

## EVM User's Guide: TPS51388EVM

# TPS51388 降压转换器评估模块



## 说明

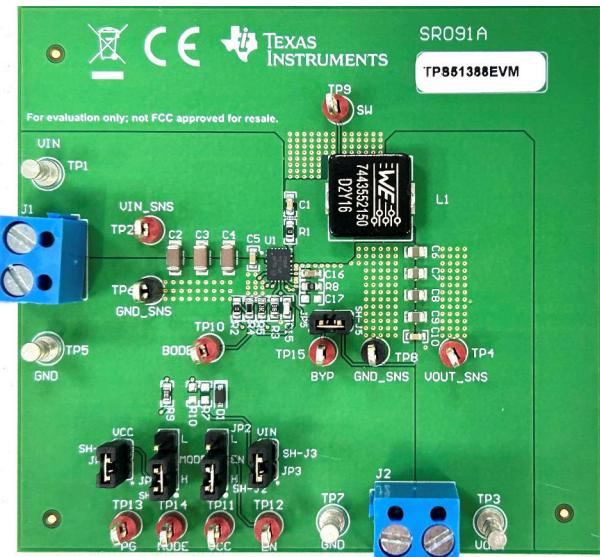
TPS51388EVM 是一个经全面组装和测试的电路，用于评估 TPS51388 转换器。该评估模块经配置，可在 5.5V 至 24V 的输入电压范围内运行，并提供 5.15V 稳压输出，负载电流高达 12A。该器件的大多数设置可通过跳线轻松调整或设置，例如：工作模式（OOA 或 ECO）、外部旁路电源和开关频率。

## 特性

- 输入电压范围为 5.5V 至 24V
- 0.6V 至 5.5V 输出电压范围
- 支持 12A 的连续输出电流
- 可通过动态变化选择 Eco-mode™ 和 OOA™ 模式
- 600kHz 和 1MHz 可选开关频率
- 快速的负载瞬态响应

## 应用

- 笔记本电脑和台式机
- 超极本、平板电脑
- 电视、STB
- 分布式电源系统



## 1 评估模块概述

### 1.1 引言

TPS51388 是一款单通道 D-CAP3™ 控制模式同步降压转换器，只需使用少量外部元件。该 EVM 中使用的 TPS51388 同步降压转换器具有以下特性：

- 输入电压范围为 4.5V 至 24V
- 0.6V 至 5.5V 输出电压范围
- 集成型  $9.2\text{m}\Omega / 4.5\text{m}\Omega$  MOSFET
- 支持 12A 的连续输出电流
- $90\mu\text{A}$  低静态电流
- $\pm 1.0\%$  的输出电压精度 (25°C 时)
- 可实现快速瞬态响应的 D-CAP3™
- 600kHz 和 1000kHz 的可选开关频率
- 在轻负载工作模式下可通过动态变化选择 Eco-mode™ 和 OOA™ 模式

本用户指南介绍了德州仪器 (TI) TPS51388 评估模块 (EVM) 的特性、操作、性能和使用情况。TPS51388EVM 用于帮助用户轻松评估和测试 TPS51388 的操作和功能。本用户指南包含以下内容：

- 硬件设置说明
- EVM 的印刷电路板布局布线
- 原理图
- 物料清单
- EVM 的测试结果

### 1.2 套件内容

- TPS51388EVM 电路板
- EVM 免责声明自述文件
- 原型设计 EVM 免责声明自述文件

### 1.3 规格

表 1-1 中提供了 TPS51388EVM 性能规格的汇总。除非另有说明，提供的规格适用于 19.5V 输入电压和 5.15V 输出电压。除非另有说明，所有测量的环境温度均为 25°C。

表 1-1. TPS51388EVM 性能规格汇总

规格		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{IN}$	输入电压		5.5	19.5	24	V
CH1	输出电压		5.1	5.15	5.2	V
	运行 frequency1	$V_{IN} = 12\text{V}$ , $I_{OUT} = 12\text{A}$ , MODE = 高电平		600		kHz
	运行 frequency2	$V_{IN} = 12\text{V}$ , $I_{OUT} = 12\text{A}$ , MODE = 低电平		1000		kHz
	输出电流范围		0	12		A
	过流限值	$V_{IN} = 12\text{V}$ , $L_{OUT} = 1.5\mu\text{H}$	12.5	14	16	A

