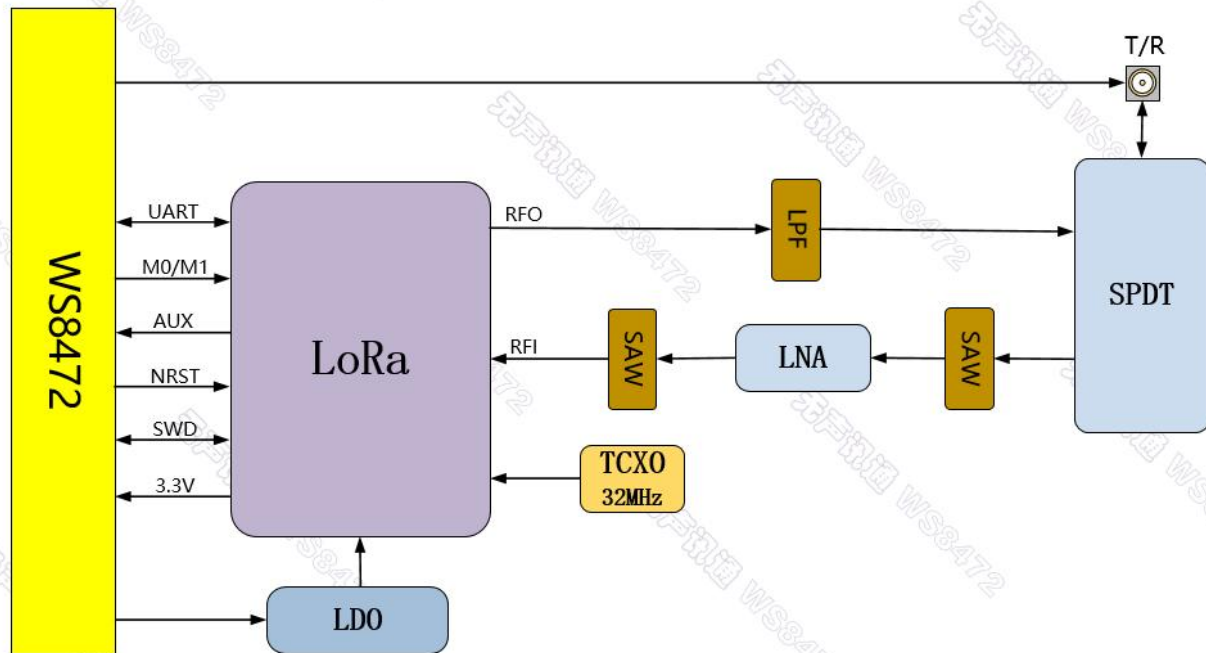


WS8472DLS

LoRa UART Module

Data Sheet

- 支持免许可 ISM 433MHz 频段，支持 470MHz 抄表频段
- 采用 LoRa 扩频技术，具有抗干扰性能强，通信距离远
- 支持用户自行设定通信密钥，且无法被读取，极大提高了用户数据的保密性
- 支持最大 158mW (约 22dBm) 发射功率
- 发射链路增加 RF 滤波器，有效抑制高次谐波
- 接收链路增加 SAW+LNA+SAW，降低带外干扰，增加接收灵敏度
- 板载高精度、高稳定性、低温漂、宽温温补有源晶振 TCXO
- 通信端口、电源端口、天线端口添加 ESD
- 支持 AT 指令配置
- 支持 Modbus 可编程寄存器读写操作，可灵活性定制产品功能
- 支持空中唤醒，即超低功耗功能，适用于电池供电的应用方案
- 支持透明传输、定点传输、广播传输、信道监听、无线中继等功能





文档信息

产品型号	WS8472DLS		
产品概述	LoRa Module		
文档类型	Data sheet		
文档编号			
文档版本	V1.0	2024.08.30	

文档版本更新

序号	版本号	修订内容	修订日期	修订人
1	V1.0	初始版本	2024.08.30	ZJX

1 产品概述.....	5
1.1 产品简介.....	5
1.2 特点功能.....	5
1.3 应用场景.....	5
2 引脚定义.....	6
3 硬件设计.....	7
4 模式介绍.....	8
5 功能介绍.....	8
5.1 传输模式.....	8
5.1.1 透明传输功能.....	8
5.1.2 定点传输功能.....	9
5.1.3 中继传输功能.....	9
5.2 指令模式.....	11
5.2.1 Modbus 介绍.....	11
5.2.2 可编程寄存器.....	15
5.3 AT 指令介绍.....	19
5.3.1 AT 指令一览表.....	20
5.3.2 测试指令 AT.....	21
5.3.3 复位指令 AT+RST.....	21
5.3.4 恢复出厂设置指令 AT+RESTORE.....	21
5.3.5 退出 AT 指令 AT+EXIT.....	21
5.3.6 查看版本信息指令 AT+GMR.....	22
5.3.7 回显控制指令 ATE.....	22
5.3.8 串口操作指令 AT+UART.....	22
5.3.9 无线信道操作指令 AT+CH.....	23
5.3.10 无线空中速率操作指令 AT+SPD.....	24
5.3.11 无线发射功率操作指令 AT+PWR.....	24
5.3.12 无线模块地址操作指令 AT+ADDR.....	25
5.3.13 无线网络号操作指令 AT+NETID.....	25
5.3.14 无线工作模式操作指令 AT+WMODE.....	26
5.3.15 WOR 周期操作指令 AT+WORT.....	26
5.3.16 WOR 类型操作指令 AT+WORM.....	27
5.3.17 WOR 传输模式发送使能指令 AT+TXWOR.....	27
5.3.18 无线数据 RSSI 跟随操作指令 AT+PKRSSI.....	28
5.3.19 读取当前环境噪声指令 AT+RSSI.....	28
5.3.20 中继收发端 1 地址操作指令 AT+RPT_ADDR1.....	29
5.3.21 中继收发端 1 网络号操作指令 AT+RPT_NETID1.....	29
5.3.22 中继收发端 2 地址操作指令 AT+RPT_ADDR2.....	29
5.3.23 中继收发端 2 网络号操作指令 AT+RPT_NETID2.....	30
5.3.24 无线通信秘钥配置指令 AT+KEY.....	30
5.3.25 无线通信加密类型操作指令 AT+ENC.....	30
5.3.26 串口打包长度操作指令 AT+PKTS.....	31
5.3.27 串口打包时间操作指令 AT+PKTT.....	31

5.4.28 MODBUS 设备 ID 操作指令 AT+MODBUS_ID	32
6 电气及其他参数	32
6.1 极限参数	32
6.2 工作参数	32
6.3 射频性能参数	33
6.4 其他参数	33
7 模组封装尺寸	34
8 生产指导	35
8.1 回流焊曲线图	35
8.2 回流焊温度及时间	35

1 产品概述

1.1 产品简介

WS8472DLS 是一款由成都无声讯通科技有限公司设计并生产的支持多种频段的高性能 LoRa 串口模块；具有通信距离远，极低的低功耗模式电流等特点。此模块采用 26*16mm 小体积贴片型设计(引脚间距 1.27mm)。

高性能体现：1、板载低纹波抑制比（PSRR）LDO，有效降低电源对射频性能的影响 2、WS8472DLS 模块发射链路添加高性能 RF 滤波器，有效抑制高次谐波；3、WS8472DLS 模块内部增加 SAW+LNA+SAW 组合方式，有效抑制通带外干扰的同时进一步提高接收灵敏度；4、WS8472DLS 模块采用高精度、高稳定性、低温漂、宽温温补有源晶振 TCXO；5、WS8472DLS 模块射频链路全部使用高 Q 值线绕电感；6、通信、电源添加 ESD 静电保护，有效防护 IC；7、天线口具有 ESD 防护电路，满足 IEC 61000-4-2 测试标准。

