

SL510倾角传感器(LoRa)



1. 产品概述

SL510（LoRa版）一款低功耗高精度倾角传感器，使用LoRa扩频无线通信，支持标准LoRaWAN无线协议，内置全球地区规范（如CN470、CN779、EU433、EU868、US915、AU915、AS923、IN865等）。用户使用LoRaWAN模式只需简单配置选择不同地区规范，即可适配各种地区的LoRaWAN标准。

传感器类型	订货型号	产品图片	产品文档
4G LoRa	SL510-LF SL510-HF		震动倾角传感器测试报告.pdf

型号尾缀说明
LF: 使用频段：433~510 MHz
HF: 使用频段：863~928 MHz

1.1.产品特性

SL510同时支持非LoRaWAN模式通信，支持LoRa全参数开放配置，可灵活应用于各种LoRa通信应用场景。内置高容量锂亚电池，安装部署方便，可用于桥梁、建筑、高塔、仪器、设备检测等低功耗广域物联网场景。

设备可以使用芮捷统一的AT指令 或 桌面配置工具SensorTool进行参数修改。另外产品支持串口方式进行固件升级，方便维护 and 功能扩展。

1.2.功能特点

- 最大发射功率 22dBm，传输距离远，空旷可达 3~5 KM
- 内置大容量锂亚电池，续航久
- 采用进口 高精度倾角传感器
- 外壳带有USB-C串口，用于配置参数或更新固件
- 无线LoRa参数支持查询和修改，可根据使用灵活配置
- 参数全开放，简单配置即可接入第三方 LoRa 网关
- 全工业级芯片设计，工作温度可达-40℃~+85℃

2.产品规格



产品型号	DT400-SL510-LF-A1	DT400-SL510-LF-A3 (可充电款)
产品图片		
CPU	Cortex-M 低功耗处理器	同左←
通信方式	LoRa 扩频	同左←
加密	AES128	同左←
测量轴	X轴、Y轴	同左←
测量角度	±90°	同左←
测量精度	0.05°	同左←
感应灵敏度	0.005°	同左←
数据分辨率	0.001°	同左←
响应时间	10秒（即检测周期，可配置）	同左←
供电方式	19Ah 锂亚电池 ER34615	1节聚合物锂电池5000mAh
电池寿命	3年 (10分钟上报 @SF9, @25°C)	可充电
产品尺寸	129mm*91mm*62mm	同左←
通讯协议	芮捷协议或标准LoRaWAN协议	同左←
待机电流	10uA	同左←
数据速率	300bps ~ 62.5 kbps	同左←
发射功率	22dBm	同左←
接收灵敏度	-137 dBm (BW=125kHz, SF=12)	同左←
工作环境	温度：-40°C ~ +85°C 相对湿度：≤95%RH（无凝结）	温度：-20°C ~ +60°C 相对湿度：≤95%RH（无凝结）
工作频率	国内：470-510 MHz (多频段可选:IN865/RU864/EU868 US915/AU915/KR920/A5923)	同左←
防护等级	IP64	同左←
安装方式	壁挂安装	同左←

