参考文献

EVM User's Guide: LMX1205EVM

LMX1205 评估模块

说明

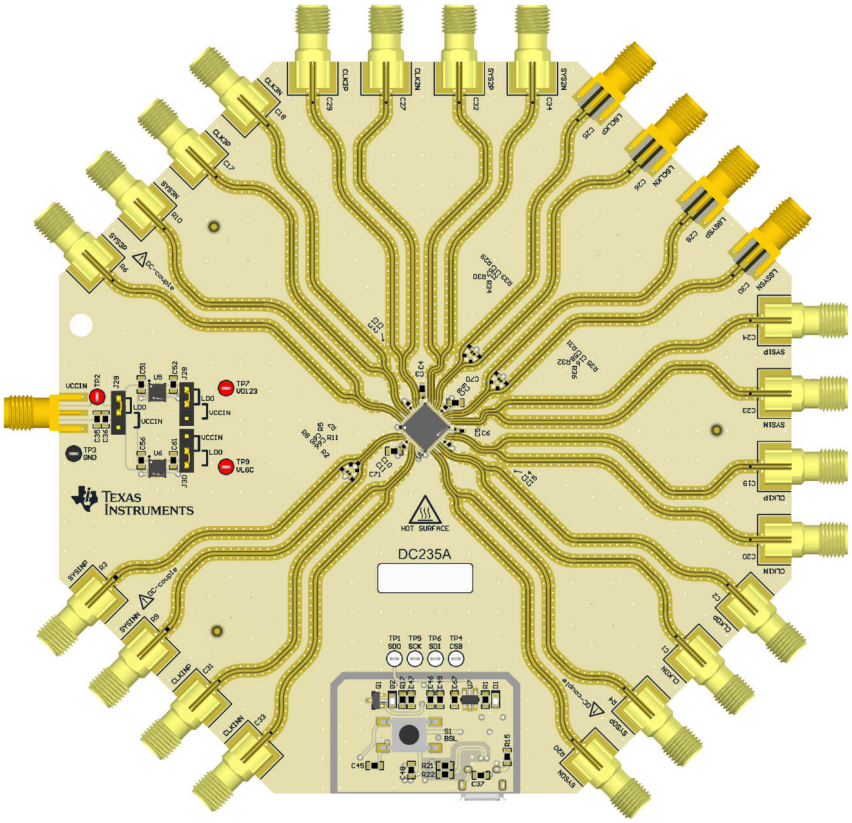
LMX1205 评估模块 (EVM) 旨在评估 LMX1205 的性能，后者是一款四输出、超低附加抖动射频 (RF) 缓冲器、分频器和倍增器。该器件可以缓冲器高达 12.8GHz 的 RF 频率，将 RF 输出倍增至 12.8GHz，并将输出分频至 12.8GHz。该板包含 LMX1205 器件和集成 USB2ANY 编程器。

特性

- 300MHz 至 12.8GHz 输出频率
- 4 个具有相应 SYSREF 输出的高频时钟
  - 由 2、3、4、5、6、7 和 8 共享分频
  - 由 2、3、4、5、6、7 和 8 共享倍频
- 高达 25ps 的无噪声可调节输入延迟，分辨率为 1ps
- 高达 10ps 的独立可调节输出延迟，分辨率为 0.5ps
- 3.3V 电源电压（带板载 2.5V LDO）或 2.5V 电源电压（绕过 LDO）
- –40°C 至 +85°C 工作温度

应用

- 测试和测量：
  - 示波器
  - 无线设备测试仪
- 航空航天与国防：
  - 雷达
  - 电子战
  - 导引头前端
- 通用：
  - 数据转换器时钟
  - 时钟缓冲器分配和分频



English Document: SNAU294

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

1 评估模块概述

1.1 引言

LMX1205 是一款超低附加抖动 RF 缓冲器、分频器和倍频器，具有集成的 SYSREF 生成功能。可以对 FPGA 或其他逻辑 IC 使用单独的辅助时钟分频器。每个 RF 输出（和逻辑时钟）都与具有皮秒精度延迟调谐功能的互补 SYSREF 输出配对，并且可以作为发生器（具有跨多个器件的同步功能）或中继器运行。

当使用板载 LDO 时，EVM 可以在 3.3V 电源电压下运行。可以绕过 LDO，在这种情况下，电源电压为 2.5V。

EVM 包含 LMX1205、两个 LDO 和一个微控制器。

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 LMX1205 EVM 板 (DC235)
- 一条 USB 电缆

1.3 规格

表 1-1. LMX1205 EVM 规格

参数	值	条件	
电源电压	3.0V 至 3.4V	板载 LDO 输出为 2.5V	
	2.5V	绕过板载 LDO	
电源电流	1.3A（最大值）	多种配置	
CLKIN 输入频率	300MHz 至 12.8GHz	缓冲器模式	
	300MHz 至 12.8GHz	分频器模式	
	3.2GHz 至 6.4GHz	倍频器模式	CLK_DIV = ×2
	2.133GHz 至 4.266GHz		CLK_DIV = ×3
	1.6GHz 至 3.2GHz		CLK_DIV = ×4
	1.28GHz 至 2.56GHz		CLK_DIV = ×5
	1.067GHz 至 2.133GHz		CLK_DIV = ×6
	0.914GHz 至 1.828GHz		CLK_DIV = ×7
	800MHz 至 1.6GHz		CLK_DIV = ×8

1.4 器件信息

该器件具有高频功能和极低的抖动特性，可在不降低信噪比的情况下，很好地解决时钟精度、高频数据转换器的问题。4 个高频时钟输出中的每一个输出以及具有更大分频器范围的附加 LOGICLK 输出都与 SYSREF 输出时钟信号配对。JESD 接口的 SYSREF 信号可以在内部生成，也可以作为输入传入，并重新计时为器件时钟。对于数据转换器时钟应用，务必使时钟的抖动小于数据转换器的孔径抖动。在需要对 4 个以上数据转换器进行时钟控制的应用中，可以使用多个器件开发各种级联架构，以分配所需的所有高频时钟和 SYSREF 信号。凭借其低抖动和低本底噪声，该器件可与超低噪声基准时钟源相结合，是时钟控制型数据转换器的典型设计，尤其是以高于 3GHz 的频率采样时。