图 1-1 展示了 TPS51388 同步降压转换器的原理图。

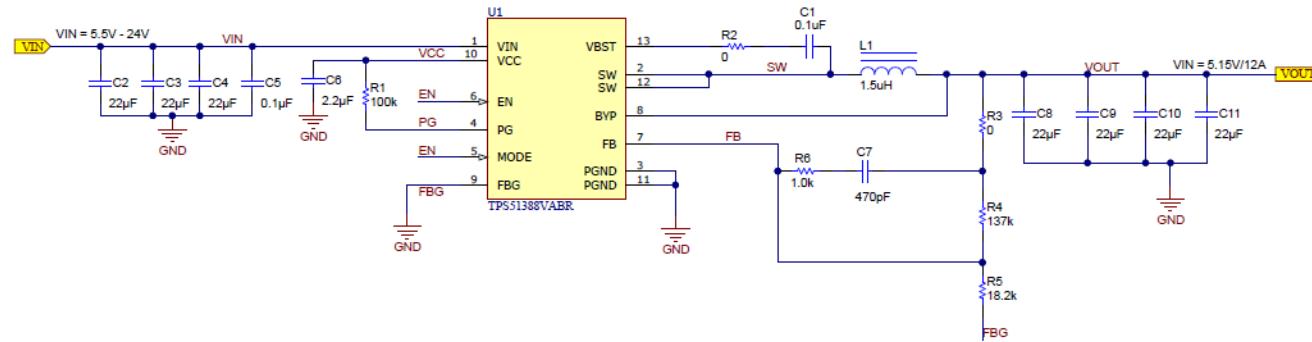


图 1-1. TPS51388 同步降压稳压器简化原理图

#### 1.4 器件信息

TPS51388 评估模块 (EVM) 是一款单通道同步降压转换器，可在 5.5V 至 24V 输入范围内以 12A 电流提供 5.15V 的输出。

表 1-2. 输入电压和输出电流汇总

EVM	输入电压 ( $V_{IN}$ ) 范围	输出电流 ( $I_{OUT}$ ) 范围
TPS51388EVM	5.5V 至 24V	0A 至 12A

## 2 硬件

### 2.1 测试装置和过程

#### 2.1.1 EVM 连接

参考表 2-1 所述的 EVM 连接，建议用于评估 TPS51388 的测试装置如图 2-1 所示。在提供 ESD 保护的工作站上工作时，请确保在处理 EVM 之前已连接所有腕带、靴带或垫子以使用户接地。

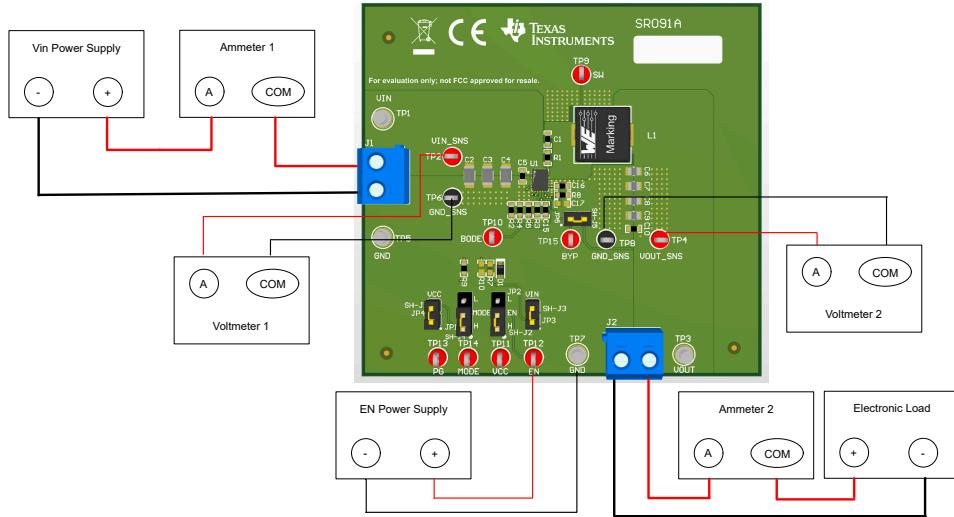


图 2-1. EVM 测试设置

表 2-1. EVM 电源接头

标签	说明
VIN	正输入电压电源和检测连接
GND	负输入电压电源和检测连接
VOUT	正输出电压电源和感测连接
GND	负输出电压电源和检测连接
EN	正 EN 电压电源和感测连接
GND	负 EN 电压电源和感测连接

表 2-2. EVM 信号接头

标签	说明
SW	连接到电感器和自举电容器以进行降压的开关节点
PG	电源正常状态指示器
VCC	内部 5V LDO 输出。内部模拟电路和驱动的电源。
EN	降压转换器的使能输入
模式	模式选择引脚
BODE	环路响应的注入点

## 2.1.2 测试设备

**电压源：**使用能够提供 0V 至 24V 电压和 12A 电流的输入电压源。使用能够提供 0V 至 5V 电压和 1A 电流的其他 EN 电压源。

**万用表：**

- **电压表 1：**VIN\_SNS 与 GND\_SNS 之间的输入电压。将电压表设置为具有  $100M\Omega$  的输入阻抗。
- **电压表 2：**VOUT\_SNS 与 GND\_SNS 之间的输出电压。将电压表设置为具有  $100M\Omega$  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。

**电子负载：**负载必须是电子恒阻 (CR) 或恒流 (CC) 模式负载，能够在 5.15V 电压下支持  $0A_{DC}$  至  $12A_{DC}$  电流。对于空载输入电流测量，请断开电子负载，因为它会消耗少量剩余电流。

**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。

**安全性：**在接触任何可能带电或通电的电路时，请务必小心。

## 2.1.3 建议的测试设置

### 2.1.3.1 输入接头

1. 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 0.1A。确认输入源最初设置为 0V 并连接到 VIN\_SNS 和 GND\_SNS 连接点，如图 2-1 所示。
2. 连接 EN 直流源并将输入电源的电流限值设置为最大 0.1A。确认输入源最初设置为 0V 并连接到 EN 和 GND\_SNS 连接点，如图 2-1 所示。
3. 在 VIN\_SNS 和 GND\_SNS 连接点上连接电压表 1 以测量输入电压。
4. 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。

### 2.1.3.2 输出接头

1. 将电子负载连接至 VOUT 接头。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。
2. 在 VOUT\_SNS 和 GND\_SNS 接头连接电压表 2 以测量输出电压。
3. 连接电流表 2，以测量输出电流。

## 2.1.4 测试过程

### 2.1.4.1 线路和负载调节，效率

1. 如前所述设置 EVM。
2. 将负载设置为恒阻或恒流模式并具有 0A 的灌电流。
3. 将输入源从 0V 增加到 24V；使用电压表 1 测量输入电压。
4. 将 EN 源从 0V 增大到 3.3V。
5. 将输入电源的电流限值增加到 12A。
6. 使用电压表 2 测量输出电压  $V_{OUT}$ ，将负载电流从 0A 更改为  $12A_{DC}$ ； $V_{OUT}$  必须保持在负载调节规格之内。
7. 将负载电流设置为 6A ( 50% 额定负载 ) 并将输入源电压从 5.5V 更改为 24V； $V_{OUT}$  必须保持在线路调节规格之内。
8. 将负载降至 0A。将输入源电压降至 0V。将 EN 源电压降至 0V。

