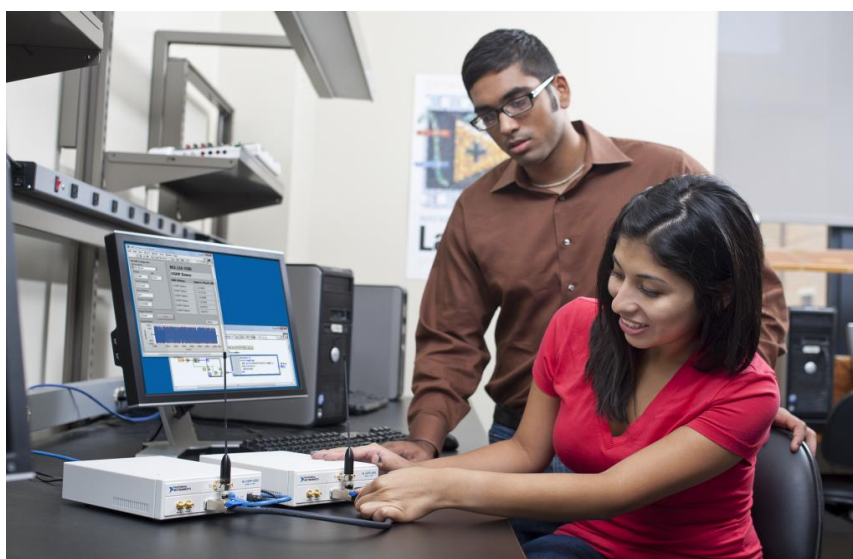


基于NI LabVIEW和NI USRP的软件无线电入门培训



目录

概述	1
目的	1
你将会做什么	1
为什么你要学习这门课程	1
完成这门课程所需要的时间	1
背景要求	1
设备要求	2
硬件	2
软件	2
硬件配置	2
软件无线电基本原理	4
什么是软件无线电?	4
数字通信系统基本原理	5
NI USRP 硬件	6
软件无线电中计算机扮演什么角色?	7
寻找硬件和安装软件	8
识别正确的硬件	8
寻找在线说明书	8
NI USRP 在线社区	8
购买硬件	9
软件安装	9
开发环境: NI LabVIEW	9
硬件驱动: NI-USRP	9
院校单位使用权	9
NI-USRP LabVIEW 驱动	10
NI-USRP 示例程序	10
NI-USRP 帮助文档	10
NI-USRP 函数库	11

niUSRP 属性节点	11
八个最常用的 NI-USRP 函数.....	12
配置函数.....	13
读写功能.....	14
关闭函数.....	16
NI USRP 接收和发生的例子	17
单信道，有限发生	17
单信道，连续发生	17
多信道，连续发生	18
开始之前：熟悉 LabVIEW 开发环境	19
LabVIEW 前期配置.....	19
LabVIEW 快捷键.....	23
动手练习.....	24
练习 1: 找一个无线电台.....	25
练习 2: 解调 FM 广播.....	28
算法解释.....	32
练习 3: 构建数字通信链路	41
自主练习 4: 关于 LabVIEW 的提示和技巧	43
工具面板.....	43
自动对象布线.....	44
LabVIEW 中图形与图表的对比	44
自定义图形	45
图形操作.....	46
额外培训.....	49
LabVIEW 入门.....	49
专业培训计划	50
NI 认证计划	50

概述

入门培训的目的

这次入门培训旨在培训科学技术和工程领域的研究人员了解无线信号采集的基本概念。你将会亲自安装，使用 NI USRP，在 LabVIEW 上编写一个代码，然后将结果可视化。

练习题是关于无线信号应用的数据获取、数据分析和数据显示的实例。虽然练习是通用的，但是我们希望你可以将学到的东西应用到自己的应用中。本指南有电子版和纸质版备查。

你将会做什么

通过 3 个主要的练习，你可以用 LabVIEW 和 NI USRP 2920 创建一个调频无线接收器，每个练习中包含很多小节。当然也有一些补充实例告诉你如何创建一个自定义 LabVIEW 用户界面，怎样配置 NI USRP 以及本文档中常见的术语汇编。

首先会快速地介绍一些常用术语，以及 NI 公司的软硬件是如何处理任务的。

为什么你要学习这门课程

你应该学习这门课程，如果你：

- 在某项研究中需要获得无线信号
- 需要学习怎样用 LabVIEW 设计无线通信系统原型
- 对 NI 的软件无线电方法感到好奇。
- 需要接触设置软件无线电。

完成这门课程所需要的时间

这个课程可能需要花费大约 3 小时，但是因人而异。

背景要求

建议你对 LabVIEW 有过一些接触，但不是必须的。完成任务所需的全部步骤都包含在练习的说明中。需要指出的是，随着学习的深入我们期望你能掌握一些基本任务，而且说明将变得没有开始那么详细，这就需要你记住一些知识点。进一步学习请访问 ni.com/lv101。

期望你能熟练地使用电脑、鼠标和键盘，以及熟悉基本的无线通信概念。

设备要求

硬件

- NI USRP 2920 装置
- NI USRP 通用电源变压器
- 千兆以太网电缆
- 天线
- 具有一个备有千兆以太网端口的电脑

软件

- NI LabVIEW 2012 及其后继版本
- NI USRP 1.1 及其后继版本
- NI 调制解调工具包
- 附加 LabVIEW MathScriptRT 模块

硬件配置

以下步骤是 NI USRP-292x 入门指南的概述，在电脑上安装 LabVIEW 后，按照下列步骤做：

1. 安装 NI USRP 软件套件 DVD。该软件套件将在 LabVIEW 中增加以下项目：NI-USRP 驱动程序，LabVIEW 调制工具包，LabVIEW MathScriptRT 模块，以及 LabVIEW 数字滤波器设计工具箱。详细信息参见文档中[软件安装](#)小节。
2. 如图 1 所示在 NI USRP-292x 前面插上天线。
3. 用附上的以太网电缆将设备与计算机直接相连，插上电源。详细信息参见本文[安装和硬件配置](#)小节。
4. 将电脑以太网接口的 IP 地址修改成一个固定的 IP。NI 推荐固定 IP 地址为：192.168.10.1，这是因为 NI USRP_2920 有一个默认 IP 地址 192.168.10.2。详情参见本文[安装和硬件配置](#)小节 (page 7)。
5. 实例位于 LabVIEW 中，在开始菜单中选择 **开始 » 所有程序 » National Instruments » NI-USRP » Examples**。详细信息参见本文[NI 292x 程序设计](#)小节 (page 10)。
6. 如果你对以上步骤有任何疑问，参考本文[附录](#) 或者访问 ni.com/usrp/gettingstarted 网站观看视频。

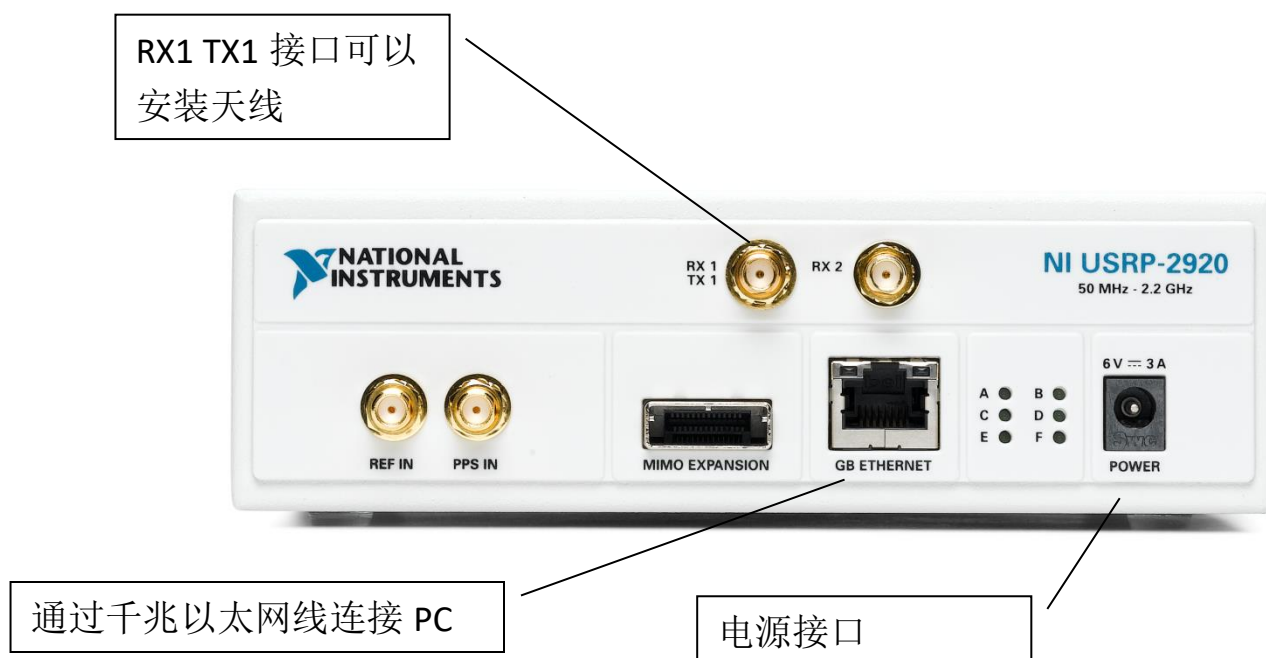


图 1. NI USRP 硬件前面板

软件无线电基本原理

本节回顾一下软件无线电的基本概念。

什么是软件无线电？

无线通信测试创新论坛对软件无线电(SDR) 的定义：

“无线电的一些或全部的物理层功能由软件定义。”¹

软件无线电参考了这样一个技术：通用硬件平台上运行软件模块，用于实现无线功能。结合 NI USRP 硬件和 NI LabVIEW 软件的优势，提供了满足多功能需求且灵活性强的快速通信原型平台，适用于物理层设计、无线信号录制与回放、通信情报、算法验证等应用。

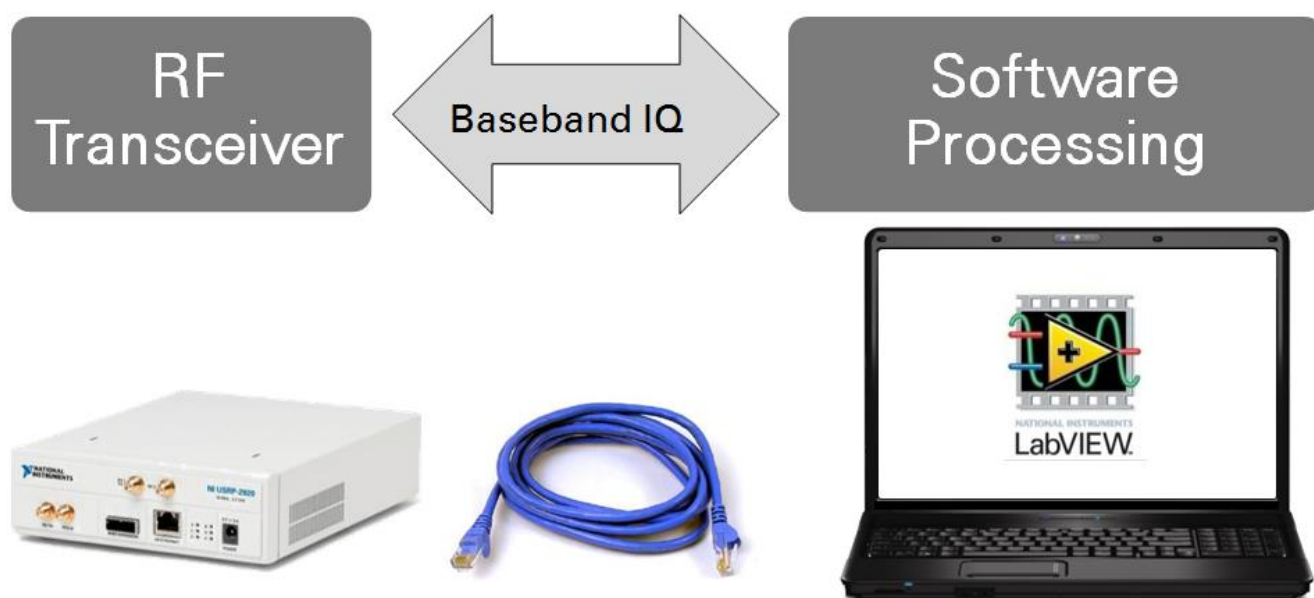


图 2. 简化的系统连接关系

¹ http://www.sdrforum.org/pages/documentLibrary/documents/SDRF-06-R-0011-V1_0_0.pdf

数字通信系统基本原理

一个典型的数字通信系统包括：发射机、接收机和通信信道。图 3 展示了一个数字通信系统的通用组件。放在第一行是发射机，包含信源编码、信道编码、调制、模拟真实信号衰减和上变频模块。第二行是接收机由下变频、匹配滤波器、均衡器、解调、信道译码 和信源译码模块组成。参阅 NI LabVIEW 调制工具箱在线帮助，了解更多关于数字通信系统测量和可视化工具的信息。

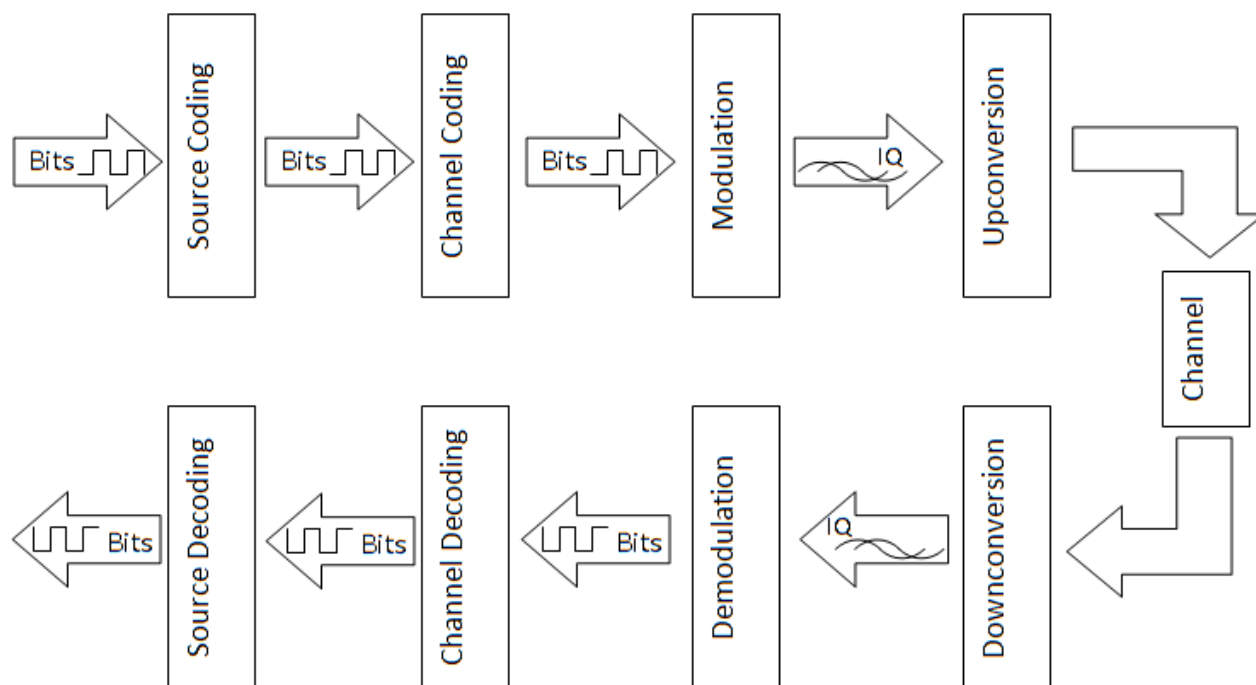


图 3 数字通信系统框图

USRP 硬件

把 NI USRP 连接到一台主机充当软件无线电硬件平台。连接到 SMA 连接器的输入信号，通过直接变频接收机中的混频操作，产生同相正交 (I/Q) 基带信号，再经过一个 2 通道，速率为 100 MS/s 的 14 位模数转换器 (ADC) 采样。然后数字化的 I/Q 数据并行地经过数字下变频 (DDC) 过程，混频、滤波，使输入的 100MS/s 的信号达到指定速率。32 位的下变频采样信号（每对 I/Q 各 16 位），通过标准千兆以太网连接，以高达 20MS/s 的速度传给主机。

对于传输，32 位的基带 I/Q 信号样本（每对 I/Q 各 16 位）是由主机合成的，然后再通过千兆以太网以高达 20 MS/s 的速度供给 USRP-2920。USRP 硬件利用数字上变频 (DUC) 过程，将输入信号速率变为 400 MS/s，然后采用双通道 16 位的数模转换器 (DAC) 将其转换成模拟信号。由此产生的模拟信号与指定的载频混频。

一个有效的 8 位模型，能够使连接主机和 USRP 的以太网上的传输率高达 40 MS/s，在这个模型中，全部的 16 位数据要么用来表示已经经过下变频样本的 I 值和 Q 值，或者用来表示要进行上变频样本的 I 值和 Q 值。

