

# TLVM13660 36V、6A 降压稳压器评估模块用户指南



## 摘要

表 1-1 中列出的 TLVM13620、TLVM13630、TLVM13640 和 TLVM13660 系列同步降压电源模块具有 3V 至 36V 的输入工作电压范围和 2A 至 6A 的额定输出电流，可提供灵活性、可扩展性和优化的解决方案尺寸，适用于各种应用。通过集成功率 MOSFET、降压电感器和 PWM 控制器，这些模块可实现具有高密度、低 EMI 和更高灵活性的直流/直流解决方案。可用的 EMI 缓解功能包括 RBOOT 配置的开关节点压摆率控制和用于高频开关环路的集成电容器。所有模块的额定环境温度和结温分别高达 105°C 和 125°C。

表 1-1. TLVM13620、TLVM13630、TLVM13640 和 TLVM13660 同步降压直流/直流电源模块系列

直流/直流模块	额定值 I <sub>OUT</sub>	封装	尺寸	特性	减轻 EMI
<a href="#">TLVM13620</a>	2A	B0QFN (30)	6.0mm × 4.0mm × 1.8mm	RT 调节的 F <sub>sw</sub> 、PGOOD 指示器、外部偏置选项、反相降压/升压 (IBB) 功能	集成输入、VCC 和 CBOOT 电容器
<a href="#">TLVM13630</a>	3A				
<a href="#">TLVM13640</a>	4A	B3QFN (20)	5.5mm × 5.0mm × 4.0mm		集成输入、VCC 和 CBOOT 电容器，压摆率控制
<a href="#">TLVM13660</a>	6A				

[TLVM13660EVM](#) 使用 TLVM13660，这是一款紧凑、易于使用的同步降压模块 IC，具有 1V 至 6V 的宽输出电压范围和高达 6A 的输出电流。EVM 的默认输出电压为 5V，并且可根据需要使用跳线设置调节到以下输出电压：

- 1.2V
- 1.8V
- 2.5V
- 3.3V

该解决方案支持可调节输入电压 UVLO，以满足应用特定的上电和断电要求，支持用于时序控制和输出电压监控的 PGOOD 指示器，以及用于低 EMI 特征的集成 VIN、VCC 和 CBOOT 电容器。

## 内容

<b>1 高密度 EVM 说明</b> .....	4
1.1 典型应用.....	4
1.2 特性和电气性能.....	4
<b>2 EVM 性能技术参数</b> .....	5
<b>3 EVM 照片</b> .....	6
<b>4 测试装置和过程</b> .....	7
4.1 EVM 连接.....	7
4.2 EVM 设置.....	8
4.3 测试设备.....	9
4.4 建议的测试设置.....	9
4.5 测试步骤.....	9
<b>5 测试数据和性能曲线</b> .....	10
5.1 效率和负载调节性能.....	10
5.2 波形.....	11
5.3 波特图.....	11
5.4 热性能.....	12
5.5 EMI 性能.....	14
<b>6 EVM 文档</b> .....	15
6.1 原理图.....	15
6.2 物料清单.....	16
6.3 PCB 布局.....	18
6.4 装配图.....	21
6.5 多层叠.....	22
<b>7 器件和文档支持</b> .....	23
7.1 器件支持.....	23
7.2 文档支持.....	23

## 插图清单

图 3-1. TLVM13660 EVM 照片.....	6
图 4-1. EVM 测试设置.....	7
图 5-1. 效率, $V_{OUT} = 5V$ , $F_{SW} = 1MHz$ .....	10
图 5-2. 效率, $V_{OUT} = 3.3V$ , $F_{SW} = 750kHz$ .....	10
图 5-3. 效率, $V_{OUT} = 2.5V$ , $F_{SW} = 500kHz$ .....	10
图 5-4. 效率, $V_{OUT} = -5V$ , $F_{SW} = 1MHz$ .....	10
图 5-5. 线路和负载调节, $V_{OUT} = 5V$ , $F_{SW} = 1MHz$ .....	10
图 5-6. 线路和负载调节, $V_{OUT} = -5V$ , $F_{SW} = 1MHz$ .....	10
图 5-7. 启动, $V_{IN}$ 步进至 12V.....	11
图 5-8. 关断.....	11
图 5-9. 使能开关.....	11
图 5-10. 瞬态负载, 在 $1A/\mu s$ 下为 3A 至 6A.....	11
图 5-11. 具有四个 $47\mu F$ 、10V、X7R 输出电容器的波特图 ( $100\mu F$ 在 5VDC、 $25^{\circ}C$ 时有效 ).....	11
图 5-12. 输出电容与电压降额关系曲线.....	11
图 5-13. 红外线热感图像: $V_{IN} = 12V$ , $V_{OUT} = 5.0V$ , $I_{OUT} = 6A$ , $F_{SW} = 1MHz$ .....	12
图 5-14. 红外线热感图像: $V_{IN} = 24V$ , $V_{OUT} = 5.0V$ , $I_{OUT} = 6A$ , $F_{SW} = 1MHz$ .....	12
图 5-15. 红外线热感图像: $V_{IN} = 12V$ , $V_{OUT} = 3.3V$ , $I_{OUT} = 6A$ , $F_{SW} = 750kHz$ .....	12
图 5-16. 红外线热感图像: $V_{IN} = 24V$ , $V_{OUT} = 3.3V$ , $I_{OUT} = 6A$ , $F_{SW} = 750kHz$ .....	12
图 5-17. 红外线热感图像: $V_{IN} = 12V$ , $V_{OUT} = 2.5V$ , $I_{OUT} = 6A$ , $F_{SW} = 500kHz$ .....	12
图 5-18. 红外线热感图像: $V_{IN} = 24V$ , $V_{OUT} = 2.5V$ , $I_{OUT} = 6A$ , $F_{SW} = 500kHz$ .....	12
图 5-19. 热降额曲线: $V_{IN} = 12V$ , $V_{OUT} = 5.0V$ , $F_{SW} = 1MHz$ .....	13
图 5-20. 热降额曲线: $V_{IN} = 24V$ , $V_{OUT} = 5.0V$ , $F_{SW} = 1MHz$ .....	13
图 5-21. 热降额曲线: $V_{IN} = 12V$ , $V_{OUT} = 3.3V$ , $F_{SW} = 750kHz$ .....	13
图 5-22. 热降额曲线: $V_{IN} = 24V$ , $V_{OUT} = 3.3V$ , $F_{SW} = 750kHz$ .....	13
图 5-23. 热降额曲线: $V_{IN} = 12V$ , $V_{OUT} = 2.5V$ , $F_{SW} = 500kHz$ .....	13
图 5-24. 热降额曲线: $V_{IN} = 24V$ , $V_{OUT} = 2.5V$ , $F_{SW} = 500kHz$ .....	13
图 5-25. CISPR 32 B 类传导发射: $V_{IN} = 12V$ , $V_{OUT} = 5V$ , $F_{SW} = 1MHz$ .....	14
图 5-26. CISPR 32 B 类传导发射: $V_{IN} = 24V$ , $V_{OUT} = 5V$ , $F_{SW} = 1MHz$ .....	14

图 5-27. CISPR 32 B 类传导发射： $V_{IN} = 12V$ ， $V_{OUT} = 3.3V$ ， $F_{SW} = 750kHz$ .....	14
图 5-28. CISPR 32 B 类传导发射： $V_{IN} = 24V$ ， $V_{OUT} = 3.3V$ ， $F_{SW} = 750kHz$ .....	14
图 5-29. 符合 CISPR 32 B 类辐射发射限制：水平极性.....	14
图 5-30. 符合 CISPR 32 B 类辐射发射限制：垂直极化.....	14
图 6-1. EVM 原理图.....	15
图 6-2. 3D 顶视图.....	18
图 6-3. 3D 底视图.....	18
图 6-4. 顶部铜层.....	19
图 6-5. 第 2 层覆铜.....	19
图 6-6. 第 3 层覆铜.....	20
图 6-7. 底部铜层（顶视图）.....	20
图 6-8. 顶层装配（俯视图）.....	21
图 6-9. 底层装配（底视图）.....	21

### 表格清单

表 1-1. TLVM13620、TLVM13630、TLVM13640 和 TLVM13660 同步降压直流/直流电源模块系列.....	1
表 2-1. 电气性能技术参数.....	5
表 4-1. EVM 电源接头.....	7
表 4-2. EVM 信号接头.....	7
表 6-1. 元件物料清单.....	16
表 6-2. 层堆叠.....	22

### 商标

WEBENCH® is a registered trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 高密度 EVM 说明

**TLVM13660EVM** 具有 TLVM13660 同步降压电源模块，配置为在典型的 3V 至 36V 输入总线应用中运行。这种宽  $V_{IN}$  范围的直流/直流解决方案提供了超大的额定电压和运行裕度，可承受电源轨电压瞬变。

通过使用配置跳线，可以将输出电压和开关频率分别设置为五个常用电压中的任何值。该 EVM 提供器件的完整 6A 输出电流额定值。选定的输入和输出电容器可在 EVM 上提供完整的输入电压范围和所需的输出电压，可从多个元件供应商处获得。输入和输出电压检测端子和测试点接头有助于测量以下内容：

- 效率和功率耗散
- 线路和负载调节
- 负载瞬态响应
- 波特图测量 ( 交叉频率和相位裕度 )

该接头还提供用于启用开/关 (EN) 和电源正常状态 (PGOOD) 指示的连接。推荐的 PCB 布局可更最大限度地提高热性能并降低输出波纹和噪声。

### 1.1 典型应用

- 测试和测量以及航天和国防
- 工厂自动化和控制，通用电源
- 需要负输出电压的反相降压/升压 (IBB) 电路

### 1.2 特性和电气性能

- 具有集成功率 MOSFET、降压电感器和 PWM 控制器的完整 6A 降压功率级
- 3V 至 36V 的宽输入电压工作范围 ( 绝对最大额定值为 42V )
- 默认输出电压和开关频率分别为 5V 和 1MHz。使用跳线选项进行替代配置：
  - 1.2V, 500kHz
  - 1.8V, 500kHz
  - 2.5V, 600kHz
  - 3.3V, 750kHz
  - -5V, 1MHz
- 在宽负载电流范围内实现高效率
  - $V_{IN} = 12V$  和  $24V$  下的满载效率分别为 92% 和 91.4%
  - $V_{IN} = 12V$  和  $24V$  下的半额定负载效率分别为 95% 和 93.5%
  - 外部偏置选项可降低空载电源电流并提高热性能
- 提高了噪声敏感型应用的 EMI 性能
  - 符合 CISPR 11 和 CISPR 32 B 类 EMI 传导和辐射发射标准
  - 输入  $\pi$  级 EMI 滤波器，带有用于并联阻尼的电解电容器
  - 具有对称电容器布局的并行输入和输出路径可更最大限度地减少辐射场耦合
  - FPWM 模式在整个负载范围内提供恒定的开关频率，以实现可预测的 EMI 特征
  - 集成式输入、VCC 和自举电容器在小面积传导环路中保持高压摆率开关电流，以减少辐射发射。
- 峰值电流模式控制架构可实现快速线路和负载瞬态响应
  - 集成环路补偿和频率比例斜坡补偿
- 固有保护特性，可实现稳健可靠的设计
  - 具有峰值和谷值电流限制的过流保护 (OCP)
  - 具有迟滞功能的热关断保护
  - 使用  $100k\Omega$  上拉电阻器连接到 VOUT 的 PGOOD 指示器
  - 电阻可编程输入电压 UVLO 设置为分别在  $V_{IN}$  分别为 5.1V 和 3.65V 时开启和关闭
- 经全面组装、测试和验证的 4 层 PCB 设计，总面积为  $76mm \times 63mm$

