

CompactRIO™ 和 LabVIEW 入门指南™



注 如果您是 LabVIEW 新用户或不太熟悉 LabVIEW，请参考 *LabVIEW 入门指南*，了解 LabVIEW 和 LabVIEW 术语的详细信息。

本教程详细介绍了在 LabVIEW 开发环境中使用 RIO 扫描接口开发 CompactRIO 应用程序的方法。应用程序通过 LabVIEW 和 CompactRIO 可重配置嵌入式系统创建简单的过程控制 VI。通过此开发过程，您将逐步了解使用扫描接口开发 CompactRIO 应用程序的基本概念和编程技巧。扫描接口适用于直接通过 LabVIEW Real-Time 调用 C 系列模块的情况。

本教程带有选读章节，介绍使用 LabVIEW FPGA 接口编程 CompactRIO 系统的方法。

目录

所需组件	2
所需软件	2
所需硬件	2
扫描接口模式	3
FPGA 接口模式	3
相关文档	3
应用程序概述	4
设置硬件	4
安装软件 and 控制器配置	4
选择应用程序的编程模式	5
在扫描接口模式中创建项目	7
在扫描接口模式中创建 VI	8
配置定时循环	8
配置 DO 模块实现脉冲宽度调制	9
添加脉冲宽度调制至 VI	10
配置 DI 模块实现周期测量	11
添加周期测量计数器至 VI	12
添加 AO 和 AI 至 VI	13
在扫描接口模式下部署、测试和使用 VI	14
可选操作：通过 FPGA 接口修改扫描接口应用程序	14
将机箱和 AI 模块置于 FPGA 接口模式	14
创建和配置 DMA FIFO	14
添加范例 VI 至项目	15
替换范例主机 VI 中的定时循环并运行 VI	16

在 FPGA 接口模式中创建项目 17

 在 FPGA VI 中创建 AI/AO 循环 19

 创建 PWM 循环..... 20

 在 FPGA 接口模式创建主机 VI..... 22

 运行并测试主机 VI..... 23

所学内容 23

全球技术支持和服务 24

所需组件

本节介绍教程中所需的软件和硬件，以及有助于用户完成教程的帮助文档。

所需软件

本教程需安装下列软件。

- ☐ NI LabVIEW 2009 或更高版本
- ☐ NI LabVIEW Real-Time 模块 2009 或更高版本
- ☐ NI LabVIEW FPGA 模块 2009 或更高版本（可选）
- ☐ NI-RIO 3.2 或更高版本

所需硬件

本教程需安装下列硬件。



提示 即使用户无法获取教程所需硬件，仍可参照文档进行脱机配置，进而了解 LabVIEW 与 CompactRIO 设备配合使用的相关信息。

- ☐ 控制器电源
- ☐ 以太网连接和线缆
- ☐ 1 个模拟输入 (AI) 模块：NI 9201, NI 9205, NI 9206, NI 9215 或 NI 9221
- ☐ 1 个模拟输出 (AO) 模块：NI 9263, NI 9264 或 NI 9269
- ☐ 1 个数字输入 (DI) 模块：NI 9401, NI 9411, NI 9421 或 NI 9423
- ☐ 1 个数字输出 (DO) 模块：NI 9401, NI 9472 或 NI 9474

扫描接口模式

- 支持 RIO 扫描接口的 CompactRIO 控制器和机箱
 - cRIO-9073/cRIO-9074 集成实时控制器和机箱
- 或
- cRIO-9012/cRIO-9014/cRIO-9022/cRIO-9024 智能实时嵌入式控制器和 cRIO-9103/cRIO-9104/cRIO-911x 可重配置嵌入式机箱

FPGA 接口模式

- CompactRIO 控制器和机箱

相关文档

下列文档对于用户完成本课程可能有所帮助：

- 控制器和模块使用说明（硬件设备随附文档，也可访问 ni.com/manuals 下载文档）。
- *LabVIEW 帮助*—包含 LabVIEW 编程理论、使用 LabVIEW 的分步指导，以及 LabVIEW 中 VI、函数、选板、菜单、工具、属性、方法、事件和对话框等对象的参考信息。*LabVIEW 帮助*中还包含 NI 提供的 LabVIEW 文档资源。点击**帮助 » 搜索 LabVIEW 帮助**查看 *LabVIEW 帮助*。
- *LabVIEW 入门指南*—帮助用户熟悉 LabVIEW 图形化编程环境，了解创建数据采集和仪器控制应用程序的基本 LabVIEW 功能。点击**开始 » 所有程序 » National Instruments » LabVIEW » LabVIEW 手册 » LV_Getting_Started.pdf** 查看 *LabVIEW 入门指南*。
- *LabVIEW Real-Time 模块入门指南*—通过设置 RT 终端到构建、调试和部署实时应用，逐步了解开发实时项目和 VI 的方法。点击**开始 » 所有程序 » National Instruments » LabVIEW » LabVIEW 手册 » RT_Getting_Started.pdf** 查看 *LabVIEW Real-Time 模块入门指南*。
- *CompactRIO Reference and Procedures (Scan Interface)*—了解在扫描接口编程模式下使用 CompactRIO 系统的详细信息。在 LabVIEW 中，点击**帮助 » LabVIEW 帮助**，展开**目录**选项卡中的 **Real-Time 模块**，选择 **CompactRIO Reference and Procedures (Scan Interface)** 查看帮助文档。
- *CompactRIO Reference and Procedures (FPGA Interface)*—了解在 FPGA 接口编程模式下使用 CompactRIO 系统的详细信息。在 LabVIEW 中，点击**帮助 » LabVIEW 帮助**，展开**目录**选项卡中的 **FPGA 模块**，选择 **CompactRIO Reference and Procedures (FPGA Interface)** 查看帮助文档。
- *FPGA 模块*—了解 LabVIEW FPGA 模块的相关信息。在 LabVIEW 中选择**帮助 » LabVIEW 帮助**，展开**目录**选项卡中的 **FPGA 模块**查看帮助文档。

应用程序概述

用户在本教程中将创建用于控制和工业应用的 VI，此类应用需测量输入并产生输出。输入和输出可使用模拟或数字信号。DO 模块用于实现脉冲宽度调制，DI 模块用于实现周期测量。AO 模块的电压输出用作 AI 模块的电压输入。

本教程介绍使用 2 种编程模式（扫描接口模式和 FPGA 接口模式）创建 VI 的方法。

设置硬件

请遵循下列步骤设置教程中的硬件。

1. 使用非集成式控制器和机箱时，需安装控制器至机箱。关于安装控制器的详细信息，见控制器使用说明。
2. 安装 DO 模块至机箱插槽 1，DI 模块至插槽 2，AO 模块至插槽 3，AI 模块至插槽 4。
3. 请按照下列方式为模块接线。
 - a. DO 模块的 DO0 引脚连接至 DI 模块的 DI0。
 - b. 连接外部电源至 DO 模块（取决于所用模块）。关于电源要求见模块使用说明。
 - c. AO 模块的 AO0 引脚连接至 AI 模块的 AI0。



注 关于接线和产品规范见模块使用说明。如模块电压范围或其他输入 / 输出属性不符合接线要求，可跳过此步，执行步骤 4。此步不影响用户继续完成教程，但无法进行 [在扫描接口模式下部署、测试和使用 VI](#) 中的 VI 测试。

4. 为控制器上电，并将控制器连接至与开发计算机同一子网的以太网网络。详细信息，请参考控制器使用说明。

安装软件 and 控制器配置

请遵循下列步骤配置控制器和安装软件。

1. 在开发计算机中启动 Measurement & Automation Explorer (MAX)。
2. 在**配置**面板，选择**远程系统**下的控制器。如未找到该控制器，可能需要禁用开发计算机上的防火墙。



