



英文森斯公司

1197 Borregas Ave, 桑尼维尔, CA 94089 美国  
电话: +1 (408) 988-7339 传真: +1 (408) 988-8104 网站:  
[www.invensense.com](http://www.invensense.com)

文档编号: PS-MPU-6000A-00 修订版: 3.4

发布日期: 2013 年 8 月 19 日

## MPU-6000 和 MPU-6050 产品规格修订版 3.4



## 内容

1 修订历史.....	5
2 目的和范围.....	6
3 产品概述.....	7
3.1 MPU-60X0概述.....	7
4 应用.....	9
5 特点.....	10
5.1 陀螺仪特点.....	10
5.2 加速度计特性.....	10
5.3 附加功能.....	10
5.4 运动处理.....	11
5.5 计时.....	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 <sup>2</sup> C时序特性.....	18
6.8 SPI时序特性 (仅限 MPU-6000) .....	19
6.9 绝对最大额定值.....	20
7 应用信息.....	21
7.1 引脚分配和信号说明.....	21
7.2 典型工作电路.....	22
7.3 外部元件的物料清单.....	22
7.4 推荐的上电程序.....	23
7.5 框图.....	24
7.6 概述.....	24
7.7 具有16 位ADCS和信号调节功能的三轴MEMS陀螺仪.....	25
7.8 具有16 位ADCS和信号调节功能的三轴MEMS加速度计.....	25
7.9 数字运动处理器.....	25
7.10 主要I <sup>2</sup> C和SPI串行通信接口.....	25
7.11 辅助I <sup>2</sup> C串行接口.....	26



7.12 自检.....	27
7.13 使用 I2C 接口的 9 轴传感器融合的 MPU-60X0 解决方案.....	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 先进先出.....	30
7.18 中断.....	30
7.19 数字输出温度传感器.....	31
7.20 偏置和 LDO.....	31
7.21 电荷泵.....	31
8 可编程中断.....	32
9 数字接口.....	33
9.1 I2C 和 SPI (仅限 MPU-6000) 串行接口.....	33 I2C 接
9.2 口.....	33
9.3 I2C 通信协议.....	33
9.4 I2C 条款.....	36
9.5 SPI 接口 (仅限 MPU-6000).....	37
10 串行接口注意事项 (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 的逻辑电平图.....	39
11 装配.....	40
11.1 轴的方向.....	40
11.2 封装尺寸.....	41
11.3 PCB 设计指南.....	42
11.4 装配注意事项.....	43
11.5 存储规格.....	46
11.6 封装标记规范.....	46
11.7 卷带规格.....	47
11.8 标签.....	48
11.9 包装.....	49
11.10 代表性运输箱标签.....	50
12 可靠性.....	51
12.1 资格测试政策.....	51



MPU-6000/MPU-6050 产品规格

文档编号:PS-MPU-6000A-00 修订版:3.4 发布日期:  
2013 年 8 月 19  
日


12.2 资格测试计划.....51

13 环境合规性.....52



## 1 修订历史

修订日期	修订说明	
2010年11月24日	1.0	初始发行
2011年5月19日	2.0	对于版本 C 零件。澄清了各节中的措辞 (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)
2011年7月28日	2.1	编辑了不同模式的电源电流值 (第 6.4 节)
2011年8月5日	2.2	加速度计灵敏度的测量单位从 LSB/mg 更改为 LSB/g
2011年10月12日	2.3	更新了表 6.2 中的加速度计自测试规范。更新了封装尺寸 (第 11.2 节)。更新了 PCB 设计指南 (第 11.3 节)
2011年10月18日	3.0	对于版本 D 零件。更新了表 6.2 中的加速度计规格。更新了加速度计规格说明 (第 8.2、8.3 和 8.4 节)。更新了资格测试计划 (第 12.2 节)。
2011年10月24日	3.1	为清楚起见进行编辑 将工作电压范围更改为 2.375V-3.46V 新增加速度计智能功能增量值为1mg/LSB (第6.2节)  将加速度的绝对最大额定值 (任何轴,未通电)从 0.3ms 更新为 0.2ms (第 6.9 节)  将门锁的绝对最大额定值修改为 A 级和 $\pm 100\text{mA}$ (第 6.9、12.2 节)
2011年11月16日	3.2	更新了日期代码为 1147 (YYWW) 或更高版本的修订版 D 部件的自检响应规范。  为清楚起见进行编辑 添加了陀螺仪自检 (第 5.1、6.1、7.6、7.12 节) 添加了 Accel 自检响应的最小/最大限制 (第 6.2 节) 更新了加速度计低功耗模式工作电流 (第 6.3 节) 在框图中添加了陀螺仪自检 (第 7.5 节) 更新了包装标签和说明 (第 11.8 和 11.9 节)
2012年5月16日	3.3	更新了陀螺仪和加速度计自检信息 (第 6.1、6.2、7.12 节) 更新了门锁信息 (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 卷 (15,000 件)更改为每个托运箱 5 卷 (25,000 件) (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)
2013年8月19日	3.4	更新第 4 节


	MPU-6000/MPU-6050 产品规格	文件编号:PS-MPU-6000A-00 修订版:3.4 发布日期:2013 年 8 月 19 日
---	------------------------	---

## 2 目的和范围

本产品规格提供有关 MPU-6000™ 和 MPU-6050™ MotionTracking™ 设备（统称为 MPU-60X0™ 或 MPU™）的电气规格和设计相关信息的高级信息。

电气特性仅基于设计分析和仿真结果。规格如有更改,恕不另行通知。最终规格将根据生产硅的特性进行更新。有关寄存器映射和各个寄存器描述的参考,请参阅 MPU-6000/MPU-6050 寄存器映射和寄存器描述文档。

本文档中提供的自检响应规范适用于日期代码为 1147 (YYWW) 或更高版本的修订版 D 部件。封装标记说明详情请参见第 11.6 节。

	MPU-6000/MPU-6050 产品规格	文件编号:PS-MPU-6000A-00 修订版:3.4 发布日期:2013 年 8 月 19 日
---	------------------------	---

### 3 产品概述

#### 3.1 MPU-60X0 概述

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添了巨大的价值。在智能手机中,它可用于应用程序和电话控制的手势命令、增强型游戏、增强现实、全景照片捕捉和查看以及行人和车辆导航等应用。 MotionTracking 技术能够准确地跟踪用户动作,可以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测到基于位置的服务等各种应用。支持 MotionInterface 的设备的关键要求是小封装尺寸、低功耗、高精度和可重复性、高抗冲击性以及特定于应用程序的性能可编程性 - 所有这些都以较低的消费价格点实现。

MPU-60X0 是世界上第一款集成 6 轴运动跟踪设备,将 3 轴陀螺仪、3 轴加速度计和数字运动处理器™ (DMP) 全部集成在小型 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 轴罗盘的输入,以提供完整的 9 轴 MotionFusion™ 输出。 MPU-60X0 MotionTracking 设备具有 6 轴集成、板载 MotionFusion™ 和运行时校准固件,使制造商能够消除分立设备的昂贵且复杂的选择、鉴定和系统级集成,从而保证最佳运动为消费者提供的性能。 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 (例如压力传感器) 连接。 MPU-60X0 的尺寸与 MPU-30X0 系列兼容。

MPU-60X0 具有三个用于数字化陀螺仪输出的 16 位模数转换器 (ADC) 和三个用于数字化加速度计输出的 16 位 ADC。为了精确跟踪快速和慢速运动,这些部件具有用户可编程陀螺仪满量程范围  $\pm 250$ 、 $\pm 500$ 、 $\pm 1000$  和  $\pm 2000^\circ/\text{秒}$  (dps) 以及用户可编程加速度计满量程范围为  $\pm 2g$ 、 $\pm 4g$ 、 $\pm 8g$  和  $\pm 16g$ 。

片上 1024 字节 FIFO 缓冲区允许系统处理器突发读取传感器数据,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。凭借支持许多基于运动的用例所需的所有必要片上处理和传感器组件,MPU-60X0 能够在便携式应用中独特地实现低功耗 MotionInterface 应用,同时降低对系统处理器的处理要求。通过提供集成的 MotionFusion 输出,MPU-60X0 中的 DMP 卸载了系统处理器的密集 MotionProcessing 计算要求,从而最大限度地减少了对运动传感器输出的频繁轮询的需要。

使用 400kHz 的 I2C 或 1MHz 的 SPI 与器件的所有寄存器进行通信

(仅限 MPU-6000)。对于需要更快通信的应用,可以使用 SPI 以 20MHz 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为  $\pm 1\%$ 。

InvenSense 利用其获得专利且经过批量验证的 Nasiri-Fabrication 平台 (该平台通过晶圆级键合将 MEMS 晶圆与配套 CMOS 电子器件集成在一起),将 MPU-60X0 封装尺寸缩小至革命性的 4x4x0.9mm (QFN) 占位面积,同时提供手持消费电子设备所需的最高性能、最低噪声和最低成本的半导体封装。该器件具有强大的 10,000g 抗冲击能力,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。

为了实现电源灵活性,MPU-60X0 的 VDD 电源电压范围为 2.375V-3.46V。

此外,MPU-6050 还提供一个 VLOGIC 参考引脚 (除了其模拟电源引脚:VDD),用于设置其 I2C 接口的逻辑电平。VLOGIC 电压可以是  $1.8V \pm 5\%$  或 VDD。

MPU-6000 和 MPU-6050 完全相同,只是 MPU-6050 仅支持 I2C 串行接口,并具有独立的 VLOGIC 参考引脚。 MPU-6000 支持 I2C 和 SPI 接口,并具有单个电源引脚 VDD,它既是器件的逻辑参考电源,又是器件的模拟电源。

下表概述了这些差异:



MPU-6000/MPU-6050 产品规格

文件编号:PS-MPU-6000A-00  
修订版:3.4  
发布日期:2013 年 8 月 19 日

MPU-6000 和 MPU-6050 之间的主要区别

零件/项目	MPU-6000	MPU-6050
电源电压	2.375V-3.46V	2.375V-3.46V
逻辑逻辑	不适用	1.71V 至 VDD
支持的串行接口	2C 、SPI	我2C
引脚 8	/CS	逻辑逻辑
引脚 9	AD0/SDO	AD0
针脚 23	SCL/SCLK	SCL
针脚 24	SDA/SDI	SDA



	MPU-6000/MPU-6050 产品规格	文档编号:PS-MPU-6000A-00 修订版:3.4 发布日期: 2013 年 8 月 19 日
---	------------------------	--

4 应用

· BlurFree™技术（用于视频/静态图像稳定） · AirSign™技术（用于安全/身份验证） · TouchAnywhere™技术（用于“非触摸”UI 应用程序控制/导航） · MotionCommand™技术（用于手势快捷方式） ·支持运动的游戏和应用程序框架 · InstantGesture™ iG™ 手势识别 · 基于位置的服务、兴趣点和航位推算 · 手机和便携式游戏 · 基于运动的游戏控制器 · 用于连接互联网的DTV 和机顶盒的 3D 遥控器， 3D 鼠标 · 用于健康、健身和运动的可穿戴传感器 · 玩具



## 5 特点

### 5.1 陀螺仪特性

MPU-60X0 中的三轴 MEMS 陀螺仪具有多种功能:

- 数字输出 X、Y 和 Z 轴角速率传感器 (陀螺仪),具有用户可编程的全功能  
刻度范围为  $\pm 250$ 、 $\pm 500$ 、 $\pm 1000$  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 16 位 ADC 可实现陀螺仪同步采样 · 增强的偏置和灵敏度温度稳定性减少了用户校准的需要
- 改善低频噪声性能
- 数字可编程低通滤波器 · 陀螺仪工作电流:3.6mA
- 待机电流:5 $\mu\text{A}$
- 工厂校准的灵敏度比例因子
- 用户自检

### 5.2 加速度计特性

MPU-60X0 中的三轴 MEMS 加速度计具有多种功能:

- 数字输出三轴加速度计,可编程满量程范围为 $\pm 2\text{g}$ 、 $\pm 4\text{g}$ 、 $\pm 8\text{g}$ 和 $\pm 16\text{g}$
- 集成 16 位 ADC 可实现加速度计同步采样,而无需外部复用器
- 加速计正常工作电流:500 $\mu\text{A}$  · 低功耗加速计模式电流:  
1.25Hz 时为 10 $\mu\text{A}$ 、5Hz 时为 20 $\mu\text{A}$ 、20Hz 时为 60 $\mu\text{A}$ 、在 20Hz 时为 110 $\mu\text{A}$   
40赫兹
- 方向检测和信号发送
- 点击检测 · 用户可编程中断
- 高 G 中断 · 用户自检

### 5.3 附加功能

MPU-60X0 包括以下附加功能:

- 由片上数字运动处理器 (DMP) 实现的 9 轴 MotionFusion
- 辅助主 I2C 总线,用于从外部传感器 (例如磁力计)读取数据
- 当所有 6 个运动传感轴和 DMP 均启用时,工作电流为 3.9mA
- VDD 电源电压范围为 2.375V-3.46V
- 灵活的 VLOGIC 参考电压支持多种 I2C 接口电压 (仅限 MPU-6050)
- 适用于便携式设备的最小、最薄的 QFN 封装:4x4x0.9mm · 加速度计和陀螺仪轴之间的交叉轴灵敏度最小
- 1024 字节 FIFO 缓冲区允许主机处理器突发读取数据,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 抗冲击能力 · 400kHz 快速模式 I2C ,用于与所有寄存器进行通信
- 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)



