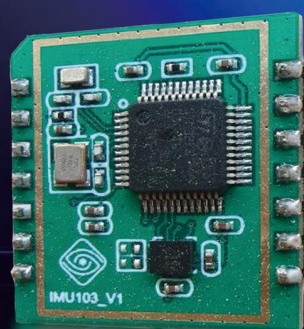




MZ100 | IMU六轴姿态模块

产品使用说明书

修订记录

版本号	修订记录	日期
001	初始版本	2025-02-25
002	更新坐标系说明、硬件设计参考、协议、焊接安装说明	2025-03-03
003	增加 EVB 和上位机使用说明	2025-03-11
004	修改默认设置参数错误	2025-04-09

目录

1、产品简介	1
2、产品特点	1
3、物理规格	1
4、性能指标	2
5、功能接口	2
5.1 引脚定义	2
5.2 电气特性	3
6、外形尺寸	4
7、坐标系介绍	4
8、硬件参考设计	6
8.1 电源供电	6
8.2 串口通信	6
9、通信协议	7
10、配置指令	10
10.1 查询参数	10
• 参数读取	10
10.2 配置波特率	10
• 波特率设置	10
10.3 配置输出频率	10
10.4 查询版本号	11
10.5 恢复出厂设置指令	11
11、出厂默认配置	11
12、焊接与安装	12
12.1 焊接曲线	12
12.2 安装建议	12
13、EVB 测试板说明	13
13.1 主要资源	13
13.2 接口介绍	13
14、上位机使用说明	13

14.1 连接设备	13
14.2 数据显示	14
14.3 参数配置	14
14.4 获取配置参数	15
14.5 数据保存	16

1、产品简介

眸星科技（EYESTAR®）MZ100 六轴姿态模块基于内置加速度计和陀螺仪惯性测量器件（IMU），采用非线性补偿、正交补偿、温度补偿和漂移补偿等标定手段，通过机械编排滤波算法输出提供具有重力向量参考的俯仰角（Pitch）、横滚角（Roll）以及无参考标准的航向角（Yaw）信息，满足载体运动控制需求。

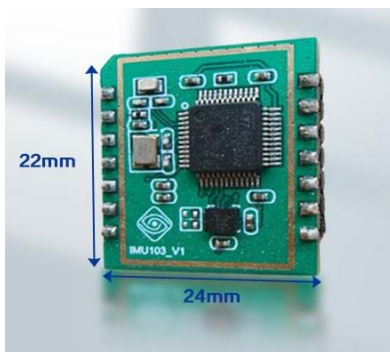
针对泳池清洁机器人，MZ100 还设计具有“智能爬墙模式”，可自主检测机器人上下墙状态，并通过机器学习、动力学约束等优化算法，有效克服泳池清洁机器人频繁上下墙以及长时间墙上作业时的航向角漂移痛点问题，更好地适配客户开发需求。

2、产品特点

- 模块集成高精度的陀螺仪、加速度计传感器，采用高性能的微处理器和先进的动力学解算与卡尔曼动态滤波算法，能够快速求解出模块当前的实时运动姿态。
- 采用先进的数字滤波技术，能有效降低测量噪声，提高测量精度。
- 工作电压 3.3V，连接方便。
- 内部集成温度传感器。
- 出厂进行全温温补（-40~+85° C），标定比例因子，跨轴，零偏等。
- 支持串口、IIC、SPI 数字接口。方便用户选择最佳的连接方式。串口速率 115200bps~921600bps 可调，默认波特率 115200bps，IIC、SPI 目前预留。
- 当输出速率为 100Hz，输出加速度、角速度、横滚角，俯仰角、航向角以及温度保留 4 路扩展端口。
- 采用邮票孔镀金工艺，可嵌入用户的 PCB 板中。

3、物理规格

尺寸：22 × 24 × 3 mm



4、性能指标

器件	参数	数值	单位
陀螺仪	量程	± 2000	$^{\circ} / s$
	角度随机游走	0.17	$^{\circ} / \sqrt{\text{hr}}$
	零偏稳定性	1	$^{\circ} / \text{hr}$
加速度计	量程	± 16	g
	速度随机游走	100	$\mu\text{g} / \sqrt{\text{hz}}$
	零偏稳定性	12	μg
系统	俯仰角	10s	0.02 $^{\circ}$
		30s	0.06 $^{\circ}$
		60s	0.15 $^{\circ}$
	横滚角	10s	0.02 $^{\circ}$
		30s	0.06 $^{\circ}$
		60s	0.15 $^{\circ}$
	航向角	10s	0.02 $^{\circ}$
		30s	0.06 $^{\circ}$
		60s	0.15 $^{\circ}$

