

# M16189A 数据手册

版本 1.1

## 1. 概述

M16189A 是一款低功率光学导航传感器，具有创新的低功耗架构和功耗管理自动化模式，适合于电池及功耗敏感型节能应用领域，并可搭配二代、三代光学透镜，例如无线光电鼠标。

M16189A 具有高速移动检测功能，最高检测速度可达 40 英寸/秒，最高加速度为 20g。此外，片上集成振荡器及 LED 恒流驱动，使其外部器件最大化精简，通过恒流驱动，使 LED 具有使用寿命长、对不同 LED 都具有更好的亮度、功率高效率等优点。

M16189A，光学透镜，LED 聚光罩（可选配），以及 LED 构成一套完整简洁的鼠标运动轨迹系统。无需任何其它活动部件，具有高稳定性及易维护性。另外，无需精确的光学调整，即可大批量装配。

M16189A 可通过二线串行通信接口访问寄存器。芯片采用 DIP8L 双列直插封装结构。

## 2. 特性

- 可独立电源供电
- 超低功耗性能
- 通过编程可达到多种省电模式（正常/sleep1/sleep2）
- 自动控制帧率范围为 1000fps-3000fps
- 可搭配二代、三代光学透镜
- 根据表面亮度智能调节 LED 电流
- 高速检测功能，最高检测速度可达 40 英寸/秒
- 具有 LED 恒流驱动
- 具有移动检测输出功能
- 内置振荡器，无需时钟输入
- CPI 可调，最高 CPI 为 1600
- 较宽的工作电压范围：1.8V-3.6V
- 二线串行通信接口
- 微型封装结构
- 极少外部器件

## 3. 应用领域

无线光电鼠标

## 4. 封装引脚

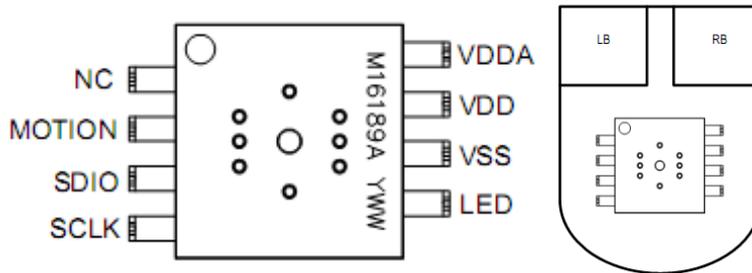


图 1. 封装引脚

## 5. 引脚概述

引脚名称及说明		
引脚名称	输入/输出	说明
NC	--	NC
MOTION	OUT	移动检测
SDIO	I/O	SPI 双向数据端口
SCLK	IN	SPI 时钟输入
LED	OUT	LED 控制
VSS	PWR	芯片接地
VDD	PWR	I/O 电源供应
VDDA	OUT	内部调节器电压

## 6. 电特性

特性	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	备注
保存温度	$T_{STR}$	-40	-	85	°C	
工作温度	$T_{opt}$	-15	-	55	°C	
VDD 额定电压	$V_{DD}$	-0.5	-	3.8	V	
输入额定电压	$V_{IN}$	-0.5	-	VDD+0.3	V	
ESD		2	-	-	KV	人体模型

## 7. 建议使用环境

特性	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	备注
有内部调节器的工作电压	$V_{supply}$	2.1	2.8	3.6	V	VDD
没有内部调节器的工作电压	$VDDA_{supply}$	1.75	1.8	1.85	V	VDD and VDDA
工作温度	$T_{opt}$	0	-	40	°C	
电源噪声	$V_{NOISE}$	-	-	100	mV	
CPI	R	600	1000	1600	CPI	
串行时钟频率	$F_{SCK}$	-	-	1	MHz	
帧频	FR	1000	-	3000	FPS	
速度	Speed	-	-	40	IPS	3000 fps.
加速度	A	-	-	20	G	3000 fps.

