

LM400TU 数据手册

433/470MHz 无线通信模块

DS01010101 V1.04 Date: 2019/10/09

产品数据手册

概述

LM400TU 模块包含了 ZM433SX-M 和 ZM470SX-M 两种模块，是广州致远电子有限公司自主研发的带透传固件的工业级低功耗无线产品。模块使用飞思卡尔的 KL26 系列 MCU 来搭载 SX1278 收发器，SX1278 采用源自军用战术通信系统的 LoRa 调制技术设计，完美解决了小数据量在低功耗复杂环境中的超远距离通信问题。

相较于传统调制技术，LM400TU 模块在抑制同频干扰的性能方面也具有明显优势，解决了传统设计方案无法同时兼顾距离、抗扰和功耗的弊端。另外，芯片集成了+20dBm 的可调功率放大器，可获得-148dBm 的接收灵敏度，链路预算达到了行业领先水平，针对应用于远距离传输且对可靠性要求极高的场合，该方案是不二之选。

产品特性

- ◆ 频率范围：400~525MHz
- ◆ 工作电压：1.8~3.6 V
- ◆ 待机电流：22.2mA
- ◆ 休眠电流：1uA
- ◆ 定时休眠电流：2uA
- ◆ 发射电流：120mA@18dBm
- ◆ 发射功率可调：5~18dBm
- ◆ 接收灵敏度：-121dBm@8kbps，-132dBm@1kbps
- ◆ 最大传输速率：37.5 kbps@LoRa
- ◆ 支持LoRa透传、LoRaWAN、LoRaNET协议
- ◆ 载波频率可编程
- ◆ 发送和接收缓冲区共256字节
- ◆ 支持多种低功耗操作模式
- ◆ 可有效抑制同频干扰

产品应用

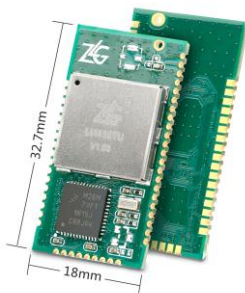
- ◆ 自动抄表
- ◆ 家庭和楼宇自动化
- ◆ 无线告警和安防系统
- ◆ 工业监视与控制
- ◆ 远程灌溉系统

订购信息

型号	温度范围	封装	频率范围
LM400TU	-40 °C ~ +85 °C	贴片	400~525MHz

注：RF 信号接口分为以下两种情况（默认 1）

- 1、邮票孔接口（默认接口）；
- 2、弹簧天线接口。



修订历史

文档版本	日期	原因
V1.00	2018/10/12	创建文档
V1.01	2019/04/10	更新文档格式，增加包装链接
V1.02	2019/05/05	修改最小系统和增加注意事项
V1.03	2019/07/09	接口划分
V1.04	2019/10/09	走线阻抗控制推荐

目 录

1. 模块简介.....	1
1.1 模块更改历史.....	1
1.2 功能简介.....	1
2. 尺寸图.....	2
2.1 产品尺寸.....	2
2.2 卷带包装.....	3
3. 引脚说明.....	4
3.1 引脚排列.....	4
3.2 引脚定义.....	4
4. 电气参数.....	7
4.1 极限参数.....	7
4.2 静态参数.....	7
5. 射频参数.....	8
6. 生产指导.....	9
6.1 推荐回流温度曲线.....	9
7. 硬件设计注意事项.....	10
7.1 最小系统.....	10
7.2 电源设计.....	10
7.3 RF 设计.....	11
7.3.1 PCB 板载天线设计指导.....	11
7.3.2 外接天线设计指导.....	12
7.3.3 邮票孔天线接口设计指导.....	12
7.3.4 天线匹配.....	14
8. 免责声明.....	16

1. 模块简介

1.1 模块更改历史

LM400TU 是在 LM400T 上衍生的产品。

1.2 功能简介

LM400TU 模块包含了 ZM433SX-M 和 ZM470SX-M 两种模块，是广州致远电子有限公司自主研发的带透传固件的工业级低功耗无线产品。模块使用飞思卡尔的 KL26 系列 MCU 来搭载 SX1278 收发器，SX1278 采用源自军用战术通信系统的 LoRa 调制技术设计，完美解决了小数据量在低功耗复杂环境中的超远距离通信问题。

KL26 系列 MCU 设计时充分考虑效率。具有市场领先的超低功耗特性，为开发人员提供合适的入门级 32 位解决方案。其增强型 ARM Cortex-M0+内核属于 Cortex-M 系列处理器产品，是面向对成本极为敏感的低功耗应用的微控制器内核。它具有一个 32 位 AMBA AHB-Lite 接口并且包括一个 NVIC 组件。此外，它还具有硬件调试功能，包括支持简单的程序追踪功能。该处理器支持 ARMv6-M 指令集(Thumb)架构，该架构包括除三个 16 位 Thumb 操作码（共 52 位）加七个 32 位指令之外的所有指令。它向上兼容其他 Cortex-M 系列处理器。本模块采用的具体 MCU 型号为 MKL26Z128VFT4，自带有 128KB 的 Flash、16KB 的 SRAM 以及 36 个 GPIO，更具体参数请查看 MKL26Z128VFT4 的数据手册。

