

ZAuZx_T 系列低功耗 Zigbee 无线网络

串口透传解决方案

厦门卓万电子科技有限公司

版本 1.12

版本历史

版本	描述	日期
V1.0	初始版本	2012/8/26
V1.1	加入路由器与终端设备用串口配置模块地址功能	2013/1/15
V1.11	更正睡眠唤醒口 S_IN、S_OUT 的 IO 口映射描述错误	2013/2/5
V1.12	更新不含 PCB 天线的 ZAuZH_T 模块为主要模块，增加波特率 2400、4800	2013/2/27

模块概况

ZAuZx_T 系列 Zigbee 串口透传模块是由厦门卓万科技有限公司开发的基于 Zigbee2007/PRO 协议栈的 2.4G Zigbee 无线串口透明传输通信模块。模块基于 TI 高性能低功耗的 2.4G 射频收发芯片 CC2530 及大功率低噪声射频前端芯片 CC2591，实现极易使用、全透明、高稳定、超低功耗、超远距离、超大规模 Zigbee 无线传感网络的组网。模块历经多次改进最终成熟，以低廉的价格直接提供用户成熟易用的 Zigbee 网络接口，将以往难以驾驭的协议栈开发过程简化为串口与 IO 口的简单操作，详细严谨的技术参数保证用户完全掌控网络性能，帮助客户实现“稳定高效，直接上手，一天做项目”。

模块优势

- 硬件基于本公司的 CC2530 模块和 CC2530+CC2591 模块，体积小，信号好。CC2530+CC2591 模块信号比几乎所有同类产品都高 5dB 以上！
- 终端设备可休眠。与同类产品不可休眠相比，大大节约了终端设备功耗。提供的例程展示两节电池让温度采集模块工作一年以上！
- 使用方便灵活，提供多种模式可选，多种应用的最简设计，易用性高速率二者兼得！
- 产品稳定可靠，性能卓越。超大规模 Zigbee 网络实际组网经验，多个工程实践的组网方案，常年运行未出故障！
- 从工程出发细致入微的细节控制。可选独特的拨码设置地址方式，极大方便大规模网络工程实施！

模块型号

本 Zigbee 串口透传系列模块分为 6 个型号（带*标为推荐采用模块）：

ZAuZH_TCO* – 采用 CC2530+CC2591 带功率放大芯片的主机（Coordinator）模块

ZAuZH_TRO* – 采用 CC2530+CC2591 带功率放大芯片的路由设备（Router）模块

ZAuZH_TEN – 采用 CC2530+CC2591 带功率放大芯片的终端设备（EndDevice）

模块

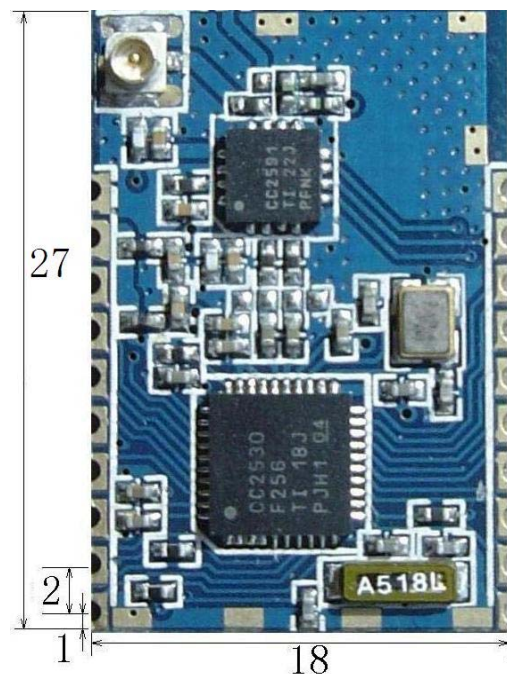
ZAuZL_TCO – 采用 CC2530 芯片的低功率主机（Coordinator）模块

ZAuZL_TRO – 采用 CC2530 芯片的低功率路由设备（Router）模块

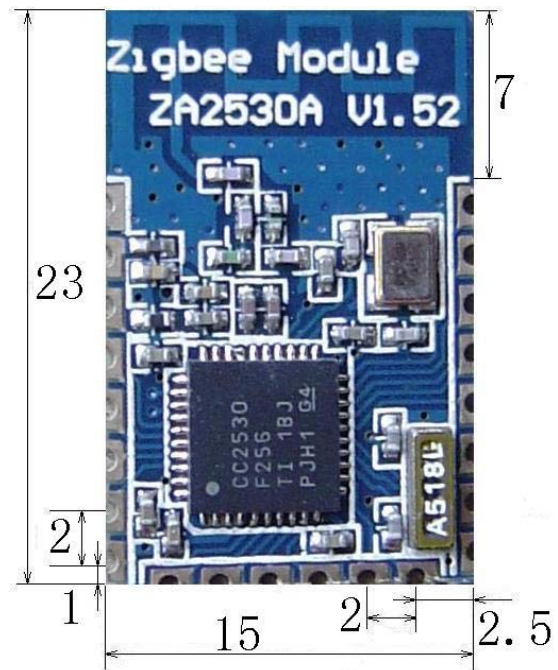
ZAuZL_TEN* – 采用 CC2530 芯片的低功率终端设备（EndDevice）模块

模块封装

ZAuZH_T 功放模块采用 ZA2530-2591 无线通信模块，默认采用外接 2dBi 或 6dBi 全向天线。ZAuZL_T 低功率模块采用 ZA2530A 无线通信模块，板载调谐匹配的 PCB 天线¹。