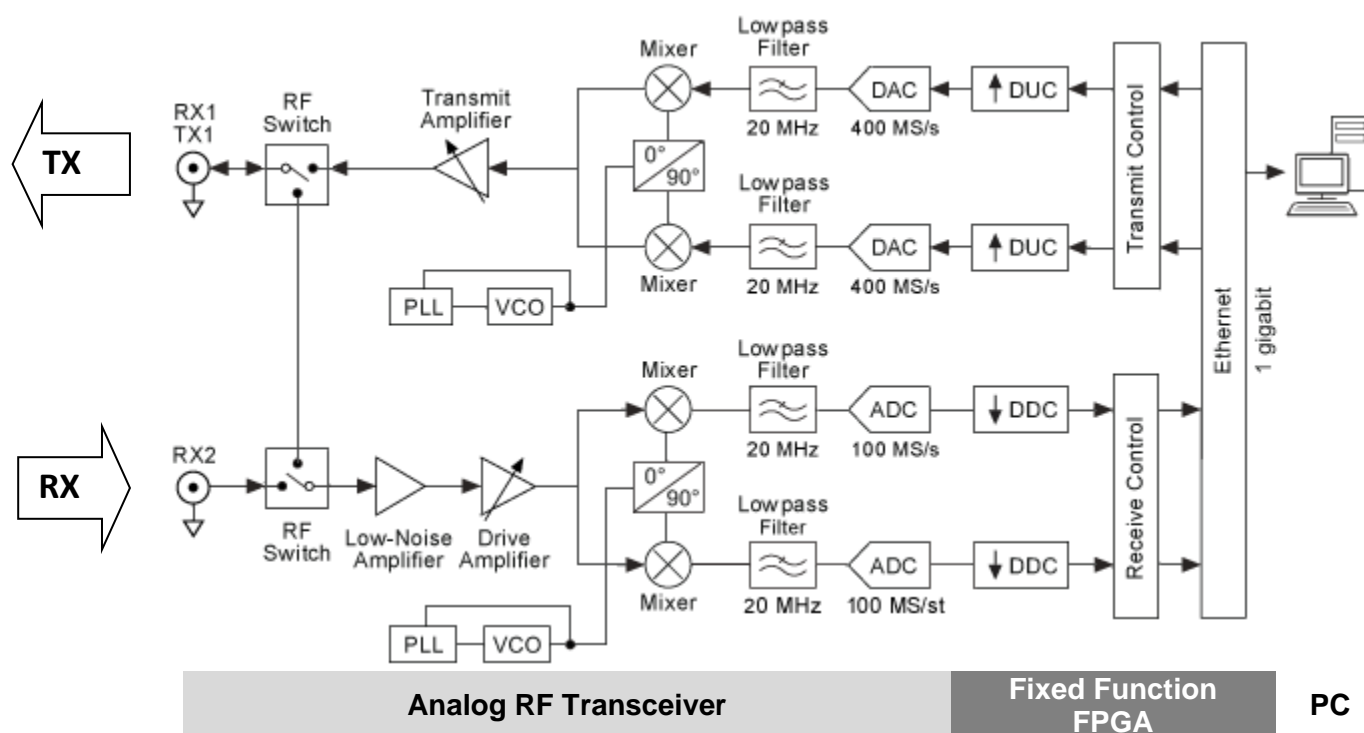


图 4. USRP 框图

软件无线电中计算机扮演什么角色？



软件无线电系统是一个无线电通信系统，其中的部分硬件组件是由软件实现的。这些硬件组件包括滤波器、放大器、调制器和解调器。因为这些组件是在软件中定义的，你可以根据需要调整软件无线电系统，而不必在硬件上作大的改动。由于现在的计算机可以有非常快速的处理器和高速的接口，所以我们能够利用这些优点，在计算机上使用 **LabVIEW** 快速地实现软件无线电的设计。

驱动软件

驱动软件为应用软件提供与设备交互的能力。它通过抽象底层硬件命令和寄存器级编程来简化通信设备。通常，驱动软件会公开应用程序编程接口(API)，用于在一个编程环境中来构建应用软件。

对 **USRP** 来说，**NI-USRP** 为硬件驱动。如下所述，**NI** 提供开发环境，不但使驱动能够调用 **NI-USRP**，而且其他基于文本的环境也能够访问硬件驱动。

应用软件

应用软件获取测量数据、分析测量数据、处理测量数据以及显示测量数据，促进用户与计算机之间的交互。它要么是一个使用预定义功能预先构建的应用程序，要么是一个使用自定义功能构建应用程序的编程环境。自定义应用程序经常用来实现设备多功能自动化，执行信号处理算法，显示自定义用户界面。

NI-USRP 驱动 现在支持 **NI** 的 **LabVIEW** 图形化开发环境软件，能够快速地开发自定义应用程序。

详细信息请访问 ni.com，搜索 “Out-of-the-Box Video with NI USRP.” 如果你查看的是电子版，请单击[这里](#) 直接访问 开发者园地中的指南。

寻找硬件 & 安装软件

首先要弄清楚应用的复杂性和需求，确保构建的无线信号系统是适合的。

识别正确的硬件

帮助你识别正确的硬件系统，首先导航到 ni.com/usrp。在这个门户你会发现所有你需要知道的 USRP。您可以使用左边的导航方面开始你的搜索和缩小范围做出最合适的选择。

寻找在线说明书

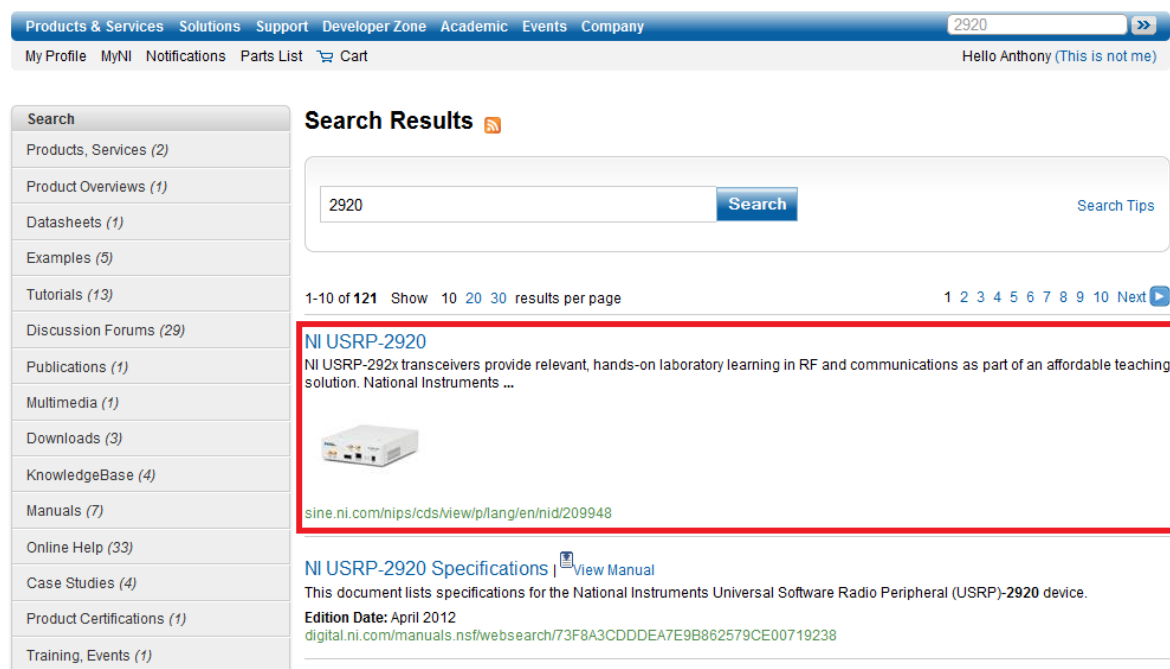
对任何一个设备而言，最重要的是说明书。这个文档被放在每个设备的产品页面上。一旦你了解你感兴趣的设备，最简单的方法就是在 ni.com 网站的右上角搜索框中搜索。只要输入产品型号点击搜索，下一页就回显示搜索词条，产品页面的结果用红色标出。

NI USRP 在线社区

ni.com 网站上可以找到丰富的 USRP 范例，或者你也可以把自己开发的 NI-USRP 例子发表上来。

导航到 ni.com/usrp 点击代码分享社区的图标。

术语汇编 A：帮助人们了解说明书中的术语的射频和通信索引



Products & Services Solutions Support Developer Zone Academic Events Company 2920 >>

My Profile MyNI Notifications Parts List Cart Hello Anthony (This is not me)

Search

Products, Services (2)

Product Overviews (1)

Datasheets (1)

Examples (5)

Tutorials (13)

Discussion Forums (29)

Publications (1)

Multimedia (1)

Downloads (3)

KnowledgeBase (4)

Manuals (7)

Online Help (33)

Case Studies (4)

Product Certifications (1)

Training, Events (1)


Search Results

2920 Search Search Tips

1-10 of 121 Show 10 20 30 results per page 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Next

NI USRP-2920

NI USRP-292x transceivers provide relevant, hands-on laboratory learning in RF and communications as part of an affordable teaching solution. National Instruments ...



sine.ni.com/nips/cds/view/pdflang/en/nid/209948

NI USRP-2920 Specifications | [View Manual](#)

This document lists specifications for the National Instruments Universal Software Radio Peripheral (USRP)-2920 device.

Edition Date: April 2012

digital.ni.com/manuals.nsf/websearch/73F8A3CDDDEA7E9B862579CE00719238

图 5 在 ni.com 搜索“2920”

在产品页面，点击资源选项就打开了关于该设备的文档，你也可以通过点击“查看指南”来得到这个设备的完整说明。

The screenshot shows the NI USRP-2920 product page. The navigation bar at the top includes links like 'MyNI', 'Contact NI', 'Products & Services', 'Solutions', 'Support', 'NI Developer Zone', 'Academic', 'Events', and 'Company'. The left sidebar lists various USRP-related links. The main content area features the product title 'NI USRP-2920', a subtitle '50 MHz to 2.2 GHz Software Radio', and a list of key features:

- Tunable center frequency from 50 MHz to 2.2 GHz covering FM radio, GPS, GSM, radar, and ISM bands
- Affordable teaching and research solution
- Up to 20 MHz baseband I/Q bandwidth streaming at 25 MS/s for host-based processing with NI LabVIEW
- NI technical support and 1-year extendable warranty
- Windows 7/Vista/XP compatibility

 Below the text is a photograph of the white USRP-2920 hardware unit. At the bottom, there are tabs for 'Overview', 'Pricing', and 'Resources', and a section for 'Additional Product Information' with a link to 'Manuals (3)'.

图 6. NI USRP-2920 产品页面

购买硬件

在 ni.com 的产品页面把硬件加入购物车，你可以得到 NI USRP 硬件的报价。你也可以咨询 NI 的销售工程师来帮你设计符合你应用的最佳系统。

导航到 ni.com，点击主页的“联系我们”链接，你可以直接联系技术代表

软件安装

为从 USRP 得到数据，你需要先安装软件开发环境和硬件驱动。

开发环境：NI LabVIEW

开发环境促进了用户和计算机之间的互动，关于采集、处理、分析和显示测量数据。它既是一个预先定义功能的预制应用，也是为建立定制功能应用的一个程序开发环境。定制应用常常用来实现设备多功能的自动化，实现信号处理算法，显示自定义的用户界面。

NI-USRP 的主要开发环境是 NI LabVIEW。NI LabVIEW 是一种将文本编程的低复杂度抽象为可视化语言的图形化编程语言，科学家以及工程师们广泛地使用它在多种环境中进行采集、处理、分析和显示测量数据。

硬件驱动：NI-USRP

驱动软件给应用软件提供与硬件交互的能力。它通过抽象低水平硬件指令和寄存器级编程来简化与设备之间的通信。一般来说，驱动软件公开了一个在编程环境中建立应用软件的应用程序接口。

USRP 的硬件驱动是 NI-USRP。USRP 附带了一些 LabVIEW 示例程序和帮助文件来辅助用户使用。

访问 ni.com/drivers，搜索‘USRP’下载最新版的驱动。

院校单位使用权

如果你所在的学校有院校使用许可，你就可以免费试用 NI 几乎所有的软件，包括 LabVIEW。更多信息请联系你所在学校的软件管理人员。

NI-USRP LabVIEW 驱动

一旦安装 NI USRP 硬件驱动，它会自动安装示例程序和帮助文档以及一些函数。

NI-USRP 示例程序

为使用 USRP 在 LabVIEW 中查找示例文件可以导航到 开始菜单>所有程序>NI> NI-USRP>示例。

NI-USRP 帮助文档

LabVIEW 开发环境中提供了两种形式的帮助，即时帮助和详细帮助。

即时帮助

当光标移动到每一个 LabVIEW 对象上时，即时帮助窗口都会显示该对象的基本信息。选择帮助»显示即时帮助，或者按下<Ctrl-H>。

当光标移至前面板和程序框图对象上时，即时帮助窗口将显示子 VI、函数、常量、输入控件和显示控件的图标，以及每个接线端上的连线。当鼠标移至对话框选项上时，即时帮助窗口将显示这些选项的说明。

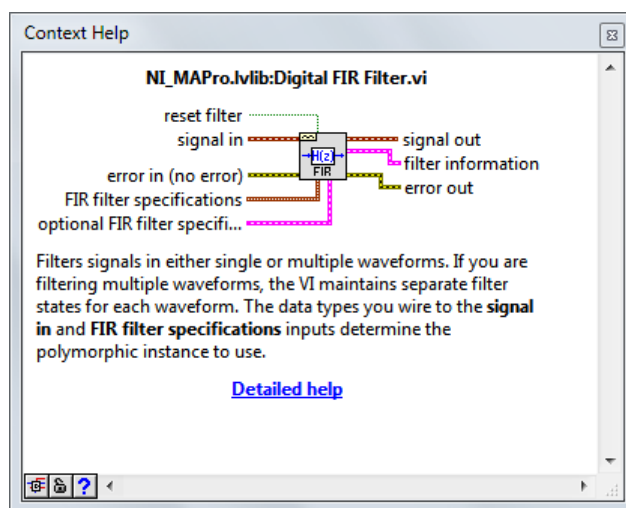


图 7 LabVIEW 即时帮助

如果即时帮助窗口所描述的这个对象存在对应的详细帮助时，会出现一个蓝色的“详细帮助”的链接（如图 7）。点击链接就可以得到关于该对象的更多信息。

详细帮助 (LabVIEW 帮助)

LabVIEW Help 中提供了 LabVIEW 特殊功能与函数的详细信息。LabVIEW Help 将专题分解成有详细信息的概念性课题和有关 LabVIEW 各项使用功能的分布指导课题，以及完整的参考信息。

单击蓝色的详细帮助链接或即时帮助窗口中的按钮或选择帮助»LabVIEW Help，可进入 LabVIEW Help。右键单击对象，从快捷菜单中选择帮助也可进入 LabVIEW Help。

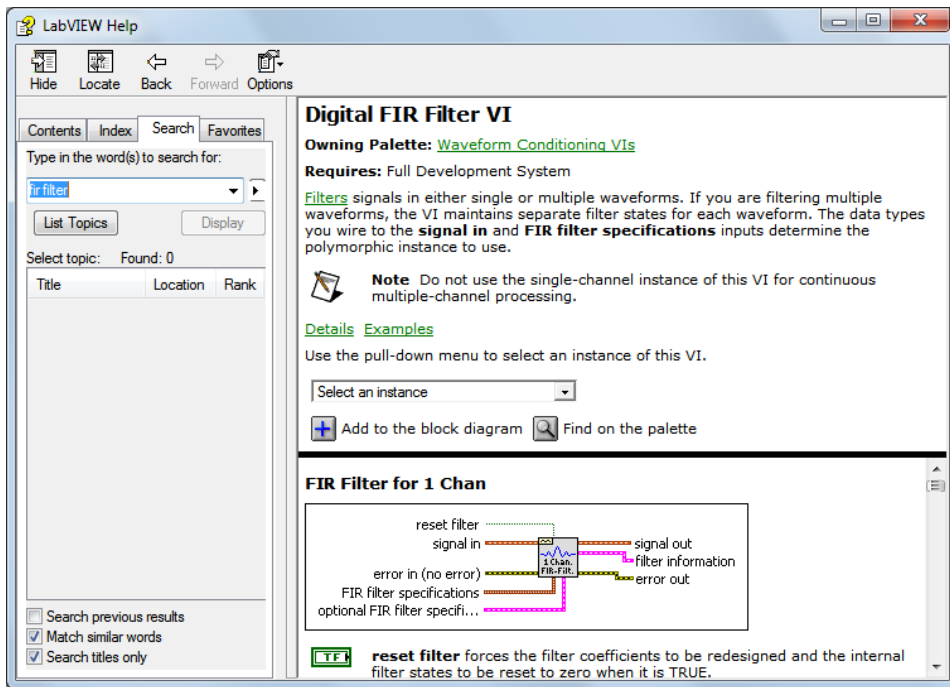


图 8 详细的 LabVIEW 帮助

NI-USRP 函数库

要使用 LabVIEW 中的 NI-USRP 函数，导航到该框图，在空白处点右键打开函数库，然后导航到仪器驱动> NI-USRP，会出现和下图相似的库。拖拽一个函数到框图上就可以开始编程。

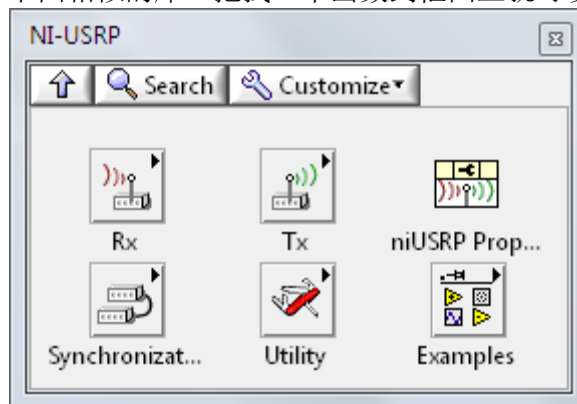


图 9 LabVIEW 中的函数库

niUSRP 属性节点

使用 niUSRP 特性来访问高级配置选项来应用 NI-USRP 驱动。

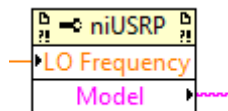


图 10 niUSRP 属性节点

八个最常用的 NI-USRP 函数

接下来的几个部分概括了八个最常用的 USRP 函数来帮助大家进行实验。已经根据功能将他们分类：配置、读/写、结束。大部分的数据采集程序都包含这些类别，并且在创建新的 LabVIEW VI（虚拟仪表）时它们是最重要的程序设计模型。

