GR5xx DTM测试指南

版本： **3.3**

发布日期： **2023-11-06**

深圳市汇顶科技股份有限公司

版权所有 © 2023 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，不得暗中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：深圳市福田保税区腾飞工业大厦B座12-13层

电话：+86-755-33338828　　邮编：518000

网址：www.goodix.com

前言

编写目的

本文档介绍低功耗蓝牙（Bluetooth Low Energy，Bluetooth LE）Direct Test Mode（DTM）的测试框架、测试方法，描述了如何使用蓝牙测试仪和DTMTool工具测量GR5xx的射频性能以及如何理解GR5xx DTM示例，便于用户快速进行二次开发。

读者对象

本文适用于以下读者：

- 芯片用户
- 开发人员
- 测试人员
- 技术支持工程师

版本说明

本文档为第5次发布，对应的产品为低功耗蓝牙GR5xx系列。

修订记录

版本	日期	修订内容
1.0	2023-01-10	首次发布
3.0	2023-03-30	• 新增支持多款芯片的相关描述 • 更新“使用DTMTool手动测试”和“附录：RF测试中常用的HCI命令”章节
3.1	2023-04-20	更新“配置设备端口”章节
3.2	2023-09-07	增加“GR533x DTM工程配置”注意事项。
3.3	2023-11-06	更新GProgrammer获取方式。

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

目录

前言 I

1 简介 1

2 DTM测试框架和流程 2

2.1 DTM测试框架 2

2.2 DTM测试流程 2

3 DTM测试验证 4

3.1 准备工作 4

3.2 固件烧录 4

3.3 环境搭建 5

3.4 测试验证流程 6

3.4.1 TLF3000 DTM测试 6

3.4.2 CMW500 DTM测试 8

4 应用详解 12

4.1 工程目录 12

4.2 配置设备端口 12

4.3 移植DTM功能 14

5 使用DTMTool手动测试 15

5.1 DTMTool工具介绍 15

5.2 DTM TX手动测试 16

5.2.1 启动DTM TX测试 16

5.2.2 停止DTM TX测试 18

5.2.3 启动DTM TX Loop测试 19

5.3 DTM RX手动测试 20

5.3.1 启动DTM RX测试 20

5.3.2 停止DTM RX测试 22

5.4 私有命令 23

5.4.1 单载波测试 23

5.4.2 设置和读取寄存器中的XO值 24

5.4.3 设置和读取eFuse中的XO值 25

6 注意事项 27

6.1 一般注意事项 27

6.2 GR533x DTM工程配置 27

7 常见问题 29

7.1 测试时，无法下发命令或者命令无效 29

7.2 使用DTMTool工具执行测试失败 29

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

8 附录：RF测试中常用的HCI命令 30
8.1 LE Reset Command 30
8.2 LE Transmitter Test Command V2 30
8.3 LE Transmitter Test Command V4 31
8.4 LE Receiver Test Command V2 33
8.5 LE Receiver Test Command V3 33
8.6 LE Test End Command 34
8.7 LE Start Signal Carrier Wave Command 35
8.8 LE Stop Signal Carrier Wave Command 36
8.9 LE Modify TX Power Command 36
8.10 Write Register XO Command 37
8.11 Read Register XO Command 38
8.12 Write eFuse XO Command 38
8.13 Read eFuse XO Command 39

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

1 简介

Direct Test Mode（DTM）是SIG联盟规定的用于Bluetooth RF性能测试的标准模式，通常用于认证测试和生产线测试，帮助射频（Radio Frequency，RF）工程师验证和优化RF性能，例如：

- 发射功率与接收机灵敏度
- 频偏漂移
- 调制特性
- 误码率

DTM测试采用UART物理接口与蓝牙测试仪通信。蓝牙测试仪通过主机控制接口命令（HCI CMD）控制 RF PHY，执行测试流程。

在进行操作前，可参考以下文档。

表 1-1 文档参考

名称	描述
对应芯片开发者指南	介绍GR5xx SDK以及基于SDK的应用开发和调试
J-Link用户指南	J-Link使用说明：www.segger.com/downloads/jlink/UM08001_JLink.pdf
Keil用户文档	Keil详细操作说明：www.keil.com/support/man/docs/uv4/

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

2 DTM测试框架和流程

本章介绍了DTM的测试框架和基本测试流程。

2.1 DTM测试框架

DTM测试中有三种类型的设备：

- 待测设备（Device Under Test，DUT）
- 上位机测试设备（Upper Tester，UT）
- 下位机测试设备（Lower Tester，LT）

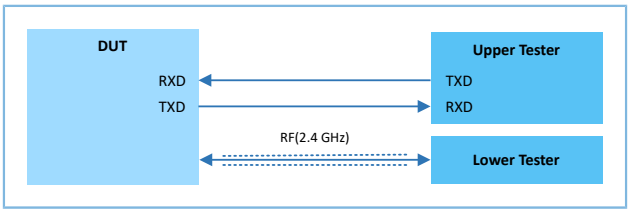


图 2-1 DTM测试架构

DUT可作为发射机（Transmitter Device，TXD）或接收机（Receiver Device，RXD），发射（TX）或接收（RX）Bluetooth LE Packet。

- 发射（TX）测试

  DUT作为发射机在指定频率上发送测试分组序列，LT根据接收信号分析DUT的发射功率、频率偏移、调制特性等多项指标。

- 接收（RX）测试

  DUT在指定频率等待接收测试分组序列，LT在相同的频率上发送测试分组序列，根据DUT接收比特误差率（Bit Error Rate，BER）等多项指标判断接收机性能。

  UT与DUT通过UART通信，LT与DUT通过Bluetooth LE通信。DUT的UART的配置参数如下：

表 2-1 UART参数配置

波特率（推荐值）	数据位	校验位	停止位	流控
1200、2400、9600、14400、19200、38400、57600、115200、230400、460800、921600	8 bits	无校验	1 bit	不支持

2.2 DTM测试流程

在DTM测试过程中，UT通过UART接口向DUT发送HCI测试命令，然后DUT向UT回应测试状态事件（Status Event）或分组报告事件（Packet Report Event）。未接收到DUT响应之前，UT不能下发其他测试命令；若在规定时间内没有接收到DUT的回应，UT将传输复位命令给DUT。

RF测试指令/事件和HCI命令/事件的映射关系如表 2-2 所示。

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

表 2-2 RF与HCI指令映射关系

RF Test Command / Event	HCI Command / Event
LE_TRANSMITTER_TEST	LE Transmitter Test Command
LE_RECEIVER_TEST	LE Receiver Test Command
LE_TEST_END	LE Test End Command
LE_STATUS	Command Complete Event
LE_PACKET_REPORT	Command Complete Event

DTM的TX、RX和End的流程，如图 2-2所示。

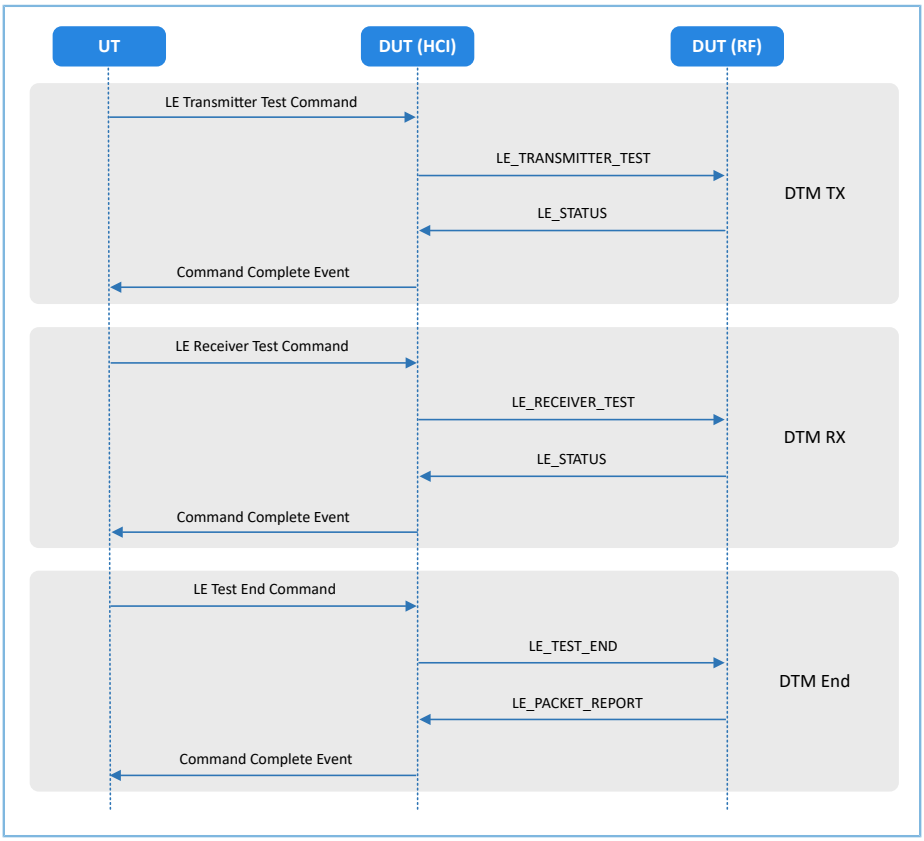


图 2-2 DTM 测试流程示例

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

3 DTM测试验证

GR5xx采用2线UART传输HCI帧格式来控制RF PHY，因此支持HCI格式的BT测试设备都可对GR5xx进行DTM测试验证。

本章使用TLF3000/CMW500作为蓝牙测试设备，开发板作为待测设备，介绍如何快速搭建DTM测试环境并进行DTM测试验证。

说明:

SDK_Folder为对应芯片SDK的根目录。

3.1 准备工作

DTM测试环境搭建需要准备以下硬件和软件。

- **硬件准备**

表 3-1 硬件准备

名称	描述
开发板	对应芯片Starter Kit开发板（以下简称“开发板”）
连接线	USB Type-C（GR551x系列使用Micro USB 2.0连接线）
蓝牙测试设备	CMW500/TLF3000

- **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：www.segger.com/downloads/jlink/
Keil MDK5	IDE工具，支持MDK-ARM 5.20 及以上版本，下载网址：www.keil.com/download/product/
GProgrammer（Windows）	Programming工具，下载网址：www.goodix.com/zh/software_tool/gprogrammer_ble
TLF3000的软件和驱动	下载网址：www.fte.com/products/tlf3000.aspx
CMW500的软件和驱动	下载网址：www.rohde-schwarz.com

3.2 固件烧录

DTM示例工程的源码位于`SDK_Folder\projects\ble\dtm\direct_test_mode`。

用户可直接使用GProgrammer将`direct_test_mode\build`目录下的*direct_test_mode.bin*固件烧录至开发板。GProgrammer烧录固件的具体操作方法，请参考《GProgrammer用户手册》。

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

说明:

若待测芯片为GR533x系列，则需根据RF PA应用场景修改工程配置，重新编译固件再进行烧录。具体的工程配置，可参考6.2 GR533x DTM工程配置。

3.3 环境搭建

- TLF3000的DTM测试环境搭建：

  1. 在PC上安装TLF3000的软件和驱动。
  2. 使用Micro USB数据线连接TLF3000和PC，使用USB线（GR551x系列使用Micro USB 2.0，其他GR5xx系列使用 Type-C）连接开发板和PC，使用射频同轴线（RF Cable）连接开发板的天线接口和TLF3000的TX/RX接口。

     连接示意图如下图所示：

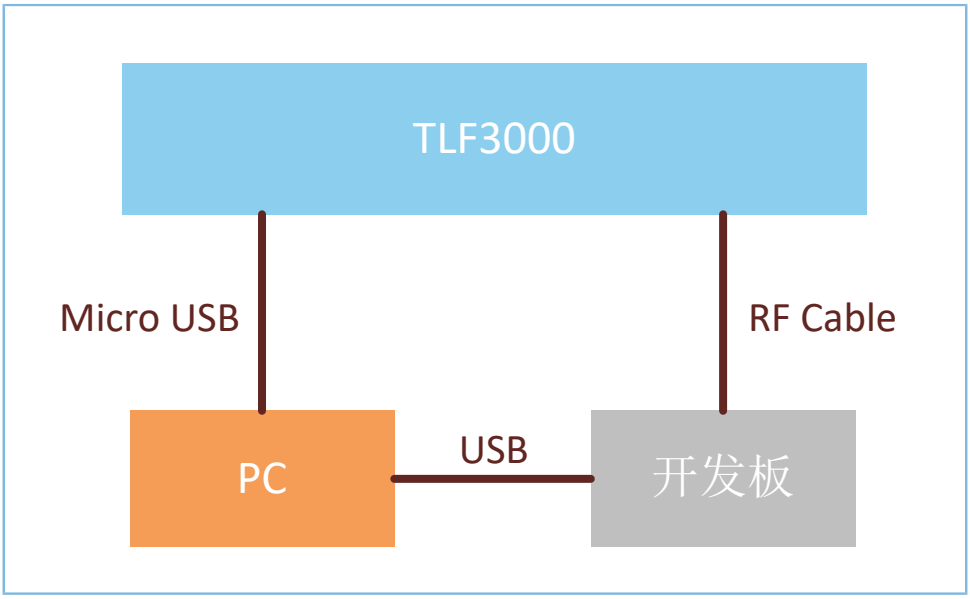


图 3-1 TLF3000连接示意图

- CMW500的DTM测试环境搭建：

  1. 在PC上安装CMW500的软件和驱动。
  2. 使用USB线（GR551x系列使用Micro USB 2.0，其他GR5xx系列使用 Type-C）连接CMW500和开发板的UART端口，使用射频同轴线（RF Cable）连接CMW500和开发板的RF端口。

