

MC25-OpenCPU

硬件设计手册

GSM/GPRS/GNSS 系列

版本：MC25-OpenCPU_硬件设计手册_V1.0

日期：2019-06-18

状态：受控文件

上海移远通信技术股份有限公司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
上海市徐汇区虹梅路 1801 号宏业大厦 7 楼 邮编：200233
电话：+86 21 51086236 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，可随时登陆如下网址：
<http://www.quectel.com/cn/support/technical.htm>
或发送邮件至：support@quectel.com

前言

上海移远通信技术股份有限公司提供该文档内容用以支持其客户的产品设计。客户须按照文档中提供的规范、参数来设计其产品。由于客户操作不当而造成的人身伤害或财产损失，本公司不承担任何责任。在未声明前，上海移远通信技术股份有限公司有权对该文档进行更新。

版权申明

本文档版权属于上海移远通信技术股份有限公司，任何人未经我司允许而复制转载该文档将承担法律责任。

版权所有 ©上海移远通信技术股份有限公司 2019，保留一切权利。
Copyright © Quectel Wireless Solutions Co., Ltd. 2019.

文档历史

修订记录

版本	日期	作者	变更表述
1.0	2019-06-18	赵清晶/ 黄瑞	初始版本

目录

文档历史	2
目录	3
表格索引	6
图片索引	7
1 引言	9
1.1. 安全须知	9
2 产品概念	10
2.1. 综述	10
2.2. 主要性能	11
2.3. 功能框图	14
2.4. 评估板	16
3 应用接口	17
3.1. 概述	17
3.2. 引脚分配	18
3.3. 引脚描述	19
3.4. 应用模式	24
3.5. 闪存容量分配	26
3.6. 电源供电	27
3.6.1. 电源特性	27
3.6.2. 减少电压跌落	27
3.6.3. 供电参考电路	28
3.6.4. 电源电压检测	29
3.6.5. GSM 部分 RTC	29
3.6.6. GNSS Backup Domain	31
3.7. 工作模式	32
3.7.1. GSM 部分工作模式	32
3.7.1.1. 最少功能模式	32
3.7.1.2. 睡眠模式（慢时钟模式）	33
3.7.2. GNSS 部分工作模式	33
3.7.2.1. Full on 模式	33
3.7.2.2. Backup 模式	34
3.8. 开机/关机	34
3.8.1. 开机	34
3.8.2. 关机	36
3.8.2.1. PWRKEY 引脚关机	36
3.8.2.2. AT 命令关机	37
3.8.2.3. AT 命令关闭 GNSS 部分	38
3.8.2.4. 低压自动关机	38
3.8.3. OpenCPU 系统开启参考设计	39
3.9. 串口	40

3.9.1.	主串口.....	43
3.9.1.1.	主串口特点.....	43
3.9.1.2.	主串口参考设计	44
3.9.2.	调试串口	45
3.9.2.1.	软件升级	45
3.9.3.	辅助串口和 GNSS 串口	46
3.9.3.1.	在 All-in-one 方案中的连接	46
3.9.3.2.	在 Stand-alone 方案中的连接	47
3.9.4.	串口应用	47
3.10.	音频接口	48
3.10.1.	降低 TDD 噪声及其它噪声	49
3.10.2.	麦克风接口电路	50
3.10.3.	听筒接口电路	51
3.10.4.	扬声器接口设计	52
3.10.5.	音频电气特性	52
3.11.	PCM 接口*	53
3.12.	SPI 和 I2C 接口*	53
3.12.1.	SPI 接口*	53
3.12.2.	I2C 接口*	53
3.13.	(U)SIM 接口	54
3.14.	SD 卡接口*	56
3.15.	ADC 接口	57
3.16.	外部中断	57
3.17.	GPIO	57
3.18.	RI 信号接口	58
3.19.	网络状态指示	60
3.20.	PPS VS. NMEA (1PPS 功能)	60
4	天线接口	62
4.1.	GSM 天线接口	62
4.1.1.	参考设计	62
4.1.2.	RF 输出功率	63
4.1.3.	RF 接收灵敏度	64
4.1.4.	工作频率	64
4.1.5.	推荐 RF 焊接方式	65
4.2.	GNSS 天线接口	65
4.2.1.	天线规格	65
4.2.2.	有源天线	66
4.2.3.	无源天线	66
5	电气性能和可靠性	68
5.1.	绝对最大值	68
5.2.	工作和存储温度	68
5.3.	电源额定值	69
5.4.	耗流	70

5.5.	静电防护	72
6	机械尺寸	73
6.1.	模块机械尺寸	73
6.2.	推荐封装	75
6.3.	模块俯视图和底视图	76
7	存储、生产和包装	77
7.1.	存储.....	77
7.2.	生产焊接	78
7.3.	包装.....	79
8	附录 A 参考文档及术语缩写	81
9	附录 B GPRS 编码方案.....	88
10	附录 C GPRS 多时隙	90

表格索引

表 1: GSM/GPRS 部分主要特性.....	11
表 2: 编码格式和最大空中数据速度率.....	13
表 3: GNSS 部分主要特性.....	13
表 4: 模块支持的协议.....	14
表 5: I/O 参数定义.....	19
表 6: 引脚描述.....	19
表 7: 多路复用功能.....	23
表 8: ALL-IN-ONE 和 STAND-ALONE 方案的比较.....	25
表 9: GSM 部分工作模式一览表.....	32
表 10: 串口逻辑电平.....	41
表 11: 串口引脚定义.....	41
表 12: 音频接口引脚定义.....	48
表 13: AOUT2 输出特性.....	49
表 14: 驻极体麦克风特性参数.....	52
表 15: 音频接口典型特性参数.....	52
表 16: I2C 接口逻辑电平.....	54
表 17: I2C 接口引脚描述.....	54
表 18: (U)SIM 接口引脚定义.....	54
表 19: ADC 引脚定义.....	57
表 20: GPIO 口引脚列表.....	57
表 21: RI 信号状态.....	58
表 22: NETLIGHT 工作状态.....	60
表 23: GSM 天线引脚定义.....	62
表 24: 线损要求.....	63
表 25: 天线要求.....	63
表 26: RF 传导功率.....	63
表 27: RF 传导灵敏度.....	64
表 28: 模块工作频率.....	64
表 29: 推荐的天线规格.....	65
表 30: 绝对最大值.....	68
表 31: 模块工作和存储温度范围.....	68
表 32: GSM 部分电源额定值 (GNSS 部分关闭).....	69
表 33: GSM 部分耗流 (GNSS 部分关闭).....	70
表 34: GNSS 部分耗流.....	71
表 35: ESD 性能参数 (温度: 25°C, 湿度: 45%).....	72
表 36: 推荐的炉温测试控制要求.....	78
表 37: 卷盘包装.....	80
表 38: 参考文档.....	81
表 39: 术语缩写.....	82
表 40: 不同编码方案描述.....	88
表 41: 不同等级的多时隙分配表.....	90

图片索引

图 1: 功能框图	15
图 2: 引脚分配图	18
图 3: ALL-IN-ONE 方案原理框图	25
图 4: STAND-ALONE 方案原理框图	25
图 5: 闪存容量分配	26
图 6: GSM 部分发射时的电压电流波形图	27
图 7: VBAT 输入参考电路	28
图 8: 供电输入参考电路	28
图 9: 使用不可充电电池给 VRTC 引脚供电	30
图 10: 使用可充电电池给 VRTC 引脚供电	30
图 11: 使用超级电容给 VRTC 引脚供电	31
图 12: GNSS 内部 BACKUP DOMAIN 电路框图	31
图 13: 开集驱动开机参考电路	34
图 14: 按键开机参考电路	35
图 15: 开机时序图	36
图 16: PWRKEY 引脚关机时序	37
图 17: 使用 AT 命令关闭 GNSS 部分的时序	38
图 18: OPENCPU 系统开启参考设计	39
图 19: 看门狗连接示意图	40
图 20: 全功能串口连接方式示意图	44
图 21: 串口三线制连接方式示意图	44
图 22: 带硬件流控的主串口连接方式示意图	45
图 23: 软件调试连线示意图	45
图 24: 软件升级连线图	46
图 25: ALL-IN-ONE 方案中辅助串口和 GNSS 串口连接方式	46
图 26: STAND-ALONE 方案中辅助串口和 GNSS 串口连接方式	47
图 27: 3.3V 电平转换电路	47
图 28: RS-232 接口匹配示意图	48
图 29: AIN 麦克风通道参考电路	50
图 30: AOUT1 听筒输出参考电路	51
图 31: AOUT1 带音频功放输出参考电路	51
图 32: 扬声器接口参考电路	52
图 33: 8-PIN (U)SIM 接口参考电路图	55
图 34: 6-PIN (U)SIM 接口参考电路图	56
图 35: 语音呼叫时模块用作被呼叫方 RI 时序	59
图 36: 模块用作主叫时 RI 时序	59
图 37: 收到 URC 信息或者短信时 RI 时序	59
图 38: NETLIGHT 参考电路	60
图 39: PPS VS. NMEA 时序图	61
图 40: 射频参考电路	62
图 41: 天线连接器焊接形式	65
图 42: 有源天线参考电路	66

图 43: 无源天线参考电路	67
图 44: MC25-OPENCPU 俯视及侧视图尺寸 (单位: 毫米)	73
图 45: MC25-OPENCPU 底层尺寸图 (单位: 毫米)	74
图 46: 推荐封装 (单位: 毫米)	75
图 47: MC25-OPENCPU 俯视图	76
图 48: MC25-OPENCPU 底视图	76
图 49: 推荐的回流焊温度曲线.....	78
图 50: 载带尺寸 (单位: 毫米)	79
图 51: 卷盘尺寸 (单位: 毫米)	80
图 52: CS-1, CS-2 和 CS-3 射频协议块结构.....	88
图 53: CS-4 射频协议块结构	89

1 引言

本文档定义了 MC25-OpenCPU 模块及其硬件接口规范，电气特性和机械规范。通过此文档的帮助，结合移远通信提供的应用手册和用户指导书，客户可以快速应用 MC25-OpenCPU 模块于无线应用。

1.1. 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。在紧急情况下遇到上述情况时，请使用紧急呼叫功能，同时请确保设备开机并且位于信号强度足够的区域。



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。

2 产品概念

2.1. 综述

OpenCPU 是一种将模块作为主处理器的解决方案。随着通信技术的发展和市场需求的变化，越来越多的客户已经意识到 OpenCPU 解决方案的优势。特别是它在降低产品成本上的优势，使其备受行业用户的青睐。采用 OpenCPU 解决方案，可以简化用户对无线应用的开发流程，精简硬件结构设计，从而降低产品成本。OpenCPU 方案的主要特点如下：

- 快捷开发嵌入式应用，缩短产品开发周期
- 无需外部处理器、存储器及离散和相关的设计费用
- 缩小终端产品的实际尺寸
- 降低产品功耗
- 通过 OpenCPU DFOTA 远程升级软件
- 防拷贝技术增强产品的安全性
- 改善产品的市场性价比，提升产品竞争力

MC25-OpenCPU 是一款集成了高性能 GNSS 引擎和四频段 GSM/GPRS 引擎的多功能无线模块。它支持 **All-in-one** 方案和 **Stand-alone** 两种应用模式，以满足客户的不同应用需求。如需了解更多关于 **All-in-one** 和 **Stand-alone** 方案的介绍，请参考 **3.4 章节**。

MC25-OpenCPU 的 GSM 部分支持如下工作频段：GSM850、EGSM900、DCS1800 和 PCS1900。该模块支持 GPRS 多时隙等级 1~12，以及 GPRS 编码格式 CS-1、CS-2、CS-3 和 CS-4。如需了解更多关于 GPRS 多时隙等级和编码的信息，请参考 **附录 B** 和 **附录 C**。

MC25-OpenCPU 的 GNSS 接收机集成了 BeiDou 和 GPS 系统，可支持 GPS、BeiDou、SBAS（包括 WAAS、EGNOS、MSAS 和 GAGAN）和 QZSS 等多个定位和导航系统。它能够在最小功耗时实现工业级的接收灵敏度、高精度度以及快速首次定位。

MC25-OpenCPU 是贴片式模块，有 54 个 LCC 焊盘和 14 个 LGA 焊盘，很容易内嵌于产品应用中。具有 18.7mm × 16.0mm × 2.1mm 的超小尺寸，几乎能满足所有 M2M 领域的应用需求，包括汽车、个人追踪服务、可穿戴设备、安全系统、无线 POS 机、工业级 PDA、智能电表、无线遥控等。

MC25-OpenCPU 采用了低功耗技术。当 DRX=5，GNSS 关断时，其睡眠模式下 GSM 部分耗流低至 1.1mA。GNSS 也支持 Backup 节电模式，可以满足不同应用时对低功耗的需求。

MC25-OpenCPU 的 GSM 部分内嵌 TCP、UDP、PPP*、FTP*和 HTTP*等数据传输协议，已内嵌的扩展 AT 命令可以使用户更容易地使用这些互联网协议。

MC25-OpenCPU 的 GNSS 部分内嵌了 AGPS 技术，可以使 GNSS 在冷、热或温启动时都能取得快速首次定位。

该模块完全符合欧盟 RoHS 标准。

备注

“*” 表示正在开发中。

2.2. 主要性能

表 1: GSM/GPRS 部分主要特性

特色	说明
供电	<ul style="list-style-type: none"> VBAT 供电电压范围：3.45V~4.25V 典型供电电压：4.0V
省电	睡眠模式下耗流（GNSS 部分关闭）： 1.1mA @DRX=5 1.0mA @DRX=9
频段	<ul style="list-style-type: none"> 四频：GSM850、EGSM900、DCS1800 和 PCS1900 模块可自动搜寻频率 频段选择可以通过 AT 命令来设置 符合 GSM Phase 2/2+
GSM 等级	Small MS
发射功率	<ul style="list-style-type: none"> Class 4 (2W)：GSM850 和 EGSM900 Class 1 (1W)：DCS1800 和 PCS1900
GPRS 连接特性	<ul style="list-style-type: none"> GPRS 多时隙等级 12（默认） GPRS 多时隙等级 1~12（可配置） GPRS mobile station class B
GPRS 数据特性	<ul style="list-style-type: none"> GPRS 数据下行传输：最大 85.6kbps GPRS 数据上行传输：最大 85.6kbps 编码格式：CS-1、CS-2、CS-3 和 CS-4 支持 PAP/CHAP 协议（常用于 PPP 连接的密码验证协议） 内嵌协议：TCP/UDP/PING/FTP*/PPP*/HTTP*/NTP/MMS*等。 支持分组广播控制信道（PBCCH）

	<ul style="list-style-type: none"> ● 支持非结构化补充数据业务 (USSD)
温度范围	<ul style="list-style-type: none"> ● 正常工作温度: $-35^{\circ}\text{C} \sim +75^{\circ}\text{C}$ ¹⁾ ● 扩展工作温度: $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ ²⁾ ● 存储温度范围: $-40^{\circ}\text{C} \sim +90^{\circ}\text{C}$
(U)SIM 接口	<ul style="list-style-type: none"> ● 支持(U)SIM 卡: 1.8V/3.0V ● 支持单卡单待 ● 支持(U)SIM 卡插入检测
短消息 (SMS)	<ul style="list-style-type: none"> ● Text 和 PDU 模式 ● 短消息存储设备: (U)SIM 卡
音频特性	语音编码模式: <ul style="list-style-type: none"> ● 半速率 (ETS 06.20) ● 全速率 (ETS 06.10) ● 增强型全速率 (ETS 06.50/06.60/06.80) ● 自适应多速率 (AMR) ● 回音抑制 ● 噪声抑制 ● 内嵌最大输出 800mW 的 AB 类功放
串口	主串口: <ul style="list-style-type: none"> ● 全功能串口 ● 用于 AT 命令传送、GPRS 数据传输。 ● 在 All-in-one 方案中用于 GNSS 相关 AT 命令输入和 NMEA 语句读取。 ● 多路复用 ● 自适应波特率: 从 4800bps 到 115200bps 调试串口: <ul style="list-style-type: none"> ● 两线调试串口: DBG_TXD 和 DBG_RXD ● 用于软件升级、调试和 log 输出 ● 固定波特率 921600bps 辅助串口: <ul style="list-style-type: none"> ● 两线辅助串口: TXD_AUX 和 RXD_AUX ● 在 All-in-one 方案中与 GNSS 部分通信
通讯录管理	支持类型: SM, ME, ON, MC, RC, DC, LD, LA
(U)SIM 应用工具包	支持 SAT Class 3, GSM11.14 Release 99
物理特性	<ul style="list-style-type: none"> ● 尺寸: $(18.7 \pm 0.15)\text{mm} \times (16.0 \pm 0.15)\text{mm} \times (2.1 \pm 0.2)\text{mm}$ ● 封装: LCC+LGA ● 重量: 约 1.3g
软件升级	<ul style="list-style-type: none"> ● 通过调试串口升级 ● 通过 OpenCPU DFOTA 升级
天线接口	<ul style="list-style-type: none"> ● GSM 天线接口和 GNSS 天线接口 ● 天线端口阻抗: 50Ω

备注

1. ¹⁾ 表示当模块工作在此温度范围时，模块的相关性能满足 3GPP 标准要求。
2. ²⁾ 表示当模块工作在此温度范围时，模块仍能保持正常工作状态，具备语音、短信、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。仅个别指标如输出功率等参数的值可能会超出 3GPP 标准的范围。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。
3. “*” 表示正在开发中。

表 2：编码格式和最大空中数据速率

编码格式	1 Timeslot	2 Timeslot	4 Timeslot
CS-1	9.05kbps	18.1kbps	36.2kbps
CS-2	13.4kbps	26.8kbps	53.6kbps
CS-3	15.6kbps	31.2kbps	62.4kbps
CS-4	21.4kbps	42.8kbps	85.6kbps

表 3：GNSS 部分主要特性

特点	说明
GNSS	<ul style="list-style-type: none"> ● GPS+BeiDou
电流功耗	<ul style="list-style-type: none"> ● 捕获：23.8mA @-130dBm (GPS) ● 追踪：22.6mA @-130dBm (GPS) ● 捕获：27.8mA @-130dBm (GPS+BeiDou) ● 追踪：26.9mA @-130dBm (GPS+BeiDou) ● Backup: 25uA @VRTC=2.8V
接收机类型	<ul style="list-style-type: none"> ● GPS L1 1575.42MHz C/A Code ● BeiDou B1 1561.098MHz C/A Code
接收灵敏度 GPS+BeiDou	<ul style="list-style-type: none"> ● 捕获：-145dBm ● 重捕获：-156dBm ● 追踪：-158dBm
TTFF	<ul style="list-style-type: none"> ● 冷启动：<35s @-130dBm ● 温启动：<10s @-130dBm ● 热启动：1s @-130dBm
水平位置精度（自主）	<ul style="list-style-type: none"> ● <2.5m CEP @-130dBm
更新率	<ul style="list-style-type: none"> ● 最大 10Hz，默认 1Hz

1PPS 信号精度	<ul style="list-style-type: none"> ● 典型精度: <10ns ● 时间脉宽: 100ms
速度精度	<ul style="list-style-type: none"> ● 无辅助时: 0.1m/s
加速度精度	<ul style="list-style-type: none"> ● 无辅助时: 0.1m/s²
动态性能	<ul style="list-style-type: none"> ● 最高海拔: 18000m ● 最大速度: 515m/s ● 最大加速度: 4G
GNSS 串口	<ul style="list-style-type: none"> ● GNSS 串口: GNSS_TXD 和 GNSS_RXD ● 波特率: 固定波特率 9600bps ● 在 All-in-one 方案中与 GSM 部分通信 ● 在 Stand-alone 方案中与 MCU 通信

表 4: 模块支持的协议

协议	类型
NMEA	输出, ASCII, 0183, 3.01

备注

有关 NMEA 标准协议详情请参考文档 [14]。

2.3. 功能框图

下图为 MC25-OpenCPU 的功能框图, 阐述了其主要功能:

- 射频部分
- 电源管理
- 存储器
- 接口部分
 - 电源供电
 - 开关机
 - 串口
 - 音频接口
 - PCM 接口*
 - I2C 接口*
 - (U)SIM 接口
 - SD 卡接口*

