ESP32-C2

ESP 测试工具使用指南

ESPRESSIF

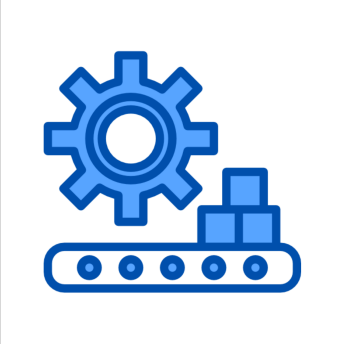
目录

为支持基于 乐鑫芯片 和 模组 的产品开发和生产，本仓库提供了丰富的资源。

在开发阶段，仓库提供了 RF 测试工具和详细的测试指南，确保您的产品符合必要的性能和认证标准。此外，在生产阶段，仓库还包含了相应的工具和指导，以简化生产流程，确保高效的测试、验证和质量控制。

RF 测试指南

RF 测试项目



生产阶段工具

1 研发阶段

为了确保您的产品符合相关的*RF 认证* 要求，本仓库为 RF 测试提供了测试工具和指南，确保产品符合全球标准和行业认证。

1.1 RF 测试工具

EspRFTestTool 工具包 是一个综合工具，你可以使用该工具控制设备并测试关键的 RF 性能指标，它支持以下*RF 测试项目*。

1.2 RF 测试项目

Wi-Fi 测试

- *Wi-Fi 非信令测试* 也叫定频测试，在不建立实际数据连接的情况下，直接控制设备发射特定信号，用于评估设备的射频性能，如发射功率、频谱质量和误码率等，以确保设备在各种环境中的无线通信质量。
- *Wi-Fi 信令测试* 用于评估和验证无线网络设备 Wi-Fi 信令功能，主要用于确保设备在各种操作环境中能够稳定可靠地通信。Wi-Fi 信令测试通常用于设备的 OTA (Over-The-Air) 性能评估，包括 TRP（Total Radiated Power，总辐射功率）和 TIS（Total Isotropic Sensitivity，总各向同性灵敏度）测试。
- *Wi-Fi 自适应测试* 模拟不同的网络条件和负载情况，测试设备在实时调整传输速率、信道和功率等参数时的响应能力，从而优化无线网络性能和稳定性。

- *Wi-Fi 接收阻塞测试* 评估设备在强干扰信号环境下的接收性能，通过引入高强度的干扰信号，测试设备的接收灵敏度和抗干扰能力，以确保其在复杂无线环境中的可靠运行。

蓝牙测试

- *低功耗蓝牙非信令测试* 控制设备发射特定信号，无需建立实际连接，用于评估其发射功率、频谱特性和误码率等关键性能指标，确保设备的无线通信质量。
- *低功耗蓝牙 DTM 测试* 通过直接控制设备进入特定的发射或接收模式，评估低功耗蓝牙设备射频性能，如发射功率、接收灵敏度和频谱特性等。
- *低功耗蓝牙阻塞测试* 评估无线设备在存在其他无线信号干扰的环境中的性能和稳定性，以确保其符合相关标准。
- *低功耗蓝牙自适应测试* 确保设备以跳频方式工作且低功耗蓝牙信号的功率谱密度 (Power Spectral Density, PSD) 大于 10 dBm/MHz 时，满足一定的参数要求，从而避免对其他无线设备造成干扰。

1.3 RF 认证

上述列出的*RF 测试项目* 旨在确保你的产品符合以下认证所要求的标准：

- *CE 认证*：欧盟的强制性认证，表明产品符合欧盟相关指令的基本要求，包括安全性、健康性和环境保护标准。
- *FCC 认证*：美国联邦通信委员会的强制性认证，表明产品符合美国相关法规的要求，包括无线电频谱使用、电磁兼容性和射频辐射等。
- *SRRC 认证*：中国针对无线电设备的强制性认证，确保产品符合国家无线电管理的相关法规和技术标准，以避免对电磁环境和其他无线电设备的干扰。

以下表格列出了每种认证所涉及的测试项目。

表 1: RF 认证测试项目

	CE 认证	FCC 认证	SRRC 认证
Wi-Fi 非信令测试	Y	Y	Y
Wi-Fi 自适应测试	Y	–	Y
Wi-Fi 接收阻塞测试	Y	–	–
低功耗蓝牙非信令测试	Y	Y	Y
低功耗蓝牙 DTM 测试	Y	–	–
低功耗蓝牙自适应测试	Y	–	–
低功耗蓝牙阻塞测试	Y	–	–

备注： *Wi-Fi 信令测试* 不用于标准的 RF 认证测试项目，通常用于评估设备的 OTA 性能。

1.4 WFA 认证与测试指南

此外，本仓库还提供了*WFA 认证与测试指南*，详细介绍了 WFA 认证流程和测试要求，帮助你顺利通过 Wi-Fi 联盟的认证。

2 EspRFTestTool 工具包

EspRFTestTool 工具包是乐鑫提供的射频测试工具，包含 EspRFTestTool 工具、DownloadTool 工具和 PowerLimitTool 工具。

- *EspRFTestTool 工具*：用于相关射频测试；
- *DownloadTool 工具*：用于下载射频测试中所需的固件；
- *PowerLimitTool 工具*：用于生成定制化 phy_init_data 固件。

下载地址：`EspRFTestTool 工具包`

该压缩包不仅包含 EspRFTestTool 工具包，还附带全部*RF 测试项目* 所需的测试固件，方便熟悉测试流程的用户直接使用固件进行操作。

备注： 在本文中，**EspRFTestTool 工具包**指的是三个工具的集合，而 **EspRFTestTool 工具**指的是该单一工具。

2.1 EspRFTestTool 工具

EspRFTestTool 工具包主界面就是 EspRFTestTool 工具，包含串口配置区、下载配置区、射频测试配置区，以及 log 窗口。

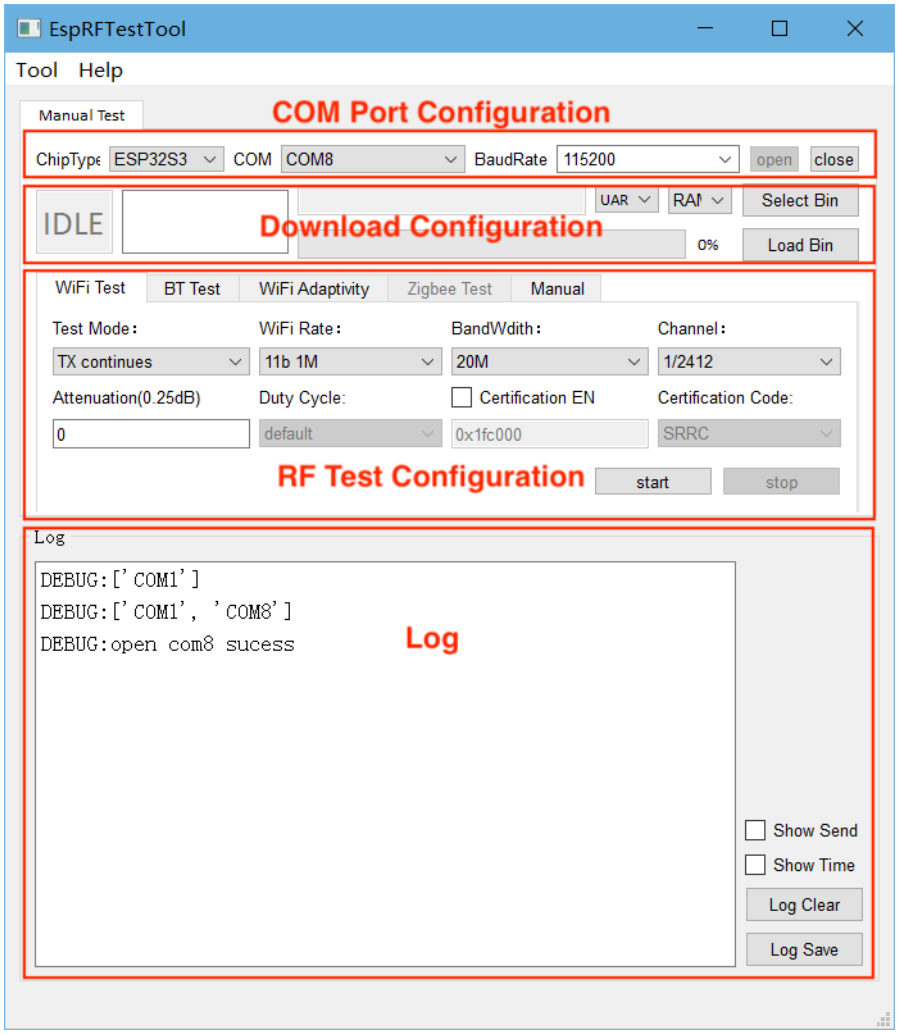


图 1: EspRFTestTool 工具

串口配置区

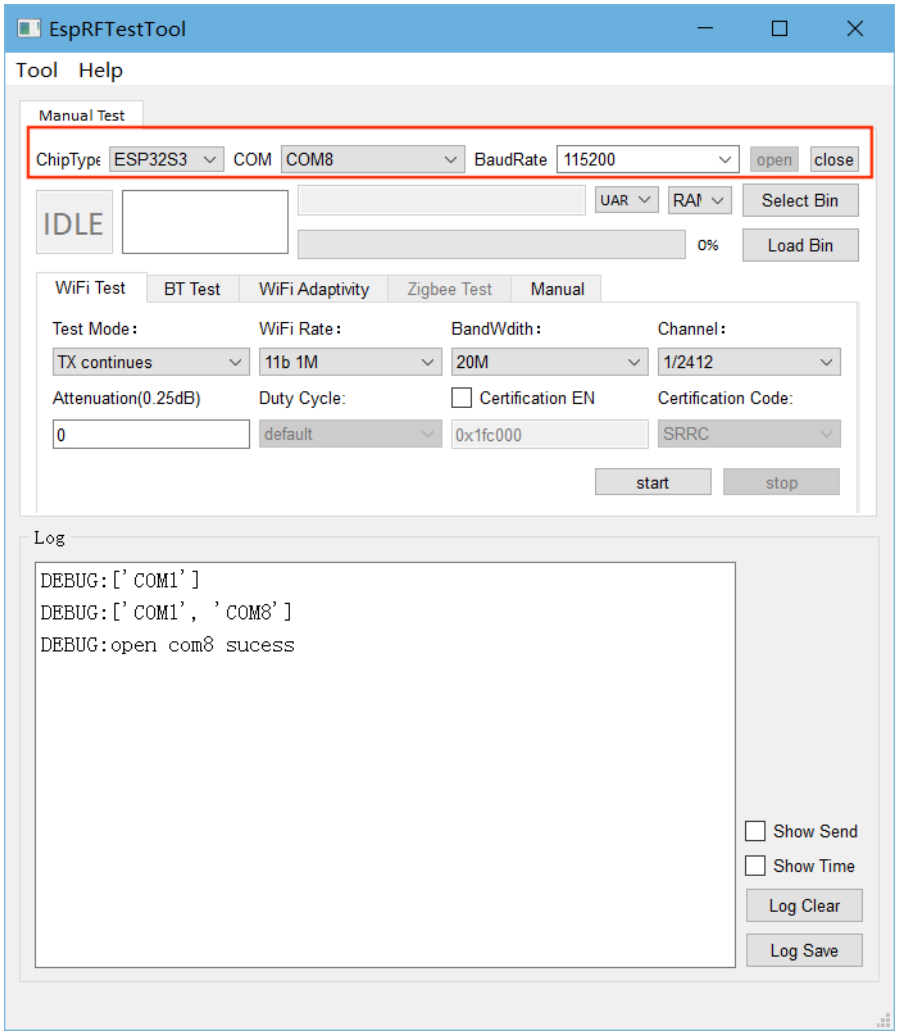


图 2: EspRFTestTool 串口配置区

- **ChipType**：选择芯片型号；
- **COM**：选择串口号；
- **BaudRate**：选择波特率；
- **Open**：打开串口；
- **Close**：关闭串口。

串口配置完成后，可进行快速烧录和射频测试。

下载配置区

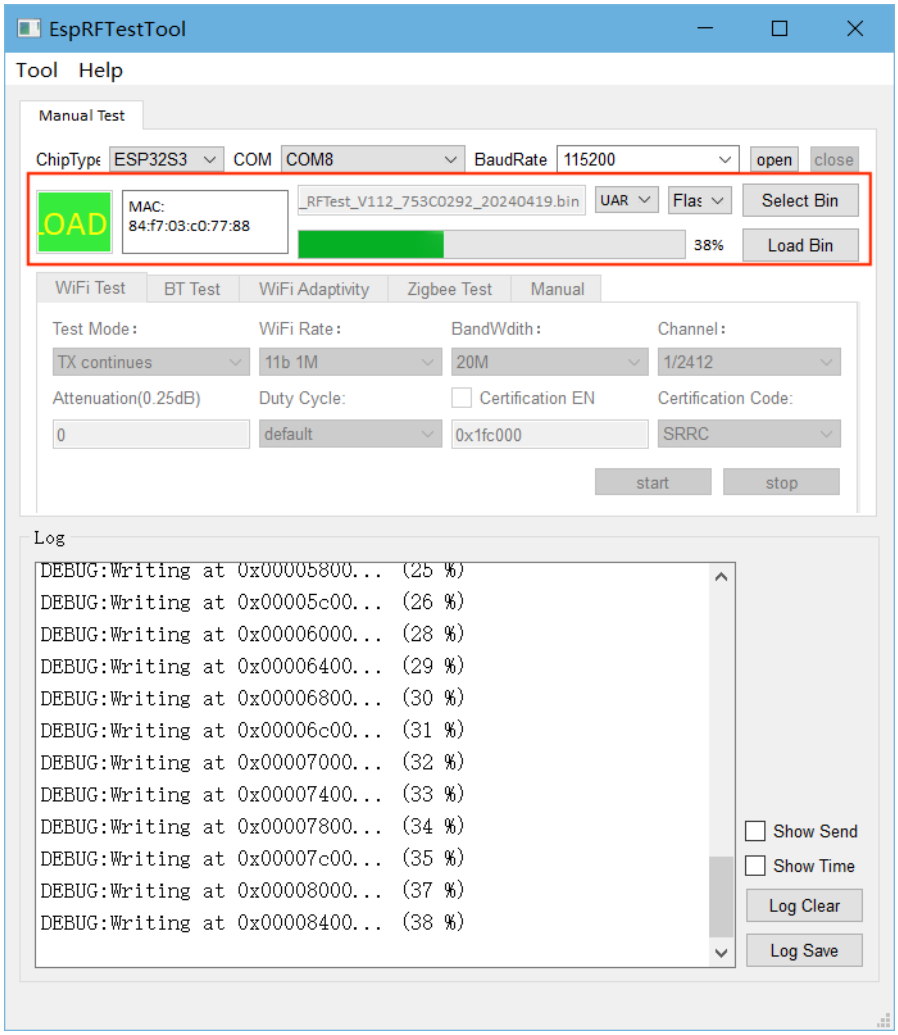


图 3: EspRFTestTool 下载配置区

一般使用*DownloadTool 工具* 下载射频测试中所需的固件，但是对于一些简单的固件，如非信令测试固件与自适应测试固件，可直接使用 EspRFTestTool 工具进行快速烧录。

- 拉低 Boot 管脚后对芯片重新上电使芯片进入下载模式；
- 默认通过 `UART` 进行烧录；
- 选择烧录至 `flash` 中；
- 点击 `Select Bin` 选择要烧录的 bin 文件；
- 点击 `Load Bin` 即可开始烧录；
- 烧录完成后，拉高 Boot 管脚对芯片重新上电使芯片进入工作模式。

射频测试配置区

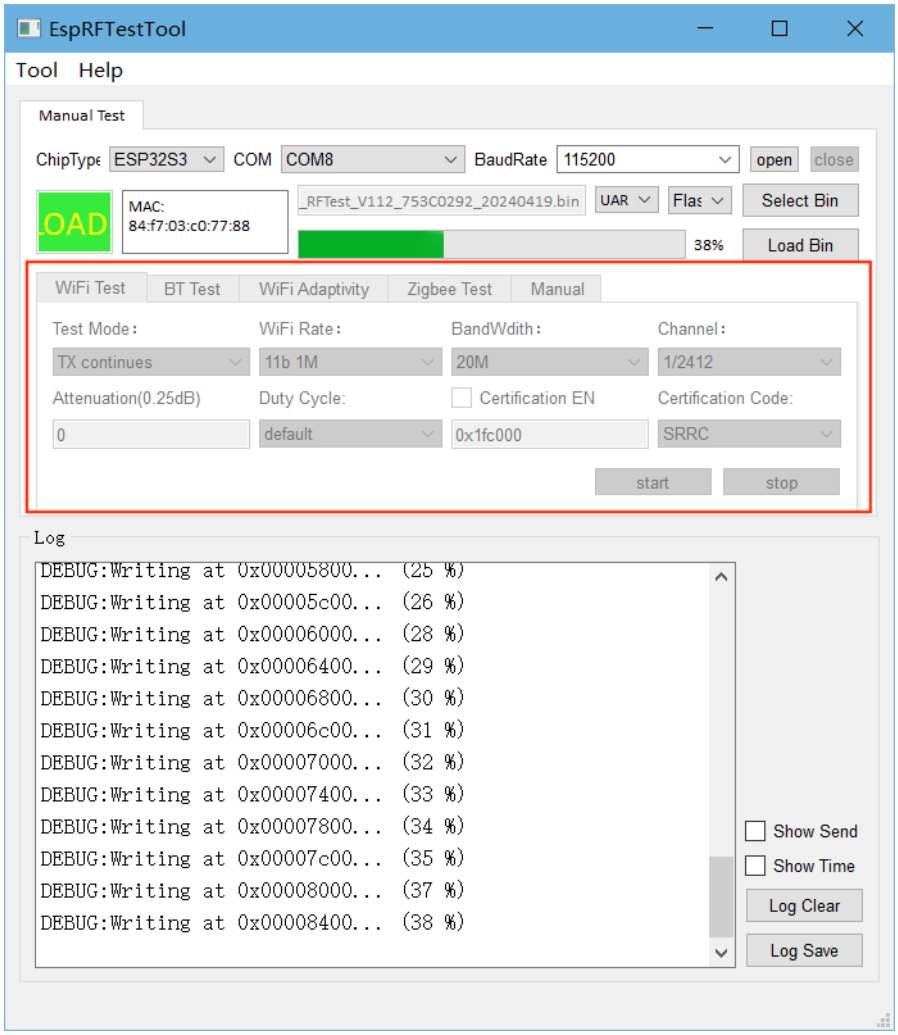


图 4: EspRFTestTool 射频测试配置区

烧录固件后，可进行相应的射频测试：

- **Wi-Fi Test**：用于 Wi-Fi 非信令测试；
- **BT Test**：用于蓝牙及低功耗蓝牙非信令测试；
- **Wi-Fi Adaptivity**：用于 Wi-Fi 自适应测试；
- **Zigbee Test**：用于 802.15.4 非信令测试；
- **Manual**：用于输入串口指令。

具体参数配置可参考对应的射频测试文档。

Log 窗口

Log 窗口中用于展示工具状态，如需查看芯片串口打印 log，请使用通用串口助手，如 友善串口助手。

2.2 DownloadTool 工具

在工具栏中点击 `Tool`，选择 `DownloadTool`，进入 DownloadTool 工具界面。

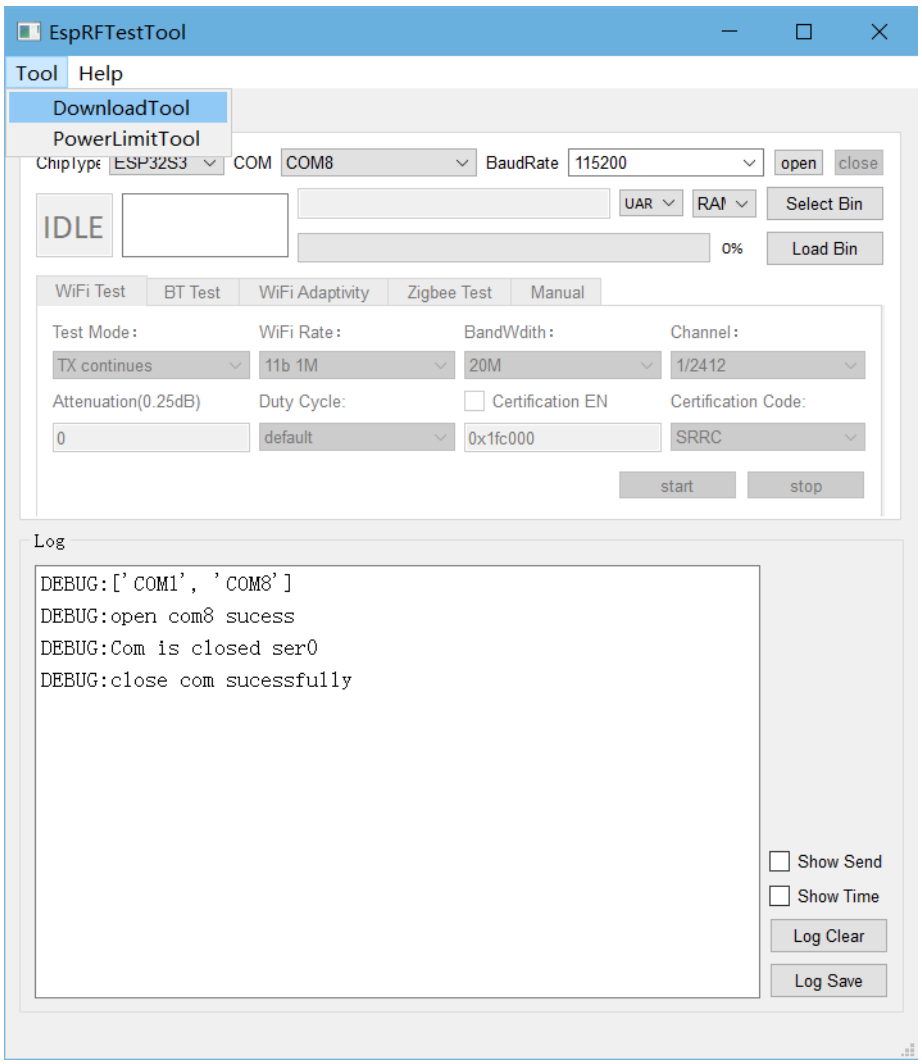


图 5: DownloadTool 工具入口

按照以下步骤进行固件烧录：

- 设置芯片类型 `Chip Type`、串口 `COM Port`、波特率 `Baud Rate`，然后点击 `Open` 打开串口；
- 选择烧录到 `flash`；
- 选择要烧录的固件，并下载到指定地址；
- 确认芯片已进入下载模式，点击 `Start Load` 开始烧录。烧录完成后显示 `SUCC` 标志；
- 烧录完成后，点击 `Close` 关闭串口。

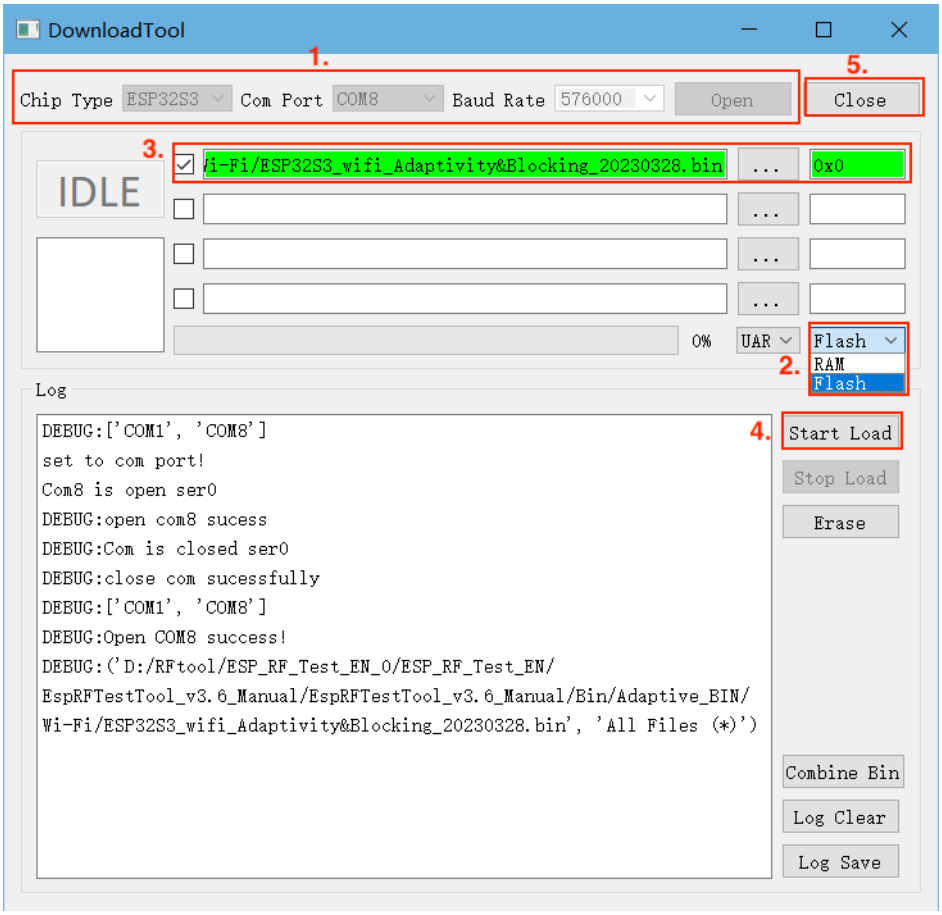


图 6: DownloadTool 界面

备注： 如何确认芯片进入下载模式：

1. 关闭 DownloadTool 串口，打开通用串口助手，如 友善串口助手；
2. 配置串口号和波特率，拉低 Boot 管脚，芯片重新上电，串口助手中会打印 `waiting for download` 等 log;
3. 关闭串口助手，打开 DownloadTool，可开始烧录；
4. 烧录完成后，拉高 Boot 管脚，芯片重新上电，可进入工作模式。如有异常，使用串口助手确认。

备注： DownloadTool 工具默认烧录到 `RAM`，如需填写烧录地址，需先切换到烧录至 `flash`。

2.3 PowerLimitTool 工具

PowerLimitTool 可用于配置 Wi-Fi 输出功率，生成单国和多国的 phy_init_bin 文件，满足客户产品在不同国家或地区的法规需求。

备注： 可使用以下几种方式来限制 Wi-Fi 功率，如多种方式共用，则取其功率的最小值：

1. 使用 API (`esp_wifi_set_max_tx_power`)，可限制最大输出功率；
2. 在 Menuconfig 中配置 `Max Wi-Fi TX Power`，与上述 API 功能相同，可限制最大输出功率；
3. 使用 `Phy Init Bin` 功能，在 ESP-IDF 中修改 phy_init_data.h 文件；
4. 使用 `Phy Init Bin` 功能，生成 phy_init_data.bin 文件，参考本文介绍。

在 EspRFTestTool 主界面下，点击 `Tool`，选择下拉框中的 `PowerLimitTool`，打开 PowerLimitTool 工具。

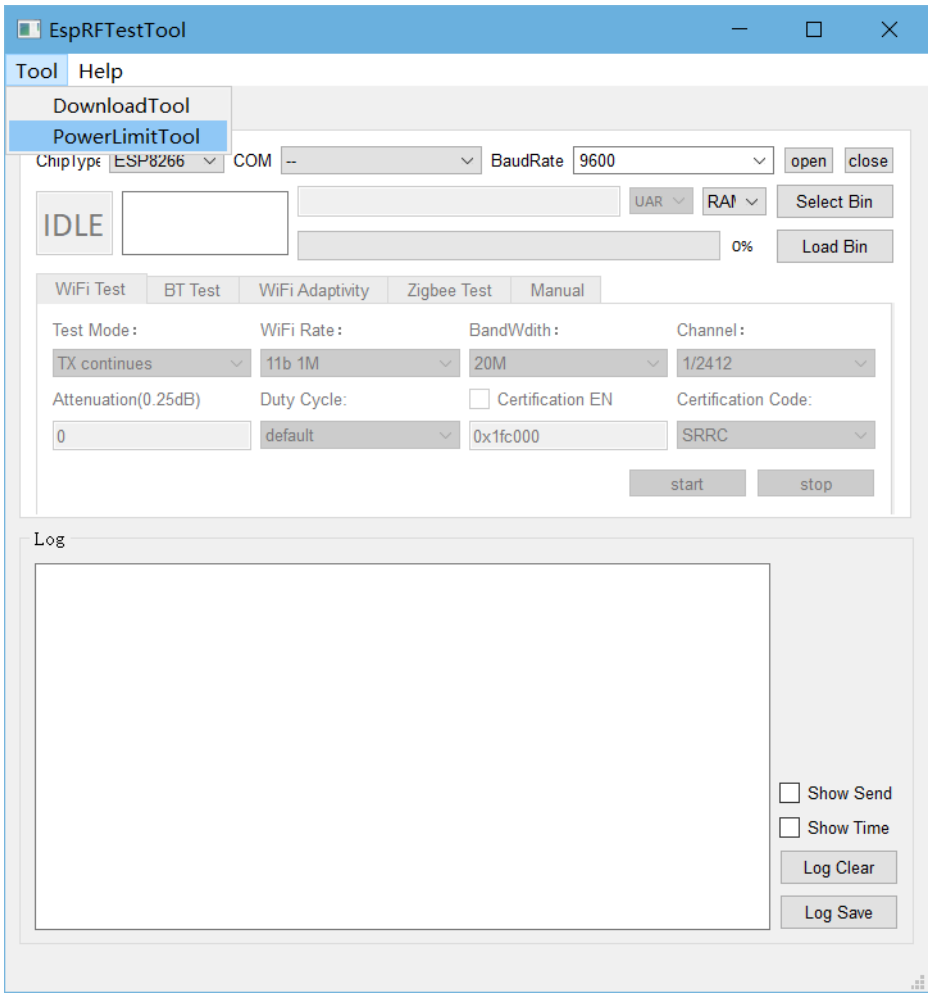


图 7: PowerLimitTool 工具入口

1. 进入 PowerLimitTool 主界面，`Chip` 下拉框中显示当前工具版本支持的芯片型号，选择对应的芯片（以 ESP32-C3 为例）。

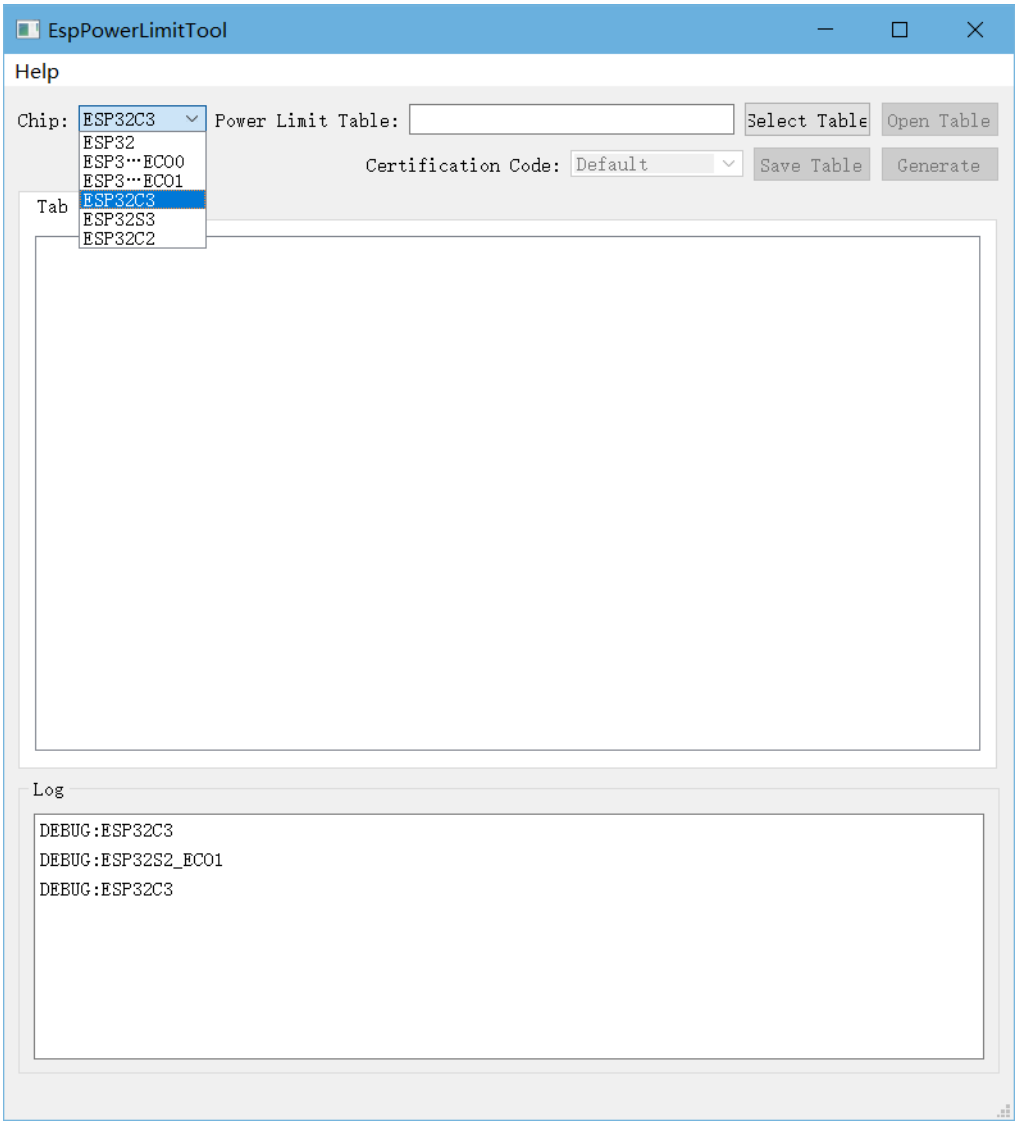


图 8: PowerLimitTool 工具主界面

2. 点击 `Select Table`，选择对应芯片的 TX Power Setting 表格。

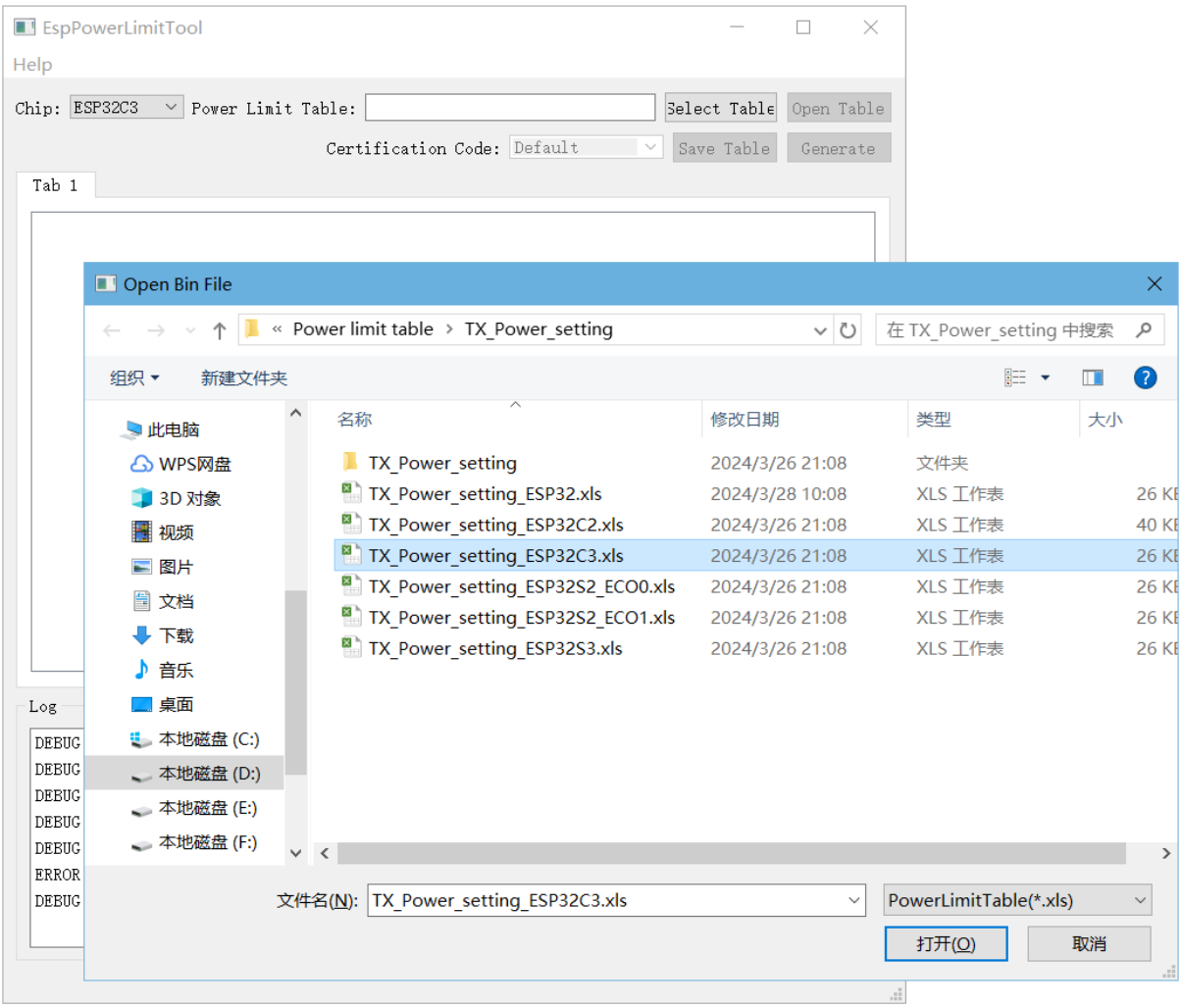


图 9: 导入 TX Power Setting 表格

3. 点击 `Open Table`，在对应国家码表中修改期望的功率值，在 `Certification Code` 下拉框中选择期望的国家码。

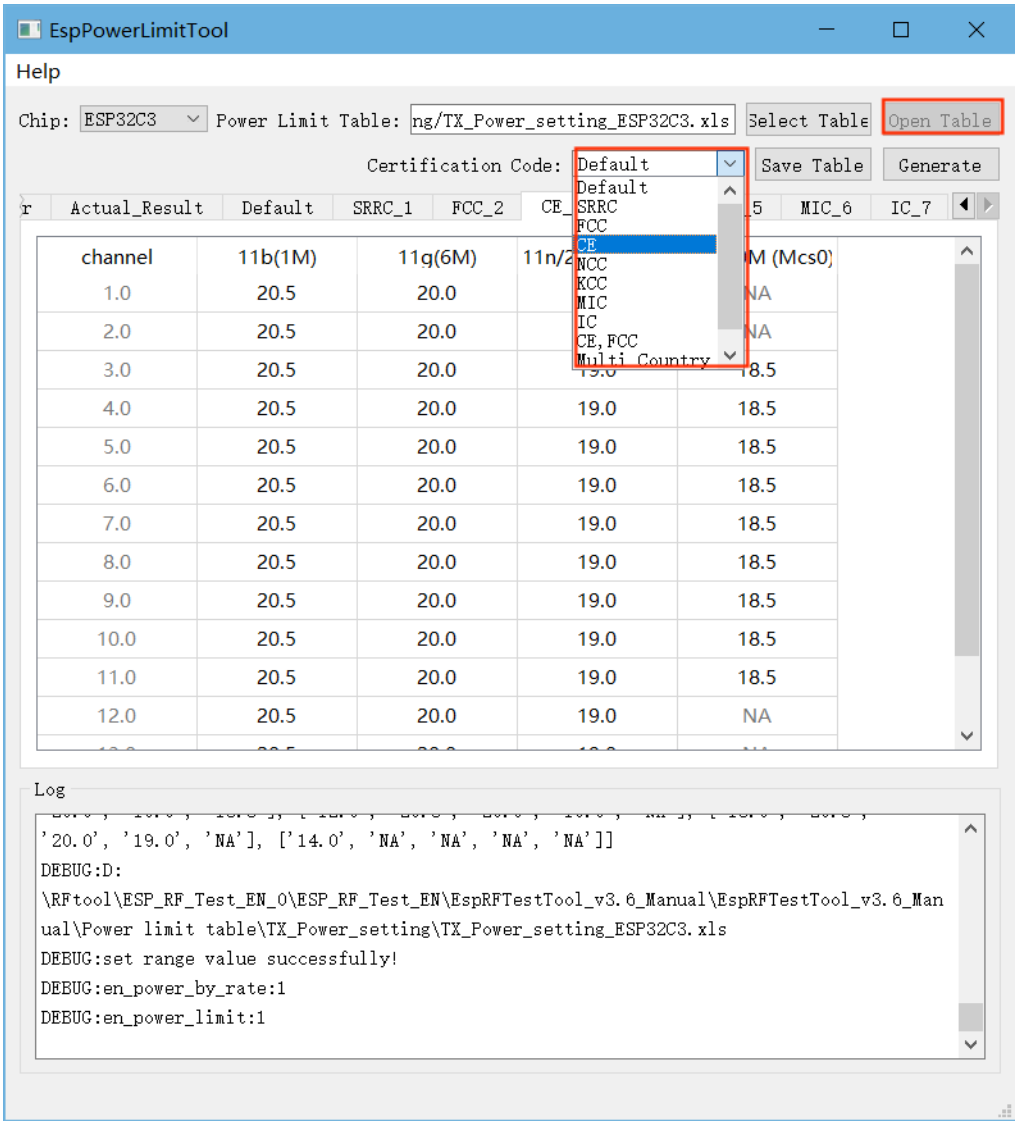


图 10: 修改 TX_Power_Setting

备注： TX Power Setting 表格参数说明：

1. **Config_Switch**：使能 `Power_By_Rate` 和 `Power_Limit`，默认均选择 `Yes`，表示均可调整；
2. **PowerByRate_TargetPower**：各速率目标功率，建议保持默认值；
3. **Country_Table**：当前默认支持的国家（地区），可扩展；
4. **Actual_Result**：模组实测功率，默认使用目标功率；
5. **Default**：国家码中 Default 功率配置，通常用于识别国家码前的功率配置；
6. **SRRC_1**：国家码中 SRRC 的功率配置，适用于中国大陆；
7. **FCC_2**：国家码中 FCC 的功率配置，适用于美国；
8. **CE_3**：国家码中 CE 的功率配置，适用于欧洲；
9. **NCC_4**：国家码中 NCC 的功率配置，适用于台湾地区；
10. **KCC_5**：国家码中 KCC 的功率配置，适用于韩国；
11. **MIC_6**：国家码中 MIC 的功率配置，适用于日本；
12. **IC_7**：国家码中 IC 的功率配置，适用于加拿大；

备注： 关于如何修改功率值：

1. 根据认证结果（认证提供功率衰减值）填写功率值（功率值 = 目标功率 - 衰减值/4）；
2. 如果修改了 `Actual_Result`，上述公式中的目标功率需改为 `Actual_Result`；
3. 不能增删表格内容，例如 FCC 仅支持 1~11 信道，此表中 12~13 信道功率值建议与 11 信道保持相同，但不可删除；
4. 除低高信道外，其它信道功率与中间信道保持一致；
5. NA 的部分不可修改。如果 `Certification Code` 无法下拉选择，表明表格被改动，需还原。

4. 点击 `Save Table` 保存设置，在 `Certification Code` 下拉项中选择需要的认证，点击 `Generate` 生成对应国家码的 phy_init_bin 文件。