注 未配置控制器的默认网络性能取决于控制器版本。关于网络配置的详细信息，见控制器使用说明。

3. 确保**识别**中的**序列号**与设备上的序列号一致。
4. 如不希望格式化控制器上的磁盘，从而清除所有已安装的软件和文件，为控制器上电，然后跳至步骤 9。
5. 将控制器上的 **Safe Mode** 开关置为 **On** 位置。

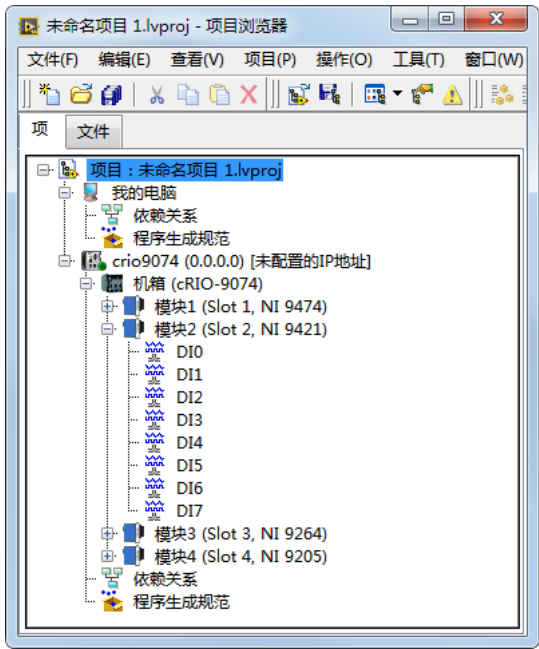
6. 为控制器上电。如控制器已通电，可按下控制器上的 **Reset** 按钮重新启动。
7. 在**配置**栏中右键单击**远程系统**下的控制器，选择**格式化磁盘**。单击弹出对话框中的**是**。
8. MAX 完成磁盘格式化后，设置控制器 **Safe Mode** 开关为 **Off**，并按下 **Reset** 按钮重启控制器。
9. 在 **IP 设置**栏中，选择**自动获取 IP 地址**单选按钮自动获取 IP 址，或选择**使用以下 IP 地址**单选按钮手动指定静态 IP 地址。
10. 在**名称**栏输入系统的描述性名称。
11. 点击**网络设置**选项卡上方的**应用**，MAX 将重启系统。
12. 新系统名称出现在**远程系统**下后，请展开目录树中的控制器项，右键单击**软件**并选择**添加 / 删除软件**。
13. 如控制器支持扫描接口编程模式，选择包含 NI 扫描引擎支持的推荐软件集并安装。如控制器不支持扫描接口模式，选择标准推荐软件集并安装。如需安装推荐软件集的详细信息，请单击**帮助**。
14. 完成软件安装后关闭 MAX。

选择应用程序的编程模式

在扫描接口模式中，可通过 LabVIEW Real-Time 直接使用 C 系列模块。扫描接口模式中使用的模块直接出现在**项目浏览器**窗口的机箱项中，I/O 通道以 I/O 变量出现在模块中。欲使用 I/O 变量，请将它们拖放至 LabVIEW Real-Time VI 中。扫描接口模式下，无需进行任何 LabVIEW FPGA 开发，也无需编程实现 FPGA 和主机 VI 之间的通信。此外，用户无需等待 VI 在 FPGA 编译完成，即可部署和运行 VI。在扫描接口模式中，LabVIEW 对 CompactRIO 终端的 FPGA 编程，并通过变量使用。

下图为**项目浏览器**窗口，其中添加了一个数字输入模块及其他模块，并处于扫描接口模式。

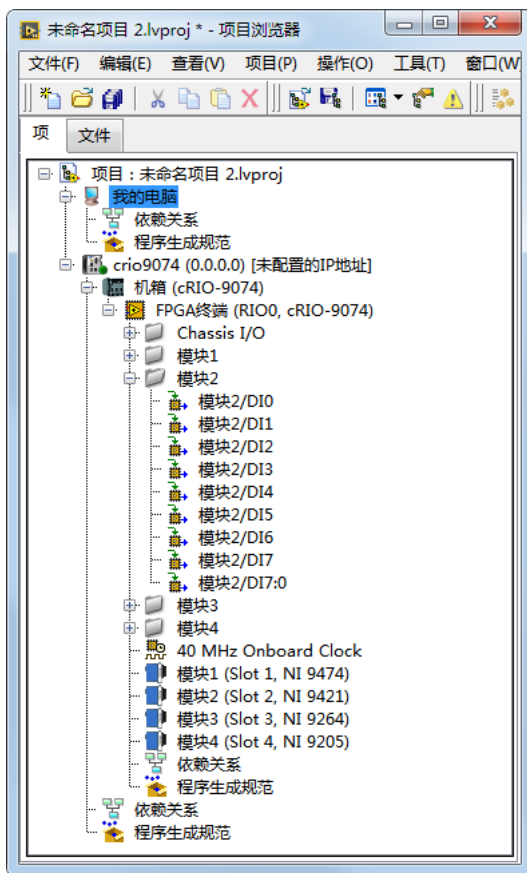
图 1. 已添加模块的项目浏览器窗口，扫描接口模式



在 LabVIEW FPGA 接口模式下，可通过 LabVIEW FPGA VI 直接使用 C 系列模块。LabVIEW FPGA 接口模式下的模块直接出现在**项目浏览器**窗口的 FPGA 终端项中，I/O 通道以 FPGA I/O 项出现在 FPGA 终端下。欲访问 I/O 通道，请在 FPGA VI 中配置 FPGA I/O 节点。在 LabVIEW FPGA 接口模式中，可通过 LabVIEW FPGA 编程增强应用程序的灵活性、自定义功能和精确定时。欲在 LabVIEW FPGA 接口模式中使用 CompactRIO 系统，必须在主机安装 LabVIEW FPGA 模块，或者具有对可下载至 FPGA 的已编译比特文件的访问权限。任意一种情况下，需使用主机 VI 的打开 FPGA VI 引用句柄函数访问 FPGA VI 或比特文件。

下图为在 FPGA 接口模式下添加相同模块后的**项目浏览器**窗口。

图 2. 已添加模块的项目浏览器窗口，FPGA 接口模式



如选择扫描接口模式，请参阅 [在扫描接口模式中创建项目](#)。如选择 FPGA 接口模式，请参阅 [在FPGA 接口模式中创建项目](#)。也可以浏览整个教程，了解两种模式。

在扫描接口模式中创建项目

使用 LabVIEW 项目在开发计算机上管理 VI、终端以及 I/O 模块。按照下列步骤，新建一个项目。

1. 启动 LabVIEW。
2. 在**启动**窗口，单击**创建项目**打开**项目浏览器**窗口。或选择**文件»创建项目**打开**项目浏览器**窗口。
3. 选择**帮助**，确保**显示即时帮助**为勾选。关于程序框图上项的详细信息，请参考即时帮助。

- 右键单击**项目浏览器**窗口中的顶层项目项，从快捷菜单中选择**新建 » 终端和设备**显示**添加终端和设备**对话框。
- 确保选中**现有终端或设备**单选按钮。



提示 如未安装硬件，可选择**新建终端或设备**单选按钮，显示在没有物理终端或设备的情况下，可创建的终端和设备列表。整个教程中，用户可执行类似的离线配置步骤，从而继续有关使用 CompactRIO 和 LabVIEW 的学习。关于离线配置 FPGA 接口模式的详细信息，见 *LabVIEW 帮助的 Configuring a Project for a CompactRIO Reconfigurable or Integrated System (Scan Interface)* 主题。

