

EVM User's Guide: LMX2624SPEVM and LMX2695SEPEVM

带 30GHz 合成器的 LMX2624-SP、LMX2695-SEP 评估模块



说明

LMX2624SP 和 LMX2695SEP 评估模块 (EVM) 分别用于评估 LMX2624-SP 和 LMX2695-SEP 器件的性能。这些器件是采用 10mm x 10mm 64 引脚塑料封装的高可靠性级别射频合成器。这些器件能够生成高达 30GHz 的连续波信号。该评估模块提供了可供用户利用 LMX2624-SP 或 LMX2695-SEP 器件进行快速评估和开发的所有硬件接口。

开始使用

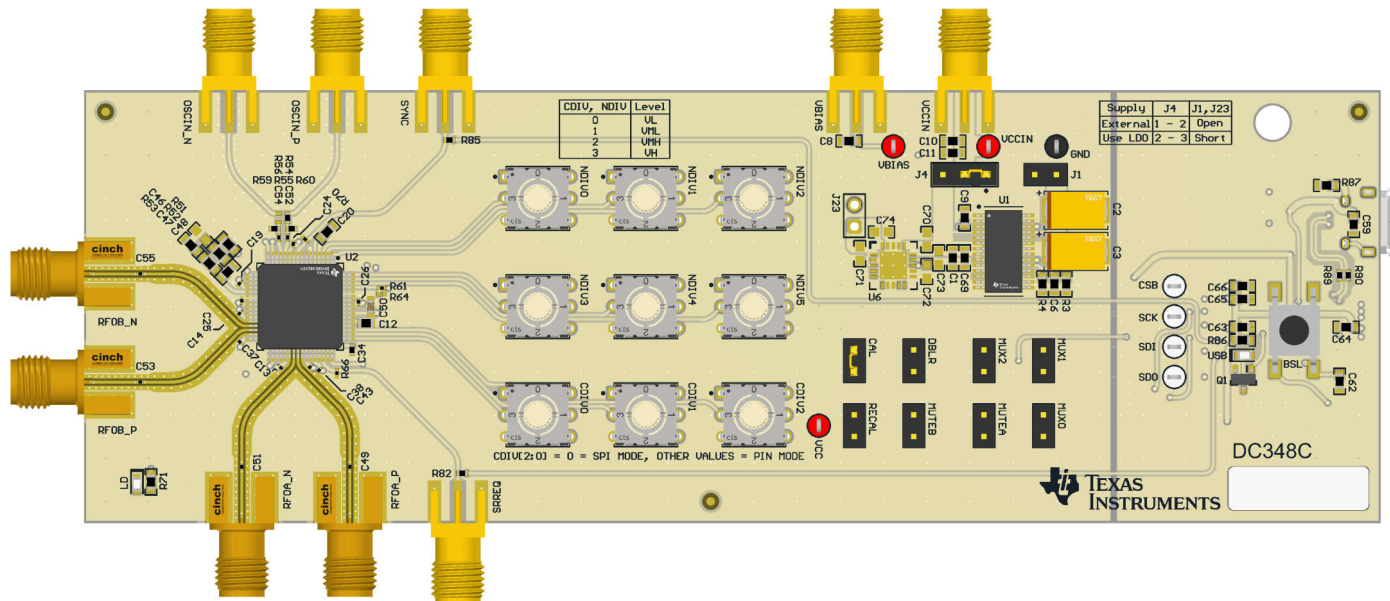
1. 订购 EVM [LMX2624SPEVM](#) 或 [LMX2695SEPEVM](#)。
2. 下载最新的编程 GUI [TICS Pro](#)。
3. 下载 PLL 仿真工具 [PLLatinum Sim](#)。
4. 如需详细了解 VCO 校准, 请参阅 [SNAA336](#)。
5. 有关乒乓架构概述, 请参阅 [SNAA357](#)。

特性

- 两个输出端口均提供高达 15GHz 的直接 VCO 输出和 30GHz 的 VCO 倍频器输出
- JESD204 SYSREF 时钟生成和中继器模式运行
- 支持跨多个器件同步输出相位
- 用于 SPI 控制的板载 USB 接口
- 支持引脚控制操作, 无需 SPI 编程

应用

- [航空通信](#)
- [航空雷达系统](#)
- 相控阵天线和波束形成
- 高速数据转换器时钟 (支持 JESD204B)



1 评估模块概述

1.1 简介

LMX2624SPEVM 板包含一个 LMX2624-SP 航天级射频合成器 (工程模式)、一个极低噪声 LDO 和一个微控制器 (也称为 USB2ANY)。该板具有两个射频输出: RFOUTA 和 RFOUTB。射频输出可为分频输出, 直接 VCO 或 VCO 倍频器输出高达 30GHz。RFOUTB 还支持低频 SYSREF 时钟输出。SYSREF 运行包括连续 SYSREF 时钟生成和 SYSREF 脉冲发生器模式。通过向电路板馈送外部 SYSREF 信号, 也可以支持 SYSREF 中继器模式。在 LMX2695SEPEVM 电路板上, 合成器为 LMX2695-SEP, 这是一个耐辐射的射频合成器。

LMX 器件可通过板载 USB2ANY 连接至 PC 进行配置。TICS Pro 用于对 LMX 器件进行配置和编程。

这些 LMX 器件可在引脚模式下运行, 在这种情况下, 无需寄存器编程。板载旋转开关和 2 引脚接头用于设置 LMX 器件的配置。

1.2 套件内容

每个评估套件包含:

- 一个具有集成 USB2ANY 控制器的 LMX2624-SP 或 LMX2695-SEP EVM 板
- 一条 USB 电缆

1.3 规格

表 1-1. EVM 规格

参数	值	条件
电源电压	VCCIN : 3.3V	板载 LDO 被旁路
	VCCIN : 3.6 至 4.0V VBIAS : 5.0V	板载 LDO 输出为 3.3V
电源电流	1.1A (最大值)	取决于配置
OSCIN 输入频率	5MHz 至 1GHz	10dBm
RF 输出频率	4.88MHz 至 30GHz	RFOUTA、RFOUTB
SYSREF	连续时钟生成、 脉冲发生器生成、中继器模式	RFOUTB

1.4 器件信息

LMX2624-SP 和 LMX2695-SEP 器件是具有集成式压控振荡器 (VCO) 的高性能、高可靠性、宽带锁相环 (PLL), 可生成 4.88MHz 和 30GHz 之间的任何频率。这些器件采用单个 3.3V 电源供电, 集成了 LDO, 且无需板载低噪声 LDO。

这些器件有两个输出通道, 这些通道可以支持直接 VCO 输出、分频输出和 VCO 倍频器输出。输出通道 B 也支持 SYSREF 时钟输出。可以通过引脚控制快速将输出静音, 响应时间短至 10ns。此特性对于交替开关应用特别有用。有关详细信息, 请参阅 [乒乓架构中使用 LMX2820 进行高隔离、快速频率切换](#) 应用手册。

可以同步多个 LMX 器件, 以便输出相位对齐。

在新的完全辅助运行模式下, VCO 锁定时间大幅减少到 20μs 内。

这些器件通过 SPI 编程进行配置。这些器件在引脚模式下可使用引脚配置运行, 而无需进行 SPI 编程。

这些器件采用德州仪器 (TI) 先进的 BiCMOS 工艺制造, 并采用 64 引线 10mm x 10mm QFP 塑料封装。

2 硬件

2.1 设置

2.1.1 评估设置要求

EVM 的评估至少需要：

- 支持至少 5V、2A 的直流电源
- 高质量的信号源，例如 SMA100B
- 高达 26GHz 的频谱分析仪或相位噪声分析仪
- 安装有 TICS Pro 软件且运行 Windows® 7 或较新版本的 PC

全面评估需要以下额外硬件：

- 高速 4 通道示波器，能够分辨 5ps 的步长，适用于 SYSREF 延迟评估
- 任意函数发生器或能够输出方波连续时钟或脉冲以进行相位同步和 SYSREF 评估的脉冲源

2.1.2 连接图

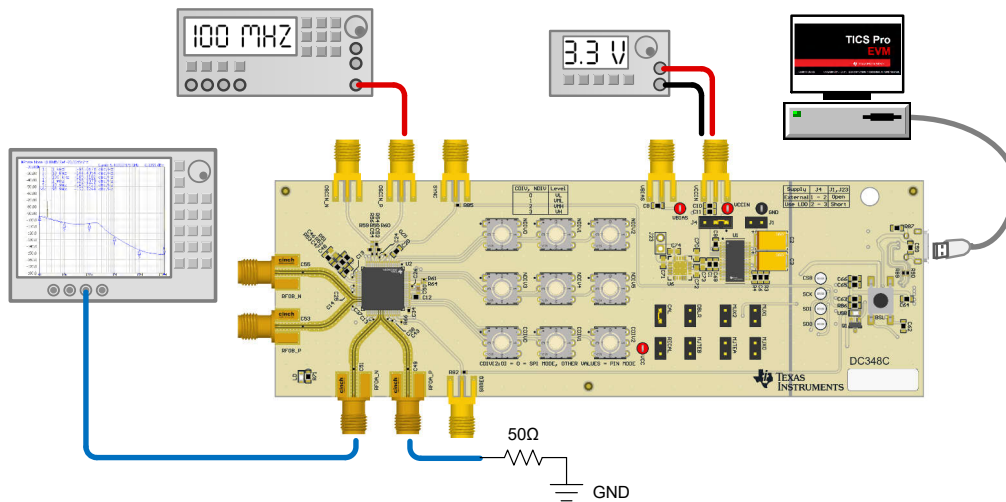


图 2-1. 连接图

2.2 跳线信息

跳线 J1 和 J4 确定了电路板的电源电压。

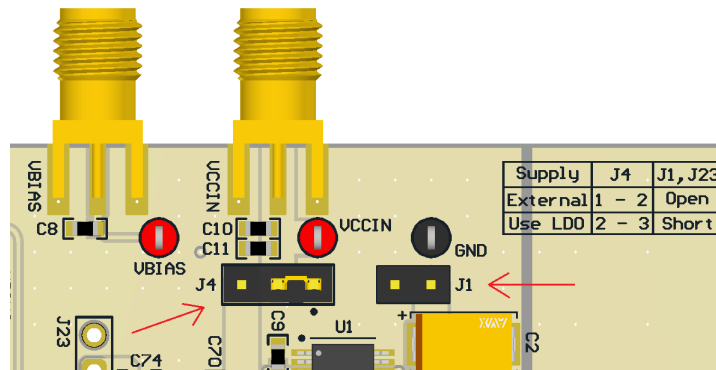


图 2-2. 电源跳线

要旁路 LDO，请将跳线 J4 设置到 1-2 位置。这是 EVM 默认配置。

要使用 LDO，请将跳线 J4 设置到 2-3 位置，并短接跳线 J1。

2.3 电源要求

旁路 LDO (EVM 默认配置) 时，对 VCCIN SMA 连接器施加 3.3V 电压。可接受的电源电压范围为 3.2V 至 3.4V。

使用 LDO 时，对 VCCIN SMA 连接器施加 3.6V 至 4V 电压。对 VBIAS SMA 连接器额外施加 5V 电压。

在运行过程中，该电路板可汲取的电流最高为 1A，因此电源电缆的电阻很重要。

2.4 参考时钟

将 OSCIN_P SMA 连接器连接到高质量信号源，例如 SMA100B 信号发生器。将信号发生器的输出功率设置为 10dBm。

输入可以采用差分驱动。组装 R56，将 OSCIN_P 和 OSCIN_N SMA 连接器连接到平衡-非平衡变压器或差分时钟源。正确组装 R55、R59 或 R60，以满足输入信号终端要求。

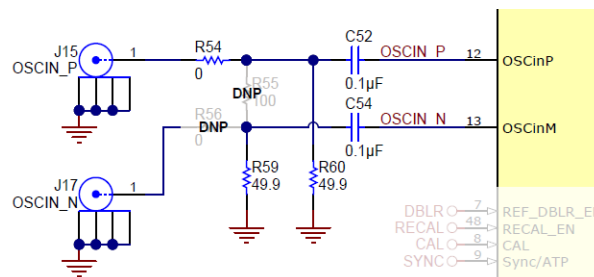


图 2-3. 参考时钟

2.5 输出接头

将 RFOA_P 或 RFOA_N 2.92mm 连接器连接至一个信号分析器。必须将未使用的连接器通过 50 Ω 电阻器或 SMA 负载端接。在默认 TICS Pro 评估软件配置中，RFOA 输出 6GHz 信号并且 RFOB 断电。RFOB 2.92mm 连接器可以保持开路。

2.6 测试点

表 2-1. SPI 测试点

测试点	位号	属性
TP9	SDO	串行数据输出 (寄存器读取返回或诊断信号)
TP6	CSB	SPI 芯片选择输入
TP7	SCK	SPI 时钟输入
TP8	SDI	SPI 数据输入

表 2-2. 电源测试点

测试点	位号	属性
TP4	VCCIN	3.3V (LDO 旁路) 3.6V 至 4V (使用板载 LDO)
TP2	VBIAS	5V (使用板载 LDO)
TP1	VCC	3.3V
TP3	GND	0V

3 软件

3.1 软件说明

德州仪器 (TI) 时钟和合成器 (TICS) Pro 软件用于通过板载 USB2ANY 接口对此评估模块 (EVM) 进行编程。

3.2 软件安装

从 www.ti.com.cn/tool/cn/ticspro-sw 下载并安装 TICS Pro 软件。

3.3 USB2ANY 接口

板载 USB2ANY 接口提供了 TICS Pro 软件和 LMX 器件之间的桥梁。当板载 USB2ANY 控制器首次连接到 PC 时，或者如果控制器的固件版本与 TICS Pro 使用的版本不匹配，则需要对控制器进行固件更新。

1. 使用 USB 电缆将 PC 连接到 EVM。USB 接口提供启用板载 USB2ANY 控制器所需的电源。
2. Windows 设置 USB 器件后，在 PC 中运行 TICS Pro。
3. 下一个屏幕如下图所示。

