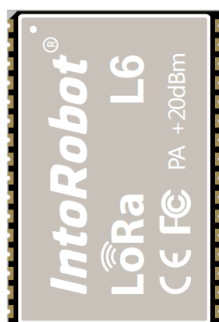


# ***IntoRobot***

## L6 Lora™ 通信模块硬件设计指导 书



巧而美·唯匠心集成

智而快·享极速运行

## 版权公告

本文中的信息，包括供参考的 URL 地址，如有变更，恕不另行通知。文档“按现状”提供，不负任何担保责任，包括对适销性、适用于特定用途或非侵权性的任何担保，和任何提案、规格或样品在他处提到的任何担保。本文档不负任何责任，包括使用本文档内信息产生的侵犯任何专利权行为的责任。本文档在此未以禁止反言或其他方式授予任何知识产权使用许可，不管是明示许可还是暗示许可。

Lora™ 联盟成员标志归 Lora™ 联盟所有。文中提到的所有商标名称、商标和注册商标均属其各自所有者的财产，特此声明。

## 注意

由于产品版本升级或其他原因，本手册内容有可能变更。深圳市摩仑科技有限公司保留在没有任何通知或者提示的情况下对本手册的内容进行修改的权利。

本手册仅作为使用指导，深圳市摩仑科技有限公司尽全力在本手册中提供准确的信息，但是深圳市摩仑科技有限公司并不确保手册内容完全没有错误，本手册中的所有陈述、信息和建议也不构成任何明示或暗示的担保。

## 目 录

1 概述.....	5
1.1 产品概述.....	5
1.2 产品应用场景.....	5
2 模组应用实例.....	6
2.1 模组原理框图.....	6
3 主模式说明.....	7
3.1 主模式管脚图.....	7
3.2 主模式引脚定义说明.....	8
3.3 从模式管脚图.....	9
4 从模式说明.....	9
4.1 从模式引脚定义说明.....	9
4.1 从模式模块参考原理图.....	10
5 二次开发测试工程说明.....	11
5.1 二次开发工程说明.....	11
5.2 MDK 软件安装以及 ST-LINK 驱动安装.....	11
5.3 工程编译及下载.....	11
5.4 串口工具查看接收到的数据.....	11
6 PCB 射频设计指导.....	12
6.1 PCB 射频走线指导.....	12
7 LoRa 参数选择.....	13
7.1 LoRa 速率参数选择.....	13
7.2 LoRa 天线频率指导.....	14

## 图表目录

图表 1: L6 原理框图.....	7
图表 2: L6 内部 SX1278 与 MCU 连接说明.....	7
图表 3: 主模式管脚图（正视图） .....	7
图表 4: 主模式引脚定义及描述 .....	8
图表 5: 从模式管脚图（正视图） .....	9
图表 6: 引脚定义及描述.....	9
图表 7: L6 模块从模式参考原理图.....	10
图表 8: ST-LINK 与 L6 的 MCU 连接说明 .....	11
图表 9: 2 层 PCB 层叠结构.....	12
图表 10: 4 层 PCB 层叠结构.....	13
图表 11: LoRa 速率参数.....	13

## 1 概述

### 1.1 产品概述

IntoRobot- L6 以下简称 L6 是深圳市摩仑科技有限公司开发的 Lora™ 通信模块、具有通信距离远，结构紧凑，功耗低的特点。

L7/L8 与 L6 区别是 L7/L8 无内置 MCU，L6 内置了低功耗 MCU STM32L151C8U6A。L6 内置的 MCU 集成了 LoRa 驱动及支持主模式和从模式，在主模式和从模式时都可以支持 LoRaWAN 协议和透传功能。另外模块支持二次开发。

L6 模块内置了 Semtech 公司 SX1278 芯片，调制模式 LoRa™ 向后兼容 FSK、OOK，采用了 LoRa™ 扩频调制技术具有极高的接收灵敏度和超强的抗干扰性能，其通信距离开阔地 10Km 以上远超现在的 FSK,GFSK 调制。L6 模块内置处理器，采用业界领先的 ARM® Cortex®-M3 超低功耗 32 位微型 MCU STM32L151CB，主频支持 32 MHz，1.25 DMIPS。

