User Manual

LM400TU 用户手册

433/470MHz 无线透传模块

V1.07 Date: 2020/04/07

产品用户手册

类别	内容
关键词	LoRa 透传
摘　要	本文讲解了 LoRa 透传模块的使用。

修订历史

文档版本	日期	原因
V1.00	2018/09/28	创建文档
V1.01	2019/03/14	增加无线配置和无线升级的操作说明
V1.02	2019/03/20	增加事件 IO 命令
V1.03	2019/04/19	增加中继节点的说明
V1.04	2019/05/13	增加中继节点白名单功能
V1.05	2019/06/04	增加 RS485 方向控制引脚设置命令，修改模块管脚图
V1.06	2019/07/11	增加模块在线时间配置，发送数据末尾添加 ADC 采样值配置，接收数据末尾添加 RSSI 值
V1.07	2020/04/07	增加密码使能和登录命令

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

目 录

1. 模块简介.....1
1.1 模块更改历史.....1
1.2 功能简介.....1
2. 电气参数.....2
2.1 极限参数.....2
2.2 静态参数.....2
3. 引脚说明.....3
4. 生产制造.....6
4.1 回流焊温度曲线.....6
5. 硬件设计注意事项.....7
5.1 天线匹配.....7
6. 快速使用指南.....8
6.1 配置工具.....8
6.2 数据传输示例.....9
6.3 空中配置示例.....10
6.4 空中固件升级示例.....10
7. 模块配置.....12
7.1 永久参数配置协议.....12
7.2 临时参数配置协议.....36
8. 免责声明.....43

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

1. 模块简介

1.1 模块更改历史

LM400TU 是在 LM400T 上衍生的产品。

1.2 功能简介

LM400TU 模块广州致远电子股份有限公司州致远电子有限公司自主研发的带透传功能的工业级低功耗无线模块，其频率覆盖范围从 400MHz 到 525MHz。模块使用超低功耗 MCU 来搭载 SX1278 收发器，SX1278 采用源自军用战术通信系统的 LoRa 调制技术设计，完美解决了小数据量在低功耗复杂环境中的超远距离通信问题。

相比传统的窄带调制技术，LM400TU 模块采用了扩频调制技术在抑制同频干扰的性能方面也具有明显优势，解决了传统设计方案无法同时兼顾距离、抗扰和低功耗的弊端。另外，芯片集成了+20dBm 的可调功率放大器，实际按照不同通道最大输出功率+19dBm~+18dBm 之间，并可获得-148dBm 的接收灵敏度，链路预算达到了行业领先水平，针对应用于远距离传输且对可靠性要求极高的场合，该方案是不二之选。

为保证产品的稳定可靠性能，在设计过程中，我们对射频方面的性能做了全面、长期的测试；设计中，选用了高频板材和射频专用元器件来保证产品的使用寿命。

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

2. 电气参数

2.1 极限参数

超过以下参数范围时极有可能损坏 LM400TU 模块。

表 2.1 极限参数

参数	限定值	单位
电源电压(VDD)	-0.3 ~ +3.8	V
I/O 电压	-0.3 ~ VDD+0.3	V
最大射频输入功率	+10	dBm
工作温度范围	-40 ~ +85	℃

2.2 静态参数

正常工作状态下 LM400TU 模块电气参数。（25℃）

表 2.2 工作参数

参数	标号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
电源电压	V_{DD}	1.8	3.3	3.6	V	
发送电流	I_{TX_12}	-	120	-	mA	发射功率 18dBm (软件设置 20 dBm)
待机电流	$I_{Standby}$	-	22.2	-	mA	接收状态
休眠电流	I_{Sleep}	-	1	-	μA	完全休眠
定时休眠电流	I_{S_time}	-	2	-	μA	定时器工作
输入逻辑 1 电平	V_{IH}	0.7* V_{DD}	-	-	V	2.7 V≦V_{DD}≦3.6 V
	V_{IH}	0.75*V_{DD}		-	V	1.7 V≦V_{DD}≦2.7 V
输入逻辑 0 电平	V_{IL}	-	-	0.35* V_{DD}	V	2.7 V≦V_{DD}≦3.6 V
	V_{IL}	-	-	0.3* V_{DD}	V	1.7 V≦V_{DD}≦2.7 V
输出逻辑 1 电平	V_{OH}	V_{DD}-0.5	-	-	V	2.7 V≦V_{DD}≦3.6 V,I_{OH} =-5 mA
	V_{OH}	V_{DD}-0.5		-	V	1.7 V≦V_{DD}≦2.7 V,I_{OH} =-2.5 mA
输出逻辑 0 电平	V_{OL}	-	-	0.5	V	2.7 V≦V_{DD}≦3.6 V,I_{OH} =5 mA
	V_{OL}	-	-	0.5	V	1.7 V≦V_{DD}≦2.7 V,I_{OH} =2.5 mA

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

3. 引脚说明

透传固件模块引脚分布图如图 3.1 所示。

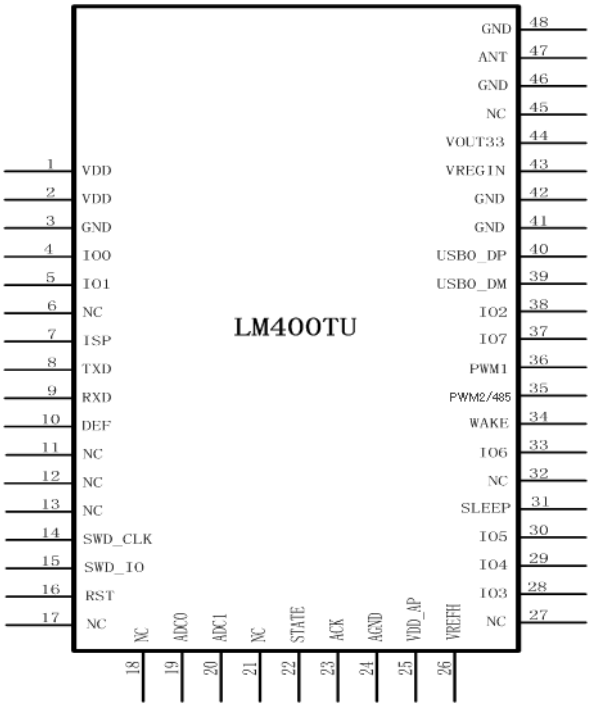

图 3.1　透传固件模块引脚分布图

引脚功能如表 3.1 所示。

表 3.1　引脚及其功能

引脚号	引脚名称	类型	使用描述
1	VDD	S④	+3.3V 数字电源
2	VDD	S	+3.3V 数字电源
3	GND	S	电源地
4	IO0	I/O	透传固件 IO 口
5	IO1	I/O	透传固件 IO 口
6	NC	—	悬空处理不可接地
7	ISP	I	拉低 ISP 再拉低 RST 进入编程模式
8	TXD	O	串口发送引脚
9	RXD	I	串口接收引脚
10	DEF①	I	恢复出厂引脚
11	NC	—	悬空处理不可接地

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

续上表

12	NC	—	悬空处理不可接地
13	NC	—	悬空处理不可接地
14	SWD_CLK	I	SWD 时钟引脚
15	SWD_IO	I/O	SWD 数据引脚
16	RST	I	复位，至少保持 100ns 低电平复位
17	NC	—	悬空处理不可接地
18	NC	—	悬空处理不可接地
19	ADC0	I	透传固件 ADC 引脚
20	ADC1	I	透传固件 ADC 引脚
21	NC	—	悬空处理不可接地
22	STATE	O	程序运行脚，500ms 跳变一次，可监控程序是否运行
23	ACK②	O	ACK 接收指示引脚
24	AGND	S	模拟电源地
25	VDD_AP⑤	S	+3.3V 模拟电源
26	VREFH③	I	ADC 参考电压引脚
27	NC	—	悬空处理不可接地
28	IO3	I/O	透传固件 IO 口
29	IO4	I/O	透传固件 IO 口
30	IO5	I/O	透传固件 IO 口 / 自组网配置引脚（JOIN）
31	SLEEP	I	休眠引脚
32	NC	—	悬空处理不可接地
33	IO6	I/O	透传固件 IO 口
34	WAKE	I	唤醒引脚
35	PWM2 / 485	O	透传固件 PWM 引脚 / RS485 方向控制引脚
36	PWM1	O	透传固件 PWM 引脚
37	IO7	I/O	透传固件 IO 口 / 自组网配置引脚（DETECT）
38	IO2	I/O	透传固件 IO 口
39	USB0_DM	—	悬空处理不可接地
40	USB0_DP	—	悬空处理不可接地
41	GND	S	电源地

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

续上表

42	GND	S	电源地
43	VREGIN	—	悬空处理不可接地
44	VOUT33	—	悬空处理不可接地
45	NC	—	悬空处理不可接地
46	GND	S	电源地
47	ANT	O	RF 信号输出
48	GND	S	电源地

注① ：DEF 引脚内部上拉，模块复位或上电之前拉低该引脚则模块参数恢复出厂设置。

②：ACK 引脚初始为低，收到 ACK 回复后产生高脉冲（约 3ms），依此引脚判断目标节点有无收到数据。

③：VREFH 引脚，从此引脚输入 ADC 参考电压，若不使用 ADC 功能可悬空处理，透传固件需要用到 ADC 外设，电路设计需要连接 AGND、VDD_AP、VREFH。可以把 AGND 跟 GND 连接，VDD_AP、VREFH 跟 VDD 连接。

④：电源引脚。

⑤：KL26 模拟外设电源，不包括射频部分电源。

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

4. 生产制造

4.1 回流焊温度曲线

LM400TU 模块在回流焊过程中，建议遵循及焊料制造商指南进行操作。

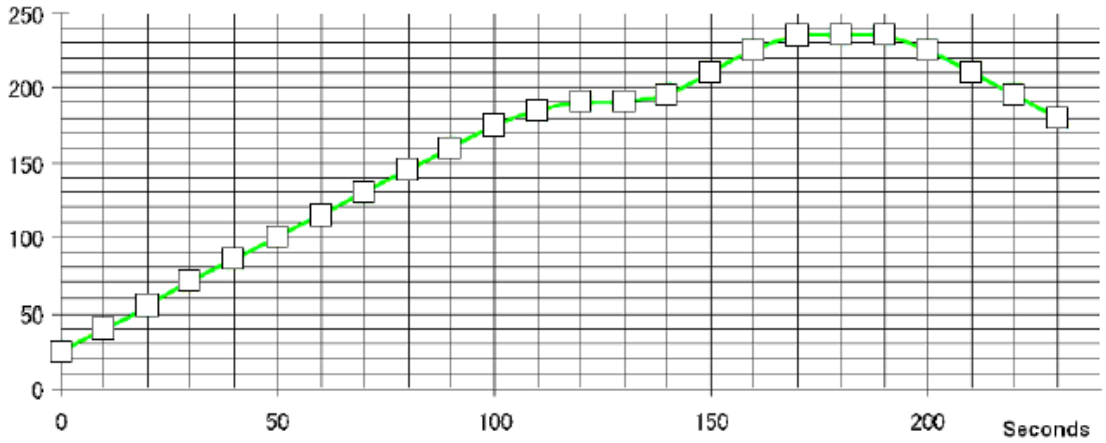

图 4.1 回流焊温度曲线图

表 4.1 回流焊温度时间对照表

温度（℃）	25~160℃	160~190℃	> 220℃	230~Pk.	Pk. Temp (235℃)
接触时间（s）	90~130	30~60	20 ~ 50	10~15	150~270