## 8. 交流电特性(VDD = 2.7V, $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

特性	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	备注
开机时间	$T_{pup}$	10	-	40	ms	
寄存器复位时间	$T_{RESET}$	-	63	-	us	
SDIO 读取保存时间	$T_{HOLD}$	-	3	-	us	
SPI 同步脉冲置低电平时间	$T_{RSYNCL}$	-	1	-	us	
SPI 同步脉冲置高电平等待时间	$T_{RSYNC}$	-	2	-	ms	
Sensor 中断脉冲宽度	$T_{SWKINT}$	-	200	-	us	

## 9. 直流电特性(VDD = 2.7V, $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

特性	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	备注
正常模式工作电流	$I_{nor}$	-	1.3	-	mA	1000fps 和不包括 LED 电流
睡眠模式 1 工作电流	$I_{slp1}$	-	150	-	uA	
睡眠模式 2 工作电流	$I_{slp2}$	-	15	-	uA	
省电模式工作电流	$I_{pd}$	-	10	-	uA	
类型: MOTION, SCLK, SDIO						
输入高电压	$V_{IH}$	2.0	-	-	V	
输入低电压	$V_{IL}$	-0.5	-	0.4	V	
输出高电压	$V_{OH}$	VDD-0.4	-	-	V	$I_{OL} = 3\text{mA}$
输出低电压	$V_{OL}$	-	-	0.4	V	$I_{OL} = 3\text{mA}$
类型: LED						
输出低电压	$V_{OL-LED}$	-	350	-	mV	$I_{OL} = 20\text{mA}$

## 10. PCB 装配

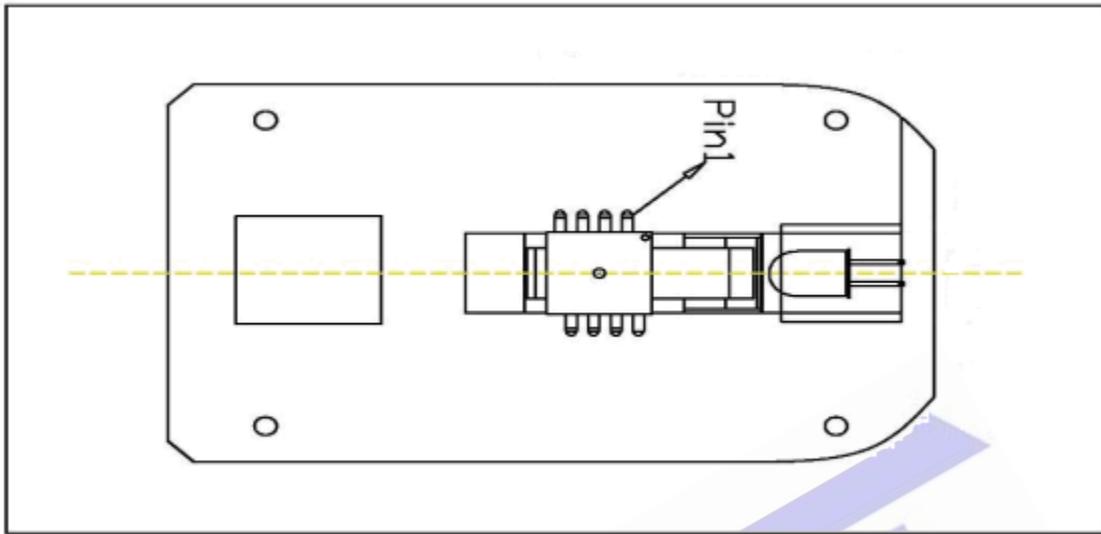


图 2. 推荐 PCB 装配图

## 11. 光电鼠标传感芯片装配概述

NST 提供一份描述鼠标底壳构造的 IGES 图纸供光学透镜及 PCB 调整使用。M16189A 适用于通孔 PCB。其封装体上设有与光学透镜对齐的光孔。光学透镜以最佳角度提供表面成像及表面照明所需的光源。光学透镜的特性与传感芯片，鼠标底壳，聚光罩 (选配) 及 LED 的特性保持一致。LED 引脚弯曲成型后安装至 PCB，调整 LED 光束以适应光学透镜。

