

NB-IoT 模块硬件应用手册

MB961 型

版本: Beta

日期: 2022-04-06

法律声明

若接收浙江利尔达物联网技术有限公司（以下称为“利尔达”）的此份文档，即表示您已经同意以下条款。若不同意以下条款，请停止使用本文档。

本文档版权所有浙江利尔达物联网技术有限公司，保留任何未在本文中明示授予的权利。文档中涉及利尔达的专有信息。未经利尔达事先书面许可，任何单位和个人不得复制、传递、分发、使用和泄漏该文档以及该文档包含的任何图片、表格、数据及其他信息。

本产品符合有关环境保护和人身安全方面的设计要求，产品的存放、使用和弃置应遵照产品手册、相关合同或者相关法律、法规的要求进行。

本公司保留在不预先通知的情况下，对此手册中描述的产品进行修改和改进的权利；同时保留随时修订或收回本手册的权利。

文件修订历史

版本	修订日期	修订日志
β	2022-04-06	Beta版

适用模块型号

序号	模块型号	特征符	模块简介
1	MB961	RAC	Band5、Band8频段, 23.6×20×2.2 (mm)
2			
3			
4			

目录

法律声明.....	2
文件修订历史.....	3
适用模块型号.....	4
目录.....	5
表格索引.....	8
图形索引.....	9
1 引言.....	11
1.1 安全须知.....	11
2 模块综述.....	12
2.1 模块主要特性.....	12
2.2 电气特性.....	13
2.2.1 绝对最大值.....	13
2.2.2 工作温度.....	13
2.2.1 功耗.....	14
2.3 功能框图.....	14
2.4 评估套件.....	14
3 应用接口.....	15

3.1 引脚描述.....	16
3.2 工作模式.....	20
3.3 省电模式 (PSM)	20
3.4 电源设计.....	21
3.4.1 典型供电电路.....	22
3.5 模块开机/关机.....	22
3.5.1 开机.....	22
3.5.2 关机.....	23
3.6 模块升级.....	23
3.7 模块唤醒.....	24
3.8 模块复位.....	26
3.9 UART 通信.....	27
3.9.1 串口参考设计.....	28
3.9.2 串口应用.....	28
3.10 USIM 卡接口.....	30
3.10.1 USIM 卡参考设计.....	31
3.10.2 设计注意事项.....	31
3.11 ADC 接口.....	32
3.12 网络指示状态*.....	32
3.13 RI 时序状态*.....	33
4 天线接口.....	34

4.1 射频参考电路.....	34
4.2 射频 LAYOUT 设计指导.....	35
4.3 天线选型参考.....	37
4.4 RF 输出功率.....	38
4.5 射频接收灵敏度（吞吐量≥95%）.....	38
4.6 工作频率.....	38
5 机械尺寸.....	39
5.1 模块机械尺寸.....	39
5.2 模块俯视图/底视图.....	40
5.3 推荐 PCB 设计.....	40
6 生产及包装信息.....	42
6.1 过炉方式.....	42
6.2 回流焊作业指导.....	42
6.3 不良品维修.....	44
6.4 储存及包装方式.....	44
6.4.1 储存要求.....	44
6.4.2 包装方式.....	44
7 相关文档及术语缩写.....	46
7.1 相关文档.....	46
7.2 术语缩写.....	46

表格索引

表 2- 1	MB961 型模块部分 Band 说明.....	12
表 2- 2	绝对最大值.....	13
表 2- 3	工作温度范围.....	13
表 2- 4	模块功耗.....	14
表 3- 1	正常工作模式表	20
表 3- 2	电源引脚定义.....	21
表 3- 3	BOOT 引脚定义.....	23
表 3- 4	WAKEUP_IN 引脚定义.....	24
表 3- 5	模块功耗模式.....	25
表 3- 6	复位引脚描述.....	26
表 3- 7	串口引脚定义.....	27
表 3- 8	串口逻辑电平.....	27
表 3- 9	外部 USIM 卡接口引脚定义.....	30
表 3- 10	ADC 接口引脚定义.....	32
表 3- 11	NETLIGHT 引脚定义.....	32
表 3- 12	RI 引脚定义.....	33
表 4- 1	RF 天线引脚定义.....	34
表 4- 2	RF 传导功率.....	38
表 4- 3	无重传下的传导灵敏度（吞吐量 $\geq 95\%$ ）	38
表 4- 4	模块工作频率.....	38
表 7- 1	相关文档.....	46
表 7- 2	术语缩写.....	46

图形索引

图 2- 1 模块功能框图.....	14
图 3- 1 模块引脚分配图(适用 MB961 系列).....	16
图 3- 2 功耗参考示意图.....	21
图 3- 3 VBAT 输入参考电路.....	22
图 3- 4 开机时序.....	23
图 3- 5 关机时序.....	23
图 3- 6 WAKEUP_IN 参考电路.....	24
图 3- 7 复位参考电路.....	26
图 3- 8 复位时序.....	27
图 3- 9 主串口和调试串口连接示意图.....	28
图 3- 10 晶体管电平转换参考电路.....	29
图 3- 11 晶体管封装图.....	29
图 3- 12 特定电平下的电平转换参考电路.....	30
图 3- 13 二极管封装图.....	30
图 3- 14 6PIN 外部 SIM 卡参考电路.....	31
图 3- 15 ADC 参考电路.....	32
图 3- 16 NETLIGHT 指示参考电路.....	33
图 4- 1 射频天线参考电路.....	34
图 4- 2 两层 PCB 板共面波导结构.....	35
图 4- 3 四层 PCB 板共面波导结构（参考地为第三层）.....	35
图 4- 4 四层 PCB 板共面波导结构（参考地为第四层）.....	35
图 4- 5 50 欧姆阻抗的计算方法参考.....	36
图 4- 6 射频走线 LAYOUT 设计示意图.....	36
图 4- 7 NB-IoT 常规天线类型推荐.....	37
图 5- 1 模块机械尺寸图.....	39

图 5- 2 模块俯视/底视图.....	40
图 5- 3 模块推荐焊盘.....	41
图 6- 1 回流焊作业指导参考.....	43
图 6- 2 模块方向指示图.....	45
图 6- 3 模块放置方向载带机械图.....	45

1 引言

本文档定义了利尔达MB961系列NB-IoT模块的应用规范,描述了其硬件接口、电气特性、应用方法及其和机械规范等内容。

本文档可以帮助用户快速了解模块的硬件接口规范、电气、机械特性以及其它相关信息,结合其它相应的文件,可以快速掌握NB-IoT模块的应用方法。

1.1 安全须知

用户有责任遵循其他国家关于无线通信模块及设备的相关规定和具体的使用环境法规。通过遵循以下安全原则,可确保个人安全并有助于保护产品和工作环境免遭潜在损坏。我司不承担因客户未能遵循这些规定导致的相关损失。



道路行驶安全第一!当您开车时,请勿使用手持移动终端设备,除非其有免提功能。请停车,再打电话!



登机前请关闭移动终端设备。移动终端的无线功能在飞机上禁止开启用以防止对飞机通讯系统的干扰。忽略该提示项可能会导致飞行安全,甚至触犯法律。



当在医院或健康看护场所,注意是否有移动终端设备使用限制。RF干扰会导致医疗设备运行失常,因此可能需要关闭移动终端设备。



移动终端设备并不保障任何情况下都能进行有效连接,例如在移动终端设备没有花费或SIM无效。当您在紧急情况下遇见以上情况,请记住使用紧急呼叫,同时保证您的设备开机并且处于信号强度足够的区域。



您的移动终端设备在开机时会接收和发射射频信号,当靠近电视,收音机电脑或者其它电子设备时都会产生射频干扰。



请将移动终端设备远离易燃气体。当您靠近加油站,油库,化工厂或爆炸作业场所,请关闭移动终端设备。在任何有潜在爆炸危险场所操作电子设备都有安全隐患。

2 模块综述

MB961系列模块为全球领先的NB-IoT无线通信模块，符合3GPP标准，支持Band05、Band08频段，具有体积小、功耗低、传输距离远、抗干扰能力强等特点。使用该模块，可以方便客户快速、灵活的进行产品设计。

本档中提供的MB961代表该系列型号的统称，表2-1为MB961型系列模块支持的部分Band说明。

表 2- 1 MB961 型模块部分 Band 说明

频段 Band	上行频段 Uplink(UL)band	下行频段 Downlink(DL)band	网络制式 Duplex Mode
Band 05	824MHz-849MHz	869MHz-894MHz	H-FDD
Band 08	880MHz-915MHz	925MHz-960MHz	H-FDD

2.1 模块主要特性

- ◆ 模块封装：LCC and Stamp hole package
- ◆ 超小模块尺寸：23.6mm×19.9mm×2.2mm (L×W×H)，重量 1.8g±0.2g
- ◆ 超低功耗：1.5uA 典型值
- ◆ 工作电压：VBAT 2.2V~4.2V
- ◆ 发射功率：23dBm±2dB (Max)，最大链路预算较 GSM 或 LTE 下提升 20dB, 最大耦合损耗 MCL 为 164dB
- ◆ 提供外部 SIM 卡接口
- ◆ 支持 3GPP Re1.13/14 NB-IoT 无线电通信接口和协议
- ◆ 内嵌 UDP、IP、COAP 等网络协议栈
- ◆ 固件升级可通过主串口、DBG 串口和 DFOTA 升级

