XL4460 FSK 无线透传模组

XL4460 FSK Wireless Transparent Module

规格书

V1.0

2026.08

深圳市芯岭技术有限公司

www.xinlinggo.com

xinlinggo

版本记录

版本	日期	编制	审批	描述
V1.0	2026/08/13	—	—	首次发行

目 录

目录

版本记录.....2

目 录.....2

1、产品概述.....4

2、特点.....4

3、应用.....5

4、封装及引脚定义.....5

5、 产品尺寸图.....6

5.1、应用原理图.....7

6、电气特性.....7

6.1、绝对最大额定值.....7

6.2、推荐工作条件.....7

6.3、ESD 性能.....8

6.4、数据输入和输出（串口，3.3V CMOS 电平）.....8

7、典型无线特性.....8

7.1、接收灵敏度（433.92MHz）.....8

7.2、发射参数.....8

7.3、接收参数.....9

8、功能描述.....9

8.1、串口接口.....9

8.2、时序说明.....9

xinlingo

8.3、功耗.....10
8.4、射频工作模式与配置.....10
8.5、AT 指令集.....10

xinlinggo

1、产品概述

XL4460 FSK 无线透传模组是一款基于 PY32F002B 微控制器（Cortex-M0+，TSSOP20 封装）与 XL4460 低功耗 Sub-1GHz FSK 射频收发芯片设计的一体化无线数据透传模组。模组集成了电源电路、射频功放（TPAS179-92LF）、433MHz 弹簧天线及 26MHz/32.768kHz 晶振，用户无需任何射频开发经验，仅通过 4 线串口（VCC/TX/RX/GND）即可实现无线数据的双向透传与参数配置。

主控 MCU 通过软件模拟 SPI 接口（CSF/CSR/SCLK/SDIO）驱动射频芯片，内置完整的 AT 指令解析与透传固件（XL4460-TRANSPARENT-AT V1.0）。模组上电即工作于透传模式：射频收到的数据包通过串口原样上报；串口输入数据按配置的分包规则组包后经射频发送。通过串口输入“+++”转义序列可切换到 AT 模式，在线查询/修改跳频频道、频道偏移与透传分包长度等参数。

射频芯片支持 OOK、(G)FSK 等多种调制方式，最大发射功率 20dBm，接收灵敏度最高 -120dBm（@1.2kbps/433.92MHz），在无需配套光学/链路设备的条件下即可满足 433/868/915MHz 等 Sub-1GHz 频段的自组网无线数据传输应用。

2、特点

- 全集成无线透传模组
  - 主控：PY32F002B（Cortex-M0+ 内核，TSSOP20 封装）
  - 射频：XL4460 收发一体芯片
  - 使用 433 专用 弹簧天线
  - 板载 26MHz 主晶振与 32.768kHz RTC 晶振
- 无线特性
  - 工作频段：160~960MHz（模组默认 433.92MHz）
  - 调制方式：OOK / (G)FSK / (G)MSK
  - 通信速率：0.5~300kbps 可配
  - 发射功率：最大 20dBm，1dB 步进可调（-10~20dBm）
  - 接收灵敏度：最高 -120dBm @1.2kbps/433.92MHz
  - 空旷通信距离：约 500 米左右
  - 支持 FHSS 跳频（频道/偏移可通过 AT 指令配置）
  - 单包最大 63 字节，TX/RX FIFO 合并为 64 字节
- 串口透传特性
  - 串口参数：115200-8-N-1（波特率 115200、8 位数据、无校验、1 位停止位）
  - 默认按 8 字节一包透传，串口空闲 5ms 自动截包发送
  - 透传分包长度可配置（1~63 字节，AT+PKG）
  - “+++”转义切换 AT 配置模式，AT 模式 30s 空闲自动返回透传
- 易于集成
  - 单电源供电（1.8~3.6V，典型 3.3V），4 线接口（VCC/TX/RX/GND）
  - MCU 通过软件 SPI 驱动射频，硬件改动小、布板灵活

