

N6591 数据手册

版本 1.0

1. 概述

N6591 是一款低功率光学导航传感器，具有创新的低功耗架构，功耗管理自动化模式，平面跟踪精准度高，灵活的可编程协议，可配置睡眠及唤醒时间，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。

N6591 具有高速移动检测功能，最高检测速度可达 50 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。

N6591，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。

N6591 可通过双线或三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，可分高低电压供电：
低电压：1.7V~2.1V (VDD 与 VDDA 短接)
高电压：2.1V~3.6V (VDDA 串接电容接地)
- 支持三线（默认）或双线 SPI 串行接口
- 支持 8bit 或 12bit 数据长度的设置
- 支持多种省电模式（sleep1/sleep2/sleep3）
- CPI 可调，最高 CPI 为 2400
- 帧率可高达 4000fps
- 高速检测功能，最高检测速度可达 50 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
- 可搭配二代、三代光学透镜
- 极少外部器件

3. 应用领域

无线光电鼠标

4. 封装引脚

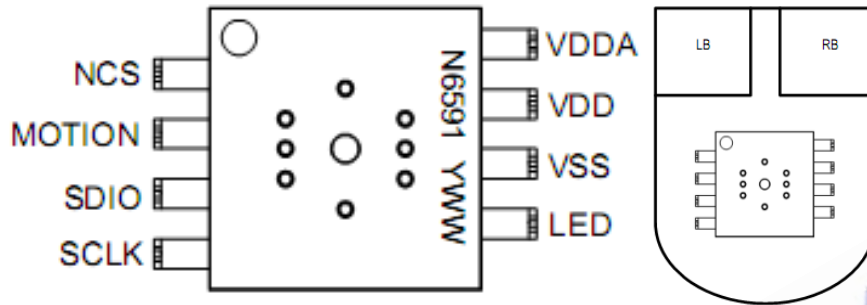


图 4.1 封装引脚

5. 引脚概述

| 引脚名称及说明 | | |
|---------|-------|--|
| 引脚名称 | 输入/输出 | 说明 |
| NCS | IN | 若三线 SPI，此 IO 有效；双线 SPI，此 IO 接地 |
| 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 | GND | 芯片接地 |
| VDD | PWR | VDD 为电源供电电压；低电压（VDD: 1.7V~2.1V），VDD 与 VDDA 短接；高电压（VDD: 2.1V~3.6V），VDDA 串接 4.7UF 接地 |
| VDDA | PWR | |

6. 电特性

| 特性 | Symbol | Min. | Typ. | Max. | Unit | 备注 |
|----------|-----------|------|------|---------|-------------|------|
| 保存温度 | T_{STR} | -40 | - | 85 | $^{\circ}C$ | |
| 工作温度 | T_{opt} | -15 | - | 55 | $^{\circ}C$ | |
| 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 |
|--------|-------------|------|------|------|-------------|-------|
| 工作电压 | V_{DD} | 1.7 | 1.8 | 2.1 | V | 低电压供电 |
| | | 2.1 | 2.7 | 3.6 | V | 高电压供电 |
| 工作温度 | T_{opt} | 0 | - | 40 | $^{\circ}C$ | |
| 电源噪声 | V_{NOISE} | - | - | 100 | mV | |
| CPI | R | - | - | 2400 | CPI | |
| 串行时钟频率 | F_{SCK} | - | - | 2 | MHz | |
| 帧频 | FR | - | 4000 | - | FPS | |
| 速度 | Speed | - | - | 50 | IPS | |
| 加速度 | A | - | - | 20 | G | |

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

| 特性 | Symbol | Min. | Typ. | Max. | Unit | 备注 |
|------------------|----------------|------|------|------|------|----------|
| SCLK 频率 | F_{SCLK} | - | - | 2 | MHz | |
| 上电后 NCS 至低时间 | T_{NCSPU} | 1 | - | - | ms | |
| SCLK 至高时间 | $T_{SCLK-HI}$ | 250 | - | - | ns | |
| SCLK 至低时间 | $T_{SCLK-LO}$ | 250 | - | - | ns | |
| NCS 可前置时间 | $T_{NCS-LEAD}$ | 1 | - | - | us | |
| NCS 可滞后时间 | $T_{NCS-LAG}$ | 1 | - | - | us | |
| NCS 最小时间 | T_{NCS-HI} | 2 | - | - | us | |
| SDIO 可设置时间 | $T_{SETUP-WR}$ | 250 | - | - | ns | |
| SDIO 保持时间 | $T_{HOLD-WR}$ | 250 | - | - | ns | |
| SDIO 延时时间 | T_{DLY-RD} | - | - | 50 | ns | |
| SDIO 读取保持时间 | $T_{HOLD-RD}$ | 250 | - | - | ns | |
| SDIO 上升沿时间 | T_{SDIO-R} | - | 30 | - | ns | @CL=30pF |
| SDIO 下降沿时间 | T_{SDIO-F} | - | 30 | - | ns | @CL=30pF |
| SPI Re-Sync 脉冲宽度 | T_{RESYNC} | 1.0 | - | - | us | 仅供双线 SPI |
| SPI 看门狗时间 | T_{WDT} | 1.7 | - | - | ms | 仅供双线 SPI |
| 快速脉冲宽度 | T_{QB} | 2 | - | 100 | us | 仅供双线 SPI |