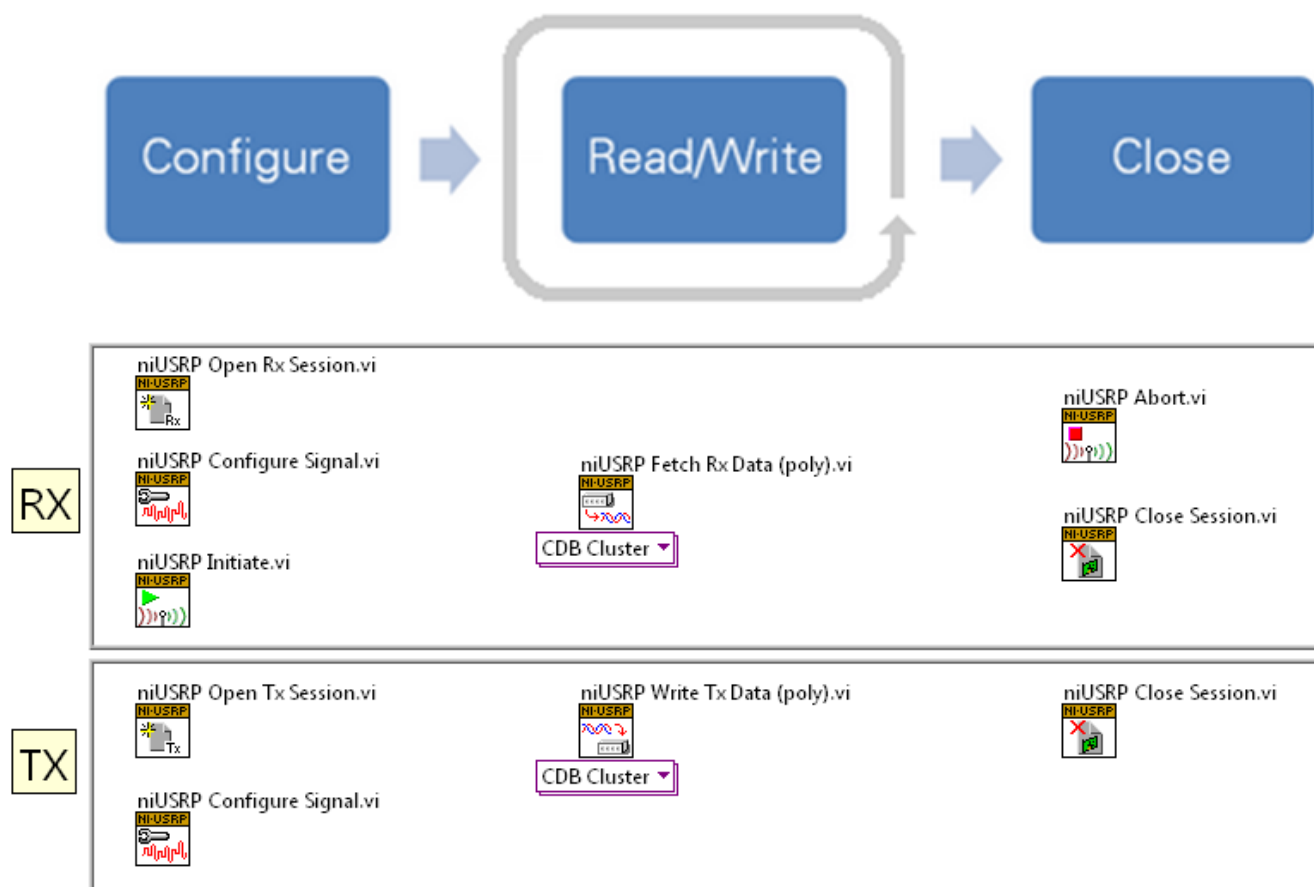


图 11 八个最常用的 NI-USRP 函数

配置函数

niUSRP 打开 Rx 会话



niUSRP 打开 Rx 会话 VI 是第一个用来创建接收射频信号的软件会话。其一个会话对于发送配置数据和在 USRP 中检索 IQ 数据是很有必要的。
一个 Rx 会话只能与 Rx 函数一起使用。

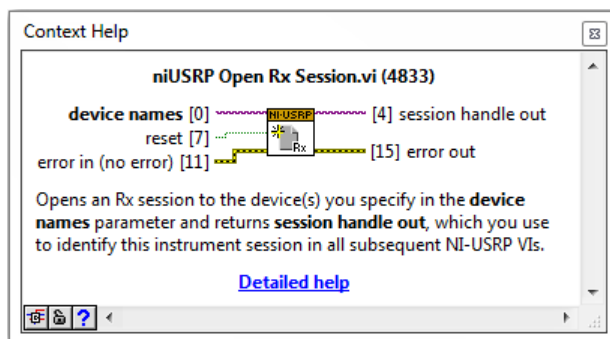


图 12 niUSRP 开 Rx 会话 VI 的即时帮助

niUSRP 配置信号



niUSRP 配置信号 VI 可以与接收会话 Rx 或传输会话 Tx 一起使用。它可以设置 IQ 率，载频，增益和有源天线。对多重 USRP 配置，频道列表制订了一个特殊的 USRP。并不是所有的 IQ 率、频率以及增益都是有效的。读入强制（实际）值来看是否与请求值不同。

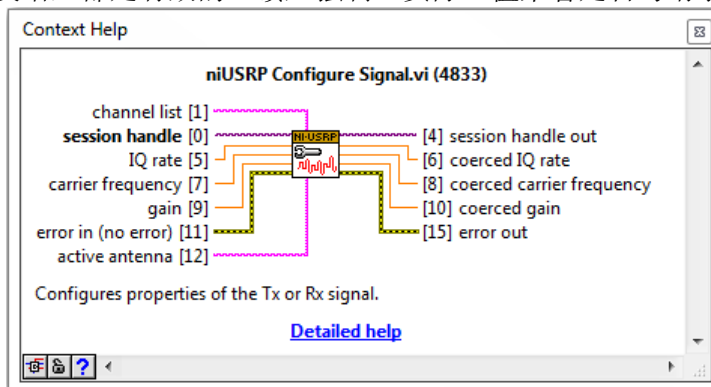


图 13 niUSRP 配置信号 VI 的即时帮助

niUSRP 初始化



niUSRP 初始化 VI 启动了接收会话并且告诉 USRP 所有配置已经完成，USRP 应该开始捕获 IQ 数据（即采样）了。
该 VI 只能与 Rx 会话一起使用。

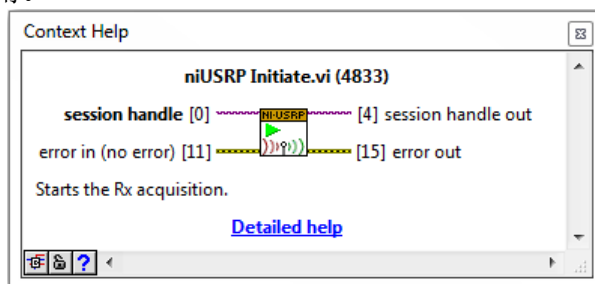


图 14 niUSRP 初始化 VI 的及时帮助

niUSRP 打开 Tx 会话



niUSRP 打开 Tx 会话 VI 是第一个用来建立与 USRP 的连接进行射频信号传输的 VI。其一个会话对于发送配置数据和向 USRP 发送 IQ 数据是很有必要的。一个 Tx 只可以和 Tx 函数一起使用。

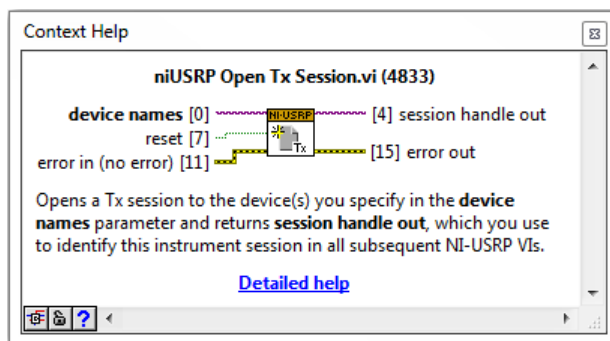


图 15 niUSRP 打开 Tx 会话 VI 的及时帮助

读写功能

niUSRP 提取接收数据 (多态)

niUSRP Fetch Rx Data VI 可以从由 niUSRP Open Rx Session VI 接收进程的 USRP 来检索 IQ 数据。这个数据可在时域中画出来，或者进行数字化处理以便分析。

niUSRP Fetch Rx Data VI 是多态的，也就是说可以通过要使用的数据类型从多个 niUSRP Fetch Rx Data VI 版本中选择合适的。VI 只能与接收进程一起使用。

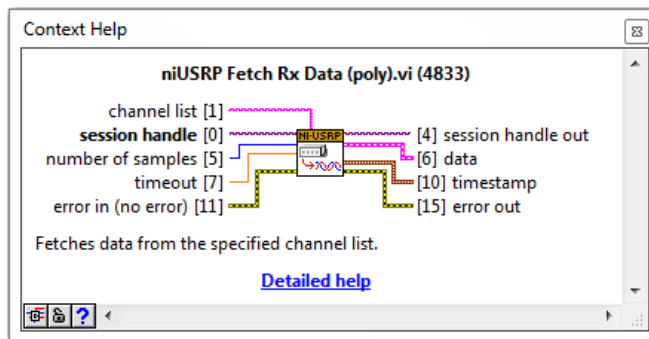


图 3. niUSRP Fetch Rx Data VI 文档帮助

niUSRP 写入发射数据 (多态)

niUSRP Write Tx Data VI 允许向 USRP 发送 IQ 数据，这样它可能会通过 niUSRP Configure Signal VI 在指定的载频上发送 IQ 数据。

niUSRP Write Tx Data VI 是多态的，也就是说可以通过要使用的数据类型从多个 VI 版本中选择合适的。

VI 只能与发送进程一起使用。

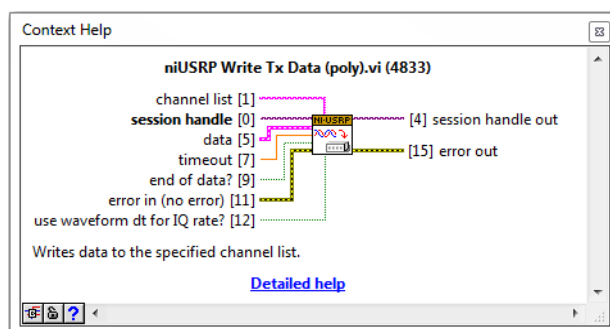

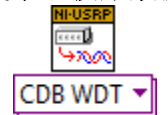



图 4. niUSRP Write Tx Data VI 文档帮助

NI-USRP 读写数据类型

这里提供了几个写入发射数据和提取接收数据图像的实例供您选择。下表给出了可供选择的实例。

多态类型	描述
复杂双集群 	从指定信道提取复杂的双精度浮点数据集群。Modulation Toolkit VI 使用该双精度浮点数据集群。在使用 Modulation Toolkit VI 的情况下使用此 VI。
复杂双波形数据 	从指定信道提取波形数据类型中复杂的双精度浮点数据
复杂双精度数 	从指定信道提取复杂的双精度浮点数据
16 比特整型数	从指定信道提取复杂的 16 比特带符号整型数据。为了使用此




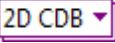


 	VI，必须把主机数据类型属性设置为 I16。
复杂双精度数据的 2 维数组  	从多信道提取复杂的双精度浮点数据。
16 比特整型数的 2 维数组  	从多信道提取复杂的 16 比特带符号整型数据。为了使用此 VI，必须把主机数据类型属性设置为 I16。

表 1. NI USRP 读写数据类型

关闭函数

niUSRP Abort



niUSRP Abort VI 给 USRP 传递停止获取的命令。通过这个 VI，改变配置信息的时候，无需完全关闭并新建一个新的会话。
这个 VI 只能用于 Rx 会话

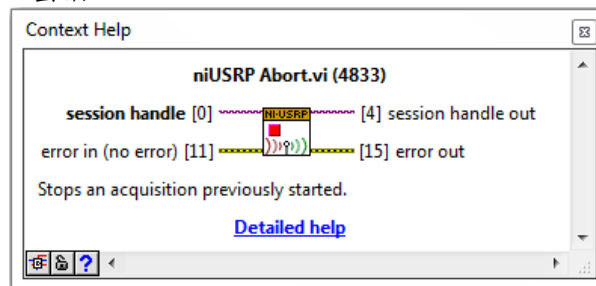


图 5. niUSRP Abort VI 的上下文帮助

niUSRP Close Session



niUSRP Close Session VI 可以关闭正在运行的 Rx 或者 Tx 部分，并释放它们所用的内存。如果你调用了这个 VI，就不能再通过 USRP 传输或者接收任何信息了。要想重新使 USRP 正常工作，只好重新运行。

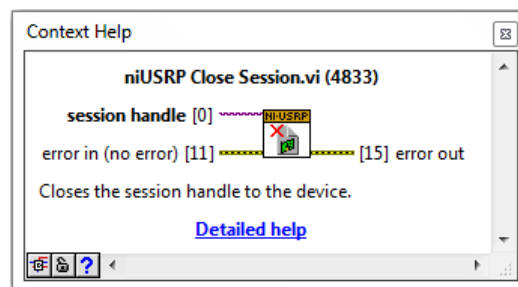


图 6. niUSRP Close Session VI 的上下文帮助

USRP 接收和传输的例子

下面的例子是接收和传输的框架程序。每个例子都有一些示范应用，和 LabVIEW 的程序框图例子一样，都是帮助入门的。这些例子可以在 **Start » All Program » National Instruments » NI USRP » Examples** 打开

单信道，有限

应用: 并发数据传输，跳频，宽频带

例子 VI : niUSRP EX One Shot Rx.vi

以下列出了此类型应用所要用到的 VI。有一些 VI 是必须的，有一些 VI 是为了增强功能的，有一些是不用的。

NI-USRP VI	Acquire	Transmit
Open Session	✓	✓
Configure Signal	✓	✓
Initiate	✓	
Fetch/Write Data	✓	✓
While Loop		
USRP Property Node	✓	✓
Abort	✓	
Close Session	✓	✓

单通道有限的例子用来演示传输迸发数据。仅传输单个迸发数据的话，**while** 循环是不用的。用 **while** 循环、**abort** VI 和 **initiate** VI，可以实现在 Rx 运行中，不重启 Rx 部分，就可以改变载频频率。对于 Tx 部分，在最后一个采样点传输完毕之后，一个指示器 **End of Data?** 会被置为 **true**，用来关闭 USRP 的发射器。

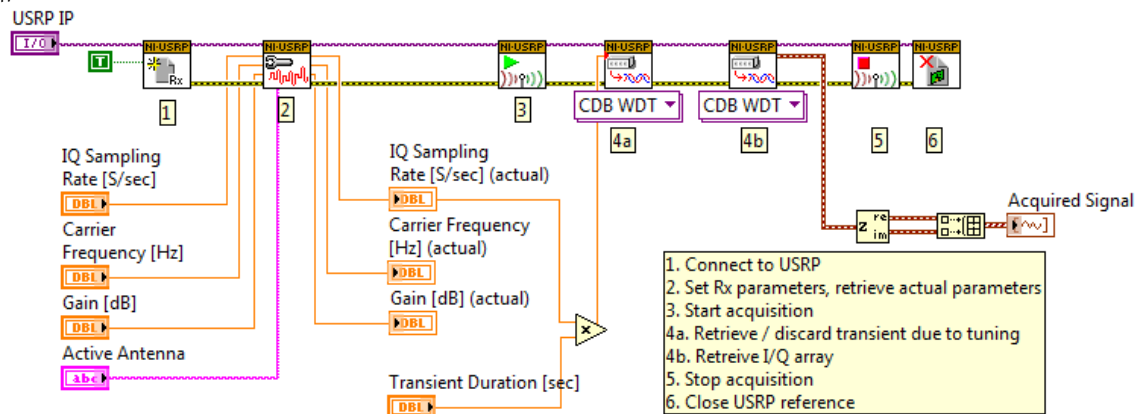


图 7. USRP 有限数据采集的程序框图例子代码

连续单信道

应用范围: 突发数据接收，功率杠杆监测，连续传输

VI 的例子名称: niUSRP 同步 vi 的接收连续

下表列出您将使用到的类型应用，他们来自 VI。注意一些 VI 的应用是有要求的，有些可以加入更先进的功能，有些是不适用的。

NI-USRP VI	Acquire	Transmit
Open Session	✓	✓
Configure Signal	✓	✓
Initiate	✓	
Fetch/Write Data	✓	✓
While Loop	✓	✓
USRP Property Node	✓	✓
Abort	✓	
Close Session	✓	✓

除了被加入的 **while** 循环，单信道连续的例子几乎都定义在有限的例子中。这个特性在防止丢失传输是非常有用的，尤其是在突发情况或是连续接收传输的时候。例如在接收会话中，在 **while** 循环里面，中止和启动的 VI 是不被使用的，而是被用来保持发射机的持续性。为发送会话中，表示数据结束的布尔指示器设置为 **false**（错误），以保持变送器的持续性。如果你的循环获取或写入速度不够迅速，那么你最终会得到一个下溢的缓冲区或是溢出的错误。你应该总是检查是否有错误，如果发生错误，则立即退出循环。

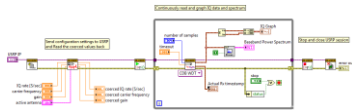


图 21 单 USRP（信道）连续接收的原理框图示例代码

连续多通道

应用：宽带频谱监测，MIMO（多输入输出）传输和接收

VI 的例子名称：niUSRP 同步输出时多个接收

下表列出您将使用到的类型应用，他们来自 VI。注意一些 VI 的应用是有要求的，有些可以加入更先进的功能，有些是不适用的。

NI-USRP VI	Acquire	Transmit
Open Session	✓	✓
Configure Signal	✓	✓
Initiate	✓	
Fetch/Write Data	✓	✓
While Loop	✓	✓
USRP Property Node	✓	✓
Abort	✓	