- 展开 **Real-Time CompactRIO**。
- 选择要添加至项目的 CompactRIO 控制器，然后单击**确定**。
- 如已安装 LabVIEW FPGA，将出现**选择编程模式**对话框。选择**扫描接口**，将系统设置为扫描接口模式。
- 单击**继续**。LabVIEW 将控制器、机箱和所有模块添加至项目。
- 如出现**是否检测 C 系列模块?**对话框，请单击**检测**。项目浏览器窗口应类似于图 1。
- 选择**文件 » 保存项目**，保存项目为 Tutorial.lvproj。

在扫描接口模式中创建 VI

本节将创建使用项目包含模块的 I/O 变量的 VI。I/O 变量为绑定至物理 I/O 通道的共享变量。扫描接口模式下，LabVIEW 为添加至系统的模块的 I/O 通道创建 I/O 变量。关于 I/O 变量、扫描接口模式及 NI 扫描引擎的详细信息，见 *LabVIEW 帮助的 Accessing Scanned I/O Data (ETS, VxWorks, Windows)*。

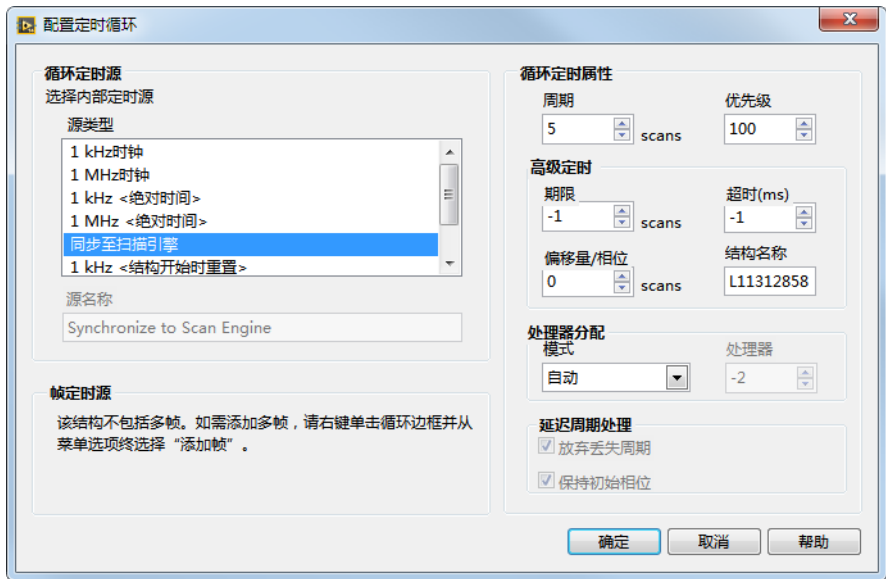
配置定时循环

同步至扫描引擎的定时循环允许用户使用多个 I/O 变量读写连续的精确定时数据集。按照下列步骤，配置定时循环。

- 在**项目浏览器**窗口右键单击控制器项，从快捷菜单选择**新建 » VI**，打开空白 VI。
- 在 VI 的程序框图上放置一个定时循环。
- 双击定时循环的**输入节点**，打开**配置定时循环**对话框。
- 在**循环定时源**栏，**源类型**选择**同步至扫描引擎**。单击**帮助**按钮了解同步至扫描引擎的信息。

5. 在**循环定时属性**栏，**周期**选择 5 scans。**配置定时循环**对话框与下图类似。

图 3. 配置定时循环



6. 单击**确定**。
7. 在程序框图上，右键单击定时循环右下角的条件接线端，从快捷菜单中选择**创建输入控件**。

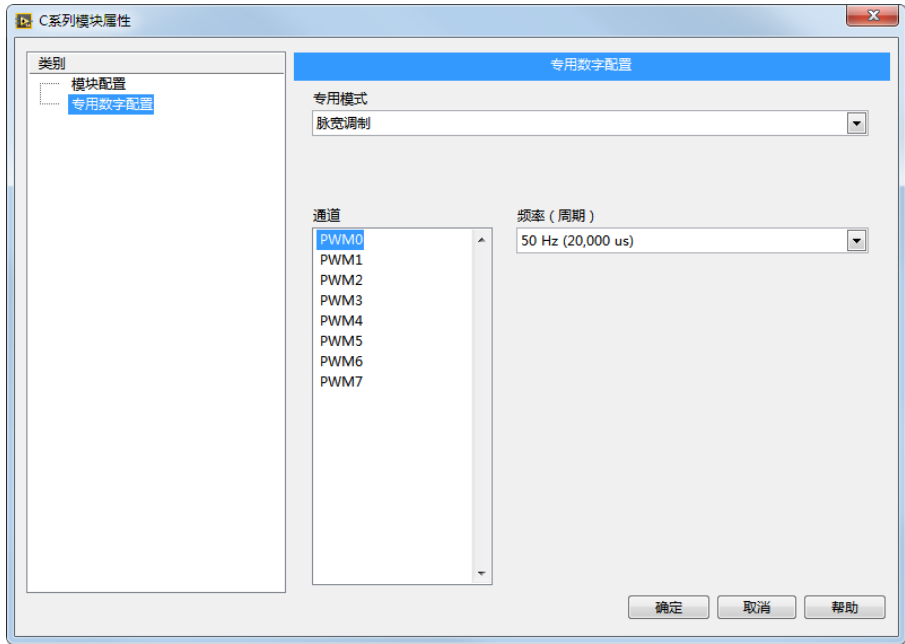
配置 DO 模块实现脉冲宽度调制

脉冲宽度调制通过改变数字电压输出的占空比产生用于控制应用程序的模拟信号。脉冲宽度调制可实现对数字设备（例如，直流电动机、加热器和照明设备）进行模拟控制。配置 DO 模块实现脉冲宽度调制的步骤如下。

1. 在**项目浏览器**窗口中右键单击 DO 模块，从快捷菜单中选择**属性**打开相应的 **C 系列模块属性**对话框。
2. 选择**类别**列表中的**专用数字配置**。
3. 选择专用模式列表框的**脉宽调制**。
4. 确认**通道**栏中的 **PWM0** 为高亮显示。

5. 配置**频率（周期）**为 **50 Hz (20,000 μs)**。**C 系列模块属性**对话框与下图类似。

图 4. 配置 DO 模块实现脉冲宽度调制



- 6. 单击**确定**。
- 7. 在**项目浏览器**窗口，展开 DO 模块项查看模块 I/O 变量项。注意，LabVIEW 已将所有 DO 模块的 I/O 变量转换为 PWM I/O 变量。

