

RL 系列 二代 LoRa 模组

470MHz--510MHz, 高性价比, 小尺寸, SPI 接口



RL 系列高性价比二代 LoRa 模组是基于 Semtech 公司的第二代 LoRa 射频集成芯片 LLCC68 开发的 SPI 接口模组; 支持 470MHz~510MHz 的超宽工作频段, 发射功率大小可通过软件配置, 最大功率可达 22dBm; 通信速率配置: SF=5-6-7-8-9@BW=125KHz、SF=5-6-7-8-9-10@BW=250KHz、和 SF=5-6-7-8-9-10-11@BW=500KHz; RL 系列模组具有体积小、功耗低、传输距离远、抗干扰能力强等特点。非常适用于传输速率适当较高且传输距离要求较远的应用, 如智能家居、安防监控、智能社区、物流仓储、工业控制等应用场景。

产品特点

•工作频段

- 工作频段 470-510MHz (LSD4RFC-2L722N10)
- 工作频段 433-510MHz (LSD4RFC-2L714N10)

•多种调制方式

- 支持 LoRa、GFSK、FSK 等调制方式

•超低功耗

- 支持 1.8V 到 3.7V 电源供电 (发射功率在 +22dBm 配置下, 不可低于 3.1V)
- 发射电流 ≤ 125mA (最大发射功率配置)
- 接收电流 ≤ 6mA (DC-DC 模式)
- 600uA 待机电流
- 600nA 休眠电流 (寄存器值保存)

•高链路预算

- 灵敏度 -129dBm ± 1dBm (SF=9, BW_L=125KHz)
- 发射功率 Max. 22 dBm

•超小尺寸

- 11.5*11.6*2.25mm

•超远传输距离

- 4Km (@SF=9, BW=125KHz, 城市环境, LoRa 调制, 最大发射功率 (Max.22dBm) 发射)

•高保密性

- 采用 LoRa 调制方式, 传统无线设备难以对其进行捕获、解析

•通信接口

- SPI 通信接口, 可直接连接各种单片机使用, 软件编程非常方便

适用场景

- 智能家居
- 安防监控
- 各类低功耗传感器
- 无线遥控
- 物流仓储
- 工业控制
- 对通信距离较高场合

前言 利尔达科技集团股份有限公司提供该文档内容用以支持其客户的产品设计。客户须按照文档中提供的规范，参数来设计其产品。由于客户操作不当而造成的人身伤害或财产损失，本公司不承担任何责任。在未声明前，利尔达公司有权对该文档进行更新。

版权申明 本文档版权属于利尔达公司，任何人未经我公司允许复制转载该文档将承担法律责任。

版权所有 © 利尔达科技集团，保留一切权利。

Copyright © Lierda Science & Technology Group Co.,Ltd

文件修订历史

版本	日期	变更描述
Rev01	2020-10-30	初始版本
Rev02	2020-12-10	修正格式及基本操作更新
Rev03	2021-02-26	增加 LSD4RFC-2L714N10 规格参数
Rev04	2021-03-16	订正推荐电路图模块封装丝印

1 规格参数

表 1-1 模块极限参数

主要参数	性能		备注
	最小值	最大值	
电源电压 (V)	-0.5	+3.9	
最大射频输入功率 (dBm)	-	+10	
工作温度 (°C)	-40	+85	

表 1-2 模块工作参数¹

主要参数	性能			备注	
	最小值	典型值	最大值		
工作电压 (V)	1.8	3.3	3.7	VBAT≥2.7V for +20dBm VBAT≥2.4V for +19dBm	
工作温度 (°C)	-40	-	85		
初始频偏(KHz)	-6.5	-	+6.5		
工作频段 (MHz)	LSD4RFC-2L714N10				
	433	-	510	客户可自定义工作频率 ²	
	LSD4RFC-2L722N10				
功 耗	发射状态 (mA)	470	-	510	客户可自定义工作频率 ²
		LSD4RFC-2L714N10			
		20	24	30	DC-DC模式, 10dBm发射 ³
接收 状态 (mA)	接收状态 (mA)	25	34	38	DC-DC模式, 14dBm发射 ³
		LSD4RFC-2L722N10			
		70	80	90	DC-DC模式, 17dBm发射 ⁴
睡眠 状态 (uA)	睡眠状态 (uA)	90	107	125	DC-DC模式, 22dBm发射 ⁴
		LSD4RFC-2L714N10			
		-	5.0	6	DC-DC模式, Rx Boosted BW_L=125KHz, SF=7
发射 功率 (dBm)	发射功率 (dBm)	-	0.6	2	寄存器值保存
		LSD4RFC-2L714N10			
发射 功率 (dBm)	发射功率 (dBm)	-	14	15	用户可编程自定义 ⁵
		LSD4RFC-2L722N10			

