



# BLE Tool

---

## 使用手册

2025.09

V1.1.0

## 目 录

|       |                                |    |
|-------|--------------------------------|----|
| 1     | 软件概述                           | 3  |
| 1.1   | 系统要求                           | 3  |
| 1.2   | 软件介绍                           | 3  |
| 2     | 连接 U985 和选择 BLE 设备介绍           | 5  |
| 2.1   | 连接 U985                        | 5  |
| 2.2   | 搜索 BLE 设备                      | 7  |
| 2.2.1 | 搜索控制与优化                        | 7  |
| 2.2.2 | BLE 设备参数说明                     | 8  |
| 2.2.3 | BLE 设备的过滤与排序                   | 10 |
| 2.3   | 连接 BLE 设备                      | 10 |
| 2.3.1 | 通过表格连接 BLE 设备                  | 10 |
| 2.3.2 | 直接输入地址连接 BLE 设备                | 11 |
| 2.4   | 设备重置功能                         | 11 |
| 2.5   | 常见问题                           | 12 |
| 2.5.1 | 设备断开连接                         | 12 |
| 3     | BLE 设备参数设置                     | 13 |
| 3.1   | TX PHY 和 RX PHY                | 13 |
| 3.2   | RSSI                           | 15 |
| 3.2.1 | 信号强度测量原理深入分析                   | 15 |
| 3.3   | MTU                            | 17 |
| 3.3.1 | MTU 协商机制详解                     | 18 |
| 3.3.2 | 声学测控行业常用配置                     | 20 |
| 3.4   | TX Power                       | 21 |
| 3.4.1 | 声学测控行业典型配置                     | 22 |
| 4     | 广播连接与各项参数                      | 23 |
| 4.1   | Client 客户端                     | 24 |
| 4.1.1 | 获取 BLE 设备可用服务                  | 25 |
| 4.1.2 | 获取指定 Service 下的 Characteristic | 27 |
| 4.1.3 | 修改 Characteristic 项            | 29 |
| 4.2   | Server 服务端                     | 32 |

|       |                      |    |
|-------|----------------------|----|
| 4.2.1 | 初始化广播                | 33 |
| 4.2.2 | 添加一个 Service         | 36 |
| 4.2.3 | 添加一个 Characteristic  | 37 |
| 4.2.4 | 读取 Characteristic 的值 | 42 |
| 4.2.5 | 写入 Characteristic    | 42 |
| 5     | 快捷命令表格               | 43 |
| 5.1   | 命令类型                 | 43 |
| 5.2   | 发送一个命令               | 43 |
| 5.3   | 新建一个命令               | 44 |
| 5.4   | 修改命令                 | 46 |
| 5.5   | 删除命令                 | 47 |
| 5.6   | 调整命令的顺序              | 48 |
| 5.7   | 保存快捷命令表格             | 48 |
| 5.8   | 打开一个新的命令配置文件         | 49 |
| 6     | 交互式命令行               | 49 |
| 6.1   | 发送命令                 | 50 |
| 6.1.1 | 命令的类型                | 50 |
| 6.2   | 交互式命令行属性修改           | 51 |
| 7     | 常用操作顺序流程图            | 52 |
| 7.1   | 连接 BLE 设备            | 52 |
| 7.2   | 作为客户端操控特征            | 53 |
| 7.3   | 作为服务端操控特征            | 54 |

## 1 软件概述

BLE Tool 是美格信基于 Python 自主开发的一款针对 U985 系列的可视化界面工具，进行 U985 系列产品控制时，只需点击即可实现蓝牙低功耗（BLE）调试，极大节省了用户时间，让用户更加专注于产品业务本身，节省客户产品的测试开发成本。

**注意：**本工具专用于蓝牙低功耗（Bluetooth Low Energy, BLE）设备，BLE 是一种低功耗的无线通信技术，与传统蓝牙（BR/EDR）在协议栈、功耗特性和应用场景方面存在显著差异。BLE 主要应用于物联网设备、可穿戴设备和传感器网络等低功耗场景。

### 1.1 系统要求

BLE Tool 目前仅支持 Windows 10 64 位以及 Windows 11 64 位，不支持 Windows 7 及更早版本的 Windows 系统。

### 1.2 软件介绍

软件的主界面如图 1.1 所示，可以划分为五个部分：

1. 连接 U985 和选择 BLE 设备，主要负责连接 U985 设备以及选择通过 U985 搜索到的 BLE 设备
2. BLE 设备参数设置，主要负责设置 BLE 连接成功之后 BLE 设备的相关设置
3. 广播连接与各项参数，主要负责 BLE 设备作为客户端和服务端的各类读写操作
4. 快捷命令表格，主要用于向交互式命令行里面发送快捷指令
5. 交互式命令行，主要负责与 U985 实时发送和查看 U985 传递的数据

软件的各个区域可以通过合并隐藏一些暂时不需要查看的区域以此来增加屏幕利用率，长按功能区域上方的白色区域，将其拖入其他功能区域即可完成合并。如图 1.2所示为区域合并的操作方式。

**额外说明：**由于不同显示屏的分辨率以及缩放比例不同，BLE Tool 在不同电脑上显示的界面可能会有细微区别，显示不影响功能，您依然可以正常使用。

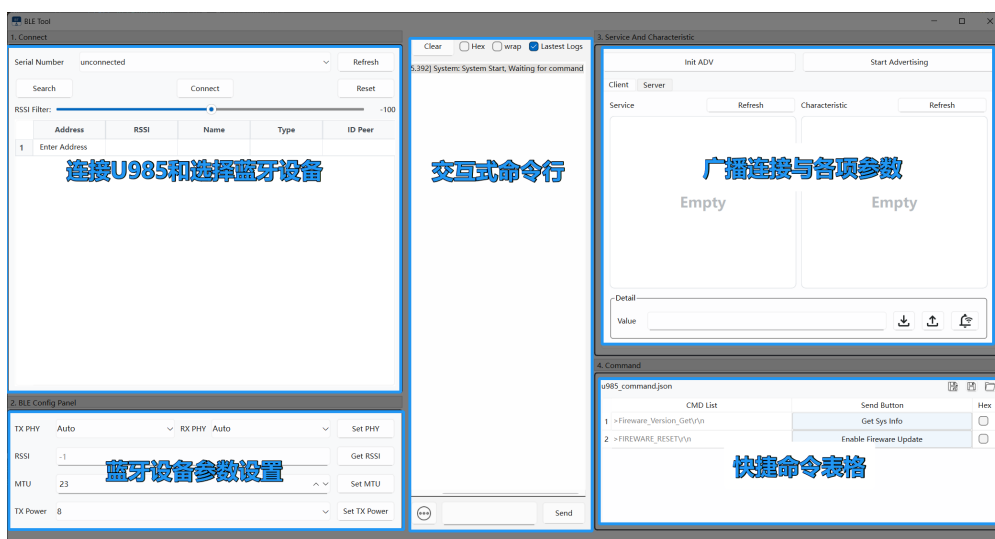


图 1.1 BLE Tool 总览

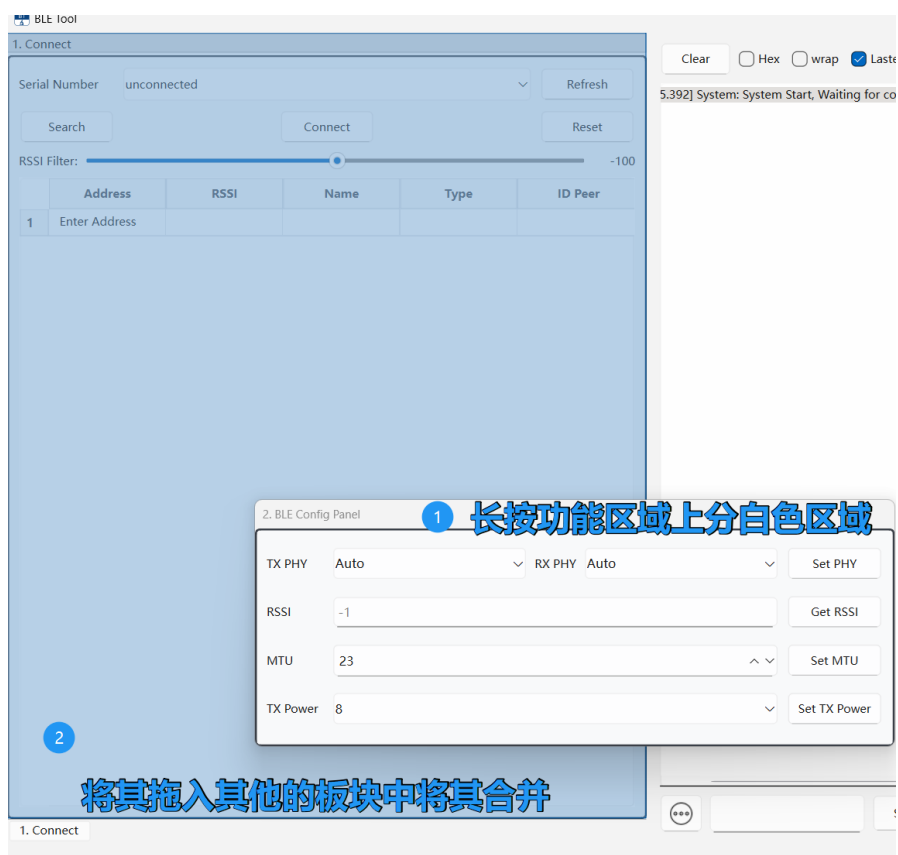


图 1.2 拖动合并区域

## 2 连接 U985 和选择 BLE 设备介绍

连接 U985 和选择 BLE 设备介绍板块在 BLE Tool 中叫做 **Connect**，这个面板主要负责 U985 设备的搜索、连接与断开、重置以及 BLE 设备的搜索、连接与断开、过滤、排序等功能，是使用 BLE Tool 的第一步，在开始继续使用 BLE Tool 前，您必须连接一个 U985 设备，如果您需要使用广播等功能，您还必须连接一个 BLE 设备。

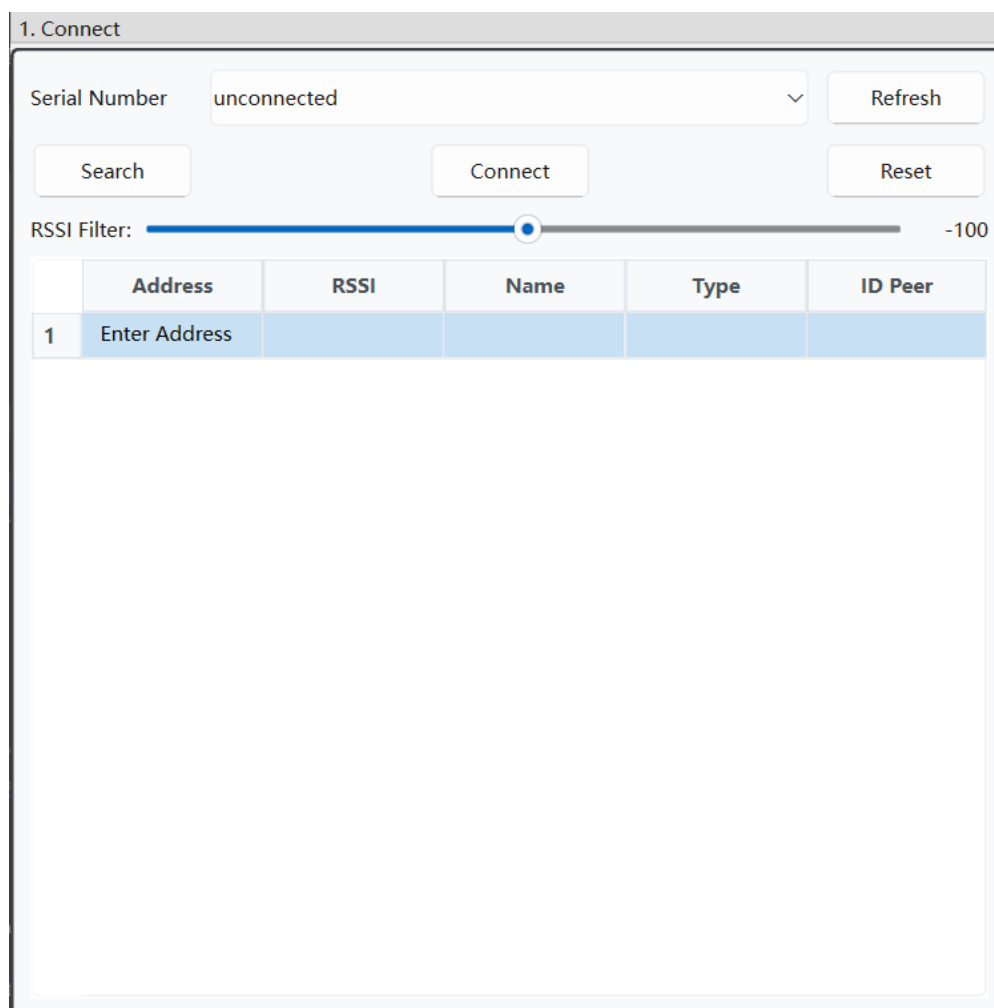


图 2.1 连接区域总览

### 2.1 连接 U985

U985 设备的连接是使用 BLE Tool 的第一步，默认情况下，连接界面显示当前没有任何已经连接的 U985 设备，如图 2.2所示。

要建立与 U985 设备的连接，请按照以下步骤操作，具体操作如图 2.3:

1. 点击位于右上角的 **Refresh** 按钮来刷新并获取串口
2. BLE Tool 将扫描所有可用串口，识别并列出 U985 设备
3. 通过下拉框选择目标 U985 设备进行连接

