

## EVM User's Guide: LM72650QEVM

## LM72650QEVM CC-CV 降压转换器评估模块



## 说明

**LM72650QEVM** 评估模块 (EVM) 是一款采用 LM72650 芯片的同步降压直流/直流稳压器。该 EVM 能够通过 I2C 接口进行恒流恒压 (CC-CV) 调节。该 EVM 在 24V 至 70V 的宽输入电压范围内工作, 可在 CC 模式下提供最高 5A 稳定电流, 在 CV 模式下提供最高 20V 稳定电压。平均电感器电流限制和输出电压的调节目标可通过 I2C 进行编程。自由运行开关频率也可通过 I2C 编程, 可与频率更高或更低的外部时钟信号同步。该 EVM 设计为 **TPS26742EQ1EVM** 的子卡。

## 开始使用

1. 订购 **TPS26742EQ1EVM**。
2. 将 LM72650QEVM 连接至 TPS26742EQ1EVM。
3. 阅读 **TPS26742EQ1EVM EVM 用户指南**。
4. 使用图形用户界面开始评估。

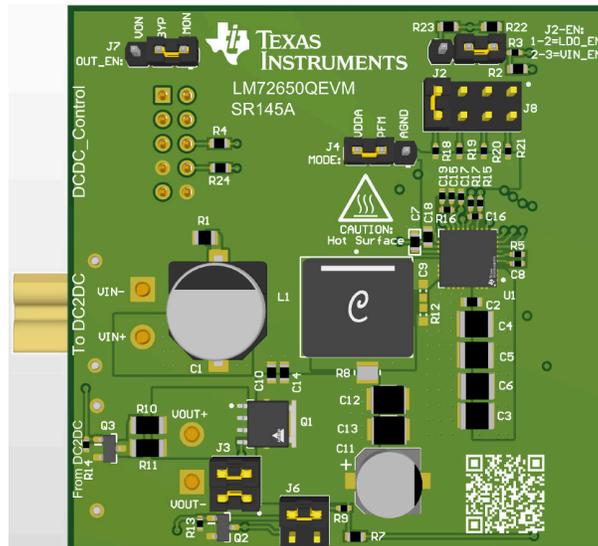
## 特性

- 输入电压工作范围: 24V 至 70V

- 可编程输出电压高达 20V, 并具有可编程电缆压降补偿 (CDC)
- 可编程平均电流限制高达 5A
- 可编程输出电压压摆率为
- 可编程软启动时间
- 可选有源输出放电
- 可选展频
- 可编程开关模式 (FPWM 或 PFM)
- 98% 的峰值满载效率
- 具有断续模式保护功能的峰值电流限制
- 可编程 OVP 阈值
- 可编程 UV/OV 警告阈值
- 使用上拉电阻器连接到 VDDA 的 nINT 指示器

## 应用

- 汽车电子系统
- 信息娱乐系统与仪表组
- 汽车 USB 充电



LM72650QEVM

## 1 评估模块概述

### 1.1 简介

LM72650QEVM 是一款具有恒流恒压 (CC-CV) 调节功能和 I2C 接口的同步直流/直流降压稳压器。该 EVM 针对 400kHz 开关频率设计, 在 24V 至 70V 的输入电压范围内工作, 可在 CC 模式下提供 5A (最大) 的稳定电流, 在 CV 模式下提供 20V (最高) 的稳定电压。平均电感器电流限制和输出电压的调节目标可通过 I2C 进行编程。该 EVM 具有电缆压降补偿、展频、可选 FPWM/OVP、有源输出放电、输出电压摆率控制、软启动、PFM 以及具有断续模式保护功能的峰值电流限制。

该 EVM 设计为 [TPS26742EQ1EVM](#) 的子卡, 后者使用 TPS26742E-Q1。TPS26742E-Q1 是一款双端口 USB PD 控制器, 集成闪存并且能够控制外部直流/直流转换器以及显示端口重定时器 and 开关。TPS26742EQ1EVM 可使用 [TPS26742EQ1EVM](#) 定制。

### 1.2 套件内容

- 一个 LM72650QEVM EVM 电路板
- EVM 免责声明自述文件

### 1.3 规格

表 1-1 表列出了评估模块的电气特性。有关更多信息, 请参阅“器件规格”。效率和其他性能指标会根据工作输入电压、负载电流、外部连接的输出电容器和 TPS26742EQ1EVM 的工作情况而变化。运行时建议的空气流量为 200LFM。

表 1-1. 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>					
输入工作范围, $V_{SUPPLY}$		24	48	70	V
输入电流, $I_{SUPPLY}$				5	A
<b>输出特性</b>					
额定输出电压 $V_{LOAD}$	CV 模式		20		V
平均电感器电流, $I_{L,OUT}$	CC 模式	0.5		5	A
<b>系统特性</b>					
开关频率 $f_{SW}$			400		kHz
满负载效率	$I_{LOAD} = 5A$	$V_{SUPPLY} = 24V$	98.1%		
		$V_{SUPPLY} = 36V$	97.5%		
		$V_{SUPPLY} = 48V$	96.9%		
		$V_{SUPPLY} = 60V$	96.4%		

### 1.4 器件信息

表 1-2. 具有集成 CC-CV 控制和 I2C 接口的 LM72xx0(-Q1) 同步降压稳压器系列

直流/直流	最大 $V_{IN}$	输出量程	最大 $I_{OUT}$	汽车级认证
LM72630-Q1	70V	1V - 24V / 3.3V - 24V	3A	AEC-Q100 Grade1
LM72650-Q1	70V	1V - 24V / 3.3V - 24V	5A	AEC-Q100 Grade1
LM72680-Q1	70V	1V - 24V / 3.3V - 48V	5A/8A	AEC-Q100 Grade1
LM72880-Q1	80V	1V - 24V / 3.3V - 48V	5A/8A	AEC-Q100 Grade1
LM72880	80V	1V - 24V / 3.3V - 48V	5A/8A	—