### 3 实现结果

#### 3.1 性能数据和结果

图 3-1 至图 3-10 展示了 TPS51388EVM 的典型性能曲线。由于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，可能与实际现场测量结果有所不同。

##### 3.1.1 EVM 特性

电气特性如表 3-1 所示。

表 3-1. 电气性能特性

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>输入特性</b>					
输入电压范围, $V_{IN}$	工作	5.5	19.5	24	V
非开关输入电流 $I_{VIN}$	无负载, $V_{EN} = 5V$ , 非开关	$V_{IN} = 12V$	90		$\mu A$
关断时的输入电流 $I_{VINSDN}$	无负载, $V_{EN} = 0V$	$V_{IN} = 12V$	3		$\mu A$
EN 阈值高电平, $V_{EN(ON)}$	$T_J = 25^\circ C$	1			V
EN 阈值低电平, $V_{EN(OFF)}$	$T_J = 25^\circ C$		0.4		V
EN 引脚的 OOA 模式, $V_{EN(OOA)}$		1	1.6		V
EN 引脚的 Eco-mode, $V_{EN(ECO)}$		2.2	5.5		V
<b>输出特性</b>					
输出电压, $V_{OUT}$	$T_J = 25^\circ C$	5.1	5.15	5.2	V
输出电流 $I_{OUT}$	$V_{IN} = 5.5V$ 至 $24V$	0	12		A
软启动时间, $t_{SS}$	内部软启动时间, SS 引脚悬空	1			ms
<b>系统特性</b>					
开关频率, $F_{SW}$	CCM 工作模式, MODE < 0.4V	600			kHz
	CCM 工作模式, MODE > 1V	1000			kHz
TPS51388 运行结温, $T_J$		-20	125		°C