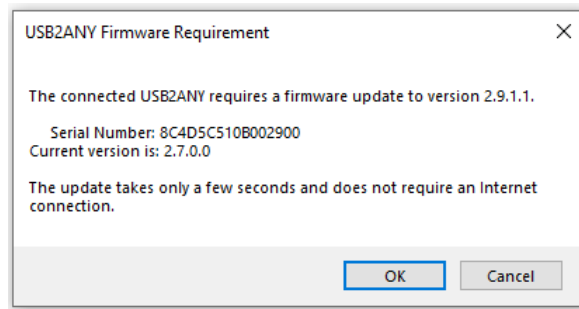


图 3-1. 固件更新请求

4. 选择 **OK**，屏幕如下图所示。选择 **Update Firmware**。

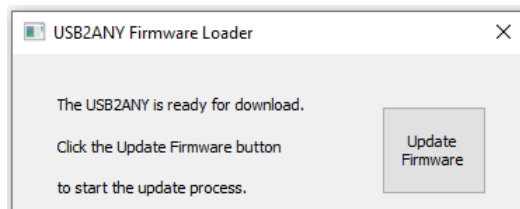


图 3-2. 固件加载程序

5. 然后出现以下屏幕。

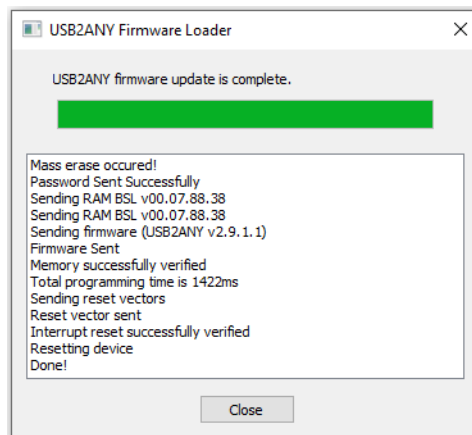


图 3-3. 固件升级完成

6. 选择 **Close** 按钮以关闭窗口。
7. 弹出 TICS Pro 默认器件。检查以确保 GUI 底部的 **Connection Mode** 亮起绿灯。

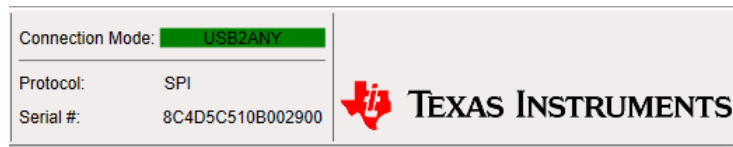


图 3-4. 连接模式

8. 转到菜单栏，选择 *USB Communications*，然后选择 *Interface*。

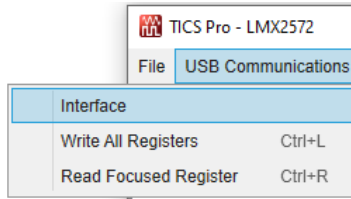


图 3-5. USB 通信

9. 选择 *Identify* 按钮，USB2ANY 接口的 LED 灯闪烁。

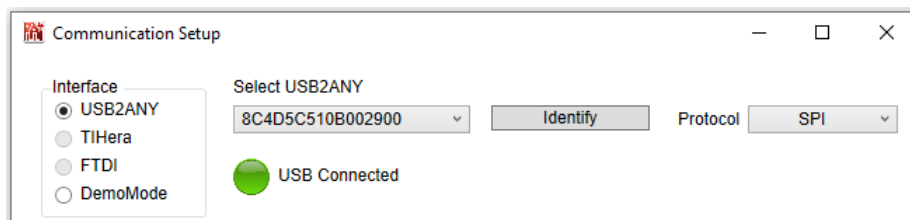


图 3-6. 识别 USB2ANY 控制器

10. 现在，USB2ANY 就可以使用了。选择 *Close* 按钮以关闭窗口。

4 实现结果

4.1 评估设置

默认 EVM 配置在 SPI 模式下运行 (旁路 LDO)。按照图 2-1 所示设置连接。运行 TICS Pro 评估软件并按照以下步骤启动程序。同样的操作也适用于 LMX2695SEPEVM。

1. 转到 **Select Device** → **PLL + VCO** → **LMX2624-SP**。

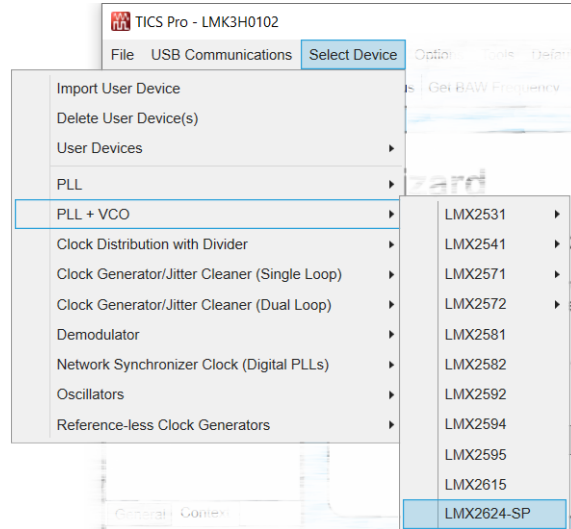


图 4-1. 在 TICS Pro 中选择器件

2. 随后加载 “ReadMe” 页面。请花一点时间来阅读其中的内容，简要了解 GUI。
3. 转到 **Default Configuration** → **EVM Default Mode**。

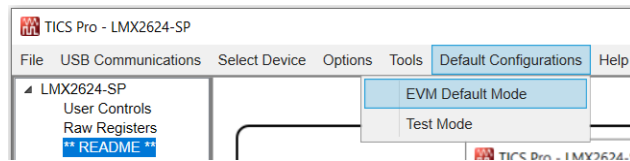


图 4-2. 默认模式

4. 转到 **USB Communications** → **Write All Registers**，将所有寄存器写入 LMX2624-SP。

4.2 性能数据和结果

4.2.1 RF 输出

使用 EVM 默认模式配置时，VCO 频率为 12GHz、RFoutA 输出为 6GHz。

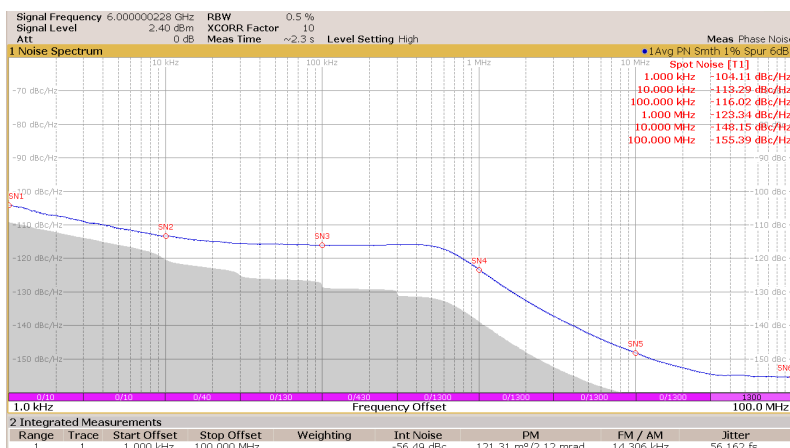


图 4-3. 分频输出

选择 **Output MUX** 并选择 VCO，RFoutA 输出变成 12GHz。

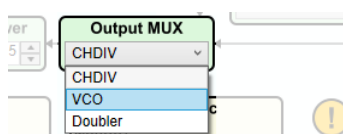


图 4-4. 输出多路复用器选项

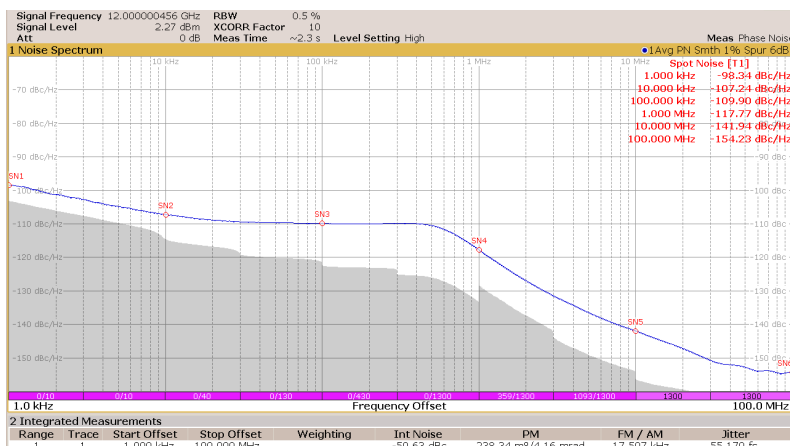


图 4-5. 直接 VCO 输出

要获取 VCO 倍频器输出，选择请 **Output MUX** 并选择 **Doubler**。需要使用 VCO 倍频器校准来配置内部跟踪滤波器，以便在抑制次谐波时 2 倍信号通过。要完成倍频器校准，请设置 **FCAL_DBLR_EN = 1** 并选择一次 **Calibrate VCO** 按钮（这会对 R0 进行编程）。

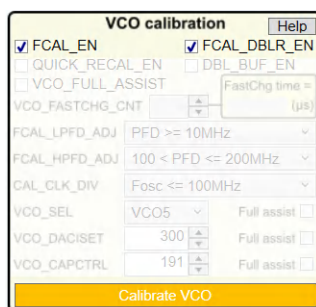


图 4-6. VCO 倍频器校准

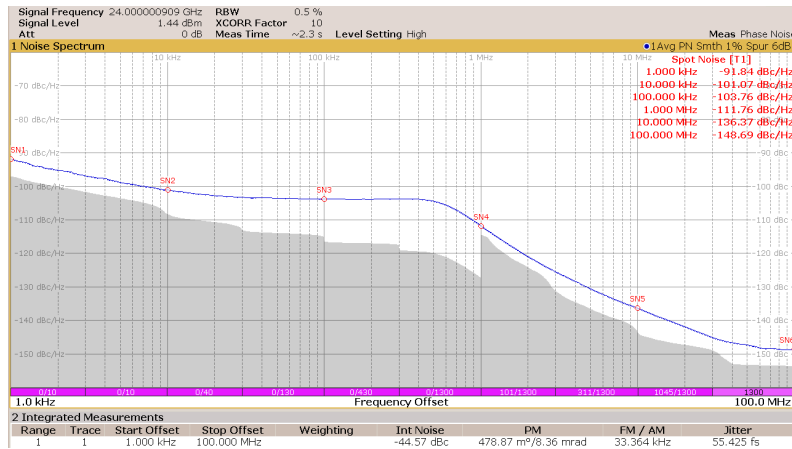


图 4-7. VCO 倍频器输出

次谐波抑制在 24GHz 输出时约为 -52dBc，在 15GHz 输出时约为 -42dBc。

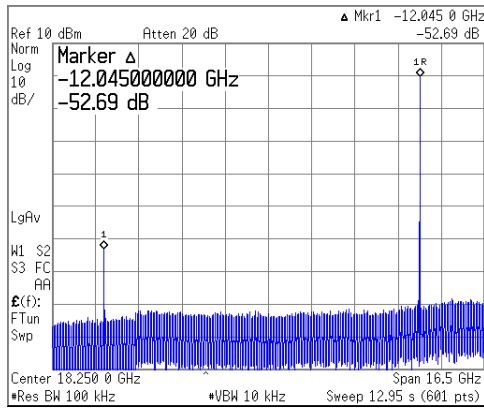


图 4-8. 24GHz 输出

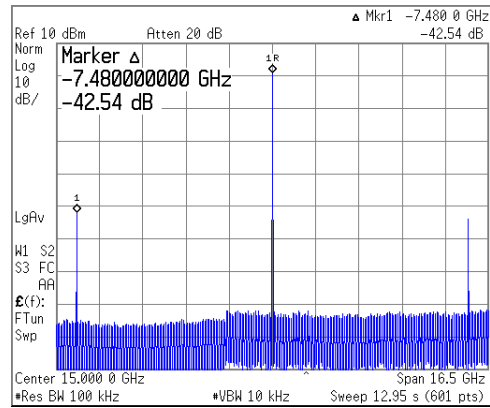


图 4-9. 15GHz 输出

如果不使用 RFOUTA 或 RFOUTB，则可以通过设置 **OUTx_PD** = 1 来关断输出驱动器。未使用的输出引脚可以悬空或交流分流至地。也可以在不关断驱动器的情况下将输出静音。输出静音由 **MUTEA** 和 **MUTEB** 引脚控制或使用 **SPI** 编程进行配置。

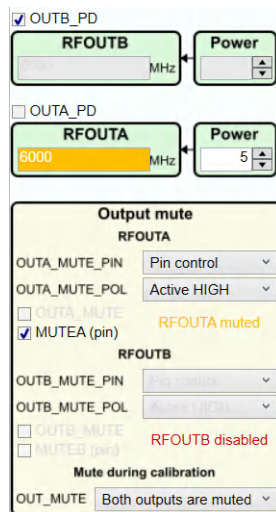


图 4-10. 输出静音控制

使用硬件引脚进行静音控制的响应速度非常快，典型值为 10ns。

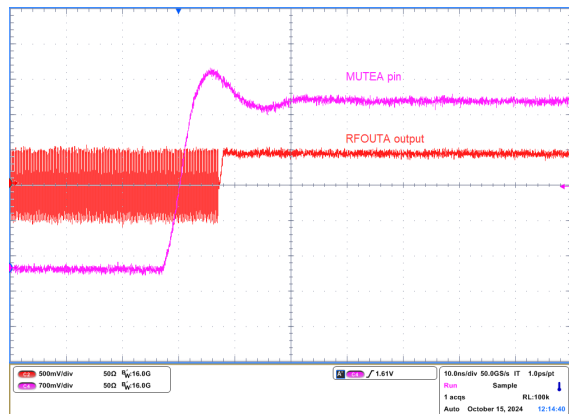


图 4-11. 引脚控制静音响应时间

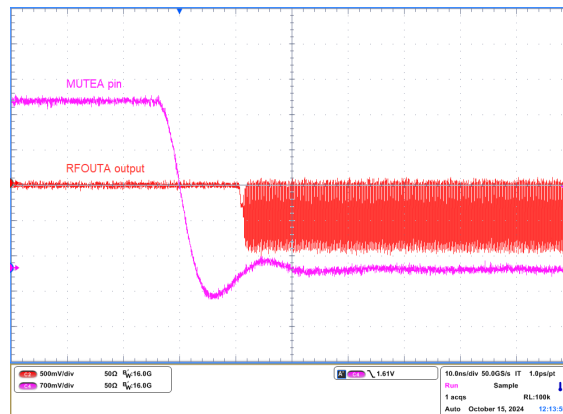


图 4-12. 引脚控制取消静音响应时间

4.2.2 VCO 校准

每当 VCO 频率发生变化时，就需要进行 VCO 校准，以选择合适的 VCO 内核和频带，从而使 PLL 锁定。在这些 LMX 器件中，有 7 个 VCO 内核，每个内核有 192 个频段。只要寄存器 R0 被编程为 **FCAL_EN = 1**，就会自动选择 VCO 内核和频带，这称为“无辅助操作”。无辅助运行时，要设置 TICS Pro EVM 默认模式。如果对 VCO 开关时间没有要求，建议使用无辅助运行。但是，如果应用需要非常快速的 VCO 开关，则可以将该器件置于完全辅助运行模式。在这种情况下，会绕过 VCO 校准。如需了解 VCO 校准的详细信息，请参阅[简化射频合成器 VCO 校准并优化 PLL 锁定时间](#)应用报告。