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

5. 硬件设计注意事项

5.1 天线匹配

实际使用中，出现最多的是天线匹配问题，建议用户在设计原理图时，加入图 6.1 所示的 π 型匹配网络。一般情况，如果天线已经是 50Ω 的，电容 C1 选用 270pF 电容即可（其在 400~525MHz 频段上等效于一个短路器件），C2 和 C3 不需焊接,如果天线不匹配，则需要使用网络分析仪测量阻抗再确定 C1、C2、C3 的取值。模块 ANT 引脚到天线端的走线路径要尽可能短，建议走线线宽为 2~3mm，长度不超过 30mm。从以往经验来看，在 400~525MHz 频段走线阻抗失配带来的影响不是很大，而走线线宽偏小带来的插入损耗往往比较严重。C1 选型建议使用 murata 通信应用系列的，比如型号 GRM1555C1H271。

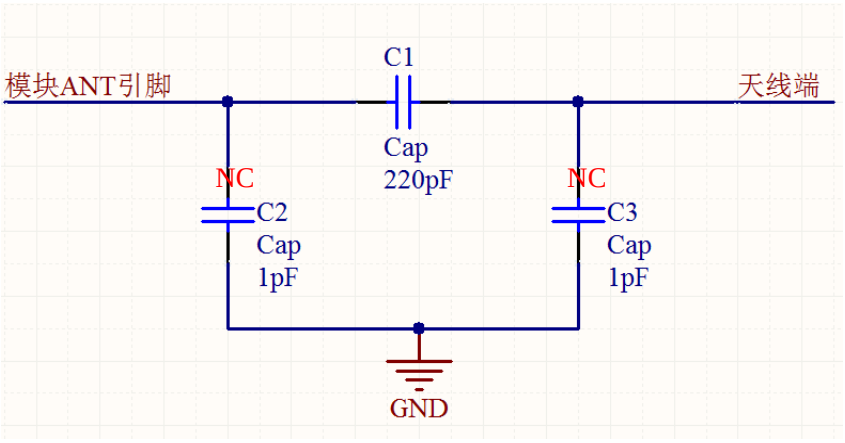

图 5.1 π 型匹配电路示例

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

6. 快速使用指南

快速使用指南是采用 LM400TU Demo Board 评估板搭载 LM400TU 模块，实现两个模块之间透明传输数据、无线空中配置及空中固件升级应用的演示过程。在本节中将以 LM400TU Demo Board 评估套件为基础，简单讲解 LM400TU 配置工具的使用方法以及两个模块实现两点间通信、空中配置和空中固件升级的例子。

示例前提：两块 LM400TU Demo Board 评估板、一台电脑。

6.1 配置工具

把 LM400TU Demo Board 评估板通过 USB 线连接电脑，并安装驱动，在电脑上将出现 USB 转串口的设备。

安装 LM400TU 的图形配置工具，配置工具可在官网 www.zlg.cn 下载。用户通过该配置工具可以方便地对模块的运行参数进行配置。图形配置工具实现的是 LM400TU 模块永久配置协议，用户可通过图形配置工具也可通过串口发送永久配置命令实现对模块永久参数的配置。

图形配置工具配置的步骤如下：

1. 打开配置工具，选择连接 LM400TU Demo Board 评估板的串口，设备类型选择 LoRa，串口参数按照模块配置的串口参数设置（模块出厂的默认参数是波特是 115200、8 位数据位、1 位停止位、无校验），点击【打开串口】，然后点击【连接设备】，提示设备连接成功，如图 6.1 所示。

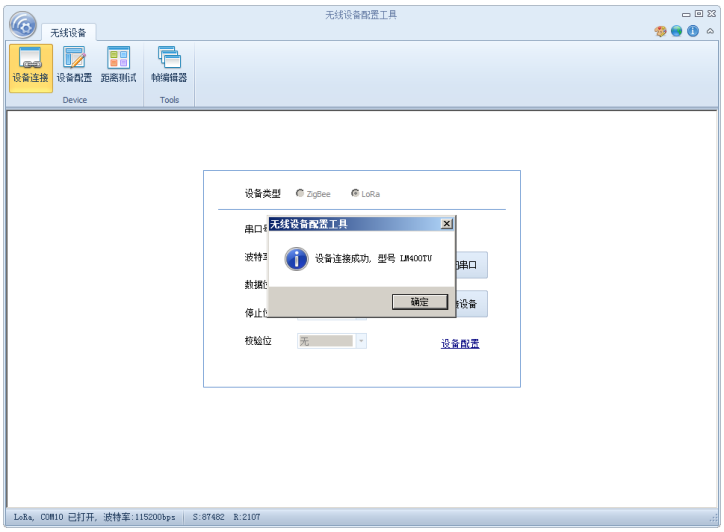

图 6.1 连接设备

2. 选择【设备配置】页面，可查看到设备的配置信息，通过双击左边的【本地设备】列表，可重新获取模块的配置信息，根据实际应用修改模块的参数后，点击【保存配置】即完成模块的配置，如图 6.2 所示。

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

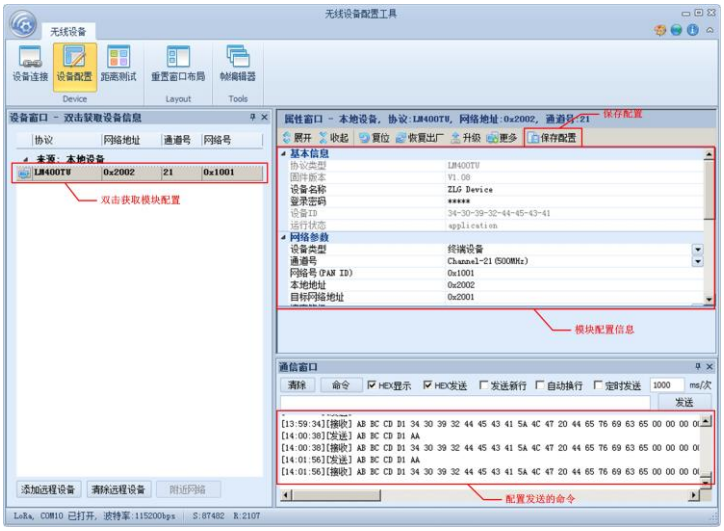

图 6.2　模块配置页面

6.2　数据传输示例

把两个评估板的本地网络地址和目标网络地址交叉设置，其他参数保持相同，两个评估板模块相互间就能透明收发数据，配置两个评估板模块参数如图 6.3 所示。

图 6.3　模块配置

两个评估板模块配置好后，使用串口调试助手，模块相互间就能透明收发数据，如图 6.4 所示。

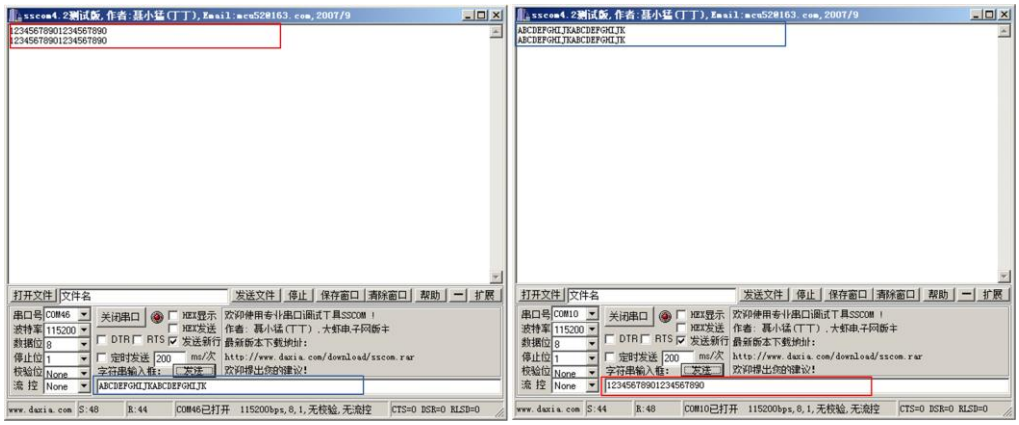

图 6.4　模块透明传输数据

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

6.3 空中配置示例

把其中一个评估板连接电脑，按照 6.1 节的操作，获取到模块的配置信息，点击【添加远程设备】，在弹出的添加远程设备对话框里【通道号】选择需要搜索的模块的通道号，【速率等级】选择搜索模块对应的速率等级，并点击【搜索】按钮，本地模块开始发送搜索命令，等待信号覆盖范围内的节点返回搜索应答，如图 6.5 所示。

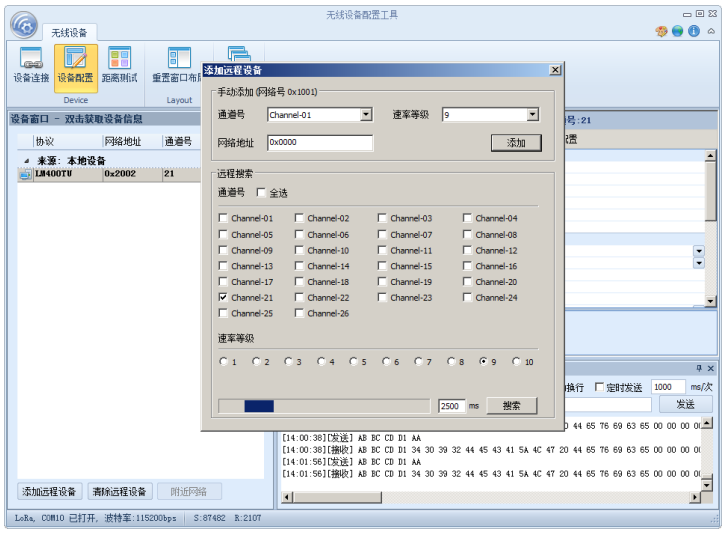

图 6.5 搜索节点设置

等待本地模块搜索完成，搜索到的远程设备列表在配置工具左边的【远程设备】里。双击需要获取配置的远程设备，将获取到远程设备模块的配置信息，根据实际的应用参数对远程设备模块进行配置，然后点击【保存配置】即可完成对远程设备模块的参数配置，如图 6.6 所示。