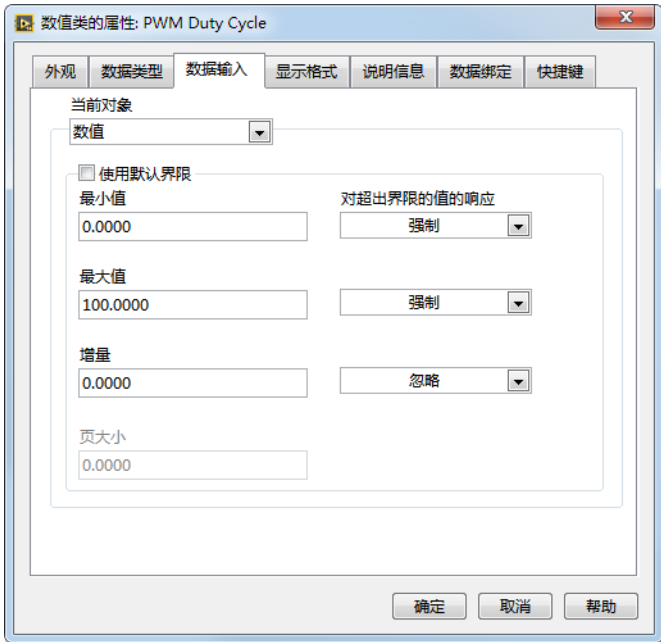
添加脉冲宽度调制至 VI

添加脉冲宽度调制至 VI 的步骤如下。

- 1. 拖放**项目浏览器**窗口的 **PWM0** I/O 变量至 VI 程序框图的定时循环。
- 2. 在程序框图内，右键单击 **PWM0** I/O 变量的 **PWM0** 输入，从快捷菜单选择**创建 » 输入控件**，在前面板创建输入控件。
- 3. 在前面板，右键单击 **PWM0** 控件，从快捷菜单选择**属性**，弹出**数值属性**对话框。
- 4. 更改**标签**栏中的 **PWM0** 为 **PWM 占空比**。
- 5. 选择**数据输入**选项卡，取消选择**使用默认界限复选框**。
- 6. 在**最小值**栏输入 0，在**对超出界限的值的响应**下拉菜单中选择**强制**。

7. 在**最大值**栏输入 100，在**对超出界限的值的响应**下拉菜单中选择**强制**。**数值属性**对话框与下图类似。

图 5. 配置 PWM 占空比



注 将值强制转换为 0 至 100 之间，确保占空比为合法的百分比。

8. 单击**确定**。
9. 将 VI 保存为 Tutorial.vi。

配置 DI 模块实现周期测量

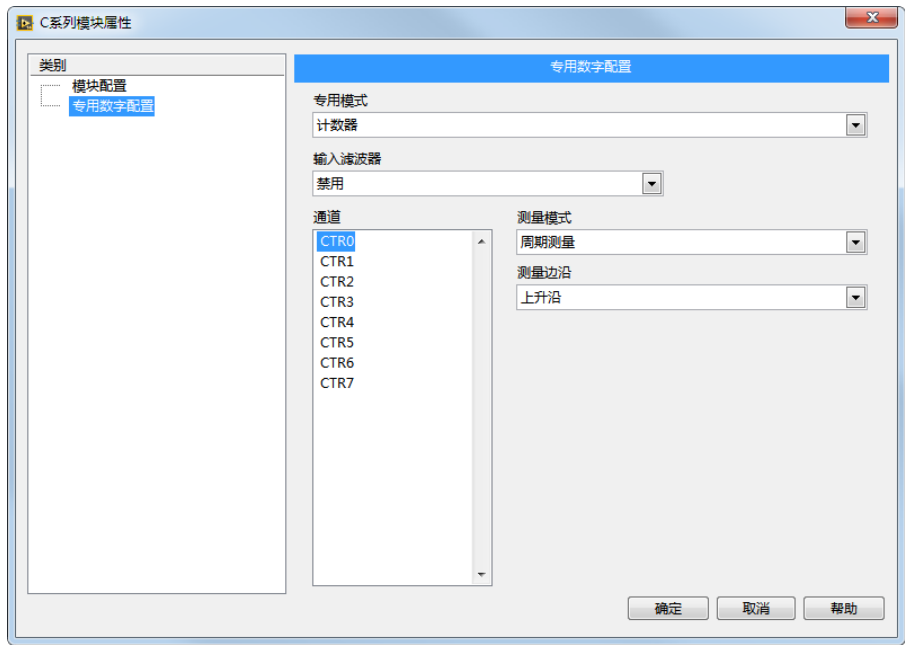
许多工业应用都使用频率输出传感器（例如，流传感器、扭矩传感器、计时器和电机驱动的驱动器）。本应用程序中，DO 模块产生相对低频的信号。扫描接口模式下的 DI 模块，帮助用户通过测量周期及计算频率（即周期的倒数），更加精确地测量低频。¹ 配置 DI 模块实现周期测量的步骤如下。

1. 在**项目浏览器**窗口中右键单击 DI 模块，从快捷菜单中选择**属性**打开相应的 **C 系列模块属性**对话框。
2. 选择**类别**列表中的**专用数字配置**。
3. 单击专用模式列表框的**计数器**。
4. 确认**通道**栏中的 **CTR0** 为高亮显示。

¹ 若修改应用程序可让 DO 模块产生高于 1 kHz 的频率，您可配置 DI 模块用于直接频率测量。

5. 选择**测量模式**下拉菜单中的**周期测量**。**C 系列模块属性**对话框与下图类似。

图 6. 配置 DI 模块实现周期测量



6. 单击**确定**。
7. 在**项目浏览器**窗口，展开 DI 模块项查看模块 I/O 变量项。注意，LabVIEW 已将所有 DI 模块的 I/O 变量转换为 CTR I/O 变量。

添加周期测量计数器至 VI

按照下列步骤，添加周期测量计数器至 VI，并用其监控数字输入信号的频率。

1. 拖动**项目浏览器**窗口的 **CTR0** I/O 变量至 VI 程序框图的定时循环。将其置于 **PWM0** I/O 变量的右侧。
2. 在程序框图上，右键单击 **CTR0** I/O 变量的 **CTR0** 输出，选择**数值选板** » **倒数**，创建将周期转换为频率的数值函数。将函数拖曳至程序框图，并将 **CTR0** 的输出端与其相连。
3. 在程序框图内，右键单击**倒数**函数的输出端，从快捷菜单选择**创建** » **显示控件**，在前面板创建显示控件。
4. 重命名 **1/x** 显示控件为频率。
5. 将 **PWM0** I/O 变量的**错误输出**接线端与 **CTR0**I/O 变量的**错误输入**接线端相连。
6. 在 **CTR0**I/O 变量右侧放置“合并错误”VI。
7. 将 **CTR0** I/O 变量的**错误输出**接线端与“合并错误”VI 的**错误输入**接线端之一相连。
8. 保存 VI。

添加 AO 和 AI 至 VI

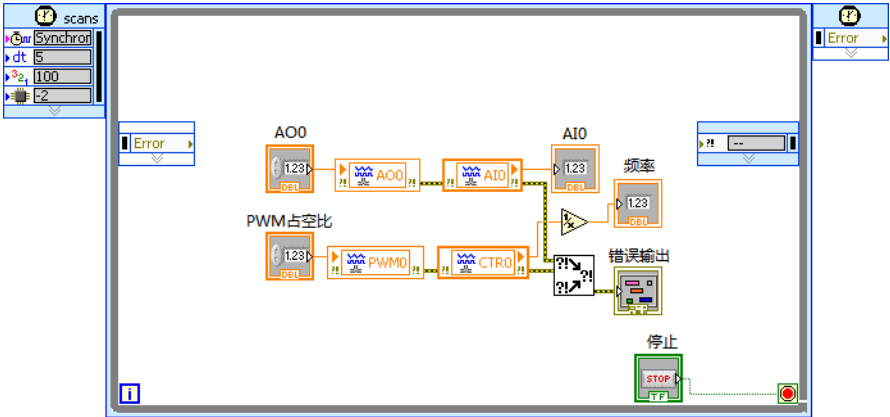
本教程通过连接 AO 通道至 AI 通道，帮助用户了解 CompactRIO 与 LabVIEW 配合使用的方法。实际应用中，AO 通道可以为实际设备发送电压，AI 通道可以接收来自该设备或其他设备的输入信号。对于要连接设备至模拟模块且实现控制和监视功能的用户，可将此文档视作入门指南。添加 AO 和 AI 至 VI 的步骤如下。