English Document: SNAU294
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

2 硬件

2.1 跳线信息

跳线 J28、J29 和 J30 确定了电路板的电源电压。

- 使用板载 LDO 时，将这些跳线设置到“LDO”位置。这是默认的 EVM 配置。
- 要绕过 LDO，请将这些跳线设置到“VCCIN”位置。

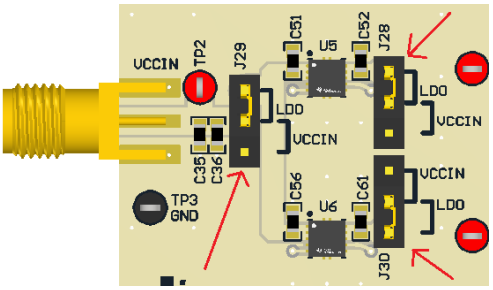


图 2-1. 跳线配置

2.2 设置

2.2.1 评估设置要求

缓冲器模式的评估至少需要：

- 支持至少 3.0V、2A 的直流电源
- 高质量的信号源，例如 SMA100B
- 一个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，能够为 SYSREF 延迟调优解决 5ps 的步长
- 2 通道任意函数发生器或其他脉冲源，能够输出互补 LVDS 脉冲和直流电平（1.25V±0.2V、差分、进入 100Ω 直流负载），用于触发 SYSREF、同步分频器和确定 SYSREF 窗口值

2.2.2 连接图

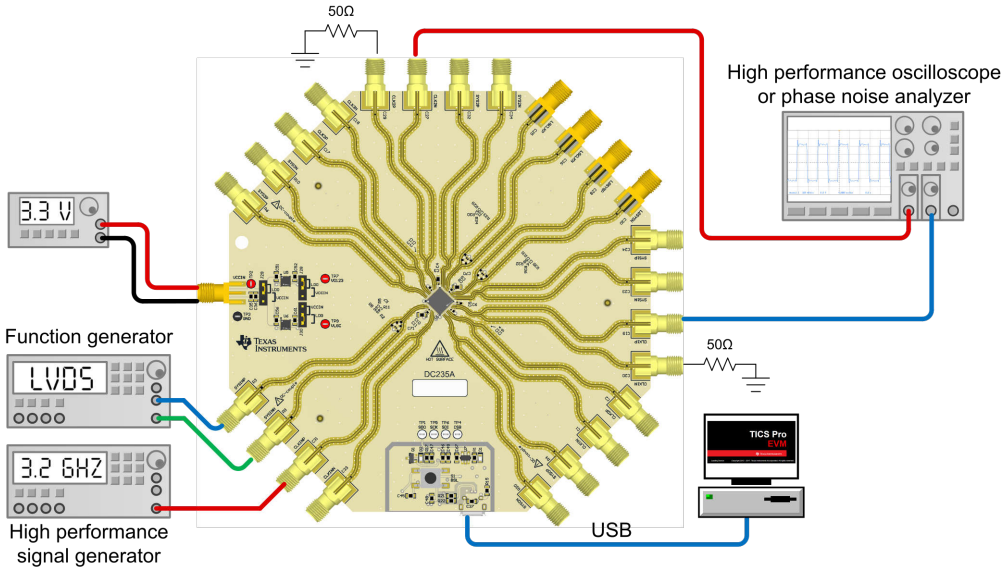


图 2-2. 连接图

English Document: SNAU294
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

2.3 电源要求

使用板载 LDO 时，对 VCCIN SMA 连接器施加 3.3V 电压。可接受的电源电压范围为 3.0V 至 3.4V。LDO 具有约 40mA 的接地电流，可将 3.3V 电源转换为 2.5V 电源。如果绕过了 LDO，则对 VCCIN SMA 连接器施加 2.5V 电压。

在运行过程中，该电路板可汲取的电流最高为 1.3A，因此电源电缆的电阻很重要。启用或禁用各种系统功能可能会使电路板电流改变 50% 或更多。

2.4 参考时钟

将 CLKINP 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。两个 CLKIN 输入均通过 50Ω 内部端接至 AC-GND（即，GND 连接由内部电容器形成），因此不需要使用外部端接。输入可以采用差分驱动，将 CLKINP 和 CLKINN SMA 连接器连接到平衡-非平衡变压器或差分时钟源。

默认 EVM 配置文件将器件配置为缓冲器模式。如果需要，可以根据每个功能元件的工作范围修改输入频率。本 EVM 设置指南和相关图假设 CLKIN 处的输入为 3200MHz，用于缓冲器模式。

要评估 SYSREF 中继器模式，请将 SYSREF 输入 SMA 连接到差分输出源，例如任意函数发生器。SYSREF 输入的 EVM 连接是直流耦合的，并提供内部 100Ω 端接。在直流耦合模式下，SYSREFREQ 引脚上的共模偏置必须介于 1V 和 2V 之间。使用标准 LVDS 输出缓冲器可以满足输入共模要求。

为了评估 SYNC 模式和 SYSREF 窗口，拥有一个能够始终满足输入时钟单个周期的建立和保持要求的 SYSREFREQ 输入源至关重要。这在较高频率下可能变得非常具有挑战性，其中建立和保持要求可能 < 50ps。另一种具有皮秒精度定时脉冲的器件（例如 LMX2820 或 LMX2594）可用作 CLKIN 和 SYSREF 的基准输入，以评估这些功能。

2.5 输出接头

所有 CLKOUT 连接都是交流耦合的，并且可以直接连接到具有 0VDC 要求的 RF 仪器；不需要额外的直流块。未使用的 CLKOUT SMA 连接器必须使用 50Ω 负载端接，如果有频率范围出色的平衡-非平衡变压器，也可以使用差分连接。

两个 SYSREF 输出是直流耦合的，因此更容易与另一个 LMX1205 EVM 或其他 JESD204B 器件的 SYSREF 输入级联。其他两个 SYSREF 输出是交流耦合的。

LOGICCLK 和 LOGISYSREF 输出是交流耦合的，输出格式是可编程的。需要更改硬件以匹配输出格式。

2.6 测试点

表 2-1. SPI 测试点

测试点	网
TP1	SDO
TP4	CSB
TP5	SCK
TP6	SDI

表 2-2. 电源电压测试点

测试点	网
TP2	VCCIN
TP7	V0123
TP9	VLGC
TP3	GND

English Document: SNAU294
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

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 LMX1205 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。

