0	SYSMOD1	SYSMOD0
0C	INT_SOURCE	中断状态 R	SRC_ASPL	SRC_FIFO	SRC_TRANS	SRC_LNDPRT	SRC_脉冲	SRC_FF_MT	—	SRC_DRDY
0D	WHO_AM_I	ID 寄存器 R	0	0	0	1	1	0	1	0
0E	XYZ_DATA_CFG	数据配置 R/W	—	—	—	HPF_Out	—	—	FS1	FS0
0F	HP_FILTER_CUTOFF	惠普过滤器设置 R/W	—	—	脉冲_HPF_BYP	脉冲_LPF_EN	—	—	SEL1	SEL0
10	PL_状态	PL 状态 R	NEWLP	LO	—	—	—	LAPO[1]	LAPO[0]	BAFRO
11	PL_CFG	PL 配置 R/W	DBCNTM	PL_EN	—	—	—	—	—	—
12	PL_计数	PL DEBOUNCE R/W	DBNCE[7]	DBNCE[6]	DBNCE[5]	DBNCE[4]	DBNCE[3]	DBNCE[2]	DBNCE[1]	DBNCE[0]
13	PL_BF_ZCOMP	PL 后/前 Z Comp R/W	BKFR[1]	BKFR[0]	—	—	—	兹洛克[2]	兹洛克[1]	ZLOCK[0]
14	PL_THS_REG	PL 阈值 R/W	PL_THS[4]	PL_THS[3]	PL_THS[2]	PL_THS[1]	PL_THS[0]	HYS[2]	HYS[1]	HYS[0]
15	FF_MT_CFG	自由落体/运动配置 R/W	ELE	OAE	ZEFE	耶菲	XEFE	—	—	—
16	FF_MT_SRC	自由落体/运动源字母 R	EA	—	哲	ZHP	YHE	YHP	XHE	XHP
17	FF_MT_THS	自由落体/运动阈值 R/W	DBCNTM	THS6	THS5	THS4	THS3	THS2	THS1	THS0
18	FF_MT_COUNT	自由落体/运动弹幕 R/W	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1D	TRANSIENT_CFG	瞬态配置 R/W	—	—	—	ELE	ZTEFE	YTEFE	XTEFE	HPF_BYP
1E	TRANSIENT_SRC	瞬态源 R	—	EA	ZTRANSE	Z_Trans_Pol	YTRANSE	Y_Trans_Pol	XTRANSE	X_Trans_Pol

MMA8451Q

1楼	TRANSIENT_THS	瞬态阈值 R/W	DBCNTM	THS6	THS5	THS4	THS3	THS2	THS1	THS0
20	TRANSIENT_COUNT	瞬态反弹 R/W	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
21	脉冲_CFG	脉冲配置 R/W	DPA	ELE	ZDPEFE	ZSPEFE	YDPEFE	YSPEFE	XDPEFE	XSPEFE
22	脉冲_SRC	脉冲源 R	EA	AxZ	AxY	AxX	DPE	Pol_Z	波尔_Y	波尔_X
23	脉冲_THSX	脉冲 X 阈值 R/W	—	THSX6	THSX5	THSX4	THSX3	THSX2	THSX1	THSX0
24	脉冲_THSY	脉冲 Y 阈值 R/W	—	THSY6	THSY5	THSY4	THSY3	THSY2	THSY1	THSY0
25	脉冲_THSZ	脉冲 Z 阈值 R/W	—	THSZ6	THSZ5	THSZ4	THSZ3	THSZ2	THSZ1	THSZ0
26	脉冲_TMLT	脉冲第一个计时器 R/W	TMLT7	TMLT6	TMLT5	TMLT4	TMLT3	TMLT2	TMLT1	TMLT0
27	脉冲_LTCY	脉冲延迟 R/W	LTCY7	LTCY6	LTCY5	LTCY4	LTCY3	LTCY2	LTCY1	LTCY0
28	脉搏_风	脉冲第二窗口 R/W	风 7	风 6	风 5	风 4	风 3	风 2	风 1	风 0
29	ASLP_计数	自动睡眠计数器 R/W	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
2A	CTRL_REG1	控制 Reg1 R/W	ASLP_RATE1	ASLP_RATE0	DR2	DR1	DR0	LNOISE	F_READ	活性剂
2B	CTRL_REG2	控制 Reg2 R/W	圣人	RST	—	SMODS1	SMODS0	SLPE	MODS1	MODS0
2C	CTRL_REG3	控制 Reg3 (唤醒睡眠中断) R/W	FIFO_GATE	唤醒_TRANS	唤醒_LNDPRT	唤醒_脉冲	唤醒_FF_MT	—	IPOL	PP_OD
2D	CTRL_REG4	控制 Reg4 (中断启用地图) R/W	INT_EN_ASLP	INT_EN_FIFO	INT_EN_TRANS	INT_EN_LNDPRT	INT_EN_PULSE	INT_EN_FF_MT	—	INT_EN_DRDY
2E	CTRL_REG5	控制 Reg5 (中断配置) R/W	INT_CFG_ASLP	INT_CFG_FIFO	INT_CFG_TRANS	INT_CFG_LNDPRT	INT_CFG_脉冲	INT_CFG_FF_MT	—	INT_CFG_DRDY
2楼	关闭_X	X 8 位偏移 R/W	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
30	关闭_Y	Y 8 位偏移 R/W	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
31	关闭_Z	Z 8 位偏移 R/W	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