4.2.2.1 无辅助运行

在无辅助运行模式下，切换 VCO 频率所需的时间等于 (1) 寄存器编程时间、(2) VCO 校准时间和 (3) PLL 锁定时间之和。VCO 校准时间取决于频率是向上还是向下变化以及寄存器 **VCO_SEL**、**VCO_DACISSET** 和 **VCO_CAPCTRL** 设置。PLL 锁定时间取决于环路滤波器带宽。通常，较宽的环路带宽会返回较短的锁定时间。例如，在无辅助运行模式下，使用默认 EVM 配置在 7500MHz (VCO1) 和 15GHz (VCO7) 之间切换 VCO 频率，锁定时间（不包括寄存器编程时间）约为 300μs 至 600μs。（由于测试设备的限制，输出 4 分频）。

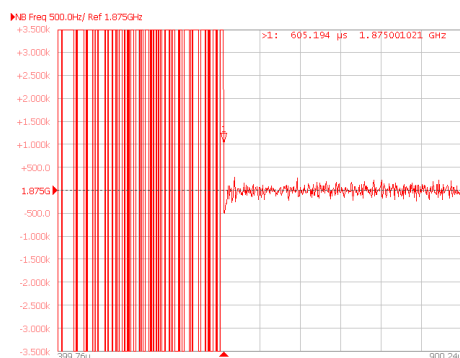


图 4-13. 完全辅助下跳

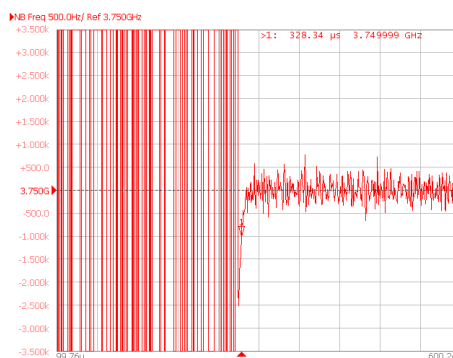


图 4-14. 完全辅助上跳

编程信息：

1. 设置 **DBL_BUF_EN = 1** 以启用寄存器双缓冲。在寄存器 R0 被编程前，写入双缓冲寄存器不会改变 PLL 的配置。
2. 设置 **Channel divider = 4**。
3. 针对 VCO = 7500MHz 对 **PFD_DLY**、**PLL_N**、**PLL_NUM** 进行编程。
4. 选择一次 **Calibrate VCO** 按钮以启动 VCO 校准。（使用 CSB 引脚触发测试设备）
5. 针对 VCO = 15000MHz，重复步骤 3。

6. 选择一次 **Calibrate VCO** 按钮以启动 VCO 校准。（使用 CSB 引脚触发测试设备）

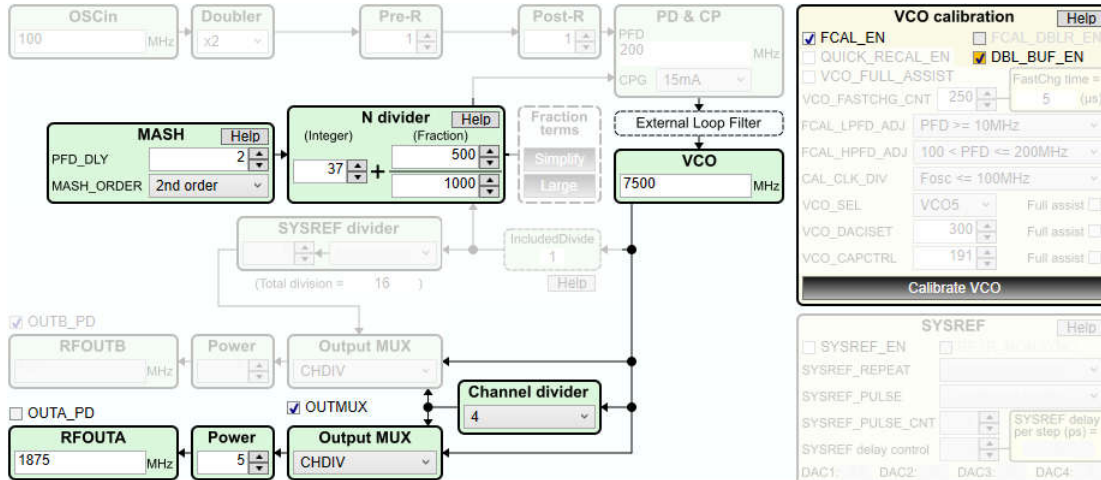


图 4-15. 无辅助 VCO 开关配置

4.2.2.2 完全辅助运行

每次更改 VCO 频率时，完全辅助运行都会指定 PLL 锁定的 VCO 内核和频带，而不是执行 VCO 校准。因此，不需要 VCO 校准时间。切换 VCO 频率所需的总时间等于寄存器编程时间加上 PLL 锁定时间。

为了能够了解在特定的 VCO 频率下使用哪个 VCO 内核和频带，必须执行一次性 VCO 校准，必须执行寄存器回读来收集该信息，并且该信息必须存储在查询表 (LUT) 中。除了 VCO 参数外，如果使用 VCO 倍频器，则可以通过类似的方式获取 VCO 倍频器参数。例如，再次在 7500MHz 至 15GHz 的范围内切换 VCO 频率。RFOUTA 由 4 分频输出。在完全辅助运行模式下，锁定时间（不包括寄存器编程时间）小于 20 μ s。

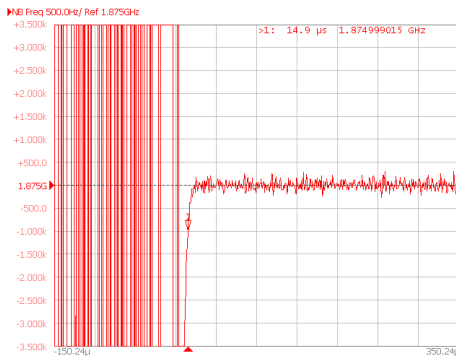


图 4-16. 完全辅助下跳

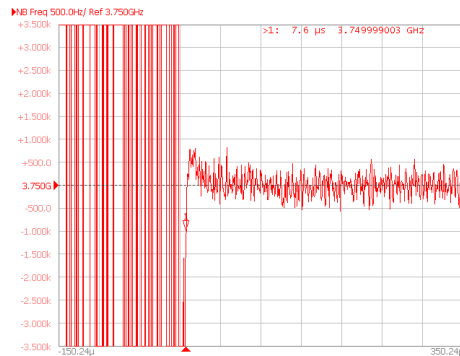
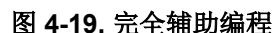


图 4-17. 完全辅助上跳

编程信息：

a. LUT 创建

1. 设置 **MUXOUT** = Register read back。
2. 设置 **READBACK** = Read state machine value。
3. 对 LMX 器件进行编程，以在无辅助运行模式下锁定到 7500MHz。
4. 选择 **Register Read Back** 按钮一次，以读回寄存器值，如 **Full assist read back** 列中所示。将这些值记录在文本文件中。
5. 对于 15GHz，重复步骤 3 至 4。



1. 设置 **VCO_FULL_ASSIST** = 1。
2. 设置 **DBL_BUF_EN** = 1。
3. 针对 VCO = 7500MHz 对 **PFD_DLY**、**PLL_N**、**PLL_NUM** 进行编程。
4. 使用来自 LUT 的值对 **VCO_SEL**、**VCO_DACISSET** 和 **VCO_CAPCTRL** 进行编程。
5. 选择一次 **Calibrate VCO** 按钮以启动 VCO 切换。（使用 CSB 引脚触发测试设备）
6. 针对 VCO = 15000MHz，重复步骤 3 至 4。
7. 选择一次 **Calibrate VCO** 按钮以启动 VCO 切换。（使用 CSB 引脚触发测试设备）

这些 LMX 器件支持生成 SYSREF 连续时钟和脉冲序列。SYSREF 时钟由 RFOUTB 输出。SYSREF 时钟和射频时钟 (来自 RFOUTA) 之间的相位是可调节的。这些 LMX 器件还支持 SYSREF 中继器模式。传入的 SYSREF 时钟可以异步传递到 RFOUTB, 也可以重新计时, 以便与射频时钟实现相位对齐。

要启用 SYSREF 功能，请设置 **SYSREF_EN = 1**。SYSREF 运行需要一些相位同步构建块，因此也必须将 **VCO_PHASE_SYNC** 设置为 1。设置该位后，相位检测器频率必须等于或小于 50MHz。将 **Output MUX** 设置为 **SYSREF**，使 RFOUTB 输出为 SYSREF 时钟。要生成连续 SYSREF 时钟，请设置 **SYSREF_REPEAT = Generation mode**；设置 **SYSREF_PULSE = Continuous mode**。在 SysRefReq 引脚被拉高后，RFOUTB 将在 20ns 内输出时钟。这可以通过选中 **SRREQ (pin)** 复选框来实现。使用 **SYSREF divider** 来调整输出 SYSREF 时钟频率。



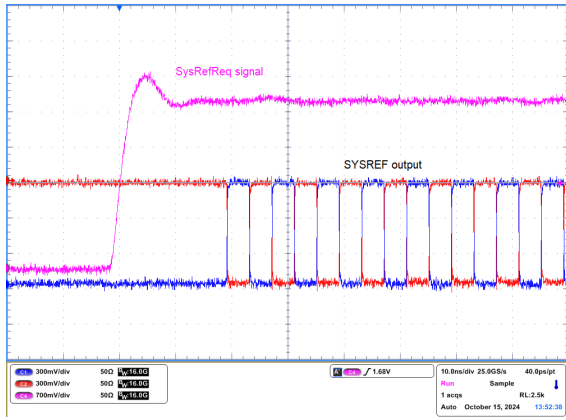


图 4-21. 连续 SYSREF 时钟生成

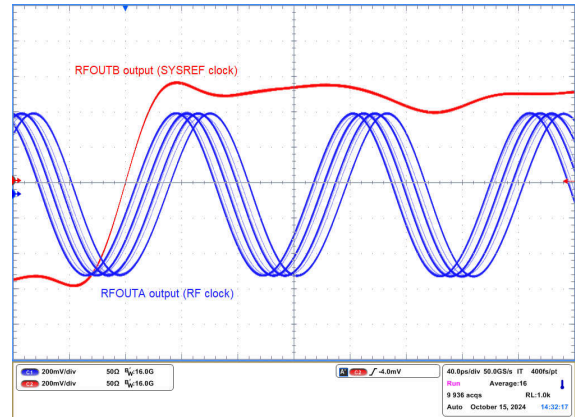


图 4-22. SYSREF 延迟

SYSREF 时钟 (RFOUTB) 和射频时钟 (RFOUTA) 之间的相位可以使用寄存器 JESD_DACx 进行调整。

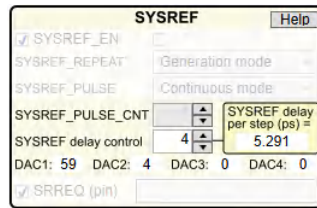


图 4-23. SYSREF 延迟控制

如果需要对 SYSREF 时钟进行直流耦合，请注意输出共模电压，该电压不是恒定值，而是随输出电压摆幅设置而变化。将 **Power** 设置为不同的值会更改 SYSREF 时钟输出电压摆幅以及共模电压。

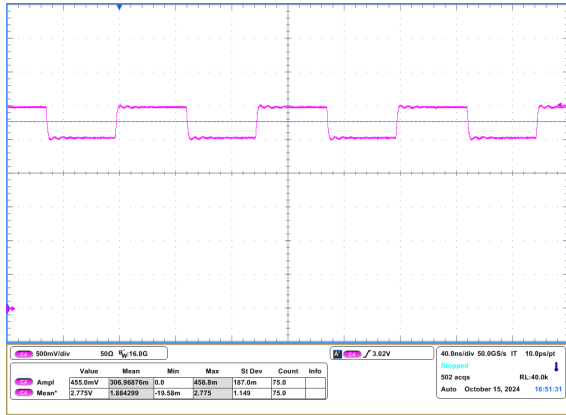


图 4-24. Power = 2 时的 SYSREF 输出

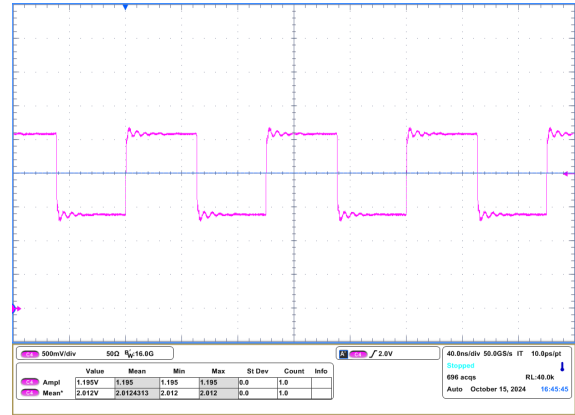


图 4-25. Power = 7 时的 SYSREF 输出

4.2.3.2 SYSREF 脉冲生成

要生成 SYSREF 脉冲，请将 **SYSREF_PULSE** 更改为脉冲模式，并使用 **SYSREF_PULSE_CNT** 寄存器字段设置所需的脉冲数。选择 **切换 SysRefReq 引脚** 按钮一次以触发脉冲生成。脉冲生成模式支持 SYSREF 延迟控制。使用 JESD_DACx 寄存器更改延迟。