1.2 特点功能

特点功能

实测通信距离达 6km

支持免许可 ISM 433MHz 频段，支持 470MHz 抄表频段

支持用户自行设定通信密钥，且无法被读取，极大提高了用户数据的保密性

支持 AT 指令配置

支持 Modbus 可编程寄存器读写操作，可灵活性定制产品功能

支持空中唤醒，即超低功耗功能，适用于电池供电的应用方案

支持透明传输、定点传输、广播传输、信道监听、无线中继等功能

板载 RF 滤波器、SAW+LNA+SAW、低 PSRR LDO、端口 ESD 防护、天线 ESD 防护

采用 LoRa 扩频技术，具有抗干扰能力强，通信距离远

采用 LoRa 调制方式高达-148dBm 的灵敏度，以及最大 22dBm 的发射功率

采用 LoRa 调制下支持高达 0.3k ~ 62.5kbps 的空速，(G)FSK 调制下支持高达 300kbps 空速

支持深度休眠，该模式下整机功耗约 2uA

工业级标准设计，支持-40℃~85℃长时间使用

宽电压工作范围：3V~5.5V

1.3 应用场景

应用场景

路灯控制、环境监测等

智能停车场传感器

智能家居以及工业传感器等

智能农业传感器

无线报警安全系统

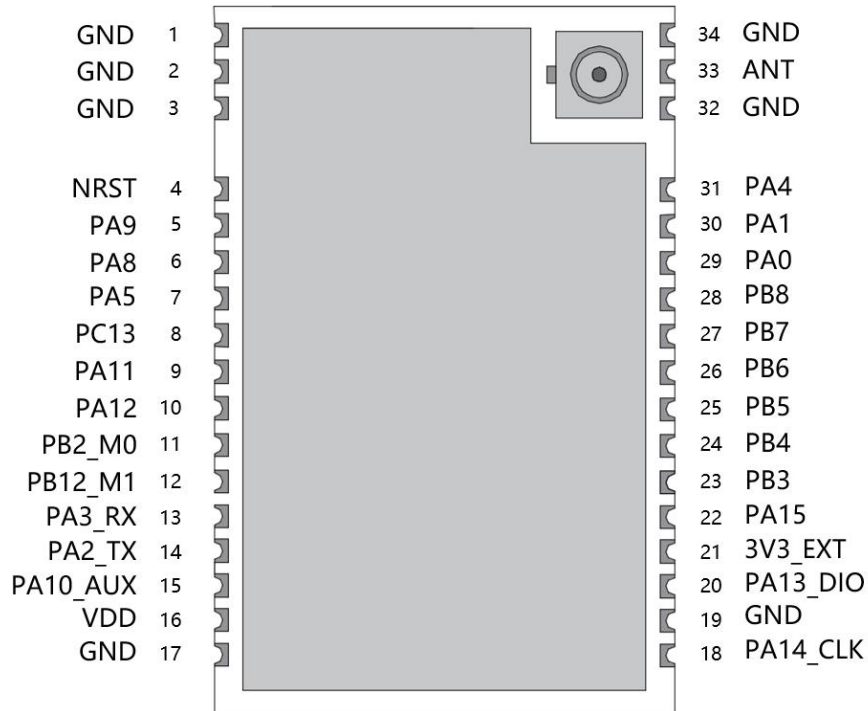
楼宇自动化解决方案

医疗保健产品

高级抄表架构（AMI）

成都无声讯通科技有限责任公司

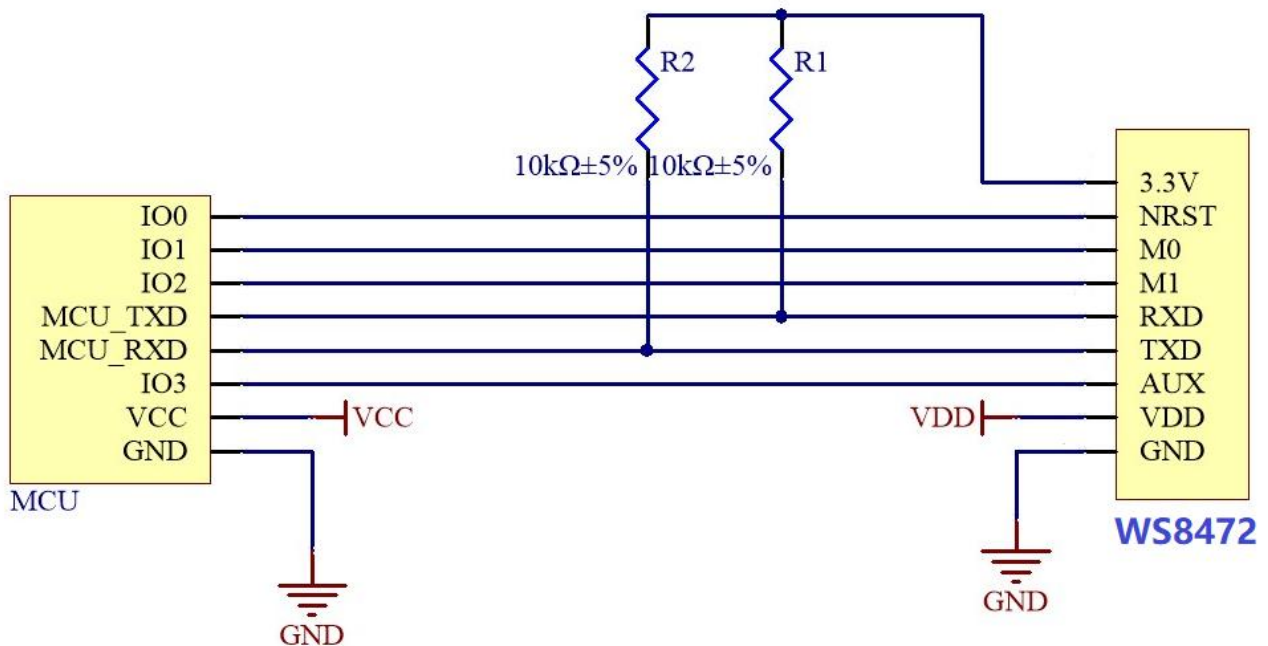
2 引脚定义



	引脚名	类型	描述
1	GND	I	电源参考地
2	GND	I	电源参考地
3	GND	I	电源参考地
4	NRST	I	模块复位输入，模块内部有复位电路，低电平有效，不使用请悬空
5	PA9	I/O	通用 IO
6	PA8	I/O	通用 IO
7	PA5	I/O	通用 IO
8	PC13	I/O	通用 IO
9	PA11	I/O	通用 IO
10	PA12	I/O	通用 IO
11	PB2_M0	I	模式切换，与 M1 搭配使用
12	PB12_M1	I	模式切换，与 M0 搭配使用
13	PA3_RXD	I	TTL 串口输入，接外部 TXD 输出引脚
14	PA2_TXD	O	TTL 串口输出，接外部 RXD 输入引脚
15	AUX	O	工作状态指示，用户唤醒外部 MCU，上电自检输出低电平
16	VDD	I	总电源输入
17	GND	I	电源参考地
18	PA14_CLK	I	固件烧录口
19	GND	I	电源参考地

20	PA13_DIO	-	固件烧录口
21	3.3V_EXT	O	模块 3.3V 输出，仅用于 WS8472DLS 引脚上拉
22	PA15	I/O	通用 IO
23	PB3	I/O	通用 IO
24	PB4	I/O	通用 IO
25	PB5	I/O	通用 IO
26	PB6	I/O	通用 IO
27	PB7	I/O	通用 IO
28	PB8	I/O	通用 IO
29	PA0	I/O	通用 IO
30	PA1	I/O	通用 IO
31	PA4	I/O	通用 IO
32	GND	I	电源参考地
33	ANT	I/O	天线接口 IPEX 一代座
34	GND	I	电源参考地

3 硬件设计



- WS8472DLS 供电电流需满足 300mA，并且纹波低于 70mV，模块需可靠接地；
- MCU 的引脚 MCU_RXD、MCU_TXD 分别与模块 TXD、RXD 相连接构成 UART 数据通信；
- MCU 的引脚 IO1、IO2 决定模块的工作模式,模组内部已上拉 1MΩ；
- MCU 的引脚 IO0 控制模块硬件复位，低电平有效；
- 功能引脚内部都已串联 100Ω电阻，外部可不添加；