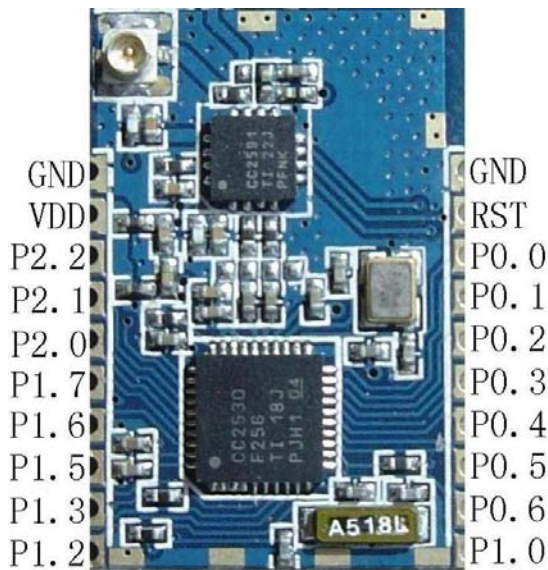


ZAuZH_T 尺寸图

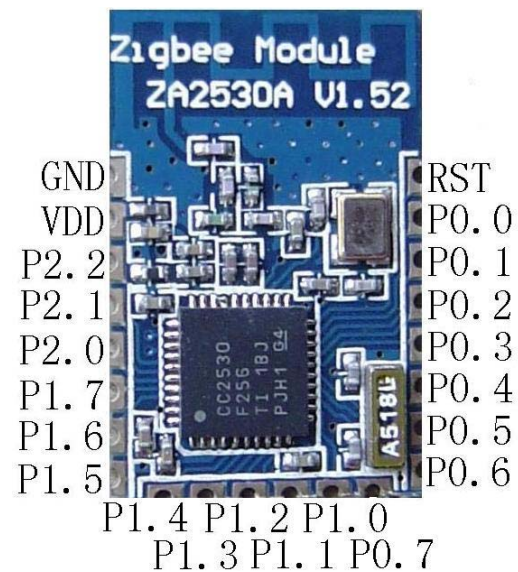


ZAuZL_T 尺寸图

¹注：由于 PCB 天线使用有较多限制，因此为节约体积，新版本的 ZAuZH_T 大功率模块大部分都已不包含 PCB 天线，图示均为不带 PCB 天线的模块，如模块体积要求较高不适宜采用外置天线，建议使用内置铜管天线以取得小体积与良好信号的平衡，如仍无法满足体积需求时才考虑购买带 PCB 天线的 ZAuZH_T 模块。



ZAuZH_T 引脚图



ZAuZL_T 引脚图

硬件参数

- 工作电压：3V~3.6V；
- 工作频率：2400-2483.5 MHz
- 工作频段数：16
- 输出功率：CC2530：-28 dBm -- 4.5 dBm （实测符合标称）
CC2530+CC2591：-10 dBm -- 22.5 dBm （实测符合标称）
- 接收灵敏度：CC2530：-97 dBm （实测符合标称）
CC2530+CC2591：-98.8 dBm (High Gain Mode)（实测符合标称）
-90.4 dBm (Low Gain Mode)（实测符合标称）
- 信号改善：CC2591：6dB （实测符合标称）
- 接收电流：25mA
- 发送电流：CC2530：29mA
CC2530+CC2591：149mA （@ 19 dBm）
- 睡眠电流：CC2530：<1uA
CC2530+CC2591：<1.1uA
- 串口波特率：2400; 4800; 9600; 19200; 38400; 57600; 115200 可通过设置

指令调整

- 串口格式：无校验，8 数据位，1 停止位
- 模块尺寸：CC2530：23mm*15mm*1.5mm
CC2530+CC2591：27mm*18mm*1.5mm
-

模块引脚

表 1. 模块引脚与功能

对 应 模 块引脚	主机（Coordinator） 引脚功能	路由设备（Router）引脚 功能	终端设备（EndDevice）引脚 功能
GND	接地端		
VDD	接电源端，推荐电压 3~3.6V		
RST	N_RESET，置低电平时重启设备		
P2.2 ⁽²⁾	N/A	A1.2，地址高位 Bit2	
P2.1 ⁽²⁾	N/A	A1.1，地址高位 Bit1	
P2.0 ⁽²⁾	N/A	A1.0，地址高位 Bit0	
P1.7	UART_RX，模块接收串口信号的 IO 口		
P1.6	UART_TX，模块发送串口信号的 IO 口		
P1.5 ⁽³⁾	M0.1，模式选择 Bit1		S_OUT，模块睡眠控制输出
P1.4 ⁽¹⁾	N/A		
P1.3 ⁽³⁾	M0.0，模式选择 Bit0		S_IN，模块睡眠控制输入
P1.2 ⁽²⁾	N/A	A0.7，地址低位 Bit7	
P1.1 ⁽¹⁾	N/A		
P1.0	LED，模块状态指示灯		
P0.7 ⁽¹⁾	N/A		
P0.6 ⁽²⁾	N/A	A0.6，地址低位 Bit6	
P0.5 ⁽²⁾	N/A	A0.5，地址低位 Bit5	
P0.4 ⁽²⁾	N/A	A0.4，地址低位 Bit4	
P0.3 ⁽²⁾	N/A	A0.3，地址低位 Bit3	

P0.2 ⁽²⁾	N/A	A0.2, 地址低位 Bit2
P0.1 ⁽²⁾	N/A	A0.1, 地址低位 Bit1
P0.0 ⁽²⁾	N/A	A0.0, 地址低位 Bit0

- (1) 2530-2591 模块的 P0.7、P1.1、P1.4 用于 CC2530 芯片控制 CC2591 芯片通信，由 Zigbee 协议栈自动控制，属于协议栈固定占用的 IO 口。为避免误操作，我们的 ZAuZH_T 系列模块未将其引出。ZAuZL_T 系列模块将这三个引脚引出，但这三个引脚无作用，强烈建议将这三个引脚悬空。
- (2) 地址设置 IO 口仅在点对点 (UNI) 模式下有效。广播 (BROAD) 模式与一对多 (MTO) 模式下地址设置 IO 口不影响模块功能。
- (3) 模式选择位 M0.1~M0.0 分别取 00、01、10、11 时对应广播 (BROAD) 模式、一对多 (MTO) 模式、点对点 (UNI) 模式和设置 (SETTING) 模式。终端设备 (EndDevice) 始终运行在点对点 (UNI) 模式，这两个 IO 口用于睡眠唤醒信号的输入输出。

模块引脚功能概述

接地 (GND)

连接供电的地端。

电源 (VDD)

连接供电的电源端。建议供电电压在 3V~3.6V 之间。虽然芯片可能可以工作在更低电压下，但本产品的设计与测试均建立在 3V 以上电压基础上。低于 3V 的电压可能造成大电流工作（如路由信息读写）时不稳定。因此在使用两节干电池供电时，建议使用电压为 1.5V 的碳性电池或碱性电池。

复位 (RST)

低电平有效的复位口 N_RESET。置低电平时模块将复位。建议外接 RC 复位电路或用专用复位芯片控制复位信号。

串口接收 (P1.7)

模块接收上位机串口信号。可与工作在相同电压下的上位单片机串口发送口直接连接，或通过 MAX3232 与上位计算机连接。

串口发送 (P1.6)