连续多通道是连续单通道的扩展，它被设置在多个 USRPs（信道）上。多个 USRPs 在独立的频率使用单独的 USRPs，可以让您获得更大的系统带宽。。要配置一个完整的 MIMO 系统，你需要调用 LabVIEW 的属性节点并且使用 MIMO 电缆或同步至一个外部时钟源。

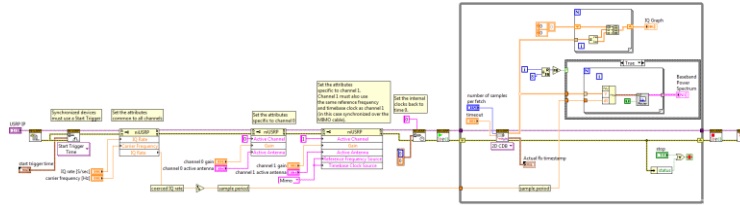


图 22 多通道连续采集的原理框图示例代码

开始之前：熟悉 LabVIEW 开发环境

在开始使用 LabVIEW 之前，用户很有必要先对 LabVIEW 的开发环境进行下了解。LabVIEW 是一个图形化（G）编程环境。目前，世界各地有成千上万的工程师应用 LabVIEW 来进行小型、中型甚至系统级的项目设计。

在 LabVIEW 环境中，用户界面被叫作前面板，背景色为灰色。用户或者操作者可以通过在前面板上添加控件、旋钮、开关、图形、图表和发光二极管等器件来进行程序控制。

LabVIEW 的编程界面被叫做程序框图，其背景为白色。可以通过在程序框图上添加众多子功能和子例程，来搭建满足自身需求的程序，达到想要的功能。另外，LabVIEW 自带了许多预定义的功能，你可以通过对这些预定义功能的组合重用，来节省搭建模型和访问硬件设备的时间。

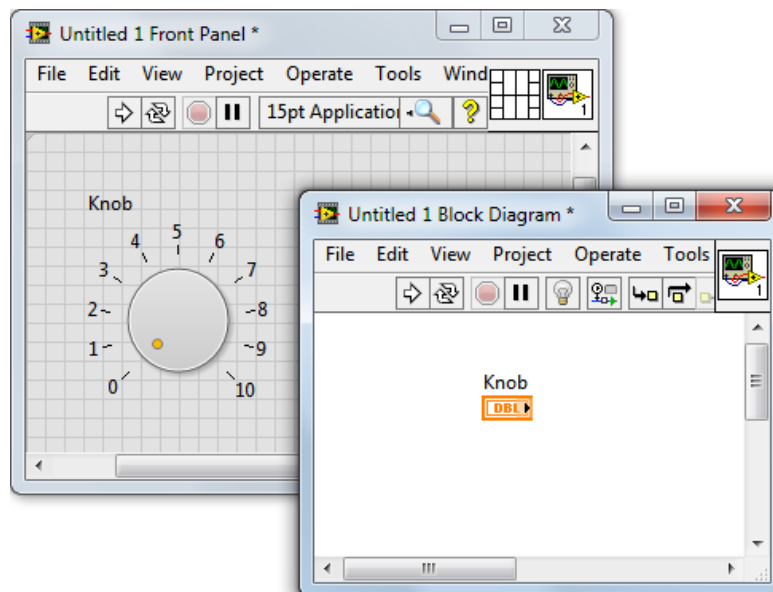


图 23. 前面板（左侧）和程序框图（右侧）示意图

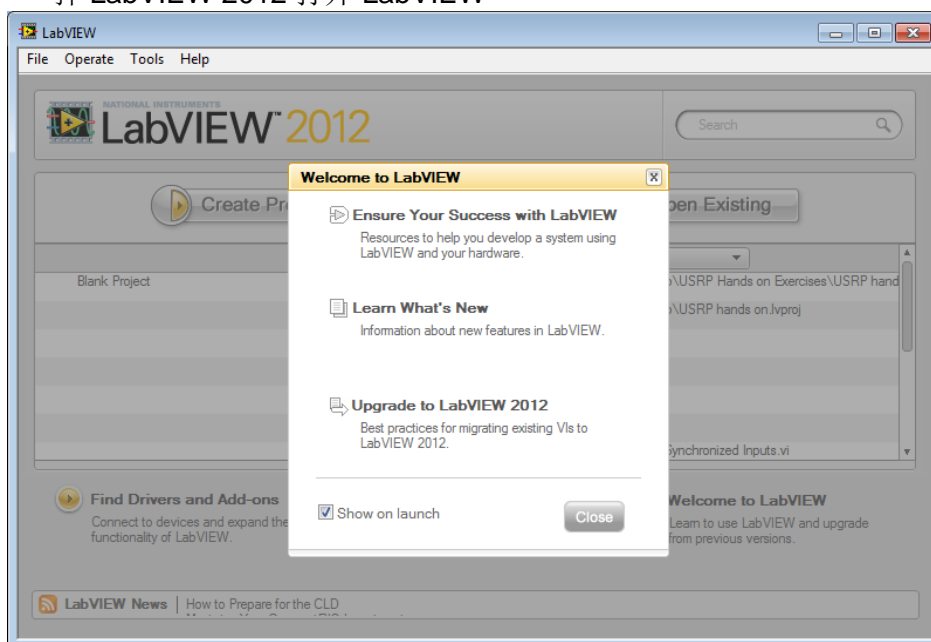
你可以通过多种方式，更全面地了解 LabVIEW。在此，推荐其中一种较为便捷的方式：访问 LabVIEW 101，一个免费的 LabVIEW 在线学习中心。你可以查看手册最后的额外培训部分，那里有对 LabVIEW 101 的详细介绍。

LabVIEW 前期配置

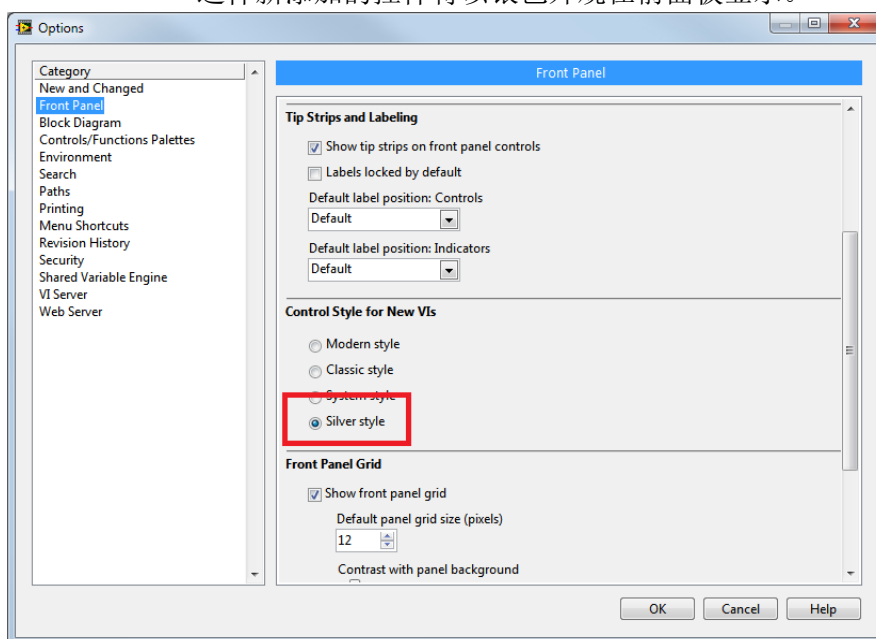
注意:我们假定在开始本练习前，你已经安装了所有必需的软件并且完成了相应的硬件配置。

目标：对 LabVIEW 进行前期配置，方便之后的编程

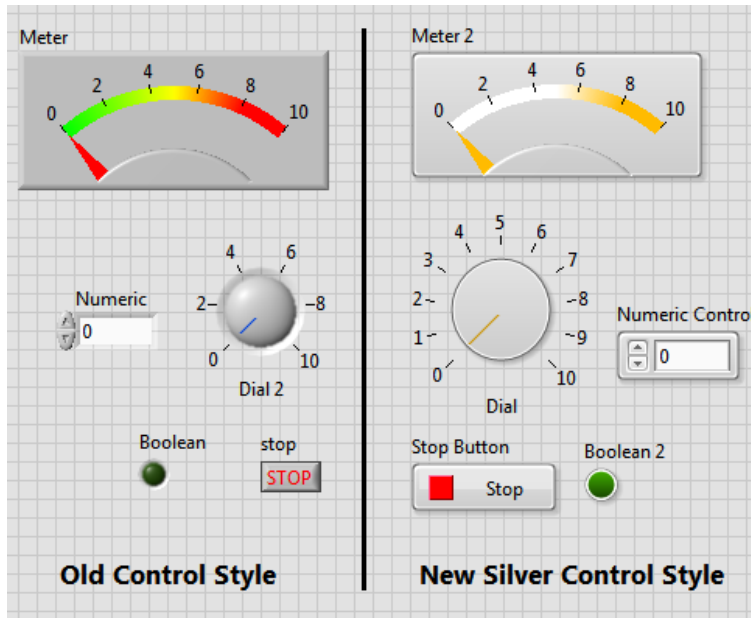
操作指南：1. 启动 LabVIEW。在“开始”菜单下选择“所有程序”，找到 National Instruments，选择 LabVIEW 2012 打开 LabVIEW



2. 在启动窗口的 Tools 菜单下，点击 Options... 打开 Options 窗口
a. 然后在右侧子窗口中将 Control Style for New VIs 设置为 Silver style。
这样新添加的控件将以银色外观在前面板显示。



编程时，前面板将会变成如下图所示的样子：

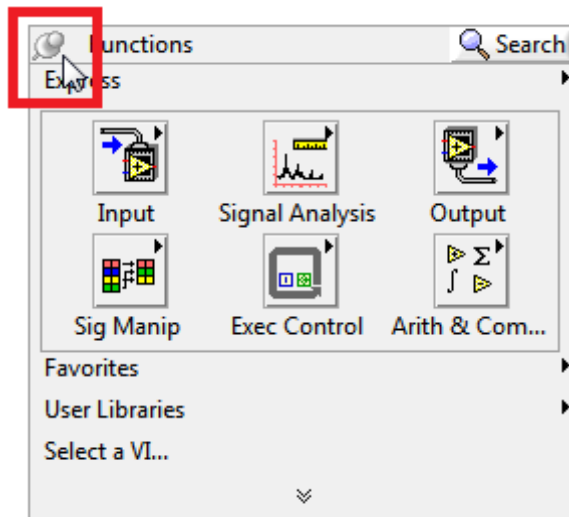


- b. 在 Category 下选择 Block Diagram，取消 General 下对‘Place front panel terminals as icons’的选择，节省图标所占空间。

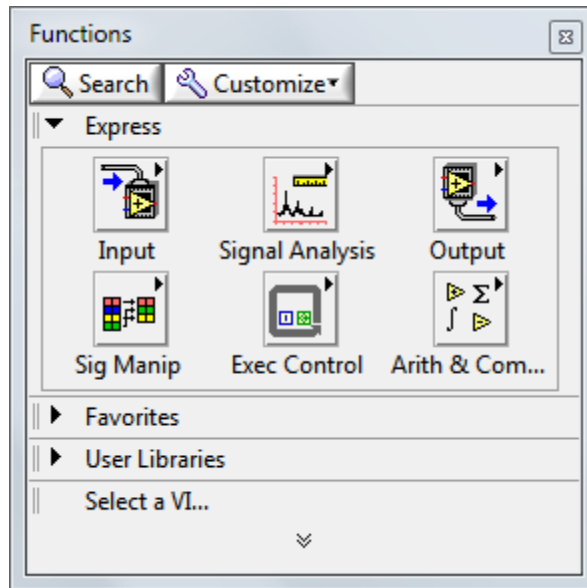


- c. 点击 OK 键关闭窗口

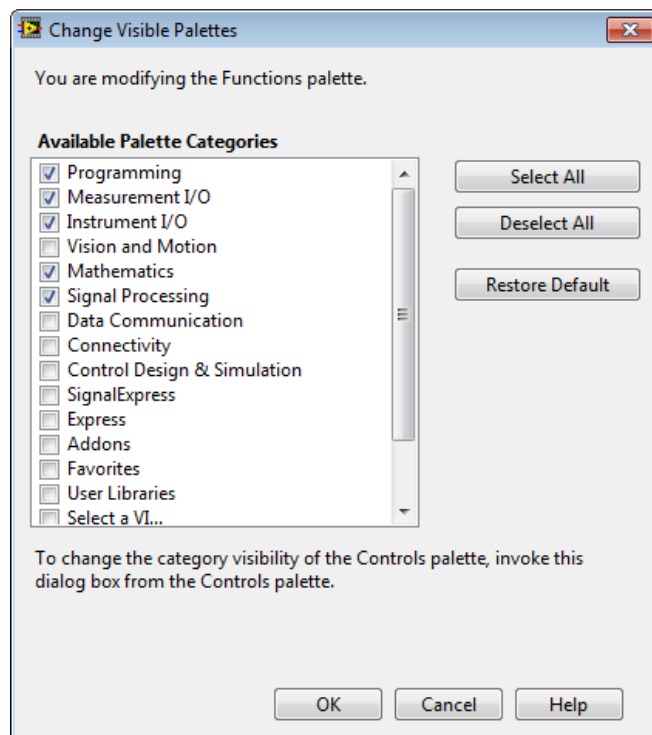
3. 在程序框图，在空白处点击右键，调出函数面板，左键点击左上角的图钉



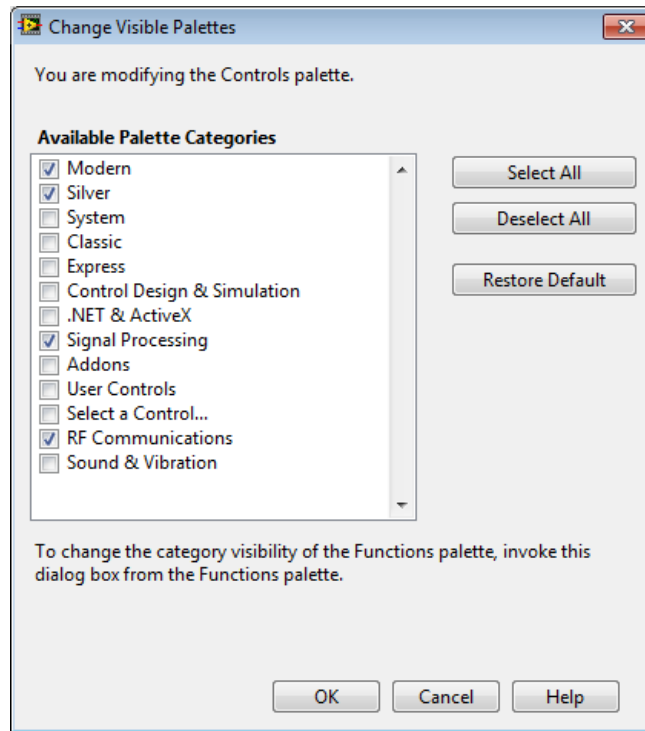
- a. 一个新按钮定制（Customize）就会出现，点击它，并选择改变可见选板（**Change Visible Palettes...**）



- b. 点击取消全部（ **Deselect All** ）按钮
- c. 选中复选框中编程（ **Programming** ），测量 I/O（ **Measurement I/O** ），仪器 I/O（ **Instruments I/O** ），数学（ **Mathematics** ），信号处理（ **Signal Processing** ）和射频通信（ **RF Communications** ）等条目，然后点击确定



