

# **BS-IC97N-M-D6EC**

User manual

## 1. 产品概述

BS-IC97N-M-D6EC 是一款基于微机械技术 (MEMS) 的惯性测量单元 (IMU)，内置高性能的 MEMS 陀螺和 MEMS 加速度计，输出 3 个角速度和 3 个加速度。

BS-IC97N-M-D6EC 具有可靠性高，环境适应性强。通过匹配不同的软件，产品可广泛应用于智能驾驶、战术和行业无人机、智能弹药、导引头、动中通、测绘、稳定平台等领域。

## 2. 产品特点

- 1) 三轴数字陀螺仪：
  - a)  $\pm 500^\circ/\text{s}$  动态测量范围；
  - b) 零偏稳定性： $5^\circ/\text{h}$  (GJB,10S) ,  $1.0^\circ/\text{h}$  (ALLAN)；
- 2) 三轴数字加速度计：
  - a)  $\pm 16\text{g}$  动态测量范围；
  - b) 零偏稳定性：0.5mg (GJB,10S) , 0.1mg (ALLAN)；
- 3) 高可靠性：MTBF>20000h；
- 4) 全温范围内 ( $-40^\circ\text{C}\sim 80^\circ\text{C}$ ) 保证精度：内置高性能温度标定和补偿算法；
- 5) 适用于强振动条件下工作；
- 6) 接口 1 路 UART, 1 路 SPI, 1 路 CAN

