



会 签



文档控制

变更记录

版本号	日期	增加/修改/删除	描述
1.0	2024-05-11	创建	

目 录

1	系统简介	3
2	系统特点	3
3	系列模块选型	4
4	系统参数	5
5	系统应用	6
6	系统搭建	6
6.1	设备准备	6
6.2	设备供电及充电	8
6.3	电脑连接路由器	9
6.4	驱动程序安装	10
6.5	基站 WIFI 参数配置	11
6.6	安装部署	14
6.6.1	部署结构	15
6.6.2	基站安装	16
6.7	连接上位机软件	17
6.8	上位机软件参数设置	19
6.9	上位机软件底图设置	20
6.10	定位结果数据转发	22
7	通信协议	24
8	二次开发	25
8.1	嵌入式软件开发	25
8.2	上位机软件开发	26
8.2.1	上位机软件基本功能	27
9	开发与学习资料	27

10 常见问题	28
---------------	----

1 系统简介

HR-RTLS4 是浩如科技基于 Qorvo 公司 DW1000 和 DW3000 系列芯片研发的高精度实时定位系统；系统采用 TDOA 定位方式，涵盖短距离、中距离、远距离多种测距量程模块，配有手环和工牌形式穿戴式标签，模块间组合搭配后，可适配绝大多数的位置应用场景。

系统全部开源，支持二次开发，提供全部视频教程，方便用户学习研究和迅速产品化应用。

2 系统特点

- 1) 使用主流 MCU 容易上手：使用 STM32F103CBT6（或其完全兼容国产替代型号）系列作为主控 MCU，穿戴式标签采用 STM32L051K8U6 低功耗单片机，均使用 CUBEmx 配置工具搭建，HAL 库开发，KEIL-MDK 集成开发环境，方便移植；
- 2) 丰富的开源资料：嵌入式代码、上位机代码、硬件原理图等全部开源，方便用户进行二次开发；
- 3) 丰富的开发应用资料：《产品用户手册》、《嵌入式开发手册》、《系统用户手册》等资料全面，涵盖大部分开发需求；
- 4) 独创视频教程：提供模块配套的视频教程，全方面讲解 UWB 系统知识、TDOA 技术原理和实现过程，方便用户快速学习入门；
- 5) 易于扩展：模块提供外扩展数据接口，可方便连接 PC、手机、其他单片机、树莓派、Arduino、PLC 等设备用于扩展开发使用；
- 6) 定位精度高：系统采用 Qorvo 公司高精度定位 IC 为核心，搭配高精度低温漂晶振设计，配合自主研发的无线时钟同步算法、chan+taylorTDOA 定位算法、滤波算法，使定位标签能够适配各种复杂的现场条件，定位精度可达 $\pm 10\text{cm}$ （CEP95）；
- 7) 多标签、多基站支持：系统可通过配置方便扩展基站使用数量和标签数量，方便用户进行系统扩容；

3 系列模块选型



图 3-1 RTLS4 系列开发模块

表 3-1 模块对比

序号	型号	主要特点
1	UTM1	外置全向天线, 外壳, 内置电池, 高精度晶振, WIFI 通信, TDOA 基站
2	ULM1	基于官方 DWM1000 模组, 显示器
3	LD150	外置全向天线, 外壳, 内置电池
4	LD150-I	LD150+9 轴 IMU, 输出姿态角
5	ULM1-GP	工牌外壳, 内置电池, 运动检测, 板载 PA
6	ULM1-SH	手环外壳, 内置电池, 运动检测, 板载 PA
7	ULM1-MK	集成化模块, 体积小, 板载 PA, 板载天线
8	ULM1-MK-IPX	集成化模块, 体积小, 板载 PA, 外接天线

RTLS4 开箱测试视频:

<https://www.bilibili.com/video/BV1RZ421T7aT/>

UTM1 用户手册:

http://www.haorutech.com/download/rtls4/UTM1_UserManual.pdf

ULM1 用户手册:

http://www.haorutech.com/download/ULM1_UserManual.pdf

LD150(-I)用户手册:

[http://www.haorutech.com/download/LD150\(-I\)_UserManual.pdf](http://www.haorutech.com/download/LD150(-I)_UserManual.pdf)

ULM1-SH 用户手册:

http://www.haorutech.com/download/ULM1-SH_UserManual.pdf

ULM1-GP 用户手册:

http://www.haorutech.com/download/ULM1-GP_UserManual.pdf

ULM1-MK(-IPX)用户手册:

[http://www.haorutech.com/download/ULM1-MK\(-IPX\)_UserManual.pdf](http://www.haorutech.com/download/ULM1-MK(-IPX)_UserManual.pdf)

4 系统参数

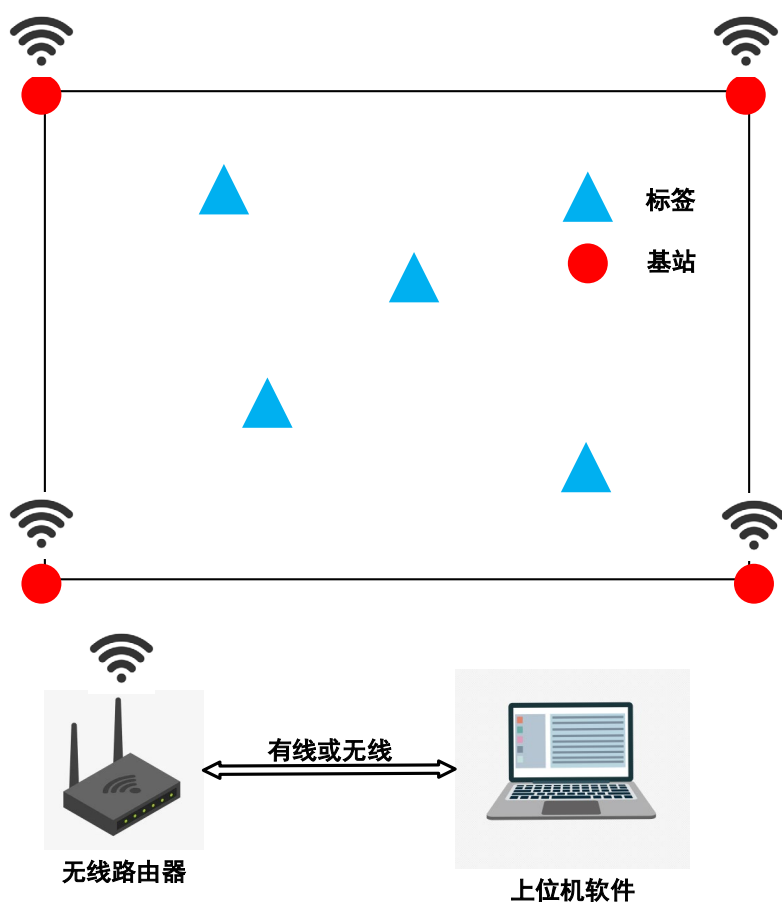


图 4-1 RTLS4 TDOA 定位系统结构

表 4-1RTLS4 系统参数

项目	参数
基站个数	至少 4 个，主基站 1 个，从基站 3 个及以上
定位精度	X/Y=10cm(CEP95)
嵌入式开发环境	CUBE+KEILMDK
上位机开发环境	QT/C++
最大标签数量	无上限，单标签 10ms
最大基站数量	无上限，但需与 A0 主基站完成无线时间同步交互
定位模式	TDOA
定位范围	50*50m@850Kbps 空旷可视

5 系统应用

- 1) 车间：人员、车辆、天车、物资管理等；
- 2) 司法监所：犯人管理及监控；
- 3) 物流中心：物资、物料的管理及监控，AGV、机器人导航；
- 4) 商场、超市：人员、购物车导航；
- 5) 养老院：老人监护、生命体征监控；
- 6) 医院：婴幼儿监护、老人监护；
- 7) 隧道、地下管廊、矿井：工人、车辆监控；
- 8) 轨道交通：车辆、人员的监控、防撞等；
- 9) 建筑工地：机械、人员、物资的位置监管；
- 10) 体育场馆：运动员智慧训练辅助；
- 11) 真人游戏场所：玩家位置辅助，轨迹分析；
- 12) 高校研究：UWB 技术研究等。