4 模式介绍

M0	M1	模式	说明	可选功能
0	0	传输模式	用于无线数据传输	1.透明传输 2.定点传输 3.中继传输 4.AT 配置方式
0	1	命令模式	可通过 Modbus 协议对内部可编程寄存器进行相关配置	1. Modbus 读寄存器类型 0x03 2. Modbus 写寄存器类型 0x10
1	0	WOR 模式	用于无线进行数据唤醒	1.WOR 发送模式 2.WOR 接收模式 3.AT 配置方式 (WOR 发送模式下)
1	1	休眠模式	用于低功耗休眠	无

5 功能介绍

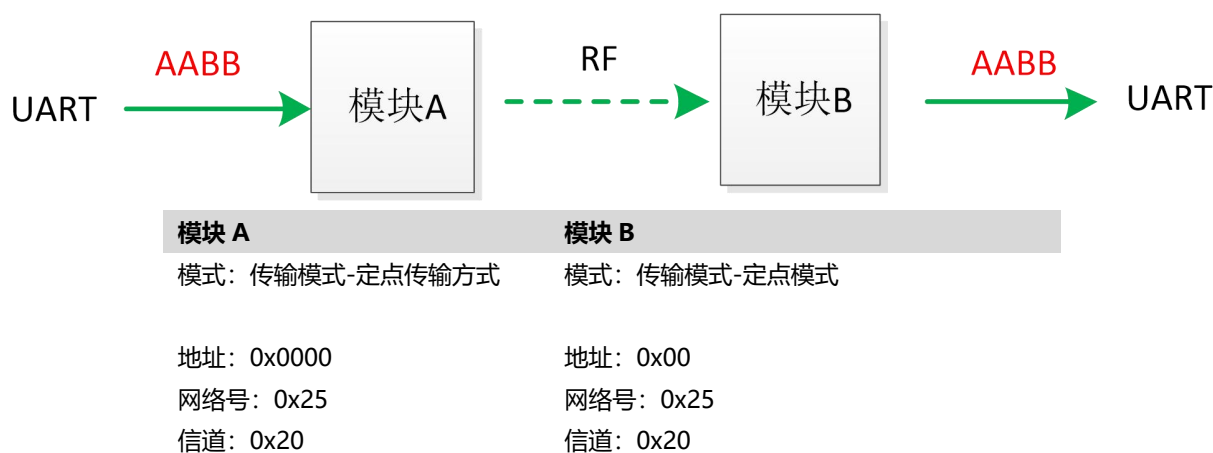
5.1 传输模式

在传输模式中, 根据 0x0008 寄存器值, 模块自有选择模块功能为透明传输功能 (0x0000)、定点传输功能 (0x0001)、中继传输功能 (0x0002)。

(注意: 在以下示例中, 如未进行说明, 则无线地址、网络号、无线信道、无线空速、加密方式、秘钥参数必须一致)

5.1.1 透明传输功能

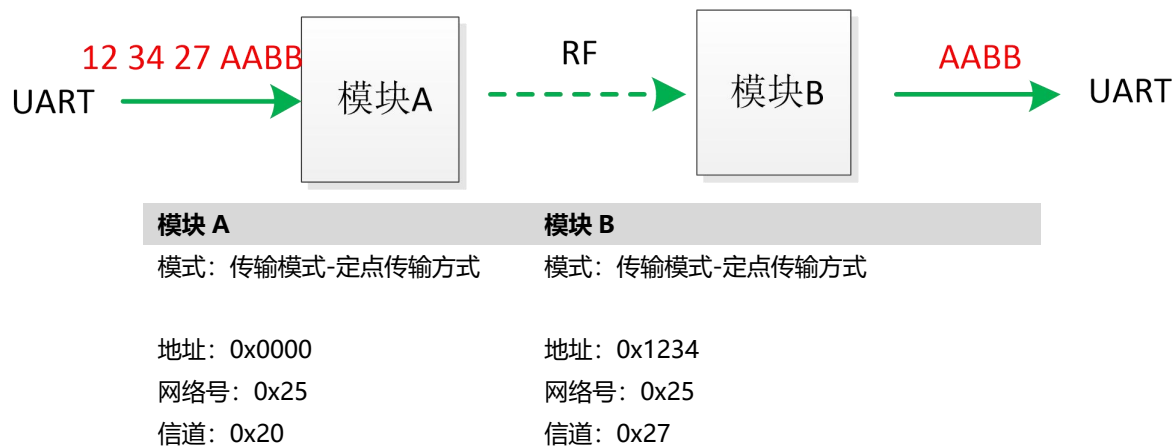
场景示例:



说明：在透明传输功能中，串口和射频直接进行直接传输，无需进行任何格式转换以及数据打包。

5.1.2 定点传输功能

场景示例：



说明：在定点传输功能中，模块在发送数据前，需要加入所发送的信道和地址。

传输格式：目标地址高位 + 目标地址低位 + 目标信道

5.1.3 中继传输功能

模块工作中继传输方式时，需注意模組的参数配置中要增加对远端模組的参数描述，如下图所示：

成都无声讯通科技有限责任公司
Silent Smart Technology Co., Ltd

关闭串口 串口端口: COM50 型号: 软件版本: MODBUS_ID: 1

命令模式 传输模式

MOD_ID: 1 无线地址: 2222 H 环境RSSI: 147

网络ID: 0 无线工作模式: 透明传输 数据RSSI: 数据+RSSI

波特率: 9600 WOR周期: 500ms 无线空速: 2.4kbps

串口校验位: 无校验 WOR类型: WOR发射 发射功率: 22dBm

信道: 23

加密方式: 0 中继1地址: 1234 H 中继2地址: 5678 H

密钥: 0000 H 中继1网络号: 37 中继2网络号: 161

串口数据打包长度: 240 读参数 写参数 命令写入成功

串口数据打包时间: 0

上位机网络号为10进制描述

中继模组配置参数示意图

场景示例:



模块 A	模块 B	模块 C
模式: 传输模式-透明传输方式	模式: 传输模式-中继传输方式	模式: 传输模式-透明传输方式
地址: 0x1234	地址: 非 0x1234、0x5678、	地址: 0x5678
网络号: 0x25	网络号: 非 0x25、0xA1	网络号: 0xA1
	中继收发端 1: 地址 0x1234, 网络号 0x25	
	中继收发端 2: 地址 0x5678, 网络号 0xA1	

说明: 此场景中模块 B 作为中继, 进行数据转发, 使得模块 A 和模块 C 可以相互通信。

5.2 指令模式

5.2.1 Modbus 介绍

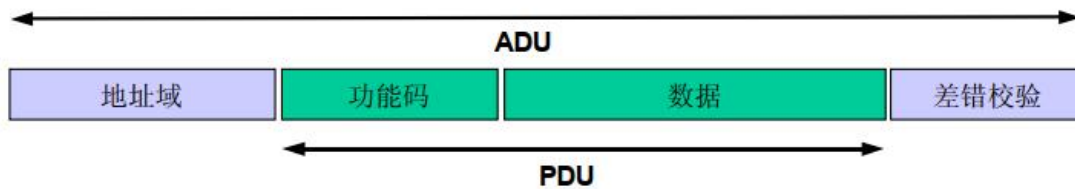
(1) 协议描述

Modbus 协议定义了一个与基础通信层无关的简单协议数据单元 (PDU)。特定总线或网络上的 Modbus 协议映射能够在应用数据单元 (ADU) 上引入一些附加域。

本产品支持标准 Modbus RTU 协议对内部寄存器进行访问操作。在访问中，用到了功能码 0x03(读寄存器指令)和功能码 0x10(写寄存器指令)，其他功能码无效，详细指令格式可参照 Modbus 协议标准文档。