4. 切换到前面板，并将可见面板设置为新式(Modern)，银色(Silver)，信号处理(Signal Processing)和射频(RF)通信



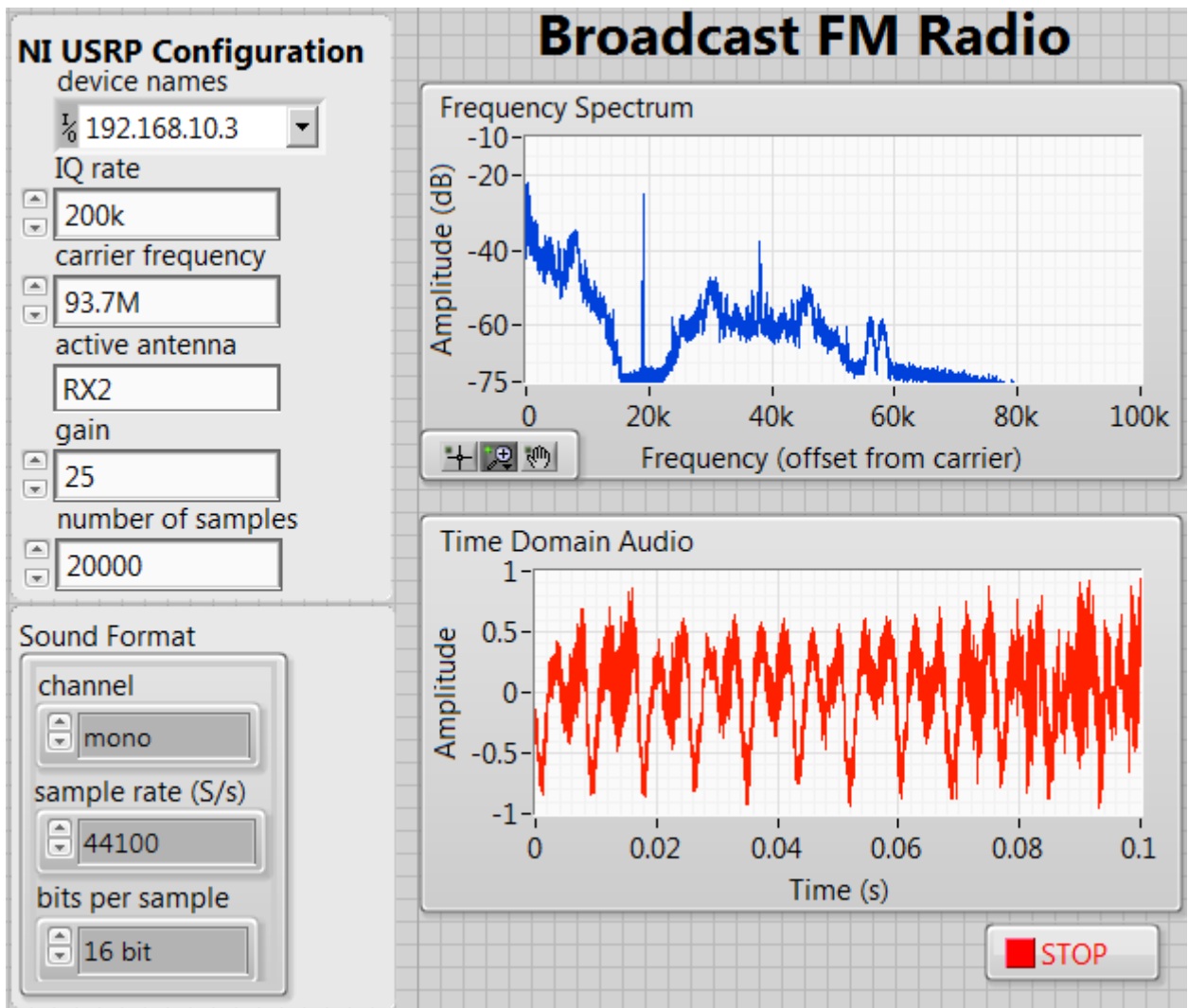
5. 点击确认，并关闭可见面板对话框

LabVIEW 快捷键

下面列出了 LabVIEW 中的快捷键。可以参考 [LabVIEW Quick Reference Card](#)，一个 PDF 版的快捷键说明文档。

按键	描述
Ctrl + C	复制选中项
Ctrl + V	粘贴选中项
Ctrl + X	剪切选中项
Ctrl + Z	撤销
Ctrl + Space	激活下拉菜单
Ctrl + H	上下文帮助开关
Ctrl + B	移除框图中的断线
Ctrl + E	在前程序框图之间切换
Ctrl + R	运行选中 VI
Ctrl + S	保存选中 VI
Ctrl + T	将前面板和程序框图竖直并排放置
Ctrl + U	整理框图面板（程序框图）
Ctrl + Click & Drag	在程序框图插入一个空格

表 2. LabVIEW 快捷键



动手练习

创建一个 FM 收音机

练习 1: 找一个无线电台

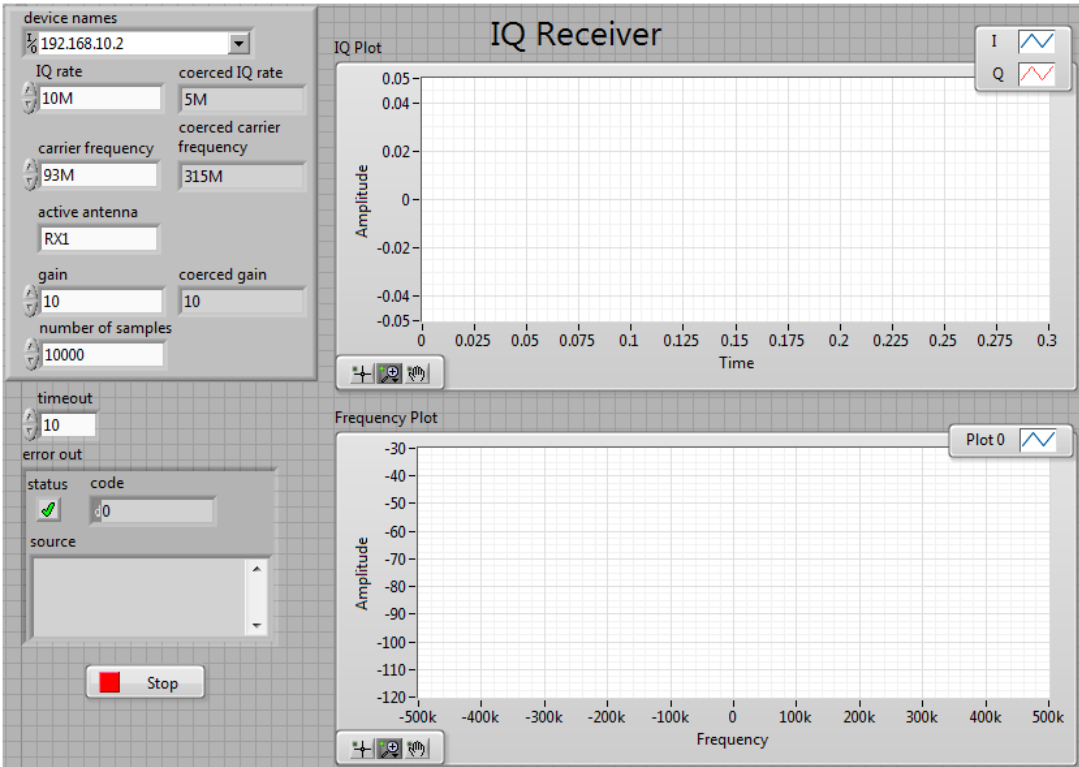
注: 此练习假设你已经装了所有要用到的软件，并且配置好了所有的硬件

- 目标
- a) 找到本区域的一些无线电台

b) 用前面板的波形图分析这些电台

A 部分

1. 打开桌面上的 **niUSRP Hands-on** 文件夹
- a. 在文件夹中打开 **Exercise 1A.VI**

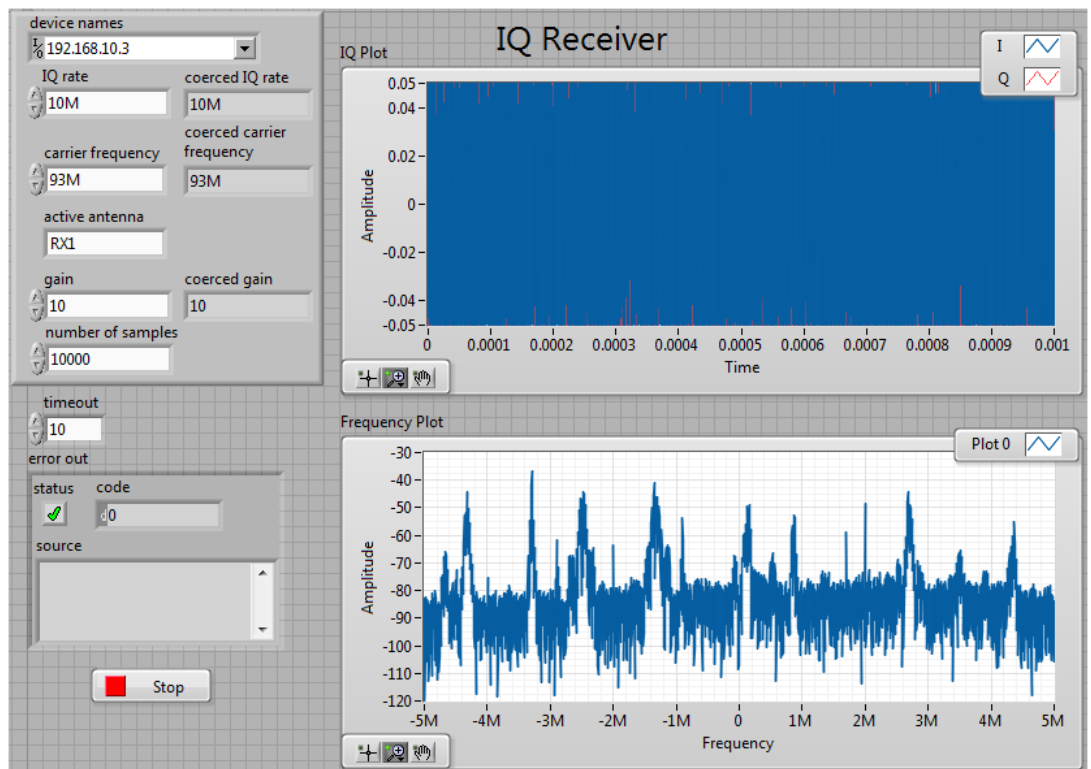


2. 按照下表配置前面板

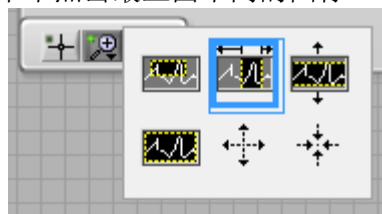
Parameter	Value
Device names（设备名）	192.168.10.2
IQ Rate（IQ 速率）	10M
Carrier frequency（载波频率）	93M
Active antenna（所选天线）	RX1
Gain（增益）	1
Number of samples（采样数目）	20k
Timeout（超时）	10

注:注意 M 与 m 之间的区别。LabVIEW 将 m 设定为毫，M 设定为兆。

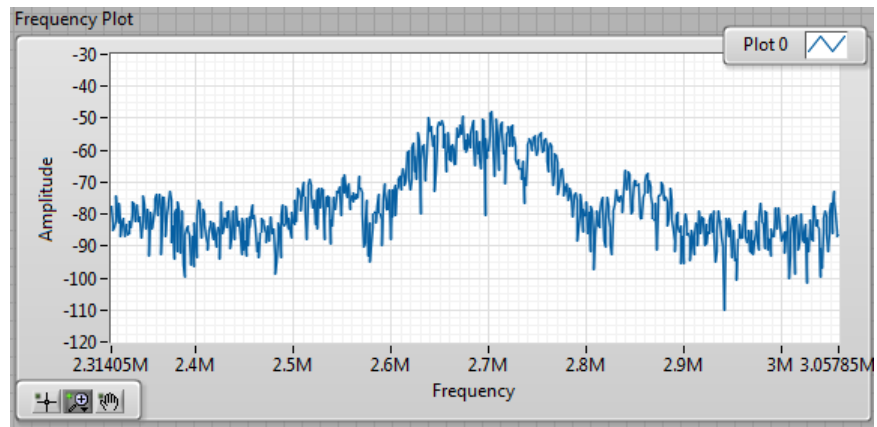
3. 按下运行按钮，你就会看到如下图所示的波形图。如果你的波形图中没有很多的峰值点，将程序停止，修改增益（gain）到 30，然后再次运行。



4. 观察 FM 电台的频谱图。在美国，每个无线电台分配到的频谱都在 88MHz 到 108MHz 之间。接下来我们选一个单独的电台。
5. 点击停止按钮，停止程序的运行。
6. 点击放大器图标，在弹出菜单中点击最上面中间的图标



7. 在图上选择一个电台，并绕着峰值点从左到右点击
8. 在这个图中，这个 FM 电台的频谱在 2.6MHz 到 2.8MHz 之间，带宽为 200KHz，这就是电台的 IQ 速率。此电台的中心频率与我们的载频 93MHz 相差 +2.7MHz (95.7MHz)

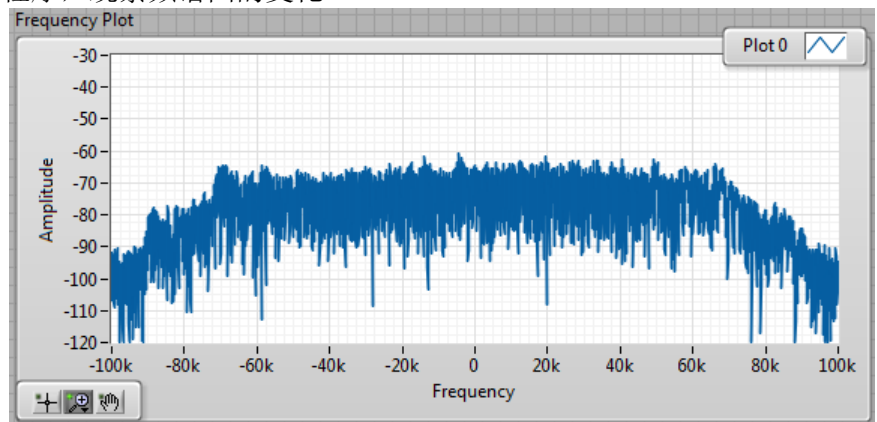


9. 调整参数使得只有这一个电台
 - a. 停止程序
 - b. 将载频设置为 95.7M
 - c. 将 IQ 速率设置为 200k

A screenshot of a parameter configuration window. It has several sections with labels and input fields. The 'device names' section has a dropdown menu showing '192.168.10.3'. The 'IQ rate' section has a spin button set to '200k' and a 'coerced IQ rate' field set to '10M'. The 'carrier frequency' section has a spin button set to '95.7M' and a 'coerced carrier frequency' field set to '93M'. The 'active antenna' section has a text field set to 'RX1'. The 'gain' section has a spin button set to '10' and a 'coerced gain' field set to '10'. The 'number of samples' section has a spin button set to '10000'.

注:这个电台在你所在的地方可能是不可用的,但是操作方法都是相同的。

10. 再次运行程序, 观察频谱图的变化



练习 2: 解调 FM 广播

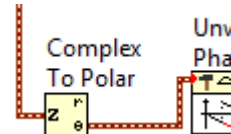
注: 此练习假设你已经装了所有要用到的软件, 并且配置好了所有的硬件

目标

- a) 快速获取, 显示, 并可以收听 FM 广播电台
- b) 理解各个参数如何控制程序获取数据
- c) 学习 LabVIEW 数据流原理

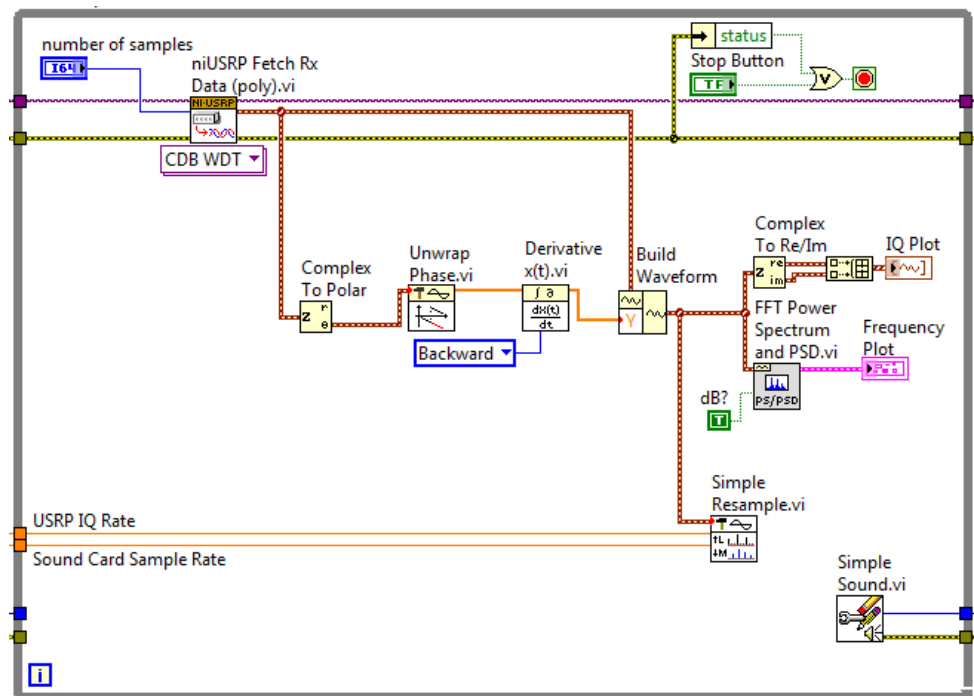
A 部分

1. 打开 **Exercises** 文件夹
 - a. 启动 **Exercise 1B.VI**
2. 选择菜单: 窗口>显示框图
 - a. 解调, 显示, 收听广播所要用的函数和 VI 已经放到了框图面板中 (程序框图) 你需要按正确的顺序将他们连起来, 并完成这个练习。
3. 在 while 循环内, 找到 **niUSRP Fetch Rx Data (poly) VI**
 - a. 将数据输出连到“复数到极坐标”函数的 z 输入端口
4. 将 **Complex To Polar** 函数的 theta 输出连到 **Unwrap Phase VI** 的 **Phase** 输入端



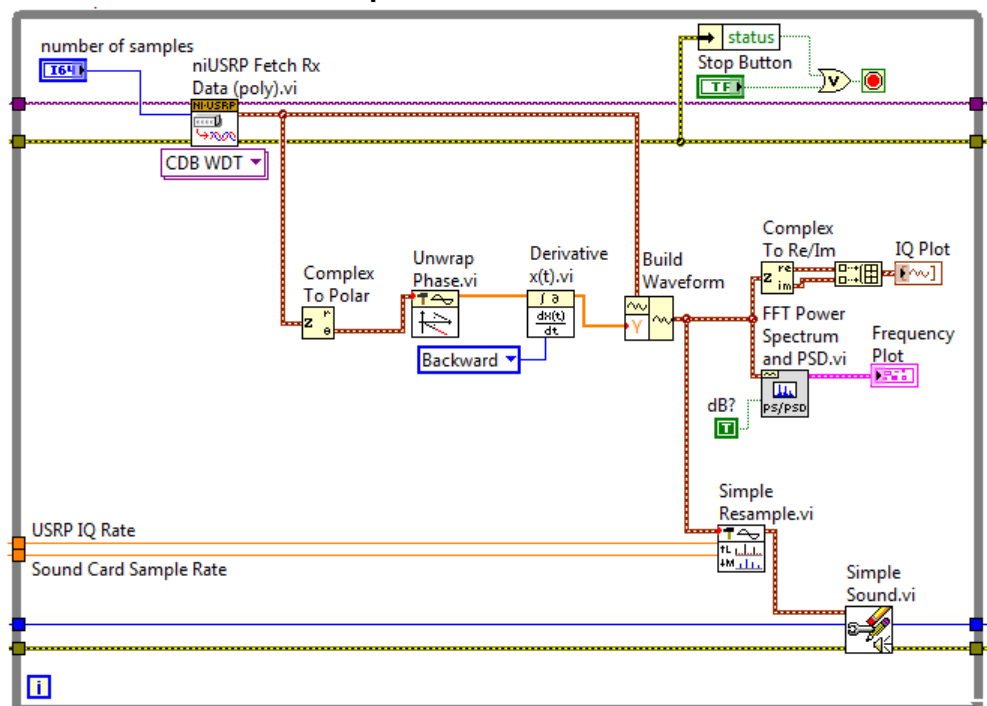
(确保你没有连 r 输出端)

