

## 摘要

DAC12DL3200 评估模块 (EVM) 用于评估德州仪器 (TI) 的 DAC12DL3200 数模转换器 (DAC)。本文档中的评估板、评估模块和 EVM 等术语指的是 DAC12DL3200EVM。

## 内容

<b>1 引言</b> .....	2
1.1 对发送和接收的低延迟评估.....	3
1.2 相关文档.....	3
<b>2 设备</b> .....	4
2.1 评估板功能标识摘要.....	4
2.2 所需设备.....	5
<b>3 设置过程</b> .....	6
3.1 安装 High-Speed Data Converter (HSDC) Pro 软件.....	7
3.2 安装配置 GUI 软件.....	7
3.3 连接 DAC12DL3200EVM 和 TSW14DL3200EVM.....	7
3.4 将电源连接到电路板 (关闭).....	7
3.5 将信号发生器连接到 EVM (*在定向之前禁用射频输出).....	8
3.6 打开 TSW14DL3200EVM 的 12V 电源并连接到 PC.....	8
3.7 打开 DAC12DL3200EVM 的 5V 电源并连接到 PC.....	8
3.8 打开信号发生器射频输出.....	8
3.9 打开 DAC12DL3200EVM GUI 并对 DAC 以及适用于单通道 NRZ 模式 2 运行的时钟进行编程.....	9
3.10 打开 HSDC 软件并将 FPGA 图像加载至 TSW14DL3200EVM.....	11
3.11 DxSTRB 定时调整.....	14
<b>4 其他工作模式</b> .....	17
4.1 单通道射频模式 2 (第二奈奎斯特区域).....	17
4.2 双通道输出模式 0.....	17
4.3 双通道模式 1 设置.....	18
4.4 双通道 2xRF 模式 0 DAC 设置.....	18
4.5 直接数字合成模式.....	18
<b>5 寄存器日志文件</b> .....	21
<b>6 器件配置</b> .....	22
6.1 选项卡结构.....	22
6.2 低级控件.....	22
<b>A DAC12DL3200EVM 疑难解答</b> .....	24
<b>B DAC12DL3200EVM 板载时钟配置</b> .....	25

## 插图清单

图 1-1. DAC12DL3200EVM.....	2
图 1-2. 基于 LVDS 的低延迟 ADC 接收器和 DAC 发送器.....	3
图 1-3. 低延迟 ADC EVM、采集卡、图形发生器和 DAC EVM.....	3
图 2-1. DAC12DL3200EVM 特性.....	4
图 3-1. EVM 测试设置.....	6
图 3-2. 配置 GUI：“LMK04828”选项卡.....	9
图 3-3. “Low Level View”(低级视图)选项卡.....	10
图 3-4. 选择配置文件.....	10
图 3-5. 未加载固件.....	11

图 3-6. 选择 DAC 模式 2.....	12
图 3-7. HSDC Pro GUI 设置.....	13
图 3-8. IO 延迟.....	14
图 3-9. IO 延迟寄存器写入.....	15
图 3-10. DAC 通道 A 输出.....	16
图 4-1. 第二奈奎斯特区域测试.....	17
图 4-2. 包含 NCO 设置的 DACA 选项卡.....	19
图 4-3. NCOA 计算.....	20
图 5-1. 寄存器日志文件.....	21
图 6-1. 配置 GUI：“Low Level View”（低级视图）选项卡.....	22
图 B-1. 板载时钟设置.....	25
图 B-2. 默认电路板时钟配置电路（外部时钟模式）.....	26

## 表格清单

表 6-1. 低级控件.....	23
表 A-1. 疑难解答.....	24

## 商标

Microsoft® and Windows® are registered trademarks of Microsoft Corporation.  
Rohde & Schwarz® is a registered trademark of Rohde & Schwarz GmbH & Co.  
所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 引言

DAC12DL3200 是一款延迟超低的双通道 12 位射频采样数模转换器 (DAC)，采样速率在双通道模式下高达 3.2 千兆样本/秒 (GSPS)，或在单通道模式下高达 6.4GSPS。当使用多种奈奎斯特输出模式时，DAC 可以在接近 8GHz 的载波频率下传输超过 2GHz 的信号带宽。DAC12DL3200EVM 器件的输入数据通过高速 LVDS 接口进行传输。此评估板还包括以下重要特性：

- 变压器耦合输出支持高达 8GHz 的单端 50 Ω 输出信号
- LMX2592 时钟合成器，作为生成 DAC 采样时钟的选项
- 针对支持外部时钟源的快速设置的变压器耦合输入时钟选项（电路板默认设置）
- 适用于 DAC SYSREF 和 FPGA 参考时钟源的 LMK04828 时钟合成器
- 通过 USB 连接器和 FTDI USB 转 SPI 总线转换器进行器件寄存器编程
- 通过 400 引脚 FMC 接口连接器实现高速 LVDS 数据输入

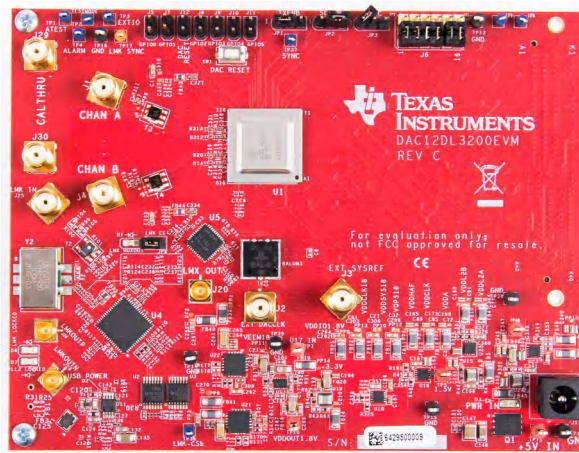


图 1-1. DAC12DL3200EVM

TI TSW14DL3200EVM 图形发生器与 TI High-Speed-Data-Converter (HSDC) Pro 软件 GUI 搭配使用，可将 LVDS 数据测试图形发送到 DAC12DL3200EVM。

在 HSDC Pro 软件中正确选择硬件后，将自动配置 TSW14DL3200EVM 以支持 DAC12DL3200 的不同运行模式。接口提供高达 1600MSPS 的 LVDS 输出数据。

## 1.1 对发送和接收的低延迟评估

TSW14DL3200EVM 适用于通过 DAC12DL3200EVM 和 ADC12DL3200EVM 进行的即插即用型评估。这为基于 LVDS 的低延迟 DAC 发送器或 ADC 接收器 ( 或者同时针对两者 ) 提供了原型设计或测试功能。

TI 采用两种方法来测量 DAC12DL3200 器件的总体端到端延迟。

方法 1 : 图 1-2 展示了这种方法, 其中测试信号馈送到 ADC12DL3200 器件的前端, 样本由 FPGA 提取和采集。然后, 将这些样本转发至 DAC12DL3200, 后者生成输出信号 ( 输入测试信号的延迟版 )。Xilinx UltraScale 的 IO 体系结构以牺牲低延迟性能来换取吞吐量, 实现了超高速数据速率。位速率超过 1.2Gbps 时, FPGA 中的 SERDES 块实现异步时钟域交叉 ( 在 ADC 和 DAC 端 )。此外, ADC 数据通道和 FPGA 中接收 SERDES 块的输出之间可能存在数据偏差。这可以通过在 FPGA 内部增加缓冲层来补偿。这些域交叉的总和以及数据排序相关的延迟将产生 285ns 的端到端延迟。其中, DAC12DL3200 大约产生 6ns 的延迟 ( 请参阅数据表规格 ), 而 ADC12DL3200 增加了大约 8ns 的延迟。其余延迟来自使用的 FPGA 逻辑。

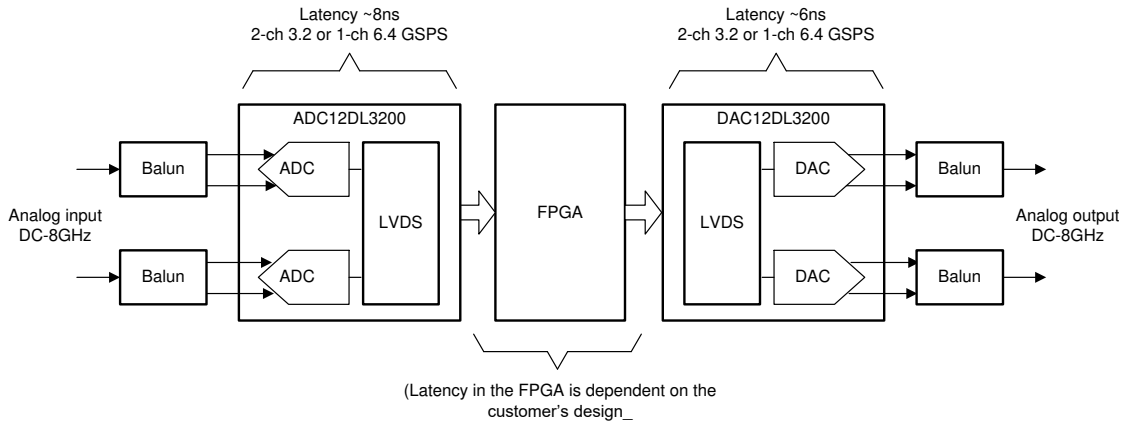


图 1-2. 基于 LVDS 的低延迟 ADC 接收器和 DAC 发送器

方法 2 : 为了通过 FPGA 最大限度地降低延迟并真实地表示数据转换器的延迟, 我们创建了一种简化设置, 将 FPGA 用作组合直通器件。FPGA 逻辑只将 ADC 的 MSB 输出 ( 通过 FPGA ) 传递到 DAC 的 MSB 输入。FPGA 不对信号进行任何重新定时, 以避免时钟域交叉导致的任何非确定性延迟。使用此设置, 测得的 ADC12DL3200 + FPGA + DAC12DL3200 + 器件 EVM 路由的合计延迟为 32.8ns。

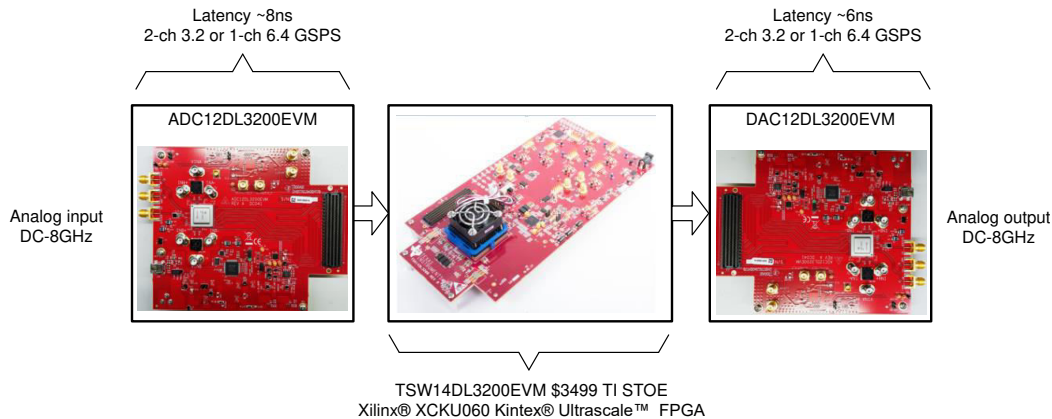


图 1-3. 低延迟 ADC EVM、采集卡、图形发生器和 DAC EVM

## 1.2 相关文档

### 技术参考文档

- 德州仪器 (TI), [DAC12DL3200 6.4GSPS 单通道或 3.2GSPS 双通道 12 位 DAC 数据表](#)
- 德州仪器 (TI), [TSW14DL3200 高速 LVDS 数据采集和图形发生器用户指南](#)
- 德州仪器 (TI), [High Speed Data Converter Pro GUI 用户指南](#) ( 也可以在软件的帮助菜单中找到 )

- 德州仪器 (TI), 具有集成型 VCO 的 LMX2582 高性能宽带 PLLatinum™ 射频合成器数据表
- 德州仪器 (TI), 具有双环路 PLL 且符合 JESD204B 标准的 LMK0482x 超低噪声时钟抖动消除器数据表
- FTDI USB 转串行驱动程序安装手册

