

## 常州乐琪电子科技有限公司

### E31 超低功耗无线串口模块 ( 425 - 450.5MHz 窄带传输 )

使用该模块前请务必仔细阅读本手册

#### 联系方式

王先生：TEL 180 1599 6668，E-Mail：cleqee@cleqee.com

## 1. 模块介绍

### 1.1. 特点简介



E31 是一款窄带无线传输模块，工作在 425-450.5MHz 频段。E31 可以使用串口进行数据收发，降低了无线应用的门槛。

窄带传输具有功率密度集中，传输距离远，抗干扰能力强的优势，在同样功率下比其它同类产品的传输距离大大增加。模块具有软件 FEC 前向纠错算法，其编码效率较高，纠错能力强，在突发干扰的情况下，能主动纠正被干扰的数据包，大大提高可靠性和传输距离。在没有 FEC 的情况下，这种数据包只能被丢弃。

模块具有数据加密和压缩功能。模块在空中传输的数据，具有随机性，通过严密的加解密算法，使得数据截获失去意义。而数据压缩功能有概率减小传输时间，减小受干扰的概率，提高可靠性和传输效率。

模块可以工作在 2.1 - 5.5V，满足电池供电需求。模块具有四种工作模式，可以在运行时自由切换，在省电模式下，消耗电流仅几十  $\mu A$ ，非常适合超低功耗应用。

#### 典型应用：

- √ 无线抄表
- √ 无线传感
- √ 智能家居
- √ 工业遥控、遥测
- √ 智能楼宇、智能建筑
- √ 高压线监测
- √ 环境工程
- √ 高速公路
- √ 小型气象站
- √ 自动化数据采集
- √ 消费电子
- √ 智能机器人
- √ 路灯控制
- √ 其他无线传输应用

#### 模块特点：

- √ 2100 米传输距离
- √ 多种波特率
- √ -126dBm 接收灵敏度
- √ 超低接收功耗（最低 30 $\mu A$ ）
- √ 四种工作模式
- √ 休眠电流仅 1.7 $\mu A$
- √ 空中唤醒功能
- √ 频率 425 - 450.5M，256 个信道
- √ 双 256Bytes 环形缓冲器
- √ 多种功率等级（最大 50mW）
- √ 加密算法+FEC 纠错功能
- √ 内置看门狗，永不死机
- √ 可配置 65536 个地址（便于组网）
- √ 支持电压读取功能

## 1.2. 基本用法

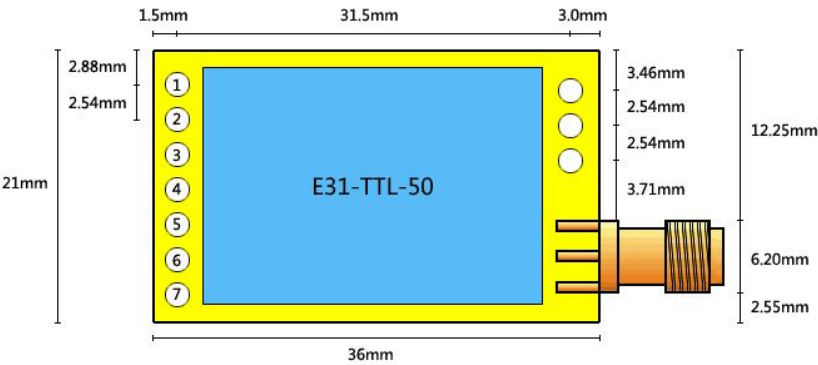
- ✓ 最简用法：透明传输数据，例如：从 A 点发 3 字节数据 01 02 03 到 B 点，B 点就收到数据 01 02 03。
- ✓ 灵活用法：定点传输，达到组网、中继等多种应用方式。
- ✓ 具体请详见本手册之描述，以及相关应用手册（Application Note）。