- 1. 在**项目浏览器**窗口，展开 AO 模块项查看模块 I/O 变量项。
- 2. 拖动**项目浏览器**窗口的 **AO0** I/O 变量至 VI 程序框图的定时循环内，可放在 **PWM** I/O 变量的上方或下方。
- 3. 在**项目浏览器**窗口，展开 AI 模块项查看模块 I/O 变量项。
- 4. 拖动**项目浏览器**窗口的 **AI0** I/O 变量至 VI 程序框图的定时循环。将其置于 **AO0** I/O 变量的右侧。
- 5. 右键单击 **AO0** I/O 变量的 **AO0** 输入，从快捷菜单选择**创建 » 输入控件**，在前面板创建输入控件。
- 6. 右键单击 **AI0** I/O 变量的 **AI0** 输出，从快捷菜单选择**创建 » 显示控件**，在前面板创建显示控件。
- 7. 将 **AO0** I/O 变量的**错误输出**接线端与 **AI0** I/O 变量的**错误输入**接线端相连。
- 8. 将 **AI0** I/O 变量的**错误输出**接线端与“合并错误”VI 的**错误输入**接线端之一相连。
- 9. 右键单击“合并错误”VI 的**错误输出**接线端，从快捷菜单选择**创建 » 显示控件**，在前面板创建显示控件。
- 10. 单击工具栏上的**整理程序框图**按钮。



程序框图与下图类似。

图 7. Tutorial.vi 程序框图



- 11. 保存 VI。
- 12. 保存项目。

在扫描接口模式下部署、测试和使用 VI

部署、测试和使用 VI 的步骤如下。

1. 运行 VI。LabVIEW 为控制器部署 VI 以及 VI 使用的所有模块和 I/O 变量。
2. 更改前面板的 **AO0** 输入控件值，并验证 **AI0** 显示控件的值是否随之变化。
3. 更改 **PWM 占空比** 输入控件值。验证 **频率** 显示控件的值是否为常量 (50 Hz)。
4. 停止 VI。

可选操作：通过 FPGA 接口修改扫描接口应用程序

某些应用程序需要测量参数随测量信号特性变化。例如，除突发的高速运动外，信号变化缓慢。为降低数据记录容量，应用程序应能快速识别提供较高采样率的需求，并在突发事件结束后自动降低采样率。通过测量和分析信号的指定特性，应用程序可适应条件变化并快速响应。这只是多个需要实现智能化（根据条件变化制定决策）和适应性的应用之一。LabVIEW FPGA 编程通过添加分析算法至应用程序满足上述要求。

当前项目的模拟输入仅包含单点数据。而用户可能希望获取和分析波形数据。例如，产生报警条件时需要详细监视物理进程或观测某段时间内的数据变化。使用 LabVIEW FPGA 对模拟输入数据进行波形采集。

将机箱和 AI 模块置于 FPGA 接口模式

如使用 LabVIEW FPGA 编程 AI 模块，机箱和 AI 模块需进入 LabVIEW FPGA 接口模式。其他模块仍可用于扫描接口模式。按照下列步骤，将机箱和 AI 模块置于 FPGA 接口模式。

1. 在**项目浏览器**窗口，右键单击机箱项，从快捷菜单选择**新建 »FPGA 终端**，弹出**部署 CompactRIO 机箱设置？**对话框。
2. 单击**现在部署**。



提示 您还可以右键单击**项目浏览器**窗口中的机箱项，从快捷菜单中选择**属性**，打开**CompactRIO 机箱属性**对话框。在该对话框选择编程模式后，必须将设置部署至机箱。

3. 在**项目浏览器**窗口，拖放 AI 模块项至 **FPGA 终端**项。

创建和配置 DMA FIFO

FIFO 为先进先出存储器缓冲區。DMA（直接存储器访问）FIFO 允许 FPGA VI 直接传输数据给主机 VI。创建和配置 DMA FIFO 的步骤如下。

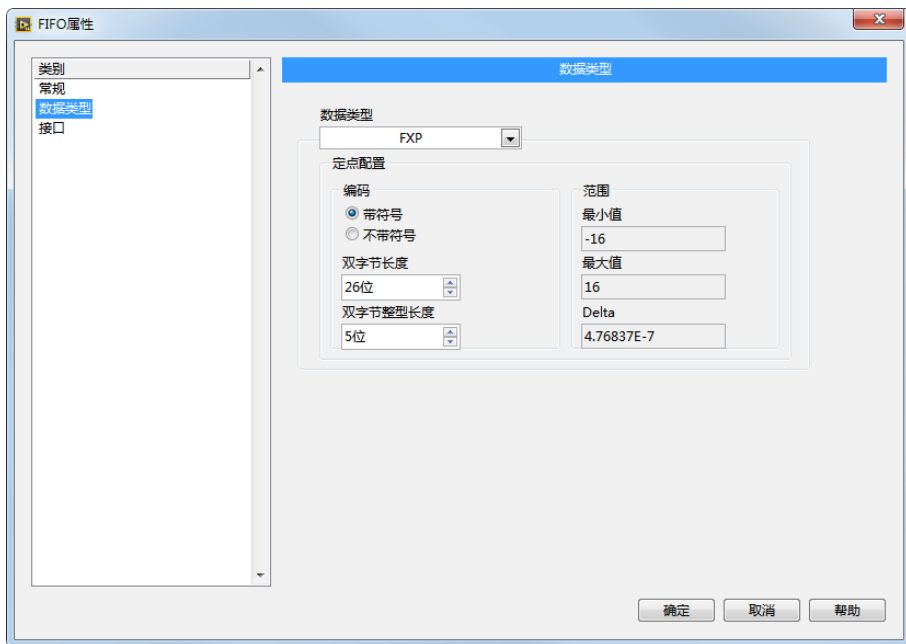
1. 在**项目浏览器**窗口右键单击 **FPGA 终端**，选择**新建 »FIFO**，弹出**FIFO 属性**对话框。
2. 在**类型**下拉列表中选择**终端至主机 - DMA**。



注 FIFO 必须配置为 I/O 模块返回数据的类型。本教程中的 FIFO 配置为 NI 9205 模块的数据类型。默认情况下，该模块返回已校准的有符号定点数。双字节长度为 26 位，双字节整型长度为 5 位。其他 AI 模块可返回其他数据类型。关于其他 AI 模块返回数据的类型见 *CompactRIO Reference and Procedures (FPGA Interface)*

3. **数据类型**选择 **FXP**。
4. **双字节长度**选择 **26 位**。
5. **双字节整型长度**选择 **5 位**。**FIFO 属性**对话框与下图类似。

