

T1000 系列 嵌入式射频发射机 快速入门指南



海得逻辑
HAROGIC

目录

1.	文档定位与适用范围	1
2.	运行环境要求	2
3.	安全与使用前注意事项	3
3.1	电源适配器的选择	3
3.2	射频输出	3
3.3	散热与安装环境	3
4.	开箱与接口速览	4
4.1	开箱检查	4
4.2	接口速览	4
4.3	产品文档资料介绍	5
5.	首次连接与上电	6
5.1	最小连接方式	6
6.	网络配置与主机访问	7
6.1	网络配置说明	7
6.2	电脑直连验证	7
6.3	登录 T1000 嵌入式主机	7
6.3.1	配置网络	8
6.3.2	修改静态 IP 地址	8
7.	启动软件并连接 T1000	9
7.1	主机端运行软件	9
7.2	独立式运行（在 T1000 树莓派上运行软件）	11
8.	射频信号生成	12
9.	调制信号生成	14
9.1	使用 SGStudio 软件生成调制信号频率调	14
10.	快速波形和 IQ 回放	16
10.1	使用 SGStudio 输出预置波形并回放	16
11.	定位 API 示例程序入口	18
12.	常见问题与快速排查	19
12.1	设备不上电	19
12.2	无法通过网络访问 T1000	19
12.3	SGStudio 软件找不到设备	19
12.4	没有正常输出射频信号	19

12.5	GNSS 不锁定	19
12.6	是否可以刷自定义的树莓派系统镜像	19
13.	下一步阅读	20

1. 文档定位与适用范围

本文档用于帮助用户完成嵌入式射频发射机的首次使用。按照本文档操作，用户应能够完成上电、联网、访问嵌入式主机、连接控制软件、SGStudio 软件生成射频信号波形、调制模式、快速波形、运行 API 示例，并检查 GNSS、PPS、时间戳和触发相关状态。

项目	说明
适用型号	T1060
核心任务	30 分钟内完成设备上电、网络连通、软件连接、信号生成发射、调制和快速波形以及第一个 API 示例
相关文档	T1000 系列用户手册、SGStudio 软件用户指南、H2 API 编程指南、H2 API 范例使用指南



2. 运行环境要求

T1000 通过 1GbE 以太网进行远程控制、数据传输和 API 调用。控制软件和 API 客户端可运行在上位机，也可根据出厂系统镜像在 T1000 嵌入式主机上运行。下表为建议运行环境，低于推荐配置的系统请以实际测试结果为准。

表格 1 系统运行环境要求

操作系统	Windows 11/10, 依赖 VS2019 C++ redistributables
架构	Windows: x64
处理器	Intel i3 及以上
内存	8G, 若需生成 PN>15 的数字调制波形, 建议配置 16GB 内存以提高性能和处理能力
硬盘	建议 SSD 硬盘, 硬盘连续读写速度大于 250 MBytes/s
数据接口	1GbE 以太网接口 流模式受数据接口带宽限制
显示分辨率	不小于 1280 × 768 像素
其他	部分杀毒软件可能导致系统无法正常运行

3. 安全与使用前注意事项

本章为 T1000 系列快速入门指南，主要内容包括：安全指导、设备使用、运行软件 and 外部接口说明。

3.1 电源适配器的选择

1. **适配器选择**：首选原厂配套电源适配器，设备 POWER 接口为 USB Type-C。仅使用随附与铭牌电压/电流及供电协议完全匹配的适配器和线缆。
2. **直流供电要求**：USB Type-C 宽压输入，电压电流规格：9V/3A 或 12V/2.5A。

注意：使用不符合规格的电源可能导致设备无法启动、异常重启或损坏。

3.2 射频输出

T1000 的 RF 输出和中功率输出（选件）为 SMA(F)，阻抗 50 Ω 。连接外部信号前，请确认其直流分量不超过 10V。

3.3 散热与安装环境

设备工作时应保持通风，避免覆盖散热面。若设备安装在机箱、背包、测试箱或无人值守节点中，应预留足够风道，并根据现场温度评估散热条件。

4. 开箱与接口速览

4.1 开箱检查

项目	数量	说明
T1000 系列主机	1	具体型号见设备标签
电源适配器	1	PD35W 单 USB Type-C 口
电源线缆	1	连接电源插头 C 口和 T1000 系列主机的 POWER USB Type-C 端口
1GbE 以太网线	1	用于连接上位机、交换机或局域网
随寄资料 U 盘	1	包含产品手册，用户手册，软件、驱动、SDK 示例程序等

4.2 接口速览

接口	用途	首次使用是否必需
RF OUT, SMA(F)	射频信号输出, 50 Ω	是
HP OUT, SMA (F)	中等功率射频信号输出, 最大 25 dBm, 50 Ω	否
LF OUT, SMA (F)	预留接口	否
Power	设备供电; USB Type-C 宽压输入, 电压电流: 9V/3A 或 12V/2.5A	是
1GbE	LAN 口, 远程控制、数据传输、API 调用, 推荐首次使用优先连接	是
HDMI	接口形态 Micro HDMI, 用于独立工作时候连接显示器	可选
USB 3.0	单机交互存储扩展, 建议连接扩展坞	可选
RI	外部参考输入, MMCX(F), 幅度 ≥ 1.5 Vpp, 输入阻抗 330 Ω	可选
RO	参考时钟输出, MMCX(F), 输出阻抗 50 Ω , 100 MHz	可选
AU	预留端口	否
AUXIO	多功能 IO 接口, 支持 GPIO/触发/扩展功能, 详细 Pinout 见 T1000 系列用户手册	可选
GNSS	GNSS 天线输入, SMA (F)	可选
设备状态指示灯	同一时刻只存在一种颜色指示灯。其中, 绿灯: 状态正常; 红灯: 状态异常; 黄灯: 远程更新失败	是

4.3 产品文档资料介绍

文件名	用途
HAROGIC 海得逻辑 T1000 系列射频发射机产品手册	产品的简介、关键特性、应用领域、技术指标信息。
HAROGIC 海得逻辑 T1000 系列射频发射机快速入门指南	即本文档，帮助用户快速入门，产品到手后的首次使用指南。
HAROGIC 海得逻辑 T1000 系列射频发射机用户手册	T1000 完整用户任务链，包括：接口、供电、网络、桌面软件、IQ、GNSS、触发以及跨硬件/软件故障定位
HAROGIC 海得逻辑 H2 API 编程指南	H2 API / SDK 编程指南，用于二次开发的 API 调用方法的详细手册
HAROGIC 海得逻辑 H2 API 范例使用指南	API 示例应用程序的使用介绍，详细介绍 C/C++/C#, Python, MATLAB 等例程使用方法。
HAROGIC 海得逻辑 SGStudio 用户指南	T 系列产品随附的软件，包括发射机硬件配置、验证和信号波形生成，调制信号生成以及自定义 IQ 波形回放等功能,首次使用有限阅读《HAROGIC 海得逻辑 T1000 系列射频发射机用户手册》。