### 1.2 产品应用场景

LoRa 应用场景主要分 3 类，使用了以下 3 种协议：

#### - LoRa 私有网络协议

在面向小范围节点数不多的应用中例如无需接入到网络平台，或者已经有相应的网关。用一个 SX127x 做一个小“网关”或“集中器”，无线连接几十的节点，组建一个小的私有网络，通过自己的 LoRa 私有通信协议，就可以实现一个简单的 LoRa 私有网络，这也是一种比较灵活方式。

#### -LoRaWAN 协议

LoRaWAN 协议是由 LoRa 联盟推动的一种低功耗广域网协议，针对低功耗、网络延迟及网络安全进行了优化。LoRaWAN 联盟标准化了 LoRa 网络协议，以确保不同国家的 LoRa 网络是可以互通性，另外 LoRaWAN 对稳定性做了进一步优化，自动速率调整 ADR，跳频功能，LoRaWAN 实现完善的认证策略。LoRaWAN 构建的是一个运营商级的网络。可以实现分布式蜂窝网部署覆盖地区可以是大面积的森林或城市以及工厂等，或者链路式适合石油，天然气，江河湖泊，边防线等。

LoRaWAN 网络架构是一个典型的星形拓扑结构，在这个网络架构中，LoRa 网关是一个透明传输的中继，连接终端设备和后端服务器。网关与服务器间通过标准 MQTT/UDP 连接。所有的节点与网关间均是双向通信。

相对私有网络协议 G2000/G2100 网关具有以下几点优势：

1: 设备管理简单, 每个节点设备单独入网认证, 每个节点设备可以独立进行设备管理, 增加节点设备种类和数量无需升级或改动网关。

2: 网络安全, 采用签名及加密的方式确保了网络的绝对安全。

3: 设备更加节能: 支持 CLASS A、CLASS C 多种节能模式。

4: 节点容量大支持瘦型网关且支持动态扩容, 一个星型网络区域可以灵活支持 1-3 网关, 分别支持 256/512/768 个节点。

5: 施工难度及成本低, 设备架设简单, 网关和节点无需考虑相互之间无线电重叠等问题, 可以整个城市级无缝覆盖无限扩容。

6: 节点支持移动: 支持节点设备由一个 LoRaWAN 网关区域移动到另外一个 LoRaWAN 网关区域。

7: 支持流量均衡及主备倒换: 网关设备故障时业务可以倒换到其他网关, 正常时多网关实现流量均衡。

摩仑科技有限公司提供了整套 LoRaWAN 解决方案, 包括节点模块、LoRaWAN 网关及支持 LoRaWAN 的网络云平台服务、以及手机 APP 及 Web 客户端定制服务。软硬件整体解决方案大大降低了开发工作量, 缩短了产品开发周期, 能快速帮忙客户智掌云+未来。

## - LoRa 透传

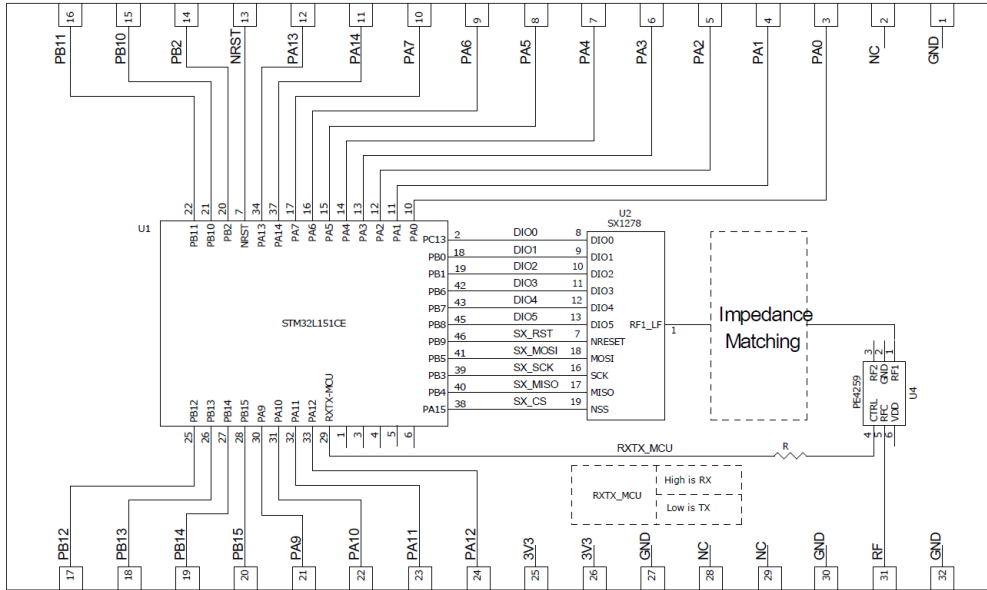
数据透传的一些应用中, 利用 L6 产品的出色的远距离传输特性, 将 LoRa 用于简单的数据传输应用。可以与 4G/GPRS 等各种无线通信技术相互结合, 做成无线通信融合模块, 或者只是使用 Lora 实现 RS485, RS232 无线拉远, 不同的应用满足不同行业的需求, 这也是 LoRa 应用的一个特点。

