



V1.0
2026/08/13

射频收发系列 GNU Radio 范例使用指南

目录

版本管理	1
1 系统搭建与配置	2
1.1 架构及操作系统要求	2
1.2 安装配置 GNU Radio	2
1.3 构建 HRTA OOT 模块.....	3
1.4 卸载 HRTA OOT 模块	5
2 运行 HTRA OOT 模块	6
3 获取 IQ 流.....	10
4 AM 解调.....	12
5 FM 解调	13
6 QPSK 解调.....	14
7 QAM 解调	15
8 WLAN 信号解调.....	16
8.1 安装 gr-ieee802-11 和 gr-foo 项目	16
8.2 运行 WLAN 解调示例	16
9 ADSB Demodulation.....	18
10 SoapySDR Example	18

版本管理

版本更新说明表

版本号	内容	时间
V1.0	1. 初始版本	2026-08-13

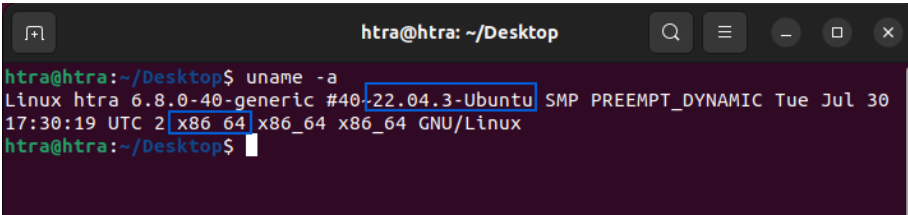
1 系统搭建与配置

下文以在 Ubuntu22.04 上安装 GNU Radio 为例。在开始范例使用之前,建议查看 GNURadio Example 文件夹下的 gr-htra 或 soapy-htra 子文件夹里的 README.md 文件, 里面有详细的 Example 使用指南, 推荐参考从该 README.md 上手, 包括复制终端命令等, 避免出错。

1.1 架构及操作系统要求

- 架构: x86_64, aarch64(树莓派 5)
- 系统: Ubuntu22.04 及以上
- GNU Radio 版本: 3.9 及以上

在终端中输入 “uname -a” 查看操作系统与架构是否符合在 GNU Radio 中运行 HAROGIC 射频接收机的需求, 若不符, 请更新至所需版本。



```
htra@htra: ~/Desktop
htra@htra:~/Desktop$ uname -a
Linux htra 6.8.0-40-generic #40~22.04.3-Ubuntu SMP PREEMPT_DYNAMIC Tue Jul 30
17:30:19 UTC 2 x86_64 x86_64 x86_64 GNU/Linux
htra@htra:~/Desktop$
```

图 1 查询系统架构与操作系统版本

1.2 安装配置 GNU Radio

- 1、终端输入 “sudo apt update && sudo apt-get install gnuradio”, 并等待安装完成;
- 2、终端输入 “gnuradio-config-info --version”, 查看安装版本, 确保 GNU Radio 安装成功;

```
htra@htra: ~/Desktop
htra@htra:~/Desktop$ sudo apt update && sudo apt-get install gnuradio
Get:1 http://security.ubuntu.com/ubuntu jammy-security InRelease [129 kB]
Hit:2 http://mirrors.tuna.tsinghua.edu.cn/ubuntu jammy InRelease
Get:4 http://security.ubuntu.com/ubuntu jammy-security/main amd64 DEP-11 Metadata [54.6 kB]
Hit:3 http://mirrors.tuna.tsinghua.edu.cn/ubuntu jammy-updates InRelease
Processing triggers for desktop-file-utils (0.26-1ubuntu3) ...
Processing triggers for hicolor-icon-theme (0.17-2) ...
Processing triggers for gnome-menus (3.36.0-1ubuntu3) ...
Processing triggers for libc-bin (2.35-0ubuntu3.8) ...
Processing triggers for man-db (2.10.2-1) ...
Processing triggers for shared-mime-info (2.1-2) ...
Processing triggers for mailcap (3.70+nmu1ubuntu1) ...
Processing triggers for fontconfig (2.13.1-4.2ubuntu5) ...
htra@htra:~/Desktop$ gnuradio-config-info --version
3.10.1.1
htra@htra:~/Desktop$
```

图 2 安装并查看 GNU Radio 版本

1.3 构建 HRTA OOT 模块

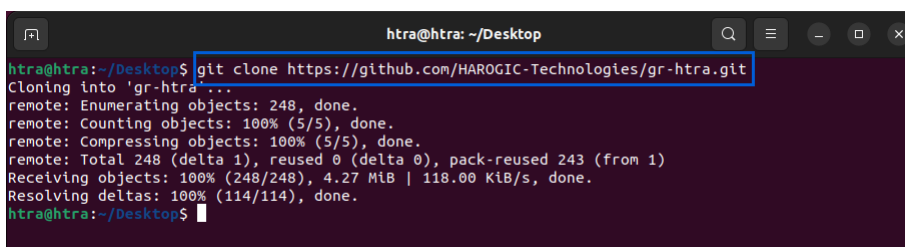
- 1、打开终端，输入 “sudo apt update && sudo apt install -y git cmake g++ libpython3-dev python3-numpy python3-pip python3-setuptools pybind11-dev”，一次性安装编译 GNU Radio 及第三方模块所需的工具链和依赖库。

注意：建议命名直接复制 gr-htra 文件夹下的 README.md 里的命令行，直接 pdf 复制粘贴因为空格不正确等问题，经常报错。

```
htra@htra: ~/Desktop
htra@htra:~/Desktop$ sudo apt update && sudo apt install -y git cmake g++ libpython3-dev python3-numpy python3-pip python3-setuptools pybind11-dev
[sudo] password for htra:
Hit:1 http://mirrors.tuna.tsinghua.edu.cn/ubuntu jammy InRelease
Get:2 http://mirrors.tuna.tsinghua.edu.cn/ubuntu jammy-updates InRelease [128 kB]
Get:3 http://mirrors.tuna.tsinghua.edu.cn/ubuntu jammy-backports InRelease [127 kB]
Setting up git-man (1:2.34.1-1ubuntu1.15) ...
Setting up cmake-data (3.22.1-1ubuntu1.22.04.2) ...
Setting up libalgorithm-diff-xs-perl (0.04-6build3) ...
Setting up libalgorithm-merge-perl (0.08-3) ...
Setting up dpkg-dev (1.21.1ubuntu2.6) ...
Setting up git (1:2.34.1-1ubuntu1.15) ...
Setting up cmake (3.22.1-1ubuntu1.22.04.2) ...
Setting up build-essential (12.9ubuntu3) ...
Processing triggers for man-db (2.10.2-1) ...
Processing triggers for libc-bin (2.35-0ubuntu3.11) ...
htra@htra:~/Desktop$
```

