

## User's Guide

## TPS7H4003EVM 评估模块 (EVM)



## 摘要

TPS7H4003EVM 是用于 TPS7H4003-SEP 的评估模块 (EVM)，并提供一个评估电气特性的平台。本用户指南提供了关于 EVM、配置、原理图和物料清单的详细信息。

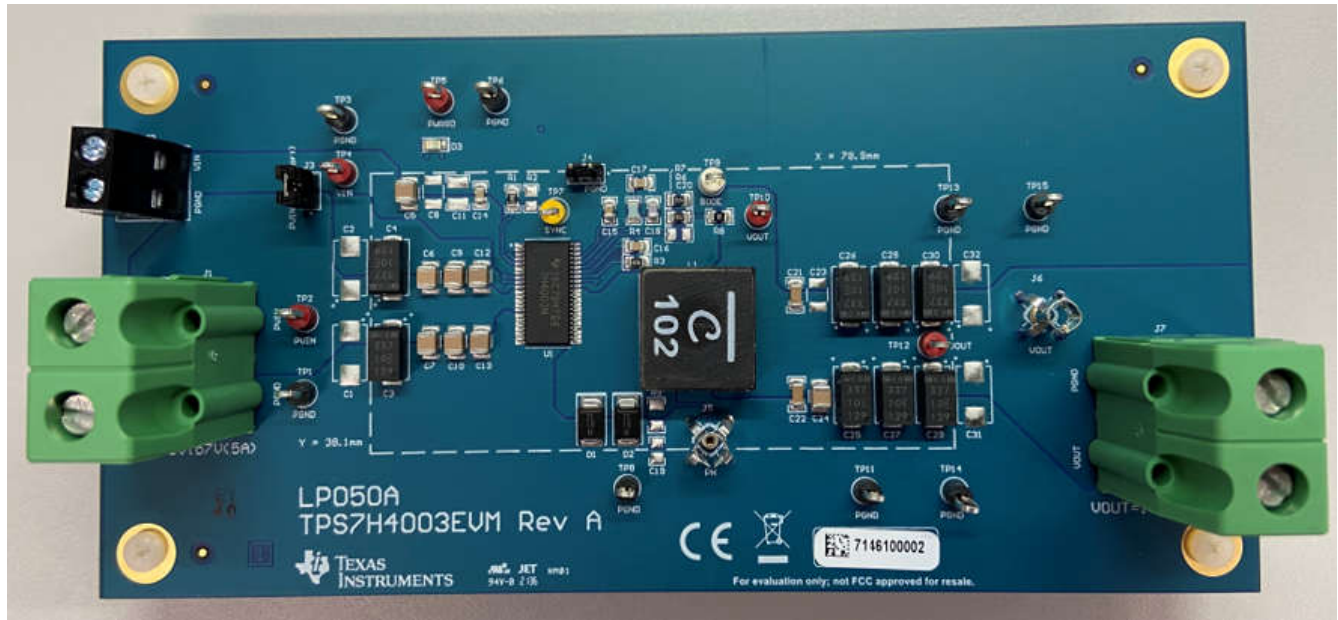


图 1-1. TPS7H4003EVM (单通道)

## 内容

1 TPS7H4003EVM 概述.....	3
2 TPS7H4003EVM 默认配置.....	4
3 TPS7H4003EVM 初始设置.....	5
4 TPS7H4003EVM 测试.....	6
5 TPS7H4003EVM 原理图.....	10
6 TPS7H4003EVM 物料清单 (BOM).....	11
7 电路板布局.....	14
8 支持资源.....	20
9 修订历史记录.....	21

## 插图清单

图 1-1. TPS7H4003EVM (单通道) .....	1
图 4-1. 输出电压调节.....	6
图 4-2. 输出电压纹波 $V_{IN} = 5V$ , $V_{OUT} = 1V$ , $I_{OUT} = 18A$ .....	6
图 4-3. 输出软启动电压, $V_{IN} = 5V$ , $V_{OUT} = 1V$ , $I_{OUT} = 18A$ .....	7
图 4-4. 对 9A 至 18A 负载阶跃的瞬态响应 (以 $1A/\mu s$ 的速率).....	7
图 4-5. 对 18A 至 9A 负载阶跃的瞬态响应 (以 $1A/\mu s$ 的速率).....	8
图 4-6. 测量频率响应的 EVM 改动.....	8

图 4-7. 频率响应测试装置.....	9
图 4-8. 频率响应.....	9
图 5-1. TPS7H4003EVM 原理图.....	10
图 7-1. 顶部覆盖层.....	14
图 7-2. 顶部阻焊层.....	14
图 7-3. 顶层.....	15
图 7-4. 信号层 1.....	15
图 7-5. 信号层 2.....	16
图 7-6. 信号层 3.....	16
图 7-7. 信号层 4.....	17
图 7-8. 信号层 5.....	17
图 7-9. 信号层 6.....	18
图 7-10. 底层.....	18
图 7-11. 底部阻焊层.....	19
图 7-12. 底部覆盖层.....	19
图 7-13. 钻孔图.....	20
图 7-14. PCB 尺寸.....	20

### 表格清单

表 2-1. 默认 EVM 配置.....	4
表 3-1. 连接汇总.....	5
表 6-1. TPS7H4003EVM BOM.....	11

### 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 TPS7H4003EVM 概述

TPS7H4003-SEP 是一款集成高侧和低侧 MOSFET 的 7V、18A 耐辐射同步降压转换器。通过低电阻 MOSFET 和实施的电流模式控制功能实现了高效率和高空间利用率。

该 EVM 在默认状态下配置为接受 5V 输入，但可修改为禁用或改变欠压锁定 (UVLO) 保护，以接受 3V 至 7V 的任何输入电压。该 EVM 还配置为 1V 输出，最大峰值输出电流为 18A。同样，通过改变电路板上的一个电阻即可修改稳压输出电压。TSP7H4003-SEP 带有专用的软启动、使能和可调斜坡补偿引脚，让设计可灵活满足特定的应用要求。

最后，如图 1-1 所示，此 EVM 支持单一 POL 通道。但是，此器件不支持并行运行。四个 POL 在正交相位中运行时，理论上可提供 72A 负载电流。

### 1.1 特性

- 在温度、辐射以及线路和负载调节范围内提供  $0.6V \pm 1.6\%$  的基准电压
- 可调斜坡补偿
- 可调软启动
- 可调输入使能和欠压锁定 (UVLO)
- 最大输出电流 18A

### 1.2 应用

- 负载点调节
- 支持在恶劣环境中运行的应用
- 用于 FPGA、微控制器、数据转换器和 ASIC 的太空卫星负载点电源
- 航天卫星有效载荷
- 耐辐射应用

## 2 TPS7H4003EVM 默认配置

表 2-1 介绍了 TPS7H4003EVM 的默认配置，并列出了定义转换器设计的外部元件。

表 2-1. 默认 EVM 配置

参数	规格	说明
输入电源	5V	通过 UVLO 使能电路绑定 ( R9、R10 )
经稳压调节的输出电压	1V	R6 (RTOP) = 10k $\Omega$ , R7 (RBOTTOM) = 15.4k $\Omega$
L <sub>OUT</sub>	1.0 $\mu$ H	选择它是为了实现 10% 的电感器纹波电流 (Kind = 0.1)
C <sub>OUT</sub>	2mF	选择原因：(1) ESR = 1m $\Omega$ , 用以设置输出电压纹波；(2) 单粒子效应测试中使用的值，确认在单粒子翻转开关时保持稳压
输出电流	0A 至 18A	按设计要求
开关频率	500kHz	通过 R1 (RT) = 174k $\Omega$ 设置
软启动时间常数	$\approx$ 2ms	通过 C16 (Css) = 10nF 设置
UVLO 使能上升沿	$\approx$ 4.432V	通过 R10 = 10k $\Omega$ 和 R9 = 3.4k $\Omega$ 设置
UVLO 使能下降沿	$\approx$ 4.284V	通过 R10 = 10k $\Omega$ 和 R9 = 3.4k $\Omega$ 设置
环路带宽	$\approx$ 30kHz	通过运算跨导放大器 (OTA) 补偿电路设置：R4 (RCOMP) = 10k $\Omega$ , C17 (CCOMP) = 10nF , C18 (CHF) = 150pF
环路相位裕度	$\approx$ 60°	
增益裕度	$\approx$ -25dB	

### 3 TPS7H4003EVM 初始设置

本节将说明所需的测试仪器和与 EVM 的连接。

#### 1. 输入直流电源

- a. 为 5V 直流、8A 电流限制而设置。
- b. 使用 16 AWG 或更大的导线将直流电源的正输出连接到连接器 J1 (PVIN) 的引脚 1，将电源的负端子连接到连接器 J1 的引脚 2 以接地。

**备注**

为提高测量的精确度，使用带有感测端口的电源，连接 TP2 与 PVIN，并将 TP1 接地，消除输入电缆中的 IR 压降。

#### 2. 直流电子负载

- a. 使用 16 AWG 导线将电子负载的正直流输入连接到连接器 J7 (VOUT) 的引脚 1 VOUT。

**备注**

从连接器的正端子引脚 1 到电子负载的导线必须至少某些部分可以由示波器电流探头捆扎。这样就不需要更改设置，即可完成所有测试。

- b. 使用 16 AWG 导线将电子负载的负直流输入连接到连接器 J7 (VOUT) 的引脚 2 PGND。
- c. 在测试点 TP12 (VOUT1) 和 TP13 (PGND) 之间连接电子负载的电压监控感测端口。也可使用电压表监控此电压。

#### 3. 示波器

- a. CH1 - 将电压示波器探头连接到示波器探头测试点 J5 (PH)，以监控相节点。直流耦合，全带宽，2V/div，0.5V 上升沿触发。
- b. CH2 - 将电压示波器探头连接到示波器探头测试点 J6 (VOUT)，以监控输出电压。交流耦合，带宽 20MHz，10mV/div。
- c. CH4 - 连接电流示波器探头，以监控连接 J7 (VOUT) 和电子负载的导线上的电流。5A/div。

