

EVM User's Guide: ADS9327EVM

ADS9327 评估模块



说明

ADS9327 评估模块 (EVM) 是用于评估 ADS9327 和 ADS93xx 系列器件性能的平台。ADS9327 是一款 2 通道、同步采样、16 位分辨率、5MSPS 连续逼近寄存器 (SAR) 模数转换器 (ADC)，具有集成基准。ADS9327EVM 包括一个对接标准 FPGA 开发板的 FMC 连接器，并提供了一个排针连接器以实现在不同开发环境中的兼容性。与 ADS9327EVM 配套的计算机软件可与 TWSDC155EVM (单独出售) 协同工作，用户可通过 USB 与 ADC 进行通信，以进行数据采集、配置和分析。

开始使用

1. 在 ti.com.cn 上订购 ADS9327EVM 和 TSWDC155EVM 控制器。
2. 访问 ADS9327 工具文件夹以下载 ADS9327 EVM GUI。

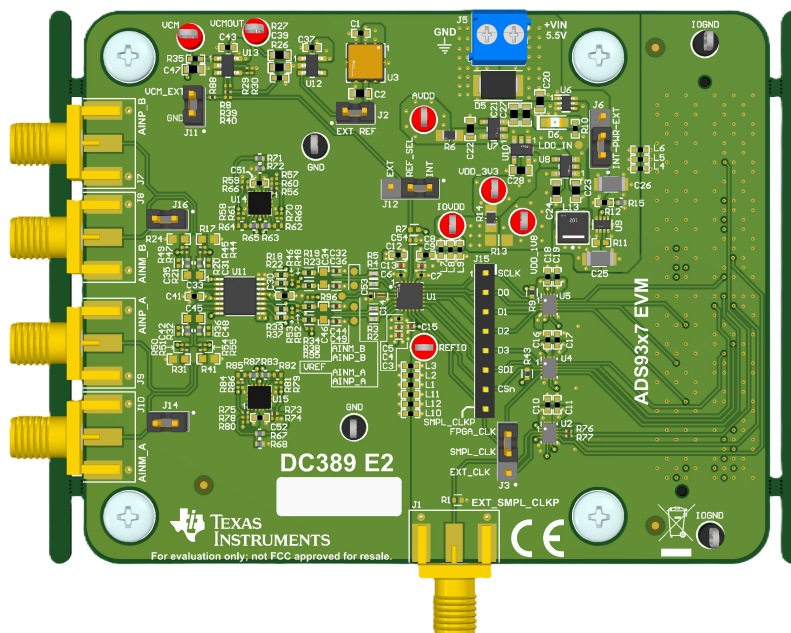
特性

- ADS9327EVM 具有对 ADS9327 ADC 进行诊断测试和准确性能评估所需的硬件。

- TSWDC155EVM 控制器 (单独出售) 提供运行 ADS9327EVM 所需的所有必要数字 I/O 信号和电源轨。
- 适用于 Microsoft® Windows® 10 和 11 64 位操作系统的易用评估 GUI 需要 TSWDC155EVM (单独出售) 才能运行。
- 随附的软件套件包括用于数据采集、频谱分析和线性测量的图形工具。

应用

- 绝对光学编码器
- 绝对磁性编码器
- 伺服驱动器位置反馈
- 超声波扫描仪
- 可编程直流电源，电子负载
- 声呐



ADS9327 评估模块

1 评估模块概述

1.1 简介

本用户指南描述了 ADS9327 评估模块 (EVM) 的特性、操作和使用。ADS9327 EVM 是一个适用于 ADS9327 器件的评估平台。借助硬件、软件以及通过通用串行总线 (USB) 接口连接计算机，该 EVM 可以简化对 ADS9327 的评估。本用户指南包括完整的电路说明、原理图和物料清单 (BOM)。本文档中的 *评估模块* 和 *EVM* 等术语均指 ADS9327EVM。

1.2 套件内容

ADS9327EVM 在 PCB 底部包括标准 FMC 连接器。FMC 连接器可连接标准 FPGA 套件，包括 TSWDC155EVM (单独出售)。TSWDC155EVM 是一个数字控制器板，随附的 EVM 软件 GUI 需要它来与器件通信、绘制测量结果图和计算常见品质因数 (例如 SNR 和 THD)。

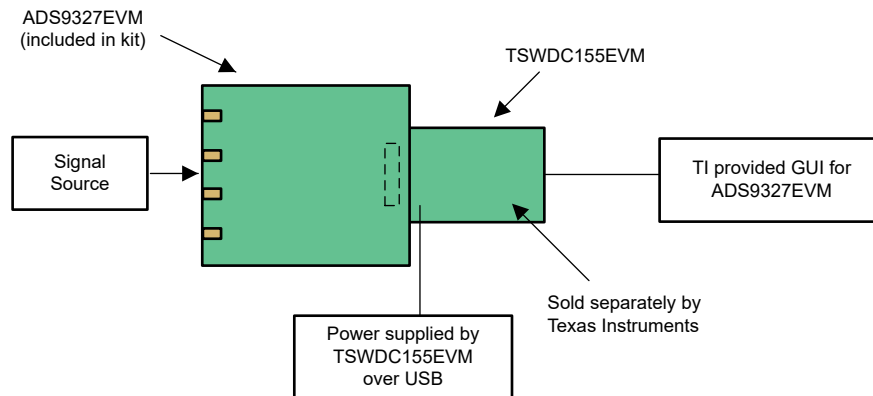


图 1-1. EVM 设置的方框图：ADS9327EVM、TSWDC155EVM 和 GUI

1.3 规格

图 1-2 和图 1-2 中的方框图展示了 ADS9327EVM 的连接和基本子系统。

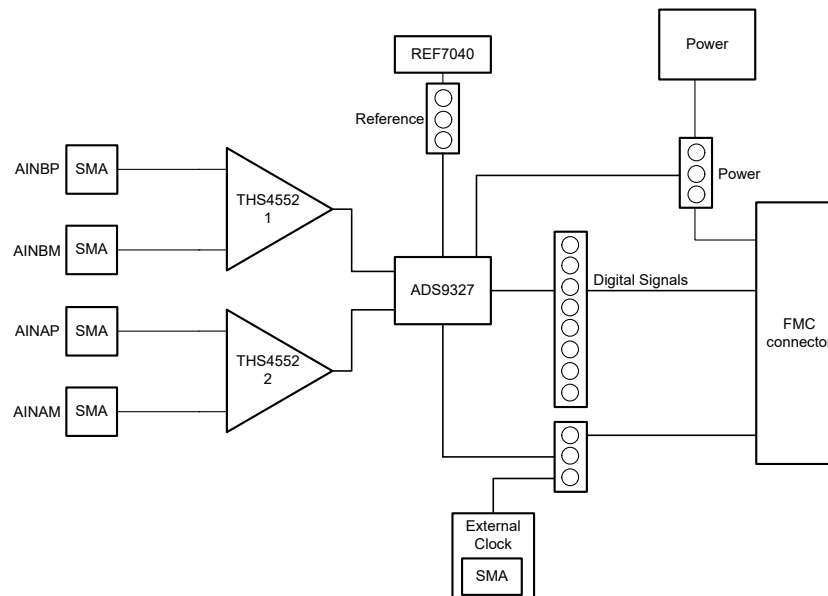


图 1-2. ADS9327EVM 方框图

1.4 器件信息

ADS9327 是一款 16 位、5MSPS/通道、双通道、同步采样模数转换器 (ADC)。ADS9327 具有精密的电压基准和基准缓冲器。ADS9327 具有低转换延迟能力、高采样率、极小交流和直流误差以及低温漂等特性，因此是一款高性能设计，适用于需要高精度和高速的应用。ADS9327 还支持数据平均处理，可进一步提升交流性能。

兼容 SPI 的串行接口支持并简化了与各种类型数字控制器、数字信号处理器 (DSP) 以及现场可编程阵列 (FPGA) 的配对。

2 硬件

2.1 ADS9327EVM 快速入门指南

以下说明是将 ADS9327EVM 连接到计算机和评估 ADS9327 性能的分步指南。查看图 2-1 中的默认跳线设置以及电源指南。

1. 将 TSWDC155EVM 的 J1 物理连接至 ADS9327EVM 的 J4。TSWDC155EVM 为图 2-1 默认配置中的数字通信和电源信号连接。
2. 将跳线 JP2 设置为“INT”[1-2] 位置，以便 TSWDC155EVM 为板载直流/直流和 LDO 电路供电。如果喜欢外部电源，将 JP2 设置为“EXT”[2-3]，并在螺纹接线端子 J5 上连接 5.2V 至 5.5V 外部电源。
3. 将 TSWDC155EVM 上的 USB 直接连接到计算机。