3.外形尺寸



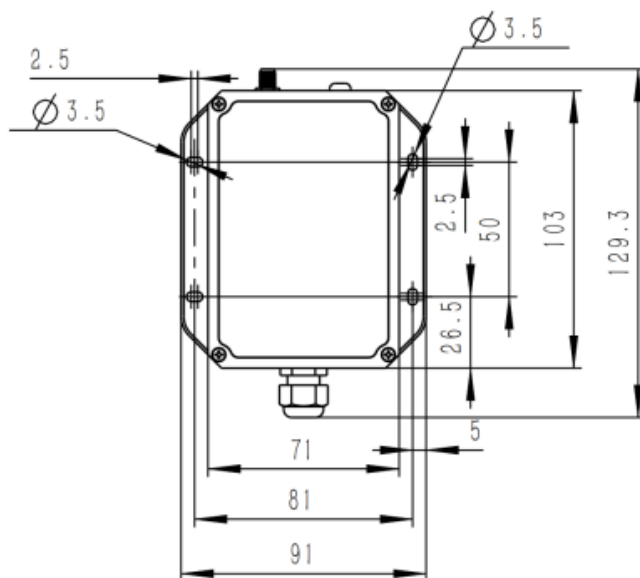


产品图

0:00 / 0:52

产品介绍





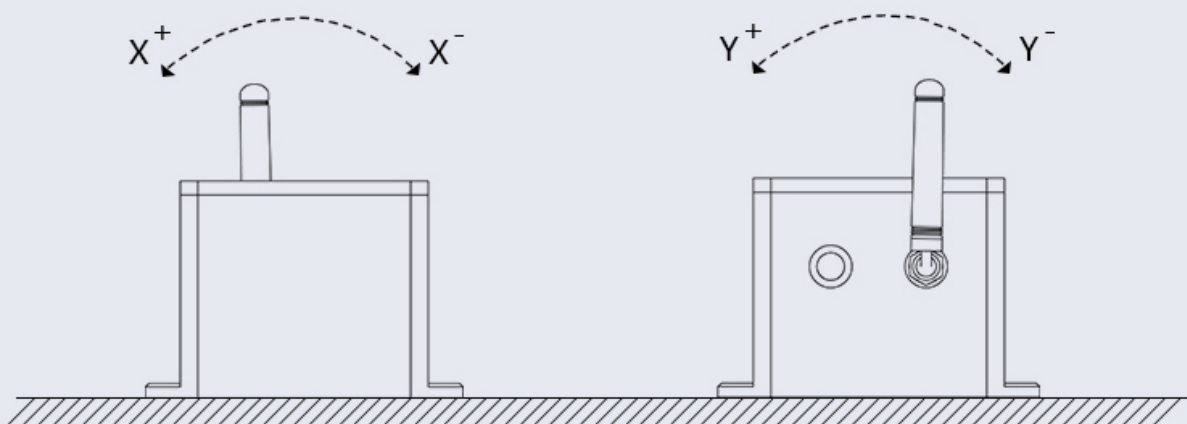
尺寸图

注意:

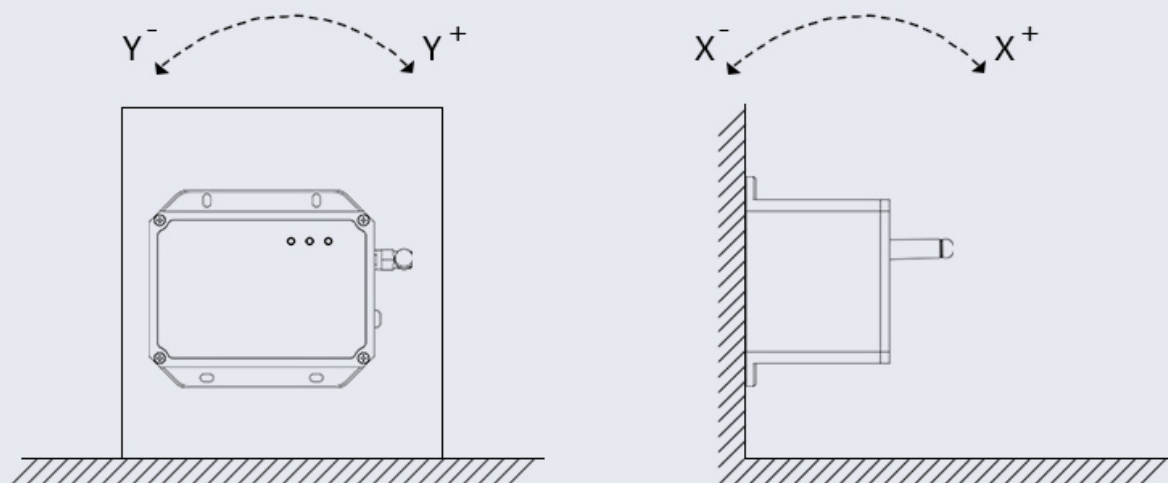
设备作为测量倾斜度的传感器，本质需要测量的是当前位置与安装初始位置的倾斜角度。因此需要在安装的时候初始化校准，以便设定安装的位置为相对0°