表 75。加速度计输出数据

14 位数据	范围±2G(0.25 毫克)	范围±4G(0.5 毫克)	范围±8G (1.0 毫克)
01 1111 1111 1111	1.99975 克	+3.9995G	+7.999G
01 1111 1111 1110	1.99950G	+3.9990G	+7.998G
...	...	...	...
00 0000 0000 0001	0.00025G	+0.0005G	+0.001G
00 0000 0000 0000	0.00000G	0.00000G	0.000G
11 1111 1111 1111	-0.00025G	-0.0005G	-0.001G
...	...	...	...
10 0000 0000 0001	-1.99975G	-3.9995G	-7.999G
10 0000 0000 0000	-2.00000G	-4.0000G	-8.000G
8 位数据	范围±2G (15.6 毫克)	范围±4G (31.25 毫克)	范围±8G (62.5 毫克)
0111 1111	1.9844G	+3.9688G	+7.9375G
0111 1110	1.9688G	+3.9375G	+7.8750G
...	...	...	...
0000 0001	+0.0156 克	+0.0313G	+0.0625G
0000 0000	0.000G	0.0000G	0.0000G
1111 1111	-0.0156G	-0.0313G	-0.0625G
...	...	...	...
1000 0001	-1.9844G	-3.9688G	-7.9375G
1000 0000	-2.0000G	-4.0000G	-8.0000G

## 7 印刷电路板布局和设备安装

印刷电路板 (PCB) 布局和设备安装是整体设计的关键部分。表面贴装包装的占地面积必须是正确的尺寸，作为 PCB 和包装之间适当焊接连接的基础。这个，沿着 [wi](#) 推荐的焊接材料和技术，将优化组装，并最大限度地减少电路板安装后对包装的应力。

### 7.1 印刷电路板布局

以下建议是有效 PCB 布局的指南。看见 [图 14](#) 对于足迹尺寸。

1. 不要在包装下焊接裸露垫 (EP)，以尽量减少板安装应力对产品性能的影响。
2. 焊罩不应覆盖任何 PCB 着陆垫，如图所示 [图 14](#)。
3. PCB 层顶部的包装下方没有额外的通道或金属图案。
4. 不要将任何组件或通孔放在在包装土地面积的 2 毫米范围内。如果离包裹土地面积太近，这可能会造成额外的包裹压力。
5. 连接到垫片的信号轨迹应尽可能对称。在 NC 垫上放置虚拟痕迹，使所有垫片的裸露痕迹长度相同。
6. 使用标准的拾取和放置工艺和设备。不要使用手工焊接工艺。

7. 建议客户谨慎对待螺丝孔与传感器的接近程度，以及在外壳中适合组装的 PCB 的任何压力机的位置。组装好的 PCB 在组装后保持平整很重要，以保持设备的电子操作最佳。
8. PCB 应额定温度高达 260°C 的多种无铅回流条件。
9. NXP 传感器使用无卤化物成型化合物（绿色）和无铅端接。这些终端与锡铅（Sn-Pb）以及锡银铜（Sn-Ag-Cu）焊膏焊接工艺兼容。适用于这些流程的回流配置文件可以成功用于焊接设备。

