

T1000 系列 嵌入式射频发射机 用户手册



海得逻辑
HAROGIC

目录

1.	阅读本手册	6
1.1	目的与读者	6
1.2	适用范围与版本基线	6
1.3	T1000 文档体系与内容归属	7
1.4	术语、缩略语与界面约定	7
1.5	推荐阅读路径	8
2.	安全与合规	9
2.1	提示等级	9
2.2	一般安全	9
2.3	ESD 防护	9
2.4	电源安全	9
2.5	RF 输出安全	10
2.6	热与机械安全	10
3.	T1000 系统概览与使用路径	11
3.1	产品定位	11
3.2	功能级架构	11
3.3	典型工作方式	12
3.4	SGStudio	12
3.5	H2 API 与 SDK	12
3.6	示例应用程序	12
3.7	SGStudio 与客户应用程序的关系	12
4.	外观、面板与接口索引	14
4.1	T1060 接口定位图	14
4.2	T1060 面板接口索引	15
4.3	状态指示灯	16
5.	供电、RF 输出、安装与环境	17
5.1	供电与上电	17
5.2	供电版本	17
5.3	电源集成要求	17
5.4	RF 输出与保护	17
5.5	尺寸概览	18
5.6	散热与风道	18
5.7	工作环境等级	19
6.	网络、嵌入式主机与软件准备	20
6.1	主机侧物理接口	20
6.1.1	1GbE 网口	20
6.1.2	HDMI 与 USB	20
6.2	Wi-Fi 与 Bluetooth	20

6.3	网络配置说明	20
6.4	电脑直连验证	20
6.5	登录 T1000 嵌入式主机	21
6.5.1	配置网络	21
6.5.2	修改静态 IP 地址	21
6.6	系统运行环境	22
6.7	桌面软件获取与安装	22
6.8	默认数据存储路径	22
7.	连接 SGStudio 并验证设备状态	24
7.1	启动 SGStudio	24
7.2	界面布局	24
7.3	建立设备连接	25
7.4	查看型号、UID 及软固件版本	26
8.	使用 SGStudio 完成射频信号生成	27
8.1	工作方式总览	27
8.2	连续波模式	27
8.3	回放模式	28
8.4	幅度调制	29
8.5	频率调制	29
8.6	相位调制	30
8.7	脉冲	31
8.8	数字斜坡扫描	31
8.9	高斯白噪声	31
8.10	数字调制	31
8.11	直接序列扩频	31
8.12	正交频分复用	31
8.13	多音	32
8.14	回放	32
8.15	快速波形	32
8.16	流模式	34
9.	中功率输出和本振模式	35
9.1	中功率输出	35
9.2	本振模式	35
10.	GNSS、参考时钟、PPS 与同步	36
10.1	硬件接口与电气条件	36
10.2	GNSS 输入	36
10.3	外部 10 MHz 参考输入	36
10.4	参考输出	36
10.5	GNSS 锁定与 1PPS	37
10.5.1	使用默认 GNSS 源	38
10.5.2	使用默认 GNSS 源的 1PPS 触发	38
11.	触发与 AUXIO	39

11.1	触发能力	39
11.2	AUXIO 触发板	39
11.2.1	T1000 系列配套 AUXIO 扩展板介绍	39
11.3	在 SGStudio 中配置触发	40
11.3.1	触发输入:	40
	参数说明	40
	操作步骤	41
11.3.2	触发输出:	41
12.	从 SGStudio 迁移到 H2 API	42
12.1	为什么需要 H2 API	42
12.2	H2 API、SDK 与 Example Applications	42
12.3	运行第一个射频信号生成 Example	42
12.4	无人值守程序的最小保护建议	42
12.5	获取开发文档和技术支持	43
13.	软件更新、维护与服务	44
13.1	软件与固件更新	44
13.2	版本要求	44
13.3	参数说明	44
13.4	在线更新	44
13.5	本地更新	45
13.6	附件、日常检查、清洁与返修信息	45
	日常检查	45
	清洁与存储	46
	返修前记录	46
14.	故障排查	47
14.1	硬件故障排查表	47
14.2	网络、软件、GNSS 与 IQ 快速排查	47
	设备不上电	47
	无法通过网络访问 T1000	47
	SGStudio 软件找不到设备	47
	GNSS 不锁定	47
	没有 RF 输出	47
	设备状态指示灯红灯或者黄灯亮	48
	附录 A 相关文档说明	49

如何使用本手册

本手册按 T1000 用户完成任务的顺序组织：先确认安全、接口与供电，再完成以太网和嵌入式主机连接，随后使用 SGStudio 生成连续波、调制信号和自定义 IQ 波形，最后配置参考时钟、GNSS、触发，并进入 H2 API 开发、升级维护和故障定位。

首次使用：若目标是在 30 分钟内跑通设备，请先阅读《T1000 系列射频发射机快速入门指南》。本手册用于在跑通后查询完整操作。



1. 阅读本手册

1.1 目的与读者

本手册面向使用 T1060 完成射频信号生成、外场部署、自动化控制和系统集成的测试工程师、射频工程师、软件开发人员、系统集成人员及技术支持人员。

读者应具备基本的射频连接、以太网配置和 Windows/Linux 操作知识。涉及外部参考、AUXIO、触发或中功率输出时，还应具备相应的电气安全和信号完整性知识。

1.2 适用范围与版本基线

项目	说明
产品系列	T1000 系列嵌入式射频发射机
适用型号	T1060
发射/接收通道	1 路发射，0 路接收
目标硬件形态	集成射频发射机、FPGA/基带和树莓派 5 的紧凑型整机

项目	适用范围
产品	HAROGIC T1000 系列射频发射机
桌面软件	SGStudio，版本是 2.6.4 及其以上版本，该软件可以单独运行在上位机端或者树莓派主机上。
开发软件	与设备及固件版本匹配的 H2 API（2.0.24 版本 API 或者更新版本）、SDK 和应用例程（Example Applications）。
操作系统	以交付的软件包、安装说明和版本说明为准；第 6 章列出 SGStudio 的通用主机要求。

1.3 T1000 文档体系与内容归属

需要完成的任务	首选文档
选型、指标、选件与应用场景	T1000 系列产品手册 / Datasheet
30 分钟内首次上电、联网、生成射频信号和调制波形	T1000 系列快速入门指南/ Getting Started Guide
接口、供电、网络、桌面软件 SGStudio、同步、GNSS、触发与排障	本用户手册/ User Manual
SGStudio 完整功能介绍包括全部波形和回放功能	SGStudio 用户指南
API 会话、参数、数据结构、错误码、时间戳与同步	H2 API 编程指南
C/C++、Qt、Python、Matlab	H2 API 范例使用指南
使用 GNU Radio 创建应用程序，同时 GIT 获取最新 GNURadio，SoapySDR 例程	HAROGIC Git Repo. （在线持续维护）

1.4 术语、缩略语与界面约定

术语	含义
AUXIO	多功能辅助输入/输出接口
CMOS	互补金属氧化物半导体逻辑电平
GNSS	全球导航卫星系统，用于频率校准和时间同步
OCXO	恒温晶体振荡器，作为内部参考时钟
PPS / 1PPS	每秒一个脉冲的时间基准信号
RI	RI 是参考时钟 REF IN 的缩写
RO	RO 是参考时钟输出的缩写
REF IN / REF OUT	参考时钟输入/输出的功能名称
RF OUT	射频输出端口
Trigger / TRG	触发输入或输出信号
RF ON / MOD ON	界面中的射频输出开关和调制开关
CW	Continuous Wave，连续波
IQ	同相/正交复基带采样数据
H2 API	T1000 系列自定义应用时访问设备能力的主要编程接口。

Example Applications	随 SDK 提供、用于演示和验证 H2 API 调用流程的示例应用程序。
设备	除界面原名或引用文档名外，正文中的“设备”均指 T1000 系列射频发射机。

1.5 推荐阅读路径

用户目标	推荐顺序
首次上电并输出连续波	第 2 ~ 8 章，再根据需要阅读第 9 ~ 12 章
生成模拟/数字调制信号	第 8 ~ 9 章
导入或连续播放 IQ 波形	第 11 章
外部参考、GNSS 和触发	第 12 章
开发无人值守应用	第 3、6、14、15 章
定位异常	第 16 章

2. 安全与合规

把 T1060 视为可主动输出射频能量的测试发射设备；接线、上电和启用 RF 必须分步确认。

2.1 提示等级

	含义
危险	若不可避免，可能造成人员死亡或严重伤害
警告	若不可避免，可能造成人身伤害或严重设备损坏
注意	若不可避免，可能造成设备、接口、线缆或数据损坏
提示	有助于正确连接、验证或维护的信息

2.2 一般安全

- 仅允许了解射频、电气和 ESD 防护要求的人员安装、连接和维护设备。
- 上电前检查机壳、接口和线缆。若存在运输损伤、松动、异味、进液或明显变形，请勿上电。
- 未经 HAROGIC 授权不得拆机、改装、短接保护器件或更换内部模块。设备内部无用户可维修部件。
- 连接或拆除非热插拔接口、AUXIO 排线、触发转接板或外部参考线缆前，应先停止采集并断电。
- 不得在有凝露、导电粉尘、易燃易爆气体或超出规定环境等级的场所使用。

2.3 ESD 防护

□注意

RF、GNSS、参考、触发和 AUXIO 接口可能受静电放电影响。在 ESD 受控区域操作，佩戴可靠接地的防静电腕带，并先释放人体、线缆和天线上的静电。

保持连接器保护帽清洁。搬运设备时握持机壳，不要触摸中心导体、AUXIO 引脚或裸露转接板焊盘。

2.4 电源安全

▲警告

仅使用随设备提供或与设备铭牌规格完全一致的电源适配器和线缆。电源适配器可能存在不同的供电定义，两者不得混用或凭接口外形推断。

- 上电前核对设备铭牌和电源输出规格。PoE 仅适用于配置了选件 24 的设备。
- 不要使用松动、破损、过热或没有足够电流能力的 USB-C 线缆。
- 不要从 AUXIO 电源引脚反向给整机供电，也不要向任何输出引脚回灌电压。
- 发现反复重启、异常发热、焦味或电源保护动作时，立即断电并隔离设备。

2.5 RF 输出安全

▲警告

RF OUT 和 HP OUT 都是输出端口。不要把外部信号源、天线馈电、直流电源或未知端口接入 RF OUT/HP OUT。连接接收机、频谱仪或其他负载前，先关闭 RF，并核对被测设备的最大安全输入。

1. 在 SGStudio 中保持 RF OFF。
2. 确认负载为 $50\ \Omega$ ，必要时加入衰减器、隔直器、限幅器或环行器。
3. 先以较低功率（建议不高于 -40 dBm）启用输出，确认频率、端口和链路后再逐步提高。
4. 切换 RF OUT 与 HP OUT 前，先关闭所有射频输出。