相比传统的窄带调制技术，LM400TU 模块采用了扩频调制技术在抑制同频干扰的性能方面也具有明显优势，解决了传统设计方案无法同时兼顾距离、抗扰和功耗的弊端。另外，芯片集成了+20dBm 的可调功率放大器，实际按照不同通道最大输出功率+19dBm~+18dBm 之间，并可获得-121dBm@8kbps、-132dBm@1kbps 的接收灵敏度，链路预算达到了行业领先水平，针对应用于远距离传输且对可靠性要求极高的场合，该方案是不二之选。

为保证产品的稳定可靠性能，在设计过程中，我们对射频方面的性能做了全面、长期的测试；设计中，选用了高频板材和频射专用元器件来保证产品的使用寿命。

2. 尺寸图

2.1 产品尺寸

产品尺寸如图 2.1、图 2.2 所示。若图中的数据看不清楚可以产品尺寸可以查看产品资料包中的《【开发资料】LM400TU 封装库 V1.00》文件。

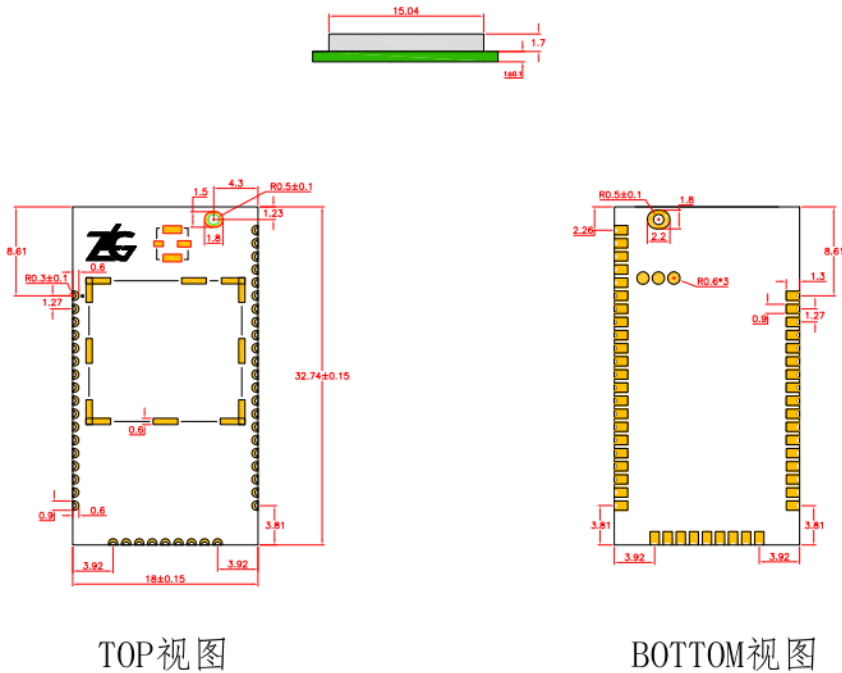


图 2.1 模块尺寸视图

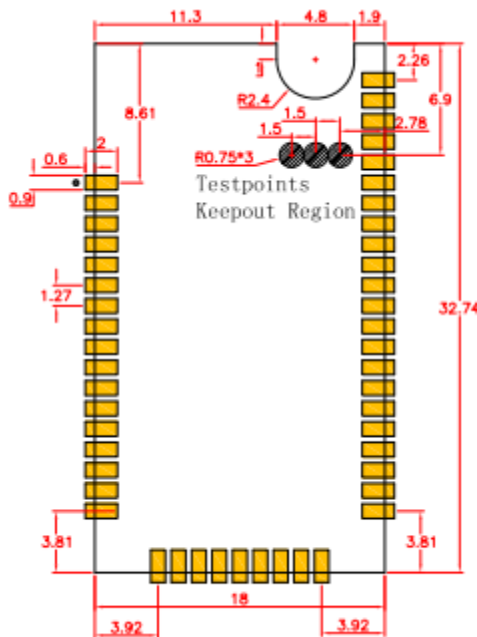


图 2.2 模块 PCB 尺寸图

2.2 卷带包装

产品使用卷带包装，单卷可装 850 个模块，卷带的尺寸如图 2.3。手册图片不清晰可在：
<http://www.zlg.cn/wireless/down/down/id/203.html>, 下载【开发资料】LM400TU 卷带包装 V1.00。