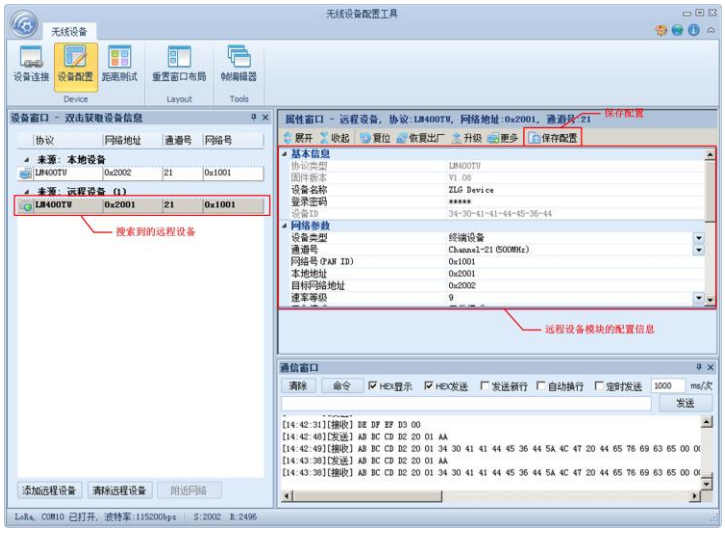

图 6.6 获取远程设备配置

6.4 空中固件升级示例

按照 6.3 节的操作使用本地模块搜索出附近的远程设备，在【远程设备】列表里，选择需要固件升级的远程设备，并双击获取远程设备的配置信息，点击【升级】按钮，在弹出的固件升级对话框里，【浏览】选择 bin 格式的升级固件，点击【升级】按钮，开始对选定的

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

远程设备模块进行空中固件升级，如图 6.7 所示。

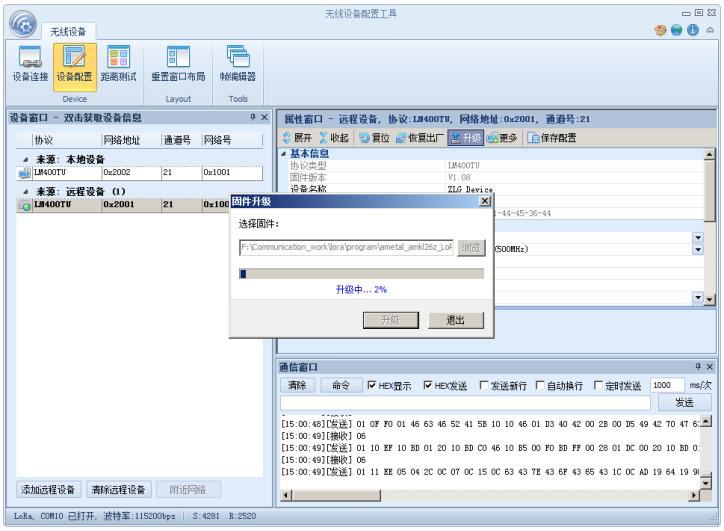

图 6.7　执行空中升级操作

等待空中升级完成，升级成功，如图 6.8 所示。远程设备模块固件升级完成后将自动重启并运行新的固件。

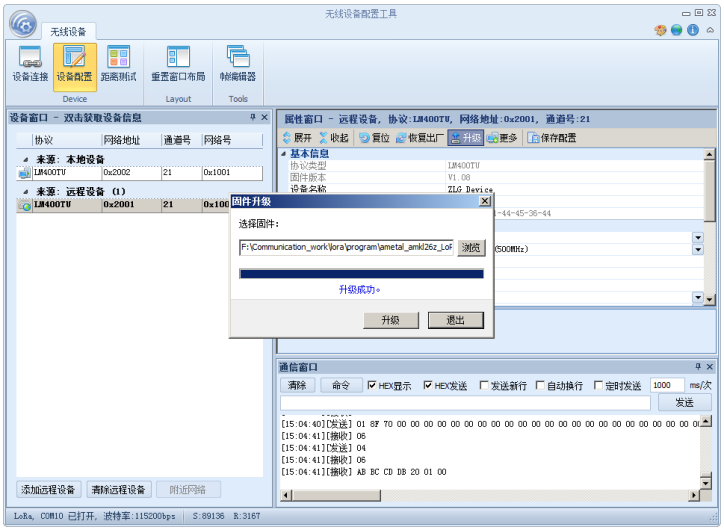

图 6.8　空中升级完成

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

7. 模块配置

LM400TU 模块支持两种参数配置协议：永久参数配置协议和临时参数配置协议。永久参数配置协议配置的参数是保存在模块的非易失性存储区，配置参数可掉电保存，模块在上电的时候使用永久参数运行。临时参数配置协议配置的参数是保存在模块的 RAM 里，不能掉电保存，用户在使用了临时参数配置协议配置后，模块就开始使用临时参数运行，当模块发生复位、重启等操作后，临时参数失效，模块重新使用永久的参数运行，通常临时参数是用户经常需要改变的参数。

7.1 永久参数配置协议

LM400TU 模块的永久参数配置协议命令帧格式如表 7.1 所示。

表 7.1 配置协议命令

3 字节（协议标志）	1 字节	N 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	命令标识符	命令实体	AA

永久参数配置协议共有 30 条命令，命令标识符如表 7.2 所示。

表 7.2 永久参数配置协议命令标识

命令类型	命令标识符	备注
读取本地模块配置	0xD1	
获取远程模块配置	0xD2	
修改模块配置	0xD3	参数配置后立即生效
工作模式配置	0xD4	参数配置后立即生效
搜索	0xD5	
复位模块	0xD6	
恢复出厂设置	0xD7	重启后使用默认参数运行
接收数据头包含源地址	0xD8	参数配置后立即生效
发送数据头包含目标地址	0xD9	参数配置后立即生效
进入无线升级模式	0xDA	
固件升级	0xDB	
中继白名单	0xDC	参数配置后立即生效
I/O 方向设置	0xE1	参数配置后立即生效
IO/AD 采集设置	0xE2	重启后生效
I/O 控制输出	0xE3	参数配置后立即生效
PWM 控制输出	0xE4	参数配置后立即生效
启动自组网功能	0xE5	自组网命令 参数配置后立即生效
主机允许从机加入网络	0xE6	
从机加入网络	0xE7	
查询主机存储的从机信息	0xE8	
查询主从机状态	0xE9	
组网形式配置	0xEA	
删除主机存储的从机信息	0xEB	

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

事件 IO 设置	0xED	参数配置后立即生效
RS485 方向控制引脚设置	0xEE	参数配置后立即生效
模块在线时间配置	0xEF	重启后生效
发送数据末尾添加 ADC 采样值	0xF0	参数配置后立即生效
接收数据末尾添加 RSSI 值	0xF1	参数配置后立即生效
模块密码使能	0xF9	恢复出厂设置，不使能模块密码
模块登录	0xFA	如果模块使能了密码，需要先登录才能修改配置

各配置命令帧返回的应答帧中包含有各种操作的响应状态，各响应状态如表 7.3 所示。在返回的应答帧中，只有响应状态为 OK 时，应答帧中的响应参数才有效。

表 7.3 配置命令响应状态

响应状态	错误码	备注
OK	0x00	操作成功
LENGTH_FAUSE	0x01	命令长度错误
ADDRESS_FAUSE	0x02	地址错误
WRITE_FAUSE	0x03	参数保存失败
PARA_FAUSE	0x04	参数错误
OTHER_FAUSE	0x05	其他错误
FIRMWARE_TYPE_FAUSE	0x06	固件类型错误
FIRMWARE_CRC_FAUSE	0x07	固件校验错误
FIRMWARE_WRITE_FAUSE	0x08	固件保存失败

1. 读取本地模块配置

读取本地模块的配置信息发送如表 7.4 所示的命令。

表 7.4 读取本地配置命令

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	D1	AA

配置信息读取成功应答如表 7.5 所示。

表 7.5 读取本地配置应答报文

3 字节（协议标志）	1 字节	67 字节	1 字节	2 字节	2 字节
AB BC CD	D1	模块配置信息	运行状态	固件类型	固件版本

运行状态为 0x55 表示模块当前运行在 bootloader 状态，为 0xAA 表示当前运行在应用程序状态；模块配置信息如表 7.6 所示；固件类型：0x0100；固件版本为模块的固件版本号，如模块固件版本号为 V1.02，固件版本的值为 0x01、0x02。

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

表 7.6　模块配置信息

信息	偏移地址	长度（字节）	备注	默认值
DevID	0	8	设备 ID	每个模块都具有唯一 ID 号，该参数不能配置。
DevName	8	16	设备名称	ZLG Device
DevPwd	24	16	设备密码	88888
DevType	40	1	设备类型【1】 0：终端设备 1：中继设备	0
WorkMode	41	1	工作模式 0：正常模式 1：唤醒模式 2：定时休眠模式	0
Chan	42	1	物理信道，设置值：1~26　【2】	15
AiryRate	43	1	空中速率等级，设置值：1~10【3】	9
PowerLevel	44	1	发射功率，设置值：1~6　【4】	6
Reserve	45	1	保留	0
PanID	46	2	网络 ID	0x1001
MyAddr	48	2	本地网络地址	0x2001
DstAddr	50	2	目标网络地址	0x2002
RetryNum	52	1	发送数据重试次数	5
TranTimeout	53	1	发送数据重试时间间隔（单位：10ms）	50
SleepTime	54	4	休眠时间（单位：ms）	1000
SendToUartTime	58	2	串口转发延时（单位：ms）	10
SerialRate	60	1	串口波特率【5】	7
SerialDataB	61	1	串口数据位【6】	8
SerialStopB	62	1	串口停止位【7】	1
SerialParityB	63	1	串口校验位【8】	0
SerialInterval	64	1	帧间隔时间（单位：ms）	4
Reserve	65	1	保留	100
SendMode	66	1	发送模式： 0：单播 1：广播	0

(1) 设备类型：值为 0~1，0 为配置模块为终端设备，1 为配置模块为中继设备。模块配置为中继设备时，模块在接收到不属于自己的报文时，模块自动把该帧报文进行中继转发，使节点间的通讯距离延长。中继设备跟终端设备一样，在网络中必须配置为唯一的地址。在自组网模式下，中继设备必须加入到主机网络里，才可以在这个主机网络里作为中继信号使用。一个网络最多支持两个中继，当网络中只安装一个中继时，建议把中继设备的本地地址配置为偶数的地址，配置为偶数地址的中继设备，中继信号的时间会比配置为奇数地址的中继设备中继信号的时间要快。

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

(2) 物理信道：值为 1~26，各信道对应的载波频率如表 7.7 所示。

表 7.7 物理信道与载波频率对应表

设置值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
频率（MHz）	400	405	410	415	420	425	430	435	440	445
设置值	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
频率（MHz）	450	455	460	465	470	475	480	485	490	495
设置值	21	22	23	24	25	26				
频率（MHz）	500	505	510	515	520	525				

(3) 空中速率等级：值为 1~10，对应的空中速率如表 7.8 所示，

表 7.8 空中速率等级设置值

设置值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
等效速率（bps）	116	216	406	764	1146	1365	2051	4101	8202	16404