- ◆ 天线接口 50 欧特性阻抗
- ◆ 所有器件符合 EU RoHS 标准

MB961模块的超小外形尺寸几乎能够满足所有的物联网应用的要求,可以很容易地嵌入到客户的产品应用中,包括车辆和个人跟踪、安全系统、无线POS、工业PDA,智能计量、远程维护与控制、智慧城市等等。

2.2 电气特性

2.2.1 绝对最大值

下表所示是模块电气性能的最大耐受值。

表 2- 2 绝对最大值

绝对最大参数	最小值	最大值	单位
供电电源	2.2	+4.2	V
数字引脚电压		3.6	V
模拟引脚电压	-0.3	+4.2	V
模拟/数字引脚的掉电状态电压	-0.25	+0.25	V
工作环境温度	-30	+80	°C
存储环境温度	-55	+125	°C

2.2.2 工作温度

表 2- 3 工作温度范围

参数	最小值	典型值	最大值	单位
正常工作环境温度	-30	+25	+80	°C
存储环境温度	-55	+25	+125	°C

2.2.1 功耗

表 2-4 模块功耗

参数	模式	描述	最小值	典型值	最大值	单位	
I_{VBAT}	PSM	睡眠状态 @3.0V		1.5		uA	
	Idle	空闲状态, DRX=2.56s, ECL=0		2.9		mA	
	Active		射频发射状态 (23dBm) @3.6V		230		mA
			射频发射状态 (23dBm) @3.0V		280		mA
			射频发射状态 (23dBm) @2.4V		330		mA
			射频接收状态		20		mA

2.3 功能框图

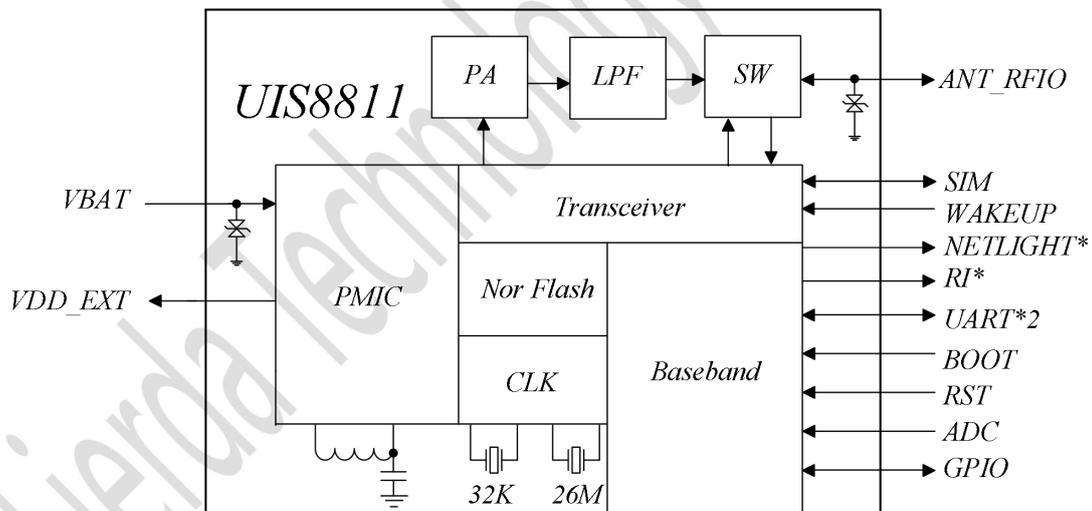


图 2-1 模块功能框图

2.4 评估套件

利尔达可提供完整的评估及开发套件，有USB接口的开发EVK板，欢迎联系咨询，联系方式见页面左下方提供的技术支持邮箱。

3 应用接口

MB961模块共有94个SMT焊盘引脚。本章节具体介绍各个模块的功能及设计：

- ◆ 电源
- ◆ UART接口
- ◆ USIM接口
- ◆ ADC接口
- ◆ RF接口
- ◆ 其他接口

3.1 引脚描述

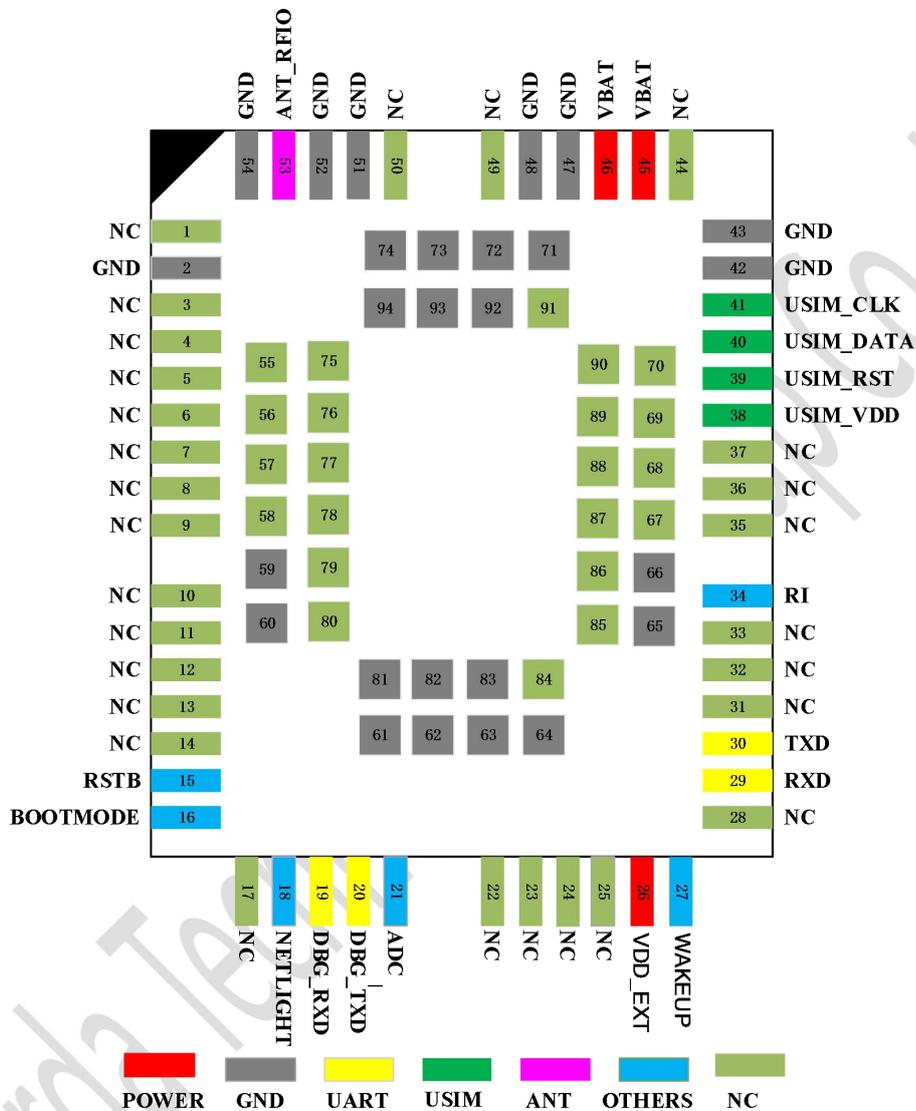


图 3- 1 模块引脚分配图 (适用MB961系列)

下面描述了MB961的各个引脚的定义和描述:

I/O 类型定义:

DIO=数字输入输出; DI=数字输入; DO=数字输出; PI=电源输入; PO=电源输出; AI=模拟输入; AO=模拟输出;

1 电源 POWER

引脚号	引脚名	I/O	描述	DC特性	备注
45,46	VBAT	PI	模块供电电源	Vmax=4.2V Vmin=2.2V Vnorm=3.6V	供电大于0.5A
26	VDD_EXT	PO	外部电路输出供电, 电压: 1.8/3V	Load current :1.8V/150mA, 3V/100mA 默认3V输出	建议用于外部 I/O 端口弱上拉, 且并联一个 2.2 μ F 的旁路电容。
2,42,43,47,48, 51,52,54,59,60, 61,62,63,64,65, 66,71,72,73, 74,81,82,83,92, 93,94	GND		地		

2 复位RESET

引脚号	引脚名	I/O	描述	DC特性	备注
15	RESET	DI	复位模块, 低电平有效	V _{IHmax} =VBAT V _{IHmin} =0.7*VBAT V _{ILmax} =0.3*VBAT	内部20k电阻上拉, VBAT电源域。

3 BOOT

引脚号	引脚名	I/O	描述	DC特性	备注
-----	-----	-----	----	------	----

16	BOOT	DI	BOOT模式	$V_{IHmax}=1.1*VDD_EXT$ $V_{IHmin}=0.7*VDD_EXT$ $V_{ILmax}=0.3*VDD_EXT$	VDD_EXT电源域，内置50K下拉，高电平有效。
----	------	----	--------	----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------

4 串口UART

引脚号	引脚名	I/O	描述	DC特性	备注
29	MAIN_RXD	DI	AT主串口： 模块接收数据	$V_{IHmax}=1.1*VDD_EXT$ $V_{IHmin}=0.7*VDD_EXT$ $V_{ILmax}=0.3*VDD_EXT$	VDD_EXT电压域。 内置4.7K上拉，PM3模式下不掉电。 PM3唤醒引脚，拉低有效。
30	MAIN_TXD	DO	AT主串口： 模块发送数据	$V_{OLmax}=0.1*VDD_EXT$ $V_{OHmin}=0.9*VDD_EXT$	VDD_EXT电压域。 PM3模式下不掉电。
19	DBG_RXD	DI	调试串口： 模块接收数据	$V_{IHmax}=1.1*VDD_EXT$ $V_{IHmin}=0.7*VDD_EXT$ $V_{ILmax}=0.3*VDD_EXT$	VDD_EXT电压域。 PM3模式下掉电不可用
20	DBG_TXD	DO	调试串口： 模块发送数据	$V_{OLmax}=0.1*VDD_EXT$ $V_{OHmin}=0.9*VDD_EXT$	VDD_EXT电压域。 PM3模式下掉电不可用