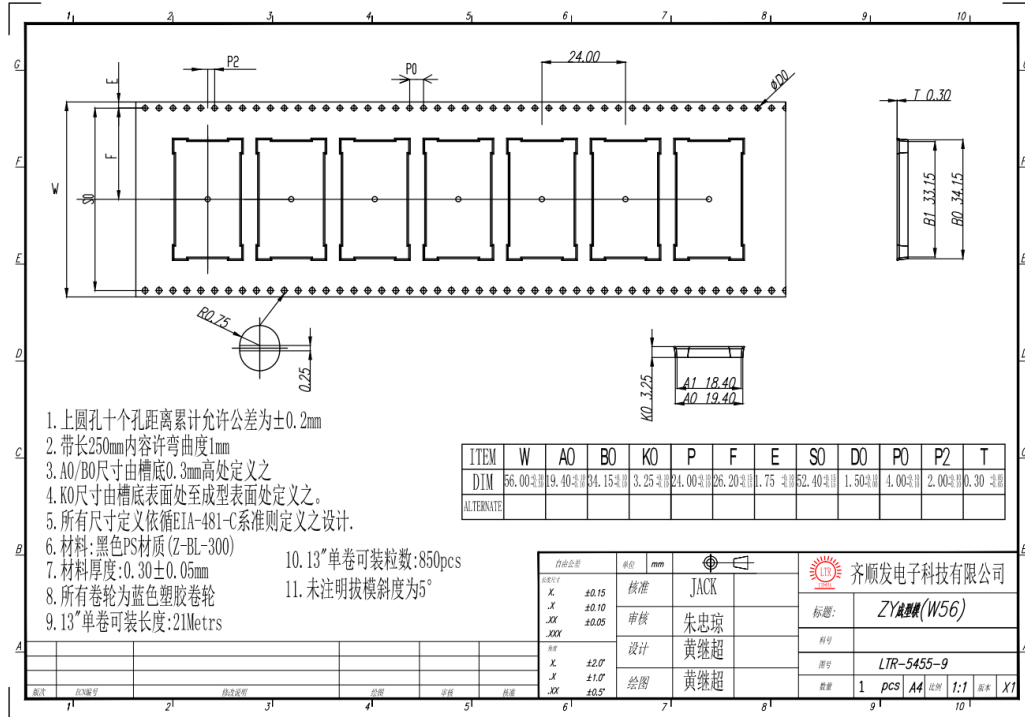


图 2.3 卷带尺寸图

3. 引脚说明

模块引脚功能定义如图 3.1 所示。产品的引脚布局详见下面的表 3.1。

3.1 引脚排列

LM400TU 无线模块的引脚排列如下所示。

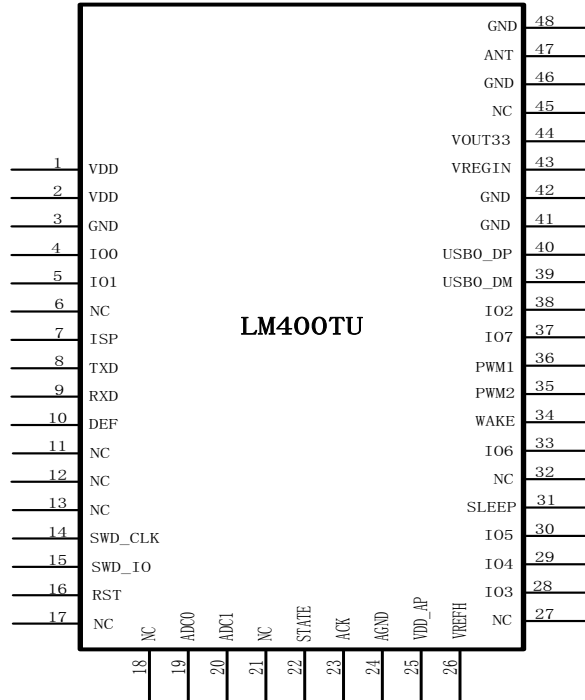


图 3.1 透传固件模块引脚详细分布图

3.2 引脚定义

引脚功能如表 3.1 所示。

表 3.1 引脚及其功能

引脚号	引脚名称	类型	使用描述
1	V _{DD}	S ^④	+3.3V 数字电源
2	V _{DD}	S	+3.3V 数字电源
3	GND	S	电源地
4	IO0	I/O	透传固件 IO 口
5	IO1	I/O	透传固件 IO 口
6	NC	—	悬空处理不可接地
7	ISP	I	拉低 ISP 再拉低 RST 进入编程模式
8	TXD	O	串口发送引脚
9	RXD	I	串口接收引脚

续上表

引脚号	引脚名称	类型	使用描述
10	DEF ^①	I	恢复出厂引脚
11	NC	—	悬空处理不可接地
12	NC	—	悬空处理不可接地
13	NC	—	悬空处理不可接地
14	SWD_CLK	I	SWD 时钟引脚
15	SWD_IO	I/O	SWD 数据引脚
16	RST	I	复位，至少保持 100ns 低电平复位
17	NC	—	悬空处理不可接地
18	NC	—	悬空处理不可接地
19	ADC0	I	透传固件 ADC 引脚
20	ADC1	I	透传固件 ADC 引脚
21	NC	—	悬空处理不可接地
22	STATE	O	程序运行脚，500ms 跳变一次，可监控程序是否运行
23	ACK ^②	O	ACK 接收指示引脚
24	AGND	S	模拟电源地
25	V _{DD-AP} ^⑤	S	+3.3V 模拟电源
26	VREFH ^③	I	ADC 参考电压引脚
27	NC	—	悬空处理不可接地
28	IO3	I/O	透传固件 IO 口
29	IO4	I/O	透传固件 IO 口
30	IO5	I/O	自组网配置引脚
31	SLEEP	I	休眠引脚
32	NC	—	悬空处理不可接地
33	IO6	I/O	透传固件 IO 口
34	WAKE	I	唤醒引脚
35	PWM2	O	透传固件 PWM 引脚
36	PWM1	O	透传固件 PWM 引脚
37	IO7	I/O	自组网配置引脚

续上表

引脚号	引脚名称	类型	使用描述
38	IO2	I/O	透传固件 IO 口
39	USB0_DM	—	悬空处理不可接地
40	USB0_DP	—	悬空处理不可接地
41	GND	S	电源地
42	GND	S	电源地
43	VREGIN	—	悬空处理不可接地
44	VOOUT33	—	悬空处理不可接地
45	NC	—	悬空处理不可接地
46	GND	S	电源地
47	ANT	O	RF 信号输出
48	GND	S	电源地

