

# ML302

# 硬件设计手册

4G LTE 系列

版本：V1.0.0

日期：2019 年 9 月

# 文档声明

## 注意

本手册描述的产品及其附件特性和功能，取决于当地网络设计。因此，本手册中描述的全部或部分产品及其附件特性和功能可能未包含在您的购买或使用范围之内。

## 免责声明

除非合同另有约定，中移物联网有限公司对本文档内容不做任何明示或暗示的声明或保证，并且不对特定目的适销性及适用性或者任何间接、特殊或连带的损失承担任何责任。

由于产品版本升级或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。公司保留随时修改本手册中任何信息的权利，无需进行提前通知且不承担任何责任。

## 操作系统更新声明

操作系统仅支持官方升级；如用户自己刷非官方系统，导致安全风险和损失由用户负责。

## 固件包完整性风险声明

固件仅支持官方升级；如用户自己刷非官方固件，导致安全风险和损失由用户负责。

## 版权所有©中移物联网有限公司。保留一切权利。

本手册中描述的产品，可能包含中移物联网公司及其存在的许可人享有版权的软件，除非获得相关权利人的许可，否则，非经本公司书面同意，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本手册内容的部分或全部，并以任何形式传播。

# 关于文档

## 修订记录

版本	日期	作者	描述
V1.0.0	2019-09-12	杨恒	初版



中国移动  
China Mobile

# 目录

文档声明 .....	2
关于文档 .....	3
修订记录 .....	3
目录 .....	4
表格索引 .....	6
图片索引 .....	7
<b>1 引言 .....</b>	<b>8</b>
1.1 安全须知 .....	8
<b>2 总体介绍 .....</b>	<b>9</b>
2.1 功能概述 .....	10
2.2 系统框图 .....	12
<b>3 应用接口 .....</b>	<b>13</b>
3.1 LCC+LGA 接口定义 .....	14
3.2 电源接口 .....	22
3.2.1 电源概述 .....	22
3.2.2 VBAT_BB/VBAT_RF .....	23
3.2.3 其他电源接口 .....	25
3.3 USB 接口 .....	26
3.4 UART 接口 .....	27
3.5 LCD 接口* .....	29
3.6 SIM 接口 .....	30
3.7 I2S 接口和 I2C 接口 .....	32
3.8 ADC 接口* .....	33
3.9 时钟输出接口 .....	33
3.10 GPIO 接口 .....	34
3.11 5*5 按键接口 .....	35
3.12 系统控制接口 .....	36
3.12.1 开关机接口 .....	37
3.12.2 关机 .....	39
3.12.3 复位接口 .....	39
3.12.4 休眠/唤醒接口 .....	40
3.12.5 唤醒输出接口 .....	41
3.12.6 网络状态指示接口 .....	42

3.12.7 系统状态指示接口 .....	43
3.12.8 USB_BOOT 接口 .....	44
3.13 SDIO 接口* .....	45
3.14 天线接口 .....	47
3.15 NC 接口 .....	49
3.16 RSV 接口 .....	49
3.17 模拟音频接口* .....	50
3.18 测试点设计 .....	51
<b>4 射频特性 .....</b>	<b>52</b>
4.1 工作频段 .....	52
4.2 传导测试数据 .....	53
4.2.1 测试环境 .....	53
4.2.2 传导接收灵敏度 .....	53
4.2.3 传导发射功率 .....	53
4.3 天线设计要求 .....	54
4.3.1 天线指标 .....	54
4.3.2 天线设计要求 .....	54
<b>5 电气可靠性 .....</b>	<b>55</b>
5.1 极限工作条件 .....	55
5.2 工作和存储环境 .....	55
5.3 电源特性 .....	56
5.3.1 输入电压 .....	56
5.3.2 功耗 .....	57
5.4 EMC 和 ESD 特性 .....	58
<b>6 机械特性 .....</b>	<b>59</b>
6.1 外形尺寸 .....	59
6.2 PCB 焊盘设计 .....	60
<b>7 存储和生产 .....</b>	<b>61</b>
7.1 存储 .....	61
7.2 生产焊接 .....	62
7.3 包装 .....	63
<b>8 附录 参考文档及术语缩写 .....</b>	<b>65</b>

# 表格索引

表 2-1 产品特性图 .....	10
表 3-1 LCC+LGA 接口管脚定义图 .....	15
表 3-2 ML302 电源管脚 .....	22
表 3-3 其他电源接口定义 .....	25
表 3-4 USB 接口定义 .....	26
表 3-5 UART 接口定义 .....	27
表 3-6 LCD 接口定义 .....	29
表 3-7 SIM 接口定义 .....	30
表 3-8 PCM 接口定义 .....	32
表 3-9 ADC 接口定义 .....	33
表 3-10 时钟输出接口定义 .....	33
表 3-11 GPIO 接口定义 .....	34
表 3-12 5*5 按键矩阵 .....	35
表 3-13 系统控制接 .....	36
表 3-14 开关机接口功能定义 .....	37
表 3-15 LED 指示灯状态 .....	42
表 3-16 WIFI 相关接口定义 .....	45
表 3-17 天线接口定义 .....	47
表 3-18 NC 接口 .....	49
表 3-19 RSV 接口 .....	49
表 3-20 模拟音频接口参数 .....	50
表 3-21 模拟音频接口 .....	50
表 4-1 射频频段 .....	52
表 4-2 传导接收灵敏度 .....	53
表 4-3 传导发射功率 .....	53
表 4-4 天线设计要求 .....	54
表 5-1 极限工作条件 .....	55
表 5-2 工作及存储温度 .....	55
表 5-3 输入电压要求 .....	56
表 5-4 关机功耗 .....	57
表 5-5 休眠功耗 .....	57
表 5-6 待机功耗 .....	57
表 5-7 工作功耗 (TDD LTE) .....	57
表 8-1 参考文档 .....	65
表 8-2 缩写 .....	65

# 图片索引

图 2-1 系统框图 .....12

图 3-1 管脚分配图 .....14

图 3-2 电源推荐设计 .....23

图 3-3 循环状态下 VBAT 时序 .....24

图 3-4 USB 接口电路示意图 .....26

图 3-5 UART 接口示意图 .....28

图 3-6 USIM 接口示意图 .....30

图 3-7 PCM 接口示意图 (模块作 Master) .....32

图 3-8 开关机接口示意图 .....37

图 3-9 开关机接口示意图 .....38

图 3-10 复位接口示意图 .....39

图 3-11 休眠/唤醒接口示意图 .....40

图 3-12 唤醒输出接口示意图 .....41

图 3-13 网络状态接口示意图 .....42

图 3-14 模块状态接口示意图 .....43

图 3-15 USB\_BOOT 接口参考设计 .....44

图 3-16 WIFI 相关接口示意图 .....46

图 3-17 模块天线接口示意图 .....47

图 3-18 模块天线布局示意图 .....48

图 6-1 ML302 外形尺寸图 .....59

图 6-2 PCB 焊盘尺寸 .....60

图 7-1 印膏图 .....62

图 7-2 炉温曲线 .....62

图 7-3 托盘包装示意图 .....64

# 1 引言

本文档详细介绍了 ML302 模块硬件技术参数，接口电气特性，机械特性，射频性能指标，以帮助硬件工程师理解 ML302 模块，指导工程师进行产品设计。

## 1.1 安全须知

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。



道路行驶安全第一！当你开车时，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话费或 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，收音机电脑或者其他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。当你靠近加油站，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 总体介绍

ML302 模块是一款基于 LCC+LGA 接口的 LTE 单模无线上网模块，可以广泛应用于各种消费级、工业级产品上。ML302 支持多种频段，可提供移动环境下高速数据接入服务：

- **LTE-TDD**: Band34/38/39/40/41
- **LTE-FDD**: Band1/3/5/8

ML302 采用高度集成的设计方案，将射频、基带集成在一块 PCB 上，完成无线射频信号的接收、发射、基带信号处理功能，对外采用 LCC+LGA 接口，模块尺寸为 32.0mm\*29.0mm\*2.6mm。

ML302 支持 AT 命令扩展，可以实现用户个性化定制方案。

ML302 提供如下功能接口：

- |                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| ■ <b>电源接口</b>          | ■ <b>GPIO 接口</b>           |
| ■ <b>USB 接口</b>        | ■ <b>5*5 按键接口</b>          |
| ■ <b>UART 接口</b>       | ■ <b>系统控制接口（控制复位休眠等接口）</b> |
| ■ <b>LCD 接口*</b>       | ■ <b>SDIO 接口*</b>          |
| ■ <b>SIM 接口</b>        | ■ <b>天线接口</b>              |
| ■ <b>PCM 和 I2C 接口*</b> | ■ <b>NC 接口</b>             |
| ■ <b>ADC 接口*</b>       | ■ <b>RSV 接口</b>            |
| ■ <b>时钟输出接口</b>        | ■ <b>模拟音频接口*</b>           |



本文档中标注星号（\*）的接口功能表示正在开发中。

## 2.1 功能概述

表 2-1 产品特性图

类型	描述
封装	LCC+LGA
物理特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>尺寸 (长*宽*高) : 32 mm *29 mm *2.6 mm</li> <li>重量: 约 5g</li> </ul>
工作频段	<ul style="list-style-type: none"> <li>LTE-TDD: Band34, Band38, Band39, Band40, Band41</li> <li>LTE-FDD: Band1, Band3, Band5, Band8</li> </ul>
数据业务	<ul style="list-style-type: none"> <li>LTE TDD: UL 5Mbps; DL 10 Mbps</li> <li>LTE-FDD: UL 5Mbps; DL 10 Mbps</li> </ul>
最大发射功率	<ul style="list-style-type: none"> <li>Class 3 (23dBm±2dB) for LTE-TDD</li> <li>Class 3 (23dBm±2dB) for LTE-FDD</li> </ul>
ESD	HBM: 4000V; CDM: 250V
功耗	见 5.3.2 节
工作温度	工作温度: -30°C ~ 75°C 扩展工作温度[1]: -40°C ~ 85°C
存储温度	-40°C ~ 85°C
湿度	RH5% ~ RH95%
工作电压范围	DC 3.3V ~ 4.3V (典型值 3.8V)
AT 指令	参考 AT 说明文档
应用接口	电源接口:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>VBAT</li> <li>VDD_EXT</li> </ul>
	USB 2.0 (High Speed) 接口
	UART 接口:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 线 UART0</li> <li>2 线 UART1</li> <li>2 线 UART2</li> </ul>
	标准 USIM 接口 (Class B 和 Class C)
	PCM 数字语音接口
	模拟音频接口
	LCD 接口
	ADC 接口 × 2
	时钟输出接口:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>MCLK: 26MHz (1.8V 电压域)</li> </ul>
	GPIO 接口 × 5 (1.8V 电压域)
	5*5 按键接口
	系统控制接口:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>PWR_KEY (低电平开机)</li> <li>RESET_IN</li> <li>WAKEUP_IN/WAKEUP_OUT</li> </ul>
	LED 状态指示接口 × 2
	SDIO 接口

\*更多产品特性请继续阅读下一页表格。

类型	描述
天线接口	MAIN ANT
短信业务	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 新短信提醒</li> <li>– 短信管理：读短信，写短信，发送短信，删除短信和短信列表</li> <li>– 支持 MO 和 MT：点对点</li> </ul>
网络协议	<ul style="list-style-type: none"> <li>– PPP/RNDIS/ECM</li> <li>– TCP/IP</li> <li>– HTTP/MQTT/EDP</li> </ul>
驱动	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Android*</li> <li>– Linux*</li> <li>– Windows XP/7/8/10</li> </ul>
AT	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 3GPP TS 27.007</li> <li>– CMIOT extended AT commands</li> </ul>
FOTA	Support*
ONENET	Support*
认证	CCC、SRRC、NAL



当模块工作在-40°C到-30°C或者 75°C到 85°C之间时，不是所有 RF 性能指标都能满足 3GPP 标准。

## 2.2 系统框图

ML302 模块基于展锐 UIS8910DM 平台开发，模块系统框图如下图所示，主要包含如下功能模块：

### ■ 射频部分

- 天线开关
- LTE-TDD/FDD 收发机+功放
- TSX

### ■ 基带

- 数字基带/模拟基带
- Flash (NOR)

### ■ PMU

- 电源管理部分

### ■ LCC+LGA 接口

### ■ 内置 SIM 卡

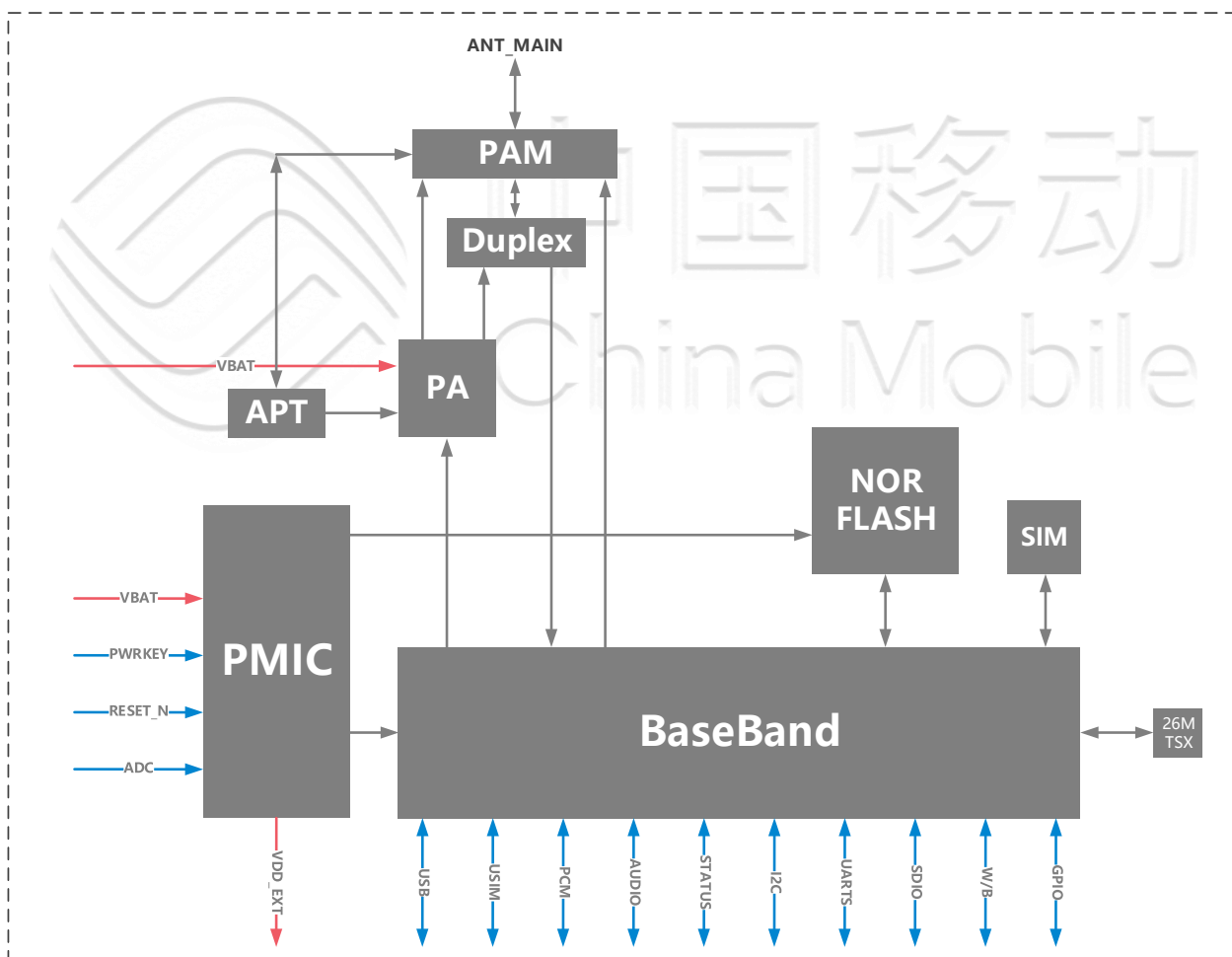


图 2-1 系统框图

## 3 应用接口

本章主要描述 ML302 的应用接口，主要包括：

- 电源接口
- USB 接口
- UART 接口
- SIM 接口
- PCM 和 I2C 接口\*
- ADC 接口\*
- 时钟输出接口
- GPIO 接口
- 模拟音频接口\*
- LCD 接口\*
- 5\*5 按键接口
- 系统控制接口（控制复位休眠等接口）
- 1.8V 电压输出
- 天线接口
- LED 状态指示灯
- SDIO 接口\*