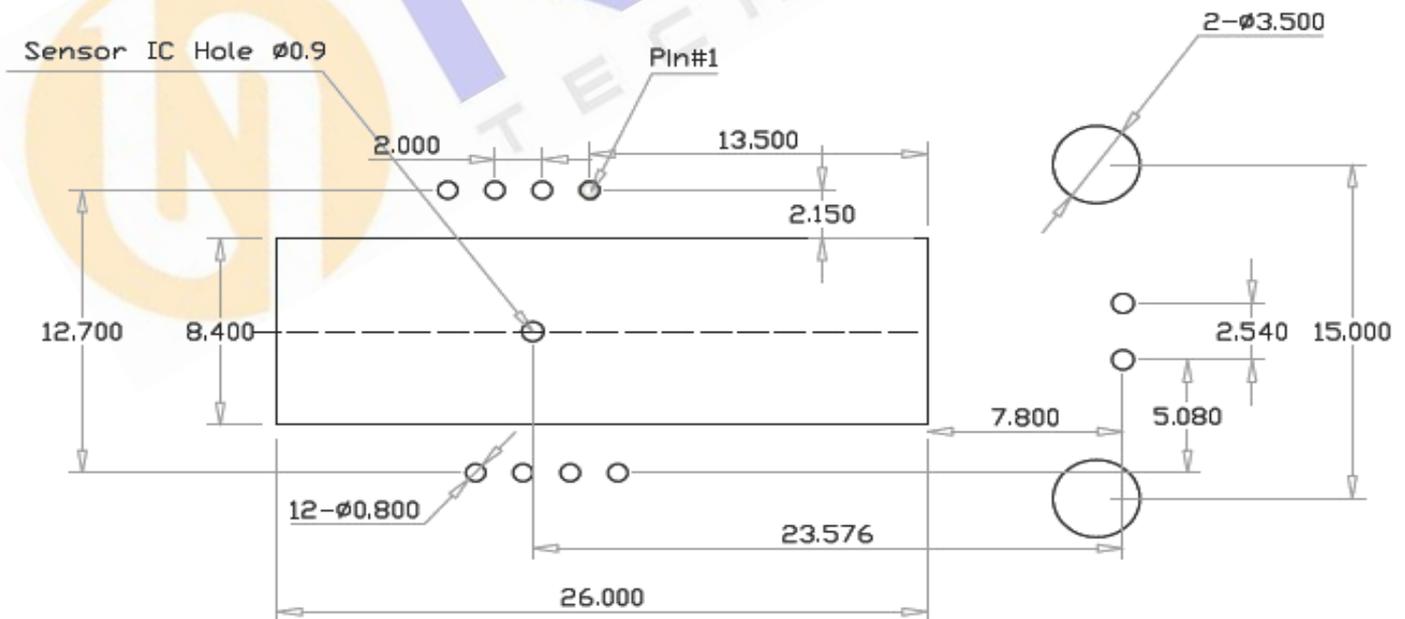


图 3. 推荐 PCB 机械尺寸 (mm/inch)