- ADC 接口
- GSM 射频接口
- GNSS 射频接口

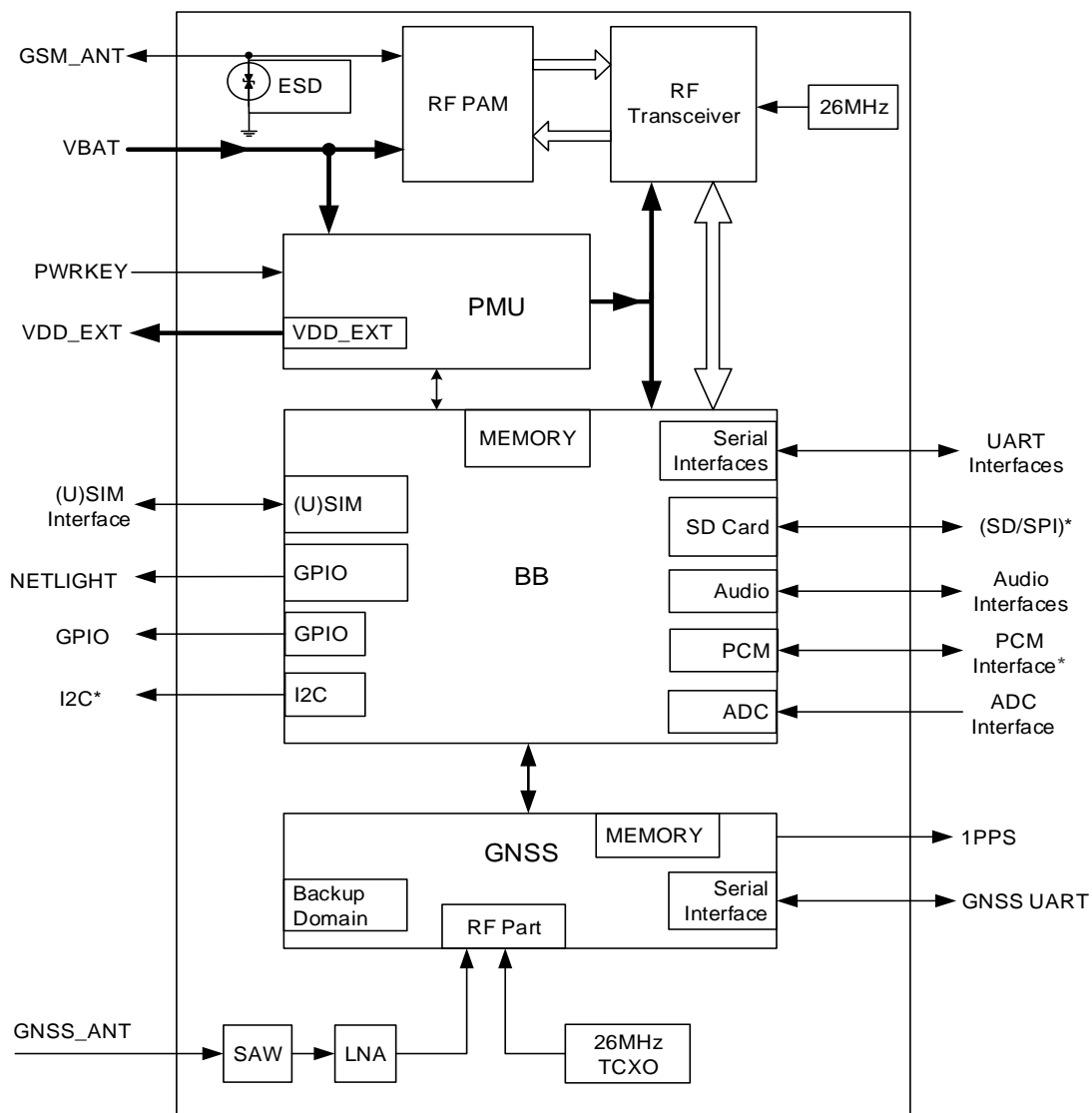


图 1：功能框图

备注

“*” 表示软件功能正在开发中。

2.4. 评估板

移远通信提供一整套评估板, 以方便 MC25-OpenCPU 的测试和使用。所述评估板工具包括 GSM-EVB Kit 和 MC25-OpenCPU TE-A Kit。如需了解更多详情, 请参考文档 [11]和文档 [15]。

3 应用接口

3.1. 概述

MC25-OpenCPU 是 SMD 封装模块，有 54 个 LCC 焊盘和 14 个 LGA 焊盘。后续章节将详细阐述 MC25-OpenCPU 引脚的功能。

- 模块引脚
- 电源供电
- GNSS Backup Domain
- 工作模式
- 开/关机
- 省电技术
- 串口
- 音频接口
- PCM 接口*
- I2C 接口*
- (U)SIM 接口
- SD 卡接口*
- ADC 接口
- RI 接口
- 网络状态指示接口

备注

“*” 表示软件功能正在开发中。

3.2. 引脚分配

下图为 MC25-OpenCPU 引脚分配图：

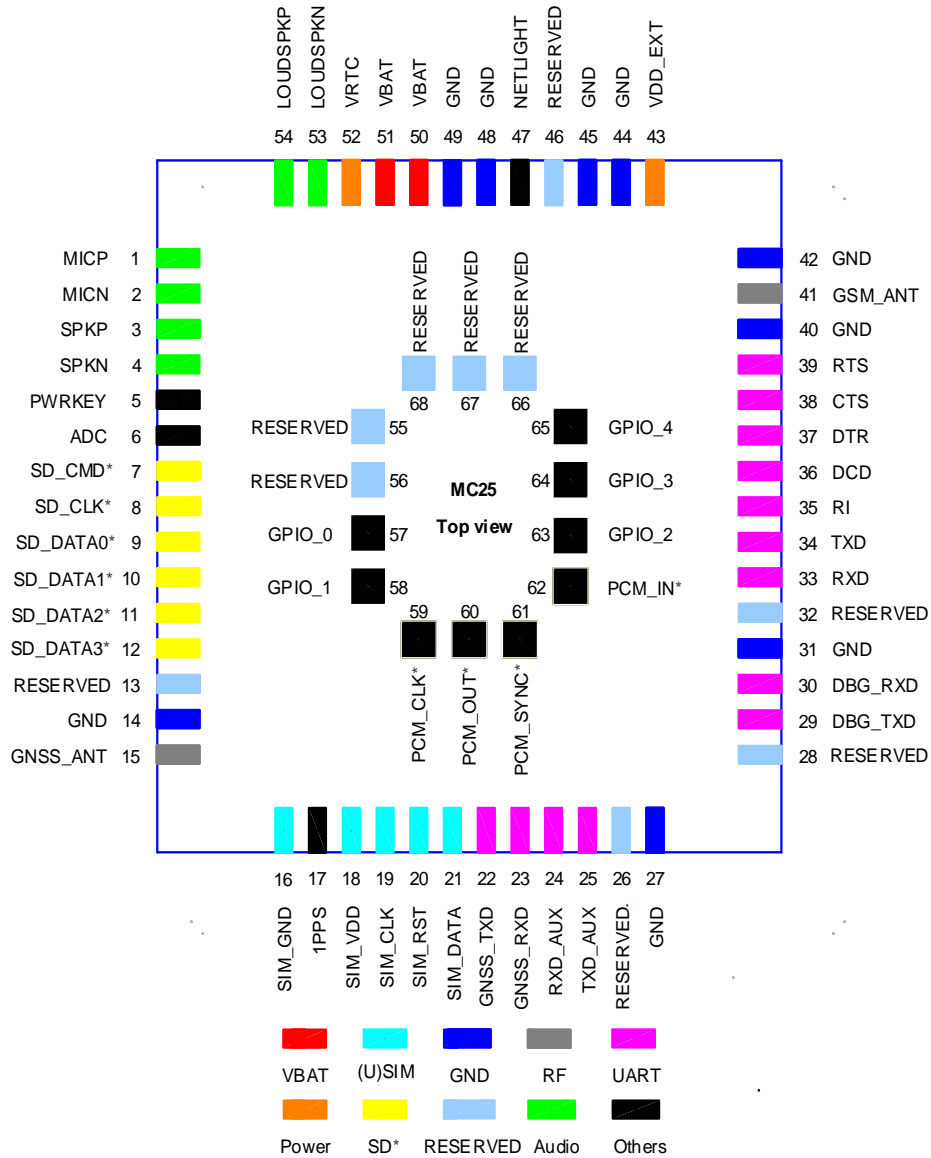


图 2：引脚分配图

备注

1. “*” 表示软件功能正在开发中。
2. 预留的引脚请悬空。

3.3. 引脚描述

表 5: I/O 参数定义

类型	描述
AI	模拟输入
AO	模拟输出
DI	数字输入
DO	数字输出
IO	双向端口
PI	电源输入
PO	电源输出

表 6: 引脚描述

电源					
引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
VBAT	50, 51	PI	GSM/GPRS 部分供电电源: VBAT=3.45V~4.25V	V _I max=4.25V V _I min=3.45V V _I norm=4.0V	在突发传输模式下电源输出至少 1.6A 负载电流。
VRTC	52	IO	输入: GSM 部分 RTC 时钟供电; 输出: 为备份电池或电容充电	V _I max=3.3V V _I min=2.0V V _I nom=2.8V V _O max=3.2V V _O min=3.0V V _O nom=3.1V I _{out} (max)=1.35mA I _{in} =25uA	不用则悬空。
VDD_EXT	43	PO	输出 2.8V 用于外部供电	V _O max=2.9V V _O min=2.7V V _O norm=2.8V I _O max=20mA	1. 不用则悬空; 2. 用于外部供电时, 推荐并联一个 2.2uF~4.7uF 的旁路电容。
GND	14, 27,		地		

31,
40,
42,
44,
45,
48,
49

开关机

引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
PWRKEY	5	DI	拉低 PWRKEY 一段规定时间来开机或者关机。	$V_{ILmax}=0.1 \times V_{BAT}$ $V_{IHmin}=0.6 \times V_{BAT}$ $V_{IHmax}=3.1V$	推荐使用开集驱动电路来控制此引脚。

音频接口

引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
MICP, MICN	1, 2	AI	差分音频输入通道	参考 3.10.5 章节	不用则悬空。
SPKP, SPKN	3, 4	AO	差分音频输出通道		1. 不用则悬空; 2. 支持语音和铃声输出。
LOUDSPKP, LOUDSPKN	54, 53	AO	差分音频输出通道		1. 不用则悬空; 2. 内部集成了 AB 类功放; 3. 支持语音和铃声输出。

模块状态指示

引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
NETLIGHT	47	DO	网络状态指示	$V_{OHmin}=0.85 \times V_{DD_EXT}$ $V_{OLmax}=0.15 \times V_{DD_EXT}$	不用则悬空。

主串口

引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
TXD	34	DO	发送数据	$V_{ILmin}=0V$ $V_{ILmax}=0.25 \times V_{DD_EXT}$	通讯时若只用到 TXD, RXD 和 GND, 建议其他引脚悬空。
RXD	33	DI	接收数据	$V_{IHmin}=0.75 \times V_{DD_EXT}$	
DTR	37	DI	DTE 准备就绪		

RI	35	DO	输出振铃提示	$V_{IHmax}=VDD_EXT+0.2$
DCD	36	DO	输出载波检测	$V_{OHmin}=0.85 \times VDD_EXT$
CTS	38	DO	清除发送	$V_{OLmax}=0.15 \times VDD_EXT$
RTS	39	DI	DTE 请求发送数据	

调试串口

引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
DBG_TXD	29	DO	发送数据	同主串口	不用则悬空。
DBG_RXD	30	DI	接收数据		

辅助串口

引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
TXD_AUX	25	DO	发送数据	同主串口	参考 3.9.3 章节
RXD_AUX	24	DI	接收数据		

GNSS 串口

引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
GNSS_TXD	22	DO	发送数据	$V_{OLmax}=0.42V$ $V_{OHmin}=2.4V$ $V_{OHnom}=2.8V$ $V_{ILmin}=-0.3V$	参考 3.9.3 章节
GNSS_RXD	23	DI	接收数据	$V_{ILmax}=0.7V$ $V_{IHmin}=2.1V$ $V_{IHmax}=3.1V$	

(U)SIM 接口

引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
SIM_VDD	18	PO	(U)SIM 卡供电电压	模块自动选择 1.8V 或 3.0V	(U)SIM 接口建议使用 TVS 管进行 ESD 防护；(U)SIM 卡座到模块最长布线不要超过 200mm。
SIM_CLK	19	DO	(U)SIM 卡时钟线	$V_{OLmax}=0.15 \times SIM_VDD$ $V_{OHmin}=0.85 \times SIM_VDD$	
SIM_DATA	21,	IO	(U)SIM 卡数据线	$V_{ILmax}=0.25 \times SIM_VDD$ $V_{IHmin}=0.75 \times SIM_VDD$	

				$V_{OLmax}=0.15 \times SIM_VDD$ $V_{OHmin}=0.85 \times SIM_VDD$
SIM_RST	20,	DO	(U)SIM 卡复位线	$V_{OLmax}=0.15 \times SIM_VDD$ $V_{OHmin}=0.85 \times SIM_VDD$
SIM_GND	16		(U)SIM 卡专用地	

模数转换接口

引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
ADC	6	AI	模数转换接口	电压输入范围: 0V~1.8V	不用则悬空。

PCM 接口*

引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
PCM_CLK	59	DO	PCM 时钟线	$V_{ILmin}=0V$ $V_{ILmax}=0.25 \times VDD_EXT$	不用则悬空。
PCM_OUT	60	DO	PCM 数据输出线	$V_{IHmin}=0.75 \times VDD_EXT$	
PCM_SYNC	61	DO	PCM 帧同步线	$V_{IHmax}=VDD_EXT+0.2$	
PCM_IN	62	DI	PCM 数据输入线	$V_{OHmin}=0.85 \times VDD_EXT$ $V_{OLmax}=0.15 \times VDD_EXT$	

SD 卡接口*

引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
SD_CMD	7	DO	SD 卡命令线	$V_{ILmin}=0V$ $V_{ILmax}=0.25 \times VDD_EXT$	不用则悬空。
SD_CLK	8	DO	SD 卡时钟线	$V_{IHmin}=0.75 \times VDD_EXT$	
SD_DATA0,	9,	IO	SD 卡数据线	$V_{IHmax}=VDD_EXT+0.2$	
SD_DATA1,	10,			$V_{OHmin}=0.85 \times VDD_EXT$	
SD_DATA2,	11,			$V_{OLmax}=0.15 \times VDD_EXT$	
SD_DATA3	12				

天线接口

引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
GSM_ANT	41	IO	GSM 天线接口	50Ω 特性阻抗	不用则悬空。
GNSS_ANT	15	AI	GNSS 天线接口	50Ω 特性阻抗	

其它接口

引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
1PPS	17	DO	每秒一个脉冲	$V_{OLmax}=0.42V$ $V_{OHmin}=2.4V$ $V_{OHnom}=2.8V$	1. 上升沿同步，脉宽 100ms; 2. 不用则悬空。
GPIO	57, 58, 63, 64, 65	IO		$V_{OLmax}=VDD_EXT$ $V_{OHmin}=2.0V$ $V_{ILmax}=0.67V$ $V_{IHmin}=1.7V$ $V_{IHmax}=VDD_EXT+0.3V$	不用则悬空。
RESERVED	13, 26, 28, 32, 46, 55, 56, 66, 67, 68				悬空。

表 7：多路复用功能

引脚名	引脚号	Mode 1 (默认)	Mode 2	Mode 3	Mode 4
SD_CMD	7	SD_CMD	GPIO	EINT	SPI_CS
SD_CLK	8	SD_CLK	GPIO	EINT	SPI_CLK
SD_DATA0	9	SD_DATA0	GPIO	EINT	
SD_DATA1	10	SD_DATA1	GPIO	EINT	SPI_MOSI
SD_DATA2	11	SD_DATA2	GPIO	EINT	SPI_MISO

SD_DATA3	12	SD_DATA3	GPIO	EINT	
RI	35	RI	GPIO	I2SCL	EINT
DCD	36	DCD	GPIO	I2SDA	EINT
DTR	37	DTR	GPIO	EINT	SIM_PRESENCE
CTS	38	CTS	GPIO	EINT	EINT
RTS	39	RTS	GPIO	EINT	
NETLIGHT	47	NETLIGHT	GPIO	EINT	
PCM_CLK	59	PCM_CLK	GPIO	EINT	
PCM_OUT	60	PCM_OUT	GPIO	EINT	
PCM_SYNC	61	PCM_SYNC	GPIO	EINT	
PCM_IN	62	PCM_IN	GPIO	EINT	

3.4. 应用模式

MC25-OpenCPU 集成了 GSM 和 GNSS 引擎，客户可根据需要选择 **All-in-one** 方案或 **Stand-alone** 方案。

在 **All-in-one** 方案中，GSM 和 GNSS 部分均通过主串口与 MCU 通信，例如 AT 命令(包括 GNSS 功能的 AT 命令)的传送、NMEA 语句的读取等。

在 **Stand-alone** 方案中，GSM 部分通过主串口与 MCU 通信，例如 AT 命令传送、GSM 数据传输等。而 GNSS 部分通过 GNSS 串口与 MCU 通信，例如发送 GNSS 命令、NMEA 语句输出等。

All-in-one 方案和 **Stand-alone** 方案在硬件上的区别主要体现在串口的连接方式。两种方案的原理框图如下图所示：

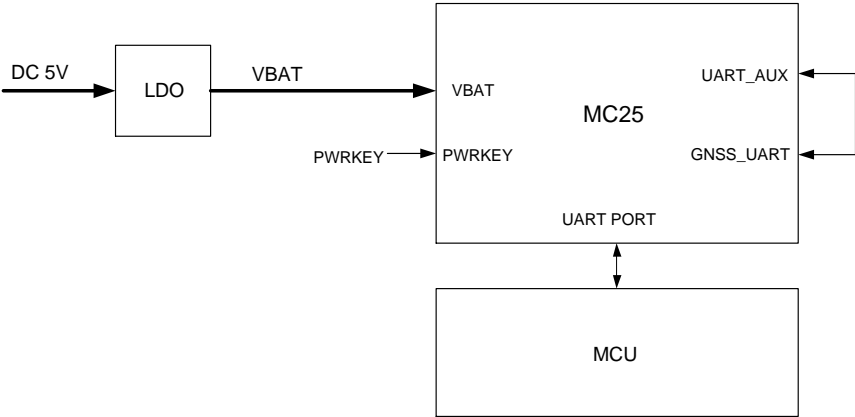


图 3: All-in-one 方案原理框图

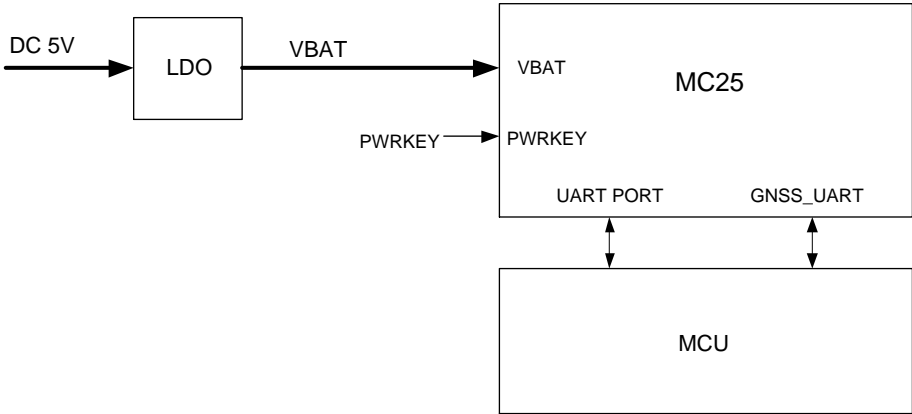


图 4: Stand-alone 方案原理框图

备注

Stand-alone 方案中，为使 GNSS 部分正常工作，需保持 GSM 处于开机状态。

表 8: All-in-one 和 Stand-alone 方案的比较

	All-in-one 方案	Stand-alone 方案	附注
软件升级	通过调试串口进行软件升级。	通过调试串口进行软件升级。	详细信息请参考 3.9.2.1 章节
数据传输	GSM 和 GNSS 数据均通过主串口传输。	GSM 数据通过主串口传输，GNSS 数据通过 GNSS 串口传输。	

GNSS AGPS 数据下载	AGPS 数据可通过 GSM 直接下载。	GSM 接收 AGPS 数据，并发送至 MCU，再由 MCU 发送至 GNSS。
----------------	----------------------	--

3.5. 闪存容量分配

模块内嵌一个 32M-bit 的闪存，该存储器的容量分配如下：

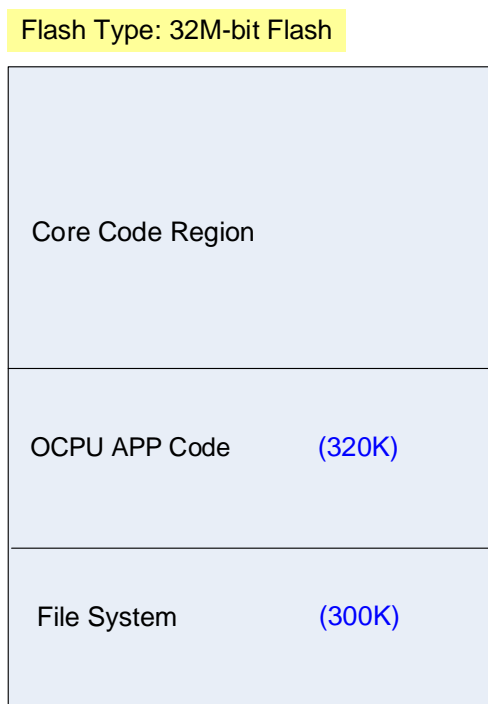


图 5：闪存容量分配

MC25-OpenCPU 为用户分配了 320KB 的编程代码存储空间，300KB 的文件系统空间用于存储与文件操作相关的数据，例如系统配置文件、临时数据、图像、多媒体文件等。

