

# EVM User's Guide: TRF1213EVM

## TRF1213 评估模块



### 说明

TRF1213 评估模块 (EVM) 用于评估 TRF1213 器件，该器件为单端输入转差分输出射频放大器，采用 2mm × 2mm 12 引脚 WQFN 封装。

### 开始使用

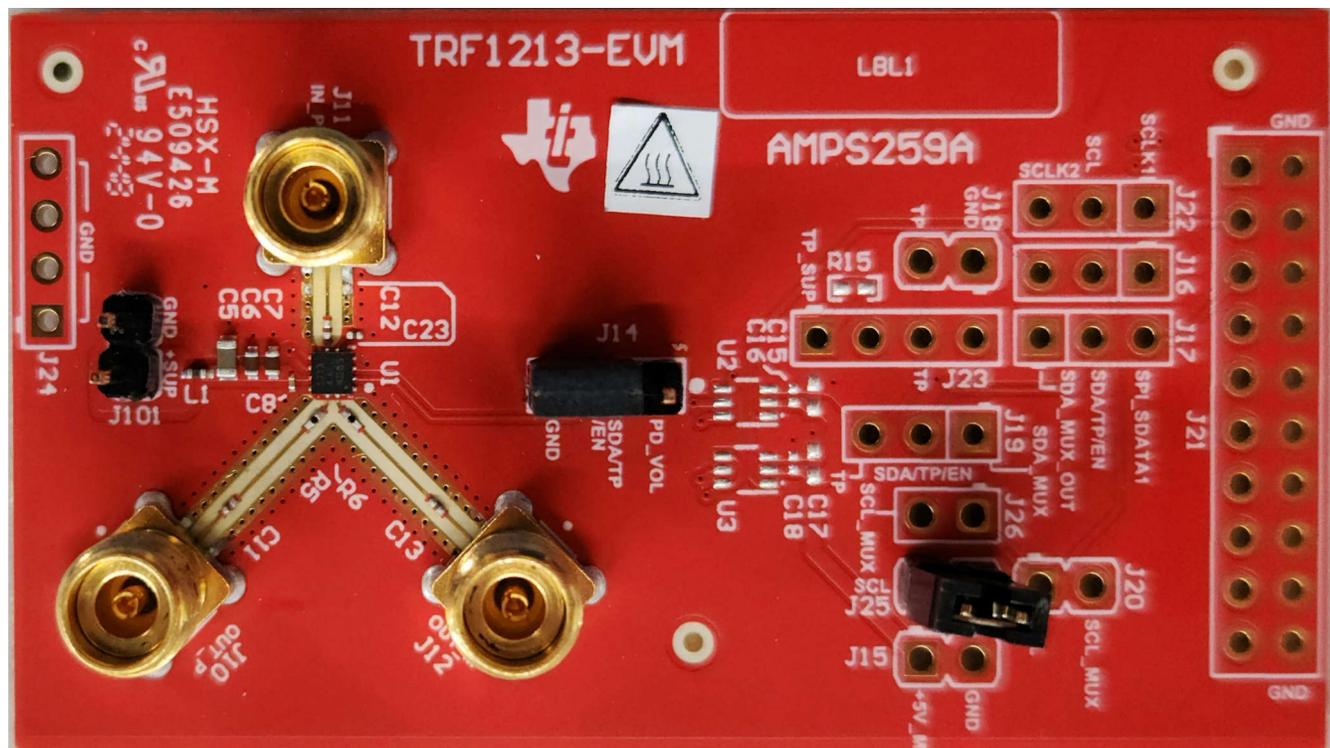
1. 订购 EVM。
2. 从 [TRF1213EVM 工具文件夹](#) 下载综合参考设计文件。

### 特性

- 由 5V 单电源供电
- 专为单端 50Ω 输入匹配而设计
- 可通过板载 SMA 连接器轻松连接到输入端和输出端
- 借助跳线，电路板可提供断电选项

### 应用

- 射频采样或 GSPS ADC 驱动器
- 航空航天与国防
- 雷达导引头前端
- 相控阵雷达
- 军用无线电
- 测试和测量
- 高速数字转换器
- 矢量信号收发器 (VST)
- 4G/5G 无线 BTS 3



TRF1213EVM

## 1 评估模块概述

### 1.1 简介

本文档介绍了确保 TRF1213EVM 正确运行和快速设置所需的基本步骤和功能。本文档还包含原理图、物料清单 (BOM)、印刷电路板 (PCB) 布局和测试方框图。除非特别说明，否则本文档中的缩写词 *EVM*、*TRF1213 EVM* 以及术语 *评估模块* 均代表 TRF1213EVM。

