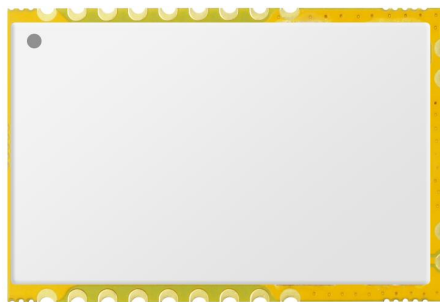


LoRa 大功率收发模块规格书

产品型号：DL-SX1278PA

文件版本：V1.0



433/470MHz

文件制定/修订/废止履历表

| 日期 | 软件版本 | 制定/修订内容 | 制定 |
|------------|------|------------------|-------|
| 2020-03-10 | V1.0 | DL-SX1278PA 标准模块 | Fagan |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

免责声明：

本规格书仅作为使用指导，具体请以实测为为准。本规格书中的所有陈述和建议不构成任何明示或暗示的担保。若由于使用者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。

版权所有 © 深圳市骏晔科技有限公司，保留一切权利。

Copyright © Shenzhen DreamLnk Technology Co., Ltd

一. 模块介绍

1.1 产品概述

DL-SX1278PA 是基于 Semtech 公司的射频芯片 SX1278 为核心,自主研发的 LoRa 模块,为了满足更远的传输距离和覆盖率,模块内部集成了功率放大器(PA)与低噪声放大器(LNA),使得模块在芯片的基础上提高了 3 倍多的信号功率输出达到了 1W,同时又进一步提升了接收灵敏度,充足的链路预算以及凭借先进的 LoRa 调制技术,使通信能够实现更远的传输距离以及更强的抗干扰和稳定性。

DL-SX1278PA 主要采用新一代 LoRa™ 调制技术,其芯片具有-149dBm@LoRa 的最高灵敏度,功耗低,传输距离远,抗干扰能力强,保密性高,隐蔽性高,发射功率大小可通过软件配置(20dbm),模块最大输出功率可达 30dBm。相对传统调制技术,LoRa™ 调制技术在抗阻塞和选择方面具有明显优势,解决了传统设计方案无法同时兼顾距离、抗干扰、信号死角和功耗的问题。

1.2 产品特性

- 支持 (G)FSK、LoRa™ 等调制方式;
- 芯片支持频段范围 137~525MHz;
- 模块推荐频率: 410~510MHz (模块具有宽频性能好的特点,且可以包含 ISM 工业频段);
- 工作电压 5V, 模块最高可输出 30dbm (1W) 的功率, 瞬间最大工作电流 640mA;
- 支持自动射频信号检测 CAD(Channel activity detection);
- 接收状态下具有低功耗特性,接收电流 17mA(软件上采用 CAD 工作模式可以有效减低整体的电流消耗实现电池供电);
- 休眠电流 1uA;
- 支持快速跳频,支持 CRC 硬件校验,中断 DIOx 映射;
- 芯片理论灵敏度 -149dBm@LoRa;
- 工业级标准设计,支持-30~ 85° C 下长时间使用;
- 支持扩频因子: SF6/SF7/SF8/SF9/SF10/SF11/SF12;
- 芯片支持的带宽: 7.8/10.4/15.6/20.8/31.25/41.7/62.5/125/250/500kHz

1.3 典型应用

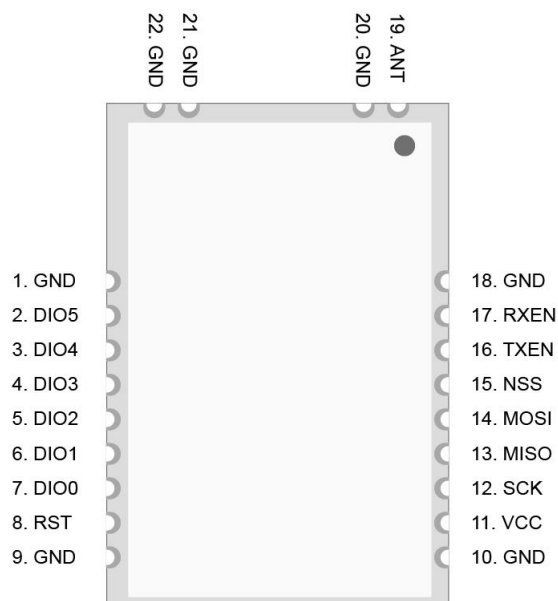
- 无线自动抄表 (水表、电表、气表)
- 工业控制器、传感器
- 超远距离数据通讯
- 农业自动化解决方案
- 智能家居系统
- 智能停车系统
- 智能安防监控
- 集装箱信息管理
- 智能楼宇自动化
- 供应链物流