## 1.3. 模块电气参数

序号	参数名称	参数值明细
1	模块尺寸	20 * 36mm ( 不含天线 )
2	器件来源	全进口元器件，产地：日本、美国、德国
3	生产工艺	机贴，无线类产品必须机贴方能保证批量一致性和可靠性
4	接口方式	1*7*2.54mm，可使用万能板和杜邦线
5	工作频段	425 - 450.5MHz，100KHz 步进，建议 433±5MHz，出厂默认 433.0MHz
6	供电电压	2.1 - 5.5VDC
7	通信电平	最大 5.2V。建议与供电电压之差小于 0.3V，以降低功耗。
8	实测距离	约 2100m ( 测试条件：晴朗，空旷，最大功率，天线增益 5dBi，高度大于 2m，1.2K 空中速率 )
9	发射功率	最大 17dBm ( 约 50mW )，4 级可调 ( 0-3 )，每一级增减约 3dBm
10	空中速率	8 级可调 ( 1.2、2.4、4.8、9.6、19.2、38.4、50、70Kbps )
11	休眠电流	1.7uA ( M1 =1，M0 = 1 )
12	发射电流	55mA@50mW
13	接收电流	12.5mA ( 模式 0、模式 1 )   最低约 30uA ( 模式 2 + 2s 唤醒 )
14	通信接口	UART 串口，8N1、8E1、8O1，从 1200 - 115200 共 8 种波特率
15	驱动方式	UART 串口可设置成推挽/上拉、漏极开路
16	发射长度	256 字节缓存，数据分包 43 字节
17	接收长度	256 字节缓存，数据分包 43 字节
18	模块地址	可配置 65536 个地址 ( 便于组网，支持广播和定点传输 )
19	RSSI 支持	内置智能化处理，用户无需关心
20	接收灵敏度	-126dbm@1.2Kbps ( 接收灵敏度和串口波特率、延迟时间无关 )
21	天线形式	SMA 天线/弹簧天线
22	工作温度	-40 ~ +85℃
23	工作湿度	10% ~ 90%相对湿度，无冷凝
24	储存温度	-40 ~ +125℃

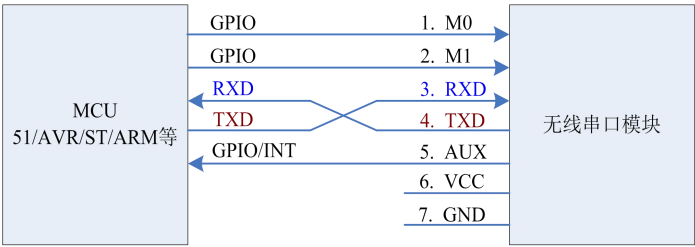
2. 功能简述

2.1. 引脚定义



引脚序号	引脚名称	引脚方向	引脚用途
1	M0	输入（极弱上拉）	和 M1 配合，决定模块的 4 种工作模式，不可悬空
2	M1	输入（极弱上拉）	和 M0 配合，决定模块的 4 种工作模式，不可悬空
3	RXD	输入	TTL 串口输入，连接到外部 TXD 输出引脚。可配置为漏极开路或上拉输入，详见参数设置
4	TXD	输出	TTL 串口输出，连接到外部 RXD 输入引脚。可配置为漏极开路或推挽输出，详见参数设置
5	AUX	输出	用于指示模块工作状态，用户唤醒外部 MCU，上电自检初始化期间输出低电平，可配置为漏极开路输出，或推挽输出，详见参数设置
6	VCC		模块电源正参考，电压范围：2.1V - 5.5VDC
7	GND		模块地线

2.2. 模块与 MCU 连接



- 无线串口模块为 TTL 电平，请与 TTL 电平的 MCU 连接。
- 某些 5V 单片机，可能需要在模块的 TXD 和 AUX 脚加 4-10K 上拉电阻。

2.3. 模块复位

模块上电后，AUX 将立即输出低电平，并进行硬件自检，以及按照用户参数进行工作方式设置。在此过程中，AUX 保持低电平，完毕后 AUX 输出高电平，并按照 M1、M0 组合而成的工作模式开始正常工作。所以，用户需要等待 AUX 上升沿，作为模块正常工作的起点。

