



研创物联 UWB 系列开发板

Mini4sPlus 开发板 - 操作使用手册

Version 1.3 (2023.12.01)













目录

1	研创物联定位开发套件及配件介绍	4
1.1	研创 UWB 系列产品	4
1.2	模块介绍.....	4
1.3	外接口定义	5
2	主要参数	6
2.1	出厂程序固件	6
2.2	硬件参数.....	6
2.3	硬件 IO 分配一览	6
2.4	实测频谱.....	7
2.5	研创 UWB 产品能用在哪些场合?	8
2.6	国内外主流室内定位技术的优缺点?	8
3	常见技术问题问答	9
3.1	原理.....	9
3.2	使用.....	9
4	UWB Mini4sPlus 定位套件测试说明.....	11
4.1	模式配置.....	11
4.2	定位测试: 3 基站+1 标签测试	11
4.3	定位测试: 4 基站+多标签测试.....	13
4.4	测距测试: 1 基站+3 标签测试	14
5	研创定位系统数据入网解决方案简介	15
5.1	概述.....	15
6	模块二次开发.....	16

6.1	开发环境和工具	16
6.2	固件更新	16
6.3	从串口输出数据的方法	16
6.4	从 USB 虚拟串口输出数据的方法	17
7	PC 上位机通讯数据格式与二次开发	20
7.1	实时定位系统上位机简介	20
7.2	实时定位系统上位机界面	20
7.3	数据帧 TOF Report Message	23
7.4	日志文件 Log Files	24
7.5	三边定位法 Trilateration 的原理与计算方法	24
8	UWB 产品化开发	26
8.1	数据标定方法	26
8.2	进一步提升测距刷新速率的方法	27
8.3	进一步提升定位刷新速率的方法	27
8.4	遮挡对室内定位 UWB 的影响	28
9	AT 指令集	29
9.1	AT+SW 指令 (8 标签及以下)	29
9.2	AT+QSET 指令 (9 标签及以上)	29
10	文档管理信息表	32

1 研创物联定位开发套件及配件介绍

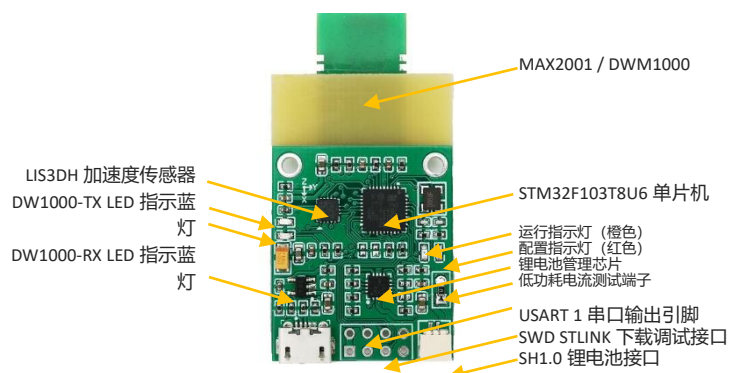
1.1 研创 UWB 系列产品

UWB 小功率模组 MAX2001-CA 立即购买		<ul style="list-style-type: none"> •基于 DW1000 设计 •频段：3.7G-4.2G •大功率远距离 •兼容 DWM1000 封装 •支持 TOF / TDOA 	Mini4sp-C2-CA 立即购买		<ul style="list-style-type: none"> •搭载 MAX2001 模组 •STM32F103T8U6 主控 •锂电池充电管理 •带加速度计 •AT 指令集配置 •提供底板原理图 •提供例子程序开发手册
UWB 大功率模组 MAX2001-SMA 立即购买			Mini4sp-C2-SMA 立即购买		
UWB 大功率模组 MAX2001-IPEX 立即购买			Mini4sp-C2-IPEX 立即购买		
UWB 大功率模组 MAX5007-CA 立即购买		<ul style="list-style-type: none"> •基于 DW1000 设计 •频段：6.0G-7.0G •大功率远距离 •兼容 DWM1000 封装 •支持 TOF / TDOA 	Mini4sp-C5-CA 立即购买		<ul style="list-style-type: none"> •搭载 MAX5007 模组 •STM32F103T8U6 主控 •锂电池充电管理 •带加速度计 •AT 指令集配置 •提供底板原理图 •提供例子程序开发手册
UWB 大功率模组 MAX5007-SMA 立即购买			Mini4sp-C5-SMA 立即购买		
UWB 大功率模组 MAX5007-IPEX 立即购买			Mini4sp-C5-IPEX 立即购买		

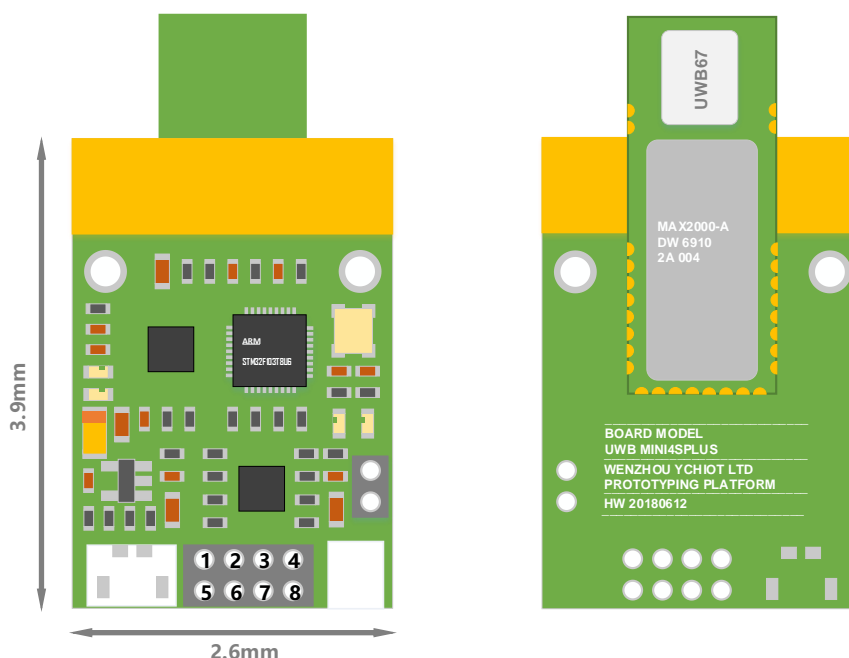
1.2 模块介绍

1.2.1 概述

UWB Mini4sPlus 采用“底板+模块”的架构。底板采用 STM32F103T8U6 单片机为主控芯片，外围电路包括：电源模块、LED 指示模块、锂电池管理模块、LIS3DH 加速度传感器等。Mini4sPlus 搭载研创自制 MAX2001 模块（带 PA/LNA），性能更加优秀。Mini4sPlus 既可以作为基站，也可以作为标签，通过 USB 指令进行切换。



1.3 外接口定义



产品型号	引脚	引脚方向	备注
1, 5	VCC5.0	输入	模块电源正参考, 电压范围: 3.7V~5.2V
2	TXD	输出	TTL 串口输出, 连接到外部 RXD 引脚
3	RXD	输入	TTL 串口输入, 连接到外部 TXD 引脚
4, 8	GND	输入	模块地线
6	SWDIO	-	SWD 下载接口
7	SWCLK	-	SWD 下载接口

2 主要参数

2.1 出厂程序固件

出厂程序版本号：1.8.7.6。该程序已加入加速度传感器驱动。

2.2 硬件参数

表 1.3.2 UWB Mini4sPlus 硬件参数

基本参数		无线参数	
PCB 工艺	4 层板-环氧树脂	通讯速率	110 kbit/s, 850 kbit/s, 6.8 Mbit/s
供电接口	micro-USB(5.0V) / 接线柱	工作频率	Mini4sPlus-C2: 3.7GHz ~ 4.2 GHz Mini4sPlus-C5: 6.2GHz ~ 6.7 GHz
通讯接口	micro-USB(5.0V) / 串口 (3.3V TTL)	工作频道	Mini4sPlus-C2: Channel 2 Mini4sPlus-C5: Channel 5
下载接口	SWD (VCC SDIO SCK GND)	发射功率	-23dBm/Mhz
主控制器	STM32F103T8U6(36pin)	最大包长	1023 字节
外部晶振	8Mhz	通讯距离	500m (无遮挡) @SMA 天线 110K
PCB 尺寸	47mm * 26mm	数据抖动	典型±10cm, 一般遮挡±30cm

2.3 硬件 IO 分配一览

表 2.3 研创系列 UWB 产品硬件 IO 口分配

	Mini3s	Mini3s Plus	Protag 2s	Mini4sPlus	引脚备注
PA0	DW_RSTn	DW_RSTn	DW_RSTn	DW_RSTn	
PA1	-	-	PGOOD	PGOOD	0:USB 有电源输入充电中 1:无 USB 接入
PA2	-	-	CHG	CHG	0:电池没充满 1:电池充满了
PA3	-	USB-EN	USB-EN	USB-EN	
PA4	DW_NSS	DW_NSS	DW_NSS	DW_NSS	
PA5	DW_SCK	DW_SCK	DW_SCK	DW_SCK	LIS3DH – SPI 接口
PA6	DW_MISO	DW_MISO	DW_MISO	DW_MISO	LIS3DH – SPI 接口
PA7	DW_MOSI	DW_MOSI	DW_MOSI	DW_MOSI	LIS3DH – SPI 接口
PA8	DW_EXTON	DW_EXTON	DW_EXTON	DW_EXTON	