xinlingo

– 固件内置寄存器配置表，上电自动初始化，免配置即用

• 工作电压：1.8V～3.6V（典型 3.3V）

• 工作温度：-40℃～85℃

• 串口接口：115200bps，TTL 3.3V 电平

3、应用

• 智能抄表和计量系统

• 遥控报警和安防系统

• 工业遥控系统

• 无线数据传输

• 智慧城市应用

• 智能光伏场景

• 家庭楼宇自动控制

• 无线照明控制系统

• 多功能遥控器

4、封装及引脚定义

序号	引脚名称	类型	说明
1	VCC	电源	电源正极，3.3V 典型值（范围 1.8V～3.6V）
2	TX	数字输出	串口发送（USART1_TX，PB4），接用户设备 RX
3	RX	数字输入	串口接收（USART1_RX，PB5），接用户设备 TX
4	GND	地	电源地

注：模组板上另引出 SWD 调试焊盘（SWDIO/SWCLK） 测试点，供固件烧录、调试使用。

xinlingo

5、产品尺寸图

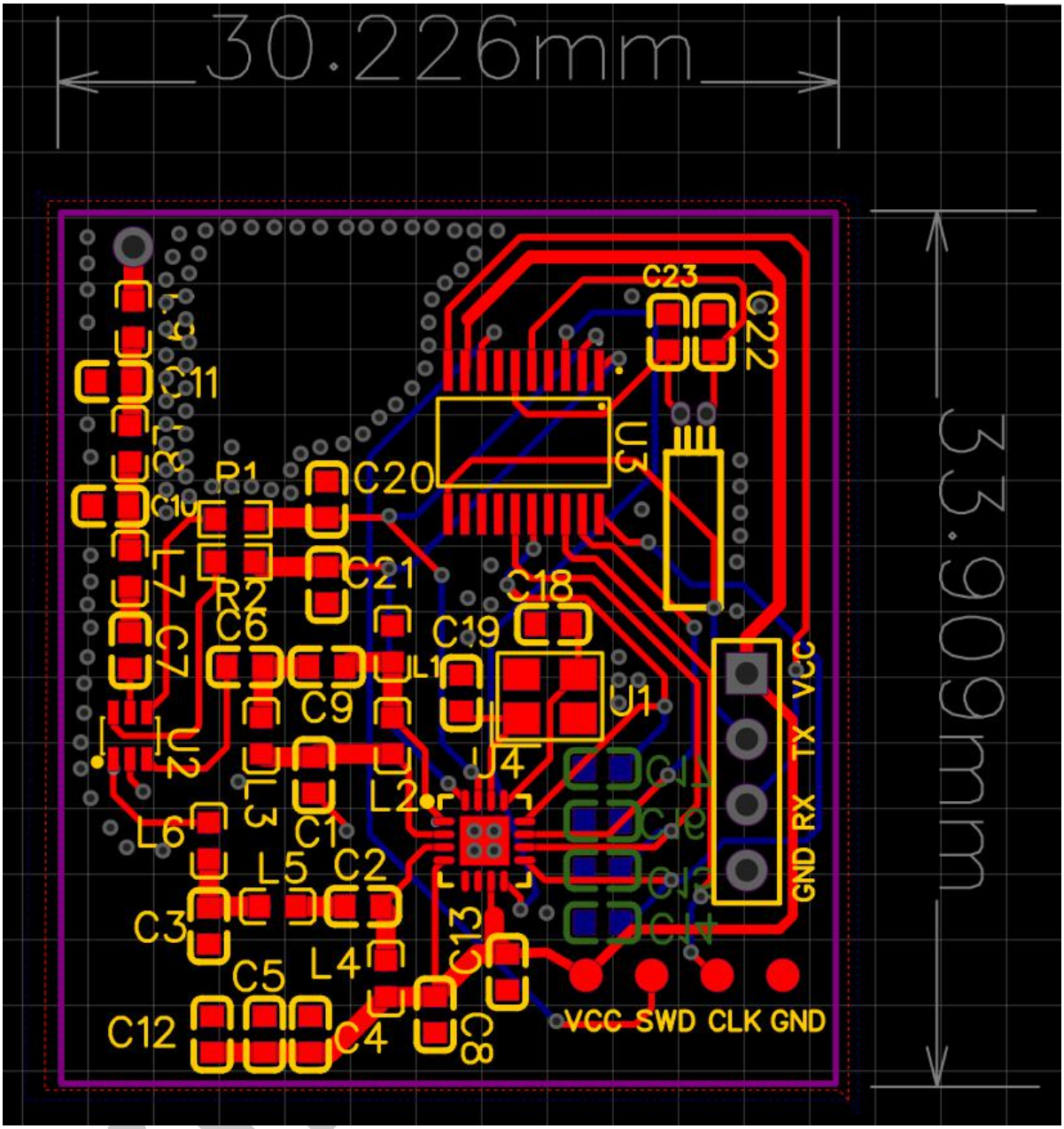

图 1 XL4460 模组尺寸图

5.1、应用原理图

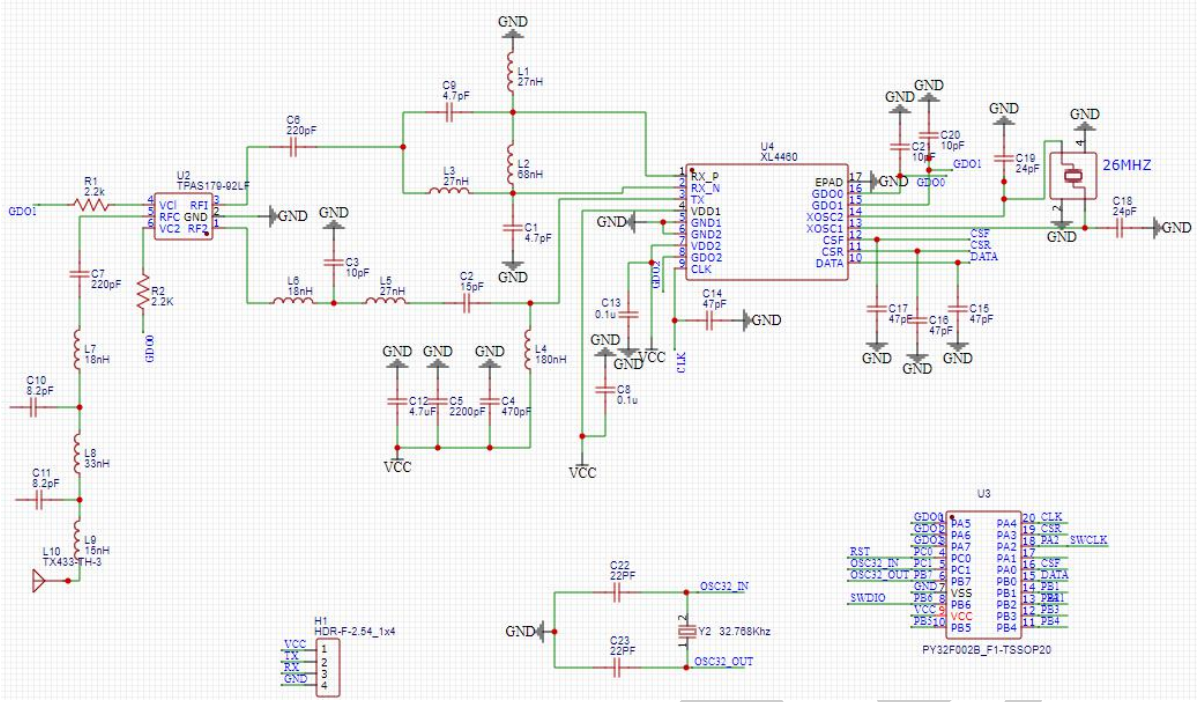

图 2 XL4460 模组应用原理图（Schematic_XL4460-模组 REV1.0）

应用说明：用户系统仅需将模组的 VCC/TX/RX/GND 与自身电路连接（TX/RX 与用户串口交叉连接），并保证 3.3V 电源供电能力（发射峰值电流可达 90mA），即可完成无线透传功能。