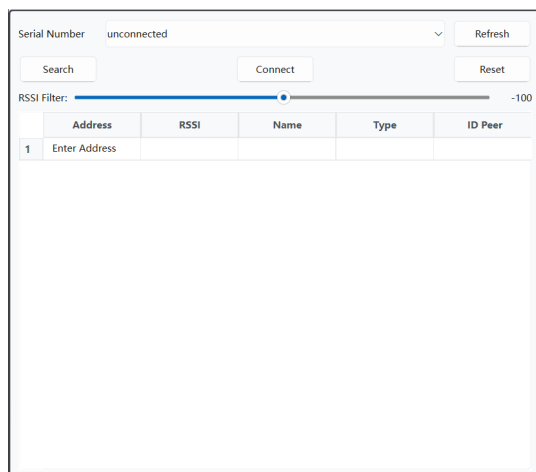


图 2.2 连接区域默认状态

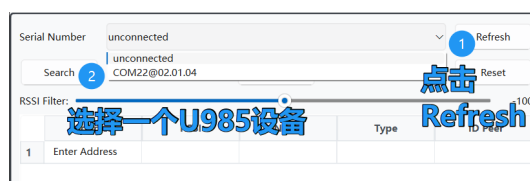


图 2.3 搜索并连接 U985

连接成功之后在交互式命令行里面会显示 `System: Equipment Connected!` 字样，此时代表连接成功。

### 重要提示：

- 一次只能连接一个 U985 设备
- 连接新设备时会自动断开之前的连接
- 避免频繁点击刷新串口（频率不超过每秒 2 次），以免占用过多系统资源

2.2 搜索 BLE 设备

成功连接 U985 设备后，下一步是搜索附近可用的 BLE 设备。点击 **Search** 按钮开始搜索，按钮将变为深色状态，文本显示为 **Stop**。搜索过程中，下方表格会不断刷新显示新发现的设备。如图 2.4所示。

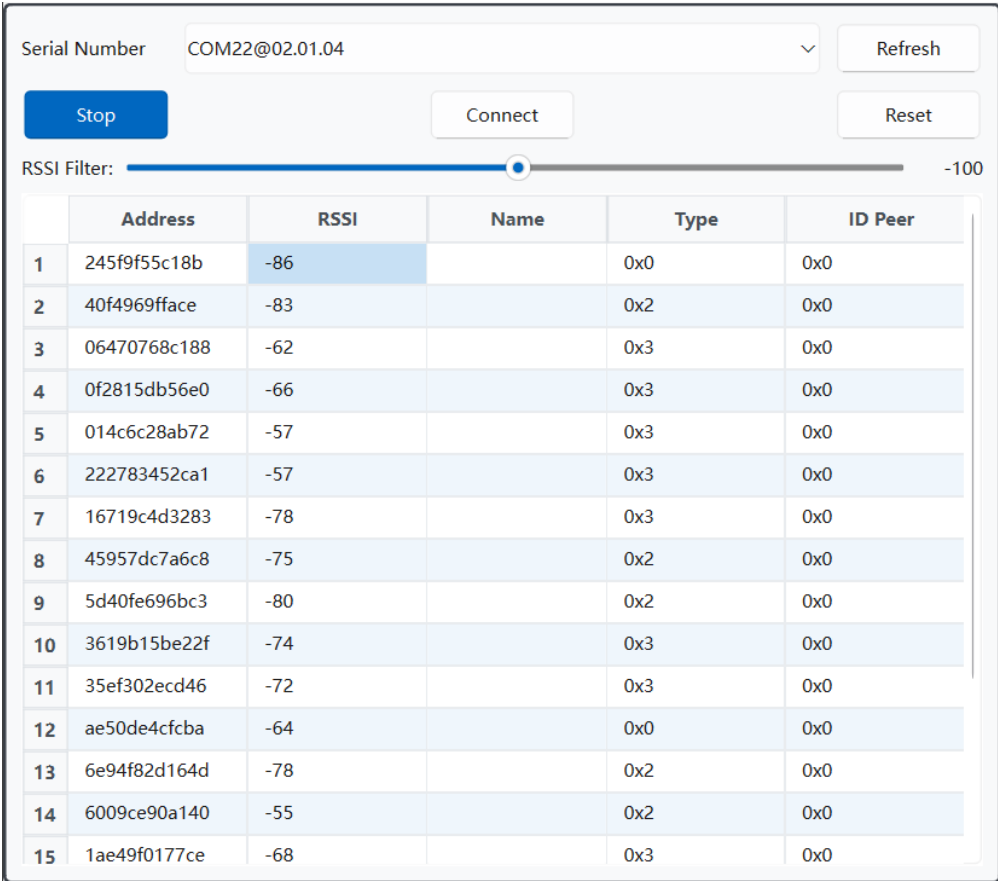


图 2.4 搜索 BLE 设备界面

2.2.1 搜索控制与优化

- 为了获得最佳的搜索体验，BLE Tool 提供了以下功能：
- **RSSI 过滤：**通过滑动 **RSSI Filter** 滑条过滤信号强度过弱的设备
  - **建议设置：**-70 dBm 到 -80 dBm 范围，通常保持默认值即可
  - **自动更新：**设备信息不完整时会自动补全并更新表格
  - **性能优化：**后台使用本地数据库、差异化更新和虚拟化表格技术
- 性能注意事项：**
- 搜索过程会占用系统资源，设备数量增多时可能产生界面卡顿



- 找到目标设备后请及时停止搜索
- 搜索过程中避免操作其他控件
- 必要时通过 RSSI 限制来减少搜索到的设备数量

### 2.2.2 BLE 设备参数说明

**Address** Address 为 BLE 设备的地址，一个 BLE 设备有一个固定的地址，通过这个地址能连接到这个 BLE 设备。

**RSSI** RSSI 为 BLE 设备距离 U985 的距离，数值越接近零表示离 U985 越近，例如 -28 的 BLE 设备比 -65 的 BLE 设备离 U985 更近。

**Name** Name 为 BLE 设备的名称，并非所有的 BLE 设备都有名称，该选项通常为空白。

**Type** Type 为 BLE 设备的地址类型，主要有四种类型：公共设备地址、随机设备地址<sup>①</sup>、公共身份地址、随机静态地址，具体的参数说明见表 2.1。

表 2.1 BLE 设备的地址类型

| 值    | 类型                      | 说明                        |
|------|-------------------------|---------------------------|
| 0x00 | Public Device Address   | 公共设备地址（IEEE 分配的固定 MAC 地址） |
| 0x01 | Random Device Address   | 随机设备地址                    |
| 0x02 | Public Identity Address | 公共身份地址（可解析的）              |
| 0x03 | Random Static Address   | 随机静态地址（设备启动时生成，保持不变）      |

<sup>①</sup>随机地址还可细分为：Static Random（静态随机）：最高 2 位为 11；Non-resolvable Private（不可解析私有）：最高 2 位为 00；Resolvable Private（可解析私有）：最高 2 位为 10。

**ID Peer** Addr ID Peer 是对端设备的地址标识符，用于标识连接中对端设备的索引或 ID。具体的参数说明见表 2.2。

表 2.2 ID Peer 常见取值说明

| 值    | 含义              |
|------|-----------------|
| 0x00 | 默认对端设备/第一个连接的设备 |
| 0x01 | 第二个对端设备         |
| 0x02 | 第三个对端设备         |
| ...  | 依此类推            |
| 0xFF | 无效/未分配的对端 ID    |

实际应用场景：

- 在多连接场景中，每个连接的对端设备会分配一个唯一的 ID
- 0x00 通常表示这是第一个或唯一的连接设备
- 用于区分和管理多个同时连接的 BLE 设备

### 2.2.3 BLE 设备的过滤与排序

默认搜索的 BLE 设备非常多,为了更高效地管理和查找目标设备, BLE Tool 提供了过滤和排序功能:

#### RSSI 过滤功能:

- 通过 RSSI Filter 滑动条过滤信号强度过弱的 BLE 设备, 如图 2.5所示
- 调整滑条可将所有 RSSI 值小于设定值(如 -64 dBm)的设备过滤掉
- 有助于快速找到信号强度更高、距离更近的 BLE 设备

#### 表格排序功能:

- 点击表格表头可对相应列进行排序, 如图 2.6所示
- 排序状态通过右侧箭头指示(升序/降序)
- 支持按 RSSI、地址、名称等字段排序

Serial Number

COM22@02.01.04

Refresh

Search

Connect

Reset

RSSI Filter:

-64

|   | Address      | RSSI | Name | Type | ID Peer |
|---|--------------|------|------|------|---------|
| 1 | 06470768c188 | -62  |      | 0x3  | 0x0     |
| 2 | 014c6c28ab72 | -56  |      | 0x3  | 0x0     |
| 3 | 222783452ca1 | -57  |      | 0x3  | 0x0     |
| 4 | ae50de4cfcba | -64  |      | 0x0  | 0x0     |
| 5 | 6009ce90a140 | -55  |      | 0x2  | 0x0     |
| 6 | 277a5523f37a | -54  |      | 0x3  | 0x0     |
| 7 | 215708b3d4b0 | -64  |      | 0x3  | 0x0     |
| 8 | 3e6700d7cf50 | -61  |      | 0x3  | 0x0     |

图 2.5 BLE 设备 RSSI 过滤

Serial Number

COM22@02.01.04

Refresh

Search

Connect

Reset

RSSI Filter:

-64

|   | Address      | RSSI | Name | Type | ID Peer |
|---|--------------|------|------|------|---------|
| 1 | 277a5523f37a | -54  |      | 0x3  | 0x0     |
| 2 | 6009ce90a140 | -55  |      | 0x2  | 0x0     |
| 3 | 014c6c28ab72 | -56  |      | 0x3  | 0x0     |
| 4 | 222783452ca1 | -57  |      | 0x3  | 0x0     |
| 5 | 3e6700d7cf50 | -61  |      | 0x3  | 0x0     |
| 6 | 06470768c188 | -62  |      | 0x3  | 0x0     |
| 7 | ae50de4cfcba | -64  |      | 0x0  | 0x0     |
| 8 | 215708b3d4b0 | -64  |      | 0x3  | 0x0     |

图 2.6 BLE 设备排序功能

## 2.3 连接 BLE 设备

BLE Tool 提供两种连接 BLE 设备的方式: 通过搜索表格选择连接和直接输入地址连接。

### 2.3.1 通过表格连接 BLE 设备

这是最常用的连接方式, 操作步骤如下:

1. 在搜索结果表格中选中目标 BLE 设备
2. 点击上方的 Connect 连接按钮

- 3. 连接成功后按钮变为 `Disconnect`，表示当前已成功连接，如图 inipage 2.7所示
- 4. 如果需要连接其他设备，先断开当前连接，再选择新设备进行连接
- 5. 右侧交互式命令行会显示连接状态提示信息

断开连接只需点击 `Disconnect` 按钮，系统会在交互式命令行显示断开连接的提示信息。

2.3.2 直接输入地址连接 BLE 设备

当已知 BLE 设备地址时，可以跳过搜索步骤，直接在地址输入框中输入设备地址进行连接。具体的操作步骤如图 2.8所示。这种方式适用于：

- 已知设备 MAC 地址的情况
- 重复连接特定设备
- 避免在设备较多的环境中搜索

Serial NumberCOM22@02.01.04Refresh

SearchDisconnectReset

RSSI Filter:-100

|    | Address      | RSSI | Name   | Type | ID Peer |
|----|--------------|------|--------|------|---------|
| 1  | 0c4bee1ff029 | -37  | CAFob- | 0x0  | 0x0     |
| 2  | 2c5f3f5dbe99 | -70  |        |      |         |
| 3  | 395fc3e225d  | -76  |        | 0x3  | 0x0     |
| 4  | 3d7839775011 | -68  |        | 0x3  | 0x0     |
| 5  | ae50de4cfcb  | -68  |        | 0x0  | 0x0     |
| 6  | 54a49369729e | -73  |        | 0x0  | 0x0     |
| 7  | 697cef67091e | -78  |        | 0x2  | 0x0     |
| 8  | 14026eade7c2 | -67  |        | 0x3  | 0x0     |
| 9  | ff97ed31bb0f | -72  |        | 0x1  | 0x0     |
| 10 | 385fa78a6fa7 | -86  |        | 0x3  | 0x0     |
| 11 | 742d243590ee | -75  |        | 0x2  | 0x0     |
| 12 | e3892a392a1d | -72  |        | 0x1  | 0x0     |
| 13 | 1bf229cbdd9e | -62  |        | 0x3  | 0x0     |
| 14 | 646876e74b30 | -71  |        | 0x3  | 0x0     |

图 2.7 通过表格连接 BLE 设备



图 2.8 通过地址直接连接 BLE

2.4 设备重置功能

U985 设备在使用过程中可能需要重置以确保稳定运行。重置功能会执行以下操作：

- 清空 BLE 设备搜索表格
- 清空广播相关内容
- 重置 U985 设备状态
- 自动断开当前连接的 BLE 设备

重置适用于以下场景：

- 切换到新的 BLE 设备时需要初始化
- 重新初始化广播功能
- 解决连接异常或功能异常问题

点击右侧的 **Reset** 按钮即可执行重置操作，按钮位置如图 2.9所示，重置后需要重新连接 BLE 设备。

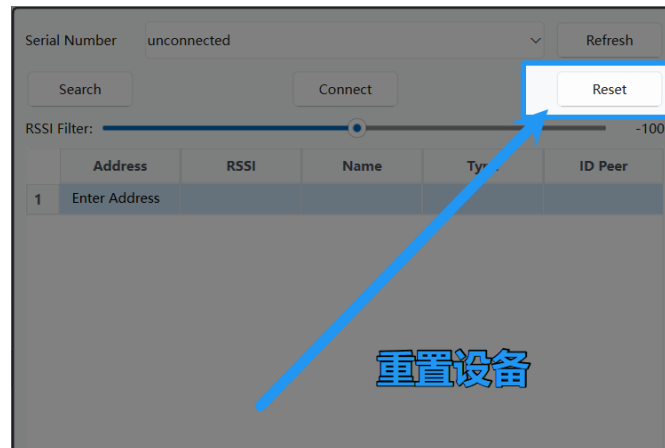


图 2.9 U985 设备重置功能

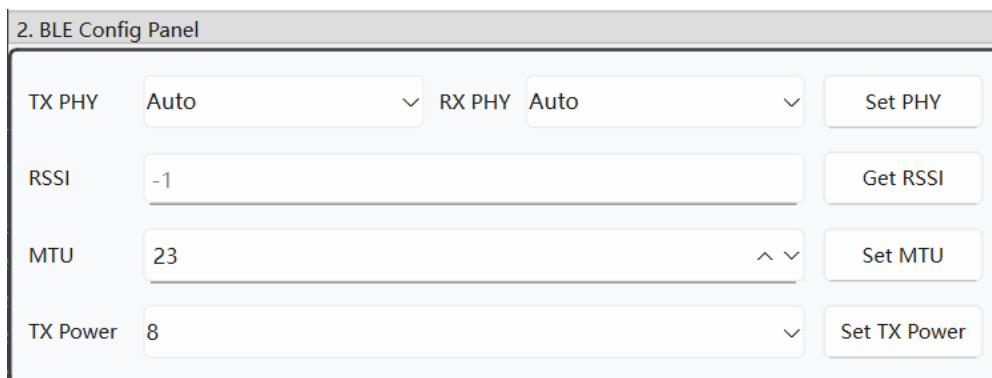
## 2.5 常见问题

### 2.5.1 设备断开连接

在 V1 版本的 U985 中会出现丢失响应的情况（V2 版本的设备已经修复此问题），此时需要重新连接 U985 设备，通过重新点击 **Refresh** 然后选择设备即可，具体步骤参考 2.1 小节。

