

RM500U 系列

硬件设计手册

5G 模块系列

版本：1.2

日期：2024-08-20

状态：受控文件



上海移远通信技术股份有限公司（以下简称“移远通信”）始终以为客户提供最及时、最全面的服务为宗旨。如需任何帮助，请随时联系我司上海总部，联系方式如下：

上海移远通信技术股份有限公司

上海市闵行区田林路 1016 号科技绿洲 3 期（B 区）5 号楼 邮编：200233

电话：+86 21 5108 6236 邮箱：info@quectel.com

或联系我司当地办事处，详情请登录：<http://www.quectel.com/cn/support/sales.htm>。

如需技术支持或反馈我司技术文档中的问题，请随时登录网址：

<http://www.quectel.com/cn/support/technical.htm> 或发送邮件至：support@quectel.com。

前言

移远通信提供该文档内容以支持客户的产品设计。客户须按照文档中提供的规范、参数来设计产品。同时，您理解并同意，移远通信提供的参考设计仅作为示例。您同意在设计您目标产品时使用您独立的分析、评估和判断。在使用本文档所指导的任何硬软件或服务之前，请仔细阅读本声明。您在此承认并同意，尽管移远通信采取了商业范围内的合理努力来提供尽可能好的体验，但本文档和其所涉及服务是在“可用”基础上提供给您的。移远通信可在未事先通知的情况下，自行决定随时增加、修改或重述本文档。

使用和披露限制

许可协议

除非移远通信特别授权，否则我司所提供硬软件、材料和文档的接收方须对接收的内容保密，不得将其用于除本项目的实施与开展以外的任何其他目的。

版权声明

移远通信产品和本协议项下的第三方产品可能包含受移远通信或第三方材料、硬软件和文档版权保护的相关资料。除非事先得到书面同意，否则您不得获取、使用、向第三方披露我司所提供的文档和信息，或对此类受版权保护的资料进行复制、转载、抄袭、出版、展示、翻译、分发、合并、修改，或创造其衍生作品。移远通信或第三方对受版权保护的资料拥有专有权，不授予或转让任何专利、版权、商标或服务商标权的许可。为避免歧义，除了正常的非独家、免版税的产品使用许可，任何形式的购买都不可被视为授予许可。对于任何违反保密义务、未经授权使用或以其他非法形式恶意使用所述文档和信息的违法侵权行为，移远通信有权追究法律责任。

商标

除另行规定，本文档中的任何内容均不授予在广告、宣传或其他方面使用移远通信或第三方的任何商标、商号及名称，或其缩略语，或其仿冒品的权利。

第三方权利

您理解本文档可能涉及一个或多个属于第三方的硬软件和文档（“第三方材料”）。您对此类第三方材料的使用应受本文档的所有限制和义务约束。

移远通信针对第三方材料不做任何明示或暗示的保证或陈述，包括但不限于任何暗示或法定的适销性或特定用途的适用性、平静受益权、系统集成、信息准确性以及与许可技术或被许可人使用许可技术相关的不侵犯任何第三方知识产权的保证。本协议中的任何内容都不构成移远通信对任何移远通信产品或任何其他硬软件、设备、工具、信息或产品的开发、增强、修改、分销、营销、销售、提供销售或以其他方式维持生产的陈述或保证。此外，移远通信免除因交易过程、使用或贸易而产生的任何和所有保证。

隐私声明

为实现移远通信产品功能，特定设备数据将会上传至移远通信或第三方服务器（包括运营商、芯片供应商或您指定的服务器）。移远通信严格遵守相关法律法规，仅为实现产品功能之目的或在适用法律允许的情况下保留、使用、披露或以其他方式处理相关数据。当您与第三方进行数据交互前，请自行了解其隐私保护和数据安全政策。

免责声明

- 1) 移远通信不承担任何因未能遵守有关操作或设计规范而造成损害的责任。
- 2) 移远通信不承担因本文档中的任何因不准确、遗漏、或使用本文档中的信息而产生的任何责任。
- 3) 移远通信尽力确保开发中功能的完整性、准确性、及时性，但不排除上述功能错误或遗漏的可能。除非另有协议规定，否则移远通信对开发中功能的使用不做任何暗示或法定的保证。在适用法律允许的最大范围内，移远通信不对任何因使用开发中功能而遭受的损害承担责任，无论此类损害是否可以预见。
- 4) 移远通信对第三方网站及第三方资源的信息、内容、广告、商业报价、产品、服务和材料的可访问性、安全性、准确性、可用性、合法性和完整性不承担任何法律责任。

版权所有 ©上海移远通信技术股份有限公司 2024，保留一切权利。

Copyright © Quectel Wireless Solutions Co., Ltd. 2024.

安全须知

为确保个人安全并保护产品和工作环境免遭潜在损坏，请遵循如下安全须知。产品制造商需要将下列安全须知传达给终端用户，并将所述安全须知体现在终端产品的用户手册中。移远通信不会对用户因未遵循所述安全规则或错误使用产品而产生的后果承担任何责任。



道路行驶，安全第一！开车时请勿使用手持移动终端设备，即使其有免提功能。请先停车，再打电话！



登机前请关闭移动终端设备。在飞机上禁止开启移动终端的无线功能，以防止对飞机通讯系统的干扰。未遵守该提示项可能会影响飞行安全，甚至触犯法律。



出入医院或健康看护场所时，请注意是否存在移动终端设备使用限制。射频干扰可能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在任何情况下均能进行有效连接，例如在设备欠费或(U)SIM卡无效时。如果设备支持紧急呼叫功能，请使用紧急呼叫，同时请确保设备开机并且位于信号强度足够的区域。因不能保证所有情况下网络都能连接，故在紧急情况下，不能将带有紧急呼叫功能的设备作为唯一的联系方式。



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、电脑或者其他电子设备时都会产生射频干扰。



确保移动终端设备远离易燃易爆品。当靠近加油站、油库、化工厂或爆炸作业场所时，请关闭移动终端设备。在任何有潜在爆炸危险的场所操作电子设备均存在安全隐患。

文档历史

修改记录

版本	日期	作者	变更描述
-	2021-03-05	Jared WANG/ Dominic GONG	文档创建
1.0	2021-12-08	Jared WANG/ Owen WEI	受控版本
1.1	2023-01-06	Len CHEN/ Cavan ZHU	<ol style="list-style-type: none"> 更新 USB 虚拟串口驱动； 更新 PCIe 接口驱动信息； 更新 PCM 接口信息； 删除 I2C 接口支持 GPIO 扩展的描述； 更新模块 5G NR 支持 3GPP 情况（表 3）。 更新引脚 56 和 58 为 RESERVED（图 1、图 2 和表 5）。 更新 RFFE_VIO_1V8 相关信息（表 5、图 24 和图 25）。 更新 VCC 走线的宽度要求（第 3.2.1 章）。 新增瞬态电流要求（第 3.2.2 章）。 更新(U)SIM 引脚和卡座之间连接的阻容值（第 4.1.6 章）。 更新 USB 3.0 信号差分对内走线等长差值（第 4.2 章）。 更新 PCIe Tx/Rx/REFCLK 信号线对内走线长度差值、差分阻抗要求（第 4.3 章）。 更新模块 ANT1 和 ANT3 天线的频率定义（表 25）。 更新模块 WCDMA 灵敏度数据（表 27）。 更新模块空闲模式下的功耗数据（表 32）。 新增散热章节（第 6.7 章）。

1.2	2024-08-20	Len CHEN/ Curtis LIU/ Achang ZHANG	<ol style="list-style-type: none"> 1. 新增 RM500U-CNV 和 RM500U-EA 相关信息。 2. 删除 RM500U-CN 相关信息。 3. 新增 eSIM 功能可选； 新增模块射频 SRS 信息； 更新 USB 串口驱动支持的版本（表 5）。 4. 新增关于避免模块引脚灌电导致射频功能异常的备注（第 2.4 章）。 5. 更新串口响应时间为 25 秒（图 10）。 6. 新增 RESET#引脚备注（第 3.4 章） 7. 更新(U)SIM 电路阻值（第 4.1 章）。 8. 新增 RM500U 系列模块外接 SLIC 设备备注（第 4.4 章）。 9. 更新模块的 WAKE_ON_WAN#功能描述（第 4.8.3 章）。 10. 更新接收灵敏度数据（第 5.1.4 章）。 11. 新增射频连接器相关备注（第 5.2.1 章）。 12. 更新模块耗流数据（第 6.2 章）。 13. 更新模块安装章节的描述（第 6.8.3 章）。 14. 更新模块俯视图和底视图（第 7.2 章）。 15. 更新模块包装（第 7.4 章）。
-----	------------	--	--

目录

安全须知	3
文档历史	4
目录	6
表格索引	8
图片索引	10
1 引言	12
1.1. 简介	12
1.2. 标准规范	12
1.3. 特殊符号	13
2 产品综述	14
2.1. 频段及功能	14
2.2. 关键特性	15
2.3. 功能框图	18
2.4. 引脚分配图	20
2.5. 引脚定义	21
2.6. 评估板套件	25
3 工作特性	26
3.1. 工作模式	26
3.1.1. 睡眠模式	27
3.1.2. 飞行模式	28
3.2. 电源设计	28
3.2.1. 电压稳定性要求	28
3.2.2. 供电参考电路	29
3.3. 开/关机	30
3.3.1. 开机	30
3.3.2. 关机	32
3.4. 复位	32
4 应用接口	35
4.1. (U)SIM 接口	35
4.1.1. (U)SIM 接口引脚描述	35
4.1.2. (U)SIM 卡热插拔检测	36
4.1.3. 常闭型(U)SIM 卡座	36
4.1.4. 常开型(U)SIM 卡座	37
4.1.5. 无检测引脚型(U)SIM 卡座	37
4.1.6. (U)SIM 电路设计注意事项	38
4.2. USB 接口	38
4.3. PCIe 接口	39
4.4. PCM 和 SPI 接口	42
4.5. I2C 接口	43

4.6.	UART 接口	44
4.7.	B_CODE_OUT	45
4.8.	控制和状态指示接口	46
4.8.1.	W_DISABLE1#	46
4.8.2.	WWAN_LED#	47
4.8.3.	WAKE_ON_WAN#	48
4.9.	配置引脚	49
5	射频特性	50
5.1.	天线接口	50
5.1.1.	蜂窝天线接口	50
5.1.2.	蜂窝天线分布表	52
5.1.3.	工作频段	54
5.1.4.	接收灵敏度	55
5.1.5.	发射功率	58
5.2.	射频连接器	58
5.2.1.	射频连接器位置	58
5.2.2.	射频连接器尺寸	59
5.2.3.	天线连接器安装	60
5.2.4.	射频连接器装配推荐	61
5.2.4.1.	手动插拔同轴电缆插头	61
5.2.4.2.	治具插拔同轴电缆插头	62
5.2.5.	射频连接器和连接线厂家推荐	63
5.3.	天线设计要求	63
6	电气性能和可靠性	64
6.1.	电源额定值	64
6.2.	功耗	64
6.3.	数字逻辑电平特性	68
6.4.	静电防护	69
6.5.	绝对最大额定值	70
6.6.	工作和存储温度	70
6.7.	散热设计	71
6.8.	注意事项	72
6.8.1.	喷涂	72
6.8.2.	清洗	72
6.8.3.	安装	72
7	机械尺寸和包装	73
7.1.	机械尺寸	73
7.2.	俯视图和底视图	75
7.3.	M.2 连接器	76
7.4.	包装规格	76
7.4.1.	吸塑盘	76
7.4.2.	包装流程	78
8	附录 参考文档及术语缩写	80

表格索引

表 1: 适用模块	12
表 2: 特殊符号	13
表 3: RM500U-CNV 模块支持的频段	14
表 4: RM500U-EA 模块支持的频段	15
表 5: RM500U 系列主要特性	15
表 6: 参数定义	21
表 7: 引脚描述	21
表 8: 工作模式	26
表 9: 电源和地引脚	28
表 10: FULL_CARD_POWER_OFF#引脚定义	30
表 11: RESET#引脚定义	33
表 12: (U)SIM 接口引脚描述	35
表 13: USB 接口引脚描述	38
表 14: PCIe 接口引脚描述	40
表 15: PCM 接口引脚描述	42
表 16: SPI 接口引脚描述	42
表 17: I2C 接口引脚描述	43
表 18: UART 接口引脚描述	44
表 19: B 码输出接口引脚描述	45
表 20: 控制和状态指示接口	46
表 21: 射频功能状态	46
表 22: WWAN_LED#射频状态指示	48
表 23: WAKE_ON_WAN#信号状态	48
表 24: M.2 规范的配置引脚列表	49
表 25: CONFIG 配置引脚	49
表 26: RM500U-CNV 天线接口引脚定义	50
表 27: RM500U-EA 天线接口引脚定义	51
表 28: RM500U-CNV 蜂窝天线分布表	52
表 29: RM500U-EA 蜂窝天线分布表	53
表 30: RM500U-CNV 蜂窝网络工作频段	54
表 31: RM500U-EA 蜂窝网络工作频段	54
表 32: RM500U-CNV 接收灵敏度	55
表 33: RM500U-EA 接收灵敏度	56
表 34: RM500U-CNV 射频输出功率	58
表 35: RM500U-EA 射频输出功率	58
表 36: 天线座主要特性	60
表 37: 天线设计要求	63
表 38: 电源额定值	64
表 39: RM500U-CNV 功耗	64
表 40: RM500U-EA 功耗	66
表 41: V_{pad} I/O 特性要求	68

表 42: (U)SIM 低电压 I/O 特性要求.....	69
表 43: (U)SIM 高电压 I/O 特性要求.....	69
表 44: 静电放电特性（温度：25~30 °C，湿度：40 ±5 %）.....	70
表 45: 绝对最大额定值.....	70
表 46: 工作和存储温度.....	70
表 47: 参考文档.....	80
表 48: 术语缩写.....	80

图片索引

图 1: 功能框图	19
图 2: 模块引脚分配图	20
图 3: 睡眠模式下 DRX 运行时间和功耗的关系	27
图 4: 模块进入睡眠模式	27
图 5: 模块退出睡眠模式	28
图 6: 射频传输时的电源要求	29
图 7: VCC 引脚参考电路	29
图 8: 电源参考设计	30
图 9: 主机 GPIO 控制模块开机	31
图 10: 开机时序图	31
图 11: MCU_GPIO 控制模块关机	32
图 12: 关机时序图	32
图 13: NPN 驱动 RESET#复位电路	33
图 14: NMOS 驱动 RESET#复位电路	33
图 15: 按键复位电路	34
图 16: RESET#复位时序图	34
图 17: 常闭型(U)SIM 卡座参考电路	36
图 18: 常开型(U)SIM 卡座参考电路	37
图 19: 6 引脚(U)SIM 卡座参考电路	37
图 20: USB 2.0 和 3.0 接口参考电路	39
图 21: 模块与 PCIe 设备的连接 (RC 模式)	41
图 22: 模块与 PCIe 主机的连接 (EP 模式)	41
图 23: PCM 和 SPI 参考设计	43
图 24: I2C 参考设计	44
图 25: UART 接口电平转换	45
图 26: B 码输出参考设计	45
图 27: W_DISABLE1#参考电路图	47
图 28: WWAN_LED#参考电路图	47
图 29: WAKE_ON_WAN#参考电路图	48
图 30: CONFIG 引脚参考电路图	49
图 31: 射频连接器位置图	59
图 32: 天线座尺寸 (单位: mm)	59
图 33: 直径为 0.81 mm 同轴线缆匹配的插头规格	60
图 34: 直径为 0.81 mm 同轴线缆的插头和天线座之间的连接	61
图 35: 直径为 1.13 mm 同轴线缆的插头和天线座之间的连接	61
图 36: 插入同轴电缆插头示意图	62
图 37: 拔出同轴电缆插头示意图	62
图 38: 治具插拔同轴电缆插头示意图	63
图 39: 散热片安装和固定示意图	71
图 40: 安装示意图	72
图 41: RM500U-CNV 机械尺寸	73

图 42: RM500U-EA 机械尺寸.....	74
图 43: RM500U-CNV 俯视图和底视图.....	75
图 44: RM500U-EA 俯视图和底视图.....	75
图 45: 吸塑盘尺寸图（单位：mm）	77
图 46: 包装流程	79

1 引言

1.1. 简介

本文档定义了 RM500U 系列模块及其与客户应用连接的空中接口和硬件接口。

本文档可以帮助客户快速了解 RM500U 系列模块的硬件接口规范、电气特性、机械规范以及其他相关信息。借助此文档，结合移远通信提供的相关应用手册和用户指导书，客户可快速应用模块于各种无线应用场景。

表 1：适用模块

模块系列	模块
RM500U	RM500U-CNV
	RM500U-EA

1.2. 标准规范

RM500U 系列符合以下标准规范：

- *PCI Express M.2 Specification Revision 3.0, Version 1.2*
- *PCI Express Base Specification Revision 2.0*
- *Universal Serial Bus Specification, Revision 3.0*
- *ISO/IEC 7816-3*
- *3GPP TS 27.007 和 3GPP TS 27.005*

1.3. 特殊符号

表 2：特殊符号

符号	定义
*	若无特别说明，模块功能、特性、接口、引脚名称、命令、参数等后所标记的星号（*）表示该功能、特性、接口、引脚、命令、参数等正在开发中，因此暂不支持；模块型号后所标记的星号（*）表示该型号暂无样品。

2 产品综述

2.1. 频段及功能

RM500U 系列是一款支持分集接收功能的 5G NR/LTE/UMTS/HSPA+无线通信模块。它支持 5G NR SA/NSA、LTE-FDD、LTE-TDD、DC-HSDPA、HSPA+、HSDPA、HSUPA、WCDMA 等多种网络制式下的数据连接。RM500U 系列是标准的 M.2 Key-B WWAN 接口模块。更多信息请参考 *PCI Express M.2 Specification Revision 3.0, Version 1.2*。

RM500U 系列支持 Windows、Linux 和 Android 等嵌入式系统，并可以提供语音功能来满足不同的应用场景需求。

RM500U 系列为工规级模块，仅适用于工业级和商业级应用。

RM500U 系列支持的频段如下表所示：

表 3：RM500U-CNV 模块支持的频段

网络制式	频段
5G NR SA	n1/n3/n5/n8/n28A/n41/n77/n78/n79
5G NR NSA	n41/n78/n79
LTE-FDD	B1/B3/B5/B8
LTE-TDD	B34/B38/B39/B40/B41
WCDMA	B1/B5/B8

表 4: RM500U-EA 模块支持的频段

网络制式	频段
5G NR SA	n1/n3/n5/n7/n8/n20/n28/n38/n40/n41/n66/n77/n78
5G NR NSA	n1/n3/n7/n28/n38/n40/n41/n77/n78
LTE-FDD	B1/B2/B3/B4/B5/B7/B8/B20/B28/B66
LTE-TDD	B38/B40/B41
WCDMA	B1/B2/B5/B8

2.2. 关键特性

下表详细描述了 RM500U 系列模块的主要特性。

表 5: RM500U 系列主要特性

参数	说明
功能接口	PCIe M.2 接口
供电	<ul style="list-style-type: none"> VCC 供电电压范围: 3.3~4.4 V 典型供电电压: 3.7 V
(U)SIM 接口	<ul style="list-style-type: none"> 支持的(U)SIM 卡类型: Class B (3.0 V) 和 Class C (1.8 V) 支持双卡单待
eSIM	RM500U-CNV: 不支持 eSIM 功能 RM500U-EA: eSIM 功能可选
USB 接口	<ul style="list-style-type: none"> 符合 USB 3.0 和 USB 2.0 规范, USB 3.0 最大数据传输速率可达 5 Gbps, USB 2.0 最大传输速率可达 480 Mbps 用于 AT 命令通信、数据传输、固件升级、软件调试 USB 虚拟串口驱动: 支持 Windows 8.1/10/11、Linux 2.6~6.7、Android 4.x~13.x 操作系统下的 USB 驱动
PCIe 接口	<ul style="list-style-type: none"> 符合 PCIe Gen 2 规范 支持 1 通道, 速率 5 Gbps 支持 Linux 3.10~6.7 的 PCIe 驱动
PCM 接口	<ul style="list-style-type: none"> 与 SPI 搭配外接 SLIC、与 I2C 接口搭配外接 Codec, 用于语音传输 支持主从模式, 默认支持主模式 支持 8 kHz 或 16 kHz 采样率