##### 3.1.2 转换效率

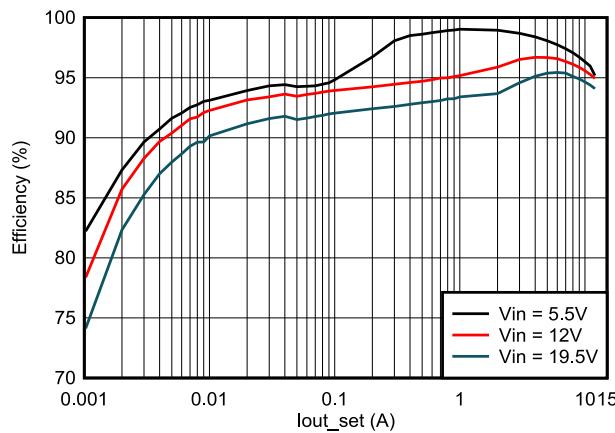


图 3-1. 效率,  $V_{EN} = 3.3V$  (Eco-mode),  $V_{OUT} = 5.15V$ ,  $600kHz$

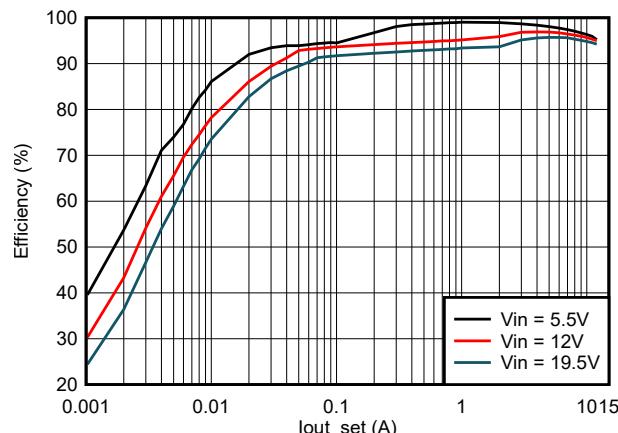


图 3-2. 效率,  $V_{EN} = 1.2V$  (OOA 模式),  $V_{OUT} = 5.15V$ ,  $600kHz$

### 3.1.3 工作波形

#### 3.1.3.1 通过 EN 启动和关断

下图显示了相对于 EN 的 TPS51388EVM 启动和关断波形。

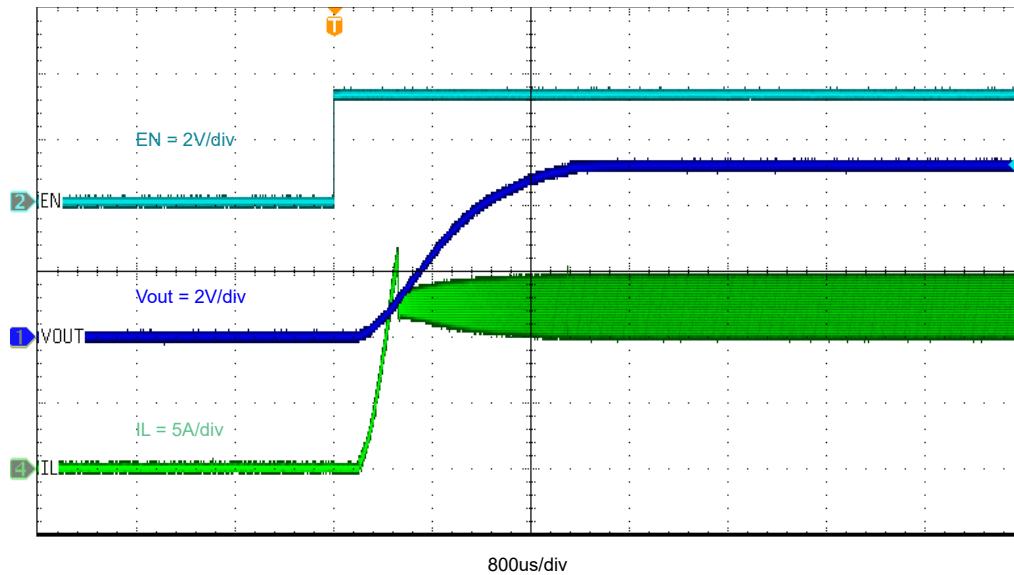


图 3-3. 相对于 EN 的启动 ,  $V_{IN} = 19.5V$  ,  $I_{OUT} = 12A$

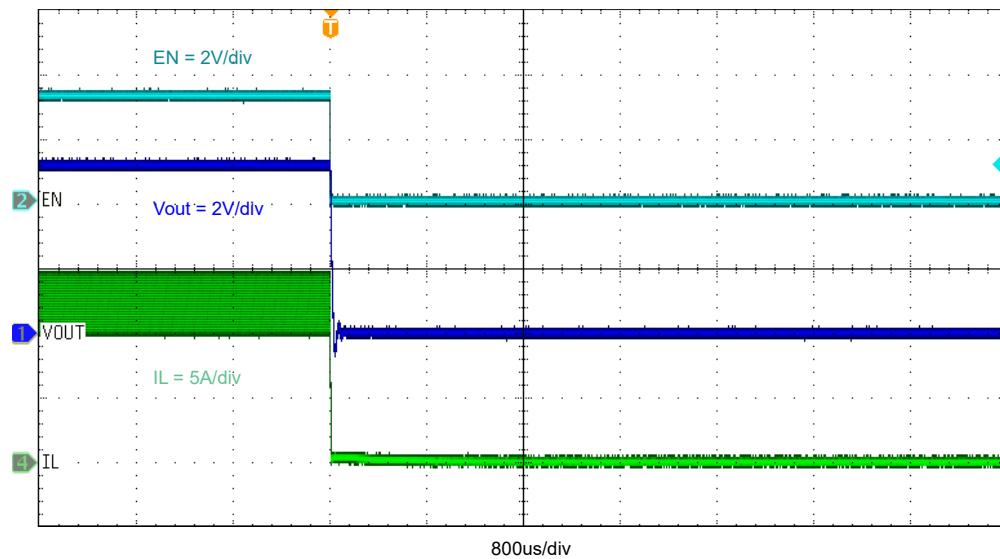


图 3-4. 相对于 EN 的关断 ,  $V_{IN} = 19.5V$  ,  $I_{OUT} = 12A$

### 3.1.3.2 通过 VIN 启动

图 3-5 展示了 TPS51388EVM 相对于 VIN 的启动波形。