### 3 BLE 设备参数设置

BLE 设备参数设置在 BLE Tool 中被称为 BLE Config Panel，在这个面板里面主要负责配置已连接 BLE 设备的通信参数，面板如图 3.1 所示，面板用于获取 BLE 设备与当前连接的 U985 设备的信号强度，以及设置 TX PHY、RX PHY、MTU、TX Power 等内容。



The image shows a software interface titled "2. BLE Config Panel". It contains several input fields and buttons:

- TX PHY**: A dropdown menu currently showing "Auto".
- RX PHY**: A dropdown menu currently showing "Auto".
- Set PHY**: A button to apply the PHY settings.
- RSSI**: A text input field showing "-1".
- Get RSSI**: A button to retrieve the signal strength.
- MTU**: A text input field showing "23".
- Set MTU**: A button to apply the MTU setting.
- TX Power**: A dropdown menu currently showing "8".
- Set TX Power**: A button to apply the TX power setting.

图 3.1 BLE 参数设置总览

#### 3.1 TX PHY 和 RX PHY

PHY (Physical Layer, 物理层) 是 BLE 设备间无线通信的基础配置，决定数据传输的速度、距离和可靠性。

两个设备必须使用兼容的 PHY 配置才能正常通信，其中 TX PHY (发送 PHY) 用于设置设备发送数据时使用的传输模式，RX PHY (接收 PHY) 用于设置设备接收数据时使用的传输模式。TX PHY 和 RX PHY 均有三种类型且含义一致，根据应用需求在传输速度、传输距离、功耗和兼容性之间进行权衡。具体参数见表 3.1。

表 3.1 RX PHY 与 TX PHY 类型表

| PHY 类型    | 传输速率         | 特点                 | 应用场景              |
|-----------|--------------|--------------------|-------------------|
| AUTO      | 根据具体情况       | 自动选择合适的参数          | 大多数应用             |
| 1M PHY    | 1 Mbps       | 标准模式，兼容性最好         | 普通数据传输，低功耗设备      |
| 2M PHY    | 2 Mbps       | 高速模式，近距离高速传输       | 音频流等大数据传输         |
| Coded PHY | 125-500 kbps | 长距离模式，传输距离最远，有纠错能力 | 物联网传感器、远距离传输、工业应用 |

其中常见的几种搭配如表 3.2所示：

表 3.2 典型配置示例

| TX PHY | RX PHY | 说明                 |
|--------|--------|--------------------|
| 0x02   | 0x02   | 双向 2M 高速传输（音频测试）   |
| 0x01   | 0x01   | 双向 1M 标准传输（通用场景）   |
| 0x04   | 0x04   | 双向 Coded 长距离（工业测控） |
| 0x01   | 0x02   | 非对称配置（特殊需求）        |

不同的 PHY 有自己的适用范围和特点，如表 3.3所示，请按照场景自行选择和更改。

表 3.3 PHY 特性对比

| 特性     | 1M PHY | 2M PHY | Coded PHY |
|--------|--------|--------|-----------|
| 传输速率   | 中等     | 快      | 慢         |
| 传输距离   | 中等     | 短      | 长（4 倍）    |
| 功耗     | 中等     | 低      | 高         |
| 抗干扰    | 一般     | 较差     | 优秀        |
| BLE 版本 | 4.0+   | 5.0+   | 5.0+      |

3.2 RSSI

3.2.1 信号强度测量原理深入分析

RSSI（Received Signal Strength Indicator，接收信号强度指示）反映无线电信号在传播过程中的衰减情况。

RSSI 本质上是接收端天线处接收到的无线电功率的对数表示，单位为 dBm（分贝毫瓦）。由于无线信号在自由空间传播时会按照距离的平方衰减，再加上环境中各种障碍物的吸收和反射，实际接收功率通常远小于发射功率，因此 RSSI 值始终为负数。

对于 2.4GHz 的 BLE 信号，距离每增加一倍，RSSI 大约下降 6dB。然而，在实际环境中，墙壁、家具、人体等障碍物会引入额外的衰减，通常每堵墙会增加 3-10dB 的损耗。具体的信息如表 3.4所示。



表 3.4 RSSI 数值范围及含义

| RSSI 范围        | 信号强度 | 连接质量 | 实际距离   | 应用场景   |
|----------------|------|------|--------|--------|
| -30 ~ 0 dBm    | 极强   | 完美   | < 1m   | 设备贴近   |
| -40 ~ -30 dBm  | 很强   | 优秀   | 1-2m   | 近距离    |
| -50 ~ -40 dBm  | 强    | 很好   | 2-5m   | 同房间无障碍 |
| -60 ~ -50 dBm  | 较强   | 好    | 5-10m  | 室内标准   |
| -70 ~ -60 dBm  | 中等   | 可靠   | 10-20m | 有轻微障碍  |
| -80 ~ -70 dBm  | 较弱   | 一般   | 20-30m | 穿墙/多障碍 |
| -90 ~ -80 dBm  | 弱    | 不稳定  | 30-50m | 连接临界   |
| -100 ~ -90 dBm | 很弱   | 差    | > 50m  | 即将断开   |
| < -100 dBm     | 极弱   | 无法使用 | -      | 断开连接   |

其中常见场景的 RSSI 预估范围和特点如表 3.5:

表 3.5 环境场景 RSSI 指南

| 场景    | RSSI 范围       | 特点                  | 应用                 |
|-------|---------------|---------------------|--------------------|
| 实验室环境 | -50 ~ -40 dBm | 信号稳定，低延迟，<br>适合精密测量 | 声学参数实时采集、<br>音频流传输 |
| 生产线测试 | -70 ~ -50 dBm | 覆盖工位，避免串<br>扰       | 产品测试、质检数<br>据上传    |
| 现场测量  | -85 ~ -60 dBm | 适应复杂环境，保<br>持基本连接   | 噪声监测、环境声<br>学测量    |

3.3 MTU

MTU（Maximum Transmission Unit，最大传输单元）是 BLE 通信中单次传输的最大数据包大小，直接影响数据传输效率。MTU 协议层次结构如图 3.2所示。

BLE通信MTU与协议层次结构

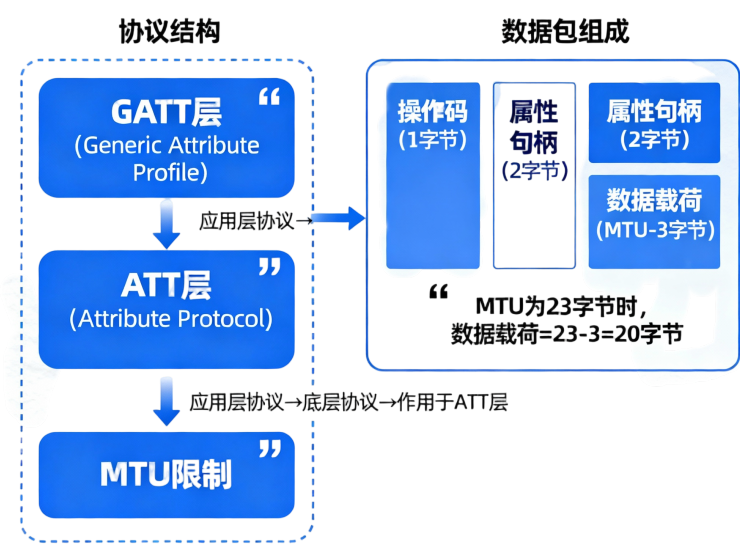


图 3.2 BLE 通信 MTU 与协议层次结构

### 协议层次结构:

- **GATT 层** (Generic Attribute Profile): BLE 应用层协议, 定义了服务和特征的组织方式
- **ATT 层** (Attribute Protocol): GATT 的底层协议, 负责实际的属性读写操作
- **MTU 限制**: 作用于 ATT 层, 决定每个 ATT 数据包的最大载荷大小

每个 ATT 数据包包含: 操作码 (1 字节) + 属性句柄 (2 字节) + 数据载荷 (MTU-3 字节), 因此 MTU 为 23 字节时, 实际可用数据载荷只有 20 字节。

#### 3.3.1 MTU 协商机制详解

BLE 连接建立后, 客户端和服务端需要通过 "Exchange MTU Request/Response" 过程协商最终使用的 MTU 值, 具体过程如下, 见图 3.3:

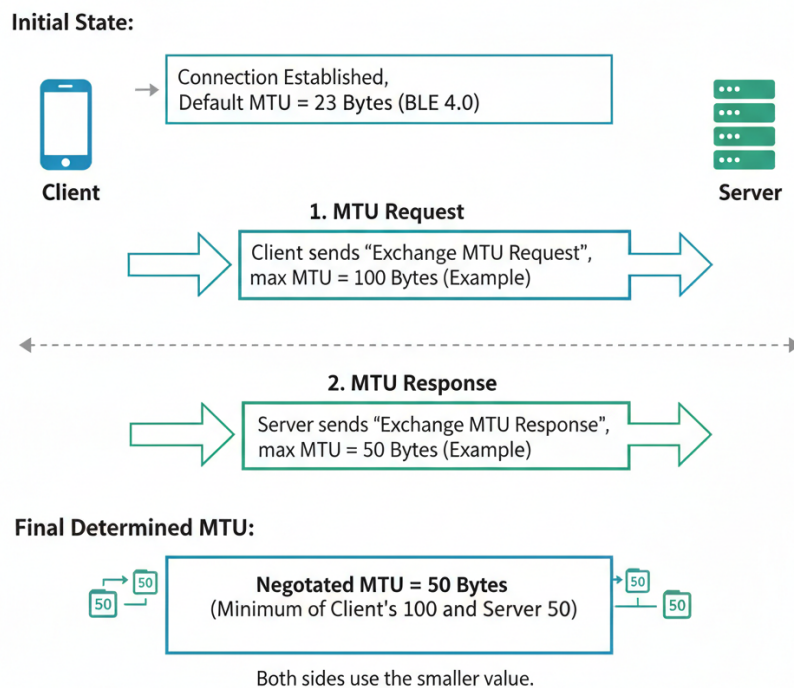


图 3.3 MTU 协商机制

1. **初始状态**: 连接建立时, MTU 默认为 23 字节 (BLE 4.0 标准)
2. **MTU 请求**: 客户端发送 Exchange MTU Request, 包含自己支持的最大 MTU
3. **MTU 响应**: 服务端回复 Exchange MTU Response, 包含自己支持的最大 MTU
4. **最终确定**: 两端选择较小的 MTU 值作为最终使用的 MTU

其中 BLE MTU 的配置参考如表 3.6 所示:

表 3.6 BLE MTU 配置参考表

| MTU 值 | 有效载荷   | 应用场景       | 说明               |
|-------|--------|------------|------------------|
| 23    | 20 字节  | 默认值        | BLE 4.0/4.1 标准默认 |
| 64    | 61 字节  | 小数据传输      | 控制命令、状态上报        |
| 128   | 125 字节 | 中等数据       | 传感器数据包           |
| 185   | 182 字节 | iOS 优化值    | iOS 设备推荐值        |
| 247   | 244 字节 | 大数据传输      | 音频流、文件传输         |
| 251   | 248 字节 | Android 优化 | Android 设备常用最大值  |
| 512   | 509 字节 | 超大数据       | BLE 5.0+ 支持      |
| 517   | 514 字节 | 最大值        | BLE 规范最大值        |

MTU 的大小直接影响数据传输的效率，具体影响对比如表 3.7所示：

表 3.7 不同 MTU 尺寸对比表

| 因素   | 小 MTU(23) | 大 MTU(247+) |
|------|-----------|-------------|
| 传输效率 | 低 (开销大)   | 高 (开销小)     |
| 延迟   | 高 (多包)    | 低 (少包)      |
| 兼容性  | 最好        | 需协商         |
| 功耗   | 高 (频繁传输)  | 低 (批量传输)    |
| 丢包影响 | 小         | 大           |

3.3.2 声学测控行业常用配置

如表 3.8所示为声学测控行业的 MTU 配置建议：

表 3.8 声学测控常用 MTU 配置

| 场景     | 推荐 MTU  | 原因              | 示例                           |
|--------|---------|-----------------|------------------------------|
| 音频数据传输 | 247-512 | 音频采样数据量大，需要高吞吐量 | 16kHz 采样率，16bit，单声道 = 32KB/s |
| 控制命令传输 | 64-128  | 命令包小，响应速度要求高    | 设备控制指令通常 < 50 字节             |
| 测量数据上报 | 185-247 | 平衡传输效率和兼容性      | FFT 频谱数据、声压级数据包              |

根据平台差异选择对应的 MTU，如表 3.9所示：

表 3.9 主流平台 MTU 支持概览

| 平台      | 默认 MTU | 最大 MTU  | 特点       |
|---------|--------|---------|----------|
| iOS     | 185    | 185-512 | 自动协商，稳定  |
| Android | 23     | 517     | 需主动请求，灵活 |
| Windows | 23     | 247     | 保守策略     |
| Linux   | 23     | 517     | 完全可配置    |
| 嵌入式     | 23     | 自定义     | 取决于协议栈   |