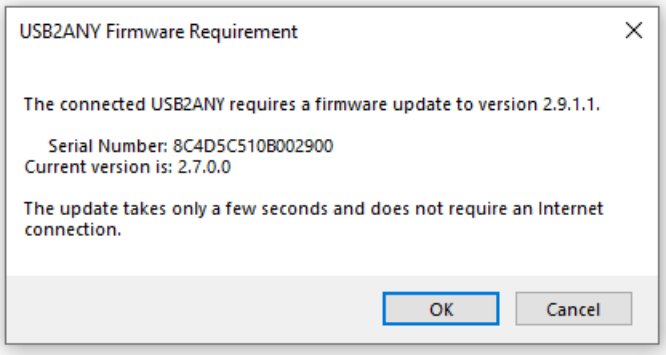


图 3-1. 固件更新请求

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

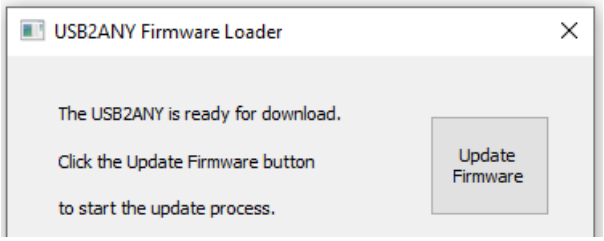


图 3-2. 固件加载程序

English Document: SNAU294
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

5. 然后出现以下屏幕。

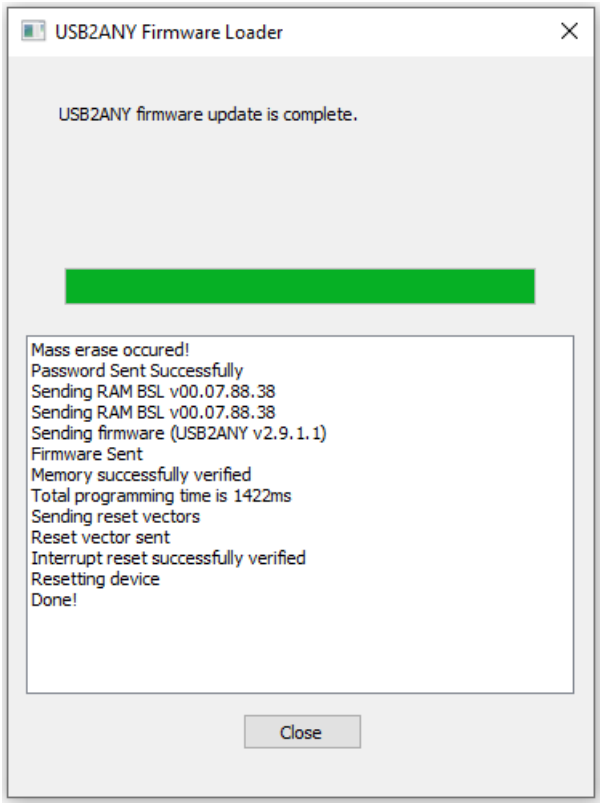


图 3-3. 固件升级完成

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

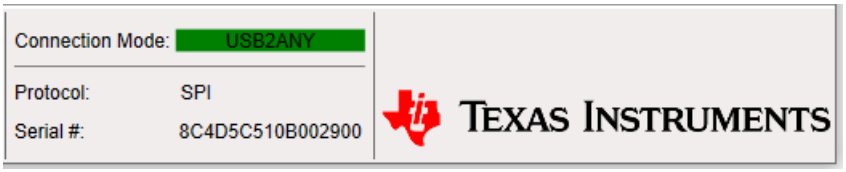


图 3-4. 连接模式

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

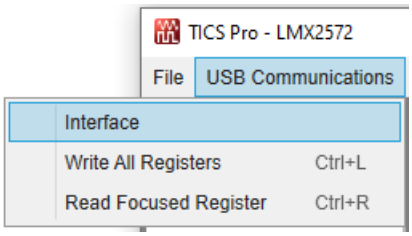


图 3-5. USB 通信

English Document: SNAU294
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

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

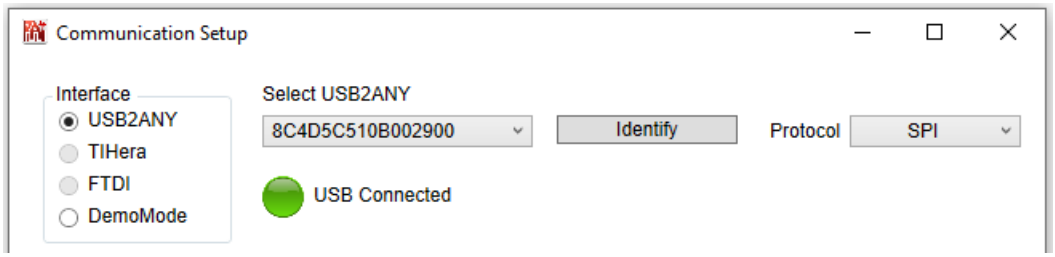


图 3-6. 识别 USB2ANY 控制器

10. 现在，USB2ANY 就可以使用了。点击“Close”按钮关闭窗口。

English Document: SNAU294
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

4 实现结果

4.1 缓冲器模式

在 POR 或软复位后，LMX1205 器件默认为缓冲器模式，所有输出均启用，输出功率最大。在此模式下，LOGICLK 也将启用，分频值固定为 64。所有 SYSREF 时钟均禁用。要在不同配置下评估该器件，请使用 TICS Pro。

从顶部菜单中，点击 *Default Configuration → 3200MHz Buffer Mode*。这会自动加载缓冲器模式系统配置。

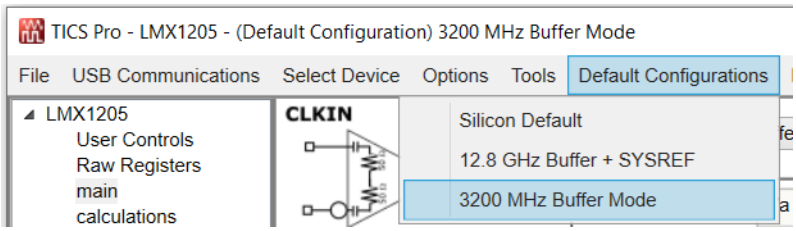


图 4-1. 缓冲器模式

如果没有在所有输出引脚上应用端接，则应使用 CHx_EN 字段（完全关断未使用的通道）或 CLKOUTx_EN 字段（仅关断输出缓冲器）手动禁用未使用的输出。关断未使用的通道会大大降低电流消耗。

加载配置文件并进行所需的任何更改后，点击 *USB Communications → Write All Registers* 以对器件进行编程。在以下所有图中，蓝色布线是来自 SMA100B 的 3.2Ghz 基准时钟，黑色布线是来自器件的输出时钟。

