



NPLink Mote SDK developer manual

本文档适用于使用 NPLink-Mote-SDK 进行应用开发的研发人员，以及 NPLink 的测试人员。

修订历史记录

日期	版本号	说明
2015.11.03	V0.0.1	创建文档
2015.12.20	V0.0.2	更具最新的 SDK 修改文档

1 相关术语

API	Application Programming Interface
OSAL	Operating System (OS) Abstraction Layer
LoRaWAN	Long Range Wireless Area Network
RO	Read Only
RW	Read and Write

2 代码框架

NPLINK-Mote-SDK 的整体代码体系结构如图 2.1 所示，整体可分为 3 层，分别为：

第 1 层：硬件层，主要包括外设 IO 的驱动、STM32L051 的驱动库文件、以及通信芯片 SX1276/79 的驱动。

第 2 层：OSAL 及 MAC 层，实现了 OSAL 的管理及 MAC 的核心代码，LoRa MAC 以 lib 的形式提供服务。

第 3 层：应用层，包括了自带的 APP task 及用户可自定义的业务逻辑 task。

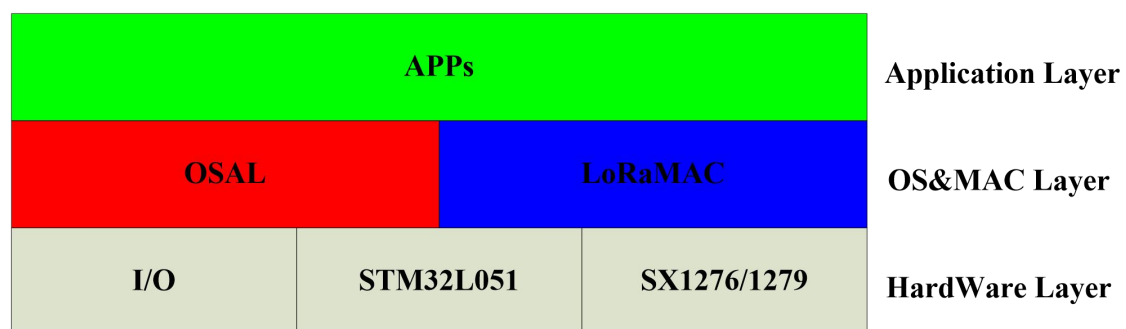


图 2.1 NPLINK-Mote-SDK 的代码体系结构

NPLINK-Mote-SDK 整个工程包含 5 个主模块，主模块下包含若干个功能函数，具体描述如下：

模块名	包含函数	作用及功能
startup	startup_stm32l051xx.s	设置初始堆栈指针（SP）； 初始程序计数器（PC）为复位向量，并在执行 main 函数前初始化系统时钟； 设置向量表入口为异常事件的入口地址；
hal/drivers	system_stm32l0xx.c	STM32l0xx 微控制器专用系统文件
	stm32l0xx_hal.c	STM32l0xx 芯片标准外设库驱动源文件
	stm32l0xx_hal_adc_ex.c	
	stm32l0xx_hal_cortex.c	
	stm32l0xx_hal_gpio.c	
	stm32l0xx_hal_pwr.c	

	stm32l0xx_hal_pwr_ex.c	
	stm32l0xx_hal_rcc.c	
	stm32l0xx_hal_rcc_ex.c	
	stm32l0xx_hal_spi.c	
	stm32l0xx_hal_tim.c	
	stm32l0xx_hal_tim_ex.c	
	stm32l0xx_hal_uart.c	
	stm32l0xx_hal_uart_ex.c	
	stm32l0xx_hal_usart.c	
	stm32l0xx_hal_dma.c	
	stm32l0xx_hal_dac.c	
hal/board	spi_board.c	包含 SPI1 通信功能的初始化、应用及读写的实现，主要用于 MCU 与 SX1276/9 之间的通信
	oled_board.c	用于模块自带 oled 液晶显示屏的初始化以及字符串显示的实现
	led_board.c	NPLink Mote 自带的 2 个 LED 灯的处理
	key_board.c	初始化按键灯及按键模式选择（长按及普通单次按键）
	gpio_board.c.	IO 外部中断的分配及中断处理函数的实现，主要用于 MCU 与 SX 芯片的 IO 中断处理
	rtc_board.c	STM32l0xx 的 RTC 实现，当系统以低功耗方式运行时，系统需要依赖 RTC 进行定时和唤醒。
	uart_board.c	STM32l0xx 的串口 1 实现。
	time-board.c	STM32l0xx 的 TIMER 2 实现，当系统未以低功耗方式运行时，MAC 依赖 TIMER 2 进行延时。
	sx1276-board.c	定义与 SX1276 相连接的 IO 并初始化相应

