

EVM User's Guide: LM5185EVM-SIO

LM5185-Q1 单隔离输出评估模块



说明

LM5185-Q1 控制器使用外部功率 MOSFET，并且具有可调环路补偿和电流限制。借助所有这些功能，设计会更加灵活，而且可针对功率调节、变压器设计和 BOM 优化以及整体性能和解决方案成本进行优化。此外，还支持其他用户编程性，包括带迟滞的输入 UVLO、软启动和温度补偿。

开始使用

1. 在 [ti.com](https://www.ti.com) 上订购 EVM。
2. 请仔细阅读本用户指南。
3. 按照说明准备工作台设置。使用 EVM 时，请注意避免受到 ESD 损坏。
4. 按照建议的步骤为 EVM 上电。
5. 运行测试和测量。在测试期间，请注意 EVM 产生的高压和高温。

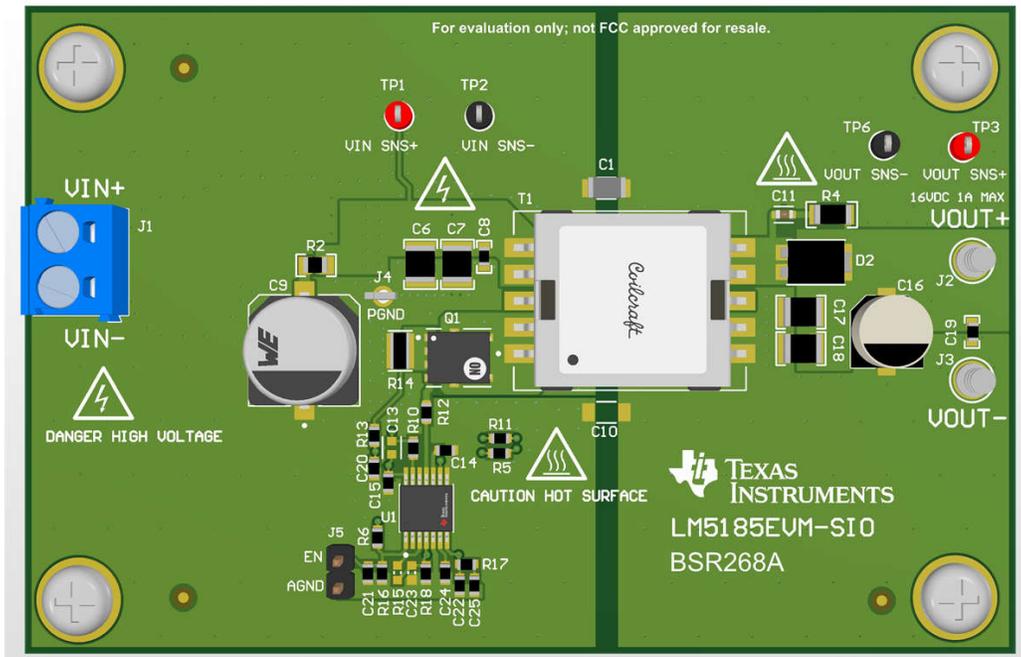
特性

- 宽输入电压范围 (默认 20V 至 60V，可扩展 6V 至 90V)

- 在不使用光耦合器的情况下对隔离式输出进行严格的电压调节： $16.4V \pm 1.5\%$
- 移除光耦合器和变压器辅助绕组可以缩减解决方案尺寸并降低成本。
- 峰值转换效率 > 90%
- 可编程环路补偿、电流限制、输入 UVLO 和热补偿可支持实现灵活出色的设计。

应用

- 牵引逆变器
- 车载充电器 (OBC)
- HEV/EV HVAC 和加热器
- 微型逆变器
- 电机驱动器
- 电池管理系统 (BMS)
- 通用 IGBT、MOSFET、GaN 和 SiC 栅极驱动器
- PoE PD 直流/直流转换器
- 适用于工业和电信系统的通用隔离式辅助电源轨



1 评估模块概述

1.1 简介

LM5185-Q1 单隔离输出 (SIO) 评估模块 (EVM) (也称为 LM5185EVM-SIO) 旨在演示 LM5185-Q1 器件的特性和功能。该器件是一款 $100V_{IN}$ 初级侧调节 (PSR) 反激式直流/直流控制器，通过对变压器的初级绕组电压进行采样来实现严格的输出调节和高效率，无需像传统反激式转换器那样使用光耦合器或三级偏置绕组。

本用户指南介绍了 LM5185EVM-SIO 评估模块的特性和操作。本文档提供了有关如何使用评估模块的示例和说明，并呈现了典型性能曲线和主要波形。本文档中的评估板、评估模块和 EVM 等术语均指的是 LM5185EVM-SIO。本文档还包含原理图、参考印刷电路板 (PCB) 布局和完整的物料清单 (BOM)。

1.2 套件内容

表 1-1 详细说明了 EVM 套件的内容。如果缺少任何元件，请通过 (972) 644-5580 联系 TI 产品信息中心。在 TI 网站 www.ti.com 上下载相关软件的最新版本。