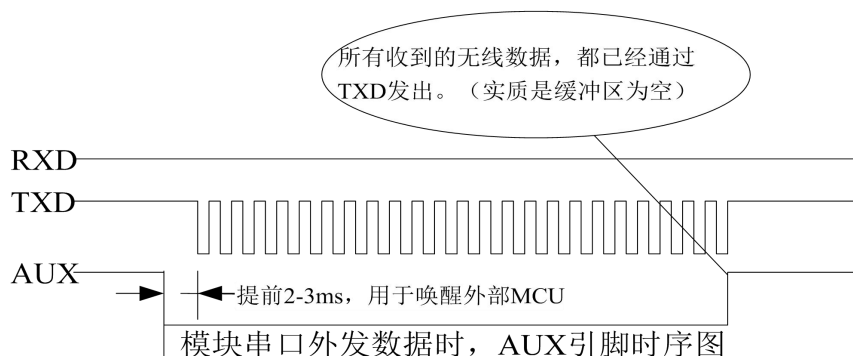
因为专注，所以专业！共享、共赢、成就未来！常州乐琪电子科技有限公司

## 2.4.AUX 详解

AUX 用于无线收发缓冲指示和自检指示。它指示模块是否有数据尚未通过无线发射出去，或已经收到无线数据是否尚未通过串口全部发出，或模块正在初始化自检过程中。

### ➤ AUX 功能说明：

- 功能 1：串口数据输出指示（用于唤醒休眠中的外部 MCU）

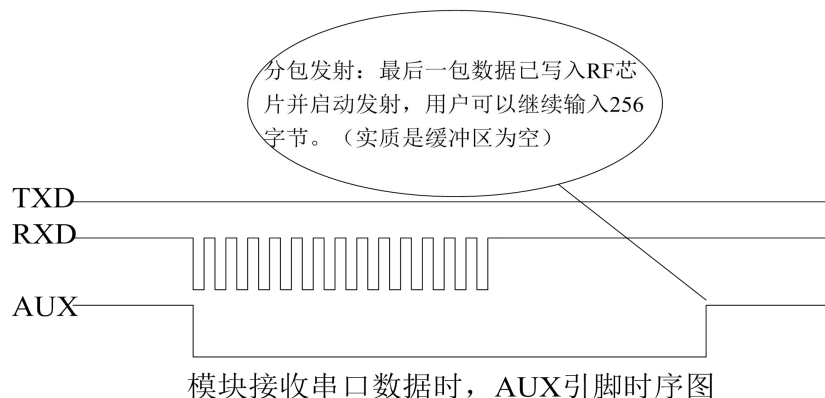


- 功能 2：无线发射指示

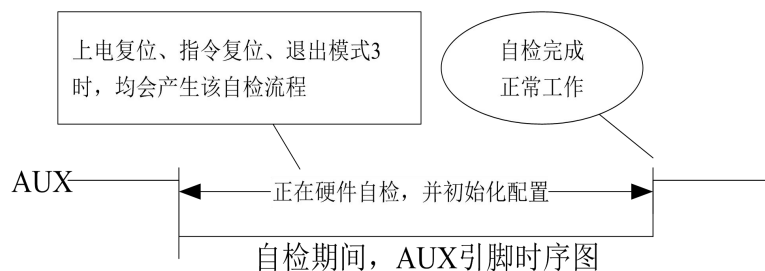
缓冲区空：内部 256 字节缓冲区的数据，都被写入到无线芯片（自动分包）。当 AUX=1 时用户连续发起小于 256 字节的数据，不会溢出。

当 AUX=0 时缓冲区不为空：内部 256 字节缓冲区的数据，尚未全部写入到无线芯片并开启发射，此时模块有可能在等待用户数据结束超时，或正在进行无线分包发射。

注意：AUX=1 时并不代表模块全部串口数据均通过无线发射完毕，也可能最后一包数据正在发射中。



- 功能 3：模块正在配置过程中（仅在复位和退出休眠模式的时候）



### ➤ 注意事项：

因为专注，所以专业！共享、共赢、成就未来！

常州乐琪电子科技有限公司

- 上述功能 1 和功能 2，输出低电平优先，即：满足任何一个输出低电平条件，AUX 就输出低电平。当所有低电平条件均不满足时，AUX 输出高电平。
- 当 AUX 输出低电平时，表示模块繁忙，此时不会进行工作模式检测。当模块 AUX 输出高电平后 1ms 内，将完成模式切换工作。
- 用户切换到新的工作模式后，至少需要在 AUX 上升沿 2ms 后，模块才会真正进入该模式。如果 AUX 一直处于高电平，那么模式切换将立即生效。
- 用户从模式 3（休眠模式）进入到其他模式或在复位过程中，模块会重新设置用户参数，期间 AUX 输出低电平。