5. 将 **Unwrapped Phase** 接到 **Derivative x(t) VI** 的 X 输入端口
6. 将 **dX/dt** 连接到 **Build Waveform** 函数的 Y 输入端口
7. 将波形输出至以下框图
 - a. **Complex To Re/Im** 函数的 z 输入端口
 - b. **FFT Power Spectrum and PSD VI** 的 time Signal 输入端口
 - c. **Simple Resample** 的波形输入端口
8. 将 **Simple Resample VI** 的波形输出端口接到 **Simple Sound VI** 的数据输入端口



9. 配置声卡

- 将在 while 循环的左下的蓝色块接到（**Simple Sound**）VI 的任务号（task ID）输入端。
- 将黄色块接到（**Simple Sound**）VI 的错误输入端。



10. 在菜单栏选择，窗口>显示前面板

11. 保存 VI

12. 运行 VI

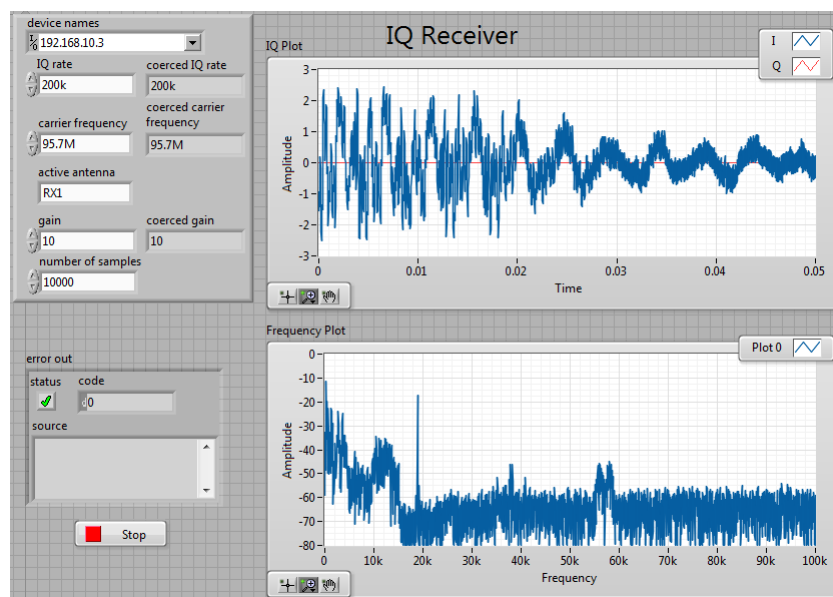


图 8. 完成的前面板

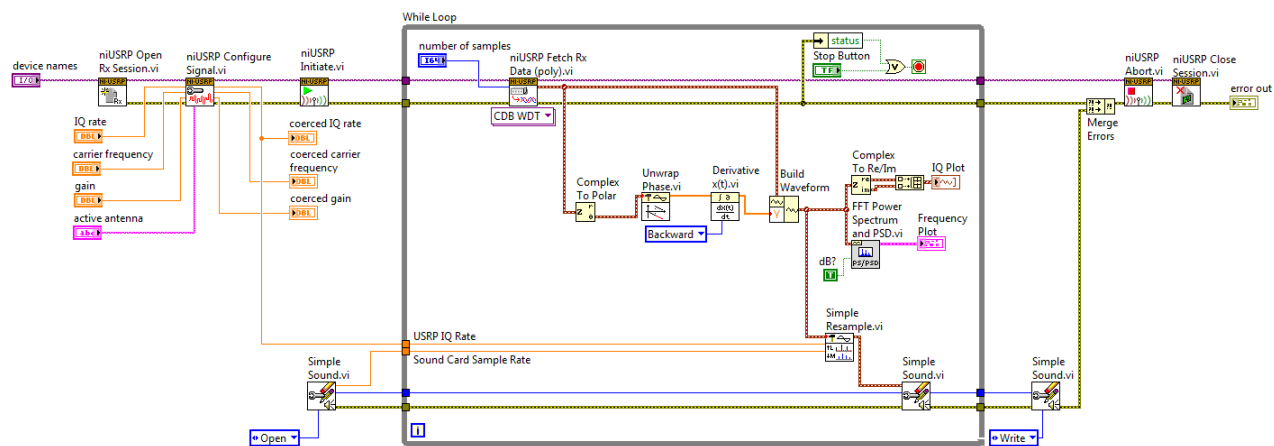


图 9. 完成的程序框图

算法解释

频率调制 (FM) 的原理是以载波的瞬时频率变化来表示信息。我们可以使用一个频率偏移来精确地模拟相位随时间的变化，之所以这么做是因为我们很容易从 IQ 信号中得到相位信息。

$$FM\ Signal = \sin\left(\underbrace{\text{carrier frequency} + \int_0^t \text{message signal}\ dt}_{\text{Phase}}\right)$$

Phase

给予一个调频电台作为 IQ 信号，我们就可以获得它的相位信息。然后我们如果能够利用积分的相反过程即微分，就可以恢复原来的信号。但是当相位在-180 度到 180 度这个范围内变化时，我们就会遇到相位不连续的问题。为了解决这个问题，我们可以把相位增加 360 度的倍数，这样相位的变化就连续了，这种方法叫做相位展开。

在下图中，左图的信号的相位在-180 度到 180 度之间，右图显示一个展开信号的相位从 0 度到 720 度变化。

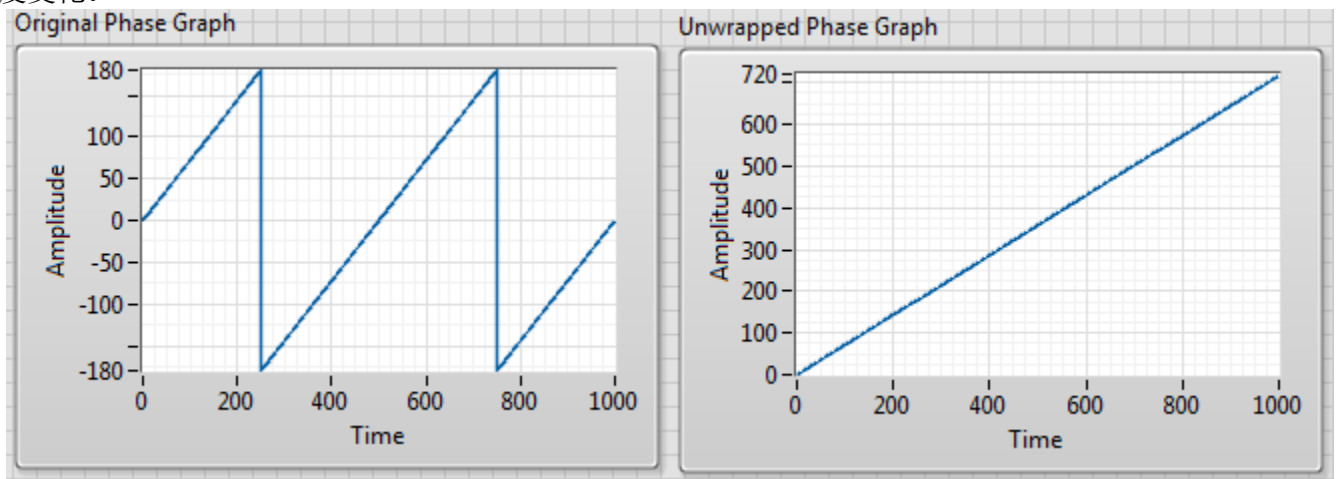


图 10. 原始相位信号和展开相位信号的比较

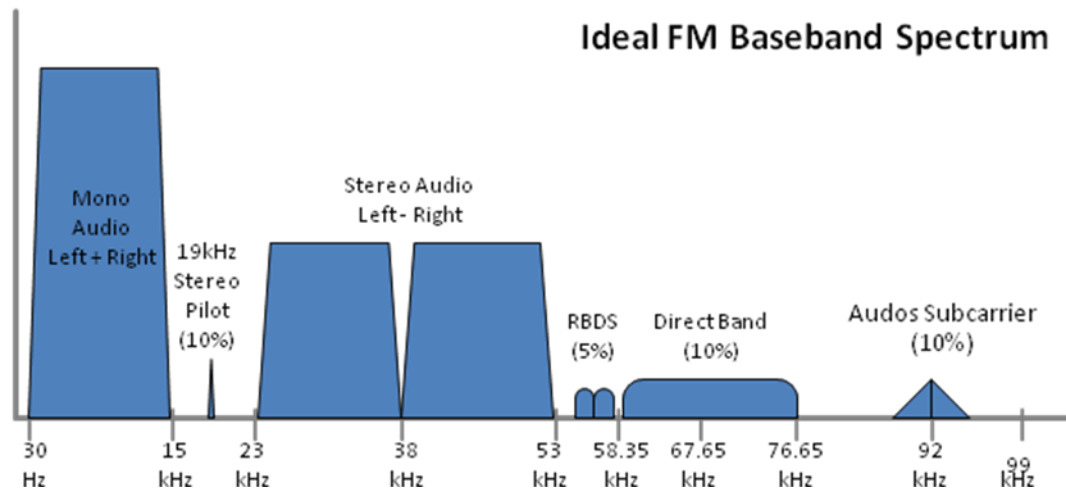


图 11. 摘自维基百科的图 [Wikipedia Entry on FM Broadcasting](https://en.wikipedia.org/wiki/FM_broadcasting)²

² FM broadcasting. (2013, January 16). In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved 17:13, January 16, 2013, from http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=FM_broadcasting&oldid=533382011

图 27 显示了一个已被解调过的调频广播电台的理想频谱图。在左边 30HZ 到 15KHZ 的方框图表示我们在扬声器中可以听到的声音。当我们为我们的声卡重新取样波形时，过去的一切单声道音频都要被过滤掉。

有一个 19 kHz 导频音，表示立体声音频的存在。集中在 38 kHz 的音频可以通过与单声道音频加减来获取左和右通道。

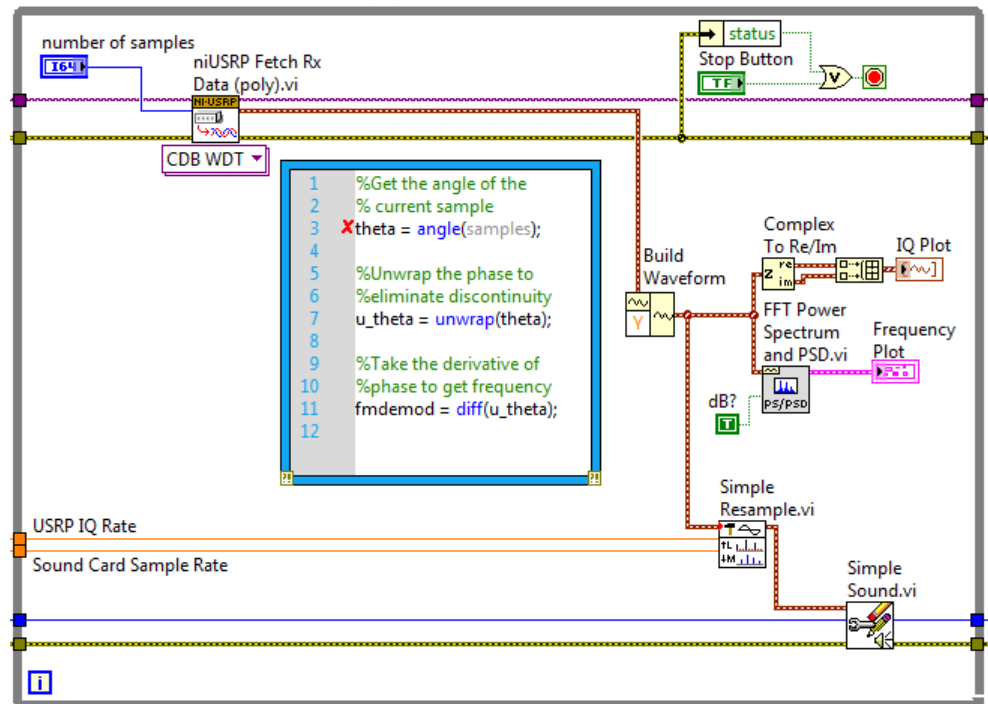
在这个会话的右边还有其它的数字信号没有被讨论到。

目标

- 使用 MathScriptRT, 利用一个现存的 m.file 脚本 来 解调一个调频广播电台
- 了解虚拟仪器(LabVIEW)的多模型计算

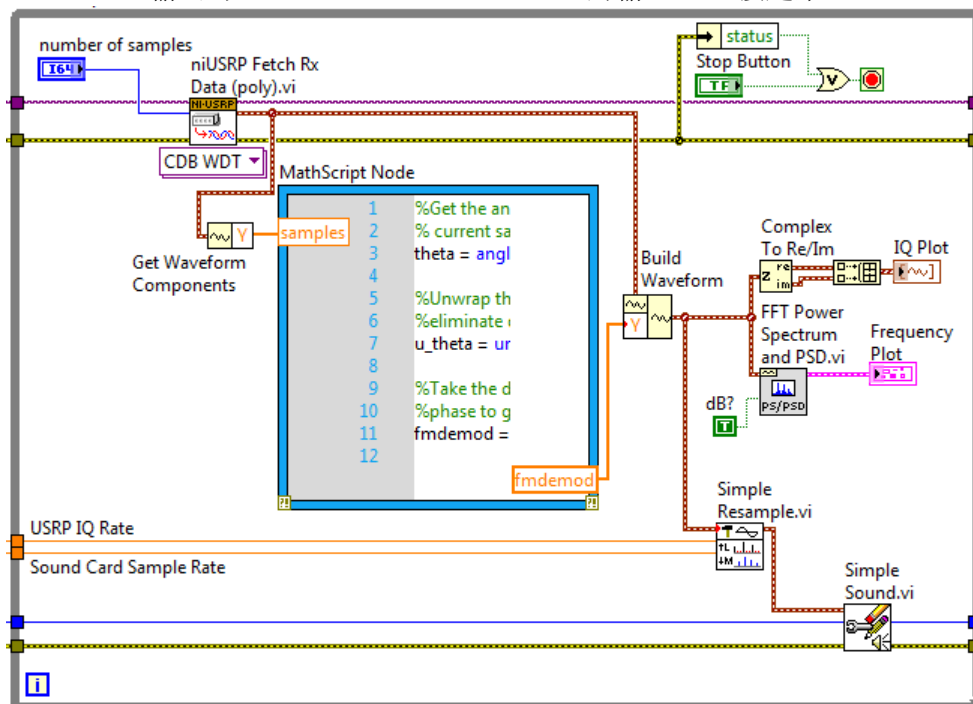
B 部分

- 使用 MathScript 节点来代替解调功能
 - 删除 **Complex To Polar**, **Unwrap Phase**, **Derivative x(t)** 和 the **Backward constant**
 - 按<Ctrl-B> 键删除所有的断线
- 置入 MathScript 节点
 - 在一个空白地方单击右键
 - 导航到 **Programming » Structures** 并单击 MathScript
 - 把 MathScript Node 放在已被删除的 LabVIEW 函数的位置上
- 右键单击 MathScript 节点的边界
 - 右键单击 MathScript 节点的边界并选择 **Import**
 - 导航到 **Exercises** 文件
 - 选择 FMdemod.m 脚本



- 右键单击 MathScript 节点的左边界并单击 **Add Input** 增加输入
 - 在接下来的文本框中出现标准样本
- 右键单击 MathScript 节点的右边界并单击 **Add Output** 增加输出» fmdemod.
- 导航到 **Programming » Waveform palette**
 - 把 **Get Waveform Components** 函数 放在 MathScript 样本值输入 的左边
 - 用线把 **niUSRP Fetch Rx Data** VI 的数据输出与 **Get Waveform Components** 函数的输入连接在一起
 - 用线将输出 **Y** 与 **samples** 输入连接起来