## 12. 内部横截面

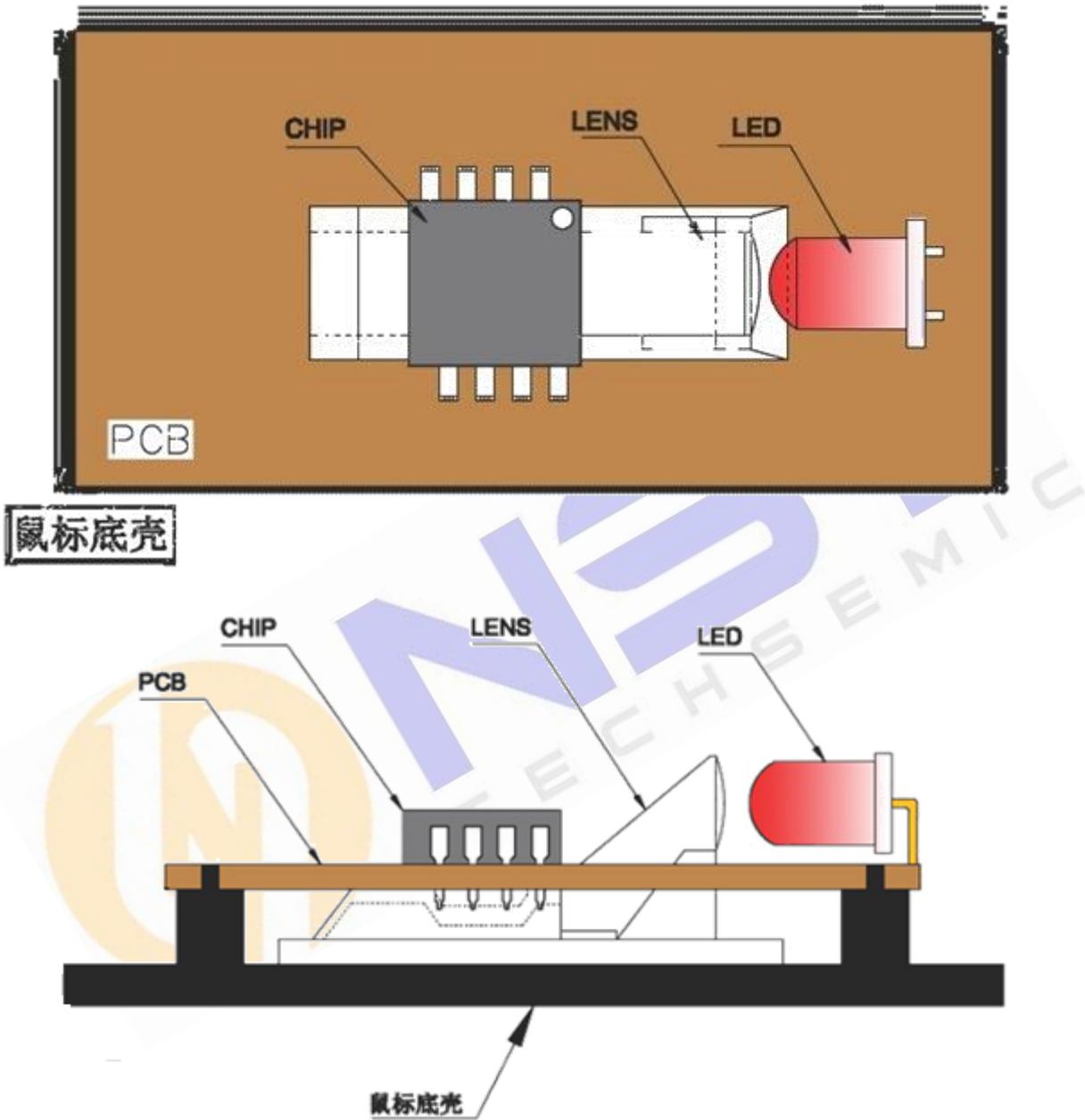


图 4. 装配结构分解图(mm/inch)

### 13. PCB 装配注意事项

- 1). 将 M16189A 芯片及其它所有相关电子器件插入 PCB;
- 2). 将 LED 装入聚光罩 (选配), 并使 LED 引脚弯曲 90° ;
- 3). 将 LED 插入 PCB;
- 4). 用焊接夹具固定整个 PCB 板, 进行锡焊工序; 锡焊过程中 M16189A 芯片需保证紧贴 PCB 板, 必须保证光孔贴膜完整; 建议 PCB 板开槽处贴高温保护纸;
- 5). 将焊好的 PCB 板安装至鼠标底壳;
- 6). 摘除光孔表面的保护膜; 注意防止污染物进入光孔; 建议整个鼠标装配过程中避免芯片光孔正面朝上放置; 建议摘除光孔保护膜时垂直固定 PCB;
- 7). 将 PCB 装配板安装至装好光学透镜的底壳上; 将 M16189A 芯片的光孔与光学透镜调整吻合;
- 8). PCB 光学参考位置已由底壳及光学透镜设定好; 由按键导致的 PCB 移动应最小化, 以保持其光学稳定性;
- 9). 装上鼠标外壳; 鼠标外壳需保证 PCB 上所有按键动作及所有器件垂直固定位置的准确性。

### 14. ESD 性能优化设计注意事项

以下表格是根据之前 NST 提供的 IGES 图纸设定的标准值。鼠标底壳的 stand-off 不应超过 5 mm。

Typical Value	Distance (mm)
Creepage	15.43 mm
Clearance	7.77 mm

考虑到光学透镜的材质为聚碳酸酯或聚苯乙烯 HH30, 应禁止使用含有氰基丙烯酸盐的粘合剂, 否则会导致光学透镜变形。

### 15. 工作原理

M16189A 的设计基于光学导航技术, 其特点是通过光学采集表面连续的图像 (帧) 来计算出位置变化, 并通过数据分析确定移动方向及距离。

M16189A 包含图像采集系统 (IAS), 数字信号处理器 (DSP), 二线串行通信接口。

IAS 经透镜及照明系统采集细微的表面图像, 这些图像经 DSP 处理后用于移动方向及距离的确定。DSP 负责计算  $\Delta x$  和  $\Delta y$  相对位移值。