6 系统搭建

6.1 设备准备

根据使用场景应用情况，准备相应模块进行系统搭建，模块出厂时均已设置

好相应的角色以及 ID，标记 A 开头的为基站模块，标记 T 开头的为标签模块，ID 号从 0 开始，如 4 基站 6 标签的系统会配置为：A0,A1,A2,A3,T0,T1,T2,T3,T4,T5。

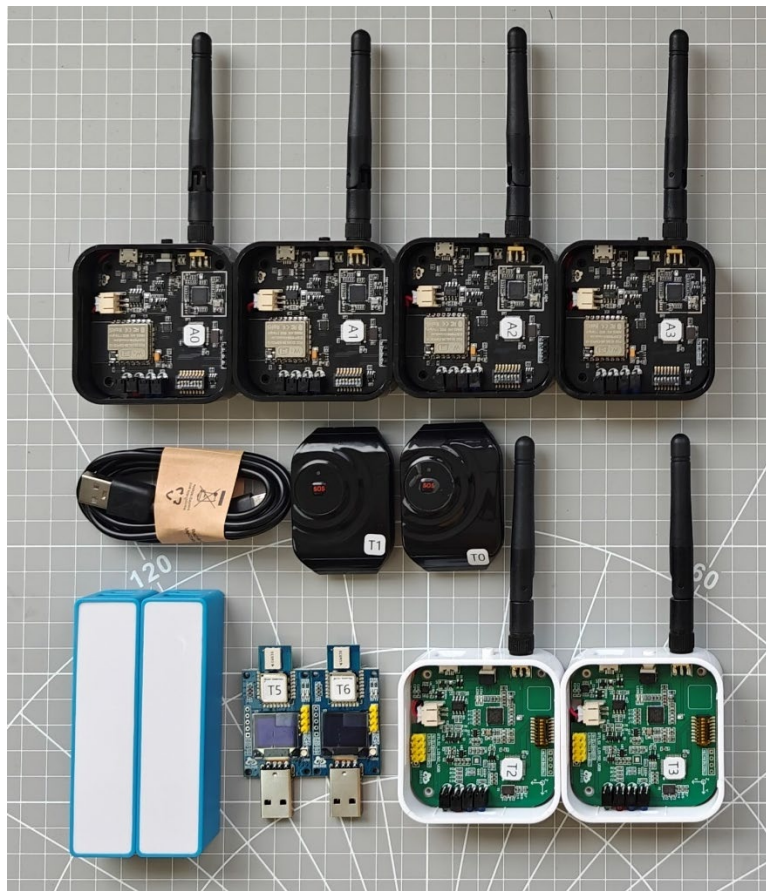


图 6-1 模块角色及 ID 标识

在多基站 TDOA 定位系统中，基站一般定义为固定不动的模块，安装在所处空间的外围 4 角，标签一般定义为被定位物体上安装的模块，在基站包围区域内运动。

本文档以 RTLS4TDOA 4 基站+6 标签定位套装为例说明设备在搭建部署和使用过程中的准备清单。

表 6-1 设备准备清单

型号	搭建部署时用的模块与配件	充电时用的配件	开发时用配件
UTM1	基站模块 Ax 数量 4 黑色 MicroUSB 数据线 数量 1 WIFI 路由器（自备）数量 1 网线（自备）数量 1	给模块充电用： MicroUSB 白色充电线 4 条	更新固件用： STLINK1 个
ULM1	标签模块 Tx 数量 2	给充电宝充电用：	

	充电宝 数量 2	MicroUSB 白色充电线 2 条	
LD150	标签模块 Tx 数量 2 天线 数量 2	给模块充电用： MicroUSB 白色充电线 2 条	
ULM1-SH	手环标签 Tx 数量 2	给模块充电用： 磁吸充电线 2 条	

6.2 设备供电及充电

UTM1、LD150(-I)、ULM1-GP、ULM1-SH 模块有内置电池，可通过内置电池为其自身供电，通过外部 5V 供电设备为其充电。内置电池在出厂时电量约 30% 左右，请提前充好电后再进行测试。充电指示灯为蓝色表示正在充电中，充电指示灯为绿色表示充电完成。详细说明请参考各模块用户手册。

ULM1 模块无内置电池，需连接充电宝为其供电。充电宝在电量耗尽、无法正常输出时，也需为充电宝充电；为充电宝充电时，用白色 MicroUSB 充电线连接充电宝和 5V 电源，充电宝指示灯闪烁时为正在充电，充电宝指示灯常亮时为充电完成。



图 6-2 模块连接充电宝供电

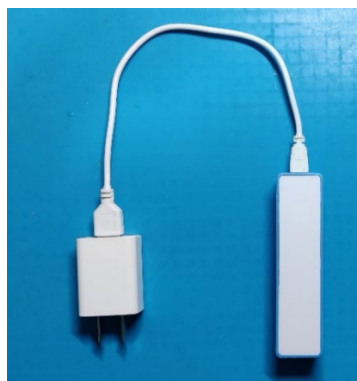


图 6-3 为充电宝充电

ULM1-MK 和 ULM1-MK-IPX 模块是裸板模块，出厂时不配套供电电源，请按技术手册连接板卡排针电源输入口进行供电。

6.3 电脑连接路由器

将电脑连接 WIFI 路由器，推荐用网线连接，可使用 DHCP 获取 IP 或者设置静态 IP 的方法，连接路由器后，获取到本机 IP 地址，并记录以便后续模块连接配置。

```
C:\Users\Lenovo>ipconfig

Windows IP 配置

无线局域网适配器 本地连接* 1:

    媒体状态 . . . . . : 媒体已断开连接
    连接特定的 DNS 后缀 . . . . . :

无线局域网适配器 本地连接* 2:

    媒体状态 . . . . . : 媒体已断开连接
    连接特定的 DNS 后缀 . . . . . :

以太网适配器 以太网 2:

    连接特定的 DNS 后缀 . . . . . :
    本地链接 IPv6 地址 . . . . . : fe80::3006:c71e:7dac:819d%15
    IPv4 地址 . . . . . : 192.168.0.100
    子网掩码 . . . . . : 255.255.255.0
    默认网关 . . . . . :
```

图 6-4 获取电脑主机 IP 地址

通过控制面板关闭电脑防火墙。

自定义各类网络的设置

你可以修改使用的每种类型的网络的防火墙设置。

专用网络设置

- ☒ 启用 Windows Defender 防火墙
- ☐ 阻止所有传入连接，包括位于允许应用列表中的应用
 - ☒ Windows Defender 防火墙阻止新应用时通知我

☒ 关闭 Windows Defender 防火墙(不推荐)

公用网络设置

- ☒ 启用 Windows Defender 防火墙
- ☐ 阻止所有传入连接，包括位于允许应用列表中的应用
 - ☒ Windows Defender 防火墙阻止新应用时通知我

☒ 关闭 Windows Defender 防火墙(不推荐)

图 6-5 关闭防火墙

6.4 驱动程序安装

打开“HR-RTLS4 开箱测试资料\串口驱动”目录，双击 CH341SER.EXE 进行驱动安装，保持默认设置，点击安装按钮，按提示安装即可。



图 6-6 串口驱动程序安装

驱动程序安装完成后，将 UTM1 模块通过黑色 microUSB 线缆连接电脑，在电脑端打开设备管理器，查看串口驱动安装正常，串口设备正常识别，并记录 CH340 的串口号，例如下图为驱动安装正常，设备识别正常，串口号为 COM5。如未出现串口或提示感叹号等错误，请联系对接的售后工程师协助。

