OneMO | 中国移动 China Mobile

ML305(H2) OC 版本硬件设计手册

4G 系列

版本：V1.0.0

日期：2021 年 6 月

中移物联网有限公司
iot.10086.cn

服务与支持

如果您有任何关于模组产品及产品手册的评论、疑问、想法，或者任何无法从本手册中找到答案的疑问，请通过以下方式联系我们。

中移物联网有限公司

OneMO 官网： onemo10086.com

邮箱： SmartModule@cmiot.chinamobile.com

客户服务热线： 400-110-0866

微信公众号： CMOneMO

中国移动 China Mobile

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或网络性能，同时也取决于用户预先安装的各种软件。由于当地网络运营商、ISP，或当地网络设置等原因，可能也会造成本手册中描述的全部或部分产品及其附件特性和功能未包含在您的购买或使用范围之内。

责任限制

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的、特殊的或连带的损失承担任何责任。

在适用法律允许的范围内，在任何情况下，中移物联网有限公司均不对用户因使用本手册内容和本手册中描述的产品而引起的任何特殊的、间接的、附带的或后果性的损坏、利润损失、数据丢失、声誉和预期的节省而负责。

因使用本手册中所述的产品而引起的中移物联网有限公司对用户的最大赔偿（除在涉及人身伤害的情况中根据适用法律规定的损害赔偿外），不应超过用户为购买此产品而支付的金额。

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。

商标声明

中国移动 China Mobile为中国移动注册商标。

本手册和本手册描述的产品中出现的其他商标、产品名称、服务名称和公司名称，均为其各自所有者的财产。

进出口法规

出口、转口或进口本手册中描述的产品（包括但不限于产品软件和技术数据），用户应遵守相关进出口法律和法规。

隐私保护

关于我们如何保护用户的个人信息等隐私情况，请查看相关隐私政策。

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有限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	2021/6/16	张书银	初版

中国移动 China Mobile

目录

服务与支持 2
文档声明 3
关于文档 5
修订记录 5
目录 6
表格索引 8
图片索引 9
1 引言 10
1.1 安全须知 10
2 总体介绍 11
2.1 功能概述 12
2.2 系统框图 13
3 应用接口 14
3.1 引脚定义 15
3.2 POWER 接口 23
3.2.1 VBAT 24
3.2.2 VDD_EXT 26
3.2.3 VCC_CAMA 26
3.2.4 VCC_CAMD 26
3.3 CONTROL 接口 27
3.3.1 PWR_ON/OFF 28
3.3.2 RESET 30
3.3.3 NETLIGHT 31
3.3.4 STATE 32
3.3.5 BOOT_MODE 33
3.3.6 PWM 34
3.4 USIM 接口 35
3.5 USB 接口 37
3.6 UART 接口 38
3.7 GPIO 接口 41
3.8 RF 接口 42
3.9 Analog 接口 43
3.10 AUDIO 接口 44
3.11 IIC 接口 46
3.12 SDIO 接口（与 GPIO 接口复用） 47
3.13 SPI 接口 49
3.14 LCD 接口 50
3.15 CAM 接口 51
3.16 KEYPAD 接口（与 LCD 接口复用） 52
3.17 测试点设计 53

4 射频特性 54
4.1 工作频段 54
4.2 测试数据 55
4.2.1 测试环境 55
4.2.2 接收灵敏度 55
4.2.3 发射功率 56
4.3 天线设计要求 57
4.3.1 主天线指标 57
4.3.2 天线设计要求 57
5 电气可靠性 58
5.1 极限工作条件 58
5.2 工作和存储环境 58
5.3 电源特性 59
5.3.1 输入电压 59
5.3.2 功耗 60
5.4 接口 ESD 特性及防护建议 62
6 机械特性 63
6.1 外形尺寸 63
6.2 PCB 焊盘设计 64
7 存储和生产 65
7.1 存储规范 65
7.2 生产焊接 66
8 附录 参考文档及术语缩写 67

中国移动 China Mobile

表格索引

表 2-1：模组子型号列表 11
表 2-2：产品特性 12
表 3-1：信号状态符号说明 16
表 3-2：引脚定义 17
表 3-3：OC 功能复用表 20
表 3-4：模组电源引脚 23
表 3-5：CONTROL 接口 27
表 3-6：模组开关机功能定义 28
表 3-7：模组网络状态指示 31
表 3-8：模组状态指示 32
表 3-9：SIM 接口定义 35
表 3-10：USB 接口定义 37
表 3-11：UART 接口定义 38
表 3-12：GPIO 接口定义 41
表 3-13：天线接口定义 42
表 3-14：Analog 接口定义 43
表 3-15：模拟音频接口参数 44
表 3-16：模拟音频接口 44
表 3-17：PCM 接口复用定义 44
表 3-18：IIC 接口定义 46
表 3-19：SDIO 接口复用定义 47
表 3-20：通用 SPI 接口定义 49
表 3-21：LCD 接口定义 50
表 3-22：CAM 接口定义 51
表 3-23：KEYPAD 接口复用定义 52
表 4-1：射频频段 54
表 4-2：接收灵敏度 55
表 4-3：发射功率 56
表 4-4：主天线指标 57
表 4-5：主天线设计要求 57
表 5-1：极限工作条件 58
表 5-2：工作及存储温度、湿度 58
表 5-3：输入电压要求 59
表 5-4：关机功耗 60
表 5-5：休眠功耗 60
表 5-6：待机功耗 60
表 5-7：工作功耗（TDD LTE） 60
表 5-8：工作功耗（FDD LTE） 61
表 5-9：接口 ESD 特性 62
表 7-1：潮湿等级 65
表 8-1：参考文档 67
表 8-2：缩写 67

图片索引

图 2-1：系统框图 13
图 3-1：引脚分配图 15
图 3-2：电源推荐设计 24
图 3-3：循环状态下 VBAT 时序 25
图 3-4：模组开关机接口示意图 28
图 3-5：开关机按钮示意图 29
图 3-6：开机时序图 29
图 3-7：模组复位接口示意图 30
图 3-8：网络状态指示接口示意图 31
图 3-9：模组状态指示接口示意图 32
图 3-10：USB 强制下载接口示意图 33
图 3-11：SIM 接口示意图 35
图 3-12：USB 接口电路示意图 37
图 3-13：UART 接口示意图 40
图 3-14：模组天线接口示意图 42
图 3-15：PCM 接口示意图（模组作 Slave） 45
图 3-16：SDIO 接口示意图 48
图 3-17：通用 SPI 接口示意图 49
图 3-18：LCD 接口示意图 50
图 3-19：摄像头接口示意图 51
图 6-1：模组外形尺寸图（单位：mm） 63
图 6-2：PCB 焊盘尺寸（单位：mm） 64
图 7-1：印膏图 66
图 7-2：炉温曲线 66

1 引言

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话费或 SIM 无效。当你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

ML305 模组是一款基于展锐 UIS8910DM 平台的 LTE Cat.1 无线上网模组，可以广泛应用于各种消费级、工业级产品上。子型号列表如下所示：

表 2-1：模组子型号列表

网络制式	ML305-DNLM	ML305-SNLM	ML305-TNLM	ML305-RNLM
LTE-TDD	B34/B38/B39/ B40/B41	B34/B38/B39/ B40/B41	B41	B34/B38/B39/ B40/B41
LTE-FDD	B1/B3/B5/B8	不支持	B1/B3/B5	B1/B3/B5/B8
BT/Wi-Fi	不支持	不支持	不支持	支持

中国移动 China Mobile

2.1 功能概述

表 2-2：产品特性

类型	描述
封装	LCC+LGA
物理特性	– 尺寸（长*宽*高）：23mm*24mm*2.4mm – 重量：约 2.9g
工作电压范围	DC 3.3V ~ 4.3V（典型值 3.8V）
应用接口	电源接口： – VBAT_BB – VBAT_RF – VDD_EXT – VCC_CAMA – VCC_CAMD
	USB 2.0（High Speed）接口
	系统控制接口
	标准 SIM 接口（Class B 和 Class C）
	IIC*2
	AUDIO 接口
	ADC*2
	USB*1
	SPI*2
	CAM*1
	SDIO*1
	GPIO*5
	LCD*1
	KEYPAD（4*4）*1
	UART*4

中国移动 China Mobile

2.2 系统框图

模组系统框图如下图所示。

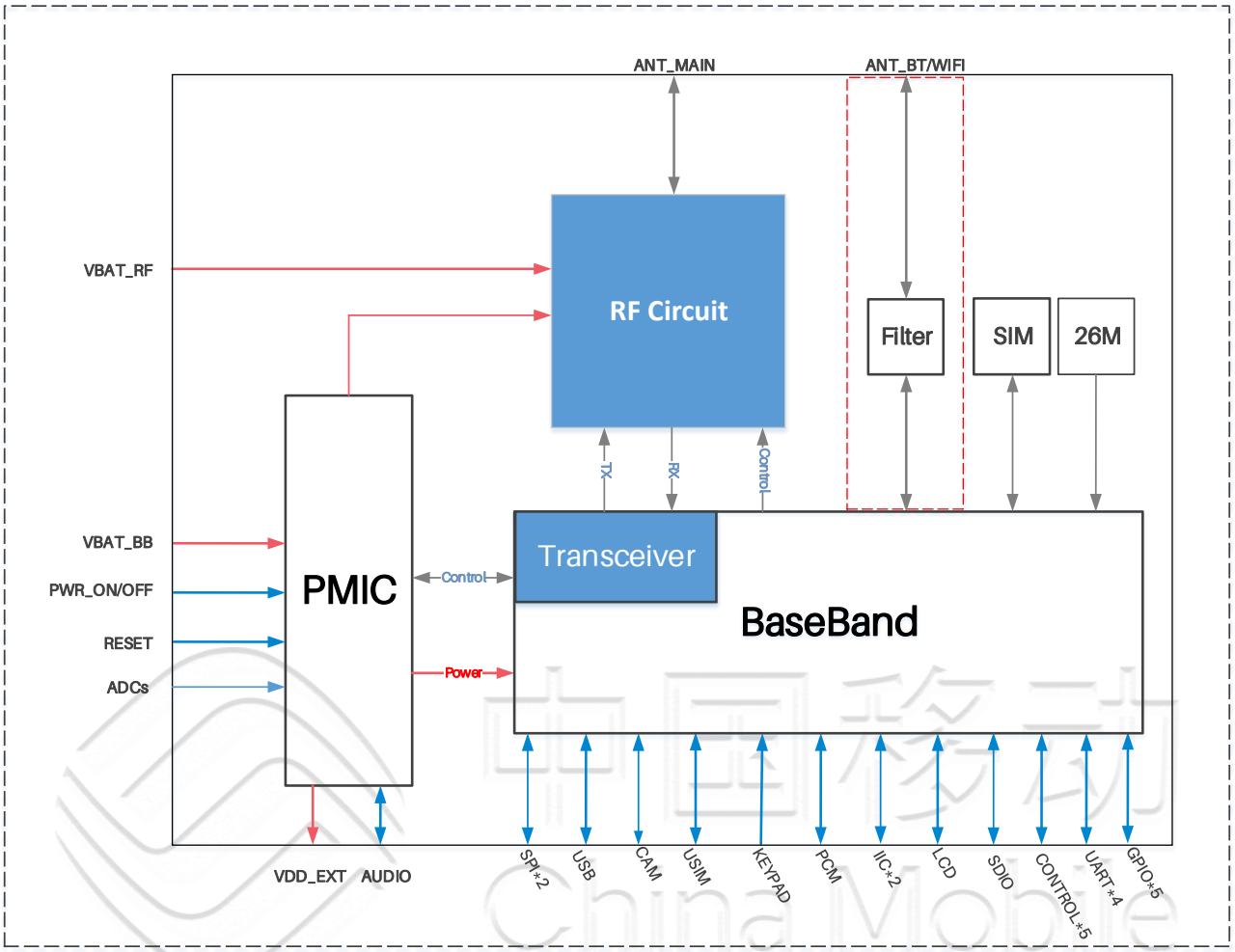


图 2-1：系统框图

仅 ML305-RNLM 版本支持红色虚线框功能。

3 应用接口

本章主要描述模组的应用接口，主要包括：

- POWER 接口
- CONTROL 接口
- USIM 接口
- USB 接口
- UART 接口
- GPIO 接口
- RF 接口
- Analog 接口
- AUDIO 接口
- IIC 接口
- SDIO 接口
- SPI 接口
- LCD 接口
- CAM 接口
- KEYPAD 接口

中国移动 China Mobile

3.1 引脚定义

模组引脚分配如下图所示。

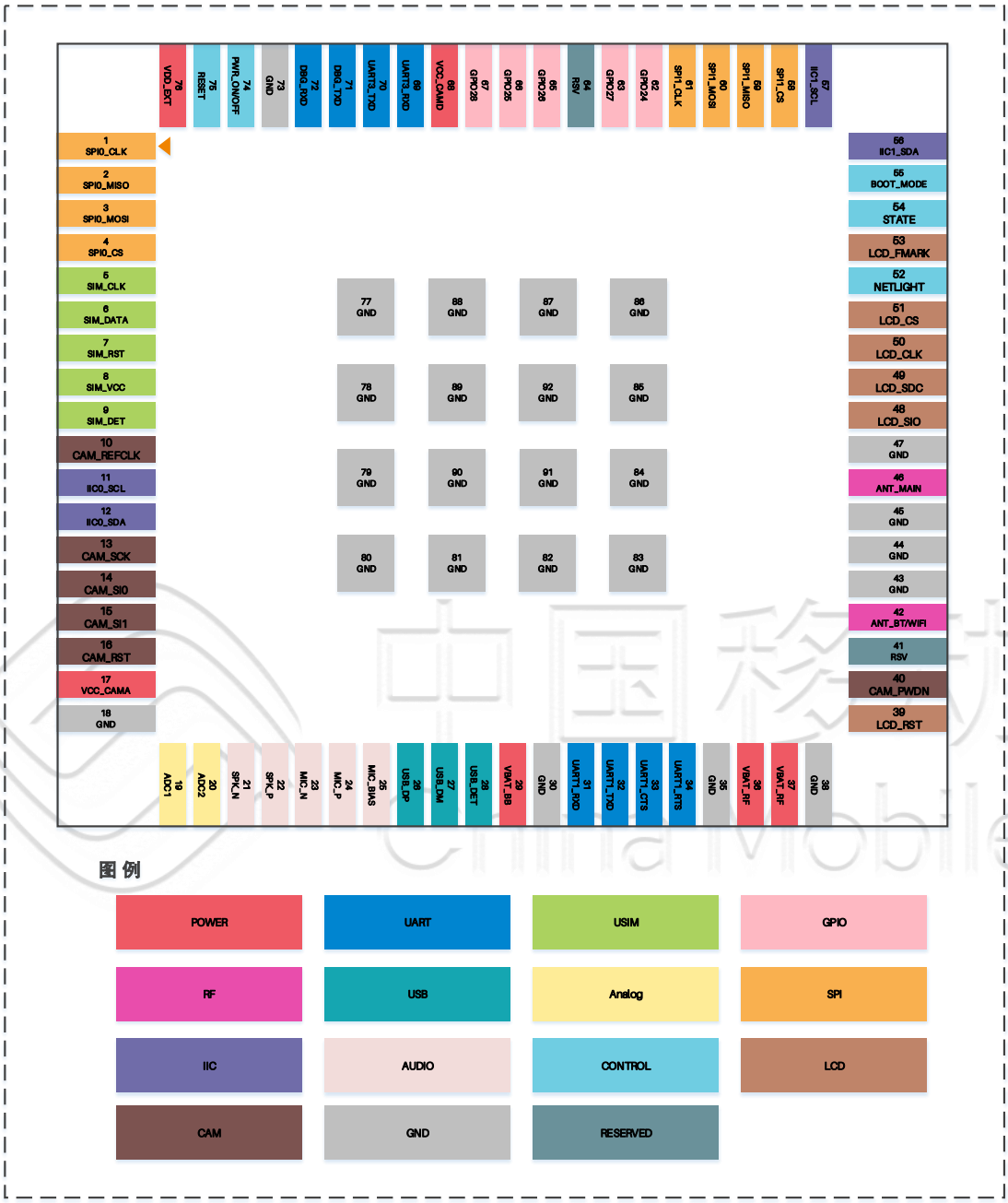


图 3-1：引脚分配图

引脚 42 为 Wi-Fi 蓝牙天线，仅 ML305-RNLM 支持。

表 3-1：信号状态符号说明

	符号	说明
信号类型	PI	电源输入信号
	PO	电源输出信号
	DI	数字输入信号
	DO	数字输出信号
	IO	输入输出双向信号
	AI	模拟输入信号
	AO	模拟输出信号
	DIO	数字输入输出双向信号
	OD	开漏输出信号
	RF	射频信号