## TSW14DL3200EVM 和 ADC12DL3200EVM 运行

请参阅 [TSW14DL3200EVM 用户指南](#) 和 [ADC12DL3200EVM 用户指南](#), 了解配置和状态信息。

## 2 设备

本节描述了评估 DAC12DL3200 器件的完整性能所需的设备。

### 2.1 评估板功能标识摘要

图 2-1 显示了 EVM 特性。

#### 备注

EVM 没有任何电源时序, 因为在将这项要求添加到数据表之前就完成了 EVM 的设计。TI 建议按照 [DAC12DL3200 6.4GSPS 单通道或 3.2GSPS 双通道 12 位 DAC 数据表](#) 中的电源建议一节使用电源时序。

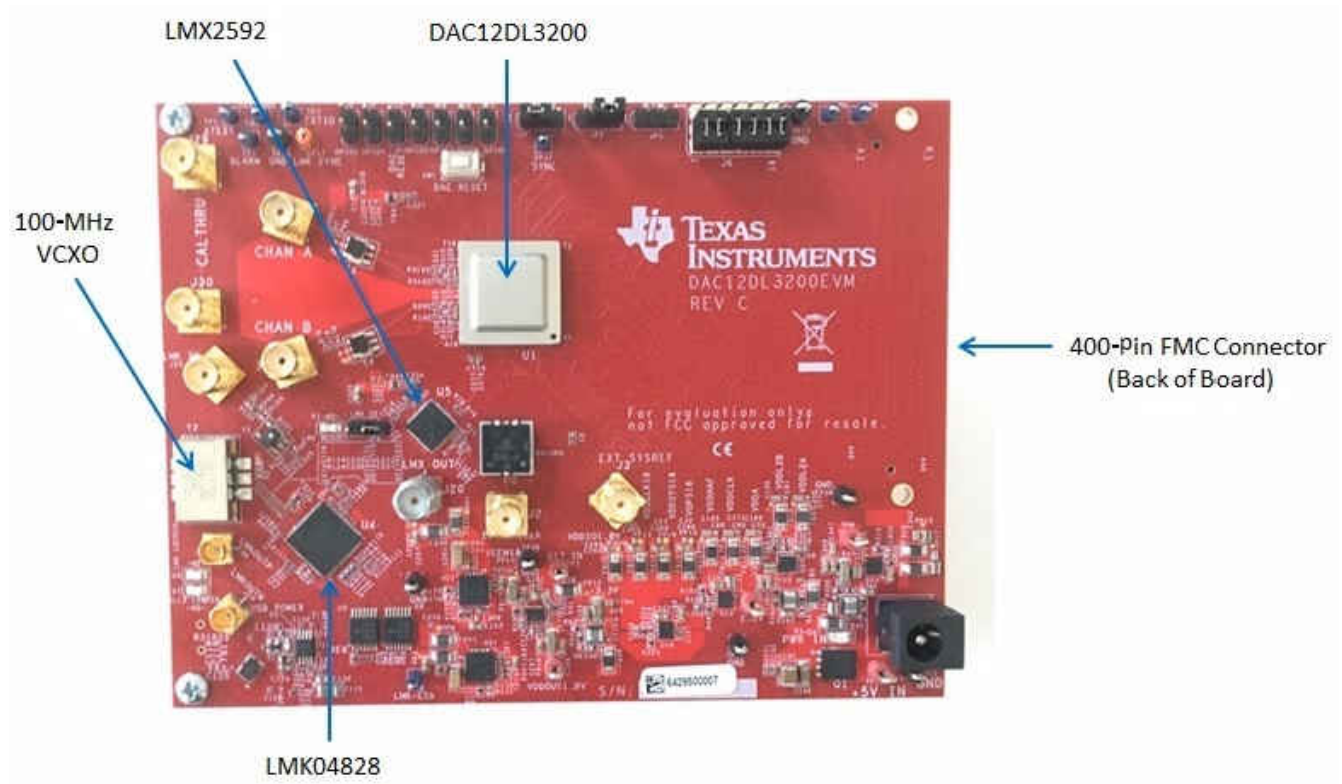


图 2-1. DAC12DL3200EVM 特性

## 2.2 所需设备

EVM 评估套件中包含以下设备：

- DAC12DL3200 评估模块 (EVM)
- Mini-USB 电缆
- 电源线

EVM 评估套件中不包含以下设备，但评估此产品时需要使用这些设备：

- TSW14DL3200EVM 图形发生器板、电源线和 USB3.0 电缆
- HSDC 专业版软件
- 运行 Microsoft® Windows® 操作系统 (XP、7、8 或 10) 的计算机 (PC)
- 用于时钟输入的两个低噪声同步信号发生器。TI 建议使用以下器件：
  - Rohde & Schwarz® SMA100A 或 SMA100B
- 频谱分析仪
  - 具有 20GHz 带宽的 Rohde & Schwarz® FSQ 或等效器件
- SMA 至 SMA 信号路径电缆
- 能够提供 3A 电流的 12V 直流电源 (TSW14DL3200EVM)
- 能够提供 4A 电流的 5V 直流电源 (DAC12DL3200EVM)

默认情况下，DAC12DL3200EVM 使用外部时钟解决方案。在电路板的几个地方略做小改动，即可支持板载时钟解决方案。如果使用板载时钟，无需信号发生器。

### 3 设置过程

本节描述了如何在工作台上借助正确的设备来设置 DAC12DL3200EVM，从而评估 DAC 器件的完整性能。图 3-1 显示了 EVM 测试设置。

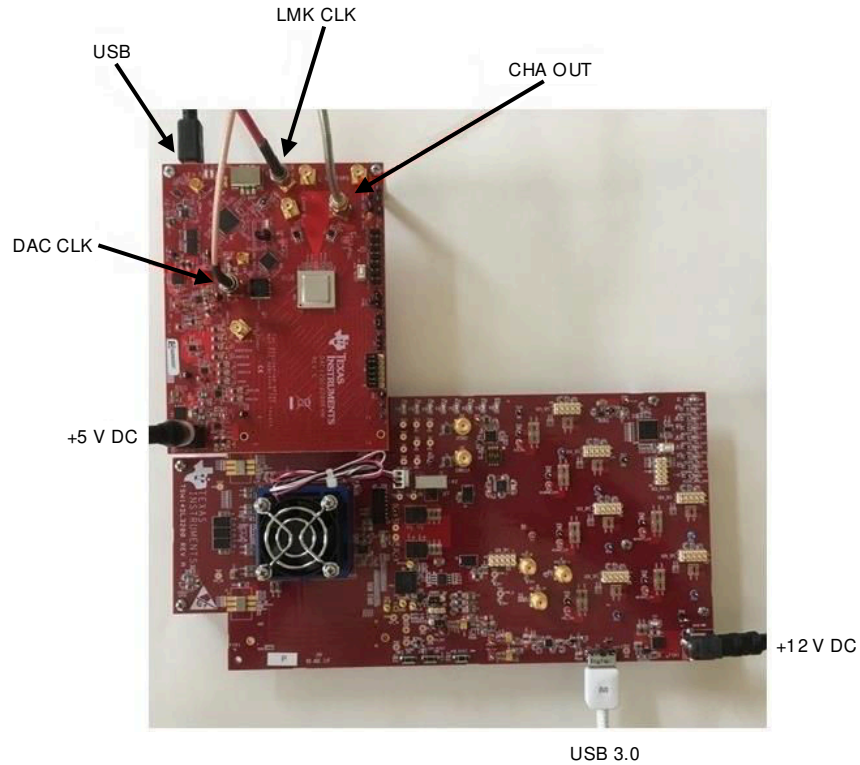


图 3-1. EVM 测试设置

#### 备注

必须在第一次将 TSW14DL3200EVM 连接到 PC 之前，安装 HSDC Pro 软件。

### 3.1 安装 High-Speed Data Converter (HSDC) Pro 软件

从 [www.ti.com.cn/tool/cn/dataconverterpro-sw](http://www.ti.com.cn/tool/cn/dataconverterpro-sw) 下载 HSDC Pro 软件的最新版本。按照安装说明安装软件。

### 3.2 安装配置 GUI 软件

1. 请从 [www.ti.com.cn/tool/cn/DAC12DL3200EVM](http://www.ti.com.cn/tool/cn/DAC12DL3200EVM) 上的 EVM 工具文件夹中下载配置图形用户界面 (GUI) 软件。
2. 对 zip 压缩文件进行解压缩。
3. 运行可执行文件 ( setup.exe ) 并按照说明操作。

### 3.3 连接 DAC12DL3200EVM 和 TSW14DL3200EVM

关闭电源，通过 FMC 连接器将 DAC12DL3200EVM 连接到 TSW14DL3200EVM，如图 3-1 所示。确保支柱可达到连接器可靠连接所需的正确高度。

确保电路板跳线按照以下所示的方法配置：

- JP1 (TXENB) 引脚 1 - 2。这将启用 DAC 输出。
- JP2 (睡眠) 引脚 2 - 3。这使得 DAC 退出睡眠模式。
- JP3 (SYNC) 无分流器。此输入具有内部上拉电阻。当为高电平时，DAC 使用适用于频闪灯的 DxSTRB 输入。当为低电平时，DAC 使用数据 LSB 作为频闪灯。如需了解更多信息，请参阅数据表。
- JP6 (LMX\_CE) 引脚 1 - 2。这会将 LMX 置于关断模式 ( 电路板默认设置 )。
- J6 ( DAC NCO 选择 ) 引脚 1 - 2、4 - 5、7 - 8、10 - 11、13 - 14、16 - 17。默认将所有输入接地
- J5、J7 - J12 ( FTDI 备用 GPIO ) 无分流器。默认断开所有输入。安装这些跳线时，FTDI 可以控制 NCO 选择输入。

### 3.4 将电源连接到电路板 ( 关闭 )

1. 确认 TSW14DL3200EVM 上的电源开关处于关闭位置。将电源线连接到 12V 直流 ( 最小 3A 电流 ) 电源。确认桶形连接器的外表面已接地，连接器内部的电压为 12V，从而确保电源极性正确。将电源线连接到 EVM 电源连接器。
2. 将电源线连接到 DAC12DL3200EVM 的 5V 直流 ( 最小 4A 电流 ) 电源。确认桶形连接器的外表面已接地，连接器内部的电压为 5V，从而确保电源极性正确。将电源线连接到 EVM 电源连接器。

#### CAUTION

确保 EVM 的电源连接极性正确。如果极性不正确，可能会立即导致 EVM 损坏。

确保将 12V 电源连接到 TSW14DL3200EVM 而不是 DAC12DL3200EVM。为 DAC12DL3200EVM 提供 12V 电压可能会立即导致其损坏。

使 TSW14DL3200EVM 电源开关处于关闭位置。

### 3.5 将信号发生器连接到 EVM ( \*在定向之前禁用射频输出 )

使用 SMA 连接器 J2 将信号发生器连接到 DAC12DL3200EVM 的 EXT\_DACCLK 输入。必须使用低噪声信号发生器。将信号发生器配置为 6.4GHz、12dBm。

使用 SMA J25 将与 DACCLK 信号发生器同步的第二个信号发生器连接到 DAC12DL3200EVM 的 LMK\_IN。将信号发生器配置为 1.6GHz、12dBm。

#### 3.5.1 如果使用外部时钟 ( 可选 )

若要使用板载时钟解决方案操作 EVM，请执行以下操作：

1. 移除 LMX\_CE 跳线 J6 上的分流器
2. 将 C7 移至 C277
3. 将 C6 移至 C278
4. 为 FB28 安装 MuRata BLM18AG121TN1D 或等效器件。这位于 Y2 下方的电路板底部。
5. [附录 B](#) 提供了关于在此模式下运行的 GUI 设置说明。