- RAM（随机存取存储器）

MC25-OpenCPU 为嵌入式的应用提供了 100KB 的 RAM 空间，同时也提供 30KB 以上的动态存储器。

3.6. 电源供电

3.6.1. 电源特性

在 MC25-OpenCPU 应用设计中，电源设计非常重要。GSM 部分发射时每隔 4.615ms 会有一个持续 577us【即 1/8 的 TDMA 周期 (4.615ms)】的突发脉冲。在突发脉冲阶段内，电源必须能够提供高的峰值电流，以保证电压不会跌落到 GSM 的最低工作电压。

对于 MC25-OpenCPU，在最大发射功率等级下模块的峰值电流会达到 1.6A，这会引起 VBAT 端电压的跌落。为确保模块能够稳定正常工作，建议模块 VBAT 端的最大跌落电压不应超过 400mV。

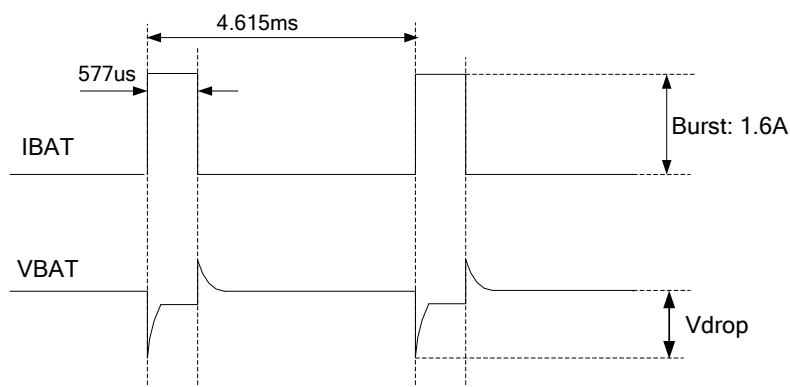


图 6: GSM 部分发射时的电压电流波形图

3.6.2. 减少电压跌落

MC25-OpenCPU 电源 VBAT 电压输入范围为 3.45V~4.25V。为保证 VBAT 电压不会跌落到 3.45V 以下，在靠近模块 VBAT 输入端，建议并联一个低 ESR (ESR=0.7Ω) 的 100uF 的钽电容，以及 100nF、33pF (0603 封装) 和 10pF (0603 封装) 滤波电容。VBAT 输入端参考电路如下图所示。

同时建议 VBAT 的 PCB 走线尽量短且足够宽，以减小 VBAT 走线的等效阻抗，确保在最大发射功率时大电流下不会产生太大的电压跌落。建议 VBAT 走线宽度不少于 2mm。原则上走线越长，线宽越宽。

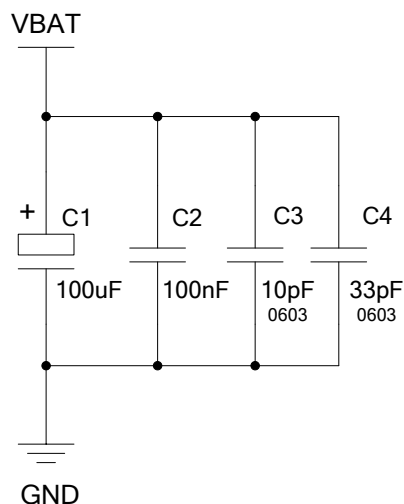


图 7: VBAT 输入参考电路

3.6.3. 供电参考电路

MC25-OpenCPU 的供电电源至少应提供 2.0A 的电流。若输入电压与模块的供电电压的压差不是很大，建议选择 LDO 作为供电电源。若输入与输出之间存在比较大的电压差，则建议使用开关电源转换器。

下图是+5V 供电电路的参考设计。该参考设计中，电源输出电压为 4.0V，负载电流峰值为 3.0A。为确保输出电压的稳定，防止有浪涌电压损坏模块，建议在输出端放置一个 TVS 管，并且靠近模块 VBAT 引脚放置。

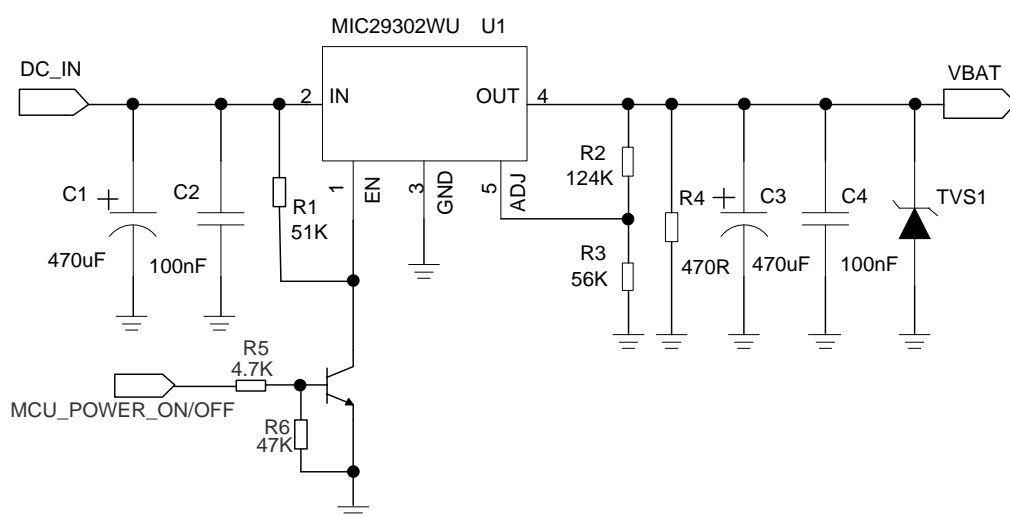


图 8: 供电输入参考电路

备注

建议通过控制 LDO 的使能引脚控制 GSM 部分的电源，以便于在模块工作异常时通过控制该使能引脚重启模块；也可以通过 P 沟道的 MOSFET 开关来控制模块电源供应。

3.6.4. 电源电压检测

AT+CBC 命令可用于监测查询 GSM 部分的电压。电压值单位为毫伏 (mV)。请参考[文档 \[1\]](#)了解更多详情。

3.6.5. GSM 部分 RTC

MC25-OpenCPU 模块 GSM 部分支持 RTC 实时时钟功能，RTC 的供电设计可以参考如下三种方式：

- 使用 VBAT 作为 RTC 的供电电源；

当模块关机后且 VBAT 没有断电的情况下，实时时钟 RTC 还是有效的，因为此时 VBAT 仍旧在给模块的 RTC 域供电。在这种模式下，VRTC 引脚可以悬空处理。

- 使用 VRTC 作为 RTC 的供电电源；

如果 VBAT 在模块关机后被移除，需要在 VRTC 引脚接入纽扣电池或者超级电容等类似的备份电源用以维持实时时钟 RTC。

- 同时使用 VBAT 和 VRTC 作为 RTC 的供电电源；

由于仅给 VRTC 引脚供电来维持 RTC 时间，会产生大约每天 1.5 分钟的误差，因此当 RTC 功能需要时，建议给 VBAT 和 VRTC 引脚同时供电。

推荐的 RTC 供电设计电路如下图所示：

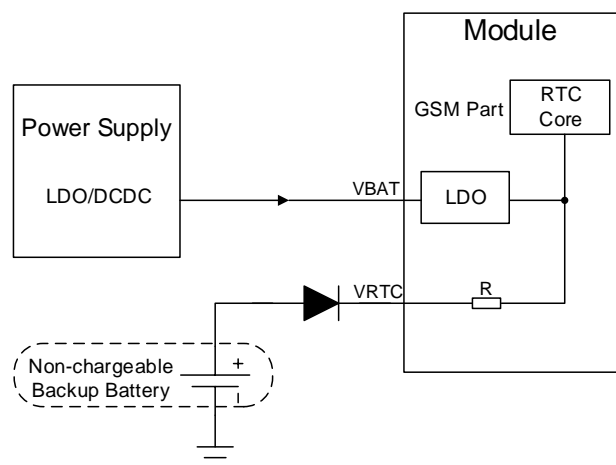


图 9：使用不可充电电池给 VRTC 引脚供电

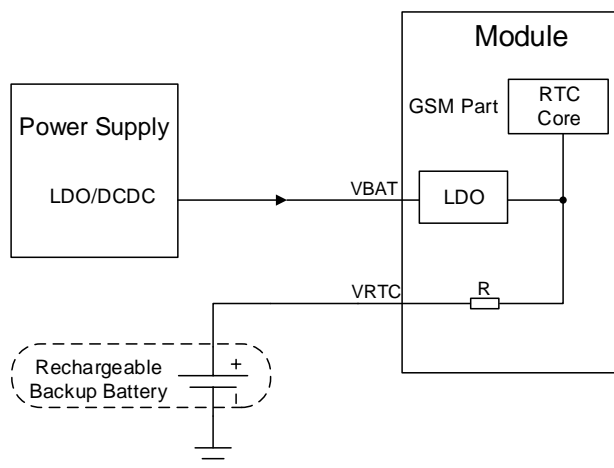


图 10：使用可充电电池给 VRTC 引脚供电

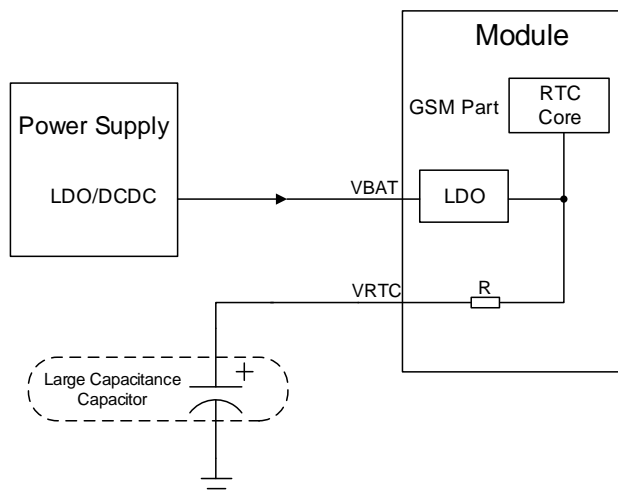


图 11：使用超级电容给 VRTC 引脚供电

3.6.6. GNSS Backup Domain

GNSS 部分的 Backup Domain 可用于备份快速启动所需的必要信息和少量用户配置参数。

GNSS 部分的 Backup Domain 由 VBAT 供电；因此当 VBAT 保持供电且 GSM 部分开机时，通过主串口发送 **AT+QGNSSC=0** 命令将使 GNSS 部分进入 Backup 模式。所以为了提高模块再次定位的 TTFF，请保持 VBAT 供电、且 GSM 部分开机（GSM 可进入睡眠状态以降低功耗），参考电路框图如下所示：

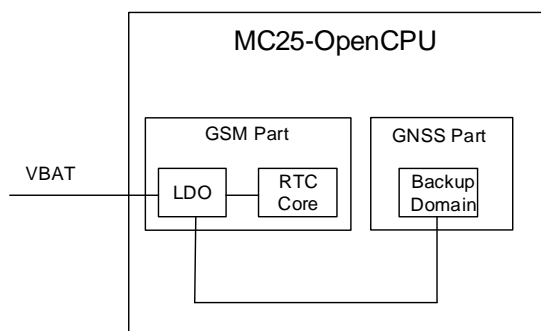


图 12：GNSS 内部 Backup Domain 电路框图

3.7. 工作模式

3.7.1. GSM 部分工作模式

下表简要地叙述了模块 GSM 部分的各种工作模式。

表 9: GSM 部分工作模式一览表

模式	功能
正常工作	GSM/GPRS SLEEP 在通过 AT+QSCLK=1 使能睡眠模式之后，如果 DTR 引脚置高并且没有外部中断时（例如 DTR 被拉低或者来电，来短信），模块则会自动进入睡眠模式。此时，GSM 部分的耗流会减小到很低的水平。睡眠模式下，模块仍然能够接收来电和短消息。
	GSM IDLE 软件正常运行。GSM 部分注册上 GSM 网络，能够接收和发送 GSM 数据。
	GSM TALK GSM 网络注册状态如常。此模式下，GSM 部分功耗取决于功率等级的配置、动态 DTX 控制以及射频工作频率。
	GPRS IDLE GSM 部分没有注册到 GPRS 网络，不能通过 GPRS 信道访问。
	GPRS READY PDP 上下文成功激活，但无数据传送。此状态下 GSM 部分可发送或接收数据。
	GPRS DATA GPRS 数据传输过程中。在此模式下，GSM 部分的功耗取决于 PCL、射频频段和 GPRS 多时隙配置。
关机模式	正常关机可调用 QI_PowerDown() 函数或使用 PWRKEY 键。关机模式下，串口无法访问，软件不运行。
最少功能模式(保持供电电压)	不掉电情况下，使用 AT+CFUN 命令可以将 GSM 部分设置成最少功能模式。在此模式下，射频不工作，或(U)SIM 卡不工作，或两者都不工作；但是串口仍然可以访问。此模式下功耗非常低。

根据系统需求，有若干种方式可以使 GSM 部分进入到低功耗模式。例如：**AT+CFUN** 命令可以使其进入最少功能模式；DTR 硬件接口信号可以使其切换到睡眠模式。

3.7.1.1. 最少功能模式

最少功能模式可以将模块 GSM 部分的功能减少到最少，这样就可以在慢时钟模式下最小化模块功耗。此模式可以通过发送 **AT+CFUN=<fun>** 命令来设置。<fun> 参数可以选择 0、1、4。

- 0: 最少功能（关闭 RF 和(U)SIM 卡）
- 1: 全功能（默认）
- 4: 关闭 RF 发送和接收功能

如果使用 **AT+CFUN=0** 将 GSM 部分设置为最少功能模式，射频部分和(U)SIM 卡部分的功能将会关闭。而串口依然有效，但是与射频以及(U)SIM 卡部分相关的 AT 命令则不可用。

如果使用 **AT+CFUN=4**，则 RF 部分功能将会关闭，而串口依然有效。所有与 RF 部分相关的 AT 命令不可用。

模块 GSM 部分通过 **AT+CFUN=0** 或 **AT+CFUN=4** 设置后，可以通过 **AT+CFUN=1** 命令设置返回到全功能状态。

更多关于 **AT+CFUN** 功能的信息，请参考文档 [1]。

3.7.1.2. 睡眠模式（慢时钟模式）

进入睡眠模式后，模块仍然可以接收来电、短信及 GPRS 数据，但是串口不可以访问。睡眠模式默认关闭；可通过调用 API 函数 **QI_SleepEnable()**使模块进入睡眠模式；

当模块处于睡眠模式时，以下几种方式可将 GSM 部分唤醒：

- 将 DTR 引脚拉低 800ms 以上
- 短信或彩信
- 语音或者数据呼叫
- 外部中断
- 系统定时器超时
- 调用 API 函数 **QI_SleepDisable()**;

详细信息请参考文档 [16]。

备注

在模块 GSM 部分与 DTE 通讯时，为保证数据传送的连续性，DTR 引脚必须始终为低电平。

3.7.2. GNSS 部分工作模式

3.7.2.1. Full on 模式

Full on 模式包括追踪和捕获模式。捕获模式下，捕获引擎全程打开，当搜索到所有卫星信息和星历数据后，将自动切换到追踪模式，以减少工作电流；也就是当获取到有效的位置信息、全部的历书数据、有效的卫星位置信息后开始进入追踪模式。

3.7.2.2. Backup 模式

Backup 模式下，仅保留 GNSS 的 Backup Domain 区正常工作，其他部分电源则被关闭，GNSS 部分将停止捕获和追踪卫星，但 Backup Domain 中包含必要的 GNSS 信息（如快速启动信息和少量用户配置参数）。在再次启动 GNSS 时，可快速进入温启动或热启动。

如下方法可以使 GNSS 部分进入 Backup 模式：

- 由 VBAT 供电且 GSM 部分保持开机时，发送 **AT+QGNSSC=0** 命令可使 GNSS 部分从 Full on 模式进入 Backup 模式。

如下方法可使 GNSS 部分退出 Backup 模式：

- 通过主串口发送 **AT+QGNSSC=1** 命令，GNSS 部分将立即退出 Backup 模式并进入 Full on 模式。

备注

为使 GNSS 部分在 Backup 模式下正常工作，请确保 GSM 部分保持开机状态。

3.8. 开机/关机

3.8.1. 开机

模块正常开机方式是拉低 PWRKEY 引脚。推荐使用开集驱动电路来控制 PWRKEY 引脚。下图为参考电路：

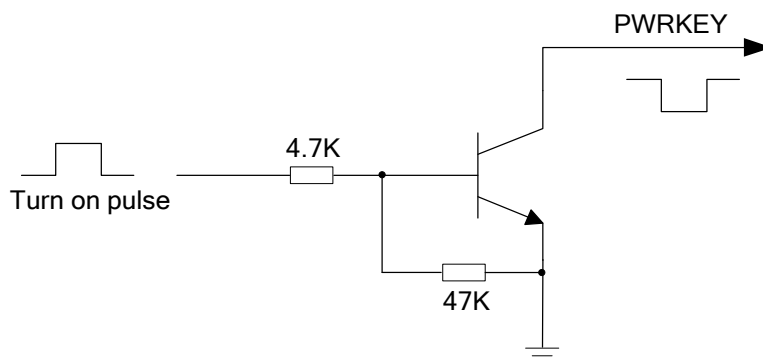


图 13：开集驱动开机参考电路

备注

1. 模块默认为自适应波特率 (**AT+IPR=0**) 模式。在此模式下，模块开机后，URC 信息 **RDY** 不会回发给主控机。模块开机 4s~5s 后，即可接收 AT 命令。主控机需先发送 **AT** 字符串给模块以检测主控机的波特率，并且持续发送第二或第三个 **AT** 字符串直至模块返回 **OK**。然后再发送 **AT+IPR=x;&W** 命令给模块设置一个固定的波特率，并将这些配置保存至模块的闪存中。完成这些设置后，以后模块每次开机，会通过串口返回一个 URC 信息 **RDY**。如需更多详情，请参考文档 [1] 中的 **AT+IPR** 章节。
2. 当 AT 命令可以正常响应后，表明模块已经开机成功；此时可以释放 **PWRKEY** 引脚。反之，则模块开机失败。

另一种控制 **PWRKEY** 引脚的方法是直接使用一个按钮开关。手指在按键时可能会产生静电；因此，在按钮附近需放置一个 TVS 组件以进行 ESD 防护。为达到最好的 ESD 防护性能，TVS 组件必须放置在按钮附近。参考电路如下图：

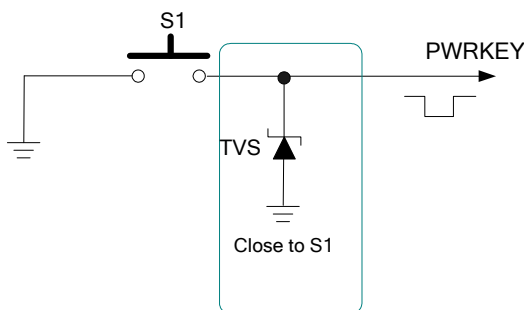


图 14: 按键开机参考电路

GSM 部分正常工作后，应发送 **AT+QGNSSC=1** 命令打开 GNSS 部分的电源；此时 GNSS 部分会自动进入定位模式，开机时序图如下图所示：

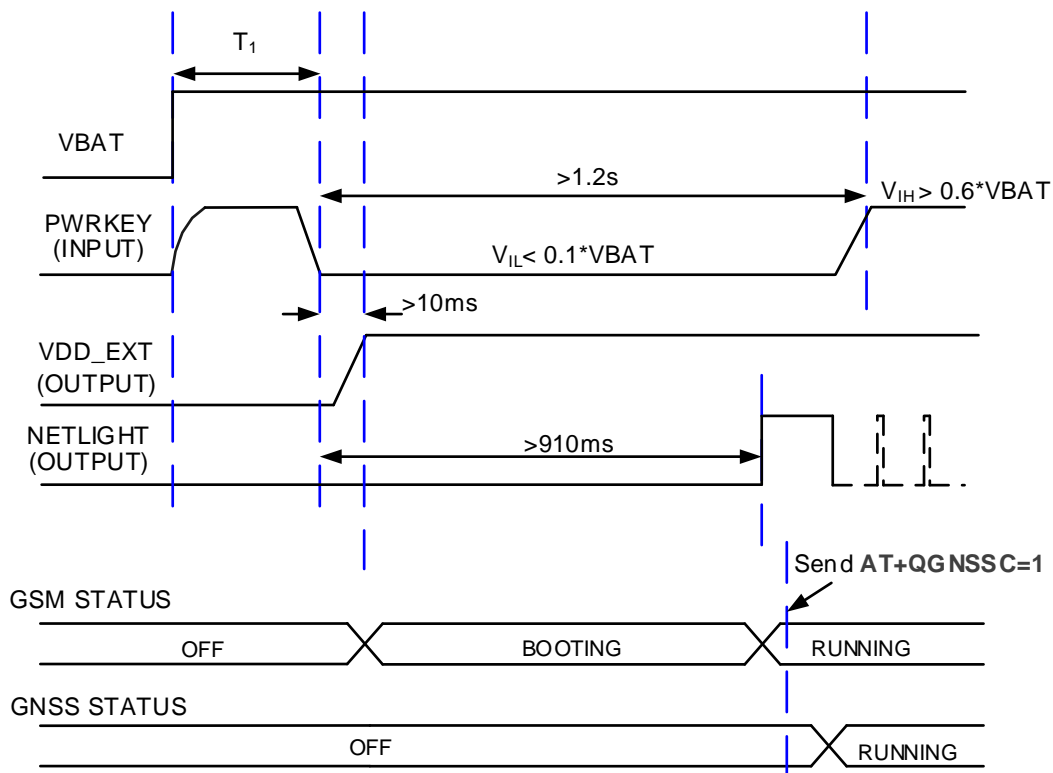


图 15: 开机时序图

备注

在拉低 PWRKEY 引脚之前，请确保 VBAT 电压稳定。建议 VBAT 上电到 PWRKEY 引脚拉低之间的时间 T1 为 100ms 左右。

3.8.2. 关机

模块可以通过以下方式关机：

- 正常关机：控制 PWRKEY 引脚
- 正常关机：使用 **AT+QPOWD** 命令或调用 API 函数 **QI_PowerDown()**。
- 低电压自动关机：模块检测到 VBAT 低压时，会自动关机