中国移动  
China Mobile

### 3.1 LCC+LGA 接口定义

ML302 模块对外接口形态为 LCC+LGA 的接口方式。下图显示了 ML302 模块上信号接口的排布顺序。

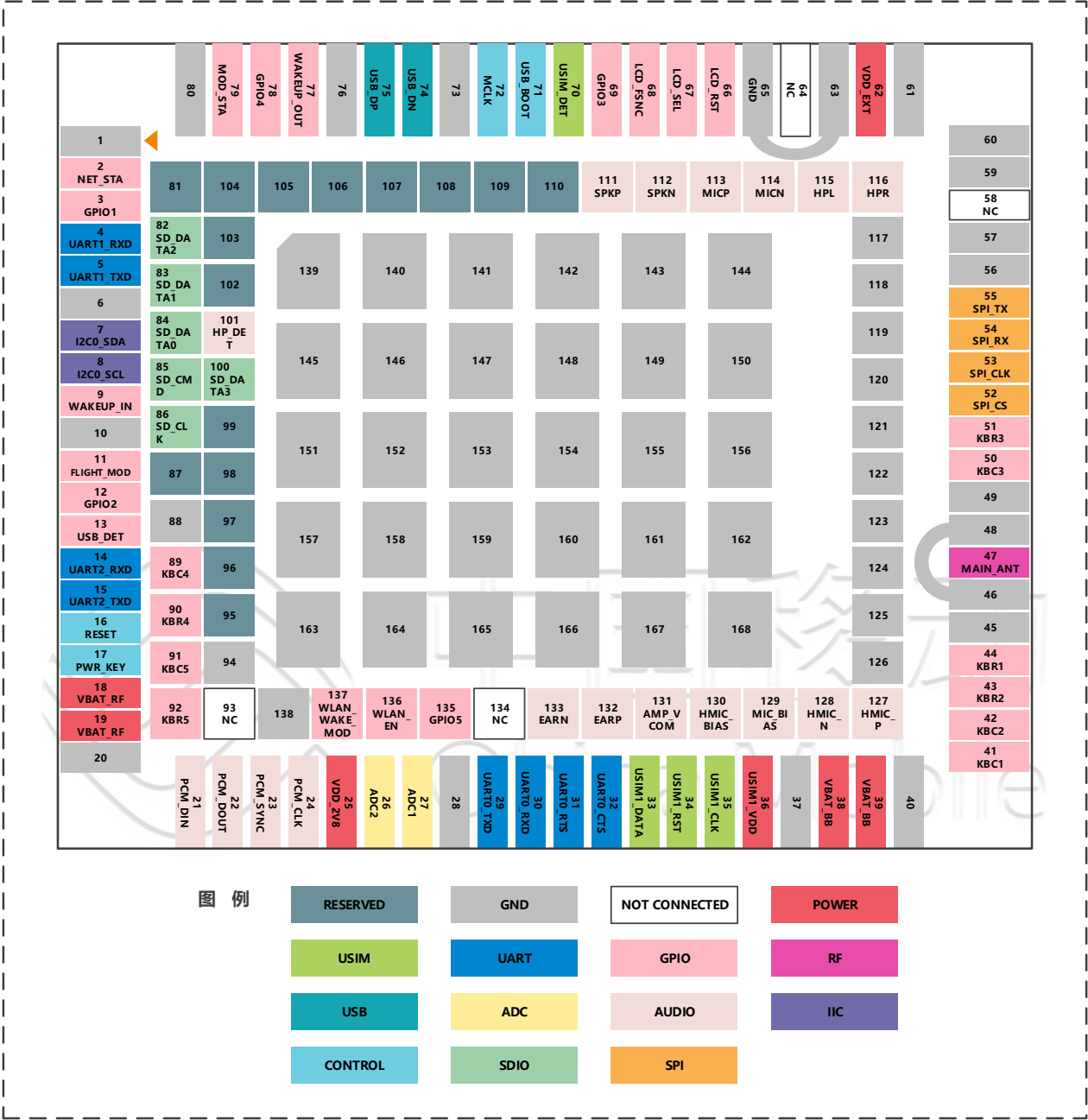


图 3-1 管脚分配图



管脚 101、111~116、127~133 位模拟音频信号接口；管脚 21~24 位数字音频信号接口。

表 3-1 LCC+LGA 接口管脚定义图

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
1	GND	-	地	-	-	-	-	-
2	NET_STA	O	网络状态指示	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
3	GPIO1	IO	通用输入/输出	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
4	UART1_RXD	O	UART1 接收	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
5	UART1_TXD	O	UART1 发送	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
6	GND	-	地	-	-	-	-	-
7	I2C0_SDA	IO	I2C0 数据接口	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
8	I2C0_SCL	IO	I2C0 时钟接口	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
9	WAKEUP_IN	I	模块休眠唤醒： H：唤醒模块 L：休眠模块	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
10	GND	-	地	-	-	-	-	-
11	FLIGHT_MOD	I	飞行模式	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
12	GPIO2	IO	通用输入/输出	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
13	USB_DET	PI	USB 插入检测	VIH	4.5	5	9.2	-
				VIL	4.5	5	9.2	-
14	UART2_RXD	I	UART2 接收	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
15	UART2_TXD	O	UART2 发送	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
16	RESET_IN	I	模块复位	VIH	1.17	-	1.98	低有效
				VIL	-0.3	-	0.63	

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
17	PWR_KEY	I	模块开机	VIH	1.17	-	1.98	低有效
				VIL	-0.3	-	0.63	
18	VBAT_RF	PI	射频电源输入	-	3.3	3.8	4.3	-
19	VBAT_RF	PI	射频电源输入	-	3.3	3.8	4.3	-
20	GND	-	地	-	-	-	-	-
21	PCM_DIN	I	PCM 数据输入	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
22	PCM_DOUT	O	PCM 数据输出	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
23	PCM_SYNC	O	PCM 同步输出	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
24	PCM_CLK	I	PCM 位时钟输入	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
25	VDD_2V8	PO	SD 卡 IO 电源	-	1.71	1.8	1.89	VDD_2V8=1.8V
				-	2.66	2.8	2.94	VDD_2V8=2.8V
26	ADC2	AI	模拟信号转数字信号	-	0	-	1.25	-
27	ADC1	AI	模拟信号转数字信号	-	0	-	1.25	-
28	GND	-	地	-	-	-	-	-
29	UART0_TXD	O	UART0 数据发送	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
30	UART0_RXD	I	UART0 数据接收	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
31	UART0_RTS	O	UART0 发送请求	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
32	UART0_CTS	I	UART0 发送清除	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
33	USIM1_DATA	IO	USIM 卡数据	VOH	2.25/1.4	-	-	USIM_VDD=1.8/3.0V
				VOL	-	-	0.38/0.45	
				VIH	1.88/1.3	-	3.15/3.15	
				VIL	-0.3/-0.3	-	0.71/0.58	
34	USIM1_RST	O	USIM 卡复位	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
35	USIM1_CLK	O	USIM 卡时钟	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	



管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
36	USIM1_VDD	PO	USIM 卡电源	-	1.7	1.8	1.9	USIM_VDD=1.8V
				-	2.7	3.0	3.1	USIM_VDD=3.0V
37	GND	-	地	-	-	-	-	-
38	VBAT_BB	PI	基带电源输入	-	3.3	3.8	4.3	-
39	VBAT_BB	PI	基带电源输入	-	3.3	3.8	4.3	-
40	GND	-	地	-	-	-	-	-
41	KBC1	I	按键列信号	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
42	KBC2	I	按键列信号	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
43	KBR2	O	按键行信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
44	KBR1	O	按键行信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
45	GND	-	地	-	-	-	-	-
46	GND	-	地	-	-	-	-	-
47	MAIN_ANT	-	射频主集天线	-	-	-	-	-
48	GND	-	地	-	-	-	-	-
49	GND	-	地	-	-	-	-	-
50	KBC3	I	按键列信号	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
51	KBR3	O	按键行信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
52	SPI_CS	O	SPI 片选信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
53	SPI_CLK	O	SPI 时钟信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
54	SPI_RX	I	SPI 数据输入信号	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
55	SPI_TX	O	SPI 数据输出信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
56	GND	-	地	-	-	-	-	-
57	GND	-	地	-	-	-	-	-
58	NC	-	NC	-	-	-	-	-
59	GND	-	地	-	-	-	-	-
60	GND	-	地	-	-	-	-	-
61	GND	-	地	-	-	-	-	-

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
62	VDD_EXT	PO	1.8V 电源输出	-	1.62	1.8	1.98	-
63	GND	-	地	-	-	-	-	-
64	NC	-	NC	-	-	-	-	-
65	GND	-	悬空	-	-	-	-	-
66	LCD_RST	O	LCD 复位管脚	-	-	-	-	-
67	LCD_SEL	O	LCD 控制管脚	-	-	-	-	-
68	LCD_FSNC	O	LCD 控制管脚	-	-	-	-	-
69	GPIO3/GPS_PWR_EN	IO	通用输入/输出	VOH	1.35	-	-	默认做 GPS 电源使能
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
70	USIM_DET	I	USIM 检测信号	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
71	USB_BOOT	I	强制 USB 下载	VIH	1.17	-	1.98	高电平有效
				VIL	-0.3	-	0.63	
72	MCLK	O	时钟输出接口	VOH	0.7	-	1.1	Codec 26M 主时钟
				VOL	0	-	0.45	
73	GND	-	地	-	-	-	-	-
74	USB_DN	IO	USB 数据-	-	-	-	-	定义参考 USB 2.0 规范
75	USB_DP	IO	USB 数据+	-	-	-	-	
76	GND	-	地	-	-	-	-	-
77	WAKEUP_OUT	O	模块休眠指示： H：模块唤醒 L：模块休眠	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
78	GPIO4/CODEC_RST	IO	通用输入/输出	VOH	1.35	-	1.98	默认用作 Codec 复位
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
79	MOD_STA	O	系统状态指示	VOH	1.35	-	1.98	-
				VOL	0	-	0.45	
80	GND	-	地	-	-	-	-	-
81	RSV	-	预留, 保持悬空	-	-	-	-	-
82	SD_DAT2	IO	SDIO 数据 2	VOH	1.35	-	1.98	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
83	SD_DAT1	IO	SDIO 数据 1	VOH	1.35	-	1.98	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
84	SD_DAT0	IO	SDIO 数据 0	VOH	1.35	-	1.98	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
85	SD_CMD	IO	SDIO 指令信号	VOH	1.35	-	1.98	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
86	SD_CLK	O	SDIO 时钟信号	VOH	1.35	-	1.98	-
				VOL	0	-	0.45	
87	RSV	-	预留, 保持悬空	-	-	-	-	-
88	GND	-	地	-	-	-	-	-
89	KBC4	I	按键列信号	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
90	KBR4	O	按键行信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
91	KBC5	I	按键列信号	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
92	KBR5	O	按键行信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
93	NC	-	悬空	-	-	-	-	-
94	GND	-	地	-	-	-	-	-
95	RSV	-	预留, 保持悬空	-	-	-	-	-
96	RSV	-	预留, 保持悬空	-	-	-	-	-
97	RSV	-	预留, 保持悬空	-	-	-	-	-
98	RSV	-	预留, 保持悬空	-	-	-	-	-
99	RSV	-	预留, 保持悬空	-	-	-	-	-
100	SD_DAT3	IO	SDIO 数据 3	VOH	1.35	-	1.98	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
101	HP_DET	I	耳机检测	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
102	RSV	-	预留, 保持悬空	-	-	-	-	-
103	RSV	-	预留, 保持悬空	-	-	-	-	-

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
104	RSV	-	预留, 保持悬空	-	-	-	-	-
105	RSV	-	预留, 保持悬空	-	-	-	-	-
106	RSV	-	预留, 保持悬空	-	-	-	-	-
107	RSV	-	预留, 保持悬空	-	-	-	-	-
108	RSV	-	预留, 保持悬空	-	-	-	-	-
109	RSV	-	预留, 保持悬空	-	-	-	-	-
110	RSV	-	预留, 保持悬空	-	-	-	-	-
111	SPKP	AO	喇叭+	-	-	-	-	-
112	SPKN	AO	喇叭-	-	-	-	-	-
113	MICP	AI	MIC+	-	-	-	-	-
114	MICN	AI	MIC-	-	-	-	-	-
115	HPL	AO	耳机左	-	-	-	-	-
116	HPR	AO	耳机右	-	-	-	-	-
117	GND	-	地	-	-	-	-	-
118	GND	-	地	-	-	-	-	-
119	GND	-	地	-	-	-	-	-
120	GND	-	地	-	-	-	-	-
121	GND	-	地	-	-	-	-	-
122	GND	-	地	-	-	-	-	-
123	GND	-	地	-	-	-	-	-
124	GND	-	地	-	-	-	-	-
125	GND	-	地	-	-	-	-	-
126	GND	-	地	-	-	-	-	-
127	HMIC_P	AI	耳机 MIC+	-	-	-	-	-
128	HMIC_N	AI	耳机 MIC-	-	-	-	-	-
129	MIC_BIAS	PO	MIC 电源	-	-	-	-	-
130	HMIC_BIAS	PO	耳机 MIC 电源	-	-	-	-	-
131	AMP_VCOM	-	耳机地	-	-	-	-	-
132	EARP	AO	听筒+	-	-	-	-	-
133	EARN	AO	听筒-	-	-	-	-	-
134	NC	-	悬空	-	-	-	-	-
135	GPIO5	IO	通用输入/输出	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
136	WLAN_EN	O	WIFI 使能	VOH	1.35	-	1.98	-
				VOL	0	-	0.45	
137	WLAN_WAKE_MOD	I	WIFI 唤醒模块	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
138	GND	-	地	-	-	-	-	-
139-168	GND	-	热焊盘	-	-	-	-	-



- P 表示电源管脚；PI 表示电源输入管脚；PO 表示电源输出管脚；I 表示数字信号输入管脚；O 表示数字信号输出管脚；AI 表示模拟信号输入管脚。
- VIL 表示低电平输入电压；VIH 表示高电平输入电压；VOL 表示低电平输出电压；VOH 表示高电平输出电压。
- NC 表示模块内部悬空，建议客户做悬空处理。
- RSV 表示功能暂未定义。
- 所有的输入输出方向定义的前提是模块作为主设备。



中国移动  
China Mobile

### 3.2 电源接口

#### 3.2.1 电源概述

ML302 模块电源接口主要包括以下部分：

■ 系统电源 VBAT\_BB/VBAT\_RF

表 3-2 ML302 电源管脚

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
18,19	VBAT_RF	PI	射频电源输入	-	3.3	3.8	4.3	-
38,39	VBAT_BB	PI	基带电源输入	-	3.3	3.8	4.3	-
1,6,10,20,28,37,40,45,46,48,49,56,57,59,60,61,63,73,76,80,88,94,117,118,119,120,121,122,123,124,125,126,138	GND	-	地	-	-	-	-	-
139-168	GND	-	热焊盘	-	-	-	-	-

### 3.2.2 VBAT\_BB/VBAT\_RF

为保证 ML302 模块正常工作，系统电源 VBAT 需要保证在 3.3-4.3V（典型 3.8V）范围内。当 ML302 用于不同的外部设备的时候，需要注意模块的供电设计。当模块在 4G 网络最大发射功率下工作时，现网下的瞬态工作电流能达到 2A，并可能引起电源电压跌落。在任何情况下，需要保证模块电源电压不能低于 3.3V，否则模块可能会出现重启等意外状况。

外部供电 LDO 或者 DCDC 选型建议器件能够输出 2A 以上电流，而且在 VBAT 上至少并联 5 颗 220 $\mu$ F 储能电容。另外，为了 PCB 走线路对供电电压的影响，需要 VBAT 走线尽量短，尽量宽。建议在 VBAT 上设计一颗磁珠，隔离 DTE 对模块的干扰。示意图如下所示。

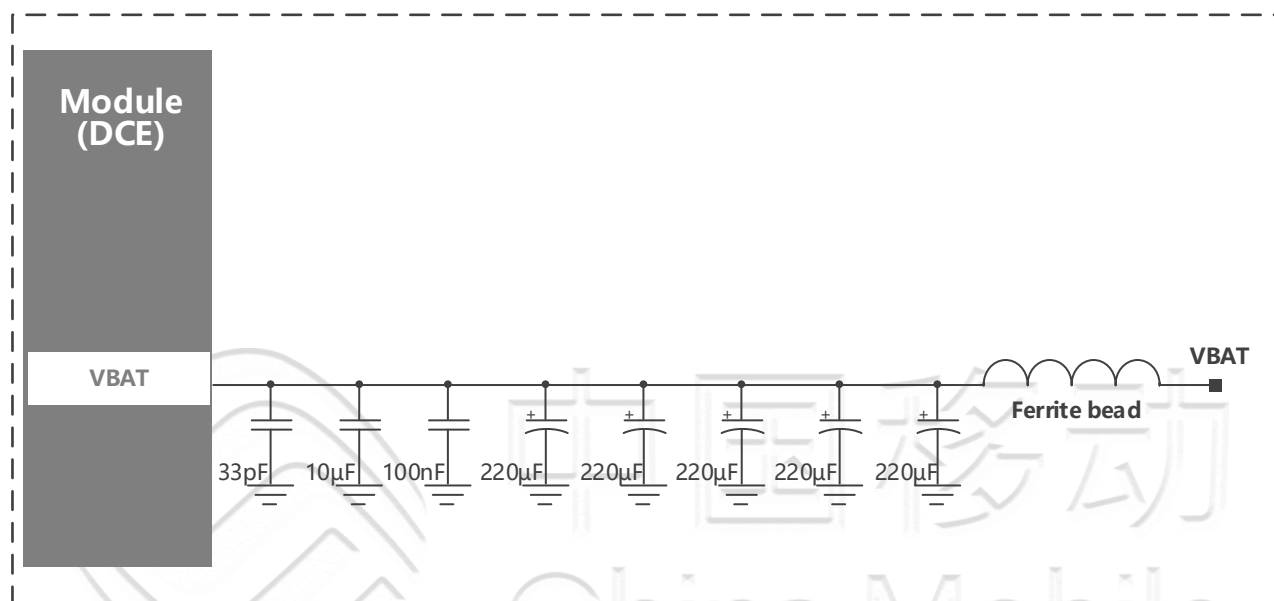


图 3-2 电源推荐设计

当系统电源重启时，建议采用放电电路保证电压迅速下降并连续至少 100ms 保持在 1.8V 以下。当 VBAT 电压处于 1.8V-3.3V 之间时，模块有可能会进入到不定状态，影响模块系统稳定性。循环状态下的供电时序如下图所示。