- ①：DEF 引脚内部上拉，模块复位或上电之前拉低该引脚则模块参数恢复出厂设置。
- ②：ACK 引脚初始为低，收到 ACK 回复后产生高脉冲，依此引脚判断目标节点有无收到数据。
- ③：VREFH 引脚，从此引脚输入 ADC 参考电压，若不使用 ADC 功能可悬空处理。
- ④：电源引脚。
- ⑤：KL26 模拟外设电源，不包括射频部分电源。

4. 电气参数

4.1 极限参数

超过以下参数范围时极有可能损坏 LM400TU 模块。

表 4.1 极限参数

参数	限定值	单位
电源电压 VDD	-0.3 ~ +3.8	V
I/O 电压	-0.3 ~ VDD+0.3	V
最大射频输入功率	+10	dBm
工作温度范围	-40 ~ +85	°C

4.2 静态参数

工作在默认状态下（载波频率 470MHz、等效速率 8202bps），LM400TU 模块电气参数如表 4.2 所示。（25°C）

表 4.2 工作参数

参数	标号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
电源电压 (VDD)	V _{DD}	1.8	3.3	3.6	V	
发送电流	I _{TX_20}	-	120	-	mA	发射功率 18dBm (软件设置 20 dBm)
待机电流	I _{Standby}	-	22.2	-	mA	接收状态
休眠电流	I _{Sleep}	-	1	-	μA	完全休眠
定时休眠电流	I _{S_time}	-	2	-	μA	定时器工作
输入逻辑 1 电平	V _{IH}	0.7* V _{DD}	-	-	V	2.7 V ≤ V _{DD} ≤ 3.6 V
	V _{IH}	0.75*V _{DD}	-	-	V	1.7 V ≤ V _{DD} ≤ 2.7 V
输入逻辑 0 电平	V _{IL}	-	-	0.35* V _{DD}	V	2.7 V ≤ V _{DD} ≤ 3.6 V
	V _{IL}	-	-	0.3* V _{DD}	V	1.7 V ≤ V _{DD} ≤ 2.7 V
输出逻辑 1 电平	V _{OH}	V _{DD} -0.5	-	-	V	2.7 V ≤ V _{DD} ≤ 3.6 V, I _{OH} = -5 mA
	V _{OH}	V _{DD} -0.5	-	-	V	1.7 V ≤ V _{DD} ≤ 2.7 V, I _{OH} = -2.5 mA
输出逻辑 0 电平	V _{OL}	-	-	0.5	V	2.7 V ≤ V _{DD} ≤ 3.6 V, I _{OH} = 5 mA
	V _{OL}	-	-	0.5	V	1.7 V ≤ V _{DD} ≤ 2.7 V, I _{OH} = 2.5 mA

5. 射频参数

表 5.1 射频参数

参数	最小值	典型值	最大值	单位
发送频率	400	470	525	MHz
最大发送功率	17	18	19	dBm
射频输入电平	-	-	10	dBm
传输速率/LoRa	-	-	37.5	kbps
接收灵敏度/LoRa	-	-121dBm@8kbps -132dBm@1kbps	--	dBm

注：接收灵敏度跟数据传输速率成反比，空中速率越低，接收灵敏度越高。SX1278 芯片手册中，LoRa 灵敏度可达-148dBm，需要超低速率以及带宽较低对晶振频偏要求高。