中国移动 China Mobile

表 3-2：引脚定义

引脚名	引脚号	类型	描述	备注
POWER				
VBAT_BB	29	PI	模组基带供电输入	-
VBAT_RF	36	PI	模组射频供电输入	-
VBAT_RF	37	PI	模组射频供电输入	-
VDD_EXT	76	PO	模组供电输出	-
VCC_CAMA	17	PO	Camera 模拟电源供电输出	-
VCC_CAMD	68	PO	Camera 数字电源供电输出	-
CONTROL				
PWR_ON/OFF	74	DI	模组开关机	-
RESET	75	DI	模组复位	-
BOOT_MODE	55	DI	USB 强制下载	-
NETLIGHT	52	DO	网络状态指示	-
STATE	54	DO	模组状态指示	-
USIM				
SIM_CLK	5	DO	SIM 卡时钟信号	-
SIM_DATA	6	DIO	SIM 卡数据信号	-
SIM_RST	7	DO	SIM 卡复位信号	-
SIM_VCC	8	PO	SIM 卡供电输出	-
SIM_DET	9	DI	SIM 卡检测信号	-
USB				
USB_DP	26	DIO	USB 差分数据 D+	-
USB_DM	27	DIO	USB 差分数据 D-	-
USB_DET	28	DI	USB 插入检测	-
UART				
UART1_RXD	31	DI	接收数据	-
UART1_TXD	32	DO	发送数据	-
UART1_CTS	33	DI	清除发送	-
UART1_RTS	34	DO	请求发送	-
UART3_RXD	69	DI	接收数据	-
UART3_TXD	70	DO	发送数据	-
DBG_TXD	71	DO	调试串口发送	-
DBG_RXD	72	DI	调试串口接收	-
GPIO				
GPIO24	62	IO	通用输入输出	-
GPIO27	63	IO	通用输入输出	-
GPIO26	65	IO	通用输入输出	-
GPIO25	66	IO	通用输入输出	-
GPIO28	67	IO	通用输入输出	-

引脚名	引脚号	类型	描述	备注
RF				
ANT_BT/WIFI	42	RF	BT/WiFi 天线	-
ANT_MAIN	46	RF	射频主集天线	-
Analog				
ADC1	19	AI	ADC 模数转换接口	-
ADC2	20	AI	ADC 模数转换接口	-
AUDIO				
SPK_N	21	AO	扬声器差分音频输出-	-
SPK_P	22	AO	扬声器差分音频输出+	-
MIC_N	23	AI	麦克风差分音频输入-	-
MIC_P	24	AI	麦克风差分音频输入+	-
MIC_BIAS	25	PO	麦克风偏置电压输出	-
IIC				
IIC0_SCL	11	OD	IIC 数据信号	-
IIC0_SDA	12	OD	IIC 时钟信号	-
IIC1_SDA	56	OD	IIC 数据信号	-
IIC1_SCL	57	OD	IIC 时钟信号	-
SPI				
SPI0_CLK	1	DO	SPI 时钟信号	-
SPI0_MISO	2	DI	SPI 数据主输入从输出	-
SPI0_MOSI	3	DO	SPI 数据主输出从输入	-
SPI0_CS	4	DO	SPI 片选主输出信号	-
SPI1_CLK	61	DO	SPI 时钟信号	-
SPI1_MISO	59	DI	SPI 数据主输入从输出	-
SPI1_MOSI	60	DO	SPI 数据主输出从输入	-
SPI1_CS	58	DO	SPI 片选主输出信号	-
LCD				
LCD_RST	39	DO	LCD 复位信号	-
LCD_SIO	48	IO	LCD 数据信号	-
LCD_SDC	49	DO	LCD 数据控制信号	-
LCD_CLK	50	DO	LCD 时钟信号	-
LCD_CS	51	DO	LCD 片选信号	-
LCD_FMARK	53	DO	LCD 同步信号	-

引脚名	引脚号	类型	描述	备注
CAM				
CAM_PWDN	40	DO	Camera 休眠信号	-
CAM_REFCLK	10	IO	Camera 参考时钟	-
CAM_SCK	13	DO	Camera 串行时钟	-
CAM_SI0	14	DI	Camera 数据输入	-
CAM_SI1	15	DI	Camera 数据输入	-
CAM_RST	16	DO	Camera 复位信号	-
GND				
GND	18、30、35、38、43~45、47、73、77~92	-	低	-
RESERVED				
RSV	41、64	-	保留	-

- RSV 表示功能暂未定义，建议客户做悬空处理；
- 输入输出方向定义的前提是模组作为主设备。

中国移动 China Mobile

表 3-3：OC 功能复用表

引脚序号	引脚名	Open CPU 默认功能	Open CPU 第二功能	Open CPU 第三功能	备注
1	SPI0_CLK	SPI0_CLK	GPIO9	-	-
2	SPI0_MISO	SPI0_MISO	GPIO12	-	-
3	SPI0_MOSI	SPI0_MOSI	GPIO11	-	-
4	SPI0_CS	SPI0_CS	GPIO10	-	-
5	SIM_CLK	SIM_CLK	-	-	-
6	SIM_DATA	SIM_DATA	-	-	-
7	SIM_RST	SIM_RST	-	-	-
8	SIM_VCC	SIM_VCC	-	-	-
9	SIM_DET	SIM_DET	-	-	-
10	CAM_REFCLK	CAM_REFCLK	GPIO20	-	-
11	IIC0_SCL	IIC0_SCL	-	-	-
12	IIC0_SDA	IIC0_SDA	GPIO17	-	-
13	CAM_SCK	CAM_SCK	GPIO23	-	-
14	CAM_SI0	CAM_SI0	GPIO21	-	-
15	CAM_SI1	CAM_SI1	GPIO22	-	-
16	CAM_RST	CAM_RST	GPIO18	-	-
17	VCC_CAMA	VCC_CAMA	-	-	-
18	GND	GND	-	-	-
19	ADC1	ADC1	-	-	-
20	ADC2	ADC2	-	-	-
21	SPK_N	SPK_N	-	-	-
22	SPK_P	SPK_P	-	-	-
23	MIC_N	MIC_N	-	-	-
24	MIC_P	MIC_P	-	-	-
25	MIC_BIAS	MIC_BIAS	-	-	-
26	USB_DP	USB_DP	-	-	-
27	USB_DM	USB_DM	-	-	-
28	USB_DET	USB_VBUS	-	-	-
29	VBAT_BB	VBAT_BB	-	-	-
30	GND	GND	-	-	-
31	UART1_RXD	UART1_RXD	-	-	-
32	UART1_TXD	UART1_TXD	-	-	-
33	UART1_CTS	UART1_CTS	GPIO18	-	-
34	UART1_RTS	UART1_RTS	GPIO19	-	-
35	GND	GND	-	-	-
36	VBAT_RF	VBAT_RF	-	-	-
37	VBAT_RF	VBAT_RF	-	-	-
38	GND	GND	-	-	-

引脚序号	引脚名	Open CPU 默认功能	Open CPU 第二功能	Open CPU 第三功能	备注
39	LCD_RST	LCD_RST	PWM	-	-
40	CAM_PWDN	CAM_PWDN	GPIO19	-	-
41	RSV	RSV	-	-	-
42	ANT_BT/WIFI	ANT_BT/WIFI	-	-	-
43	GND	GND	-	-	-
44	GND	GND	-	-	-
45	GND	GND	-	-	-
46	ANT_MAIN	ANT_MAIN	-	-	-
47	GND	GND	-	-	-
48	LCD_SIO	LCD_SIO	GPIO0	KEYIN1	-
49	LCD_SDC	LCD_SDC	GPIO1	KEYOUT1	-
50	LCD_CLK	LCD_CLK	GPIO2	KEYIN2	-
51	LCD_CS	LCD_CS	GPIO3	KEYOUT2	-
52	NETLIGHT	NETLIGHT	GPIO8	KEYIN3	-
53	LCD_FMARK	LCD_FMARK	GPIO5	KEYOUT3	-
54	STATE	STATE	GPIO7	KEYIN4	-
55	BOOT_MODE	BOOT_MODE	-	-	-
56	IIC1_SDA	IIC1_SDA	GPIO15	-	-
57	IIC1_SCL	IIC1_SCL	GPIO14	-	-
58	SPI1_CS	SPI1_CS	GPIO1	PCM_SYNC	-
59	SPI1_MISO	SPI1_MISO	GPIO2	PCM_DIN	-
60	SPI1_MOSI	SPI1_MOSI	GPIO3	PCM_DOUT	-
61	SPI1_CLK	SPI1_CLK	GPIO0	PCM_CLK	-
62	GPIO24	GPIO24	SD_CMD	-	-
63	GPIO27	GPIO27	SD_DATA2	UART2_CTS	-
64	RSV	RSV	SD_CLK		-
65	GPIO26	GPIO26	SD_DATA1	UART2_TXD	-
66	GPIO25	GPIO25	SD_DATA0	UART2_RXD	-
67	GPIO28	GPIO28	SD_DATA3	UART2_RTS	-
68	VCC_CAMD	VCC_CAMD	-	-	-
69	UART3_RXD	UART3_RXD	-	-	-
70	UART3_TXD	UART3_TXD	-	-	-
71	DBG_TXD	DBG_TXD	-	-	-
72	DBG_RXD	DBG_RXD	-	-	-
73	GND	GND	-	-	-
74	PWR_ON/OFF	PWR_ON/OFF	-	-	-
75	RESET	RESET	-	-	-
76	VDD_EXT	VDD_EXT	-	-	-

- Open CPU 第二功能和第三功能需要定制 SDK 才支持；
- 相同 GPIO 名称的引脚不能同时使用，如：引脚 49 和引脚 58 不能同时复用为 GPIO1。

中国移动 China Mobile

3.2 POWER 接口

模组电源引脚如下表所示。

表 3-4：模组电源引脚

引脚号	引脚名	类型	描述	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
29	VBAT_BB	PI	模组基带供电输入	3.3	3.8	4.3	-
36	VBAT_RF	PI	模组射频供电输入	3.3	3.8	4.3	-
37	VBAT_RF						
76	VDD_EXT	PO	模组供电输出	1.62	1.8	1.98	-
17	VCC_CAMA	PO	Camera 模拟电源供电输出	2.7	2.8	2.9	-
68	VCC_CAMD	PO	Camera 数字电源供电输出	1.7	1.8	1.9	-

中国移动 China Mobile

3.2.1 VBAT

为保证模组正常工作，系统电源需保持在 3.3V-4.3V（典型 3.8V）范围内。当模组用于不同外部设备时，需注意模组的供电设计。当模组在 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，需保证模组电源电压保持在 3.3V 以上，否则模组可能出现重启等意外状况。

外部供电 LDO 或者 DCDC 选型建议器件能输出 3A 以上电流，且在 VBAT 上至少并联 2 颗 220uF 储能电容。另外，为了减小 PCB 走线对供电电压的影响，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 对模组的干扰。示意图如下所示。

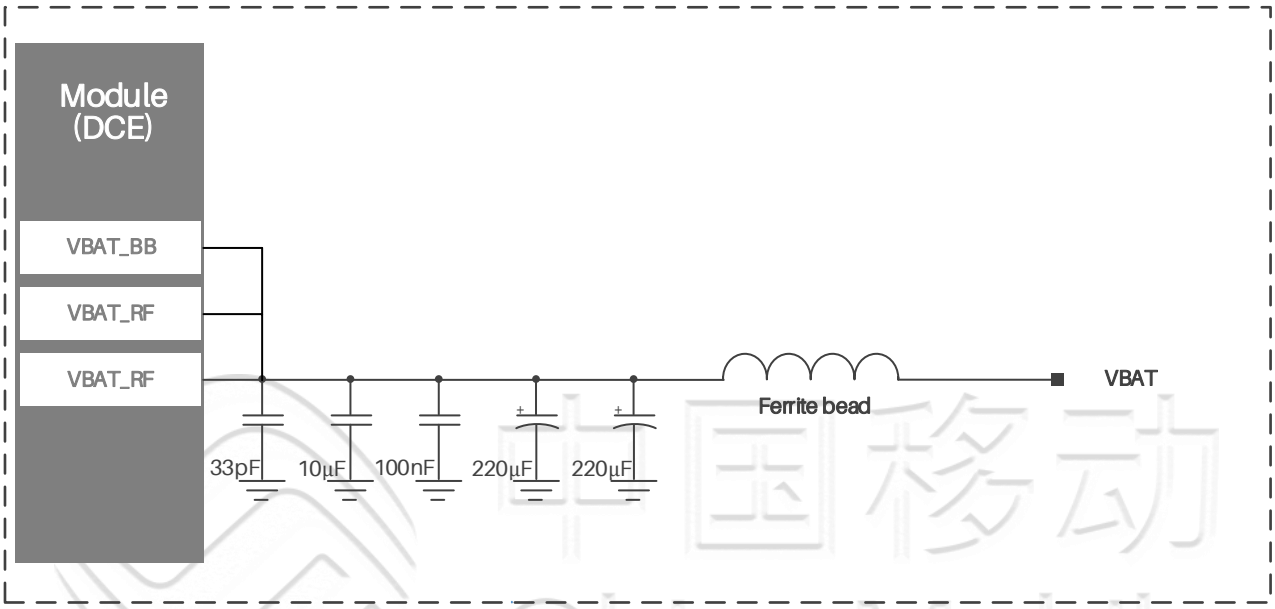


图 3-2：电源推荐设计

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，模组有可能会进入到不定状态，影响模组系统稳定性。循环状态下的供电时序如下图所示。