3.8.2.1. PWRKEY 引脚关机

模块开机时，可通过拉低 PWRKEY 引脚一段时间进行关机。关机时序图如下图所示。关机过程中，模块将从 GSM 网络注销，以确保在完全关机之前让软件保存好重要数据。

拉低引脚进行关机后，模块反馈信息如下：

NORMAL POWER DOWN

备注

1. 在自适应波特率模式下，此反馈信息不会出现，并且 DTE 和 DCE 设备在模块启动时不会正确同步。因此建议将模块设置为固定波特率。
2. 模块从网络注销的时间与当地移动网络有关。建议延迟约 12 秒后再对模块进行断电或重启操作。

如上信息返回后，AT 命令将不能再被执行，继而模块进入关机状态。

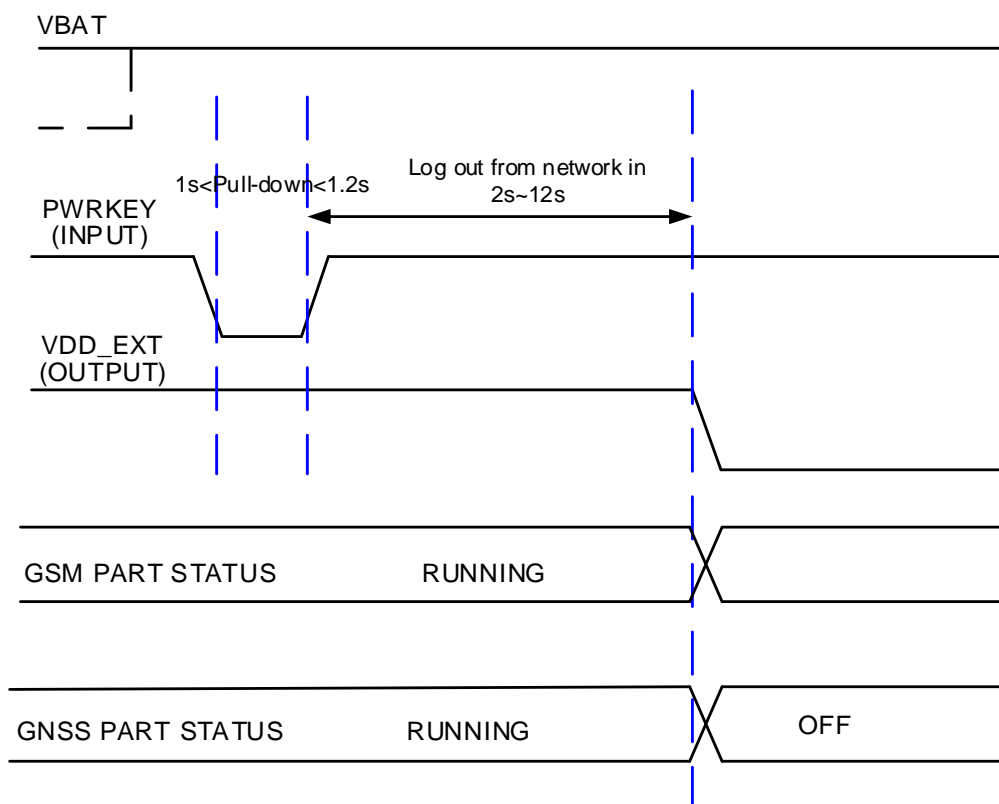


图 16: PWRKEY 引脚关机时序

3.8.2.2. AT 命令关机

执行 **AT+QPOWD=1** 命令也可使模块关机。该命令可使模块从网络注销，在彻底关闭电源之前使软件能够保存重要数据。

发送关机命令后，模块反馈如下信息：

NORMAL POWER DOWN

如上信息返回后，AT 命令将不能再被执行，继而模块进入关机状态。

如需了解更多关于 **AT+QPOWD** 命令的信息，请参考文档 [1]。

3.8.2.3. AT 命令关闭 GNSS 部分

通过 **AT+QGNSSC=0** 命令可以关闭 GNSS 部分，时序图如下。

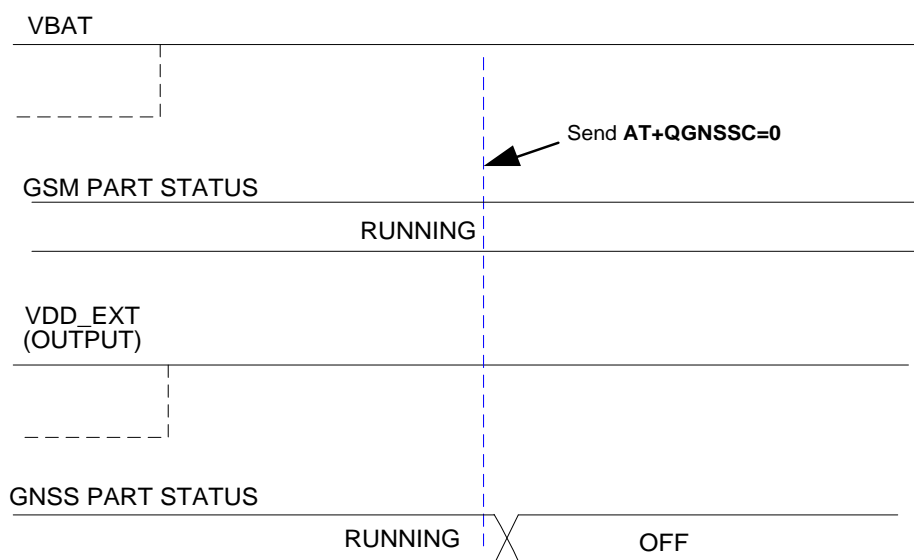


图 17：使用 AT 命令关闭 GNSS 部分的时序

3.8.2.4. 低压自动关机

模块会持续自动监测 VBAT 端的电压，如果电压低于或等于 3.55V，将返回如下警告信息：

UNDER_VOLTAGE WARNING

模块可工作电压范围为 3.45V~4.25V。如果模块电压低于 3.45V，模块将自动关机。

备注

在自适应波特率模式下，如上反馈信息不会出现，并且 DTE 和 DCE 设备在模块启动时不会正确同步。

因此建议将模块设置为固定波特率。

3.8.3. OpenCPU 系统开启参考设计

为了确保 OpenCPU 系统的稳定性，建议采用一个低功耗 MCU 来监控模块的状态；该 MCU 需要有 GPIO 接口和 ADC 接口；系统的结构图如下图所示。这种结构有如下两个优点：

- 当 ADC 检测到 VBAT 端的电压太低时，MCU 将通过 PWRKEY 引脚关闭模块，并通过 PMOS 晶体管切断电源。
- 正常工作时，模块会输出周期性脉冲给 MCU。当 MCU 在规定时间内未检测到脉冲，则会切断 VBAT 供电并重新启动模块。

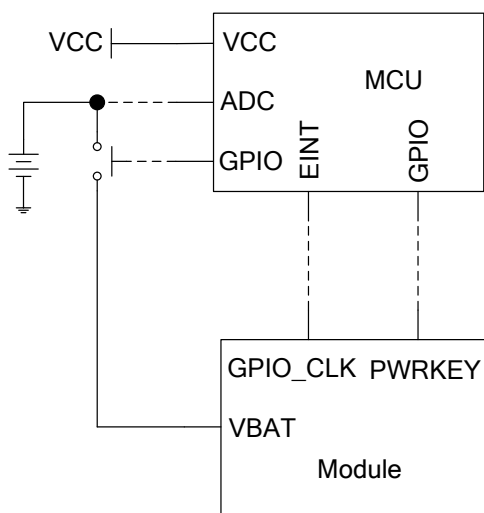


图 18: OpenCPU 系统开启参考设计

此外，看门狗组件也可用于控制模块的供电。推荐使用超时时间至少为 1.6s 的看门狗组件，例如 *Texas Instruments* 公司的 TPS3823-33DBVR 型号。将模块的一个 GPIO 口连接至看门狗的 WDI 引脚，如果发生超时，WDI 引脚的电平会发生改变，看门狗将关闭模块的电源。关于看门狗的详细信息，请参考文档 [17]。

看门狗连接的示意图如下所示：

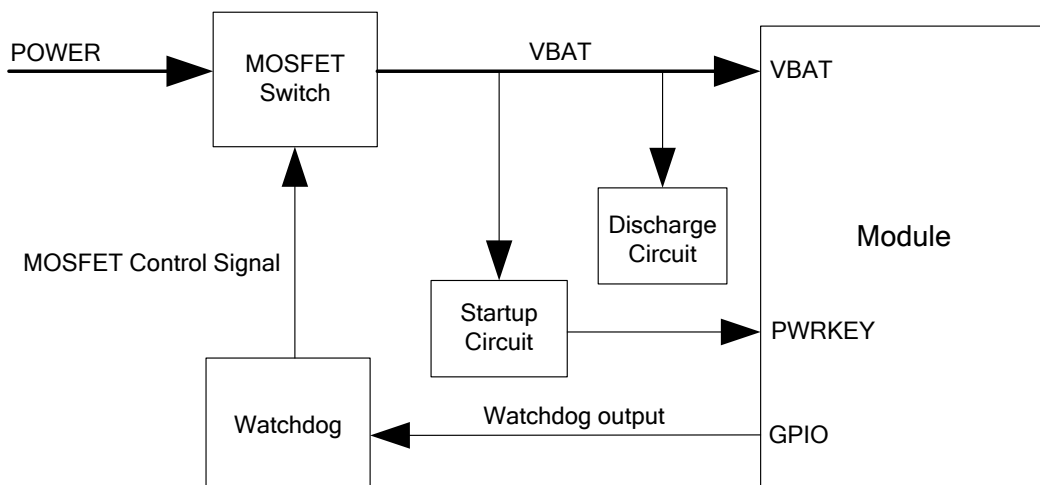


图 19: 看门狗连接示意图

3.9. 串口

模块设有四个串口（通用异步收发器）：主串口，调试串口，辅助串口和 GNSS 串口。模块称作 DCE (Data Communication Equipment)，并按照传统的 DCE-DTE (Data Terminal Equipment) 方式连接。模块支持固定波特率和自适应波特率。自适应波特率支持范围为：4800bps~115200bps。

主串口：

- TXD：发送数据到 DTE 设备的 RXD 端。
- RXD：从 DTE 设备 TXD 端接收数据。
- RTS：DTE 请求 DCE 发送数据。
- CTS：清除发送。
- DTR：DTE 准备好并通知 DCE（此引脚可以用来唤醒模块）。
- RI：振铃提示（DCE 有来电、URC 或短信时会发送信号通知 DTE）。
- DCD：载波检测。

调试串口：

- DBG_TXD：发送数据到外设 COM 口。
- DBG_RXD：从外设 COM 口接收数据。

辅助串口：

- 在 **All-in-one** 方案中：

TXD_AUX：发送数据到 GNSS 部分。

RXD_AUX：从 GNSS 部分接收数据。

- 在 **Stand-alone** 方案中：

TXD_AUX：保持悬空。

RXD_AUX：保持悬空。

GNSS 串口：

- 在 **All-in-one** 方案中：

GNSS_TXD：发送数据到 GSM 部分。

GNSS_RXD：从 GSM 部分接收数据。

- 在 **Stand-alone** 方案中：

GNSS_TXD：发送数据到外设 COM 口。

GNSS_RXD：从外设 COM 口接收数据。

串口逻辑电平如下表所示：

表 10：串口逻辑电平

参数	最小值	最大值	单位
V_{IL}	0	$0.25 \times VDD_EXT$	V
V_{IH}	$0.75 \times VDD_EXT$	$VDD_EXT + 0.2$	V
V_{OL}	0	$0.15 \times VDD_EXT$	V
V_{OH}	$0.85 \times VDD_EXT$	VDD_EXT	V

表 11：串口引脚定义

接口	引脚名	引脚号	I/O	描述
主串口	TXD	34	DO	发送数据
	RXD	33	DI	接收数据

	DTR ²⁾	37	DI	DTE 准备就绪
	RI ²⁾	35	DO	输出振铃指示
	DCD ²⁾	36	DO	输出载波检测
	CTS ²⁾	38	DO	清除发送
	RTS ²⁾	39	DI	DTE 请求发送数据
调试串口	DBG_RXD	30	DI	接收数据
	DBG_TXD	29	DO	发送数据
辅助串口 ¹⁾	RXD_AUX ¹⁾	24	DO	接收数据
	TXD_AUX ¹⁾	25	DI	发送数据
GNSS 串口	GNSS_RXD	23	DI	接收数据
	GNSS_TXD	22	DO	发送数据

备注

- 1) **Stand-alone** 方案中，建议该引脚保持悬空。
- 2) 这些引脚可以复用为 GPIO 接口。详细信息请参考 **3.17 章节**。

串口相关功能如下：

- **QI_UART_Register**: 给指定串口注册回调函数
- **QI_UART_Open**: 打开指定的串口
- **QI_UART_Write**: 发送数据至指定的串口
- **QI_UART_Read**: 从指定的串口读取数据
- **QI_UART_SetDCBConfig**: 设置串口 DCB
- **EVENT_UART_READY_TO_READ**: 数据读取指示

更多关于软件设计的详情，请参考**文档 [16]**。

3.9.1. 主串口

3.9.1.1. 主串口特点

- 七线 UART 接口
- 包括数据线 TXD 和 RXD，硬件流控制线 RTS 和 CTS，以及其它控制线 DTR、DCD 和 RI。
- 用于 AT 命令传送、GPRS 数据传输等。串口支持软件多路复用功能。在 **All-in-one** 方案中支持 GNSS 相关 AT 命令输入和 NMEA 语句读取。
- 支持波特率如下：300bps, 600bps, 1200bps, 2400bps, 4800bps, 9600bps, 14400bps, 19200bps, 28800bps, 38400bps, 57600bps, 115200bps。
- 模块默认为自适应波特率模式。自适应波特率模式支持以下波特率：4800bps, 9600bps, 19200bps, 38400bps, 57600bps, 115200bps。
- 硬件流控制默认关闭。当需要硬件流控制时，RTS 和 CTS 应该连接到主机。可使用 **AT+IFC=2,2** 命令启用硬件流控制。**AT+IFC=0,0** 命令可用于禁用此功能。更多细节，请参考文档 [1]。

设置固定波特率或自适应波特率后，请在设置后的波特率下发送 **AT** 字符串。串口准备好以后，模块会回复 **OK**。

自适应波特率功能默认打开。在此模式下，当模块接收到主控器或者 PC 发送的 **AT** 字符串后，将自动检测并识别出主控器当前的波特率。自适应波特率功能可使主控器无需知道当前的波特率就能完成与模块的通信。

为了更好的使用自适应波特率功能，用户需注意以下的使用条件：

- **DTE 和 DCE 之间的同步：**

自适应波特率功能开启的情况下，在 DCE（模块）上电后，建议等 2s~3s 再发送 **AT** 字符串。当模块回复 **OK**，表明 DTE 和 DCE 完成了同步。

在自适应波特率模式下，主控器如果需要 URC 信息，必须先进行同步。否则 URC 信息将会被省略。

- **自适应波特率操作配置：**

- 1) 串口需配置为 8 位数据位，无奇偶校验位，1 位停止位（出厂配置）。
- 2) 只有字符串 **AT** 可以被检测到。（At、aT 和 at 无法被识别）。
- 3) 自适应波特率模式下，如果模块开机后没有先同步，URC 信息如 **RDY**、**+CFUN: 1** 以及 **+CPIN: READY** 将不会被上报。
- 4) DTE 在切换到新的波特率时，会先通过 **AT** 命令设置新波特率。在模块检测并同步新波特率之前，模块会使用之前的波特率发送 URC 信息。因此 DTE 在切换到新的波特率时，设备有可能会收到无法识别的字符。
- 5) 不推荐在固定波特率模式下切换到自适应波特率模式。
- 6) 在自适应波特率模式下，不推荐切换到软件多路复用模式。

备注

为保证 DCE 和 DTE 之间的通信可靠性，模块开机后推荐设置固定波特率。如需了解更多信息，请参考文档 [1] 中 AT+IPR 章节。

3.9.1.2. 主串口参考设计

主串口的连接方式较为灵活，如下是三种常用的连接方式。

全功能串口建议按照如下的方式连接；此方式主要应用在调制解调模式下。

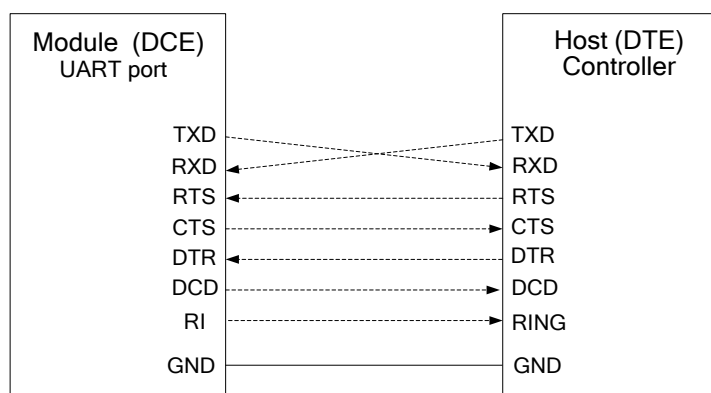


图 20：全功能串口连接方式示意图

主串口三线制接线方法，请参考下图：

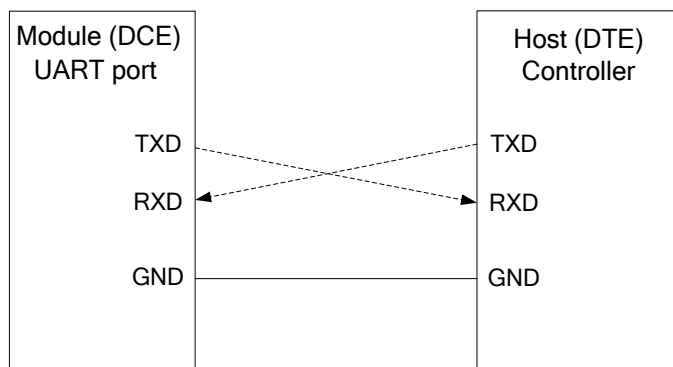


图 21：串口三线制连接方式示意图

带硬件流控的主串口连接请参考下图，此连接方式可提高大数据传输的可靠性，防止数据丢失。

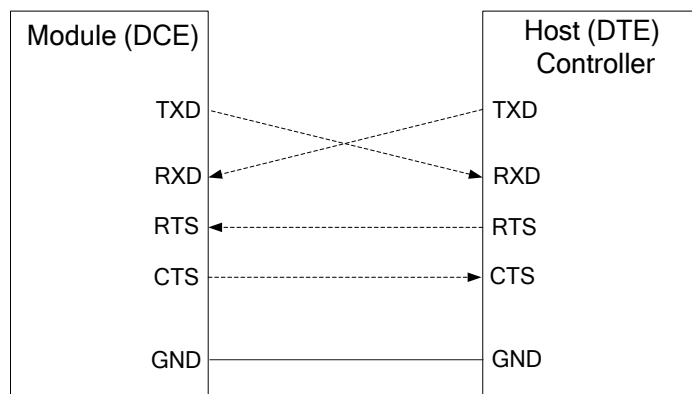


图 22：带硬件流控的主串口连接方式示意图

3.9.2. 调试串口

- 数据线：DBG_TXD 和 DBG_RXD。
- 串口会自动向外输出日志信息。
- 调试串口可用于软件调试，波特率必须配置为 921600bps。
- 用于软件下载和升级