## 2 EVM 性能技术参数

除非另有指明，否则  $V_{IN} = 24V$ ， $V_{OUT} = 5V$ ， $I_{OUT} = 6A$  且  $F_{SW} = 1MHz$

表 2-1. 电气性能技术参数

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, $V_{IN}$	工作时		4		36	V
输入电压开启, $V_{IN(on)}$	使用 EN 分压电阻器调节		5.1			
输入电压关闭, $V_{IN(off)}$			3.65			
输入迟滞电压, $V_{IN(hys)}$			1.45			
输入电流, 已禁用, $I_{IN(off)}$	$V_{EN} = 0V$ (采用 402k $\Omega$ 和 133k $\Omega$ UVLO 分压器)		45		$\mu A$	
<b>输出特性</b>						
输出电压, $V_{OUT}$ <sup>(1)</sup>	可调节范围为 1V 到 6V		4.9	5.0	5.1	V
输出电流 $I_{OUT}$	$V_{IN} = 4V$ 至 36V <sup>(2)</sup>		0		6	A
输出电压调节, $\Delta V_{OUT}$	负载调节	$I_{OUT} = 0A$ 至 6A	0.1%			
	线路调整率	$V_{IN} = 6V$ 至 36V	0.1%			
输出电压波纹, $V_{OUT(AC)}$			25		$mV_{rms}$	
输出过流保护, $I_{OCP}$			8		A	
<b>系统特点</b>						
默认开关频率, $F_{SW(nom)}$	在 200kHz 至 2.2MHz 之间可调 (基于 $V_{OUT}$ )		1		$MHz$	
半负载效率, $\eta_{HALF}$ <sup>(1)</sup>	$V_{IN} = 24V$ , $I_{OUT} = 3A$	$V_{OUT} = 5V$ , $F_{SW} = 1MHz$	93.5%			
		$V_{OUT} = 3.3V$ , $F_{SW} = 750kHz$	92.7%			
		$V_{OUT} = 2.5V$ , $F_{SW} = 500kHz$	89.4%			
		$V_{OUT} = 1.8V$ , $F_{SW} = 500kHz$	87%			
	$V_{IN} = 24V$ , $I_{OUT} = -2A$ <sup>(3)</sup>	$V_{OUT} = -5V$ , $F_{SW} = 1MHz$	90.5%			
满载效率, $\eta_{FULL}$ <sup>(1)</sup>	$V_{IN} = 24V$ , $I_{OUT} = 6A$	$V_{OUT} = 5V$ , $F_{SW} = 1MHz$	91.4%			
		$V_{OUT} = 3.3V$ , $F_{SW} = 750kHz$	88.5%			
		$V_{OUT} = 2.5V$ , $F_{SW} = 500kHz$	85.7%			
		$V_{OUT} = 1.8V$ , $F_{SW} = 500kHz$	84%			
	$V_{IN} = 24V$ , $I_{OUT} = -4A$ <sup>(3)</sup>	$V_{OUT} = -5V$ , $F_{SW} = 1MHz$	89.2%			
环境温度, $T_A$			-40		105	$^{\circ}C$
结温, $T_J$			-40		125	

- (1) 此 EVM 的默认输出电压和开关频率分别为 5V 和 1MHz。VLDOIN 引脚连接到输出电压为 3.3V 及以上的输出。效率和其他性能指标会根据工作输入电压、负载电流、开关频率、外部偏置电压、环境温度、外部连接的输出电容和其他参数而变化。
- (2) 当输出电流大于 4A 且开关频率高于 1MHz 时，推荐的空气流量为 200LFM。
- (3) 通过在 VIN+ 和 VOUT+ 电源端子之间连接输入源，将 EVM 配置为具有负输出电压的 **IBB 拓扑**。可实现的输出电流为  $I_{OUT} = I_{Lmax(DC)} \times (1 - D)$ ，其中  $I_{Lmax(DC)} = 6A$  为模块集成电感的额定直流电流， $D = |V_{OUT}| / (V_{IN} + |V_{OUT}|)$  是占空比。

### 3 EVM 照片

图 3-1 突出显示了降压模块功率级和与 EVM 相关的各种连接接口。使用端子块 J1 和 J2 分别连接输入电源和负载。这些端子块可接受高达 16 AWG 的电线厚度。

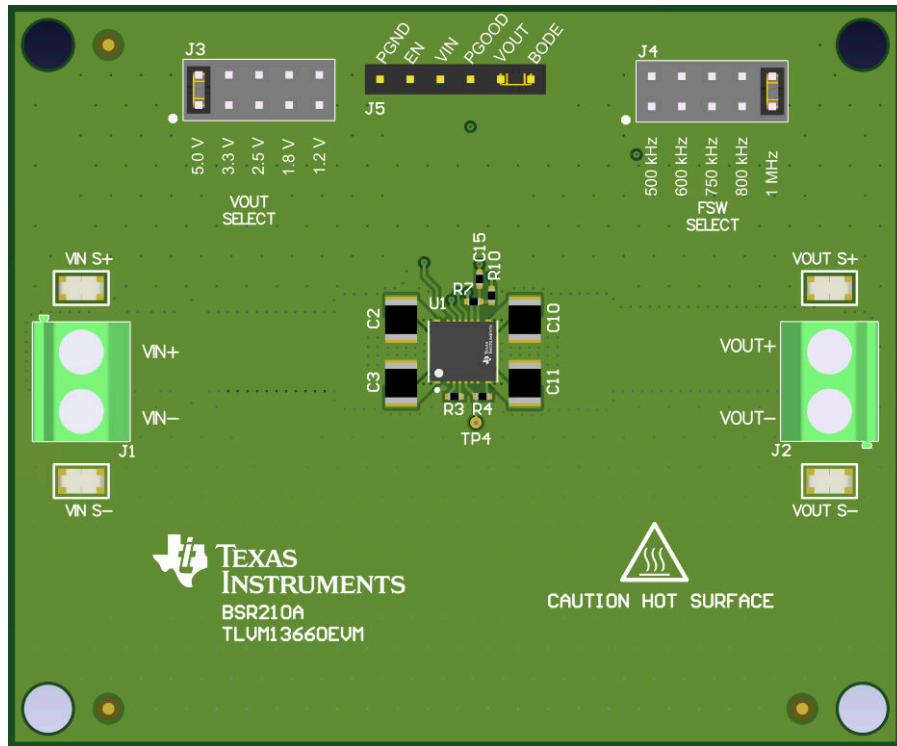
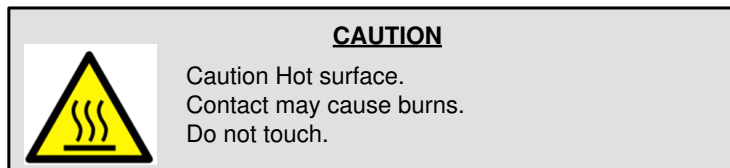


图 3-1. TLVM13660 EVM 照片



## 4 测试装置和过程

### 4.1 EVM 连接

参考表 4-1 中描述的 EVM 接头，使用图 4-1 中推荐的测试装置评估 TLVM13660。在提供 ESD 保护的工作站上工作时，请确保在为 EVM 加电之前已连接所有腕带、靴带或垫子，从而将用户接地。

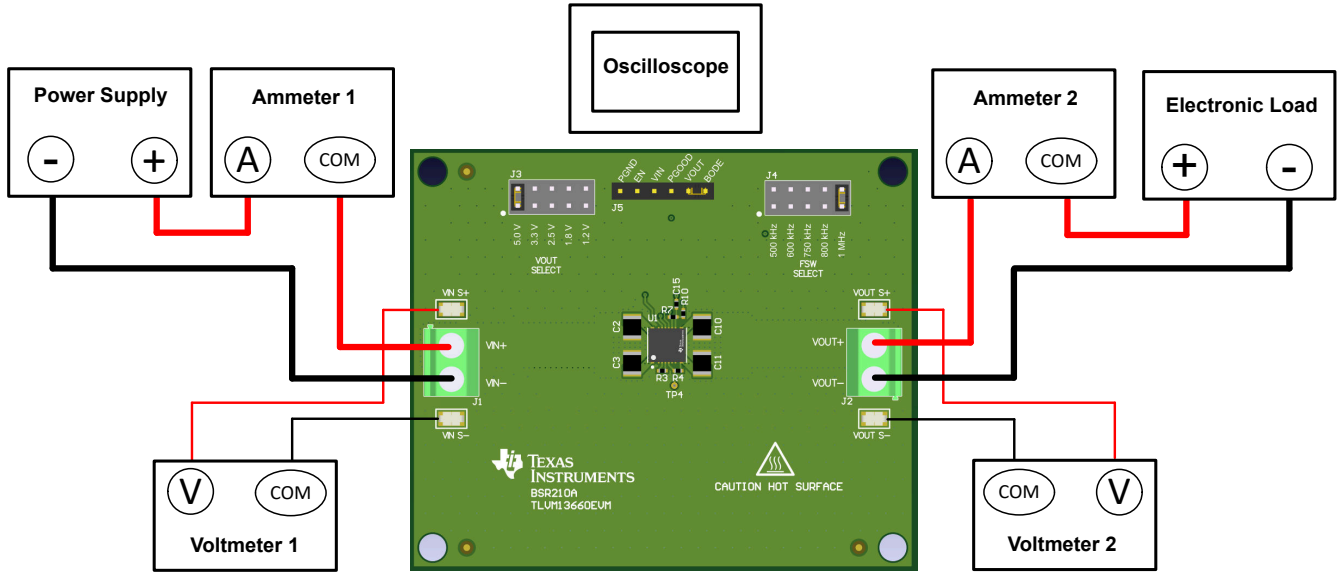


图 4-1. EVM 测试设置

表 4-1. EVM 电源接头

标签	说明
VIN+	正输入电源连接
VIN-	负输入电源连接
VOUT+	正输出电源连接
VOUT -	负输出电源连接

表 4-2. EVM 信号接头

标签 <sup>(1)</sup>	说明
VIN S+	正极输入感应端子。连接万用表正极引线，以测量效率。
VIN S -	负极输入感应端子。连接万用表负极引线，以测量效率。
VOUT S+	正极输出感应端子。连接万用表正极引线，以测量效率以及线路和负载调节。
VOUT S -	负极输出感应端子。连接万用表负极引线，以测量效率以及线路和负载调节。
PGND	接地参考点
EN	精密使能输入和输入电压 UVLO 保护。将 EN 连接到 GND，以禁用稳压器。使用逻辑信号控制 EN，以实现远程开/关功能。让 EN 开路，以使 UVLO 开启阈值设置为 5.1V。
PGOOD	电源正常监视器输出。这是一个带有 100kΩ 上拉电阻到 VOUT 的开漏标志。
BODE、VOUT	波特图测量和信号注入。从 BODE 到 VOUT 的 10Ω 电阻有助于为波特图测量注入振荡器信号。移除跳线并在 BODE 和 VOUT 之间施加扫频信号，同时测量每个端子的相应响应，以进行环路增益测量。