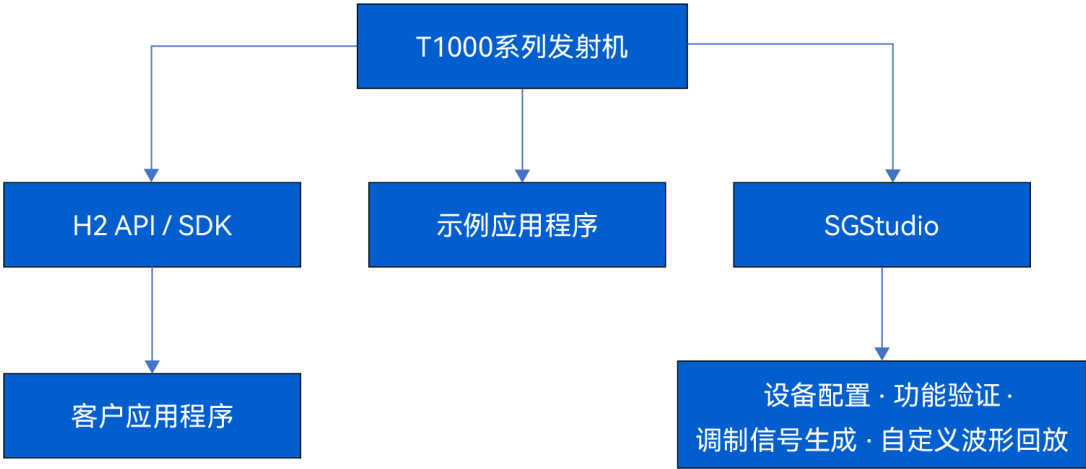


图 4-1 T1000 系列发射机的软件和 SDK 关系说明

5. 首次连接与上电

5.1 最小连接方式

1. 将 T1000 放置在稳定、通风的位置，将产品附带的电源适配器通过 USB Type-C 线缆连接到 T1000，并插入插座。
2. 使用网线将 T1000 的千兆网口 LAN(1GbE) 连接至计算机，速率为 1 Gbps，建议确认下计算机网口也是 1GbE 网口，以满足吞吐最高性能。默认 IP 地址为 192.168.1.100，用户一般需设置 host 端 IP 地址于同一网段，方可正常连接
3. 如需本机操作，可跳过第 2 步，将 HDMI 接口连接显示器，通过 USB 3.0 接口连接 USB Type-C 扩展坞连接键盘和鼠标。
4. 如需 GNSS 或时间同步，连接 GNSS 天线，并将天线放置在不遮挡天空（clear sky）环境下。
5. 接通电源后，会听到风扇快速启动的声音，随后等待系统启动。



图 5-1 T1000 系列设备连接图

6. 网络配置与主机访问

6.1 网络配置说明

T1000 可通过 1GbE 的以太网 (LAN) 接入网络。T1000 系列产品接入网络时，内置逻辑会先搜索 DHCP，如果有活跃的 DHCP 服务器，会自动分配 IP 地址。如果没有检测到，会保持默认的 IP 地址 (192.168.1.100)。

首次连接，建议按照如下设置将上位机设置到与 T1000 同一网段。

项目	默认值 / 说明
固定 IPv4 地址	192.168.1.100
子网掩码	255.255.255.0
上位机示例 IP	192.168.1.102, 子网掩码 255.255.255.0, 网关: 192.168.1.1

6.2 电脑直连验证

- 打开 Windows“设置” → “网络和 Internet” → “以太网”。
- 进入以太网，找到 IP 部分并点击“编辑”。
- 选择“手动”模式并启用 IPv4，设置 IP 为 192.168.1.102，子网掩码为 255.255.255.0。
- 打开命令提示符，执行 ping 192.168.1.100。若收到回复，则表示网络连接成功。

```
C:\WINDOWS\system32\cmd. x + v
Microsoft Windows [Version 10.0.22631.4037]
(c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\10418>ping 192.168.1.100

Pinging 192.168.1.100 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.1.100: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.100: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.100: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.100: bytes=32 time<1ms TTL=64

Ping statistics for 192.168.1.100:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```

图 6-1 测试设备网络连接 (ping 命令)

6.3 登录 T1000 嵌入式主机

T1000 集成树莓派 5 主机，可通过 SSH 或本机显示方式访问

SSH 访问的默认用户名: htra、默认密码: htra。推荐使用 MobaXterm 工具。

ssh [htra@192.168.1.100](ssh:htra@192.168.1.100)

```
03/08/2026 17:33.03 /home/mobaxterm ssh htra@192.168.1.100
Warning: Permanently added '192.168.1.100' (ED25519) to the list of known hosts.
Last login: Mon Aug 3 17:32:08 2026 from 192.168.1.118
htra@raspberrypi:~$ ls
Desktop Documents Downloads Music Pictures Public Templates Videos
htra@raspberrypi:~$
```

图 6-2 MobaXterm 软件中 SSH 登录界面示意

6.3.1 配置网络

T1000 系列设备的网络配置说明：

- **IPv4 地址：**“192.168.1.100”
- **子网掩码：**“255.255.255.0”

6.3.2 修改静态 IP 地址

如需修改 T1000 系列设备的默认的静态 IP 地址，可以按照如下操作步骤，以将 IP 地址设置为 192.168.1.100 为例：

- 使用用户名：root、默认密码：htra 登录
- SSH 访问树莓派主机，输入 `hlc --set-static-ip 192.168.1.100/24` 这个时候就设置好 IP 地址，需要重启生效
- 输入 `reboot`，等待重启。注意重启树莓派主机需要 root 用户名。