外部微控制器通过串行端口读取来自 M16189A 的  $\Delta x$  和  $\Delta y$  信息, 并转化为 PS2, USB 或 RF 信号, 然后传输至电脑主机。

## 16. M16189A 应用电路

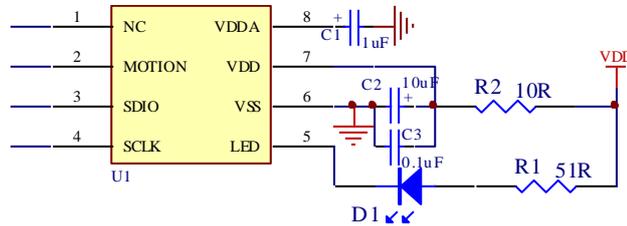


图 5. 传感芯片应用电路

## 17. 安规需求

- 当使用屏蔽电缆装配鼠标，并遵守 NST 的建议事项，可通过 FCCB 认证及世界范围内类似辐射限制标准。
- 当使用屏蔽电缆装配鼠标，并遵守 NST 的建议事项，可通过 EN61000-4-4/IEC801-4 EFT 测试。

## 18. 通信方式

### 串行外设接口 (SPI)

串行外设接口, 用于外设控制器读/写 M16189A 内部的寄存器块和 OPMS 寄存器, 并显示运动信息; 接口总线为两线半双工端口, 由 MCU 发起通讯。

SCLK (串行时钟): 串行时钟, 由外部控制器生成。

SDIO (串行数据): 串行数据, 用于外设控制器读/写数据。

### 写入操作

写入操作, 数据从外设控制器传输至 M16189A, 始终由外设控制器发起, 并由 2 字节信息块构成。信息块的第一个字节包含地址 (7 位) 和一个“1”作为其 MSB (最高有效位) 指示数据方向。第二个字节包含将要写入的数据。SDIO 数据传输通过 SCLK 实现同步。外设控制器在 SCLK 的下降沿改变 SDIO。M16189A 在 SCLK 的上升沿读取 SDIO。图 6 所示为写入操作。

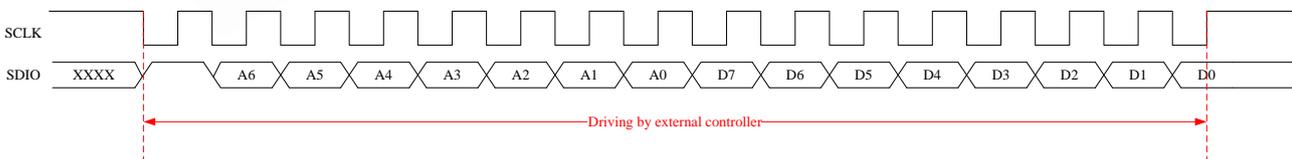


图 6. SPI 写入操作

### 读取操作

读取操作, 数据从 M16189A 传输至外设控制器, 始终由外设控制器发起, 并由 2 字节信息块构成。信息块的第一个字节包含由外设控制器写入的地址和一个“0”最为其 MSB (最高有效位) 指示数据方向。第二个字节包含由 M16189A 驱动的数据。SDIO 数据传输通过 SCLK 实现同步。M16189A 在 SCLK 的下降沿改变 SDIO。外设控制器在 SCLK

的每一个上升沿读取 SDIO。外设控制器发出最后一位地址 (A0) 后, 外设控制器的 SDIO 引脚必须进入高阻状态。而最后一位数据输出后, M16189A 的 SDIO 引脚将进入高阻状态。图 7 所示为读取操作。

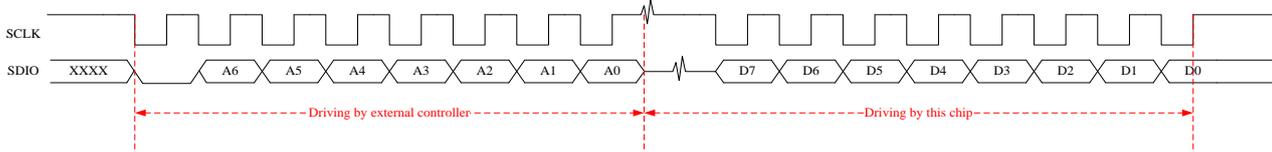


图 7. SPI 读取操作

### 再同步

如果外设控制器和 M16189A 的通信失败, 读出/写入寄存器的数据将不再准确。这种情况下, 外部控制器强制 SCLK 至“0”并至少维持 TRSYNCL 时间段, 然后再强制 SCLK 至“1”并至少维持 TRSYNC-TRSYNCL 时间段, 以实现 M16189A 与外部控制器的同步。