		的中断，同时对 SX1276 Radio、天线等属性做相应的初始化
	timer.c	实现 MAC 层使用的定时器,用于延时操作,属于逻辑定时器,硬件使用 RTC 或 TIMER 2 定时器实现。
	delay.c	一个简单的 ms 级延时实现
	board.c	目标板通用功能的实现,主要是对目标板电压进行检测。
	utilities.c	辅助函数的实现
hal/radio	sx1276.c	对 SX1276/9 芯片进行初始化、基本配置以及应用的、功能的实现
osal	osal.c	osal 操作标准函数的定义
	osal_memory.c	内存（堆）分配系统
	osal_mutex.c	Mutex 的创建及相应的操作
	osal_tick.c	SysTick_Configuration
	osal_timer.c	osal 定时器的相关操作,包含任务开启、轮寻、结束等操作 osal 定时器做出的相应处理
	osal_app.c	所有任务 ID 的分配及其任务的初始化
mac	LoraMac_osal.h	LoRaWAN MAC 任务头文件
	LoRaMacUsr.h	LoRaWAN MAC 用户接口头文件
	NPLink-Mote-Mac.lib	LoRa MAC 层实现的 lib 文件,是实现无线收发和协议的核心代码。
app	hal_osal.c	硬件抽象层任务,实现硬件的初始化及相关事件处理
	app_osal.c	应用层任务,可与 MAC 层实现数据的交互
	stm32l0xx_hal_it.c	STM32l0xx 芯片中断处理文件
	stm32l0xx_hal_msp.c	STM32l0xx 芯片外设驱动文件

	mian.c	主函数，工程入口点
--	--------	-----------

3 OSAL

关于 OSAL 的 API 接口，详见文档《NPLink OSAL API manual》的描述。

当用户需要定义一个任务时，需撰写实现 2 个函数：初始化函数及事件处理函数，并将这 2 个函数添加到 OSAL 的相应位置即可（osal_app.c 中），示例如下：

```
void osalInitTasks( void )
{
    u8 taskID = 0;
    osal_memset( tasksEvents, 0, (sizeof( u16 ) * tasksCnt) );
    HardWare_Init(taskID++);
    LoRaMAC_Init(taskID++);
    APP_Init(taskID++);
}

const pTaskEventHandlerFn tasksArr[] =
{
    HardWare_ProcessEvent,
    LoRaMAC_ProcessEvent,
    APP_ProcessEvent,
};
```

注意：添加新的 task 后，初始化函数及事件处理函数，在以上 2 处的位置应该严格对应。如 APP_Init 和 APP_ProcessEvent 均位于最后（即第 3 个），由于 HardWare 及 LoRaMAC 任务为基础任务，建议可将新的任务跟在它们后面。

4 数据收发及参数接口

在 APP 任务中，可调用 MAC 的服务器进行参数的设定以及进行数据的收发，在数据收发之前，应进行相应的参数设定，如果未设定参数，则 MAC 层以默认参数运行。

4.1 参数设置及获取 API

NPLink-Mote-SDK 提供 APP 层面及 MAC 层相关的参数配置和获取 API，用户可通过这些 API 函数方便地对工作参数进行设定。

4.1.1 LoRaMac_setAppLayerParameter()

说明：此函数可设置一些 LoRaWAN MAC 的 APP 相关运行参数，支持的参数列表如表 4.1 所示。

注意事项：无。

原型：u8 LoRaMac_setAppLayerParameter(void* pdata_in, u32 parameterIDs);

参数：

void* pdata_in 指向参数的存储空间，应传入 LoRaMacAppPara_t 类型指针。

u32 parameterIDs 参数 ID 号，支持的 ID 号如表 4.1 所示，参数可采用“按位”方式传入，即可以同时设定多个参数，当同时设定多个参数时，将设定的 ID 号“按位或”方式传入即可。

返回值：返回处理的状态，如表 4.2 所示。

表 4.1 NPLINK-Mote LoRaWAN MAC 支持的 APP 参数 ID 号

参数名	参数值	默认值	读/写	含义
PARAMETER_DEV_ADDR	0x00000001		RO	NPLink Mote 的设备地址 DevAddr
PARAMETER_APP_EUI	0x00000002	0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00	RW	LoRaWAN AppEUI 值
PARAMETER_APP_KEY	0x00000004	0x2B,0x7E,0x15,0x16,0x28,0xAE,0xD2,0xA6,0xAB,0xF7,0x15,0x88,0x09,0xCF,0x4F,0x3C	RW	LoRaWAN AppKey，当使用 over-the-air activation 时使用。
PARAMETER_NWK_SKEY	0x00000008	0x2B,0x7E,0x15,0x16,0x28,0xAE,0xD2,0xA6,0xAB,0xF7,0x15,0x88,0x09,0xCF,0x4F,0x3C	RW	LoRaWAN NwkSkey，当 activation by personalization 时使用。

