

EVM User's Guide: INA1H94EVM

INA1H94-SP 评估模块



说明

INA1H94EVM 评估模块 (EVM) 用于测试 INA1H94-SP。该 EVM 设计有组装电路，可快速评估采用 8 引脚 CFP 封装 (HKX) 的 INA1H94 的功能。该电路板通过香蕉连接器、SMA/SMB 连接器封装、测试点和封装实现了输入和输出连接的灵活性，可使用灵活的基准电压进行评估。

开始使用

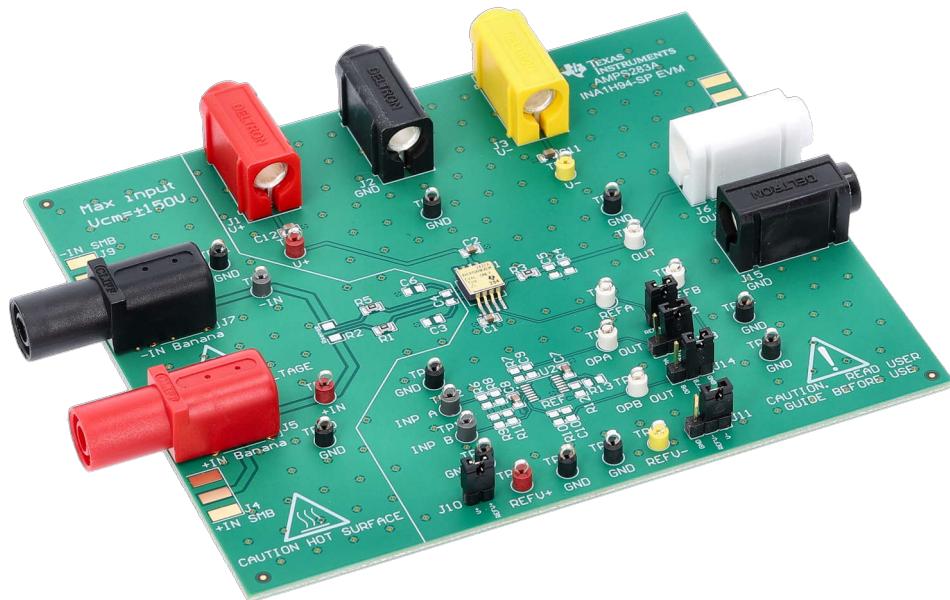
1. 从工具页面订购 INA1H94EVM 板
2. 有关详细的器件规格，请下载 [INA1H94-SP 数据表](#)
3. 下载 EVM 用户指南，了解相关说明

特性

- 为方便使用，组装了器件 INA1H94HKX/EM
- 通过香蕉连接器、测试点和 SMB/SMA 封装实现灵活的输入和输出连接
- 通过测试点轻松连接设备引脚
- 封装可用于组装检测电阻器、输入滤波元件和外部基准缓冲器

应用

- [高压电流检测](#)
- [卫星电力系统 \(EPS\)](#)
- [通信有效载荷](#)



1 评估模块概述

1.1 简介

本用户指南包含 INA1H94EVM 的支持文档。该 EVM 旨在评估 INA1H94-SP，并组装有器件 INA1H94HKX/EM。

本文档包括有关 EVM 使用方法、高压预防措施、套件内容、原理图、印刷电路板 (PCB) 布局和物料清单 (BOM) 的说明。本文档中的 **评估板**、**评估模块** 和 **EVM** 等术语指的是 INA1H94EVM。

1.2 套件内容

此 EVM 套件包括：

- INA1H94EVM 评估模块
- EVM 免责声明自述文件
- 高压自述文件

此该套件不包括：

- 用作 R_{SENSE} 、输入滤波元件和输出负载的电容器和电阻器
- 外部基准电路的元件
- SMB/SMA 连接器

1.3 规格

INA1H94EVM 是一款评估模块，它提供了一种评估 INA1H94-SP 的方法。该 EVM 组装有工程样片版本 (INA1H94HKX/EM)，未经辐射测试。印刷电路板 (PCB) 的尺寸为 4.20 x 5 英寸，使用 FR4 材料。

EVM 提供以下功能：

- 高达 $\pm 150V$ 的高压输入端子。有关高压指南，请参阅[节 通用德州仪器 \(TI\) 高压评估 \(TI HV EVM\) 用户安全指南](#)。
- 可选基准缓冲器封装（采用 TSSOP-14 封装的四路运算放大器）
- 可选检测电阻器封装（0805 元件）
- 适合输入滤波电容器和输出负载的封装（0805 元件）
- 适合 PCB 输入端和输出端的 SMA/SMB 连接器的封装
- 可将 REFA 和 REFB 偏置到不同电压的选件

1.4 器件信息

INA1H94-SP 是一款耐辐射精密单位增益差动放大器，此放大器有一个非常高的输入共模电压范围。该器件是一款单一、单片器件，此器件包括一个精密运算放大器和一个集成型薄膜电阻器网络。INA1H94 可在出现高达 $\pm 150V$ 共模信号时精确测量小差分电压。

INA1H94-SP 采用 HKX-8 封装，提供 QML V 类 (QMLV) 或工程样片 (EM) 版本。图 1-1 显示了经过简化的方框图。如需了解更多器件信息，请参阅 [INA1H94-SP 耐辐射高共模电压差动放大器数据表](#)。

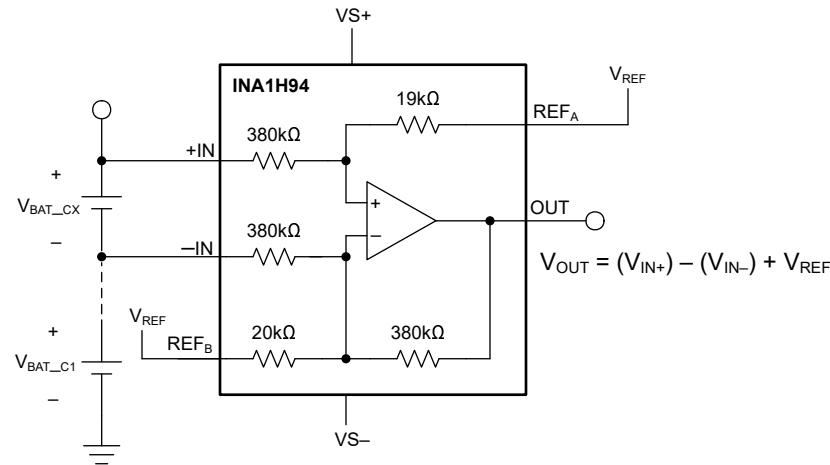


图 1-1. INA1H94 简化版应用

通用德州仪器 (TI) 高压评估 (TI HV EVM) 用户安全指南



务必遵循 TI 的设置和应用说明，包括在建议的电气额定电压和功率限制范围内使用所有接口元件。务必采取电气安全防护措施，这样有助于确保自身和周围人员的人身安全。如需了解更多信息，请联系 TI 的产品信息中心，网址为 <http://ti.com/customer support>。

保存所有警告和说明以供将来参考。

警告

务必遵循警告和说明，否则可能引发电击和灼伤危险，进而造成财产损失或人员伤亡。

TI HV EVM 一词是指通常以开放式框架、敞开式印刷电路板装配形式提供的电子器件。该器件严格用于开发实验室环境，仅供了解开发和应用高压电路相关电气安全风险且接受过专门培训、具有专业知识背景的合格专业用户使用。德州仪器 (TI) 严禁任何其他不合规的使用和/或应用。如果不满足合格要求，应立即停止进一步使用 HV EVM。

1. 工作区安全：

- a. 保持工作区整洁有序。
- b. 每次电路通电时，都必须由具有资质的观察员在场监督。
- c. TI HV EVM 及接口电子元件通电区域必须设有有效的防护栏和标识；指示可能存在高压操作，以避免意外接触。
- d. 开发环境中使用的所有接口电路、电源、评估模块、仪器、仪表、示波器和其他相关装置如果超过 50Vrms/75VDC，则必须置于紧急断电 EPO 保护电源板内。
- e. 使用稳定且不导电的工作台。
- f. 使用充分绝缘的夹钳和导线来连接测量探针和仪器。尽量不要徒手进行测试。