5、功能接口

5.1 引脚定义

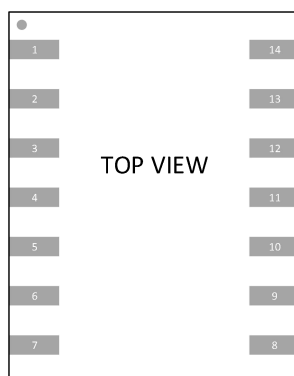


图 1 MZ100 引脚定义

引脚编号	引脚名称	类型	描述	备注
1	NRST	I	模组复位	
2	DRY	O	预留	
3	TX	O	数据串口输出	
4	RX	I	数据串口输入	
5	SCL/U_TX	I/O	预留	
6	SDA/U_RX	I/O	预留	
7	GPI01	I/O	预留	
8	GND	S	电源地	
9	VCC	S	电源引脚	
10	SCK	I	SPI_SCK	
11	MISO	I/O	SPI_MISO	
12	MOSI	I/O	SPI_MOSI	
13	CS	I/O	SPI_CS	
14	GPI02	I/O	预留	

5.2 电气特性

参数	符号	最小值	最大值	单位
供电电压 VCC	Vcc	3V	3.3	V
供电 Vcc 纹波	Vrpp	0	500	mV
工作温度	-40℃ ~ 85℃			
存储温度	-55℃ ~ 95℃			
湿度	95% 非凝露			
抗冲击	20000g, 0.2ms			
跌落测试	在 75cm 高度, 自由跌落 3 次			
温度冲击	温度在 1 小时内从 -40℃ 升至 85℃, 3 次			

6、外形尺寸

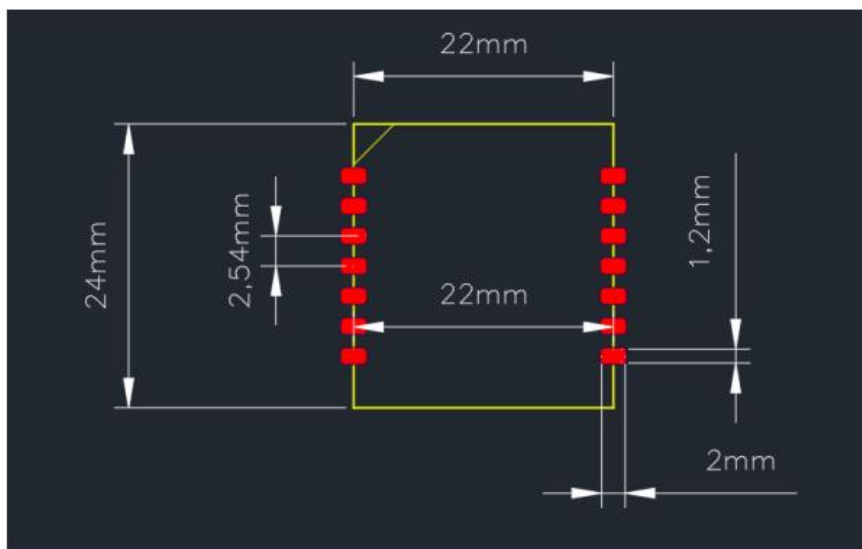


图2 MZ100 外形尺寸图

7、坐标系介绍

MZ100 载体系使用右-前-上（RFU）坐标系，加速度和陀螺仪轴向如图3所示：

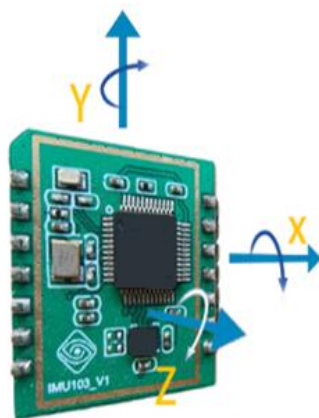


图3 MZ100 载体坐标系（右-上-前）

由于泳池机器人需要频繁进行越障、上墙、下墙等三维运动，其航向角相比扫地机、割草机等载体而言更易受到误差影响。当机器人处于垂直爬墙工作状态时，IMU 相对于原水平地理坐标系的航向角还可能出现失效现象，从而严重影响机器人作业性能。