PARAMETER_APP _SKEY	0x00000010	0x2B,0x7E,0x15,0x1 6,0x28,0xAE,0xD2,0 xA6,0xAB,0xF7,0x1 5,0x88,0x09,0xCF,0x 4F,0x3C	RW	LoRaWAN AppSkey，当 activation by personalization 时使用。
------------------------	------------	---	----	--

表 4.2 LoraMAC 支持的操作状态

状态	值	含义
LORAMAC_USR_SUCCESS	0	操作成功
LORAMAC_USR_INVALID_PARAMETER	1	不支持的参数
LORAMAC_USR_FAILURE	0xFF	操作失败

4.1.2 LoRaMac_getAppLayerParameter()

说明：此函数可获取一些 LoRaWAN MAC 的 APP 相关运行参数，支持的参数列表如表 4.1 所示。

注意事项：无。

原型：u8 LoRaMac_getAppLayerParameter(void* pdata_out, u32 parameterIDs);

参数：

void* pdata_out 指向参数的存储空间，应传入 LoRaMacAppPara_t 类型指针。

u32 parameterIDs 参数 ID 号，支持的 ID 号如表 4.1 所示，参数可采用“按位”方式传入，即可以同时设定多个参数，当同时设定多个参数时，将设定的 ID 号“按位或”方式传入即可。

返回值：返回处理的状态，如表 4.2 所示。

4.1.3 LoRaMac_setMacLayerParameter()

说明：此函数可设置一些 LoRaWAN MAC 的 MAC/PHY 相关运行参数，支持的参数列表如表 4.3 所示。

注意事项：无。

原型：u8 LoRaMac_setMacLayerParameter(void* pdata_in, u32 parameterIDs);

参数：

void* pdata_in 指向参数的存储空间，应传入 LoRaMacMacPara_t 类型指针。

u32 parameterIDs 参数 ID 号，支持的 ID 号如表 4.3 所示，参数可采用“按位”方式传入，即可以同时设定多个参数，当同时设定多个参数时，将设定的 ID 号“按位或”方式传入即可。

返回值：返回处理的状态，如表 4.2 所示。

表 4.3 NPLINK-Mote LoRaWAN MAC 支持的 MAC/PHY 参数 ID 号

参数名	参数值	默认值	读/写	含义
PARAMETER_BANDS	0x00000001	{1, TX_POWER_14_DBM, 0, 0}	RW	LoRaWAN 使用的频点，当前支持 1 个频点，
PARAMETER_CHANNELS	0x00000002	{779500000, {((DR_5<<4) DR_0)}, 0}, {779700000, {((DR_5<<4) DR_0)}, 0}, {779900000, {((DR_5<<4) DR_0)}, 0}	RW	LoRaWAN 在频点上使用的信道，当前支持最多 16 个信道。

频点的设定，采用结构体数组的形式，每个成员为一个频点数据结构体，每个频点参数的结构体定义如下：

typedef struct

{

uint16_t DCycle; //频点占空比

int8_t TxMaxPower; //最大发射功率

uint64_t LastTxDoneTime;

```
uint64_t TimeOff;
}PACKED Band_t;
示例： Band = { DutyCycle, TxMaxPower, LastTxDoneTime, TimeOff } = { 1 ,
TX_POWER_14_DBM, 0, 0 }
```

表 4.4 NPLINK-Mote LoRaWAN MAC 支持的发射功率

参数名	定义值	含义
TX_POWER_20_DBM	0	20dBm
TX_POWER_14_DBM	1	14dBm
TX_POWER_11_DBM	2	11dBm
TX_POWER_08_DBM	3	08dBm
TX_POWER_05_DBM	4	05dBm
TX_POWER_02_DBM	5	02dBm

信道的设定，采用结构体数组的形式，每个数组成员为一个信道参数，每个信道参数的结构体定义如下：

```
typedef struct
{
    uint32_t Frequency; //频率(Hz)
    int8_t DrRangeValue; //数据速率范围(最大值 | 最小值)
    uint8_t Band;        // 频点索引
}PACKED ChannelParams_t;
示例： Channel = { Frequency [Hz], { ( ( DrMax << 4 ) | DrMin ) }, Band } =
{ 779500000, { ( ( DR_5 << 4 ) | DR_0 ) }, 0 }
```