	<ul style="list-style-type: none"> 默认支持短帧模式
SPI	<ul style="list-style-type: none"> 一路 SPI 与 PCM 接口搭配外部 SLIC 用于传输控制信号
UART 接口	<ul style="list-style-type: none"> 可用于数据传输和 AT 命令通信 默认波特率为 115200 bps 不支持硬件流控
I2C 接口	<ul style="list-style-type: none"> 一路 I2C 接口 不支持多主机模式
发射功率	RM500U-CNV <ul style="list-style-type: none"> WCDMA B1/B5/B8: Class 3 (23 dBm \pm2 dB) LTE B1/B3/B5/B8/B34/B38/B39/B40/B41: Class 3 (23 dBm \pm2 dB) 5G NR n1/n3/n5/n8/n41: Class 3 (23 dBm \pm2 dB) 5G NR n28A: Class 3 (23 dBm +2/-2.5 dB) 5G NR n77/n78/n79: Class 3 (23 dBm +2/-3 dB) 5G NR n41/n77/n78/n79 HPUE: Class 2 (26 dBm +2/-3 dB)
	RM500U-EA <ul style="list-style-type: none"> WCDMA B1/B2/B5/B8: Class 3 (23 dBm \pm2 dB) LTE B1/B2/B3/B4/B5/B7/B8/B20/B28/B38/B40/B41/B66: Class 3 (23 dBm \pm2 dB) 5G NR n1/n3/n5/n7/n8/n20/n38/n40/n41/n66: Class 3 (23 dBm \pm2 dB) 5G NR n28: Class 3 (23 dBm +2/-2.5 dB) 5G NR n77/n78: Class 3 (23 dBm +2/-3 dB) 5G NR n41/n77/n78 HPUE: Class 2 (26 dBm +2/-3 dB)
5G NR 特性	<ul style="list-style-type: none"> 默认支持 3GPP Rel-15; 3GPP Rel-16 可选¹ 支持调制方式: <ul style="list-style-type: none"> 上行: BPSK、QPSK、16QAM、64QAM、256QAM 下行: QPSK、16QAM、64QAM、256QAM 支持下行 4 \times 4 MIMO <ul style="list-style-type: none"> RM500U-CNV: n1/n28A/n41/n77/n78/n79 RM500U-EA: n1/n3/n7/n28/n38/n40/n41/n66/n77/n78 支持下行 2 \times 2 MIMO <ul style="list-style-type: none"> RM500U-CNV: n3/n5/n8 RM500U-EA: n5/n8/n20 支持上行 2 \times 2 MIMO <ul style="list-style-type: none"> RM500U-CNV: n41/n77/n78/n79 RM500U-EA: n38/n40/41/n77/n78 支持 SCS 的 15 kHz²和 30 kHz² 支持 SA 和 NSA 的工作模式 支持 Option 3x、3a、3 和 Option 2

¹ RM500U-EA 不支持 3GPP Rel-16。

² 5G NR FDD 频段仅支持 SCS 15 kHz, 5G NR TDD 频段仅支持 SCS 30 kHz。

	<ul style="list-style-type: none"> ● 最大传输速率³: <ul style="list-style-type: none"> - RM500U-CN: <ul style="list-style-type: none"> NSA: 2.2 Gbps (下行速率)/575 Mbps (上行速率) SA: 2 Gbps (下行速率)/1 Gbps (上行速率) - RM500U-EA: <ul style="list-style-type: none"> NSA: 2.6 Gbps (下行速率)/650 Mbps (上行速率) SA: 2 Gbps (下行速率)/1 Gbps (上行速率) ● SRS: <ul style="list-style-type: none"> - RM500U-CN: <ul style="list-style-type: none"> NSA: 1T2R(n41/n78/n79) SA: 2T4R(n41/n77/n78/n79) - RM500U-EA: <ul style="list-style-type: none"> NSA: 1T4R(n38/n40/n41/n77/n78) SA: 2T4R(n38/n40/n41/n77/n78)
LTE 特性	<ul style="list-style-type: none"> ● 最大支持: 下行 3CC, 上行 2CC ● 支持 CA 等级: <ul style="list-style-type: none"> - 上行: CA Cat 13 - 下行: CA Cat 12 ● 支持 1.4/3/5/10/15/20 MHz 射频带宽 ● 支持调制方式: <ul style="list-style-type: none"> - 上行: QPSK、16QAM、64QAM - 下行: QPSK、16QAM、64QAM、256QAM ● 支持下行 2 × 2 MIMO ● 最大传输速率³: <ul style="list-style-type: none"> LTE: 600 Mbps (下行速率) /150 Mbps (上行速率)
UMTS 特性	<ul style="list-style-type: none"> ● 支持 3GPP Rel-9 DC-HSDPA、HSPA+、HSDPA、HSUPA 和 WCDMA ● 支持 QPSK、16QAM、64QAM 调制方式 ● 最大传输速率³: <ul style="list-style-type: none"> - DC-HSDPA: 42.2 Mbps (下行速率) - HSUPA: 11 Mbps (上行速率) - WCDMA: 384 kbps (下行速率) /384 kbps (上行速率)
分集接收	支持 5G NR/LTE/WCDMA 分集接收
天线接口	ANT0、ANT1、ANT2、ANT3
AT 命令	<ul style="list-style-type: none"> ● 符合 3GPP TS 27.007、3GPP TS 27.005 规范定义的命令 ● 移远通信增强型 AT 命令
网络协议特性	<ul style="list-style-type: none"> ● 支持 TCP/UDP/PPP/NTP/NITZ/FTP/HTTP/PING/CMUX*/HTTPS/FTPS/SSL/FILE*/MQTT/MMS*/SMTP*/SMTPS*协议 ● 支持 PPP 协议的 PAP 和 CHAP 认证
固件升级	<ul style="list-style-type: none"> ● USB 2.0 接口 ● DFOTA

³ 最大速率为理论值，实际速率参考网络配置。

短消息（SMS）	<ul style="list-style-type: none"> ● 文本和 PDU 模式 ● 点对点短消息收发 ● 短消息小区广播 ● 短消息存储：默认存储在(U)SIM 卡
物理特性	<p>RM500U-CNV：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● M.2 Key-B ● 尺寸：(30.0 ±2) mm × (52.0 ±2) mm × (2.3 ±2) mm ● 重量：约 8.8 g <p>RM500U-EA：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● M.2 Key-B ● 尺寸：(30.0 ±2) mm × (52.0 ±2) mm × (3.75 ±2) mm ● 重量：约 9.2g
温度范围	<ul style="list-style-type: none"> ● 正常工作温度⁴：-30 ~ +75 °C ● 扩展工作温度⁵：-40 ~ +85 °C ● 存储温度：-40 ~ +90 °C
RoHS	所有器件完全符合 EU RoHS 标准

2.3. 功能框图

下图为 RM500U 系列模块的功能框图，阐述了如下主要功能：

- 电源管理
- 基带
- NAND 存储器
- 射频部分
- 外围接口

⁴ 为满足正常工作温度范围的要求，需要增加一些散热措施，例如使用主动或被动散热器、热管和均热板等。在此工作温度范围内，模块的各项指标符合 3GPP 标准的要求。

⁵ 为满足扩展工作温度范围的要求，需要增加一些散热措施，例如使用主动或被动散热器、热管和均热板等。在此工作温度范围内，模块仍能保持正常工作状态，具备语音、短消息、数据传输、紧急呼叫等功能；不会出现不可恢复的故障；射频频谱、网络基本不受影响。仅个别指标如 P_{out} 等参数的值可能会降低并跌破 3GPP 标准所指定的公差。当温度返回至正常工作温度范围时，模块的各项指标仍符合 3GPP 标准的要求。

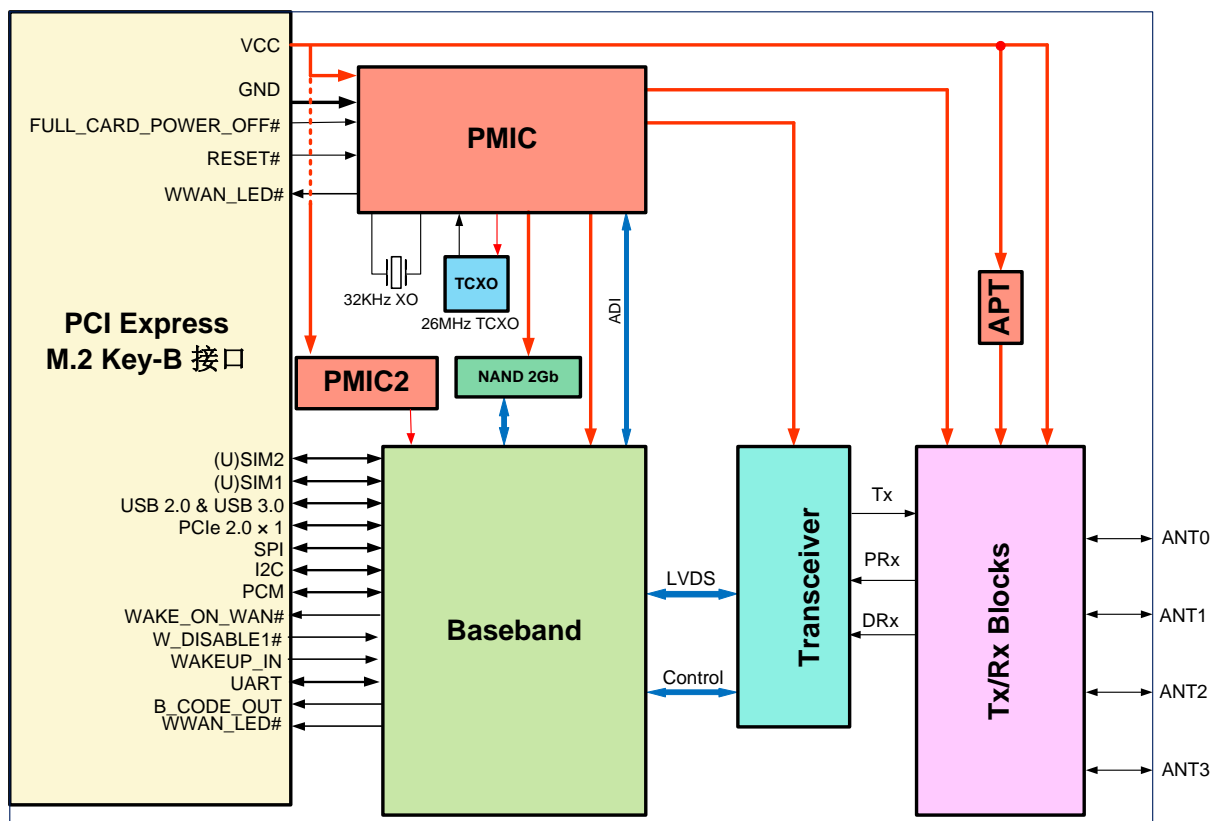


图 1：功能框图

2.4. 引脚分配图

下图为 RM500U 系列 M.2 接口引脚分配图。

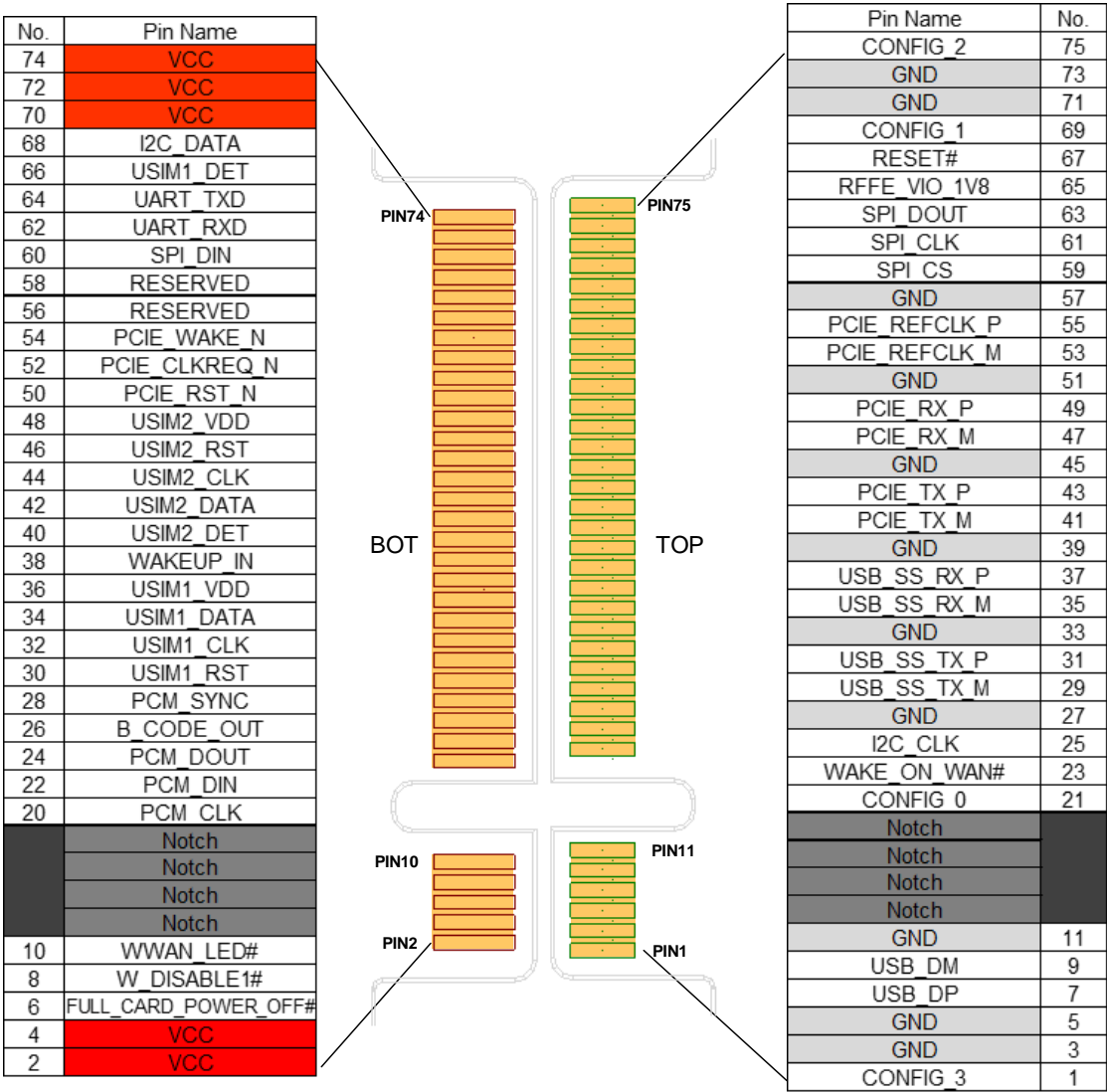


图 2：模块引脚分配图

备注

确保模块引脚上拉电源为 RFFE_VIO_1V8 或受 RFFE_VIO_1V8 控制的电源，且开机前模块引脚无灌电。详情请联系移远通信技术支持。

2.5. 引脚定义

表 6：参数定义

参数	描述
AI	模拟输入
AO	模拟输出
AIO	模拟输入/输出
DI	数字输入
DO	数字输出
DIO	数字输入/输出
OD	漏极开路
PI	电源输入
PO	电源输出

DC 特性包含电压域、额定电流信息等。

表 7：引脚描述

引脚号	引脚名	I/O	描述	DC 特性	备注
1	CONFIG_3	DO	模块内部悬空	1.8/3.3 V	
2	VCC	PI	模块主电源	Vmin = 3.3 V Vnom = 3.7 V Vmax = 4.4 V	
3	GND		地		
4	VCC	PI	模块主电源	Vmin = 3.3 V Vnom = 3.7 V Vmax = 4.4 V	
5	GND		地		
6	FULL_CARD_POWER_OFF#	DI	模块开/关机	V _{IHmax} = 4.4 V V _{IHmin} = 1.19 V V _{ILmax} = 0.2 V	模块内部 100 kΩ 电阻 下拉至地。高 电平开机，低 电平关机。

7	USB_DP	AIO	USB 2.0 差分数据 (+)		差分阻抗 90 Ω。 须预留测试 点。
8	W_DISABLE1#	DI、OD	飞行模式控制	1.8/3.3 V	模块内部已上 拉至 1.8 V，低 电平有效。
9	USB_DM	AIO	USB 2.0 差分数据 (-)		差分阻抗 90 Ω。 须 预 留 测 试 点。
10	WWAN_LED#	OD	射频状态指示灯		
11	GND		地		
12	凹槽		凹槽		
13	凹槽		凹槽		
14	凹槽		凹槽		
15	凹槽		凹槽		
16	凹槽		凹槽		
17	凹槽		凹槽		
18	凹槽		凹槽		
19	凹槽		凹槽		
20	PCM_CLK	DIO	PCM 时钟	1.8 V	
21	CONFIG_0	DO	模块内部悬空	1.8/3.3 V	
22	PCM_DIN	DI	PCM 数据输入	1.8 V	
23	WAKE_ON_WAN#	OD	唤醒主机		唤醒主机时， 始终处于低电 平。
24	PCM_DOUT	DO	PCM 数据输出	1.8 V	
25	I2C_CLK	OD	I2C 时钟	1.8 V	需外部上拉， 不用则悬空。
26	B_CODE_OUT	DO	B 码授时	1.8 V	B 码授时功能 可选
27	GND		地		
28	PCM_SYNC	DIO	PCM 帧同步	1.8 V	
29	USB_SS_TX_M	AO	USB 3.0 发送 (-)		差分阻抗 90 Ω。
30	USIM1_RST	DO	(U)SIM1 卡复位	USIM1_VDD	

				1.8/3.0 V	
31	USB_SS_TX_P	AO	USB 3.0 发送 (+)		差分阻抗 90 Ω。
32	USIM1_CLK	DO	(U)SIM1 卡时钟	USIM1_VDD 1.8/3.0 V	
33	GND		地		
34	USIM1_DATA	DIO	(U)SIM1 卡数据	USIM1_VDD 1.8/3.0 V	
35	USB_SS_RX_M	AI	USB 3.0 接收 (-)		差分阻抗 90 Ω。
36	USIM1_VDD	PO	(U)SIM1 卡供电电源	1.8/3.0 V	
37	USB_SS_RX_P	AI	USB 3.0 接收 (+)		差分阻抗 90 Ω。
38	WAKEUP_IN	DI	睡眠唤醒控制	1.8 V	模块内部 100 kΩ 电阻 上拉 1.8 V。
39	GND		地		
40	USIM2_DET	DI	(U)SIM2 卡插拔检测	1.8 V	模块内部上拉 至 1.8 V。
41	PCIE_TX_M	AO	PCle 发送 (-)		差分阻抗 100 Ω。
42	USIM2_DATA	DIO	(U)SIM2 卡数据	USIM2_VDD 1.8/3.0 V	
43	PCIE_TX_P	AO	PCle 发送 (+)		差分阻抗 100 Ω。
44	USIM2_CLK	DO	(U)SIM2 卡时钟	USIM2_VDD 1.8/3.0 V	
45	GND		地		
46	USIM2_RST	DO	(U)SIM2 卡复位	USIM2_VDD 1.8/3.0 V	
47	PCIE_RX_M	AI	PCle 接收 (-)		差分阻抗 100 Ω。
48	USIM2_VDD	PO	(U)SIM2 卡供电电源	1.8/3.0 V	
49	PCIE_RX_P	AI	PCle 接收 (+)		差分阻抗 100 Ω。
50	PERST#	IO	PCle 复位	1.8/3.3 V	低电平有效。 EP 模式下， PESET#为 DI。 RC 模式下，

					PESET#为OD。 PCIe 默认 RC 模式。
51	GND		地		
52	CLKREQ#	IO	PCIe 时钟请求	1.8/3.3 V	低电平有效。 EP 模式下，CLKREQ#为OD。RC 模式下，CLKREQ#为DI。 PCIe 默认 RC 模式。
53	PCIE_REFCLK_M	AIO	PCIe 参考时钟 (-)		差分阻抗 100 Ω。
54	PEWAKE#	IO	PCIe 唤醒	1.8/3.3 V	低电平有效。 EP 模式下，PEWAKE#为OD。RC 模式下，PEWAKE#为DI。 PCIe 默认 RC 模式。
55	PCIE_REFCLK_P	AIO	PCIe 参考时钟 (+)		差分阻抗 100 Ω。
56	RESERVED		预留		
57	GND		地		
58	RESERVED		预留		
59	SPI_CS	DO	SPI 片选	1.8 V	
60	SPI_DIN	DI	SPI 数据输入	1.8 V	
61	SPI_CLK	DO	SPI 时钟	1.8 V	
62	UART_RXD	DI	主串口接收	1.8 V	
63	SPI_DOUT	DO	SPI 数据输出	1.8 V	
64	UART_TXD	DO	主串口发送	1.8 V	
65	RFFE_VIO_1V8	PO	外部电路 1.8 V 供电	1.8 V I _o max =50 mA	可用于外部上拉。所有连接到模块的信号若需要 1.8 V 上拉，则必须

					使用此电源作上拉电源。
66	USIM1_DET	DI	(U)SIM1 卡插拔检测	1.8 V	模块内部上拉至 1.8 V。
67	RESET#	DI	模块复位	$V_{ILmax} = 0.5 V$	低电平脉冲有效。 模块内部 20 k Ω 电阻上拉至 VCC。 不用则建议预留测试点。
68	I2C_DATA	OD	I2C 数据	1.8 V	需外部上拉，不用则悬空。
69	CONFIG_1	DO	模块内部接地	1.8/3.3 V	
70	VCC	PI	模块主电源	$V_{min} = 3.3 V$ $V_{nom} = 3.7 V$ $V_{max} = 4.4 V$	
71	GND		地		
72	VCC	PI	模块主电源	$V_{min} = 3.3 V$ $V_{nom} = 3.7 V$ $V_{max} = 4.4 V$	
73	GND		地		
74	VCC	PI	模块主电源	$V_{min} = 3.3 V$ $V_{nom} = 3.7 V$ $V_{max} = 4.4 V$	
75	CONFIG_2	DO	模块内部悬空	1.8/3.3 V	

备注

确保预留和不用的引脚悬空。

2.6. 评估板套件

移远通信提供评估板（5G-M2 EVB）及相关配件，用于模块的开发和测试。更多详细信息，请参考文档 [1]。

3 工作特性

3.1. 工作模式

表 8：工作模式

模式	功能
全功能模式	空闲 软件正常运行。模块注册上网络，且能够接收和发送数据。
	语音/数据 网络连接正常。此模式下，模块功耗取决于网络设置和数据传输速率。
最小功能模式	不断电情况下，使用 AT+CFUN=0 可以将模块设置成最小功能模式。此模式下，射频和 (U)SIM 卡功能关闭。
飞行模式	AT+CFUN=4 或拉低 W_DISABLE1#引脚均可以将模块设置成飞行模式。此模式下射频不工作。
睡眠模式	AT+QSCLK=1 并拉低 WAKEUP_IN 可使模块进入睡眠模式，此模式下，模块的功耗会降到非常低，但仍可以接收寻呼、短消息、电话和 TCP/UDP 数据。
关机模式	在此模式下，PMU 停止给基带和射频器件供电，软件停止工作，所有应用接口不通。工作电压（VCC）保持供电。