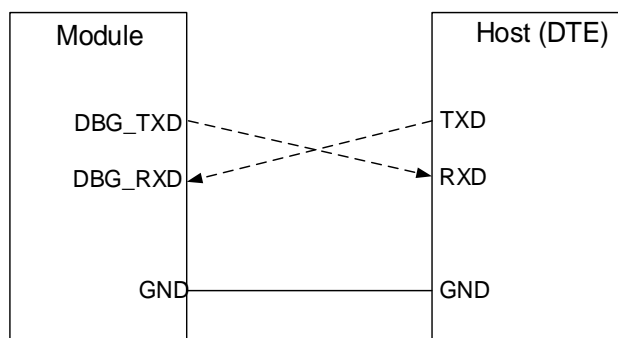


图 23：软件调试连线示意图

3.9.2.1. 软件升级

MC25-OpenCPU 模块通过调试串口升级软件。在软件升级过程中，PWRKEY 引脚必须拉低。参考电路如下图所示：

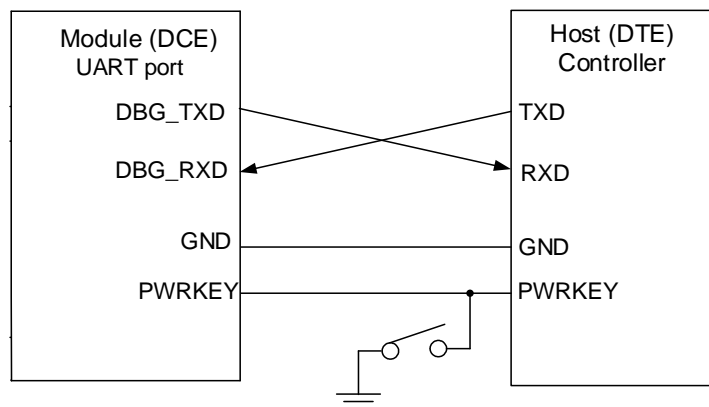


图 24: 软件升级连线图

备注

模块软件可能由于某种原因需要升级，因此建议在主机板上保留这些引脚。

3.9.3. 辅助串口和 GNSS 串口

3.9.3.1. 在 All-in-one 方案中的连接

在 **All-in-one** 方案中，辅助串口和 GNSS 串口应相互连接，以完成 GSM 部分和 GNSS 部分间的通信。连接方式如下图：

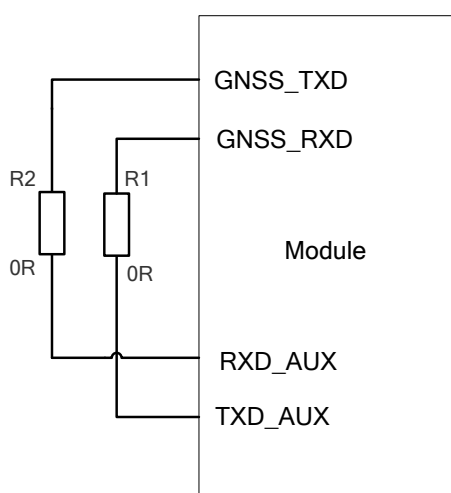


图 25: All-in-one 方案中辅助串口和 GNSS 串口连接方式

3.9.3.2. 在 Stand-alone 方案中的连接

在 **Stand-alone** 方案中，GNSS 串口用于与外设连接，辅助串口保持悬空。参考电路如下所示：

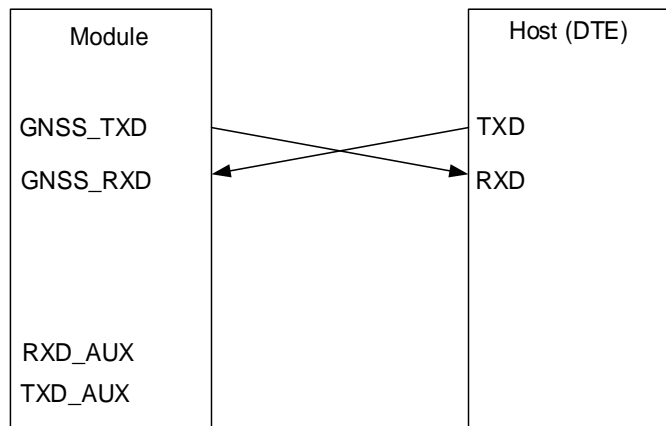


图 26: Stand-alone 方案中辅助串口和 GNSS 串口连接方式

3.9.4. 串口应用

3.3V 电平情况下的电平匹配电路参考设计如下。如果 MCU/ARM 的电平为 3V，则根据分压原则，应将 5.6K 电阻改为 10K 电阻。

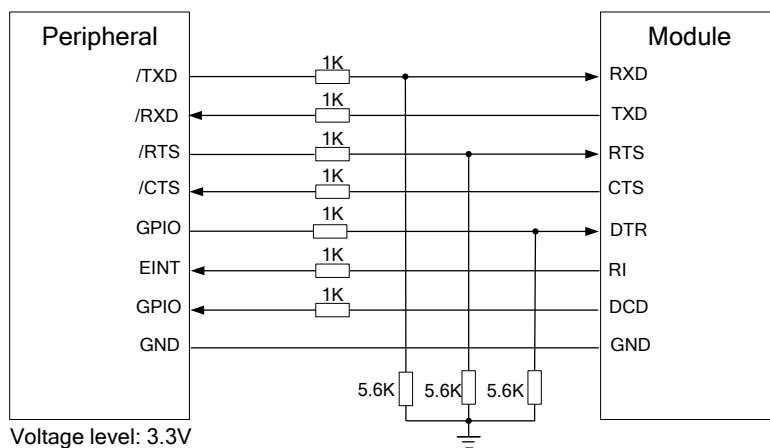


图 27: 3.3V 电平转换电路

备注

当主机系统电平是 3V 或 3.3V 时，强烈建议在模块和主机的串口连接上加入分压电路以使电平匹配。对于更高的电压系统之间的电平匹配，需要在模块和主机之间增加电平转换芯片。如需了解更多详情，请参考文档 [13]。

当模块和 PC 机进行通信时，由于模块的串口是 2.8V CMOS 电平，需要在他们之间加 RS232 电平转换电路。下图是标准 RS-232 接口和模块之间的连接示意图。客户需要确保电平转换芯片连接到模块的 I/O 电压是 2.8V。

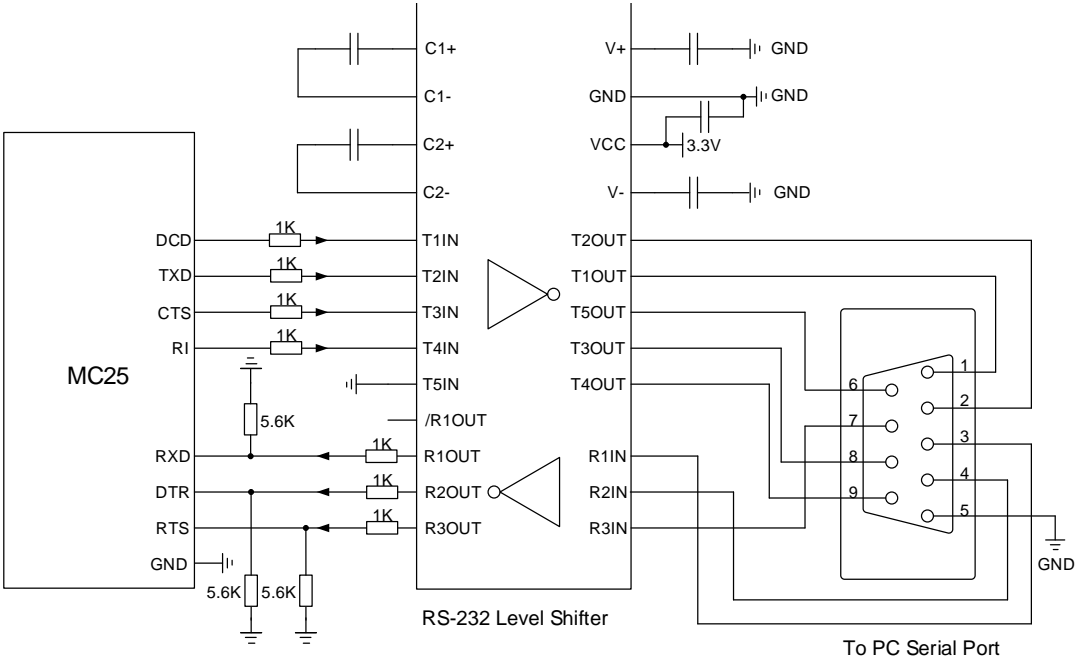


图 28: RS-232 接口匹配示意图

请访问供应商网站选择合适的 RS-232 电平转换 IC，如 <http://www.maximintegrated.com> 和 <http://www.exar.com>。

3.10. 音频接口

MC25-OpenCPU 设有一个模拟音频输入通道和两个模拟音频输出通道。

表 12: 音频接口引脚定义

接口	引脚名	引脚号	I/O	描述
AIN/AOUT1	MICP	1	AI	音频差分输入正端
	MICN	2		音频差分输入负端
	SPKP	3	AO	音频差分输出 1 正端
	SPKN	4		音频差分输出 1 负端

AIN/AOUT2	MICP	1	AI	音频差分输入正端
	MICN	2		音频差分输入负端
	LOUDSPKP	54	AO	音频差分输出 2 正端
	LOUDSPKN	53		音频差分输出 2 负端

AIN 通道可以用作麦克风输入。麦克风通常选用驻极体麦克风。AIN 通道都是差分输入。

AOUT1 通道可以用于听筒输出，通常用于手持话筒，此通道为差分输出。

AOUT2 通道通常用于扬声器输出（内置 AB 类功放，最大可以驱动 800mW），此通道为差分输出。

所有这些音频通道支持语音、铃声输出等功能，并可通过 **AT+QAUDCH** 命令实现通道间的切换。如需了解更多详情，请参考文档 [1]。

可使用如下 **AT+QAUDCH** 命令进行音频通道的选择：

- **AT+QAUDCH=0**: AIN/AOUT1，默认值即为 0。
- **AT+QAUDCH=2**: AIN/AOUT2，该通道用于扬声器。

对于每个通道，客户都可以使用 **AT+QMIC** 来调节麦克风的输入增益，也可以使用 **AT+CLVL** 命令来调节输出到听筒的音量增益。**AT+QSIDET** 命令则用以设置侧音增益。如需了解更多详情，请参考文档 [1]。

表 13: AOUT2 输出特性

项目	条件	最小值	典型值	最大值	单位
RMS 功率	8Ω 载荷				
	VBAT=3.7V		800		mW
	THD+N=1%				

3.10.1. 降低 TDD 噪声及其它噪声

手持话柄及免提的麦克风建议采用内置射频滤波双电容（如 10pF 和 33pF）的驻极体麦克风，从干扰源头滤除射频干扰，会很大程度改善耦合 TDD 噪音。33pF 电容用于滤除模块工作在 900MHz 频率时的高频干扰。如果不加该电容，在通话时候有可能会听到 TDD 噪声。10pF 的电容是用以滤除工作在 1800MHz 频率时的高频干扰。需要注意的是，由于电容的谐振点很大程度上取决于电容的材料以及制造工艺，因此选择电容时，需要咨询电容的供应商，选择最合适的容值来滤除模块工作在 GSM850/EGSM900/DCS1800/PCS1900MHz 时的高频噪声。

GSM 发射时的高频干扰严重程度通常主要取决于客户应用设计。在有些情况下，EGSM900 的 TDD 噪声比较严重，而有些情况下，DCS1800 的 TDD 噪声比较严重。因此客户可以根据测试的结果选贴需要的滤波电容。

PCB 板上的射频滤波电容摆放位置要尽量靠近音频器件或音频接口，走线尽量短，要先经过滤波电容再到其他点。

天线的位置离音频元件和音频走线尽量远，以减少辐射干扰。电源走线和音频走线不能平行，且两者尽量远离。

差分音频走线必须遵循差分信号的布线规则。

3.10.2. 麦克风接口电路

AIN 通道在模块内部均提供驻极体麦克风偏置电压，不需外面增加偏置电路。麦克风通道参考电路如下图所示。

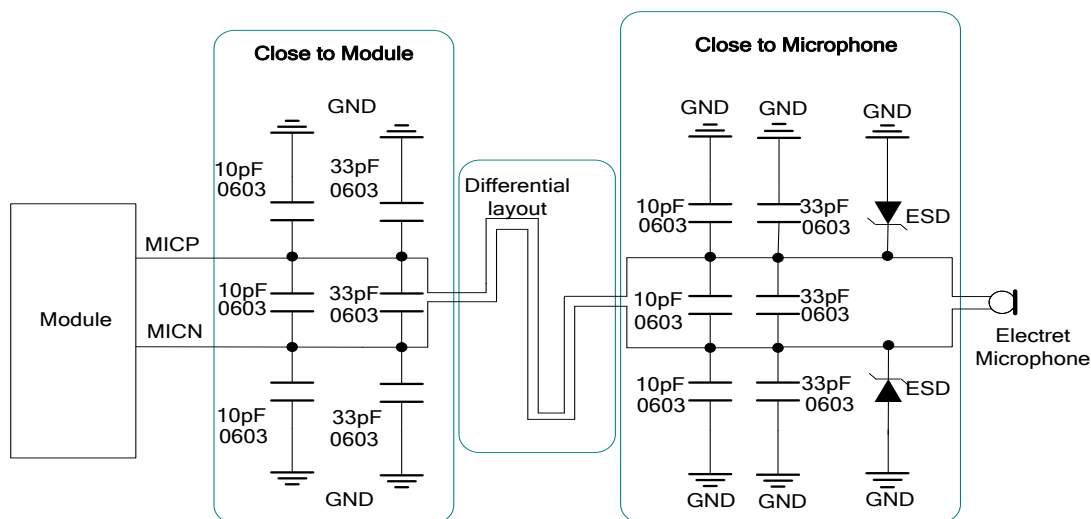


图 29: AIN 麦克风通道参考电路

3.10.3. 听筒接口电路

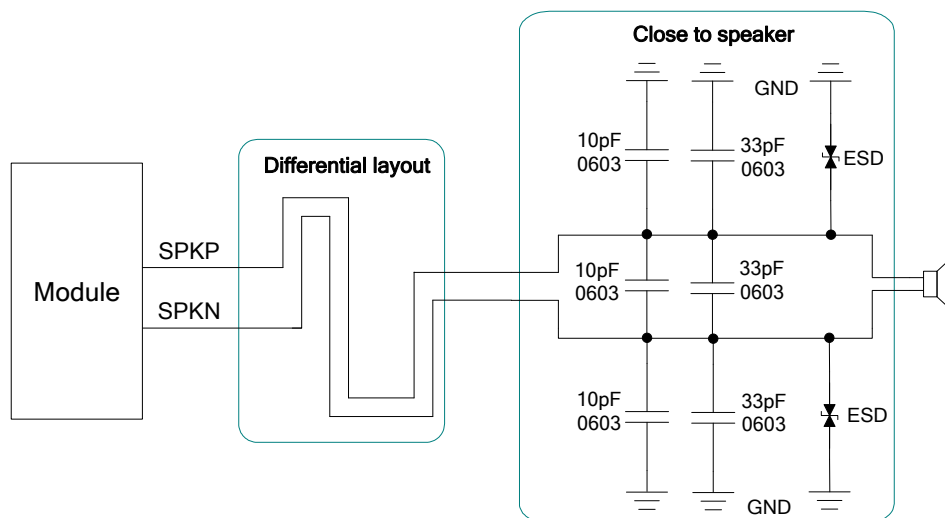


图 30: AOUT1 听筒输出参考电路

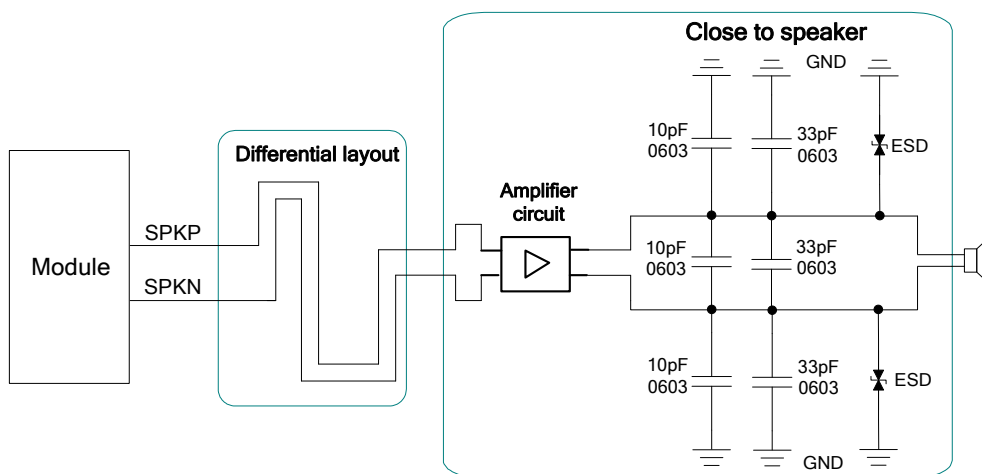


图 31: AOUT1 带音频功放输出参考电路

关于差分输入输出音频功放，请访问网址 <http://www.ti.com> 获取客户想要的器件。市面上亦有很多同等性能的音频功放可供选择。

3.10.4. 扬声器接口设计

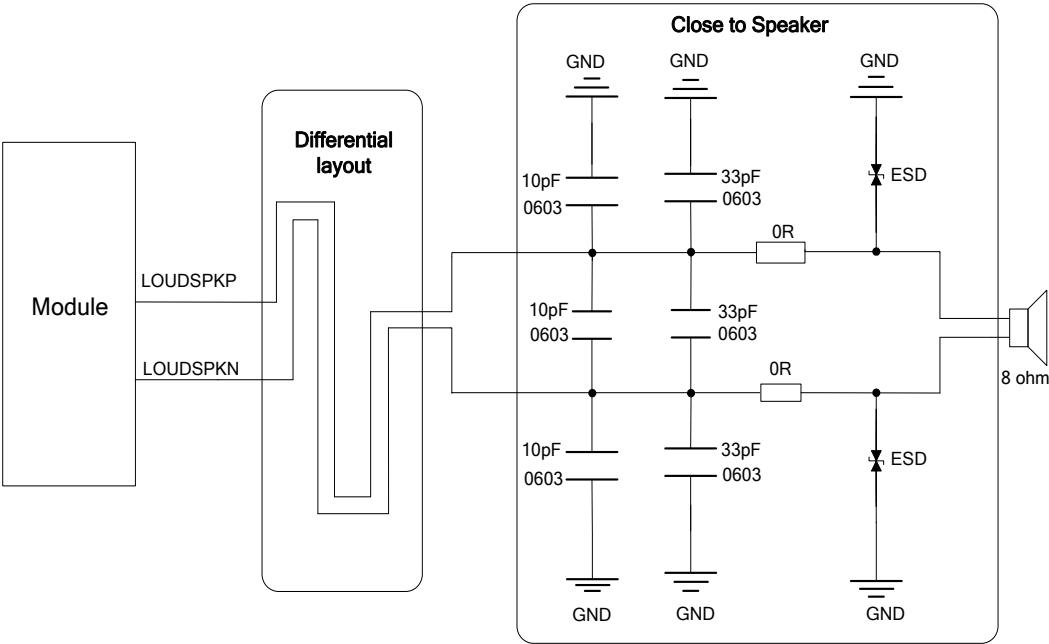


图 32: 扬声器接口参考电路

3.10.5. 音频电气特性

表 14: 驻极体麦克风特性参数

参数	最小值	典型值	最大值	单位
工作电压	1.8	2	2.4	V
工作电流			1000	uA
阻抗		2		Kohm

表 15: 音频接口典型特性参数

参数	最小值	典型值	最大值	单位
AOUT1 Output	阻抗	32		Ohm
	参考电平	0	3.7	Vpp
AOUT2	差分	阻抗	8	Ohm

Output	参考电平	0	5.6	Vpp
--------	------	---	-----	-----

3.11. PCM 接口*

TBD。

备注

“*” 表示软件功能正在开发中。

3.12. SPI 和 I2C 接口*

MC25-OpenCPU 支持 SPI 和 I2C 接口。

备注

“*” 表示软件功能正在开发中。

3.12.1. SPI 接口*

TBD。

3.12.2. I2C 接口*

I2C 接口是 RI 和 DCD 引脚的复用功能；相应的两根信号线为 SCL 和 SDA。I2C 接口的主要特点如下：

- 支持主机模式
- LS/FS 模式下时钟频率可调
- 支持 7 位寻址方式
- 支持高速模式

表 16: I2C 接口逻辑电平

参数	最小	最大	单位
V_{IL}	0	$0.25 \times VDD_EXT$	V
V_{IH}	$0.75 \times VDD_EXT$	$VDD_EXT+0.2$	V
V_{OL}	0	$0.15 \times VDD_EXT$	V
V_{OH}	$0.85 \times VDD_EXT$	VDD_EXT	V

表 17: I2C 接口引脚描述

引脚号	引脚名	I/O	描述	备注	复用功能 ¹⁾
35	I2C_SCL	DO	串行时钟线	需接外部电阻上拉	RI
36	I2C_SDA	DO	串行数据线		DCD

