



InvenSense Inc.

1197 Borregas Ave, Sunnyvale, CA 94089 U.S.A.
Tel: +1 (408) 988-7339 Fax: +1 (408) 988-8104 Website:
www.invensense.com

Document Number: PS-MPU-6000A-00
Revision: 3.4
Release Date: 08/19/2013

MPU-6000 and MPU-6050

Product Specification

Revision 3.4

中文翻译



MPU-6000/MPU-6050 Product Specification

Document Number: PS-MPU-6000A-00
Revision: 3.4
Release Date: 08/19/2013

修订日期	版本	描述
08/30/2019	1.0	初始版本

xutopia

关注公众号获取更多资料





内容

1 修订历史记录	5
2 PURPOSE AND SCOPE	6
3 产品概述	7
3.1 MPU-60X0 概述	7
4 应用	9
5 特性	10
5.1 陀螺仪特性	10
5.2 加速度计特性	10
5.3 其他特性	10
5.4 运动处理	11
5.5 时钟	11
6 电气特性	12
6.1 陀螺仪规格	12
6.2 加速度计规格	13
6.3 电气和其他通用规格	14
6.4 电气规格, 续	15
6.5 电气规格, 续	16
6.6 电气规格, 续	17
6.7 I ₂ C 时序特征	18
6.8 SPI 时序特征 (只针对于 MPU-6000)	19
6.9 绝对最大额定值	20
7 应用信息	21
7.1 引脚和信号描述	21
7.2 典型应用电路	22
7.3 外部组件物料单	22
7.4 建议的上电时序	23
7.5 框图	24
7.6 概述	24
7.7 三轴陀螺仪, 带 16 位 ADCS 和信号调整	25
7.8 三轴加速度计, 带 16 位 ADCS 和信号调整	25
7.9 数字运动处理器	25
7.10 主 I ₂ C 和 SPI 系列通信接口	25



7.11 辅助 I ² C..通信接口.....	26
7.12 自测	27
7.13 使用 I ² C 接口实现九轴融合的 MPU-60X0 方案.....	28
7.14 MPU-6000 使用 SPI 接口	29
7.15 内部时钟生成	30
7.16 传感器数据寄存器	30
7.17 FIFO	30
7.18 中断	30
7.19 数字输出温度传感器.....	31
7.20 BIAS AND LDO	31
7.21 充电泵.....	31
8 可编程中断	32
9 数字接口	33
9.1 I ² C 和 SPI (MPU-6000 ONLY) 串行接口	33
9.2 I ² C 接口	33
9.3 I ² C 通信协议	33
9.4 I ² C 时序	36
9.5 SPI 接口 (MPU-6000 ONLY)	37
10 串行通信接口注意事项 (MPU-6050)	38
10.1 MPU-6050 支持的接口	38
10.2 逻辑电平.....	38
10.3 AUX_VDDIO = 0 的逻辑电平	39
11 装配	40
11.1 轴的方位	40
11.2 封装尺寸.....	41
11.3 PCB 设计指导	42
11.4 装配注意事项	43
11.5 存储规范	46
11.6 包标记规范	46
11.7 卷筒规格	47
11.8 商标.....	48
11.9 包装.....	49
11.10 代表性纸箱标签	50



MPU-6000/MPU-6050 Product Specification

Document Number: PS-MPU-6000A-00
Revision: 3.4
Release Date: 08/19/2013

12 可靠性.....	51
12. 1 质量测试政策	51
12. 2 质量测试规范.....	51
13 环保合规	52



MPU-6000/MPU-6050 Product Specification

Document Number: PS-MPU-6000A-00
Revision: 3.4
Release Date: 08/19/2013

1 修订历史记录

修订日期	版本	描述
11/24/2010	1.0	初始版本
05/19/2011	2.0	For Rev C parts. Clarified wording in sections (3.2, 5.1, 5.2, 6.1-6.4, 6.6, 6.9, 7, 7.1-7.6, 7.11, 7.12, 7.14, 8, 8.2-8.4, 10.3, 10.4, 11, 12.2)
07/28/2011	2.1	已编辑的用于不同模式的电源电流编号 (第 6.4 节)
08/05/2011	2.2	加速度计灵敏度的测量单位从 LSB / mg 变为 LSB / g
10/12/2011	2.3	更新了表 6.2 中的加速度计自检规范。 更新包装尺寸 (第 11.2 节)。 更新的 PCB 设计指南 (第 11.3 节)
10/18/2011	3.0	对于 Rev D 部件。 更新了表 6.2 中的加速度计规格。 更新的加速度计规格说明 (第 8.2, 8.3 和 8.4 节)。 更新的质量测试方法 (第 12.2 节)。
10/24/2011	3.1	增添细节 将工作电压范围更改为 2.375V-3.46V 增加加速度计函数增量值 1mg / LSB (第 6.2 节) 更新了加速度的绝对最大额定值 (任何轴, 无动力) 0.3ms 至 0.2ms (第 6.9 节) 升级到 A 级和 ±100mA 的绝对最大额定值 (第 6.9 节, 第 12.2 节)
11/16/2011	3.2	更新了日期代码为 1147 (YYWW) 或更高版本的 D 版部件的自检响应规范。 增添细节 增加陀螺仪自检 (第 5.1, 6.1, 7.6, 7.12 节) 为 Accel 自测响应添加了最小/最大限制 (第 6.2 节) 更新的加速度计低功耗模式工作电流 (第 6.3 节) 在方框图中增加了陀螺自测试 (第 7.5 节) 更新的包装标签和说明 (第 11.8 和 11.9 节)
5/16/2012	3.3	更新陀螺仪和加速度计自检信息 (第 6.1, 6.2, 7.12 节) 更新了闩锁信息 (第 6.9 节) 更新了可编程中断信息 (第 8 节) 将装运信息从每个托运箱最多 3 个卷轴 (15K 单位) 更改为每个托运箱 5 个卷轴 (25K 单位) (第 11.7 节) 更新了包装运输和标签信息 (第 11.8, 11.9 节) 更新了可靠性参考 (第 12.2 节)
8/19/2013	3.4	更新第 4 节



MPU-6000/MPU-6050 Product Specification

Document Number: PS-MPU-6000A-00
Revision: 3.4
Release Date: 08/19/2013

2 Purpose and Scope

本产品规格提供有关 MPU-6000™ 和 MPU-6050™ 运动跟踪™设备的电气规格和设计相关信息，统称为 MPU-60X0™ 或 MPU™。

电气特性仅基于设计分析和仿真结果。规格为如有更改，恕不另行通知。最终规格将根据产品硅晶片描述。有关寄存器映射和单个寄存器的说明，请参阅 MPU-6000/MPU-6050 Register Map and Register Descriptions 文档。

本文档中提供的自测试响应规范适用于日期代码为 1147 (YYWW) 或更高版本的 D 版部件。有关包装标记描述的详细信息，请参阅第 11.6 节。



MPU-6000/MPU-6050 Product Specification

Document Number: PS-MPU-6000A-00
Revision: 3.4
Release Date: 08/19/2013

3 Product Overview

3.1 MPU-60X0 Overview

MotionInterface™正在成为智能手机和平板电脑制造商采用的“必备”功能，因为它为最终用户体验增加了巨大的价值。在智能手机中，它适用于应用和电话控制的手势命令、增强的游戏、增强现实、全景照片拍摄和查看以及行人和车辆导航等应用。MotionTracking技术能够精确、准确地跟踪用户运动，可将手机和平板电脑转换为功能强大的3D智能设备，可用于从健康和健身监控到基于位置的应用服务。支持MotionInterface器件的关键要求是封装尺寸小、功耗低、精度高和可重复性、高抗冲击性以及应用特定性能可编程性 - 所有这些都以较低的消费价格点进行。

MPU-60X0是世界上首款集成的6轴MotionTracking器件，将3轴陀螺仪、3轴加速度计和数字运动处理器™(DMP)相结合，全部封装在4x4x0.9mm封装中。凭借其专用的I2C传感器总线，它直接接受来自外部3轴磁力计的输入，以提供完整的9轴MotionFusion™输出。MPU-60X0 MotionTracking器件具有6轴集成、板载MotionFusion™和运行时校准固件，使制造商能够消除离散式集成的昂贵而复杂的选择、鉴定和系统集成设备，保证消费者的最佳运动性能。MPU-60X0还设计用于在其辅助I2C端口上与多个非惯性数字传感器（如压力传感器）接口。MPU-60X0的封装与MPU-30X0系列兼容。

MPU-60X0具有三个16位模数转换器(ADC)，用于对陀螺仪输出进行数字化，三个16位ADC用于对加速度计输出进行数字化。为了精确跟踪快速和慢动作，零件具有用户可编程陀螺仪全量程范围为±250、±500、±1000和±2000°/秒(dps)，以及用户可编程加速度计的全量程范围±2g、±4g、±8g和±16g。

片上1024字节FIFO缓冲器允许系统处理器以突发方式读取传感器数据，然后在MPU收集更多数据时进入低功耗模式，从而帮助降低系统功耗。MPU-60X0具有支持许多基于运动的用例所需的所有片上处理和传感器组件，可在便携式应用中实现低功耗MotionInterface应用，降低系统处理器。通过提供集成的MotionFusion输出，MPU-60X0中的DMP减轻了系统处理器的大量的计算要求，最大限度地减少了频繁轮询运动传感器输出的需求。

与设备所有寄存器的通信使用400kHz的I2C或1MHz的SPI(仅限MPU-6000)。对于需要更快通信的应用，可以使用20MHz的SPI读取传感器和中断寄存器(仅限MPU-6000)。其他功能包括嵌入式温度传感器和片上振荡器，在工作温度范围内变化±1%。

InvenSense利用其专利和经过批量验证的Nasiri制造平台，通过晶圆级粘接将MEMS晶圆与配套CMOS电子集成，将MPU-60X0封装尺寸降至革命性的足迹。4x4x0.9mm(QFN)，同时提供手持式消费类电子设备所需的最高性能、最低噪音和最低成本的半导体封装。该部件具有强大的10,000g抗冲击性，并具有用于陀螺仪、加速度计和片上温度传感器的可编程低通滤波器。

为获得电源灵活性，MPU-60X0采用2.375V-3.46V的VDD电源电压范围。此外，MPU-6050还提供VLOGIC参考引脚(除了其模拟电源引脚：VDD)，该引脚设置其I2C接口的逻辑电平。VLOGIC电压可以是1.8V±5%或VDD。

MPU-6000和MPU-6050相同，只不过MPU-6050仅支持I2C串行接口，并且具有单独的VLOGIC参考引脚。MPU-6000支持I2C和SPI接口，并且具有单个电源引脚VDD，该引脚既是器件的逻辑参考电源，也是器件的模拟电源。下表概述了这些差异：

MPU-6000和MPU-6050之间的主要差异

Part / Item	MPU-6000	MPU-6050
VDD	2.375V-3.46V	2.375V-3.46V
VLOGIC	n/a	1.71V to VDD
Serial Interfaces Supported	I ² C, SPI	I ² C
Pin 8	/CS	VLOGIC



MPU-6000/MPU-6050 Product Specification

Document Number: PS-MPU-6000A-00
Revision: 3.4
Release Date: 08/19/2013

Pin 9	AD0/SDO	AD0
Pin 23	SCL/SCLK	SCL
Pin 24	SDA/SDI	SDA



4 应用

- BlurFree™ 技术（用于视频/图像稳定）
- AirSign™ 技术（用于安全/认证）
- TouchAnywhere™ 技术（用于“无接触”UI 应用程序控制/导航）
- 运动命令™ 技术（用于手势快捷）
- 支持运动的游戏和应用程序框架
- 即时手势™ iG™ 手势识别
- 基于位置的服务、兴趣点和死点计算
- 手机和便携式游戏
- 基于运动的游戏控制器
- 3D 遥控器，用于连接互联网的 DTV 和机顶盒、3D 鼠标
- 用于健康、健身和运动的可穿戴传感器
- 玩具



5 Features

5.1 Gyroscope Features

MPU-60X0 中的三轴 MEMS 陀螺仪包括多种功能：

- 数字输出 X、Y 和 Z 轴角速率传感器（陀螺仪），用户可编程满量程范围为 ± 250 、 ± 500 、 ± 1000 和 $\pm 2000^{\circ}/\text{秒}$
- 连接到 FSYNC 引脚的外部同步信号支持图像、视频和 GPS 同步
- 集成的 16 位 ADC 可实现陀螺同步采样
- 增强的偏置和灵敏度温度稳定性减少了用户校准的需要
- 改进低频噪声性能
- 数字可编程低通滤波器
- 陀螺仪工作电流：3.6mA
- 待机电流：5 μA
- 工厂校准的灵敏度刻度系数
- 用户自检

5.2 Accelerometer Features

MPU-60X0 中的三轴 MEMS 加速度计包括多种功能：

- 数字输出三轴加速度计，可编程全量程范围为 $\pm 2g$ 、 $\pm 4g$ 、 $\pm 8g$ 和 $\pm 16g$
- 集成的 16 位 ADC 可实现加速度计的同步采样，同时无需外部多路复用器
- 加速度计正常工作电流：500 μA
- 低功耗加速度计模式电流：1.25Hz 时为 10 μA ，5Hz 时为 20 μA ，20Hz 为 60 μA ，40Hz 时为 110 μA
- 方向检测和信令
- 点击检测
- 用户可编程中断
- 高 G 中断
- 用户自检

5.3 Additional Features

MPU-60X0 包括以下附加功能：

- 9 轴运动融合由片上数字运动处理器（DMP）
- 用于从外部传感器（例如磁力计）读取数据的辅助主 I2C 总线
- 启用所有 6 个运动感应轴和 DMP 时，3.9mA 工作电流
- VDD 电源电压范围为 2.375V-3.46V
- 灵活的 VLOGIC 参考电压支持多个 I2C 接口电压（仅限 MPU-6050）
- 最小、最薄的便携式设备 QFN 封装：4x4x0.9mm
- 加速度计和陀螺仪轴之间的最小交叉轴灵敏度
- 1024 字节 FIFO 缓冲区允许主机处理器以突发方式读取数据，然后在 MPU 收集更多数据时进入低功耗模式，从而降低功耗
- 数字输出温度传感器
- 用于陀螺仪、加速度计和温度传感器的用户可编程数字滤波器
- 10,000 g 减震
- 400kHz 快速模式 I2C，用于与所有寄存器通信
- 1MHz SPI 串行接口，用于与所有寄存器通信（仅限 MPU-6000）
- 20MHz SPI 串行接口，用于读取传感器和中断寄存器（仅限 MPU-6000）



