

GigaDevice Semiconductor Inc.

GD32VW553 吞吐量及场景功耗测试指南

应用笔记

AN150

1.2 版本

(2024 年 7 月)

目录

目录	2
图索引	3
表索引	4
1. 前言	5
2. 测试准备	6
2.1. 系统搭建	6
2.2. 硬件配置	6
2.3. 软件配置	7
3. 吞吐量测试	9
3.1. 串口连接	9
3.2. 预备工作	10
3.3. iPerf3 TCP TX 测试	10
3.4. iPerf3 TCP RX 测试	11
3.5. iPerf3 UDP TX 测试	12
3.6. iPerf3 UDP RX 测试	12
4. 场景功耗测试	14
4.1. 测试准备	14
4.2. WiFi 关闭	15
4.3. 连接 AP+UDP TX	16
4.4. 连接 AP+UDP RX	17
4.5. 连接 AP+省电, DTIM=1	17
5. 常见问题	19
6. 版本历史	20

图索引

图 2-1. 信令测试系统	6
图 2-2. GD 开发板参考连接	7
图 2-3. 串口驱动安装	8
图 2-4. GD LINK 文件夹	8
图 3-1. GD 串口工具	9
图 3-2. 串口启动信息	9
图 3-3. iperf3 TCP TX	11
图 3-4. iperf3 TCP RX	12
图 4-1. 功耗测试系统	15
图 4-2. “WiFi 关闭”功耗	16
图 4-3. “UDP TX”功耗	16
图 4-4. “UDP RX”功耗	17
图 4-5. 修改 DTIM	18
图 4-6. “DTIM=1”功耗	18

表索引

表 4-1. 测试场景	14
表 6-1. 版本历史	20

1. 前言

本应用笔记主要用于指导客户测试 GD32VW553 系列芯片对应的 WiFi 开发板在信令模式下的发射和接收吞吐量指标及各种场景功耗指标。第二章内容为测试系统及开发板软硬件的配置，第三章内容为吞吐量指标的测试方法，第四章内容为各种场景功耗的测试方法，第五章内容为常见问题及解决方法，第六章为版本历史。

2. 测试准备

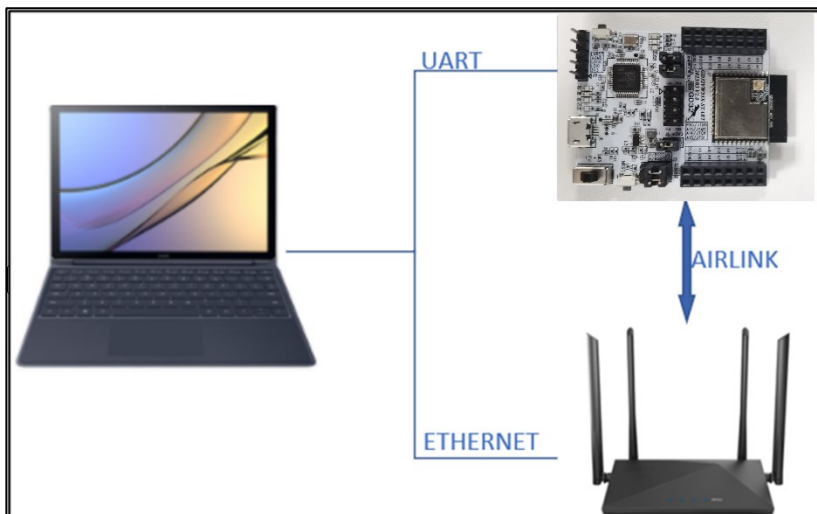
本章内容为信令测试的准备工作，包含测试系统、软硬件平台的搭建，其中硬件配置这一节包含 GD 开发板(模组)的配置说明。

2.1. 系统搭建

信令测试系统主要包含 PC、DUT(待测设备)、AP(无线路由器)三部分 [图 2-1. 信令测试系统](#)：

PC 端通过 UART(USB 转 UART)和 Ethernet 分别控制 DUT 和 AP，进行对 DUT 的吞吐量及场景功耗指标的测试，其中 DUT 和 AP 通过无线交互。

图 2-1. 信令测试系统



2.2. 硬件配置

以 GD START 开发板([图 2-2. GD 开发板参考连接](#)，底板+模组) 来做说明。目前底板有两个版本，3V0 版本使用 GDLINK 电路替代 1V0 版本的 DAPLINK 电路，其他部分与 1V0 版本一致，下文主要以 3V0 版本来做说明。