### 3. 工作模式

➤ 以下表格为 M1、M0 输入状态和对应的模式介绍。

模式 (0-3)	M1	M0	模式介绍	备注
0 一般模式	0	0	串口打开，无线打开，透明传输	接收方必须是模式 0、1
1 唤醒模式	0	1	串口打开，无线打开，和模式 0 唯一区别：数据包发射前，自动增加唤醒码，这样才能唤醒工作在模式 2 的接收方	接收方可以是模式 0、1、2
2 省电模式	1	0	串口接收关闭，无线处于空中唤醒模式，收到无线数据后，打开串口发出数据。	1、发射方必须模式 1 2、该模式下不能发射
3 休眠模式	1	1	模块进入休眠，可以接收参数设置命令	详见工作参数详解

#### 3.1. 模式切换

- 用户可以将 M1、M0 进行高低电平组合，确定模块工作模式。可使用 MCU 的 2 个 GPIO 来控制模式切换。当改变 M1、M0 后：若模块空闲，1ms 后，即可按照新的模式开始工作。若模块有串口数据尚未通过无线发射完毕，则发射完毕后，才能进入新的工作模式。若模块收到无线数据后并通过串口向外发出数据，则需要发完后才能进入新的工作模式。所以模式切换只能在 AUX 输出 1 的时候有效，否则会延迟切换。
- 例如：在模式 0 或模式 1 下，用户连续输入大量数据，并同时进行模式切换，此时的切换模式操作是无效的。模块会将所有用户数据处理完毕后，才进行新的模式检测。所以一般建议为：检测 AUX 引脚输出状态，等待 AUX 输出高电平后 2ms 再进行切换。
- 当模块从其他模式被切换到休眠模式时，如果有数据尚未处理完毕。模块会将这些数据（包括收和发）处理完毕后，才能进入休眠模式。这个特征可以用于快速休眠，从而节省功耗。例如：发射模块工作在模式 0，用户发起串口数据“12345”，然后不必等待 AUX 引脚空闲（高电平），可以直接切换到休眠模式，并将用户主 MCU 立即休眠，模块会自动将用户数据全部通过无线发出后，1ms 内自动进入休眠。从而节省 MCU 的工作时间，降低功耗。
- 同理，任何模式切换，都可以利用这个特征，模块处理完当前模式事件后，在 1ms 内，会自动进入新的模式。从而省去了用户查询 AUX 的工作，且能达到快速切换的目的。例如从发射模式切换到接收模式。用户 MCU 也可以在模式切换前提前进入休眠，使用外部中断功能来获取 AUX 变化，从而进行模式切换。
- 此操作方式是非常灵活而高效的，完全按照用户 MCU 的操作方便性而设计，并可以尽可能降低整个系统的工作负荷，提高系统效率，降低功耗。

#### 3.2. 一般模式（模式 0）

当 M1 = 0，M0 = 0 时，模块工作在模式 0。

- **发射：**模块接收来自串口的用户数据，模块发射无线数据包长度为 43 字节，当用户输入数据量达到 43 字节时，模块将启动无线发射，此时用户可以继续输入需要发射的数据。当用户需要传输的字节小于 43 字节时，模块等待 3 字节时间，若无用户数据继续输入，则认为数据终止，此时模块将所有数据包经过无线发出。当模块收到第一个用户数据后，将 AUX 输出低电平，当模块把所有数据都放入到 RF 芯片并启动发射后，AUX 输出高电平。此时，表明最后一包无线数据已经启动发射，用户可以继续输入长达 256 字节的数据。通过模式 0 发出的数据包，只能因为专注，所以专业！共享、共赢、成就未来！

被处于模式 0、模式 1 的接收模块收到。

- **接收：**模块一直打开无线接收功能，可以接收来自模式 0、模式 1 发出的数据包。收到数据包后，模块 AUX 输出低电平，并延迟 5ms 后，开始将无线数据通过串口 TXD 引脚发出，所有无线数据都通过串口输出后，模块将 AUX 输出高电平。

### 3.3. 唤醒模式（模式 1）

当  $M1 = 0$ ， $M0 = 1$  时，模块工作在模式 1。

- **发射：**模块启动数据包发射的条件与 AUX 功能都等同于模式 0，唯一不同的是：模块会在每个数据包前自动添加唤醒码，唤醒码的长度取决于用户参数中设置的唤醒时间。唤醒码的目的是用于唤醒工作在模式 2 的接收模块。所以，模式 1 发射的数据可以被模式 0、1、2 收到。
- **接收：**等同于模式 0。