- 晶圆级气密密封和键合的 MEMS 结构
- 符合 RoHS 和绿色标准

#### 5.4 运动处理

- 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、3-轴加速度计数据和温度数据。 MPU 向系统处理器的计算输出还可以包括来自数字 3 轴第三方磁力计的航向数据。
- FIFO 缓冲完整的数据集,通过允许处理器突发读取 FIFO 数据来降低系统处理器的时序要求。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功耗,同时 MPU 收集更多数据。
- 可编程中断支持手势识别、平移、缩放、滚动等功能  
点击检测和摇动检测
- 数字可编程低通滤波器
- 低功耗计步器功能允许主机处理器休眠,同时 DMP 保持步数。

#### 5.5 时钟 · 片上时

序发生器在整个温度范围内频率变化为  $\pm 1\%$

- 可选的 32.768kHz 或 19.2MHz 外部时钟输入



MPU-6000/MPU-6050 产品规格

文件编号 :PS-MPU-6000A-00  
修订版 :3.4  
发布日期 :2013 年 8 月 19 日


6 电气特性

6.1 陀螺仪规格

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

范围	状况	最小	典型值	最大单位		笔记
陀螺仪灵敏度						
满量程范围	FS_SEL=0		±250		度/秒	
	FS_SEL=1		±500		度/秒	
	FS_SEL=2		±1000		度/秒	
	FS_SEL=3		±2000		度/秒	
陀螺仪 ADC 字长			16		位	
灵敏度比例因子	FS_SEL=0		131		LSB/(°/s)	
	FS_SEL=1		65.5		LSB/(°/s)	
	FS_SEL=2		32.8		LSB/(°/s)	
	FS_SEL=3 25°C		16.4		LSB/(°/s)	
灵敏度 比例因子 公差		-3		+3	%	
灵敏度比例因子变化			±2		%	
温度						
非线性	最佳拟合直线; 25°C		0.2		%	
交叉轴灵敏度			±2		%	
陀螺仪零速率输出 (ZRO)						
初始 ZRO 容差	25°C		±20		度/秒	
ZRO 随温度变化	-40°C 至 +85°C		±20		度/秒	
电源灵敏度 (1-10Hz)	正弦波,100mVpp; VDD=2.5V 正弦波,		0.2		度/秒	
电源灵敏度 (10 - 250Hz)	100mVpp; VDD=2.5V 正弦波,100mVpp;		0.2		度/秒	
电源灵敏度 (250Hz - 100kHz)	VDD=2.5V 静态		4		度/秒	
线性加速度灵敏度			0.1		度/秒/克	
自测响应						
相对的	从工厂装饰更改	-14		14	%	1
陀螺仪噪声性能						
总有效值噪声	FS_SEL=0		0.05		度/s-rms	
低频 RMS 噪声	DLPFCFG=2 (100Hz)		0.033		度/s-rms	
速率噪声谱密度	带宽 1Hz 至 10Hz		0.005		度/秒/√Hz	
陀螺仪机械						
频率						
X轴		30	33	36	千赫	
Y轴		27	30	33	千赫	
Z轴		24	27	30	千赫	
低通滤波器响应						
	可编程范围	5		256赫兹		
输出数据速率						
	可编程的	4		8,000	赫兹	
陀螺仪启动时间						
ZRO 稳定 (上电后)	DLPFCFG=0		30			
	最终的 ±1°/s					

1.有关自检的更多信息,请参阅以下文档: MPU-6000/MPU-6050 寄存器映射和说明

	MPU-6000/MPU-6050 产品规格	文件编号:PS-MPU-6000A-00 修订版:3.4 发布日期:2013 年 8 月 19 日
---	------------------------	---

## 6.2 加速度计规格

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

范围	状况	最小典型值	最大单位	注释		
加速度计灵敏度						
满量程范围	AFS_SEL=0		±2		G	
	AFS_SEL=1		±4		G	
	AFS_SEL=2		±8		G	
	AFS_SEL=3		±16		G	
ADC 字长	以二进制补码格式输出		16		位	
灵敏度比例因子	AFS_SEL=0		16,384		最低有效位/克	
	AFS_SEL=1		8,192		最低有效位/克	
	AFS_SEL=2		4,096		最低有效位/克	
	AFS_SEL=3		2,048		最低有效位/克	
初始校准容差			±3		%	
灵敏度变化与温度的关系 非线性 交叉轴灵敏度	AFS_SEL=0, -40°C 至 +85°C		±0.02		%/°C	
零重力输出	最佳拟合直线		0.5		%	
			±2		%	
初始校准容差	X 轴和 Y 轴		±50		毫克	1
	Z轴		±80		毫克	
零重力水平变化与温度 X 和 Y 轴,0°C 至 +70°C Z 轴,0°C 至 +70°C			±35		毫克	
			±60		毫克	
自测响应						
相对的	从工厂装饰更改	-14		14%		2
噪音表现						
功率谱密度	@10Hz,AFS_SEL=0 & ODR=1kHz		400		g/√Hz	
低通滤波器响应						
	可编程范围	5		260赫兹		
输出数据速率						
	可编程范围	4		1,000赫兹		
智能功能						
增量			32		毫克/LSB	

1. MSL3 预处理后的典型零克初始校准公差值

2. 有关自检的更多信息,请参阅以下文档: MPU-6000/MPU-6050 寄存器映射和说明




## MPU-6000/MPU-6050 产品规格

文件编号:PS-MPU-6000A-00  
 修订版:3.4  
 发布日期:2013 年 8 月 19 日

## 6.3 电气和其他通用规格

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


范围	状况	最小	典型值	最大限度	单位	笔记
温度感应器						
范围			-40 至 +85		°C	
灵敏度	未修剪350C		340		LSB/°C	
温度偏移			-521		最低有效位	
线性度	最佳拟合直线 (-40°C 至 +85°C)		±1		°C	
电源电压						
工作电压		2.375		3.46	V	
正常工作电流	陀螺仪+加速度计+DMP		3.9		嘛	
	陀螺仪+加速度计 (DMP 已禁用)		3.8		嘛	
	陀螺仪+DMP (加速度计已禁用)		3.7		嘛	
	仅陀螺仪 (DMP 和加速计已禁用)		3.6		嘛	
	仅加速度计 (DMP 和陀螺仪已禁用)		500		微安	
加速度计低功耗模式 当前的	1.25 赫兹更新率		10		微安	
	5赫兹更新率		20		微安	
	20赫兹更新率		70		微安	
	40赫兹更新率		140		微安	
全芯片空闲模式电源电流			5		微安	
电源斜坡率	单调斜坡。斜坡率为最终值的 10% 至 90%			100	微安	
VLOGIC 参考电压仅限 MPU-6050						
电压范围	VLOGIC 必须始终≤VDD	1.71		电源电压	V	
电源斜坡率	单调斜坡。斜坡率为最终值的 10% 至 90%			3	微安	
正常工作电流			100		微安	
温度范围						
指定温度范围	性能参数超出规定范围不适用	-40		+85	°C	
	温度范围					

	MPU-6000/MPU-6050 产品规格	文件编号:PS-MPU-6000A-00 修订版:3.4 发布日期:2013 年 8 月 19 日
---	------------------------	---

## 6.4 电气规格 (续)

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

范围	状况	最小	典型值	最大限度	单位	笔记
串行接口						
SPI 工作频率,全部 寄存器读/写	仅 MPU-6000,低速 表征		100±10%		千赫	
	仅 MPU-6000,高速 表征		1±10%		兆赫兹	
SPI 工作频率、传感器和中断寄存器只读	仅限 MPU-6000		20±10%		兆赫兹	
I2C 工作频率	所有寄存器,快速模式			400	千赫	
	所有寄存器,标准模式			100	千赫	
我2C地址	AD0=0		1101000			
	AD0=1		1101001			
数字输入 (SDI/SDA,AD0、 SCLK/SCL,FSYNC、/CS,CLKIN)						
VIH,高电平输入电压	MPU-6000	0.7*电源电压			V	
	MPU-6050	0.7*V逻辑			V	
VIL,低电平输入电压	MPU-6000			0.3*电源电压	V	
	MPU-6050			0.3*V逻辑	V	
CI,输入电容			< 5		PF	
数字输出 (SDO,INT)						
VOH,高电平输出电压	R负载=1MΩ; MPU-6000	0.9*电源电压			V	
	R负载=1MΩ; MPU-6050	0.9*V逻辑			V	
VOL1,低电平输出电压	R负载=1MΩ; MPU-6000			0.1*电源电压	V	
	R负载=1MΩ; MPU-6050			0.1*V逻辑	V	
VOL.INT1, INT 低电平输出电压	OPEN=1,0.3mA 灌电流 当前的			0.1	V	
输出漏电流	打开=1		100		纳安	
tINT, INT 脉冲宽度	LATCH_INT_EN=0		50		微秒	


	MPU-6000/MPU-6050 产品规格	文件编号:PS-MPU-6000A-00 修订版:3.4 发布日期:2013 年 8 月 19 日
---	------------------------	---

## 6.5 电气规格 (续)

7.2 节的典型工作电路,VDD = 2.375V-3.46V,VLOGIC (仅限 MPU-6050)= 1.8V±5% 或 VDD, TA = 25°C

参数	状况	典型的	单位注释	
主要 I2C I/O (SCL,SDA)				
VIL,低电平输入电压	MPU-6000	-0.5 至 0.3*VDD	V	
VIH,高电平输入电压	MPU-6000	0.7*VDD 至 VDD + 0.5V	V	
Vhys,迟滞	MPU-6000	0.1*电源电压	V	
VIL,低电平输入电压	MPU-6050	-0.5V 至 0.3*VLOGIC	V	
VIH,高电平输入电压	MPU-6050	0.7*VLOGIC 至 VLOGIC + 0.5V	V	
Vhys,迟滞	MPU-6050	0.1*V逻辑	V	
VOL1,低电平输出电压	3mA 灌电流	0至0.4	V	
IOL,低电平输出电流	电压=0.4V	3	嘛	
	电压=0.6V	5	嘛	
输出漏电流tof,从VIHmax到		100	纳安	
VILmax的输出下降时间	Cb总线电容 (pF)	20+0.1Cb至 250 < 10	纳秒	
CI,每个 I/O 引脚的电容			PF	
辅助 I2C I/O (AUX_CL,AUX_DA)	MPU-6050: AUX_VDDIO=0			
VIL,低电平输入电压		-0.5V 至 0.3*VLOGIC	V	
VIH,高电平输入电压		0.7*VLOGIC 至 VLOGIC + 0.5V	V	
Vhys,迟滞		0.1*V逻辑	V	
VOL1,低电平输出电压	V逻辑 > 2V; 1mA 灌电流 VLOGIC < 2V;	0至0.4	V	
VOL3,低电平输出电压	1mA 灌电流VOL = 0.4V	0 至 0.2*VLOGIC	V	
IOL,低电平输出电流		1	嘛	
	电压=0.6V	1	嘛	
输出漏电流tof,从VIHmax到		100	纳安	
VILmax的输出下降时间	Cb总线电容 (pF)	20+0.1Cb至250	纳秒	
CI,每个 I/O 引脚的电容		<10	PF	



	MPU-6000/MPU-6050 产品规格	文件编号:PS-MPU-6000A-00 修订版:3.4 发布日期:2013 年 8 月 19 日
---	------------------------	---

## 6.6 电气规格 (续)

7.2 节的典型工作电路,VDD = 2.375V-3.46V,VLOGIC (仅限 MPU-6050)= 1.8V±5% 或 VDD, TA = 25°C

参数	状况	最小	典型的	最大单位	注释	
内部时钟源	CLK_SEL=0,1,2,3					
陀螺仪采样率,快	DLPFCFG=0 采样率 = 0		8		千赫	
陀螺仪采样率,慢	DLPFCFG=1,2,3,4,5 或 6 采样率 = 0		1		千赫	
加速度计采样率			1		千赫	
时钟频率初始容差	CLK_SEL=0, 25°C	-5		+5	%	
	CLK_SEL=1,2,3; 25°C	-1		+1	%	
频率随温度的变化	时钟选择=0		-15 至 +10		%	
	CLK_SEL=1,2,3		±1		%	
PLL 建立时间	CLK_SEL=1,2,3		1	10		见注释 10
外部 32.768kHz 时钟	时钟选择=4					
外部时钟频率			32.768		千赫	
外部时钟允许抖动	周期间有效值		1 至 2		微秒	
陀螺仪采样率,快	DLPFCFG=0 采样率 = 0		8.192		千赫	
陀螺仪采样率,慢	DLPFCFG=1,2,3,4,5 或 6 采样率 = 0		1.024		千赫	
加速度计采样率			1.024		千赫	
PLL 建立时间			1	10		见注释 10
外部 19.2MHz 时钟	时钟选择=5					
外部时钟频率		3.9	19.2		兆赫兹	
陀螺仪采样率	全可编程范围			8000	赫兹	
陀螺仪采样率,快速模式	DLPFCFG=0 采样率 = 0		8		千赫	
陀螺仪采样率,慢速模式	DLPFCFG=1,2,3,4,5 或 6 采样率 = 0		1		千赫	
加速度计采样率			1		千赫	
PLL 建立时间			1	10		见注释 10