注意：射频芯片属于静电敏感器件，模块装配与测试过程中请注意 ESD 防护。

6、电气特性

6.1、绝对最大额定值

参数	最小	典型	最大	单位
电源电压（VCC）	-0.3	—	3.9	V
接口电压（串口/SPI/GDO 引脚）	-0.3	—	3.9	V
存储温度	-50	—	150	℃
焊接温度	—	—	255	℃
芯片结温	-40	—	125	℃

注：超出表中所列的绝对最大额定值可能导致器件永久性损坏。长期在绝对最大额定值条件下工作会影响器件可靠性。

6.2、推荐工作条件

参数	最小	典型	最大	单位
运行电压（VCC）	1.8	3.3	3.6	V
运行温度	-40	—	85	℃

6.3、ESD 性能

参数	标准	条件
HBM（人体放电模型）	±4 kV	射频芯片级
闩锁电流	±100 mA	射频芯片级

6.4、数据输入和输出（串口，3.3V CMOS 电平）

符号	参数	最小	典型	最大	单位
VIL	低电平输入电压	—	—	0.3×VCC	V
VIH	高电平输入电压	0.7×VCC	—	—	V
VOL	低电平输出电压（IOUT=4mA）	—	—	0.4	V
VOH	高电平输出电压（IOUT=4mA）	VCC-0.4	—	—	V
波特率	串口通信速率	—	115200	—	bps

7、典型无线特性

以下射频测试条件均为：VDD=3.3V、常温 25℃。

7.1、接收灵敏度（433.92MHz）

通信速率/频偏	接收灵敏度（dBm）
1.2kbps / 5kHz	-120
1.2kbps / 10kHz	-119
2.4kbps / 10kHz	-118
2.4kbps / 20kHz	-119
4.8kbps / 10kHz	-115
4.8kbps / 20kHz	-116
9.6kbps / 9.6kHz	-113
9.6kbps / 19.2kHz	-114
20kbps / 10kHz	-111
20kbps / 20kHz	-112
50kbps / 25kHz	-106
50kbps / 50kHz	-105
100kbps / 50kHz	-100
100kbps / 100kHz	-100
200kbps / 50kHz	-90
200kbps / 100kHz	-96
300kbps / 100kHz	-91
300kbps / 150kHz	-93

注：1) 置信度大于 30，检出率 90%；2) 868.35MHz 频段灵敏度约低 2~4dB。

7.2、发射参数

项目	符号/条件	最小	典型	最大	单位
频率范围	FRF	160	—	960	MHz
输出功率	POUT	-10	13	20	dBm
功率步进	PSTEP	—	1	—	dBm

xinlinggo

发射速率	(G)FSK	0.5	—	300	kbps
发射速率	OOK	0.5	—	40	kbps
发射频偏	FDEV	2	—	200	kHz
占用带宽	OBW(99%)	—	60	—	kHz
谐波抑制	H2/H3 @433.92MHz	—	-40/-50	—	dBm

7.3、接收参数

项目	符号/条件	最小	典型	最大	单位
接收速率	(G)FSK	0.5	—	300	kbps
接收速率	OOK	0.5	—	40	kbps
接收频偏	FDEV	2	—	200	kHz
接收饱和功率	—	—	20	—	dBm
接收带宽	—	50	—	500	kHz

8、功能描述

8.1、串口接口

模组串口（USART1）参数：波特率 115200bps、8 位数据位、无校验、1 位停止位、无硬件流控，TTL 3.3V 电平。固件采用单字节中断接收 + 64 字节环形缓冲，数据不丢失、不阻塞主流程。

串口收发规则：

– 模组上电后串口输出启动信息 “XL4460 transparent module start”；

– 透传模式下，射频收到的数据包通过串口原样输出；

– 串口收到的数据先进入透传打包缓冲，包长达到设定分包长度或串口空闲超过 5ms 时按一包发送。

8.2、时序说明

8.2.1、透传时序

参数	最小	典型	最大	单位
透传分包长度（AT+PKG 默认）	1	8	63	字节
串口空闲截包时间（TX_IDLE_MS）	—	5	—	ms
发送完成等待确认超时	—	800	—	ms
射频单包数据上限	1	—	63	字节