图 8. 配置 DMA FIFO



6. 单击**确定**。



提示 更多 DMA FIFO 信息，可在 *LabVIEW 帮助*中搜索“DMA FIFO”。

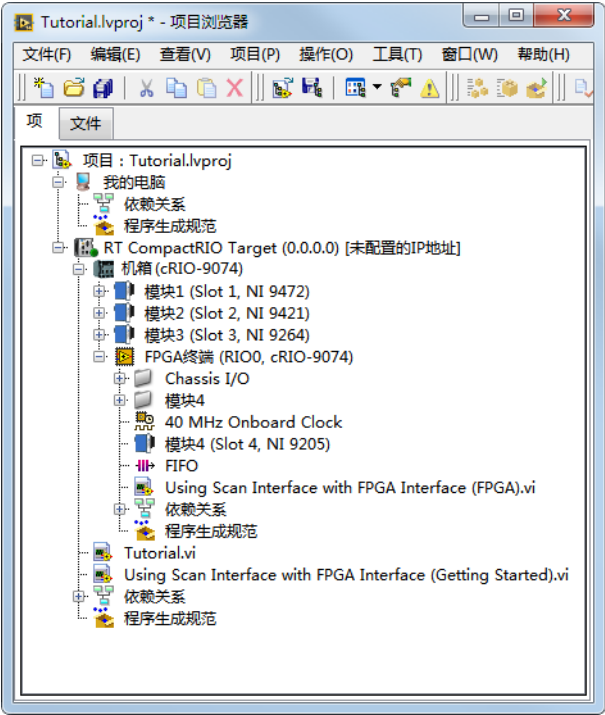
添加范例 VI 至项目

NI-RIO 软件中包含范例 VI，可降低用户工作量。添加范例至 VI 的步骤如下。

1. 在**项目浏览器**窗口，选择**帮助**»**查找范例**打开 NI 范例查找器。
2. 双击**工具包和模块**»**FPGA**»**CompactRIO**»**NI 扫描引擎**»**入门**»**Using Scan Interface with FPGA Interface.lvproj**。
3. 在新**项目浏览器**窗口依次展开 **RT CompactRIO 终端**、**机箱**和 **FPGA 终端**。

- 按下 <Ctrl> 并拖放 **Using Scan Interface with FPGA Interface (FPGA).vi** 至**项目浏览器 - Tutorial.lvproj** 窗口的 **FPGA 终端** 目录树。
- 按下 <Ctrl> 并拖放 **Using Scan Interface with FPGA Interface (Getting Started).vi** 至**项目浏览器 - Tutorial.lvproj** 窗口的控制器目录树。**项目浏览器** 窗口与下图类似。

图 9. 已添加范例 VI 的项目浏览器窗口



- 关闭**项目浏览器 - Using Scan Interface with FPGA Interface** 窗口和 NI 范例查找器。

替换范例主机 VI 中的定时循环并运行 VI

主机 VI 与 FPGA VI 通信。可在 Real-Time(RT) 终端（如 CompactRIO 控制器）或 Windows PC 上运行主机 VI。使用本教程前半部分创建和配置的定时循环替换范例主机 VI 中的定时循环。替换定时循环步骤如下。

- 打开**项目浏览器**窗口的 **Using Scan Interface with FPGA Interface (FPGA).vi**。确保程序框图中不存在断开的连线。
- 打开**项目浏览器**窗口的**Using Scan Interface with FPGA Interface (Getting Started).vi**。



注 程序框图顶端的定时循环与 Tutorial.vi 中的定时循环类似。注意，连接 **Start** 读取 / 写入控件的**错误输出**接线端至两个循环，确保 FPGA 先于循环运行。

3. 删除原定定时循环并使用 Tutorial.vi 中的定时循环。
4. 重新连线 **Start** 读取 / 写入控件的**错误输出**接线端至新定时循环**输入节点**的**错误输入**接线端。
5. 删除定时循环中的 **AI0 I/O** 变量、显示控件及由此导致的断线。AI 数据采集应在 FPGA VI 中完成，而不是在主机 VI 中完成。
6. 右键单击**打开 FPGA VI 引用**函数，选择**配置打开 FPGA VI 引用**。
7. 验证“打开 FPGA VI 引用”是否配置为打开 FPGA Target\Using Scan Interface with FPGA Interface (FPGA).vi，单击**确定**。
8. 保存 VI。
9. 保存项目。
10. 在**项目浏览器**窗口，右键单击 **Using Scan Interface with FPGA Interface (FPGA).vi**，从快捷菜单中选择**编译**，编译 FPGA VI。编译过程可能花费几分钟或几小时。



注 编译 VI 时，LabVIEW FPGA 编译服务器为 FPGA VI 添加扫描接口模式下与模块通信所需的逻辑。运行主机 VI 时，“打开 FPGA VI 引用”函数和连接定时循环的 **Start** 读取 / 写入控件能够确保定时循环中的 I/O 变量返回数据前，FPGA VI 已运行。

11. FPGA VI 编译结束后，运行 Using Scan Interface with FPGA Interface (Getting Started).vi。
12. 停止 VI。



提示 通过 FPGA Wizard 生成 Using Scan Interface with FPGA Interface (FPGA).vi 中的代码。关于使用 FPGA Wizard 生成项目代码的详细信息，见 *LabVIEW 帮助的 FPGA Wizard*。

在 FPGA 接口模式中创建项目

本节创建项目和 VI 的方法与[在扫描接口模式中创建项目](#)类似，但编程模式为 LabVIEW FPGA 接口模式。

使用 LabVIEW 项目在开发计算机上管理 VI、终端以及 I/O 模块。按照下列步骤使用 LabVIEW FPGA 项目向导创建项目。

1. 启动 LabVIEW。
2. 在**启动窗口**的**终端**栏选择 **FPGA 项目**。
3. 单击**完成**。
4. 在弹出的**新建 LabVIEW FPGA 项目**对话框中选择 **CompactRIO 可重配置嵌入式系统**并单击**下一步**。

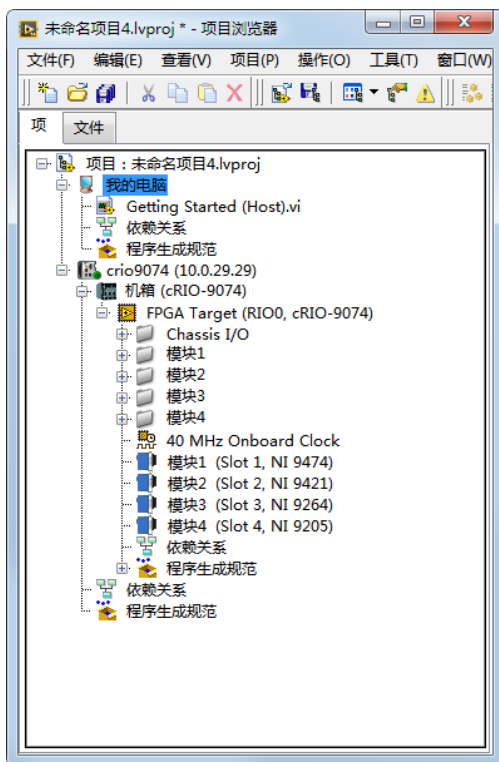
5. 确认**检测现有系统**处于选中状态，单击**下一步**。



提示 如未安装所需硬件，用户可勾选**创建新系统**。整个教程中，用户可执行类似的离线配置步骤，从而继续有关使用 CompactRIO 模块和 LabVIEW 的学习。关于离线配置 FPGA 接口模式的详细信息，见 *LabVIEW 帮助的 Configuring a Project for a CompactRIO Reconfigurable or Integrated System (FPGA Interface)* 主题。

6. 选择正在使用的控制器，单击**下一步**。
7. 取消勾选**完成时启动 FPGA 向导**，单击**完成**。LabVIEW 将控制器、机箱、FPGA 终端和所有模块添加至项目。展开项目项后的**项目浏览器**窗口与下图类似。

图 10. 新建 FPGA 项目的项目浏览器窗口



8. 选择**帮助**，确保**显示即时帮助**为勾选。关于程序框图上项的详细信息，请参考即时帮助。
9. 单击**文件 » 保存项目**，保存项目为 Getting Started.lvproj。

在 FPGA VI 中创建 AI/AO 循环

FPGA VI 是用户下载至 FPGA 终端（本应用中为 CompactRIO 机箱）的 VI。使用 FPGA VI 对 C 系列模块的 I/O 通道进行读 / 写操作。按照下列步骤创建 FPGA VI 并添加 AI 和 AO 模块。