为此，MZ100 专门设计具备针对泳池机器人的“智能爬墙模式”。

“智能爬墙模式”下，MZ100 会对机器人姿态进行实时检测，并将机器人运动平面区分为“非垂直平面”和“垂直平面”，如图 4 所示。

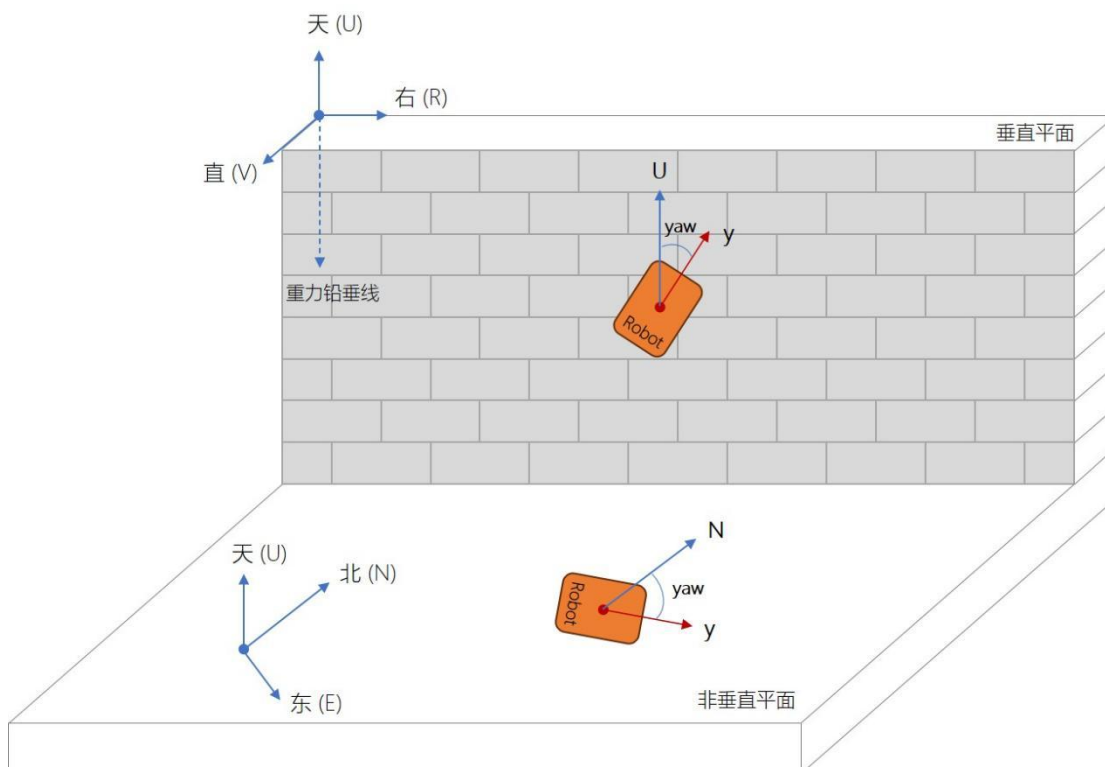


图 4 地理坐标系的定义

当机器人在池底、水面等“非垂直平面”进行作业时，地理坐标系使用“东-北-天（ENU）”坐标系，IMU 三个姿态角被常规定义和输出为：

- 航向角（Yaw）：绕 Z 轴方向旋转，以北偏西时为正，角度范围 $-180^{\circ} \sim 180^{\circ}$
- 俯仰角（Pitch）：绕 X 轴方向旋转，以载体抬头时为正，角度范围 $-90^{\circ} \sim 90^{\circ}$
- 横滚角（Roll）：绕 Y 轴方向旋转，以载体向右倾斜时为正，角度范围 $-180^{\circ} \sim 180^{\circ}$

当 MZ100 检测到机器人在池壁“垂直平面”进行爬墙作业时，地理坐标系将自动切换使用墙面坐标系“右-天-直（RUV）”，此时 IMU 三个姿态角被特别定义和输出为：

- 航向角（Yaw）：绕 Z 轴方向旋转，以天偏左时为正，角度范围 $-180^{\circ} \sim 180^{\circ}$
- 俯仰角（Pitch）：绕 X 轴方向旋转，以载体抬头时为正，角度范围 $-90^{\circ} \sim 90^{\circ}$
- 横滚角（Roll）：绕 Y 轴方向旋转，以载体向右倾斜时为正，角度范围 $-180^{\circ} \sim 180^{\circ}$

“垂直平面”坐标系的定义和使用，可方便用户采用与池底、水面等“非垂直平面”上相同的方式，在墙面对机器人进行运动规划与控制。

“非垂直平面”状态与“垂直平面”状态由 MZ100 自适应判断和无缝切换，并通过数据输出协议中的“Mode”标识位予以区分。（注：详见第 9 节“通信协议”）

8、硬件参考设计

8.1 电源供电

MZ100 采用 3.3V 供电，为内部 IMU 和 MCU 供电，为获得良好的性能，建议选择具有高电源抑制比（PSRR）的 LDO 供电，此外应在 VCC 引脚附近增加一个 TVS 管，以及一组电容容值分别为 10 μ F、100 nF 和 33 pF 的去耦电容。容值最小的电容应置于最接近模块引脚的位置。