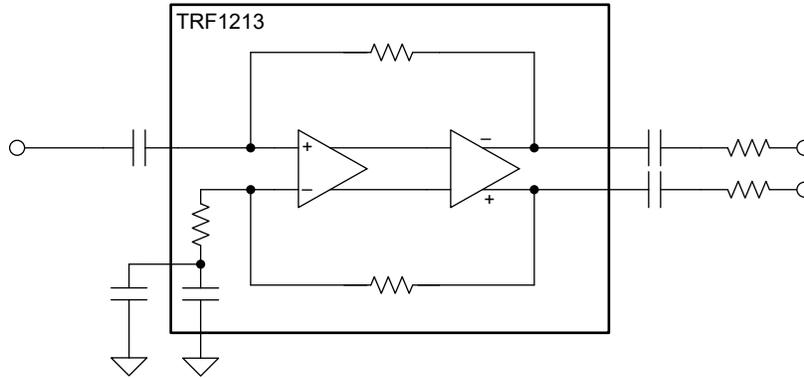


图 1-1. TRF1213 功能方框图



### 1.2 套件内容

- TRF1213EVM

### 1.3 器件信息

TRF1213 是一款超高性能射频 (RF) 放大器，专门针对射频应用进行了优化。在驱动高性能 [AFE7950](#) 或 [ADC12DJ5200RF](#) 等射频采样模数转换器 (ADC) 时，此器件非常适合需要进行单端转差分的交流耦合应用。此器件结合了宽带增益块和宽带无源换衡器的功能。片上匹配元件可简化印刷电路板 (PCB) 的实现方案，在可用带宽内具有超高性能。此器件采用德州仪器 (TI) 先进的互补 BiCMOS 工艺制造，并采用节省空间的 WQFN-FCRLF 封装。

TRF1213 由单轨电源供电，消耗约 170mA 至 180mA 的运行电流。断电功能还有助于实现节能。

## 2 硬件

### 2.1 设置

#### 2.1.1 一般用途

本节提供 TRF1213EVM 的一般使用信息。有关作为后续说明基准点的一般单音设置图，请参阅 [节 2.1.2.1](#) (为清晰起见，省略了某些元件，如电源旁路电容器)：

1. 建议的加电序列：
  - a. 在将电源电缆连接到 EVM 之前，将直流输出电源设置为 5V。
  - b. 将直流输出电源的电流限制设置为 250mA。
  - c. 确保关闭电源，然后将电源电缆连接到 EVM 的 J101 连接器。
  - d. 打开  $V_{CC} = 5V$  的直流电源。从电源汲取的瞬态电流 ( $I_Q$ ) 为 170mA 至 180mA。
  - e. 如果电源电流较低，请验证器件是否通过 PD 引脚 (在 J14 上标记为 SDA/TP/EN) 禁用。
2. 断电选项：
  - a. 要关断器件，请将 1.8V 连接到 SDA/TP/EN，或在 J14 上的 PD\_VOL 和 SDA/TP/EN 引脚之间连接跳线以使芯片关断。要启用器件，请在 J14 上的 GND 和 SDA/TP/EN 引脚之间连接跳线。
3. 单频测量设置建议：
  - a. 将射频信号发生器连接到输入 SMA 连接器 J11。
  - b. 要测试 TRF1213EVM，使用的射频信号发生器必须支持高达 14GHz 的信号频率。
  - c. TRF1213EVM 器件输入在通带内为  $50\Omega$ 。为了尽可能减少阻抗不匹配导致的信号反射，请在源和 J11 SMA 输入之间使用约 3dB 至 6dB 的衰减器垫。
  - d. J10 和 J12 SMA 连接器处的 EVM 输出为全差分 (或  $180^\circ$  异相) 输出。TRF1213EVM 器件在直流和低频下具有低输出阻抗。
  - e. 当连接到频谱分析仪时，必须使用外部无源平衡-非平衡变压器将 EVM 发出的差分信号转换为单端信号，如 [节 2.1.2.1](#) 所示。为了更大限度地减少反射，请在无源平衡-非平衡变压器的三个端子上使用大约 3dB 至 6dB 的衰减器垫。
  - f. 最后，正确表征和补偿射频同轴电缆、衰减器垫和无源平衡-非平衡变压器的插入损耗，以便准确测量器件的增益和功率等级。
4. 匹配注意事项：
  - a. TRF1213 是一款宽带放大器，该器件在其高达约 14GHz 的工作带宽上需要  $50\Omega$  的输入匹配。有关详细信息，请参阅 [TRF1213 近直流至 > 14GHz、3dB 带宽、单端转差分射频放大器 数据表](#)。