(1) 请参阅 TLVM13660 数据表，了解与此表中的功能相关的绝对最大额定值。

## 4.2 EVM 设置

- 使用位于电源端子块附近的 VIN S+ 和 VIN S- 测试点以及 VOUT S+ 和 VOUT S- 测试点作为电压监测点，通过连接电压表来分别测量输入和输出电压。请勿将这些检测端子用作输入电源或输出负载连接点。连接到这些检测端子的 PCB 迹线不能支持高电流。
- 接头 J5 提供对以下测试点的访问：
  - VIN
  - PGND
  - EN
  - PGOOD
  - VOUT
  - BODE

电源正常状态 (PGOOD) 测试点可用于监控 EVM 上何时存在有效输出电压。有关与各种测试点相关的的信息，请参阅节 4.1。

- VOUT SELECT 接头 (J3) 允许选择所需的输出电压：
  - 1.2V
  - 1.8V
  - 2.5V
  - 3.3V
  - 5V

在向 EVM 供电之前，请确保已在合适的位置放置了跳线，以获得所需输出电压。请务必在更改跳线设置之前移除输入电源。

- FSW SELECT 接头 (J4) 允许选择适合的开关频率：
  - 500kHz
  - 600kHz
  - 750 kHz
  - 800kHz
  - 1 MHz

这就根据电路要求（特别是输入电压范围和输出电压），为集成降压电感器建立了可接受的纹波电流。在向 EVM 供电之前，请确保已在合适的位置放置了跳线，以获得所需开关频率。请务必在更改跳线设置之前移除输入电源。

---

### 备注

选择与输出电压设置一致的开关频率。例如，以下列表包含产生 30% 至 40% 电感峰峰值纹波电流和更优斜坡补偿贡献的典型设置：

- 1.2 V (500 kHz)
- 1.8 V (500 kHz)
- 2.5V ( 500kHz 至 600kHz )
- 3.3V ( 750kHz 至 800kHz )
- 5V ( 800kHz 至 1MHz )

有关模块设置和元件选择的其他指导，请参阅 [TLVM13660](#) 数据表、[TLVM13660 快速入门计算器](#)和 [WEBENCH® Power Designer](#)。

---



### 4.3 测试设备

**电压源：**输入电压源  $V_{IN}$  应是能够提供 6A 的 36V 可变直流电源。

**万用表：**

- **电压表 1：**测量  $V_{IN} S+$  至  $V_{IN} S-$  的输入电压。
- **电压表 2：**测量  $V_{OUT} S+$  至  $V_{OUT} S-$  的输出电压。
- **电流表 1：**测量输入电流。将电流表设置为具有 1 秒的孔径时间。
- **电流表 2：**测量输出电流。将电流表设置为具有 1 秒的孔径时间。

**电子负载：**使用设置为恒定电阻 (CR) 或恒定电流 (CC) 模式的电子负载，并且能够支持 0ADC 到 6ADC。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连接，因为这可能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。

### 4.4 建议的测试设置

#### 4.4.1 输入接头

- 在连接直流输入源之前，将输入电源的电流限制设置为最大 0.1A。确保输入源最初设置为 0V 并连接到  $V_{IN+}$  和  $V_{IN-}$  连接点，如图 4-1 所示。
- 在  $V_{IN} S+$  和  $V_{IN} S-$  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，并将其设置为具有至少 0.1 秒的孔径时间。

#### 4.4.2 输出接头

- 将电子负载连接到  $V_{OUT+}$  和  $V_{OUT-}$  连接，如图 4-1 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  $V_{OUT} S+$  和  $V_{OUT} S-$  检测点上连接电压表 2，以测量输出电压。
- 连接电流表 2，以测量输出电流。

### 4.5 测试步骤

#### 4.5.1 线路/负载调节和效率

- 按照节 4 中所述设置 EVM。
- 将负载设置为恒阻或恒流模式并具有 0A 的灌电流。
- 将输入源电压从 0V 增加到 24V；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 6A。
- 使用电压表 2 测量输出电压  $V_{OUT}$ ，将负载电流从 0A 更改为 6A 直流； $V_{OUT}$  应保持在负载调节技术参数之内。
- 将负载电流设置为 3A (50% 额定负载) 并将输入源电压从 6V 更改为 36V； $V_{OUT}$  应保持在线路调节技术参数之内。
- 将负载电流设置为 6A (100% 额定负载) 并测量典型输入电压 (12V、24V 和 28V) 下的效率。
- 将负载降低至 0A。将输入源电压降低至 0V。

#### CAUTION

在高输出电流下长时间运行会使元件温度升高到 55°C 以上。为避免烧伤风险，请在断开电源后不要触摸元件，直到充分冷却为止。如需了解更多详情，请查看热性能图。

## 5 测试数据和性能曲线

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。除非另有指明，否则  $V_{IN} = 24V$ ， $V_{OUT} = 5V$ ， $I_{OUT} = 6A$  且  $F_{SW} = 1MHz$ 。