注：VDD_EXT 典型电压 3V

5 外部USIM卡接口

引脚号	引脚名	I/O	描述	DC特性	备注
40	USIM_DATA	IO	SIM卡数据线	$V_{oLmax}=0.1*USIM_VDD$ $V_{oHmin}=0.9*USIM_VDD$ $V_{iLmax}=0.3*USIM_VDD$	内置4.7K上拉电阻。

				$V_{IHmin}=0.7*USIM_VDD$ $V_{IHmax}=1.1*USIM_VDD$	
39	USIM_RST	DO	SIM卡复位线	$VOLmax=0.1*USIM_VDD$ $VOHmin=0.9*USIM_VDD$	
41	USIM_CLK	DO	SIM卡时钟线	$VOLmax=0.1*USIM_VDD$ $VOHmin=0.9*USIM_VDD$	
38	USIM_VDD	PO	SIM卡供电电源	$V_{norm}=1.8/3.0V$	

6 ADC接口

引脚号	引脚名	I/O	描述	DC特性	备注
21	ADC	AI	通用模数转换	电压范围:0V~VBAT	不用则悬空。

7 网络状态指示

引脚号	引脚名	I/O	描述	DC特性	备注
18	NETLIGHT*	DO	网络状态指示	$V_{OLmax}=0.1*VDD_EXT$ $V_{OHmin}=0.9*VDD_EXT$	网络指示功能 暂未开发。

8 唤醒WAKEUP

引脚号	引脚名	I/O	描述	DC特性	备注
27	WAKEUP_IN	DI	唤醒输入	$V_{IHmax}=1.1*VDD_EXT$ $V_{IHmin}=0.7*VDD_EXT$ $V_{ILmax}=0.3VDD_EXT$	VDD_EXT电压域。内部上拉，PM3不掉电。低电平有效，不用则悬空。

9 RF接口

引脚号	引脚名	I/O	描述	DC特性	备注
53	ANT	RFIO	射频天线接口	50Ω特性阻抗	

10 NC接口

引脚号	引脚名	I/O	描述	DC特性	备注
1,3~14,17,22~25,28,31 ~33,35~37,44,49,50	NC				悬空

3.2 工作模式

下表简要地叙述了模块正常工作下的三种模式。

表 3- 1 正常工作模式表

模式	功能	特性描述
正常工作	Active	模块处于活动状态；所有功能正常可用，可以进行数据发送和接收；模块在此模式下可切换到 Idle 模式或PSM模式。
	Idle	模块处于浅睡眠状态，网络处于连接状态，可接受寻呼消息。模块在此模式下可切换至active模式或者PSM模式。
	PSM	模块只有RTC工作，网络处于非连接状态，不再接受寻呼消息。当DTE(Data Terminal Equipment)主动发送数据或者定时器T3412（周期性更新）超时后，模块将被唤醒。

3.3 省电模式 (PSM)

PSM 的主要目的是降低模块功耗，延长电池的供电时间。下图显示了模块在不同模式下的功耗示意图。

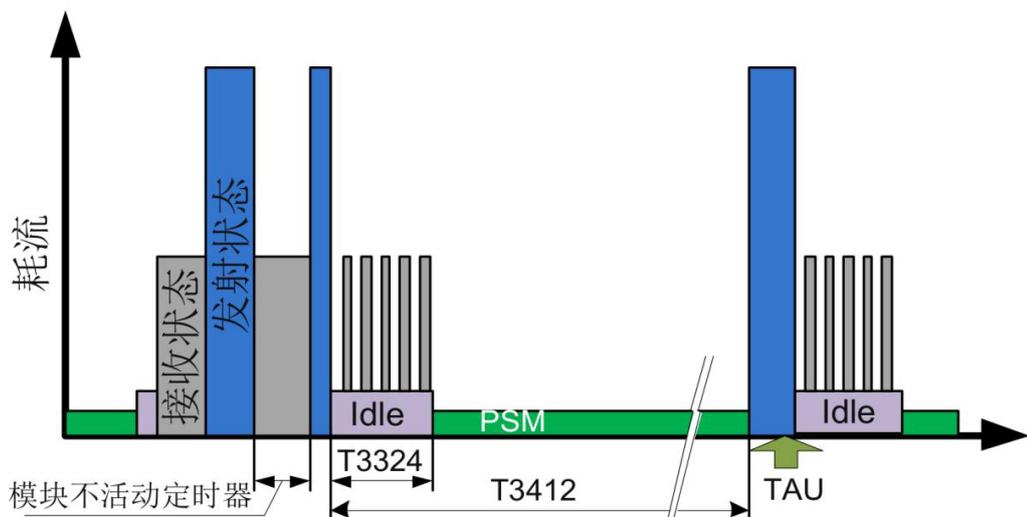


图 3- 2 功耗参考示意图

模块进入 PSM 的过程如下：模块在与网络端建立连接或跟踪区更新（TAU）时，会在请求消息中申请进入 PSM，网络端在应答消息中配置 T3324 定时器数值返给模块，并启动可达定时器。当 T3324 定时器超时后，模块进入 PSM。模块在针对紧急业务进行连网或进行公共数据网络初始化时，不能申请进入 PSM。

当模块处于 PSM 时，将关闭连网活动，包括搜寻小区消息、小区重选等。但是 T3412 定时器（与周期性 TAU 更新相关）仍然继续工作。

模块退出 PSM 有两种方式：一种由 DTE 主动发送数据退出 PSM，另一种是当 T3412 定时器超时后，TAU 启动，模块退出 PSM。

3.4 电源设计

MB961系列模块提供了2个VBAT引脚用于连接外部电源，接口描述如下表：

表 3- 2 电源引脚定义

引脚号	引脚名	描述	最小值	典型值	最大值	单位
45,46	VBAT	模块电源	2.2	3.6	4.2	V
2,42,43,47,48,51 ,52,54,59,60,61, 62,63,64,65,66,7	GND	地		0		V

1,72,73,74,81,82
,83,92,93,94

3.4.1 典型供电电路

电源设计对模块的性能影响及其重要，必须选择能够提供至少0.5A电流能力的电源。

若输入电压与模块的供电电压的压差不是很大，建议选择LDO作为供电电源，若输入输出之间存在比较大的压差，则使用DC-DC进行电源转换，同时需要关注DCDC带来的EMI问题。

要确保给到模块的VBAT供电输入电压不会低于VBAT的最低工作电压(注意电压跌落问题)。为了确保更好的电源供电性能，VBAT输入端参考电路如下图所示。PCB设计上VBAT走线越长，线宽越宽，建议走线宽度不低于2mm，电源部分的GND平面要尽量完整且多打地孔，同时电容尽可能的靠近模块的VBAT引脚。其中：

C1为低ESR的100uF的钽电容，提高电源的续流能力以及稳定电压。

C2、C3、C4分别为0402封装的100nF、100pF、22pF滤波电容，去除高频干扰。

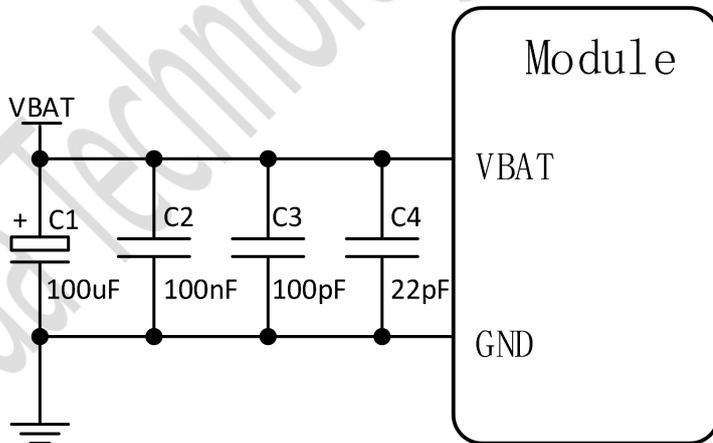


图 3- 3 VBAT输入参考电路

3.5 模块开机/关机

3.5.1 开机

模块VBAT上电后，即可实现模块自动开机，开机时序图见下。

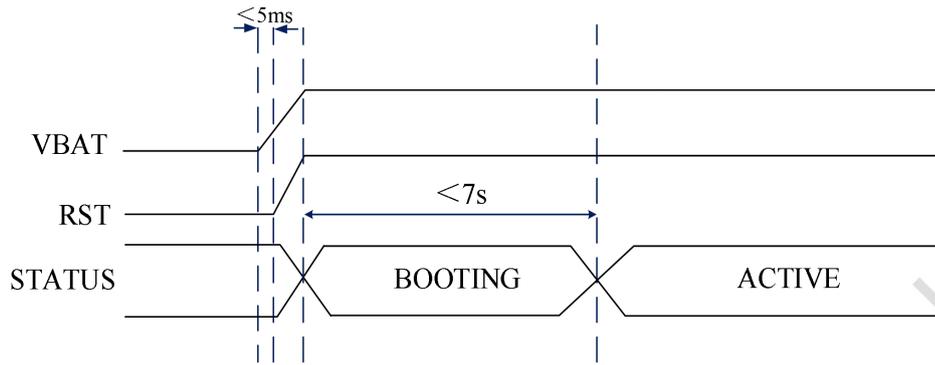


图 3- 4 开机时序

备注

1. VBAT断电后，其电压需低于1V，具体放电时间需要根据实际电路测试评估，并预留足够余量，避免再次上电时开机异常。
2. VBAT上电时间需要保证在50ms以内。
3. 建议MCU保留RST控制引脚，在上电时序异常导致模块开机异常后，控制模块复位以退出异常状态。
4. VBAT上电后RST由于内部上拉，自动上升至高电平。

