



## GR551x BLE Throughput示例手册

版本： 2.2

发布日期： 2022-02-20

版权所有 © 2022 深圳市汇顶科技股份有限公司。保留一切权利。

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得对本手册内的任何部分擅自摘抄、复制、修改、翻译、传播，或将其全部或部分用于商业用途。

## 商标声明

**GOODIX** 和其他汇顶商标均为深圳市汇顶科技股份有限公司的商标。本文档提及的其他所有商标或注册商标，由各自的所有人持有。

## 免责声明

本文档中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。

深圳市汇顶科技股份有限公司（以下简称“GOODIX”）对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。GOODIX对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。

未经GOODIX书面批准，不得将GOODIX的产品用作生命维持系统中的关键组件。在GOODIX知识产权保护下，不得暗或以其他方式转让任何许可证。

深圳市汇顶科技股份有限公司

总部地址：深圳市福田区腾飞工业大厦B座2层、13层

电话：+86-755-33338828      传真：+86-755-33338099

网址：[www.goodix.com](http://www.goodix.com)

# 前言

## 编写目的

本文档介绍如何使用和验证GR551x SDK中的BLE Throughput示例，旨在帮助用户快速进行二次开发。

## 读者对象

本文适用于以下读者：

- GR551x用户
- GR551x开发人员
- GR551x测试人员
- 开发爱好者
- 文档工程师

## 版本说明

本文档为第10次发布，对应的产品系列为GR551x。

## 修订记录

| 版本  | 日期         | 修订内容              |
|-----|------------|-------------------|
| 1.0 | 2019-12-08 | 首次发布              |
| 1.3 | 2020-03-16 | 更新文档页脚版本时间        |
| 1.5 | 2020-05-30 | 更新文档页眉图标          |
| 1.6 | 2020-06-30 | 基于SDK刷新版本         |
| 1.7 | 2020-11-09 | 更新“测试验证”章节图片      |
| 1.8 | 2020-12-15 | 更新GRToolbox软件界面截图 |
| 1.9 | 2021-04-20 | 优化“初次运行”和“应用详解”章节 |
| 2.0 | 2021-08-09 | 更新“准备工作”章节        |
| 2.1 | 2021-12-30 | 增加“TX Power设置”章节  |
| 2.2 | 2022-02-20 | 基于SDK修改固件名称       |

# 目录

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 前言.....                            | I  |
| 1 简介.....                          | 1  |
| 2 Profile概述.....                   | 2  |
| 2.1 设备角色.....                      | 2  |
| 2.2 吞吐服务（Throughput Service） ..... | 2  |
| 3 初次运行.....                        | 4  |
| 3.1 准备工作.....                      | 4  |
| 3.2 固件烧录.....                      | 4  |
| 3.3 测试验证.....                      | 5  |
| 3.3.1 开发板与手机间测试.....               | 5  |
| 3.3.2 Server和Client开发板间测试.....     | 7  |
| 4 应用详解.....                        | 10 |
| 4.1 BLE THS Server工程目录.....        | 10 |
| 4.2 BLE THS Client工程目录.....        | 10 |
| 4.3 运行流程.....                      | 11 |
| 5 串口设置THS参数.....                   | 12 |
| 5.1 扫描设备.....                      | 12 |
| 5.2 连接参数更新.....                    | 12 |
| 5.3 MTU设置.....                     | 12 |
| 5.4 PDU设置.....                     | 13 |
| 5.5 PHY设置.....                     | 13 |
| 5.6 测试模式设置.....                    | 13 |
| 5.7 TX Power设置.....                | 14 |
| 5.8 测试启停.....                      | 14 |

## 1 简介

本文中的BLE Throughput示例演示了链路参数如何影响BLE连接的数据吞吐性能，如连接间隔（Connection Interval）、最大传输单元（MTU）、传输包大小（Data Length）、传输频率（PHY）和发射功率（TX Power）等链路参数。该示例也可验证在各传输模式（Notify、Write或Notify & Write）下，GR551x芯片的BLE数据吞吐性能。