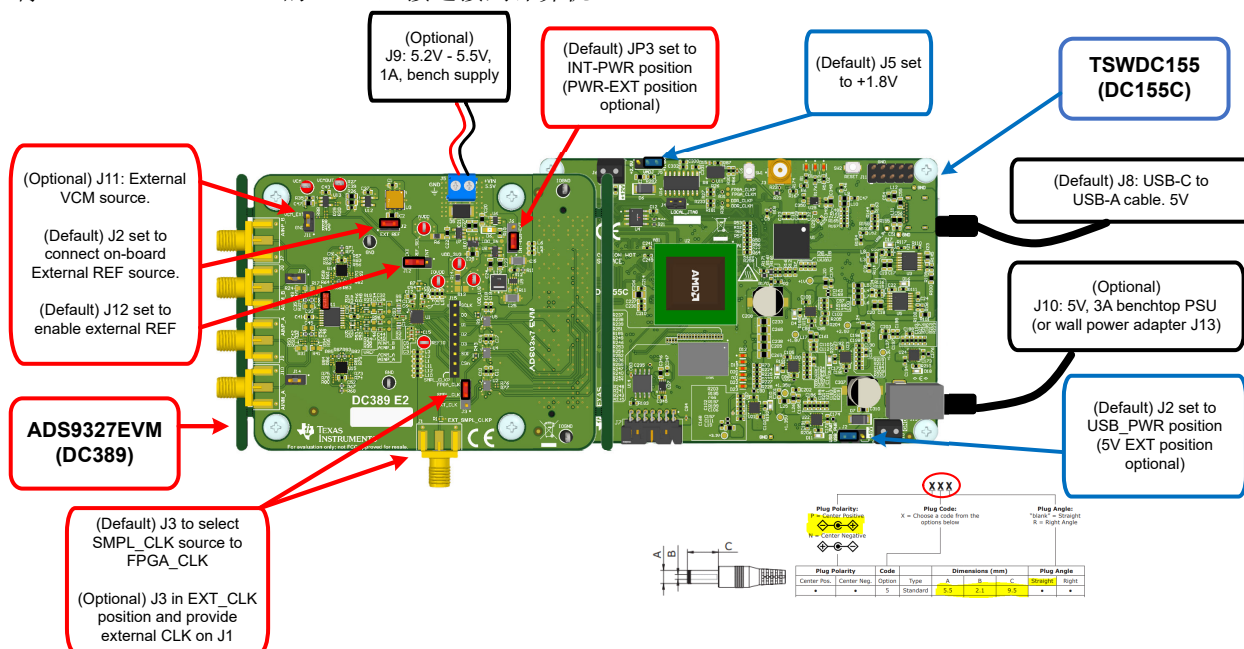


图 2-1. 连接硬件

4. 按照节 3.2.1 所述，安装 GUI。
5. 启动 GUI。
6. 按照从上到下的顺序依次按 **Config** 选项卡上的 **Initialize USB**、**Power Up**、**Program FPGA** 和 **Initialize ADS9327** 按钮，以便为 EVM 加电并对其进行配置。如需了解详细信息，请参阅节 3.2.2。
7. 通过 SMA 输入连接器将来自函数发生器的 8VPP 差动正弦波信号连接到 ADC 通道的至少一对差分输入：
 - a. 通道 A：AINP_A (J9) 和 AINM_A (J10)
 - b. 通道 B：AINP_B (J7) 和 AINM_B (J8)
8. 将样本数量设置为至少 128k 点，并选择 **Hanning** 窗口类型以获得最佳频域结果。
9. 按 **Start Capture** 按钮以收集并分析相应 CHX 选项卡上显示的数据；请参阅节 3.2.3。

2.2.2 电压基准

当 $AVDD = 5V$ 时，ADS9327 使用 4.096V 内部基准电压；当 $AVDD = 3.3V$ 时，使用 2.5V 内部基准电压；当 REFIO 引脚配置为输出（默认配置）时，可以在该引脚上测量该电压。对于需要提高漂移性能的应用，请将 REFIO 引脚配置为输入，并在该引脚上施加外部基准电压。

ADS9327EVM 包括用于评估 REF7040 基准 IC 的配置。REF70xx 系列高精度串联电压基准具有超低的噪声 ($0.23\text{ppm}_{\text{p-p}}$)、非常低的温度漂移系数 ($2\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$) 和高精度 ($\pm 0.025\%$)。此外，这些精密基准器件还具有高 PSRR、低压降以及负载和线路调节功能，有助于满足严格的瞬态要求。该 EVM 上的 REF7040 为 4.096V 输出电压选项。要将 REF7040 连接到 ADS9327，请通过 GUI 将 REFIO 引脚配置为输入，然后在处于 [1-2] 位置的跳线 J2 上安装分流器。

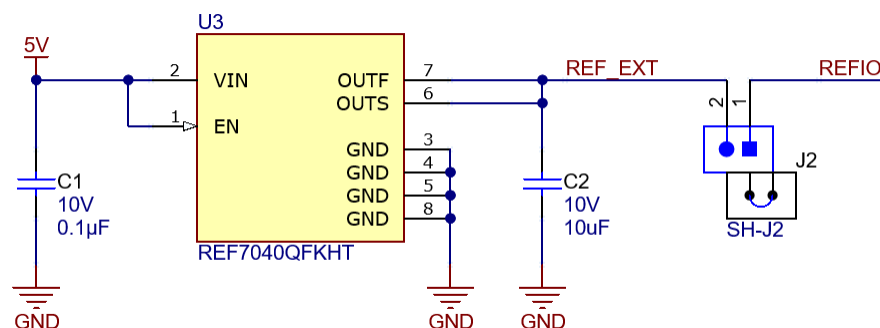


图 2-4. 使用 REF7040 的外部基准电压

2.3 电源

默认情况下，TSWDC155EVM 为 ADS9327EVM 提供 3.3V 电源 (SPRW_SUP_3P3)。ADS9327EVM 具有 TPS61033 升压转换器，可将电源电压从 3.3V 提升至 5.5V。向三个独立低压降稳压器 (LDO) 的输入端施加 5.5V 电源，以便提供在 J6 处于 [1-2] 位置时 ADS9327 所需的模拟和数字电源。TPS7A2050 (U7) 的 5V 输出为 $AVDD$ 5V 电源轨供电。安装上 R13 时（默认配置），U8 (TPS7A2018) 为 VDD_{1V8} 和 $IOVDD$ 输出 1.8V。U10 (TPS7A2033) 输出 3.3V，可选作 $IOVDD$ 的供电电源，此时需移除 R13 并安装 R14。

将 J6 上的分流器置于 [2-3] 位置，并将外部电源连接到端子块 J5，从而将 LDO 输入电压 (LDO_IN) 更改为 5.2V 至 5.5V 的外部电源。在这种设置中，U6 (LM66100) 会在接线错误时提供反极性保护。

图 2-5 显示了 ADS9327EVM 的电源树原理图。

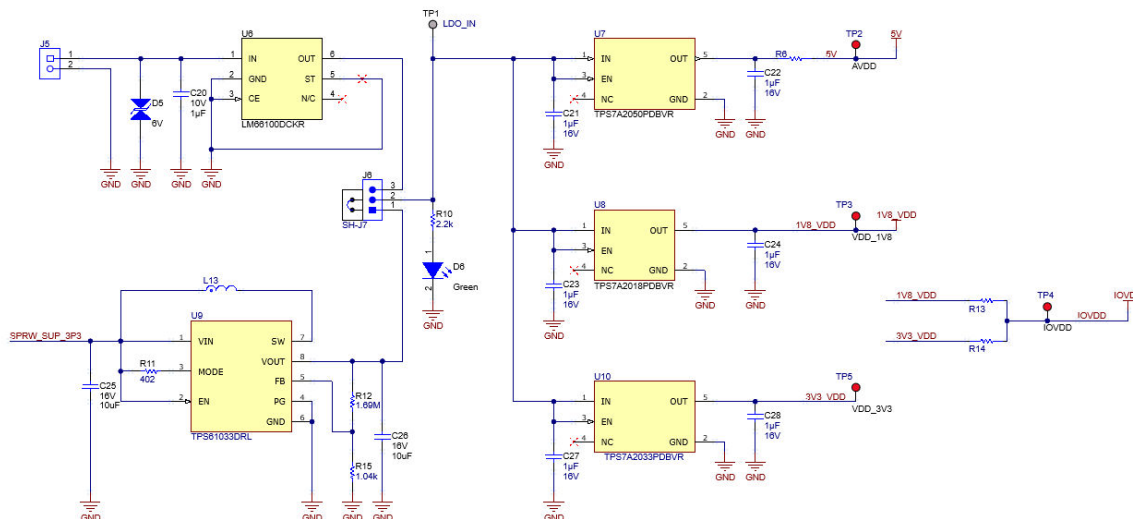


图 2-5. 电源输入和稳压器

2.3.1 USB 电源以及何时从外部为电路板供电

如节 2.1 所述，USB-C® 连接器使用默认配置为 TSWDC155EVM 和 ADS9327EVM 供电。节 3.2.2 提供了 ADS9327EVM GUI 的初始化说明。