     连接示意图如下图所示：

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

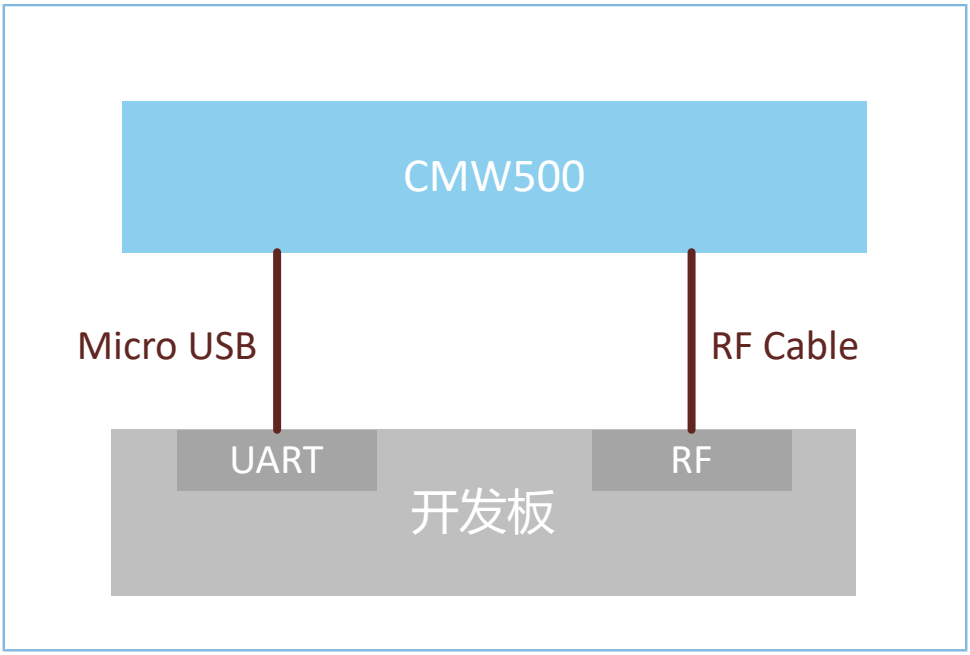


图 3-2 CMW500连接示意图

3.4 测试验证流程

本节介绍TLF3000和CMW500的DTM测试验证流程。

3.4.1 TLF3000 DTM测试

TLF3000的DTM测试步骤：

1. 上电TLF3000仪器，启动TLF3000的软件，选中对应的TLF3000设备，点击“RUN APP”进入应用界面。

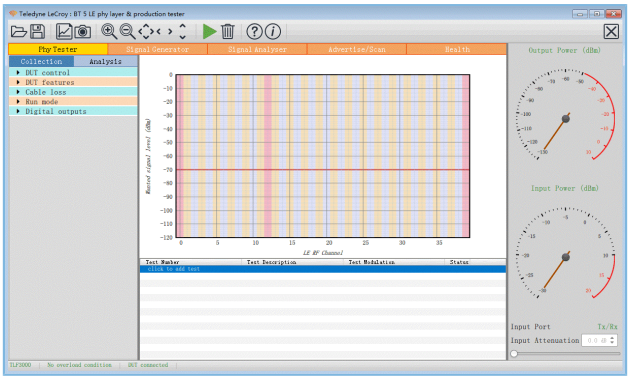


图 3-3 TLF3000软件

2. 配置DUT control参数。“Comport”选相应的串口；“Interface”选“H4”；“Baud rate”选“115200”；“HW flow”、“SW flow”和“Parity bits”都选“None”；“Stop bits”选“One”。

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

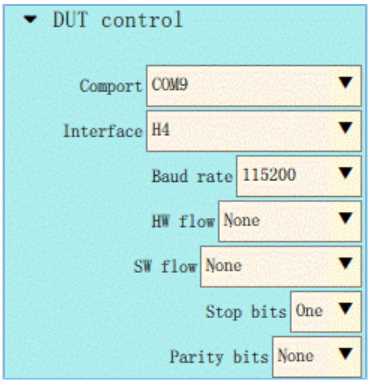


图 3-4 DUT Control配置

3. 在“DUT features”中，点击“Query DUT”按钮获取DUT的相关属性。

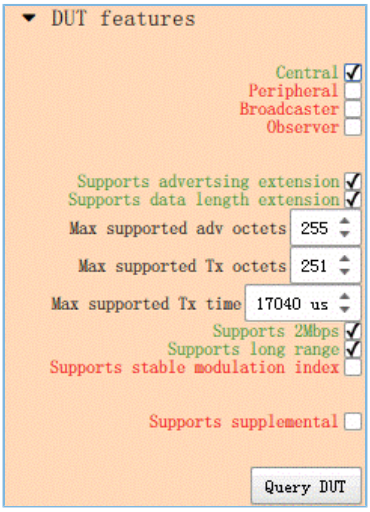


图 3-5 DUT Features获取

4. 在“Run mode”中勾选操作的模式。

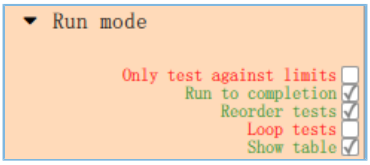


图 3-6 Run Mode配置

5. 点击“click to add test”，弹出“Phy Level Test”界面。点击图中“TP/TRM-LE/CA/BV-12”对应位置选择需要测试的Test Case。选中的Test case可配置Channels、Packet Lengths，Number of packets等的测量参数。配置完成后，点击“Apply”，完成test添加。

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

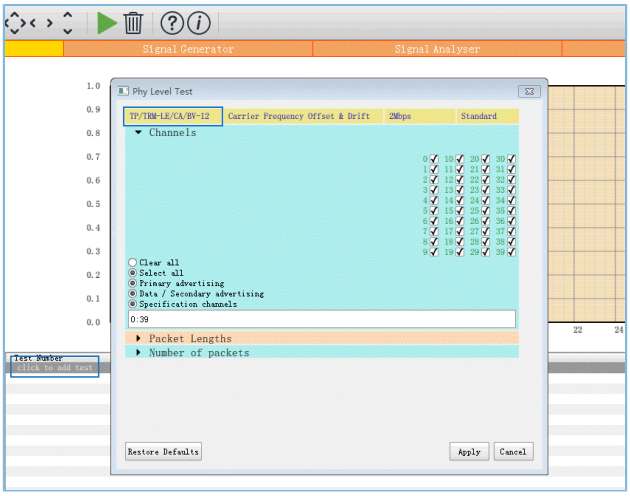


图 3-7 选择Test Case

6. 点击▶开始测试。测试完成后，会自动弹出生成的HTML格式的Log。可点击保存当前的log或点击保存当前测试的截图。

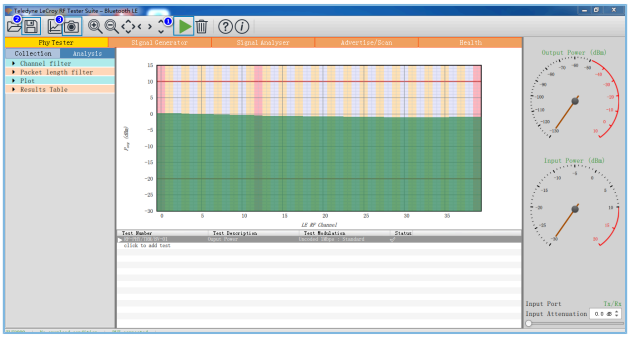


图 3-8 运行Test Case

3.4.2 CMW500 DTM测试

CMW500的DTM测试步骤:

1. 配置CMW500为蓝牙信令测试模式，即CMW500自动发送HCI指令与开发板交互，实现自动测试。

   (1) 在CMW500仪器面板上，点击“MEASURE”按钮进入Measurement Controller界面后，选择“Bluetooth”下的“Measurements”。

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

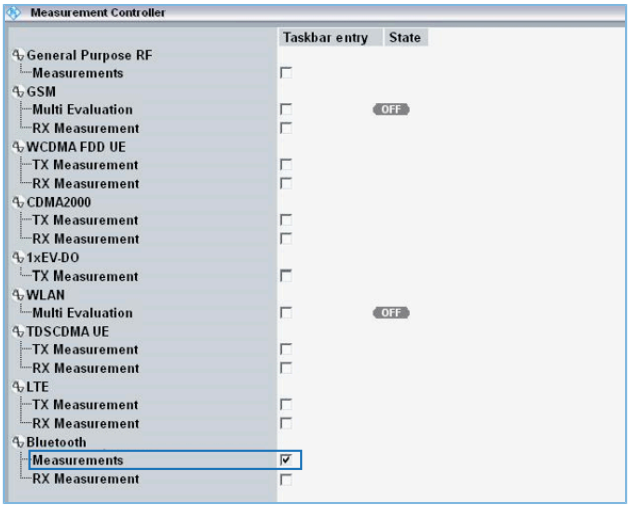


图 3-9 CMW500蓝牙测试配置

(2) 在CMW500仪器面板上，按“SIGNALGEN”按钮进入Generator/Signaling Controller界面，选择“Bluetooth”下的“Signaling”。

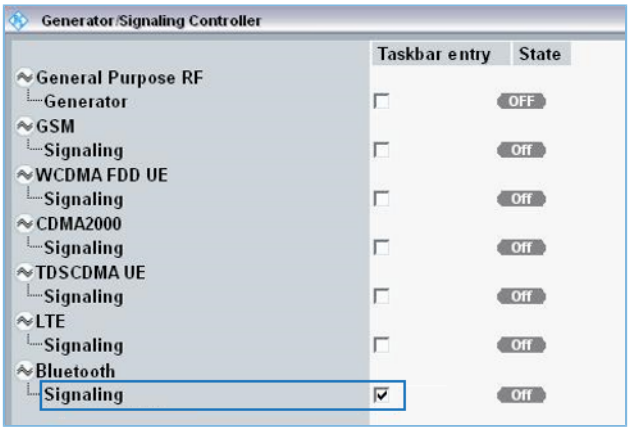


图 3-10 CMW500信令测试配置

2. 连接UART。

(1) 确保CMW500串口驱动已安装。CMW500与开发板UART端口正确连接。

(2) CMW500自动识别UART使用的COM口，开发者只需根据DTM测试固件配置对应的波特率、奇偶校验位等。参数配置完成后，点击“Connection Check”连接UART。UART连接成功后即可进行DTM测试。

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

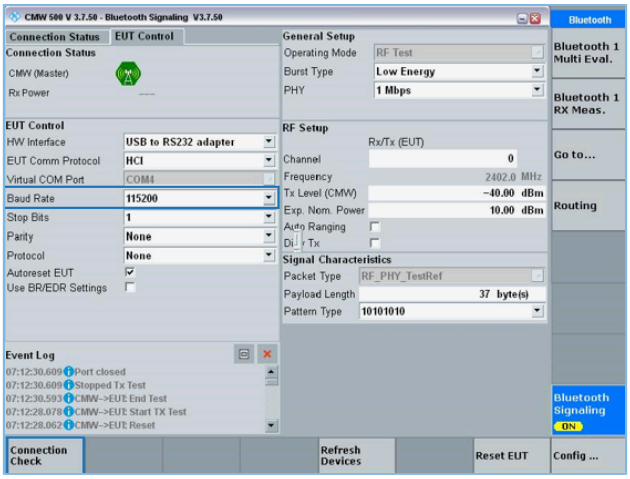


图 3-11 连接UART

3. 运行DTM自动化测试。

   启动CMW500软件，选中“CMW RUN”，加载BLE测试程序BLE_PHY_5_0_0，点击 Run 进行DTM测试。

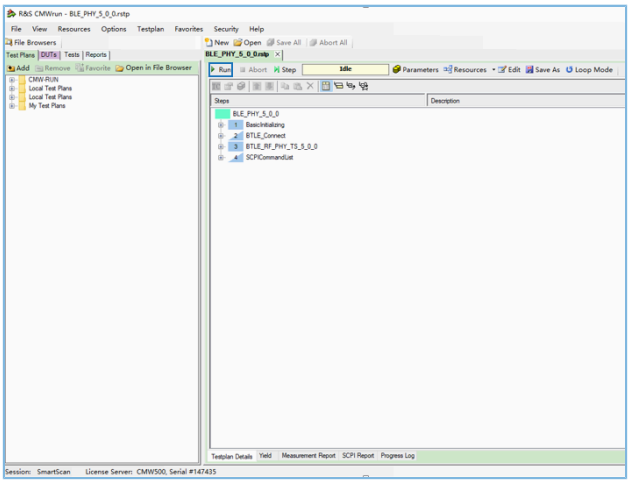
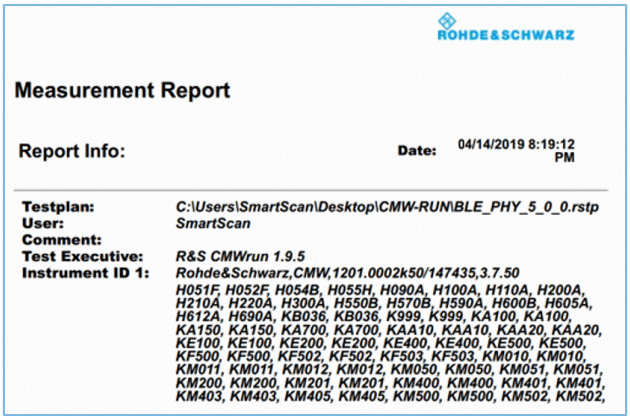