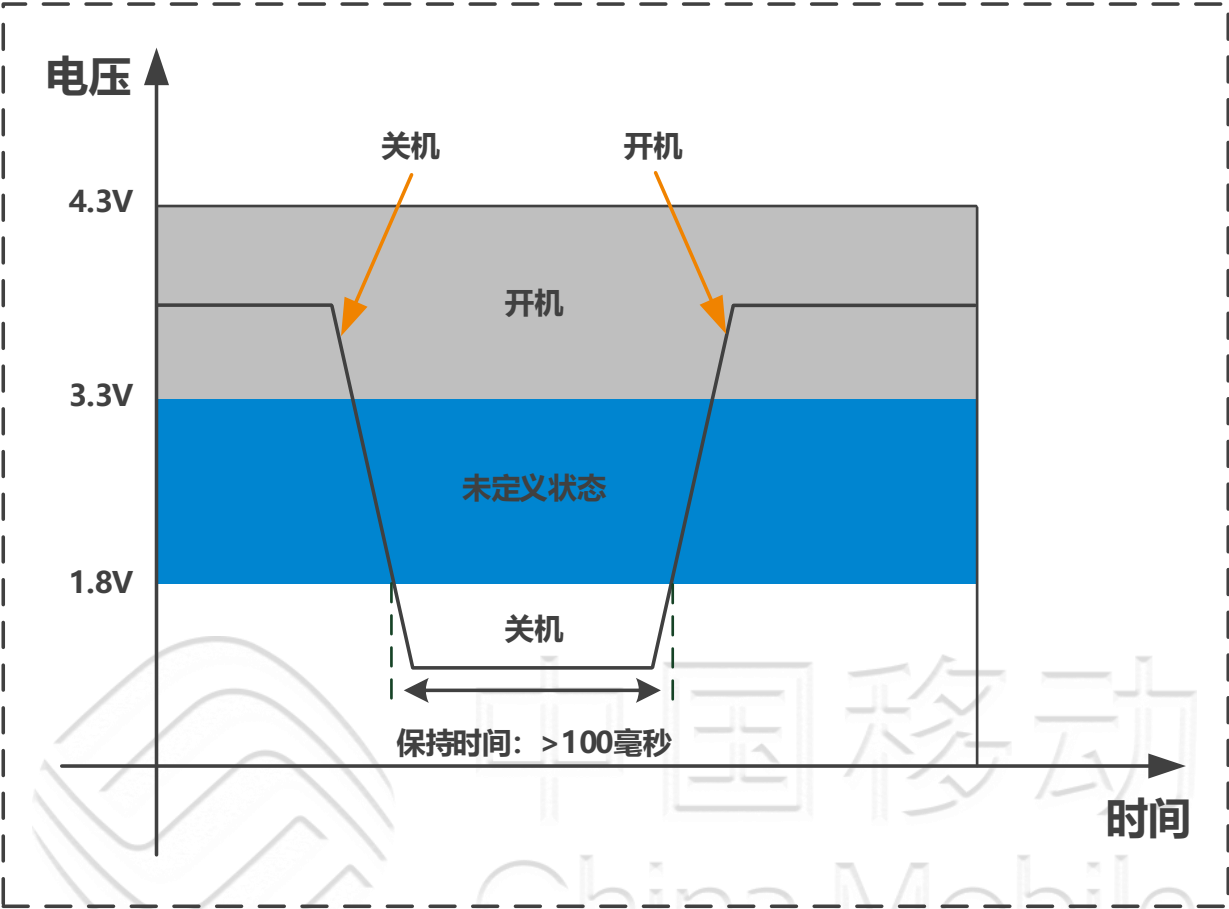


图 3-3 循环状态下 VBAT 时序



3.2.3 其他电源接口

其他的电源接口还包括电源输出接口：VDD\_EXT、USIM1\_VDD、VDD\_2V8。

- **VDD\_EXT**：输出 1.8V/100mA，可用于外部电平转换以及上拉电源。模块处于关机状态下该电源不可用。
- **USIM1\_VDD**：外部 USIM 卡电源，可输出 1.8V 或者 3.0V 电压。
- **VDD\_2V8**：外部 SD 卡 IO 电源，可输出 1.8V 或者 2.8V 电压。

模块 VDD\_2V8 的最大输出电流为 150mA，只能用于 SDIO 总线上拉使用，供电需要从外部提供。

表 3-3 其他电源接口定义

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
62	VDD_EXT	PO	1.8V 电源输出	-	1.62	1.8	1.98	可为外部 GPIO 提供上拉
36	USIM1_VDD	PO	USIM 卡电源	-	1.71	1.8	1.89	USIM_VDD=1.8 V
					2.85	3.0	3.15	USIM_VDD=3.0 V
25	VDD_2V8	PO	SD 卡 IO 口电源	-	2.66	2.8	2.94	VDD_2V8=2.8V

### 3.3 USB 接口

ML302 模块支持 USB2.0 高速接口，兼容 USB2.0/USB1.1 协议，接口速率最大支持 480Mbps，不支持 OTG 模式，USB 输入/输出信号兼容 USB2.0 接口规范，接口定义如下表所示。

表 3-4 USB 接口定义

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
74	USB_DN	IO	USB 数据-	-	-	-	-	
75	USB_DP	IO	USB 数据+	-	-	-	-	
13	USB_DET	PI	USB 电源，用于 USB 检测	-	4.5V	5V	9.2V	典型值 5V

USB 接口电路示意图如下所示。

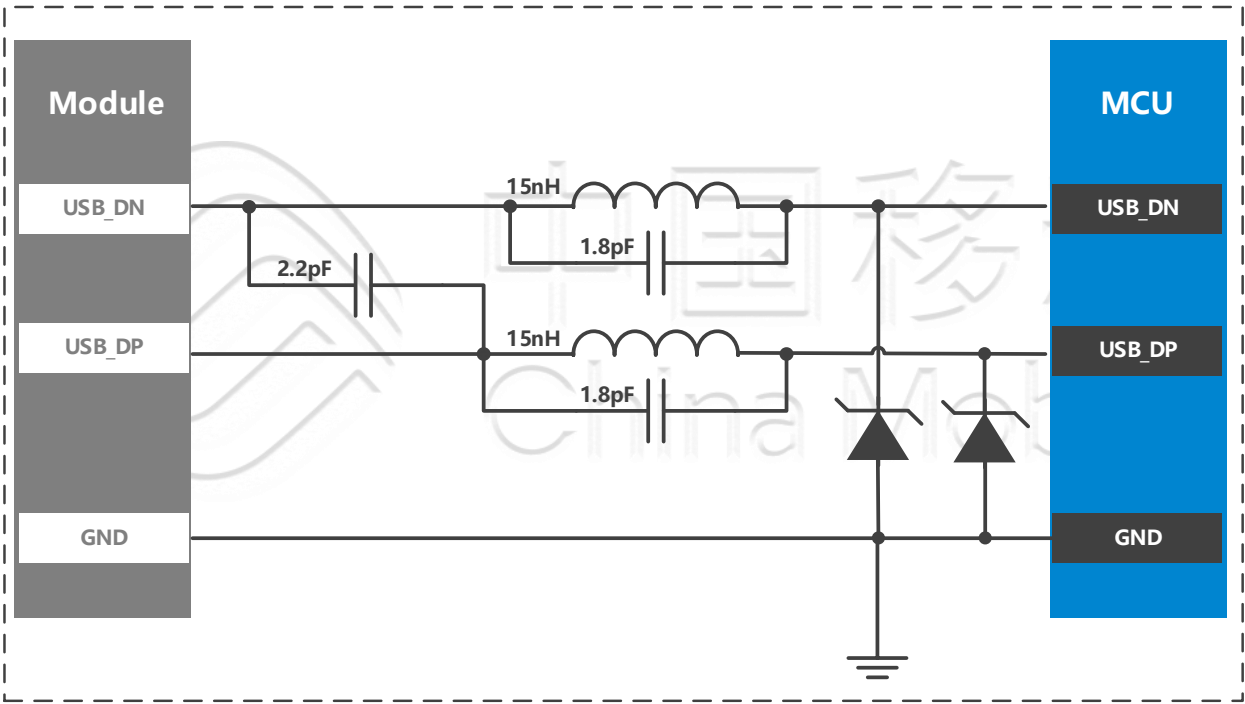


图 3-4 USB 接口电路示意图



- USB\_DN 和 USB\_DP 布线在关键信号层，按照差分走线要求控制，需要上下左右包地保护，差分阻抗控制在 90Ω，各层走线保持阻抗连续。
- USB 差分信号线必须越短越好，并且尽可能远离高速信号和其他同频信号。
- 最大限度减少 USB 信号线上的过孔和转角以减少信号反射和阻抗变化。
- USB 信号线上避免留有短的分支线，以免产生反射影响信号质量。
- 为防止信号辐射，USB 信号线必须远离板边缘。
- 推荐使用 15nH 电感和 1.8pF 电容并联滤出 USB 线上的共模干扰，2.2pF 用于滤出 USB 线上的差模干扰。具体的值需要根据走线微调。
- USB 数据线上的 ESD 防护器件的寄生电容不能超过 2pF。

### 3.4 UART 接口

ML302 模块提供三路 UART 通信接口，最大传输速率为 961200bps，其中 UART0 接口为 4 线串口，用作 AT 指令接口，与外界进行串行通信；UART1 接口为 2 线串口，用作打印 LOG 接口；UART2 用作与 GPS 通信。UART 的主要特性有：

- 全双工；
- 标准异步通讯格式（起始位、停止位、校验位）；
- 支持 5/6/7/8 bit 数据位和 1/2 bit 停止位；
- 支持奇、偶、Stick 校验位或无校验位；
- 模块默认为自适应波特率，支持以下波特率：  
2400/4800/9600/14400/19200/28800/33600/38400/57600/115200 bps。

表 3-5 UART 接口定义

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
29	UART0_TXD	O	AT 主串口发送	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
30	UART0_RXD	I	AT 主串口接收	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
31	UART0_RTS	O	UART0 发送请求	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
32	UART0_CTS	I	UART0 发送清除	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
4	UART1_RXD	I	DB 串口接收	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
5	UART1_TXD	O	DB 串口发射	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
14	UART2_RXD	I	UART2 接收	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
15	UART2_TXD	O	UART2 发送	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	

UART 接口示意图如图下所示。

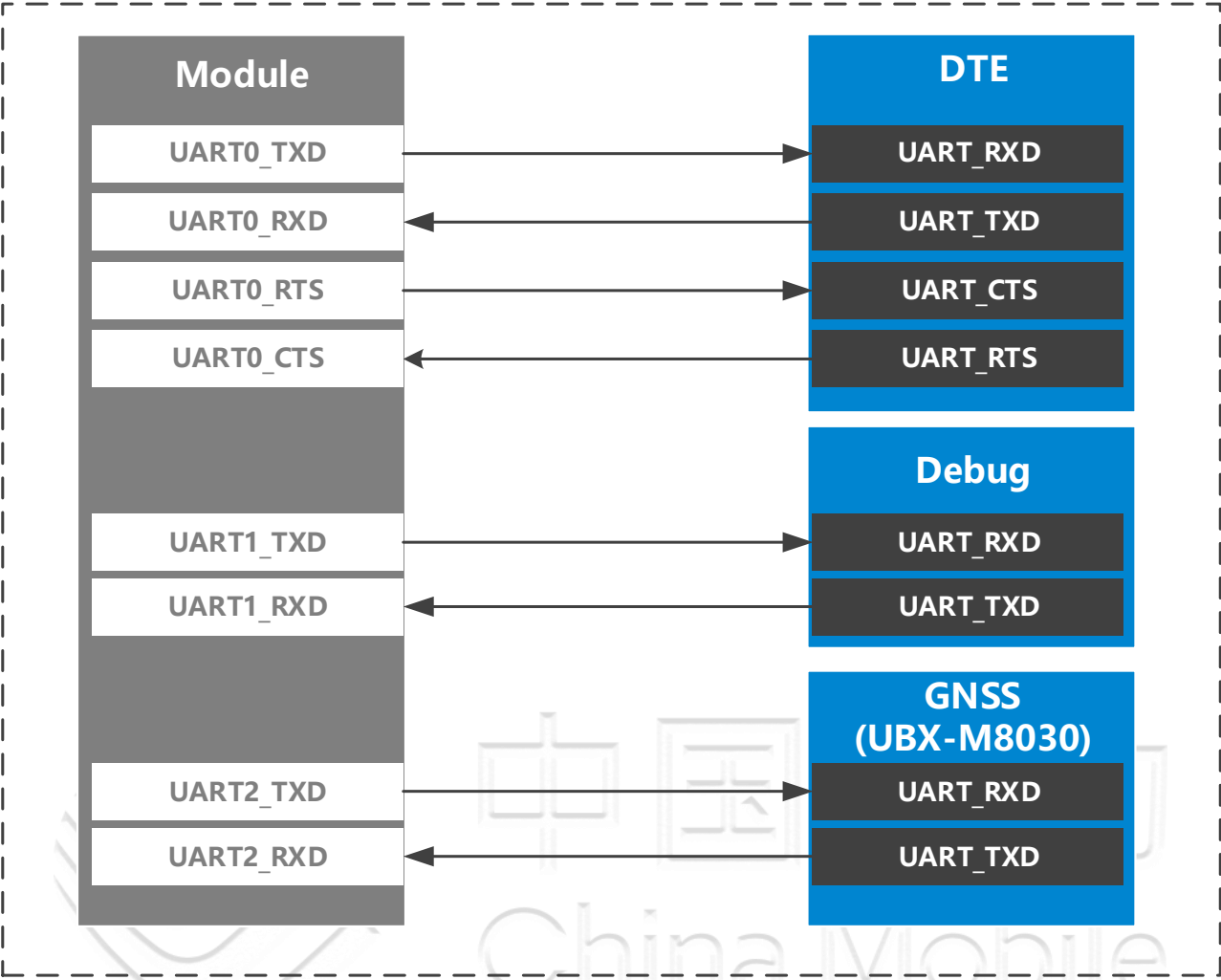


图 3-5 UART 接口示意图



- 模块串口电平为 1.8V，应用时注意电平是否匹配；
- UART0\_RTS 与 UART0\_CTS 可不用，直接悬空；
- UART 不能用来唤醒模块，只能用 WAKEUP\_IN 或者插 USB 实现唤醒；
- 模块使用 RS232 或 3.3V TTL 线进行串口通信时，需进行电平转换；
- GNSS 模块建议采用 U-BLOX 的 UBX-M8030 或者 UBX-G7020。

### 3.5 LCD 接口\*

ML302 模块提供了一组 7 线 SPI-LCD 接口。SPI 可以做主模式也可以做从模式，主模式下 SPI 最高速率 50MHZ。

- Support 4 wire 8bit I/II type LCD
- Support 3 wire 9bit I/II type LCD
- Support 3 wire 9bit 2 data-line LCD

SPI 接口管脚定义如下表所示：

表 3-6 LCD 接口定义

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
52	SPI_CS	O	SPI 片选信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
53	SPI_CLK	O	SPI 时钟信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
54	SPI_RX	I	SPI 数据输入信号	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
55	SPI_TX	O	SPI 数据输出信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
66	LCD_RST	O	LCD 复位信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
67	LCD_SEL	O	LCD 控制信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
68	LCD_FSNC	O	LCD 控制信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	