二. 技术参数

| 参数 | 最小 | 典型 | 最大 | 单位 | 备注 |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------|---|
| 运行条件 | | | | | |
| 工作电压 | 3.3 | 5 | 5.5 | V | 电源稳定 $\geq 4.7V$ 能发挥模块最大功率 |
| I0 电压范围 | | 3.3 | 3.9 | V | >3.9V 可能会损坏芯片 |
| 工作温度范围 | -30 | 25 | +85 | °C | 温差大时注意软件配置带宽不太太载 |
| 射频参数 | | | | | |
| 接收电流 | 16 | 17 | 20 | mA | |
| 发射电流 | 570 | 600 | 640 | mA | @29.5dBm 工作电压 5V 的瞬时电流 |
| 休眠电流 | | <10 | | uA | 寄存器保存 |
| 推荐频率范围 (保证性能最大化) | 410 | 433/470 | 510 | MHz | 支持 ISM 工业频段, 且是模块较好的匹配频段 |
| 发射功率 | 27.0 | 29.5 | 30.5 | dBm | @433M 最大发射功率 |
| LoRa 接收灵敏度 | -140 -137 -122 | -142 -139 -124 | -144 -141 -126 | dBm | @0.49kbps (SF=11 BW=3 20.8 CR4/5) @0.179kbps (SF=11 BW=5 41 CR4/5) @5.469kbps (SF=7 BW=7 125 CR4/5) |
| FSK 速率范围 | 1.2 | - | 300 | Kb/s | 软件射频初始化配置 |
| LoRa 速率范围 | 0.018 | - | 37.5 | Kb/s | 软件射频初始化配置 |

(表 1)

三. 引脚定义



引脚示意图 (图 1)