TSWDC155EVM 是一款大功率超高速 (USB 3.0) 器件，这意味着 PC 可以通过兼容的 USB 3.0 端口提供高达 900mA 电流。不过，由于单元负载握手过程及总线上其他设备的影响，PC USB 端口实际提供的功率往往低于 900mA。根据 PC 端口配置，触发 USB 上的电流限制可能会导致 USB 端口供电中断、功耗过大或发热。因此，在以下情况下，切换到外部供电的 ADS9327EVM 或 TSWDC155EVM：

- 只有 USB 1.0 或 USB 2.0 端口可供使用
- 有多个设备同时通过 USB 连接到 PC
- PC 的 USB 3.0 端口配置未知

要切换到 ADS9327EVM 上的外部电源配置，请将 J6 上的跳线移动到 [2:3] 位置，并使用 J5 端子块提供所需的 5.2V 至 5.5V 电源。要切换到 TSWDC155EVM 上的外部电源配置，请将 J2 上的跳线移动到 5V (外部) 位置，并使用 J10 端子块或桶形插孔连接器来提供所需的 5V 电源。

USB 集线器可能会导致设备枚举问题，因此不建议在通过 TSWDC155EVM 进行通信时使用 USB 集线器。

3.1.2 时钟选择

ADS9327EVM 提供了两个为 ADS9327 提供转换时钟的选项：来自 TSWDC155EVM 的时钟信号或外部时钟源。表 3-1 和图 3-2 概述了 EVM 上可用的 ADS9327 采样时钟选项。默认情况下，TSWDC155EVM (单独出售) 上的 FPGA 控制器会提供一个时钟，该时钟可通过将 J3 配置为 [2-3] 位置来直接连接到 ADS9327 上的 SMPL_CLKP 引脚。用户可利用该默认配置从 EVM GUI 中列出的选项中选择时钟频率。

使用外部时钟时，将 J3 移动到 [1-2] 位置，并将外部时钟源连接到 SMA 连接器 J1。为了最大限度地提高 ADS9327 的性能，请确保任何外部时钟源都具有低抖动。

表 3-1. ADS9327EVM 的采样时钟设置

采样时钟源 (SMPL_CLK)	J1	J3 (SMPL_CLKP)	R1
TSWDC155EVM	—	[2-3]	未安装
外部	已安装	[1-2]	未安装

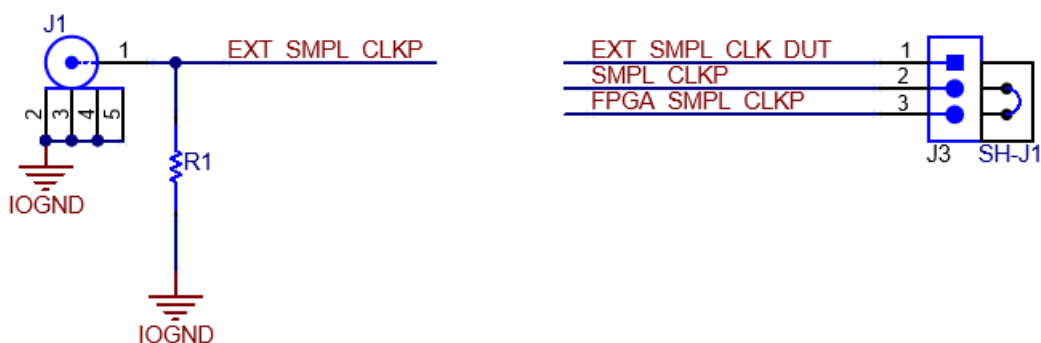


图 3-2. 采样时钟选择

3.2 ADS9327EVM 软件参考

3.2.1 ADS9327EVM-GUI 软件安装

本节详细介绍了 ADS9327EVM 软件图形用户界面 (GUI) 的安装和操作。这些软件需要 TSWDC155EVM (单独出售) 控制器才能运行。要安装该软件 (如图 3-3 所示)：

1. 根据表 3-2 下载最新版本的 EVM GUI 安装程序。

表 3-2. EVM GUI 安装程序

EVM	软件下载链接
ADS9327EVM	ADS9327EVM-GUI

2. 接受所有许可协议，然后选择目标位置、项目目录和开始菜单。使用默认值或根据用户的要求自定义值。
3. 安装程序会提示用户创建桌面图标并总结安装计划。点击 **Install** 便会将软件复制到计算机上。安装过程需要几分钟。
4. 完成后，用户可以启动自述文本文件和应用程序。图 3-3 和图 3-4 展示了这些步骤。