图 3 配置依赖

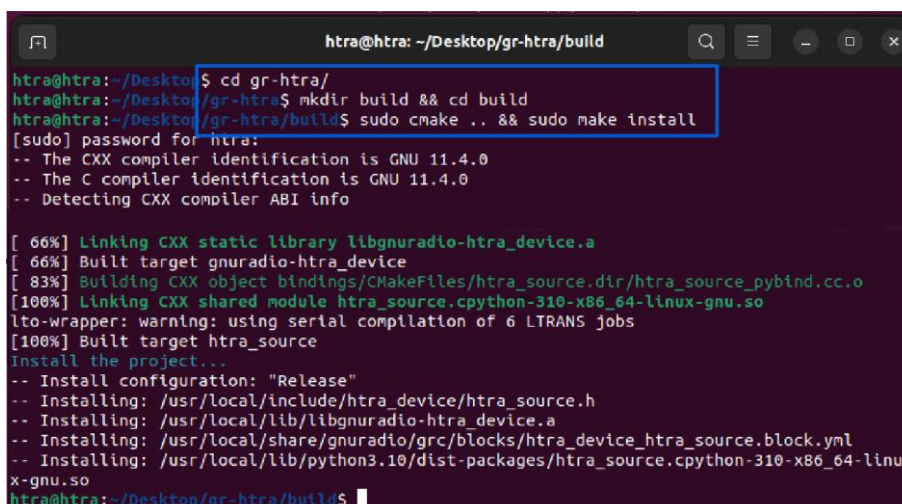
- 2、在终端中输入 “git clone <https://github.com/HAROGIC-Technologies/gr-htra.git>”，获取 HTRA OOT 模块，（也可直接从随寄资料 Linux\HTRA_Gnuradio_Examples 文件夹中获取 gr-htra 文件夹）；



```
htra@htra: ~/Desktop
htra@htra:~/Desktop$ git clone https://github.com/HAROGIC-Technologies/gr-htra.git
Cloning into 'gr-htra'...
remote: Enumerating objects: 248, done.
remote: Counting objects: 100% (5/5), done.
remote: Compressing objects: 100% (5/5), done.
remote: Total 248 (delta 1), reused 0 (delta 0), pack-reused 243 (from 1)
Receiving objects: 100% (248/248), 4.27 MiB | 118.00 KiB/s, done.
Resolving deltas: 100% (114/114), done.
htra@htra:~/Desktop$
```

图 4 下载 HTRA OOT 模块

- 3、终端输入 “cd gr-htra”，进入 HTRA OOT 模块的根目录；
- 4、输入 “mkdir build && cd build”，在项目根目录下创建编译目录，并切换至该目录；
- 5、输入 “sudo cmake .. && sudo make install”，配置项目、编译源码并安装模块到系统目录；



```
htra@htra: ~/Desktop/gr-htra/build
htra@htra:~/Desktop$ cd gr-htra/
htra@htra:~/Desktop/gr-htra$ mkdir build && cd build
htra@htra:~/Desktop/gr-htra/build$ sudo cmake .. && sudo make install
[sudo] password for htra:
-- The CXX compiler identification is GNU 11.4.0
-- The C compiler identification is GNU 11.4.0
-- Detecting CXX compiler ABI info
[ 66%] Linking CXX static library libgnuradio-htra_device.a
[ 66%] Built target gnuradio-htra_device
[ 83%] Building CXX object bindings/CMakeFiles/htra_source.dir/htra_source_pybind.cc.o
[100%] Linking CXX shared module htra_source.cpython-310-x86_64-linux-gnu.so
lto-wrapper: warning: using serial compilation of 6 LTRANS jobs
[100%] Built target htra_source
Install the project...
-- Install configuration: "Release"
-- Installing: /usr/local/include/htra_device/htra_source.h
-- Installing: /usr/local/lib/libgnuradio-htra_device.a
-- Installing: /usr/local/share/gnuradio/grc/blocks/htra_device_htra_source.block.yml
-- Installing: /usr/local/lib/python3.10/dist-packages/htra_source.cpython-310-x86_64-linu
x-gnu.so
htra@htra:~/Desktop/gr-htra/build$
```

图 5 构建模块

- 6、将产品的校准文件拷贝至 “gr-htra/CalFile” 文件夹中，并通过 “cd .. && sudo sh CopyCalFile.sh”
安装设备的校准文件；