本机地址 0x01，串口参数固定为波特率 9600，8 个数据位，无校验。

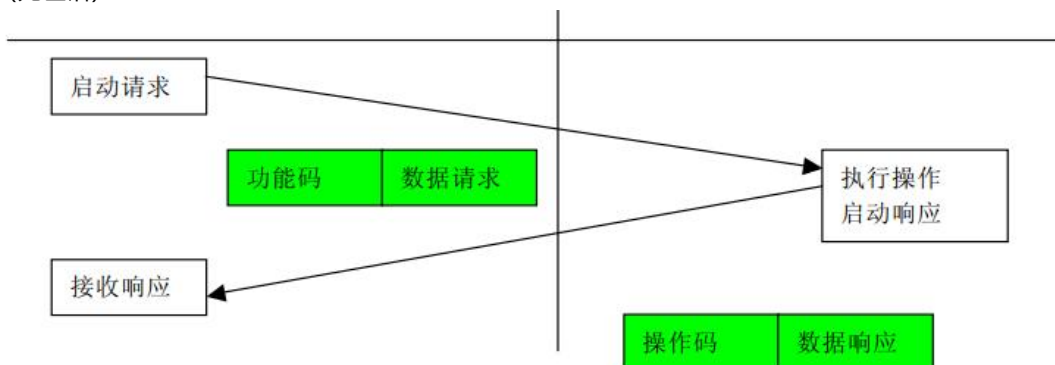
(2) Modbus 通用帧



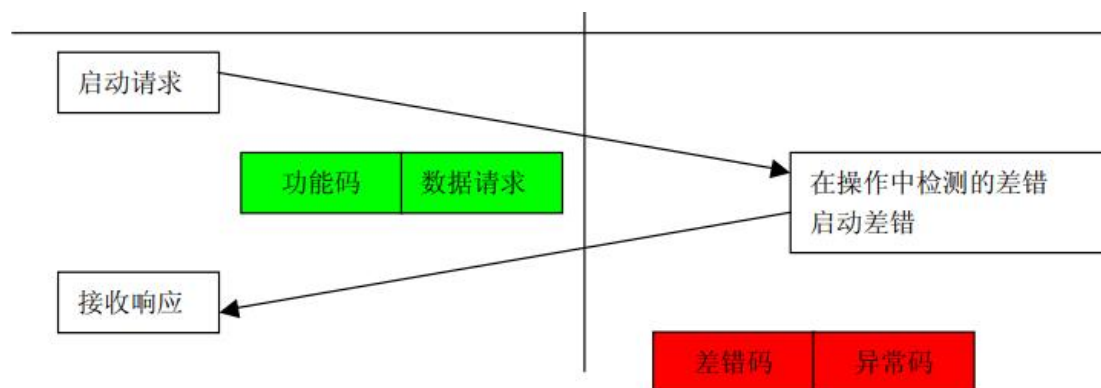
地址域	1 个字节	设备地址，本产品固定 0x01
功能码	1 个字节	操作功能码 0x03 读多个寄存器 0x10 写多个寄存器
数据	N 个字节	PDU 数据载荷
差错校验	2 个字节	CRC16 校验 (小端模式)

Modbus 事务处理流程

(无差错)



(异常响应)



(3) Modbus PDU 段详解

0x03 读多个寄存器

请求

功能码	1 个字节	0x03
起始地址	2 个字节	0x0000 至 0xFFFF
寄存器数量	2 个字节	0x01 至 0x7D (1-125)

响应

功能码	1 个字节	0x03
字节数	1 个字节	2xN
寄存器值	Nx2 个字节	实际寄存器内容

错误

差错码	1 个字节	0x83
异常值	1 个字节	0x01: 非法功能 0x02: 非法数据地址 0x03: 非法数据值 0x04: 设备故障

0x10 写多个寄存器

请求

功能码	1 个字节	0x10
起始地址	2 个字节	0x0000 至 0xFFFF
寄存器数量	2 个字节	0x0001 至 0x0078
字节数	1 个字节	2xN

寄存器值	Nx2 个字节	需要写入的寄存器内容
响应		
功能码	1 个字节	0x10
起始地址	2 个字节	0x0000 至 0xFFFF
寄存器数量	2 个字节	0x0001 至 0X0078
错误		
差错码	1 个字节	0x90
异常值	1 个字节	0x01: 非法功能 0x02: 非法数据地址 0x03: 非法数据值 0x04: 设备故障

(4) CRC 校验参考代码 (查表法)

```
/* Modbus CRC 查表法 高位表 */
```

```
static const uint8_t crc_table_h[] =
```

```
{
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81,
    0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0,
    0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01,
    0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81,
    0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0,
    0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01,
    0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81,
    0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0,
    0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01,
    0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81,
    0x40,
};
```

```
/* Modbus CRC 查表法 低位表 */
```

```
static const uint8_t crc_table_l[] =
{
    0x00, 0xC0, 0xC1, 0x01, 0xC3, 0x03, 0x02, 0xC2, 0xC6, 0x06, 0x07, 0xC7, 0x05, 0xC5, 0xC4,
    0x04, 0xCC, 0x0C, 0x0D, 0xCD, 0x0F, 0xCF, 0xCE, 0x0E, 0x0A, 0xCA, 0xCB, 0x0B, 0xC9, 0x09,
    0x08, 0xC8, 0xD8, 0x18, 0x19, 0xD9, 0x1B, 0xDB, 0xDA, 0x1A, 0x1E, 0xDE, 0xDF, 0x1F, 0xDD,
    0x1D, 0x1C, 0xDC, 0x14, 0xD4, 0xD5, 0x15, 0xD7, 0x17, 0x16, 0xD6, 0xD2, 0x12, 0x13, 0xD3,
    0x11, 0xD1, 0xD0, 0x10, 0xF0, 0x30, 0x31, 0xF1, 0x33, 0xF3, 0xF2, 0x32, 0x36, 0xF6, 0xF7,
    0x37, 0xF5, 0x35, 0x34, 0xF4, 0x3C, 0xFC, 0xFD, 0x3D, 0xFF, 0x3F, 0x3E, 0xFE, 0xFA, 0x3A,
    0x3B, 0xFB, 0x39, 0xF9, 0xF8, 0x38, 0x28, 0xE8, 0xE9, 0x29, 0xEB, 0x2B, 0x2A, 0xEA, 0xEE,
    0x2E, 0x2F, 0xEF, 0x2D, 0xED, 0xEC, 0x2C, 0xE4, 0x24, 0x25, 0xE5, 0x27, 0xE7, 0xE6, 0x26,
    0x22, 0xE2, 0xE3, 0x23, 0xE1, 0x21, 0x20, 0xE0, 0xA0, 0x60, 0x61, 0xA1, 0x63, 0xA3, 0xA2,
    0x62, 0x66, 0xA6, 0xA7, 0x67, 0xA5, 0x65, 0x64, 0xA4, 0x6C, 0xAC, 0xAD, 0x6D, 0xAF, 0x6F,
    0x6E, 0xAE, 0xAA, 0x6A, 0x6B, 0xAB, 0x69, 0xA9, 0xA8, 0x68, 0x78, 0xB8, 0xB9, 0x79, 0xBB,
    0x7B, 0x7A, 0xBA, 0xBE, 0x7E, 0x7F, 0xBF, 0x7D, 0xBD, 0xBC, 0x7C, 0xB4, 0x74, 0x75, 0xB5,
    0x77, 0xB7, 0xB6, 0x76, 0x72, 0xB2, 0xB3, 0x73, 0xB1, 0x71, 0x70, 0xB0, 0x50, 0x90, 0x91,
    0x51, 0x93, 0x53, 0x52, 0x92, 0x96, 0x56, 0x57, 0x97, 0x55, 0x95, 0x94, 0x54, 0x9C, 0x5C,
    0x5D, 0x9D, 0x5F, 0x9F, 0x9E, 0x5E, 0x5A, 0x9A, 0x9B, 0x5B, 0x99, 0x59, 0x58, 0x98, 0x88,
    0x48, 0x49, 0x89, 0x4B, 0x8B, 0x8A, 0x4A, 0x4E, 0x8E, 0x8F, 0x4F, 0x8D, 0x4D, 0x4C, 0x8C,
    0x44, 0x84, 0x85, 0x45, 0x87, 0x47, 0x46, 0x86, 0x82, 0x42, 0x43, 0x83, 0x41, 0x81, 0x80,
    0x40,
};

/* Modbus crc 数据校验*/
uint16_t Modbus_crc16(uint8_t *pdata, uint16_t size)
{
    /* 判断输入参数合法性 */
    if(pdata == NULL || size == 0)
    {
        return 0;
    }
    uint8_t crc_h = 0xff;
    uint8_t crc_l = 0xff;
    uint16_t crc_i = 0;
    uint16_t i = 0;
    for(i = 0; i < size; i++)
    {
        crc_i = crc_h ^ pdata[i];
        crc_h = crc_l ^ crc_table_h[crc_i];
        crc_l = crc_table_l[crc_i];
    }
    return ((uint16_t)((( crc_l) & 0x00FF) + (((crc_h) & 0x00FF) << 8)));
}
```