深圳南天星

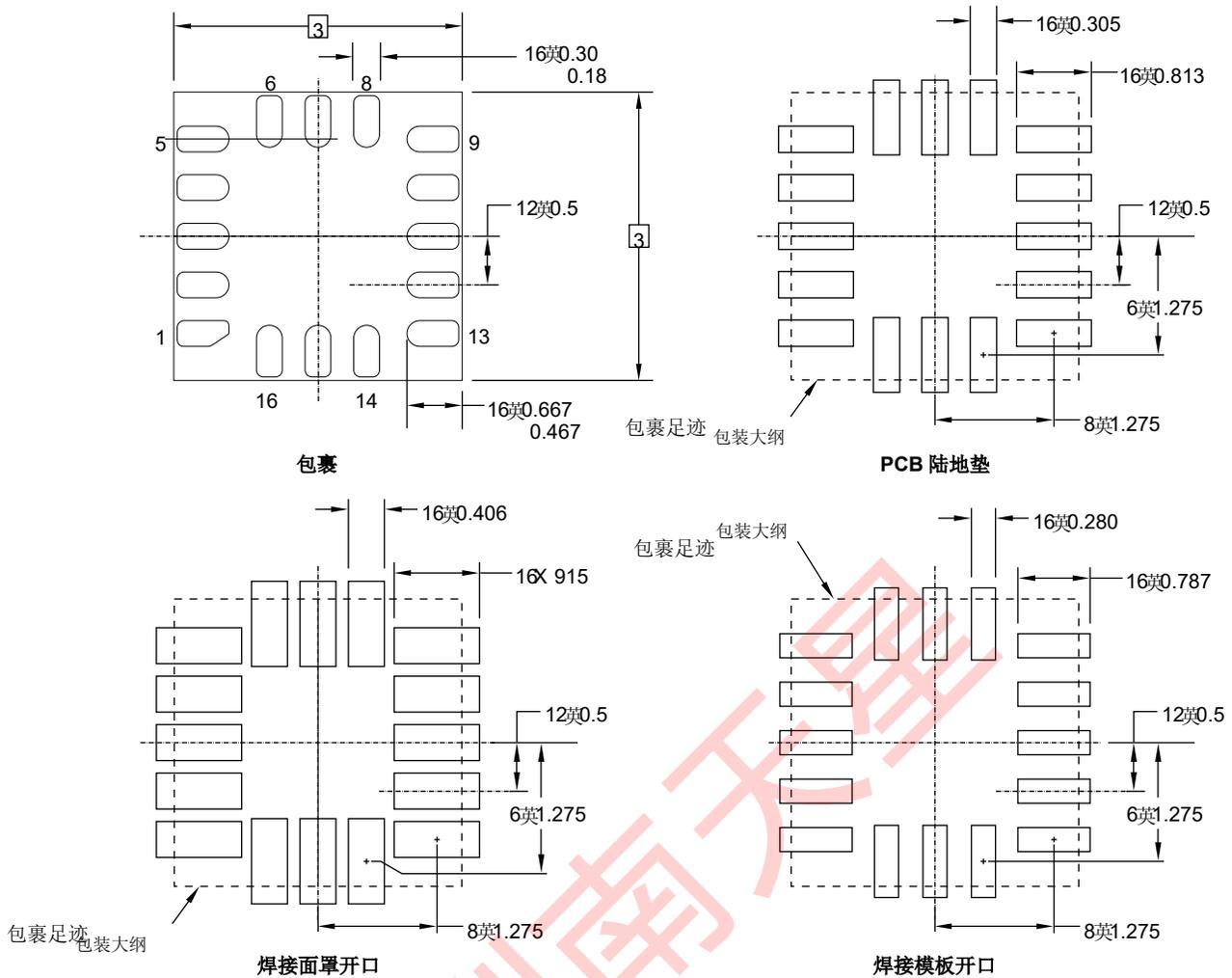


图 14. 足迹

## 7.2 焊接注意事项概述

此处提供的信息基于在 QFN 设备上执行的实验。这些实验不能代表客户现场的确切情况。因此，此处的信息仅应用于指导。流程和设计优化是建议开发特定于应用程序的解决方案。有了适当的 PCB 占地面积和焊锡模板设计，包装将在焊料回流过程中自行对齐。

- 模板厚度为 100 或 125MM.
- PCB 应适用于最高温度为 260°C 的多种无铅回流条件。
- 使用标准的拾取和放置工艺和设备。不要使用手工焊接工艺。
- 不要使用螺旋式或堆叠将 PCB 安装到外壳中。这些方法可能会弯曲 PCB，这会给包装带来压力。