### 5.1 效率和负载调节性能

本节提供 EVM 的效率和负载调节图。

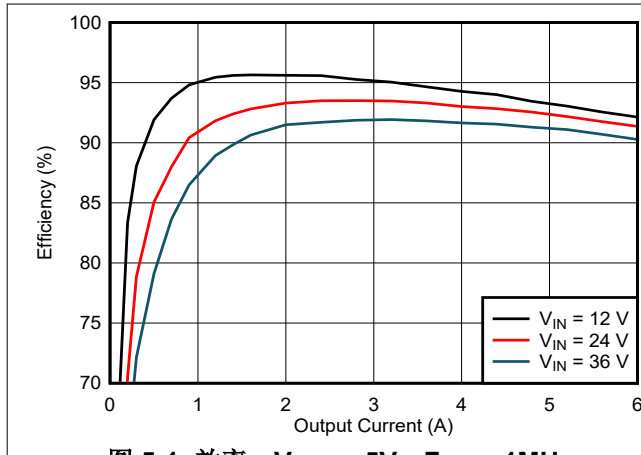


图 5-1. 效率， $V_{OUT} = 5V$ ， $F_{SW} = 1MHz$

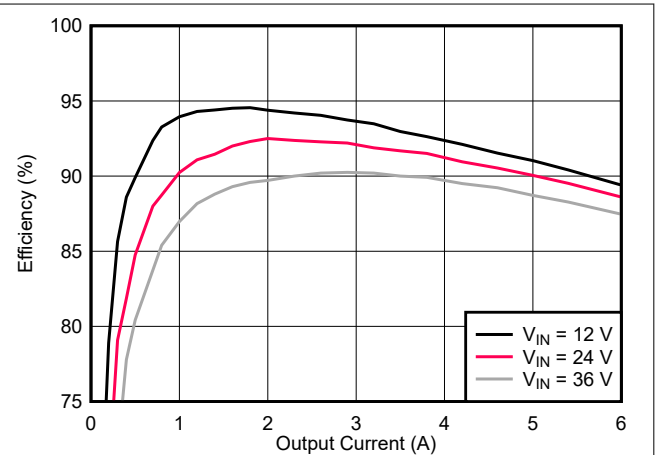


图 5-2. 效率， $V_{OUT} = 3.3V$ ， $F_{SW} = 750kHz$

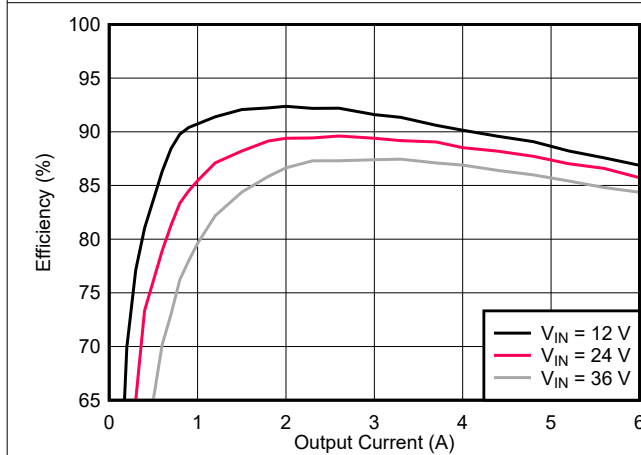


图 5-3. 效率， $V_{OUT} = 2.5V$ ， $F_{SW} = 500kHz$

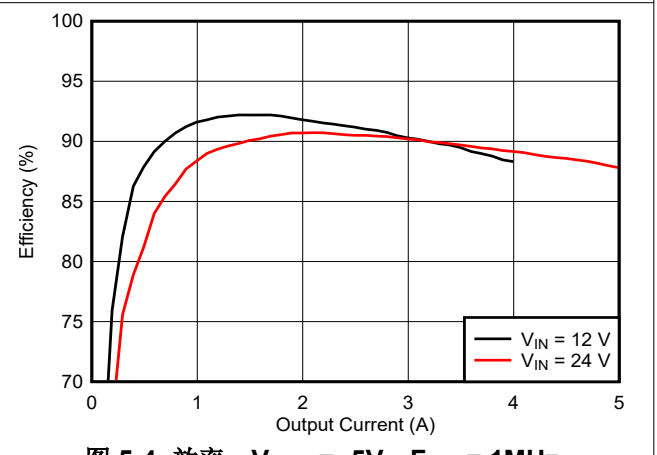


图 5-4. 效率， $V_{OUT} = -5V$ ， $F_{SW} = 1MHz$

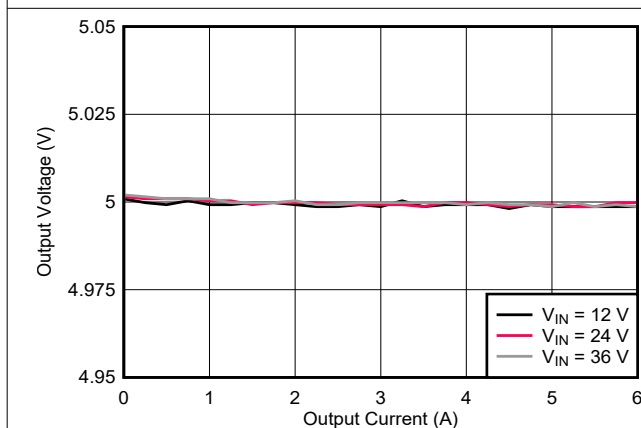


图 5-5. 线路和负载调节， $V_{OUT} = 5V$ ， $F_{SW} = 1MHz$

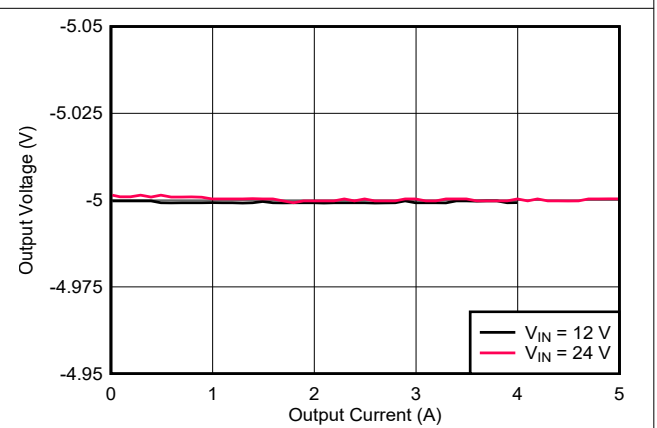


图 5-6. 线路和负载调节， $V_{OUT} = -5V$ ， $F_{SW} = 1MHz$

## 5.2 波形

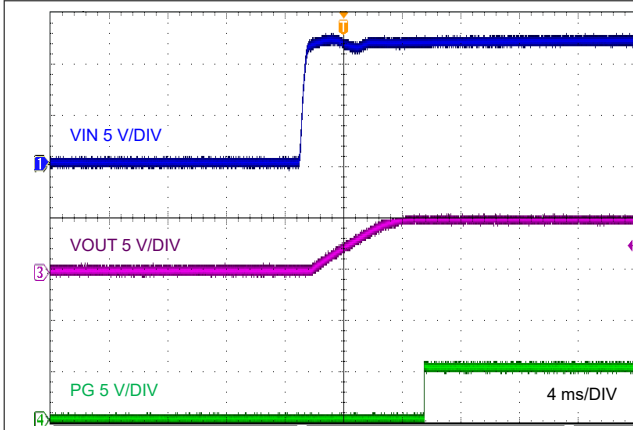


图 5-7. 启动,  $V_{IN}$  步进至 12V

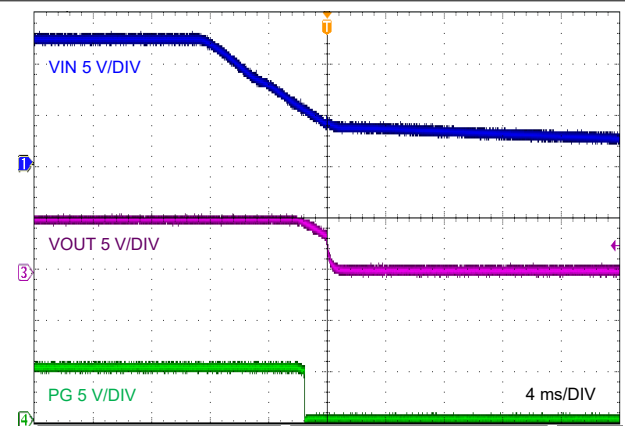


图 5-8. 关断

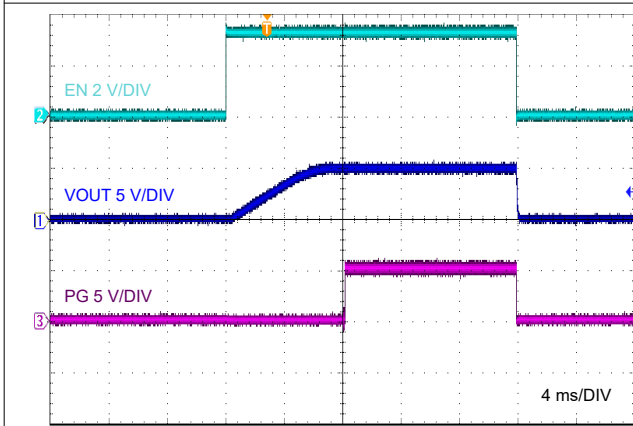


图 5-9. 使能开关

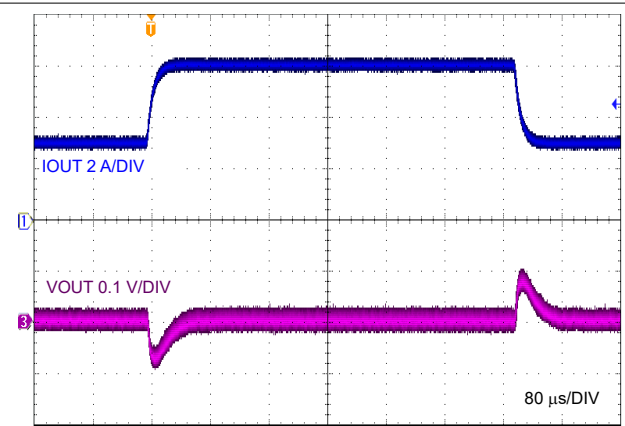


图 5-10. 瞬态负载, 在  $1A/\mu s$  下为 3A 至 6A

## 5.3 波特图

图 5-11 提供了  $V_{IN} = 12V$ 、 $V_{OUT} = 5V$  且  $I_{OUT} = 6A$  时的波特图。图 5-12 显示了  $47\mu F$ 、10V、X7R 输出电容器的典型电容与电压关系曲线, 以突出显示陶瓷元件的有效电容值。元件详情请参阅节 6.2。

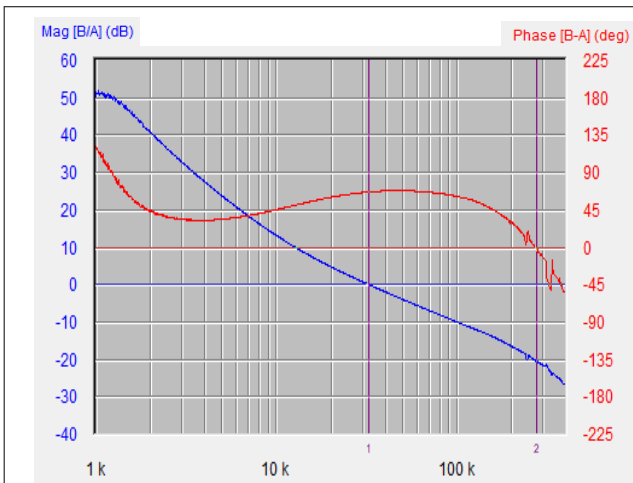


图 5-11. 具有四个  $47\mu F$ 、10V、X7R 输出电容器的波特图 (100 $\mu F$  在 5VDC、25°C 时有效)

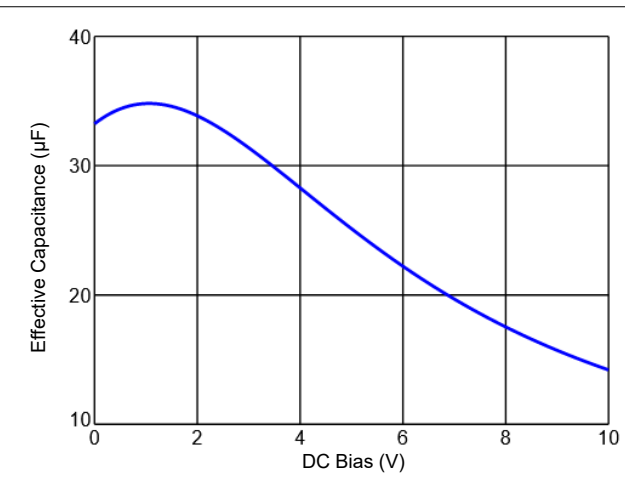
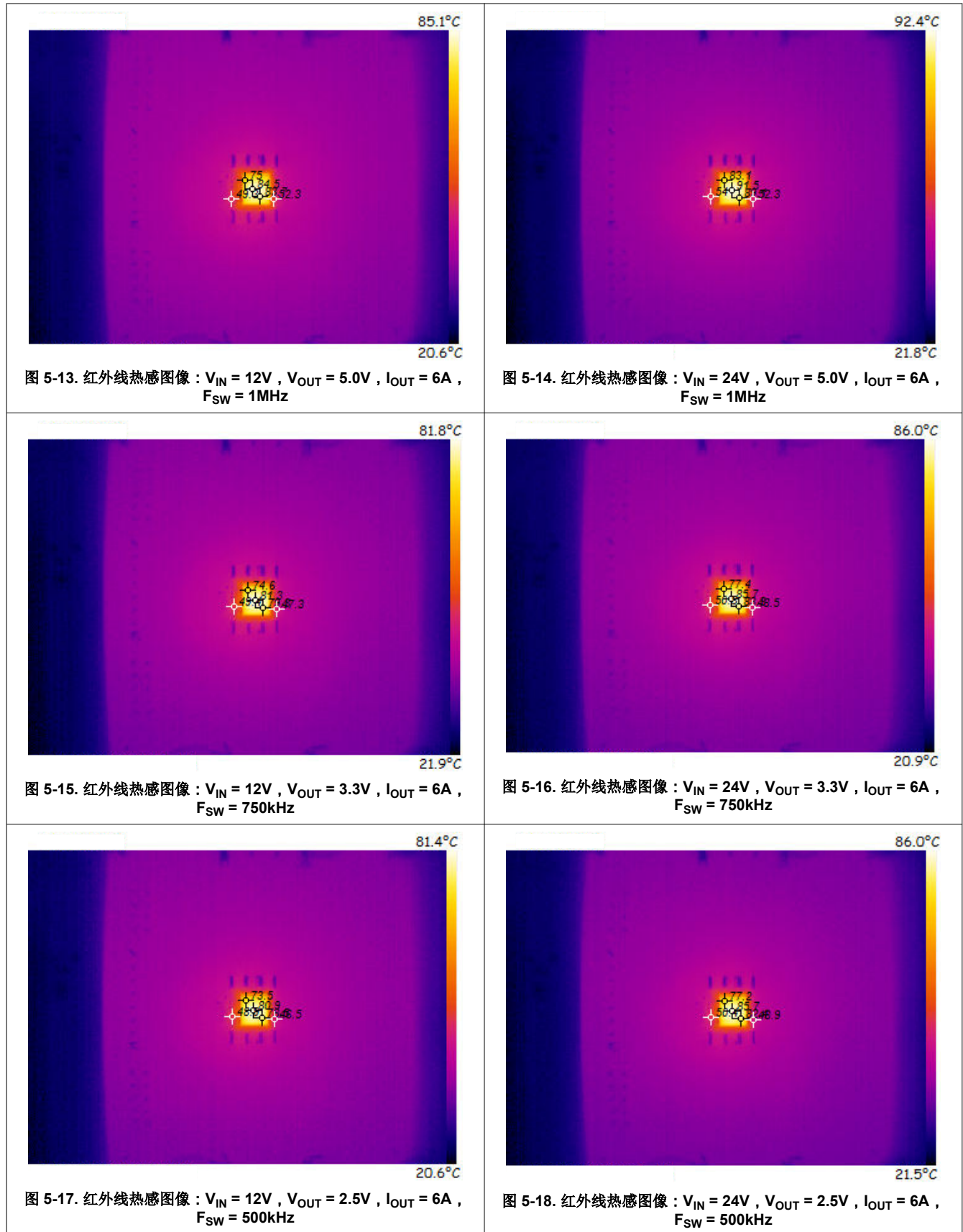