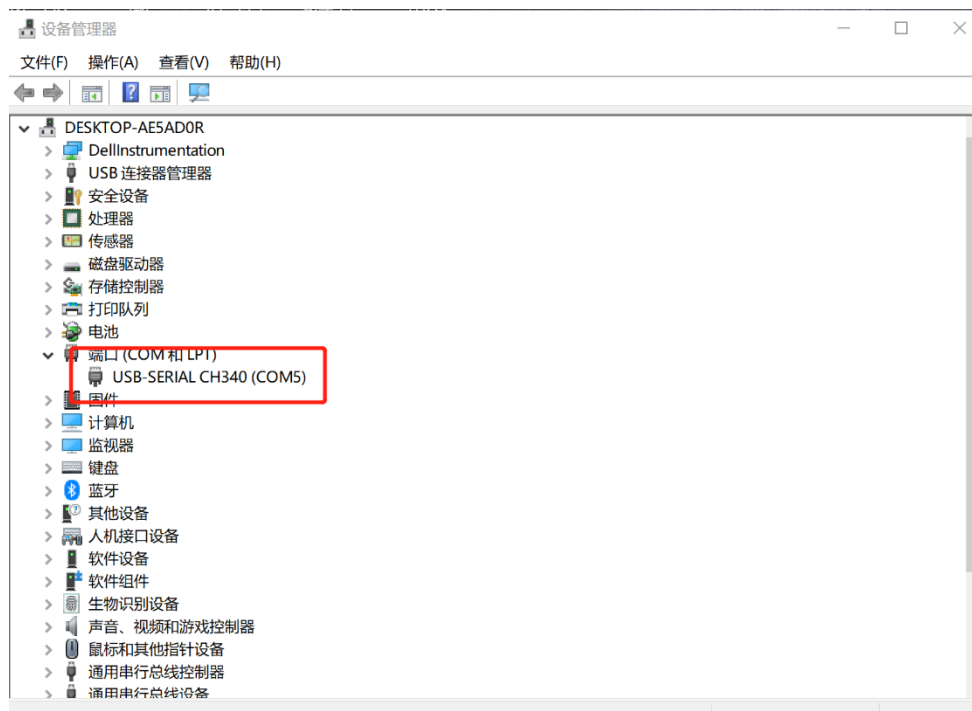


图 6-7 设备管理器识别串口设备

6.5 基站 WIFI 参数配置

RTLS4-TDOA 定位系统，基站通过 WIFI 模块上报时间戳等数据，基站需要配置 WIFI 参数，标签不用配置 WIFI 参数。

当 UTM1 模块 1 号拨码开关拨到 ON 时，进入 WIFI 配置模式，在此模式下，通过串口助手收发的串口指令直接与板载 WIFI 模块进行交互，通过 AT 指令可设置 WIFI 接入参数、UDP 工作模式、主机 IP 地址等参数。首次使用时，需先安装 CH340 驱动程序（配套资料包）和下载串口调试助手。WIFI 模块涉及的 AT 指令较多，作为 UWB 基站时主要完成串口数据 UDP 透传功能，用到的指令有以下几种，其他 AT 指令可参考 ESP-12F 用户手册获取更多信息。

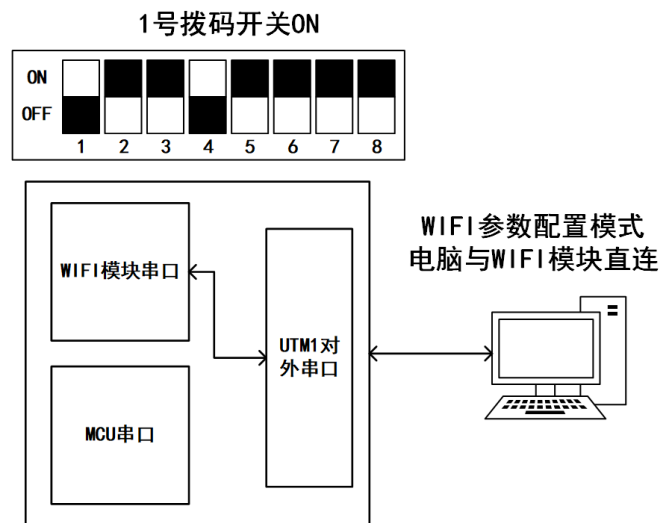


图 6-8 切换 1 号拨码开关为 WIFI 配置模式

表 6-2WIFI 配置指令

序号	指令与说明
1	+++
	退出透传模式。当 wifi 模块需要进行重新配置如修改 wifi 用户名密码或主机 IP 等，先退出透传模式，再发送 AT 指令配置。 该指令无返回值，发送后直接发送 AT 指令即可。 注意发送+++退出透传指令时，不发送后面的\r\n，即串口助手取消勾选“发送新行”，发送 AT 指令时，串口助手需勾选“发送新行”。
2	AT+RESTORE
	恢复出厂设置，发送后会重启。 正确返回： OK
3	AT+CWMODE=1
	配置工作模式为客户端模式，并把配置保存在 flash。 正确返回：OK
4	AT+CWLAP="ssid","password"
	连接 wifi。 正确返回：

	WIFI CONNECTED WIFI GOT IP OK
5	AT+SAVETRANSLINK=1,"192.168.1.209",8090,"UDP" 设置模块为上电后自动连接到 UDP 主机 192.168.1.209，端口号 8090 并进入透传模式。如退出透传模式需发送+++，参考序号 5。 正确返回： OK
6	AT+RST 重启模块，开机自动进入透传模式。 正确返回： OK