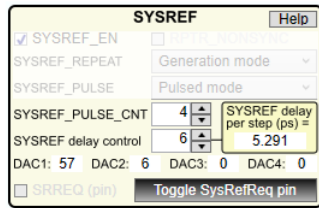


图 4-26. SYSREF 脉冲模式配置

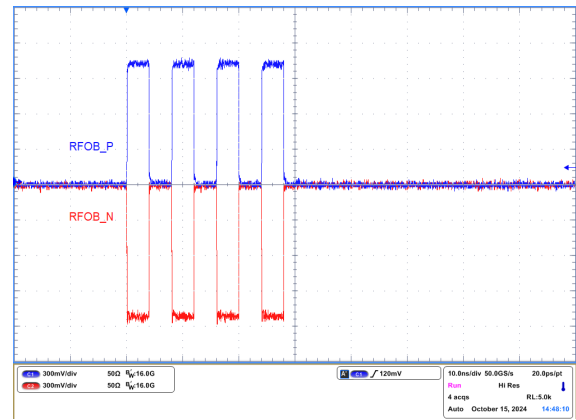


图 4-27. SYSREF 脉冲生成

4.2.3.3 SYSREF 中继器模式

有两种类型的 SYSREF 中继器模式操作，即同步和异步中继器模式。使用同步中继器模式时，传入的 SYSREF 时钟会重新计时以与 VCO 保持一致，支持 SYSREF 延迟控制。在异步中继器模式下，传入 SYSREF 时钟通过器件，并在 RFOUTB 处输出。SYSREF 延迟控制在此模式下不适用。要将 LMX 器件置于该模式，请设置 $RPTR_NONSYNC = 1$ 。

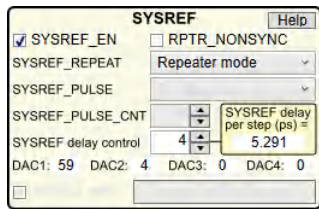


图 4-28. 同步模式配置

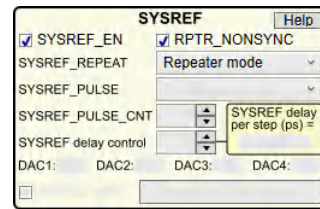


图 4-29. 异步模式配置

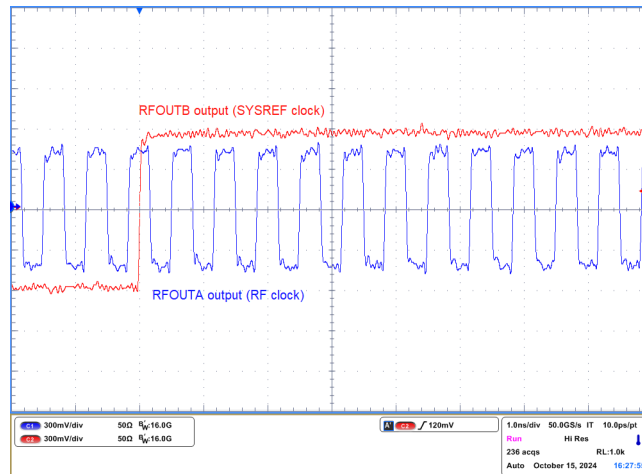


图 4-30. SYSREF 同步中继器模式

4.2.4 相位同步

如果系统中有多个 LMX 器件，并且需要所有射频时钟的相位对齐，则相位同步非常有用。有四种不同的同步类别。

- 类别 4：无法同步。
- 类别 3：使用时间关键型 SYNC 脉冲且器件处于 SYNC 模式，可实现同步。
- 类别 2：使用非时间关键型 SYNC 脉冲且器件处于 SYNC 模式，可实现同步。

- 类别 1b：要求器件处于 SYNC 模式。
- 类别 1a：无需任何设置，器件相位会自动对齐。

4.2.4.1 类别 1b 和类别 2 同步

类别 1b 和类别 2 同步需要将 LMX 器件置于 SYNC 模式。这意味着 **VCO_PHASE_SYNC = 1**。请注意，在 SYNC 模式下，最大 f_{PD} 为 50MHz。

对于类别 1b 同步，启用 SYNC 模式即可满足要求。对器件进行编程后，输出相位全部对齐。

对于类别 2 同步，除了将器件置于 SYNC 模式之外，还需要一个非时间关键型 SYNC 脉冲来触发所有器件进行同步。SYNC 脉冲可通过外部源或通过切换 SYNC 引脚 LOW-HIGH-LOW 来提供。选择 **Toggle Sync pin** 按钮会将 SYNC 引脚 L-H-L 切换一次。

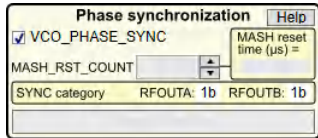


图 4-31. 类别 1b 同步

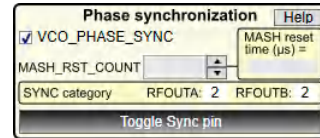


图 4-32. 类别 2 同步

4.2.4.2 类别 3 同步

用于类别 3 同步的 SYNC 脉冲需要相对于输入基准时钟的特定建立和保持时间。此要求旨在验证所有器件是否使用相同的输入时钟边沿来启动同步。必须设置 **MASH_RST_COUNT**，以便提供足够的时间来完成同步。

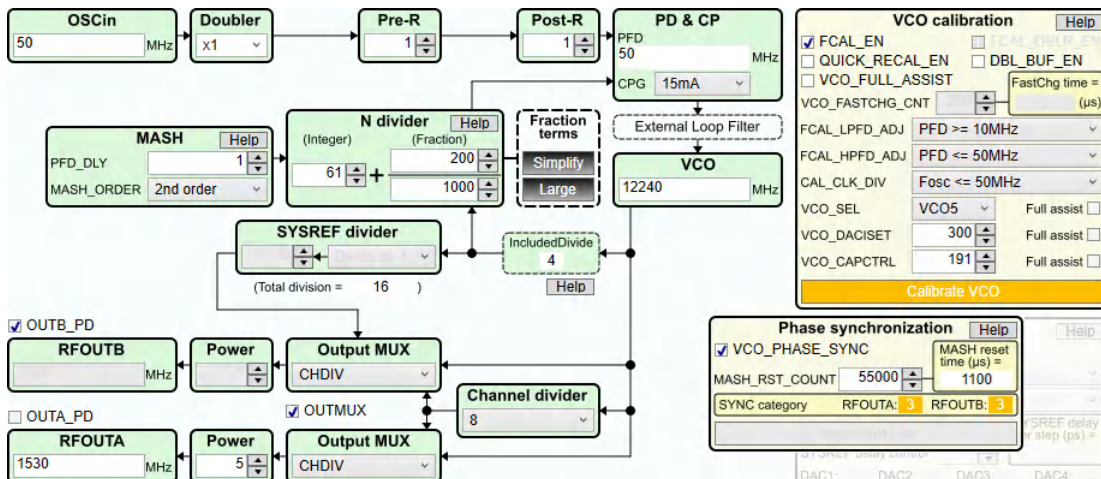


图 4-33. 类别 3 同步配置

如果将非时间关键型 SYNC 脉冲用于类别 3 同步，或在 VCO 校准后使用非时间关键型 SYNC 脉冲，器件之间的相位将不相同。

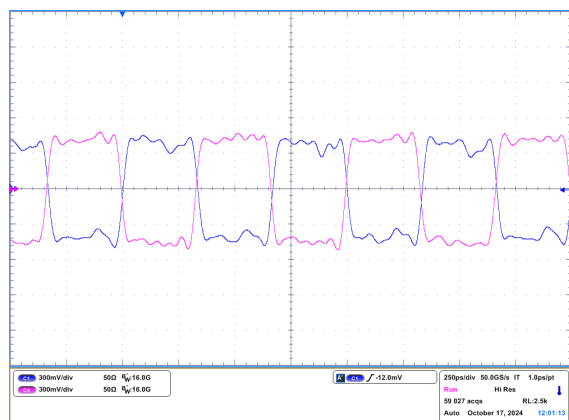


图 4-34. 非同步示例 1

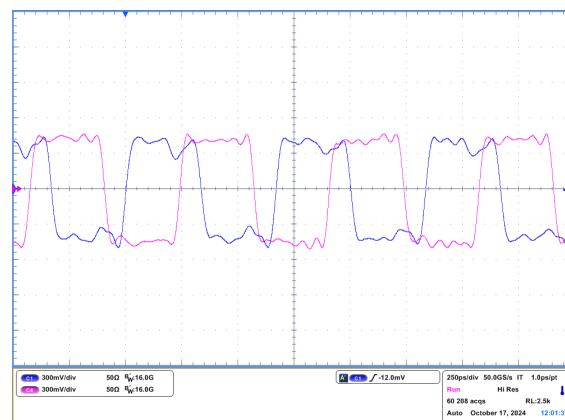


图 4-35. 非同步示例 2

对于时间关键型 SYNC 脉冲，输出相位对齐。请注意，每个器件的输出相位不能完全相同，但差异在同步后保持不变。

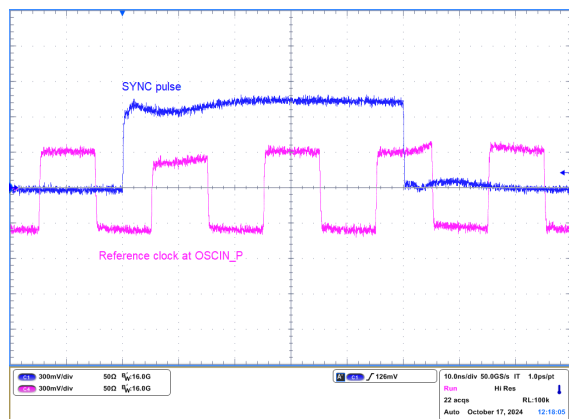


图 4-36. 时间关键型 SYNC 脉冲

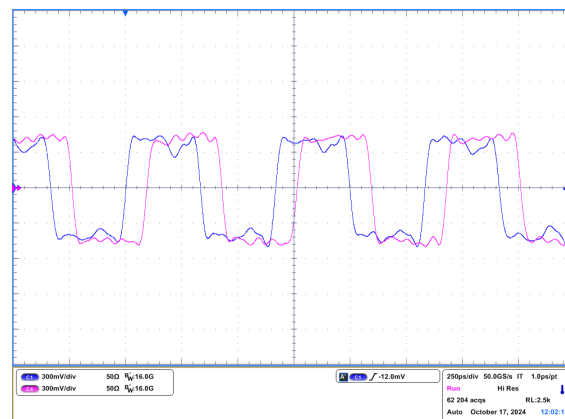


图 4-37. 类别 3 同步

4.2.5 引脚模式

这些 LMX 器件支持引脚配置操作，无需寄存器编程。引脚模式操作的设置与图 2-1 中所示的图相同，只是不需要连接到 PC。在 EVM 中，旋转 DIP 开关和 2 引脚接头决定了器件的配置。

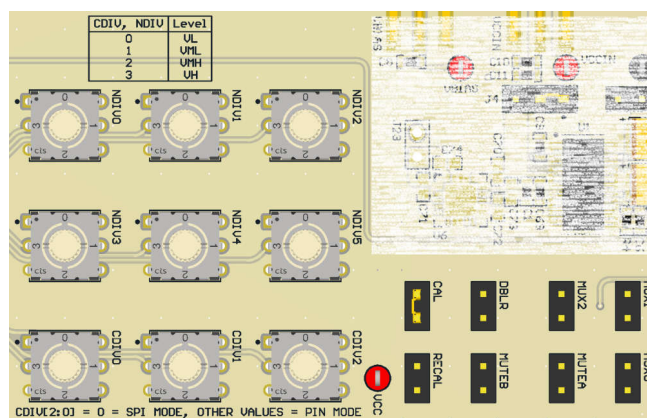


图 4-38. 引脚控制元件

N 分频器值由 NDIVx 旋转 DIP 开关进行配置，CDIVx 旋转 DIP 开关用于设置通道分频器值。NDIVx 和 CDIVx 引脚是 4 电平输入引脚。旋转 DIP 开关的位置 (0、1、2 或 3) 将引脚设置为以下电平之一：VL (0V)；VML；VMH 和 VH (3.3V)。

表 4-1. CDIVx 通道分频器真值表

CDIV2	CDIV1	CDIV0	分频器值
0	0	0	SPI 模式
0	1	0	2
0	2	0	4
0	2	3	6
1	0	0	8
1	0	3	12
1	1	0	16
1	1	3	24
1	2	0	32
1	2	3	48
1	3	0	64
1	3	3	96
2	0	0	128
2	0	3	192
2	1	0	256
2	1	3	384
2	2	0	512
2	2	3	768
2	3	0	1024
2	3	3	1536

表 4-2. NDIVx N 分频器真值表

十进制	NDIV5	NDIV4	NDIV3	NDIV2	NDIV1	NDIV0
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	2
3	0	0	0	0	0	3
4	0	0	0	0	1	0
5	0	0	0	0	1	1
6	0	0	0	0	1	2
7	0	0	0	0	1	3
8	0	0	0	0	2	0
...	...	...				...
59	0	0	0	3	2	3
60	0	0	0	3	3	0
61	0	0	0	3	3	1
62	0	0	0	3	3	2

表 4-2. NDIVx N 分频器真值表 (续)

十进制	NDIV5	NDIV4	NDIV3	NDIV2	NDIV1	NDIV0
...	...	...				...
4092	3	3	3	3	3	0
4093	3	3	3	3	3	1
4094	3	3	3	3	3	2
4095	3	3	3	3	3	3