图 5-12. 输出电容与电压降额关系曲线

## 5.4 热性能

本节显示了 (a) 热感图像和 (b) 降额曲线与负载电流和温度之间的函数关系。



## 5.4 热性能 (continued)

本节显示了 (a) 热感图像和 (b) 降额曲线与负载电流和温度之间的函数关系。

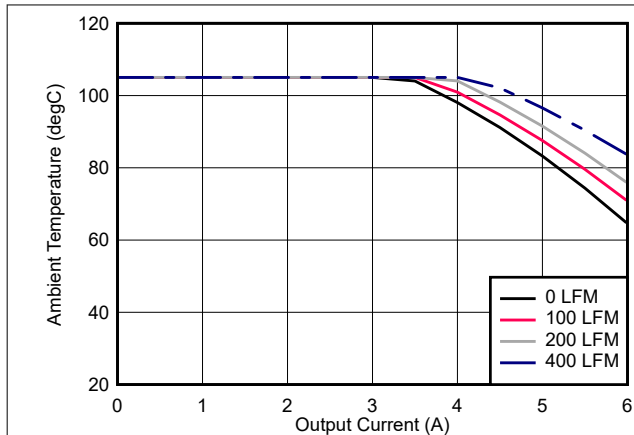


图 5-19. 热降额曲线 :  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 5.0V$ ,  $F_{SW} = 1MHz$

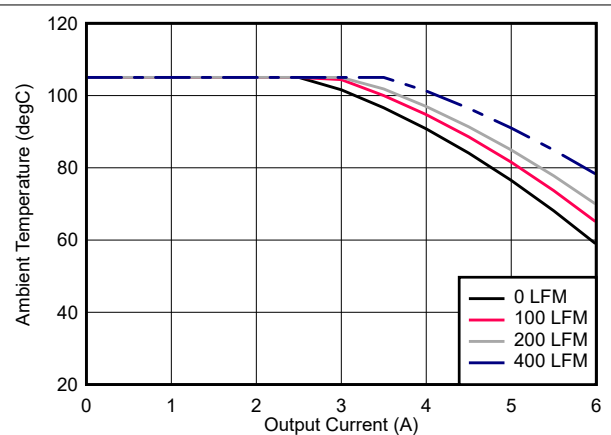


图 5-20. 热降额曲线 :  $V_{IN} = 24V$ ,  $V_{OUT} = 5.0V$ ,  $F_{SW} = 1MHz$

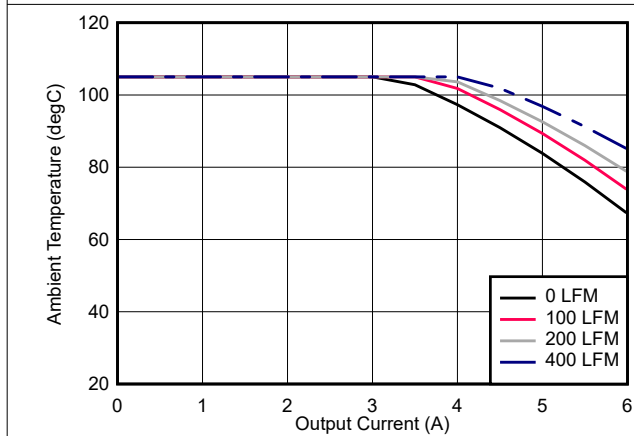


图 5-21. 热降额曲线 :  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 3.3V$ ,  $F_{SW} = 750kHz$

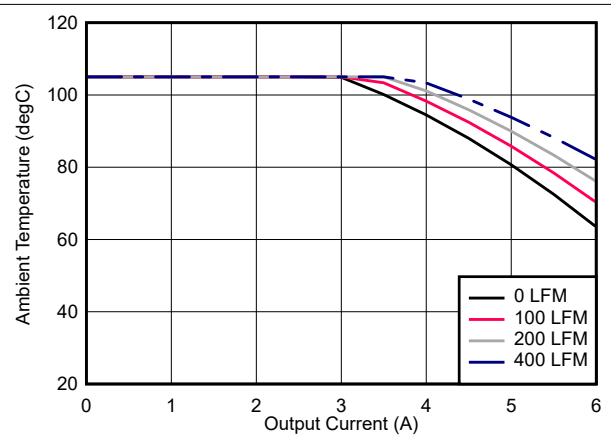


图 5-22. 热降额曲线 :  $V_{IN} = 24V$ ,  $V_{OUT} = 3.3V$ ,  $F_{SW} = 750kHz$

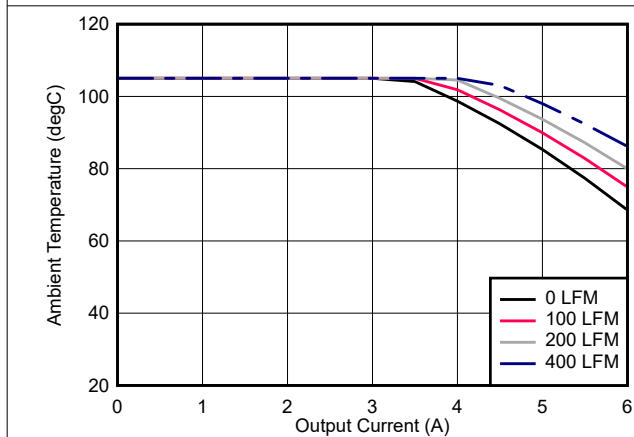


图 5-23. 热降额曲线 :  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 2.5V$ ,  $F_{SW} = 500kHz$