### 3.4. 省电模式（模式 2）

当  $M1 = 1$ ， $M0 = 0$  时，模块工作在模式 2。

- **发射：**模块处于休眠状态，串口被关闭，无法接收来自外部 MCU 的串口数据，所以该模式不具有无线发射功能。
- **接收：**在模式 2 下，要求发射方必须工作在模式 1。无线模块定时监听唤醒码，一旦收到有效的唤醒码后，模块将持续处于接收状态，并等待整个有效数据包接收完毕。然后模块将 AUX 输出低电平，并延迟 5ms 后，打开串口将收到的无线数据通过 TXD 发出，完毕后将 AUX 输出高电平。无线模块继续进入“休眠 - 监听”的工作状态（polling）。通过设置不同的唤醒时间，模块具有不同的接收响应延迟（最长 2s）和平均功耗（最小 30uA）。用户需要在通讯延迟时间和平均功耗之间取得一个平衡点。

### 3.5. 休眠模式（模式 3）

当  $M1 = 1$ ， $M0 = 1$  时，模块工作在模式 3。

- **发射：**无法发射无线数据。
- **接收：**无法接收无线数据。
- **参数设置：**休眠模式可以用于模块参数设置，使用串口 9600、8N1，通过特定指令格式设置模块工作参数，详见工作参数详解。
- **注意：**当从休眠模式进入到其他模式，模块会重新配置参数，配置过程中，AUX 保持低电平。完毕后输出高电平，所以建议用户检测 AUX 上升沿。

### 3.6. 快速通信测试

- 将 USB 测试板（我司的选配件）插上电脑，确保驱动已经安装正确。插上 USB 测试板上的模式选择跳线（即  $M1 = 0$ ， $M0 = 0$ ），如下图红框，让模块工作在模式 0。
- 选择 3.3V 或 5V 供电均可。
- 运行“串口调试助手”软件，并选择正确的串口号，观察发送窗口和对应的接收窗口。





## 4. 指令格式

休眠模式（模式 3：M1=1，M0=1）下，支持的指令列表如下（**设置时，只支持 9600，8N1 格式**）：

序号	指令格式	说明
1	C0 + 工作参数	16 进制格式发送 C0+5 字节工作参数，共 6 字节，必须连续发送（掉电保存）
2	C1 C1 C1	16 进制格式发送三个 C1，模块返回已保存的参数，必须连续发送。
3	C2 + 工作参数	16 进制格式发送 C2+5 字节工作参数，共 6 字节，必须连续发送（掉电不保存）
4	C3 C3 C3	16 进制格式发送三个 C3，模块返回版本信息，必须连续发送。
5	C4 C4 C4	16 进制格式发送三个 C4，模块将产生一次复位，必须连续发送。

### 4.1. 参数设置指令

工作参数可以使用 C0 或 C2 命令，其区别是：C0 命令会将参数写入模块 FLASH，掉电保存。C2 命令为临时修改指令，参数不会掉电保存，适用于需要频繁修改工作参数的场合。例如：C2 00 00 18 50 44。

**工作参数配置表（默认：C0 00 00 18 50 44）**

序号	名称	描述	备注
0	HEAD	固定 0xC0 或 0xC2，表示此帧数据为控制命令	<ul style="list-style-type: none"><li>必须为 0xC0 或 C2</li><li>C0：所设置的参数会掉电保存。</li><li>C2：所设置的参数不会掉电保存。</li></ul>
1	ADDH	模块地址高字节（默认 00H）	00H-FFH
2	ADDL	模块地址低字节（默认 00H）	00H-FFH
3	SPED	速率参数，包括串口速率和空中速率 7, 6: 串口校验位 00：8N1（默认） 01：8O1 10：8E1	<ul style="list-style-type: none"><li>通信双方串口模式可以不同</li></ul>