3.4 TX Power

TX Power（发射功率）是指 BLE 设备无线信号的发射强度，单位为 dBm（分贝毫瓦）。它直接影响传输距离、穿透能力和功耗。功率越高，功耗越大。

如表 3.10所示为不同 TX Power 等级的详细信息：

表 3.10 BLE 发射功率等级速查表

| 功率等级 | dBm 值   | 实际功率      | 传输距离     | 应用场景    |
|------|---------|-----------|----------|---------|
| 超低   | -40 dBm | 0.0001 mW | < 1m     | 极近距离防窃听 |
| 极低   | -20 dBm | 0.01 mW   | 1-3m     | 近场配对    |
| 很低   | -16 dBm | 0.025 mW  | 3-5m     | 室内近距离   |
| 低    | -12 dBm | 0.063 mW  | 5-10m    | 个人区域    |
| 较低   | -8 dBm  | 0.16 mW   | 10-20m   | 房间覆盖    |
| 标准   | -4 dBm  | 0.4 mW    | 20-30m   | 室内标准    |
| 默认   | 0 dBm   | 1 mW      | 30-50m   | 通用场景    |
| 高    | +4 dBm  | 2.5 mW    | 70-80m   | 楼层覆盖    |
| 最高   | +8 dBm  | 6.3 mW    | 100-150m | 室外标准    |

3.4.1 声学测控行业典型配置

如表 3.11所示为声学测控行业的发射功率配置建议：

表 3.11 典型场景发射功率建议

| 场景      | 推荐发射功率          | 原因            | 覆盖范围            |
|---------|-----------------|---------------|-----------------|
| 实验室测试环境 | -4 dBm 到 0 dBm  | 稳定连接，避免干扰其他设备 | 20-50 米，满足实验室范围 |
| 生产线测试   | -8 dBm 到 -4 dBm | 防止串扰，精确定位测试工位 | 10-30 米，单工位覆盖   |
| 现场测量    | +4 dBm 到 +8 dBm | 穿透障碍物，保证连接稳定性 | 70-150 米，适应复杂环境 |

4 广播连接与各项参数

BLE（Bluetooth Low Energy）的广播是指设备在未建立连接的状态下，以固定的周期在特定信道上发送简短数据包的过程。这些数据包通常包括广播者的基本身份信息 and 少量负载，例如设备名称、服务 UUID、传感器数据等，从而让附近的设备无需配对即可接收、识别并决定是否进一步交互。在 BLE Tool 中，广播功能被集成在 Service And Characteristic 面板中，如图 4.1 所示。

角色上，广播设备称为 Advertiser，接收并监听的称为 Scanner。如果 Scanner 对广播信息感兴趣，可以主动发起连接请求，双方再进入低功耗的连接通信模式。除了寻址用途，广播还支持”不可连接模式”，适合传感器或信标类应用将数据周期性抛出，由多个监听者同时采集。

- 在声学测控场景中，广播的作用主要体现在：
- **快速识别和发现：**测试设备、传感器节点或移动终端通过广播暴露自身状态，便于测控平台在复杂环境中迅速识别目标
  - **低功耗数据播报：**对于只需单向上报的数据（如噪声等级、振动监测值），设备可用不可连接广播降低功耗并允许许多终端同时接收
  - **触发连接或配置：**广播中嵌入关键参数（业务状态、服务标识等），控制端据此判断是否建立连接、实施控制或配置
  - **位置与资产追踪：**借助广播的信号强度指示（RSSI），可以实现声学仪器或工



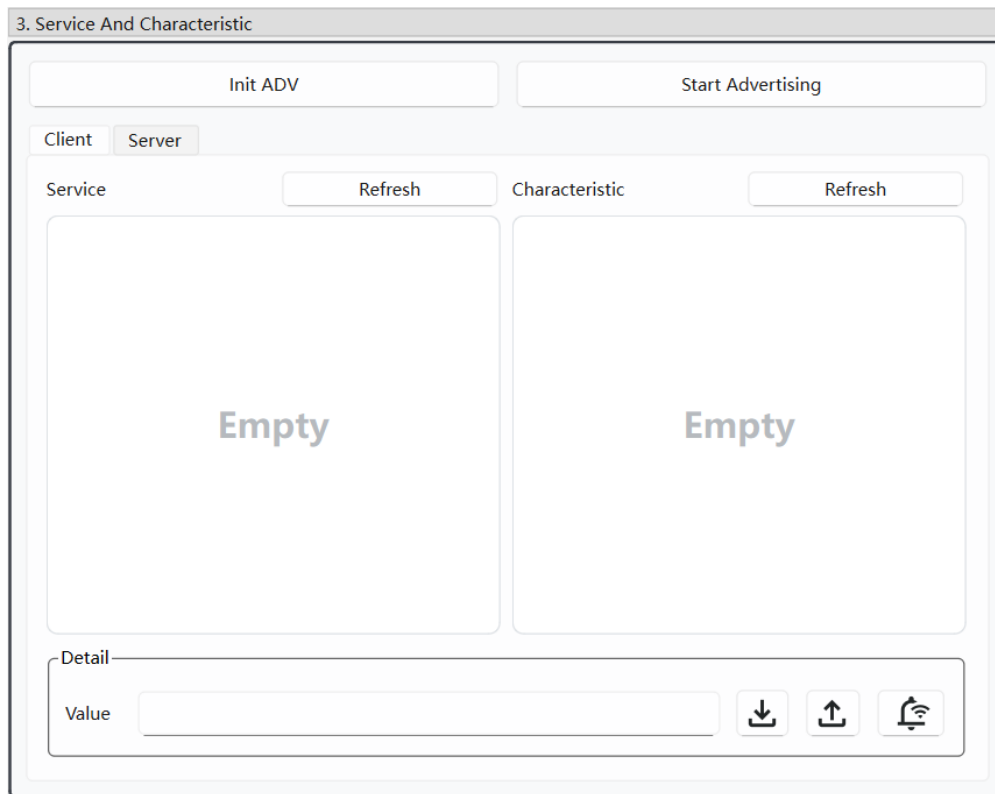


图 4.1 广播面板总览

具在车间、实验环境中的定位与资产管理

## 4.1 Client 客户端

BLE Tool 的客户端模式是最常用的操作模式，主要用于获取、修改以及订阅 **Characteristic**。客户端界面如图 4.2所示，具有直观的操作界面和丰富的功能模块。

默认打开时界面会停留在 **Client** 栏，其中主要分为三大板块：

1. 服务 (Service): 负责刷新服务以及显示服务信息
2. 特征 (Characteristic): 负责刷新特征以及显示特征信息
3. 操作特征 (Detail): 负责操作特征读取、写入和订阅的操作区域，其中有三个按钮，从左到右分别是读取、写入、订阅，只有当选择了特征并且特征的 **Properties** 支持，对应的按钮才会亮起，变为可以被点击的状态

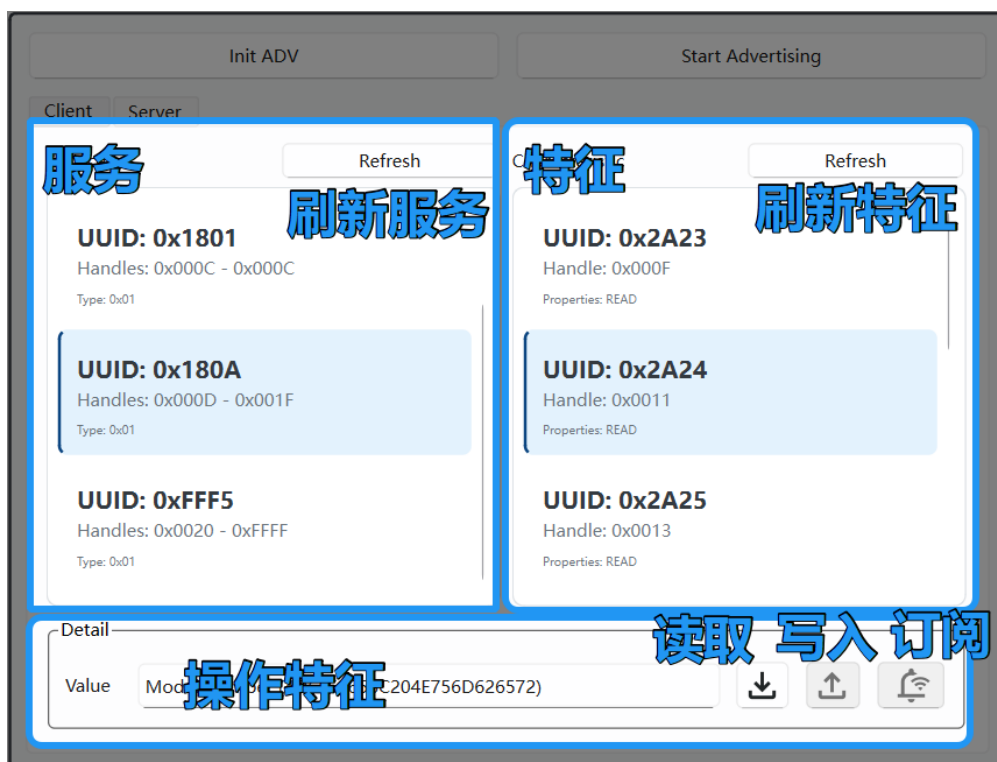


图 4.2 客户端界面总览

#### 4.1.1 获取 BLE 设备可用服务

在 BLE Tool 中可以很方便地获取所有的 Service 以及每一个 Service 下的 Characteristic。服务发现的操作流程如下：

1. 确保已成功连接 BLE 设备
2. 点击 Service 面板右上角的 Refresh，如图 4.3 所示。
3. 等待刷新完成，查看服务列表，如图 4.4 所示。

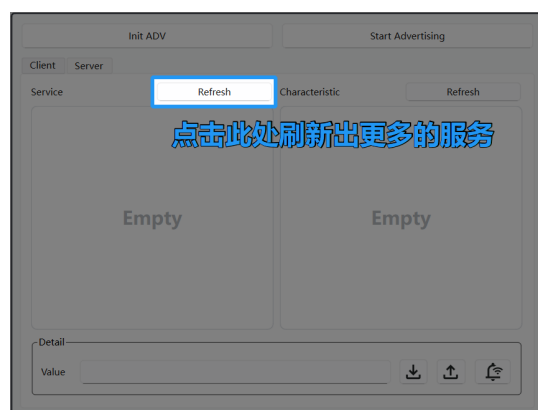


图 4.3 点击刷新获取服务

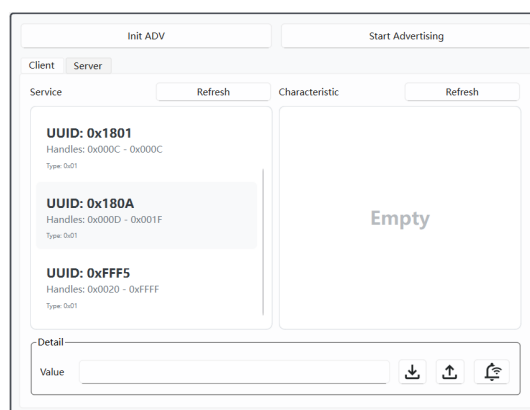


图 4.4 服务刷新完成后的界面

**Service 信息详解** Service 列表框显示从 BLE 设备获取的每个服务的详细信息，主要包括 UUID、Handles、UUID Type 等关键字段。由于显示空间限制，部分内容进行了适当简写，具体含义见图 4.5和表格说明。

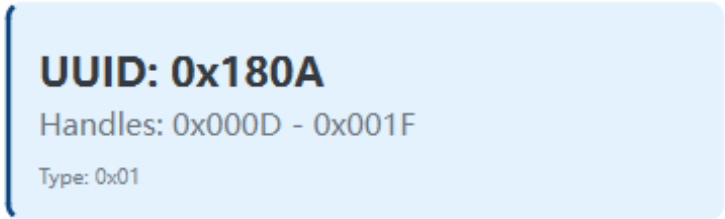


图 4.5 Service 列表项详细信息

因为在列表中显示的空间有限，所以显示的内容作了适当的简写，其中详情见下方的表 4.1，表格中字段字段正文为显示出来的名称，而表格中字段列里面括号中的内容为全称。

表 4.1 BLE 服务字段说明表

| 字段                                 | 含义                                                                      | 常见取值                                                                                       | 备注                             |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| <b>UUID</b><br>(Service UUID)      | 唯一标识某个 GATT 服务的 UUID。<br>• SIG 标准服务：16 位短 UUID；<br>• 自定义服务：128 位完整 UUID | • 0x1800 (Generic Access)<br>• 0x1801 (Generic Attribute)<br>• 0x180A (Device Information) | 短 UUID 会与默认基底组合；自定义 UUID 需预先注册 |
| <b>Type</b><br>(Service UUID Type) | 指示 UUID 使用的基底类型                                                         | • 0x01 (标准 16 位 UUID)<br>• 0x02+ (128 位自定义 UUID)<br>• 0x00 (保留或未知)                         | 每个 vendor UUID 获得递增的 type 值    |
| <b>开始值</b><br>(Start Handle)       | 服务在 GATT Attribute 表中的起始句柄                                              | 0x0001、0x0010、根据服务位置而定                                                                     | 客户端遍历特征/描述符的起点                 |
| <b>结束值</b><br>(End Handle)         | 服务占用的最后一个 attribute 句柄                                                  | 0x000B、0x001F、与服务内容相关                                                                      | 与开始值共同定义服务范围                   |

Service UUID 与 Service UUID Type 决定了服务的身份及其所属的 UUID

基底，是理解服务种类的关键；而 `Service Start/End Handle` 则界定该服务在 `Attribute` 表中的连续范围，确保客户端在发现和访问特征时能够准确锁定目标，避免跨服务访问。结合这四个字段，客户端即可完成对设备服务集合的识别与遍历。