### 3.6 SIM 接口

ML302 模块提供 USIM 接口，符合 ISO7618 标准，支持 1.8V/3V SIM 卡。

表 3-7 SIM 接口定义

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
33	USIM1_DATA	IO	USIM 卡数据	VOH	2.25/1.4	-	-	USIM_VDD=1.8/3.0V
				VOL	-	-	0.38/0.45	
				VIH	1.88/1.3	-	3.15/3.15	
				VIL	-0.3/-0.3	-	0.71/0.58	
34	USIM1_RST	O	USIM 卡复位	VOH	2.25/1.4	-	-	
				VOL	-	-	0.38/0.45	
35	USIM1_CLK	O	USIM 卡时钟	VOH	2.25/1.4	-	-	
				VOL	-	-	0.38/0.45	
36	USIM1_VDD	PO	USIM 卡电源	-	1.4	1.8	-	USIM_VDD=1.8V
				-	2.25	3.0	-	USIM_VDD=3.0V
70	USIM_DET	I	USIM 卡插入检测	VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	

USIM 接口示意图如下所示。

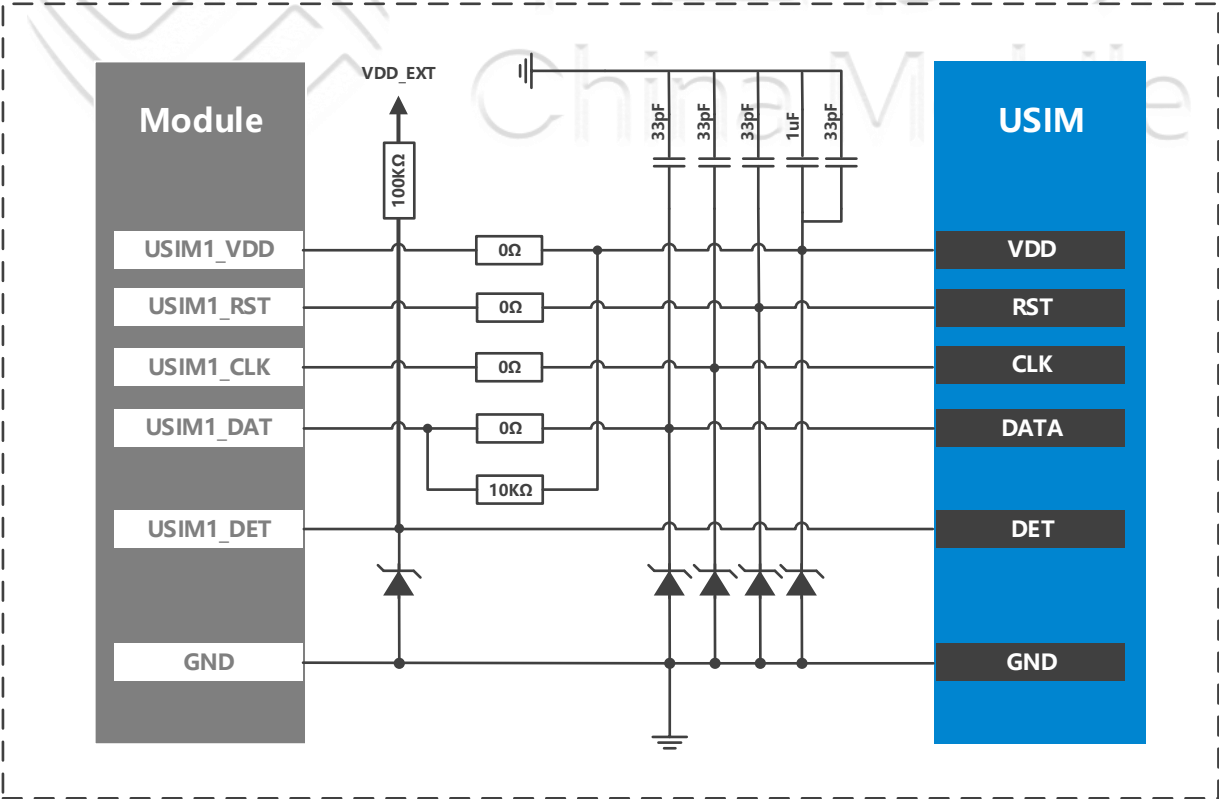


图 3-6 USIM 接口示意图



- 建议 USIM 卡座布局靠近模块 USIM 接口，走线过长会影响信号质量；
- USIM\_CLK 和 USIM\_DATA 走线包地；
- USIM\_VDD 并联 33pF 和 1uF 电容到地，如果 USIM\_VDD 走线过长，必要的时候也可以使用 4.7uF。USIM\_CLK、USIM\_DATA 和 USIM\_RESET 上并联 33pF 到地，防止射频信号干扰；
- 建议 USIM\_DATA 通过 10K 电阻上拉到 USIM\_VDD，增加 DATA 线驱动能力；
- 建议在 USIM 卡座附近设计 ESD 保护，TVS 管选型  $V_{rms}$  为 5V，寄生电容小于 10pF，布局位置尽量靠近卡座管脚。
- USIM\_DET 不用则悬空。



中国移动  
China Mobile

### 3.7 I2S 接口和 I2C 接口

ML302 模块提供一组 I2S 和 I2C 接口。实现与数字音频编解码器的通信，默认支持 Slave 模式。

ML302 模块集成了 ES8374 的驱动，推荐使用该 Codec 芯片。

表 3-8 PCM 接口定义

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
21	PCM_DIN	I	PCM 数据输入	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
22	PCM_DOUT	O	PCM 数据输出	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
23	PCM_SYNC	O	PCM 同步信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
24	PCM_CLK	O	PCM 位时钟	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
7	I2C0_SDA	IO	I2C 数据	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
				VOH	1.35	-	-	
				VOL	0	-	0.45	
8	I2C0_SCL	IO	I2C 时钟	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
				VOH	1.35	-	-	
				VOL	0	-	0.45	

I2S 接口示意图如下所示。

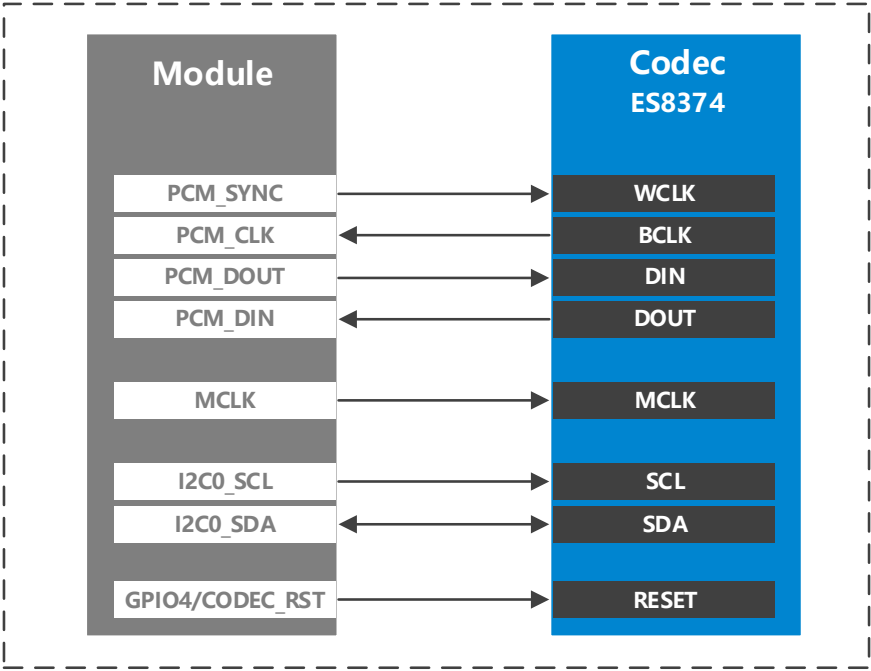


图 3-7 PCM 接口示意图 (模块作 Master)



### 3.8 ADC 接口\*

ML302 模块支持两路 12bits ADC 接口，用于将模拟信号转化为数字信号。

表 3-9 ADC 接口定义

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
27	ADC1	AI	模拟信号转数字信号	-	0	-	1.25	-
26	ADC2	AI	模拟信号转数字信号	-	0	-	1.25	-

### 3.9 时钟输出接口

ML302 模块提供 1 个时钟输出接口，该接口默认输出 26MHz 时钟，作为外部 Codec 的 MCLK 时钟。

表 3-10 时钟输出接口定义

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
72	MCLK	O	26M 时钟输出	VOH	0.7	-	1.1	-
				VOL	0	-	0.45	

### 3.10 GPIO 接口

ML302 模块提供 5 个通用输入/输出口，供用户灵活使用，GPIO 的电平为 1.8V，驱动电流为 5mA。其中 GPIO3 软件默认用作 GPS 电源使能，GPIO4 默认用作 Codec 复位，当上述功能没用到时，GPIO3 和 GPIO4 可以被释放为普通的 GPIO 口使用。

表 3-11 GPIO 接口定义

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
3	GPIO1	IO	通用输入/输出	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
12	GPIO2	IO	通用输入/输出	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
69	GPIO3/GPS _PWR_EN	IO	通用输入/输出	VOH	1.35	-	-	默认用作 GPS 电源使 能
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
78	GPIO4/CO DEC_RST	IO	通用输入/输出	VOH	1.35	-	-	默认用作 Codec 芯 片复位
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
135	GPIO5	IO	通用输入/输出	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	

### 3.11 5\*5 按键接口

ML302 模块提供一个 5\*5 的键盘矩阵，供用户灵活使用，电平为 1.8V，驱动电流为 5mA。

表 3-12 5\*5 按键矩阵

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
89	KBC4	I	按键列信号	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
90	KBR4	O	按键行信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
50	KBC3	I	按键列信号	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
51	KBR3	O	按键行信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
41	KBC1	I	按键列信号	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
42	KBC2	I	按键列信号	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
43	KBR2	O	按键行信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
44	KBR1	O	按键行信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
91	KBC5	I	按键列信号	VIH	1.17	-	1.98	默认用作 Codec 芯片 复位
				VIL	-0.3	-	0.63	
92	KBR5	O	按键行信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	

### 3.12 系统控制接口

ML302 模块的控制信号主要有：

- 开关机 (PWR\_KEY) 接口；
- 复位 (RESET\_IN) 接口；
- 休眠/唤醒 (WAKEUP\_IN) 控制接口；
- 唤醒输出 (WAKEUP\_OUT) 接口；
- 网络状态 (NET\_STA) 指示接口；
- 系统状态 (MOD\_STA) 指示接口；
- USB 强制下载 (USB\_BOOT) 接口；

表 3-13 系统控制接

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
17	PWR_KEY	I	模块开机	VIH	1.17	-	1.98	低有效
				VIL	-0.3	-	0.63	
16	RESET_IN	I	模块复位	VIH	1.17	-	1.98	低有效
				VIL	-0.3	-	0.63	
9	WAKEUP_IN	I	模块休眠唤醒： H：唤醒模块 L：休眠模块	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
77	WAKEUP_OUT	O	模块休眠指示： H：模块唤醒 L：模块休眠	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
2	NET_STA	O	网络状态指示	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
79	MOD_STA	O	系统状态指示	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
71	USB_BOOT	I	USB 强制下载	VOH	1.35	-	-	高电平有效
				VOL	0	-	0.45	

### 3.12.1 开关机接口

ML302 模块通过 PWR\_KEY 管脚实现开关机。

表 3-14 开关机接口功能定义

功能	管脚状态	操作
开机	低电平（模块关机时）	将 PWR_KEY 管脚拉低至少 1s
关机	低电平（模块开机时）	将 PWR_KEY 管脚拉低至少 2s

当 ML302 模块处于关机模式，可以通过拉低 PWR\_KEY 至少 1s 使模块开机。推荐使用开集电路实现控制拉低。

开关机接口示意图如下所示。

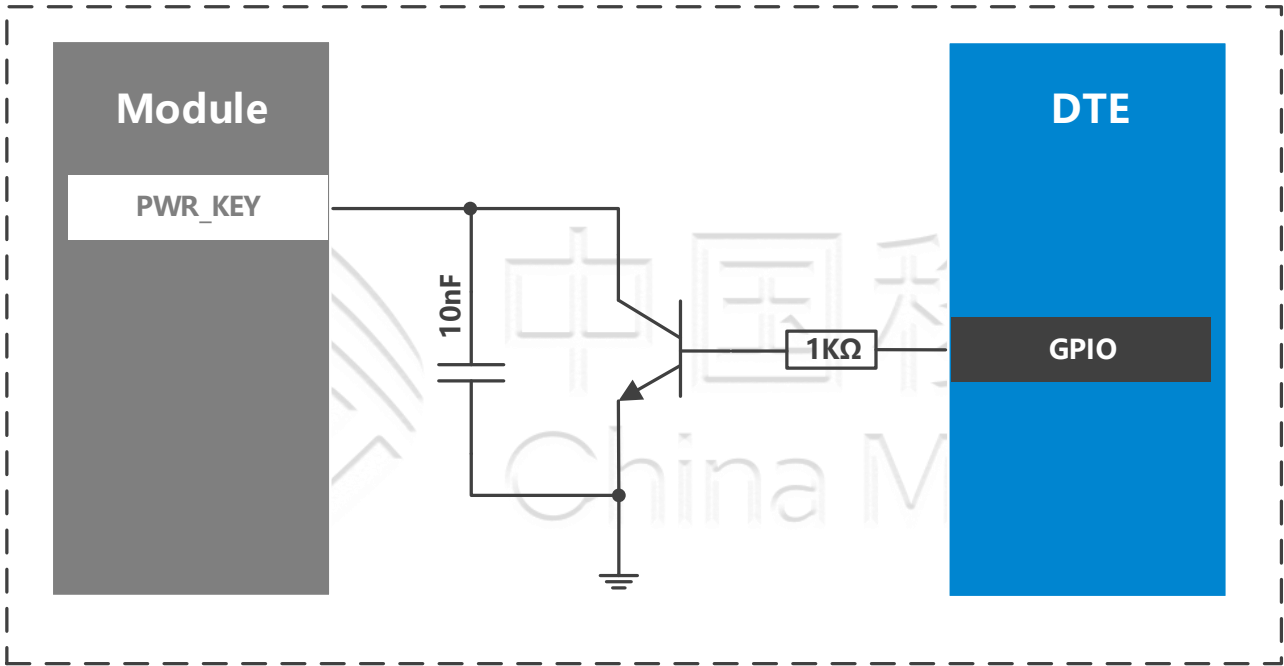


图 3-8 开关机接口示意图

另一种控制 PWR\_KEY 的引脚方式是直接通过一个按钮开关，按钮附近需放置一个 TVS 用于 ESD 保护，参考电路如下：

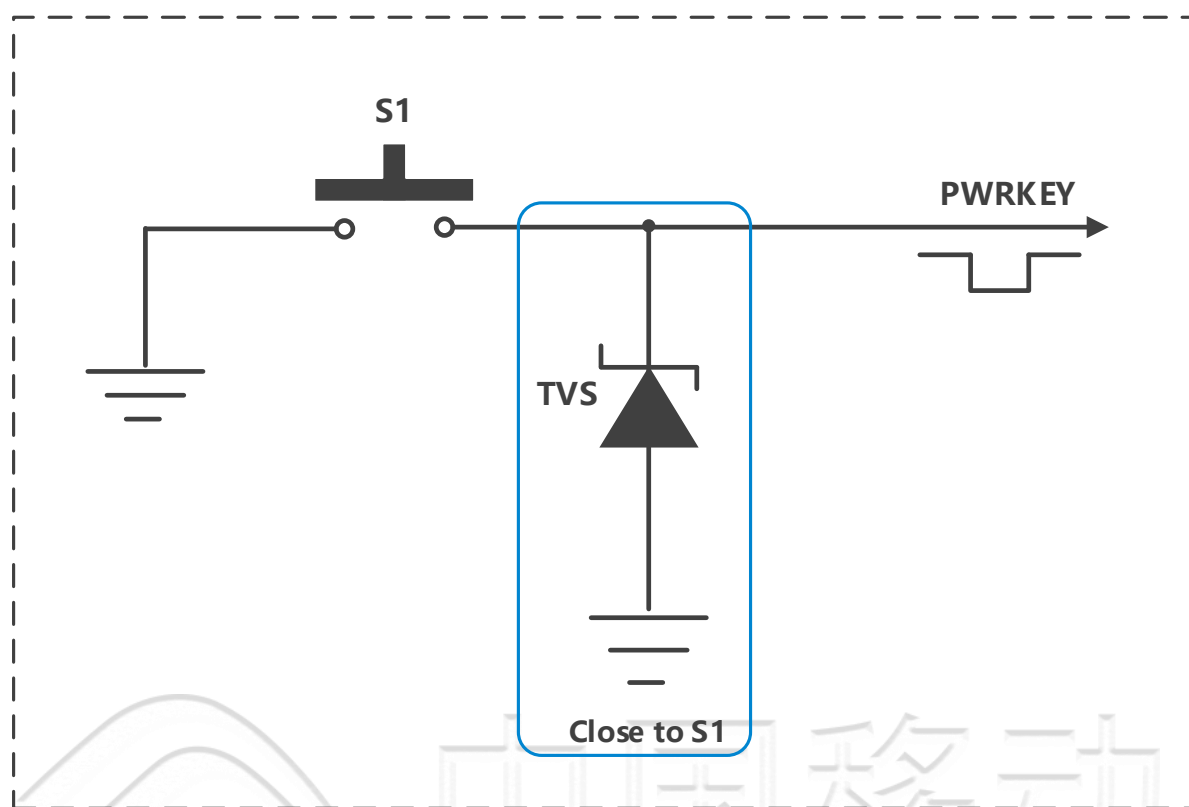


图 3-9 开关机接口示意图

### 3.12.2 关机

模块在开机状态下，拉低 PWRKEY 引脚至少 2S 后释放，模块将执行关机流程。

模块可通过以下方式关机：

- 正常关机：通过 PWRKEY 引脚控制模块关机。
- 正常关机：发送 AT+ 命令关机\*

### 3.12.3 复位接口

ML302 模块通过 RESET 管脚可实现硬件关机。当模块软件停止响应的时候，可以通过拉低 RESET 管脚 50-100ms 实现系统关机。复位接口示意图如下所示。