2. 电气安全：

- a. 作为一项预防措施，假定整个 EVM 可能存在用户可完全接触到的高电压是一种好的工程做法。
- b. 执行任何电气测量或其他诊断测量之前，需切断 TI HV EVM 及其全部输入、输出和电气负载的电源。再次确认 TI HV EVM 已安全断电。
- c. 确认 EVM 断电后，根据所需的电路配置、接线、测量设备连接和其他应用需求执行进一步操作，同时仍假定 EVM 电路和测量仪器均带电。
- d. EVM 准备就绪后，根据需要将 EVM 通电。

警告

EVM 通电后，请勿触摸 EVM 或电路，因为 EVM 或电路可能存在高压，会造成电击危险。

3. 人身安全

- a. 穿戴个人防护装备（例如乳胶手套或具有侧护板的安全眼镜）或将 EVM 放置于带有联锁装置的透明塑料箱，避免意外接触。

安全使用限制条件：

勿将 EVM 作为整体或部分生产单元使用。

2 硬件

2.1 电源要求

INA1H94 的工作电源电压范围为 $\pm 2V$ 至 $\pm 9V$ 双电源或 $4V$ 至 $18V$ 单电源。该器件可使用双电源或单电源供电。该 EVM 具有用于正电源 ($+V$)、负电源 ($-V$) 和接地 (GND) 的连接，如图 2-1 所示。电路板上组装了旁路电容器 (C1、C2、C11、C12)，可作为器件电源。可以使用标准 4mm 香蕉插孔，或通过使用电源测试点来完成电源连接，然而在运行过程中不需要它们。如果在单电源中使用，则将 ($V-$) 和 GND 都接地。

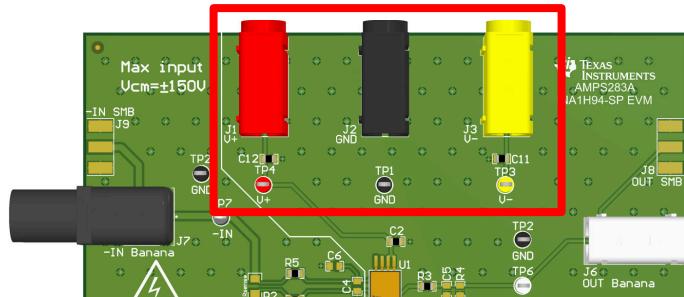


图 2-1. 电源连接器和测试点

图 2-2 显示电路板的高压部分由丝印和额定电压较高的香蕉插孔连接器 (J5、J7) 表示。丝印部分显示 PCB 布线如何针对高压电气间隙和设计规则进行优化，以承受符合器件额定值的 $\pm 150V$ 最大额定电压。所有其他香蕉插孔连接器的额定电压均低于 50V。

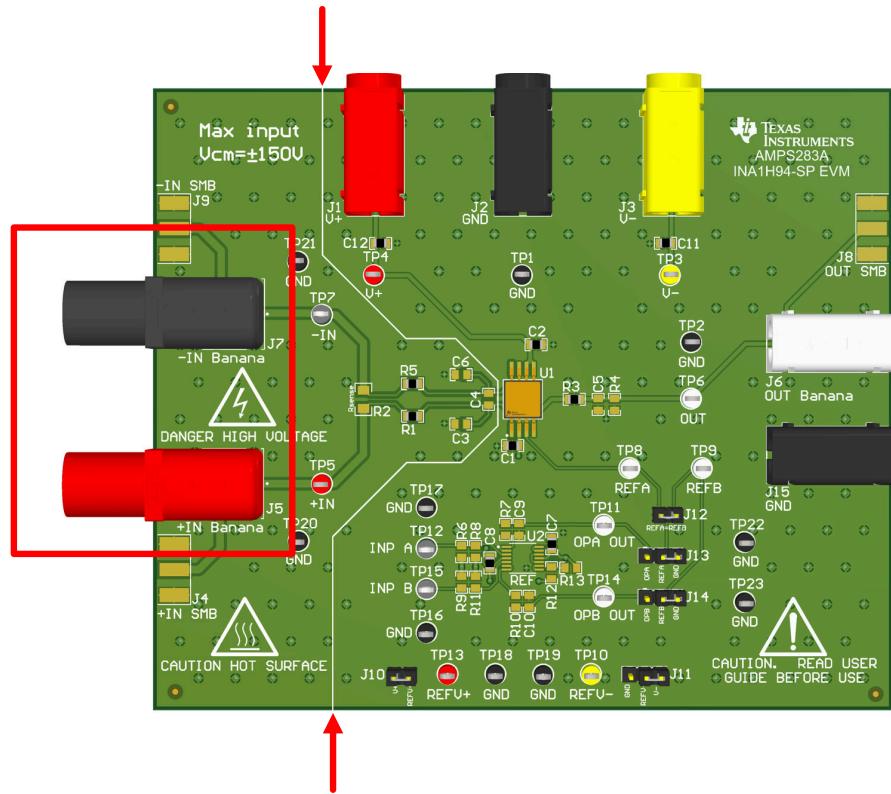


图 2-2. 评估板的高压部分

使用外部基准缓冲器时，基准缓冲器的电源电压 (REFV+ 和 REFV-) 可以通过 J10 和 J11 连接到电路板电源 ($V+$ 和 $V-$ 或 GND)，也可以通过测试点 TP13 和 TP10 在外部连接，然而在运行过程中不需要它们。测试点和接头的位置如图 2-3 所示。如果从外部驱动 REFV+ 和 REFV-，请从 J10 和 J11 上移除分流器。如果从外部驱

动，请勿将电路板电源（V+ 和 V-）和 REF 电源（REFV+ 和 REFV-）连接在一起。有关更多信息，请参阅表 2-1。

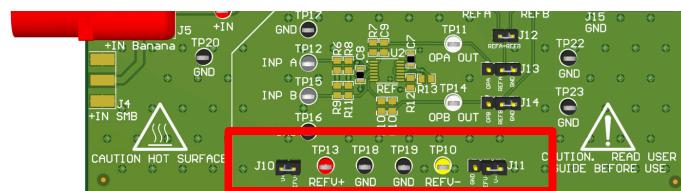


图 2-3. 基准电源引脚接头和测试点

表 2-1. 基准缓冲器电源电压接头

接头名称	功能	设置	说明
J10	REFV+	闭合	REFV+ 短接至 V+。请勿向 TP13 施加外部电压
		开路	REFV+ 悬空并且必须通过 TP13 进行外部偏置
J11	REFV-	闭合 (REFV- 至 V-)	REFV- 短接至 V-。请勿向 TP10 施加外部电压
		闭合 (REFV- 至 GND)	REFV- 短接至 GND。请勿向 TP13 施加外部电压
		开路	REFV- 悬空并且必须通过 TP10 进行外部偏置

2.2 测试点

测试点在电路板上用“TP”表示，它们位于整个电路板上，可在整条信号路径和多种电源中使用。测试点还可用于直接偏置输入电压、基准电压或电源电压上的电压。还包含了 GND 点以方便使用。有关所有测试点位置，请参阅节 3.1。

2.3 设置

该 EVM 的默认配置无需进行任何修改即可测试 INA1H94，并且按照图 2-4 中所示的连接，使用标准实验室设备测试基本器件特性。节 2.3.1 至节 2.3.2 显示了可对电路进行的修改。