## 3. 应用领域

- 1) 智能驾驶
- 2) 战术和行业无人机
- 3) 智能弹药
- 4) 导引头
- 5) 动中通
- 6) 测绘
- 7) 稳定平台

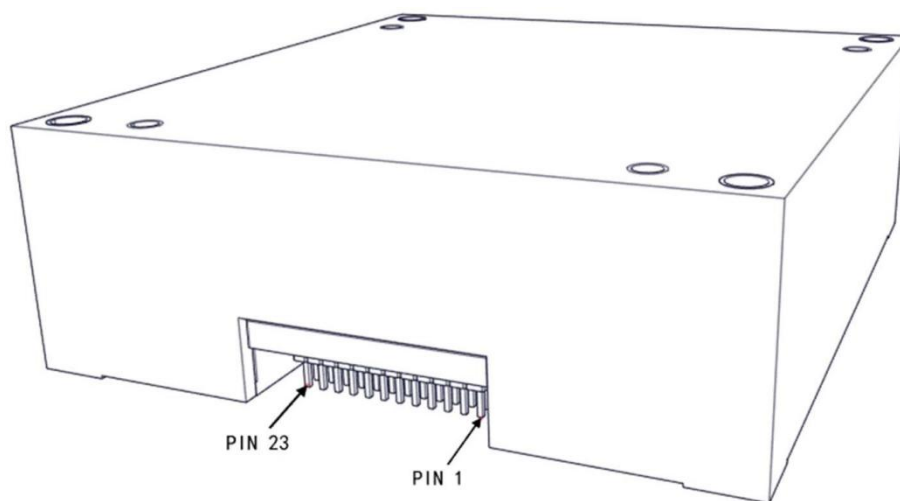
## 4. 产品指标

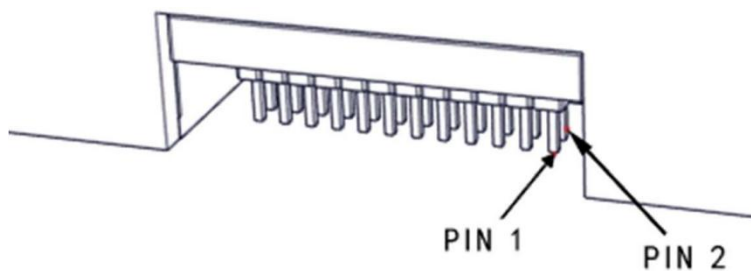
| 参数     | 测试条件    | 最小值  | 典型值                    | 最大值 | 单位                           |
|--------|---------|--|------------------------|-----|------------------------------|
| 动态测量范围 |         |  |                        | 500 | $^\circ/\text{s}$            |
| 陀螺     | 零偏稳定性   | Allan 方差<br>10s 平均 ( $-40^\circ\text{C}\sim +80^\circ\text{C}$ , 定温) | 1.0                    |     | $^\circ/\text{h}$            |
|        | 零偏      | 零偏范围   | 5                      |     | $^\circ/\text{h}$            |
|        |         | 全温范围内零偏变化①   | $\pm 0.2$              |     | $^\circ/\text{s}$            |
|        | 标度因数    | 标度因数精度   | $\pm 0.06$             |     | $^\circ/\text{s}$            |
|        |         | 标度因数非线性  | 0.3                    |     | %                            |
|        | 分辨率     |  | 0.02                   |     | %FS                          |
|        | 带宽      |  | $3.052 \times 10^{-7}$ |     | $^\circ/\text{s}/\text{LSB}$ |
| 动态测量范围 |         |  | 16                     |     | g                            |
| 加速度计   | 零偏稳定性   | Allan 方差<br>10s 平均 ( $-40^\circ\text{C}\sim +80^\circ\text{C}$ , 定温) | 0.1                    |     | mg                           |
|        | 零偏      | 零偏范围   | 0.5                    |     | mg                           |
|        |         | 全温范围内零偏变化, 峰峰值①  | 2                      |     | mg                           |
|        | 标度因数    | 标度因数精度   | 2                      |     | mg                           |
|        |         | 标度因数非线性  | 0.3                    |     | %                            |
|        | 分辨率     |  | 0.02                   |     | %FS                          |
|        | 带宽      |  | $1.221 \times 10^{-8}$ |     | g/LSB                        |
| 通讯接口   | 1 路 SPI |  |                        | 15  | MHz                          |
|        |         | 波特率  |                        |     |                              |

| 参数     | 测试条件   | 最小值 | 典型值                 | 最大值  | 单位   |
|--------|--------|-----|---------------------|------|------|
| 1路UART | 波特率    |     | 230.4               |      | Kbps |
| 1路CAN  | 波特率    |     |                     | 1    | MHz  |
| 采样频率   | SPI    |     | 200                 | 1000 | Hz   |
|        | UART   |     | 200                 |      | Hz   |
|        | CAN    |     | 200                 |      | Hz   |
| 电气特性   | 电压     | 3.0 | 3.3                 | 3.6  | V    |
|        | 功耗     |     |                     | 1.5  | W    |
|        | 纹波     |     |                     | 100  | mV   |
| 结构特性   | 尺寸     |     | 47×44×14            |      | mm   |
|        | 重量     |     | 50                  |      | g    |
| 使用环境   | 工作温度   | -40 |                     | 80   | °C   |
|        | 存储温度   | -45 |                     | 85   | °C   |
|        | 振动     |     | 20~2000Hz,<br>6.06g |      |      |
|        | 冲击     |     | 1000g, 0.5ms        |      |      |
| 可靠性    | MTBF   |     | 20000               |      | h    |
|        | 连续工作时间 |     | 120                 |      | h    |

①：计算整个温变过程的零偏，温变率 $\leq 1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，温度范围 $-40^{\circ}\text{C}\sim+80^{\circ}\text{C}$ ；

