

# EVM User's Guide: DEM-FDA-RUN-EVM

## DEM-FDA-RUN-EVM 评估模块



### 说明

DEM-FDA-RUN-EVM 是一款 RUN 封装 ( WQFN 10 引脚 ) 全差分放大器 (FDA) 的评估模块, 支持多个高速 FDA。该板支持快速演示功能, 包括便于使用的 SMA 连接器, 并支持多个板载可配置选项: MFB 有源滤波器、FDA 负载网络、输出变压器、用于断电和输出共模电压的外部驱动。EVM 使用香蕉连接器供电, 与工作台电源连接。电源电压范围可根据 FDA 选型和无源器件选型进行自定义。默认情况下, 部分组装的 EVM 配置用于 2.7V 到 5.5V 电源。输入和输出 SMA 与 50Ω 匹配, 可连接常见的实验室设备。可使用一根跳线选择断电模式, 并可将其旁路, 以实现外部驱动电源时序。

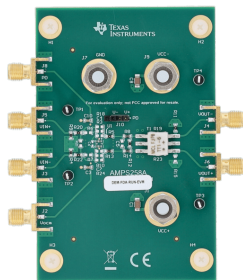


图 1-1. 电路板图片

### 特性

- 针对高速信号优化布局, 更大限度地减少寄生和噪声
- 可灵活地将 MFB 有源滤波器与现有焊盘配合使用
- 使用电阻器或外部信号配置 PD、VOCM
- 通过 SMA 连接器轻松连接到设备和其他评估模块
- 可根据电路需求配置单电源工作范围 ( 例如, 2.7V 至 5.5V )
- 局部组装, 支持广泛采用和终端用户可配置性

### 应用

- 16 位至 20 位、差分 SAR 和  $\Delta \Sigma$  驱动器
- [差分有源滤波器](#)
- 电机驱动器
- [电池测试仪](#)
- [功率分析仪](#)

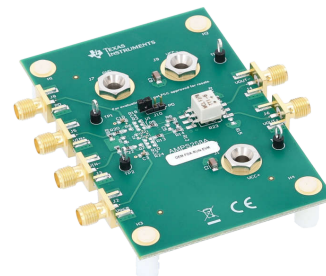


图 1-2. 电路板图片

## 1 评估模块概述

### 1.1 简介

DEM-FDA-RUN-EVM 评估模块旨在评估全差分放大器 (FDA) 的性能。EVM 通过 SMA 连接器和香蕉插孔与工作台式设备连接。EVM 支持多种电源配置，包括 TI 常用的 FDA 电源电压范围 2.7V 至 5.5V。对于电压较高的电源，请确认无源元件的额定电压和 FDA 的绝对最大电源电压。该 PCB 专为高速信号设计，可支持各种实验室台式测量，用于观察和评估。EVM SMA 输出可以连接到后续数据转换器 EVM，进行系统级评估。

### 1.2 套件内容

- DEM-FDA-RUN-EVM
- EVM 免责声明自述文件

### 1.3 规格

表 1-1. 规格

规格	典型值范围
电源电压范围	例如 2.7V 至 5V，可配置至所选 FDA (未组装)
静态电流	例如 THS4535 的 5.4mA，具体取决于 FDA 的选择
输出电压摆幅	例如 THS4535 的轨到轨输出
输出电流驱动	例如，THS4535 为 $\pm 45\text{mA}$
输入/输出	单端或差动 (包括变压器)

### 1.4 器件信息

DEM-FDA-RUN-EVM 可用于 RUN 封装中的 TI FDA，但本用户指南将以 THS4535 为例。THS4535 是一款 80MHz 全差分放大器 (FDA)，专为驱动高达 2MSPS 的全差分模数转换器 (ADC) 而设计。THS4535 系列提供多种选项：THS4535 的未修整失调电压 (2mV) 和温漂 (2 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ )，THS4536 的修整失调电压 (50 $\mu\text{V}$ ) 和温漂 (1 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ )。这些参数以及 TI 先进的封装技术帮助降低长期漂移，让 THS4535 和 THS4536 成为需要直流精度以及出色信噪比 (SNR) 和无杂散动态范围 (SFDR) 的数据采集 (DAQ) 系统的理想选择，以更大限度地提高 ADC 性能。

## 2 硬件

### 2.1 电源要求

DEM-FDA-RUN-EVM 是 TI RUN 封装的部分组装好的 FDA 评估平台。因此，电源要求不太精确，您需要参考 FDA 器件数据表来正确考量电源要求。