备注

有关 AT 命令的详细信息，请参考文档 [2]。

3.1.1. 睡眠模式

在睡眠模式下，模块的 DRX 功能能够使模块耗流降低到非常低，DRX 循环索引值由无线网络播送。下图显示了在睡眠模式下 DRX 运行时间与模块功耗的关系。DRX 周期越长，功耗就越低。

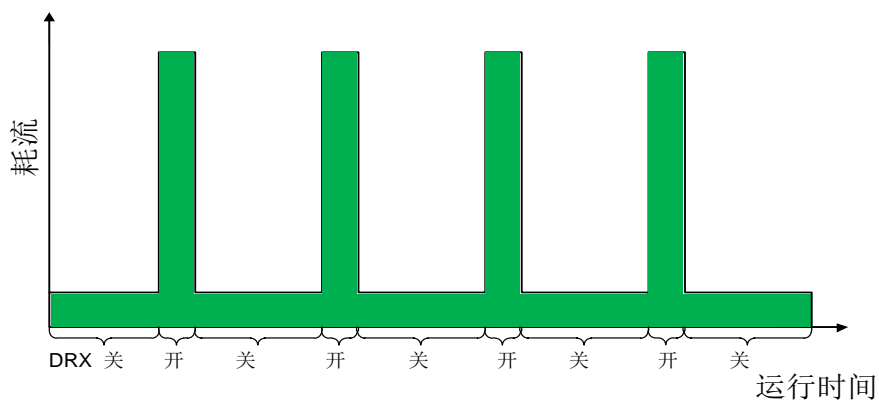


图 3：睡眠模式下 DRX 运行时间和功耗的关系

备注

DRX 周期值由基站通过无线网络发送。

如下描述了模块进入和退出睡眠模式的过程。同时满足如下 2 个条件可使模块进入睡眠模式：

- 执行 **AT+QSCLK=1** 使模块进入睡眠模式。
- 主机通过 GPIO 拉低 WAKEUP_IN 并且 WAKEUP_IN 在睡眠状态下能够一直保持低电平。

下图展示了模块和主机之间的连接。

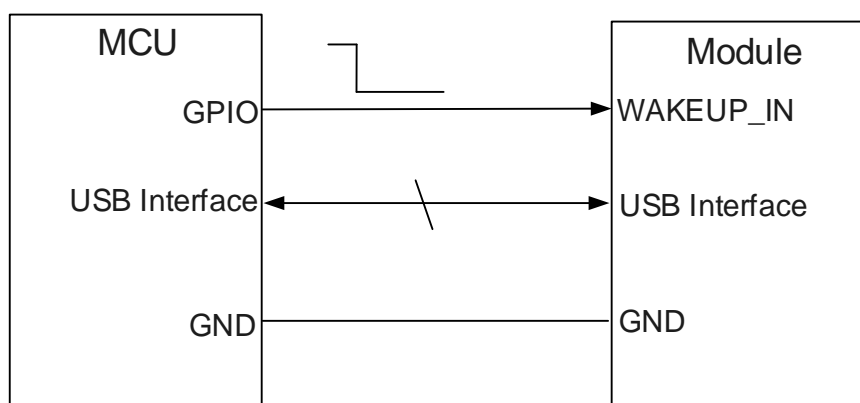


图 4：模块进入睡眠模式

主机通过一个 GPIO 拉高 WAKEUP_IN，可使模块退出睡眠模式。如下图所示：

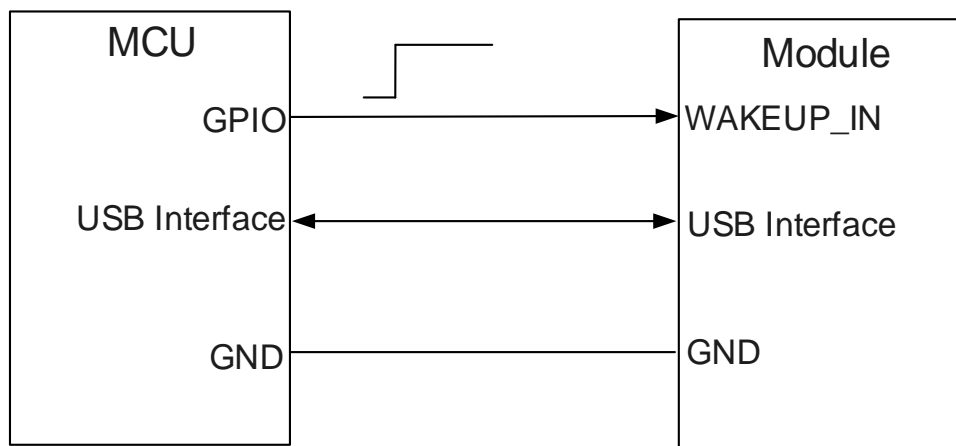


图 5：模块退出睡眠模式

3.1.2. 飞行模式

RM500U 系列支持通过执行 **AT+CFUN=4** 或拉低 W_DISABLE1#引脚开启模块的飞行模式，详情请参考第 4.8.1 章。

3.2. 电源设计

下表展示了电源和地引脚的引脚定义。

表 9：电源和地引脚

引脚号	引脚名	I/O	描述
2、4、70、72、74	VCC	PI	模块主电源
3、5、11、27、33、39、45、51、57、71、73	GND	-	地

3.2.1. 电压稳定性要求

模块的供电电压范围为 3.3~4.4 V，需要确保输入电压不低于 3.3 V，否则模块将自动关机。下图为 3G/4G/5G 网络射频传输时的最大电压跌落。

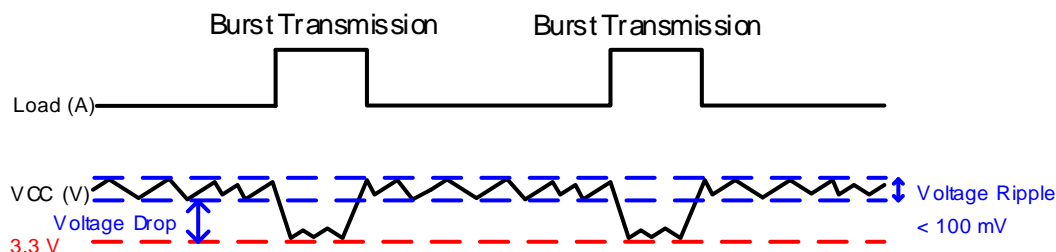


图 6：射频传输时的电源要求

为了减小电压跌落，须在 VCC 引脚处放置 2 个低 ESR ($ESR \leq 0.7 \Omega$) 的 220 μF 滤波电容，建议选用钽电容；同时至少放置 4 个低 ESR 的片式多层陶瓷电容 (MLCC: 1 μF 、100 nF、33 pF、10 pF) 用于电源滤波。VCC 走线的宽度应不小于 3 mm。原则上，VCC 走线越长，走线宽度应越宽。

为确保电源供电的稳定性，建议在靠近模块 VCC 引脚处添加反向耐压为 5.1 V 且耗散功率大于 0.5 W 的 TVS 管。下图为 VCC 引脚参考电路设计。

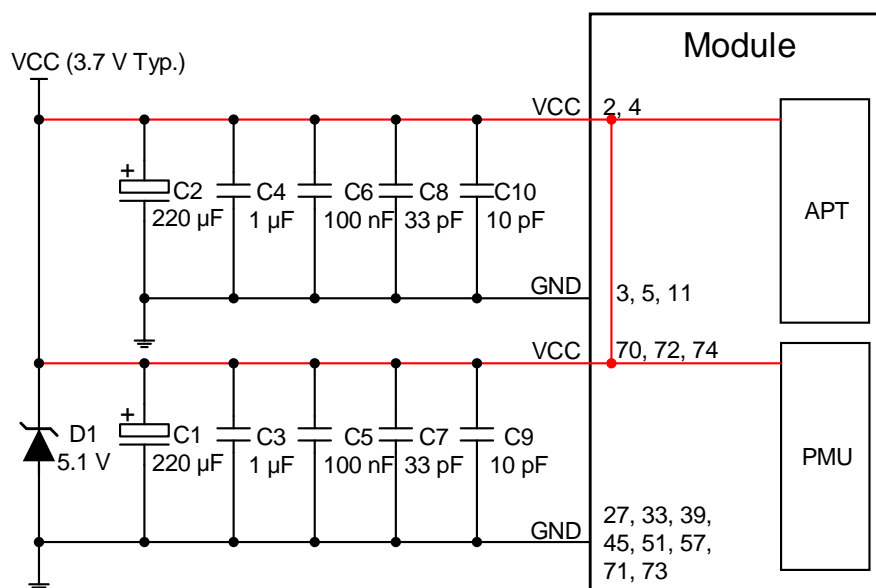


图 7：VCC 引脚参考电路

3.2.2. 供电参考电路

电源设计对模块的性能至关重要。模块必须选择至少能够提供 3 A 持续电流和 4 A 瞬态电流的电源。

如下图为输入电压为 5.0 V 时，基于 DC-DC 转换器的参考设计，电源输出电压为模块典型电压值 3.7 V。

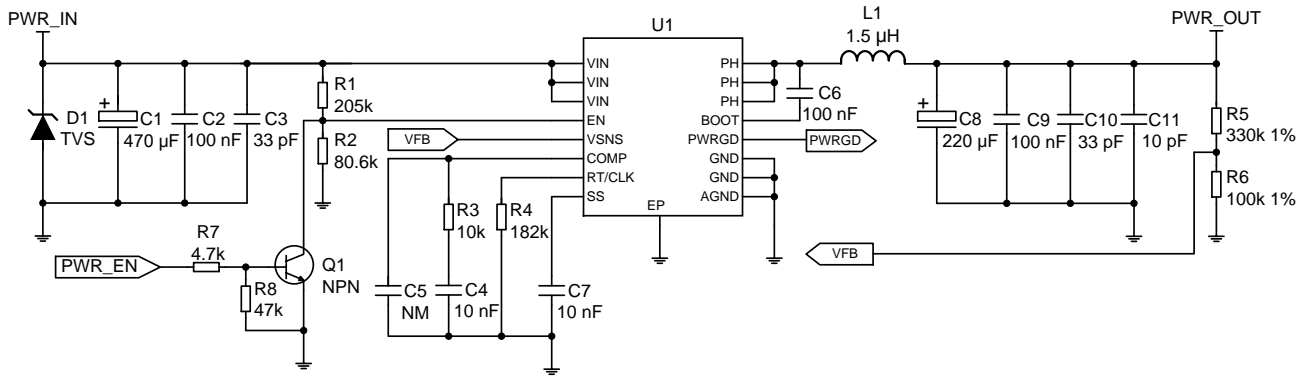


图 8：电源参考设计

备注

为了避免损坏模块内部存储芯片中的数据，请勿在模块正常工作的时候切断模块电源。建议通过主机 GPIO 拉低 FULL_CARD_POWER_OFF# 引脚再断开模块电源的方式进行关机。

3.3. 开/关机

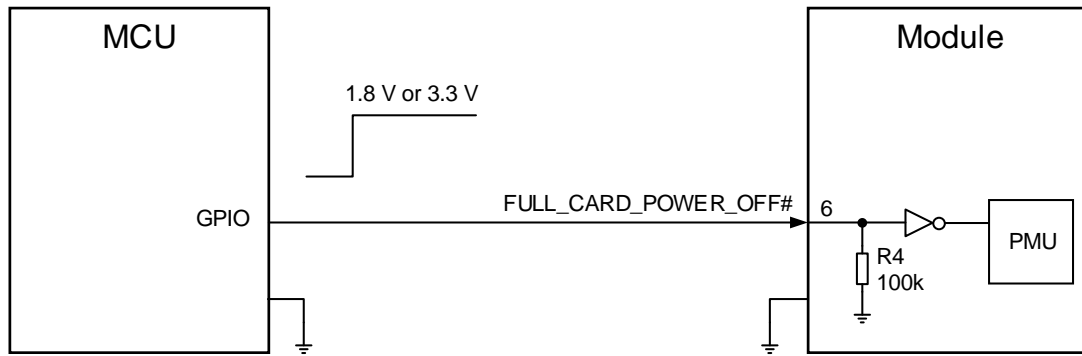
3.3.1. 开机

FULL_CARD_POWER_OFF# 是一个开/关机信号。当该引脚输入信号为高电平 ($\geq 1.19\text{ V}$) 时，模块将开机。该输入信号可由 1.8 V 或 3.3 V 电平的 GPIO 驱动控制，且该引脚在模块内部通过 100 k Ω 电阻下拉至地，即低电平状态，所以模块默认是关机状态。

表 10: FULL_CARD_POWER_OFF# 引脚定义

引脚号	引脚名	I/O	描述	备注
6	FULL_CARD_POWER_OFF#	DI	模块开/关机	模块内部 100 k Ω 电阻下拉至地。高电平开机，低电平关机。

可通过 MCU 的 GPIO 拉高 FULL_CARD_POWER_OFF# 引脚可使模块开机，参考电路如下。



备注：
当引脚6处于高电平时，此引脚电压应不低于1.19 V。

图 9：主机 GPIO 控制模块开机

下图为模块开机时序图。

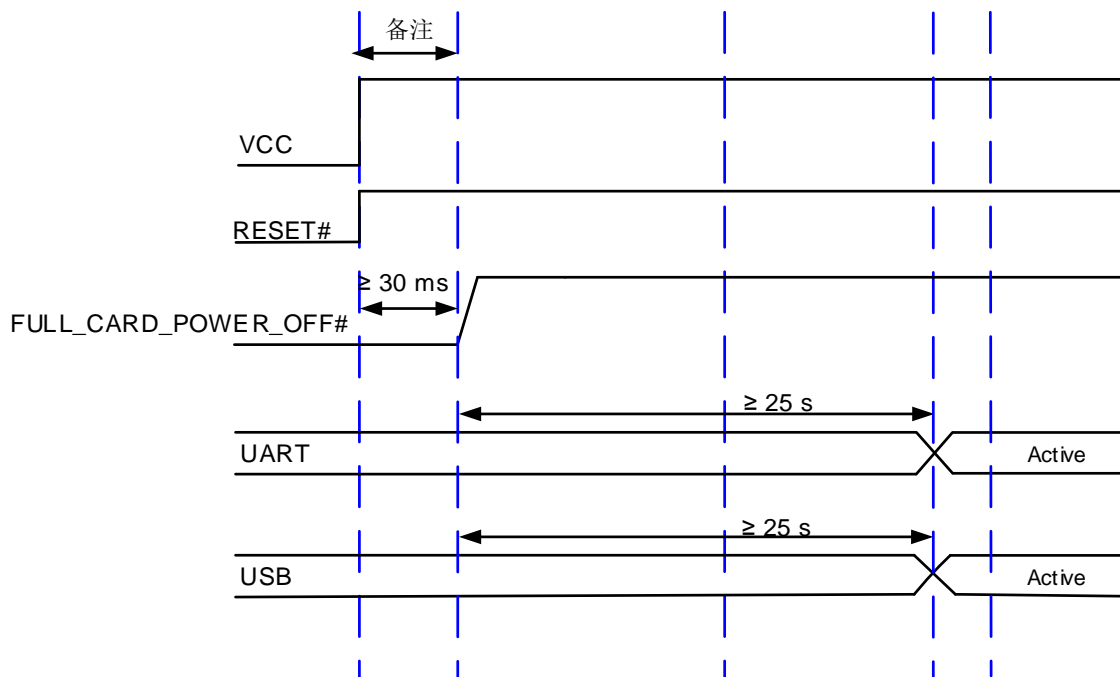


图 10：开机时序图

备注

在拉高 FULL_CARD_POWER_OFF#引脚之前，需保证 VCC 电压稳定。建议从 VCC 上电到拉高 FULL_CARD_POWER_OFF#引脚之间的时间间隔不少于 30 ms。

3.3.2. 关机

通过 MCU 的 GPIO 拉低 FULL_CARD_POWER_OFF# 引脚可使模块关机。下图为模块关机时序图。

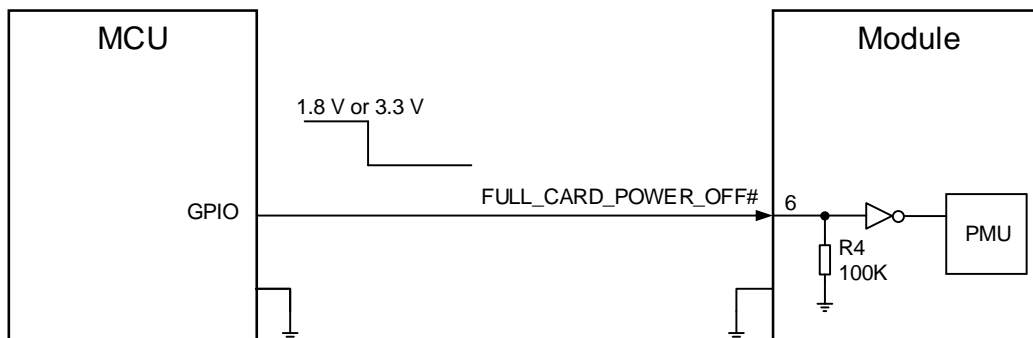


图 11: MCU_GPIO 控制模块关机

下图为模块关机时序图。

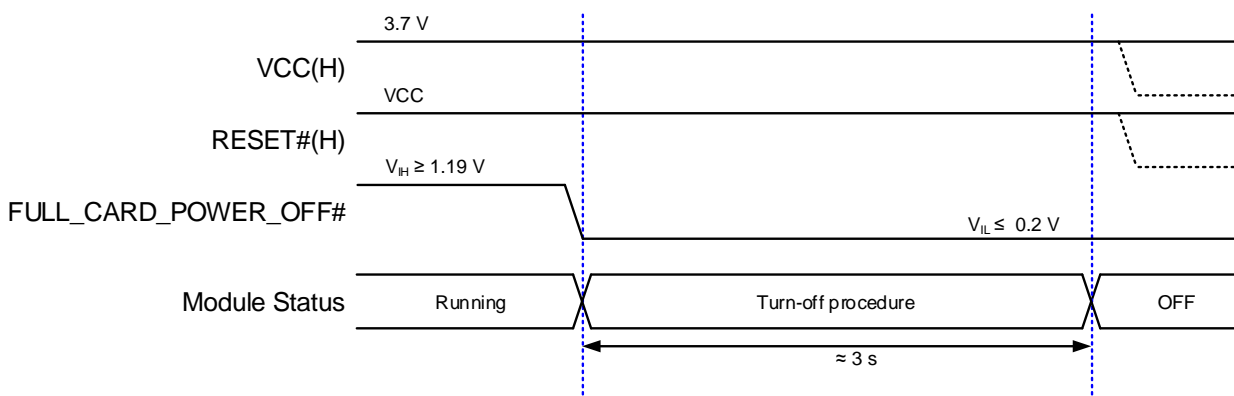


图 12: 关机时序图

3.4. 复位

RESET#是低电平有效的异步复位信号。当该引脚为低电平时，模块将开始进入复位状态。

请注意，触发复位信号会导致模块临时数据丢失和系统驱动被移除，同时模块也将断开网络连接。

表 11: RESET#引脚定义

引脚号	引脚名	I/O	描述	备注
67	RESET#	DI	模块复位	低电平脉冲有效。 模块内部 20 k Ω 电阻上拉至 VCC。 不用则建议预留测试点。

拉低 RESET#引脚 250~600 ms 可复位模块。如下图，可使用 NPN 三极管、NMOS 管驱动电路或按键控制 RESET#引脚。

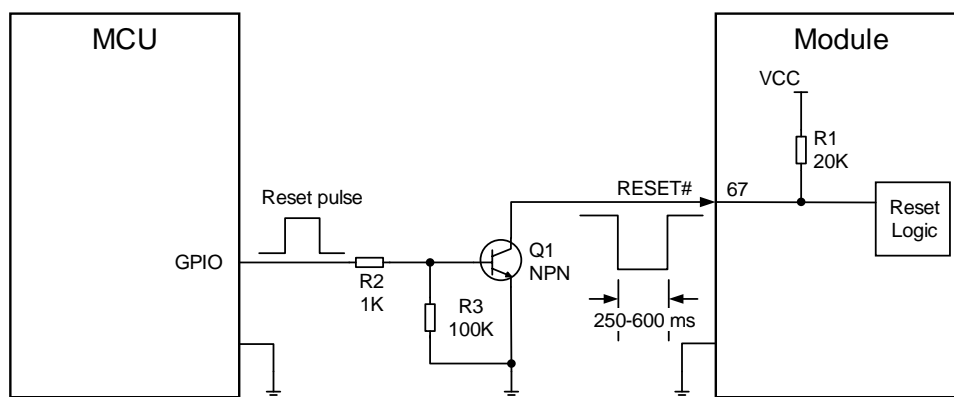


图 13: NPN 驱动 RESET#复位电路

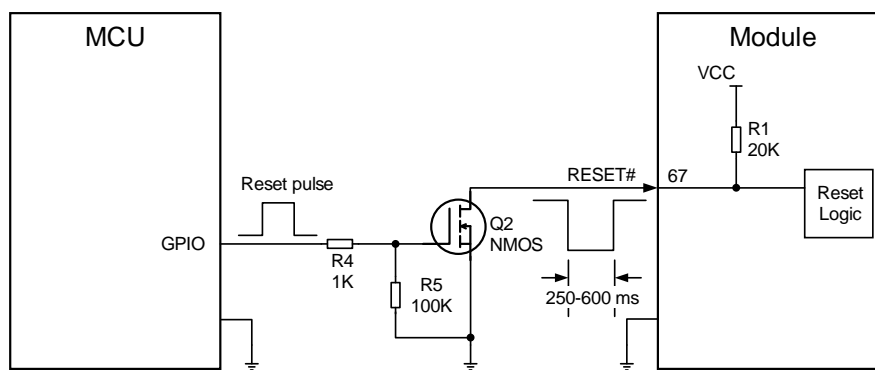
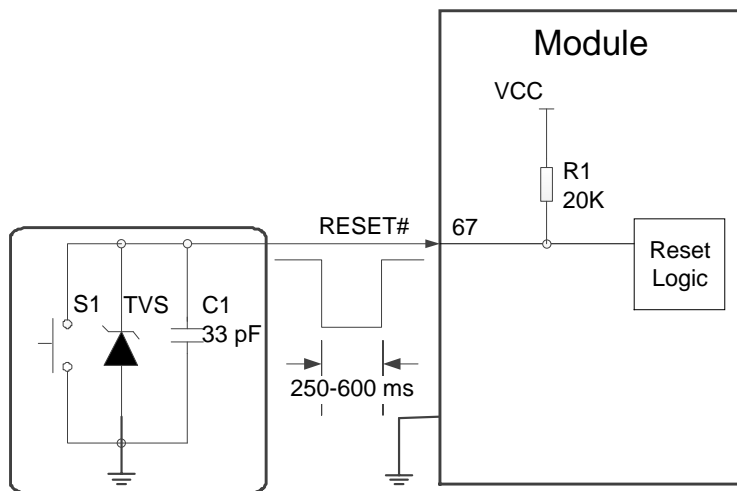