表 1-1. EVM 套件内容

品类	数量
LM5185EVM-SIO	1

1.3 规格

图 1-1 展示了 LM5185EVM-SIO 电路板的简化原理图。**表 1-2** 展示了 EVM 在出厂默认设置下的规格。

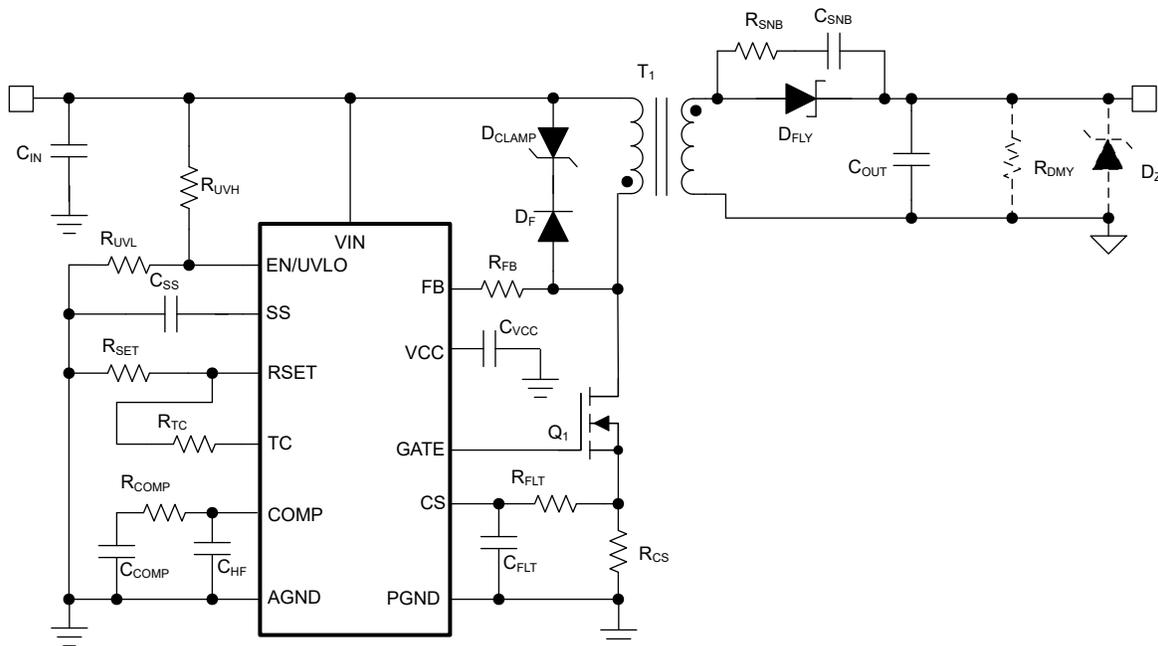


图 1-1. LM5185 PSR 反激式转换器简化原理图

表 1-2. 电气性能特性

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入特性					
输入电压范围, V_{IN}		20		60	V
输入电压 (导通), V_{IN_ON}	可使用 EN/UVLO 分压电阻器进行调节		19		
输入电压 (关断), V_{IN_OFF}			18		
空载运行时的输入电流, I_{IN_NL}	$I_{OUT} = 0A$	$V_{IN} = 20V$		5.57	mA
		$V_{IN}=60V$		3.32	
禁用状态下的输入电流, I_{IN_OFF} , 不包括外部 UVLO 电阻漏电流	$V_{EN} = 0V$, 移除 R6	$V_{IN} = 20V$		5.0	μA
		$V_{IN} = 40V$		10.0	
		$V_{IN}=60V$		20.0	
输出特性					
输出电压, V_{OUT}		16.154	16.400	16.646	V
最大输出电流, I_{OUT}	$V_{IN} = 20V$			1.0	A
	$V_{IN} = 40V$			1.5	A
	$V_{IN}=60V$			1.8	A
软启动时间 t_{SS}	$I_{OUT} = 1A$		25		ms
系统特点					
开关频率	$V_{IN} = 48V$, $I_{OUT} = 0.5A$			350	kHz
半负载效率 η_{HALF}	$I_{OUT} = 0.5A$	$V_{IN} = 20V$		90.2	
		$V_{IN} = 40V$		84.3	
		$V_{IN}=60V$		82.0	
满载效率 η_{FULL}	$I_{OUT} = 1.0A$	$V_{IN} = 20V$		90.5	
		$V_{IN} = 40V$		89.9	
		$V_{IN}=60V$		86.9	
隔离等级 (3)	RMS 电压			1500	V
LM5180 结温, T_J		-40		150	$^{\circ}C$

1.4 器件信息

该 EVM 使用出厂默认设置时, 可在 20V 至 60V 的输入电压范围内运行。该器件在 1A 负载下可产生 16.4V \pm 1% 的单个隔离式输出电压, 并实现高于 90% 的峰值效率。通过调整 FB 引脚上的外部电阻值, 可实现对输出电压的微调。此外, 用户可以通过更改 EN/UVLO 设定点, 使得该 EVM 可以在 V_{IN} 低至 6V 且输出电流降额为 0.4A 的情况下运行。LM5185-Q1 还支持进一步降低输入电压至 4.5V, 但该 EVM 需要使用其他变压器。不过, 如果功率 MOSFET 更换为具有 150V 或更高额定电压的器件, 并且输入大容量电容器替换为额定电压至少为 100V 的器件, 则 EVM 的最大 V_{IN} 电压可以增加至 90V。LM5185-Q1 还可以支持多个隔离式输出, 但需要使用其他变压器。请参阅[快速入门设计计算器](#), 获得设计帮助。

请参阅 TI 产品数据表 [SNVSBT4](#), 了解有关 LM5185-Q1 PSR 反激式控制器的更多详细信息。

2 硬件

2.1 设置

图 2-1 展示了 EVM 工作台测试设置图。请参阅本用户指南中的节 2.2 和节 2.3，了解有关接头、跳线和测试点的详细信息。请参阅节 2.4，了解装置组装和测试过程。请参阅节 2.5，了解有关操作 EVM 时的重要安全注意事项。

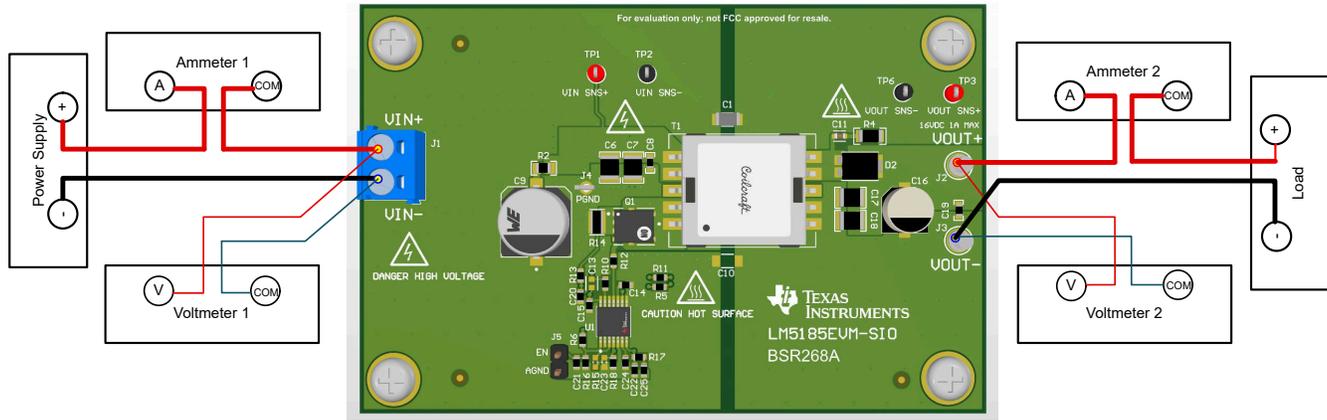


图 2-1. EVM 测试设置

除 EVM 板之外，测试装置还包括以下仪器。

- **电源：**输入直流电压源至少支持 0-80V 和 2A。
- **负载：**负载必须是电子恒阻 (CR) 或恒流 (CC) 模式负载，能够在高达 20V 的电压下提供 0A 至 2A 的直流电流。在进行空载输入电流测量时，应断开电子负载，因为该负载可能会消耗微小的剩余电流。
- **万用表：**
 - **电压表 1：** VIN+ 到 VIN- 的输入电压。将电压表设置为具有 100M Ω 的输入阻抗。
 - **电压表 2：** VOUT+ 到 VOUT- 的输出电压。将电压表设置为具有 100M Ω 的输入阻抗。
 - **电流表 1：** 输入电流。将电流表设置为具有 1 秒的孔径时间。
 - **电流表 2：** 输出电流。将电流表设置为具有 1 秒的孔径时间。
- **示波器：**将示波器带宽设置为 20MHz 并采用交流耦合模式，使用示波器探头通常提供的短接地引线直接测量输出电容器两端的输出电压纹波。将示波器探头尖端放在输出电容器的正极端子上，通过接地引线将探头的接地筒形连接器固定到电容器的负极端子。TI 不建议使用长引线接地，因为这会在接地回路很大时引起额外的噪声。若要测量其他波形，请根据需要调整示波器。