中功率选件：选件 10 的典型最大输出可达 25 dBm，约 316 mW。该功率足以损坏许多接收机前端、探头和未加衰减的测量端口。

2.6 热与机械安全

设备工作时不得覆盖散热孔、散热鳍片或风道。安装在机箱、箱体、背包或无人值守节点中时，应评估最不利环境温度、太阳辐射、相邻热源、线缆阻挡以及整机功耗。不要在设备运行或刚断电时直接触碰可能发热的金属表面。

3. T1000 系统概览与使用路径

理解嵌入式主机、内部 USB 射频内核、1GbE 控制链路和三种软件入口之间的关系

3.1 产品定位

T1060 把高性能单通道射频发射内核与 Raspberry Pi 5 集成在同一设备中，可由上位机远程控制，也可在嵌入式主机上独立运行。典型应用包括便携式波形回放、无线信号与场景仿真、远程无人值守信号源和分布式同步激励节点。

3.2 功能级架构

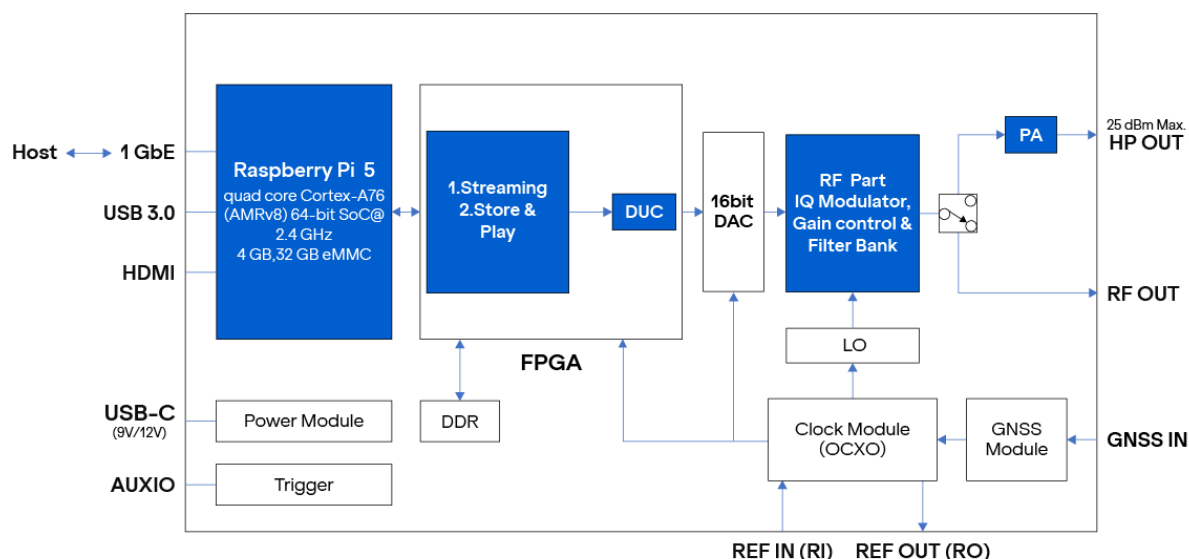


图 3-1 T1000 系列功能级信号流

功能级数据路径为 上位机、嵌入式主机、FPGA、DAC、射频 IQ 调制器和射频链路到射频输出。GNSS、内部 OCXO、外部参考、PPS/触发等信号为接收链和时间戳提供参考或控制。该图仅用于理解外部接口关系，不代表电路、时钟树或 FPGA 资源的实现细节。

因此 T1060 由内置 树莓派 5 管理该 USB 射频发射内核，并向外提供以太网和独立运行能力。因此，上位机连接 T1060 时应选择 ETH 设备，嵌入式主机内部应选择 USB 设备。

3.3 典型工作方式

工作方式	硬件连接	适用场景
上位机远程控制	仅连接 RF、电源、1GbE 及可选同步接口	桌面验证、远程控制、API 调用和网络数据传输
本机独立运行	连接 RF、电源、显示/USB 或本地存储	现场处理高数据率流、便携部署、无人平台和低延迟控制
远程无人值守	连接 RF、网线、PoE 供电（可选）	上位机下发任务，本机保存波形并运行服务/应用
定制系统集成	按机械图和接口控制文件固定、开孔及规划线束	OEM、机箱、背包、车载或固定站点集成

桌面验证、示例程序和客户应用承担不同任务。以下各节说明它们的关系和推荐迁移顺序。

T1000 的软件使用分为桌面验证与应用开发两条路径。SGStudio 用于先验证，H2 API 用于最终集成。

3.4 SGStudio

SGStudio 提供可视化操作界面，适合首次接入、设备配置、功能验证、调制生成、自定义波形回放、同步与更新。

3.5 H2 API 与 SDK

H2 API 与 SDK 是客户应用程序控制 T1000 和实现自动化处理的主要路径。把已验证的参数固化到客户应用、服务或无人值守流程，而无需依赖 SGStudio 运行。

3.6 示例应用程序

示例应用程序用于帮助用户快速理解 H2 API 的调用顺序，用于展示发现、连接、配置、发射和波形操作的最小代码路径。建议先运行与当前 SDK 版本配套的示例，再在此基础上增量开发客户应用程序。

3.7 SGStudio 与客户应用程序的关系

图 3-2 给出了推荐路径：先用 SGStudio 确认设备和射频环境，再用示例应用程序确认开发链路，最后进入客户应用程序集成。

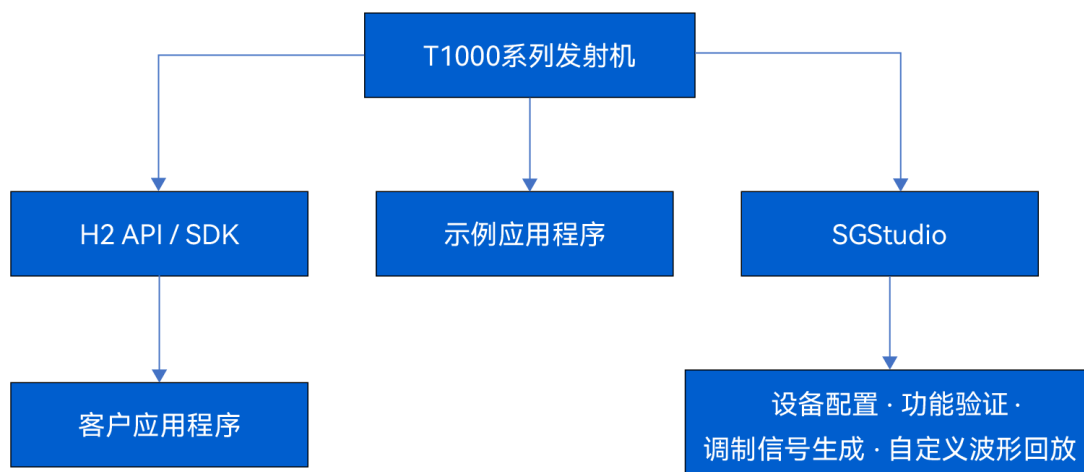


图 3-2 T1000 系列软件架构与典型使用路径

- **H2 API/SDK** 是客户应用开发的主要路径。
- **示例应用程序**用于帮助客户快速理解和验证 API。
- **SGStudio** 用于设备配置、功能验证、射频信号、调制信号生成和自定义波形回放。

4. 外观、面板与接口索引

先按型号确认接口位置、方向和电气角色，再进行任何线缆连接。

4.1 T1060 接口定位图



图 4-1 T1060 外观与接口定位

图 4-1 中可见 T1060 的 GNSS Antenna、RF OUT、HP OUT、1 GbE、HDMI、USB 3.0、POWER、RI、RO 和 14-pin AUXIO。

4.2 T1060 面板接口索引

图片标签	接口	用途	详细说明
1/GNSS Antenna	GNSS 天线输入	接收 GNSS 信号，用于频率校准和时间同步	“GNSS 与同步” 章节
2 / RF OUT	SMA(F), 50 Ω	主射频输出, SMA(F), 50 Ω	“RF 输出与保护” 章节
3 / HP OUT	SMA(F), 50 Ω	中功率射频输出, SMA(F), 选件 10, 典型最大 25 dBm	“RF 输出与保护” 章节
4 / LF OUT	SMA(F), 50 Ω	预留接口	预留接口, 禁止连接
5 / 1 GbE	千兆以太网	控制、API 和数据传输	“网络与嵌入式主机接口” 章节
6 / HDMI	Micro HDMI	本机显示与调试	“网络与嵌入式主机接口” 章节
7 / USB 3.0	USB-C 外形	外设扩展如键盘鼠标存储等	“网络与嵌入式主机接口” 章节
8 / POWER	USB-C 外形	整机电源输入	“供电与上电” 章节
9 / RI	MMCX (F) ,	10 MHz 参考时钟输入	幅度 ≥ 1.5 Vpp, 330 欧姆
10 / RO	MMCX (F) ,	100 MHz 参考时钟输出	幅度 ≥ 0.3 Vpp, 可编程开/关
11 / AU	预留端口	预留端口	预留端口, 悬空
12 / AUXIO	14-pin 多功能口	多功能输入输出接口, 参考下表包括 GPIO, Trigger 等	外触发: 3.3 V CMOS, 阻抗高阻; 触发输出: 3.3 V CMOS

表格 4-1 端口 10 多功能 AUXIO PIN 接口说明 (图示方向从右至左)

序号	名称	方向	电平标准	含义
1	TRG IN	I	3.3 V	触发输入, 最高频响 500 次/秒
2	TRG OUT	O	3.3 V	触发输出
3	Reserved	/	/	预留
4	GND	/	/	接地
5	PPS OUT	O	3.3 V	XPPS 输出
6	3.3 V	O	3.3 V	电源输出, 3.3 V 输出
7	USART RX	/	3.3 V	/
8	GND	/	/	接地
9	USART TX	O	3.3 V	/
10	Reserved	/	/	预留

11	Reserved	/	/	预留
12	Reserved	/	/	预留
13	GND	/	/	接地
14	Reserved	/	/	预留

4.3 状态指示灯

颜色	含义	建议动作
绿色	设备状态正常	继续检查网络和软件状态
红色	设备状态异常	关闭 RF，记录状态并按第 16 章排查
黄色	远程更新失败	保持供电，重新建立网络并联系技术支持确认恢复步骤

5. 供电、RF 输出、安装与环境

按“信号与网络先接、电源最后接”的顺序上电，并为负载和散热留出安全余量。

5.1 供电与上电

先确认供电版本，再检查电源、线缆、散热和启动状态。

5.2 供电版本

警告

只能使用与本机铭牌一致的原厂随附适配器和线缆，规格不一致会造成设备无法上电，正常工作甚至损坏！

项目	参数	说明
接口	USB-C POWER	USB Type-C 接口 可选 PoE（Power over Ethernet）以太网供电
输入	9V 3A/ 12V 2.5A	宽电压范围
功耗	≤25 W	上限运行条件外设：CPU 拉满，风扇全速，运行 SGStudio，输出：1GHz, 20dBm 调制信号输出，射频开启，采样率：62.5MHz

5.3 电源集成要求

- 仅使用本机随附或符合规格的电源线缆，不得以普通 USB-C 线、集线器或显示器 USB 口代替。
- 可选 PoE（Power over Ethernet）以太网供电，用户仅需要一根网线，可以实现数据和电力传输，需要采购选件（选件 24）。