¹ 以上测试条件为, 温度: 25°C, 中心频率: 490MHz, 工作电压: 3.3V

² 用户根据终端市场的当地法规允许工作频段进行配置使用, 请务必遵守当地法规使用, 若在法规不允许频段内使用, 我司不承担任何责任; 国内终端市场应用请参照《微功率短距离无线电发射设备目录和技术要求》;

³ 输出功率务必按照优化推荐设置, 若设置与推荐值不符, 可能出现功率及功耗不优, 甚至出现模块损坏, 配置见 表 2-1;

⁴ 输出功率务必按照优化推荐设置, 若设置与推荐值不符, 可能出现功率及功耗不优, 甚至出现模块损坏, 配置见 表 2-2;

⁵ 用户根据终端市场的当地法规允许发射功率大小进行配置使用, 请务必遵守当地法规使用, 若在发射功率在超出法规限定范围内使用, 我司不承担任何责任; 国内终端市场应用请参照《微功率短距离无线电发射设备目录和技术要求》;

	-	22	23	用户可编程自定义 ⁵
接收灵敏度 (dBm)	-	-124	-	BW_L=125KHz, SF=7
通信速率	LoRa (bps)	-	62.5K	用户可编程自定义
	FSK (bps)	-	300K	用户可编程自定义
调制方式	LoRa/GFSK/FSK			用户可编程自定义
接口类型	邮票孔			1.27mm间距
通讯协议	SPI			-
外形尺寸 (mm)	11.5*11.6*2.25mm (详见图2-1)			-
尺寸精度	GB/T1804-C级			符合尺寸公差C级要求

2 发射功率配置

不同型号的产品的对应不同的匹配网络，同时对应着不同 PA 操作设置，应用时需要严格按照对应产品进行发射功率的配置，否则可能出现产品功耗不优、性能下降甚至损坏等情况。

2.1 LSD4RFC-2L714N10 发射功率配置

LSD4RFC-2L714N10 发射功率配置对应寄存器操作如表 2-1，使用时可以去配置改变 SetTxParams 参数值大小去改变实际输出功率大小，SetTxParams 设置范围为-3~15，配置为 15 时实际输出功率可达到最大值+14dBm；注意 paDutyCycle、hpMax、deviceSel、paLut 这四个寄存器值不可改变，否则会出现性能下降甚至模组损坏的可能；

表 2-1 PA 操作模式优化设置⁶

实际输出功率 (dBm)	paDutyCycle	hpMax	deviceSel	paLut	Value in SetTxParams	发射电流典型值 (mA)
14	0x04	0x06	0x00	0x01	15	34
10	0x04	0x06	0x00	0x01	10	24

⁶ 使用时，可以去配置改变 SetTxParams 参数值大小去改变实际输出功率大小，最大值为 15；注意 paDutyCycle、hpMax、deviceSel、paLut 这四个寄存器值不可改变，否则会出现性能下降或模组损坏；

配置参考代码如下：

```

Void SX126xSetTxParams( int8_t power, RadioRampTimes_t rampTime )
{
    uint8_t buf[2];
    if( power > 15 )
    {
        power = 15;
    }
    else if( power < -3 )
    {
        power = -3;
    }
    SX126xSetPaConfig( 0x04, 0x06, 0x00, 0x01 );
    SX126xWriteRegister( REG_OCP, 0x38 ); // current max 140mA for the whole device
    buf[0] = power;
    buf[1] = ( uint8_t )rampTime;
    SX126xWriteCommand( RADIO_SET_TXPARAMS, buf, 2 );
}
    
```