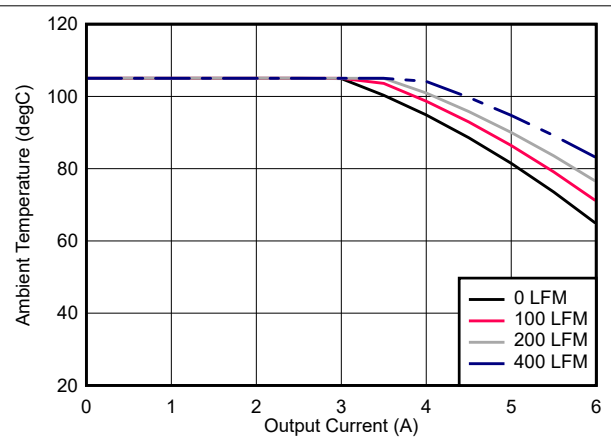


图 5-24. 热降额曲线 :  $V_{IN} = 24V$ ,  $V_{OUT} = 2.5V$ ,  $F_{SW} = 500kHz$

## 5.5 EMI 性能

有关通过 CISPR 32 B 类的输入 EMI 滤波器的详细信息，请参阅原理图和物料清单。

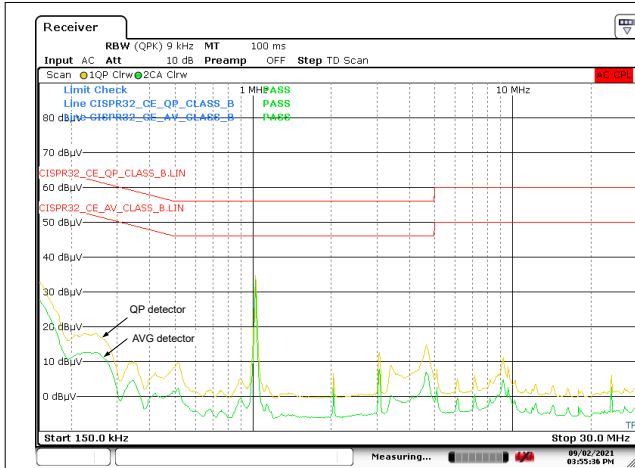


图 5-25. CISPR 32 B 类传导发射： $V_{IN} = 12V$ ， $V_{OUT} = 5V$ ， $F_{SW} = 1MHz$

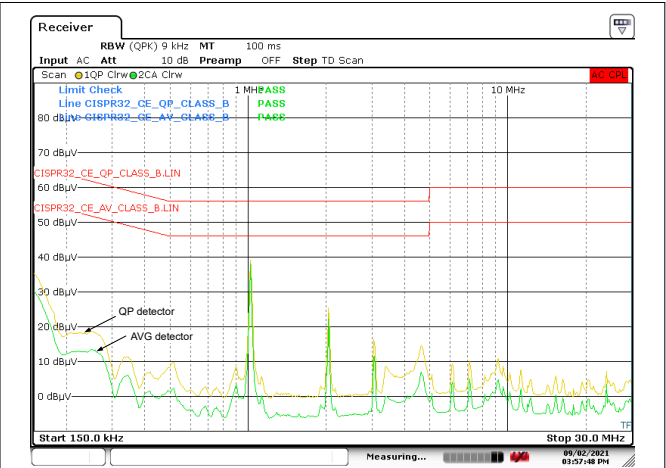


图 5-26. CISPR 32 B 类传导发射： $V_{IN} = 24V$ ， $V_{OUT} = 5V$ ， $F_{SW} = 1MHz$

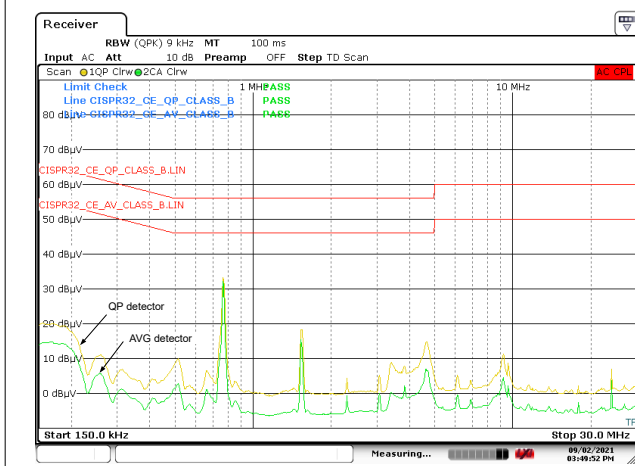


图 5-27. CISPR 32 B 类传导发射： $V_{IN} = 12V$ ， $V_{OUT} = 3.3V$ ， $F_{SW} = 750kHz$

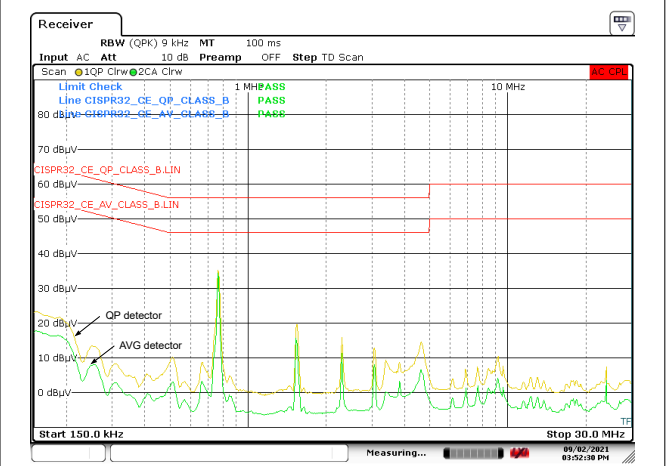


图 5-28. CISPR 32 B 类传导发射： $V_{IN} = 24V$ ， $V_{OUT} = 3.3V$ ， $F_{SW} = 750kHz$



图 5-29. 符合 CISPR 32 B 类辐射发射限制：水平极性



图 5-30. 符合 CISPR 32 B 类辐射发射限制：垂直极性

## 6 EVM 文档

### 6.1 原理图

图 6-1 所示为 EVM 原理图。

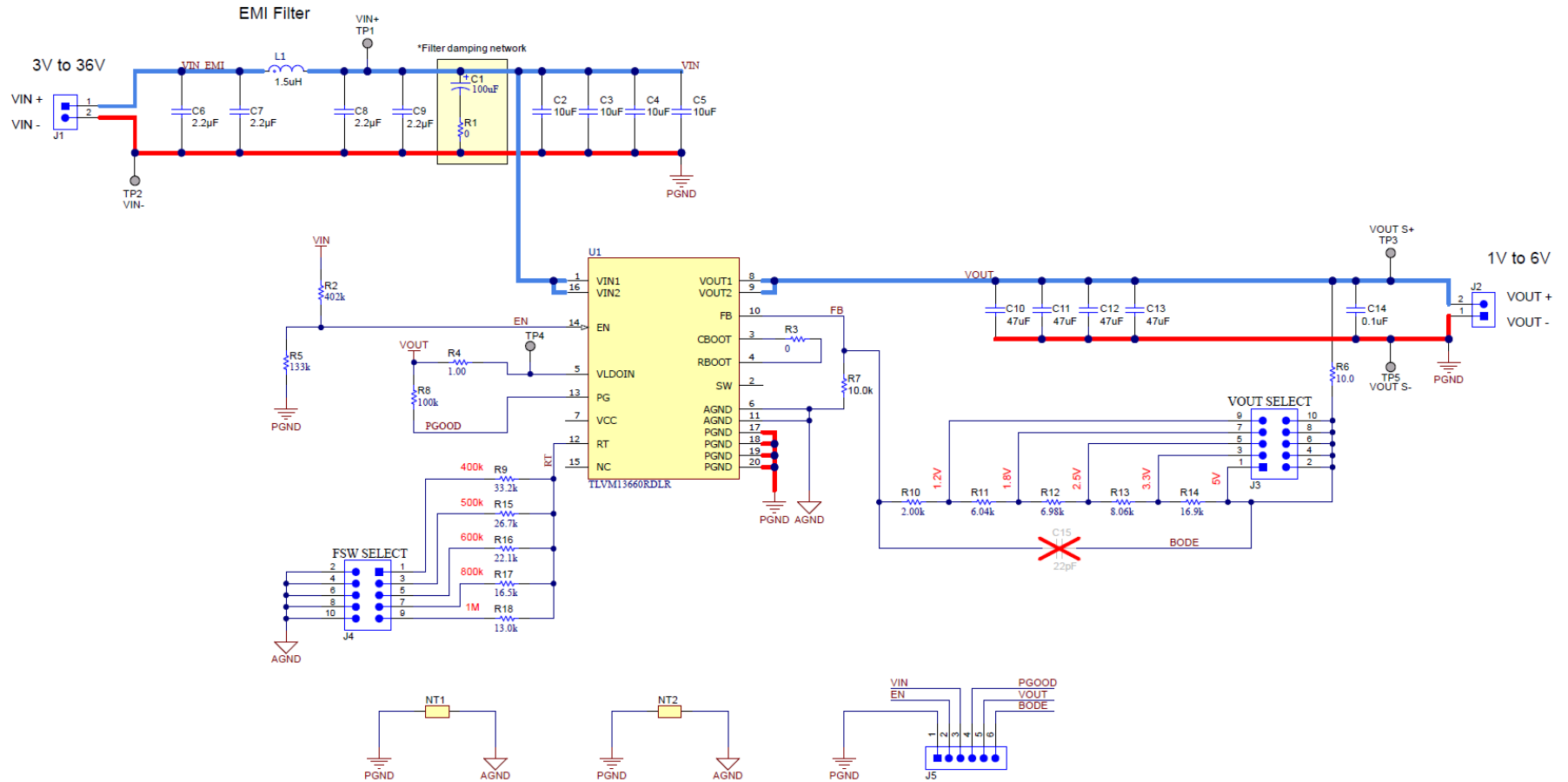


图 6-1. EVM 原理图

## 6.2 物料清单

表 6-1. 元件物料清单

参考设计	数量	值	说明	封装	器件型号	制造商
C1	1	100 $\mu$ F	电容, 铝, 100 $\mu$ F, 50V, 0.34 $\Omega$	8mm $\times$ 10mm	UUD1H101MNL1GS	Nichicon ( 尼吉康 )
C2、C3、C4、C5	4	10 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 10 $\mu$ F, 50V, X7R	1210	GRM32ER71H106KA12L	Murata ( 村田 )
C6、C7、C8、C9	4	2.2 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 2.2 $\mu$ F, 50V, X7R	0805	C2012X7R1H225K125AC	TDK
C10、C11、C12、C13	4	47 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 47 $\mu$ F, 10V, X7R	1210	GRM32ER71A476ME15L	Murata ( 村田 )
C14	1	0.1 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 25V, X7R	0603	Std	Std
H1、H2、H3、H4	4	—	六角螺柱, 0.5"L #4-40, 尼龙	—	1902C	Keystone ( 启斯东 )
H5、H6、H7、H8	4	—	螺钉, 盘头, 4-40、3/8", 尼龙	—	NY PMS 440 0038 PH	B&F Fastener Supply
J1、J2	2	—	端子块, 2 针位, 5mm, TH	—	TSW-110-07-G-S	Phoenix Contact ( 菲尼克斯电气 )
J3、J4	2	—	接头, 100mil, 5 $\times$ 2, 锡, TH	—	PEC05DAAN	Sullins Connector Solutions ( 赛凌思科技有限公司 )
J5	1	—	接头, 100mil, 6 $\times$ 1, 金, TH	—	TSW-108-07-G-S	Samtec ( 申泰 )
L1	1	1.5 $\mu$ H	屏蔽功率电感器, 1.5 $\mu$ H, 9.5m $\Omega$	—	XGL4030-152MEC	Coilcraft ( 线艺 )
R1	1	0 $\Omega$	电阻, 0 $\Omega$ , 5%, 0.1W	0603	Std	Std
R2	1	402k $\Omega$	电阻, 402k $\Omega$ , 1%, 0.063W	0402	Std	Std
R3	1	0 $\Omega$	电阻, 0 $\Omega$ , 5%, 0.1W	0402	Std	Std
R4	1	1 $\Omega$	电阻, 1 $\Omega$ , 1%, 0.063W	0402	Std	Std
R5	1	133k $\Omega$	电阻, 133k $\Omega$ , 1%, 0.063W	0402	Std	Std
R6	1	10 $\Omega$	电阻, 10 $\Omega$ , 1%, 0.1W	0402	Std	Std
R7	1	10k $\Omega$	电阻, 10k $\Omega$ , 1%, 0.063W	0402	Std	Std
R8	1	100k $\Omega$	电阻, 100k $\Omega$ , 1%, 0.063W	0402	Std	Std
R9	1	33.2k $\Omega$	电阻, 8.06k $\Omega$ , 1%, 0.063W	0402	Std	Std
R10	1	2k $\Omega$	电阻, 2k $\Omega$ , 1%, 0.063W	0402	Std	Std
R11	1	6.04k $\Omega$	电阻, 6.04k $\Omega$ , 1%, 0.063W	0402	Std	Std
R12	1	6.98k $\Omega$	电阻, 6.98k $\Omega$ , 1%, 0.063W	0402	Std	Std
R13	1	8.06k $\Omega$	电阻, 8.06k $\Omega$ , 1%, 0.063W	0402	Std	Std
R14	1	16.9k $\Omega$	电阻, 16.9k $\Omega$ , 1%, 0.063W	0402	Std	Std
R15	1	26.7k $\Omega$	电阻, 26.7k $\Omega$ , 1%, 0.063W	0402	Std	Std
R16	1	22.1k $\Omega$	电阻, 22.1k $\Omega$ , 1%, 0.063W	0402	Std	Std
R17	1	16.5k $\Omega$	电阻, 16.5k $\Omega$ , 1%, 0.063W	0402	Std	Std
R18	1	13k $\Omega$	电阻, 13k $\Omega$ , 1%, 0.063W	0402	Std	Std



表 6-1. 元件物料清单 (continued)

参考设计	数量	值	说明	封装	器件型号	制造商
SH-J1、SH-J2、SH-J3	3	—	分流器，100mil，镀金，黑色	分流器，2 位，0.1"	881545-2	TE Connectivity ( 泰科电子 )
TP1、TP2、TP3、TP4	4	—	测试点，微型，SMT	—	5019	Keystone ( 启斯东 )
U1	1	—	TLVM13660 36V、6-A 降压电源模块	B3QFN20	TLVM13660RDLR	德州仪器 (TI)