5.4 RF 输出与保护

项目	要求
端接	50 Ω；使用额定频率和功率满足要求的线缆、衰减器与负载
普通输出	不同频率下最大输出约 7 ~ 14 dBm；最小可设置到 -100 dBm 或更低
中功率输出	选件 10，典型最大不低于 25 dBm；最小典型不高于 -80 dBm
端口切换	先 RF OFF，再改端口、线缆或选件状态
反向能量	禁止外部射频/直流注入；存在反射或馈电风险时使用隔离和保护器件
RF 端口直流电压最大允许值	±10 VDC

5.5 尺寸概览

型号	尺寸	重量
T1060	87 × 78 × 38 mm	281 g

HAROGIC 同时销售不带外壳的核心模块，可选风扇散热设计方案。如需了解核心模块的详细信息请联系 HAROGIC 销售代表。

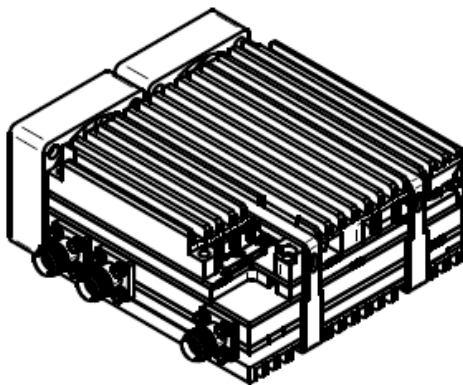


图 5-1 典型的核心模块示意图

5.6 散热与风道

T1060 功耗最高约 25 W。产品包含通风开孔或散热鳍片。集成设计至少应满足：

- 不覆盖进风、出风或散热表面，不将多台设备无间隙堆叠。
- 评估环境温度上限、安装姿态、箱体密闭程度等。
- 确保线缆、泡棉、标签和固定件不会遮挡通风开孔、散热表面或任何已确认的活动部件。

提示

产品默认 T0 等级，工作温度 0-50°C 如需要更高等级的工作温度，可以选配 HAROGIC 的 T1，但是温度等级不能替代系统的散热设计。关于集成，安装和散热等方面的问题，请联系 HAROGIC 提供专业指导。

5.7 工作环境等级

工作温度	存储温度	等级
0–50 °C	–20–70 °C	T0
–20–65 °C	–40–85 °C	T1 (选件 40)
–40–65 °C	–40–85 °C	非标准订货选件，联系销售咨询

环境温度	工作相对湿度
0–40 °C	5%–75%
>40 °C	5%–45%

避免凝露。设备从低温环境移入温暖潮湿环境后，应在断电状态下充分恢复至环境温度并确认无凝露再上电。

6. 网络、嵌入式主机与软件准备

建立可验证的 1GbE 链路，确认主机访问，再准备 SGStudio 运行系统环境。

6.1 主机侧物理接口

1GbE 是 T1000 的远程控制与数据接口；HDMI 和 USB 用于本机显示、键鼠和调试。

6.1.1 1GbE 网口

T1000 系列采用单个 1GbE RJ45 接口，用于控制、API 调用和数据传输。持续 IQ 吞吐受采样率、数据格式、上位机网卡、CPU 和磁盘写入能力共同限制。

网络默认地址、账号、密码、系统路径和服务命令参考快速入门指南。批量部署时应规划唯一地址、访问控制、首次修改凭据、网络隔离和版本管理。

6.1.2 HDMI 与 USB

T1000 系列的显示接口为 Micro HDMI（HDMI 2.0），连接外设可以通过 HDMI 旁边的 USB 3.0 Type-C 外形接口，可利用普通扩展坞连接键盘、鼠标和 USB 接口的硬盘等。

6.2 Wi-Fi 与 Bluetooth

集成树莓派 5 主机支持 2.4/5 GHz Wi-Fi 和 Bluetooth 5.0（BT）硬件能力，发货时默认 Wi-Fi 和蓝牙关闭，用户需要手动开启。HAROGIC 支持发货前移除该 Wi-Fi 和 BT 模块无线功能的产品版本，需要订货时确认，具体请联系 HAROGIC 销售。

6.3 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）。

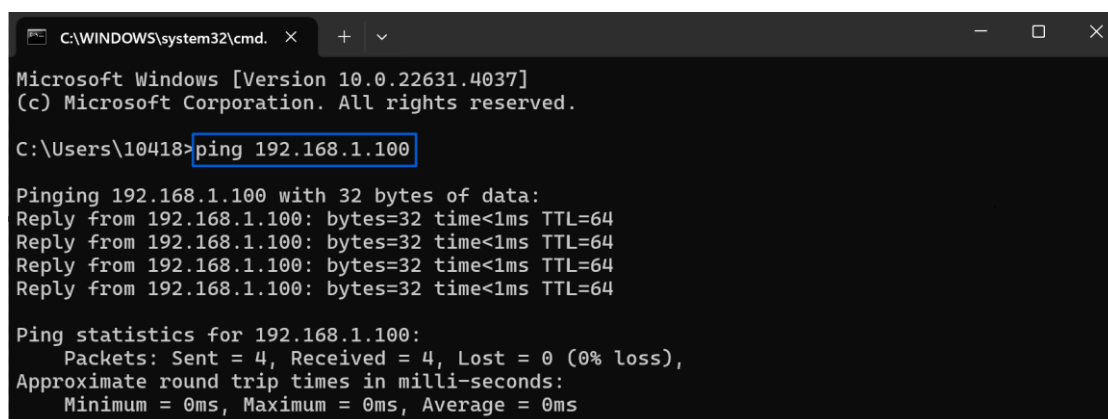
首次连接，建议按照如下设置将上位机设置到与 T1000 同一网段。

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

6.4 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 + - □ X
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）

6.5 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：H2、默认密码：H2。

ssh H2@192.168.1.100

6.5.1 配置网络

T1000 系列设备网络配置说明：

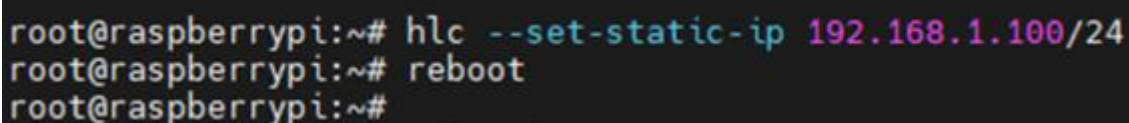
- IPv4 地址：“192.168.1.100”
- 子网掩码：“255.255.255.0”