2 引脚接头 MUX0、MUX1 和 MUX2 确定 RFOUTA 和 RFOUTB 输出。

表 4-3. 输出多路复用器设置

MUX2	MUX1	MUX0	RFOUTA	RFOUTB
0	0	0	通道分频器	通道分频器
0	0	1	通道分频器	VCO
0	1	0	VCO	通道分频器
0	1	1	VCO	VCO
1	0	0	倍频器	通道分频器
1	0	1	VCO	倍频器
1	1	0	倍频器	VCO
1	1	1	倍频器	倍频器

其他 2 引脚接头的定义如下：

表 4-4. 2 引脚接头定义

位号	功能
MUTEA、MUTEB	输出静音控制。
RECAL	如果 RECAL 为高电平，则当器件失去锁定时，器件会自动重新校准以重新增益锁定。EVM 默认将此引脚连接至高电平。
DBLR	启用 OSCin 倍频器。
CAL	连接高电平可启用该器件。低电平到高电平转换会触发 VCO 校准。

例如，要在引脚模式下针对以下配置来配置 LMX 器件：

- $f_{\text{OSC}} = 100\text{MHz}$; $f_{\text{PD}} = 200\text{MHz}$; $f_{\text{VCO}} = 12\text{GHz}$
- RFOUTA = 24GHz 输出 ; RFOUTB = 3GHz

硬件配置为：

- N 分频器 = $12\text{G} / 200\text{M} = 60 \rightarrow \text{NDIV}[5:0] = (000330)_4$
- RFOUTA = 24GHz 且 RFOUTB = 3GHz $\rightarrow \text{MUX}[2:0] = (100)_2$
- 通道分频器 = $12\text{G} / 3\text{G} = 4 \rightarrow \text{CDIV}[2:0] = (020)_4$
- $f_{\text{PD}} = 200\text{MHz} \rightarrow \text{DBLR} = \text{HIGH}$