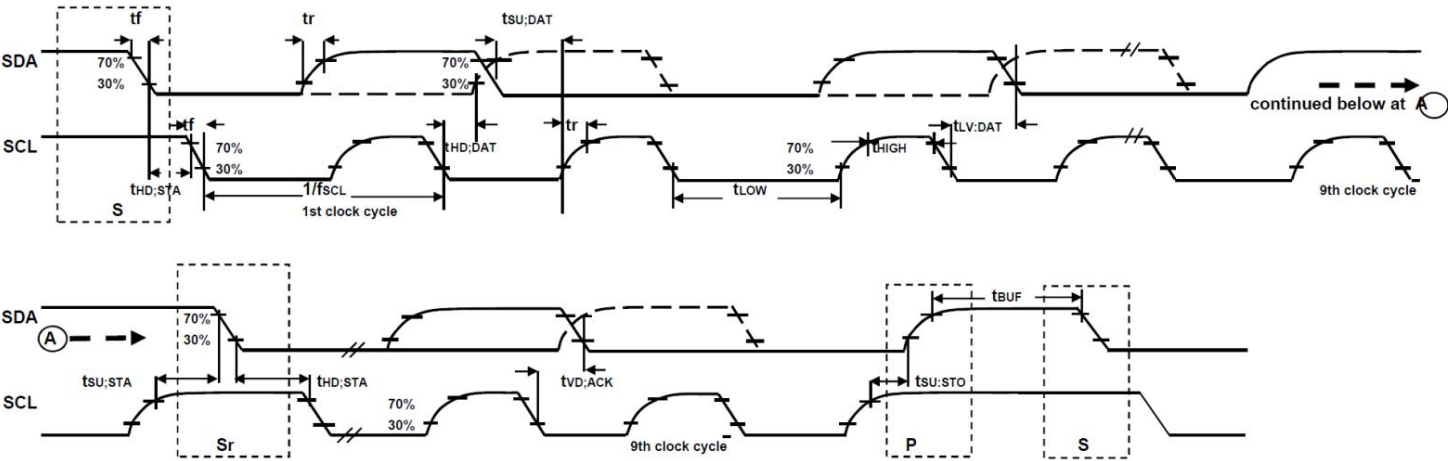


6.7 I2C 时序特性

7.2 节的典型工作电路,VDD = 2.375V-3.46V,VLOGIC (仅限 MPU-6050)= 1.8V±5% 或 VDD, TA = 25°C

参数	状况	最小	典型的	最大限度	单位	笔记
I2C 时序	I2C 快速模式					
fSCL, SCL 时钟频率tHD.STA、 (重复)启动条件保持时间		0.6		400	千赫 微秒	
tLOW, SCL 低电平周期		1.3			微秒	
tHIGH, SCL 高电平周期		0.6			微秒	
tSU.STA,重复启动条件建立时间		0.6			微秒	
tHD.DAT, SDA 数据保持时间		0			微秒	
tSU.DAT, SDA 数据建立时间tr, SDA 和 SCL 上升时间tf, SDA 和 SCL 下 降时间tSU.STO, STOP 条件建立 时间tBUF, STOP 和 START 条件之间的总线空 闲时间	Cb总线幅。10 至 400pF Cb总线电 容。10 至 400pF	100 20+0.1Cb 20+0.1Cb 0.6 1.3		300 300	纳秒 纳秒 微秒 微秒	
Cb,每条总线的容性负载tVD.DAT,数据有效时间			< 400		PF	
tVD.ACK,数据有效应答时间				0.9 0.9	微秒 微秒	

注意 :时序特性适用于主 I2C 总线和辅助I2C总线

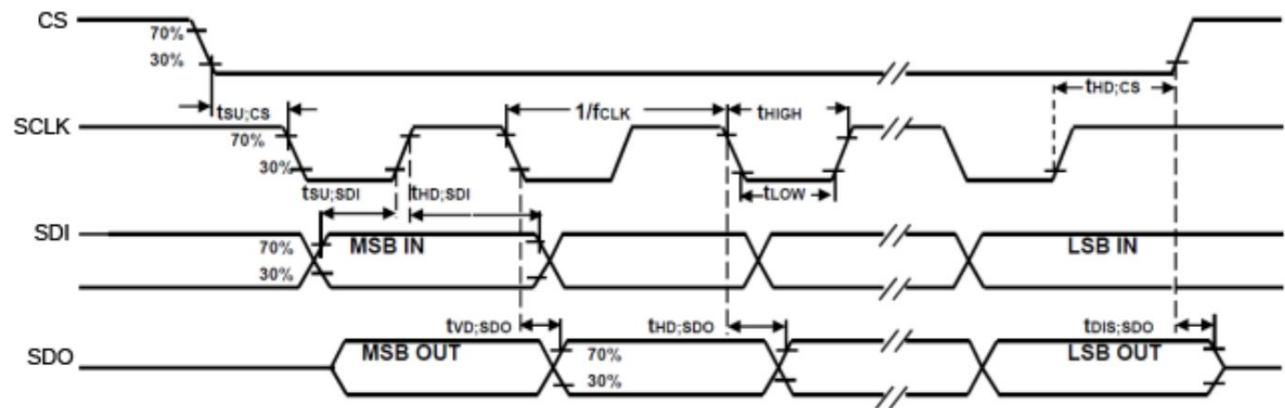


I2C 总线时序图



6.8 SPI 时序特性（仅限 MPU-6000）  
除非另有说明,第 7.2 节的典型工作电路,VDD = 2.375V-3.46V,VLOGIC（仅限 MPU-6050）= 1.8V±5% 或 VDD,TA = 25°C。

参数	状况	最小	典型的	最大限度	单位	笔记
SPI时序						
fSCLK、SCLK 时钟频率				1	兆赫兹	
tLOW, SCLK 低电平周期		400			纳秒	
tHIGH, SCLK 高电平周期		400			纳秒	
tSU,CS, CS 建立时间		8			纳秒	
tHD,CS, CS 保持时间		500			纳秒	
tSU,SDI、SDI 建立时间		11			纳秒	
tHD,SDI、SDI 保持时间		7			纳秒	
tVD,SDO、SDO 有效时间	负载= 20pF			100	纳秒	
tHD,SDO, SDO 保持时间	负载= 20pF	4			纳秒	
tDIS,SDO, SDO 输出禁用时间				10	纳秒	



SPI 总线时序图



## 6.9 绝对最大额定值

超过“绝对最大额定值”列出的压力可能会对设备造成永久性损坏。

这些只是压力额定值,并不意味着器件在这些条件下可以正常运行。

长时间暴露在绝对最大额定值条件下可能会影响器件的可靠性。

范围	评分
电源电压,VDD	-0.5V至+6V
VLOGIC 输入电压电平 (MPU-6050)	-0.5V 至 VDD+0.5V
重新退出	-0.5V至2V
输入电压电平 (CLKIN、AUX_DA、AD0、FSYNC、INT、SCL、SDA)	-0.5V 至 VDD+0.5V
CPOUT (2.5V≤VDD≤3.6V)	-0.5V至30V
加速度 (任意轴,无动力)	10,000g 0.2ms
工作温度范围	-40°C 至 +105°C
储存温度范围	-40°C 至 +125°C
静电放电 (ESD) 保护	2kV (HBM) ; 250V (毫米)
闩锁	JEDEC II 级 (2),125°C ±100mA



MPU-6000/MPU-6050 产品规格

文件编号 :PS-MPU-6000A-00  
修订版 :3.4  
发布日期 :2013 年 8 月 19 日

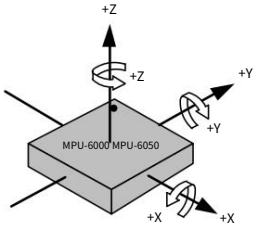
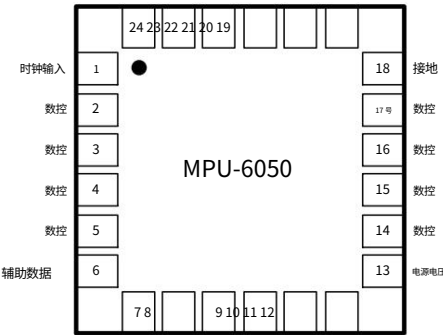
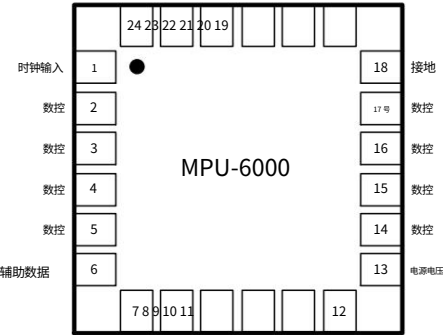
7 应用信息

7.1 引脚排列及信号说明

引脚号	MPU-6000	MPU-6050	引脚名称	引脚说明
1	是	是	时钟输入	可选的外部参考时钟输入。如果未使用,请连接至 GND。
6	是	是	辅助数据	I2C 主串行数据,用于连接外部传感器
7	是	是	辅助_CL	I2C 主串行时钟,用于连接外部传感器
8	是		/CS	SPI 片选 (0=SPI 模式)
8		是	逻辑逻辑	数字 I/O 电源电压
9	是		AD0/SDO	I2C 从机地址 LSB (AD0); SPI串行数据输出 (SDO)
9		是	AD0	I2C 从机地址 LSB (AD0)
10	是	是	重新退出	稳压滤波电容连接
11	是	是	同步同步	帧同步数字输入。如果未使用,请连接至 GND。
12	是	是	INT	中断数字输出 (图腾柱或开漏)
13	是	是	电源电压	电源电压和数字I/O电源电压
18	是	是	接地	电源地
19, 21	是	是	RESV	预订的。不要连接。
20	是	是	CP输出	电荷泵电容连接
22	是	是	RESV	预订的。不要连接。
23	是		SCL/SCLK	I2C串行时钟 (SCL) ; SPI串行时钟 (SCLK)
23		是	SCL	I2C 串行时钟 (SCL)
24	是		SDA/SDI	I2C串行数据 (SDA) ; SPI串行数据输入 (SDI)
24		是	SDA	I2C 串行数据 (SDA)
2, 3, 4, 5, 14, 15, 16, 17	是	是	数控	内部没有连接。可用于 PCB 走线布线。

顶视图

顶视图



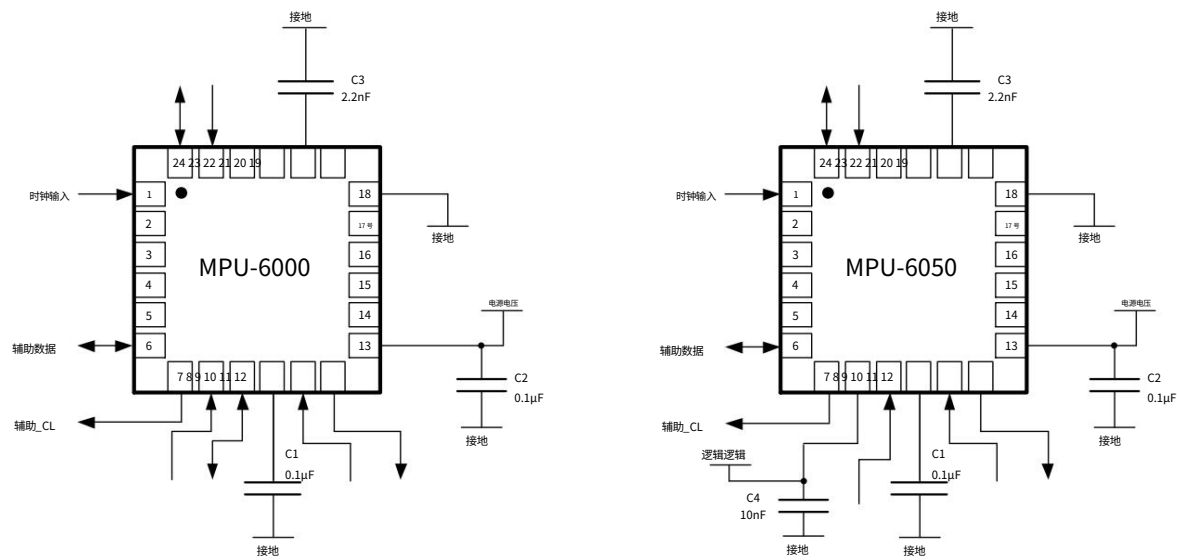
QFN 封装 24 引脚,  
4mm x 4mm x 0.9mm

QFN 封装 24 引脚,  
4mm x 4mm x 0.9mm

灵敏度轴的方向和  
旋转极性

	MPU-6000/MPU-6050 产品规格	文件编号:PS-MPU-6000A-00 修订版:3.4 发布日期:2013 年 8 月 19 日
---	------------------------	---

7.2 典型工作电路



典型工作电路

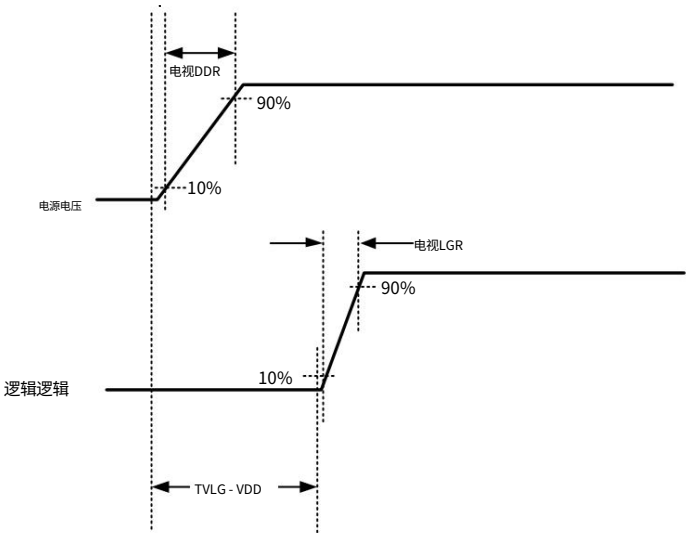
7.3 外部元件的物料清单

成分	标签	规格陶瓷,X7R,	数量
稳压滤波电容 (引脚 10)C1		0.1μF ±10%,2V 陶瓷,X7R,0.1μF ±10%,	1
VDD 旁路电容 (引脚 13)	C2	4V 陶瓷,X7R,2.2nF ±10%,50V 陶瓷,X7R,	1
电荷泵电容器 (引脚 20)	C3	10nF ±10%,4V	1
VLOGIC 旁路电容器 (引脚 8)C4*			1