其它：支持 DHCP 主机名（host name）修改。

6.5.2 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:~#
```

6.6 系统运行环境

表中仅列出基本建议配置，低于推荐配置的系统，请以实际测试结果为准。

表格 6-1 上位机系统运行环境要求

操作系统	Windows 11/10/8/7，依赖 VS2019 C++ redistributables
架构	Windows：x64
处理器	Windows：Intel i3 及以上
内存	8 GB 及以上，生成 PN 阶数大于 15 的数字调制波形时建议 16 GB 或以上
硬盘	按波形文件大小和实际流数据率预留容量与持续读写余量
数据接口	1GbE 以太网接口 IQ 信号记录带宽及时长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

表格 6-2 树莓派系统介绍

型号	Raspberry Pi 5
处理器	Broadcom BCM2712, quad core Cortex-A76 (ARMv8) 64-bit SoC @ 2.4GHz
内存	4GB LPDDR4-4267 SDRAM with ECC
存储器	32GB eMMC Flash Memory
内置操作系统	Debian 12 Bookworm 64-bit
无线模块	2.4 GHz, 5GHz Wi-Fi, Bluetooth 5.0，默认关闭，需手动开启

6.7 桌面软件获取与安装

- 从随产品交付的介质、HAROGIC 官方渠道或技术支持获取与 T1000 及其软固件版本匹配的 SGStudio 安装包。
- 阅读发布说明，确认操作系统、CPU 架构、依赖运行库以及设备兼容范围。
- 按安装包说明完成安装。若软件以解压目录形式交付，应保持目录结构完整，不要只复制可执行文件。
- 首次启动前，确认当前用户对软件目录和计划使用的数据目录具有读取与写入权限。

6.8 默认数据存储路径

不同安装方式的根目录可能不同。以当前 SGStudio 软件目录为基准，常用相对目录如下：

相对目录	主要内容
data	自定义波形生成时候的默认波形文件如 WAV 等格式数据。
images	快捷截图导出的 PNG 图片。

本章完成标准：上位机能够 ping 通 192.168.1.100；需要时可通过 SSH 或本机显示访问嵌入式主机；SGStudio 与设备版本匹配。

7. 连接 SGStudio 并验证设备状态

在上位机选择设备：ETH 连接，建立连接并确认型号、版本、温度和输出关闭状态。

7.1 启动 SGStudio

- 确认第 6 章中的供电、数据连接和存储准备已完成。
- 启动 SGStudio，相对路径下的 SGStudio\bin\SGStudio.exe。
- 等待主界面完成初始化。
- 查看状态区是否出现型号、UID 后六位、API/FPGA/MCU 版本、GUI 版本和实时温度等信息。

7.2 界面布局

SGStudio 通用界面由六个区域组成。

区域	主要用途
菜单栏 (Menu)	保存/打开文件 (File)、设备配置 (Device)、系统设置 (System) 等。
射频参数设置区 (RF Parameter Setting Area)	设置射频输出的频率，功率，配置射频输出开启，调制开启以及扫频和射频参数通用设置。
模式选择区 (Mode Selection Area)	选择不同的模式，如幅度调制、频率调制、相位调制、脉冲、数字斜坡扫描、高斯白噪声、数字调制、直接序列扩频、正交频分复用、多音、回放、快速波形
模式参数设置区 (Mode Parameter Setting Area)	选择模式后对应的模式参数设置区域。
设备状态区	显示型号、UID、软固件版本、温度等状态。

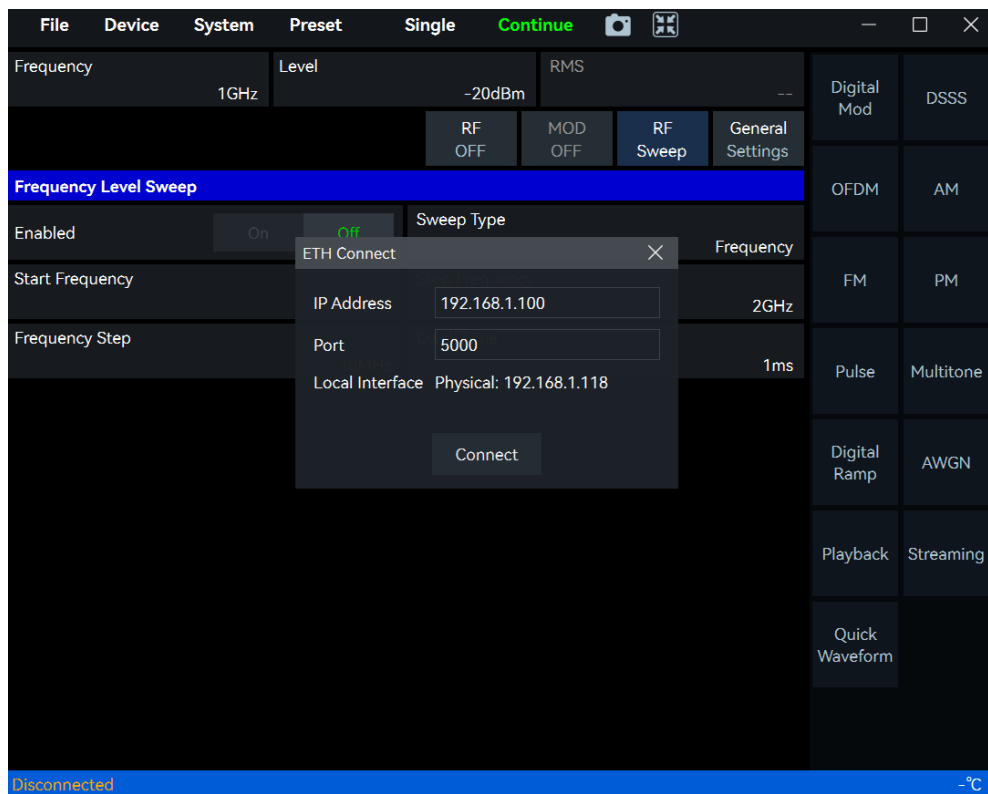




图 7-1 软件界面布局

7.3 建立设备连接

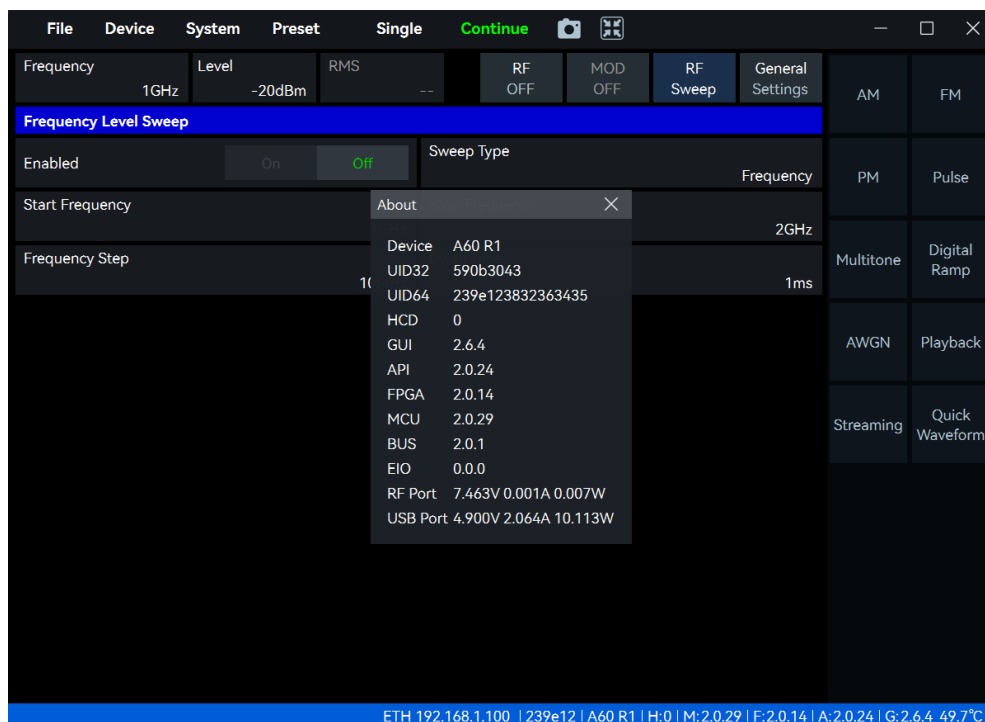
确认硬件正确连接，IP 地址配置后，在上位机 SGStudio 软件中，点击菜单栏“Device/设备”，选择 ETH 连接设备，确认 IP 地址和本机地址。SGStudio 是否能够显示设备状态，是桌面端连接成功的首要判断依据。若启动后状态信息为空，则没有正确连接，需要排查硬件和网络 IP 地址等。



7.4 查看型号、UID 及软固件版本

点击菜单栏“系统”→“关于”，查看当前设备 UID 和软固件版本：

- 设备型号与 UID；
- SGStudio GUI 版本；
- API、FPGA、MCU 以及界面中显示的其他固件版本；



8. 使用 SGStudio 完成射频信号生成

使用 SGStudio 软件完成射频信号生成，包括连续波，调制信号，自定义波形等功能，T1060 的工作形态为射频信号源或者矢量信号源。

在 SGStudio 软件中支持多种信号生成模式，包括单音、幅度调制、频率调制、相位调制、脉冲、数字斜坡扫描、高斯白噪、数字调制、多音、直接序列扩频、正交频分复用、回放、流模式以及快速波形。本章将详细介绍这些工作模式的配置方法与底层的信号生成机制。

8.1 工作方式总览

在实际硬件运行中，上述模式主要依托于三大底层工作方式：连续波、板载内存回放以及高速实时流。请根据测试需求选择对应的操作模式。

表格 1 底层工作方式说明

底层工作方式	软件界面对应按钮/模式	描述
连续波模式	仅射频开启	硬件直接连续发射连续波（CW）信号，不占用波形内存。
回放模式	幅度调制、频率调制、 相位调制、脉冲、数字 斜坡扫描、高斯白噪 声、数字调制、直接序 列扩频、正交频分复 用、多音、回放、快速 波形	系统的核心工作模式。 软件根据参数预先生成或由用户导入的 IQ 数据块（不超过 125 MB），一次性下载至设备的内置存储器中，由硬件定时器驱动循环或单次发射。
流模式	流模式	跳过板载存储容量限制。通过高速总线将实时生成的 IQ 数据流，不间断地动态传输至发射引擎，适用于超长时间信号模拟。

8.2 连续波模式

在软件界面中开启射频输出并关闭调制功能后，设备进入连续波（CW）模式。该模式下，无需载入基带波形文件，即可输出单频载波信号。

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

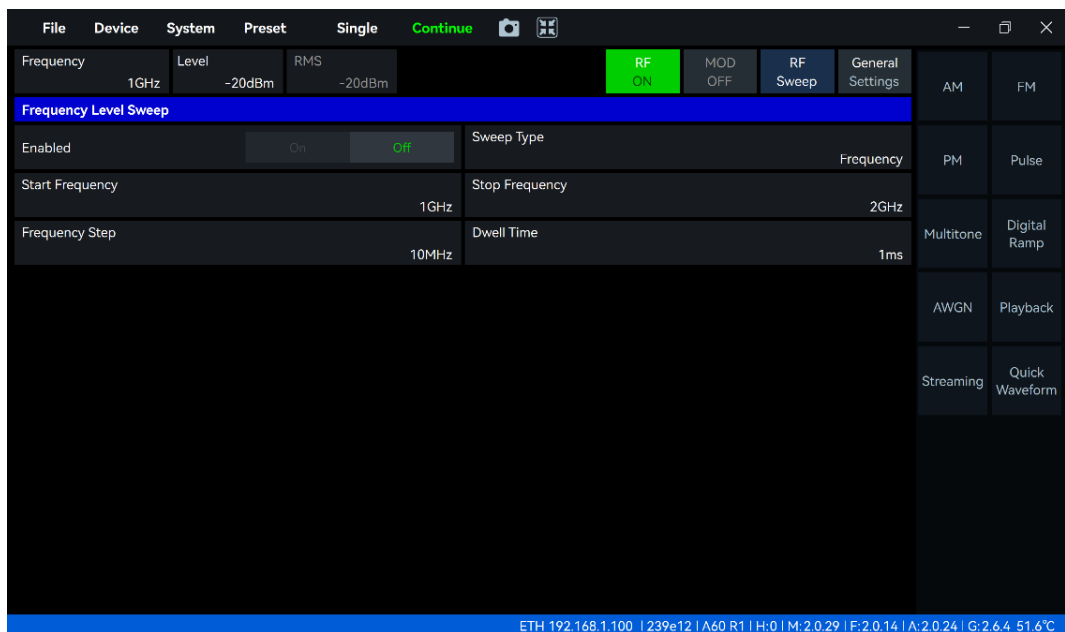


图 8-1 SGStudio 开启 RF ON

可以使用 HAROGIC R1090 射频接收机，进行观测输出信号