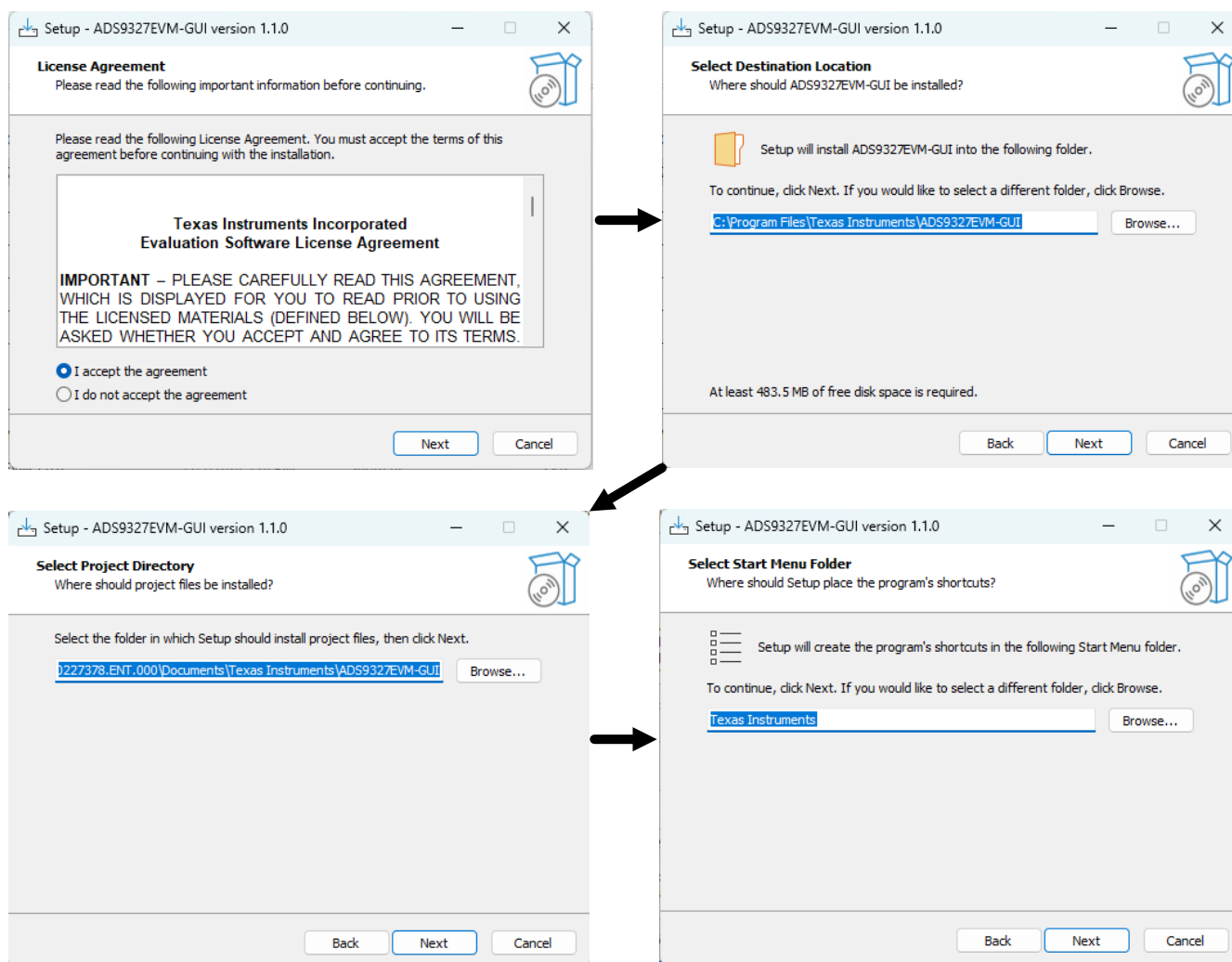


图 3-3. 软件安装 - 第 1 部分

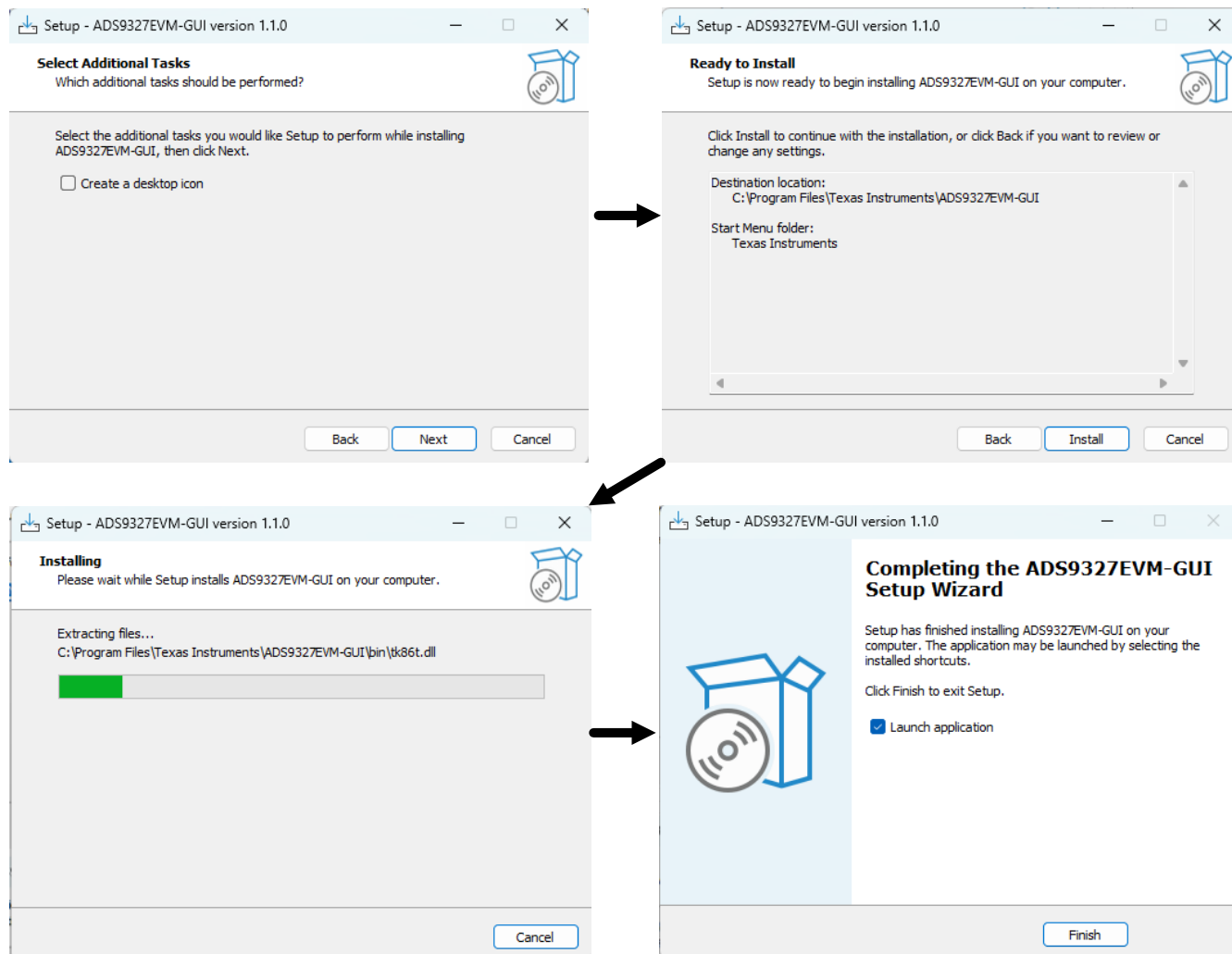


图 3-4. 软件安装 - 第 2 部分

3.2.2 使用配置选项卡

EVM GUI 启动后，按图 3-5 所示的顺序依次按下以下按钮。监控状态信息，确认每一步完成后再继续执行下一步。对于 **Power Up** 和 **Program FPGA** 按钮，硬件上的一些状态 LED 会亮起。按下所有四个按钮后，ADS9327EVM 上的电源已打开，并且 ADS9327 器件寄存器已配置。

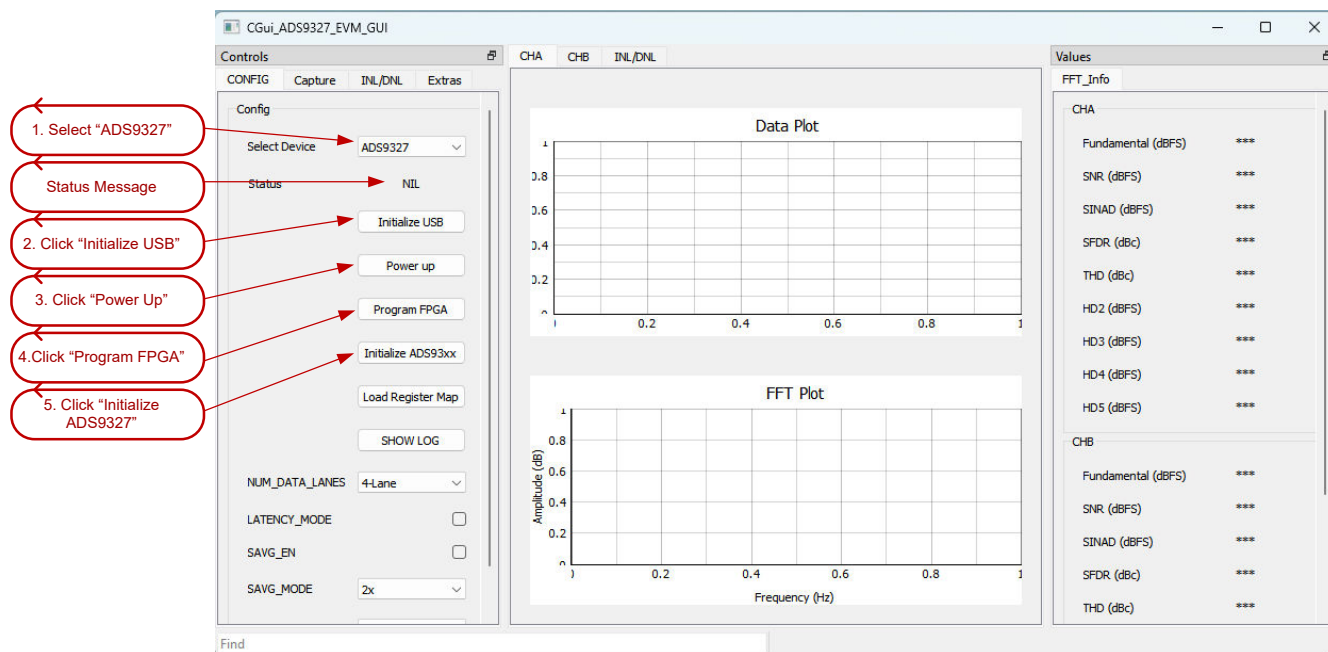


图 3-5. 配置选项卡上所需的初始设置

3.2.3 使用采集选项卡

图 3-6 展示了数据采集显示所需的初始设置。

1. 选择 **Capture** 设置以记录时域数据并实现良好的频域结果。更新设置。
2. 将样本数更新为至少 32k，以确保获得足够的样本用于准确分析并获得准确的频域结果（例如，准确的 FFT 显示、SNR 数据和 THD 数据）。
3. 选择“Hanning”类型窗口以消除 FFT 结果中的频谱泄漏。
4. 按 **Start Capture** 按钮来收集时域和频域数据。
5. 选择相应的选项卡以查看通道 1 或通道 2 的数据。