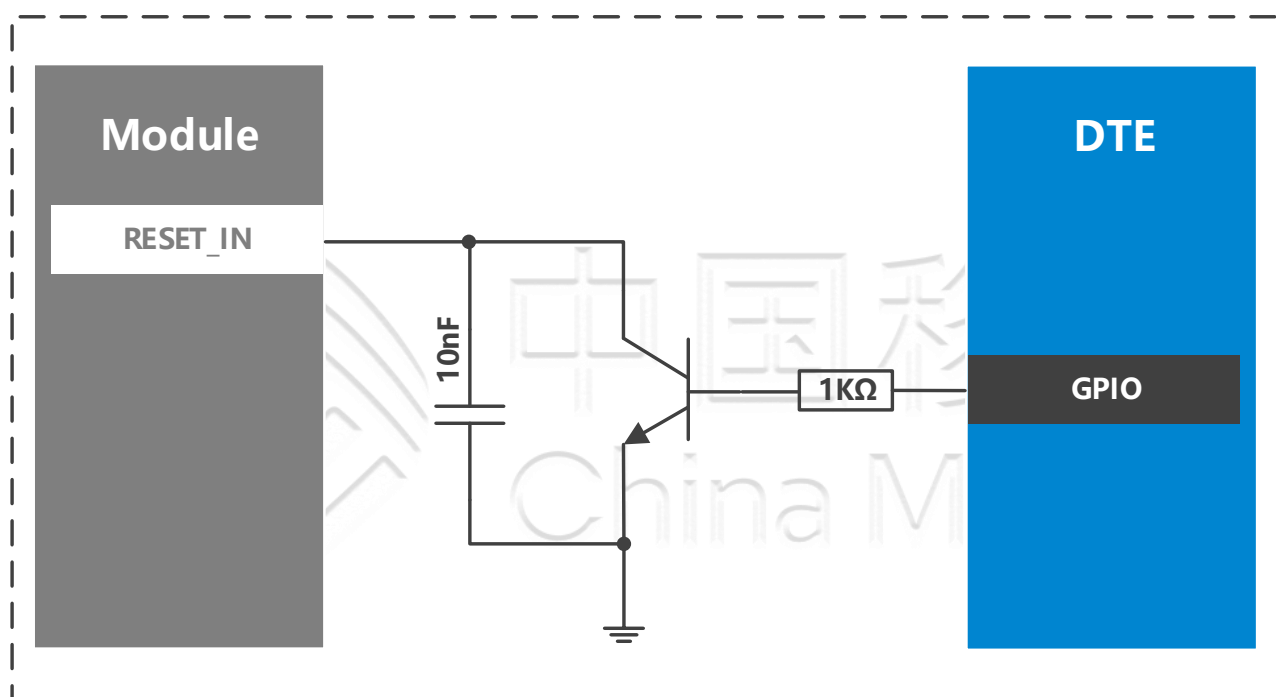


图 3-10 复位接口示意图



RESET\_IN 信号相当敏感，建议在这个接口上预留 10nF-0.1uF 电容进行滤波。另外建议这条线路走线不超过 20mm，距离 PCB 板边超过 2.54mm，而且走线需包地，否则模块可能由于干扰信号引起复位。RESET\_IN 信号拉低模块会直接复位重启。

### 3.12.4 休眠/唤醒接口

ML302 模块通过 WAKEUP\_IN 管脚可实现系统休眠/唤醒。当 WAKEUP\_IN 管脚被拉高，模块处于唤醒状态。当 WAKEUP\_IN 被拉低，模块将被允许进入休眠。WAKEUP\_IN 需要外部上拉到 1.8V。休眠/唤醒接口示意图如下所示。

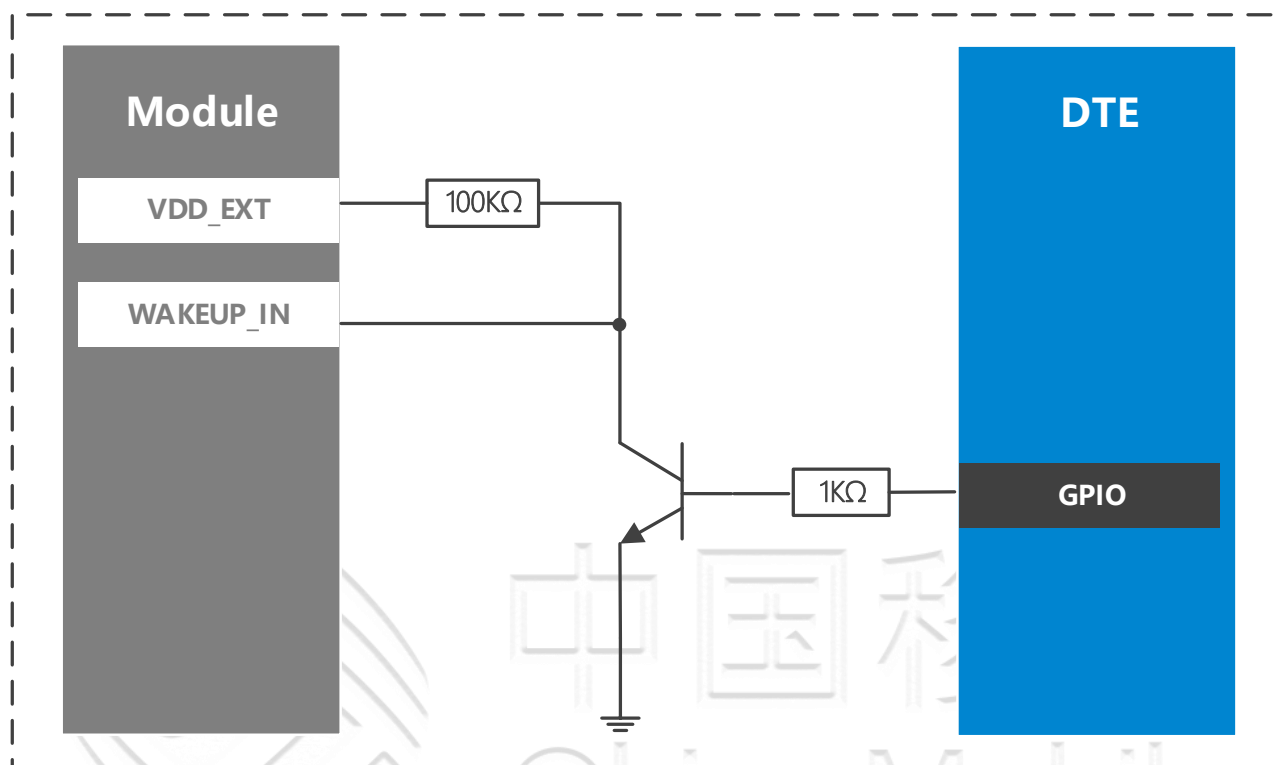


图 3-11 休眠/唤醒接口示意图



- WAKEUP\_IN 被拉低只是说明模块被允许进入休眠，并不表示模块会立即休眠。模块进入休眠状态的前提必须是 WAKEUP\_IN 保持低电平，并且模块处于空闲状态。
- 模块可以通过 AT+S32K=0 强制让模块处于唤醒状态，模块将一直保持唤醒状态，并且 WAKEUP\_IN/WAKEUP\_OUT 不起作用。可通过 AT+S32K=1 退出该状态。在使用 AT+S32K=1 退出强制状态之前，请务必保证 WAKEUP\_IN 管脚是被拉高的状态。



### 3.12.5 唤醒输出接口

ML302 模块通过 WAKEUP\_OUT 管脚可实现唤醒输出，用于指示模块当前的休眠状态或唤醒外部设备。WAKEUP\_OUT 输出高电平，表示模块处于唤醒状态；WAKEUP\_OUT 输出低电平，表示模块处于休眠状态。唤醒输出接口示意图如下所示。

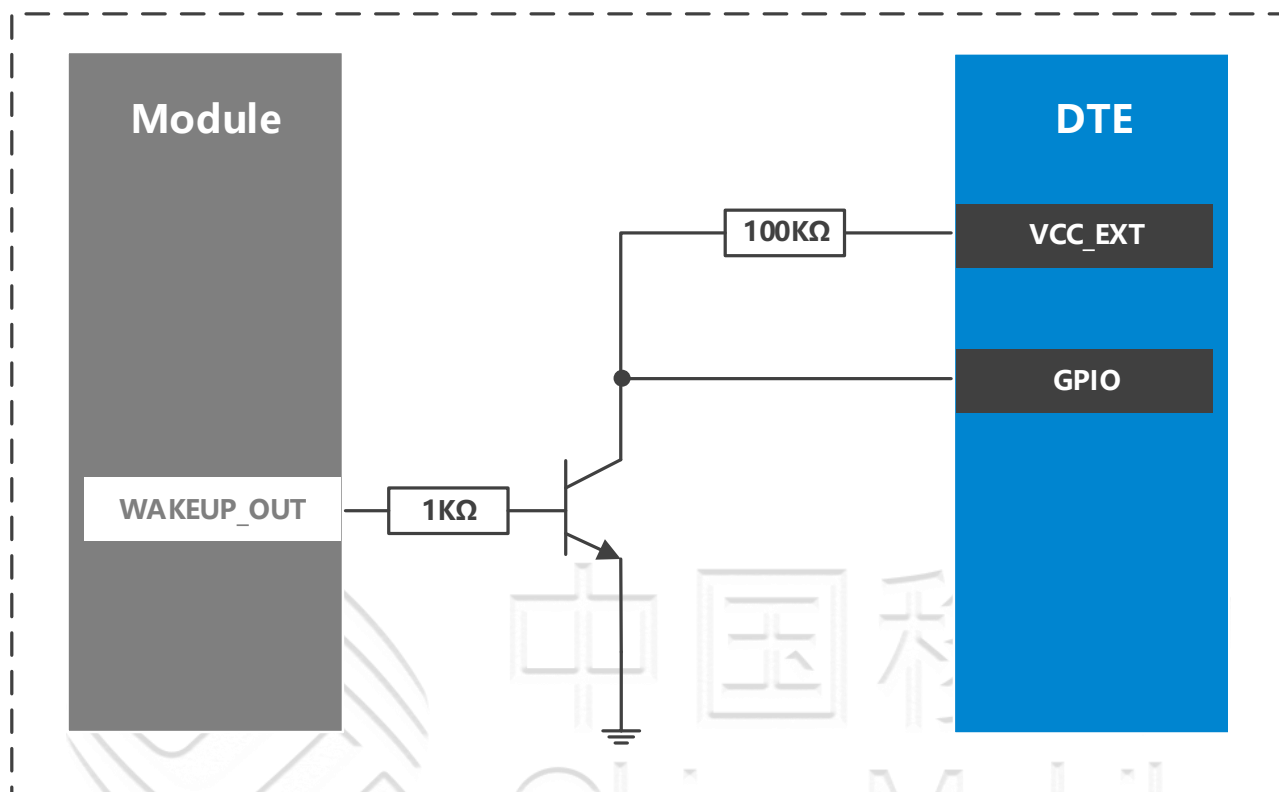


图 3-12 唤醒输出接口示意图

### 3.12.6 网络状态指示接口

ML302 模块可通过 NET\_STA 管脚连接外部 LED 指示网络状态。

表 3-15 LED 指示灯状态

模式	LED 状态	描述
1	快闪 (周期 1s)	网络未注册
2	慢闪 (周期 2s)	网络已注册

网络状态接口示意图如下所示。

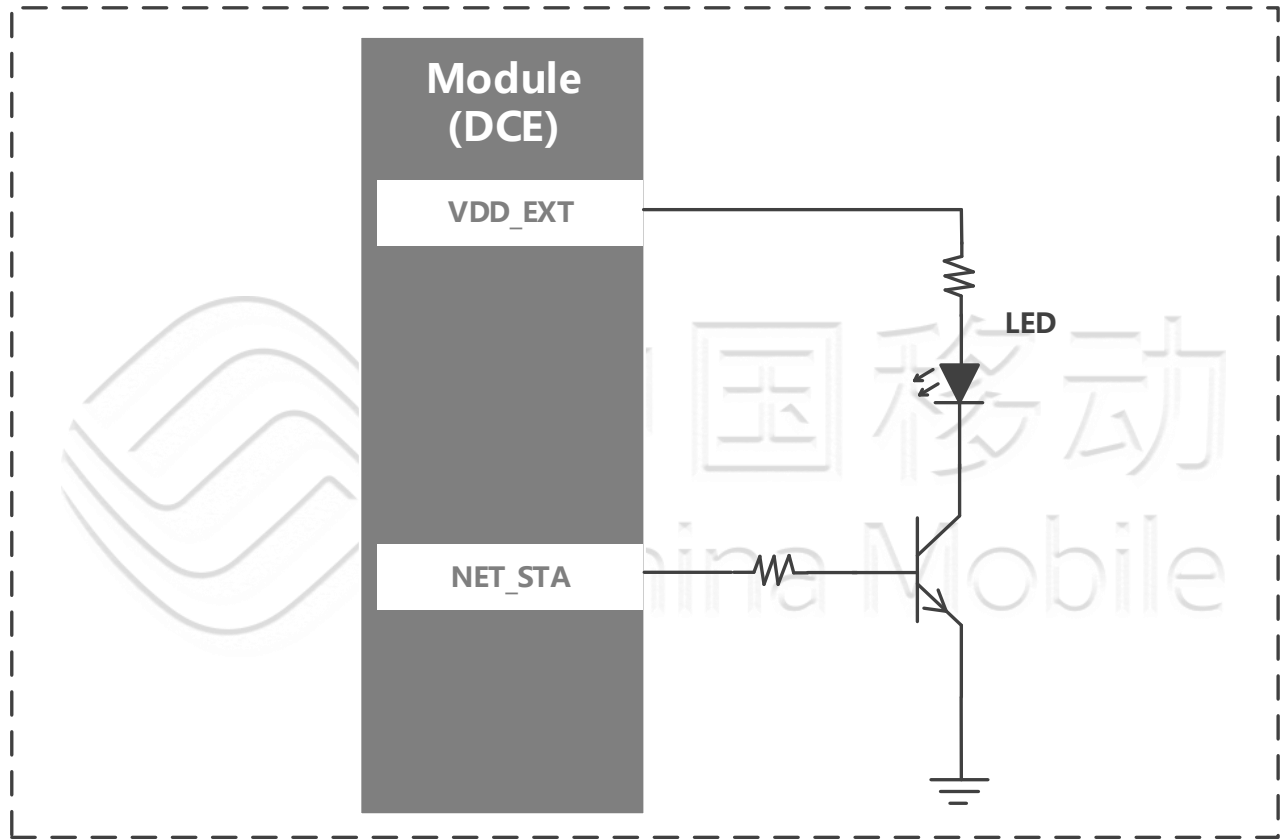


图 3-13 网络状态接口示意图

### 3.12.7 系统状态指示接口

ML302 模块可通过 MOD\_STA 管脚连接外部 LED 指示模块状态。模块工作，MOD\_STA 管脚输出高电平，LED 亮；模块不工作，MOD\_STA 管脚输出低电平，LED 灭。模块状态接口示意图如下所示。