（注：建议通过 MCU 来控制模块的 VCC 引脚供电以便给模块升级配置时重启）

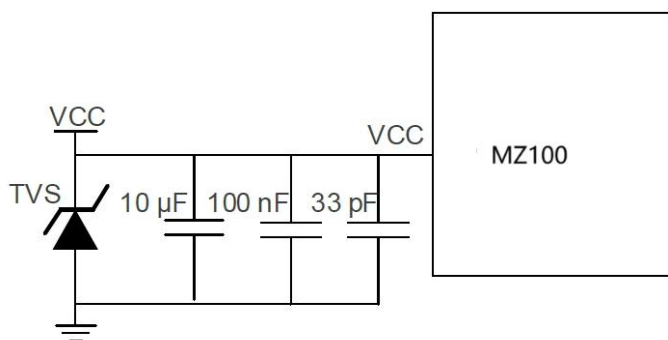


图 5 MZ100 电源参考设计

8.2 串口通信

MZ100 支持 TTL 电平（3.3V）的串口通信，如果需要与非 3.3V 电平的处理器进行串口通信需用户自行增加电平转换芯片。

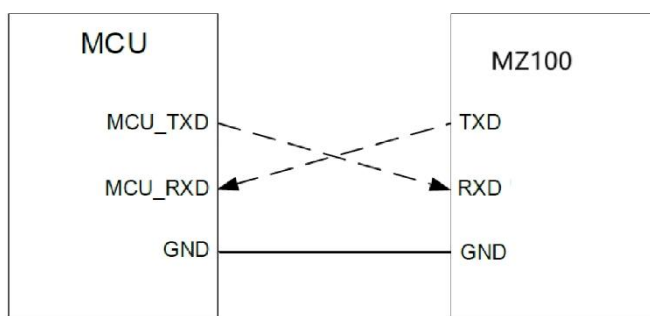


图 6 MZ100 串口通信参考设计

9、通信协议

MZ100 目前串口采用如下通信协议：

序号	名称	数据描述	类型	字节数
1	head0	帧头:BB	unsigned char	1
2	head1	帧头:AA	unsigned char	1
3	head2	帧头:55	unsigned char	1
4	head3	帧头:11	unsigned char	1
5	time	设备上电后软件运行时间，单位秒（s）	double	8
6	Acce_x	X 轴加速度，单位（m/s ² ）	float	4
7	Acce_y	Y 轴加速度，单位（m/s ² ）	float	4
8	Acce_z	Z 轴加速度，单位（m/s ² ）	float	4
9	Gyro_x	X 轴角速度，单位弧度（rad/s）	float	4
10	Gyro_y	Y 轴角速度，单位弧度（rad/s）	float	4
11	Gyro_z	Z 轴角速度，单位弧度（rad/s）	float	4
12	Roll	横滚角（rad）	float	4
13	Pitch	俯仰角（rad）	float	4
14	Heading	航向角（rad）	float	4
15	Quat_q0	-	float	4
16	Quat_i	-	float	4
17	Quat_j	-	float	4
18	Quat_k	-	float	4
19	Mode	1 为普通模式，2 为爬墙模式	char	1
20	CRC32	校验位	unsigned long	4

其中 CRC 校验算法代码如下：

```
unsigned long aulCrcTable[256] =
```

```
{  
    0x00000000UL, 0x77073096UL, 0xee0e612cUL, 0x990951baUL, 0x076dc419UL,  
    0x706af48fUL,  
    0xe963a535UL, 0x9e6495a3UL, 0x0edb8832UL, 0x79dcb8a4UL, 0xe0d5e91eUL,  
    0x97d2d988UL,  
    0x09b64c2bUL, 0x7eb17cbdUL, 0xe7b82d07UL, 0x90bf1d91UL, 0x1db71064UL,  
    0x6ab020f2UL,  
    0xf3b97148UL, 0x84be41deUL, 0x1adad47dUL, 0x6ddde4ebUL, 0xf4d4b551UL,  
    0x83d385c7UL,
```