系统文件的 API 功能，可以用来读写 I2C。更多详情，请参考文档 [16]。

备注

¹⁾ 带有复用功能的 I/O 引脚。为避免功能之间相互冲突，同一时间只能使用一种功能。

3.13. (U)SIM 接口

(U)SIM 接口符合 GSM Phase1 和 GSM Phase 2+规范，支持 FAST 64kbps (U)SIM 卡（用于(U)SIM 应用工具包）。

(U)SIM 卡由模块内部的电源供电，支持 1.8V 和 3.0V 工作电压以及单卡单待功能。

表 18: (U)SIM 接口引脚定义

引脚名	引脚号	I/O	描述	复用功能 ¹⁾
SIM_VDD	18	PO	(U)SIM 卡供电电源。 自动侦测(U)SIM 卡工作电压。 电压精度：3.0V±5% 和 1.8V±5%。	

最大供电电流：10mA。

SIM_CLK	19	DO	(U)SIM 卡时钟信号	
SIM_DATA	21	IO	(U)SIM 卡数据信号	
SIM_RST	20	DO	(U)SIM 卡复位信号	
SIM_PRESENCE	37	DI	(U)SIM 卡插拔检测	DTR
SIM_GND	16		(U)SIM 卡专用地	

备注

1) 带有复用功能的 I/O 引脚。为避免功能之间相互冲突，同一时间只能使用一种功能。

下图是 8-pin (U)SIM 接口参考电路：

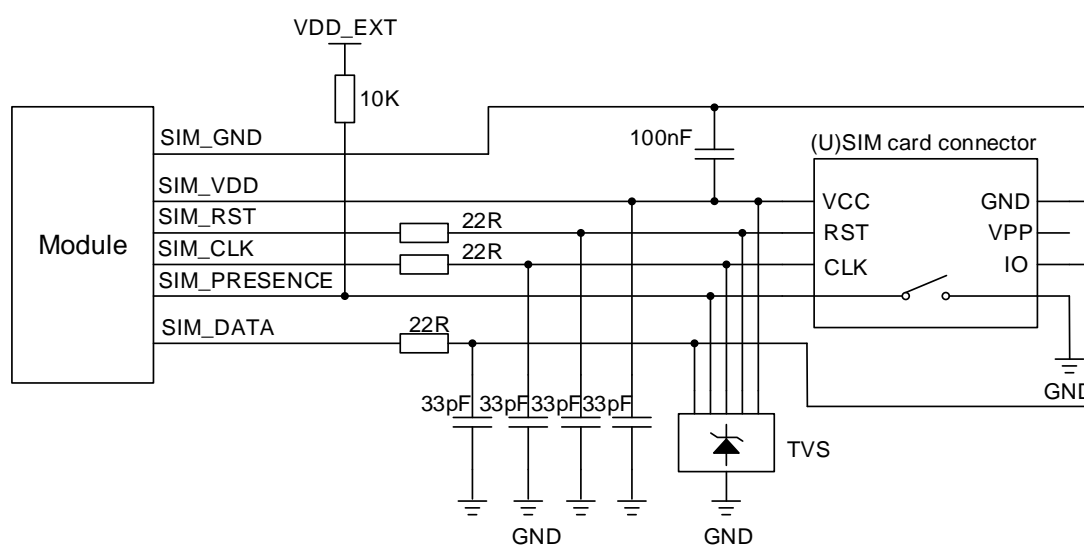


图 33: 8-Pin (U)SIM 接口参考电路图

如果无需使用(U)SIM 卡检测功能，请保持 SIM_PRESENCE 引脚悬空。下图是 6-pin (U)SIM 接口参考电路：

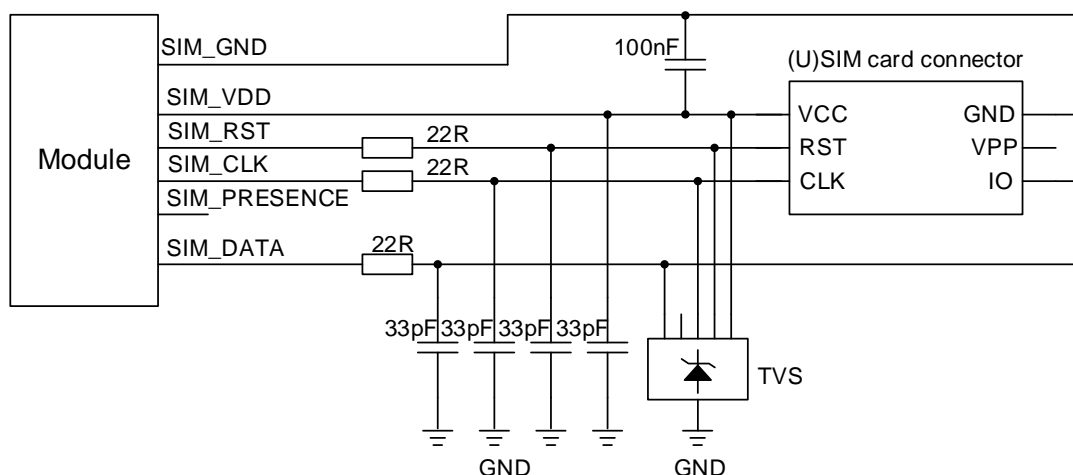


图 34: 6-Pin (U)SIM 接口参考电路图

在(U)SIM 接口的电路设计中, 为了确保(U)SIM 卡的良好性能和可靠性, 在电路设计中建议遵循以下原则:

- (U)SIM 卡座靠近模块摆放, 尽量保证(U)SIM 卡信号线布线长度不超过 200mm。
- (U)SIM 卡信号线远离 RF 线和 VBAT 电源线。
- (U)SIM 卡座的地与模块的 SIM_GND 之间的布线要短而粗。为保证相同的电势, 需确保 SIM_VDD 与 SIM_GND 布线宽度不小于 0.5mm; 且在 SIM_VDD 与 GND 之间的旁路电容不超过 1uF, 并且靠近(U)SIM 卡座摆放。
- 为防止 SIM_CLK 信号与 SIM_DATA 信号相互串扰, 两者布线不能太靠近, 并且在两条走线之间增加地屏蔽。
- 为确保良好的 ESD 防护性能, 建议(U)SIM 卡的引脚增加 TVS 管; 建议选择的 TVS 管寄生电容不大于 50pF。ESD 保护器件尽量靠近(U)SIM 卡卡座摆放, (U)SIM 卡信号走线应先从(U)SIM 卡卡座连到 ESD 保护器件再从 ESD 保护器件连到模块。在模块和(U)SIM 卡之间需串联 22Ω 的电阻用以抑制杂散 EMI, 增强 ESD 防护。在 SIM_DATA, SIM_VDD, SIM_CLK 和 SIM_RST 线上并联 33pF 电容用于滤除 GSM900 干扰。(U)SIM 卡的外围器件应尽量靠近(U)SIM 卡座摆放。
- SIM_DATA 上的上拉电阻有利于增加(U)SIM 卡的抗干扰能力。当(U)SIM 卡走线过长, 或者有比较近的干扰源的情况下, 建议靠近卡座位置增加上拉电阻。

3.14. SD 卡接口*

TBD。

备注

“*” 表示软件功能正在开发中。

3.15. ADC 接口

MC25-OpenCPU 提供一路外部 ADC 接口，可使用 **AT+QADC** 命令来读取 ADC 通道上模拟输入的电压值。为保证采集数据的准确性，防止电源和其他射频信号的干扰，建议 ADC 上下左右包地。如需了解更多关于该 AT 命令的信息，请参考文档 [1]。

表 19: ADC 引脚定义

引脚名	引脚号	I/O	描述
ADC	6	AI	模数转换接口

3.16. 外部中断

MC25-OpenCPU 的所有可复用为 GPIO 功能的引脚均具有外部中断功能。外部中断是复用功能。当相关引脚的默认功能不使用时，则可以被配置为外部中断。

3.17. GPIO

MC25-OpenCPU 共提供了 21 个 GPIO 口。为减少引脚数量，有些 GPIO 口是可以被其他功能复用的；当这些引脚的默认功能不使用时，可以配置成 GPIO。可通过 **QI_GPIO_Init**, **QI_GPIO_SetLevel**, **QI_GPIO_SetDirection**, 和 **QI_GPIO_SetPullSelection** 等 API 函数对 GPIO 进行配置。关于 GPIO 的软件设计，请参考文档 [16]。

表 20: GPIO 口引脚列表

引脚号	引脚名	Mode	Reset		Output Driving
			I/O	PU/PD	
7	SD_CMD	Mode 2	I	PU	4mA
8	SD_CLK	Mode 2	LO	/	4mA
9	SD_DATA0	Mode 2	I	PU	4mA
10	SD_DATA1	Mode 2	I	PU	4mA
11	SD_DATA2	Mode 2	I	PU	4mA

12	SD_DATA3	Mode 2	I	PU	4mA
35	RI	Mode 2	I	PD	4mA
36	DCD	Mode 2	I	PD	4mA
37	DTR	Mode 2	I	PD	4mA
38	CTS	Mode 2	I	PU	4mA
39	RTS	Mode 2	I	PU	4mA
47	NETLIGHT	Mode 2	I	PD	4mA
57	GPIO_0	Mode 1	I	PD	4mA
58	GPIO_1	Mode 1	I	PD	4mA
59	PCM_CLK	Mode 2	HO	/	4mA
60	PCM_OUT	Mode 2	LO	PD	4mA
61	PCM_SYNC	Mode 2	HO	/	4mA
62	PCM_IN	Mode 2	HO	/	4mA
63	GPIO_2	Mode 1	I	PD	4mA
64	GPIO_3	Mode 1	I	PD	4mA
65	GPIO_4	Mode 1	I	PD	4mA

3.18. RI 信号接口

表 21：RI 信号状态

状态	RI 响应
待机	高电平
语音呼叫	振铃时变为低电平，之后： <ol style="list-style-type: none"> 在通话建立时变为高电平。 若使用 ATH 命令挂断，RI 变为高电平。 若呼叫方挂断，RI 首先变为高电平，然后再拉为低电平并持续 120ms；此时模块自动输出 URC 信息 NO CARRIER，之后再变为高电平。

4. 收到短信时变为高电平。

短消息	当收到短信时，RI 先变为低电平，并持续 120ms，然后又变为高电平。
URC	特定的 URC 信息上报时，会触发 RI 拉低 120ms。

如果模块被用作主叫方，RI 会保持高电平，收到 URC 信息或者短信时除外。而当模块被用作被呼叫方时，RI 的时序如下所示：

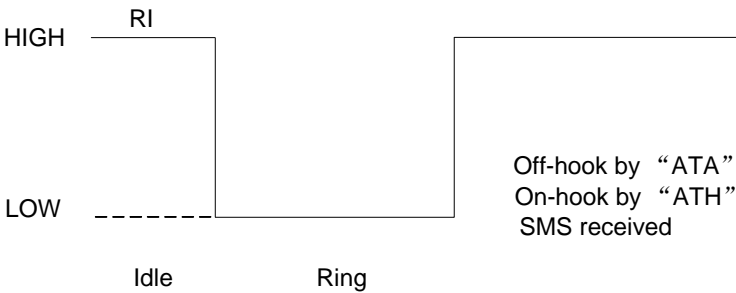


图 35：语音呼叫时模块用作被呼叫方 RI 时序

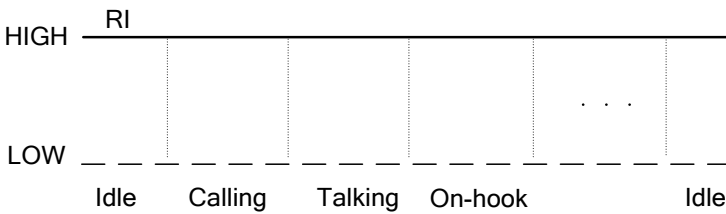


图 36：模块用作主叫时 RI 时序

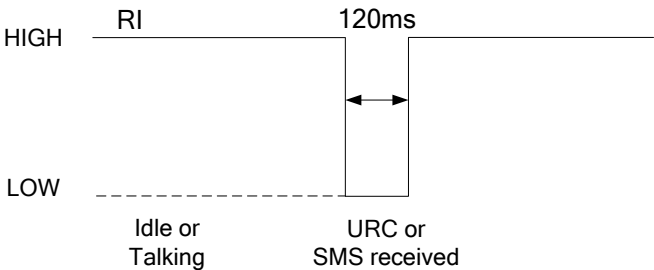


图 37：收到 URC 信息或者短信时 RI 时序

3.19. 网络状态指示

NETLIGHT 引脚信号可以用来指示网络的状态，该引脚工作状态如下表所示。

表 22: NETLIGHT 工作状态

NETLIGHT 高低电平状态	模块工作状态
持续低电平（灯灭）	模块没有运行
高电平 64ms（灯亮）/低电平 800ms（灯灭）	模块未注册到网络
高电平 64ms（灯亮）/低电平 2000ms（灯灭）	模块注册到网络
高电平 64ms（灯亮）/低电平 600ms（灯灭）	GPRS 数据传输通讯

指示灯的连接参考电路如下图所示：

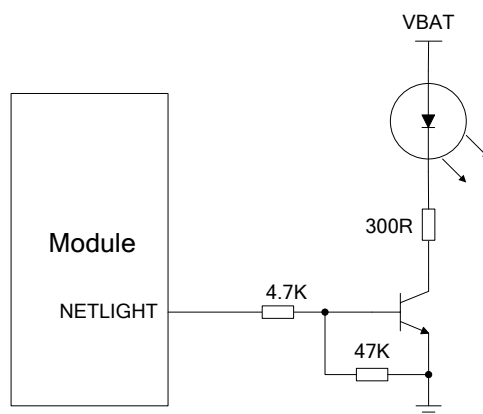


图 38: NETLIGHT 参考电路

3.20. PPS VS. NMEA（1PPS 功能）

PPS VS. NMEA 可用于授时。PPS 信号上升沿为时间同步点，第一帧串口报文信息延时于 PPS 信号上升沿时间为 35ms~45ms。

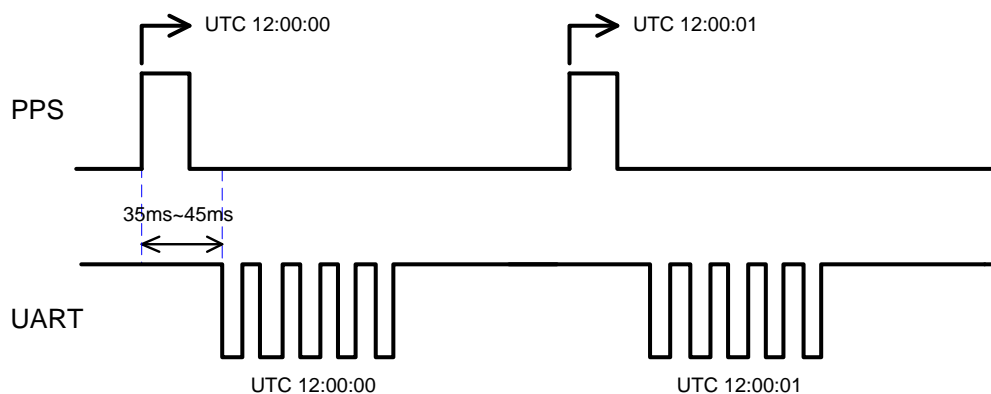


图 39: PPS VS. NMEA 时序图

MC25-OpenCPU 支持通过 PPS VS. NMEA 进行授时，其 NMEA 语句输出的频率为 1Hz，支持的波特率固定为 9600bps。

1PPS 功能默认打开。

4 天线接口

MC25-OpenCPU 包含两个天线接口：GSM 和 GNSS 天线接口。引脚 41 是 GSM 天线输入端，引脚 15 是 GNSS 天线输入端。GSM 和 GNSS 天线接口都具有 50Ω 特性阻抗。

4.1. GSM 天线接口

MC25-OpenCPU 提供了 GSM 天线接口引脚 GSM_ANT。

表 23: GSM 天线引脚定义

引脚名	引脚号	I/O	描述
GSM_ANT	41	IO	GSM 天线接口
GND	42		地

4.1.1. 参考设计

对于天线接口的外围电路设计，为了能够更好地调节射频性能，建议预留匹配电路。天线连接参考电路如下图所示。

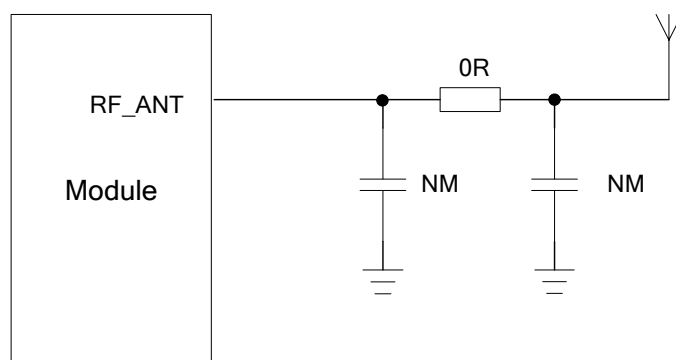


图 40: 射频参考电路

MC25-OpenCPU 提供了一个 RF 焊盘接口供连接外部天线。从该焊盘到天线连接器间射频走线应是共面波导线或微带线，其特性阻抗要控制在 50Ω 左右。MC25-OpenCPU 的 RF 接口两侧各有两个接地焊盘，以获取更好的接地性能。此外，为了更好的调节射频性能，建议预留 π 匹配电路。

为了最小化 RF 走线或者 RF 线缆损耗，必须谨慎设计。建议线损和天线要满足下述两个表格的要求。

表 24：线损要求

频段	要求
GSM850 EGSM900	线损<1dB
DCS1800 PCS1900	线损<1.5dB

表 25：天线要求

项目	要求
频段	低频段：820MHz~960MHz 中频段：1710MHz~1990MHz
驻波比	≤ 2
效率	>30%
最大输入功率 (W)	50
输入阻抗 (Ω)	50

4.1.2. RF 输出功率

表 26：RF 传导功率

频率	最大值	最小值
GSM850	33dBm \pm 2dB	5dBm \pm 5dB
EGSM900	33dBm \pm 2dB	5dBm \pm 5dB
DCS1800	30dBm \pm 2dB	0dBm \pm 5dB
PCS1900	30dBm \pm 2dB	0dBm \pm 5dB

备注

在 GPRS 4 slot TX 模式下，最大输出功率降低 4dB。该设计符合 *GSM 3GPP TS 51.010-1* 规范中的 **13.16 章节**。

4.1.3. RF 接收灵敏度

表 27: RF 传导灵敏度

频率	接收灵敏度
GSM850	< -108dBm
EGSM900	< -108dBm
DCS1800	< -107.5dBm
PCS1900	< -107.5dBm

4.1.4. 工作频率

表 28: 模块工作频率

频率	接收频率	发射频率	ARFCH
GSM850	869MHz~894MHz	824MHz~849MHz	128~251
EGSM900	925MHz~960MHz	880MHz~915MHz	0~124; 975~1023
DCS1800	1805MHz~1880MHz	1710MHz~1785MHz	512~885
PCS1900	1930MHz~1990MHz	1850MHz~1910MHz	512~810

4.1.5. 推荐 RF 焊接方式

如果连接外置天线的射频连接器是通过焊接方式与模块相连的，请务必注意连接线的剥线方式及焊接方法，尤其是地要焊接充分。请按照下图中正确的焊接方式进行操作，避免因焊接不良引起的线损增大。

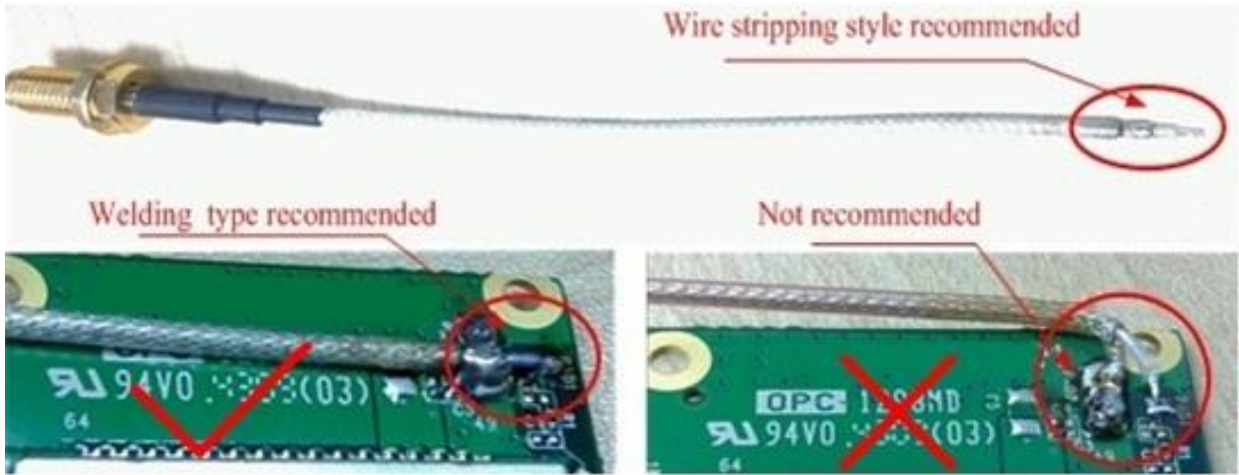


图 41：天线连接器焊接形式

4.2. GNSS 天线接口

MC25-OpenCPU 的 GNSS 部分设有 GPS 和 BeiDou 天线接口。射频信号从 GNSS_ANT 引脚输入。RF 走线的阻抗应控制为 50Ω，同时走线应尽可能短。

4.2.1. 天线规格

该模块可以使用有源或无源天线来接收 GPS/BeiDou 卫星信号。下表给出了推荐的天线规格。

表 29：推荐的天线规格

天线类型	规范
GNSS	频率范围：BeiDou: 1561.098±2.046MHz; GPS: 1575.42±1.023MHz
	极化：右旋圆极化或线性极化
	驻波比：< 2（典型值）
	无源天线增益：> 0dBi
	有源天线噪声系数：< 1.5dB
	有源天线增益：> 0dBi
	有源天线内置 LNA 增益：< 17dB

4.2.2. 有源天线

下图是使用有源天线的参考电路。有源天线可由模块外部的系统 3.3V 供电。.