```
root@raspberrypi:~# hlc --set-static-ip 192.168.1.100/24
root@raspberrypi:~# reboot
root@raspberrypi:~#
```

7. 启动软件并连接 T1000

T1000 支持通过软件 SGStudio 和 H2 API 进行控制。

准备 Windows 系统环境，SGStudio 路径是随产品附带的软件：

SGStudio\SGStudio\bin\SGStudio.exe

7.1 主机端运行软件

在用户自己的主机 PC 上，可以运行软件 SGStudio 或者调用 H2 API 连接并控制 T1000，物理接口为 1GbE 以太网方式。软件启动后，正常运行如下图。

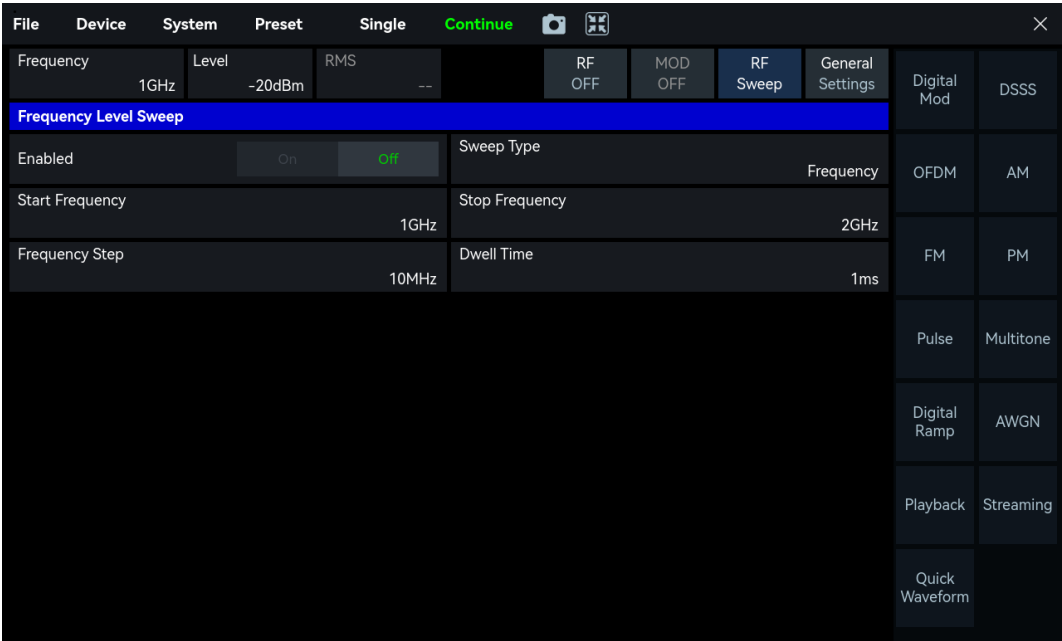


图 7-1 软件正常运行界面

点击菜单栏 Device，选择 ETH 连接设备，确认 IP 地址和本机地址。

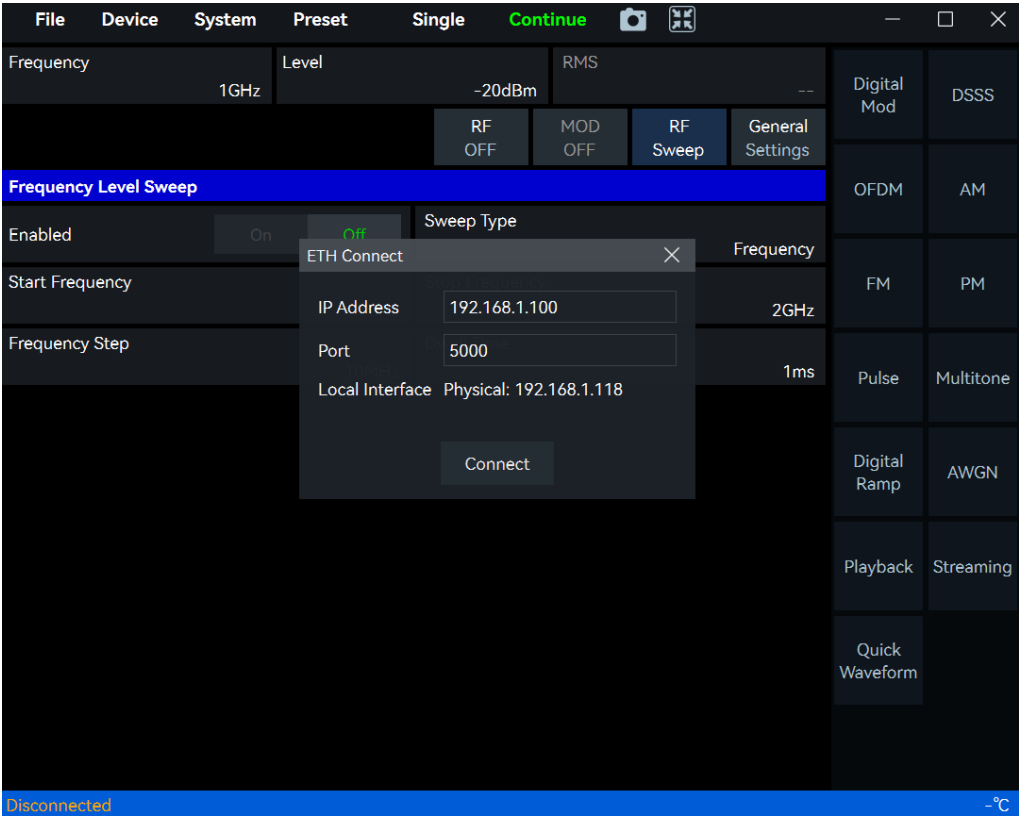


图 7-2 ETH 连接确认后点击连接

其中，以上图为例，界面底部状态信息栏中，从左至右分别是：ETH IP 地址、设备 UID、设备内核型号、硬件版本、MCU 版本、FPGA 版本、API 版本、GUI 版本和仪器工作温度。

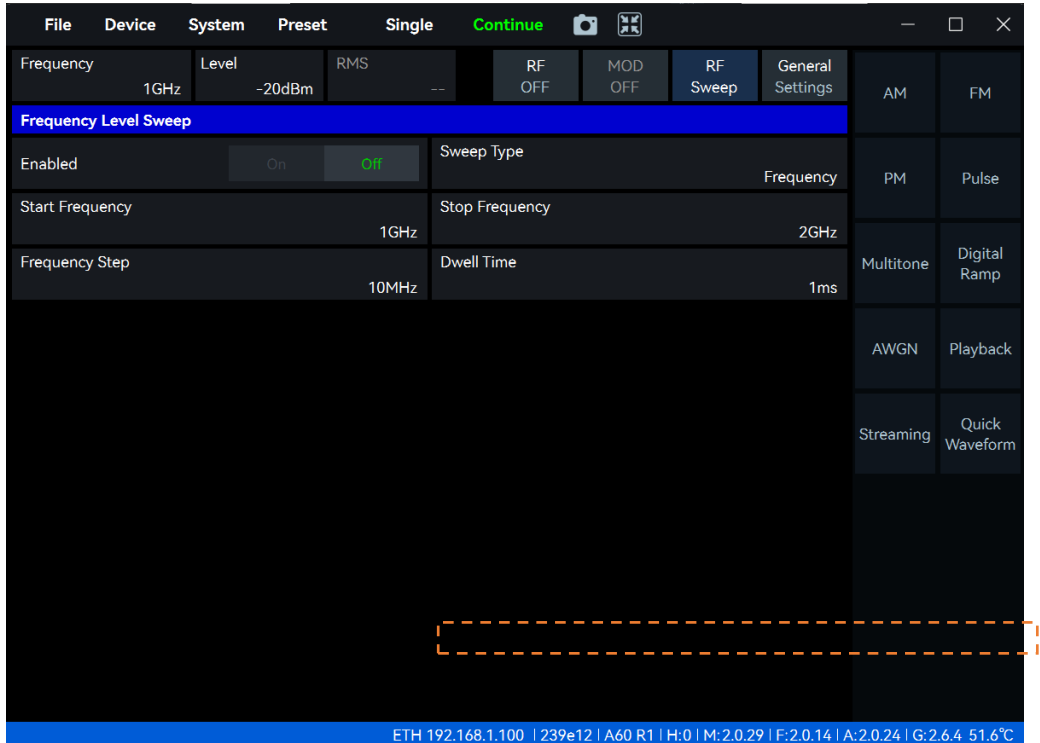


图 7-3 底部状态信息栏

点击菜单栏系统-关于，可查看设备型号、序列号、软件版本和硬件版本。

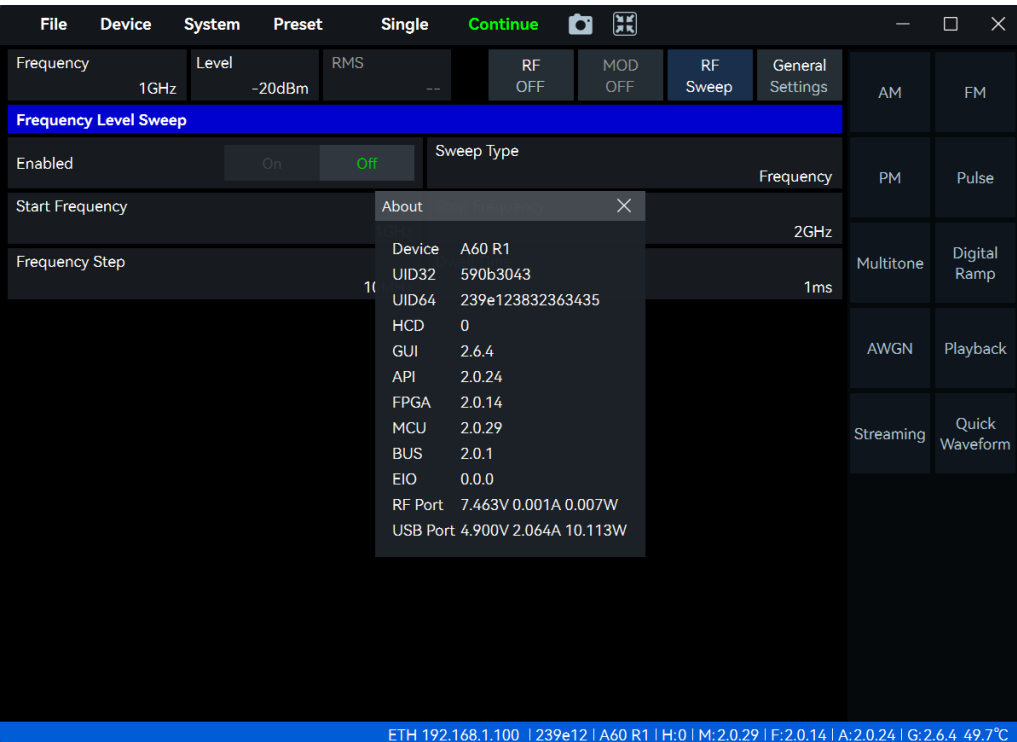


图 7-4 查看设备型号，软件版本、API 版本和固件信息