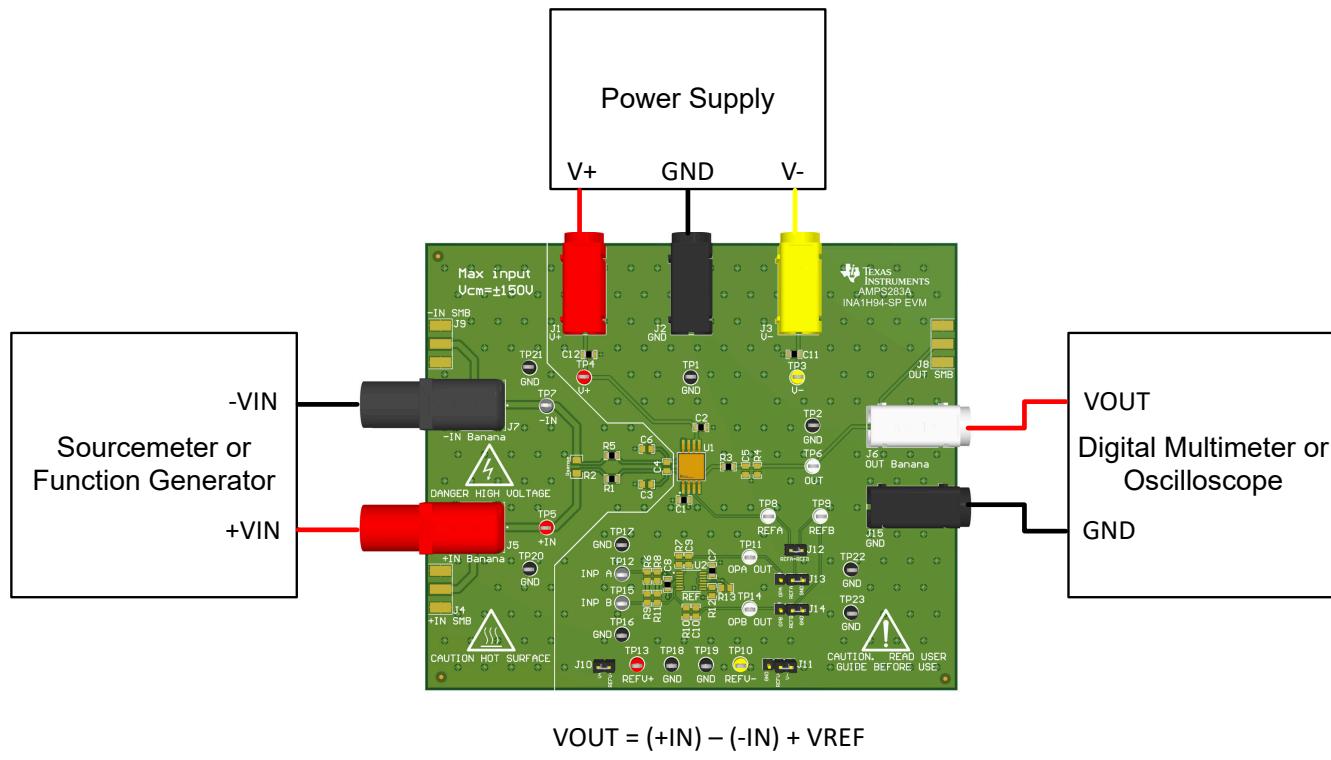


图 2-4. 使用默认设置的简化测试台配置

表 2-2. 默认接头设置

接头名称	设置
J10	闭合
J11	闭合 (REFV- 至 V-)
J12	闭合
J13	闭合 (REFA 至 GND)
J14	闭合 (REFB 至 GND)

2.3.1 基准电压

EVM 提供了可选的基准缓冲器封装，使得基准引脚可以偏置到不同的电压电位。接头 J12、J13 和 J14 带来了灵活性，基准电路可以同时驱动基准引脚 (REFA 和 REFB)，也可以通过外部基准缓冲器电路独立驱动。有关不同配置选项的信息，请参阅表 2-3。默认情况下，此电路未组装，并且可使用接头来设置器件，让两个 REF 引脚接地（请参阅节 2.3.1.1）。

有关如何为基准缓冲电路供电的选项，请参阅节 2.1。

由于与航天应用兼容，在原理图中选择 OPA4H014-SEP 作为基准缓冲器 (U2)。使用基准电路时，采用 TSSOP-14 封装的大多数四通道运算放大器都可以作为替代产品。可以通过 [TI.com 上的此链接](#) 找到航天级运算放大器建议。

基准电压可以在多种配置中偏置，从而修改传递函数。节 2.3.1.1 到节 2.3.1.3 概述了常用配置和所需设置示例。

表 2-3. 基准引脚 (REFA 和 REFB) 的接头配置

接头名称	设置	说明
J12	闭合	将 REF A 和 REF B 引脚短接在一起
	开路	REF A 和 REF B 引脚单独连接
J13	闭合 (REF A 至 OPA)	REF A 连接到基准缓冲器通道 A 的输出端
	闭合 (REF A 至 GND)	REF A 连接到 GND
J14	开路	REF B 保持悬空。引脚可通过 TP8 从外部驱动。
	闭合 (REF B 至 OPB)	REF B 连接到基准缓冲器通道 B 的输出端
	闭合 (REF B 至 GND)	REF B 连接到 GND
	开路	REF B 保持悬空。引脚可通过 TP9 从外部驱动。

2.3.1.1 配置 1 : REF A 和 REF B = GND

图 2-5 显示了配置 1 的电路，表 2-4 概述了接头引脚设置。最常见的用例是将两个基准引脚 (REF A 和 REF B) 设置为 GND，并将基准引脚连接在一起。通过将基准电压接地，传递函数可简化为方程式 1。

$$V_{OUT} = (+IN) - (-IN) \quad (1)$$

表 2-4. 配置 1 的接头引脚

接头名称	设置
J12	闭合
J13	闭合 (REF A 至 GND)
J14	闭合 (REF B 至 GND)

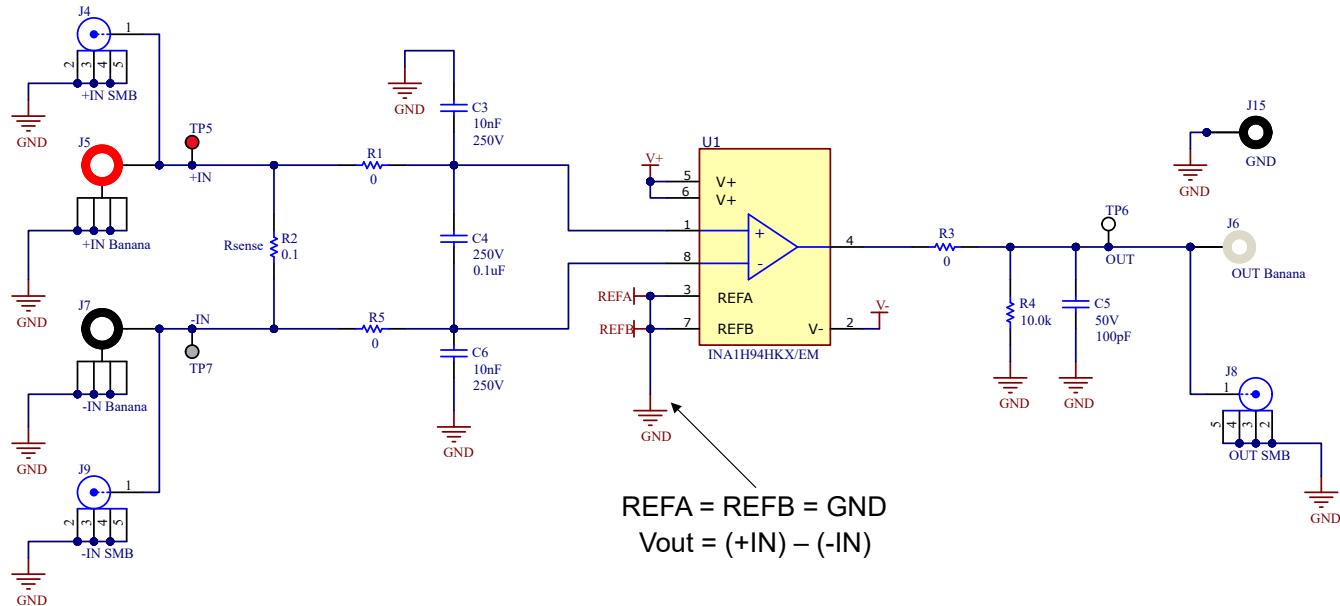


图 2-5. 基准引脚已接地

2.3.1.2 配置 2：运算放大器 (OPA) 通道 A 偏置 REFA 和 REFb

图 2-6 显示了配置 2 的电路，表 2-5 概述了接头引脚设置。

此用例将基准电压设置为 REFA 和 REFb 的供电电压中值。电压由外部基准缓冲器 (U2) 的通道 A 设置。必须组装缓冲器电路，并且必须至少添加以下元件：U2、R6、R7、R8、R9、R10、R11、R12 和 R13。在此电路中，REFA 和 REFb 均通过短接 J12 以相同电压进行偏置。相应的传递函数变为方程式 2，其中基准缓冲器的输出为 V_{REF} 。