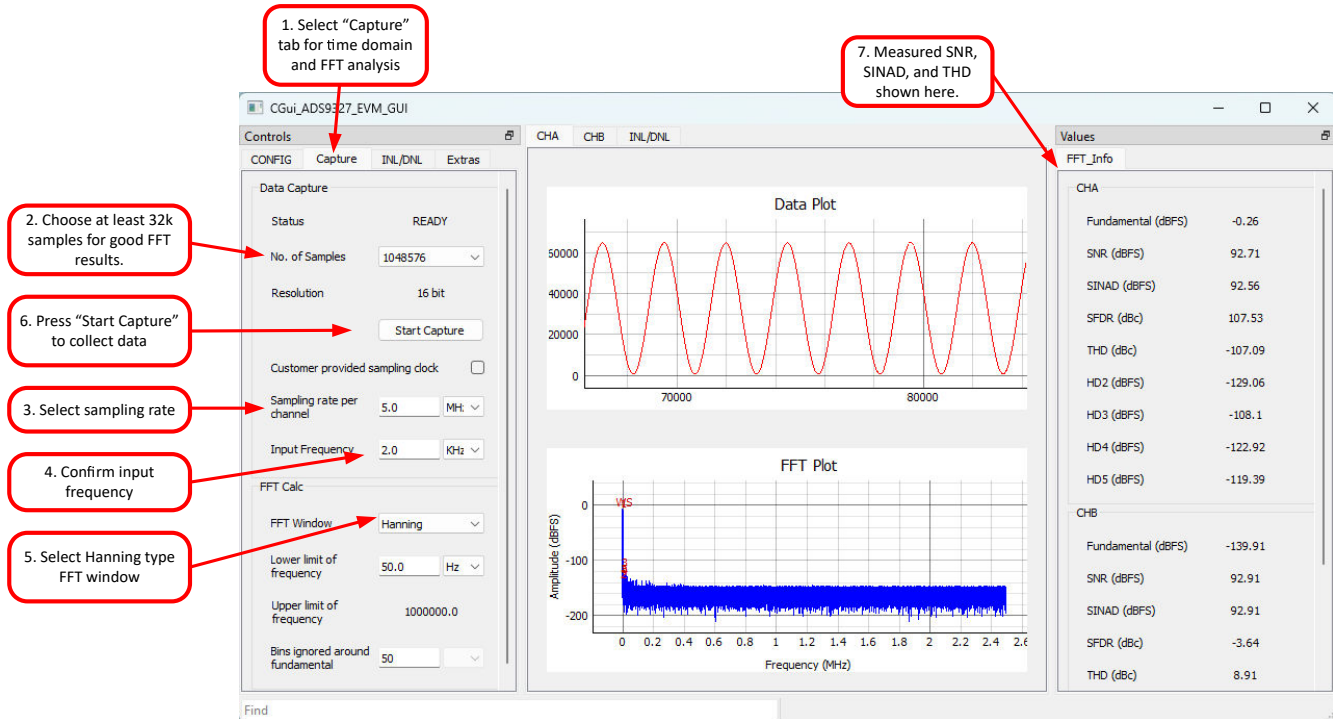


图 3-6. 采集选项卡上所需的初始设置

3.2.4 使用 INL/DNL 工具

INL/DNL 工具通过施加满量程、低失真正弦输入信号来测量 ADS9327EVM 的线性度。随着 *hits per code* 增加，INL/DNL 工具的精度会提高，但代价是会延长测试时间。选择要测量 *Hits per code* 的通道。需要一个大于满量程的输入信号（如 +0.1dBFS）来验证是否测试了所有 ADC 代码。然后按 **GET INL/DNL** 按钮运行 INL/DNL 工具，如图 3-7 所示。

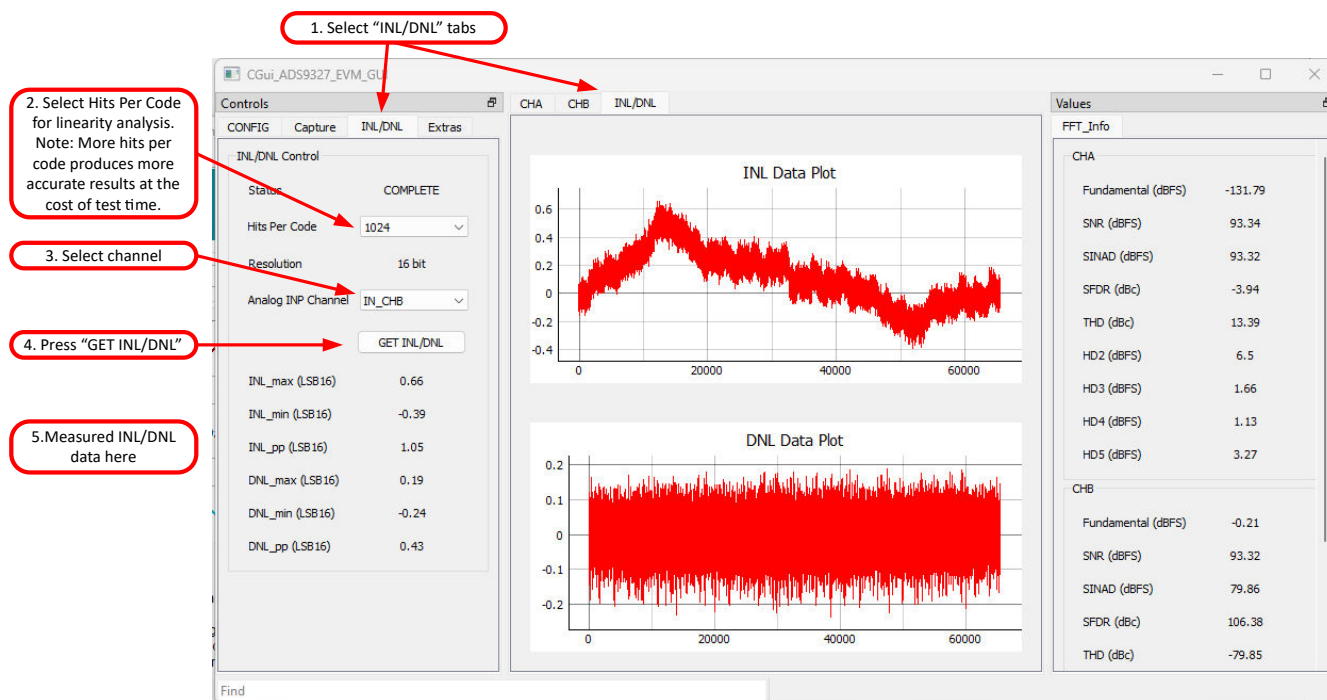
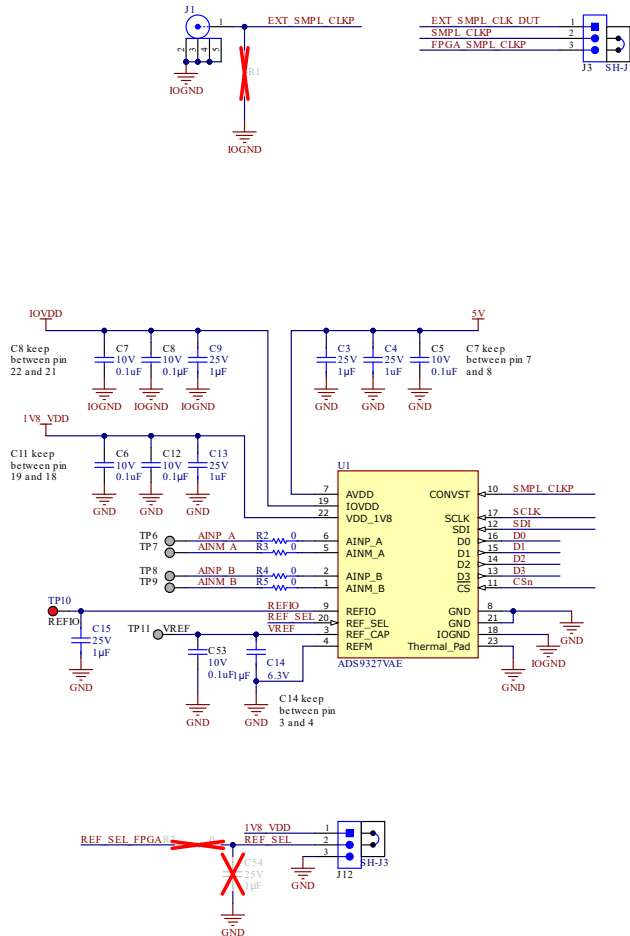


图 3-7. 使用 INL/DNL 工具

4 硬件设计文件

4.1 原理图

以下图片展示了 ADS9327EVM 的原理图。图 4-1 展示了 ADS9327 器件的连接，包括建议的去耦电容器以及外部时钟和基准电压输入的可选连接。模拟信号连接到 SMA 连接器和输入信号链，如图 4-2 所示。数字信号连接到 J9，如图 4-4 所示。



