

EVM User's Guide: LMR60460QEVM

LMR60460-Q1 评估模块



说明

LMR60460-Q1 是一款采用同步整流实现小尺寸、高转换效率的 36V、6A 直流/直流降压转换器。该 EVM 在 6V 至 36V 的宽输入电压范围内工作，能够在高达 6A 负载下以 400kHz 开关频率提供 5.0V 稳压输出。LMR60460QEVM 可以支持优于 1% 的输出电压调节精度，并可以使用外部电阻分压器调节输出电压设定点。

开始使用

1. 请按照 EVM 用户指南说明准备工作台设置。
2. 按照建议的步骤为 EVM 上电。
3. 运行测试和测量。注意元件温度可能较高。

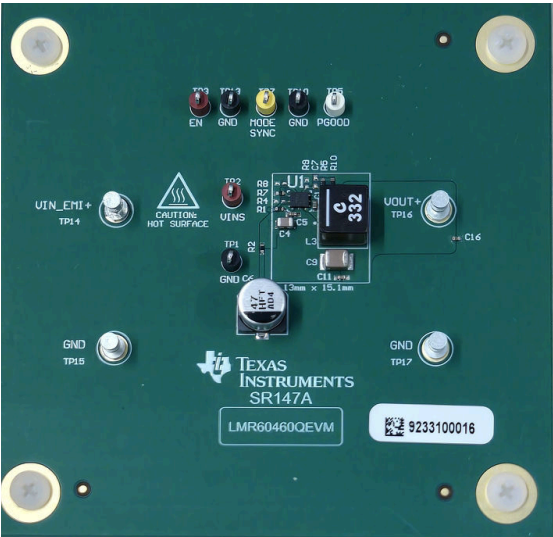
特性

- 输入电压范围：6V 至 36V

- 输出电压：5.0V
- 负载电流：0A 至 6A
- 开关频率：400kHz
- 可调输出电压
- 外部同步功能
- 内部展频功能
- 轻负载时可选脉冲频率调制或强制脉宽调制
- 通过替换某些元件来支持 IC 的其他型号

应用

- 高级驾驶辅助系统 (ADAS)
- 车身电子装置和照明
- 信息娱乐系统与仪表组



LMR60460QEVM

1 评估模块概述

1.1 简介

德州仪器 (TI) LMR60460QEVM 评估模块可帮助设计人员评估 LMR604x0-Q1 宽输入降压转换器的运行情况和性能。LMR60460-Q1 是一款易于使用的同步降压直流/直流转换器，能够通过 6V 至最高 36V 的输入电压驱动高达 6A 的负载电流。LMR60460QEVM 具有 5.0V 的输出电压和 400kHz 的开关频率，支持高达 6A 的负载电流 ()。

LMR60460-Q1 采用 9 引脚 VBC WQFN 封装，具有预编程设置，可减少元件数量并实现高密度设计。

LMR60460QEVM 随附 LMR604605SVBCRQ1 型号，该型号支持可调节输出电压、可调节开关频率、外部同步和展频选项。有关详细信息，请参阅 [LMR60460-Q1 经优化可实现高功率密度、低 EMI 和低输出电容的 3V 至 36V、6A 汽车级同步降压转换器 数据表](#)。该 EVM 使用 LMR60460 并具有以下特性：

- 宽输入电压范围
- 宽占空比范围
- 集成了高侧和低侧功率 MOSFET
- 逐周期过流保护
- 内部环路补偿
- 专为满足低电磁干扰 (EMI) 要求而设计