**备注**

仅瞬态负载测试需要使用。

**表 3-1. 连接汇总**

参考编号	丝印	功能
J1	PVIN	输入电源：引脚 1 = 5V，引脚 2 = GND (Vsupply)
J7	VOUT	输出电压：引脚 2 = GND，引脚 1 = Vout ≈ 1V (电子负载)
J5	PH	相关节点示波器探头测试点 (示波器 CH-1)
J6	VOUT	VOUT 示波器探头测试点 (示波器 CH-2)
TP12	VOUT	VOUT 测试点 (电子负载监控器)
TP2	PVIN	PVIN 测试点 (Vsupply_sense)
TP1、TP13	GND	GND 测试点 (Vsupply_sense，电子负载监控器)

## 4 TPS7H4003EVM 测试

后续各节将介绍以下测试。

- 节 4.1 : 输出电压调节
- 节 4.2 : 输出电压纹波
- 节 4.3 : 软启动
- 节 4.4 : 对正/负负载阶跃 ( 9A 至 18A 至 9A ) 的瞬态响应
- 节 4.5 : 环路频率响应

### 4.1 输出电压调节

1. 开启输入直流电源 (5V)。
2. 打开电子负载并扫描 0A 至 18A 的负载电流。在 TP12 (VOUT) 处监控的输出电压在整个电流负载扫描范围中保持为 1V 或接近 1V，如图 4-1 所示。

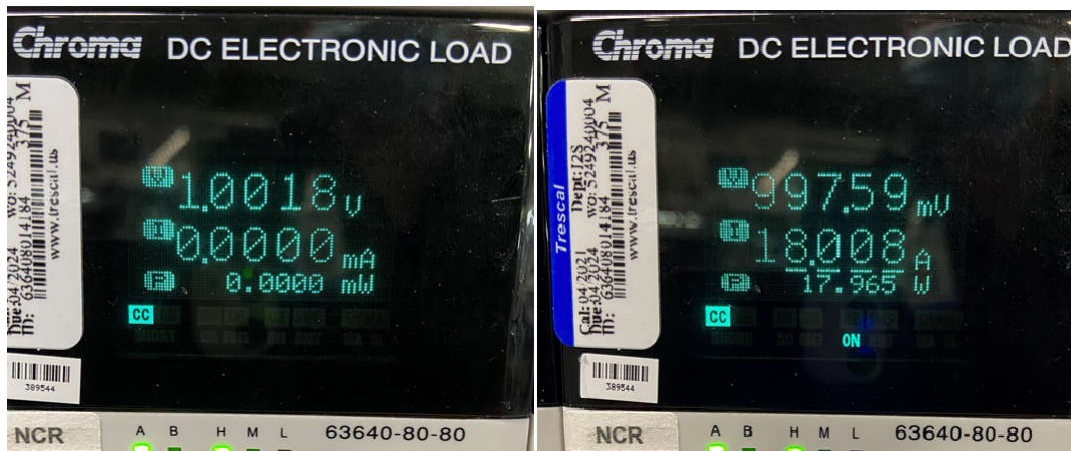


图 4-1. 输出电压调节

### 4.2 输出电压纹波

在示波器上显示 CH1 (PH) 和 CH2 (VOUT) [交流耦合，BW = 20MHz]，以监控开关相节点和输出电压纹波，如图 4-2 所示。

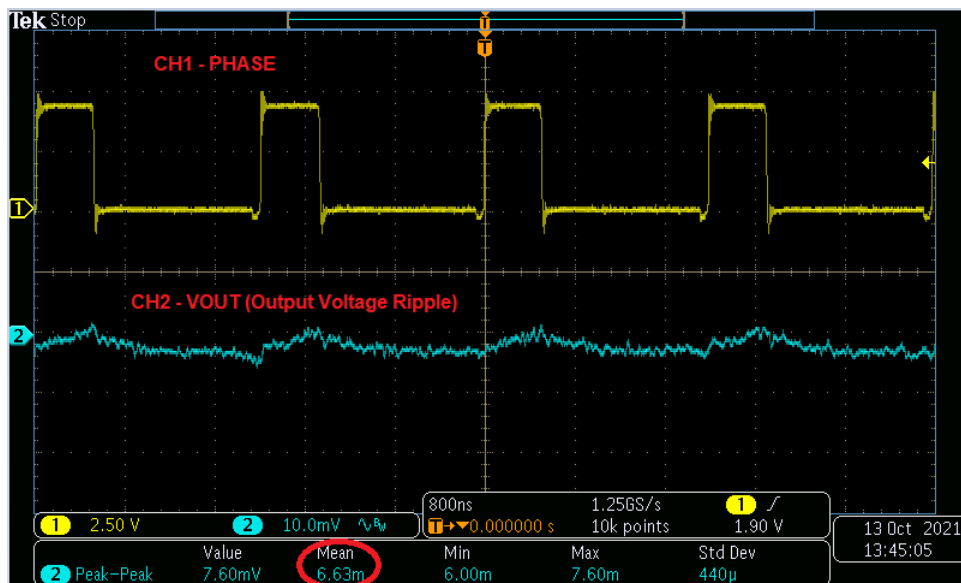


图 4-2. 输出电压纹波  $V_{IN} = 5V$  ,  $V_{OUT} = 1V$  ,  $I_{OUT} = 18A$

### 4.3 软启动

在示波器上显示 CH1 (PH) 和 CH2 (VOUT) [直流耦合，500mV/div]，以监控开关相和输出电压的软启动曲线，如图 4-3 所示。

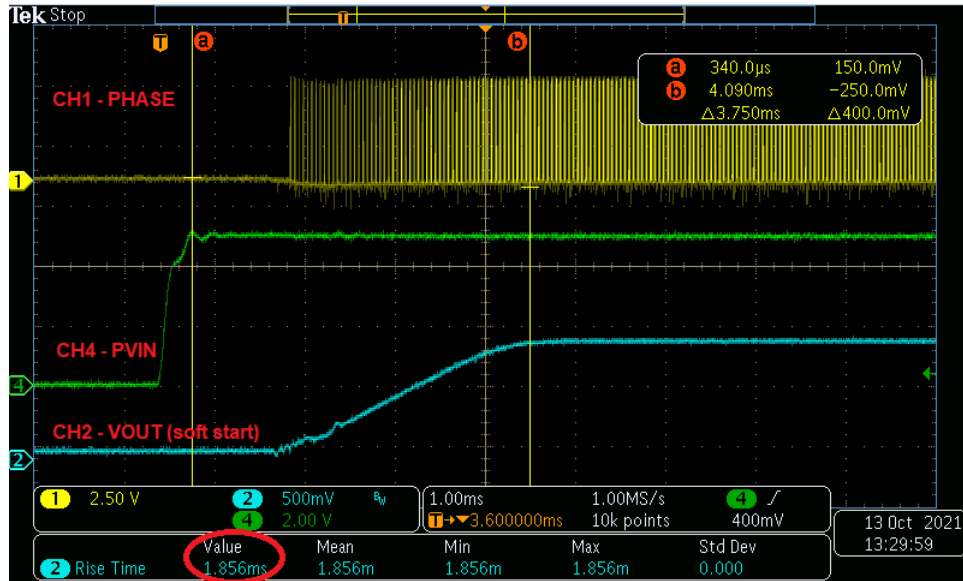


图 4-3. 输出软启动电压，VIN = 5V，VOUT = 1V，IOUT = 18A

### 4.4 对正负负载阶跃 (9A 至 18A 至 9A) 的瞬态响应

1. 将电子负载配置为在 9A 和 18A 之间以 1A/µs 的速率切换。
2. 在示波器上，以 40µs/div 显示 CH2 (VOUT) [交流耦合，20mV/div] 和 CH4 (输出电流探头) [5A/div，触发上升沿 ≈ 12A]。

图 4-4 显示了对此负载阶跃的响应小于 35mV 或 -3.5%。

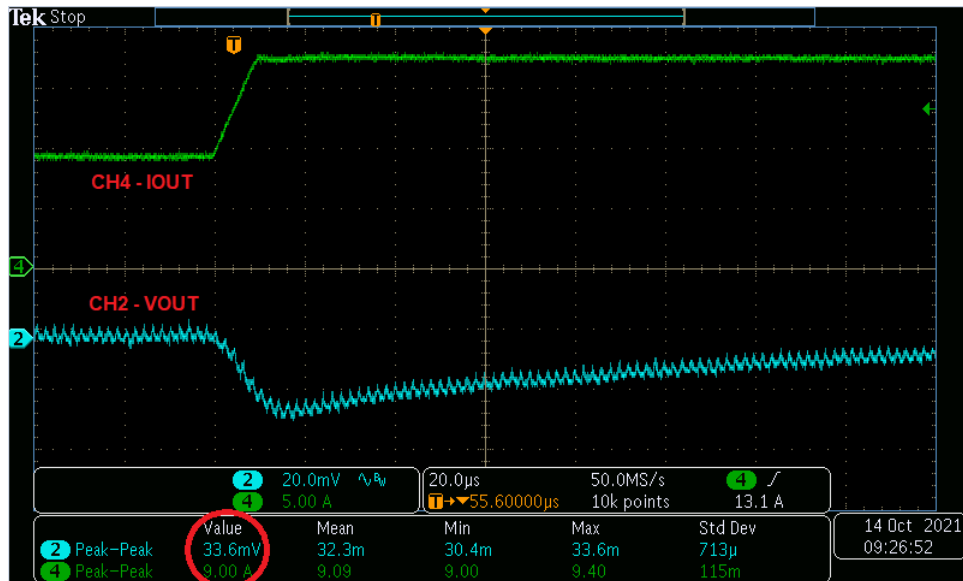


图 4-4. 对 9A 至 18A 负载阶跃的瞬态响应 (以 1A/µs 的速率)