2.2 接头信息

表 2-1 列出了 EVM 的接头信息。

表 2-1. 接头信息

插头	信号	说明
J1-1	VIN+	电压源输入端口。
J1-2	VIN-	电压源输入返回。
J2	VOUT+	输出电压端口。
J3	VOUT-	输出电压返回端口，以及隔离接地基准 ISO-GND。
J4	PGND	初级侧电源接地基准。
J5-1	EN/UVLO	使能和 UVLO 控制信号。关闭 J5-1 和 J5-2 即可禁用 EVM。
J5-2	AGND	模拟信号基准接地。

2.3 测试点

该 EVM 具有各种用于测量和调试的测试点。表 2-2 说明了每个测试点的功能。

表 2-2. EVM 测试点

测试点	信号	说明
TP1	VIN	PSR 反激式直流/直流级输入电压
TP2	PGND	初级侧电源接地基准
TP3	VOUT	隔离输出电压
TP4	COMP	误差放大器的补偿电路节点
TP5	RSET	输出电压设置引脚
TP6	ISO-GND	隔离输出接地基准

2.4 组装说明

请参阅本用户指南的节 2.5，了解有关处理 EVM 时的重要安全注意事项。以下是 EVM 测试装置的建议组装说明。

输入接头

- 在连接直流输入源之前，将输入电源的电流限值设置为最大 100 mA。确认输入源最初设置为 0V 并连接到 VIN+ 和 VIN - 连接点，如图 2-1 所示。如果使用长输入线路，则建议使用一个额外的大容量输入电容器来提供阻尼。
- 在 VIN+ 和 VIN - 连接点上连接电压表 1 以测量输入电压。
- 连接电流表 1 以测量输入电流并设置为具有至少 1 秒的孔径时间。

输出接头

- 将电子负载连接到 VOUT+ 和 VOUT - 连接点，如图 2-1 所示。在施加输入电压之前，将负载设置为恒阻模式或恒流模式，电流为 0A。
- 在 VOUT+ 和 VOUT - 连接点上连接电压表 2 以测量输出电压。
- 连接电流表 2，以测量输出电流。

测试步骤

- 按以上所述设置 EVM。
- 将负载设置为恒阻或恒流模式并具有 10 mA 的灌电流。
- 将输入源从 0V 增加到 20 V；使用电压表 1 测量输入电压。
- 将输入电源的电流限值增加到 1000 mA。
- 使用电压表 2 测量输出电压，将负载电流从 10mA 更改为 1000mA 直流；VOUT 必须保持在负载调节规格之内。
- 将负载电流设置为 500mA (50% 额定负载) 并将输入源电压从 20V 更改为 60V；VOUT 必须保持在线性调节规格之内。
- 使用示波器探测不同的相关信号。注意探头接地基准。
- 将负载降至 10mA。将输入源电压降至 0V。
- 关闭输入源和负载，然后关闭电压表和电流表。

2.5 优秀实践

请注意小心操作 EVM。以高达 60V_{IN} 运行 EVM 板可能会在某些电路节点上产生高于 75V 的电压，如 PCB 上的高压符号所标记。在最大负载下运行 EVM 板可能会在 PCB 的某些区域产生热点，如热表面符号所标记。请仔细阅读以下注意事项。



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，这有助于确保自身和周围人员的人身安全。如需更多信息，请联系 TI 的产品信息中心，网址为 <http://support.ti.com>。

保存所有警告和说明以供将来参考。

务必遵循警告和说明，否则可能引发电击和/或灼伤危险，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。

• **工作区安全：**

- 保持工作区整洁有序。
- 每次电路通电时，都必须由具有资质的观察员在场监督。
- 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。
- 如果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超过 50V_{RMS}/75VDC，则必须将其置于紧急断电 (EPO) 保护电源板内。
- 使用稳定且不导电的工作台面。
- 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。

• **电气安全：**

作为一项预防措施，工程实践中通常需假定整个 EVM 可能存在用户可完全接触到的高电压。

- 执行任何电气测量或其他诊断测量之前，需切断 TI HV EVM 及全部输入、输出和电气负载的电源。确认 TI HV EVM 已安全断电。
- 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。
- EVM 准备就绪后，根据需要 will EVM 通电。

WARNING

警告：EVM 通电后，请勿触摸 EVM 或其电路，因为 EVM 和电路可能存在高压，会造成电击危险。

• **人身安全：**

- 穿戴人员防护装备（例如乳胶手套和/或具有侧护板的安全眼镜）或者用带有互锁机构的透明塑料箱装好 EVM，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。

安全性和预防措施

该 EVM 由交流电源或高压直流电源供电，专为经过相应技术培训的专业人员而设计。在使用此 EVM 之前，请阅读此用户指南和此 EVM 封装附带的与安全相关的文档。

CAUTION



请勿在无人照看的情况下使 EVM 通电。

WARNING



表面高温！接触会导致烫伤。请勿触摸！

WARNING



高压！将电路板连接到火线时可能会触电。电路板必须由专业人员小心处理。
为安全起见，强烈建议使用具有过压和过流保护的隔离式测试设备。

3 实现结果

3.1 性能数据和结果

图 3-1 至图 3-8 展示了 LM5185EVM-SIO 的典型性能曲线。实际性能数据可能会受到测量技术和环境变量的影响，因此这些曲线仅供参考，并可能与实际现场测量结果有所不同。