1.2 套件内容

包装中包含：

1. LMR60460-Q1 评估模块 (LMR60460QEVM) (包含 LMR604605SVBCRQ1)
2. EVM 免责声明自述文件

1.3 规格

下表列出了 LMR60460QEVM 的性能特性。

除非另有说明： $V_{IN} = 12V$ ， $V_{OUT} = 5V$ ， $T_A = 25^{\circ}C$ 。

表 1-1. LM65460EVM 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_{VIN}	EVM 输入电压工作范围		6	12	36	V
空载时的输入电流， $I_{IN(NL)}$	$I_{OUT} = 0A$	自动模式		5.6		μA
输入电流（禁用）， $I_{IN(OFF)}$	$V_{EN/UVLO} = 0V$ ，无 EN 分压器	$V_{IN} = 12V$		0.76		μA
输出特性						
输出电压， V_O	$I_{OUT} = 0A$ ，自动模式			5.02		V
	$I_{OUT} = 6A$			4.98		V
输出电压调节， ΔV_{OUT}	负载调整，自动模式	$I_{OUT} = 0A$ 至 $6A$		40		mV
输出电压调节， ΔV_{OUT}	负载调整，FPWM 模式	$I_{OUT} = 0A$ 至 $6A$		6		
输出电压调节， ΔV_{OUT}	线性调整率， $V_{IN} = 6V$ 至 $36V$	$I_{OUT} = 6A$		2		
最大输出电流	$V_{IN} = 12V$			8		A
系统特性						
开关频率	$I_{OUT1} = 6A$			400		kHz
峰值效率	$I_{OUT} = 2.6A$	$V_{IN} = 12V$		95.68		%
满负载效率	$I_{OUT} = 6A$	$V_{IN} = 12V$		93.7		%

1.4 器件信息

LMR60460-Q1 是一款易于使用的同步降压直流/直流转换器，能够通过 6V 至最高 36V 的输入电压驱动高达 6A 的负载电流。LMR60460QEVM 具有 5.0V 的输出电压和 400kHz 的开关频率，支持高达 6A 的负载电流。

表 1-2. 器件和封装配置

EVM	U1	频率	展频	电流	引脚 1 修整
LMR60460QEVM	LMR604605SVBCRQ1	400kHz	启用	6A	可调输出电压和模式选择

2 硬件

2.1 EVM 设置

本节对 EVM 上的测试点和连接器进行了说明，并说明了如何正确地连接、设置和使用 LMR60460QEVm。

该 EVM 使用包括 MODE/SYNC 功能的 LMR60460-Q1 转换器。这意味着，当此引脚连接到 GND 时，器件可以在脉冲频率调制 (PFM) 轻负载模式下运行。TI 观察到，当器件在 PFM 轻负载模式下运行时，如果输入电压接近输出电压，会出现额外的输出电压纹波。为了获得更高的性能，TI 建议将 EVM 配置为在强制脉宽调制 (FPWM) 模式下运行。要使用 FPWM 轻负载工作模式，请拆下电阻器 R8 并组装电阻器 R6。