图 3-12 CMW500 DTM测试界面

4. 查看测试报告。

   测试结束后软件会自动生成测试报告，如图 3-13所示：

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司



ROHDE&SCHWARZ

Measurement Report

Report Info: **Date:** 04/14/2019 8:19:12 PM

Testplan:	*C:\Users\SmartScan\Desktop\CMW-RUN\BLE_PHY_5_0_0.rstp*
User:	*SmartScan*
Comment:	
Test Executive:	*R&S CMWrun 1.9.5*
Instrument ID 1:	*Rohde&Schwarz,CMW,1201.0002k50/147435,3.7.50*
	H051F, H052F, H054B, H055H, H090A, H100A, H110A, H200A, H210A, H220A, H300A, H550B, H570B, H590A, H600B, H605A, H612A, H690A, KB036, KB036, K999, K999, KA100, KA100, KA150, KA150, KA700, KA700, KAA10, KAA10, KAA20, KAA20, KE100, KE100, KE200, KE200, KE400, KE400, KE500, KE500, KF500, KF500, KF502, KF502, KF503, KF503, KM010, KM010, KM011, KM011, KM012, KM012, KM050, KM050, KM051, KM051, KM200, KM200, KM201, KM201, KM400, KM400, KM401, KM401, KM403, KM403, KM405, KM405, KM500, KM500, KM502, KM502,

图 3-13 CMW500 DTM测试报告

说明:

CMW500提供的自动化测试软件，需自行购买。

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

4 应用详解

待测设备不同，硬件串口的配置不同。可通过修改direct_test_mode示例工程中串口的相关配置，以满足待测设备的测试需求。

4.1 工程目录

direct_test_mode位于SDK_Folder\projects\ble\dtm\direct_test_mode，其工程文件在Keil_5文件夹下。

双击打开*direct_test_mode.uvprojx*工程文件，在Keil中查看DTM应用示例direct_test_mode工程目录结构，相关文件介绍如表 4-1 所示。

表 4-1 direct_test_mode文件说明

Group	文件	描述
gr_libraries	hci_uart.c	适配Bluetooth LE STACK DTM测试的UART驱动
user_app	main.c	main()入口函数，实现HCI UART接口注册

4.2 配置设备端口

GR5xx各芯片系列提供的UART端口如下表所示，direct_test_mode示例工程里开发板作为待测设备，默认使用UART0（GR5526默认使用UART3）作为HCI通信接口。

表 4-2 GR5xx芯片提供的UART

GR5xx芯片	芯片提供的UART
GR551x	UART0和UART1
GR5526	UART0 ～ UART5
GR5525	UART0 ～ UART3
GR533x	UART0和UART1

根据开发板的IO映射关系，GR5xx各芯片系列的配置信息（位于工程目录下的platform\boards\board_SK.h）如下所示：

- GR551x

```
/*******HCI UART IO CONFIG**********************/
#define HCI_UART_ID                     APP_UART_ID_0
#define HCI_UART_FLOW_ON                0
#define HCI_UART_BAUDRATE               115200
#define HCI_UART_TRN_PORT               APP_IO_TYPE_NORMAL
#define HCI_UART_FLOW_PORT              APP_IO_TYPE_NORMAL
#define HCI_UART_TX_PIN                 APP_IO_PIN_10
#define HCI_UART_RX_PIN                 APP_IO_PIN_11
#define HCI_UART_CTS_PIN                APP_IO_PIN_2
#define HCI_UART_RTS_PIN                APP_IO_PIN_5
#define HCI_UART_TX_PINMUX              APP_IO_MUX_2
#define HCI_UART_RX_PINMUX              APP_IO_MUX_2
```

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

```
#define HCI_UART_CTS_PINMUX             APP_IO_MUX_0
#define HCI_UART_RTS_PINMUX             APP_IO_MUX_0
#define HCI_UART_TRIGGER_PIN            AON_GPIO_PIN_1
```

- GR5526

```
/*******HCI UART IO CONFIG***********************/
#define APP_HCI_UART_ID                      APP_UART_ID_3
#define APP_HCI_UART_FLOW_ON                 0
#define APP_HCI_UART_BAUDRATE                115200
#define APP_HCI_UART_TRN_PORT                APP_IO_TYPE_GPIOA
#define APP_HCI_UART_FLOW_PORT               APP_IO_TYPE_GPIOA
#define APP_HCI_UART_TX_PIN                  APP_IO_PIN_4
#define APP_HCI_UART_RX_PIN                  APP_IO_PIN_5
#define APP_HCI_UART_CTS_PIN                 APP_IO_PIN_8
#define APP_HCI_UART_RTS_PIN                 APP_IO_PIN_9
#define APP_HCI_UART_TX_PINMUX               APP_IO_MUX_3
#define APP_HCI_UART_RX_PINMUX               APP_IO_MUX_3
#define APP_HCI_UART_CTS_PINMUX              APP_IO_MUX_4
#define APP_HCI_UART_RTS_PINMUX              APP_IO_MUX_4
#define APP_HCI_UART_TRIGGER_PIN             AON_GPIO_PIN_1
```

- GR5525

```
/*******HCI UART IO CONFIG***********************/
#define APP_HCI_UART_ID                     APP_UART_ID_0
#define APP_HCI_UART_FLOW_ON                0
#define APP_HCI_UART_BAUDRATE               115200
#define APP_HCI_UART_TRN_PORT               APP_IO_TYPE_AON
#define APP_HCI_UART_FLOW_PORT              APP_IO_TYPE_AON
#define APP_HCI_UART_TX_PIN                 APP_IO_PIN_0
#define APP_HCI_UART_RX_PIN                 APP_IO_PIN_1
#define APP_HCI_UART_TX_PINMUX              APP_IO_MUX_7
#define APP_HCI_UART_RX_PINMUX              APP_IO_MUX_8
#define APP_HCI_UART_CTS_PINMUX             APP_IO_MUX_5
#define APP_HCI_UART_RTS_PINMUX             APP_IO_MUX_6
```

- GR533x

```
/*******HCI UART IO CONFIG***********************/
#define APP_HCI_UART_ID                     APP_UART_ID_0
#define APP_HCI_UART_FLOW_ON                0
#define APP_HCI_UART_BAUDRATE               115200
#define APP_HCI_UART_TRN_PORT               APP_IO_TYPE_AON
#define APP_HCI_UART_FLOW_PORT              APP_IO_TYPE_AON
#define APP_HCI_UART_TX_PIN                 APP_IO_PIN_0
#define APP_HCI_UART_RX_PIN                 APP_IO_PIN_1
#define APP_HCI_UART_TX_PINMUX              APP_IO_MUX_7
#define APP_HCI_UART_RX_PINMUX              APP_IO_MUX_8
#define APP_HCI_UART_CTS_PINMUX             APP_IO_MUX_5
#define APP_HCI_UART_RTS_PINMUX             APP_IO_MUX_6
```

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

说明:

- 如使用开发板其他UART端口，需修改*board_SK.h*中APP_HCI_UART_ID宏定义，并根据开发板上UART的IO映射关系，修改UART引脚宏的配置。关于芯片的IO复用，请参考对应芯片Datasheet。
- 如不使用开发板作为待测板，用户需根据实际待测板的硬件原理图修改对应的串口配置。

4.3 移植DTM功能

在Bluetooth LE应用工程中移植DTM功能的方法步骤如下：

1. 在应用工程中加入*hci_uart.c*文件并在*main.c*文件中引用*hci_uart.h*。
2. 调用ble_stack_init()函数初始化蓝牙协议栈。
3. 在初始化阶段调用ble_hci_uart_init()函数初始化DTM使用的UART端口及DTM测试所需的通信协议栈。

路径：工程目录下的`user_app\main.c`

名称：main();

```
#include "hci_uart.h"

int main (void)
{
    ble_hci_uart_init();
     ble_stack_init(&ble_evt_handler, &heaps_table);/*< init ble stack*/


    //loop
    while(1)
    {

    }
}
```

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

5 使用DTMTool手动测试

DTM测试一般需要专业的测试仪器自动完成，仪器与待测板之间的交互通过HCI命令实现。用户也可使用GRDirect Test Mode Tool（以下简称“DTMTool”）工具模拟测试仪下发DTM测试命令执行测试。

本节将介绍DTMTool工具，以及介绍如何使用DTMTool工具进入DTM TX或RX模式，及其他特定功能。UT侧操作请根据测试项自定义，本文不赘述。

说明:

请在屏蔽箱内执行测试。

5.1 DTMTool工具介绍

DTMTool是一款通过发送HCI命令控制DUT执行测试的RF测试工具。

DTMTool为绿色免安装程序，用户可直接解压软件包.zip文件，然后双击*GRDirect Test Mode Tool.exe*即可启动软件。

DTMTool主界面如下图所示：

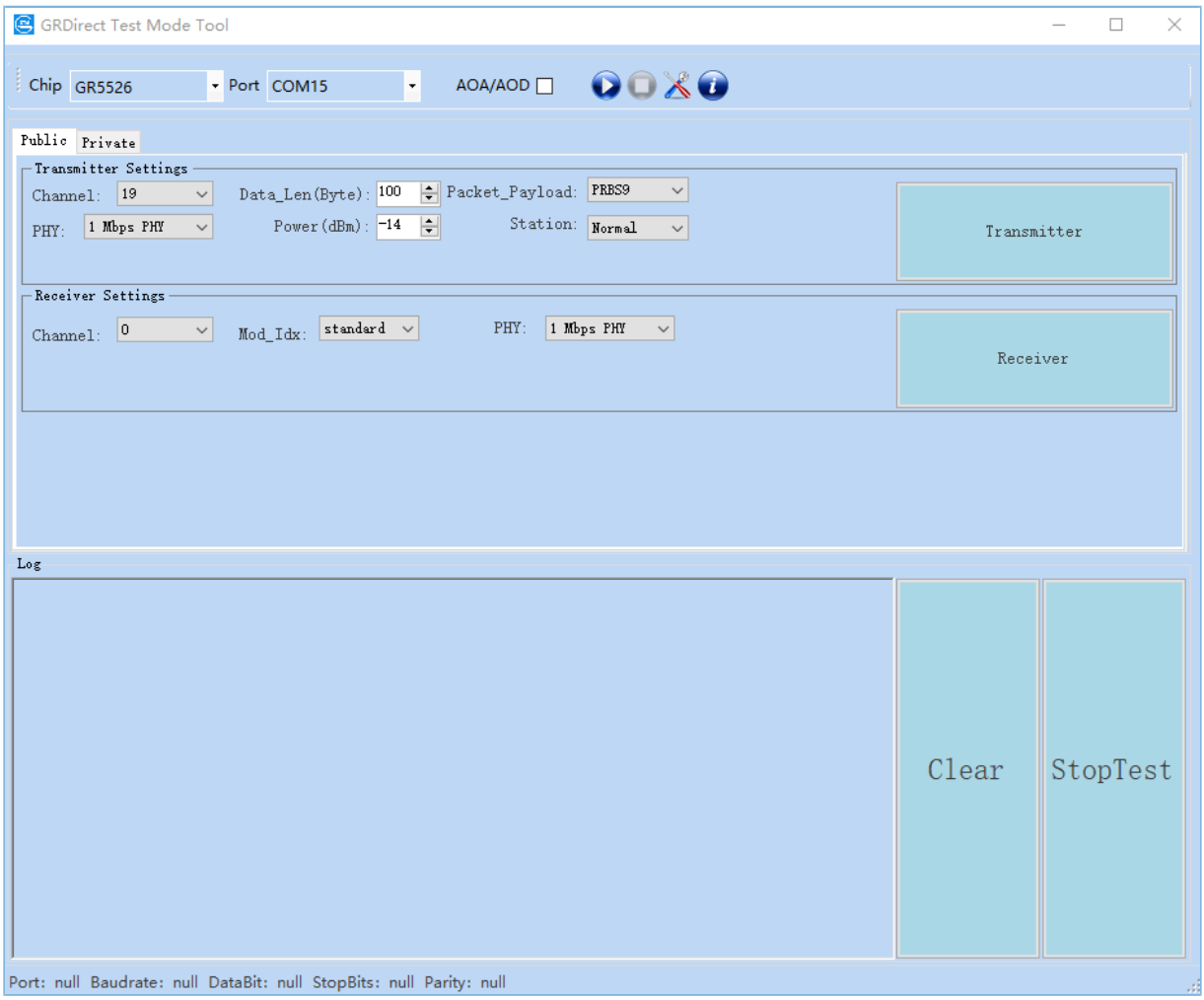


图 5-1 DTMTool主界面

说明:

本文DTMTool工具截图皆以GR5526芯片为例以供参考。

- Chip：GR5xx芯片型号。
- Port：串口端口号。
- AOA/AOD：测试时可选择是否启用AoA/AoD功能，如勾选需设置CTE（Constant Tone Extension）相关参数。
- ：连接串口，准备开始DTM测试。
- ：断开串口。
- ：串口配置，包括波特率等。
- Public选项卡：可设置TX和RX测试项的相关参数，详细介绍见5.2 DTM TX手动测试和5.3 DTM RX手动测试。
- Private选型卡：可设置自定义测试项的相关参数，包括单载波的发送、XO的读写等，详细介绍见5.4 私有命令。
- Log：显示待测设备连接状态、以及DTM测试过程和结果的日志。
  - Clear：用于清除“Log”区域显示的数据。
  - StopTest：停止DTM测试。

5.2 DTM TX手动测试

5.2.1 启动DTM TX测试

1. 硬件连接完成后，在DTMTool工具主界面，选择待测设备的芯片系列，选择待测设备对应的端口号，用户可根据实际情况选择勾选“AOA/AOD”，点击 连接待测设备。
2. 设备连接成功后，选择“Public”选项框，在“Transmitter Settings”区域设置传输参数后，点击“Transmitter”，开启DTM TX测试，GR5xx将以固定间隔时间在指定信道上传输特定类型的测试数据包。
3. 在Log区域查看对应的测试过程和结果。

- 不带AoA/AoD功能

  对应的传输参数设置、传输指令与响应的界面如下图所示：

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

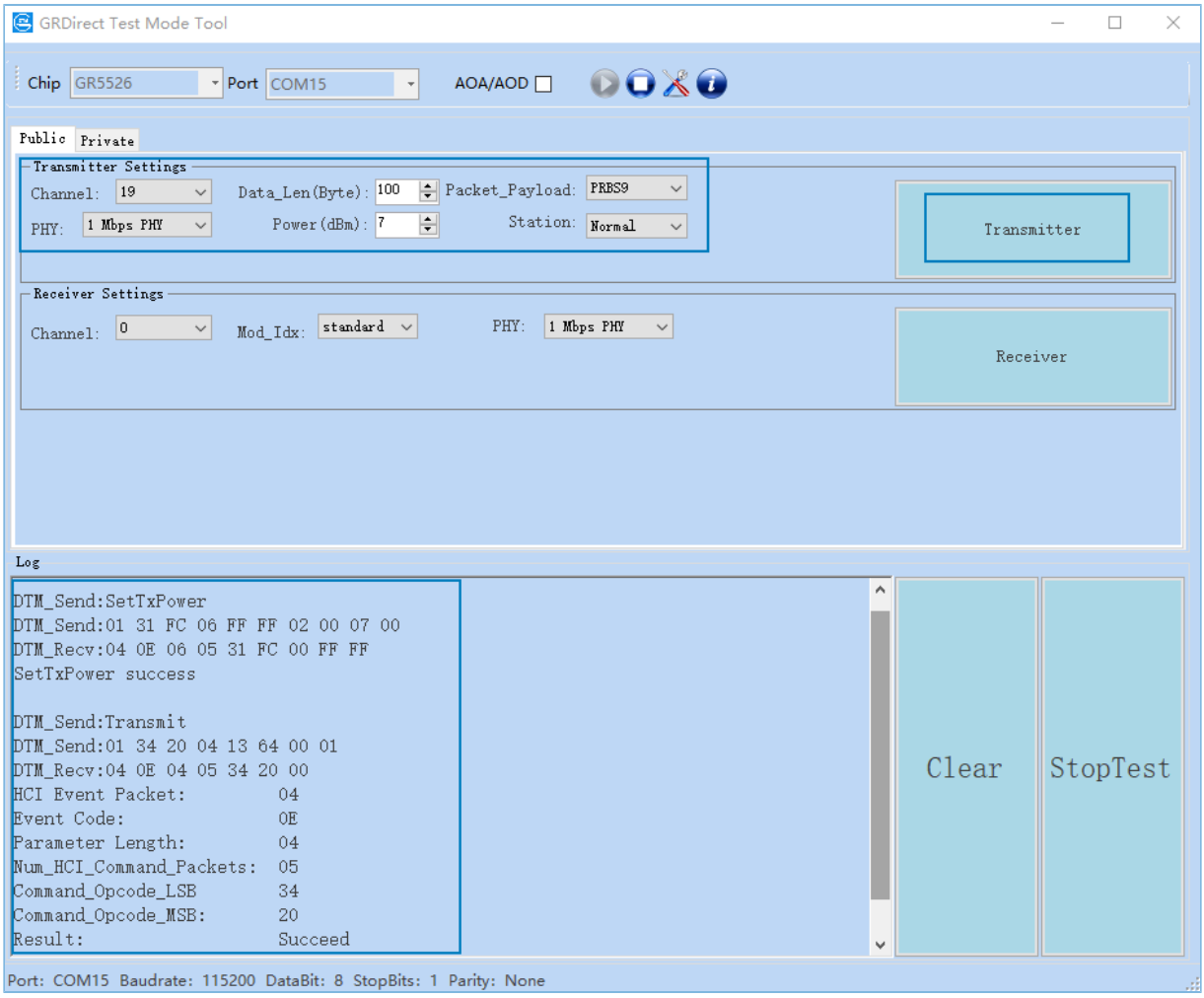


图 5-2 不带AoA/AoD功能的传输界面

- Channel：通道号，支持Channel0 ～ Channel39，对应发包频点为2402 + Channel * 2 (MHz)。
- Station：发送数据的占空比，提供Normal、High、Low三个选项。
  - Normal：使用CORE SPEC规定的标准发包模式。普通测试场景（除边带辐射和谐波辐射之外的其他场景）下，需选择该模式。
  - High：使用CORE SPEC规定的标准发包模式，数据包长Data_Len(Byte)字段无效，数据包长为固定值，1M/2M/S2 (500k)/S8 (125k) PHY对应数据长度分别为193/239/229/229 Bytes。进行边带辐射测试时，需选择该模式。
  - Low：使用Goodix自定义的占空比模式，数据包长Data_Len(Byte)字段无效，数据包长为固定值1 Byte，且DTM发包周期固定为5 x 312.5 µs。进行谐波辐射测试时，需选择该模式，降低占空比。

该功能使用LE Transmitter Test Command V2和私有HCI命令LE Modify TX Power Command组合实现，命令的详细介绍，请参考附录中的8.2 LE Transmitter Test Command V2和8.9 LE Modify TX Power Command。

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

- 带AoA/AoD功能

  对应的传输参数设置、传输指令与响应的界面如下图所示：

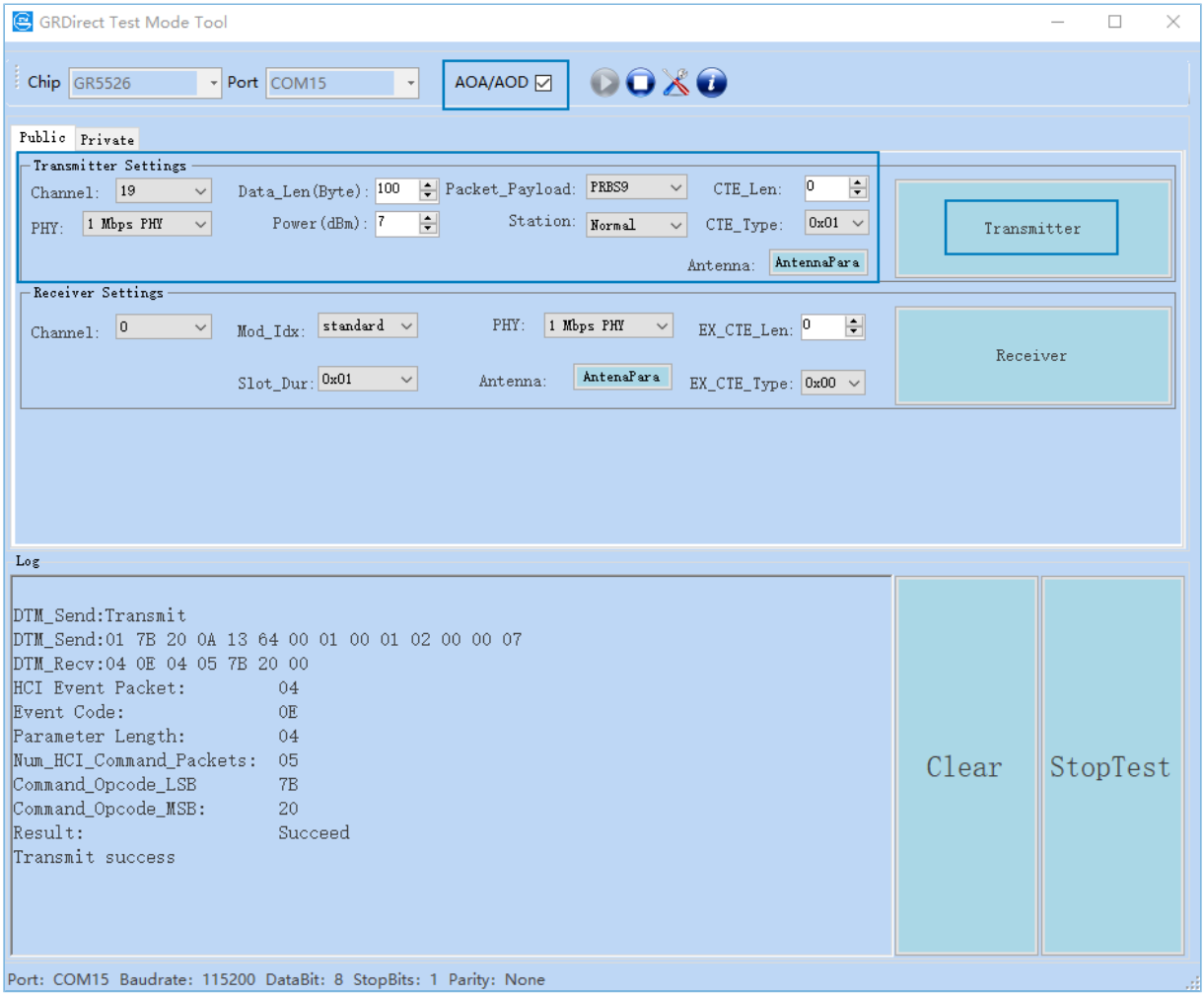


图 5-3 带AOA/AOD功能的传输界面

  - CTE_Len：CTE的长度。
  - CTE_Type：CTE类型。
  - Antenna：天线相关的参数。可点击“AntennaPara”，在弹框中进行设置。

  该功能使用LE Transmitter Test Command V4实现，命令的详细介绍，请参考附录中的8.3 LE Transmitter Test Command V4。

5.2.2 停止DTM TX测试

测试完成后，点击“StopTest”结束DTM TX测试。

说明:

在开始下一个DTM测试之前，必须要先停止当前正在进行的DTM测试。

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

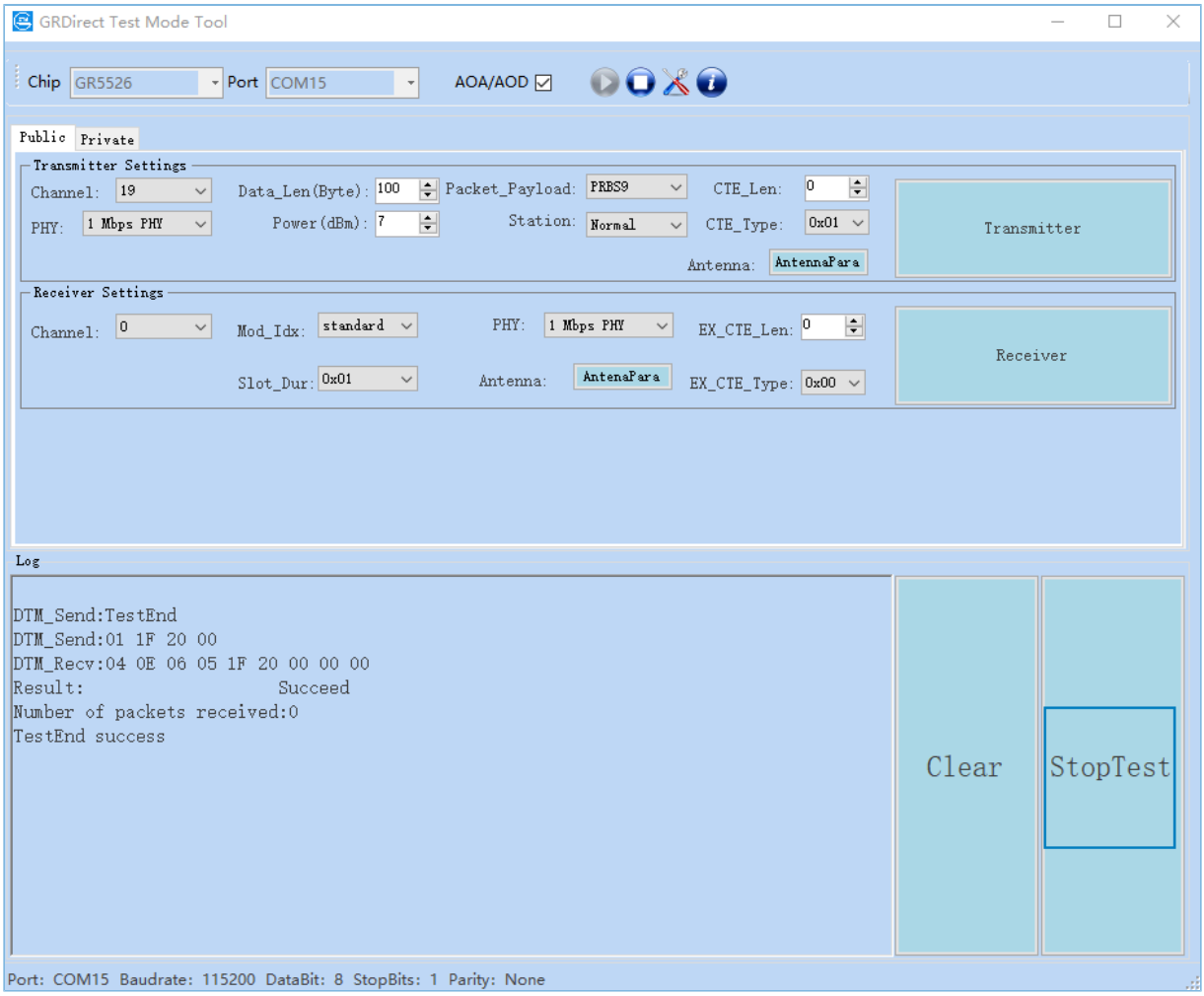


图 5-4 停止DTM TX测试

该功能使用LE Test End Command实现，命令的详细介绍，请参考附录中的8.6 LE Test End Command。

5.2.3 启动DTM TX Loop测试

DTMTool工具提供了以固定的时间间隔，从Channel0 ～ Channel39自动做DTM TX测试的功能。

1. 在DTMTool主界面点击“Private”选项卡，在“Hopping settings”区域点击“Transmitter Loop Test”。

2. 在弹框中设置每个Channel间TX测试的间隔时间“Interval (ms)”，勾选“Loop”，点击“Start”，开启DTM TX Loop测试。

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

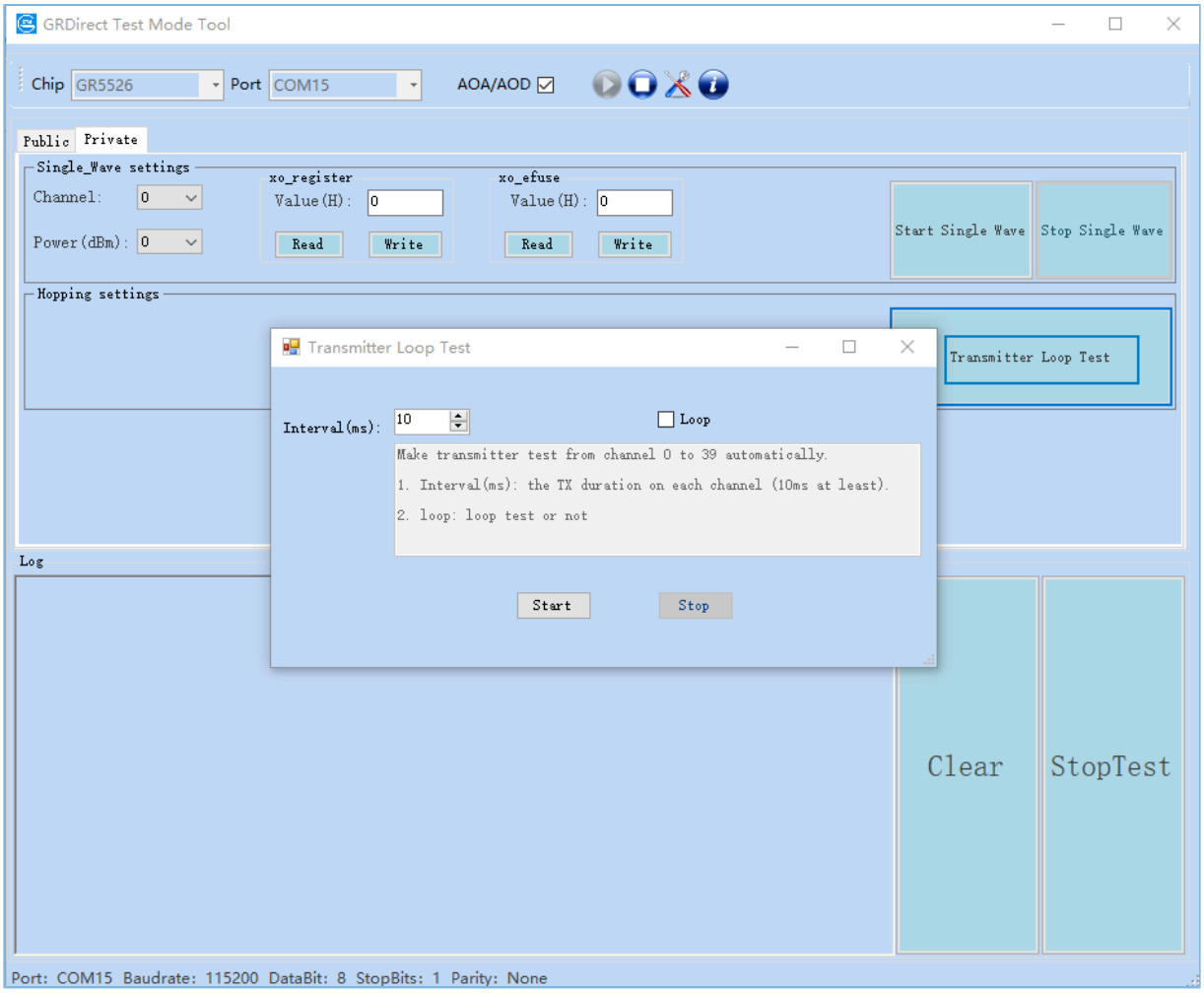


图 5-5 DTM TX Loop测试

5.3 DTM RX手动测试

5.3.1 启动DTM RX测试

1. 硬件连接完成后，在DTMTool工具主界面，选择待测设备的芯片系列，选择待测设备对应的端口号，用户可根据实际情况选择勾选“AOA/AOD”，点击 连接待测设备。
2. 设备连接成功后，选择“Public”选项框，在“Receiver Settings”区域设置接收参数后，点击“Receiver”，开启DTM RX测试，GR5xx将在固定频率上监听数据包并记录接收到的数据包个数。
3. 在Log区域查看对应的测试过程和结果。

- 不带AoA/AoD功能

  对应的接收参数设置、接收指令与响应的界面如下图所示：

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

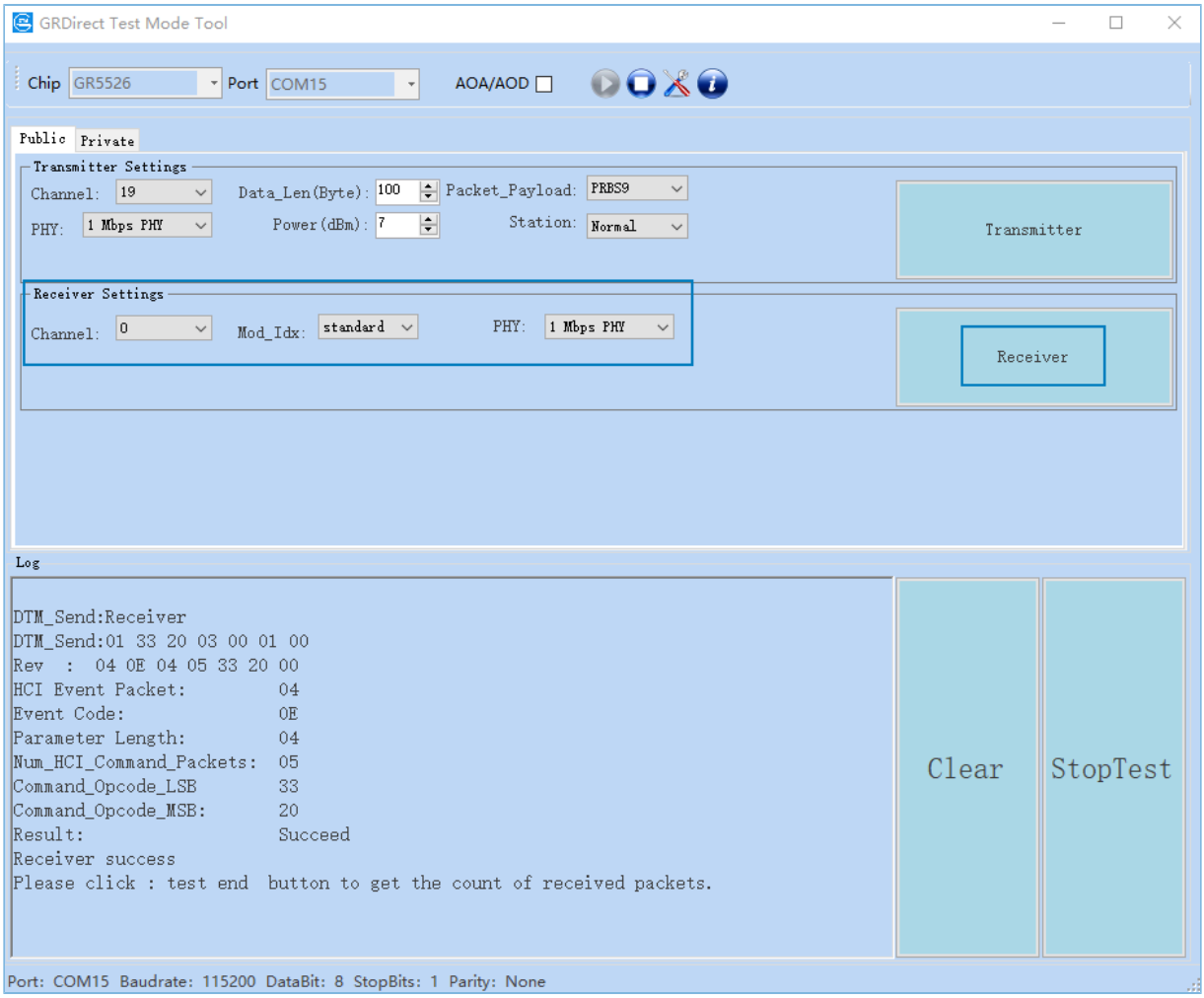


图 5-6 不带AoA/AoD功能的接收界面

- Channel：通道号，支持Channel0 ～ Channel39，对应收包频点为2402 + Channel * 2 (MHz)。
- Mod_Idx：代表调制指数，只支持标准调制。

该功能使用LE Receiver Test Command V2实现，命令的详细介绍，请参考附录中的8.4 LE Receiver Test Command V2。