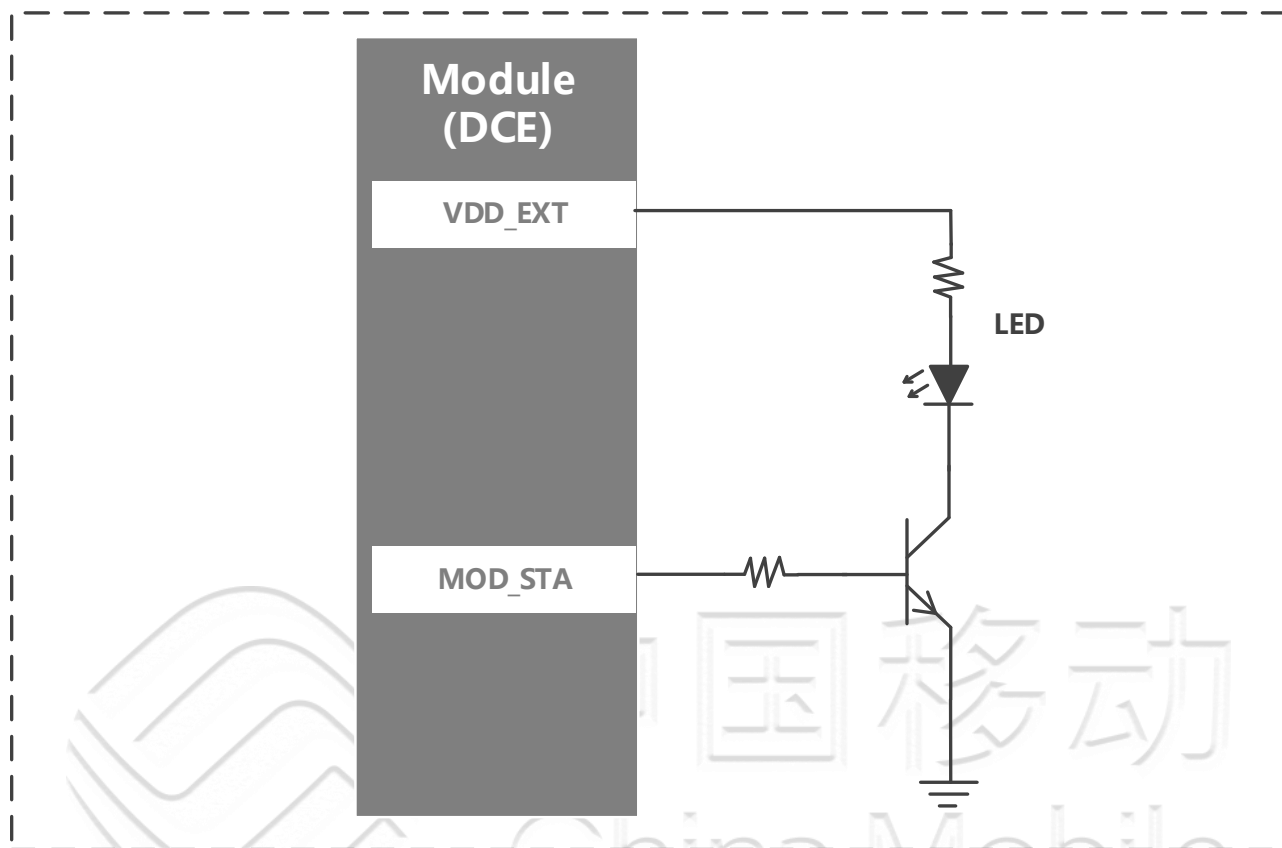


图 3-14 模块状态接口示意图

### 3.12.8 USB\_BOOT 接口

ML302 支持 USB 强制下载功能。用户可以在模块开机前将 USB\_BOOT 上拉至 1.8V，在开机时模块将进入紧急下载模式。在此模式下，模块可通过 USB 接口进行软件升级。

USB\_BOOT 接口参考设计如下。

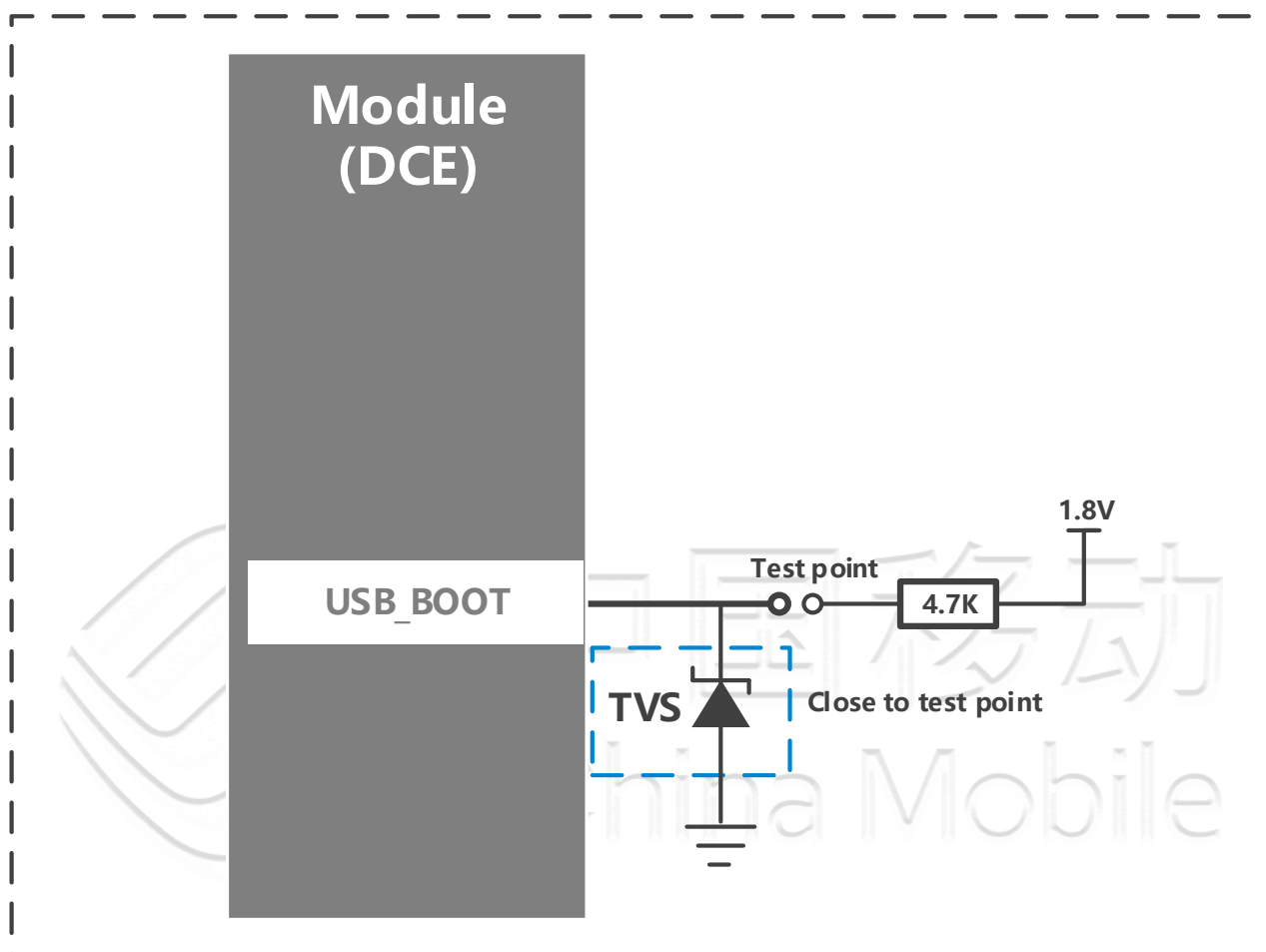


图 3-15 USB\_BOOT 接口参考设计

### 3.13 SDIO 接口\*

ML302 模块提供一路 SDIO 接口，SDIO 接口支持 SDIO3.0 协议，4bit 数据位。接口电平只支持 1.8V，该接口专用于与 WIFI 芯片进行数据传输。模块内部集成了 RTL8189ES 的驱动，建议 WIFI 芯片选用这颗。接口连接示意图如下图所示。

表 3-16 WIFI 相关接口定义

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
82	SD_DAT2	IO	SDIO 数据 2	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
83	SD_DAT1	IO	SDIO 数据 1	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
84	SD_DAT0	IO	SDIO 数据 0	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
85	SD_CMD	IO	SDIO 指令信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
86	SD_CLK	O	SDIO 时钟信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
100	SD_DAT3	IO	SDIO 数据 3	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
136	WLAN_EN	O	WIFI 使能	VOH	1.35	-	-	默认作为 WIFI 电源 使能接口
				VOL	0	-	0.45	
137	WLAN_WAKE_MOD	I	WIFI 唤醒模块	VIH	1.17	-	1.98	默认作为 WIFI 唤醒 模块接口
				VIL	-0.3	-	0.63	

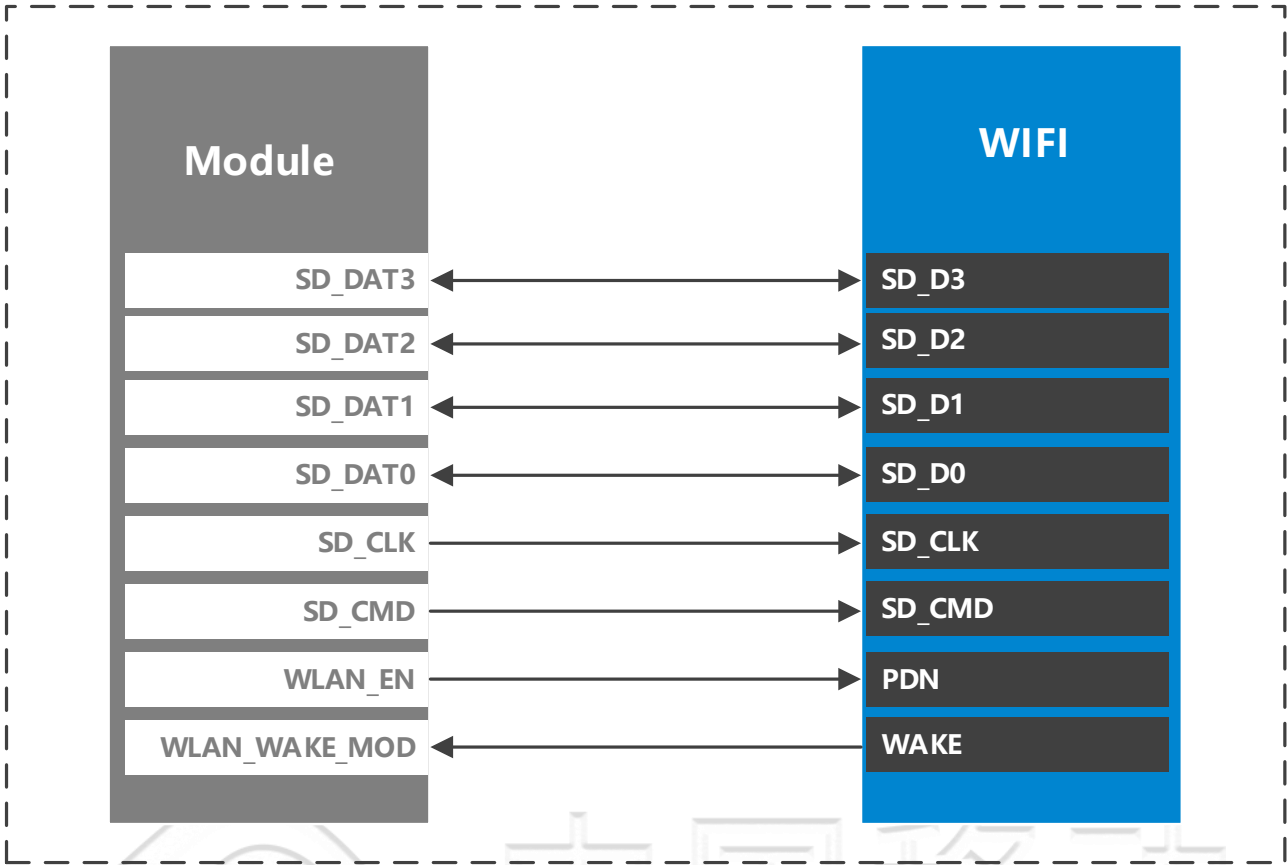


图 3-16 WIFI 相关接口示意图

### 3.14 天线接口

ML302 模块提供单路天线接口：主集天线接口（MAIN\_ANT）。

表 3-17 天线接口定义

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
47	MAIN_ANT	-	射频主集天线	-	-	-	-	-

模块天线接口示意图如下图所示：

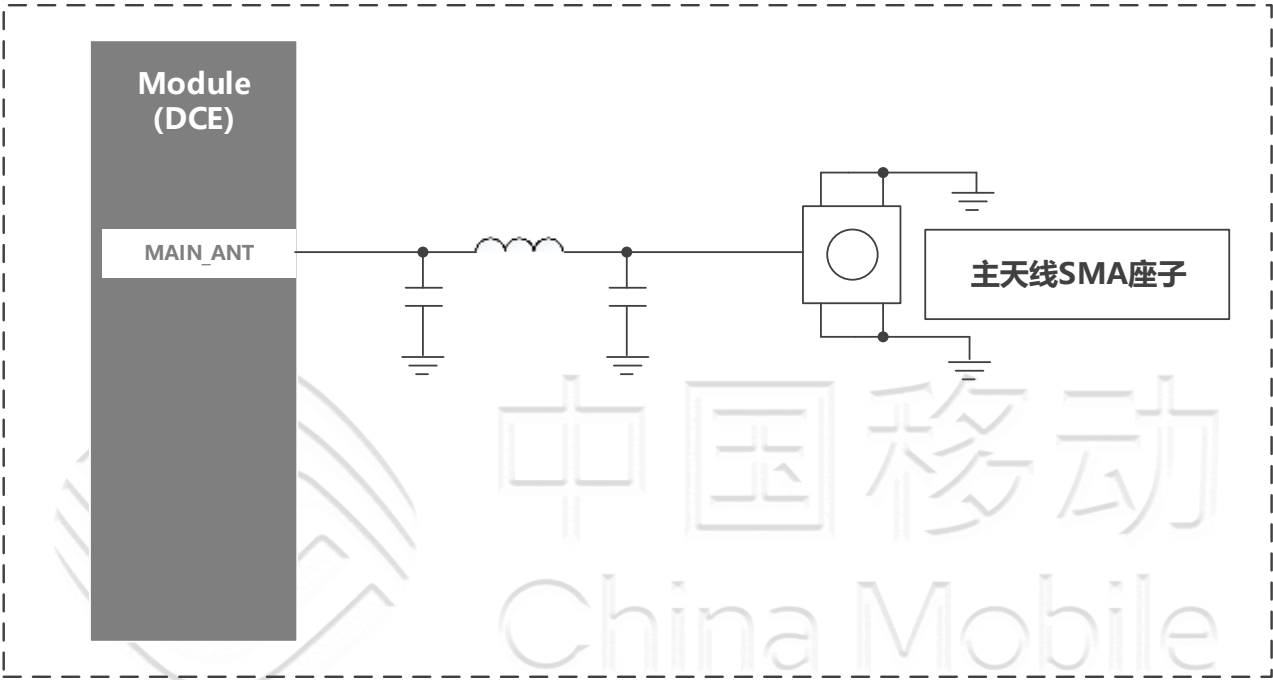


图 3-17 模块天线接口示意图

天线 PCB 布局示意图如图 18 所示：

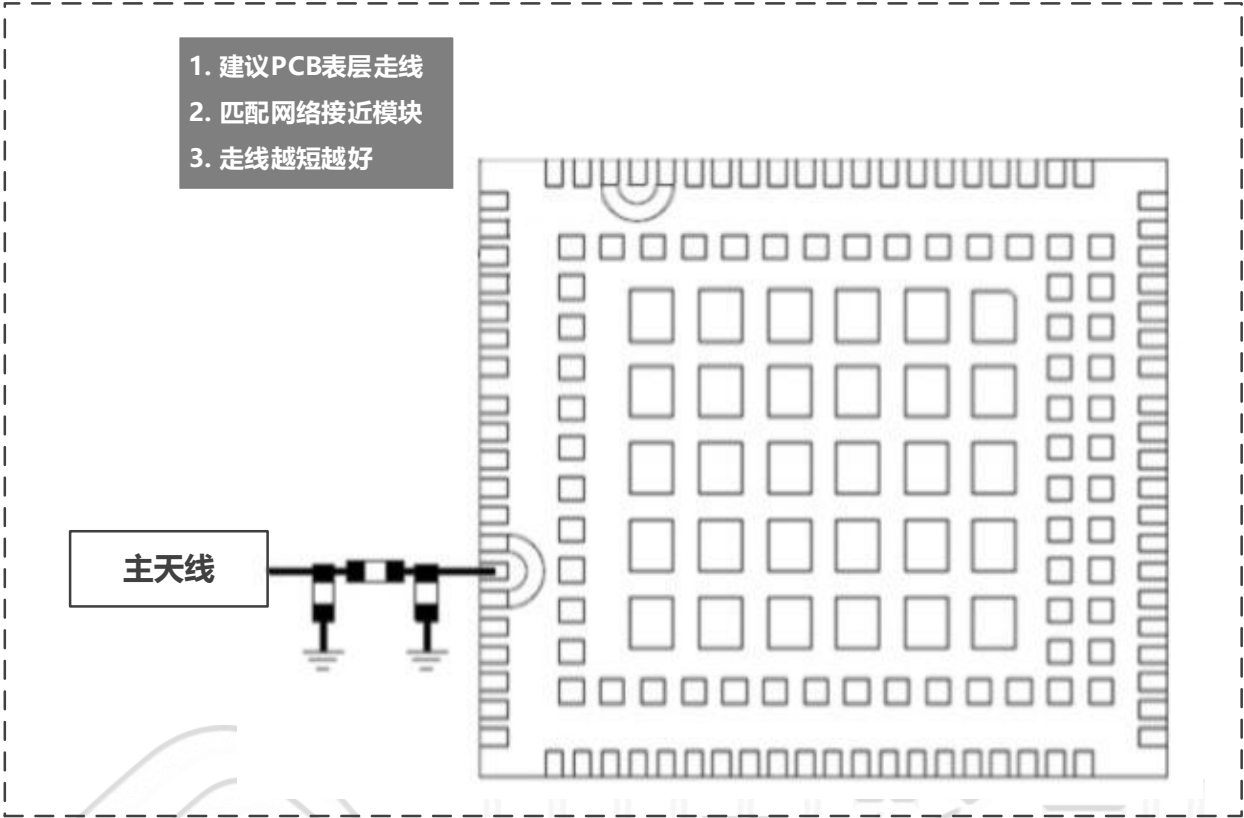


图 3-18 模块天线布局示意图



- 天线接口到射频座子直接预留 PI 型匹配网络，以便射频调试；
- 天线接口与射频座子的距离尽可能短；
- 射频信号线的阻抗为  $50\Omega$ 。



### 3.15 NC 接口

模块提供了预留接口，这些接口必须保持悬空状态，客户无法使用。

表 3-18 NC 接口

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
58,93,134	NC	-	-	-	-	-	-	-

### 3.16 RSV 接口

模块提供了若干 RSV 接口，表示该接口功能未开发完善，暂时不对外开放。外围设计时务必保持悬空状态。

表 3-19 RSV 接口

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
81,87,95,96,97,98,99,102,103,104,105,106,107,108,109,110	RSV	-	-	-	-	-	-	-