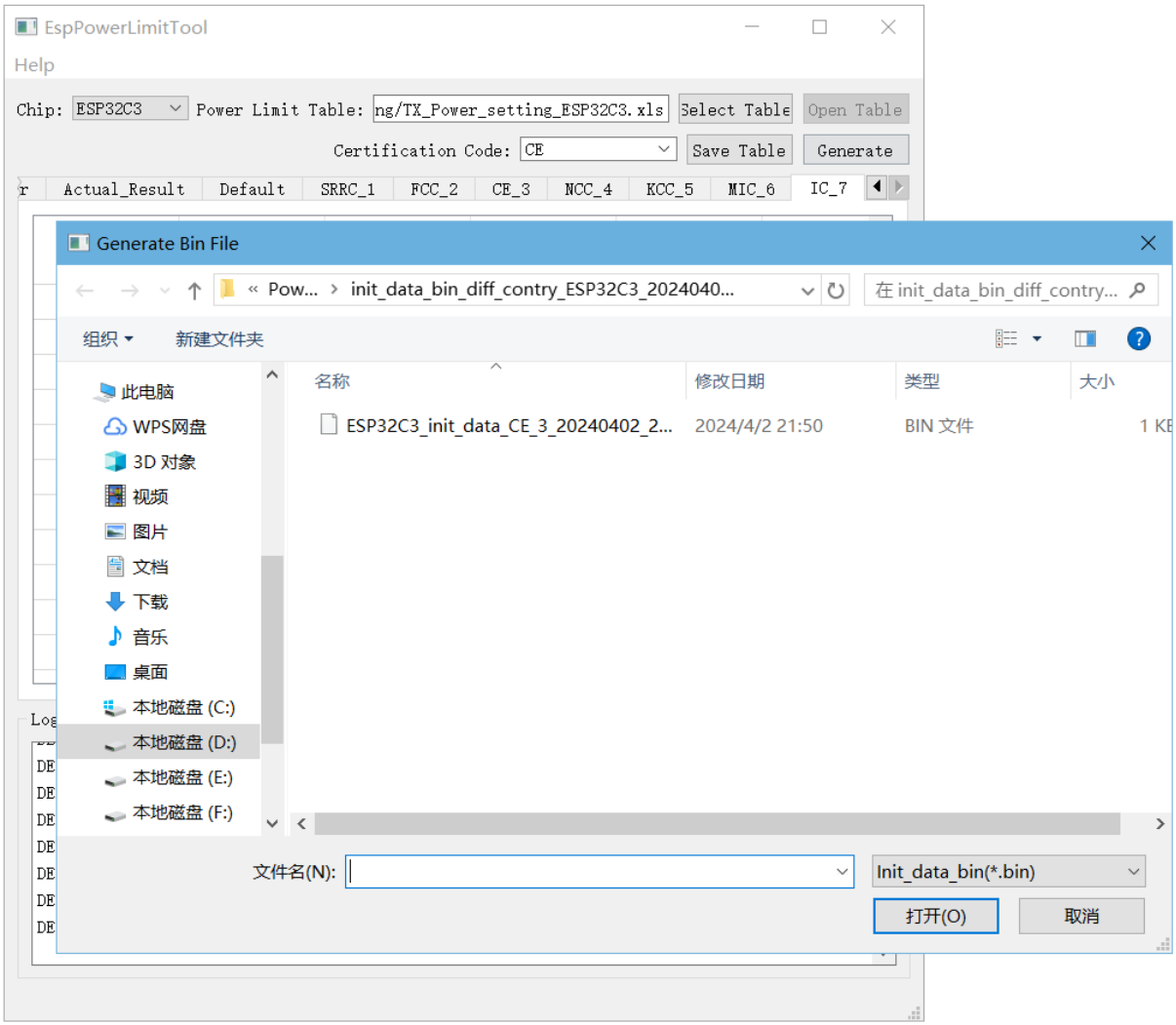


图 11: 生成 phy_init_bin 文件

备注：

1. 下拉选项 `Certification Code` 中包含单个认证和 `Multiple Country` 及 `Custom`。
2. 选择单认证会生成对应认证的单独 phy_init_bin 文件，文件包含除校验控制信息外共 128 字节。

3. 选择 `Multiple Country` 会生成包含 Default 和 SRRC、FCC、CE、NCC、KCC、MIC 与 IC 七国认证的 Combined phy_init_bin 文件，包含了 8*128 字节。
4. 选择 `Custom`，根据自定义选择生成单个或多国认证 phy_init_bin 文件。

---

5. 使用非信令或信令测试验证 phy_init_bin 是否生效。以非信令测试为例，首先使用*DownloadTool 工具* 将生成的 phy_init_bin 文件下载到待测产品。

- 从 `Tool` 选项栏中选择 `DownloadTool`，进入 `DownloadTool` 界面
- 参考*DownloadTool 工具* 操作步骤，将 phy_init_bin 文件与相应的 RF 测试固件烧录至 `flash`。
- 其中 phy_init_bin 的烧录地址为 `0x1fc000`，RF 测试固件 ESP32-C2 射频非信令测试固件 (26 MHz) or ESP32-C2 射频非信令测试固件 (40 MHz) 的烧录地址为 0x0。

备注： 关于信令测试，替换原有的 phy_init_bin 即可，请参考*RF 测试项目* 中相关文档。

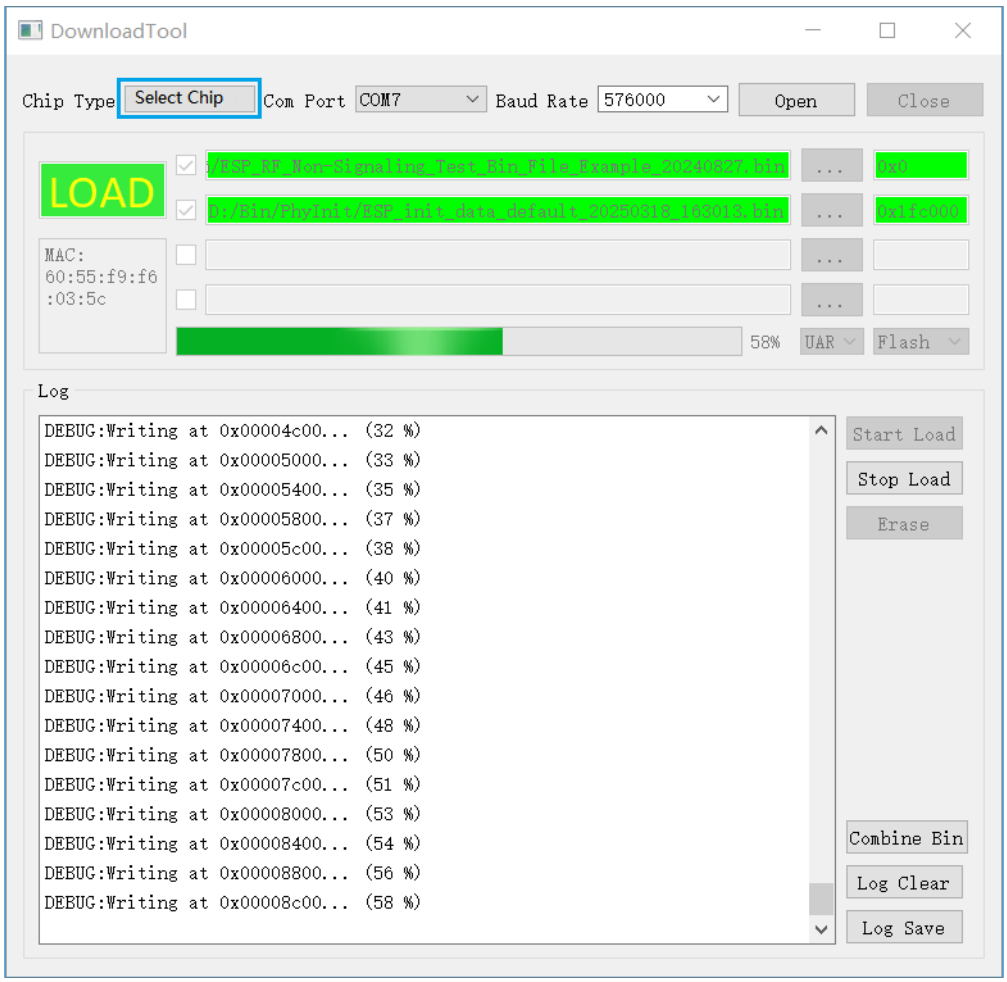


图 12: 烧录 phy_init_bin 文件

6. 使用 Wi-Fi 仪器测试输出功率，确认 phy_init_bin 是否生效。

- 打开*EspRFTestTool 工具*
- 选择对应的 `ChipType`、`COM`、`BaudRate`、点击 `Open` 打开串口；
- 选择 `WiFi Test` 界面，选择 `Test Mode`、`Rate`、`BandWidth`、`Channel`；

- 设置 `Attenuation` 默认值 0，选择 `Duty Cycle` 为 10%；
- 不勾选 `Certification EN` 代表不使能 Phy init，此时 start 发包测试代表模组的初始性能。
- 勾选 `Certification EN` 代表使能 Phy init，此时 start 发包测试代表模组的认证功率性能。
- 默认地址为 phy_init_bin 的烧录地址 0x1fc000，如烧录地址变动，此处需做相应改变。
- 对于 Multiple Country，在 `Certification Code` 中可选择其所包含的认证国家代码。

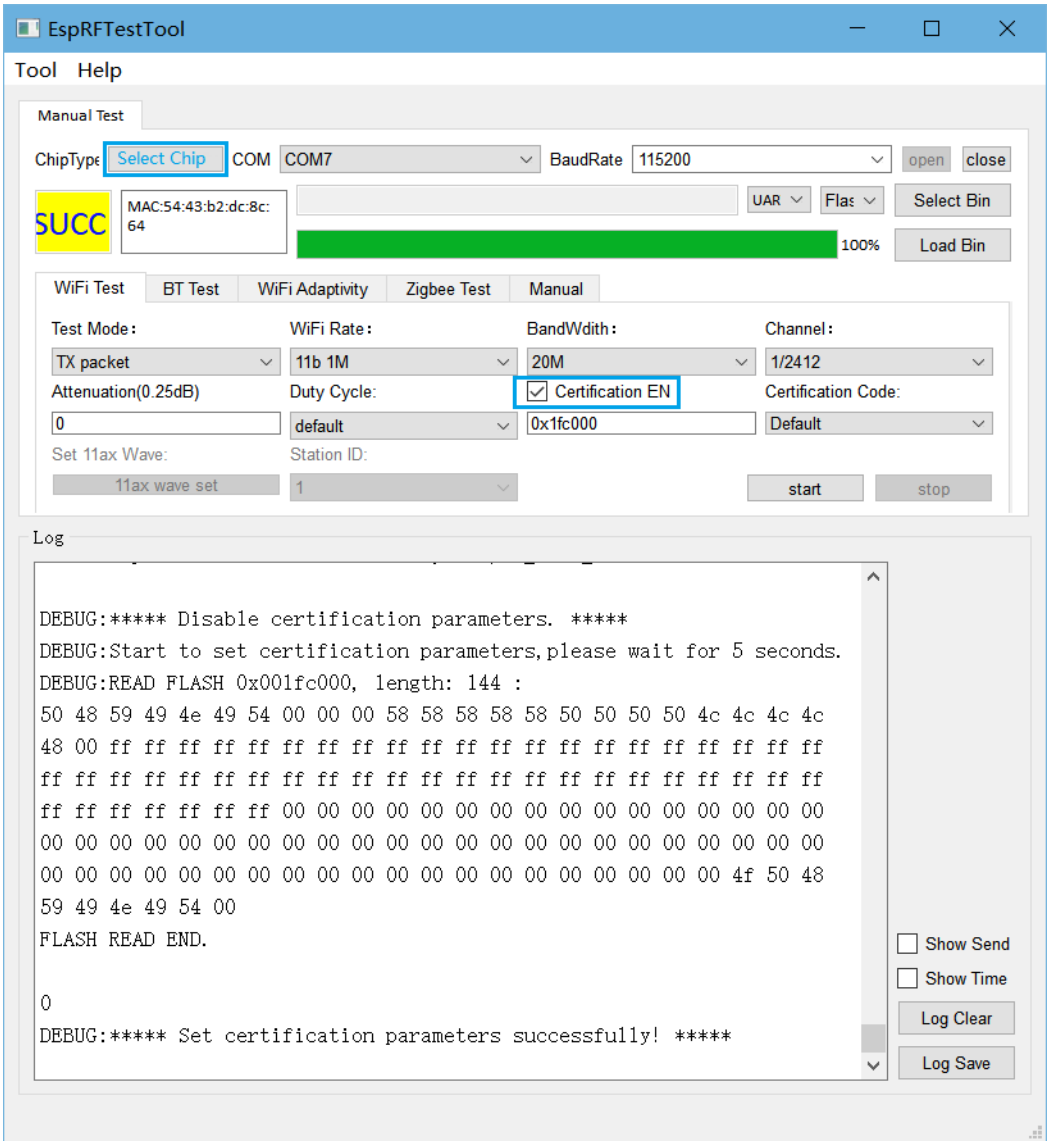


图 13: RF Test 设置界面

ESP32-C2 平均输出功率典型值

传输速率	平均输出功率典型值 (dBm)
11b 1M	21
11b 11M	21
11g 6M	21
11g 54M	19
HT20-11n MCS0	19
HT20-11n MCS7	18

3 RF 测试项目

3.1 Wi-Fi 非信令测试

Wi-Fi 非信令测试，也叫定频测试，是在不建立实际数据连接的情况下，直接控制设备发射特定信号，用于评估设备的射频性能，如发射功率、频谱质量和误码率等，以确保设备在各种环境中的无线通信质量。

搭建测试环境

射频非信令测试固件环境主要包括电脑、测试仪器、USB-to-UART 转接板、待测设备与屏蔽箱等。

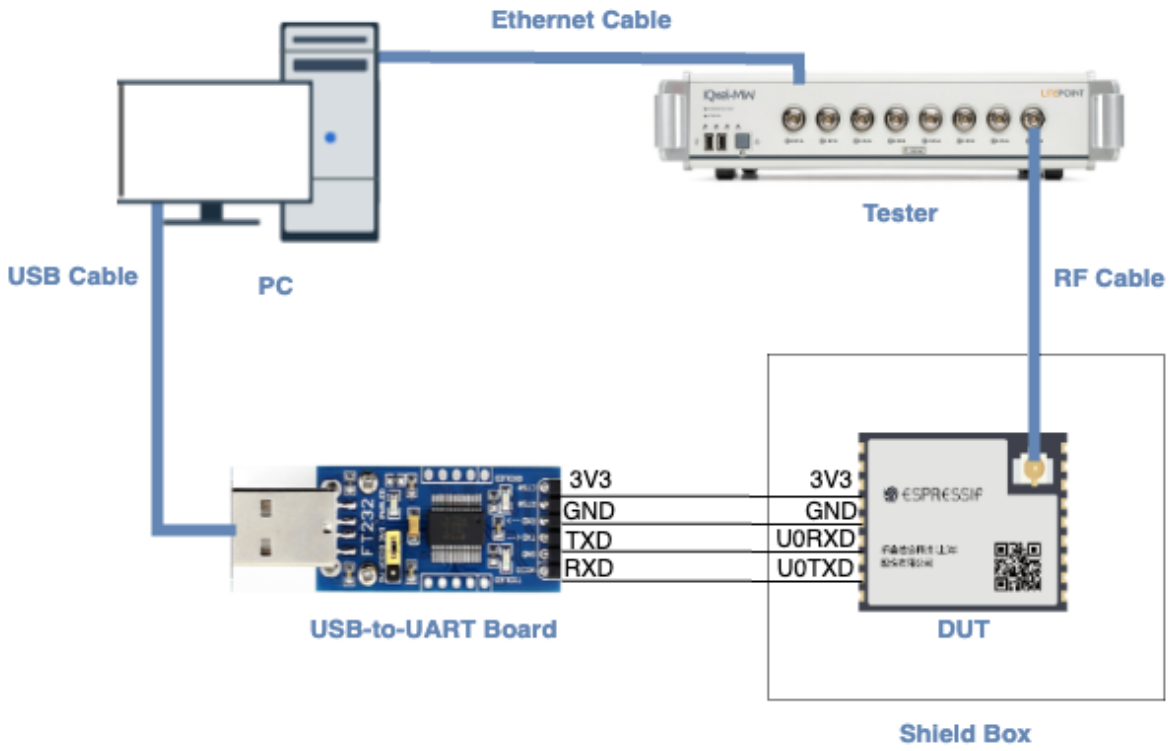


图 14: 测试环境搭建示意图

- **电脑 (PC)** 通过 USB 与 USB-to-UART 转接板连接，通过网线与测试仪器连接。电脑上需安装 EspRFTestTool 工具包、测试仪器控制软件、以及 USB-to-UART 转接板驱动。
- **测试仪器 (Tester)** 通常为 WT-328/IQXel 综测仪，用于测试待测设备在不同模式下的射频性能。
- **USB-to-UART 转接板 (USB-to-UART Board)** 用于实现电脑和待测设备之间的通信。
- **待测设备 (DUT)** 为基于 ESP32-C2 芯片或模组设计的产品。待测设备通过 UART 与 USB-to-UART 转接板连接，并通过射频连接线与测试仪器连接。待测设备通常放在屏蔽箱中。
- **屏蔽箱 (Shield Box)** 用于隔离外部射频干扰，保证测试环境的稳定性。

备注:

- 待测设备的 CHIP_EN 管脚默认上拉，如果产品设计中未拉高，需要手动将 CHIP_EN 接到 3V3 管脚。
- 部分串口通信板内部已交换 RXD 和 TXD，无需反接，需根据实际情况调整接线。
- ESP32-C2 具有上电自校准功能，待测设备上电测试前需先将射频连接线连接至测试仪器。

传导测试

- 对于没有板载 PCB 天线的模组，直接将射频连接线焊接至模组的天线馈电点即可（如上述示意图所示）。
- 对于带有板载 PCB 天线的模组，需将 PCB 天线馈电点后的天线割断，焊接射频连接线，并使射频线的屏蔽金属层充分焊锡后接入模组 GND。GND 焊接点可选择屏蔽盖或 PCB 板材上去除绿油层的 GND 层，且尽量靠近馈电点。

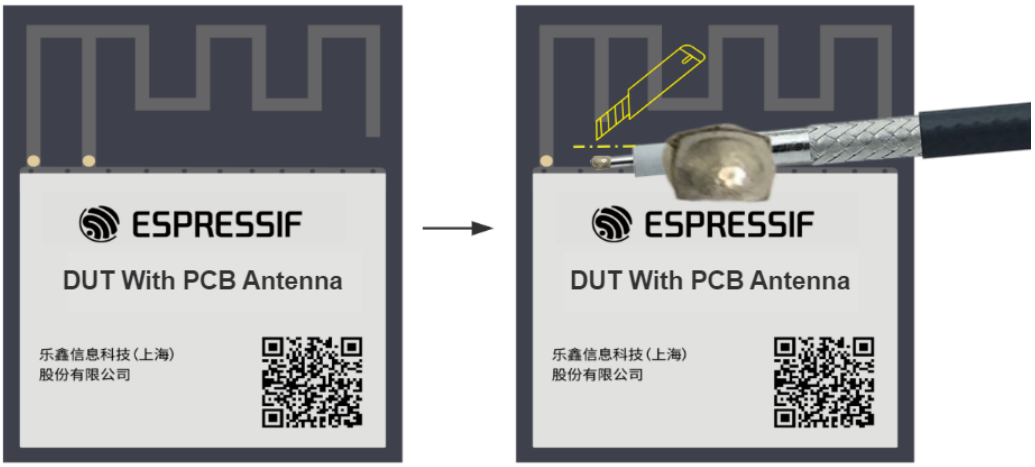


图 15: 带有板载 PCB 天线的模组焊接射频连接线示意图

烧录固件

1. 打开*EspRFTestTool 工具*。
2. 设置 `ChipType`, `COM`, `BaudRate`, 点击 `Open`，打开串口。

备注： 如果主晶振为 26 MHz，`BaudRate` 设置为 74880；如果主晶振为 40 MHz，`BaudRate` 设置为 115200。

---

3. 将 ESP32-C2 射频非信令测试固件 (26 MHz) or ESP32-C2 射频非信令测试固件 (40 MHz) 通过 `UART` 烧录至 `Flash`。

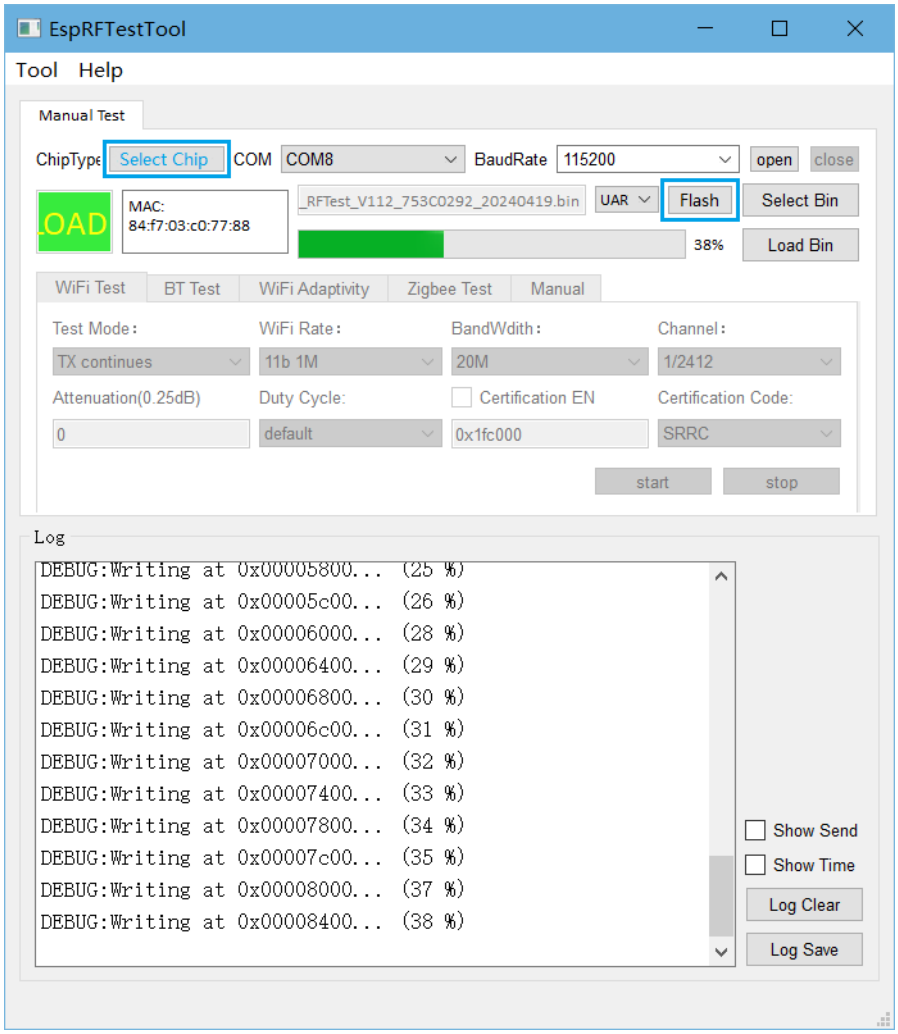


图 16: ESPRFTestTool 工具配置

4. 固件烧录完成后，将 boot 管脚拉高或悬空，芯片掉电重启后进入工作模式。

备注： 如使用 Flash 下载工具烧录固件，需要将 ESP32-C2 的烧录地址改为 0x0。

开始测试

Wi-Fi 发射性能测试

- **Test Mode**：
  - TX packet：用于发射性能测试，发包占空比低于 50%；
  - TX continues：用于认证测试，发包占空比接近 100%；
  - TX tone：用于单载波测试。
- **Wi-Fi Rate**：设置 Wi-Fi 测试速率
- **BandWidth**：设置 Wi-Fi 测试带宽
- **Channel**：设置 Wi-Fi 测试信道
- **Atteunuation (0.25 dB)**：设置功率衰减
  - 0 表示无衰减，为默认值；

  - 2 表示衰减 0.5 dB；
  - 4 表示衰减 1 dB，依次类推。
- **Duty Cycle**：在 TX packet 测试时用于设置发包占空比，默认选择 default（约 30%），可配置为 10%、50%、90%。
- **Certification EN**：默认不使能，仅在验证 Power Limit 功能时使用。
- **Certification Code**：默认不使能，仅在验证 Power Limit 功能时使用。

点击 `start` 后在 log 窗口中应打印类似如下 Wi-Fi 发射参数说明：

```
Wifi tx out: channel=1, rate=0x0, BK=0, length=50, delay=1200, packet_num=0
```

上述参数表明 Wi-Fi 发包正常，此时可使用测试仪器检测发射性能。

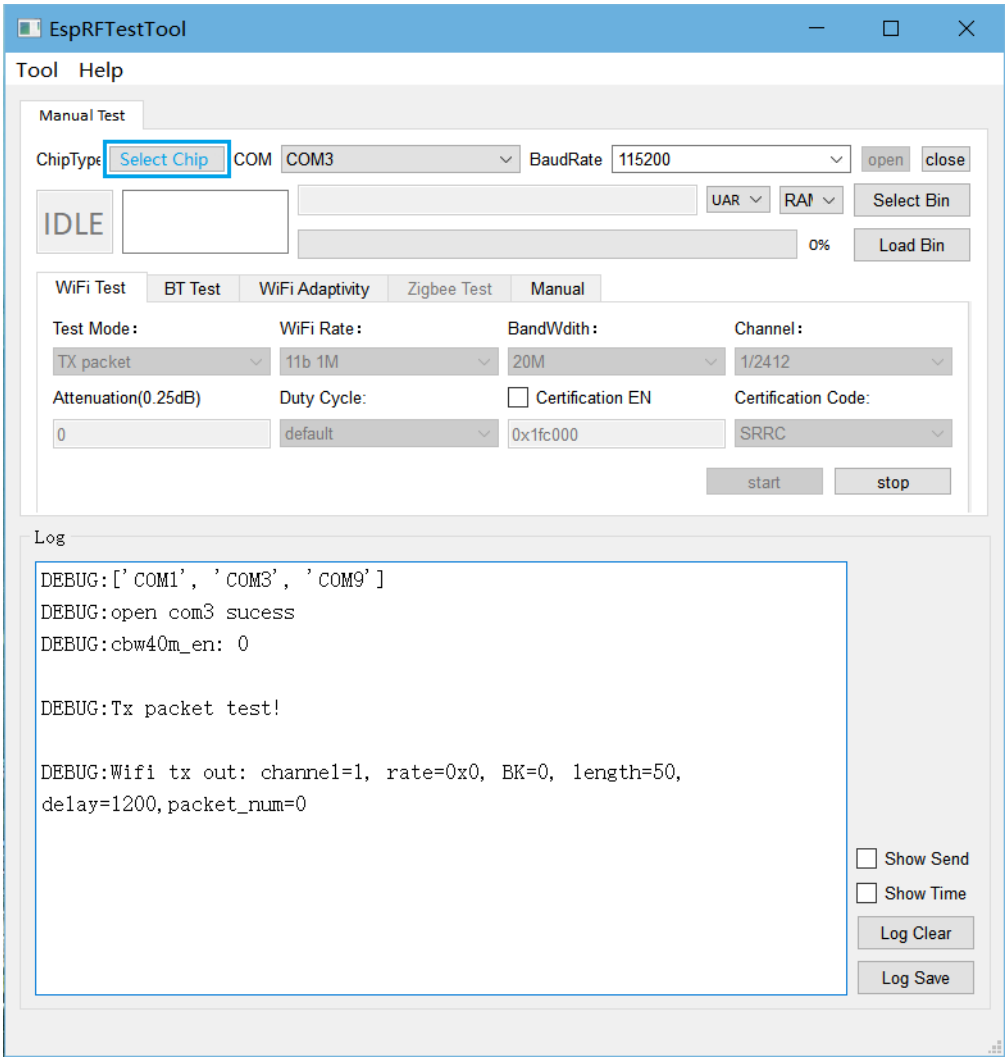


图 17: Wi-Fi 发射性能测试

Wi-Fi 接收性能测试

- **Test Mode**：设置为 `RX packet` 用于接收性能测试。
- **Wi-Fi Rate**：设置 Wi-Fi 测试速率。
- **BandWidth**：设置 Wi-Fi 测试带宽。

- **Channel**：设置 Wi-Fi 测试信道。

点击 `start` 后，仪器在测试信道发包，完成后点击 `stop`，在 log 窗口中应显示类似如下收包信息：

```
Correct:1000 Desired:1000 RSSI:-614 noise:-960 gain:0 para1:0 para2:0 freq:0
```

其中：

- **Correct**：本次收到的总的包个数。
- **Desired**：本次收到的对应速率的包个数。
- **RSSI**：表示收到 Desired 包的平均 RSSI，如“RSSI：-614”表示 RSSI 值为 -61.4。

备注:

- `Desired` 为 0 表明未收到仪器发包，请检查仪器发包设置、包文件，以确保收包链路正常；
- `Desired` 不为 0 而且 `Correct` 大于 Desired 表明环境存在干扰，请在屏蔽环境下复测；
- 收包信息中的其它参数仅用于 RD debug，无实际意义。

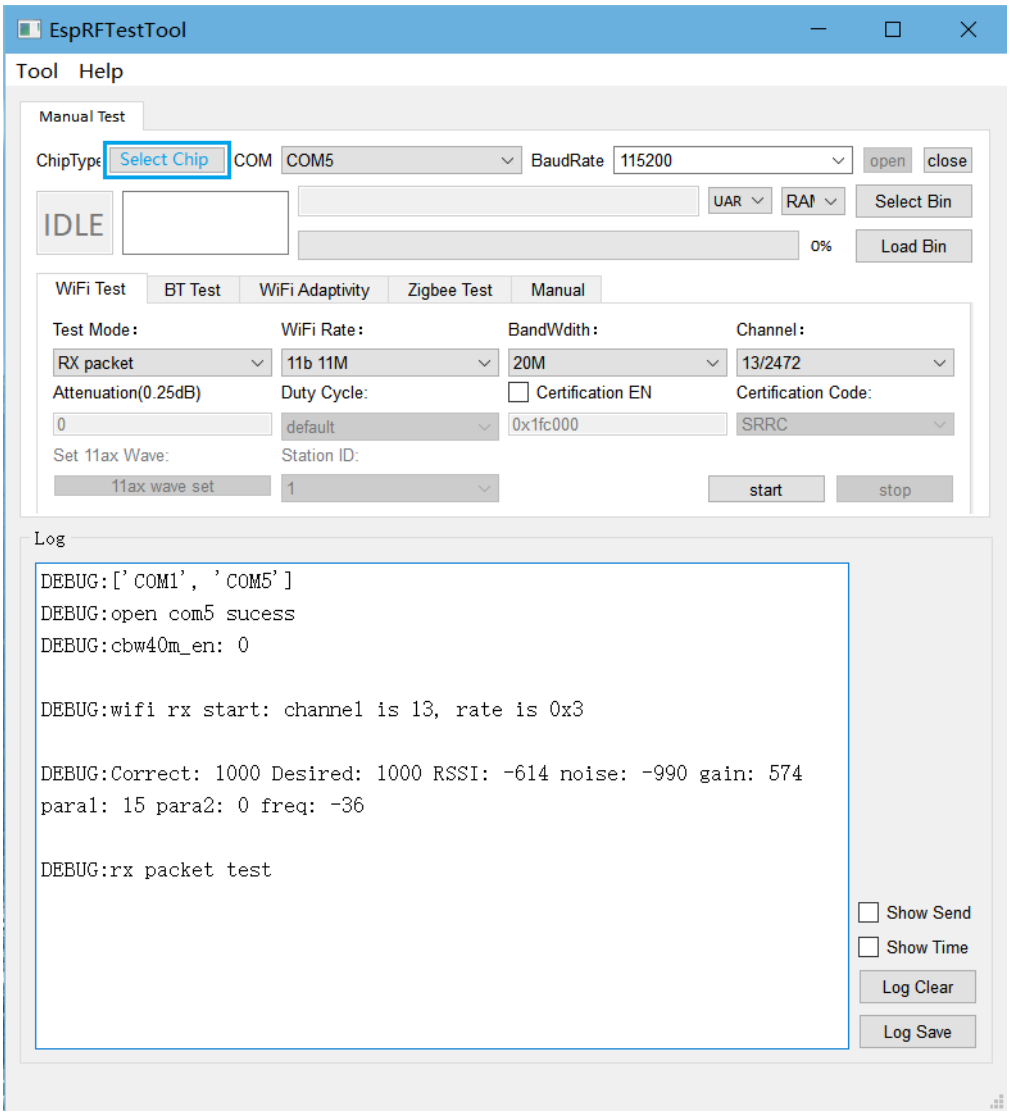


图 18: Wi-Fi 接收性能测试

附录

本附录主要用于说明芯片的 Wi-Fi 目标输出功率，用于射频调试或测试对照。

表 2: ESP32-C2 Wi-Fi 目标发射功率

速率	ESP8684 Wi-Fi 目标功率 (dBm)
11b 1M	21
11b 11M	21
11g 6M	21
11g 54M	19
HT20-11n MCS0	19
HT20-11n MCS7	18

3.2 Wi-Fi 信令测试

Wi-Fi 信令测试用于评估和验证无线网络设备 Wi-Fi 信令功能，主要用于确保设备在各种操作环境中能够稳定可靠地通信。Wi-Fi 信令测试通常用于设备的 OTA (Over-The-Air) 性能评估，包括 TRP（Total Radiated Power，总辐射功率）和 TIS（Total Isotropic Sensitivity，总各向同性灵敏度）测试。

搭建测试环境

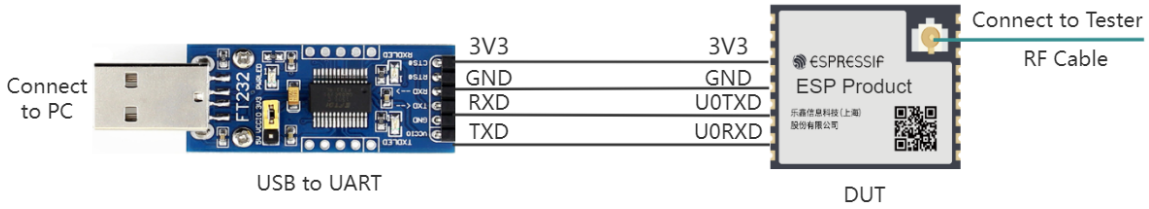


图 19: UART 连接说明

待测设备 (DUT) 为基于乐鑫芯片或模组设计的产品。待测设备通过 UART 与 USB-to-UART 转接板连接。

备注:

- 待测设备的 CHIP_EN 管脚默认上拉，如果产品设计中未拉高，需要手动将 CHIP_EN 接到 3V3 管脚。
- 部分串口通信板内部已交换 RXD 和 TXD，无需反接，需根据实际情况调整接线。
- 乐鑫芯片具有上电自校准功能，因此待测设备上电测试前需先将射频连接线连接至测试仪器。

烧录固件

1. 打开*DownloadTool 工具*。
2. 设置 `ChipType`，`Com Port`，`Baud Rate`，点击 `Open`，选择下载到 `Flash`。
3. ESP32-C2 Wi-Fi 信令测试固件（单国） 支持单国国家码，ESP32-C2 Wi-Fi 信令测试固件（多国） 支持多国国家码。它们分别都包括 **bootloader.bin**，**partition-table.bin**，**phy_init_data.bin** 与 **ssc.bin** 4 个 bin 文件。

将 ESP32-C2 Wi-Fi 信令测试固件（单国） 或 ESP32-C2 Wi-Fi 信令测试固件（多国） 解压后，分别将 4 个 bin 文件通过 UART 烧录至以下地址。

bin 文件	烧录地址
bootloader.bin	0x0
partition-table.bin	0x8000
phy_init_data.bin	0xF000
ssc.bin	0x10000

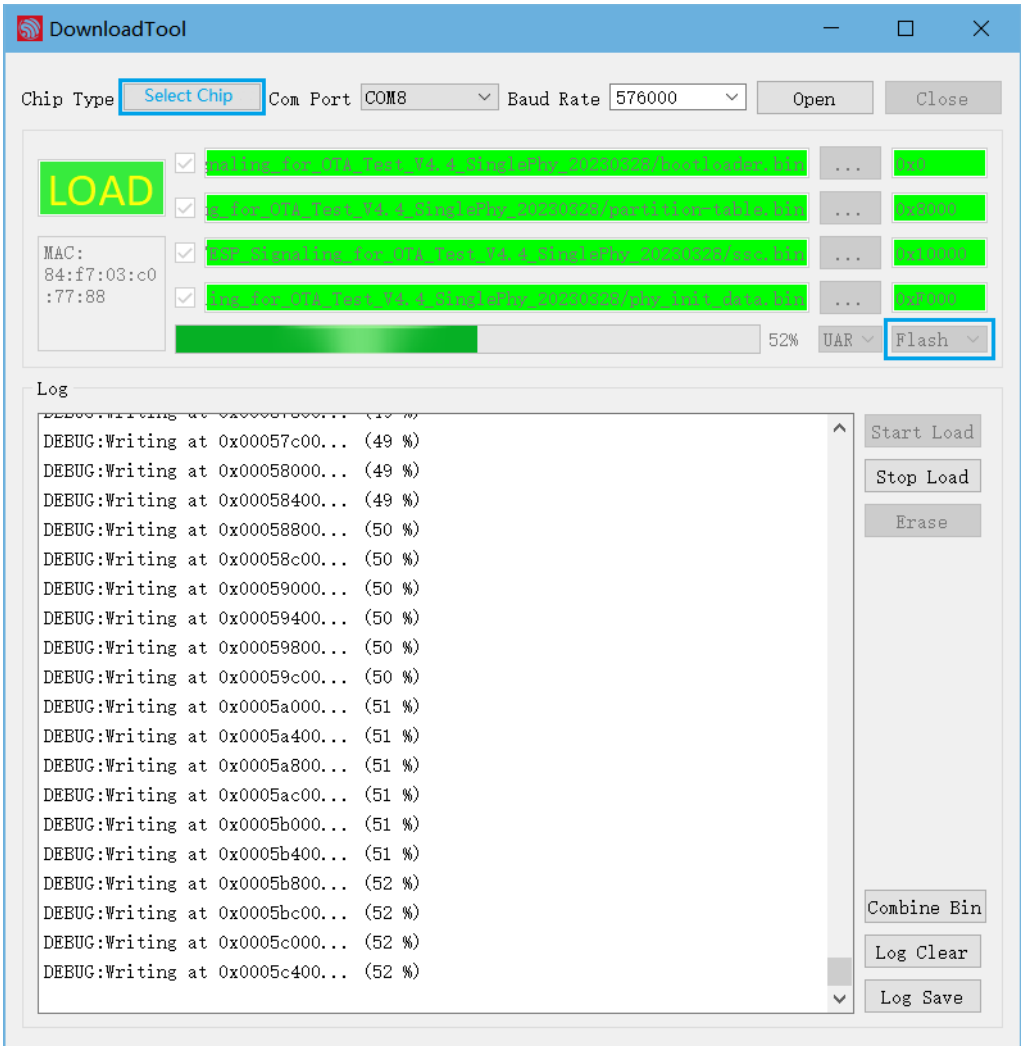


图 20: 烧录固件示意图

烧录完成后，继续以下步骤进行信令测试。

开始测试

查看上电打印日志

备注： 如果主晶振为 26 MHz，`BaudRate` 设置为 74880；如果主晶振为 40 MHz，`BaudRate` 设置为 115200。

使用串口通信工具，如 友善串口助手，配置端口号和波特率。待测设备重新上电后，如果串口输出类似如下信息，则可确认测试状态正常：

```
[0;32mI (656) phy_init: phy_version 310,5a96e9f,Jan 24 2024,17:35:13[0m
I (696) wifi:mode : softAP (10:97:bd:f2:6a:45)
I (696) wifi:Total power save buffer number: 16
I (696) wifi:Init max length of beacon: 752/752
I (696) wifi:Init max length of beacon: 752/752
[0;32mI (706) esp_netif_lwip: DHCP server started on interface WIFI_AP_DEF with IP: 192.168.4.1[0m

+WIFI:AP_START
I (716) wifi:Set ps type: 0, coexist: 0


SSC config : configs/latest/ESP32C2/SSC_WIFI

SSC version : master(ef79b743)

IDF version : release/v5.2(a328e1a0)

WIFI LIB version : (HEAD detached at 1334b6d87)(1334b6d8)

Free Heap Size: 70184, Minimum: 69988

!!!ready!!!
[0;32mI (736) main_task: Returned from app_main()[0m

+APIPv6:GetLinkLocalAddress
```

图 21: 设备上电串口打印日志

设备配网 在串口中依次输入以下两条指令以完成配网。

```
//设备配网
//配置样机进入 station 模式
op -S -o 1

//连接 AP，SSID 为 CMW-AP，密码为 12345678
sta -C -s CMW-AP -p 12345678
```

备注： `-p` 参数用于设置 AP 密码。如果 AP 无密码，则无需使用该参数。

station 设备分配到 IP 地址后，表明 Wi-Fi 连接成功，会打印如下所示 log：

```
I (325546) wifi:new:<1,0>, old:<1,0>, ap:<1,0>, sta:<255,255>, prof:1

+SOFTAP:STADISCONNECTED,42:37:dd:d6:40:44,3
op -S -o 1
I (1407226) wifi:mode : sta (10:97:bd:f2:6a:44)
I (1407226) wifi:enable tsf

+WIFI:AP_STOP

+MODE:OK

+WIFI:STA_START
sta -C -s CMW-AP1 -p 12345678

+JAP:OK
I (1709076) wifi:new:<6,0>, old:<1,0>, ap:<255,255>, sta:<6,0>, prof:1
I (1709356) wifi:state: init -> auth (b0)
I (1709366) wifi:state: auth -> assoc (0)
I (1709366) wifi:state: assoc -> run (10)
I (1709376) wifi:connected with CMW-AP1, aid = 1, channel 6, BW20, bssid = c8:0e:77:4f:d4:29
I (1709376) wifi:security: WPA2-PSK, phy: bgn, rssi: -41
I (1709396) wifi:pm start, type: 0

I (1709396) wifi:dp: 1, bi: 102400, li: 3, scale listen interval from 307200 us to 307200 us
I (1709396) wifi:set rx beacon pti, rx_bcn_pti: 0, bcn_timeout: 25000, mt_pti: 0, mt_time: 10000

+JAP:WIFICONNECTED
I (1709436) wifi:AP's beacon interval = 102400 us, DTIM period = 1

+STAIPv6:GetLinkLocalAddress
[0;32mI (1712406) esp_netif_handlers: sta ip: 192.168.5.8, mask: 255.255.255.0, gw: 192.168.5.1[0m

+JAP:CONNECTED,CMW-AP1
```

图 22: 设备配网串口打印日志

待测设备配网成功后，即可使用射频测试仪器进行 Wi-Fi 信令测试。

3.3 Wi-Fi 自适应测试

Wi-Fi 自适应测试模拟不同的网络条件和负载情况，测试设备在实时调整传输速率、信道和功率等参数时的响应能力，从而优化无线网络性能和稳定性。

备注： 如果 Wi-Fi 信号的功率谱密度 (Power Spectral Density, PSD) 高于 10 dBm/MHz，自适应测试应选择基于负载非跳频的发射前搜寻机制 (Listen Before Talk, LBT)。

搭建测试环境

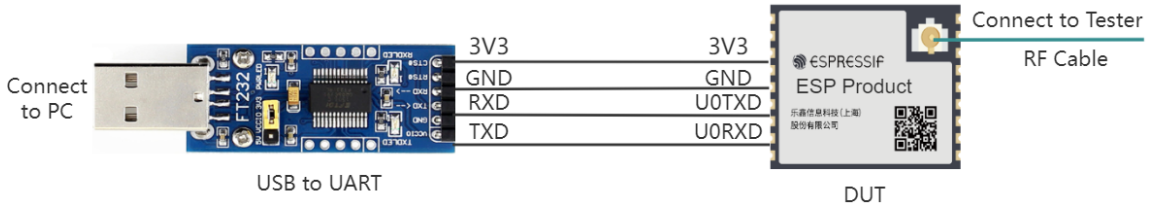


图 23: UART 连接说明

待测设备 (DUT) 为基于乐鑫芯片或模组设计的产品。待测设备通过 UART 与 USB-to-UART 转接板连接。

备注:

- 待测设备的 CHIP_EN 管脚默认上拉，如果产品设计中未拉高，需要手动将 CHIP_EN 接到 3V3 管脚。
- 部分串口通信板内部已交换 RXD 和 TXD，无需反接，需根据实际情况调整接线。
- 乐鑫芯片具有上电自校准功能，因此待测设备上电测试前需先将射频连接线连接至测试仪器。

烧录固件

1. 打开*DownloadTool 工具*。
2. 设置 `ChipType`，`Com Port`，`Baud Rate`，点击 `Open`，选择下载到 `Flash`。
3. 将 ESP32-C2 Wi-Fi 自适应测试/阻塞测试固件 (26 MHz) or ESP32-C2 Wi-Fi 自适应测试/阻塞测试固件 (40 MHz) 通过 `UART` 烧录至 0x0。

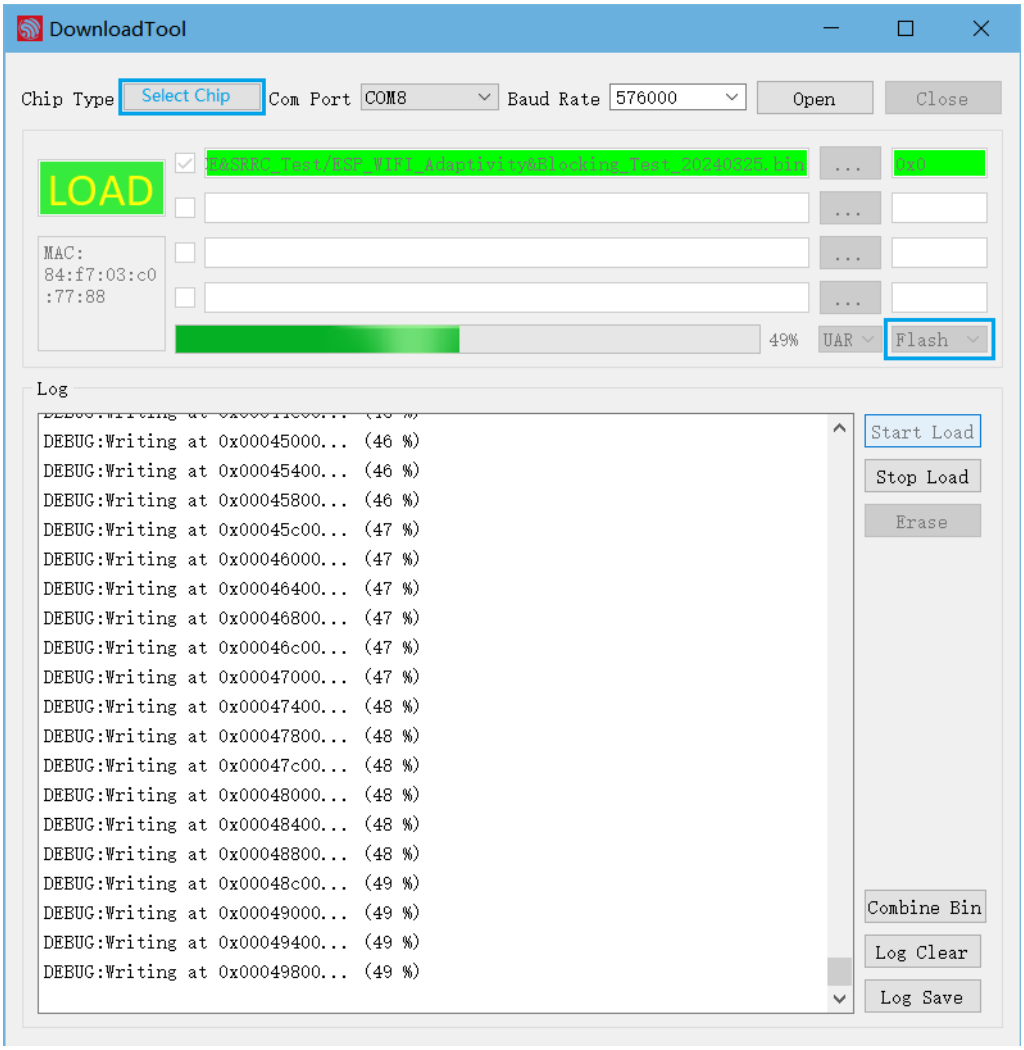


图 24: 烧录固件示意图

烧录完成后，继续以下步骤进行自适应测试。

开始测试

备注： 如果主晶振为 26 MHz，`BaudRate` 设置为 74880；如果主晶振为 40 MHz，`BaudRate` 设置为 115200。

查看上电打印 使用串口通信工具，如 友善串口助手，配置端口号和波特率，待测设备重新上电后串口如果打印类似如下信息，则可确认测试状态 OK：

```
[0;32mI (656) phy_init: phy_version 310,5a96e9f,Jan 24 2024,17:35:13[0m
I (696) wifi:mode : softAP (10:97:bd:f2:6a:45)
I (696) wifi:Total power save buffer number: 16
I (696) wifi:Init max length of beacon: 752/752
I (696) wifi:Init max length of beacon: 752/752
[0;32mI (706) esp_netif_lwip: DHCP server started on interface WIFI_AP_DEF with IP: 192.168.4.1[0m

+WIFI:AP_START
I (716) wifi:Set ps type: 0, coexist: 0


SSC config : configs/latest/ESP32C2/SSC_WIFI

SSC version : master(ef79b743)

IDF version : release/v5.2(a328e1a0)

WIFI LIB version : (HEAD detached at 1334b6d87)(1334b6d8)

Free Heap Size: 70184, Minimum: 69988

!!!ready!!!
[0;32mI (736) main_task: Returned from app_main()[0m

+APIPv6:GetLinkLocalAddress
```

图 25: 设备上电串口打印日志

接下来可选择*使用串口指令测试* 或者*使用 EspRFTestTool 工具测试*。

使用串口指令测试 在串口中依次输入以下指令进行配网与流量测试:

```
//设备配网
//配置样机进入 station 模式
op -S -o 1

//连接 AP, SSID 为 CMW-AP, 密码为 12345678
sta -C -s CMW-AP -p 12345678

//流量测试
//清空 socket
soc -T

//创建 UDP, 端口为 8080, 默认 socket ID 为 54
soc -B -t UDP -p 8080

//对 socket ID 为 54 的 AP 设备进行流量测试
soc -S -s 54 -i 192.168.1.1 -p 8080 -l 2000 -n 200000000 -j 1
```

备注: -p 参数用于设置 AP 密码。如果 AP 无密码，则无需使用该参数。

如果串口中打印以下类似信息，则表明已开启跑流，可以开始进行 Wi-Fi 自适应测试。

```
+APIPv6:GetLinkLocalAddress
op -S -o 1
I (4041) wifi:mode : sta (10:97:bd:f2:6a:44)
I (4041) wifi:enable tsf

+WIFI:AP_STOP

+MODE:OK

+WIFI:STA_START
sta -C -s CMW-AP1 -p 12345678

+JAP:OK
I (6101) wifi:new:<6,0>, old:<1,0>, ap:<255,255>, sta:<6,0>, prof:1
I (6381) wifi:state: init -> auth (b0)
I (6381) wifi:state: auth -> assoc (0)
I (6391) wifi:state: assoc -> run (10)
I (6421) wifi:connected with CMW-AP1, aid = 1, channel 6, BW20, bssid = c8:0e:77:4f:d4:29
I (6421) wifi:security: WPA2-PSK, phy: bgn, rssi: -39
I (6431) wifi:pm start, type: 0

I (6431) wifi:dp: 1, bi: 102400, li: 3, scale listen interval from 307200 us to 307200 us
I (6431) wifi:set rx beacon pti, rx_bcn_pti: 0, bcn_timeout: 25000, mt_pti: 0, mt_time: 10000

+JAP:WIFICONNECTED
I (6511) wifi:AP's beacon interval = 102400 us, DTIM period = 1
[0;32mI (7441) esp_netif_handlers: sta ip: 192.168.67.174, mask: 255.255.255.0, gw: 192.168.67.1[0m

+JAP:CONNECTED,CMW-AP1

+STAIPv6:GetLinkLocalAddress
soc -T

+CLOSEALL

soc -B -t UDP -p 8080

+BIND:54,OK,0.0.0.0,8080
soc -S -s 54 -i 192.168.1.1 -p 8080 -l 2000 -n 200000000000 -j 1
```

图 26: 设备配网串口打印日志

使用 EspRFTestTool 工具测试

- 打开 EspRFTestTool 工具包，配置 `ChipType` 与 `COM`，波特率 `BaudRate`，打开端口后，选择 `WiFi Adaptivity` 测试界面。
- 在 `STA` 模式输入 `AP ssid` 和 `AP pwd`, 点击 `Connect AP` 连接。
- 连接成功后应打印如下 log:

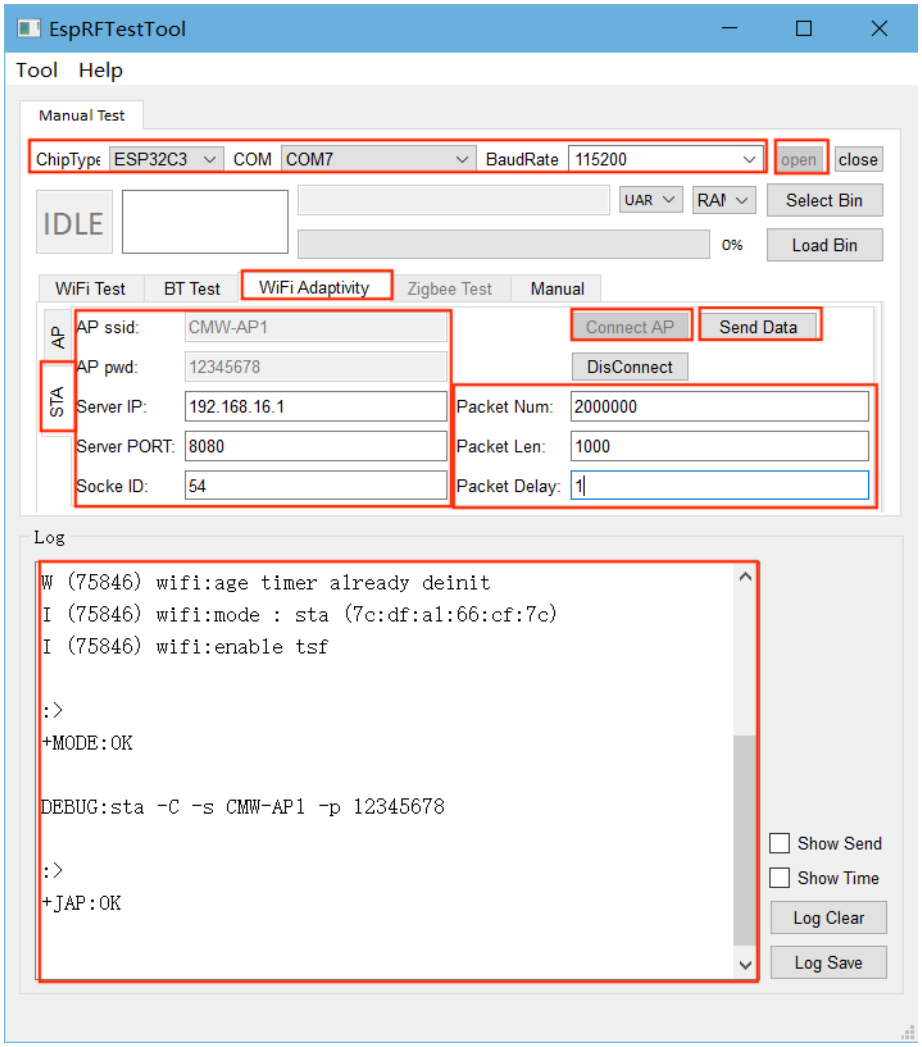


图 27: 设备配网

- 连接成功后，将 `Packet Num` 设置为一个足够大的数值，例如 20000000，以满足较长跑流测试时间。
- 将 `Server PORT` 设置为 8080，`Socket ID` 设置为 54，将 `Packet Delay` 改为 1，以满足认证需求。
- 上述设置完成后，点击 `Send Data`。如果 log 类似下图所示，则表明已开启跑流，可开始进行 Wi-Fi 自适应测试。

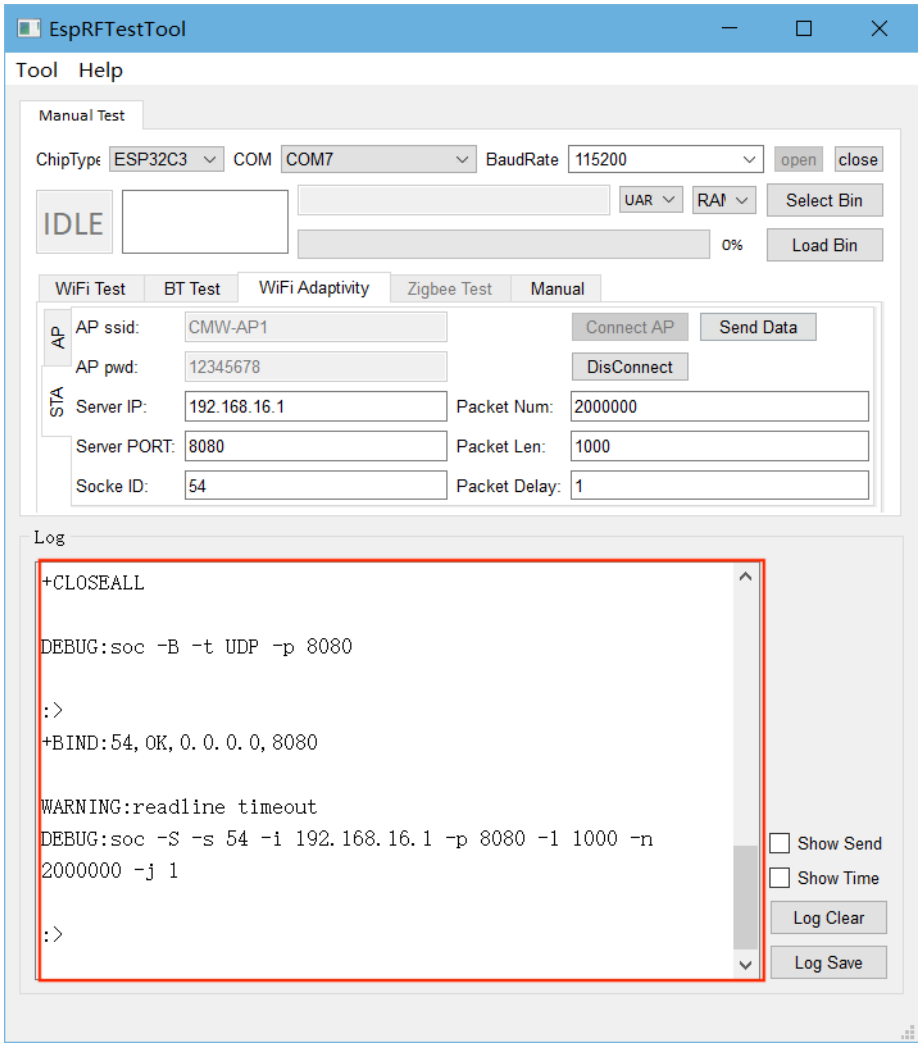


图 28: Wi-Fi 自适应流量测试

3.4 Wi-Fi 接收阻塞测试

Wi-Fi 接收阻塞测试评估设备在强干扰信号环境下的接收性能。通过引入高强度的干扰信号，测试设备的接收灵敏度和抗干扰能力，以确保其在复杂无线环境中的可靠运行。

搭建测试环境

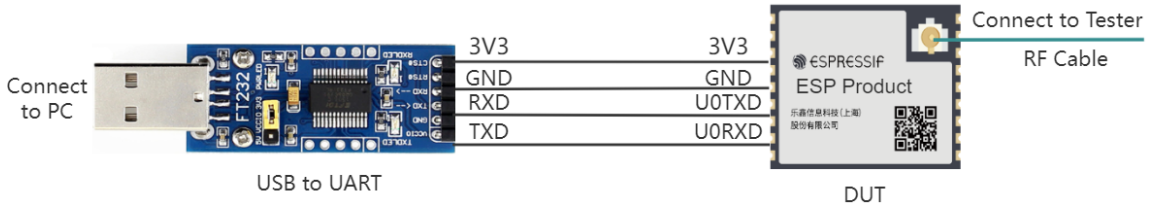


图 29: UART 连接说明

待测设备 (DUT) 为基于乐鑫芯片或模组设计的产品。待测设备通过 UART 与 USB-to-UART 转接板连接。

备注:

- 待测设备的 CHIP_EN 管脚默认上拉，如果产品设计中未拉高，需要手动将 CHIP_EN 接到 3V3 管脚。
- 部分串口通信板内部已交换 RXD 和 TXD，无需反接，需根据实际情况调整接线。
- 乐鑫芯片具有上电自校准功能，因此待测设备上电测试前需先将射频连接线连接至测试仪器。

烧录固件

1. 打开*DownloadTool 工具*。
2. 设置 `ChipType`，`Com Port`，`Baud Rate`，点击 `Open`，选择下载到 `Flash`。
3. 将 ESP32-C2 Wi-Fi 自适应测试/阻塞测试固件 (26 MHz) or ESP32-C2 Wi-Fi 自适应测试/阻塞测试固件 (40 MHz) 通过 `UART` 烧录至 0x0。

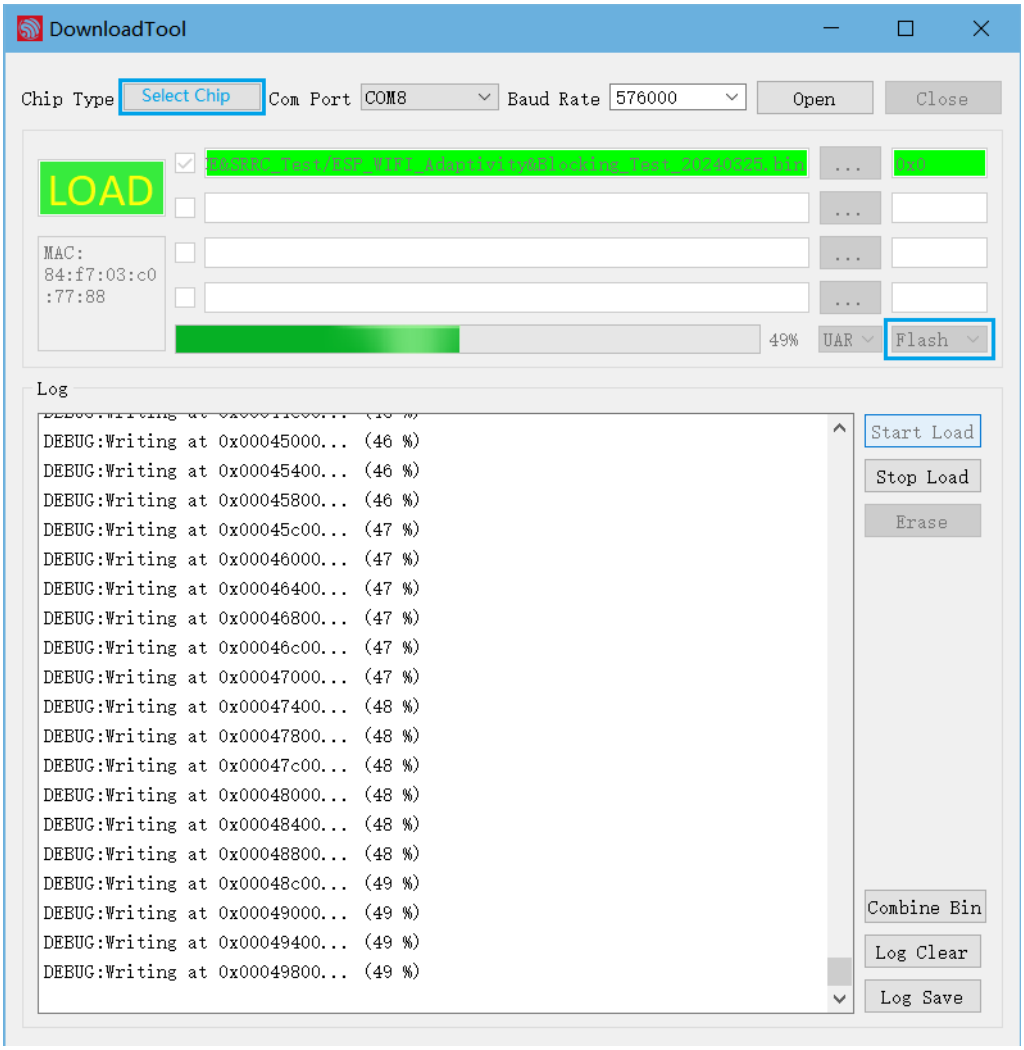


图 30: 烧录固件示意图

烧录完成后，继续以下步骤进行自适应测试。

开始测试

备注： 如果主晶振为 26 MHz，`BaudRate` 设置为 74880；如果主晶振为 40 MHz，`BaudRate` 设置为 115200。

查看上电打印 使用串口通信工具，如 友善串口助手，配置端口号和波特率，待测设备重新上电后串口如果打印类似如下信息，则可确认测试状态 OK：

```
[0;32mI (656) phy_init: phy_version 310,5a96e9f,Jan 24 2024,17:35:13[0m
I (696) wifi:mode : softAP (10:97:bd:f2:6a:45)
I (696) wifi:Total power save buffer number: 16
I (696) wifi:Init max length of beacon: 752/752
I (696) wifi:Init max length of beacon: 752/752
[0;32mI (706) esp_netif_lwip: DHCP server started on interface WIFI_AP_DEF with IP: 192.168.4.1[0m

+WIFI:AP_START
I (716) wifi:Set ps type: 0, coexist: 0


SSC config : configs/latest/ESP32C2/SSC_WIFI

SSC version : master(ef79b743)

IDF version : release/v5.2(a328e1a0)

WIFI LIB version : (HEAD detached at 1334b6d87)(1334b6d8)

Free Heap Size: 70184, Minimum: 69988

!!!ready!!!
[0;32mI (736) main_task: Returned from app_main()[0m

+APIPv6:GetLinkLocalAddress
```

图 31: 设备上电串口打印日志

使用串口指令测试 在串口中依次输入以下指令以进行配网：

```
// 设备配网
// 配置样机进入 station 模式
op -S -o 1

// 连接 AP，SSID 为 CMW-AP，密码为 12345678
sta -C -s CMW-AP -p 12345678
```

备注:

- `-p` 参数用于设置 AP 密码。如果 AP 无密码，则无需使用该参数。

串口中打印如下信息，表明连接成功，可进行 Wi-Fi 接收阻塞测试。

```
+APIPv6:GetLinkLocalAddress
op -S -o 1
I (4041) wifi:mode : sta (10:97:bd:f2:6a:44)
I (4041) wifi:enable tsf

+WIFI:AP_STOP

+MODE:OK

+WIFI:STA_START
sta -C -s CMW-AP1 -p 12345678

+JAP:OK
I (6101) wifi:new:<6,0>, old:<1,0>, ap:<255,255>, sta:<6,0>, prof:1
I (6381) wifi:state: init -> auth (b0)
I (6381) wifi:state: auth -> assoc (0)
I (6391) wifi:state: assoc -> run (10)
I (6421) wifi:connected with CMW-AP1, aid = 1, channel 6, BW20, bssid = c8:0e:77:4f:d4:29
I (6421) wifi:security: WPA2-PSK, phy: bgn, rssi: -39
I (6431) wifi:pm start, type: 0

I (6431) wifi:dp: 1, bi: 102400, li: 3, scale listen interval from 307200 us to 307200 us
I (6431) wifi:set rx beacon pti, rx_bcn_pti: 0, bcn_timeout: 25000, mt_pti: 0, mt_time: 10000

+JAP:WIFICONNECTED
I (6511) wifi:AP's beacon interval = 102400 us, DTIM period = 1
[0;32mI (7441) esp_netif_handlers: sta ip: 192.168.67.174, mask: 255.255.255.0, gw: 192.168.67.1[0m

+JAP:CONNECTED,CMW-AP1

+STAIPv6:GetLinkLocalAddress
```

图 32: 设备配网串口打印日志

使用 ESPRFTestTool 工具测试

- 打开 EspRFTestTool 工具包，配置 `ChipType` 与 `COM`，波特率选择 115200，打开端口后，选择 `WiFi Adaptivity` 测试界面。
- 在 `STA` 模式输入 `AP ssid` 和 `AP pwd`, 点击 `Connect AP` 连接。
- 如果打印类似如下 log，则表明配网成功：

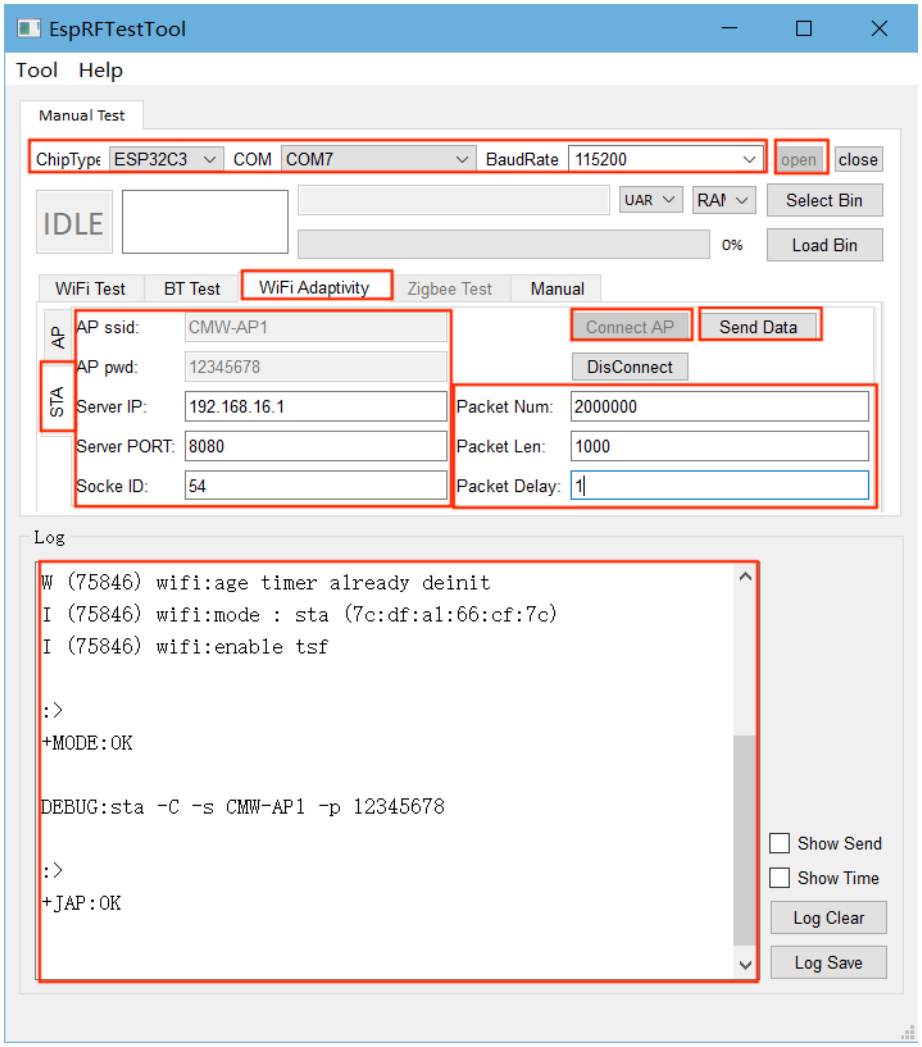


图 33: 设备配网

配网成功后即可开始 Wi-Fi 接收阻塞测试。

3.5 低功耗蓝牙非信令测试

低功耗蓝牙非信令测试控制设备发射特定信号，无需建立实际连接，用于评估其发射功率、频谱特性和误码率等关键性能指标，确保设备的无线通信质量。

搭建测试环境

射频非信令测试固件环境主要包括电脑、测试仪器、USB-to-UART 转接板、待测设备与屏蔽箱等。

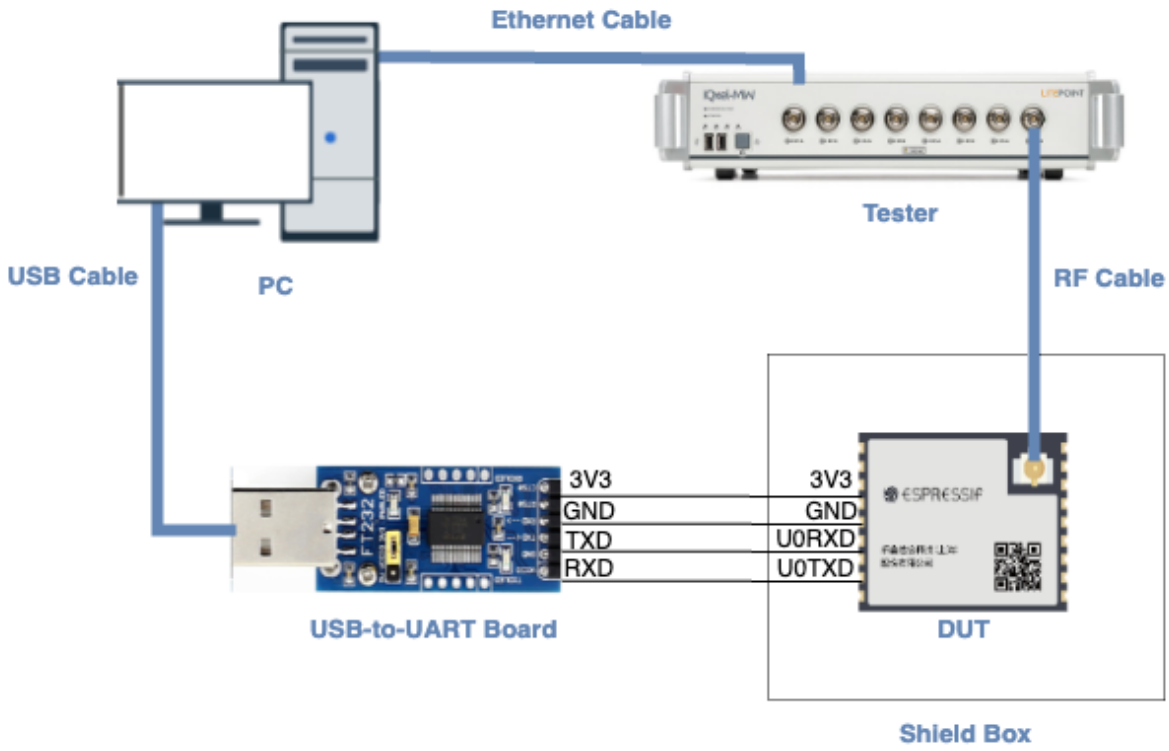


图 34: 测试环境搭建示意图

- **电脑 (PC)** 通过 USB 与 USB-to-UART 转接板连接，通过网线与测试仪器连接。电脑上需安装 EspRFTestTool 工具包、测试仪器控制软件、以及 USB-to-UART 转接板驱动。
- **测试仪器 (Tester)** 通常为 WT-328/IQXel 综测仪，用于测试待测设备在不同模式下的射频性能。
- **USB-to-UART 转接板 (USB-to-UART Board)** 用于实现电脑和待测设备之间的通信。
- **待测设备 (DUT)** 为基于 ESP32-C2 芯片或模组设计的产品。待测设备通过 UART 与 USB-to-UART 转接板连接，并通过射频连接线与测试仪器连接。待测设备通常放在屏蔽箱中。
- **屏蔽箱 (Shield Box)** 用于隔离外部射频干扰，保证测试环境的稳定性。

备注:

- 待测设备的 CHIP_EN 管脚默认上拉，如果产品设计中未拉高，需要手动将 CHIP_EN 接到 3V3 管脚。
- 部分串口通信板内部已交换 RXD 和 TXD，无需反接，需根据实际情况调整接线。
- ESP32-C2 具有上电自校准功能，待测设备上电测试前需先将射频连接线连接至测试仪器。

传导测试

- 对于没有板载 PCB 天线的模组，直接将射频连接线焊接至模组的天线馈电点即可（如上述示意图所示）。
- 对于带有板载 PCB 天线的模组，需将 PCB 天线馈电点后的天线割断，焊接射频连接线，并使射频线的屏蔽金属层充分焊锡后接入模组 GND。GND 焊接点可选择屏蔽盖或 PCB 板材上去除绿油层的 GND 层，且尽量靠近馈电点。

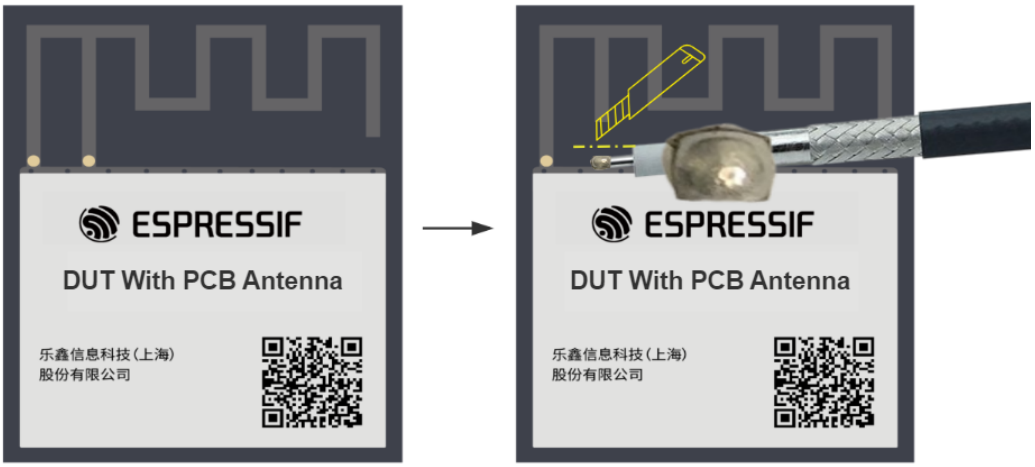


图 35: 带有板载 PCB 天线的模组焊接射频连接线示意图

烧录固件

1. 打开*EspRFTestTool 工具*。
2. 设置 `ChipType`, `COM`, `BaudRate`, 点击 `Open`，打开串口。

备注： 如果主晶振为 26 MHz，`BaudRate` 设置为 74880；如果主晶振为 40 MHz，`BaudRate` 设置为 115200。

---

3. 将 ESP32-C2 射频非信令测试固件 (26 MHz) or ESP32-C2 射频非信令测试固件 (40 MHz) 通过 `UART` 烧录至 `Flash`。

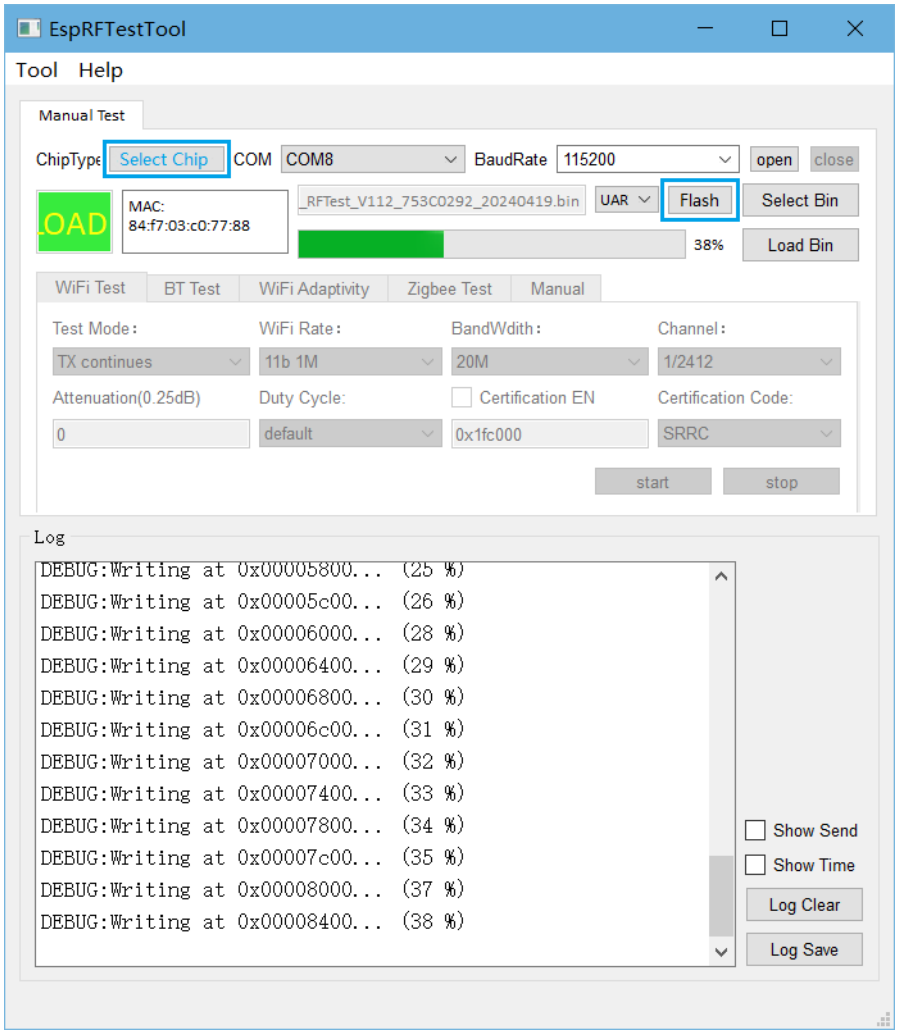


图 36: ESPRFTestTool 工具配置

4. 固件烧录完成后，将 boot 管脚拉高或悬空，芯片掉电重启后进入工作模式。

备注： 如使用 Flash 下载工具烧录固件，需要将 ESP32-C2 的烧录地址改为 0x0。

开始测试

低功耗蓝牙发射性能测试

- **Test Mode**：
  - BLE50 TX：用于发射性能测试；
  - BLE50 TX continue：高发包占空比，用于认证测试。
- **Power Level**：设置低功耗蓝牙发射功率等级，支持 0~15 档测试
- **Channel**：设置低功耗蓝牙测试信道
- **Hoppe**：使能跳频功能，默认关闭
- **Ulap**：设置蓝牙地址，默认不使能
- **Itaddr**：设置逻辑传输地址，默认不使能
- **Syncw**：设置包文件的身份识别码，默认选择 syncw=0x71764129

- **Payload length**：设置 payload 长度，默认使用 250
- **Data Rate**：设置发包速率和编码序列，支持 BLE 1M、2M、125K、500K 四种速率，支持 1010、11110000、prbs9 三种编码序列

点击 `start` 后在 log 窗口中显示低功耗蓝牙发射参数说明，参考如下：

```
fcc_le_tx_syncw:txpwr=15,chan=0,len=250,data_type=0,syncw=0x71764129,rate=0,tx_
↪num=0,contin_en=0,delay=0,hopp_en=0
```

表明低功耗蓝牙发包正常，此时可使用综测仪检测发射性能。

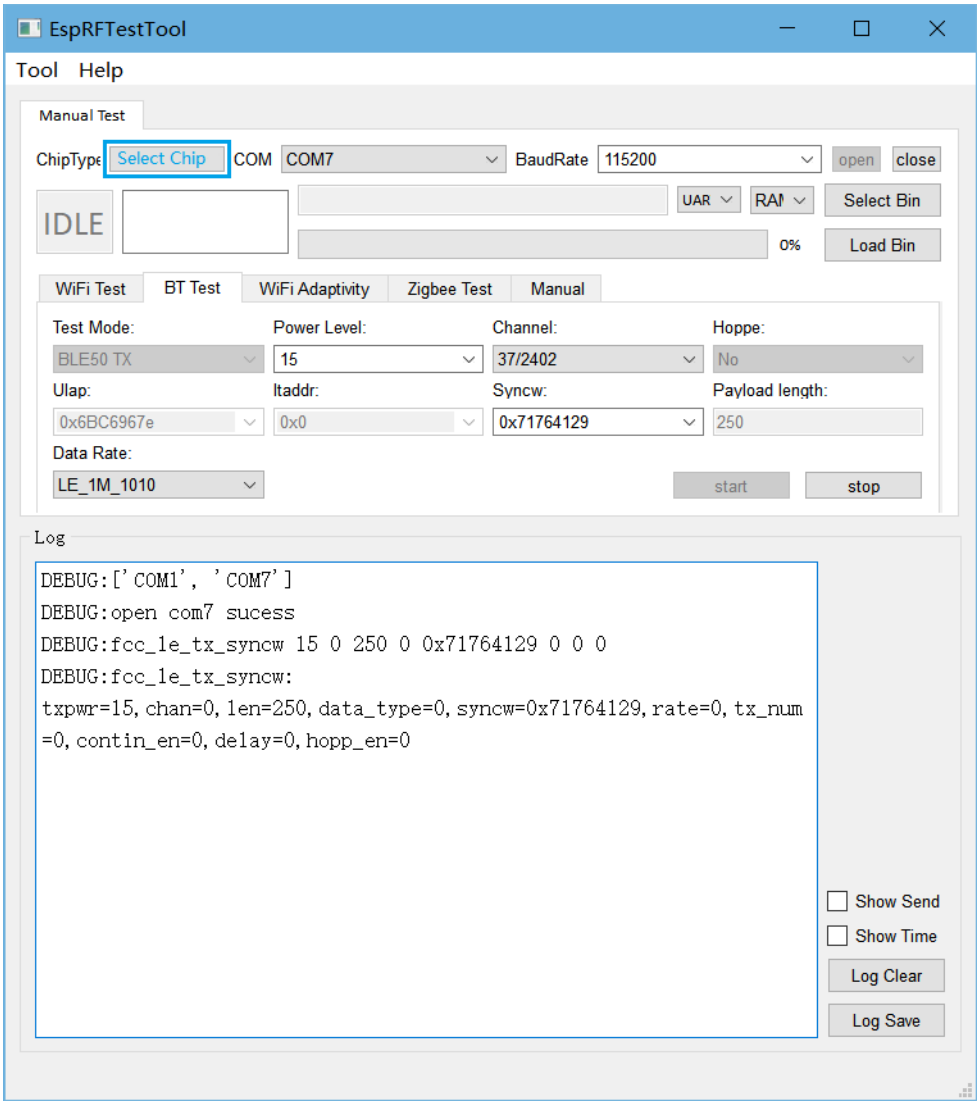


图 37: 低功耗蓝牙发射性能测试

低功耗蓝牙接收性能测试

- **Test Mode**：选择 BLE50 RX 用于低功耗蓝牙接收性能测试。
- **Channel**：设置低功耗蓝牙测试信道。
- **Syncw**：设置包文件的身份识别码，默认选择 syncw=0x71764129。
- **Data Rate**：设置收包速率，默认为 prbs9 编码序列。

点击 start 后使用仪器在测试信道发包，完成后点击 stop，在 log 窗口中显示收包信息如下：

```
3e8 3e8 0 0 0 0 0 0 0 0 p -53276 -24131 0 29422
```

其中：

- 第 1 个参数 Res[0]（16 进制）表示本次测试收到的总包数。本次测试中，总包数为 3e8。
- 第 2 个参数 Res[1]（16 进制）表示本次测试在对应速率下收到的包的数量。本次测试中，对应速率包的数量为 3e8。
- 第 12 个参数 Res[11]（10 进制）表示本次测试收到正确包的 RSSI。本次测试中，RSSI 为 -53276。