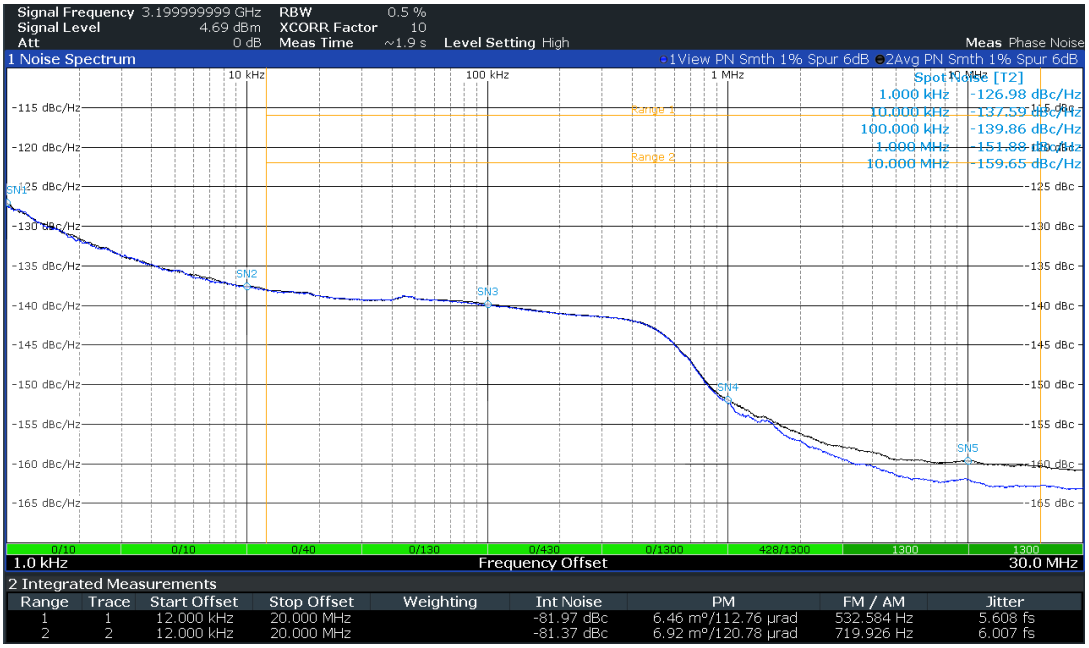


图 4-2. 缓冲器模式输出

English Document: SNAU294
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

4.2 分频器模式

要将 LMX1205 设置为分频器模式，请执行以下操作：

1. 将 CLK_MUX 设置为分频器模式。
2. 针对各自的 CLKIN 频率，将 CLK_DIV 设置为相应的分频器值。

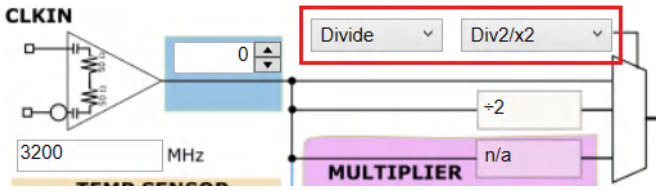


图 4-3. 分频器模式

图 4-4. 分频器模式输出

English Document: SNAU294
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

4.3 倍频器模式

要将 LMX1205 设置为倍频器模式，请执行以下步骤：

1. 将 CLK_MUX 设置为倍频模式。
2. 针对各自的 CLKIN 频率，将 CLK_DIV 设置为相应的倍频器值。
3. 点击 GUI 中的“Calibrate Multiplier”按钮。

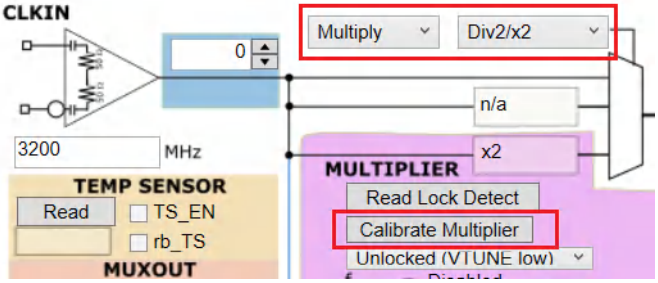


图 4-5. 倍频器模式

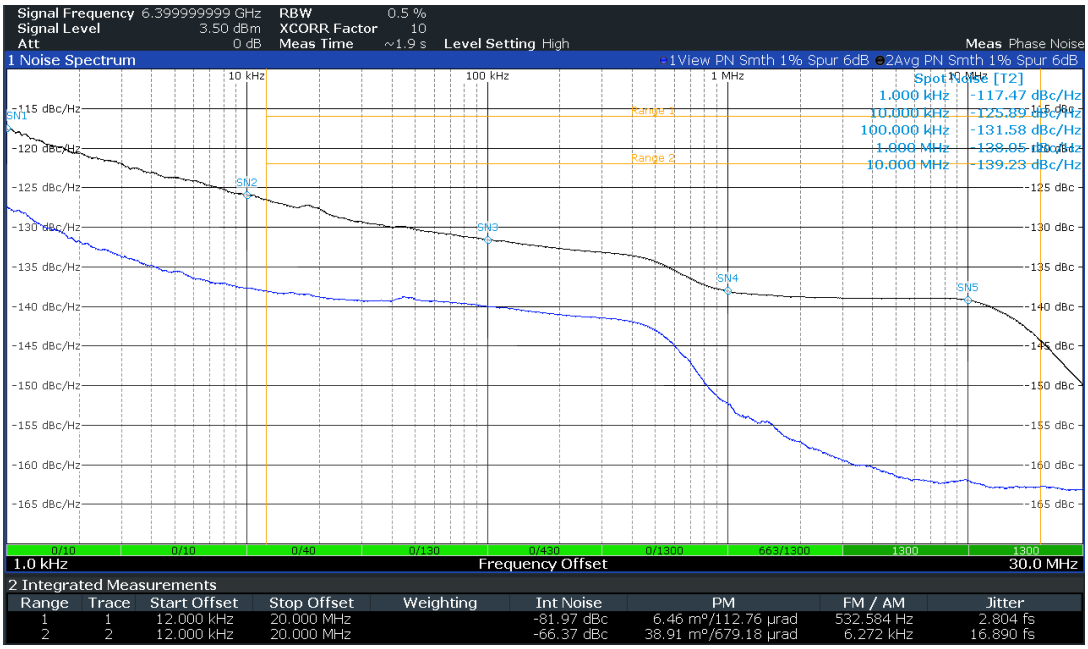


图 4-6. 倍频器模式输出

English Document: SNAU294
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

4.4 SYSREF 生成

要生成连续的 SYSREF 时钟信号，请执行以下步骤：

1. 将 SYSREFREQ_MODE 设置为 SYSREF
2. 将 SYSREF_MODE 设置为连续模式
3. 将 SYSREF_EN 设置为高电平
4. 使 SYSREFREQ 引脚处于逻辑高电平状态。例如，进行以下设置：SYSINP = 1.4V；SYSINN = 1.0V