0x136c9856UL, 0x646ba8c0UL, 0xfd62f97aUL, 0x8a65c9ecUL, 0x14015c4fUL,
0x63066cd9UL,
0xfa0f3d63UL, 0x8d080df5UL, 0x3b6e20c8UL, 0x4c69105eUL, 0xd56041e4UL,
0xa2677172UL,
0x3c03e4d1UL, 0x4b04d447UL, 0xd20d85fdUL, 0xa50ab56bUL, 0x35b5a8faUL,
0x42b2986cUL,
0xdbbbc9d6UL, 0xacbcf940UL, 0x32d86ce3UL, 0x45df5c75UL, 0xdc60dcfUL,
0xabd13d59UL,
0x26d930acUL, 0x51de003aUL, 0xc8d75180UL, 0xbfd06116UL, 0x21b4f4b5UL,
0x56b3c423UL,
0xcfa9599UL, 0xb8bda50fUL, 0x2802b89eUL, 0x5f058808UL, 0xc60cd9b2UL,
0xb10be924UL,
0x2f6f7c87UL, 0x58684c11UL, 0xc1611dabUL, 0xb6662d3dUL, 0x76dc4190UL,
0x01db7106UL,
0x98d220bcUL, 0xefd5102aUL, 0x71b18589UL, 0x06b6b51fUL, 0x9fbfe4a5UL,
0xe8b8d433UL,
0x7807c9a2UL, 0xf00f934UL, 0x9609a88eUL, 0xe10e9818UL, 0x7f6a0dbbUL,
0x086d3d2dUL,
0x91646c97UL, 0xe6635c01UL, 0x6b6b51f4UL, 0x1c6c6162UL, 0x856530d8UL,
0xf262004eUL,
0x6c0695edUL, 0x1b01a57bUL, 0x8208f4c1UL, 0xf50fc457UL, 0x65b0d9c6UL,
0x12b7e950UL,
0x8bbeb8eaUL, 0xfcb9887cUL, 0x62dd1ddfUL, 0x15da2d49UL, 0x8cd37cf3UL,
0xfbd44c65UL,
0x4db26158UL, 0x3ab551ceUL, 0xa3bc0074UL, 0xd4bb30e2UL, 0xadfa541UL,
0x3dd895d7UL,
0xa4d1c46dUL, 0xd3d6f4fbUL, 0x4369e96aUL, 0x346ed9fcUL, 0xad678846UL,
0xda60b8d0UL,
0x44042d73UL, 0x33031de5UL, 0xaa0a4c5fUL, 0xdd0d7cc9UL, 0x5005713cUL,
0x270241aaUL,
0xbe0b1010UL, 0xc90c2086UL, 0x5768b525UL, 0x206f85b3UL, 0xb966d409UL,
0xce61e49fUL,
0x5edef90eUL, 0x29d9c998UL, 0xb0d09822UL, 0xc7d7a8b4UL, 0x59b33d17UL,
0x2eb40d81UL,
0xb7bd5c3bUL, 0xc0ba6cadUL, 0xedb88320UL, 0x9abfb3b6UL, 0x03b6e20cUL,
0x74b1d29aUL,
0xead54739UL, 0x9dd277afUL, 0x04db2615UL, 0x73dc1683UL, 0xe3630b12UL,
0x94643b84UL,
0x0d6d6a3eUL, 0x7a6a5aa8UL, 0xe40ecf0bUL, 0x9309ff9dUL, 0x0a00ae27UL,
0x7d079eb1UL,
0xf00f9344UL, 0x8708a3d2UL, 0x1e01f268UL, 0x6906c2feUL, 0xf762575dUL,
0x806567cbUL,
0x196c3671UL, 0x6e6b06e7UL, 0xfed41b76UL, 0x89d32be0UL, 0x10da7a5aUL,
0x67dd4accUL,

```
0xf9b9df6fUL, 0x8ebeeff9UL, 0x17b7be43UL, 0x60b08ed5UL, 0xd6d6a3e8UL,
0xa1d1937eUL,
0x38d8c2c4UL, 0x4fdff252UL, 0xd1bb67f1UL, 0xa6bc5767UL, 0x3fb506ddUL,
0x48b2364bUL,
0xd80d2bdaUL, 0xaf0a1b4cUL, 0x36034af6UL, 0x41047a60UL, 0xdf60efc3UL,
0xa867df55UL,
0x316e8eefUL, 0x4669be79UL, 0xcb61b38cUL, 0xbc66831aUL, 0x256fd2a0UL,
0x5268e236UL,
0xcc0c7795UL, 0xbb0b4703UL, 0x220216b9UL, 0x5505262fUL, 0xc5ba3bbeUL,
0xb2bd0b28UL,
0x2bb45a92UL, 0x5cb36a04UL, 0xc2d7ffa7UL, 0xb5d0cf31UL, 0x2cd99e8bUL,
0x5bdeae1dUL,
0x9b64c2b0UL, 0xec63f226UL, 0x756aa39cUL, 0x026d930aUL, 0x9c0906a9UL,
0xeb0e363fUL,
0x72076785UL, 0x05005713UL, 0x95bf4a82UL, 0xe2b87a14UL, 0x7bb12baeUL,
0x0cb61b38UL,
0x92d28e9bUL, 0xe5d5be0dUL, 0x7cdcef7bUL, 0xbdbdf21UL, 0x86d3d2d4UL,
0xf1d4e242UL,
0x68ddb3f8UL, 0x1fda836eUL, 0x81be16cdUL, 0xf6b9265bUL, 0x6fb077e1UL,
0x18b74777UL,
0x88085ae6UL, 0xff0f6a70UL, 0x66063bcaUL, 0x11010b5cUL, 0x8f659effUL,
0xf862ae69UL,
0x616bffd3UL, 0x166ccf45UL, 0xa00ae278UL, 0xd70dd2eeUL, 0x4e048354UL,
0x3903b3c2UL,
0xa7672661UL, 0xd06016f7UL, 0x4969474dUL, 0x3e6e77dbUL, 0xaed16a4aUL,
0xd9d65adcUL,
0x40df0b66UL, 0x37d83bf0UL, 0xa9bcae53UL, 0xdeb9ec5UL, 0x47b2cf7fUL,
0x30b5ffe9UL,
0xbdbdf21cUL, 0xcabac28aUL, 0x53b39330UL, 0x24b4a3a6UL, 0xbad03605UL,
0xcdd70693UL,
0x54de5729UL, 0x23d967bfUL, 0xb3667a2eUL, 0xc4614ab8UL, 0x5d681b02UL,
0x2a6f2b94UL,
0xb40bbe37UL, 0xc30c8ea1UL, 0x5a05df1bUL, 0x2d02ef8dUL};
```

```
unsigned long CalculateCRC32 (unsigned char *szBuf, int iSize)
```

```
{
    int iIndex;
    unsigned long ulCRC = 0;
    for (iIndex = 0; iIndex < iSize; iIndex++)
    {
        ulCRC = aulCrcTable[ (ulCRC ^ szBuf[iIndex]) & 0xff] ^ (ulCRC >> 8);
    }
    return ulCRC;
}
```