图 8-2 R1090 射频接收机的 IQ 流测试结果

8.3 回放模式

本模式采用板载内存预载回放机制。当信号样式或参数发生修改时，上位机软件将立即计算并生成相应的 IQ 数据，并将其完整下载至设备的内置存储器中。由于波形数据已提前驻留于硬件内部，发射时无需依赖实时总线传输，因此可以稳定实现设备支持的最大模拟带宽（100 MHz）输出。

8.4 幅度调制

幅度调制（AM）模式下，设备通过基带低频信号调制高频载波的幅度。该模式常用于无线通信、广播接收机及调制特性测试。调幅提供的功能包括：

- 幅度调制参数配置
- 基带 IQ 数据导出

8.5 频率调制

频率调制（FM）模式下，设备通过低频调制波形对高频载波的瞬时频率进行调制。支持正弦波、方波、三角波及斜坡波等调制方式。该模式广泛应用于对讲机、车载电台及无线通信设备测试。调频模式提供的功能包括：

- 频率调制参数配置
- 基带 IQ 数据导出

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：

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。

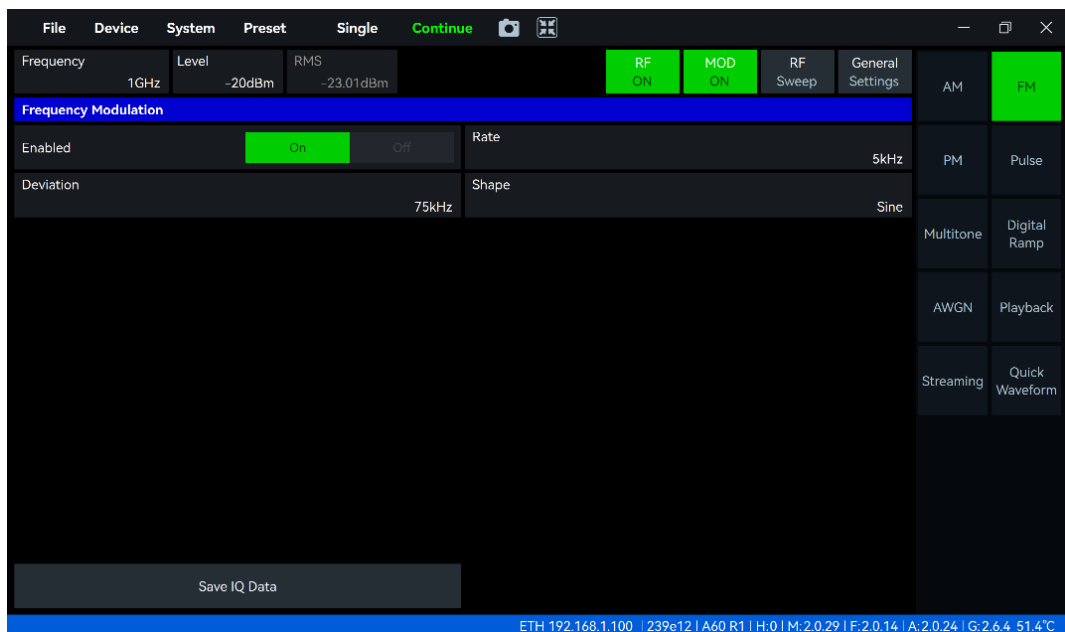


图 8-3 SGStudio FM 调制信号生成

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。

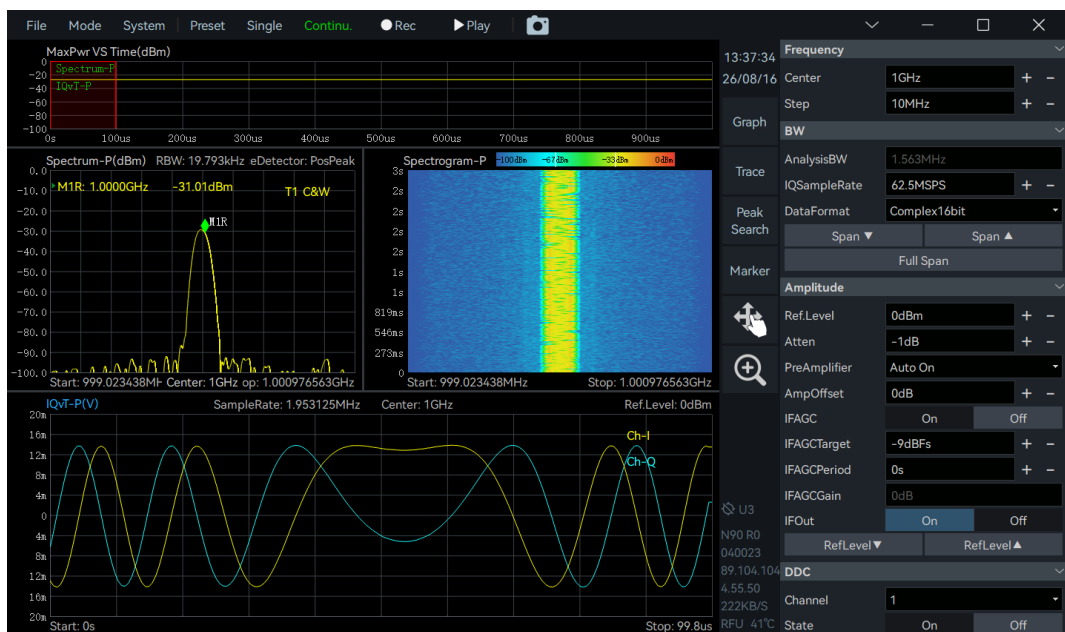


图 8-4 T1060 输出的射频信号使用 R1000 系列射频接收机 SAStudio 观察

8.6 相位调制

相位调制 (PM) 模式下，设备通过调制波形改变高频载波的瞬时相位。支持正弦波、方波、三角波及斜坡波等调制波形，并可设置调制速率、相位偏移及初始相位。该模式适用于通信系统、接收机及相位调制特性测试。相位调制模式提供的功能包括：

- 相位调制参数配置
- 基带 IQ 数据导出

8.7 脉冲

在脉冲（Pulse）模式下，设备通过对射频载波进行门控控制，实现脉冲调制信号输出。该模式适用于接收机瞬态响应测试、微波器件脉冲特性测试以及雷达与导航系统激励等应用。脉冲模式提供的功能包括：

- 脉冲参数配置
- 基带 IQ 数据导出

8.8 数字斜坡扫描

数字斜坡扫描模式下，输出频率按照设定的扫宽、扫描时间及扫描周期进行线性扫频。设备通过数字频率控制实现高精度频率斜坡输出，可用于雷达线性调频信号模拟、宽带激励及频率响应测试等应用。该模式提供的功能包括：

- 扫描参数配置
- 基带 IQ 数据导出

8.9 高斯白噪声

高斯白噪声模式下，设备输出指定带宽范围内的宽带噪声信号，其幅度统计特性满足高斯分布，常用于接收机抗干扰测试、信噪比测试及系统噪声性能评估，该模式提供的功能包括：

- 噪声带宽、时长配置
- 基带 IQ 数据导出

8.10 数字调制

数字调制模式下，设备将基带数字比特流映射到 IQ 星座图上并经过成形滤波器平滑输出。数字调制提供的功能包括：

- 数字调制核心参数配置
- ASK/PSK/FSK/QAM 调制
- 数据截断下发与参数调整
- 原始基带 IQ 数据导出
- IQ/频谱图/星座图预览

8.11 直接序列扩频

直接序列扩频（DSSS）模式下，设备利用伪随机扩频码对基带调制数据进行扩频处理，实现信号频谱展宽。该模式支持扩频码、随机数种子及脉冲成形滤波配置，可用于扩频通信系统与抗干扰测试。DSSS 模式提供的功能包括：

- DSSS 核心参数配置
- 原始基带 IQ 数据导出

8.12 正交频分复用

在正交频分复用（OFDM）模式下，设备将数据流映射至多个相互正交的子载波上进行并行调制，以生成宽带多载波通信信号。该模式支持 FFT 长度、保护间隔、子载波配置及调制方式等参数设置，可用于无线通信系统、接收机性能及频谱特性测试。OFDM 模式提供的功能包括：

- OFDM 基础参数配置
- OFDM 时频结构配置
- 原始基带 IQ 数据导出

8.13 多音

在多音模式下，T1060 支持生成多个等间隔分布的离散音信号，以满足接收机测试、互调测试、线性度测试及复杂频谱场景模拟等应用需求。多音模式提供的功能包括：

- 多离散音信号生成
- 单音使能控制
- 固定、随机及抛物线相位控制
- 带内陷波功能

8.14 回放

在回放模式下，T1060 支持将用户提供的.wav 格式外部波形数据（不超过 125 MB）完整下载至设备内部存储器中进行发射，以满足复杂的非标协议或自定义信号发生需求。回放提供的功能包括：

- 单个外部波形文件加载
- 文件参数实时解析
- 播放点数与区间控制
- IQ 幅度控制与自动缩放

8.15 快速波形

在快速波形模式下，T1060 支持用户回放已内置的调制信号波形，免除繁琐的参数配置与外部文件导入过程，便于一键调用标准信号。快速波形提供的功能包括：

- 预置波形文件
- 文件参数实时解析
- 播放点数与区间控制
- IQ 幅度控制与自动缩放

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。

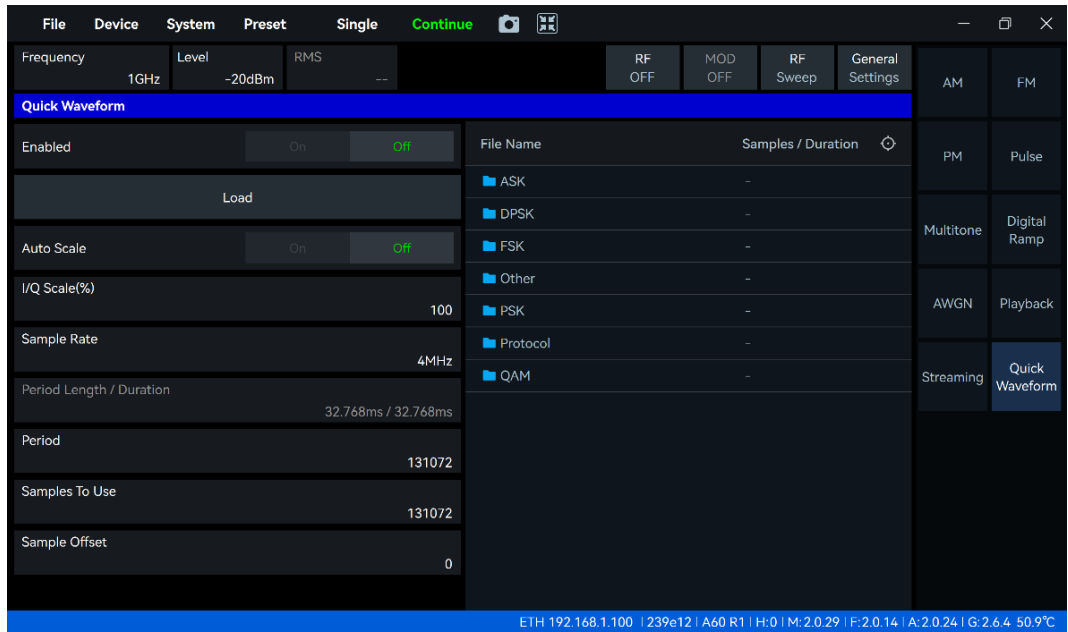


图 8-5 使用 SGStudio 输出预置波形并回放

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

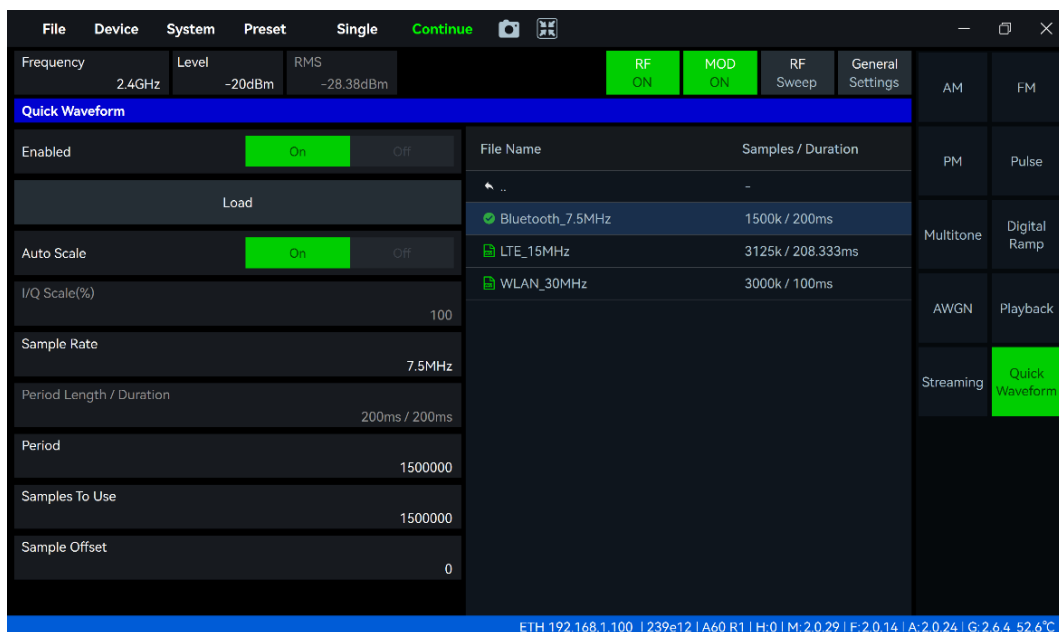


图 8-6 快速播放蓝牙波形信号

6. 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 SASudio 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。

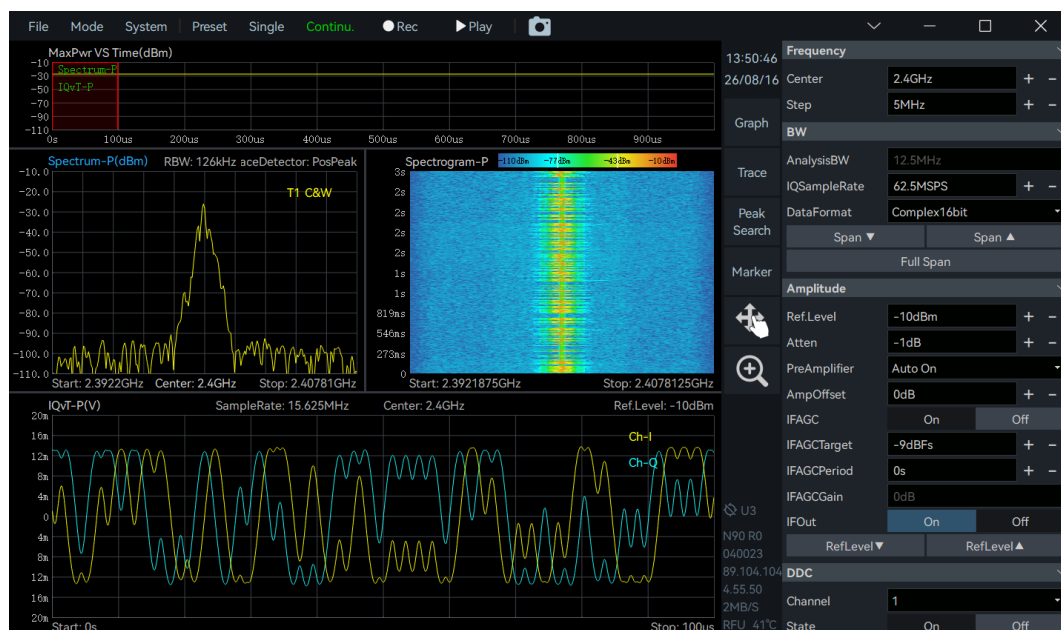


图 8-7 R1000 系列射频接收机在 SASTudio IQ 流模式下的采集结果

8.16 流模式

在该模式下，软件通过总线向设备发送 IQ 波形数据，设备 T1060 接收数据并实时播放。当用户停止下发后，T1060 将下发的所有数据播放完成后停止播放。实时数据的采样率和传输速率受限于数据接口的物理带宽。软件中流模式采用的是该传输机制。

- 加载多个波形文件
- 文件参数解析
- 播放进度显示
- IQ 幅度控制

关于详细的全部 SGStudio 功能介绍参考《HAROGIC 海得逻辑 SGStudio 用户指南》。