(4) 发射功率，值为：1~6，对应的发射功率为： 5dBm、8dBm、11dBm、14dBm、17dBm、20dBm。

(5) 串口波特率：值为 1～7，对应的串口波特率为：2400、4800、9600、19200、38400、57600、115200。

(6) 数据位：8

(7) 停止位：1～2

(8) 校验位：校验位为 0，表示无校验；校验位为 1，表示奇校验；校验位为 2，表示偶校验。

命令实例（以下的命令实例，CMD 为下发的命令，RSP 为模块的应答）：读取本地模块配置

CMD: AB BC CD D1 AA

RSP: AB BC CD D1 34 39 36 44 34 45 37 44 5A 4C 47 20 44 65 76 69 63 65 00 00 00 00 00 00 38 38 38 38 38 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0F 09 06 00 10 01 20 01 20 02 05 32 00 00 03 E8 00 0A 07 08 01 00 04 64 00 AA 01 00 01 11

2. 获取远程模块配置

为了获取远程其它节点的配置信息，可通过向本机模块发如表 7.9 所示命令。

表 7.9 获取远程配置命令

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	D2	目标网络地址	AA

远程的节点返回包含自己所有配置信息的数据包，回应报文如表 7.10 所示。

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

表 7.10 获取远程配置应答报文

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	67 字节	2 字节	2 字节
AB BC CD	D2	目标网络地址	模块配置信息	固件类型	固件版本

命令实例：获取远程模块配置

CMD: AB BC CD D2 20 01 AA

RSP: AB BC CD D2 20 01 34 30 39 37 41 45 41 32 5A 4C 47 20 44 65 76 69 63 65 00 00 00 00 00 00 38 38 38 38 38 38 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 14 09 06 00 10 01 20 01 20 02 05 32 00 00 03 E8 00 0A 07 08 01 00 02 64 00 01 00 01 00

3. 修改模块配置

修改本机或远程节点模块的配置信息发送如表 7.11 所示的命令，通过网络地址区分是本机或远程节点模块，使用该命令配置模块参数后，模块立即使用新的参数运行。

表 7.11 修改配置命令

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	67 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	D3	网络地址	模块配置信息	AA

设置成功回应报文如表 7.12 所示：

表 7.12 修改配置应答报文

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节
AB BC CD	D3	网络地址	响应状态

命令实例：修改模块配置

CMD: AB BC CD D3 20 01 32 41 45 41 37 39 30 34 5A 4C 47 20 44 65 76 69 63 65 00 00 00 00 00 00 38 38 38 38 38 38 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 14 09 06 00 10 01 20 01 20 03 05 32 00 00 03 E8 00 0A 07 08 01 00 02 64 00 AA

RSP: AB BC CD D3 20 01 00

4. 工作模式配置

模块有三种工作模式：正常模式、唤醒模式、定时休眠模式。除了通过【修改模块配置】命令修改外，也可以通过如表 7.13 所示命令单独配置模块的工作模式，使用该命令配置模块工作模式后，模块立即使用新的工作模式运行。

表 7.13 修改工作模式命令

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	D4	网络地址	工作模式	AA

修改工作模式配置回应报文如表 7.14 所示。

表 7.14 修改工作模式应答报文

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节
AB BC CD	D4	网络地址	响应状态

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

模块工作模式说明：

正常模式

当模块接收到串口数据时，切换到发送模式开始发送前导码、帧头和数据，发送结束，切换回接收模式。这种模式发送的前导码是 8 个符号长度，能实现快速地发送和接收数据。模块工作在正常模式时当 SLEEP 引脚接低电平时，模块进入深度休眠状态，通过 WAKE 引脚的下降沿唤醒模块，或直接复位模块让模块重新进入正常模式。模块进入深度休眠后不能进行空中唤醒，只能通过 WAKE 引脚或直接复位模块来唤醒模块让模块进入正常模式。

唤醒模式

模块工作在唤醒模式，工作方式跟正常模式一样，区别是发送数据时，发送的前导码时间为模块配置的休眠时间，工作在这种模式的模块发送数据用于唤醒工作在定时休眠模式的模块，需要注意的是，由于发送数据时发送的前导码的时间为模块配置的休眠时间，如果模块配置的休眠时间过长，则模块发送数据的时间就相应变长。通常在一点对多点的网络结构里，主节点配置为唤醒模式，从节点配置为定时休眠模式。

速率等级为 10 时，模块发送的最长前导码时间是 16S，速率等级为 9 时，最长是 33S，其他等级最长是 65S。

定时休眠模式

模块工作在这种模式，模块会按照配置的休眠时间进入低功耗休眠状态，休眠时间到时会自动唤醒然后侦听空中是否有前导码，没有监听到前导码，继续进入休眠状态，如果监听到前导码，继续接收数据，并检查是否是属于发给自己的数据，如果不是，就停止继续接收后面的数据，直接进入休眠状态，降低模块功耗。当模块处于休眠状态时，也可使用 WAKE 引脚的下降延使模块唤醒，当 WAKE 引脚保持为低电平时，模块一直处于唤醒状态，当 WAKE 引脚为高电平时，模块重新进入定时休眠模式。这种模式适合于在一点对多点的网络结构里，从节点需要定时查看主节点是否有控制命令下发的应用，这时主节点模块需要工作在唤醒模式。

命令实例：修改模块配置

```
CMD:  AB BC CD D4 20 01 01 AA
RSP:  AB BC CD D4 20 01 00
```

5. 搜索

向模块发送如表 7.15 所示的命令，可搜索信号能到达的其他模块节点的信息。本地模块接收到该命令后，会向本物理信道的其他模块发出广播搜索包，接收到广播搜索包的模块会应答此广播，将自己的相关基本信息返回到搜索发起节点。

表 7.15 搜索命令

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	D5	AA

搜索成功回应报文如表 7.16 所示。

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

表 7.16 搜索应答报文

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节	2 字节
AB BC CD	D5	网络地址	物理信道	空中速率	固件类型

命令实例：搜索

CMD: AB BC CD D5 AA
RSP: AB BC CD D5 20 02 14 05 01 00

6. 复位

向模块发送如表 7.17 所示的命令使模块复位，根据网络地址可使本地或远程模块节点复位。

表 7.17 复位命令

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	D6	网络地址	AA

发送复位命令回应报文如表 7.18 所示。

表 7.18 复位应答报文

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节
AB BC CD	D6	网络地址	响应状态

命令实例：复位

CMD: AB BC CD D6 20 01 AA
RSP: AB BC CD D6 20 01 00

7. 恢复出厂设置

向模块发送如表 7.19 所示的命令使模块恢复出厂设置，根据网络地址可使本地或远程模块节点恢复出厂设置。

表 7.19 恢复出厂设置命令

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	D7	网络地址	AA

恢复出厂设置帧应答报文如表 7.20 所示。

表 7.20 恢复出厂设置应答报文

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节
AB BC CD	D7	网络地址	响应状态

命令实例：恢复出厂设置

CMD: AB BC CD D7 20 01 AA
RSP: AB BC CD D7 20 01 00

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

8. 接收数据头包含源地址

模块支持透明的方式接收数据，当多点往一点发送数据时，用户无法知道当前接收到的数据包是从哪个节点发送过来，通过设置接收数据头包含源地址的方式，可把发送数据节点的地址加在接收数据包的前面，让用户知道当前数据包是从哪个节点发送过来。源地址按照大端的模式输出，即先输出高 8 位地址，再输出低 8 位地址。设置接收数据头包含源地址命令如表 7.21 所示。

表 7.21 接收数据头包含源地址命令

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	D8	网络地址	R/W	包头设定值	AA

当包头设定值为 1 时，模块在收到一帧数据时，数据包的前 2 个字节为数据包源节点的网络地址，当包头设定值为 0 时，接收的数据帧不包含源节点的网络地址。R/W 字节如果为 0，表示该命令为读参数命令，为非 0 表示写参数命令，当为读参数命令时，该命令包头设定值字节的参数忽略。

接收数据头包含源地址帧应答报文如表 7.22 所示。

表 7.22 接收数据头包含源地址应答报文

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节
AB BC CD	D8	网络地址	包头设定值	响应状态

命令实例：接收数据头包含源地址

```
CMD:  AB BC CD D8 20 01 01 01 AA   // 设置 0x2001 地址的模块在接收到数据时，包头包含源地址
RSP:  AB BC CD D8 20 01 01 00
```

9. 发送数据头包含目标地址

当用户需要频繁切换目标地址，往多个节点发送数据时，可使能发送数据头包含目标地址的功能。使能发送数据头包含目标地址后，用户往模块串口发数据时，把目的地址的两个字节数据放在数据包前面连同要发送的数据包一起发给模块，模块会根据添加的目标地址往该目标节点发送数据。目标地址需要按照大端模式发送，即先发送高 8 位地址，再发送低 8 位地址。发送数据头包含目标地址的命令如表 7.23 所示。

表 7.23 发送数据头包含目标地址命令

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	D9	网络地址	R/W	包头设定值	AA

当包头设定值为 1 时，模块串口收到数据后，把数据包的前面两个字节数据作为目标地址发送，当包头设定值为 0 时，模块串口收到数据后，把数据透传发到配置的目标地址。R/W 字节如果为 0，表示该命令为读参数命令，为非 0 表示写参数命令，当为读参数命令时，该命令包头设定值字节的参数忽略。

发送数据头包含目标地址应答报文如表 7.24 所示。

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

表 7.24 发送数据头包含目标地址应答报文

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节
AB BC CD	D9	网络地址	包头设定值	响应状态

命令实例：发送数据头包含目标地址

```
CMD:  AB BC CD D9 20 01 01 01 AA   // 设置 0x2001 地址的模块在发送数据时，把数据的前两个字节作为目标地址
RSP:  AB BC CD D9 20 01 01 00
```

10. 进入无线升级模式

模块支持串口和空中升级两种方式，在进行固件升级前，需要先把模块进入升级模式，再发送固件升级命令。

本地串口升级进入升级模式的方法为：先把 ISP 引脚接地，然后把模块上电，模块即进入本地串口升级模式。

无线升级进入升级模式的方法为：使用本机模块向目标模块发送进入无线升级模式命令，目标模块接收到命令后，即进入无线升级模式。进入无线升级模式的命令如表 7.25 所示。

表 7.25 进入无线升级模式命令

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	2 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	DA	网络地址	固件类型	AA

固件类型通过读取本机模块配置获取，网络地址为需要进入无线升级模式的目标地址，该地址不能为本机模块的地址。

当固件升级失败，模块将一直处于无线升级模式，用户可重新对模块进行无线升级。

进入无线升级模式返回的应答报文如表 7.26 所示。

表 7.26 进入无线升级模式应答

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节
AB BC CD	DA	网络地址	响应状态

命令实例：进入无线升级模式

```
CMD:  AB BC CD DA 20 01 01 00 AA   // 让远端 0x2001 地址的模块进入无线升级模式
RSP:  AB BC CD DA 20 01 00
```