模块发给上位机串口信号。可与工作在相同电压下的上位单片机串口接收口直接

连接，或通过 MAX3232 与上位计算机连接。

模式选择（P1.5、P1.3）

ZA 串口透传模块针对不同应用提供三种不同的网络模式。主机（Coordinator）和路由设备（Router）所运行模式通过模式设置 IO 口 M0.1、M0.0 来决定。拉高某模式设置 IO 口电平可将对应位设置为 1，悬空或外部下拉某模式设置 IO 口电平可将对应位设置为 0。三种网络模式分别为广播模式（M0.1=0，M0.0=0）、一对多模式（M0.1=0，M0.0=1）、点对点模式（M0.1=1，M0.0=0）。另外，当 M0.1=1，M0.0=1 时模块进入设置模式，可通过串口命令对设备进行基本参数的设置。

终端设备（EndDevice）始终运行在点对点模式，并在点对点模式下兼容设置模式下的设置指令。

模块睡眠控制（P1.5、P1.3，终端设备专用）

终端设备（EndDevice）始终运行在点对点模式，其 P1.5、P1.3 用作模块睡眠控制输入 S_IN 与模块睡眠控制输出 S_OUT。S_IN 为输入口，内部下拉，空闲时应输入低电平，不用时可悬空。S_OUT 为输出口。

终端设备（EndDevice）为降低功耗，一般处于睡眠状态，并定时自动唤醒向其父路由设备（Router）查询发送给自身的数据包。上位机发送数据时需首先唤醒终端设备，唤醒方式分为串口直接唤醒和 IO 口唤醒（详情参见点对点模式一章）。当使用 IO 口唤醒模块传输串口数据包时，上位机应先拉高 S_IN（P1.3）2ms 以上，然后发送串口数据包，发送结束后拉低 S_IN，模块重新进入睡眠状态。

S_OUT（P1.5）空闲时输出低电平，当终端设备定期查询接收到网络传来的数据包时，会拉高 S_OUT 约 10ms，然后发送串口数据包给上位机，发送结束后拉低 S_OUT。上位机可利用 S_OUT 作为自身的唤醒与睡眠控制进行低功耗设计。

地址设置（P2.2~P2.0、P1.2、P0.6~P0.0）共 11 个 IO 口，分为 3Bit 的地址设置高位 A1.2~A1.0（P2.2~P2.0）和 8Bit 的地址设置低位 A0.7~A0.0（P1.2、P0.6~P0.0）。当网络工作于广播（BROAD）模式及一对多（MTO）模式时地址设置位无效，地址设置 IO 口的输入电平不影响模块功能。因此在这两种模式下地址设置 IO 口可悬空。

当工作于点对点（UNI）模式下时，由于主机（Coordinator）的地址已固定为 0x0000，因此地址设置 IO 口输入电平不影响主机功能，主机的地址设置 IO 口

可悬空。路由设备（Router）与终端设备（EndDevice）的地址设置 IO 口根据输入高低电平组成 11Bit 的地址 0x0001~0x07FF。地址设置 IO 口均在内部下拉，悬空时相当于输入低电平 0，拉高时相当于输入高电平 1。具体详见点对点模式地址设置章节。

模块指示灯（P1.0）

模块状态指示，高电平点亮 LED。需串接 330 欧电阻和 LED 后到地。为节约功耗，建议终端设备（EndDevice）不接 LED，将本 IO 口悬空。

模块使用连接

为保证射频通信质量，请在设计与使用时考虑如下建议：

- 可靠良好的电源供应。模块接地端应可靠接地，建议底版有良好大面积的地平面对。模块电源端应稳定供电，建议用较粗无干扰的 PCB 走线为模块供电。
- ZAuZH_T 系列功放模块建议采用高质量外接天线以使射频通信质量达到最优。板载 PCB 天线¹在发射时可以取得与外接天线同样好的效果，但是在接收时由于芯片本身特点接收强度会受到很大程度削弱，因此只建议在 ZAuZH_TEN 模块并且只发不收的情况下采用板载 PCB 天线。如受限于体积，可采用效果接近与外接天线的内置铜管天线。如设计所限必须在主机（Coordinator）或路由设备（Router）上采用板载 PCB 天线，建议采用低功率的 ZAuZL_TCO 与 ZAuZL_TRO 模块。
- ZAuZL_T 系列低功率模块采用 PCB 天线，为保证天线正常工作，应避免在天线下走线或铺铜，保证天线上下方与周围净空区域尽量大。底板设计时，建议将模块天线部分露出底版以形成净空区域。

Zigbee 网络组网概况

Zigbee 是一种低速短距离传输的无线网络协定，主要面向解决低速率大规模网络节点间信息分享。

与传统无线传输相比，Zigbee 网络主要有两大优势：无线跳传与低功耗。

传统无线网络一般是点对点传输数据，当两个节点之间的距离大于射频传输距离

¹ 注：鉴于 ZAuZH_T 大功率模块的 PCB 天线效果不佳，新版本中大部分模块已不包括该 PCB 天线部分。

时将无法通信；而 Zigbee 网络拥有跳传功能，即两个节点之间的距离超出通信距离时可以通过它们之间的其他节点跳传信息，因此依然可以进行通信，而信息跳传这样的功能是由 Zigbee 协议自动完成的，无需人工干预。有了跳传组网这样的方式，当网络中有一些设备添加或移除时，网络能自适应改变组网拓扑，自动选择最佳信息通路，因此 Zigbee 网络具有很好的鲁棒性。

Zigbee 的另一大特点是某些功能的模块（终端模块 Enddevice）可以运行在休眠方式，因而可以极大延长电池寿命，特别适合于低功耗信息采集系统如各种传感器网络的搭建。

为实现这些功能，Zigbee 网络包含三种基本类型的功能模块：主机（Coordinator），路由设备（Router），终端设备（EndDevice）。

一个 Zigbee 网络的建立是由主机发起的，因此在任何网络的初始建立阶段都有一个主机模块。当主机建立起网络之后，路由设备与终端设备即可以自由加入网络。路由设备是 Zigbee 网络的主干，组网跳传数据信息，路由设备需一直上电不可休眠。终端设备是可休眠的，不负责数据的跳传，只通过某一个路由设备（称为其父设备）来和整个网络交换数据。

当网络建立起来之后，主机的作用和路由设备完全相同，此时主机已完成组网功能，主机模块已经不是必须的，可以撤掉主机模块网络仍然能进行正常运行。但在整个网络都断电也就是网络消失之后，仍然需要一个主机设备来初始化网络。一个网络只能有一个主机，可以有多个路由设备与终端设备。

网络中的终端设备不是必须的，当没有低功耗需求时，可以没有终端设备，都采用路由设备，这样可以增强网络的可靠性。

我们的 Zigbee 串口透传解决方案提供完整的组网服务，对外仅是几个 IO 口与串口的设置，用户仅需选择主机、路由设备、终端设备的数量，设备将完成自动组网，无需人工干预。