### 3.6 打开 TSW14DL3200EVM 的 12V 电源并连接到 PC

执行以下步骤来打开具有 12V 电源的 TSW14DL3200EVM 并连接到 PC

1. 打开连接到 TSW14DL3200EVM 的 12V 电源。
2. 用 Mini USB 3.0 电缆将 PC 与 TSW14DL3200EVM 连接起来。
3. 如果这是第一次将 TSW14DL3200EVM 连接到 PC，请按照屏幕上的说明自动安装器件驱动程序。如需了解具体说明，请参阅 [TSW14DL3200EVM 用户指南](#)。

### 3.7 打开 DAC12DL3200EVM 的 5V 电源并连接到 PC

执行以下步骤来打开 DAC12DL3200EVM 的 5V 电源并连接到 PC。

1. 使用 Mini USB 电缆将 DAC12DL3200EVM 连接到 PC。
2. 打开 5V 电源以为 EVM 加电。
3. 按下 DAC RESET 开关 SW1。
4. 打开 TSW14DL3200EVM 上的电源开关

### 3.8 打开信号发生器射频输出

打开连接到 DAC12DL3200EVM 的两个信号发生器的信号输出。



### 3.9 打开 DAC12DL3200EVM GUI 并对 DAC 以及适用于单通道 NRZ 模式 2 运行的时钟进行编程

器件配置 GUI 的安装独立于 HSDC Pro 安装程序，是独立的 GUI。

图 3-2 显示了 LMK04828 选项卡中打开的 GUI。面板顶部的选项卡将配置分为器件和 EVT 特性，其中用户友好型控件和“Low Level”（低级）选项卡可用于直接配置寄存器。EVM 具有三个可配置器件：DAC12DL3200、LMK04828 和 LMX2592。器件数据表中提供了每个器件的寄存器映射。

图 3-2 展示了 DAC12DL3200EVM GUI，其中显示连接到 PC 的 USB 状态。

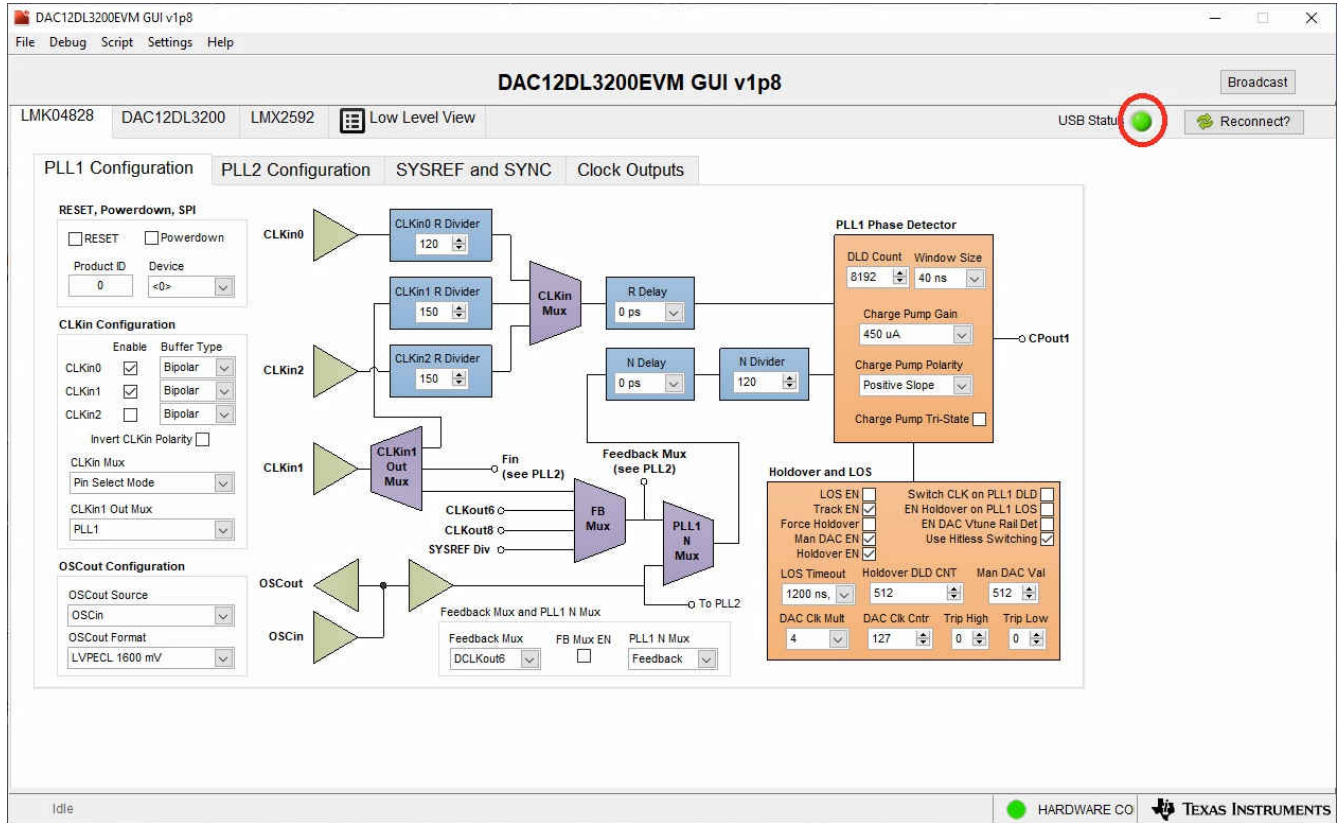


图 3-2. 配置 GUI：“LMK04828”选项卡

1. 点击 DAC12DL3200 GUI 图标打开 DAC12DL3200EVM GUI，并以管理员身份运行。
2. 验证 USB 是否已连接到电路板。这通过 GUI 右上角的绿色 USB 状态指示灯来指示。如果指示灯未亮起，请点击 *Reconnect?*（重新连接？）按钮，直到指示灯亮起。
3. 点击 *Low Level View*（低级视图）选项卡。

图 3-3 展示了将寄存器配置文件加载到 EVM 的过程。

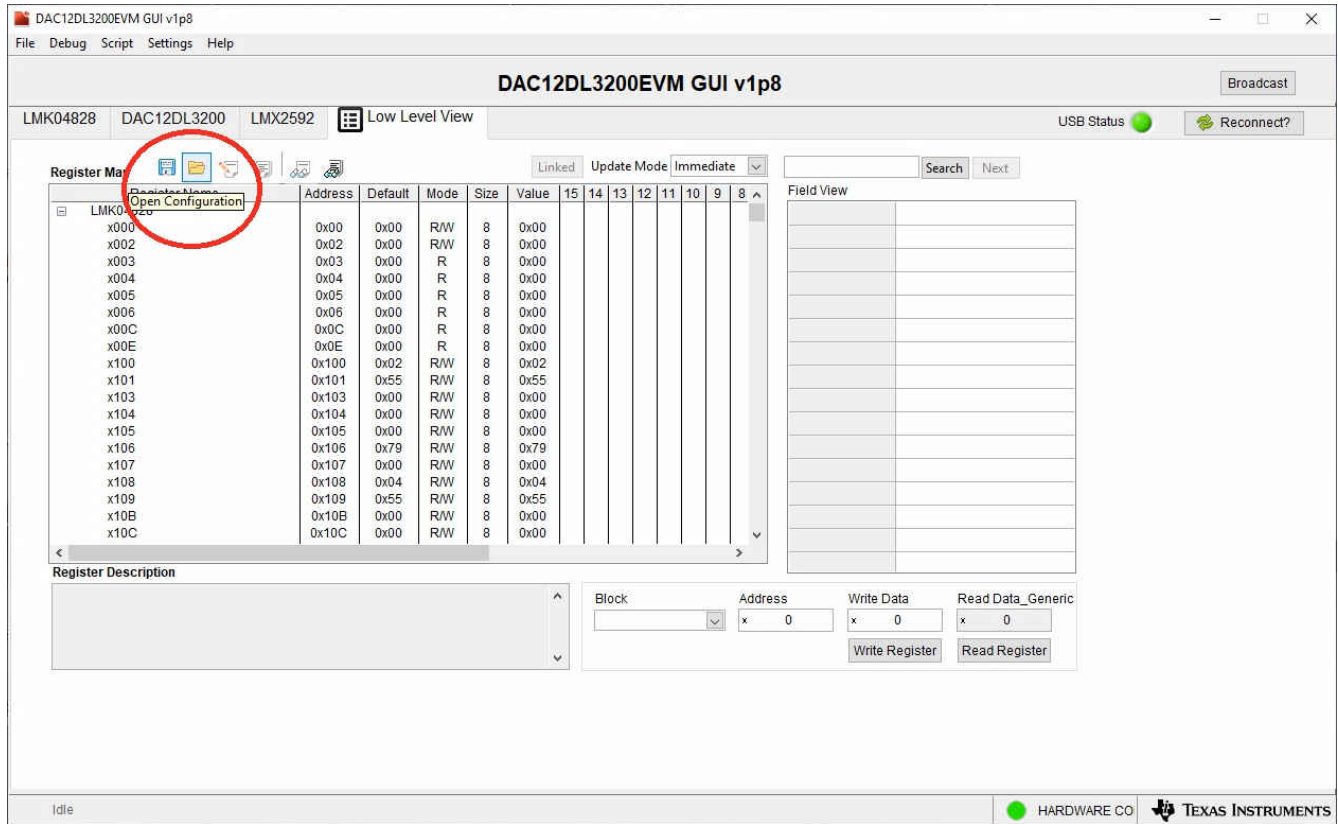


图 3-3. “Low Level View” (低级视图) 选项卡

4. 单击 **File** (文件) 图标并导航到 “EXT\_CLK\_Mode2\_NRZ\_Single\_DAC.cfg”，然后单击 **OK** (确定) 按钮以加载 LMK 和 DAC 寄存器，请参阅图 3-4。

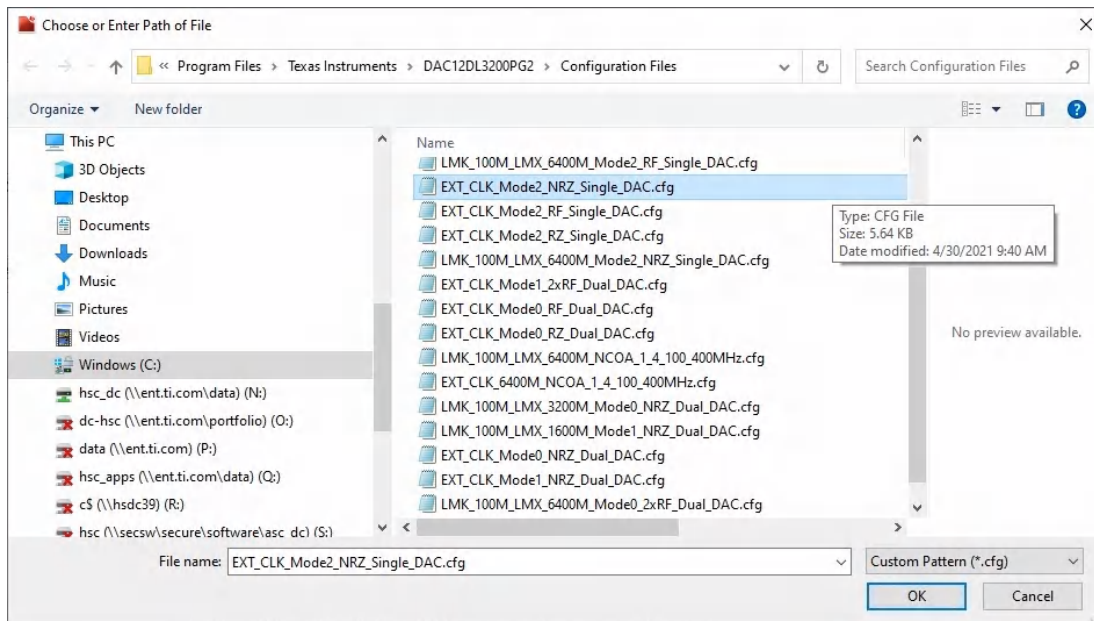


图 3-4. 选择配置文件

此配件文件将 DAC 设置为在单通道模式下运行，仅在 CHA 上提供输出。如有需要，可以在此模式下在 CHB 上提供相同输出，但配置文件将默认关闭 CHB 的电源。