PA9	USART1_TX	USART1_TX	USART1_TX	USART1_TX	串口 1-TXD
PA10	USART1_RX	USART1_RX	USART1_RX	USART1_RX	串口 1-RXD
PA11	USB-DM	USB-DM	USB-DM	USB-DM	USB 接口
PA12	USB-DP	USB-DP	USB-DP	USB-DP	USB 接口
PA13	SWDIO	SWDIO	SWDIO	SWDIO	SWD 接口
PA14	SWCLK	SWCLK	SWCLK	SWCLK	SWD 接口
PA15	-	-	LIS_CS	LIS_CS	加速度传感器片选
PB0	DW_WUP	DW_WUP	DW_WUP	DW_WUP	
PB1	-	-	ADC_VBAT	ADC_VBAT	ADC 数值 x2 为锂电池电压
PB2	BOOT1	BOOT1	Buzzer	BOOT1	
PB3	-	-	BQ_TD_EN	BQ_TD_EN	0: 充电使能 1: 充电失能
PB4	-	-	INT	INT	LIS3DH 中断脚 0: 关闭 DW1000 电源 1: 开启 DW1000 电源
PB5	DW_IRQN	DW_IRQN	DW_IRQN	DW_IRQN	
PB6	LED1	LED1	LED1	LED1	普通可控制 LED
PB7	-	-	LED2	LED2	普通可控制 LED

2.4 实测频谱

将开发板的天线接到频谱仪 FSL-6(罗德与施瓦茨公司)上, 测得 Mini4 的 Channel 2 中心频率为 4GHz, 最大增益-49.96dbm; Mini4sPlus 的 Channel 2 中心频率为 4GHz, 最大增益-23.12dbm, 如下图所示。

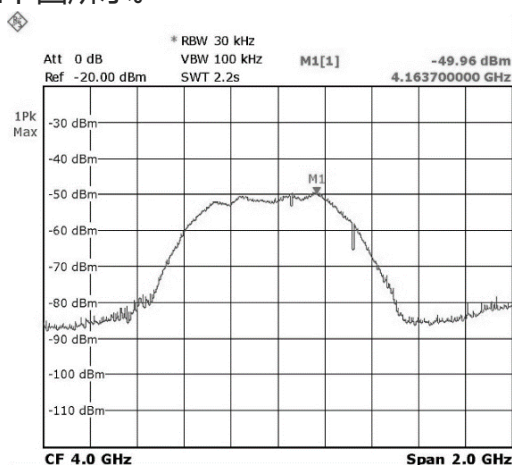


图 2.4.1 UWB Mini4 发射功率测试

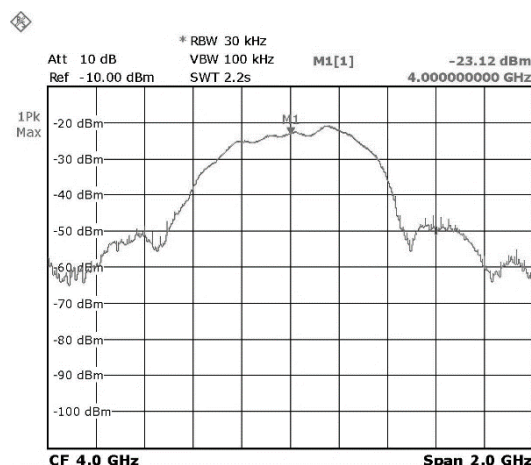


图 2.4.2 UWB Mini4sPlus 发射功率测试

2.5 研创 UWB 产品能用在哪些场合？

根据客户提供的需求以及实际应用情况，经过一系列的技术回访，UWB 室内定位的产品已经在如下应用场景应用：如机场大厅、展厅、仓库、超市、图书馆、地下停车场、矿井等环境。具体情境如下：

- 智能行李箱、智能儿童车；
- 工厂集装箱、货物定位；
- 在游乐场帮助游客找相应的景点与公共设施；
- 超市人员定位；
- 在博物馆里更有效地帮助访客了解展品信息和观看展览；
- 矿井人员定位、掘进机工作情况；

2.6 国内外主流室内定位技术的优缺点？

近几年来，包括谷歌、微软、苹果、博通等在内的一些科技巨头，还有一些世界有名的大学都在研究室内定位技术。根据国内外文献的研究与调查，蓝牙、无线射频等，在办公室、家庭、工厂等场景的室内定位得到了广泛应用。国内外主流室内定位技术优缺点如下表所示：

表 2.4 国内外主流室内定位技术优缺点

室内定位技术	优点	缺点
超声波定位技术	精度较高，结构简单。	受多径效应和非视距传播影响很大，同时需要大量的底层硬件设施投资，成本太高。
蓝牙定位技术/ ibeacon	设备体积小、易于集成，容易推广普及。	对于复杂的空间环境，蓝牙系统的稳定性稍差，受噪声信号干扰大。
射频识别技术	标识的体积比较小，造价比较低。	作用距离近，不具有通信能力，而且不便于整合到其他系统之中。
UWB 超带宽技术	穿透力强、功耗低、抗多径效果好、安全性高、系统复杂度低、能提供精确定位精度。	遇到遮挡物、金属等会有一定影响，价格略贵，离大规模生产仍有一段距离。
SLAM 技术	在自身位置不确定的条件下，在完全未知环境中创建地图，同时利用地图进行自主定位和导航。	图像数据量巨大，设备价格非常贵，适合研究，不适合量产。

3 常见技术问题问答

3.1 原理

3.1.1 UWB 的测距原理是什么？

双向飞行时间法（TW-TOF, two way-time of flight）每个模块从启动开始即会生成一条独立的时间戳。模块 A 的发射机在其时间戳上的 T_{a1} 发射请求性质的脉冲信号，模块 B 在 T_{b2} 时刻发射一个响应性质的信号，被模块 A 在自己的时间戳 T_{a2} 时刻接收。有次可以计算出脉冲信号在两个模块之间的飞行时间，从而确定飞行距离 S 。

$$S = C \times [(T_{a2} - T_{a1}) - (T_{b2} - T_{b1})] / 2 \quad (C \text{ 为光速})$$

3.1.2 UWB 定位的原理是什么？

- 1) 距离 = 光速 * 时间差 / 2；XY 平面，3 个圆，能够确定一个点；
- 2) XYZ 空间，4 个圆，能够确定一个空间点；

3.2 使用

3.2.1 本模块能穿墙测距吗？

答：穿墙会造成信号隔断，导致测距失败。这是 UWB 定位的原理决定的。小障碍物，例如：桌子、椅子等，则对定位的精度影响不是很大。

3.2.2 本模块在安装注意事项

- UWB 模块与墙体、桌子、货架、金属柜等障碍物保持至少 1m 距离。否则将会影响定位数据，导致测距结果不准；
- 天线周围尽量不要被遮挡。用户在进行标准测量时，基站请放在三脚架上，**距离地面 1.5 米以上**；
- 测试时，请将天线拧上，以保证模块的性能发挥到最优；
- 如果需要信号穿墙测距的客户，可购买大功率模块，该模块增加射频功放电路，信号稳定穿墙；



图 3.2.2 基站标签
安装注意事项

3.2.3 基站在使用时为什么会发热？

答：会有发热现象，这是正常现象。但不会烧坏模块，请放心使用。

3.2.4 上位机的迷你地图可以自定义吗？

答：可以自定义，支持 PNG 格式导入，可以用 Microsoft Office Visio 绘制。

3.2.5 TOF 和 TDOF 测距主要错误来源

- 1) 信号减损。室内定位的测距信息是假设在视距的情况下测得的距离，如果非视距，比如中间有障碍物或者通过反射到达，都将会导致接收的时间变长，从而测得的距离会变大。
- 2) 基站坐标错误。标签 Tag 的坐标是相对于基站 Anchor 坐标而言的，如果基站的坐标本身就有错误，那我们的定位数据就没有什么意义了。
- 3) 时钟同步错误。每一个基站他们的时钟都会有略微的差距，但是如果差距在 1ns 就会有 30 厘米的误差，所以如果我们可以将系统中所有基站的时间同步，可以进一步提升定位精度。

4 UWB Mini4sPlus 定位套件测试说明

研创 UWB 定位系统至少由四个 UWB 模块组成，即 3 基站+1 标签。此后，可购买标签和基站，实现该系统标签和数量的扩展，该 DEMO 最大能支持 4 基站+8 标签。但是这并不意味着这个系统最大只能支持 8 个标签，通过定制开发，能够支持上万标签。

4.1 模式配置

模式配置在出厂时已经设置好，如无特殊情况，不需要变更，模块到手即可测试，[可直接跳过此步骤](#)。

购买 8 标签及以下的用户，产品支持 AT+SW 指令，[详见：9.1 章](#)

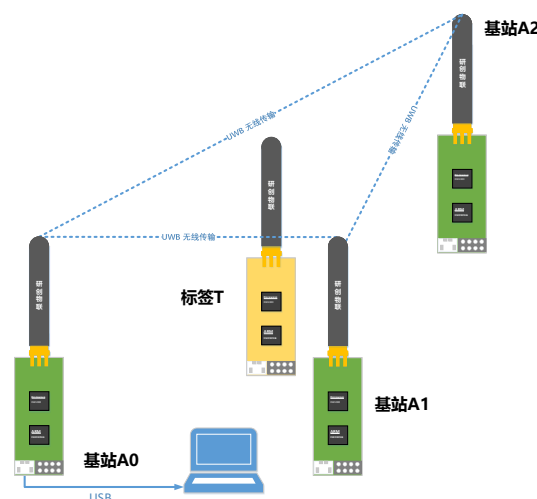
购买 9 标签及以上的用户，产品支持 AT+QSET 指令，[详见：9.2 章](#)