### 3.17 模拟音频接口\*

模块提供了一组喇叭，麦克风，耳机，耳机麦克通用接口。

表 3-20 模拟音频接口参数

接口类型	最大输出功率	阻抗	PSRR	SNR
耳机	25mW	32Ohm	60dB	96dB
听筒	50mW	32Ohm	60dB	-
喇叭	ClassD: 0.8W@4.2V	80Ohm	60dB	-
	ClassAB: 0.6W@4.2V		60dB	-

表 3-21 模拟音频接口

管脚号	管脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
101	HP_DET	I	耳机检测	VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
111	SPKP	AO	喇叭+	VOH	-	-	-	-
				VOL	-	-	-	
112	SPKN	AO	喇叭-	VOH	-	-	-	-
				VOL	-	-	-	
				VIH	-	-	-	
				VIL	-	-	-	
113	MICP	DI	MIC 输入+	VIH	-	-	-	-
				VIL	-	-	-	
114	MICN	DI	MIC 输入-	VIH	-	-	-	-
				VIL	-	-	-	
115	HPL	AO	耳机左声道	VOH	-	-	-	-
				VOL	-	-	-	
116	HPR	AO	耳机右声道	VOH	-	-	-	-
				VOL	-	-	-	
127	HMIC_P	DI	耳机 MIC 差分输入+	VIH	-	-	-	-
				VIL	-	-	-	
128	HMIC_N	DI	耳机 MIC 差分输入-	VIH	-	-	-	-
				VIL	-	-	-	
129	MIC_BIAS	PO	MIC 偏置电压	VOH	-	-	-	-
				VOL	-	-	-	
130	HMIC_BIAS	PO	耳机 MIC 偏置电压	VOH	-	-	-	-
				VOL	-	-	-	
131	AMP_VCOM	PG	耳机 GND	-	-	-	-	-
132	EARP	AO	听筒+	VOH	-	-	-	-
				VOL	-	-	-	
133	EARN	AO	听筒-	VIH	-	-	-	-

## 3.18 测试点设计

当模块用在整机时，几个测试点对系统的调试非常重要，设计得当，可以快速定位问题、解决问题。以下测试点是客户在设计的时候必须预留出来的：

- **USB 测试点：**USB 是模块跟 AP 通讯的主要通道，也是模块固件下载通道，通过 USB 测试点，可以实时监控模块跟 AP 的通讯信息是否正确，并且紧急情况下可以通过 USB 给模块升级固件。USB\_DP/USB\_DM 信号需要串联 0 欧姆电阻，以防 USB 信号线出现分支，影响 USB 信号质量。
- **PWR\_KEY/RESET\_IN 测试点：**控制模块正常开机运行，必须预留。
- **UART1 测试点：**用于打印模块 LOG 信息。
- **VBAT/VDD\_EXT：**VBAT 信号上最好有串联的磁珠或者电阻，在做电源干扰验证的时候可以断开 VBAT，用直流电源供电。VDD\_EXT 用来直观的判断模块是否开机。
- **其他测试点：**其他如 WAKEUP\_IN、WAKEUP\_OUT、ADC、GPIO 等测试点，可以酌情接出来。



中国移动  
China Mobile

# 4 射频特性

本章主要介绍 ML302 的射频特性：

- 工作频段
- 传导测试数据
- 天线设计要求

## 4.1 工作频段

ML302 的工作频段如下表所示。

表 4-1 射频频段

频段	发射	接收
FDD LTE Band 1	1920 MHz–1980 MHz	2110 MHz–2170 MHz
FDD LTE Band 3	1710 MHz–1785 MHz	1805 MHz–1880 MHz
FDD LTE Band 5	824 MHz–849 MHz	869 MHz–894 MHz
FDD LTE Band 8	880 MHz–915 MHz	925 MHz–960 MHz
TDD LTE Band 34	2010 MHz–2025 MHz	2010 MHz–2025 MHz
TDD LTE Band 38	2570 MHz–2620 MHz	2570 MHz–2620 MHz
TDD LTE Band 39	1880 MHz–1920 MHz	1880 MHz–1920 MHz
TDD LTE Band 40	2300 MHz–2400 MHz	2300 MHz–2400 MHz
TDD LTE Band 41	2555 MHz–2655 MHz	2555 MHz–2655 MHz

## 4.2 传导测试数据

### 4.2.1 测试环境

- 测试仪器：R&S CMW500
- 电源：Keysight N6705B

### 4.2.2 传导接收灵敏度

接收灵敏度指标是衡量 ML302 模块接收机性能的重要参数，测试结果如下表所示。

表 4-2 传导接收灵敏度

频段	测试值 (单位: dBm)	备注
LTE Band 1	-97.1	TDD QPSK throughput > 95%,10M
LTE Band 3	-97	TDD QPSK throughput > 95%,10M
LTE Band 5	-98	TDD QPSK throughput > 95%,10M
LTE Band 8	-98	TDD QPSK throughput > 95%,10M
LTE Band 34	-97	TDD QPSK throughput > 95%,10M
LTE Band 38	-97	TDD QPSK throughput > 95%,10M
LTE Band 39	-97	TDD QPSK throughput > 95%,10M
LTE Band 40	-97	TDD QPSK throughput > 95%,10M
LTE Band 41	-98	TDD QPSK throughput > 95%,10M

### 4.2.3 传导发射功率

传导发射功率是衡量 ML302 模块的发射机的一个重要的指标，测试结果如下表所示。

表 4-3 传导发射功率

频段	测试值 (单位: dBm)	备注 (单位: dB)
TDD LTE Band 1	23	±2.7
TDD LTE Band 3	23	±2.7
TDD LTE Band 5	23	±2.7
TDD LTE Band 8	23	±2.7
TDD LTE Band 34	23	±2.7
TDD LTE Band 38	23	±2.7
TDD LTE Band 39	23	±2.7
TDD LTE Band 40	23	±2.7
TDD LTE Band 41	23	±2.7

### 4.3 天线设计要求

#### 4.3.1 天线指标

- **天线效率**：天线效率即辐射出去的功率和输入到天线的有用功率之比，天线效率与它的电气尺寸有关，通常天线效率随电气尺寸的增加而增加。为保证 ML302 模块射频辐射性能，建议天线效率为：主集天线的效率 $\geq 40\%$ （频段低于 960 MHz 时）；主集天线的效率 $\geq 50\%$ （频段高于 1710 MHz 时）。
- **S11**：指天线输入阻抗同参考阻抗（50 $\Omega$ ）的匹配指数。反射系数和天线效率相关，可用网络分析仪测量。ML302 模块天线推荐 S11 值：S11 主集天线 $\leq -10\text{dB}$ 。
- **方向图**：天线的辐射方向图反应了天线在远场的辐射特性。半波偶极子天线的辐射方式为水平面为全向，基站天线的入射波常是水平的。ML302 模块推荐的天线方向为全向。
- **增益**：增益是天线的另一个重要参数，天线的增益与方向和天线效率有关。ML302 模块推荐的天线增益：主集天线增益 $\leq 2.5\text{dBi}$ 。

#### 4.3.2 天线设计要求

ML302 模块天线设计指标需求如下表所示。

表 4-4 天线设计要求

主集天线带宽	50 MHz in TDD LTE Band 38 40 MHz in TDD LTE Band 39 100 MHz in TDD LTE Band 40 100 MHz in TDD LTE Band 41
增益	$\leq 2.5 \text{ dBi}$
阻抗	50 $\Omega$
VSWR 推荐值	$\leq 2:1$

# 5 电气可靠性

本章主要介绍 ML302 模块接口的电气特性及可靠性特性，包括：

- 极限工作条件
- 工作和存储环境
- 电源特性
- 可靠性指标
- EMC 和 ESD 特性

## 5.1 极限工作条件

ML302 模块的极限工作条件如下表所示，若超过极限条件，可能会造成模块不可修复的损坏。

表 5-1 极限工作条件

符号	参数	最小值 (V)	最大值 (V)
VBAT	外部供电电压	-0.3	4.5
VIO	数字输入电压	-0.3	2.3

## 5.2 工作和存储环境

ML302 模块的工作及存储温度范围如下表所示。

表 5-2 工作及存储温度

参数	最小值 (°C)	最大值 (°C)
正常工作温度	-30	+75
扩展工作温度	-40	+85
存储温度	-40	+85



当 ML302 模块工作在 -40°C~-30°C 或 +75°C~+85°C 温度范围时，模块可以正常工作，但部分射频指标不能满足 3GPP 标准。

## 5.3 电源特性

### 5.3.1 输入电压

ML302 模块的输入电压要求如下表所示。

表 5-3 输入电压要求

符号	参数	最小值 (V)	典型值 (V)	最大值 (V)	纹波 (V)
VBAT	外部供电电压	3.3	3.8	4.3	0.05



当外部供电电压小于最小值时，ML302 模块不能正常工作。





### 5.3.2 功耗

不同状态下 ML302 模块的功耗如下列表所示，测试条件为常温，输入电压 3.8V。

表 5-4 关机功耗

工作模式	平均电流 (μA)	备注
关机	< 50uA	关机状态保持 3.8V 输入电压

表 5-5 休眠功耗

工作模式	制式	频段	平均电流 (mA)	备注
休眠	LTE	LTE Band	2.43	DRX 周期 256 (2.56s)

表 5-6 待机功耗

工作模式	制式	频段	平均电流 (mA)	备注
待机	LTE	LTE Band	12	DRX 周期 256 (2.56s)

表 5-7 工作功耗 (TDD LTE)

工作模式	制式	频段	平均电流 (mA)	备注
TDD LTE		Band 38	221.44	0dBm Tx Power
			267.52	10dBm Tx Power
			434.86	23dBm Tx Power
		Band 39	217.89	0dBm Tx Power
			255.50	10dBm Tx Power
			394.61	23dBm Tx Power
		Band 40	223.22	0dBm Tx Power
			256.80	10dBm Tx Power
			429.20	23dBm Tx Power
		Band 41	224.89	0dBm Tx Power
			262.31	10dBm Tx Power
			431.82	23dBm Tx Power

## 5.4 EMC 和 ESD 特性

### ■ EMC 设计建议:

- 高速信号接口: USB 接口需采用 TVS 管进行 ESD 防护。器件特性推荐: 结电容小于 1pF, 钳位电压为 5.5V-14V, 最大峰值电流为 3A, 可承受 17KV 的瞬间电压。
- 低速信号接口: SIM 接口、UART 接口、PCM 接口可采用 TVS 管或压敏电阻进行 ESD 防护。器件特性推荐: 结电容小于 20pF, 钳位电压为 5.5V-14V, 可承受 14KV 的瞬间电压。
- USB 插座的 5V 电源输入接口易产生浪涌和过冲, 建议采用防浪涌 TVS 管。器件特性推荐: 反向关断电压为 10V, 击穿电压典型值为 13.5V, 钳位电压 <17V。
- 信号走线时要先经过 ESD 防护器件再到后级, ESD 防护器件需就近接到主地。
- 模块周边地平面保证完整性, 不要进行分割。

### ■ ESD 防护建议:

- 静电敏感器件机器组件的加工设备、测试仪器、工具、装备都进行可靠接地。
- 设备、仪器、工具和夹具上接触静电敏感器件的部分和靠近静电敏感器件的运动部件由防静电材料制成, 并且有良好的接地。非静电材料部分进行防静电处理。
- 生产设备上的关键部件, 如传送带、SMT 吸嘴是否有完善的静电防护措施。
- 在接触 IC、单板、模块等静电敏感器件的过程中, 员工都正确的佩戴了静电手环或者静电手套。
- 在运输、存储静电敏感器件的过程中是否都有明显的防静电标识和防静电措施。