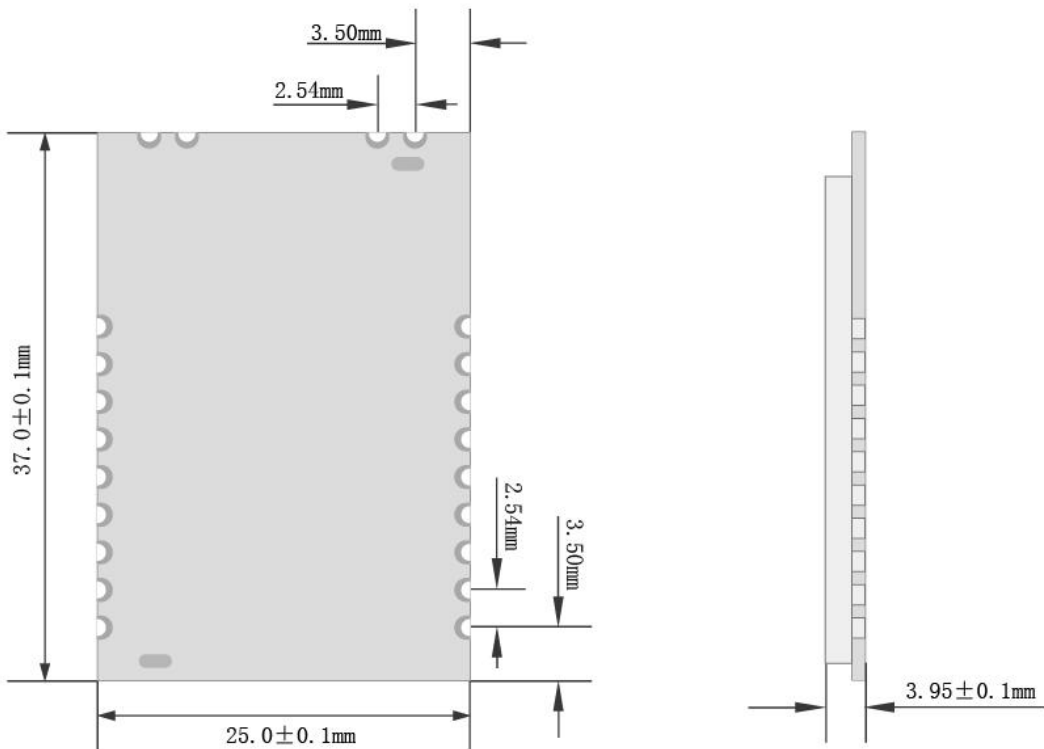
引脚功能定义表

| 序号 | 引脚定义 | 类型 | 功能说明 |
|----|------|-----|-----------------------------------|
| 1 | GND | PWR | 接地 |
| 2 | DIO5 | I/O | 软件可配置的通用 IO 口 |
| 3 | DIO4 | I/O | 软件可配置的通用 IO 口 |
| 4 | DIO3 | I/O | 软件可配置的通用 IO 口 |
| 5 | DIO2 | I/O | 软件可配置的通用 IO 口 |
| 6 | DIO1 | I/O | 软件可配置的通用 IO 口 |
| 7 | DIO0 | I/O | 软件可配置的通用 IO 口 |
| 8 | RST | I | 芯片复位触发输入脚, 低电平有效 |
| 9 | GND | PWR | 接地 |
| 10 | GND | PWR | 接地 |
| 11 | VCC | PWR | 供电电源, 范围 4.75~5.5V (建议外部增加陶瓷滤波电容) |
| 12 | SCK | I | 模块 SPI 时钟输入引脚 |
| 13 | MISO | O | 模块 SPI 数据输出引脚 |

| | | | |
|----------|------|------|-------------------------------|
| 14 | MOSI | I | 模块 SPI 数据输入引脚 |
| 15 | NSS | I | 模块片选引脚，用于开始和结束一次 SPI 通讯 |
| 16 | TXEN | I | 射频开关脚控制；发射时，TXEN 高电平，RXEN 低电平 |
| 17 | RXEN | I | 射频开关脚控制；接收时，RXEN 高电平，TXEN 低电平 |
| 18 | GND | PWR | 接地 |
| 19 | ANT | A IO | 模拟信号天线接口 |
| 20/21/22 | GND | PWR | 接地 |

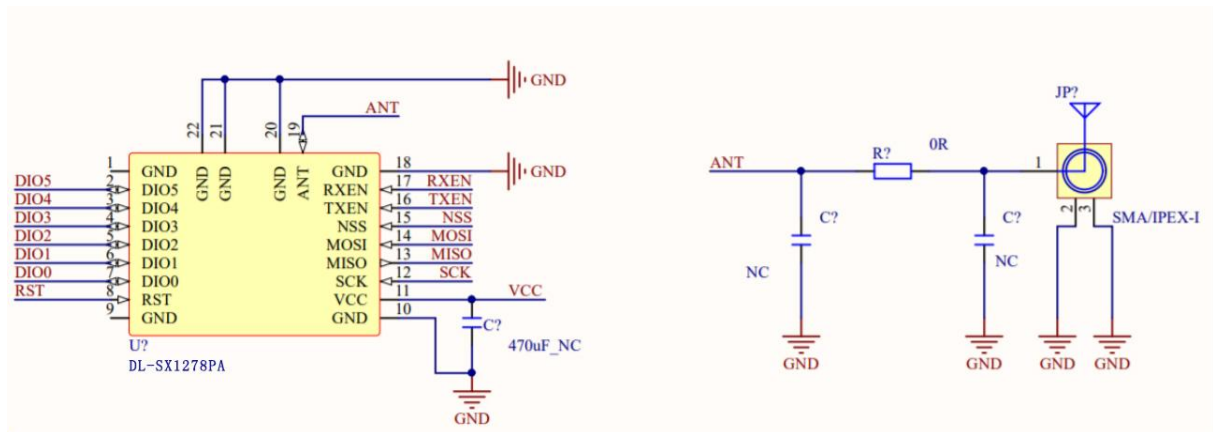
(表 2)