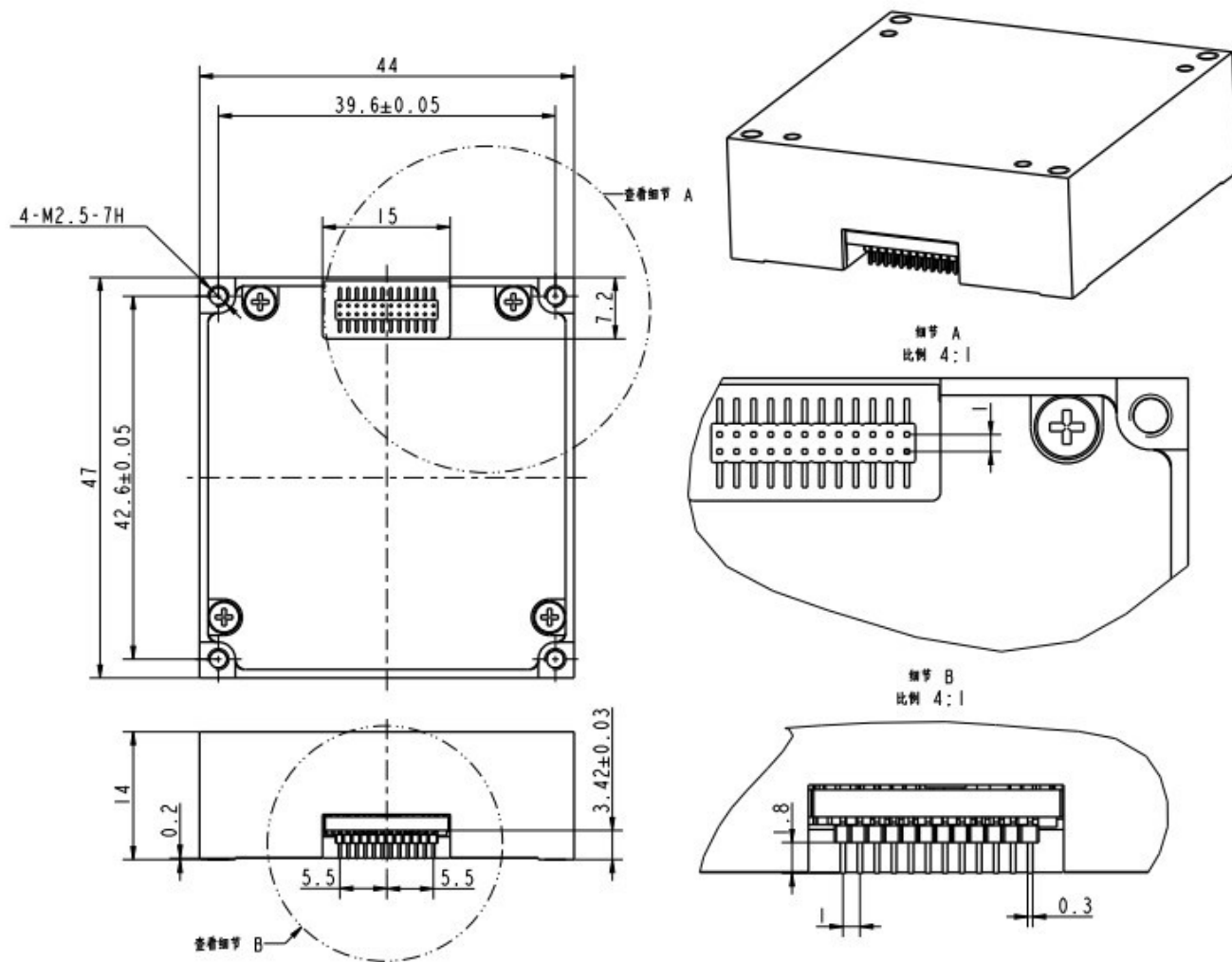
## 5. 电气接口





| 管脚序号       | 名称       | 类型    | 描述                        |
|------------|----------|-------|---------------------------|
| 10, 11, 12 | VDD      | 电源    |                           |
| 13, 14, 15 | GND      | 电源    |                           |
| 9          | DIO2     | 输出    | 就绪信号，表征数据更新               |
| 3          | SPI-CLK  | 输入/输出 | SPI，从模式                   |
| 4          | SPI-MISO | 输入/输出 |                           |
| 5          | SPI-MOSI | 输入/输出 |                           |
| 6          | SPI-/CS  | 输入/输出 |                           |
| 19         | UART-TXD | 输出    | UART，波特率可配置，默认为 230400bps |
| 21         | UART-RXD | 输入    |                           |
| 18         | CAN-T    | 输出    |                           |
| 20         | CAN-R    | 输入    |                           |
| 8          | RST      | 输入    | 复位                        |
| 23         | VDDRTC   | 电源    |                           |
| 其它         | NC       | 备用    | 厂家保留                      |