## 2.1.2 测试设置图

本节包含测量 TRF1213 器件时有关增益、OP1dB、S 参数、噪声系数和双音 OIP3 设置的一般建议。

### 2.1.2.1 增益和 OP1dB 测试设置

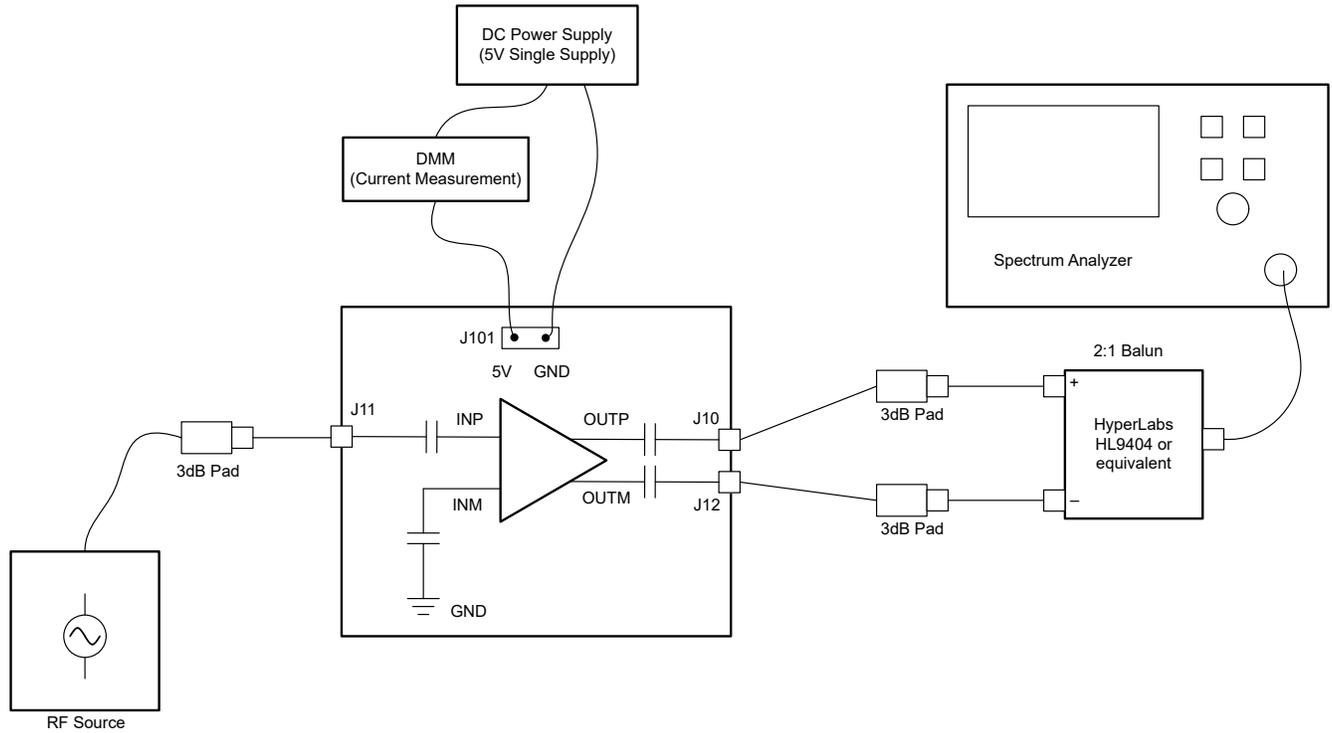


图 2-1. 增益和 OP1dB 测试设置

### 2.1.2.2 S 参数测试设置

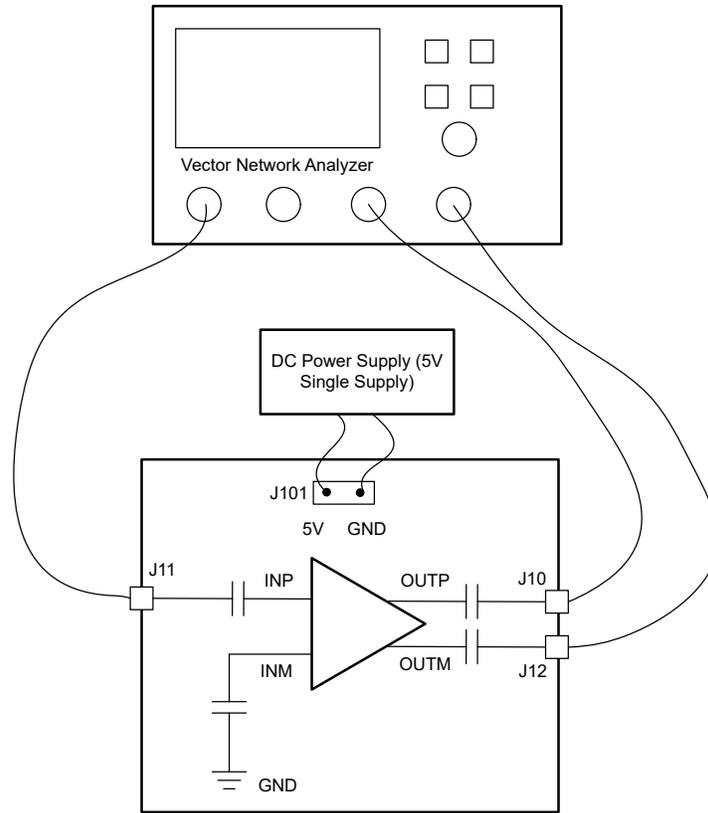


图 2-2. S 参数测试设置

请按照以下指南进行 S 参数测量：

1. 图 2-2 展示了通常使用矢量网络分析器 (VNA) 进行的 S 参数测量。要测量 TRF1213EVM，使用 3 端口 VNA，它可以分别在 EVM 的输入和输出端口产生单端信号和接收差分信号。
2. 在将射频同轴电缆连接到 EVM 之前，使用校准套件校准 VNA 和电缆。
3. 确保将 VNA 的频率扫描和输出功率级别设置在 TRF1213 器件的线性工作范围内。可以调整 VNA 的分辨率带宽 (RBW) 和动态范围，以便为测量提供最佳扫描时间。
4. 在增益测量期间，在器件的输入和输出侧补偿电路板布线损耗。图 2-3 给出了在 EVM 上测量的典型输入和输出布线损耗。