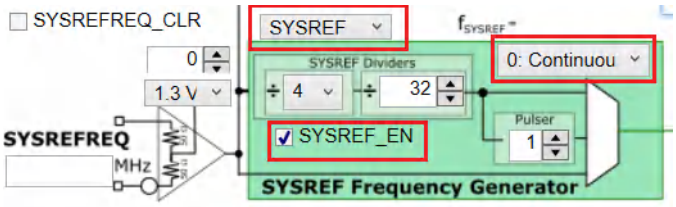


图 4-7. SYSREF 连续模式配置

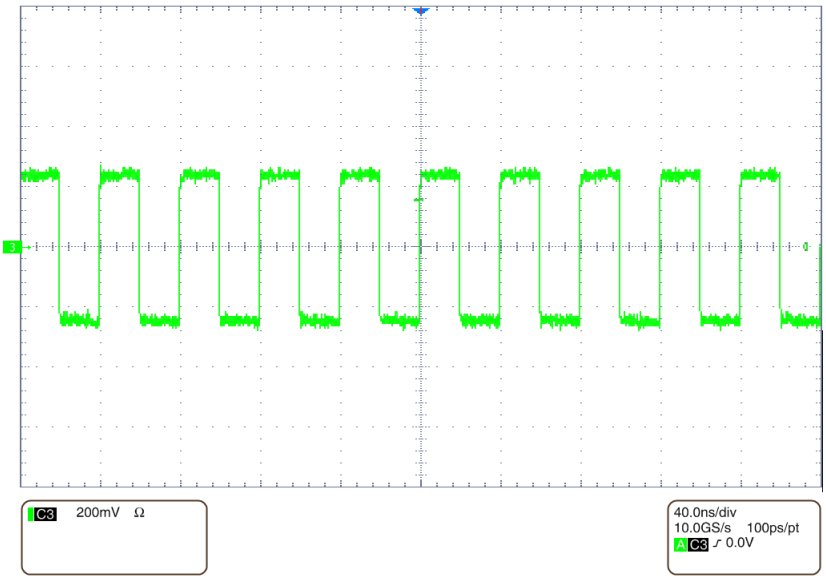


图 4-8. SYSREF 连续时钟生成（交流耦合到示波器）

要生成 SYSREF 脉冲，请执行以下步骤：

1. 将 SYSREF_MODE 更改为脉冲发生器模式并将 SYSREF_PULSE_CNT 设置为所需的值。
2. 使 SYSREFREQ 引脚处于低电平到高电平转换状态。