- MEMS 结构密封和粘结在晶圆级
- 符合 RoHS 和绿色标准

5.4 Motion Processing

- 内部数字运动处理™ (DMP™) 引擎支持 3D 运动处理和手势识别算法
- MPU-60X0 收集陀螺仪和加速度计数据，同时以用户定义的速率同步数据采样。MPU-60X0 获得的总数据集包括 3 轴陀螺仪数据、3Axis 加速度计数据和温度数据。MPU 对系统处理器的计算输出还可以包括来自数字 3 轴第三方磁力计的数据。
 - FIFO 可缓冲完整的数据集，通过允许处理器突发读取 FIFO 数据，降低系统处理器的计时要求。突发读取 FIFO 数据后，系统处理器可以通过进入低功耗睡眠模式来节省电能，同时 MPU 收集更多的数据。
 - 可编程中断支持手势识别、平移、缩放、滚动、点击检测和抖动检测等功能
 - 数字编程低通滤波器
 - 低功耗计步器功能允许主机处理器在 DMP 保持步长计数时休眠。

5.5 Clocking

- 片上定时发生器在全温度范围内的 ±1% 频率变化
- 可选的 32.768kHz 或 19.2MHz 的外部时钟输入



6 Electrical Characteristics

6.1 陀螺仪规格

VDD = 2.375V-3.46V, VLOGIC (MPU-6050 only) = 1.8V±5% or VDD, TA = 25°C

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
陀螺仪的灵敏度 全量程范围	FS_SEL=0 FS_SEL=1 FS_SEL=2 FS_SEL=3		±250 ±500 ±1000 ±2000		%/s %/s %/s %/s	
陀螺仪 ADC 字长 灵敏度刻度因子	16 FS_SEL=0 FS_SEL=1 FS_SEL=2 FS_SEL=3		131 65.5 32.8 16.4		bits LSB/(%s) LSB/(%s) LSB/(%s) LSB/(%s)	
灵敏度刻度因子公差 灵敏度标度因子随温度的变化	25°C	-3	±2	+3	% %	
非线性 交叉耦合灵敏度	Best fit straight line; 25°C		0.2 ±2		% %	
陀螺仪零速率输出 (ZRO) 初始零输出 零输出温漂 供电敏感度 (1-10Hz) 供电敏感度 (10 - 250Hz) 供电敏感度 (250Hz - 100kHz) 线性加速度灵敏度	25°C -40°C to +85°C Sine wave, 100mVpp; VDD=2.5V Sine wave, 100mVpp; VDD=2.5V Sine wave, 100mVpp; VDD=2.5V Static		±20 ±20 0.2 0.2 4 0.1		%/s %/s %/s %/s %/s %/s/g	
自检响应	Change from factory trim	-14		14	%	1
陀螺仪噪声性能 Total RMS Noise Low-frequency RMS noise Rate Noise Spectral Density	FS_SEL=0 DLPFCFG=2 (100Hz) Bandwidth 1Hz to 10Hz At 10Hz		0.05 0.033 0.005		%/s-rms %/s-rms %/s/√Hz	
陀螺仪机械频率 X-Axis Y-Axis Z-Axis		30 27 24	33 30 27	36 33 30	kHz kHz kHz	
低通滤波器响应	Programmable Range	5		256	Hz	
数据输出速率	Programmable	4		8,000	Hz	
陀螺仪启动时间 ZRO Settling (from power-on)	DLPFCFG=0 to ±1% of Final			30	ms	

1. 有关自检的更多信息, 请参阅以下文档: : MPU-6000/MPU-6050 Register Map and Descriptions



MPU-6000/MPU-6050 Product Specification

Document Number: PS-MPU-6000A-00
Revision: 3.4
Release Date: 08/19/2013

6.2 Accelerometer Specifications

VDD = 2.375V-3.46V, VLOGIC (MPU-6050 only) = 1.8V \pm 5% or VDD, TA = 25°C

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
加速度计灵敏度 全量程	AFS_SEL=0 AFS_SEL=1 AFS_SEL=2 AFS_SEL=3		± 2 ± 4 ± 8 ± 16		g	
ADC 字长	Output in two's complement format		16		bits	
灵敏度刻度因子	AFS_SEL=0 AFS_SEL=1 AFS_SEL=2 AFS_SEL=3		16,384 8,192 4,096 2,048		LSB/g	
初始校准公差			± 3		%	
温漂	AFS_SEL=0, -40°C to +85°C		± 0.02		%/°C	
非线性	Best Fit Straight Line		0.5		%	
交叉耦合灵敏度			± 2		%	
零 G 输出 初始校准公差	X and Y axes Z axis		± 50 ± 80		mg	1
温漂	X and Y axes, 0°C to +70°C Z axis, 0°C to +70°C		± 35 ± 60		mg	
自检响应	Change from factory trim	-14		14	%	2
噪声性能, 功率谱密度	@10Hz, AFS_SEL=0 & ODR=1kHz		400		g/√Hz	
低通滤波响应	Programmable Range	5		260	Hz	
数据输出速率	Programmable Range	4		1,000	Hz	
INTELLIGENCE FUNCTION INCREMENT			32		mg/LSB	

1. MSL3 预处理后的典型零 g 初始校准容差值

2 有关自检的更多信息, 请参阅以下文档: *MPU-6000/MPU-6050 Register Map and Descriptions*



MPU-6000/MPU-6050 Product Specification

Document Number: PS-MPU-6000A-00
Revision: 3.4
Release Date: 08/19/2013

6.3 Electrical and Other Common Specifications

VDD = 2.375V-3.46V, VLOGIC (MPU-6050 only) = 1.8V±5% or VDD, TA = 25°C

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	Units	Notes
温度传感器 范围			-40 to +85		°C	
灵敏度	Untrimmed		340		LSB/°C	
温度偏置	35°C		-521		LSB	
线性	Best fit straight line (-40°C to +85°C)		±1		°C	
VDD 电源, 操作电压		2.375		3.46	V	
工作电流	Gyroscope + Accelerometer + DMP		3.9		mA	
	Gyroscope + Accelerometer (DMP disabled)		3.8		mA	
	Gyroscope + DMP (Accelerometer disabled)		3.7		mA	
	Gyroscope only (DMP & Accelerometer disabled)		3.6		mA	
	Accelerometer only (DMP & Gyroscope disabled)		500		μA	
加速度计低功耗电流	1.25 Hz update rate		10		μA	
	5 Hz update rate		20		μA	
	20 Hz update rate		70		μA	
	40 Hz update rate		140		μA	
全芯片空闲模式供电电流 电源斜坡率	Monotonic ramp. Ramp rate is 10% to 90% of the final value		5	100	μA ms	
VLOGIC 参考电压	MPU-6050 only					
电压范围	VLOGIC must be ≤VDD at all times	1.71		VDD	V	
电源斜坡率	Monotonic ramp. Ramp rate is 10% to 90% of the final value			3	ms	
Normal Operating Current			100		μA	
温度范围, 指定的温度范围	性能参数不适用于指定温度范围之外	-40		+85	°C	



MPU-6000/MPU-6050 Product Specification

Document Number: PS-MPU-6000A-00
Revision: 3.4
Release Date: 08/19/2013

6.4 Electrical Specifications, Continued

VDD = 2.375V-3.46V, VLOGIC (MPU-6050 only) = 1.8V \pm 5% or VDD, TA = 25°C

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	Units	Notes
串行接口						
SPI 工作频率, 所有寄存器读/写	MPU-6000 only, Low Speed Characterization		100 \pm 10%		kHz	
	MPU-6000 only, High Speed Characterization		1 \pm 10%		MHz	
SPI 工作频率, 传感器和中断寄存器只读	MPU-6000 only		20 \pm 10%		MHz	
I ² C 工作频率	All registers, Fast-mode			400	kHz	
	All registers, Standard-mode			100	kHz	
I ² C 地址	AD0 = 0		1101000			
	AD0 = 1		1101001			
数字输入(SDI/SDA, AD0, (sck /SCL, FSYNC, /CS, CLKIN)						
VIH, 高电平输入电压	MPU-6000	0.7*VDD			V	
VIL, 低电平输入电压	MPU-6050	0.7*VLOGIC			V	
CI, 输入电容	MPU-6000		0.3*VDD		V	
	MPU-6050		0.3*VLOGIC		V	
		< 5			pF	
数字输出(SDO, INT)						
VOH, 高电平输出电压	R _{LOAD} =1MΩ; MPU-6000	0.9*VDD			V	
	R _{LOAD} =1MΩ; MPU-6050	0.9*VLOGIC			V	
VOL, 低电平输出电压	R _{LOAD} =1MΩ; MPU-6000		0.1*VDD		V	
	R _{LOAD} =1MΩ; MPU-6050		0.1*VLOGIC		V	
VO _{LINT1} , 中断低电平输出电压	OPEN=1, 0.3mA sink Current		0.1		V	
漏极输出电流	OPEN=1	100			nA	
t _{INT} , 中断脉冲宽度	LATCH_INT_EN=0	50			μs	



MPU-6000/MPU-6050 Product Specification

Document Number: PS-MPU-6000A-00
Revision: 3.4
Release Date: 08/19/2013

6.5 Electrical Specifications, Continued

Typical Operating Circuit of Section 7.2, VDD = VLOGIC (MPU-6050 only) = 1.8V±5% or VDD, TA = 25°C

Parameters	Conditions	Typical	Units	Notes
Primary I²C I/O (SCL, SDA)				
V _{IL} , 低电平输入电压	MPU-6000	-0.5 to 0.3*VDD	V	
V _{IH} , 高电平输入电压	MPU-6000	0.7*VDD to VDD + 0.5V	V	
V _{hys} , 磁滞	MPU-6000	0.1*VDD	V	
V _{IL} , 低电平输入电压	MPU-6050	-0.5V to 0.3*VLOGIC	V	
V _{IH} , 高电平输入电压	MPU-6050	0.7*VLOGIC to VLOGIC + 0.5V	V	
V _{hys} , 磁滞	MPU-6050	0.1*VLOGIC	V	
V _{OL1} , 低电平输出电压	3mA sink current	0 to 0.4	V	
I _{OL} , 低电平输出电流	V _{OL} = 0.4V	3	mA	
	V _{OL} = 0.6V	5	mA	
漏极输出电流		100	nA	
t _{tr} , 输出压降时间 V _{IHmax} to V _{ILmax}	C _b bus capacitance in pF	20+0.1C _b to 250	ns	
C _i , 每个 I/O 引脚的电容		< 10	pF	
Auxiliary I²C I/O (AUX_CL, AUX_DA)	MPU-6050: AUX_VDDIO=0			
V _{IL} , 输入低电平		-0.5V to 0.3*VLOGIC	V	
V _{IH} , 高输入电平		0.7*VLOGIC to VLOGIC + 0.5V	V	
V _{hys} , 磁滞		0.1*VLOGIC	V	
V _{OL1} , 低电平输出电压	VLOGIC > 2V; 1mA sink current	0 to 0.4	V	
V _{OL3} , 低电平输出电压	VLOGIC < 2V; 1mA sink current	0 to 0.2*VLOGIC	V	
I _{OL} , 低电平输出电流	V _{OL} = 0.4V	1	mA	
	V _{OL} = 0.6V	1	mA	
漏极输出电流		100	nA	
t _{tr} , 输出压降时间 V _{IHmax} to V _{ILmax}	C _b bus capacitance in pF	20+0.1C _b to 250	ns	
C _i , 每个 I/O 引脚的电容		< 10	pF	

6.6 Electrical Specifications, Continued

Typical Operating Circuit of Section 7.2, VDD = VLOGIC (MPU-6050 only) = 1.8V±5% or VDD, TA = 25°C

Parameters	Conditions	Min	Typical	Max	Units	Notes
------------	------------	-----	---------	-----	-------	-------



MPU-6000/MPU-6050 Product Specification

Document Number: PS-MPU-6000A-00
Revision: 3.4
Release Date: 08/19/2013

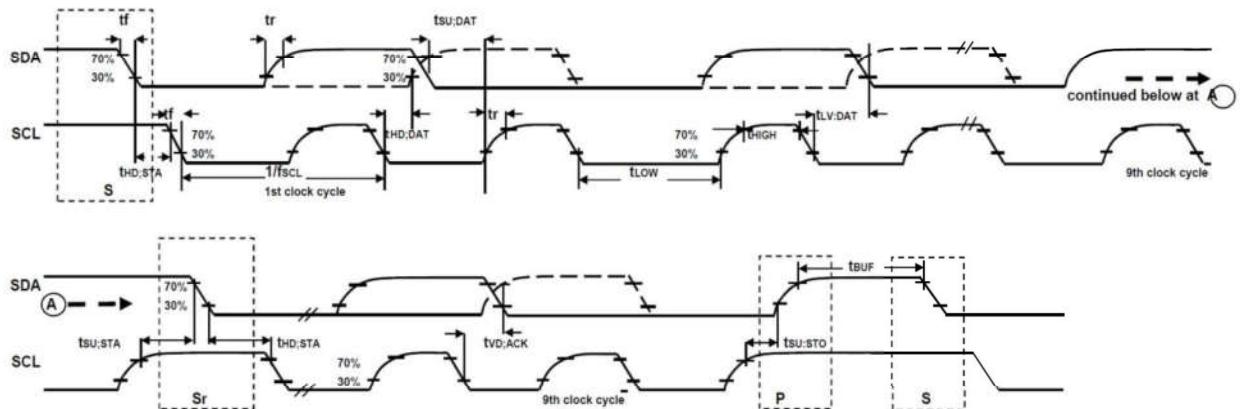
内部时钟源	CLK_SEL=0,1,2,3					
陀螺仪采样速率, 快	DLPFCFG=0 SAMPLERATEDIV = 0		8			kHz
陀螺仪采样速率, 慢	DLPFCFG=1,2,3,4,5, or 6 SAMPLERATEDIV = 0		1			kHz
加速度计采样率			1			kHz
时钟频率初始公差	CLK_SEL=0, 25°C CLK_SEL=1,2,3; 25°C	-5 -1		+5 +1	% %	
频率温漂	CLK_SEL=0 CLK_SEL=1,2,3		-15 to +10 ±1		% %	
PLL 设置时间	CLK_SEL=1,2,3		1	10	ms	
外部 32.768kHz 时钟	CLK_SEL=4					
外部时钟频率	Cycle-to-cycle rms		32.768			kHz
外部时钟允许抖动	DLPFCFG=0 SAMPLERATEDIV = 0		1 to 2			μs
陀螺仪采样率, 快	DLPFCFG=1,2,3,4,5, or 6 SAMPLERATEDIV = 0		8.192			kHz
陀螺仪采样率, 慢			1.024			kHz
加速度计采样率			1.024			kHz
PLL 设置时间			1	10	ms	
外部 19.2MHz 时钟	CLK_SEL=5					
外部时钟频率	Full programmable range	3.9	19.2	8000	MHz	
陀螺仪采样率	DLPFCFG=0 SAMPLERATEDIV = 0		8		Hz	
陀螺仪采样率, 快	DLPFCFG=1,2,3,4,5, or 6 SAMPLERATEDIV = 0		1		kHz	
陀螺仪采样率, 慢			1		kHz	
加速度计采样率			1		kHz	
PLL 设置时间			1	10	ms	