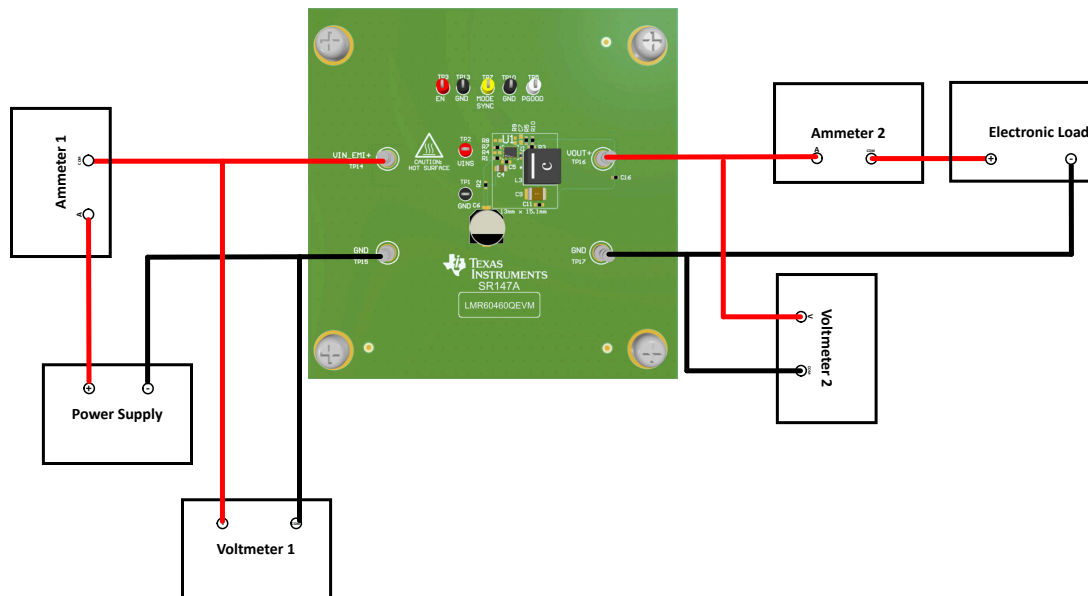


图 2-1. EVM 板连接

除 EVM 板之外，测试设置还包括以下仪器。

- **电源**：输入直流电压源必须能够提供 36V 电压和 4A 电流。
- **负载**：负载必须是电子恒流 (CC) 或恒阻 (CR) 模式负载，能够在 5.0V 电压下支持 6A 的负载电流。执行空载输入电流测试时，请断开电子负载。
- **万用表**：
 - **电压表 1**：在 VIN+ (TP14) 和 VIN- (TP15) 处测量输入电压
 - **电压表 2**：在 VOUT (TP16) 和 VOUT- (TP17) 处测量输出电压
 - **电流表 1**：测量输入电流。
 - **电流表 2**：测量输出电流。
- **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置在输出电容器的正极端子上，接地引线放置在输出电容器的负极端子上。TI 不建议使用长引线接地，因为该连接会因接地回路很大而引起额外的噪声。若要测量其他波形，请在必要时调整示波器。

2.1.1 快速入门

1. 在 VIN+ 和 VIN- 测试点之间连接电压电源。
2. 在 VOUT 和 GND 测试点之间连接负载。
3. 将电源电压设置在 6V 至 36V 之间的适当电平。将电源的电流限制设置为适当的电平。
4. 打开电源。在默认配置下，EVM 启动并提供 $V_{OUT} = 5.0V$ 。
5. 监控输出电压。对于 LMR60460-Q1 器件，负载电流必须为 6A 或更小。

2.1.2 测试点

电路板顶部上的测试点用于连接 EVM 的输入和输出。有关测试点的说明，请参阅下表。

表 2-1. EVM 测试点

测试点	信号	说明
TP14	VIN_EMI+	EVM 的输入电源，包括一个 EMI 滤波器。连接至合适的输入电源。在此点连接以进行传导 EMI 测试。
TP15	GND	输入电源的接地连接
TP3	EN	此测试点从 IC 连接到 EN 引脚。
TP5	PGOOD	此测试点从 IC 连接到 PGOOD 引脚。该测试点是 PGOOD 引脚的开漏输出。通过使用电阻器 R3，PGOOD 引脚可以通过上拉电阻器连接到 VOUT 或保持开路。
TP7	MODE/SYNC	此测试点从 IC 连接到 MODE/SYNC 引脚。此测试点通过 R8 连接到 GND
TP10、TP13	GND	此测试点连接到 GND。
TP16	VOUT+	到 EVM 的输出电压。
TP17	GND	负载的接地连接。

3 实现结果

3.1 性能数据和结果

实际性能数据可能会受到测量技术和环境变量的影响。这些曲线仅供参考，并可能与实际现场测量结果有所不同。除非另有说明，否则 $V_{in} = 12.0V$ 、 $V_{out} = 5.0V$ 且 $F_{sw} = 400kHz$ 。