9. 直流电特性(VDD =2.7V, T_A = 25°C)

| 特性 | Symbol | Min. | Typ. | Max. | Unit | 备注 |
|----------------------------|---------------------|---------|------|---------|------|------------------------|
| 正常模式工作电流 | I _{nor} | - | 250 | - | uA | |
| 睡眠模式 1 工作电流 | I _{slp1} | - | 16 | - | uA | |
| 睡眠模式 2 工作电流 | I _{slp2} | - | 7 | - | uA | |
| 睡眠模式 3 工作电流 | I _{slp3} | - | 4 | - | uA | |
| 省电模式工作电流 | I _{pd} | - | 3 | - | uA | |
| 类型：MOTION, SCLK, SDIO, NCS | | | | | | |
| 输入高电压 | V _{IH} | VDD*0.7 | - | - | V | |
| 输入低电压 | V _{IL} | - | - | VDD*0.3 | V | |
| 输出高电压 | V _{OH} | VDD-0.4 | - | - | V | I _{OL} = 2mA |
| 输出低电压 | V _{OL} | - | - | 0.4 | V | I _{OL} = 2mA |
| 类型：LED | | | | | | |
| 输出低电压 | V _{OL-LED} | - | 100 | - | mV | I _{OL} = 10mA |
| LED 输出电流 | V _{LED} | - | 50 | - | mA | |

10. PCB 装配

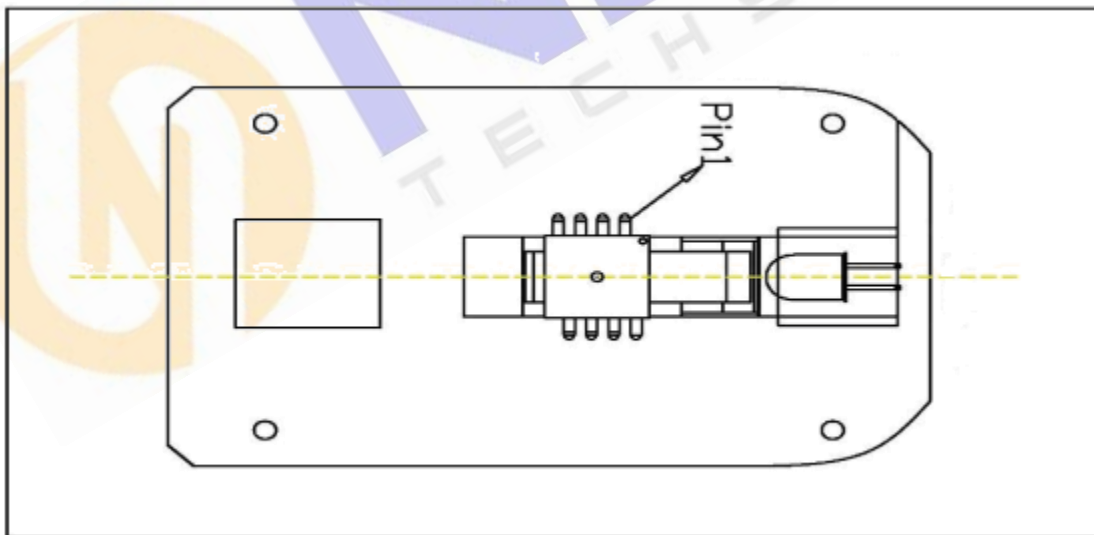


图 10.1 推荐 PCB 装配图

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。N6591 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。