7. 用线将 **fmdemod** 输出与 **Build Waveform** function 的输入 **Y** 连接起来



8. 将 VI asExercise 1C
9. 切换回到前面板并运行 VI

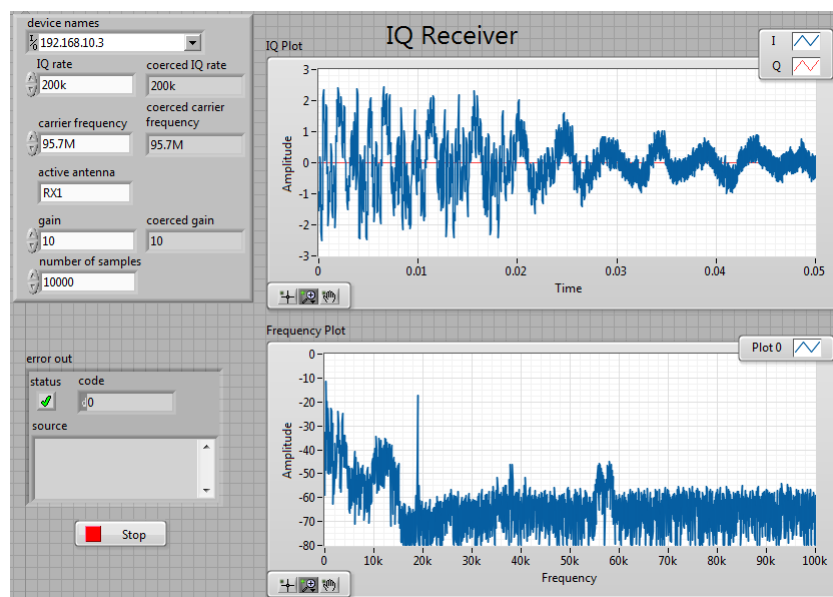


图 12. 完成的前面板

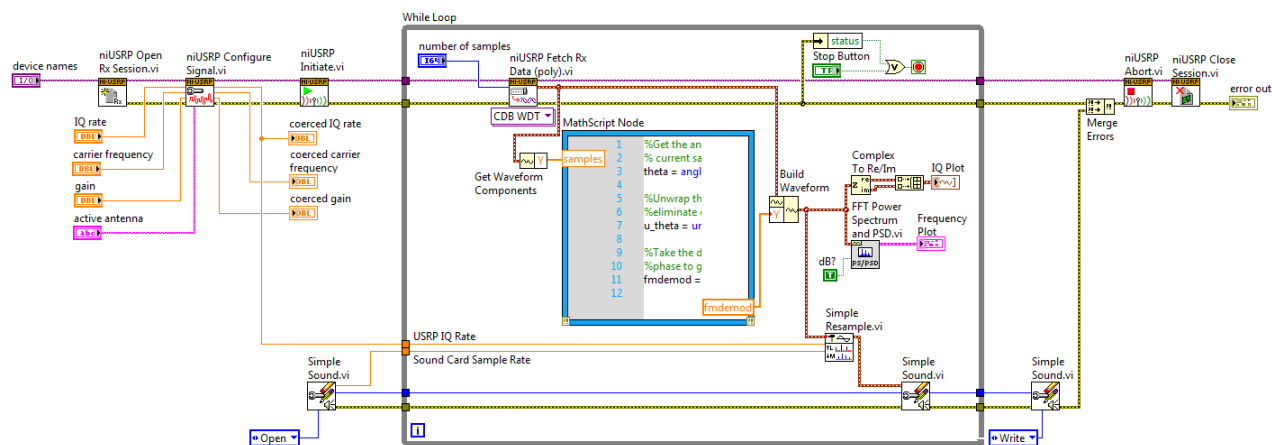


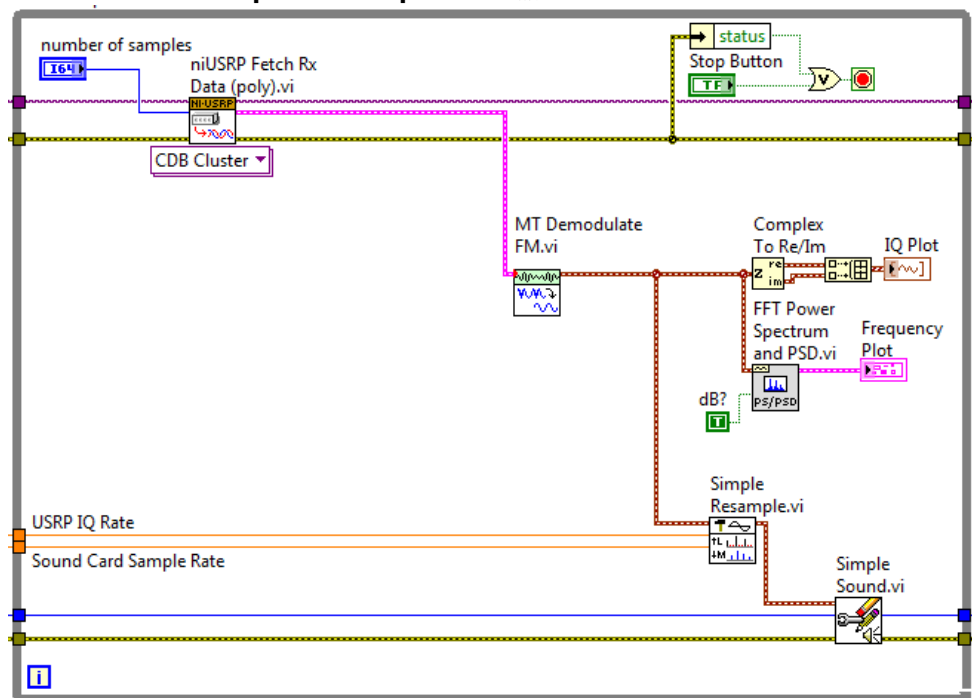
图 13. 完成的程序框图

目标

- 使用 LabVIEW Modulation Toolkit 快速解调一个调频广播电台站
- 使用来自工具箱中的知识产权 (IP) 来快速完成任务

C 部分

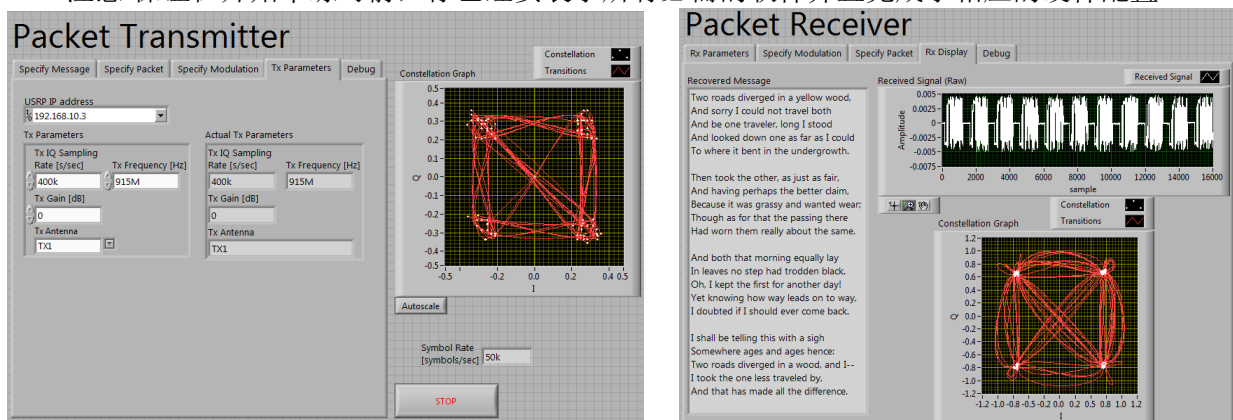
- 删除 **Get Waveform Components** 函数， **MathScript** 节点和 **Build Waveform** 函数
- 按<Ctrl-B> 键删除所有断线
- 点击 **niUSRP Fetch Rx Data** VI 上的下拉箭头
 - 选择 **Single Channel » Complex Double Cluster**
- 调出功能面板
 - 导航到 **RF Communications » Modulation » Analog » Demodulation**
 - 把第二个图标 (**MT Demodulate FM**) 拖到 MathScript 节点所在的方块图位置上
- 用线将来自 **niUSRP Fetch Rx Data** 的输出数据与来自 **MT Demodulate FM** VI FM 的输入调制波形连接起来
- 将 **FM** 调制波形连接到几个方框图上:
 - 连接到 **Complex To Re/Im** 函数的输入 **z** 上
 - 连接到 **FFT Power Spectrum and PSD** VI 的输入时间信号上
 - 连接到 **Simple Resample** VI 的输入波形 上



- 把 VI 保存为 **Exercise 1D**
- 切换回到前面板并运行 VI
提示: 你可能需要右击频率图就会自动调整 y 轴比例尺度

练习 3: 数字通信

注意:保证在开始本练习前, 你已经安装了所有必需的软件并且完成了相应的硬件配置。



目标

- 打开并运行一个数字通信的实例
- 熟悉调制/解调过程中所用的 VI 及其它元素

A 部分

- 与你周围的人或团队进行配对, 然后其中一方作为发送端打开发送 VI, 另一方作为接收端打开接收 VI
- 在 Exercises 文件夹下打开 **USRP Packet Receiver.vi** 或 **USRP Packet Transmitter.vi**.
- 配置发送端
 - 切换到 **Tx Parameters** 选项卡
 - 设置 **IQ Sampling Rate** 和 **Frequency** 属性值, 与接收端相同
 - 切换到 **Specify Modulation** 选项卡
 - 设置调制方式, 调制方式的选择应与接收端相同
 - 切换到 **Specify Packet** 选项卡
 - 设置包格式, 包的格式应与接收端相同
 - 单击 **Specify Message** 选项卡
- 配置接收端
 - 切换到 **Rx Parameters** 选项卡
 - 设置 **IQ Sampling Rate** 和 **Frequency** 属性值, 属性值的设定应与发送端相同
 - 切换到 **Specify Modulation** 选项卡
 - 设置调制方式, 调制方式的选择应与发送端相同
 - 切换到 **Specify Packet** 选项卡
 - 设置包格式, 包的格式应与发送端相同
 - 单击 **Rx Display** 选项卡

- 点击运行箭头

注意: 如果你想对之前的配置做任何改动, 需先单击 **STOP** 按钮停止程序, 再修改相应的程序选项, 然后再次运行。只有停止程序改动才能生效。

6. 同时对发送端和接收端 **Specify Modulation** 选项卡下调制方式的属性值进行修改（将调制方式从 QPSK 改为 BPSK 或 8-PSK），观察不同调制方式下 **Constellation Graph**（星座图）的变化情况。

注意：如要使用更高阶的调制方式可能需要进一步的配置优化，该教程中将不涉及该部分内容

7. 对调制方式进行修改后，再次运行 VI

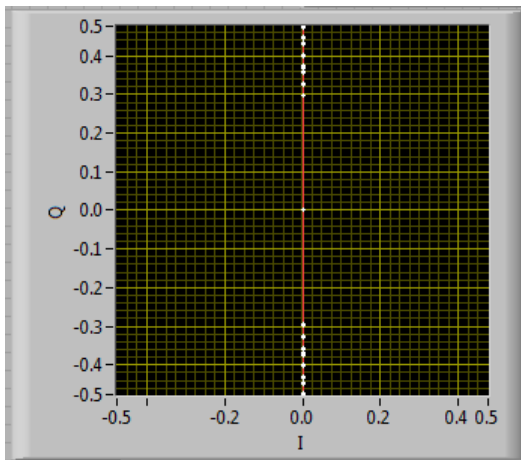


图 16. BPSK 数字信号

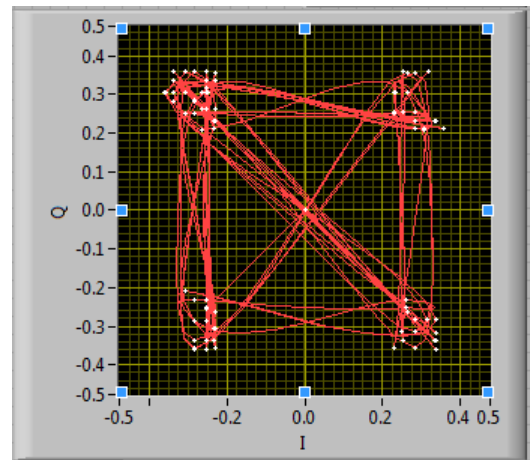


图 17. QPSK 数字信号

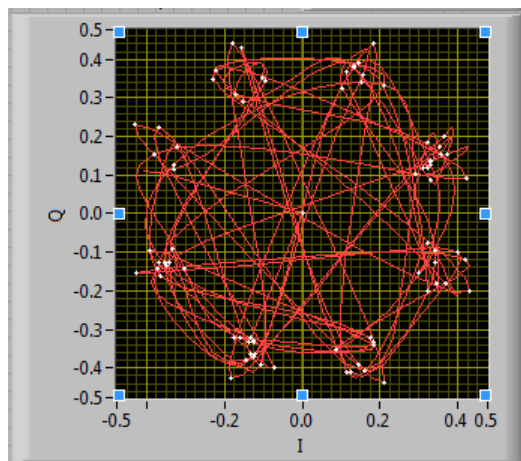


图 18. 8-PSK 数字信号

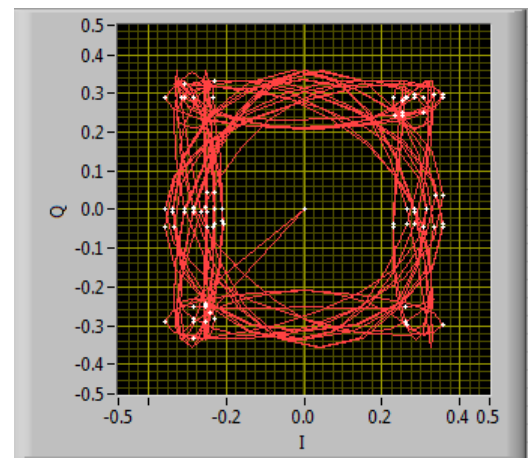


图 19. 偏移 QPSK 数字信号

自主练习 4: 关于 LabVIEW 的提示和技巧

目标

- a) 了解 LabVIEW 具有的省时功能
- b) 让 LabVIEW 的图形显示更具有交互性

A 部分

这次练习需要由你自行操作完成，实践操作后，你将会更加熟悉 LabVIEW 的开发环境

工具面板

默认情况下，LabVIEW 根据光标的上下文自动为你选择工具。但是如果你想要在选择工具方面有更多的自主性，可以关闭自动工具选择功能，使用工具面板来选择特定的工具或者通过修改前面板和程序框图中的对象来满足你的需要

1. 在 **View** 菜单中选择 **Tools Palette** 打开工具面板



2. 按住<Shift>键的同时单击鼠标右键，就会看到工具面板的临时版本



3. 你可以单击工具面板上的自动工具选择按钮（如下图所示）来禁用 LabVIEW 的自动工具选择功能



- a. 单击自动工具选择按钮禁用自动工具选择功能后，可以通过以下两种方式进行工具的选择：直接在工具面板上点击工具图标选择工具或者利用<Tab>键依次切换工具面板上的常用工具图标来选择工具。会发现，选择的工具不同，光标也可能会对应地有所不同



- b. 按<Tab>键或者单击自动工具选择按钮来重新开启自动工具选择功能
4. 你可以配置 LabVIEW 来禁用自动工具选择，这时可以按<Tab>键来移动最常用的

工具。如想开启自动工具选择功能，需按<Shift-Tab>键或者点击 **Automatic Tool Selection**（自动工具选择）按钮来开启

- a. 在 **Tools** 菜单中选择 **Options** 打开 Options 对话框，然后在 **Category** 列表中选择 **Environment**，取消对 **Lock automatic tool selection** 这项的勾选。

自动对象布线

当选择拖动一个对象接近程序框图上的另一个对象时，会看到 LabVIEW 为该对象进行了临时布线，用虚线显示出了两个对象间可能存在的所有的有效连接。当你松开鼠标按键将对象添加到程序框图时，LabVIEW 会按照刚刚显示的临时布线连接两个物体。当然，你也可以主动与程序框图上其它已经存在的对象进行连线。LabVIEW 自动布线时通常会将最佳匹配的终端进行连接，不会连接那些不匹配的终端。

1. 当使用 **Positioning** 工具移动对象时，需要按空格键来触发自动布线功能。因为在默认情况下，对从 **Functions** 面板中选择出的对象或者通过对程序框图上已存在对象进行复制产生出对象，自动布线功能会处于开启状态。而当使用 **Positioning** 工具来拖动程序框图上已经存在的对象时，自动布线功能就会处于禁用状态。当自动布线功能处于开启状态时，对象在被拖动时外观保持不变。而禁用状态时对象将以虚线轮廓线外观出现
 - a. 如果有必要，要开启自动布线功能时，需要注意在开启的同时还要设置自动布线所支持距离范围（即对象间最大和最小距离）
 - b. 向前面板窗口添加数字量控制
 - c. 按 <Ctrl-E>键（在 Mac OS X 下<Command-E>键，Linux 下<Alt-E>键）来显示程序框图
 - d. 从 **Functions** 面板中选择 **Add** 函数
 - e. 拖动函数模块，使其不断靠近数字量控制的右端口。当两对象间的距离满足在第一步所设置的自动布线范围时，LabVIEW 会画出临时布线，显示出有效连接
 - f. 当 **Add** 函数模块的左上端和数字量控制端口间出现临时数据连接线时，点击鼠标左键，这样就将 **Add** 函数模块添加到了程序框图，并且和数字量控制间建立了连接
 - g. 必须保证所需的端口都被正确连接上，否则 VI 将无法运行。你可以用 **context help** 窗口功能来查看后板面节点所需端口（所需端口的标签以粗体显示）

LabVIEW 中图形与图表的对比

LabVIEW 中图形与图表显示和更新数据的方式不同。带有图形的 VI 通常先以数组形式将收集的数据存储，然后再利用这些数据绘制图形。这种先存储数据再进行图形绘制的过程类似于电子表格。当完成图形绘制后，图形会将已用于绘制的数据丢弃，只保留和显示新的数据。所以图形通常适用于能够获得连续数据的快速处理过程。与图形相反，图表是直接新的数据点附加到旧的数据点上同时进行显示，所有数据点就都有了历史记录。这样在一张图表中，我们既可以看到当前的读数或测量值又可以看到之前的所有数值。但

当累积的数据点过多时，图表就无法同时将这些数据点显示了。这时，图表会产生滚动条，将新添加的数据点放置在图表的右侧显示，将先前添加的放置于左侧显示。由于图表具有以上的特点，所以图表适用于每秒只有少数数据点添加进来的处理过程