7.2 独立式运行（在 T1000 树莓派上运行软件）

关闭 7.1 的所有软件，连接 HDMI 到显示器，将 USB Type-C 扩展坞连接到 T1000 的 USB 3.0 接口，并连接鼠标键盘。

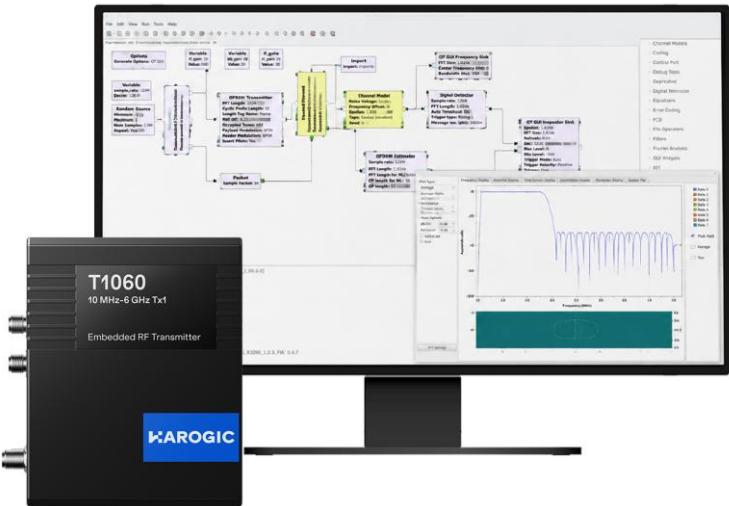


图 7-2 GNU Radio 开发环境运行在 T1000 主机上的状态 图左侧设备要换一下

上电启动后自动进入系统桌面，双击桌面左上角的 SGStudio 软件，软件自动运行，表示正确连接。

8. 射频信号生成

以下按照上位机模式进行上手实验，将已知射频信号源或者天线连接到 T1000 的 RF OUT，打开 SGStudio，按照默认参数设置点 RF ON：

参数	示例值
Frequency	1 GHz
Level	-20 dBm
RBW	自动
Reference Level	0dBm

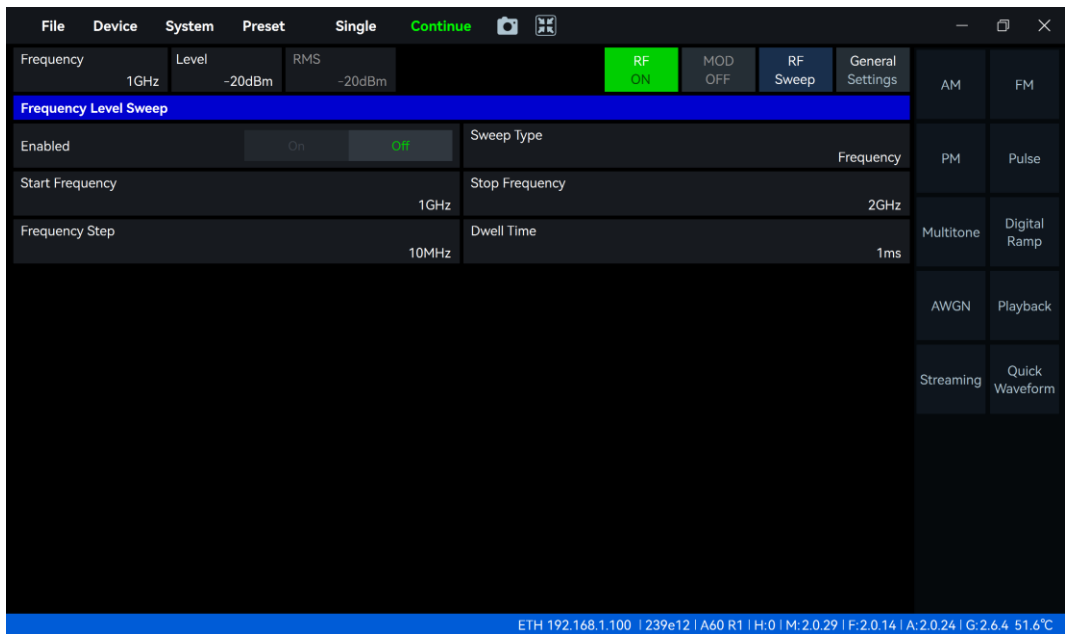


图 8-1 SGStudio 开启 RF ON

可以使用 HAROGIC R1090 射频接收机，进行观测输出信号



图 8-1 R1090 射频接收机的 IQ 流测试结果

9. 调制信号生成

T1000 支持 调制信号生成, 调制信号包括单音, 多音, 频率扫描, 功率扫描, 幅度调制, 频率调制, 相位调制, 脉冲调制, 数字斜坡扫描, 高斯白噪声, IQ 回放, IQ 实时播放。

9.1 使用 SGStudio 软件生成调制信号频率调

以输出载波频率 1 GHz、峰值功率-20 dBm、调制率 5 kHz、频率偏移 75 kHz 和调制波形为正弦波的 FM 信号为例。