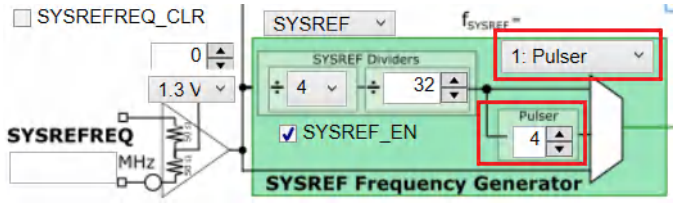


图 4-9. SYSREF 脉冲发生器模式配置

English Document: SNAU294
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

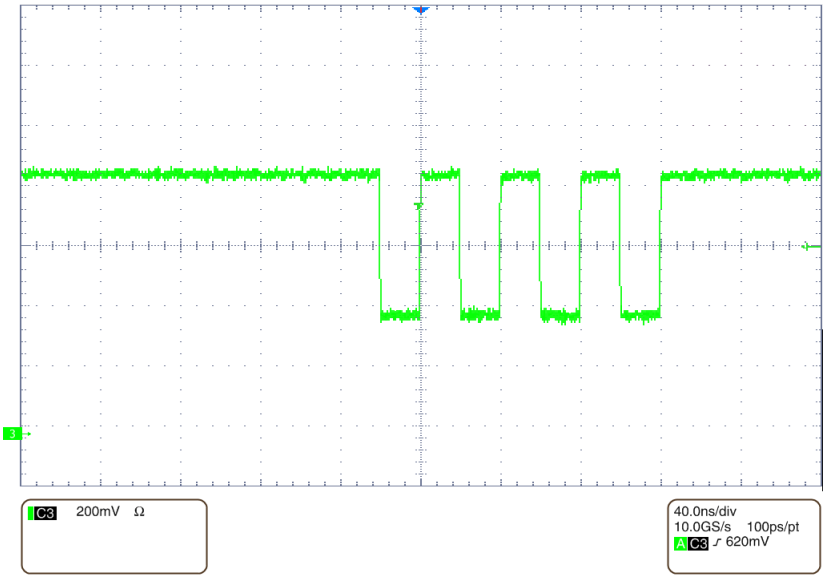


图 4-10. SYSREF 脉冲发生器时钟输出（直流耦合到示波器）

要将器件置于 SYSREF 中继器模式，请执行以下步骤：

1. 将 SYSREF_MODE 更改为中继器模式
2. 为 SYSREFREQ 提供 SYSREF 时钟或脉冲。

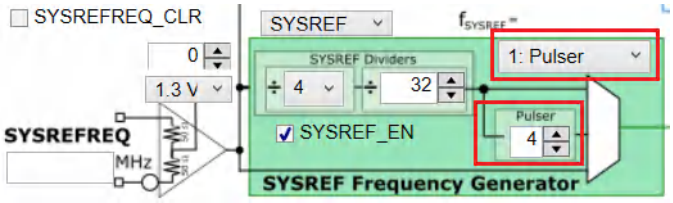


图 4-11. SYSREF 中继器模式配置

English Document: SNAU294
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

5 硬件设计文件

5.1 原理图

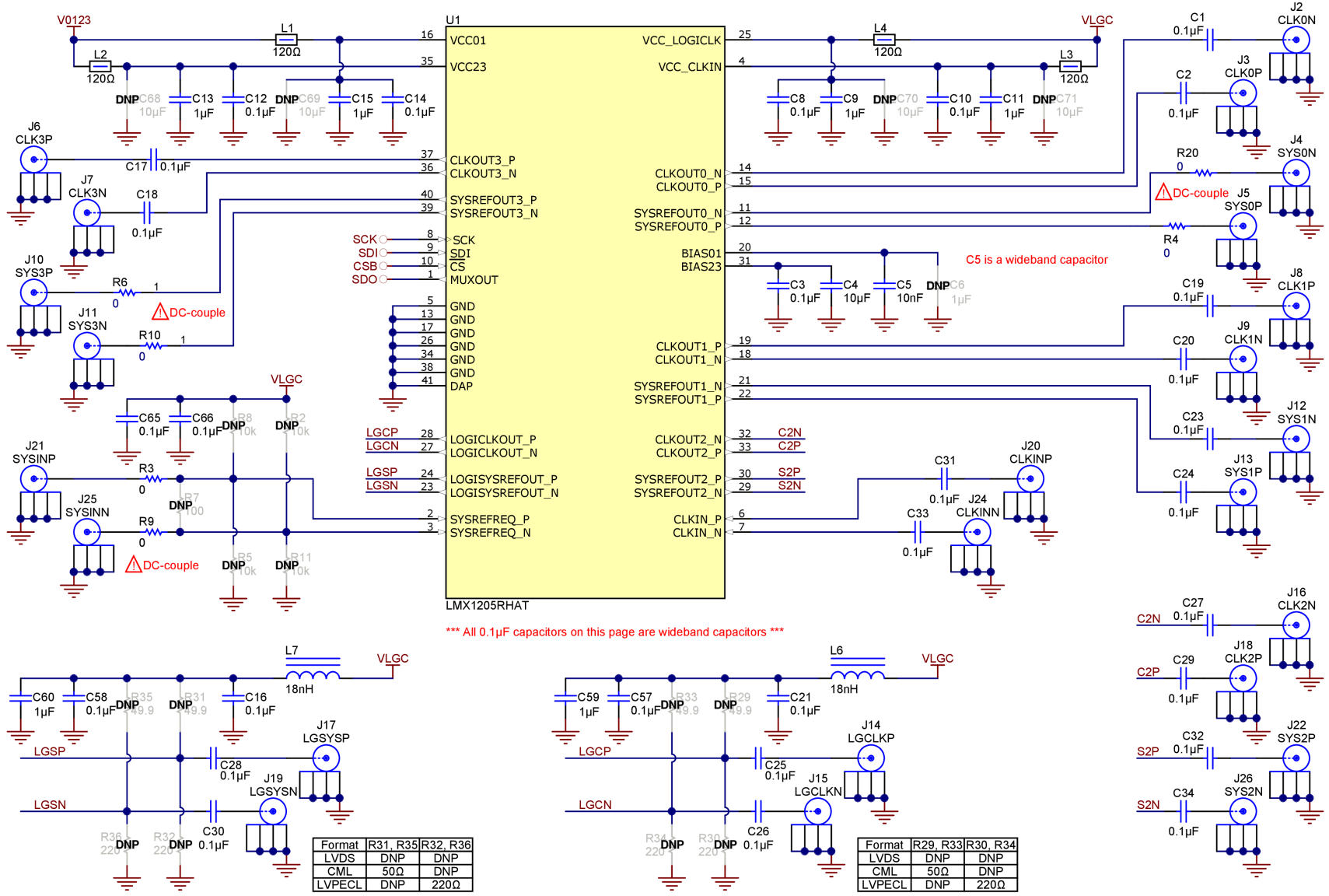


图 5-1. LMX1205

English Document: SNAU294
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

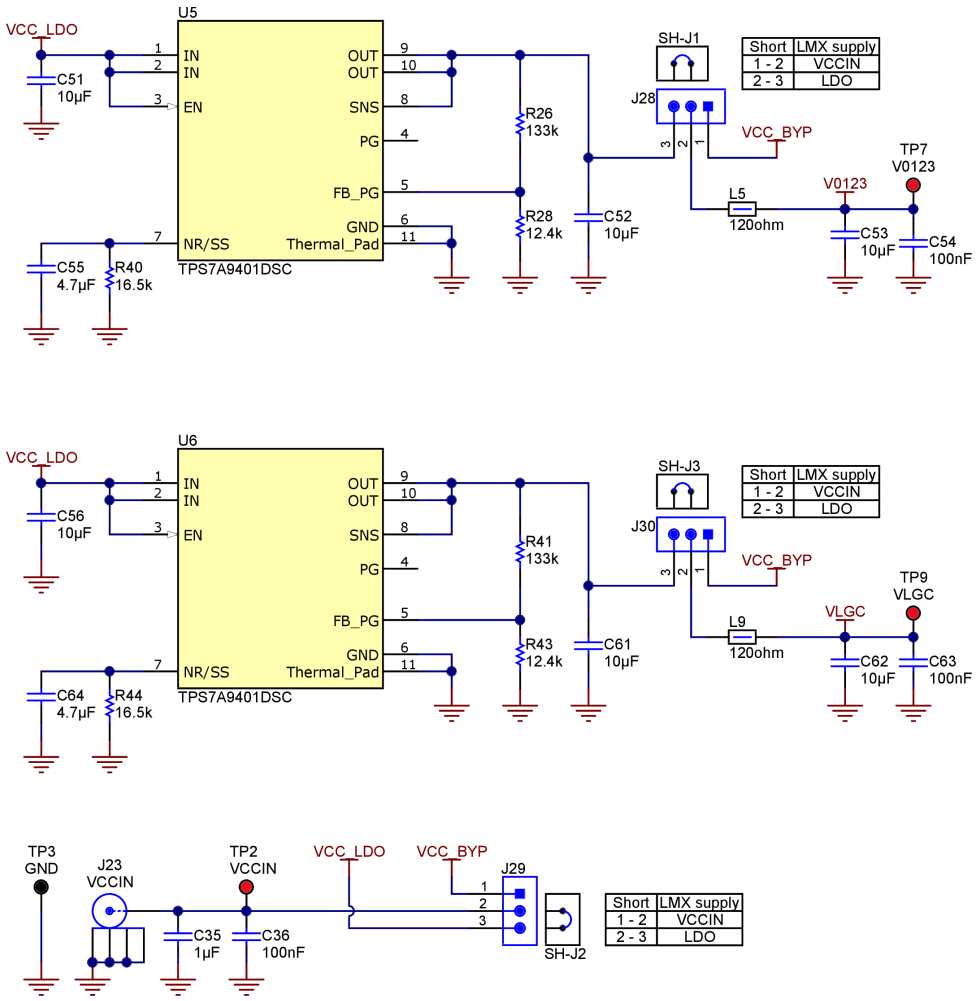


图 5-2. 电源