4.2 定位测试：3 基站+1 标签测试

- 1) 硬件平台搭建
- 2) 安装虚拟串口驱动。见本章节 6.4；
- 3) A0 基站与 USB 直接连接；
- 4) 打开上位机软件 DecaRangeRTLS.exe，如出现如图

4.2.2，可能有以下几个原因：

- 虚拟串口驱动安装失败，软件无法找到 COMx；
- 硬件上 USB 未连接；Micro-USB 线不支持通讯或使用了损坏的 Micro-USB 线；



注 1：大部分 Win7 用户无法打开上位机，然而可以看到 DecaRangeRTLS.exe 后台进程，遇到该问题（目前无法解决该问题），请换一台电脑尝试；

注 2：部分高分屏用户（2K 屏或者 4K 屏用户）会产生上位机文字显示不全的问题，可以通过调整分隔符进行显示；

- 5) 所有标签 Tag 用充电宝供电；
- 6) A1/A2 基站用充电宝供电；

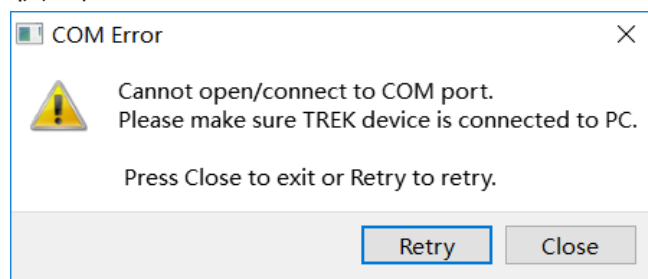
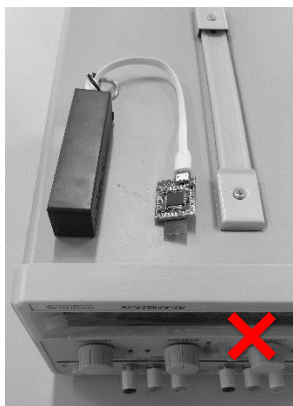


图 4.2.2 上位机无法通讯

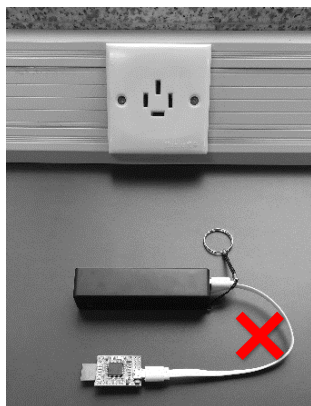
7) 产品摆放注意事项

基站和标签的摆放直接影响测距的准确性，并直接影响定位的准确度与精确度。以下是几种常见的摆放错误：

- 将模块放在金属附近。无论是内置陶瓷天线还是外置棒状天线，在遇到金属时，天线信号会被金属直接吸收
- 将模块平放在桌面、将模块黏在墙壁、手拿住天线，将会影响 UWB 天线的波束，且造成一定的多径效应



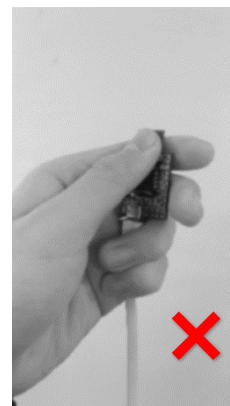
将模块放在金属附近



将模块平放在桌面



将模块黏在墙壁上



手拿住天线

正确的安装方式如下图所示：



8) 操作软件 DecaRangeRTLS

- 在 Settings 选项里，勾选 Tracking / Navigation Mode（默认已勾选）。
- 打开上位机，[Tag / Anchor Tables](#) 里的距离数据已经开始跳动，表明测距已经开始。
- 在左上角的基站表里，勾选 Anchor ID 0 / 1 / 2，并根据实际的基站摆放情况，输入基站的 XYZ 相对坐标。一般来说，我们将 A0 设置成 (0, 0, 1.5)，也就是 A0 的高度为 1.5m。软件上默认 A0 A1 A2 处于同一高度，所以，在摆放时，这 3 个基站需要处于同一高度。
- 当基站坐标成功设定完，坐标即可解算出来（方程有实数根的解），否则 Tag 的坐标不显示

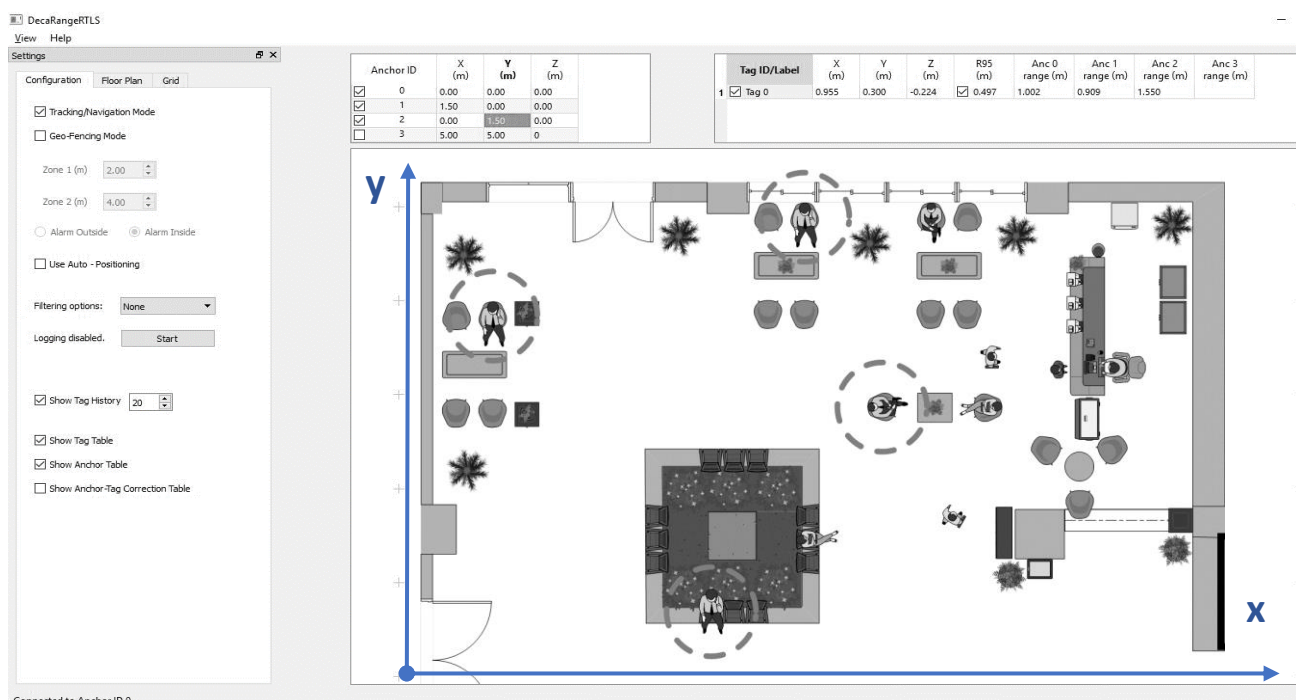


图 4.2.7 PC-RTLS 演示软件截图与使用

4.3 定位测试：4 基站+多标签测试

- 1) 要想获得更庞大的定位系统，最好需要四个基站。为了获得较好的 z 轴精度，对于 4 个基站的情况来说，A3 放置的高度最好要比 A0/A1/A2 高出 1 米或者 0.5 米，A0/A1/A2 处于同一个平面，此外，需要完成第 8 章所述的距离拟合。在无遮挡的情况下，能获得较好的效果。
- 2) 操作步骤同 4.2 节。

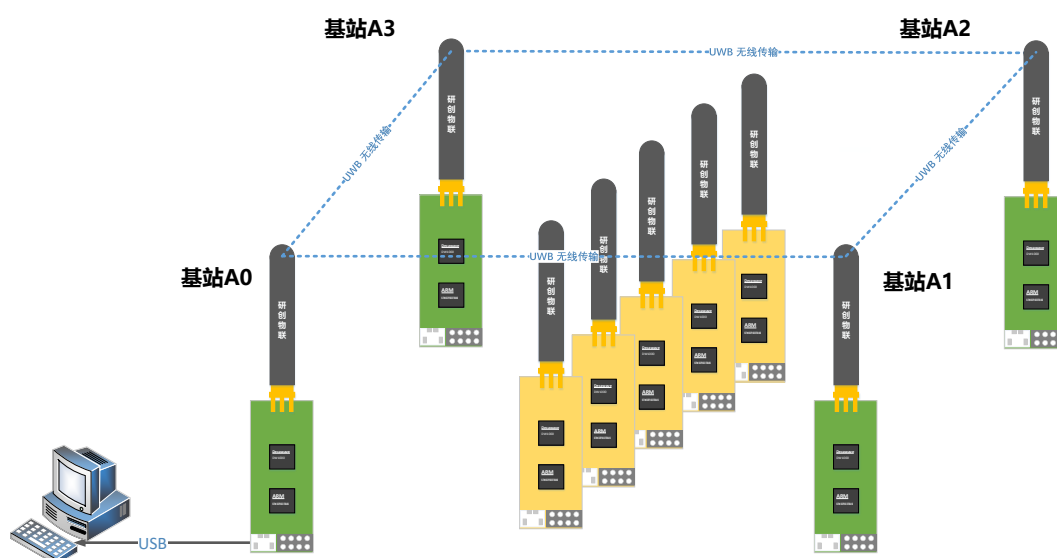


图 4.3.1 定位 4 基站+多标签硬件平台示意图

4.4 测距测试：1 基站+3 标签测试

- 1) 电脑操作软件：设置成 Geo-Fencing Mode 模式
- 2) 硬件组网；1 基站 Mini3sPlus, 3 标签 ProTag2s
- 3) 安装虚拟串口驱动 (同上);
- 4) A0 通过 USB 连接电脑(同上);
- 5) 打开上位机软件 DecaRangeRTLS.exe (同上);
- 6) 所有的 Tag 用移动电源供电;
注：如果只有 1 个标签 (1 基站 1 标签), 也可以在这个模式下进行测试。基站 A0 必须存在。