## 2 模组应用实例

### 2.1 模组原理框图

L6 采用低功耗设计及宽电压设计, L6 内置了低功耗 MCU STM32L151C8U6A, L6 原理框图如下。

图表 1: L6 原理框图



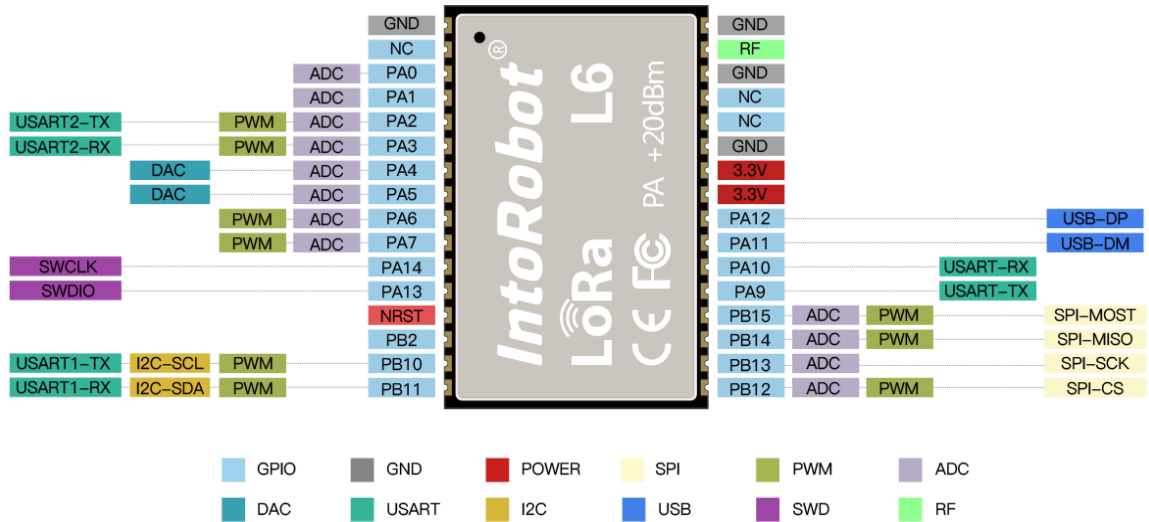
图表 2: L6 内部 SX1278 与 MCU 连接说明

SX1278	MCU	说明
SX_RST	PB9	复位使能
DIO0	PC13	DIO 引脚映射功能
DIO1	PB0	DIO 引脚映射功能
DIO2	PB1	DIO 引脚映射功能
DIO3	PB6	DIO 引脚映射功能
DIO4	PB7	DIO 引脚映射功能
DIO5	PB8	DIO 引脚映射功能
RXTX_MCU	PA8	接收发送使能 1 接收 0 发送
SPI_NSS	PA15	SPI 引脚
SPI_SCK	PB3	SPI 引脚
SPI_MISO	PB4	SPI 引脚
SPI_MOSI	PB5	SPI 引脚