图 14: NMOS 驱动 RESET#复位电路



注：建议C1的容值不大于47 pF。

图 15：按键复位电路

下图为复位时序图。

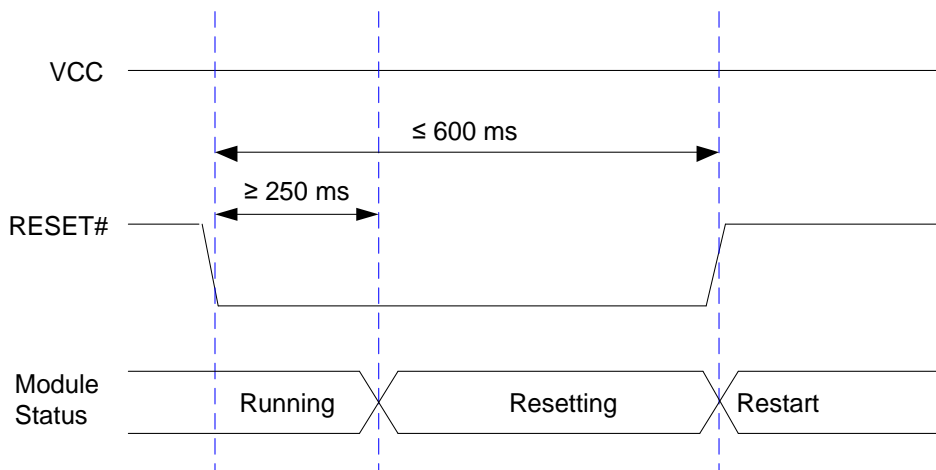


图 16：RESET#复位时序图

备注

1. 复位功能建议仅在通过 **AT+QPOWD** 和控制 **FULL_CARD_POWER_OFF#** 关机失败后使用。
2. 确保 **FULL_CARD_POWER_OFF#** 和 **RESET#** 引脚无大电容。

4 应用接口

RM500U 系列的物理接口及电气特性符合 *PCI Express M.2 Specification*。本章主要介绍接口的定义和相关的應用。

- (U)SIM 接口
- USB 接口
- PCIe 接口
- PCM 接口和 SPI
- I2C 接口
- UART 接口
- B_CODE_OUT
- 控制和状态指示接口
- 配置引脚

4.1. (U)SIM 接口

RM500U 系列的(U)SIM 接口符合 ETSI 和 IMT-2000 规范，支持 Class B (3.0 V) 和 Class C (1.8 V) (U)SIM 卡，且支持双卡单待功能。

4.1.1. (U)SIM 接口引脚描述

表 12: (U)SIM 接口引脚描述

引脚号	引脚名	I/O	描述	备注
36	USIM1_VDD	PO	(U)SIM1 卡供电电源	
34	USIM1_DATA	DIO	(U)SIM1 卡数据	
32	USIM1_CLK	DO	(U)SIM1 卡时钟	
30	USIM1_RST	DO	(U)SIM1 卡复位	
66	USIM1_DET	DI	(U)SIM1 卡插拔检测	模块内部上拉至 1.8 V。
48	USIM2_VDD	PO	(U)SIM2 卡供电电源	

42	USIM2_DATA	DIO	(U)SIM2 卡数据	
44	USIM2_CLK	DO	(U)SIM2 卡时钟	
46	USIM2_RST	DO	(U)SIM2 卡复位	
40	USIM2_DET	DI	(U)SIM2 卡插拔检测	模块内部上拉至 1.8 V。

4.1.2. (U)SIM 卡热插拔检测

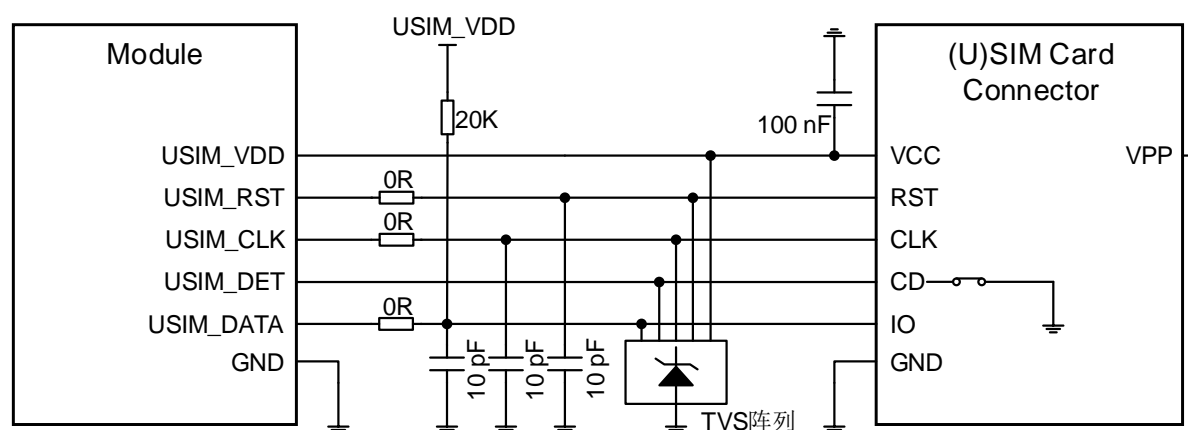
(U)SIM 卡检测引脚是电平触发引脚，支持低电平和高电平检测。通过(U)SIM 卡检测引脚 (USIM1_DET 和 USIM2_DET)，模块可支持(U)SIM 卡热插拔功能。(U)SIM 卡热插拔功能默认关闭，可通过 **AT+QSIMDET** 进行配置，详情可参考文档 [2]。

4.1.3. 常闭型(U)SIM 卡座

对于常闭型(U)SIM 卡座，当无(U)SIM 卡嵌入卡座时，USIM_DET 引脚短接至地，此类型卡座适用于通过高电平检测的(U)SIM 卡。设置 **AT+QSIMDET=1,1** 使能(U)SIM 卡热插拔功能后，当(U)SIM 卡嵌入卡座时，USIM_DET 引脚将由低电平变为高电平；当(U)SIM 卡移除时，USIM_DET 引脚将由高电平变为低电平。

- 当未嵌入(U)SIM 卡时，卡座 CD 引脚短接至地，USIM_DET 引脚为低电平。
- 当嵌入(U)SIM 卡时，卡座 CD 引脚与地断开，USIM_DET 引脚变为高电平。

下图为常闭型(U)SIM 卡座参考设计电路。



注：在PCB器件布局时，图中(U)SIM卡相关的电阻、电容和TVS均应放置在靠近(U)SIM卡座的位置。

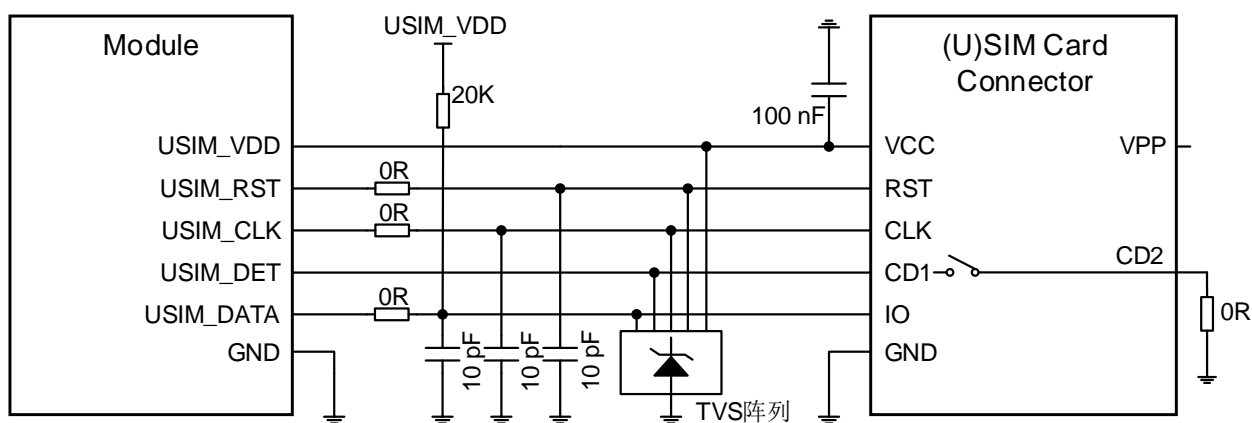
图 17：常闭型(U)SIM 卡座参考电路

4.1.4. 常开型(U)SIM 卡座

对于常开型(U)SIM 卡座，当无(U)SIM 卡嵌入卡座时，CD1 和 CD2 为断开状态，此类型卡座适用通过低电平检测的(U)SIM 卡。设置 **AT+QSIMDET=1,0** 使能(U)SIM 卡热插拔功能后，当(U)SIM 卡嵌入卡座时，USIM_DET 将由高电平变为低电平；当(U)SIM 卡移除时，USIM_DET 将由低电平变为高电平。

- 当未嵌入(U)SIM 卡时，卡座 CD1 与 CD2 引脚开路，USIM_DET 引脚为高电平。
- 当嵌入(U)SIM 卡时，卡座 CD1 与 CD2 引脚短路，USIM_DET 引脚变为低电平。

下图为常开型(U)SIM 卡座参考设计电路。

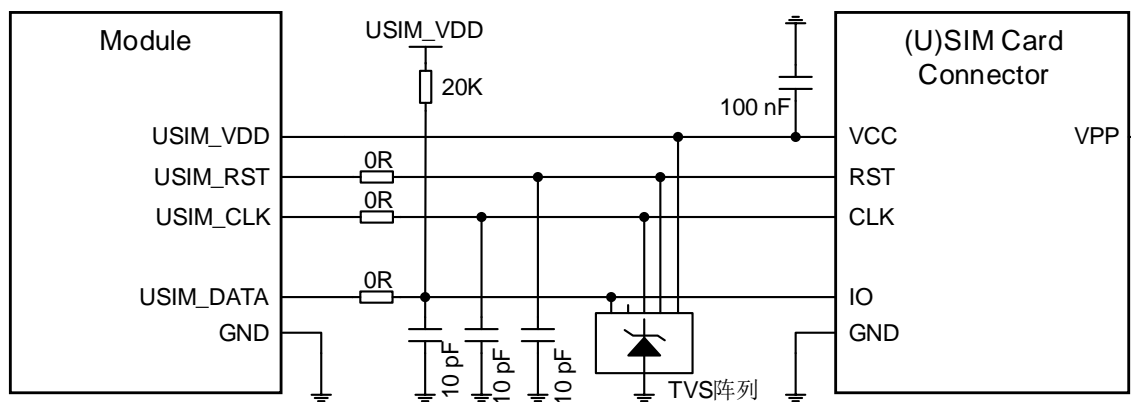


注：在PCB器件布局时，图中(U)SIM卡相关的电阻、电容和TVS均应放置在靠近(U)SIM卡座的位置。

图 18: 常开型(U)SIM 卡座参考电路

4.1.5. 无检测引脚型(U)SIM 卡座

如果不需要(U)SIM 卡检测功能，可将 USIM_DET 引脚悬空。下图为 6-pin (U)SIM 卡座参考设计电路。



注：在PCB器件布局时，图中(U)SIM卡相关的电阻、电容和TVS均应放置在靠近(U)SIM卡座的位置。

图 19: 6 引脚(U)SIM 卡座参考电路

4.1.6. (U)SIM 电路设计注意事项

为确保(U)SIM 卡在实际应用中的可靠性，请遵循以下(U)SIM 电路设计准则。

- (U)SIM 卡座应尽可能靠近模块，尽量保证(U)SIM 卡信号线布线长度不超过 200 mm，USIM_VDD 布线宽度应不小于 0.5 mm。
- (U)SIM 卡信号线布线应远离射频线和 VCC 电源线。
- 为防止 USIM_CLK 信号与 USIM_DATA 信号之间串扰，两者布线不可靠太近，并且在两条走线之间需要增加 GND 屏蔽。
- USIM_DATA 需加 10~20 k Ω 的上拉电阻至 USIM_VDD，并且靠近卡座位置摆放。
- 为确保良好的 ESD 防护性能，建议为(U)SIM 卡的引脚添加 TVS 管，且 TVS 管结电容不大于 10 pF。在模块和(U)SIM 卡座之间需串联 0 Ω 的电阻，用以抑制干扰。同时添加 10 pF 的电容以滤除射频干扰。

4.2. USB 接口

RM500U 系列提供了一个集成的通用串行总线（USB）接口，该接口符合 USB 2.0 和 3.0 标准规范，并支持 USB 2.0 的高速（480 Mbps）和全速（12 Mbps）模式以及 USB 3.0 的超高速（5 Gbps）模式。USB 接口可用于 AT 命令通信、数据传输、软件调试以及固件升级⁶。

表 13：USB 接口引脚描述

引脚号	引脚名	I/O	描述	备注
7	USB_DP	AIO	USB 2.0 差分数据 (+)	须预留测试点。 90 Ω 差分阻抗。
9	USB_DM	AIO	USB 2.0 差分数据 (-)	
29	USB_SS_TX_M	AO	USB 3.0 发送 (-)	90 Ω 差分阻抗。
31	USB_SS_TX_P	AO	USB 3.0 发送 (+)	
35	USB_SS_RX_M	AI	USB 3.0 接收 (-)	
37	USB_SS_RX_P	AI	USB 3.0 接收 (+)	

有关 USB 2.0 和 3.0 规范的更多详细信息，请访问 <http://www.usb.org/home>。

须在 USB 2.0 接口设计中预留测试点。下图为 USB 2.0 和 3.0 接口的参考电路。

⁶ 仅 USB 2.0 支持固件升级。

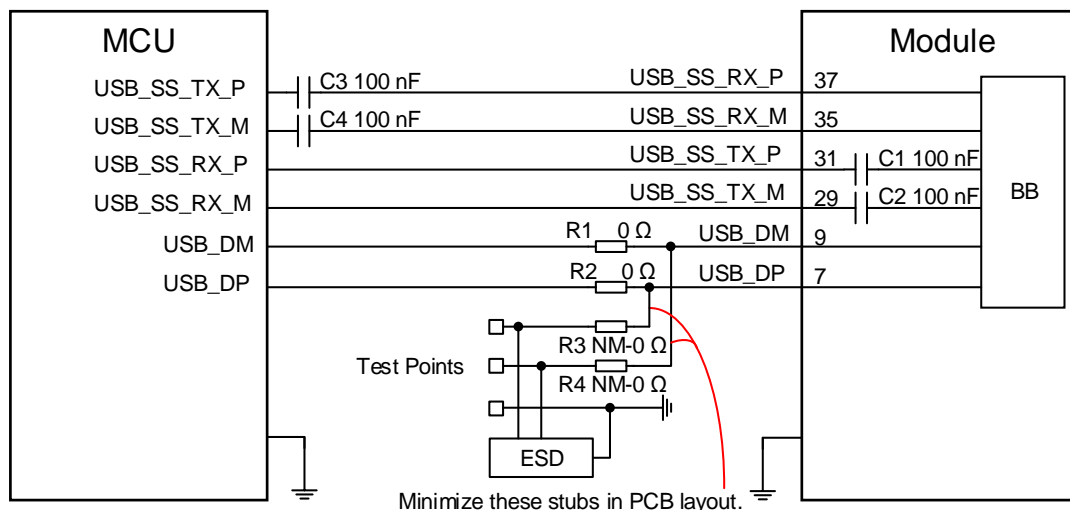


图 20: USB 2.0 和 3.0 接口参考电路

耦合电容 C3 和 C4 须放置在靠近主机 USB 3.0 的 Tx 端且两电容位置彼此靠近。C1 和 C2 已集成在模块内部，在 PCB 设计时不需要添加这两个电容。为确保 USB 2.0 的信号完整性，须将 R1、R2、R3 和 R4 放置在靠近模块相应引脚的位置，并在 PCB 设计时桩线尽量短。

为了符合 USB 2.0 和 USB 3.0 的规范，在 USB 电路设计中应当遵循以下原则：

- USB 差分走线需包地处理，USB 2.0 和 USB 3.0 差分线的阻抗为 90 Ω。
- 对于 USB 2.0 信号，走线总长度应小于 120 mm，差分对内走线等长差值控制在 2 mm 以内；对于 USB 3.0 信号，差分对内走线等长差值控制在 0.15 mm 以内，Tx 和 Rx 之间控制在 10 mm 以内。
- 请勿在晶振、磁性装置、PCIe 和射频信号等敏感信号源下方进行 USB 走线，建议 USB 在 PCB 内层走线，且上下左右立体包地。
- ESD 防护器件的选型需注意其寄生电容会影响 USB 数据传输。对于 USB 2.0，ESD 防护器件寄生电容应小于 1.0 pF，对于 USB 3.0 应小于 0.15 pF。
- USB 的 ESD 器件尽量靠近 USB 连接器放置。
- 建议在 USB_DP 和 USB_DM 上分别串联 0 Ω 电阻。

4.3. PCIe 接口

RM500U 系列模块包含一路 PCIe 接口。RM500U 系列可通过 **AT+QCFG="pcie/mode"** 配置 PCIe 的工作模式，默认支持 RC 模式。有关 **AT+QCFG="pcie/mode"**，详情请参考文档 [2]。PCIe 接口的主要特点如下：

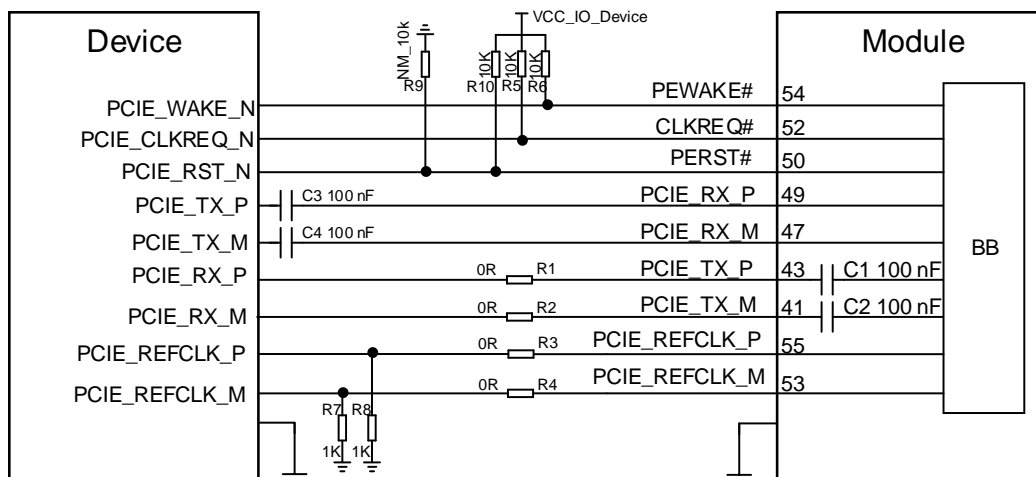
- *PCI Express Base Specification Revision 2.0*
- 支持 PCIe Gen 2，向下兼容
- 速率：5 Gbps/通道