本文将介绍如何使用GR551x SDK中的BLE Throughput示例对GR551x芯片的BLE数据吞吐性能进行验证。

在进行操作前，可参考以下文档。

表 1-1 文档参考

| 名称                         | 描述   |
|----------------------------|--|
| GR551x应用及自定义Sample Service | 介绍实现自定义Service的相关知识  |
| GR551x开发者指南                | 介绍GR551x SDK以及基于SDK的应用开发和调试  |
| Bluetooth Core Spec        | Bluetooth官方标准核心规范  |
| Bluetooth GATT Spec        | Bluetooth Profile和Service的详细信息查看地址： <a href="http://www.bluetooth.com/specifications/gatt">www.bluetooth.com/specifications/gatt</a> |
| J-Link用户指南                 | J-Link使用说明： <a href="http://www.segger.com/downloads/jlink/UM08001_JLink.pdf">www.segger.com/downloads/jlink/UM08001_JLink.pdf</a>   |
| Keil用户指南                   | Keil详细操作说明： <a href="http://www.keil.com/support/man/docs/uv4/">www.keil.com/support/man/docs/uv4/</a>                               |

## 2 Profile概述

### 2.1 设备角色

Goodix Throughput Profile定义了以下两种设备角色：

- Throughput Server：发起广播，等待Throughput Client连接，接收来自Client的数据并以Notify方式发送数据至Client。
- Throughput Client：发起连接请求，连接Throughput Server，以Write Without Response方式发送数据至Server并接收来自Server的数据。

### 2.2 吞吐服务（Throughput Service）

Throughput Server和Throughput Client之间进行Throughput Service的交互，如图 2-1所示。

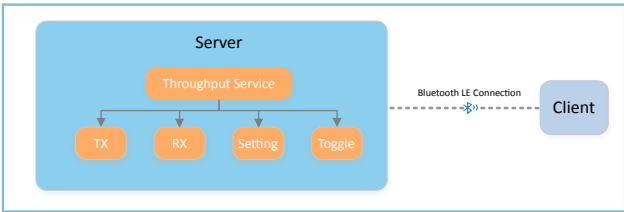


图 2-1 Server和Client之间THS交互

吞吐服务（Throughput Service，THS）是Goodix自定义的Service，用于BLE吞吐测试数据传输与参数设置，其专用128位UUID为A6ED0301-D344-460A-8075-B9E8EC90D71B。

THS Characteristic包括：

- TX Characteristic：发送数据至Client端。
- RX Characteristic：接收来自Client端的数据。
- Setting Characteristic：接收吞吐测试参数设置信息，如MTU、PHY、TX Power以及Connection Interval等，并将设置结果通知Client。
- Toggle Characteristic：开始或停止吞吐测试。

THS Characteristic的说明如表 2-1 所示。

表 2-1 THS Characteristic

| Characteristic | UUID                                 | Type     | Support   | Security | Properties                     |
|----------------|--------------------------------------|----------|-----------|----------|--------------------------------|
| TX             | A6ED0302-D344-460A-8075-B9E8EC90D71B | 128 bits | Mandatory | None     | Notify                         |
| RX             | A6ED0303-D344-460A-8075-B9E8EC90D71B | 128 bits | Mandatory | None     | Write without Response         |
| Setting        | A6ED0304-D344-460A-8075-B9E8EC90D71B | 128 bits | Mandatory | None     | Notify, Write without Response |

| Characteristic | UUID                                 | Type     | Support   | Security | Properties             |
|----------------|--------------------------------------|----------|-----------|----------|------------------------|
| Toggle         | A6ED0305-D344-460A-8075-B9E8EC90D71B | 128 bits | Mandatory | None     | Write without Response |


BLE吞吐性能测试有以下三种传输模式：

- **Server端单向发送：**Server端以Notify方式将TX Characteristic Value发送至Client端。
- **Client端单向发送：**Client端以Write Without Response方式将RX Characteristic Value发送至Server端。
- **Server、Client端双向传输：**即以上两个方向数据传输同时存在。

在上述三种传输模式中，Server端接收来自Client端的Setting Characteristic Value进行吞吐性能测试参数设置，并将设置结果通知Client。

## 3 初次运行

本章介绍如何使用GR551x SDK中的BLE Throughput（Server端、Client端）示例。

 说明:

SDK\_Folder为GR551x SDK的根目录。

### 3.1 准备工作

运行BLE Throughput示例之前，需要完成以下准备工作。

- 硬件准备

表 3-1 硬件准备

| 名称            | 描述                                 |
|---------------|------------------------------------|
| 开发板           | GR5515 Starter Kit开发板（以下简称“开发板”）2块 |
| 数据线           | Micro USB 2.0数据线                   |
| Android Phone | 操作系统Android 5.0（KitKat）及以上版本的手机    |

- 软件准备

表 3-2 软件准备

| 名称                   | 描述  |
|----------------------|---|
| Windows              | Windows 7/Windows 10操作系统  |
| J-Link Driver        | J-Link驱动程序，下载网址： <a href="http://www.segger.com/downloads/jlink/">www.segger.com/downloads/jlink/</a>               |
| Keil MDK5            | IDE工具，支持MDK-ARM 5.20 及以上版本，下载网址： <a href="http://www.keil.com/download/product/">www.keil.com/download/product/</a> |
| GRTtoolbox（Android）  | BLE调试工具，位于SDK_Folder\tools\GRTtoolbox   |
| GProgrammer（Windows） | Programming工具，位于SDK_Folder\tools\GProgrammer  |

### 3.2 固件烧录

BLE Throughput Server和Client示例工程的源码分别位于：

- SDK\_Folder\projects\ble\ble\_peripheral\ble\_app\_throughput
- SDK\_Folder\projects\ble\ble\_central\ble\_app\_throughput\_c

用户可使用GProgrammer直接将ble\_app\_throughput.bin和ble\_app\_throughput\_c.bin分别烧录至开发板A作为Throughput Server和开发板B作为Throughput Client。

GProgrammer烧录固件的具体操作方法，请参考《GProgrammer用户手册》。



#### 说明:

- `ble_app_throughput.bin`位于SDK\_Folder\projects\ble\ble\_peripheral\ble\_app\_throughput\build。
- `ble_app_throughput_c.bin`位于SDK\_Folder\projects\ble\ble\_central\ble\_app\_throughput\_c\build。

## 3.3 测试验证

在本文中Bluetooth吞吐性能测试包括两个场景：

- 场景一：开发板A与手机之间的吞吐性能测试。
- 场景二：开发板A和B之间的吞吐性能测试。

### 3.3.1 开发板与手机间测试

本章节介绍作为THS Server的开发板A与作为THS Client的Android手机间进行BLE THS测试验证。

开发板与手机间测试的具体步骤如下：

1. 开启蓝牙功能。

开启手机的蓝牙开关，并给开发板A上电。

2. 扫描Goodix THS设备。

打开手机的GRTtoolbox APP，点击“应用 > THS”。

手机扫描发现广播名为“Goodix\_THS”的开发板，如下图所示。

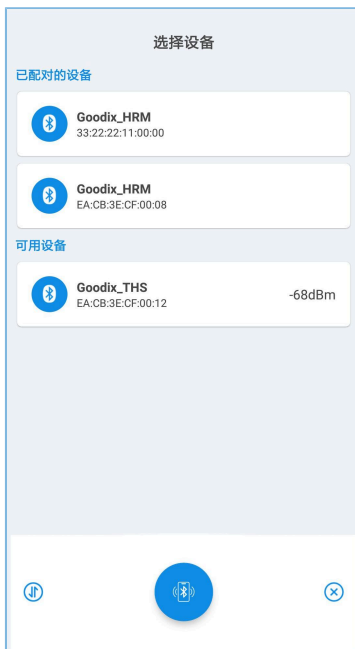


图 3-1 手机端发现Goodix\_THS

### 说明:

本文中GRToolbox的截图仅供用户了解操作步骤，实际界面请参考最新版本GRToolbox。

### 3. 连接Goodix\_THS设备。

选中并连接“Goodix\_THS”，进入Throughput测试界面，如图 3-2所示。



图 3-2 Throughput测试界面

### 4. 设置测试参数。

在Throughput测试界面，点击右上角 ⓘ 按钮进入测试参数设置界面，并配置参数，如图 3-3所示。



图 3-3 测试参数设置界面

### 说明:

用户需要在GRToolbox连接开发板之前，设置最大传输单元（MTU）的值。因为一旦GRToolbox连接到开发板，将立即进行MTU交换，且一次连接过程中仅能交换一次MTU。