四. 模块尺寸



DL-SX1278PA 尺寸图 (图 2)

五. 基本电路



(图 3)

1278PA IO 设计

- 软件上 DIO0-DIO5 可以用来映射芯片的中断事件，并通过函数查询到中断源。

数据手册位置：LoRa™ 模式下的 DIO 映射（如下图）

表 18 LoRa™ 模式下的 DIO 映射

| 操作模式 | DIOx 映射 | DIO5 | DIO4 | DIO3 | DIO2 | DIO1 | DIO0 |
|------|---------|-----------|-------------|-----------------|--------------------|--------------------|---------|
| 全部 | 00 | ModeReady | CadDetected | CadDone | FhssChange Channel | RxTimeout | RxDone |
| | 01 | ClkOut | PllLock | ValidHeader | FhssChange Channel | FhssChangeC hannel | TxDone |
| | 10 | ClkOut | PllLock | PayloadCrcError | FhssChange Channel | CadDetected | CadDone |
| | 11 | - | - | - | - | - | - |

(图 4)

- 设计硬件时，如果控制器有多余的 GPIO 可以将模块的所有端口都连上控制器，在引脚不充足的情况下，对于 LoRa 调制方式的数据包模式 (SPI 传输而非连续模式) 至少需要引出通用 SPI 总线，RST, DIO, DI1, TXEN, RXEN 到控制器的 GPIO 上。

| | |
|-----------|--|
| RST | 初始化及其他特殊情况复位芯片，建议连接到单片机 |
| DIO0 | 实现中断检测收发，及 CAD 完成中断 |
| DIO1 | 实现单次接收超时，频率改变及检测到 CAD 中断， 如果引脚不够且对跳频要求不高，则可以不连接 |
| TXEN/RXEN | 连接到控制器的 GPIO, 软件根据收发状态切换逻辑电平 (移植中实现)， 如果不按逻辑控制会导致芯片发送功率和灵敏度大大降低 |

(表 3)

六. 电路设计

6.1 电源设计

- 请注意器件供电电压，超出推荐电压范围会导致模块功能异常及永久损坏；
- 尽量使用直流稳压电源对该模块进行供电，电源纹波系数尽量小，且需要考虑发射最大功率时的电源负载；
- 模块需要可靠接地，做好铺地可以更好的性能输出并可以减少 RF 对其他灵敏器件的影响。

6.2 射频走线设计

- 模块远离高频电路变压器 RF 等干扰源，禁止在模块下层直接走线，否则可能会影响接收灵敏度；
- 使用板载天线时天线需要两面净空，铺地同时不能距离天线太近，否则会吸收辐射的能量；
- 走线 50 Ω 阻抗线，铺地并多打地孔；
- PCBA 空间允许下预留 π 型匹配网络，先通过 0R 电阻连接，否则天线开路。

6.3 天线相关

- 天线的种类很多，根据需求选择合适的天线；
- 天线的安置需要根据极性选择合适的安置位置，建议垂直向上；
- 天线辐射路径上不能有金属物体，否则传输距离会受到影响(如封闭的金属外壳)。

以下内容可以参考芯片数据手册：sx1276_77_78_79 中文数据手册.pdf

七. 软件调试流程

7.1 移植 HAL 接口

1. 初始化及调用 SPI 接口，软件或硬件 SPI 都可以；
2. 实现 TXEN 和 RXEN 的控制，在收发模式切换的时候软件会自动调用，对应逻辑电平如下：

| 状态 | TXEN | RXEN |
|----------------------------|------|------|
| 发送模式 (OPMODE_TRANSMITTER) | H | L |
| 接收模式 (OPMODE_RECEIVER) | L | H |
| 休眠模式 (OPMODE_SLEEP) | L | L |

(表 4)

- 注：1. 模式切换相关函数 SX1276LoRaSetOpMode；
2. 休眠模式，需要手动调用开关切换 RXE_LOW()；
 3. 特别要注意验证 RST 复位的功能正常。