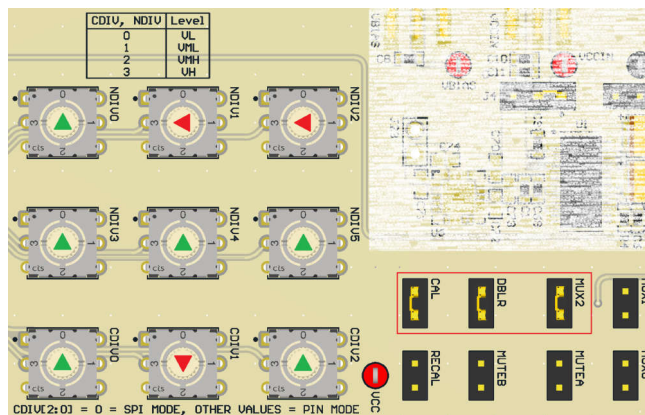


图 4-39. 引脚模式硬件配置

5 硬件设计文件

5.1 原理图

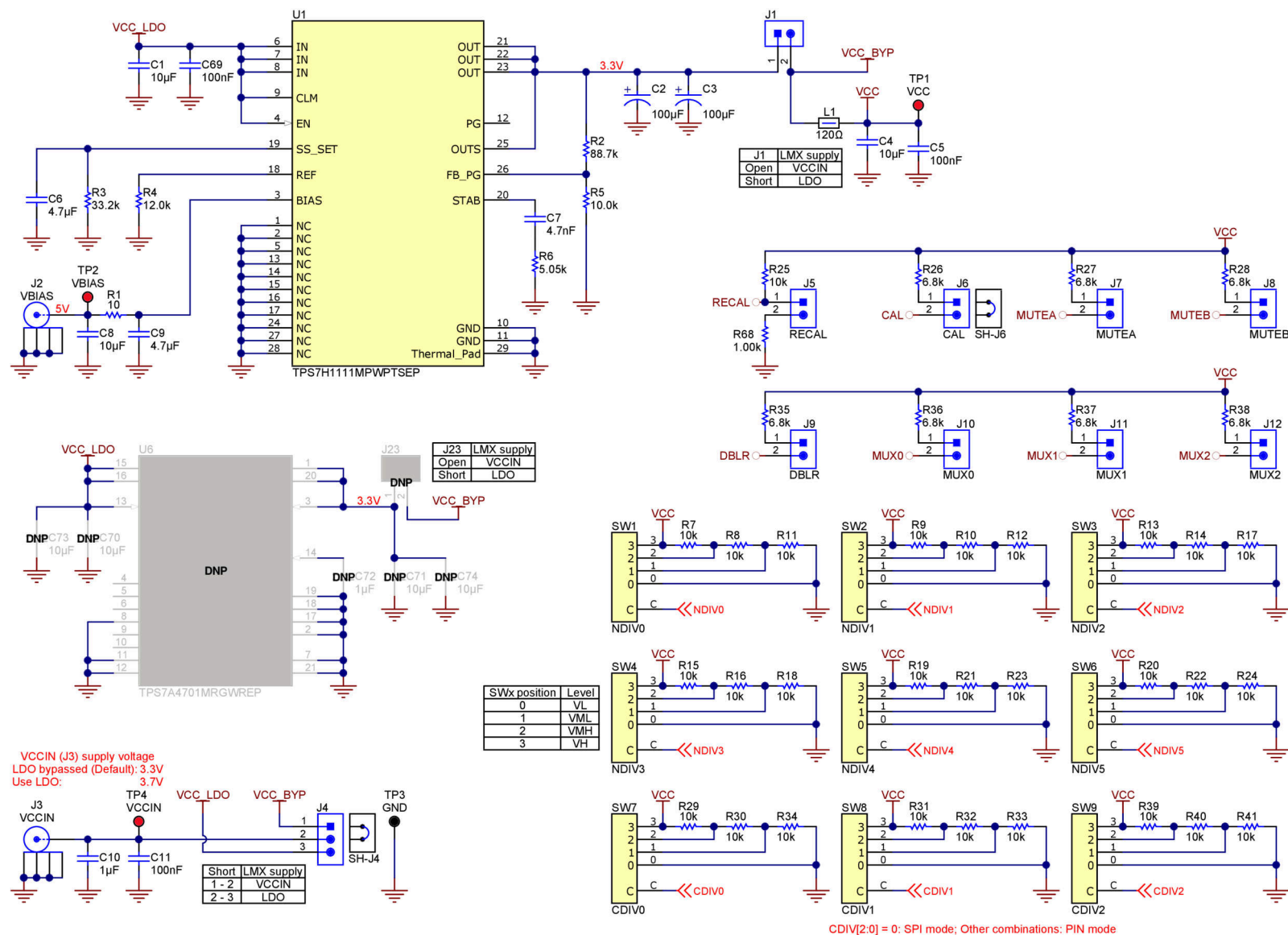


图 5-1. 电源和控制

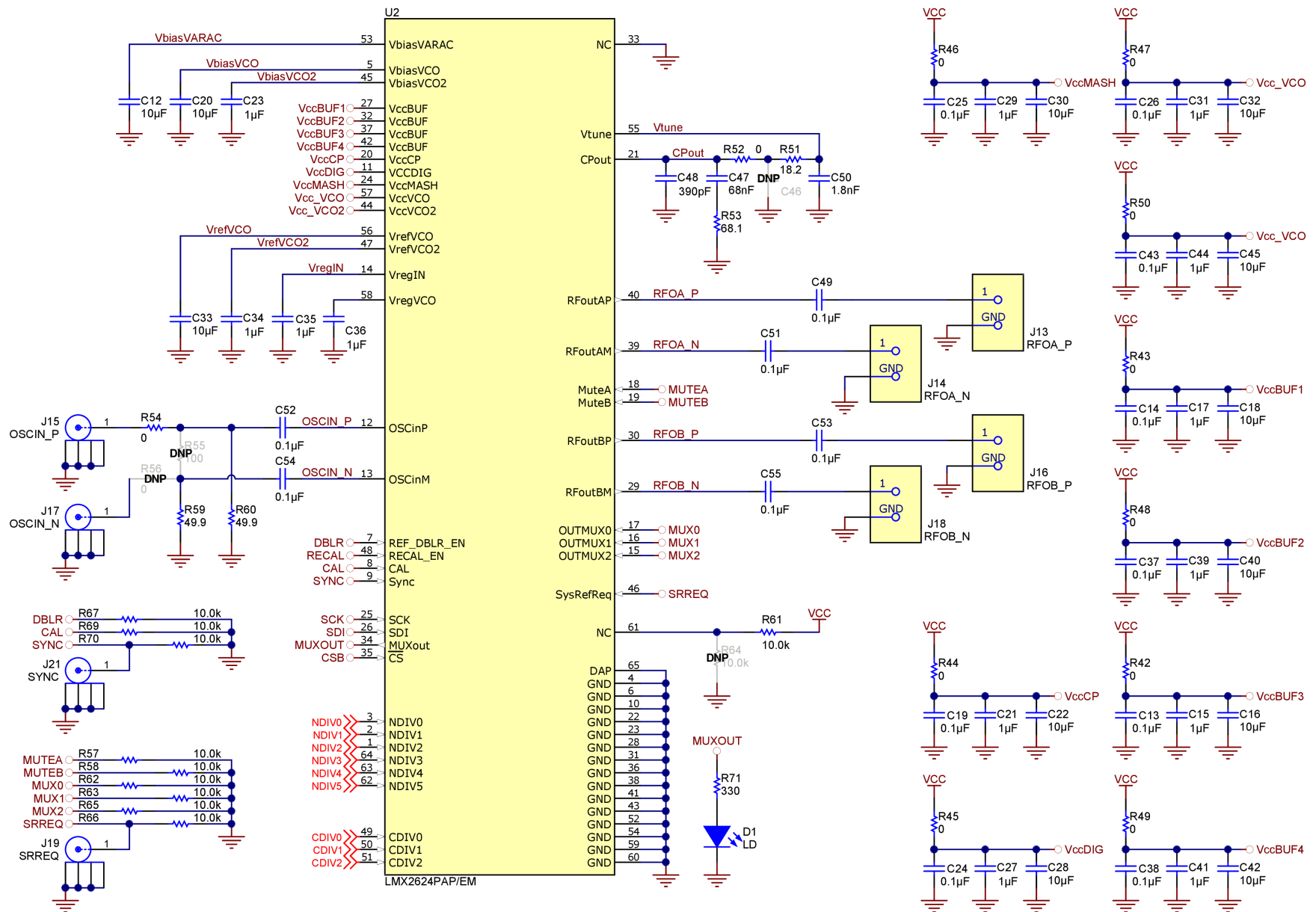


图 5-2. LMX 合成器

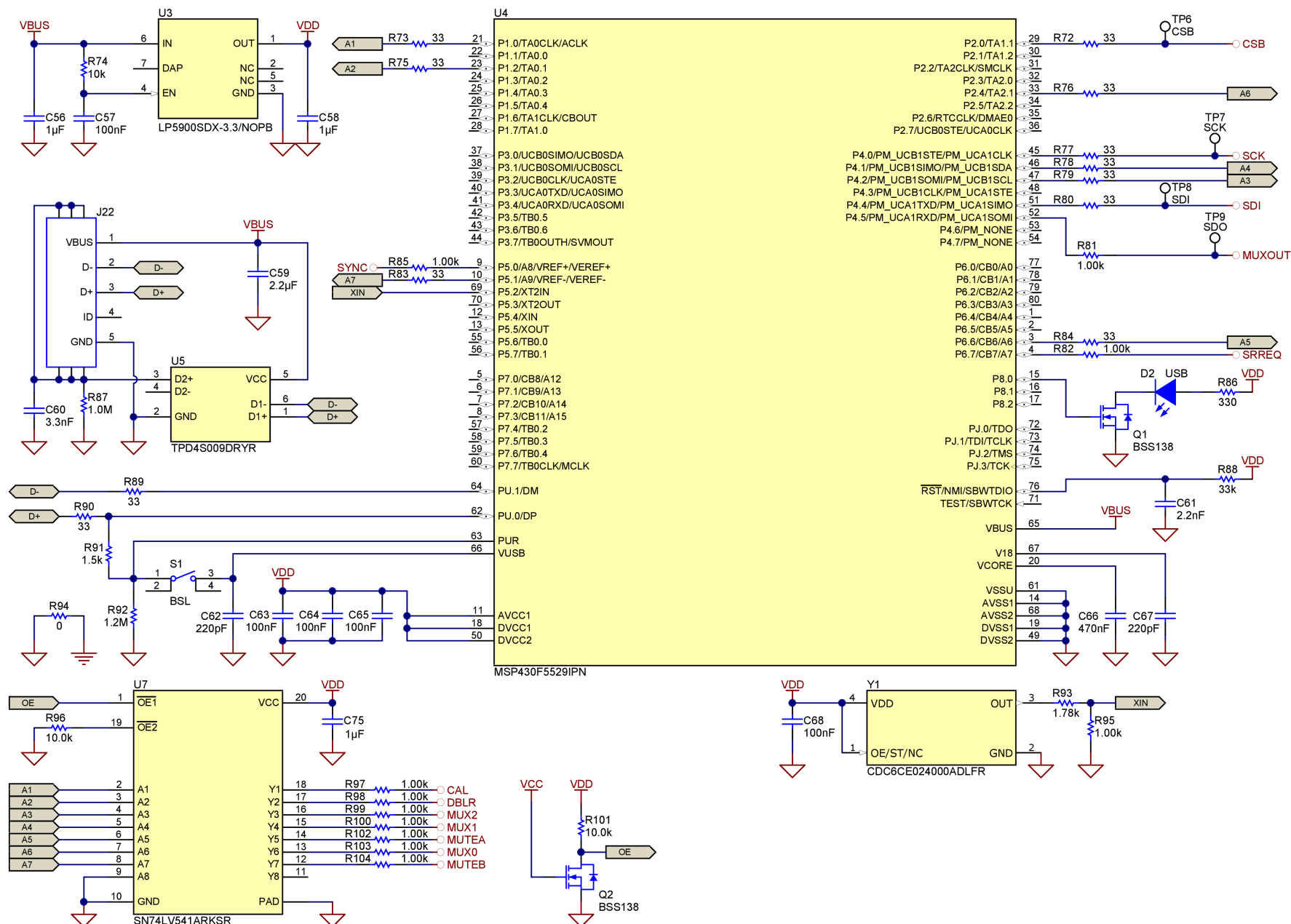


图 5-3. USB2ANY

5.2 PCB 布局

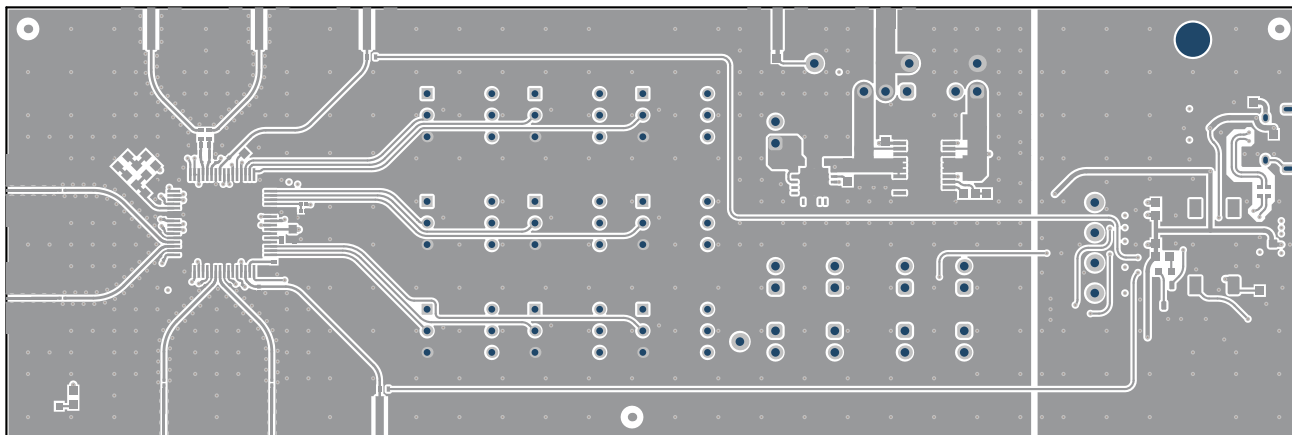


图 5-4. 顶层

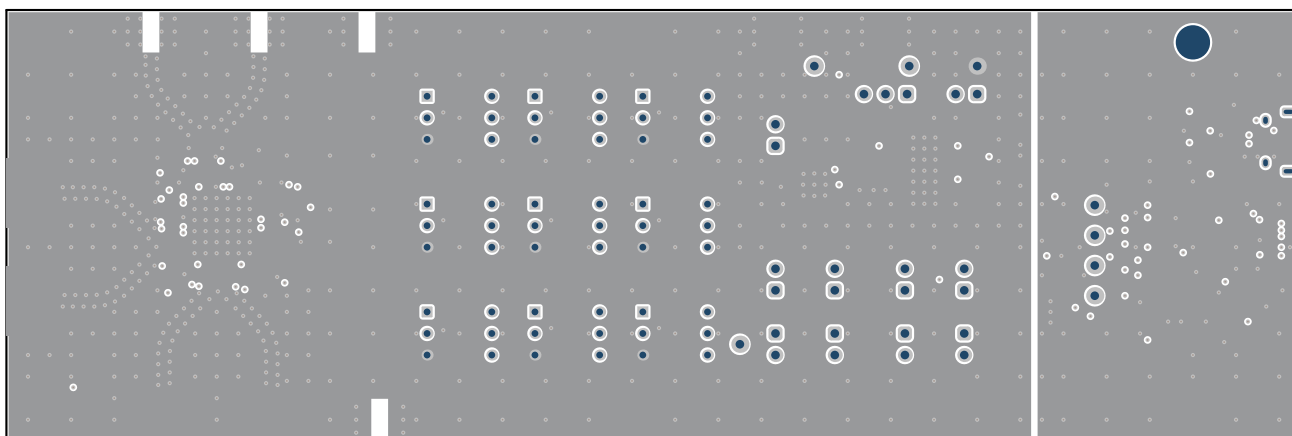


图 5-5. 第二层

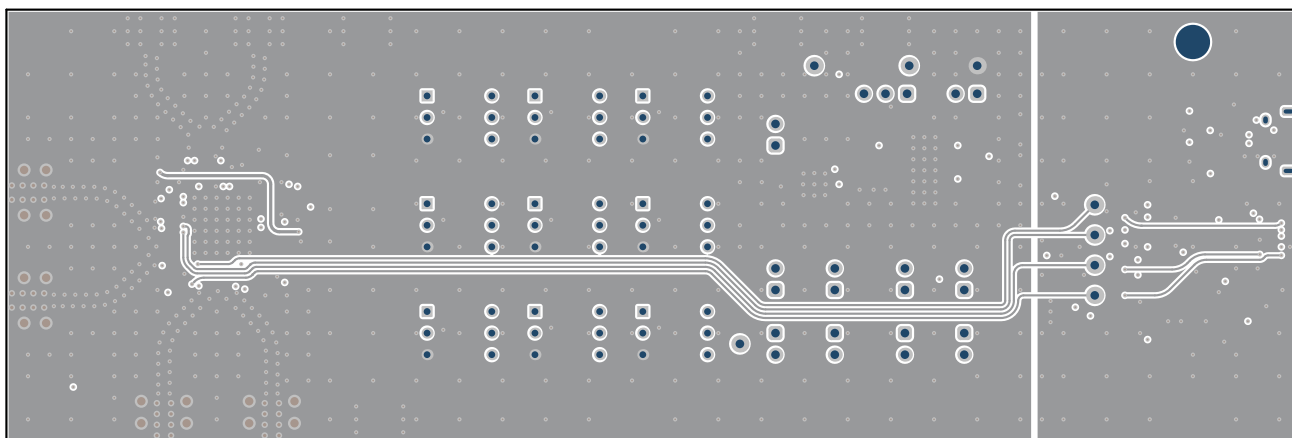


图 5-6. 第三层

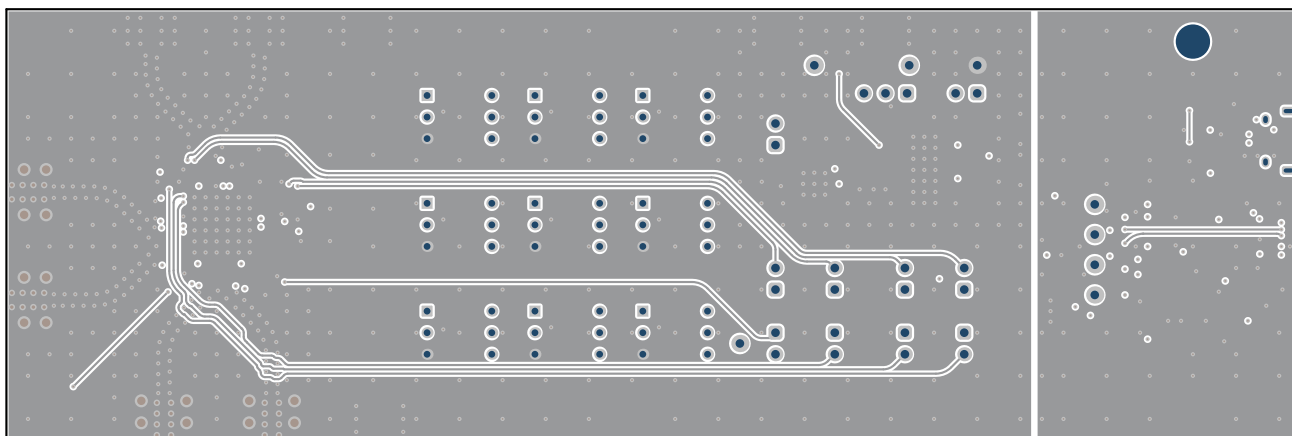


图 5-7. 第四层

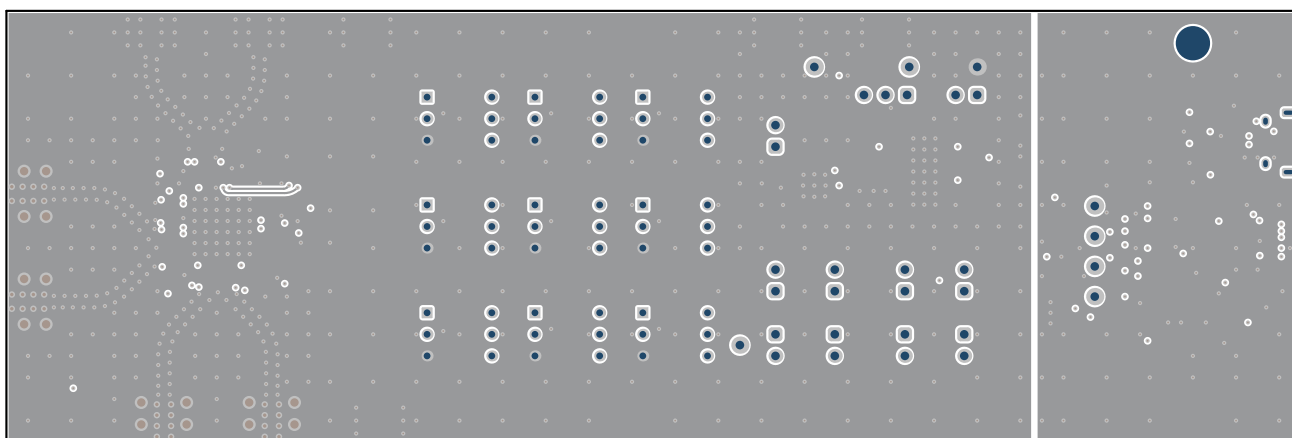


图 5-8. 第五层

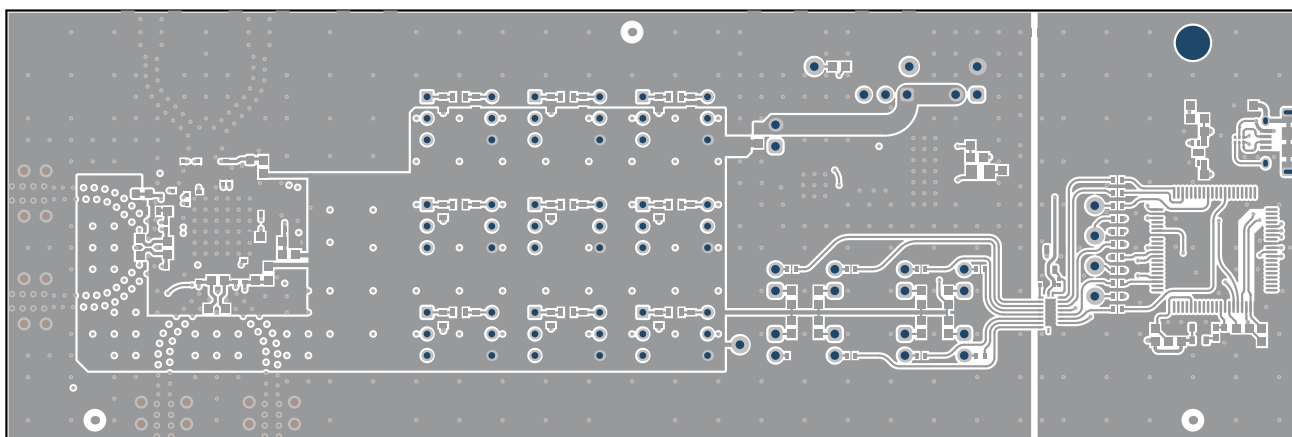


图 5-9. 底层

表 5-1. PCB 层叠

层	材料	厚度 (mil)	常量
顶层	铜	2.8	
电介质	RO4350B LoPro	7.3	3.55
2nd	铜	1.4	
电介质	FR4	13	4.2
3rd	铜	1.4	
电介质	FR4	9	4.2
4th	铜	1.4	
电介质	FR4	13	4.2
5th	铜	1.4	
电介质	FR4	9	4.2
底层	铜	2.8	

5.3 物料清单 (BOM)

位号	说明	器件型号	制造商
C1、C4、C8、C12、C16、C18、C20、C22、C28、C30、C32、C33、C40、C42、C45	电容器, 陶瓷, 10 μ F, 10V, 10%, X5R, 0603	GRM188R61A106KAALD	MuRata™
C2、C3	电容器, 固体钽, 100 μ F, 20V, E CASE, 10%	TPME107K020R0035	KYOCERA AVX
C5、C11、C57、C63、C64、C65、C68、C69	电容器, 陶瓷, 0.1 μ F, 16V, 10%, X7R, 0603	885012206046	Würth Elektronik™
C6、C9	电容器, 陶瓷, 4.7 μ F, 16V, 10%, X7R, 0603	GRM188Z71C475KE21D	MuRata
C7	电容器, 陶瓷, 4.7nF, 50V, 5%, C0G, 0805	GRM2165C1H472JA01D	MuRata
C10、C56、C58、C72	电容器, 陶瓷, 1 μ F, 16V, 10%, X7R, 0603	885012206052	Würth Elektronik
C13、C14、C19、C24、C25、C26、C37、C38、C43、C49、C51、C52、C53、C54、C55	电容器, 陶瓷, 0.1 μ F, 10V, 10%, X5R, 0201	ATC530Z104KT10T	AT Ceramics
C15、C17、C21、C23、C27、C29、C31、C34、C35、C36、C39、C41、C44、C75	电容器, 陶瓷, 1 μ F, 25V, 10%, X5R, 0402	GRM155R61E105KA12D	MuRata
C47	电容器, 陶瓷, 68nF, 25V, 10%, X7R, 0603	885012206070	Würth Elektronik
C48	电容器, 陶瓷, 390pF, 50V, 5%, C0G, 0603	C0603C391J5GACTU	Kemet
C50	电容, 陶瓷, 1.8nF, $\pm$ 10%, X7R, 0603	C0603C182K5RACTU	Kemet®
C59	电容器, 陶瓷, 2.2 μ F, 16V, 20%, X5R, 0603	885012106018	Würth Elektronik
C60	电容器, 陶瓷, 3.3nF, 50V, 10%, X7R, 0603	885012206086	Würth Elektronik
C61	电容器, 陶瓷, 2.2nF, 16V, 10%, X7R, 0603	885012206036	Würth Elektronik
C62、C67	电容器, 陶瓷, 220pF, 50V, 5%, C0G, 0603	C0603C221J5GACTU	Kemet
C66	电容器, 陶瓷, 0.47 μ F, 16V, 10%, X7R, 0603	GRM188R71C474KA88D	MuRata
D1、D2	LED, 绿色, SMD, 0603	LTST-C190GKT	Lite-On
H1、H2、H3、H4、H5	BUMPER CYLIN 0.312" DIA	SJ61A6	3M®
J4	接头, 100mil, 3x1, 金, TH	TSW-103-07-G-S	Samtec
J2、J3、J15、J17、J19、J21	连接器, SMA, 插孔, 直式, 边缘安装	CON-SMA-EDGE-S	RF Solutions Ltd.
J1、J5、J6、J7、J8、J9、J10、J11、J12	接头, 100mil, 2x1, 金, TH	TSW-102-07-G-S	Samtec®
J13、J14、J16、J18	2.92mm 连接器, 50 Ω 板边缘	1521-00002	SV Microwave
J22	USB 2.0, Micro-USB Type B, R/A, SMT	10118194-0001LF	FCI
L1	铁氧体磁珠, 120 Ω (在 100MHz 时), 3A, 0603	BLM18SG121TN1D	MuRata
Q1、Q2	MOSFET, N 沟道, 50V, 0.22A, SOT-23	BSS138	Fairchild
R1	电阻, 10, 5%, 0.1W, 0603	CRCW060310R0JNEA	Vishay®-Dale
R2	电阻, 88.7k, 1%, 0.1W, 0603	CRCW060388K7FKEA	Vishay-Dale
R3	电阻, 33.2k, 0.1%, 0.1W, 0603	RT0603BRD0733K2L	Yageo America
R4	电阻, 12.0k, 0.1%, 0.1W, 0603	RT0603BRD0712KL	Yageo® America
R5	电阻, 10.0k, 1%, 0.1W, 0603	CRCW060310K0FKEA	Vishay-Dale
R6	电阻, 5.05k, 0.5%, 0.1W, 0603	RT0603DRE075K05L	Yageo America