根据上述参数，可以计算：

- 丢包率 PER = [1-(Res[1]/Sent_Packet_Numbers)]*100%<=30.8%
- 每个包的 RSSI = Res[11]/(Res[1])

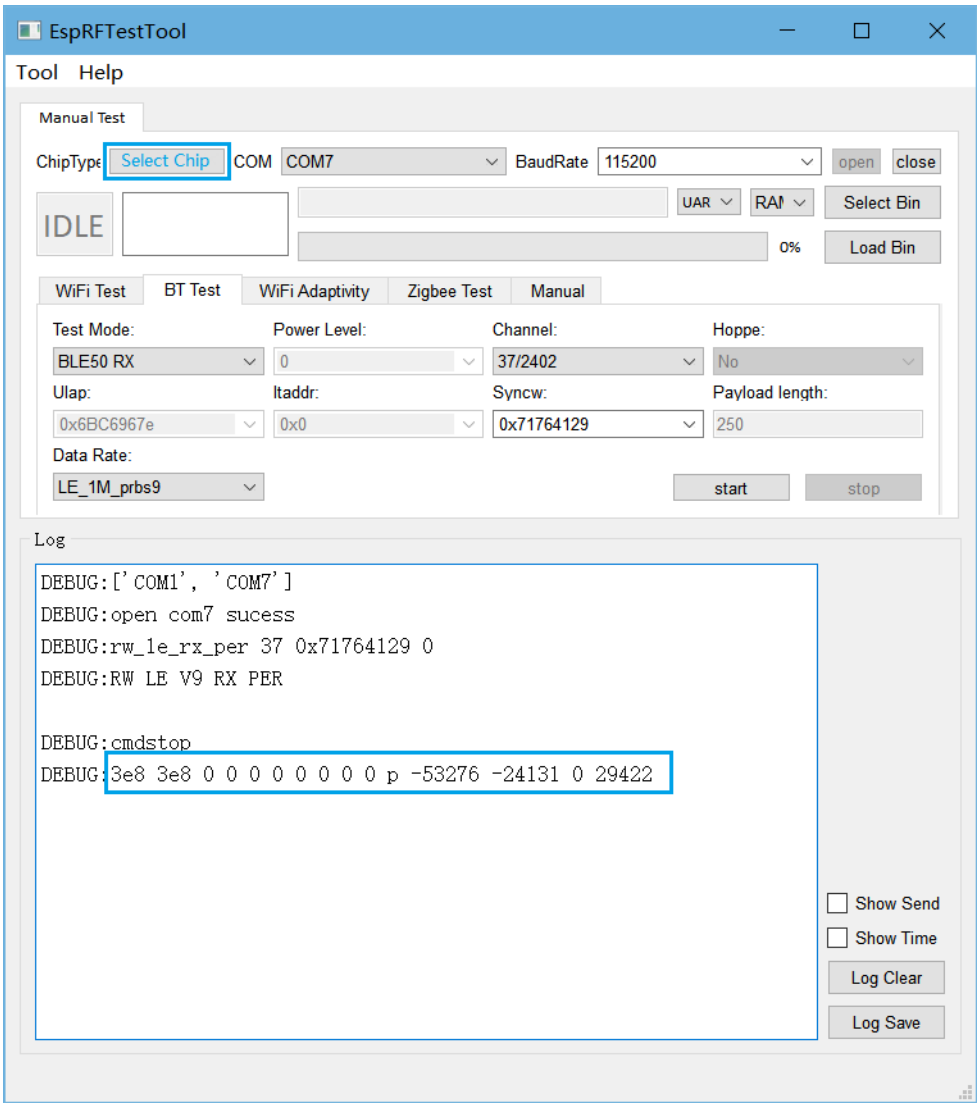


图 38: 低功耗蓝牙接收性能测试

附录

本附录为射频调试或测试所需参考的对照表。

低功耗蓝牙发射功率等级 下表主要用于说明 ESP32-C2 的低功耗蓝牙的功率等级及对应的目标功率，用于射频调试或测试对照。

表 3: ESP32-C2 低功耗蓝牙发射功率等级

功率等级	低功耗蓝牙发射功率 (dBm)
0	-24
1	-21
2	-18
3	-15
4	-12
5	-9
6	-6
7	-3
8	0
9	3
10	6
11	9
12	12
13	15
14	18
15	20

低功耗蓝牙 5.0 PHY 信道与索引 对于低功耗蓝牙，EspRFTestTool 工具包使用信道索引 (channel index) 来识别信道。

表 4: ESP32-C2 低功耗蓝牙 5.0 PHY 信道与索引

PHY 信道	射频中心频率（MHz）	信道索引
0	2402	37
1	2404	0
2	2406	1
…	…	…
11	2424	10
12	2426	38
13	2428	11
14	2430	12
…	…	…
38	2478	36
39	2480	39

3.6 低功耗蓝牙 DTM 测试

低功耗蓝牙 DTM 测试通过直接控制设备进入特定的发射或接收模式，评估低功耗蓝牙设备射频性能，如发射功率、接收灵敏度和频谱特性等。

搭建测试环境

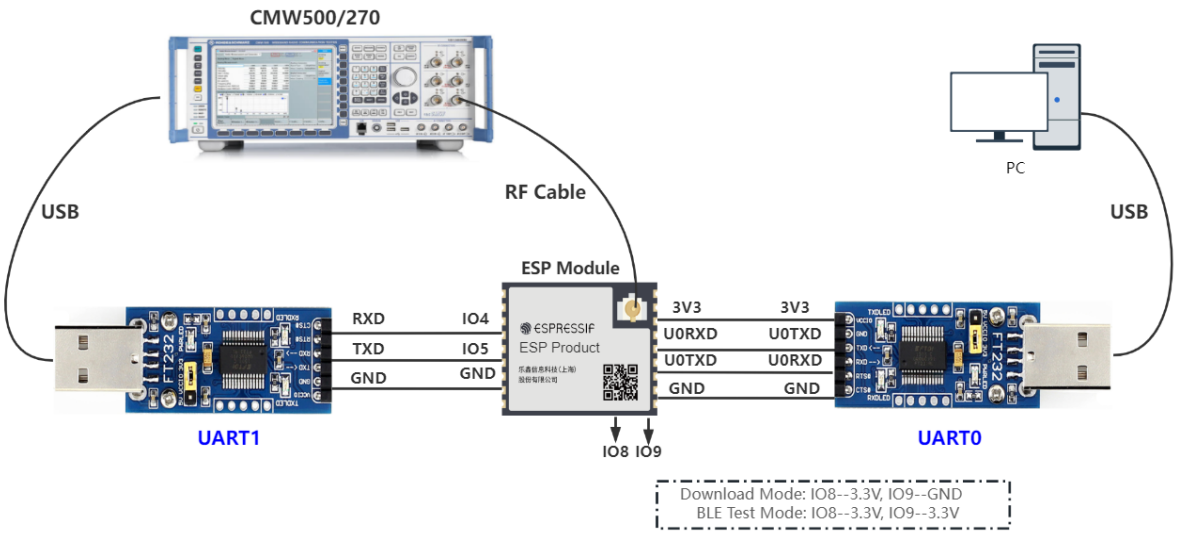


图 39: 测试环境示意图

- **电脑 (PC)** 通过 USB 与 USB-to-UART 转接板连接。电脑上需安装 EspRFTestTool 工具包、测试仪器控制软件、以及 USB-to-UART 转接板驱动。
- **测试仪器 (Tester)** 用于测试待测设备在不同模式下的射频性能。测试仪器通过射频连接线与待测设备连接传输射频信号，通常为 CMW500、CMW270、蓝牙测试仪 CBT 等。
- **USB-to-UART 转接板 (USB-to-UART Board)** 用于实现电脑和待测设备之间的通信以及综测仪和待测设备之间的通信。
- **待测设备 (DUT)** 为基于 ESP32-C2 芯片或模组设计的产品。

备注:

- 待测设备的 CHIP_EN 管脚默认上拉，如果产品设计中未拉高，需要手动将 CHIP_EN 接到 3V3 管脚。
- 部分串口通信板内部已交换 RXD 和 TXD, 无需反接，需根据实际情况调整接线。
- ESP32-C2 具有上电自校准功能，待测设备上电测试前需先将射频连接线连接至测试仪器。

传导测试

- 对于没有板载 PCB 天线的模组，直接将射频连接线焊接至模组的天线馈电点即可（如上述示意图所示）。

- 对于带有板载 PCB 天线的模组，需将 PCB 天线馈电点后的天线割断，焊接射频连接线，并使射频线的屏蔽金属层充分焊锡后接入模组 GND。GND 焊接点可选择屏蔽盖或 PCB 板材上去除绿油层的 GND 层，且尽量靠近馈电点。

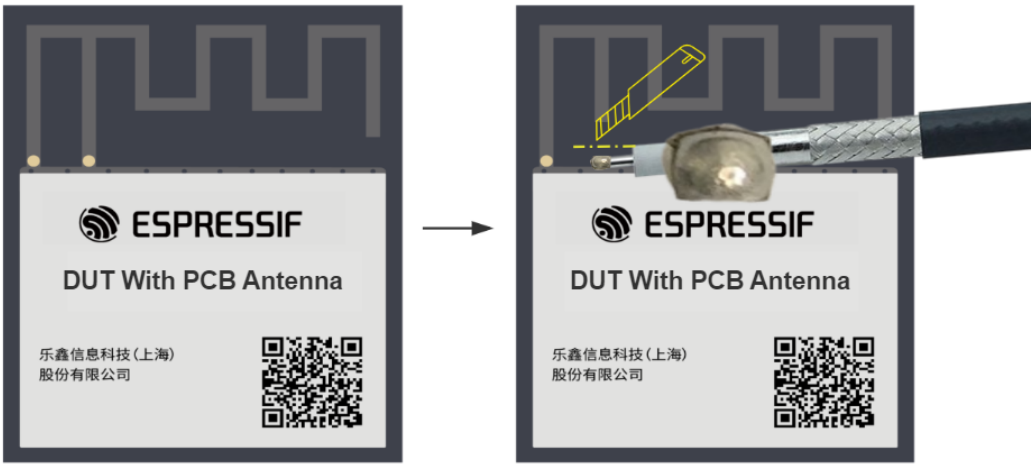


图 40: 带有板载 PCB 天线的模组焊接射频连接线示意图

烧录固件

1. 打开*DownloadTool 工具*。
2. 设置 `ChipType`，`Com Port`，`Baud Rate`，点击 `Open`，选择下载到 `Flash`。
3. 将 ESP32-C2 低功耗蓝牙 DTM 测试固件 (26 MHz) or ESP32-C2 低功耗蓝牙 DTM 测试固件 (40 MHz) bin 文件通过 `UART` 烧录至以下地址。

bin 文件	烧录地址
ESP32-C2 低功耗蓝牙 DTM 测试固件 (26 MHz) or ESP32-C2 低功耗蓝牙 DTM 测试固件 (40 MHz)	0x0

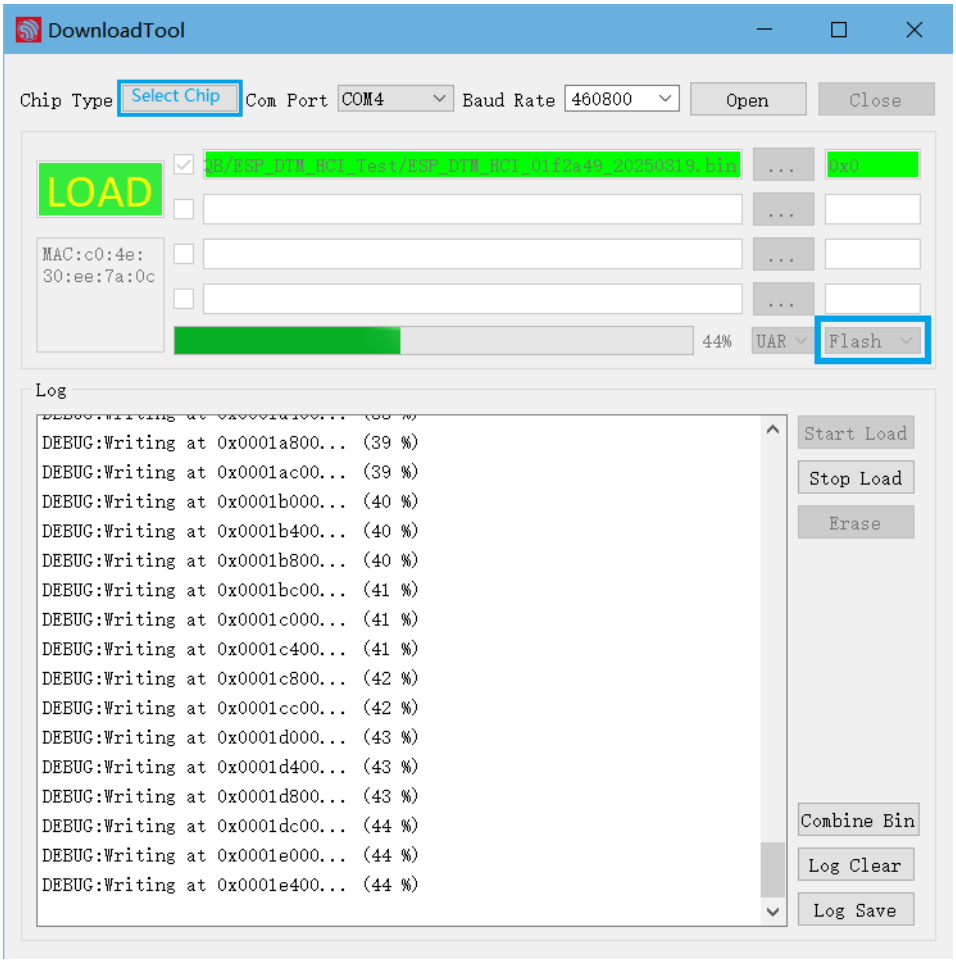


图 41: 烧录固件示意图

烧录完成后，拉高或悬空 boot 管脚，芯片重启后进入工作模式，继续以下步骤进行测试。

开始测试

待测设备与测试仪器的连接方式有 HCI 和 2-wire 两种，默认使用 HCI 方式。

依照上述硬件连接方式，可通过 UART0 串口打印信息确认固件烧录成功；

上电默认以 Power 12 dBm，无流控，波特率 115200 完成初始化过程，无需输入指令，可直接开始 DTM 测试；

如需调整 UART1 的相关设置，可通过 UART0 端输入相应的指令实时调整：

```
//配置 TX 输出功率，支持 0~15 档功率调整
set_ble_tx_power -i 15

//获取当前 BLE 的配置功率
get_ble_tx_power

//配置 UART1，将 TX 管脚设置为 GPIO4，将 RX 管脚设置为 GPIO5
reconfig_dtm_uart_pin -t 4 -r 5
```

附录

本附录主要用于说明 ESP32-C2 的功率等级及对应的目标功率，用于射频调试或测试对照。

低功耗蓝牙发射功率等级

表 5: ESP32-C2 低功耗蓝牙发射功率等级

功率等级	低功耗蓝牙发射功率 (dBm)
0	-24
1	-21
2	-18
3	-15
4	-12
5	-9
6	-6
7	-3
8	0
9	3
10	6
11	9
12	12
13	15
14	18
15	20

3.7 低功耗蓝牙自适应测试

低功耗蓝牙自适应测试确保设备以跳频方式工作且低功耗蓝牙信号的功率谱密度 (Power Spectral Density, PSD) 大于 10 dBm/MHz 时，满足一定的参数要求，从而避免对其他无线设备造成干扰。

备注:

- 如果设备的低功耗蓝牙信号 PSD 低于 10 dBm/MHz，可采用干扰缓解技术（等效占用率 ≤ 10%），这样就无需进行低功耗蓝牙自适应测试。
- 如果设备的低功耗蓝牙信号 PSD 高于 10 dBm/MHz，可选择基于跳频的发射前搜寻机制 (Listen Before Talk, LBT) 进行低功耗蓝牙自适应测试。

搭建测试环境

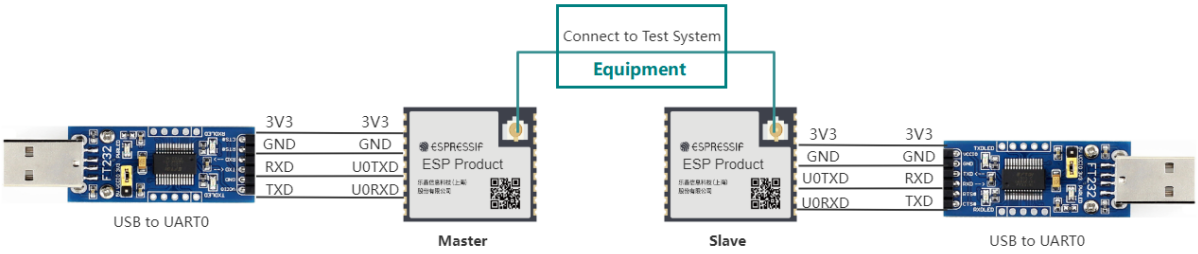


图 42: 测试环境连接示意图

- 在测试中，使用 ESP32-C2 模组作为配测设备 (Slave)，与待测设备 (Master) 建立连接。Slave 与 Master 烧录相同的固件，使用串口指令区分。
- Test System 指自适应测试系统，Master 与 Slave 通过串口指令连接成功后即可开始测试。

备注:

- 待测设备的 CHIP_EN 管脚默认上拉，如果产品设计中未拉高，需要手动将 CHIP_EN 接到 3V3 管脚。
- 部分串口通信板内部已交换 RXD 和 TXD, 无需反接，需根据实际情况调整接线。
- ESP32-C2 具有上电自校准功能，因此待测设备上电测试前需先将射频连接线连接至测试仪器。

烧录固件

1. 打开*DownloadTool 工具*。
2. 设置 `ChipType`，`Com Port`，`Baud Rate`，点击 `Open`，选择下载到 `Flash`。
3. 将 ESP32-C2 低功耗蓝牙自适应测试固件 通过 `UART` 烧录至 `0x0`。

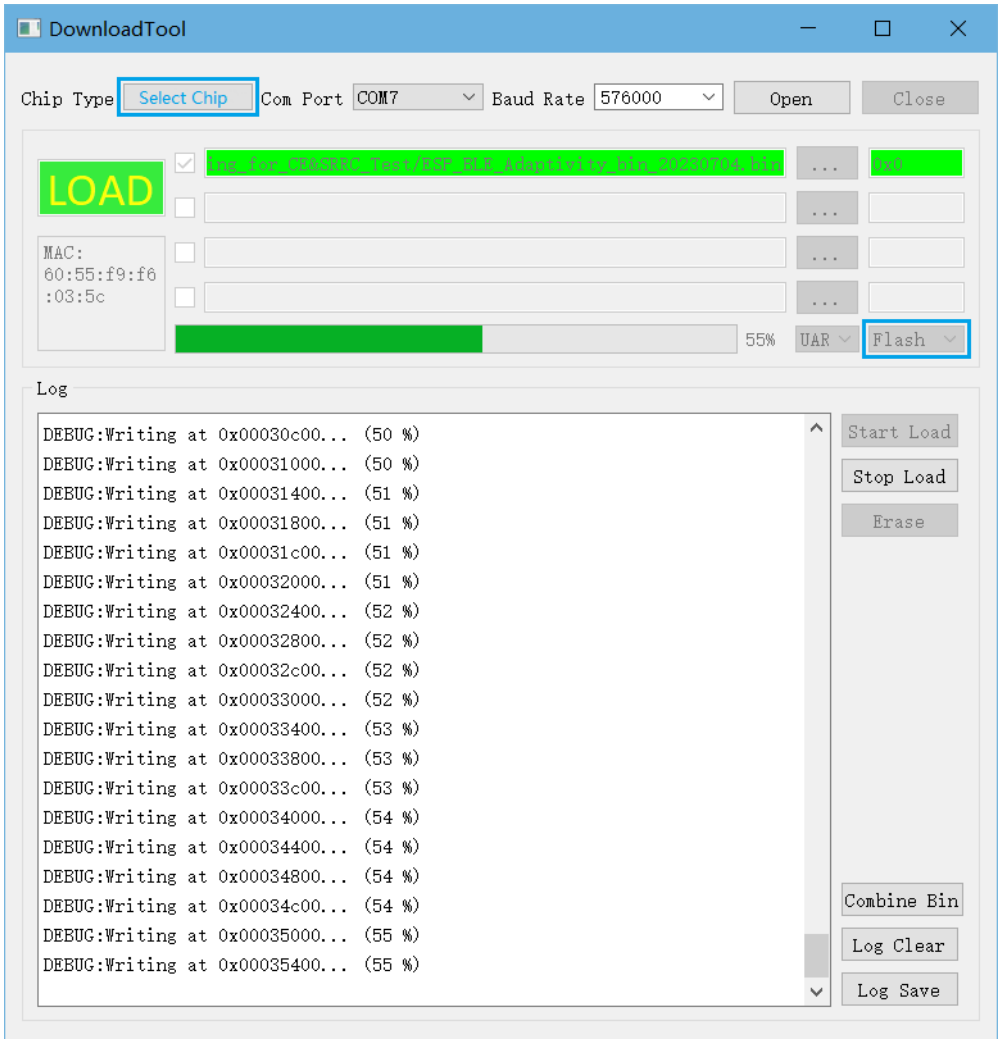


图 43: 烧录固件示意图

烧录完成后，继续以下步骤进行测试。

开始测试

低功耗蓝牙自适应测试需在 Mater 与 Slave 设备中输入相应串口指令建立连接后测试。

打开串口助手，依次在 Slave 和 Master 设备端输入相应指令：

1. **Slave 设备**

```
//开启配测设备广播
bleadve -C -z start -t 19 -u 13
```

2. **Master 设备**

```
//建立连接，配置速率为 1 Mbps（如需配置为 2 Mbps，参数修改为 "-x 2 -y 2
↪"），设置功率等级为 13
bleconn -T -z start -x 1 -y 1 -n 1 -i 0x6-0x6 -v 13
```

(续下页)

(接上页)

```
//配置功率，默认设置为 13（"-e" 后面的参数应与上一条指令 "-v" 后面的参数保持一致）
blehci -S -z etxp -t 4 -h 1 -e 13

//设置 MTU
gattc -C -m 512 -p 0x10 -r c0:11:11:11:11:11 -b 1

//发送数据
gattc -W -z char -p 0x10 -s 0xA002 -c 0xC317 -l 490 -n 0xFFFFFFFF -w 1 -r␣
↪c0:11:11:11:11:11 -g 1 -b 1
```

3. **其他操作指令**

```
//断开连接
bleconn -D -z all

//重启模组
reboot
```

输入上述指令后，可继续进行低功耗蓝牙自适应测试。

3.8 低功耗蓝牙阻塞测试

低功耗蓝牙阻塞测试评估设备在存在其他无线信号干扰的环境中的性能和稳定性，以确保其符合相关标准。

低功耗蓝牙阻塞测试方式

该测试可以通过以下两种模式进行：

1. **非信令模式**

在此模式下，选择一个固定频率来测试设备的抗干扰能力。测试步骤请参考*低功耗蓝牙非信令测试*。

2. **DTM (Direct Test Mode) 模式**

DTM 模式允许对设备进行底层控制，从而引入干扰信号来评估其抗干扰能力。测试步骤请参考*低功耗蓝牙 DTM 测试*。

4 RF 测试认证

4.1 CE 认证

CE 认证（Conformité Européene Mark）是欧盟的强制性认证，表明产品符合欧盟相关指令的基本要求，包括安全性、健康性和环境保护标准。

射频产品的 CE 认证需要通过非信令、自适应、阻塞测试：

- *Wi-Fi* 非信令测试
- *Wi-Fi* 自适应测试
- *Wi-Fi* 接收阻塞测试
- 低功耗蓝牙非信令测试
- 低功耗蓝牙 *DTM* 测试
- 低功耗蓝牙阻塞测试
- 低功耗蓝牙自适应测试

4.2 FCC 认证

FCC 认证（Federal Communications Commission Certification）是美国联邦通信委员会的强制性认证，表明产品符合美国相关法规的要求，包括无线电频谱使用、电磁兼容性和射频辐射等。

射频产品的 FCC 认证需要通过相关非信令测试：

- *Wi-Fi* 非信令测试
- 低功耗蓝牙非信令测试

4.3 SRRC 认证

SRRC（State Radio Regulatory Commission，国家无线电管理委员会）认证是中国针对无线电设备的强制性认证，确保产品符合国家无线电管理的相关法规和技术标准，以避免对电磁环境和其他无线电设备的干扰。

射频产品的 SRRC 认证需要通过相关非信令、自适应测试：

- *Wi-Fi* 非信令测试
- *Wi-Fi* 自适应测试
- 低功耗蓝牙非信令测试

5 WFA 认证与测试指南

5.1 概述

本文档介绍了如何为基于乐鑫芯片的产品获得 Wi-Fi Alliance（WFA）认证，重点介绍了 QuickTrack 流程，以便高效通过 WFA 认证。

所需工具与固件：

- *Flash 下载工具*
- `espsigma` 工具与固件

5.2 WFA 认证介绍

认证流程

WFA 认证标准流程如下所示：

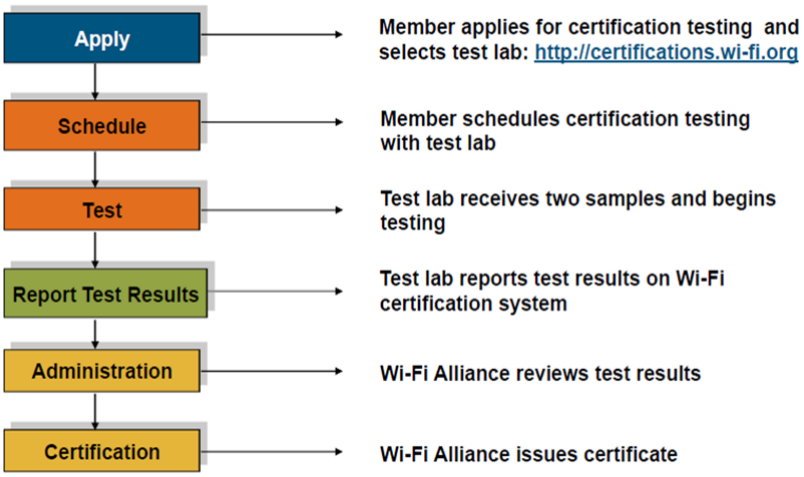


图 44: WFA 标准流程

1. 提交认证申请并选择 ATL (Authorized Test Laboratory)，ATL 获取 CID (Certification ID)
2. 将待测设备发送至 ATL
3. ATL 进行必要的测试
4. ATL 提供测试结果
5. WFA 颁发认证证书

认证类型

1. **全新认证 (New Certification)**
   如果产品之前未获得 Wi-Fi 认证，选择此选项。
2. **追加认证 (Additional Certification)**
   如果产品已获得认证，但需要测试新功能，选择此选项。
3. **重认证 (Re-Certification)**
   如果固件或软件发生了影响 Wi-Fi 功能的变化，则需要重新认证。具体包括：

- 硬件的微小变更或设备软件的更新（例如操作系统或驱动程序）
- 影响 Wi-Fi 操作的固件更改或小的软件修改（包括小更新或错误修复）
- 不影响 Wi-Fi 功能的更改需由 ATL 审核确定是否需要测试

4. **派生认证 (Derivative Certification)**
   此项适用于基于源认证的衍生产品，衍生产品必须在功能上与源产品功能一致，需要提供技术细节以验证产品资格。

备注： 需要做 WFA 认证的产品主要是运行 Wi-Fi 802.11a/b/g/n 模式的设备，通常使用 2.4 GHz 或 5 GHz 射频频段，包括无线路由器、智能手机、家电、计算机、网络基础设施及消费电子产品等。

5.3 乐鑫产品认证流程

认证方式

- **乐鑫模组**：通常采用 **全新认证**
- **基于乐鑫芯片的产品**：推荐使用 **QuickTrack**

二者之间的关系如下：

图 45: 全新认证与 QuickTrack

一款乐鑫模组完成全新认证后，乐鑫会保存测试数据，并生成 **合格解决方案**，可利用该方案加快认证流程。

全新认证

乐鑫模组测试项如下图所示。

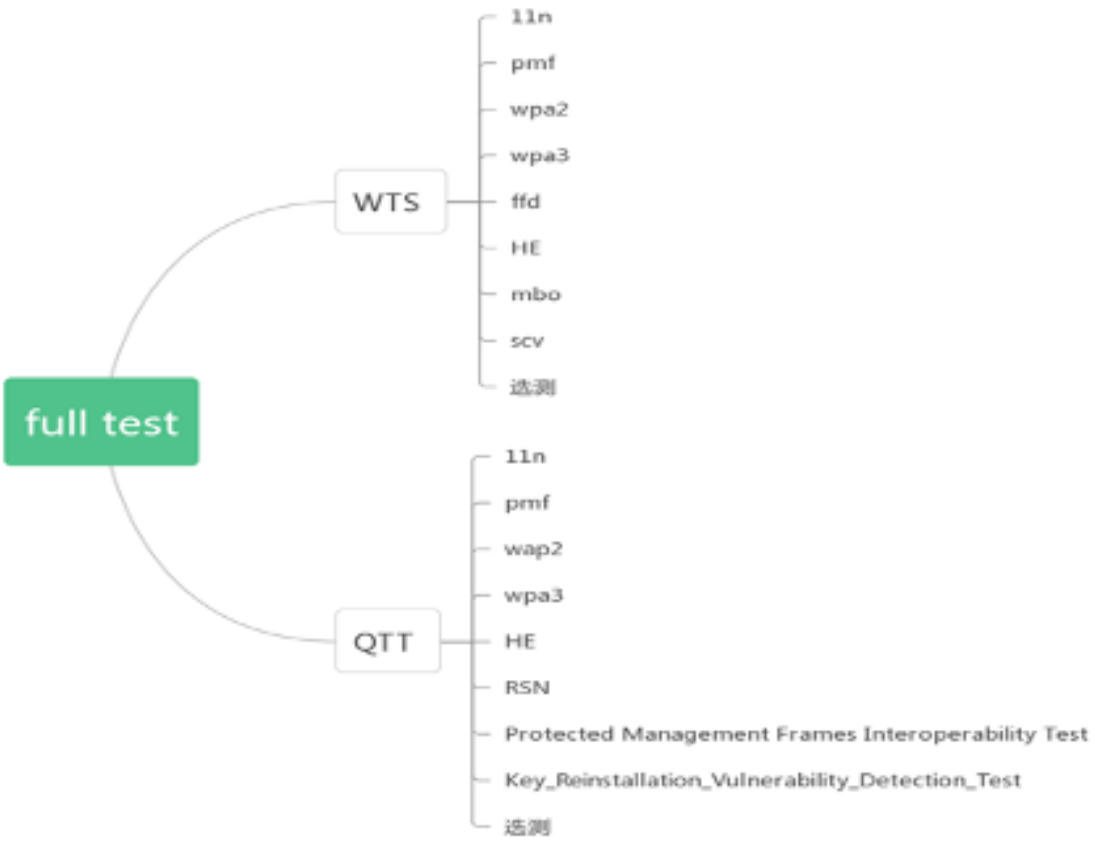


图 46: full-test 测试项

WFA 测试包括两部分，**WTS（Sigma 工具测试项）**与 **QTT（QuickTrack 测试项）**。二者部分测试项相同，但是测试用例不同。

QuickTrack

QuickTrack 是一种简化的 Wi-Fi 认证方法，旨在减少测试和认证成本并加快认证速度。此方法适用于基于 **合格解决方案**构建的产品。

要完成 QuickTrack，需要完成以下步骤：

1. 从多个 **合格解决方案**中选择适合产品需求的组件或方案
2. 进行一致性测试，确保产品使用的组件或方案是 **合格解决方案**
3. 使用 WFA 提供的工具自行测试或通过 ATL 进行测试
4. 提交测试结果
5. WFA 确认测试结果后即可获得认证

图 47: QuickTrack 过程

QuickTrack 的优势 QuickTrack 可以降低成本并缩短测试时间，帮助你更快获得 WFA 认证。例如，ESP32-C2 模组的完整认证测试大约需要 7.5 天。

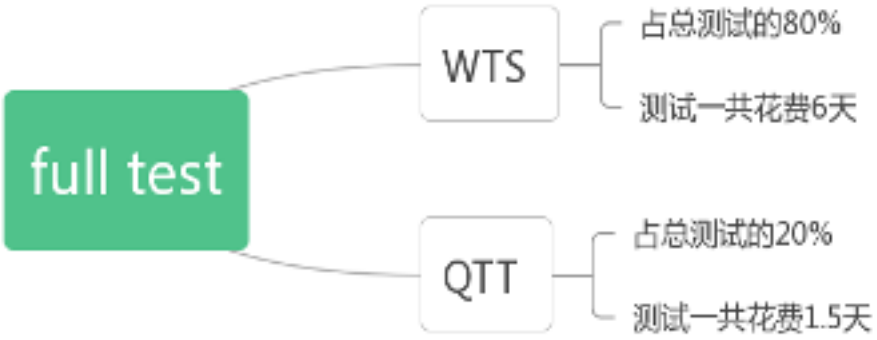


图 48: full-test 测试时间

如果你选择 QuickTrack，首先需要确认下面的产品信息：

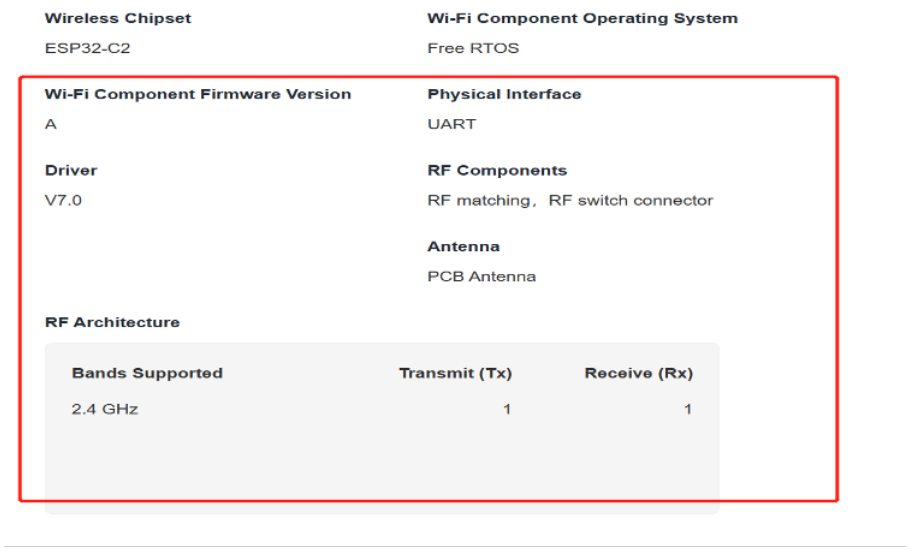


图 49: 产品信息

- 如果你的产品与 ESP32-C2 不同，只需进行 QTT 测试，测试时间为 1.5 天。
- 如果没有变化，则无需测试，只需支付认证费用即可获得证书。

QuickTrack 与普通认证方式对比如下：

图 50: 普通认证与 QuickTrack 对比

备注： 此处的测试时间仅指测试部分的时间，WFA 完整认证流程包括提交和审批，可能需要长达 40 天的时间。QuickTrack 可以将整个流程缩短至约 10 天，节省约 70% 的时间。

乐鑫芯片 QuickTrack 认证现状

目前，ESP32-C2 和 ESP32-C6 已通过 QuickTrack **合格解决方案**认证。

5.4 WFA 测试

1. 填写 CID 信息

根据需求填写 CID 信息，参考 Wi-Fi 联盟 CID 填写指导 和 乐鑫模组填写方式。

2. 烧录固件

在 Windows 上烧录

- 打开 `flash_download_tool_3.9.2.exe` 应用程序
- 将 `chipType` 设置为对应芯片名称，`workMode` 设置为 `develop`，点击 `OK`
- 选择固件并指定烧录地址，选择端口号，将 `baud` 设置为 `115200`，点击 `START` 开始烧录
- 烧录完成后，页面会显示 `finish`

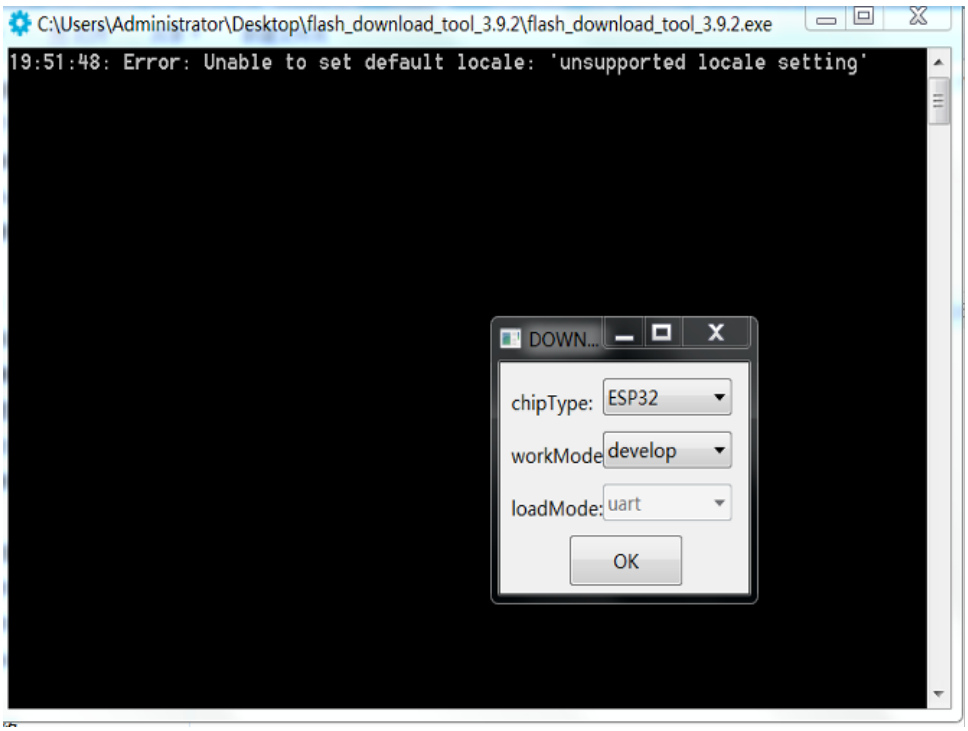


图 51: 烧录配置

固件烧录地址：

- bootloader.bin 0x0
- espsigma.bin 0x10000
- partition.bin 0x8000

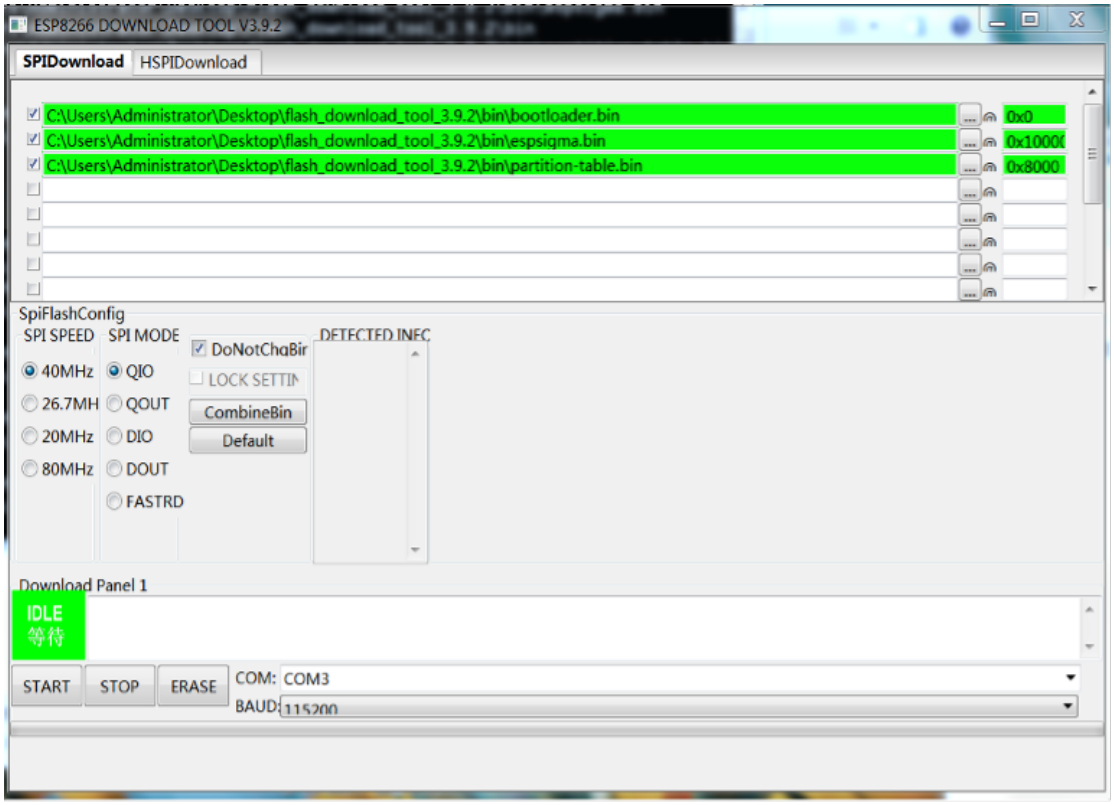


图 52: 烧录固件

在 Ubuntu 上烧录

- 安装 Python 3.7

```
cd espsigma_qt/espsigma
./tools/setup/setup_pyenv_python.sh
source ~/.pyenv/activate
```

- 安装烧录工具

```
pip install esptool
```

- 开始烧录

```
esptool.py -p /dev/ttyUSB0 --chip=auto write_flash 0x0 bootloader.bin 0x8000␣
↪partition-table.bin 0x10000 espsigma.bin
```

3. 安装测试环境

- 使用 Ubuntu 16.04 或更高版本
- 安装 Python 3.7

```
cd espsigma_qt/espsigma
./tools/setup/setup_pyenv_python.sh
source ~/.pyenv/activate
```

安装成功后，可通过 `python -v` 查看 Python 版本。

备注： Ubuntu 系统的电脑在烧录固件时，已经安装了 Python 环境，无需再次安装。只有 Windows 系统的电脑需要进行这一步以安装 Python 环境。

备注： Python 版本必须为 3.7 或更高，如果终端显示的版本不正确，请重复运行上述命令进行安装。

4. 开始测试

测试 WTS 部分

- 打开终端窗口，进入 Sigma 工具目录

```
cd /espsigma_qt/espsigma/esp_sigma_ca
```

- 开始测试

```
python espsigma.py --dut /dev/ttyUSB*
```

备注： * 指的是串口号。

```
→ esp_sigma_ca git:(merging_c6_ax_changes) ✗ python espsigma.py --dut /dev/ttyUSB1 -v
 [scmd] version
 [console] version
IDF Version:v5.2-dev-151-g9cfc9757b9-dirty
Chip info:
        model:Unknown
        cores:1
        feature:/802.11bgn/BLE/External-Flash:2 MB
        revision number:0
espsigma>
espsigma>
Got Response for version as version
IDF Version:v5.2-dev-151-g9cfc9757b9-dirty
Chip info:
        model:Unknown
        cores:1
        feature:/802.11bgn/BLE/External-Flash:2 MB
        revision number:0
espsigma>
espsigma>
 [lcmd] git rev-parse --abbrev-ref HEAD
 [resp] merging_c6_ax_changes

 [lcmd] git rev-parse HEAD
 [resp] 8e7cf533396db323e92cb835ba8055f3bd1d55bc

 [scmd] settime 1685098860
 [console] settime 1685098860
set time: 0
espsigma>
espsigma>
Got Response for settime 1685098860 as settime 1685098860
set time: 0
espsigma>
espsigma>

System Time set to  : 2023-05-26 11:01:00.053476
 [scmd] set_prog --program any
 [console] set_prog --program any
I (4797) wifi:ifx:0, phymode(new:0x3, nvs:0x5)
cmd_wifi.c set_prog: Sta set BW to 40 Mhz
espsigma>
espsigma>
Got Response for set_prog --program any as set_prog --program any
I (4797) wifi:ifx:0, phymode(new:0x3, nvs:0x5)
cmd_wifi.c set_prog: Sta set BW to 40 Mhz
espsigma>
espsigma>
*****************************************************************************
Espressif Wi-Fi Alliance Sigma DUT Agent

WFA PROGRAM         : WPA3
DUT PORT            : /dev/ttyUSB0
IDF Version         : v5.2-dev-151-g9cfc9757b9-dirty
SIGMA CA            : merging_c6_ax_changes (8e7cf53)
```