对于 DEM-FDA-RUN-EVM，建议运行条件下的电源电压为 2.7V 至 5.5V。PCB 有三个电源香蕉插孔，包括标签 VCC+（用于正电源）、VCC-（用于负电源）和 GND（用于接地）。您可以选择在单电源配置（VCC- 和 GND 为零伏）下使用器件，或者在双电源配置下使用（VCC+ 和 VCC- 均为非零电压，允许正负电压）。

建议对电源设置适当的电流限制，以保护 EVM 在电路异常或意外情况下免受过流问题的影响。确定电流限制值时，请参阅 FDA 静态电流 (Iq)、输出电流驱动 (Iout) 和您选择的负载。请注意所选 FDA 的绝对最大额定值。

### 2.2 设置

DEM-FDA-RUN-EVM 的设置包括与工作台设备的正确连接、测试硬件和跳线选择。基本设置过程包括：

1. 通过标记为 GND+、VCC 和 VCC 的香蕉插孔连接电源。
  - a. 确认 FDA 在无输入/输出信号的情况下具有适当的静态电流 (IQ)
2. 确定输入和输出连接
  - a. 通过 SMA 连接器连接外部输入源
  - b. 确认输入端接和输入网络电阻值适当
  - c. 确定放大器负载网络，检查放大器和变压器（或 SMA）方向的输出网络的阻抗
    - i. 例如，放大器可能倾向于 1kΩ 负载，而变压器或输出 SMA 连接器可能需要 50Ω 终端
  - d. 通过 SMA 连接器连接输出，确认输出终端电阻器 R11 和 R15 的值。
  - e. 使用或旁路变压器 T1。
3. 检查并确认 FDA 输出和变压器 T1 之间的负载网络。
4. 确认控制信号断电 (PD) 和输出共模电压控制 (VOCM)
  - a. 执行以下操作之一：
    - i. 悬空 SMA 连接，并让 FDA 在内部设置控制引脚
    - ii. 使用 J10 跳线连接到 VCC+ 或 VCC-，强制施加 PD 电压作为断电控制
    - iii. 将外部信号驱动到 PD 和/或 VOCM 中
    - iv. PD 默认使 FDA “开启”（低电平有效 PD）
    - v. VOCM 默认为将 FDA VOCM 偏置到 1/2 Vs
5. 使用 DEM-FDA-RUN-EVM 开始评估 FDA

### 2.3 FDA 输入网络选项

DEM-FDA-RUN-EVM 的输入连接取决于几个关键因素：

- 单端或差分输入信号
- 配置和使用多个反馈滤波器焊盘 (MFB)
- 设置所需的增益或衰减

EVM 的默认配置不使用 MFB 滤波器配置，但采用具有差分输入的基本 FDA 配置。默认增益为 1V/V，也称为缓冲器或单位增益设置。

更改：

1. 要从差分输入更改为单端输入，请执行以下操作：
  - a. 根据 FDA 数据表建议，设置有源输入的端接电阻器 (R9 或 R4)
  - b. 根据 FDA 数据表建议，设置无源使用输入的端接电阻器 (R9 或 R4)
  - c. 可以使用 [FDA Web 计算器](#) 来研究单端输入值。
  - d. R9 和 R4 将会是不同的值，以终结未使用的输入路径

2. 要设置 MFB 滤波器，请执行以下操作：
  - a. 通过首选方法计算 MFB 滤波器值
  - b. 将 R21、R20、R22、C6、R6、R7 用作 MFB 滤波器的输入端和增益设置无源器件
  - c. 使用 R3、C4、R18 和 R10、C7、R24 作为 MFB 滤波器的反馈路径无源器件
  - d. 确认值并继续评估
3. 要更改增益设置，请执行以下操作：
  - a. 增益由 RG 和 RF 电阻器设置。例如，在 DEM-FDA-RUN-EVM 上，R3 和 R6 的组合以及镜像的 R10 和 R7 设置放大器增益。
  - b. 对于 FDA，关系为： $A_v(\text{增益}) = R_F / R_G$
  - c. 请更改 RF 和/或 RG，以适应所需的增益或衰减

## 2.4 有源 MFB 滤波器

多反馈拓扑滤波器 (MFB) 的概念已被更详细地讨论，而本节内容不会覆盖如此详细的内容。但是，还应提供一些资源，包括：

- [差分 ADC 的有源滤波器设计](#)
- [ADC 接口应用中 MFB 滤波器的设计方法](#)
- THS4551 应用部分 (数据表) 中的滤波器示例