- 支持 PCIe 转以太网
- PCIe 支持 RC 和 EP 模式

表 14: PCIe 接口引脚描述

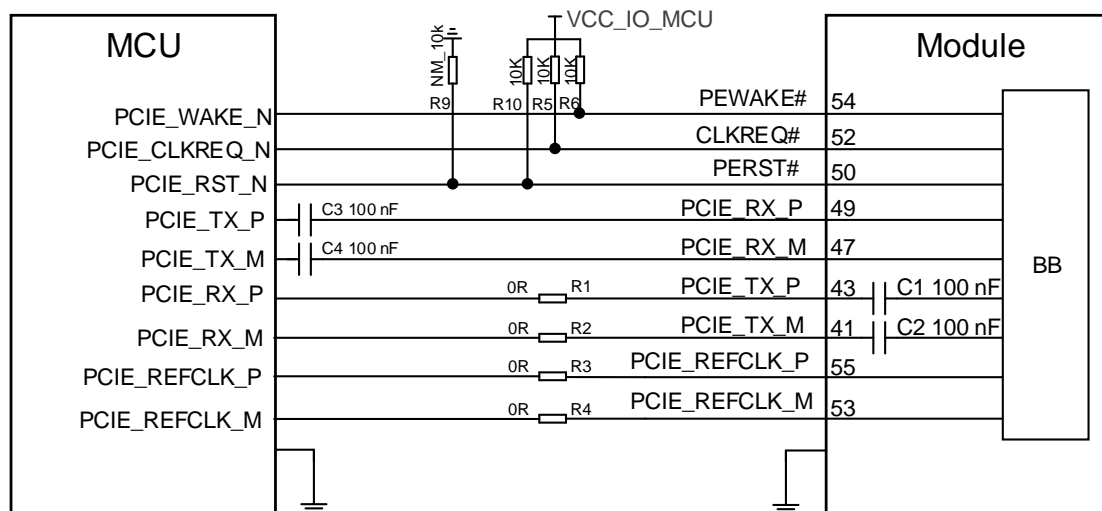
引脚号	引脚名	I/O	描述	备注
55	PCIE_REFCLK_P	AIO	PCIe 参考时钟 (+)	在 RC 模式下, 该信号为 AO; 在 EP 模式下, 该信号为 AI。 差分阻抗要求为 100 Ω。
53	PCIE_REFCLK_M	AIO	PCIe 参考时钟 (-)	
41	PCIE_TX_M	AO	PCIe 发送 (-)	差分阻抗要求为 100 Ω。
43	PCIE_TX_P	AO	PCIe 发送 (+)	
47	PCIE_RX_M	AI	PCIe 接收 (-)	
49	PCIE_RX_P	AI	PCIe 接收 (+)	
52	CLKREQ#	IO	PCIe 时钟请求	低电平有效。 CLKREQ#在 PCIe EP 模式下 为 OD。 在 PCIe RC 模式下为 DI。 PCIe 默认 RC 模式。
50	PERST#	IO	PCIe 复位	低电平有效。 PERST#在 PCIe EP 模式下 为 DI。 在 PCIe RC 模式下为 OD。 PCIe 默认 RC 模式。
54	PEWAKE#	IO	PCIe 唤醒	低电平有效。 PEWAKE#在 PCIe EP 模式下 为 OD。 在 PCIe RC 模式下为 DI。 PCIe 默认 RC 模式

下图为 RM500U 系列模块 PCIe 接口的参考设计:



备注：当与1.8 V电压域的设备连接时，引脚50、52和54需上拉到RFFE_VIO_1V8；与3.3 V电压域的设备连接时，VCC_IO_Device需使用模块RFFE_VIO_1V8进行使能控制。

图 21：模块与 PCIe 设备的连接（RC 模式）



备注：当与1.8 V电压域的MCU连接时，引脚50、52和54需上拉到RFFE_VIO_1V8；与3.3 V电压域的MCU连接时，VCC_IO_MCU需使用模块RFFE_VIO_1V8进行使能控制。

图 22：模块与 PCIe 主机的连接（EP 模式）

为确保 PCIe 信号完整性，PCB 布局时应将耦合电容 C3 和 C4 放置在靠近设备端（RC 模式）/主机端（EP 模式）的位置。C1 和 C2 已集成在模块内部，终端设备设计时无需添加这两个电容。

为满足 PCIe 规范，PCIe 接口设计时应遵循以下原则：

- PCIe 信号走线时应远离射频、音频和晶振等敏感信号源；
- PCIe 走线不可布局在元器件下方，且禁止与其他信号交叉走线；
- PCIe 走线总长度应小于 300 mm；
- PCIe Tx/Rx/REFCLK 每组差分线对内走线长度差值小于 0.15 mm；
- PCIe Tx/Rx/REFCLK 信号线差分阻抗均控制在 $100\ \Omega \pm 10\%$ 。

4.4. PCM 和 SPI 接口

RM500U 系列目前已支持通过 PCM 接口和 SPI 外接 SLIC 设备。

表 15：PCM 接口引脚描述

引脚号	引脚名	I/O	描述
20	PCM_CLK	DIO	PCM 时钟
22	PCM_DIN	DI	PCM 数据输入
24	PCM_DOUT	DO	PCM 数据输出
28	PCM_SYNC	DIO	PCM 帧同步

表 16：SPI 接口引脚描述

引脚号	引脚名	I/O	描述
59	SPI_CS	DO	SPI 片选
60	SPI_DIN	DI	SPI 数据输入
61	SPI_CLK	DO	SPI 时钟
63	SPI_DOUT	DO	SPI 数据输出

下图为外接 SLIC 设备的 PCM 接口与 SPI 参考设计，详细设计请参考文档 [3]。

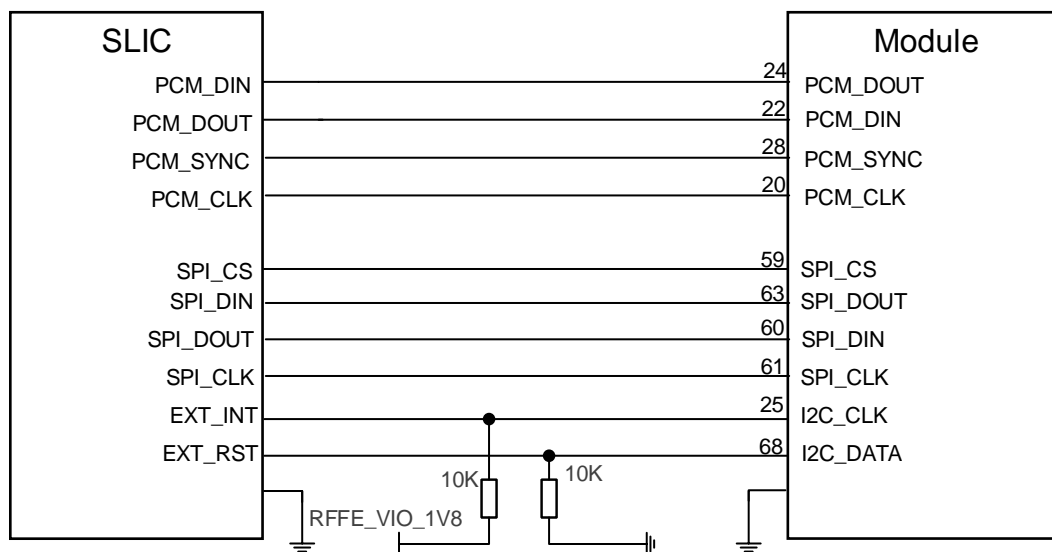


图 23: PCM 和 SPI 参考设计

备注

RM500U 系列模块在外接 SLIC 设备时需要使用到 I2C 引脚。

4.5. I2C 接口

RM500U 系列模块提供一路 I2C 接口，最大速率可达 3.4 Mbps。

表 17: I2C 接口引脚描述

引脚号	引脚名	I/O	描述	备注
25	I2C_CLK	OD	I2C 时钟	需外部上拉，不用可悬空。
68	I2C_DATA	OD	I2C 数据	

下图为 I2C 接口的参考设计。

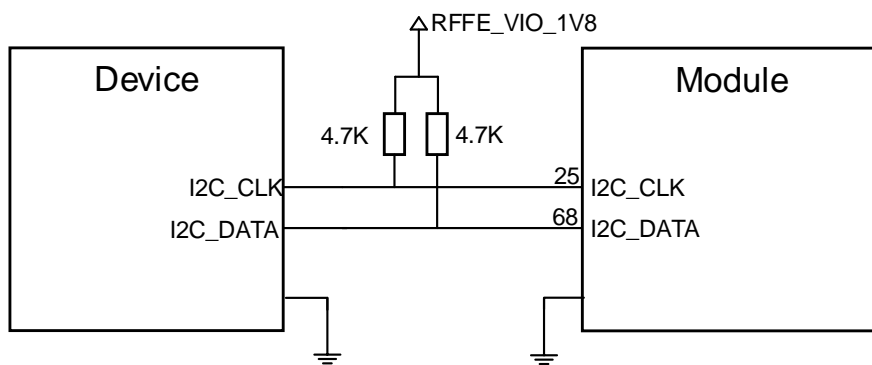


图 24: I2C 参考设计

4.6. UART 接口

RM500U 系列有一路 UART 接口，可用于数据传输和 AT 命令通信，支持默认波特率 115200 bps。

表 18: UART 接口引脚描述

引脚号	引脚名	I/O	描述
62	UART_RXD	DI	主串口接收
64	UART_TXD	DO	主串口发送

RM500U 系列模块的 UART 接口电平为 1.8 V。若客户主机系统电平为 3.3 V，则需在模块和主机的 UART 接口连接中增加电平转换器，推荐使用 TI 公司的 TXS0108EPWR。

下图为 UART 接口的参考设计。

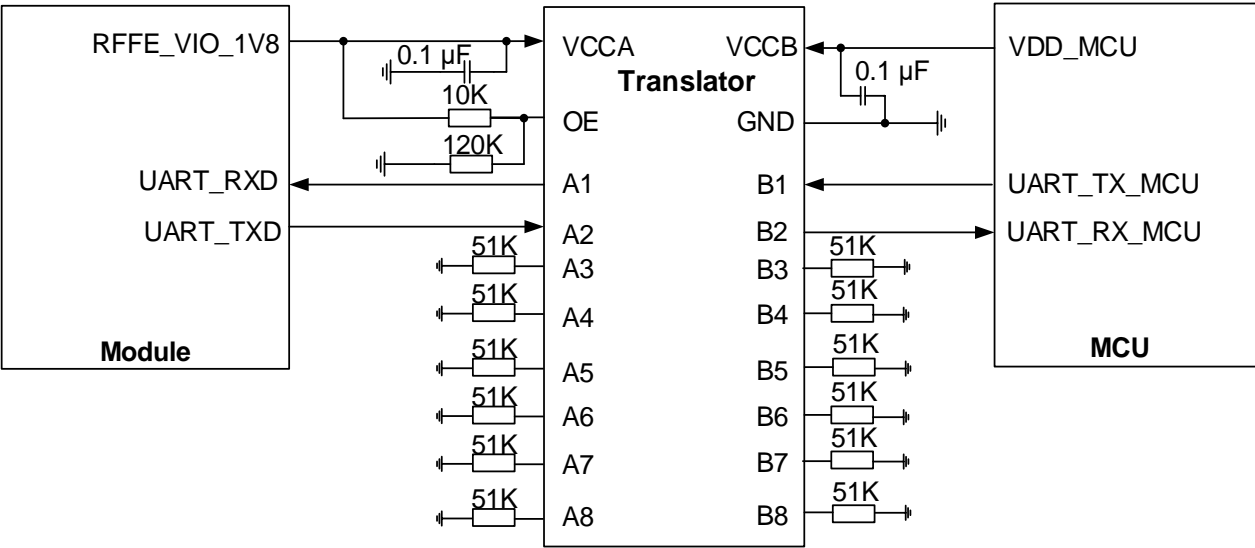


图 25: UART 接口电平转换

4.7. B_CODE_OUT

RM500U 系列提供 B 码输出接口，用于外部设备的授时。

表 19: B 码输出接口引脚描述

引脚号	引脚名	I/O	描述	备注
26	B_CODE_OUT	DO	B 码授时	B 码授时功能可选

下图为 B 码输出接口的参考设计。

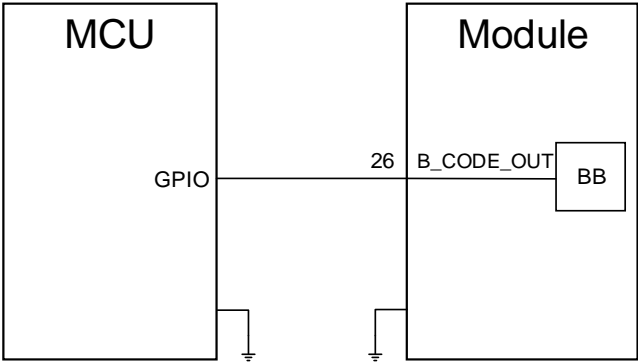


图 26: B 码输出参考设计

4.8. 控制和状态指示接口

表 20：控制和状态指示接口

引脚号	引脚名	I/O	描述	备注
8	W_DISABLE1#	DI、OD	飞行模式控制	模块内部已上拉至 1.8 V，低电平有效。
10	WWAN_LED#	OD	射频状态指示灯	
23	WAKE_ON_WAN#	OD	唤醒主机	唤醒主机时，始终处于低电平。
38	WAKEUP_IN	DI	睡眠唤醒控制	模块内部 100 kΩ 电阻上拉 1.8 V。

4.8.1. W_DISABLE1#

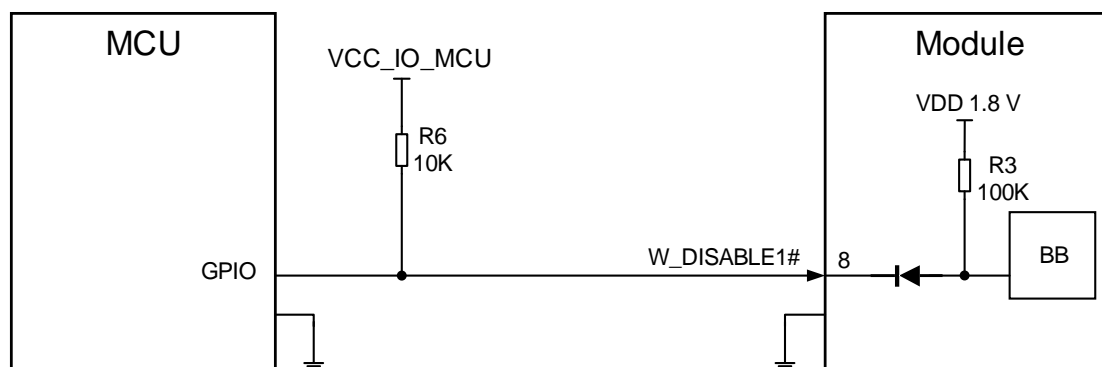
通过 W_DISABLE1#引脚可控制模块开启或关闭飞行模式。W_DISABLE1#在模块内部默认已上拉至 1.8 V，兼容 1.8 V 和 3.3 V 两种电压域。该引脚低电平有效，拉低该引脚可将模块设置为飞行模式。在飞行模式下，射频功能将被关闭。

RM500U 系列也可通过 AT 命令开启或关闭射频功能。有关 **AT+CFUN** 详情，请参考文档 [2]。

表 21：射频功能状态

电平状态	AT 命令	射频功能	工作模式
高电平	AT+CFUN=1	开启	全功能模式
	AT+CFUN=0	关闭	最小功能模式
	AT+CFUN=4	关闭	飞行模式
低电平	AT+CFUN=0	关闭	飞行模式
	AT+CFUN=1		
	AT+CFUN=4		

W_DISABLE1#引脚的参考设计如下图所示。该引脚内部上拉至 1.8 V。MCU 的控制信号（GPIO）可以是 1.8 V 或 3.3 V。W_DISABLE1#引脚低电平有效。



注：VCC_IO_MCU的典型电压值可为1.8 V或3.3 V。

图 27: W_DISABLE1#参考电路图

4.8.2. WWAN_LED#

WWAN_LED#用于指示模块的射频工作状态，该引脚灌电流最大为 27 mA。

如下图所示，为避免该引脚在过流状态下工作，须在 LED 通路上串联一个限流电阻。

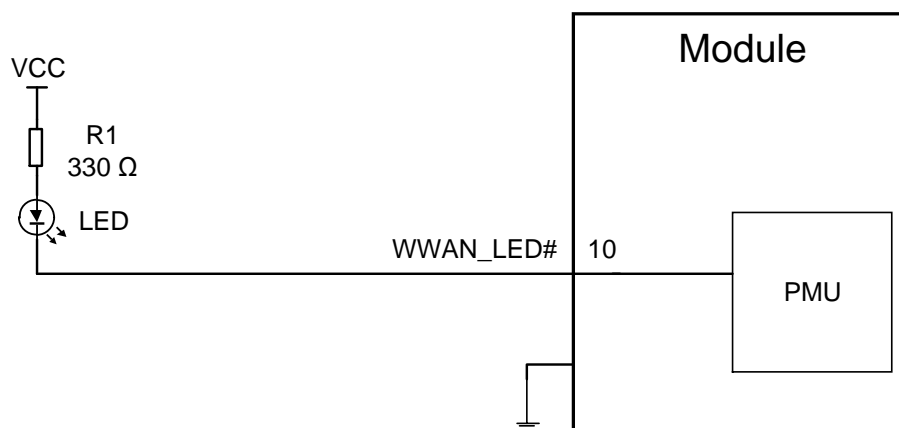


图 28: WWAN_LED#参考电路图

表 22: WWAN_LED#射频状态指示

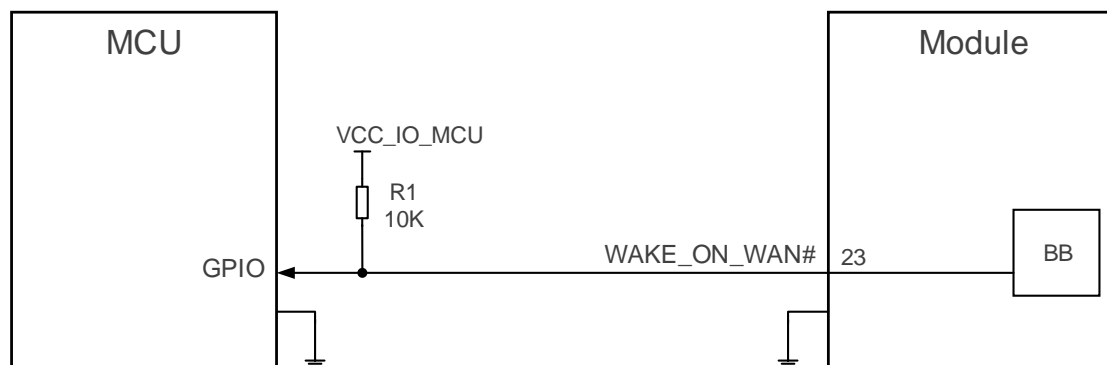
WWAN_LED#逻辑电平	描述
低电平（指示灯亮）	射频功能开启
高电平（指示灯灭）	<p>如下条件满足任一条，射频功能将关闭：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● (U)SIM 卡未供电或(U)SIM 卡未嵌入卡座 ● W_DISABLE1#为低电平或 AT+CFUN=4（开启飞行模式） ● AT+CFUN=0（关闭射频功能）

4.8.3. WAKE_ON_WAN#

WAKE_ON_WAN#是一个漏极开路形式的输出信号，主机端须添加一个上拉电阻。

表 23: WAKE_ON_WAN#信号状态

WAKE_ON_WAN#状态	模块运行状态
始终处于低电平	正常状态
始终处于高电平	睡眠状态



注：由于WAKE_ON_WAN#为漏极开路，故VCC_IO_MCU的电压值由MCU端决定。

图29: WAKE_ON_WAN#参考电路图

4.9. 配置引脚

配置引脚用于辅助主机识别模块是否插入及识别模块类型。RM500U 系列提供了四个配置引脚，定义如下表。

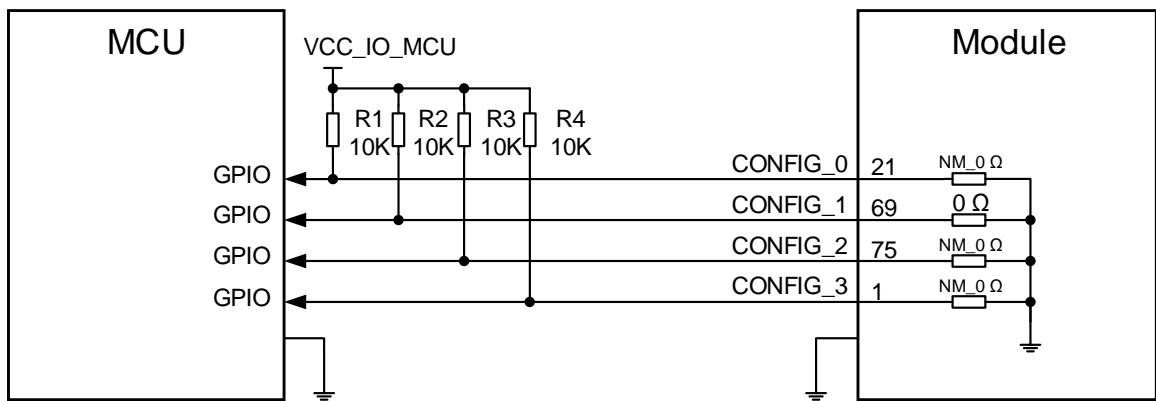
表 24：M.2 规范的配置引脚列表

CONFIG_0 (21 号引脚)	CONFIG_1 (69 号引脚)	CONFIG_2 (75 号引脚)	CONFIG_3 (1 号引脚)	模块类型和主机接口	端口配置
NC	GND	NC	NC	WWAN-PCIe USB 3.0	2 (由移远通信定义)