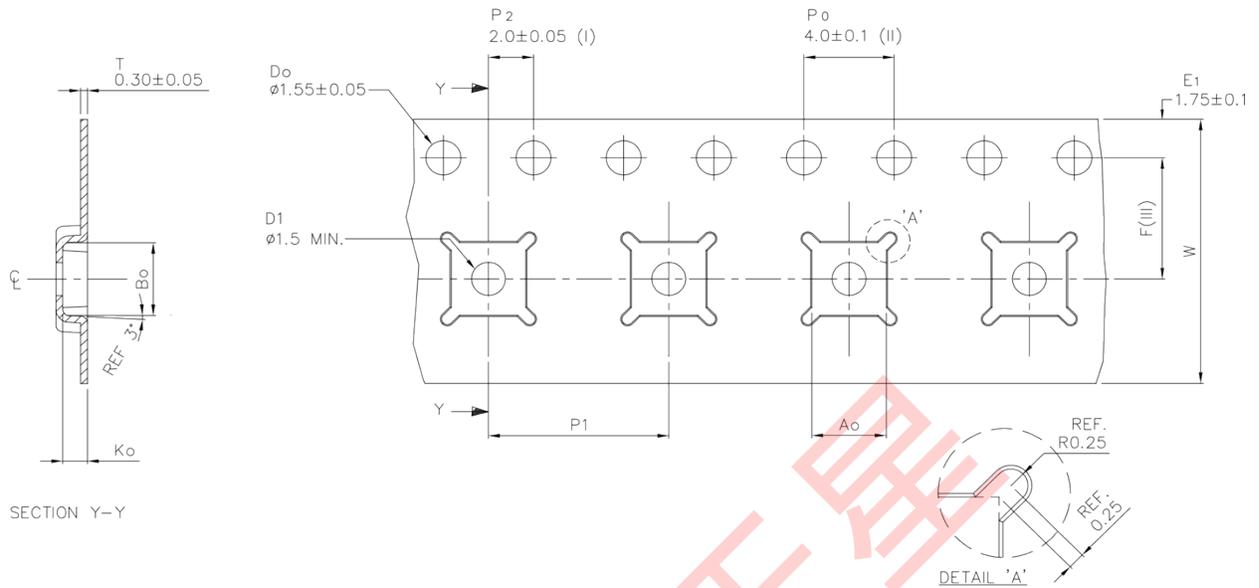
## 7.3 卤素含量

该包装设计为不含卤素，超过大多数行业和客户标准。无卤素意味着组装包装中没有均匀材料含有超过 700 ppm 或 0.07%重量/重量的氯 (Cl) 或超过 900 ppm 或 0 的溴 (Br)。0.09%的体重/体重。

## 8 包裹信息

MMA8451Q 设备装在 16 导联 QFN 封装中, 外壳编号 98ASA00063D。

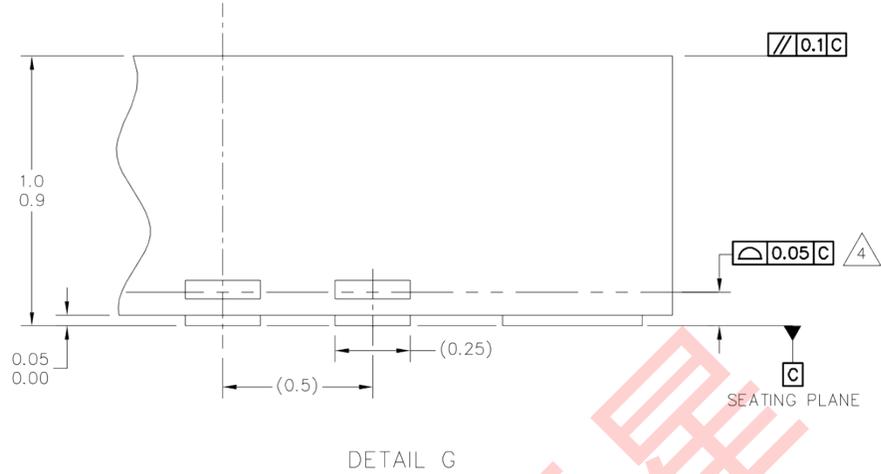
### 8.1 磁带和卷轴信息



Ao	3.30 +/− 0.1
Bo	3.30 +/− 0.1
Ko	1.10 +/− 0.1
F	5.50 +/− 0.05
P1	8.00 +/− 0.1
W	12.00 +/− 0.3

- (I) Measured from centreline of sprocket hole to centreline of pocket.  
 (II) Cumulative tolerance of 10 sprocket holes is  $\pm 0.20$  .  
 (III) Measured from centreline of sprocket hole to centreline of pocket.  
 (IV) Other material available.  
 (V) Typical SR value Max  $10^9$  OHM/SQ  
 ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES UNLESS OTHERWISE STATED.