包括在 DEM-FDA-RUN-EVM 上的 MFB 滤波器实现中的待修订元件摘要为：

- R20 和 R22：零欧姆电阻器，将作为增益设置 (RG) 电阻器
- R21 和 C6：可以将任一无源器件用于电阻器或电容器进行滤波
- R6 和 R7：RG 电阻器，作为 MFB 的串联滤波电阻器 (或电容器)
- R18、C4、R3、R24、C7、R24：MFB 设置的反馈元件 (包括反馈电阻器 RF 和反馈电容器 CF)

如需了解将运算放大器 MFB 滤波器转换为 FDA MFB 滤波器的注意事项，请参阅第一个链接。

## 2.5 控制信号

### 断电 (PD) :

放大器的断电功能旨在提供区别于正常运行的状态，同时仍将电源连接到放大器。断电条件的主要组成部分包括：

1. 控制信号：如何设置和更改断电设置
  - a. 断电逻辑通常具有反极性，例如低电压（逻辑“0”）将器件置于断电状态，而高电压（逻辑“1”）则保持正常放大。
  - b. 断电控制信号由阈值电压指定。将 PD 引脚设置为高于或低于这些指定电压即可实现预期控制。有一个临时电压范围，该范围内的行为不完全明确。建议不要将控制信号保持在未指定的电压范围内，这不能保证适当的断电行为。
  - c. 如果 PD 引脚“悬空”或未连接，通常会出现默认条件。有关阈值电压、控制电压和默认引脚行为的信息，请参阅放大器数据表。
2. 静态电流：放大器处于断电状态时的功耗
  - a. 使用断电功能的一个主要优点是降低工作电流，称为静态电流
  - b. 与放大器“有源”模式下的工作电流相比，静态电流  $I_q$  通常会降低 10 倍或 100 倍。对于 DEM-FDA-RUN-EVM， $I_q$  从约 4.7mA 下降到 20 $\mu$ A。
3. 输出阻抗：断电时，放大器输出级的电阻会发生变化
  - a. 放大器断电行为通常包括将输出级设置为高阻抗。这会修改有源模式（非断电状态）期间放大器输出级的预期低阻抗。输出阻抗的变化会影响连接的电路，因为输出级不再灌或拉电流。
  - b. **注意：**尽管输出级可能是高阻抗，但反馈网络（每个全差分放大器一侧各一个）仍允许电流通过反馈电阻器 (RF)。对于优先选择放大器高阻抗设置的应用和系统而言，这是核心认知。
4. **电源循环注意：**当完全切断电源，例如进行电源循环或其他能量管理操作时，断电状态下的控制功能不可用。放大器内部没有用于将输出级设置为高阻抗的电流源和上拉电阻器。相反，放大器保持低阻抗输出级。
5. DEM-FDA-RUN-EVM 具有电路和控制跳线，可适应各种 PD 配置。还有一条连接到 SMA 连接器的阻抗匹配 (50 $\Omega$ ) 布线，用于外部信号控制。

### 输出共模电压控制 (VOCM) :

输出共模电压控制信号，也称为 V<sub>OCM</sub>，是全差分放大器 (FDA) 架构类型的关键内部功能。内部误差放大器将检测到的输出共模电压与 V<sub>OCM</sub> 引脚上的控制信号进行比较。由此产生的校正会调整 FDA 的行为，以设定合适的输出共模电压。这种校正行为对于驱动全差分模数转换器的输入是关键。V<sub>OCM</sub> 功能的主要元件包括：

1. V<sub>OCM</sub> 默认行为是：内部上拉电阻器将 V<sub>OCM</sub> 设置为  $1/2 V_s$ （正负电源之间的中点）。这种默认偏置可用于放大器的单电源、双电源（平衡）以及双电源（非平衡）配置。
2. V<sub>OCM</sub> 引脚可接收控制信号，该信号优先于默认行为（覆盖默认设置）。V<sub>OCM</sub> 引脚可以设置为静态（稳态）直流电压。该电压通常取自所连接数据转换器的 V<sub>CM</sub>（共模电压）输出引脚。此外，若需要调节输出共模电压，V<sub>OCM</sub> 引脚可由时变信号驱动。
3. DEM-FDA-RUN-EVM 具有合理的元件布局和未使用的焊盘，可支持各种 V<sub>OCM</sub> 情形。还有一条阻抗匹配 (50 $\Omega$ ) 的线路连接到 SMA 连接器，用于外部信号控制。