## 2 硬件

### 2.1 测试装置和过程

#### 2.1.1 EVM 连接

图 2-1 展示了建议的测试设置。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。TPS26742EQ1EVM 设计支持最多两个 LM72650QEVM EVM。

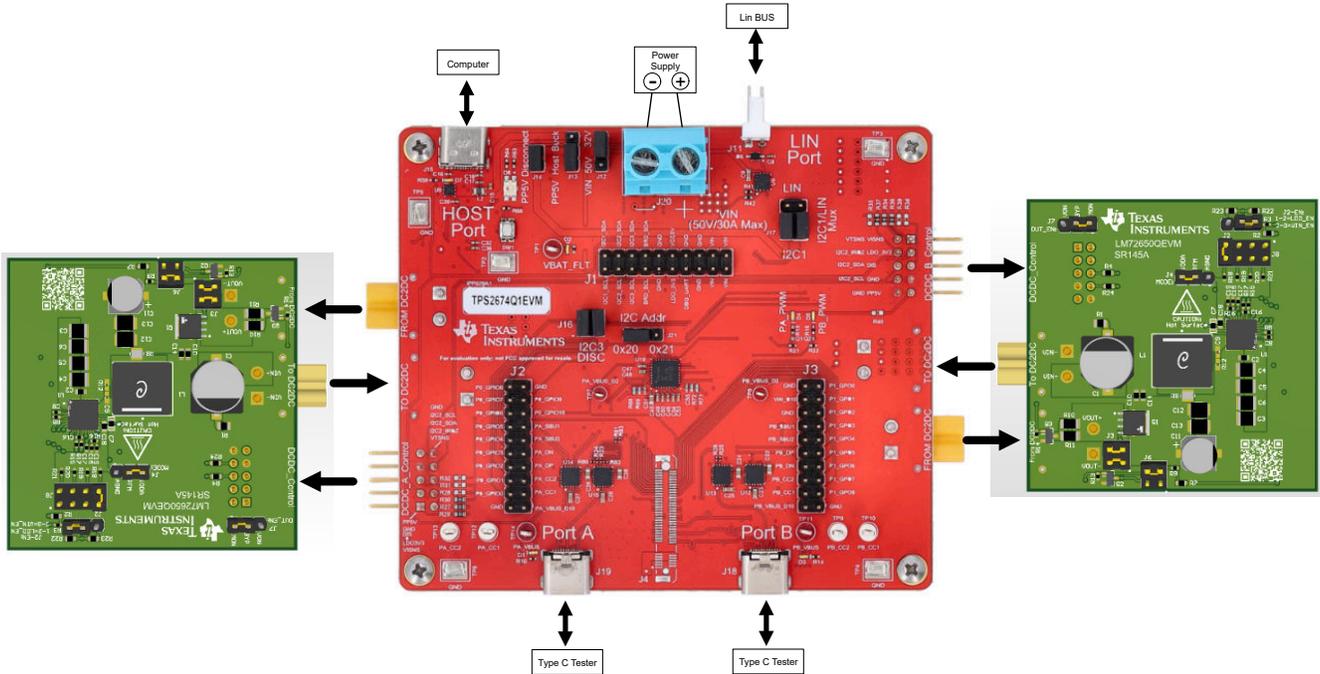


图 2-1. EVM 测试设置

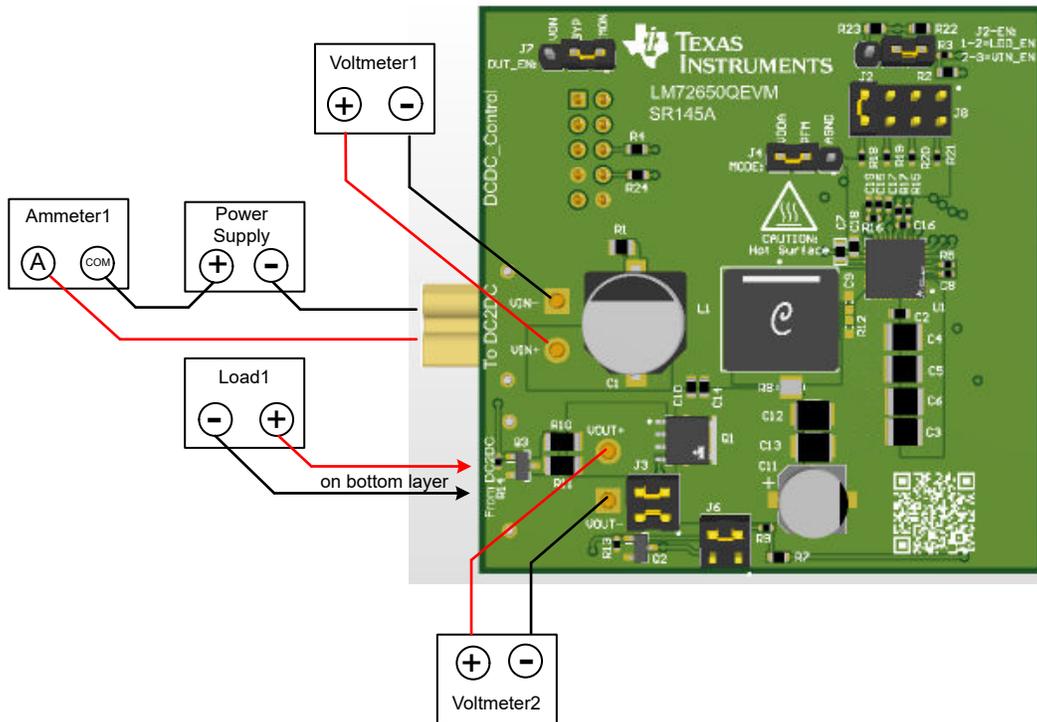


图 2-2. EVM 效率测量测试设置

小心



表面高温。接触会导致烫伤。请勿触摸。

表 2-1. 电源连接

参考位号	标签	说明
J1	VIN+	正输入电压电源连接
J1	VIN-	负输入电压电源连接
J5	VOUT+	正输出电压电源连接
J5	VOUT -	负输出电压电源连接