为此提供如下几种网络的搭建模式，以方便各种实际需求。

组网网络运行模式

广播模式（BROADCAST MODE）

广播（BROAD）模式是在网络规模较小、数据传输量较小、数据可靠性要求不高的情况下提供的一种便捷的透传解决方案。当主机（Coordinator）模块和路由设备（Router）模块悬空或外部下拉所有模式设置位（M0.1=0，M0.0=0）时便运行于广播模式。相同频段，相同网络 ID（PANID）的一个主机和多个路由设备自动组成运行于广播模式的 Zigbee 网络。此时任意一个设备从串口接收到的串口数据包都会完全透明地传输到其他所有设备并从其他所有设备的串口输出。本模式下地址设置位（A1.2~A1.0，A0.7~A0.0）无效。为简化设计，建议将这些地址设置位悬空。

一对多模式（MANY-TO-ONE MODE）

一对多（MTO）模式是为高效便捷达成形如服务器-多传感器终端的一对多采集任务而提供的透传解决方案。当主机（Coordinator）模块和路由设备（Router）模块都拉高模式设置位 M0.0，悬空或外部下拉模式设置位 M0.1（M0.1=0，M0.0=1）时便运行于一对多模式。相同频段，相同网络 ID（PANID）的一个主机和多个路由设备自动组成运行于一对多模式的 Zigbee 网络。此时主机从串口接收到的串口数据包会完全透明地传输到所有路由设备并从所有路由设备的串口输出；任意路由设备模块从串口接收到的串口数据包会完全透明地传输到主机并由主机串口输出。本模式下地址设置位（A1.2~A1.0，A0.7~A0.0）无效。为简化设计，建议将这些地址设置位悬空。

点对点模式（UNICAST MODE）

点对点（UNI）模式提供包含主机（Coordinator）、路由设备（Router）、可休眠低功耗的终端设备（EndDevice）在内的经典 Zigbee 网络的组网方式。当主机模块和路由设备模块都拉高模式设置位 M0.1，悬空或外部下拉模式设置位 M0.0（M0.1=1，M0.0=0）时便运行于点对点模式；终端设备始终运行于点对点模式。相同频段，相同网络 ID（PANID）的一个主机、多个路由设备和多个终端设备自动组成运行于点对点模式的经典 Zigbee 网络。

各模式优缺点比较如下表所示。

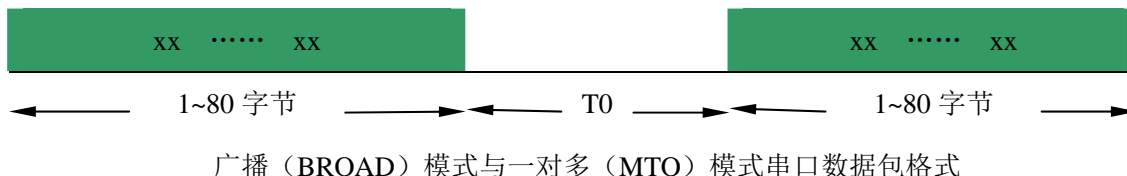
表 2. 各模式优缺点比较

	优点	缺点
广播模式	<p>使用方便，即插即用，最简模式下只需连接电源、地、Reset、串口接收、串口输出 5 个引脚即可直接使用。</p> <p>完全透明传输，所发即所得。</p> <p>所有数据广播发送，适合于需要广播传递数据的场合。</p>	<p>数据传输率较低，数据量大时可能有丢包现象。</p> <p>不支持终端设备（EndDevice），不支持低功耗与休眠。</p>
一对多模式	<p>使用方便，即插即用，最简模式下只需连接电源、地、Reset、串口接收、串口输出、模式位 M0.0 6 个引脚即可直接使用。</p> <p>完全透明传输，所发即所得。</p> <p>数据可靠，传输率较高。路由设备上传数据至主机时传输率类似点对点模式。</p>	<p>不支持终端设备（EndDevice），不支持低功耗与休眠。</p>
点对点模式	<p>支持低功耗可休眠的终端设备（EndDevice）。</p> <p>数据可靠，传输率高，可将任意数据包精确高效稳定发送至指定设备。</p> <p>极大的灵活性，仅需改变串口包的两字节“目的地址”即可以模拟实现其他两种模式的功能。</p> <p>使用较为方便，模块只发送不接收时只需连接电源、地、Reset、串口接收、串口输出、模式位 M0.1 6 个引脚即可。</p> <p>兼容设置（SETTING）模式，在不需更改模式的情况下完成模块参数设置。</p> <p>配套支持完善，提供超低功耗传感器网络程序示例，上位机源代码完全开源。</p>	<p>串口发包需要按协议增加 4 字节目的地址包头。</p>

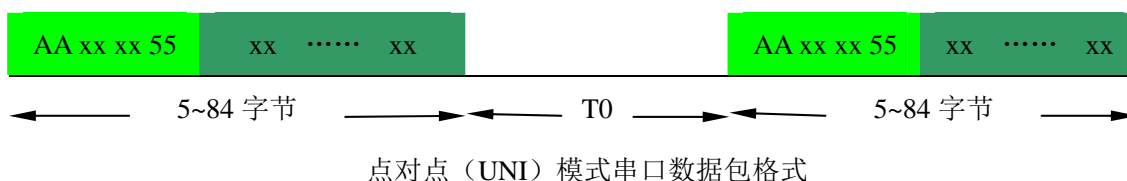
数据包发送格式

为节约 Zigbee 网络资源，串口接收到的数据将打包成数据包的形式传递。模块接收的串口数据包长度为 1~80 字节（点对点模式下为 5~84 字节），数据之间需要有一定的时间间隔 T_0 。时间间隔 T_0 在不同波特率下不同，参见表 4。

当设备运行于广播（BROAD）模式和一对多（MTO）模式时，数据是完全透明传输的，串口接收到的所有数据包将会完全传递到其他模块的串口输出。



当设备运行于点对点（UNI）模式时，所有的串口数据包都需要包含 4 字节包头以指明数据包的目的地址。数据包头由 0xAA+地址高位+地址低位+0x55 共 4 字节组成。所传递的数据长度为 1~80 字节，因此数据包总长度 5~84 字节。