3.1.1 应用曲线

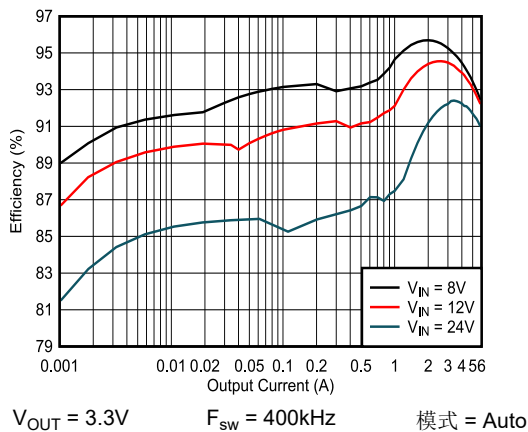


图 3-1. 效率 - 自动模式

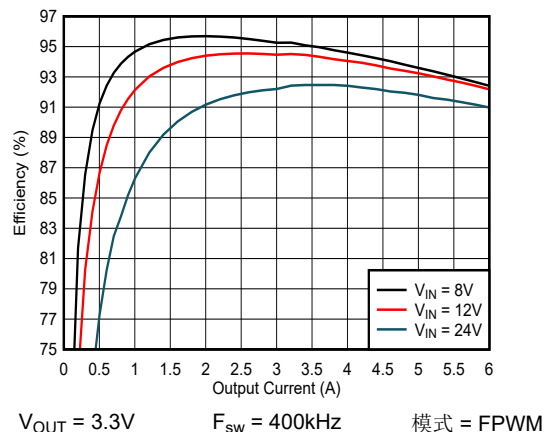


图 3-2. 效率 - FPWM 模式

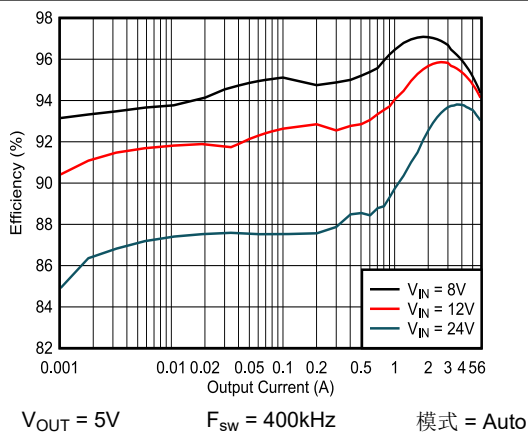


图 3-3. 效率 - 自动模式

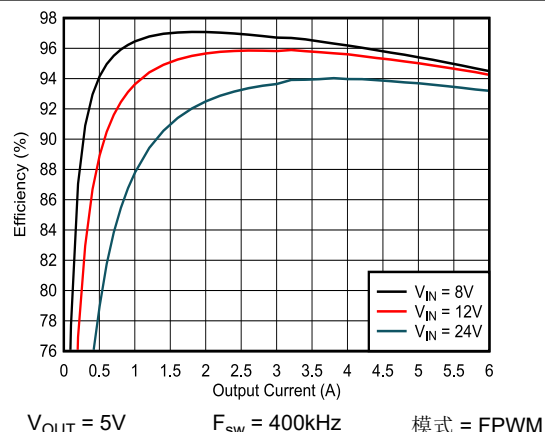


图 3-4. 效率 - FPWM 模式

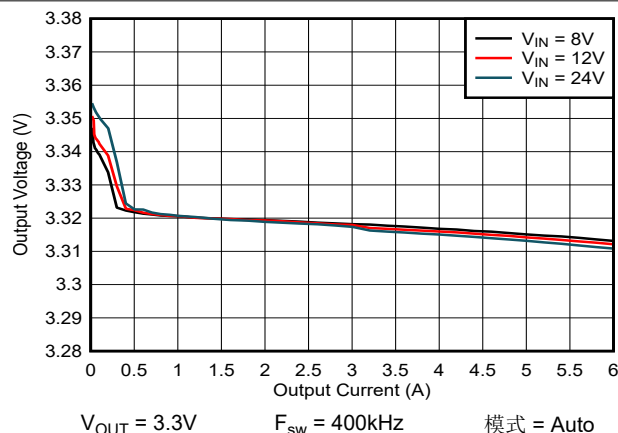


图 3-5. 负载和线路调节 - 自动模式