5.2.2 可编程寄存器

寄存器地址	寄存器描述	详情
0x1000	Modbus ID	0x01-0xF7: 模块 Modbus ID 地址 1-247 , 默认 0x01
0x1001	模块无线地址	0x0000-0xFFFF: 模块无线地址 , 默认 0x0000 注意: 当模块地址为 0xFFFF 时 1. 可以接收满足相关参数 (除地址参数外) 的任意地址模块发送的数据 2. 可以发送数据到满足相关参数 (除地址参数外) 的任意地址模块
0x1002	无线网络号	0x00-0xFF: 模块网络号 , 默认 0x00 注意: 当模块地址为 0xFF 时 1. 可以接收满足相关参数 (除网络号参数外) 的任意网络号模块发送的数据 2. 可以发送数据到满足相关参数 (除网络号参数外) 的任意网络号模块
0x1003	串口波特率	0x00: 波特率 1200 0x01: 波特率 2400 0x02: 波特率 4800 0x03: 波特率 9600 (默认) 0x04: 波特率 19200 0x05: 波特率 38400 0x06: 波特率 57600 0x07: 波特率 115200 其他: 无效 (注意: 仅改变传输模式和 WOR 模式下的串口波特率参数, 命令模式下, 波特率固定为 9600)
0x1004	串口校验位	0x00: 无校验 NONE

		0x01 奇校验 ODD
		0x02: 偶校验 EVEN
		其他: 无效
		(注意: 仅改变传输模式和 WOR 模式下的串口校验位参数, 命令模式下, 固定为无校验 NONE)
0x1005	无线空速	0x00: 无线空速 0.3kbps 0x01: 无线空速 1.2kbps 0x02: 无线空速 2.4kbps 0x03: 无线空速 4.8kbps 0x04: 无线空速 9.6kbps 0x05: 无线空速 19.2kbps 0x06: 无线空速 38.4kbps 0x07: 无线空速 62.5kbps 其他: 无效
0x1006	串口数据打包长度	0x0A-0xF0: 串口打包长度 10-240, 默认 0xF0(240 字节) 说明: 当串口数据超过串口打包长度时, 将进行分包发送 (注意: 仅改变传输模式和 WOR 模式下的串口打包长度)
0x1007	串口数据打包时间	0x0000-0x1388: 串口打包长度 0-1000ms 其他: 无效 说明: 当串口打包时间为在此基础上+波特率的 20bit 时间, 为实际打包时间 (注意: 仅改变传输模式和 WOR 模式下的串口打包长度)
0x1008	无线工作模式	0x00: 透明传输功能 0x01: 定点传输功能 0x02: 中继传输功能 其他: 无效

(注意：仅在传输模式下有效)		
0x1009	环境 RSSI	0x00-0xFF:当前环境 RSSI 其他：无效 当前寄存器存放在读取当前寄存器时的无线信道环境 RSSI (注意：配置当前寄存器无效)
0x100A	无线数据 RSSI 跟随	0x00: 数据后面不跟随当前数据包 RSSI 0x01: 数据后面跟随当前数据包 RSSI 其他：无效
0x100B	无线发射功率	0x00: 无线发射功率 22dBm (默认) 0x01: 无线发射功率 17dBm 0x02: 无线发射功率 13dBm 0x03: 无线发射功率 10dBm 其他：无效
0x100C	无线信道	0x00-0x53: 当前无线信道 0-83 其他：无效 说明：支持频段 410-493MHz，计算方式：410 + 1 * channel 默认信道：23 (433Mhz)
0x100D	WOR 周期	0x00 : WOR 周期 500ms 0x01: WOR 周期 1000ms 0x02: WOR 周期 1500ms 0x03: WOR 周期 2000ms 0x04: WOR 周期 2500ms 0x05: WOR 周期 3000ms 0x06 WOR 周期 3500ms 0x07: WOR 周期 4000ms 其他：无效
0x100E	WOR 类型	0x00: WOR 发射模式

0x01: WOR 接收模式

其他: 无效

说明:

WOR 发射, 在无线数据发射前, 先发射相应周期的 Lora 唤醒码, 再进行有效数据发射

WOR 接收, 根据 WOR 时间周期, 进行周期性休眠, 在收到 Lora 唤醒码后, 模块被唤醒, 接收正确数据, 待接收数据完成之后, 又进入周期性休眠, 保证了模块通信时的低功耗。

优点: WOR 接收节点, 降低功耗

缺点: 接收时延增加、发射时长增加, 从而增大发射功耗

0x100F	中继收发端 1 地址	地址: 0x0000-0xFFFF, 默认 0x00
0x1010	中继收发端 1 网络号	网络号: 0x00-0xFE, 默认 0x00
0x1011	中继收发端 2 地址	说明: 在中继模式下,
0x1012	中继收发端 2 网络号	情况 1: 如果收到以收发端 1 为目标的数据, 此时中继器会将收到的数据转发到收发端 2; 情况 2: 如果收到以收发端 2 为目标的数据, 此时中继器会将收到的数据转发到收发端 1; (注意: 如果收到自身的数据, 直接从串口输出, 则不进行转发)
0x1013	加密方式	0x00: 加密方式 1 0x01: 加密方式 2 0x02: 加密方式 3 其他: 无效
0x1014	密钥	0x0000 – 0xFFFF: 产品密钥 仅配置, 读取时, 返回值为 0x0000
0x1015	AT 指令回显开关	0x00: 回显关 0x01: 回显开

0x1016	WOR 传输模式发送使能	0x00: 正常传输 0x01: 传输数据前, 发送 WOR 周期的唤醒码
--------	--------------	--

0x8000 – 0x8013	产品信息	每个地址仅一个字节有效, 内容为 产品型号+版本号 的 ascii 码 如: 本产品为名字为 WS8472DLS, 版本号为 V1.0 [0x8000] = 'W' , [0x8001] = 'S' , [0x8002] = '8' [0x8003] = '4' , [0x8004] = '7' , [0x8005] = '2' [0x8006] = 'D' , [0x8007] = 'L' , [0x8008] = 'S' [0x8009] = 'V' , [0x800A] = 'X' , [0x800B] = '' [0x800C] = 'X' , [0x800D] = 0x00, [0x800E] = 0x00 [0x800F] = 0x00, [0x8010] = 0x00, [0x8011] = 0x00 [0x8012] = 0x00, [0x8013] = 0x00,
-----------------	------	---

5.3 AT 指令介绍

模块在传输模式下, 500ms 内, 串口输入字符 "+++" , 则进入 AT 指令模式, 模块在进入 AT 指令后, 会向串口输出字符 " +OK<CR><LF>" , 如果在 10S 内无正确 AT 指令操作, 则会自动退出到传输模式。在退出到传输模式时, 会向串口输出字符 " +EXIT<CR><LF>" 。

注意: 在 AT 指令下修改的所有参数, 将在退出 AT 指令或发送复位指令(AT+RST) 后生效, 如果在未退出 AT 指令时对模块进行断电操作, 将不会保存当次 AT 指令模式下所设置的所有参数。