7.2 熟悉芯片 LoRa 模式下寄存器表及代码中的相关 API

(数据手册位置：6.4. LoRaTM 模式寄存器映射)；

7.4 根据例程, 利用两个验证板完成收发通讯验证；

7.5 建议使用 LoRa 调制, 通讯正常后, 需要对调制参数进行优化, 根据自己的需求来更改扩频因子, 带宽等参数来控制发码时长(符号时间有关)及通讯距离；具体如表 x

7.6 常用的调试参数和相关函数如下：

| | | |
|-----------------|--|----------------------------------|
| 调制带宽 (BW_L) | BW 越高, 调制速率越快, 但是信号带宽大, 会降低接收机的灵敏度 在一般应用情况下建议 >5 (41.7kHz) LoraWan 为 6 (125kHz) | SX1276LoRaSetSpreadingFactor |
| 扩频因子 (SF) | SF 越高可以增加解调的灵敏度, 提升距离。 缺点就是会大大增加传输时间, 具体见表 7 | SX1276LoRaGetSignalBandwidth |
| 编码率 (CR) | 在干扰严重情况下, 能增加抗干扰性, 缺点就是会编码效率减低, 波特率变慢, 正常情况下使用默认的 CR = 4/5 即可。 参数: 1: 4/5, 2: 4/6, 3: 4/7, 4: 4/8 | SX1276LoRaSetErrorCoding |
| 低速率优化 (LDR0) | 当单个符号时间等于或大于 16.38 ms, 需要开启低速率优化, 具体见表 6 Symbol tim 项 | SX1276LoRaSetLowDatarateOptimize |
| 功率设置 (Power) | 功率越大, 所需的电流越大, 通信距离越远, 参数: 0-20 | SX1276LoRaSetRFPower |

(表 5)

7.7 发射功率最大可以 +20dbm, 以提供最大的链路预算;

7.8 如果需要低功耗, 可以在软件上采用 CAD 工作模式(睡眠-检测信号-睡眠)来实现低功耗
数据手册: 信道活动检测 (CAD)

7.9 LoRa 模式下扩频因子带宽与发送的符号时间的关系如下:(由此来决定是否来启动低速率优化)

| SF \ BW | 7.8 | 10.4 | 15.6 | 20.8 | 31.25 | 41.7 | 62.5 | 125 | 250 | 500 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|------|
| 6 | 8.21 | 6.15 | 4.10 | 3.08 | 2.05 | 1.53 | 1.02 | 0.51 | 0.26 | 0.13 |
| 7 | 16.41 | 12.31 | 8.21 | 6.15 | 4.10 | 3.07 | 2.05 | 1.02 | 0.51 | 0.26 |
| 8 | 32.82 | 24.62 | 16.41 | 12.31 | 8.19 | 6.14 | 4.10 | 2.05 | 1.02 | 0.51 |
| 9 | 65.64 | 49.23 | 32.82 | 24.62 | 16.38 | 12.28 | 8.19 | 4.10 | 2.05 | 1.02 |
| 10 | 131.28 | 98.46 | 65.64 | 49.23 | 32.77 | 24.56 | 16.38 | 8.19 | 4.10 | 2.05 |
| 11 | 262.56 | 196.92 | 131.28 | 98.46 | 65.54 | 49.11 | 32.77 | 16.38 | 8.19 | 4.10 |
| 12 | 525.13 | 393.85 | 262.56 | 196.92 | 131.07 | 98.23 | 65.54 | 32.77 | 16.38 | 8.19 |

(表 6 Symbol Tim (ms))