### 3 主模式说明

#### 3.1 主模式管脚图

图表 3: 主模式管脚图（正视图）



### 3.2 主模式引脚定义说明

图表 4：主模式引脚定义及描述

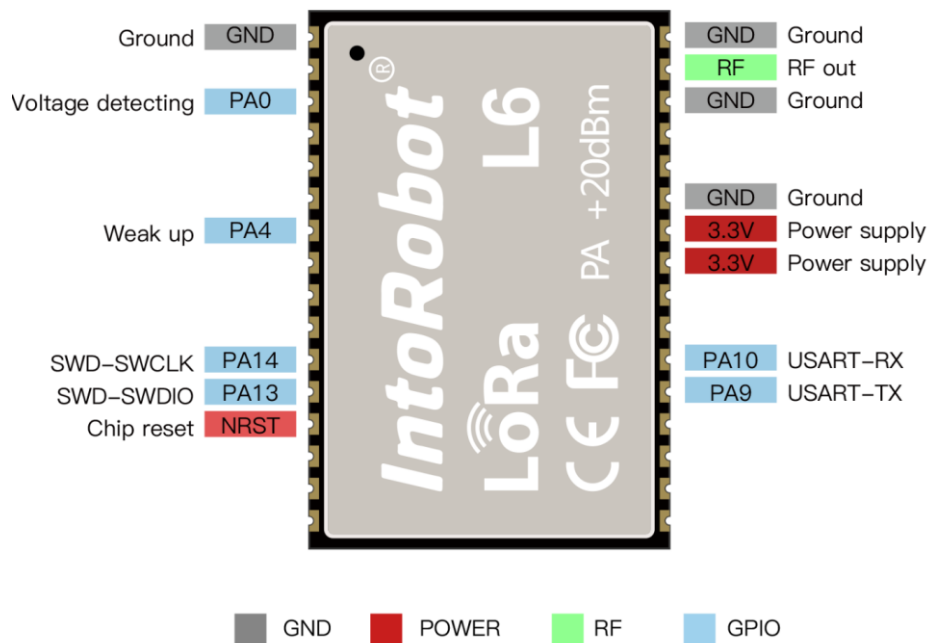
引脚	引脚名	描述
1	GND	接地
2	NC	空脚
3	PA0	WKUP1/ ADC_IN0
4	PA1	ADC_IN1
5	PA2	USART2_TX/TIM2_CH3/ TIM9_CH1/ADC_IN2
6	PA3	USART2_RX/TIM2_CH4/ ADC_IN3
7	PA4	ADC_IN4/ DAC_OUT1(SPI1 已经被 L6 内部 SX1278 占用)
8	PA5	ADC_IN5/ DAC_OUT2(SPI1 已经被 L6 内部 SX1278 占用)
9	PA6	TIM3_CH1/ADC_IN6(SPI1 已经被 L6 内部 SX1278 占用)
10	PA7	TIM3_CH2/ADC_IN7(SPI1 已经被 L6 内部 SX1278 占用)
11	PA14	SWD-SWCLK
12	PA13	SWD-SWDIO
13	NRST	NRST
14	PB2	BOOT1
15	PB10	I2C2_SCL/USART3_TX/ TIM2_CH3
16	PB11	I2C2_SDA/USART3_RX/ TIM2_CH4
17	PB12	SPI2_NSS/TIM10_CH1/ADC_IN18
18	PB13	SPI2_SCK/ADC_IN19
19	PB14	SPI2_MISO/TIM9_CH2/ADC_IN20



20	PB15	SPI2_MOSI/TIM11_CH1/ADC_IN21
21	PA9	USART1_TX
22	PA10	USART1_RX
23	PA11	SPI1_MISO/USB_DM
24	PA12	SPI1_MOSI/USB_DP
25	3.3V	外部供电电源输入,电压范围 +1.8V - +3.6V
26	3.3V	外部供电电源输入,电压范围 +1.8V - +3.6V
27	GND	接地
28	NC	空脚
29	NC	空脚
30	GND	接地
31	RF	射频输出
32	GND	接地

### 3.3 从模式管脚图

图表 5: 从模式管脚图 (正视图)