\* 仅限 MPU-6050。



7.4 推荐的开机流程

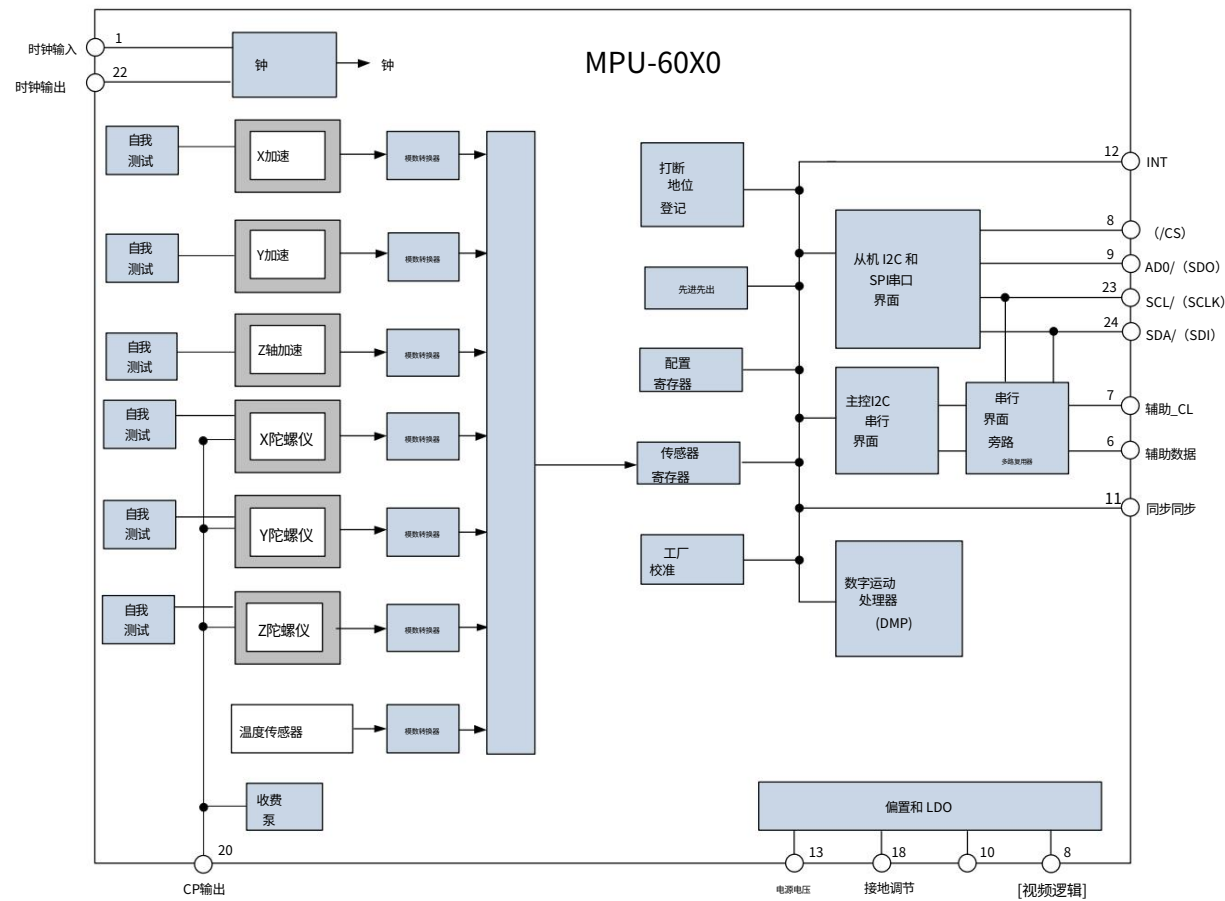


上电排序

1. VLOGIC 幅度必须始终  $\leq$  VDD 幅度
2. TVDDR是 VDD 上升时间: VDD 从其最终值的 10% 上升到 90% 的时间
3.  $TVDDR \leq 100ms$  \_ \_
4. TVLGR为 VLOGIC 上升时间:时间  
VLOGIC 将从其最终价值的 10% 升至 90%
5.  $TVLGR \leq 3ms$  \_ \_
6. TVLG-VDD是从 VDD 斜坡开始到 VLOGIC 上升开始的延迟
7.  $TVLG - VDD \geq 0$
8. VDD和VLOGIC必须是单调的  
坡道



7.5 框图



注:圆括号 ( ) 中的引脚名称仅适用于 MPU-6000  
方括号 [ ] 中的引脚名称仅适用于 MPU-6050

7.6 概述

MPU-60X0 由以下关键块和功能组成:

- 具有 16 位 ADC 和信号调节功能的三轴 MEMS 速率陀螺仪传感器
- 具有 16 位 ADC 和信号调节功能的三轴 MEMS 加速度计传感器
- 数字运动处理器 (DMP) 引擎
- 主要 I2C 和 SPI (仅限 MPU-6000) 串行通信接口
- 辅助 I2C 串行接口,用于 3<sup>RD</sup> 派对磁力计和其他传感器
- 时钟
- 传感器数据寄存器
- 先进先出
- 中断 · 数字
- 输出温度传感器 · 陀螺仪和加速度计自检
- 偏置和 LDO
- 电荷泵





### 7.7 具有 16 位 ADC 和信号调节的三轴 MEMS 陀螺仪

MPU-60X0 由三个独立的振动 MEMS 速率陀螺仪组成,可检测绕 X、Y 和 Z 轴的旋转。当陀螺仪绕任何传感轴旋转时,科里奥利效应会引起电容式传感器检测到的振动。所得信号经过放大、解调和滤波,产生与角速率成比例的电压。该电压使用单独的片上 16 位模数转换器 (ADC) 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  $\pm 250$ 、 $\pm 500$ 、 $\pm 1000$  或  $\pm 2000$  度每秒(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,并且用户可选的低通滤波器可实现较宽的截止频率。

### 7.8 具有 16 位 ADC 和信号调节功能的三轴 MEMS 加速度计

MPU-60X0 的 3 轴加速度计为每个轴使用单独的检测质量。沿特定轴的加速度会引起相应检测质量上的位移,电容传感器以差分方式检测位移。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, X 轴和 Y 轴上的测量值为 0g, Z 轴上的测量值为 +1g。加速度计的比例因子在工厂进行校准,并且名义上与电源电压无关。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调整为  $\pm 2g$ 、 $\pm 4g$ 、 $\pm 8g$  或  $\pm 16g$ 。

### 7.9 数字运动处理器嵌入式数字运动处理

器 (DMP) 位于 MPU-60X0 内,可从主机处理器卸载运动处理算法的计算。DMP 从加速度计、陀螺仪和其他 3 个设备获取数据

中。DMP 可以访问其中之一<sup>RD</sup> 方传感器 (例如磁力计)并处理数据。生成的数据可以从 DMP 的寄存器中读取,也可以缓冲在 FIFO MPU 的外部引脚,可用于产生中断。

DMP 的目的是减轻主机处理器的时序要求和处理能力。通常,运动处理算法应以高速率运行,通常在 200Hz 左右,以便以低延迟提供准确的结果。即使应用程序的更新速度要低得多,这也是必需的;例如,低功耗用户界面的更新速度可能慢至 5Hz,但运动处理仍应以 200Hz 运行。DMP 可用作一种工具,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 以供应用程序使用。

### 7.10 主要 I2C 和 SPI 串行通信接口

MPU-60X0 使用 SPI (仅限 MPU-6000)或 I2C 串行接口与系统处理器通信。与系统处理器通信时,MPU-60X0 始终充当从站。I2C 从机地址的 LSB 由引脚 9 (AD0) 设置。

MPU-60X0 与其主机之间的通信逻辑电平如下:

- MPU-6000:与主机通信的逻辑电平由 VDD 上的电压设置
- MPU-6050:与主站通信的逻辑电平由 VLOGIC 上的电压设置

有关 MPU-6050 逻辑电平的更多信息,请参阅第 10 节。



### 7.11 辅助 I2C 串行接口 MPU-60X0

有一个辅助 I2C 总线,用于与片外 3 轴数字输出磁力计或其他传感器进行通信。该总线有两种运行模式:

- **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 直接将主 I2C 总线和辅助 I2C 总线连接在一起,允许系统处理器直接与任何外部传感器通信。

辅助 I2C 总线操作模式:

- **I2C 主模式:**允许 MPU-60X0 直接访问外部数字传感器 (例如磁力计)的数据寄存器。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,而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 字节)      Y 磁力  
计数据 (2 字节)      Z 磁力计数据 (2  
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。第五个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处理器,并直接与连接到辅助 I2C 总线引脚 (AUX\_DA 和 AUX\_CL) 的外部传感器进行通信。在此模式下,MPU-60X0 的辅助 I2C 总线控制逻辑 (3 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。

在直通模式下,系统处理器仍然可以通过 I2C 访问 MPU-60X0 数据界面。

### 辅助 I2C 总线 IO 逻辑电平

**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**可编程为 VDD 或 VLOGIC

有关 MPU-6050 逻辑电平的更多信息,请参阅第 10.2 节。

	MPU-6000/MPU-6050 产品规格	文件编号:PS-MPU-6000A-00 修订版:3.4 发布日期:2013 年 8 月 19 日
---	------------------------	---

#### 7.12 自检

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

自检可以测试传感器的机械和电气部分。每个测量轴的自检可以通过陀螺仪和加速度计自检寄存器来激活

(寄存器 13 至 16)。

当自检被激活时,电子设备会启动传感器并产生输出信号。

输出信号用于观察自检响应。

自测试响应定义如下:

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。

当自检响应值在产品规格的最小/最大限值内时,该部件已通过自检。当自检响应超过最小/最大值时,该部件被视为自检失败。用于操作自检代码的代码包含在 InvenSense 提供的 MotionApps 软件中。



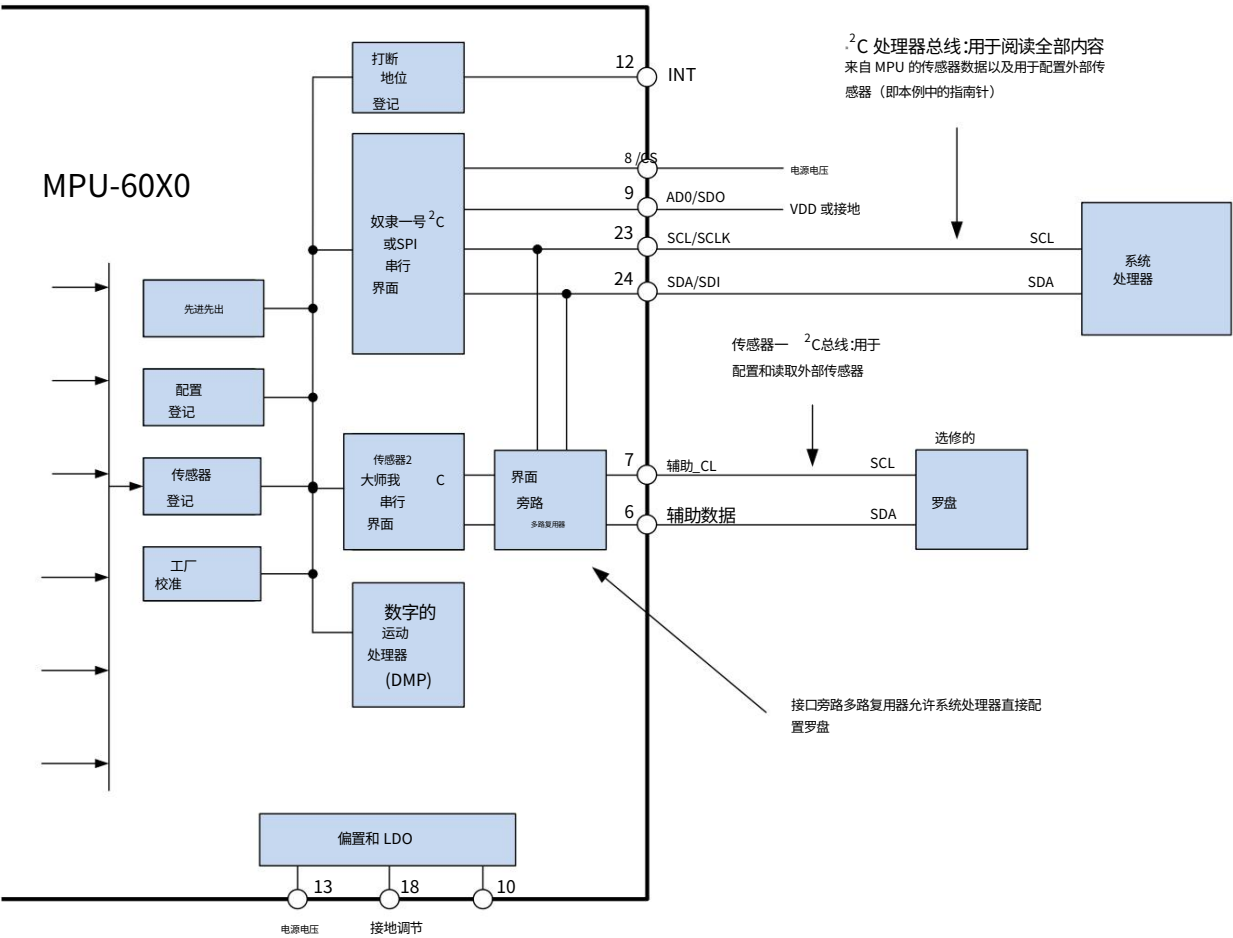
7.13 使用 I2C 接口的MPU-60X0 9 轴传感器融合解决方案

下图中,系统处理器是MPU-60X0 的I2C主设备。此外,MPU-60X0 是可选外部罗盘传感器的 I2C 主站。 MPU-60X0 作为I2C主设备的功能有限,并且依赖系统处理器来管理任何辅助传感器的初始配置。