9. 中功率输出和本振模式

9.1 中功率输出

T1060 可选配中功率输出选件。配置该选件后，设备最大输出功率可提升至 25 dBm，并通过独立的中功率射频输出端口输出各式信号。当设置中功率输出时，射频信号从 HP OUT 端口输出，同时射频输出端口（RF OUT）不能输出信号。

在 SGStudio 中功率信号输出方法如下：

- 点击射频控制区“通用设置”，在射频硬件区域将“输出端口”设置为“高功率端口”；
- 将射频线缆连接至设备的中功率射频输出端口；
- 设置所需的输出频率、功率及信号类型，并开启“射频-高功率”，输出当前配置的信号。

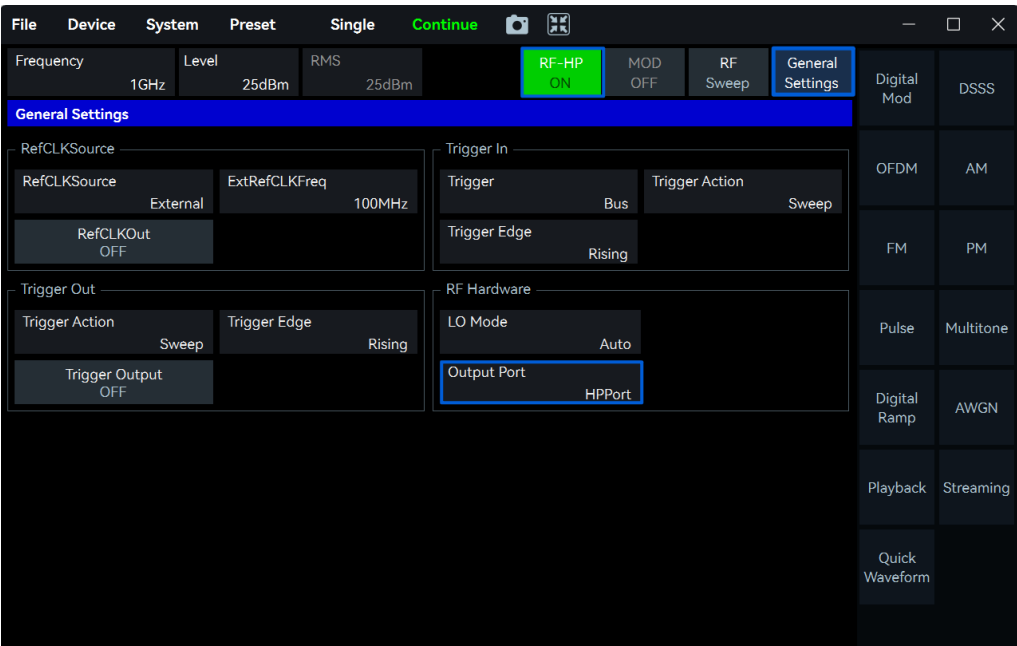


图 9-1 中功率输出 25 dBm 的 CW 信号

9.2 本振模式

T1060 的本振模式支持如下参数，具体说明如下：

表格 9-1 本振模式参数说明

本振模式	
自动	在该模式下，仪器根据当前输出频率、频率步进及工作状态自动选择最优工作参数
低相位噪声	该模式通过调整锁相环控制策略，提高信号的相位稳定性，优化近端相位噪声
低杂散	该模式针对本振输出频谱进行优化，有效抑制分数杂散及相关寄生分量，提高频谱纯净度

10. GNSS、参考时钟、PPS 与同步

先介绍需要满足的天线和参考输入的硬件条件，再选择时钟源并验证锁定状态。

10.1 硬件接口与电气条件

本节先给出 GNSS、外部参考和参考输出的连接器及电气条件，再说明 SGStudio 设置。参考时钟输入输出的连接器为 MMCX(F)，GNSS 的输入连接器为 SMA (F) 。

10.2 GNSS 输入

GNSS 输入端口可以为 GNSS 天线供电。如需配套 GNSS 天线可联系 HAROGIC 销售。

T1060 标配内置的 GNSS 1PPS 时间精度为 ± 100 ns。需采购选件 05，内置较高精度的 GNSS 工作时，GNSS 锁定且处于 clear sky 条件时（接收面朝向无遮挡的天空），1PPS 时间精度为 ≤ 20 ns。

10.3 外部 10 MHz 参考输入

产品的 RI 接口（接口形式：MMCX (F) ），外部时钟输入条件为：10 MHz、幅度 ≥ 1.5 Vpp、输入阻抗 330 Ω ，可接受正弦波、方波或削峰正弦。用户可在 SGStudio 中选择外部参考并设置 10 MHz 或在 API 中通过函数控制。

点击软件主设置区“通用设置”→“参考时钟源”，选择“外部”，将“外参考时钟频率”设置为 10 MHz。

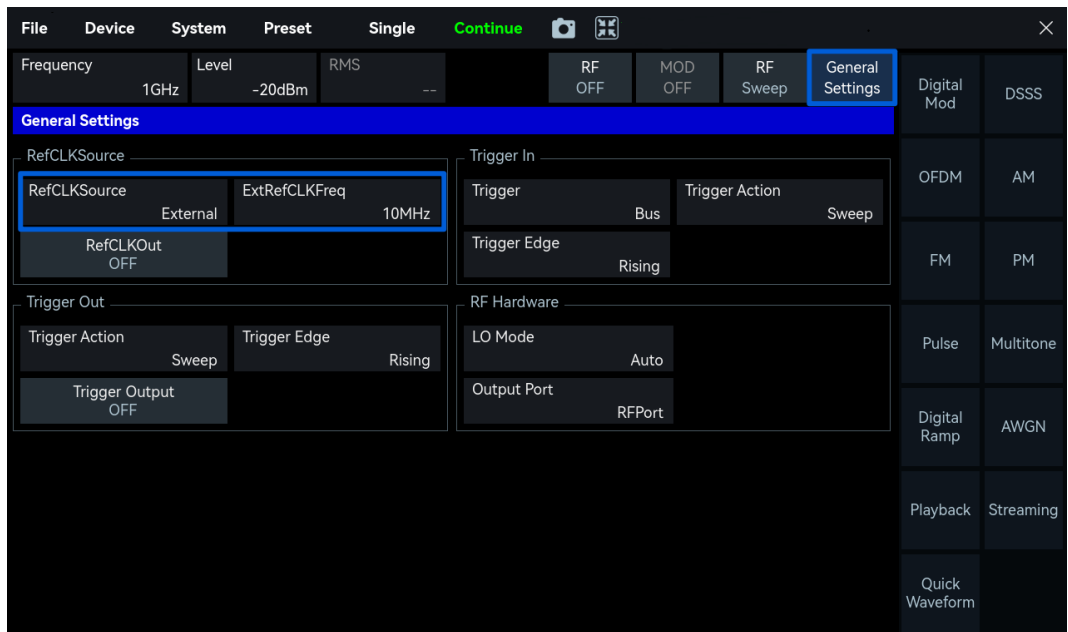


图 10-2 在 SGStudio 中选择外部 10 MHz 参考源

10.4 参考输出

产品的 RO 接口（接口形式：MMCX (F) ），参考时钟输出是 100 MHz、幅度 ≥ 0.3 Vpp、可编程开关。用户可在 SGStudio 中选择参考时钟输出或在 API 中通过函数控制。软件操作：

点击软件主设置区“通用设置”，开启“参考时钟源”栏目下“参考时钟输出”即可。

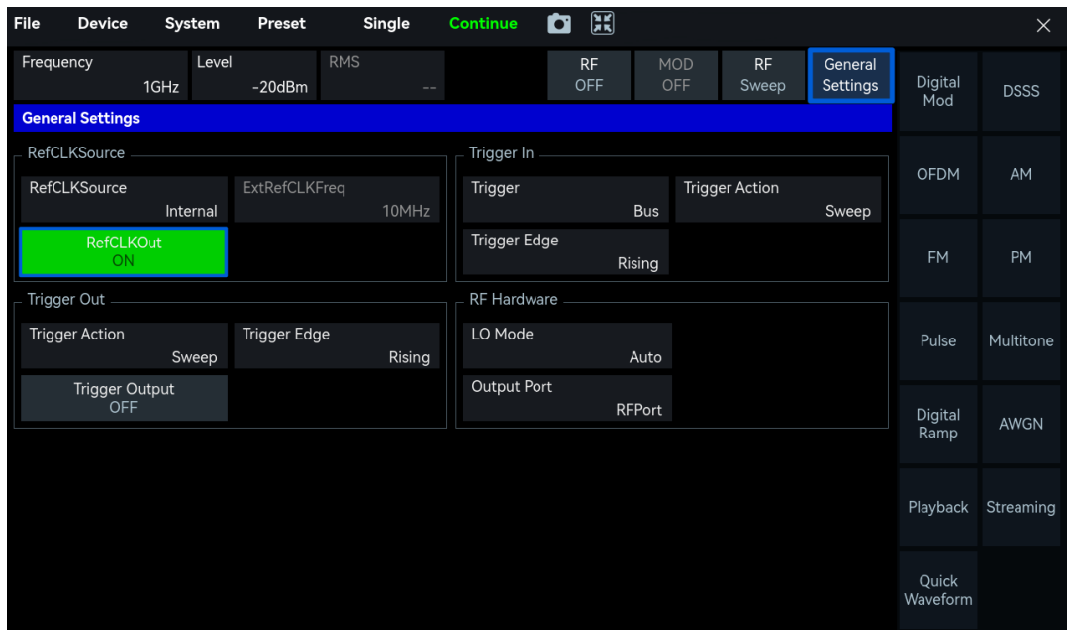


图 10-3 在 SGStudio 中启用参考时钟输出

10.5 GNSS 锁定与 1PPS

提示：T1060 外接 GNSS 天线后可直接查看。

点击菜单栏中的“系统”→“GNSS 信息”，选择“外部”天线，等待 1-3 分钟后 GNSS 即可锁定。“GNSS 信息”弹窗中的参数说明请见下表。

表格 12-1 GNSS 参数说明

GNSS	
天线	选择“内部”或“外部”天线（目前仅支持外部天线）
格式	支持“本地时间”和“UTC 时间”两种时间格式
日期	当前定位的日期信息
时间	当前定位的时间信息
经度	当前定位的经度坐标
纬度	当前定位的纬度坐标
海拔	当前定位的海拔高度
卫星数量	已定位的卫星数量
信噪比（最大）	已定位卫星的最大信噪比
信噪比（最小）	已定位卫星的最小信噪比
信噪比（平均）	已定位卫星的平均信噪比

10.5.1 使用默认 GNSS 源

- 将 GNSS 天线连接至设备/GNSS 模块的 GNSS 天线接口；
- 点击“系统”→“GNSS 信息”，在 GNSS 信息框中将“GNSS 源”设置为“默认”；
- 等待 1-3 分钟后 GNSS 即可锁定，可以根据状态栏信息中 GNSS 锁定标识判断 GNSS 锁定与否，锁定后显示 GNSS 锁定。GNSS 信息弹窗中参数解释参见表 12-1。

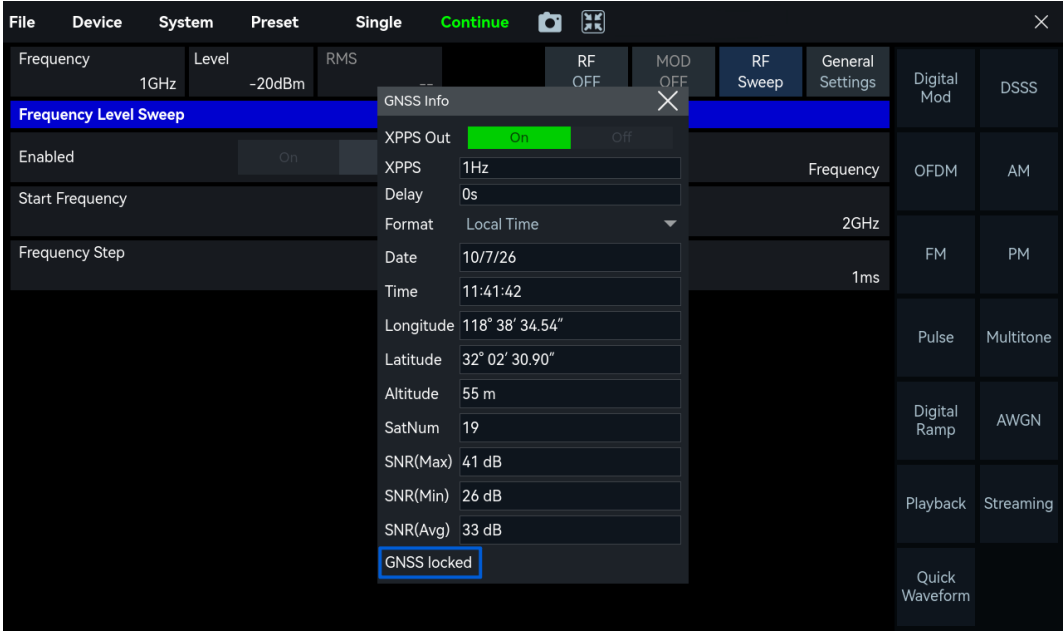


图 12-3 锁定 GNSS 外部天线

10.5.2 使用默认 GNSS 源的 1PPS 触发

本节详细说明如何配置内置 GNSS 模块的 1PPS 触发功能。

- 请参考使用默认 GNSS 源章节，确保 GNSS 已锁定；
- 将 GNSS 信息中“XPPS”设置为 1 Hz；
- 点击主设置区中“通用设置”，在“Trigger”子菜单中将“TriggerSource”设置为“GNSS-1PPS”，以使用 GNSS 模块的 1PPS 触发。

11. 触发与 AUXIO

先核对 3.3 V CMOS 电气边界和连接方向，再选择触发源、边沿、延迟和预触发。

11.1 触发能力

T1000 系列支持总线触发、外部数字触发，支持的外部触发为 3.3 V CMOS、高阻输入、最高响应 500 次/秒，触发输出同为 3.3 V CMOS。

11.2 AUXIO 触发板

本段将介绍如何在 T1000 系列射频发射机平台上连接使用配套触发板，并使用触发输入输出等功能。T1000 的 AUXIO 接口与配套触发板（下图）的 10 号接口通过 14-PIN 排线连接。

- 注意排线接口有防反插设计，请注意方向并不要用力（正确连接很容易插入）。

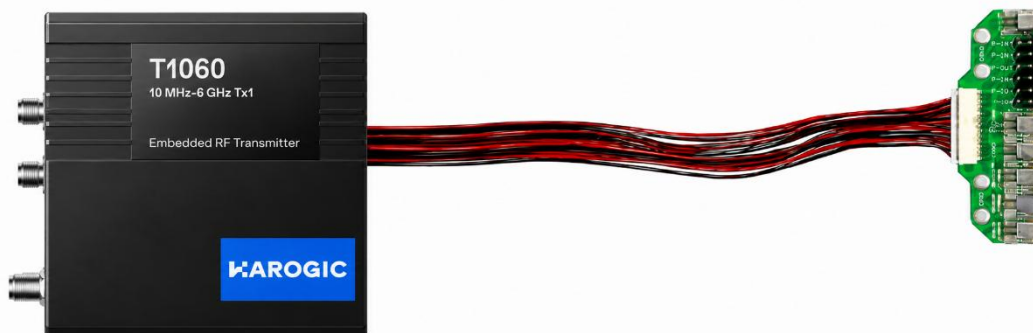


图 13-1 AUXIO 触发板和 T1000 连接示意图

11.2.1 T1000 系列配套 AUXIO 扩展板介绍

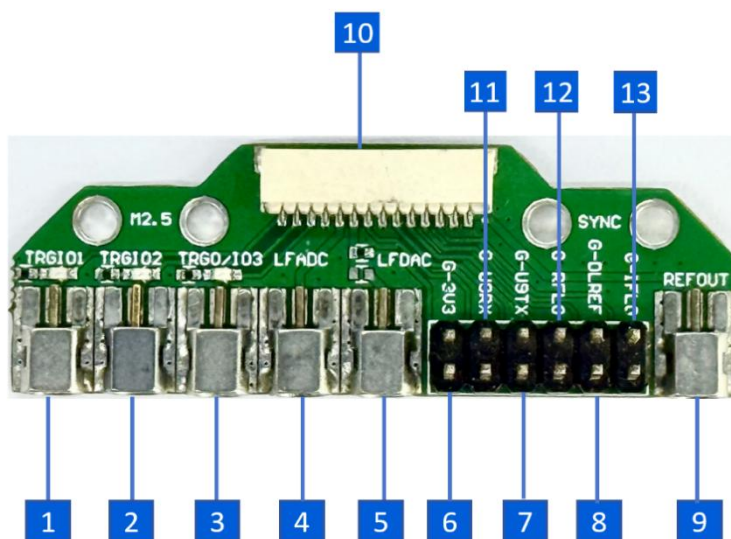


图 13-2 T1000 系列配套触发板接口示意

表格 11-1 T1000 系列配套 AUXIO 触发板接口说明

序号	接口名称	方向	电平标准	含义
1	TRGIO1	I	3.3 V	外触发输入
2	TRGIO2	/	/	预留
3	TRGO/IO3	O	3.3 V	触发输出
4	LFADC	/	/	预留
5	LFADC	/	/	预留