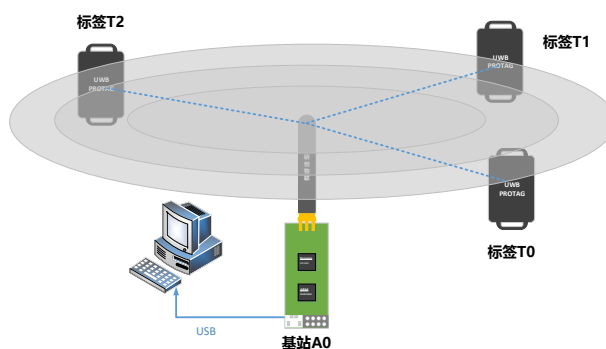


图 4.4 超范围报警 1 基站+3 标签硬件平台示意图

5 研创定位系统数据入网解决方案简介

5.1 概述

该方案旨在实现将 UWB 标签模块从串口输出的 TOF Report Message 数据传入远程服务器，实现开发者对 UWB 定位数据的远程管理与监控。采用有人 USR-WIFI232-B2 WIFI/以太网模块，通过简单的设置，即可实现数据入网。

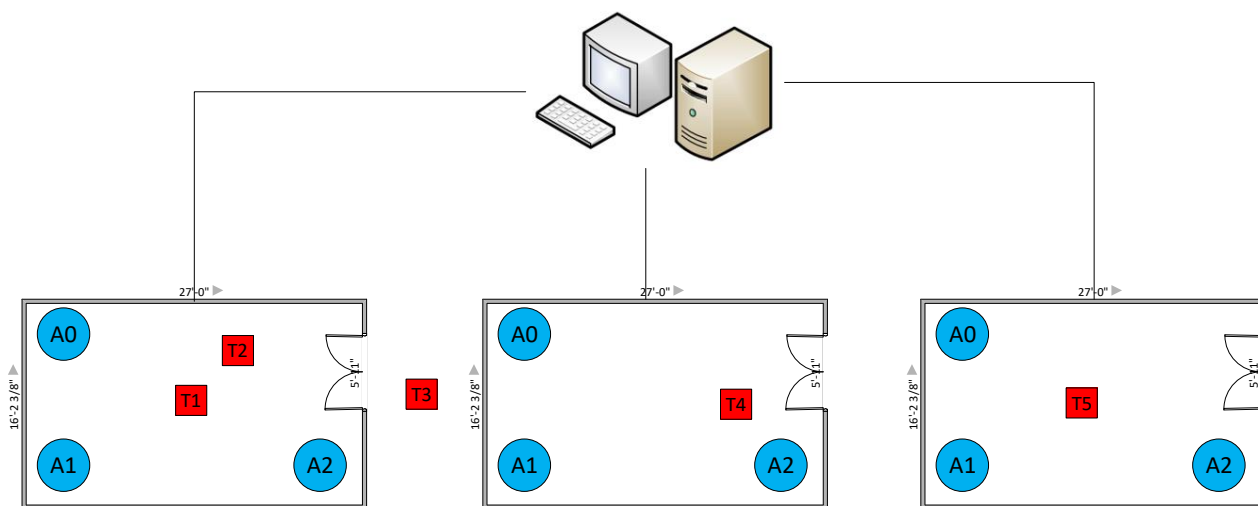


图 5.1 定位数据传感物联总框架图

采用区域划分的方法，每个相对独立区域摆放 3 基站，区域和区域之间的基站信号可互相覆盖。当标签进入一个区域时，该区域的基站会自动识别，并通过 A0 收集信息，通过 WIFI 或者以太网入网（见图 5.2）。该方案的优点是：技术层面，每个房间的基站，进行无线通讯，每个房间和电脑（服务器）连接需要用有线连接，布线较为简单。

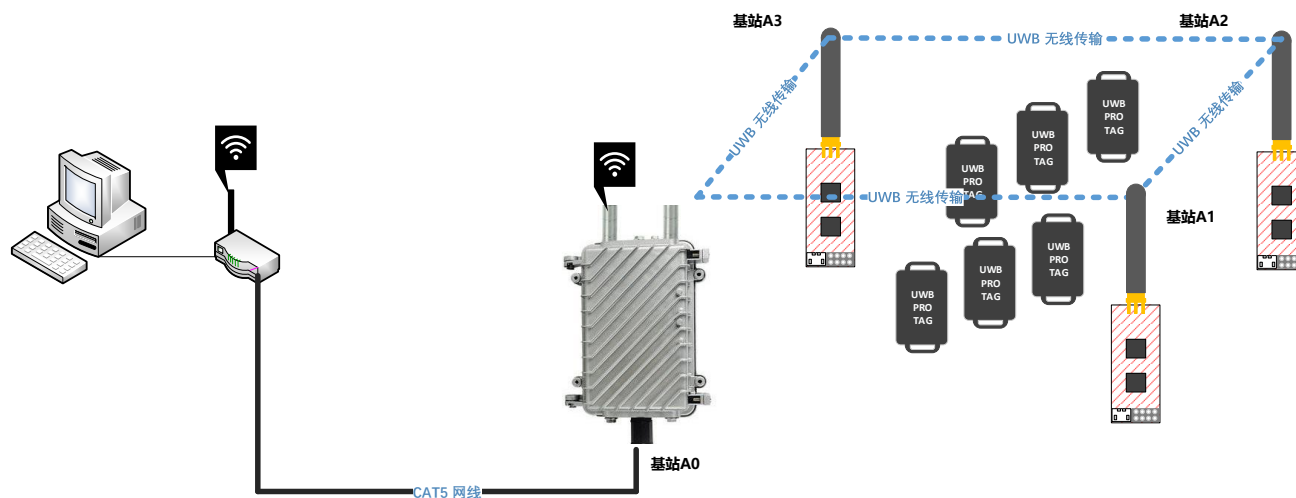


图 5.2 单个区域 UWB 定位架构图

6 模块二次开发

6.1 开发环境和工具

在进行二次开发之前，需要安装一系列软件驱动，从而保证开发的基础条件。所需的安装软件已经在提供的百度云网盘中。

表 6.1.1 UWB Mini 套件开发软件

工具	作用
ST-LINK	ST-LINK 是一款可以在线仿真以及下载 STM8 以及 STM32 的开发工具。功能秒杀 J-Link。
KEIL-MDK5.20	STM32 的开发平台，Keil 系列软件却被中国 80%以上的软硬件工程师使用，但凡与电子相关的专业，都会开始从单片机和计算机编程开始学习，而学习单片机自然会用到 Keil 软件。国内由米尔科技、亿道电子、英倍特提供 Keil 的销售和技术支持服务，他们是 ARM 公司合作伙伴，也是国内领先的嵌入式解决方案提供商。
DecaRangeRTLS.exe	室内定位上位机，支持定位图形界面显示，支持地图导入
XCOM	正点原子开发的一款优秀的串口调试助手软件