# 6 机械特性

本章主要描述 ML302 的机械尺寸以及相关的存储、包装需求等。

## 6.1 外形尺寸

模块外形尺寸如下图所示。

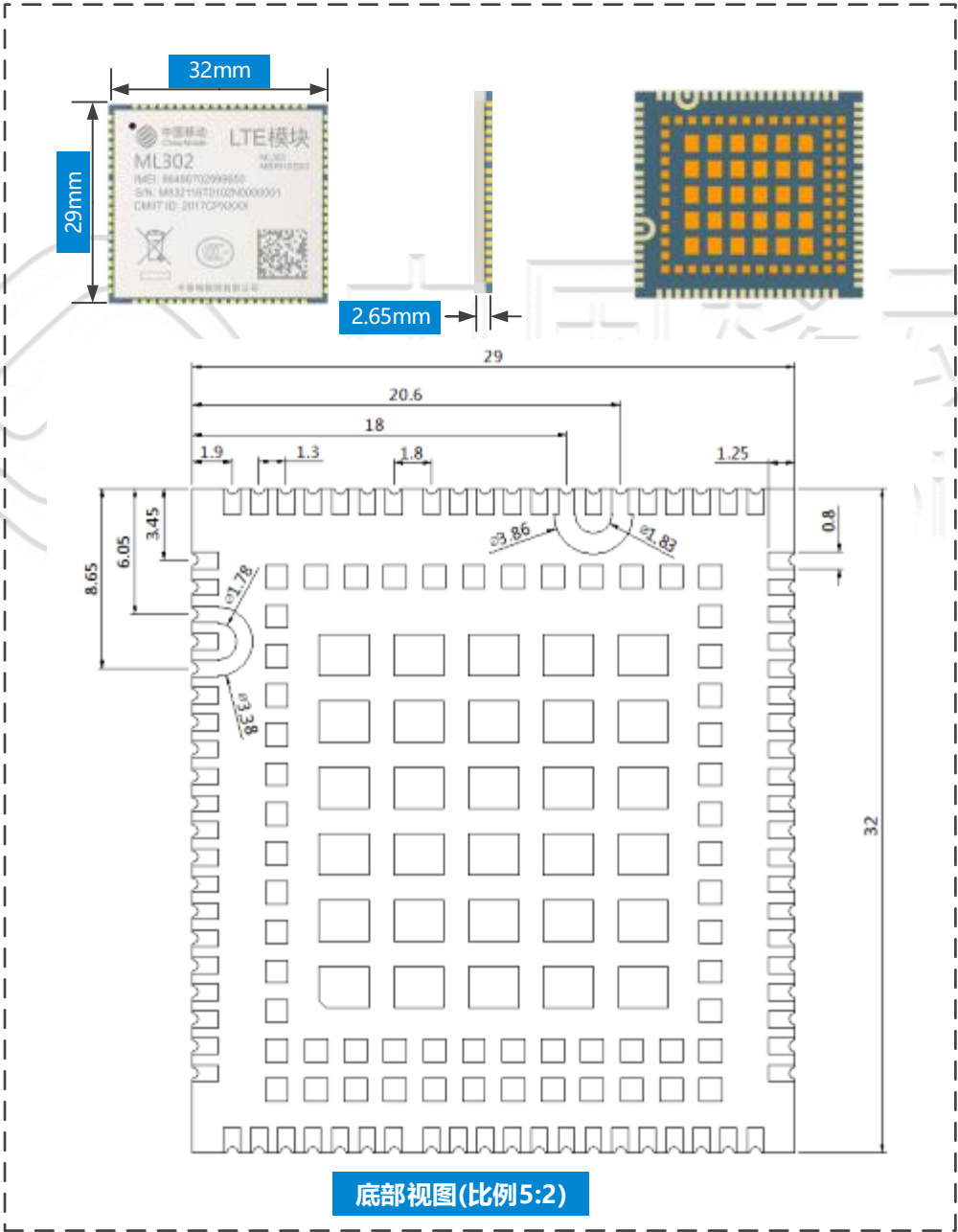


图 6-1 ML302 外形尺寸图

## 6.2 PCB 焊盘设计

为达到高可靠性的焊接，推荐 PCB 焊盘尺寸设计如下图所示来设计。

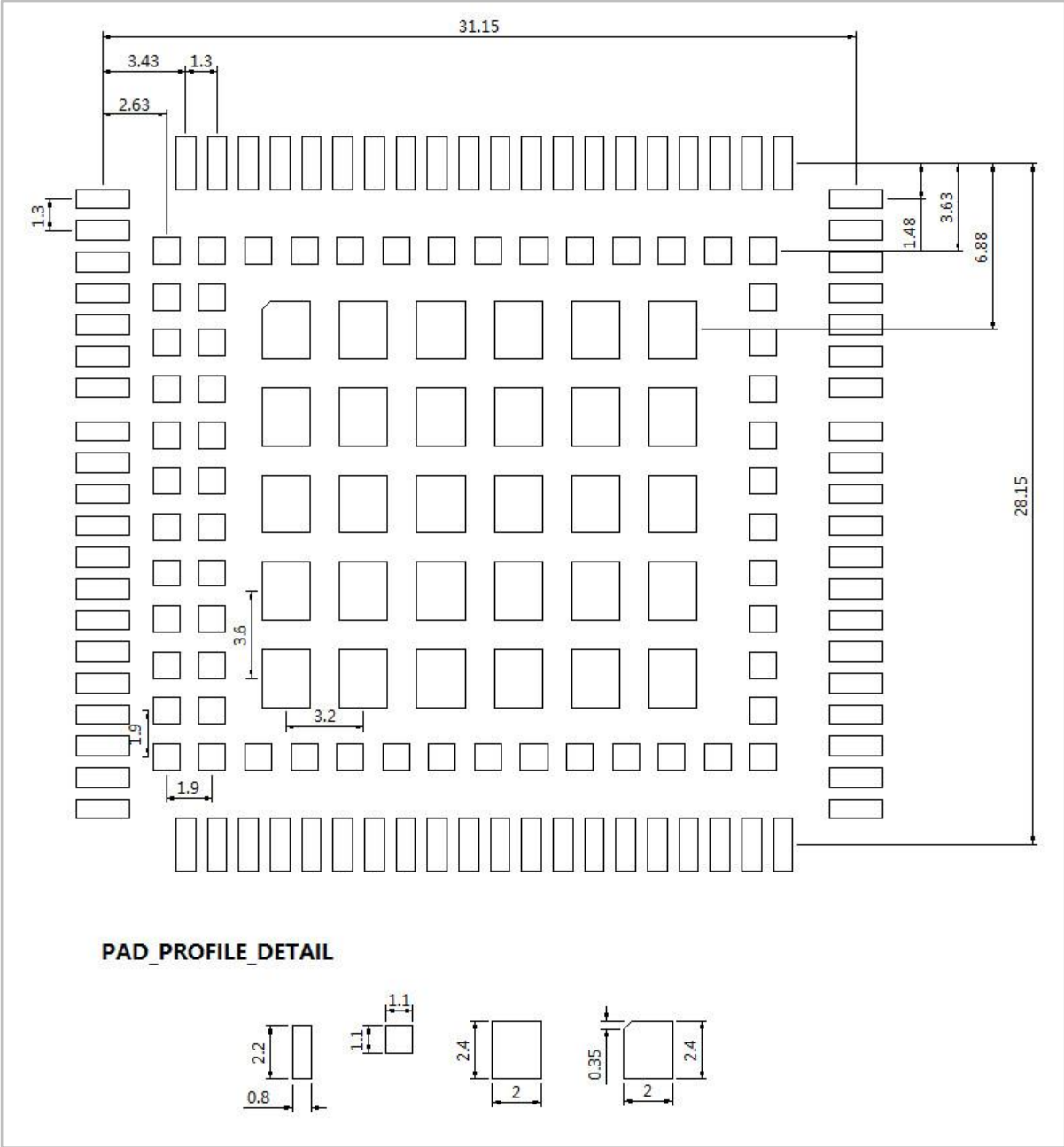


图 6-2 PCB 焊盘尺寸

阻焊开窗应该大于焊盘尺寸，可提到焊接的可靠性。阻焊开窗应比焊盘尺寸大 100um~150um，即单边比焊盘尺寸大 50um~75um，可根据 PCB 厂家的制程能力来决定。

PCB 厚度推荐 1.0mm 以上，以减小高温焊接或者机械应力导致的形变。模块四周 0.6mm 以内避免布局其他器件，推荐在间距在 1.0mm 以上。模块距 PCB 板边最小距离为 0.5mm。

# 7 存储和生产

## 7.1 存储

ML302 以真空密封袋的形式出货。模块的存储需遵循如下条件：环境温度低于 40 摄氏度，空气湿度小于 90% 情况下，模块可在真空密封袋中存放 12 个月。**当真空密封袋打开后，若满足以下条件，模块可直接进行回流焊或其它高温流程：**

- 模块环境温度低于 30 摄氏度，空气湿度小于 60%，工厂在 72 小时以内完成贴片。

**若模块处于如下条件，需要在贴片前进行烘烤：**

- 当环境温度为 23 摄氏度（允许上下 5 摄氏度的波动）时，湿度指示卡显示湿度大于 10%
- 当真空密封袋打开后，模块环境温度低于 30 摄氏度，空气湿度小于 60%，但工厂未能在 72 小时以内完成贴片
- 当真空密封袋打开后，模块存储空气湿度大于 10% 如果模块需要烘烤，请在 125 摄氏度下（允许上下 5 摄氏度的波动）烘烤 48 小时。



模块的包装无法承受高温，在模块烘烤之前，请移除模块包装。如果只需要短时间的烘烤，请参考 IPC/JEDECJ-STD-033 规范。

7.2 生产焊接

用印刷刮板在网板上印刷锡膏，使锡膏通过网板开口漏印到 PCB 上，印刷刮板力度需调整合适，为保证模块印膏质量，ML302 模块焊盘部分对应的钢网厚度应为 0.1mm。

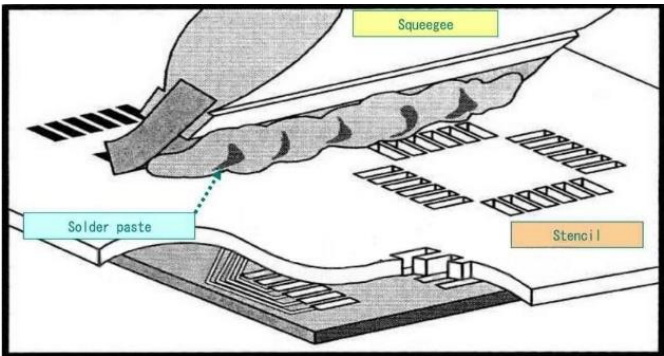


图 7-1 印膏图

为避免模块反复受热损伤，建议客户 PCB 板第一面完成回流焊后再贴 ML302 模块。推荐的炉温曲线图如下图所示：

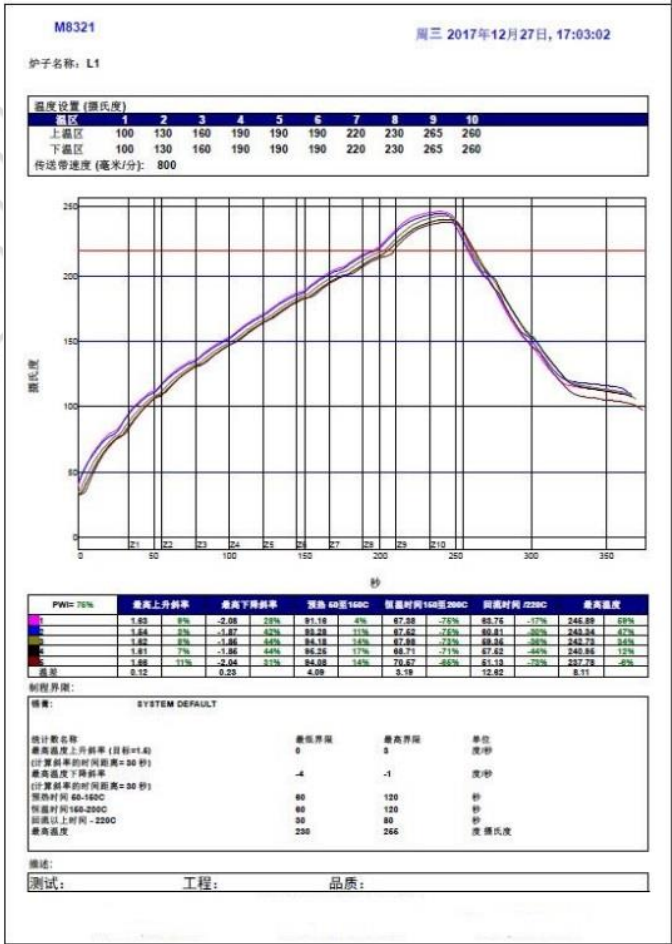


图 7-2 炉温曲线

## 7.3 包装

ML302 采用托盘包装。包装流程如图 25，每个托盘放置 10 个模块，10 个托盘一小箱，4 个小箱装在一个大箱里面，一个大箱工 400 个模块。吸塑托盘堆叠后用透明胶带十字缠绕放入内箱并加上卡板封装后封箱。

托盘堆叠时，最上部用空托盘覆盖，避免面部模块脱落。包装时，全部使用大箱包装，尾箱使用空盒填充，内盒不足 100pcs 时，使用空托盘填充。

在进行托盘设计时，应遵循如下原则：

- 每卡格边缘预留扣手位，便于取拿产品。
- 产品与卡格的预留空间长、宽、高均 $\leq 3\text{mm}$ 。避免产品置入卡格内活动空间偏大，增加运输过程中摩擦系数，从而影响产品质量。
- 在进行材质选择时，标准包装（不抽真空）选用防静电吸塑托盘，真空包装（抽真空）选用防静电耐高温托盘。



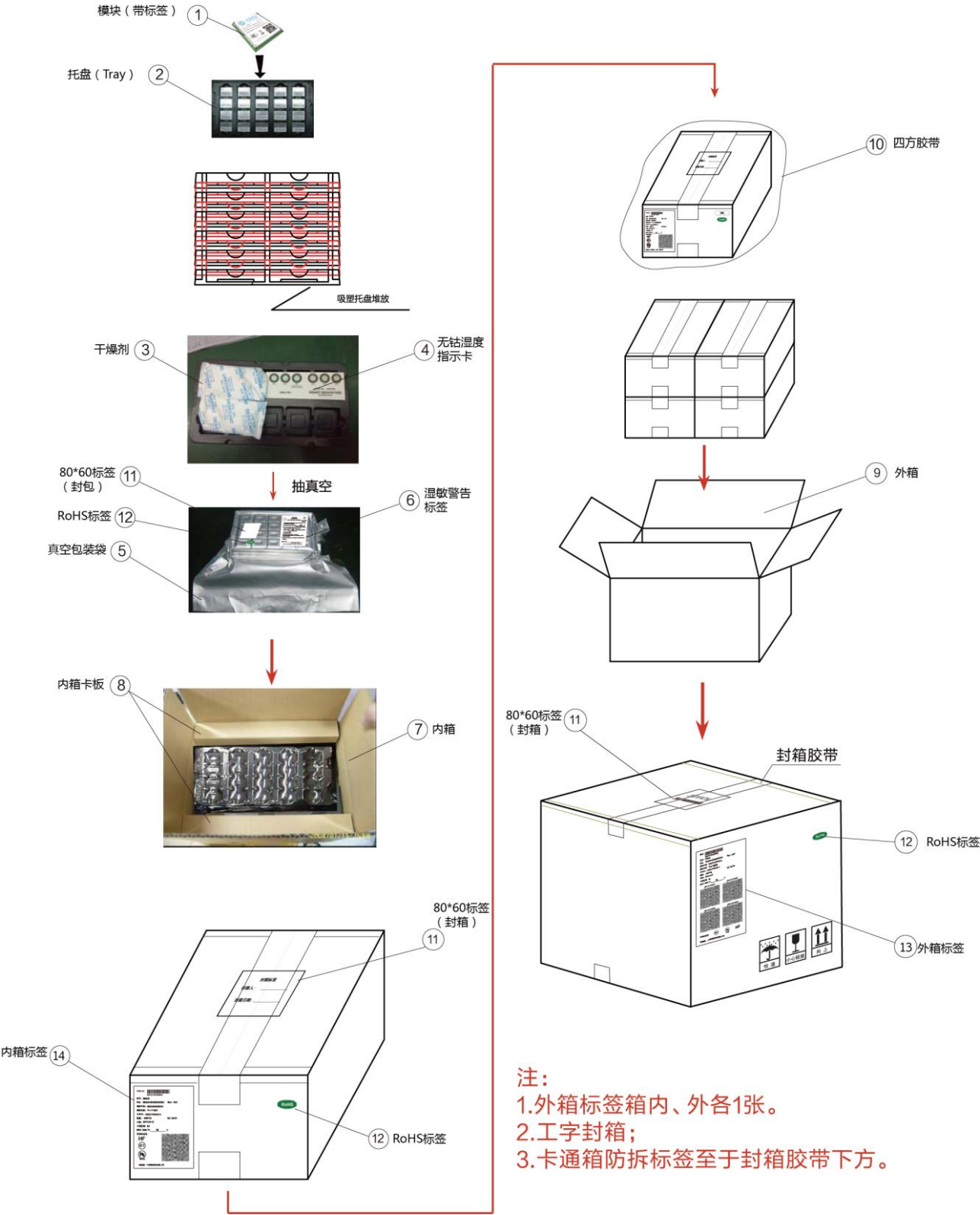


图 7-3 托盘包装示意图



# 8 附录

## 参考文档及术语缩写

表 8-1 参考文档

序号	文档名称	备注
1	ML302 AT 命令用户使用手册	AT 命令使用手册
2	ML302_开发板使用手册_V001	开发板使用手册

表 8-2 缩写

缩写	描述
ARP	Antenna Reference Point
BER	Bit Error Rate
BTS	Base Transceiver Station
CHAP	Challenge Handshake Authentication Protocol
CS	Coding Scheme
CSD	Circuit Switched Data
CTS	Clear To Send
DRX	Discontinuous Reception
DCE	Data Communications Equipment (typically module)
DTE	Data Terminal Equipment (typically computer, external controller)
DTR	Data Terminal Ready
DTX	Discontinuous Transmission
PSM	Power Save Mode
EMC	Electromagnetic Compatibility
ESD	Electrostatic Discharge
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
eDRX	Enhanced Discontinuous Reception
I/O	Input/Output
IMEI	International Mobile Equipment Identity
I <sub>max</sub>	Maximum Load Current
I <sub>norm</sub>	Normal Current
kbps	Kilo Bits Per Second
LED	Light Emitting Diode
MO	Mobile Originated

缩写	描述
<b>MS</b>	Mobile Station (GSM engine)
<b>MT</b>	Mobile Terminated
<b>PAP</b>	Password Authentication Protocol
<b>PBCCH</b>	Packet Switched Broadcast Control Channel
<b>PCB</b>	Printed Circuit Board
<b>PDU</b>	Protocol Data Unit
<b>PPP</b>	Point-to-Point Protocol
<b>RF</b>	Radio Frequency
<b>RMS</b>	Root Mean Square (value)
<b>RTC</b>	Real Time Clock
<b>RX</b>	Receive Direction
<b>SIM</b>	Subscriber Identification Module
<b>SMS</b>	Short Message Service
<b>TDMA</b>	Time Division Multiple Access
<b>TE</b>	Terminal Equipment
<b>TX</b>	Transmitting Direction
<b>UART</b>	Universal Asynchronous Receiver & Transmitter
<b>URC</b>	Unsolicited Result Code
<b>USSD</b>	Unstructured Supplementary Service Data
<b>VSWR</b>	Voltage Standing Wave Ratio
<b>Vmax</b>	Maximum Voltage Value
<b>Vnorm</b>	Normal Voltage Value
<b>Vmin</b>	Minimum Voltage Value
<b>VIHmax</b>	Maximum Input High Level Voltage Value
<b>VIHmin</b>	Minimum Input High Level Voltage Value
<b>VILmax</b>	Maximum Input Low Level Voltage Value
<b>VILmin</b>	Minimum Input Low Level Voltage Value
<b>Vlmax</b>	Absolute Maximum Input Voltage Value
<b>Vlmin</b>	Absolute Minimum Input Voltage Value
<b>VOHmax</b>	Maximum Output High Level Voltage Value
<b>VOHmin</b>	Minimum Output High Level Voltage Value
<b>VOLmax</b>	Maximum Output Low Level Voltage Value
<b>VOLmin</b>	Minimum Output Low Level Voltage Value