3. 将 CH4 上的触发条件更改为下降沿，以捕捉 VOUT 对于 18A 至 9A 负电流阶跃的瞬态响应，如图 4-5 所示。

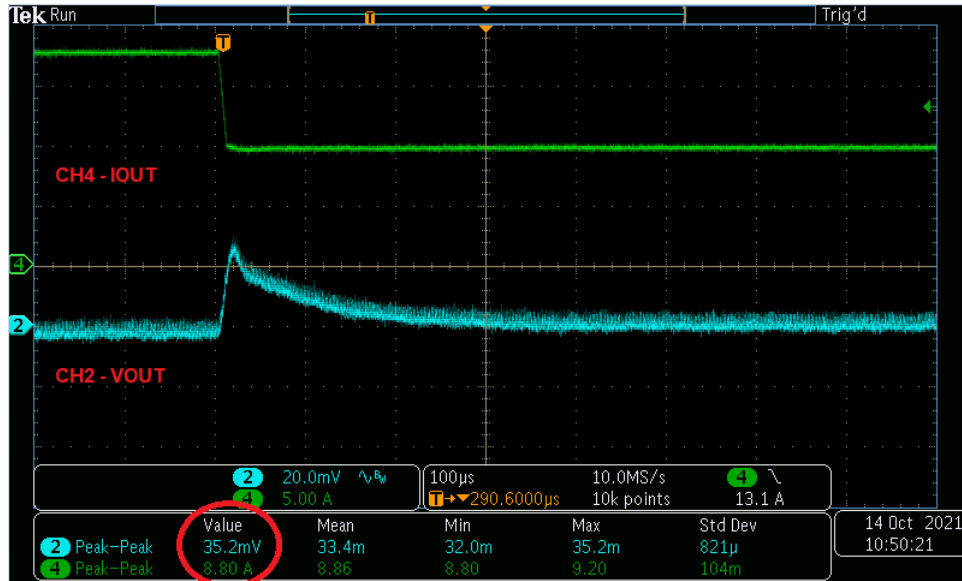


图 4-5. 对 18A 至 9A 负载阶跃的瞬态响应 (以 1A/μs 的速率)

#### 4.5 环路频率响应

测量反馈环路的频率响应需要独特的测试装置以及对 EVM 的物理改造。TP9 (BODE) 测试点下的 0Ω 电阻跳线 R8 (下图中以黄色圈起) 必须抬起，以使环路断开。测试点 TP9 (BODE) 和 TP10 (VOUT) 用于连接 Bode100 仪器。

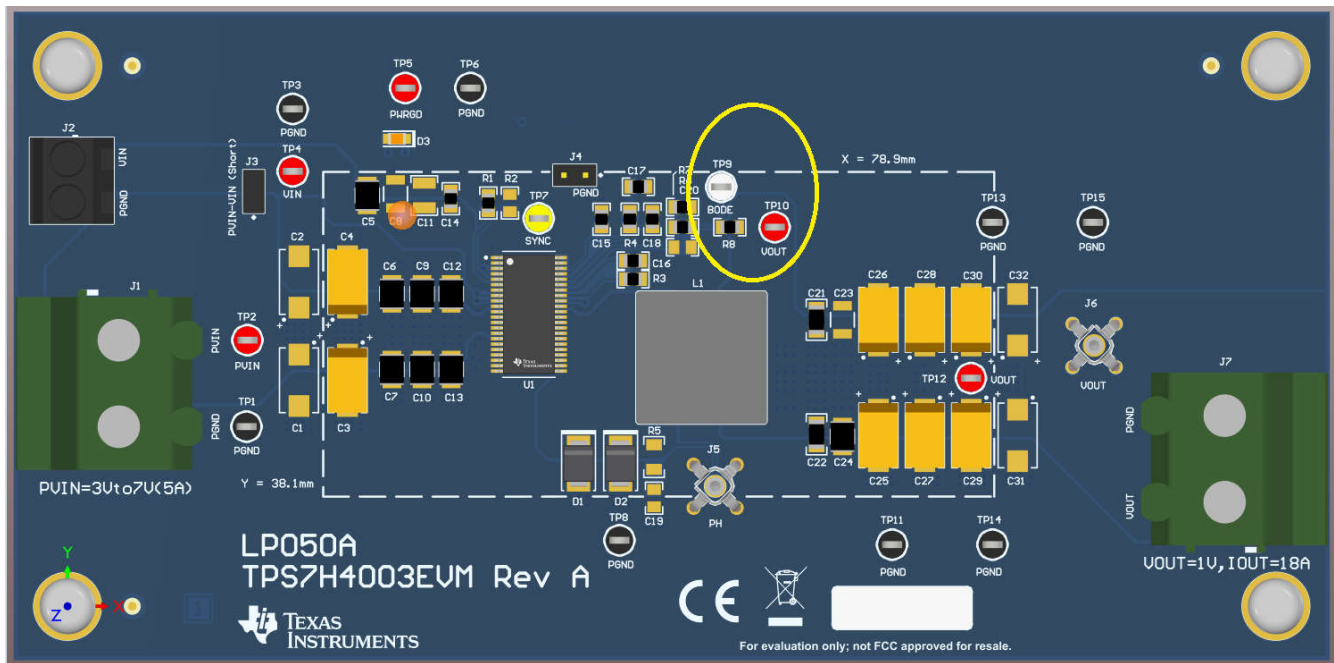


图 4-6. 测量频率响应的 EVM 改动



### 4.6 设置

测试装置包括连接 Picotest Bode100 测试仪的若干接口，如图 4-7 所示，测量结果显示在图 4-8 中。补偿电路的高频极元件 CHF 是可选的。忽略 CHF 会导致相位裕度略有增加。但是，包含 CHF 的好处是，增益曲线随着频率的增加而向下发展，更有可能实现单调增益曲线。