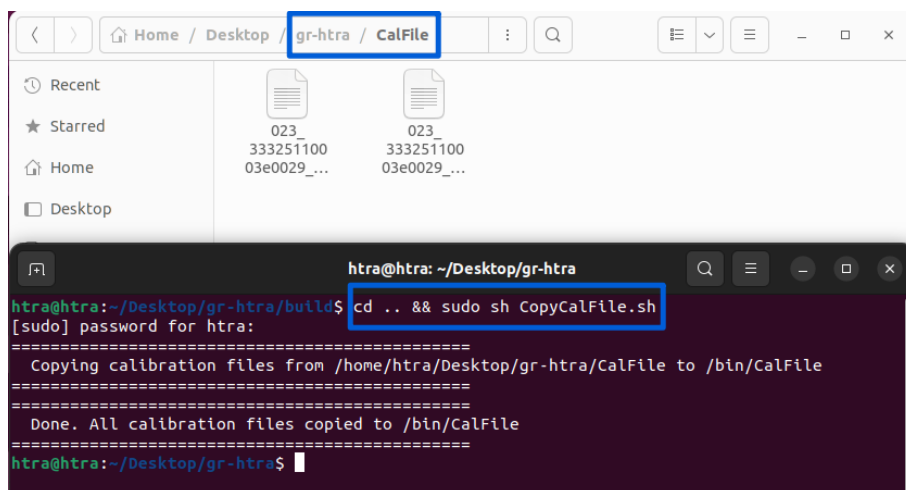


图 6 复制并安装校准文件

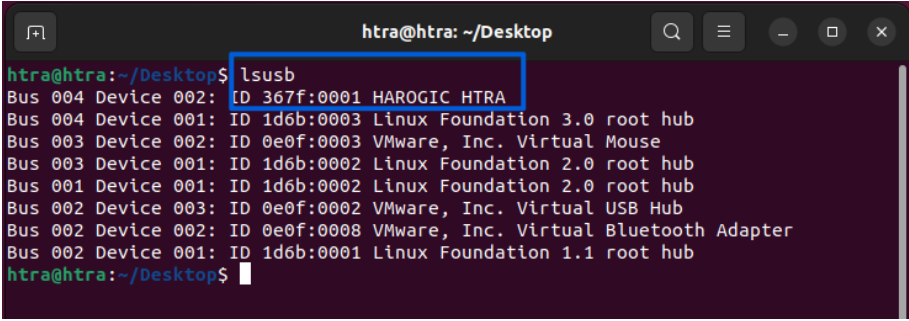
1.4 卸载 HTRA OOT 模块

如需卸载 HTRA OOT 模块及其相关配置文件，可在 gr-htra 文件夹下执行 “sudo sh uninstall.sh” 进行卸载。

2 运行 HTRA OOT 模块

针对 R1000 系列，在树莓派主机上运行 GNU Radio 需要验证 USB，如在上位机上运行，不需要验证 USB，可以直接跳过 1。下文以 USB 型设备为例，运行 HTRA OOT 模块。

- 1、连接设备与上位机，终端输入“lsusb”，如出现 ID：6430、ID：3675、ID：04b5、ID：367f，表示仪器正确连接至上位机；（若上位机是虚拟机，连接成功后，可以查看虚拟机界面右下角的硬件设备图标。当鼠标悬停在该图标上时，会显示 HTRA 标志，确认设备已连接至虚拟机。同时，确保 USB 兼容性设置为 USB 3.1，以保证设备的正常工作）



```
htra@htra: ~/Desktop
htra@htra:~/Desktop$ lsusb
Bus 004 Device 002: ID 367f:0001 HAROGIC HTRA
Bus 004 Device 001: ID 1d6b:0003 Linux Foundation 3.0 root hub
Bus 003 Device 002: ID 0e0f:0003 VMware, Inc. Virtual Mouse
Bus 003 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux Foundation 2.0 root hub
Bus 001 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux Foundation 2.0 root hub
Bus 002 Device 003: ID 0e0f:0002 VMware, Inc. Virtual USB Hub
Bus 002 Device 002: ID 0e0f:0008 VMware, Inc. Virtual Bluetooth Adapter
Bus 002 Device 001: ID 1d6b:0001 Linux Foundation 1.1 root hub
htra@htra:~/Desktop$
```

图 7 Linux 下查看仪器是否正确连接

- 2、在构建好的 gr-htra 文件夹下打开终端，输入“gnuradio-companion”，启动图形化界面；

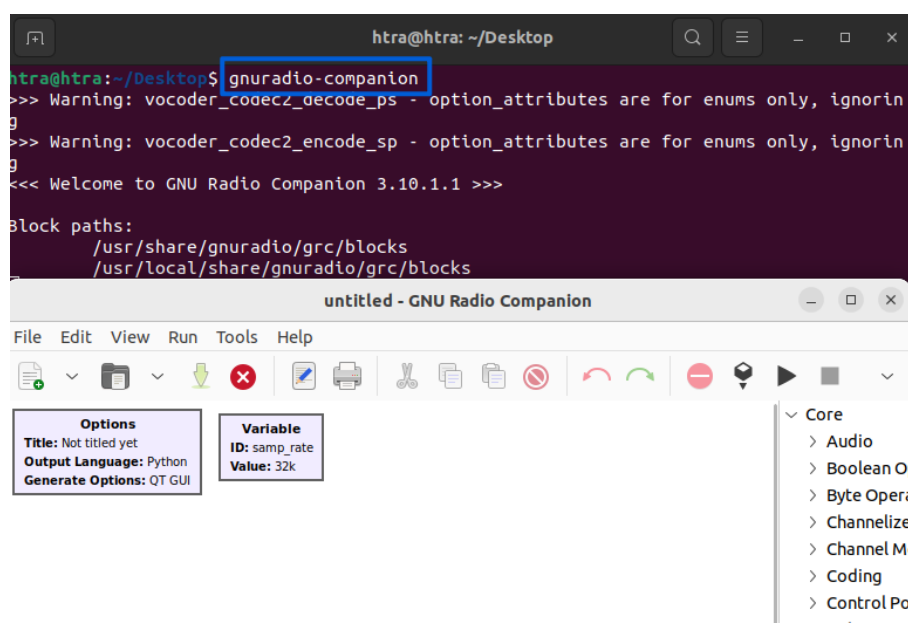


图 8 启动 GNU Radio

在 GNU Radio Companion 的图形化界面中，按 Ctrl+F 调出搜索框，在右上角输入“HTRA: IQ Source”，并按 Enter，将“HTRA: IQ Source”加载到流程图中；