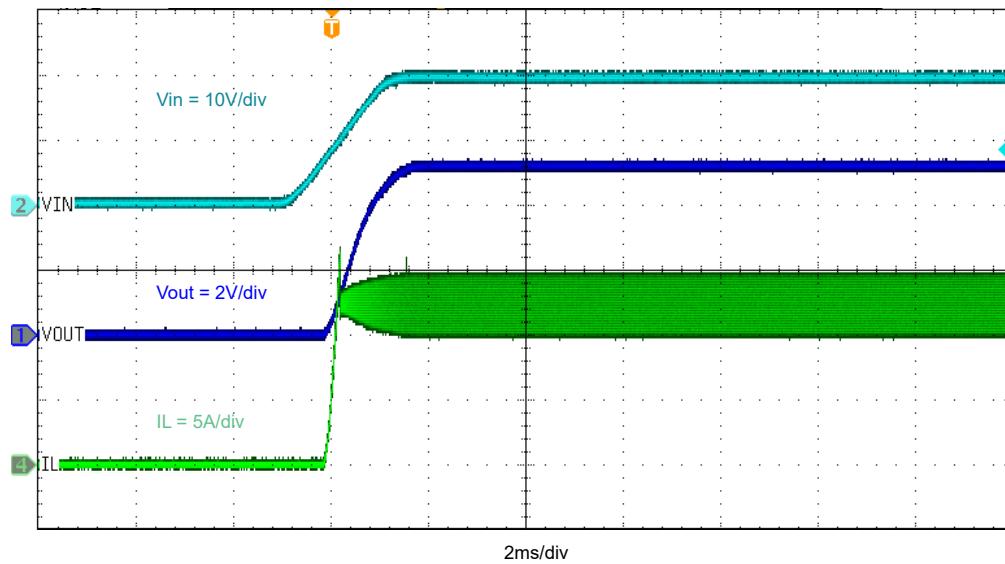


图 3-5. 相对于  $V_{IN}$  的启动， $V_{EN} = 3.3\text{V}$ ， $I_{OUT} = 12\text{A}$

### 3.1.3.3 负载瞬态响应

图 3-6 和图 3-7 中展示了 TPS51388EVM 的负载瞬态响应。

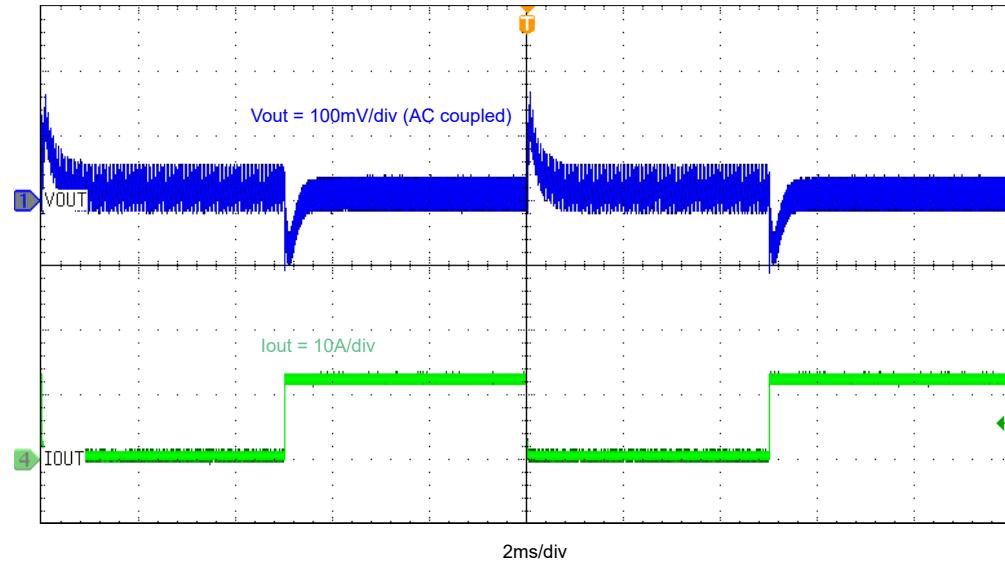


图 3-6.  $V_{IN} = 19.5\text{V}$ 、 $V_{EN} = 3.3\text{V}$ 、以  $1.6\text{A}/\mu\text{s}$  的速度从  $0\text{A}$  变为  $12\text{A}$  时的负载瞬态响应

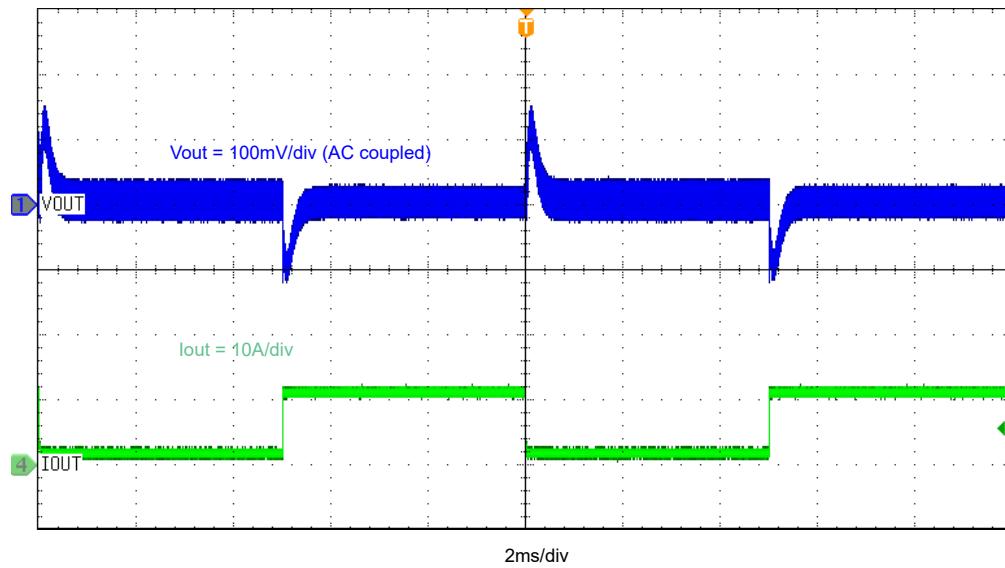


图 3-7.  $V_{IN} = 19.5\text{V}$ 、 $V_{EN} = 3.3\text{V}$ 、以  $1.6\text{A}/\mu\text{s}$  的速度从  $1.2\text{A}$  变为  $10.8\text{A}$  时的负载瞬态响应