2.2 LSD4RFC-2L722N10 发射功率配置

LSD4RFC-2L722N10 发射功率配置对应寄存器操作如表 2-2，使用时可以去配置改变 SetTxParams 参数值大小去改变实际输出功率大小，SetTxParams 设置范围为-3~22，配置为 22 时实际输出功率可达到最大值+22dBm；注意 paDutyCycle、hpMax、deviceSel、paLut 这四个寄存器值不可改变，否则会出现性能下降甚至模组损坏的可能；

表 2-2 PA 操作模式优化设置⁷

实际输出功率 (dBm)	paDutyCycle	hpMax	deviceSel	paLut	Value in SetTxParams	发射电流典型 值 (mA)
22	0x04	0x07	0x00	0x01	22	105
17	0x04	0x07	0x00	0x01	17	75

配置参考代码如下：

```

Void SX126xSetTxParams( int8_t power, RadioRampTimes_t rampTime )
{
    uint8_t buf[2];
    if( power > 22 )
    {
        power = 22;
    }
    else if( power < -3 )
    {
        power = -3;
    }
    SX126xSetPaConfig( 0x04, 0x07, 0x00, 0x01 );
    SX126xWriteRegister( REG_OCP, 0x38 ); // current max 140mA for the whole device
    buf[0] = power;
    buf[1] = ( uint8_t )rampTime;
    SX126xWriteCommand( RADIO_SET_TXPARAMS, buf, 2 );
}
    
```

⁷ 使用时，可以去配置改变 SetTxParams 参数值大小去改变实际输出功率大小，最大值为 22；注意 paDutyCycle、hpMax、deviceSel、paLut 这四个寄存器值不可改变，否则会出现性能下降或模组损坏；

3 尺寸图及引脚定义

3.1 尺寸图

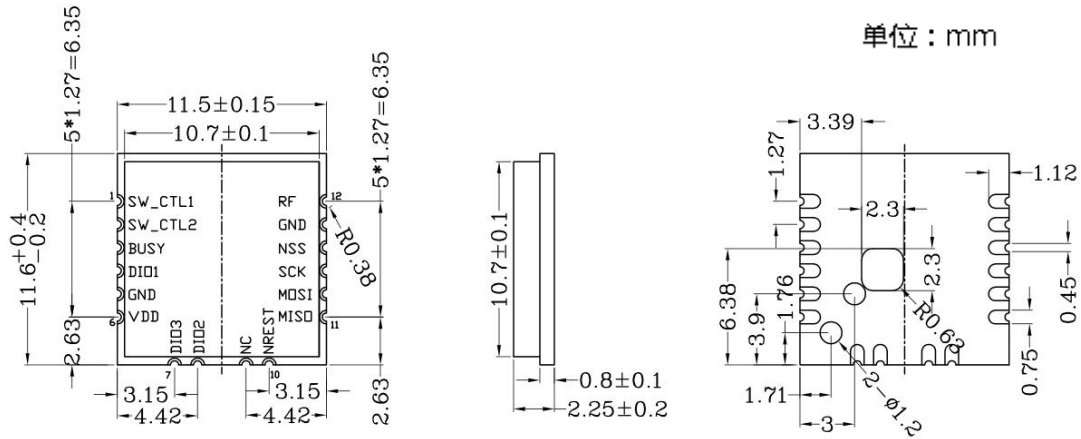


图 3-1 RL 系列模组尺寸图

3.2 引脚定义

表 3-1 引脚定义

PIN	接口名	功能
P1	SW_CTL1	射频开关控制引脚1, TX: SW_CTL1=0, SW_CTL2=1
		RX: SW_CTL1=1, SW_CTL2=0
		Sleep: SW_CTL1=0, SW_CTL2=0
P2	SW_CTL2	射频开关控制引脚2, TX: SW_CTL1=0, SW_CTL2=1
		RX: SW_CTL1=1, SW_CTL2=0
		Sleep: SW_CTL1=0, SW_CTL2=0
P3	BUSY	占线指示器
P4	DIO1	中断源映射引脚（详见LLCC68数据手册）
P5	GND	电源地
P6	VDD	电源VDD
P7	DIO3	中断源映射引脚（详见LLCC68数据手册）
P8	DIO2	中断源映射引脚（详见LLCC68数据手册）
P9	NC	NC(浮空焊接, 不要连接到GND)
P10	NREST	复位引脚, 低电平有效
P11	MISO	SPI数据输出