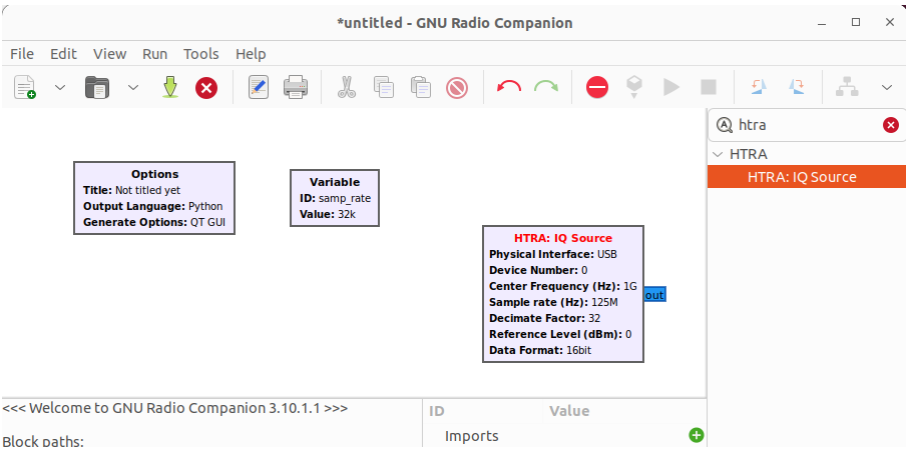


图 9 加载 HTRA:IQ Source 模块

3、HTRA: IQ Source 模块用于接收来自 HAROGIC 射频接收机的 IQ 数据流，并在 GNU Radio 模块中进行处理，可双击 HTRA: IQ Source 模块，在弹窗中修改或选择对应参数的数值，点击弹窗下方的“ok”，即可修改相关配置；

- **Physical Interface:** 接口类型, 可在下拉菜单中选择 USB 或网口 (ETH) 型设备进行连接。
针对 R1000 系列, 树莓派上运行选择 USB, 上位机上运行选择 ETH。
- **Device Number:** 同时接入多台设备时, 设置不同的设备号
- **Center Frequency:** 中心频率, 范围: 10 MHz-设备的截止频率
- **Sample rate:** 采样率
- **Decimation Factor:** 抽取倍数, 可在模块参数设置的下拉菜单中进行选择
- **Reference Level:** 参考电平, 范围为-50 – 23 dBm
- **Data Format:** 数据格式, 设置获取的 IQ 数据的数据格式

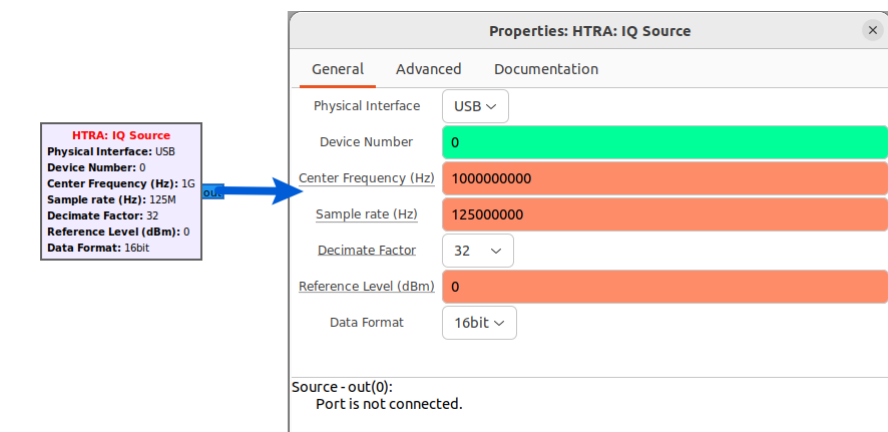


图 10 HTRA:IQ Source 模块参数说明

- 4、搜索框中输入“QT GUI Frequency Sink”，并点击 Enter，添加频谱显示模块。将该模块的输入端与 HTRA: IQ Source 模块的输出端相连，以实时显示 IQ 信号的频谱；