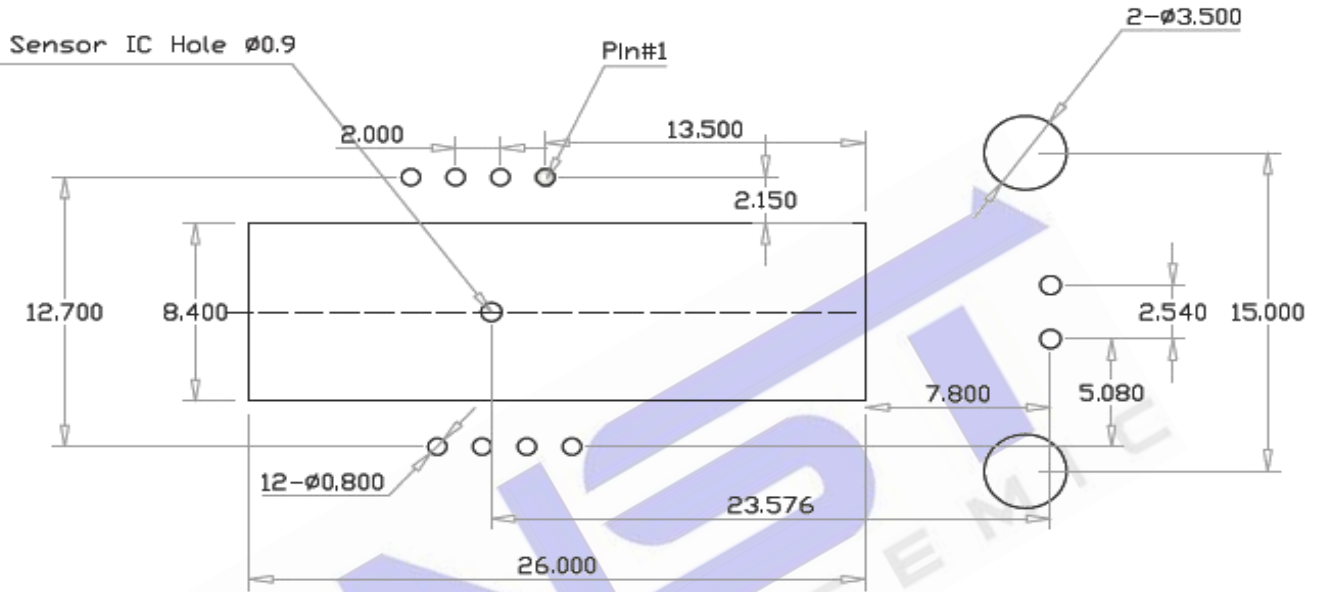


图 11.1 推荐 PCB 机械尺寸 (mm/inch)