3.1.1 转换效率

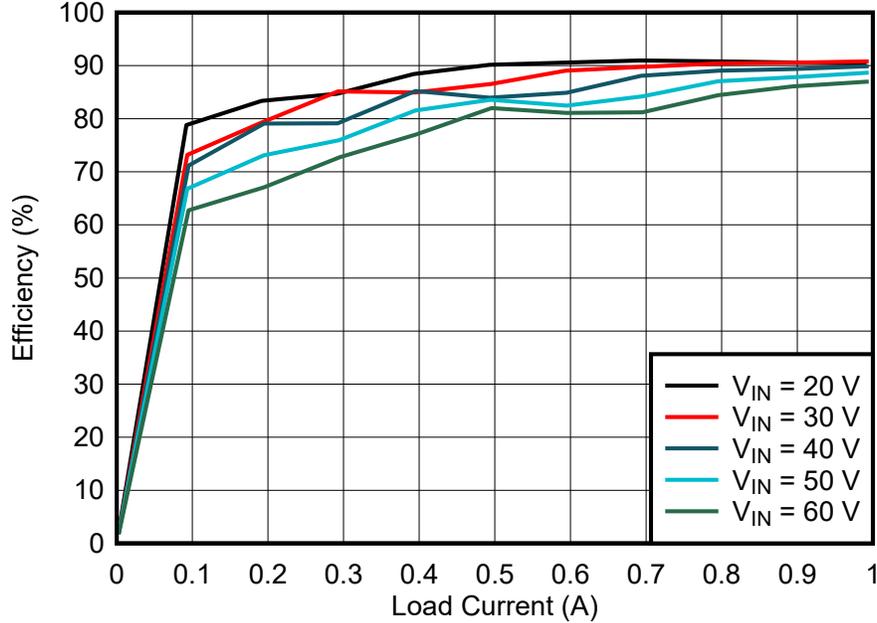


图 3-1. EVM 效率与负载和输入电压间的关系

3.1.2 输出电压调节

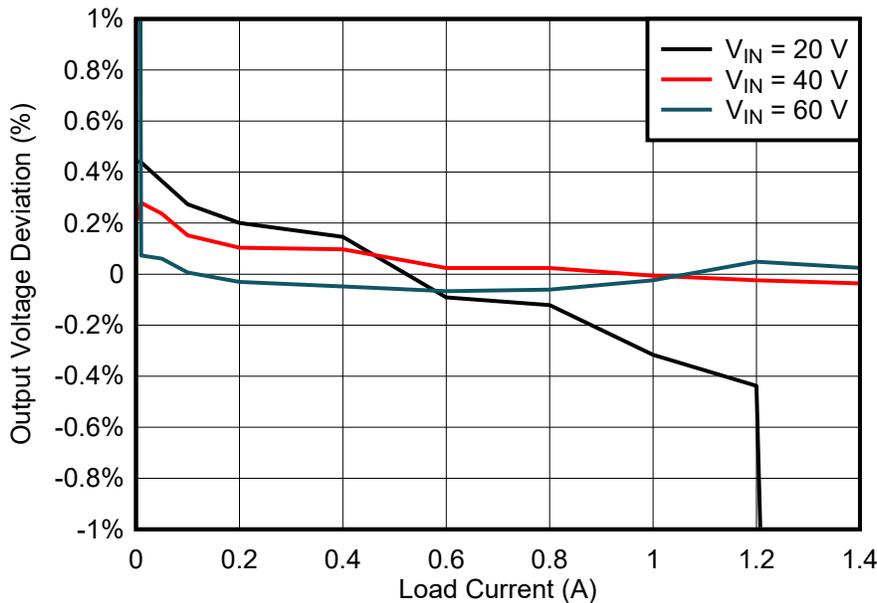
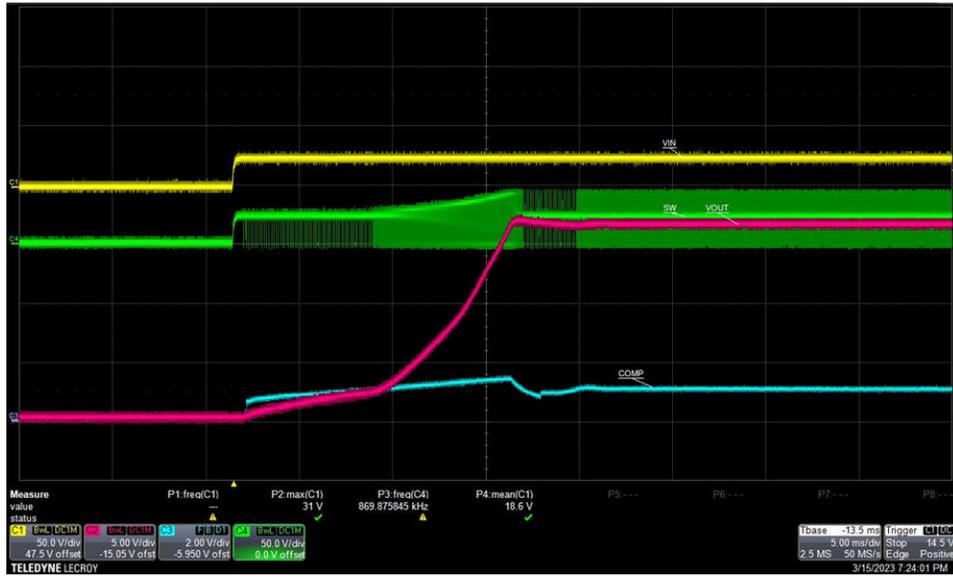