6	G-3V3	O	/	电源输出, 3.3 V
7	G-U9TX	/	/	预留
8	G-DLREF	/	/	预留
9	NA	O	/	预留
10	AUXIO	/	/	多功能口
11	G-U9RX	/	/	预留
12	G-RFLO	/	/	预留
13	G-IFLO	/	/	预留

11.3 在 SGStudio 中配置触发

11.3.1 触发输入：

点击软件主设置区“通用设置”→“触发输入”，选择“外部”，将“触发边沿”设置为上升沿或者其它。触发动作可以选择 Sweep 和 Hop。Sweep 模式下，触发一次，跑完整个扫频。Hop 模式下，触发一次，只跳一步。

参数说明

表格 11-2 触发输入参数说明

触发输入	
触发源	支持总线触发、外部触发和 XPPS 触发
触发动作	仅使能频率/功率扫描时生效 扫描：接收到触发信号后，启动预设的频率/功率扫描。扫描过程中，各频率/功率点之间的切换时间由驻留时间决定。 跳频：系统接收到触发信号后，仅执行单步跳变，切换至预设扫描路径中下一个射频状态，此时驻留时间失效，跳变速率取决于触发脉冲的到达频率。
触发边沿	支持上升沿和下降沿触发，总线触发模式下，触发边沿设置无效

操作步骤

以 AM 信号进行频率扫描为例，操作步骤如下：

- 1. 参考 11.2 输入外部触发；
- 2. 点击模式选择区的“调幅”，在模式参数设置区，将“调制速率”设定为 200 kHz，其余参数保持默认，并打开调幅模式；
- 3. 点击射频参数设置区的“频率/功率扫描”，在模式参数设置区，将“频率步进”设置为 100 MHz，其余参数保持默认，并打开频率功率扫描模式；
- 4. 点击射频参数设置区“通用设置”，将“触发源”设置为“外部触发”，“触发动作”设置为“跳频”；
- 5. 开启射频开关，此时设备处于待触发状态，每接收到一个有效的外部触发，系统按照 100 MHz 的步进跳变至下一个频率点，并同步输出调制速率为 200 kHz 的调幅信号。

11.3.2 触发输出：

点击软件主设置区“通用设置”→“触发输出”，选择“触发动作”，可以选择 Sweep 和 Hop。将“触发边沿”设置为上升沿或者下降沿。点击触发输出使能，即可完成触发输出的设置。

表格 11-3 触发输出参数说明

触发输出	
触发输出	开启/关闭触发输出功能
触发动作	扫描：完成一次频率/功率扫描后，输出一个触发
	跳频：完成一次跳频后，输出一个触发
触发边沿	输出的触发为上升沿或下降沿

12. 从 SGStudio 迁移到 H2 API

SGStudio 帮助用户证明“设备和参数可以工作”；H2 API 帮助用户把同一能力集成到用户自定义的应用实现。

12.1 为什么需要 H2 API

当任务需要无人值守运行、自动配置、多设备协调、持续数据流自定义处理、远程管理或与业务系统集成时，应使用 H2 API。SGStudio 可以保留为调试和对照工具，但不是客户应用（Customer Application）的必需运行环境。

12.2 H2 API、SDK 与 Example Applications

组成	用途
H2 API	定义设备发现/连接、发射配置、波形加载、状态与错误处理等编程接口。
SDK	提供头文件、库、运行组件、开发说明及与平台相关的构建材料。
Example Applications	演示典型调用顺序和数据处理入口，用于先验证环境再开始业务开发。

12.3 运行第一个射频信号生成 Example

随寄资料提供 C/C++、C#、Python、MATLAB、Qt 等示例。Windows C++ 示例入口可从以下目录开始查找：

Windows\example\Cpp_Examples\C++_Example

- 获取与 T1000 软固件匹配的 H2 API、SDK 和 Example Applications 发布包。
- 选择最基础的发射示例，并配置设备连接参数。
- 先使用与 SGStudio 中已验证配置相近的中心频率、电平。
- 运行示例，检查设备信息、返回状态。可搭配 R1000 系列射频接收机观测信号生成的实际情况。
- 停止示例并释放设备。

注意：ETH 打开方式：T1060 客户端应使用当前 SDK 的 device_open_eth 打开接口。如用户的原有程序以 device_open_usb 为入口，必须按 H2 API 编程指南改造后再用于 T1060；同一时间不要让示例程序与 SGStudio 同时占用设备。

12.4 无人值守程序的最小保护建议

- 启动时默认 RF OFF；只有在网络、温度、锁定、波形和负载条件全部通过后才开启。
- 设置看门狗、任务超时、流欠载、连接中断和异常温度的 RF OFF 路径。
- 任务日志至少记录 UID、版本、配置、波形标识、开始/结束时间、告警和退出原因。
- 进程重启、系统重启或来电恢复后保持 RF OFF，不自动恢复高功率发射。

12.5 获取开发文档和技术支持

请从随设备交付的 SDK 包、HAROGIC 官方渠道获取与当前发布组合匹配的 H2 API 参考、SDK 说明和 Example Applications。请求技术支持时，提供第 15 章所列信息。

开发问题	应查文档
函数、枚举、结构体、错误码、时间戳和同步语义	H2 API 编程指南
示例在哪里、如何编译运行、如何修改为 T1000	API 范例使用指南
SGStudio 中某个参数是否能在 API 中设置	先查本章概念映射，再以当前 SDK API 参考为准
GNU Radio 等环境	使用 GNU Radio 创建应用程序，同时 GIT 获取最新 GNURadio，SoapySDR 例程（持续维护: HAROGIC Git Repo. ）

13. 软件更新、维护与服务

升级前形成可恢复基线，升级中保持供电与网络稳定，升级后重新验证最小发射链路

13.1 软件与固件更新

本章介绍了如何更新设备的软件、FPGA、MCU 和 BUS 版本。

树莓派系统的操作系统自动更新默认关闭，建议不进行系统更新升级操作，以保证产品软件和 API 兼容。如需建议可以联系 HAROGIC 技术支持。

13.2 版本要求

- 参考第 7.4 节查看型号、UID 及软固件版本；
- 确保 GUI 版本为 2.6.4 或以上；升级前阅读对应发布说明；
- 若软件提示无法更新，请联系官方技术支持；

13.3 参数说明

提示：显示软件、FPGA、MCU 和 Bus 的当前版本与目标版本信息；

更新内容：详细展示目标版本的具体更新内容；

更新提示：设置是否在检测到新版本时自动弹出更新提示窗口；

更新方式：更新方式说明如下表所示：

表格 15-1 更新方式说明

更新方式	说明