11. 固件升级

模块支持串口和空中升级两种方式。当目标模块进入升级模式后，开始发送固件升级命令，升级模块的固件。发送固件升级的命令如表 7.27 所示。

表 7.27 固件升级命令

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	2 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	DB	网络地址	固件类型	AA

固件类型通过读取本机模块配置获取，当网络地址为本机模块的地址时执行的是本机模

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

块的串口升级，当网络地址为其他地址时，通过本机模块对指定地址的模块进行空中升级。

模块接收到升级命令后开始使用 xmodem 协议进行升级。

通过本机模块对远程模块进行空中升级时，通过串口给本机模块发送升级命令，本机模块把命令转发给目标模块后，目标模块就通过本机模块透传使用 xmodem 协议进行升级。

升级结束后模块返回的应答报文如表 7.28 所示。

表 7.28 升级命令应答报文

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节
AB BC CD	DB	网络地址	响应状态

12. 中继白名单

模块支持中继信号的功能，当模块配置为中继设备时，模块在接收到不属于自己的报文时，模块自动把该帧报文进行中继转发，使节点间的通讯距离延长。使用中继白名单命令可配置模块选择性的转发部分报文，使模块只转发在白名单里的源地址的报文。设置中继白名单命令如表 7.29 所示。模块最多支持设置 20 个中继白名单。

表 7.29 设置中继白名单

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	2*N 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	DC	网络地址	白名单个数（N）	白名单	AA

设置中继白名单命令后模块返回的应答报文如表 7.30 所示。

表 7.30 设置中继白名单应答报文

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节
AB BC CD	DC	网络地址	响应状态

命令实例：设置中继白名单

```
CMD:  AB BC CD DC 00 01 02 20 01 20 02 AA     // 设置 0x0001 的模块只转发 0x2001 和 0x2002 发送的报文
RSP:  AB BC CD DC 00 01 00
```

13. I/O 方向设置

模块有 8 路的 IO，在进行模块的 IO 操作时，需要先设置模块 IO 的输入输出方向，设置的模块 I/O 方向的命令如表 7.31 所示。

表 7.31 I/O 方向设置命令

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	E1	网络地址	R/W	IO	AA

IO 字节的 bit0~bit7 对应为 IO0~IO7。其相应位为 1，表示 I/O 为输出；其相应位为 0，表示 I/O 为输入，可设置本地 I/O 或远程 I/O。R/W 字节如果为 0，表示该命令为读参数命令，为非 0 表示写参数命令，当为读参数命令时，该命令 IO 字节的参数忽略

I/O 方向设置应答报文如表 7.32 所示。

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

表 7.32 I/O 方向设置应答报文

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节
AB BC CD	E1	网络地址	IO	响应状态

命令实例：I/O 方向设置

```
CMD:  AB BC CD E1 20 01 01 58 AA   // 设置 0x2001 地址的模块 IO3、IO4、IO6 设置为输出
RSP:  AB BC CD E1 20 01 58 00
```

14. IO/AD 采集设置

模块有 8 路的 IO 和 2 路的 AD，IO/AD 采集设置命令可设定模块 IO 触发上传 IO 和 AD 状态及根据配置的周期时间定时上传 IO 和 AD 状态，设置的命令如表 7.33 所示。

表 7.33 IO/AD 采集设置命令

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	E2	网络地址	R/W	IO	周期	是否休眠	AA

IO 字节的 bit0~bit7 对应为 IO0~IO7。当这些位为 1 时，表示上升沿触发，为 0 时，表示下降沿触发。

注意：模块只有 IO6 可设置为唤醒模块引脚，其他 IO 引脚不能设置为唤醒模块使用。

周期的单位为 10ms，最大可设置的值为 65535，即设置的最大周期为 655350ms。

是否休眠字节指示模块是否处于休眠状态，该字节为 1 表示模块处于休眠状态，IO 根据配置的状态发生变化时唤醒模块，并向目标节点地址发送 IO/AD 采集帧，如果周期大于 0，模块除了可以 IO 唤醒外，还会根据周期定时唤醒，然后向目标节点地址发送 IO/AD 采集帧，当发送完 IO/AD 采集帧后，模块重新进入休眠状态，该字节为 0 表示模块不休眠。

模块的工作模式分为以下四种情况：

在模块设置休眠的情况下分两种情况：

- 周期大于 0，模块按照设定周期定时唤醒并上传 IO 和 AD 数据或根据 IO 触发状态 IO 唤醒并上传 IO 和 AD 数据，数据上传完毕模块重新进入定时休眠；
- 周期等于 0，模块只能根据 IO 触发状态 IO 唤醒并上传 IO 和 AD 数据，然后模块进入深度休眠，深度休眠比定时休眠的功耗要低。

在模块设置不休眠的情况下分两种情况：

- 周期大于 0，模块根据设定的周期定时上传 IO 和 AD 数据，并且串口透明转发用户数据；
- 周期等于 0，模块不会定时上传 IO 和 AD 数据，表示定时和触发上传 IO 和 AD 的功能无效，只能串口透明转发用户数据。

命令中 R/W 字节如果为 0，表示该命令为读参数命令，为非 0 表示写参数命令，当为读参数命令时，该命令 IO、周期、是否休眠等参数忽略。

注意：设置该命令后模块处于休眠状态时，通过把 WAKE 引脚拉低，可使模块不休眠，方便用户对模块进行配置或透传数据，用户配置完成后，把 WAKE 引脚拉高或悬空，模块根据配置的参数重新进入休眠状态。

IO/AD 采集设置应答报文如表 7.34 所示。

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

表 7.34 IO/AD 采集设置应答报文

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节
AB BC CD	E2	网络地址	IO	周期	是否休眠	响应状态

模块 IO 触发或定时发送的 IO/AD 采集帧格式如表 7.35 所示。

表 7.35 IO/AD 采集帧格式

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	2 字节	2 字节	2 字节	2 字节
AB BC CD	E2	网络地址	IO	AD0	AD1	保留	保留

IO 字节的 bit0~bit7 对应为 IO0~IO7。该字节返回模块 IO 当前的电平值，1 为高电平，0 为低电平。

AD0~AD1 表示返回模块 2 路的 AD 转换值，返回为 16 位的 AD 转换值，需要自行转换为电压值，模块 ADC 的参考电压通过 VREFH 输入。

命令实例：IO/AD 采集设置

```
CMD:  AB BC CD E2 20 01 01 40 01 F4 01 AA    // 设置 0x2001 地址的模块 IO6 上升沿唤醒模块，IO/AD 定时上传的周期是 5S，模块需要休眠
RSP:  AB BC CD E2 20 01 40 01 F4 01 00
```

在目标节点接收到的 0x2001 模块定时上传的帧为：

```
RSP:  AB BC CD E2 20 01 FF FE 24 FE 21 00 00 00 00
```

15. I/O 控制输出

模块有 8 路的 IO，可通过如表 7.36 所示的命令控制模块 8 路 IO 的输出状态。

表 7.36 I/O 控制输出命令

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	E3	网络地址	R/W	IO	AA

IO 字节的 bit0~bit7 对应为 IO0~IO7，其相应位为 1，表示 I/O 为输出高电平；其相应位为 0，表示 I/O 为输出低电平，在调用该命令前需要先调用 I/O 方向设置命令把相应的 IO 设置为输出。R/W 字节如果为 0，表示该命令为读参数命令，为非 0 表示写参数命令，当为读参数命令时，该命令 IO 参数忽略。I/O 控制输出应答报文如表 7.37 所示。

表 7.37 I/O 控制输出应答报文

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节
AB BC CD	E3	网络地址	IO	响应状态

命令实例：I/O 控制输出

```
CMD:  AB BC CD E3 20 01 01 58 AA    // 设置 0x2001 地址的模块 IO3、IO4、IO6 输出高电平
RSP:  AB BC CD E3 20 01 58 00
```

16. PWM 控制输出

模块有 2 路的 PWM 输出，使用 PWM 输出配置命令可使能每路 PWM 的输出，设置的命令如表 7.38 所示。

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

表 7.38 PWM 控制输出命令

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	4 字节	1 字节
AB BC CD	E4	网络地址	R/W	PWM1 频率	PWM1 占空比
4 字节	1 字节	4 字节	1 字节	1 字节（帧尾）	
PWM2 频率	PWM2 占空比	保留	保留	AA	

PWM 频率的单位为 Hz，占空比的值可设定从 1~99，表示占空比的百分比。当每路的 PWM 信号的频率为 0 时，表示不输出 PWM 信号。R/W 字节如果为 0，表示该命令为读参数命令，为非 0 表示写参数命令，当为读参数命令时，该命令的频率、占空比等参数忽略。

PWM 控制输出应答报文如表 7.39 所示。

表 7.39 PWM 控制输出应答报文

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	4 字节	1 字节
AB BC CD	E4	网络地址	PWM1 频率	PWM1 占空比
4 字节	1 字节	4 字节	1 字节	1 字节
PWM2 频率	PWM2 占空比	保留	保留	响应状态

命令实例：PWM 控制输出

```
// 设置 0x2001 地址的模块 PWM1 输出 PWM 频率为 1KHz，占空比为 50%
// PWM2 输出 PWM 频率为 1KHz，占空比为 32%
CMD:  AB BC CD E4 20 01 01 00 00 03 E8 32 00 00 03 E8 20 00 00 00 00 00 AA
RSP:  AB BC CD E4 20 01 00 00 03 E8 32 00 00 03 E8 20 00 00 00 00 00 00
```

17. 启用自组网功能

模块支持自组网的工作方式，启用自组网功能命令如表 7.40 所示。

表 7.40 启用自组网功能命令

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节	1 字节	1 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	E5	R/W	自组网使能	节点类型	AA

当自组网使能字节为 0 时，模块的自组网功能关闭，当自组网使能字节为 1 时，模块的自组网功能打开，模块的自组网功能默认是关闭。节点类型为 0，表示该节点为主机节点；节点类型为 1，表示该节点为从机节点。R/W 字节如果为 0，表示该命令为读参数命令，为非 0 表示写参数命令，当为读参数命令时，该命令自组网使能和节点类型参数忽略。

启用自组网应答报文如表 7.41 所示。

表 7.41 自组网应答报文

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节	1 字节	1 字节
AB BC CD	E5	自组网使能	节点类型	响应状态

模块的自组网功能为一主多从的星形网络拓扑结构，如图 7.1 所示。模块在自组网模式下，主机模块会自动选择周围没有被使用的物理信道和调制参数形成一个独立的网络，并能自动分配一个唯一的本地网络地址给从机模块，从机模块使用时在使能了自组网功能后就不需要进行任何的配置操作，从机模块在加入网络后就能跟主机进行通讯。一个主机模块最多