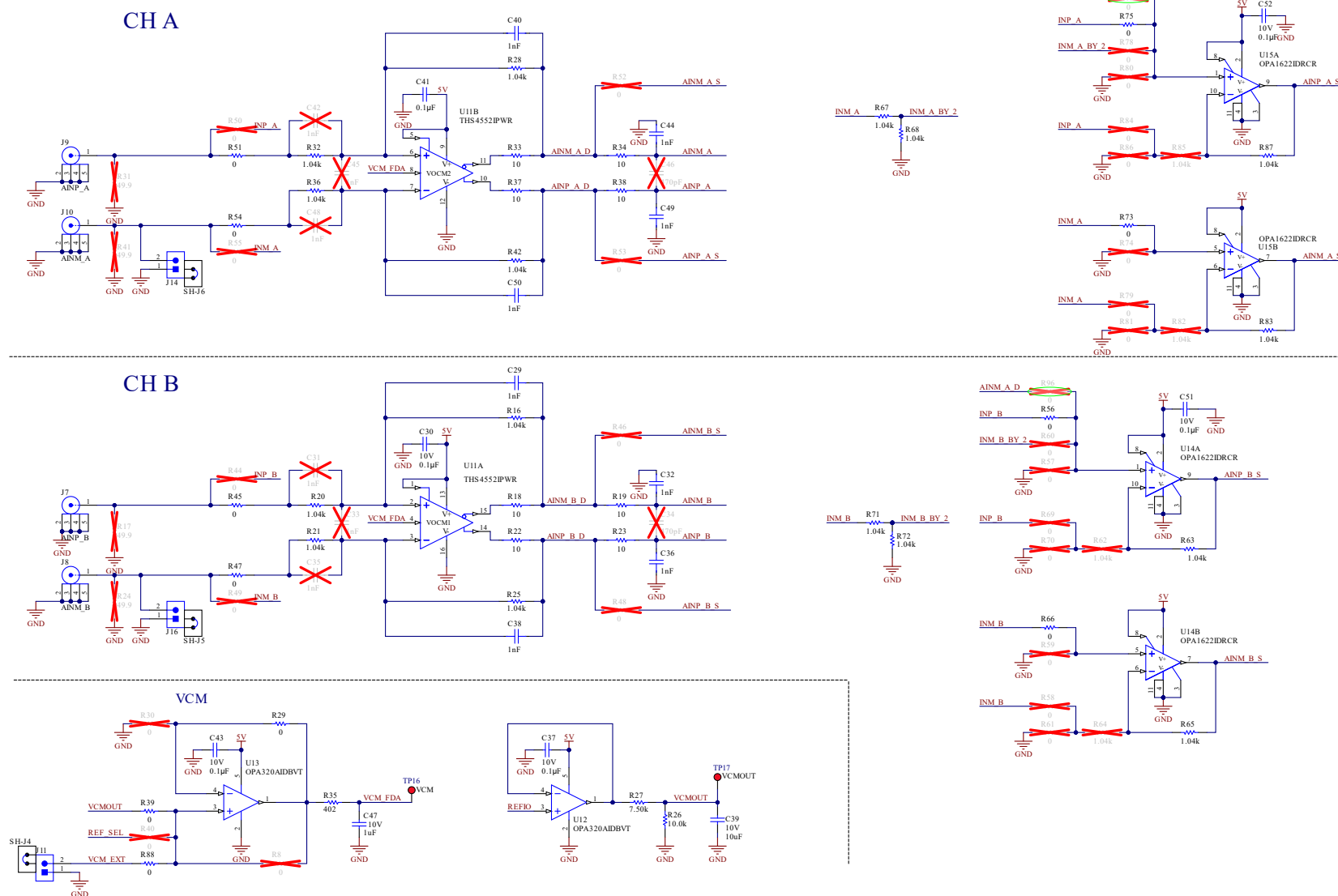


图 4-2. 输入连接

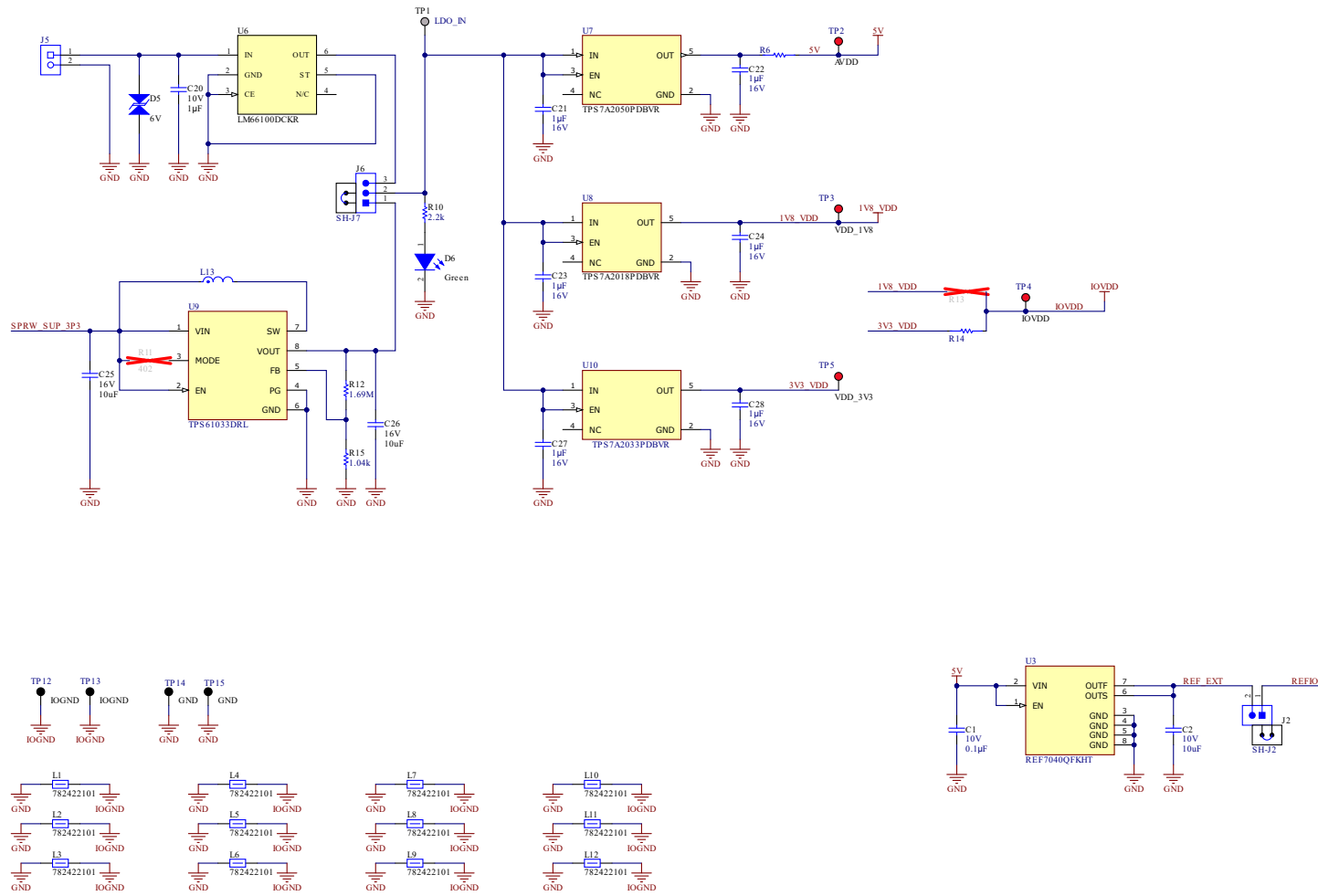


图 4-3. 电源连接和稳压器原理图



图 4-4. 数字连接器原理图

4.2 PCB 布局

以下图片展示了 ADS9327EVM 的 PCB 层图。

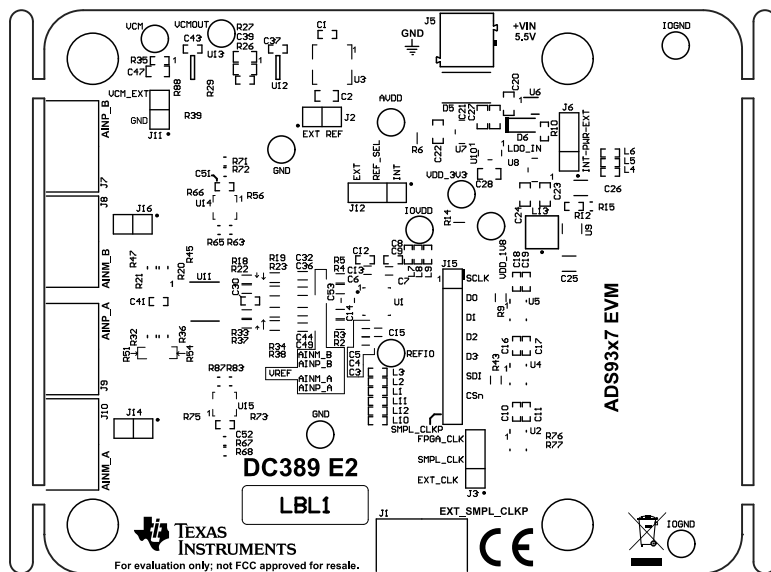


图 4-5. 顶层丝印层

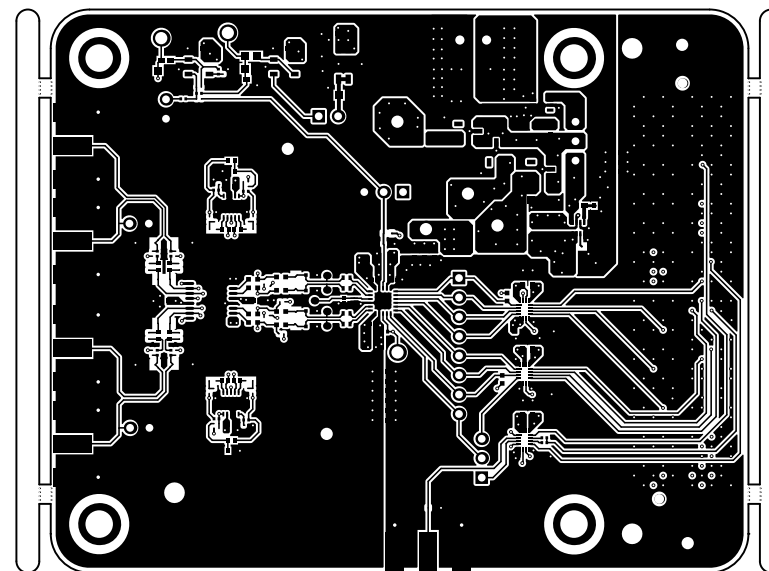