### 3.10 打开 HSDC 软件并将 FPGA 图像加载至 TSW14DL3200EVM

执行以下步骤以打开 HSDC 软件并将 FPGA 图像加载至 TSW14DL3200EVM：

1. 打开 HSDC Pro 软件。

点击 **OK** (确定) 以确认 TSW14DL3200EVM 器件的序列号。如果连接了多个 TSWxxxxx 板，请选择连接到 DAC12DL3200EVM 的电路板的型号和序列号。当 EVM 上电时，FPGA 中未加载任何固件。点击 **No firmware. Please select a device to load firmware into the board.** (无固件。请选择一个器件来将固件加载至电路板) 消息上的“OK” (确定) 按钮。

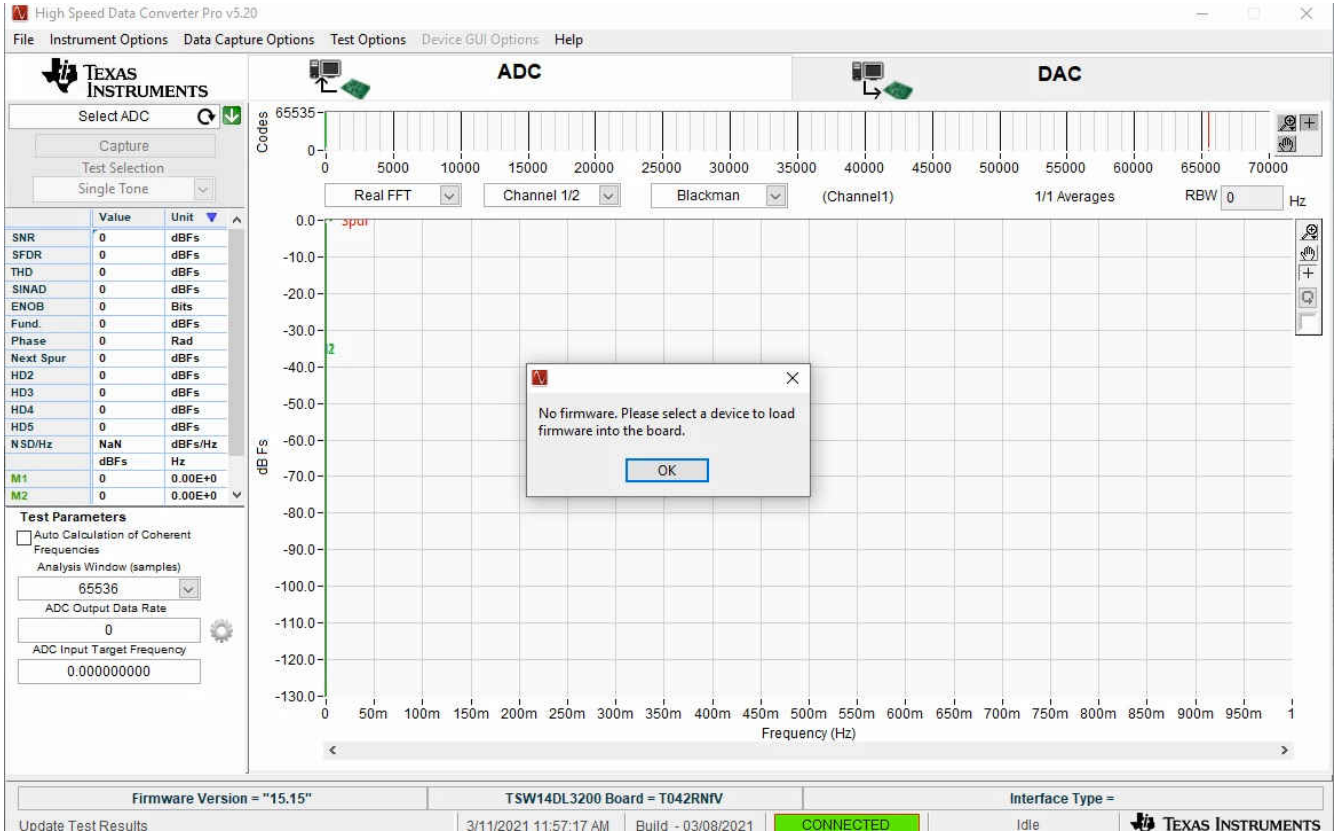


图 3-5. 未加载固件

2. 点击 GUI 右上角的 DAC 选项卡。

在器件下拉菜单中，选择“DAC12DL3200\_MODE2\_12b\_sync\_istrb”，如图 3-6 所示。

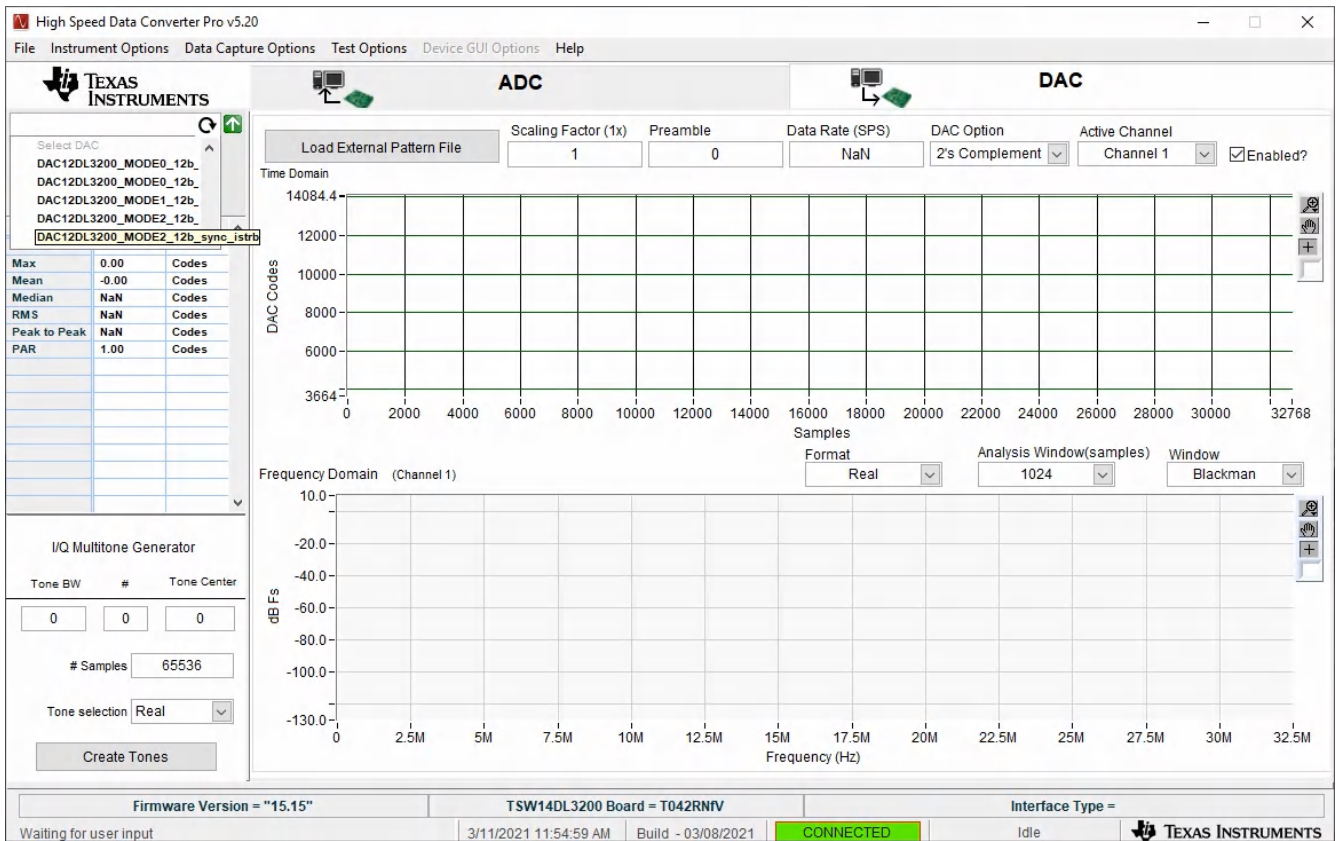


图 3-6. 选择 DAC 模式 2

3. 出现系统提示时, 点击 Yes (是) 以更新固件。下载固件后, TSW14DL3200EVM 上的配置完成 LED D22 亮起。它在 FPGA 旁边。状态 LED D1 至 D5 也亮起。
4. 在 GUI 顶部中间, 在 *Data Rate* (数据速率) 中输入 “6.4G”。
5. 在 GUI 左下角的 *I/Q Multitone Generator* (I/Q 多音调发生器) 窗口中, 将音调中心设为 “1GHz”。
6. 在 *I/Q Multitone Generator* (I/Q 多音调发生器) 窗口中, 输入音调数量 “1”。
7. 点击 *Create Tones* (创建音调) 按钮。

设置界面如图 3-7 所示。

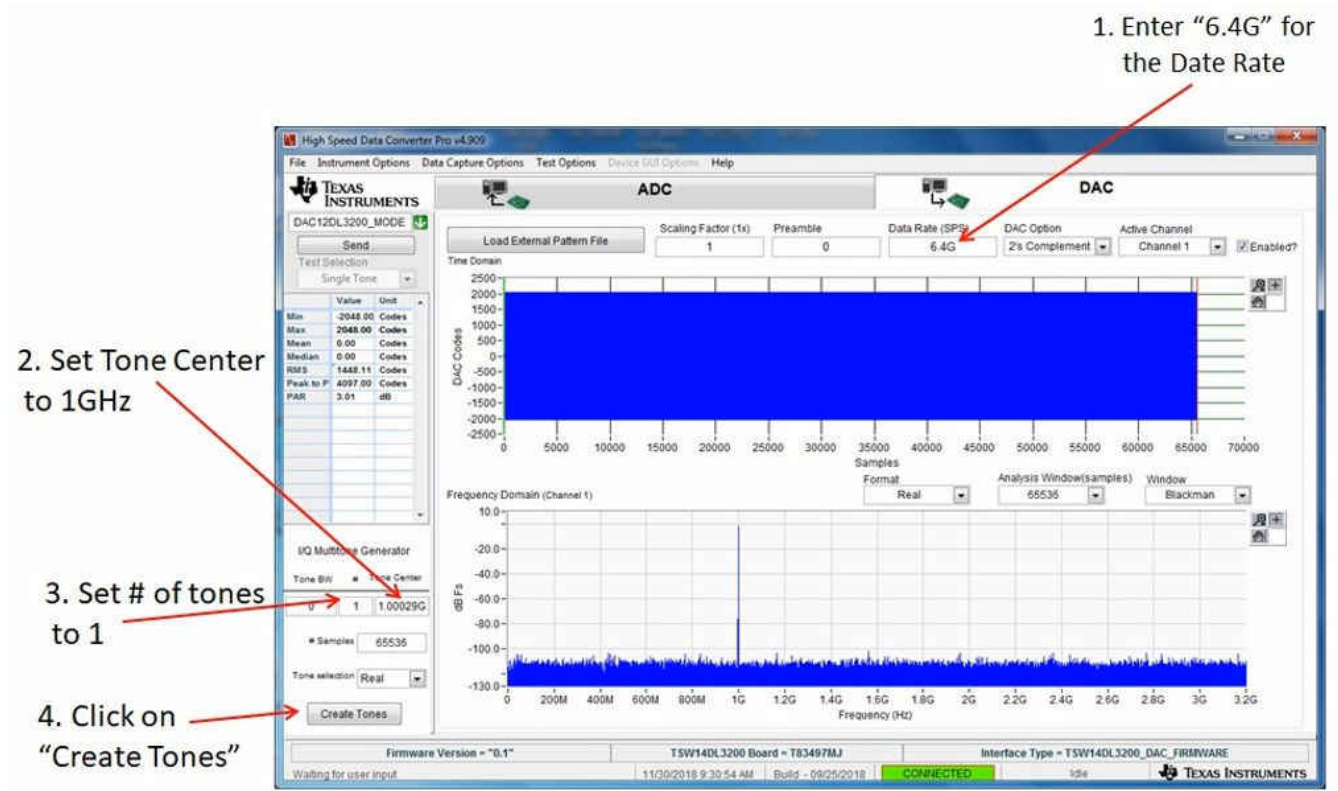


图 3-7. HSDC Pro GUI 设置

### 3.11 DxSTRB 定时调整

1. 默认情况下，HSDC Pro 使用的当前固件将发送一个方波，而不是 DxSTR 信号的脉冲。DAC 需要 DxSTR 的脉冲，该脉冲应为 4 个 LVDS 时钟周期的倍数。为了进行这方面的校正，请在 HSDC Pro GUI 中执行以下操作：
  - a. 点击位于 DAC 主页面左上角的 *Instrument Options* (仪表) 选项卡。
  - b. 点击 *IO Delay* (IO 延迟)。