## 6. 结构接口

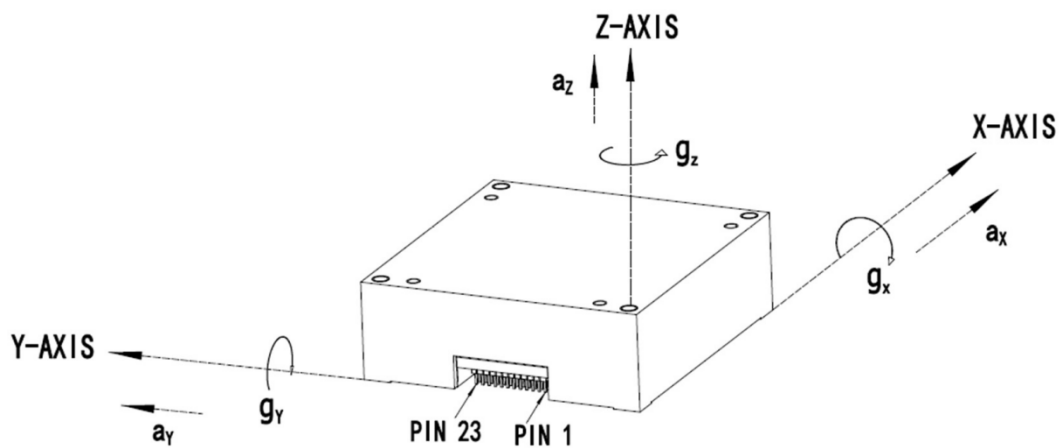


结构外形示意图

## 7. 使用说明

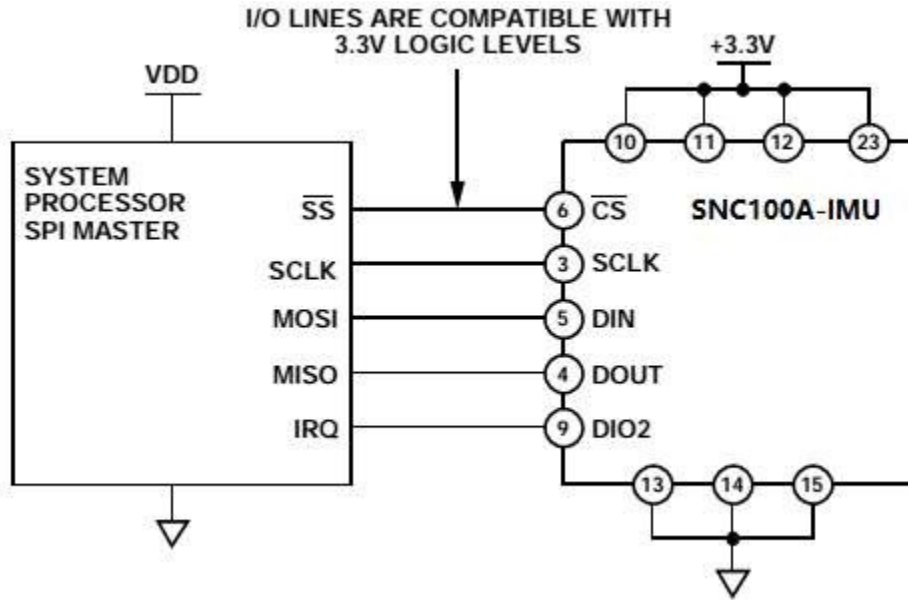
### 7.1. 坐标系定义

3个陀螺 ( $g_x$ ,  $g_y$ ,  $g_z$ ) 和 3个加速度计 ( $a_x$ ,  $a_y$ ,  $a_z$ ) 的坐标系定义如下图所示, 箭头方向为正。