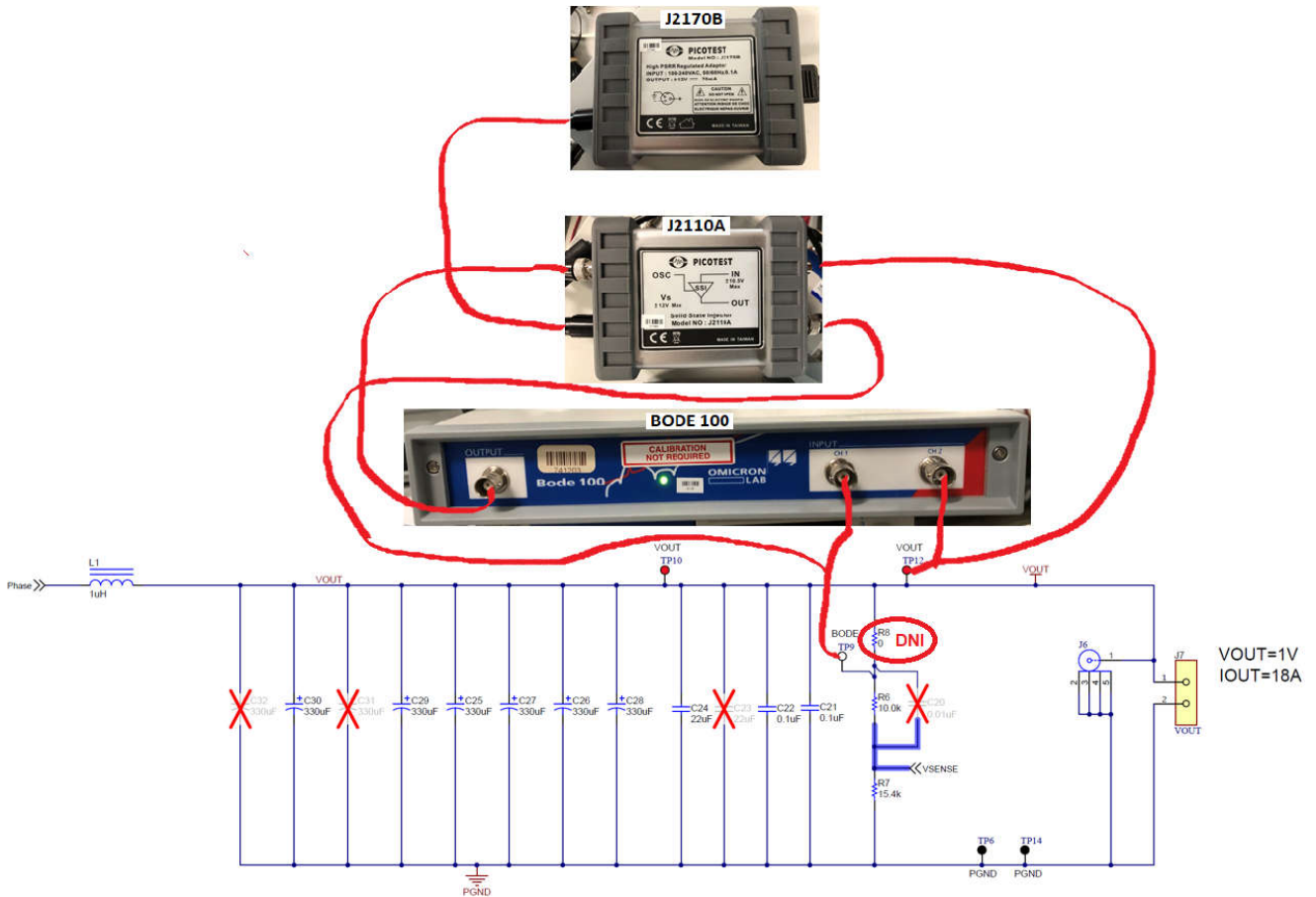


图 4-7. 频率响应测试装置

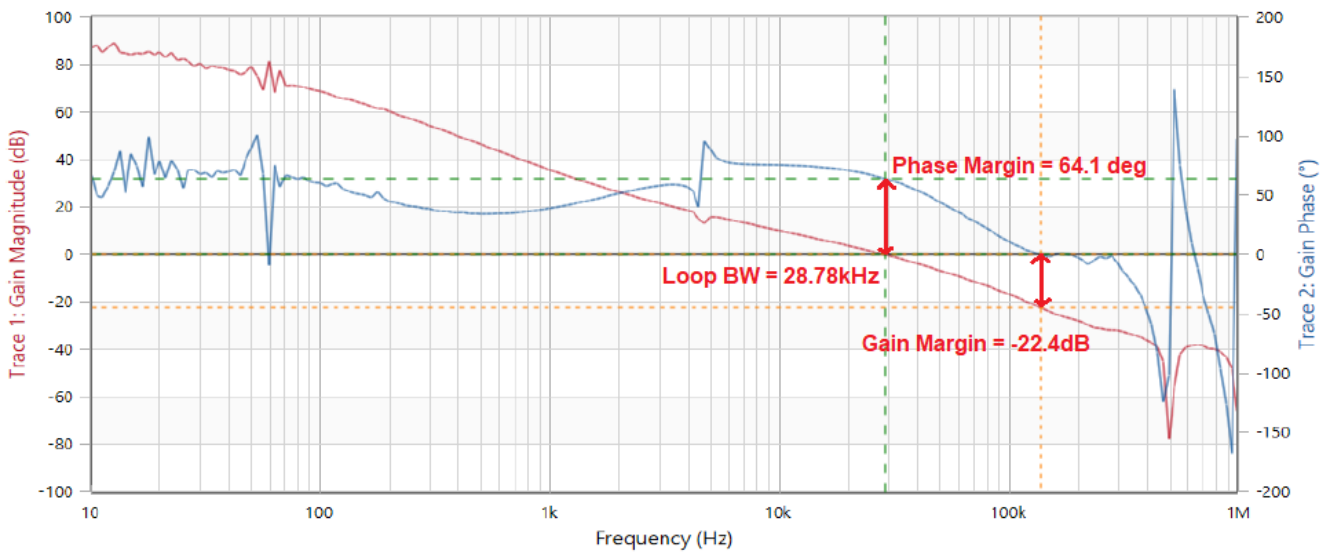


图 4-8. 频率响应

## 5 TPS7H4003EVM 原理图

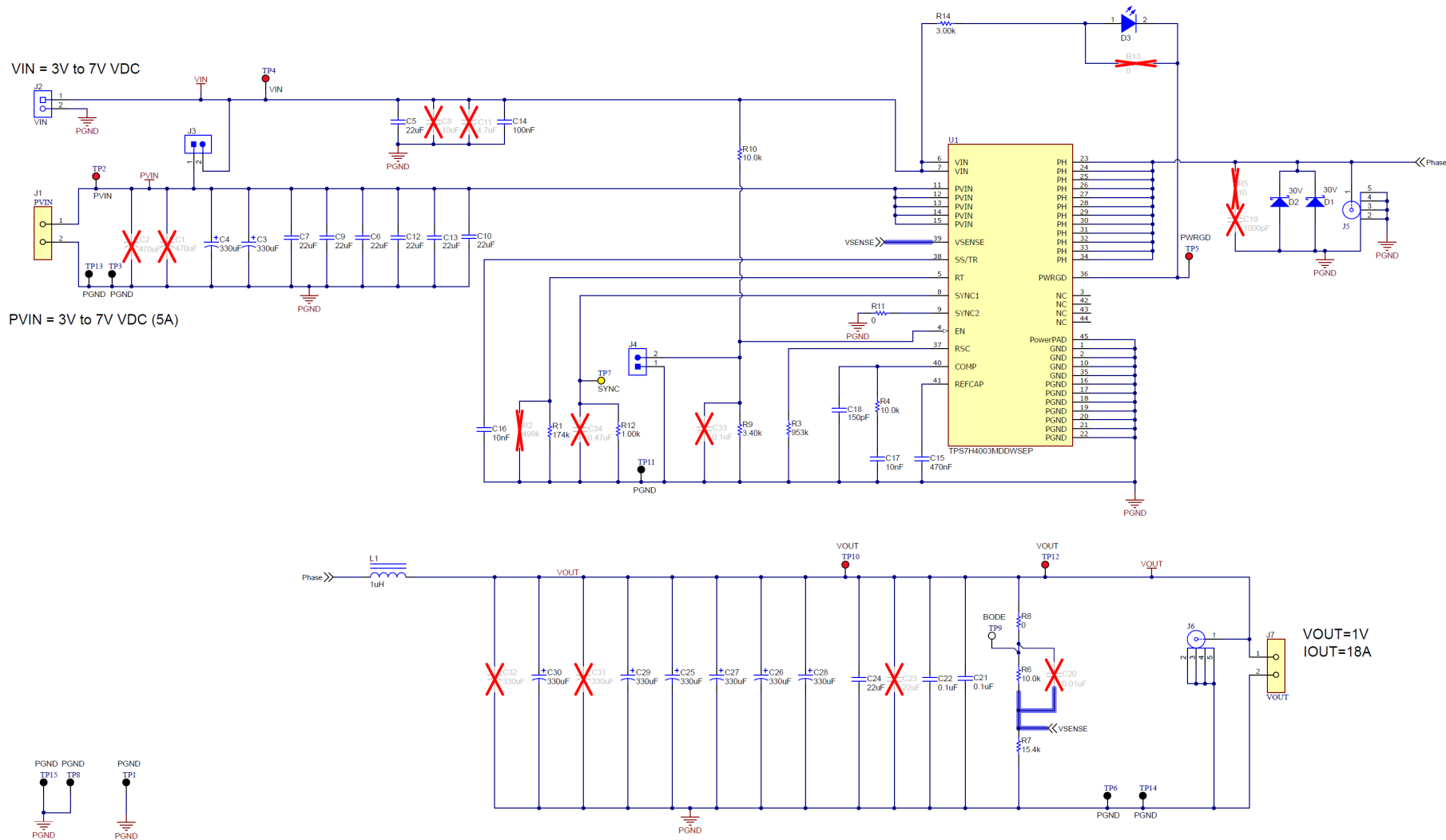


图 5-1. TPS7H4003EVM 原理图

## 6 TPS7H4003EVM 物料清单 (BOM)

表 6-1. TPS7H4003EVM BOM

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
!PCB1	1		印刷电路板		LP050	不限
C3、C4、C25、C26、C27、C28、C29、C30	8	330 $\mu$ F	电容器, 钽聚合物, 330 $\mu$ F, 10V, +/-20%, 0.006 $\Omega$ , 7343-43 SMD	7343-43	T530X337M010ATE006	Kemet
C5、C6、C7、C9、C10、C12、C13、C24	8	22 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 22 $\mu$ F, 16V, +/-10%, X7R, 1210	1210	C3225X7R1C226K250AC	TDK
C14	1	0.1 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 50V, +/-5%, X7R, 0805	0805	08055C104JAT2A	AVX
C15	1	0.47 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 0.47 $\mu$ F, 50V, +/-10%, X7R, 0805	0805	C2012X7R1H474K125AB	TDK
C16	1	0.01 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 0.01 $\mu$ F, 50V, +/-10%, X7R, 0805	0805	C0805C103K5RACTU	Kemet
C17	1	0.01 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 0.01 $\mu$ F, 50V, +/-20%, X7R, 0805	0805	C0805C103M5RACTU	Kemet
C18	1	150pF	电容器, 陶瓷, 150pF, 50V, +/-5%, COG/NPO, 0805	0805	08055A151JAT2A	AVX
C21、C22	2	0.1 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 50V, +/-5%, X7R, 1206	1206	C1206C104J5RACTU	Kemet
D1、D2	2	30V	二极管, 肖特基, 30V, 2A, SMB	SMB	B230-13-F	Diodes Inc.
D3	1	橙色	LED, 橙光, SMD	LED_0805	LTST-C170KFKT	Lite-On ( 建兴电子 )
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	2		固定端子块 MKDSP 10HV/2-10	HDR2	1929517	Phoenix Contact
J2	1		端子块, 5.08mm, 2x1, TH	端子块, 5.08mm, 2x1, TH	0395443002	Molex
J3、J4	2		接头, 100mil, 2x1, 金, TH	2x1 接头	TSW-102-07-G-S	Samtec
J5、J6	2		紧凑型探头尖端电路板测试点, TH, 25 件装	TH 示波器探头	131-5031-00	Tektronix
L1	1	1 $\mu$ H	电感器, 屏蔽, 复合, 1 $\mu$ H, 57.5A, 0.000929 $\Omega$ , SMD	15.2x8x16.2mm	XAL1580-102MEB	Coilcraft

表 6-1. TPS7H4003EVM BOM (续)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
LBL1	1		热转印打印标签, 0.650" (宽) x 0.200" (高) - 10,000/卷	PCB 标签, 0.650 x 0.200 英寸	THT-14-423-10	Brady
R1	1	174k	电阻, 174k, 1%, 0.125W, 0805	0805	ERJ-6ENF1743V	Panasonic
R3	1	953k	电阻, 953k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	CRCW0805953KFKEA	Vishay-Dale
R4	1	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.2W, 0805	0805	MCU08050C1002FP500	Vishay/Beyschlag
R6	1	10.0k	电阻, 10.0k, 0.01%, 0.125W, 0805	0805	RNCF0805TKY10K0	Stackpole Electronics Inc (斯塔克波尔电子公司)
R7	1	15.4k	电阻, 15.4k, 0.1%, 0.125W, 0805	0805	RG2012P-1542-B-T5	Susumu Co Ltd
R8、R11	2	0	电阻, 0, 5%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	CRCW08050000Z0EA	Vishay-Dale
R9	1	3.40k	电阻, 3.40k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	CRCW08053K40FKEA	Vishay-Dale
R10	1	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	CRCW080510K0FKEA	Vishay-Dale
R12	1	1.00k	电阻, 1.00k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	CRCW08051K00FKEA	Vishay-Dale
R14	1	3.00k	电阻, 3.00k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	ERJ-6ENF3001V	Panasonic
SH-J1	1	1x2	分流器, 100mil, 镀金, 黑色	顶部闭合 100mil 分流器	SPC02SYAN	Sullins Connector Solutions (赛凌思科技有限公司)
TP1、TP3、TP6、TP8、TP11、TP13、TP14、TP15	8		测试点, 多用途, 黑色, TH	黑色多用途测试点	5011	Keystone
TP2、TP4、TP5、TP10、TP12	5		测试点, 多用途, 红色, TH	红色多用途测试点	5010	Keystone
TP7	1		测试点, 通用, 黄色, TH	黄色多用途测试点	5014	Keystone
TP9	1		测试点, 多用途, 白色, TH	白色通用测试点	5012	Keystone
U1	1		采用增强型航天塑料的耐辐射 3V 至 7V 输入、18A 同步降压转换器	TSSOP44	TPS7H4003MDDWSEP	德州仪器 (TI)
C1、C2	0	470μF	电容器, 钽, 470μF, 10V, +/-10%, 0.023 Ω, SMD	7343-43	TPME477K010R0023	AVX