## 2.6 测试点和跳线

测试点摘要：

- 接地测试点：共 4 个，标记为 TP1/TP2/TP3/TP4

跳线摘要：

- PD 控制跳线：1 根，标记为 PD，V+ 和 V- 连接到电源电压

## 2.7 最佳实践

虽然本文档的每个部分都包含重要想法和建议，但有几项总体建议：

- 通过适当的焊料和返工分析，确认 FDA 与 DEM-FDA-RUN-EVM 的连接
- 在测试前，确认 FDA 的 Iq ( 工作电流 )
- 确认输入/输出连接的预期设置：
  - 输入网络：单端与差分，正确的端接 (RT) 电阻器 ( 布线 50 Ω 阻抗匹配 )
  - 输出网络：变压器使用，单端与差分，正确的端接 (RT) 电阻器，用于未使用的输出 SMA，确认输出端是否使用了衰减器或滤波器
- 确认两个反馈路径的 RF 和 RG 匹配。FDA 需要对称反馈网络才能正常运行。
- FDA 需要两个输出才能运行。除非在应用 ( 系统 ) 电路中使用变压器或阻抗网络，否则必须使用两个 FDA 输出。仅正确连接一个 FDA 输出会降低性能和稳健性，并给工程师带来调试问题。
- 稳步推进：在设置 DEM-FDA-RUN-EVM 之前，先在模拟中或通过计算检查值。