6.7 I²C Timing Characterization

Typical Operating Circuit of Section 7.2, VDD = VLOGIC (MPU-6050 only) = 1.8V±5% or VDD, T_A = 25°C

Parameters	Conditions	Min	Typical	Max	Units	Notes
I²C TIMING	I²C FAST-MODE					
f _{SCL} , SCL Clock Frequency				400	kHz	
t _{HOLD,STA} , (Repeated) START Condition Hold Time		0.6			μs	
t _{LOW} , SCL Low Period		1.3			μs	
t _{HIGH} , SCL High Period		0.6			μs	
t _{SU,STA} , Repeated START Condition Setup Time		0.6			μs	
t _{HD,DAT} , SDA Data Hold Time		0			μs	
t _{SU,DAT} , SDA Data Setup Time		100			ns	
t _r , SDA and SCL Rise Time	C _b bus cap. from 10 to 400pF	20+0.1C _b		300	ns	
t _f , SDA and SCL Fall Time	C _b bus cap. from 10 to 400pF	20+0.1C _b		300	ns	
t _{SU,STO} , STOP Condition Setup Time		0.6			μs	
t _{BUF} , Bus Free Time Between STOP and START Condition		1.3			μs	
C _b , Capacitive Load for each Bus Line		< 400			pF	
t _{VD,DAT} , Data Valid Time				0.9	μs	
t _{VD,ACK} , Data Valid Acknowledge Time				0.9	μs	

Note: Timing Characteristics apply to both Primary and Auxiliary I²C Bus

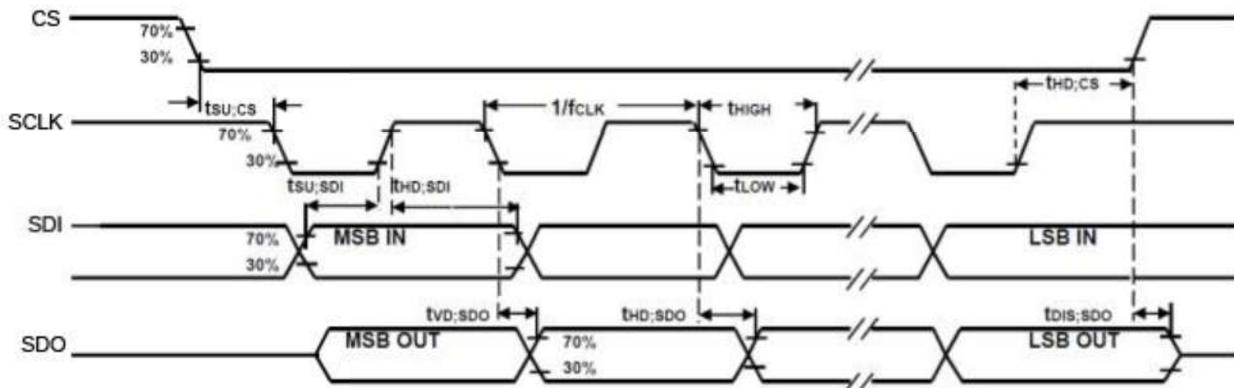


I²C Bus Timing Diagram

6.8 SPI Timing Characterization (MPU-6000 only)

Typical Operating Circuit of Section 7.2, VDD = VLOGIC (MPU-6050 only) = $1.8V \pm 5\%$ or $VDD, T_A = 25^\circ C$, unless otherwise noted.

Parameters	Conditions	Min	Typical	Max	Units	Notes
SPI TIMING						
f_{SCLK} , SCLK Clock Frequency				1	MHz	
t_{LOW} , SCLK Low Period		400			ns	
t_{HIGH} , SCLK High Period		400			ns	
$t_{SU,CS}$, CS Setup Time		8			ns	
$t_{HD,CS}$, CS Hold Time		500			ns	
$t_{SU,SDI}$, SDI Setup Time		11			ns	
$t_{HD,SDI}$, SDI Hold Time		7			ns	
$t_{VD,SDO}$, SDO Valid Time	$C_{load} = 20pF$			100	ns	
$t_{HD,SDO}$, SDO Hold Time	$C_{load} = 20pF$	4			ns	
$t_{DIS,SDO}$, SDO Output Disable Time				10	ns	



SPI Bus Timing Diagram



6.9 Absolute Maximum Ratings

高于列为"绝对最大额定值"的压力可能会对设备造成永久性损坏。

这些仅是应力等级，并且设备在这些条件下的功能操作不隐含。长时间暴露在绝对最大额定值条件下可能会影响设备的可靠性。

Parameter	Rating
Supply Voltage, VDD	-0.5V to +6V
VLOGIC Input Voltage Level (MPU-6050)	-0.5V to VDD + 0.5V
REGOUT	-0.5V to 2V
Input Voltage Level (CLKIN, AUX_DA, AD0, FSYNC, INT, SCL, SDA)	-0.5V to VDD + 0.5V
CPOUT (2.5V ≤ VDD ≤ 3.6V)	-0.5V to 30V
Acceleration (Any Axis, unpowered)	10,000g for 0.2ms
Operating Temperature Range	-40°C to +105°C
Storage Temperature Range	-40°C to +125°C
Electrostatic Discharge (ESD) Protection	2kV (HBM); 250V (MM)
Latch-up	JEDEC Class II (2), 125°C ±100mA



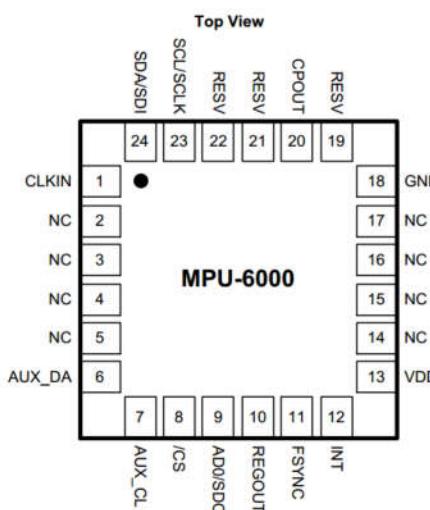
MPU-6000/MPU-6050 Product Specification

Document Number: PS-MPU-6000A-00
Revision: 3.4
Release Date: 08/19/2013

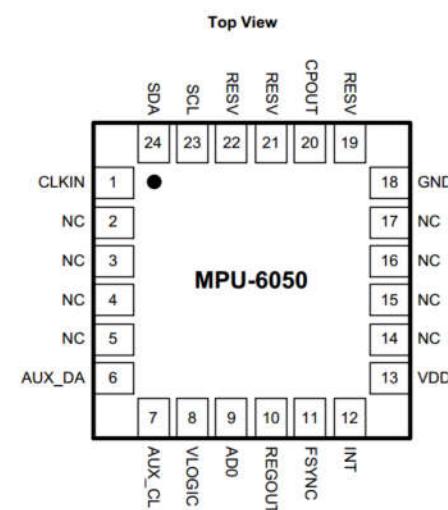
7 Applications Information

7.1 Pin Out and Signal Description

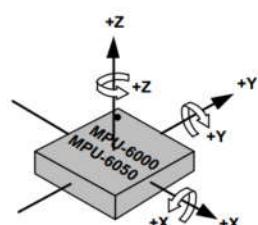
Pin Number	MPU-6000	MPU-6050	Pin Name	Pin Description
1	Y	Y	CLKIN	Optional external reference clock input. Connect to GND if unused.
6	Y	Y	AUX_DA	I ² C master serial data, for connecting to external sensors
7	Y	Y	AUX_CL	I ² C Master serial clock, for connecting to external sensors
8	Y	Y	/CS	SPI chip select (0=SPI mode)
8		Y	VLOGIC	Digital I/O supply voltage
9	Y		AD0 / SDO	I ² C Slave Address LSB (AD0); SPI serial data output (SDO)
9		Y	AD0	I ² C Slave Address LSB (AD0)
10	Y	Y	REGOUT	Regulator filter capacitor connection
11	Y	Y	FSYNC	Frame synchronization digital input. Connect to GND if unused.
12	Y	Y	INT	Interrupt digital output (totem pole or open-drain)
13	Y	Y	VDD	Power supply voltage and Digital I/O supply voltage
18	Y	Y	GND	Power supply ground
19, 21	Y	Y	RESV	Reserved. Do not connect.
20	Y	Y	CPOUT	Charge pump capacitor connection
22	Y	Y	RESV	Reserved. Do not connect.
23	Y		SCL / SCLK	I ² C serial clock (SCL); SPI serial clock (SCLK)
23		Y	SCL	I ² C serial clock (SCL)
24	Y		SDA / SDI	I ² C serial data (SDA); SPI serial data input (SDI)
24		Y	SDA	I ² C serial data (SDA)
2, 3, 4, 5, 14, 15, 16, 17	Y	Y	NC	Not internally connected. May be used for PCB trace routing.



QFN Package
24-pin, 4mm x 4mm x 0.9mm

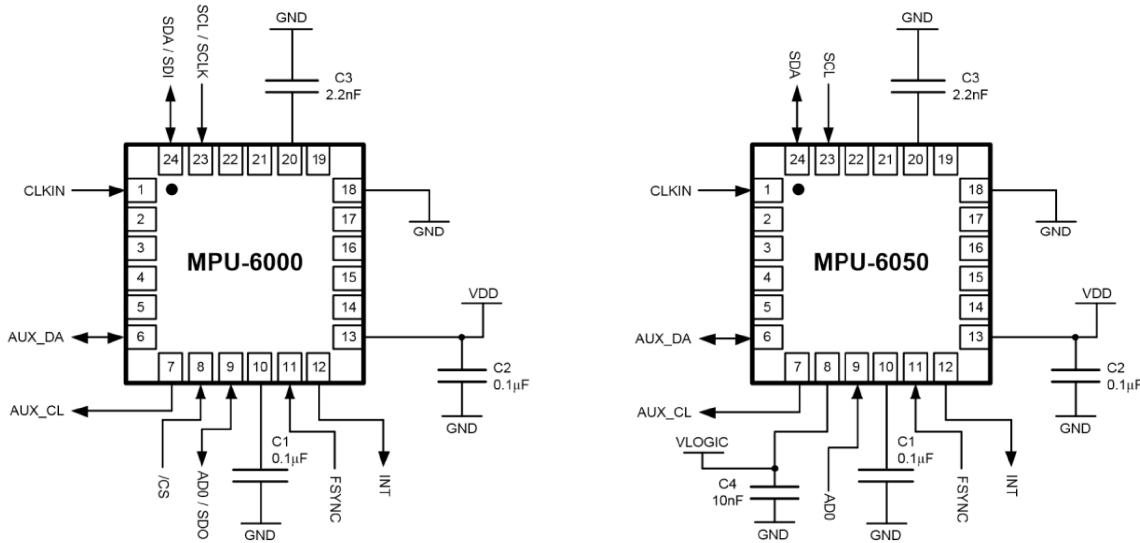


QFN Package
24-pin, 4mm x 4mm x 0.9mm



Orientation of Axes of Sensitivity and
Polarity of Rotation

7.2 Typical Operating Circuit



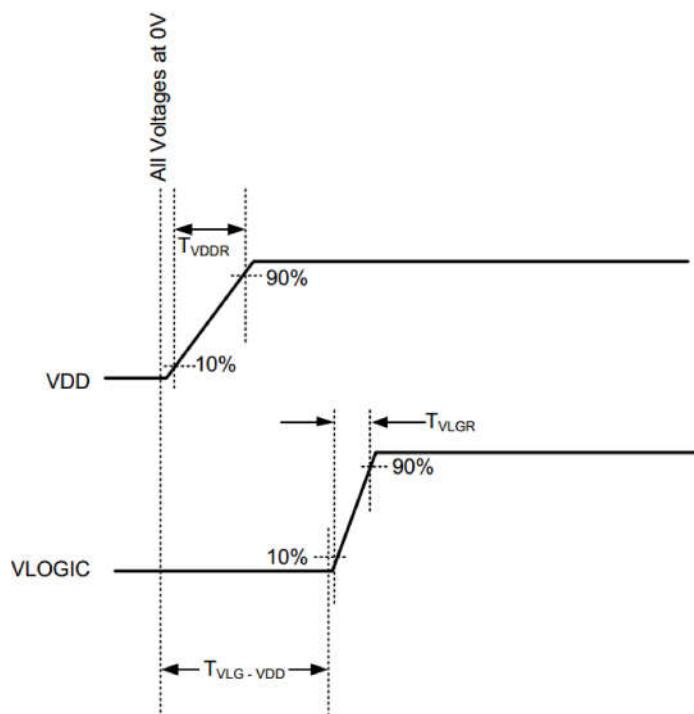
Typical Operating Circuits

7.3 Bill of Materials for External Components

Component	Label	Specification	Quantity
Regulator Filter Capacitor (Pin 10)	C1	Ceramic, X7R, 0.1μF ±10%, 2V	1
VDD Bypass Capacitor (Pin 13)	C2	Ceramic, X7R, 0.1μF ±10%, 4V	1
Charge Pump Capacitor (Pin 20)	C3	Ceramic, X7R, 2.2nF ±10%, 50V	1
VLOGIC Bypass Capacitor (Pin 8)	C4*	Ceramic, X7R, 10nF ±10%, 4V	1

* MPU-6050 Only.