图 3-2. EVM 输出电压调节与负载和输入电压间的关系

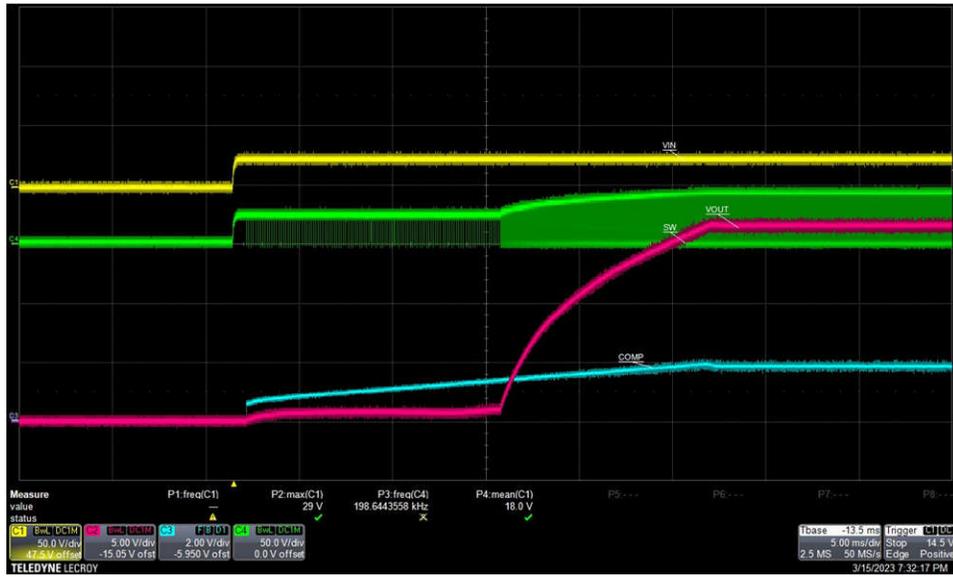
3.1.3 工作波形

3.1.3.1 启动



C1=Vin ; C2=Vout ; C3=COMP ; C4=SW

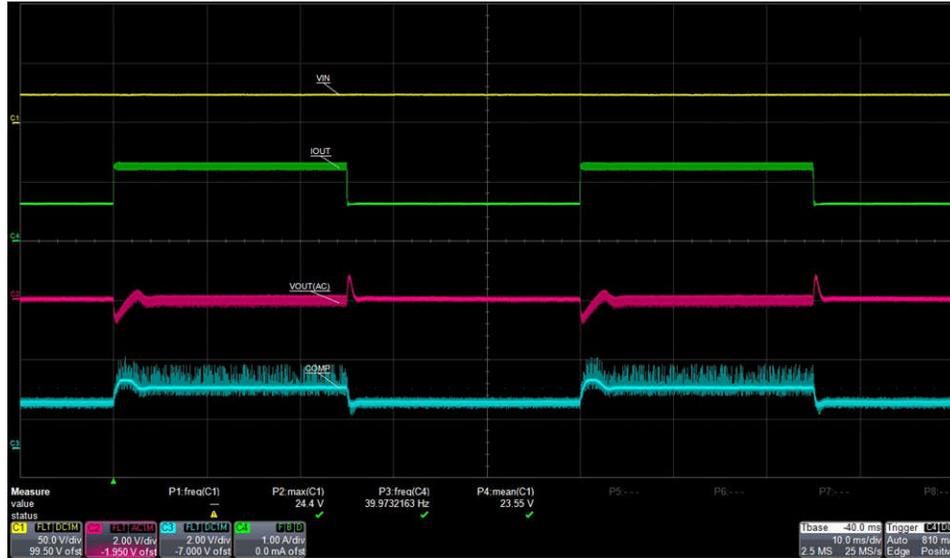
图 3-3. 空载条件下启动 : Vin=24V , Iout=0A



C1=Vin ; C2=Vout ; C3=COMP ; C4=SW

图 3-4. 满载条件下启动 : Vin=24V , Iout=1A

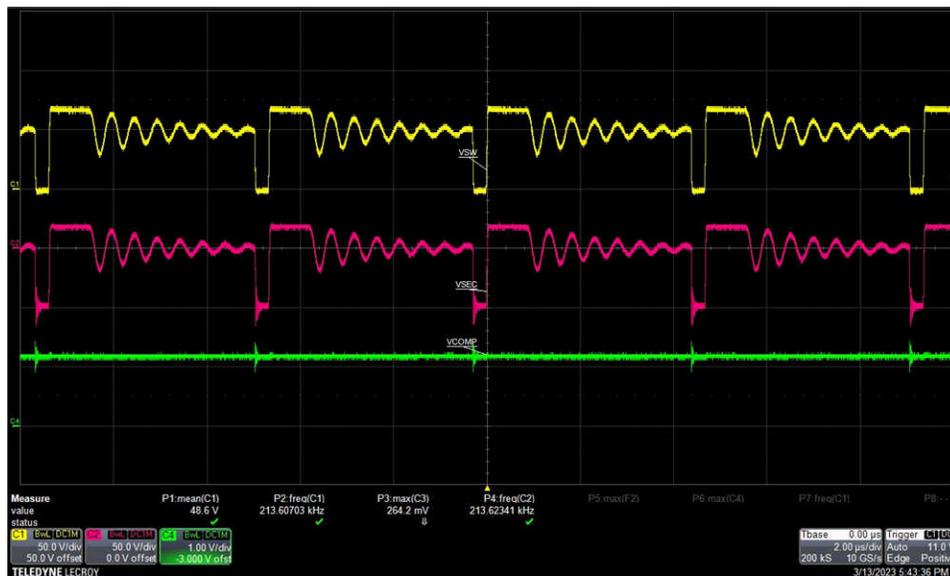
3.1.3.2 负载瞬态响应



C1=Vin ; C2=Vout (交流耦合) ; C3=Vcomp ; C4=lout

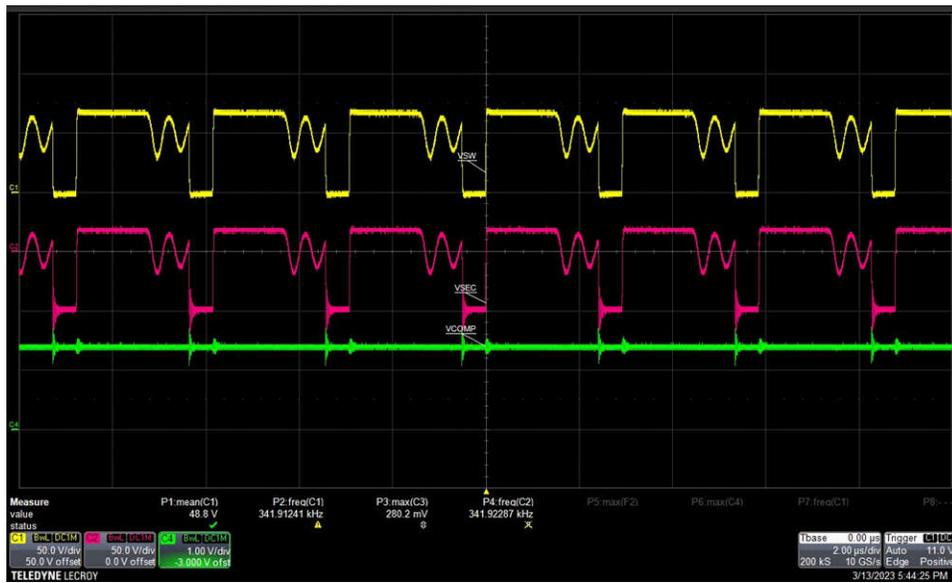
图 3-5. 负载瞬态响应 : Vin=24V , 0.625A 至 1.25A 负载瞬态