### 3.1.3.4 输出电压纹波

图 3-8 和图 3-9 中显示了 TPS51388EVM 的输出电压纹波。

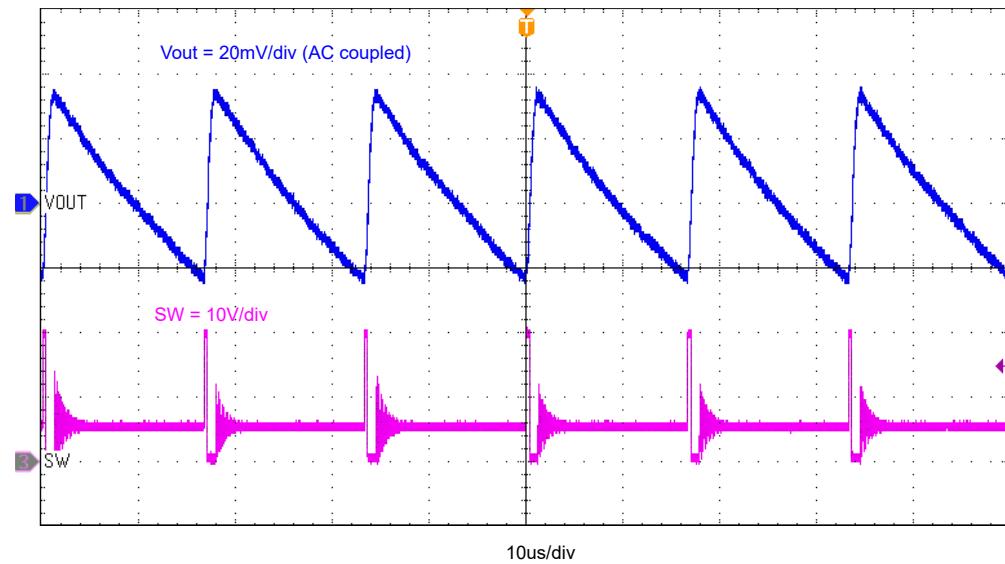


图 3-8. TPS51388EVM 输出电压纹波， $I_{OUT} = 0.1\text{A}$ ，Eco-mode

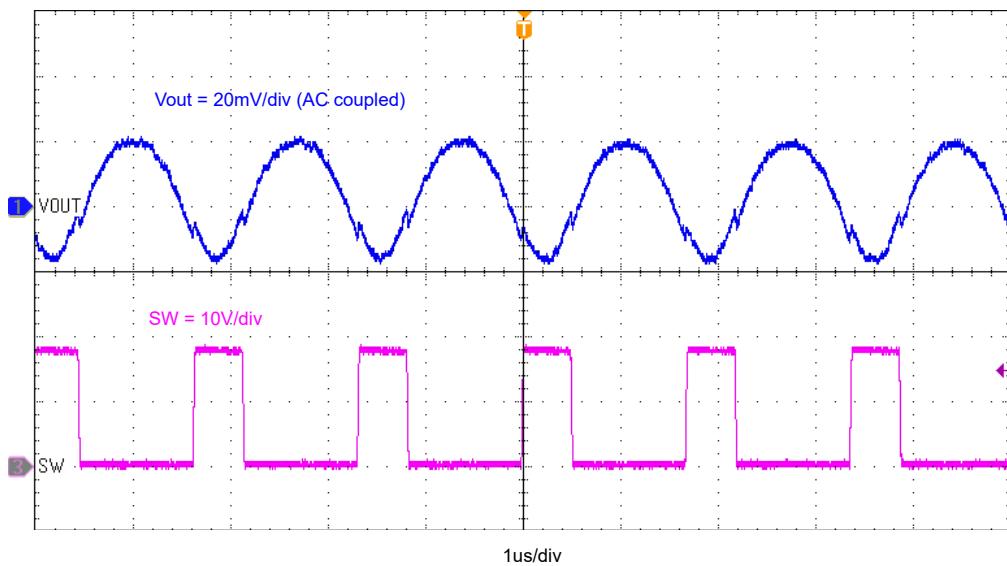


图 3-9. TPS51388EVM 输出电压纹波， $I_{OUT} = 12A$

### 3.1.4 热性能

热性能图如图 3-10 所示。

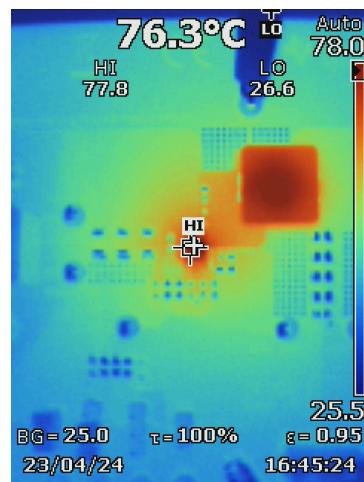


图 3-10. 热性能， $V_{IN} = 19.5V$ ， $I_{OUT} = 12A$ ， $T_{amb} = 25^{\circ}C$ ，无气流

## 4 硬件设计文件

### 4.1 原理图

图 4-1 展示了 TPS51388EVM 的原理图。

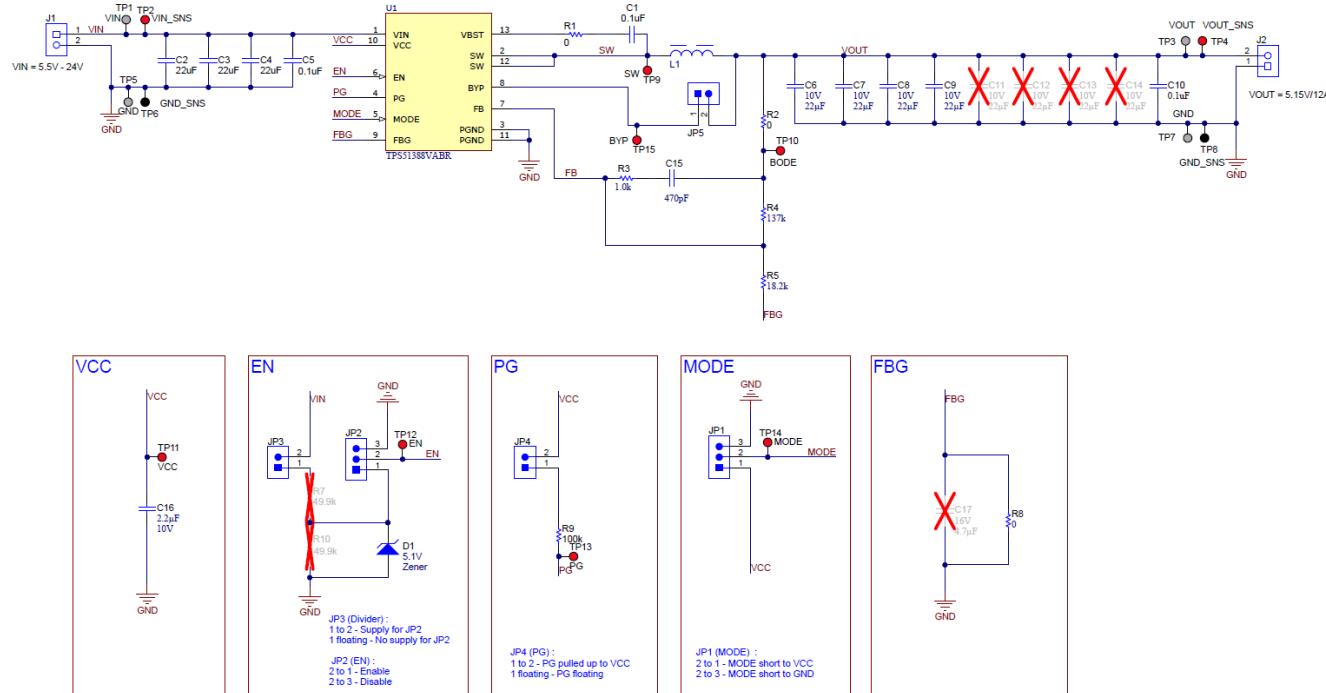


图 4-1. TPS51388EVM 原理图

TPS51388EVM 默认工作频率是 600kHz。如果用户希望测试器件在 1000kHz ( 典型值 ) 下的行为 , 请使用跳线将 MODE 短接至 GND。