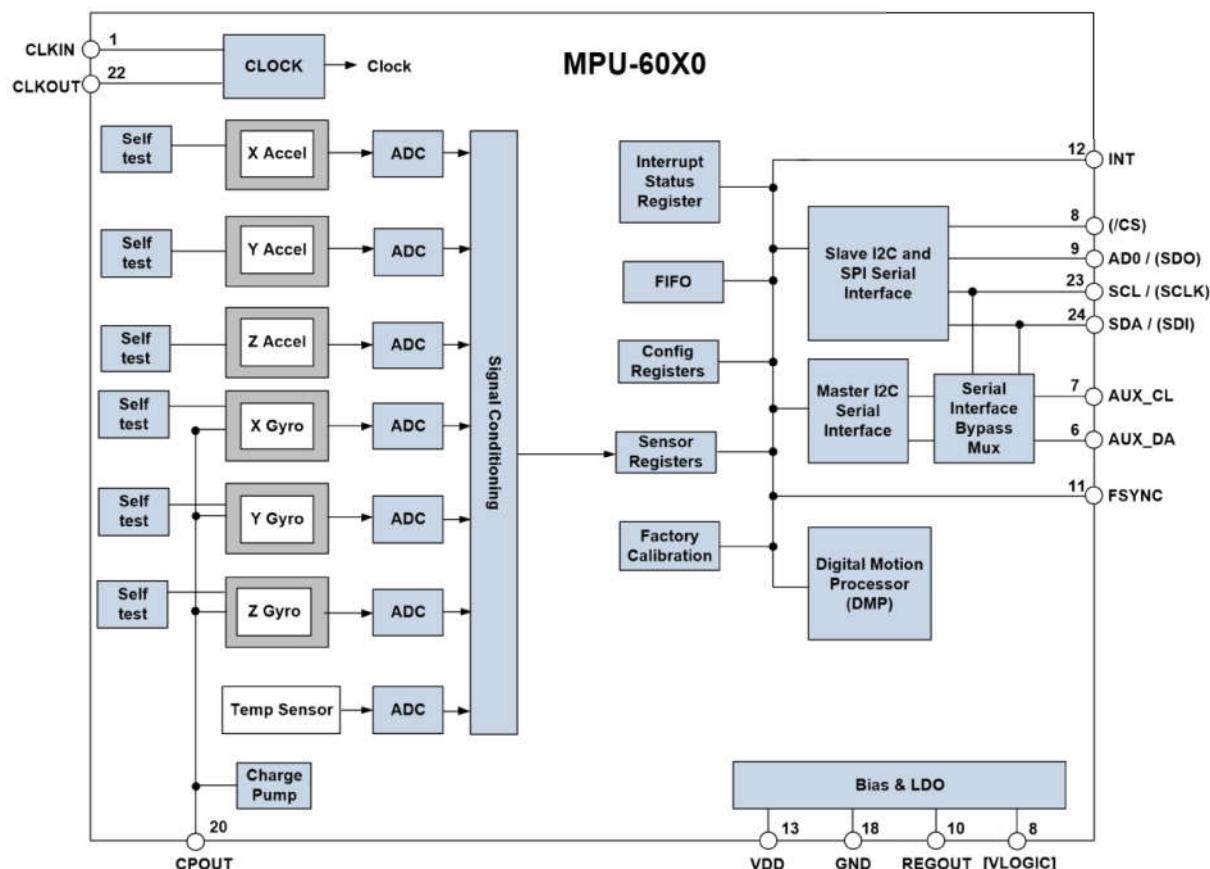
7.4 Recommended Power-on Procedure



Power-Up Sequencing

1. VLOGIC amplitude must always be \leq VDD amplitude
2. T_{VDDR} is VDD rise time: Time for VDD to rise from 10% to 90% of its final value
3. $T_{VDDR} \leq 100\text{ms}$
4. T_{VLGR} is VLOGIC rise time: Time for VLOGIC to rise from 10% to 90% of its final value
5. $T_{VLGR} \leq 3\text{ms}$
6. $T_{VLG-VDD}$ is the delay from the start of VDD ramp to the start of VLOGIC rise
7. $T_{VLG-VDD} \geq 0$
8. VDD and VLOGIC must be monotonic ramps

7.5 Block Diagram



Note: Pin names in round brackets () apply only to MPU-6000
 Pin names in square brackets [] apply only to MPU-6050

7.6 Overview

MPU-60X0 由以下关键块和功能组成：

- 具有 16 位 ADC 和信号调理功能的三轴 MEMS 速率陀螺仪传感器
- 具有 16 位 ADC 和信号调理功能的三轴 MEMS 加速度传感器
- 数字运动处理器 (DMP) 引擎
- 主 I2C 和 SPI (仅限 MPU-6000) 串行通信接口
- 辅助 I2C 串行接口，用于第三方磁力计和其他传感器
- 时钟
- 传感器数据寄存器
- FIFO
- 中断
- 数字输出温度传感器
- 陀螺仪和加速度计自检
- 偏差和 LDO
- 电荷泵



7.7 Three-Axis MEMS Gyroscope with 16-bit ADCs and Signal Conditioning

MPU-60X0 由三个独立的振动 MEMS 速率陀螺仪组成，可检测绕 X 轴，Y 轴和 Z 轴的旋转。当陀螺仪围绕任何感测轴旋转时，科里奥利效应引起由电容传感器检测到的振动。对得到的信号进行放大，解调和滤波，以产生与角速率成比例的电压。使用单独的片上 16 位模数转换器（ADC）对该电压进行数字化，以对每个轴进行采样。陀螺仪传感器的满量程范围可以数字编程为±250, ±500, ±1000 或±2000 度/秒 (dps)。ADC 采样率可编程为每秒 8,000 个采样，低至每秒 3.9 个采样，用户可选择的低通滤波器可实现多种截止频率。

7.8 Three-Axis MEMS Accelerometer with 16-bit ADCs and Signal Conditioning

MPU-60X0 的 3 轴加速度计为每个轴使用单独的检测质量。沿着特定轴的加速度引起相应检测质量上的位移，并且电容传感器差动地检测位移。MPU-60X0 的架构降低了加速度计对制造变化和热漂移的敏感性。当设备放置在平坦表面上时，它将在 X 轴和 Y 轴上测量为 0g，在 Z 轴上测量为+ 1g。加速度计的比例因子在工厂校准，名义上与供电电压无关。每个传感器都有一个专用的 sigma-delta ADC，用于提供数字输出。数字输出的满量程范围可以调整为±2g, ±4g, ±8g 或±16g。

7.9 Digital Motion Processor

嵌入式数字运动处理器（DMP）位于 MPU-60X0 内，可从主处理器承担运动处理算法的计算。DMP 从加速度计，陀螺仪和其他第三方传感器（如磁力计）获取数据，并处理数据。结果数据可以从 DMP 的寄存器中读取，也可以在 FIFO 中缓冲。DMP 可以访问 MPU 的一个外部引脚，可用于产生中断。

DMP 的目的是从主处理器承担时序要求和处理能力。通常，运动处理算法应该以高速率运行，通常在 200Hz 左右，以便以低延迟提供准确的结果。即使应用程序以更低的速率更新，也需要这样做；例如，低功率用户界面可以以 5Hz 的速度缓慢更新，但运动处理仍应以 200Hz 运行。DMP 可用作工具，以最大限度地降低功耗，简化时序，简化软件架构，并在主机处理器上节省宝贵的 MIPS，以便在应用程序中使用。

7.10 Primary I²C and SPI Serial Communications Interfaces

MPU-60X0 使用 SPI（仅限 MPU-6000）或 I²C 串行接口与系统处理器通信。在与系统处理器通信时，MPU-60X0 始终充当从设备。I²C 从地址的 LSB 由引脚 9 (AD0) 置 1。

MPU-60X0 与其主设备之间的通信逻辑级别如下：

- MPU-6000：与主机通信的逻辑电平由 VDD 上的电压设置
- MPU-6050：与主机通信的逻辑电平由 VLOGIC 上的电压设置。有关 MPU-6050 逻辑电平的更多信息，请参见第 10 节。

7.11 Auxiliary I²C Serial Interface

MPU-60X0 具有辅助 I²C 总线，用于与片外 3 轴数字输出磁力计或其他传感器通信。该总线有两种操作模式：

- I²C 主模式：MPU-60X0 充当连接到辅助 I²C 总线的任何外部传感器的主设备
- 直通模式：MPU-60X0 将主要和辅助 I²C 总线直接连接在一起，允许系统处理器直接与任何外部传感器通信。

Auxiliary I²C Bus Modes of Operation:

•I²C 主模式：允许 MPU-60X0 直接访问外部数字传感器的数据寄存器，例如磁力计。在此模式下，MPU-60X0 直接从辅助传感器获取数据，允许片上 DMP 生成传感器融合数据，无需系统应用处理器的干预。

例如，在 I²C 主模式下，MPU-60X0 可配置为执行突发读取，从磁力计返回以下数据：

- X 磁力计数据 (2 个字节)
- Y 磁力计数据 (2 个字节)
- Z 磁力计数据 (2 个字节)

I²C 主设备可配置为从最多 4 个辅助传感器读取最多 24 个字节。第五传感器可以配置为工作单字节读/写模式。

•直通模式：允许外部系统处理器充当主设备并直接与连接到辅助 I²C 总线引脚的外部传感器通信 (AUX_DA 和 AUX_CL)。在此模式下，MPU-60X0 的辅助 I²C 总线控制逻辑（第三方传感器接口模块）被禁用，辅助 I²C 引脚 AUX_DA 和 AUX_CL（引脚 6 和 7）连接到主 I²C 总线（引脚 23 和 24）通过模拟开关。



直通模式对于配置外部传感器或在仅使用外部传感器时将 MPU-60X0 保持在低功耗模式非常有用。

在 Pass-Through 模式下，系统处理器仍然可以通过 I2C 接口访问 MPU-60X0 数据。

Auxiliary I²C Bus IO Logic Levels

- MPU-6000: 辅助 I²C 总线的逻辑电平为 VDD
- MPU-6050: 辅助 I²C 总线的逻辑电平可以编程为 VDD 或 VLOGIC

有关 MPU-6050 逻辑电平的更多信息，请参见第 10.2 节。

7.12 Self-Test

有关自检的更多详细信息，请参阅 MPU-6000/MPU-6050 Register Map and Register Descriptions 文档。自检允许测试传感器的机械和电气部分。可以通过陀螺仪和加速度计自检寄存器激活每个测量轴的自检（寄存器 13 至 16）。

当激活自检时，电子装置会使传感器启动并产生输出信号。输出信号用于观察自检响应。

自测响应定义如下：

自检响应=启用自检的传感器输出 - 未启用自检的传感器输出

每个加速度计轴的自检响应在加速度计规格表（第 6.2 节）中定义，而每个陀螺仪轴的自检响应在陀螺仪规格表（第 6.1 节）中定义。

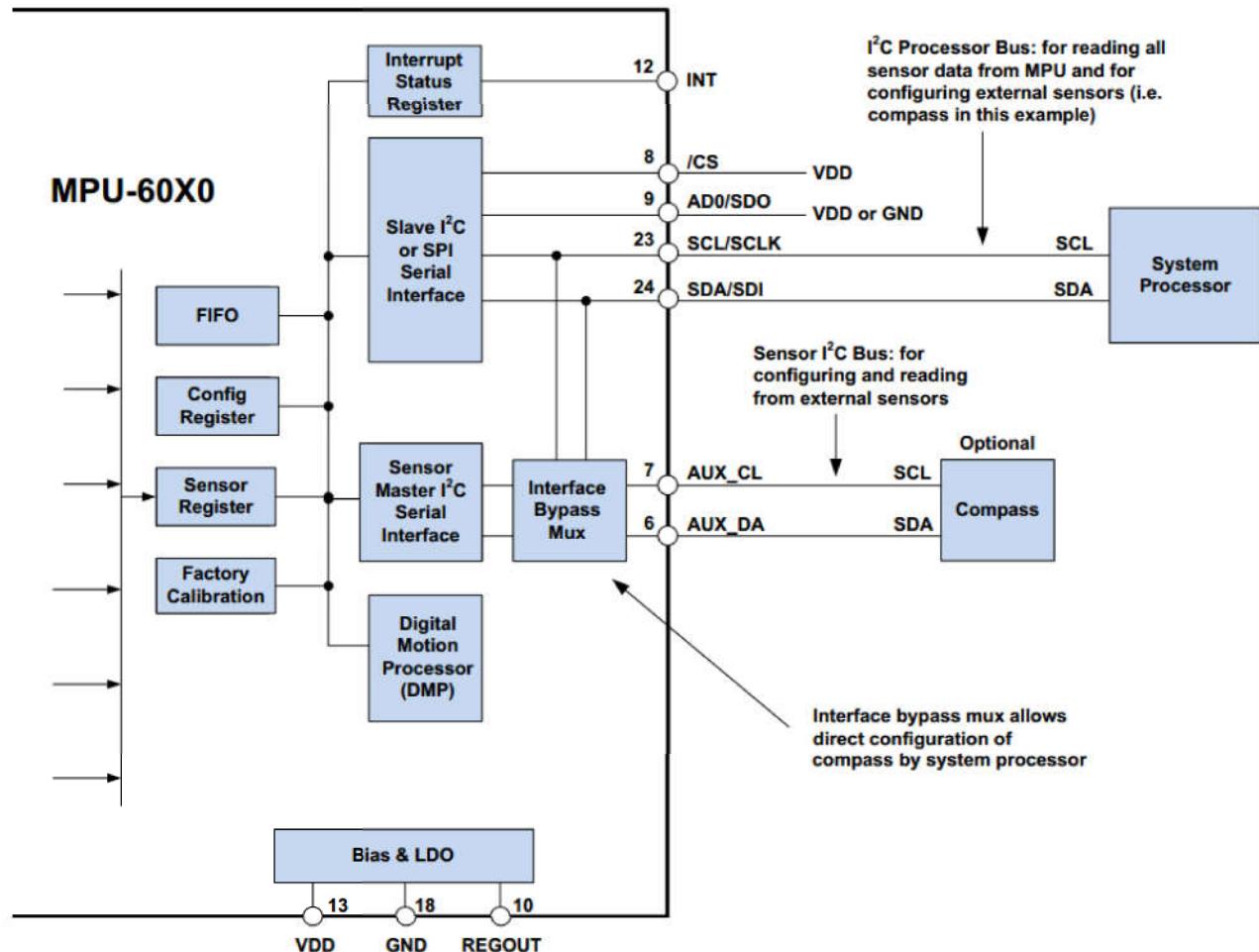
当自检响应的值在产品规格的最小/最大限制范围内时，该部件已通过自检。当自检响应超过最小值/最大值时，该部件被视为自检失败。操作自测代码的代码包含在 InvenSense 提供的 MotionApps 软件中。

7.13 MPU-60X0 Solution for 9-axis Sensor Fusion Using I²C Interface

在下图中，系统处理器是 MPU-60X0 的 I²C 主设备。此外，MPU-60X0 是可选外部磁力计传感器的 I²C 主控制器。MPU-60X0 作为 I²C 主控制器的能力有限，并且依赖于系统处理器来管理任何辅助传感器的初始配置。MPU-60X0 具有接口旁路多路复用器，它将系统处理器 I²C 总线引脚 23 和 24（SDA 和 SCL）直接连接到辅助传感器 I²C 总线引脚 6 和 7（AUX_DA 和 AUX_CL）。