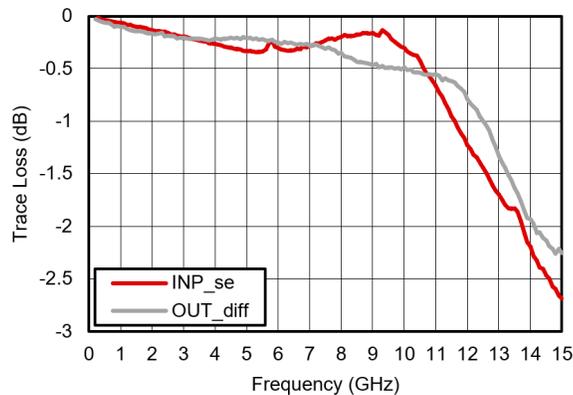


图 2-3. PCB 布线损耗与频率的关系

### 2.1.2.3 噪声系数测试设置

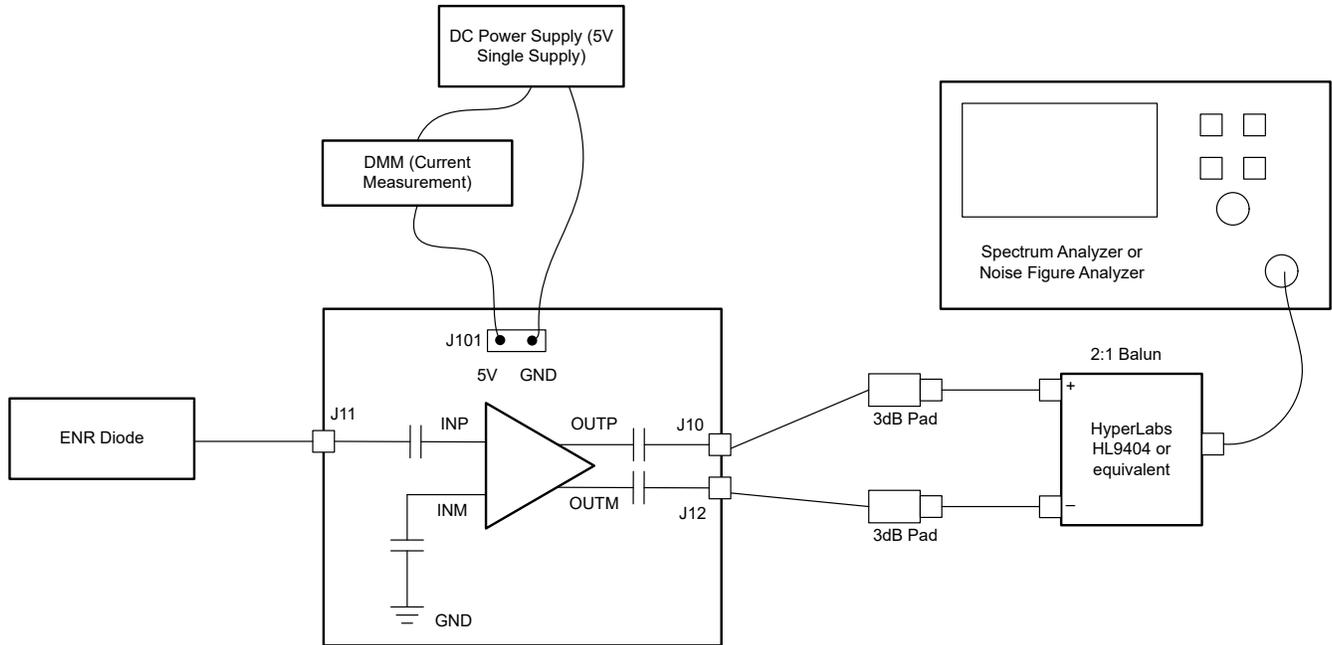


图 2-4. 噪声系数测试设置

请按照以下指南进行噪声系数 (NF) 测量：

1. 图 2-4 所示为使用噪声二极管和频谱分析仪（或噪声系数分析仪），利用传统 Y 系数法进行 NF 测量。
2. 在测量时，考虑到 EVM 的任何射频电缆损耗。为了匹配而添加的任何外部输入衰减器会导致 NF 按比例下降，必须在测量中进行校准。
3. NF 测量中必须包含器件输入引脚处输入布线的板载损耗。
4. 如果器件输出端之后的损耗比较显著，则必须将输出损耗包含到 NF 测量中。方程式 1 展示了用于根据所测量的 NF 来计算器件噪声系数的级联噪声因子的 Friis 方程。然后，可以提取器件的噪声系数  $F_1$  并将其转换为对数刻度以给出 TRF1213 NF。图 2-3 显示了 EVM 布线本身的损耗。

$$F_{\text{total}} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} \quad (1)$$

其中

- $F_{\text{total}}$  = 测得的总噪声系数
- $F_1$  = 器件的噪声系数
- $G_1$  = 器件的增益
- $F_2$  = 输出端损耗的噪声系数