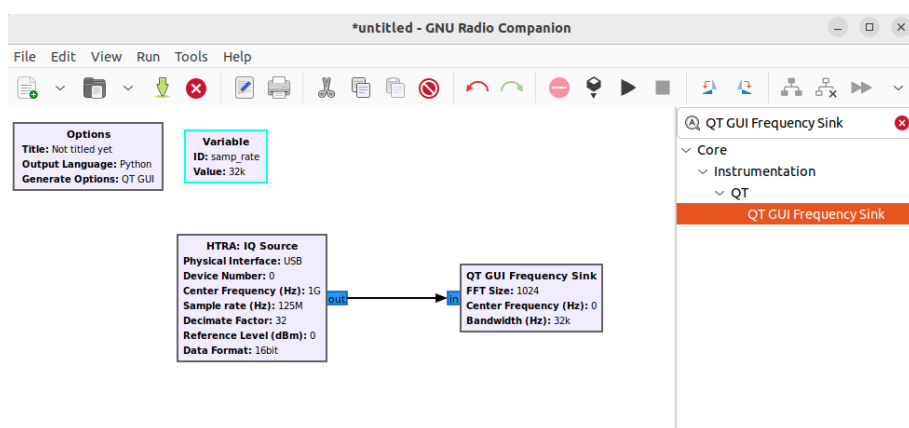


图 11 连接频谱显示模块

- 5、点击“File” → “Save”，保存文件为“Spectrum_diaplay”，点击图形界面上方的运行按钮，查看输入信号的频谱。

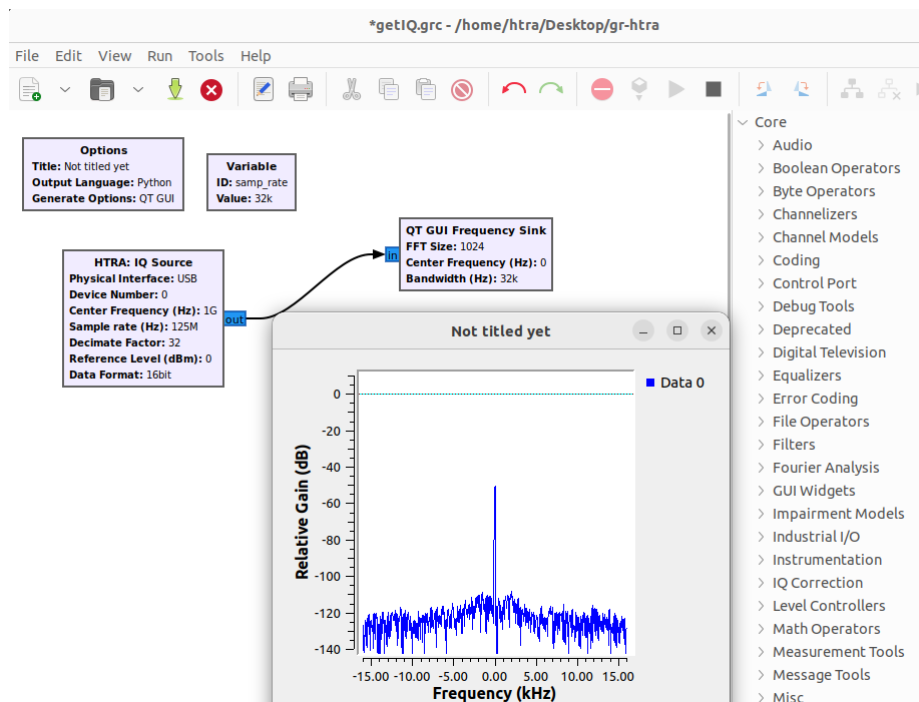


图 12 查看输入信号频谱

3 获取 IQ 流

本示例展示了如何获取 IQ 数据，并提供 IQ 数据的时域波形、频以及瀑布图。

下文以查看 1GHz, -20dBm 单音信号的 IQ 数据为例。

- 1、在构建好的 gr-htra 文件夹下打开终端，输入 “gnuradio-companion”，启动图形化界面；
- 2、在弹出的图形化界面中，点击 “File” → “open” → “Examples” → “IQ_streaming.grc” → “open”，打开例程中 IQ 流获取的例程；
- 3、参数保持默认配置，可双击例程顶部对应的 QT GUI Range 模块和 Variable 参数节点，修改 HTRA: IQ Source 模块中对应参数（抽取倍数在 Variable 与模块中需保持一致），同时双击该模块，选择相应接口的设备和数据类型；

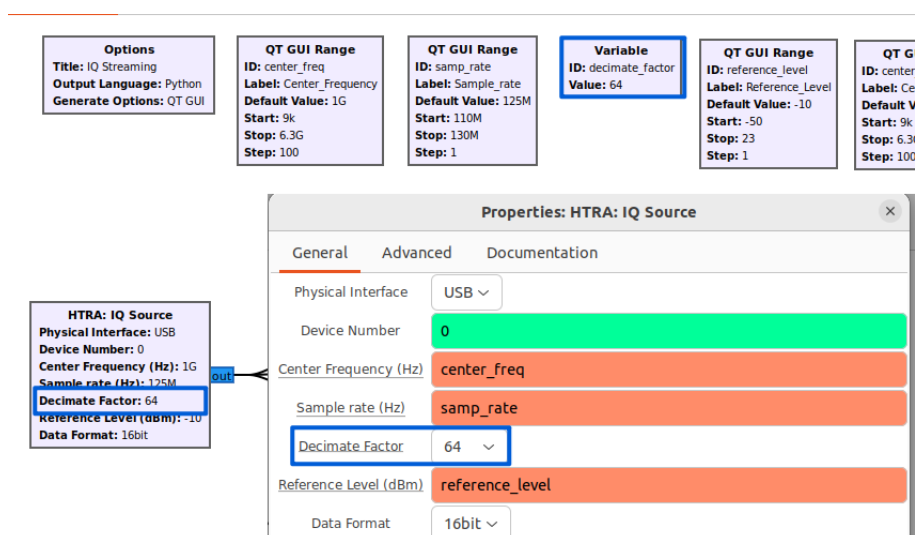


图 13 调整参数配置

- 4、点击 GNU Radio Companion 图形界面上方的运行按钮，查看 IQ 流对应的频谱图、瀑布图、时域波形以及星座图；

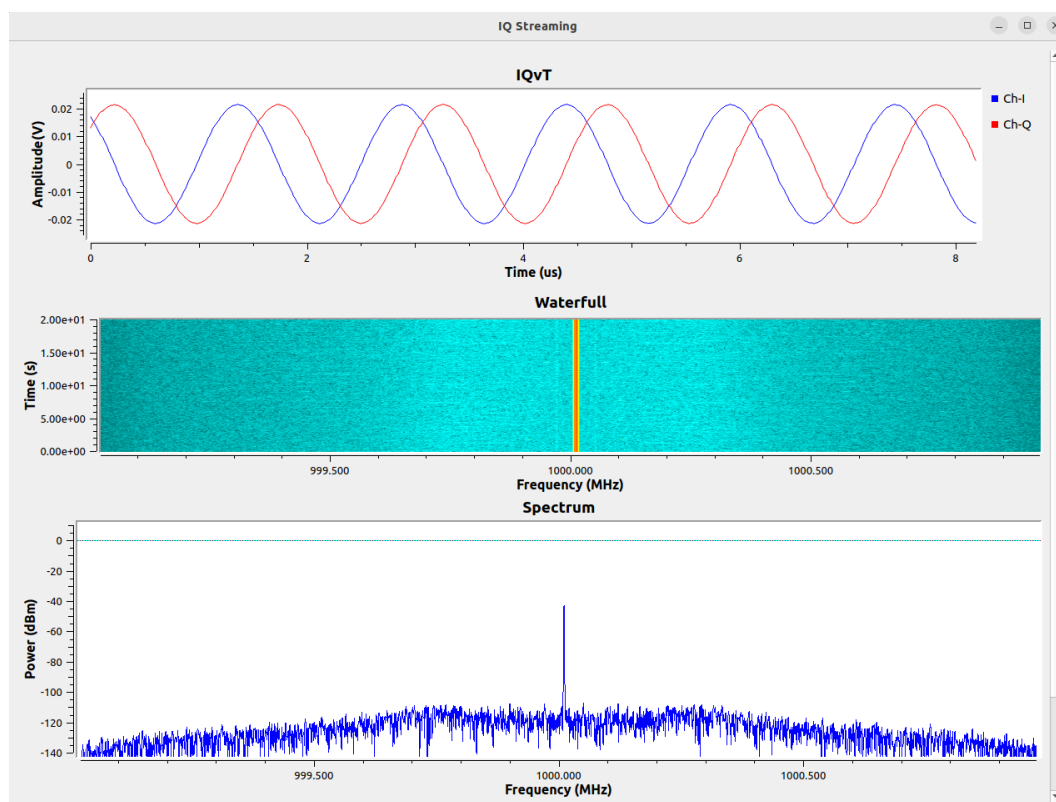


图 14 运行 IQ_Streaming 范例

4 AM 解调

本示例展示了如何对实际输出的 IQ 数据流进行带宽限制、自动增益控制、载波同步与幅度解调，提供 AM 信号的时域波形、频谱以及解调后的音频波形。适用于典型音频带宽 (≤ 15 kHz) 的 AM 广播信号，若需解调更大带宽的 AM 信号，可根据实际需求，自行设计或调整解调链路。