图 53: WTS 测试

测试 QuickTrack 部分

- 打开终端窗口，进入 Sigma 工具目录

```
cd /espsigma_qt/espsigma/esp_sigma_ca
```

- 开始测试：

```
python espsigma.py --quicktrack --dut/dev/ttyUSB *
```

备注： * 指的是串口号。

```
test@FA000610: ~/espc6 ×   test@FA000610: ~/espc6 ×   test@FA000610: ~ ×
➜ esp_sigma_ca git:(merging_c6_ax_changes) ✗ python3 espsigma.py --quicktrack --dut /dev/ttyUSB0 -v
 [scmd] version
 [console] version
IDF Version:v5.2-dev-151-g9cfc9757b9-dirty
Chip info:
        model:Unknown
        cores:1
        feature:/802.11bgn/BLE/External-Flash:2 MB
        revision number:0
espsigma>
espsigma>
Got Response for version as version
IDF Version:v5.2-dev-151-g9cfc9757b9-dirty
Chip info:
        model:Unknown
        cores:1
        feature:/802.11bgn/BLE/External-Flash:2 MB
        revision number:0
espsigma>
espsigma>
 [lcmd] git rev-parse --abbrev-ref HEAD
 [resp] merging_c6_ax_changes

 [lcmd] git rev-parse HEAD
 [resp] c097929210d94c2bc502293f052f98e8ffeef827

 [scmd] settime 1675189801
 [console] settime 1675189801
set time: 0
espsigma>
espsigma>
Got Response for settime 1675189801 as settime 1675189801
set time: 0
espsigma>
espsigma>

System Time set to  : 2023-01-31 18:30:01
          prog --program any
 [console] set_prog --program any
I (97658) wifi:ifx:0, phymode(new:0x3, nvs:0x5)
cmd_wifi.c set_prog: Sta set BW to 40 Mhz
espsigma>
espsigma>
Got Response for set_prog --program any as set_prog --program any
I (97658) wifi:ifx:0, phymode(new:0x3, nvs:0x5)
cmd_wifi.c set_prog: Sta set BW to 40 Mhz
espsigma>
espsigma>
*************************************************************************
Espressif Wi-Fi Alliance QuickTrack Test Tool Sigma DUT Agent

WFA PROGRAM         : WPA3
DUT PORT            : /dev/ttyUSB0
IDF Version         : v5.2-dev-151-g9cfc9757b9-dirty
SIGMA CA            : merging_c6_ax_changes (c097929)

*************************************************************************
>Info: ESP Sigma listening at /tmp/socket_test.s
```

图 54: QuickTrack 测试-1

- 打开另一个终端窗口，进入控制应用程序目录

```
cd /espsigma_qt/controlappc-2.0.0.9
```

- 启动控制应用程序

```
./app -p *
```

备注： * 指的是 QuickTrack 测试端口，例如 9005。

```
➜ espsigma_qt git:(merging_c6_ax_changes) ✗ cd controlappc-2.0.0.9
➜ controlappc-2.0.0.9 git:(merging_c6_ax_changes) ✗ ./app -p 9004
Welcome to use QuickTrack Control App DUT version 2.1.0.42.

Use default interface parameters 2:wlan0,2:wlan1,5:wlan0,5:wlan1.

wlans_bridge = br-wlans.
Jun 06 15:59:34 controlappc.    info  QuickTrack control app running at: 9004
Jun 06 15:59:34 controlappc.    info  Wireless Interface:
Jun 06 15:59:34 controlappc.    info  interface_count=4
Jun 06 15:59:34 controlappc.    info  Interface Name: wlan0, Band: 2.4GHz, identifier -1
Jun 06 15:59:34 controlappc.    info  Interface Name: wlan1, Band: 2.4GHz, identifier -1
Jun 06 15:59:34 controlappc.    info  Interface Name: wlan0, Band: 5GHz, identifier -1
Jun 06 15:59:34 controlappc.    info  Interface Name: wlan1, Band: 5GHz, identifier -1
Jun 06 15:59:34 controlappc.    info  hostapd Path: /usr/local/bin/WFA-Hostapd-Supplicant/hostapd (hostapd)
Jun 06 15:59:34 controlappc.    info  wpa_supplicant Path: /usr/local/bin/WFA-Hostapd-Supplicant/wpa_supplicant (wpa_supplicant)
Jun 06 15:59:34 controlappc.    info  Hostapd Global Control Interface: /var/run/hostapd-global
Jun 06 15:59:34 controlappc.    info  Hostapd Control Interface: /var/run/hostapd/wlan0
Jun 06 15:59:34 controlappc.    info  WPA Supplicant Control Interface: /tmp/socket_test.s
^CJun 06 19:02:54 controlappc.    info  Signal 2 received - terminating
```

图 55: QuickTrack 测试-2

有关 Quicktrack 设置，请参考以下图片

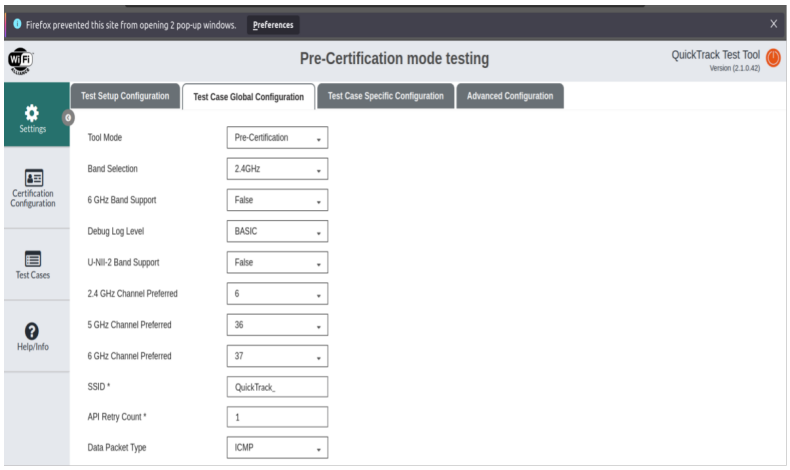


图 56: QuickTrack 设置-1

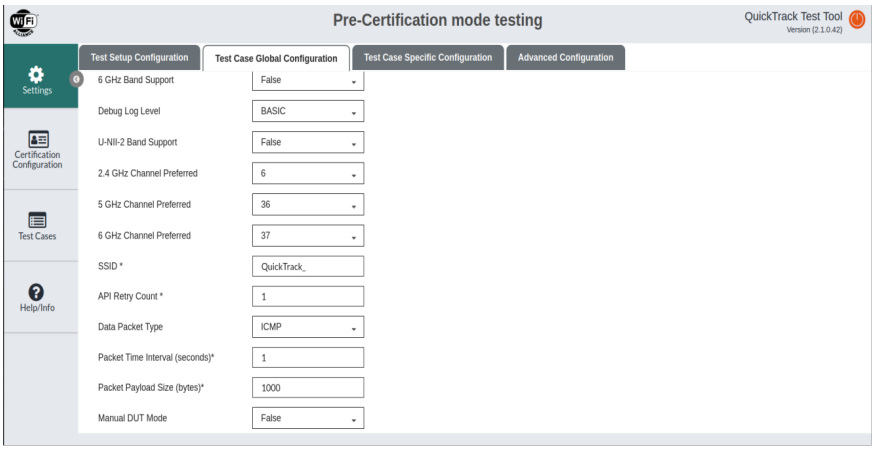


图 57: QuickTrack 设置-2

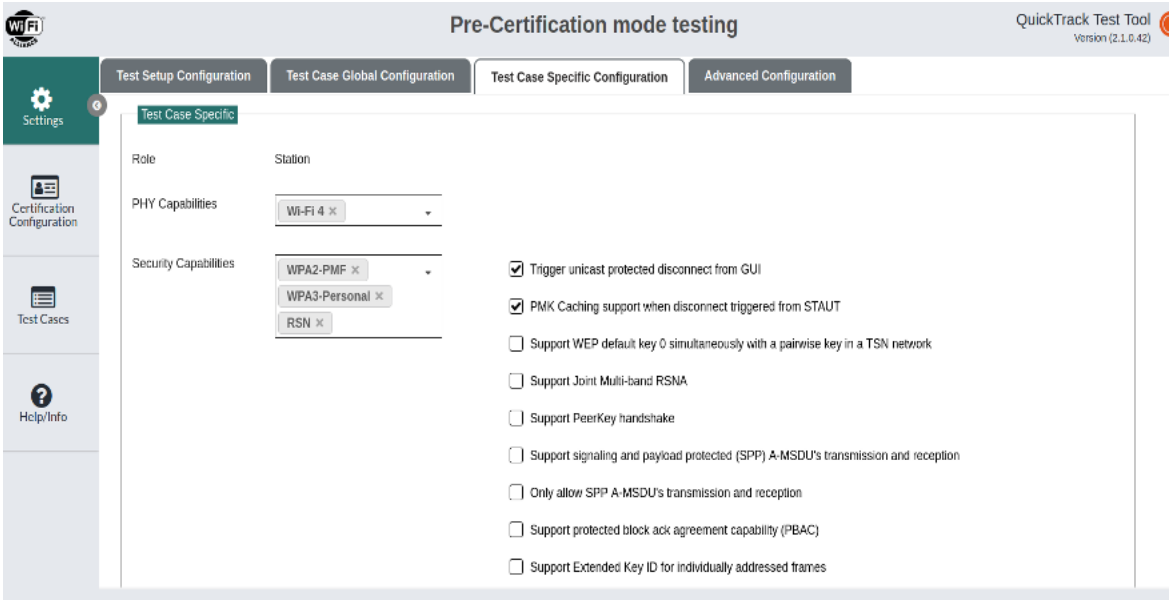


图 58: QuickTrack 设置-3

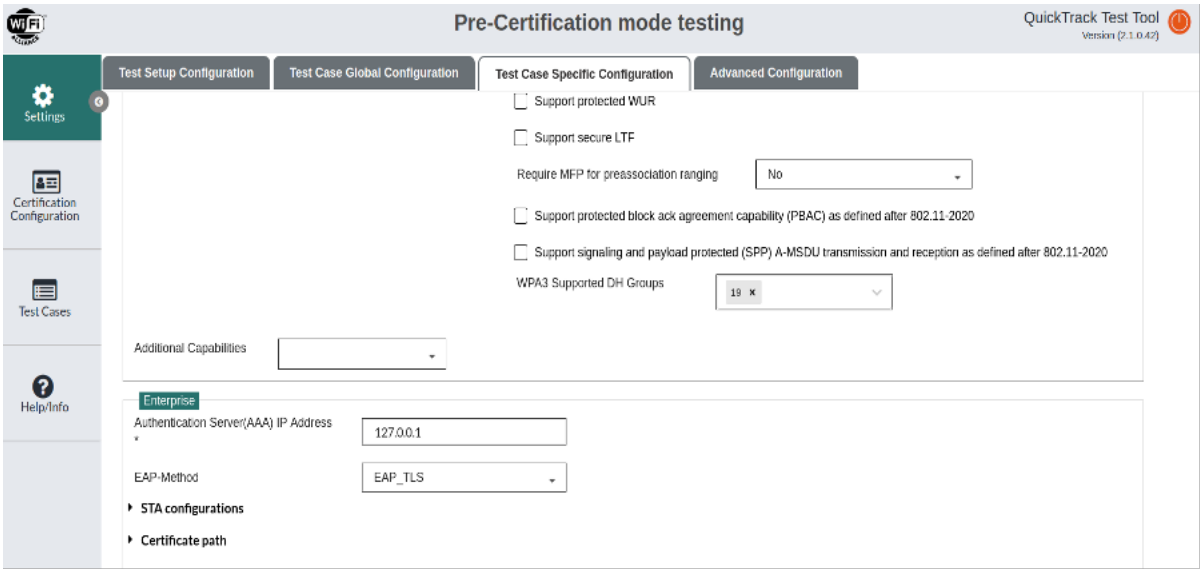


图 59: QuickTrack 设置-4

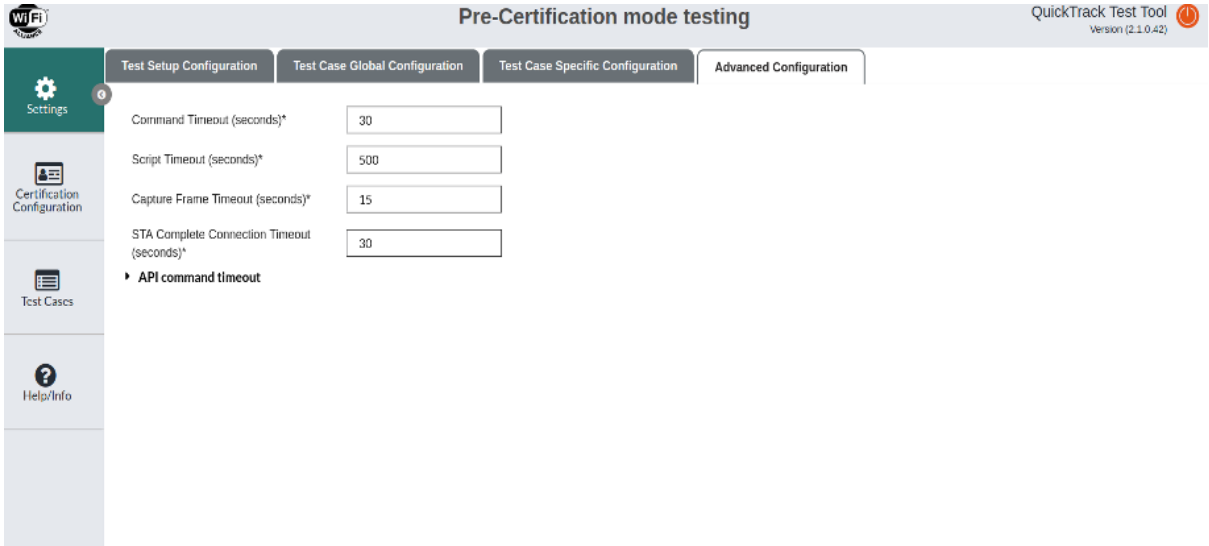


图 60: QuickTrack 设置-5

6 生产阶段

针对生产阶段，本仓库提供了如下工具和资源，旨在简化制造流程：

- *Flash 下载工具* 用于将固件烧录到 flash，支持多种芯片型号和烧录配置，帮助用户快速高效地进行固件更新和设备调试。
- *乐鑫产测指南* 介绍了乐鑫 IC 平台相关 Wi-Fi 产品的生产测试方案，为客户在进行 Wi-Fi 产品生产时，提供生产测试方案的相关参考。
- *模组治具制作规范* 介绍了 Wi-Fi 模组治具的制作规范，避免由于夹具没有统一制作规范导致在产测过程中引起的各种问题。
- *Matter QR 二维码生成工具* 用于生成 Matter 设备配网二维码，方便用户通过扫描二维码快速将设备添加到智能家居网络中，简化设备的配置和连接过程。

7 Flash 下载工具用户指南

7.1 准备工作

乐鑫模组在进行 flash 下载时所需的软、硬件资源如下所示。

- 硬件设备：
  - 1 x 待下载设备
  - 1 x PC（操作系统支持 Windows 7 [64 位]、Windows 10）
- 软件：

- Flash 下载工具

7.2 工具介绍

界面入口

打开 Flash 下载工具，双击 .exe 文件后进入工具主界面，如下图所示：

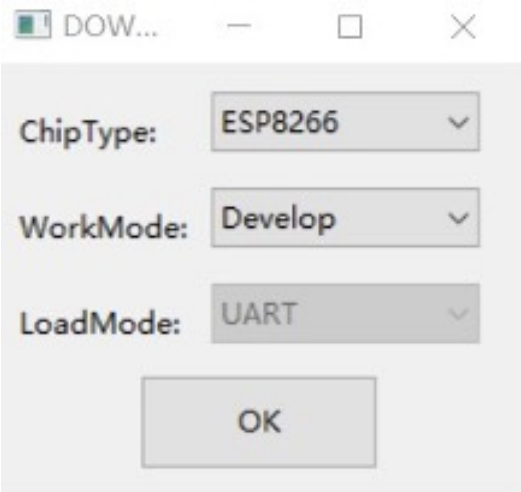


图 61: Flash Download Tool 主界面

- ChipType：芯片类型，根据所用产品类型选择
- WorkMode：软件模式，当前有 Develop 模式与 Factory 模式，区别如下：
  - Develop 模式使用固件绝对路径，只支持单片产品烧录。
  - Factory 模式使用相对路径，建议将待烧录固件放在与 .exe 文件同级的 bin 文件夹中，配置后关闭时会自动保存在本地。
  - Factory 模式打开时，界面锁定，需点击 LockSettings 按钮使能编辑。防止鼠标误操作。
- LoadMode：下载接口仅支持 UART。

SPIDownload 界面

以下是配置说明：

- Download Path Config 包含固件加载路径，固件下载地址，以 16 进制格式填写，比如 0x1000。
- SPI Flash Config
  - SPI SPEED：SPI 启动速率
  - SPI MODE：SPI 启动模式
  - DETECTED INFO：自动检测到的 flash 及晶振信息
  - DoNotChgBin：若使能，则按照 bin 文件原始内容烧录。若不使能，按照界面的 SPI SPEED、SPI MODE 配置更新并烧录。
  - CombineBin 按钮：可将 Download Path Config 中选中的多个固件打包成一个固件。若使能 DoNotChgBin，则按原始固件打包。若不使能 DoNotChgBin，则按界面 SPI SPEED、SPI MODE 配置打包固件。固件之间非数据区，会以 0xff 进行填充。打包的固件将保存为./combine/target.bin，每次点击覆盖前次。

  - Default 按钮：将界面 SPI 配置均还原成默认值。
- Download Panel
  - START：开始按键
  - STOP：停止按键
  - ERASE：整个 flash 擦除
  - COM：下载串口
  - BAUD：下载波特率

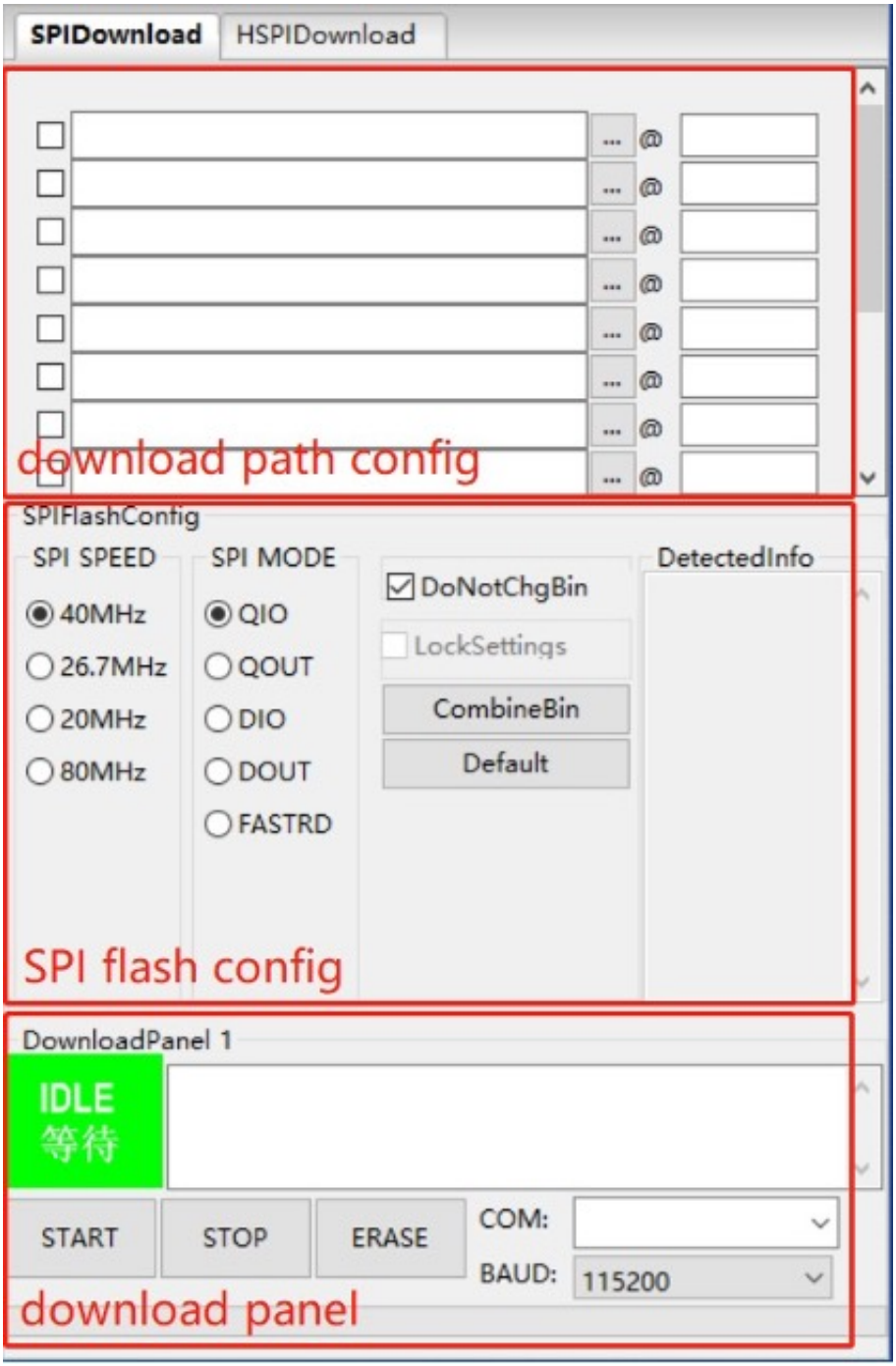


图 62: SPIDownload 界面

FactoryMultiDownload 界面

- `Factory` 模式使用相对路径，默认从工具目录的 bin 路径下加载待烧录固件。而 `Develop` 模式使用绝对路径。`Factory` 模式的优点：只要将待烧录固件拷入工具目录的 bin 路径下，即可在工厂电脑间拷贝，不会出现路径问题。
- `Factory` 模式打开时，工具启动默认使能界面上 `LockSettings`。`LockSettings` 在使能的情况下，固件路径及 `SPI flash config` 均无法配置，防止产线人员误触导致配置错误。（工厂管理人员需要配置时，可点击 `LockSettings` 进行解锁）

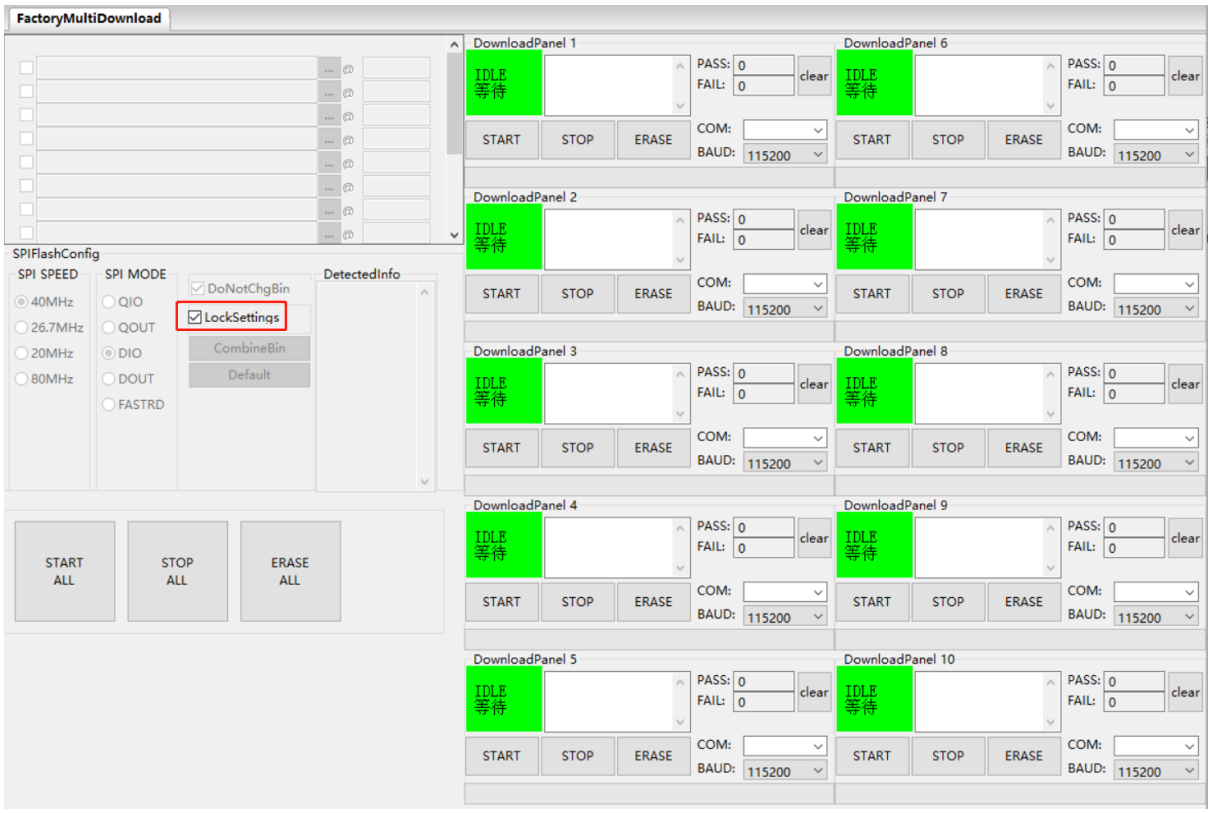


图 63: FactoryMultiDownload 界面

FactoryMultiDownload 界面的 `download path config` 及 `SPI flash config` 配置与 SPIDownload 界面基本相同，请参考*SPIDownload 界面*，并注意单独配置每一路的串口号和波特率。

chipInfoDump 界面

- `Device` 选择对应设备的串口号和通信波特率。
- `Read Flash` 选择从 flash 里读取内容的首地址及要读取内容的大小，此项仅读取 flash 时需要设置。

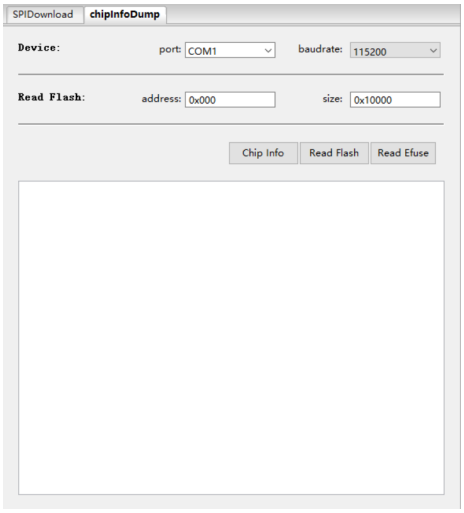


图 64: chipInfoDump 界面

- 功能说明
  - `Chip Info`：读取芯片型号、flash ID 以及 flash 状态寄存器值，读取内容直接显示在软件界面上。
  - `Read Flash`：读取 flash 存储的数据。读出的内容会存储在生成的 bin 文件中，bin 文件名称以“芯片 MAC + 读取起始地址 + 读取数据长度 + 读取时间”的格式命名。
  - `Read Efuse`：读取芯片 eFuse 的内容，功能和 esptool summary 相同，读出内容存储在生成的文本文件中，文件以“芯片 MAC + 读取时间”的格式命名。

备注:

- 以上读取功能的支持需要产品启动后进入下载模式。
- 工具版本 >= 3.9.8

7.3 下载示例

本章节主以 ESP32 系列为例，演示如何进行常规烧录和加密烧录。目前，ESP32-C2 仅支持常规烧录，加密烧录待后续更新。

常规烧录

1. 将 GPIO9 管脚下拉，GPIO8 管脚上拉，使设备进入下载模式。
2. 打开下载工具，`ChipType` 选择 `ESP32`，`WorkMode` 选择 `Develop`，`LoadMode` 选择 `UART`，点击 `OK`，如下图所示。

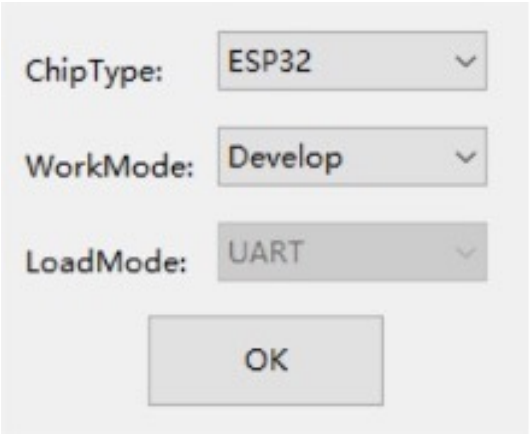


图 65: 设备选择—ESP32 Download Tool

3. 进入下载页面，填入需要烧录的 bin 文件，和对应的烧录地址，勾选 bin 文件前面的复选框，并根据自己实际需求填入 `SPI SPEED`、`SPI MODE`、`COM` 及 `BAUD`。
4. 点击 `START` 开始下载。下载过程中，下载工具会读取 flash 的信息和芯片的 MAC 地址。
5. 下载完成后，下载工具的界面如下图所示。

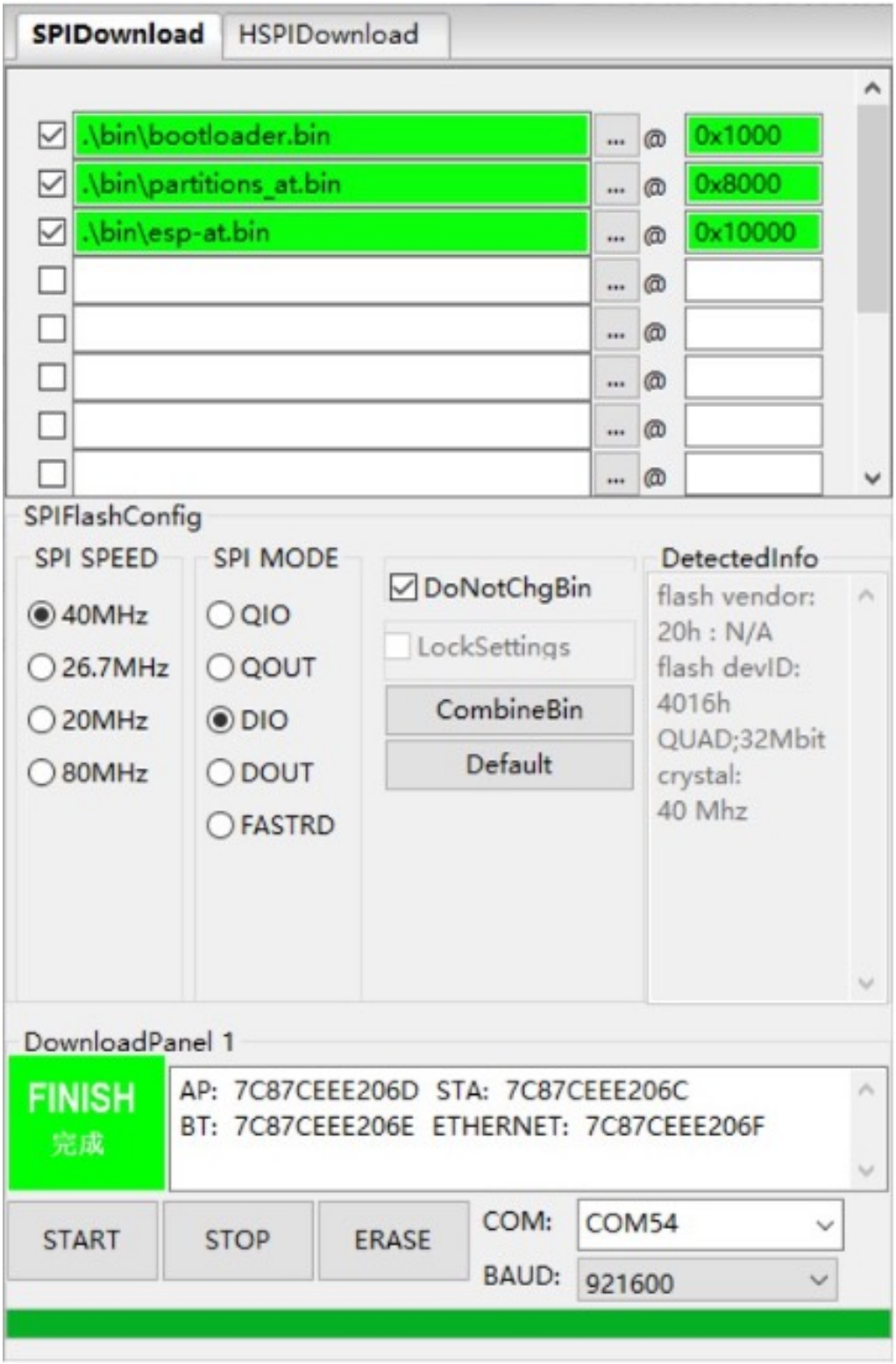


图 66: 下载完成界面

加密烧录

加密烧录流程为:

- Flash 下载工具将明文固件烧录进芯片

- 芯片使用 eFuse 中的密钥对该明文固件进行加密，然后将加密后的固件写入 flash。
- 若 eFuse 中无 flash 加密密钥，下载工具会自动在 PC 端随机生成密钥并烧录进 eFuse，客户也可以自行准备加密密钥；若 eFuse 中已有 flash 加密密钥，则跳过密钥的生成及密钥烧录过程。

以下为配置加密功能的步骤：

- 打开配置文件./configure/[chip_name]/security.conf，若首次打开时无此文件，可关闭软件后再次打开即可
- 修改相关配置项

以下为配置项的说明，其中等号后面的内容为配置项的默认值，`True` 表示使能，`False` 表示不使能。

- **[SECURE BOOT]** 此配置项为开启 secure boot 时需要配置
  - **secure_boot_en = False** （配置是否使能 secure boot）
  - **public_key_digest_path = .securepublic_key_digest.bin** （公钥摘要文件路径，生成方式：`espsecure digest_sbv2_public_key -k pem.pem -o public_key_digest.bin`；`.pem` 文件是编译时指定的私钥文件）
  - **public_key_digest_block_index = 0** （eFuse 中存储公钥摘要文件的 block 索引，默认 0）
- **[FLASH ENCRYPTION]** 此配置项为开启 flash 加密时需要配置
  - **flash_encryption_en = False** （配置是否开启 flash 加密功能）
  - **reserved_burn_times = 3** （配置预留烧录次数）
  - **flash_encrypt_key_block_index = 0** （配置加密密钥在 block_key 中的索引值，默认为 0，不可更改。）更多信息请参考 技术参考手册 (PDF) > 章节 eFuse 控制器
- **[SECURE OTHER CONFIG]** 其他安全配置项：
  - **flash_encryption_use_customer_key_enable = False** （配置是否使能客户指定的加密密钥）
  - **flash_encryption_use_customer_key_path = .secureflash_encrypt_key.bin** （若使用客户指定的密钥，这里需要指定密钥路径）
  - **flash_force_write_enable = False** （配置烧录时是否跳过加密和安全启动检查。此时若对已经开启 flash 加密或安全启动的产品烧录时会弹窗报错）
- **[FLASH ENCRYPTION KEYS LOCAL SAVE]** 此配置为是否将加密用的密钥文件保存在本地，默认为 False
  - **keys_save_enable = False** （配置是否保存密钥）
  - **encrypt_keys_enable = False** （配置是否对保存在本地的密钥加密）
  - **encrypt_keys_aeskey_path =** （若对本地保存的密钥加密，请在此处填入密钥文件，比如 **./my_aeskey.bin**）
- **[ESP32* EFUSE BIT CONFIG]** 此配置为开启 flash 加密时，是否配置加密项，默认为 False。

表 6: [ESP32-C* DISABLE FUNC] 配置项

[ESP32-C* DISABLE FUNC] 配置项	描述
dis_usb_jtag = False	配置是否禁用 USB JTAG
dis_pad_jtag = False	配置是否禁用 JTAG PAD
soft_dis_jtag = 7	配置是否软禁用 JTAG
dis_direct_boot = False	配置是否禁用 direct boot
dis_download_icache = False	配置是否在 Download 模式下关闭指令 cache

运行工具时会提示如下内容，需核对是否正确。下图为同时开启 flash 加密和安全启动的提示信息：

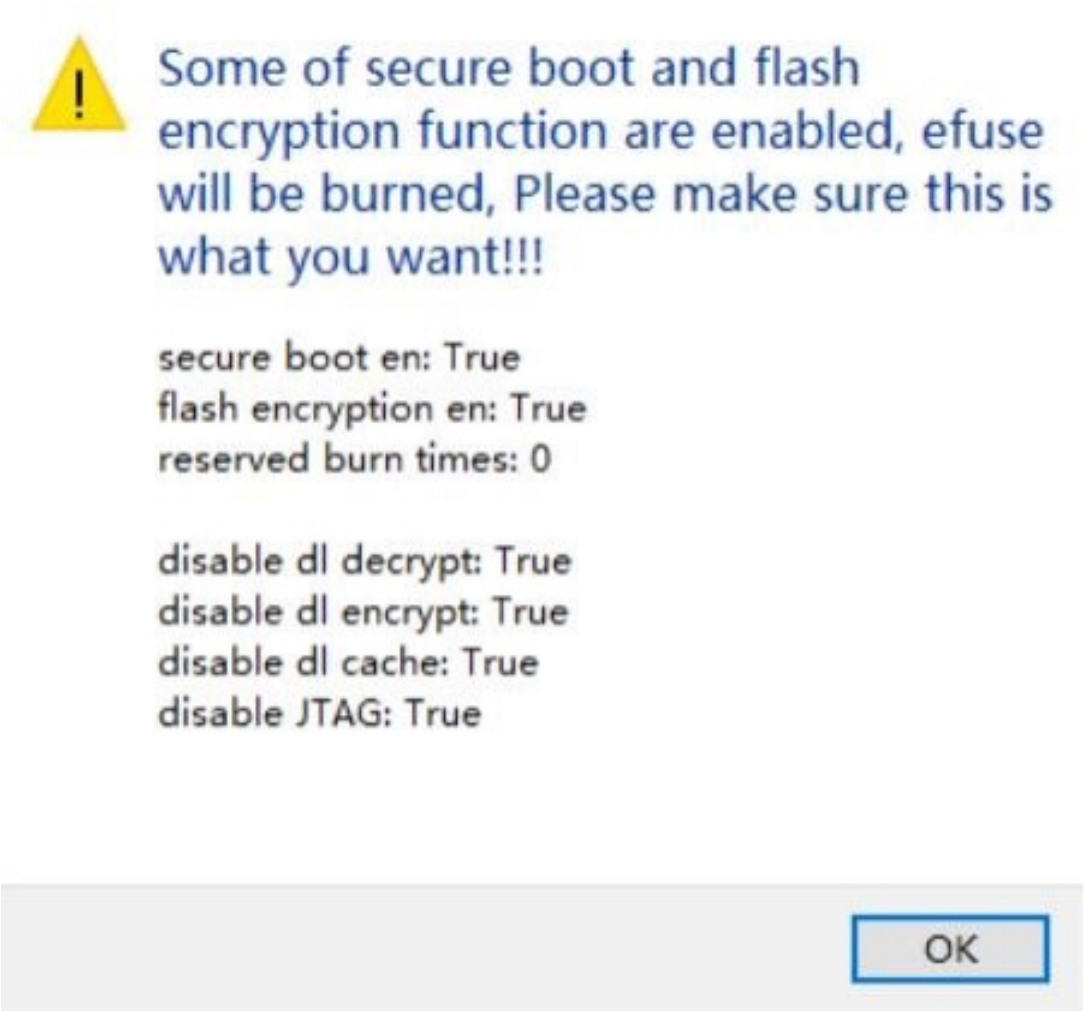


图 67: 以 ESP32 示例开启 flash 加密和安全启动提示信息

固件烧录过程中，会向芯片的 eFuse 中烧录密钥等信息。待固件及 eFuse 烧录完成后，显示 `FINISH/完成`。

备注： 为防止已加密的模组重烧，工具烧录前会默认校验 eFuse flash 加密及安全启动信息，防止报废。

8 乐鑫产测指南

本文主要介绍乐鑫 IC 平台相关 Wi-Fi 产品（Wi-Fi 模组/Chip Onboard）的生产测试方案，为客户在进行 Wi-Fi 产品生产时，提供生产测试方案的相关参考。

8.1 简介

基于乐鑫 IC 平台的 Wi-Fi 产品生产测试方案，针对 RF 性能产测部分，通常有如下两类：

- RF 综测仪测试方案（行业通用标准）
- 信号板方案（ESP 企业标准）

RF 综测仪测试方案

仪器测试方案为 Wi-Fi 射频产品通用方案，由乐鑫提供串口命令及测试固件来完成产品的性能测试。

测试过程简介（测试系统框架如下图）：

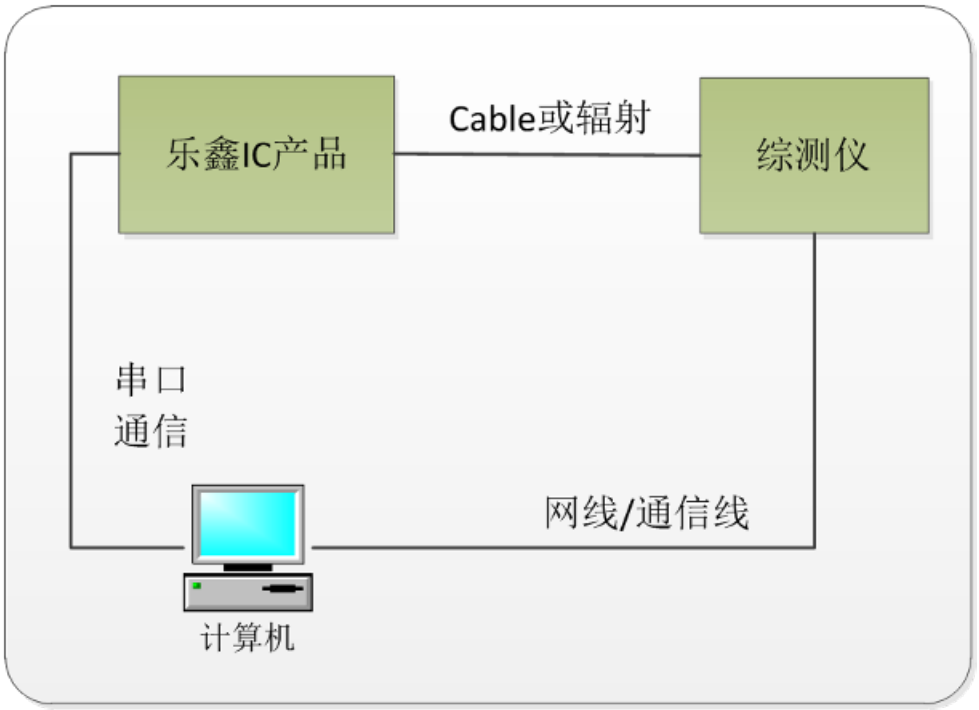


图 68: 仪器方案框架

1. 下载 `RF_Test_FW.bin` 到 ESP IC RAM 中；
2. PC 端运行 RF 仪器对应的 Test Tool，通过串口发送命令使模组在不同的模式下进行收发包；
3. RF 测试仪器解析对应工作模式下的 RF 性能参数。