English Document: SNAU294
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

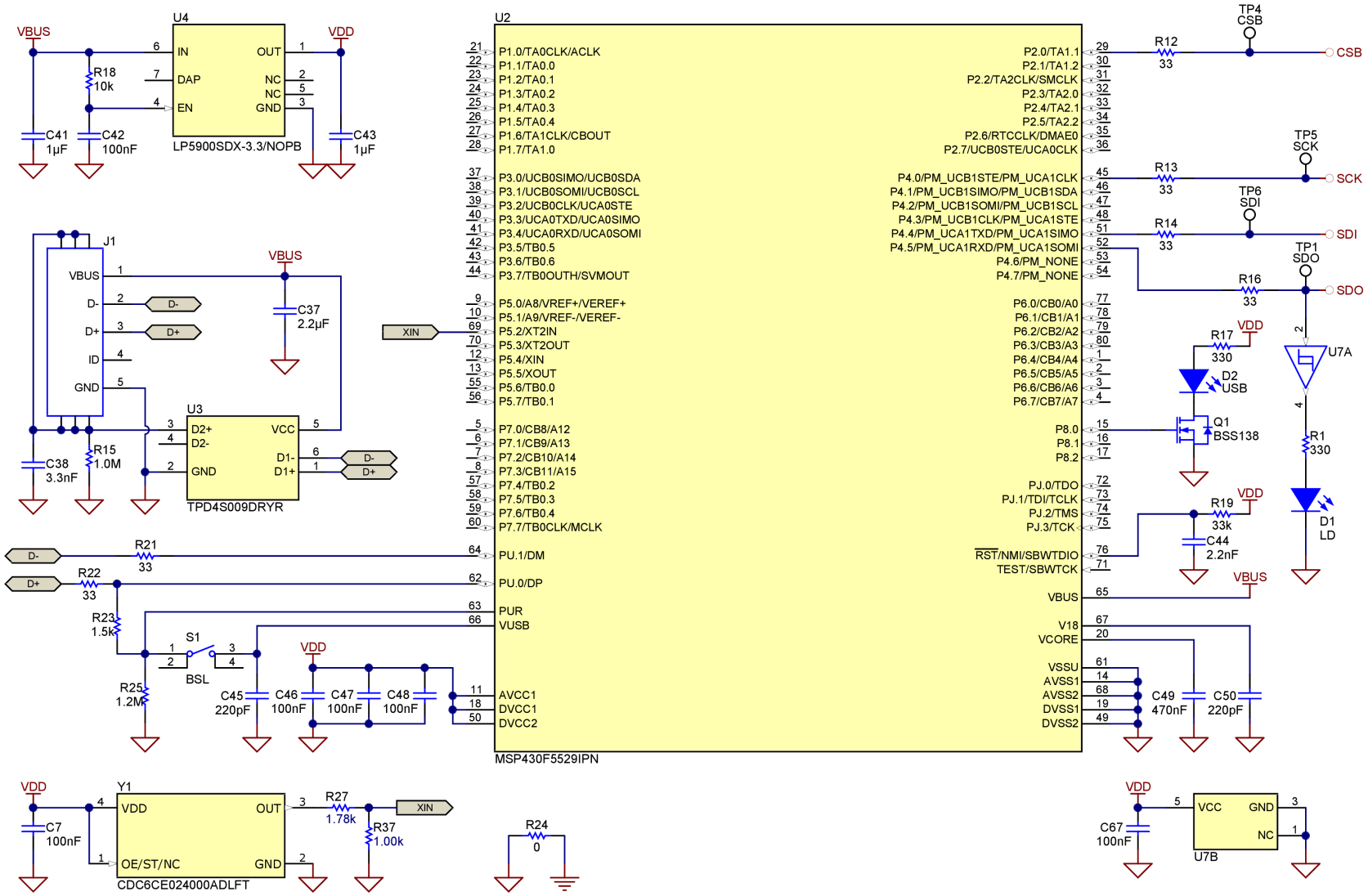


图 5-3. USB2ANY

English Document: SNAU294
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

5.2 PCB 布局

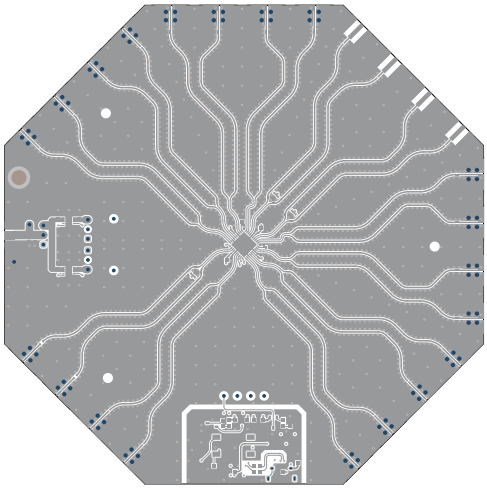


图 5-4. 顶层

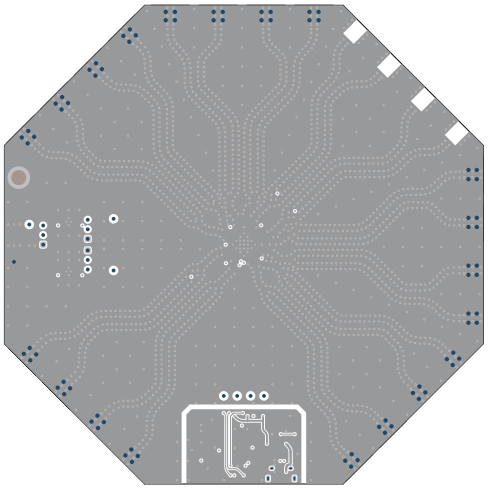


图 5-5. 第 2 层 (RF GND)

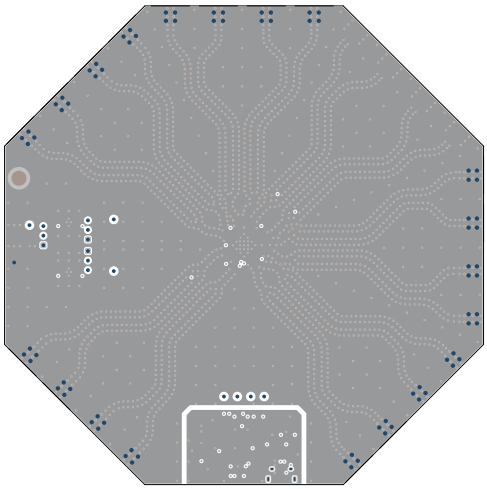


图 5-6. 第 3 层 (GND)

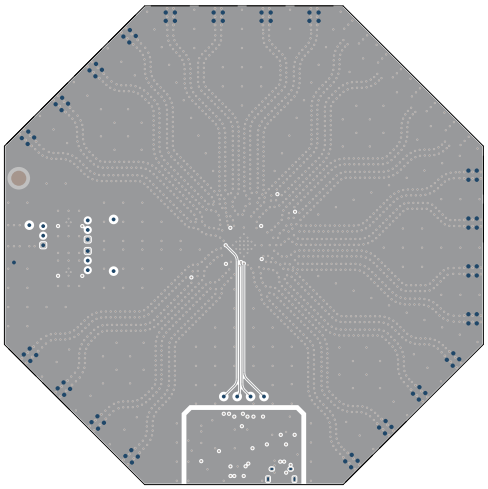


图 5-7. 第 4 层 (GND)

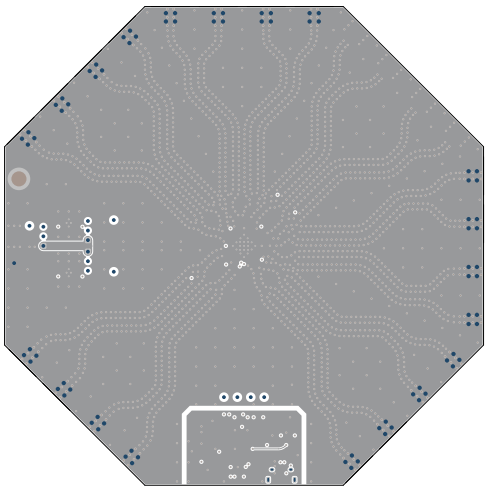


图 5-8. 第 5 层 (GND)

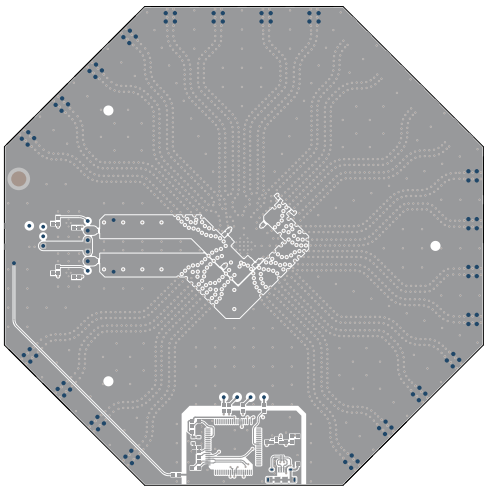


图 5-9. 底层

English Document: SNAU294
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

5.3 物料清单 (BOM)