位号	说明	器件型号	制造商
R7、R8、R9、R10、R11、R12、R13、R14、R15、R16、R17、R18、R19、R20、R21、R22、R23、R24、R25、R29、R30、R31、R32、R33、R34、R39、R40、R41、R74	电阻，10k，5%，0.1W，0603	CRCW060310K0JNEA	Vishay-Dale
R26、R27、R28、R35、R36、R37、R38	电阻，6.8k，5%，0.1W，0603	CRCW06036K80JNEA	Vishay-Dale
R42、R43、R44、R45、R46、R47、R48、R49、R50、R52、R94	电阻，0，5%，0.1W，0603	CRCW06030000Z0EA	Vishay-Dale
R51	电阻，18.2，1%，0.1W，0603	CRCW060318R2FKEA	Vishay-Dale
R53	电阻，68.1，1%，0.1W，0603	CRCW060368R1FKEA	Vishay-Dale
R54	电阻，0，5%，0.063W，0402	CRCW04020000Z0ED	Vishay-Dale
R57、R58、R61、R62、R63、R65、R66、R67、R69、R70、R96、R101	电阻，10.0k，1%，0.05W，0201	CRCW020110K0FKED	Vishay-Dale
R59、R60	电阻，49.9，1%，0.063W，0402	CRCW040249R9FKED	Vishay-Dale
R68、R81、R82、R85、R95、R97、R98、R99、R100、R102、R103、R104	电阻，1.0k，1%，0.063W，0402	CRCW04021K00FKED	Vishay-Dale
R71、R86	电阻，330，5%，0.1W，0603	CRCW0603330RJNEA	Vishay-Dale
R72、R73、R75、R76、R77、R78、R79、R80、R83、R84、R89、R90	电阻，33，5%，0.063W，0402	CRCW040233R0JNED	Vishay-Dale
R87	电阻，1.0M，5%，0.1W，0603	CRCW06031M00JNEA	Vishay-Dale
R88	电阻，33k，5%，0.1W，0603	CRCW060333K0JNEA	Vishay-Dale
R91	电阻，1.5k，5%，0.1W，0603	CRCW06031K50JNEA	Vishay-Dale
R92	电阻，1.2M，5%，0.1W，0603	CRCW06031M20JNEA	Vishay-Dale
R93	电阻，1.78k，1%，0.063W，0402	CRCW04021K78FKED	Vishay-Dale
R95	电阻，1.00k，1%，0.063W，0402	CRCW04021K00FKED	Vishay-Dale
S1	开关，触控式，单刀单掷，0.05A，12V，SMT	FSM4JSMA	TE Connectivity®
SH-J4、SH-J6	分流器，100mil，镀金，黑色	SNT-100-BK-G	Samtec®
SW1、SW2、SW3、SW4、SW5、SW6、SW7、SW8、SW9	开关，旋转式，DIP SP4T 100MA 50V	220ADB04	CTS
TP1、TP2、TP4	测试点，微型，红色，TH	5000	Keystone
TP3	测试点，微型，黑色，TH	5001	Keystone
TP6、TP7、TP8、TP9	测试点，微型，白色，TH	5002	Keystone
U1	1.5A 耐辐射 LDO	TPS7H1111MPWPTSEP	德州仪器 (TI)
U2	航天级宽带射频合成器	LMX2624PAP/EM LMX2695PAP/EM LMX2824MPAPTEP	德州仪器 (TI)
U3	超低噪声，150mA LDO	LP5900SDX-3.3/NOPB	德州仪器 (TI)
U4	25MHz 微控制器	MSP430F5529IPN	德州仪器 (TI)
U5	4 通道 ESD 二极管	TPD4S009DRYR	德州仪器 (TI)
U7	具有三态输出的八通道缓冲器	SN74LV541ARKSR	德州仪器 (TI)
Y1	高性能 BAW 振荡器	CDC6CE024000ADLFT	德州仪器 (TI)

6 其他信息

6.1 调试信息

如果 EVM 无法按预期工作，请考虑以下情况：

验证硬件设置：

- 在验证 EVM 正常工作之前，请勿修改 EVM 或更改默认设置。
- 验证是否电源已连接、已打开，并且电流限制适用于器件。
- 验证 OSCIN 信号是否已提供、已开启并且输出电平是否适当。
- 验证频谱分析仪中心频率是否与目标频率一致。选择宽范围，以便在频率偏离中心时可以看到载波。
- 确保器件未在引脚模式下通过 CAL 引脚断电。
- 当 EVM 处于引脚模式时，
 - 如果 CAL 接头已搭接，则 EVM 的上电电流大概为 240mA。
 - 如果 CAL 接头为开路，则 EVM 的上电电流大概为 16mA。
- 当 EVM 连接到 PC 时，
 - 如果加载了具有 EVM 默认模式配置的 TICS Pro，则 EVM 的上电电流约为 240mA。
 - 否则，EVM 的上电电流约为 16mA。
- 如果使用板载 LDO，
 - 则 LDO 会额外消耗 20mA 电流。
 - 需要同时使用 VBIAS 和 VCCIN 电源。

验证软件设置：

- 如果您的配置无法正常工作，请恢复到 EVM 默认模式配置，验证器件已锁定，然后再次根据您的配置修改器件。
- 验证是否未出现红色警告提示。如果是，请将鼠标悬停在警告元素上，阅读工具提示或查看左下方状态窗口中的消息。
- 选择一次 **Reset device** 按钮，将器件复位，然后加载所有寄存器。
- 在无辅助运行模式下，在更改 VCO 频率或启用 VCO 倍频器输出后，需要进行 VCO 校准。选择 **Calibrate VCO** 按钮可启动 VCO 校准。
- 寄存器读回需要正确的配置，有关详细信息，请参阅图 4-18。

验证 PC 通信：

- 在菜单栏中，选择 **USB Communications** → **Interface**。验证 USB2ANY 按钮是否变为绿色。选择 **Identify** 以验证 EVM 上的 USB LED 是否闪烁。
- 编程 **POWERDOWN = 1** 以验证电流是否有显著变化。

6.2 商标

MuRata™ is a trademark of Murata Manufacturing Co., Ltd..

Würth Elektronik™ is a trademark of Würth Elektronik GmbH & Co. KG.

Windows® is a registered trademark of Microsoft Corporation.

Kemet® is a registered trademark of KEMET ELECTRONICS CORPORATION.

3M® is a registered trademark of 3M Company.

Samtec® is a registered trademark of Samtec Inc..

Vishay® is a registered trademark of VISHAY INTERTECHNOLOGY, INC..

Yageo® is a registered trademark of Yageo Corporation.

TE Connectivity® is a registered trademark of Tyco International Services GmbH.

所有商标均为其各自所有者的财产。

7 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision B (June 2025) to Revision C (August 2026)	Page
---	------

- | | |
|----------------------------|---|
| • 通篇添加了 LMX2695SEPEVM..... | 1 |
|----------------------------|---|
-

Changes from Revision A (May 2025) to Revision B (June 2026)	Page
--	------

- | | |
|--|---|
| • 通篇删除了 LMX2695SEPEVM 和 LMX2824EPEVM 型号..... | 1 |
| • 通篇将 EVM 频率更新为 30GHz..... | 1 |
| • 更新了 <i>特性</i> 部分中的频率范围..... | 1 |
| • 更新了 <i>规格</i> 部分中的 EVM 频率..... | 2 |
-

Changes from Revision * (November 2024) to Revision A (May 2025)	Page
--	------

- | | |
|---|----|
| • 将 USB2ANY 接口中的 LMX2624-SP 器件更改为 LMX 器件..... | 5 |
| • 更新了 <i>射频输出</i> 部分中的频率范围..... | 7 |
| • 将“完全辅助运行”部分中的 LMX2624-SP 器件更改为 LMX 器件..... | 11 |
| • 在 <i>SYSREF 脉冲生成</i> 部分中添加了切换 SysRefReq 引脚操作..... | 13 |
| • 在 <i>SYSREF 中继器模式</i> 部分中将 LMX2624-SP 器件更改为了 LMX 器件..... | 14 |
| • 在 <i>相位同步</i> 部分中将 LMX2624-SP 器件更改为 LMX 器件..... | 14 |
| • 将类别 <i>1b</i> 和类别 <i>2 同步</i> 部分中的 LMX2624-SP 器件更改为 LMX 器件..... | 15 |
| • 根据 RevB PCB 布局更新了 PCB 布局部分..... | 23 |
-

STANDARD TERMS FOR EVALUATION MODULES

1. *Delivery:* TI delivers TI evaluation boards, kits, or modules, including any accompanying demonstration software, components, and/or documentation which may be provided together or separately (collectively, an "EVM" or "EVMs") to the User ("User") in accordance with the terms set forth herein. User's acceptance of the EVM is expressly subject to the following terms.
 - 1.1 EVMs are intended solely for product or software developers for use in a research and development setting to facilitate feasibility evaluation, experimentation, or scientific analysis of TI semiconductors products. EVMs have no direct function and are not finished products. EVMs shall not be directly or indirectly assembled as a part or subassembly in any finished product. For clarification, any software or software tools provided with the EVM ("Software") shall not be subject to the terms and conditions set forth herein but rather shall be subject to the applicable terms that accompany such Software
 - 1.2 EVMs are not intended for consumer or household use. EVMs may not be sold, sublicensed, leased, rented, loaned, assigned, or otherwise distributed for commercial purposes by Users, in whole or in part, or used in any finished product or production system.
2. *Limited Warranty and Related Remedies/Disclaimers:*
 - 2.1 These terms do not apply to Software. The warranty, if any, for Software is covered in the applicable Software License Agreement.
 - 2.2 TI warrants that the TI EVM will conform to TI's published specifications for ninety (90) days after the date TI delivers such EVM to User. Notwithstanding the foregoing, TI shall not be liable for a nonconforming EVM if (a) the nonconformity was caused by neglect, misuse or mistreatment by an entity other than TI, including improper installation or testing, or for any EVMs that have been altered or modified in any way by an entity other than TI, (b) the nonconformity resulted from User's design, specifications or instructions for such EVMs or improper system design, or (c) User has not paid on time. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary. TI does not test all parameters of each EVM. User's claims against TI under this Section 2 are void if User fails to notify TI of any apparent defects in the EVMs within ten (10) business days after delivery, or of any hidden defects with ten (10) business days after the defect has been detected.
 - 2.3 TI's sole liability shall be at its option to repair or replace EVMs that fail to conform to the warranty set forth above, or credit User's account for such EVM. TI's liability under this warranty shall be limited to EVMs that are returned during the warranty period to the address designated by TI and that are determined by TI not to conform to such warranty. If TI elects to repair or replace such EVM, TI shall have a reasonable time to repair such EVM or provide replacements. Repaired EVMs shall be warranted for the remainder of the original warranty period. Replaced EVMs shall be warranted for a new full ninety (90) day warranty period.

WARNING

Evaluation Kits are intended solely for use by technically qualified, professional electronics experts who are familiar with the dangers and application risks associated with handling electrical mechanical components, systems, and subsystems.

User shall operate the Evaluation Kit within TI's recommended guidelines and any applicable legal or environmental requirements as well as reasonable and customary safeguards. Failure to set up and/or operate the Evaluation Kit within TI's recommended guidelines may result in personal injury or death or property damage. Proper set up entails following TI's instructions for electrical ratings of interface circuits such as input, output and electrical loads.

NOTE:

EXPOSURE TO ELECTROSTATIC DISCHARGE (ESD) MAY CAUSE DEGRADATION OR FAILURE OF THE EVALUATION KIT; TI RECOMMENDS STORAGE OF THE EVALUATION KIT IN A PROTECTIVE ESD BAG.

3 Regulatory Notices:

3.1 United States

3.1.1 Notice applicable to EVMs not FCC-Approved:

FCC NOTICE: This kit is designed to allow product developers to evaluate electronic components, circuitry, or software associated with the kit to determine whether to incorporate such items in a finished product and software developers to write software applications for use with the end product. This kit is not a finished product and when assembled may not be resold or otherwise marketed unless all required FCC equipment authorizations are first obtained. Operation is subject to the condition that this product not cause harmful interference to licensed radio stations and that this product accept harmful interference. Unless the assembled kit is designed to operate under part 15, part 18 or part 95 of this chapter, the operator of the kit must operate under the authority of an FCC license holder or must secure an experimental authorization under part 5 of this chapter.