表 6-1. TPS7H4003EVM BOM (续)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
C8	0	10 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 10 $\mu$ F, 25V, +/-10%, X7R, 1210	1210	12103C106KAT2A	AVX
C11	0	4.7 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 4.7 $\mu$ F, 10V, +/-10%, X7R, 1210	1210	C1210C475K8RACTU	Kemet
C19	0	1000pF	电容器, 陶瓷, 1000pF, 50V, +/-5%, X7R, 0805	0805	C0805C102J5RACTU	Kemet
C20	0	0.01 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 0.01 $\mu$ F, 100V, +/-5%, X7R, 0805	0805	08051C103JAT2A	AVX
C23	0	22 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 22 $\mu$ F, 16V, +/-10%, X7R, 1210	1210	C3225X7R1C226K250AC	TDK
C31、C32	0	330 $\mu$ F	电容器, 钽聚合物, 330 $\mu$ F, 10V, +/-20%, 0.006 $\Omega$ , 7343-43 SMD	7343-43	T530X337M010ATE006	Kemet
C33	0	0.1 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 50V, +/-5%, X7R, 0805	0805	08055C104JAT2A	AVX
C34	0	0.47 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 0.47 $\mu$ F, 50V, +/-10%, X7R, 0805	0805	C2012X7R1H474K125AB	TDK
FID1、FID2、FID3、FID4、FID5、FID6	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
R2	0	499k	电阻, 499k, 0.1%, 0.125W, 0805	0805	RG2012P-4993-B-T5	Susumu Co Ltd
R5	0	10	电阻, 10, 5%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 1206	1206	CRCW120610R0JNEA	Vishay-Dale
R13	0	0	电阻, 0, 5%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	CRCW08050000Z0EA	Vishay-Dale