表 2-2. J9 连接

编号	标签	说明
1	IMON/旁路	IMON 连接/旁路 MOSFET 控制
2	PTC	温度检测
3	LDO_3V3	TPS26742EQ1EVM 3.3V LDO 输出
4	nINT	中断指示器引脚
5	放电	外部放电 MOSFET 控制
6	SDA	I2C 数据连接
7	GND	接地连接
8	SCL	I2C 时钟连接
9	VDDA	VDDA 输出到 TPS26742EQ1EVM
10	GND	接地连接

表 2-3. J8 跳线

编号	标签	说明
1、3、5、7	CONFIG/IMON	CONFIG/IMON 连接
2	R18	41.2k $\Omega$ 配置电阻器连接。默认连接为 #1 - #2。
4	R19	54.9k $\Omega$ 配置电阻器连接
6	R20	71.5k $\Omega$ 配置电阻器连接
8	R21	90.9k $\Omega$ 配置电阻器连接

表 2-4. J4 跳线

编号	标签	说明
1	AGND	接地连接
2	PFM	PFM 连接。对于 FPWM，将 #1 连接至 #2。对于 PFM，将 #2 连接至 #3。默认连接为 #2 - #3。
3	VDDA	VDDA 连接

表 2-5. J7 跳线

编号	标签	说明
1	IMON	IMON 连接
2	BYP	连接 #1 到 #2 以进行 IMON 检测。连接 #2 到 #3 以进行外部旁路开关控制。默认连接为 #1 - #2。
3	VON	旁路 MOSFET 控制

**表 2-6. J2 跳线**

编号	标签	说明
1	LDO_3V3_EN	TPS26742EQ1EVM 的 LDO_3V3_EN
2	EN	连接 #1 到 #2 启用 LDO_3V3_EN。连接 #2 到 #3 启用 VIN。默认连接为 #2 - #3。
3	R2	通过 R2 连接 VIN

**表 2-7. J3 跳线**

编号	标签	说明
1、3	Q1 #5	Q1 漏极连接。
2、4	Q1 #3	Q1 源极连接。连接 #1 - #2 和 #2 - #4 绕过 Q1 开关。

**表 2-8. J6 跳线**

编号	标签	说明
1、3	Q1 #5	Q1 漏极连接
2、4	J7 #3	J7 #3 引脚连接。连接 #3 - #4 自动启用旁路开关。默认连接为 #3 - #4

### 2.1.2 效率测试设备

- **电源**：使用能够提供 0V 至 70V 电压和 7A 电流的输入电压源。
- **电压表 1**：测量 J1 端子处的输入电压。
- **电压表 2**：测量 J5 端子处的输出电压。
- **电流表 1**：测量输入电流。
- **负载 1**：电子负载必须能够在 20V 及更低电压下灌入 8A 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。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。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

LM72650QEVM 设计为子卡，需要 TPS26742EQ1EVM 作为主板方可正常运行。请遵循 [TPS26742EQ1EVM RVM 用户指南](#) 中的测试设置指南。在向评估板供电之前，请确保已在合适的位置放置 J2、J3、J4、J6、J7 和 J8 跳线。

#### 小心

在高输出电流和高输入电压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，断开电源后不要立即触摸元件，直到元件充分冷却为止。

### 3 实现结果

#### 3.1 测试数据和性能曲线

除非另有说明，否则  $V_{\text{SUPPLY}} = 48\text{V}$  且  $f_{\text{SW}} = 400\text{kHz}$ 。