点对点模式的模块地址设置将在下面章节进行详细讨论。

点对点模式数据包中的目的地址支持一些特殊用法：

目的地址为 0x00 0x00 时，数据包将发送给主机

目的地址为 0xFF 0xFF 时，数据包将广播发送。

终端设备数据包的目的地址为 0xFF 0xF0 时，数据包将发送给其父路由设备。

点对点模式的使用是十分灵活的，可以涵盖广播模式和一对多模式：

将所有主机与路由设备的数据包地址填为 0xFF 0xFF，相当于组建广播网络。

将所有主机发送的数据包地址填为 0xFF 0xFF，所有路由设备发送的数据包填为 0x00 0x00，相当于组建了一对多网络。

点对点模式使用灵活，唯一的代价是需要多出 4 字节包头用以表明数据目的地址。因此在数据量较大时我们建议按照点对点模式组网。

点对点模式的地址设置

为完成点对点通信，点对点（UNI）模式下的主机、路由设备和终端设备一般需要设置设备地址。

主机的地址固定为 0x0000，主机地址无需设置，也无法改变。主机地址不受其地址设置 IO 口 A1.2~A1.0、A0.7~A0.0 的影响。为简化设计，建议将这些地址设置 IO 口悬空。

路由设备和终端设备的地址设置通过 11 个地址设置 IO 口 A1.2~A1.0、A0.7~A0.0 的高低电平来实现。拉高某地址设置 IO 口电平可将对应位设置为 1，悬空或外部下拉某地址设置 IO 口电平可将对应位设置为 0。11 个 IO 口的高低电平最终可以组成 0x0000~0x07FF 共 2048 个地址编码。

在同一个点对点网络中，所有设备应具有唯一的地址。不同设备设置相同的地址将发生地址冲突，可能的现象包括：地址冲突的设备无法正常收到数据，地址冲突的设备无法正常发送数据，连接地址冲突设备的路由设备和/或终端设备不能正常收发数据。由于大规模 Zigbee 网络的特点，当相距较远的两个设备地址冲突时不易发现，故需仔细核对确保网络中的所有设备地址唯一。

由于 0x0000 已固定为主机地址，故当路由设备或终端设备设置地址 IO 口为 0x0000 时设置地址无效。此时系统首先查询客户是否用串口设置了地址¹，如客户尚未用串口设置地址，自动赋予这些设备随机地址并保证其与网络中的设备地址互不冲突。这些设备可以正常地加入网络并在网络中发送数据，但由于其没有有效的地址因此不能接收点对点数据。具体表现为：地址 IO 设为 0x0000 并未用串口设置地址的路由设备可正常发送数据包，正常接收广播数据包，无法接收点对点数据包；地址 IO 设为 0x0000 并未用串口设置地址的终端设备可以正常发送数据包，无法接收数据包。

在符合需求的情况下，我们推荐路由设备和终端设备悬空部分或所有的地址设置 IO 口以减少上位机 IO 口的占用并简化设计。也可采用悬空所有地址设置 IO 并用串口设置地址的方式。串口设置地址的方式在设置（SETTING）模式一节有详细介绍。

¹ V1.1 版本后加入串口设置地址指令。优先级低于 IO 口地址设置。当所有地址 IO 口均为 0 时系统才读取内部串口设置的地址；当至少有一个地址 IO 口上拉时将按照地址 IO 口所指定的地址来设置，而忽略内部串口设置的地址。模块的地址设置有唯一性，两种地址设置方式结果相同，因此请特别注意防止地址冲突。

当某些路由设备或终端设备只需要发送数据而不需接收数据（如可休眠传感器终端节点定期上传数据而不需要接收数据）时，可悬空所有地址设置 IO 口，此时地址 IO 口为 0x0000，在不需使用串口设置地址的情况下可以进入前述只发不收的模式。在此最简情况下，实现单向传递数据的终端设备只需要连接电源、地、Reset、串口接收、睡眠控制输入 5 个引脚。

地址 IO 设置地址时，在路由设备或终端设备启动或重启后约 500ms 时由地址 IO 口读入模块。读入后设备即运行在该地址上，此后更改地址 IO 口的电平不影响设备地址。因此更改设备地址后需要重新启动以使新地址生效。路由设备建议使用拨码开关作为地址输入，在拨码设置完正确地址后再对设备上电，并在每次更改地址后重启设备。

为避免终端设备静态电流损耗以降低设备功耗，建议终端设备可以采用放空地址 IO 并用串口设置地址的方式。如采用地址 IO 方式设置地址，在终端设备读入地址后建议将地址 IO 恢复至低电平。例如采用上位单片机进行 IO 地址设置时，应确保上位单片机一上电就进行地址 IO 口的电平输出，以保证上电 500ms 时模块能稳定读取到正确的地址设置值。在模块读入地址后（建议上电后 2 秒）将地址 IO 口恢复低电平以降低功耗。如采用拨码开关作为地址输入，应在拨码设置完正确地址后再对设备上电，并在模块读入地址后（建议上电后 2 秒）将拨码拨至悬空或外部下拉电阻处以恢复 IO 口低电平。具体地址读入参考下图。

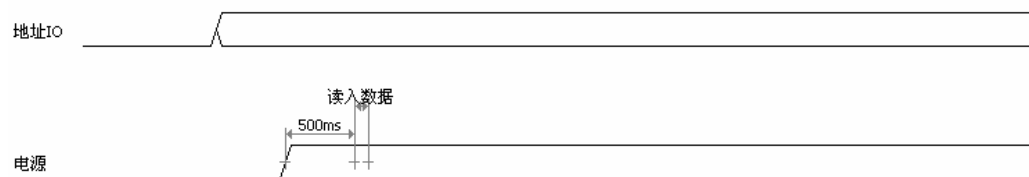


图 1. 路由设备（Router）建议地址设置时序

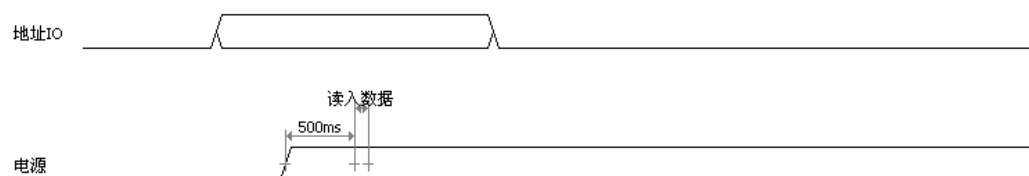


图 2. 终端设备（EndDevice）建议地址设置时序

各种模式下设备的对应地址如下表所示。

表 3. 运行模式、设置地址与设备关系

	主机 (Coordinator)	路由设备 (Router)	终端设备 (EndDevice)
广播模式	地址设置无效, 正常收发数据	地址设置无效, 正常收发数据	
一对多模式		地址设置无效, 正常收发数据	
点对点模式 (地址 IO 不为 0)		按地址 IO 所指定地址正常分配有效地址, 正常收发数据	按地址 IO 所指定地址正常分配有效地址, 正常收发数据
点对点模式 (地址 IO 为 0x0000, 串口设置地址)		按串口设置所指定地址正常分配有效地址, 正常收发数据	按串口设置所指定地址正常分配有效地址, 正常收发数据
点对点模式 (地址 IO 为 0x0000, 未设置或已取消串口地址设置)		未分配有效地址, 可发送数据, 接收广播数据, 不可接收点对点数据	未分配有效地址, 可发送数据不可接收数据