### 6.3 PCB 布局

图 6-2 至图 6-7 显示了 PCB 布局图像，包括 3D 视图、铜层、装配图和层堆叠图。该 PCB 为 62 密耳标准厚度，所有层均为 2 盎司覆铜。

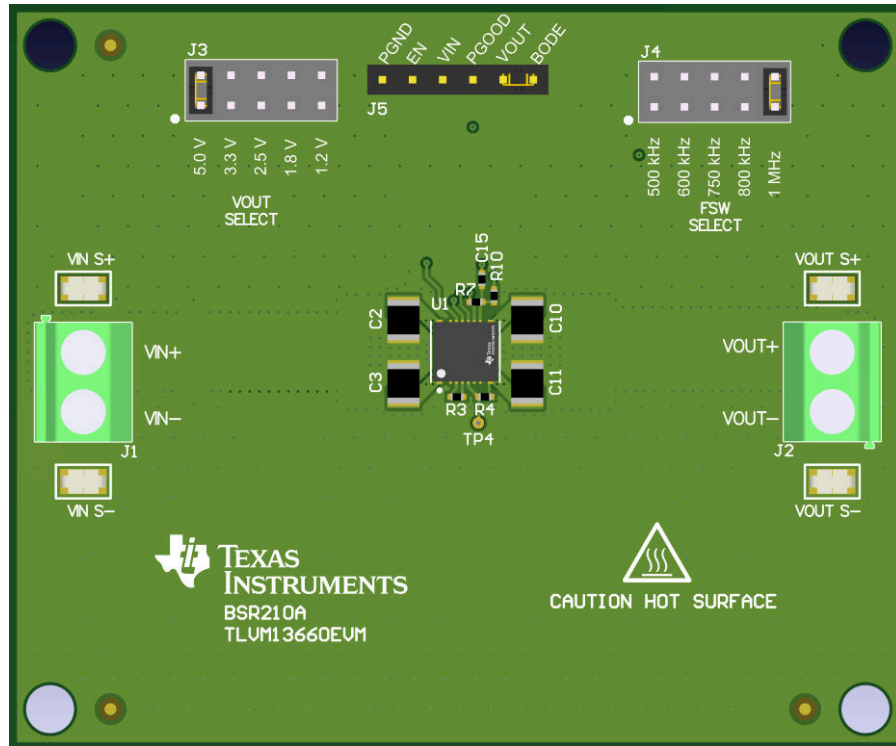


图 6-2. 3D 顶视图

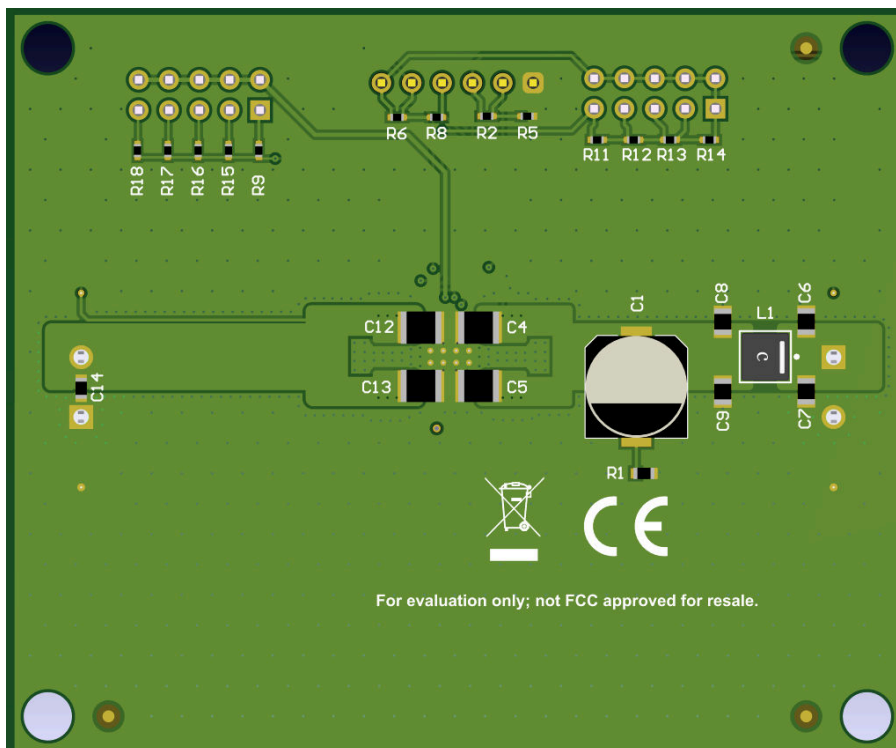


图 6-3. 3D 底视图

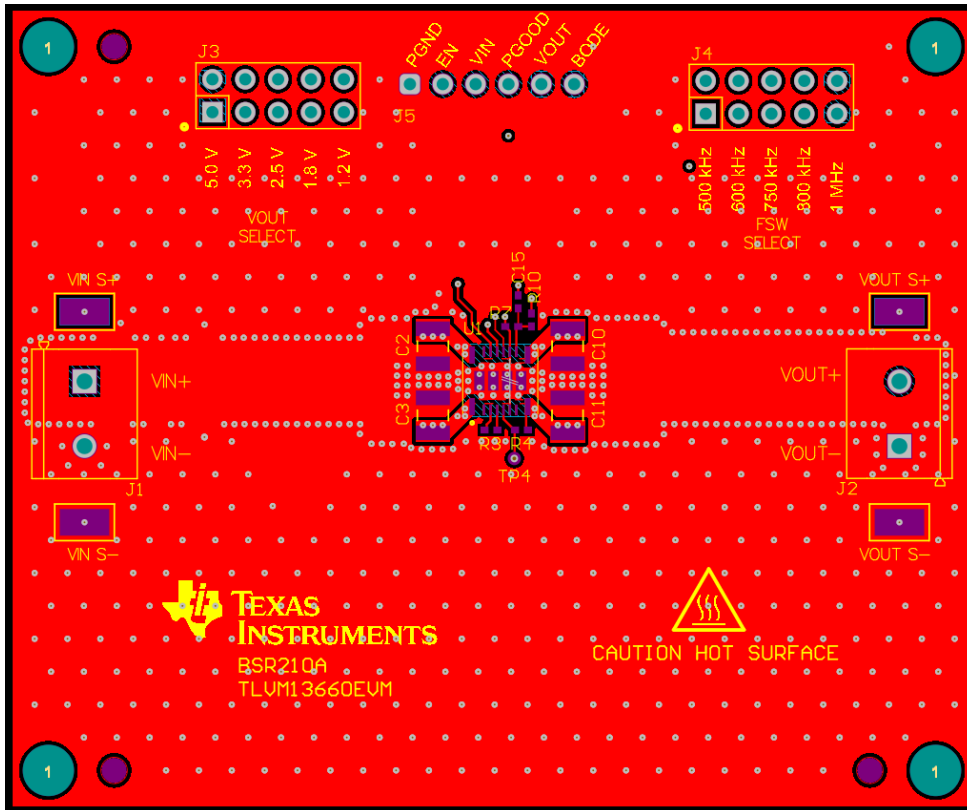


图 6-4. 顶部铜层

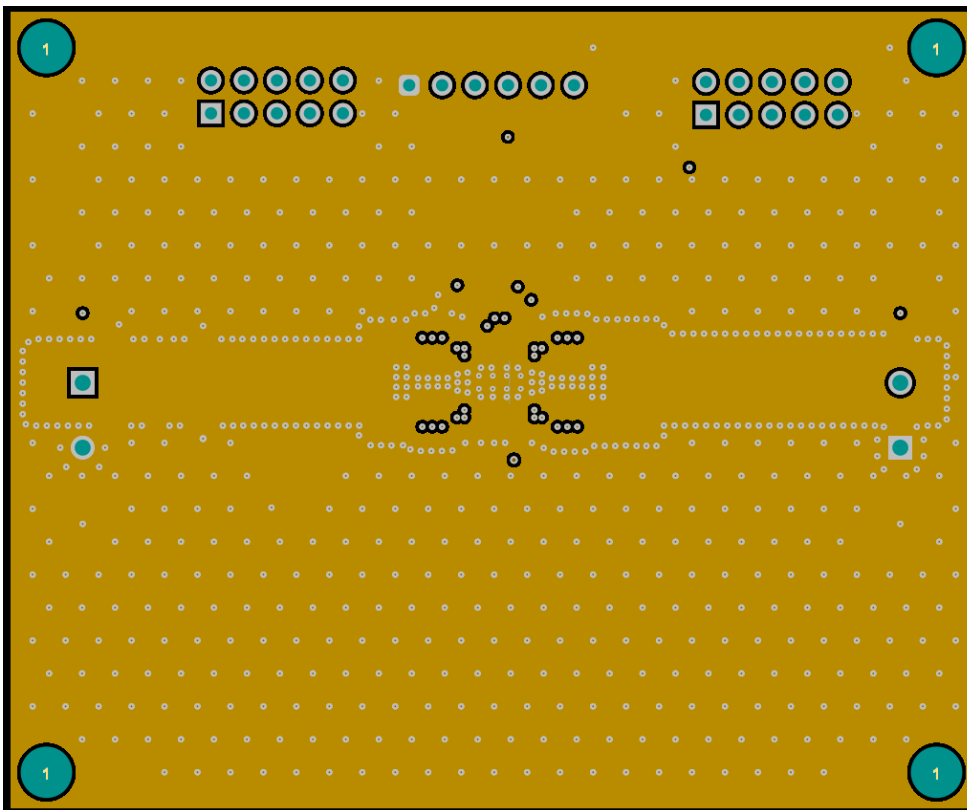


图 6-5. 第 2 层覆铜

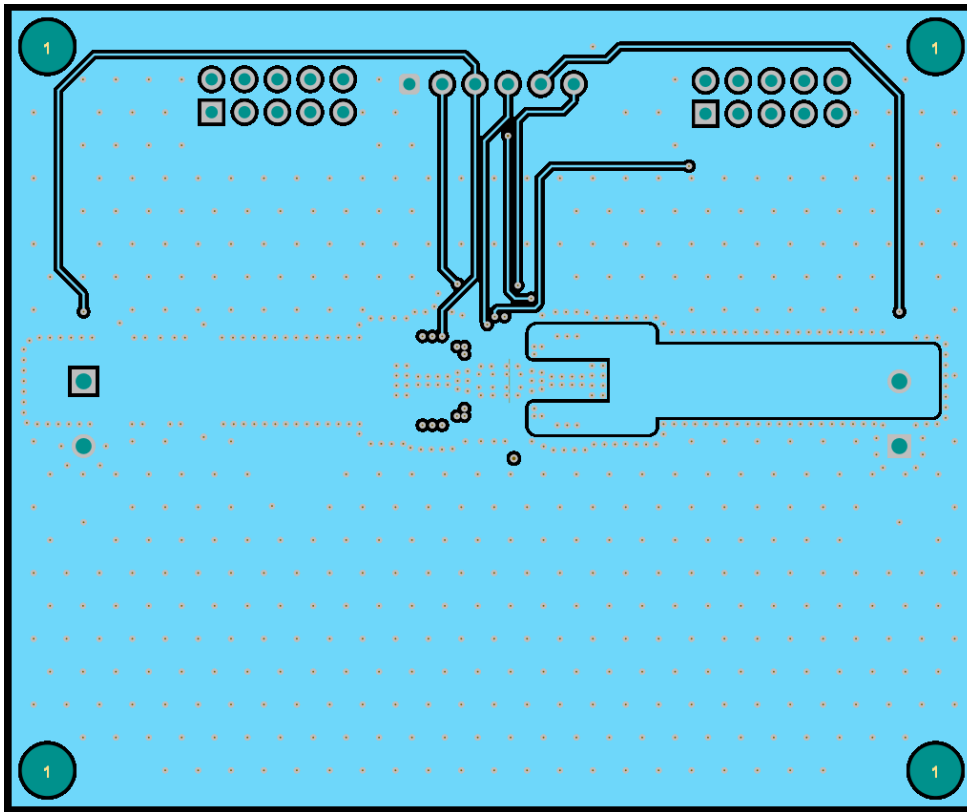


图 6-6. 第 3 层覆铜

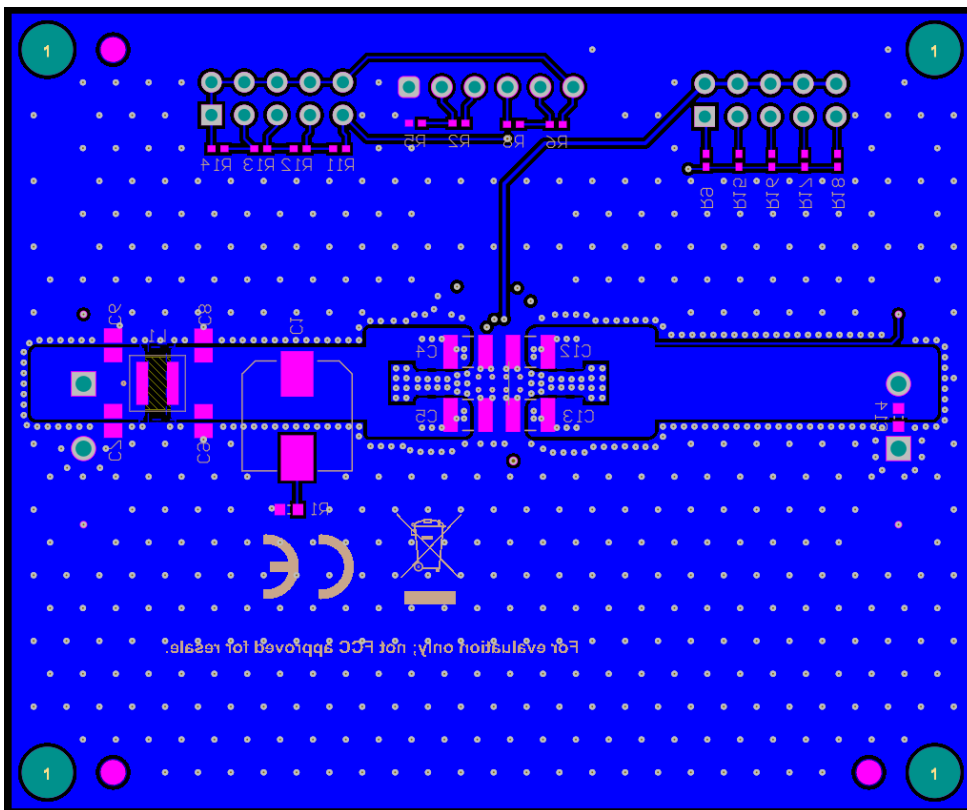


图 6-7. 底部铜层 (顶视图)

## 6.4 装配图

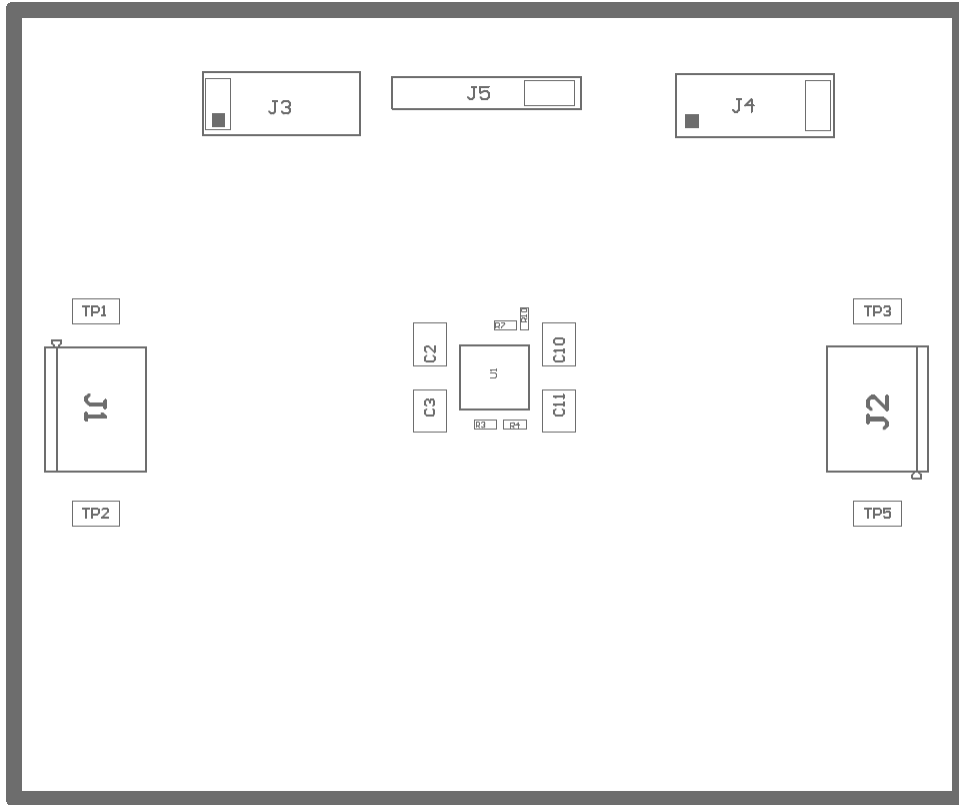


图 6-8. 顶层装配 (俯视图)

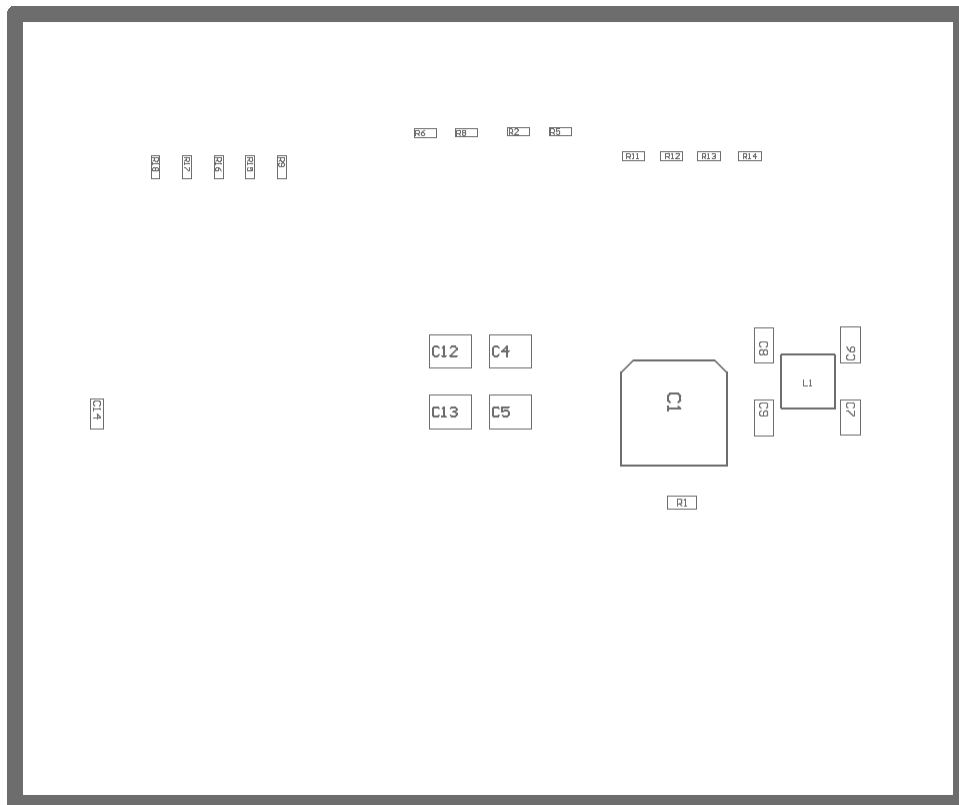


图 6-9. 底层装配 (底视图)

## 6.5 多层叠

表 6-2. 层堆叠

层编号	层名称	类型	材质	厚度 (mil)	电介质材料	介电常数
	顶部覆盖层	覆层				
	顶部阻焊层	焊接掩模/覆盖膜	表面材料	0.4	阻焊剂	3.5
1	顶层	信号	铜	2.8		
	电介质 1	电介质	内核	5	FR-4 高 Tg	4.8
2	信号层 1	信号	铜	2.8		
	电介质 3	电介质	无	40	FR-4 高 Tg	4.8
3	信号层 2	信号	铜	2.8		
	电介质 2	电介质	无	5	FR-4 高 Tg	4.8
4	底层	信号	铜	2.8		
	底部阻焊层	焊接掩模/覆盖膜	表面材料	0.4	阻焊剂	3.5
	底部覆盖层	覆层				

## 7 器件和文档支持

### 7.1 器件支持

#### 7.1.1 开发支持

相关开发支持请参阅以下资源：

- TLVM13660 EVM [Altium 布局设计文件](#)
- TLVM13660 [仿真模型](#)
- TLVM13660 [快速入门计算器](#)
- 有关 TI 的参考设计库，请访问 [TI 参考设计库](#)
- 有关 TI WEBENCH 设计环境，请访问 [WEBENCH® 设计中心](#)
- 要设计低 EMI 电源，请查看 TI 的全面 [EMI 培训系列](#)
- 要设计反相降压/升压 (IBB) 稳压器，请访问 [直流/直流反相降压/升压模块](#)
- TI 参考设计：
  - [适用于 Kintex 7 应用的多输出电源解决方案](#)
  - [Arria V 电源参考设计](#)