初始化校准：安装完设备后，重新开机。设备将自动将此位置的角度作为相对0°。

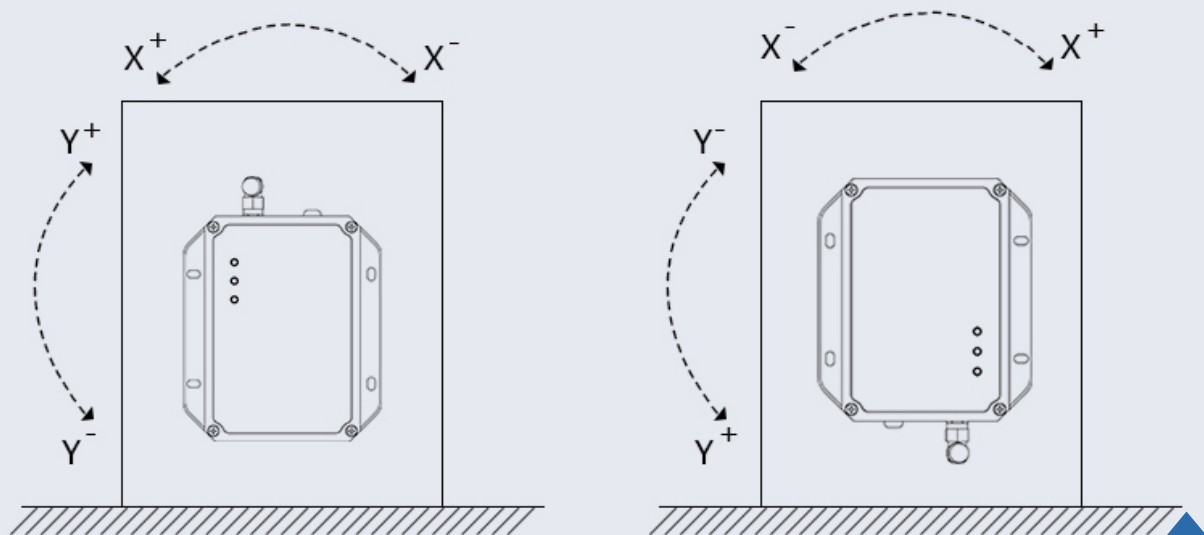
安装时应保持传感器安装面与被测目标面平行本产品可水平安装，可垂直安装。



水平向上安装



垂直向下安装



垂直向右安装

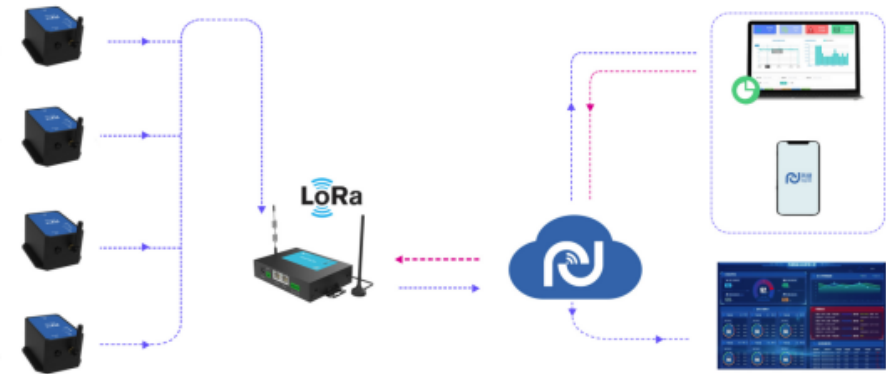
垂直向左安装

安装示意图

4. 使用说明

4.1.使用场景

设备结合LoRa低功耗远距离通信的特点，针对一些现有无线传输困难的场景，改造方便，部署简单。系统整体架构示意如下所示。



4.2.设备介绍

4.2.1.外观介绍



1.SMA天线接口

天线接口采用外螺内孔形式

2.按键

按键可以对设备进行软关机和触发上报数据。长按3s，设备开机、关机操作。短按（0.1~3秒之间），设备立即采集数据并上报。

如果通过按键重新开机，设备自动进入无线配置或升级模式，此时可通过WL126进行无线配置或固件更新，详细参考WL126设备说明书。

3.内置USB接口

同时设备内置有USB-C接口，也可以用于修改配置参数和系统更新。

5.信号指示灯

POWER：支持红绿双色，用于设备电压等级指示。

TX：设备进行发送时，显示绿色，也是设备电压等级指示的一部分。

RX：设备进行接收时，显示绿色，也是设备电压等级指示的一部分。

SENSOR：当设备采集传感器数据时绿色灯亮，如果读取失败，则显示红色，读取完成关闭。该指示灯也是设备电压等级指示的一部分。

4.3 操作说明

1. 插入USB-C线缆，连接电脑，注意：需提前安装好串口驱动，串口转USB芯片为CH340。
2. 打开SensorTool上位机软件，使用默认波特率115200，“串口选择”设备对应的COM端口，点击“打开串口”将自动读取设备参数。等待读取完成即可查阅或修改参数。
3. 用户可使用SensorTool通过图形界面化方式填写配置即可。