如下图所示发送+++时，取消“发送新行”的选项。

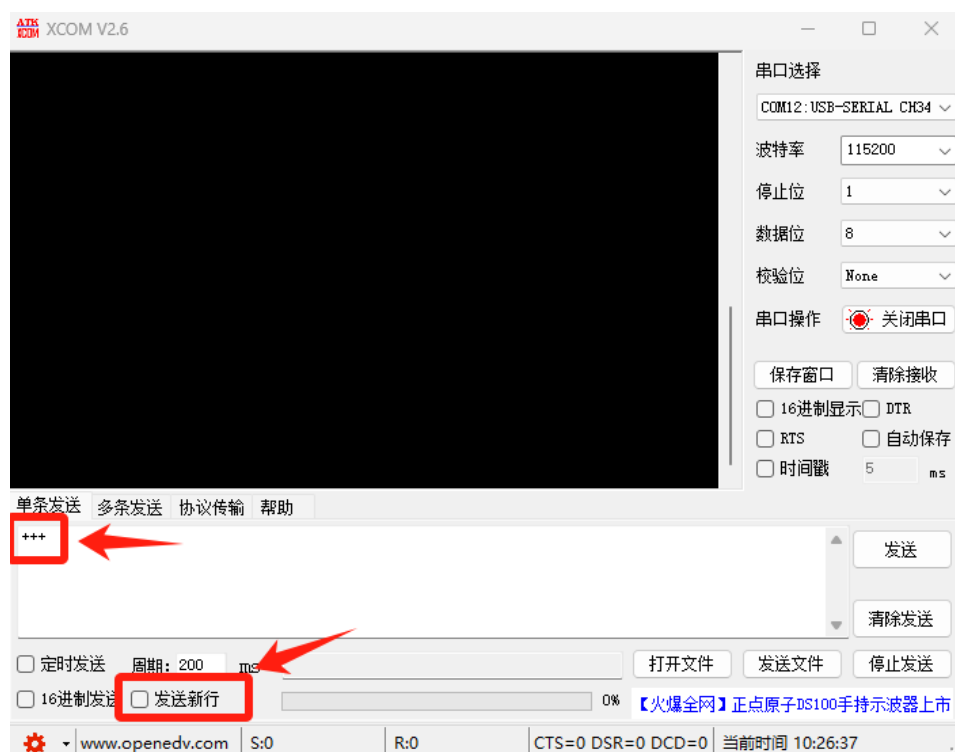


图 6-9WIFI 配置指令发送

如下图所示发送其他 AT 指令时，勾选“发送新行”的选项。

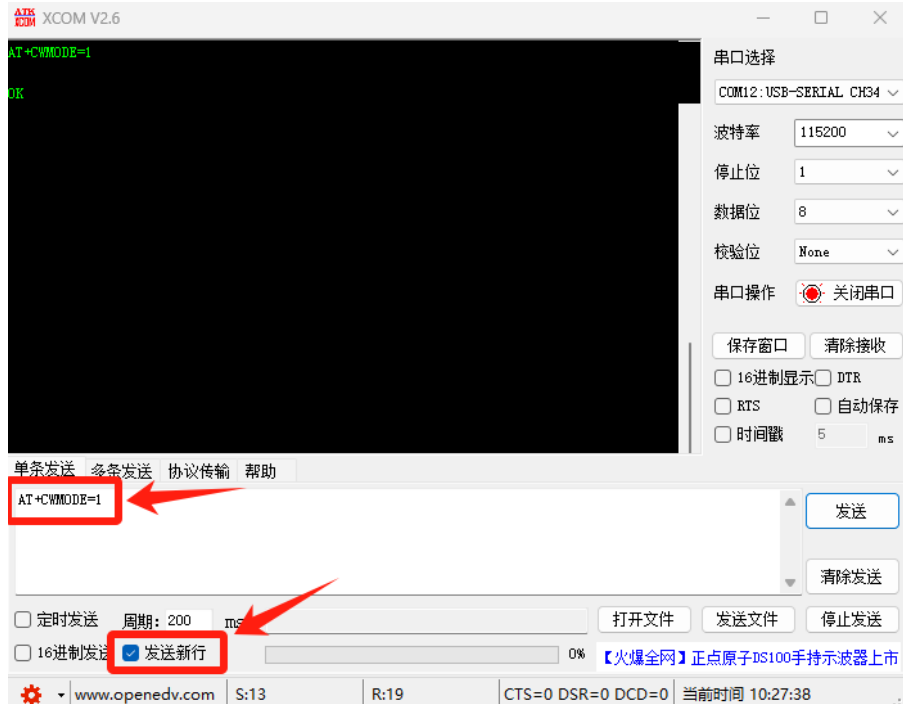


图 6-10WIFI 配置指令发送 2

当配置模块时，模块处于透传模式，需先退出透传模式，按表格 1-2-3-4-5-6 顺序配置后，将 1 号拨码开关拨到 OFF 状态，重启模块，进入透传模式，主机即可接收到 UWB 基站发送的 UDP 数据。

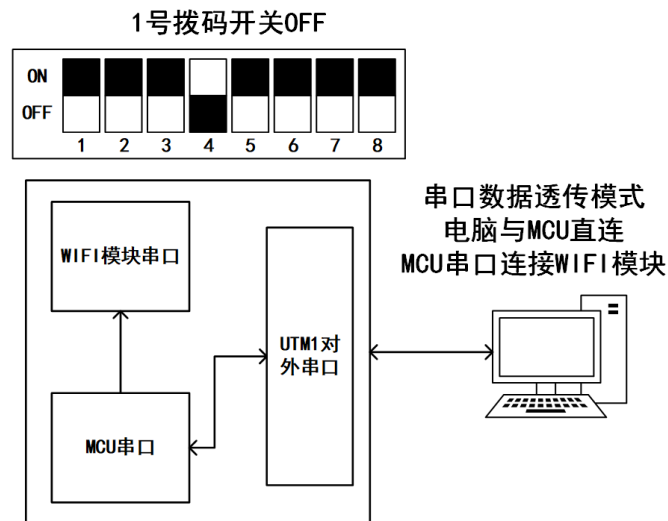


图 6-11 切换 1 号拨码开关为透传模式

6.6 安装部署

6.6.1 部署结构

RTLS4-TDOA 定位系统使用 4 个及以上模块作为基站，若干个模块作为标签，基站间距至少 1 米以上，建议 3 米以上。

使用 4 个基站时，将 4 个基站部署为矩形，矩形的长宽比不能超过 2: 1，标签在基站围成的矩形区域内进行定位。

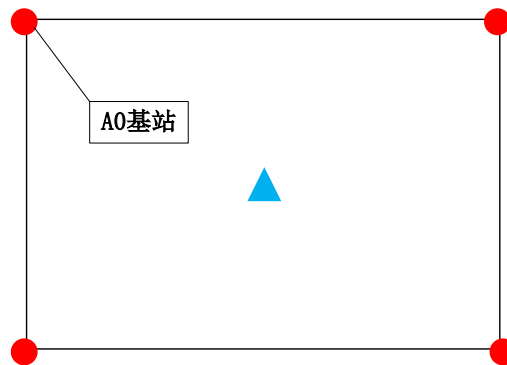


图 6-12 4 基站部署示意图

使用 4 个基站以上时，按矩形长宽比不超过 2: 1 的原则进行扩展，将 A0 基站置于所处空间的尽量中心位置。

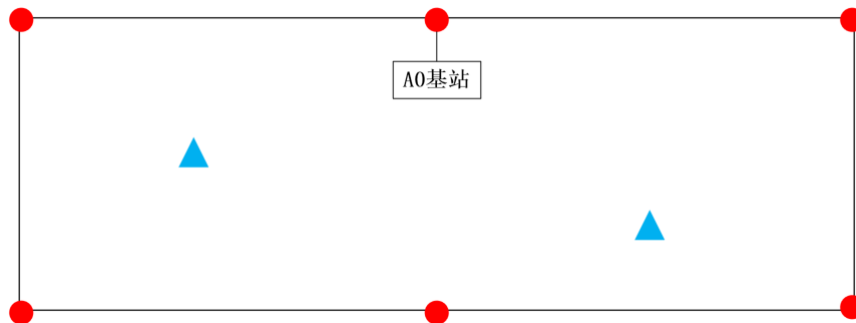


图 6-13 6 基站部署示意图

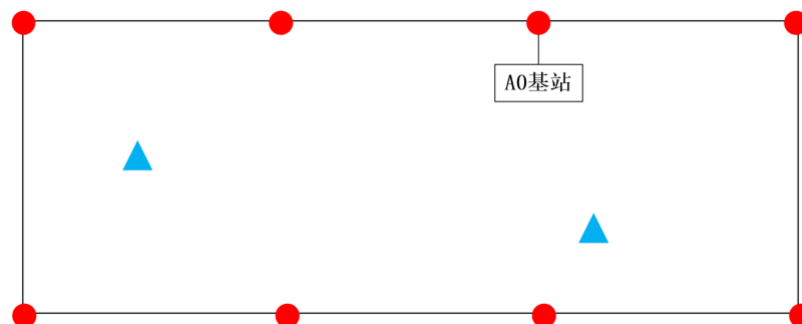


图 6-14 8 基站部署示意图

基站和标签在部署时的注意事项：

- 1) 基站尽量挂高，基站平面可以比标签平面高，**必须**保持基站和基站之间可视无遮挡（A0 基站广播同步消息），尽量保持基站和标签之间无遮挡；
- 2) 标签需在基站的合围区域内进行定位，在合围区域外精度大幅下降甚至无法解算坐标。