### 2.1.2.4 双音 OIP3 测试设置

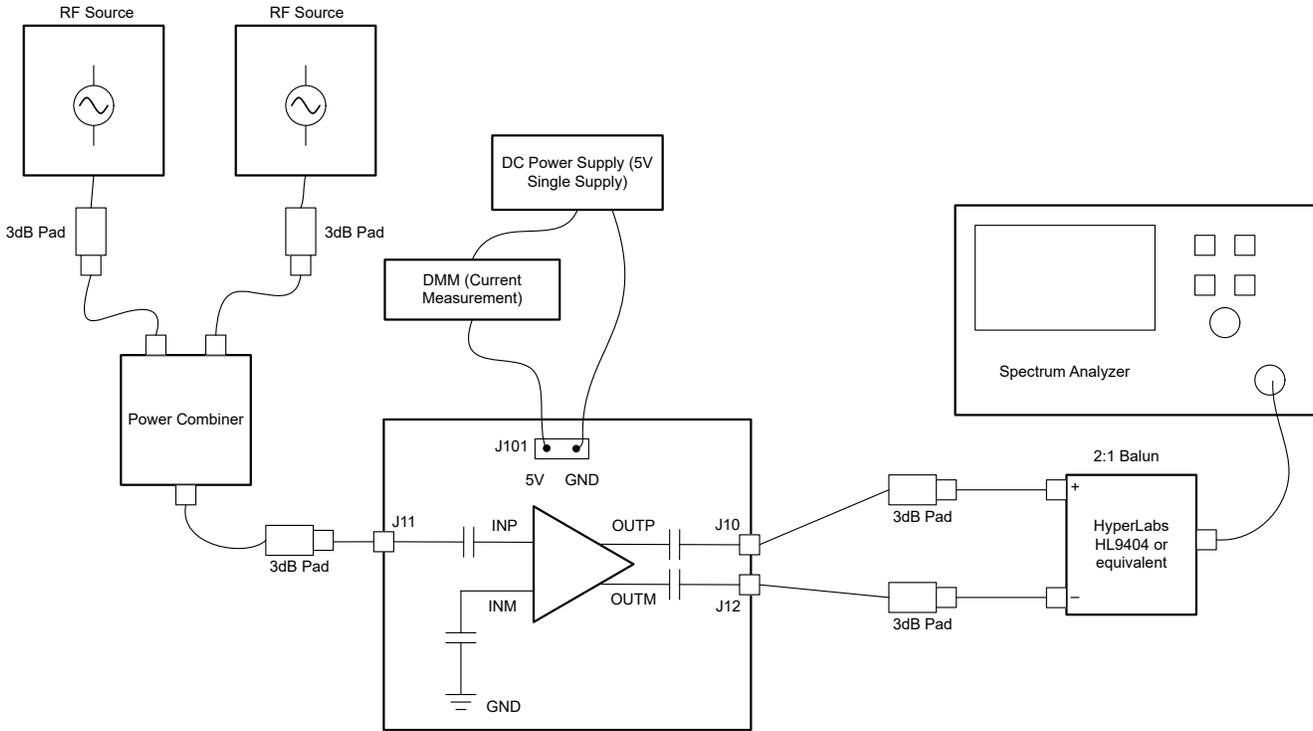


图 2-5. OIP3 测试设置

请按照以下指南进行双音 OIP3 测量：

1. 图 2-5 展示了使用同相功率分离器和组合器合并两个信号发生器输出。建议对信号发生器输出使用 3dB 至 6dB 衰减器，以防发生器相互通信，并导致信号发生器 IMD3 杂散。
2. 将两个信号发生器输出设置为适当的功率级别和频率间隔，以便信号发生器在器件上产生所需的输出功率  $P_{OUT}$ 。
3. 将输出功率级别保持在 TRF1213 线性工作范围内。例如，如果在器件上所需的总输出功率为 8dBm，则相应地设置信号发生器，使每个基波输出功率的结果是 2dBm/子载波。一般情况下，将总输出功率级别保持在比 1dB 压缩点低约 6dB 至 8dB。有关支持的输出功率级别，请参阅器件数据表。
4. 对于 OIP3 测试，两个音调可以间隔指定的频率。
5. 相应地设定频谱分析仪衰减设置，使频谱分析仪非线性度不影响测量。
6. 使频谱分析仪 RBW 和 VBW 设置对主音和 IM3 产物保持相同。

对于输出 IP3 计算，考虑到 TRF1213EVM 输出与频谱分析仪输入之间所需频带下的合并损耗。合并功率损耗是由于 PCB 输出布线、射频同轴电缆、180° 无源平衡-非平衡变压器以及出于外部匹配目的而使用的任何衰减器垫导致的。方程式 2 给出了计算出的 OIP3。器件输出端的损耗  $P_{LOSS}$ ，is found using the combination of the 图 2-3 and any attenuation added after the EVM.

$$\text{Output IP3} = (P_{IN\_SA} - \text{IMD3})/2 + P_{IN\_SA} + P_{LOSS} \quad (2)$$

其中

- $P_{IN\_SA}$  = 频谱分析仪的输入功率/子载波
- $P_{LOSS}$  = 器件输出至频谱分析仪输入之间的功率损耗
- IMD3 = 在  $2f_1 - f_2$  或  $2f_2 - f_1$  处记录的两个互调失真产物的较高功率
- $P_{IN\_SA} + P_{LOSS} = P_{OUT}$  是放大器输出功率/子载波