3.5.2 关机

模块VBAT断电时模块关机。

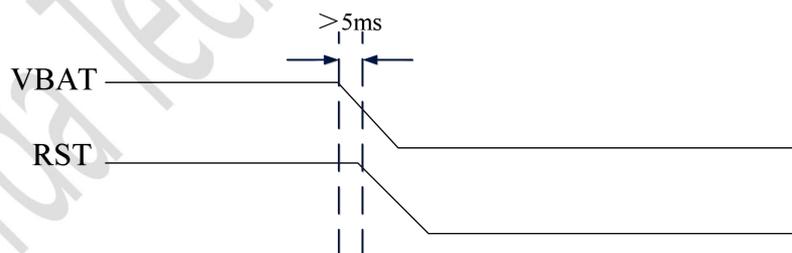


图 3- 5关机时序

3.6 模块升级

表 3- 3 BOOT引脚定义

引脚号	引脚名	I/O	描述	备注
-----	-----	-----	----	----

16 BOOT DI 下载程序控制口 高电平有效，PM3模式下掉电。

模块固件升级需要通过AT串口，此时需要BOOT和RESET引脚配合进入下载模式。BOOT引脚正常低电平，将BOOT拉高的同时也一起将RESET拉低，然后先释放RESET再释放BOOT，将进入下载模式。

3.7 模块唤醒

WAKEUP_IN引脚为VDD_EXT电源域，低电平唤醒模组。

表 3- 4 WAKEUP_IN 引脚定义

引脚号	引脚名	I/O	描述	备注
27	WAKEUP_IN	DI	外部唤醒模块	VDD_EXT电压域。内部上拉，低电平有效，PM3不掉电。支持任意模式下唤醒。

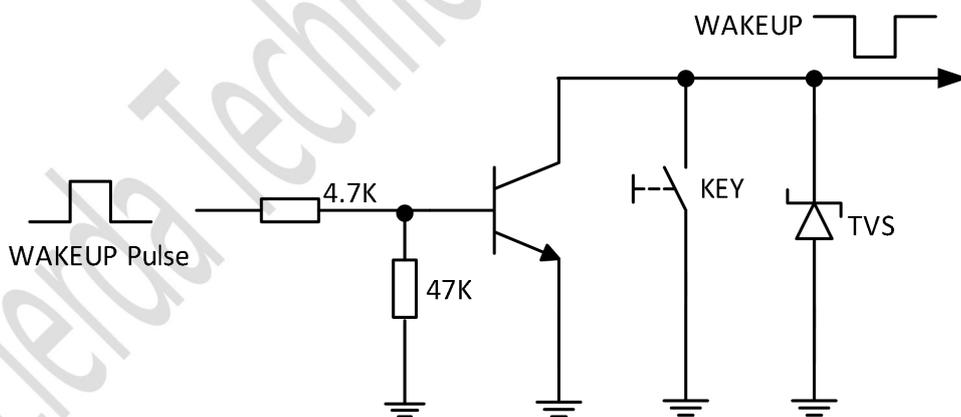


图 3- 6 WAKEUP_IN参考电路

模块支持多种功耗模式，每种功耗模式可通过AT指令配置，此功耗模式与NB的工作状态（Active, Idle, PSM）不同，前者为模块自身的功耗模式，后者为NB协议的工作模式。模块自身的功耗模式用户可以自由配置，后者进入需要网络决定。

- PM0: CPU工作在快时钟下，BB正常工作。其他模块状态视当前业务而定。

- PM2 HBAUD: CPU, BB 掉电, SRAM可配置不掉电或者部分掉电, IO正常, 可以使用115200及以上波特率唤醒, 并保存uart数据。
- PM2 LBAUD: CPU, BB 掉电, SRAM可配置不掉电或者部分掉电, IO正常, 可以使用9600及以下波特率唤醒, 并保存uart数据。
- PM3 with LPUART: PMIC工作在PM2, Vcore没有掉电, 与PM2模式类似, 但是所有 SRAM掉电。唤醒动作与PM3模式类似。LPUART模式下AT口接受AT输入, 支持的最大波特率为9600及以下。
- PM3: 整个系统掉电, 尤其是内存, PM3模式下只支持任意AT唤醒, 不支持数据接收。

注: 模组默认低功耗模式为 PM3。

下表所示, 3.6V供电, 模块进入PSM状态, 不同功耗模式下测得平均电流值, 以及每种模式下唤醒的方式。

表 3- 5 模块功耗模式

功耗模式	AT配置指令	电流典型值	唤醒方式
PM0	AT+UNBCFG="PMMODE", 1, 0 AT+IPR=115200	14.8mA	1、发送任意AT命令唤醒。 2、wakeup pin 唤醒
PM2 HBAUD	AT+UNBCFG="PMMODE", 1, 10 AT+CSCLK=2	100uA	1、发送任意AT命令唤醒。 2、WAKEUP_IN唤醒
PM2 LBAUD	AT+IPR=9600 AT+UNBCFG="PMMODE", 1, 10 AT+CSCLK=2	35uA	1、发送任意AT命令唤醒。 2、WAKEUP_IN唤醒
PM3 with LPUART	AT+SYSNV=1, "psm_pm2boot", 1 AT+UNBCFG="PMMODE", 1, 9	10uA	1、发送任意AT命令唤醒, 不会丢掉第一条AT命令。 2、WAKEUP_IN唤醒

AT+CSCLK=2

PM3	AT+UNBCFG="PMMODE", 1, 9 AT+CSCLK=2	1.5uA	1、模组默认进入PM3模式。 2、发送任意AT命令唤醒, 会丢掉第一条AT命令。 3、WAKEUP_IN唤醒
-----	----------------------------------------	-------	--------------------------------------------------------------

3.8 模块复位

模块可通过以下方式复位，复位引脚拉低，如下所示。

- ◆ 硬件复位：拉低复位引脚一段时间可使模块复位。
- ◆ 软件复位：发送“AT+TRB”命令复位。

表 3- 6 复位引脚描述

引脚号	引脚名	描述	备注
15	RESET	复位模块，低电平有效	>1s

硬件复位电路参考，包含了手动按键复位功能。

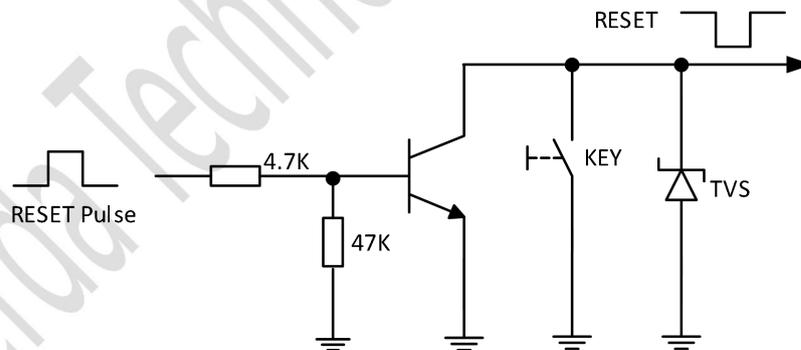


图 3- 7 复位参考电路

复位时序如下图。

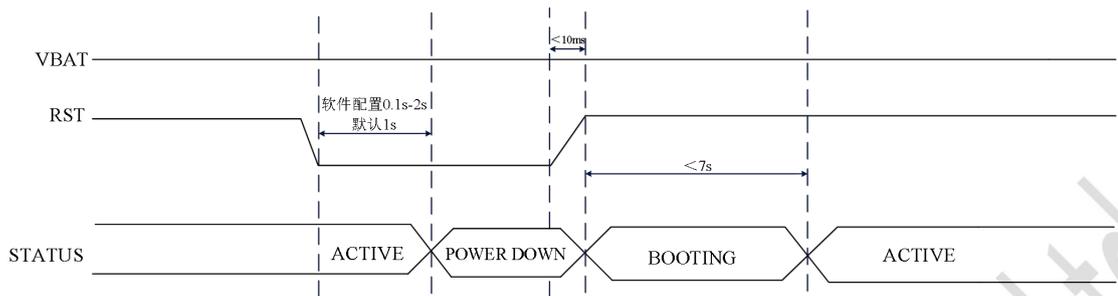


图 3- 8 复位时序

3.9 UART 通信

模块提供了两个通用异步收发器：主串口和调试串口。主串口波特率默认9600bps，调试串口可用于固件下载和调测用。

表 3- 7 串口引脚定义

接口	引脚号	引脚名	描述	备注
主串口	29	RXD	模块接收数据	VDD_EXT电压域。内置4.7K上拉，PM3模式下不掉电。PM3唤醒引脚，拉低有效。
	30	TXD	模块发送数据	VDD_EXT电压域。PM3模式下不掉电。
调试串口	19	DBG_RXD	模块接收数据	VDD_EXT电压域。PM3模式下掉电不可用。
	20	DBG_TXD	模块发送数据	VDD_EXT电压域。PM3模式下掉电不可用。