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

可连接 100 个从机模块。

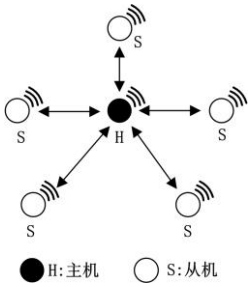

图 7.1　自组网拓扑结构

主机模块有两个工作流程，分别通过JOIN管脚和DETECT管脚控制。

主机的JOIN管脚为IO5（评估板按键S1），DETECT管脚为IO7（评估板按键S2）。

当JOIN管脚为低电平时，主机模块工作在组网模式，此时主机模块允许从机模块加入网络，当JOIN管脚变为高电平时，主机模块进入正常工作流程，此时从机模块不能再加入网络。

当主机模块检测到DETECT管脚有大于3秒的低电平时，主机模块工作在重新获取网络参数模式，此时主机模块会重新随机生成物理信道和调制参数，并检测新生成的物理信道和调制参数是否已被其他网络使用，如果已经有网络在使用，则重新生成。

注意：主机模块在重新生成物理信道和调制参数后，需要把该主机下的所有从机都需要执行入网操作。

主机模块组网模式的工作流程为：

1. 把模块使能自组网功能，并配置为主机模块；当主机模块检测到JOIN管脚为低电平时，主机模块进入组网模式，允许从机模块加入网络；如果检测到JOIN管脚为高电平，主机模块使用存储的物理信道和调制参数进入正常的工作状态。
2. 主机模块在组网模式使用默认的物理信道和调制参数运行，接受从机模块的入网请求。
3. 主机模块如果接收到从机模块的入网请求，把已随机获取到的物理信道、调制参数、给该从机分配的唯一的本地网络地址和主机的网络地址发送给从机模块。
4. 主机模块在组网状态期间如果JOIN管脚变为高电平，主机模块结束接受从机的入网请求，退出组网状态，主机模块使用随机获取到的物理信道和调制参数进入正常的工作状态。
5. 主机模块在组网状态下STATE灯常亮。
6. 主机模块在正常工作状态下如果没有从机节点连接STATE灯间隔3秒双闪，在有从机节点连接后STATE灯间隔3秒单闪。

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

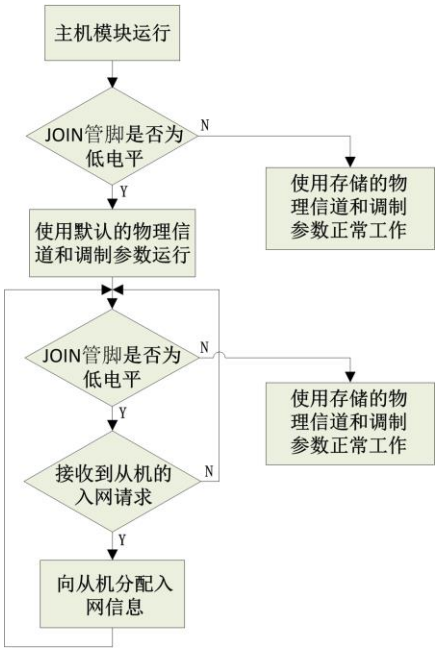

图 7.2　主机模块组网工作流程

主机模块重获取网络参数的工作流程为：

1. 主机模块检测到DETECT管脚有大于3秒的低电平时，主机模块进入重获取网络参数状态。
2. 主机模块随机生成一个物理信道和调制参数，然后使用生成的物理信道和调制参数组成的网络发送网络检测包，如果收到应答说明该物理信道和调制参数有其他网络在使用，重复步骤2，如果没有收到应答则认为该物理信道和调制参数空闲，可以使用，把生成的物理信道和调制参数进行存储，主机模块并随机生成一个本地网络地址，用于主机模块在正常工作状态时使用。
3. 主机模块在重获取网络参数后，会把存储的所有从机信息删除。

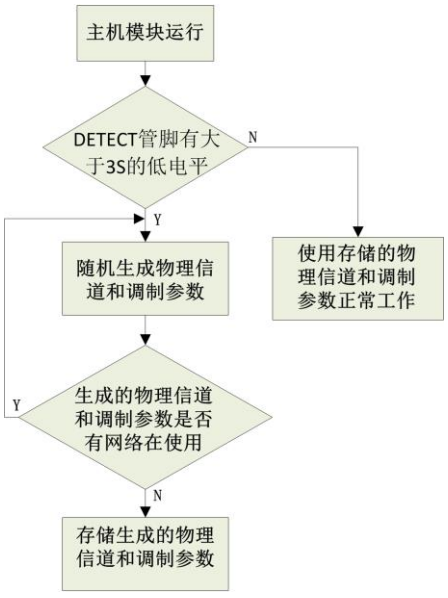

图 7.3　主机模块重获取网络参数工作流程

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

从机模块的工作流程：

从机模块有两个工作模式，一个是入网申请，一个是退网申请，通过JOIN管脚的电平状态决定工作模式。当JOIN管脚为低电平，低电平持续时间在3秒以下（短低电平）时，从机模块工作在入网申请状态；当JOIN管脚为低电平，低电平持续时间在3秒以上（长低电平）时，从机模块工作在退网申请状态；如果JOIN管脚为高电平，从机模块使用存储的物理信道和调制参数进入正常工作状态。

从机的JOIN管脚为IO5。

入网申请：

1. 把模块使能自组网功能，并配置为从机模块；当从机模块检测到JOIN管脚为低电平，且低电平持续时间小于3秒（短低电平）时从机模块进入入网申请状态；如果JOIN管脚为高电平，从机模块使用存储的物理信道和调制参数进入正常工作状态。
2. 从机模块进入入网申请状态后，使用默认的物理信道和调制参数运行，并向主机模块发起入网请求。
3. 从机模块如果接收到主机模块的入网申请应答，则结束入网请求，否则向主机模块重传入网申请请求。
4. 从机模块入网成功后，从机模块将从主机模块获取到网络使用的物理信道、调制参数、从机网络地址和主机网络地址，从机模块把获取到的物理信道、调制参数和从机网络地址存储，并使用这三个新的网络参数进入正常的工作状态，从机的目标地址配置为主机的网络地址。
5. 从机模块在入网申请状态时，STATE灯长亮。
6. 从机模块在正常工作状态时，从机模块未入网时STATE灯间隔3秒双闪，在入网后STATE灯间隔3秒单闪。

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

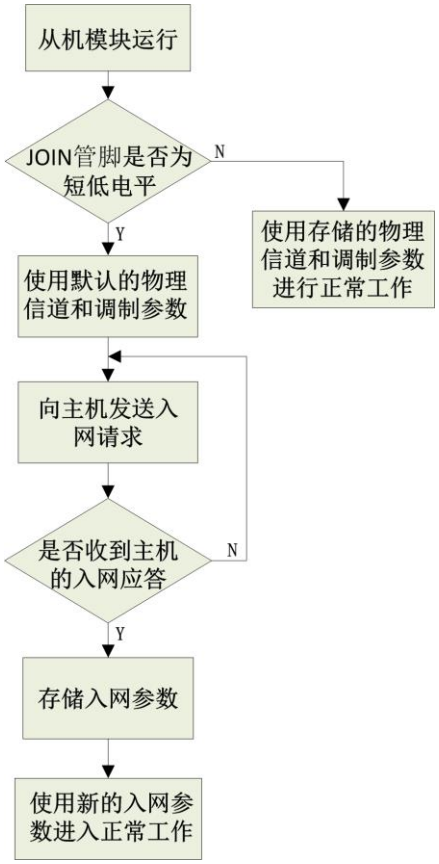

图 7.4　从机模块入网流程

退网申请：

1. 当从机模块检测到JOIN管脚为低电平，且低电平持续时间大于3秒（长低电平）时从机模块进入退网申请状态；如果JOIN管脚为高电平，从机模块使用存储的物理信道和调制参数进入正常工作状态。
2. 从机模块向主机模块发起退网申请。
3. 主机模块在接收到从机模块的退网申请时，把从机模块的信息从主机上删除，并向从机模块回应退网成功应答。
4. 从机模块如果没有接收到主机的退网应答，从机模块把存储的入网参数删除，并使用默认的参数运行。

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

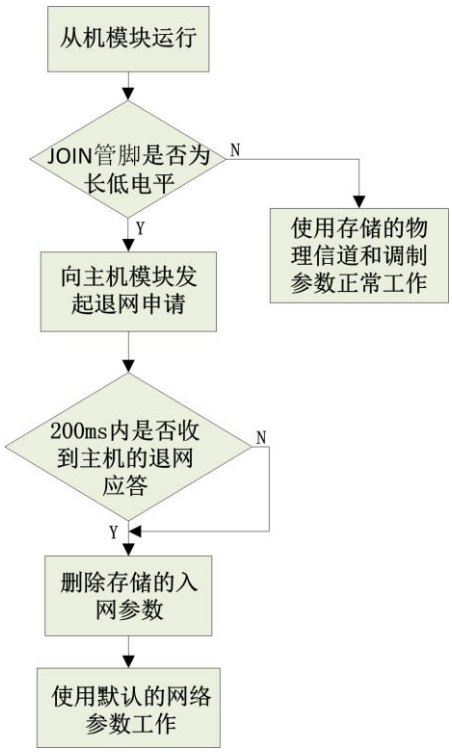

图 7.5　从机模块退网流程

命令实例：启用自组网功能

```
CMD:  AB BC CD E5 01 01 00 AA   // 使能模块的自组网模式，模块设置为主机
RSP:  AB BC CD E5 01 00 00
```

18. 主机允许从机加入网络

主机模块除了可以使用 IO 口控制主机允许从机加入网络，也可以使用命令的方式使能主机允许从机加入网络。主机模块允许从机加入网络的命令如表 7.42 所示。

表 7.42　主机允许从机加入网络命令

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	E6	允许加入网络开启的窗口时间（S）	AA

当给主机发送了允许加入网络命令后，主机返回如表 7.43 所示应答，主机开始接受从机的入网请求，到达允许加入网络开启的窗口时间后，主机不再接受从机的入网请求，进入正常的工作状态。

表 7.43　主机允许从机加入网络命令应答

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节
AB BC CD	E6	允许加入网络开启的窗口时间（S）	响应状态

命令实例：主机允许从机加入网络

```
CMD:  AB BC CD E6 00 0A AA   // 主机允许从机加入网络，允许加入网络的时间窗口是 10S
RSP:  AB BC CD E6 00 0A 00
```


©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

19. 从机加入网络

从机模块除了可以使用 IO 口控制加入网络，也可以使用命令的方式让从机加入网络。从机加入网络的命令如表 7.44 所示。

表 7.44 从机加入网络命令

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	E7	允许加入网络的时间（S）	AA

允许加入网络的时间为从机加入网络的超时时间。当给从机发送了加入网络命令后，从机返回如表 7.45 所示应答，从机开始向主机发送加入网络申请，在从机加入了网络或加入网络超时，从机退出加入网络的操作。

表 7.45 从机加入网络命令应答

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节
AB BC CD	E7	允许加入网络的时间（S）	响应状态

命令实例：从机加入网络

```
CMD:  AB BC CD E7 00 0A AA   // 从机加入网络，最大加入网络的时间是 10S
RSP:  AB BC CD E7 00 0A 00
```