备注:

- 仪器测试方案需要仪器供应商提供适配乐鑫 IC 的批量产测工具；
- **若仪器商软件未适配乐鑫 IC 方案，客户也可以通过仪器可提供的接口完成适配。适配过程中，可使用 esptool 下载乐鑫 `RF_Test_FW.bin`：**
  - esptool 可从 此处 进行下载。关于相关指令，请参考 文档。
  - 有关乐鑫产品 RF 性能的手动测试，请参考*RF 测试项目*。
- 上述测试需要屏蔽环境。

信号板方案

乐鑫信号板产测方案是乐鑫自主研发的产测方案，可以对量产 Wi-Fi 产品的 RF 性能进行有效测试，确保量产产品的 RF 品质达标，该方案具有环境搭建成本低，工厂产测环境易部署的优势。

信号板测试方案系统框架如下所示，信号板在产测过程中，可作为标准设备，与待测设备进行数据通讯，通过对通讯过程的数据进行判断，达到对待测设备进行测试的作用。

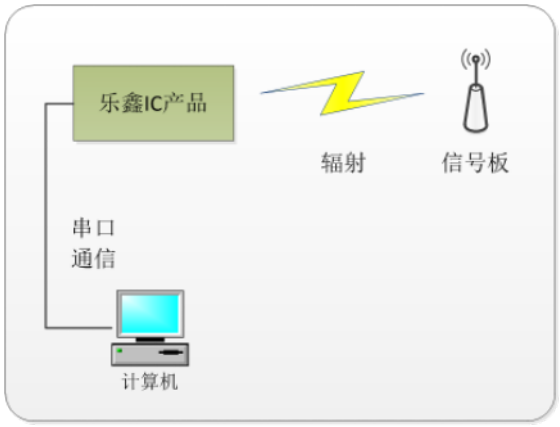


图 69: 信号板方案框架

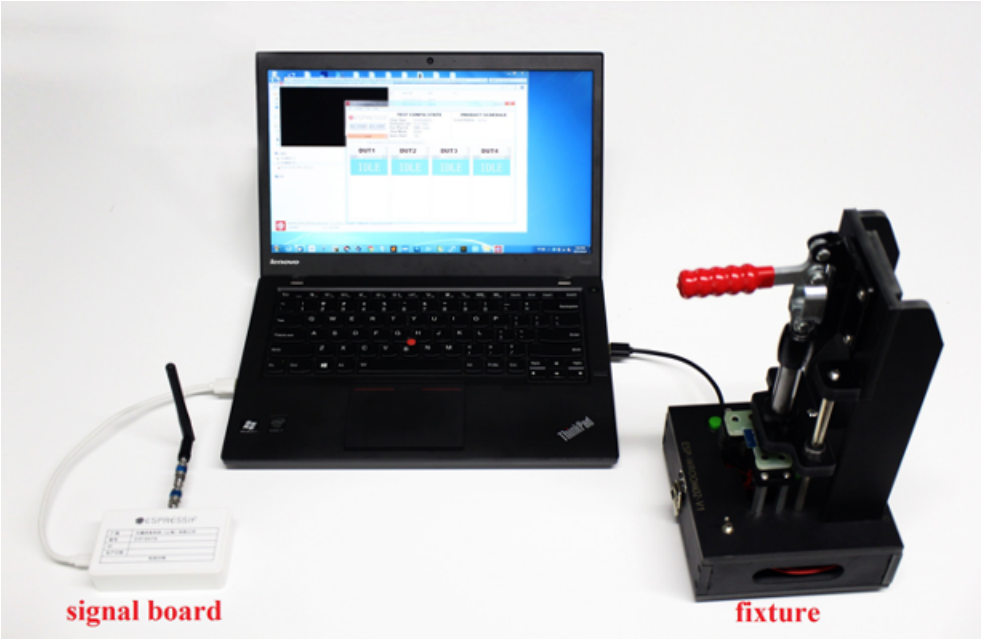


图 70: 信号板方案的实物连接

备注： 上述测试需要屏蔽环境。

生产测试流程

1. 确认待测设备有以下测试点，用来连接待测设备后进行测试。测试点说明如下。

需要引出的测试点	下载模式	flash 运行模式
V33, GND, RXD, TXD, EN, GPIO8, GPIO9	GPIO8 接高电平，GPIO9 接低电平	GPIO9 接高电平

备注:

- 下载模式：主要用于下载 bin 文件，生产测试过程均在下载模式下。
- Flash 运行模式：查看模组上电打印信息。
- 上表也适用于 ESP8684/ESP8685。

2. 待测设备通过测试治具连接到串口底板，使用产测工具控制待测设备进入下载模式。如无支持流控控制的串口底板，可直接将相应 GPIO 接低电平，使待测设备上电工作在下载模式。
3. 打开 PC 端产测工具，按照产测工具的使用方法（见产测工具）。

备注:

- 通常生产为了加快生产效率，测试治具可以设计为 1 拖多的方式。一般为 1 拖 4，即一个治具可以放置 4 个待测设备，同时进行测试。
- 测试治具的制作连接方法可参考乐鑫模组治具规范。
- 使用 USB 线将串口底板（放在治具中）与 PC 连接，并安装对应的串口底板驱动，确保串口能够成功识别。

生产测试相关配件

串口底板 串口底板主要用于 USB 转串口，用同类的 USB 转串口底板也可以，但是考虑到部分 USB 转串口底板的稳定性较差，推荐直接申购如下串口测试底板。如需申购，请 联系我们）。

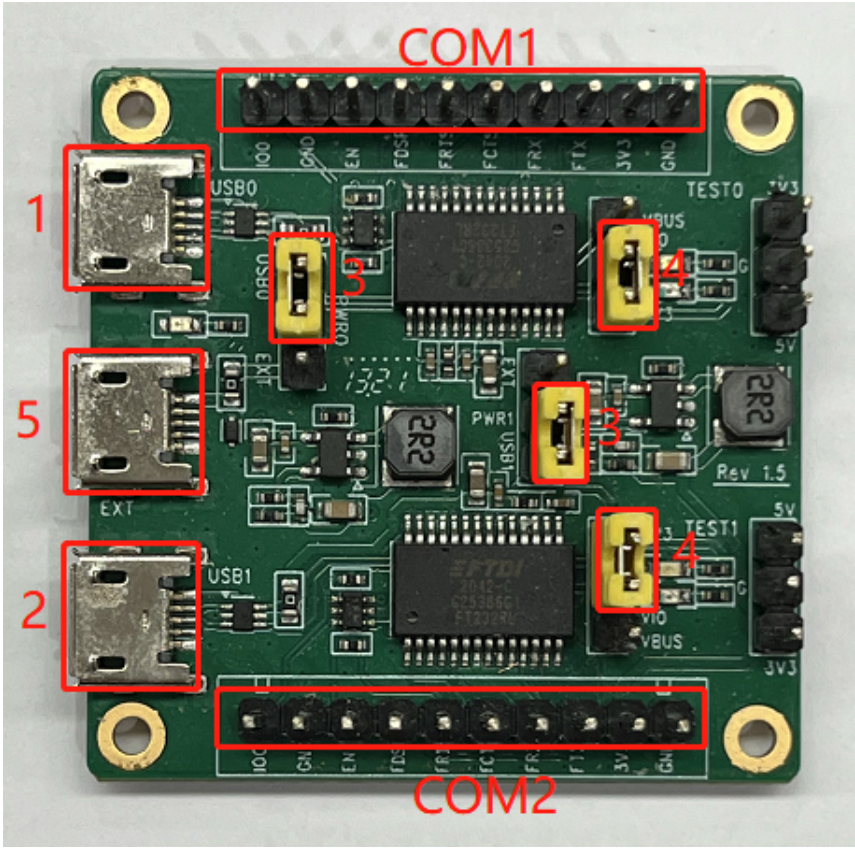


图 71: 串口底板示意图

拿到底板后，需要检查对应的开关及短路插是否正确。

- 标号 `COM1`，`COM2`：与 PC 通信的串口端，其中 1 和 2 是两路独立的通信串口，分别和对应侧的 TX/RX/FRTS/FCTS 对应。
- 标号 `3`：用于选择串口 USB 供电或外部供电口供电。
- 标号 `4`：用于选择 3.3 V 串口和 5 V 串口电平。
- 标号 `5`：外部供电口，未使用，无需设置。

测试治具 测试治具是用于驱动待测设备进入测试模式的一种生产配件，通过手柄按压，实现模组管脚与治具探针的接触。测试结束后，抬起手柄，模组管脚与探针分离（其他同类产品可以参考或直接引出对应测试点）。

Wi-Fi 模组产品的产测需要间接将模组管脚引出，并连接到产测底板后与 PC 串口进行通信，我们可以通过治具的结构压合最终达到这一目的。治具的整体外观示例可见下图。

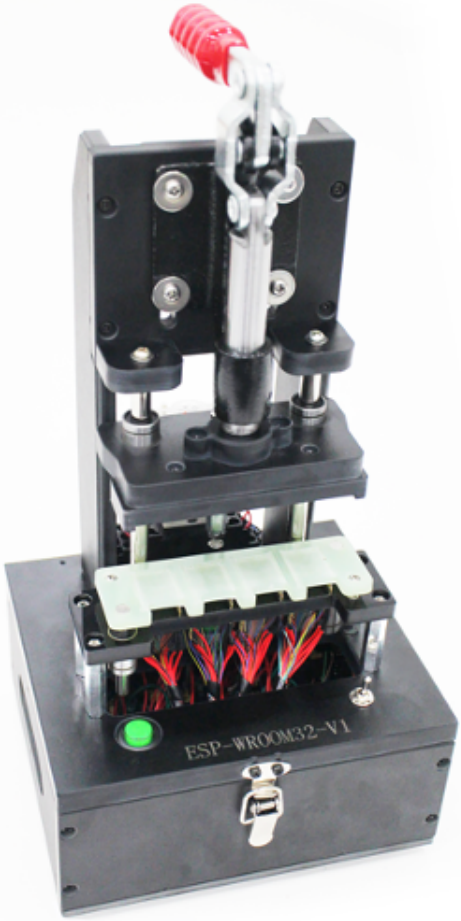


图 72: 治具整体外观

治具的主要组成部分可见下表（以乐鑫自有模组治具为例）。

表 7: 治具主要组成部分

部件	说明
手柄	抬起手柄时，模组与底部探针分离，断开电源；按下手柄时，模组与探针接触，模组进入测试状态。
模组台	摆放并固定模组。
底箱	安装串口测试板，可以通过 USB 线与 PC 通信。

信号板 信号板在产测过程中作为标准设备，与待测设备进行交互。

表 8: 信号板类型

信号板类型	适用芯片范围
ESP-BAT32	ESP32/ESP32-S/ESP32-C

图 73: ESP-BAT32 信号板示意图

申请获取乐鑫信号板，请 联系我们。

备注:

- 信号板使用时，在同一个网络覆盖范围内，仅能有一个信号板，否则互相间会干扰。
- 若要多个信号板进行大批量测试，需要分别在屏蔽房或屏蔽箱中进行测试。
- 上表也适用于 ESP8684/ESP8685。

方案对比

信号板方案和仪器方案的测试项对比可见下表，客户可根据实际需求进行选择。

表 9: 方案对比

方案	测试项目	说明
信号板方案	RF 测试	可测试芯片供电电压及其波动、相对信号板的频偏等
	收发包测试	可测试产品与信号板间进行收发包
	GPIO 测试	可排除 IC 焊接问题
	固件版本测试	可验证 flash 中应用固件的版本是否正确
	flash RW 测试	可验证 flash 读写功能是否正常
仪器方案	EVM 测试	可测试产品发包时的 TX Power，EVM 指标
	频偏测试	可测试产品发包时的频率
	功率测试	可测试产品发包时的功率
	接收灵敏度测试	可测试产品的接收灵敏度指标（需在屏蔽环境中完成）
	GPIO 测试	可排除 IC 焊接问题
	flash RW 测试	可验证 flash 读写功能是否正常

备注:

1. 信号板方案采用了乐鑫企业内部标准，可在模组 RF 匹配合格，且生产物料和制程一致的情况下，保证模组 RF 量产品质；
2. 用户可将信号板方案作为生产全检测试方案，并将仪器方案作为生产抽检测试方案，综合把控模组量产品质；
3. 由于信号板方案无法直接得到模组的 RF 性能参数，如 TX、RX、EVM，及 FREQ 等，用户可同时借助 Wi-Fi 综测仪，直接测试模组的 RF 性能参数。

信号板方案易部署，测试设备投入低的优势，所以信号板方案得到了客户的广泛应用。因此，本文的介绍将以信号板方案为主，并以乐鑫自有模组的测试为示例进行说明，客户可按照此方式，进行自有 Wi-Fi 产品生产测试环境的部署。

8.2 环境搭建

为了方便客户第一时间体验模组的信号板产测效果，乐鑫专门提供一套完整的产测配件包。本文档以乐鑫模组为例，完整介绍了信号板方案在产测中的应用。后续，客户直接将乐鑫模组替换为对应芯片家族（ESP32-C/ESP32/ESP32-S/ESP8266）的 Wi-Fi 产品即可。

套件准备

乐鑫产测配件包的主要组成部分，请见下表。

表 10: 产测配件包

产测配件包	物号	数量	备注
ESP32-C	ESP-BAT32	1	ESP32 信号板
	ESP-FactoryTB2	2	UART 底板
	ESP32-C3-WROOM-02	2	乐鑫模组 ESP32-C3-WROOM-02

操作步骤

请首先根据 DUT 所属的芯片平台（ESP32-C/ESP32/ESP32-S/ESP8266），按照下图的方式将 DUT 接在产测底板上；然后连接串口底板、信号板和 PC；PC 端开启产测工具。

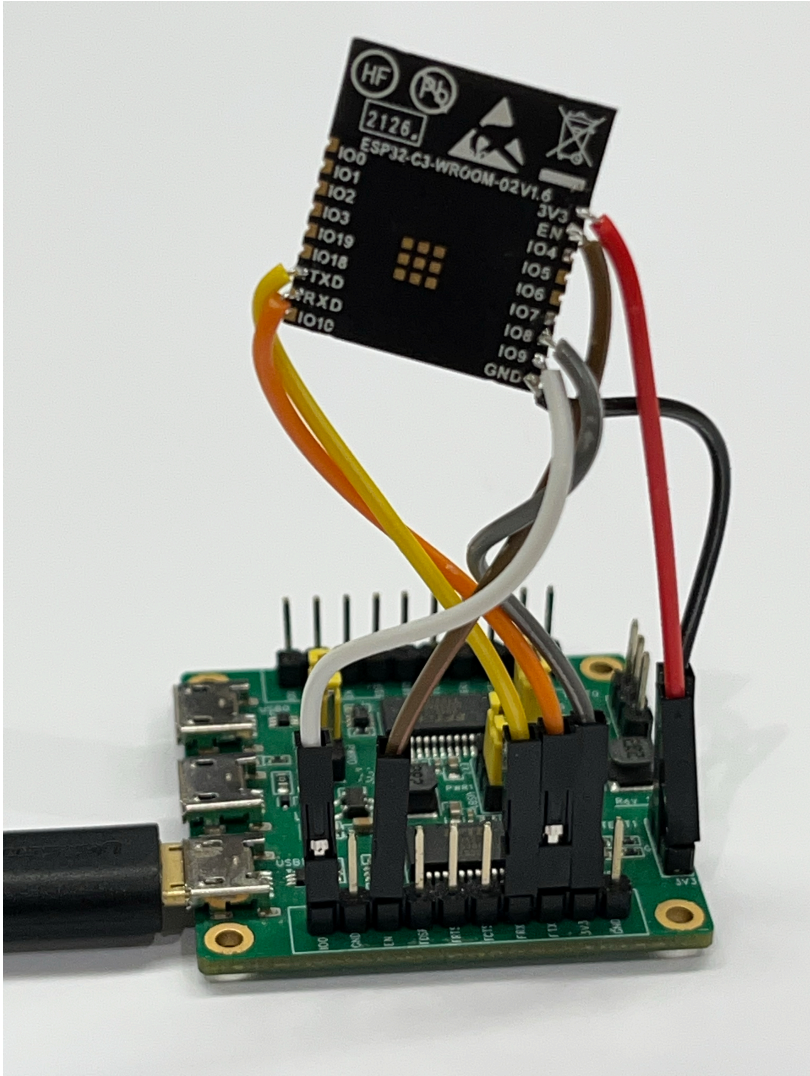
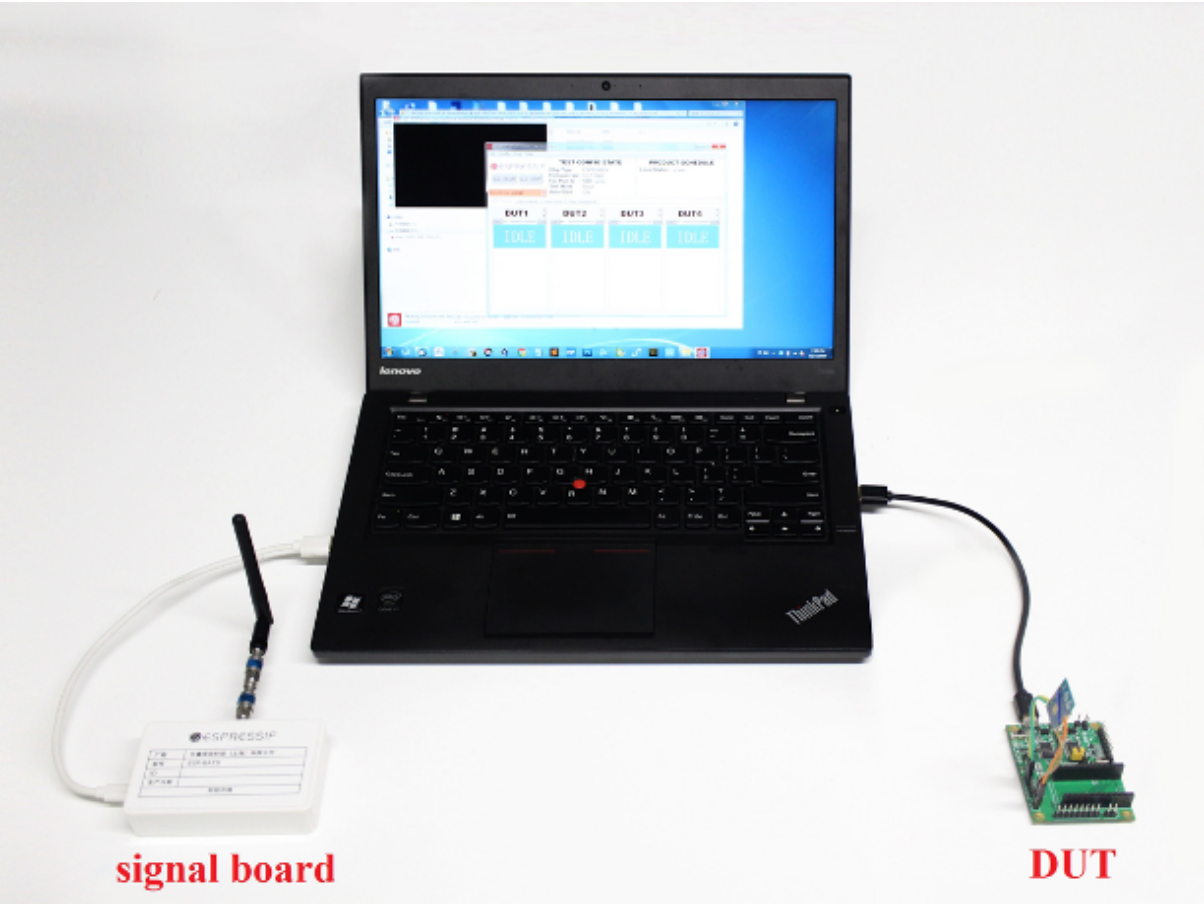


图 74: ESP32-C3-WROOM-02 模组接线图

1. 待测模组与信号板保持 1~2 M 左右，待测模组处于下载模式，并给串口底板上电。



2. 打开产测工具，根据产品的芯片平台类型进行配置，具体方法见下方工具配置 小节。
3. 点击 START 按钮开始测试。测试过程中，需保证 Log 中的 fb_rssi 参数保持在 -50 左右。
4. 等待测试完成，并根据测试结果排除现场问题。

8.3 产测工具

工具介绍

下载链接

工具目录

- factory_test_ui_tool：主目录
  - factory_test_cus_v1.0.exe：应用程序
  - config：工具运行的配置文件
    - .sys_config/.bin 文件夹：存放各种芯片的测试 bin 文件
    - .sys_config/.spec_file 文件夹：存放各种芯片的阈值文件
    - .sys_config/.sys_settings.conf：配置当前的测试 bin 和阈值文件
  - logs：存放每个待测设备的测试 log

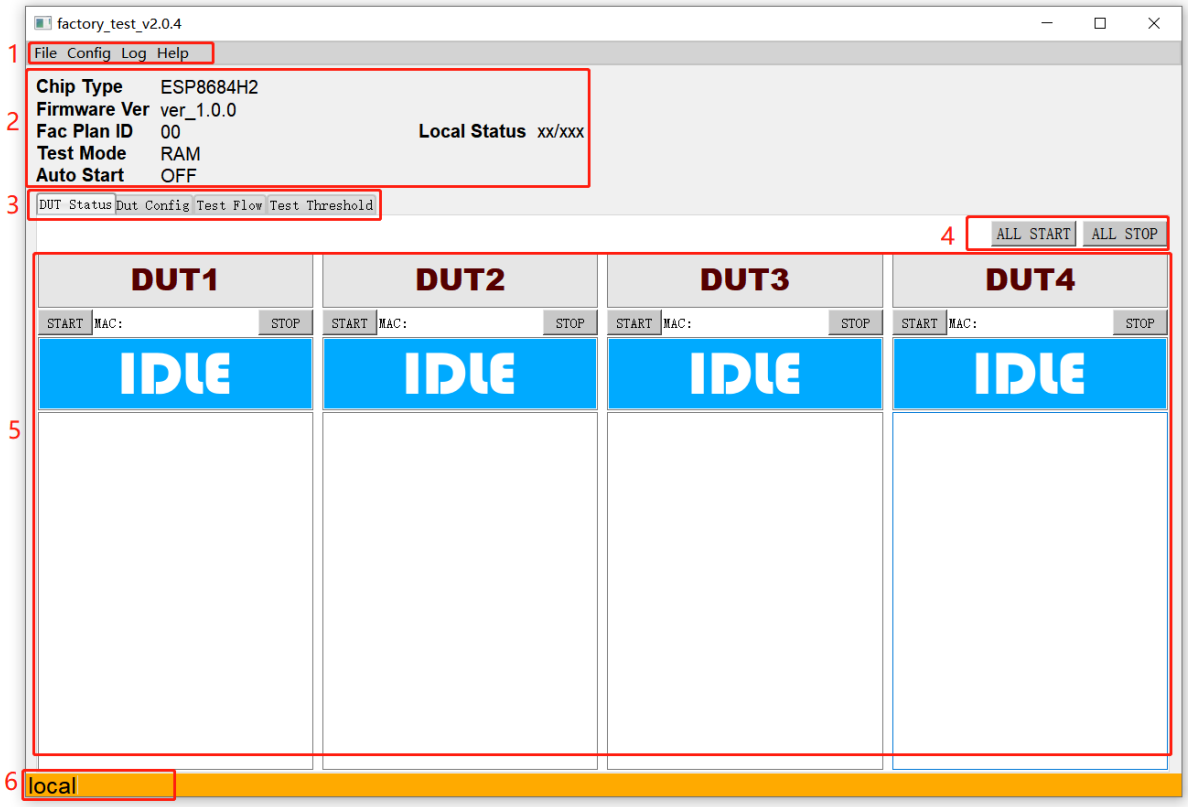


图 75: 工具主界面

工具界面 如上图所示，产测工具的初始界面可大致分为 6 个部分：

1. 菜单栏：

- `Config` 下进行本地/云端切换（云端模式暂未支持）
- `Log` 下可打开对应的 log 文件
- `Help` 下显示帮助文档

2. 测试选项

- 第一列：左边显示产品类型等测试配置信息
- 第二列：右边显示截止目前为止，本地所有的测试结果数据统计（pass 数量/fail 数量）

3. 选项卡可切换显示界面，进行测试或配置。

4. ALL START/ALL STOP：全部开始/停止按键。

5. 测试操作界面：默认显示配置完成后进行实际测试的界面，本工具目前采用“一拖四”的形式，所以有 4 个 DUT 界面，各待测设备可独立进行测试，具体的测试项是统一配置的。

6. Position：显示当前是 `Local` 模式，还是 `Cloud` 模式。

测试方式 目前，本产测工具仅支持 1 种测试方式：

- **RAM 运行测试**测试前，DUT 处于下载模式。测试时，上位机将测试固件下载到 DUT 的 RAM 中并运行。

工具配置

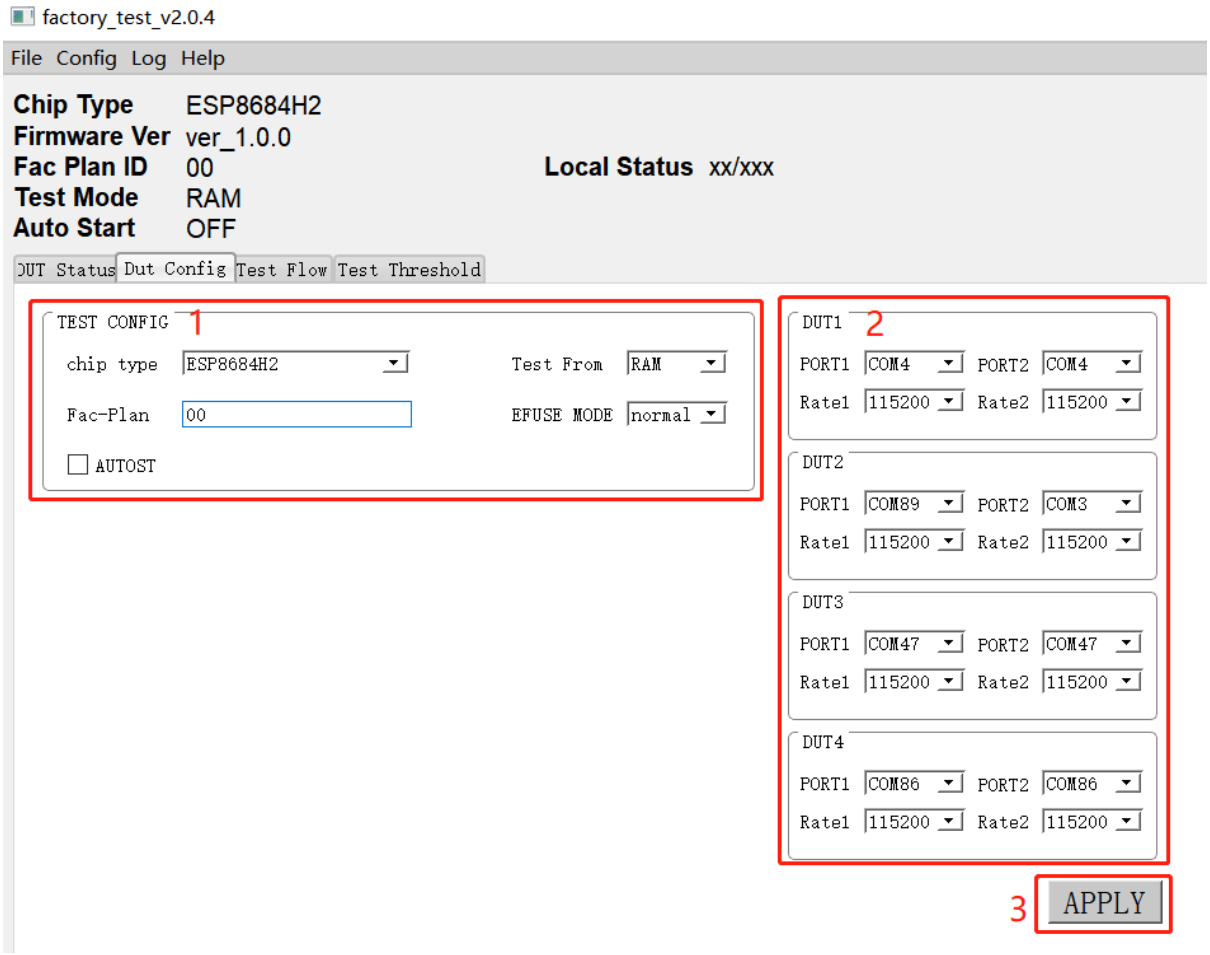


图 76: DUT Config 配置界面

配置界面 如上图所示，选项卡界面的第二栏是 `DUT Config` 的配置界面，界面主要分成三大部分：

- 1. `TEST CONFIG` 配置测试信息
- 2. `DUT` 配置 DUT 信息
- 3. `APPLY` 应用配置

TEST CONFIG

表 11: 配置测试信息

选项	功能	说明
Test From	程序启动位置	RAM：必须选择要下载的测试 bin 文件
Fac-Plan	测试记录代号	以 **代号 + 测试结果**的形式存储 MAC 地址列表。
AUTOST	自动测试开关	勾选后每次测试结束就会自动开始下一次测试。
EFUSE MODE	检测 eFuse 的方式	如果烧录了定制 MAC 地址就选择 custom，否则就选择 normal。

DUT CONFIG

表 12: 配置 DUT 信息

选项	功能	说明
Port	串口号	工位的串口配置，包括正常测试串口和固件测试串口两个（可相同或不同，根据具体的情况选择）。
Rate	波特率	串口命令波特率。
APPLY	修改确认按钮	界面进行修改后，必须要点击 APPLY，并验证通过后才会生效。用户需要填入验证码进行验证，通过后方可完成修改。验证规则为“年 + 月 + 日 + 时”的数字之和，比如 2018-03-01 日 15 时的验证码计算方式为：2018+03+01+15 = 2037。

测试流程

除了单纯测试产品的射频性能，产测方案也可同时测试产品的整体功能，具体可完成的测试项目包括但不限于（可自定义命令）RF 测试、GPIO 导通测试、应用固件版本测试、flash RW 测试。

射频测试

- **测试目的：**射频测试是产测过程中的必选项，其目的是确保产品的射频性能达标，并可进行正常的收发包。
- **测试方式：**通过辐射的方式，在信号板和待测产品间进行收发包。待测产品通过串口，将测试信息反馈给上位机，而后由上位机对信息解析并得出测试结论。
- **测试过程：**待测产品运行测试固件，上位机发送串口指令后测试开始。首先，产品会读取寄存器信息，获得射频部分的性能情况，包括供电电压波动等；然后，与信号板进行一定数量的收发包；最后，上位机通过对比串口信息与阈值，判定待测产品是否通过测试。
- **配置界面：**可在 `Test Flow` 下的 `RF_TEST` 模块中使能。

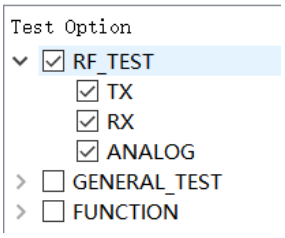


图 77: RF 测试配置界面

GPIO 导通测试

- **测试目的：**可用于检测 GPIO 的导通情况，防止产品的焊接过程中出现的虚焊或连焊现象。
- **测试方式：**将待测模组治具的对应管脚短接后，通过串口命令来设置和获取管脚电平状态，判断是否存在虚焊或连焊的问题。
- **测试过程：**在射频性能测试结束后，发送一系列串口命令来进行导通测试。此命令已经在上位机内集成，客户只需要开启此功能即可，若无 GPIO 导通测试需求，则不需要开启。

- **配置界面：** 可在 `Test Flow` 下的 `GENERAL_TEST` 模块中使能（见下图），详细说明请参考*附录 B：GPIO 导通测试配置*。

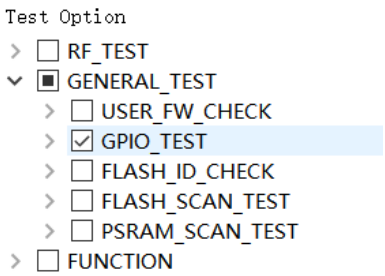


图 78: GPIO 导通测试

固件版本校验测试

- **测试目的：** 可用于确定待测产品 flash 中烧录的固件是否为目标版本，防止出现版本错误的问题。
- **测试方式：** 通过比对目标版本固件串口日志中的“特定字符串”或“版本号”进行校验。因此，该字符串应具备区分效果。
- **测试过程：** 在射频性能测试结束后，上位机通过控制串口板的流控，让待测产品从 flash 启动，匹配目标字符串。客户如需要进行版本校验，只需要开启此功能即可。
- **配置界面：** 可在 `Test Flow` 下的 `GENERAL_TEST` 模块中使能。

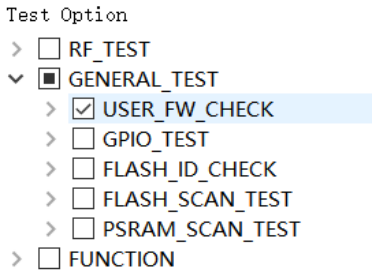


图 79: 固件版本校验

Flash 功能测试

- **测试目的：** flash 功能测试包括 flash ID 验证及 flash 读写测试，其目的为确认使用的 flash 型号为期望型号，并保证此 flash 可正常读写。
- **测试方式：** 通过串口命令来运行测试固件中的 flash 测试流程，并通过串口将测试结果返回给上位机。
- **测试过程：** 射频测试结束后，通过串口命令及返回结果进行判断。
- **配置界面：** 可在 `Test Flow` 下的 `GENERAL_TEST` 模块中使能。其中 `FLASH_SCAN_ADDR` 为该测试项的起始地址（只需要 0x1000 扇区大小），`FLASH_SCAN_TARGET` 为目标测试值，不同芯片目标值不一样。

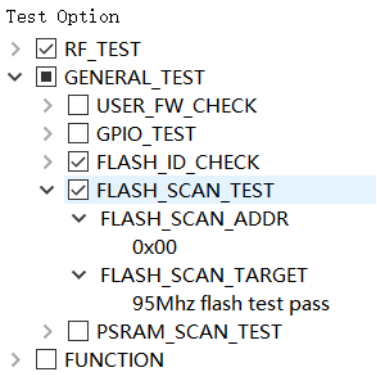


图 80: Flash 功能测试

工具操作

测试方式有两种（单工位和全工位），配置对两种测试方式均生效，具体操作流程如下：

1. 环境搭建完成后，点击开始按钮（START 或 ALL START），开始同步及下载。

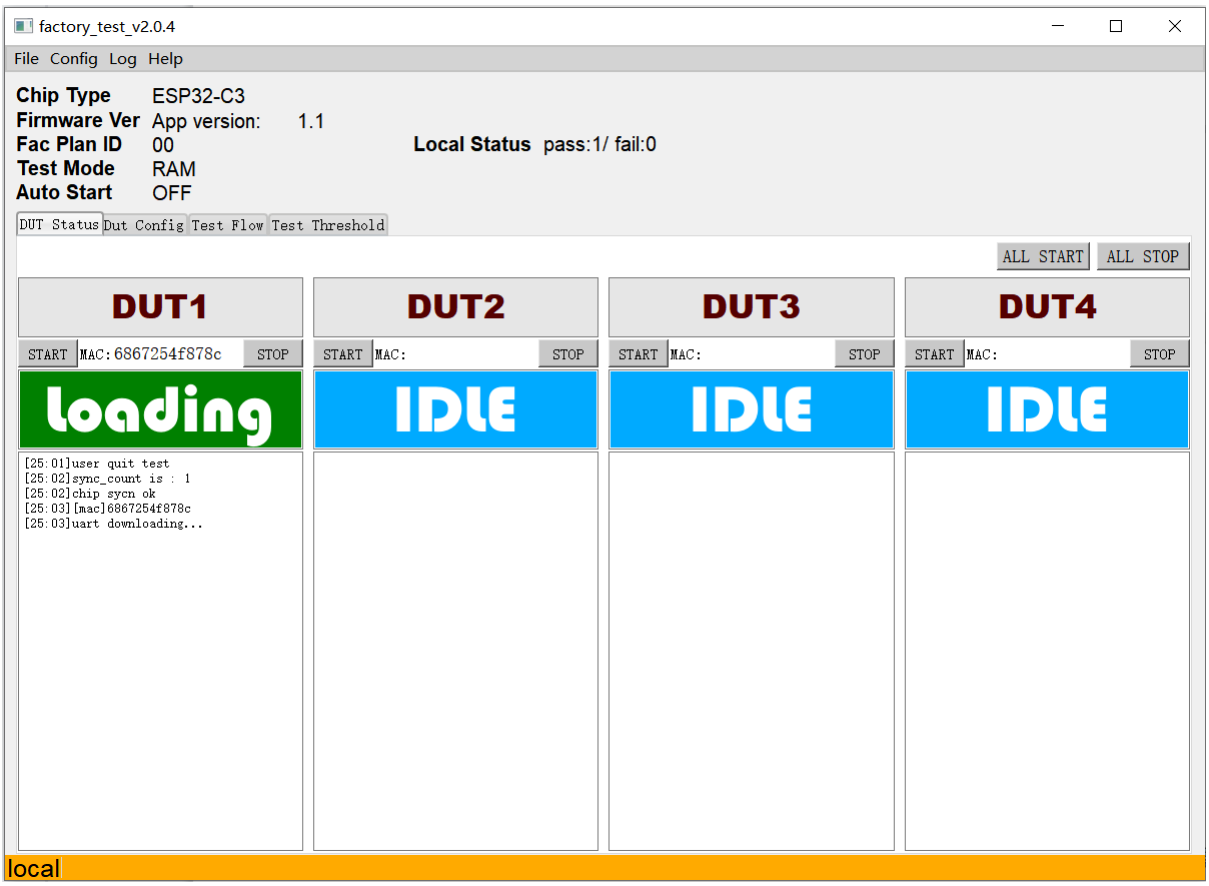


图 81: 同步过程

2. 下载完成后，进入测试状态，界面显示 RUN，等待测试结果。

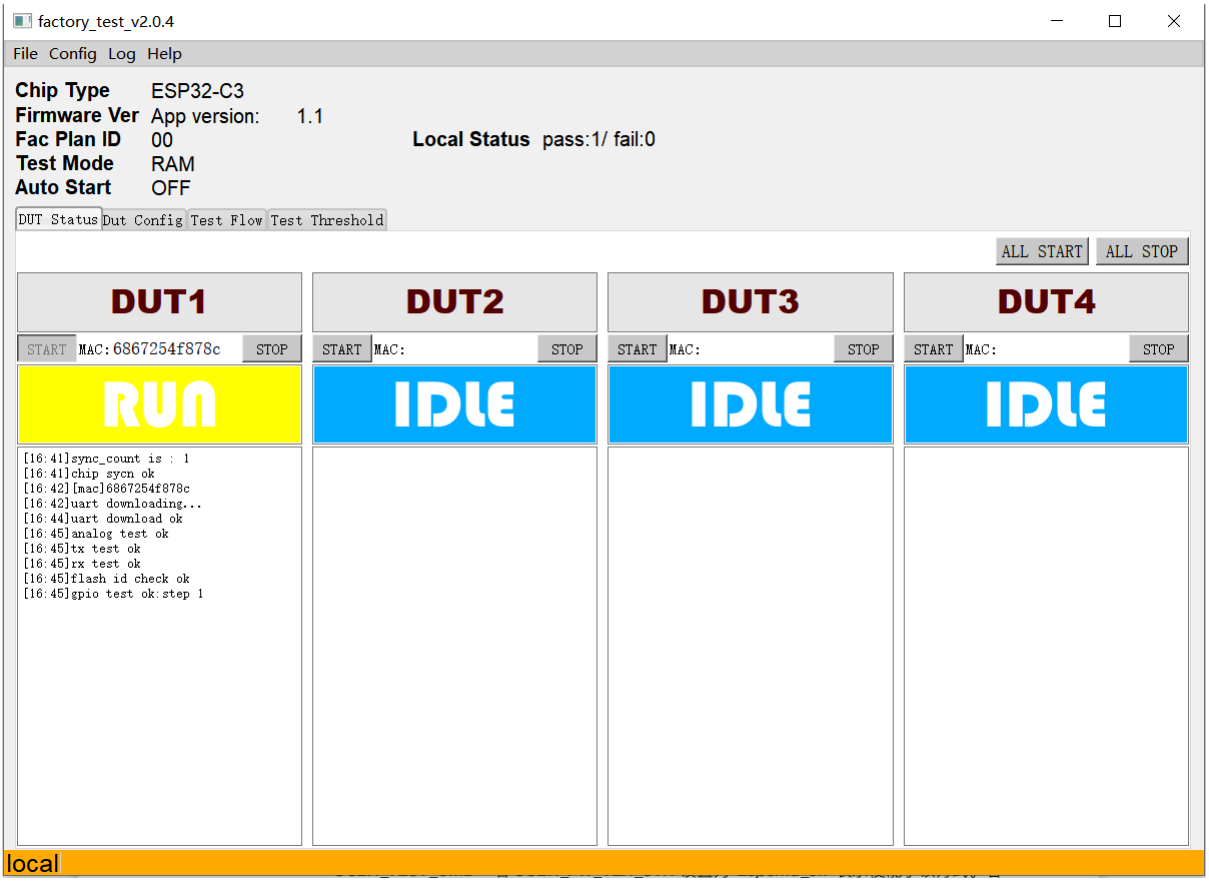


图 82: 正在运行中

3. 显示测试结果。

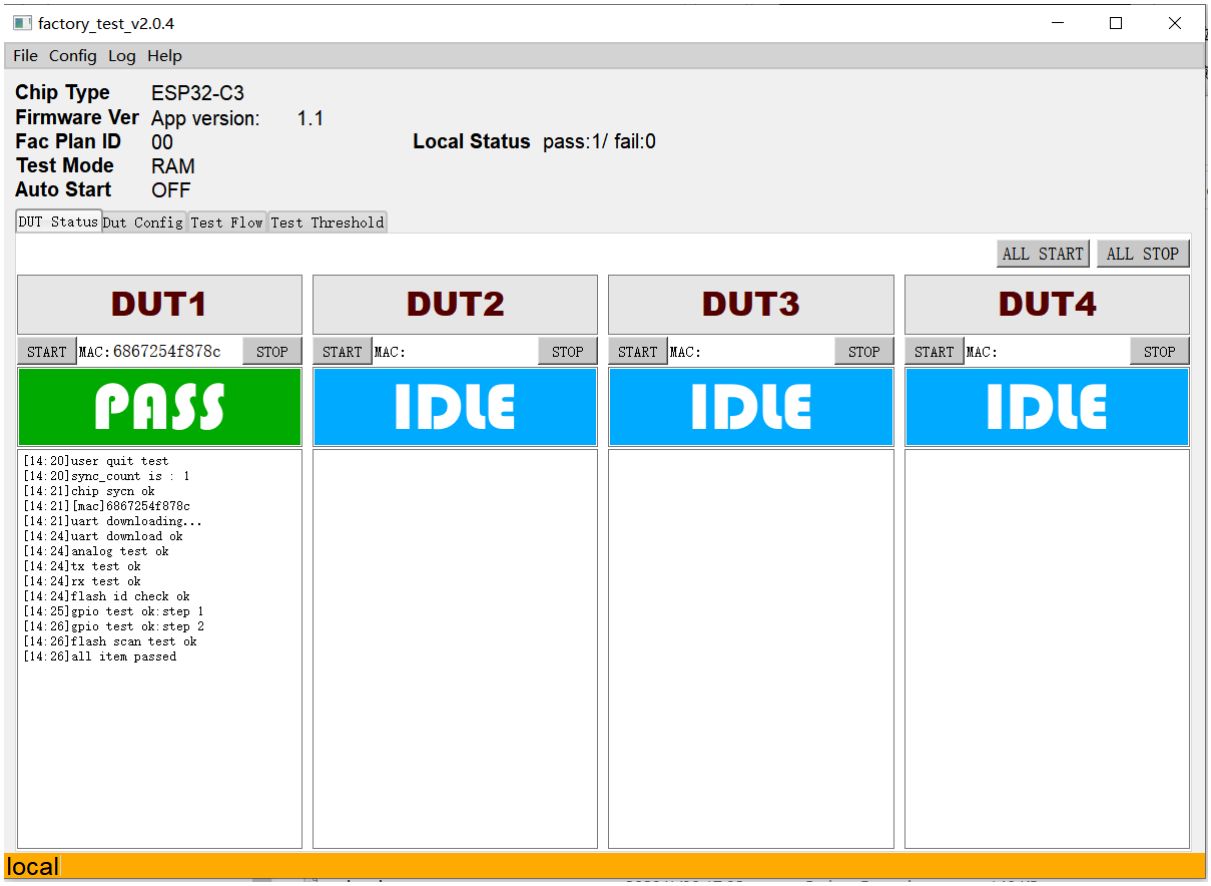


图 83: 测试完成

测试过程中有任何测试项目失败，“状态显示框”就会显示 FAIL，状态显示框下方的文本框内会逐条显示每个测试项目的结果。用户可据此定位测试失败的具体原因。

4. 查看详细测试记录

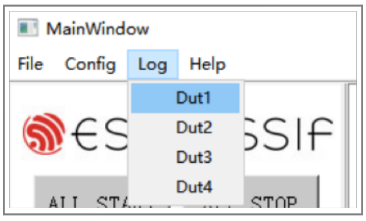


图 84: 查看测试结果

每次产测的记录都会单独保存一个 log 文件，文件名以“模组 MAC + 日期”的形式保存。点击 Log 按钮会弹出对应工位最后一次测试的 log 文件。如果该工位没有进行过测试，则打开 Logs 文件夹，方便查看 log。