10、配置指令

名称	描述
UNLOG	关闭数据输出
CONFIG READ ALL	读取参数
CONFIG BAUD	配置输出波特率
CONFIG HZ	配置输出频率
GET VERSION	获取固件版本号
CONFIG RESET	配置信息恢复出厂设置（输出频率 100HZ 波特率 115200）

（注：使用配置指令时，为了方便获取 LOG 信息，请先使用“UNLOG\r\n”指令关闭数据输出，再进行参数配置；参数配置成功后，请将设备断电重启）

10.1 查询参数

- 参数读取

CONFIG READ ALL\r\n

输入以上指令可以读取参数值，句尾需要加回车。

data_output_hz 100 baud 115200

收到的响应回复如上所示，则为查询成功。

10.2 配置波特率

- 波特率设置

CONFIG BAUD, 115200\r\n

输入以上指令可以配置参数，注意以上指令中的逗号为英文逗号，句尾需要加回车。

（注：波特率最低支持 115200）

baud set 115200

set ok!!

Baud 115200

收到的响应回复如上所示，则为配置成功。

10.3 配置输出频率

配置输出频率

CONFIG HZ, 100\r\n

输入以上指令可以配置参数，注意以上指令中的逗号为英文逗号，句尾需要加回车。

（注：目前输出频率支持 100HZ、50HZ、20HZ、10HZ、2HZ、1HZ）

```
set ok !!
```

```
hz 100
```

收到的响应回复如上所示，则为配置成功。

10.4 查询版本号

版本号读取

```
GET VERSION\r\n
```

输入以上指令可以读取当前固件版本，句尾需要加回车。

MAC: A1-B9-58-D9（设备唯一标识）

VERSION MZ100_v1.02。（固件版本）

收到的响应回复如上所示，则为查询成功

10.5 恢复出厂设置指令

恢复出厂设置

```
CONFIG RESET \r\n
```

输入以上指令可以将设备参数恢复出厂设置，句尾需要加回车。

```
reset ok!!
```

收到的响应回复如上所示，则为恢复成功，设备断电重启即可。

11、出厂默认配置

通信接口默认配置如下：

接口类型	参数	参数值	Unit
UART	波特率	115200	bps
	停止位	1	bit
	数据长度	8	bit
	校验位	None	
	数据输出协议	参考“通信协议”章节	
	数据输出频率	100	Hz

12、焊接与安装

12.1 焊接曲线

- 预热温度 175degC +/-25degC =最大 120 秒。
- 平均上升斜率 (217degC to 峰值) = 最大 3degC/秒。
- 温度保持在 217degC 以上 = 60-150 秒。
- 在 5degC 以内的温度等级 的时间 (260degC) = 30 秒。
- 下降斜率 = 最大 6degC/秒。
- 25degC 到峰值的时间= 最大 8 分钟。
- 不推荐手工焊接模块，会对模块的精度产生影响。

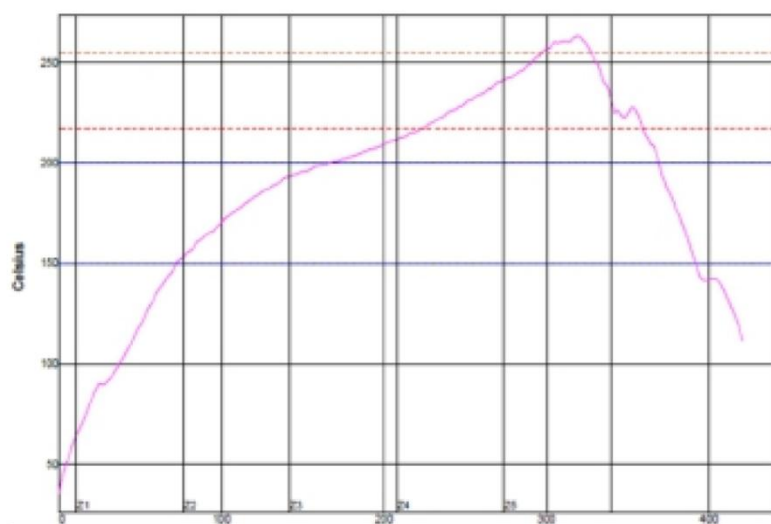


图 7 MZ100 焊接温度曲线

12.2 安装建议

通常来说 MEMS 传感器是由电子和机械结构组成的高精度测量设备，为实现精度、效率和机械坚固性而设计，需要将传感器安装在印刷电路板（PCB）上时，应考虑以下建议：