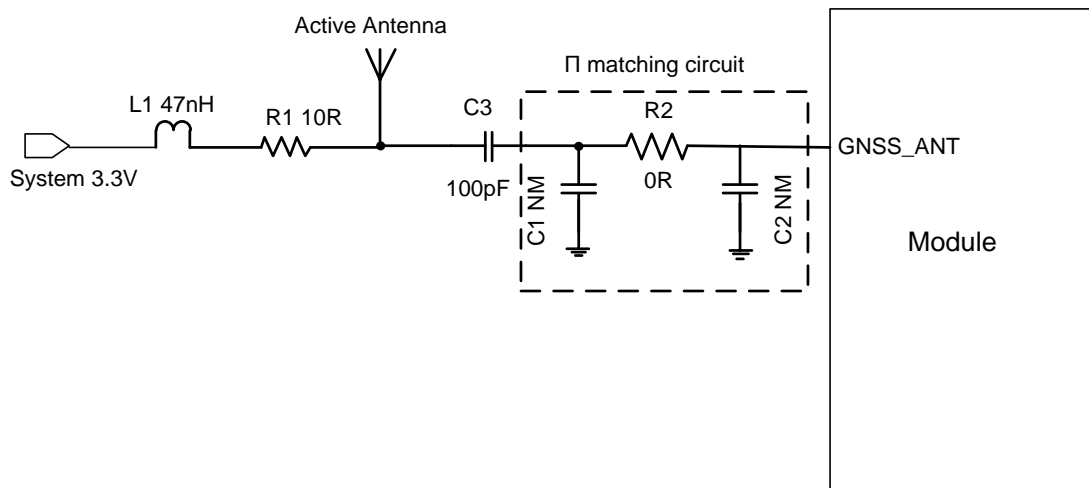


图 42：有源天线参考电路

C1、R2 和 C2 组成建议预留的匹配电路，以用于天线阻抗的调节。默认 C1，C2 缺省不贴，贴 0Ω R2 电阻和 100pF 的 C3 隔直电容。

电感 L1 起到 RF 信号阻塞作用，可将 RF 信号与系统 3.3V 隔离，建议 L1 的值不小于 47nH。R1 可以在有源天线对地短路时起到保护作用。

备注

模块内部已集成 LNA，建议使用无源天线，若使用有源天线，有源天线的供电需要外部提供。

4.2.3. 无源天线

下图为使用无源天线时的参考电路。

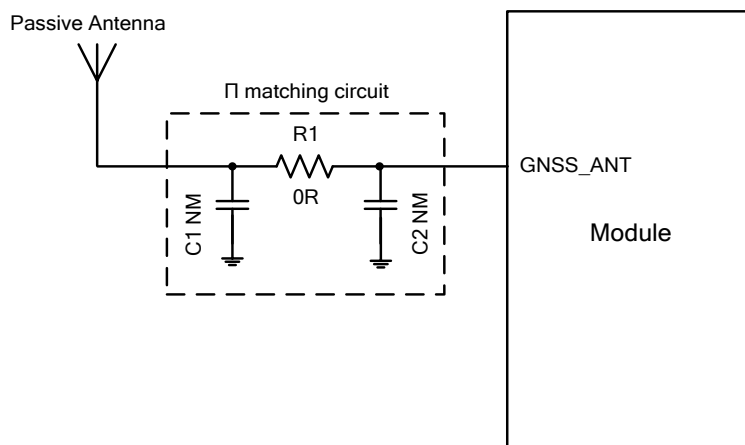


图 43: 无源天线参考电路

C1、R1 和 C2 组成建议预留的匹配电路，以用于天线阻抗的调节。其中 C1，C2 缺省不贴，只贴 0Ω R1 电阻。RF 走线的阻抗应控制在 50Ω 左右，且走线越短越好。

5 电气性能和可靠性

5.1. 绝对最大值

下表所示是模块数字和模拟引脚的电源供电电压电流最大耐受值。

表 30：绝对最大值

参数	最小值	最大值	单位
VBAT	-0.3	+4.5	V
电源供电峰值电流	0	2	A
电源供电平均电流（TDMA 一帧时间）	0	0.7	A
数字引脚处电压	-0.3	3.08	V
模拟引脚处电压	-0.3	3.08	V

5.2. 工作和存储温度

表 31：模块工作和存储温度范围

参数	最小值	典型值	最大值	单位
正常工作温度范围 ¹⁾	-35	+25	+75	°C
扩展工作温度范围 ²⁾	-40		+85	°C
存储温度范围	-40		+90	°C

备注

- ¹⁾ 表示当模块工作在此温度范围时，模块的相关性能满足 3GPP 标准要求。
- ²⁾ 表示当模块工作在此温度范围时，模块仍能保持正常工作状态，具备语音、短信、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。仅个别指标如输出功率等参数的值可能会超出 3GPP 标准的范围。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。

5.3. 电源额定值

表 32: GSM 部分电源额定值 (GNSS 部分关闭)

参数	描述	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VBAT	供电电压	实际输入电压必须在该范围内。	3.445	4.0	4.25	V
	突发发射时的电压跌落	GSM850 和 EGSM900 最大发射功率等级时。			400	mV
I _{VBAT}	平均供电电流	关机模式		38		uA
		睡眠模式 @DRX=5		1.1		mA
		最少功能模式				
		AT+CFUN=0 空闲模式		9.0		mA
		睡眠模式		0.9		mA
		AT+CFUN=4 空闲模式		9.0		mA
		睡眠模式		0.9		mA
		通话模式				
		GSM850/EGSM900 ¹⁾		248/247		mA
		DCS1800/PCS1900 ²⁾		169/152		mA
		数传模式, GPRS (3 收, 2 发)				
		GSM850/EGSM900 ¹⁾		372/387		mA
		DCS1800/PCS1900 ²⁾		253/223		mA
		数传模式, GPRS (2 收, 3 发)				
		GSM850/EGSM900 ¹⁾		457/438		mA
		DCS1800/PCS1900 ²⁾		285/255		mA
		数传模式, GPRS (4 收, 1 发)				
		GSM850/EGSM900 ¹⁾		248/254		mA
		DCS1800/PCS1900 ²⁾		174/156		mA
		数传模式, GPRS (1 收, 4 发)				
		GSM850/EGSM900 ¹⁾		486/467		mA
		DCS1800/PCS1900 ²⁾		³⁾		

		299/270		mA
峰值电流 (每个 发射时段下)	GSM850 和 EGSM900 下最 大功率等级时。	1.6	2	A

备注

- 1) 功率等级 5。
- 2) 功率等级 0。
- 3) 4 发 1 收的最大功率会有所下降。

5.4. 耗流

表 33: GSM 部分耗流 (GNSS 部分关闭)

条件	耗流
音频通话	
GSM850	@功率等级 5, <300mA, 典型值 247mA @功率等级 12, 典型值 106mA @功率等级 19, 典型值 75mA
EGSM900	@功率等级 5, <300mA, 典型值 247mA @功率等级 12, 典型值 107mA @功率等级 19, 典型值 77mA
DCS1800	@功率等级 0, <250mA, 典型值 169mA @功率等级 7, 典型值 86mA @功率等级 15, 典型值 66mA
PCS1900	@功率等级 0, <250mA, 典型值 152mA @功率等级 7, 典型值 87mA @功率等级 15, 典型值 69mA
GPRS 数据传输	
数据传输模式, GPRS (3 收, 2 发) Class 12	
GSM850	@功率等级 5, <550mA, 典型值 372mA
EGSM900	@功率等级 5, <550mA, 典型值 387mA
DCS1800	@功率等级 0, <450mA, 典型值 253mA
PCS1900	@功率等级 0, <450mA, 典型值 223mA

数据传输模式，GPRS（2 收，3 发）Class 12

GSM850	@功率等级 5，<640mA，典型值 457mA
EGSM900	@功率等级 5，<600mA，典型值 438mA
DCS1800	@功率等级 0，<490mA，典型值 285mA
PCS1900	@功率等级 0，<480mA，典型值 255mA

数据传输模式，GPRS（4 收，1 发）Class 12

GSM850	@功率等级 5，<350mA，典型值 248mA
EGSM900	@功率等级 5，<350mA，典型值 254mA
DCS1800	@功率等级 0，<300mA，典型值 174mA
PCS1900	@功率等级 0，<300mA，典型值 156mA

数据传输模式，GPRS（1 收，4 发）Class 12

GSM850	@功率等级 5，<660mA，典型值 486mA
EGSM900	@功率等级 5，<660mA，典型值 467mA
DCS1800	@功率等级 0，<500mA，典型值 299mA
PCS1900	@功率等级 0，<500mA，典型值 270mA

备注

GPRS Class 12 为默认设置。模块支持的 GPRS 多时隙能力范围从 Class 1 到 Class 12，可通过 **AT+QGPCLASS** 命令设置。当设置较低的多时隙能力等级时，模块对电源供电电流的要求会相应降低。

表 34：GNSS 部分耗流

参数	条件	典型值	单位
I _{VCC} @捕获	GPS	23.8	mA
I _{VCC} @追踪	GPS	22.6	mA
I _{VCC} @捕获	GPS+BeiDou	27.8	mA
I _{VCC} @追踪	GPS+BeiDou	26.9	mA
I _{BCKP} @Backup	@V _{BCKP} =2.8V	25	uA

备注

GNSS 部分在追踪模式下的耗流，是基于以下条件进行计算的：

- 冷启动，首次定位 10 分钟后
- 热启动，首次定位 15 秒后

5.5. 静电防护

在模块应用中，由于人体静电、微电子间带电摩擦等产生的静电等会通过各种途径放电给模块，可能会对模块造成一定的损坏，因此 ESD 防护应该受到重视。在研发、生产组装和测试等过程中，尤其在产品设计中，均应采取 ESD 防护措施。例如，在电路设计的接口处以及易受静电放电损伤或影响的点，应增加防静电保护；生产中应佩戴防静电手套等。

下表为模块引脚的 ESD 耐受电压情况。

表 35：ESD 性能参数（温度：25°C，湿度：45%）

测试点	接触放电	空气放电
VBAT, GND	+/-5KV	+/-10KV
RF_ANT	+/-5KV	+/-10KV
TXD, RXD	+/-2KV	+/-4KV
GNSS_TXD GNSS_RXD	+/-2KV	+/-4KV
其他	+/-0.5KV	+/-1KV

6 机械尺寸

该章节描述了模块的机械尺寸，所有的尺寸单位为毫米；所有未标注公差尺寸，公差为 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

6.1. 模块机械尺寸

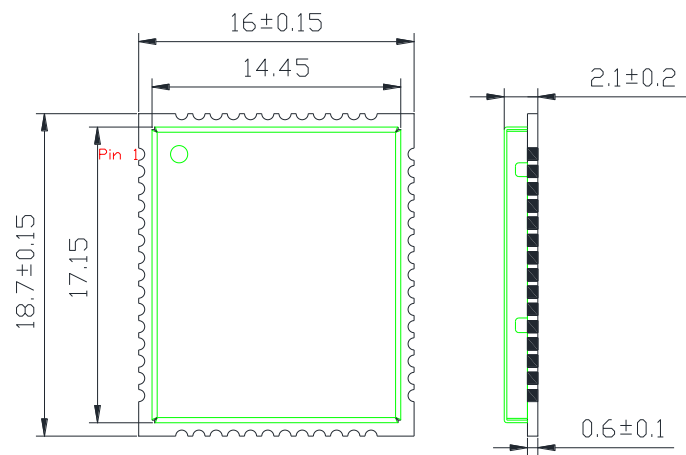


图 44: MC25-OpenCPU 俯视及侧视图尺寸（单位：毫米）

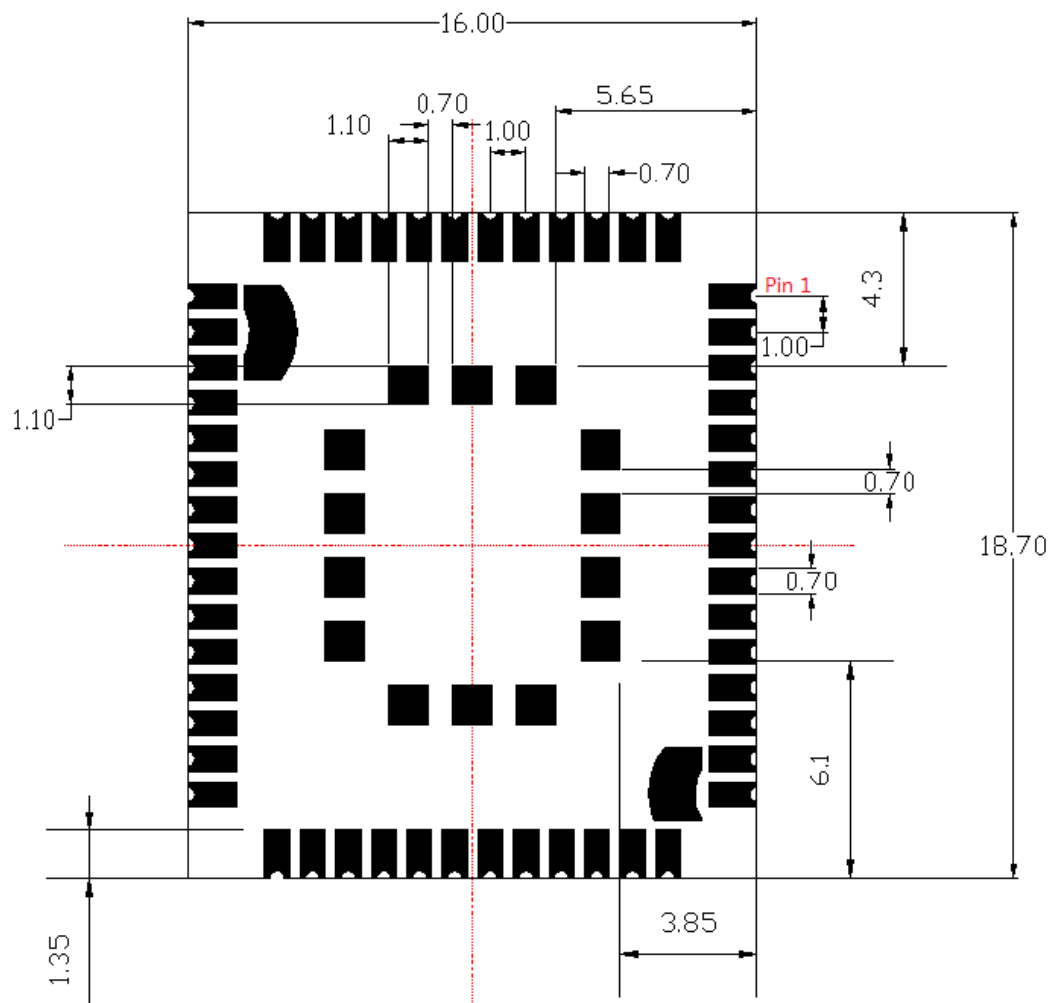


图 45: MC25-OpenCPU 底层尺寸图 (单位: 毫米)

备注

上图中两个弧形区域为对应模块的 RF 测试点, 需要做 KEEPOUT 处理 (即在主板上对应位置禁止铺铜和走线)。

6.2. 推荐封装

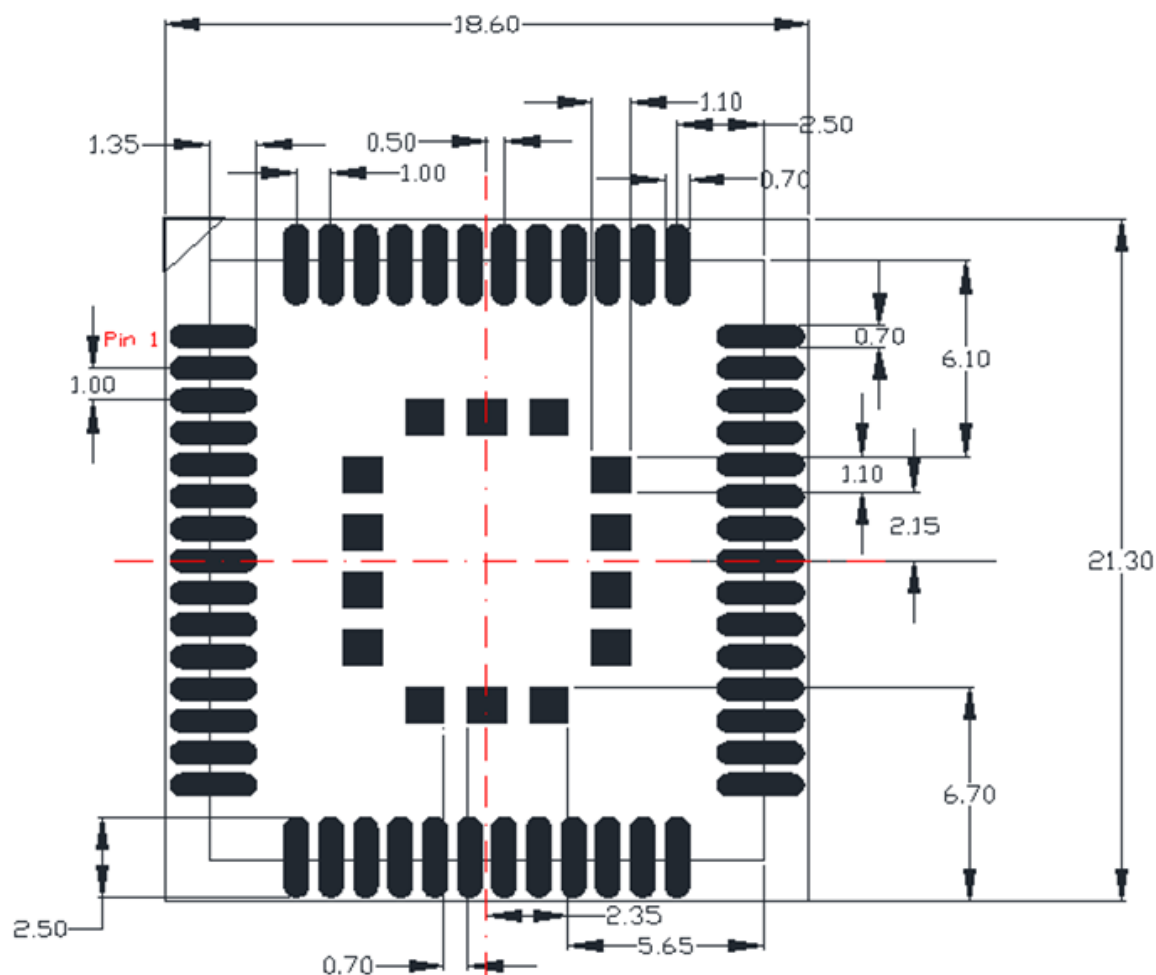


图 46: 推荐封装 (单位: 毫米)

备注

请保证 PCB 板上模块和其他元器件之间距离至少为 3mm。

6.3. 模块俯视图和底视图

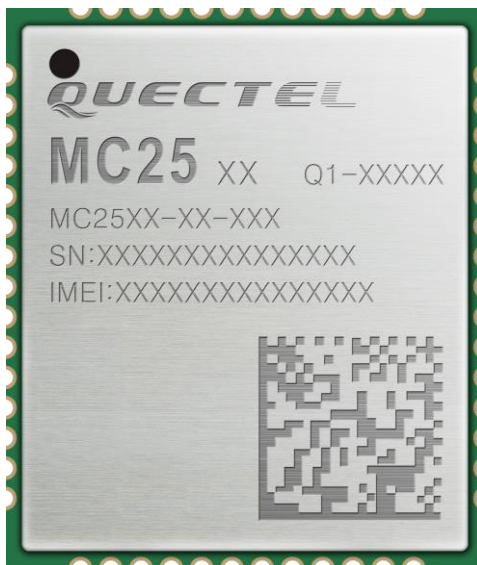


图 47: MC25-OpenCPU 俯视图

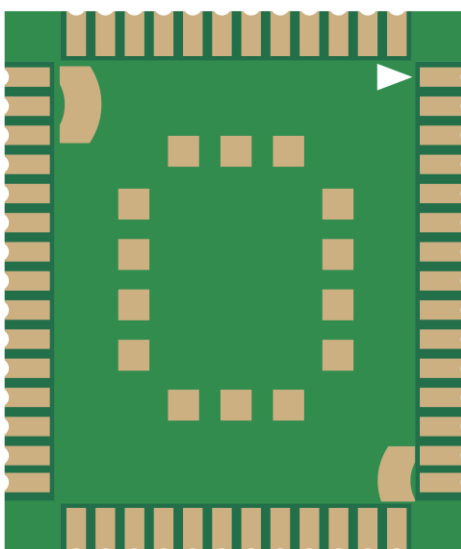


图 48: MC25-OpenCPU 底视图

备注

如上为 MC25-OpenCPU 模块的设计效果图。如需更准确的产品外观和标签信息，请参照移远通信的模块实物。

7 存储、生产和包装

7.1. 存储

MC25-OpenCPU 以真空密封袋的形式出货。模块的湿度敏感等级为 3（MSL 3），其存储需遵循如下条件：

1. 环境温度低于 40 摄氏度，空气湿度小于 90%的情况下，模块可在真空密封袋中存放 12 个月。
2. 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：
 - 模块存储空气湿度小于 10%。
 - 模块环境温度低于 30 摄氏度，空气湿度小于 60%，工厂在 168 小时以内完成贴片。
3. 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 168 小时以内完成贴片。
4. 如果模块需要烘烤，请在 120 摄氏度下（允许上下 5 摄氏度的波动）烘烤 8 小时。