BYP 引脚是外部 5V VCC 输入 , 可在输出电压设置为 4.8V 至 5.2V 之间时连接到降压稳压器的输出端。在 TPS51388EVM 中 , 由于输出电压为 5.15V , 因此请通过 JP5 将 BYP 连接到输出电压。如果输出电压低于 4.8V 并且用户希望提高轻负载效率 , 则移除 JP5 上的跳线 , 且外部 BYP 电压高于 4.8V 。请注意 , 此 BYP 外部电压必须在 VIN 电压导通后提供 , 并在 VIN 关断之前断开。

## 4.2 PCB 布局

图 4-2 至图 4-5 展示了使用铜厚度为 2oz 的四层 PCB 的 TPS51388EVM 设计。

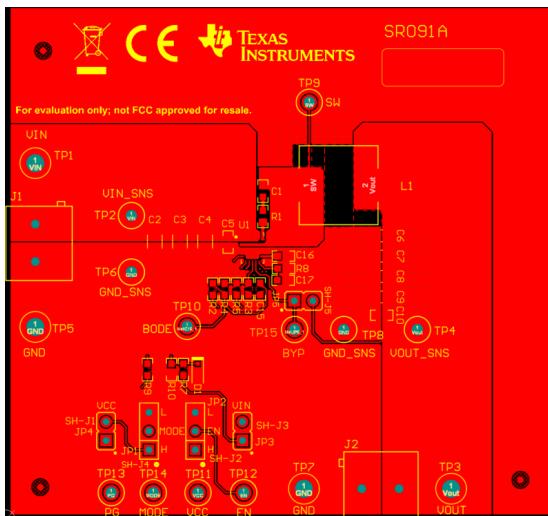


图 4-2. 顶层铜 (顶视图)

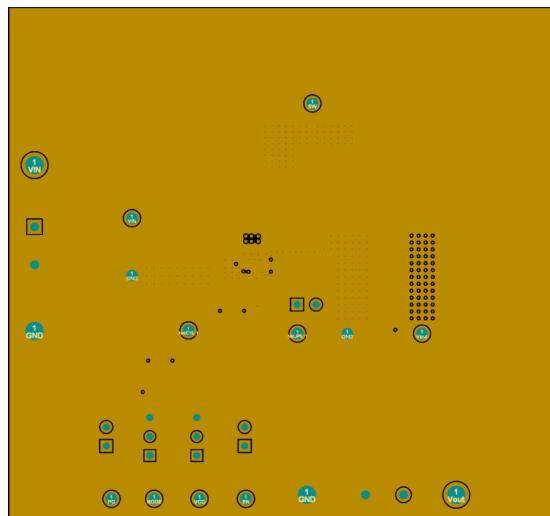


图 4-3. 第 2 层铜 (顶视图)

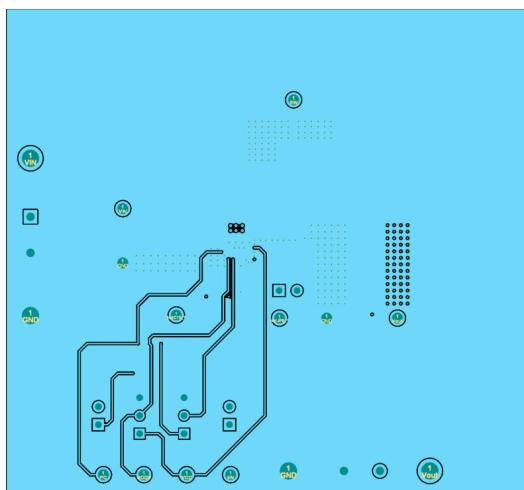


图 4-4. 第 3 层铜 (顶视图)

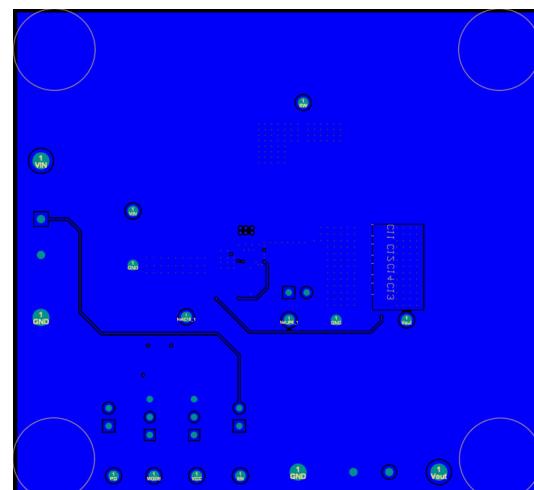


图 4-5. 底层铜 (顶视图)

#### 4.2.1 多层叠

#	Name	Material	Type	Weight	Thickness	Dk
	Top Overlay		Overlay			
	Top Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.4mil	3.5
1	Top Layer		Signal	2oz	2.8mil	
	Dielectric 1	FR-4 High Tg	Prepreg		6mil	4.2
2	Internal Layer 1		Signal	1oz	1.4mil	
	Dielectric 2	FR-4 High Tg	Core		40mil	4.2
3	Internal Layer 2		Signal	1oz	1.4mil	
	Dielectric 3	FR-4 High Tg	Prepreg		6mil	4.2
4	Bottom Layer		Signal	2oz	2.8mil	
	Bottom Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.4mil	3.5