符号说明

符号	说明
<CR>	回车, 十六进制 0x0D
<LF>	换行, 十六进制 0x0A

5.3.1 AT 指令一览表

指令	描述
AT	测试指令
AT+RST	系统复位
AT+RESTORE	恢复出厂设置
AT+EXIT	退出 AT 指令
AT+GMR	查询模块信息
ATE	设置/查询指令回显开关
AT+UART	设置/查询串口参数
AT+CH	设置/查询无线信道
AT+SPD	设置/查询无线空中速率
AT+PWR	设置/查询无线发射功率
AT+ADDR	设置/查询模块地址
AT+NETID	设置/查询模块网络号
AT+WMODE	设置/查询无线工作模式
AT+WORT	设置/查询模块 WOR 时间
AT+WORM	设置/查询 WOR 工作模式
AT+TXWOR	设置/查询 WOR 传输模式发送使能
AT+PKRSSI	设置/查询无线数据 RSSI 跟随使能
AT+RSSI	读取当前信道环境 RSSI
AT+RTP_ADDR1	设置/查询中继模式下节点 1 地址
AT+RTP_NETID1	设置/查询中继模式下节点 1 网络号
AT+RTP_ADDR2	设置/查询中继模式下节点 2 地址
AT+RTP_NETID2	设置/查询中继模式下节点 2 网络号
AT+KEY	设置无线通信密钥
AT+ENC	设置/查询无线通信加密方式
AT+PKTS	设置/查询数据打包长度

AT+PKTT	设置/查询数据打包时间
AT+MODBUS_ID	设置/查询 Modbus 地址

5.3.2 测试指令 AT

执行指令	AT<CR><LF>
响应	+OK<CR><LF>
参数说明	无

5.3.3 复位指令 AT+RST

执行指令	AT+RST<CR><LF>
响应	+OK<CR><LF>
参数说明	无

5.3.4 恢复出厂设置指令 AT+RESTORE

执行指令	AT+RESTORE<CR><LF>
响应	+OK<CR><LF>
参数说明	无

5.3.5 退出 AT 指令 AT+EXIT

执行指令	AT+EXIT<CR><LF>
响应	+OK<CR><LF>
参数说明	无

5.3.6 查看版本信息指令 AT+GMR

执行指令	AT+GMR<CR><LF>
响应	+GMR=Module <name> Version <version><CR><LF> +OK<CR><LF>
参数说明	无

5.3.7 回显控制指令 ATE

执行指令	ATE<CR><LF>
响应	+OK<CR><LF>
参数说明	• ATE0: 关回显 • ATE1: 开回显

5.3.8 串口操作指令 AT+UART

执行指令	查询	配置
令	AT+UART?<CR><LF>	AT+UART= <baud>,<databits>,<stopbits>,<parity>,<fow cntrol><CR><LF>
响应	+UART= <baud>,<databits>,<stopbits>,<parity>,<fow cntrol><CR><LF> +OK<CR><LF>	
参数说明	• <baudrate>: UART 波特率 (仅支持以下波特率) ➤ 1200 ➤ 2400 ➤ 4800 ➤ 9600 (默认) ➤ 19200 ➤ 38400	

	➤ 57600 ➤ 115200 ● <databits>: 数据位 ➤ 8: 8 bit 数据位 ● <stopbits>: 停止位 ➤ 1: 1 bit 停止位 ● <parity>: 校验位 ➤ 0: None 无校验 (默认) ➤ 1: Odd 奇校验 ➤ 2: Even 偶校验 ● <flow control>: 流控 ➤ 0: 不使能流控
示例	AT+UART=115200,8,1,0,0<CR><LF>

5.3.9 无线信道操作指令 AT+CH

执行指令	查询 AT+CH?<CR><LF>	配置 AT+UART=<channel><CR><LF>
响应	+CH=<channel><CR><LF> +OK<CR><LF>	+OK<CR><LF>
参数说明	● <channel>: 无线信道 ➤ 0~83 信道 说明: 支持频段 410-493MHz, 计算方式: 410 + 1 * channel 默认信道: 23 (433Mhz)	

	说明：模块只能接收当前信道的数据，不同信道之间不能进行通信
示例	AT+CH=10<CR><LF>

5.3.10 无线空中速率操作指令 AT+SPD

执行指令	查询	配置
	AT+SPD?<CR><LF>	AT+SPD=<speed><CR><LF>
响应	+SPD=<speed><CR><LF>	+OK<CR><LF>
	+OK<CR><LF>	
参数说明	● <speed>：无线信道 ➤ 0：空速 0.3kbps ➤ 1：空速 1.2kbps ➤ 2：空速 2.4kbps（默认） ➤ 3：空速 4.8kbps ➤ 4：空速 9.6kbps ➤ 5：空速 19.2kbps ➤ 6：空速 38.4kbps ➤ 7：空速 62.5kbps	
示例	AT+SPD=2<CR><LF>	

5.3.11 无线发射功率操作指令 AT+PWR

执行指令	查询	配置
	AT+PWR?<CR><LF>	AT+PWR=<power><CR><LF>
响应	+PWR=<power><CR><LF>	+OK<CR><LF>
	+OK<CR><LF>	

参数说明	● <power>: 无线发射功率 ➢ 0: 发射功率 22dBm: (默认) ➢ 1: 发射功率 17dBm: ➢ 2: 发射功率 13dBm: ➢ 3: 发射功率 10dBm:
示例	AT+PWR=2<CR><LF>

5.3.12 无线模块地址操作指令 AT+ADDR

执行指令	查询 AT+ADDR?<CR><LF>	配置 AT+ADDR=<address><CR><LF>
响应	+ADDR=<address><CR><LF> +OK<CR><LF>	+OK<CR><LF>
参数说明	● <address>: 模块地址 (十六进制的 ASCII 类型) ➢ 0000~FFFF: 模块地址 (默认 0) 注意: 当模块地址为 0xFFFF 时 1. 可以接收满足相关参数 (除地址参数外) 的任意地址模块发送的数据 2. 可以发送数据到满足相关参数 (除地址参数外) 的任意地址模块	
示例	AT+ADDR=FA02<CR><LF>	

5.3.13 无线网络号操作指令 AT+NETID

执行指令	查询 AT+NETID?<CR><LF>	配置 AT+NETID=<netid><CR><LF>
响应	+NETID=<netid><CR><LF> +OK<CR><LF>	+OK<CR><LF>
参数说明	● <netid>: 模块网络号 (十六进制的 ASCII 类型)	

	➤ 00~FF: 模块地址 (默认 0) 注意: 当模块地址为 0xFF 时 1. 可以接收满足相关参数 (除网络号参数外) 的任意网络号模块发送的数据 2. 可以发送数据到满足相关参数 (除网络号参数外) 的任意网络号模块
示例	AT+NETID=B2<CR><LF>

5.3.14 无线工作模式操作指令 AT+WMODE

执行指令	查询 AT+WMODE?<CR><LF>	配置 AT+WMODE=<mode><CR><LF>
响应	+WMODE=<mode><CR><LF> +OK<CR><LF>	+OK<CR><LF>
参数说明	● <mode>: 无线工作模式 ➤ 0: 无线透传模式 (默认) ➤ 1: 无线定点传输模式 ➤ 2: 无线中继模式	
示例	AT+WMODE=1<CR><LF>	

5.3.15 WOR 周期操作指令 AT+WORT

执行指令	查询 AT+WORT?<CR><LF>	配置 AT+WORT=<wor time><CR><LF>
响应	+WORT=<wor time><CR><LF> +OK<CR><LF>	+OK<CR><LF>
参数说明	● <wor time>: wor 时间 ➤ 0: WOR 时间 500ms (默认 0) ➤ 1: WOR 时间 1000ms	

	➤ 2: WOR 时间 1500ms ➤ 3: WOR 时间 2000ms ➤ 4: WOR 时间 2500ms ➤ 5: WOR 时间 3000ms ➤ 6: WOR 时间 3500ms ➤ 7: WOR 时间 4000ms
示例	AT+WORT=1<CR><LF>