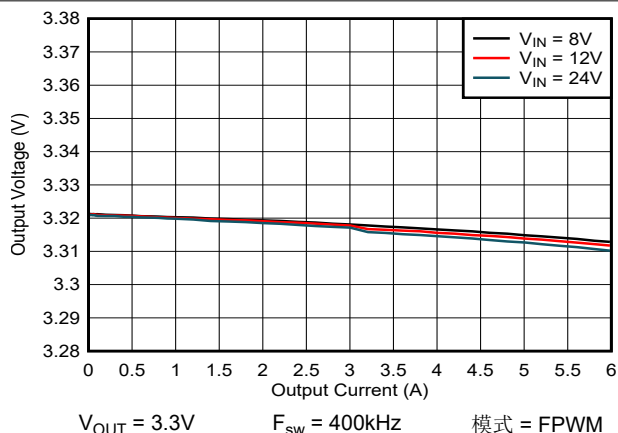


图 3-6. 负载和线路调节 - FPWM 模式

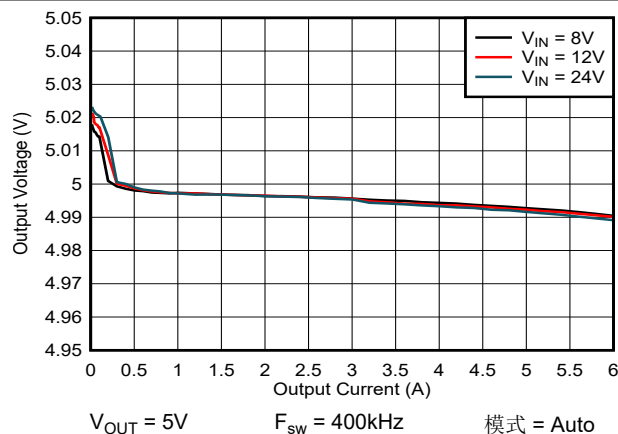


图 3-7. 负载和线路调节 - 自动模式

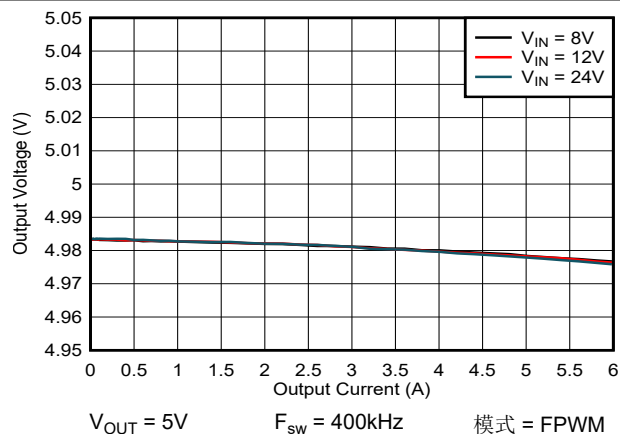


图 3-8. 负载和线路调节 - FPWM 模式

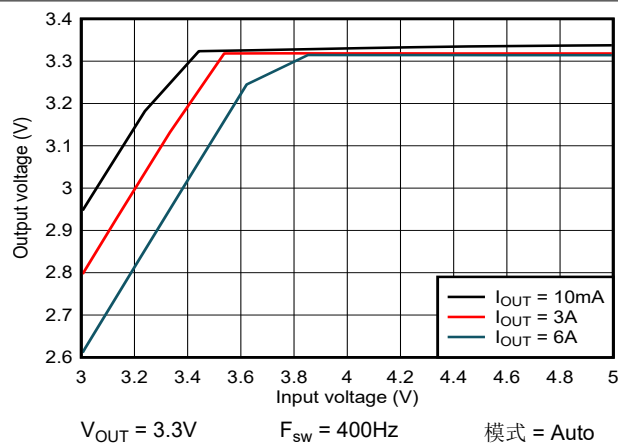


图 3-9. 压降曲线

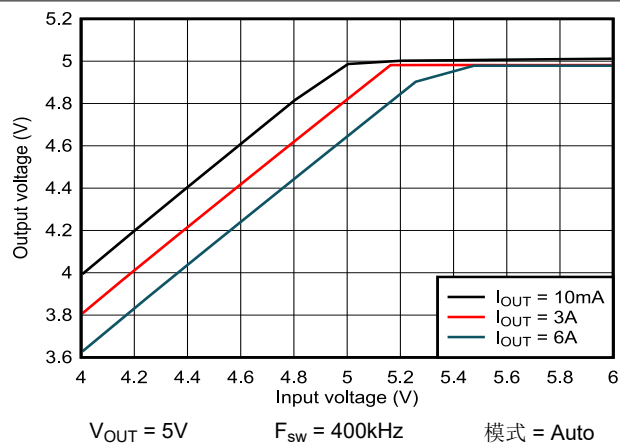


图 3-10. 压降曲线

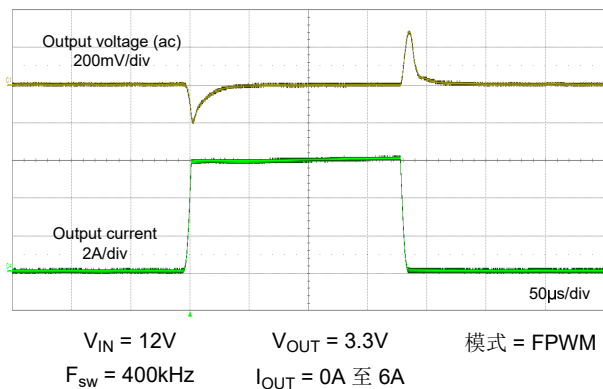


图 3-11. 负载瞬态