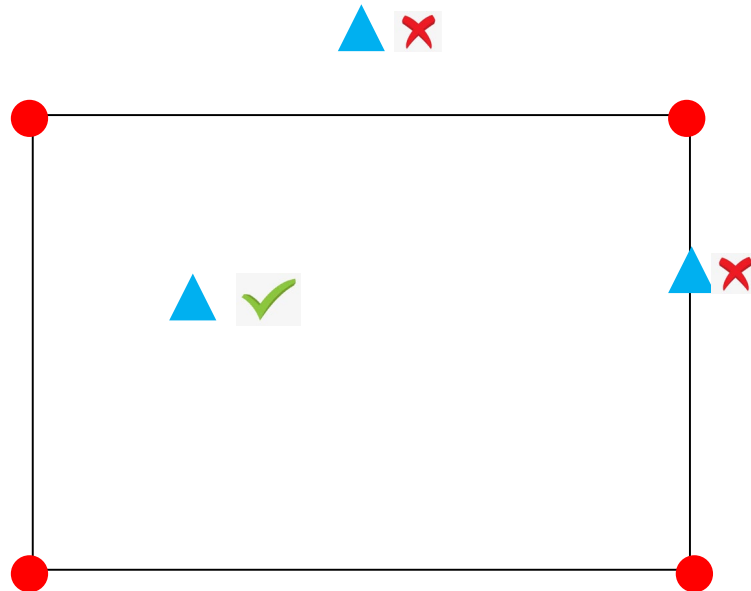


图 6-15 标签位置示意图

6.6.2 基站安装

定位基站需要安装部署在固定位置，安装在如墙壁侧壁、三脚架支撑、房顶等位置。

如部署在办公室等有人和家具的空间内，基站安装时，建议离地垂直高度 2.5 米以上，并高于标签运动平面，基站安装高度越高，抗遮挡能力越强，定位精度和稳定性越高，推荐 3 米左右的高度安装；如部署在没有任何遮挡的二维定位场景内（如无人机、空旷小车定位），基站高度仅保持一致即可，不必需高于标签平面，但离地高度建议 0.5 米以上，避免地面反射干扰。

定位标签安装在以 4 个基站为顶点围成的矩形区域范围内，定位标签天线垂直于地面，如手持测试则尽量将标签举高避免遮挡干扰。

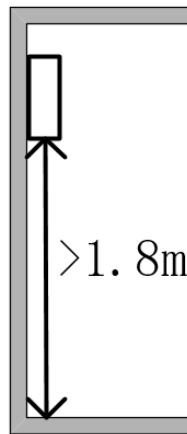


图 6-16 基站的安装高度示意图

安装注意事项：

- 1) 4 个基站组成矩形的长宽比不超过 2：1；
- 2) 相邻基站间距尽量在 3 米以上；
- 3) 如有条件，基站用三脚架支撑安装，且周围 0.5 米内保持空旷；
- 4) 基站的高度保持一致，使 4 个基站组成一个平面；
- 5) 基站不可直接贴在地面上，会造成地面反射增加测距误差；
- 6) 基站尽量挂高，可有效抗遮挡干扰；
- 7) 基站天线周围尽可能避免金属、保持空旷。

6.7 连接上位机软件

UTM1 基站板载 WIFI 模块，可配置基站连接 WIFI 路由器，从而实现与主机之间的无线数据通信，标签开机后即可在上位机软件显示标签位置和轨迹。

注意：

- 1) 基站和 WIFI 路由器之间尽量保持距离接近，如定位空间较大，尽量将路由器放在定位空间的中间位置；
- 2) 电脑和路由器之间尽量用有线网络连接。

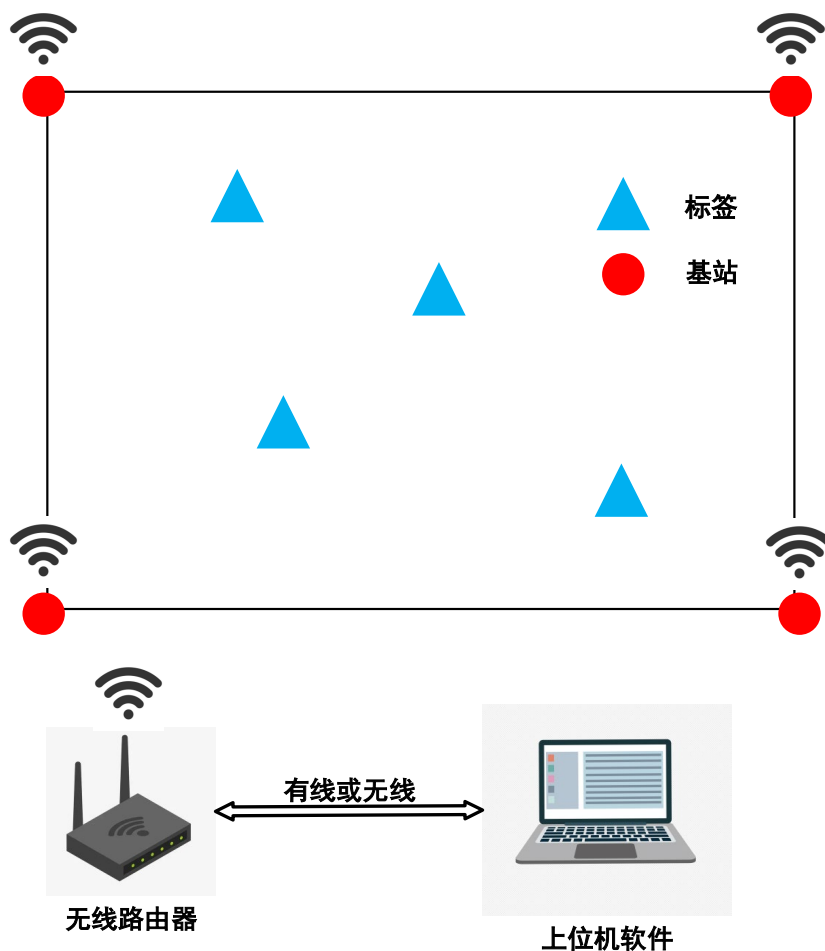


图 6-17 基站与上位机数据连接

打开“HR-RTLS4 开箱测试资料\上位机软件”目录，解压“HR-RTLS4_PC.zip”文件，运行 HR-RTLS4_PC.exe 文件，运行上位机软件。

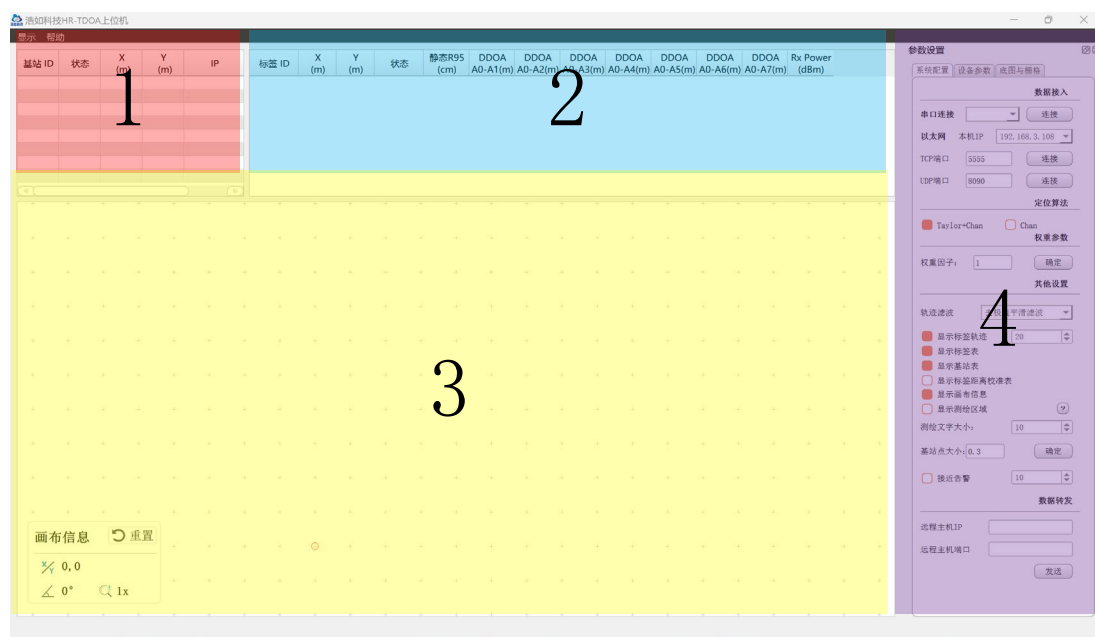


图 6-18 上位机软件运行界面

如图所示上位机软件界面主要分为 4 个区域：基站列表、标签列表、实时轨迹绘图、参数设置。

表 3-3 上位机软件区域功能

区域号	名称	主要功能
1	基站列表	设置基站坐标，显示基站在线状态
2	标签列表	显示标签 ID、坐标、与各基站的到达距离差值
3	实时轨迹绘图	显示标签实时轨迹，可加载底图
4	参数设置	数据连接、底图、栅格等参数设置