定义一个信道，频率为 779500000，速率从 DR_0 到 DR_5，隶属频点索引 0。

表 4.5 NPLINK-Mote LoRaWAN MAC 支持的发送速率

参数名	定义值	含义(扩频因子-带宽)
DR_0	0	SF12 - BW125
DR_1	1	SF11 - BW125

DR_2	2	SF10 - BW125
DR_3	3	SF9 - BW125
DR_4	4	SF8 - BW125
DR_5	5	SF7 - BW125
DR_6	6	SF7 - BW250
DR_7	7	FSK

4.1.4 LoRaMac_getMacLayerParameter()

说明：此函数可获取一些 LoRaWAN MAC 的 MAC/PHY 相关运行参数，支持的参数列表如表 4.3 所示。

注意事项：无。

原 型：u8 LoRaMac_getMacLayerParameter(void* pdata_out, u32 parameterIDs);

参数：

void* pdata_out 指向参数的存储空间，应传入 LoRaMacMacPara_t 类型指针。

u32 parameterIDs 参数 ID 号，支持的 ID 号如表 4.3 所示，参数可采用“按位”方式传入，即可以同时设定多个参数，当同时设定多个参数时，将设定的 ID 号“按位或”方式传入即可。

返回值：返回处理的状态，如表 4.2 所示。

4.2 APP 数据收发 API

4.2.1 发送无线数据

在 NPLink-Mote-SDK 中，收发无线数据通过 OSAL 的消息进行，当有数据需要发送时，通过给 LoRaMAC TASK 发送一个消息，示例如下：

```
pMsgSend = (loraMAC_msg_t*)osal_msg_allocate(18);
if(pMsgSend != NULL)
{
```

```

osal_memset(pMsgSend,0,17);
pMsgSend->msgID = TXREQUEST; //消息类型
pMsgSend->msgLen = 16; //数据长度
for(u8 dataCount = 0; dataCount < 16; dataCount++)
{
    pMsgSend->msgData[dataCount] = dataCount;
}
osal_msg_send(LoraMAC_taskID,(u8*)pMsgSend); // 向 LoRaWAN
MAC 任务发送消息，LoRaWAN MAC 将发送此数据包
}

```

在 LoRaWAN MAC 与 APP 之间传递的消息结构体定义如下：

```

typedef struct loraMAC_msg
{
    uint8 msgID; //消息 ID 号
    uint8 msgLen; //消息长度
    uint8 msgData[64]; //消息数据
}loraMAC_msg_t;

```

4.2.2 接收无线数据

在 NPLink-Mote-SDK 中，通过系统消息的方式来通告数据的接收及处理的反馈（如加入网络、无线包发送完成等），每种“回发的消息”均具有一个唯一的“消息类型”号。目前，支持的消息类型号如下表 4.6 所示。

表 4.6 NPLINK-Mote LoRaWAN MAC 支持的消息类型列表

消息类型定义	定义值	含义
TXDONE	1	发送完成
RXDONE	2	接收完成
TXREQUEST	3	发送请求

代码示例如下：

```
if(events & SYS_EVENT_MSG) //系统消息
{
    //循环接收消息
    while(NULL!=(pMsgRecieve=(loramac_msg_t*)osal_msg_receive(APP_taskID)))
    { //pMsgRecieve[0]为消息类型
        switch(pMsgRecieve->msgID)
        {
            //发送完成
            case TXDONE :
                //进行处理，延时继续发送
                osal_start_timerEx(APP_taskID,APP_PERIOD_SEND, 5000);
                break;

            //接收完成
            case RXDONE:
                memset( Rx_buf,0,32);
                sprintf( Rx_buf,"RXLEN:%d",pMsgRecieve->msgLen);
                OLED_ShowString( 0,16, (u8*)Rx_buf,16 );
                for(u8 dataCount = 0; dataCount < pMsgRecieve->msgLen; dataCount++)
                {
                    sprintf(pRx_buf,"DATA:%d",pMsgRecieve->msgData[dataCount]);
                    pRx_buf += 7;
                }
                OLED_ShowString( 0,32, (u8*)Rx_buf,16 );
                OLED_Refresh_Gram();
                break;

            default://未知的消息类型，不处理
                break;
        }
    }
}
```

```
osal_msg_deallocate((u8*)pMsgRecieve); //释放消息空间
}
return (events ^ SYS_EVENT_MSG);
}
```

注意：目前，LoRaWAN MAC 任务只支持向 APP_taskID 发送“回发的消息”。