P12	MOSI	SPI数据输入
P13	SCK	SPI时钟输入
P14	NSS	芯片SPI使能
P15	GND	电源地
P16	RF	射频输出

4 基本操作

4.1 硬件设计

4.1.1 典型应用电路

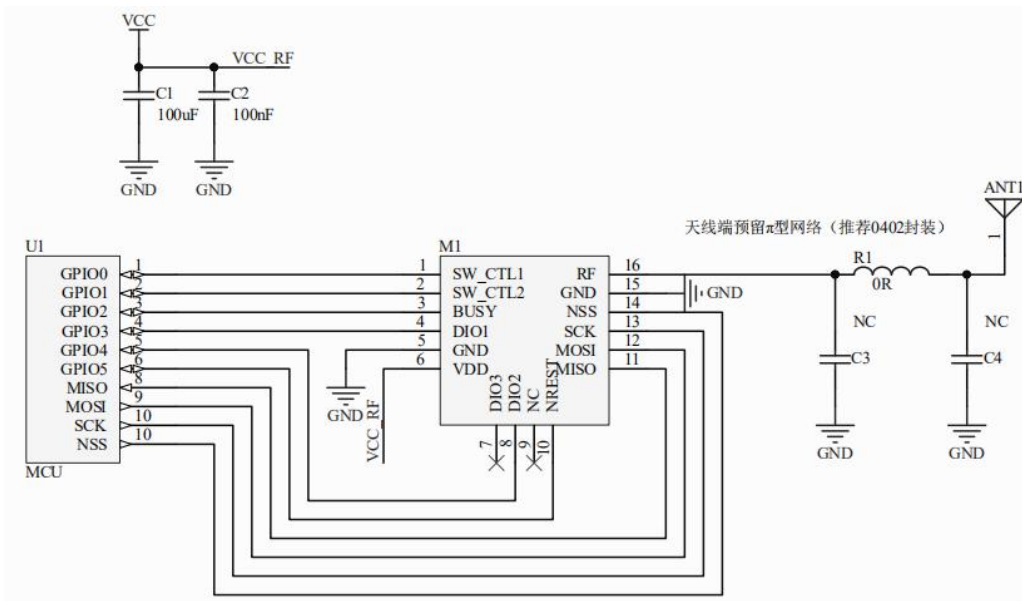


图 4-1 典型应用电路一

当用户 MCU 的 IO 资源较充足时，可以按照以上图 4-1 典型应用电路一进行绘制原理图设计电路，其中 DIO1、DIO2 都分别可以实现所有的中断映射功能，所以可以只连接一个 DIO 口另外一个悬空处理即可，或者全部连接，对应用皆无影响。SW_CTL1、SW_CTL2 为内部开关控制引脚，在本应用电路中，需要使用 MCU 的两个 IO 进行控制，对于各状态下控制逻辑真值表如表 4-1，当休眠状态时，为了降低功耗，两个控制引脚应该输出低，使内部开关不工作。