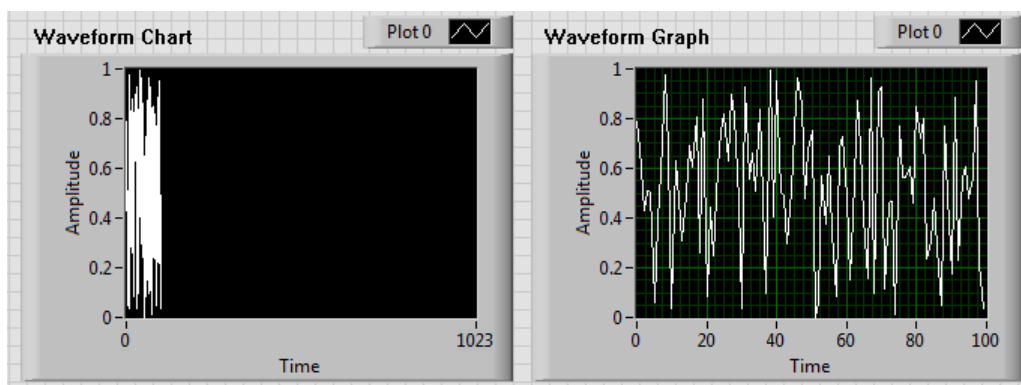


图 20. 1 次运行后的波形图表与波形图

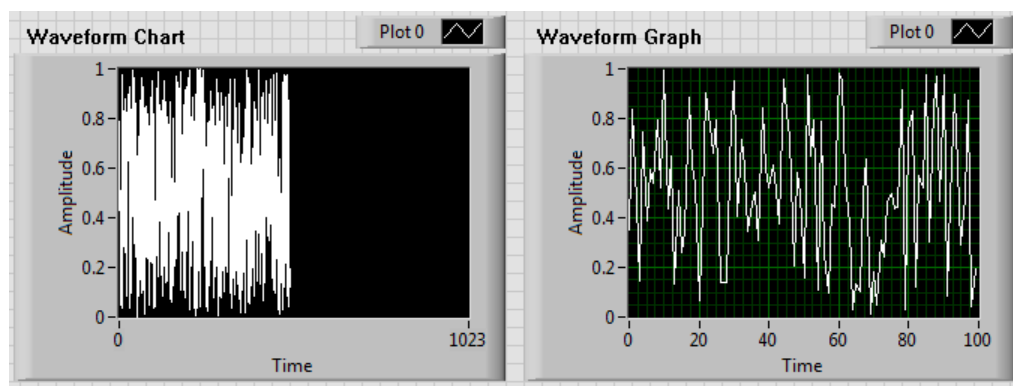
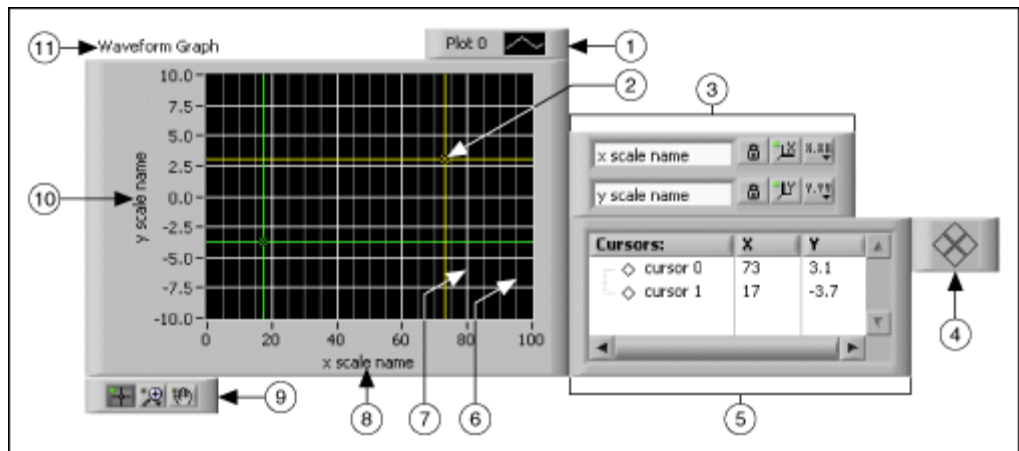


图 21. 5 次运行后的波形图表与波形图

自定义图形

在 LabVIEW 中，每幅图形都包含自定义图形选项，满足用户们对不同的数据显示需求。例如：你可以根据需要修改图形光标的行为和外观也可以修改图形的尺寸比例等。下图显示了图形的主要组成部分



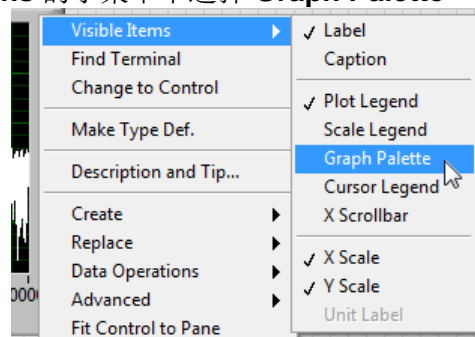
- | | | | |
|---|-------|----|-------|
| 1 | 曲线图例 | 6 | 小分度标记 |
| 2 | 光标 | 7 | 分度标记 |
| 3 | 刻度图例 | 8 | X 方向 |
| 4 | 光标移动器 | 9 | 图形面板 |
| 5 | 光标图例 | 10 | Y 方向 |
| | | 11 | 标签 |

在图形上单击鼠标右键，然后在快捷菜单中选择 **Visible Items** 选项，会看到一个含有曲线图例、刻度图例、光标图例、图形面板和标签等选项的选项列表，通过勾选不同选项向图形中增加相应功能

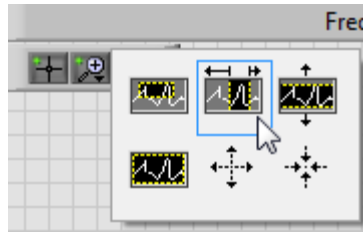
图形操作

在做该练习前，运行练习 2 中的程序，直到其产生可以用来绘图的数据后停止

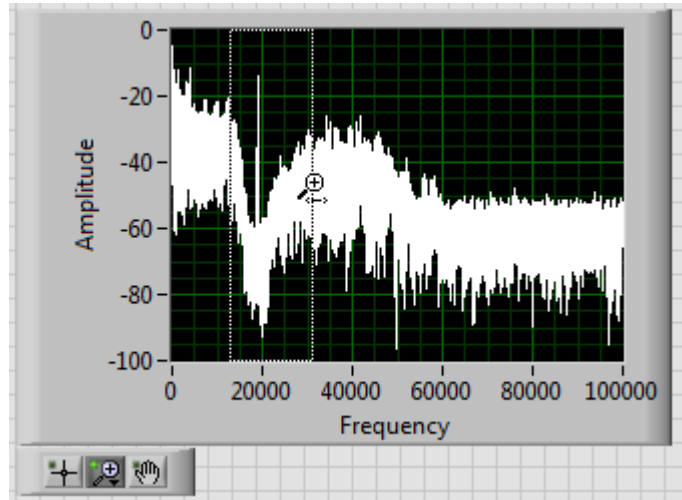
1. 向波形图中添加图形面板
 - a. 在图形上单击鼠标右键
 - b. 在 **Visible Options** 的子菜单中选择 **Graph Palette**



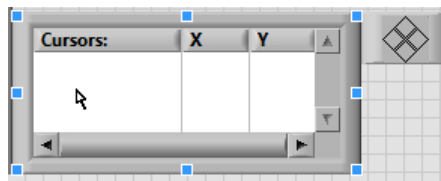
2. 放大 19kHz 处的导频信号
 - a. 点击放大镜图标（位于中间位置），弹出缩放菜单
 - b. 选择 **Zoom Vertical Selection** 选项（位于顶层中间位置）



- c. 在 19 kHz 信号左侧单击，然后拖拽出一个矩形，矩形的右边应在 19kHz 的右侧，这样就将 19kHz 的信号包含到放大区域中了



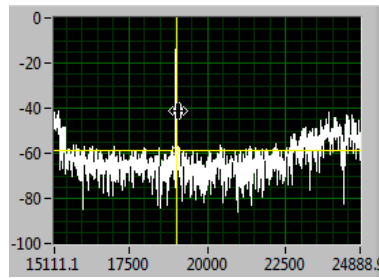
- d. 可以不断重复上述操作直到得到满意的信号效果。接下来我们进行光标的操作
3. 在波形图上单击鼠标右键，在 **Visible Items** 的子菜单中选择 **Cursor Legend** 添加光标图例



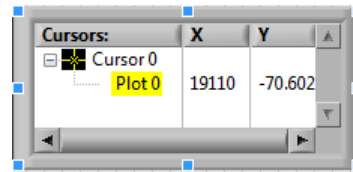
- a. 在光标面板上单击鼠标右键，选择 **Create Cursor** 下的 **Single-Plot** 选项来创建一个与图形绘制相绑定的光标
- b. 点击图形面板上的第一个图标，即选择工具图标



- c. 用选择工具抓住垂直位置的黄线，并将其垂直拖拽到顶部

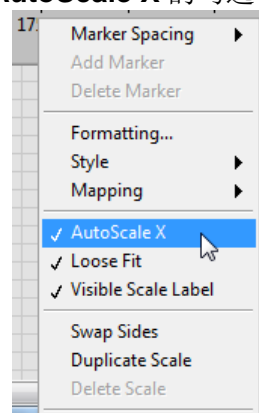


d. 此时光标是否显示频率在 19kHz 左右？



有时，LabVIEW 并不会以我们所期望的方式工作。我们刚学会了如何利用垂直选择放大来放大特定区域处的信号波形。但是需要注意，上述放大操作是要在程序运行停止时才能进行的

1. 点击运行箭头，运行程序
2. 然后再次选择垂直选择放大图标
3. 此时，试着去进行放大操作，会发生什么？我们发现图形只是在很短的时间进行了一定尺度的放大，之后又马上回复。之所以产生这种现象，是因为在程序运行时 **x** 轴和 **y** 轴会进行自动缩放。所以，如果我们希望在程序运行时进行波形放大，就必须关闭 **x** 轴和 **y** 轴的自动缩放功能
4. 在 **x** 轴数值标示处单击鼠标右键
5. 在出现的快捷菜单中取消对 **AutoScale X** 的勾选



6. 对 **y** 轴进行相同的设置
7. 现在再试试放大操作，看看这次能否在程序运行时生效？

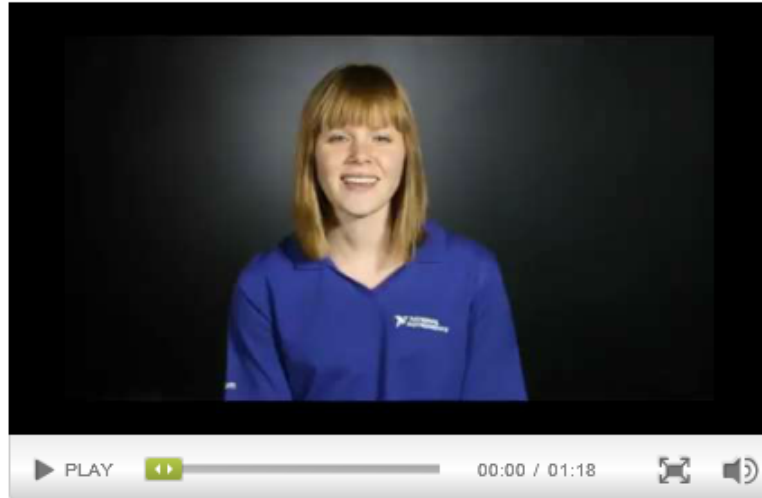
额外培训

LabVIEW 入门

[LabVIEW 101](#) 是一个在线学习中心，对 LabVIEW 的初学者来说是个很好的工具。它是完全免费的，在 [LabVIEW 101](#) 你可以找到关于 LabVIEW 的视频、教程、测验、项目和考试。该学习中心是专门面向学生的，但也包含了可以供任何类型初学者共同学习的内容

如果对于本手册，你有任何不理解的地方，可以进入 [LabVIEW 101](#) 查看更多资料解开自己的疑惑。打开 ni.com/lv101，开始今天的 LabVIEW 学习吧！

NI LabVIEW 101: Video Instruction for Students



If you prefer instructional videos with guided documentation to learn a new concept or programming language, such as LabVIEW, you have come to the right place. Take advantage of the detailed explanations, LabVIEW VI snippets, exercises, and quizzes provided along the way. When you have finished, complete the cumulative assessments to gauge your understanding of LabVIEW. Get started with the self-paced video learning modules now.

» [Evaluate LabVIEW Free for 30 Days](#)

» [Purchase LabVIEW \(Special Student Pricing\)](#)

Share [f](#) [t](#) [in](#)

I. LabVIEW Basic Concepts

II. LabVIEW Basic Tasks

III. Quizzes

IV. Additional Resources

To begin, you need to understand how to work within the LabVIEW environment. Watch these seven video modules to learn the core components that can help you program in LabVIEW.

1 LabVIEW Environment

Learn how to navigate LabVIEW and use the block diagram, front panel, and Functions and Controls palettes.

2 Graphical Programming

Examine the basics of graphical programming and how to determine data flow and order of execution in the LabVIEW environment.

3 Programming Tools

Discover how to use important tools in LabVIEW that can save you time.

4 Debugging and Handling Errors

Learn how to use key debugging and troubleshooting tools that optimize code.

5 Data Types and Structures

Explore the different data types and methods to organize and group data, controls, and indicators in LabVIEW.

6 Execution Structures

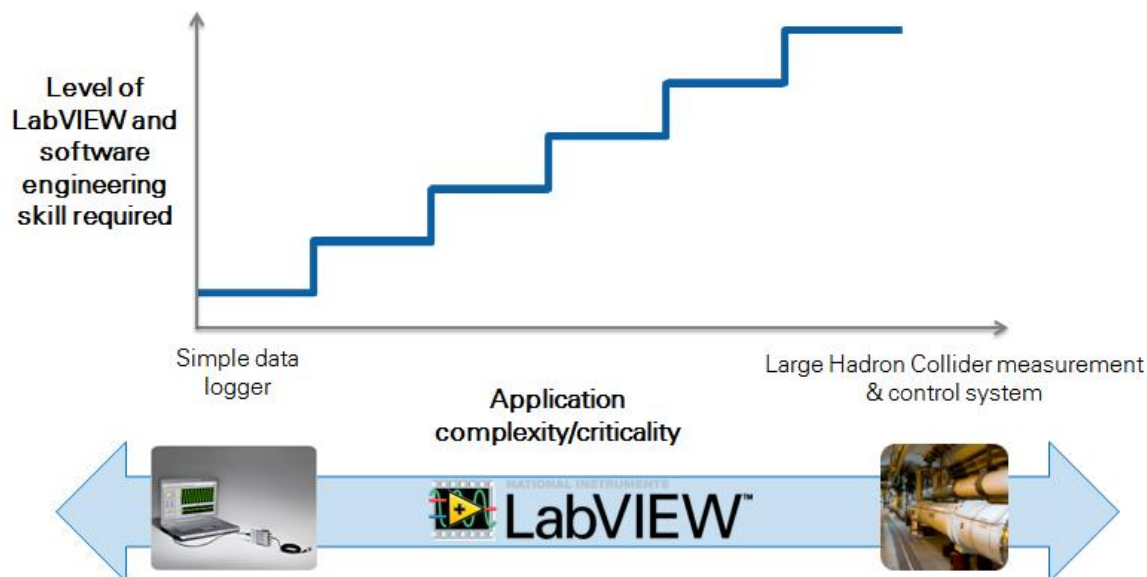
See how to loop code and conditionally execute code in LabVIEW using For Loops, While Loops, and Case structures.

7 Help Within LabVIEW

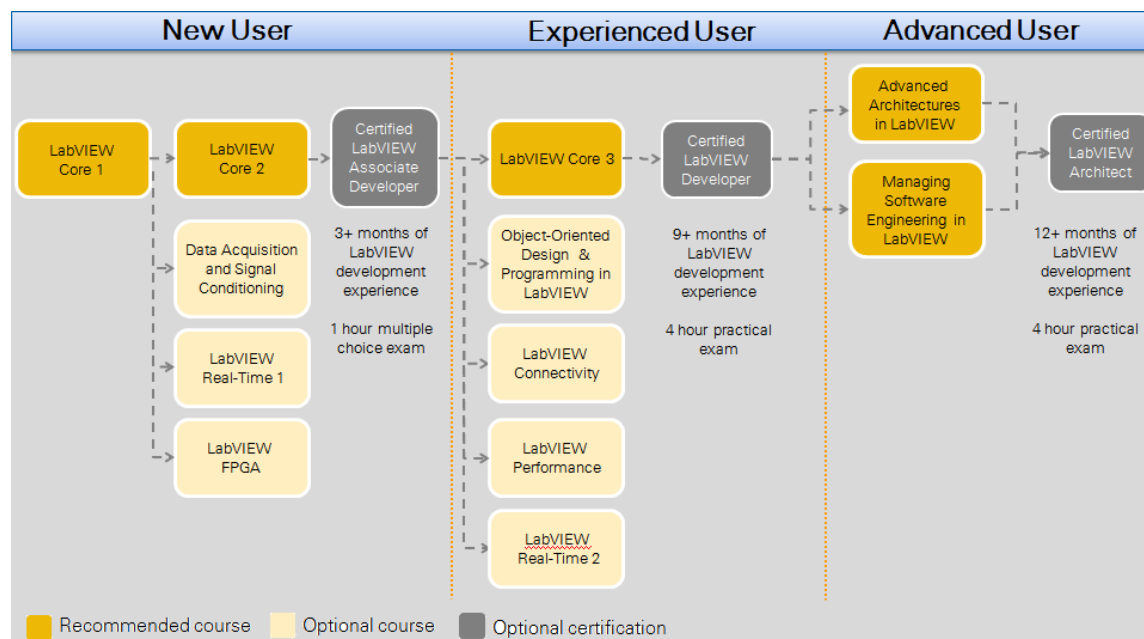
Learn how to use help resources in LabVIEW to better understand concepts and coding techniques.

专业培训计划

我们提供了许多关于 **LabVIEW**、数据采集和其它硬件平台方面的专项培训课程。同时还提供了三个级别的 **LabVIEW** 认证证书及其它认证方式。可以让你在丰富简历的同时，巩固所学的 **NI** 的软硬件知识。



NI 认证计划



了解更多，请访问 ni.com/training！对于学术用户我们有更多优惠。