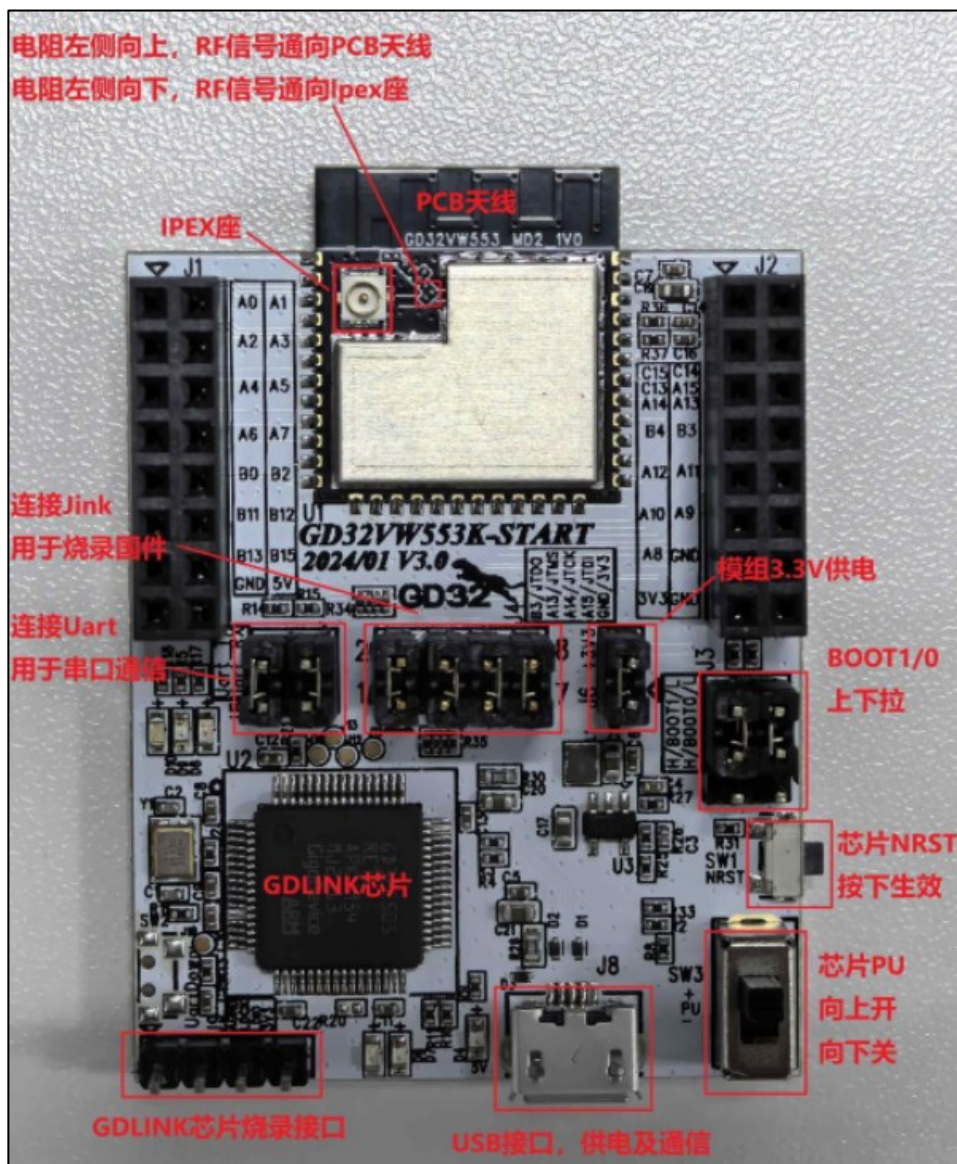
1. UART&JLINK 功能：USB 转 UART 的通信功能及 USB 转 JLINK 的烧录固件功能通过底板上的 DAP 芯片电路实现，PC 通过 USB 线连接底板 USB 座即可。
2. 串口连接：使用跳帽分别连接底板 J5.2/4(主芯片 UART PIN)与 J5.1/3(GDLINK UART PIN)。
3. JLINK 连接：使用跳帽分别连接底板 J4.2/4/6/8(主芯片 JLINK PIN)与 J4.1/3/5/7(GDLINK JLINK PIN)。
4. 主芯片模式配置：
 - PIN 脚“BOOT0”需为低电平(boot from flash)、通过配置底板跳帽 **J3.3&5** 实现。
 - PIN 脚“PU”需为高电平、通过“按下”底板开关“SW3”实现。
5. 模组天线切换：
 - 通过焊接切换电阻位置 [图 2-2. GD 开发板参考连接](#)以选择 DUT RF 信号通路：电阻

左侧向上时，RF 路径通向 PCB 天线，仅可用于辐射测试；电阻左侧向下，RF 路径通向 RF(Ipex)测试座、用于传导测试及外接天线的辐射测试。本文主要针对**辐射测试**。

- 使用 Ipex 转 SMA cable 来连接 DUT RF 测试座与仪器 RF 端口。

6. 模组供电：底板 DCDC 电路将 USB 接口输入的 5V 电源转换为 3V3 输出，3V3 通过跳帽“J6”连接到模组 3V3 焊盘，断开此跳帽(外供 3V3 到 J6.2)可用于模组功耗测试。

图 2-2. GD 开发板参考连接



2.3. 软件配置

1. 驱动安装：开发板硬件及测试系统搭建好后、USB 线两端分别接开发板和 PC。对于支持 GDLINK 的底板，WIN10 系统无需安装驱动，而 WIN7 系统则需安装相应的驱动。对于支持 DAPLINK 的底板，先在 PC 端安装 DAPLINK 的驱动“mbedWinSerial_16466.rar”，解压后双击.exe 文件即开始自动安装。驱动安装完成后可在 PC 端“设备管理器”看到

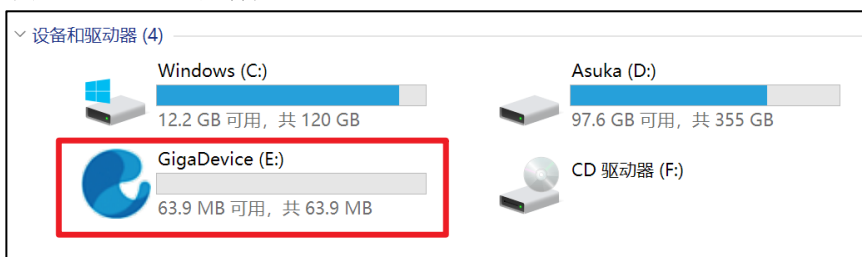
串口设备及 COM 编号 [图 2-3. 串口驱动安装](#), PC 建议使用 WIN10/WIN7 系统。