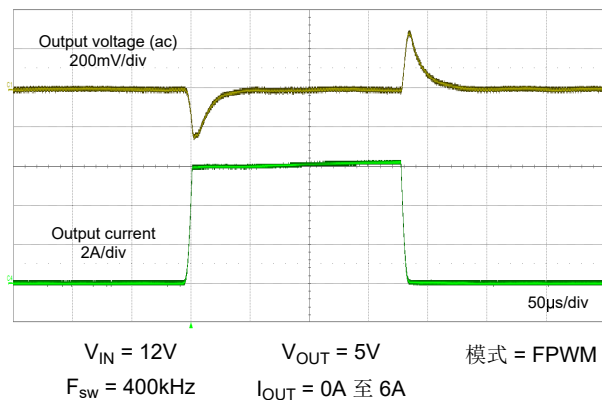


图 3-12. 负载瞬态

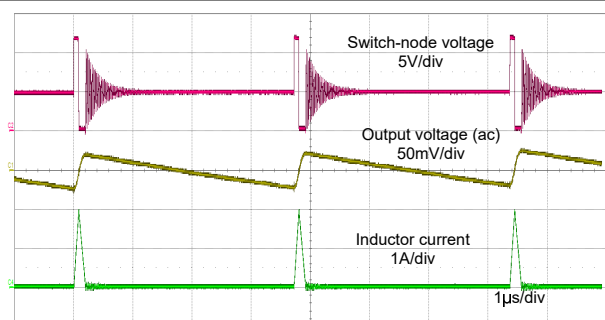


图 3-13. 稳态开关波形和输出电压纹波

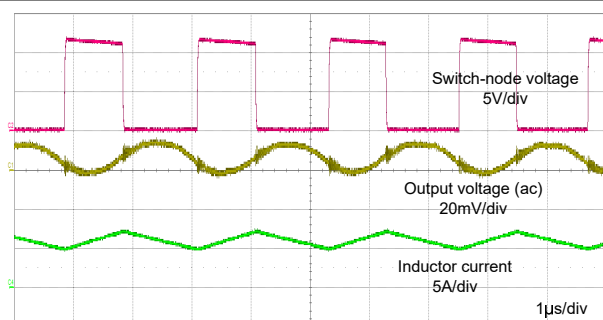


图 3-14. 稳态开关波形和输出电压纹波

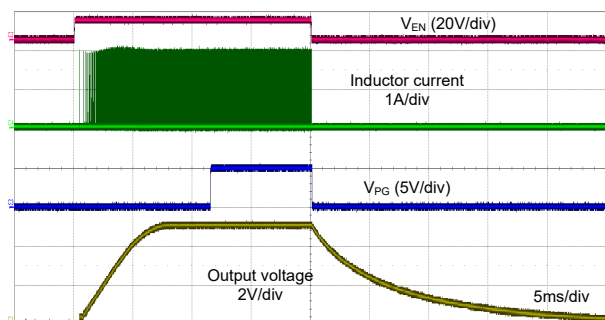


图 3-15. 在 50mA 负载条件下实现启动和关断控制

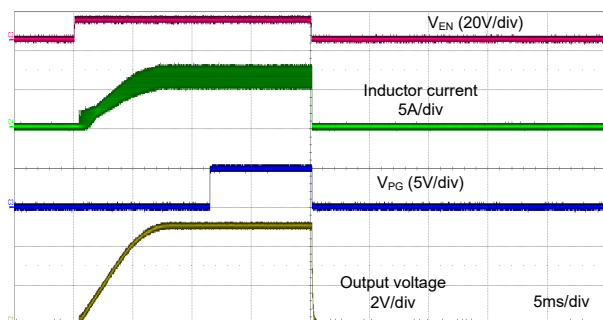


图 3-16. 在 6A 负载条件下实现启动和关断控制