6.2 固件更新

详情见手册 [aps003-UWB 模块固件更新](#)。

6.3 从串口输出数据的方法

6.3.1 外接串口设备/RS232/485 等

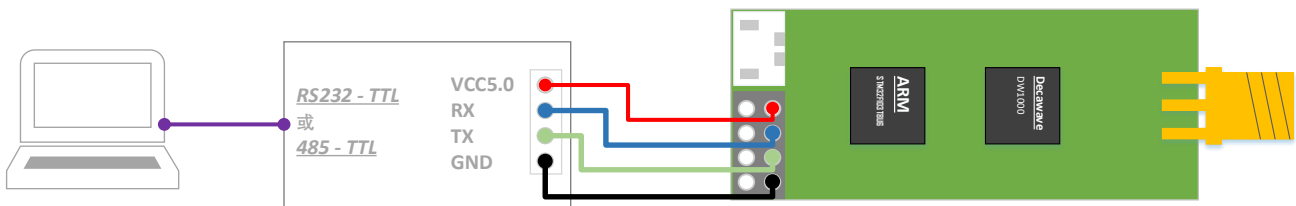


图 6.3.1.1 模块与 TTL 转 RS232 模块或 TTL 转 485 模块相连

模块外接 BLE 4.0 串口蓝牙模块，即可实现 Android 手机与苹果手机对数据的查看。

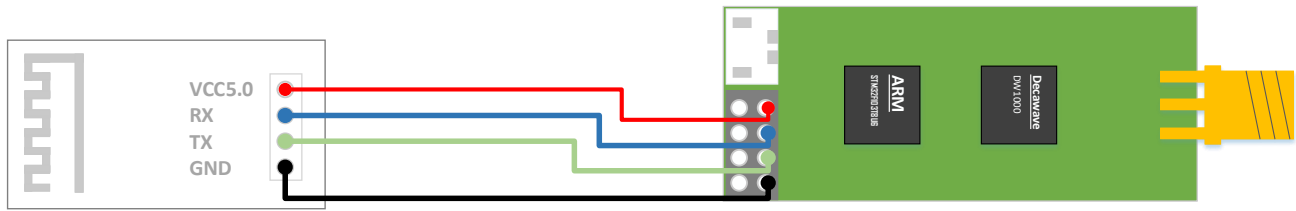


图 6.3.1.2 模块与蓝牙模块相连

树莓派或者 Arduino 是 TTL 电平为 5V 的开发板，在与 UWB 模块连接时，**需要串联 27R~51R 的限流电阻**。

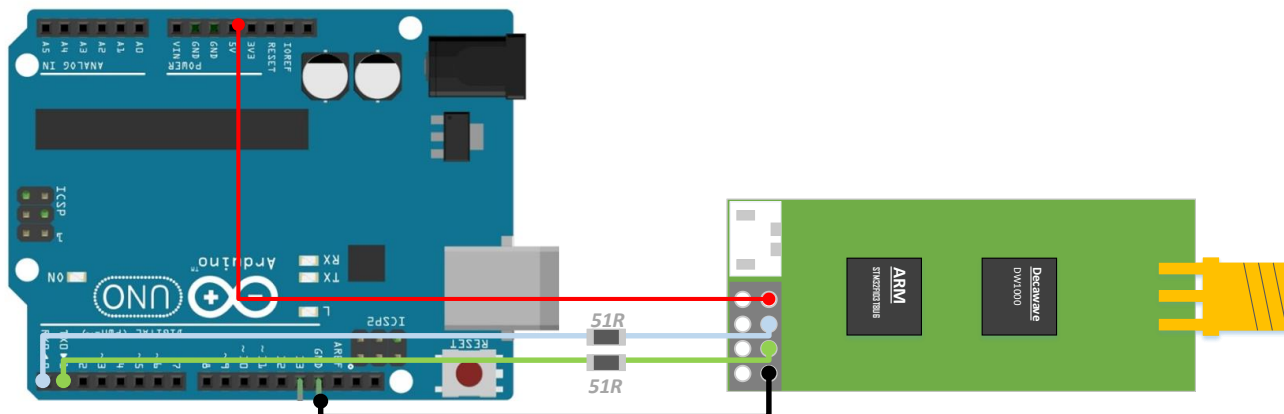


图 6.3.1.3 模块与单片机(Arduino)相连

6.3.2 打开串口调试助手查看

波特率 115200bps，数据位 8 位，停止位 1 位，无校验位。按照图 6.3.1 连接，在电脑端打开 XCOM 串口调试助手，即可观察到 TOF Report Message 数据流。

```
>> COPYRIGHT 2018 YCHIoT
>> SW-VER:1.8.6-20180713
>> HW-VER:066eff56-52517178-67214033
>> Start Number:536873875
>> Switch:aace
>> UWB Rate:6.81M
>> UWB Channel:2
>> UWB Mode:Tag 7
mc 02 00000000 00000bb2 00000000 00000000 0001 7d 00005e11 t7:0
mr 02 00000000 00000afe 00000000 00000000 0001 7d 40224022 t7:0
mg x= -0.307g,y= 0.712g,z= -0.468g
mc 03 000019c9 00000b5d 00000000 00000000 0003 7e 00005e43 t7:0
mr 03 0000195b 00000aa9 00000000 00000000 0003 7e 40224022 t7:0
mg x= -0.364g,y= 0.494g,z= -0.401g
mc 02 00000000 00000b1c 00000000 00000000 0004 81 00005ed9 t7:0
mr 02 00000000 00000a68 00000000 00000000 0004 81 40224022 t7:0
mg x= -0.493g,y= 0.606g,z= -0.444g
mc 02 00000000 00000adf 00000000 00000000 0005 82 00005f0b t7:0
mr 02 00000000 00000a2b 00000000 00000000 0005 82 40224022 t7:0
mg x= -0.463g,y= 0.608g,z= -0.521g
mc 02 00000000 00000a73 00000000 00000000 0006 84 00005f6f t7:0
mr 02 00000000 000009bf 00000000 00000000 0006 84 40224022 t7:0
```

图 6.3.2 TOF Report Message 数据流

6.4 从 USB 虚拟串口输出数据的方法

6.4.1 安装 ST 虚拟串口驱动

虚拟串口驱动是由 ST 公司发布的驱动。请按照操作系统进行选择版本。Win7 用户请先尝试 [VCP_V1.4.0_Setup.exe](#)。

表 6.4 虚拟串口驱动支持的系统

操作系统	支持情况
Windows 98 / ME / XP / Vista	不支持

Win7 32 位系统	不支持
Win7 64 位系统	安装 VCP_V1.4.0_Setup.exe 或 VCP_V1.3.1_Setup.exe
Windows 8/8.1	安装 VCP_V1.4.0_Setup.exe
Windows 10（推荐）	安装 VCP_V1.4.0_Setup.exe

- 1) 打开 *VCP_V1.4.0_Setup.exe*，按照安装流程，点击 OK 或 NEXT，完成虚拟串口驱动文件拷贝与展开，**请注意：该步仅仅是完成了文件的解压。**
- 2) 进入如下目录，*C:\Program Files (x86)\STMicroelectronics\Software\Virtual comport driver\Win8*
- 3) 电脑为 64 位系统的用户，找到 *dpinst_amd64.exe*，进行安装；电脑为 32 位系统的用户，找到 *dpinst_x86.exe*，进行安装；
- 4) 提示安装成功，用 USB 线将 A0 基站与电脑连接，我的电脑>>属性>>设备管理器里，在“端口（COM 和 LPT）”一栏，可以看到 COMx。至此，ST 虚拟串口驱动安装完毕。完成驱动安装后，请**重启电脑**。



图 6.4.3 设备管理器中发现虚拟串口 COM3

- 5) 部分 Win7 用户会出现无法安装驱动的情况（驱动出现感叹号），这是由于 USB 虚拟串口缺失文件所致（原因：系统装机使用了 Ghost 等方式）。解决方案如下，请联系卖家获得补丁包：
 - 将 *mdmcpq.inf* 复制到 *C:/windows/inf/* 里面去；
 - 将 *usbser.sys* 复制到 *C:/windows/system32/drivers/* 里面去；
 - 安装驱动软件 *VCP_V1.3.1_Setup.exe*；（注：该部分 Win7 用户需安装 V1.3.1 版本）
 - 然后重新插入 USB 线，并在设备管理器界面右键选更新驱动；

6.4.2 打开串口调试助手查看

USB 虚拟串口自适应波特率、数据位、停止位和校验位。所以，上述参数无需修改和选择，点击“打开串口”，即可观察到 TOF Report Message 数据流（**仅在标签端可以看到加速度信号**）。

```
>> COPYRIGHT 2018 YCHIoT
>> SW-VER:1.8.6-20180713
>> HW-VER:066eff56-52517178-67214033
>> Start Number:536873875
>> Switch:aace
>> UWB Rate:6.81M
>> UWB Channel:2
>> UWB Mode:Tag 7
mc 02 00000000 00000bb2 00000000 00000000 0001 7d 00005e11 t7:0
mr 02 00000000 00000afe 00000000 00000000 0001 7d 40224022 t7:0
mg x= -0.307g,y= 0.712g,z= -0.468g
mc 03 000019c9 00000b5d 00000000 00000000 0003 7e 00005e43 t7:0
mr 03 0000195b 00000aa9 00000000 00000000 0003 7e 40224022 t7:0
mg x= -0.364g,y= 0.494g,z= -0.401g
mc 02 00000000 00000b1c 00000000 00000000 0004 81 00005ed9 t7:0
mr 02 00000000 00000a68 00000000 00000000 0004 81 40224022 t7:0
mg x= -0.493g,y= 0.606g,z= -0.444g
mc 02 00000000 00000adf 00000000 00000000 0005 82 00005f0b t7:0
mr 02 00000000 00000a2b 00000000 00000000 0005 82 40224022 t7:0
mg x= -0.463g,y= 0.608g,z= -0.521g
mc 02 00000000 00000a73 00000000 00000000 0006 84 00005f6f t7:0
mr 02 00000000 000009bf 00000000 00000000 0006 84 40224022 t7:0
```

图 6.4.2 TOF Report Message 数据流

7 PC 上位机通讯数据格式与二次开发

7.1 实时定位系统上位机简介

本章节介绍一下 PC 上位机的使用。本上位机软件使用 [QT 5.7.0 MinGM](#) 开发，编写语言为 C++。Qt 是一个 1991 年由奇趣科技开发的跨平台 C++ 图形用户界面应用程序开发框架。它既可以开发 GUI 程序，也可用于开发非 GUI 程序，比如控制台工具和服务器。Qt 是面向对象的框架，使用特殊的代码生成扩展（称为元对象编译器）以及一些宏，易于扩展，允许组件编程。2014 年 4 月，跨平台集成开发环境 Qt Creator 3.1.0 正式发布，实现了对于 iOS 的完全支持，新增 WinRT、Beautifler 等插件，废弃了无 Python 接口的 GDB 调试支持，集成了基于 Clang 的 C/C++ 代码模块，并对 Android 支持做出了调整，至此实现了全面支持 iOS、Android、WP。