图 2-3. 串口驱动安装



2. 固件烧录：驱动装好后、在 PC-“资源管理器”中可看到新出现“GigaDevice”盘符 [图 2-4.GDLINK 文件夹](#)、直接将 GD 提供的名字含“wifi_signaling_test”的固件“拖放”（或复制粘贴）到此盘符并稍等片刻，即可实现固件烧录，完成后按开发板侧边“reset”键以重启芯片。

图 2-4.GDLINK 文件夹



3. 开始测试：使用串口工具及串口命令行进行后续测试。

3. 吞吐量测试

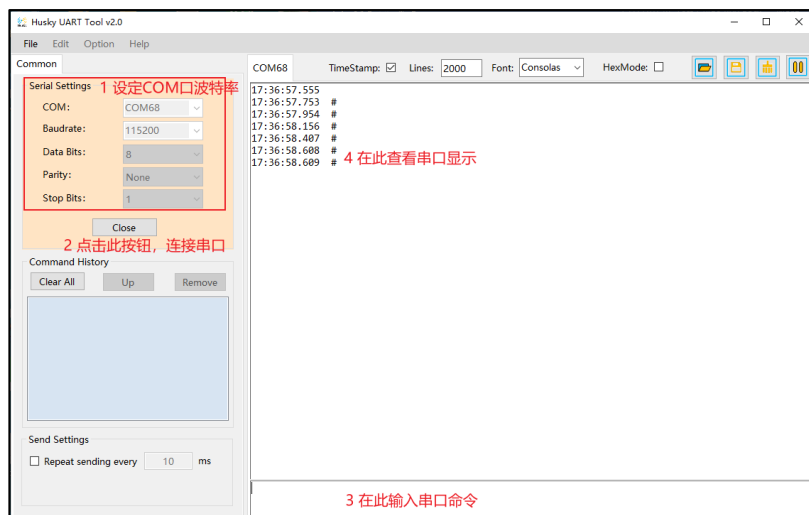
本章内容为使用串口工具及命令测试信令模式下 TCP TX/RX 及 UDP TX/RX 指标的方法介绍。考虑开放环境里存在不同程度的干扰会影响测试结果，本章测试环境要求为**屏蔽室环境**。

本章测试结果反映的是 GD32VW553 常规模式的吞吐量性能，GD32VW553 也支持高吞吐量性能的模式，可更换使用名为“**image-all-high-performance.bin**”的固件进行测试，烧录方法参考[软件配置](#)

3.1. 串口连接

1. DUT 连接 PC 后，在 PC 端打开 UART 工具(推荐使用 GD 提供的串口工具“**Husky Uart Tool**”)，点击“**COM**”菜单下拉、选择 DUT 对应的 COM 口并点击下方按钮以连接，串口配置及已连接状态如[图 3-1. GD 串口工具](#)所示：

图 3-1. GD 串口工具



2. 串口已连接，此时短暂按下 DUT 开发板侧边“**reset**”键并松开(即芯片“**reset**”PIN 短暂拉低)，串口输出框显示 log 信息如[图 3-2. 串口启动信息](#)所示，此时在串口输入框内单击鼠标左键并敲击键盘“**Enter**”键，log 显示“**#**”：

图 3-2. 串口启动信息

```
# ALW: MBL: First print.
ALW: MBL: Boot from Image 0.
ALW: MBL: Validate Image 0 OK.
ALW: MBL: Jump to Main Image (0x0800a000).
Build date: 2024/01/10 11:11:31
This firmware is for WiFi signaling test.
=== RF initialization finished ===
=== WiFi calibration done ===
```

3.2. 预备工作

3.3-3.6 节的测试需要 DUT 与 PC 分别采用无线和有线的连接方式连接至同一个 AP。其中 DUT 连接 AP 使用的串口命令如下：

```
wifi_scan
```

扫描环境中存在的 AP，然后将 AP 的信息，如 SSID、加密方式等，在串口工具上打印出来。

```
wifi_connect <SSID> [PASSWORD]
```

将 DUT 连接到对应 AP。命令中的<SSID>是该 AP 的 SSID，[PASSWORD]是该 AP 的密码，如果该 AP 的加密方式是 open，则[PASSWORD]无需输入。

```
wifi_status
```

查看 DUT 的连接信息，如 DUT 自身的 IP 地址等。

如下章节的测试同时需要 PC 端安装有 iperf3 程序，可通过官网下载：<https://iperf.fr/iperf-download.php#windows>，请选择 iPerf 3.1.2 版本。

3.3. iPerf3 TCP TX 测试

1、PC 端运行 iperf3 程序，可使用 CMD 命令行执行命令：

```
iperf3 -s -p <port> -i <interval>
```

<port>参数用来设置 Server 端监听的端口，<interval>参数用来设置打印的测试结果的周期（即

[图 3-3. iperf3 TCP TX](#)中的 Interval 这一列），单位为 second（秒）。举例：

```
iperf3 -s -p 5002 -i 1
```

2、串口工具执行命令：

```
iperf3 -c <ip addr> -l <length> -p <port> -i <interval> -t <time>
```

<ip addr>参数为 PC 端的 IP 地址，<port>参数需要与 PC 端命令的参数相同，<interval>参数可与 PC 端不同，<length>为 TCP 发包的大小，单位为 byte，TCP 测试建议使用 1460，<time>为数据传输的时间。举例：

```
iperf3 -c 192.168.124.2 -l 1460 -p 5002 -i 1 -t 20
```