5.3.16 WOR 类型操作指令 AT+WORM

执行指令	查询 AT+WORM?<CR><LF>	配置 AT+WORM=<mode><CR><LF>
响应	+WORM=<mode><CR><LF> +OK<CR><LF>	+OK<CR><LF>
参数说明	● <mode>: WOR 模式 ➤ 0: WOR 发送模式 ➤ 1: WOR 接收模式 说明: 当处于 WOR 发送模式时, 模块在发送无线数据前, 会自动增加 WOR 时间 的唤醒码进行发送, 待唤醒码发送完成之后, 再进行数据发送	
示例	AT+WORM=0<CR><LF>	

5.3.17 WOR 传输模式发送使能指令 AT+TXWOR

执行指令	查询 AT+TXWOR?<CR><LF>	配置 AT+TXWOR=<txwor><CR><LF>
响应	+TXWOR=<txwor><CR><LF> +OK<CR><LF>	+OK<CR><LF>

参数说明	● <txwor>: WOR 传输模式发送使能 ➢ 0: 正常传输 ➢ 1: 传输数据前, 发送 WOR 周期的唤醒码
示例	AT+TXWOR=1<CR><LF>

5.3.18 无线数据 RSSI 跟随操作指令 AT+PKRSSI

执行指令	查询 AT+PKRSSI?<CR><LF>	配置 AT+PKRSSI=<rssien><CR><LF>
响应	+PKRSSI=<rssien><CR><LF> +OK<CR><LF>	+OK<CR><LF>
参数说明	● <rssien>: 无线数据 RSSI ➢ 0: 无线数据后面不跟随数据 RSSI (默认) ➢ 1: 无线数据后面跟随数据 RSSI	
示例	AT+PKRSSI=1<CR><LF>	

5.3.19 读取当前环境噪声指令 AT+RSSI

执行指令	查询 AT+RSSI?<CR><LF>
响应	+RSSI=<rssien><CR><LF> +OK<CR><LF>
参数说明	● <rssien>: 读取值范围为: 00~FF ➢ 当前环境噪声信号强度: $-rssien/2$ (dBm)
示例	AT+RSSI? <CR><LF>

5.3.20 中继收发端 1 地址操作指令 AT+RPT_ADDR1

执行指令	查询	配置
	AT+RPT_ADDR1?<CR><LF>	AT+RPT_ADDR1=<address><CR><LF>
响应	+RPT_ADDR1=<address><CR><LF>	+OK<CR><LF>
	+OK<CR><LF>	
参数说明	● <address>: 模块地址 (十六进制的 ASCII 类型) ➢ 0000~FFFF: 模块地址 (默认 0)	
示例	AT+RPT_ADDR1=FA02<CR><LF>	

5.3.21 中继收发端 1 网络号操作指令 AT+RPT_NETID1

执行指令	查询	配置
	AT+RPT_NETID1?<CR><LF>	AT+RPT_NETID1=<netid><CR><LF>
响应	+RPT_NETID1=<netid><CR><LF>	+OK<CR><LF>
	+OK<CR><LF>	
参数说明	● <netid>: 模块网络号 (十六进制的 ASCII 类型) ➢ 00~FF: 模块地址 (默认 0)	
示例	AT+RPT_NETID1=B2<CR><LF>	

5.3.22 中继收发端 2 地址操作指令 AT+RPT_ADDR2

执行指令	查询	配置
	AT+RPT_ADDR2?<CR><LF>	AT+RPT_ADDR2=<address><CR><LF>
响应	+RPT_ADDR2=<address><CR><LF>	+OK<CR><LF>
	+OK<CR><LF>	
参数说明	● <address>: 模块地址 (十六进制的 ASCII 类型)	

	➤ 0000~FFFF: 模块地址 (默认 0)
示例	AT+RPT_ADDR2=FA02<CR><LF>

5.3.23 中继收发端 2 网络号操作指令 AT+RPT_NETID2

执行指令	查询	配置
	AT+RPT_NETID2?<CR><LF>	AT+RPT_NETID2=<netid><CR><LF>
响应	+RPT_NETID2=<netid><CR><LF>	+OK<CR><LF>
	+OK<CR><LF>	
参数说明	● <netid>: 模块网络号 (十六进制的 ASCII 类型) ➤ 00~FF: 模块地址 (默认 0)	
示例	AT+RPT_NETID2=B2<CR><LF>	

5.3.24 无线通信密钥配置指令 AT+KEY

执行指令	配置
	AT+KEY<key><CR><LF>
响应	+OK<CR><LF>
参数说明	● <key>: 通信密钥 (十六进制的 ASCII 类型) ➤ 0000~FFFF: 模块地址 (默认 0)
示例	AT+KEY=A1C8<CR><LF>

5.3.25 无线通信加密类型操作指令 AT+ENC

执行指令	查询	配置
	AT+ENC?<CR><LF>	AT+ENC=<type><CR><LF>

响应	+ENC= <type> <CR> <LF> +OK<CR> <LF>	+OK<CR> <LF>
参数说明	● <type>: 无线通信加密方式 ➢ 0: 加密方式 0 (默认 0) ➢ 1: 加密方式 1 ➢ 2: 加密方式 2	
示例	AT+ENC=0<CR> <LF>	

5.3.26 串口打包长度操作指令 AT+PKTS

执行指令	查询 AT+PKTS?<CR> <LF>	配置 AT+PKTS= <length> <CR> <LF>
响应	+PKTS= <length> <CR> <LF> +OK<CR> <LF>	+OK<CR> <LF>
参数说明	● <length>: 数据打包长度, 单位字节 ➢ 10~240: 数据打包长度 (默认 240) 说明: 当模块串口接收到超过数据打包长度时, 将自动进行<length>长度的分包 仅无线传输下有效	
示例	AT+PKTS=10<CR> <LF>	

5.3.27 串口打包时间操作指令 AT+PKTT

执行指令	查询 AT+PKTT?<CR> <LF>	配置 AT+PKTT= <time> <CR> <LF>
响应	+PKTT= <time> <CR> <LF> +OK<CR> <LF>	+OK<CR> <LF>
参数说明	● <time>: 数据打包长度 单位 ms	

	➤ 0~1000: 数据打包时间 (默认 0) 说明: 模块实际数据打包时间为 time + 串口波特率超时时间
示例	AT+PKTT=0<CR><LF>

5.4.28 MODBUS 设备 ID 操作指令 AT+MODBUS_ID

执行指令	查询 AT+MODBUS_ID?<CR><LF>	配置 AT+MODBUS_ID=<id><CR><LF>
响应	+MODBUS_ID=<id><CR><LF> +OK<CR><LF>	+OK<CR><LF>
参数说明	● <id>: Modbus 设备 ID ➤ 1~247: Modbus 设备 ID (默认 1)	
示例	AT+MODBUS_ID=1<CR><LF>	

6 电气及其他参数

6.1 极限参数

参数	符号	最小值	最大值	单位
电源电压	VCC	-0.3	6	V
接口电压	V _{IN}	-0.3	3.7	V
储藏温度	T _{STG}	-40	125	°C

6.2 工作参数

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位
工作电压	VCC	3	3.3/5	5.5	V
通信电平	V _{IN}	1.7	3.3	3.7	
工作温度	T _{OP}	-40		85	°C