## 7 电路板布局

TPS7H4003EVM 电路板的层堆叠如下所示。

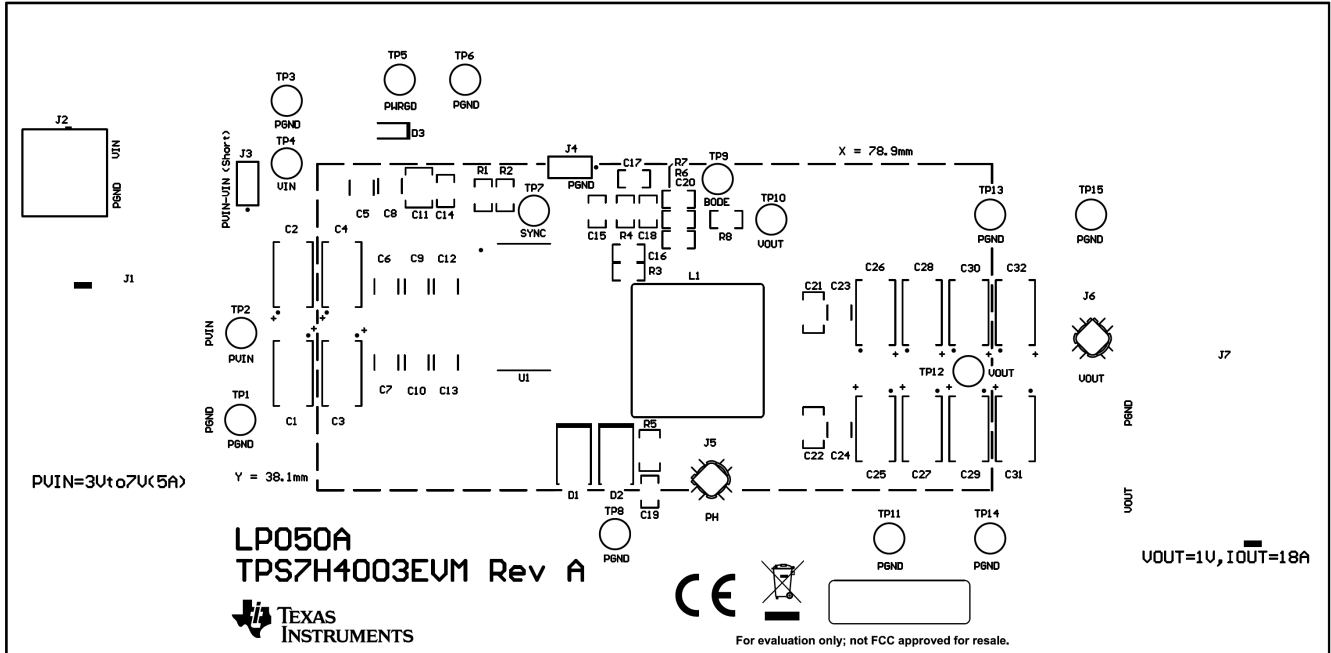


图 7-1. 顶部覆盖层

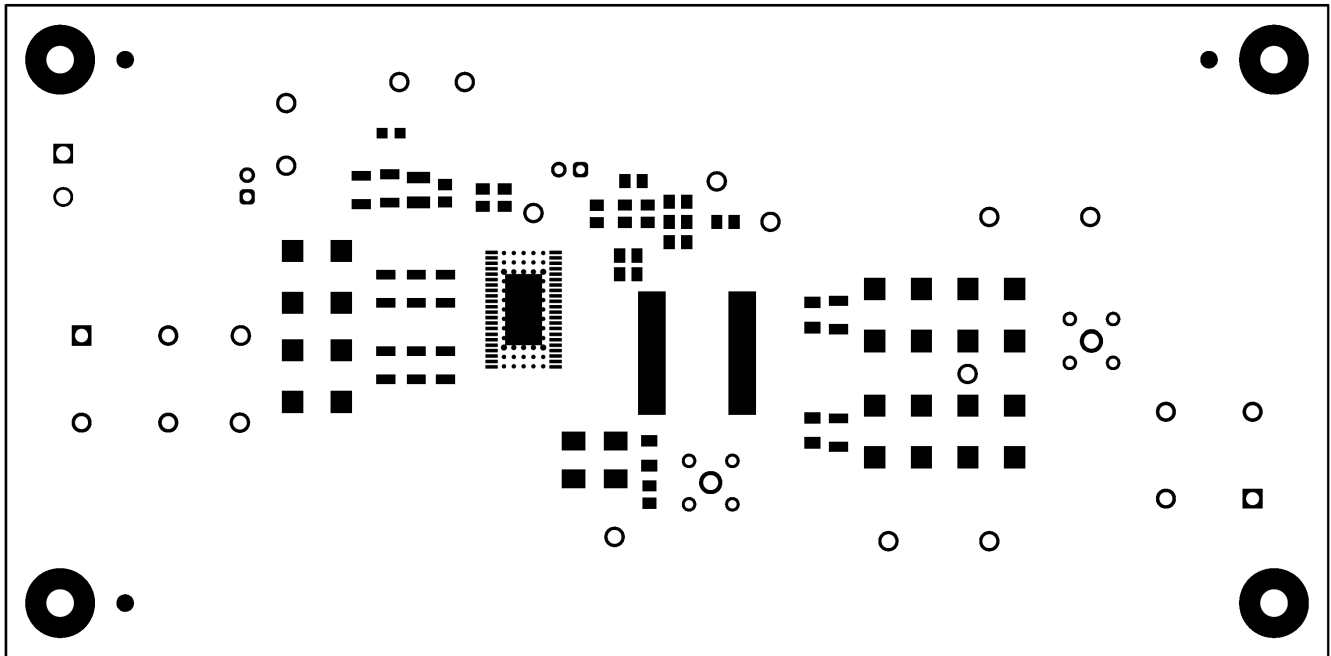


图 7-2. 顶部阻焊层

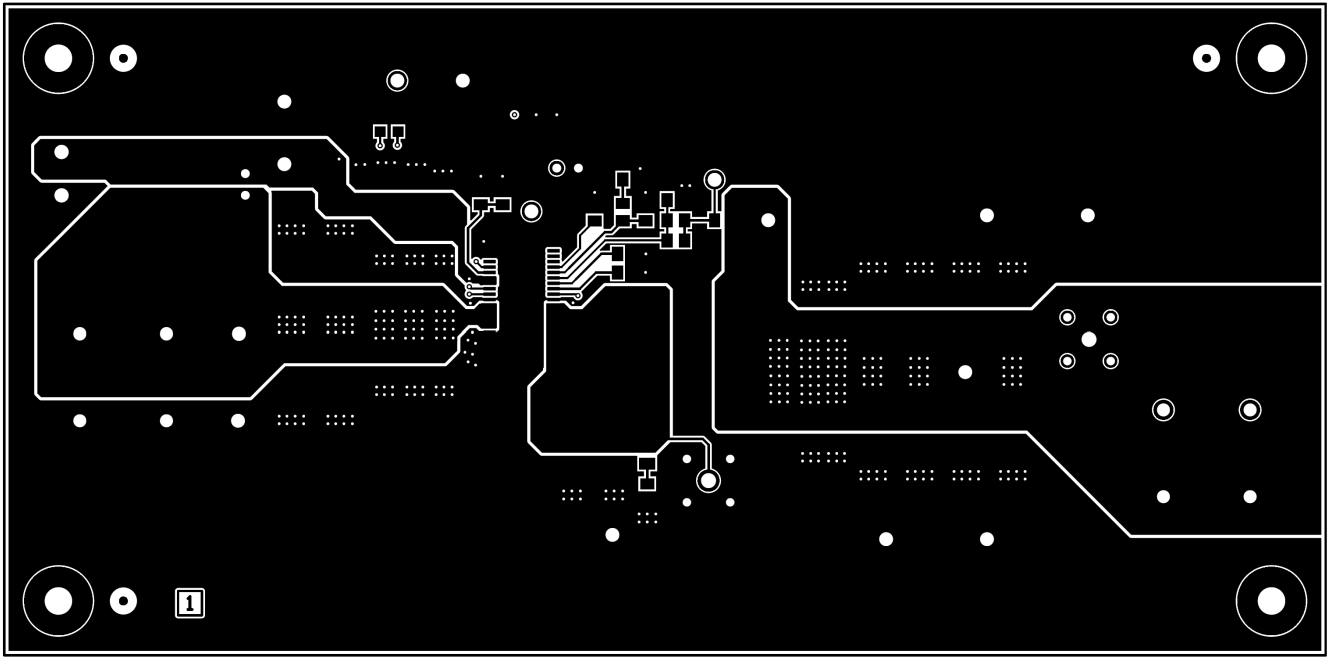


图 7-3. 顶层

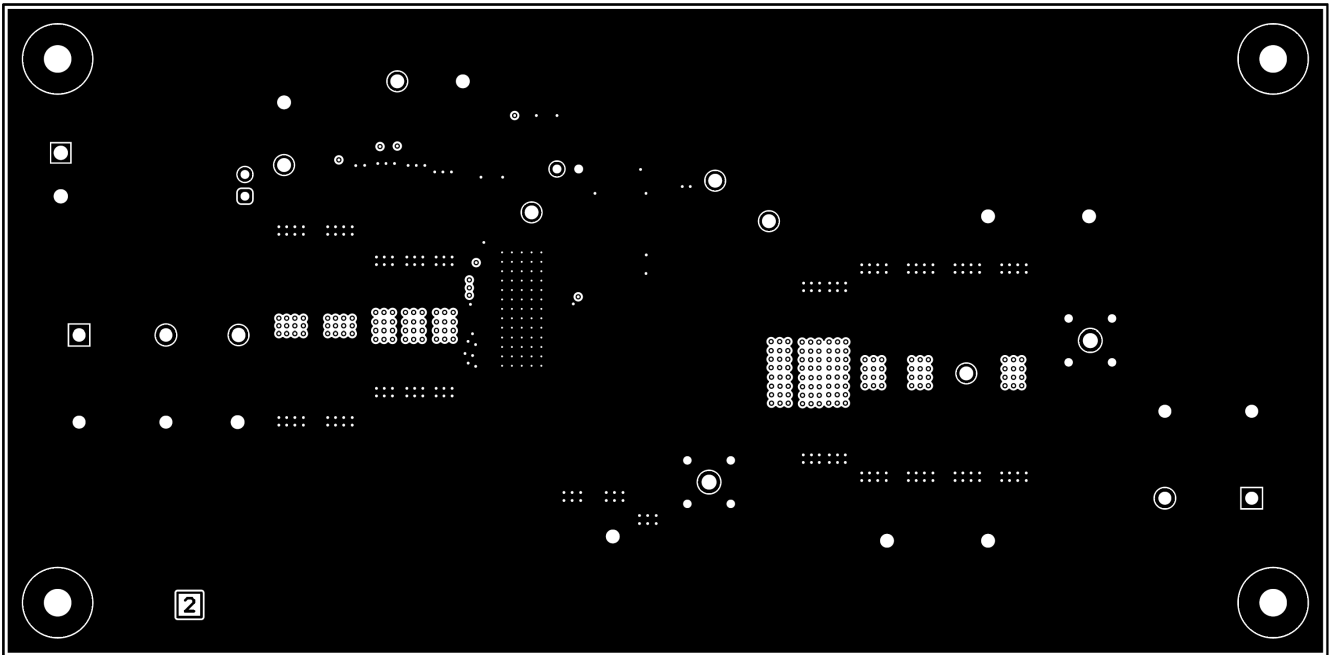


图 7-4. 信号层 1



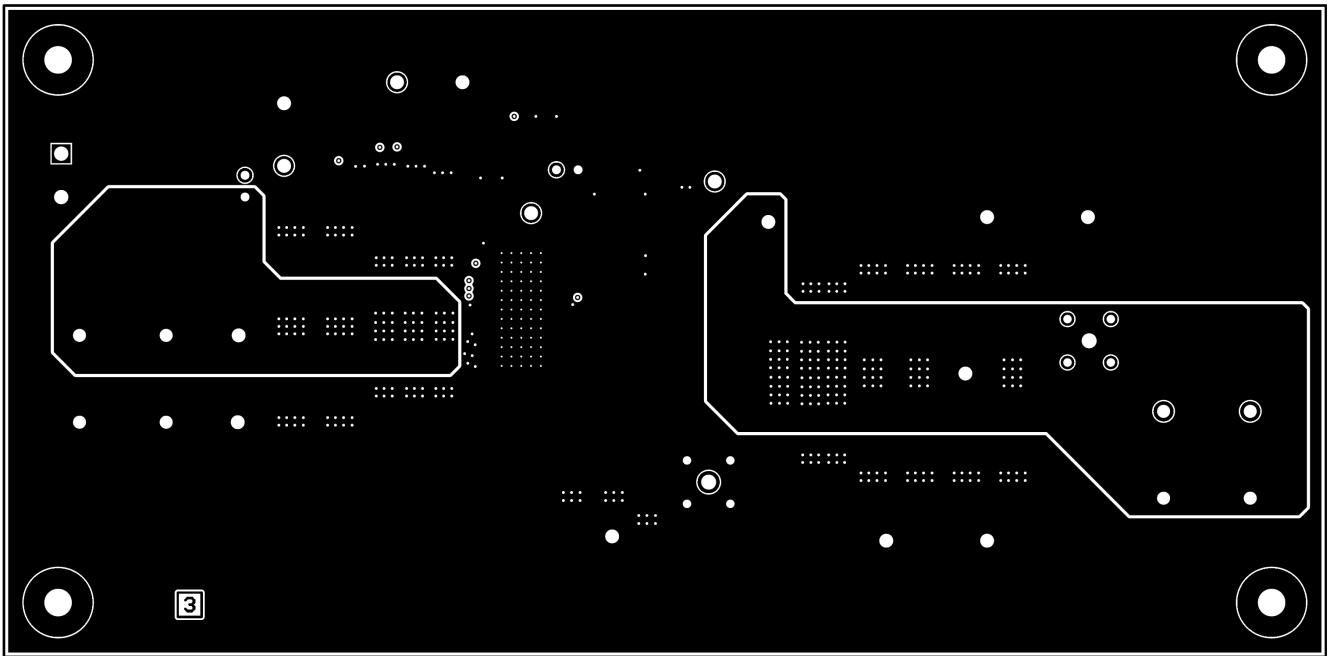


图 7-5. 信号层 2

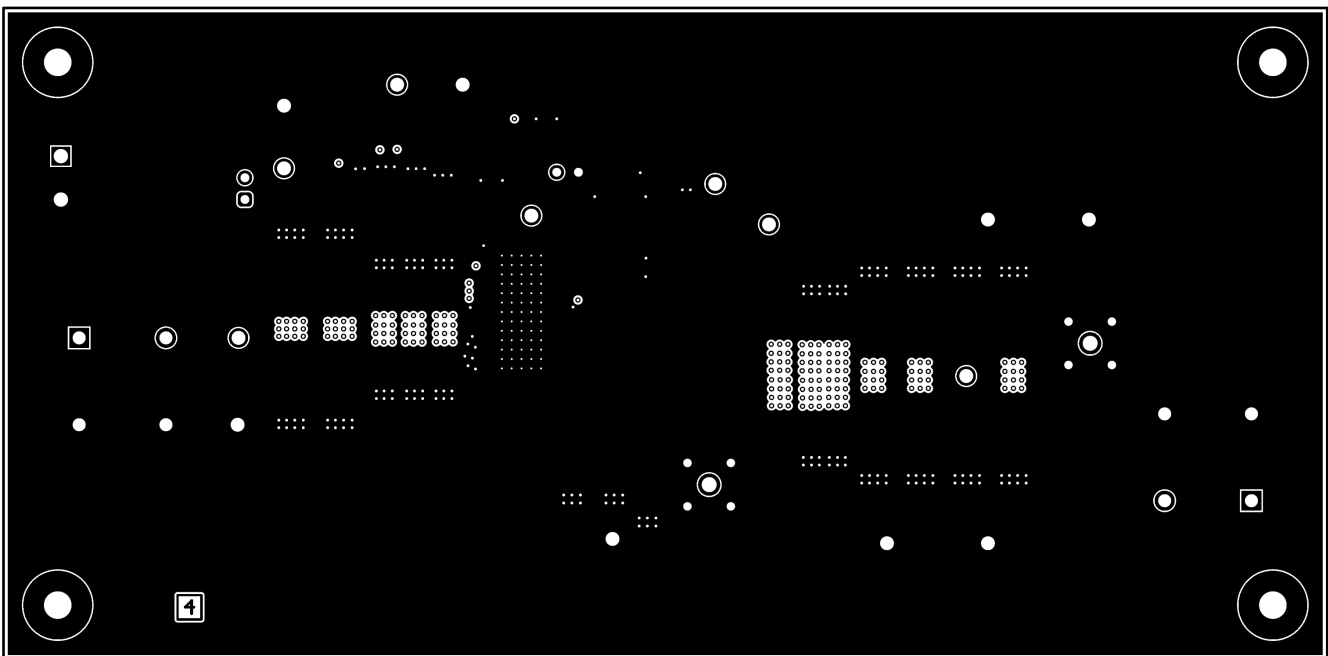


图 7-6. 信号层 3

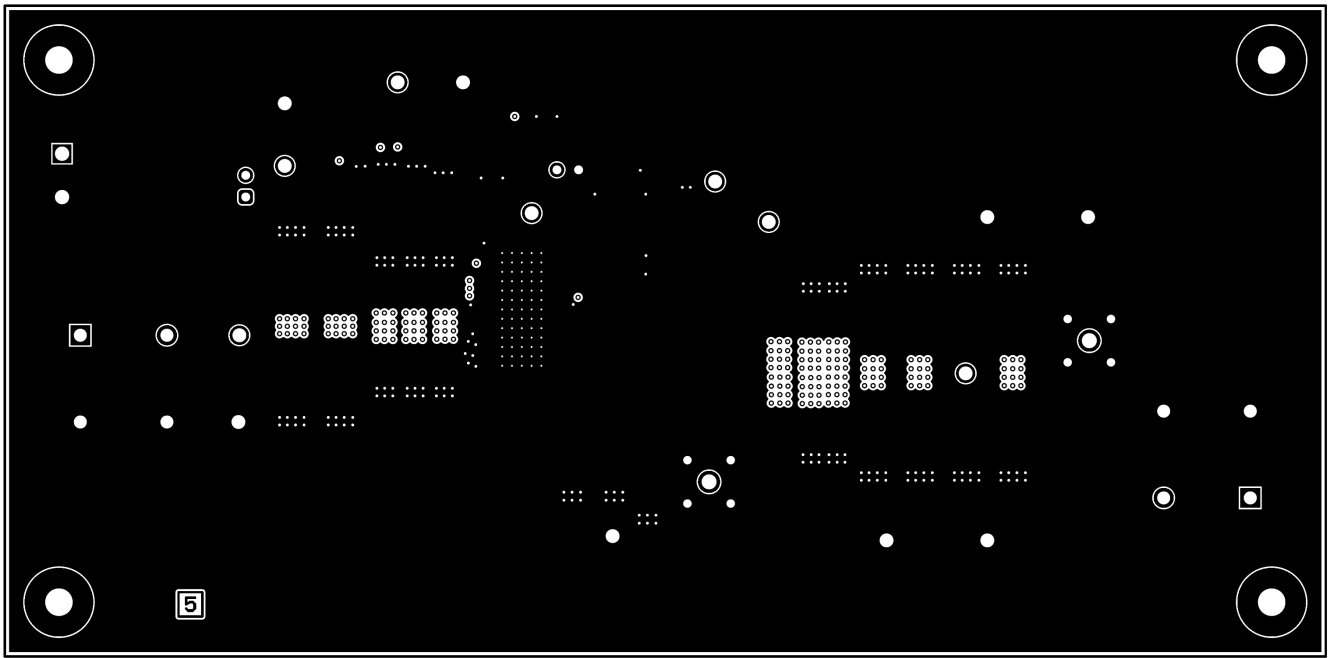


图 7-7. 信号层 4