1. 在**项目浏览器**窗口右键单击 **FPGA 终端**项，从快捷菜单选择**新建 » VI**，打开空白 VI。
2. 在 VI 程序框图上放置一个 While 循环。
3. 在**项目浏览器**窗口，展开**模块 4**文件夹项。
4. 拖放**项目浏览器**窗口的**模块 4/AI0**项至程序框图的 While 循环内，创建 FPGA I/O 节点。
5. 在程序框图中，扩展**模块 4/AI0** FPGA I/O 节点边框添加元素。
6. 单击新元素，从快捷菜单中选择**模块 3» 模块 3/AO0**，使该元素关联至**模块 3/AO0**项。



提示 默认状态下，模拟 I/O 模块返回已校准定点数。如需节省 FPGA 资源，可将模块配置为返回未校准数据。在**项目浏览器**窗口，右键单击待重配置模块，从快捷菜单中选择**属性**，打开 **C 系列模块属性**对话框。在**校准模式**下拉列表中，选择**原始**，单击**确定**。

7. 右键单击**模块 3/AO0**元素，从快捷菜单选择**创建 » 输入控件**，在前面板创建输入控件。
8. 右键单击**模块 4/AI0**元素，从快捷菜单选择**创建 » 显示控件**，在前面板创建显示控件。
9. 右键单击 FPGA I/O 节点，从快捷菜单选择**显示错误接线端**。



提示 显示错误接线端会消耗 FPGA 资源。测试和调试应用程序后，可隐藏错误接线端以节省资源。

10. 右键单击 FPGA I/O 节点的**错误输出**接线端，从快捷菜单选择**创建 » 显示控件**，在前面板创建显示控件。



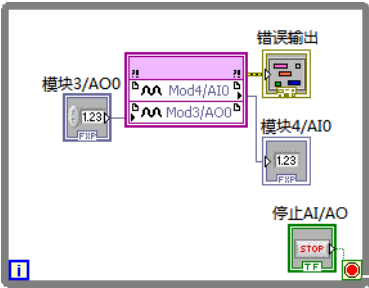
提示 本教程中的一个 FPGA I/O 节点与 2 个 C 系列模块的 I/O 配合使用。如需识别应用程序的错误源，可对每个模块使用 1 个 FPGA I/O 节点和错误显示控件。

11. 右键单击位于 While 循环右下方的条件接线端，从快捷菜单中选择**创建输入控件**，创建**停止**输入控件。
12. 重命名新控件为停止 AI/AO。
13. 单击工具栏上的**整理程序框图**按钮。



程序框图与下图类似。

图 11. 包含 AI 和 AO 的 FPGA VI 程序框图



14. 保存新 VI 为 Getting Started (FPGA).vi。

创建 PWM 循环

脉冲宽度调制通过改变数字电压输出的占空比产生用于控制应用程序的模拟信号。脉冲宽度调制可实现对数字设备（例如，直流电动机、加热器和照明设备）进行模拟控制。添加脉冲宽度调制至 FPGA VI 的步骤如下。

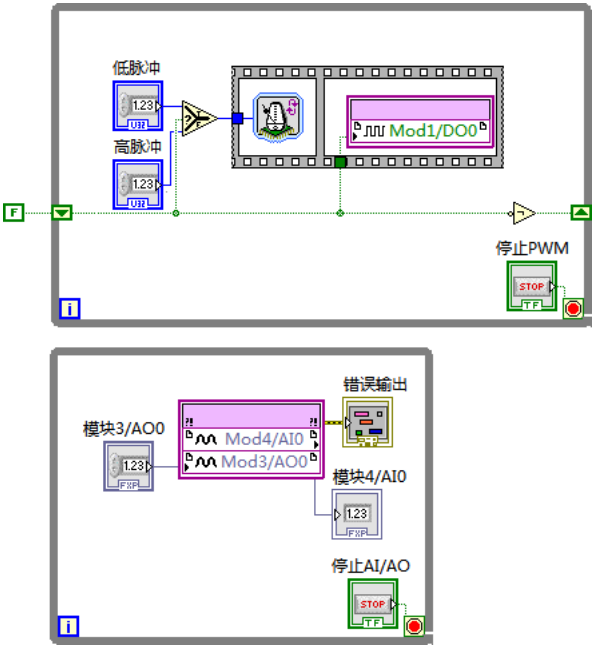
1. 在程序框图的 While 循环上方放置一个新的 While 循环。
2. 在**项目浏览器**窗口，展开**模块 1** 文件夹项。
3. 拖放**项目浏览器**窗口的**模块 1/DO0** 项至程序框图的 While 循环内部。
4. 在程序框图内放置平铺式顺序结构，使其包含**模块 1/DO0** FPGA I/O 节点。
5. 右键单击平铺式顺序结构的左边框，从快捷菜单选择**在前面添加帧**。
6. 在新建的帧内放置循环定时器 VI。
7. 在**配置循环定时器**对话框中选择**滴答**和 **32 位**，点击**确定**。
8. 在前面板放置 2 个数值控件，更改控件标签名为低脉冲和高脉冲。
9. 在平铺式顺序结构的左侧放置一个选择函数。
10. 将**低脉冲**和**高脉冲**数值控件移入 While 循环，置于选择函数的左侧。
11. 右键单击**低脉冲**控件，从快捷菜单中选择**表示法** » **U32**，将数据类型转换为 32 位无符号长整型 (U32)。
12. 右键单击**高脉冲**控件，从快捷菜单中选择**表示法** » **U32**，将数据类型转换为 32 位无符号长整型 (U32)。
13. 连线**低脉冲**控件的输出接线端至选择函数的 **t** 输入。
14. 连线**高脉冲**控件的输出接线端至选择函数的 **f** 输入。
15. 连线选择函数的输出接线端至循环定时 VI 的输入端。
16. 右键单击 While 循环的左边框，从快捷菜单中选择**添加移位寄存器**。移位寄存器可将当前循环中的数据传递到下一次循环。
17. 在 While 循环外部放置一个**假布尔常量**，与 While 循环左侧的移位寄存器连线。
18. 连线左侧的移位寄存器至选择函数的 **s** 输入。

- 19. 在 While 循环内放置一个非 (Not) 函数，置于包含**模块 1/DO0** FPGA I/O 节点的平铺式顺序结构帧下方。
- 20. 连线 While 循环左侧的移位寄存器接线端至**模块 1/DO0** FPGA I/O 节点的**模块 1/DO0** 输入端。
- 21. 连线 While 循环左侧的移位寄存器接线端至非函数的输入端。
- 22. 连线非函数的输出接线端至 While 循环右侧的移位寄存器接线端。
- 23. 右键单击位于 While 循环右下方的条件接线端，从快捷菜单中选择**创建输入控件**，创建**停止**输入控件。
- 24. 将新的**停止**控件命名为停止 PWM。
- 25. 单击工具栏上的**整理程序框图**按钮。



程序框图与下图类似。

图 12. 包含 2 个 While 循环的 FPGA VI 程序框图



- 26. 保存 VI。
- 27. 保存项目。
- 28. 在**项目浏览器**窗口，右键单击 **Getting Started (FPGA).vi**，从快捷菜单中选择**编译**，编译 FPGA VI。编译过程可能花费几分钟或几小时。