参数说明：此处仅对频率调制部分重要参数进行说明，相关参数如下表所示：

表格 9-1 频率调制参数说明

频率调制	
调制速率	指定 FM 调制频率
频偏	设置调制过程中载波瞬时频率相对于中心频率的最大偏移量
信号类型	Sine/Square/Triangle/Ramp

操作步骤

1. 点击模式选择区的“调频”；
2. 在频率调制控制区，将“调制速率”设置 5 kHz，“频偏”设置为 75 kHz，“信号类型”选择 Sine，并打开频率调制；
3. 将载波“频率”设置为 1 GHz，“功率”设置为-20 dBm，开启射频开关；
4. 信号源输出载波频率 1 GHz、峰值功率-20 dBm、调制率 5 kHz、频率偏移 75 kHz 和调制波形为正弦波的 FM 信号。

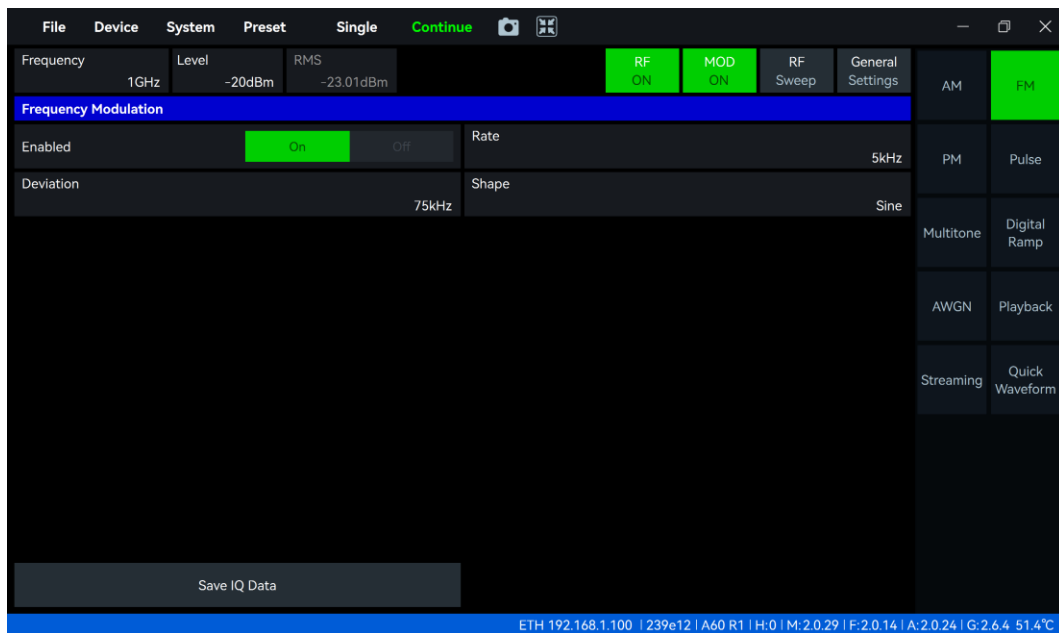


图 9-1 SGStudio FM 调制信号生成

1. 直接将 SMA 射频信号输出连接到 R1000 系列的射频接收机，观察生成信号的 IQ 流和时频瀑布图。

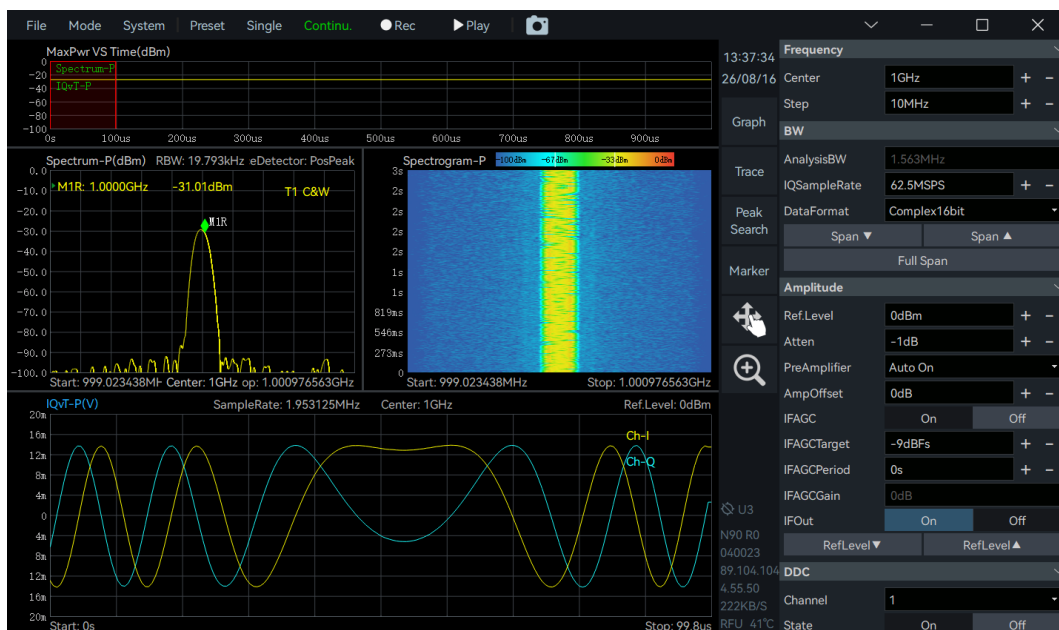
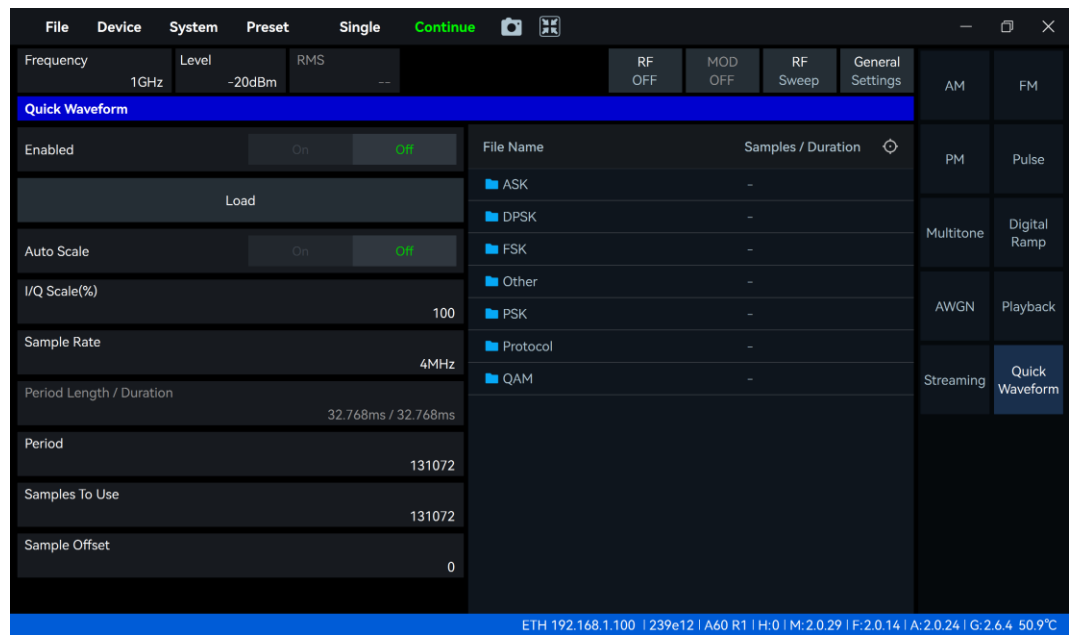


图 9-2 T1060 输出的射频信号使用 R1000 系列射频接收机 SAStudio 观察

10. 快速波形和 IQ 回放

T1000 支持 IQ 波形的回放。快速波形模式中已预置部分.wav 格式的波形文件，可直接选择所需波形并进行快速输出。预置的波形包括常见数字调制信号如 ASK，DPSK，FSK，PSK，QAM 等，还有 3 个无线协议信号供快速调用。



10.1 使用 SGStudio 输出预置波形并回放