## 3 硬件设计文件

### 3.1 原理图

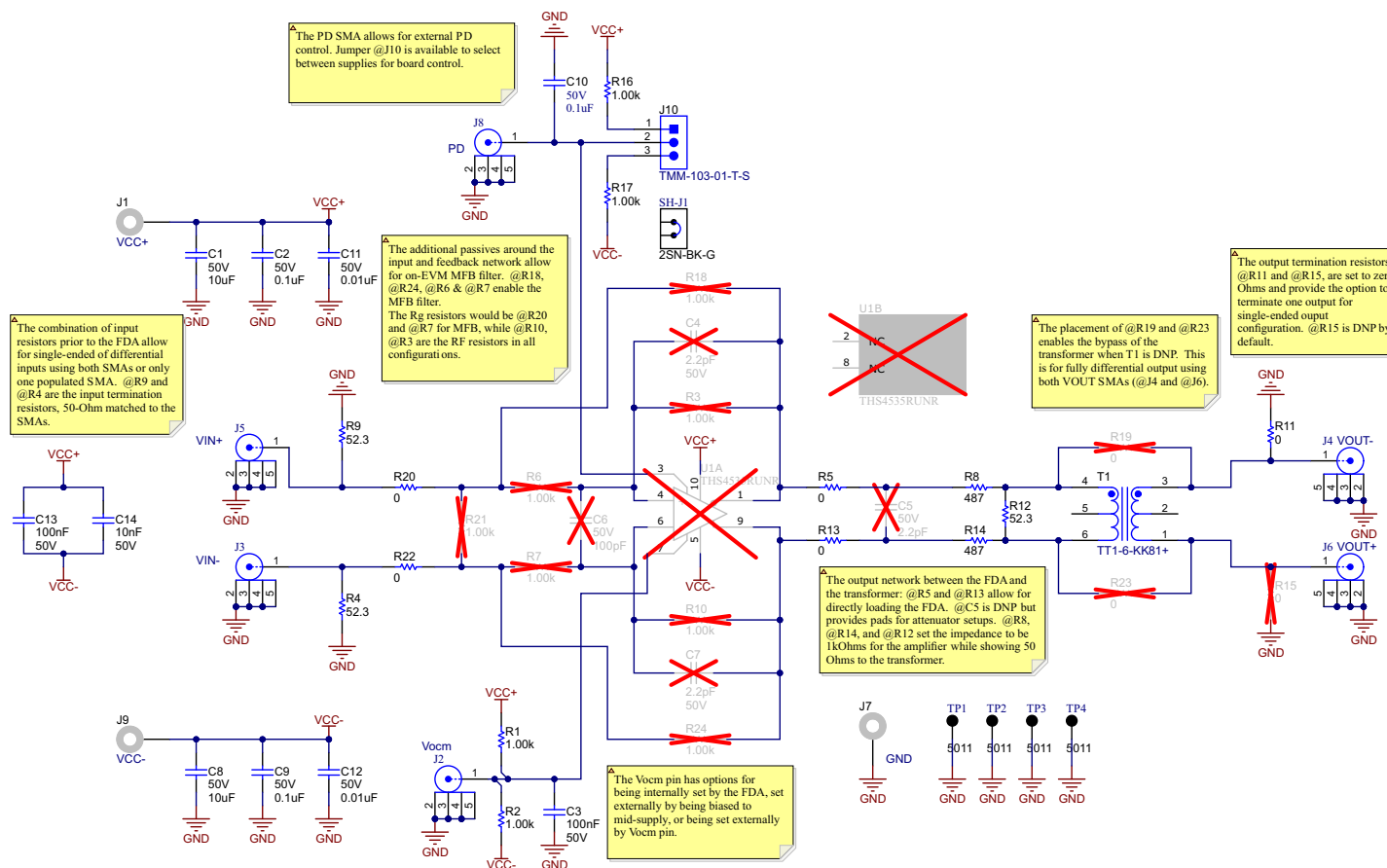


图 3-1. DEM-FDA-RUN-EVM 原理图

### 3.2 PCB 布局

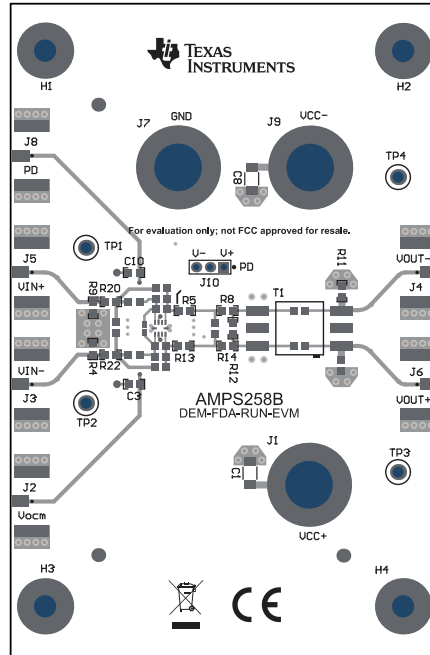


图 3-2. DEM-FDA-RUN-EVM 顶层

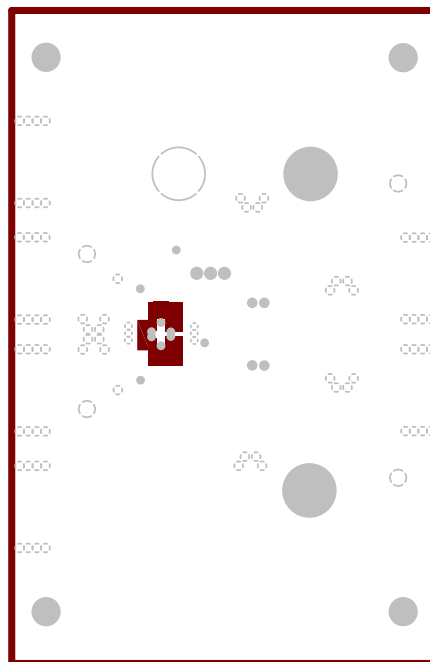


图 3-3. DEM-FDA-RUN-EVM GND 平面



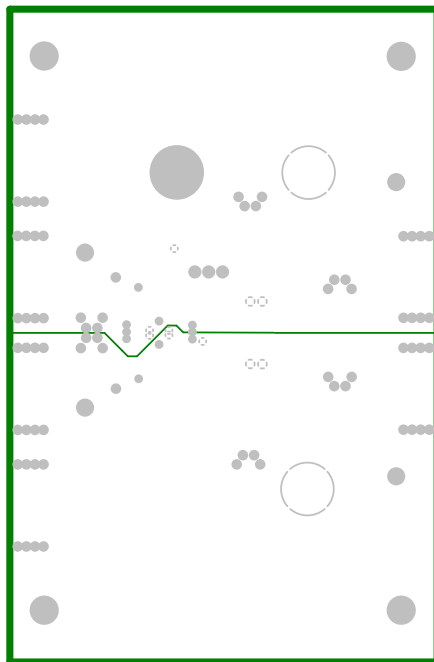


图 3-4. DEM-FDA-RUN-EVM 分割电源平面

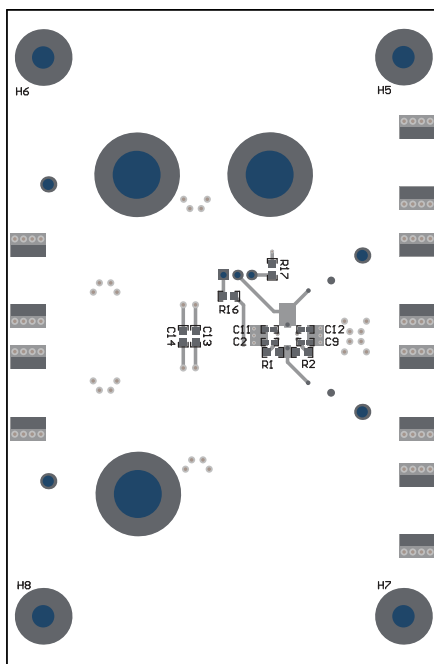


图 3-5. DEM-FDA-RUN-EVM 底层

### 3.3 物料清单 (BOM)

**表 3-1. 物料清单**

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
C1, C8	2	10uF	电容, 陶瓷, 10uF, 50V, +/-10%, X7T, 1206_190	1206_190	GCM31CD71H106K	MuRata
C2、C9	2	0.1uF	电容, 陶瓷, 0.1uF, 50V, +/-10%, X7R, 0402	0402	C1005X7R1H104K050BB	TDK
C3、C10、C13	3	0.1uF	电容, 陶瓷, 0.1uF, 50V, +/-10%, X7R, 0603	0603	C1608X7R1H104K080AA	TDK
C11、C12	2	0.01uF	电容, 陶瓷, 0.01uF, 50V, ± 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	0402	CGA2B3X7R1H103K050BB	TDK
C14	1	0.01uF	电容, 陶瓷, 0.01uF, 50V, +/-10%, X7R, 0603	0603	C1608X7R1H103K080AA	TDK
H1、H2、H3、H4	4		机械螺钉, 圆头, #4-40 x 1/4, 尼龙, 飞利浦盘形头	螺钉	NY PMS 440 0025 PH	B&F Fastener Supply
H5、H6、H7、H8	4		六角螺柱, 0.5"L #4-40, 尼龙	螺柱	1902C	Keystone
J1、J7、J9	3		标准香蕉插孔, 非绝缘, 15A	香蕉插孔	108-0740-001	Cinch Connectivity
J2、J3、J4、J5、J6、J8	6		SMA 插孔 50 Ω, 边缘安装, SMT	SMA 插孔 50 Ω, 边缘安装, SMT	901-10309	Amphenol-Tuchel Electronics
J10	1		接头, 2mm, 3 × 1, 锡, TH	接头, 2mm, 3 × 1	TMM-103-01-T-S	Samtec