注意：PC 端的命令需要根据实际配置自行调整，以下同。

测试开始后即可在串口工具看到打印出的测试结果，如

[图 3-3. iperf3 TCP TX](#)所示。

图 3-3. iperf3 TCP TX

```
#
# iperf3 -c 192.168.124.2 -l 1460 -p 5002 -i 1 -t 20

Iperf3: start iperf3 client!
# iperf3 client: Connecting to host 192.168.124.2, port 5002
iperf3 client: [ 8] local 192.168.124.3 port 54691 connected to 192.168.124.2 port 5002
iperf3 client: [ ID] Interval          Transfer      Bandwidth
iperf3 client: [ 8]  0.00-1.00 sec  2.34 MBytes  19.7 Mbits/sec
iperf3 client: [ 8]  1.00-2.00 sec  2.46 MBytes  20.7 Mbits/sec
iperf3 client: [ 8]  2.00-3.00 sec  2.48 MBytes  20.8 Mbits/sec
iperf3 client: [ 8]  3.00-4.00 sec  2.44 MBytes  20.5 Mbits/sec
iperf3 client: [ 8]  4.00-5.00 sec  2.42 MBytes  20.3 Mbits/sec
iperf3 client: [ 8]  5.00-6.00 sec  2.43 MBytes  20.3 Mbits/sec
iperf3 client: [ 8]  6.00-7.00 sec  2.43 MBytes  20.4 Mbits/sec
iperf3 client: [ 8]  7.00-8.00 sec  2.47 MBytes  20.7 Mbits/sec
iperf3 client: [ 8]  8.00-9.00 sec  2.37 MBytes  19.9 Mbits/sec
iperf3 client: [ 8]  9.00-10.00 sec  2.49 MBytes  20.9 Mbits/sec
iperf3 client: [ 8] 10.00-11.00 sec  2.46 MBytes  20.7 Mbits/sec
iperf3 client: [ 8] 11.00-12.00 sec  2.46 MBytes  20.6 Mbits/sec
iperf3 client: [ 8] 12.00-13.00 sec  2.52 MBytes  21.1 Mbits/sec
iperf3 client: [ 8] 13.00-14.00 sec  2.44 MBytes  20.5 Mbits/sec
iperf3 client: [ 8] 14.00-15.00 sec  2.39 MBytes  20.1 Mbits/sec
iperf3 client: [ 8] 15.00-16.00 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec
iperf3 client: [ 8] 16.00-17.00 sec  2.45 MBytes  20.5 Mbits/sec
iperf3 client: [ 8] 17.00-18.00 sec  2.44 MBytes  20.5 Mbits/sec
iperf3 client: [ 8] 18.00-19.00 sec  2.46 MBytes  20.7 Mbits/sec
iperf3 client: [ 8] 19.00-20.00 sec  2.41 MBytes  20.2 Mbits/sec
iperf3 client: [ ID] Interval          Transfer      Bandwidth
iperf3 client: [ 8]  0.00-20.00 sec  48.9 MBytes  20.5 Mbits/sec
iperf3 client: [ 8]  0.00-20.00 sec  48.9 MBytes  20.5 Mbits/sec

iperf3 Done.

iperf3 task: used stack = 414, free stack = 98
Iperf3 task stopped!
#
```

3.4. iPerf3 TCP RX 测试

1、 串口工具执行命令：

```
iperf3 -s -p <port> -i <interval>
```

以<port>=5005, <interval>=1 举例：

```
iperf3 -s -p 5005 -i 1
```

2、 PC 端运行 iperf3 程序，执行命令：

```
iperf3 -c <ip addr> -l 1460 -p <port> -i <interval> -t <time>
```

此处的<ip addr>为 DUT 的 IP 地址，举例：

```
iperf3 -c 192.168.124.3 -l 1460 -p 5005 -i 1 -t 20
```

串口打印的测试结果如

[图 3-4. iperf3 TCP RX](#) 所示。

图 3-4. iperf3 TCP RX

```

#
# iperf3 -s -p 5005 -i 1
Iperf3: start iperf3 server!
# iperf3 server:: -----
iperf3 server:: Server listening on 5005
iperf3 server:: -----
iperf3 server:: Accepted connection from 192.168.124.2, port 63874
iperf3 server:: [ 9] local 192.168.124.3 port 5005 connected to 192.168.124.2 port 63875
iperf3 server:: [ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
iperf3 server:: [ 9]  0.00-1.00   sec  1.79 MBytes  15.0 Mbits/sec
iperf3 server:: [ 9]  1.00-2.00   sec  1.86 MBytes  15.6 Mbits/sec
iperf3 server:: [ 9]  2.00-3.00   sec  1.87 MBytes  15.7 Mbits/sec
iperf3 server:: [ 9]  3.00-4.00   sec  1.90 MBytes  15.9 Mbits/sec
iperf3 server:: [ 9]  4.00-5.00   sec  1.91 MBytes  16.1 Mbits/sec
iperf3 server:: [ 9]  5.00-6.00   sec  1.92 MBytes  16.1 Mbits/sec
iperf3 server:: [ 9]  6.00-7.00   sec  1.90 MBytes  15.9 Mbits/sec
iperf3 server:: [ 9]  7.00-8.00   sec  1.88 MBytes  15.8 Mbits/sec
iperf3 server:: [ 9]  8.00-9.00   sec  1.87 MBytes  15.7 Mbits/sec
iperf3 server:: [ 9]  9.00-10.00  sec  1.92 MBytes  16.1 Mbits/sec
iperf3 server:: [ 9] 10.00-11.00  sec  1.90 MBytes  15.9 Mbits/sec
iperf3 server:: [ 9] 11.00-12.00  sec  1.92 MBytes  16.1 Mbits/sec
iperf3 server:: [ 9] 12.00-13.00  sec  1.88 MBytes  15.8 Mbits/sec
iperf3 server:: [ 9] 13.00-14.00  sec  1.90 MBytes  16.0 Mbits/sec
iperf3 server:: [ 9] 14.00-15.00  sec  1.82 MBytes  15.3 Mbits/sec
iperf3 server:: [ 9] 15.00-16.00  sec  1.86 MBytes  15.6 Mbits/sec
iperf3 server:: [ 9] 16.00-17.00  sec  1.82 MBytes  15.3 Mbits/sec
iperf3 server:: [ 9] 17.00-18.00  sec  1.91 MBytes  16.0 Mbits/sec
iperf3 server:: [ 9] 18.00-19.00  sec  1.93 MBytes  16.2 Mbits/sec
iperf3 server:: [ 9] 19.00-20.00  sec  1.79 MBytes  15.0 Mbits/sec
iperf3 server:: -----
iperf3 server:: [ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
iperf3 server:: [ 9]  0.00-20.00  sec  37.7 MBytes  15.8 Mbits/sec
iperf3 server:: [ 9]  0.00-20.00  sec  37.6 MBytes  15.8 Mbits/sec
iperf3 server:: -----
iperf3 server:: Server listening on 5005
iperf3 server:: -----