##### 3.1.1 效率

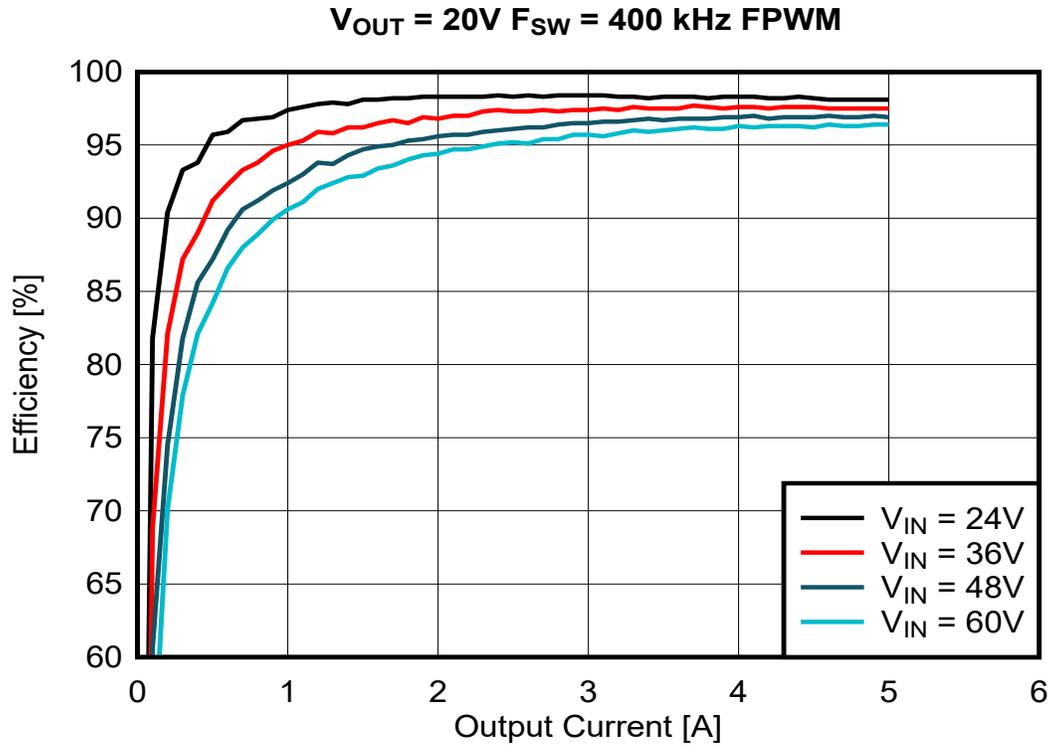


图 3-1. FPWM 模式，线性标度

### 3.1.2 工作波形

#### 3.1.2.1 启动和关断

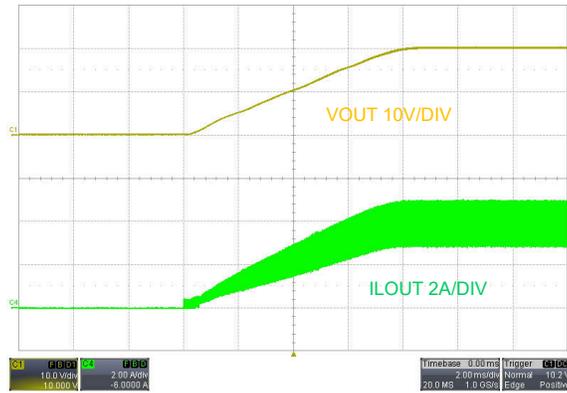


图 3-2.  $V_{\text{SUPPLY}} = 48\text{V}$  ,  $I_{\text{LOAD}} = 4\text{A}$

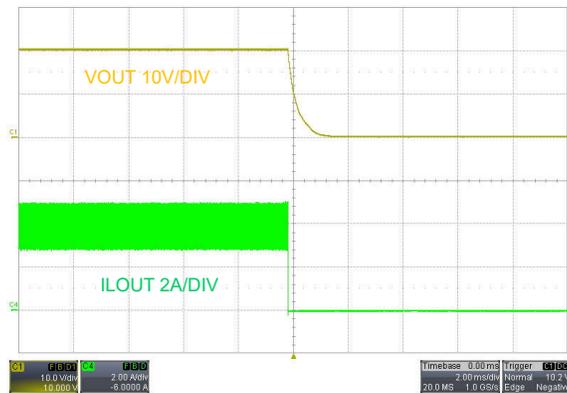


图 3-3.  $V_{\text{SUPPLY}} = 48\text{V}$  ,  $I_{\text{LOAD}} = 4\text{A}$

#### 3.1.2.2 开关

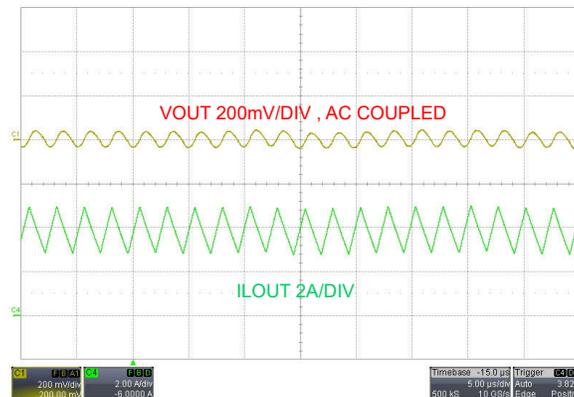


图 3-4. 输出纹波 ,  $V_{\text{SUPPLY}} = 48\text{V}$  ,  $I_{\text{LOAD}} = 4\text{A}$