#### 5. 开启THS测试。


点击  按钮开始测试，在统计图中显示手机与开发板之间BLE数据吞吐率的平均值和瞬时值，如图 3-4所示。



图 3-4 开启THS测试

### 3.3.2 Server和Client开发板间测试

本章节介绍作为THS Server的开发板A与作为THS Client的开发板B之间的BLE THS测试验证。

BLE THS测试验证的操作步骤为：

#### 1. 将开发板A和B上电。

Server开发板A上电后，开始广播。

Client开发板B上电后，等待扫描Server开发板A。开发板B上的屏幕显示如图 3-5所示。

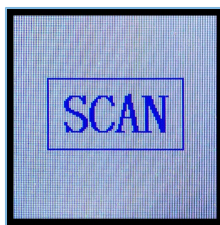


图 3-5 等待扫描

## 2. 扫描并连接设备。

按下Client开发板B的“OK”按键后，开发板B开始扫描（如图3-6所示），直至扫描到Server开发板A的广播，并自动发起连接请求。

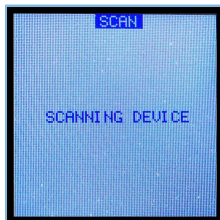


图 3-6 扫描对端设备

Client开发板B成功与Server开发板A建立起连接，开发板B显示屏将自动进入到参数设置界面，如图3-7所示。

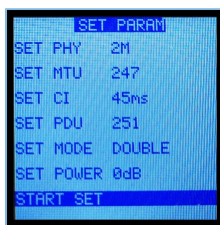


图 3-7 参数设置界面

## 3. 设置THS参数。

通过Client开发板B的“Up”和“Down”键选中待设置的参数（如“SET PHY”），按下“OK”键进入设置界面。SET PHY界面如图3-8所示。

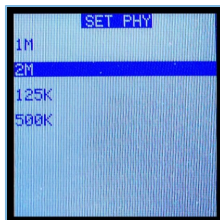


图 3-8 PHY设置界面

在SET PHY界面，选择PHY参数，并按下“OK”键。

## 4. 开启THS测试。

待所有THS参数设置完成，选中界面的“START TEST”按下“OK”键开始测试，如图3-9所示。

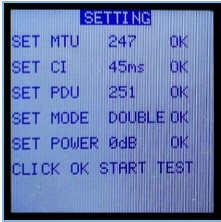


图 3-9 SETTING界面

THS测试结果的界面，如图 3-10所示。



图 3-10 THS测试结果

THS的测试结果的参数说明，如表 3-3 所示。

表 3-3 THS测试结果的参数说明

| 参数   | 说明  |
|------|---|
| INS  | Instant Throughput，吞吐率的瞬时值                    |
| AVE  | Average Throughput，吞吐率的平均值                    |
| RSSI | Received Signal Strength Indication，接收的信号强度指示 |

在测试过程中，若想更新测试参数，单击“LEFT”键返回到参数设置界面，即可重设参数。

说明:

Client开发板B支持使用GRUart串口终端或[3.3.2 Server和Client开发板间测试](#)中“操作开发板B的按键 > 显示屏展示”的方式，进行参数设置和测试结果实时输出。这两种方式只能择其一使用。串口指令格式请参考[5 串口设置THS参数](#)。

## 4 应用详解

本章主要介绍BLE THS示例（包括Server端和Client端）的工程目录、运行流程。

### 4.1 BLE THS Server工程目录

BLE THS Server示例的源代码和工程文件位于：SDK\_Folder\projects\ble\ble\_peripheral\ble\_app\_throughput，其中工程文件位于Keil\_5文件夹。

双击打开ble\_app\_throughput.uvprojx工程文件，在Keil中查看BLE THS Server示例的ble\_app\_throughput工程目录结构，相关文件说明如表 4-1 所示。

表 4-1 ble\_app\_throughput文件说明

| Group         | 文件                          | 描述                                |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| gr_profiles   | ths.c                       | Throughput Service实现              |
| user_callback | user_gap_callback.c         | GAP Callback实现，如连接、断连、GAP参数更新等    |
|               | user_gatt_common_callback.c | GATT Common Callback实现，如MTU交换     |
| user_platform | user_periph_setup.c         | App Log、设备地址和电源管理模式的配置            |
| user_app      | main.c                      | main()入口函数                        |
|               | user_app.c                  | Throughput Server应用Profile注册及逻辑处理 |
|               | throughput.c                | Throughput Service事件处理            |