MPU-60X0 有一个接口旁路多路复用器,连接系统处理器I2C总线引脚 23 (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,接口旁路多路复用器应禁用,以便 MPU-60X0 辅助I2C主设备可以控制传感器 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,请参阅第 10 节。





7.14 MPU-6000 使用 SPI 接口

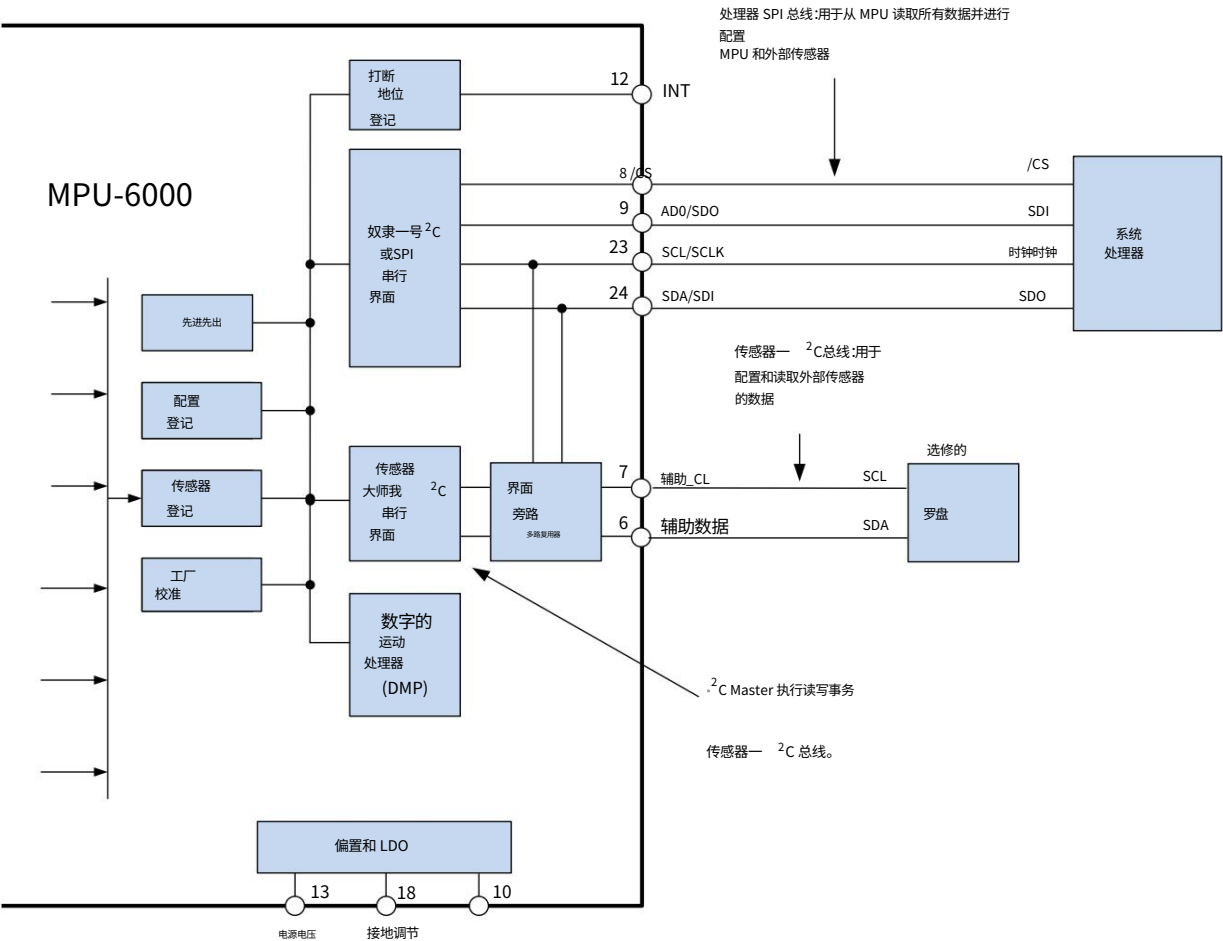
下图中,系统处理器是 MPU-6000 的 SPI 主设备,引脚 8、9、23 和 24 用于支持 SPI 通信的 /CS、SDO、SCLK 和 SDI 信号。由于这些 SPI 引脚与 I2C 从引脚 (9、23 和 24)共享,因此系统处理器无法通过接口旁路多路复用器访问辅助 I2C 总线,该多路复用器将处理器 I2C 接口引脚连接到传感器 I2C 接口引脚。


由于 MPU-6000 作为I2C主设备的功能有限,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,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 (AUX\_DA)上的传感器进行编程和 AUX\_CL)。

当 MPU-6000 和系统处理器之间使用 SPI 通信时,可以通过使用I2C Slaves 0-4 在任何设备上执行读写事务并在辅助I2C总线上注册来实现辅助 I2C 传感器总线上的设备配置。I2C从机 4 接口只能用于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。从属 0-3 控制器的读取结果可写入 FIFO 缓冲区以及外部传感器寄存器。

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



	MPU-6000/MPU-6050 产品规格	文件编号:PS-MPU-6000A-00 修订版:3.4 发布日期:2013 年 8 月 19 日
---	------------------------	---

### 7.15 内部时钟生成

MPU-60X0 具有灵活的时钟方案,允许将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节和 ADC、DMP 以及各种控制电路和寄存器。片上 PLL 为生成该时钟所允许的输入提供了灵活性。

用于生成内部时钟的允许的内部源有:

- 内部张弛振荡器

任何 X、Y 或 Z 陀螺仪 (随温度变化  $\pm 1\%$  的 MEMS 振荡器)

允许的外部时钟源有:

32.768kHz 方波 19.2MHz 方波

内部同步时钟生成源的选择取决于外部源的可用性以及功耗和时钟精度的要求。这些要求很可能会因操作模式而异。例如,在一种模式下,最关心的是功耗,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不错的时钟选择。然而,在陀螺仪处于活动状态的另一种模式中,选择陀螺仪作为时钟源提供了更准确的时钟源。

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。

还需要考虑启动条件。当 MPU-60X0 首次启动时,设备使用其内部时钟,直到被编程为从另一个源运行。例如,这允许用户等待 MEMS 振荡器稳定后再选择它们作为时钟源。

### 7.16 传感器数据寄存器

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。这些寄存器中的数据可以随时读取。然而,中断功能可用于确定新数据何时可用。

有关中断源表,请参阅第 8 节。


### 7.17 先进先出

MPU-60X0 包含一个 1024 字节 FIFO 寄存器,可通过串行接口访问。FIFO 配置寄存器决定将哪些数据写入 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新数据何时可用。

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 中断

中断功能通过中断配置寄存器进行配置。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。可以触发中断的项目有 (1) 时钟发生器锁定到新的参考振荡器 (切换时钟时使用)

	MPU-6000/MPU-6050 产品规格	文件编号:PS-MPU-6000A-00 修订版:3.4 发布日期:2013 年 8 月 19 日
---	------------------------	---

来源)；(2) 新数据可供读取（从 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。中断状态可以从中断状态寄存器中读取。

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,请参阅第 8 节。

#### 7.19 数字输出温度传感器

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

#### 7.20 偏置和LDO

偏置和 LDO 部分生成 MPU-60X0 所需的内部电源以及参考电压和电流。其两个输入是 2.375 至 3.46V 的未调节 VDD 和 1.71V 至 VDD 的 VLOGIC 逻辑参考电源电压（仅限 MPU-6050）。LDO 输出由 REGOUT 处的电容器旁路。

有关电容器的更多详细信息,请参阅外部元件的物料清单（第 7.3 节）。

#### 7.21 电荷泵

板载电荷泵生成 MEMS 振荡器所需的高电压。其输出被 CPOUT 处的电容器旁路。有关电容器的更多详细信息,请参阅外部元件的物料清单（第 7.3 节）。



MPU-6000/MPU-6050 产品规格

文档编号 :PS-MPU-6000A-00 修订版 :3.4 发布日期:  
2013 年 8 月 19  
日

8 个可编程中断MPU-60X0 有一个可编程中断系统,可以在 INT 引脚上产生中断信号。  
状态标志指示中断源。中断源可以单独启用和禁用。

中断源表

中断名称	模块
先进先出溢出	先进先出
数据就绪	传感器寄存器
I 2C 主站错误 :仲裁失败、NACK I 2C 主站	
I 2C 从机 4	我2C大师

有关中断使能/禁止寄存器和标志寄存器的信息,请参阅 MPU-6000/MPU-6050 寄存器映射和寄存器描述文档。下面解释一些中断源。





9 数字接口

9.1 I2C 和 SPI (仅限 MPU-6000)串行接口  
MPU-6000/MPU-6050 的内部寄存器和内存可使用I2C以 400 kHz进行访问  
或 1MHz 的 SPI (仅限 MPU-6000) 。 SPI 工作在四线模式。

串行接口

引脚编号	MPU-6000	MPU-6050	引脚名称	引脚描述	
8		是		/CS	SPI 片选 (0=SPI 使能)
8			是	VLOGIC 数字 I/O	电源电压。VLOGIC 必须始终≤ VDD。
9		是		AD0 / SDO	I2C 从机地址 LSB (AD0) ; SPI串行数据输出 (SDO)
9			是	AD0	I2C 从机地址 LSB
23		是		SCL/SCLK	I2C串行时钟 (SCL) ; SPI串行时钟 (SCLK)
23			是	SCL	I2C串行时钟
24		是		SDA/SDI	I2C串行数据 (SDA) ; SPI串行数据输入 (SDI)
24			是	SDA	I2C串行数据

笔记:

为了防止在使用 SPI (MPU-6000) 时切换到I2C模式,应通过设置I2C\_IF\_DIS配置位来禁用I2C接口。应在等待第 6.3 节 “寄存器读/写启动时间”指定的时间后立即设置该位。

有关I2C\_IF\_DIS位的更多信息,请参阅 MPU-6000/MPU-6050 寄存器映射和寄存器描述文档。

9.2 I2C 接口

I2C 是一个两线接口,由信号串行数据 (SDA) 和串行时钟 (SCL) 组成。一般来说,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。

当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 线通常需要连接至 VDD 的上拉电阻。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) 。

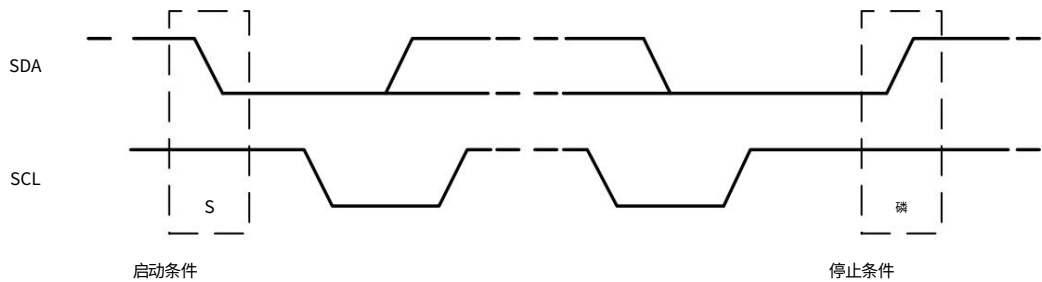
9.3 I2C 通信协议

启动 (S) 和停止 (P) 条件

当主设备在总线上放置启动条件 (S) 时,I2C 总线上的通信开始,这被定义为当 SCL 线为高电平时 SDA 线从高电平到低电平的转换 (见下图) 。总线被认为是繁忙的,直到主设备在总线上设置停止条件 (P),这被定义为当 SCL 为高电平时 SDA 线上从低电平到高电平的转换 (见下图) 。

	MPU-6000/MPU-6050 产品规格	文件编号:PS-MPU-6000A-00 修订版:3.4 发布日期:2013 年 8 月 19 日
---	------------------------	---

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

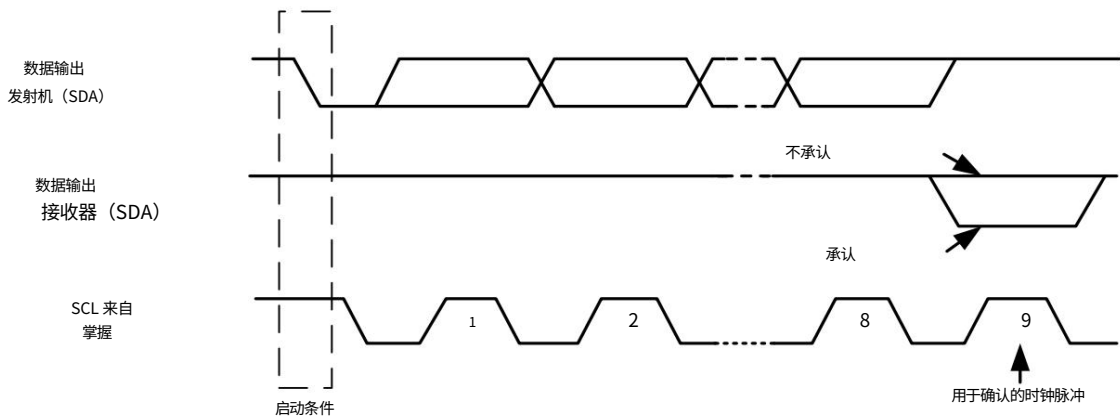


启动和停止条件

数据格式/确认

I2C 数据字节被定义为 8 位长。每次数据传输的字节数没有限制。每个传输的字节后面都必须有一个确认 (ACK) 信号。确认信号的时钟由主机生成,而接收器通过拉低 SDA 并在确认时钟脉冲的高电平部分将其保持为低电平来生成实际的确认信号。