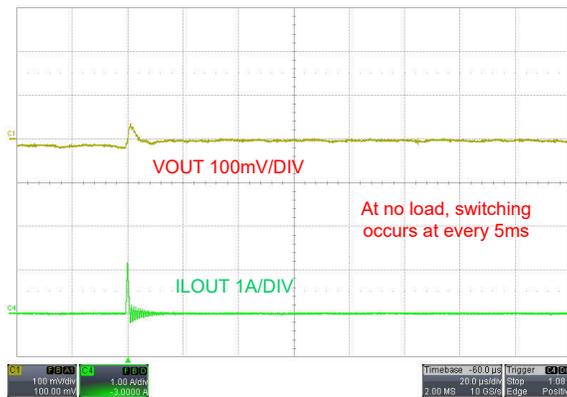


图 3-5. PFM 模式、 $V_{SUPPLY} = 48V$ 、 $I_{LOAD} = 0A$  条件下的空载运行

3.1.2.3 负载瞬态

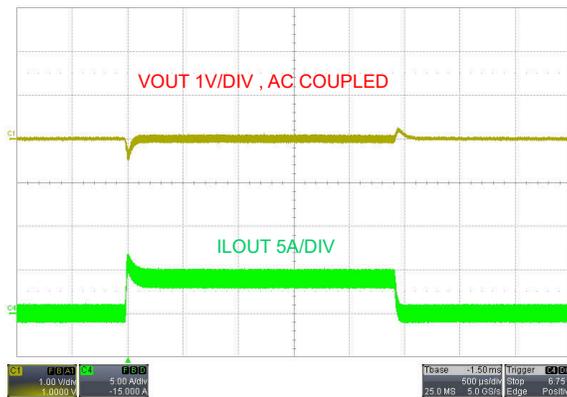


图 3-6.  $V_{SUPPLY} = 48V$ 、FPWM、从 0A 变为 4A 时的负载瞬态响应

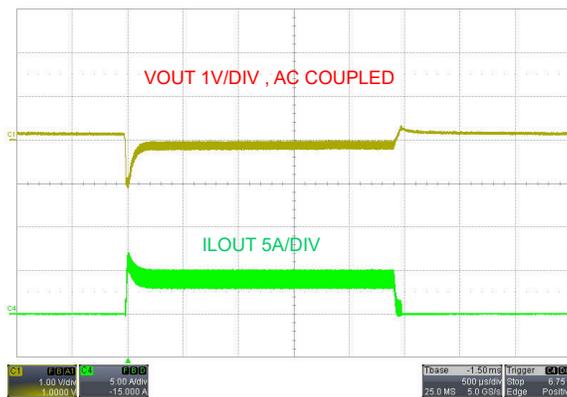


图 3-7.  $V_{SUPPLY} = 48V$ 、PFM、从 0A 变为 4A 时的负载瞬态响应

### 3.1.3 热性能

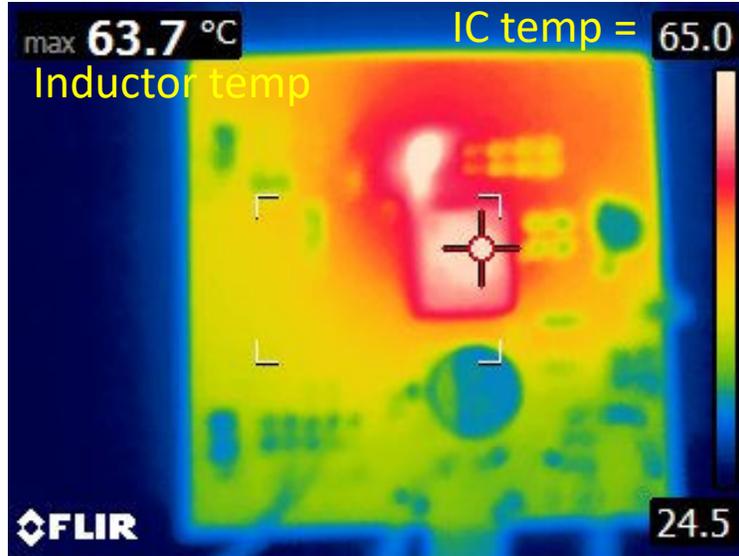


图 3-8. 热性能， $V_{\text{SUPPLY}} = 48\text{V}$ ， $I_{\text{LOAD}} = 5\text{A}$ ， $T_{\text{A}} = 25^{\circ}\text{C}$ ，无气流