## 4 从模式说明

### 4.1 从模式引脚定义说明

图表 6: 引脚定义及描述

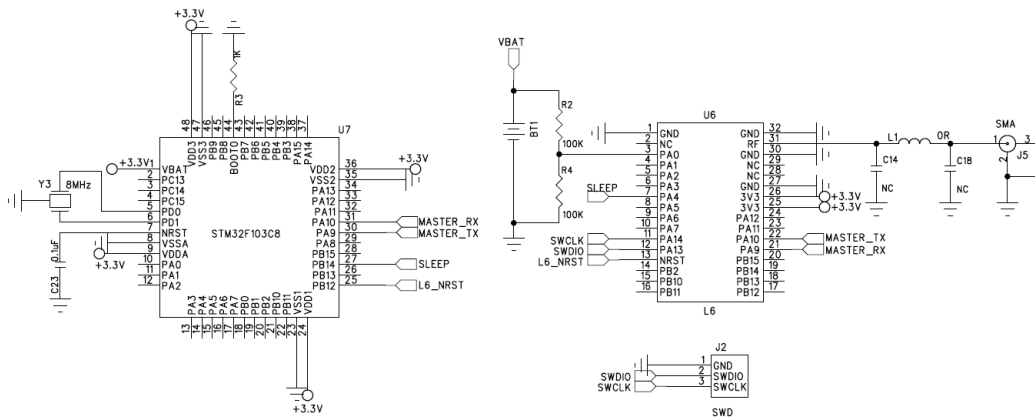
引脚	引脚名	描述
1	GND	接地
3	PA0	外部锂电池 1/2 分压输入管脚。3.7V 锂电池经上拉 R 和下地 R 进行 1/2 分压输入此管脚进行电压检测。R 需要大于等于 10K。
7	PA4	SLEEP 唤醒管脚
11	PA14	SWD 接口 SWCLK 信号
12	PA13	SWD 接口 SWDIO 信号
13	NRST	NRST 芯片复位管脚,低电平有效,如果连接外部 MCU 需要外部 MCU 上电初始过程中,拉低 NRST 至少 10ms 以上
21	PA9	USART_TX
22	PA10	USART_RX
25	3.3V	外部供电电源输入
26	3.3V	外部供电电源输入
27	GND	接地
30	GND	接地
31	RF	射频输出
32	GND	接地

L6 模块供电电压范围 +1.8V - +3.6V, 当从模式与 MCU 连接需要考虑 L6 与外部 MCU 间的电平匹配问题 L6 的  $V_{IL}$   $V_{IH}$   $V_{OH}$   $V_{OL}$  可以在 L6 规格书查询,如果没有特殊情况建议使用 3.3V。

#### 4.1 从模式模块参考原理图

参考原理图外部 MCU 以 STM32F103C8 为例, L6 做为从模式建议预留 SWD 加载接口或 ICT 测试点以方便模块固件升级。SLEEP 为 L6 进入睡眠模式唤醒的信号, L6\_NRST 需要在外部 MCU 上电初始化 L6, 先复位, 低电平有效, 复位信号持续 10ms 以上。

图表 7: L6 模块从模式参考原理图



## 5 二次开发测试工程说明

### 5.1 二次开发工程说明

L6 支持二次开发，二次开发的代码支持了 LoRa 驱动及简单的透传代码，适合客户简单的透穿或者简单的私有网络应用，商业应用建议使用 LoRaWAN 模式，L6 出厂缺省模式加载的为 LoRaWAN 固件。

### 5.2 MDK 软件安装以及 ST-LINK 驱动安装

本工程平台是 MDK 5 平台，MDK 下载地址：<http://www.keil.com/download/product/> 下载 MDK 并安装。



STM32 加载需要购买 ST-LINK 加载器，并安装对应的加载器的驱动。

ST-LINK 加载器需要与 L6 的 STM32L151CB 如下连接。

图表 8: ST-LINK 与 L6 的 MCU 连接说明

ST-LINK 加载器	STM32L151CB(L6)
SWDIO	PA15
SWCLK	PA14
GND	GND

### 5.3 工程编译及下载

打开工程，重新编译，点击 ，下载程序，点击 。接收和发送 2 方都下载同样的程序即可。

### 5.4 串口工具查看接收到的数据

实例中实现了 Lora 驱动和透传，用串口工具查看接收到的数据，MCU 的串口脚是 PA9(TX)和

PA10(RX), 上电串口会打印 SX1278 的设置频率。

主机接收数据:

SX1278 Test

SX1278 frequency = 434000000

Master get rx packet:PONG

从机接收数据:

SX1278 Test

SX1278 frequency = 434000000

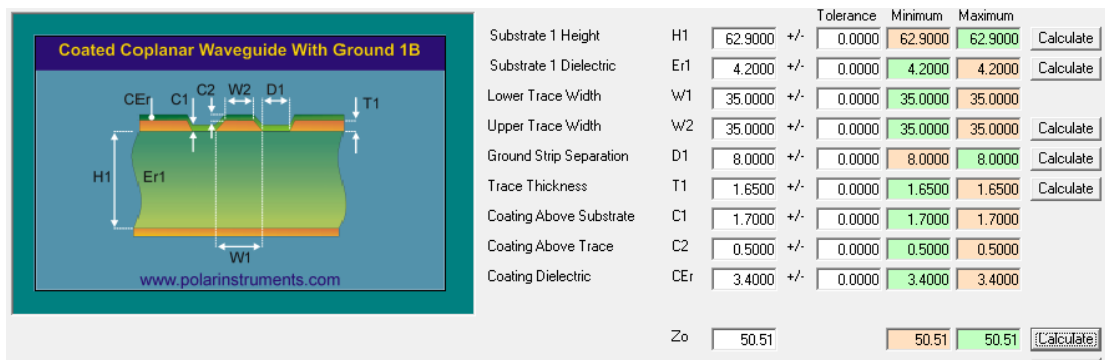
Master get rx packet:PING

## 6 PCB 射频设计指导

### 6.1 PCB 射频走线指导

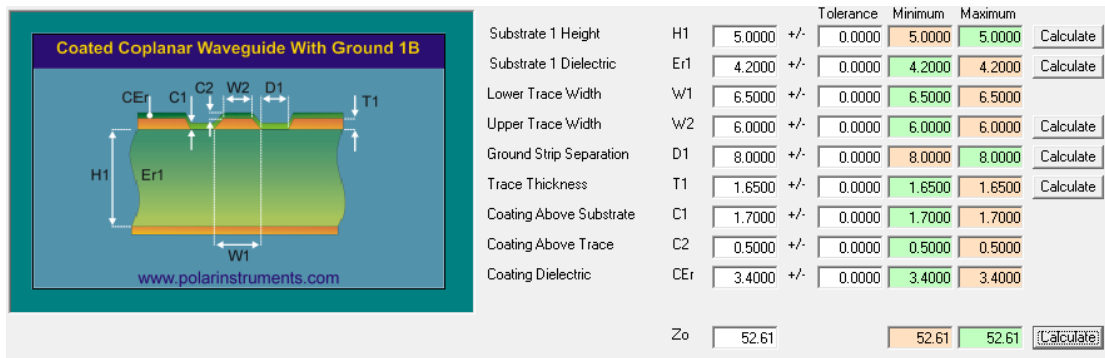
L6 支持 LoRa 射频接口通过 SMT 焊接到底板,所以底板这段走线必须严格按照射频要求进行设计,对于两层 PCB 设计,以 1.6mm 板厚为例,假设 PCB 采用普通 FR4,介电常数 4.2。为了满足特征阻抗 50 欧,底层在射频走线的下方需要完整的参考地平面,另外假设表层射频走线周围敷铜,敷铜和走线间距 8mil,通过 SI9000 仿真可以看到表面射频走线宽度 35mil 即可满足 50 欧设计要求.假设表面不敷铜只有底层敷铜,通过 SI9000 可以计算出表层走线需要 118mil 才能满足 50 欧,这个宽度在 PCB 设计难以实现的,所以建议在两层 PCB 设计时,采用表面覆铜和底面铺完整地平面的方式。

图表 9: 2 层 PCB 层叠结构



对于四层 PCB 设计,第二层很容易做到完整的地平面。假设表层到第二层厚度 5mil,那么表层走线只需要 6.5mil 即可。另外由于参考面非常薄,表面覆铜影响大大降低,通过 SI9000 仿真阻抗影响在 5%以下。所以建议射频设计的 PCB 在四层及以上。

图表 10: 4 层 PCB 层叠结构



另外无论几层板建议在靠近 RF 天线的位置增加派型匹配网络, 射频走线需要圆弧走线, 射频走线不能有桥接。

## 7 LoRa 参数选择

### 7.1 LoRa 速率参数选择

由于 BW 在 62.5KHz 以下对时钟精度非常严格的要求, 考虑到环境高低温, L6 建议 BW>=125KHz。以下 LoRa 速率参数为建议的选择列表。

图表 11: LoRa 速率参数

Num	BW(KHz)	SF(Spreading Factor)	LoRa Bitrate(bps)
1	125	12	250
2		11	440
3		10	980
4		9	1760
5		8	3125
6		7	5470
7		12	586

8	250	11	1074
9		10	1953
10		9	3516
11		8	6250
12		7	10938
13		500	12
14	11		2148
15	10		3906
16	9		7031
17	8		12500
18	7		21875

## 7.2 LoRa 天线频率指导

SX1278 芯片支持频率范围为 137 - 525 MHz,但是 RF 天线一般带宽 10M-20MHz,如果 433MHz 模块建议中心频率设置在 433 +/-5MHz.而 470MHz 模块建议中心频率设置在 470 +/-5MHz。