图 4-6. 层堆叠

#### 4.2.2 元件图

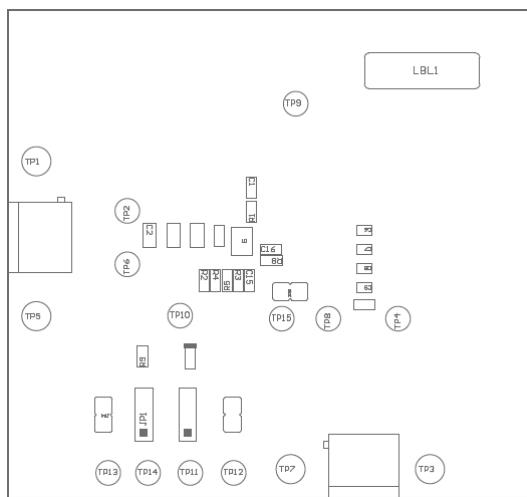


图 4-7. 顶层元件图

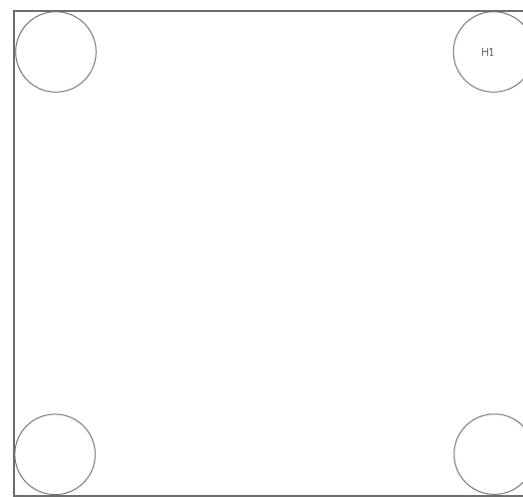


图 4-8. 底层元件图

## 4.3 物料清单

表 4-1 中展示了 TPS51388EVM 物料清单。

表 4-1. 物料清单

位号	数量	说明	器件型号	制造商 <sup>(1)</sup>
IPCB1	1	印刷电路板	SR091	不限
C1、C5、C10	3	电容，陶瓷，0.1μF，50V，±10%，X7R，0603	C1608X7R1H104K080AA	TDK
C2、C3、C4	3	电容，陶瓷，22 μF，35V，±20%，X5R，1206	C3216X5R1V226M160AC	TDK
C6、C7、C8、C9	4	电容，陶瓷，22 μF，10V，±20%，X5R，0805	885012107011	Wurth Elektronik
C15	1	电容，陶瓷，470pF，10V，±5%，C0G/NP0，0603	885012006012	Wurth Elektronik
C16	1	电容，陶瓷，2.2 μF，10V，±10%，X7R，0603	GRM188R71A225KE15J	MuRata
D1	1	二极管，齐纳，5.1V，200mW，SOD-323	MMSZ5231BS-7-F	Diodes Inc.
FID1、FID2、FID3	3	基准标记。没有需要购买或安装的元件。	不适用	不适用
H1、H2、H3、H4	4	Bumper，半球形，0.44 X 0.20，透明	SJ-5303 (CLEAR)	3M
J1、J2	2	端子块，5.08mm，2x1，黄铜，TH	ED120/2DS	On-Shore Technology
JP1、JP2	2	接头，100mil 3x1，锡，TH	PEC03SAAN	Sullins Connector Solutions
JP3、JP4、JP5	2	接头，100mil，2x1，镀金，TH	PBC02SAAN	Sullins Connector Solutions
L1	1	WE-HCI SMT 扁平线高电流电感器，尺寸 1040，1.5uH，18A，5.3mΩ	7443552150	Wurth Elektronik
LBL1	1	热转印打印标签，0.650" ( 宽 ) × 0.200" ( 高 ) - 10,000/卷	THT-14-423-10	Brady
R1、R2	2	电阻，0，5%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	CRCW06030000Z0EA	Vishay-Dale
R3	1	电阻，1.0k，5%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	RCA06031K00JNEA	Vishay-Dale
R4	1	电阻，137k，1%，0.1W，0603	RC0603FR-07137KL	Yageo
R5	1	电阻，18.2k，1%，0.1W，0603	RC0603FR-0718K2L	Yageo
R8	1	电阻，0，1%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	RMCF0603ZT0R00	Stackpole Electronics Inc
R9	1	电阻，100k，1%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	CRCW0603100KFKEA	Vishay-Dale
SH-JP1、SH-JP2、SH-JP3 SH-JP4、SH-JP5	5	分流器，100mil，镀金，黑色	SNT-100-BK-G	Samtec
TP1、TP3、TP5、TP7	4	端子，调整钮，TH，三联	1598-2	Keystone
TP2、TP4、TP9、 TP10、TP11、 TP12、TP13、 TP14、TP15	9	测试点，通用，红色，TH	5010	Keystone
TP6、TP8	2	测试点，通用，黑色，TH	5011	Keystone
U1	1	4.5V 至 24V 输入，12A 同步降压转换器，VQFN-HR13	TPS51388VABR	德州仪器 (TI)
C11、C12、C13、 C14	0	电容，陶瓷，22μF，10V，+/-20%，X5R，0805	885012107011	Wurth Elektronik
C17	0	电容器，陶瓷，4.7μF，16V，+/-10%，X5R，AEC-Q200 3 级，0603	GRT188R61C475KE13D	MuRata
R7、R10	0	电阻，49.9k，1%，0.1W，0603	RC0603FR-0749K9L	Yageo

(1) 除非备选器件型号或备选制造商栏中另有说明，否则所有器件均可替换为等效产品。

## 5 合规信息

### 5.1 合规性和认证

- [TPS51388EVM 欧盟关于限制有害物质 \(RoHS\) 使用的符合性声明 \(DoC\)](#)

## 6 其他信息

### 6.1 商标

Eco-mode™, OOA™, and D-CAP3™ are trademarks of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 7 相关文档

请参阅以下相关文档：

- [德州仪器 \(TI\) , TPS51388 4.5V 至 24V、12A 同步降压转换器数据表](#)

## 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