R1、R2、R16、R17	4	1.00k	电阻, 1.00k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-071KL	Yageo
R4、R9、R12	3	52.3	电阻, 52.3, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-0752R3L	Yageo
R5、R11、R13、R20、R22	5	0	电阻, 0, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	RMCF0603ZT0R00	Stackpole Electronics Inc
R8、R14	2	487	电阻, 487, 0.5%, 0.1W, 0603	0603	RT0603DRE07487RL	Yageo America
SH-J1	1	1x2	分流器, 2mm, 镀金, 黑色	2mm 分流器, 顶部闭合	2SN-BK-G	Samtec
T1	1		射频变压器, 50Ω, 0.004 至 300MHz, SMT	7.62 × 6.86mm	TT1-6-KK81+	Mini-Circuits
TP1、TP2、TP3、TP4	4		测试点, 通用, 黑色, TH	黑色通用测试点	5011	Keystone Electronics
C4、C5、C7	0	2.2pF	电容, 陶瓷, 2.2pF, 50V, +/-11%, C0G/NP0, 0603	0603	06035A2R2CAT2A	AVX
C6	0	100pF	电容, 陶瓷, 100pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, AEC-Q200 1 级, 0402	0402	CGA2B2C0G1H101J050BA	TDK
FID1、FID2、FID3	0		基准标记。没有需要购买或安装的元件。	不适用	不适用	不适用

表 3-1. 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
R3、R6、R7、 R10、R18、R21、 R24	0	1.00k	电阻, 1.00k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-071KL	Yageo
R15、R19、R23	0	0	电阻, 0, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	RMCF0603ZT0R00	Stackpole Electronics Inc
U1	0		高精度 80MHz 全差动放大器	WQFN10	THS4535RUNR	德州仪器 (TI)

## 4 其他信息

### 4.1 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 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 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月