- 带AoA/AoD功能

  对应的接收参数设置、接收指令与响应的界面如下图所示：

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

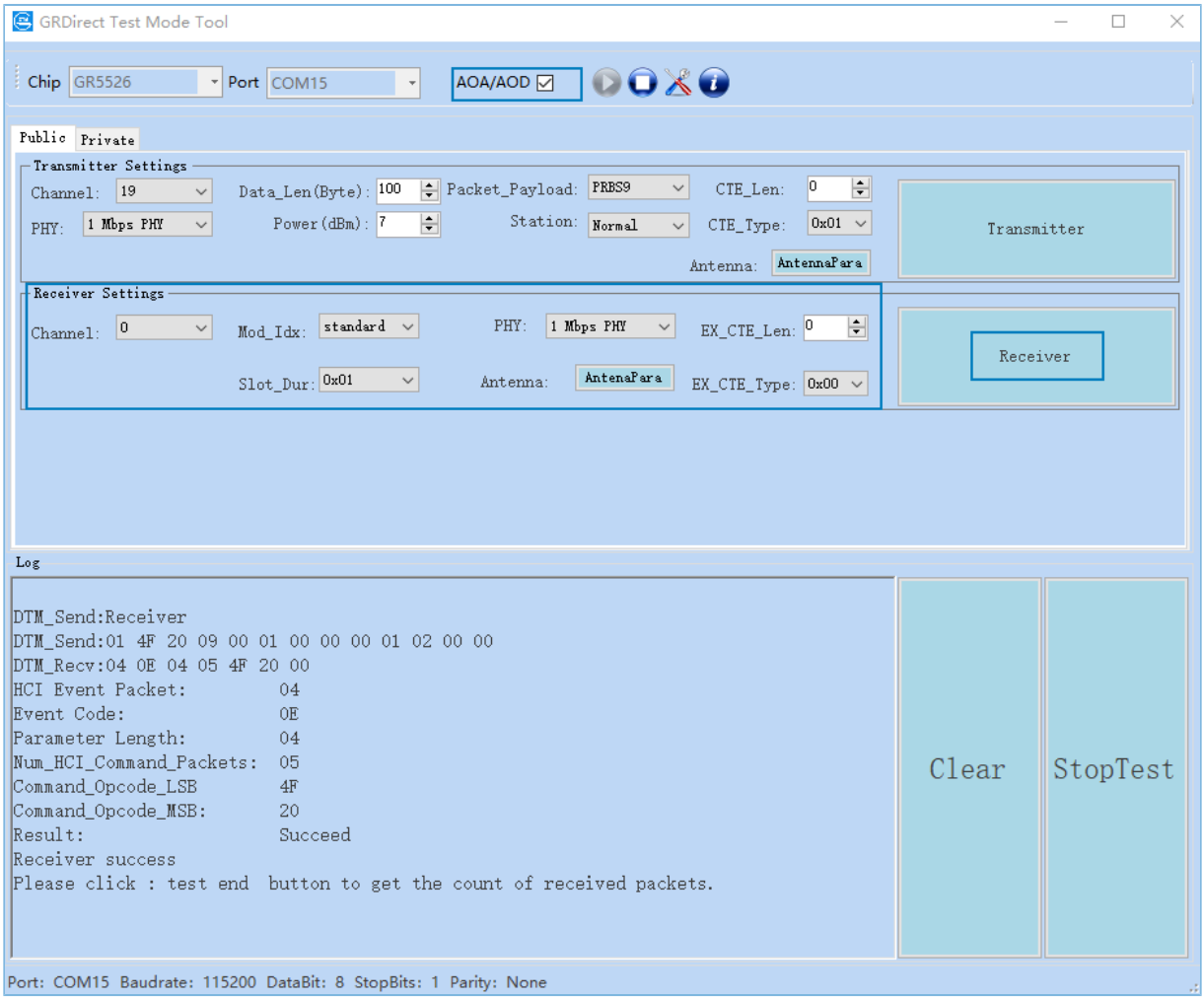


图 5-7 带AoA/AoD功能的接收界面

该功能使用LE Receiver Test Command V3实现，命令的详细介绍，请参考附录中的8.5 LE Receiver Test Command V3。

5.3.2 停止DTM RX测试

测试完成后，点击“StopTest”结束DTM RX测试。

在RX测试模式下，返回事件中的接收数据包参数值为实际接收到的数据包个数。

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

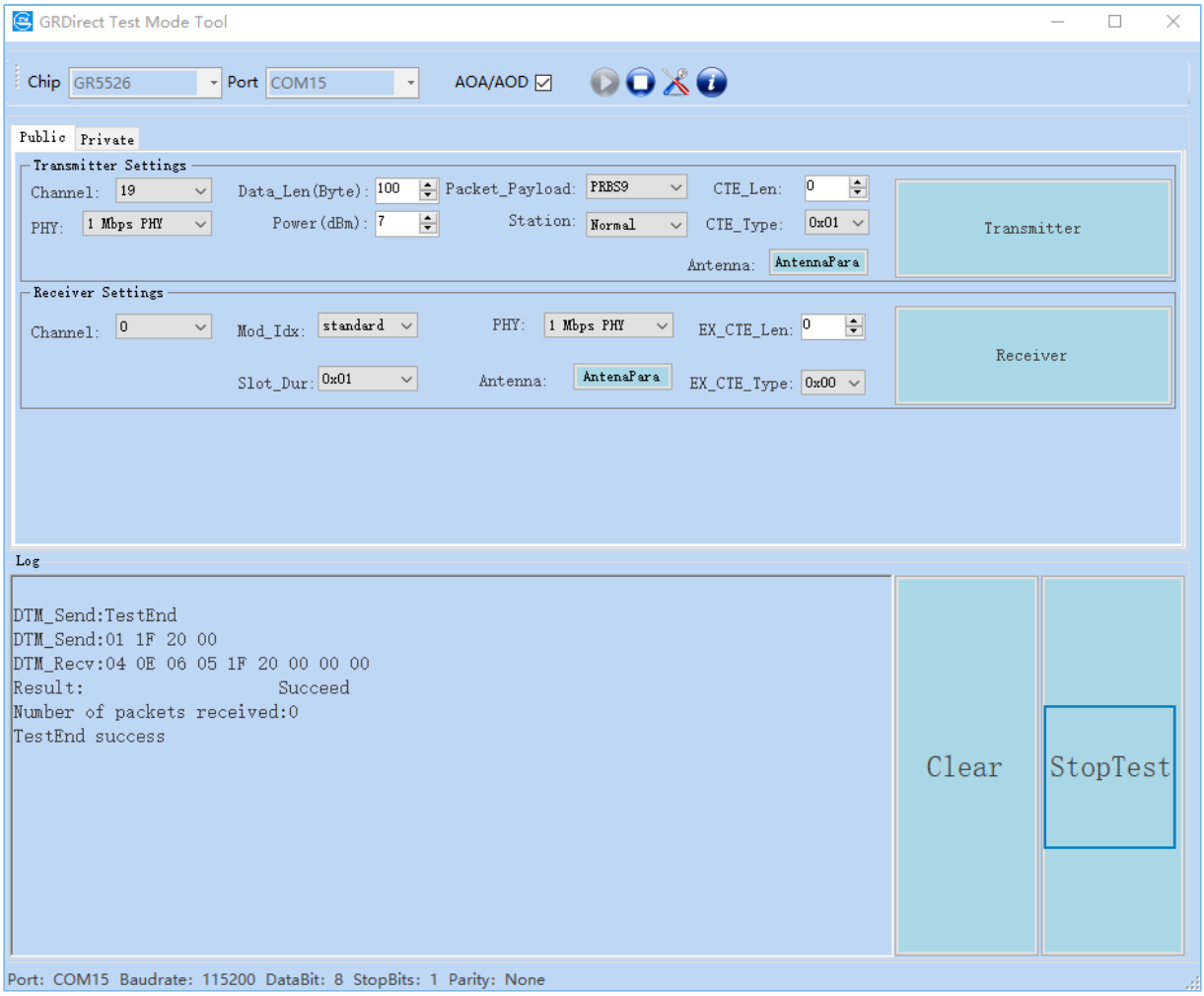


图 5-8 停止DTM RX测试

该功能使用LE Test End Command实现，命令的详细介绍，请参考附录中的8.6 LE Test End Command。

5.4 私有命令

私有HCI命令为Goodix在GR5xx DTM工程上增加的定制私有命令，目的辅助用户完成测试，不属于标准HCI。

5.4.1 单载波测试

在“Private”选项卡的“Single_Wave settings”区域，设置“Channel”和“Power (dBm)”参数值，点击“Start Single Wave”，启动单载波测试，GR5xx将在指定信道上生成单载波数据包。

点击“Stop Single Wave”，可停止单载波测试。

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

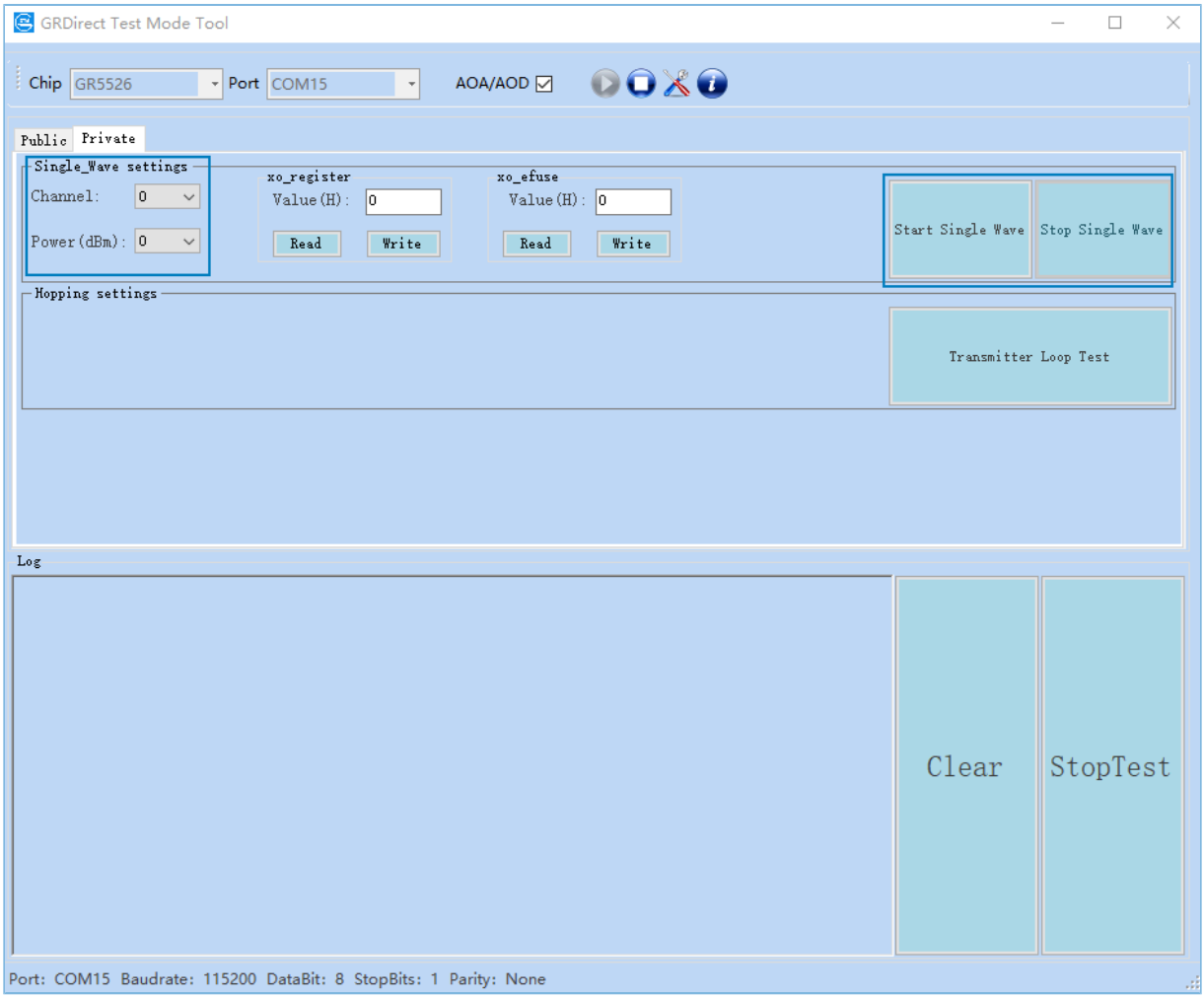


图 5-9 单载波测试

该功能使用私有HCI命令LE Start/Stop Signal Carrier Wave Command实现，命令的详细介绍，请查看附录中的8.7 LE Start Signal Carrier Wave Command。

说明:

在生成单载波前，如果有DTM测试任务正在执行，需先停止正在执行的DTM测试任务。

5.4.2 设置和读取寄存器中的XO值

在“Private”选项卡的“xo_register”区域，在“Value (H)”对应输入框中输入XO值，点击“Write”即可将XO值写入到芯片对应的寄存器中。