3.1.2 For EVMs annotated as FCC – FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION Part 15 Compliant:

CAUTION

This device complies with part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions: (1) This device may not cause harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.

Changes or modifications not expressly approved by the party responsible for compliance could void the user's authority to operate the equipment.

FCC Interference Statement for Class A EVM devices

NOTE: This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class A digital device, pursuant to part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference when the equipment is operated in a commercial environment. This equipment generates, uses, and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instructions, may cause harmful interference to radio communications. Operation of this equipment in a residential area is likely to cause harmful interference in which case the user will be required to correct the interference at his own expense.

FCC Interference Statement for Class B EVM devices

NOTE: This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class B digital device, pursuant to part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference in a residential installation. This equipment generates, uses and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instructions, may cause harmful interference to radio communications. However, there is no guarantee that interference will not occur in a particular installation. If this equipment does cause harmful interference to radio or television reception, which can be determined by turning the equipment off and on, the user is encouraged to try to correct the interference by one or more of the following measures:

- Reorient or relocate the receiving antenna.
- Increase the separation between the equipment and receiver.
- Connect the equipment into an outlet on a circuit different from that to which the receiver is connected.
- Consult the dealer or an experienced radio/TV technician for help.

3.2 Canada

3.2.1 For EVMs issued with an Industry Canada Certificate of Conformance to RSS-210 or RSS-247

Concerning EVMs Including Radio Transmitters:

This device complies with Industry Canada license-exempt RSSs. Operation is subject to the following two conditions:

(1) this device may not cause interference, and (2) this device must accept any interference, including interference that may cause undesired operation of the device.

Concernant les EVMs avec appareils radio:

Le présent appareil est conforme aux CNR d'Industrie Canada applicables aux appareils radio exempts de licence. L'exploitation est autorisée aux deux conditions suivantes: (1) l'appareil ne doit pas produire de brouillage, et (2) l'utilisateur de l'appareil doit accepter tout brouillage radioélectrique subi, même si le brouillage est susceptible d'en compromettre le fonctionnement.

Concerning EVMs Including Detachable Antennas:

Under Industry Canada regulations, this radio transmitter may only operate using an antenna of a type and maximum (or lesser) gain approved for the transmitter by Industry Canada. To reduce potential radio interference to other users, the antenna type and its gain should be so chosen that the equivalent isotropically radiated power (e.i.r.p.) is not more than that necessary for successful communication. This radio transmitter has been approved by Industry Canada to operate with the antenna types listed in the user guide with the maximum permissible gain and required antenna impedance for each antenna type indicated. Antenna types not included in this list, having a gain greater than the maximum gain indicated for that type, are strictly prohibited for use with this device.

Concernant les EVMs avec antennes détachables

Conformément à la réglementation d'Industrie Canada, le présent émetteur radio peut fonctionner avec une antenne d'un type et d'un gain maximal (ou inférieur) approuvé pour l'émetteur par Industrie Canada. Dans le but de réduire les risques de brouillage radioélectrique à l'intention des autres utilisateurs, il faut choisir le type d'antenne et son gain de sorte que la puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e.) ne dépasse pas l'intensité nécessaire à l'établissement d'une communication satisfaisante. Le présent émetteur radio a été approuvé par Industrie Canada pour fonctionner avec les types d'antenne énumérés dans le manuel d'usage et ayant un gain admissible maximal et l'impédance requise pour chaque type d'antenne. Les types d'antenne non inclus dans cette liste, ou dont le gain est supérieur au gain maximal indiqué, sont strictement interdits pour l'exploitation de l'émetteur.

3.3 Japan

3.3.1 *Notice for EVMs delivered in Japan:* Please see http://www.tij.co.jp/sds/ti_ja/general/eStore/notice_01.page 日本国内に輸入される評価用キット、ボードについては、次のところをご覧ください。

<https://www.ti.com/ja-jp/legal/notice-for-evaluation-kits-delivered-in-japan.html>

3.3.2 *Notice for Users of EVMs Considered "Radio Frequency Products" in Japan:* EVMs entering Japan may not be certified by TI as conforming to Technical Regulations of Radio Law of Japan.

If User uses EVMs in Japan, not certified to Technical Regulations of Radio Law of Japan, User is required to follow the instructions set forth by Radio Law of Japan, which includes, but is not limited to, the instructions below with respect to EVMs (which for the avoidance of doubt are stated strictly for convenience and should be verified by User):

1. Use EVMs in a shielded room or any other test facility as defined in the notification #173 issued by Ministry of Internal Affairs and Communications on March 28, 2006, based on Sub-section 1.1 of Article 6 of the Ministry's Rule for Enforcement of Radio Law of Japan,
2. Use EVMs only after User obtains the license of Test Radio Station as provided in Radio Law of Japan with respect to EVMs, or
3. Use of EVMs only after User obtains the Technical Regulations Conformity Certification as provided in Radio Law of Japan with respect to EVMs. Also, do not transfer EVMs, unless User gives the same notice above to the transferee. Please note that if User does not follow the instructions above, User will be subject to penalties of Radio Law of Japan.

【無線電波を送信する製品の開発キットをお使いになる際の注意事項】 開発キットの中には技術基準適合証明を受けていないものがあります。技術適合証明を受けていないもののご使用に際しては、電波法遵守のため、以下のいずれかの措置を取っていただく必要がありますのでご注意ください。

1. 電波法施行規則第6条第1項第1号に基づく平成18年3月28日総務省告示第173号で定められた電波暗室等の試験設備でご使用いただく。
2. 実験局の免許を取得後ご使用いただく。
3. 技術基準適合証明を取得後ご使用いただく。

なお、本製品は、上記の「ご使用にあたっての注意」を譲渡先、移転先に通知しない限り、譲渡、移転できないものとします。

上記を遵守頂けない場合は、電波法の罰則が適用される可能性があることをご留意ください。 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社
東京都新宿区西新宿 6 丁目 2 4 番 1 号
西新宿三井ビル

3.3.3 *Notice for EVMs for Power Line Communication:* Please see http://www.tij.co.jp/sds/ti_ja/general/eStore/notice_02.page

電力線搬送波通信についての開発キットをお使いになる際の注意事項については、次のところをご覧ください。<https://www.ti.com/ja-jp/legal/notice-for-evaluation-kits-for-power-line-communication.html>

3.4 European Union

3.4.1 *For EVMs subject to EU Directive 2014/30/EU (Electromagnetic Compatibility Directive):*

This is a class A product intended for use in environments other than domestic environments that are connected to a low-voltage power-supply network that supplies buildings used for domestic purposes. In a domestic environment this product may cause radio interference in which case the user may be required to take adequate measures.

4 *EVM Use Restrictions and Warnings:*

4.1 EVMS ARE NOT FOR USE IN FUNCTIONAL SAFETY AND/OR SAFETY CRITICAL EVALUATIONS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO EVALUATIONS OF LIFE SUPPORT APPLICATIONS.

4.2 User must read and apply the user guide and other available documentation provided by TI regarding the EVM prior to handling or using the EVM, including without limitation any warning or restriction notices. The notices contain important safety information related to, for example, temperatures and voltages.

4.3 *Safety-Related Warnings and Restrictions:*

4.3.1 User shall operate the EVM within TI's recommended specifications and environmental considerations stated in the user guide, other available documentation provided by TI, and any other applicable requirements and employ reasonable and customary safeguards. Exceeding the specified performance ratings and specifications (including but not limited to input and output voltage, current, power, and environmental ranges) for the EVM may cause personal injury or death, or property damage. If there are questions concerning performance ratings and specifications, User should contact a TI field representative prior to connecting interface electronics including input power and intended loads. Any loads applied outside of the specified output range may also result in unintended and/or inaccurate operation and/or possible permanent damage to the EVM and/or interface electronics. Please consult the EVM user guide prior to connecting any load to the EVM output. If there is uncertainty as to the load specification, please contact a TI field representative. During normal operation, even with the inputs and outputs kept within the specified allowable ranges, some circuit components may have elevated case temperatures. These components include but are not limited to linear regulators, switching transistors, pass transistors, current sense resistors, and heat sinks, which can be identified using the information in the associated documentation. When working with the EVM, please be aware that the EVM may become very warm.

4.3.2 EVMs are intended solely for use by technically qualified, professional electronics experts who are familiar with the dangers and application risks associated with handling electrical mechanical components, systems, and subsystems. User assumes all responsibility and liability for proper and safe handling and use of the EVM by User or its employees, affiliates, contractors or designees. User assumes all responsibility and liability to ensure that any interfaces (electronic and/or mechanical) between the EVM and any human body are designed with suitable isolation and means to safely limit accessible leakage currents to minimize the risk of electrical shock hazard. User assumes all responsibility and liability for any improper or unsafe handling or use of the EVM by User or its employees, affiliates, contractors or designees.

4.4 User assumes all responsibility and liability to determine whether the EVM is subject to any applicable international, federal, state, or local laws and regulations related to User's handling and use of the EVM and, if applicable, User assumes all responsibility and liability for compliance in all respects with such laws and regulations. User assumes all responsibility and liability for proper disposal and recycling of the EVM consistent with all applicable international, federal, state, and local requirements.

5. *Accuracy of Information:* To the extent TI provides information on the availability and function of EVMs, TI attempts to be as accurate as possible. However, TI does not warrant the accuracy of EVM descriptions, EVM availability or other information on its websites as accurate, complete, reliable, current, or error-free.

6. *Disclaimers:*

6.1 EXCEPT AS SET FORTH ABOVE, EVMS AND ANY MATERIALS PROVIDED WITH THE EVM (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, REFERENCE DESIGNS AND THE DESIGN OF THE EVM ITSELF) ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS." TI DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING SUCH ITEMS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ANY EPIDEMIC FAILURE WARRANTY OR IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF ANY THIRD PARTY PATENTS, COPYRIGHTS, TRADE SECRETS OR OTHER INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

6.2 EXCEPT FOR THE LIMITED RIGHT TO USE THE EVM SET FORTH HEREIN, NOTHING IN THESE TERMS SHALL BE CONSTRUED AS GRANTING OR CONFERRING ANY RIGHTS BY LICENSE, PATENT, OR ANY OTHER INDUSTRIAL OR INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT OF TI, ITS SUPPLIERS/LICENSORS OR ANY OTHER THIRD PARTY, TO USE THE EVM IN ANY FINISHED END-USER OR READY-TO-USE FINAL PRODUCT, OR FOR ANY INVENTION, DISCOVERY OR IMPROVEMENT, REGARDLESS OF WHEN MADE, CONCEIVED OR ACQUIRED.

7. *USER'S INDEMNITY OBLIGATIONS AND REPRESENTATIONS.* USER WILL DEFEND, INDEMNIFY AND HOLD TI, ITS LICENSORS AND THEIR REPRESENTATIVES HARMLESS FROM AND AGAINST ANY AND ALL CLAIMS, DAMAGES, LOSSES, EXPENSES, COSTS AND LIABILITIES (COLLECTIVELY, "CLAIMS") ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH ANY HANDLING OR USE OF THE EVM THAT IS NOT IN ACCORDANCE WITH THESE TERMS. THIS OBLIGATION SHALL APPLY WHETHER CLAIMS ARISE UNDER STATUTE, REGULATION, OR THE LAW OF TORT, CONTRACT OR ANY OTHER LEGAL THEORY, AND EVEN IF THE EVM FAILS TO PERFORM AS DESCRIBED OR EXPECTED.

8. *Limitations on Damages and Liability:*

8.1 *General Limitations.* IN NO EVENT SHALL TI BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, COLLATERAL, INDIRECT, PUNITIVE, INCIDENTAL, CONSEQUENTIAL, OR EXEMPLARY DAMAGES IN CONNECTION WITH OR ARISING OUT OF THESE TERMS OR THE USE OF THE EVMS , REGARDLESS OF WHETHER TI HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES. EXCLUDED DAMAGES INCLUDE, BUT ARE NOT LIMITED TO, COST OF REMOVAL OR REINSTALLATION, ANCILLARY COSTS TO THE PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES, RETESTING, OUTSIDE COMPUTER TIME, LABOR COSTS, LOSS OF GOODWILL, LOSS OF PROFITS, LOSS OF SAVINGS, LOSS OF USE, LOSS OF DATA, OR BUSINESS INTERRUPTION. NO CLAIM, SUIT OR ACTION SHALL BE BROUGHT AGAINST TI MORE THAN TWELVE (12) MONTHS AFTER THE EVENT THAT GAVE RISE TO THE CAUSE OF ACTION HAS OCCURRED.

8.2 *Specific Limitations.* IN NO EVENT SHALL TI'S AGGREGATE LIABILITY FROM ANY USE OF AN EVM PROVIDED HEREUNDER, INCLUDING FROM ANY WARRANTY, INDEMNITY OR OTHER OBLIGATION ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THESE TERMS, , EXCEED THE TOTAL AMOUNT PAID TO TI BY USER FOR THE PARTICULAR EVM(S) AT ISSUE DURING THE PRIOR TWELVE (12) MONTHS WITH RESPECT TO WHICH LOSSES OR DAMAGES ARE CLAIMED. THE EXISTENCE OF MORE THAN ONE CLAIM SHALL NOT ENLARGE OR EXTEND THIS LIMIT.

9. *Return Policy.* Except as otherwise provided, TI does not offer any refunds, returns, or exchanges. Furthermore, no return of EVM(s) will be accepted if the package has been opened and no return of the EVM(s) will be accepted if they are damaged or otherwise not in a resalable condition. If User feels it has been incorrectly charged for the EVM(s) it ordered or that delivery violates the applicable order, User should contact TI. All refunds will be made in full within thirty (30) working days from the return of the components(s), excluding any postage or packaging costs.
10. *Governing Law:* These terms and conditions shall be governed by and interpreted in accordance with the laws of the State of Texas, without reference to conflict-of-laws principles. User agrees that non-exclusive jurisdiction for any dispute arising out of or relating to these terms and conditions lies within courts located in the State of Texas and consents to venue in Dallas County, Texas. Notwithstanding the foregoing, any judgment may be enforced in any United States or foreign court, and TI may seek injunctive relief in any United States or foreign court.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2023, Texas Instruments Incorporated

重要通知和免责声明

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、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月