12. 内部横截面

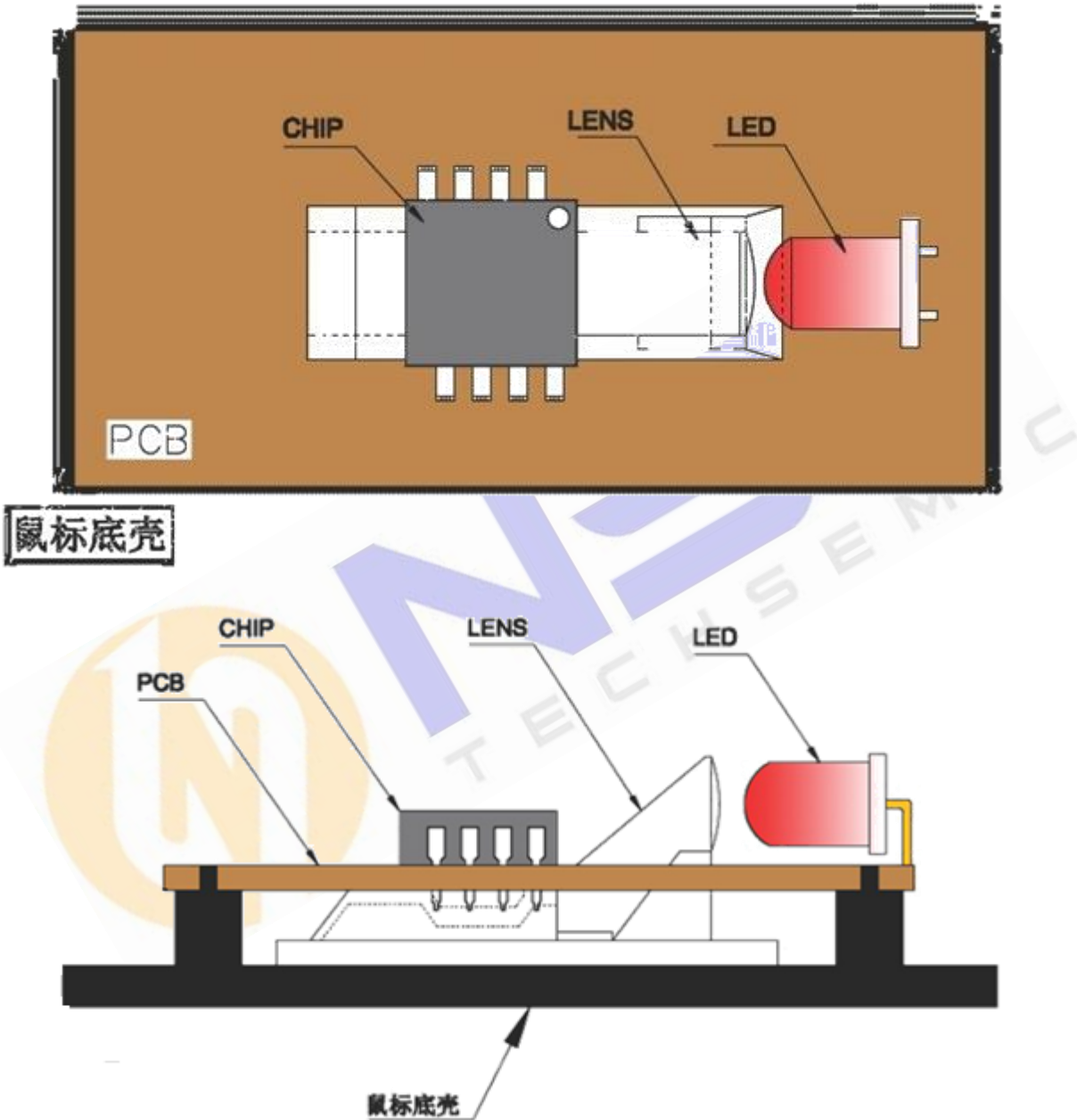


图 12.1 装配结构分解图(mm/inch)

13. PCB 装配注意事项

- 1). 将 N6591 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 N6591 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 N6591 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

N6591 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。

N6591 包含图像采集系统 (IAS), 数字信号处理器 (DSP), 两线或三线串行通信接口。

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 Δx 和 Δy 相对位移值。

外部微控制器通过串行端口读取来自 N6591 的 Δx 和 Δy 信息, 并转化为 PS2, USB 或 RF 信号, 然后传输至电脑主机。

16. N6591 应用电路

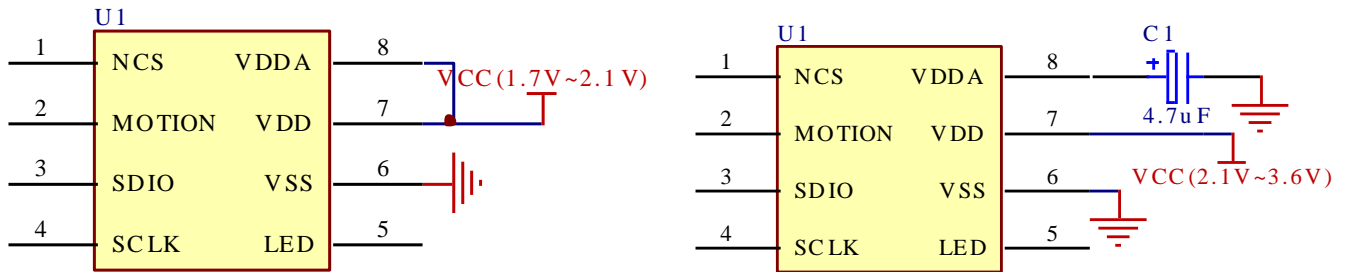


图 16.1 传感芯片高低电压应用电路

注释：传感器芯片默认设置高电压供电，若更换供电电压为低电压，需在上电后设置寄存器 0X4B=0x40。

| | |
|-------------|---------------|
| 0x09 = 0x5A | 禁止写保护 |
| 0x4B = 0x04 | 使用低电压，关闭内部调节器 |
| 0x09 = 0x00 | 允许写保护 |

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

18.1 三线串行外设接口 (SPI)

传感器芯片支持三线串行外设接口，用于外设控制器读/写 N6591 内部的寄存器和 OPMS 寄存器，并显示运动信息；外设控制器直接控制 NCS、SCLK 和 SDIO 接口，由 MCU 发起通讯。

NCS: 串行片选（低电平有效），NCS 至低电平，可激活 SPI；否则，SDIO 处于高阻状态，SCLK 将被忽略。当出现通讯出现错误，NCS 也可作为 RESET 功能。

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。

NCS 与 VDD 上电时序

为了确保三线 SPI 运行稳定，在传感器上电稳定之前必须强制 NCS 至低电平，上电稳定后，NCS 强制至低电平至少 1ms。当 SPI 稳定后，外设控制器应该使 NCS 至高电平。