4.4 配置项说明

4.4.1.上报周期

该参数单位为秒，当设定时间到时采集并上报传感器数据。

系统默认数据上报周期为600秒（即10分钟，相当于心跳传输）。如恒定环境中，即10分钟上报一次数据。该参数可根据实际情况进行调整。

4.4.2.检测周期

该参数单位为秒，当设定时间到时，设备主动唤醒并读取传感器。读取完成后判断当前值与上次上报值差值是否超过**变化量**，超过则发送，不超过则不发送。

系统默认检测周期为 60 秒，最小可配置为 1 秒，最大可配置 65553 秒。该周期越小，响应越灵敏，但是功耗更高。该参数可根据实际情况进行调整。

4.4.3.变化量

设计**变化量**的目的是为了支持设备按周期上报的同时，可以根据 **检测周期** 进行变化量判断。当检测数据与上次发送的数据超过**变化量**时立即上报，而不用等待**上报周期**时间。以便支持对被测量的对象的快速响应，同时兼顾在不怎么变化的时段减少发送次数，以平衡功耗和响应速度。

4.4.4.校准值

校准值设置为0，则为绝对角度，设置为1则为相对角度。相对角度用于计算设备当前角度与开机时的夹角。。

4.4.5.Z轴使能

默认设备未X/Y双轴倾角检测。如果需要开启Z轴倾角计算，可通过改配置项开启。

注意：如果开启Z轴角度，会额外增加部分功耗。

4.5.按键说明

设备外壳上带一个按键，方便测试和开关机操作。

4.5.1.开机操作

如果设备处于关机状态，长按3秒设备将开机（LED灯从依次点亮，即可松开按键），然后设备LED灯闪烁3次（LED的个数代表设备电压等级）。

4.5.2.关机操作

当设备处于正常运行状态时。按键按下如果持续超过3秒，设备关机（LED灯依次熄灭，即可松开按键）。

如果按键没有持续超过3秒，则判定为短按操作，设备将进行触发上报。

4.5.3.触发上报

通过短按按键（0.1~3秒之间）可判断设备处于开机或关机状态。也可用来测试外接探头连通性或无线性能测试。

短按设备LED无显示，则设备处于关机状态，否则设备将先常亮（LED个数为电压等级），然后采集数据并发送。

4.6.固件升级

使用上位机工具可对设备进行固件升级，具体参考SensorTool说明文档。

5.无线报文格式

5.1.整体报文格式

为了支持各种不同的业务模式和应用场景，终端可配置为非LoRaWAN或LoRaWAN模式。

5.1.1.非LoRaWAN方式

Header	DevAddr	FCtrl	SeqNo	Sensor Data1	...	Sensor DataN	CR
1 字节	4字节	1 字节	2 字节	数据1	...	数据N	2 字
协议头	设备地址	控制字	包序号	TLV(参考具体Type)	...	TLV(参考具体Type)	CRC16=Heac DataN(即CRC之

5.1.2.LoRaWAN格式

为了节约传输字节，重复或冗余的数据项在LoRaWAN模式下不上报，只上传传感器数据内容。如下所示FRMPayload即非LoRaWAN模式中的传感器数据。

MHDR	FHDR	FPort	FRMPayload（SensorData）			MIC
			Data 1	...	Data N	
			TLV (Refer to specific types of SensorData)		TLV (Refer to specific types of SensorData)	

FPort: 1

FRMPayload：即传感器数据(消息体)