本小节以输出预置的蓝牙信号为例，介绍快速波形模式的基本操作步骤。

1. 在模式选择区选择“快速波形”；
2. 选择文件列表中“Protocol/Bluetooth_7.5MHz.wav”，并点击“加载文件”，将所选波形加载至 T1060 内部存储器；
3. 文件加载成功后，软件将自动解析并显示当前文件的采样率、文件内总点数、信号时长等参数，可根据测试需求调整相应参数，并开启快速波形模式；
4. 将载波频率设置为 2.4 GHz，峰值功率设置为-20 dBm，开启射频开关；
5. 完成上述设置后，T1060 将以 2.4 GHz 载波频率、-20 dBm 峰值功率输出蓝牙快速波形信号

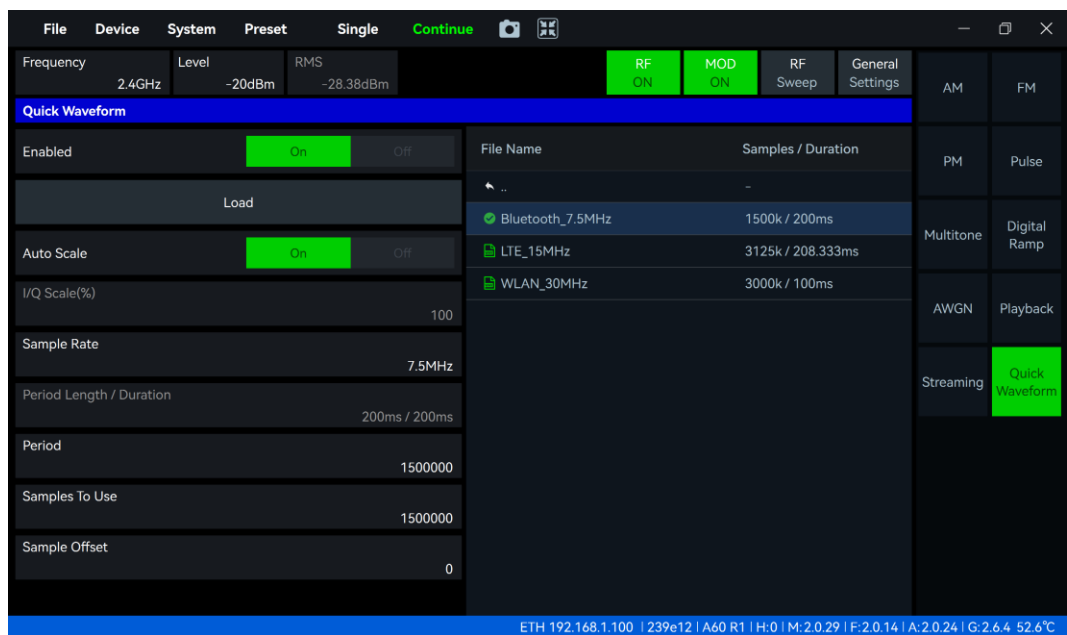


图 1-1 快速播放蓝牙波形信号

- 如果将 T1060 的射频输出通过射频线缆直接连到 R1000 系列射频接收机采集的 RF IN，可以使用 SStudio 观察信号。采用接收机 IQ 流模式，Graph 中开启时频瀑布图，中心频率设置同样为 2.4 GHz，参考电平：-10 dBm。

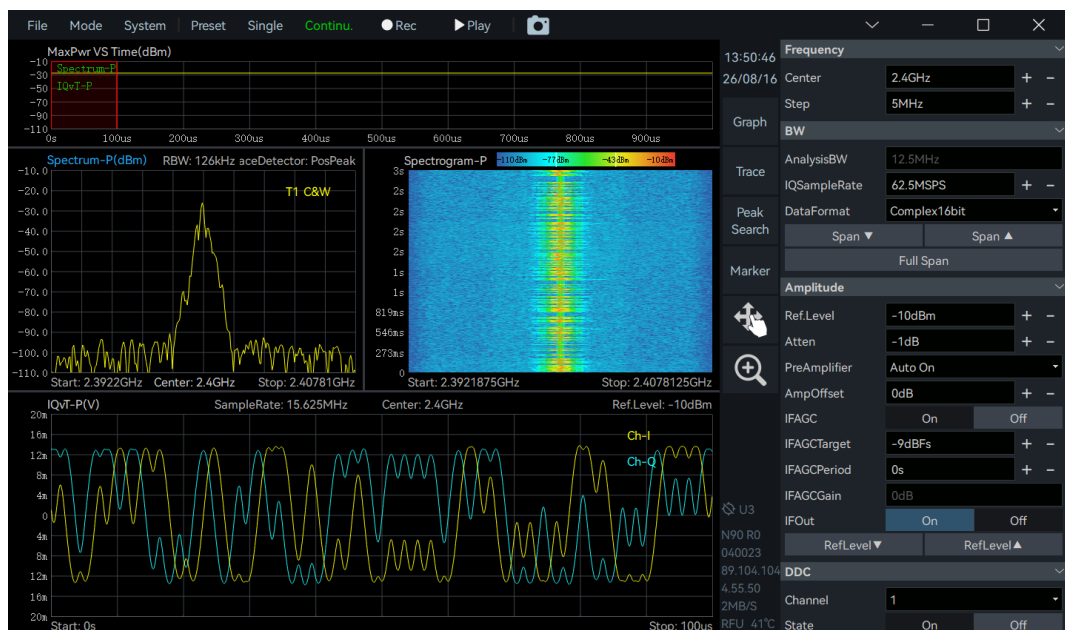


图 10-2 R1000 系列射频接收机在 SStudio IQ 流模式下的采集结果

11. 定位 API 示例程序入口

API 示例程序应在随寄资料 U 盘提供，并同时提供 API 示例程序开发指南，如需要最新版 API 和示例程序，可以访问官网的下载中心。

运行 IQ 采集示例，API 例程提供 C++、C#、Python、MATLAB 和 Qt 等例程，接下来以 C++为例。

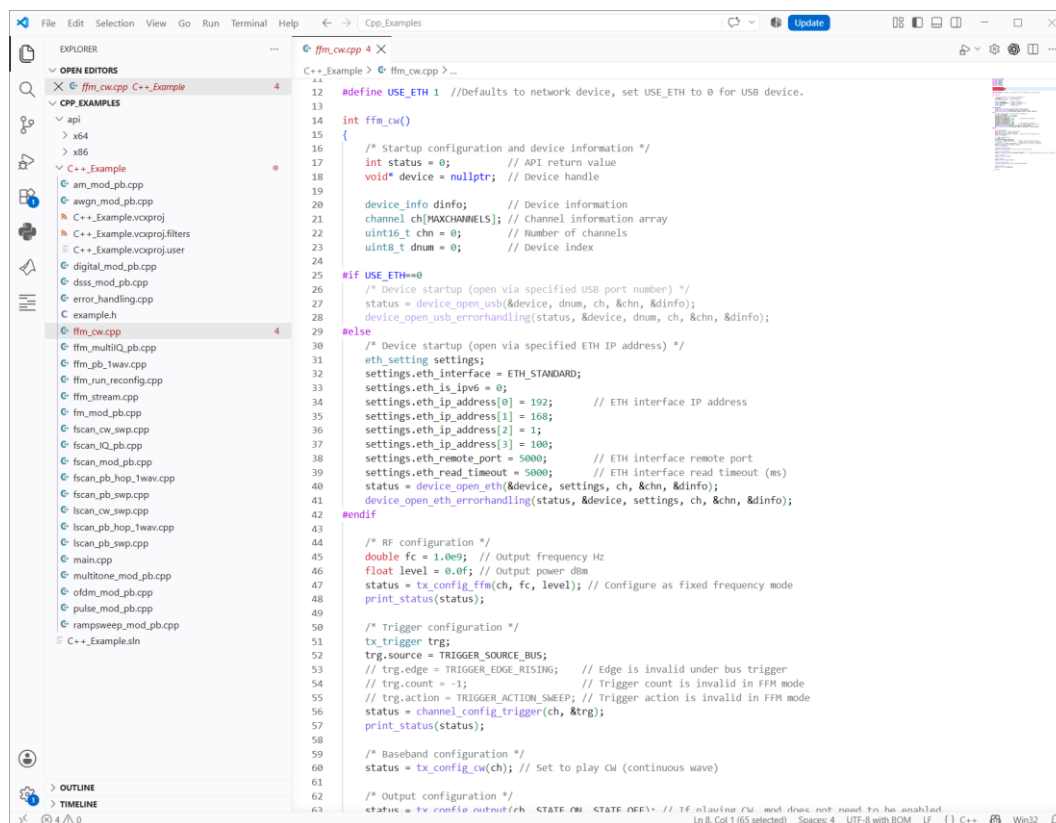
软件选项： H2 API

描述： 提供用于与 T1000 系列 设备交互的 API。提供大多数应用所需的标准 CPU 主机操作。

用例： 发现设备，配置射频发射机并发射射频信号，调制信号以及 IQ 波形回放等。

位置：

Windows\example\Cpp_Examples\C++_Example



The screenshot shows a Visual Studio Code editor window with the 'Cpp_Examples' project open. The Explorer pane on the left displays the project structure, including a 'C++_Example' folder. The main editor area shows the 'main.cpp' file, which contains C++ code for device discovery and configuration. The code includes comments in Chinese and C++ syntax for defining constants, initializing variables, and calling device-specific functions like 'device_open_usb' and 'device_open_eth'. The code is organized into sections for startup configuration, device discovery, and RF configuration.