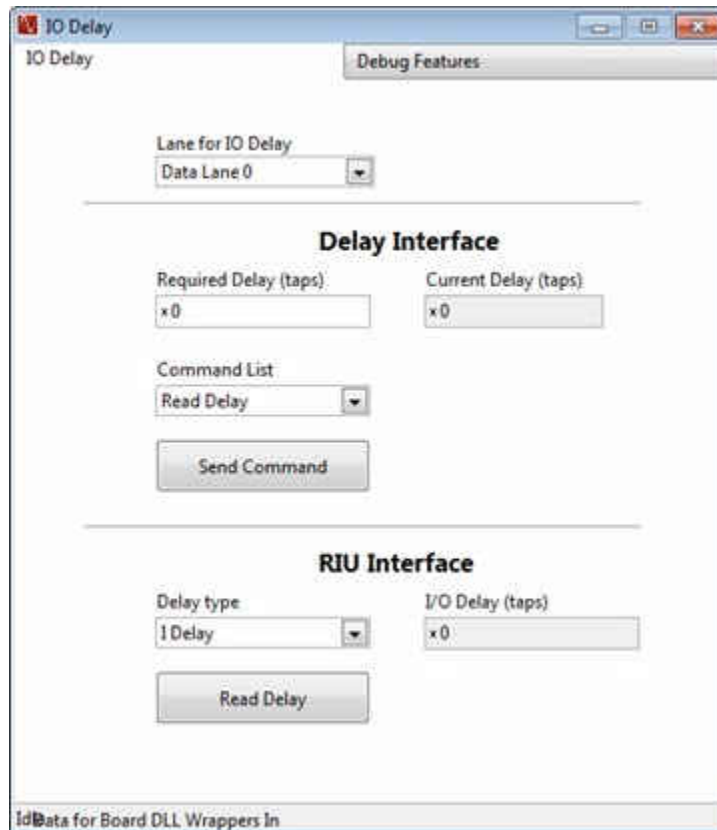


图 3-8. IO 延迟

- c. 点击 *Debug Features* (调试功能) 按钮。
- d. 在“Write” (写入) 部分的“Reg Address” (寄存器地址) 中输入“x10000004”，在“Data” (数据) 中输入“x8000”，如图 3-9 所示。点击 *Write Registers* (写入寄存器) 按钮。在“Read” (读取) 部分的“RegAddress” (寄存器地址) 中输入“x10000004”。点击 *Read Registers* (读取寄存器) 按钮。验证 x8000 是否已写入此地址。关闭此窗口。

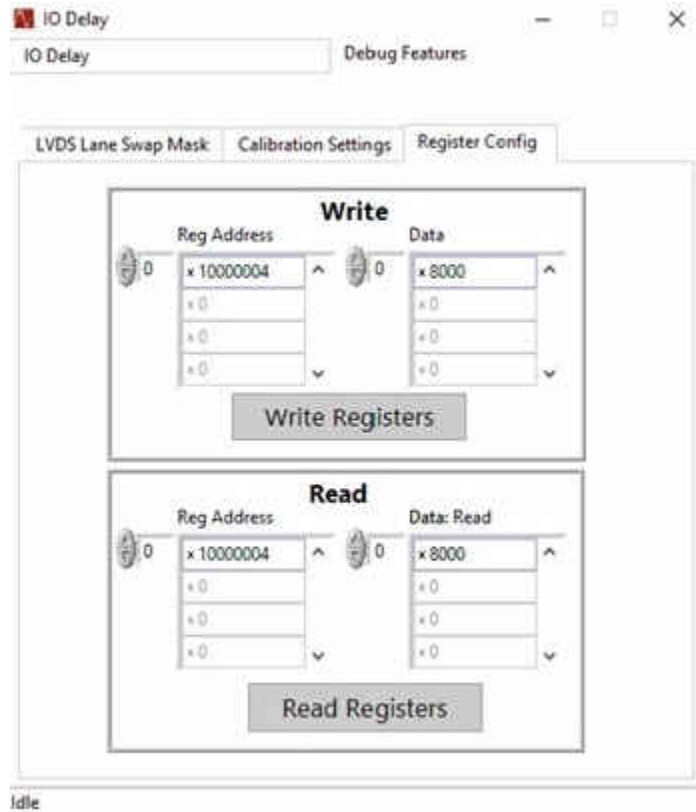


图 3-9. IO 延迟寄存器写入

**备注**

加载固件后，只需要执行一次这些步骤。如果需要发送另一图形，无需执行这些步骤。如果 TSWS14DL3200EVM 关闭，或者重新加载了固件，必须重复执行这些步骤。

- e. 在 HSDC Pro GUI 主页面中，点击左上角的 **Send** (发送) 按钮将测试音调发送到 DAC EVM。
- f. 现在 CHA SMA 连接器 J1 上应该有一个 1GHz 的输出音调。

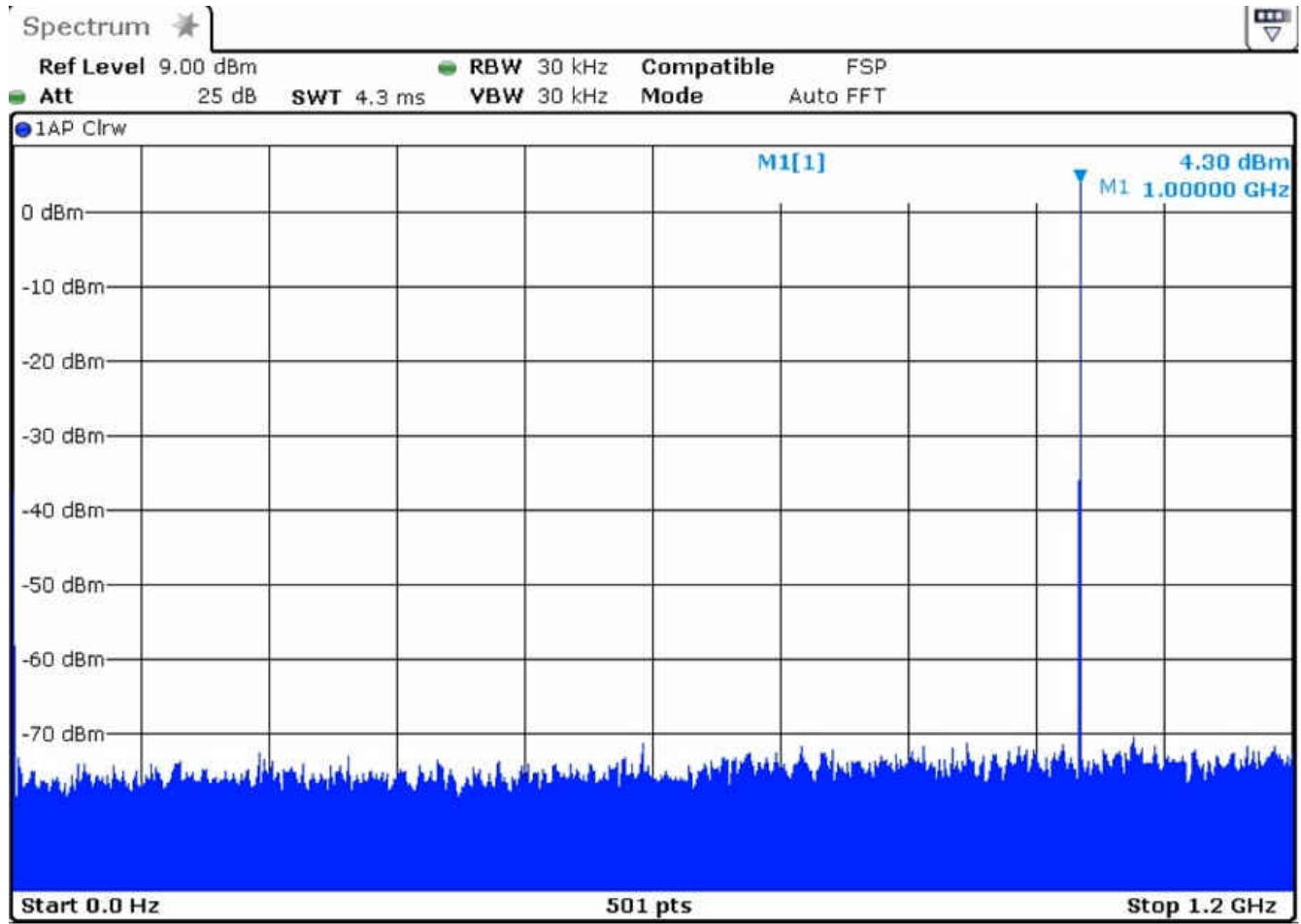


图 3-10. DAC 通道 A 输出



## 4 其他工作模式

### 4.1 单通道射频模式 2 ( 第二奈奎斯特区域 )

在 DAC GUI 中，点击 *DAC12DL3200* → *DACA* 选项卡。若要在第二奈奎斯特区域中运行单个 DAC，请在 *DACA\_output mode* 框中选择 *RF mode*。DAC 采样频率为 6.4GHz，输入音调位于 2.6GHz 处，图像将位于第二奈奎斯特区域的 3.8GHz 处。