在数据接入栏内以太网 IP 下拉列表选择本机 IP，也就是基站 WIFI 配置的主机 IP 地址，UDP 端口号填写 WIFI 配置的端口号（默认 8090），点击“连接”。



图 6-19 上位机软件连接 UDP

将基站和标签开机上电，基站列表内将陆续上线基站信息，初次使用时，基站列表内的基站坐标是空值，标签列表内也为空值，需按基站坐标部署情况进行基站标定和坐标设置，即可完成标签坐标解算。基站坐标会自动保存，下次再打开上位机软件时自动按上次默认值设置。关于基站坐标的设置方法请参考 6.8 节。

基站 ID	状态	X (m)	Y (m)	IP	标签 ID	X (m)	Y (m)	状态	静态RSSI (cm)	DDOA A0-A1(m)	DDOA A0-A2(m)	DDOA A0-A3(m)	DDOA A0-A4(m)	DDOA A0-A5(m)	DDOA A0-A6(m)	DDOA A0-A7(m)	Rx Power (dBm)
3	True			192.168.0.132													
0	True			192.168.0.238													
2	True			192.168.0.154													
1	True			192.168.0.173													

图 6-20 基站上线

6.8 上位机软件参数设置

基站模块搭建部署后，需准确标定基站坐标并配置上位机软件，才可完成标

签准确定位；一般以 A0 基站为(0,0)点建立坐标系，测量 A1、A2、A3 与 A0 的相对距离，计算出其他基站的平面(x,y)坐标；4 个基站的高度保持一致。计算完成所有基站的坐标后，填写到上位机软件的【基站列表】栏内。

如图例，A0 与 A1 的距离为 3 米，A0 与 A3 的距离为 2.5 米，4 个基站围成标准矩形，则得到 4 个基站的坐标为：A0(0,0)、A1(3,0)、A2(3,2.5)、A3(0,2.5)。

准确标定和输入基站坐标后，【标签列表】即可显示出该标签的定位坐标结果(x,y)，并在【实时轨迹绘图】内显示标签定位点及轨迹。

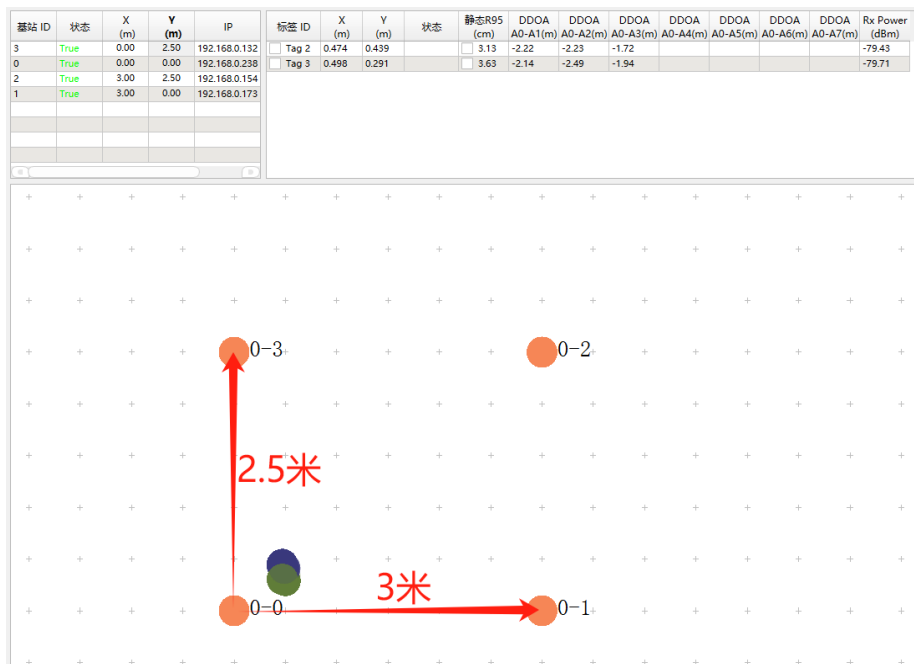


图 6-21 上位机软件基站坐标设置

其他注意事项：

- 1) 基站搭建时，基站的安装顺序没有固定标准，准确标定位置即可；
- 2) 基站坐标设置可在第一象限也可在其他象限没有固定限制；
- 3) 坐标系的原点(0,0)不一定必须是 A0，可以任意设置，但所有基站据该点的相对位置要计算准确，最终的标签定位坐标也是基于这个原点(0,0)的坐标。

6.9 上位机软件底图设置

上位机软件可加载 png 图片格式的底图作为定位轨迹的背景图(对于定位来讲非必须)，以实现更直观的定位轨迹展示。设置底图的原则是将底图匹配已经设置好的基站图标，而不是让基站图标的位置去匹配底图。底图的绘制可用 Visio

或其他建筑绘图软件；在加载底图前，先设置好基站坐标并在白底图上按实际比例显示基站图标，点击“参数设置”-“底图布置”选项卡，点击“打开”选择要加载的 png 格式图片。