表 4-1 控制逻辑真值表

MODE	SW_CTL1	SW_CTL2
Transmit	0	1
Receive	1	0
Sleep	0	0

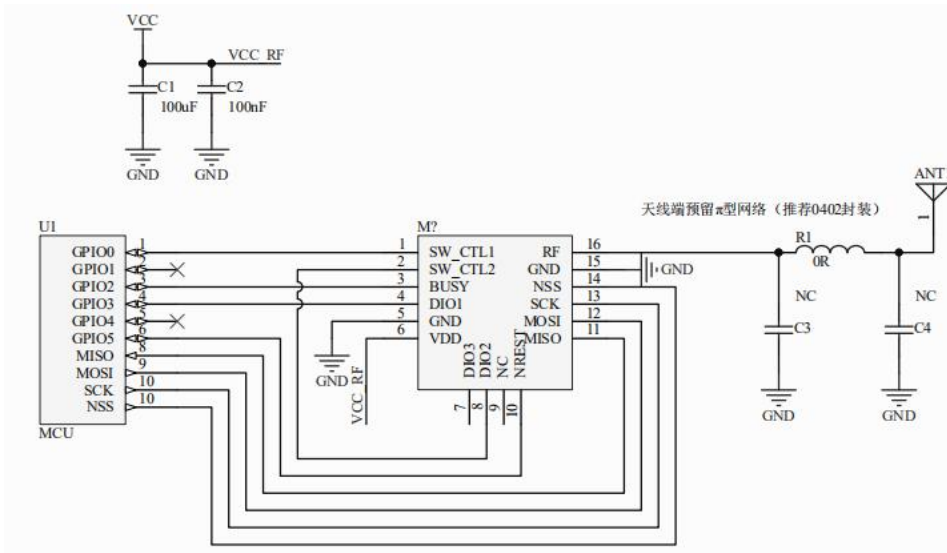


图 4-2 典型应用电路二

当用户 MCU 的 IO 资源较紧缺时，可以按照以上典型应用电路二进行绘制原理图，可以节省 MCU 的一个 IO 口资源。其中 DIO1 可以实现所有的中断映射功能，所以只连接一个 DIO1 口另即可；DIO2 可以通过 SetDIO2AsRfSwitchCtrl 配置成发射开关控制功能，控制内部开关的 SW_CTL2 控制引脚，通过该配置可以使 DIO2 在发射状态时自动输出高电平，接收及休眠状态时自动都为输出低；内部开关另外控制引脚 SW_CTL1 使用 MCU 的 IO 进行控制，各状态下 SW_CTL1 控制逻辑真值表如表 4-2，当休眠状态时，为了降低功耗，SW_CTL1 控制引脚应该输出低，使内部开关不工作。

表 4-2 控制逻辑真值表

MODE	SW_CTL1
Transmit	0
Receive	1
Sleep	0

DIO2 需映射 SetDIO2AsRfSwitchCtrl 功能：

```
void SX126xSetDio2AsRfSwitchCtrl( uint8_t enable )
{
    SX126xWriteCommand( RADIO_SET_RFSWITCHMODE, &enable, 1 );
}
```

4.1.2 硬件布局注意事项

1. DIO 口尽量连接到 MCU 带外部中断的 IO 口。
2. 射频出口到天线焊盘部分走线尽可能短，要走 50Ω 阻抗线，并且需要包地，走线周围多打过孔。
3. 在允许情况下射频出口到天线焊盘部分增加 π 电路。
4. 天线周围需要净空，至少留出 5mm 的净空区域。
5. 注意接地良好，最好保证大面积铺地。
6. 远离高压电路、高频开关电路。
7. 可参考应用文档中《射频 PCB LAYOUT 设计规则(适用 sub-1GHZ 及蓝牙模块)》进行布局及走线；

4.2 软件操作

本模组只是作为一个从机，提供 SPI 接口，可以使用 MCU 的 SPI 接口与其进行通讯，通过 API 指令对其寄存器与收发缓存进行操作，即能完成无线数据收发功能。对于 SPI 操作的函数，用户需要根据自己 MCU 操作 SPI 的方式进行修改，其中模块寄存器读写操作时序操作请参阅最新的 LLCC68 数据手册；

用户在软件开发之前，可以先参照我司提供的 demo LoRa 通信例程⁸及示例代码说明手册⁹中 LoRa 点对点通信进行熟悉软件操作；用户在移植代码时主要是需要根据自己的 MCU 调通 SPI，然后参考通信例程进行相关功能函数移植。

使用一对 LoRa 模组实现点对点通信流程如图 4-3 所示，这个通信流程示例中，可以实现发射设备通过 LoRa 无线信号发送数据给接收设备，接收设备收到数据包后将数据包通过 LoRa 无线信号返回给发射设备端，循环进行通信。