备注

模块的包装无法承受高温烘烤。因此在模块烘烤之前，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，MC25-OpenCPU 模块焊盘部分对应的钢网厚度推荐为 0.18mm~0.20mm。详细信息请参考文档 [12]。

推荐的回流焊温度为 238°C~245°C，最高不能超过 245°C。为避免模块因反复受热而损坏，强烈推荐客户在完成 PCB 板第一面的回流焊之后再贴模块。推荐的回流焊温度曲线图如下所示：

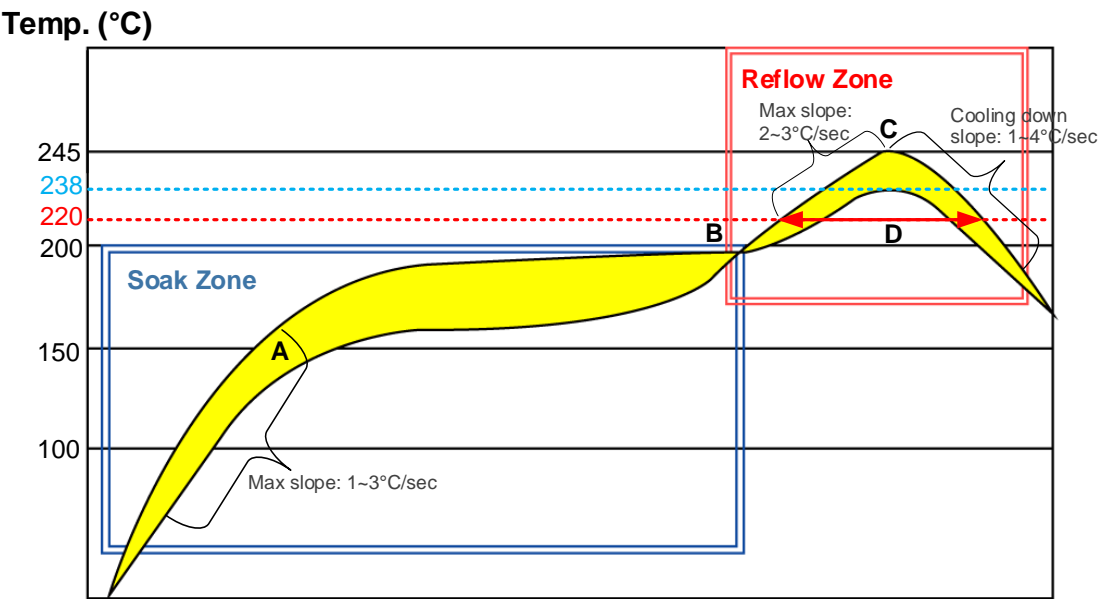


图 49：推荐的回流焊温度曲线

表 36：推荐的炉温测试控制要求

项目	推荐值
吸热区（Soak Zone）	
最大升温斜率	1°C/sec ~ 3°C/sec
恒温时间（A 和 B 之间的时间：150°C~200°C 期间）	60 sec ~ 120 sec
回流焊区（Reflow Zone）	
最大升温斜率	2°C/sec ~ 3°C/sec
回流时间（D：超过 220°C 的期间）	40 sec ~ 60 sec
最高温度	238°C ~ 245°C

冷却降温斜率	1°C/sec ~ 4°C/sec
回流次数	
最大回流次数	1 次

备注

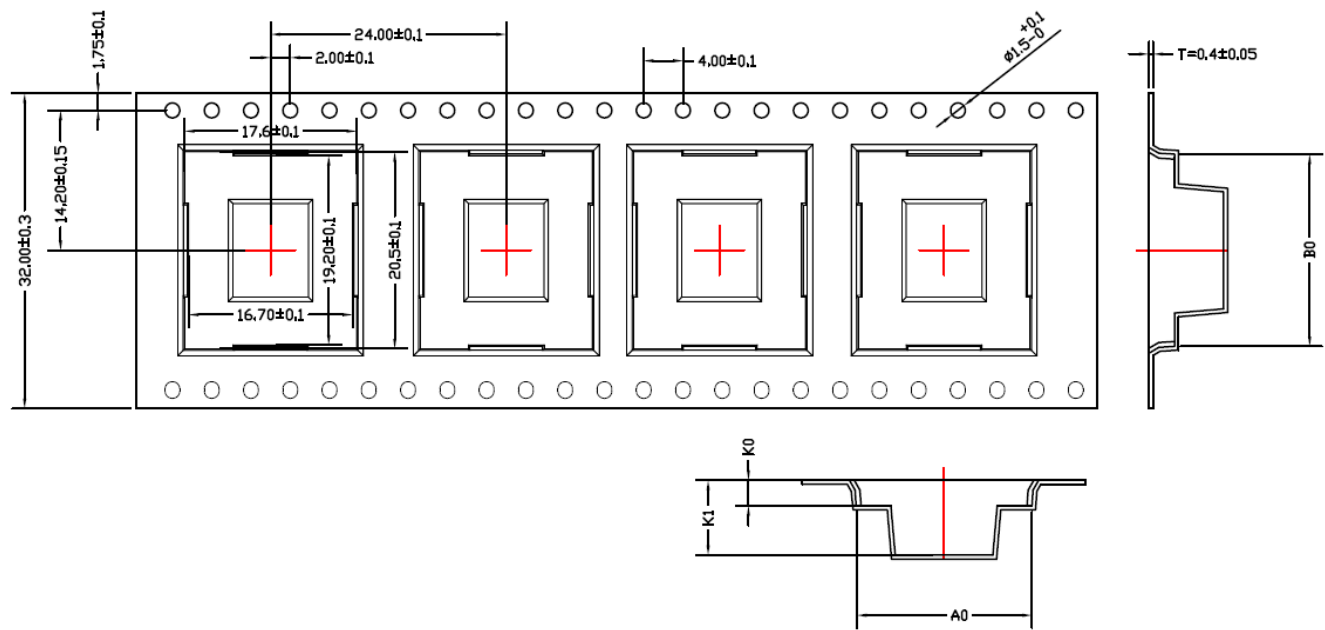
1.

在生产焊接或者其他可能直接接触移远通信模块的过程中，不得使用任何有机溶剂（如酒精，异丙醇，丙酮，三氯乙烯等）擦拭模块屏蔽罩；否则可能会造成屏蔽罩生锈。
2.

移远通信洋白铜镭雕屏蔽罩可满足：12 小时中性盐雾测试后，镭雕信息清晰可辨识，二维码可扫描（可能会有白色锈蚀）。

7.3. 包装

MC25-OpenCPU 用卷带包装，并用带静电防护的真空密封袋将其封装。建议在模块准备焊接时再打开真空包装。具体规格如下：



ITEM	W	T	A0	A1	B0	B1	B2	K0	K1	P	F	E	D	P0	P2
DIM	32.0	0.4	17.6		20.5			2.6	7.6	24.0	14.2	1.75	1.5	4.0	2.0
TOL	±0.3	±0.05	±0.1	±0.15	±0.10	±0.10	±0.10	±0.10	±0.10	±0.1	±0.10	±0.1	+0.10 -0.00	±0.1	±0.1

图 50：载带尺寸（单位：毫米）

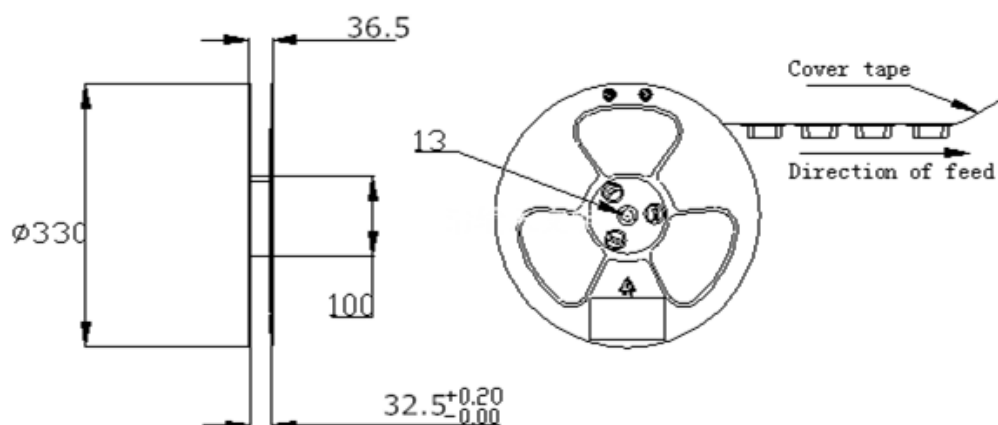


图 51：卷盘尺寸（单位：毫米）

表 37：卷盘包装

模块	最小订单量	最小包装：250pcs	最小包装 x 4=1000pcs
MC25-OpenCPU	250pcs	尺寸：370mm × 350mm × 56mm 净重：0.32kg 毛重：1.08kg	尺寸：380mm × 250mm × 365mm 净重：1.28kg 毛重：4.8kg

8 附录 A 参考文档及术语缩写

表 38: 参考文档

序号	文档名称	备注
[1]	Quectel_MC25_AT_Commands_Manual	MC25 AT commands manual
[2]	ITU-T Draft New Recommendation V.25ter	Serial asynchronous automatic dialing and control
[3]	GSM 07.07	Digital cellular telecommunications (Phase 2+); AT command set for GSM Mobile Equipment (ME)
[4]	GSM 07.10	Support GSM 07.10 multiplexing protocol
[5]	GSM 07.05	Digital cellular telecommunications (Phase 2+); Use of Data Terminal Equipment – Data Circuit terminating Equipment (DTE – DCE) interface for Short Message Service (SMS) and Cell Broadcast Service (CBS)
[6]	GSM 11.14	Digital cellular telecommunications (Phase 2+); Specification of the (U)SIM Application Toolkit for the Subscriber Identity module – Mobile Equipment ((U)SIM – ME) interface
[7]	GSM 11.11	Digital cellular telecommunications (Phase 2+); Specification of the Subscriber Identity module – Mobile Equipment ((U)SIM – ME) interface
[8]	GSM 03.38	Digital cellular telecommunications (Phase 2+); Alphabets and language-specific information
[9]	GSM 11.10	Digital cellular telecommunications (Phase 2); Mobile Station (MS) conformance specification; Part 1: Conformance specification

[10]	Quectel_GSM_UART_Application_Note	GSM UART port application note
[11]	Quectel_GSM_EVB_User_Guide	GSM EVB user guide
[12]	移远通信模块贴片应用指导	移远通信模块贴片应用指导
[13]	Quectel_GSM 模块_数字 IO 设计应用指导	GSM 模块数字 IO 设计应用指导
[14]	Quectel_MC25_GNSS_Protocol_Specification	MC25 GNSS protocol specification
[15]	Quectel_MC25-TE-A_User_Guide	MC25-TE-A user guide
[16]	Quectel_MC25-OpenCPU_User_Guide	MC25-OpenCPU user guide
[17]	Quectel_OpenCPU_Watchdog_Application_Note	OpenCPU watchdog application note

表 39：术语缩写

缩写	描述
ADC	Analog-to-Digital Converter
AG	Audio Gateway
AGPS	Assisted GPS
AIC	Active Interference Cancellation
AIN	Audio In
AMR	Adaptive Multi-Rate
ARFCN	Absolute Radio Frequency Channel Number
ARP	Antenna Reference Point
ASIC	Application Specific Integrated Circuit
BeiDou	Global Navigation Satellite System
BER	Bit Error Rate
BT	Bluetooth
BTS	Base Transceiver Station
CHAP	Challenge Handshake Authentication Protocol

CS	Coding Scheme
CSD	Circuit Switched Data
CTS	Clear to Send
DGPS	Differential GPS
DRX	Discontinuous Reception
DSP	Digital Signal Processor
DCE	Data Communications Equipment (typically module)
DTE	Data Terminal Equipment (typically computer, external controller)
DTR	Data Terminal Ready
DTX	Discontinuous Transmission
EFR	Enhanced Full Rate
EGSM	Enhanced GSM
EMC	Electromagnetic Compatibility
ESD	Electrostatic Discharge
ETS	European Telecommunication Standard
FCC	Federal Communications Commission (U.S.)
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FR	Full Rate
FS	File System
FTP	File Transfer Protocol
GAGAN	GPS Aided Geo Augmented Navigation
GGA	NMEA: Global Positioning System Fix Data
GLL	NMEA: Geographic Latitude and Longitude
GLP	GNSS Low Power
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying

GNSS	Global Navigation Satellite System
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSA	NMEA: GPS DOP and Active Satellites
GSM	Global System for Mobile Communications
GSV	NMEA: GPS Satellites in View
G.W	Gross Weight
HFP	Hands-free Profile
HR	Half Rate
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
I/O	Input/Output
IC	Integrated Circuit
I _{omax}	Maximum Output Load Current
kbps	Kilo Bits Per Second
LCC	Leadless Chip Carriers
LED	Light Emitting Diode
LGA	Land Grid Array
Li-Ion	Lithium-Ion
MMS	Microsoft Media Server
LNA	Low Noise Amplifier
MO	Mobile Originated
MOQ	Minimum Order Quantity
MP	Manufacture Product
MS	Mobile Station (GSM engine)
MSAS	Multi-Functional Satellite Augmentation System

MT	Mobile Terminated
NMEA	National Marine Electronics Association
NTP	Network Time Protocol
N.W	Net Weight
PAP	Password Authentication Protocol
PBCCH	Packet Switched Broadcast Control Channel
PCB	Printed Circuit Board
PCL	Power Control Level
PCM	Pulse Code Modulation
PDP	Packet Data Protocol
PDU	Protocol Data Unit
PING	Packet Internet Groper
PMOS	Positive Channel Metal Oxide Semiconductor
PMTK	MTK Proprietary Protocol
PMU	Power Management Unit
PPP	Point-to-Point Protocol
PPS	Pulse per Second
QZSS	Quasi-Zenith Satellite System
RF	Radio Frequency
RMC	NMEA: Recommended Minimum Position Data
RMS	Root Mean Square (value)
RoHS	Restriction of Hazardous Substances
RTC	Real Time Clock
RX	Receive Direction
SBAS	Satellite-based Augmentation System

SD	Secure Digital
SMD	Surface Mounted Devices
SMS	Short Message Service
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SPP	Standard Parallel Port
TCP	Transmission Control Protocol
TDMA	Time Division Multiple Access
TE	Terminal Equipment
3GPP	3rd Generation Partnership Project
TTFF	Time to First Fix
TX	Transmitting Direction
UART	Universal Asynchronous Receiver & Transmitter
UDP	User Datagram Protocol
URC	Unsolicited Result Code
(U)SIM	(Universal) Mobile Telecommunication System
USSD	Unstructured Supplementary Service Data
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio
VTG	NMEA: Track Made Good and Ground Speed
V _{omax}	Maximum Output Voltage Value
V _{onorm}	Normal Output Voltage Value
V _{omin}	Minimum Output Voltage Value
V _{IHmax}	Maximum Input High Level Voltage Value
V _{IHmin}	Minimum Input High Level Voltage Value
V _{ILmax}	Maximum Input Low Level Voltage Value
V _{ILmin}	Minimum Input Low Level Voltage Value

$V_{I\max}$	Absolute Maximum Input Voltage Value
V_{Inorm}	Absolute Normal Input Voltage Value
V_{Imin}	Absolute Minimum Input Voltage Value
$V_{OH\max}$	Maximum Output High Level Voltage Value
V_{OHmin}	Minimum Output High Level Voltage Value
$V_{OL\max}$	Maximum Output Low Level Voltage Value
V_{OLmin}	Minimum Output Low Level Voltage Value
WAAS	Wide Area Augmentation System

Phonebook Abbreviations

LD	(U)SIM Last Dialing phonebook (list of numbers most recently dialed)
MC	Mobile equipment list of unanswered MT Calls (missed calls)
ON	(U)SIM (or ME) Own Numbers (MSISDNs) list
RC	Mobile equipment list of Received Calls
SM	(U)SIM phonebook

9 附录 B GPRS 编码方案

在 GPRS 协议中，用到四种编码方案。下表为它们的区别：

表 40：不同编码方案描述

方式	码速	USF	Pre-coded USF	Radio Block excl.USF and BCS	BCS	Tail	Coded Bits	Punctured Bits	数据速率 Kb/s
CS-1	1/2	3	3	181	40	4	456	0	9.05
CS-2	2/3	3	6	268	16	4	588	132	13.4
CS-3	3/4	3	6	312	16	4	676	220	15.6
CS-4	1	3	12	428	16	-	456	-	21.4

如下图所示为 CS-1，CS-2 和 CS-3 射频协议块结构：

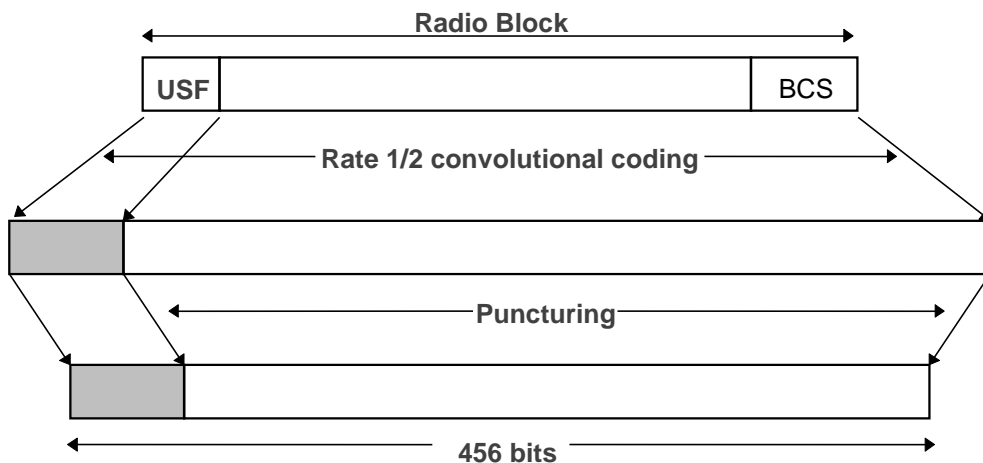


图 52：CS-1，CS-2 和 CS-3 射频协议块结构

下图所示为 CS-4 射频协议块结构：

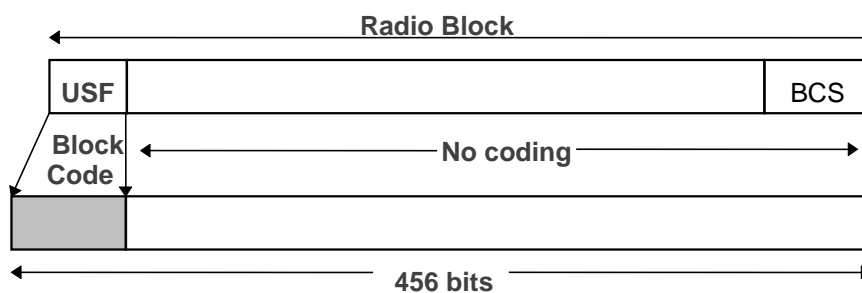


图 53: CS-4 射频协议块结构

10 附录 C GPRS 多时隙

GPRS 规范中，定义了 29 类 GPRS 多时隙模式提供给移动台使用。多时隙类定义了上行和下行的最大速率。表述为 3+1 或者 2+2：第一个数字表示下行时隙数目，第二个数字表示上行时隙数目。Active slots 表示 GPRS 设备上、下行通讯可以同时使用的总时隙数。不同等级的多时隙分配节选表如下表所示：

表 41：不同等级的多时隙分配表

Multislot Class	Downlink Slots	Uplink Slots	Active Slots
1	1	1	2
2	2	1	3
3	2	2	3
4	3	1	4
5	2	2	4
6	3	2	4
7	3	3	4
8	4	1	5
9	3	2	5
10	4	2	5
11	4	3	5
12	4	4	5