6. 生产指导

6.1 推荐回流温度曲线

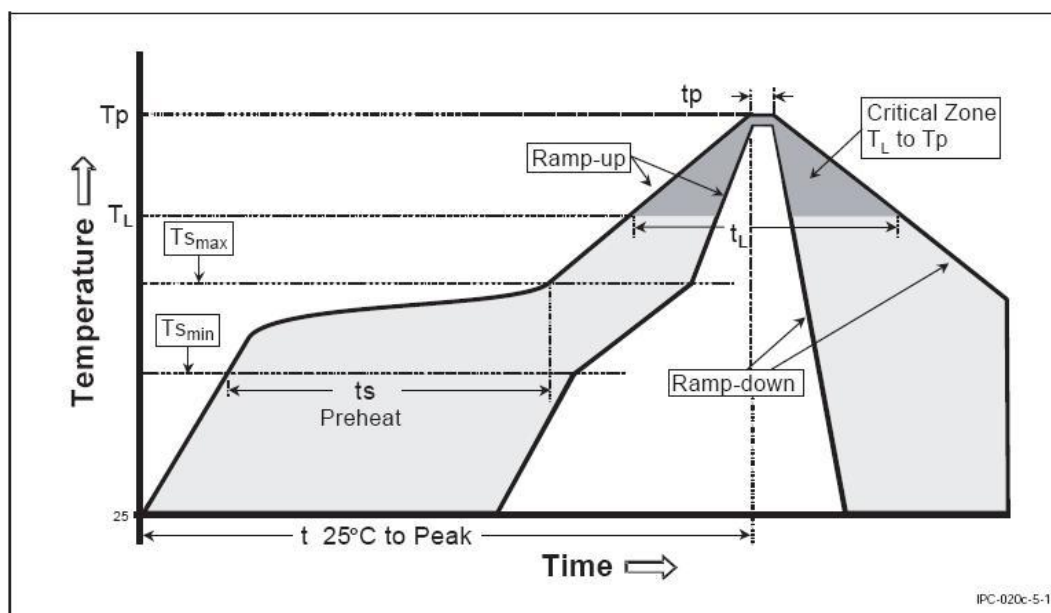


图 6.1 推荐温度曲线

表 6.1 推荐参数

Profile Feature	曲线特征	Sn-Pb Assembly	Pb-Free Assembly
Solder Paste	锡膏	Sn63/Pb37	Sn96.5/Ag3/Cu0.5
Preheat Temperature min (Tsmmin)	最小预热温度	100°C	150°C
Preheat Temperature max (Tsmmax)	最大预热温度	150°C	200°C
Preheat Time (Tsmmin to Tsmmax) (ts)	预热时间	60-120 sec	60-120 sec
Average ramp-up rate (Tsmmax to Tp)	平均上升速率	3°C/second max	3°C/ second max
Liquidous Temperature (TL)	液相温度	183°C	217°C
Time (tL) Maintained Above (TL)	液相线以上的时间	60-90 sec	30-90 sec
Peak temperature (Tp)	峰值温度	220-235°C	230-245°C
Average ramp-down rate (Tp to Tsmmax)	平均下降速率	6°C/ second max	6°C/ second max
Time 25°C to peak temperature	25°C到峰值温度的时间	6 minutes max	8 minutes max

7. 硬件设计注意事项

7.1 最小系统

LM400TU 最小系统如图 7.1，详细使用参考：LM400TU 最小系统 V1.00.pdf 和【评估板原理图】LM400T DemoBoard Rev.D.pdf。

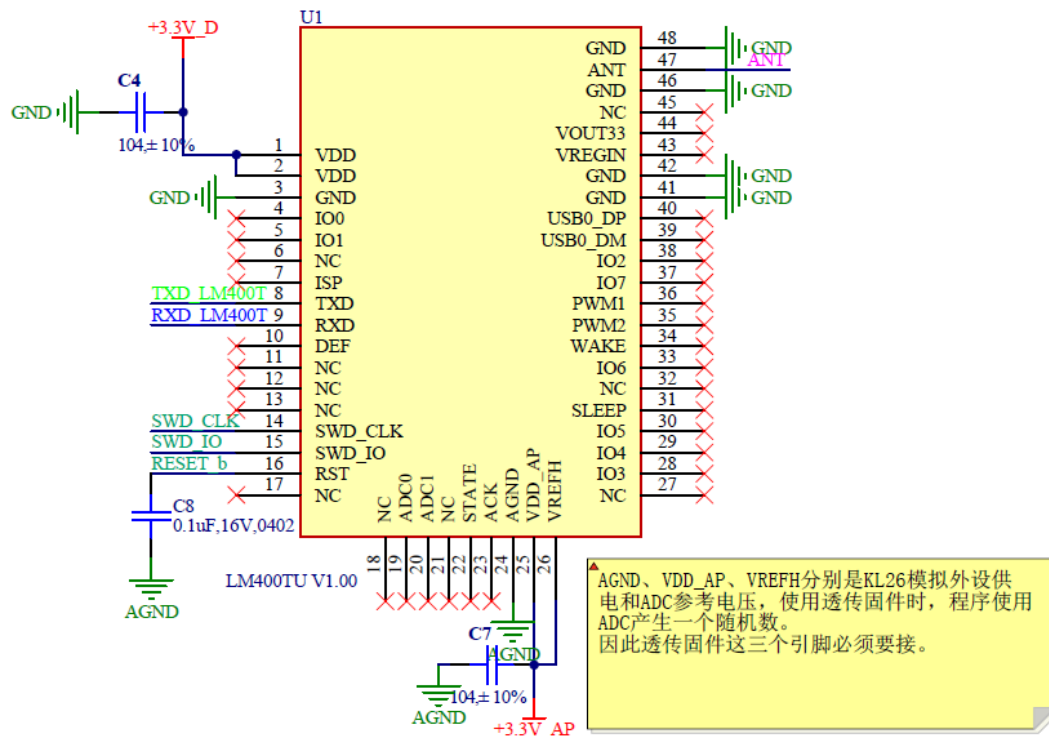


图 7.2 最小系统图

注：AGND、VDD_AP、VREFH 分别是 KL26 模拟外设电源和 ADC 参考电压，透传固件需要 ADC 产生一个随机数用于通信。因此透传固件这三个引脚必须要接。

7.2 电源设计

电源设计的完整性影响模块性能，好的电源设计更容易发挥无线模块的性能。模块峰值电流最大为 125mA，电源设计需要留有裕量。一般来说，在条件允许的情况下，输出电流能力需要大于峰值电流的 2 倍。如果电流裕量有限，至少也需要 1.5 倍峰值电流以上。

在 3.3V 供电系统中，过大的纹波可能通过导线或者地平面耦合到系统容易受到干扰的线路上，例如天线、馈线、时钟线等敏感信号线上，容易引起模块的射频性能变差，所以我们推荐使用 LDO 作为无线模块的供电电源。客户使用 LDO 时，需要注意电源的散热以及输出电流。例如常用的 5V 转 3.3V，电压压降 1.7V，假设输出电流 100mA 下，则电源芯片损失的功率：170mW。