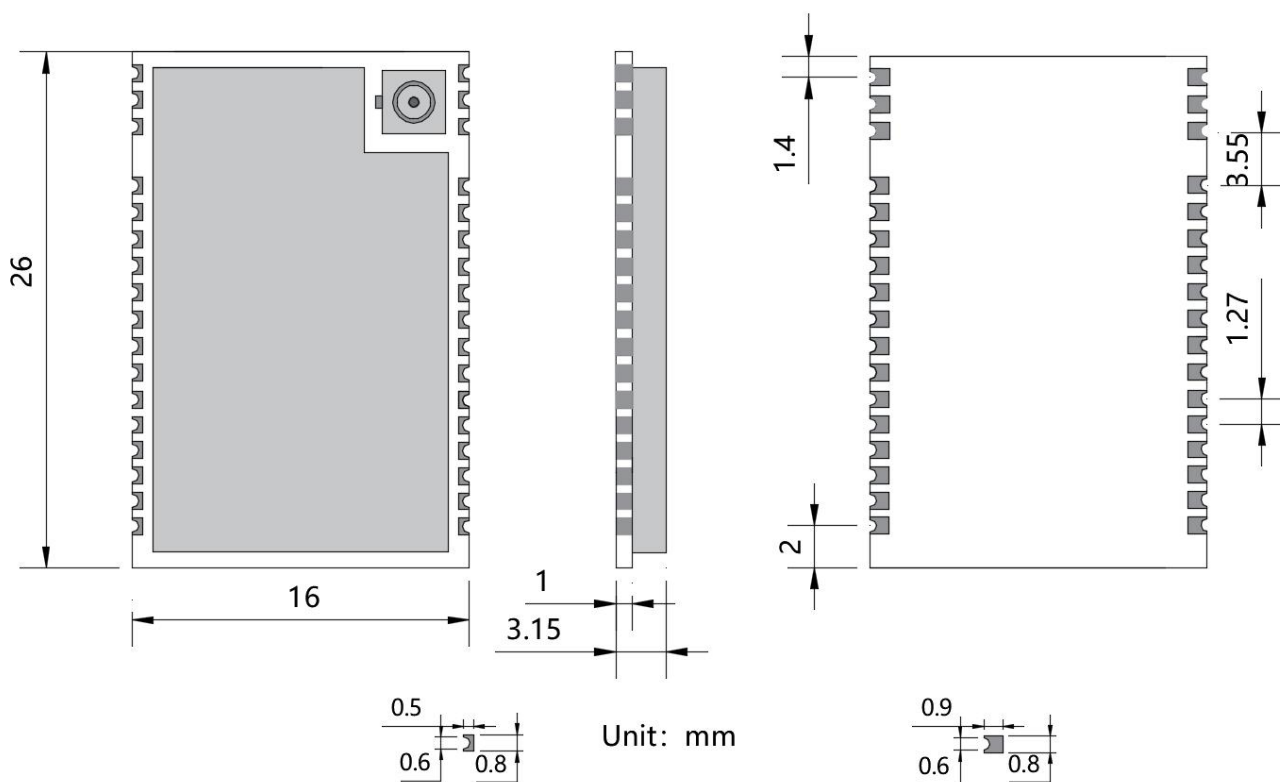
6.3 射频性能参数

参数	最小值	典型值	最大值	单位	备注
工作频段	470	480	490	MHz	SAW 带宽限制, 其他频点需更换 SAW
调制方式	-	LoRa、GFSK	-	-	
空中速率	0.018	2.4	62.5	kbps	300kbps (G) FSK
最大发射功率	20	21	21.5	dBm	@5V
接收灵敏度	-	-148	-	dBm	@5V BW = 10.4 kHz, SF = 12
发射电流	-	125	-	mA	@5V 最大发射功率的瞬时功耗
接收电流	-	15.5	-	mA	@5V
高次谐波		≤ -40		dBm	@5V
空闲电流	-	2	-	uA	@5V 深度睡眠, 无寄存器

6.4 其他参数

参数	描述
通信接口	UART
射频接口	邮票孔+IPEX
封装方式	贴片式
接口方式	1.27mm 间距邮票孔
外形尺寸	26*16*3.15mm (含屏蔽罩)

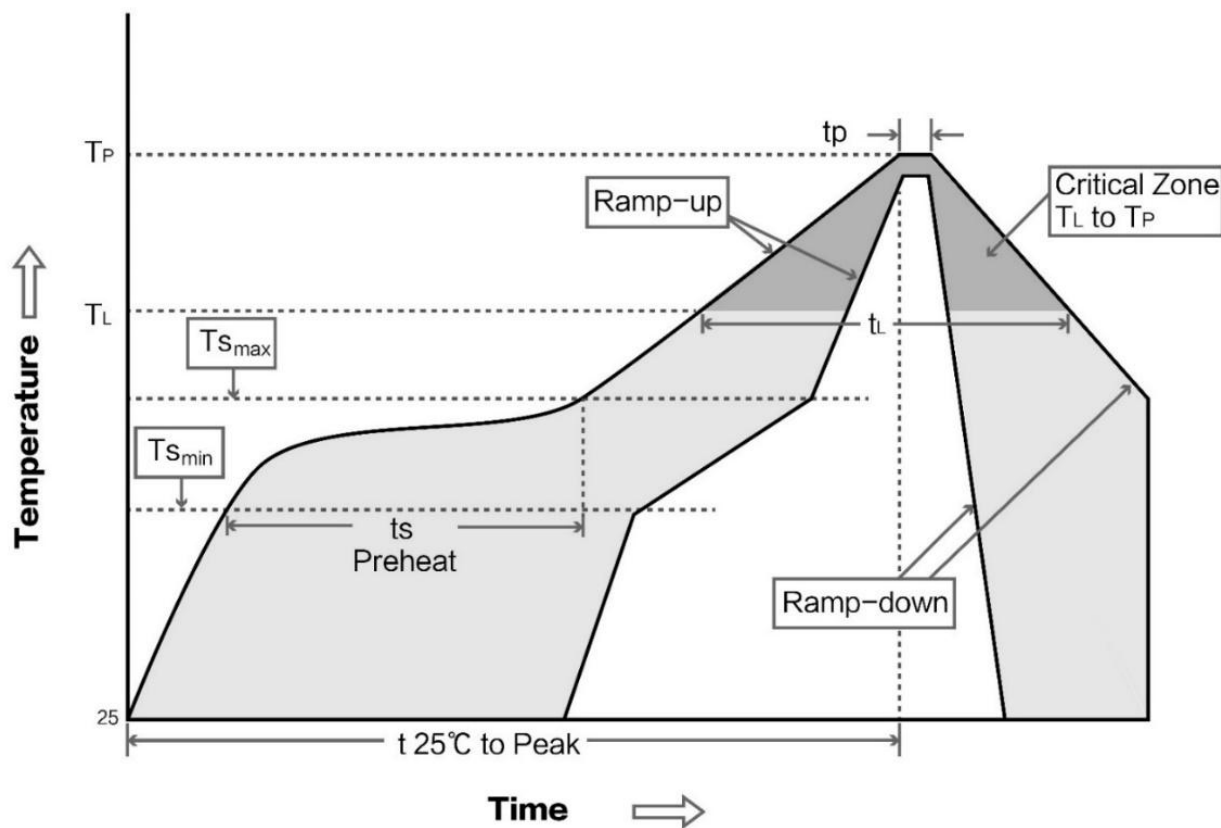
7 模组封装尺寸



- 推荐焊盘设计：长为 $2 \times 0.9\text{mm} = 1.8\text{mm}$ ，宽为 0.8mm。

8 生产指导

8.1 回流焊曲线图



8.2 回流焊温度及时间

曲线特征	Profile Feature	Sn-Pb Assembly	Pb-Free Assembly
锡膏	Solder Paste	Sn63/Pb37	Sn96.5/Ag3/Cu0.5
最小预热温度	Preheat Temperature min (Tsmin)	100°C	150°C
最大预热温度	Preheat temperature max (Tsmax)	150°C	200°C
预热时间	Preheat Time (Tsmin to Tsmax)(ts)	60-120 sec	60-120 sec
平均上升速率	Average ramp-up rate(Tsmax to Tp)	3°C/second max	3°C/second max
液相温度	Liquidous Temperature (TL)	183°C	217°C
液相线以上的时间	Time (tL) Maintained Above (TL)	60-90 sec	30-90 sec
峰值温度	Peak temperature (Tp)	220-235°C	230-250°C
平均下降速率	Aveage ramp-down rate (Tp to Tsmax)	6°C/second max	6°C/second max

25°C到峰值温度的
时间

Time 25°C to peak temperature

6 minutes max

8 minutes max