20. 查询主机模块存储的从机信息

在主机端通过发送如表 7.46 所示的命令，可查询到加入到网络的从机节点的入网信息。

表 7.46 查询主机模块存储的从机信息命令

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	E8	AA

发送查询主机模块存储从机信息命令返回的应答如表 7.47 所示。主机模块最多可存储 100 个从机模块的入网信息，即工作在自组网模式下，一个主机最多可连接 100 个从机模块。

表 7.47 查询主机模块存储从机信息应答

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节	8 字节	2 字节
AB BC CD	E8	从机数量	从机 1 ID 号	从机 1 网络地址
8 字节	2 字节	8 字节	2 字节	1 字节（帧尾）
…	…	从机 N ID 号	从机 N 网络地址	AA

命令实例：查询主机模块存储的从机信息

```
CMD:  AB BC CD E8 AA
RSP:  AB BC CD E8 01 34 30 39 37 41 45 41 32 00 01 AA  // 当前有一个从机加入了网络
```

21. 查询主从机状态

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

表 7.48 查询主从机状态

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	E9	AA

通过该命令可查询到主机或从机当前的状态。返回如表 7.49 所示的应答。

表 7.49 查询主从机命令应答

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节	1 字节
AB BC CD	E9	状态	响应状态

当模块配置为主机时，返回的状态值如表 7.50 所示。

表 7.50 主机返回的状态值

1 字节（状态）	说明
00	主机空闲
01	主机正在检测网络
02	主机允许从机加入网络

当模块配置为从机时，返回的状态值如表 7.51 所示。

表 7.51 从机返回的状态值

1 字节（状态）	说明
00	从机正在加入网络
01	从机已加入网络
02	从机已退出网络

命令实例：查询主从机状态

```
CMD:  AB BC CD E9 AA
RSP:  AB BC CD E9 00 00  // 查询主机状态，主机处于空闲状态
```

22. 组网形式配置

表 7.52 自组网形式配置

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	EA	组网形式	AA

通过该命令可配置自组网的组网形式，当组网形式字节为 0 时，自组网模式下，从机节点会自动加入到开启了允许加入网络的任意主机节点；当组网形式字节为 1 时，自组网模式下，从机节点只加入到跟自己网络参数相同（通道号、速率、PANID），并且开启了允许加入网络的主机节点。

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

表 7.53 自组网形式配置应答

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节	1 字节
AB BC CD	EA	组网形式	响应状态

返回的响应状态如表 7.3 所示。

命令实例：组网形式配置状态

```
CMD:  AB BC CD EA 01 AA
RSP:  AB BC CD EA 01 00  // 自组网形式配置
```

23. 删除主机存储的从机信息

表 7.54 删除主机存储的从机信息

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	EB	从机网络地址	AA

发送删除主机存储的从机信息命令可删除存储在主机里的指定网络地址的从机信息。删除后的网络地址会重新分配给新加入网络的从机。

表 7.55 删除主机存储的从机信息应答

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节
AB BC CD	EB	响应状态

返回的响应状态如表 7.3 所示。

命令实例：删除主机存储的从机网络地址为 0x0001 的信息

```
CMD:  AB BC CD EB 00 01 AA
RSP:  AB BC CD EB 00
```

24. 事件 IO 设置

表 7.56 事件 IO 设置

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节	1 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	ED	从机网络地址	R/W	是否使能	IO	AA

模块使能了事件 IO 后，当模块接收到无线数据后，先通过设置的 IO 输出低电平，经过了【串口转发延时】时间后，再把接收到的数据从模块串口输出给用户。

这个功能适用于当用户的 MCU 处于休眠，模块接收到无线数据后，先通过事件 IO，使用低电平把用户的 MCU 唤醒，在经过了【串口转发延时】时间后，模块再把接收到的数据发送给用户 MCU,【串口转发延时】的时间设置取决于用户 MCU 从唤醒到能接收串口数据的时间（即 MCU 的启动时间）。

事件 IO 设置命令如表 7.56 所示。

R/W 字节如果为 0，表示该命令为读参数命令，为非 0 表示写参数命令，当为读参数命令时，该命令的是否使能字节，IO 字节参数忽略。

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

是否使能字节当该字节为 0，表示该功能不使能，为非 0，表示该功能使能。

IO 字节表示事件通过哪个 IO 输出，Bit0~Bit7 表示 IO0~IO7，可使能多个 IO。

事件 IO 设置命令的应答如表 7.57 所示，返回的响应状态如表 7.3 所示。

表 7.57　事件 IO 设置应答

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节	1 字节
AB BC CD	ED	从机网络地址	是否使能	IO	响应状态

命令实例：当网络地址为 0x2001 的模块接收到数据后，通过 IO1，输出低电平通知用户 MCU。

CMD:　AB BC CD ED 20 01 01 01 02 AA

RSP:　AB BC CD ED 20 01 01 02 00

25. RS485 方向控制引脚设置

表 7.58　RS485 方向控制引脚设置

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	EE	从机网络地址	R/W	是否使能	AA

模块具有 RS485 方向控制引脚，支持连接 RS485 收发芯片的功能，RS485 方向控制引脚跟 PWM2 引脚（35 脚）复用，当需要使用 RS485 功能时，需要发送 RS485 方向控制引脚设置命令，把模块 35 脚配置为 RS485 方向控制脚。

使能了 RS485 方向控制引脚功能后，当模块串口没有数据需要发送时，方向控制引脚为低电平，处于输入状态，当模块需要通过串口发送数据时，把方向控制引脚置高，直到串口数据发送完成（串口的移位寄存器为空）后，方向控制引脚恢复为低电平。

注意：PWM2 引脚（35 脚）不使能 PWM 输出时该引脚为低电平，即 485 可作为输入使用，此时 485 接口可接收命令，不能发送应答，在使用 485 接口时，需要先给模块发送 RS485 方向控制引脚设置命令后，485 接口才能收发数据。

RS485 方向控制引脚设置命令如表 7.58 所示。

R/W 字节如果为 0，表示该命令为读参数命令，为非 0 表示写参数命令，当为读参数命令时，该命令的是否使能参数忽略。

是否使能字节当该字节为 0，表示该功能不使能，为非 0，表示该功能使能。

RS485 方向控制引脚设置命令的应答如表 7.59 所示，返回的响应状态如表 7.3 所示。

表 7.59　RS485 方向控制引脚设置应答

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节
AB BC CD	EE	从机网络地址	是否使能	响应状态

命令实例：使能 0x2001 地址的模块的 RS485 方向控制引脚。

CMD:　AB BC CD EE 20 01 01 01 AA

RSP:　AB BC CD EE 20 01 01 00

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

26. 模块在线时间配置

表 7.60 模块在线时间设置

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	EF	从机网络地址	R/W	在线时间	AA

模块工作在定时休眠模式时，模块会按照配置的休眠时间定时唤醒并接收主机的数据，当模块接收到主机的数据时，模块把数据通过串口发送给用户后，模块会根据配置的在线时间保持模块在线状态，当在线时间到时，模块重新进入休眠状态，模块处于在线状态时，模块能正常收发数据。模块在线时间配置只有模块工作在定时休眠模式时才起作用。

R/W 字节如果为 0，表示该命令为读参数命令，为非 0 表示写参数命令，当为读参数命令时，该命令的在线时间参数忽略。

在线时间的单位为 10ms，如果在线时间配置为 0，表示模块把接收到的数据发送给用户后就立即休眠，在线时间默认为 0。

模块在线时间配置命令返回的响应状态如表 7.61 所示。

表 7.61 模块在线时间设置应答

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节
AB BC CD	EF	从机网络地址	在线时间	响应状态

命令实例：设置 0x2001 地址的模块的在线时间为 100ms。

CMD: AB BC CD EF 20 01 01 0A AA

RSP: AB BC CD EF 20 01 01 00

27. 发送数据末尾添加 ADC 采样值

表 7.62 发送数据末尾添加 ADC 采样值设置

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	F0	从机网络地址	R/W	是否使能	AA

如果模块使能了发送数据末尾添加 ADC 采样值，模块在发送用户串口数据到目标节点时，会在数据帧的末尾添加两字节的 ADC0 的采样值，采样值使用大端模式放置，即高字节在前，低字节在后。

R/W 字节如果为 0，表示该命令为读参数命令，为非 0 表示写参数命令，当为读参数命令时，该命令的是否使能参数忽略。

是否使能字节当该字节为 0，表示该功能不使能，为非 0，表示该功能使能。

模块的发送数据末尾添加 ADC 采样值命令返回的响应状态如表 7.63 所示。

表 7.63 发送数据末尾添加 ADC 采样值应答

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节
AB BC CD	F0	从机网络地址	是否使能	响应状态

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

命令实例：设置 0x2001 地址的模块发送数据时在数据末尾添加 ADC 采样值。

CMD: AB BC CD F0 20 01 01 01 AA
RSP: AB BC CD F0 20 01 01 00

28. 接收数据末尾添加 RSSI 值

表 7.64 接收数据末尾添加 RSSI 值设置

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	F1	从机网络地址	R/W	是否使能	AA

如果模块使能了接收数据末尾添加 RSSI 值，模块在接收到源节点发送过来的数据时，先在数据帧末尾添加一字节的信号强度 RSSI 值，然后再把数据帧通过串口发送给用户。

R/W 字节如果为 0，表示该命令为读参数命令，为非 0 表示写参数命令，当为读参数命令时，该命令的是否使能参数忽略。

是否使能字节当该字节为 0，表示该功能不使能，为非 0，表示该功能使能。

模块的接收数据末尾添加 RSSI 值命令返回的响应状态如表 7.65 所示。

表 7.65 接收数据末尾添加 RSSI 值应答

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节
AB BC CD	F1	从机网络地址	是否使能	响应状态

命令实例：设置 0x2001 地址的模块接收到数据时在数据末尾添加 RSSI 值。

CMD: AB BC CD F1 20 01 01 01 AA
RSP: AB BC CD F1 20 01 01 00

29. 模块密码使能

模块支持配置设定的密码是否有效的功能，如果模块使能了密码，用户在修改配置时需要先执行模块登录命令后才能进行操作，如果模块没有使能密码，不需要执行模块登录命令，可直接修改配置。如果用户忘记了密码，只能通过执行恢复出厂设置命令，模块恢复出厂设置后，密码不使能。模块默认的密码为：88888。模块密码使能的命令如表 7.66 所示。

表 7.66 模块密码使能

3 字节(协议标志)	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	F9	网络地址	R/W	密码使能	AA

密码使能字节为 0，表示不使能密码，为 1 表示使能密码。该命令支持读取参数和设置参数，R/W 字节如果为 0，表示读参数，为 1 表示写参数。如果模块已经使能了密码，执行模块密码使能写命令时也需要先执行模块登录命令。

返回应答如表 7.67 所示.