#### 4.1.2 获取指定 Service 下的 Characteristic

当成功获取到 `Service` 列表后，可以进一步获取特定服务下的特征信息。如图 4.6 所示，操作方法如下：

1. 在 `Service` 列表中点击目标服务
2. 右侧 `Characteristic` 区域会自动刷新显示该服务的特征
3. 如果刷新不成功，可点击 `Characteristic` 列表框右上角的 `Refresh` 按钮重新获取

**注意：**并非所有服务都包含特征，某些服务可能为空。

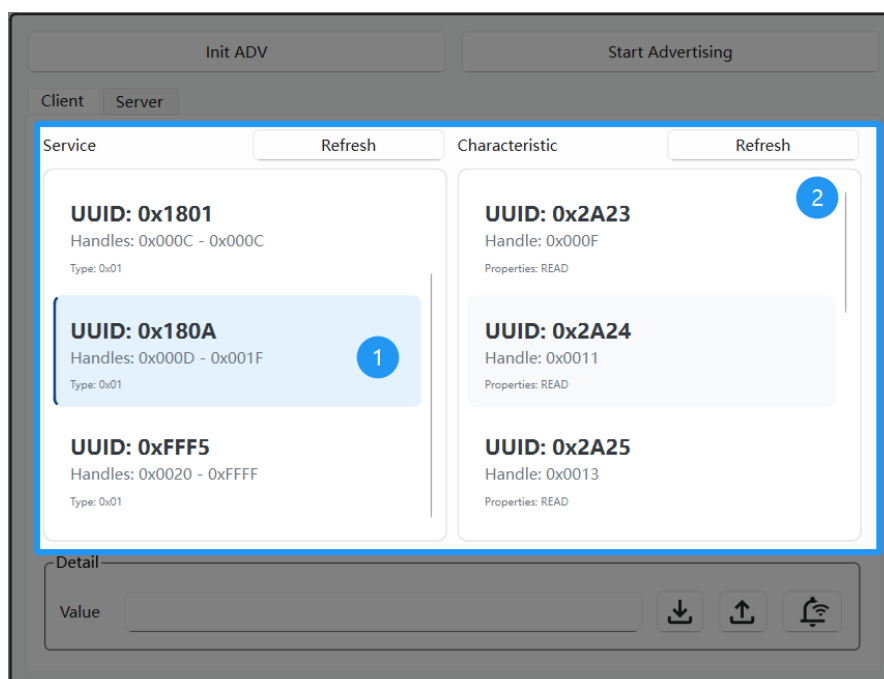


图 4.6 获取指定服务下的特征

**Characteristic 信息详解** `Characteristic` 列表框显示从 BLE 设备获取的每个特征的详细信息，主要包括 `UUID`、`Handle`、`Properties` 等关键字段。图 4.7 展示了特征列表项的具体内容，各字段的详细说明见下表。

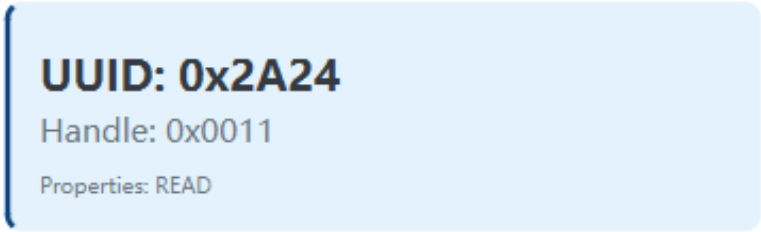


图 4.7 Characteristic 列表项详细信息

由于显示空间限制，列表中的内容进行了适当简写。表 4.2详细说明了各字段的含义，其中括号内为字段的完整名称。

表 4.2 BLE 特征字段说明表

| 字段                                               | 含义                                                        | 常见取值                                                                                                                                                                    | 备注                                                                                          |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UUID</b><br>(Characteristic UUID)             | 唯一标识某个特征的 UUID。SIG 标准：16 位 UUID；自定义：128 位 UUID            | <ul style="list-style-type: none"><li>• 0x2A29 (Manufacturer Name)</li><li>• 0x2A00 (Device Name)</li><li>• 0x2A19 (Battery Level)</li><li>• 自定义：128 位完整 UUID</li></ul> | 短 UUID 映射到默认基底；自定义 UUID 需预先注册                                                               |
| <b>Handle</b><br>(Characteristic Handle)         | 特征值在 GATT Attribute 表中的句柄。特征声明：占一个 handle；特征值：占下一个 handle | <ul style="list-style-type: none"><li>• 0x001B</li><li>• 0x0020</li><li>• 按服务范围内递增</li></ul>                                                                            | 用作 ATT Read/Write 目标；描述符位于此 handle 之后                                                       |
| <b>Properties</b><br>(Characteristic Properties) | 描述特征操作能力的位掩码，每个 bit 表示一种属性                                | <ul style="list-style-type: none"><li>• 0x02 = Read</li><li>• 0x08 = Write</li><li>• 0x10 = Notify</li><li>• 0x20 = Indicate</li><li>• 可组合使用</li></ul>                  | 完整 bit 定义：0x01 Broadcast<br>0x04 Write Without Response<br>0x40 Authenticated Signed Writes |

Characteristic Handle 指明了特征值在 GATT 表中的位置，是发起读写操作时的目标；Characteristic UUID 让客户端识别特征的语义，是标准特征还是自定义特征；Characteristic Properties 则描述了对该特征允许的交互方式，是决定能否读、写、订阅通知的依据。掌握这三个字段后，客户端就能在指定服务范围内准

确定位特征、了解其功能并执行合适的 ATT 操作。

### 4.1.3 修改 Characteristic 项

**读取 Characteristic** 如图 4.8 所示，点击一个 **Service** 之后，点击一个可用的 **Characteristic** 就能使用 **Detail** 来针对这个 **Characteristic** 进行更改，因为他只有 **READ** 权限，所以只有最左侧的按钮亮起，点击之后在 **Value** 输入框内就出现了当前特征的值，其中文本的左边为明文，括号内的内容为十六进制后的数据。

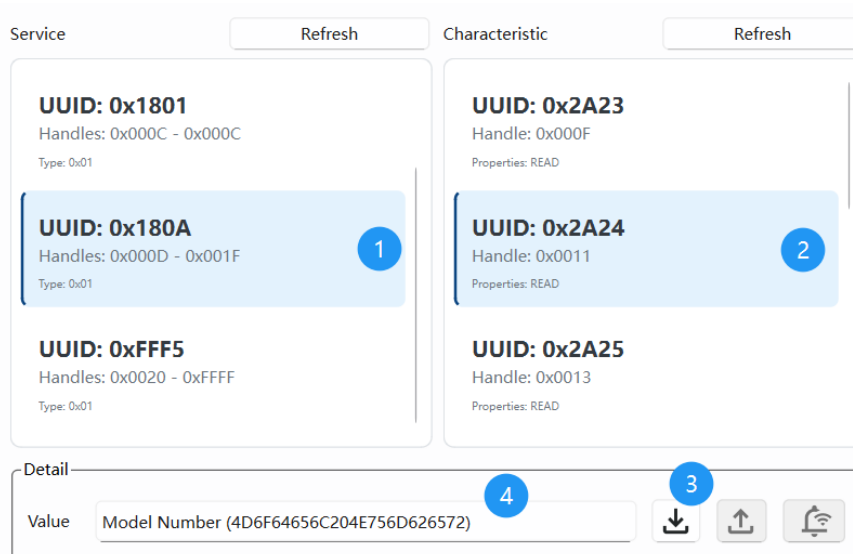


图 4.8 读取 Characteristic

如果有一些 **Characteristic** 中并没有任何值，那么此时 **Value** 中会显示为 **Empty**。

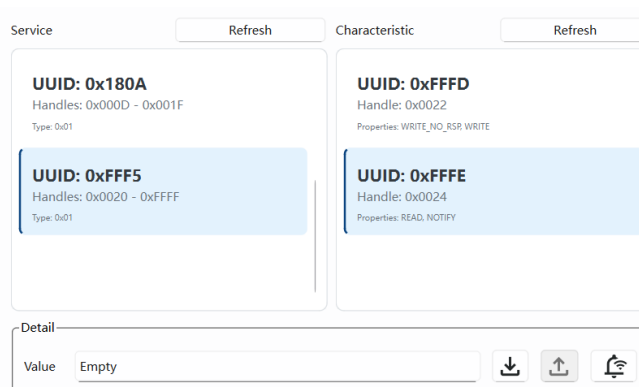


图 4.9 读取 Characteristic 的值为空时

**写入 Characteristic** 点击 **Detail** 的第二个按钮（写入按钮）后，会弹出写入数据的配置对话框。该对话框提供了完整的数据写入配置选项，如图 4.10和图 4.11所示。

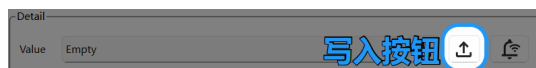


图 4.10 写入按钮位置示意

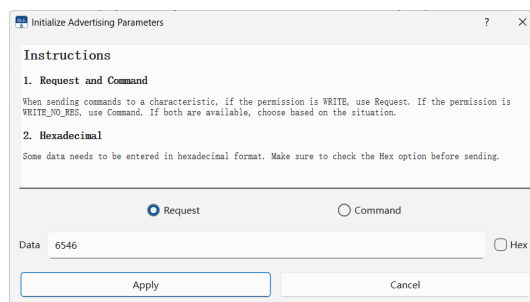


图 4.11 写入数据配置对话框

写入对话框主要包含四个功能区域，如图 4.12所示：

1. **说明区域**：显示当前窗口各选项的说明和作用
2. **类型选择**：选择数据发送方式（Request 或 Command）
3. **数据内容**：定义具体要发送的数据内容
4. **操作按钮**：确认发送或取消操作

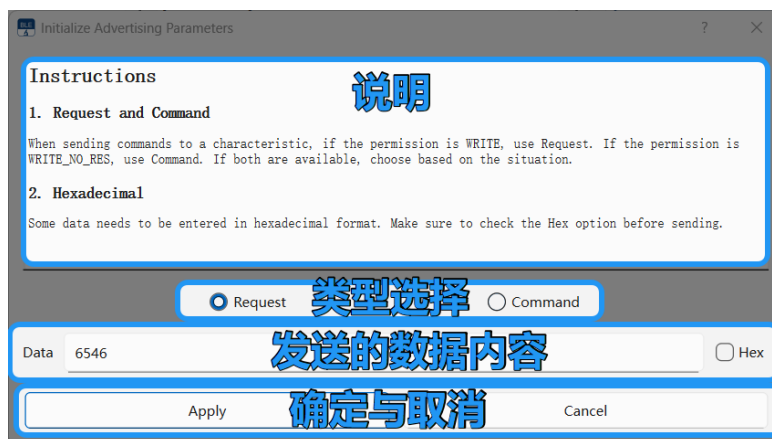


图 4.12 数据输入对话框各区域功能说明

### 类型选择说明

在 BLE 中由客户端向服务器写入特征值时，ATT 层提供 Write Request 和 Write Command 两种方式, Request 方式会等待服务器的确认响应，而 Command 方式则不会等待响应，直接发送数据。两者的主要区别在于可靠性和延迟，具体的区别见表 4.3。

表 4.3 BLE 写入方式对比表

| 写入方式    | 行为特点                                              | 典型场景                        |
|---------|---------------------------------------------------|-----------------------------|
| Request | 客户端写入后等待服务器的 ATT Write Response，若失败会返回错误，保证顺序与可靠性 | 配置参数、需要确认的操作                |
| Command | 客户端直接写入且不等待响应，延迟低但无法确认送达                          | 实时性高、可容忍偶发丢失的数据或控制信号（如流式传输） |

因此选择策略通常是：需要可靠确认时用 Request，追求速度并能容忍丢失时用 Command。您也可以根据具体的 Properties 来选择，如果 Properties 为 WRITE 那么选择 Request，如果 Properties 为 WRITE\_NO\_RSP 那么选择 Command。

发送的数据内容说明

通过在 Data 输入框里面输入数据，在点击 Apply 按钮之后，这些数据会被发送到对应的 Characteristic，您也可以勾选 Hex 来将数据转为十六进制然后发送。

在所有的内容都输入完毕之后，点击 Apply 按钮就可以发送数据到 BLE 设备，也可以点击 Cancel 来取消这一次的操作，取消操作不会发送任何数据。

**订阅 Characteristic** 对于支持通知功能的特征，可以通过订阅来实时接收数据更新。操作步骤如下：

- 1. 选择一个 Properties 包含 NOTIFY 或 INDICATE 的特征
- 2. 点击 Detail 面板的第三个按钮（订阅按钮）
- 3. 通过交互式命令行确认订阅状态



图 4.13 特征订阅功能界面

**订阅状态确认：**订阅操作执行后，按钮外观不会发生变化。需通过交互式命



令行确认订阅是否成功：

- 成功标志：出现 `GATTTC Enable Notification OK` 消息
- 订阅生效后，特征值变化时会自动推送通知

典型的成功订阅输出示例：

```
1 [15:14:40.008] Send: SD:Enable_Notify=0x00B6
2 [15:14:40.096] Received: GATTTC Enable Notification OK
3 [15:14:40.190] Received: Received write response.
```

## 4.2 Server 服务端

BLE Tool 支持 BLE 作为服务端的时候初始化广播、添加服务、添加特征、修改特征等功能，`Server` 的界面和 `Client` 的界面在同一个面板，通过切换不同的 Tab 栏来进行切换，其主要分为四个板块，如图 4.14 所示：

1. 广播全局操作：负责初始化广播以及开始广播
2. 添加服务：添加一个 `Service`，成功之后会显示在 `Service` 列表框里面
3. 添加特征：添加一个 `Characteristic`，成功之后会显示在 `Characteristic` 列表框里面
4. 操作特征：操作具体的特征，例如读取、写入。



图 4.14 Server 栏总览

### 4.2.1 初始化广播

点击 **Init ADV** 按钮就会弹出一个初始化广播的面板，如图 4.15 所示，在这个面板里面可以设置一些初始化广播的内容，和之前一样，最上面是介绍，而中间的部分是需要设置的一些参数，您也可以不设置，直接点击 **Apply** 来初始化一个默认的广告。