一旦系统处理器配置了辅助传感器，就应禁用接口旁路多路复用器，以便 MPU-60X0 辅助 I²C 主控制器可以控制传感器 I²C 总线并从辅助传感器收集数据。

有关 I²C 主控制的更多信息，请参见第 10 节。



7.14 MPU-6000 Using SPI Interface

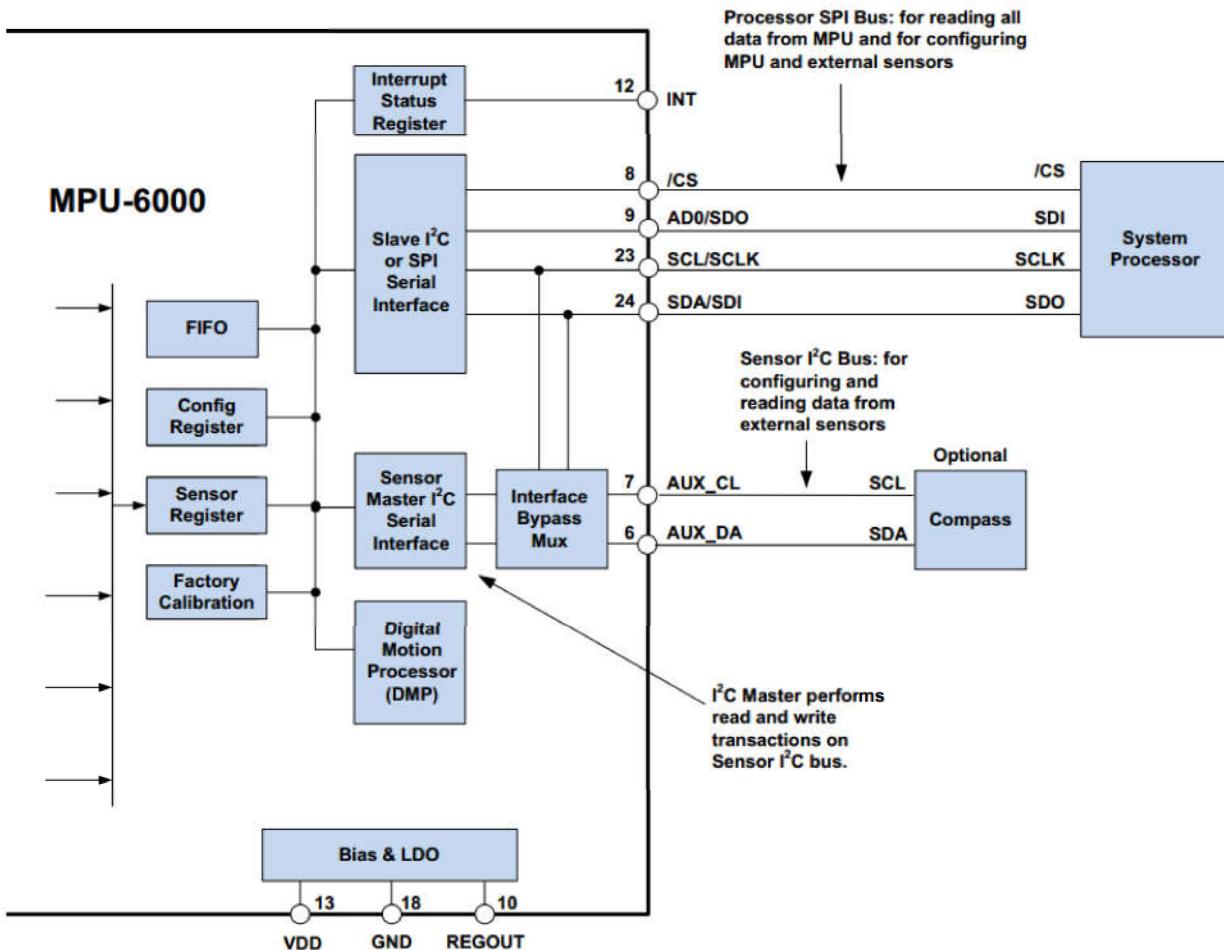
在下图中，系统处理器是 MPU-6000 的 SPI 主控制器。引脚 8,9,23 和 24 用于支持用于 SPI 通信的/ CS, SDO, SCLK 和 SDI 信号。由于这些 SPI 引脚与 I2C 从引脚 (9,23 和 24) 共用，因此系统处理器无法通过接口旁路多路复用器访问辅助 I2C 总线，该多路复用器将处理器 I2C 接口引脚连接到传感器 I2C 接口引脚。

由于 MPU-6000 作为 I2C 主设备的能力有限，并且依靠系统处理器来管理任何辅助传感器的初始配置，因此必须使用另一种方法对辅助传感器 I2C 总线引脚 6 和 7 上的传感器进行编程 (AUX_DA 和 AUX_CL)。

在 MPU-6000 和系统处理器之间使用 SPI 通信时，可以通过使用 I2C 从器件 0-4 在任何器件上执行读写事务并在辅助 I2C 总线上的寄存器来实现辅助 I2C 传感器总线上器件的配置。I2C 从机 4 接口可用于仅执行单字节读写事务。

配置外部传感器后，MPU-6000 可以使用传感器 I2C 总线执行单字节或多字节读取。从机 0-3 控制器的读取结果可以写入 FIFO 缓冲区以及外部传感器寄存器。

有关控制 MPU-60X0 辅助 I2C 接口的更多信息，请参阅 MPU-6000 / MPU-6050 寄存器映射和寄存器描述文档。



7.15 Internal Clock Generation

MPU-60X0 具有灵活的时钟方案，允许各种内部或外部时钟源用于内部同步电路。该同步电路包括信号调理和 ADC、DMP 以及各种控制电路和寄存器。片上 PLL 为允许输入提供灵活性，以生成此时钟。

用于生成内部时钟的允许内部源是：

- 内部张弛振荡器
- 任何 X, Y 或 Z 陀螺仪 (MEMS 振荡器, 温度变化±1%)

允许的外部时钟源是：

- 32.768kHz 方波
- 19.2MHz 方波

选择产生内部同步时钟的源取决于外部源的可用性以及功耗和时钟精度的要求。这些要求很可能因操作方式而异。例如，在一种模式中，最大的问题是功耗，用户可能希望操作 MPU-60X0 的数字运动处理器来处理加速度计数据，同时保持陀螺仪关闭。在这种情况下，内部张弛振荡器是一个很好的时钟选择。然而，在陀螺仪有效的另一模式中，选择陀螺仪作为时钟源提供更精确的时钟源。

时钟精度很重要，因为定时误差直接影响数字运动处理器（以及任何处理器）执行的距离和角度计算。

还有一些启动条件需要考虑。当 MPU-60X0 首次启动时，器件使用其内部时钟，直到被编程为从另一个源运行。例如，这允许用户在选择 MEMS 振荡器作为时钟源之前等待 MEMS 振荡器稳定。



7.16 Sensor Data Registers

传感器数据寄存器包含最新的陀螺仪，加速度计，辅助传感器和温度测量数据。它们是只读寄存器，可通过串行接口访问。可以随时读取这些寄存器中的数据。但是，中断功能可用于确定新数据何时可用。

有关中断源表，请参见第 8 节。

7.17 FIFO

MPU-60X0 包含一个 1024 字节的 FIFO 寄存器，可通过串行接口访问。FIFO 配置寄存器确定将哪些数据写入 FIFO。可能的选择包括陀螺仪数据，加速度计数据，温度读数，辅助传感器读数和 FSYNC 输入。FIFO 计数器跟踪 FIFO 中包含多少字节的有效数据。FIFO 寄存器支持突发读取。中断功能可用于确定何时有新数据可用。

有关 FIFO 的更多信息，请参阅 MPU-6000 / MPU-6050 寄存器映射和寄存器描述文档。

7.18 Interrupts

通过中断配置寄存器配置中断功能。可配置的项目包括 INT 引脚配置，中断锁存和清除方法以及中断触发。可触发中断的项目是（1）时钟发生器锁定到新的参考振荡器（用于切换时钟源时）；（2）可以读取新数据（来自 FIFO 和数据寄存器）；（3）加速度计事件中断；（4）MPU-60X0 未从辅助 I2C 总线上的辅助传感器接收到确认。可以从中断状态寄存器中读取中断状态。

有关中断的更多信息，请参阅 MPU-60X0 寄存器映射和寄存器描述文档。

有关 MPU-60X0 加速度计事件中断的信息，请参见第 8 节。

7.19 Digital-Output Temperature Sensor

片上温度传感器和 ADC 用于测量 MPU-60X0 芯片温度。可以从 FIFO 或传感器数据寄存器读取 ADC 的读数。

7.20 Bias and LDO

偏置和 LDO 部分产生内部电源以及 MPU-60X0 所需的参考电压和电流。其两个输入是 2.375 至 3.46V 的非稳压 VDD 和 1.71V 至 VDD 的 VLOGIC 逻辑参考电源电压（仅限 MPU-6050）。在 REGOUT 处，电容旁路 LDO 输出。有关电容器的更多详细信息，请参阅外部元件的材料清单（第 7.3 节）。

7.21 Charge Pump

板载电荷泵产生 MEMS 振荡器所需的高电压。其输出由 CPOUT 的电容旁路。有关电容器的更多详细信息，请参阅外部元件的材料清单（第 7.3 节）。



8 Programmable Interrupts

MPU-60X0 具有可编程中断系统，可在 INT 引脚上产生中断信号。状态标志指示中断源。可以单独启用和禁用中断源。

Table of Interrupt Sources

Interrupt Name	Module
FIFO Overflow	FIFO
Data Ready	Sensor Registers
I ² C Master errors: Lost Arbitration, NACKs	I ² C Master
I ² C Slave 4	I ² C Master

有关中断允许/禁止寄存器和标志寄存器的信息，请参阅 MPU6000 / MPU-6050 寄存器映射和寄存器描述文档。下面解释了一些中断源。



9 Digital Interface

9.1 I²C and SPI (MPU-6000 only) Serial Interfaces

可以使用 400 kHz 的 I²C 或 1MHz 的 SPI (仅限 MPU-6000) 访问 MPU-6000 / MPU-6050 的内部寄存器和存储器。 SPI 以四线模式运行。

Serial Interface

Pin Number	MPU-6000	MPU-6050	Pin Name	Pin Description
8	Y		/CS	SPI chip select (0=SPI enable)
8		Y	VLOGIC	Digital I/O supply voltage. VLOGIC must be ≤ VDD at all times.
9	Y		AD0 / SDO	I ² C Slave Address LSB (AD0); SPI serial data output (SDO)
9		Y	AD0	I ² C Slave Address LSB
23		Y	SCL / SCLK	I ² C serial clock (SCL); SPI serial clock (SCLK)
24		Y	SCL	I ² C serial clock
24	Y		SDA / SDI	I ² C serial data (SDA); SPI serial data input (SDI)
		Y	SDA	I ² C serial data

Note:

为防止在使用 SPI (MPU-6000) 时切换到 I²C 模式，应通过将 I²C_IF_DIS 配置位置 1 来禁止 I²C 接口。在等待 6.3 节“寄存器读/写的启动时间”指定的时间后，应立即设置该位。

有关 I²C_IF_DIS 位的更多信息，请参考 MPU-6000 / MPU-6050 寄存器映射和寄存器描述文档。

9.2 I²C Interface

I²C 是一种双线接口，由信号串行数据 (SDA) 和串行时钟 (SCL) 组成。通常，线路是开漏和双向的。在通用 I²C 接口实现中，连接的设备可以是主设备或从设备。 主设备将从设备地址放在总线上，具有匹配地址的从设备确认主设备。

在与系统处理器通信时，MPU-60X0 始终作为从设备运行，因此系统处理器充当主设备。 SDA 和 SCL 线通常需要上拉电阻到 VDD。最大总线速度为 400 kHz。

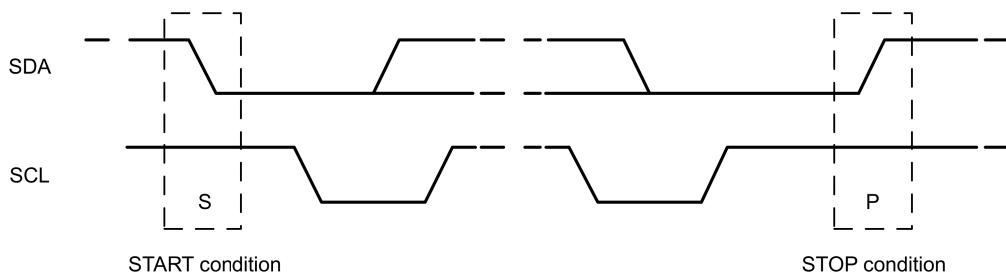
MPU-60X0 的从机地址为 b110100X，长度为 7 位。 7 位地址的 LSB 位由引脚 AD0 上的逻辑电平决定。 这允许两个 MPU-60X0 连接到同一 I²C 总线。 在此配置中使用时，其中一个器件的地址应为 b1101000 (引脚 AD0 为逻辑低电平)，另一个器件的地址应为 b1101001 (引脚 AD0 为逻辑高电平)。

9.3 I²C Communications Protocol

START (S) 和 STOP (P) 条件

当主机将 START 条件 (S) 置于总线上时，I²C 总线上的通信开始，这被定义为 SDA 线从高电平到低电平的转换，同时 SCL 线为高电平 (见下图)。 总线被认为是忙，直到主机在总线上设置 STOP 条件 (P)，这被定义为 SDA 线上的低电平到高电平转换，而 SCL 为高电平 (见下图)。