```

3.5. iPerf3 UDP TX 测试

- 1、 PC 端运行 iperf3 程序，执行命令：

```
iperf3 -s -p <port> -i <interval>
```

- 以<port>=5002，<interval>=1 举例：

```
iperf3 -s -p 5002 -i 1
```

- 2、 串口工具执行命令：

```
iperf3 -c <ip addr> -l <length> -p <port> -i <interval> -t <time> -u -b <bandwidth>
```

此处的<ip addr>为 PC 端的 IP 地址。UDP 测试中<length>建议使用 1472。<bandwidth>用来设置 UDP 带宽上限，单位为 bits/sec。举例：

```
iperf3 -c 192.168.124.2 -l 1472 -p 5002 -i 1 -t 20 -u -b 50M
```

3.6. iPerf3 UDP RX 测试

- 1、 串口工具执行命令：

```
iperf3 -s -p <port> -i <interval>
```

以<port>=5005, <interval>=1 举例:

```
iperf3 -s -p 5005 -i 1
```

2、PC 端运行 iperf3 程序, 执行命令:

```
iperf3 -c <ip addr> -l 1472 -p <port> -i <interval> -t <time> -u -b 50M
```

此处的<ip addr>为 DUT 的 IP 地址。举例:

```
iperf3 -c 192.168.124.3 -l 1472 -p 5005 -i 1 -t 20 -u -b 50M
```

4. 场景功耗测试

本章内容为测试信令模式下几种典型场景功耗的方法介绍，测试场景描述如下：

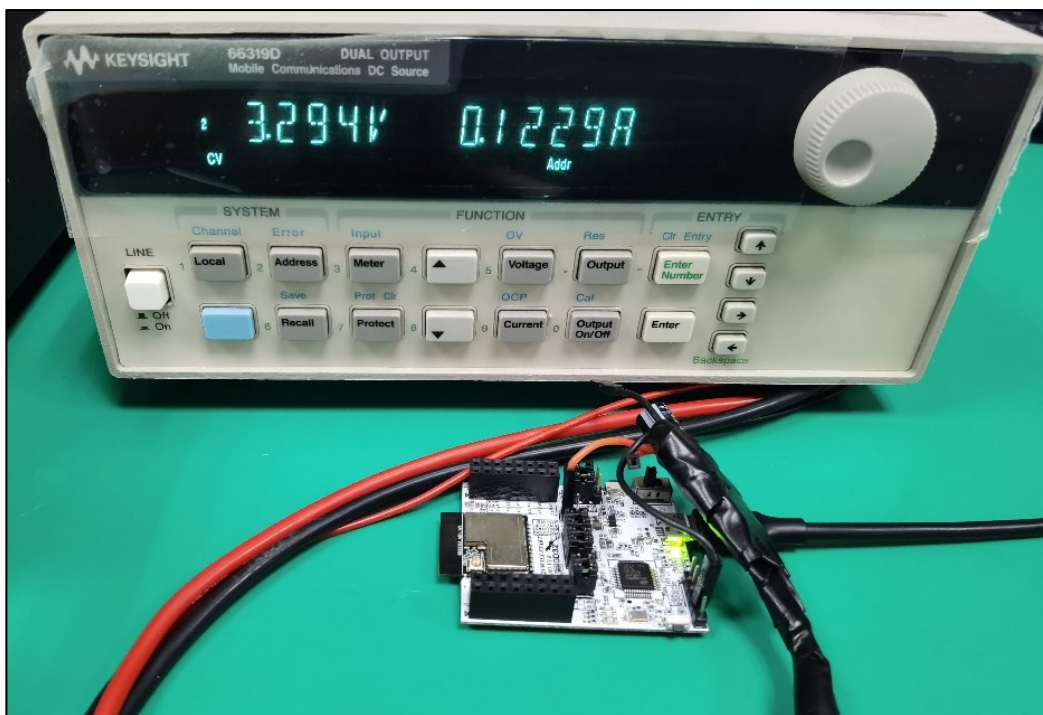
表 4-1. 测试场景

场景	场景说明
WiFi 关闭	连接 AP, MCU 工作, WiFi 休眠
连接 AP+UDP TX	连接 AP, UDP TX 数据
连接 AP+UDP RX	连接 AP, UDP RX 数据
连接 AP+省电, DTIM=1	连接 AP, MCU 和 WiFi 均进入省电模式, DTIM=1