© NXP SEMICONDUCTORS N.V. ALL RIGHTS RESERVED	MECHANICAL OUTLINE	PRINT VERSION NOT TO SCALE	
TITLE: QUAD FLAT NO LEAD COL PACKAGE (QFN-COL) 16 TERMINAL, 0.5 PITCH (3 X 3 X 1.0)		DOCUMENT NO: 98ASA00063D	REV: B
		STANDARD: NON JEDEC	
		SOT1676-1	05 JAN 2016

**98ASA00063D, 16 针**  
**QFN, 3 毫米 x 3 毫米 x 1.0 毫**  
**米**



NOTES:

1. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
2. INTERPRET DIMENSIONS AND TOLERANCES PER ASME Y14.5M-1994.
3. THIS IS NON JEDEC REGISTERED PACKAGE.
4.  COPLANARITY APPLIES TO ALL LEADS.
5. MIN. METAL GAP SHOULD BE 0.2MM.



© NXP SEMICONDUCTORS N.V. ALL RIGHTS RESERVED	<b>MECHANICAL OUTLINE</b>	PRINT VERSION NOT TO SCALE	
TITLE: QUAD FLAT NO LEAD COL PACKAGE (QFN-COL) 16 TERMINAL, 0.5 PITCH (3 X 3 X 1.0)		DOCUMENT NO: 98ASA00063D	REV: B
		STANDARD: NON JEDEC	
		SOT1676-1	05 JAN 2016

**98ASA00063D, 16 针**  
**QFN, 3 毫米 x 3 毫米 x 1.0 毫**  
**米**

## 9 修订历史

表 76. 修订历史

文档 ID	发布日期	数据表状态	更改通知	取代
MMA8451Q 修订版 10.3	20170203	技术数据	—	MMA8451Q Rev. 10.2
修改	•删除了功能“I”后面的括号数据 °C 数字输出接口”在功能，在第 1 页。			
MMA8451Q Rev. 10.2	2016 年 8 月	技术数据	—	MMA8451Q 修订版 10.1
MMA8451Q 修订版 10.1	2016 年 5 月	技术数据	—	MMA8451Q 修订版 10.0
MMA8451Q 修订版 10.0	2016 年 4 月	技术数据	—	MMA8451Q 修订版 9.1
MMA8451Q 修订版 9.1	2015 年 6 月	技术数据	—	MMA8451Q Rev. 9.0
MMA8451Q Rev. 9.0	2014 年 11 月	技术数据	—	MMA8451Q 修订版 8.1
MMA8451Q 修订版 8.1	2013 年 10 月	技术数据	—	MMA8451Q Rev. 8.0
MMA8451Q Rev. 8.0	2013 年 2 月	技术数据	—	MMA8451Q 修订版 7.1
MMA8451Q 修订版 7.1	2012 年 5 月	技术数据	—	MMA8451Q 修订版 7.0
MMA8451Q 修订版 7.0	2012 年 3 月	技术数据	—	MMA8451Q 修订版 6.0

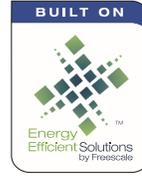
## 如何联系我们:

主页: [NXP.com](http://www.nxp.com)

## 网络支持:

[Http://www.nxp.com/support](http://www.nxp.com/support)

Semiconductors N.V.2017



本文档中的信息仅用于使系统和软件实施者能够使用 NXP 产品。本协议未授予任何明示或暗示的版权许可, 以根据本文件中的信息设计或制造任何集成电路。NXP 保留对此处任何产品进行更改的权利, 恕不另行通知。

NXP 对其产品适合任何特定用途不作任何保证、陈述或保证, NXP 也不承担因应用或使用任何产品或电路而产生的任何责任, 并特别否认任何和所有责任, 包括但不限于间接或附带损害。NXP 数据表和/或规格中可能提供的“典型”参数可以而且确实在不同的应用中有不同, 实际性能可能会随着时间的推移而变化。所有 o 包括“典型”在内的渗透参数必须由客户的技术专家为每个客户应用程序进行验证。NXP 根据其专利权或他人权利转让任何许可。NXP 根据标准条款销售产品和销售条件, 可在以下地址找到:

[Http://www.nxp.com/terms-of-use.html](http://www.nxp.com/terms-of-use.html).

NXP、NXP 徽标、Freescale、Freescale 徽标和节能解决方案徽标是 NXP B.V.的商标。

所有其他产品

或服务名称均

为其各自所有

者的财产。保

留所有权利。

© NXP

文件编号: MMA8451Q Rev.  
10.3  
2017 年 2