表 3- 8 串口逻辑电平

参数	最小值	最大值	单位
V_{IL}	$-0.1*VDD_EXT$	$0.3*VDD_EXT$	V
V_{IH}	$0.7*VDD_EXT$	$1.1*VDD_EXT$	V

V_{OL}	$0.1 \cdot V_{DD_EXT}$	V
V_{OH}	$0.9 \cdot V_{DD_EXT}$	V

3.9.1 串口参考设计

主串口特点：

- ◆ 主串口用于AT命令通信和固件下载，AT命令默认波特率为9600bps，固件下载最高支持到921600bps。
- ◆ 主串口在Active、Idle、PM0状态下可工作，在PM2、PM3 with LPUART模式下唤醒后可以使用，PM3下需要先连续发送AT命令，直到模组唤醒返回OK后，再继续发送其它业务的AT命令。

调试串口特点：

- ◆ 调试串口用于调试和固件下载，固件下载最高支持921600bps。通过平台提供的专用工具，调试串口可查看日志信息进行软件调试，波特率为2000000bps。

两串口连接方式示意图如下：

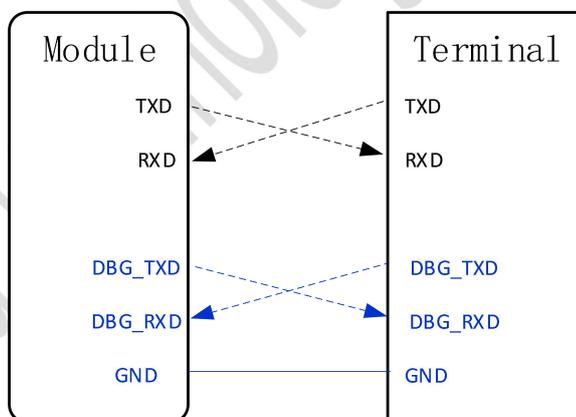


图 3- 9 主串口和调试串口连接示意图

3.9.2 串口应用

串口接口属于VDD_EXT电源域，使用中务必注意电平一致性的问题。

合适的串口电平转换电路主要要考虑的要素有：是否满足串口的工作速率、有低功耗要求的场景，其功耗是否满足要求等。以下提供了一些电平匹配电路方案供参考，

根据产品实际需求选择适合的方案。

1) 晶体管电平转换参考电路

此电路对模块的供电电压没有特殊需求，且成本低，参考设计如下，同时注意电平转换的方向。

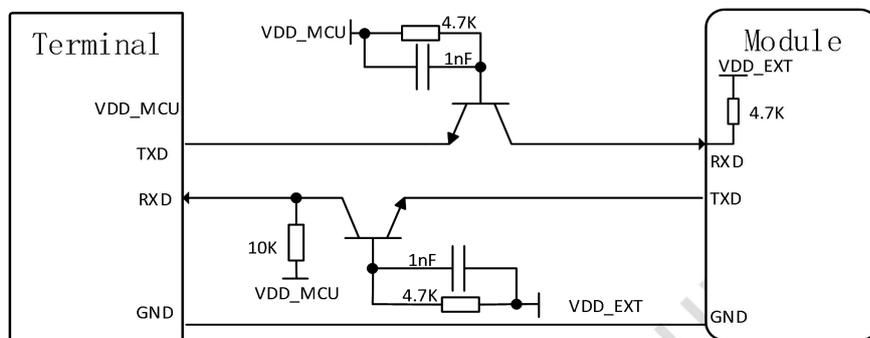
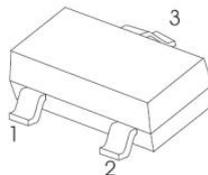


图 3- 10 晶体管电平转换参考电路

推荐三极管，供参考：

品牌：CJ 规格型号：S8050 J3Y 封装：SOT-23

SOT-23



1. BASE
2. EMITTER
3. COLLECTOR

图 3- 11 晶体管封装图

2) 特定电平下的电平转换参考电路

当终端主控MCU的电平是3.3V/5V时，其中MCU的TXD与Module的RXD也可以参考下面的转换电路。

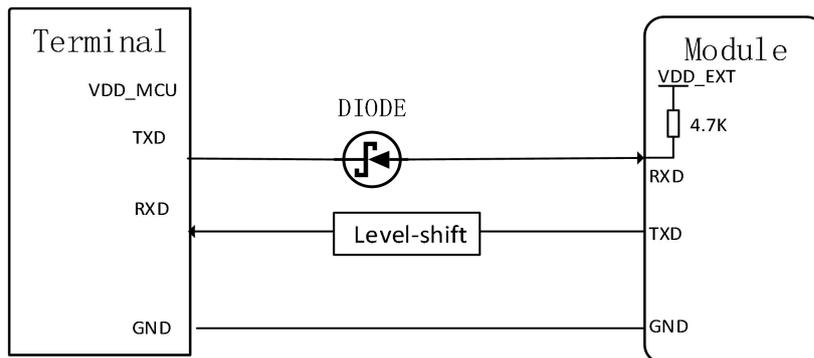


图 3- 12 特定电平下的电平转换参考电路

推荐二极管，供参考：

品牌：LRC 规格型号：LRB520S-30T1G 封装：SOD-523



图 3- 13 二极管封装图

3.10 USIM 卡接口

模块包含一个外部USIM卡接口，支持模块访问USIM卡。该USIM卡接口支持3GPP规范的功能。外部USIM卡通过模块内部的电源供电，支持1.8/3.0V供电的卡。

表 3- 9 外部USIM卡接口引脚定义

引脚号	引脚名	描述
40	USIM_DATA	USIM卡数据线，内置4.7K上拉电阻。
39	USIM_RST	USIM卡复位线
41	USIM_CLK	USIM卡时钟线
38	USIM_VDD	USIM卡供电电源，电压精度：VDD±5%

3.10.1 USIM 卡参考设计

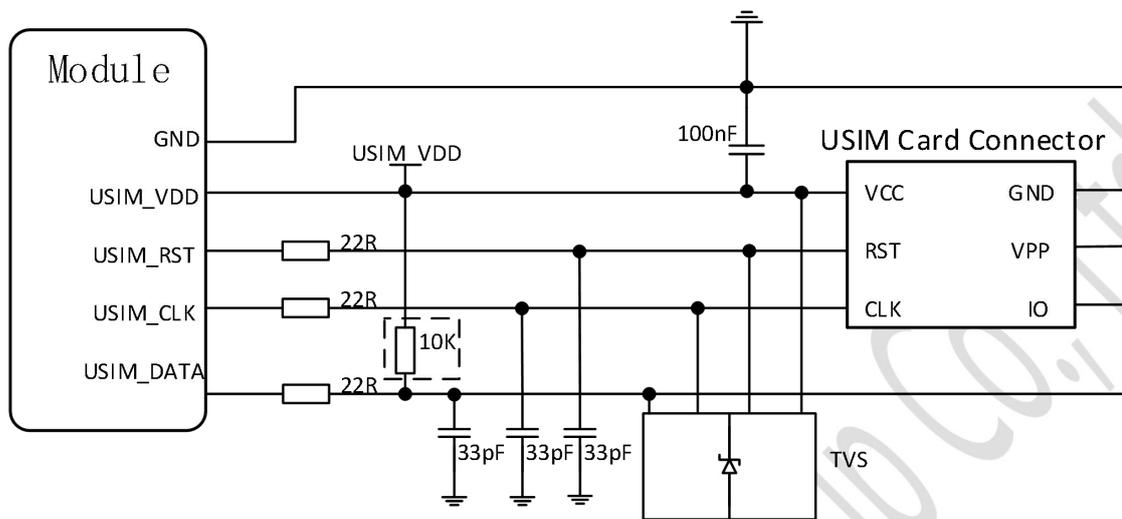


图 3- 14 6PIN外部SIM卡参考电路

3.10.2 设计注意事项

为保证SIM卡在实际应用中的可靠性和可用性，请务必阅读并按照以下标准进行SIM卡电路设计。

- ◆ 布局时尽可能的将 SIM 卡靠近模块，信号线布线长度尽可能不超过 200mm。
- ◆ SIM 卡信号线远离 RF 走线和 VBAT 电源线。
- ◆ SIM 卡的 GND 布线要短而粗，确保布线宽度不小于 0.5mm。USIM_VDD 的去耦电容不超过 1uF，且电容应靠近外部 SIM 卡的 VCC 摆放。
- ◆ 为避免 USIM_DATA 和 USIM_CLK 之间的信号相互串扰，两者布线不能太近，在两条走线之间需增加地屏蔽，同时为了避免走线过长带来的影响，USIM_DATA 一般需要增加电阻上拉到 USIM_VDD 以提高驱动能力。由于该模块内部有内置上拉电阻（阻值 10K）到 USIM_VDD，如果走线过长，建议外部增加 10K 电阻靠近卡槽放置。此外，USIM_RST 信号也需要地保护。
- ◆ SIM 卡外围电路应该靠近 SIM 卡摆放。为确保良好的 ESD 防护性能，建议 SIM 卡引脚增加 TVS 管。ESD 保护器件尽可能靠近外部 SIM 卡摆放，并确保被保护的 SIM 卡信号线先通过 ESD 保护器件，再通过 ESD 保护器件到模块。模块和 SIM 卡信号