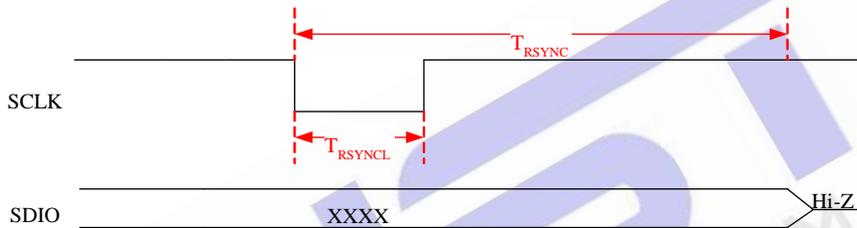


图 8. 再同步操作

### MOTION 应用

MOTION 有两个功能, 可通过设置 MOTION\_sel 选择。

MOTION\_sel:

0: 运动功能, 当 Delta\_x 缓冲区或 Delta\_y 缓冲区有数据时, MOTION 将置低电平;

1: 运动中断功能, 当传感器检测到运动时, MOTION 产生低脉冲中断。

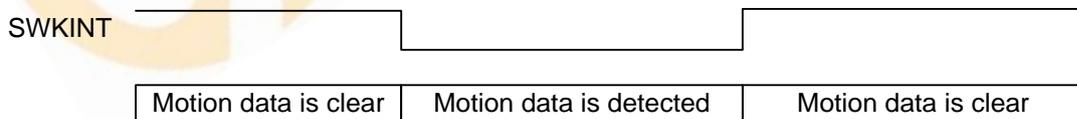


图 9. 运动功能

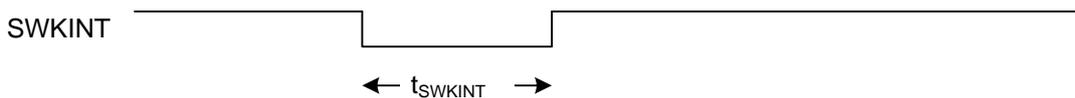


图 10. 运动中断功能

## 19. 寄存器

寄存器的控制与使用

地址	字节	类型	默认	名称	寄存器作用
0x00	[7:0]	RO	0x30	PIDL P_No[11:4]	High byte [11:4]
0x01	[7:0]	RO	0xDX	P_No[3:0]	Low byte [3:0]
	[7:4]	RO	0xD	P_No[3:0]	
	[3:0]	RO	-	P_Ver[3:0]	版本
0x02	[7:0]	RO	-	Status	
	[7]	RO	-	Motion	0: 静止, Delta_X = 0 和 Delta_Y 同时为 0 1: 移动, Delta_X 和 Delta_Y 不同时为 0
	[6:5]	RO	-	Reserved[1:0]	Reserved
	[4]	RO	-	OVF_Y	0: 无溢出 1: Delta_Y 溢出
	[3]	RO	-	OVF_X	0: 缓冲溢出 1: Delta_X 溢出
	[2:0]	RO	0x2	RES[2:0]	CPI 分辨率设置 000 = 600 001 = 800 010 = 1000 (默认) 011 = 1200 100 = 1600 101 - 111: reserved
0x03	[7:0]	RO	-	Delta_X[7:0]	-128 ~ +127
0x04	[7:0]	RO	-	Delta_Y[7:0]	-128 ~ +127
0x05	[7:0]	RW	0xB8	Operation	
	[7]	RW	0x1	LEDsht_enh	0: LED 关闭 1: LED 开启
	[6:5]	RW	0x1	Reserved[1:0]	设置为默认
	[4]	RW	0x1	Slp_enh	0: Sleep 关闭 1: Sleep 开启
	[3]	RW	0x1	Slp2_enh	0: Sleep2 关闭 1: Sleep2 开启
	[2]	RW	0x0	Slp2_force	1: 强制进入 sleep2 模式, 并重置为 0
	[1]	RW	0x0	Slp1_force	1: 强制进入 sleep1 模式, 并重置为 0
	[0]	RW	0x0	Wake_Up	1: 唤醒 sleep 模式, 并重置为 0
0x06	[7:0]	RW	0x02	Configure	
	[7]	RW	0x0	SWRST	1: 芯片复位
	[6]	RW	0x0	MOTSWK_sel	0: 运动功能 1: 运动中断功能
	[5:4]	RW	0x0	Reserved[1:0]	设置为默认
	[3]	RW	0x0	PD_enh	0: 正常工作模式 1: 掉电模式
	[2:0]	RW	0x2	CPI_se[2:0]	CPI 分辨率设置 000 = 600 001 = 800 010 = 1000 (默认) 011 = 1200 100 = 1600 101 - 111 = reserved