3.1.3.3 开关



C1=SW ; C2=Vsec ; C4=Vcomp

图 3-6. FFM 运行 : VIN=48V , Iout= 0.1A



C1=SW ; C2=Vsec ; C4=Vcomp

图 3-7. DCM 运行 : $V_{in}=48V$, $I_{out}=0.5A$

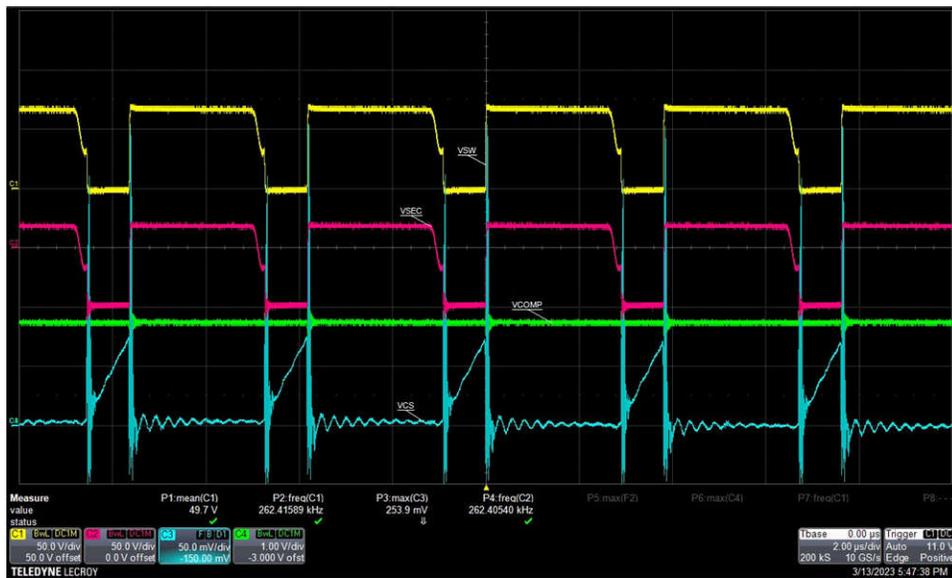


图 3-8. BCM 运行 : $V_{in}=48V$, $I_{out}=1.0A$

3.2 热性能

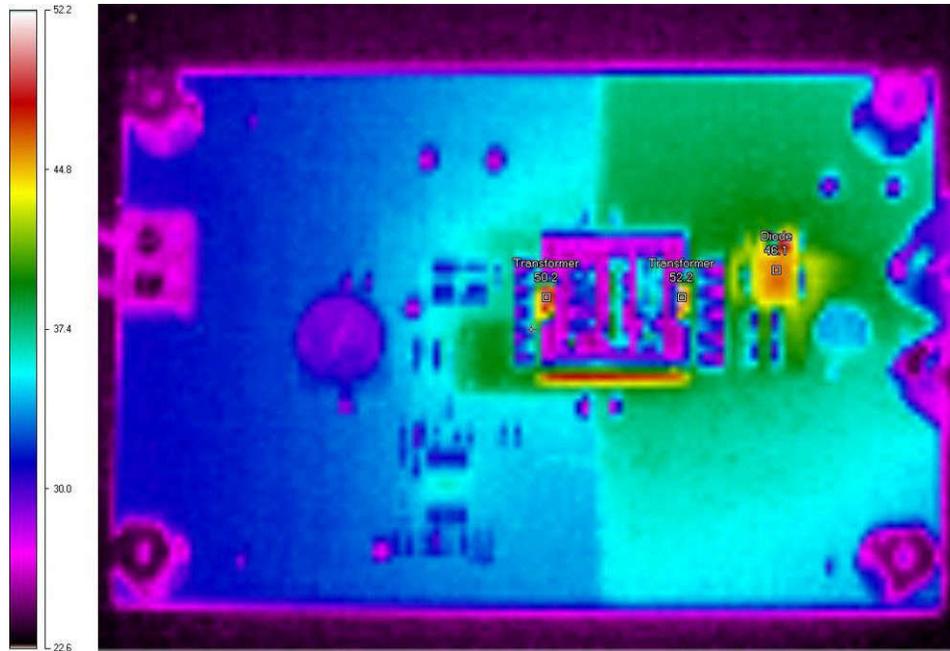


图 3-9. EVM 热像图。Vin=48V , Iout=1.0A

4 硬件设计文件

4.1 原理图

图 4-1 展示了该 EVM 的完整原理图。

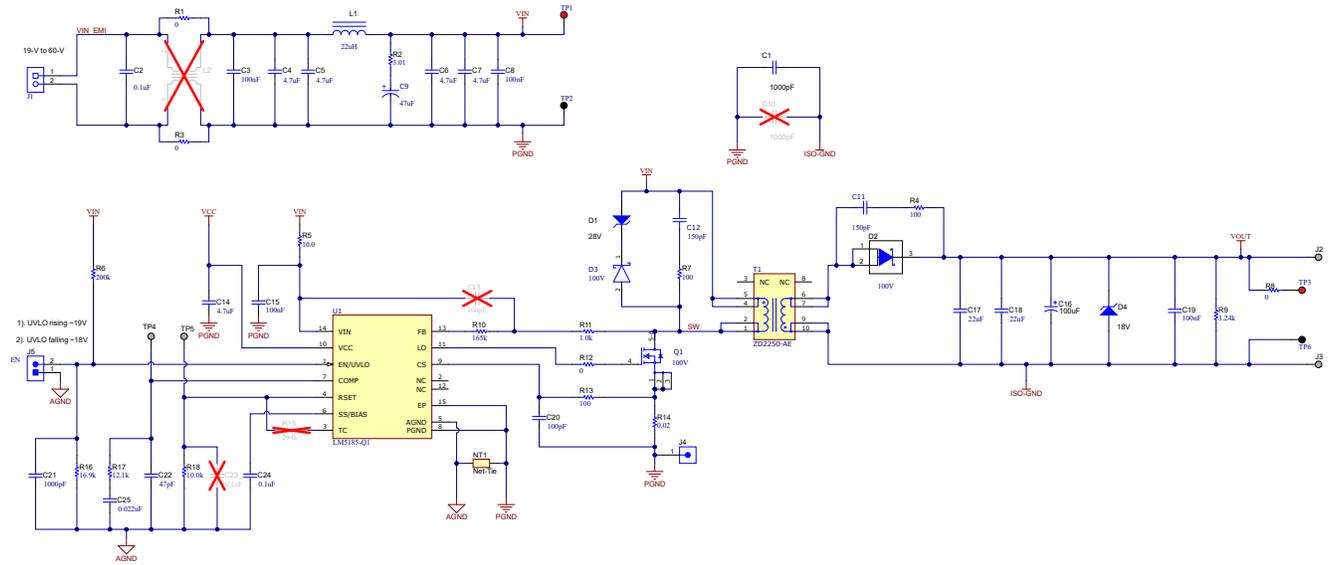


图 4-1. LM5185EVM-SIO 原理图

4.2 PCB 布局

图 4-2 至图 4-7 展示了 EVM 的印刷电路板布局布线。

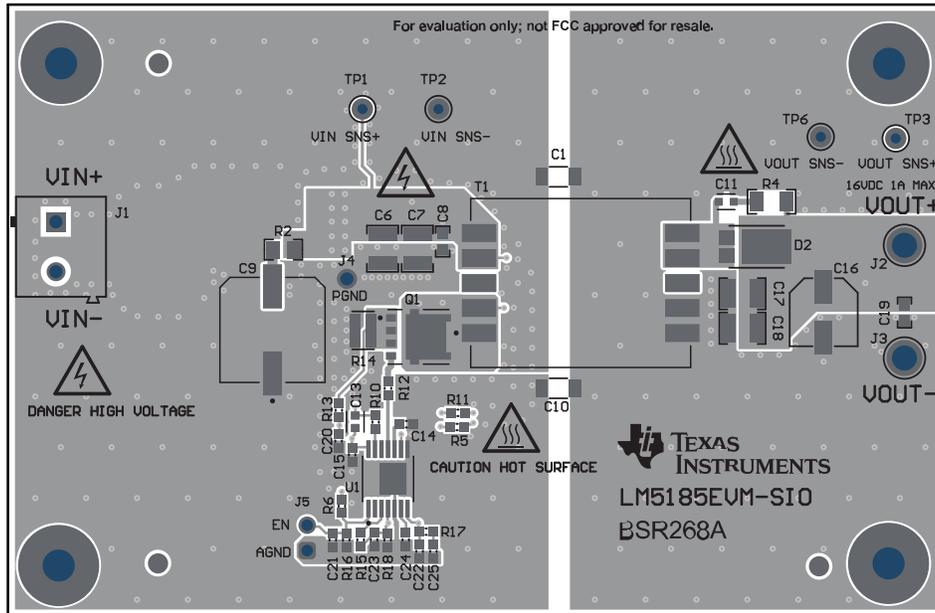


图 4-2. 顶层丝印 (顶视图)