最后，如果客户对不同应用不同场合中有特殊需求，可以按照 LDO 常见的参数自己选择器件，只需要保证上文的条件就可以。

这里给出常用的 3.3V 电源参考设计，如下图 7.3 LDO 电源设计原理图所示。

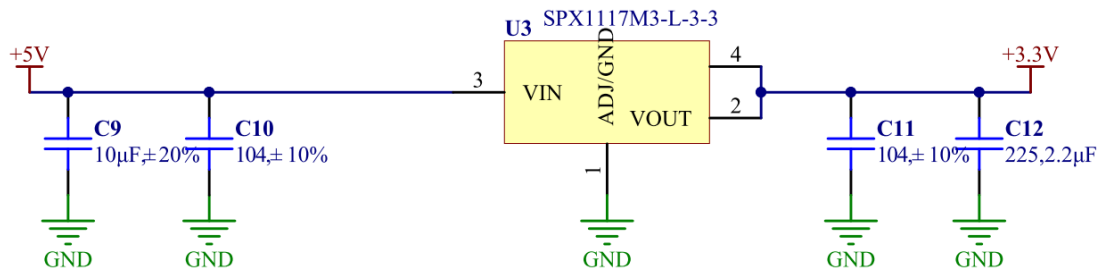


图 7.3 LDO 电源设计原理图

7.3 RF 设计

7.3.1 PCB 板载天线设计指导

如果客户使用我司的模块有搭载 PCB 板载天线时，在设计底板时应该注意如下几个方面：

1. 在 PCB 板载天线周围的净空区禁止布线；
2. 在净空区周围禁止放置金属元器件；
3. 电源走线和时钟走线应该尽量远离 PCB 板载天线；
4. 其他高速信号线等都需要远离 PCB 板载天线。

PCB 板载天线周围的净空区如图 7.3 所示，PCB 板载天线的边沿（PCB 板载天线的前方不小于 20mm、左方和右方不小于 15mm）范围内为天线的最小净空区。应当注意，用户在设计底板时，底板不能够覆盖 PCB 板载天线的背面；如果底板较大一定会覆盖 PCB 板载天线的背面，那么在设计底板时在 PCB 板载天线以及周围的净空区不要铺地或者做挖槽处理！

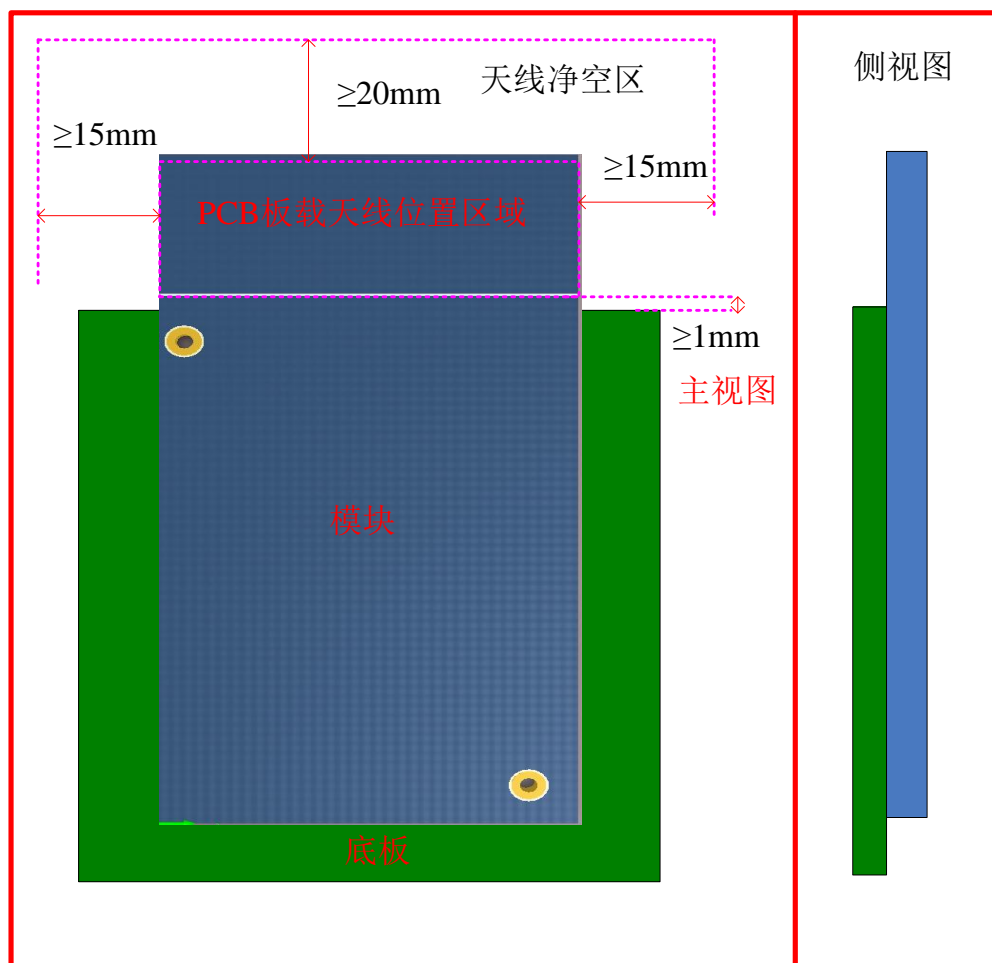


图 7.3 PCB 板载天线周围静空区

7.3.2 外接天线设计指导

如果客户选用我司的模块是通过 IPEX, SMA 等射频接口外接天线时, 应该选择一款适用于本核心板的天线, 在天线选型的过程中对天线的参数选择和应用有如下注意事项:

1. 天线的工作频率和本模块的工作频率应该一致;
2. 天线的接口与本核心板的天线接口应该适配;
3. 天线的电压驻波比 (VSWR) 建议小于 2, 且应该具备合适的带宽;
4. 天线的输入阻抗应为 50 ohm;
5. 当天线放置在模具内部时, 应咨询天线设计厂家。