  - [Altera Cyclone V SoC 电源参考设计](#)
  - [具有超低 BOM 数量的空间优化型直流/直流反相电源模块参考设计](#)
  - [适用于小型低噪声系统的 3 至 11.5V<sub>IN</sub>、-5V<sub>OUT</sub>、1.5A 反相电源模块参考设计](#)
- 技术文章：
  - [使用直流/直流降压转换器为医学成像应用供电](#)
  - [如何构建可编程输出反相降压/升压稳压器](#)
- 要查看本产品的相关器件，请参阅 [TPSM63606 36V、6A 同步降压模块](#)

#### 7.1.1.1 使用 WEBENCH® 工具进行定制设计

[点击此处](#)，使用 TLVM13660 器件并借助 WEBENCH® Power Designer 创建定制设计方案。

1. 首先键入输入电压 ( $V_{IN}$ )、输出电压 ( $V_{OUT}$ ) 和输出电流 ( $I_{OUT}$ ) 要求。
2. 使用优化器拨盘优化该设计的关键参数，如效率、尺寸和成本。
3. 将生成的设计与德州仪器 (TI) 其他可行的解决方案进行比较。

WEBENCH Power Designer 可提供定制原理图以及罗列了实时价格和元件供货情况的物料清单。

在多数情况下，可执行以下操作：

- 运行电气仿真，观察重要波形以及电路性能。
- 运行热性能仿真，了解电路板热性能。
- 将定制原理图和布局方案以常用 CAD 格式导出。
- 打印设计方案的 PDF 报告并与同事共享。

有关 WEBENCH 工具的详细信息，请访问 [www.ti.com.cn/WEBENCH](http://www.ti.com.cn/WEBENCH)。

### 7.2 文档支持

#### 7.2.1 相关文档

请参阅如下相关文档：

- [创新型直流/直流电源模块 选择指南](#)
- [使用增强型 HotRod™ QFN 封装技术实现具有出色热性能的小型低噪电源模块 白皮书](#)
- [各种电源模块封装选项的优缺点 白皮书](#)
- [借助电源模块简化低 EMI 设计 白皮书](#)
- [适用于实验室仪表的电源模块 白皮书](#)
- [有关直流/直流稳压器 EMI 的工程师指南 电子书](#)
- [电源模块的焊接注意事项 应用报告](#)
- [采用直流/直流电源模块的实用性热设计 应用报告](#)
- [使用新的热度量指标 应用报告](#)

- [AN-2020 热设计：学会洞察先机，不做事后诸葛](#) 应用报告
- [采用 TPSM53602/3/4 实现负输出反相降压/升压应用](#) 应用报告



## 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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司