* 为简化设计, 建议将不需进行地址设置的 IO 口悬空, 由内部下拉电阻下拉至低电平“0”。

点对点模式终端设备的唤醒

为降低功耗, 终端设备 (EndDevice) 长期处于睡眠状态。要通过终端设备发送串口数据时, 首先需要将其唤醒。模块提供两种唤醒方式: 串口直接唤醒与 IO 口唤醒。串口唤醒无需使用唤醒 IO 口, 只需要上位机通过串口直接发送一字节数据包 (如 0x55) 给睡眠的终端设备便可将其唤醒, 随后发送数据包即可。IO 口唤醒需要上位机先将睡眠控制输入 IO 口拉高, 随后发送数据包, 并在数据发送完毕后拉低睡眠控制输入 IO 口使终端设备重新进入睡眠。

串口唤醒使用灵活方便, 可以省去上位机一个 IO 口, 并无需判断何时数据包发送结束, 但其唤醒时间较长, 增大了模块的功耗。IO 口唤醒可以精确控制模块的唤醒与睡眠, 显著减小模块功耗。推荐使用 IO 口唤醒。

终端设备的串口唤醒

终端设备的串口唤醒时序如下图所示。如图 3，当上位机需要发送串口数据包时，首先发送一字节数据包（0x55）唤醒终端设备，而后在 10ms~100ms 时发送串口数据包。终端设备连续 100ms 未收到串口数据时将重新进入睡眠，故唤醒包与串口数据包时间间隔不应大于 100ms。

当连续发送串口数据包并且数据包间隔不大于 100ms 时，可以如图 4 所示不重新发送唤醒包（当然为保险起见也可如图 3 在每次数据包发送前重新发送唤醒包）。数据包间隔最小值 T_0 应满足表 4 的串口数据包间隔。

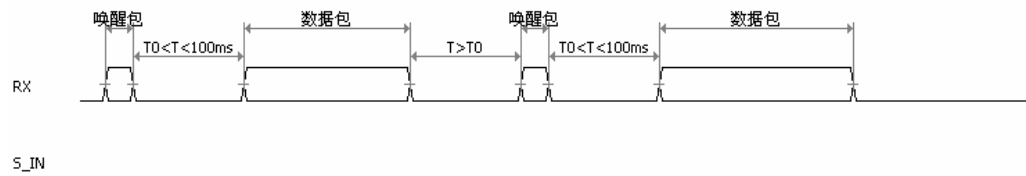


图 3. 终端设备（EndDevice）串口唤醒常规方式时序

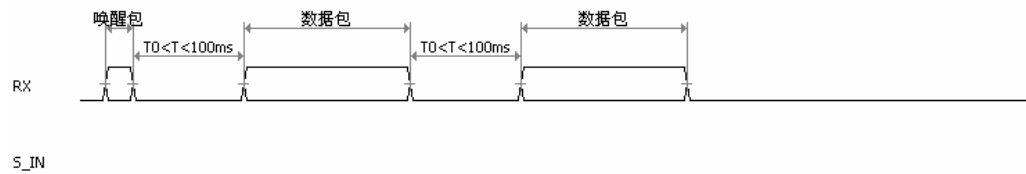


图 4. 终端设备（EndDevice）串口唤醒连续发送方式时序

终端设备的 IO 口唤醒

终端设备的 IO 口唤醒时序如下图所示。如图 5，上位机需要发送串口数据包时，首先拉高模块睡眠控制输入 S_IN 以唤醒终端设备，3ms 后开始发送串口数据包。串口数据包完全发送完毕后将 S_IN 拉低，终端设备将重新进入睡眠。当连续发送串口数据包时，可以在发送期间保持 S_IN 高电平直到所有串口数据包发送完毕，期间终端设备不进入睡眠。

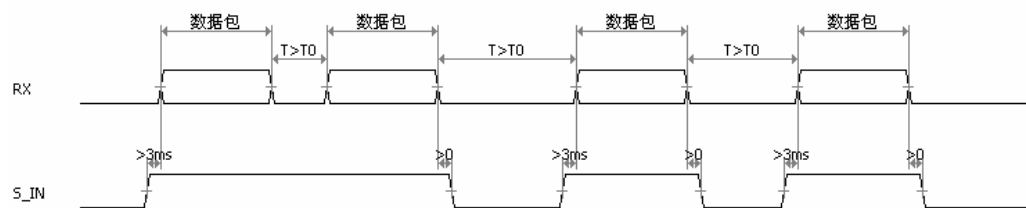


图 5. 终端设备 (EndDevice) IO 口唤醒时序

设备是何种模式唤醒的完全取决于唤醒瞬间所检测到的中断，与唤醒后电平的变化无关。故在串口唤醒后改变 S_IN 电平不会改变唤醒模式。建议根据实际需要采用其中一种唤醒模式，不建议两种唤醒模式混用。

点对点模式上位单片机的休眠与唤醒

为节约功耗，控制终端设备的上位单片机也应长期属于休眠状态，在需要发送数据包或接收数据包时再唤醒进行工作。

终端设备睡眠期间会定期唤醒轮询其父路由设备 (Router)，检查网络是否有发给自身的数据包（默认每 3 秒查询一次，该值可设置）。当有发送给自身的串口数据包时，终端设备会通过 S_OUT 输出高电平唤醒信号，该信号可以用以唤醒上位单片机。S_OUT 拉高 10ms 后终端设备开始发送串口数据包给上位单片机，并在发送完毕后拉低 S_OUT。

终端设备唤醒上位机时序如下图所示。

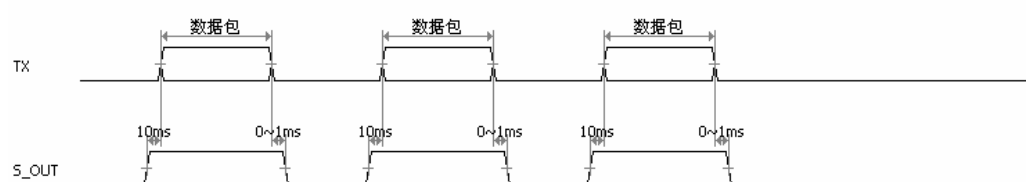


图 6. 终端设备 (EndDevice) 串口发送数据时序

设置模式 (SETTING MODE)