5.2.上行数据格式

5.2.1.数据类型说明

类型范围	说明
0x00~0x0F 和0xFF	格式（T+V），基础传感器类型，固定数据格式，省略长度字节
0x10~0x1F	格式（T+L+V），通用类型，保留长度以适配定制化需求
0x20~0x3F	格式（T+L+V），定制化项目需要，不同项目适配不同内容
0x80~未定义	格式（T+L+V），用户参数配置和查询，不同项目适配不同内容

5.2.2.基础传感器类型列表

Type	Value	Value描述
通用应答 0xFF	2字节	第1字节对应下行指令 (被应答的命令)

Type	Value	Value描述
		第2字节对应结果
设备信息 0x00	2字节	设备信息包内容已知 故忽略长度字段节省字节
温度 0x04	2字节	2字节的有符号整型

5.2.3.定制化类型列表

Type	Length	Value	Value描述
倾角 0x11	Value 长度	4*N 字节	数据根据N适应选择1~3个轴 依次为X轴, Y轴, Z轴 每个倾角为int32_t类型

5.3.基础传感器数据详细定义

5.3.1 设备信息 (0x00)

Type	Value	Value	Value
1 Byte	3 bit	5bit	1 Byte
0x00	Version	Voltage Level	Reserve

5.3.2 温度 (0x04)

Type 1 字节	Value 2 字节	说明
0x04	温度值	2字节的有符号整型, 零下为负值 默认单位 0.1 度, 即 201 表示 20.1 度

示例如: 0xFF88为-120 (-12度), 网络字节序模式为 {04 FF 88}

5.4.定制化类型详细定义

5.4.1. 倾角数据 (0x11)

根据长度适配单轴或多轴倾角, 默认长度为8, 即上报X和Y轴。

Type	Value	Value	Value	Value
1 Byte	1 Byte	4 Bytes	4 Bytes	4 Bytes
0x11	4*N (1 <= N <= 3)	X轴 倾角 int32_t	Y轴 倾角 int32_t	Z轴 倾角 int32_t

如开启Z轴, 则上述长度为12。



5.5 查询配置类型

读相关项目中用户参数，如周期，校准值，变量设置等。
Value按顺序列出，采用Length以便自适应无线查询配置。如Length是4，则代表后面只含上报和检测周期。如Length是8，则表示含上报和检测周期和校准值。

Type	Length	Value	Value	Value	Value	Value
1 Byte	1 Byte	uint16_t	uint16_t	int32_t	uint8_t	uint8_t
0x81	Value长度	上报周期	检测周期	校准值	变量1	变量2

5.6.终端上报示例

设备默认运行非LoRaWAN模式，数据内容包含协议头、设备地址等前缀部分和CRC尾缀部分的完整内容。

如下所示，其中传感器数据部分，主要有设备信息（0x00）、温度（0x04）、倾角（0x11）。

Header	DevAddr	FCtrl	SeqNo	传感器数据(消息体)			CRC
1 字节	4 字节	1 字节	2 字节	数据 1	...	数据 N	2 字节
协议头	设备地址	控制字	包序号	Type+Data N Bytes	Type+Data N Bytes	Type+Data N Bytes	CRC16= 首字节至 Body

在LoRaWAN模式下，数据只有FRMPayload，即传感器数据部分。默认上报0x00、0x04、0x11类型的内容。

示例(无线数据HEX字符串)：

03 00003A18 00 3A9C 005F51 0400DA 11 08 FFFFB49 00000519 FD6A

- Header 为 0x03
- DevAddr 为 0x00003A18
- FCtrl 为 0x00
- SeqNo 为 0x3A9C
- 数据1: 00 5F 51 为设备信息 (Type + Value)
- 数据2: 04 00DA 温度数据 (Type + Value)
- 数据3: 11 08 FFFFB49 00000519 为倾角数据 (Type + Length + Value)
- CRC: FD6A

其中倾角传感器数据（08 FFFFB49 00000519）解析示意如下。

- 0x08 数据长度（每个轴4字节，单位0.001°，最多3轴，默认2轴）
- X轴: 0xFFFFB49 即-1207，为-1.207°
- Y轴: 0x00000519 即1305，为-1.305°

最后 FD6A 为 CRC，计算方法参考 [CRC代码示例](#)