0x07	[7:0]	RO	-	Image_quality	图像质量
0x08	[7:0]	RO	-	Operation_state	
	[7:4]	RO	-	Reserved[3:0]	Reserved
	[3]	RO	-	Slp_state	0: Sleep1 模式 1: Sleep2 模式
	[2:0]	RO	-	OP_state[2:0]	000 ~ 101 = 正常工作模式 110 = Sleep 模式
0x09	[7:0]	RW	0x00	WPT[7:0]	0: 启用写保护操作, 寄存器 0x0A ~ 0x7F 为可读. 0x5A: 禁用写保护
0x0A	[7:0]	RW	0x70	Sleep1_setting	
	[7:4]	RW	0x7	Slp1_freq[3:0]	Sleep 1 运动检测频率. 检测周期为 $4ms * (Slp1\_freq + 1)$ 默认 = $4ms*(7+1) = 32ms$
	[3:0]	RW	0x0	Reserved[3:0]	设置为默认
0x0B	[7:0]	RW	0x10	Sleep_enter_time	
	[7:4]	RW	0x1	Slp1_etm[3:0]	进入 Sleep1 状态时间为 $128ms * (Slp1\_etm + 1)$ 默认 = $128ms*(1+1) = 256ms$
	[3:0]	RW	0x0	Slp2_etm[3:0]	进入 Sleep2 状态时间为 $20480ms * (Slp2\_etm + 1)$ 默认 = $20480ms*(0+1) = 20480ms$
0x0C	[7:0]	RW	0x70	Sleep2_setting	
	[7:4]	RW	0x7	Slp2_freq[3:0]	Sleep 2 运动检测频率. 检测周期为 $64ms * (Slp2\_freq + 1)$ 默认 = $64ms*(7+1) = 512ms$
	[3:0]	RW	0x0	Reserved[3:0]	设置为默认
0x0D	[7:0]	RW	0x0A	Reserved[7:0]	
0x0E	[7:0]	RW	0xE5	Reserved[7:0]	
0x20	[7:0]	RO	0x58	PID[11:4]	High byte [11:4]
0x21	[7:0]	RO	0x20	PID[3:0]	Low byte [3:0]
	[7:4]	RO	0x2	PID[3:0]	
	[3:0]	RO	0x0	PID_Ver[3:0]	ID 版本

Note: RO = 只读; RW = 读/写.