图 6-22 设置加载底图图片

加载图片后，在整个界面上看起来会比较大，首先调整“X 缩放”和“Y 缩放”的比例，让图片的比例缩小，先大致匹配到实际的基站图标对应的实际比例。



图 6-23 调整 XY 缩放

按需调整“X 镜像”或者“Y 镜像”让图片与实际方向匹配。



图 6-24 调整 XY 镜像

点击“设置原点”，用鼠标点击底图的原点，设置完成后，再微调“X 缩放”和“Y 缩放”使底图完全匹配基站图标，底图设置完成。



图 6-25 设置原点

绘制自定义底图方法视频：

<https://www.bilibili.com/video/BV1of4y1a7DT/>

上位机软件设置方法视频：

<https://www.bilibili.com/video/BV1Rk4y117bj/>

6.10 定位结果数据转发

上位机软件可将标签定位结果数据通过 UDP 对外转发，在参数设置栏“数据转发”内设置远程主机 IP 和远程主机端口，即可将结果转发。可用网络调试

助手接收 UDP 数据验证。

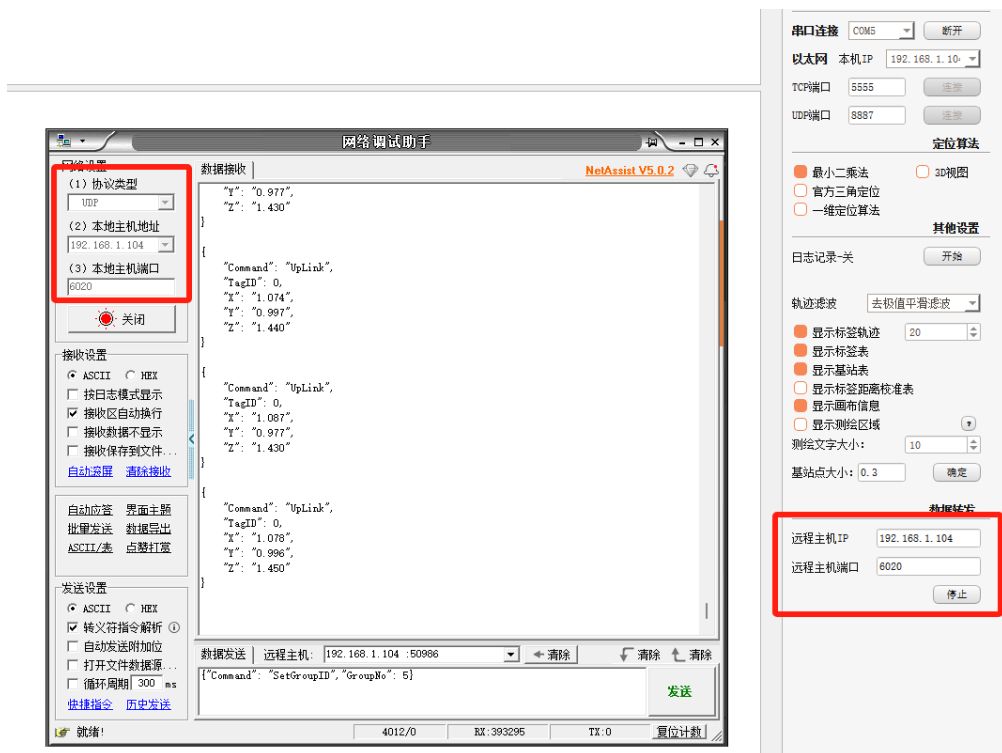


图 6-26 数据转发设置

数据例：

```
{
  "Command": "UpLink",
  "TagID": 0,
  "X": 1.089,
  "Y": 1.056,
}
```

表 3-4 数据转发协议说明

序号	KEY	Value	类型	说明
1	Command	UpLink	char	固定头
2	TagID	0	int	标签 ID
3	X	1.089	float	标签 X 坐标，单位米
4	Y	1.056	float	标签 Y 坐标，单位米

7 通信协议

HR-RTLS4 系列基站串口数据可通过板载 USB 接口连接上位机通过串口助手接收查看串口数据,同时通过板载 ESP8266 模块连接 WIFI 并通过以太网 UDP 方式透传到主机, 格式与串口一致。

串口波特率 115200bps, 8 位数据, 无奇偶校验, 1 位停止位, 字符串 ASCII 格式, 相邻字段用逗号隔开。

例(A0): mt,0,1,33,10872698843,10948064768,0,0,-78.16,-82.27,144

例(A1): mt,1,2,33,610103618676,0,610179018053,-148,-78.27,-85.11,176

表 7-1 串口通信协议说明

内容	例子	功能
HEAD	mt	消息头, 固定为 mt
ANCID	0	该条消息的基站 ID
TAGID	1	接收到定位请求的标签 ID
RN	33	Range number 不断累积增加范围 0~255
POLL_RX_TIME	10872698843	该基站收到标签发送的 POLL 消息时间戳
SYNC_TX_TIME	10948064768	主基站发送 SYNC 消息时间戳, 只有主基站 A0 这个字段有效, 其他从基站该字段为 0 无效
SYNC_RX_TIME	0	从基站接收主基站 SYNC 消息时间戳, 只有从基站 A1,A2,A3...有效, 主基站 A0 该字段为 0 无效
CLOCKOFF	0	从基站接收主基站 SYNC 消息频偏, 只有从基站 A1,A2,A3...有效, 主基站 A0 该字段为 0 无效
RX_PWR	-78.16	该基站接收标签消息的接收总功率, 单位 dBm
FP_PWR	-82.27	该基站接收标签消息的第一路径功率, 单位 dBm

STD_NOISE	144	该基站接收标签消息的噪声标准差 0~65535
-----------	-----	-------------------------

8 二次开发

8.1 嵌入式软件开发

HR-RTLS4 系列模块使用 STM32F103CBT6（或其完全兼容国产替代型号）系列作为主控 MCU，穿戴式标签采用 STM32L051K8U6 低功耗单片机，均使用 CUBEmx 配置工具搭建，HAL 库开发，KEIL-MDK 集成开发环境，方便移植；

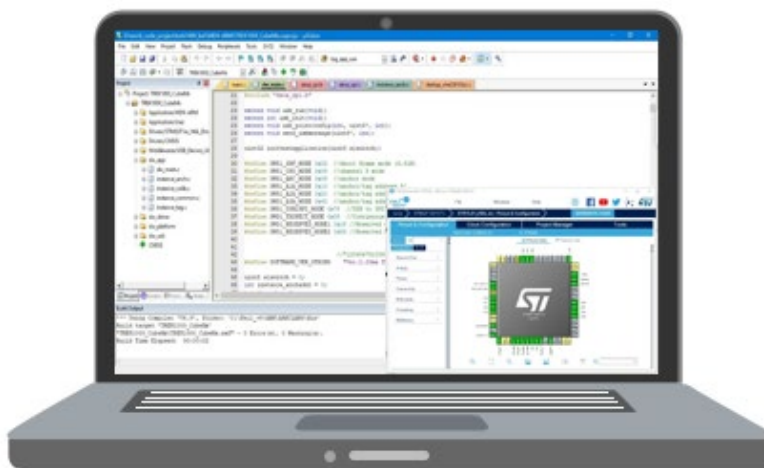


图 8-1 嵌入式软件开发环境示意图

嵌入式软件整体架构如图 10-2 所示：主要分为驱动层、DW_API 层、应用层。

驱动层主要实现 STM32 与 DWIC 的 SPI 通信，一般使用 CUBEmx 进行初始化配置，使用 HAL 库进行开发，初始化完成后，自动生成初始化代码，使用 SPI 数据收发函数，对接到 DW_API 层，完成驱动层搭建。另外还有中断配置、IIC 配置、串口配置、看门狗配置等都在 CUBEmx 进行初始化配置，驱动层代码用户开发工作量较小，主要熟练掌握 CUBEmx 配置即可。

DW_API 层使用 DecaWave 官方 API 进行移植搭建，API 将常用功能进行函数封装，DWIC 的主要功能实现基本通过读写相应的寄存器实现，通过官方 API 内的简单 example 结合《DW1000_Software_API_Guide.pdf》可大概了解常用 API 功能。DW_API 层代码用户开发工作量较小，开发相应应用层功能时会调用即可。主要程序目录为 Src\decadriver，Src\platform。

应用层是实现 TDOA 嵌入式部分的具体操作流程，主要完成标签广播定位请求、基站同步等功能，并将测得数据通过串口发送。应用层由浩如科技开发，是实现整体功能的核心代码，建议重点学习和熟练掌握。二次开发基本也是基于应用层来开发。主要程序目录为 Src\application。

应用层	主要文件 dw_main.c instance_anchor.c instance_tag.c	主要功能 实现基站间同步，标签发送定位请求，时间戳读取，标签时序校准，串口通信等功能
DW_API层	主要文件 deca_device.c port.c deca_spi.c	主要功能 使用官方API库，通过SPI控制寄存器读写完成参数配置、数据收发等功能，功能封装成相应函数，供用户调用使用
驱动层	主要文件 STM32F1xx_HAL_Driver spi.c i2c.c	主要功能 完成SPI、IIC、GPIO、看门狗、时钟、外部中断等相应配置，使用CUBEmx生成初始化代码

图 8-2 嵌入式软件整体架构

关于嵌入式软件开发，请用户参考《HR-RTLS4 嵌入式软件开发手册》、《嵌入式开发环境搭建与程序烧写方法》及视频教程《嵌入式代码讲解》进行详细了解，本手册不再赘述。