图 4-6. 顶层

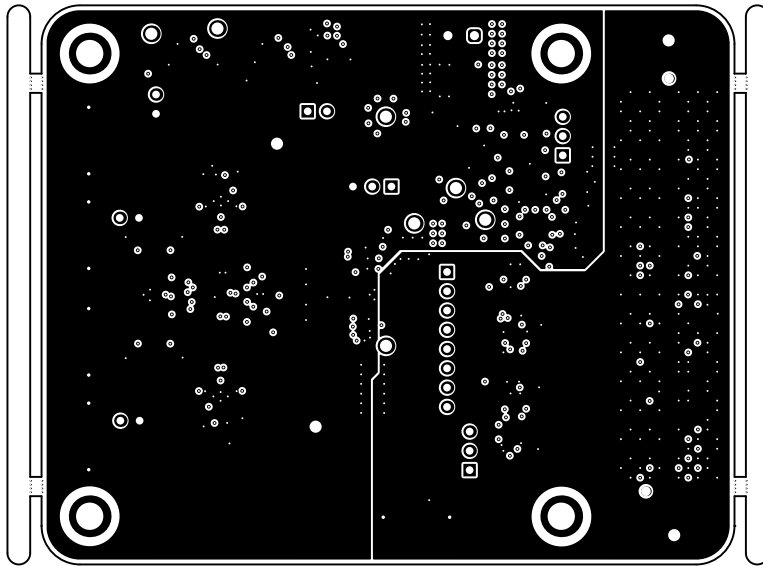


图 4-7. 接地层 (负平面)

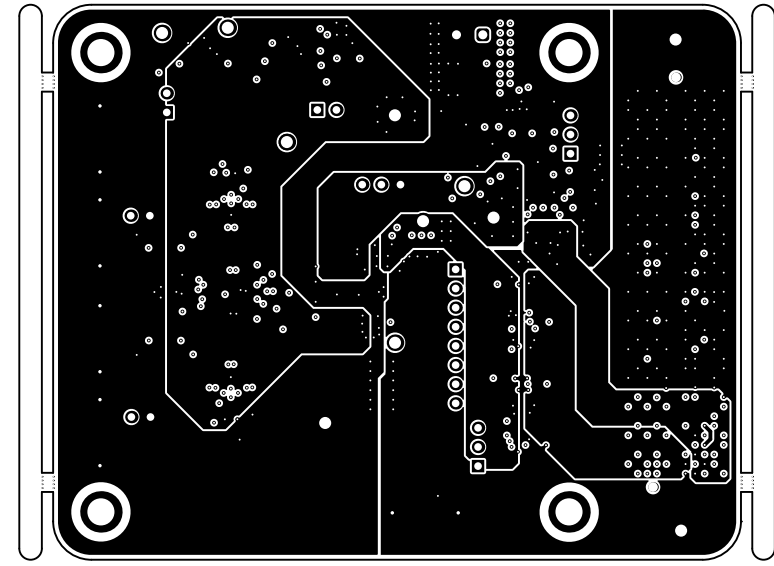


图 4-8. 电源层 (负平面)

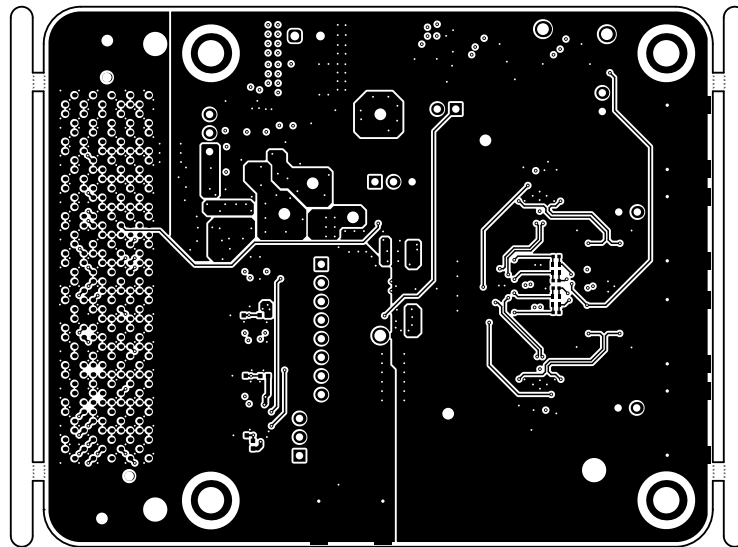


图 4-9. 底层

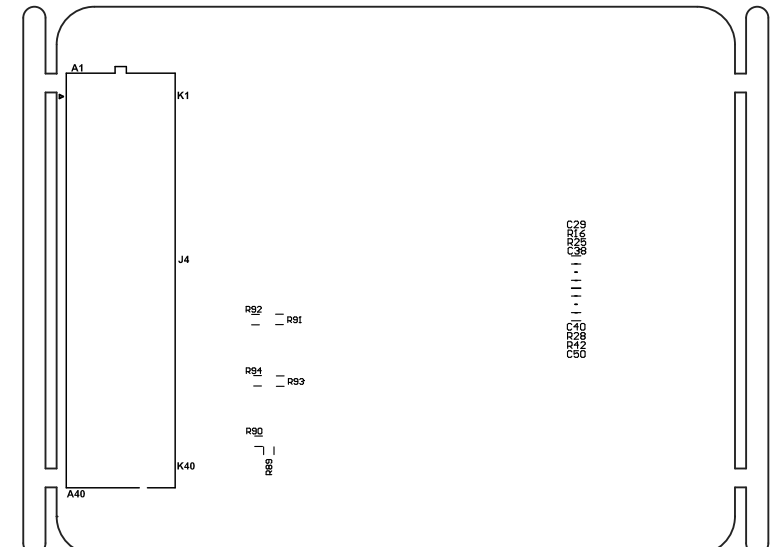


图 4-10. 底层丝印层

4.3 物料清单 (BOM)