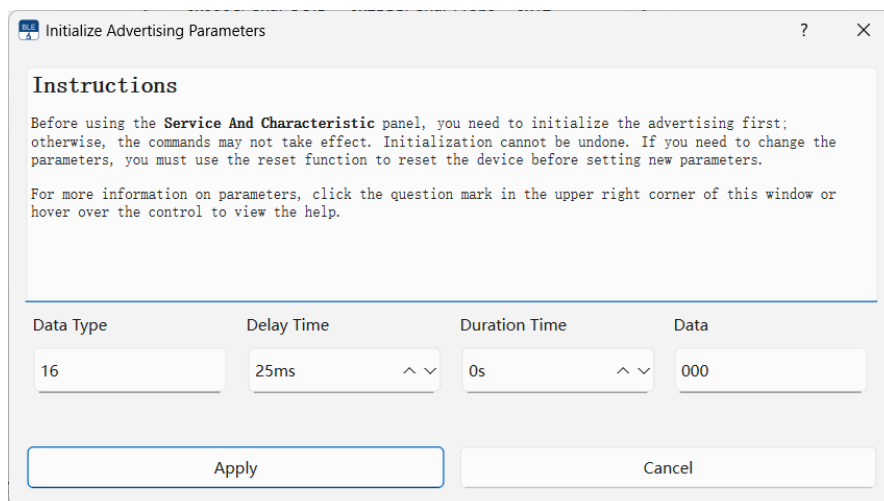


图 4.15 初始化广播对话框

其中关于设置属性的说明如表 4.4 所示：

表 4.4 BLE 广播参数概览表

| 名称            | 作用                                          | 常见设置                                                     |
|---------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Data Type     | 指明广播数据段的类型，告知扫描端该段数据是名称、服务 UUID 或厂商数据等      | 对应实际 AD Type（如 0x01 Flags、0x09 完整名称、0x16 服务数据、0xFF 厂商数据） |
| Delay Time    | 控制每次开始广播前的等待时间，用于错开多设备同时发射造成的冲突             | 毫秒到数百毫秒，依协议栈或场景调整 (最低为 25ms)                             |
| Duration Time | 定义单次广播持续的时间窗口或任务总时长                         | 1-999 秒，或设为 0 表示持续广播直至手动停止                               |
| Data          | 与 Data Type 匹配的实际负载，如服务 UUID 列表、厂商自定义数据、设备名 | 总长度受 BLE 广播包 31 字节限制                                     |

其中 Data Type 也有多种类型，具体的类型如表 4.5 所示：

表 4.5 BLE 广播 Data Type 对照表

| AD 类型                             | 数值        | 描述                            |
|-----------------------------------|-----------|-------------------------------|
| Flags                             | 0x01      | 指示设备的 BLE 特性（可发现性、BR/EDR 支持等） |
| Service UUIDs                     | 0x02~0x07 | 广播设备提供的服务 UUID 列表             |
| Local Name                        | 0x08/0x09 | 广播设备的本地 BLE 名称（部分或完整）         |
| TX Power Level                    | 0x0A      | 广播射频发射功率                      |
| Simple Pairing Option<br>OOB Tags | 0x0D~0x0F | 广播简单配对的 OOB 标签（通常忽略）          |

表 4.5 BLE 广播 Data Type 对照表（续）

| AD 类型                           | 数值        | 描述                        |
|---------------------------------|-----------|---------------------------|
| Security Manager TK Value       | 0x10      | 广播 OOB 配对使用的临时密钥 TK（通常忽略） |
| Security Manager OOB Flags      | 0x11      | 广播安全管理器的 OOB 标志（通常忽略）     |
| Slave Connection Interval Range | 0x12      | 广播从设备首选的连接间隔范围            |
| Service Solicitation            | 0x14/0x15 | 广播设备正在寻求特定服务的主机           |
| Service Data                    | 0x16      | 携带特定服务的数据                 |
| Manufacturer Specific Data      | 0xFF      | 广播厂商自定义信息（用户可自定义内容）       |

当您成功初始化之后会出现一个弹框来显示当前的广播已经初始化成功。如图 4.16 所示。

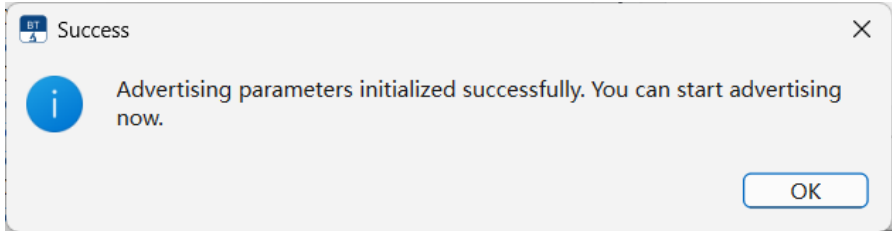


图 4.16 广播初始化成功

**重要提示：**广播的初始化无法取消，如需重新配置，请点击 `Reset` 按钮重置设备。

## 4.2.2 添加一个 Service

添加一个服务需要点击 **Service** 区域的 **Add Service** 按钮，如图 4.17所示，这会弹出一个新的弹窗来让您设置需要添加的 **Service** 参数，如图 4.18所示。

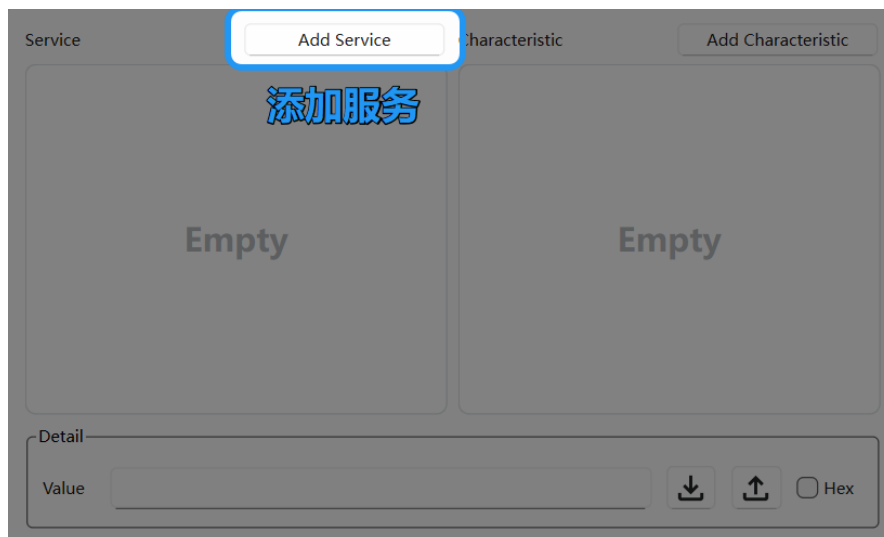


图 4.17 添加服务

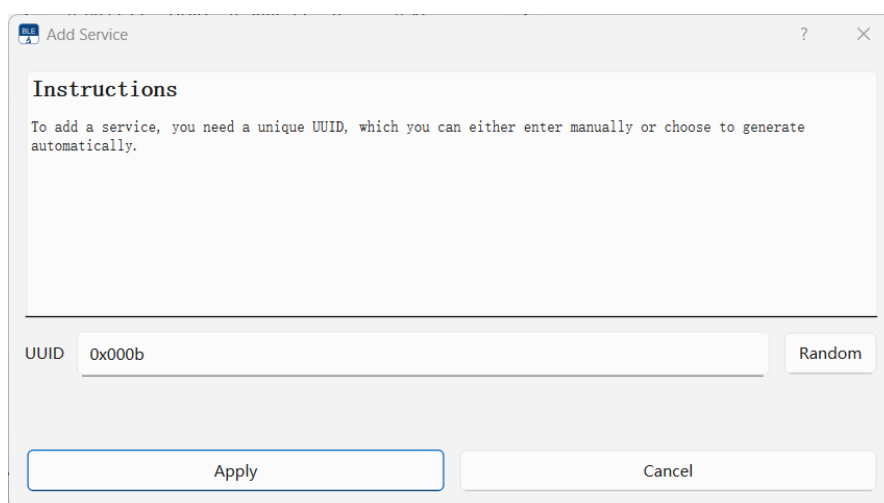


图 4.18 添加服务

添加一个 **Service** 需要一个参数：UUID，您可以使用默认的参数，也可以通过点击右侧的 **Random** 按钮来随机生成一个 UUID。

此时当您确定好 UUID 之后，点击 **Apply** 按钮，此时就会在 **Service** 的列表框里面出现刚刚添加的 **Service**。如图 4.19所示。

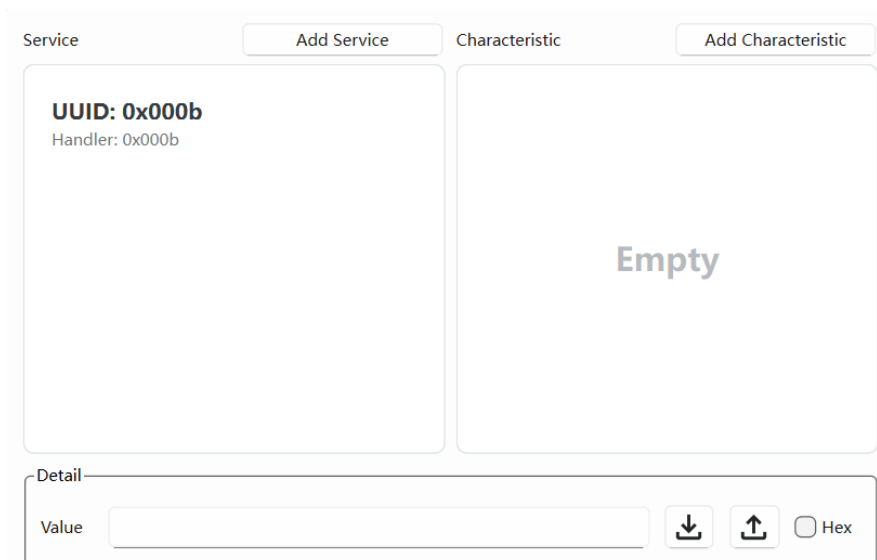


图 4.19 服务端添加 Service

#### 4.2.3 添加一个 Characteristic

**前置条件：**已初始化广播并添加至少一个 Service

选中一个可用的 Service，然后点击 Add Characteristic 按钮来添加一个特征，如图 4.20 所示，这会弹出一个新的弹窗来让您设置需要添加的 Characteristic 参数。

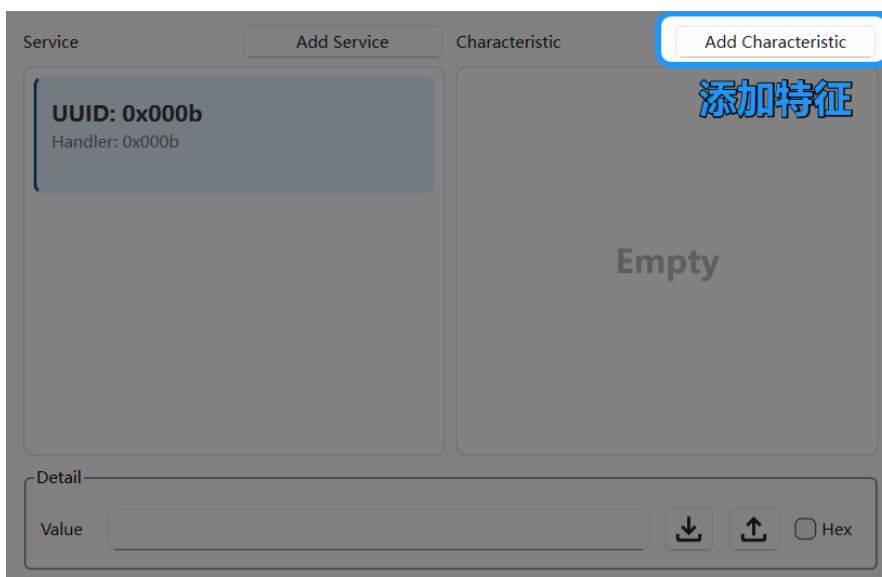


图 4.20 服务端添加特征

添加一个 `Characteristic` 的弹窗结构和之前类似，上方为说明，中间部分为需要设置的参数，下方为确认或者取消按钮。如图 4.21 所示。

图 4.21 服务端添加特征弹窗

其中一共有六个参数需要设置，分别为特征的 UUID、读权限和写权限、两个加密位以及特征的属性，具体的参数说明如表 4.6 所示：

表 4.6 BLE 特征配置参数表

| 名称               | 作用                           | 常见设置                                                                             |
|------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| UUID             | 唯一标识该特征，决定其语义（标准或自定义）        | 16 位 SIG 标准 UUID（如 0x2A29）                                                       |
| Read Permission  | 控制客户端是否能读取特征值，及需满足的安全级别      | 无保护（公开读取）、加密（需加密连接）、MITM（需加密且需认证）等，详情见下方的 Read Permission 取值表                    |
| Write Permission | 控制客户端写入特征值的权限和安全要求           | 无保护写入、加密写入、MITM 写入等，依据数据敏感度选择，详情见下方的 Write Permission 取值表                        |
| Encrypt Bit1     | 指示特征读操作对加密的要求（协议栈定义的安全位）     | 常见取值：0 无需加密，1 需加密；部分栈还区分 MITM、LESec                                              |
| Encrypt Bit2     | 指示特征写操作对加密的要求，与 Bit1 类似但针对写入 | 常见取值同上：0 无需加密，1 需加密；可组合出更高安全级别                                                   |
| Properties       | 描述特征支持的操作能力（读、写、通知等）的位掩码     | 组合位：0x02 Read、0x08 Write、0x10 Notify、0x20 Indicate、0x04 Write Without Response 等 |