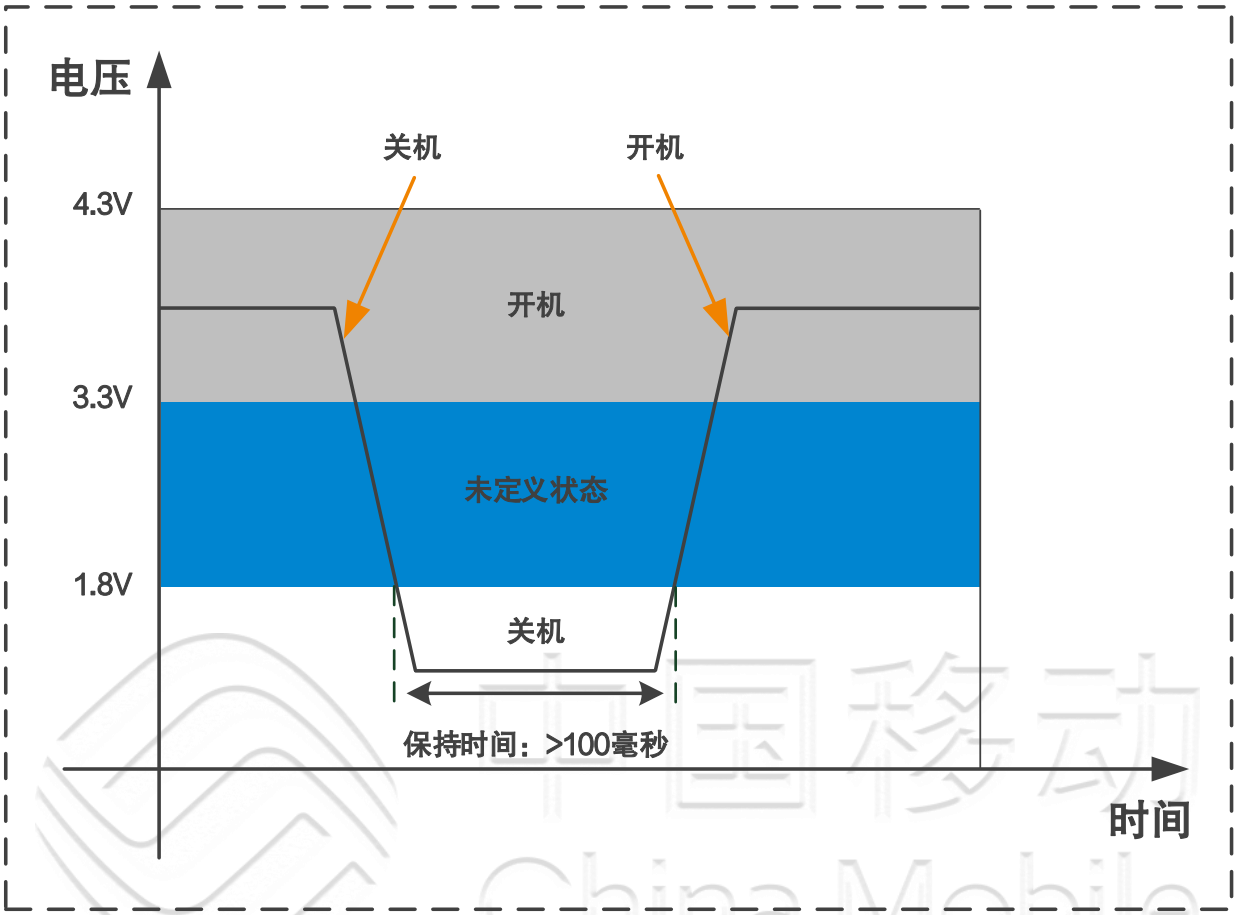


图 3-3：循环状态下 VBAT 时序

3.2.2 VDD_EXT

VDD_EXT：输出 1.8V/100mA，可用于外部电平转换以及上拉电源，模组处于关机状态下该电源不可用。

3.2.3 VCC_CAMA

VCC_CAMA：输出 2.8V/100mA，Camera 模拟电源供电输出。

3.2.4 VCC_CAMD

VCC_CAMD：输出 1.8V/100mA，Camera 数字电源供电输出。

中国移动 China Mobile

3.3 CONTROL 接口

模组的控制信号主要有：

- 模组开关机接口（PWR_ON/OFF）
- 模组复位接口（RESET）
- 网络状态指示接口（NETLIGHT）
- 模组状态指示接口（STATE）
- USB 强制下载接口（BOOT_MODE）
- PWM 输出接口（PWM）

表 3-5：CONTROL 接口

引脚号	引脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
74	PWR_ON/OFF	DI	模组开关机	VIH	1.17	-	VBAT	-
				VIL	-0.3	-	0.48	
75	RESET	DI	模组复位	VIH	1.17	-	VBAT	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
52	NETLIGHT	DO	网络状态指示	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
54	STATE	DO	模组状态指示	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
55	BOOT_MODE	DI	USB 强制下载	VIH	1.17	-	1.98	-
				VIL	-0.3	-	0.63	
39	PWM	DO	PWM 输出	VOH	1.35	-	-	此功能需要定制 SDK
				VOL	0	-	0.45	

3.3.1 PWR_ON/OFF

模组通过 PWR_ON/OFF 引脚实现开关机。

表 3-6：模组开关机功能定义

功能	引脚状态	操作
开机	低电平（模组关机时）	将 PWR_ON/OFF 引脚拉低 2s~5s
关机	低电平（模组开机时）	将 PWR_ON/OFF 引脚拉低至少 3.5s

当模组处于关机模式，可以通过拉低 PWR_ON/OFF 至少 2s 使模组开机。推荐使用开集电路实现控制拉低。

模组在开机状态下，拉低 PWR_ON/OFF 引脚至少 3.5s 后释放，模组将执行关机流程。

模组可通过以下的方式关机：

- **正常关机：**通过 PWR_ON/OFF 引脚控制模组关机。

开关机接口示意图如下所示。

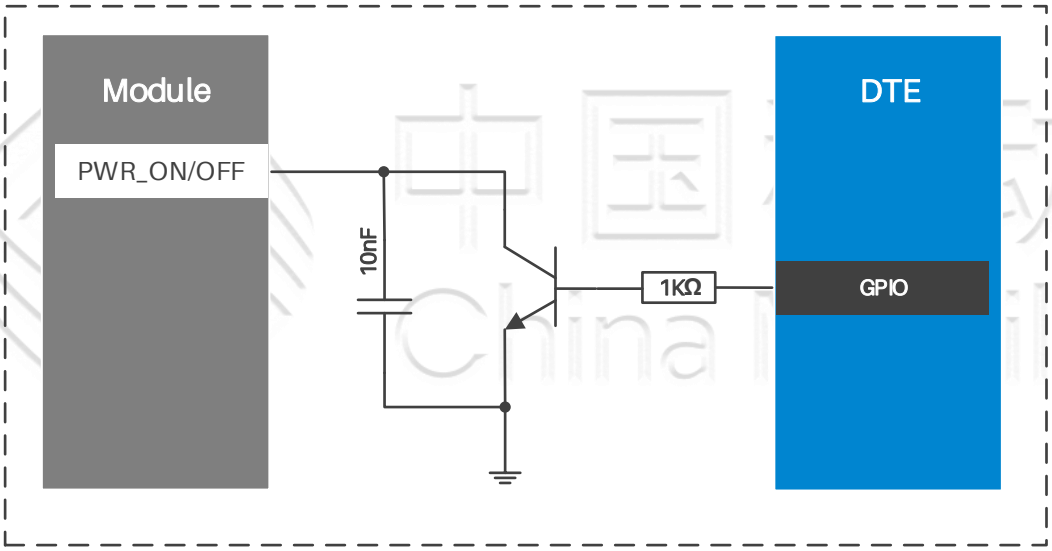


图 3-4：模组开关机接口示意图

另一种控制 PWR_ON/OFF 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。

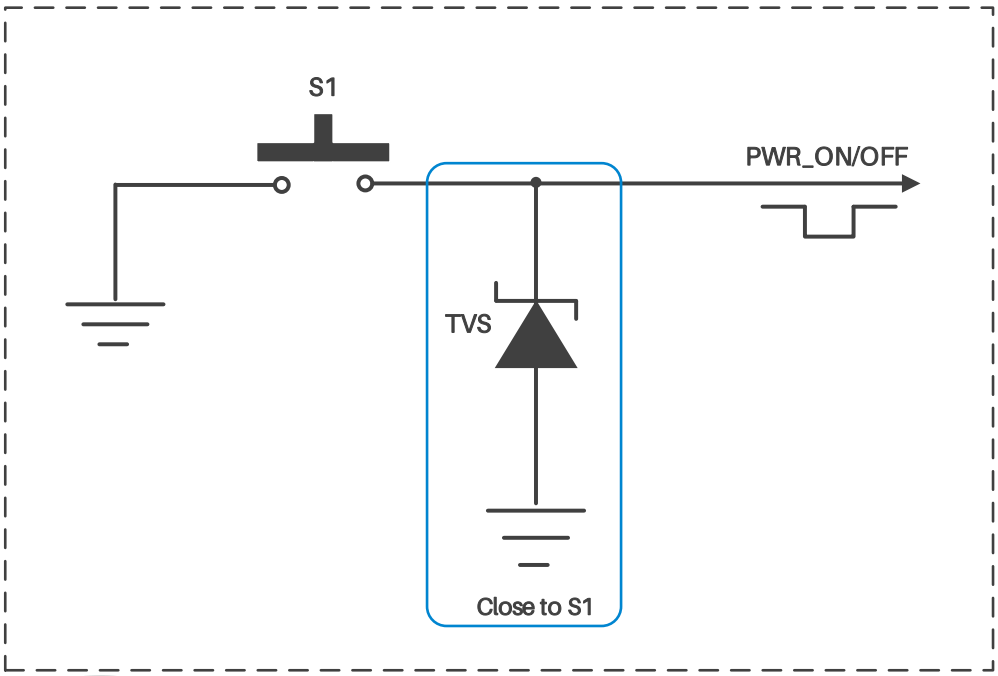


图 3-5：开关机按钮示意图

开机时序如下图所示。

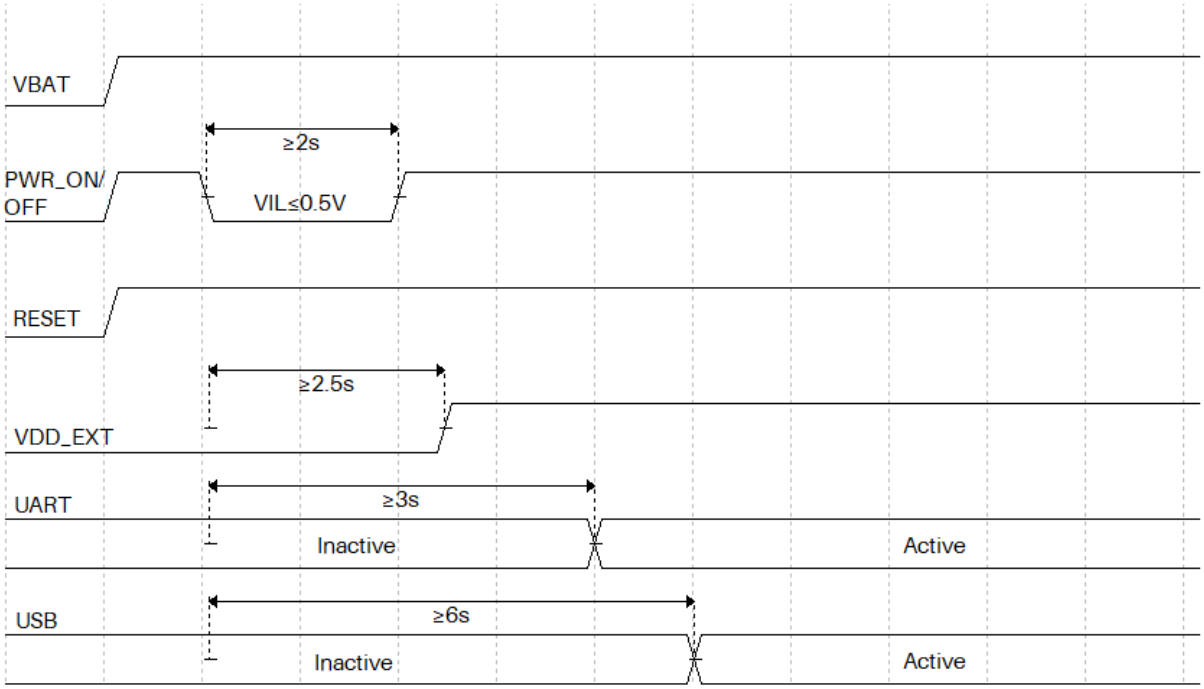


图 3-6：开机时序图

3.3.2 RESET

模组通过 RESET 引脚可实现硬件复位。模组软件停止响应时，通过拉低 RESET 引脚 50ms 或更长时间实现系统复位。复位接口示意图如下所示。

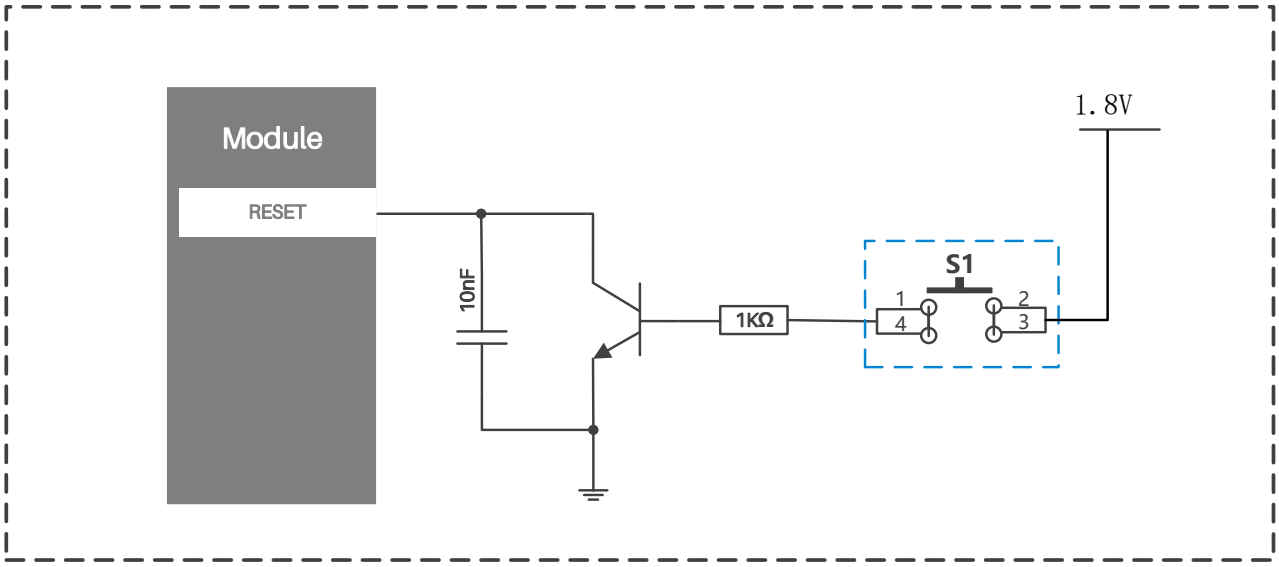


图 3-7：模组复位接口示意图

RESET 信号非常敏感，建议在这个接口上预留 10nF-0.1uF 电容进行滤波。另外，建议这条线路走线小于 20mm，距离 PCB 板边大于 2.54mm，且走线需包地，否则干扰信号可能引起模组复位。RESET 信号拉低，模组会直接复位重启。