线之间需要串联 22 欧姆的电阻用以抑制杂散 EMI，增强 ESD 保护。此外，并联的 33pF 电容用于滤除射频干扰。

3.11 ADC 接口

模块提供对外1个12位模数转换输入接口，采样频率典型值6.5MHz，最大13MHz，当采样电压大于VABT电压，那么需要先进行分压后再进行采样，分压电阻根据功耗需求合理设置，总阻值建议不要大于10M欧，并联1uF电容尽量靠近模组ADC引脚放置，滤除采样干扰，也可在模组ADC引脚附近串接600R磁珠抑制采样干扰，效果更佳，ADC采样线路应远离电源线路或RF线路，并作包地处理，其引脚定义如下。其引脚定义和参考设计如下。

表 3- 10 ADC接口引脚定义

引脚号	引脚名	描述	DC特性	备注
21	ADC	ADC1:11_bit通用模数转换	$V_{IHmax}=VBAT$ $V_{IHmin}=0V$	不用则悬空。

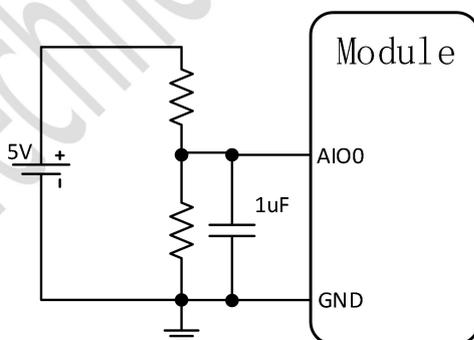


图 3- 15 ADC参考电路

3.12 网络指示状态*

NETLIGHT信号可以用来指示模块的网络状态，该引脚工作状态及参考电路如下。

*此网络指示功能待开发，因此此接口可作为普通I/O使用。

表 3- 11 NETLIGHT 引脚定义

引脚号	引脚名	描述	DC特性	备注
18	NETLIGHT*	网络状态指示	$V_{OLmax}=0.1*VDD_EXT$ $V_{OHmin}=0.9*VDD_EXT$	

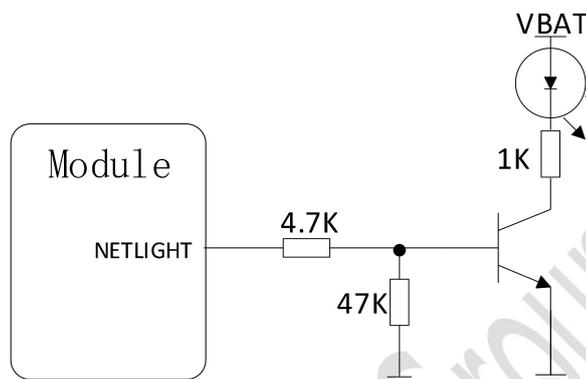


图 3- 16 NETLIGHT指示参考电路

3.13 RI 时序状态*

模块 RI 引脚在收到短信和 URC 上报时会从高电平拉低一段时间到低电平

*RI功能待开发。

表 3- 12 RI引脚定义

引脚号	引脚名	描述
34	RI	

4 天线接口

ANT 是模块的 RF 天线接口，特性阻抗为 $50\ \Omega$ 。

表 4-1 RF 天线引脚定义

引脚号	引脚名	描述
54, 52, 51	GND	地，确保模块获得更好的射频性能
53	ANT	RF 天线接口， $50\ \Omega$ 特性阻抗

4.1 射频参考电路

用户在使用该模块时，模块的 RF 天线接口和用户底板的 RF 天线接口间需要加入 π 型匹配电路，典型天线匹配电路及初始参数如下图所示，电阻采用 $0\ \Omega$ 电阻，电容位置缺省不贴，同时器件封装推荐选用 0201 或 0402 封装。

ANT_RFIO 到用户天线之间的布线要求符合 $50\ \Omega$ 的射频特性阻抗要求，同时射频走线的距离尽可能短，确保 RF 走线的插入损耗尽可能的小。详细的布线要求见下节 LAYOUT 设计指导。

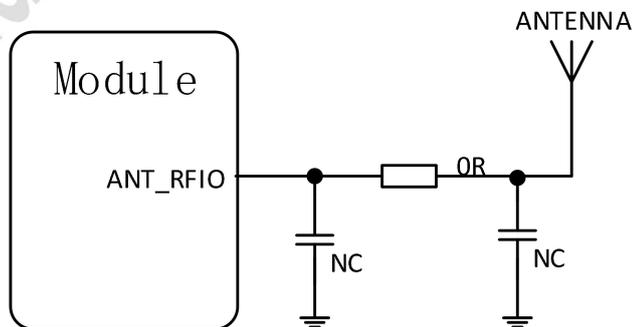


图 4-1 射频天线参考电路

4.2 射频 LAYOUT 设计指导

◆ 射频走线设计要求

本模块应用的系统中射频信号线的特性阻抗应控制在 $50\ \Omega$ 。一般情况下，射频信号线的阻抗由材料的介电常数、走线宽度 W 、对地间距 D 、以及参考地平面的厚度 H 决定。在物联网应用领域，PCB特性阻抗的设计通常采用共面波导方式来实现，有助于射频信号线得到更好的屏蔽，同时有更高的集成度实现小面积设计。下图介绍下不同层数PCB设计的结构要求。

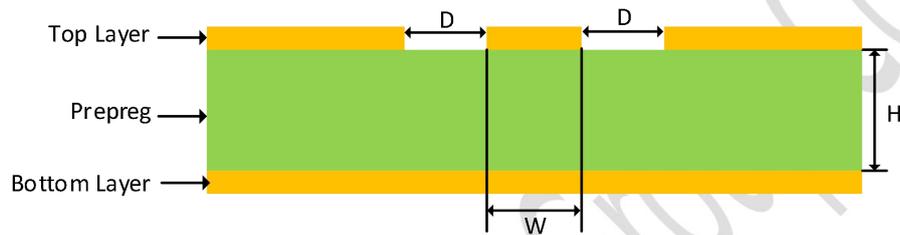


图 4-2 两层PCB板共面波导结构

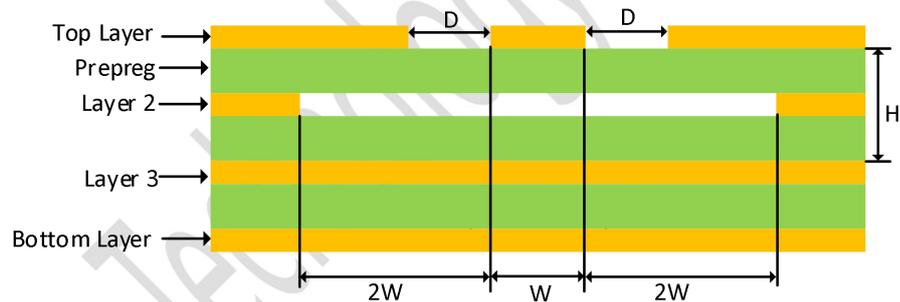


图 4-3 四层PCB板共面波导结构（参考地为第三层）

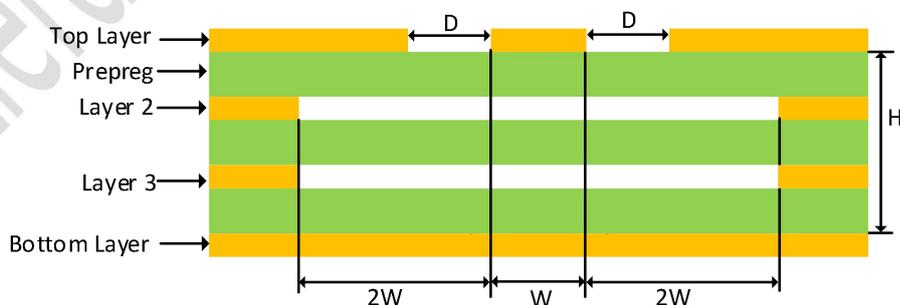


图 4-4 四层PCB板共面波导结构（参考地为第四层）

LAYOUT设计中50欧姆阻抗的控制方式可使用Polar Si9000设计软件工具，下图计

算方式以PCB成品厚度为1.6mm为例，可以得出RF走线宽度 $W=0.65\text{mm}$ ，线间距 $D=0.14\text{mm}$ 。



图 4- 5 50欧姆阻抗的计算方法参考

下图为PCB射频电路的LAYOUT示意图，建议如下：

- ◆ RF线宽 W 及线间距 D 以如上的设计结果为准进行设计。
- ◆ π 型电路中三颗外部匹配预留器件紧密摆放，其中预留的NC器件在LAYOUT设计中可以放在同一侧，也可以放在两侧（如图）。
- ◆ RF走线两侧的GND平面必须要放置不规则过孔VIA，确保在RF走线最近的两侧GND平面上有VIA（如图中绿框区域），整个RF走线空间下方必须有完整的GND平面（如图中蓝色区域）

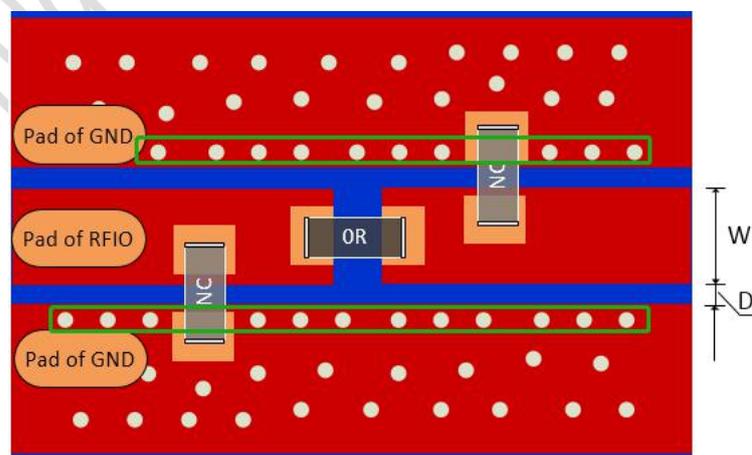


图 4- 6 射频走线LAYOUT设计示意图

◆ 模块在产品中的走线设计指导

射频走线的合理与否可直接在模块的传导测试中表现出来，但是为了保障产品的整机能发挥最大性能，还要求天线设计的配合。为了更好的满足天线设计的需求，在PCB设计中希望做到以下要求，下面分别针对不同层数的整机PCB做指导：