$$V_{OUT} = (+IN) - (-IN) + V_{REF} \quad (2)$$

表 2-5. 配置 2 的接头引脚

接头名称	设置
J12	开路
J13	闭合 (REFA 至 OPA)
J14	开路

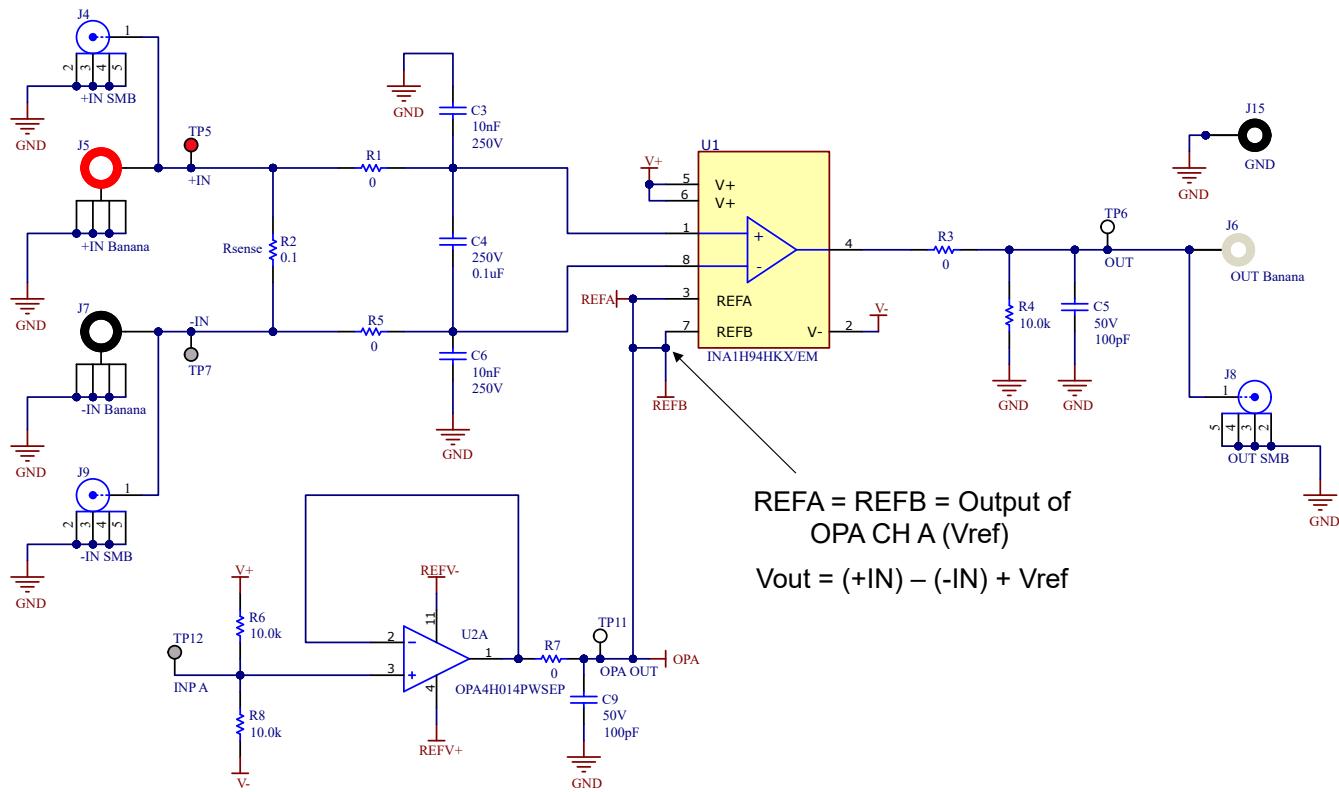


图 2-6. 运算放大器 (OPA) 通道 A 偏置 REFA 和 REFb

2.3.1.3 配置 3：REFA 和 REFb 分别偏置

图 2-7 显示了配置 3 的电路，表 2-6 概述了接头引脚设置。

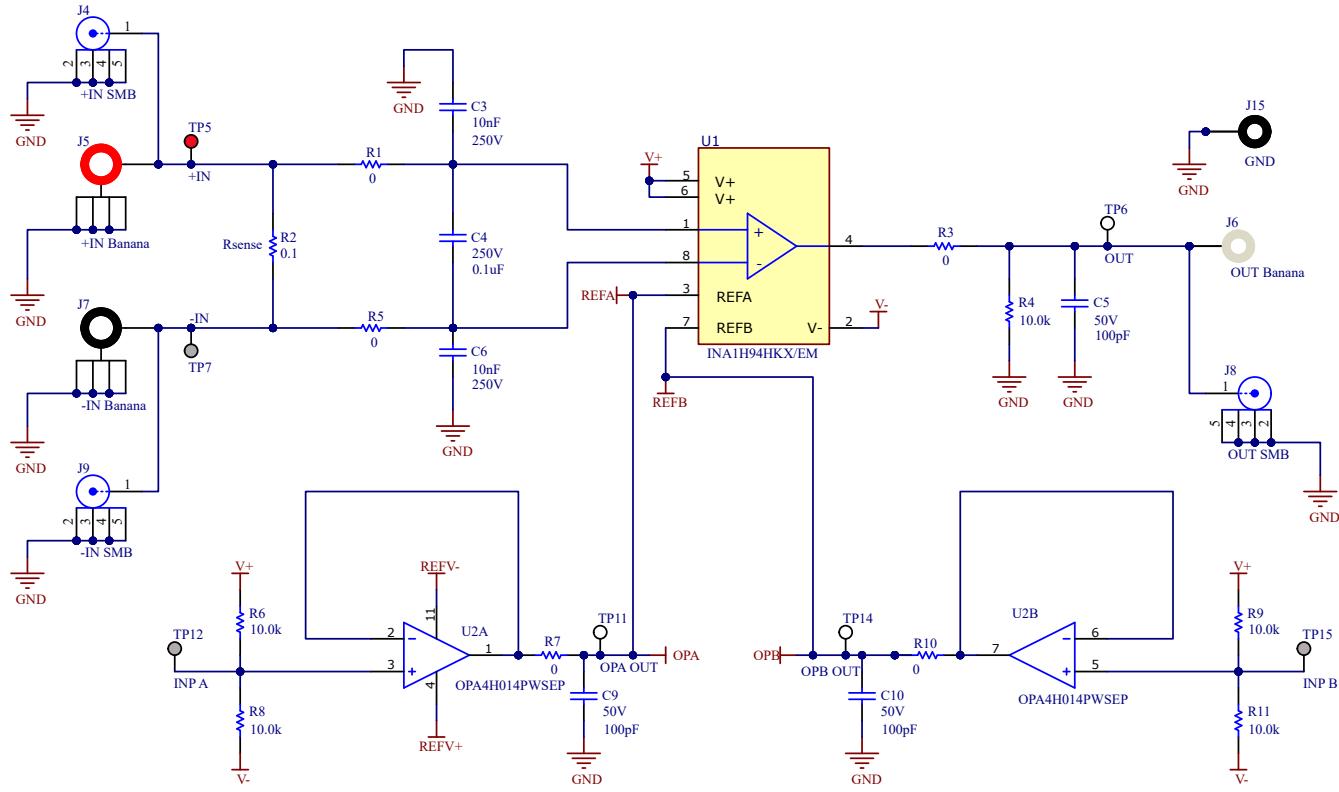
此用例可分别设置 REFA 和 REFb 的基准电压。REFA 由外部基准缓冲器 (U2) 的通道 A 设置，REFb 由通道 B 设置。相应的传递函数变为方程式 3。必须组装缓冲器电路，并且至少需要添加以下元件：U2、R7、R10、R12、R13。

通过向 TP12 和 TP15 施加电压或者更改输入分压器上的电阻比 (R6/R8 和 R9/R11)，可以将两个独立的基准电压偏置到 REFA 和 REFb。请勿同时连接外部电压源并组装电阻分压器网络。

$$V_{OUT} = (+IN) - (-IN) + 20 \times REFA - 19 \times REFb \quad (3)$$

表 2-6. 配置 3 的接头引脚

接头名称	设置
J12	闭合
J13	闭合 (REFA 至 OPA)
J14	闭合 (REFb 至 OPB)