7.3.3 邮票孔天线接口设计指导

如果客户选择我司的模块射频输出接口为邮票孔的形式, 在设计时应该用 50ohm 特征阻抗的走线来连接用户的 PCB 板, 走线尽量短且走直线, 在需要转弯时不要走锐角、直角, 可以走圆弧线, 圆弧半径不小于 3 倍线宽。

在射频电路板设计时, 推荐使用 4 层板, 第一层为射频走线层, 第二层为地层, 第三层为电源层, 底层为其他信号层。PCB 四层板的结构如表 7.1 所示, 当在 TOP 层做阻抗控制时, GND 层为参考层。PCB 走线的特征阻抗一般用 Polar SI9000 软件来计算, 如图 8.3.2 所示, 打开 Polar SI9000 软件通过图 8.3.2 中的 1、2、3 和 4 个步骤可以计算出走线的特征阻

抗，其中需要在步骤 3 填写相关参数。

当设计的 PCB 板为两层板时，其压层模型如表 7.2 所示。当需要在 TOP 层走线做阻抗控制时，BOT 层作为参考层，特征阻抗计算如图 7.4 所示，在步骤 3 填写相关设计参数，在步骤 4 点击 Calculate 就可以计算出所设计走线的特征阻抗。用户在设计走线特征阻抗时，建议参考 Polar SI9000 软件使用手册。

表 7.1 PCB 四层板（板厚 1.6mm，线间距(D1)10mil）压层模型








			厚度 (mil)	单端阻抗 50ohm
TOP 层		外层 (完成铜厚 1OZ)	1.4	线宽 7mil
		pp 2116H*1	5	
GND 层		内层 (完成铜厚 1OZ)	1.4	
		CORE	46.4	
VDD 层		内层 (完成铜厚 1OZ)	1.4	
		半固化片 pp 2116H*1	5	
BOT 层		外层 (完成铜厚 1OZ)	1.4	

表 7.2 PCB 两层板（板厚 1.6mm，线间距(D1)6mil）压层模型

			厚度 (mil)	单端阻抗 50ohm
TOP 层		外层 (完成铜厚 1OZ)	1.4	线宽 25mil
		CORE	61	
BOT 层		外层 (完成铜厚 1OZ)	1.4	