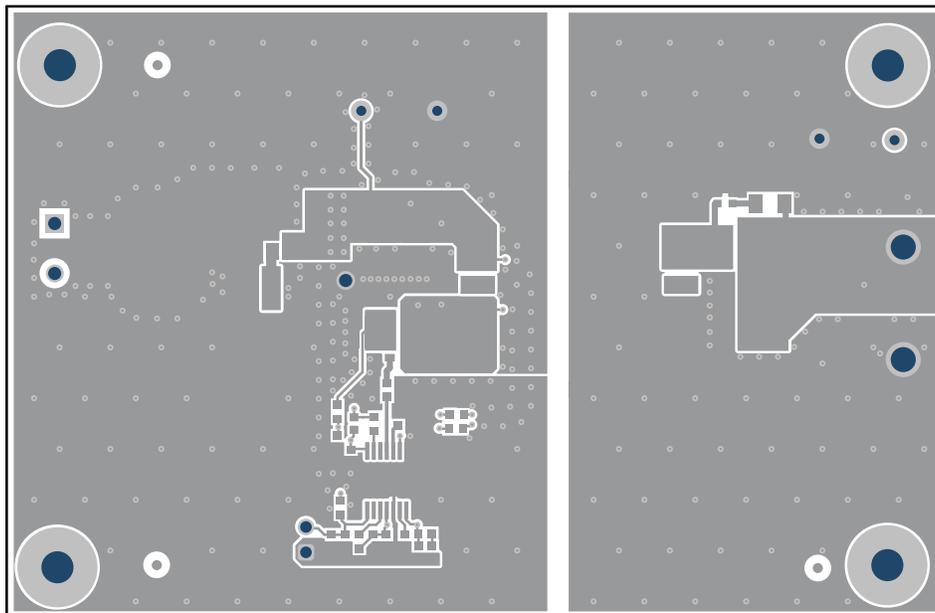


图 4-3. 顶层布局 (顶视图)

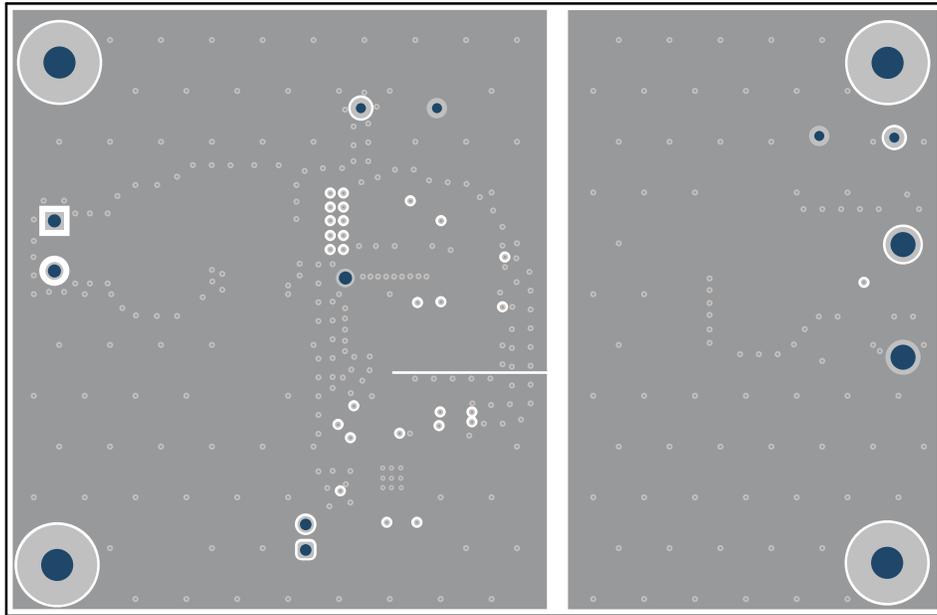


图 4-4. 中间层 1 布局 (顶视图)

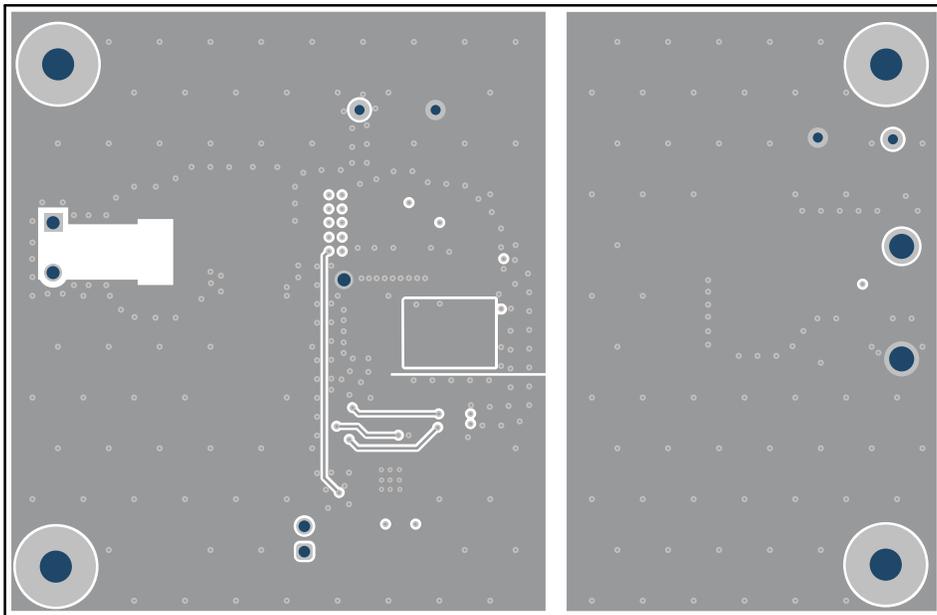


图 4-5. 中间层 2 布局 (顶视图)

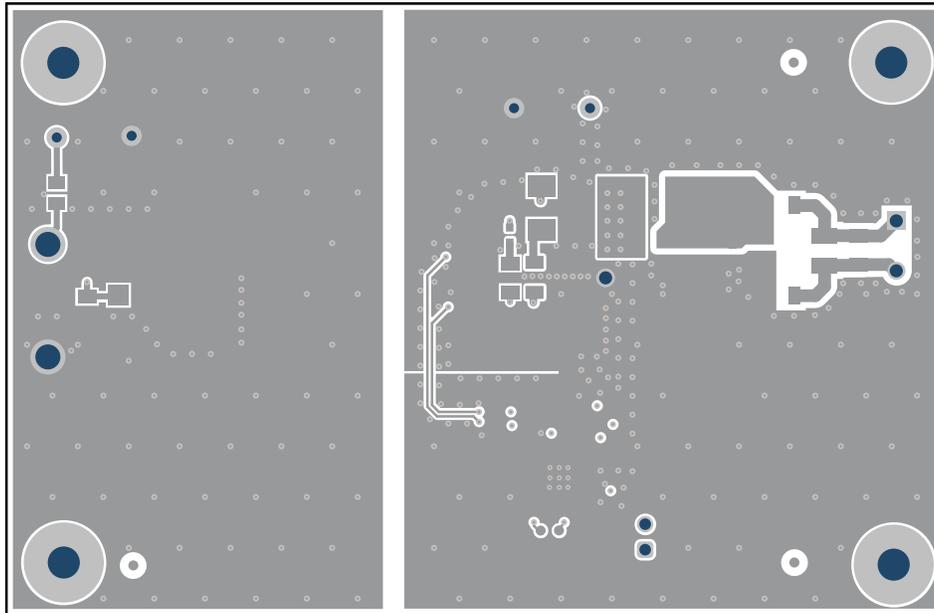


图 4-6. 底层布局 (底视图)