## 4 硬件设计文件

### 4.1 原理图

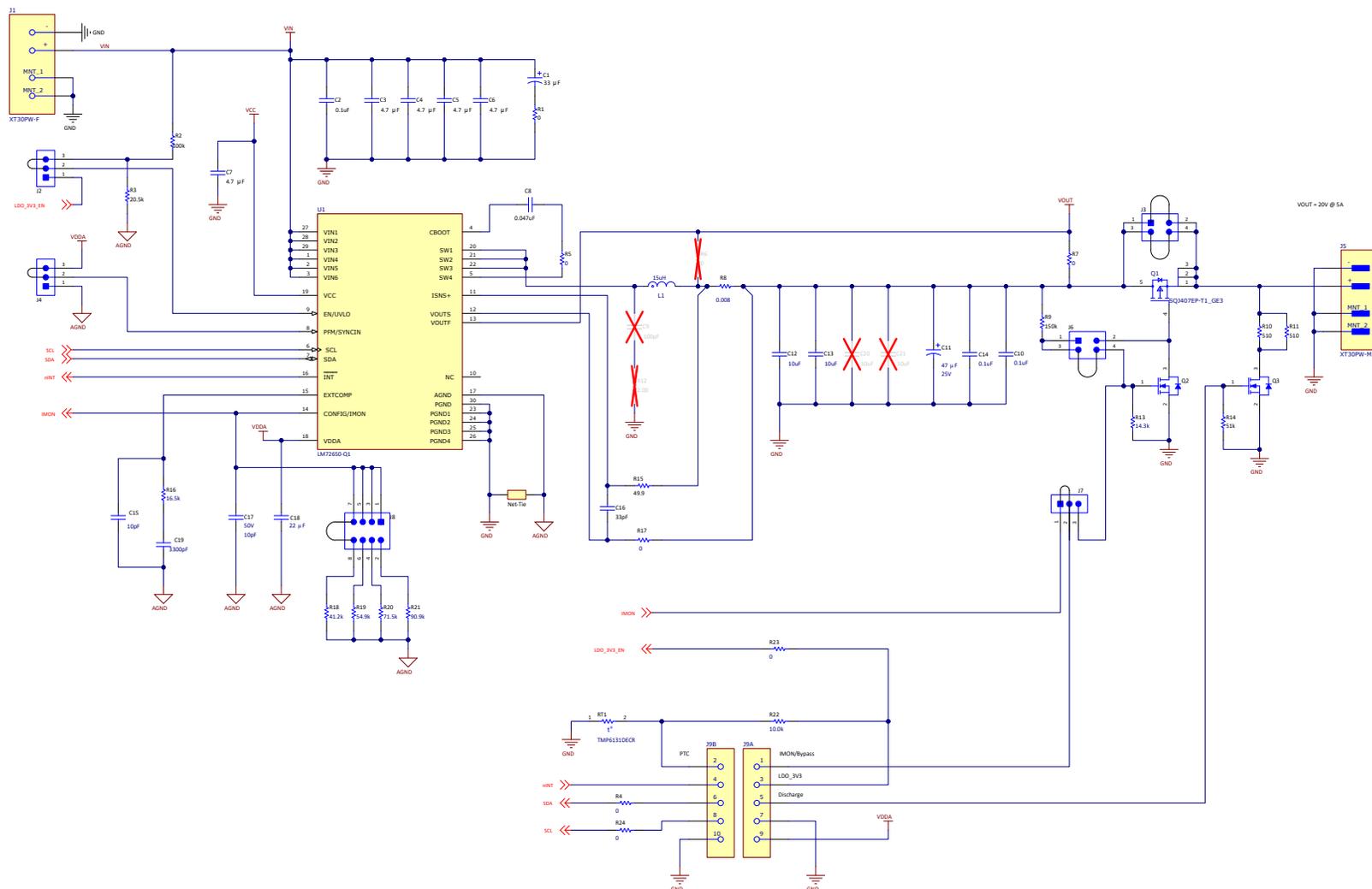


图 4-1. EVM 原理图

## 4.2 PCB 布局

LM72650QEVM 使用铜厚度为 2oz 的 4 层 PCB。

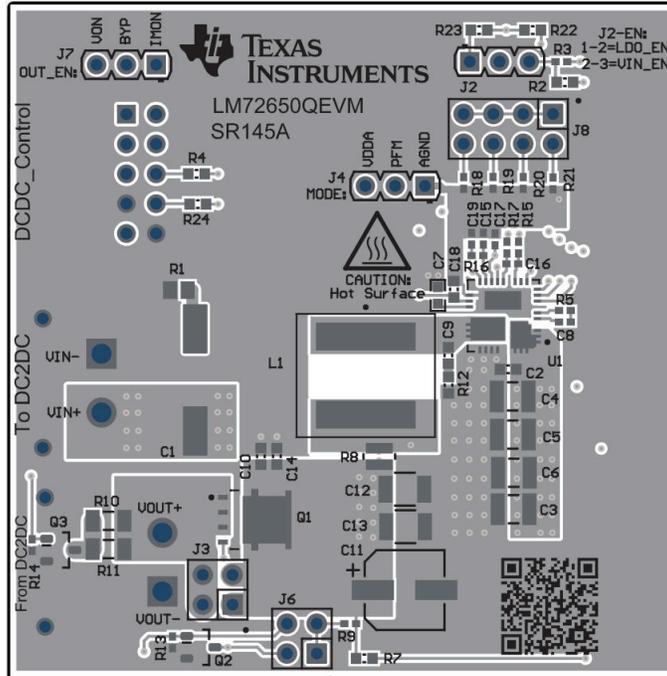


图 4-2. 顶层元件 (顶视图)

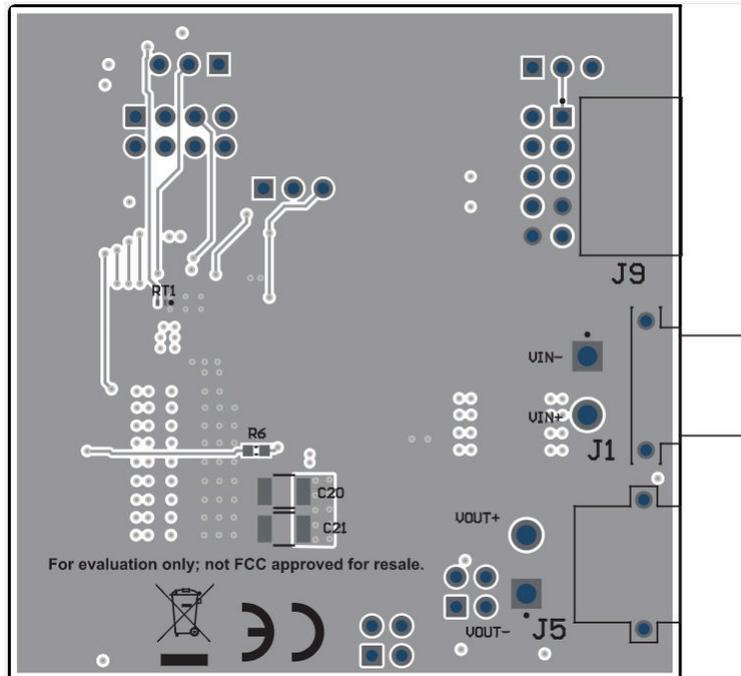


图 4-3. 底部元件 (底视图)

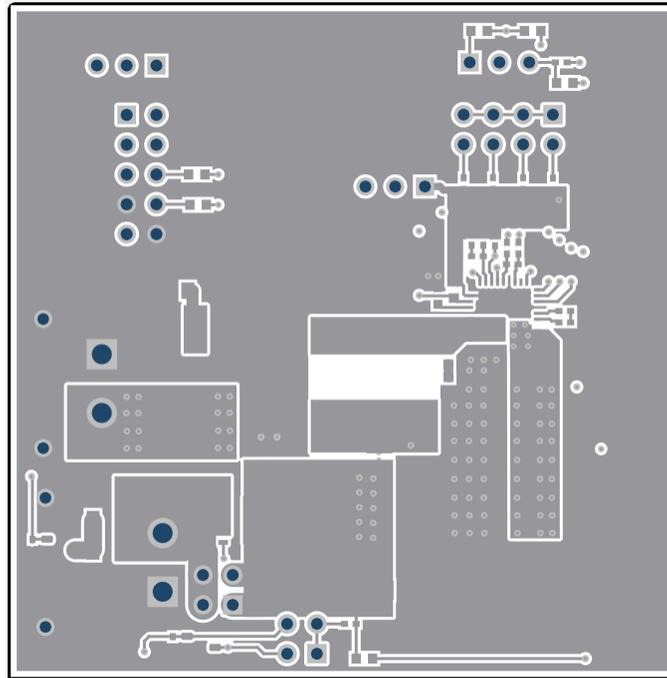


图 4-4. 顶层覆铜 (顶视图)