4.1. 测试准备

1. 测试系统：在 [图 2-1. 信令测试系统](#) 的基础上，需要多一台直流电源，用于给模组供电及实时抓取电流数据，如 **Keysight 66319D**(下文功耗测试均使用此仪器)。
2. 仪器配置：这里主要针对直流电源，将其电源线末端焊接杜邦线做转接。考虑输出电压稳定，建议在电源线末端焊接一个大电解电容(如 100uF)。开机后，先设置仪器输出电压为 3.3V，然后将输出状态设为“OFF”
3. 硬件准备：这里以 GD 开发板来说明，参考 [图 2-2. GD 开发板参考连接](#)，底板 DCDC 电路将 USB 接口输入的 5V 电源转换为 3.3V 输出，3.3V 通过跳帽“J6”连接到模组 3.3V 焊盘。断开跳帽“J6”，分别将直流电源输出端的 3.3V/GND 杜邦线连接到插针 J6.2 及任意 GND 插针(插孔)。如 [图 4-1. 功耗测试系统](#)，3.3V/GND 杜邦线分别被连接到 J6.2 和 J9.4。
4. 软件准备：测试固件与前文吞吐量指标测试所用固件相同，参考 [软件配置](#) 说明
5. 上电顺序：先将直流电源输出状态改为“ON”，此时可看到仪表电流变化，然后用 USB 线连接底板和 PC，PC “设备管理器” 识别到串口号后，便可使用串口命令行做功耗测试。

图 4-1. 功耗测试系统



4.2. WiFi 关闭

芯片上电后默认状态为打开 WiFi，测试本节场景功耗时需要手动关闭 WiFi。测完后需再手动打开 WiFi，以进行其它测试项目。

1. 参考 [准备工作](#) 步骤连接 AP。
2. 串口工具依次执行如下命令关闭 BLE 部分电路，进入 WiFi sleep:

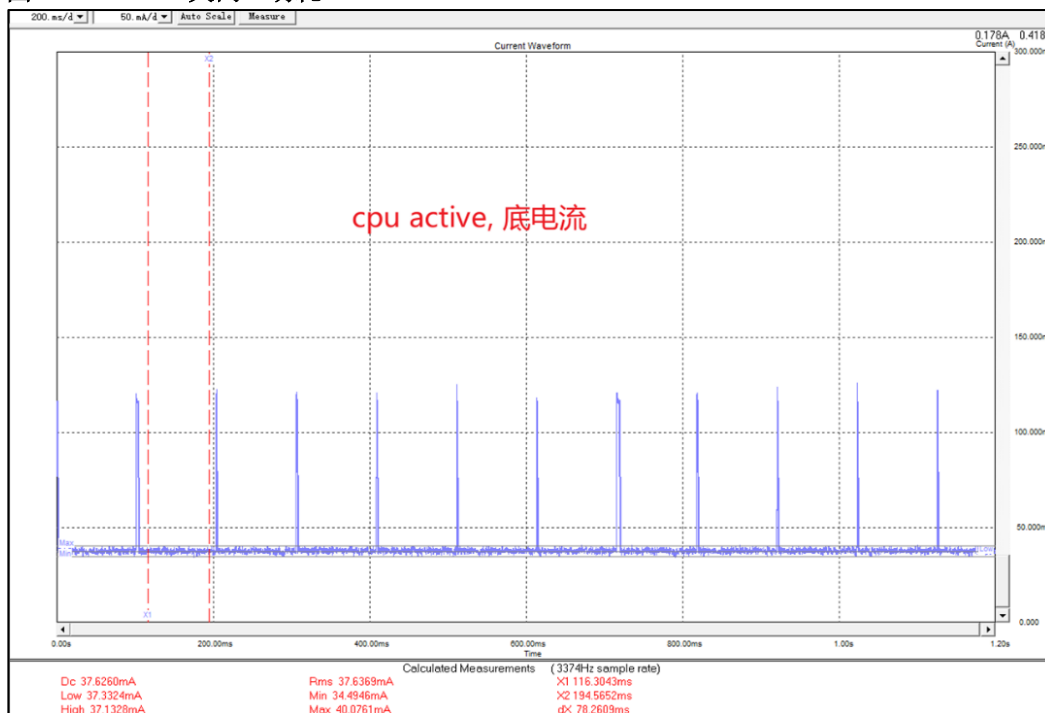
```
ble_disable
```

```
wifi_ps 1
```

3. 进入 WiFi sleep，即可使用直流电源抓取功耗数据，注意应抓取每个 beacon 之间的底部电流数据，参考 [图4-2. “WiFi 关闭”功耗](#)，此时所抓时间窗内的平均功耗为 37.6mA, (图片左下方“DC”栏数值)。应注意此时测试未关闭 uart，若将其关闭，则会测量得到更低的功耗值。
4. 测试完功耗后，串口工具执行下述命令退出 WiFi sleep

```
wifi_ps 0
```