HR-RTLS4 嵌入式软件开发手册：

https://www.haorutech.com/download/rtls4/HR-RTLS4_EmbeddedDevelopmentManual.pdf

嵌入式开发环境搭建与程序烧录方法：

<http://rtls1.haorutech.com/download/嵌入式开发环境搭建与程序烧写方法.pdf>

8.2 上位机软件开发

系统上位机软件采用 C++ QT 软件架构，提供源码与《课程 4：TDOA 上位机代码讲解》、开发环境安装包等，帮助用户使用和二次开发上位机软件。

上位机软件可全屏显示，可适配 1080P/2K/4K 等多种分辨率屏幕。

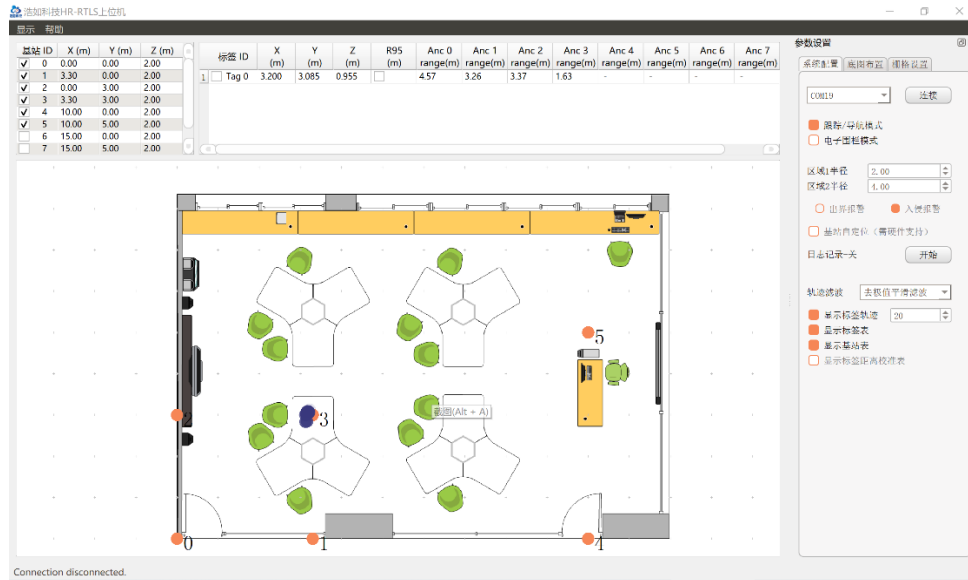


图 8-3 上位机软件示意图

8.2.1 上位机软件基本功能

- 1) 日志记录与保存
- 2) 地图导入、地图匹配、地图距离测量
- 3) 轨迹实时显示、历史轨迹记录与回放分析
- 4) 可选平均平滑滤波和去极值平均平滑滤波
- 5) 栅格调整、缩放比例调整等
- 6) 设置控件选择和关闭，全屏显示，高分辨率适配

9 开发与学习资料

随模块提供的主要开发与学习资料的清单如下：

表 9-1 文档类资料

序号	文档资料名称	作者	语言
1	HR-RTLS4 用户手册	浩如科技	中文
2	HR-RTLS4 嵌入式开发手册	浩如科技	中文
3	UTM1 用户手册	浩如科技	中文
4	HR-RTLS4 上位机软件开发手册	浩如科技	中文

表 9-2 视频教程类资料

序号	视频教程名称
1	先导课：一次讲清 UWB 各类拓扑（TWR,PDoA,TDoA）
2	课程 1：TDOA 基本原理及算法讲解
3	课程 2：TDOA 定位嵌入式开发讲解
4	课程 3：TDOA 嵌入式代码讲解
5	课程 4：TDOA 上位机代码讲解
6	课程 5：TDOA 基站 UTM1 硬件讲解

表 9-3 开发源码类资料

序号	设计资料名称	作者	开发语言
1	UTM1-STM32 嵌入式源码+CUBE 工程	浩如科技	C 语言
2	TDOA 上位机源码	浩如科技	C++ QT
3	TDOA 定位算法源码	浩如科技	C 语言
4	DW1000 嵌入式 API	Decawave	C 语言

表 9-4 硬件设计类资料

序号	设计资料名称	作者	文件类型
1	UTM1 模块硬件原理图	浩如科技	PDF
2	相关芯片 DATASHEET	Decawave	PDF

以上列出为主要的资料清单列表，我司会根据研发情况，及时更新或新增开发资料库，用户可定期与对接的技术工程师联系获取最新资料。

10 常见问题

1. 系统是开源的吗？

系统是完全开源的，嵌入式代码、上位机代码、算法等全部开源，并且配套相应的开发手册和视频教程，帮助客户迅速上手完成学习开发。

2. 系统是成熟的吗？是需要经过开发后才能使用吗？

系统已经具备完善的定位功能，用户可直接通过接口得到定位数据后进

行项目应用，也可根据当前功能和源码，通过学习和二次开发完成自主的产品化研发工作。

3. 我应该买几个模块？

根据您的使用场景来确认，以下举例：

- 1) 如您想完成基本的二维定位，则最少购买 5 个模块，即 4 基站 1 标签；
- 2) 如您之前购买过模块，想增加基站或者标签，则购买相应的扩展数量的模块；
- 3) 如您想给 10 个标签进行定位，则购买 4 基站加 10 标签，即 14 个模块。

4. 定位精度如何？使用范围和精度有什么关系？

水平 XY 定位精度 10cm（CEP95）；

5. 模块电池供电待机时间多长？

模块待机时间与外接充电宝容量、定位频率有很大关系，ULM1 配套的外接充电宝基站待机时间约 10 小时，标签待机时间约 15 小时；LD150/LD600 内置电池基站待机约 8 小时，标签待机约 12 小时。

6. 购买系统后还需买其他测试配件吗？

基础的移动电源、数据线等都会配套提供，如需户外测试或者对系统准确性稳定性要求比较高的情况下，建议购买三脚架支撑基站，淘宝搜索“直播三脚架”即可，建议买最高 3m 的三脚架。

7. 系统上手快吗？使用简单吗？

对于使用搭建来讲，上手非常快，配套的开箱测试视频会辅助用户完成系统搭建；对于学习开发来讲也配套了系统的开发教程和开发手册等，如有嵌入式开发基础则学习上手也会很快。

8. 全套设计资料什么时候给我？

用户购买后，先按照开箱测试资料完成搭建和测试，确认系统功能正常且符合需求，操作确认收货后，由客服发送全套的技术资料；如不满足需求，也可保护好外观退货。全套设计资料涉及到源码，发送后将不能退货。

9. 遮挡对 UWB 定位的影响如何？

- 1) 实体墙：UTM1 模块可以穿过 1 堵实体墙，定位误差会增加 30cm 左右，具体纸板与墙体的厚度、材料相关；
- 2) 电线杆、树木等长条形物体：这些遮挡物体对定位的影响大小取决于其距离标签与基站之间的距离。例如当基站与标签相距 60 米时，遮挡物在标签与基站中间的位置对定位的影响就很小，当遮挡物距离基站很近只有 1 米时，此时的影响就很大；
- 3) 玻璃：玻璃对 UWB 定位精度影响较大；
- 4) 钢板铁板等金属：对 UWB 电磁波吸收很严重，尤其是当靠近节点时，会导致电磁波无法传递到遮挡物的另外一端，导致无法定位；
- 5) 纸板、木板等：一般 10cm 厚度的此类遮挡物对定位精度影响不是很大，信号强度会有所衰减。

10. 为什么定位精度看起来不好？

- 1) 检查基站坐标是否正确测量并填写在上位机软件中；
- 2) 检查基站高度是否为离地 2.5M 以上；
- 3) 检查标签与基站测距值是否有部分基站无法通信活着通信效果不好，尝试移动效果不好的基站位置，重新标定测试；
- 4) 检查标签与基站之间是否有遮挡；
- 5) 检查基站是否同一个平面（对于要求同一个平面的场合）；
- 6) 检查标签是否处于基站围成面外较远的位置。

11. 为什么基站与标签通信距离较近？

- 1) 在远距离通信的情况下，建议使用三脚架支撑基站和标签，高度 1.8M 以上进行测距测试；
- 2) 检查基站和标签之间是否有遮挡或强电磁干扰；
- 3) 检查模块天线是否安装良好。