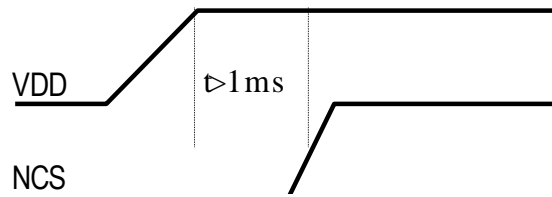


图 18.1 NCS 与上电时序图

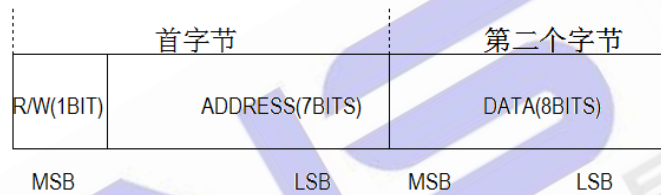
传输协议

外设控制器和传感器之间支持半双工协议，SDIO 传输数据及更改均是由 SCLK 下降沿开始，外设控制器作为主动传输，传感器被动传输，主要传输模式有以下两种：

写入操作；

读取操作；

两种操作模式均由两个字节组成。首字节包含 7 个 bits 的地址和 MSB 位，第二个字节包含传输数据。



注释：首字节 MSB: Read: 0; Write: 1

图 18.2 传输协议

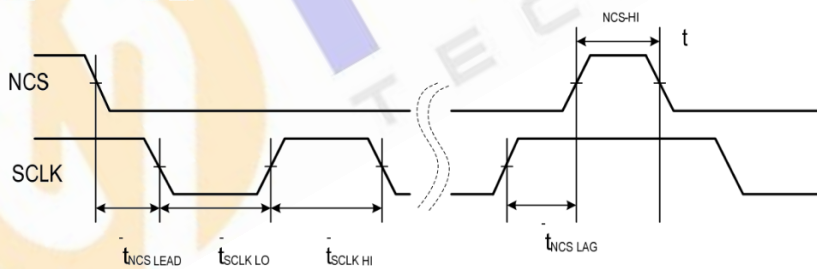


图 18.3 NCS vs SCLK 时序

写入操作

写入操作，数据从外设控制器传输至 N6591，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。N6591 在 SCLK 的上升沿读取 SDIO。图 6 所示为写入操作。

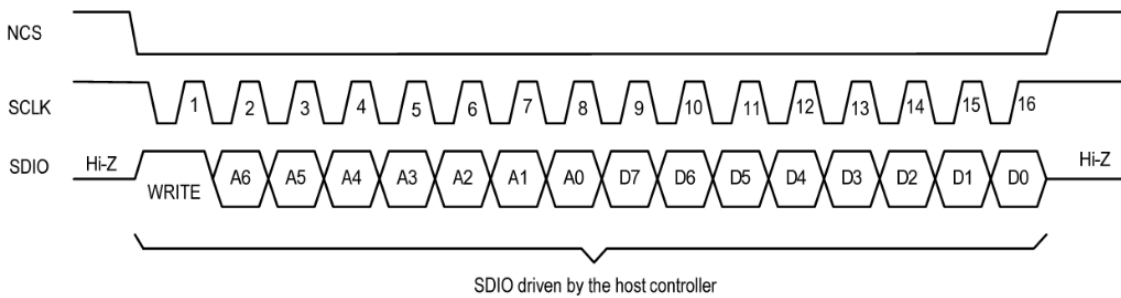


图 18.4 SPI 写入操作

读取操作

读取操作，数据从 N6591 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 N6591 驱动的数据。SDIO 数据传输通过 SCLK 实现同步。N6591 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，N6591 的 SDIO 引脚将进入高阻状态。图 7 所示为读取操作。