本上位机实现的主要功能有：

- 1) 与 UWB 模块的虚拟串口 *Virtual COM Port* 建立连接；
- 2) 读取来自 UWB 模块的 TOF report message；
- 3) 基站列表，在该列表可以设置基站的实际摆放位置；
- 4) 标签列表，该列表可以显示标签距离基站的距离、以及标签的位置（XYZ 坐标）；
- 5) 地图显示，支持自定义导入一张 PNG 格式的地图，能实现缩放与坐标微调；
- 6) 其他参数设置；

7.2 实时定位系统上位机界面

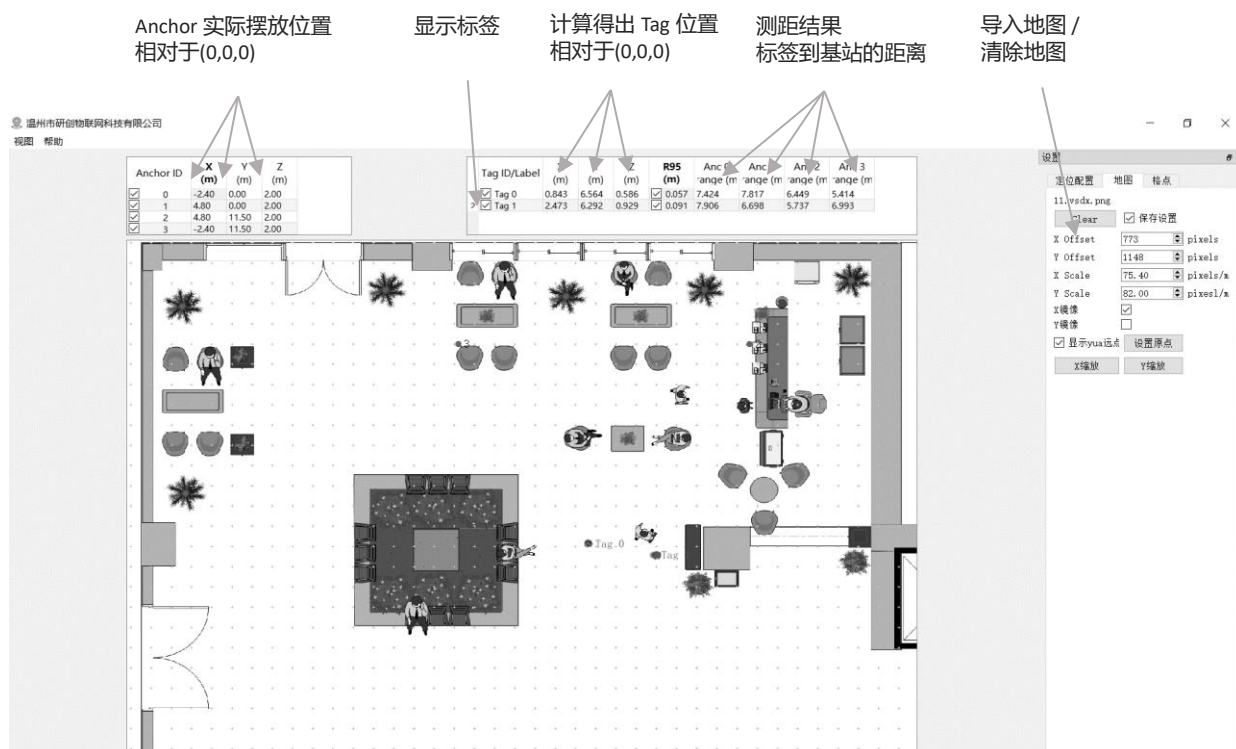


图 7.2 RTLS 上位机界面

7.2.1 定位系统 Graphics

7.2.1.1 Tag and Anchor Tables

Tag Table 包含 Tag 的 ID、测距信息、定位坐标。

Tag 标签双击可修改 R95 统计学变量

	Tag ID/Label	X (m)	Y (m)	Z (m)	R95 (m)	Anc 0 range (m)	Anc 1 range (m)	Anc 2 range (m)	Anc 3 range (m)
1	<input type="checkbox"/> Tag 6	3.846	2.628	2.272	<input type="checkbox"/>	4.736	3.484	4.169	

是否显示 Tag Table Tag 解算的位置 来自模块的测距值 (标签-基站距离)

图 7.2.1.1.1 Tag Table

- R95 统计学变量参考资料：
<https://baike.baidu.com/item/%E7%BD%AE%E4%BF%A1%E5%8C%BA%E9%97%B4/7442583?fr=aladdin>
- Tag 解算的位置是根据标签-基站距离解算出来的，具体解算方法见 7.5 节

Anchor ID	X (m)	Y (m)	Z (m)	
<input checked="" type="checkbox"/> 0	0.00	0.00	3.00	
<input checked="" type="checkbox"/> 1	6.00	0.00	3.00	
<input checked="" type="checkbox"/> 2	0.00	4.00	3.00	
<input type="checkbox"/> 3	5.00	5.00	3.00	

图 7.2.1.1.2 Anchor Table

Anchor Tables 包含基站 Anchor 的 ID，基站的位置信息。

7.2.2 状态栏 Status Bar

左下角状态栏显示的内容如下：

- “DecaRangeRTLS Anchor/Tag ID Mode” – 打开软件，并且 COM 口连接成功。
- “Connected to Anchor/Tag/Listener ID” – 标签/基站已连接并且在接收 TOF 数据

- “No location solution” – 根据测距数据软件无法解算坐标
- “Open error” – 软件打开虚拟串口失败

7.2.3 视图设置 View Settings

视图设置包括三个表：configuration, floorplan 和 grid。

- Configuration Table

名字	描述
Tracking/Navigation Mode	定位模式
Geo-Fencing Mode	超范围报警模式
Zone1	范围 1
Zone2	范围 2
Alarm Outside/Inside	在圈外/圈内报警
Show Tag History (N)	显示最近的 N 个历史点
Show Tag Table	显示 Tag Table
Show Anchor Table	显示 Anchor Table
Auto Positioning	自动定位模式，在这个模式下，基站位置不需要设置，进行
Filtering	设置数据过滤
Logging	是否生成日志

- Grid Table

名字	描述
Width	宽度，单位米
Height	高度，单位米
show	是否显示格点

- Floor Plan tab

名字	描述
Open	打开一张地图，并导入软件
X offset	在 X 方向上以像素为单位，平移地图
Y offset	在 Y 方向上以像素为单位，平移地图
X scale	在 X 方向上以像素为单位，缩放地图
Y scale	在 Y 方向上以像素为单位，缩放地图
Flip X	在 X 轴为对称轴，进行镜像

Flip Y	在 Y 轴为对称轴，进行镜像
show	是否显示原点
Set Origin	设置原点
X Scale button	点击这个按钮会产生一个小工具，用于测量地图上距离，输入实际距离，设置 x 缩放值
Y Scale button	点击这个按钮会产生一个小工具，用于测量地图上距离，输入实际距离，设置 y 缩放值

7.3 数据帧 TOF Report Message

打开任意串口调试助手，无需设置波特率等参数，可以观察到基站 A0 通过 USB 虚拟串口给 PC 端的 USB 传送数据格式如下：

1. mr 0f 000005a4 000004c8 00000436 000003f9 0958 c0 40424042 a0:0
2. ma 07 00000000 0000085c 00000659 000006b7 095b 26 00024bed a0:0
3. mc 0f 00000663 000005a3 00000512 000004cb 095f c1 00024c24 a0:0

MID MASK RANGE0 RANGE1 RANGE2 RANGE3 NRANGES RSEQ DEBUG aT:A

表 7.3.1 TOF 数据格式表

内容	功能
MID	消息 ID, 一共有三类，分别为 mr, mc, ma mr 代表标签-基站距离（原生数据） mc 代表标签-基站距离（优化修正过的数据，用于定位标签） ma 代表基站-基站距离（修正优化过，用于基站自动定位）
MASK	表示 RANGE0, RANGE1, RANGE2, RANGE3 有哪几个消息是有效的； 例如: MASK=7 (0000 0111) 表示 RANGE0, RANGE1, RANGE2 都有效
RANGE0	如果 MID = mc 或 mr，表示标签 x 到基站 0 的距离，单位：毫米
RANGE1	如果 MID = mc 或 mr，表示标签 x 到基站 1 的距离，单位：毫米 如果 MID = ma，表示基站 0 到基站 1 的距离，单位：毫米
RANGE2	如果 MID = mc 或 mr，表示标签 x 到基站 2 的距离，单位：毫米 如果 MID = ma，表示基站 0 到基站 2 的距离，单位：毫米
RANGE3	如果 MID = mc 或 mr，表示标签 x 到基站 3 的距离，单位：毫米 如果 MID = ma，表示基站 1 到基站 2 的距离，单位：毫米
NRANGES	unit raw range 计数值（会不断累加）
RSEQ	range sequence number 计数值（会不断累加）
DEBUG	如果 MID=ma，代表 TX/RX 天线延迟

aT:A	T 是标签 ID, A 是基站 ID 此处提到的 ID 只是一个 short ID, 完整的 ID 是 64 bit 的 ID
------	--

7.4 日志文件 Log Files

在使用上位机时, 点击 “Start”, 在 Log 文件夹下, 会产生 `yyyymmdd_hhmmssRTLS_log.txt` 文本格式的日志文件, 含义如下:

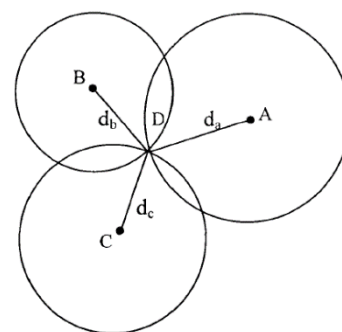
表 7.4 Log 文件对应的含义

Log 内容	含义
T:151734568:DecaRangeRTLS:LogFile:Ver. 2.10 TREK:Conf:Anchor0:1:Chan2	15:17, 34 秒, 568ms, 版本号 V2.10; 当前连接到 A0, 6.8M, Channel 2
T:151734600:AP:0:-2.4:0:0 T:151734600:AP:1:4.8:0:0 T:151734600:AP:2:4.8:11.5:0 T:151734600:AP:3:-2.4:11.5:0	15:17, 34 秒, 600ms, Anchor Position 0 (X, Y, Z)
T:151734614:RR:0:0:8808:8808:147:27185 T:151734614:RR:0:1:9174:9174:147:27185 T:151734614:RR:0:2:5668:5668:147:27185 T:151734614:RR:0:3:4815:4815:147:27185	RR: Range Report: TagID: AnchorID: Reported Range: Corrected Range: Sequence#: Range Number
T:151734614:LE:0:2627:146:[0.743669,7.9919,-1.89245]:8794:9160:5687:4773	LE: Location Estimate: TagID: LE Count: Sequence #: [x,y,z]: Range to A0: Range to A1: Range to A2: Range to A3:
T:151734614:TS:0 avx:0.786397 avy:8.00351 avz:-1.93044 r95:0.0732666	TS: Tag Statistics: TagID: Average X: Average Y: Average Z

7.5 三边定位法 Trilateration 的原理与计算方法

7.5.1 三边定位法理论基础

三边测量法的原理如右图所示, 以三个节点 A、B、C 为圆心作圆, 坐标分别为 (X_a, Y_a) , (X_b, Y_b) , (X_c, Y_c) , 这三个圆周相交于一点 D, 交点 D 即为移动节点, A、B、C 即为参考节点, A、B、C 与交点 D 的距离分别为 d_a , d_b , d_c 。假设交点 D 的坐标为 (X, Y) 。



$$\begin{cases} \sqrt{(X - X_a)^2 + (Y - Y_a)^2} = d_a \\ \sqrt{(X - X_b)^2 + (Y - Y_b)^2} = d_b \\ \sqrt{(X - X_c)^2 + (Y - Y_c)^2} = d_c \end{cases} \quad (7.5.1)$$

由式 7.5.1 可以得到交点 D 的坐标为：

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2(X_a - X_c) & 2(Y_a - Y_c) \\ 2(X_b - X_c) & 2(Y_b - Y_c) \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} X_a^2 - X_c^2 + Y_a^2 - Y_c^2 + d_c^2 - d_a^2 \\ X_b^2 - X_c^2 + Y_b^2 - Y_c^2 + d_c^2 - d_b^2 \end{pmatrix} \quad (7.5.2)$$

三边测量法的缺陷是：由于各个节点的硬件和功耗不尽相同，所测出的距离不可能是理想值，从而导致上面的三个圆未必刚好交于一点，在实际中，肯定是相交于一个小区域，因此利用此方法计算出来的(x, y)坐标值存在一定的误差。这样就需要通过一定的算法来估计一个相对理想的位置，作为当前移动节点坐标的最优解。

7.5.2 三边定位法的实现过程

在 `trilateration.cpp` 文件中，`GetLocation()` 这个函数所实现的功能是：传入基站的坐标（单位：m）及每个基站到标签的距离（单位：mm），计算 Tag 的 Best Solution（单位：m）。

前节提到，因为所测出的距离不可能是理想值，从而导致上面的三个圆未必刚好交于一点，所以，当基站 A0/A1/A2 在工作的时候，从数学角度，**将会有 2 个解**；当有 A0/A1/A2/A3 在工作的时候，**必有一个最优解**。A3 作为辅助的基站，在 A0/A1/A2 完成一次 Trilateration 算法后，得到两个解，将离 A3 球面最近的解，作为最优解。

注：trilateration.cpp 文件，是 PC 端源代码，4 基站 4 标签以上的套件，免费提供。

7.5.3 Z 轴准确度比 X 轴 Y 轴要差一些？

如图所示，A0/A1/A2 为 3 个基站，T0 为标签， L_{A0T0} L_{A1T0} L_{A2T0} 表示为每个基站到标签的距离。在测距完全准确的情况下，解算的 Tag 坐标应该在 T0，但是，由于实际测量值 L_{A0T0} L_{A1T0} L_{A2T0} 可能偏大，解算的位置在 T0'。因为 A0/A1/A2 都在 xoy 平面，所以，测距的误差绝大多数会累加到 z 轴上，造成 z 轴数据的抖动。

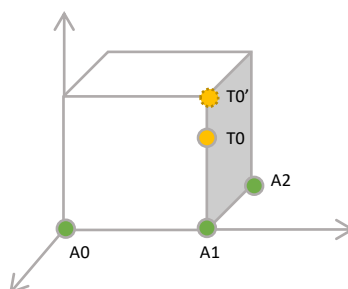


图 7.5.3 Z 轴数据误差示意图

8 UWB 产品化开发

8.1 数据标定方法

部分客户反应，UWB 模块测量值，总是比实际距离要大一些；部分用户反应，UWB 模块测量值比实际距离要小，这是怎么一回事呢？这是由于，我们使用的现场，环境都是不同的，受经纬度、空气质量、环境障碍物、海拔等等因素干扰，所以在产品化的进程中，必须要对模块进行校准。

一般情况下，校准只需要在现场进行一次，通过 1 个 Anchor 和 1 个 Tag 的测距，得到修正系数，并不需要每个 Anchor 和 Tag 都进行标定。

利用 Microsoft 2016 Excel 软件，进行数据拟合，并生成拟合公式。拟合公式有很多，最简单的是线性方程。

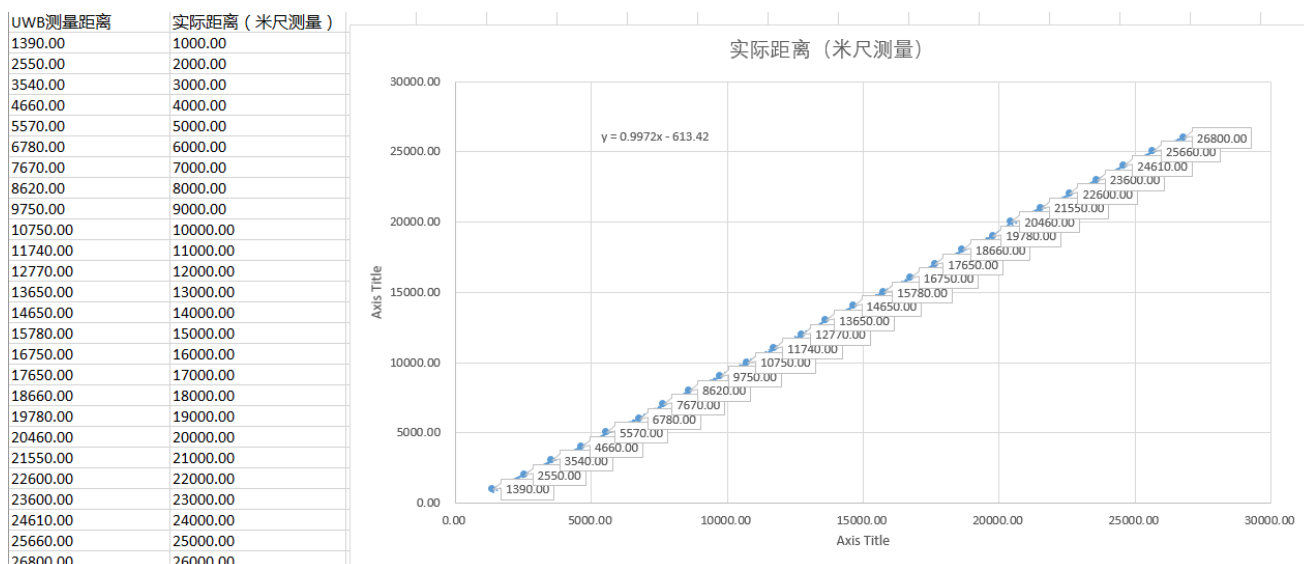


图 8.1 Mini3 标定 EXCEL 表格

测距值存在 `instancegetidist_mm(0)`, `instancegetidist_mm(1)`, `instancegetidist_mm(2)`, `instancegetidist_mm(3)`, 这四个变量里，每个距离，都需要代入刚才计算出来的校准公式内。

在 `main.c` 函数中，原程序为：

```
1. n = sprintf((char*)&usbVCOMout[0], "mc %02x %08x %08x %08x %08x %04x %02x %08x %c%d:%d\r\n",
2.   valid, instancegetidist_mm(0), instancegetidist_mm(1),
3.   instancegetidist_mm(2), instancegetidist_mm(3),
4.   l, r, rangeTime,
5.   (instance_mode == TAG)?'t':'a', taddr, aaddr);
```