1) 产品PCB为2层设计时，模块正下方的TOP和BOTTOM LAYER最好都是GND层，模块需要引出的走线避免走模块正下方，都从模块外侧引出；

2) 产品PCB为4层设计时，模块需要引出的走线建议走在第三层或第四层，保留第一层和第二层给模块作完整的GND参考层。

4.3 天线选型参考

模块终端使用天线要求：选用符合模块工作频段的的天线，要求天线的特性阻抗为50欧姆，在工作频段内的插入损耗越小越好，驻波比 $VSWR \leq 2$ ，天线性能越好则模块的效率也越高，覆盖范围越广。

连接天线的两种常规方式：

- ◆ 焊盘焊接：天线的一端采用高频电缆直接焊接到产品的天线输出口
- ◆ 高频头：采用SMA、IPX端子的连接方式，其中IPX端子推荐使用Hirose的UF.L-R-SMT

连接器，IPX端子实物图片  ， SMA连接器实物图片 

适合NB-IoT不同场合使用的天线类型如下，但不仅限于此：



图 4- 7 NB-IoT常规天线类型推荐

4.4 RF 输出功率

表 4-2 RF 传导功率

频率	最大值	备注
Band 5	23dBm ± 2dB	符合3GPP Rel-13和 Rel-14中的NB-IoT协议
Band 8	23dBm ± 2dB	

4.5 射频接收灵敏度 (吞吐量 ≥ 95%)

表 4-3 无重传下的传导灵敏度 (吞吐量 ≥ 95%)

频率	接收灵敏度	3GPP标准
Band 5	-116dBm ± 0.5dBm @200KHz	-107.5 dBm @200KHz
Band 8	-116dBm ± 0.5dBm @200KHz	-107.5 dBm @200KHz

4.6 工作频率

表 4-4 模块工作频率

频率	接收频率	发射频率
Band 5	869~894 MHz	824~849 MHz
Band 8	925~960 MHz	880~915 MHz

5.2 模块俯视图/底视图

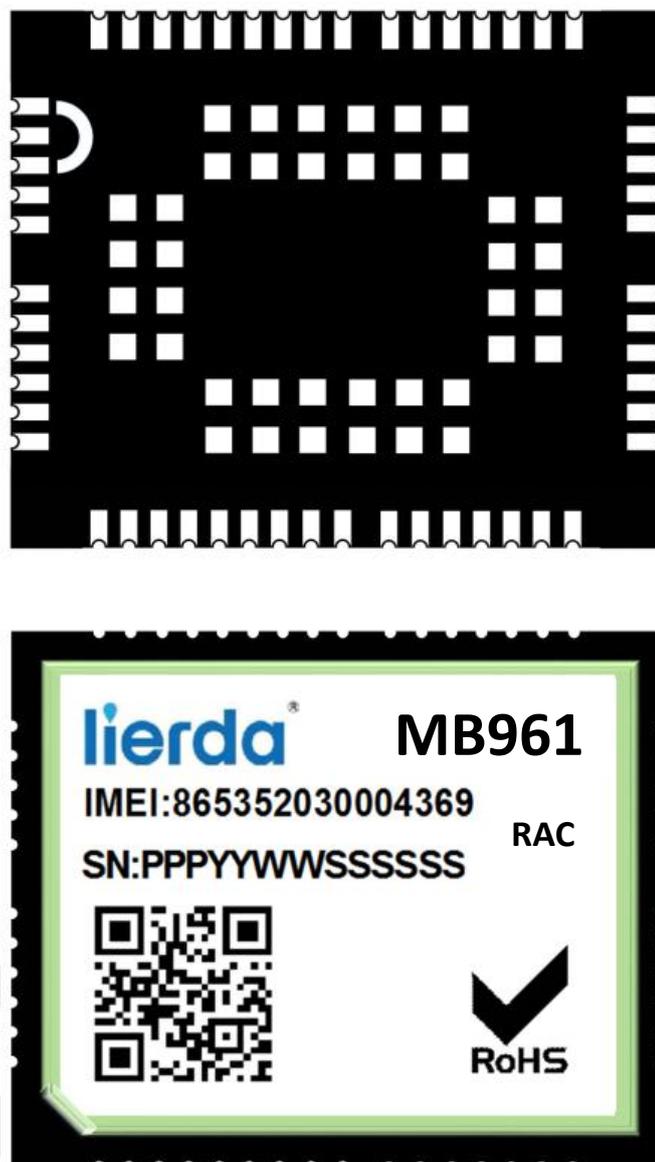


图 5- 2 模块俯视/底视图

以上是模块的设计效果图，请以模块实物为准，尤其是标签内容仅供示意。更多的信息，如模块封装推荐、生产指导及包装方式等请参考我司的生产指导文档。

5.3 推荐 PCB 设计

模块推荐焊盘如下图所示，用户可根据自身生产工艺进行微调。

- ◆ 模块四周引脚内部采用直角设计，用户设计底板焊盘时，请考虑采用圆角过渡；模块底部的正方形焊盘，底板设计时可采用模块引脚尺寸，如下图单个焊盘参考设计图。
- ◆ 为了便于开阶梯钢网，建议模块焊盘外侧2.0mm范围内不要布局其它元器件，此距离用户可参考自家钢网厂家的要求来确定。

注：模块焊盘都是以模块中心点对称分布的。

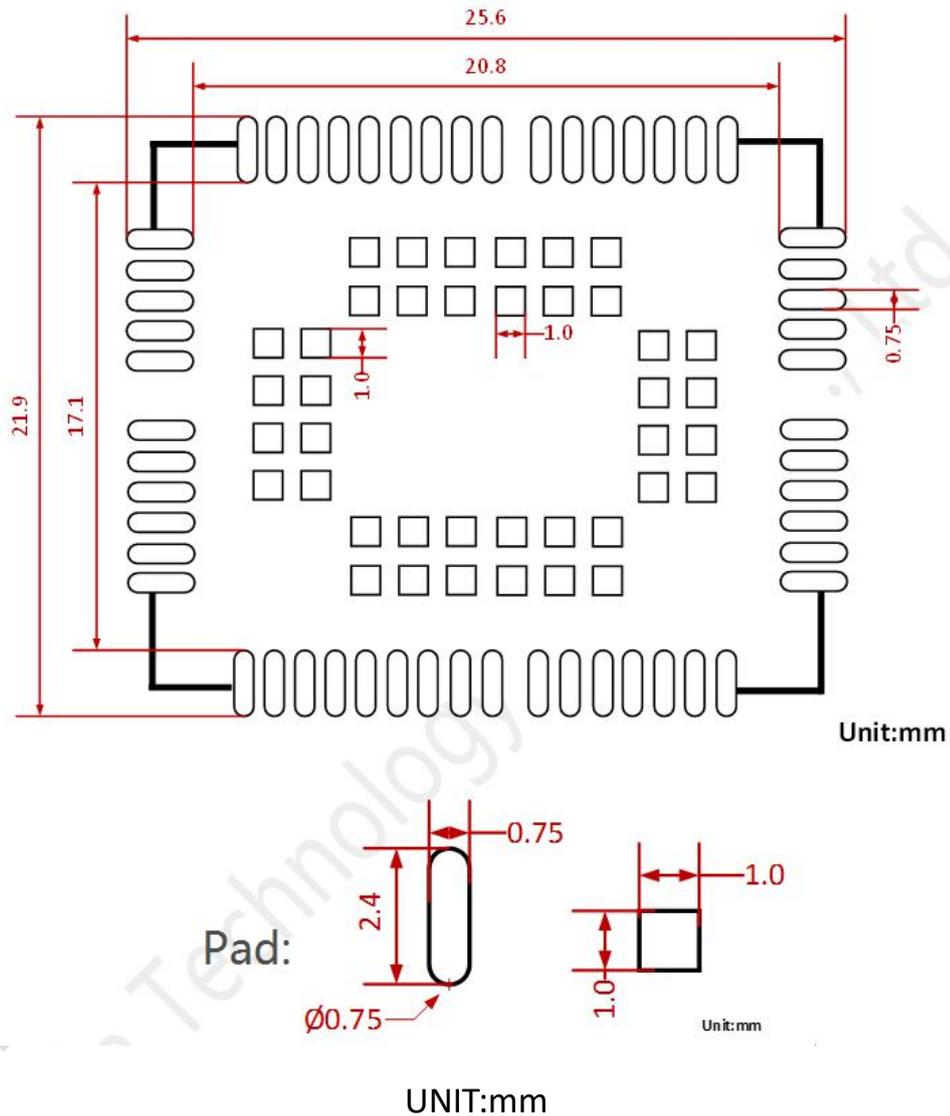


图 5-3 模块推荐焊盘

6 生产及包装信息

本章描述了模块的贴片工艺、储存、包装等指导信息，适用于模块的组装过程指导。

6.1 过炉方式

如果客户使用模块的底板是双面板，则建议模块放在第二次贴片，另第一次贴片时客户的底板最好在网带上过炉，第二次贴片也尽量放在网带上过炉，如果因特殊原因不能放在网带上过炉，也要考虑使用治具在轨道过炉或垫一个平的耐高温平直模板托住 PCBA 过炉，防止过炉时 PCB 变形导致模块虚焊。