此外，如果生成重复的 START (Sr) 而不是 STOP 条件，则总线保持忙碌状态。

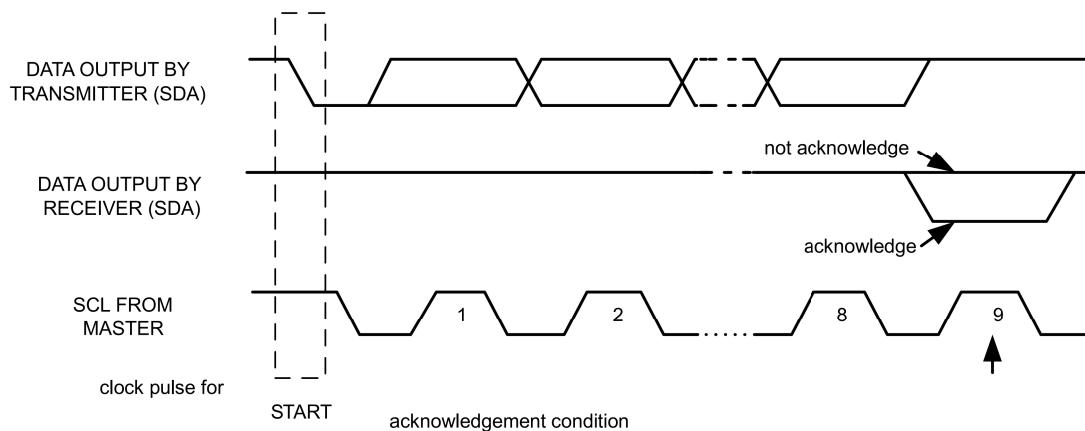


START and STOP Conditions

Data Format / Acknowledge

I²C 数据字节定义为 8 位长。每次数据传输的字节数没有限制。传输的每个字节后面必须跟一个确认 (ACK) 信号。确认信号的时钟由主机产生，而接收机通过拉低 SDA 并在应答时钟脉冲的高电平部分保持低电平来产生实际的确认信号。

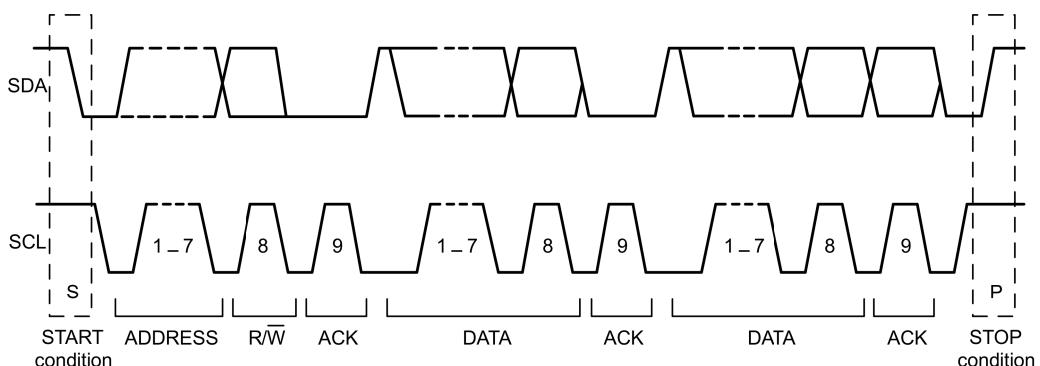
如果从器件忙，并且在执行某个其他任务之前无法发送或接收另一个数据字节，则它可以将 SCL 保持为低电平，从而强制主器件进入等待状态。从机准备就绪后，正常数据传输恢复，并释放时钟线（参见下图）。



Acknowledge on the I²C Bus

Communications

在开始与 START 条件 (S) 通信后，主机发送一个 7 位从机地址，然后是第 8 位，即读/写位。读/写位指示主设备是从从设备接收数据还是正在写入从设备。然后，主设备释放 SDA 线并等待来自从设备的确认信号 (ACK)。传输的每个字节后面必须跟一个应答位。要确认，从器件将 SDA 线拉低，并在 SCL 线的高电平期间保持低电平。数据传输总是由主机以 STOP 条件 (P) 终止，从而释放通信线路。但是，主机可以生成重复的 START 条件 (Sr)，并在不首先生成 STOP 条件 (P) 的情况下寻址另一个从机。当 SCL 为高电平时，SDA 线上的低电平到高电平转换定义了停止条件。所有 SDA 更改都应在 SCL 为低时进行，但启动和停止条件除外。



Complete I2C Data Transfer

要写入内部 MPU-60X0 寄存器，主器件发送启动条件 (S)，然后发送 I2C 地址和写入位 (0)。在第 9 个时钟周期（当时钟为高电平时），MPU-60X0 确认传输。然后主设备将寄存器地址 (RA) 放在总线上。在 MPU-60X0 确认接收到寄存器地址后，主器件将寄存器数据放入总线。接下来是 ACK 信号，并且可以通过停止条件 (P) 结束数据传输。要在最后一个 ACK 信号之后写入多个字节，主设备可以继续输出数据而不是发送停止信号。在这种情况下，MPU-60X0 自动递增寄存器地址并将数据加载到适当的寄存器。下图显示了单字节和双字节写序列。

Single-Byte Write Sequence

Master	S	AD+W		RA		DATA		P
Slave			ACK		ACK		ACK	

Burst Write Sequence

Master	S	AD+W		RA		DATA		DATA		P
Slave			ACK		ACK		ACK		ACK	

要读取内部 MPU-60X0 寄存器，主器件发送一个启动条件，然后是 I2C 地址和一个写入位，然后是要读取的寄存器地址。在从 MPU-60X0 接收到 ACK 信号后，主机发送启动信号，然后发送从机地址和读取位。最后，MPU-60X0 发送 ACK 信号和数据。通信以非应答 (NACK) 信号和来自主设备的停止位结束。定义 NACK 条件使得 SDA 线在第 9 个时钟周期保持高电平。下图显示了单字节和双字节读取序列。

Single-Byte Read Sequence

Master	S	AD+W		RA		S	AD+R			NACK	P
Slave			ACK		ACK		ACK	DATA			

Burst Read Sequence

Master	S	AD+W		RA		S	AD+R			ACK		NACK	P
Slave			ACK		ACK		ACK	DATA		DATA			



9.4 I²C Terms

Signal	Description
S	Start Condition: SDA goes from high to low while SCL is high
AD	Slave I ² C address
W	Write bit (0)
R	Read bit (1)
ACK	Acknowledge: SDA line is low while the SCL line is high at the 9 th clock cycle
NACK	Not-Acknowledge: SDA line stays high at the 9 th clock cycle
RA	MPU-60X0 internal register address
DATA	Transmit or received data
P	Stop condition: SDA going from low to high while SCL is high

9.5 SPI Interface (MPU-6000 only)

SPI 是一种 4 线同步串行接口，使用两条控制线和两条数据线。在标准主从 SPI 操作期间，MPU-6000 始终作为从器件工作。

关于主机，串行时钟输出（SCLK），串行数据输出（SDO）和串行数据输入（SDI）在从设备之间共享。每个 SPI 从设备都需要主设备自己的片选（/CS）线。

CS 在传输开始时变为低电平（有效），并在结束时变为高电平（无效）。一次只有一个 / CS 线路处于活动状态，确保在任何给定时间只选择一个从设备。未选中的从器件的 / CS 线保持高电平，使其 SDO 线保持高阻抗（高阻态）状态，这样它们就不会干扰任何有源器件。

SPI 操作功能

1. 数据首先是 MSB，最后是 LSB

2. 数据在 SCLK 的上升沿锁存

3. 数据应在 SCLK 的下降沿转换

4. SCLK 的最大频率为 1MHz

5. SPI 读写操作在 16 个或更多个时钟周期（两个或更多字节）内完成。第一个字节包含 SPI 地址，后面的字节包含 SPI 数据。第一个字节的第一位包含读/写位，表示 Read (1) 或 Write (0) 操作。以下 7 位包含寄存器地址。在多字节读/写的情况下，数据是两个或更多字节：

SPI Operational Features

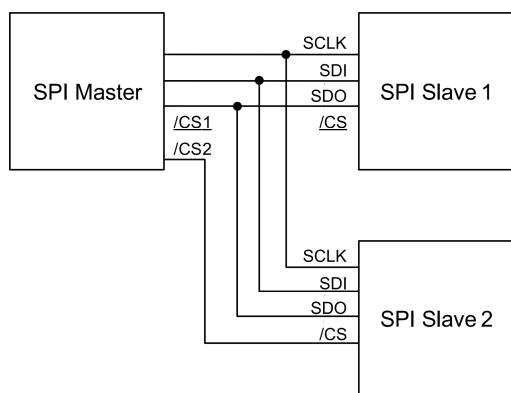
SPI Address format

MSB							LSB
R/W	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0

SPI Data format

MSB							LSB
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

6. Supports Single or Burst Read/Writes.



Typical SPI Master / Slave Configuration

10 Serial Interface Considerations (MPU-6050)

10.1 MPU-6050 Supported Interfaces

MPU-6050 在其主（微处理器）串行接口及其辅助接口上支持 I²C 通信。

10.2 Logic Levels

The MPU-6050's I/O logic levels are set to be VLOGIC, as shown in the table below. AUX_VDDIO must be set to 0.

MPU-6050 的 I / O 逻辑电平设置为 VLOGIC，如下表所示。AUX_VDDIO 必须设置为 0。

I/O Logic Levels vs. AUX_VDDIO

AUX_VDDIO	MICROPROCESSOR LOGIC LEVELS (Pins: SDA, SCL, AD0, CLKIN, INT)	AUXILIARY LOGIC LEVELS (Pins: AUX_DA, AUX_CL)
0	VLOGIC	VLOGIC

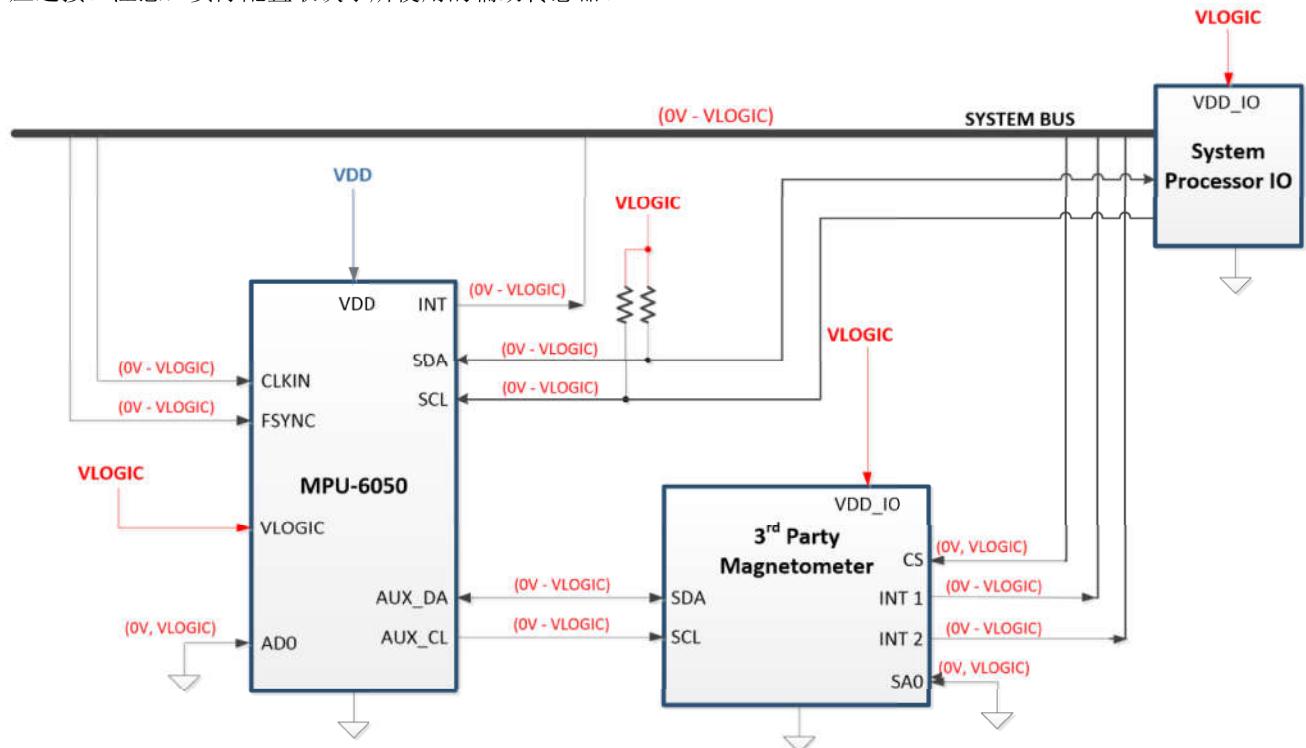
Note: The power-on-reset value for AUX_VDDIO is 0.

When AUX_VDDIO is set to 0 (its power-on-reset value), VLOGIC is the power supply voltage for both the microprocessor system bus and the auxiliary I²C bus, as shown in the figure of Section 10.3.

当 AUX_VDDIO 设置为 0（其上电复位值）时，VLOGIC 是微处理器系统总线和辅助 I²C 总线的电源电压，如第 10.3 节的图所示。

10.3 Logic Levels Diagram for AUX_VDDIO = 0

下图描绘了一个示例电路，其中第三方磁力计连接到辅助 I2C 总线。它显示 AUX_VDDIO = 0 的逻辑电平和电压连接。注意：实际配置取决于所使用的辅助传感器。



I/O Levels and Connections for AUX_VDDIO = 0

Notes:

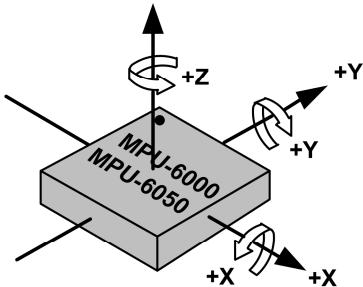
1. AUX_VDDIO 确定 AUX_DA 和 AUX_CL 的 IO 电压电平
(0V = 相对于 VLOGIC 设置输出电平)
2. 所有其他 MPU-6050 逻辑 IO 均以 VLOGIC 为参考。