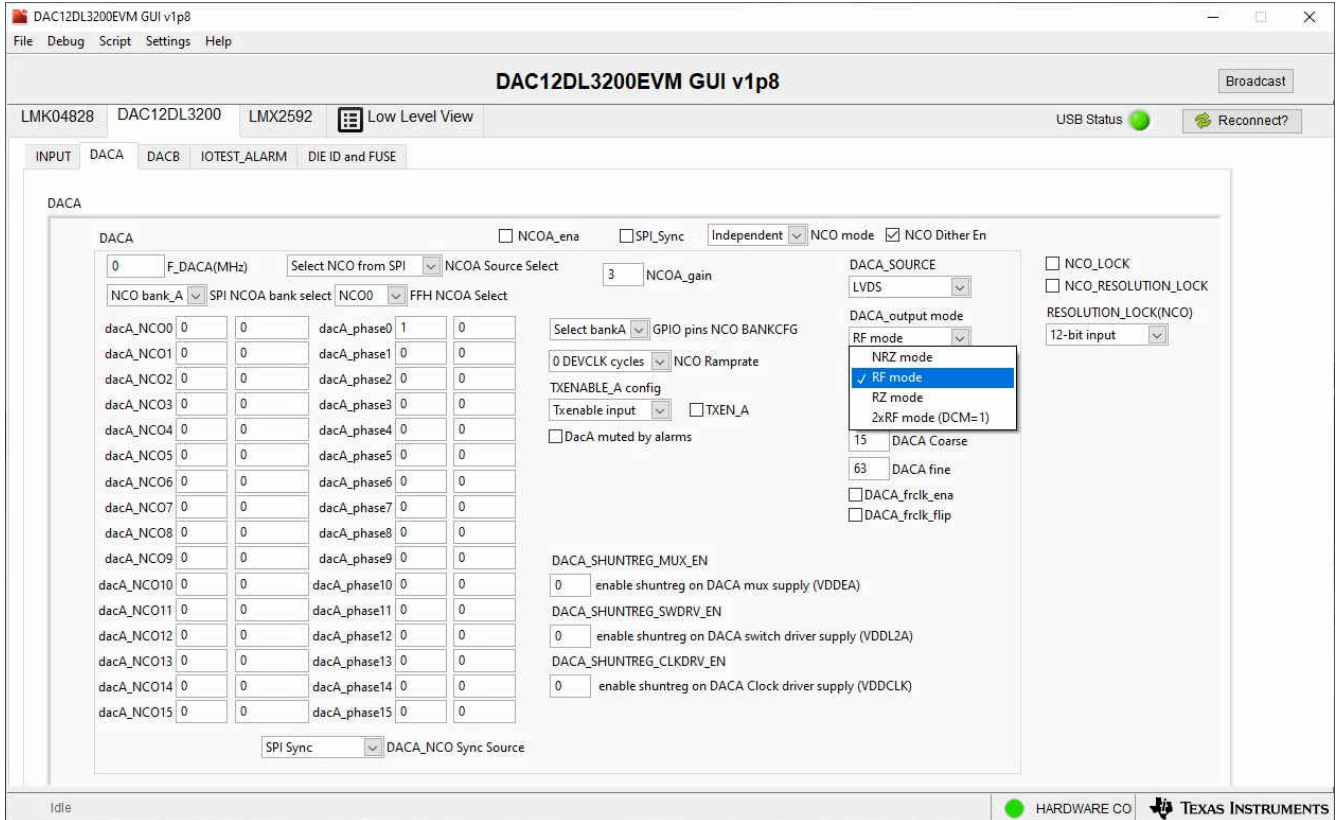


图 4-1. 第二奈奎斯特区域测试

### 4.2 双通道输出模式 0

完成以下步骤以在双通道输出模式 0 下工作：

1. 将连接到 EXT\_DACCLK (SMA J2) 的信号发生器的频率更改为 3.2GHz。
2. 选择 *DAC RESET* ( DAC 复位 ) 开关。
3. 点击 *DAC12DL3200EVM Low Level View* ( 低级视图 ) 选项卡。
4. 点击 *File* ( 文件 ) 图标并导航到 “EXT\_CLK\_Mode0\_NRZ\_Dual\_DAC.cfg”，然后点击 *OK* ( 确定 ) 按钮以加载 LMK 和 DAC 寄存器。

此配件文件将 DAC 设置为在双通道模式下运行，在 CHA 和 CHB 上提供输出。

5. 在 HSDC Pro GUI 中的器件下拉菜单中，选择 “DAC12DL3200\_MODE0\_12b\_sync\_istrb”。如果固件已加载，跳过下一步。
6. 出现系统提示时，点击 *Yes* ( 是 ) 按钮以更新固件。下载固件后，按照 [DxSTRB 定时调整](#) 一节中所述执行 DxSTR 寄存器写入。
7. 在 *Data Rate* ( 数据速率 ) 中输入 “3.2GHz”。
8. 在 GUI 左下角的 *I/Q Multitone Generator* ( I/Q 多音调发生器 ) 窗口中，输入以下参数：音调 “1” 的数量、音调中心 “1GHz”，然后点击 *Create Tones* ( 创建音调 ) 按钮。
9. 点击主 GUI 页面左上角的 *Send* ( 发送 ) 按钮将测试音调发送到 DAC EVM。现在 CHA SMA 连接器 J1 和 CHB SMA 连接器 J4 上应该有一个 1GHz 的输出音调。

### 4.3 双通道模式 1 设置

使用以下列表来设置双 DAC，每个通道一个数据库：

1. 将连接到 EXT\_DACCLK (SMA J2) 的信号发生器的频率更改为 1.6GHz。将连接到 LMK IN (SMA J25) 的信号发生器的频率更改为 400MHz。
2. 按下 DAC RESET (DAC 复位) 开关。
3. 点击 DAC12DL3200EVM *Low Level View* (低级视图) 选项卡。
4. 点击“File” (文件) 图标并导航到“EXT\_CLK\_Mode1\_NRZ\_Dual\_DAC.cfg”，然后点击“OK” (确定) 按钮以加载 LMK 和 DAC 寄存器。

此配件文件将 DAC 设置为在双通道模式下运行，每个 DAC 仅 1 组 LVDS 数据，在 CHA 和 CHB 上提供输出。

5. 在 HSDC Pro GUI 中的器件下拉菜单中，选择“DAC12DL3200\_MODE1\_12b\_sync\_istrb”。如果固件已加载，跳过下一步。
6. 出现系统提示时，点击 Yes (是) 以更新固件。下载固件后，按照 [DxSTRB 定时调整](#) 一节中所述执行 DxSTR 寄存器写入。
7. 在“Data Rate” (数据速率) 中输入“1.6GHz”。
8. 在 GUI 左下角的 *I/Q Multitone Generator* (I/Q 多音调发生器) 窗口中，输入以下参数：音调“1”的数量、音调中心“500 MHz”，然后点击“Create Tones” (创建音调)。
9. 点击主 GUI 页面左上角的“Send” (发送) 按钮将测试音调发送到 DAC EVM。现在 CHA 和 CHB SMA 连接器 J1 和 J4 上应该有一个 1GHz 的输出音调。

### 4.4 双通道 2xRF 模式 0 DAC 设置

此模式在第三、第四和第五奈奎斯特区域中提供优化输出数据：

1. 将连接到 EXT\_DACCLK (SMA J2) 的信号发生器的频率更改为 6.4GHz。将连接到 LMK IN (SMA J25) 的信号发生器的频率设置为 1.6GHz。
2. 按下 DAC RESET (DAC 复位) 开关。
3. 点击 DAC12DL3200EVM *Low Level View* (低级视图) 选项卡。
4. 点击 *File* (文件) 图标并导航到“EXT\_CLK\_Mode0\_2xRF\_Dual\_DAC.cfg”，然后点击 OK (确定) 按钮以加载 LMK 和 DAC 寄存器。

此配件文件将 DAC 设置为在双通道模式下运行，每个 DAC 2 组 LVDS 数据，在 CHA 和 CHB 上提供输出。

5. 在 HSDC Pro GUI 中的器件下拉菜单中，选择“DAC12DL3200\_MODE0\_12b\_sync\_istrb”。如果固件已加载，跳过下一步。
6. 出现系统提示时，点击 Yes (是) 以更新固件。下载固件后，按照 [DxSTRB 定时调整](#) 一节中所述执行 DxSTR 寄存器写入。
7. 在“Data Rate” (数据速率) 中输入“3.2GHz”。
8. 在 GUI 左下角的 *I/Q Multitone Generator* (I/Q 多音调发生器) 窗口中，输入以下参数：音调“1”的数量、音调中心“1GHz”，然后点击“Create Tones” (创建音调)。
9. 点击主 GUI 页面左上角的 *Send* (发送) 按钮将测试音调发送到 DAC EVM。现在 CHA 和 CHB SMA 上应该有一个 1GHz 的输出音调。此音调的图像针对第三个奈奎斯特区域进行了优化，其在第四个奈奎斯特区域中位于 7.4GHz 和 11.8GHz 处。

### 4.5 直接数字合成模式

DAC12DL3200 包含两个数控振荡器 (NCO)，用户可选择使用它们对每个 DAC 的音调进行直接数字合成。有两个 NCO 组，每组有 16 个独立的 32 位 NCO。可以将组单独用于每个 DAC，也可以同时使用两个组为一个 DAC 提供 32 个 NCO。两个 NCO 合并起来可为两个 DAC 提供一个双音调源。使用 DACA 和 DACB 选项卡中的 dac\_A/B\_NCO 列设置 NCO 频率。使用 dacA/B\_phase 列设置相位。

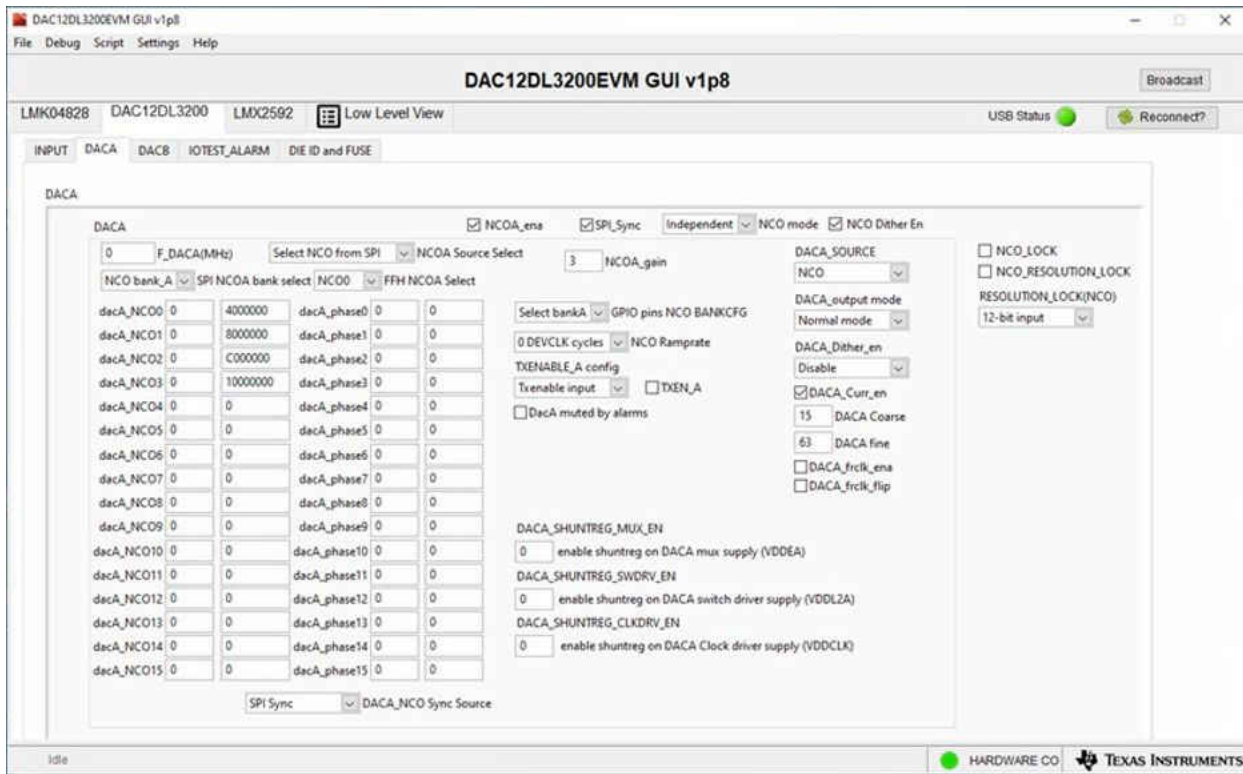


图 4-2. 包含 NCO 设置的 DAC 选项卡

GUI 带有两个默认的 NCO 设置配置文件。一个名为“EXT\_CLK\_6400M\_NCOA\_1\_4\_100\_400MHz.cfg”，它将前 4 个 DAC NCO 设置为 100MHz、200MHz、300MHz 和 400MHz。为 EVM 提供 6.4GHz 外部时钟并加载此配置文件后，用户就可以选择将四个 NCO 中的任意一个发送至 CHA 输出。标记为“SPI NCOA bank select”的 GUI 框用于确定使用哪个 NCO。

第二个配置文件名为“LMK\_100M\_LMX\_6400M\_NCOA\_1\_4\_100\_400MHz”，它会加载相同的参数，但用于板载时钟模式下的 EVM 设置。

NCO 模式下不使用数字输入数据。无需使用 TSW14DL3200EVM。

若要输入所需的 NCO 频率和相位设置，用户必须首先在标记为“F\_DACA(MHz)”的框中输入 DAC 采样速率。输入的值以 MHz 为单位。

然后用户就计划使用哪些 NCO 进行选择，并在第一列中输入 NCO 频率 (以 MHz 为单位)。输入此值后，点击 GUI 中的任意位置或按键盘上的 Enter 键将加载所需的寄存器，并使用用于生成此频率的实际寄存器设置来更新第二列。相同的说明也适用于设置 NCO 相位。输入的相位值以弧度为单位。有效的输入值为 -3.1416 到 3.1416。可在器件数据表中找到此设置的公式。

图 4-3 展示了 DAC 采样速率为 6400MHz 且 NCO0、NCO1、NCO2 和 NCO3 设为 100MHz、200MHz、300MHz 和 400MHz 的设置。