REFa = Output of OPA CH A

REFb = Output of OPA CH B

$$V_{out} = (+IN) - (-IN) + 20 \times REFa - 19 \times REFb$$

图 2-7. REFa 和 REFb 分别偏置

2.3.2 电流检测

EVM 布局中设计了 R_{SENSE} 电阻器封装 (R2)，用于评估电流检测应用。如果使用 R_{SENSE} ，则该电阻器的额定值必须根据所选输入设置，且其尺寸范围必须为 0603 至 1206。布线宽度考虑到评估高达 5A 的负载电流。有关安全使用高压的所有预防措施，请参阅节 通用德州仪器 (TI) 高压评估 (TI HV EVM) 用户安全指南。

2.3.3 输入滤波

可以使用 C3、C4、C6 将共模和差分输入滤波应用于电路。默认情况下不组装这些元件。为电容器选择元件值时，建议 C4 大约比 C3 和 C6 大十倍。请注意，所选的任何电容器和电阻器都必须根据施加的输入来设置其额定值。

2.3.4 输出负载

可使用 R4 和 C5 向电路施加输出负载，分别作为阻性负载和电容负载。R3 可与 C5 一起用作输出滤波器。默认情况下，R3 的电阻值为 0Ω，而 R4 和 R5 未组装。

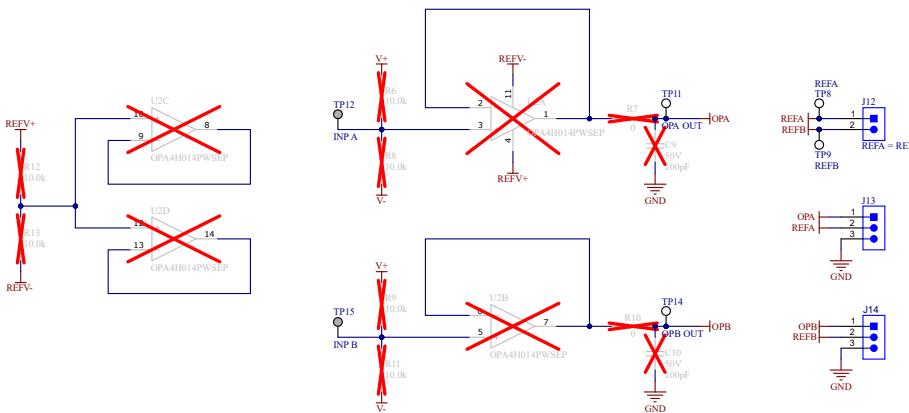
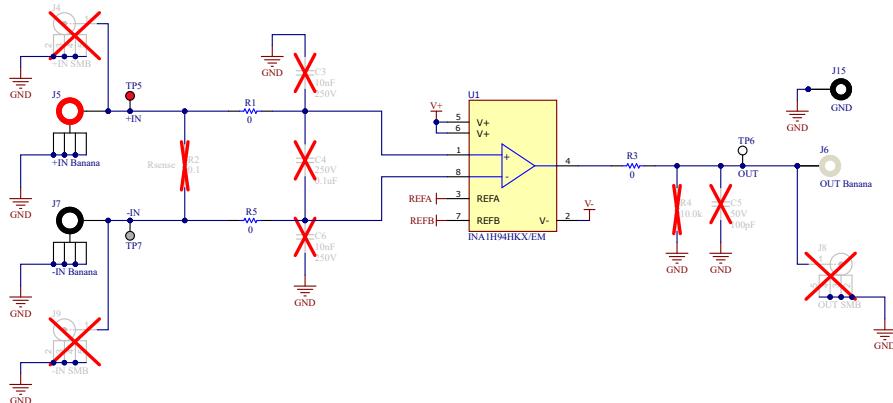
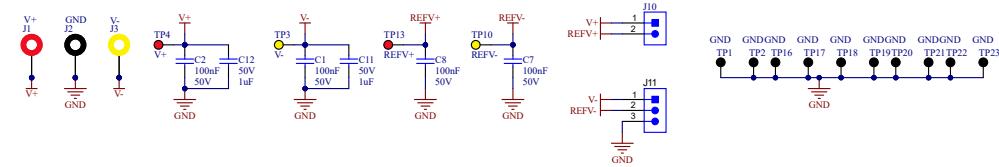
2.4 最佳实践

欲了解最佳实践：

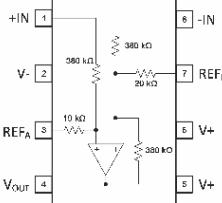
- 请参考 [INA1H94-SP 耐辐射高共模电压差动放大器数据表](#)，了解器件规格和信息。
- 使用 EVM 之前，请查看 [节 通用德州仪器 \(TI\) 高压评估 \(TI HV EVM\) 用户安全指南](#)，了解高压 EVM 安全指南。
- EVM 和所有板载元件仅用于评估，而不用于飞行。

3 硬件设计文件

3.1 原理图



INA1H94-SP Pinout (HKX-8)