5.7.下行数据格式

下行由外部或平台发送至网关，通过网关执行下发。整体下发给终端的数据报文格式与终端上报的数据格式一致。

5.7.1.数据下行类型列表

Type 1 Byte	Value	说明
Read (0x01)	1 Byte	以Value内容区分不同请求 如 Value == 0x81， 则读用户配置数据

Type 1 Byte	Value	说明
Write(0x02)	1 + N Bytes	首字节用于判断写内容的类型 0x00+YYMMDDhhmmss 年月日时分秒

目前设备的下行内容仅在LoRaWAN模式下适用。支持的指令有读取用户配置参数，写周期和变量。

5.7.2.读指令详细格式

Type 1 Byte	Value 1 Byte	说明
0x01	0x81 读用户配置	读周期及相关校准设置， 返回请参考上行

5.7.3.写指令详细格式

Type 1 Byte	Value 1 Byte	Value N Bytes	说明
0x02	0x11 修改上报周期	uint16_t	即LFT值，单位秒
0x02	0x12 修改采样周期	uint16_t	即LCP值，单位秒
0x02	0x13 校准值	int32_t	此处用于设置是否相对角度
0x02	0x14 变量1	uint8_t	无符号整型，倾角变化量， 单位0.1°
0x02	0x15 变量2	uint8_t	无符号整型，Z轴是否使能

5.8.报文尾（CRC16）

本文档使用的 CRC 校验算法请咨询相关技术或销售人员。

6. 性能测试

6.1.待机电流测试

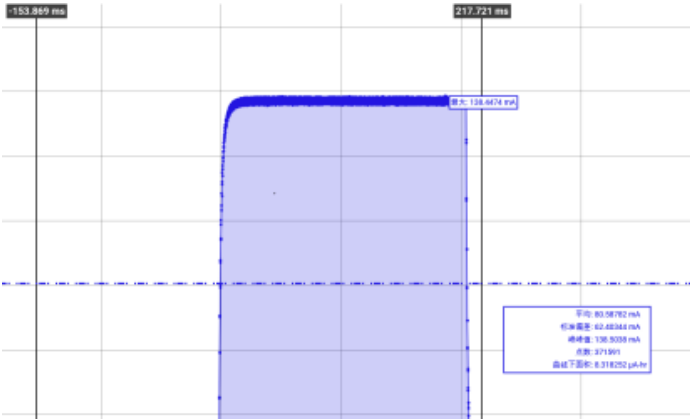


图示：待机电流值



6.2.传感器单次发送功耗

示例：默认SF9为例。发射动作电流功耗，具体看天线匹配度，一般约120~140mA左右。此处图例以极差匹配度天线为例150mA（以检验最大功耗条件下设备的使用年限）。图示的简单计算方法：持续时间约0.2s, 消耗电量=150*0.2s = 8.3uAh，下图所示多出的时间为震动唤醒和读取时间，大约几十毫秒，占比较少。

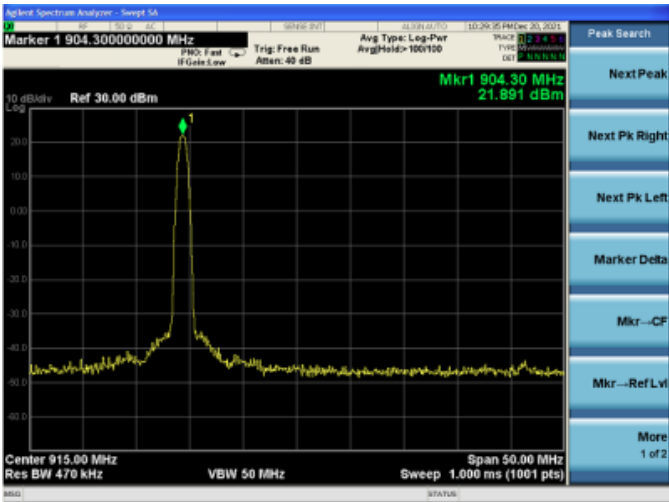


图示：上报数据电流消耗（SF9）

6.3.接收灵敏度测试

扩频因子SF	接收灵敏度dBm，@BW=125K，470MHz
SF=7	-126
SF=8	-129
SF=9	-131
SF=10	-134
SF=11	-136
SF=12	-139

5.5.发射功率测试



图示：最大发射功率

7.修订记录



修订日期	版本	发布说明
2021.06	V1.0	初稿发布
2023.08	V1.1	重新修改发布