3.3.3 NETLIGHT

模组网络状态指示引脚可以用于驱动指示灯，判断模组的网络状态。

表 3-7：模组网络状态指示

引脚名	LED 状态	状态
NETLIGHT	常亮（High）	已注册 LTE 网络
	慢闪（200ms High /1800ms Low）	注册网络中
	快闪（125ms High /125ms Low）	数据传输模式
	常灭（Low）	其他状态

模组网络状态指示接口示意图如下图所示。

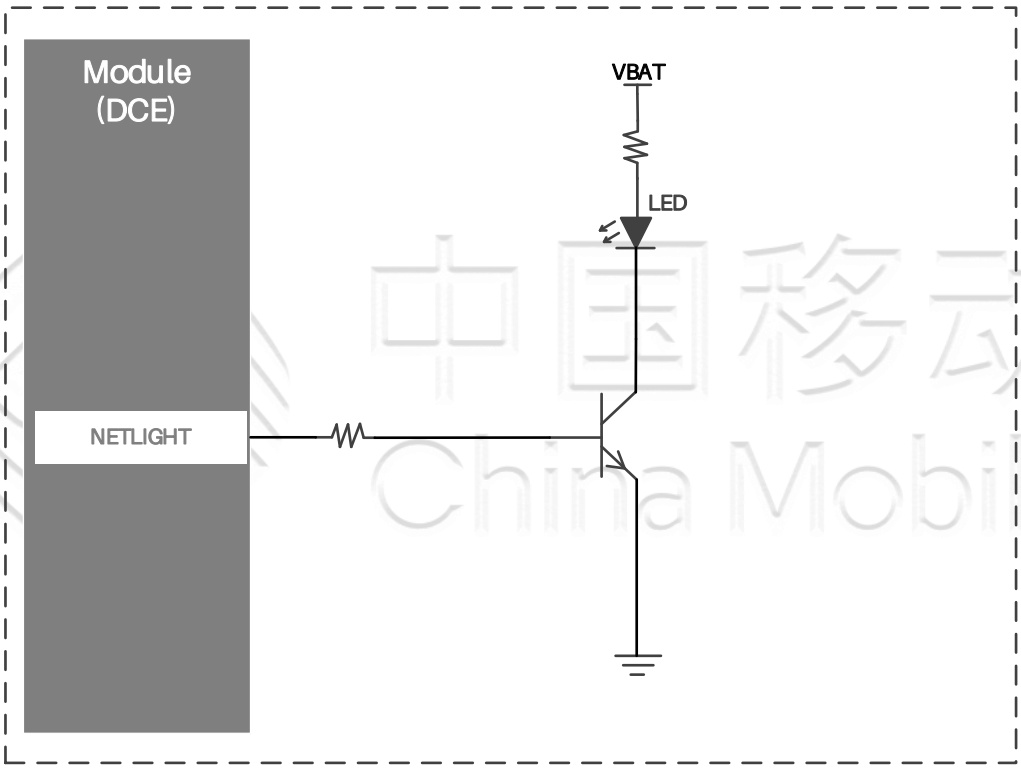


图 3-8：网络状态指示接口示意图

3.3.4 STATE

模组状态指示引脚可以用于驱动指示灯，判断模组的工作状态。

表 3-8：模组状态指示

引脚名	LED 状态	备注
STATE	常亮（High）	模组处于开机状态
	常灭（Low）	模组处于关机状态

模组状态指示接口示意图如下图所示。

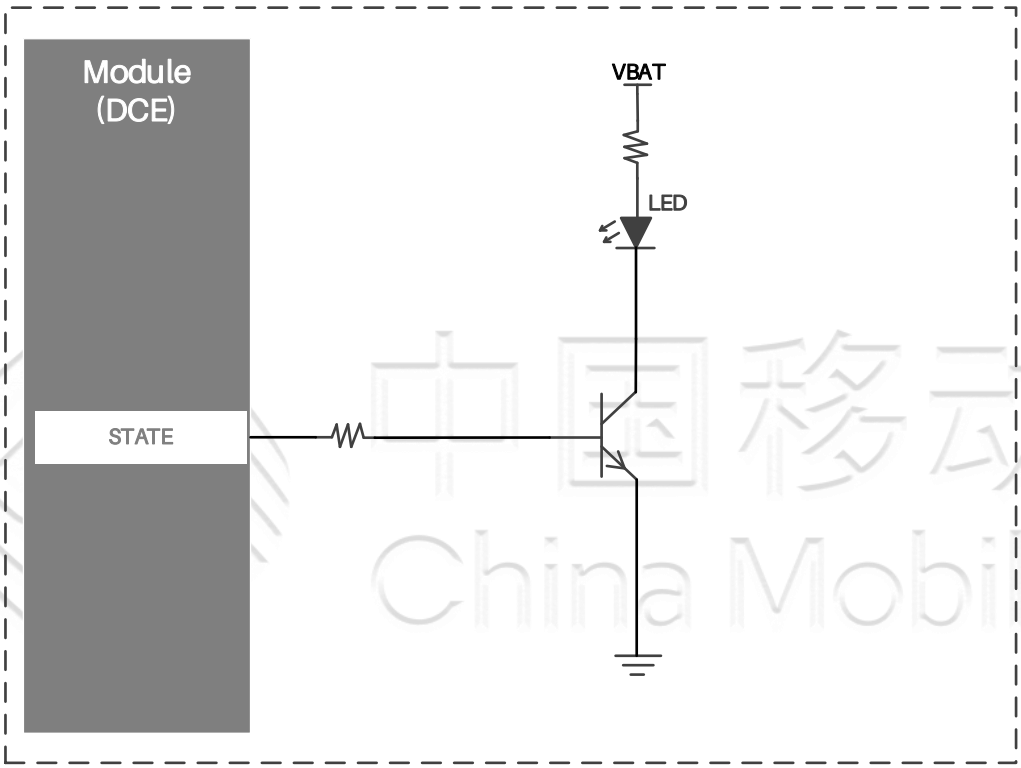


图 3-9：模组状态指示接口示意图

3.3.5 BOOT_MODE

模组支持 USB 升级下载功能。开机前将 BOOT_MODE 上拉至 1.8V，模组开机后将进入下载模式。在此模式下，模组可通过 USB 接口进行固件升级下载。

USB 强制下载接口参考设计如下。

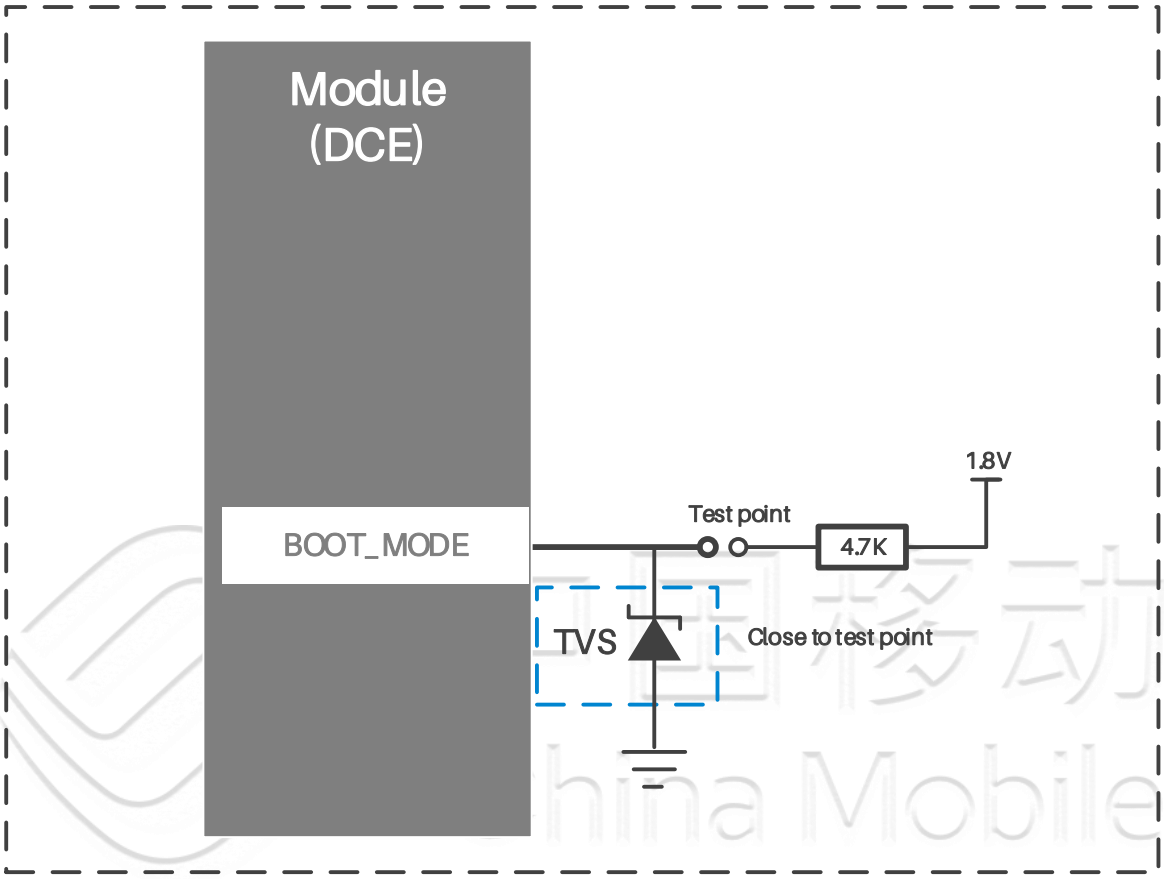


图 3-10：USB 强制下载接口示意图

3.3.6 PWM

模组支持一路 PWM 输出，模式为 LPG 模式，频率和占空比固定频点可调，最大输出频率 8Hz。

周期范围：125ms，250ms，500ms，1000ms，1500ms，2000ms，2500ms，3000ms；高电平时间：15.6ms，31.2ms，46.8ms，62.4ms，78ms，…，218ms，243ms。

中国移动
China Mobile

3.4 USIM 接口

模组提供 SIM 接口，符合 ISO7816 标准，支持 1.8V/3V SIM 卡，同时支持贴片 SIM 卡。

表 3-9：SIM 接口定义

引脚号	引脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
6	SIM_DATA	DIO	SIM 卡数据信号	VOH	1.44/2.4	-	-	SIM_VCC= 1.8V/3.0V
				VOL	-	-	0.36/0.6	
				VIH	1.26/2.1	-	1.9/3.1	
				VIL	-0.3/-0.3	-	0.54/0.9	
7	SIM_RST	DO	SIM 卡复位信号	VOH	1.44	-	-	-
				VOL	0	-	0.36	
5	SIM_CLK	DO	SIM 卡时钟信号	VOH	1.44	-	-	-
				VOL	0	-	0.36	
8	SIM_VCC	PO	SIM 卡供电	PO	1.7	1.8	1.9	SIM_VCC =1.8V
					2.7	3.0	3.1	SIM_VCC =3.0V
9	SIM_DET	DI	SIM 卡检测信号	VIH	1.26	-	1.9	-
				VIL	-0.3	-	0.54	-

SIM 接口示意图如下所示。

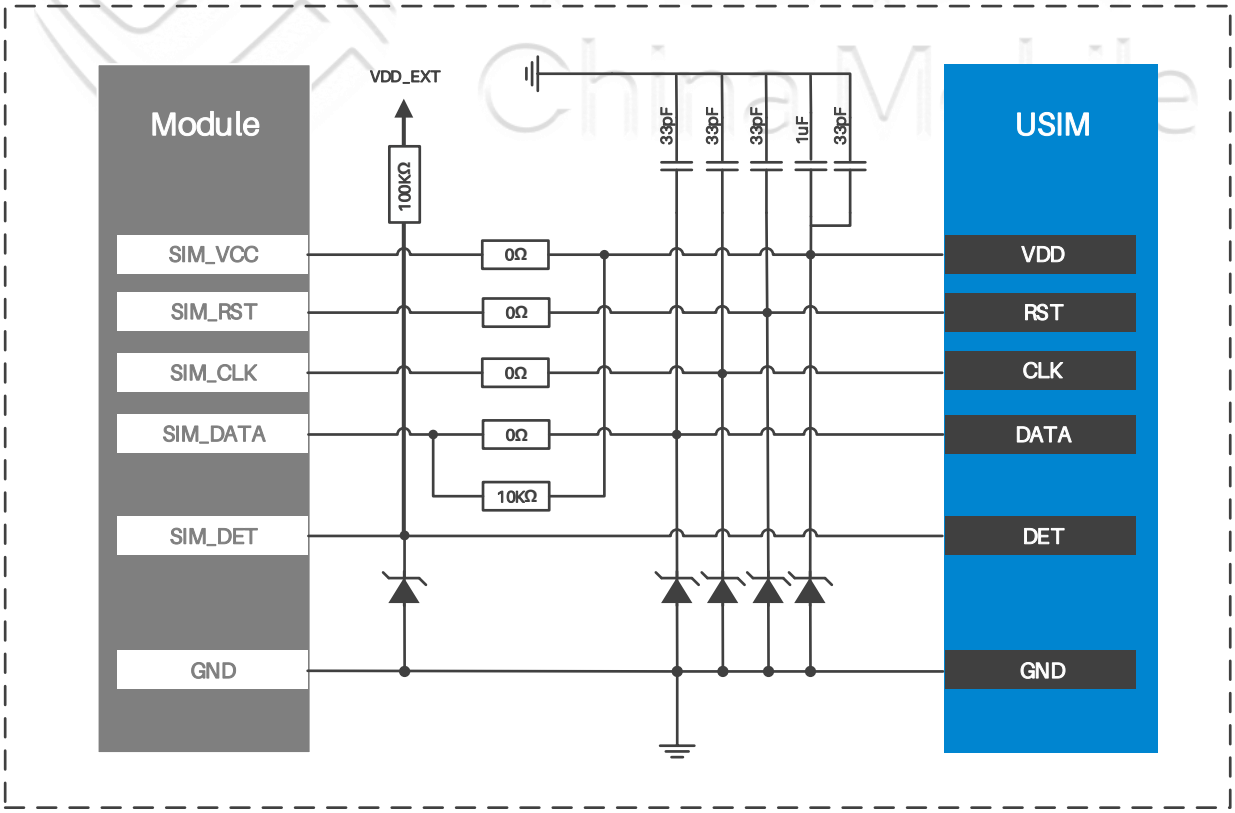


图 3-11：SIM 接口示意图

- 建议 SIM 卡座布局靠近模组 SIM 接口，走线过长会影响信号质量；
- SIM_CLK 和 SIM_DATA 走线包地；
- SIM_VCC 并联 33pF 和 1uF 电容到地，如果 SIM_VCC 走线过长，必要的时候也可以使用 4.7uF。SIM_CLK、SIM_DATA 和 SIM_RST 上并联 33pF 到地，防止射频信号干扰；
- 建议 SIM_DATA 通过 10kΩ电阻上拉到 SIM_VCC，增加 DATA 线驱动能力；
- 建议在 SIM 卡座附近设计 ESD 保护，TVS 管选型 Vrms 为 5V，寄生电容小于 10pF，布局位置尽量靠近卡座引脚。