表 25：CONFIG 配置引脚

引脚号	引脚名	I/O	描述
21	CONFIG_0	DO	模块内部悬空
69	CONFIG_1	DO	模块内部接地
75	CONFIG_2	DO	模块内部悬空
1	CONFIG_3	DO	模块内部悬空

下图为这四个配置引脚的参考电路。



注：VCC_IO_MCU 的电压值由 MCU 端决定，可以为 1.8 V 或者 3.3 V。

图 30：CONFIG 引脚参考电路图

5 射频特性

RM500U 系列提供四个天线接口：ANT0、ANT1、ANT2 和 ANT3，天线端口的阻抗为 50 Ω 。

请根据具体的项目情况选择合适的天线类型与设计方案，并调整天线参数。在终端产品量产前，需对射频设计进行全面的性能测试。本章节的全部内容仅作参考，在设计目标产品时仍需进行独立分析、评估和判断。

5.1. 天线接口

5.1.1. 蜂窝天线接口

表 26: RM500U-CNV 天线接口引脚定义

引脚名	I/O	描述	备注
ANT0	AIO	天线 0 接口： - 5G NR: n1/n3/n5/n8/n28A TRX & n77/n78/n79 TX1 & n41 TRX1 & n77/n78/n79 DRX0 - LTE & WCDMA: LMHB TRX	
ANT1	AIO	天线 1 接口： - 5G NR: n1/n28A/n41 DRX1 & n77/n78/n79 PRX1	50 Ω 特性阻抗
ANT2	AIO	天线 2 接口： - 5G NR: n1/n28 PRX1 & n41/n77/n78/n79 TRX	
ANT3	AIO	天线 3 接口： - 5G NR: n1/n3/n5/n8/n28A/n41 DRX & n77/n78/n79 DRX1 - LTE & WCDMA: LMHB DRX	

表 27: RM500U-EA 天线接口引脚定义

引脚名	I/O	描述	备注
ANT0	AIO	天线 0 接口: - 5G NR: n5/n8/n20 TRX & n38/n40/n41/n77/n78 TRX1 & n1/n3/n7/n28/n66 PRX MIMO - LTE & WCDMA: LMHB TRX	
ANT1	AIO	天线 1 接口: - 5G NR: n1/n3/n7/n28/n38/n40/n41/n66/n77/n78 DRX	50 Ω 特性阻抗
ANT2	AIO	天线 2 接口: - 5G NR: n5/n8/n20 DRX & n1/n3/n7/n28/n38/n40/n41/n66/n77/n78 DRX MIMO - LTE & WCDMA: LMHB DRX	
ANT3	AIO	天线 3 接口: - 5G NR: n1/n3/n7/n28/n38/n40/n41/n66/n77/n78 TRX	

5.1.2. 蜂窝天线分布表

表 28: RM500U-CN V 蜂窝天线分布表

天线	WCDMA &	5G NR				LB (MHz)	MHB (MHz)	n77/n78 (MHz)	n79 (MHz)
	LTE	n1/n28A	n3/n5/ n8	n41	n77/n78/ n79				
ANT0	LMHB TRX	TRX	TRX	TRX1	TX1 & DRX0	703~960	1710~2690	3300~4200	4400~5000
ANT1	-	DRX MIMO	-	DRX MIMO	PRX MIMO	758-960	2110~2690	3300~4200	4400~5000
ANT2	-	PRX MIMO	-	TRX0	TRX0	758-960	2110~2690	3300~4200	4400~5000
ANT3	LMHB DRX	DRX	DRX	DRX0	DRX MIMO	758~960	1805~2690	3300~4200	4400~5000

表 29: RM500U-EA 蜂窝天线分布表

天线	WCDMA & LTE	5G NR					LB (MHz)	MHB (MHz)	n77/n78 (MHz)
		n1/n3/n7/ n28/n66	n5/n8/ n20	n38/n40n41	n71	n77/ n78			
ANT0	LMHB TRX	PRX MIMO	TRX	TRX1	-	TRX1	703~960	1710~2690	3300~4200
ANT1	-	DRX	-	DRX	DRX	DRX	617~960	1805~2690	3300~4200
ANT2	LMHB DRX	DRX MIMO	DRX	DRX MIMO	-	DRX MIMO	758~960	1805~2690	3300~4200
ANT3	-	TRX	-	TRX0	TRX	TRX0	663~960	1710~2690	3300~4200

5.1.3. 工作频段

表 30: RM500U-CN 蜂窝网络工作频段

频段名称	发射频率 (MHz)	接收频率 (MHz)	LTE-FDD	LTE-TDD	UMTS	5G NR
B1	1920~1980	2110~2170	B1	-	B1	n1
B3	1710~1785	1805~1880	B3	-	-	n3
B5	824~849	869~894	B5	-	B5	n5
B8	880~915	925~960	B8	-	B8	n8
B28A	703~733	758~788	-	-	-	n28A
B34	2010~2025	2010~2025	-	B34	-	-
B38	2570~2620	2570~2620	-	B38	-	-
B39	1880~1920	1880~1920	-	B39	-	-
B40	2300~2400	2300~2400	-	B40	-	-
B41	2496~2690	2496~2690	-	B41	-	n41
n77	3300~4200	3300~4200	-	-	-	n77
n78	3300~3800	3300~3800	-	-	-	n78
n79	4400~5000	4400~5000	-	-	-	n79

表 31: RM500U-EA 蜂窝网络工作频段

频段名称	发射频率 (MHz)	接收频率 (MHz)	LTE-FDD	LTE-TDD	UMTS	5G NR
B1	1920~1980	2110~2170	B1	-	B1	n1
B2	1850~1910	1930~1990	B2	-	B2	-
B3	1710~1785	1805~1880	B3	-	-	n3
B4	1710~1755	2110~2155	B4	-	-	-
B5	824~849	869~894	B5	-	B5	n5

B7	2500~2570	2620~2690	B7	-	-	n7
B8	880~915	925~960	B8	-	B8	n8
B20	832~862	791~821	B20	-	-	n20
B28	703~748	758~803	B28	-	-	n28
B38	2570~2620	2570~2620	-	B38	-	n38
B40	2300~2400	2300~2400	-	B40	-	n40
B41	2496~2690	2496~2690	-	B41	-	n41
B66	1710~1780	2110~2180	B66	-	-	n66
n77	3300~4200	3300~4200	-	-	-	n77
n78	3300~3800	3300~3800	-	-	-	n78

5.1.4. 接收灵敏度

表 32: RM500U-CNV 接收灵敏度

频段	接收灵敏度（典型值）			3GPP (SIMO)
	主集	分集	SIMO ⁷	
WCDMA B1	-108.4	-110.1	-112.1	-106.7 dBm
WCDMA B5	-108.3	-111.1	-113.1	-104.7 dBm
WCDMA B8	-108.3	-109.5	-112.1	-103.7 dBm
LTE-FDD B1 (10 MHz)	-96.5	-98.0	-100.3	-96.3 dBm
LTE-FDD B3 (10 MHz)	-97.9	-98.2	-101.1	-93.3 dBm
LTE-FDD B5 (10 MHz)	-96.8	-99.3	-101.2	-94.3 dBm
LTE-FDD B8 (10 MHz)	-97.1	-97.7	-100.5	-93.3 dBm
LTE-TDD B34 (10 MHz)	-97.3	-97.3	-100.2	-96.3 dBm
LTE-TDD B38 (10 MHz)	-95.8	-98.0	-100.1	-96.3 dBm

⁷ 对于 SIMO 接收灵敏度，WCDMA、LTE 频段、5G 频段在最多天线条件下测试得到。

LTE-TDD B39 (10 MHz)	-97.9	-97.5	-100.5	-96.3 dBm
LTE-TDD B40 (10 MHz)	-95.8	-96.3	-98.1	-96.3 dBm
LTE-TDD B41 (10 MHz)	-95.2	-97.3	-99.5	-94.3 dBm
5G NR FDD n1 (20 MHz)	-92.5	-96.4	-99.5	-95.8 dBm
5G NR FDD n3 (20 MHz)	-93.2	-95.9	-97.7	-92.8 dBm
5G NR FDD n5 (20MHz)	-92.2	-95.2	-95.8	-90.1 dBm
5G NR FDD n8 (20 MHz)	-93.1	-94.9	-97.0	-89.3 dBm
5G NR FDD n28A (20 MHz)	-93.1	-95.5	-100.0	-90.1 dBm
5G NR TDD n41 (100 MHz)	-86.6	-87.9	-91.8	-86.7 dBm
5G NR TDD n77 (100 MHz)	-87.6	-88.0	-92.9	-86.8 dBm
5G NR TDD n78 (100 MHz)	-88.1	-88.1	-93.0	-86.8 dBm
5G NR TDD n79 (100 MHz)	-87.2	-88.9	-92.5	-86.8 dBm

表 33: RM500U-EA 接收灵敏度

频段	接收灵敏度（典型值）			3GPP (SIMO)
	主集	分集	SIMO ⁷	
WCDMA B1	-109.7	-109.1	-112.2	-106.7 dBm
WCDMA B2	-108.8	-107.7	-111.0	-104.7 dBm
WCDMA B5	-108.7	-110.1	-112.6	-104.7 dBm
WCDMA B8	-107.3	-110.0	-112.1	-103.7 dBm
LTE-FDD B1 (10 MHz)	-97.4	-97.0	-100.3	-96.3 dBm
LTE-FDD B2 (10 MHz)	-97.3	-97.1	-100.2	-94.3 dBm
LTE-FDD B3 (10 MHz)	-98.6	-97.4	-100.9	-93.3 dBm
LTE-FDD B4 (10 MHz)	-96.9	-96.0	-99.4	-96.3 dBm
LTE-FDD B5 (10 MHz)	-97.1	-98.5	-100.8	-94.3 dBm

LTE-FDD B7 (10 MHz)	-95.4	-97.1	-99.3	-94.3 dBm
LTE-FDD B8 (10 MHz)	-95.7	-98.4	-100.2	-93.3 dBm
LTE-FDD B20 (10 MHz)	-97.3	-98.5	-100.8	-93.3 dBm
LTE-FDD B28 (10 MHz)	-96.6	-98.8	-100.7	-94.8 dBm
LTE-FDD B66 (10 MHz)	-96.5	-95.8	-99.1	-95.8 dBm
LTE-TDD B38 (10 MHz)	-95.9	-97.2	-99.5	-96.3 dBm
LTE-TDD B40 (10 MHz)	-96.5	-96.5	-99.2	-96.3 dBm
LTE-TDD B41 (10 MHz)	-95.7	-96.8	-99.1	-94.3 dBm
5G NR FDD n1 (20 MHz)	-92.7	-94	-98.8	-95.8 dBm
5G NR FDD n3 (20 MHz)	-92.5	-95.8	-99.5	-92.8 dBm
5G NR FDD n5 (20MHz)	-92.4	-93.6	-95.9	-90.1 dBm
5G NR FDD n7 (20 MHz)	-90.5	-94.7	-98.4	-93.8 dBm
5G NR FDD n8 (20 MHz)	-92.1	-94.7	-96.0	-89.3 dBm
5G NR FDD n20 (20 MHz)	-91.7	-95.0	-95.8	-89.1 dBm
5G NR FDD n28 (20 MHz)	-92.9	-94.5	-98.3	-90.1 dBm
5G NR TDD n38 (40 MHz)	-88.8	-92.6	-96.2	-92.7 dBm
5G NR TDD n40 (80 MHz)	-86.6	-89.9	-93.1	-89.6 dBm
5G NR TDD n41 (100 MHz)	-84.8	-88.3	-91.7	-86.7 dBm
5G NR FDD n66 (20 MHz)	-92.9	-93.9	-98.5	-91.7 dBm
5G NR TDD n77 (100 MHz)	-85.9	-87.9	-92.4	-86.8 dBm
5G NR TDD n78 (100 MHz)	-84.8	-88.3	-91.7	-86.8 dBm

5.1.5. 发射功率

表 34: RM500U-CN 射频输出功率

模式	频段	发射功率最大值	发射功率最小值
WCDMA	B1/B5/B8	23 dBm \pm 2 dB (Class 3)	< -50 dBm
LTE	B1/B3/B5/B8/B34/B38/B39/B40/B41	23 dBm \pm 2 dB (Class 3)	< -40 dBm
5G NR	n1/n3/n5/n8/n41	23 dBm \pm 2 dB (Class 3)	< -40 dBm ⁸
	n28A	23 dBm +2/-2.5 dB (Class 3)	
	n77/n78/n79	23 dBm +2/-3 dB (Class 3)	
	n41/n77/n78/n79 HPUE	26 dBm +2/-3 dB (Class 2)	

表 35: RM500U-EA 射频输出功率

模式	频段	发射功率最大值	发射功率最小值
WCDMA	B1/B2/B5/B8	23 dBm \pm 2 dB (Class 3)	< -50 dBm
LTE	B1/B2/B3/B4/B5/B7/B8/B20/B28/B38/B40/B41/B66	23 dBm \pm 2 dB (Class 3)	< -40 dBm
5G NR	n1/n3/n5/n7/n8/n20/n38/n40/n41/n66	23 dBm \pm 2 dB (Class 3)	< -40 dBm ⁸
	n28	23 dBm +2/-2.5 dB (Class 3)	
	n77/n78	23 dBm +2/-3 dB (Class 3)	
	n41/n77/n78 HPUE	26 dBm +2/-3 dB (Class 2)	

5.2. 射频连接器

5.2.1. 射频连接器位置

RM500U 系列有四个射频连接器：ANT0、ANT1、ANT2 和 ANT3，位置如下图所示：

⁸ 对于 5G NR TDD 频段，此要求的标准参考为 3GPP TS 38.101-1 [2]第 6.3.1 条款。



图 31：射频连接器位置图

备注

1. 上图仅供参考，实际的产品外观和标签信息，请参照移远通信的模块实物。
2. 建议天线与模块的直线距离大于 15 mm 以实现更优的整机无线性能。

5.2.2. 射频连接器尺寸

RM500U 系列配有标准的 2 mm × 2 mm 射频连接器（天线座），其尺寸如下图所示：

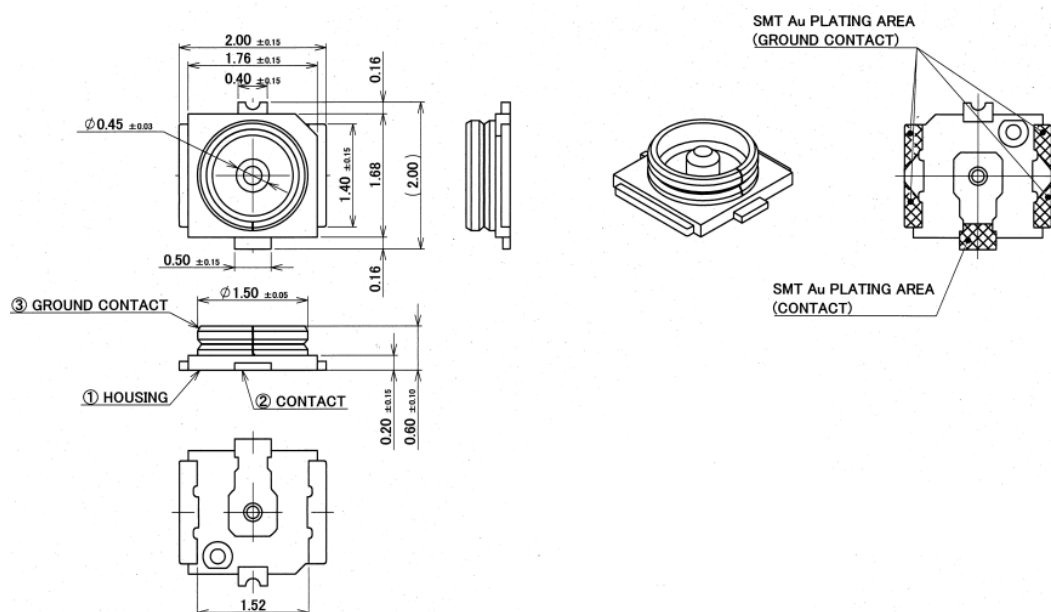


图 32：天线座尺寸（单位：mm）

表 36: 天线座主要特性

参数	规范
标称频率范围	DC~6 GHz
标称阻抗	50 Ω
温度范围	-40 ~ +85 °C
电压驻波比 (VSWR)	最大 1.3 (DC~3 GHz) 最大 1.45 (3~6 GHz)

5.2.3. 天线连接器安装

与模块天线座进行连接的射频插头支持两种规格，最大高度为 1.2 mm，直径为 0.81 mm 的同轴电缆或者最大高度为 1.45 mm，直径为 1.13 mm 的同轴线缆。

下图展示了直径为 0.81 mm 的同轴线缆匹配的插头规格：

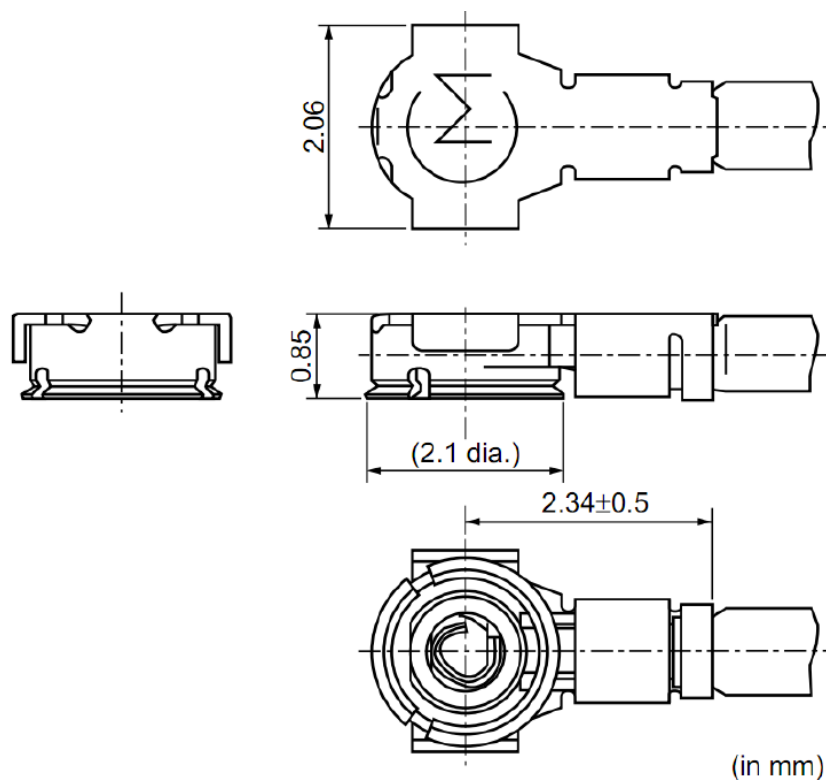


图 33: 直径为 0.81 mm 同轴线缆匹配的插头规格

下图展示了天线座和直径 0.81 mm 同轴线缆的插头之间的连接：

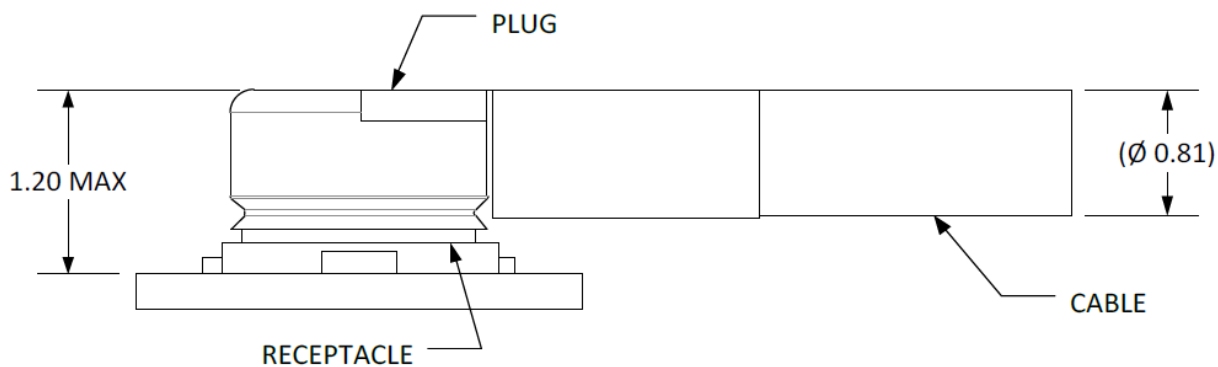


图 34: 直径为 0.81 mm 同轴线缆的插头和天线座之间的连接

下图展示了天线座和直径 1.13 mm 同轴线缆的插头之间的连接:

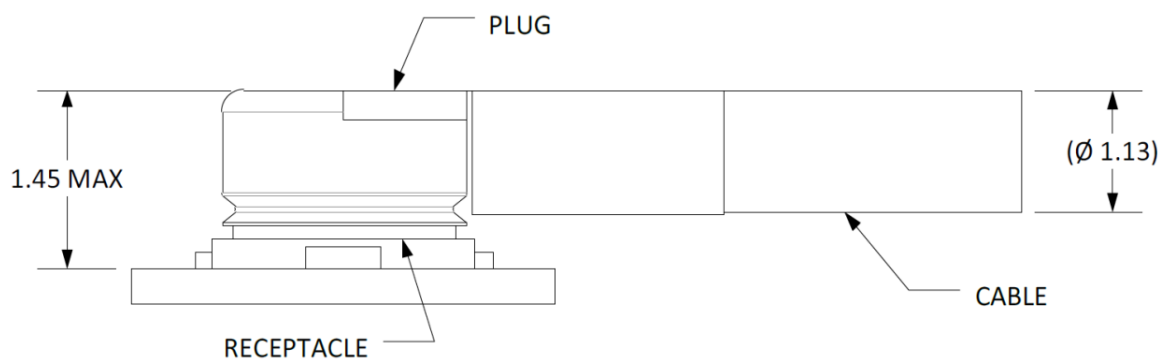


图 35: 直径为 1.13 mm 同轴线缆的插头和天线座之间的连接

5.2.4. 射频连接器装配推荐

5.2.4.1. 手动插拔同轴电缆插头

手动插入同轴电缆插头示意图如下， θ 须为 90° 。

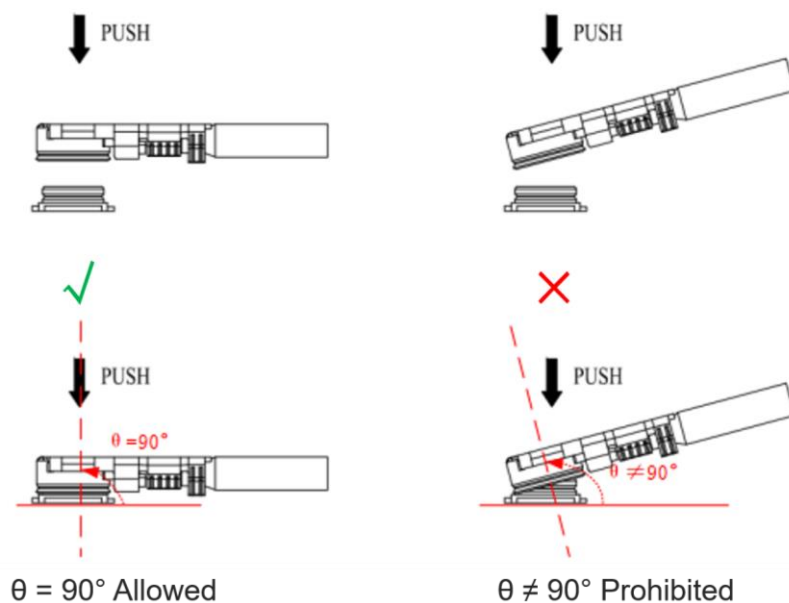


图 36：插入同轴电缆插头示意图

手动拔出同轴电缆插头示意图如下， θ 须为 90° 。

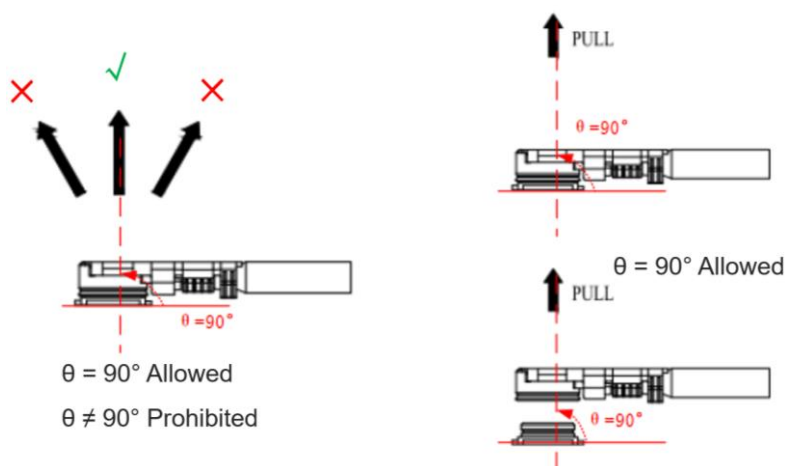


图 37：拔出同轴电缆插头示意图

5.2.4.2. 治具插拔同轴电缆插头

治具插拔同轴电缆插头示意图如下， θ 须为 90° 。

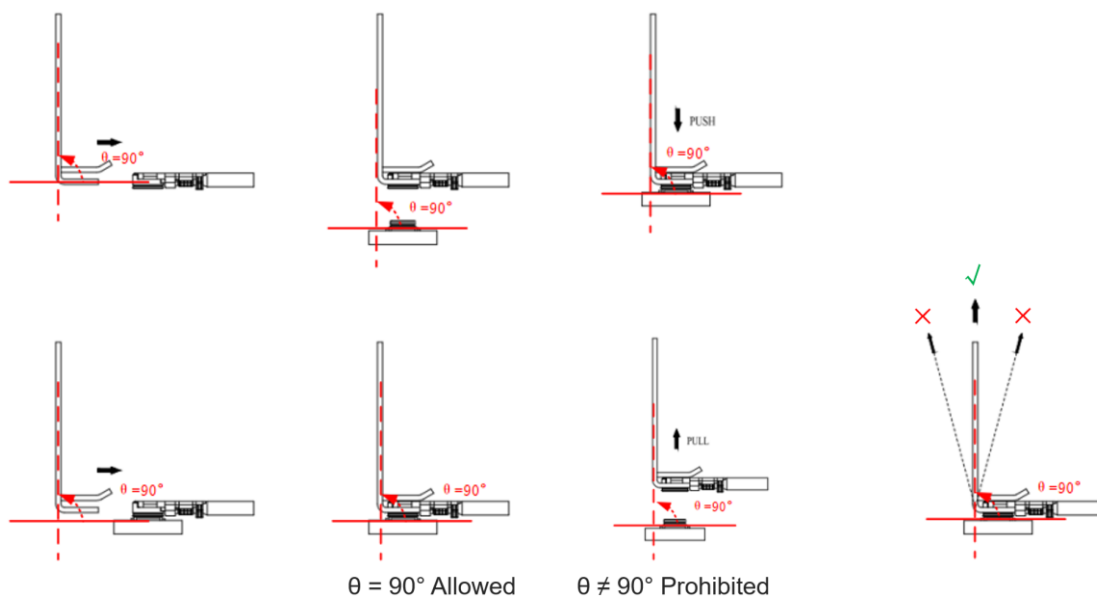


图 38: 治具插拔同轴电缆插头示意图

5.2.5. 射频连接器和连接线厂家推荐

推荐使用 I-PEX MHF® 4 系列的射频插头和同轴电缆。更多细节, 请访问 <https://www.i-pex.com>。

5.3. 天线设计要求

表 37: 天线设计要求

类型	要求
蜂窝	<ul style="list-style-type: none"> ● VSWR: ≤ 2 ● 效率: $> 30\%$ ● 最大输入功率: 50 W ● 输入阻抗: $50\ \Omega$ ● 线缆插入损耗: <ul style="list-style-type: none"> < 1 dB: LB ($< 1\text{ GHz}$) < 1.5 dB: MB ($1\sim 2.3\text{ GHz}$) < 2 dB: HB ($> 2.3\text{ GHz}$)

6 电气性能和可靠性

6.1. 电源额定值

RM500U 系列的典型输入电压为 3.7 V。下表为模块电源额定值。

表 38: 电源额定值

参数	描述	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VCC	模块主电源	实际输入电压 必须在该范围 之内。	3.3	3.7	4.4	V
电源纹波			-	30	100	mV

6.2. 功耗

表 39: RM500U-CNV 功耗

描述	条件	典型值	单位
关机模式	模块关机	78	μA
睡眠模式	AT+CFUN=0 (USB 断开)	5.1	mA
空闲模式	SA PF = 64 (USB 断开)	48	mA
WCDMA 最大 发射功率	WCDMA B1 HSDPA CH9613 @ 22.77 dBm	714	mA
	WCDMA B1 HSUPA CH9613 @ 20.49 dBm	611	mA
	WCDMA B5 HSDPA CH4175 @ 22.55 dBm	645	mA
	WCDMA B5 HSUPA CH4175 @ 20.07 dBm	548	mA

LTE 最大发射功率	WCDMA B8 HSDPA CH2788 @ 22.89 dBm	664	mA
	WCDMA B8 HSUPA CH2788 @ 20.13 dBm	549	mA
	LTE-FDD B1 CH300 @ 23.37 dBm	945	mA
	LTE-FDD B3 CH1575 @ 23.50 dBm	883	mA
	LTE-FDD B5 CH2525 @ 23.44 dBm	733	mA
	LTE-FDD B8 CH3625 @ 23.13 dBm	720	mA
	LTE-TDD B34 CH36275 @ 23.53 dBm	505	mA
	LTE-TDD B38 CH38000 @ 22.75 dBm	599	mA
	LTE-TDD B39 CH38450 @ 23.76 dBm	484	mA
	LTE-TDD B40 CH39150 @ 23.21 dBm	575	mA
	LTE-TDD B41 CH40620 @ 22.84 dBm	594	mA
	5G NR-FDD n1 CH427000 @ 23.30 dBm	1165	mA
	5G NR-FDD n1 CH428000 @ 22.95 dBm	1133	mA
	5G NR-FDD n1 CH429000 @ 23.19dBm	1140	mA
	5G NR-FDD n3 CH364000 @ 22.58 dBm	1045	mA
	5G NR-FDD n3 CH368500 @ 22.76 dBm	1033	mA
	5G NR-FDD n3 CH373000 @ 22.68 dBm	1038	mA
	5G NR FDD n5 CH175800 @ 22.13 dBm	995	mA
	5G NR FDD n5 CH176300 @ 21.85 dBm	982	mA
	5G NR FDD n5 CH176800 @ 22.13 dBm	996	mA
5G NR 最大发射功率	5G NR-FDD n8 CH187000 @ 21.88 dBm	940	mA
	5G NR-FDD n8 CH188500 @ 22.04 dBm	989	mA
	5G NR-FDD n8 CH190000 @ 21.90 dBm	960	mA
	5G NR-FDD n28A CH154600 @ 23.10 dBm	1092	mA
	5G NR-TDD n41 CH509202 @ 26.16 dBm	763	mA
	5G NR-TDD n41 CH518598 @ 26.11 dBm	760	mA

	5G NR-TDD n41 CH528000 @ 26.13 dBm	763	mA
	5G NR-TDD n77 CH623334 @ 26.72 dBm	752	mA
	5G NR-TDD n77 CH650000 @ 26.45 dBm	794	mA
	5G NR-TDD n77 CH676666 @ 26.19 dBm	779	mA
	5G NR-TDD n78 CH623334 @ 26.77 dBm	727	mA
	5G NR-TDD n78 CH636666 @ 26.20 dBm	756	mA
	5G NR-TDD n78 CH650000 @ 26.33 dBm	765	mA
	5G NR-TDD n79 CH696668 @ 26.00 dBm	805	mA
	5G NR-TDD n79 CH713334 @ 25.57 dBm	798	mA
	5G NR-TDD n79 CH730000 @ 25.79 dBm	786	mA
WCDMA 语音 通话	WCDMA B1 CH10700 @ 23.41 dBm	745	mA
	WCDMA B5 CH4407 @ 23.51 dBm	672	mA
	WCDMA B8 CH3012 @ 23.41 dBm	637	mA

表 40: RM500U-EA 功耗

描述	条件	典型值	单位
关机模式	模块关机	99	μA
睡眠模式	AT+CFUN=0 (USB 断开)	4.8	mA
空闲模式	SA PF = 64 (USB 断开)	34	mA
WCDMA 最大发射功率	WCDMA B1 HSDPA CH10700 @ 22.1 dBm	606	mA
	WCDMA B1 HSUPA CH10700 @ 20.2 dBm	575	mA
	WCDMA B2 HSDPA CH9800 @ 22.3 dBm	582	mA
	WCDMA B2 HSUPA CH9800 @ 20.6 dBm	507	mA
	WCDMA B5 HSDPA CH4408 @ 22.4 dBm	565	mA
	WCDMA B5 HSUPA CH4408 @ 20.3 dBm	490	mA
	WCDMA B8 HSDPA CH3012 @ 22.4 dBm	539	mA
	WCDMA B8 HSUPA CH3012 @ 20.2 dBm	498	mA
LTE 最大发射功率	LTE-FDD B1 CH300 @ 23.0 dBm	816	mA
	LTE-FDD B2 CH900 @ 23.0 dBm	640	mA

	LTE-FDD B3 CH1575 @ 23.0 dBm	739	mA
	LTE-FDD B4 CH2175 @ 23.1 dBm	782	mA
	LTE-FDD B5 CH2525 @ 23.2 dBm	680	mA
	LTE-FDD B7 CH3100 @ 23.0 dBm	1100	mA
	LTE-FDD B8 CH3625 @ 22.9 dBm	602	mA
	LTE-FDD B20 CH6300 @ 23.0 dBm	668	mA
	LTE-FDD B28 CH9460 @ 23.2 dBm	634	mA
	LTE-FDD B66 CH38000 @ 22.9 dBm	696	mA
	LTE-TDD B38 CH38000 @ 23.2 dBm	542	mA
	LTE-TDD B40 CH39150 @ 23.4 dBm	606	mA
	LTE-TDD B41 CH40620 @ 22.9 dBm	556	mA
5G NR 最大发射功率	5G NR-FDD n1 CH427000 @ 22.4 dBm	1010	mA
	5G NR-FDD n1 CH428000 @ 22.5 dBm	1025	mA
	5G NR-FDD n1 CH429000 @ 22.6 dBm	1044	mA
	5G NR-FDD n3 CH364000 @ 23.6 dBm	982	mA
	5G NR-FDD n3 CH368500 @ 23.3 dBm	1003	mA
	5G NR-FDD n3 CH373000 @ 23.6 dBm	1005	mA
	5G NR FDD n5 CH175800 @ 23.3 dBm	875	mA
	5G NR FDD n5 CH176300 @ 23.3 dBm	856	mA
	5G NR FDD n5 CH176800 @ 23.1 dBm	854	mA
	5G NR-FDD n7 CH526000 @ 23.0 dBm	1117	mA
	5G NR-FDD n7 CH531000 @ 23.2dBm	1114	mA
	5G NR-FDD n7 CH536000 @ 23.4 dBm	1176	mA
	5G NR-FDD n8 CH187000 @ 23.1 dBm	867	mA
	5G NR-FDD n8 CH188500 @ 23.0 dBm	863	mA
	5G NR-FDD n8 CH190000 @ 23.1 dBm	894	mA
	5G NR-FDD n20 CH160200 @ 22.9 dBm	856	mA
	5G NR-FDD n20 CH161200 @ 22.7 dBm	834	mA
	5G NR-FDD n20 CH162200 @ 22.5 dBm	846	mA
	5G NR-FDD n28 CH153600 @ 24.0 dBm	963	mA
	5G NR-FDD n28 CH156600 @ 23.5 dBm	965	mA
	5G NR-FDD n28 CH158600 @ 23.5 dBm	994	mA

	5G NR-FDD n38 CH518000 @ 23.2 dBm	560	mA
	5G NR-FDD n38 CH519000 @ 23.2 dBm	555	mA
	5G NR-FDD n38 CH522000 @ 23.0 dBm	550	mA
	5G NR-FDD n40 CH468000 @ 23.4 dBm	596	mA
	5G NR-FDD n40 CH470000 @ 23.5 dBm	600	mA
	5G NR-FDD n40 CH472000 @ 23.8 dBm	603	mA
	5G NR-TDD n41 CH509202 @ 25.1 dBm	706	mA
	5G NR-TDD n41 CH518598 @ 25.1 dBm	685	mA
	5G NR-TDD n41 CH528000 @ 25.2 dBm	677	mA
	5G NR-FDD n66 CH426000 @ 23.8 dBm	998	mA
	5G NR-FDD n66 CH429000 @ 23.5 dBm	1012	mA
	5G NR-FDD n66 CH432000 @ 23.4 dBm	1026	mA
	5G NR-TDD n77 CH623334 @ 26.5 dBm	678	mA
	5G NR-TDD n77 CH650000 @ 25.7 dBm	661	mA
	5G NR-TDD n77 CH676666 @ 25.7 dBm	659	mA
	5G NR-TDD n78 CH623334 @ 26.6 dBm	673	mA
	5G NR-TDD n78 CH636666 @ 26.2 dBm	668	mA
	5G NR-TDD n78 CH650000 @ 25.9 dBm	655	mA
WCDMA 语音通话	WCDMA B1 CH10700 @ 23.2 dBm	663	mA
	WCDMA B2 CH9800 @ 23.2 dBm	617	mA
	WCDMA B5 CH4408 @ 23.2 dBm	594	mA
	WCDMA B8 CH3012 @ 23.1 dBm	563	mA

6.3. 数字逻辑电平特性

表 41: V_{pad} I/O 特性要求

参数	描述	最小值	最大值	单位
V_{IH}	输入高电压	$0.7 \times V_{\text{pad}}$	V_{pad}	V
V_{IL}	输入低电压	0	$0.3 \times V_{\text{pad}}$	V

V_{OH}	输出高电压	$0.9 \times V_{pad}$	V_{pad}	V
V_{OL}	输出低电压	0	$0.1 \times V_{pad}$	V

表 42: (U)SIM 低电压 I/O 特性要求

参数	描述	最小值	最大值	单位
USIM_VDD	电源	1.65	1.95	V
V_{IH}	输入高电压	$0.7 \times USIM_VDD$	$USIM_VDD + 0.3$	V
V_{IL}	输入低电压	-0.3	$0.2 \times USIM_VDD$	V
V_{OH}	输出高电压	$0.8 \times USIM_VDD$	$USIM_VDD$	V
V_{OL}	输出低电压	0	0.4	V

表 43: (U)SIM 高电压 I/O 特性要求

参数	描述	最小值	最大值	单位
USIM_VDD	电源	2.7	3.3	V
V_{IH}	输入高电压	$0.7 \times USIM_VDD$	$USIM_VDD + 0.3$	V
V_{IL}	输入低电压	-0.3	$0.2 \times USIM_VDD$	V
V_{OH}	输出高电压	$0.8 \times USIM_VDD$	$USIM_VDD$	V
V_{OL}	输出低电压	0	0.4	V

6.4. 静电防护

由于人体静电、微电子间带电摩擦等产生的静电会通过各种途径放电给模块，并可能对模块造成一定的损坏，因此应重视静电防护并采取合理的静电防护措施。例如：在研发、生产、组装和测试等过程中，佩戴防静电手套；设计产品时，在电路接口处和其他易受静电放电影响的点位增加防静电保护器件。

下表为模块的静电放电特性。

表 44：静电放电特性（温度：25~30 °C，湿度：40 ±5 %）

测试接口	接触放电	空气放电	单位
VCC、GND	±5	±10	kV
天线接口	±4	±8	kV
其他接口	±0.5	±1	kV

6.5. 绝对最大额定值

下表为模块电源以及数字接口引脚上电压的绝对最大额定值。

表 45：绝对最大额定值

参数	最小值	最大值	单位
VCC	-0.3	6	V
数字接口电压	-0.3	1.98	V

6.6. 工作和存储温度

表 46：工作和存储温度

参数	最小值	典型值	最大值	单位
工作温度范围 ⁹	-30	+25	+75	°C
扩展温度范围 ¹⁰	-40	-	+85	°C
存储温度范围	-40	-	+90	°C

⁹ 为满足正常工作温度范围的要求，需要增加一些散热措施，例如使用主动或被动散热器、热管和均热板等。在此工作温度范围内，模块的各项指标符合 3GPP 标准的要求。

¹⁰ 为满足扩展工作温度范围的要求，需要增加一些散热措施，例如使用主动或被动散热器、热管和均热板等。在此工作温度范围内，模块仍能保持正常工作状态，具备语音、短消息、数据传输、紧急呼叫等功能；不会出现不可恢复的故障；射频频谱、网络基本不受影响。仅个别指标如 P_{out} 等参数的值可能会降低并跌破 3GPP 标准所指定的公差。当温度返回至正常工作温度范围时，模块的各项指标仍符合 3GPP 标准的要求。

6.7. 散热设计

当模块内部 IC 芯片的工作温度超出其最大结温值时，模块性能（如射频功率、网络速率等）及功能会受到一定的影响。为使模块始终处于最佳工作状态，需最大程度优化模块散热设计，以保证模块及其内部 IC 芯片在正常温度范围内工作。如下散热措施供参考：

- PCB 主板摆件时，务必使模块远离发热源，如处理器、功率放大器、电源等大功率器件。
- 保持 PCB 铜层的完整性，且尽可能多的布置热过孔。
- PCB 主板上，建议在模块所在区域开窗露铜。
- 在模块底部与 PCB 主板之间填充柔软、厚度合适且导热系数高的导热垫片，以便部分热量可以传导至 PCB 主板。
- 如需使用散热片，需做到：
 - PCB 主板上，模块所在区域请勿布置尺寸较大的器件，以预留空间用于散热片安装；
 - 基于模块的散热方向特点，散热片应安装在模块屏蔽罩上；正常情况下，散热片尺寸应大于模块尺寸以完全覆盖模块；
 - 散热片应有足够数量的翅片以提供良好的散热能力；
 - 散热片与模块通过热界面材料相接触，尽量选择导热系数高、柔软、浸润性较好的热界面材料；
 - 散热片应由四颗螺丝锁固，使散热片与模块紧密接触，同时可防止散热片在跌落、振动测试、运输等情况下脱落。