6.2 回流焊作业指导

PCBA回流焊炉温曲线，与使用锡膏有关，需根据锡膏实际调整。数据仅适合无铅作业，参看图6-1 无铅回流焊作业指导。

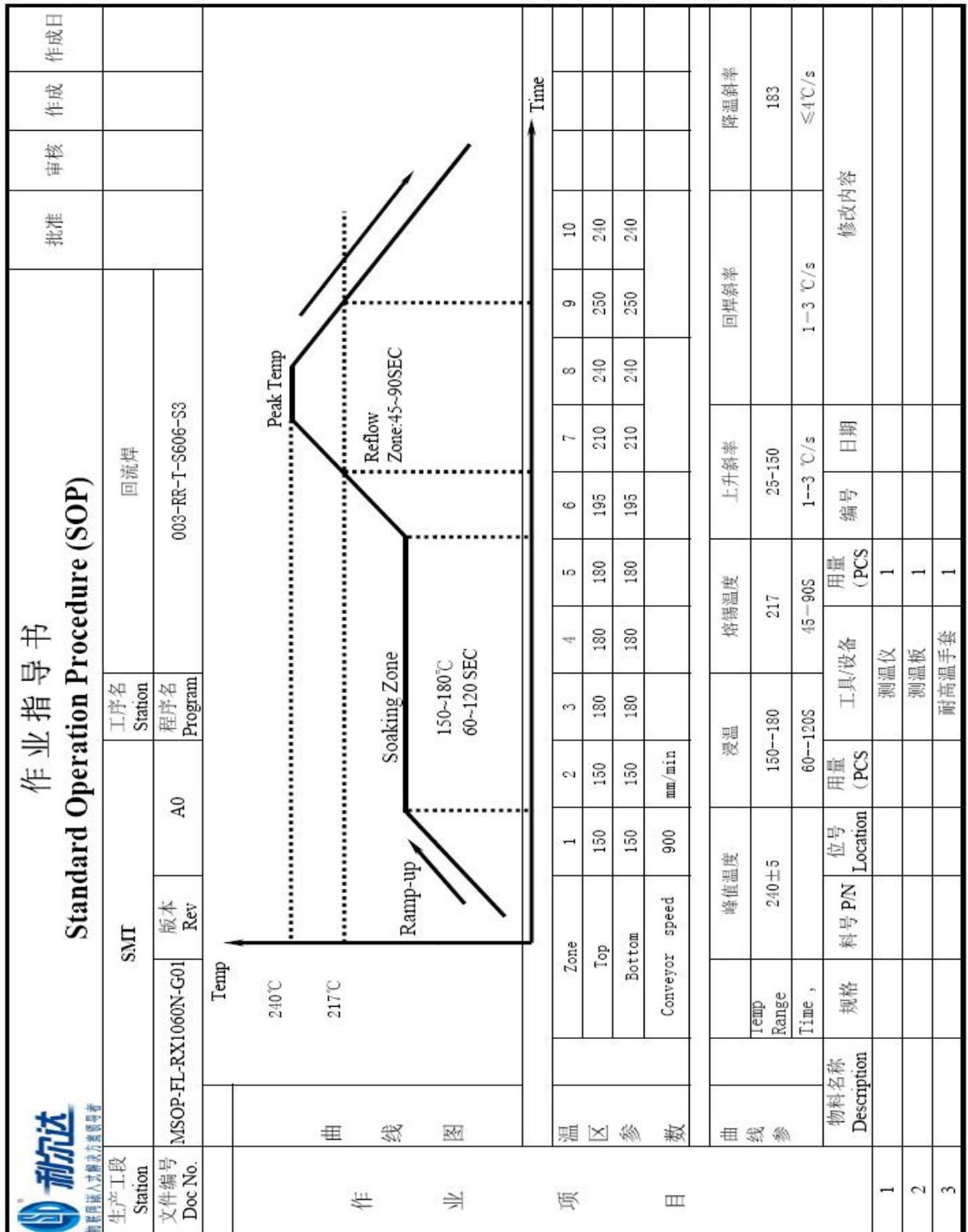


图 6-1 回流焊作业指导参考

6.3 不良品维修

如果模块出现虚焊、短接等不良需要维修时，请按如下参数进行：

无铅工艺：烙铁温度 $380 \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，烙铁接触时间 $\leq 5\text{S}$ ；

有铅工艺：烙铁温度 $350 \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，烙铁接触时间 $\leq 5\text{S}$ ；

模块不建议使用热风枪吹，以免影响模块性能。

6.4 储存及包装方式

6.4.1 储存要求

模块以真空卷盘密封袋的形式出货，湿度敏感等级为MSL3。

储存条件：

1) 温度小于 40°C ，湿度小于90%(RH)，在密封包装良好的情况下可确保12个月的可焊接性。

2) 拆封后，在环境温度小于 30°C 和相对湿度小于60%(RH)的情况下，确保168小时内进行贴片装配。

如不满足上述条件需要进行烘烤，在 $125^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，湿度 $\leq 60\% \text{RH}$ 下烘烤8小时，烘烤累计时间小于96小时。

更详细的指导请参考IPC/JEDECJ-STD-033规范。

6.4.2 包装方式

本模块出厂包装采用胶轮载带方式，一卷盘800pcs。载带尺寸及进料方向如下图所示，用户可以通过模块背面焊盘区分方向，如下图所示焊盘，始终指向天线。

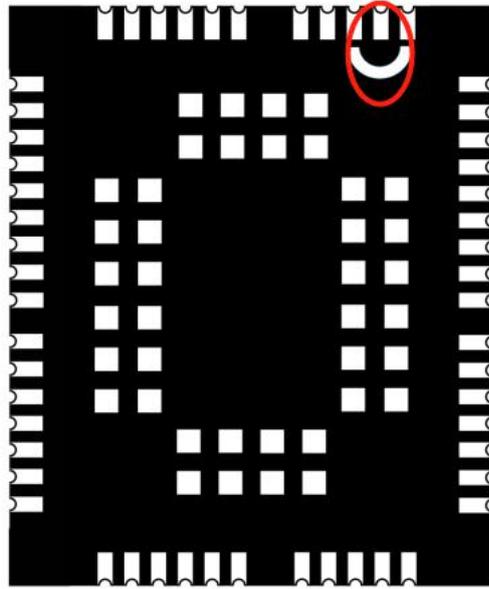


图 6-2 模块方向指示图

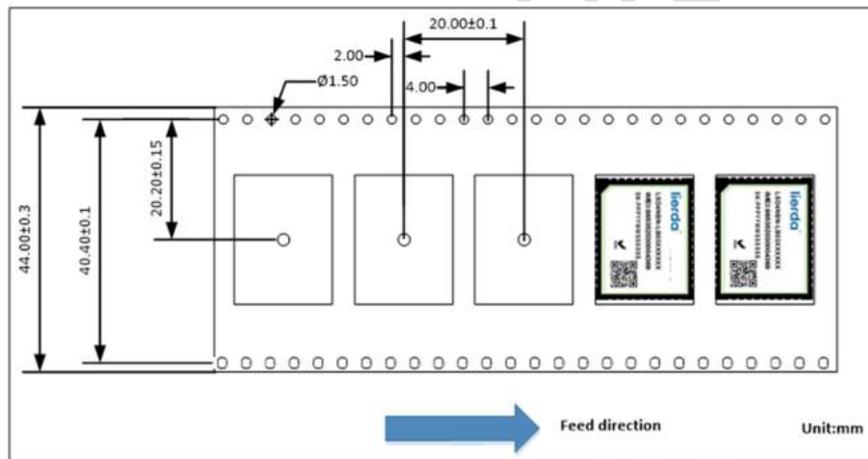


图 6-3 模块放置方向载带机械图

7 相关文档及术语缩写

7.1 相关文档

以下相关文档提供了文档的名称，版本请以最新发布的为准。

表 7- 1 相关文档

序号	文档名称	注释
[1]	MB961应用手册	
[2]		
[3]		
[4]		

7.2 术语缩写

表 7- 2 术语缩写

Abbreviate	Definition
ADC	Analog-to-Digital Converter
I/O	Input/Output
I _{max}	Maximum Load Current
I _{norm}	Normal Current
kbps	Kilo Bits Per Second
NB-IoT	Narrow Band Internet of Things
PSM	Power Saving Mode
RF	Radio Frequency
RoHS	Restriction of Hazardous Substances

RX	Receive
TAU	Tracking Area Update
TX	Transmit
UART	Universal Asynchronous Receiver & Transmitter
USIM	Universal Subscriber Identification Module
V _{max}	Maximum Voltage Value
V _{norm}	Normal Voltage Value
V _{min}	Minimum Voltage Value
V _{IHmax}	Maximum Input High Level Voltage Value
V _{IHmin}	Minimum Input High Level Voltage Value
V _{ILmax}	Maximum Input Low Level Voltage Value
V _{ILmin}	Minimum Input Low Level Voltage Value
V _{Imax}	Absolute Maximum Input Voltage Value
V _{Imin}	Absolute Minimum Input Voltage Value
V _{OHmax}	Maximum Output High Level Voltage Value
V _{OHmin}	Minimum Output High Level Voltage Value
V _{OLmax}	Maximum Output Low Level Voltage Value
V _{OLmin}	Minimum Output Low Level Voltage Value
MSL	Moisture Sensity levels