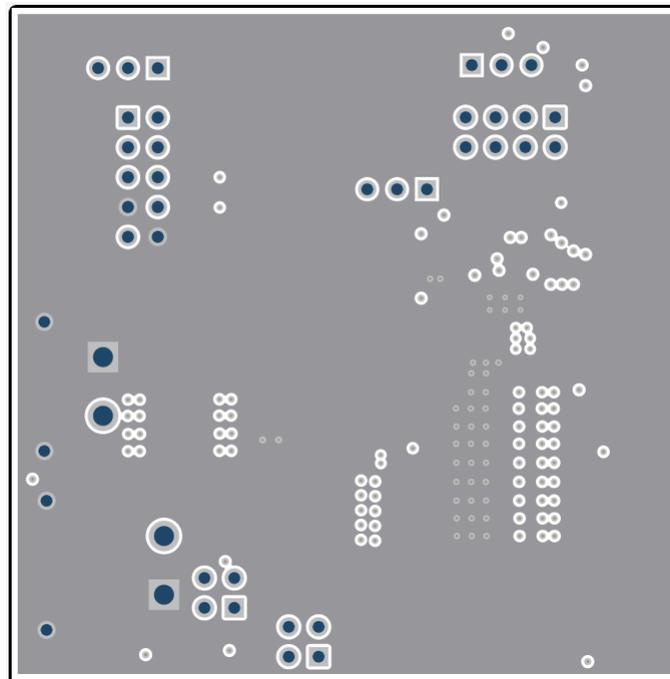


图 4-5. 第 2 层覆铜 (顶视图)

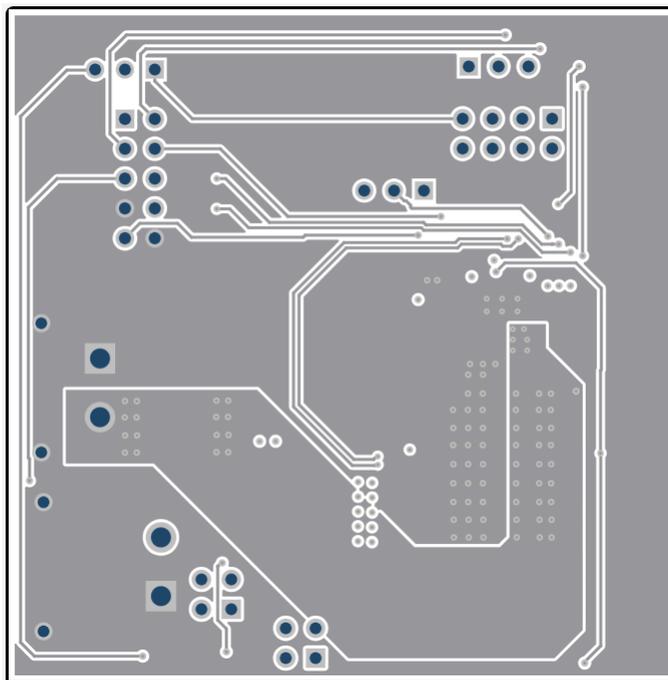


图 4-6. 第 3 层覆铜 (顶视图)

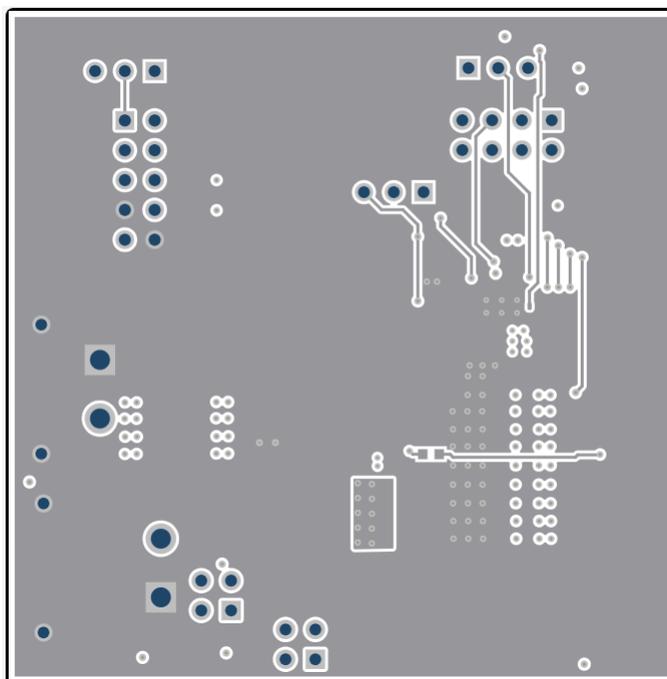


图 4-7. 底层覆铜 (顶视图)