表 7.67 模块密码使能应答

3 字节(协议标志)	1 字节	2 字节	1 字节	1 字节
AB BC CD	F9	网络地址	密码使能	响应状态

响应状态如所示。

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

命令示例：设置模块密码使能

```
CMD:    AB BC CD F9 20 01 01 01 AA
RSP:    AB BC CD F9 20 01 01 00
```

30. 模块登录

当模块使能了密码，用户在修改模块配置时需要先执行模块登录命令后才能进行操作。模块登录的命令如表 7.68 所示。

表 7.68 模块登录

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节	16 字节	1 字节（帧尾）
AB BC CD	FA	网络地址	R/W	密码	AA

该命令支持读取和设置参数，R/W 字节如果为 0，表示读参数，为 1 表示写参数。读参数时密码字段不起作用，读参数时响应状态如果返回 0，表示模块已经登录，如果响应状态返回非 0，表示模块没有登录；如果需要执行修改配置、模块密码使能等操作时，要先执行模块登录写命令，使用正确的密码登录模块。

16 字节的密码只能为 ASCII 编码，密码最长是 15 字节，以 0 结束。

返回应答如表 7.69 所示。

表 7.69 模块登录应答

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节
AB BC CD	FA	网络地址	响应状态

响应状态如表 7.3 所示。

命令示例：模块登录

```
CMD:    AB BC CD FA 20 01 01 38 38 38 38 38 00 AA      //  用“88888”密码登录模块
RSP:    AB BC CD FA 20 01 00
```

查询模块是否有登录

```
CMD:    AB BC CD FA 20 01 00 AA
RSP:    AB BC CD FA 20 01 00                          // 模块已登录
```

7.2 临时参数配置协议

LM400TU 模块临时参数配置协议命令帧格式如表 7.70 所示，协议标志占用 3 个字节，即：DE DF EF，功能码占用 1 个字节如表 7.71 所示，其相应的参数占用 N 个字节。

表 7.70 临时参数配置命令格式

3 字节（协议标志）	1 字节	N 字节
DE DF EF	功能码	参数

表 7.71 临时参数配置协议功能码

命令类型	命令标识符
修改模块无线参数	0xD1
工作模式配置	0xD2

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

修改目的网络地址	0xD3
接收数据头包含源地址	0xD4
发送数据头包含目标地址	0xD5
设置 I/O 输入输出方向	0xD6
读取 I/O 状态	0xD7
设置 I/O 状态	0xD8
读取 AD 值	0xD9
进入休眠	0xDA
设置通讯模式	0xDB
查询节点的信号强度	0xDC

临时参数配置协议返回的应答包含有命令操作的操作结果，各操作结果如表 7.72 所示。

表 7.72 临时参数配置操作结果

响应状态	错误码	备注
OK	0x00	操作成功
LENGTH_FAUSE	0x01	命令长度错误
ADDRESS_FAUSE	0x02	地址错误
PARA_FAUSE	0x03	参数错误
OTHER_FAUSE	0x04	其他错误

1. 修改模块无线参数

修改模块无线参数的配置命令如表 7.73 所示。修改的物理信道、空中速率等级的配置值详见永久参数配置里的【读取本地模块配置】的说明。

表 7.73 修改模块无线参数

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节	1 字节
DE DF EF	D1	物理信道	空中速率等级

返回的应答如表 7.74 所示。

表 7.74 修改模块无线参数应答

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节
DE DF EF	D1	操作结果

命令实例：修改模块无线参数

```
CMD:  DE DF EF D1 01 05  // 设置模块的物理信道为 1 信道，空中速率等级为 05
RSP:  DE DF EF D1 00
```

2. 工作模式配置

修改模块工作模式的配置命令如表 7.75 所示。

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

表 7.75 修改模块工作模式

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节
DE DF EF	D2	工作模式

返回的应答如表 7.76 所示。

表 7.76 修改模块工作模式应答

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节
DE DF EF	D2	操作结果

命令实例：工作模式配置

```
CMD:  DE DF EF D2 00  // 设置模块的工作模式为正常模式
RSP:  DE DF EF D2 00
```

3. 修改目的网络地址

修改模块目的网络地址的配置命令如表 7.77 所示。

表 7.77 修改模块目的网络地址

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节
DE DF EF	D3	目的网络地址

返回的应答如表 7.78 所示。

表 7.78 修改模块目的网络地址应答

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节
DE DF EF	D3	操作结果

命令实例：修改目的网络地址

```
CMD:  DE DF EF D3 00 01  // 设置模块的目的网络地址为 0x0001
RSP:  DE DF EF D3 00
```

4. 接收数据头包含源地址

修改接收数据头包含源地址的配置命令如表 7.79 所示。是否包含源地址字节如果值为 1，则接收的数据包包头包含源地址，如果值为 0 则接收的数据包包头不包含源地址。

表 7.79 接收数据头包含源地址

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节
DE DF EF	D4	是否包含源地址

返回的应答如表 7.80 所示。

表 7.80 接收数据头包含源地址应答

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节
DE DF EF	D4	操作结果

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

命令实例：接收数据头包含源地址

```
CMD:  DE DF EF D4 01  // 设置模块接收数据头包含源地址
RSP:  DE DF EF D4 00
```

5. 发送数据头包含目标地址

修改发送数据头包含目的地址的配置命令如表 7.81 所示。是否包含目的地址字节如果值为 1，则模块会把从串口接收到的数据前面两个字节作为目标地址，其他数据作为用户数据，如果值为 0 则模块串口接收到数据都作为用户数据。

表 7.81 发送数据头包含目标地址

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节
DE DF EF	D5	是否包含目的地址

返回的应答如表 7.82 所示。

表 7.82 发送数据头包含目标地址应答

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节
DE DF EF	D5	操作结果

命令实例：发送数据头包含目标地址

```
CMD:  DE DF EF D5 01  //设置串口发送数据头包含目标地址
RSP:  DE DF EF D5 00
```

6. 设置 I/O 输入输出方向

设置模块 I/O 输入输出的配置命令如表 7.83 所示。IO 方向值为的 Bit0~Bit7 表示 IO0~IO7，当相应位的值为 1 表示该 IO 为输出，值为 0 表示该 IO 为输入。

表 7.83 设置 I/O 输入输出方向

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节
DE DF EF	D6	网络地址	IO 方向值

返回的应答如表 7.84 所示。

表 7.84 设置 I/O 输入输出方向应答

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节
DE DF EF	D6	操作结果

命令实例：设置 I/O 输入输出方向

```
CMD:  DE DF EF D6 20 01 58  //设置 IO3、IO4、IO6 为输出，其他 IO 为输入
RSP:  DE DF EF D6 00
```

7. 读取 I/O 状态

读取模块 I/O 状态的配置命令如表 7.85 所示。

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

表 7.85 读取 I/O 状态

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节
DE DF EF	D7	网络地址

返回的应答如表 7.86 所示。只有操作结果为 0x00，IO 状态才有效。读取的 IO 状态的 Bit0~Bit7 表示 IO0~IO7，当相应位的值为 1 表示该 IO 输入为高电平，0 表示该 IO 输入为低电平。

表 7.86 读取 I/O 状态应答

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节	1 字节
DE DF EF	D7	IO 状态	操作结果

命令实例：读取 I/O 状态

```
CMD:  DE DF EF D7 20 01
RSP:  DE DF EF D7 FF 00
```

8. 设置 I/O 状态

设置模块 I/O 状态的配置命令如表 7.87 所示。IO 状态值为的 Bit0~Bit7 表示 IO0~IO7，当相应位的值为 1 表示该 IO 输出高电平，值为 0 表示该 IO 输出低电平。

表 7.87 设置 I/O 状态

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节
DE DF EF	D8	网络地址	IO 状态

返回的应答如表 7.88 所示。

表 7.88 设置 I/O 状态应答

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节
DE DF EF	D8	操作结果

命令实例：设置 I/O 状态

```
CMD:  DE DF EF D8 20 01 58  //设置 IO3、IO4、IO6 输出高电平
RSP:  DE DF EF D8 00
```

9. 读取 AD 值

读取模块 AD 值的配置命令如表 7.89 所示。通道号从 0~1。

表 7.89 读取 AD 值

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节
DE DF EF	D9	网络地址	通道号

返回的应答如表 7.90 所示。只有操作结果为 0x00，AD 转换值才有效。模块为 16 位的 AD 转换值。

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

表 7.90 读取 AD 值应答

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节	1 字节
DE DF EF	D9	AD 转换值	操作结果

命令实例：读取 AD 值

```
CMD:  DE DF EF D9 20 01 01  //读取通道 1 的 AD 转换值
RSP:  DE DF EF D9 6F C1 00
```

10. 进入休眠

设置模块进入休眠命令如表 7.91 所示。当操作字为 1 时，模块进入休眠状态，其他值无效。操作该命令跟使用 SLEEP 引脚让模块进入休眠的功能一样。

表 7.91 进入休眠

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节
DE DF EF	DA	操作字

返回的应答如表 7.92 所示。

表 7.92 进入休眠应答

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节
DE DF EF	DA	操作结果

命令实例：进入休眠

```
CMD:  DE DF EF DA 01
RSP:  DE DF EF DA 00
```

11. 设置通讯模式

设置模块通讯模式命令如表 7.93 所示。通讯模式字节为 0 表示模块的通讯模式为单播模式，为 1 表示模块的通讯模式为广播模式。

表 7.93 设置通讯模式

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节
DE DF EF	DB	通讯模式

返回的应答如表 7.94 所示。

表 7.94 设置通讯模式应答

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节
DE DF EF	DB	操作结果

命令实例：通讯模式设置成广播模式

```
CMD:  DE DF EF DB 01
RSP:  DE DF EF DB 00
```

12. 查询节点的信号强度

查询节点的信号强度命令如表 7.95 所示。该命令是查询本节点跟目标节点间的信号强

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

度。

表 7.95 查询节点的信号强度

3 字节（协议标志）	1 字节	2 字节
DE DF EF	DC	目标网络地址

返回的应答如表 7.96 所示，返回的信号强度为 RSSI 值，只有操作结果为 0x00 时，RSSI 值才有效。

表 7.96 查询节点的信号强度应答

3 字节（协议标志）	1 字节	1 字节	1 字节
DE DF EF	DC	RSSI	操作结果

命令实例：查询节点的信号强度

```
CMD:  DE DF EF DC 20 01
RSP:  DE DF EF DC C1 00  // 查询到本节点与 0x2001 之间的信号强度是-63dBm（0xC1-256）
```


©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..

8. 免责声明

应用信息

本应用信息适用于 LM400TU 的开发设计。客户在开发产品前必须根据其产品特性给与修改并验证。

修改文档的权利

本手册所陈述的产品文本及相关软件版权均属广州致远电子股份有限公司所有，其产权受国家法律绝对保护，未经本公司授权，其它公司、单位、代理商及个人不得非法使用和拷贝，否则将受到国家法律的严厉制裁。广州致远电子股份有限公司保留在任何时候修订本用户手册且不需通知的权利。

您若需要我公司产品及相关信息，请及时与我们联系，我们将热情接待。

©2020 Guangzhou ZHIYUAN Electronics Co., Ltd..