中国移动 China Mobile

3.5 USB 接口

模组支持 USB2.0 高速接口，兼容 USB2.0/USB1.1 协议，接口速率最大支持 480Mbps，只支持从模式，USB 输入/输出信号兼容 USB2.0 接口规范。USB 接口定义如下表所示。

表 3-10：USB 接口定义

引脚号	引脚名	类型	描述	最小值 (V)	典型值 (V)	最大值 (V)	备注
27	USB_DM	DIO	USB 差分数据 D-	-	-	-	-
26	USB_DP	DIO	USB 差分数据 D+	-	-	-	-
28	USB_DET	DI	USB 插入检测	4.5	5	9	与 VBUS 电源引脚直连

USB 接口电路示意图如下所示。

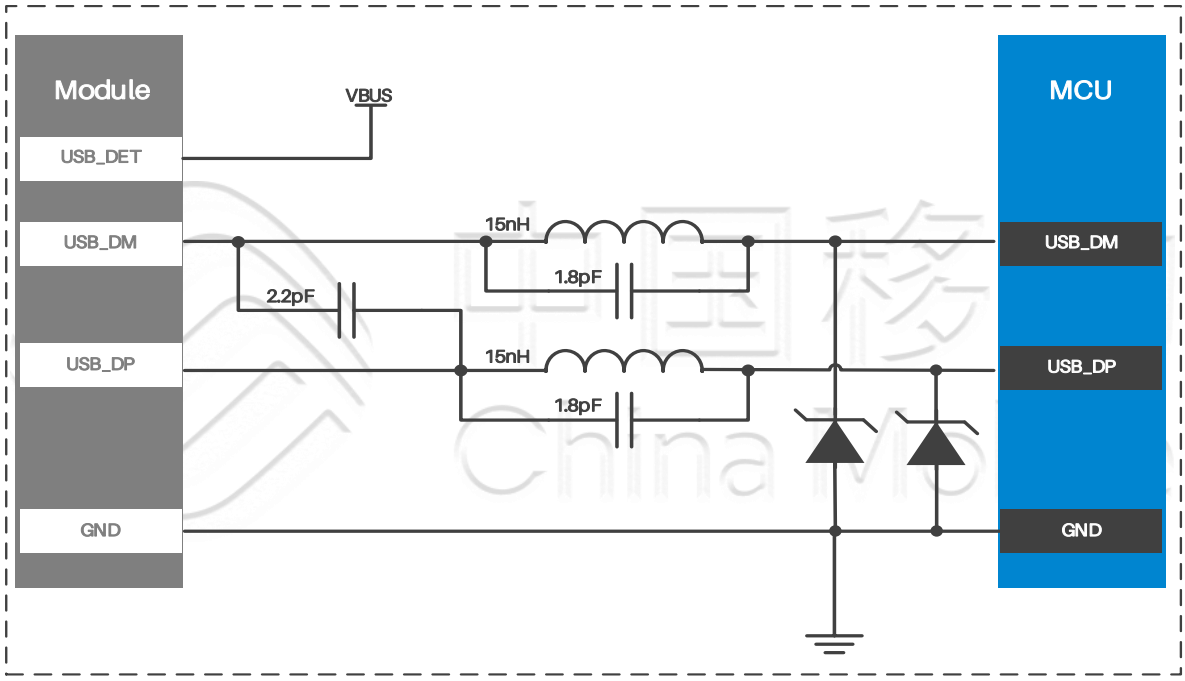


图 3-12：USB 接口电路示意图

- USB_DM 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 信号线上尽量避免留有分支线，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；
- 当 USB 线和电池同时连接时，VBAT 上存在数 ma 电流，**使用不可充电电池时需特别注意电池规格，以避免安全隐患。**

3.6 UART 接口

模组提供四路 UART 通信接口，最大传输速率为 921600bps；DBG UART 用作打印 LOG 接口；UART1、UART2 和 UART3 可用于与串口设备通信，其中 UART 2 与 GPIO 复用。

UART1 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 8 bit 数据位和 1/2 bit 停止位（详情参考 *ML305_AT_Commands_Reference_Guide*）；**
- **支持奇、偶、无校验位（1 bit 停止位）；**
- **模组默认为自适应波特率，支持** 2400bps，4800bps，9600bps，14400bps，19200bps，28800bps，33600bps，38400bps，57600bps，115200bps。

DBG 串口的主要特性有：

- **默认固定波特率，支持** 115200bps，DEBUG 调试使用。

UART3 串口的主要特性有：

- **默认固定波特率，支持** 115200bps。

UART2 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）；**
- **模组默认为固定波特率，支持** 115200bps。

表 3-11：UART 接口定义

引脚号	引脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
31	UART1_RXD	DI	接收数据	VIH	1.17	-	1.98	不用则悬空
				VIL	-0.3	-	0.63	
32	UART1_TXD	DO	发送数据	VOH	1.35	-	-	
				VOL	0	-	0.45	
33	UART1_CTS	DI	清除发送	VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
34	UART1_RTS	DO	请求发送	VOH	1.35	-	-	
				VOL	0	-	0.45	
71	DBG_TXD	DO	调试串口发送	VOH	1.35	-	-	不用则悬空
				VOL	0	-	0.45	
72	DBG_RXD	DI	调试串口接收	VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
69	UART3_RXD	DI	接收数据	VIH	1.17	-	1.98	不用则悬空
				VIL	-0.3	-	0.63	
70	UART3_TXD	DO	发送数据	VOH	1.35	-	-	
				VOL	0	-	0.45	

表 3-10：UART2 接口复用定义

引脚号	引脚名	类型	复用功能	复用功能描述	参数	最小值(V)	最大值(V)	备注
66	GPIO25	DI	UART2_RXD	接收数据	VIH	1.17	1.98	此功能需要定制 SDK
					VIL	-0.3	0.63	
65	GPIO26	DO	UART2_TXD	发送数据	VOH	1.35	-	
					VOL	0	0.45	
63	GPIO27	DI	UART2_CTS	清除发送	VIH	1.17	1.98	
					VIL	-0.3	0.63	
67	GPIO28	DO	UART2_RTS	请求发送	VOH	1.35	-	
					VOL	0	0.45	

中国移动 China Mobile

UART 接口示意图如下所示。

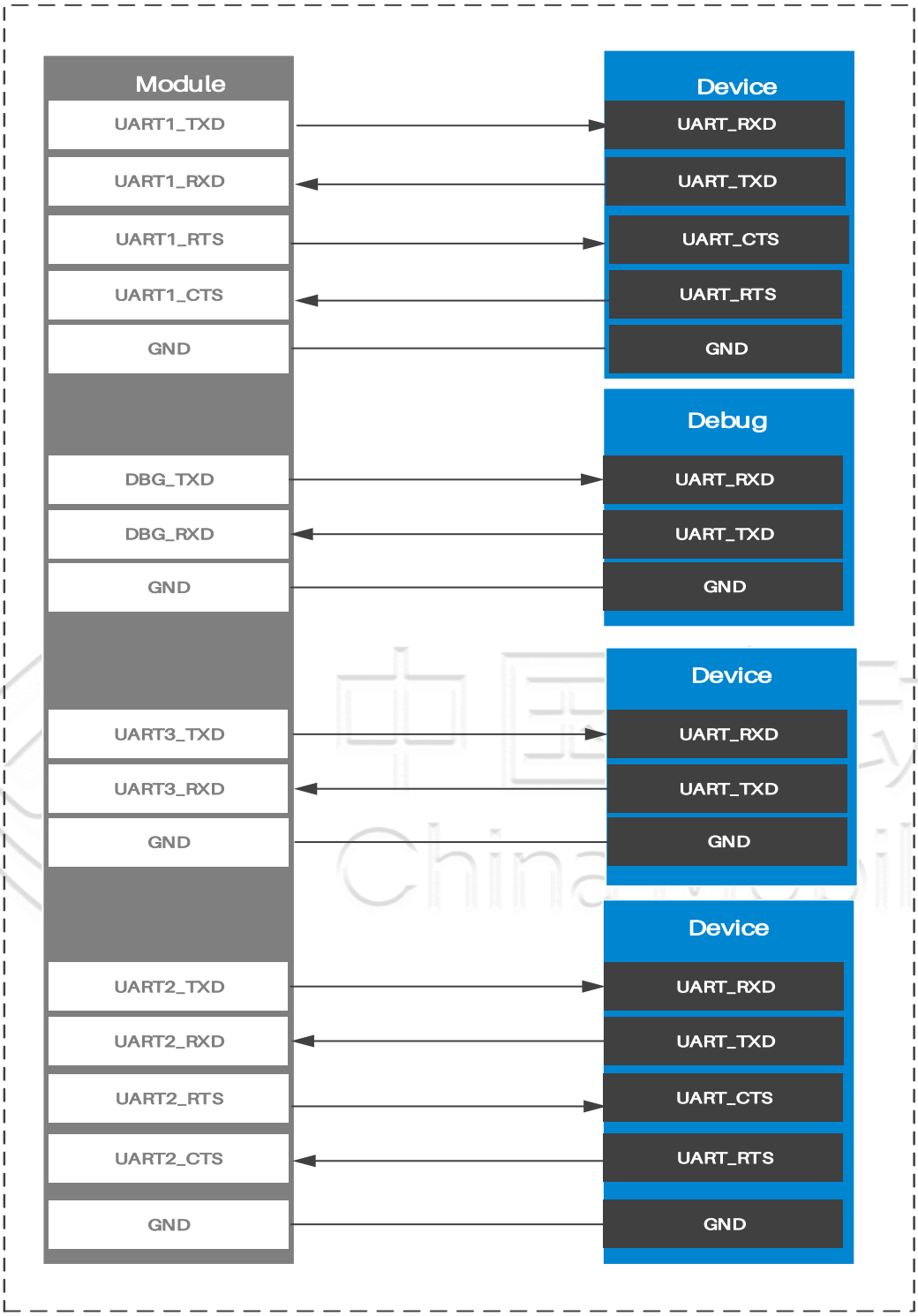


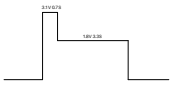
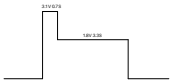
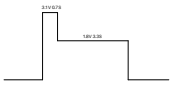
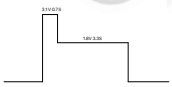
图 3-13：UART 接口示意图

- 模组串口电平为 1.8V，应用时注意电平是否匹配；
- UART1 自适应波特率功能重启生效，使用过程中波特率变化不生效；
- 模组使用 RS232 或 3.3V TTL 线进行串口通信时，需进行电平转换。

3.7 GPIO 接口

模组提供 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。

表 3-12：GPIO 接口定义

引脚号	引脚名	类型	描述	开机过程电平	开机后默认电平	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
62	GPIO24	IO	通用输入输出		低	VOH	1.35	-	-	开机时会有一段 3.1V 及 1.8V，使用时需注意。
						VOL	0	-	0.45	
						VIH	1.17	-	1.98	
						VIL	-0.3	-	0.63	
63	GPIO27	IO	通用输入输出		低	VOH	1.35	-	-	开机时会有一段 3.1V 及 1.8V，使用时需注意。
						VOL	0	-	0.45	
						VIH	1.17	-	1.98	
						VIL	-0.3	-	0.63	
65	GPIO26	IO	通用输入输出		低	VOH	1.35	-	-	开机时会有一段 3.1V 及 1.8V，使用时需注意。
						VOL	0	-	0.45	
						VIH	1.17	-	1.98	
						VIL	-0.3	-	0.63	
66	GPIO25	IO	通用输入输出		低	VOH	1.35	-	-	开机时会有一段 3.1V 及 1.8V，使用时需注意。
						VOL	0	-	0.45	
						VIH	1.17	-	1.98	
						VIL	-0.3	-	0.63	
67	GPIO28	IO	通用输入输出		低	VOH	1.35	-	-	开机时会有一段 3.1V 及 1.8V，使用时需注意。
						VOL	0	-	0.45	
						VIH	1.17	-	1.98	
						VIL	-0.3	-	0.63	

3.8 RF 接口

模组提供一组 RF 接口，分别是主天线接口（ANT_MAIN）和 Wi-Fi 蓝牙天线接口（ANT _BT/WIFI）。

表 3-13：天线接口定义

引脚号	引脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
46	ANT_MAIN	RF	射频主集天线	-	-	-	-	-
42	ANT_BT/WIFI	RF	Wi-Fi 蓝牙天线	-	-	-	-	-