## 20. M16189A 芯片基本操作参考流程

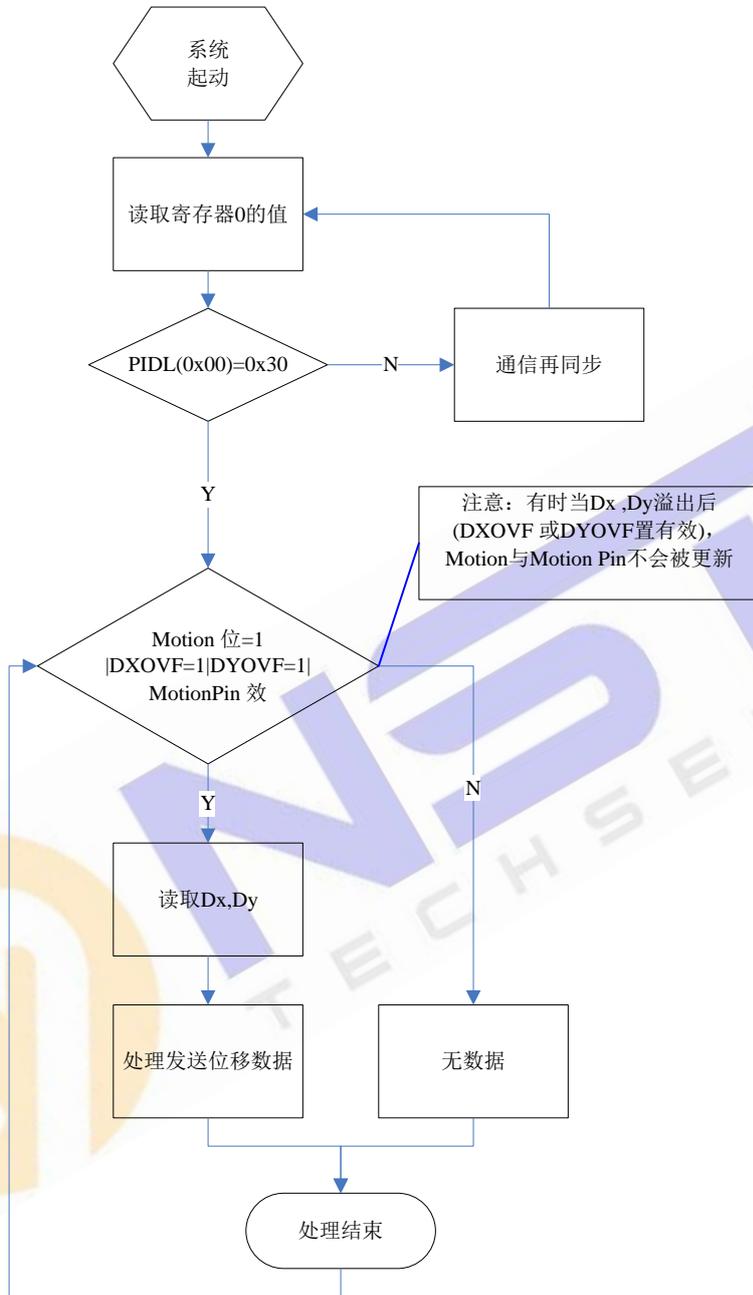


图 11. 芯片操作流程图

## 21. 封装尺寸

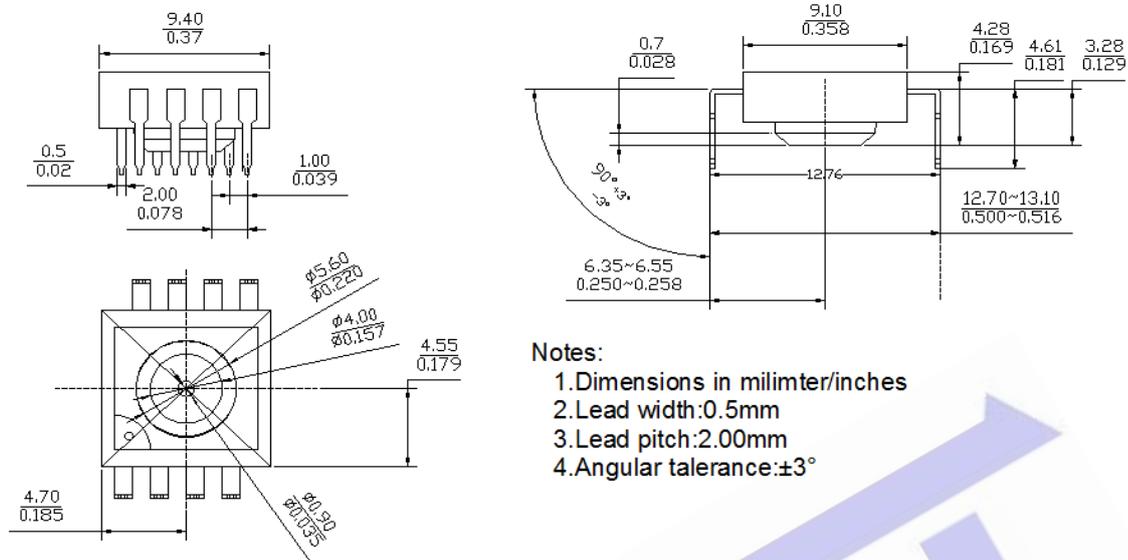


图 12. 封装尺寸

## 22. 历史版本

版本	概述	日期
M16189A_V1.0	创建最初版本	2014/10/31
M16189A_V1.1	增加芯片示意图	2017/6/29