$$V_{OUT} = (+IN) - (-IN) + 20 \times REF_A - 19 \times REF_B$$

3.2 PCB 布局

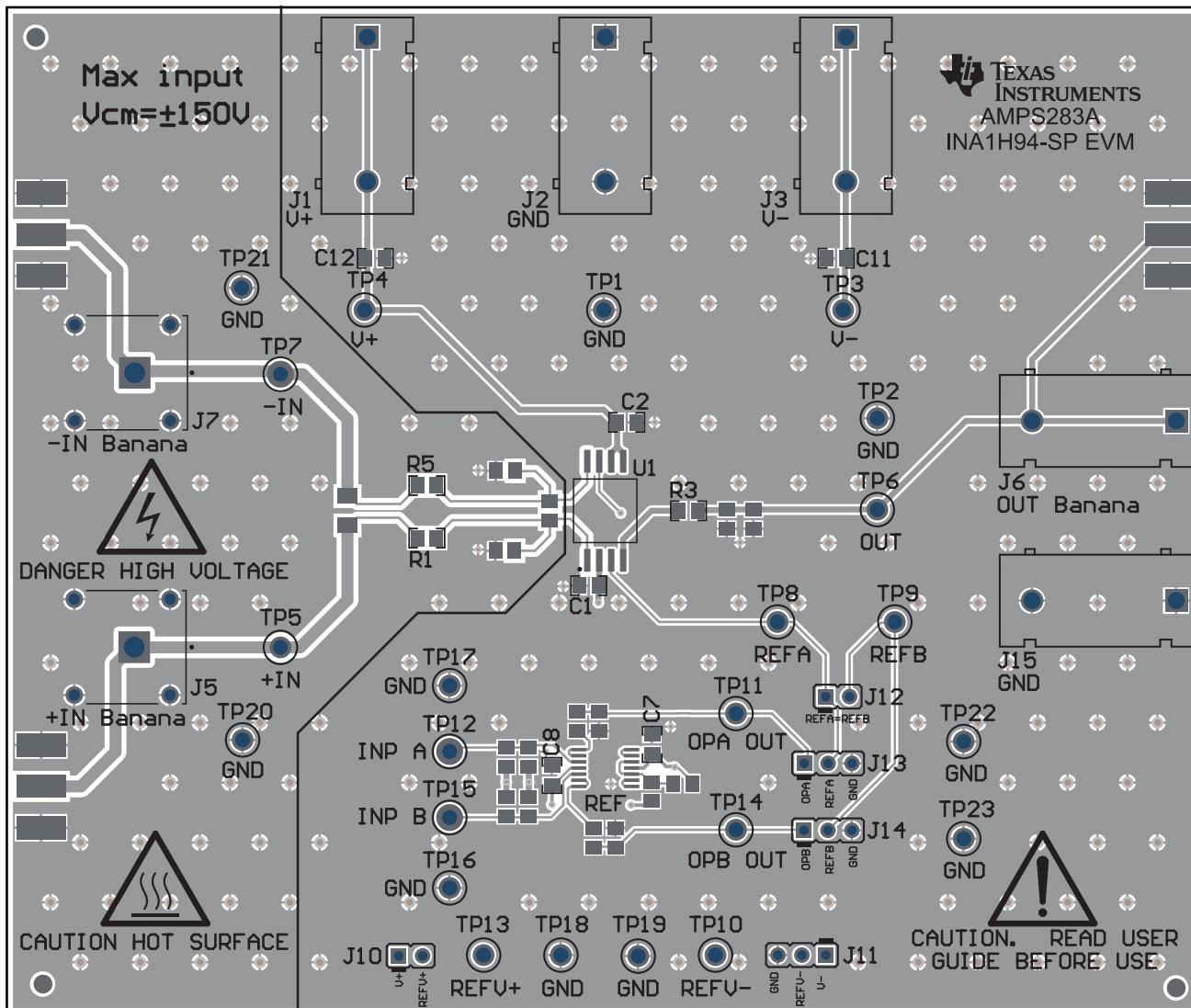


图 3-1. 顶层丝印

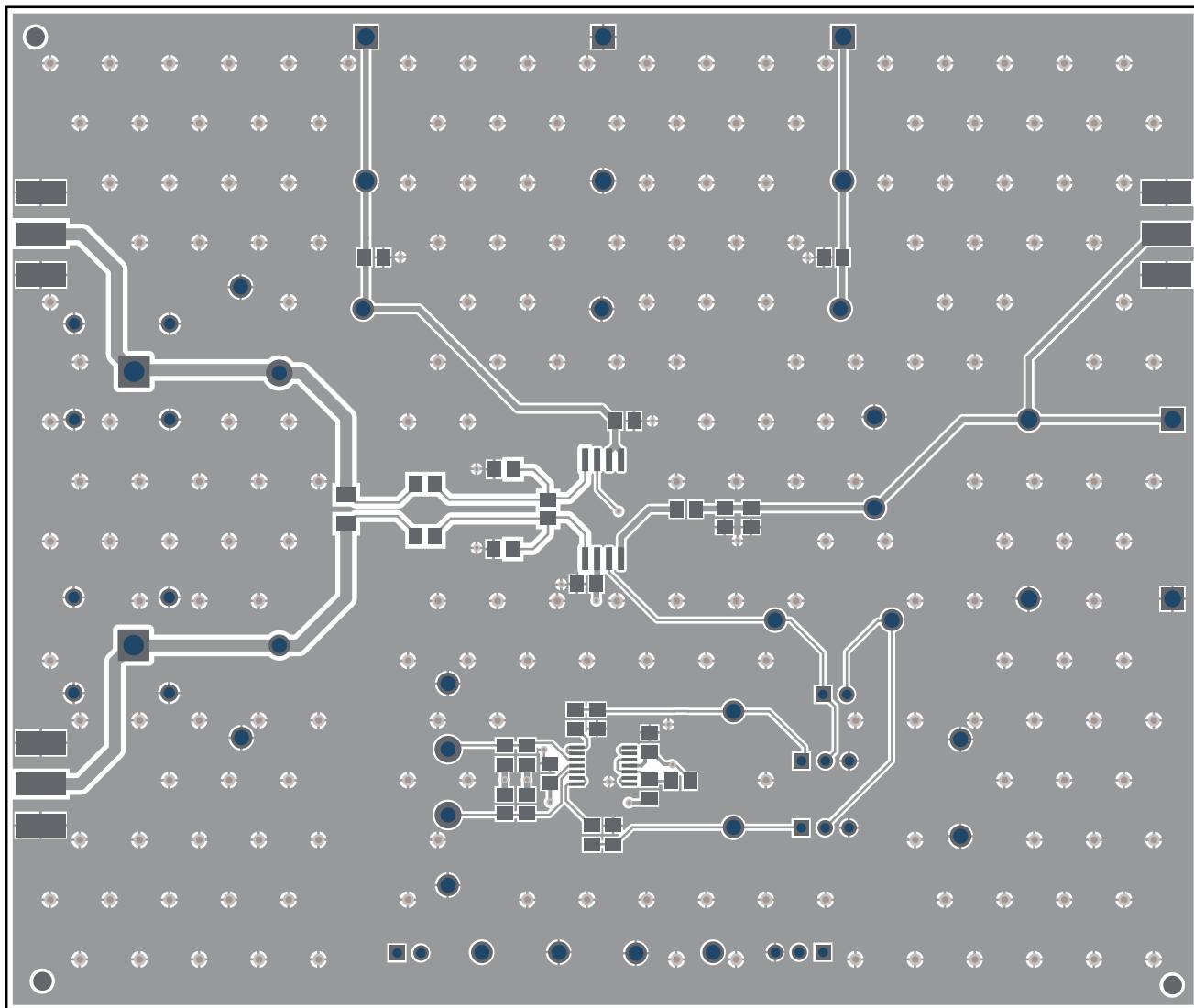


图 3-2. 顶层掩模

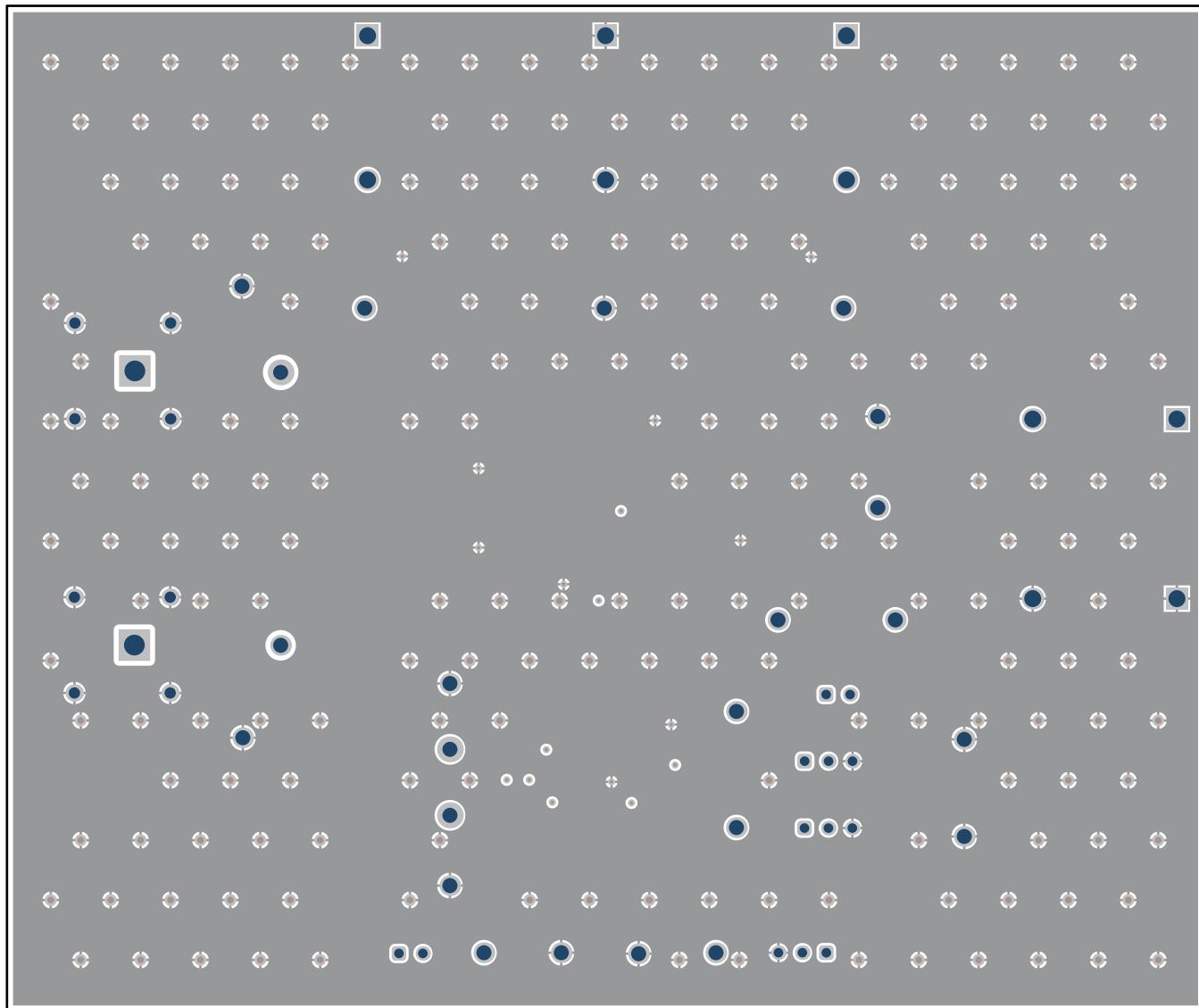


图 3-3. GND 层掩模

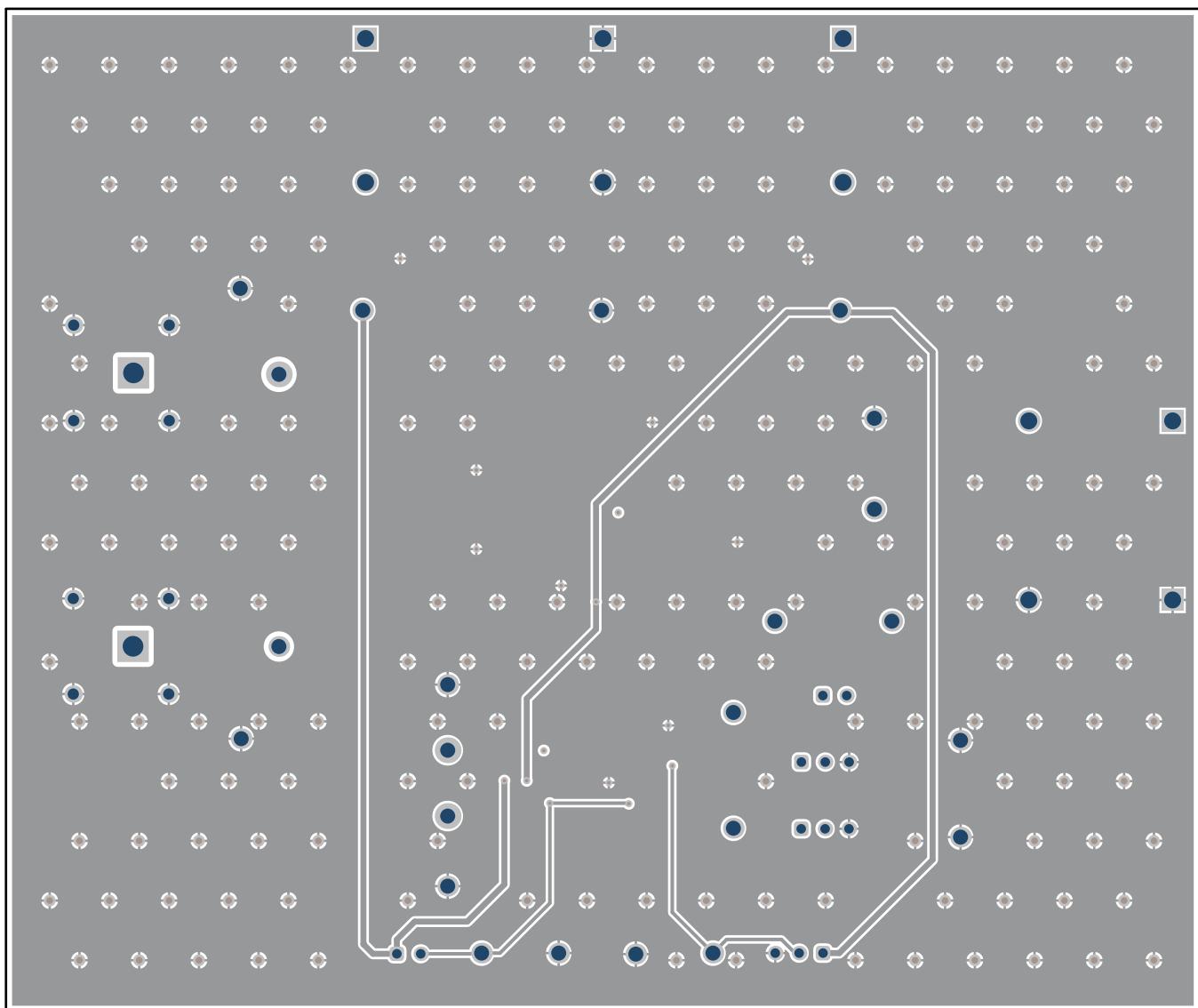


图 3-4. 电源层掩模

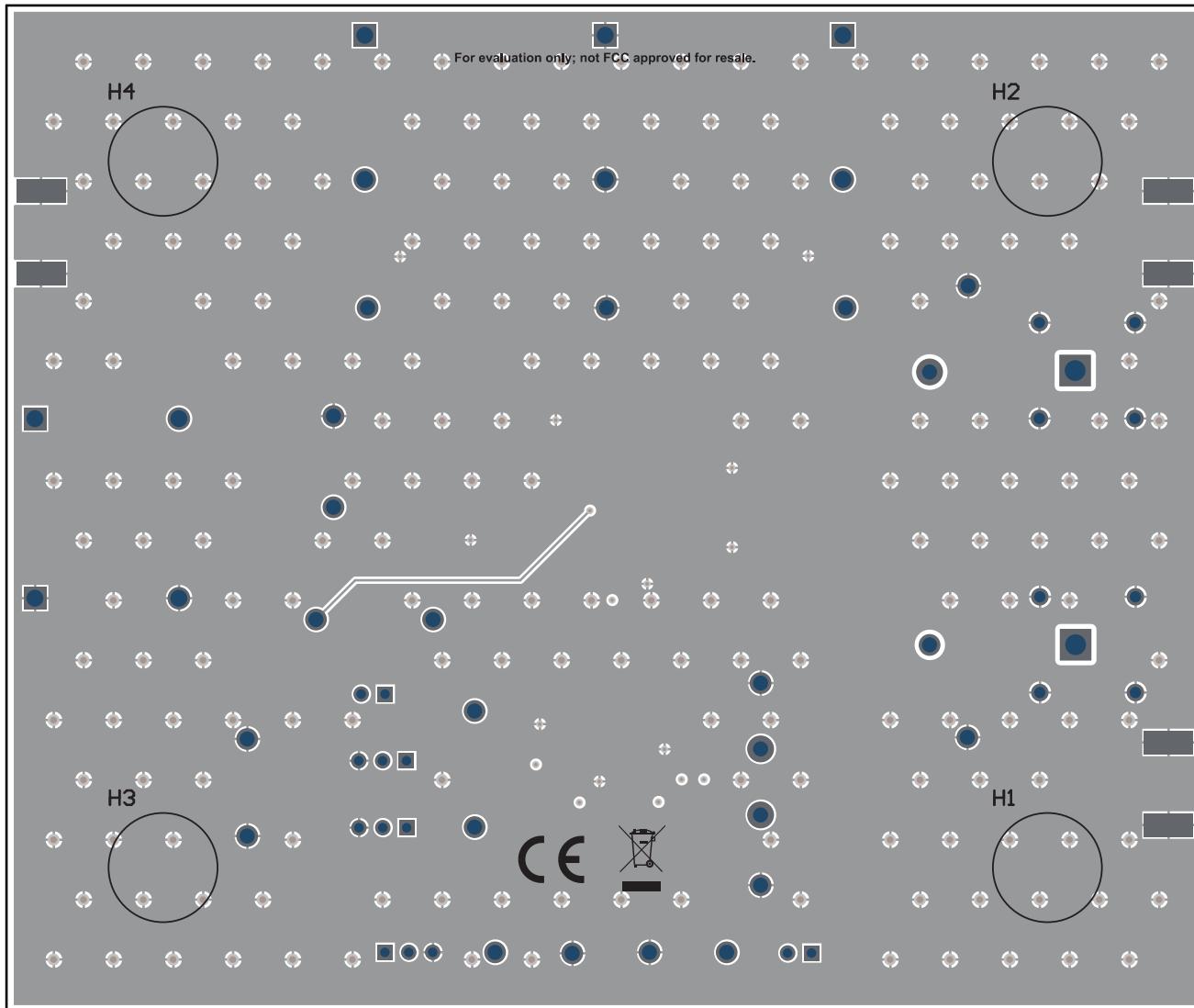


图 3-5. 底层丝印

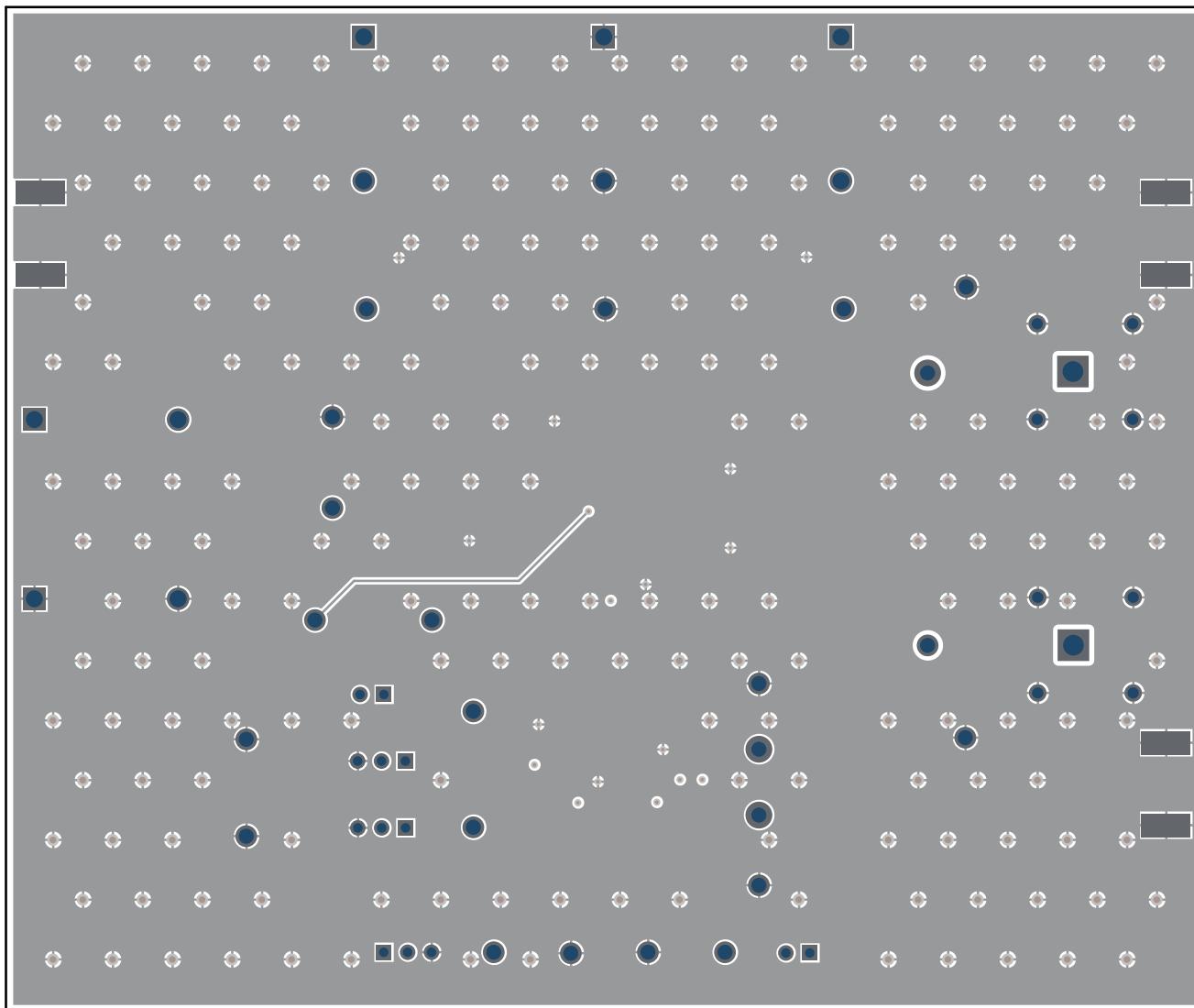


图 3-6. 底层掩模

3.3 物料清单 (BOM)

指示符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
C1、C2、C7、C8	4	0.1uF	电容，陶瓷，0.1μF，50V，+/-20%，X7R，0805	0805	CL21B104MBCNNNC	Samsung
C11、C12	2	1μF	电容，陶瓷，1μF，50V，+/-20%，X7R，AEC-Q200 1 级，0805	0805	GCJ21BR71H105MA01L	MuRata
H1、H2、H3、H4	4		Bumpon，半球形，0.44 X 0.20，透明	透明 Bumpon	SJ-5303 (CLEAR)	3M
J1	1		标准香蕉插孔，绝缘，10A，红色	571-0500	571-0500	DEM Manufacturing
J2、J15	2		标准香蕉插孔，绝缘，10A，黑色	571-0100	571-0100	DEM Manufacturing
J3	1		标准香蕉插孔，绝缘，10A，黄色	571-0700	571-0700	DEM Manufacturing