		<p>11 : 8N1 ( 等同 00 )</p> <hr/> <p>5 , 4 , 3    TTL 串口速率 ( bps )</p> <p>000 : 串口波特率为 1200</p> <p>001 : 串口波特率为 2400</p> <p>010 : 串口波特率为 4800</p> <p>011 : 串口波特率为 9600 ( 默认 )</p> <p>100 : 串口波特率为 19200</p> <p>101 : 串口波特率为 38400</p> <p>110 : 串口波特率为 57600</p> <p>111 : 串口波特率为 115200</p> <hr/> <p>2 , 1 , 0    无线空中速率 ( bps )</p> <p>000 : 空中速率为 1.2K ( 默认 )</p> <p>001 : 空中速率为 2.4K</p> <p>010 : 空中速率为 4.8K</p> <p>011 : 空中速率为 9.6K</p> <p>100 : 空中速率为 19.2K</p> <p>101 : 空中速率为 38.4K</p> <p>110 : 空中速率为 50K</p> <p>111 : 空中速率为 70K</p>	<hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 通信双方波特率可以不同</li> <li>● 串口波特率和无线传输参数无关，不影响无线收发特性。</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 空中速率越低，距离越远，抗干扰性能越强，发送时间越长。</li> <li>● 通信双方空中无线传输速率必须相同。</li> </ul>
4	CHAN	通信频率 ( 425M + CHAN * 0.1M ) ( 默认 50H:433M )	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 00H-FFH , 对应 425 - 450.5Mhz</li> </ul>
5	OPTION	<p>7 ,     定点发送使能位 ( 类 MODBUS )</p> <p>0 : 透明传输模式 ( 默认 )</p> <p>1 : 定点传输模式</p> <hr/> <p>6     IO 驱动方式 ( 默认 1 )</p> <p>1 : TXD、AUX 推挽输出，RXD 上拉输入</p> <p>0 : TXD、AUX 开路输出，RXD 开路输入</p> <hr/> <p>5 , 4 , 3    无线唤醒时间 ( 对接收方来说，是监听间隔时间；对发射方来说，是持续发射唤醒码的时间 )</p> <p>000 : 250ms ( 默认 )</p> <p>001 : 500ms</p> <p>010 : 750ms</p> <p>011 : 1000ms</p> <p>100 : 1250ms</p> <p>101 : 1500ms</p> <p>110 : 1750ms</p> <p>111 : 2000ms</p> <hr/> <p>2 ,     FEC 开关</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 为 1 时，每个用户数据帧的前 3 个字节作为高、低地址、信道。发射时，模块改变自身地址和信道，完毕后，恢复原有设置。</li> <li>● 该位用于使能模块内部上拉电阻。漏极开路方式电平适应能力更强，但是某些情况下，可能需要外部上拉电阻</li> <li>● 收发模块都工作在模式 0 下，该延迟时间无效，可以任意值。</li> <li>● 发射方工作在模式 1，将持续发射相应时间的唤醒码。</li> <li>● 接收方工作在模式 2，此时间是指接收方的监听间隔时间（无线唤醒），只能收到工作在模式 1 下发射方的数据。</li> <li>● 发射方设置的唤醒时间不能小于接收方的监听间隔时间，否则可能丢失数据，当双向通信时，双方可把唤醒时间设置一致。</li> <li>● 唤醒时间越大，平均接收电流越低。</li> <li>● 关闭 FEC 后，数据实际传输速率</li> </ul>



		0：关闭 FEC 1：打开 FEC（默认）  ----- 1, 0 发射功率（大约值） 00：17dBm（默认） 01：14dBm 10：10dBm 11：7dBm	提升，但抗干扰能力减弱，距离稍近，请根据实际应用选择。 ● 通信双方必须都开启或都关闭。  ----- ● 外部电源必须提供 200mA 以上电流输出能力。并保证电源纹波小于 100mV。 ● 不推荐使用较小功率发送，其电源利用效率不高。
--	--	--	--

**举例说明（序号 3 “SPED” 字节的含义）：**

该字节的二进制位	7	6	5	4	3	2	1	0
具体值（用户配置）	0	0	0	1	1	0	0	0
代表意义	串口校验位 8N1		串口波特率为 9600			空中速率为 1.2K		
对应的十六进制	1				8			

**4.2. 工作参数读取**

在休眠模式下（M1=1，M0=1），用户向模块串口发出命令（HEX 格式）：C1 C1 C1，模块会返回当前的配置参数。比如：C0 00 00 18 50 44。

**4.3. 版本号读取**

在休眠模式下（M1=1，M0=1），用户向模块串口发出（HEX 格式）：C3 C3 C3，模块会返回当前版本号：比如：C3 31 xx yy。此处的 31 代表模块型号（E31 系列），xx 就是版本号，不可更改。yy 代指模块其他特性，用户无需关心。

**4.4. 复位指令**

在休眠模式下（M1=1，M0=1），用户向模块串口发起（HEX 格式）：C4 C4 C4，模块将产生一次复位。复位过程中，模块进行自检，AUX 输出低电平，复位完毕后，AUX 输出高电平，模块开始正常工作。此时，可以进行模式切换或发起下一条指令。