8.4 附录 B：GPIO 导通测试配置

在进行 GPIO 导通测试，需要测试的管脚 (GPIOx, GPIOy) 两两短接。一端输出高或低电平 (n = 1 或 0)，另一端作为输入并读取当前电平。

关于 <GPIOx, GPIOy, n> 的说明：

1. GPIOx 表示输入 pin 脚，GPIOy 表示输出 pin 脚；
2. n 可以配置为 0 或 1，0 代表低电平、1 代表高电平。

为了保证高低电平都能测试到，每次配置后，CPIO 导通测试均自动进行两次：

1. 第一次测试采用配置的 n；
2. 第二次测试采用 n 取反。

举例，如果 n 配置为 1，则将首先按照 n = 1 进行测试，然后再按照 n = 0 进行测试。

测试配置

乐鑫 ESP32-C3-WROOM-02 模组的 GPIO 导通测试，具体配置如下。

接线方式：

- IO3 –> IO1
- IO7 –> IO5
- IO19 –> IO10
- IO2 –> IO0
- IO4 –> IO0
- IO18 –> IO6

上位机端的命令配置：

<GPIO1,GPIO3,0>;<GPIO5,GPIO7,0>;<GPIO10,GPIO19,0>;<GPIO0,GPIO2,1>;<GPIO0,GPIO4,1>;<GPIO6,GPIO18,1>

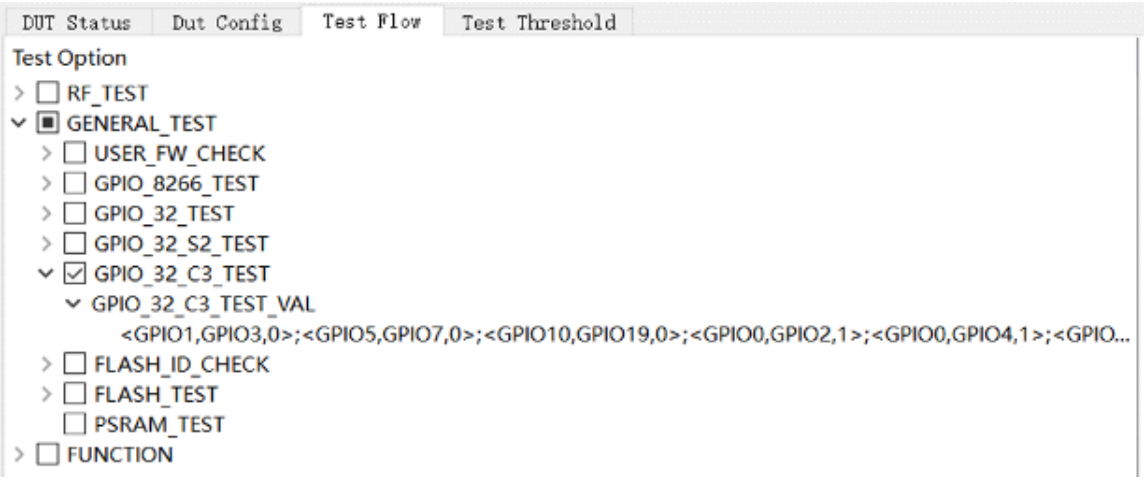


图 85: ESP32-C 系列测试配置

串口命令说明

- **串口命令：ESP_TEST_GPIO** < 参数 1> < 参数 2> < 参数 3>

输入	ESP_TEST_GPIO 0xD9000C20 0x0054ECE0 0x00000055
预期输出	0x33000000 0x00AC0000 0x000000BB

- **命令说明：** 用 2 个 bit 表示一个 GPIO 状态，每个 GPIO 共四种状态：
  - 00 为 default 模式
  - 01 为 INPUT
  - 10 为 OUTPUT 输出低
  - 11 为 OUTPUT 输出高
- **参数说明：**
  - < 参数 1>：为 32 bit 数，< 参数 1> 代表 GPIO0 ~ GPIO15。其中的 [1:0] 代表 GPIO0、[3:2] 代表 GPIO1，以此类推，[30:31] 代表 GPIO15。
  - < 参数 2>：为 32 bit 数，< 参数 2> 代表 GPIO16 ~ GPIO31。其中的 [1:0] 代表 GPIO16、[3:2] 代表 GPIO17，以此类推，[30:31] 代表 GPIO31。
  - < 参数 3>：为 32 bit 数，< 参数 3> 代表 GPIO32 ~ GPIO47。其中的 [1:0] 代表 GPIO32、[3:2] 代表 GPIO33，以此类推，[30:31] 代表 GPIO47。
- **返回值说明：**
  - **输入结果：** < 参数 1> < 参数 2> < 参数 3>
  - **说明：** 用 2 bit 表示一个 GPIO 作为输入的结果，其中高 bit 位为输入有效标志位，低 bit 位为输入电平高低。每个 GPIO 作为 INPUT 共四种结果：
    - 00 表示不作为输入
    - 10 为输入低电平
    - 11 为输入为高电平
    - 01 不存在
  - **参数说明：**
    - < 参数 1>：为 32 bit 数，< 参数 1> 代表 GPIO0 ~ GPIO15 的输入结果。其中的 [1:0] 代表 GPIO0、[3:2] 代表 GPIO1，以此类推，[30:31] 代表 GPIO15。
    - < 参数 2>：为 32 bit 数，< 参数 2> 代表 GPIO16 ~ GPIO31 的输入结果。其中的 [1:0] 代表 GPIO16、[3:2] 代表 GPIO17，以此类推，[30:31] 代表 GPIO31。
    - < 参数 3>：为 32 bit 数，< 参数 3> 代表 GPIO32 ~ GPIO47 的输入结果。其中的 [1:0] 代表 GPIO32、[3:2] 代表 GPIO33，以此类推，[30:31] 代表 GPIO47。

8.5 附录 C：固件版本校验测试配置

固件版本校验测试的详细配置如下图所示：

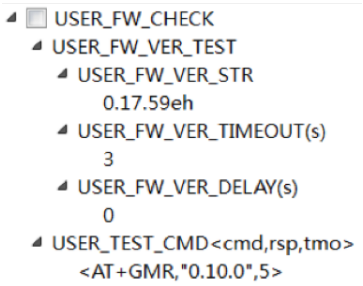


图 86: 详细配置

勾选 `USER_FW_CHECK` 表示使能了固件版本测试项目。该项目有两种测试方式：

- `USER_FW_VER_TEST`：`USER_FW_VER_STR` 设置为 `Espcmd_en` 表示使能了 `USER_TEST_CMD` 方式。否则，使用匹配串口字符的方式，如上图中的 `0.17.59eh`。

- USER_TEST_CMD：若 USER_FW_VER_STR 设置为 Espcmd_en 表示使能了该方式。客户可根据自己的命令配置，如上图中 *<AT+GMR,"0.10.0",5>* 表示发送命令 AT+GMR 后，串口应该返回的字符包含 0.10.0。

8.6 证书下载

用户可通过乐鑫官网证书 下载页面 下载产品证书。

9 模组治具制作规范

9.1 关于本规范

本文档完整地介绍了 Wi-Fi 模组治具的制作规范，避免由于夹具没有统一制作规范导致在产测过程中引起的各种问题。

9.2 概述

治具根据型号和用途不同，其结构也不同。其中 ESP-WROVER 治具的结构如图所示：

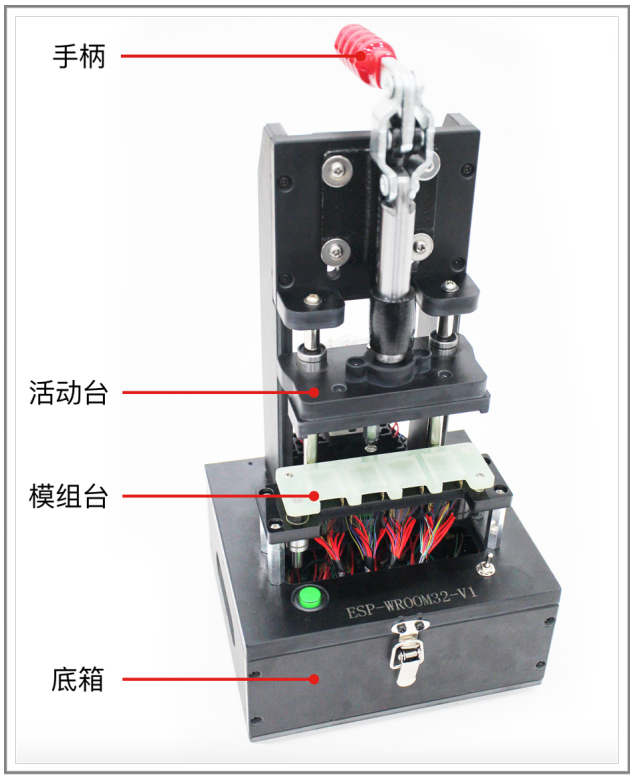


图 87: 模组治具机构示意图 (ESP-WROVER)

其他治具大体相似，在细节上稍有不同，模组治具的大概结构包括以下几个部分：

表 13: 治具主要组成部分

部件	说明
手柄	控制模组是否上电： • 抬起手柄时，模组与底部探针分离，断开电源。 • 按下手柄时，模组与探针接触，模组进入测试状态。
模组台	摆放并固定模组。
底箱	安装串口板，可以通过串口线与 PC 通信。
开关	安装在底箱上，用以控制底板是否上电及模式切换。

9.3 模组治具的主要结构

模组台制作规范

模组台在制造过程中应注意以下事项。

天线 天线部分要完全裸露，保持天线连接点在模组台前沿之前或在一条直线上，如下图所示。模组台不得用金属制造，并且在天线的周围尽量减少金属部件的使用。

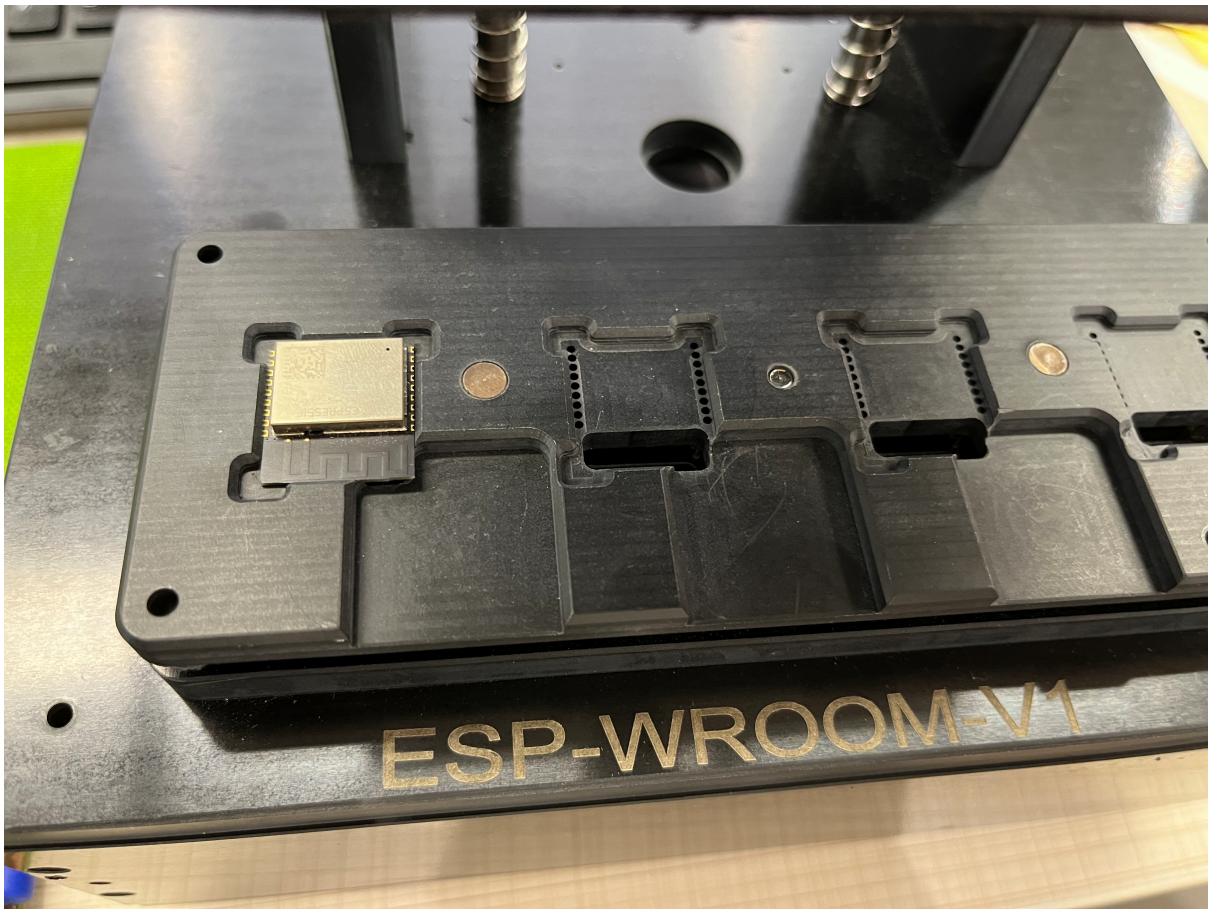


图 88: ESP-WROVER 治具模组台

手柄

- 手柄按下时，保证模组台下的金属探针能与模组的所有 Pin 脚接触。

图 89: 探针状态示意图（手柄按下）

- 手柄抬起后，保证模组台下的金属探针能与模组完全分离。

图 90: 探针状态示意图（手柄抬起）

手柄按下时，活动台与模组台之间留合适的距离。保证探针既能与模组完全接触，又不会压坏模组（包括屏蔽盖），如图：

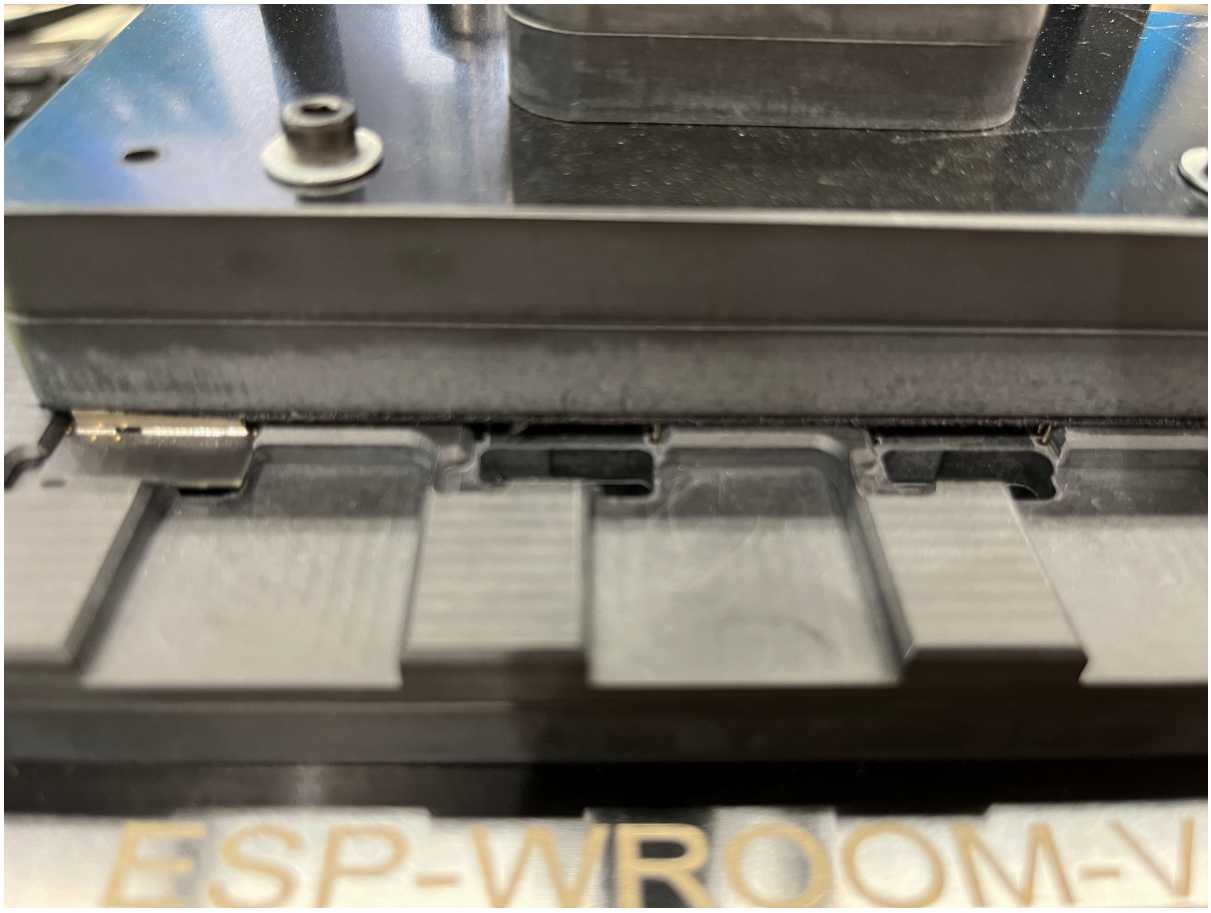


图 91: 活动台与模组台之间的距离示意

底箱制作规范

串口板 底箱内放有串口板，使用的串口板的版本号为：ESP_Factory Test Board V1.3，如图所示：

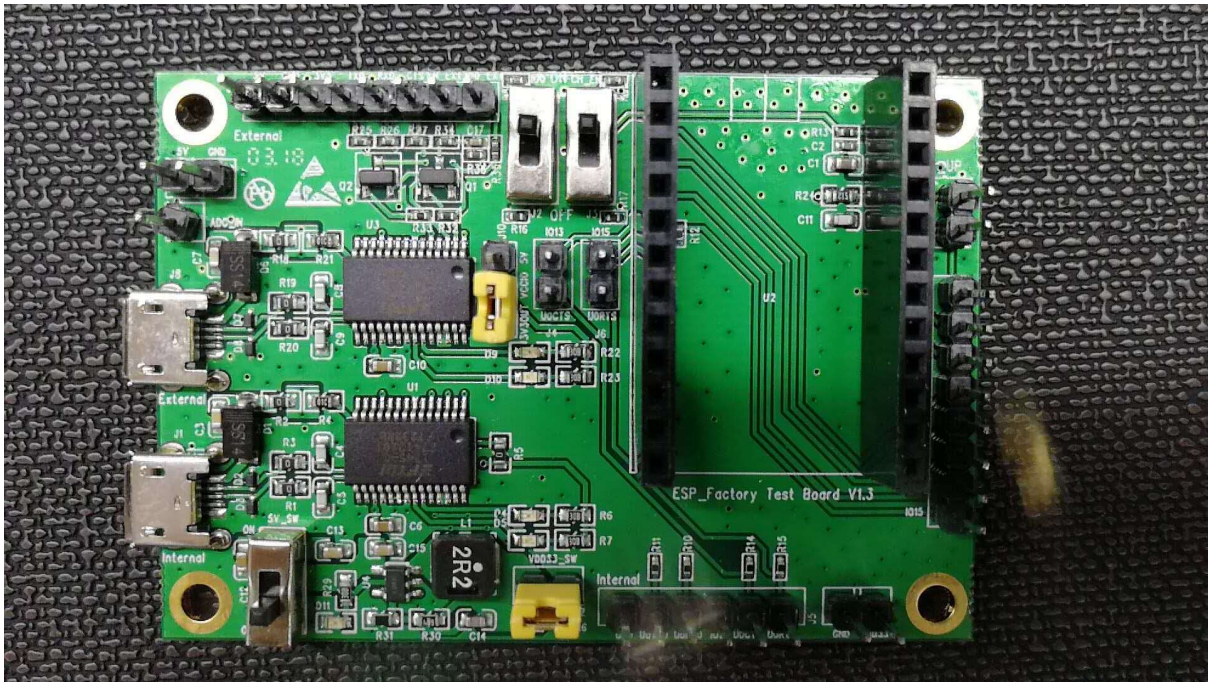


图 92: 串口板示意 (ESP_Factory Test Board V1.3)

此串口板包括两颗串口芯片。根据夹具的类型放置对应数目的串口板（如“一拖四”治具则需要放置 4 块串口板）。

要求底板须固定在底箱里，防止串口板位置不固定导致管脚触碰短路现象。固定时采用螺丝固定的方式，分别固定串口板的四个过孔。并且在使用多个串口接 HUB 时，要给 HUB 供外部电源，防止串口供电不足引起的一系列问题。

底箱标识 为方便辨识治具，规定将标识印于底箱表面。分类如下表所示，其中 V* 为治具的版本号。

表 14: 机台型号分类

模组类型	机台型号
• ESP-WROOM-02 • ESP-WROOM-02D • ESP-WROOM-02DC	ESP-WROOM-02/02D-V1
• ESP-WROOM-02U • ESP-WROOM-02UC	ESP-WROOM-02U-V3*
• ESP32-WROOM-32 • ESP32-WROOM-32D • ESP32-WROOM-32DC • ESP32-SOLO-1 • ESP32-SOLO-1C	ESP32-WROOM-32/32D-V1
• ESP32-WROOM-32U • ESP32-WROOM-32UC	PESP32-WROOM-32U-V3*
• ESP32-WROVER (PCB) • ESP32-WROVER-B (PCB) • ESP32-WROVER-BC (PCB)	ESP32-WROVER-V1
• ESP32-WROVER (IPEX) • ESP32-WROVER-B (IPEX) • ESP32-WROVER-BC (IPEX)	ESP32-WROVER-I-V2*

备注:

1. 图片*活动台与模组台之间的距离示意* 中黄色短路插需插入跳线帽。
2. 本规范不适用于 ESP-WROOM-02U-V3, ESP32-WROOM-32U-V3 和 ESP32-WROVER-I-V2。

模组台接线 从探针接出来红绿两种颜色的线。接线规则如下表所示。除标识的红绿线，其余未引线管脚均不得接线。

表 15: 接线要求说明

组件	功能	要求	备注
红线	探针引出线	杜邦线从探针上引出并接于底板上，相同标号连接在一起（见下方图片）。	**注意**: 1. 使用标准粗细的杜邦线，长度在保证正常使用的情况下尽量短； 2. 对于底板上没有插针的管脚，可直接焊接在底板背部的锡点上。
	开关引出线	杜邦线从开关上引出并接于底板上，相同标号连接在一起（见下方图片）。	1. 压合治具，开关打开将被按下（1，2 位置），代表开关接通，达到治具压合即给被测模组上电； 2. 拨码开关（3，4 位置），用于 3-4 手动开关导通，实现模组不同模式切换。
绿线	–	探针默认引出线即可，无需连接到底板。	–
开关	一拖一	一路扭头开关	–
	一拖四	四路扭头开关（一个开关可以控制四路导线的导通）	–

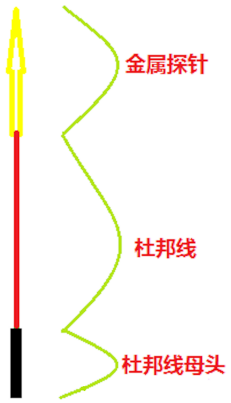


图 93: 红色接线示意图

治具接线 治具可通过不同的接线，选择 **不支持工具端自动模式切换**和 **支持工具端自动模式切换**两种模式，具体参考下方图片。

备注： 默认选择 **不支持工具端自动模式切换**方式。

不支持工具端自动模式切换

1. ESP-WROOM-02 系列

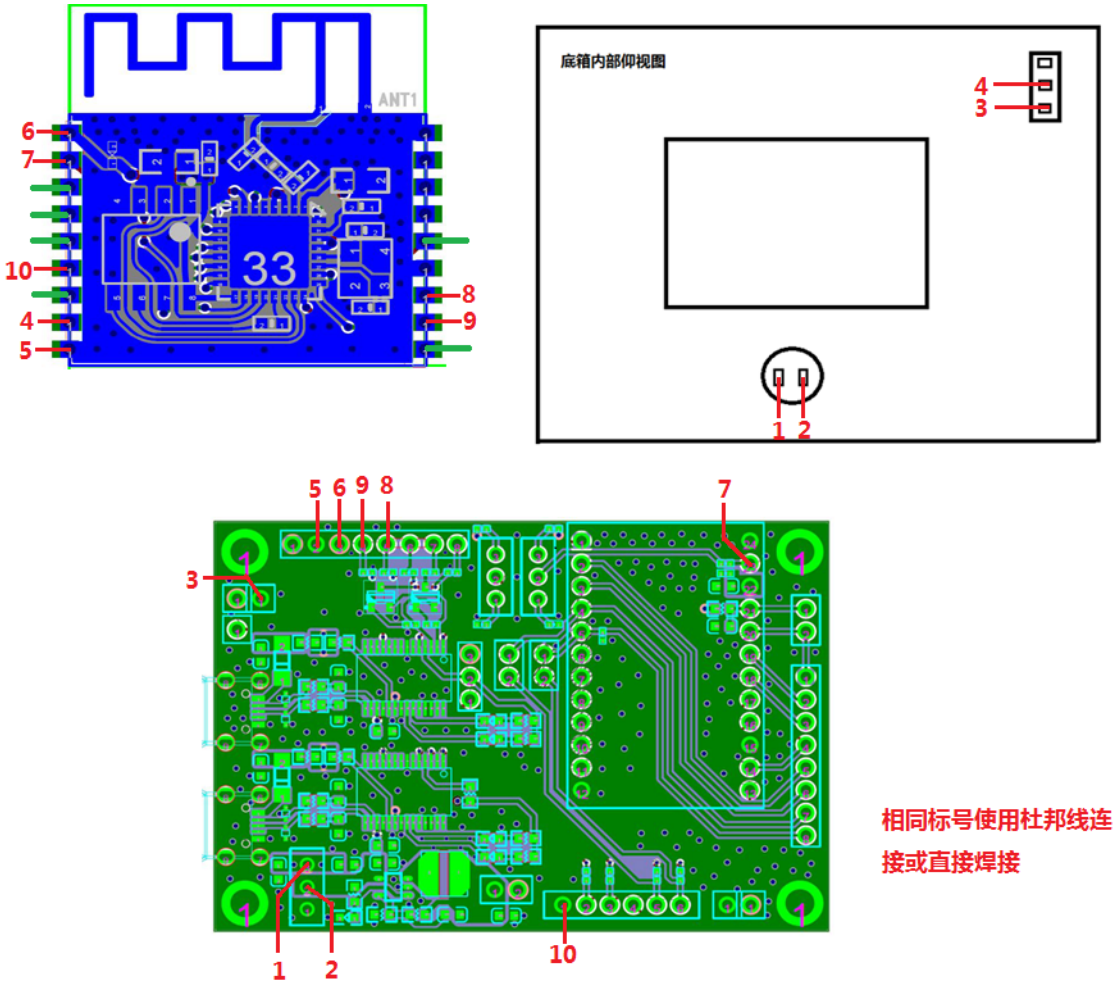


图 94: ESP-WROOM-02 模组台接线示意图

2. ESP-WROOM-32 系列

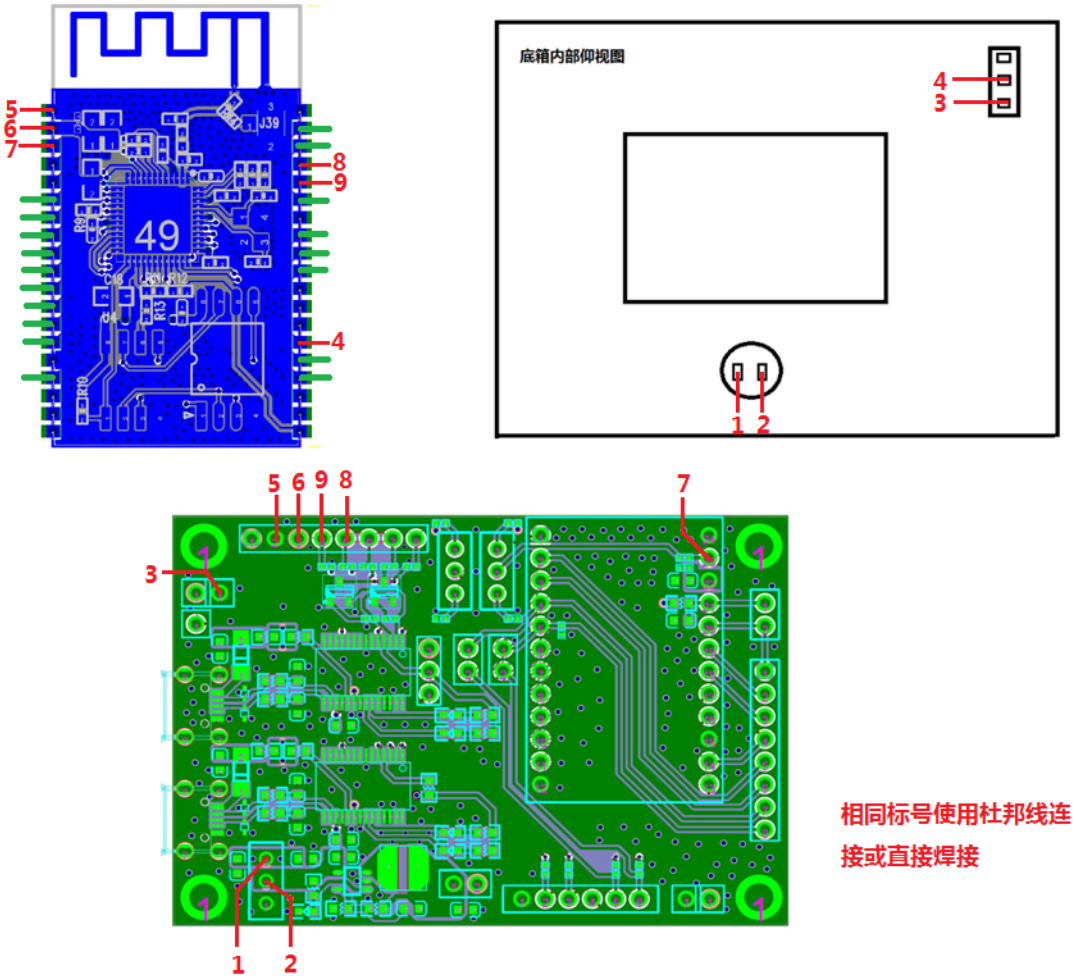


图 95: ESP32-WROOM-32 模组台接线示意图

3. ESP-WROVER 系列

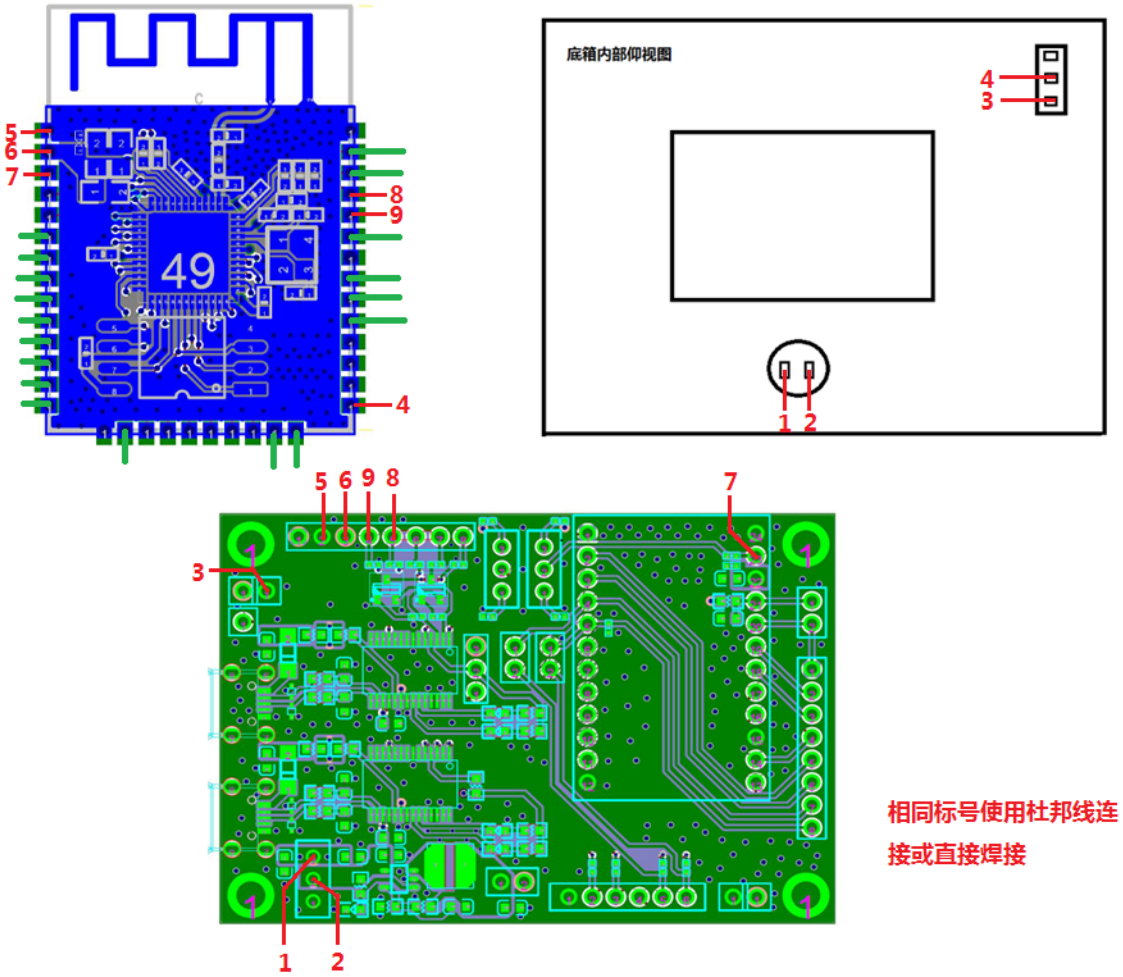


图 96: ESP-WROVER 模组台接线示意图

支持工具端自动模式切换

1. ESP-WROOM-02 系列

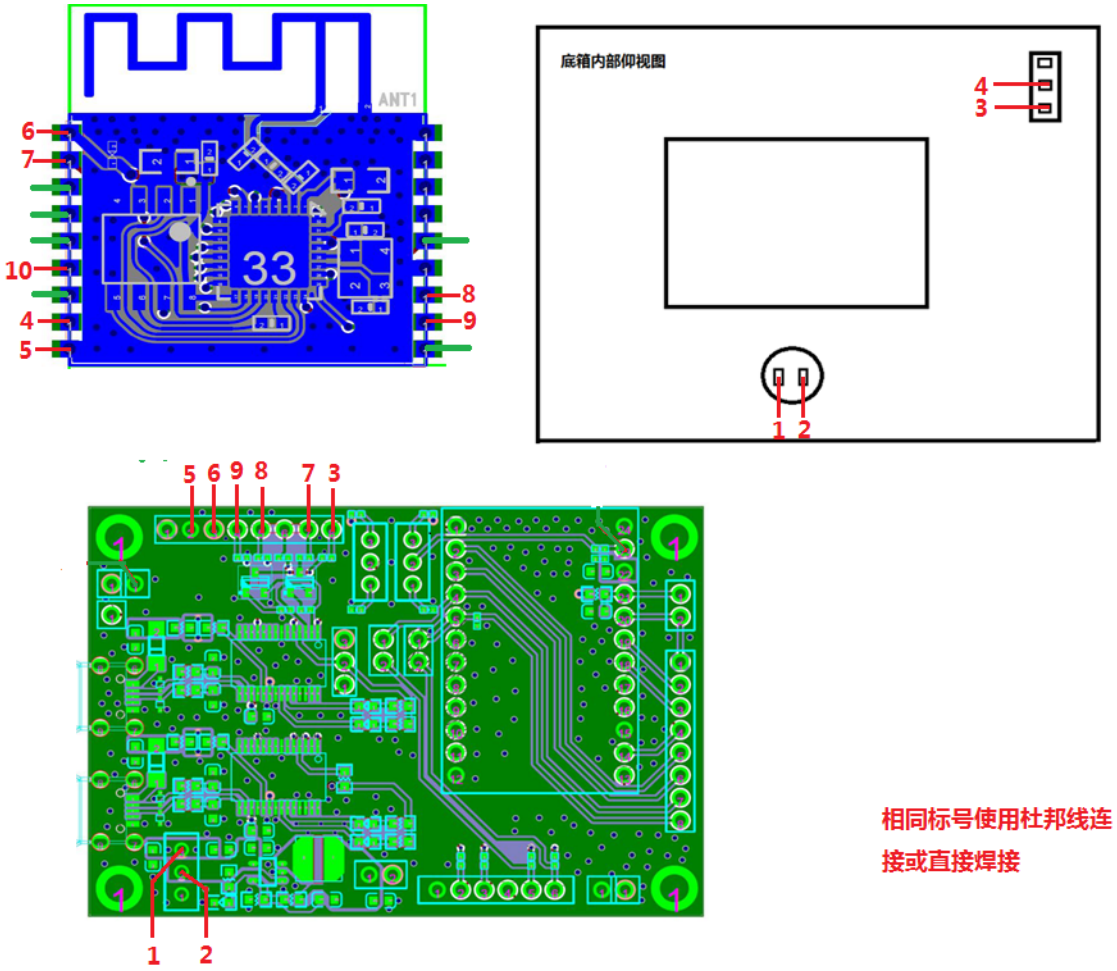


图 97: ESP-WROOM-02 模组台接线示意图

2. ESP-WROOM-32 系列

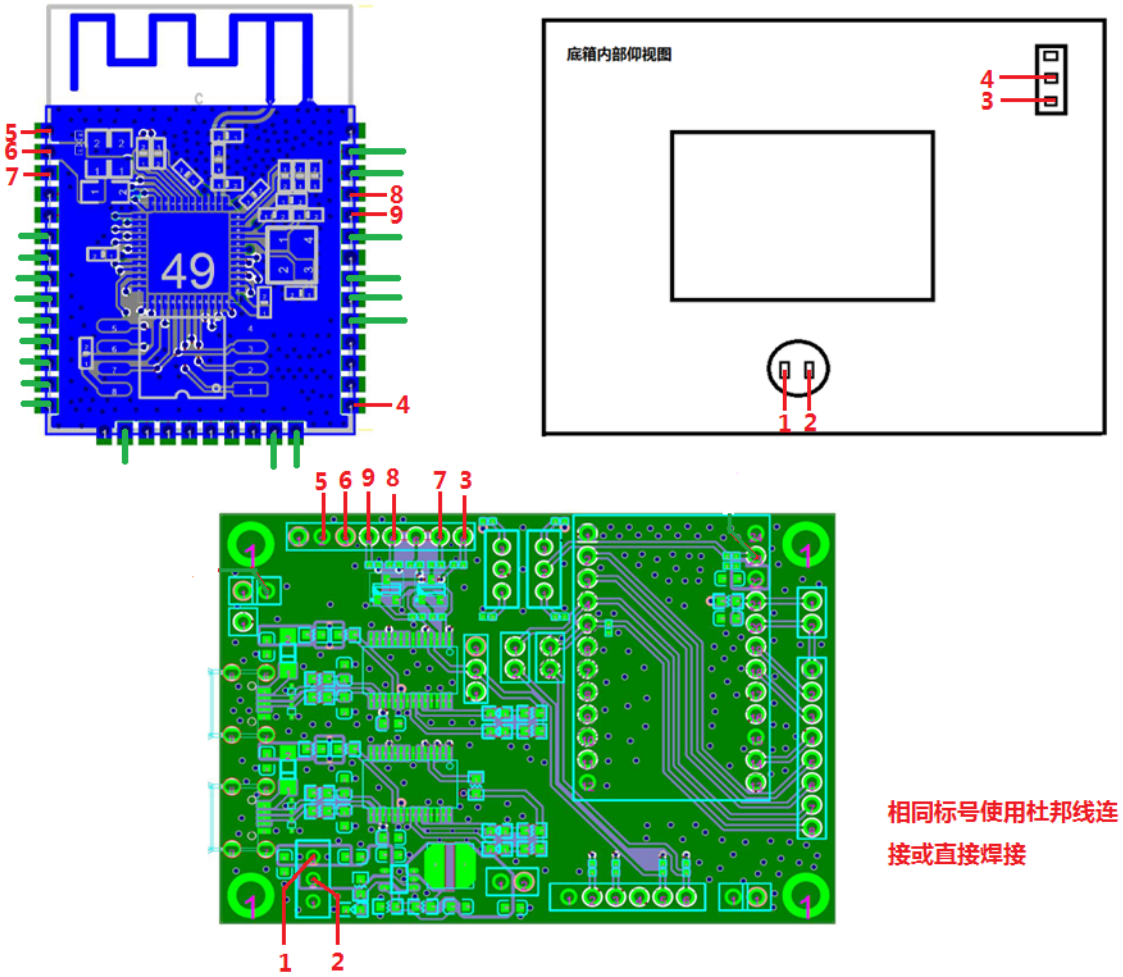


图 98: ESP-WROOM-32 模组台接线示意图

3. ESP-WROVER 系列

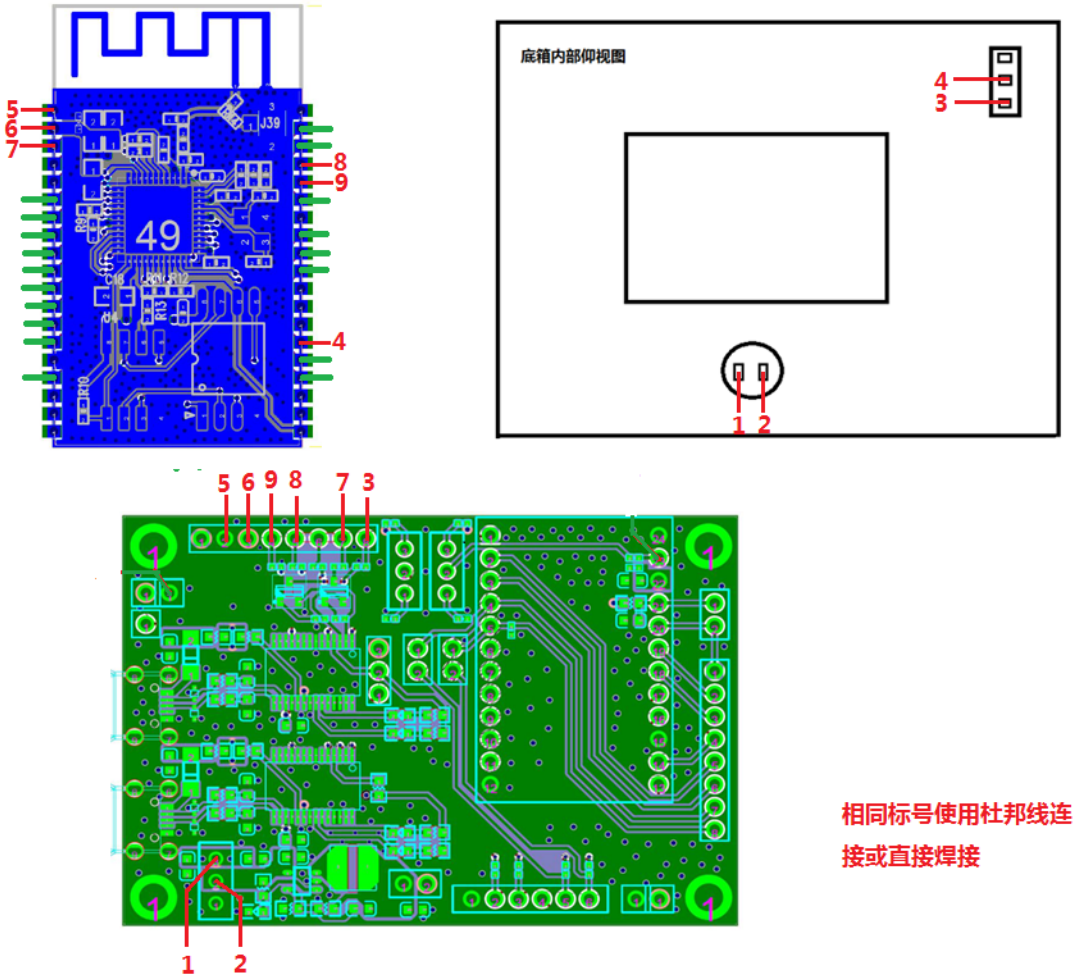


图 99: ESP-WROVER 模组台接线示意图

9.4 模组治具测试

接线的导通测试

为保证接线使用的材料都是可用的，接线完成后需进行导通测试。测试工具厂商可自行选择，比如万用表、自制简易 LED 显示电路等。

工作模式确认测试

请按照以下步骤，依次确认模组的工作模式。

运行模式（目前只针对 ESP-WROOM-02 系列模组）

1. 接线导通测试通过后，打开电脑端的串口调试工具（推荐使用 **友善串口调试助手**）。
2. 选择对应的端口和波特率 (ESP8266/ESP32：115200)，点击运行按钮。
3. 将开关 (3, 4) 拨在位置 3，将模块置于运行模式。
4. 按下手柄。
5. 在图红色区域内输入命令 **AT+GMR**，点击发送。