J5	1		香蕉插孔连接器，标准香蕉焊片，红色	CONN_BANANA_JACK	FCR7350R	CLIFF Electronic Components
J6	1		标准香蕉插孔，绝缘，10A，白色	571-0600	571-0600	DEM Manufacturing
J7	1		香蕉插孔连接器，标准香蕉焊片，黑色	CONN_BANANA_JACK	FCR7350B	CLIFF Electronic Components
J10、J12	2		接头，2.54mm，2x1，锡，TH	接头，2.54mm，2x1，TH	TSW-102-23-T-S	Samtec
J11、J13、J14	3		接头，2.54mm，3x1，金，TH	接头，2.54mm，3x1，TH	HMTSW-103-07-G-S-240	Samtec
R1、R3、R5	3	0	电阻，0，5%，0.125W，AEC-Q200 0 级，0805	0805	ERJ-6GEY0R00V	Panasonic
SH-J10、SH-J11、SH-J12、SH-J13、SH-J14	5		分流器，2.54mm，金，黑色	分流器，2.54mm，黑色	60900213421	Wurth Elektronik
TP1、TP2、TP16、TP17、TP18、TP19、TP20、TP21、TP22、TP23	10		测试点，紧凑型，黑色，TH	黑色紧凑型测试点	5006	Keystone Electronics
TP3、TP10	2		测试点，紧凑，黄色，TH	黄色紧凑型测试点	5009	Keystone Electronics
TP4、TP5、TP13	3		测试点，紧凑，红色，TH	红色紧凑型测试点	5005	Keystone Electronics
TP6、TP8、TP9、TP11、TP14	5		测试点，紧凑型，白色，TH	白色紧凑型测试点	5007	Keystone Electronics
TP7、TP12、TP15	3		测试点，紧凑，灰色，TH	测试点、灰色、220mil、TH	5123	Keystone Electronics
U1	1		耐辐射高共模电压差动放大器	CFP8	INA1H94HKX/EM	德州仪器 (TI)