模组天线接口示意图如下所示。

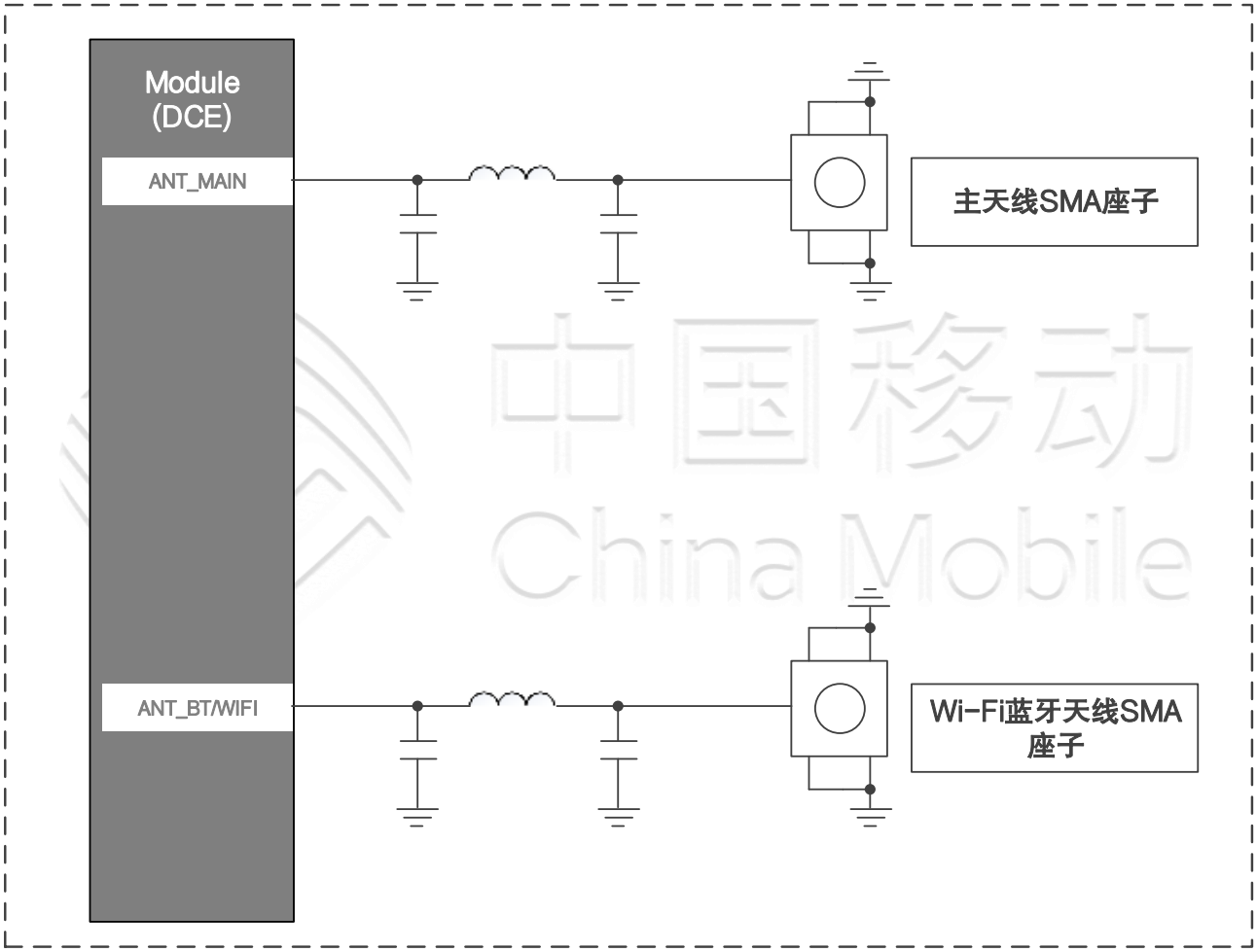


图 3-14：模组天线接口示意图

仅 ML305-RNLM 版本支持 Wi-Fi 蓝牙功能。

3.9 Analog 接口

模组提供一组 Analog 接口，分别是 ADC1 和 ADC2。

表 3-14：Analog 接口定义

引脚号	引脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
19	ADC1	AI	ADC 模数转换接口	-	0	-	1.8	-
20	ADC2	AI	ADC 模数转换接口	-	0	-	1.8	-

中国移动 China Mobile

3.10 AUDIO 接口

模组提供一组 AUDIO 接口，分别对应一组模拟音频接口和一组 PCM 数字音频接口；模拟音频接口包含喇叭和麦克风。

MIC_P 和 MIC_N 通道是用作于麦克风差分输入，麦克风通常选用驻极体。

SPK_P 和 SPK_N 通道是用作于扬声器差分输出，默认支持 Class-AB 模式。

表 3-15：模拟音频接口参数

接口类型	最大输出功率	阻抗	PSRR	SNR
喇叭	ClassD：0.8W@4.2V	8 Ohm	80dB	90 dB
	ClassAB：0.6W@4.2V		80dB	90 dB

表 3-16：模拟音频接口

引脚号	引脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
21	SPK_N	AO	扬声器差分音频输出-	-	-	-	-	不用则悬空
22	SPK_P	AO	扬声器差分音频输出+	-	-	-	-	
23	MIC_N	AI	麦克风差分音频输入-	-	-	-	-	不用则悬空
24	MIC_P	AI	麦克风差分音频输入+	-	-	-	-	
25	MIC_BIAS	PO	麦克风偏置电压输出	VOH	2.5	2.8	3.1	不用则悬空

模组提供一组 PCM 接口，其中 PCM 与 SPI 复用。实现与数字音频编解码器的通信，默认支持 Slave 模式。

表 3-17：PCM 接口复用定义

引脚号	引脚名	类型	复用功能	复用功能描述	参数	最小值(V)	最大值(V)	备注
58	SPI2_CS	DO	PCM_SYNC	PCM 同步输出	VOH	1.35	-	此功能需要定制 SDK
					VOL	0	0.45	
59	SPI2_MISO	DI	PCM_IN	PCM 数据输入	VIH	1.17	1.98	
					VIL	-0.3	0.63	
60	SPI2_MOSI	DO	PCM_OUT	PCM 数据输出	VOH	1.35	-	
					VOL	0	0.45	
61	SPI2_CLK	DO	PCM_CLK	PCM 时钟输出	VOH	1.35	-	
					VOL	0	0.45	

模组默认支持模拟音频和数字音频功能，但两者不能同时使用，当使用模拟音频时，喇叭、麦克风功能可直接使用，数字音频需外挂 CODEC 芯片使用。

PCM 接口示意图如下所示。

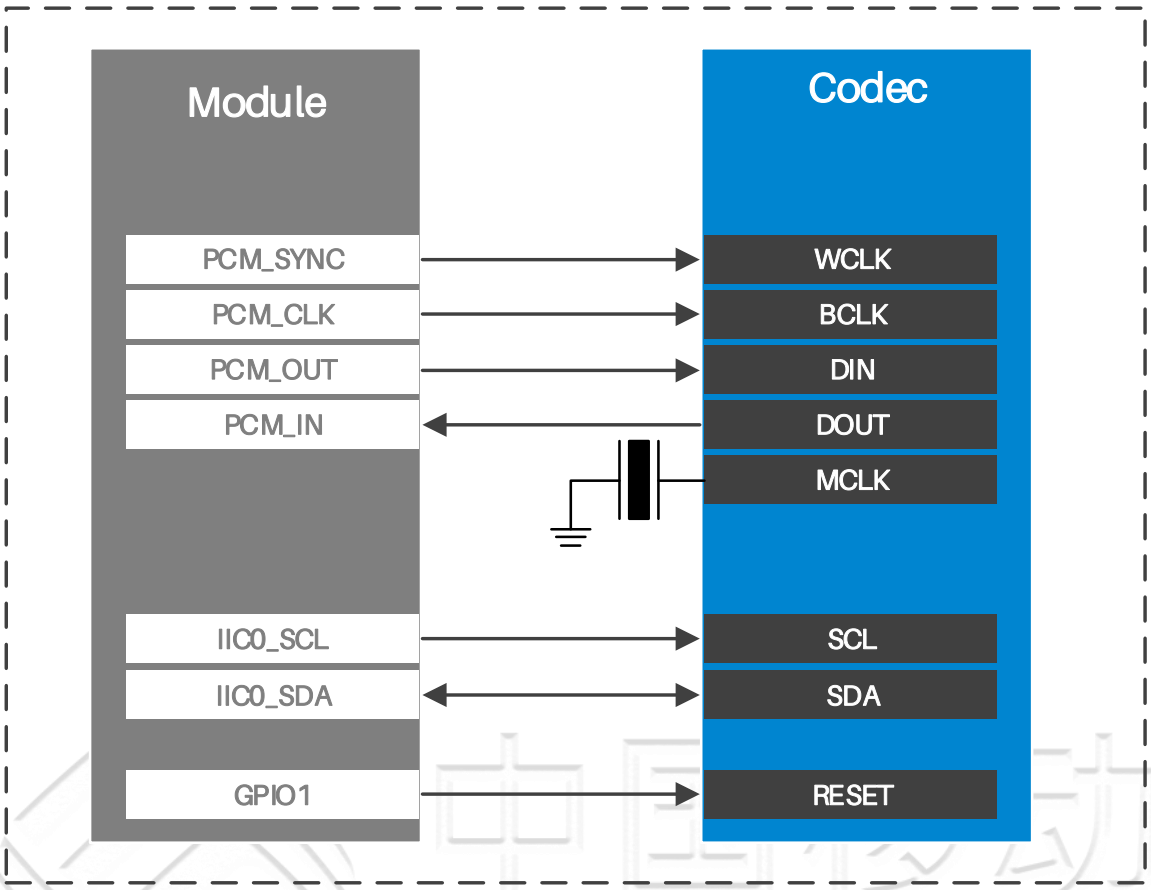


图 3-15：PCM 接口示意图（模组作 Slave）

3.11 IIC 接口

模组提供两路 IIC 接口，分别是 IIC0 和 IIC1；可用于外部 IIC 设备通信。

表 3-18：IIC 接口定义

引脚号	引脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
11	IIC0_SCL	OD	IIC 时钟信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
12	IIC0_SDA	OD	IIC 数据信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
57	IIC1_SCL	OD	IIC 时钟信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
56	IIC1_SDA	OD	IIC 数据信号	VOH	1.35	-	-	-
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	

3.12 SDIO 接口（与 GPIO 接口复用）

模组提供一组 SDIO 接口，接口支持 1.8V 和 3.3V 的 SD 卡。SD 卡接口的引脚定义如下表所示。

表 3-19：SDIO 接口复用定义

引脚号	引脚名	类型	复用功能	复用功能描述	参数	最小值(V)	最大值(V)	备注
62	GPIO24	DO	SD_CMD	SD 命令线	VOH	2.31/1.4	3.3/1.8	
					VOL	0	0.99/0.54	
					VIH	2.31/1.4	3.3/1.8	
					VIL	0	0.99/0.54	
64	RSV	DO	SD_CLK	SD 时钟线	VOH	2.31/1.4	3.3/1.8	
					VOL	0	0.99/0.54	
66	GPIO25	DIO	SD_ DATA0	SD 数据线	VOH	2.31/1.4	3.3/1.8	
					VOL	0	0.99/0.54	
					VIH	2.31/1.4	3.3/1.8	
					VIL	0	0.99/0.54	
65	GPIO26	DIO	SD_ DATA1	SD 数据线	VOH	2.31/1.4	3.3/1.8	此功能需要定制 SDK
					VOL	0	0.99/0.54	
					VIH	2.31/1.4	3.3/1.8	
					VIL	0	0.99/0.54	
63	GPIO27	DIO	SD_DATA2	SD 数据线	VOH	2.31/1.4	3.3/1.8	
					VOL	0	0.99/0.54	
					VIH	2.31/1.4	3.3/1.8	
					VIL	0	0.99/0.54	
67	GPIO28	DIO	SD_ DATA3	SD 数据线	VOH	2.31/1.4	3.3/1.8	
					VOL	0	0.99/0.54	
					VIH	2.31/1.4	3.3/1.8	
					VIL	0	0.99/0.54	

为了确保良好的 ESD 性能，建议在 SD 卡引脚增加 TVS 管；且尽量靠近 SD 卡座摆放，并保证 TVS 的结电容小于 15pF。

SDIO 接口示意图如下所示。

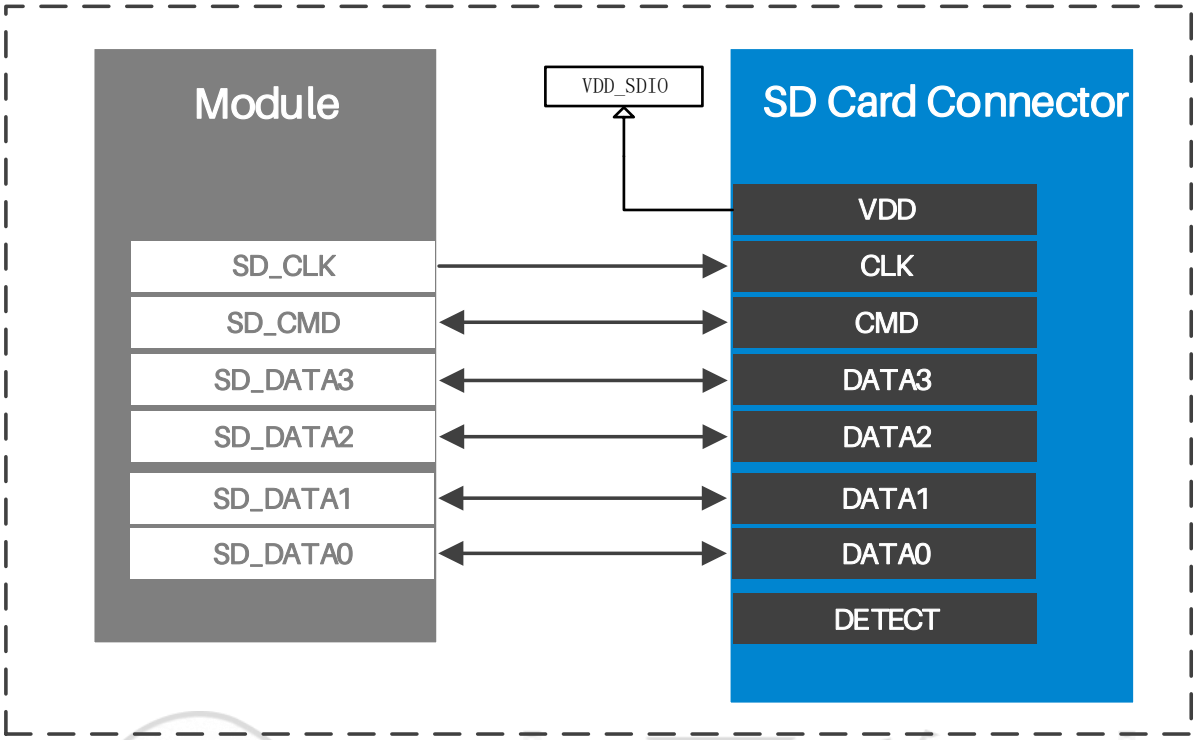


图 3-16：SDIO 接口示意图

中国移动 China Mobile

3.13 SPI 接口

模组提供两组 SPI 接口：两组为通用 SPI 接口，速率支持 10MHz。

通用 SPI 接口的引脚定义如下表所示。

表 3-20：通用 SPI 接口定义

引脚号	引脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
1	SPI0_CLK	DO	SPI 时钟信号	VOH	1.35	-	-	
				VOL	0	-	0.45	
2	SPI0_MISO	DI	SPI 数据主输入从输出	VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
3	SPI0_MOSI	DO	SPI 数据主输出从输入	VOH	1.35	-	-	
				VOL	0	-	0.45	
4	SPI0_CS	DO	SPI 片选主输出	VOH	1.35	-	-	
				VOL	0	-	0.45	不用则悬空
61	SPI1_CLK	DO	SPI 时钟信号	VOH	1.35	-	-	
				VOL	0	-	0.45	
59	SPI1_MISO	DI	SPI 数据主输入从输出	VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
60	SPI1_MOSI	DO	SPI 数据主输出从输入	VOH	1.35	-	-	
				VOL	0	-	0.45	
58	SPI1_CS	DO	SPI 片选主输出	VOH	1.35	-	-	
				VOL	0	-	0.45	