注：发送完成后固件自动恢复接收模式；发送前若检测到待读接收包，优先处理接收，避免丢包。

8.2.2、“+++”转义与 AT 模式时序

参数	最小	典型	最大	单位
“+++”转义前串口静默时间（ESC_GUARD_MS）	1	—	—	s
识别到 3 个连续“+”后进入 AT 模式时间	—	立即	—	—
AT 模式空闲自动退出时间	—	30	—	s

xinlingo

（AT_IDLE_MS）				
“+++”后紧接第 4 个“+”	—	按数据透传，不触发转义	—	—

注：进入 AT 模式时模组输出 “+AT: enter AT mode”；退出时输出 “+AT: enter transparent mode”。

上电后的首字节视同满足静默条件，可直接输入 “+++” 进入 AT 模式。

8.3、功耗

以下为射频芯片电源功耗典型值（VDD=3.3V，常温 25℃）：

参数	最小	典型	最大	单位
硬件待机（普通睡眠）	—	0.8	—	uA
深度睡眠	—	0.3	—	uA
接收电流（433MHz，10kbps）	—	7.8/8.2	—	mA
发射电流（433MHz）	—	20 / 25 / 80	—	mA
（+10 / +13 / +20 dBm）				
模组发射峰值电流（含功放）	—	—	90	mA

8.4、射频工作模式与配置

固件将射频芯片初始化为包模式（Packet Mode），TX/RX FIFO 合并为 1 个 64 字节 FIFO。收发一包数据的流程：

– 发射：待机 → 配置“发送完成”中断 → FIFO 写模式 → 清中断/FIFO → 写包长度（REG_PKT15，0x46）→ 数据写入 FIFO → 进入发射；

– 接收：待机 → 配置“数据包接收完成”中断（INT_PKT_OK）→ FIFO 读模式 → 清中断/FIFO → 进入接收；GDO2 拉高即一包数据就绪，读出后自动恢复接收。

跳频配置：频道写入寄存器 REG_FRQ1（0x63，取值 0~255），频道偏移写入 REG_FRQ2（0x64，每增加 1 约增加 2.5kHz）。模组默认射频参数（频段、调制方式、码率、频偏等）由固件内置寄存器表（Init_Reg/RF_Reg）决定，通信双方参数必须一致。

8.5、AT 指令集

指令格式：查询 “AT<命令>”，设置 “AT<命令>=<参数>”，以回车换行（\r\n）结尾；固件忽略 “\r”，以 “\n” 为行结束符。

指令	功能	响应
AT	测试指令	OK
AT+HELP	打印全部指令列表	指令清单 + OK
AT+VER	查询固件版本	+VER: XL4460-TRANSPARENT-AT V1.0
AT+CH	查询 FHSS 频道	+CH: <n>
AT+CH=n	设置 FHSS 频道（0~255），写 REG_FRQ1 并重新进入接收	OK
AT+OFFSET	查询 FHSS 偏移	+OFFSET: <n>
AT+OFFSET=n	设置 FHSS 偏移（0~255），写 REG_FRQ2 并重新进入接收	OK

xinlinggo

AT+PKG	查询透传分包长度	+PKG: <n>
AT+PKG=n	设置透传分包长度（1~63，默认 8）	OK / 越界返回 ERROR
AT+CLR	清除中断标志与 FIFO，重新进入接收	OK
AT+RESET	重新初始化 XL4460 芯片并进入接收	OK
AT+TRANS	立即退出 AT 模式，返回透传模式	OK

示例：

AT → OK

AT+CH → +CH: 0 / OK

AT+CH=5 → OK

AT+PKG=16 → OK（透传每满 16 字节发一包）

AT+PKG=0 → ERROR（分包长度必须为 1~63）

xinlinggo