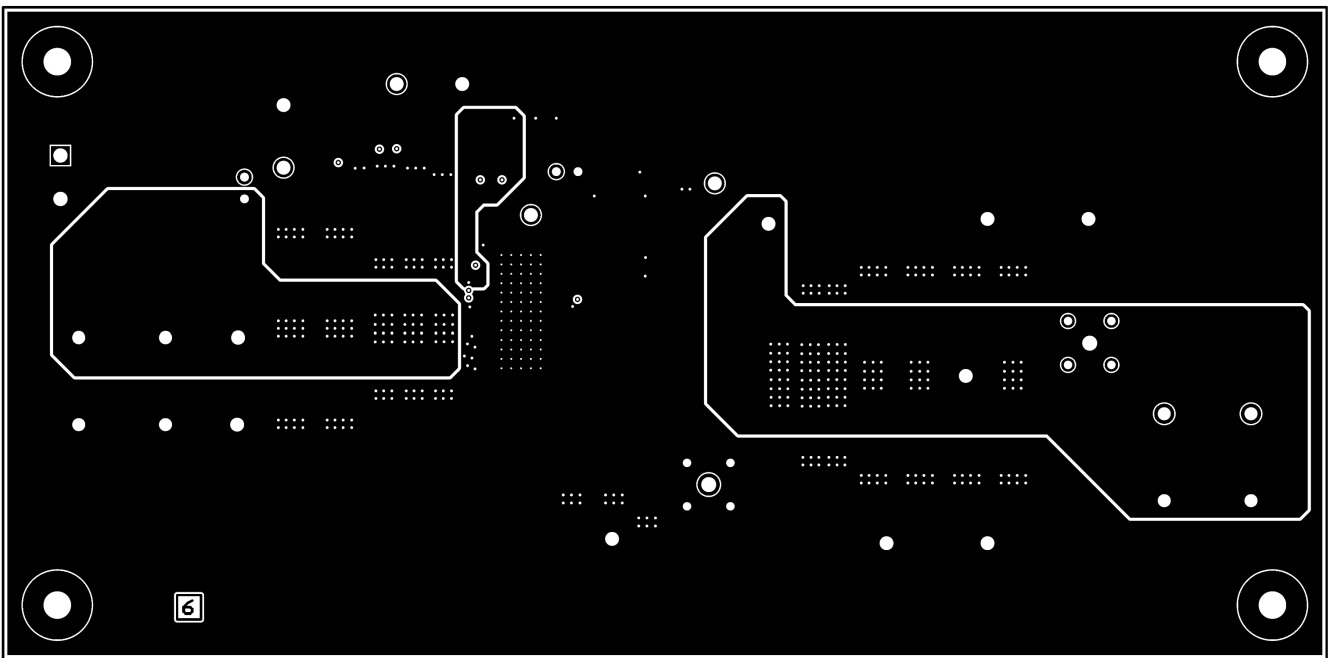


图 7-8. 信号层 5

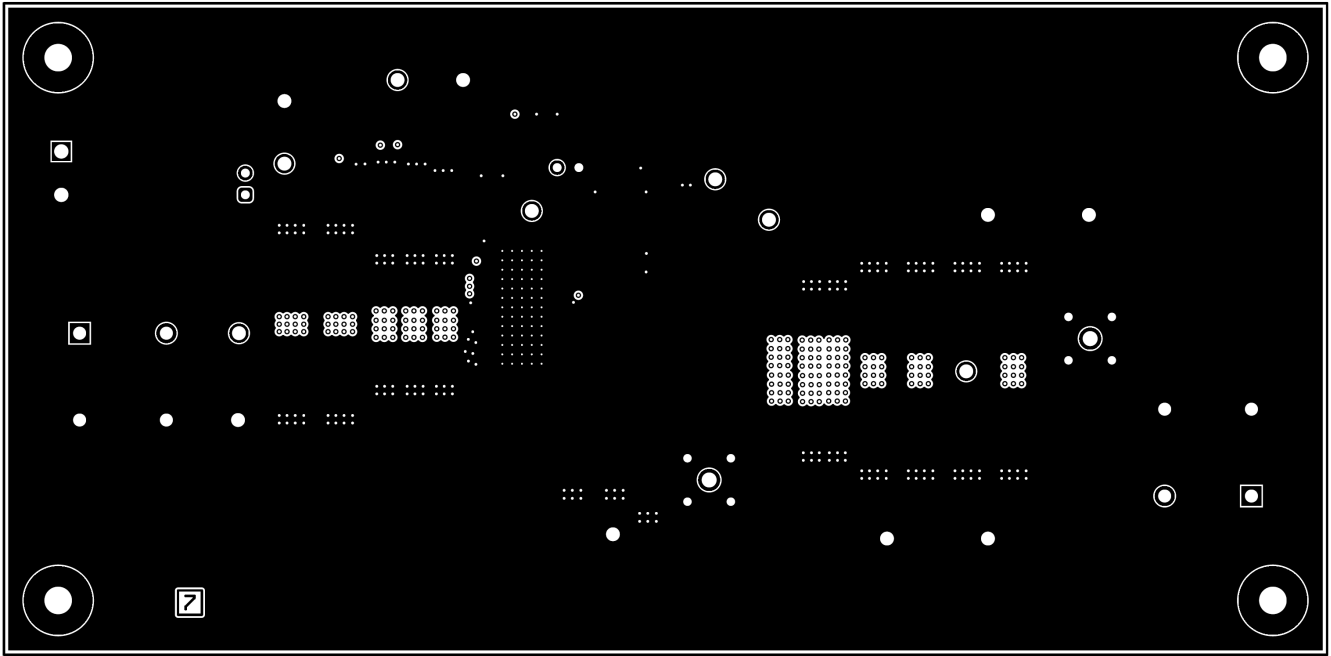


图 7-9. 信号层 6

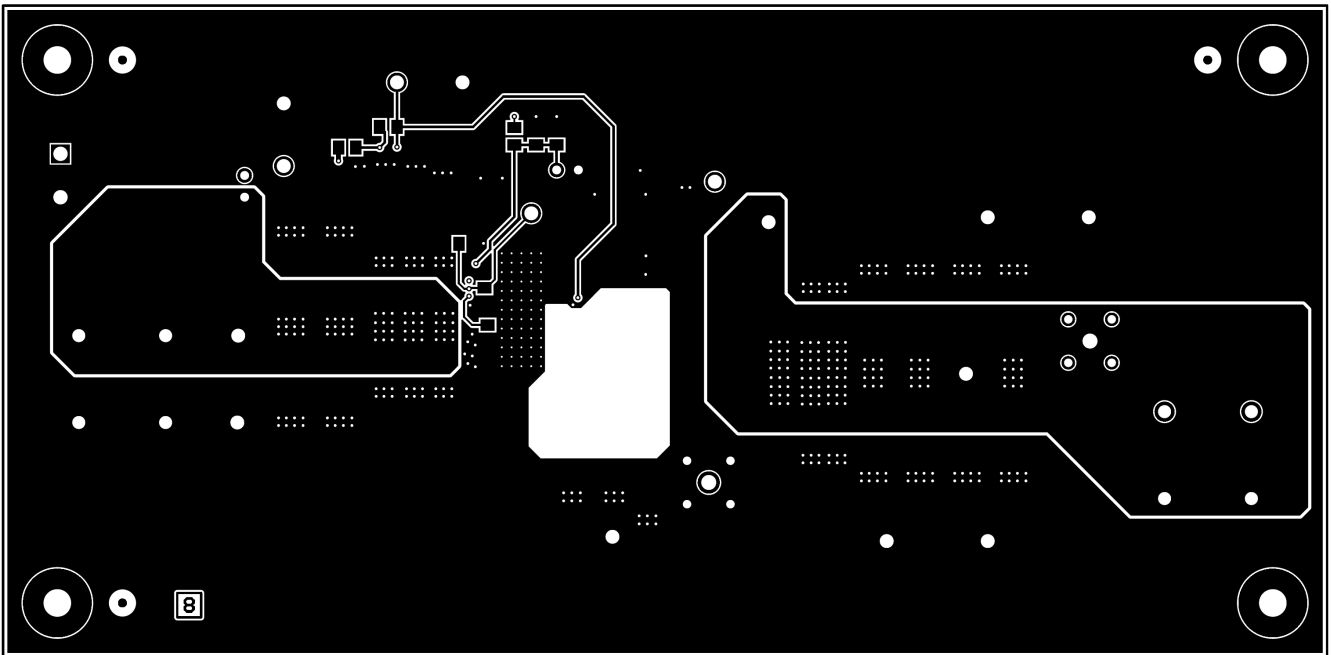


图 7-10. 底层

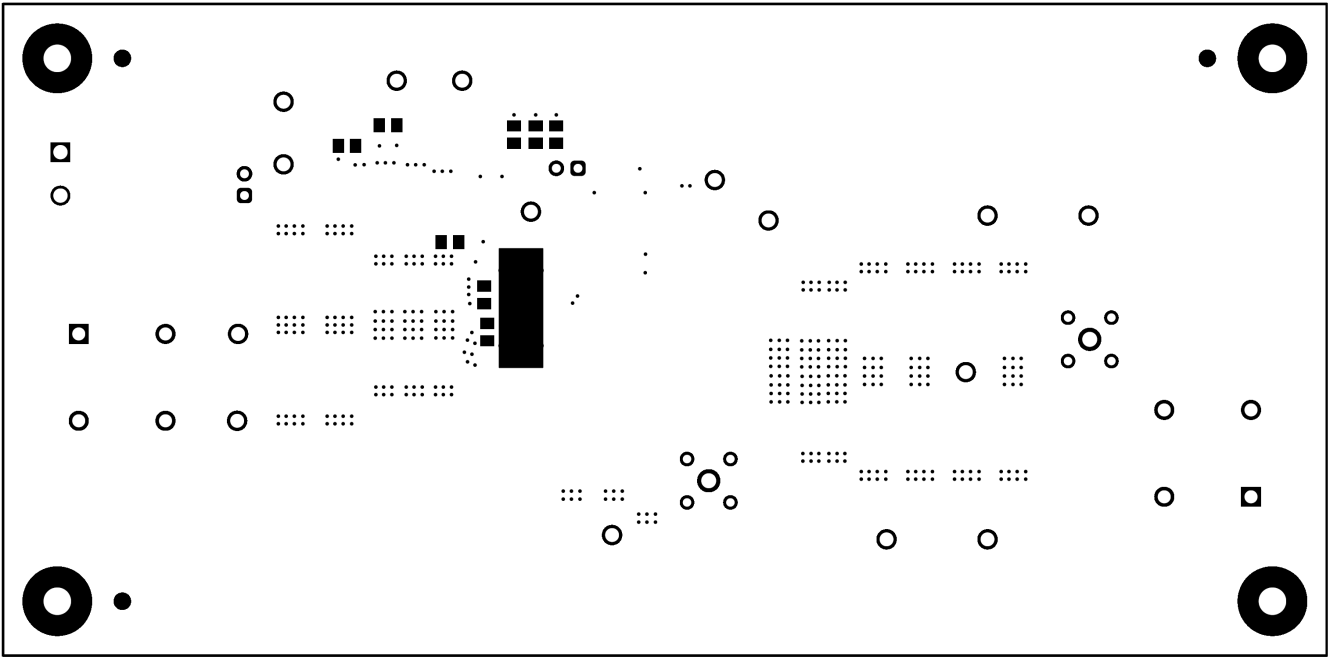


图 7-11. 底部阻焊层

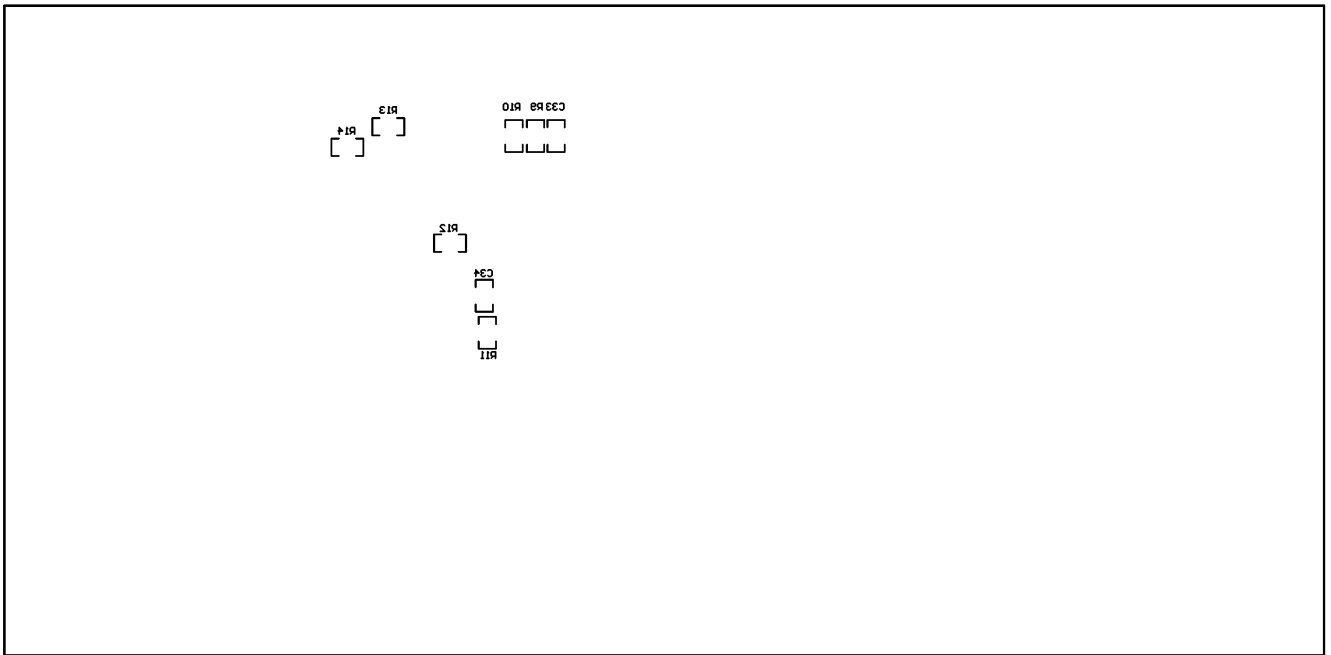


图 7-12. 底部覆盖层

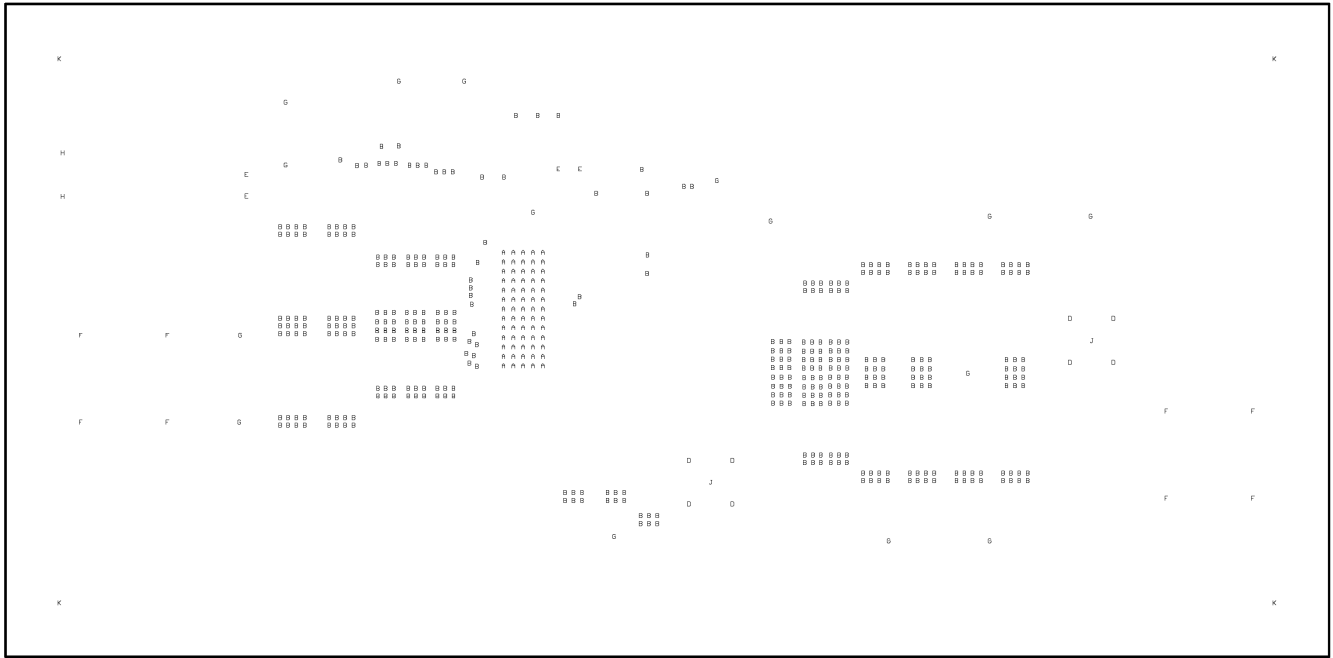


图 7-13. 钻孔图



图 7-14. PCB 尺寸

## 8 支持资源

TI E2E™ 中文支持论坛是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的使用条款。

## 9 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

---

<b>Changes from Revision A (August 2023) to Revision B (February 2024)</b>	<b>Page</b>
--	-------------

---

- 更新了 *物料清单* 表中的值..... 11
- 

<b>Changes from Revision * (January 2022) to Revision A (August 2023)</b>	<b>Page</b>
---	-------------

---

- 删除了 *TPS7H4003EVM 概述* 一节的最后一句..... 3
-

## 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