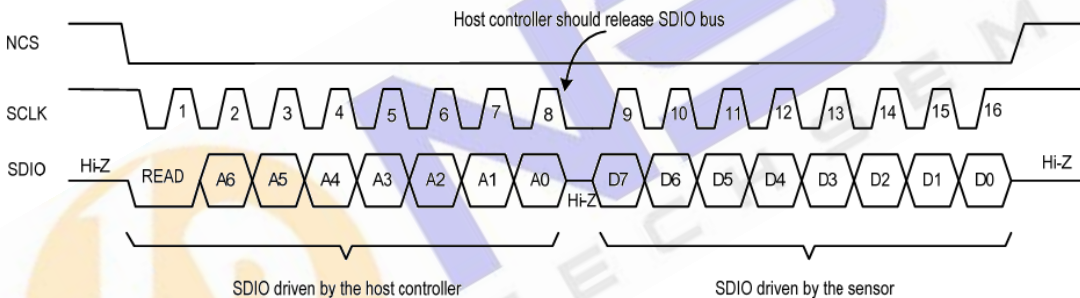


图 18.5 SPI 读取操作

18.2 二线 SPI 串行接口

为了与前一代鼠标传感器兼容，保留了两线接口 SPI 模式，所有的传输协议均与三线 SPI 完全相同，在 NCS 被忽略的条件下，可用两线 SPI 模式。

由于三线 SPI 是传感器默认设置，外设控制器需编写寄存器来切换传感器接口传输模式。在传感器上电后，通过将 NCS 至低电平，外设控制器通过编写以下寄存器将传感器转化为两线 SPI 接口模式。如果不写入下面的寄存器，重新同步机制将无效。

REG 0x09=0x5A; 禁用写保护

REG 0x26=0x34; 切换两线 SPI 接口，禁用 NCS 功能

REG 0x09=0x00; 开启写保护

再同步

如果外设控制器和 N6591 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 (1us) 时间段，然后再强制 SCLK 至“1”并至少维持 TRSYNC-TRSYNCL (1.7ms) 时间段，然后外设控制器读取寄存器 0x00 是否为 0x30，若不正确，再次重新执行相同操作，以实现 N6591 与外部控制器的同步。

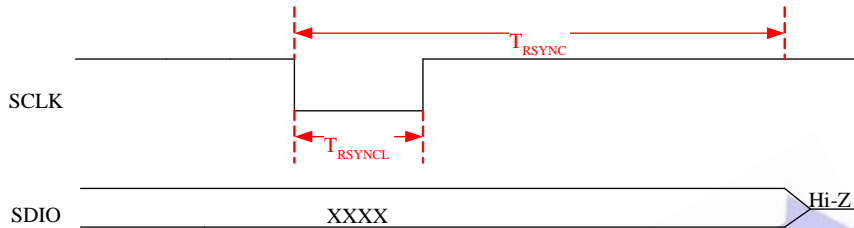


图 18.6 再同步操作

NCS 在两线 SPI 模式下作用

当传感器切换到两线 SPI 接口模式下，NCS 在三线 SPI 模式下的功能将失效。通过对寄存器 0x26 下的 Pin1_Sel (bit4 和 bit5) 设置，NCS 具有以下三种功能：硬件复位功能、快速突发功能和硬件省电功能。