### 3 硬件设计文件

#### 3.1 原理图

图 3-1 显示了 TRF1213EVM 原理图。

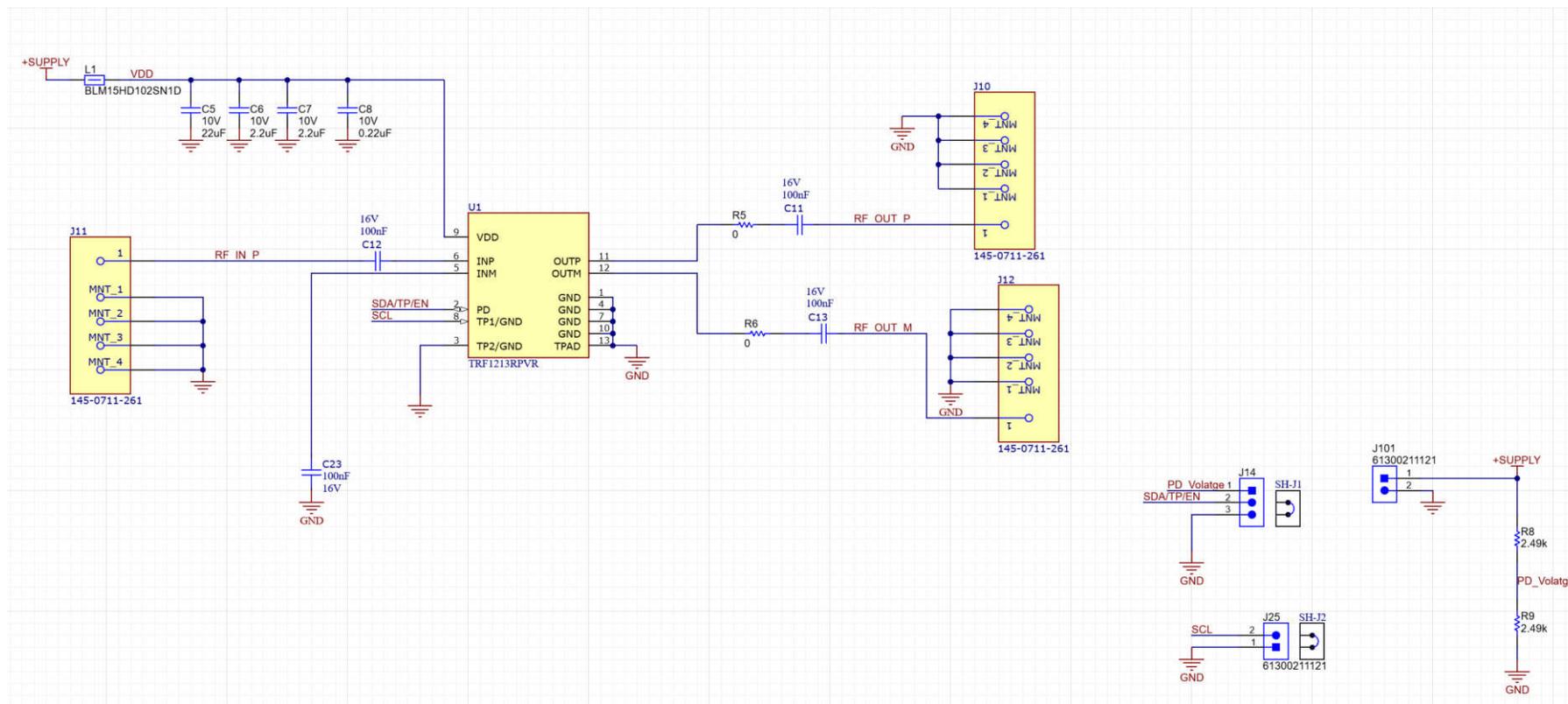


图 3-1. TRF1213EVM 原理图

### 3.2 PCB 布局

图 3-2 至图 3-5 显示了此 EVM 的 PCB 板层。

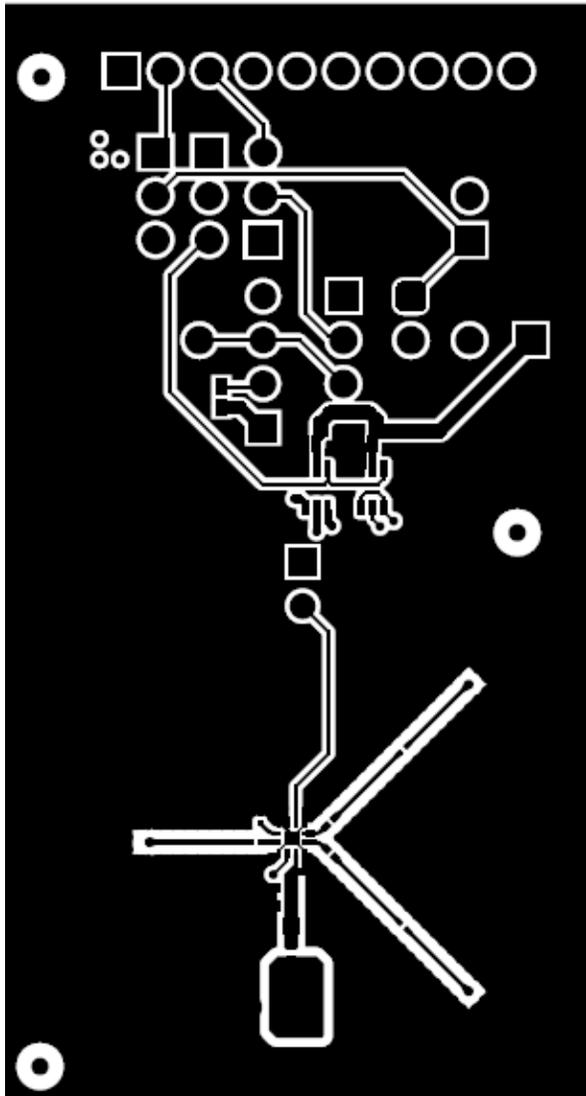


图 3-2. 顶层

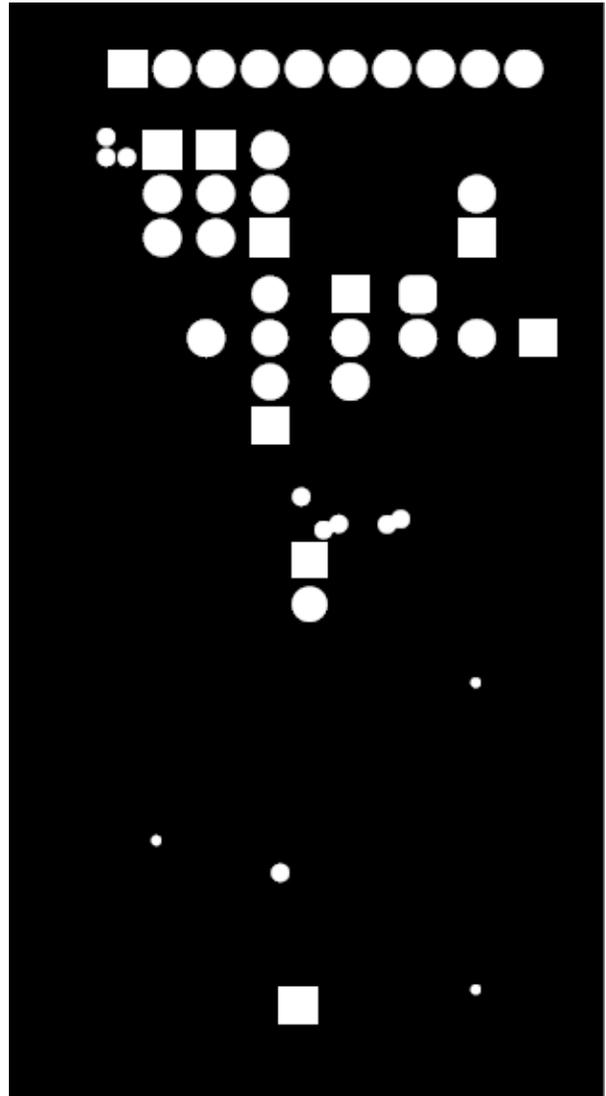


图 3-3. 第 2 层

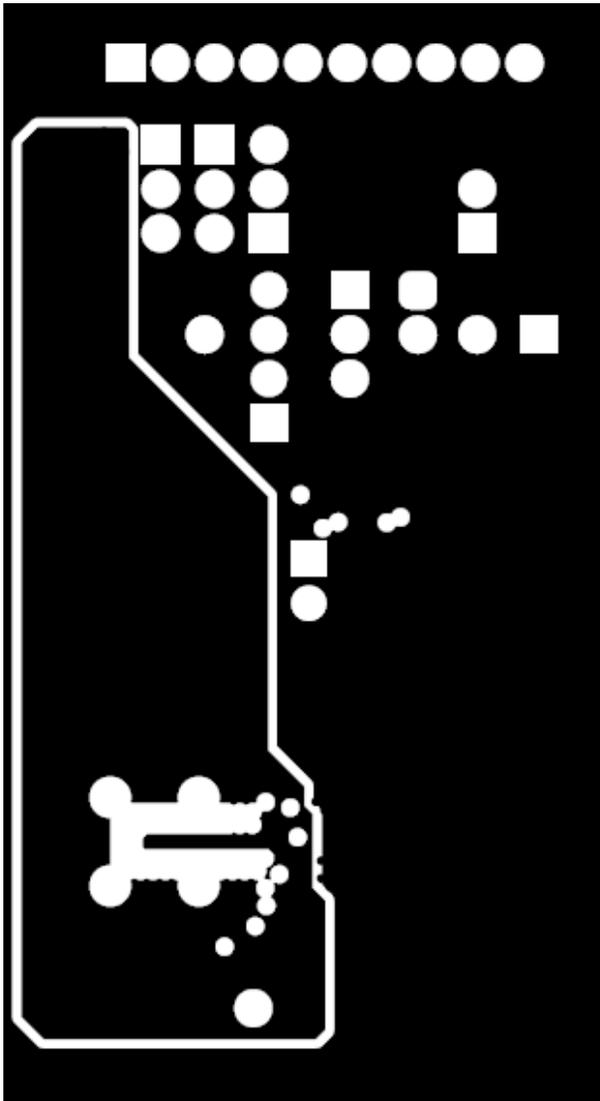


图 3-4. 第 3 层

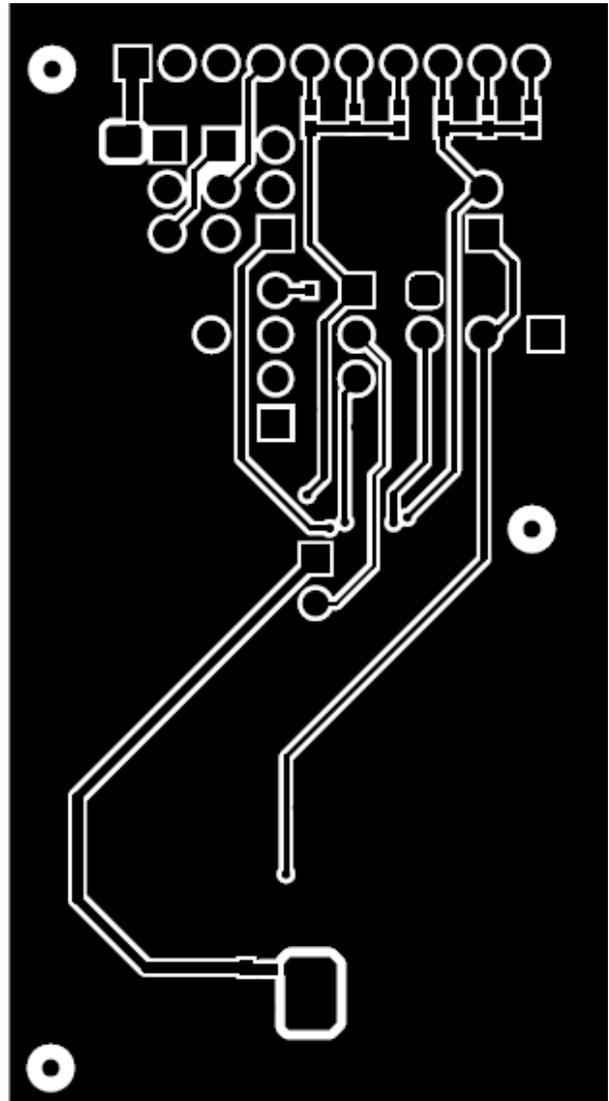


图 3-5. 底层

### 3.2.1 堆叠和材料

TRF1213EVM 是一款四层电路板，材料类型为 Rogers® 4350B。顶层是电源布线、接地布线以及 SMA 连接器与器件之间的信号布线。第二层是参考射频接地层。信号布线阻抗目标为 50 Ω。底部 3 层是接地层。表 3-1 列出了 EVM 堆叠。

表 3-1. TRF1213EVM 堆叠

层	名称	材料	厚度 (mil)	介电常数
	顶层丝印层			
	顶部焊锡层	阻焊剂	1.00	3.5
1	顶层	铜	1.40	
	电介质 1	Rogers 4350B	5.00	3.48
2	GND	铜	1.40	
	电介质 2	FR4	44.80	4.2
3	PWR	铜	1.40	
	电介质 3	FR4	5.00	4.2
4	底层	铜	1.40	
	底部焊锡层	阻焊剂	1.00	3.5
	底层丝印层			