### 4.2 BLE THS Client工程目录

BLE Throughput Client示例的源代码和工程文件位于：SDK\_Folder\projects\ble\ble\_central\ble\_app\_throughput\_c，其中工程文件位于Keil\_5文件夹。

双击打开ble\_app\_throughput\_c.uvprojx工程文件，在Keil中查看BLE THS Client示例的ble\_app\_throughput\_c工程目录结构，相关文件说明如表 4-2 所示。

表 4-2 ble\_app\_throughput\_c文件说明

| Group         | 文件                          | 描述                                   |
|---------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| gr_profiles   | ths_c.c                     | Throughput Service Client Profile实现  |
| user_callback | user_gap_callback.c         | GAP Callback实现，如连接、断连、GAP参数更新等       |
|               | user_gatt_common_callback.c | GATT Common Callback实现，如MTU交换        |
| user_platform | user_periph_setup.c         | 设备串口、设备地址和设备按键的配置                    |
|               | user_interrupt.c            | 串口中断处理函数                             |
| user_app      | main.c                      | main()入口函数                           |
|               | user_app.c                  | Throughput Client应用Profile注册及逻辑处理    |
|               | throughput_c.c              | Throughput Service Client事件处理和吞吐信息统计 |

### 4.3 运行流程

Throughput Server与Client之间的交互运行流程如图 4-1所示：

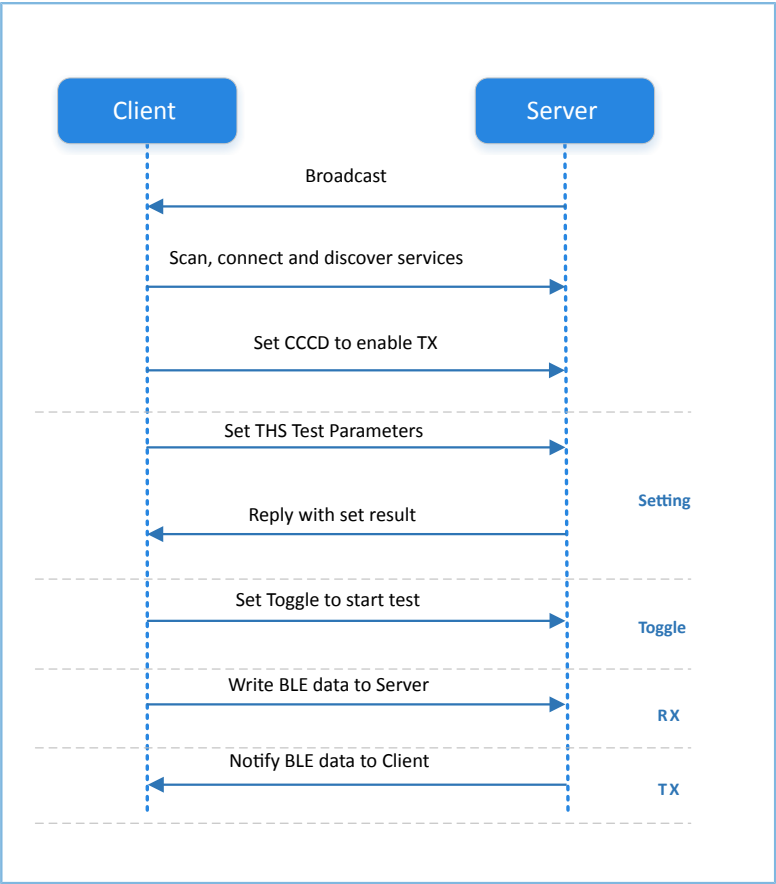


图 4-1 运行流程图

## 5 串口设置THS参数

两块开发板之间进行BLE THS测试时，Client开发板可接收串口输入指令进行相关参数测试。所有指令输入均以回车换行（‘\r\n’）结尾，其中具体指令格式定义如下。

### 5.1 扫描设备

表 5-1 扫描设备指令

|      |                         |
|------|-------------------------|
| 指令   | SCAN                    |
| 参数说明 | 无                       |
| 注意   | 无                       |
| 示例   | SCAN                    |
| 响应   | 串口输出结果为：扫描、连接、发现服务、使能通知 |