下文以解调 1 GHz, -20dBm, 符号率为 5 kHz 的 AM 信号为例。

1. 参考[获取 IQ 流章节中的步骤 1-2](#)，打开 “AM_demod.grc”例程；
2. 中心频率与参考电平保持默认配置，可双击对应的 QT GUI Range 模块，在属性窗口中调整 “Default Value”，以适配不同频率和功率的 AM 信号；
3. 点击 GNU Radio Companion 图形界面上方的运行按钮，查看 AM 调制信号的 IQ 时域图、频谱图以及解调后的音频波形。

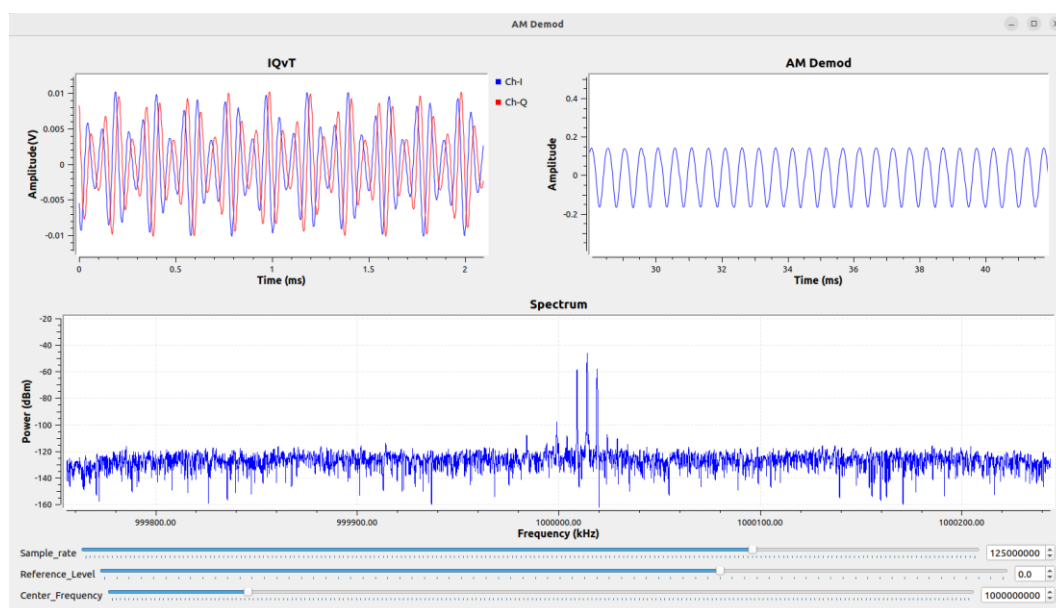


图 15 AM 解调示例

5 FM 解调

本示例适用于解调 FM 广播信号，提供 FM 信号的时域波形，频谱以及解调后的音频波形。

下文以解调 97.5 MHz 的广播信号为例

- 1、参考[获取 IQ 流章节中的步骤 1-2](#)，打开 “FM_demod.grc” 例程；
- 2、中心频率保持默认配置，可双击 “reference_level” 对应的 QT GUI Range 模块，在属性窗口中调整 “Default Value”，以解调不同频率的 FM 广播信号。
- 3、点击 GNU Radio Companion 图形界面上方的运行按钮，查看 FM 调制信号的 IQ 波形图、频谱图、以及解调后的时域波形。