11 Assembly

本节提供了组装采用四方扁平无引脚封装（QFN）表面贴装集成电路封装的 InvenSense 微机电系（MEMS）陀螺仪的一般说明。

11.1 Orientation of Axes

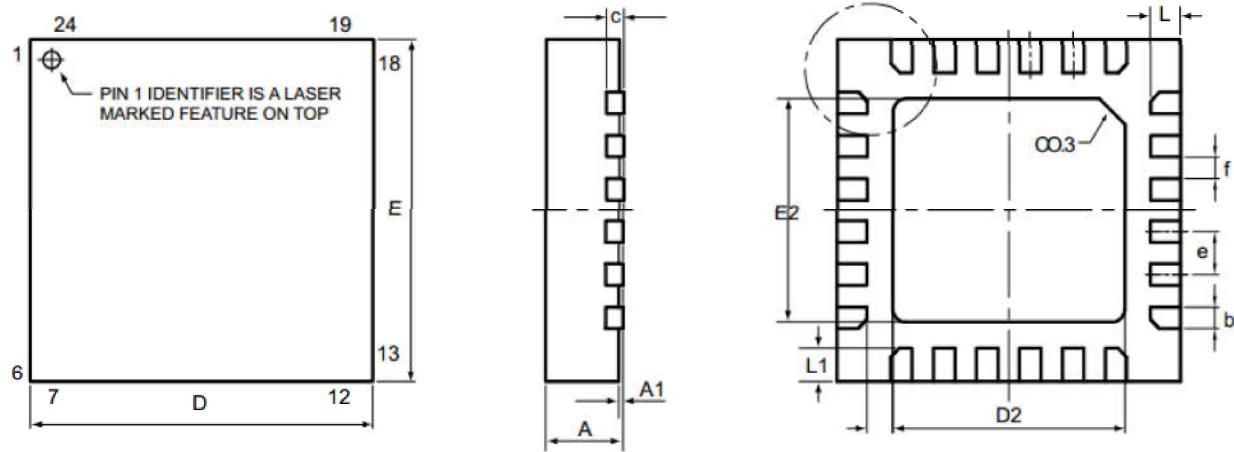
下图显示了灵敏轴的方向和旋转极性。请注意图中的引脚 1 标识符 (↑)。



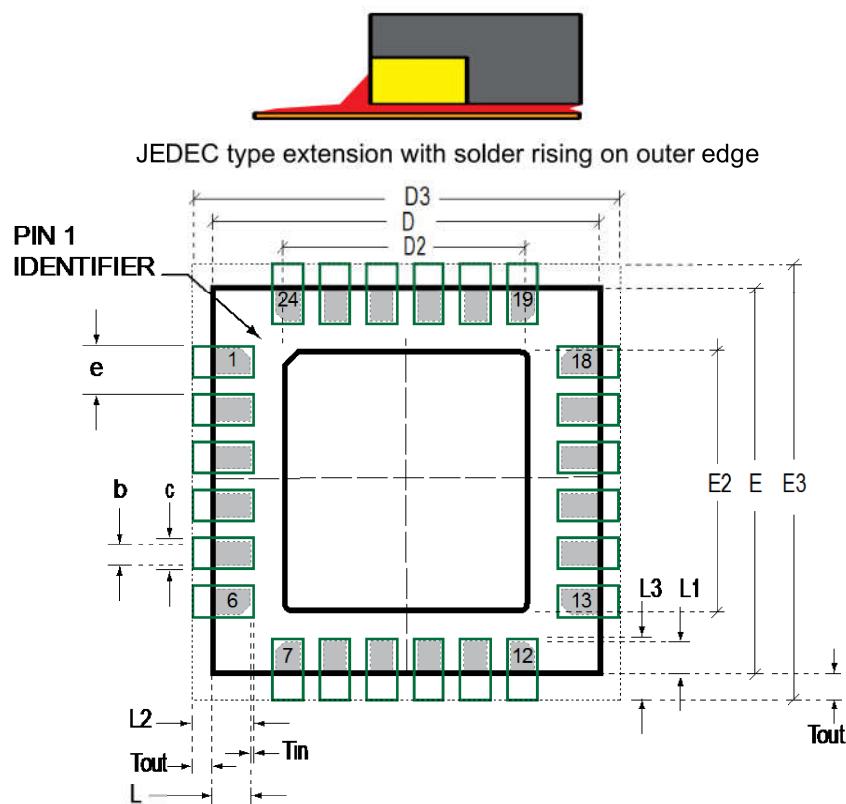
**Orientation of Axes of Sensitivity and
Polarity of Rotation**

11.2 Package Dimensions

24 Lead QFN (4x4x0.9) mm NiPdAu Lead-frame finish



SYMBOLS	DIMENSIONS IN MILLIMETERS		
	MIN	NOM	MAX
A	0.85	0.90	0.95
A1	0.00	0.02	0.05
b	0.18	0.25	0.30
c	---	0.20 REF	---
D	3.90	4.00	4.10
D2	2.65	2.70	2.75
E	3.90	4.00	4.10
E2	2.55	2.60	2.65
e	---	0.50	---
f (e-b)	---	0.25	---
K	0.25	0.30	0.35
L	0.30	0.35	0.40
L1	0.35	0.40	0.45
s	0.05	---	0.15


PCB Layout Diagram

SYMBOLS	DIMENSIONS IN MILLIMETERS	NOM
Nominal Package I/O Pad Dimensions		
e	Pad Pitch	0.50
b	Pad Width	0.25
L	Pad Length	0.35
L1	Pad Length	0.40
D	Package Width	4.00
E	Package Length	4.00
D2	Exposed Pad Width	2.70
E2	Exposed Pad Length	2.60
I/O Land Design Dimensions (Guidelines)		
D3	I/O Pad Extent Width	4.80
E3	I/O Pad Extent Length	4.80
c	Land Width	0.35



MPU-6000/MPU-6050 Product Specification

Document Number: PS-MPU-6000A-00
Revision: 3.4
Release Date: 08/19/2013

Tout	Outward Extension	0.40
Tin	Inward Extension	0.05
L2	Land Length	0.80
L3	Land Length	0.85

PCB Dimensions Table (for PCB Lay-out Diagram)

11.4 Assembly Precautions

11.4.1 Gyroscope Surface Mount Guidelines

InvenSense MEMS 陀螺仪检测旋转速度。此外，陀螺仪检测来自印刷电路板（PCB）的机械应力。通过遵守某些设计规则，可以最大限度地减少 PCB 压力：

在塑料封装中使用 MEMS 陀螺仪元件时，PCB 安装和组装会导致封装应力。这种封装应力反过来会影响输出偏移及其在很宽的温度范围内的值。这种应力是由封装材料的线性热膨胀系数（CTE）与 PCB 之间的不匹配引起的。必须注意避免因安装而产生的封装应力。

连接到焊盘的迹线应尽可能对称。最大限度地提高焊盘连接的对称性和平衡性将有助于元件自对准，并可在回流焊后更好地控制焊膏的减少。

在 MEMS 陀螺仪的表面贴装组装过程中使用的任何材料都应该没有受限制的 RoHS 元素或化合物。应使用无铅焊料进行组装。

11.4.2 Exposed Die Pad Precautions

MPU-60X0 具有非常低的有效和待机电流消耗。裸露的裸片焊盘不需要散热，不应焊接到 PCB 上。由于包装热机械应力，不遵守此规则会导致性能变化。焊盘和 CMOS 之间没有电气连接。

11.4.3 Trace Routing

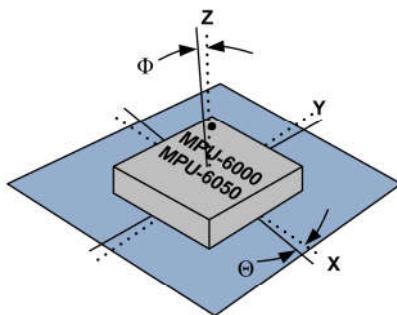
在陀螺仪封装下布置迹线或通孔，使得它们在暴露的管芯焊盘下面运行是被禁止的。路由的有源信号可以与陀螺仪 MEMS 设备谐波耦合，从而损害陀螺仪响应。这些器件的驱动频率设计如下： $X = 33 \pm 3\text{Khz}$, $Y = 30 \pm 3\text{Khz}$, 以及 $Z = 27 \pm 3\text{kHz}$ 的。为避免谐波耦合，请勿在陀螺仪封装正下方或上方的非屏蔽信号平面中路由有源信号。注意：为获得最佳性能，请在电子焊盘下设计一个接地层，以降低安装陀螺仪设备的电路板的 PCB 信号噪声。如果陀螺仪器件堆叠在相邻的 PCB 板下面，则在陀螺仪器件正上方设计一个接地层，以屏蔽来自相邻 PCB 板的有源信号。

11.4.4 Component Placement

请勿在距离 MEMS 陀螺仪小于 6 mm 的位置放置大型插入组件，如键盘或类似按钮，连接器或屏蔽盒。保持普遍接受的工业设计实践，以便在 MPU-60X0 附近放置元件，以防止噪声耦合和热机械应力。

11.4.5 PCB Mounting and Cross-Axis Sensitivity

安装到印刷电路板的陀螺仪和加速度计的定向误差可以导致横轴灵敏度，其中一个陀螺仪或加速度分别响应于围绕另一个轴的旋转或加速度。例如，X 轴陀螺仪可响应绕 Y 轴或 Z 轴的旋转。方向安装错误如下图所示。



Package Gyro & Accel Axes (—) Relative to PCB Axes (—) with Orientation Errors (Θ and Φ)

下表分别显示了交叉轴灵敏度，作为陀螺仪或加速度计对给定方向误差的灵敏度的百分比。

Cross-Axis Sensitivity vs. Orientation Error

Orientation Error (Θ or Φ)	Cross-Axis Sensitivity ($\sin\Theta$ or $\sin\Phi$)
0°	0%
0.5°	0.87%
1°	1.75%

第 6.1 节和第 6.2 节中的横轴灵敏度规范包括芯片方向误差相对于封装的影响。

11.4.6 MEMS Handling Instructions

MEMS（微电子机械系统）是经过时间考验的强大技术，应用于数亿种消费、汽车和工业产品。MEMS 器件由微观移动机械结构组成。它们与传统 IC 产品不同，即使它们可以在类似的封装中找到。因此，在安装到印刷电路板（PCB）之前，MEMS 器件需要与传统 IC 不同的处理预防措施。

MPU-60X0 的耐冲击性能达到 10,000g。InvenSense 将其陀螺仪打包，因为它认为适合防止正常处理和运输。它建议采取以下处理措施以防止潜在的损坏。

- 请勿将单独封装的陀螺仪或陀螺仪托盘放在坚硬的表面上。放置在托盘中的组件如果掉落则可能受到超过 10,000g 的 g 力。
- 装有陀螺仪的印刷电路板不应通过手动卡扣分开。这也可以产生超过 10,000g 的 g 力。
- 请勿在超声波浴槽中清洁 MEMS 陀螺仪。如果浴槽能量通过共振频率耦合引起过度的驱动运动，则超声波浴可以引起 MEMS 损坏。

11.4.7 ESD Considerations

打开包装和处理 ESD 敏感设备时，建立并使用 ESD 安全处理预防措施。

- 将 ESD 敏感设备存放在 ESD 安全容器中，直到准备使用。Tape-and-Reel 防潮密封袋是 ESD 认证的屏障。最佳做法是将装置保持在原始的湿气密封袋中，直到准备装配为止。

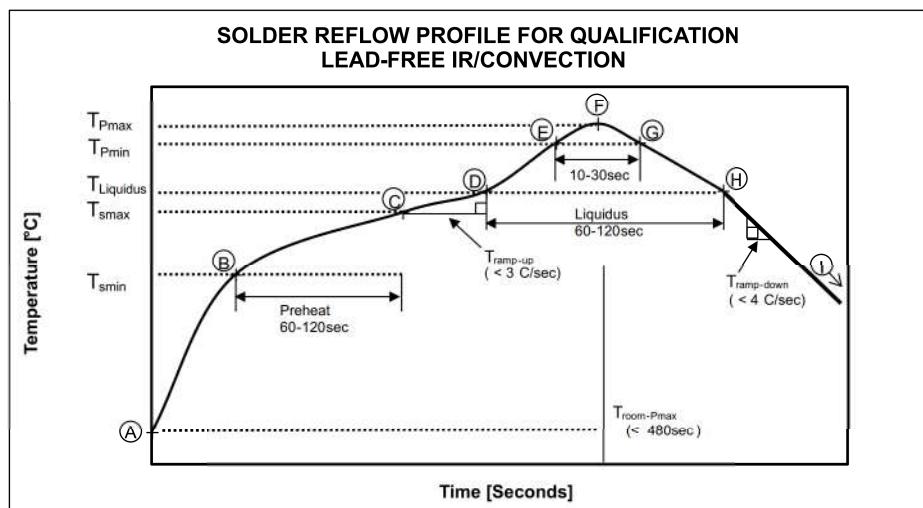
将所有设备处理限制为 ESD 保护的工作区域，其静电荷小于 200V。确保所有工作站和人员正确接地以防止 ESD。

11.4.8 Reflow Specification

资格回流：MPU-60X0 符合 IPC / JEDEC J-STD-020D.1 标准。该标准对正确的封装、存储和处理进行了分类，以避免在 PCB 组装的焊料回流焊连接阶段中随后的热和机械损坏。

鉴定预处理过程指定由烘烤循环，湿气浸泡循环（在温度湿度烘箱中）和三个连续的焊料回流循环组成的序列，然后进行功能装置测试。

封装认证的峰值焊料回流分类温度要求为 ($260 + 5 / -0^{\circ}\text{C}$)，用于厚度小于 1.6 mm 的元件的无铅焊接。资格概况和解释设定点的表格如下所示：



Temperature Set Points Corresponding to Reflow Profile Above

Step	Setting	CONSTRAINTS		
		Temp (°C)	Time (sec)	Max. Rate (°C/sec)
A	T_{room}	25		
B	T_{smin}	150		
C	T_{smax}	200	$60 < t_{BC} < 120$	
D	$T_{Liquidus}$	217		$r(T_{Liquidus}-T_{Pmax}) < 3$
E	T_{Pmin} [255°C, 260°C]	255		$r(T_{Liquidus}-T_{Pmax}) < 3$
F	T_{Pmax} [260°C, 265°C]	260	$t_{AF} < 480$	$r(T_{Liquidus}-T_{Pmax}) < 3$
G	T_{Pmin} [255°C, 260°C]	255	$10 < t_{EG} < 30$	$r(T_{Pmax}-T_{Liquidus}) < 4$
H	$T_{Liquidus}$	217	$60 < t_{DH} < 120$	
I	T_{room}	25		

Notes: Customers must never exceed the Classification temperature ($T_{Pmax} = 260^{\circ}\text{C}$).

All temperatures refer to the topside of the QFN package, as measured on the package body surface.