C3、C6	0	0.01uF	电容，陶瓷，0.01μF，250V，+/-10%，X7R，0805	0805	GRM21BR72E103KW03L	MuRata
C4	0	0.1uF	电容，陶瓷，0.1μF，250V，+/-10%，X7T，0805	0805	C2012X7T2E104K125AA	TDK

指示符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
C5、C9、C10	0	100pF	电容，陶瓷，100pF，50V，+/-5%，C0G/NP0，0805	0805	8.85012E+11	Wurth Elektronik
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
J4、J8、J9	0		连接器，末端发射 SMA，50 欧姆，SMT	SMA 末端发射	142-0701-851	Cinch Connectivity
R2	0	0.1	电阻，0.1，1%，0.5W，AEC-Q200 1 级，1206	1206	UR73V2BTTDR100F	KOA Speer
R4、R6、R8、R9、R11、R12、R13	0	10.0k	电阻，10.0k，0.1%，0.125W，0805	0805	RT0805BRD0710KL	Yageo America
R7、R10	0	0	电阻，0，5%，0.125W，AEC-Q200 0 级，0805	0805	ERJ-6GEY0R00V	Panasonic
U2	0		采用增强型航天塑料的 11MHz、精密、低噪声、RRO、JFET 运算放大器	TSSOP14	OPA4H014PWSEP	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。

4.2 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI) , [INA1H94-SP 耐辐射高共模电压差动放大器数据表](#)

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