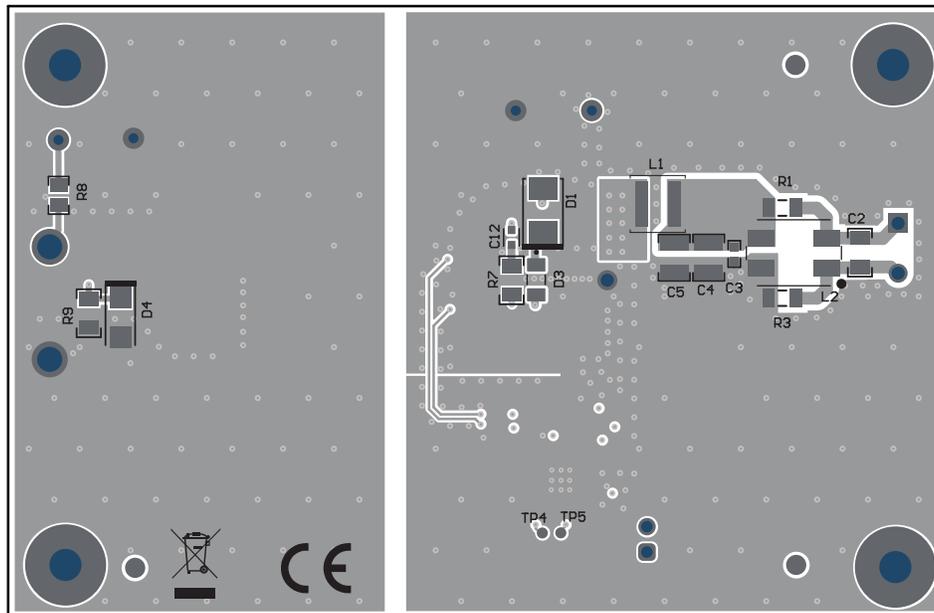


图 4-7. 底层丝印 (底视图)

4.3 物料清单 (BOM)

表 4-1 列出了 LM5185EVM-SIO 的物料清单 (BOM)。

表 4-1. 物料清单

位号	数量	描述	器件型号	制造商
C1	1	电容, 陶瓷, 1000pF, 2000V, +/-10%, X7R, 1206_190	202R18W102KV4E	Johanson Technology
C2	1	电容, 陶瓷, 0.1uF, 100V, +/-10%, X7R, 1206	GRM319R72A104KA01D	MuRata
C3、C8、C15、C19	4	电容, 陶瓷, 0.1uF, 100V, +/-10%, X7R, 0603	GRM188R72A104KA35D	MuRata
C4、C5、C6、C7	4	电容, 陶瓷, 4.7uF, 100V, +/-10%, X7S, 1210	C3225X7S2A475K200AB	TDK
C9	1	铝电解电容, 47uF, 20%, 80V, 10.3mm x 10.3mm x 10.5mm, SMT	865081757008	Wurth Electronics
C11、C12	2	0603 150pF 100V ±5% 容差 COG/NP0 SMT 多层陶瓷电容器	06031A151JAT2A	KYOCERA AVX
C14	1	电容, 陶瓷, 4.7 uF, 16V, ±10%, X7R, 0603	GRM188Z71C475KE21D	MuRata
C16	1	电容, 铝, 100uF, 25V, +/-20%, 0.34 Ω, AEC-Q200 2 级, SMD	EEE-FK1E101XP	松下 (Panasonic)
C17, C18	2	CAP、CERM、22uF、25V、+/-10%、X7R、1210	GRM32ER71E226KE15L	MuRata
C20	1	电容, 陶瓷, 100pF, 50V, +/-5%, COG/NP0, 0603	GRM1885C1H101JA01D	MuRata
C21	1	电容, 陶瓷, 1000pF, 100V, +/-5%, COG/NP0, AEC-Q200 1 级, 0603	GCM1885C2A102JA16D	MuRata
C22	1	电容, 陶瓷, 47pF, 50V, +/-5%, COG/NP0, AEC-Q200 0 级, 0603	CGA3E2NP01H470J080AA	TDK
C24	1	电容, 陶瓷, 0.1uF, 16V, +/-5%, X7R, 0603	C0603C104J4RACTU	Kemet
C25	1	电容, 陶瓷, 0.022uF, 25V, +/-10%, X7R, 0603	C0603C223K3RACTU	Kemet
D1	1	二极管, 齐纳, 28V, 5W, SMB	SMBJ5362B-TP	Micro Commercial Components
D2	1	二极管, 肖特基, 100V, 5A, PowerDI5	SDT5H100LP5-7	Diodes Inc.
D3	1	二极管 100V 1A 表面贴装 SOD-123H	ACDBMT1100-HF	Comchip Technology
D4	1	二极管, 齐纳, 18V, 1W, AEC-Q101, SMA	SMAZ18-13-F	Diodes Inc.
L1	1	电感, 屏蔽, 复合, 22uH, 3.4A, 0.1 Ω, SMD	XAL5050-223MEB	线艺 (Coilcraft)
Q1	1	N 沟道 100V 8.4A (Ta), 31A (Tc) 3.6W (Ta), 49W (Tc) 表面贴装 5-DFN (5x6) (8-SOFL)	NVMFS021N10MCLT1G	Onsemi
R1、R3	2	电阻, 0, 5%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 1206	ERJ-8GEY0R00V	Panasonic
R2	1	电阻, 3.01, 1%, 0.125W, 0805	RC0805FR-073R01L	Yageo America
R4、R7	2	电阻, 100, 1%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 1206	ERJ-8ENF1000V	Panasonic
R5	1	电阻, 10.0Ω, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0710RL	Yageo
R6	1	电阻, 200k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-07200KL	Yageo
R8	1	电阻, 0, 5%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	ERJ-6GEY0R00V	Panasonic
R9	1	电阻, 3.24k, 1%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 1206	ERJ-8ENF3241V	Panasonic
R10	1	电阻, 165k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW0603165KFKEA	Vishay-Dale
R11	1	电阻, 1.0k, 5%, 0.1W, 0603	RC0603JR-071KL	Yageo
R12	1	电阻, 0, 5%, 0.1W, 0603	RC0603JR-070RL	Yageo
R13	1	电阻, 100, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-07100RL	Yageo
R14	1	电阻, 0.02, 1%, 1W, 0612	PRL1632-R020-F-T1	Susumu Co Ltd
R16	1	电阻, 16.9k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0716K9L	Yageo
R17	1	电阻, 12.1kΩ, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0712K1L	Yageo

表 4-1. 物料清单 (continued)

位号	数量	描述	器件型号	制造商
R18	1	电阻, 10.0k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0710KL	Yageo
T1	1	反激式变压器, 12 μ H, 4.1A Isat, 1 : 1 匝数比, EFD15 10PIN SMD	ZD2250-AE	Coilcraft
U1	1	具有低 IQ 和低 EMI、采用 HTSSOP14 封装的汽车类 100V 输入电压 PSR 反激式直流/直流控制器	LM5185-Q1	德州仪器 (TI)

5 合规信息

5.1 合规性和认证

LM5185EVM-SIO 旨在限制有害物质 (RoHS) 使用的欧盟符合性声明 (DoC) ([SSZQR78](#))

6 其他信息

6.1 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司