通用 SPI 接口示意图如下所示。

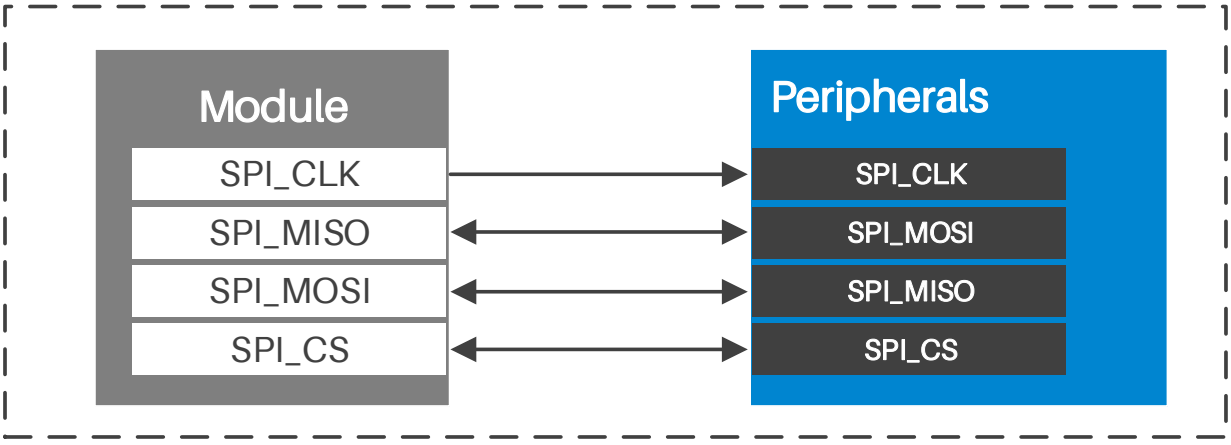


图 3-17：通用 SPI 接口示意图

3.14 LCD 接口

ML305 模组提供了一组 7 线 SPI-LCD 接口。SPI 默认支持主模式，最高速率 30MHz，模组集成了 ST7735S 的驱动，推荐使用该 LCD 芯片。

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

LCD 接口引脚定义如下表所示。

表 3-21：LCD 接口定义

引脚号	引脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
48	LCD_SIO	DO	LCD 数据信号	VOH	1.35	-	-	不用则悬空
				VOL	0	-	0.45	
49	LCD_SDC	DO	LCD 数据控制信号	VOH	1.35	-	-	
				VOL	0	-	0.45	
50	LCD_CLK	DO	LCD 时钟信号	VOH	1.35	-	-	
				VOL	0	-	0.45	
51	LCD_CS	DO	LCD 片选信号	VOH	1.35	-	-	
				VOL	0	-	0.45	
39	LCD_RST	DO	LCD 复位信号	VOH	1.35	-	-	
				VOL	0	-	0.45	
53	LCD_FMARK	DO	LCD 同步信号	VOH	1.35	-	-	
				VOL	0	-	0.45	

LCD 接口示意图如下所示。

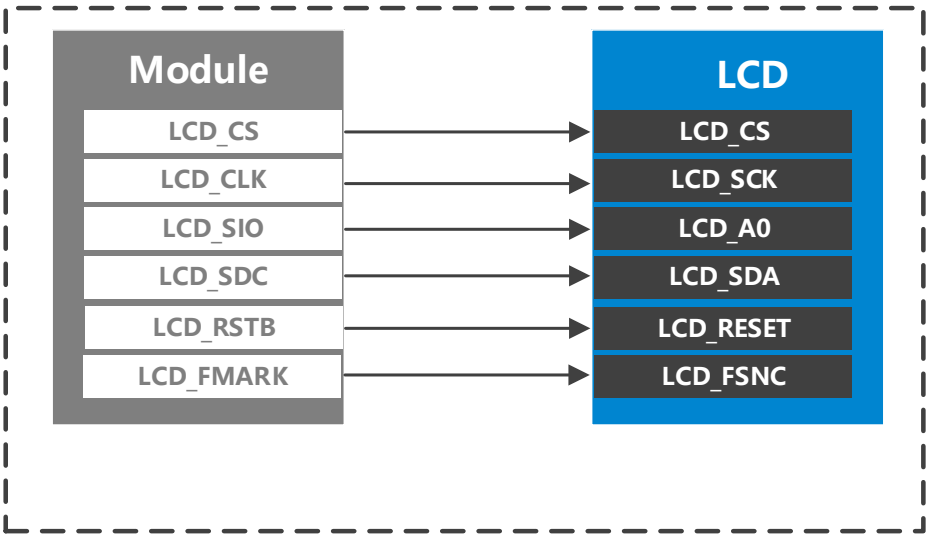


图 3-18：LCD 接口示意图

3.15 CAM 接口

ML305 模组提供了一组摄像头接口，支持摄像头厂家：宜章鑫晨光电子有限公司，型号：CYA6917。

摄像头接口引脚定义如下表所示。

表 3-22：CAM 接口定义

引脚号	引脚名	类型	描述	参数	最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)	备注
10	CAM_REFCLK	IO	Camera 参考时钟	VOH	1.35	-	-	
				VOL	0	-	0.45	
				VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
13	CAM_SCK	DO	Camera 串行时钟	VOH	1.35	-	-	
				VOL	0	-	0.45	
14	CAM_SI0	DI	Camera 数据输入	VIH	1.17	-	1.98	不用则悬空
				VIL	-0.3	-	0.63	
15	CAM_SI1	DI	Camera 数据输入	VIH	1.17	-	1.98	
				VIL	-0.3	-	0.63	
16	CAM_RST	DO	Camera 复位信号	VOH	1.35	-	-	
				VOL	0	-	0.45	
40	CAM_PWDN	DO	Camera 休眠信号	VOH	1.35	-	-	
				VOL	0	-	0.45	

摄像头接口示意图如下所示。

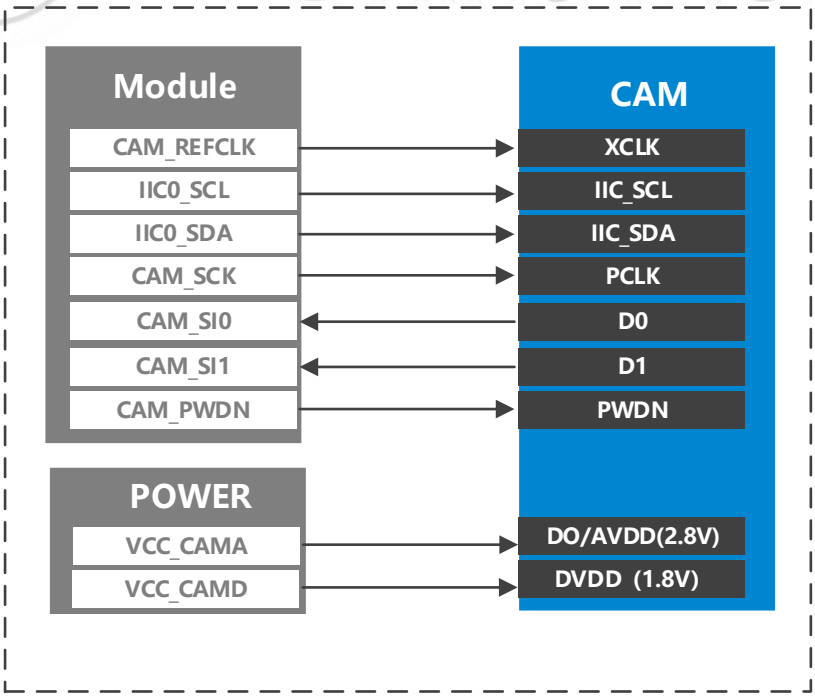


图 3-19：摄像头接口示意图

3.16 KEYPAD 接口（与 LCD 接口复用）

ML305 模组提供一个 4*4 的键盘矩阵，供用户灵活使用。电平为 1.8V，驱动电流为 5mA。其中 KEYIN3 与 NETLIGHT 复用；KEYIN4 与 STATE 复用；KEYOUT4 与 IIC1_SDA 复用；剩下的与 LCD 接口复用。

表 3-23：KEYPAD 接口复用定义

引脚号	引脚名	类型	复用功能	复用功能描述	参数	最小值(V)	最大值(V)	备注
48	LCD_SIO	DI	KEYIN1	矩阵键盘输入	VIH	1.17	1.98	此功能需要定制 SDK
					VIL	-0.3	0.63	
49	LCD_SDC	DO	KEYOUT1	矩阵键盘输出	VOH	1.35	-	
					VOL	0	0.45	
50	LCD_CLK	DI	KEYIN2	矩阵键盘输入	VIH	1.17	1.98	
					VIL	-0.3	0.63	
51	LCD_CS	DO	KEYOUT2	矩阵键盘输出	VOH	1.35	-	
					VOL	0	0.45	
52	NETLIGHT	DI	KEYIN3	矩阵键盘输入	VIH	1.17	1.98	
					VIL	-0.3	0.63	
53	LCD_FMARK	DO	KEYOUT3	矩阵键盘输出	VOH	1.35	-	
					VOL	0	0.45	
54	STATE	DI	KEYIN4	矩阵键盘输入	VIH	1.17	1.98	
					VIL	-0.3	0.63	
56	IIC1_SDA	DO	KEYOUT4	矩阵键盘输出	VOH	1.35	-	
					VOL	0	0.45	

3.17 测试点设计

模组应用于整机时，测试点可用于快速定位和解决问题，对系统调试非常重要。建议用户进行产品设计时，预留以下测试点：

- **USB 测试点：**USB 作为模组与 AP 通讯的主要通道，也是模组固件下载的通道，通过 USB 测试点，可实时监控模组与 AP 的通讯信息是否正确；紧急情况下可通过 USB 为模组升级固件。
  USB_DP/USB_DM 信号需串联 0 Ohm 电阻，以防止 USB 信号线出现分支，影响 USB 信号质量，同时 USB_DET 也需要预留；
- **BOOT_MODE：**用于模组下载升级固件；
- **PWR_ON/OFF 测试点：**控制模组正常开机运行，必须预留；
- **DBG_UART 测试点：**用于打印模组 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。可以通过 VDD_EXT 的电压直观的判断模组是否开机；
- **其他测试点：** ADC、GPIO 等测试点，建议酌情预留。

中国移动 China Mobile

4 射频特性

本章主要介绍模组的射频特性：

- 工作频段
- 测试数据
- 天线设计要求

4.1 工作频段

模组工作频段如下表所示。

表 4-1：射频频段

频段	发射	接收	备注
FDD LTE Band 1	1920MHz-1980MHz	2110MHz-2170MHz	ML305-SNLM 不支持
FDD LTE Band 3	1710MHz-1785MHz	1805MHz-1880MHz	ML305-SNLM 不支持
FDD LTE Band 5	824MHz-849MHz	869MHz-894MHz	ML305-SNLM 不支持
FDD LTE Band 8	880MHz-915MHz	925MHz-960MHz	ML305-SNLM/ML305-TNLM 不支持
TDD LTE Band 34	2010MHz-2025MHz	2010MHz-2025MHz	ML305-TNLM 不支持
TDD LTE Band 38	2570MHz-2620MHz	2570MHz-2620MHz	ML305-TNLM 不支持
TDD LTE Band 39	1880MHz-1920MHz	1880MHz-1920MHz	ML305-TNLM 不支持
TDD LTE Band 40	2300MHz-2400MHz	2300MHz-2400MHz	ML305-TNLM 不支持
TDD LTE Band 41	2555MHz-2655MHz	2555MHz-2655MHz	-

4.2 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 接收灵敏度

接收灵敏度指标是衡量模组接收机性能的重要参数，测试结果如下表所示。

表 4-2：接收灵敏度

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

此数据为实验室测试数据，实网情况下受网络环境影响，仅供参考。

4.2.3 发射功率

发射功率是衡量模组的发射机性能的一个重要指标，测试结果如下表所示。

表 4-3：发射功率

频段	测试值（单位：dBm）	备注（单位：dB）
FDD LTE Band 1	23	±2.7
FDD LTE Band 3	23	±2.7
FDD LTE Band 5	23	±2.7
FDD 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

此数据为实验室测试数据，在实网情况下受网络环境影响，仅供参考。

中国移动 China Mobile

4.3 天线设计要求

4.3.1 主天线指标

模组主天线指标如下表所示。

表 4-4：主天线指标

天线效率	≥40%（频段＜960MHz） ≥50%（频段＞1710MHz）
S11	≤-10dB
方向图	全向天线
增益	主天线增益≤2.5dBi

4.3.2 天线设计要求

模组主天线设计要求如下表所示。

表 4-5：主天线设计要求

主天线带宽	250MHz in Band 1 170MHz in Band 3 70MHz in Band 5 80MHz in Band 8 15MHz in Band 34 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	≤ 2.5dBi
阻抗	50Ω
VSWR 推荐值	≤ 2:1

中国移动 China Mobile

5 电气可靠性

本章主要介绍模组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

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

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

模组的工作及存储温度、湿度范围如下表所示。

表 5-2：工作及存储温度、湿度

参数	最小值	最大值
正常工作温度	-30℃	+75℃
扩展工作温度	-40℃	+85℃
存储温度	-45℃	+90℃
存储湿度	RH5%	RH95%

当模组工作在-40℃~-30℃或+75℃~+85℃温度范围时，模组可以正常工作，但部分射频指标可能不满足 3GPP 标准。

5.3 电源特性

5.3.1 输入电压

模组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	3%

当外部供电电压小于最小值时，模组不能正常工作。

中国移动 China Mobile

5.3.2 功耗

不同状态下模组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	＜35uA	关机状态保持 3.8V 输入电压
开机后关机	＜5uA	开机后执行 PWR_ON/OFF 关机流程