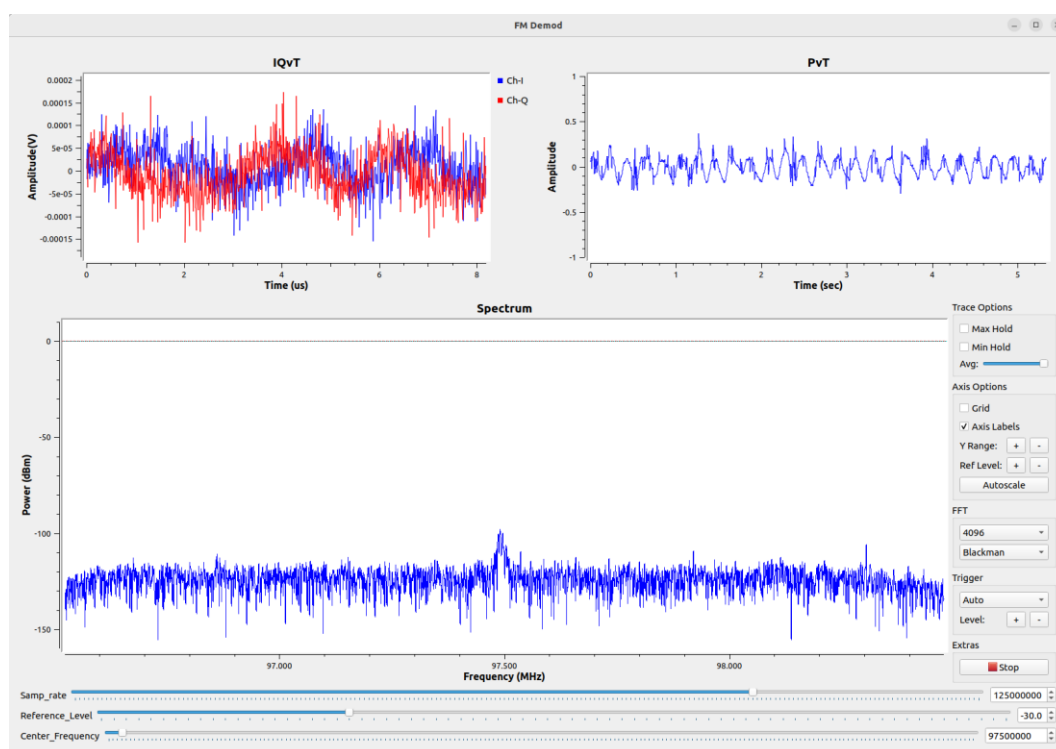


图 16 FM 解调示例

6 QPSK 解调

本示例展示了完整的 QPSK 解调链路，提供 QPSK 信号的 IQ 时域波形，频谱以及解调后的星座图，方便用户实时验证符号同步、载波恢复及信号质量。

下文以解调 1 GHz，-20 dBm，符号率为 1 MHz，滚降系数为 0.35 的 QPSK 信号为例

- 1、参考[获取 IQ 流章节中的步骤 1-2](#)，打开 “QPSK_demod.grc” 例程；
- 2、双击 “decimate_factor” 和 “symbol_rate” 对应的 Variable 参数节点，在属性窗口中修改相应的 “Value” 值，将抽取倍数设置为 16，符号率设置为 1 MHz，接着双击 “HTRA: IQ Source”，在弹窗中更新抽取倍数的值，中心频率、参考电平、采样率及滤波滚降系数保持默认设置。

注：Sample_rate/decimate_factor $\geq$ 4*symbol_rate

- 3、点击 GNU Radio Companion 图形界面上方的运行按钮，查看 IQ 流对应的时域图、频谱图以及解调后的星座图；

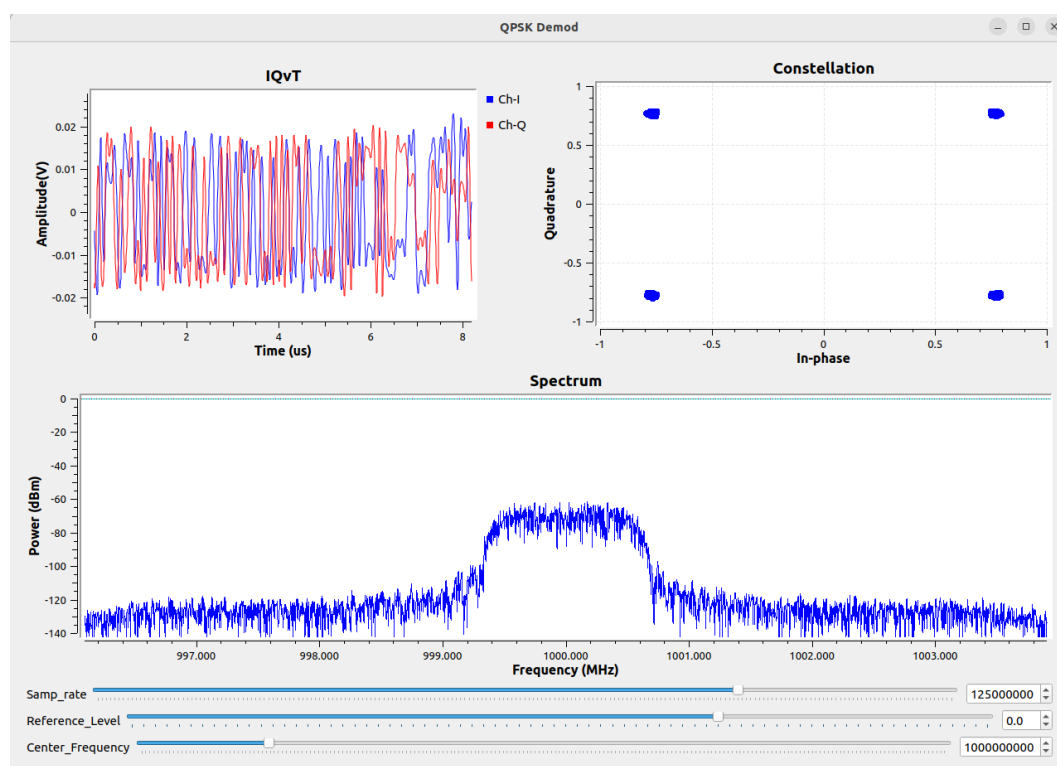


图 17 QPSK 解调示意

7 QAM 解调

本示例目前支持解调 QAM16 与 QAM64 信号，提供 IQ 时域图、频谱图与解调后的星座图。

下文以解调 1 GHz 中心频率、-20 dBm 参考电平、符号率 300 kHz 和 滚降系数 0.35 的 QAM16 信号为例。

- 1、参考[获取 IQ 流章节中的步骤 1-2](#)，打开“QAM_demod.grc”例程；
- 2、双击 “symbol_rate” 对应的 Variable 参数节点，在属性窗口中修改“Value”值，将符号率设置为 300 kHz，其他参数保持默认设置。可根据需要，双击其他 QT GUI Rang 或 Variable 节点调节中心频率、参考电平、采样率、抽取倍数（设置规则参见 [QPSK 解调章节](#)）及滤波滚降系数，以适配不同的信号；
- 3、点击 GNU Radio Companion 图形界面上方的运行按钮，查看 IQ 流对应的时域图、频谱图以及解调后的星座图；