```
12 #define USE_ETH 1 //Defaults to network device, set USE_ETH to 0 for USB device.
13
14 int ffn_cw()
15 {
16     /* Startup configuration and device information */
17     int status = 0; // API return value
18     void* device = nullptr; // Device handle
19
20     device_info dinfo; // Device information
21     channel ch[MAXCHANNELS]; // Channel information array
22     uint16_t chn = 0; // Number of channels
23     uint8_t dnum = 0; // Device index
24
25     #if USE_ETH==0
26     /* Device startup (open via specified USB port number) */
27     status = device_open_usb(&device, dnum, ch, &chn, &dinfo);
28     device_open_usb_errorhandling(status, &device, dnum, ch, &chn, &dinfo);
29     #else
30     /* Device startup (open via specified ETH IP address) */
31     eth_setting settings;
32     settings.eth_interface = ETH_STANDARD;
33     settings.eth_is_ipv6 = 0;
34     settings.eth_ip_address[0] = 192; // ETH interface IP address
35     settings.eth_ip_address[1] = 168;
36     settings.eth_ip_address[2] = 1;
37     settings.eth_ip_address[3] = 100;
38     settings.eth_remote_port = 5000; // ETH interface remote port
39     settings.eth_read_timeout = 5000; // ETH interface read timeout (ms)
40     status = device_open_eth(&device, settings, ch, &chn, &dinfo);
41     device_open_eth_errorhandling(status, &device, settings, ch, &chn, &dinfo);
42     #endif
43
44     /* RF configuration */
45     double fc = 1.0e9; // Output frequency Hz
46     float level = 0.0f; // Output power dbm
47     status = tx_config_ffm(ch, fc, level); // Configure as fixed frequency mode
48     print_status(status);
49
50     /* Trigger configuration */
51     tx_trigger trg;
52     trg.source = TRIGGER_SOURCE_BUS;
53     // trg.edge = TRIGGER_EDGE_RISING; // Edge is invalid under bus trigger
54     // trg.count = -1; // Trigger count is invalid in FFM mode
55     // trg.action = TRIGGER_ACTION_SWEEP; // Trigger action is invalid in FFM mode
56     status = channel_config_trigger(ch, &trg);
57     print_status(status);
58
59     /* Baseband configuration */
60     status = tx_config_cw(ch); // Set to play CW (continuous wave)
61
62     /* Output configuration */
63     status = tx_config_output(ch, STATE_ON, STATE_OFF); // If playing CW, and does not need to be enabled
```

12. 常见问题与快速排查

12.1 设备不上电

请判断绿色电源指示灯是否亮起，上电后一般会听到短暂的风扇声音。电源适配器是否为 HAROGIC 推荐型号，电源线是否连接牢固，电源输入规格是否匹配当前硬件版本，设备是否存在异常发热或异味。如仍有问题请联系技术支持。

12.2 无法通过网络访问 T1000

是否使用的是 1GbE 的网线，电脑是否对应的 1GbE 的 LAN 端口。是否按照本文档将上位机和 T1000 在同一网段。防火墙是否阻止软件连接。

12.3 SGStudio 软件找不到设备

请确认 SGStudio 软件版本不低于 2.6.4，系统菜单栏，设备（Device）下拉列表确认是否选择：连接 ETH 设备，确认 IP 地址后，选择连接，正确连接后，软件最下方状态栏会显示设备状态，IP 地址，UID 等。如果提示无法连接，确认是否能 ping 连通。如果可以 ping 通，可能是未知网络问题，建议重启 T1000 设备，等待 3 分钟后重新连接。

12.4 没有正常输出射频信号

在 SGStudio 中，点击 RF ON 时没有正常输出射频信号，需要先确认是否完成设备连接，设备连接后。

12.5 GNSS 不锁定

确认 GNSS 天线是否连接，同时天线需要放置在不遮挡天空（clear sky）环境，同时需要等待足够锁定时间，最后确认天线是否需要电源供电。

12.6 是否可以刷自定义的树莓派系统镜像

请注意 T1000 系列是超紧凑硬件设计，目前不支持用户自定义树莓派系统镜像。请勿自行刷树莓派系统镜像，否则会造成设备无法开机和射频参数失效，如遇到系统问题，请联系 HAROGIC。

13. 下一步阅读

任务	文档
完整版介绍产品用户手册，包括：接口、供电、网络、桌面软件、GNSS、触发等	HAROGIC T1000 系列射频发射机用户手册
使用 GNU Radio 创建应用程序，同 Git 获取最新 GNURadio，SoapySDR 例程（持续维护中）	HAROGIC Git Repo.
学习 SGStudio 的完整软件操作	HAROGIC 海得逻辑 SGStudio 用户指南
开发应用程序	HAROGIC 海得逻辑 H2 API 编程指南
运行示例程序	HAROGIC 海得逻辑 H2 API 范例使用指南

 www.harogic.cn

 cninfo@harogic.com

 +025-8330 5049