如果 NCO SYNC 源使用 SPI\_SYNC，在对 NCO 设置进行任何更改后，点击 SPI\_SYNC 按钮两次，以同步两个 NCO。

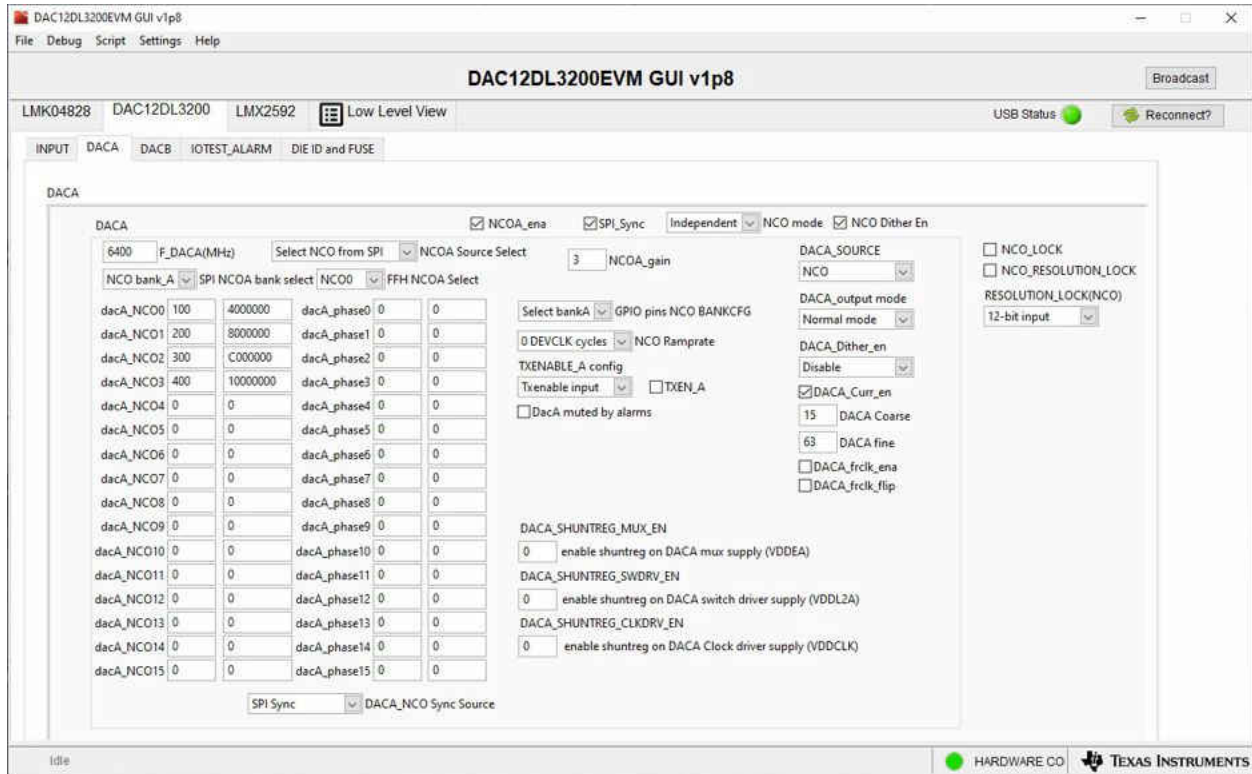


图 4-3. NCOA 计算

## 5 寄存器日志文件

双击 GUI 左下角的 *Idle* (空闲) 文字旁边的位置, 即可打开日志文件。用户每次输入一个新值或点击 GUI 上的按钮时, 日志文件就会更新并显示实际寄存器地址以及会写入到 DAC12DL3200、LMK04828 或 LMX2592 中的数据值。可以首先突出显示要保存的寄存器设置, 然后在日志文件中双击并选择 **Save Selected** (保存所选), 以保存此日志文件信息。

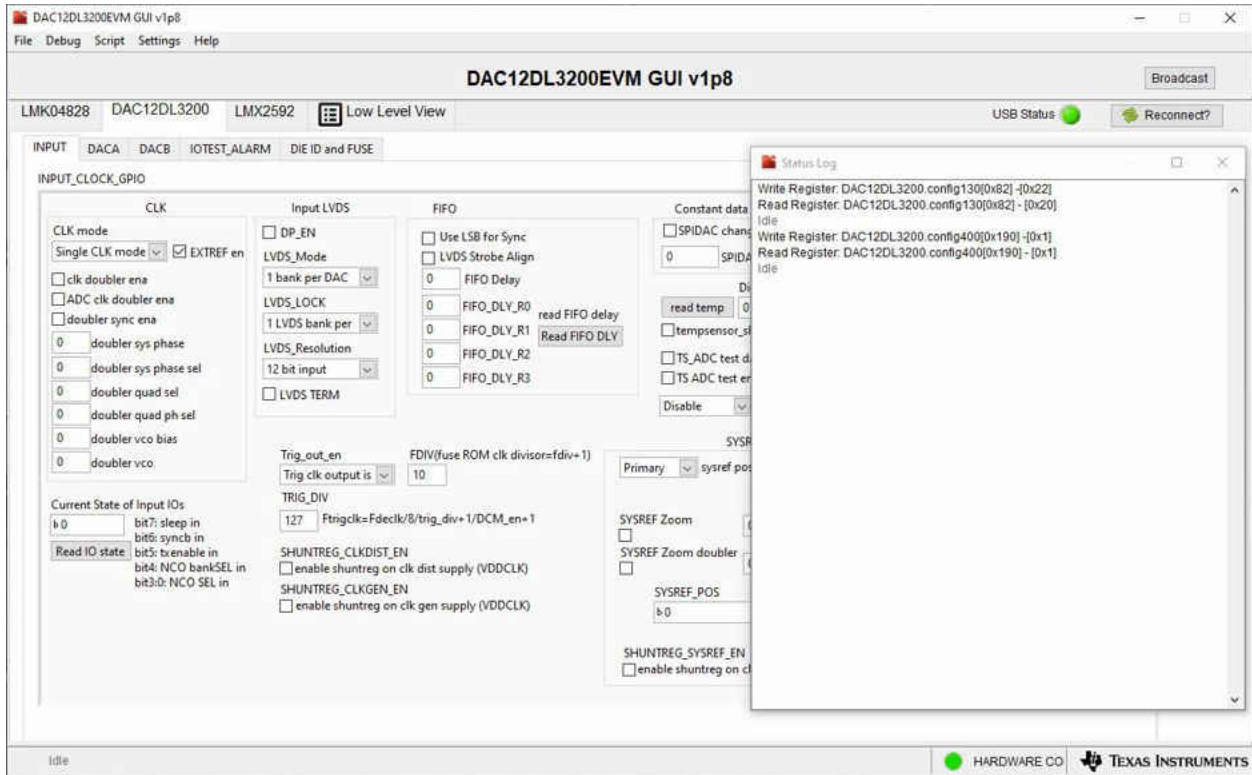


图 5-1. 寄存器日志文件

## 6 器件配置

DAC 器件可通过串行编程接口 (SPI) 总线进行编程，该总线可通过位于 EVM 上的 FTDI USB 至 SPI 转换器进行访问。GUI 用于在总线上写入指令，并对 DAC12DL3200、LMK04828 和 LMX2592 器件的寄存器进行编程。

有关 DAC 器件中的寄存器的更多信息，请参阅 [DAC12DL3200 6.4GSPS 单通道或 3.2GSPS 双通道 12 位 DAC 数据表](#)。

### 6.1 选项卡结构

INPUT、DACA、DACB、IOTEST\_ALARM 以及 DIE ID 和 FUSE 配置选项卡中提供了控制 DAC 器件特性的功能。

LMK04828 选项卡下的 PLL1 Configuration、PLL2 Configuration、SYSREF 和 SYNC 以及 Clock Outputs 配置选项卡中提供了控制 LMK0428 器件特性的功能。

LMX2592 选项卡下提供了控制 LMX2592 器件特性的功能。

### 6.2 低级控件

使用图 6-1 中所示的 Low Level View (低级视图) 选项卡，可在位字段级配置器件。可随时使用表 6-1 中的控件来配置器件或从器件中读取。

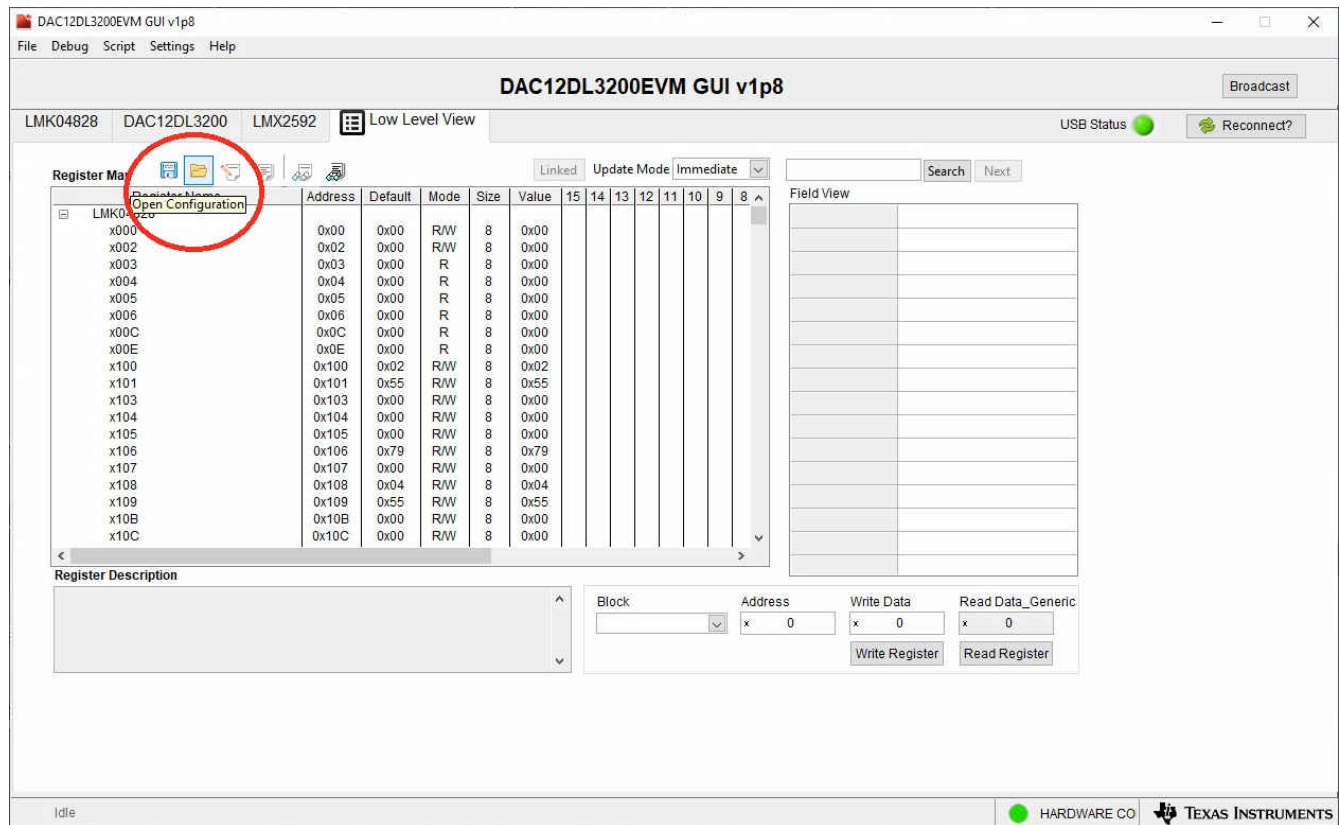


图 6-1. 配置 GUI：“Low Level View” (低级视图) 选项卡

表 6-1. 低级控件

控制	说明
寄存器映射摘要	显示 EVM 上的器件、这些器件的寄存器和寄存器的状态。 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 点击寄存器字段可对寄存器数据组进行独立的位操作</li> <li>• “值”列显示了上次更新 GUI 时的寄存器值</li> </ul>
“Write register”（写入寄存器）按钮	将 <i>Write Data</i> （写入数据）字段中的值写入寄存器映射摘要中突出显示的寄存器
“Write all”（全部写入）按钮	使用 <i>Register Map</i> （寄存器映射）摘要中所示的值来更新寄存器映射摘要中所示的所有寄存器
“Read register”（读取寄存器）按钮	从 <i>Register Map</i> （寄存器映射）摘要中突出显示的寄存器中读取，并显示 <i>Read Data</i> （读取数据）字段中的结果 可用于将 GUI 与硬件状态同步
“Read-all”（全部读取）按钮	从 <i>Register Map</i> （寄存器映射）摘要中的所有寄存器中读取，并显示硬件的当前状态
<i>Load Configuration</i> （加载配置）按钮	加载磁盘中的配置文件以及文件中的寄存器地址/数据值
<i>Save Configuration</i> （保存配置）按钮	将配置文件保存至磁盘，磁盘中包含配置寄存器的当前状态
<i>Register Data</i> （寄存器数据）组	对寄存器映射摘要中突出显示的寄存器中可访问的各个位进行操作
具有读取或写入寄存器按钮的独立寄存器组	通过地址对 <i>Block</i> （块）下拉菜单中所示的器件执行通用的读或写命令，并写入数据信息