在 FPGA 接口模式创建主机 VI

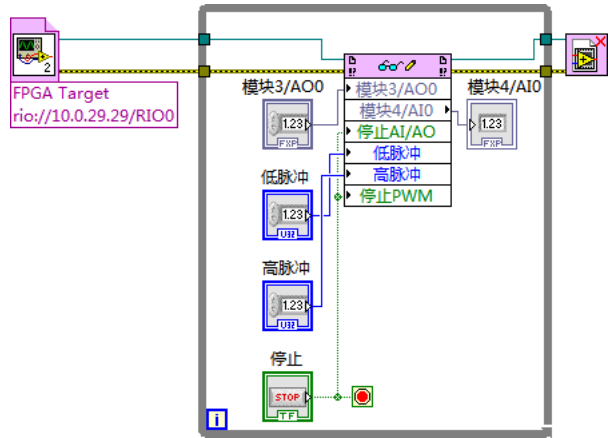
主 VI 与 FPGA VI 通信。您可在 Real-Time (RT) 终端上运行主 VI，如 CompactRIO 控制器或 Windows PC。创建主机 VI 步骤如下。

1. 在**项目浏览器**窗口，右键单击**我的电脑**，选择**新建 »VI**。
2. 在新的 VI 程序框图上放置一个 While 循环。
3. 在 While 循环左侧放置一个“打开 FPGA VI 引用”函数。
4. 双击“打开 FPGA VI 引用”函数。
5. 在**配置打开 FPGA VI 引用**对话框中勾选 **VI** 单选按钮。
6. 在**选择 VI** 对话框选择 **Getting Started (FPGA).vi**，单击**确定**。
7. 在**配置打开 FPGA VI 引用**对话框单击**确定**。
8. 在 While 循环内放置一个读取 / 写入控件函数。
9. 连线“打开 FPGA VI 引用”函数的 **FPGA VI 引用输出**端至读取 / 写入控件函数的 **FPGA VI 引用输入**的输入端。
10. 右键单击读取 / 写入控件函数的 **FPGA VI 引用输出**输出端，选择 **FPGA 接口选板 » 关闭 FPGA VI 引用**。
11. 将关闭 FPGA VI 引用函数放置在 While 循环的右侧。
12. 连线读取 / 写入控件的 **FPGA VI 引用输出**输出端至关闭 FPGA VI 引用函数的 **FPGA VI 引用输入**输入端。
13. 连线打开 FPGA VI 引用函数的**错误输出**输出端至读取 / 写入控件函数的**错误输入**输入端。
14. 连线读取 / 写入控件函数的**错误输出**输出端至关闭 FPGA VI 引用函数的**错误输入**输入端。
15. 单击读取 / 写入控件函数的 **Unselected** 元素，选择**模块 3/AO0**。
16. 展开读取 / 写入控件函数，显示 Getting Started (FPGA).vi 的所有输入控件和显示控件：**模块 3/AO0**、**模块 4/AI0**、**停止 AI/AO**、**低脉冲**、**高脉冲**、**停止 PWM** 和**错误输出**。
17. 为**模块 3/AO0** 元素创建输入控件。
18. 为**模块 4/AI0** 元素创建显示控件。
19. 为**低脉冲**和**高脉冲**创建输入控件。
20. 连线**停止 AI/AO** 和**停止 PWM** 的输入至 While 循环的**停止**控件的输出端。
21. 单击工具栏上的**整理程序框图**按钮。



程序框图与下图类似。

图 13. 主机 VI 的程序框图



- 22. 保存 VI 为 Getting Started (Host).vi。
- 23. 保存项目。

运行并测试主机 VI

新创建的主机 VI 可用于控制应用程序。按照下列步骤，运行和测试主机 VI。

- 1. 运行主机 VI(Getting Started (Host).vi)。
- 2. 在前面板更改**模块 3/AO0** 控件的值。**模块 4/AIO** 显示控件的值将随之改变。
- 3. **高脉冲**和**低脉冲**输入控件设置为相同值。即占空比为 50%。如 DO 模块带有 LED 指示灯，此时通道 0 的指示灯应变亮。



提示 计算占空比公式如下：

$$\frac{\text{高脉冲}}{\text{高脉冲} + \text{低脉冲}} = \text{占空比}$$

- 4. 单击**停止**控件，停止运行 VI。

所学内容

本教程包含下列开发 CompactRIO 应用程序的重要概念：

- CompactRIO 可用于扫描接口模式、FPGA 接口模式，或两者的组合模式。在扫描接口模式创建和配置 VI 更加容易，但 FPGA 接口模式可为用户提供更多自定义可能。
 - 如使用两者组合的模式，必须使用正确的数据流和打开 FPGA VI 引用函数，确保 I/O 开始返回数据前，FPGA VI 已经处于运行状态。

- 典型 CompactRIO 应用程序包含一个 LabVIEW 项目，以及一个或多个 VI。
 - 使用**项目浏览器**窗口管理 VI、配置 VI、配置 CompactRIO 设备以及配置通道别名和 I/O 变量。
 - 如有模块工作于 FPGA 接口模式下，项目必须包含 FPGA VI 和主机 VI。FPGA VI 运行于 CompactRIO 机箱的 FPGA 上。通常主机 VI 运行在 CompactRIO 控制器上，也可运行在 Windows PC 平台上。
 - 使用 FPGA VI 从 CompactRIO I/O 通道读 / 写数据，并在 FPGA 中完成逻辑操作。
 - 使用主机 VI 与 FPGA VI 通信，并完成数据记录和分析。
- 在 CompactRIO 应用程序中使用错误接线端。在 FPGA VI 超出 FPGA 终端容量的情况下，可禁用错误检测以缩小 FPGA VI 的大小。

全球技术支持和服务

NI 网站为您提供全面的技术支持资源。请访问 ni.com/support，获取疑难解答、应用程序开发自助资源，以及来自 NI 应用工程师的电话或电子邮件帮助。

请访问 ni.com/services，获取 NI 工厂安装服务、维修、保修期延长和其他服务的信息。

请访问 ni.com/register 注册您的 NI 产品。注册产品将便于您获得技术支持，并确保您收到 NI 的重要更新。

合规声明 (DoC) 表示产品符合欧盟理事会的相关规范。本系统确保电子产品的电磁兼容性 (EMC) 和安全性。请访问 ni.com/certification 获取产品的合规声明。如所购产品支持校准服务，可登录 ni.com/calibration 获取校准证书。

NI 的总部地址为：11500 North Mopac Expressway, Austin, Texas, 78759-3504。此外，NI 还在全球设有分支机构。美国国内用户如需获得电话支持，请登录 ni.com/support 创建服务请求，或致电 1 866 ASK MYNI (275 6964)。美国之外的用户如需获得电话技术支持，请访问 ni.com/niglobal 的 Worldwide Offices 网页查找最新的办事处联系方式、技术支持电话、电子邮件地址及当前活动。

关于 NI 商标的详细信息，请访问 ni.com/trademarks，查看 NI Trademarks and Logo Guidelines。此处提及的其他产品和公司名称均为其各自公司的商标或商业名称。关于 NI 产品和技术的专利权，请查看软件中的**帮助»专利信息**、光盘中的 patents.txt 文件，或 ni.com/patents 上的 National Instruments Patent Notice。产品安装结束后，可在自述文件中查看最终用户许可协议 (EULA) 和第三方法律声明。请登录 ni.com/legal/export-compliance 的 Export Compliance Information 查阅 NI 全球出口管制政策，以及如何获知有关的 HTS 编码、ECCN 和其他进出口信息。NI 对于本文件所含信息的准确性不作任何明示或默示的保证，并对其错误不承担任何责任。美国政府用户：本手册中包含的数据系使用私人经费开发的，且本手册所包含的数据受到联邦采购条例 52.227-14 和联邦国防采购条例补充规定 252.227-7014 和 252.227-7015 中规定适用的有限权利和受限数据权益条款的约束。