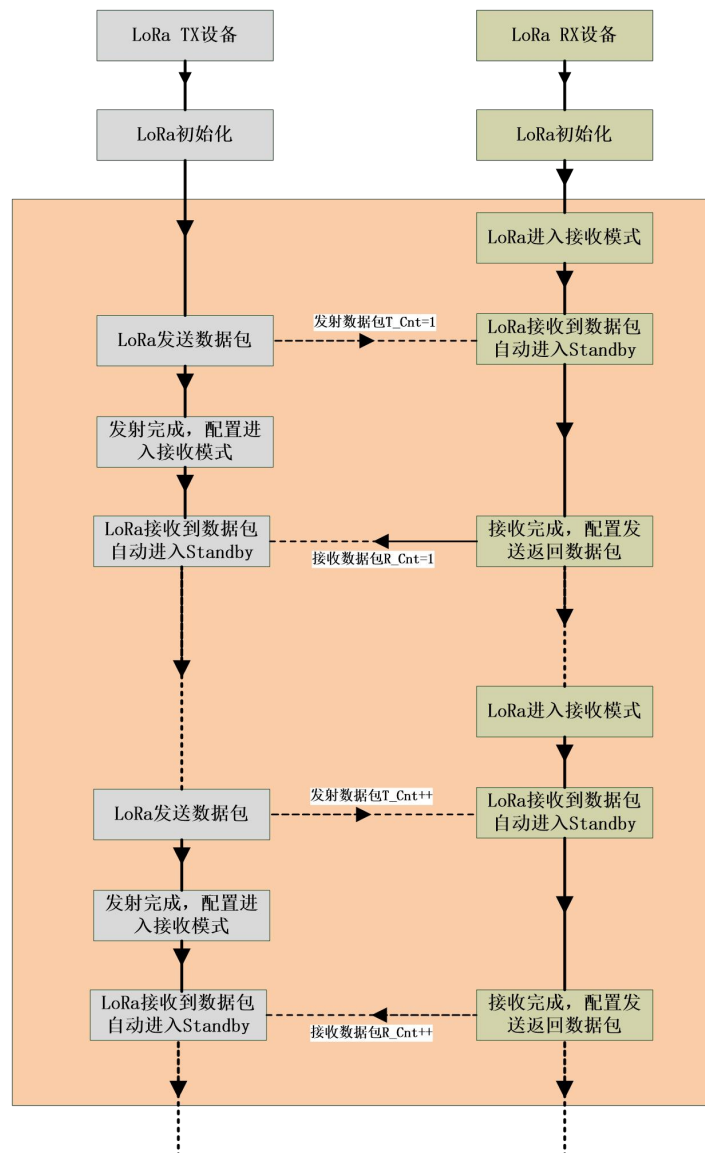


图 4-3 点对点通信流程图

⁸ 通用例程《LLCC68_LoRa(1.30LED)》

⁹ 示例代码说明手册《LoRa 模块 (SX126X) 系列编程指导说明书》

5 LoRa 参数配置说明

5.1 SF、BW 配置说明

1. SF 为 LoRa 调制的扩频因子,该参配置支持 SF=5-6-7-8-9@BW=125KHz, SF=5-6-7-8-9-10@BW=250KHz, SF=5-6-7-8-9-10-11@BW=500KHz, 该参数配置值越大, 传输速率会越小, 接收灵敏度会提高, 即传输距离相对变远, 可根据实际使用情况, 计算所需等效速率进行选择配置。注意, 其它 SF 配置情况下不支持工作, 详细情况可参考表 4-1 所示进行配置。

2. BW 为 LoRa 调制的信号带宽, BW 值配置越小速率越慢, 接收灵敏度会越高, 即可以牺牲速率来换取更高的接收灵敏度, 或者牺牲灵敏度来换取更高的速率。但是 BW 值不能无限制的设置小, 本产品 BW 可选择值为 125KHz、250KHz、500KHz。注意, 其它 BW 配置情况下不支持工作, 详细情况可参考表 5-1 所示进行配置。

5.2 数据包大小选择建议

数据包最大字节设置可支持 255 字节, 考虑实际使用情况, 一包数据包字节数较大时, 持续空中时间较长, 容易受到干扰, 特别是在低速率时可能影响更大, 本模组甚至可能出现无法通信情况。

通常建议在 LoRa®符号时间等于或大于 16.38 ms 时进行开启低数据速率优化, 但当数据包字节数较大时 (超过 128 字节), 建议开启低数据速率优化, 提高鲁棒性。(低速率优化主要影响通信速率, 当开启时, 通信有效速率会变慢, 但可以提高鲁棒性, 特别是在大数据包低速率情况下, 通信不稳定时影响特别明显; 当对速率要求不高, 且对低速率优化是否开启无强制要求时, 建议开启低速率优化。)