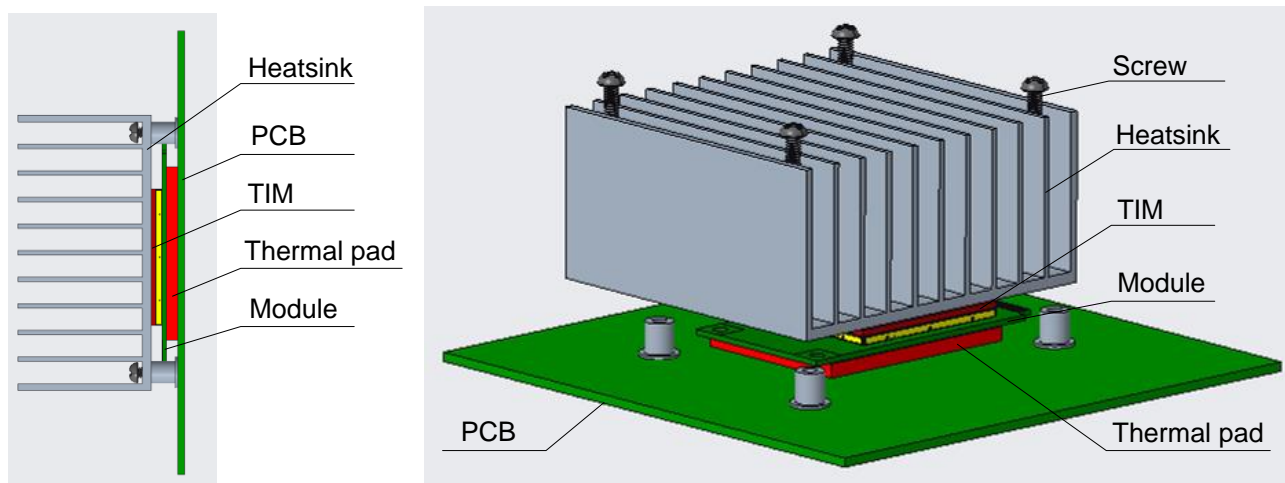


图 39：散热片安装和固定示意图

6.8. 注意事项

使用模块时，请注意以下事项。

6.8.1. 喷涂

如需对模块进行喷涂，请确保所用喷涂材料不会与模块屏蔽罩或 PCB 发生化学反应，同时确保喷涂材料不会流入模块内部。

6.8.2. 清洗

请勿对移远通信模块进行超声波清洗，否则可能会造成模块内部晶体损坏。

6.8.3. 安装

将模块插入卡槽时，请将模块安装牢固。

为避免因晃动导致模块接触不良，请牢固安装模块。建议使用螺钉固定模块，示例如下图。

推荐使用头部直径为5-5.5 mm的螺钉。

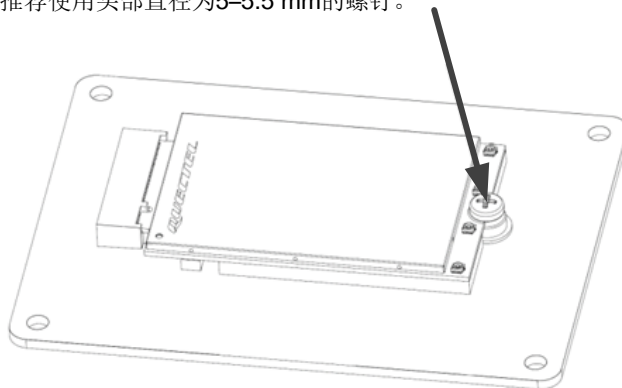
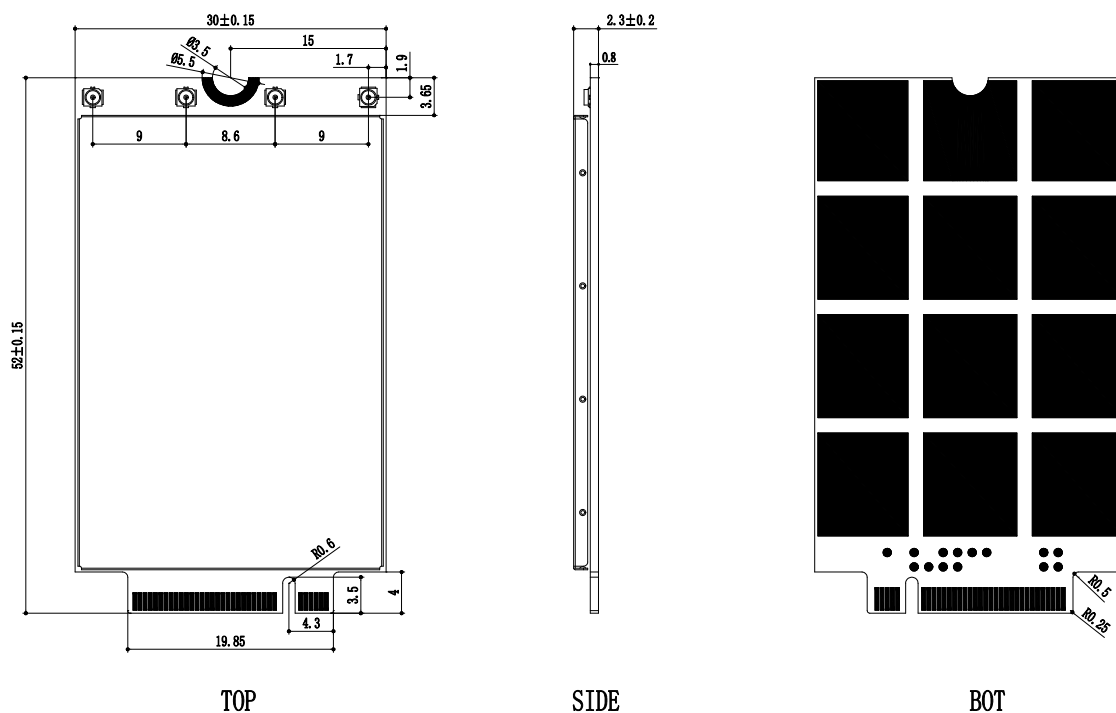


图 40：安装示意图

7 机械尺寸和包装

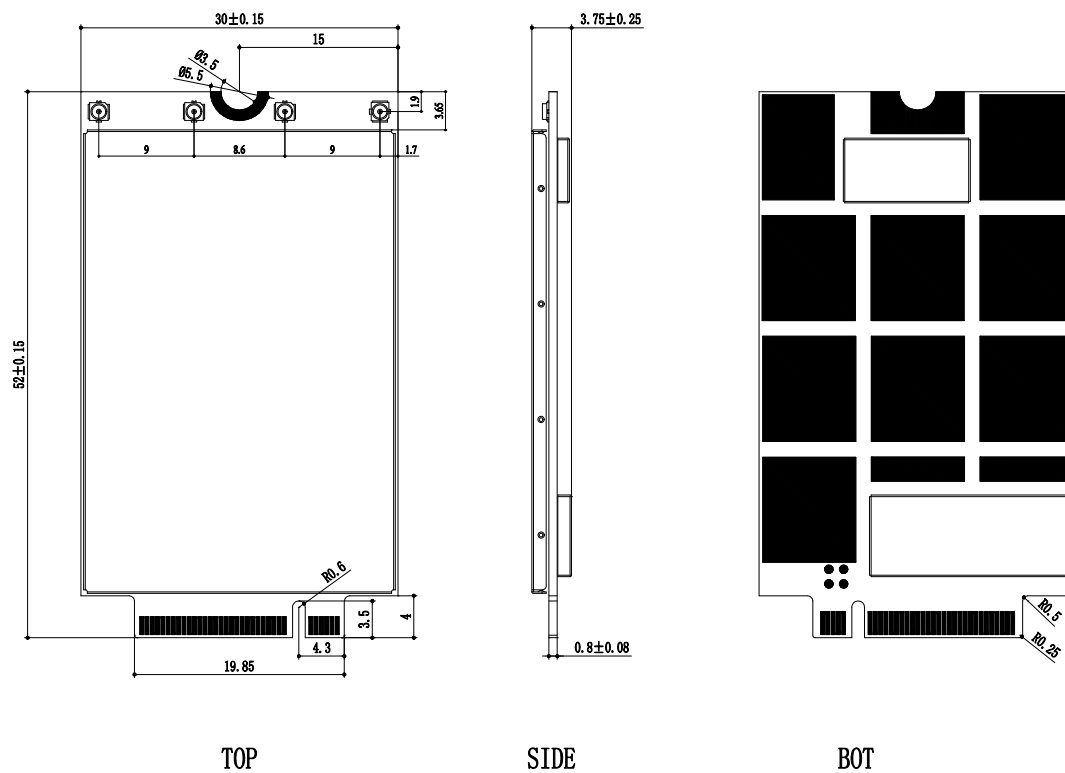
本章主要介绍 RM500U 系列模块的机械尺寸和包装规格。除非另有说明，否则所有尺寸均以毫米为单位，公差为 ± 0.15 mm。

7.1. 机械尺寸



Unlabeled tolerance: ± 0.15 mm

图 41: RM500U-CN 机械尺寸



Unlabeled tolerance: $\pm 0.15\text{mm}$

图 42: RM500U-EA 机械尺寸

7.2. 俯视图和底视图

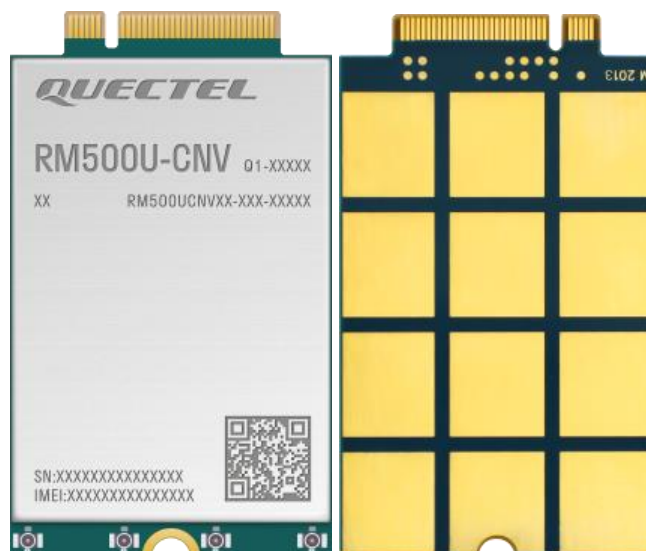


图 43: RM500U-CN 俯视图和底视图

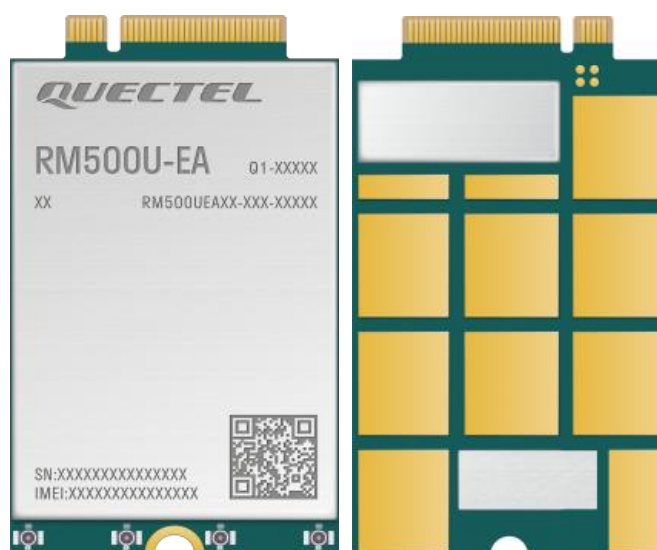


图 44: RM500U-EA 俯视图和底视图

备注

上图仅供参考，实际的产品外观和标签信息，请参照移远通信的模块实物。

7.3. M.2 连接器

RM500U 系列采用标准的 PCI Express M.2 连接器，更多信息请参考 *PCI Express M.2 Specification Revision 3.0、Version 1.2*。

备注

RM500U-EA 仅支持 H4.2 的 M.2 连接器。

7.4. 包装规格

本章节仅用于体现包装的关键参数和包装流程，所有图示仅供参考，具体包材的外观、结构以实际交货为准。

此模块采用吸塑盘包装，具体方案如下：

7.4.1. 吸塑盘

吸塑盘的尺寸图如下：

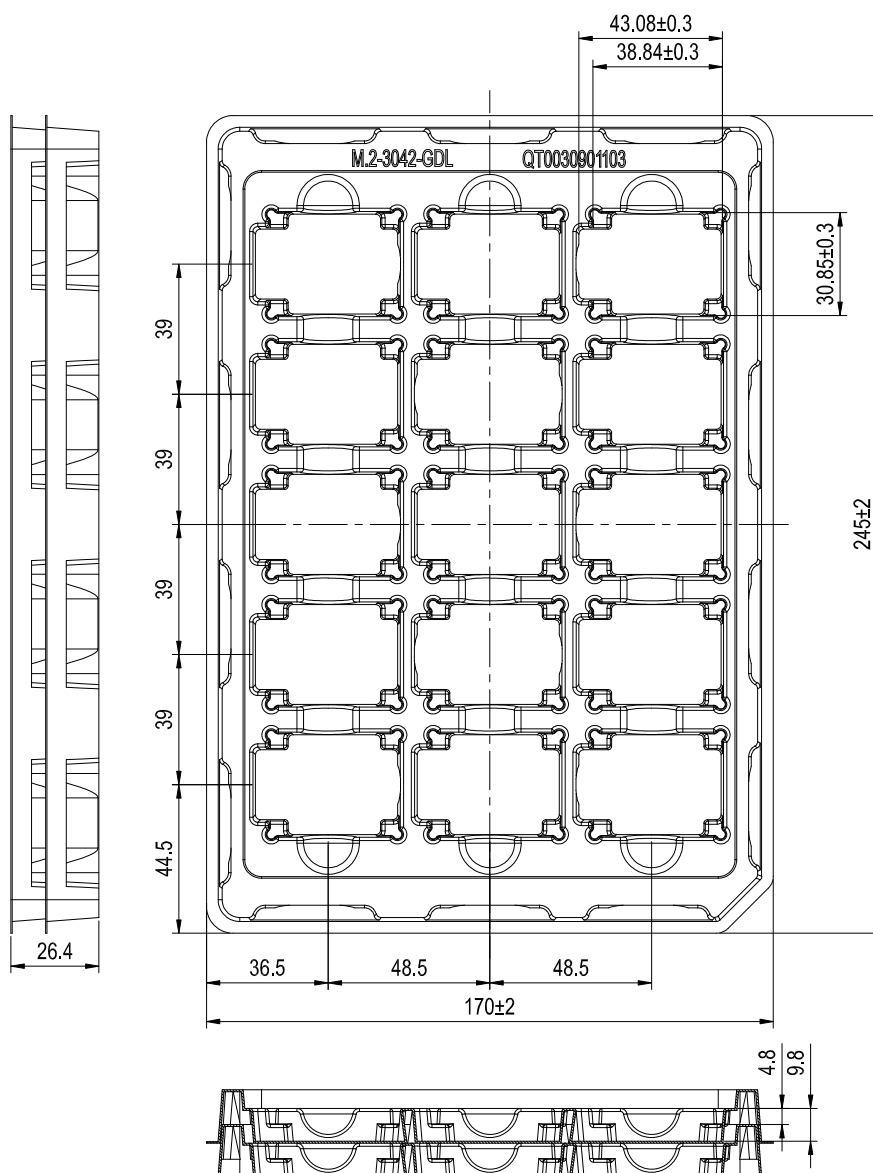
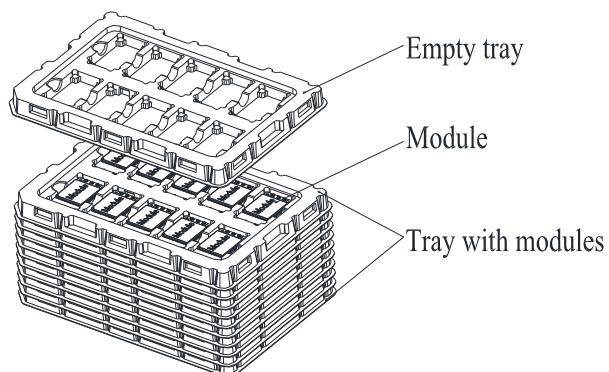


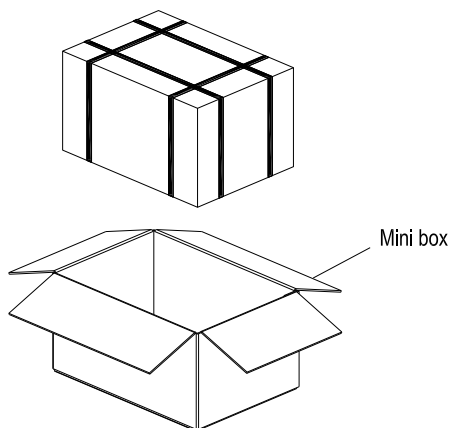
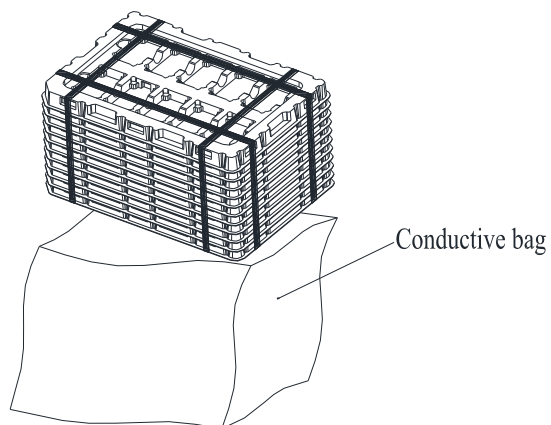
图 45: 吸塑盘尺寸图 (单位: mm)

7.4.2. 包装流程



在 1 个吸塑盘中放入 15 片模块，然后将 10 个装满模块的吸塑盘堆叠，再于顶部放置 1 个空吸塑盘。

将 11 个吸塑盘打包后放入导电袋中，并将导电袋打包。



将打包好的导电袋放入盒子中。1 个盒子可装 150 片模块。

将 4 个盒子放入 1 个卡通箱中并封箱。1 个卡通箱可包装 600 片模块。

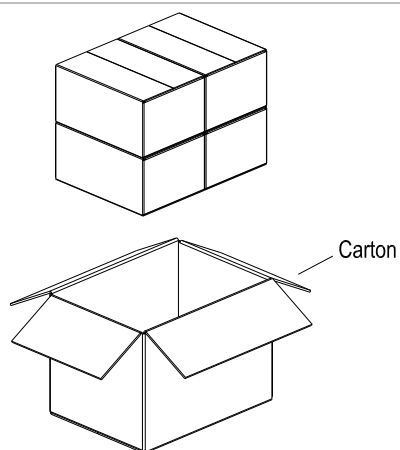


图 46: 包装流程

8 附录 参考文档及术语缩写

表 47：参考文档

文档名称
[1] Quectel_5G-M2_EVB_User_Guide
[2] Quectel_RGx00U&RM500U 系列_AT 命令手册
[3] Quectel_RM500U 系列_参考设计手册

表 48：术语缩写

缩写	英文全称	中文全称
3GPP	3rd Generation Partnership Project	第三代合作伙伴计划
AP	Application Processor	应用处理器
APT	Average Power Tracking	平均功率跟踪
bps	bits per second	位每秒
CHAP	Challenge Handshake Authentication Protocol	挑战握手认证协议
CPE	Customer-Premise Equipment	用户驻地设备
DFOTA	Delta Firmware Over-The-Air	固件空中差分升级
ESD	Electrostatic Discharge	静电释放
FDD	Frequency Division Duplexing	频分复用
HSPA	High Speed Packet Access	高速数据包接入
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access	高速上行数据包接入
I _o max	Maximum Output Load Current	最大输出负载电流
kbps	Kilo Bits Per Second	千比特每秒

LED	Light Emitting Diode	发光二极管
LTE	Long Term Evolution	长期演进
LVDS	Low Voltage Differential Signaling	低振幅差分信号
Mbps	Mega Bits Per Second	兆比特每秒
MIMO	Multiple-Input Multiple-Output	多入多出
MLCC	Multilayer Ceramic Chip Capacitor	片式多层陶瓷电容器
MMS	Multimedia Messaging Service	多媒体信息服务
NMOS	Negative-channel MOS (Metal-Oxide-Semiconductor)	N 型金属-氧化物-半导体
NPN	Negative-Positive-Negative	负-正-负极
PAP	Password Authentication Protocol	密码认证协议
PCB	Printed Circuit Board	印刷电路板
PCIe	Peripheral Component Interconnect Express	外设部件互连标准
PCM	Pulse Code Modulation	脉冲编码调制
PDU	Protocol Data Unit	协议数据单元
PPP	Point-to-Point Protocol	点对点协议
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	正交振幅调制
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying	正交相移键控
RC	Root Complex	根复合体
RF	Radio Frequency	射频
RF FE	RF Front-End	射频前端
Rx	Receive	接收
SCS	Subcarrier Spacing	载波间隔
SIMO	Single Input Multiple Output	单输入多输出
SMS	Short Message Service	短消息服务
Tx	Transmit	发送

UART	Universal Asynchronous Receiver & Transmitter	通用异步收发传输器
URC	Unsolicited Result Code	非请求结果码
USB	Universal Serial Bus	通用串行总线
(U)SIM	(Universal) Subscriber Identity Module	(全球) 用户识别模块
V_{IH}	Input High Voltage Level	输入高电压电平
V_{IHmax}	Maximum High-level Input Voltage	最大输入高电平
V_{IHmin}	Minimum High-level Input Voltage	最小输入高电平
V_{IL}	Input Low Voltage Level	输入低电压电平
V_{ILmax}	Maximum Low-level Input Voltage	最大输入低电平
V_{max}	Maximum Voltage	最大电压
V_{min}	Minimum Voltage	最小电压
V_{nom}	Nominal Voltage	标称电压
V_{OH}	Output High Voltage Level	输出高电压电平
V_{OL}	Output Low Voltage Level	输出低电压电平
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio	电压驻波比
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access	宽带码分多址
WLAN	Wireless Local Area Network	无线局域网