- 建议将模块水平放置在被测载体上。
- 不建议将传感器直接放在按钮触点的下方或旁边，因为这会导致机械应力。
- 不建议将传感器直接放置在温度极高的热点附近（例如控制器或图形芯片），因为这会导致 PCB 升温，从而导致传感器发热。不建议将传感器放置在机械应力最大值附近（例如在对角交叉的中心）。机械应力会导致 PCB 和传感器弯曲。
- 不建议将传感器安装距离螺丝孔太近 避免将传感器安装在 PCB 可能或预期会出现谐振（振动）的区域。
- 如果上述建议无法得到适当实现，则在将器件放置在 PCB 上进行特定的在线偏移校准可能有助于最大限度地减少潜在的影响。

13、EVB 测试板说明

MZ100_EVB 是专门设计适配 MZ100 系列姿态传感器的评估板，拥有丰富的接口以及测试电路，方便用户快速的对产品进行评估和测试。

13.1 主要资源

- 板载 USB 转串口芯片 CH343G
- Type-C 数据接口、UART、扩展接口
- 板载 MZ100 姿态模块
- 集成供电电路

13.2 接口介绍

拓展接口中的 RXD 与 TXD 对应 MZ100 模组的 UART 接口,当 U_TXD 与 RXD、U_RXD 与 TXD 分别短接, Type-C 口可以直接输出 MZ100 的数据,方便用户快速测试评估。

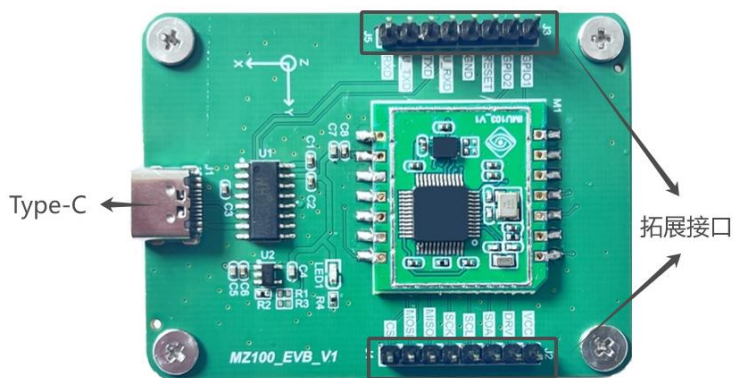


图 8 EVB 测试板接口介绍

14、上位机使用说明

上位机下载地址: <https://www.evestar-tech.com/soft/>

14.1 连接设备

以 EVB 测试板为例,将 EVB 通过 USB 连接至 PC 端后,通过设备管理器(或者扫描串口)找到设备对应串口号,点击连接串口按钮,弹出串口打开成功,则串口连接成功,设备出厂默认波特率 115200 输出频率为 100HZ。