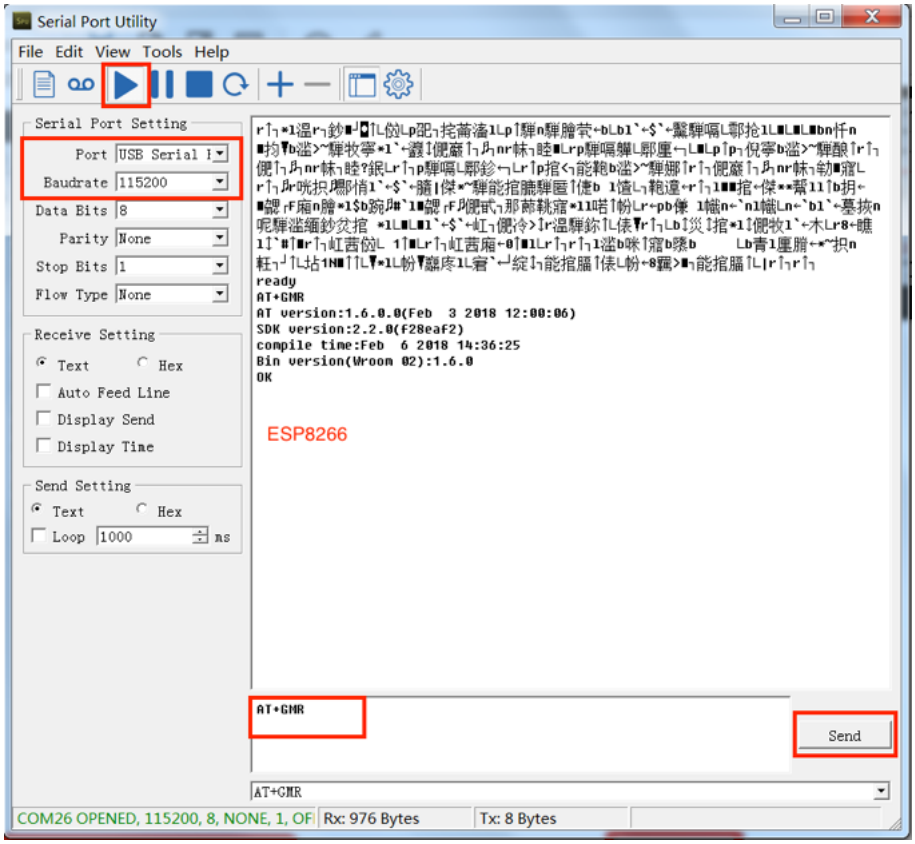


图 100: AT 命令测试示意

备注： 输入 **AT+GMR** 命令后需要敲回车键。

6. 观察串口调试工具窗口。

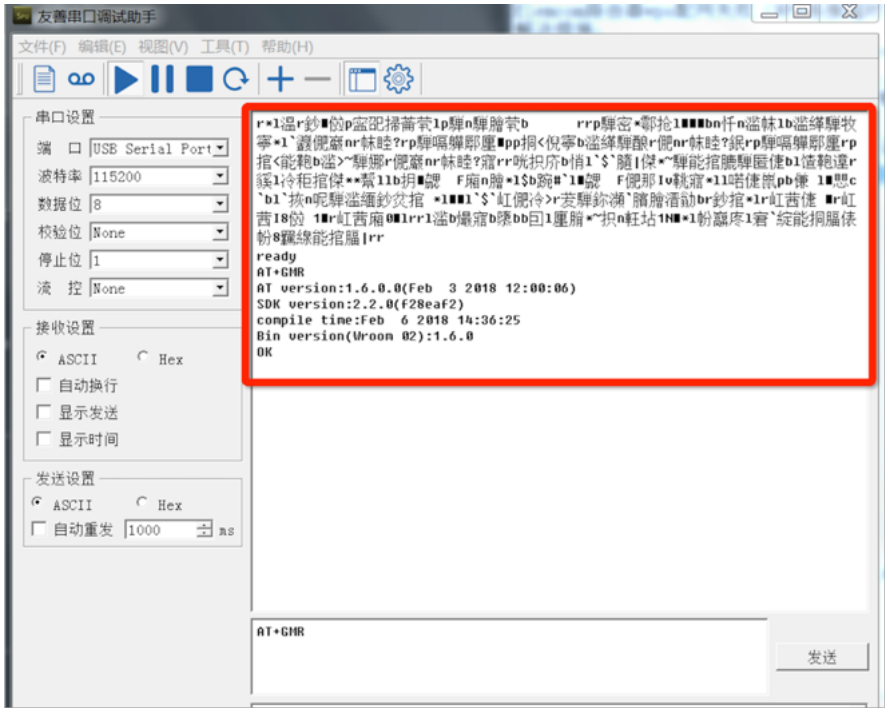


图 101: AT 测试期望结果

- 如为期望测试结果，本项测试通过，保存截图。
- 如不为期望测试结果，本项测试不通过，重新进行接线导通测试，确保接线导通。

烧录模式

1. 运行模式确认测试后通过后，继续使用电脑端的串口调试工具。
2. 选择对应的端口和波特率 (ESP8266: 74880; ESP32: 115200)，点击运行。
3. 将开关 (3, 4) 拨在位置 4，将模块置于下载模式。
4. 按下手柄。
5. 观察串口调试工具窗口。

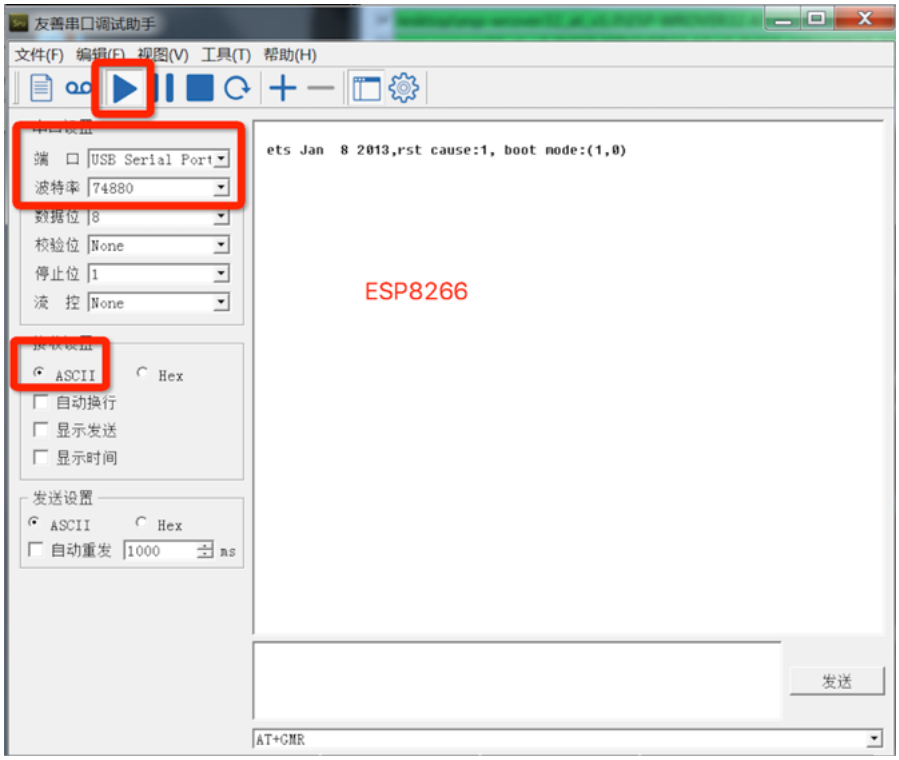


图 102: ESP8266 烧录模式上电打印

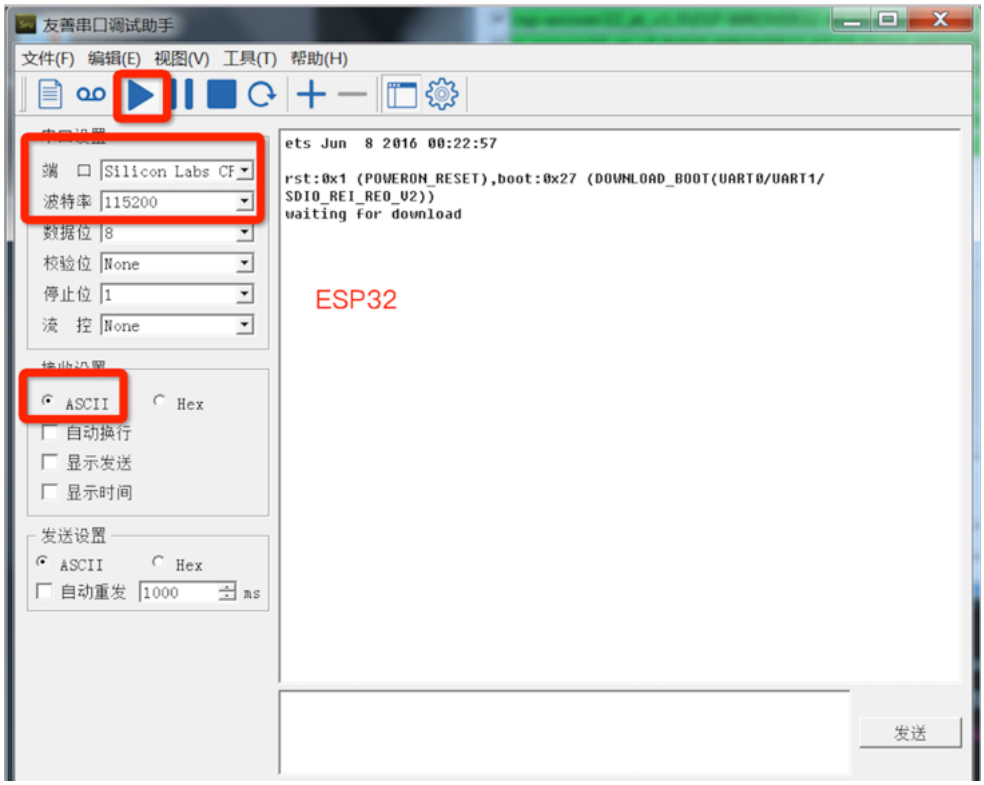


图 103: ESP32 烧录模式上电打印

- 如为期望测试结果，本项测试通过，保存截图。
- 如不为期望测试结果，本项测试不通过，重新进行接线导通测试，确保接线导通。

测试报告

夹具制造商完成夹具成品，必须进行了上述两种测试，并出具测试报告和对应测试结果截图。

9.5 附录

治具申请材料

用户在向治具制造商申请治具时，应提供以下材料：

表 16: 申请夹具的材料

材料	说明
模块 Gerber 文件	Gerber 文件可提供模组的详细尺寸及定位孔信息。
模组样品（用于烧录 AT 固件）	方便夹具制造商测试夹具成品，根据需求提供。
串口底板	根据自己的需求提供相应数目的串口底板，如一拖四需提供四块底板。底板版本号为 ESP_Factory_Test_board V1.3。
接线模式	请说明是否需要支持 **自动切换模式**（默认不支持）。

交付项

治具制造商完成生产后，应交付以下内容：

表 17: 交付内容

交付项	说明
治具套装	治具 + 对应数量串口底板 + 完成接线。 **注意：** 1. 如一拖四治具，低箱内应有四块底板，并完成接线。 2. 底板版本号为 ESP_Factory_Test_board V1.3。
测试报告	测试报告和对应测试结果截图。

证书下载

用户可通过乐鑫官网证书 下载页面 下载产品证书。

10 Matter 二维码生成工具

Matter 二维码生成工具能够生成、配置和打印二维码，这些二维码用于乐鑫 Matter 设备的配网。该工具集成 BarTender 软件以设计和打印标签。通过 Matter 二维码生成工具，用户可灵活配置标签模板、打印

机选择和数据源，满足多种场景的二维码生成和打印需求。同时，该工具支持在局域网环境下与镭雕机适配以便于集成。

下载地址：`Matter 二维码生成工具`

10.1 软件目录结构

Matter 二维码生成工具的目录结构如下：

- `bartender`：存放调用库依赖文件
- `configure`：存放工具配置文件
- `data_output`：存放数据输出临时文件
- `data_source`：存放本地打印时的数据文件
- `files`：存放打印模板文件及扫描板固件
- `esp_printer_main.exe`：主程序

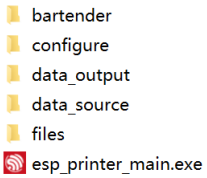


图 104: 工具主界面（点击放大）

10.2 准备工作

安装 BarTender

BarTender 是乐鑫 Matter 二维码生成工具的中间件。目前，Matter 二维码生成工具仅支持 BarTender 2022 和 2016 64 位版本。安装时，注意选择默认路径，模块仅选择 BarTender Designer 即可。

图 105: 模块选择（点击放大）

具体安装流程参考*附录二：BarTender (2022) 安装示例*。

编辑标签模板

标签模板用于定义打印出的标签内容及格式，使用 BarTender 软件编辑。乐鑫 Matter 二维码生成工具使用的默认标签模板参见 *\files\matter* 目录。如需更改默认模板的字体、标签尺寸、标签布局，可自行编辑模板。

注意：

- 不可更改模板文件名。
- 未和数据源绑定的元素，例如图片，方框等，可随意增删。
- 不可增删具名数据源。

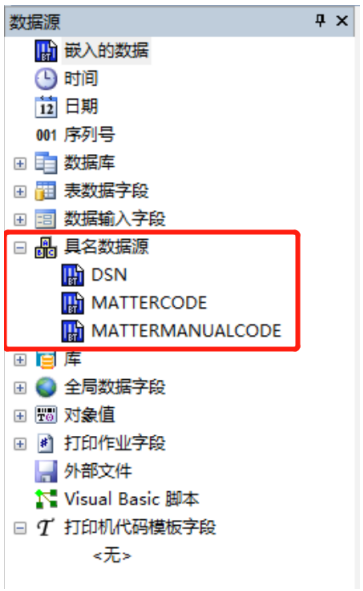


图 106: 模板内具名数据源（点击放大）

- 打印界面中的示例仅为静态图像，你的更改不会显示在界面上。

工具配置

配置文件位于 *configure/config.conf*，可使用记事本打开并进行编辑。

主项	子项	可选值	说明
facConfig	rssiLimit	建议 -30 ~ -80	周围待打印产品信号强度达到此阈值时，方可被扫描
	getMacType	[devboard, scan]	**提供两种录入设备信息的方式：** • devboard：通过扫描板接收蓝牙广播来获取 MAC • scan：直接使用扫描枪获取设备信息
	print_enable	[0, 1]	**控制打印机启用状态：** • 0：仅获取信息，不启动打印功能 • 1：打印标签
SerialConfig	devPort	COM*	扫描板串口号
	devBaud	115200	扫描板波特率
v2_scanboard（仅用于 V2 类型扫描板）	scan_timeout	默认为 10	扫描超时时间
	case_command	2	固定值
bartender	version	[2022, 2016]	BarTender 软件版本[1]

10.3 开始打印

[1] 目前仅支持 2016 及 2022 版本。

工具界面

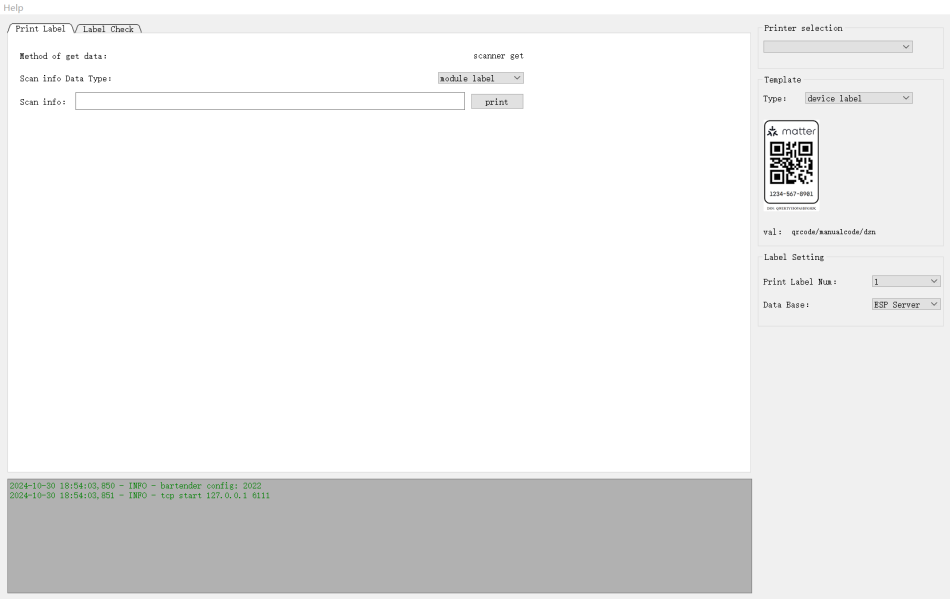


图 107: 高级选项（点击放大）

界面配置说明

- `Printer selection`: 默认显示系统打印机，可根据需要选择对应打印机
- `Template`：选择打印使用的模板文件
- `Method of get data`: 设备信息的获取方式
  - `Scanner get`: 使用扫码枪
    - `Scan info Data Type`: 扫码枪扫描内容的格式
      - `Module label`: 乐鑫模组屏蔽盖二维码
      - `Device label`: 已打印出的设备标签
      - `MAC`: 乐鑫产品的 MAC 地址
  - `BLE Broadcast`: 使用扫描板
- `Print Label Num`: 执行打印时，打印此数量的标签。目前最大打印数量为 6
- `Data Base`: 数据源
  - `ESP Server`: 从乐鑫服务器获取二维码数据
  - `Local excel`: 从本地的表格中查询数据，并按格式要求复制到 *data_source/matter_qrcode_data.xlsx* 中。数据按如下格式存放:

说明:
MAC列存放12个字符长度的MAC地址

MAC	QR Payload	manual code
744DBDFBCC0C	MT:CWBA00QV173O303K400	32861103440

图 108: 数据存放样式

  - `Scanner data`: 从扫描数据中获取信息（目前仅 Cyprus 方案支持此配置，因为其设备广播信息自带 MAC 及二维码信息）。

常见打印方式

- 扫描屏蔽盖二维码打印：

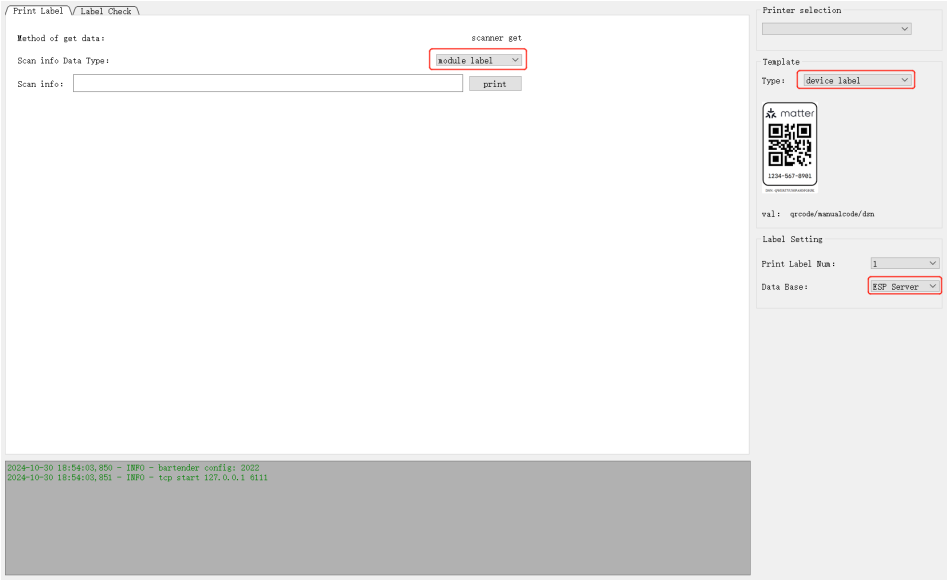


图 109: 扫描屏蔽盖二维码打印（点击放大）

- 扫描已打印的标签打印：

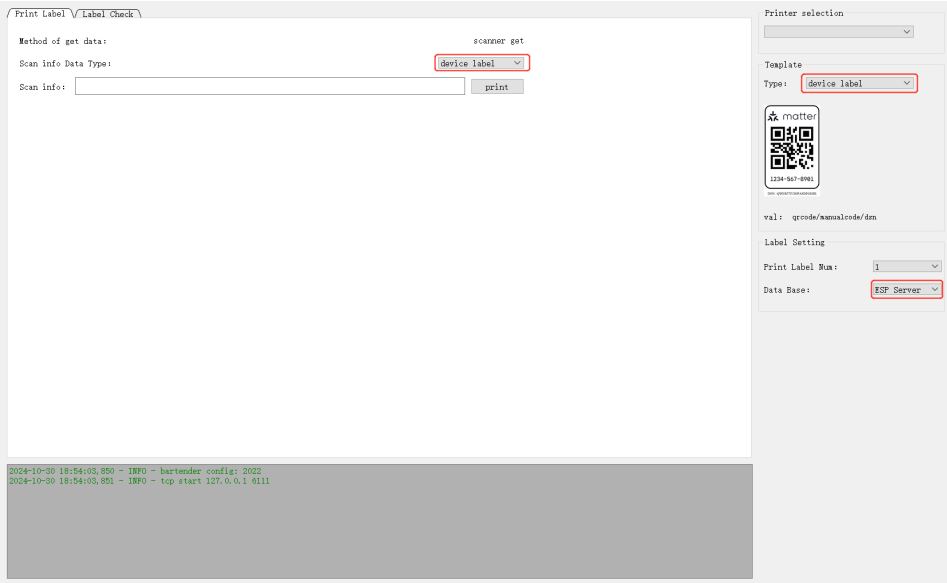


图 110: 扫描已打印标签打印（点击放大）

10.4 打印标签检查

打印标签检查的目的是确保设备和已打印的二维码信息一致。因此，需使用扫描板来扫描设备的蓝牙广播信号。

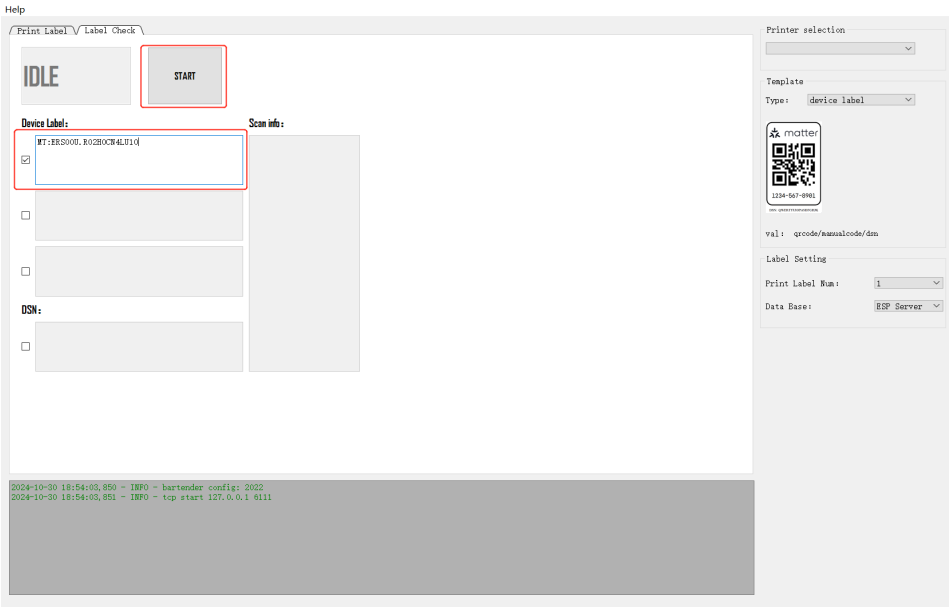


图 111: 二维码检查（点击放大）

- 二维码检查时，需要使用扫描板的配置方式，对应到界面 `Print Label` 中的 `Method of get data: BLE boardcase`。
  - 配置文件里的 `facConfig` 下的 `getMacType = devboard`。
- 根据要检查的设备码数量勾选复选框，使能对应数量的 device label。
- 如需进行 DSN 检查（仅适用于 Cyprus 方案），可勾选复选框来使能该功能。

10.5 镭雕机适配

目前支持通过局域网获取二维码功能，以便于镭雕集成。

配置方式

表 18: TCPserverConfig

配置项	配置值	说明
server_enable	1	是否使能局域网获取功能
ip	127.0.0.1	局域网地址，若镭雕上位机和此上位机在同一 PC，可以使用回环地址
port	6000	TCP 通信端口
qr_req_string	get_qrcode	请求 qrcode 指令，可根据镭雕机配置调整
manual_req_string	get_manualcode	请求 manual 指令，可根据镭雕机配置调整
dsn_req_string	get_dsncode	请求 dsn 指令，可根据镭雕机配置调整

10.6 附录一：扫描板固件烧录

- 扫描板固件烧录需使用 ESP32-C3 芯片类开发板，请根据具体的方案类型选择对应的开发板。

- bin 文件路径：`./files`
- 烧录地址：`0x0`

烧录工具下载：点此下载烧录工具

10.7 附录二：BarTender (2022) 安装示例

BarTender 安装过程如下图所示（以 BarTender 2022 版本为例）：

1. 选择 指定高级安装选项。

图 112: 指定高级安装选项（点击放大）

2. 使用默认安装路径。

图 113: 默认安装路径（点击放大）

3. 安装过程如下图所示。

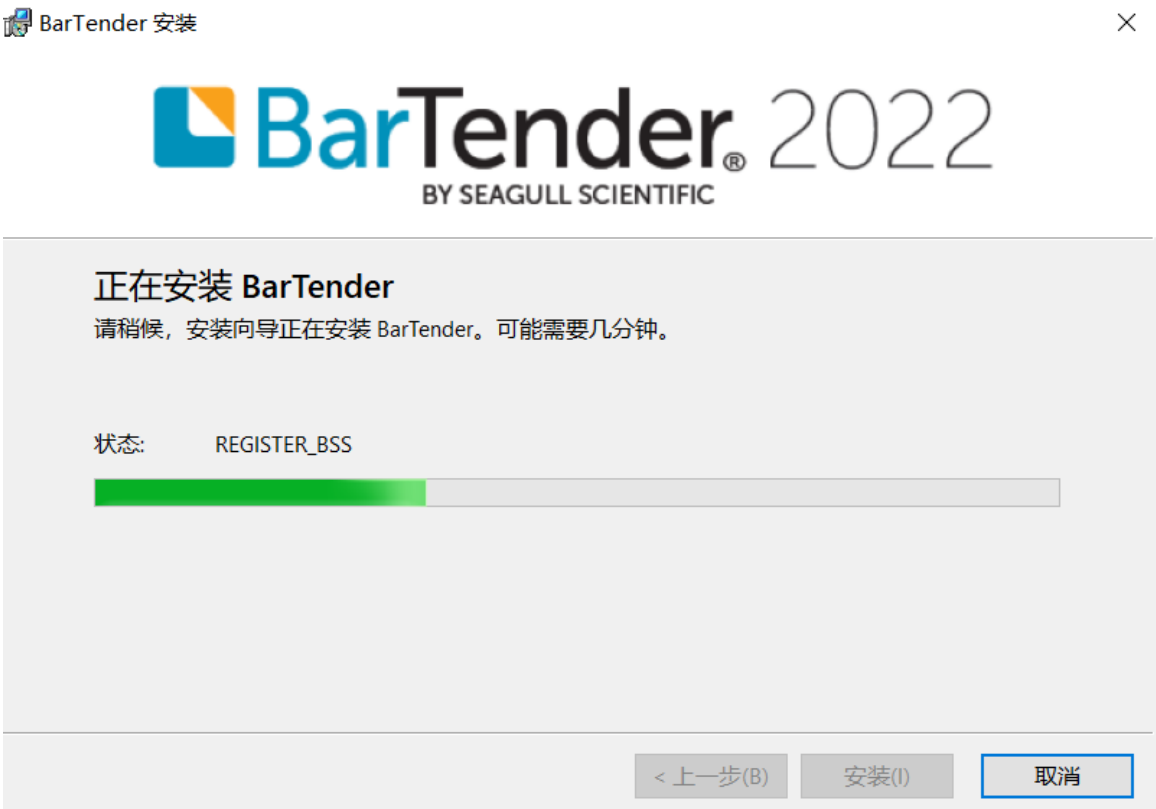


图 114: 安装过程（点击放大）

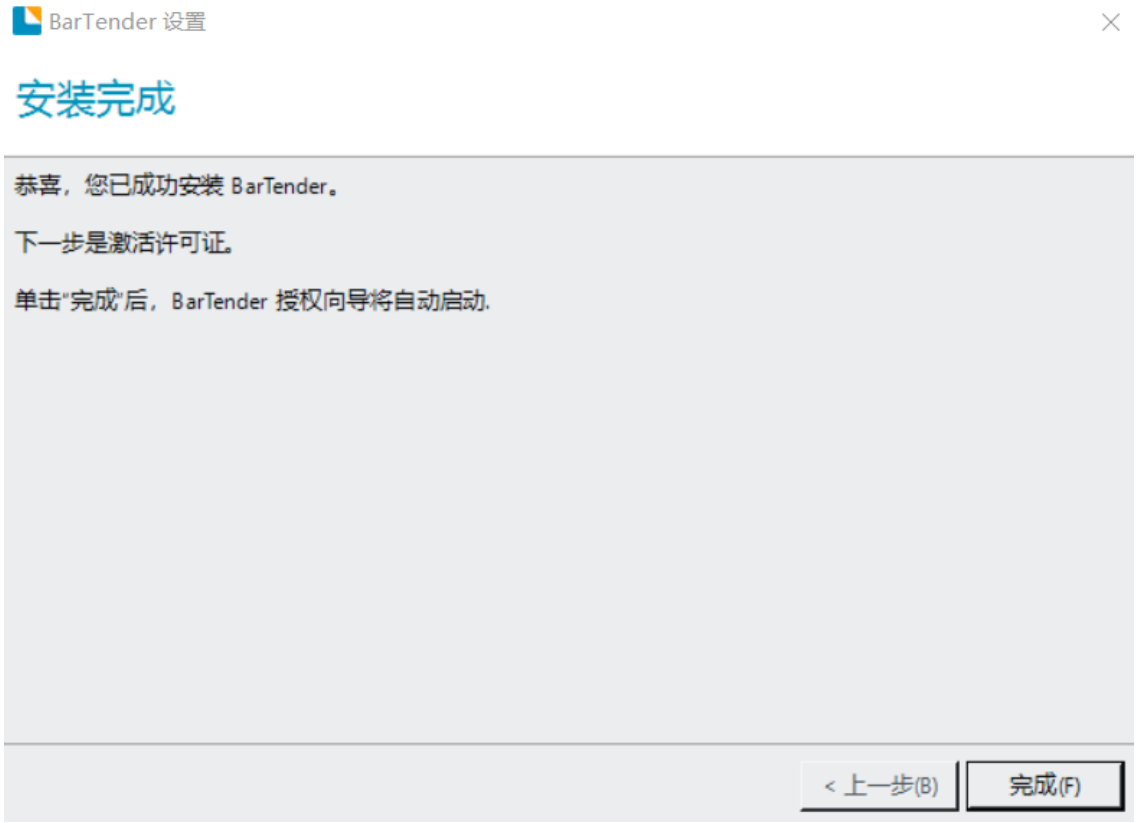


图 115: 安装完成（点击放大）

4. 输入序列号进行激活，安装完成。

图 116: 输入序列号（点击放大）

11 常见问题

- *RF 测试常见问题* 提供了关于*EspRFTestTool 工具包* 与*RF 测试项目* 的常见问题解答。
- *WFA 认证测试常见问题* 提供了关于*WFA 认证与测试指南* 的常见问题解答。
- *Flash 下载工具常见问题* 提供了关于*Flash 下载工具用户指南* 的常见问题解答。
- *乐鑫产测指南常见问题* 提供了关于*乐鑫产测指南* 的常见问题解答。

11.1 RF 测试

1. 使用 EspRFTestTool 工具包烧录未成功，怎么办？

可能是由于芯片未正确进入下载模式。可以按照以下步骤进行排查：

- 查看日志：使用串口工具（如 sscom、友善串口助手），选择合适的波特率，查看芯片上电后的日志。
- 确认是否进入下载模式：当芯片进入下载模式时，通常会打印 “wait for download” 字样。
- 检查连接：如果没有打印任何日志信息，请检查供电和 UART 连接是否正常。

2. 如何确认固件是否烧录成功？

即使烧录工具显示成功，固件仍可能没有正确烧录。可以通过以下步骤确认：

- 查看日志：关闭烧录工具的串口号，使用串口工具（如 sscom、友善串口助手），选择合适的波特率，重新查看日志。
- 进入工作模式：将 Boot 管脚从 GND 移除并重新上电，进入工作模式。
- 判断烧录是否成功：通过查看日志是否出现循环重启，或者与固件说明是否一致，来确认烧录是否成功。

3. 自适应测试跑流未成功，如何排查？

在自适应测试中跑流失败可能有以下几个原因和解决方法：

- 固件问题：确认固件是否已成功烧录。
- 网络问题：检查路由器 (AP) 网络是否稳定，连接是否顺畅。
- 连接延迟：如果连接较慢，等待几秒后重新开始跑流。
- 串口测试：如问题依旧，建议通过串口指令进行测试。

11.2 WFA 认证测试

1. 如何获取设备的端口号？

通过命令 `ls /dev/ttyUSB*` 查看设备的端口号。

2. 如何获取待测设备的 MAC 地址？

- 进入 minicom: `minicom -D /dev/ttyUSB*`;
- 输入命令 `query`，打印出的 `dut_mac` 即为待测设备的 MAC 地址。

3. 如何烧录企业级证书？

目前证书包含在固件中，无需烧入。

4. 工具无法启动怎么办？

请检查 Python 版本，以及工具是否完整。

5. 工具脚本启动后无法监听 UCC 命令

检查电脑上是否正确配置了 IP 地址。

6. 待测设备出现乱码，无法正确读写

请检查待测设备是否正确烧录了 bin 文件，以及供电是否正常。

11.3 Flash 下载工具

1. 打开工具后，在 COM 下拉菜单中找不到对应串口？

首先查看设备管理器，确认串口已经安装成功。若没有成功，检查驱动是否有问题。

2. “连接串口失败”，如下图所示：

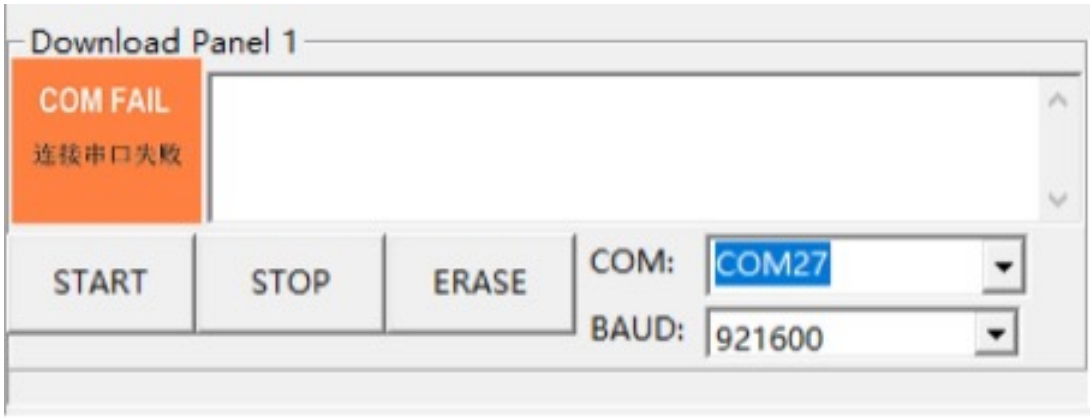


图 117: 串口连接失败

- 确认选择的 COM 口是否为需要下载的 COM 口
- 检查串口是否被其他线程占用

3. 工具一直停留在以下界面，该怎么解决？

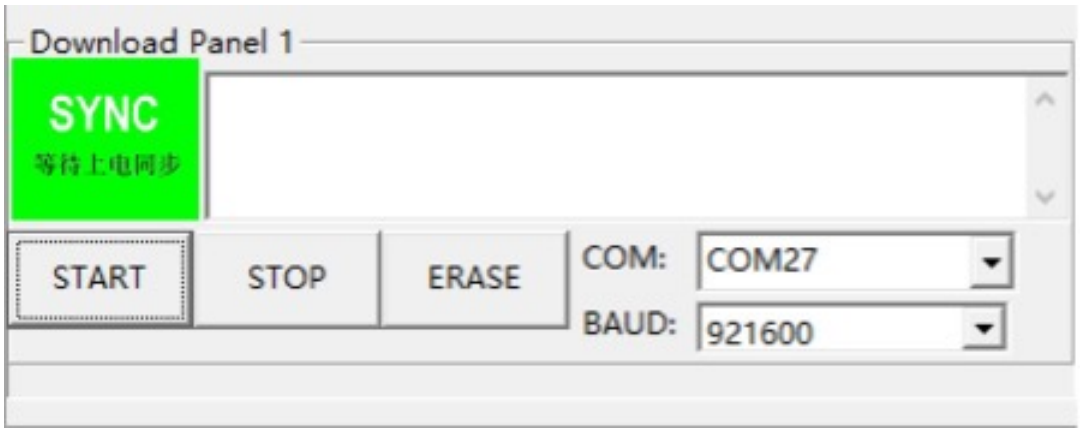


图 118: 下载界面

工具停留在同步过程中可能有以下几种原因：

- 硬件原因：设备没有处于下载模式
- 软件原因：待下载的设备选择错误

4. 点击 START 后出现以下问题，是什么原因？

图 119: eFuse 错误

若下载命令行框中出现 `ESP8266 Chip efuse check error esp_check_mac_and_efuse`，代表设备的 eFuse 出现错误，可能有以下原因：

- 设备的 eFuse 没有问题，待下载设备选择有误。此时，请重新选择待下载设备。
- 设备的 eFuse 确有错误。此时，请联系乐鑫获取 esptool.exe 以及操作指令，并将 eFuse 读出后交由乐鑫进行调试。

5. 下载过程出现错误，什么原因？

出现下载问题，请首先确认：

- 设备的 TX/RX 没有与其他软件复用
- 设备实际的 flash 不小于固件的大小
- 若出现 MD5 校验错误，请首先擦除整片 flash，然后尝试再次下载

6. 固件下载完成后，重新上电 crash。

请首先确认烧录的固件本身没有问题，而后确认以下方面：

- 待下载设备的选择是否正确
- Flash 启动模式的配置是否正确
- Flash 下载模式的选择是否正确

11.4 乐鑫产测指南

1. 为什么需要搭建体验环境？

为了顺利进行量产测试，测试之前需要评估测试环境。这是因为需要确认以下方面：供电是否稳定（包括待测模组和信号板的供电），信号板和产测底板是否符合要求，并且排除周围环境可能带来的干扰。

2. 测试后出现 RX FAIL 并发现 fb_rssi 和 dut_rssi 超出正常范围时该怎么办？

如果测试后出现 RX FAIL，并且 fb_rssi 和 dut_rssi 大于 60 或小于 -30，可以采取以下措施：增大信号板和待测模组之间的距离，或者在信号板端加 30 dB 的衰减器。

3. 信号板需要多久校准一次？如何避免信号板之间的干扰？

信号板背面标有 MAC 地址及制作日期，由于晶振长期工作，信号板需要在一年后重新校准。另外，在独立或屏蔽环境中，只能放置一个信号板，否则会引发干扰。

12 相关文档和资源

- 芯片规格书 (PDF)
- 技术参考手册 (PDF)
- 芯片勘误表 (PDF)
- ESP32-C2 系列芯片
- ESP32-C2 系列模组
- ESP32-C2 系列开发板

- 乐鑫产品选型工具
- 产品证书
- 论坛（硬件问题讨论）
- 技术支持

13 免责声明和版权公告

本文档中的信息，包括供参考的 URL 地址，如有变更，恕不另行通知。

本文档可能引用了第三方的信息，所有引用的信息均为“按现状”提供，乐鑫不对信息的准确性、真实性做任何保证。

乐鑫不对本文档的内容做任何保证，包括内容的适销性、是否适用于特定用途，也不提供任何其他乐鑫提案、规格书或样品在他处提到的任何保证。

乐鑫不对本文档是否侵犯第三方权利做任何保证，也不对使用本文档内信息导致的任何侵犯知识产权的行为负责。本文档在此未以禁止反言或其他方式授予任何知识产权许可，不管是明示许可还是暗示许可。

Wi-Fi 联盟成员标志归 Wi-Fi 联盟所有。蓝牙标志是 Bluetooth SIG 的注册商标。

文档中提到的所有商标名称、商标和注册商标均属其各自所有者的财产，特此声明。