不同 SF 及 BW 设置时, 最大数据包长度 (PL) 建议值, 根据不同产品型号分别给出如表 5-1、表 5-2 所示, 当需求数据包大于建议值时建议进行分包处理。

表 5-1 LSD4RFC-2L714N10 LoRa 模式下支持速率配置及最大数据包长度建议值

SF \ BW	BW		
	125KHz	250KHz	500KHz
5	255 bytes (136ms)	255 bytes (68ms)	255 bytes (34ms)
6	255 bytes (229ms)	255 bytes (114ms)	255 bytes (57ms)
7	255 bytes (394ms)	255 bytes (197ms)	255 bytes (99ms)
8	255 bytes (697ms)	255 bytes (348ms)	255 bytes (174ms)
9	128 bytes (677ms)	255 bytes (625ms)	255 bytes (313ms)
10	不支持	128 bytes (615ms)	255 bytes (564ms)
11	不支持	不支持	128 bytes (574ms)
12	不支持	不支持	不支持

¹⁰ PL 表示建议最大数据包长度或该数据包长度下一包数据包发射所需时间(按 CR=4/5, Preamble 长度为 8symbol 进行计算); “不支持”是指 LLCC68 芯片本身不支持该配置;

表 5-2 LSD4RFC-2L722N10 LoRa 模式下支持速率配置及最大数据包长度建议值

SF	BW		
	125KHz	250KHz	500KHz
5	255 bytes (136ms)	255 bytes (68ms)	255 bytes (34ms)
6	255 bytes (229ms)	255 bytes (114ms)	255 bytes (57ms)
7	255 bytes (394ms)	255 bytes (197ms)	255 bytes (99ms)
8	128 bytes (379ms)	255 bytes (348ms)	255 bytes (174ms)
9	64 bytes (390ms)	128 bytes (338ms)	255 bytes (313ms)
10	不支持	64bytes (349ms)	128 bytes (308ms)
11	不支持	不支持	64 bytes (328ms)
12	不支持	不支持	不支持

6 常见问题

6.1 模块近距离也不能通信

- 确认发送和接收两边配置是否不一致，配置不同不能正常通信。
- 电压异常，电压过低会导致发送异常。
- 电池电量低，低电量电池在发送时电压会被拉低导致发送异常。
- 天线焊接异常射频信号没有到达天线或者 π 电路焊接错误。

6.2 模块功耗异常

- 静电等原因导致模块损坏导致功耗异常。
- 在做低功耗接收时，时序配置等不正确导致模块功耗没达到预期效果。
- 单独测模块或者 MCU 都正常，联调就出现功耗异常这是由于 MCU 与射频模块的连接引脚没有处理好。
- 工作环境恶劣，在高温高湿、低温等极端环境模块功耗会有波动。

6.3 模块通信距离不够

- 天线阻抗匹配没做好导致发射出去的功率很小。
- 天线周围有金属等物体或者模块在金属内导致信号衰减严重。
- 测试环境有其他干扰信号导致模块通信距离近。
- 供电不足导致模块发射功率异常。
- 测试环境恶劣，信号衰减很大。

¹¹ PL 表示建议最大数据包长度或该数据包长度下一包数据包发射所需时间(按 CR=4/5, Preamble 长度为 8symbol 进行计算)；“不支持”是指 LLCC68 芯片本身不支持该配置；