### 5.2 连接参数更新

表 5-2 连接参数更新指令

|      |   |
|------|---|
| 指令   | CI:<conn_interval_min>:<conn_interval_max>:<latency>:<timeout>  |
| 参数说明 | <p>&lt;conn_interval_min&gt;: 连接间隔最小值（单位：1.25 ms）</p> <p>&lt;conn_interval_max&gt;: 连接间隔最大值（单位：1.25 ms）</p> <p>&lt;latency&gt;: 连接延迟</p> <p>&lt;timeout&gt;: 连接超时（单位：10 ms）</p> |
| 注意   | <p>如设置固定的连接间隔值，则应将最大值、最小值设置为相等。</p> <p>测试最佳吞吐率，则应将latency设置为0。</p> <p><math>\text{Timeout} &gt; (1 + \text{latency}) * \text{conn\_interval} * 2</math></p>                     |
| 示例   | CI:12:12:0:100  |
| 响应   | 串口输出设置结果  |

### 5.3 MTU设置

表 5-3 MTU设置指令

|      |                               |
|------|-------------------------------|
| 指令   | MTU: <mtu_value>              |
| 参数说明 | <mtu_value>: MTU，取值为：23 ~ 512 |
| 注意   | MTU值在一次连接中仅可交换一次              |
| 示例   | MTU: 247                      |
| 响应   | 串口输出设置结果                      |



## 5.4 PDU设置

表 5-4 PDU设置指令

|      |  |
|------|--|
| 指令   | PDU:<payload_octets>:<time>  |
| 参数说明 | <p>&lt;payload_octets&gt;: 有效载荷字节</p> <p>&lt;time&gt;: TX Time</p> |
| 注意   | 无  |
| 示例   | PDU:251:2120   |
| 响应   | 串口输出设置结果   |

## 5.5 PHY设置

表 5-5 PHY设置指令

|      |  |
|------|--|
| 指令   | PHY:<tx_phy>:<rx_phy>:<phy_opt>  |
| 参数说明 | <p>&lt;tx_phy&gt;: Preferred transmit PHYs</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1: 1M PHY</li> <li>• 2: 2M PHY</li> <li>• 4: Coded PHY</li> </ul> <p>&lt;rx_phy&gt;: Preferred receive PHYs</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1: 1M PHY</li> <li>• 2: 2M PHY</li> <li>• 4: Coded PHY</li> </ul> <p>&lt;phy_opt&gt;: Options for PHY</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0: Host has no preferred coding when transmitting on the LE Coded PHY</li> <li>• 1: Host prefers that S=2 coding be used when transmitting on the LE Coded PHY</li> <li>• 2: Host prefers that S=8 coding be used when transmitting on the LE Coded PHY</li> </ul> |
| 注意   | 无  |
| 示例   | PHY:1:1:0  |
| 响应   | 串口输出设置结果   |

## 5.6 测试模式设置

表 5-6 测试模式设置指令

|      |  |
|------|--|
| 指令   | TRANS_MODE:<mode>  |
| 参数说明 | <p>&lt;mode&gt;: 测试模式</p> <p>0: 仅Server端发送数据 (notify)</p> <p>1: 仅Client端发送数据 (write)</p> <p>2: Server端与Client端同时发送数据</p> |
| 注意   | 无  |

|    |              |
|----|--------------|
| 示例 | TRANS_MODE:2 |
| 响应 | 串口输出设置结果     |

## 5.7 TX Power设置

表 5-7 TX Power设置指令

|      |  |
|------|--|
| 指令   | TX_PWR:<tx_power_value>                                    |
| 参数说明 | <tx_power_value>: TX Power值, 可选值"-20","-4","0","2","4","7" |
| 注意   | 无  |
| 示例   | TX_PWR:2   |
| 响应   | 串口输出设置结果   |

## 5.8 测试启停

表 5-8 测试启停指令

|      |   |
|------|---|
| 指令   | TOGGLE_SET:<start_or_stop>                    |
| 参数说明 | < start_or_stop >: 测试启停<br>0: 停止测试<br>1: 开始测试 |
| 注意   | 无   |
| 示例   | TOGGLE_SET:1                                  |
| 响应   | 串口输出设置结果                                      |