点击“Read”即可读取寄存器中的XO值，并显示在Value (H)对应的输入框中。

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

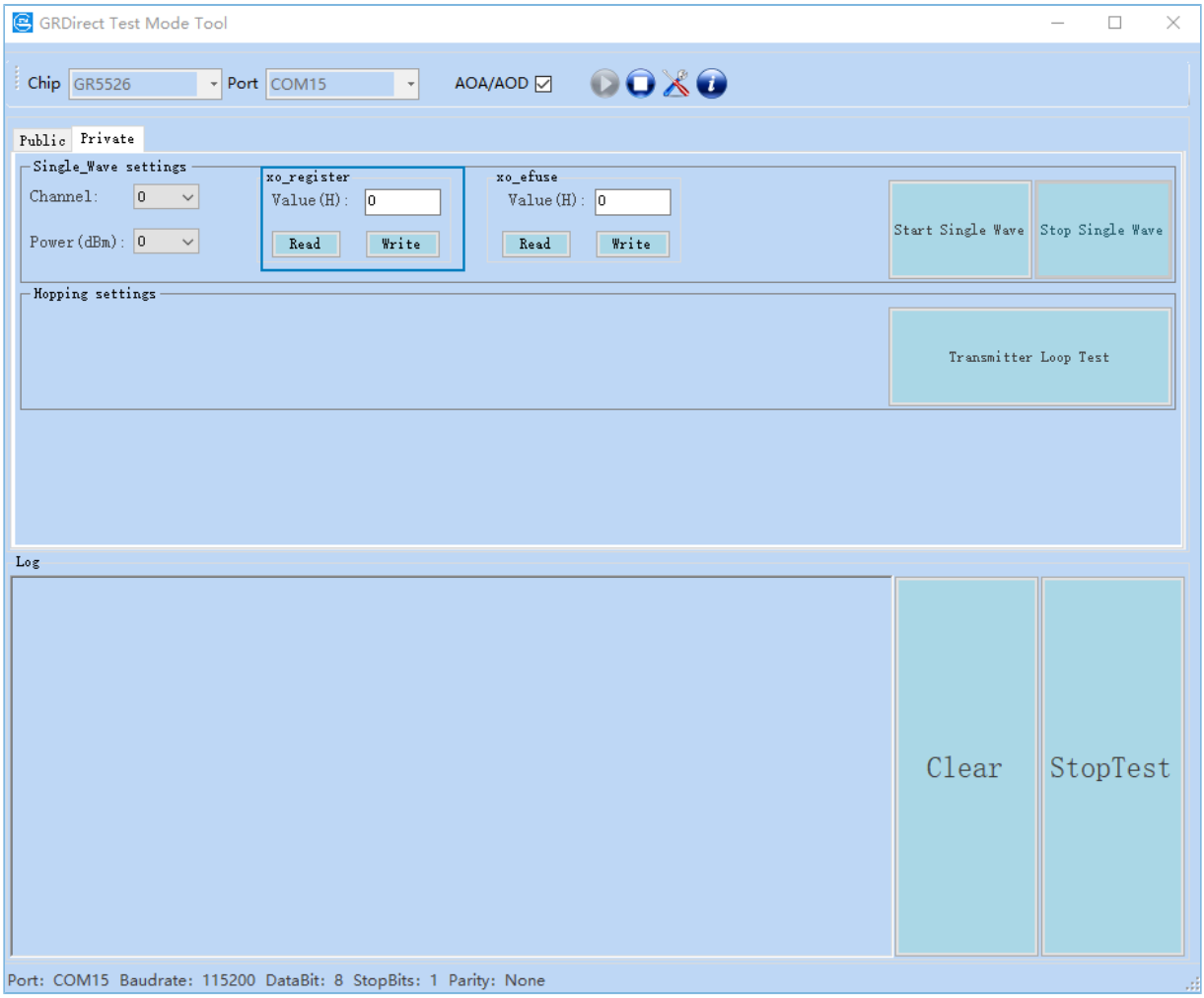


图 5-10 设置和读取寄存器中的XO值

该功能使用私有HCI命令Write/Read Register XO实现，命令的详细介绍，请参考附录中8.10 Write Register XO Command和8.11 Read Register XO Command。

5.4.3 设置和读取eFuse中的XO值

在“Private”选项卡的“xo_efuse”区域，在“Value (H)”对应输入框中输入XO值，点击“Write”即可将XO值写入到芯片eFuse中。

说明:

eFuse只能被写入一次，不可擦除。设置后需要重启系统才能生效。

点击“Read”即可读取eFuse中的XO值，并显示在Value (H)对应的输入框中。

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

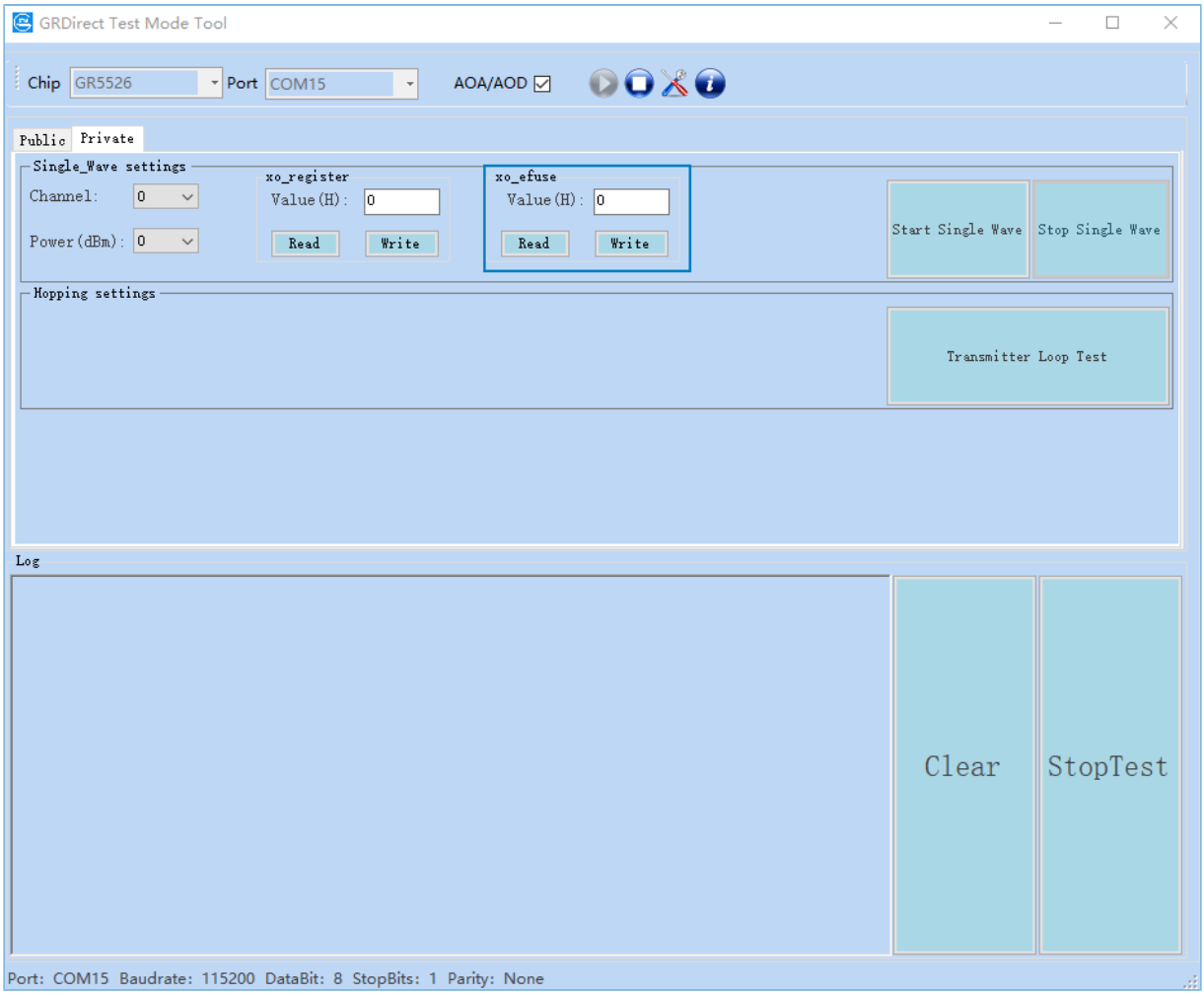


图 5-11 设置和读取eFuse中的XO值

该功能使用私有HCI命令Write/Read eFuse XO Command实现，命令的详细介绍，请参考附录中8.12 Write eFuse XO Command和8.13 Read eFuse XO Command。

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

6 注意事项

6.1 一般注意事项

1. 测试标准请参考《RF-PHY.TS.pdf》，请访问Bluetooth SIG的官方网站www.bluetooth.com获取。
2. TX Power测试的结果，需要计入Cable Loss。

6.2 GR533x DTM工程配置

针对GR533x系列芯片，进行DTM测试时，需根据具体的 RF PA应用场景，配置应用工程中的相关参数，包括芯片系列、PA类型以及电源模式。

表 6-1 应用工程配置参数

PA类型	HPA	SPA		UPA
芯片系列	GR5332	GR5332/ GR5331		GR5331
电源模式	SYS_LDO	DC-DC/SYS_LDO		DC-DC/SYS_LDO
供电电压（V）	1.15	1.05	1.15	1.05
功率范围（dBm）	[-10, 15]	GR5332: [-20, 4] GR5331 : [-20, 5]	GR5332: [-20, 5] GR5331 : [-20, 6]	[-15, 2]

提示:

在应用工程的*custom_config.h*文件中进行参数配置。

- **芯片系列配置**

  根据实际使用的芯片，配置宏CHIP_TYPE。

```
// <o> Chip version
#ifndef SOC_GR533X
#define SOC_GR533X
#endif
// <o> Select chip type
// <0=> GR5330ACNI
// <1=> GR5331AENI
// <2=> GR5331CENI
// <3=> GR5332AENE
// <4=> GR5332CENE
#ifndef CHIP_TYPE
#define CHIP_TYPE                       2
#endif
```

- **PA配置**

  根据应用TX输出功率需求，选择合适的PA，配置宏RF_TX_PA_SELECT。

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

```
// <o> RF TX PA select
// <1=> BLE_RF_TX_MODE_SPA_MODE  (-20~6 dBm TX power for GR5331/GR5330, -20~5 dBm TX power for GR5332)
// <2=> BLE_RF_TX_MODE_UPA_MODE  (-15~2 dBm TX power for GR5331/GR5330)
// <3=> BLE_RF_TX_MODE_HPA_MODE  (-10~15 dBm TX power for GR5332)
#ifndef RF_TX_PA_SELECT
#define RF_TX_PA_SELECT                  1
#endif
```

- **系统电源配置**

  根据实际使用的系统电源模式，配置宏SYSTEM_POWER_MODE。

```
// <o1.0..2> System power mode
// <0=> DCDC MODE
// <1=> SYSLDO MODE
#ifndef SYSTEM_POWER_MODE
#define SYSTEM_POWER_MODE                0
#endif
```

说明:

选择HPA时，需特别注意将系统电源模式切换为SYS_LDO模式。

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

7 常见问题

本章描述了在进行DTM测试时，可能出现的问题、原因及处理方法。

7.1 测试时，无法下发命令或者命令无效

- 问题描述

  使用GRUart串口调试助手或测试仪器时，命令不能下发或命令无效。

- 问题分析

  软件或串口线设置有误。

- 处理方法

  检查目标板子与DTM固件的UART引脚是否对应，可参考4.2 配置设备端口。

  如果均正常，请检查串口工具或测试仪器配置（波特率、停止位、数据位），以及检查串口线序是否接反。

7.2 使用DTMTool工具执行测试失败

- 问题描述

  使用DTMTool工具执行测试失败。

- 问题分析

  执行命令的顺序错误。

- 处理方法

  在“Log”区域查看具体执行失败的命令，同时查看该命令返回事件中的失败原因。

说明:

执行一个新命令时，必须先停止当前的测试任务，再执行下一个测试任务。

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

8 附录：RF测试中常用的HCI命令

8.1 LE Reset Command

表 8-1 命令格式

Byte Description	Value
HCI Command Packet	0x01
Command Opcode LSB	0x03
Command Opcode MSB	0x0c
Parameter Length	0x00

表 8-2 返回事件

Byte Description	Value
HCI Event Packet	0x04
Event Code	0x0E
Parameter Length	0x04
Num HCI Command Packets	0x05
Command Opcode LSB	0x03
Command Opcode MSB	0x0C
Status	0x00: Command succeeded. 0x01 – 0xFF: Command failed. See "Volume 2, Part D – Error Codes" in Bluetooth Core Spec for a list of error code and descriptions.

8.2 LE Transmitter Test Command V2

表 8-3 命令格式

Byte Description	Value
HCI Command Packet	0x01
Command Opcode LSB	0x34
Command Opcode MSB	0x20
Parameter Length	0x04
Channel	= (F – 2402)/2, where F ranges from 2402 MHz to 2480 MHz. Range: 0x00 – 0x27
Data Length	0x01 – 0xFF: Length in bytes of payload data in each packet.
Packet Payload	0x00: Pesudo-Random bit sequence 9 0x01: Pattern of alternating bits '11110000' 0x02: Pattern of alternating bits '10101010' 0x03: Pesudo-Random bit sequence 15

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

Byte Description	Value
	0x04: Pattern of All '1' bits 0x05: Pattern of All '0' bits 0x06: Pattern of alternating bits '00001111' 0x07: Pattern of alternating bits '0101'
PHY	0x01: Transmitter adopts the LE 1M PHY. 0x02: Transmitter adopts the LE 2M PHY. 0x03: Transmitter adopts the LE Coded PHY with S = 8 data coding. 0x04: Transmitter adopts the LE Coded PHY with S = 2 data coding.