表 5-1. 物料清单

位号	说明	封装	器件型号	制造商
C1、C2、C3、C8、C10、C12、C14、C16、C17、C18、C19、C20、C21、C23、C24、C25、C26、C27、C28、C29、C30、C31、C32、C33、C34、C57、C58、C65、C66	电容，陶瓷，0.1µF，10V，+/-10%，X5R，0201	0201	530Z104KT10T	American Technical Ceramics
C4、C51、C52、C53、C56、C61、C62	电容，陶瓷，10µF，10V，+/-10%，X5R，0603	0603	GRM188R61A106KAALD	MuRata
C5	电容，陶瓷，10nF，6。电压，+100/-0%，C0G/NP0，0201	0201	550Z103PTT	AT Ceramics
C7、C36、C42、C46、C47、C48、C54、C63、C67	电容，陶瓷，0.1uF，16V，+/-10%，X7R，0603	0603	885012206046	Wurth Elektronik
C9、C11、C13、C15、C59、C60	电容，陶瓷，1µF，25V，+/-10%，X5R，0402	0402	GRM155R61E105KA12D	MuRata
C35、C41、C43	电容，陶瓷，1uF，16V，+/-10%，X7R，0603	0603	885012206052	Wurth Elektronik
C37	电容，陶瓷，2.2uF，16V，+/-20%，X5R，0603	0603	885012106018	Wurth Elektronik
C38	电容，陶瓷，3300pF，50V，+/-10%，X7R，0603	0603	885012206086	Wurth Elektronik
C44	电容，陶瓷，2200pF，16V，+/-10%，X7R，0603	0603	885012206036	Wurth Elektronik
C45、C50	电容，陶瓷，220pF，50V，+/-5%，C0G/NP0，0603	0603	C0603C221J5GACTU	Kemet
C49	电容，陶瓷，0.47uF，16V，+/-10%，X7R，0603	0603	GRM188R71C474KA88D	MuRata
C55、C64	电容，陶瓷，4.7uF，16V，+/-10%，X7R，0603	0603	GRM188Z71C475KE21D	MuRata
D1、D2	LED，绿色，SMD	0603	LTST-C190GKT	Lite-On
H1、H2、H3、H4	BUMPER CYLIN	0.312" DIA	SJ61A6	3M
J1	USB 2.0，Micro-USB Type B	SMT	10118194-0001LF	FCI
J2、J3、J4、J5、J6、J7、J8、J9、J10、J11、J12、J13、J16、J18、J20、J21、J22、J24、J25、J26	连接器，末端发射 SMA，50Ω，TH	末端发射 SMA	142-0761-881	Cinch Connectivity
J14、J15、J17、J19、J23	连接器，SMA，插孔，直式	边缘安装	CON-SMA-EDGE-S	RF Solutions Ltd.
J28、J29、J30	接头，100mil，3x1，金	TH	TSW-103-07-G-S	Samtec
L1、L2、L3、L4、L5、L9	铁氧体磁珠，120Ω（100MHz 时），3A	0603	BLM18SG121TN1D	MuRata
L6、L7	电感，18nH，0.3A，0.36Ω，SMD	0402	LQG15HS18NJ02D	MuRata
Q1	MOSFET，N 沟道，50V，0.22A	SOT-23	BSS138	Fairchild
R1、R17	电阻，330，5%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	0603	CRCW0603330RJNEA	Vishay-Dale

English Document: SNAU294
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

表 5-1. 物料清单（续）

位号	说明	封装	器件型号	制造商
R3、R9	电阻，0，5%，0.063W，AEC-Q200 0 级，0402	0402	CRCW04020000Z0ED	Vishay-Dale
R4、R6、R10、R20	电阻，0，5%，0.05W，0201	0201	CRCW02010000Z0ED	Vishay-Dale
R12、R13、R14、R16、R21、R22	电阻，33，5%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	0603	CRCW060333R0JNEA	Vishay-Dale
R15	电阻，1.0M，5%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	0603	CRCW06031M00JNEA	Vishay-Dale
R18	电阻，10k，5%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	0603	CRCW060310K0JNEA	Vishay-Dale
R19	电阻，33k，5%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	0603	CRCW060333K0JNEA	Vishay-Dale
R23	电阻，1.5k，5%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	0603	CRCW06031K50JNEA	Vishay-Dale
R24	电阻，0，5%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	0603	CRCW06030000Z0EA	Vishay-Dale
R25	电阻，1.2M，5%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	0603	CRCW06031M20JNEA	Vishay-Dale
R26、R41	电阻，133k，1%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	0603	CRCW0603133KFKEA	Vishay-Dale
R27	电阻，1.78k，1%，0.063W，AEC-Q200 0 级，0402	0402	CRCW04021K78FKED	Vishay-Dale
R28、R43	电阻，12.4k，1%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	0603	CRCW060312K4FKEA	Vishay-Dale
R37	电阻，1.00k，1%，0.063W，AEC-Q200 0 级，0402	0402	CRCW04021K00FKED	Vishay-Dale
R40、R44	电阻，16.5k，1%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	0603	CRCW060316K5FKEA	Vishay-Dale
S1	开关，触控式，单刀单掷	6mm x 6mm	FSM4JSMA	TE Connectivity
SH-J1、SH-J2、SH-J3	分流器，100mil，镀金，黑色	分流器	SNT-100-BK-G	Samtec
TP1、TP4、TP5、TP6	测试点，微型，白色	TH	5002	Keystone
TP2、TP7、TP9	测试点，微型，红色	TH	5000	Keystone
TP3	测试点，微型，黑色	TH	5001	Keystone
U1	高频 JESD 缓冲器/倍频器/分频器	VQFN40	LMX1205RHAT	德州仪器 (TI)
U2	25MHz 微控制器	PN0080A	MSP430F5529IPN	德州仪器 (TI)
U3	4 通道 ESD 二极管	DRY0006A	TPD4S009DRYR	德州仪器 (TI)
U4	超低噪声，150mA LDO	NGF0006A	LP5900SDX-3.3/NOPB	德州仪器 (TI)
U5、U6	1A，超低噪声，射频 LDO	WSON10	TPS7A9401DSC	德州仪器 (TI)
U7	单路施密特触发缓冲器	DBV0005A	SN74LVC1G17DBVR	德州仪器 (TI)
Y1	高性能 BAW 振荡器	VSON4	CDC6CE024000ADLFT	德州仪器 (TI)

English Document: SNAU294
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

6 其他信息

6.1 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

English Document: SNAU294
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

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出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 © 2024，德州仪器 (TI) 公司