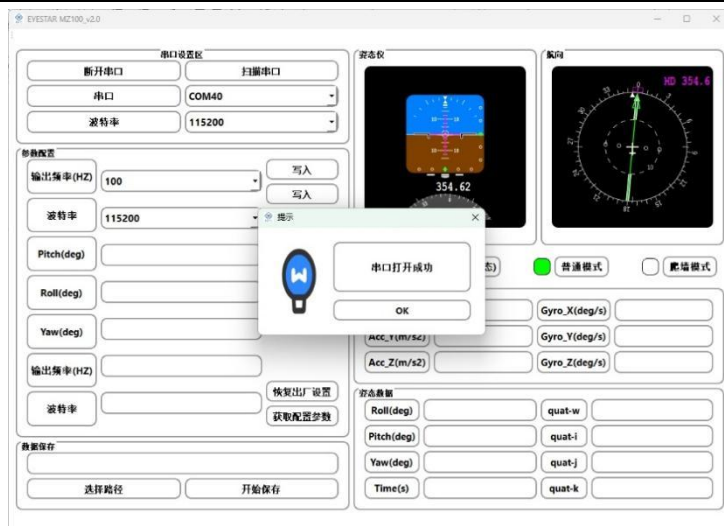


图 9 MZ100 上位机串口连接

14.2 数据显示

上位机接收到 IMU 模组数据，将数据实时显示到界面上，数据显示分为运动状态、IMU 原始数据、姿态数据。右上角会显示当前设备姿态以及航向。

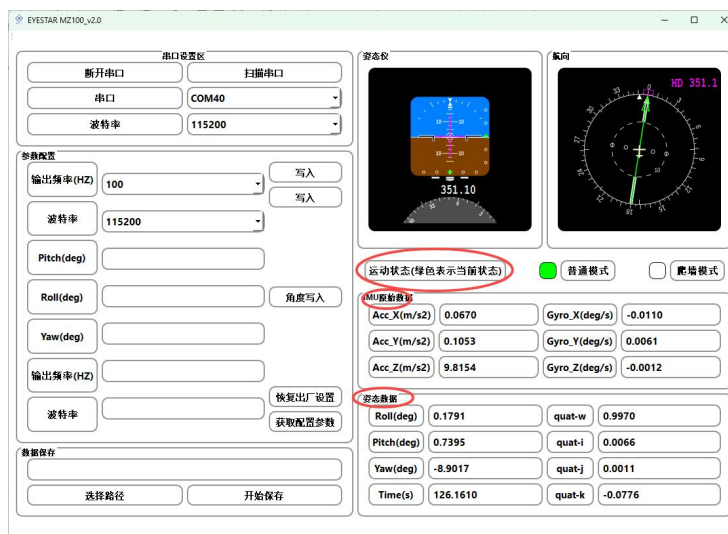


图 10 MZ100 上位机数据显示

14.3 参数配置

通过上位机可对设备输出频率、波特率、设备安装角度（Pitch、Roll、Yaw）进行配置（注：配置完参数需设备重新上电才可生效）

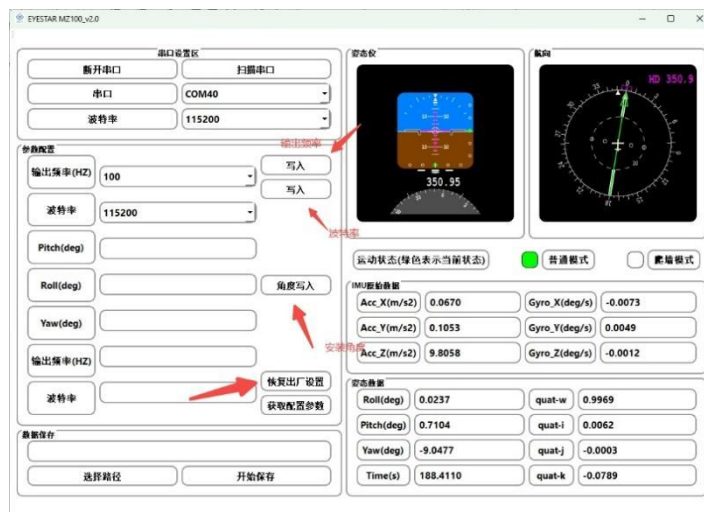


图 11 MZ100 上位机参数配置

三个按钮从上到下分别对应配置输出频率、波特率、设备安装角度，参数写入成功后会有提示：参数配置成功，恢复出厂设置会将设备恢复到默认输出频率 100HZ 波特率 115200。（注：不会更改设备安装角度）

14.4 获取配置参数

点击获取配置参数按钮，即可将设备当前配置的安裝角度、输出频率、波特率信息读取出来。

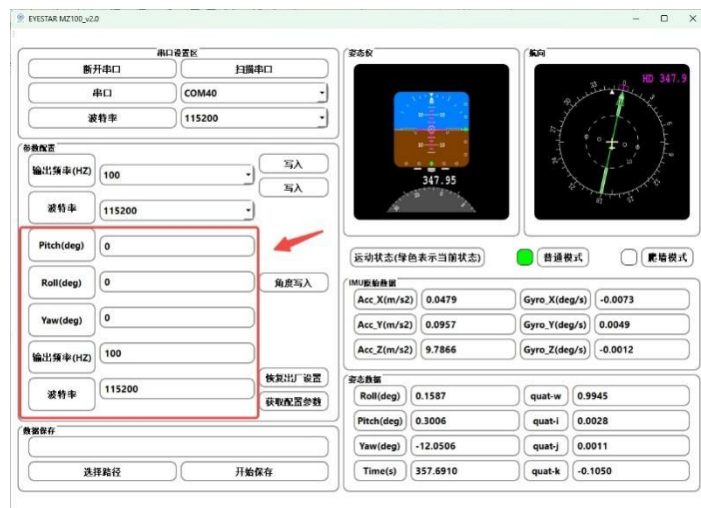


图 12 MZ100 上位机获取参数配置

14.5 数据保存

为了便于后期离线分析数据，上位机可将数据保存至指定路径的文件中（注：将文件保存为 .dat 格式），指定保存路径、对保存的文件进行命名。

- 选择路径

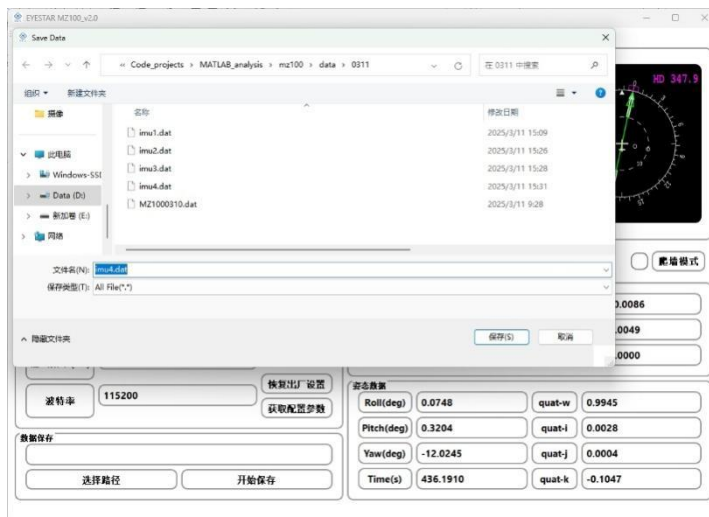


图 13 MZ100 上位机选择数据存储路径

- 点击开始保存按钮，即可开始保存数据



图 14 MZ100 上位机数据存储