硬件复位功能： 外设控制器可通过 NCS 重置传感器，与软件重置效果一样。

快速突发功能： 减少外设控制器的访问时间，达到节省电量。在此模式下，外设控制器不需要通过传感器指定的地址来获取移动数据。

传统读取传感器运动数据的方法：

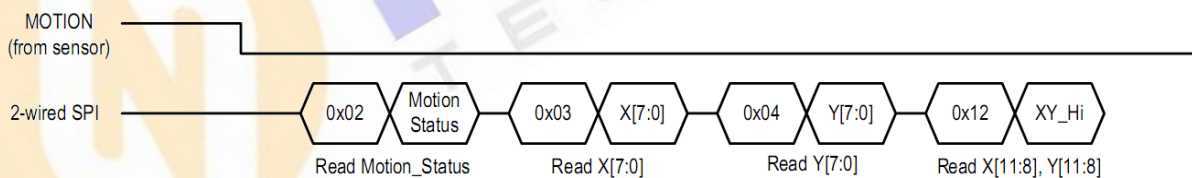


图 18.7 传统读取传感器运动数据

快速突发功能下读取传感器运动数据的发放：

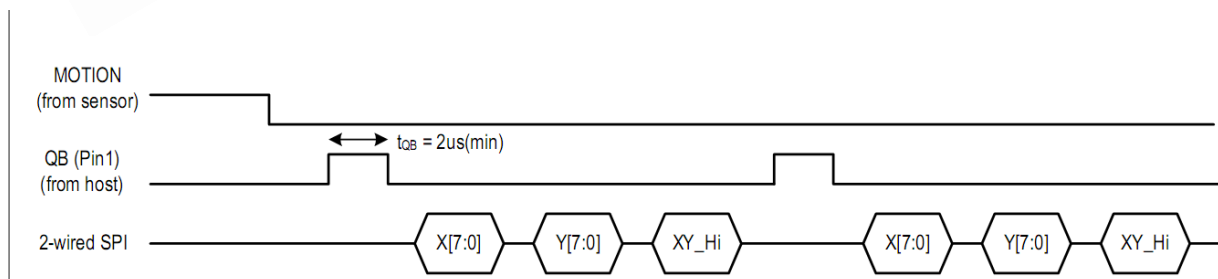


图 18.8 快速突发读取传感器运动数据

硬件省电功能： 外设控制器可通过设置 Pin1 强制传感器在极低的功率下运行，与软件操作具有一样的效果。

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。

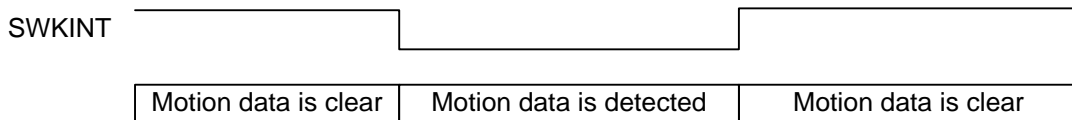


图 18.9 运动功能

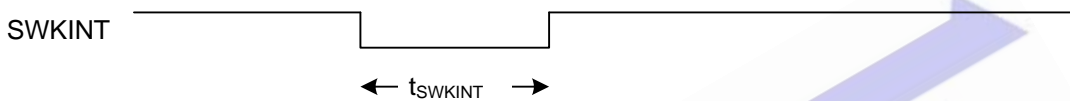


图 18.10 运动中断功能

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] | R | 0x30 | PID1 P_No[11:4] | High byte [11:4] |
| 0x01 | [7:0] | R | 0x02 | PID2 | 版本 |
| | [7:4] | R | - | P_No[3:0] | |
| | [3:0] | R | - | P_Ver[3:0] | |
| 0x02 | [7:0] | R | - | Status | |
| | [7] | R | - | Motion | 0: 静止, Delta_X = 0 和 Delta_Y 同时为 0 (默认) 1: 移动, Delta_X 和 Delta_Y 不同时为 0 |
| | [6:5] | R | - | Reserved | Reserved |
| | [4] | R | - | OVF_Y | 0: 无溢出 (默认) 1: Delta_Y 溢出 |
| | [3] | R | - | OVF_X | 0: 无溢出 (默认) 1: Delta_X 溢出 |
| | [2:0] | R | - | Reserved | Reserved |
| 0x03 | [7:0] | R | - | Delta_X[7:0] | -128 ~ +127 |
| 0x04 | [7:0] | R | - | 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 | 0x11 | Configure | |
| | [7] | RW | 0x0 | SWRST | 1: 芯片复位 |
| | [6] | RW | - | Reserved | Reserved |
| | [5] | RW | 0x0 | Slp3_Enh | 0: 关闭 (默认) 1: 开启 |
| | [4] | RW | - | Reserved | Reserved |
| | [3] | RW | 0x0 | PD_enh | 0: 正常工作模式 1: 掉电模式 |
| | [2:0] | RW | - | Reserved | Reserved |
| 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; 0x00:开启写保护 |
| 0x0A | [7:0] | RW | 0x77 | Sleep1_setting | |
| | [7:4] | RW | 0x7 | Slp1_freq[3:0] | Sleep 1 运动检测频率. 默认= 4ms*(7+1) = 32ms |
| | [3:0] | RW | 0x7 | Slp1_Etm[3:0] | Sleep 1 运动检测时间. 默认 Slp1_Etm[3:0]=7 (256ms) |
| 0x0B | [7:0] | RW | 0x10 | Sleep2_setting | |
| | [7:4] | RW | 0x1 | Slp2_freq[3:0] | Sleep 2 运动检测频率. 默认 Slp2_Frm[3:0]=1(128ms) |
| | [3:0] | RW | 0x0 | Slp2_Etm[3:0] | Sleep 2 运动检测时间. 默认 Slp2_Etm[3:0]=0 (20.48sec) |
| 0x0C | [7:0] | RW | 0x70 | Sleep3_setting | |
| | [7:4] | RW | 0x7 | Slp3_freq[3:0] | Sleep 3 运动检测频率. 默认 Slp3_Frm[3:0]=7(512ms) |
| | [3:0] | RW | 0x0 | Slp3_Etm[3:0] | Sleep 3 运动检测时间. 默认 Slp3_Etm[3:0]=0 (20.48sec) |
| 0x0D | [7:0] | RW | 0x1B | Reserved[7:0] | |
| | [7:6] | RW | 0x0 | CPI_X | Reserved |
| | [5:0] | RW | 0x1B | CPI_X | 默认值 27 (CPI=1026) |
| 0x0E | [7:0] | RW | 0x1B | CPI_X | |
| | [7:6] | RW | 0x0 | Reserved | Reserved |
| | [5:0] | RW | 0x1B | CPI_Y | 默认值 27 (CPI=1026) |
| 0x12 | [7:0] | R | - | Delta_XY_Hi | |
| | [7:4] | R | - | Delta_X | deltax [11:0]的上 4 位, 12 位数据格式 |
| | [3:0] | R | - | Delta_Y | deltaY [11:0]的上 4 位, 12 位数据格式 |
| 0x13 | [7:0] | R | - | IQC | 范围 0~255 |
| 0x14 | [7:0] | R | - | Shutter | |
| | [7:5] | R | - | Reserved | Reserved |
| | [4:0] | R | - | Shutter | 范围 0~28, 时间(Shutter + 1) x 7.1us |
| 0x17 | [7:0] | RW | - | Frame_Avg | 范围 0~255 |
| 0x19 | [7:0] | RW | 0x0 | Mouse_option | |
| | [7:6] | RW | 0x0 | Reserved | |