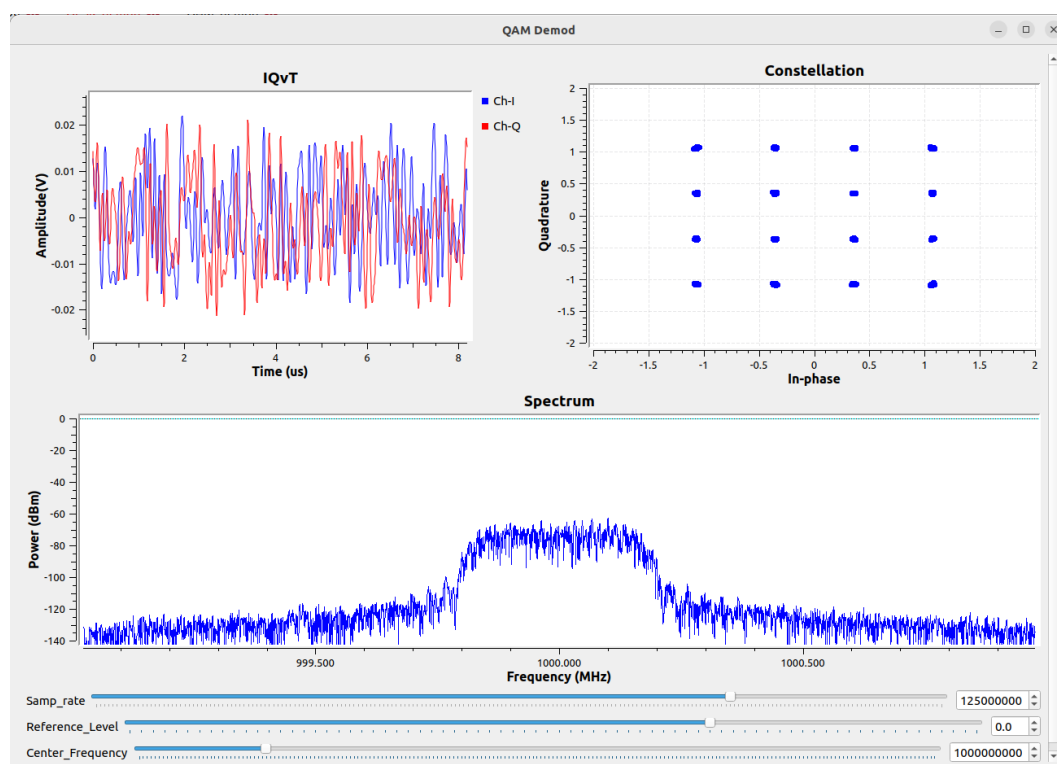


图 18 QAM 解调示意

8 WLAN 信号解调

WLAN 解调示例依赖于开源项目 `gr-ieee802-11` 和 `gr-foo`，运行前请先依照以下章节对项目进行安装。

8.1 安装 `gr-ieee802-11` 和 `gr-foo` 项目

终端依次输入以下命令，安装 `gr-foo`：

```
git clone https://github.com/bastibl/gr-foo
cd gr-foo
mkdir build
cd build
cmake ..
make
sudo make install
sudo ldconfig
```

终端依次输入以下命令，安装 `gr-ieee802-11`：

```
git clone https://github.com/bastibl/gr-ieee802-11
cd gr-ieee802-11
mkdir build
cd build
cmake ..
make
sudo make install
sudo ldconfig
sudo sysctl -w kernel.shmmax=2147483648
```

8.2 运行 WLAN 解调示例

本示例用于解调 WLAN 信号，并且展示了 WLAN 信号的 IQ 时域波形，频谱以及解调后的星座图。

下文以解调 1 GHz 中心频率、-20 dBm 参考电平、符号率 200 MH 的 IEEE 802.11a 信号为例

- 1、参考[获取 IQ 流章节中的步骤 1-2](#)，打开 “WLAN_demod.grc” 例程；
- 2、点击 GNU Radio Companion 图形界面上方的运行按钮，将结果显示窗口的 “freq” 设置为

1|2412.0|11g, 查看 IQ 流对应的时域图、频谱图以及解调后的星座图;

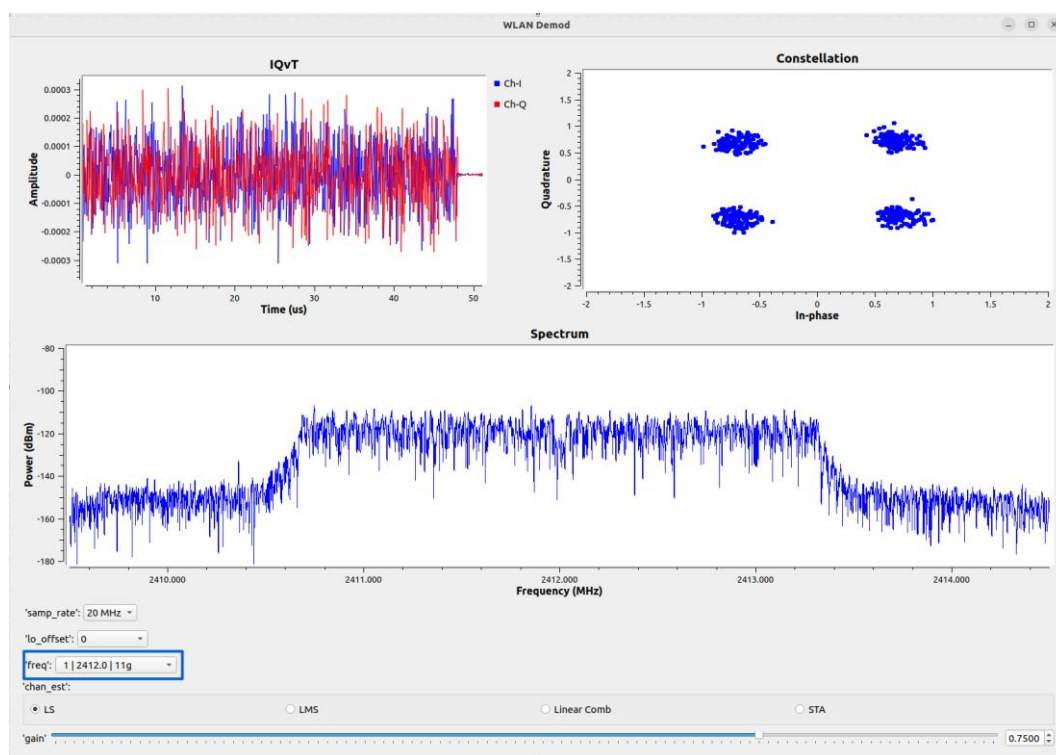


图 19 WLAN 解调示意

9 ADSB Demodulation

该 ADSB 解调示例依赖于开源项目 gr-adsb。在运行之前，请按照后续章节中的说明安装该项目。

请在终端中逐一输入以下命令以安装 gr-adsb：

```
git clone https://github.com/mhostetter/gr-adsb.git
cd gr-adsb
mkdir build
cd build
cmake ..
make
sudo make install
sudo ldconfig
```

10 SoapySDR Example

关于 soapy-htra 的说明，请参考 soapy-htra 文件夹下的 README.md 文件。

访问：<https://github.com/HAROGIC-Technologies/soapy-htra>

 www.harogic.cn

 cninfo@harogic.com

 +025-8330 5049