### 3.3 物料清单 (BOM)

表 3-2 列出了 BOM。

表 3-2. 物料清单 (BOM)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
!PCB	1		印刷电路板		AMPS259	不限
C5	1	22 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 22 $\mu$ F, 10V, +/-20%, X5R, 0603	0603	CL10A226MP8NUNE	Samsung Electro-Mechanics
C6、C7	2	2.2 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 2.2 $\mu$ F, 10V, +/-10%, X7S, 0402	0402	C1005X7S1A225K050BC	TDK
C8	1	0.22 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 0.22 $\mu$ F, 10V, +/-20%, X5R, 0201	0201	LMK063BJ224MP-F	Taiyo Yuden
C11、C12、C13、C23	4	100nF	0.1 $\mu$ F $\pm$ 20% 16V 陶瓷电容器 0201 ( 公制 0603 )	0201	560Z104MTT	KYOCERA AVX
J10、J11、J12	3		2.92mm 连接器插孔, 母插座, 50Ohms, 穿孔焊接	RF_JACK	145-0711-261	Cinch Connectivity Solutions
J14	1		接头, 100mil, 3x1, 锡, TH	接头, 3 引脚, 100mil, 锡	PEC03SAAN	Sullins Connector Solutions
J25、J101	2		接头, 2.54mm, 2x1, 金, TH	接头, 2.54mm, 2x1, TH	61300211121	Würth Elektronik
L1	1	1000 $\Omega$	铁氧体磁珠, 1000 $\Omega$ @ 100MHz, 0.25A, 0402	0402	BLM15HD102SN1D	MuRata
R5、R6	2	0	电阻, 0, 5%, 0.05W, AEC-Q200 0 级, 0201	0201	ERJ-1GN0R00C	Panasonic
R8、R9	2	2.49k	电阻, 2.49k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04022K49FKED	Vishay-Dale
SH-J1、SH-J2	2	1x2	分流器, 100mil, 镀金, 黑色	分流器	SNT-100-BK-G	Samtec
U1	1		TRF1213RPVR	WQFN-FCRL12	TRF1213RPVR	德州仪器 (TI)

## 4 其他信息

### 商标

Rogers® is a registered trademark of Isola USA Corporation.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 5 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI) , [TRF1213 近直流至 > 14GHz、3dB 带宽、单端转差分射频放大器 数据表](#)

## 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