## A DAC12DL3200EVM 疑难解答

表 A-1 列出了一些疑难解答过程。

表 A-1. 疑难解答

问题	疑难解答
常规问题	<ul style="list-style-type: none"> <li>验证图 3-1 中所示的测试设置，并按照本文档中所述重复执行设置过程。</li> <li>检查 EVM 和 TSW14DL3200EVM 的电源。验证电源开关是否处于打开位置。</li> <li>检查 EVM 的信号和时钟连接。</li> <li>目视检查电路板的正面和底面，核实没有元件褪色或损坏。</li> <li>确保板对板 FMC 连接安全牢固。</li> <li>更改 DAC 配置后，依次点击 <i>Instrument Options</i> → <i>Download Firmware</i> 并下载 <i>TSW14DL3200_DAC_FIRMWARE.bin</i>。</li> <li>对 DAC EVM 的外部电源进行下电上电，并对 LMK 和 DAC 器件进行重新编程。</li> <li>确保跳线设置正确。</li> </ul>
TSW14DL3200 EVM LED 不正确	<ul style="list-style-type: none"> <li>验证 TSW14DL3200EVM 上安装的跳线。</li> <li>JP2 引脚 1 - 2、JP4 引脚 2 - 3 和 JP3 处于断开状态。</li> <li>验证输入到 DAC EVM 的 CLK 输入端的时钟是否已连接。</li> <li>验证 DAC 和 LMK 内部寄存器是否正确配置。</li> <li>依次点击 <i>Instrument Options</i> → <i>Download Firmware</i> 并下载 <i>TSW14DL3200_DAC_FIRMWARE.bin</i>。</li> </ul>
配置 GUI 无法正常工作	<ul style="list-style-type: none"> <li>验证 USB 电缆是否已插入 EVM 和 PC。</li> <li>检查计算机设备管理器，并验证当 EVM 连接至 PC 时是否能够识别 USB 串行设备。</li> <li>验证 GUI 右上角的绿色 USB 状态 LED 灯是否亮起。如果未亮起，请点击 <i>Reconnect FTDI</i> (重新连接 FTDI) 按钮。</li> <li>关闭并启动配置 GUI。</li> </ul>
配置 GUI 无法连接到 EVM	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用 FTDI 芯片中的免费 FT_PROG 软件并验证是否使用产品描述 <i>DAC12DL3200</i> 对板载 FTDI 芯片进行了编程。</li> </ul>
HSDC Pro 软件无法发送数据。	<ul style="list-style-type: none"> <li>验证 TSW14DL3200EVM 是否通过 Mini USB 3.0 电缆正确连接到 PC，并且 HSDC 软件能否正确识别电路板序列号。</li> <li>检查所选 DAC 器件模式是否与所选 HSDC Pro ini 文件相匹配。</li> <li>检查数据速率参数是否正确。在频率数字后面，MHz 中应该有一个“M”，GHz 中应该有一个“G”。</li> </ul>
HSDC Pro 软件在用户点击 <i>SEND</i> (发送) 时出现了一个超时错误。	<ul style="list-style-type: none"> <li>验证在 HSDC 软件中是否正确设置了 DAC 数据速率参数。</li> <li>依次选择 <i>Instrument Options</i> → <i>Download Firmware</i> 并下载 <i>TSW14DL3200_DAC_FIRMWARE.bin</i>。再次尝试发送测试图形。</li> <li>验证两个时钟是否均已启用且同步，以及 DAC EVM 的频率是否正确。</li> </ul>
测得的性能欠佳	<ul style="list-style-type: none"> <li>确保在加载 DAC 配置文件之前按下 DAC 复位按钮。</li> <li>确保所有 SMA 连接均安全可靠。</li> <li>确保 FMC 连接器正确地拧紧在一起。</li> </ul>



## B DAC12DL3200EVM 板载时钟配置

此附录提供了针对板载时钟模式修改 EVM 的设置。在此模式下，无需外部时钟。LMK04828 使用板载 100MHz VCXO 和内部 PLL2 来提供所需的时钟与 LMX2592。

DAC12DL3200EVM GUI 提供了 12 个适用于此模式的配置文件。以下列表描述了其中一些配置文件：

1. **LMK\_100M\_LMX\_6400M\_Mode2\_NRZ\_Single\_DAC.cfg**：在模式 2 下运行 DAC，采样速率为 6.4GHz。
2. **LMK\_100M\_LMX\_3200M\_Mode0\_NRZ\_Dual\_DAC.cfg**：在模式 0 下运行 DAC，采样速率为 3.2GHz。
3. **LMK\_100M\_LMX\_1600M\_Mode1\_NRZ\_Dual\_DAC.cfg**：在模式 1 下运行 DAC，采样速率为 1.6GHz。
4. **LMK\_100M\_LMX\_6400M\_Mode0\_2xRF\_Dual\_DAC.cfg**：在模式 0 下运行 DAC，采样速率为 6.4GHz。
5. **LMK\_100M\_LMX\_6400M\_NCOA\_1\_4\_100\_400MHz.cfg**：在 NCO 模式下运行 DAC，CHA 输出选项为 100MHz、200MHz、300MHz 和 400MHz。

在使用“LMK\_100M\_LMX\_6400M\_Mode2\_NRZ\_Single\_DAC.cfg”配置文件时，LMK04828 为 LMX2592 提供 100MHz 参考时钟，为 DAC 提供 50MHz SYSREF 时钟，为 TSW14DL3200EVM 上的 FPGA 提供 400MHz 参考时钟。

LMX2592 使用来自 LMK04828 的 100MHz 参考时钟和内部 PLL 为 DAC 提供 6.4GHz 时钟。所有时钟均与 100MHz VCXO 同步。

若要配置 DAC12DL3200EVM 以使用板载时钟模式，请完成以下步骤：

1. 移除 C7 和 C6，并安装 C277 和 C278。
2. 为 FB28 安装 MuRata BLM18AG121TN1D 或等效器件。这位于 Y2 下方的电路板底部。
3. 移除 LMX\_CE 跳线 J6 上的分流器。

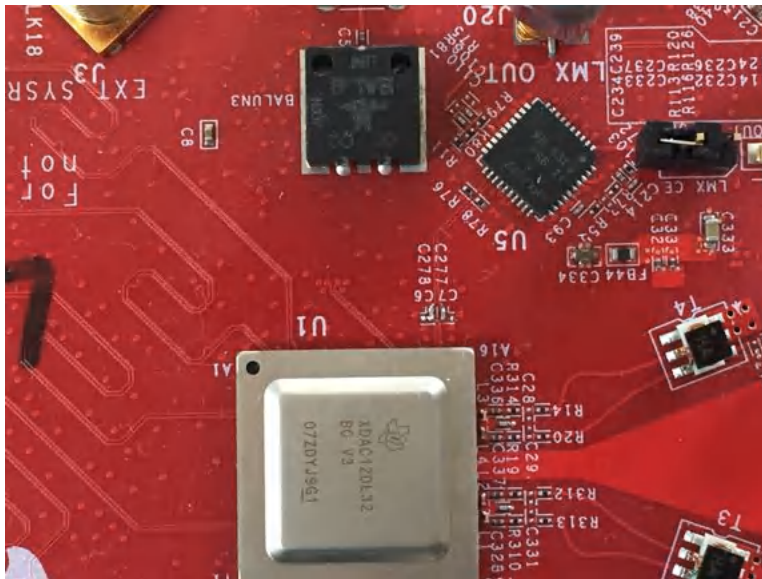


图 B-1. 板载时钟设置

4. 移除信号发生器。
5. 使用 DAC12DL3200 GUI 对 DAC 进行编程。
  - a. 按下 EVM 上的 DAC RESET ( DAC 复位 ) 开关。
  - b. 在 DAC GUI *Low Level View* 选项卡中，选择名为“LMK\_100M\_LMX\_6400M\_Mode2\_NRZ\_Single\_DAC.cfg”的配置文件。
6. 使用 HSDC Pro GUI 发送测试图形。

LMK04828 将备用时钟 (DCLK10) 路由到 SMB J26 和 J28，它们可用于验证 LMK 工作。默认情况下，GUI 禁用此时钟。可使用 *LMK04828 Clock Outputs* ( LMK04828 时钟输出 ) 选项卡启用此时钟。将 CLKout 10 和 11 DCLK 类型设置为“LVPECL 2000mV”，将 DCLK 分频器设置为“24”，为这些 SMB ( LMKOUTP、LMKOUTN ) 提供 100MHz 时钟。

LMX2592 将备用时钟 (RFOUTB) 路由到 SMB J20，它可用于验证 LMX 工作。默认情况下，GUI 禁用此时钟。点击 LMX2592 选项卡，并取消选中 OUTB PD 框。现在 SMB 连接器 J20 (LMX OUT) 上有一个 6.4GHz 音调。

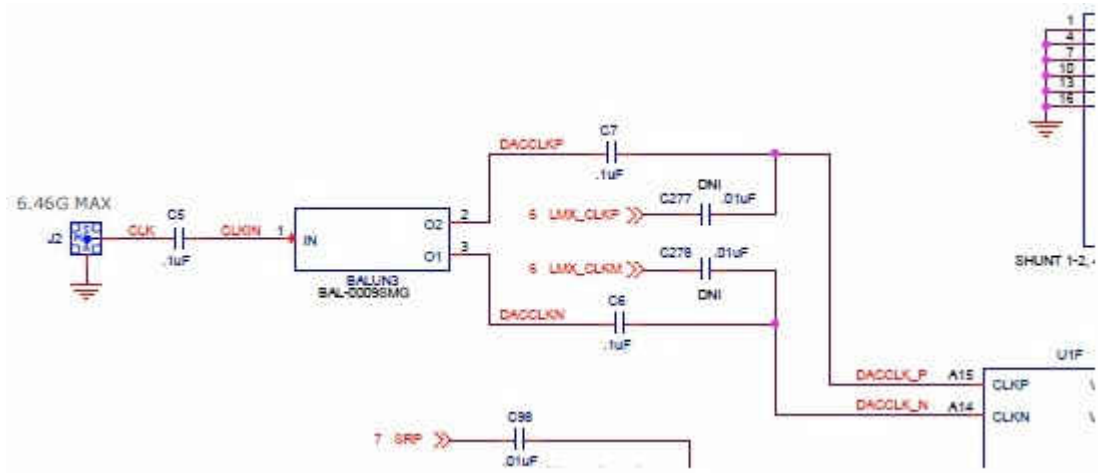


图 B-2. 默认电路板时钟配置电路 (外部时钟模式)

可重新配置 LMX2582 和 LMK04828 以实现更多功能，但此 EVM 并非用作这些器件的完整评估平台。关于完整的评估平台，请参阅 [LMK04828EVM 工具文件夹](#) 和 [LMX2592EVM 工具文件夹](#)。

## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司