如果从机正忙,并且在执行其他任务之前无法发送或接收另一个字节的数据,则它可以将 SCL 保持为低电平,从而迫使主机进入等待状态。当从机准备好后,恢复正常的数据传输,并释放时钟线 (参见下图)。



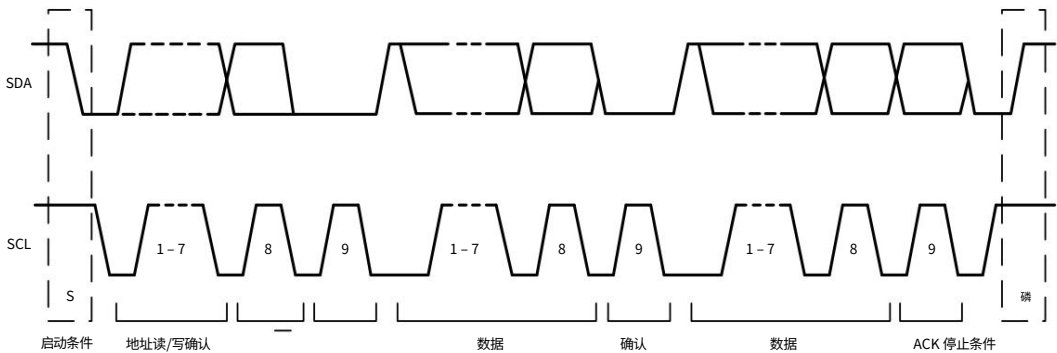
I2C总线上的确认



通讯

在开始与 START 条件 (S) 通信后,主机发送一个 7 位从机地址,后跟第8位,即读/写位。读/写位指示主设备是否正在从从设备接收数据或正在向从设备写入数据。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有一个确认位。为了确认,从设备将 SDA 线拉低,并在 SCL 线的高电平周期内保持低电平。

数据传输始终由主站以停止条件 (P) 终止,从而释放通信线路。然而,主器件可以生成重复的启动条件 (Sr),并寻址另一个从器件,而无需首先生成停止条件 (P)。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 为低电平时发生,启动和停止条件除外。



完整的I2C数据传输

要写入内部 MPU-60X0 寄存器,主机传输起始条件 (S),后跟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。然后主机将寄存器地址 (RA)放到总线上。 MPU-60X0 确认接收到寄存器地址后,主机将寄存器数据放到总线上。随后是 ACK 信号,并且数据传输可以通过停止条件 (P) 结束。要在最后一个 ACK 信号后写入多个字节,主机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两字节写入序列。

单字节写入序列

主控SAD+W			RA		数据		磷
奴隶		确认		确认		确认	

突发写入序列

主控SAD+W			RA		数据		数据		磷
奴隶		确认		确认		确认		确认	



要读取内部 MPU-60X0 寄存器,主机发送一个起始条件,然后是I2C地址和一个写入位,然后是要读取的寄存器地址。接收到来自 MPU-60X0 的 ACK 信号后,主机会发送一个起始信号,然后发送从机地址和读取位。结果,MPU-60X0 发送 ACK 信号和数据。通信以来自主机的未确认 (NACK) 信号和停止位结束。 NACK 条件的定义使得 SDA 线在第9个位置保持高电平

时钟周期。下图显示了单字节和两字节读取序列。

单字节读取序列

主控SAD+W			RA		萨德+R			纳克普	
奴隶		确认		确认		确认数据			

突发读取序列

主控SAD+W			RA		萨德+R			确认		纳克普	
奴隶		确认		确认		确认数据		数据			

9.4 I2C 术语

信号说明	
S	启动条件:SDA从高电平变为低电平,同时SCL为高电平
AD 从机I2C地址	
W 写入位 (0)	
右	读取位 (1)
ACK 确认	在时钟周期,SDA 线为低电平,而 SCL 线为高电平
NACK 未确认	SDA 线在第 9 个时钟周期保持高电平
RA MPU-60X0内部寄存器地址	
DATA 发送或接收数据	
磷	停止条件:SCL 为高电平时,SDA 由低电平变为高电平



9.5 SPI 接口（仅限 MPU-6000）

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 始终作为从设备运行。

对于主设备,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 从设备都需要来自主设备的自己的片选 (/CS) 线。

/CS 在传输开始时变低（有效）,并在传输结束时变回高（无效）。一次只有一根 /CS 线路处于活动状态,确保在任何给定时间仅选择一个从站。未选择的从设备的 /CS 线保持高电平,导致它们的 SDO 线保持在高阻抗（高z)状态,这样它们就不会干扰任何有源设备。

SPI 操作特性

- 1. 数据传输时 MSB 在前,LSB 最后
- 2. 数据在 SCLK 的上升沿锁存
- 3. 数据应在 SCLK 的下降沿传输
- 4. SCLK 最大频率 1MHz
- 5. SPI 读写操作在 16 个或更多时钟周期（两个或更多字节)内完成。第一个字节包含 SPI 地址,随后的字节包含 SPI 数据。第一个字节的第一位包含读/写位并指示读（1)或写（0)操作。

接下来的 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：

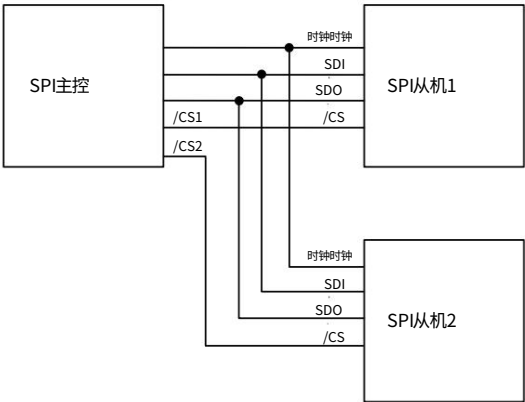
SPI 地址格式

最高位								最低有效位
读/写	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	

SPI 数据格式

最高位									最低有效位
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		

- 6. 支持单次或突发读/写。



典型 SPI 主/从配置



10 个串行接口注意事项 (MPU-6050)

10.1 MPU-6050 支持的接口

MPU-6050 在其主（微处理器）串行接口和辅助接口上都支持I2C通信。

10.2 逻辑电平

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 逻辑电平与AUX\_VDDIO

辅助电压输入输出	微处理器逻辑电平 (引脚:SDA,SCL,AD0,CLKIN,INT)	辅助逻辑电平 (引脚:AUX_DA,AUX_CL)
0	逻辑逻辑	逻辑逻辑

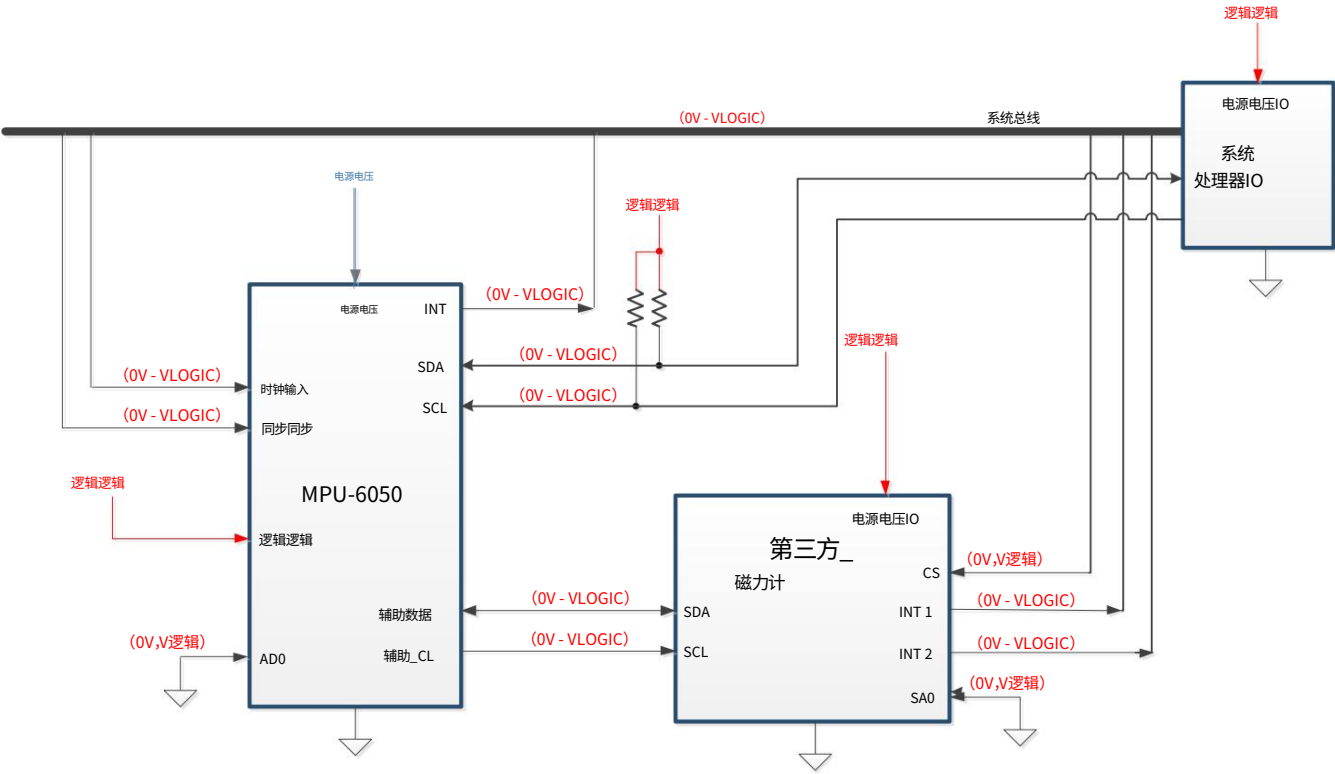
注： AUX\_VDDIO的上电复位值为0。

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 I 2C 总线的电源电压,如 10.3 节图所示。



10.3 AUX\_VDDIO = 0 的逻辑电平图

下图描述了一个示例电路,其中第三方磁力计连接到辅助 I 2C 总线。它显示AUX\_VDDIO = 0 时的逻辑电平和电压连接。 注意 :实际配置将取决于所使用的辅助传感器。



AUX\_VDDIO = 0时的 I/O 电平和连接

笔记:

1. AUX\_VDDIO决定AUX\_DA和AUX\_CL的IO电压电平  
(0 = 设置相对于 VLOGIC 的输出电平)
2. 所有其他MPU-6050 逻辑IO 均参考VLOGIC。

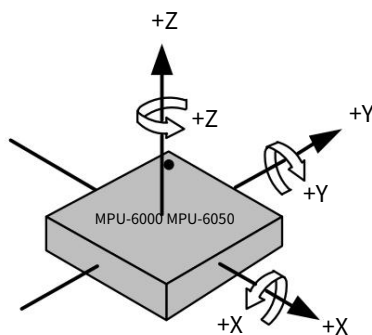


## 11 组装

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

### 11.1 轴的方向

下图显示了灵敏度轴的方向和旋转极性。请注意图中的引脚 1 标识符 (·)。



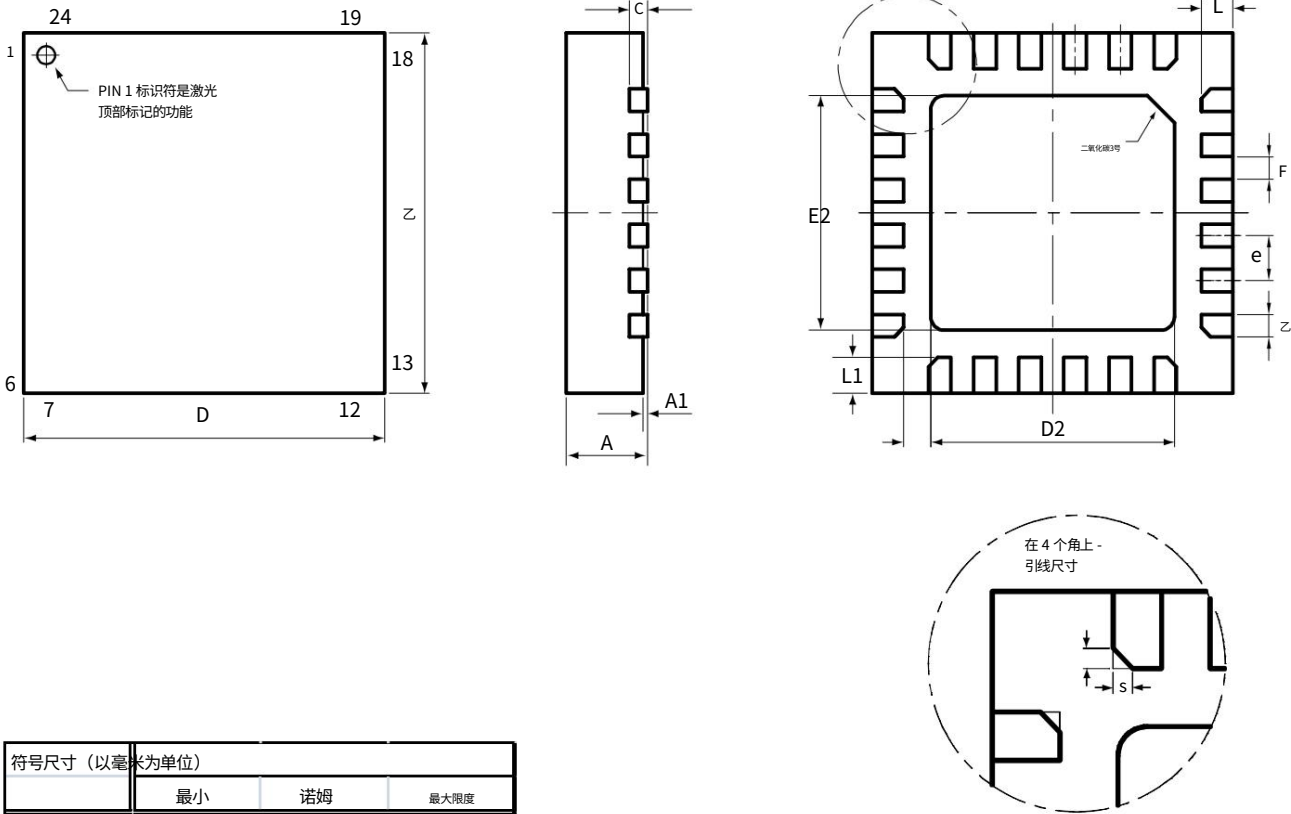
灵敏度轴的方向和  
旋转极性





11.2 封装尺寸

24 引线 QFN (4x4x0.9) mm NiPdAu 引线框架表面处理

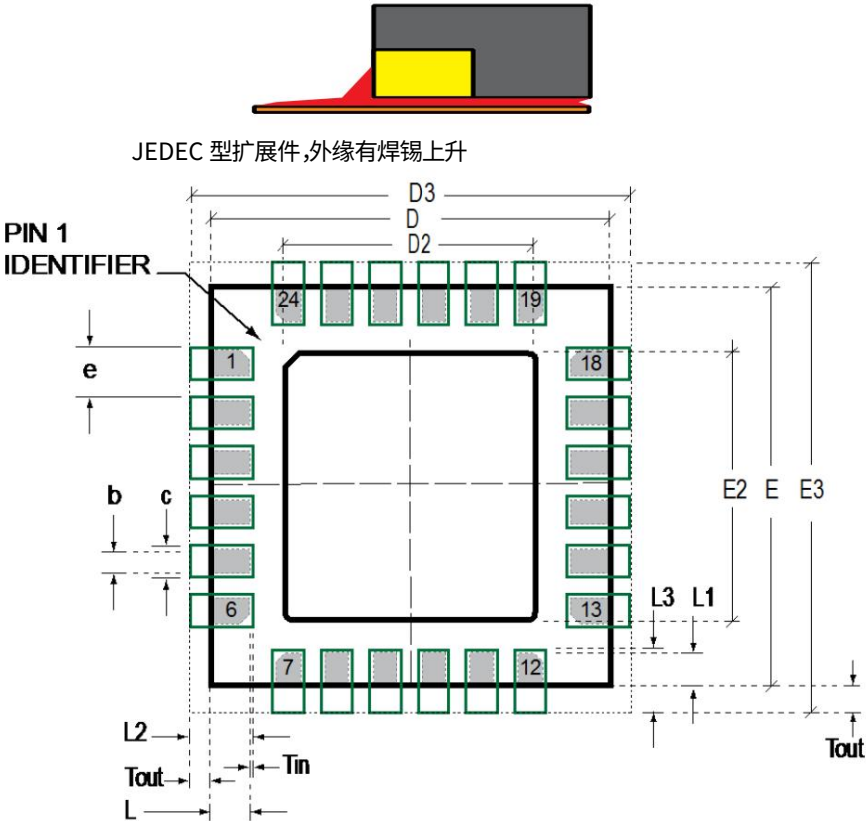


符号尺寸 (以毫米为单位)			
	最小	诺姆	最大限度
A	0.85	0.90	0.95
A1	0.00	0.02	0.05
z	0.18	0.25	0.30
C	---	0.20 参考值	---
D	3.90	4.00	4.10
D2	2.65	2.70	2.75
z	3.90	4.00	4.10
E2	2.55	2.60	2.65
e	---	0.50	---
f (EB)	---	0.25	---
K	0.25	0.30	0.35
L	0.30	0.35	0.40
L1	0.35	0.40	0.45
s	0.05	---	0.15



11.3 PCB 设计指南

使用 JEDEC 型扩展且焊料在外缘上升的焊盘图如下所示。焊盘尺寸表显示了建议用于 MPU-60X0 产品的焊盘尺寸（平均尺寸）。



PCB布局图

符号	尺寸以毫米为单位	诺姆
标称封装 I/O 焊盘尺寸		
e	垫间距	0.50
z	焊盘宽度	0.25
L	垫长度	0.35
L1	垫长度	0.40
D	包装宽度	4.00
乙	包装长度	4.00
D2	外露焊盘宽度	2.70
E2	裸露焊盘长度	2.60
I/O 焊盘设计尺寸 (指南)		
D3	I/O 焊盘范围宽度	4.80
E3	I/O 焊盘范围长度	4.80
c	土地宽度	0.35
兜售	向外延伸	0.40
锡	向内延伸	0.05
L2	土地长度	0.80
L3	土地长度	0.85

PCB 尺寸表（用于 PCB 布局图）



## 11.4 装配注意事项

### 11.4.1 陀螺仪表面贴装指南

InvenSense MEMS 陀螺仪感应旋转速率。此外,陀螺仪还可感测来自印刷电路板 (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 应力:

当在塑料封装中使用 MEMS 陀螺仪元件时,PCB 安装和组装可能会导致封装应力。这种封装应力反过来会影响输出失调及其在较宽温度范围内的值。该应力是由封装材料和 PCB 的线性热膨胀系数 (CTE) 不匹配引起的。必须小心避免安装时产生封装应力。

连接到焊盘的走线应尽可能对称。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,并更好地控制回流后焊膏的减少。

MEMS 陀螺仪表面贴装组装过程中使用的任何材料均不应含 RoHS 限制元素或化合物。组装时应使用无铅焊料。

### 11.4.2 裸露芯片焊盘注意事项

MPU-60X0 具有非常低的活动和待机电流消耗。裸露的芯片焊盘不需要散热,并且不应焊接到 PCB 上。不遵守此规则可能会导致

由于封装热机械应力而导致性能变化。焊盘和 CMOS 之间没有电气连接。

### 11.4.3 跟踪路由

禁止在陀螺仪封装下方布线走线或过孔,使其在裸露芯片焊盘下方运行。

路由的有源信号可能与陀螺仪 MEMS 器件谐波耦合,从而影响陀螺仪响应。

这些器件的驱动频率设计如下: $X = 33 \pm 3\text{KHz}$ , $Y = 30 \pm 3\text{KHz}$ , $Z = 27 \pm 3\text{KHz}$ 。为了避免谐波耦合,请勿在陀螺仪封装正下方或上方的非屏蔽信号层中路由有源信号。注意:为了获得最佳性能,请在 e-pad 下方设计一个接地层,以减少来自安装陀螺仪器件的电路板的 PCB 信号噪声。如果陀螺仪器件堆叠在相邻 PCB 板下方,请在陀螺仪器件正上方设计接地层,以屏蔽来自相邻 PCB 板的有源信号。

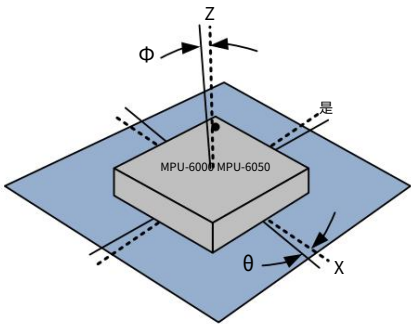
### 11.4.4 元件放置

请勿将键盘或类似按钮、连接器或屏蔽盒等大型插入组件放置在距 MEMS 陀螺仪小于 6 毫米的位置。保持 MPU-60X0 附近组件放置的普遍接受的行业设计实践,以防止噪声耦合和热机械应力。

### 11.4.5 PCB 安装和交叉轴灵敏度

安装到印刷电路板上的陀螺仪和加速度计的方向误差可能会导致交叉轴灵敏度,其中一个陀螺仪或加速度计分别响应绕另一轴的旋转或加速度。例如,X轴陀螺仪可以响应绕Y或Z轴的旋转。方向安装误差如下图所示。

	MPU-6000/MPU-6050 产品规格	文件编号:PS-MPU-6000A-00 修订版:3.4 发布日期:2013 年 8 月 19 日
---	------------------------	---



封装陀螺仪和加速轴 ( — — — ) 相对于 PCB 轴 ( ——— ) 具有方向误差 (  $\theta$  和  $\phi$  )

下表分别显示了针对给定方向误差的交叉轴灵敏度占陀螺仪或加速度计灵敏度的百分比。

交叉轴灵敏度与方向误差	
方向错误 ( $\theta$ 或 $\phi$ )	交叉轴灵敏度 ( $\sin\theta$ 或 $\sin\phi$ )
0°	0%
0.5°	0.87%
1°	1.75%

第 6.1 节和第 6.2 节中的交叉轴灵敏度规范包括模具的影响  
相对于包装的方向错误。

11.4.6 MEMS 操作说明

MEMS (微机电系统)是一种经过时间验证的强大技术,应用于数亿消费品、汽车和工业产品。 MEMS 设备由微观移动机械结构组成。它们与传统 IC 产  
品不同,尽管它们采用相似的封装。因此,在安装到印刷电路板 (PCB) 上之前,MEMS 器件需要采取与传统 IC 不同的处理预防措施。

MPU-60X0 已获得 10,000g 的抗震能力。 InvenSense 采用其认为合适的方式包装其陀螺仪,以防止正常搬运和运输。它建议采取以下处理预防措施,以防止潜在的损坏。

- 请勿将单独包装的陀螺仪或陀螺仪托盘掉落到坚硬的表面上。成分  
放置在托盘中的物品如果掉落,可能会受到超过 10,000 克的重力。
- 不应通过手动折断的方式将装有陀螺仪的印刷电路板分开。这也可能产生超过 10,000 克的重力。
- 请勿在超声波浴中清洁 MEMS 陀螺仪。超声波浴可能会导致 MEMS 损坏,如果  
浴能量通过共振频率耦合导致过度的驱动运动。

11.4.7 ESD 注意事项

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,直至准备使用。卷带式防潮袋是经过 ESD 批准的屏障。最佳做法是将装置保存在原来的防潮密封袋中,直到准备组装为止。

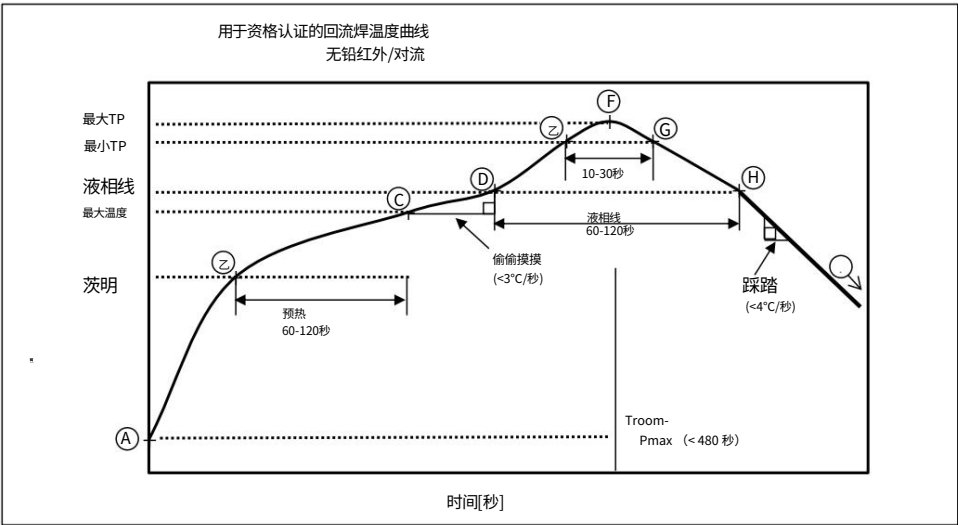
将所有设备处理限制在静电荷测量值低于 200V 的 ESD 保护工作区域。确保所有工作站和人员均正确接地,以防止 ESD。

11.4.8 回流焊规范

回流焊鉴定： MPU-60X0 已根据 IPC/JEDEC J-STD-020D.1 进行鉴定。该标准对正确的包装、储存和处理进行了分类,以避免在 PCB 组装的回流焊接阶段发生后续的热和机械损坏。

资格预处理过程指定了一个序列,其中包括烘烤周期、湿气浸泡周期（在温度湿度烘箱中）和三个连续的焊接回流周期,然后进行功能器件测试。

对于厚度小于 1.6 mm 的元件的无铅焊接,封装鉴定的峰值回流焊分类温度要求为 (260 +5/-0°C)。资格概况和解释设定点的表格如下所示：





MPU-6000/MPU-6050 产品规格

文件编号:PS-MPU-6000A-00  
修订版:3.4  
发布日期:2013 年 8 月 19 日

与上述回流曲线相对应的温度设定点

步骤	设定	限制条件		
		温度 (°C)	时间 (秒)	最大限度速率 (°C/秒)
特鲁姆		25		
最小时间B		150		
最大温度		200	60 < 预计时间 < 120	
D T 液相线		217		r(TLiquidus-TPmax) < 3
乙	TP 最小值 [255°C, 260°C]	255		r(TLiquidus-TPmax) < 3
F	TP 最大值 [260°C, 265°C]	260	tAF < 480	r(TLiquidus-TPmax) < 3
G TP 最小值	[255°C, 260°C]	255	10 < tEG < 30	r(TPmax-TLiquidus) < 4
H	液相线	217	60 < 脱氢酶 < 120	
*	特鲁姆	25		