设置 (SETTING) 模式提供更改设备与网络基本参数的接口。当主机 (Coordinator) 模块和路由设备 (Router) 模块拉高所有模式设置位 (M0.1=1, M0.0=1) 时便运行于设置模式；终端设备始终运行于点对点模式，但同时可兼容所有设置命令。

设置命令由设置项和设置值两部分组成，通过串口字符串输入模块。主机（Coordinator）模块和路由设备（Router）模块会通过串口响应设置命令，终端设备模块在设置失败时不会响应，只在设置成功时响应。仅输入设置项而不输入设置值时可查询当前参数值，输入错误的命令或设置值时会有相应的提示。参数设置后需要重启设备以使之生效

例：

拉高主机的两个模式口进入设置模式，通过串口输入命令字符串 BAUD_RATE 表示查询，主机通过串口返回当前波特率 BAUD_RATE: 115200。

通过串口输入字符串 BAUD_RATE 9600，主机返回 SUCCESS: BAUD_RATE IS SET TO BE 9600 表示设置成功。所有成功设置的响应都是以 SUCCESS 开头的，可辅助判断是否设置成功。

通过串口输入字符串 BAUD_RATE 4800，主机返回 ERROR: BAUD_RATE MUST BE 9600/19200/38400/57600/115200 提示设置失败并给出正确值范围。所有设置失败的响应都是以 ERROR 开头的，可以辅助判断。

设备可识别的串口输入有较大灵活性。可在字段头、尾添加一定数量的空格，或设置值头添加一定数量的 0，均能较好识别，方便编程时控制统一长度或方便转换。

如以下设置指令均能正确识别：

“UNI_SEC_ADDR 16”

“ UNI_SEC_ADDR 16”

“ UNI_SEC_ADDR 16 ”

“ UNI_SEC_ADDR 16 ”

“ UNI_SEC_ADDR 0016 ”

“ UNI_SEC_ADDR -01 ”

设置完毕后应重启设备以使设置生效。

具体设置命令如下：

PANID

私有网络的 ID 号，只有 PANID 相同的设备才可以组成一个 Zigbee 网络。设置值为 1 到 65535。初始默认值依项目不同而不同，如需追加设备到原有网络请联系提供原有网络 PANID 或自行修改每一设备的 PANID 值。

BAUD_RATE

串口波特率。设置值为 9600/19200/38400/57600/115200，默认值 115200。

TX_POWER

发射功率。射频前端发射功率值。设置值为 0 到 19，对应于 ZAuZH_T 系列大功率模块发射功率 0dBm 到 19dBm, ZAuZL_T 系列低功耗模块发射功率-16dBm 到 3dBm。标称值与实际值可能不能精确对应。默认值 19。

CHANNEL

通信信道。2.4G 的 Zigbee 协议栈含有 16 个通信信道，信道 11 (0x0B)~信道 26 (0x1A)。设备允许使用的信道通过一个 4 字节 32bit 信道选择值来标示。可使用某一信道则将该信道对应 bit 置 1。如某设备使用信道 11 则可将其信道选择值定为 0x00000800，使用信道 26 则定为 0x04000000。允许设备使能多个信道，只需将设置值对应位置 1。如允许使用所有 2.4G 频段的信道，则可将信道选择值定为 0x07FFF800。建议主机 (Coordinator) 仅使能单个频段以明确组网频段，其他设备根据允许加入的网络频道使能一个或多个频道。设置值 2048 到 134215680，对应 0x00000800 到 0x07FFF800，从仅使用最低信道 (0x0B) 到使用所有信道。默认值为 8192，对应仅使用信道 0x0D。

ANNCE_RATIO

设备广播自身路由信息频率，一般无需更改。如组网规模较大，设备位置稳定，可以适当调大以节约组网开销。设置值 1 到 32767，默认值 600。

POLL_RATE

终端设备定期唤醒频率。终端设备定期唤醒并和其父路由设备通信查询网络发送给自己的数据包。本值定义定期唤醒的间隔毫秒数。当终端设备只发不收（如传感器定期上传采集数据而不需接收数据）时，可将本值设为 0，设备将不会自行唤醒。设置值 0 到 65535，默认值 3000。

UNI_SEC_ADDR

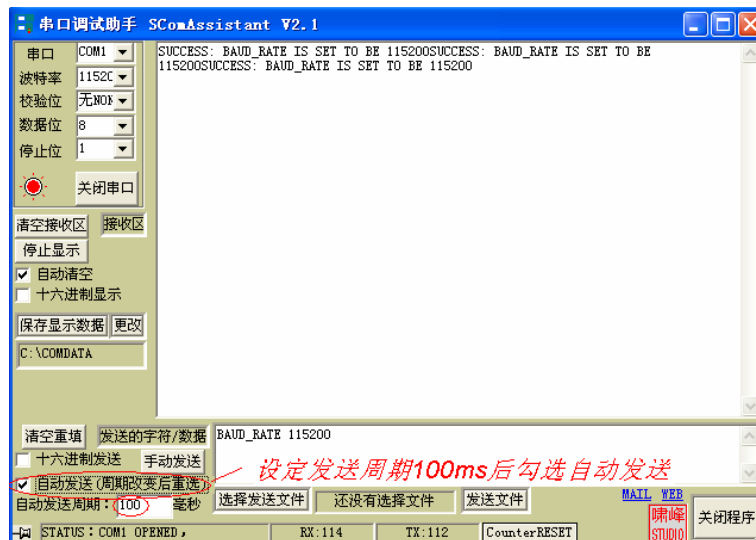
点对点模式备用地址设置。路由设备（Router）或终端设备（EndDevice）放空或下拉所有地址设置 IO 口，设备上电 0.5 秒时所读取到的所有地址 IO 口为 0，则将自动读取该串口地址设置值，如果该值有效（非-1）则将设备地址设置位该值。如该值为无效（-1）则运行在前面地址设置章节中所述的只发不收的状态。设置值-1 或 1~2047。默认值-1，表示无效。

PW_RESET

重启命令。输入任意设置值可直接重启设备。如输入“PW_RESET 0”或“PW_RESET 1”均会立即重启设备，但设置值不可省略，仅输入“RESET”代表查询命令，将随机返回乱码，无法起到重启作用。由于重启后设备会立即进行初始化时的 IO 地址读入和模式位读入，所以请先完成设备的拨码设置后再输入重启命令。设置值：任意数字。默认值：无。