## 7.2. SPI 读写数据

BS-IC97N-M-D6EC 是一款自治传感器系统，当存在有效电源时，它会自动启动。完成初始化过程后，它开始采样、处理以及将校准的传感器数据载入输出寄存器，通过 SPI 端口可访问该数据。SPI 端口通常连接到嵌入式处理器的兼容端口，连接图参见图 1。四个 SPI 信号支持同步串行数据传输。在工厂默认配置下，DIO2 引脚提供数据就绪信号；当输出数据寄存器中有新数据可用时，该引脚变为高电平。



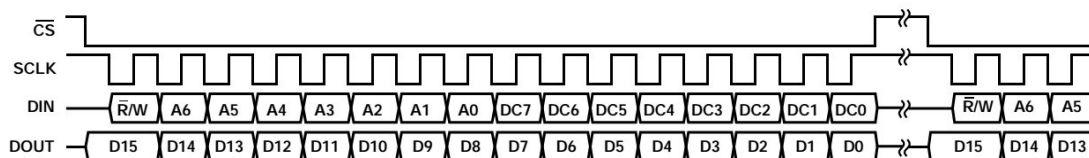
与外部设备连接示意图

### 7.2.1. 通用主机处理器 SPI 设置

| 处理器设置         | 说明                           |
|---------------|------------------------------|
| 主机            | BS-IC97N-M-D6EC 用作从机         |
| SCLK ≤ 15 MHz | 最大串行时钟速率                     |
| SPI 模式 3      | CPOL = 1 (极性), CPHA = 1 (相位) |
| MSB 优先模式      | 位序                           |
| 16 位模式        | 移位寄存器/数据长度                   |

### 7.2.2. SPI 通信

如果前一命令为读取请求，则 SPI 端口支持全双工通信，外部处理器可以在读取 DOUT 的同时写入 DIN，如下图。



SPI 读写时序

### 7.2.3. 读取传感器数据

BS-IC97N-M-D6EC 自动启动并激活第 0 页，以便进行数据寄存器访问。访问任何其它页面后，应将 0x00 写入 PAGE\_ID 寄存器(DIN = 0x8000)以激活第 0 页，为后续数据访问做好准备。单个寄存器读操作需要两个 16 位 SPI 周期。在第一个周期中，利用图 1 中的位分配功能请求读取一个寄存器的内容；在第二个周期中，寄存器内容通过 DOUT 输出。DIN 命令的第一位是 0，然后是寄存器的高位或低位地址。后 8 位是无关位，但 SPI 需要完整的 16 个 SCLK 来接收请求。下图显示了两个连续的寄存器读操作，首先是 DIN = 0x1A00，请求 Z\_GYRO\_OUT 寄存器的内容，然后是