| | | | | | |
|------|-------|----|------|-------------|--|
| | [5] | RW | 0x0 | Movxy_SW | 交换 XY 方向，默认值 0 |
| | [4] | RW | 0x0 | Movy_Inv | 反转 Y 方向，默认值 0 |
| | [3] | RW | 0x0 | Movx_Inv | 反转 X 方向，默认值 0 |
| | [2] | RW | 0x0 | XY12bit_Enh | 选择 8 位或 12 运动数据长度，默认值 0 (8 位) |
| | [1:0] | RW | 0x0 | Reserved | |
| 0x26 | [7:0] | RW | 0xB4 | SPI_Mode | |
| | [7] | RW | 0x1 | SPI_Sel | 0:两线 SPI 模式; 1:三线 SPI 模式; |
| | [6] | RW | 0x0 | Reserved | |
| | [5:4] | RW | 0x3 | Pin1_Sel | 在两线 SPI 模式下, PIN1 的功能 0: 硬件复位功能; 1: 快速突发功能; 2: 硬件省电功能; 3: 无 (默认) |
| | [3:0] | RW | 0x4 | Reserved | |

Note: R = 读; RW = 读/写.

20. 封装尺寸

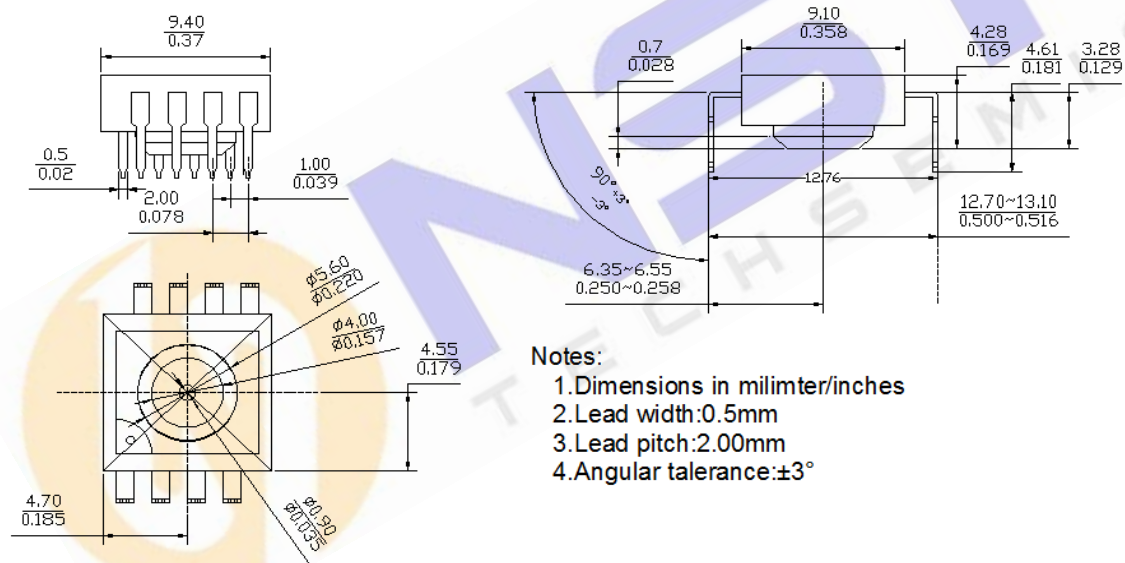


图 12. 封装尺寸

21. 历史版本

| 版本 | 概述 | 日期 |
|------------|--------|------------|
| N6591_V1.0 | 创建最初版本 | 2017/06/28 |