我们将其改为：

```
1. n = sprintf((char*)&usbVCOMout[0], "mc %02x %08x %08x %08x %08x %04x %02x %08x %c%d:%d\r\n",
```

```

2.     valid, (int)((instancegetidist_mm(0)*0.9972)-613.42), (int) ((instancegetidist_mm(1)*0.9972)-613.42),
3.         (int) ((instancegetidist_mm(2)*0.9972)-613.42), (int) ((instancegetidist_mm(3)*0.9972)-613.42),
4.     l, r, rangeTime,
5.     (instance_mode == TAG)?'t':'a', taddr, aaddr);

```

重新编译软件，只需要将程序下载到和电脑连接的 UWB 模块里即可，不需要每个模块都下载。通过数据修正，UWB 模块测量的距离值，有非常高的准确度。

8.2 进一步提升测距刷新速率的方法

如果只用到 1 个标签，可以通过如下方式进行提升测距的刷新速率，在 *instance.h* 文件中：

- 将 *ANCTOANCTWR*（基站-基站测距）改为 0；
- 将 *MAX_TAG_LIST_SIZE*（最大标签数）改为 1；
- 将 *MAX_ANCHOR_LIST_SIZE*（最大基站数）改为 1；

在 *main.c* 函数中，在 *sfConfig_t sfConfig[4]* 结构体数组中，

- Mode 1/2/3/4 中，将 number of slots 个数改为 2；

8.3 进一步提升定位刷新速率的方法

如果只用到 4 个标签，3 个基站，可以通过如下方式进行提升测距的刷新速率，在 *instance.h* 文件中：

- 将 *ANCTOANCTWR*（基站-基站测距）改为 0；
- 将 *MAX_TAG_LIST_SIZE*（最大标签数）改为 4；
- 将 *MAX_ANCHOR_LIST_SIZE*（最大基站数）改为 3；

在 *main.c* 函数中，将 *sfConfig_t sfConfig[4]* 结构体数组修改为：

```

1.  sfConfig_t sfConfig[4] =
2.  {
3.      //mode 1 - S1: 2 off, 3 off
4.      {
5.          (28),    //ms -
6.          (4),     //thus 4 slots
7.          (4*28),  //superframe period
8.          (4*28),  //poll sleep delay
9.          (20000)
10.     },
11.     //mode 2 - S1: 2 on, 3 off
12.     {
13.         (10),    // slot period ms
14.         (4),     // number of slots
15.         (4*10),  // superframe period (40 ms - gives 25 Hz)
16.         (4*10),  // poll sleep delay (tag sleep time, usually = superframe period)
17.         (2500)
18.     },
19.     //mode 3 - S1: 2 off, 3 on
20.     {
21.         (28),    // slot period ms
22.         (4),     // thus 4 slots - thus 112ms superframe means 8.9 Hz location rate
23.         (4*28),  // superframe period
24.         (4*28),  // poll sleep delay
25.         (20000)
26.     },
27.     //mode 4 - S1: 2 on, 3 on
28.     {
29.         (10),    // slot period ms
30.         (4),     // thus 4 slots - thus 40 ms superframe means 25 Hz location rate
31.         (4*10),  // superframe period (40 ms - gives 25 Hz)
32.         (4*10),  // poll sleep (tag sleep time, usually = superframe period)

```

```
33.         (2500) // this is the Poll to Final delay - 2ms
34.     }
35. };
```

8.4 遮挡对室内定位 UWB 的影响

遮挡对 UWB 定位的影响主要分以下几种情形：

- 1) 实体墙：一堵实体墙的这种遮挡将使得 UWB 信号衰减 60-70%定位精度误差上升 30 厘米左右，两堵或者两堵以上的实体墙遮挡，将使得 UWB 无法定位。
- 2) 钢板：钢铁对 UWB 脉冲信号吸收很严重，将使得 UWB 无法定位。
- 3) 玻璃：玻璃遮挡对 UWB 定位精度有较大影响。
- 4) 木板或纸板：一般厚度 10 厘米左右的木板或纸板对 UWB 定位精度没太大影响。
- 5) 电线杆或树木：电线杆或者书面遮挡时需要看他们之间距离基站或者标签的距离，和基站和标签的相对距离比较是否很小，比如，基站和定位标签距离 50 米，电线杆或者树木正好在两者中间，25 米处，这种遮挡就无大的影响，如离基站或者标签距离很近小于 1 米，影响就很大。

9 AT 指令集

9.1 AT+SW 指令（8 标签及以下）

AT+SW 指令支持 4 基站 N 标签（ $N \leq 8$ ）的套件。

9.1.1 设置方式

将模块通过 USB 线连接到电脑，打开串口调试助手 XCOM 软件，发送命令，**结尾要加回车换行**，如：

AT+SW=1XXXXXX0

	S2 (速率)	S3(频段)	S4(模式)	S5-7(地址)
1	6.8M	信道 5	ANCHOR	地址
0	110K	信道 2	TAG	[000-001]

9.1.2 举例说明

例子 1：将该模块设置成基站，110k 传输速率，通道 2，地址是 3 号，那么应该发送 **AT+SW=10010110**

例子 2：将该模块设置成标签，6.8M 传输速率，通道 5，地址是 7 号，那么应该发送 **AT+SW=11101110**

注意：基站的地址，只能是 0/1/2/3，暂不支持超过 4 个基站；默认速率是 110k，信道 2，在 1 套系统中，基站和标签的传输速率、频段应该要保持一致。

9.1.3 模块默认配置指令

表 9.1.3AT+SW 模块默认配置指令

模块	指令	模块	指令	模块	指令
基站 A0	AT+SW=10010000	标签 T0	AT+SW=10000000	标签 T4	AT+SW=10001000
基站 A1	AT+SW=10010010	标签 T1	AT+SW=10000010	标签 T5	AT+SW=10001010
基站 A2	AT+SW=10010100	标签 T2	AT+SW=10000100	标签 T6	AT+SW=10001100
基站 A3	AT+SW=10010110	标签 T3	AT+SW=10000110	标签 T7	AT+SW=10001110

9.2 AT+QSET 指令（9 标签及以上）

固件版本 1.8.4 以上，且购买超过 8 标签的客户，可获得 AT+QSET 指令支持 4 基站 N 标签（ $N \geq 9$ ）的套件。

表 9.2 AT 指令集

PC 发起命令	类型	含义	UWB 模块应答
AT+VER?	查询命令	打印版本信息	返回版本信息
AT+INF?	查询命令	打印 UWB 配置信息	返回配置信息
AT+SLEP	控制命令	模块进入休眠 5 秒并自动唤醒	OK+SLEP
AT+TEST	控制命令	厂家频谱测试	OK+TEST
AT+STAR	控制命令	模块重启	OK+STAR
AT+RSET	控制命令	模块 Flash 擦除, 并重启	OK+REST
AT+QSET=xx-xxx	控制命令	快速设置传输速率、频段、模式与 ID (如下)	OK+QSET=xx-xxx

注：所有命令必须以回车结尾。

9.2.1 设置方式

ID 位, 可设置为 00~31
如果是基站, ID 不可大于 3

模式位, 可设置为 A 或 T,
A 表示基站, T 表示标签

AT+QSET=F2-T11

速率位, 可设置为 F 或 S,
F 表示 6.8M, S 表示 110K

频段位, 可设置为 2 或 5,
2 表示频段 2, 5 表示频段 5

9.2.2 举例说明

例子 1: 将该模块设置成基站, 110k 传输速率, 通道 2, 地址是 13 号, 那么应该发送
[AT+QSET=S2-A13](#)

例子 2: 将该模块设置成标签, 6.8M 传输速率, 通道 5, 地址是 31 号, 那么应该发送
[AT+QSET=F5-T31](#)

注意: 基站的地址, 只能是 0/1/2/3, 暂不支持超过 4 个基站; 默认速率是 110k, 信道 2, 在 1 套系统中, 基站和标签的传输速率、频段应该要保持一致。

9.2.3 模块默认配置指令

表 9.2.3AT+SW 模块默认配置指令

模块	指令	模块	指令	模块	指令
基站 A0	AT+QSET=S2-A0	标签 T0	AT+QSET=S2-T0	标签 T4	AT+QSET=S2-T4
基站 A1	AT+QSET=S2-A1	标签 T1	AT+QSET=S2-T1	标签 T5	AT+QSET=S2-T5
基站 A2	AT+QSET=S2-A2	标签 T2	AT+QSET=S2-T2	标签 T6	AT+QSET=S2-T6
基站 A3	AT+QSET=S2-A3	标签 T3	AT+QSET=S2-T3	标签 T7	AT+QSET=S2-T7

10 文档管理信息表

主题	UWB Mini4sPlus 使用手册
版本	V1.3
参考文档	dw1000-datasheet-v2.08 dwm1000-datasheet-v1.3 evk1000_user_manual_v1.11 trek1000_user_manual_v1.04
创建时间	2018/7/14
创建人	Lynn
最新发布日期	2023/12/01

更改人	日期	文档变更纪录
Lynn	2018/7/14	V1.0 版本发布
Lynn	2019/2/1	V1.1 版本发布
Lynn	2019/4/4	V1.2 版本发布
Lynn	2023/12/01	V1.3 版本发布