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	＜1.3mA	DRX 周期 256（2.56s）连表

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	＜12mA	DRX 周期 256（2.56s）连表

表 5-7：工作功耗（TDD LTE）

制式	频段	平均电流（mA）	备注（1RB）
TDD LTE	Band 34	104.64mA	0dBm Tx Power
		118.79mA	10dBm Tx Power
		267.74mA	23dBm Tx Power
	Band 38	112.33mA	0dBm Tx Power
		130.68mA	10dBm Tx Power
		295.19mA	23dBm Tx Power
	Band 39	101.76mA	0dBm Tx Power
		114.87mA	10dBm Tx Power
		245.21mA	23dBm Tx Power
	Band 40	111.5mA	0dBm Tx Power
		125.19mA	10dBm Tx Power
		276.5mA	23dBm Tx Power
	Band 41	112.38mA	0dBm Tx Power
		131.16mA	10dBm Tx Power
		298.17mA	23dBm Tx Power

表 5-8：工作功耗（FDD LTE）

制式	频段	平均电流（mA）	备注（1RB）
FDD LTE	Band 1	161.3mA	0dBm Tx Power
		197.18mA	10dBm Tx Power
		562.75mA	23dBm Tx Power
	Band 3	157.77mA	0dBm Tx Power
		185.97mA	10dBm Tx Power
		500.04mA	23dBm Tx Power
	Band 5	150.8mA	0dBm Tx Power
		178.14mA	10dBm Tx Power
		502.95mA	23dBm Tx Power
	Band 8	151.18mA	0dBm Tx Power
		182.51mA	10dBm Tx Power
		547.42mA	23dBm Tx Power

功耗数据仅供参考，与当前的网络、软件配置以及模组功能相关。

中国移动 China Mobile

5.4 接口 ESD 特性及防护建议

模组 ESD 特性如下表所示。

表 5-9：接口 ESD 特性

接口	ESD 特性	备注
电源接口	接触 4kV	VBAT_BB，VBAT_RF1，VBAT_RF2
RF 接口（天线）	接触 4kV	-
SIM 卡接口	接触 2kV	-
UART 接口	接触 0.5kV	-

模组 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、模组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。

中国移动 China Mobile

6 机械特性

本章主要描述模组机械尺寸。

6.1 外形尺寸

模组外形尺寸如下图所示。

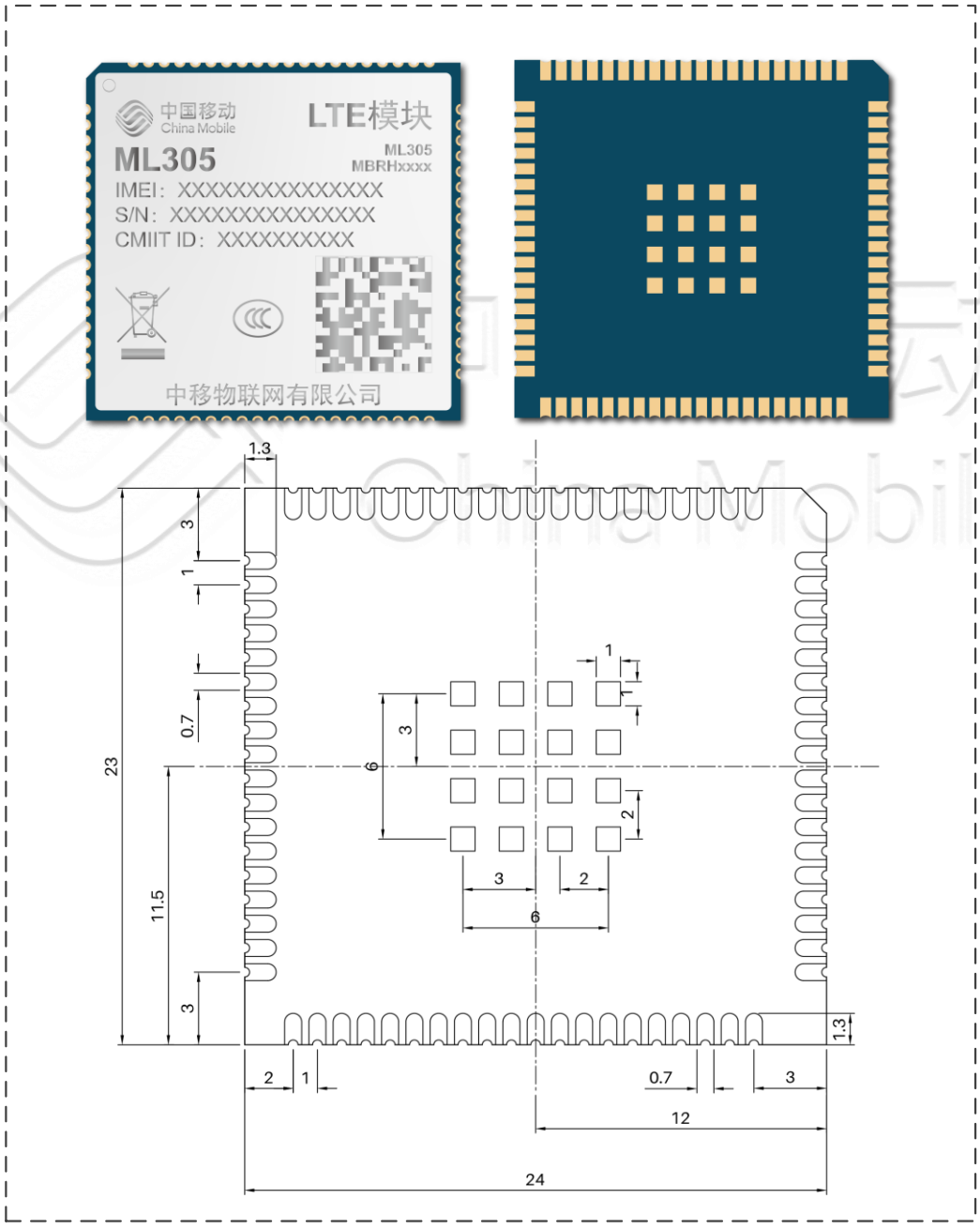


图 6-1：模组外形尺寸图（单位：mm）

6.2 PCB 焊盘设计

为达到可靠性高的焊接，推荐 PCB 焊盘尺寸设计如下图所示来设计。

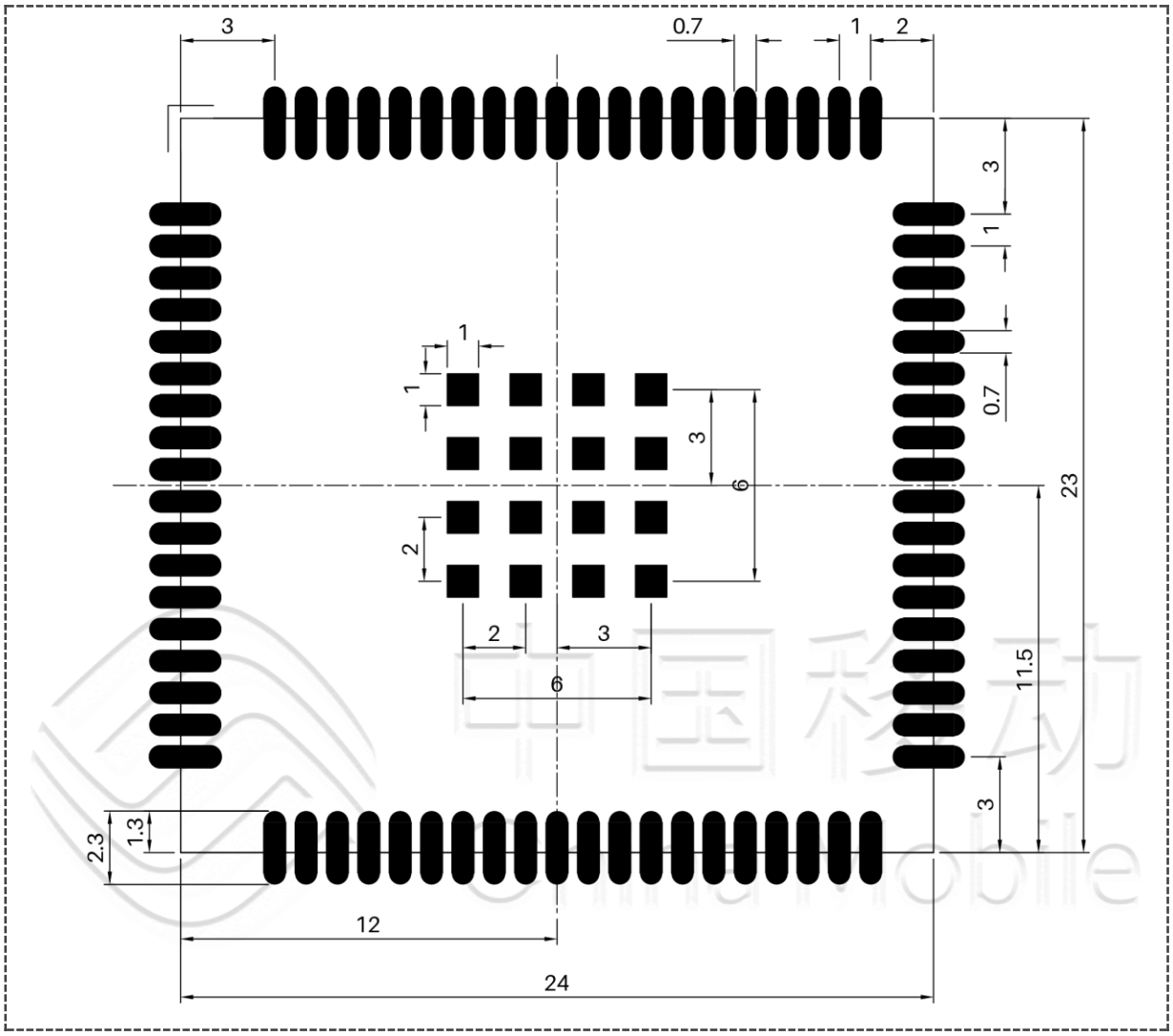


图 6-2：PCB 焊盘尺寸（单位：mm）

阻焊开窗应该大于焊盘尺寸，可提高焊接的可靠性。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。模组四周 0.6mm 以内避免布局其他器件，推荐模组与四周器件的间距在 1.0mm 以上。模组距 PCB 板边最小距离为 0.5mm。

7 存储和生产

7.1 存储规范

模组为湿敏产品，湿敏等级定义为 4 级。

模组拆封后需注意存储条件，具体标准请参考下表。存储时长超过下表所示车间寿命，必须烘烤后再贴片。

表 7-1：潮湿等级

潮湿等级	车间寿命（工厂环境 ≦+30℃/60% RH）
1	无限期保质，在环境≦+30℃/85% RH 条件下
2	1 年
2a	4 周
3	168 小时
4	72 小时
5	48 小时
5a	24 小时
6	强制烘烤后使用；烘烤后的模组，必须在规定时限内完成贴片。（具体时限以标签所示为准）

- 模组包装无法承受高温烘烤，烘烤前请移除模组包装；短时间的烘烤，请参照 *IPC/JEDECJ-STD-033* 规范执行；
- 模组存储与烘烤相关的详细标准请参考《中移物联网智能模组部通信模组贴片应用指导》。

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，为保证模组印膏质量，建议客户开阶梯钢网，焊盘部分对应的钢网厚度应为 0.15mm。

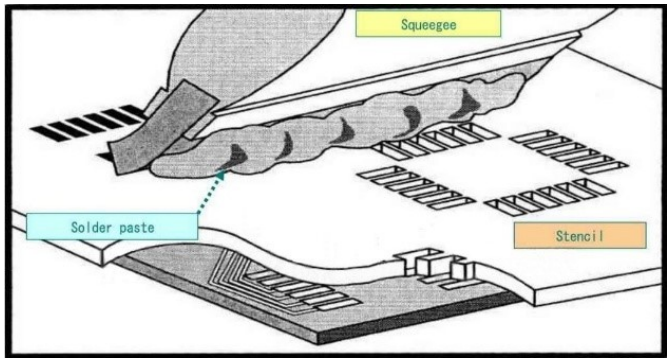


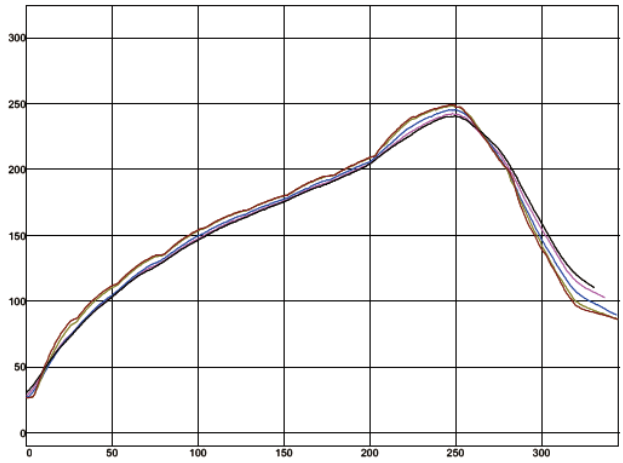
图 7-1：印膏图

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

温度设置 (摄氏度)

温区	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
上温区	120	140	160	170	180	190	220	255	265	265
下温区	120	140	160	170	180	190	220	255	265	265

传送带速度 (公分/分): 85.0



PWI= 91%	最高下降斜率		恒温时间150平190(		回流时间 /230C		最高温度		总共 时间 /217C		斜率1 (40-150C)	
<TC2>	-2.31	47%	70.94	-9%	37.22	27%	242.65	26%	60.50	2%	1.79	-21%
<TC3>	-2.48	41%	69.77	-12%	43.21	61%	245.51	55%	62.14	7%	1.67	-13%
<TC4>	-2.69	33%	69.67	-12%	47.68	87%	248.32	83%	63.81	13%	2.16	16%
<TC5>	-2.31	48%	71.94	-7%	35.84	19%	240.65	6%	61.73	6%	1.68	-32%
<TC6>	-2.81	28%	69.65	-12%	47.74	87%	249.54	95%	63.89	13%	2.29	29%
温差	0.50		2.29		11.90		8.33		3.39		0.61	

制程界限:

统计数名称	最低界限	最高界限	单位
斜率1 (目标=2.0)			
介于 40.0 和 150.0	1	3	度/秒
(计算斜率的时间距离= 20 秒)			
最高温度下降斜率	-6	-1	度/秒
(计算斜率的时间距离= 30 秒)			
恒温时间150-190摄氏度	30	120	秒
回流以上时间 - 230摄氏度	15	50	秒
最高温度	230	250	度 摄氏度
在217摄氏度以上时间	30	90	秒

描述:

图 7-2：炉温曲线

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	*ML305_AT_Commands_Reference_Guide_V1.0.0*	AT 命令使用手册
2	《ML305_KIT_V001_EVB 手册》	开发板使用手册

表 8-2：缩写

缩写	英文全称
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	ClSPK 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
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
eDRX	Enhanced Discontinuous Reception
I/O	Input/Output
IMEI	International Mobile Equipment Identity
Imax	Maximum Load Current
Inorm	Normal Current
kbps	Kilo Bits Per Second
LED	Light Emitting Diode
MO	Mobile Originated

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

中国移动 China Mobile