其中 Read Permission 和 Write Permission 的取值如表 4.7和表 4.8所示：



表 4.7 Read Permission 取值

| 标识符 | 含义           | 描述                                                |
|-----|--------------|---------------------------------------------------|
| 0   | 无保护          | 任意连接（未加密）即可读取。                                    |
| 1   | 加密           | 需完成配对并建立加密链路后才能读取。                                |
| 2   | 加密 + MITM    | 要求加密链路，且配对需通过 MITM 防护（如 PIN、数字比对）。                |
| 3   | LE Secure 认证 | 需基于 LE Secure Connections 的加密链路，并满足 MITM 等高级安全要求。 |

表 4.8 Write Permission 取值

| 标识符 | 含义           | 描述                                             |
|-----|--------------|------------------------------------------------|
| 0   | 无保护          | 任意连接即可写入。                                      |
| 1   | 加密           | 需加密链路才能写入。                                     |
| 2   | 加密 + MITM    | 要求加密链路且配对具备 MITM 防护。                           |
| 3   | LE Secure 认证 | 需基于 LE Secure Connections 的加密链路并通过 MITM 等高级验证。 |
| 4   | 授权写入         | 在等级 3 的基础上，服务端还会逐次确认授权（例如用户操作或应用层审批）才允许写入。     |

当您设置完毕所有参数之后，点击 **Apply** 按钮，此时就会在 **Characteristic** 的列表框里面出现刚刚添加的 **Characteristic**。如图 4.22所示。

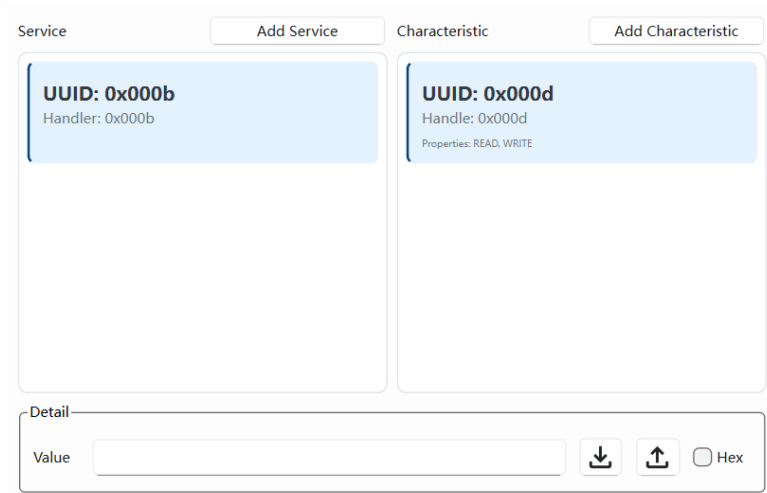


图 4.22 服务端添加特征后

#### 4.2.4 读取 Characteristic 的值

选中一个可用的 Characteristic 之后，点击读取的按钮，此时就会在 Value 输入框里面出现获取到的结果，如果里面没有结果那么输入框内会显示 Empty。如图 4.23 所示。

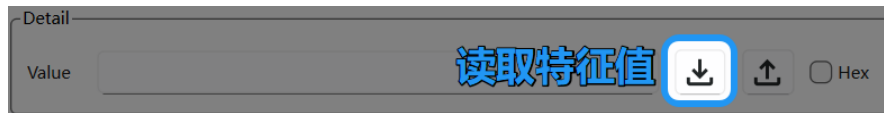


图 4.23 服务端读取特征值

同时您也可以点击 Hex 来让返回的结果变为显示为十六进制的形式。如图 4.24 所示。



图 4.24 开启 Hex 示意图

#### 4.2.5 写入 Characteristic

注意：如果要写入数据需要确保连接端开启了 Notify 才能正常写入

选中一个可用的 Characteristic 之后，点击写入的按钮，此时就会将 Value 输入框里面的内容写入到特征中。如图 4.25 所示。

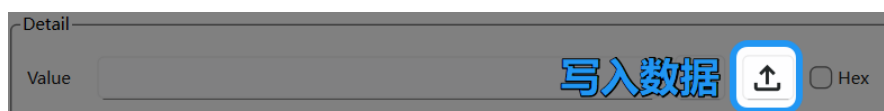


图 4.25 服务端写入数据到特征

同样您也可以勾选 Hex 来发送十六进制的数据到特征中。

## 5 快捷命令表格

快捷命令表格用于快速往 U985 中发送指定的命令，您可以自定义一些命令也可以调整命令的顺序和显示。如图 5.1 所示。

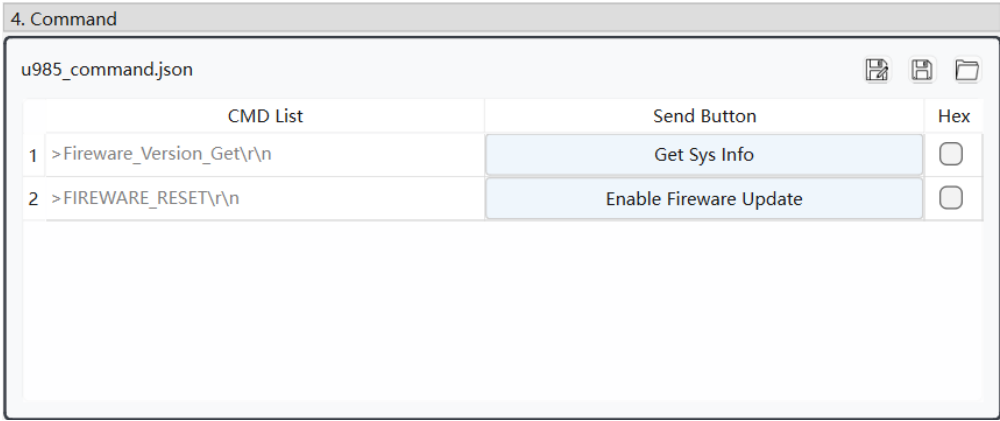


图 5.1 快捷命令表格预览

### 5.1 命令类型

命令一共有两种类型，他们的样式如图 5.2 所示：

- 1. 普通快捷命令：出厂时的设置以及用户自行添加的命令，能够添加，修改，删除
- 2. 默认快捷命令：出厂时的设置，无法删除，添加和修改，默认的命令显示为灰色的样式

|   |                     |      |                        |                          |
|---|---------------------|------|------------------------|--------------------------|
| 2 | Hello World         | 普通命令 | 你好世界                   | <input type="checkbox"/> |
| 3 | >FIREWARE_RESET\r\n | 默认命令 | Enable Fireware Update | <input type="checkbox"/> |

图 5.2 普通命令和默认命令对比

### 5.2 发送一个命令

点击表格中的 Send Button 列中的按钮，就能将对应的命令发送到设备中，例如在连接设备的情况下，点击获取版本号的按钮，此时在交互式命令行中就能看到具体发送的命令以及返回结果。如图 5.3 所示。

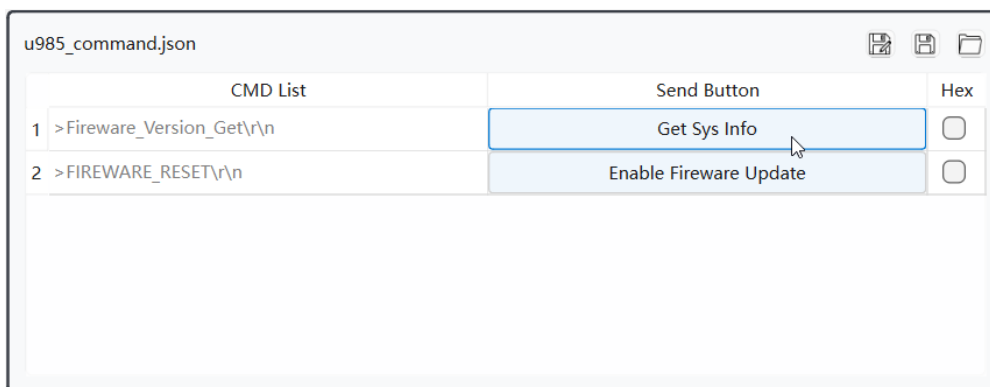


图 5.3 点击获取版本

交互式命令行的返回结果：

```
1 [16:52:00.075] Send: >Fireware_Version_Get\r\n
2 [16:52:00.159] Received: Version = V02.01.04
```

### 5.3 新建一个命令

在快捷命令表格的空白位置单击鼠标右键就能弹出右键菜单，在右键菜单中选择 **Insert Row Here** 或者 **Append Row** 就能添加一行命令。如图 5.4所示。

- **Insert Row Here**：在当前鼠标位置插入一个新的命令
- **Append Row**：在快捷命令表格的最后一行添加一个新的命令

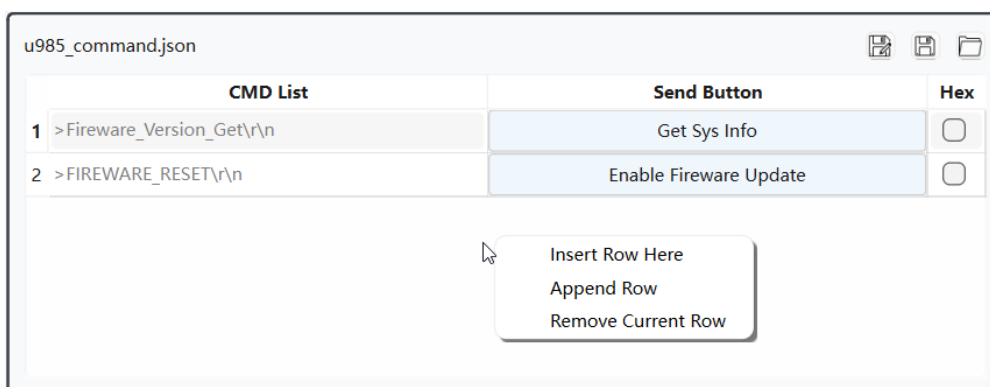


图 5.4 快捷命令行新建一个命令

当你点击 **Insert Row Here** 或者 **Append Row** 就能弹出新增命令的界面，此时就能自定义命令的显示，其中新增命令的面板共有两部分组成，分别是上方的参数设置，如 **CMD List**、**Send Button**、**Hex** 以及下方的确认或者取消按钮区域组成。如图 5.5所示。

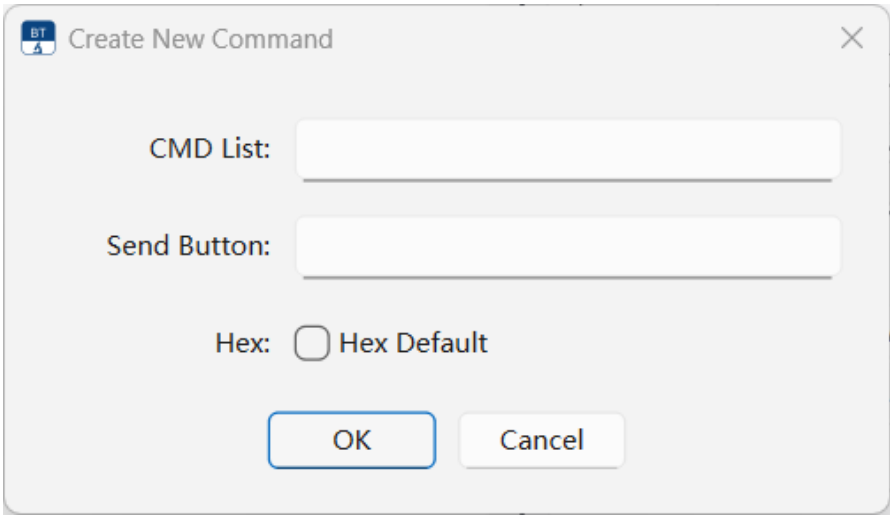


图 5.5 新增命令

其中界面上的参数说明如表 5.1所示：

表 5.1 命令参数说明

| 名称          | 作用           | 常见设置                    |
|-------------|--------------|-------------------------|
| CMD List    | 发送的具体的命令的内容  | 见命令表，开头需要有>，同时结尾需要有\r\n |
| Send Button | 点击按钮显示出来的名称  | 升级固件，关闭串口等语义化的名称        |
| Hex         | 是否以十六进制的形式发送 | 否 / 是                   |

下方是一个添加一个新的命令的示例，如图 5.6所示。

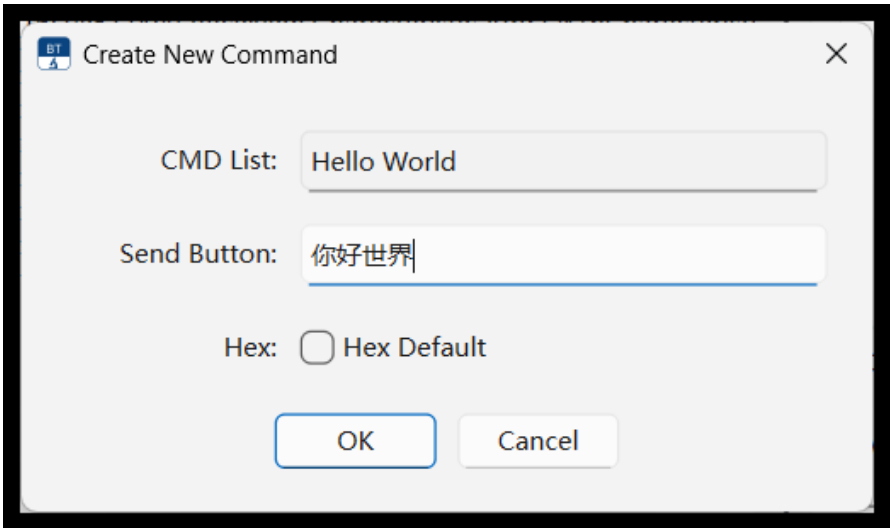


图 5.6 添加一个新的命令对话框

此时点击确定之后，就能在新的快捷命令表格里面看到刚刚添加的新命令。  
如图 5.7所示。

|   | CMD List                  | Send Button            | Hex                      |
|---|---------------------------|------------------------|--------------------------|
| 1 | Hello World               | 你好世界                   | <input type="checkbox"/> |
| 2 | >Fireware_Version_Get\r\n | Get Sys Info           | <input type="checkbox"/> |
| 3 | >FIREWARE_RESET\r\n       | Enable Fireware Update | <input type="checkbox"/> |