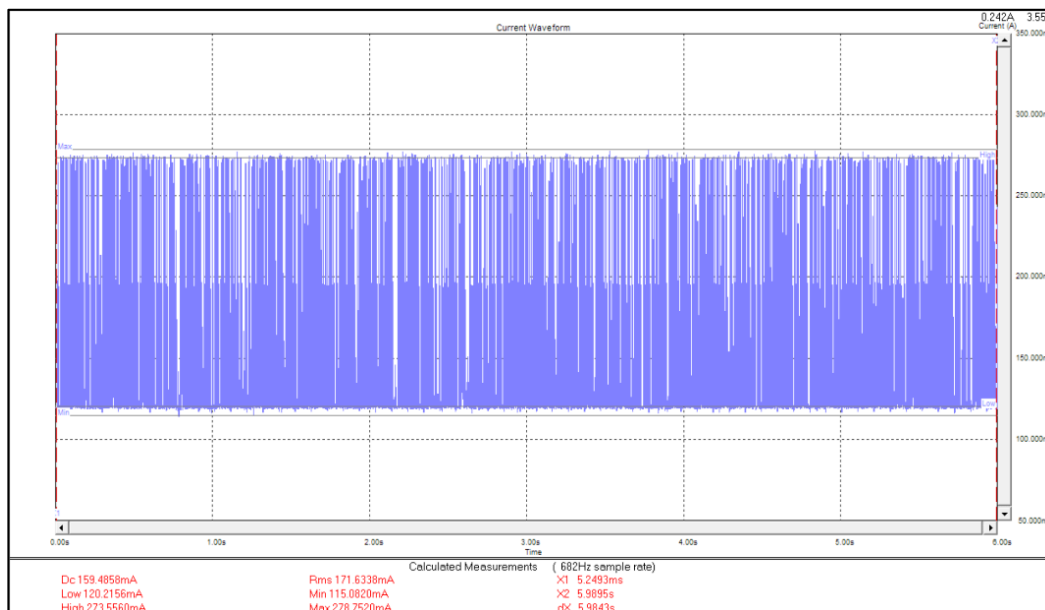
图 4-2. “WiFi 关闭” 功耗



4.3. 连接 AP+UDP TX

1. 参考 [预备工作](#) 步骤连接 AP。
2. 参考 [iPerf3 UDP TX 测试](#) 步骤开始 iPerf3 UDP TX 测试。
3. 在 UDP TX 测试过程中，利用直流电源抓取功耗数据，参考 [图 4-3. “UDP TX” 功耗](#)，平均功耗约 159.5mA(图片左下方“DC” 栏数值)。

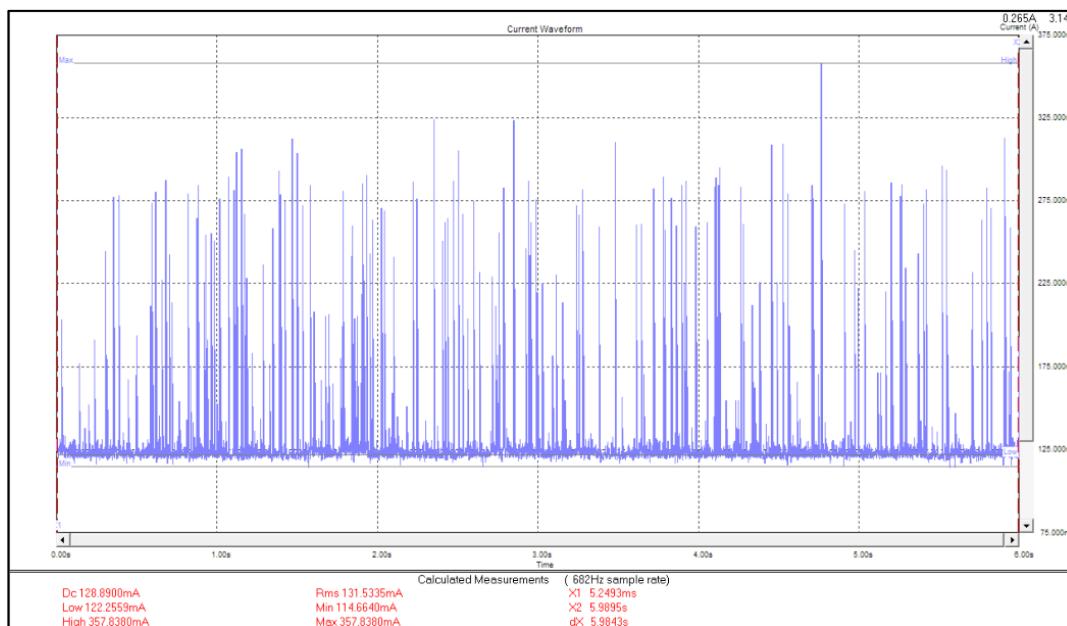
图 4-3. “UDP TX” 功耗



4.4. 连接 AP+UDP RX

1. 参考[准备工作](#)步骤连接 AP。
2. 参考[iPerf3 UDP RX 测试](#)步骤开始 iPerf3 UDP RX 测试。
3. 在 UDP RX 测试过程中，利用直流电源抓取功耗数据，参考[图 4-4. “UDP RX” 功耗](#)，平均功耗约 128.9mA(图片左下方“DC”栏数值)。

图 4-4. “UDP RX” 功耗



4.5. 连接 AP+省电, DTIM=1

1. 当前市面上的 AP 的 DTIM 参数默认为 1，若非默认设定 DTIM 不为 1，可进入其配置界面修改，如[图 4-5. 修改 DTIM](#)所示。
2. 参考[准备工作](#)步骤连接 AP。
3. 依次执行如下串口命令关闭芯片 BLE 部分电路，再使芯片进入省电模式：

```
ble_disable  
wifi_ps 2  
sys_ps 1
```

进入省电模式后，利用直流电源抓取功耗数据，参考[图 4-6. “DTIM=1” 功耗](#)，平均功耗约

1.43mA(图片左下方“DC”栏数值)。

图 4-5. 修改 DTIM

高级设置

使用高级设置页面进行无线的详细信息。高级设置包含了基础设置页面所不具备的项目，例如：信标间隔、Tx速率控制和基础数据速率。

BG保护模式 自动 ▾

信标间隔 100 ms (范围 20 - 999, 缺省 100)