表 4-1 列出了 ADS9327EVM 物料清单。

表 4-1. ADS9327EVM 物料清单

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
C1、C8、C12、 C30、C37、C41、 C43、C51、C52	9	0.1uF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 10V, ±10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	0402	C0402C104K8RACAUTO	Kemet
C2、C39	2	10uF	电容, 陶瓷, 10uF, 10V, ±20%, X6S, 0603	0603	GRM188C81A106MA73D	MuRata
C3、C4、C9、C13、 C15	5	1μF	多层陶瓷电容器, 1uF, 25V, X5R ±10%, 0402, 纸质 T/R	0402	GRT155R61E105KE01D	MuRata
C5、C6、C7、C53	4	0.1uF	电容, 陶瓷, 0.1uF, 10V, ±10%, X5R, 0201	0201	CL03A104KP3NNNC	Samsung Electro-Mechanics
C10、C11、C16、 C17、C18、C19	6	0.1uF	电容, 陶瓷, 0.1uF, 16V, ±5%, X7R, 0402	0402	GRM155R71C104JA88D	MuRata
C14	1	1μF	1μF ±20% 6.3V 陶瓷电容器 X5R 0204 (公制 0510)	0204	C0510X5R0J105M030BC	TDK
C20	1	1μF	电容, 陶瓷, 1μF, 10V, ±10%, X7R, 0603	0603	0603ZC105KAT4A	AVX
C21、C22、C23、 C24、C27、C28	6	1μF	电容, 陶瓷, 1 μ F, 16V, ±10%, X7R, 0603	0603	C1608X7R1C105K080AC	TDK
C25、C26	2	10uF	电容, 陶瓷, 10uF, 16V, ±10%, X7R, 1206	1206	GRM31CR71C106KAC7L	MuRata
C29、C32、C36、 C38、C40、C44、 C49、C50	8	1nF	电容, 陶瓷, 0.001uF, 25V, C0G, 5%, 焊盘, SMD, 0402, 125C, T/R	0402	0402N102J250CT	华信科技
C47	1	1μF	电容, 陶瓷, 1uF, 10V, ±10%, X5R, 0603	0603	C0603C105K8PACTU	Kemet
D5	1	6V	二极管, TVS, 双向, 6V, SMB	SMB	SMBJ6.0CA	Littelfuse
D6	1	绿色	LED, 绿色, SMD	LED_0805	APT2012LZGCK	KINGBRIGHT
H1、H2、H3、H4	4		机械螺钉盘 PHILLIPS M3	M3 螺钉	RM3X8MM 2701	APM HEXSEAL
H5、H6、H7、H8	4		六角螺柱, 25mm 长度, M3, 铝	支柱 M3	24438	Keystone
J1、J7、J8、J9、 J10	5		连接器, 末端发射 SMA, 50Ω, SMT	末端发射 SMA	132255	Amphenol RF
J2、J11、J14、J16	4		接头, 100mil, 2 x 1, 金, TH	接头, 100mil, 2 x 1, TH	HTSW-102-07-G-S	Samtec
J3、J6、J12	3		接头, 100mil, 3 x 1, 金, TH	接头, 100mil, 3 x 1, TH	HTSW-103-07-G-S	Samtec

表 4-1. ADS9327EVM 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
J4	1		连接器, 1.27mm, 40 x 10, 黑色, SMT	连接器, 1.27mm, 40 x 10, SMT	ASP-134488-01	Samtec
J5	1		端子块, 3.5mm, 2 x 1, 锡, TH	端子块, 3.5mm, 2 x 1, TH	1751248	Phoenix Contact
J15	1		接头, 100mil, 8 x 1, 金, TH	8 x 1 接头	TSW-108-07-G-S	Samtec
L1、L2、L3、L4、 L5、L6、L7、L8、 L9、L10、L11、L12	12	100 Ω	铁氧体磁珠, 100 Ω (在 100MHz 时), 0.3A, 0402	0402	782422101	Würth Elektronik
L13	1		屏蔽功率电感器	SMT_IND_4MM0_4MM0	XGL4020-102MEC	Coilcraft
LBL1	1		热转印打印标签, 0.650	PCB 标签 0.650 x 0.200 英寸	THT-14-423-10	Brady
R2、R3、R4、R5	4	0	0 Ω 跳线片式电阻器 0402 (公制 1005) 金属元件	0402	5113	Keystone Electronics
R6、R14	2	0	0 Ω 跳线 0.5W, 1/2W 片式电阻器 0805 (公制 2012) 汽车级 AEC-Q200 金属箔	0805	HCJ0805ZT0R00	Stackpole
R9、R43、R89、 R90、R91、R92、 R93、R94	8	0	电阻, 厚膜, 0 Ω , 0.2W, 0402	0402	CRCW04020000Z0EDHP	Vishay Dale
R10	1	2.2k	电阻, 2.2k, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04022K20JNEDC	Vishay-Dale
R12	1	1.69Meg	电阻, 1.69M, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04021M69FKED	Vishay-Dale
R15、R16、R20、 R21、R25、R28、 R32、R36、R42、 R63、R65、R67、 R68、R71、R72、 R83、R87	17	1.04k	电阻, 1.04k, 0.1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	TNPW04021K04BEED	Vishay-Dale
R18、R19、R22、 R23、R33、R34、 R37、R38	8	10	10 Ω , $\pm 0.1\%$, 0.05W, 1/20W 片式电阻器 0402 (公制 1005), 射频, 高频薄膜	0402	FC0402E10R0BST0	Vishay Dale
R26	1	10.0k	电阻, 10.0k, 0.1%, 0.063W, 0402	0402	RNCF0402BTE10K0	Stackpole Electronics Inc
R27	1	7.50k	电阻, 7.50k, 0.1%, 0.1W, 0603	0603	RT0603BRD077K5L	Yageo America

表 4-1. ADS9327EVM 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
R29、R39、R45、 R47、R51、R54、 R56、R66、R73、 R75、R76、R77、 R88	13		电阻, SMD, 0 Ω , 跳线, 1/20W, 0201	0201 (公制 0603)	RC0201JR-070RL	Yageo
R35	1	402	电阻, 402, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW0402402RFKED	Vishay-Dale
SH-J1、SH-J2、SH- J3、SH-J4、SH-J5、 SH-J6、SH-J7	7		连接器跳线 S2 (1 x 2) 位置并联连接器黑色开孔顶部 0.100	跳线	QPC02SXGN-RC	Sullins
TP2、TP3、TP4、 TP5、TP10、TP16、 TP17	7		测试点, 通用, 红色, TH	红色通用测试点	5010	Keystone Electronics
TP12、TP13、 TP14、TP15	4		测试点, 通用, 黑色, TH	黑色通用测试点	5011	Keystone Electronics
U1	1		双路, 同步采样, 16 位, 5MSPS SAR ADC, VQFN-HR22	VQFN-HR22	ADS9327VAE	德州仪器 (TI)
U2、U4、U5	3		4 位方向控制电平转换器, RSV0016A (UQFN-16)	RSV0016A	SN74AXC4T774RSVR	德州仪器 (TI)
U3	1		2ppm/°C 最大温漂, 0.23ppmp-p 1/f 噪声精密电压基 准	LCCC8	REF7040QFKHT	德州仪器 (TI)
U6	1		DCK0006A (SOT-SC70-6) 带输入极性保护的 $\pm 6V$ 低 IQ 理想二极管	DCK0006A	LM66100DCKR	德州仪器 (TI)
U7	1		具有高 PSRR 5-SOT-23 -40°C 至 125°C 的 300mA、 超低噪声、低 IQ、低压降 (LDO) 线性稳压器	SOT23-5	TPS7A2050PDBVR	德州仪器 (TI)
U8	1		线性稳压器 IC, 固定正电压, 1 输出, 300mA, SOT-23-5	SOT23-5	TPS7A2018PDBVR	德州仪器 (TI)
U9	1		5.0A 2.4MHz 高效升压转换器	SOT-5X3	TPS61033DRL	德州仪器 (TI)
U10	1		300mA、超低噪声、低 IQ、高 PSRR LDO	SOT23-5	TPS7A2033PDBVR	德州仪器 (TI)
U11	1		低噪声 150MHz 全差分精密放大器, PW0016A (TSSOP-16)	PW0016A	THS4552IPWR	德州仪器 (TI)
U12、U13	2		精 20MHz、0.9pA Ib、RRIO、CMOS 精密运算放大 器, 1.8V 至 5.5V, -40°C 至 125°C, 5 引脚 SOT23 (DBV5), 绿色环保 (符合 RoHS 标准, 无镉/溴)	DBV0005A	OPA320AIDBVT	德州仪器 (TI)

表 4-1. ADS9327EVM 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
U14、U15	2		具有高性能、低 THD+N 和双极输入的 SoundPlus(TM) 音频运算放大器, DRC0010J (VSON-10)	DRC0010J	OPA1622IDRCR	德州仪器 (TI)

5 其他信息

5.1 商标

Microsoft® and Windows® are registered trademarks of Microsoft Corporation.

USB-C® is a registered trademark of USB Implementers Forum.

所有商标均为其各自所有者的财产。

6 相关文档

以下相关文档可从德州仪器 (TI) 网站 (ti.com.) 上下载。

表 6-1. 相关文档

器件	文献编号
TSWDC155EVM	SLAU870
TPS61033	SLVSGI6
TPS7A20	SBVS338
LM66100	SLVSEZ8
REF7040	SNAS781
THS4552	SBOS831B
SN74AXC4T774	SCES898C
OPA320	SBOS523F
OPA1622	SBOS727B

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、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。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
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司