DIN = 0x1800, 请求Z\_GYRO\_LOW 寄存器的内容。



SPI 读操作示例

## 7.2.4. 用户寄存器存储器映射(N/A 表示不适用)

读取两个数据寄存器之间需插入一个不小于 5 $\mu$ s 的延时

| 名称         | R/W | PAGE_ID | 地址   | 默认  | 寄存器描述          |
|------------|-----|---------|------|-----|----------------|
| TEMP_OUT   | R   | 0x00    | 0x0E | N/A | 温度             |
| X_GYRO_LOW | R   | 0x00    | 0x10 | N/A | x 轴陀螺仪输出, 低位字  |
| X_GYRO_OUT | R   | 0x00    | 0x12 | N/A | x 轴陀螺仪输出, 高位字  |
| Y_GYRO_LOW | R   | 0x00    | 0x14 | N/A | y 轴陀螺仪输出, 低位字  |
| Y_GYRO_OUT | R   | 0x00    | 0x16 | N/A | y 轴陀螺仪输出, 高位字  |
| Z_GYRO_LOW | R   | 0x00    | 0x18 | N/A | z 轴陀螺仪输出, 低位字  |
| Z_GYRO_OUT | R   | 0x00    | 0x1A | N/A | z 轴陀螺仪输出, 高位字  |
| X_ACCL_LOW | R   | 0x00    | 0x1C | N/A | x 轴加速度计输出, 低位字 |
| X_ACCL_OUT | R   | 0x00    | 0x1E | N/A | x 轴加速度计输出, 高位字 |
| Y_ACCL_LOW | R   | 0x00    | 0x20 | N/A | y 轴加速度计输出, 低位字 |
| Y_ACCL_OUT | R   | 0x00    | 0x22 | N/A | y 轴加速度计输出, 高位字 |
| Z_ACCL_LOW | R   | 0x00    | 0x24 | N/A | z 轴加速度计输出, 低位字 |
| Z_ACCL_OUT | R   | 0x00    | 0x26 | N/A | z 轴加速度计输出, 高位字 |
| PROD_ID    | R   | 0x00    | 0x7E | 102 | 产品标识(102)输出    |

## 7.2.5. 变换公式

当前温度 = 25 + TEMP\_OUT \* 0.00565

x 轴陀螺值 = 0.02 \* X\_GYRO\_OUT

y 轴陀螺值 = 0.02 \* Y\_GYRO\_OUT

z 轴陀螺值 = 0.02 \* Z\_GYRO\_OUT

x 轴加速度计值 = (long)(X\_ACCL\_OUT \* 65536 + X\_ACCL\_LOW) \* 0.00001220703125 \* 0.001

y 轴加速度计值 = (long)(Y\_ACCL\_OUT \* 65536 + Y\_ACCL\_LOW) \* 0.00001220703125 \* 0.001

z 轴加速度计值 = (long)(Z\_ACCL\_OUT \* 65536 + Z\_ACCL\_LOW) \* 0.00001220703125 \* 0.001

## 7.3. UART 读写数据

### 7.3.1. 接口

默认配置: 230400bps, 8 位数据位, 1 位停止位, 无奇偶校验;

### 7.3.2. 配置命令

- 1) \$GPENB  
开启 UART 上电自动输出
- 2) \$GPDIS  
关闭 UART 上电自动输出
- 3) \$GPSER

查看序列号

4) \$GPCOM1

配置波特率为 115200bps

5) \$GPCOM2

配置波特率为 230400bps

6) \$GPRATIOxx

配置输出频率命令，在采样频率为 200Hz 时，输出频率=200/xx

7) \$GPINF

查看配置信息

### 7.3.3. 协议格式

分为协议头、协议体和协议尾；200Hz；坐标轴定义为前上右

| 协议    | 字节序号  | 数据     | 单位     | 数据类型  | 备注                 |
|-------|-------|--------|--------|-------|--------------------|
| 协议头   | 0     | 0x5a   |        |       |                    |
|       | 1     | 0x5a   |        |       |                    |
| 协议体   | 2~5   | X 轴陀螺  | ° /s   | float |                    |
|       | 6~9   | Y 轴陀螺  | ° /s   | float |                    |
|       | 10~13 | Z 轴陀螺  | ° /s   | float |                    |
|       | 14~17 | X 轴加表  | g      | float |                    |
|       | 18~21 | Y 轴加表  | g      | float |                    |
|       | 22~25 | Z 轴加表  | g      | float |                    |
|       | 26~29 | X 轴磁力计 | mgauss | float |                    |
|       | 30~33 | Y 轴磁力计 | mgauss | float |                    |
|       | 34~37 | Z 轴磁力计 | mgauss | float |                    |
|       | 38~41 | 备用     |        |       |                    |
|       | 42~45 | 备用     |        |       |                    |
|       | 46~49 | 温度     | °C     | float |                    |
|       | 50~53 | 备用     |        |       |                    |
| 54~57 | 备用    |        |        |       |                    |
| 协议尾   | 58    | 校验和    |        |       | 2 至 57 字节累加求和，取低字节 |