MPU-6000/MPU-6050 Product Specification

Document Number: PS-MPU-6000A-00
Revision: 3.4
Release Date: 08/19/2013

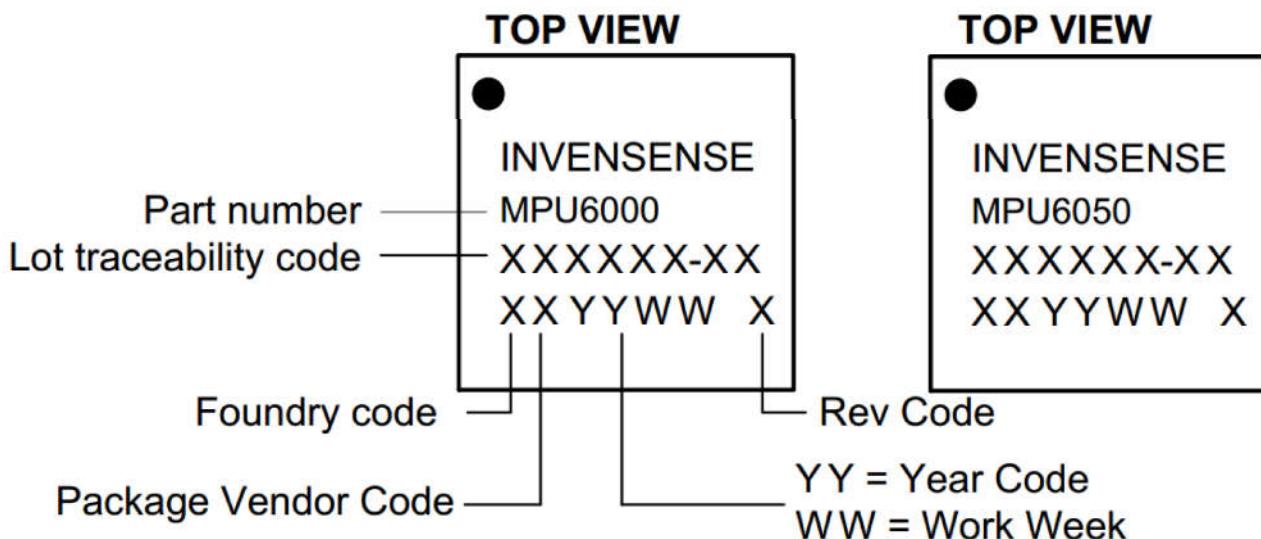
生产回流：检查焊料制造商的建议。为获得最佳效果，请使用指定温度曲线较低的无铅焊料($T_{pmax} \sim 235^{\circ}\text{C}$)。同时使用比资格配置文件中使用的更低的上升和下降速率。切勿超过我们用于鉴定的最大条件，因为这些条件代表设备的最大容许额定值。

11.5 Storage Specifications

MPU-60X0 的存储规格符合 IPC / JEDEC J-STD-020D.1 湿度敏感度等级 (MSL) 3。

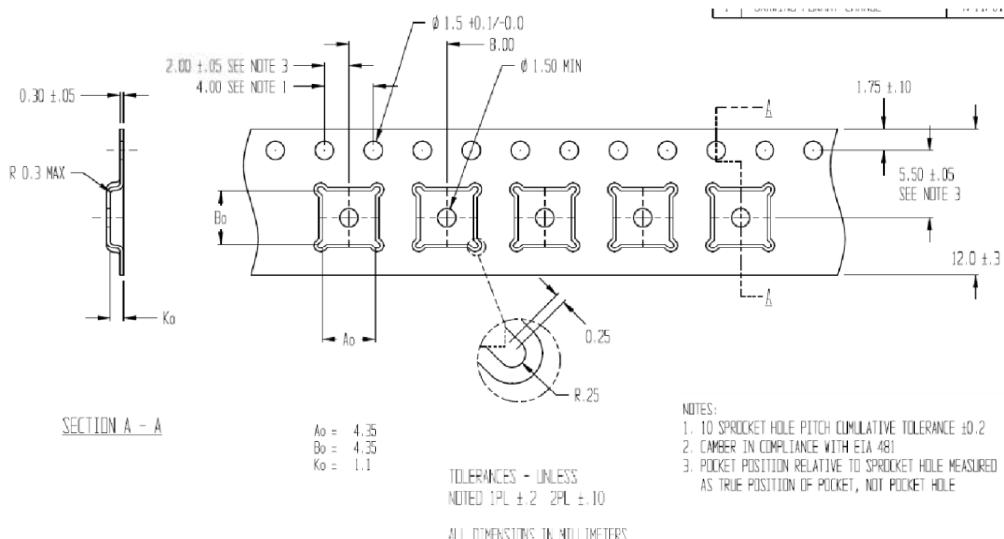
Calculated shelf-life in moisture-sealed bag	12 months -- Storage conditions: <40°C and <90% RH
After opening moisture-sealed bag	168 hours -- Storage conditions: ambient $\leq 30^{\circ}\text{C}$ at 60%RH

11.6 Package Marking Specification

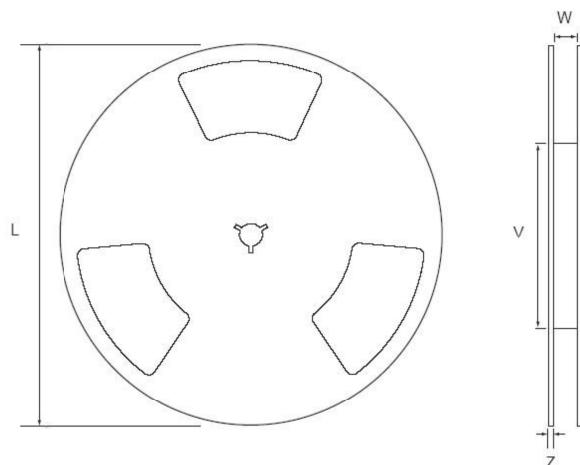


Package Marking Specification

11.7 Tape & Reel Specification



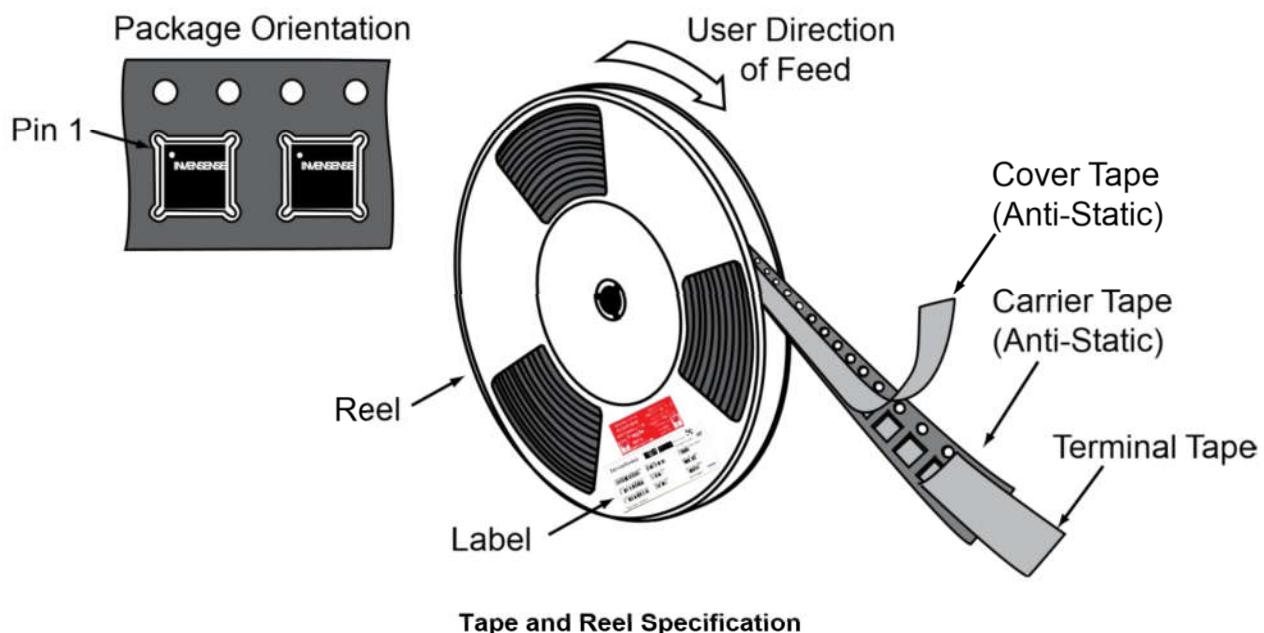
Tape Dimensions



Reel Outline Drawing

Reel Dimensions and Package Size

PACKAGE SIZE	REEL (mm)			
	L	V	W	Z
4x4	330	102	12.8	2.3



Reel Specifications

Quantity Per Reel	5,000
Reels per Box	1
Boxes Per Carton (max)	5
Pcs/Carton (max)	25,000

11.8 Label


Barcode Lab

Location of label on Reel



MPU-6000/MPU-6050 Product Specification

Document Number: PS-MPU-6000A-00
Revision: 3.4
Release Date: 08/19/2013

11.9 Packaging



REEL – with Barcode & Caution labels



Vacuum-Sealed Moisture Barrier Bag with ESD, MSL3, Caution, and Barcode Labels



MSL3 Label



Caution Label



ESD Label



Inner Bubble Wrap





MPU-6000/MPU-6050 Product Specification

Document Number: PS-MPU-6000A-00
Revision: 3.4
Release Date: 08/19/2013

Pizza Box Pizza Boxes Placed in Foam-

Outer Shipper Label Lined Shipper Box

11.10 Representative Shipping Carton Label

		INV. NO: 111013-99	
From: InvenSense Taiwan, Ltd. 1F, 9 Prosperity 1st Road, Hsinchu Science Park, HsinChu City, 30078, Taiwan TEL: +886 3 6686999 FAX: +886 3 6686777		Ship To: Customer Name Street Address City, State, Country ZIP Attn: Buyer Name Phone: Buyer Phone Number	
SUPP PROD ID: MPU-6050			
LOT#: Q2R994-F1		LOT#:	
QTY: 5615		QTY: 0	
LOT#: Q3X785-G1		LOT#:	
QTY: 4385		QTY: 0	
LOT#: Q3Y196-02		LOT#:	
QTY: 5000		QTY: 0	
LOT#:		LOT#:	
QTY: 0		QTY: 0	
Total Quantity/Carton 15000		Weight: (KG) 4.05	
Pb-free		Shipping Carton: 1 OF 3	Category (e4) HF
MSL3			



MPU-6000/MPU-6050 Product Specification

Document Number: PS-MPU-6000A-00
Revision: 3.4
Release Date: 08/19/2013

12 Reliability

12.1 Qualification Test Policy

InvenSense 的产品在投入生产之前完成了资格认证测试计划。 MPU-60X0 的资格测试计划遵循 JESD47I 标准，“集成电路的压力测试驱动的资格”，以及下面描述的各个测试。

12.2 Qualification Test Plan

Accelerated Life Tests

TEST	Method/Condition	Lot Quantity	Sample / Lot	Acc / Reject Criteria
(HTOL/LFR) High Temperature Operating Life	JEDEC JESD22-A108D, Dynamic, 3.63V biased, Tj>125°C [read-points 168, 500, 1000 hours]	3	77	(0/1)
(HAST) Highly Accelerated Stress Test ⁽¹⁾	JEDEC JESD22-A118A Condition A, 130°C, 85%RH, 33.3 psia. unbiased, [readpoint 96 hours]	3	77	(0/1)
(HTS) High Temperature Storage Life	JEDEC JESD22-A103D, Cond. A, 125°C Non-Bias Bake [read-points 168, 500, 1000 hours]	3	77	(0/1)

Device Component Level Tests

TEST	Method/Condition	Lot Quantity	Sample / Lot	Acc / Reject Criteria
(ESD-HBM) ESD-Human Body Model	JEDEC JS-001-2012, (2KV)	1	3	(0/1)
(ESD-MM) ESD-Machine Model	JEDEC JESD22-A115C, (250V)	1	3	(0/1)
(LU) Latch Up	JEDEC JESD-78D Class II (2), 125°C; ±100mA	1	6	(0/1)
(MS) Mechanical Shock	JEDEC JESD22-B104C, Mil-Std-883, Method 2002.5, Cond. E, 10,000g's, 0.2ms, ±X, Y, Z – 6 directions, 5 times/direction	3	5	(0/1)
(VIB) Vibration	JEDEC JESD22-B103B, Variable Frequency (random), Cond. B, 5-500Hz, X, Y, Z – 4 times/direction	3	5	(0/1)
(TC) Temperature Cycling ⁽¹⁾	JEDEC JESD22-A104D Condition G [-40°C to +125°C], Soak Mode 2 [5'], 1000 cycles	3	77	(0/1)

Board Level Tests

TEST	Method/Condition	Lot Quantity	Sample / Lot	Acc / Reject Criteria
(BMS) Board Mechanical Shock	JEDEC JESD22-B104C,Mil-Std-883, Method 2002.5, Cond. E, 10000g's, 0.2ms, ±X, Y, Z – 6 directions, 5 times/direction	1	5	(0/1)
(BTC) Board Temperature Cycling ⁽¹⁾	JEDEC JESD22-A104D Condition G [-40°C to +125°C], Soak mode 2 [5'], 1000 cycles	1	40	(0/1)

(1) Tests are preceded by MSL3 Preconditioning in accordance with JEDEC JESD22-A113F



MPU-6000/MPU-6050 Product Specification

Document Number: PS-MPU-6000A-00
Revision: 3.4
Release Date: 08/19/2013

13 Environmental Compliance

The MPU-6000/MPU-6050 is RoHS and Green compliant.

The MPU-6000/MPU-6050 is in full environmental compliance as evidenced in report HS-MPU-6000, Materials Declaration Data Sheet.

Environmental Declaration Disclaimer:

InvenSense believes this environmental information to be correct but cannot guarantee accuracy or completeness. Conformity documents for the above component constitutes are on file. InvenSense subcontracts manufacturing and the information contained herein is based on data received from vendors and suppliers, which has not been validated by InvenSense.

This information furnished by InvenSense is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by InvenSense for its use, or for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications are subject to change without notice. InvenSense reserves the right to make changes to this product, including its circuits and software, in order to improve its design and/or performance, without prior notice. InvenSense makes no warranties, neither expressed nor implied, regarding the information and specifications contained in this document. InvenSense assumes no responsibility for any claims or damages arising from information contained in this document, or from the use of products and services detailed therein. This includes, but is not limited to, claims or damages based on the infringement of patents, copyrights, mask work and/or other intellectual property rights.

Certain intellectual property owned by InvenSense and described in this document is patent protected. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of InvenSense. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. Trademarks that are registered trademarks are the property of their respective companies. InvenSense sensors should not be used or sold in the development, storage, production or utilization of any conventional or mass-destructive weapons or for any other weapons or life threatening applications, as well as in any other life critical applications such as medical equipment, transportation, aerospace and nuclear instruments, undersea equipment, power plant equipment, disaster prevention and crime prevention equipment.

InvenSense® is a registered trademark of InvenSense, Inc. MPU™, MPU-6000™, MPU-6050™, MPU-60X0™, Digital Motion Processor™, DMP™, Motion Processing Unit™, MotionFusion™, MotionInterface™, MotionTracking™, and MotionApps™ are trademarks of InvenSense, Inc.

©2013 InvenSense, Inc. All rights reserved.