### 4.3 物料清单

**表 4-1. 物料清单**

参考位号	说明	制造商	器件型号	数量
C1	电容, 铝制, 33 $\mu$ F, 100V, +/-20%, 1 $\Omega$ , AEC-Q200 1 级, SMD	Panasonic	EEE-TG2A330P	1
C2	电容, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 100V, +/- 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	MuRata	GCJ188R72A104KA01D	1
C3、C4、C5、C6	电容, 陶瓷, 4.7 $\mu$ F, 100V, +/- 10%, X7S, AEC-Q200 1 级, 1210	MuRata	GCM32DC72A475KE02L	4
C7	电容器, 陶瓷, 4.7 $\mu$ F, 10V, +/- 20%, X7R, 0603	MuRata	GRM188Z71A475ME15D	1
C8	电容器, 陶瓷, 0.047 $\mu$ F, 50V, +/- 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	TDK	CGA2B3X7R1H473K050BB	1
C10、C14	电容器, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 50V, +/- 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	TDK	CGA3E2X7R1H104K080AA	2
C11	电容, 铝制, 47 $\mu$ F, 25V, +/-20%, 0.05 $\Omega$ , AEC-Q200 1 级, SMD	Chemi-Con	HHXC250ARA470MF61G	1
C12、C13	电容器, 陶瓷, 10 $\mu$ F, 25V, +/- 20%, X7R, AEC-Q200 1 级, 1210	TDK	CGA6P1X7R1E106M250AC	2
C15、C17	电容器, 陶瓷, 10pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, AEC-Q200 1 级, 0402	TDK	CGA2B2C0G1H100D050BA	2
C16	电容器, 陶瓷, 33pF, 50V, +/- 5%, C0G/NP0, AEC-Q200 1 级, 0402	MuRata	GCM1555C1H330JA16D	1
C18	电容器, 陶瓷, 22 $\mu$ F, 6.3V, +/-20%, X6S, 0603	MuRata	GRM188C80J226ME15D	1
C19	电容器, 陶瓷, 3300pF, 50V, +/- 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	TDK	CGA2B2X7R1H332K050BA	1
J1	插座, 直流电源, XT30, 母头, 引脚: 2, 在 PCB 上, THT, 黄色, 15A	Amass	XT30PW-F	1
J2、J4、J7	接头, 2.54mm, 3x1, 锡, TH	FCI	68001-403HLF	3
J3、J6	接头, 100mil, 2x2, 金, TH	Samtec	TSW-102-07-G-D	2
J5	插座, 直流电源, XT30, 公头, 引脚: 2, 在 PCB 上, THT, 黄色, 15A, 500V	Amass	XT30PW-M	1
J8	接头, 100mil, 4x2, 金, TH	Samtec	TSW-104-07-G-D	1
J9	10 位置插座连接器 0.100" (2.54mm) 穿孔, 直角镀金	Samtec	SSW-105-02-G-D-RA	1
L1	15 $\mu$ H 屏蔽模压电感器 15.4A 15.2m $\Omega$ 最大非标准值	Coilcraft	XGL1010-153MED	1
Q1	MOSFET P 沟道 30V 60A POWERPAKSO-8	Vishay	SQJ407EP-T1_GE3	1
Q2、Q3	MOSFET, N 沟道, 60V, 0.24A, SOT-23	Vishay-Siliconix	2N7002E-T1-E3	2
R1	电阻, 0, 5%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	Panasonic	ERJ-6GEY0R00V	1
R2	电阻, 100k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	Vishay-Dale	CRCW0603100KFKEA	1
R3	电阻, 20.5k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	Vishay-Dale	CRCW040220K5FKED	1
R4、R7、R23、R24	电阻, 0, 5%, 0.1W, 0603	Yageo	RC0603JR-070RL	4
R5、R17	电阻, 0, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	Vishay-Dale	CRCW04020000Z0ED	2
R8	电阻, 0.008, 1%, 1W, AEC-Q200 0 级, 0508	Susumu Co Ltd	KRL2012M-R008-F-T1	1
R9	电阻, 150k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	Vishay-Dale	CRCW0402150KFKEA	1
R10、R11	电阻, 510, 5%, 0.25W, 1206	Vishay-Dale	CRCW1206510RJNEA	2
R13	电阻, 14.3k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	Vishay-Dale	CRCW040214K3FKED	1
R14	电阻, 51k, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	Vishay-Dale	CRCW040251K0JNED	1
R15	电阻, 49.9, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	Vishay-Dale	CRCW040249R9FKED	1
R16	电阻, 16.5k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	Vishay-Dale	CRCW040216K5FKED	1
R18	电阻, 41.2k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	Vishay-Dale	CRCW040241K2FKED	1
R19	电阻, 54.9k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	Vishay-Dale	CRCW040254K9FKED	1
R20	电阻, 71.5k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0402	Panasonic	ERJ-2RKF7152X	1
R21	电阻, 90.9k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0402	Panasonic	ERJ-2RKF9092X	1
R22	电阻, 10.0k, 0.05%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	Panasonic	ERA-3ARW103V	1
RT1	热敏电阻、DEC0002A (X1SON-2)	德州仪器 (TI)	TMP6131DECR	1

表 4-1. 物料清单 (续)

参考位号	说明	制造商	器件型号	数量
SH-J1、SH-J2、 SH-J3、SH-J4、 SH-J5、SH-J6、 SH-J7	分流器, 100mil, 镀金, 黑色	Samtec	SNT-100-BK-G	7
U1	具有 I2C 接口的 70V 3A 高效 CC-CV 降压转换器	德州仪器 (TI)	LM72650-Q1	1

## 5 其他信息

### 5.1 商标

PowerPAD™ is a trademark of Texas Instruments.

WEBENCH® is a registered trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 6 器件和文档支持

### 6.1 器件支持

#### 6.1.1 开发支持

相关开发支持，请参阅以下文档：

- 有关 TI 的参考设计库，请访问 [TI 参考设计](#)。
- 有关 TI 的 WEBENCH® 设计环境，请访问 [WEBENCH® 设计中心](#)。

### 6.2 文档支持

#### 6.2.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI)，[通过优化的功率级布局免费提高大电流直流/直流稳压器性能](#) 应用简报
- 德州仪器 (TI)，[通过更大程度降低电感寄生来降低降压转换器 EMI 和电压应力](#) 模拟应用期刊
- 德州仪器 (TI)，[AN-2162：轻松解决直流/直流转换器的传导 EMI 问题](#) 应用手册
- 白皮书：
  - 德州仪器 (TI)，[评估适用于成本驱动型严苛应用的宽  \$V\_{IN}\$ 、低 EMI 同步降压电路](#)
  - 德州仪器 (TI)，[电源的传导 EMI 规格概述](#)
  - 德州仪器 (TI)，[电源的辐射 EMI 规格概述](#)

#### 6.2.1.1 PCB 布局资源

- [AN-1149 开关电源布局指南](#) 应用手册
- [AN-1229 Simple Switcher PCB 布局指南](#) 应用手册
- [构建电源 - 布局注意事项](#) 电源 设计研讨会
- [使用 LM4360x 与 LM4600x 简化低辐射 EMI 布局](#) 应用手册
- Power House 博客：
  - [直流/直流转换器的高密度 PCB 布局](#)

#### 6.2.1.2 热设计资源

- [AN-2020 热设计：学会洞察先机，不做事后诸葛](#) 应用手册
- [AN-1520 外露焊盘封装实现最佳热阻的电路板布局布线指南](#) 应用手册
- [半导体和 IC 封装热指标](#) 应用手册
- [使用 LM43603 和 LM43602 简化热设计](#) 应用手册
- [PowerPAD™ 热增强型封装](#) 应用手册
- [PowerPAD™ 速成](#) 应用简报
- [使用新的热指标](#) 应用手册

## 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