注意:客户不得超过分类温度(TPmax = 260°C)。  
所有温度均指 QFN 封装顶部 (在封装体表面测量)。

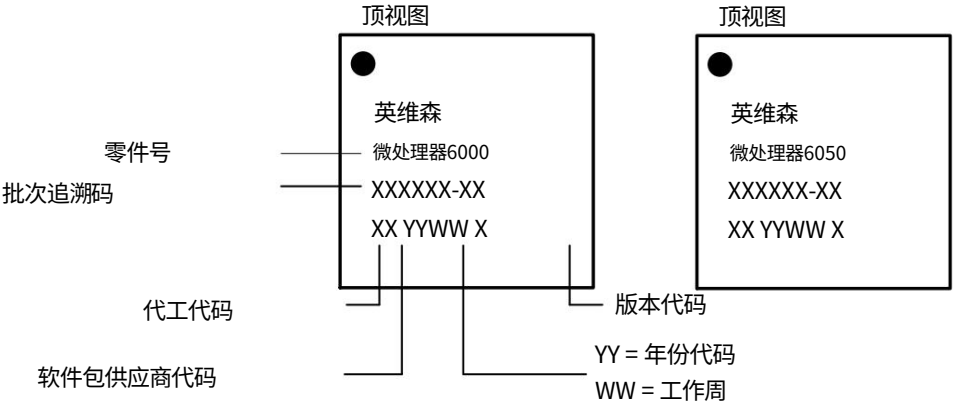
生产回流焊:检查焊料制造商的建议。为了获得最佳结果,请使用具有较低指定温度曲线(Tpmax ~ 235°C)的无铅焊料。还可以使用比资格配置文件中使用的更低的上升和下降速率。切勿超过我们用于鉴定的最大条件,因为这些条件代表设备的最大容许额定值。

11.5 存储规格

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

计算的防潮密封袋保质期 12 个月 -- 储存条件: <40°C 和 <90% RH	
打开防潮密封袋后	168小时 储存条件: 环境 ≤ 30°C, 60%RH

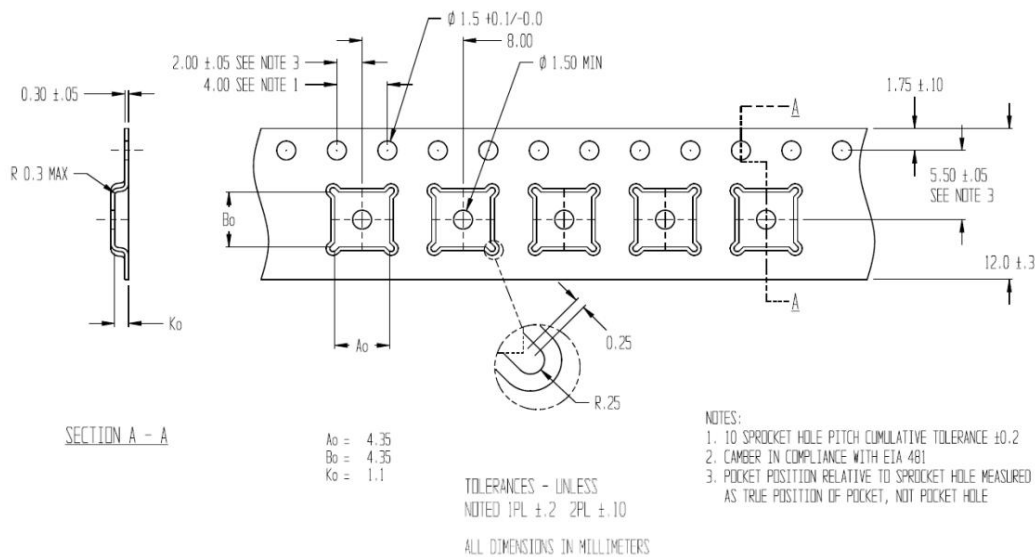
11.6 封装标记规范



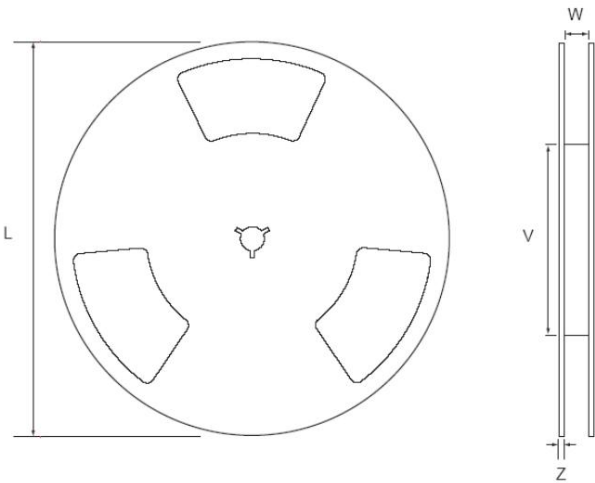
包装标记规范



11.7 卷带规格



胶带尺寸

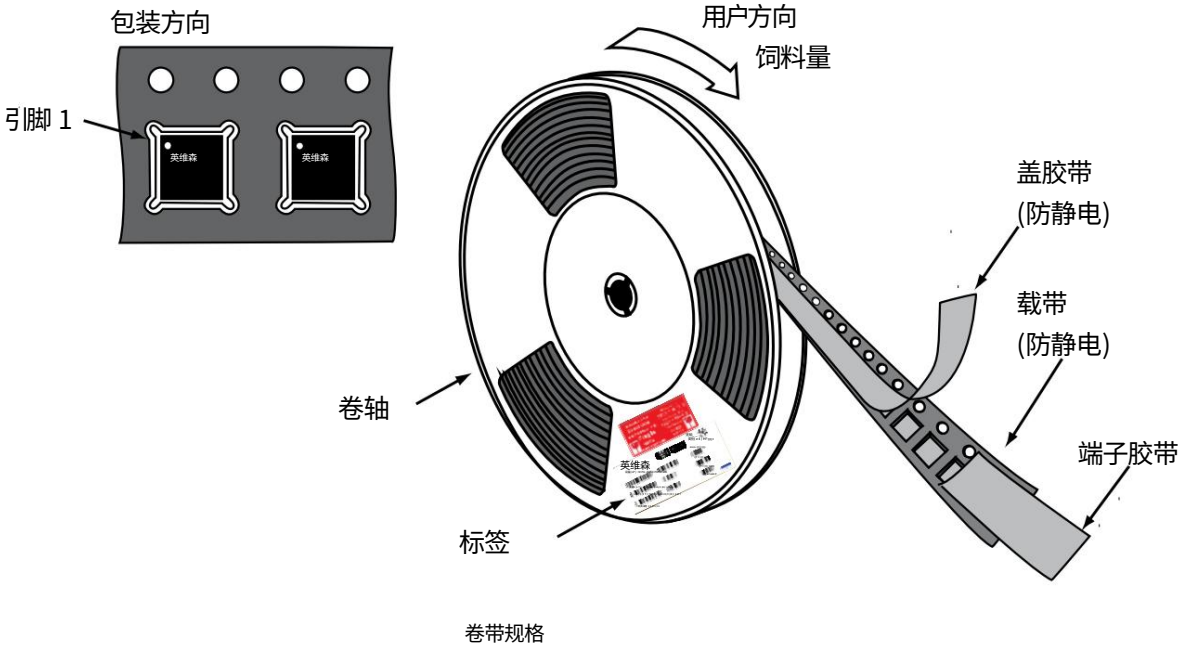


卷轴外形图

卷轴尺寸和包装尺寸

包裹 尺寸	卷轴 (毫米)			
	L	V	瓦	Z
4x4	330	102	12.8	2.3

	MPU-6000/MPU-6050 产品规格	文件编号:PS-MPU-6000A-00 修订版:3.4 发布日期:2013 年 8 月 19 日
---	------------------------	---



卷盘规格

每卷数量	5,000
每盒卷轴	1
每箱盒数 (最大)	5
件/箱 (最大)	25,000

11.8 标签



条码标签



卷轴上标签的位置



	MPU-6000/MPU-6050 产品规格	文件编号:PS-MPU-6000A-00 修订版:3.4 发布日期:2013 年 8 月 19 日
---	------------------------	---

11.9 包装



卷轴 – 带条形码 &  
注意标签



真空密封防潮  
带 ESD 的隔离袋,MSL3,  
注意事项和条形码标签



MSL3标签



警告标签



防静电标签



内层气泡膜



披萨盒



放在泡沫中的披萨盒-  
内衬托运箱



外层托运人标签



MPU-6000/MPU-6050 产品规格

文档编号:PS-MPU-6000A-00 修订版:3.4 发布日期:  
2013 年 8 月 19  
日

## 11.10 代表性运输箱标签

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



12 可靠性

12.1 资格考试政策

InvenSense 的产品在投入生产之前完成了资格测试计划。 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资格” ,具体测试如下所述。

12.2 资格测试计划

加速寿命测试

测试	方法/条件	很多数量	样本 / 很多	加速器 / 拒绝标准
(HTOL/LFR) 高温工作寿命	JEDEC JESD22-A108D,动态,3.63V 偏置,Tj>125°C [读取点 168,500,1000 小时]	3	77	(0/1)
(HAST) 高加速压力测试	(1) JEDEC JESD22-A118A 条件 A,130°C,85%RH,33.3 psia,公正,[读取点 96 小时]	3	77	(0/1)
(高温超导) 高温储存寿命	JEDEC JESD22-A103D,条件。 A,125°C 无偏压烘烤 [读取点 168,500,1000 小时]	3	77	(0/1)

设备组件级别测试

测试	方法/条件	很多数量	样本 / 很多	加速器 / 拒绝标准
(ESD-HBM) 人体模型	JEDEC JS-001-2012, (2KV)	1	3	(0/1)
(ESD-MM) ESD 机器模型	JEDEC JESD22-A115C, (250V)	1	3	(0/1)
(鲁) 门锁	JEDEC JESD-78D II 类 (2),125°C; ±100mA	1	6	(0/1)
(非发性硬化症) 机械冲击	JEDEC JESD22-B104C,Mil-Std-883,方法 2002.5,条件。 E,10,000g s、 0.2ms,±X,Y,Z – 6 个方向,5 次/方向	3	5	(0/1)
(六) 振动	JEDEC JESD22-B103B,可变频率 (随机) ,电导率。 B,5-500Hz,X,Y,Z – 4 次/方向	3	5	(0/1)
(TC) 温度循环	(1) JEDEC JESD22-A104D 条件 G [-40°C 至 +125°C], 浸泡模式 2 [5 ],1000 个周期	3	77	(0/1)

板级测试

测试	方法/条件	很多数量	样本 / 很多	加速器 / 拒绝标准
(电池管理系统) 板机械冲击	JEDEC JESD22-B104C,Mil-Std-883,方法 2002.5,条件。 E,10000g s、 0.2ms,+X,Y,Z – 6 个方向,5 次/方向	1	5	(0/1)
(比特币) 董事会 (1) 温度循环	JEDEC JESD22-A104D 条件 G [-40°C 至 +125°C], 浸泡模式 2 [5 ],1000 次循环	1	40	(0/1)

(1) 测试之前根据 JEDEC JESD22-A113F 进行 MSL3 预处理

	MPU-6000/MPU-6050 产品规格	文件编号 :PS-MPU-6000A-00 修订版 :3.4 发布日期 :2013 年 8 月 19 日
---	------------------------	--

13 环境合规性

MPU-6000/MPU-6050 符合 RoHS 和绿色标准。  
MPU-6000/MPU-6050 完全符合环保要求,如报告 HS-MPU-6000、材料声明数据表所示。

环境声明免责声明：  
InvenSense 认为该环境信息是正确的,但不能保证准确性或完整性。上述组件构成的符合性文件已存档。 InvenSense 分包制造,此处包含的信息基于从供应商处收到的数据,未经 InvenSense 验证。

InvenSense 提供的这些信息仅供参考。但是,InvenSense 对其使用或因使用其可能导致的任何专利或第三方其他权利的侵犯不承担任何责任。规格如有更改,恕不另行通知。  
InvenSense 保留更改本产品 (包括其电路和软件)的权利,以改进其设计和/或性能,恕不另行通知。 InvenSense 对本文档中包含的信息和规格不作任何明示或暗示的保证。对于因本文档中包含的信息或因使用其中详述的产品和服务而引起的任何索赔或损害,InvenSense 不承担任何责任。这包括但不限于基于侵犯专利、版权、掩模作品和/或其他知识产权的索赔或损害赔偿。

本文档中描述的 InvenSense 拥有的某些知识产权受专利保护。 InvenSense 的任何专利或专利权均未以暗示或其他方式授予许可。本出版物取代并替换之前提供的所有信息。注册商标是其各自公司的财产。 InvenSense 传感器不得用于任何常规或大规模杀伤性武器的开发、存储、生产或利用,或任何其他武器或危及生命的应用,以及任何其他生命攸关的应用,例如医疗设备、运输、航空航天和核仪器、海底设备、发电厂设备、防灾和预防犯罪设备。

InvenSense® 是 InvenSense, Inc. 的注册商标。MPU-6000™, MPU-6050™, MPU-60X0™, 数字运动处理器™, 微机电系统™, MotionProcessingUnit™、MotionFusion™、MotionInterface™、MotionTracking™ 和 MotionApps™ 是 InvenSense, Inc. 的商标。

©2013 InvenSense, Inc. 保留所有权利。