图 5.7 点击发送命令示意图

同时点击之后会往交互式命令行里面发送 Hello World 。

5.4 修改命令

命令被添加到表格中之后也是能够被修改的，通过双击 CMD List 中的命令即可弹出修改弹窗，如图 5.8所示。在修改弹窗里面可以二次修改，修改完成之后需要点击 OK 按钮才能应用修改。



图 5.8 修改命令操作流程

## 5.5 删除命令

在快捷命令表格中选定一个需要删除的命令，然后单击鼠标右键弹出右键菜单，选择 **Remove Current Row** 即可删除当前的命令。如图 5.9所示。点击后就会删除被选中的命令。删除之后的状态如图 5.10所示。

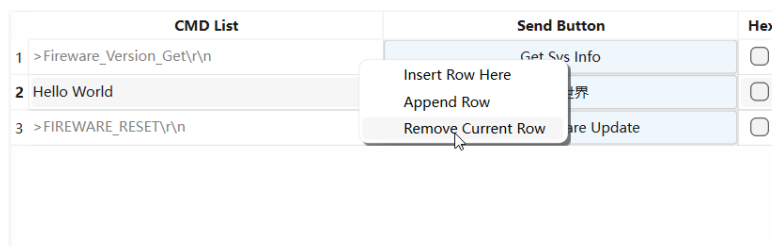


图 5.9 删除一条命令

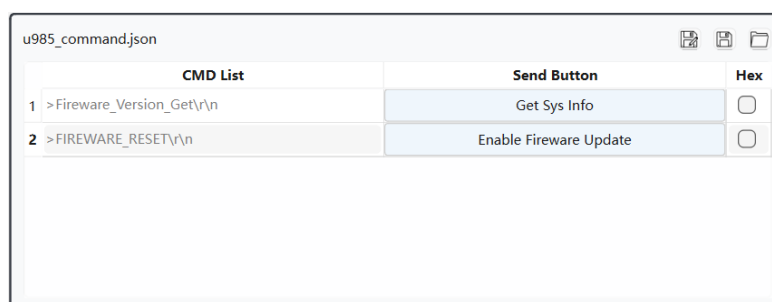


图 5.10 删除命令之后



5.6 调整命令的顺序

长按某一个命令可以通过拖拽的方式移动命令的先后顺序，例如此时按住 Hello World 命令，然后开始对其移动，如图 5.11所示。当移动到能够被放下的区域的时候会显示蓝色的指示线表示命令可以被放在这个地方，松开鼠标命令就会被调整到这个位置。如图 5.12所示。

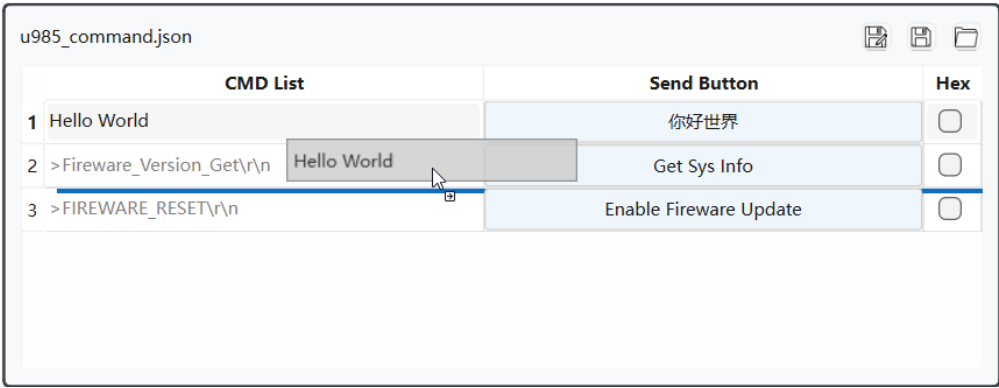


图 5.11 拖拽命令来调整顺序

|   | CMD List                  | Send Button            | Hex                      |
|---|---------------------------|------------------------|--------------------------|
| 1 | >Fireware_Version_Get\r\n | Get Sys Info           | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Hello World               | 你好世界                   | <input type="checkbox"/> |
| 3 | >FIREWARE_RESET\r\n       | Enable Fireware Update | <input type="checkbox"/> |

图 5.12 调整顺序之后

5.7 保存快捷命令表格

默认情况下快捷命令表格修改了命令之后不会自动保存，您需要手动点击保存按钮，当按钮被点击之后当前的快捷命令表格才会保存，如图 5.13所示。否则下一次打开 BLE Tool 的时候会恢复成未保存前的状态。

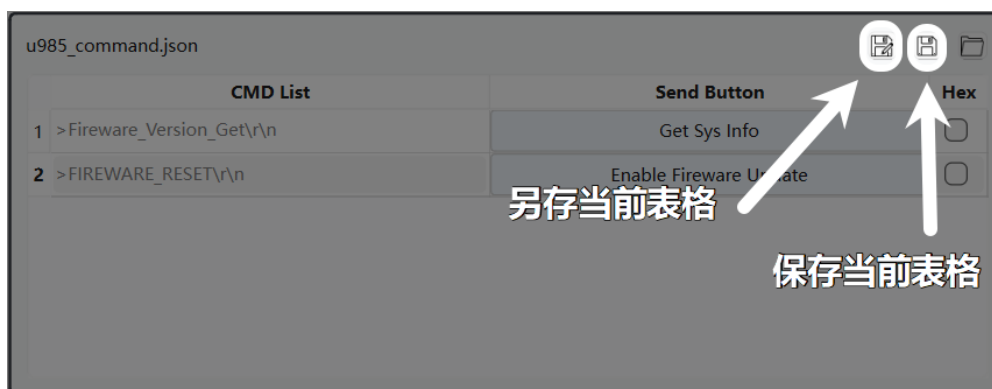


图 5.13 保存命令表格

## 5.8 打开一个新的命令配置文件

通过点击打开按钮可以选择别人配置好的快捷命令表格，如图 5.14所示。快捷命令表格为一个 Json 格式的文件，请不要修改其中的内容，可能会导致程序无法识别或者预料之外的错误。

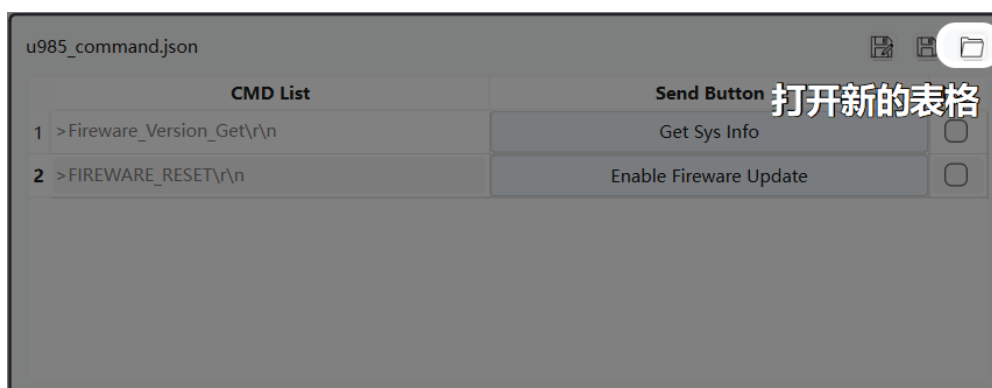


图 5.14 打开命令表格

## 6 交互式命令行

交互式命令行位于 BLE Tool 的正中间，其中负责显示和 U985 的交互信息以及系统的各类提示，您可以通过这里来实时查看当前设备的状态。如图 6.1所示。

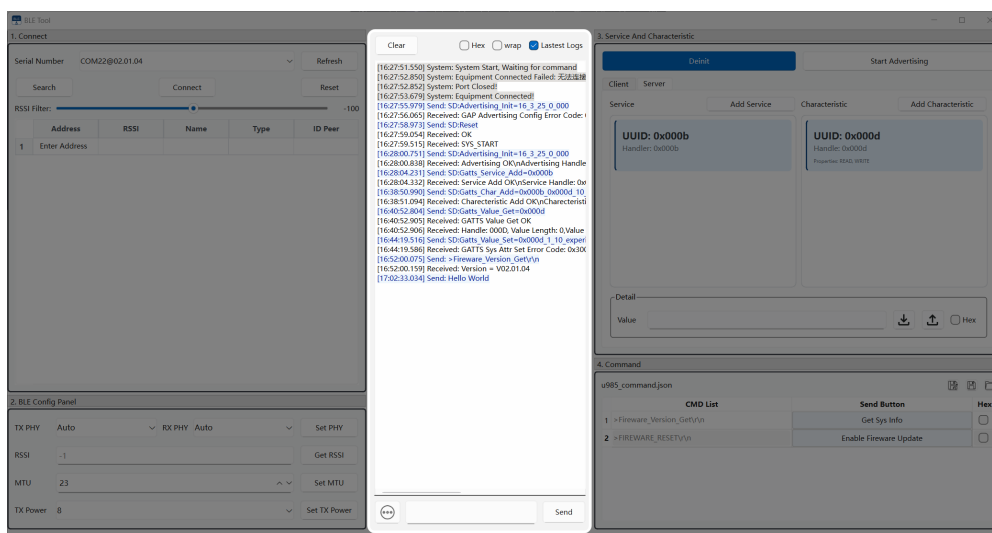


图 6.1 交互式命令行预览

## 6.1 发送命令

通过在下方的输入框内输入内容，然后点击发送就能将命令发送到 U985 中。具体操作步骤如图 6.2所示。



图 6.2 向交互式命令行发送命令

### 6.1.1 命令的类型

通过点击输入框左侧的模式按钮可以选择更多的发送命令的模式。如图 6.3所示。

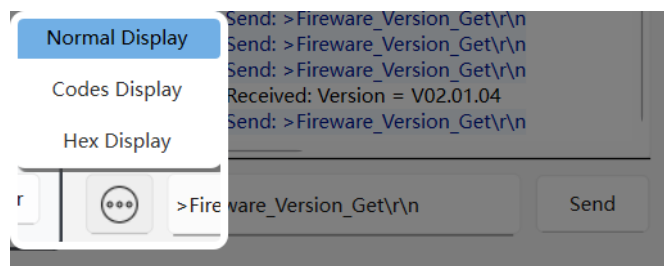


图 6.3 命令类型选择

其中一共有三种类型可供选择，默认情况下为 Normal Display，具体的说明如表 6.1所示。

表 6.1 命令发送模式说明

| 模式名称           | 说明                                             |
|----------------|------------------------------------------------|
| Normal Display | 如果命令的前后没有 > 或者 \r\n 那么会自动补齐，如果已有那么不做操作，推荐使用该选项 |
| Codes Display  | 原封不动将命令发送给设备，您需要自行添加 > 以及 \r\n 等特殊标识符          |
| Hex Display    | 发送十六进制的数据                                      |

6.2 交互式命令行属性修改

在交互式命令行的最上方有一排可选项，可以通过勾选对应的选项来对表格的内容和现实进行修改。

## 7 常用操作顺序流程图

### 7.1 连接 BLE 设备

图 7.1展示了连接 BLE 设备的标准操作步骤：

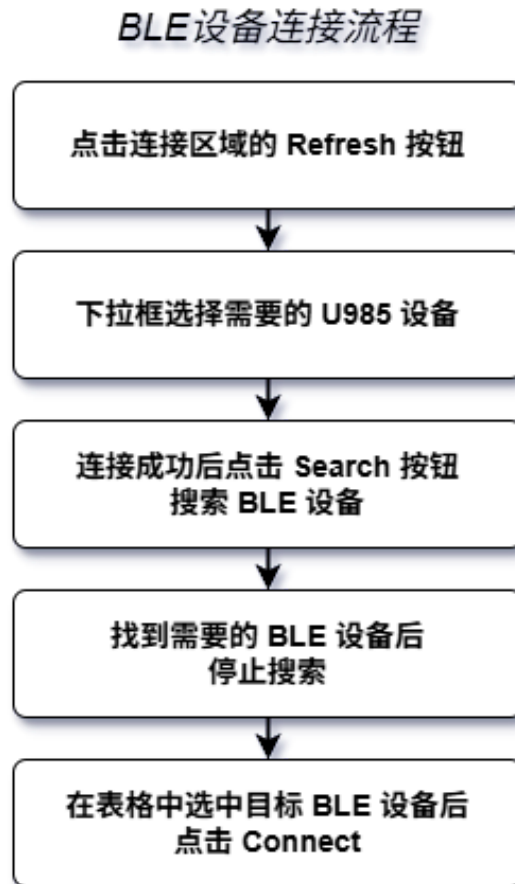


图 7.1 连接 BLE 设备流程图

操作步骤说明：

1. 点击连接区域的 Refresh 按钮
2. 下拉框选择需要的 U985 设备
3. 连接成功后点击 Search 按钮搜索 BLE 设备
4. 找到需要的 BLE 设备后停止搜索
5. 在表格中选中目标 BLE 设备后点击 Connect

## 7.2 作为客户端操控特征

图 7.2展示了作为客户端操控 BLE 特征的操作步骤：

### BLE服务发现与特征操作流程



图 7.2 客户端操控特征流程图

操作步骤说明：

1. 确保已经连接 BLE 设备
2. 确认 Service And Characteristic 面板处于 Client 栏
3. 点击 Service 区域的 Refresh 刷新服务
4. 等待刷新完成后点击列表中的 Service
5. 在 Characteristic 列表中找到并点击可用的 Characteristic
6. 在 Detail 面板读取、设置或订阅当前特征

### 7.3 作为服务端操控特征

图 7.3展示了作为服务端操控 BLE 特征的操作步骤：



图 7.3 服务端操控特征流程图

操作步骤说明：

1. 确保已经连接 BLE 设备
2. 确认 Service And Characteristic 面板处于 Server 栏
3. 点击 Init ADV 按钮初始化广播

- 
4. 点击 Add Service 添加服务
  5. 选择 Service 后点击 Add Characteristic 添加特征
  6. 点击 Start Advertising 开始广播
  7. 其他设备连接到 U985
  8. 在 Detail 面板读取或设置当前特征的值