扩频因子 SF, 带宽 BW 与实际有效负载的速率 Rate 及灵敏度 S 的对应表: (由此来优化射频性能)

| SF \ BW | 7.8 | | 10.4 | | 15.6 | | 20.8 | | 31.25 | |
|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|
| | Rate (kbps) | S (dBm) | Rate (kbps) | S (dBm) | Rate (kbps) | S (dBm) | Rate (kbps) | S (dBm) | Rate (kbps) | S (dBm) |
| 6 | 0.585 | -134.1 | 0.780 | -132.8 | 1.170 | -131.1 | 1.560 | -129.8 | 2.344 | -128.1 |
| 7 | 0.341 | -136.6 | 0.455 | -135.3 | 0.683 | -133.6 | 0.910 | -132.3 | 1.367 | -130.6 |
| 8 | 0.195 | -139.1 | 0.260 | -137.8 | 0.390 | -136.1 | 0.520 | -134.8 | 0.781 | -133.1 |
| 9 | 0.110 | -141.6 | 0.146 | -140.3 | 0.219 | -138.6 | 0.293 | -137.3 | 0.439 | -135.6 |
| 10 | 0.061 | -144.1 | 0.081 | -142.8 | 0.122 | -141.1 | 0.163 | -139.8 | 0.244 | -138.1 |
| 11 | 0.034 | -146.6 | 0.045 | -145.3 | 0.067 | -143.6 | 0.089 | -142.3 | 0.134 | -140.6 |
| 12 | 0.018 | -149.1 | 0.024 | -147.8 | 0.037 | -146.1 | 0.049 | -144.8 | 0.073 | -143.1 |
| SF \ BW | 41.7 | | 62.5 | | 125 | | 250 | | 500 | |
| | Rate (kbps) | S (dBm) | Rate (kbps) | S (dBm) | Rate (kbps) | S (dBm) | Rate (kbps) | S (dBm) | Rate (kbps) | S (dBm) |
| 6 | 3.128 | -126.8 | 4.688 | -125.0 | 9.375 | -122.0 | 18.750 | -119.0 | 37.500 | -116.0 |
| 7 | 1.824 | -129.3 | 2.734 | -127.5 | 5.469 | -124.5 | 10.938 | -121.5 | 21.875 | -118.5 |
| 8 | 1.043 | -131.8 | 1.563 | -130.0 | 3.125 | -127.0 | 6.250 | -124.0 | 12.500 | -121.0 |
| 9 | 0.586 | -134.3 | 0.879 | -132.5 | 1.758 | -129.5 | 3.516 | -126.5 | 7.031 | -123.5 |
| 10 | 0.326 | -136.8 | 0.488 | -135.0 | 0.977 | -132.0 | 1.953 | -129.0 | 3.906 | -126.0 |
| 11 | 0.179 | -139.3 | 0.269 | -137.5 | 0.537 | -134.5 | 1.074 | -131.5 | 2.148 | -128.5 |
| 12 | 0.098 | -141.8 | 0.146 | -140.0 | 0.293 | -137.0 | 0.586 | -134.0 | 1.172 | -131.0 |

(表 7)

注：有效负载数据 指的是你实际传输的数据，但是实际的传输时间不仅仅包含有效负载，还包含前导码，报头，及其编码率，和有效负载的校验位。

具体参考 数据手册：LoRaTM 数据包结构

八. 注意事项

- (1) 本模块属于静电敏感产品，安装测试时请在防静电工作台上进行操作；
- (2) 安装模块时，附近的物体应保证跟模块保持足够的安全距离，以防短路损坏；
- (3) 绝不允许任何液体物质接触到本模块，本模块应在干爽的环境中使用；
- (4) 使用独立的稳压电路给本模块供电，避免与其他电路共用，供电电压的误差不应大于 5%；
- (5) 本模块各项指标符合常用的国际认证，客户应用本模块的产品如需通过某些特殊认证，我司会根据客户的需求对某些指标进行调整。

九. 联系方式

深圳市骏晔科技有限公司 Shenzhen DreamLnk Technology Co., Ltd

★ 数据采集、智能家居、物联网应用、无线遥控技术、远距离有源 RFID、天线研发★

【商务合作】 sales@dreamlnk.com

【电话】 0755-29369047

【技术支持】 support@dreamlnk.com

【网址】 www.dreamlnk.com

【公司地址】 广东省 深圳市 宝安区 新湖路华美居 A 区 C 座 603

【工厂地址】 广东省 东莞市塘厦镇 138 工业区裕华街 7 号华智创新谷 B 栋 5 楼