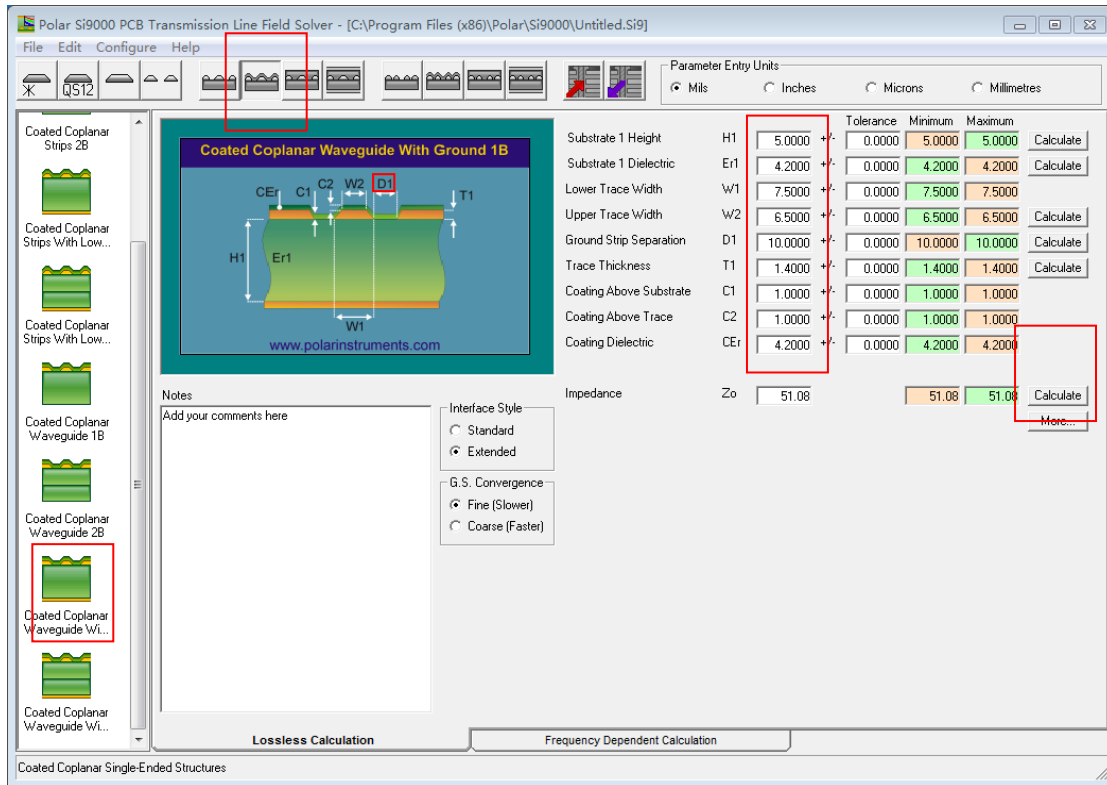


图 7.4 四层板（板厚 1.6mm）走线特征阻抗计算图

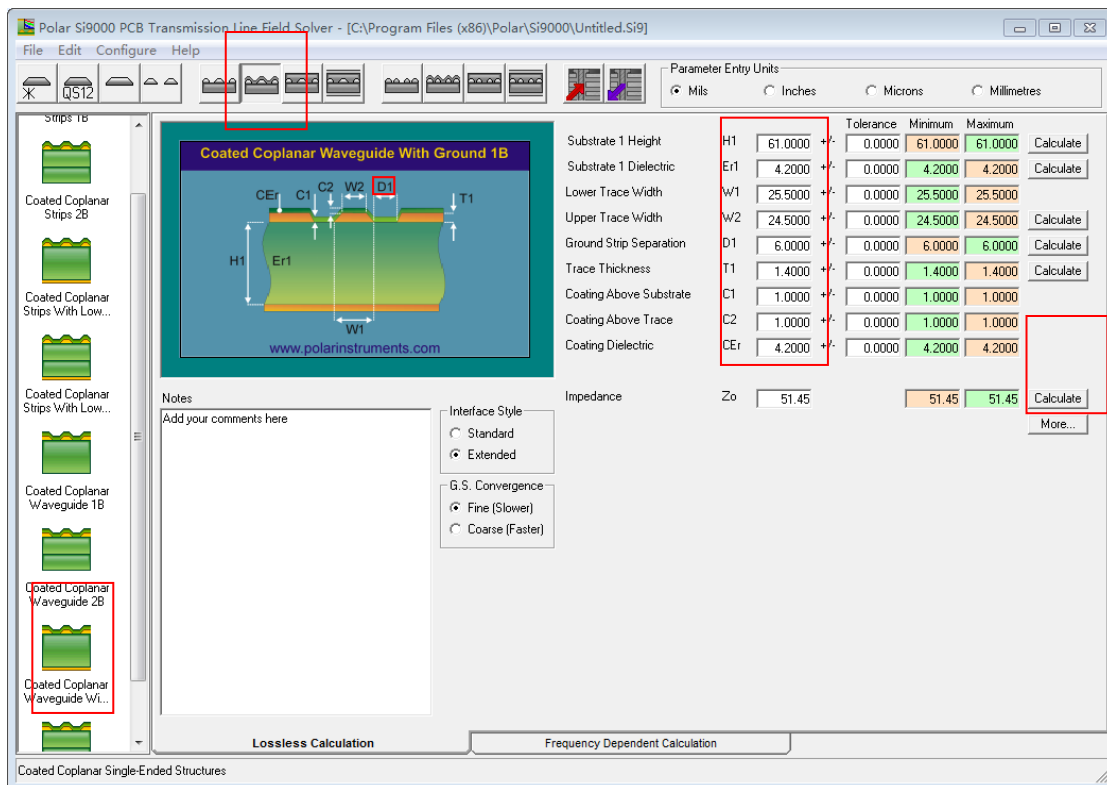


图 7.5 两层板（1.6mm）走线特征阻抗计算图

7.3.4 天线匹配

实际使用中，出现最多的是天线匹配问题，建议用户在设计原理图时，加入图 6.1 所示的 π 型匹配网络。一般情况，如果天线已经是 50Ω 的，电容 C1 选用 270pF 电容即可（其在

433~470Mhz 上等效于一个短路器件), **C2 和 C3 不需焊接**,如果天线不匹配,则需要使用网络分析仪测量阻抗再确定 C1、C2、C3 的取值。从以往经验来看,模块 ANT 引脚到天线端的走线路径要尽可能短,在 433~470Mhz 频段走线阻抗失配带来的影响不是很大。C1 选型建议使用 muRata 通信应用系列的,比如型号 GRM1555C1H271。

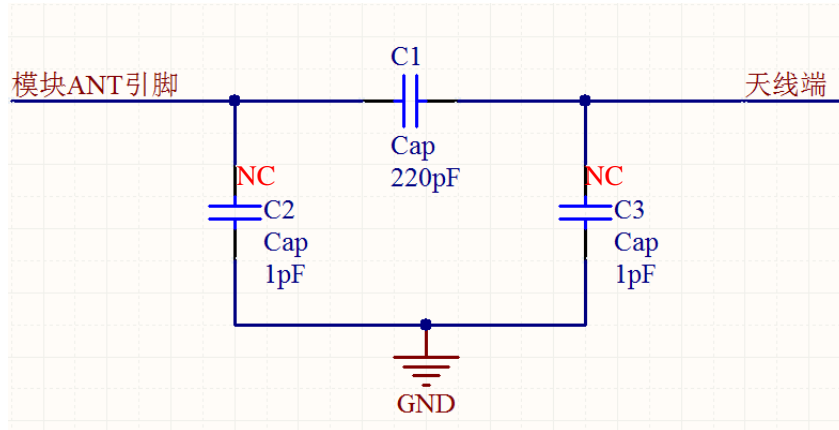


图 7.6 匹配电路

8. 免责声明

本着为用户提供更好服务的原则，广州致远电子股份有限公司（下称“致远电子”）在本手册中将尽可能地向用户呈现详实、准确的产品信息。但鉴于本手册的内容具有一定的时效性，致远电子不能完全保证该文档在任何时段的时效性与适用性。致远电子有权在没有通知的情况下对本手册上的内容进行更新，恕不另行通知。为了得到最新版本的信息，请尊敬的用户定时访问致远电子官方网站或者与致远电子工作人员联系。感谢您的包容与支持！