在线	自动连接远程服务器，下载并安装最新的软件及固件版本
本地	手动加载 U 盘或本地存储介质中的更新包进行安装

13.4 在线更新

- 点击“系统”→“更新”，进入更新界面；
- 勾选“更新提示”复选框，在设备联网状态下，软件启动或运行时若检测到新版本，系统将自动弹出“更新”窗口。
- 将“更新方式”设置为在线，此时系统开始下载更新包，“更新”按钮将暂时处于置灰状态。待安装包下载并解析成功后，窗口将显示详细的更新说明，此时“更新”按钮变为高亮状态；
- 仔细对比当前版本与目标版本的各项信息，阅读新增功能及修复列表。确认无误后，点击右下角的“更新”按钮。

图 15-1 在线更新软固件版本

- 点击后软件将自动退出并进入升级状态，请务必保持更新弹窗开启，直至进度条完成且软件自动重启进入主界面；
- 关闭更新内容弹窗，点击菜单栏中“系统”→“关于”，查看设备当前的软固件版本号。

13.5 本地更新

根据以下链接，进入公司官网，获取最新版本的软件。

从 HAROGIC 官方下载中心获取最新 SGStudio 和发布说明：

- <https://www.harogic.cn/support/download-center/>

本地更新操作步骤如下：

- 点击软件菜单栏“系统”→“更新”选项打开弹窗；
- 选择“本地”，点击“打开”选择目标软件安装包，更新内容框中显示对应的版本信息后，再点击右下角的“更新”按钮。
- 此时软件将自动退出并进入升级状态，请务必保持更新弹窗开启，直至进度条完成且软件自动重启进入主界面；
- **升级期间：**保持设备供电、网络和更新窗口稳定，不要关闭软件、拔线或强制重启。批量或远程升级前，应先在一台代表性设备上验证升级、回退和最小功能。

13.6 附件、日常检查、清洁与返修信息

附件与选件

类别	项目	备注
标配	电源适配器、USB-C 电源线、1GbE 网线、资料 U 盘	产品发货的标配内容
选配附件	AUXIO IO 扩展板	联系 HAROGIC 销售采购
选件	T1 温度等级（40）	-20-65℃
选件	PoE（以太网供电）	提供以太网供电选项，一根网线提供数据和电力接口。
选配附件	GNSS 天线	联系 HAROGIC 销售采购。

日常检查

- 检查 RF、GNSS、参考、网络、电源和 AUXIO 连接器是否松动、污染或变形。
- 检查电源线和排线是否破损、压伤、过度弯折。
- 清除散热孔和散热表面周围的灰尘，并注意风扇状态。
- 对长期部署设备记录温度、重启、网络丢包、参考失锁和 GNSS 状态变化。
- 变更硬件、系统镜像、固件、API 或软件后，重新执行最小功能和同步验证。

清洁与存储

断电并拔除所有线缆后，用无绒软布清洁机壳。不要让液体进入通风孔或接口，不要使用会损伤涂层、塑料或标签的强溶剂。连接器清洁应使用适合相应射频/电气连接器的工具和流程。

长期存储时使用适用于本设备的防静电包装和连接器保护帽，保持干燥并避免重压。

返修前记录

联系技术支持或返修前，至少记录：设备型号、序列号、选件、系统镜像/固件/API/软件版本、连接拓扑、电源型号、可重复步骤以及相关日志或截图。建议利用 SGStudio 的系统-关于提供以上信息。



14. 故障排查

按电源、链路、软件、射频、波形、同步和更新的顺序缩小范围，并保存可复现证据。

14.1 硬件故障排查表

现象	安全检查与可能原因	建议动作
无法上电	确认电源线是否松动并核对电源规格和接触不良状态	断开外设，核对铭牌、随附适配器和线缆；
1GbE 不通	线缆问题、地址冲突、网段或防火墙设置	确认线缆是千兆网线，并参阅快速入门，使用 SGStudio 软件运行，考虑重启电脑和 T1000 设备。

其它问题请联系 HAROGIC 技术支持。

14.2 网络、软件、GNSS 与 IQ 快速排查

以下条目用于快速缩小范围；如问题仍可复现，请按第 7.4 节收集版本、拓扑、日志和现场条件。

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。

无法通过网络访问 T1000

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

SGStudio 软件找不到设备

请确认 SGStudio 版本 4.55.50 及其以上版本，如版本过低可以升级到最新版本，并确认已选择以太网连接方式。检查是否能 ping 连通。如果可以 ping 通，建议重启电脑或者 T1000 设备。

GNSS 不锁定

确认 GNSS 天线是否连接，同时天线需要放置在 clear sky 环境，需要等待足够锁定时间，最后确认天线是否需要源供电。

没有 RF 输出

请确认设备硬件连接和供电正常，SGStudio 可以连接上设备。检查 RF ON、正确输出端口、功率/频率、MOD 状态、负载和线缆。建议回到 -40 dBm CW 最小配置；先测 RF OUT，不要把信号接入输出口。

设备状态指示灯红灯或者黄灯亮

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。红灯和黄灯表明温度、电源、更新状态和版本组合异常。请关闭 RF，保留供电和日志；黄灯更新失败不要盲目断电。



附录 A 相关文档说明

文档	说明
HAROGIC T1000 系列射频发射机产品手册	产品 datasheet，核心特性，应用场景，指标概览，详细技术指标
HAROGIC T1000 系列射频发射机快速入门指南	30 分钟内完成上电、联网、访问嵌入式主机、桌面软件配置硬件，完成射频信号生成和调制信号生成。
HAROGIC 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、桌面软件配置硬件和生成射频信号，GNSS、触发以及跨硬件/软件故障定位
HAROGIC 海得逻辑 SGStudio 用户指南	完整版 SGStudio 软件的用户指南，涵盖设备配置、功能验证、调制信号生成、自定义波形回放等完整信号发生模式。
HAROGIC 海得逻辑 H2 API 编程指南	API 概念、会话、模式、参数、数据结构、错误码、时间戳、同步与触发
HAROGIC 海得逻辑 H2 API 范例使用指南	C/C++、Qt、Python、Matlab、C#示例目录、环境、构建、运行和语言适配
HAROGIC Git Repo.	使用 GNU Radio 创建应用程序，同时 GIT 获取最新 GNURadio，SoapySDR 例程（持续在线维护）

 www.harogic.cn

 cninfo@harogic.com

 +025-8330 5049