表 8-4 返回事件

Byte Description	Value
HCI Event Packet	0x04
Event Code	0x0E
Parameter Length	0x04
Num HCI Command Packets	0x05
Command Opcode LSB	0x34
Command Opcode MSB	0x20
Status	0x00: Command succeeded. 0x01 – 0xFF: Command failed. See "Volume 2, Part D – Error Codes" in Bluetooth Core Spec for a list of error code and descriptions.

8.3 LE Transmitter Test Command V4

表 8-5 命令格式

Byte Description	Value
HCI Command Packet	0x01
Command Opcode LSB	0x7B
Command Opcode MSB	0x20
Parameter Length	0x0A
Channel	= (F – 2402)/2, where F ranges from 2402 MHz to 2480 MHz. Range: 0x00 – 0x27
Data Length	0x01 – 0xFF: Length in bytes of payload data in each packet.
Packet Payload	0x00: Pesudo-Random bit sequence 9 0x01: Pattern of alternating bits '11110000' 0x02: Pattern of alternating bits '10101010' 0x03: Pesudo-Random bit sequence 15 0x04: Pattern of All '1' bits

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

Byte Description	Value
	0x05: Pattern of All '0' bits 0x06: Pattern of alternating bits '00001111' 0x07: Pattern of alternating bits '0101'
PHY	0x01: Transmitter adopts the LE 1M PHY. 0x02: Transmitter adopts the LE 2M PHY. 0x03: Transmitter adopts the LE Coded PHY with S = 8 data coding. 0x04: Transmitter adopts the LE Coded PHY with S = 2 data coding.
CTE Length	0x00: Do not transmit a Constant Tone Extension. 0x02 to 0x14: Length of the Constant Tone Extension in units of 8 µs All other values: Reserved for future use
CTE Type	0x00: AoA Constant Tone Extension 0x01: AoD Constant Tone Extension with 1 µs slots 0x02: AoD Constant Tone Extension with 2 µs slots All other values: Reserved for future use
Switching Pattern Length	0x02 to 0x4B: The number of antenna IDs in the pattern All other values: Reserved for future use
Antenna IDs[i]	0xXX: Antenna ID in the pattern
TX Power Level	0xXX: Set the transmitter to the specified or the nearest transmit power level. Range: -127 to +20; unit: dBm 0x7E: Set the transmitter to the minimum transmit power level. 0x7F: Set the transmitter to the maximum transmit power level.

表 8-6 返回事件

Byte Description	Value
HCI Event Packet	0x04
Event Code	0x0E
Parameter Length	0x04
Num HCI Command Packets	0x05
Command Opcode LSB	0x7B
Command Opcode MSB	0x20
Status	0x00: Command succeeded. 0x01 – 0xFF: Command failed. See "Volume 2, Part D – Error Codes" in Bluetooth Core Spec for a list of error code and descriptions.

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

8.4 LE Receiver Test Command V2

表 8-7 命令格式

Byte Description	Value
HCI Command Packet	0x01
Command Opcode LSB	0x33
Command Opcode MSB	0x20
Parameter Length	0x03
Channel	= (F – 2402)/2, where F ranges from 2402 MHz to 2480 MHz. Range: 0x00 - 0x27
PHY	0x01: Receiver adopts the LE 1M PHY. 0x02: Receiver adopts the LE 2M PHY. 0x03: Receiver adopts the LE Coded PHY.
Modulation Index	0x00: Assume the transmitter will have a standard modulation index. 0x01: Assume the transmitter will have a stable modulation index.

表 8-8 返回事件

Byte Description	Value
HCI Event Packet	0x04
Event Code	0x0E
Parameter Length	0x04
Num HCI Command Packets	0x05
Command Opcode LSB	0x33
Command Opcode MSB	0x20
Status	0x00: Command succeeded. 0x01 – 0xFF: Command failed. See "Volume 2, Part D – Error Codes" in Bluetooth Core Spec for a list of error code and descriptions.

8.5 LE Receiver Test Command V3

表 8-9 命令格式

Byte Description	Value
HCI Command Packet	0x01
Command Opcode LSB	0x4F
Command Opcode MSB	0x20
Parameter Length	0x09
Channel	= (F – 2402)/2, where F ranges from 2402 MHz to 2480 MHz. Range: 0x00 - 0x27

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

Byte Description	Value
PHY	0x01: Receiver adopts the LE 1M PHY. 0x02: Receiver adopts the LE 2M PHY. 0x03: Receiver adopts the LE Coded PHY.
Modulation Index	0x00: Assume the transmitter will have a standard modulation index. 0x01: Assume the transmitter will have a stable modulation index.
Expected CTE Length	0x00: No Constant Tone Extension expected (default) 0x02 to 0x14: Expected length of the Constant Tone Extension in units of 8 µs All other values: Reserved for future use
Expected CTE Type	0x00: Expected AoA Constant Tone Extension 0x01: Expected AoD Constant Tone Extension with 1 µs slots 0x02: Expected AoD Constant Tone Extension with 2 µs slots All other values: Reserved for future use
Slot Durations	0x01: Switching and sampling slots are 1 µs each. 0x02: Switching and sampling slots are 2 µs each. All other values: Reserved for future use
Switching_Pattern_Length	0x02 to 0x4B: The number of antenna IDs in the pattern All other values: Reserved for future use
Antenna IDs[i]	0xXX: Antenna ID in the pattern

表 8-10 返回事件

Byte Description	Value
HCI Event Packet	0x04
Event Code	0x0E
Parameter Length	0x04
Num HCI Command Packets	0x05
Command Opcode LSB	0x4F
Command Opcode MSB	0x20
Status	0x00: Command succeeded. 0x01 – 0xFF: Command failed. See "Volume 2, Part D – Error Codes" in Bluetooth Core Spec for a list of error code and descriptions.

8.6 LE Test End Command

表 8-11 命令格式

Byte Description	Value
HCI Command Packet	0x01
Command Opcode LSB	0x1F

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

Byte Description	Value
Command Opcode MSB	0x20
Parameter Length	0x00

表 8-12 返回事件

Byte Description	Value
HCI Event Packet	0x04
Event Code	0x0E
Parameter Length	0x06
Num HCI Command Packets	0x05
Command Opcode LSB	0x1F
Command Opcode MSB	0x20
Status	0x00: Command succeeded. 0x01 – 0xFF: Command failed. See "Volume 2, Part D – Error Codes" in Bluetooth Core Spec for a list of error code and descriptions.
Number of packets received (LSB)	0xXX
Number of packets received (MSB)	0xXX

8.7 LE Start Signal Carrier Wave Command

表 8-13 命令格式

Byte Description	Value
HCI Command Packet	0x01
Command Opcode LSB	0x31
Command Opcode MSB	0xFC
Parameter Length	0x06
Reserved	0xFFFF
Private Command	0x0001: Start a single carrier wave test.
Frequency	= (F – 2402)/2, where F ranges from 2402 MHz to 2480 MHz. Range: 0x0000 – 0x0027
TX Power	Range: 0x000 dBm – 0x07 dBm (GR533x supports 0x0000 dBm – 0x000f dBm.)

表 8-14 返回事件

Byte Description	Value
HCI Event Packet	0x04
Event Code	0x0E
Parameter Length	0x06
Num HCI Command Packets	0x05
Command Opcode LSB	0x31

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

Byte Description	Value
Command Opcode MSB	0xFC
Status	0x00: Command succeeded. 0x01 – 0xFF: Command failed. See "Volume 2, Part D – Error Codes" in Bluetooth Core Spec for a list of error code and descriptions.
Reserved	0xFFFF

8.8 LE Stop Signal Carrier Wave Command

表 8-15 命令格式

Byte Description	Value
HCI Command Packet	0x01
Command Opcode LSB	0x31
Command Opcode MSB	0xFC
Parameter Length	0x06
Reserved	0xFFFF
Private Command	0x0001: Stop a single carrier wave test.
Reserved	0x0000

表 8-16 返回事件

Byte Description	Value
HCI Event Packet	0x04
Event Code	0x0E
Parameter Length	0x06
Num HCI Command Packets	0x05
Command Opcode LSB	0x31
Command Opcode MSB	0xFC
Status	0x00: Command succeeded. 0x01 – 0xFF: Command failed. See "Volume 2, Part D – Error Codes" in Bluetooth Core Spec for a list of error code and descriptions.
Reserved	0xFFFF

8.9 LE Modify TX Power Command

表 8-17 命令格式

Byte Description	Value
HCI Command Packet	0x01
Command Opcode LSB	0x31
Command Opcode MSB	0xFC

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

Byte Description	Value
Parameter Length	0x06
Reserved	0xFFFF
Private Command	0x0002: Modify TX power.
TX power	Range: 0x0000 dBm – 0x0007 dBm (GR533x supports 0x0000 dBm – 0x000f dBm)

表 8-18 返回事件

Byte Description	Value
HCI Event Packet	0x04
Event Code	0x0E
Parameter Length	0x06
Num HCI Command Packets	0x05
Command Opcode LSB	0x31
Command Opcode MSB	0xFC
Status	0x00: Command succeeded. 0x01 – 0xFF: Command failed. See "Volume 2, Part D – Error Codes" in Bluetooth Core Spec for a list of error code and descriptions.
Reserved	0xFFFF

8.10 Write Register XO Command

表 8-19 命令格式

Byte Description	Value
HCI Command Packet	0x01
Command Opcode LSB	0x31
Command Opcode MSB	0xFC
Parameter Length	0x06
Reserved	0xFFFF
Private Command	0x0003: Write the register XO.
XO	0xXXXX: XO value

表 8-20 返回事件

Byte Description	Value
HCI Event Packet	0x04
Event Code	0x0E
Parameter Length	0x06
Num HCI Command Packets	0x05
Command Opcode LSB	0x31
Command Opcode MSB	0xFC

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

Byte Description	Value
Status	0x00: Command succeeded. 0x01 – 0xFF: Command failed. See "Volume 2, Part D – Error Codes" in Bluetooth Core Spec for a list of error code and descriptions.
XO Value	0xXXXX: Returned XO value in the register

8.11 Read Register XO Command

表 8-21 命令格式

Byte Description	Value
HCI Command Packet	0x01
Command Opcode LSB	0x31
Command Opcode MSB	0xFC
Parameter Length	0x06
Reserved	0xFFFF
Private Command	0x0004: Read the register XO.
Reserved	0xFFFF

表 8-22 返回事件

Byte Description	Value
HCI Event Packet	0x04
Event Code	0x0E
Parameter Length	0x06
Num HCI Command Packets	0x05
Command Opcode LSB	0x31
Command Opcode MSB	0xFC
Status	0x00: Command succeeded. 0x01 – 0xFF: Command failed. See "Volume 2, Part D – Error Codes" in Bluetooth Core Spec for a list of error code and descriptions.
XO Value	0xXXXX: Returned XO value in the register

8.12 Write eFuse XO Command

表 8-23 命令格式

Byte Description	Value
HCI Command Packet	0x01
Command Opcode LSB	0x31
Command Opcode MSB	0xFC
Parameter Length	0x06

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

Byte Description	Value
Reserved	0xFFFF
Private Command	0x0005: Write the eFuse XO.
XO	0xXXXX: XO value

表 8-24 返回事件

Byte Description	Value
HCI Event Packet	0x04
Event Code	0x0E
Parameter Length	0x06
Num HCI Command Packets	0x05
Command Opcode LSB	0x31
Command Opcode MSB	0xFC
Status	0x00: Command succeeded. 0x01 – 0xFF: Command failed. See "Volume 2, Part D – Error Codes" in Bluetooth Core Spec for a list of error code and descriptions.
Reserved	0xFFFF

8.13 Read eFuse XO Command

表 8-25 命令格式

Byte Description	Value
HCI Command Packet	0x01
Command Opcode LSB	0x31
Command Opcode MSB	0xFC
Parameter Length	0x06
Reserved	0xFFFF
Private Command	0x0006: Read the eFuse XO.
Reserved	0xFFFF

表 8-26 返回事件

Byte Description	Value
HCI Event Packet	0x04
Event Code	0x0E
Parameter Length	0x06
Num HCI Command Packets	0x05
Command Opcode LSB	0x31
Command Opcode MSB	0xFC
Status	0x00: Command succeeded.

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司

Byte Description	Value
	0x01 – 0xFF: Command failed. See "Volume 2, Part D – Error Codes" in Bluetooth Core Spec for a list of error code and descriptions.
XO value	0xXXXX: Returned XO value in the eFuse

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司