需要注意的是，终端设备（EndDevice）长期处于休眠状态，在进行设置时也是需要唤醒的，唤醒的方式已在前面章节描述。

当用电脑的串口对终端设备进行批量设置时，可采用串口调试助手如下图进行设置。用串口调试助手连续发送两个以上间隔 100 毫秒的设置数据包。第一个数据包会用作唤醒终端设备，其后的数据包即可以成功设置。



设备主要参数

设备主要参数如下表所示。

表 4. 模块组网参数

参数	测试条件与描述	最小	典型	最大	单位
网络规模	所有模式同一网络路由设备（Router）数量 ⁽¹⁾	100	300	355	
终端设备扇出数	点对点（UNI）模式，每路由设备（Router）所带终端设备（EndDevice）数量 ⁽¹⁾		24	31	
最大跳传深度	所有模式下任意两 zigbee 节点间拓扑最大跳传数，拓扑距离大于此值的两点无法通信		15	31	
信道有效数据包率	无线信道有效 zigbee 载荷数据包发送速率 ⁽²⁾	95		160	包/秒
串口数据包长度	发送串口数据时的分包长度，同一数据包内的数据连续发送，相邻数据包留出一定的时间间隔	1		80	字节
串口数据包间隔 T0	一个串口数据包发送结束到下一串口数据包开始发送的时间间隔 ⁽³⁾	波特率 115200	15		ms
		波特率 57600	15		ms
		波特率 38400	15		ms
		波特率 19200	30		ms
		波特率 9600	20		ms
		波特率 4800	40		ms
		波特率 2400	60		ms
串口数据包发送周期（80 字节数据包）	一个串口数据包开始发送到下一串口数据包开始发送的时间间隔 ⁽³⁾	波特率 115200	22		ms
		波特率 57600	30		ms
		波特率 38400	35		ms
		波特率 19200	70		ms
		波特率 9600	100		ms
		波特率 4800	200		ms
		波特率 2400	380		ms
广播包发送率	广播（BROAD）模式，路由设备（Router）限定发送广播包速率 ⁽⁴⁾			24	包/秒
广播包缓存时间	广播（BROAD）模式，路由设备（Router）缓存未及时发送广播包的时限 ⁽⁵⁾	500			ms

广播包缓存数	广播（BROAD）模式，路由设备（Router）缓存未及时发送广播包的数量 ⁽⁵⁾	12	包
路由设备缓存 终端设备数据 包数（80 字节 数据包）	点对点（UNI）模式，路由设备（Router）缓存进入睡眠的终端设备（EndDevice）数据包数量 ⁽⁶⁾	20	包
路由设备过期 时值	路由设备（Router）移除或重启后原信息在网络中存活期限 ⁽⁷⁾	255	秒
终端设备过期 时值	终端设备（EndDevice）移除或重启后原信息在网络中存活期限 ⁽⁸⁾	3750	秒

注：此表中主机（Coordinator）作为一个路由设备（Router）同等对待。

- (1) 实际组网应综合考虑网络带宽与路由开销。组网需消耗一定的信道资源与设备缓存资源。网络规模减小有助于提升数据传输率及增大数据缓存。建议按实际需求定制网络规模，如网络规模与通信数据量都较大时请划分多个子网络。该两项值可定制。
- (2) 用于估算各模式最大数据传输速率。最大值与最小值分别对应空包（串口发送 1 字节）与满载荷包（串口发送 80 字节）信道最大发包速率。该值对应于临近设备点对点无跳传数据传输的最大发包率。点对点（UNI）模式下，发送与接收设备间有多次跳传时，每次跳传都会占用信道空间的一个有效载荷数据包，因此远端设备之间通信的实际串口发包率极限是本值的 1/2~1/4。广播（BROAD）模式下，每个设备可能转发一次广播数据包而占用一个有效载荷数据包，因此广播包的实际串口发包率可能低至本值的 1/N（N 为路由设备总数）。一对多（MTO）模式下，数据上行到主机的开销近似于点对点（UNI）模式，数据下行的开销近似于广播（BROAD）模式。另外，Zigbee 网络路由设备（Router）间的网络维护，路由请求等也将消耗一定的有效载荷数据包，每路由设备每秒固定开销 1/30~1/10 个有效载荷包，每路由请求所消耗有效载荷包数近似于发送一次广播包。因此随着网络规模的增大，固定开销将有一定程度的增长。
- (3) 透传模块正确读入串口数据的最低要求，实际的 Zigbee 网络通信速率需要综合参考信道数据包率与网络拓扑结构。
- (4) 单个路由设备所能处理的广播包发包上限，实际的广播包发送速率需要综合参考信道数据包率与网络规模，实际速率往往远低于限定值，强烈不建议通信繁忙时采用广播模式。

该值可定制。

- (5) 网络繁忙时，广播包未能及时发送时暂存于设备内存的时限及数量。超过时限的广播包将被丢弃。缓存数量已满时新广播数据包将被丢弃。该两项值可定制。
- (6) 用于估算每路由设备（Router）所带终端设备（EndDevice）数量及终端设备睡眠时值。终端设备进入睡眠时，所接收数据包将由其父路由设备缓存。由于每父路由设备带多个子终端设备，且其所能缓存的子终端设备数据包总量有限，当缓存数据包数量满额时超额数据包将被丢弃。因此为避免缓存的数据包满而导致丢包现象，要根据实际通信数据量大小限制每父路由设备所带子终端设备数量，或缩短终端设备睡眠时间，必要时可增加路由设备数量。另外，减小定制的网络规模可增大所有路由设备的缓存大小，进而增大路由设备缓存其睡眠的子终端设备数据包的数量。
- (7) 路由设备（Router）移出网络后一段时间网络无法侦测到该设备，则将该设备信息完全删除，资源回收以供其他新设备使用。路由设备重启后都会作为新设备加入网络重新分配资源，因此该值一般无需更改。
- (8) 终端设备（EndDevice）关机、移出网络范围或睡眠一段时间后父设备无法侦测到该设备，则将该设备信息完全删除，资源回收以供其他新设备使用。终端设备重启后都会作为新设备加入父设备重新分配资源。由于父设备无法判断单向发送数据的终端设备（ $POLL_RATE = 0$ ）处于休眠状态或已移除网络，因此休眠中的单向发送终端设备为避免被删除信息导致数据丢失，应至少在该过期时值内发送一次数据包。设置较长的过期时值可以减少单向终端设备发送该数据包的频率，但是有多个终端设备需要加入或某个终端设备多次重启时，父设备可能无法及时清除过期的设备信息并回收资源，从而导致资源暂时占满终端设备无法加入。如无频繁重启的终端设备，该值一般无需更改。该值可定制。