数据标率(DTIM) 1 ms (范围 1 - 255, 缺省 1)

前导帧类型 长前导帧 短前导帧

分片域值 2346 (范围 256 - 2346, 缺省 2346)

RTS域值 2347 (范围 1 - 2347, 缺省 2347)

发射功率 100% 75% 50% 35% 15%

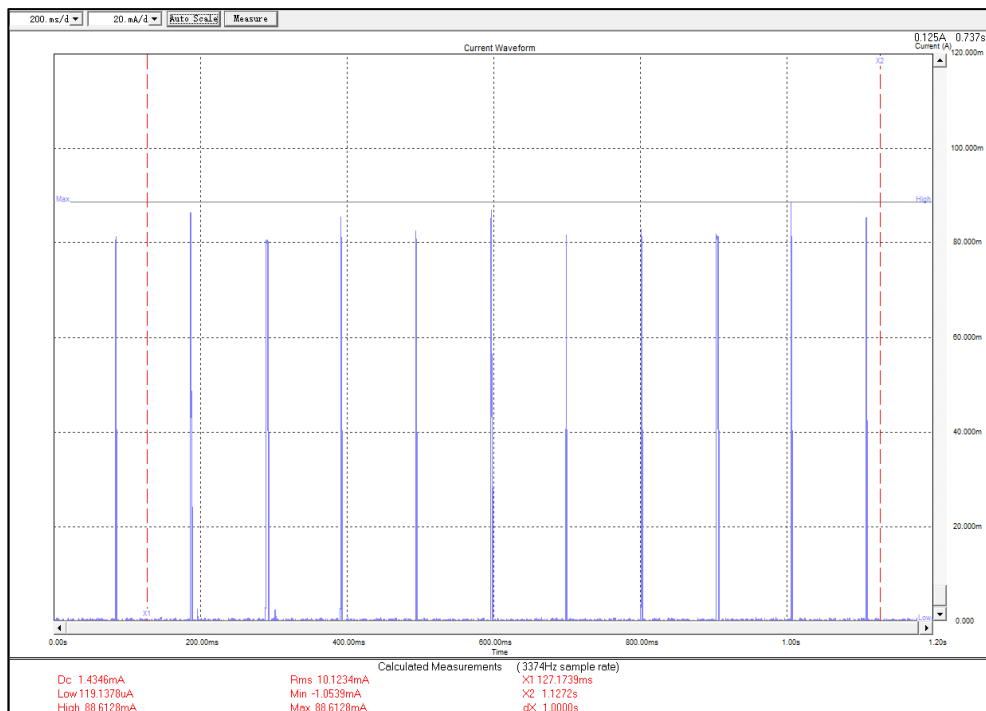
AP隔离 禁用 ▾

20/40M共存 禁用 ▾

Wi-Fi多媒体(WMM) 启用 ▾

应用

图 4-6. “DTIM=1” 功耗



5. 常见问题

1. Q: 使用串口命令方式做测试，串口工具输入命令后，无返回 log:

A: 尝试关闭再打开串口工具。

确认 DUT 硬件配置，各 PIN 脚(UART, NRST, PU, BOOT, 3V3, GND) 连接是否正确。
2. Q: 在测试工具中对芯片做初始化时显示失败:

A: 确认 DUT 内的固件版本是否正确，可使用 Husky Tool 确认串口通信是否正常，以及输入模式设定等命令是否有效。

6. 版本历史

表 6-1. 版本历史

版本号.	说明	日期
1.0	首次发布	2023 年 7 月 19 日
1.1	修改 2.3	2024 年 3 月 1 日
1.2	修改第 2 章	2024 年 7 月 19 日

Important Notice

This document is the property of GigaDevice Semiconductor Inc. and its subsidiaries (the "Company"). This document, including any product of the Company described in this document (the "Product"), is owned by the Company under the intellectual property laws and treaties of the People's Republic of China and other jurisdictions worldwide. The Company reserves all rights under such laws and treaties and does not grant any license under its patents, copyrights, trademarks, or other intellectual property rights. The names and brands of third party referred thereto (if any) are the property of their respective owner and referred to for identification purposes only.

The Company makes no warranty of any kind, express or implied, with regard to this document or any Product, including, but not limited to, the implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose. The Company does not assume any liability arising out of the application or use of any Product described in this document. Any information provided in this document is provided only for reference purposes. It is the responsibility of the user of this document to properly design, program, and test the functionality and safety of any application made of this information and any resulting product. Except for customized products which has been expressly identified in the applicable agreement, the Products are designed, developed, and/or manufactured for ordinary business, industrial, personal, and/or household applications only. The Products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems designed or intended for the operation of weapons, weapons systems, nuclear installations, atomic energy control instruments, combustion control instruments, airplane or spaceship instruments, transportation instruments, traffic signal instruments, life-support devices or systems, other medical devices or systems (including resuscitation equipment and surgical implants), pollution control or hazardous substances management, or other uses where the failure of the device or Product could cause personal injury, death, property or environmental damage ("Unintended Uses"). Customers shall take any and all actions to ensure using and selling the Products in accordance with the applicable laws and regulations. The Company is not liable, in whole or in part, and customers shall and hereby do release the Company as well as its suppliers and/or distributors from any claim, damage, or other liability arising from or related to all Unintended Uses of the Products. Customers shall indemnify and hold the Company as well as its suppliers and/or distributors harmless from and against all claims, costs, damages, and other liabilities, including claims for personal injury or death, arising from or related to any Unintended Uses of the Products.

Information in this document is provided solely in connection with the Products. The Company reserves the right to make changes, corrections, modifications or improvements to this document and Products and services described herein at any time, without notice.