- 模块经过穿墙等环境后再与另一端通信，墙体等对信号衰减很大，大部分信号是绕射过墙体信号衰减大。
- 模块太靠近地面被吸收和反射导致通信效果变差。

7 生产指导

7.1 钢网开口设计

底板上钢网厚度选择原则上是根据板内器件的封装类型综合考虑来选取的，需重点关注如下要求：模块焊盘位置可局部加厚到 0.15~0.20mm，避免产生空焊；

7.2 回流焊作业指导

注：此作业指导书仅适合无铅作业，仅供参考。

作业指导书 Standard Operation Procedure (SOP)												批准	审核	作成	作成日	
生产工段 Station	SMT			工序名 Station	回流焊											
文件编号 Doc No.	MSOP-FL-RX1060N-G01	版本 Rev	A0	程序名 Program	003-RR-T-S606-S3											
项 目	曲线图															
	温区参数	Zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
		Top	150	150	180	180	180	195	210	240	250	240				
		Bottom	150	150	180	180	180	195	210	240	250	240				
	Conveyor speed	900	mm/min													
曲线参数		峰值温度	浸温			熔锡温度		上升斜率		回焊斜率		降温斜率				
	Temp Range	240±5	150--180			217		25-150				183				
	Time		60--120S			45-90S		1--3 °C/s		1-3 °C/s		≤4°C/s				
	物料名称 Description	规格	料号 P/N	位号 Location	用量 (PCS)	工具/设备	用量 (PCS)	编号	日期	修改内容						
1						测温仪	1									
2						测温板	1									
3						耐高温手套	1									

图 7-1 回流焊作业指导

8 型号及包装

8.1 产品型号信息表

RL 系列 LoRa 模组型号如下表所示:

平台	下单型号	频率	MAX 功率	包装	数量	备注
LLCC68	LSD4RFC-2L714N10	433--510MHz	14dBm	卷带	1500	低电流版本, 适合电池
LLCC68	LSD4RFC-2L722N10	470--510MHz	22dBm	卷带	1500	高功率版本

8.2 产品标签



图 8-1 LSD4RFC-2L714N10

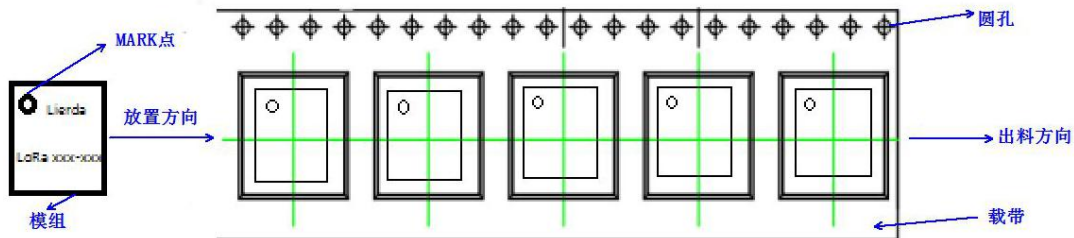


图 8-1 LSD4RFC-2L722N10

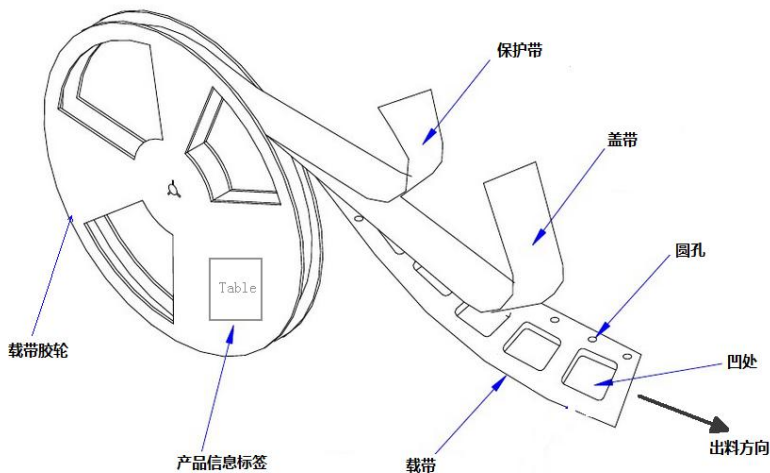
8.3 产品包装说明

本产品使用卷带包装方式进行包装, 包装示意图及说明如下:

产品放置方向示意图:



包装外观示意图:



9 联系我们

利尔达科技集团股份有限公司始终以为客户提供最及时、最全面的服务为宗旨，如需任何帮助，请随时联系我司相关人员，或按如下方式联系：

资料网站：<http://wsn.lierda.com>

支持邮箱：lora_support@lierda.com

技术论坛：<http://bbs.lierda.com>

样品购买：<https://lierda.taobao.com>