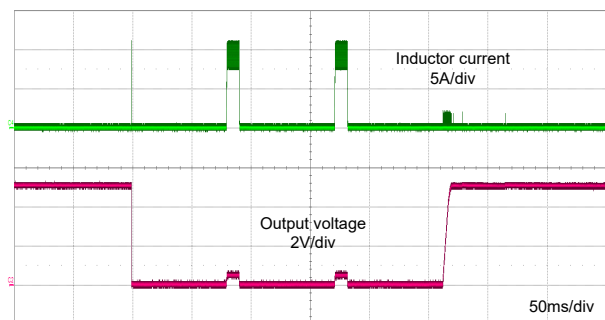


图 3-17. 短路行为

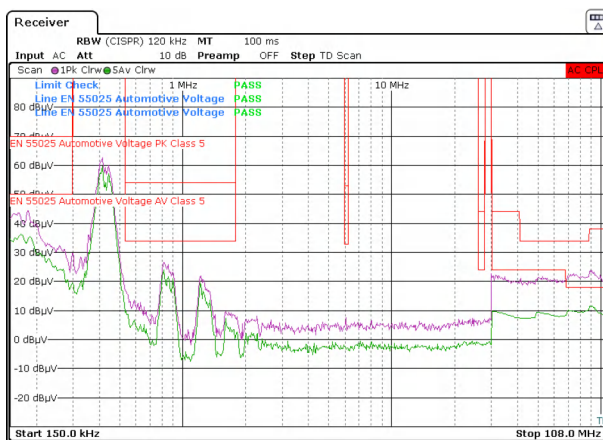
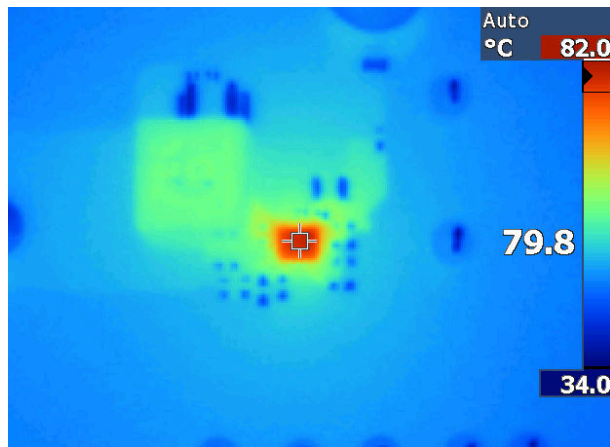


图 3-18. 传导 EMI 与 CISPR 25 限值 (粉色：峰值信号，绿色：平均信号)



$V_{IN} = 12V$

$V_{OUT} = 5V$
 $I_{OUT} = 6A$

$F_{sw} = 400kHz$

图 3-19. 负载瞬态

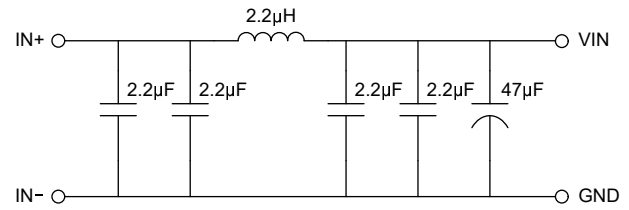


图 3-20. 推荐的输入 EMI 滤波器

4 硬件设计文件

4.1 原理图

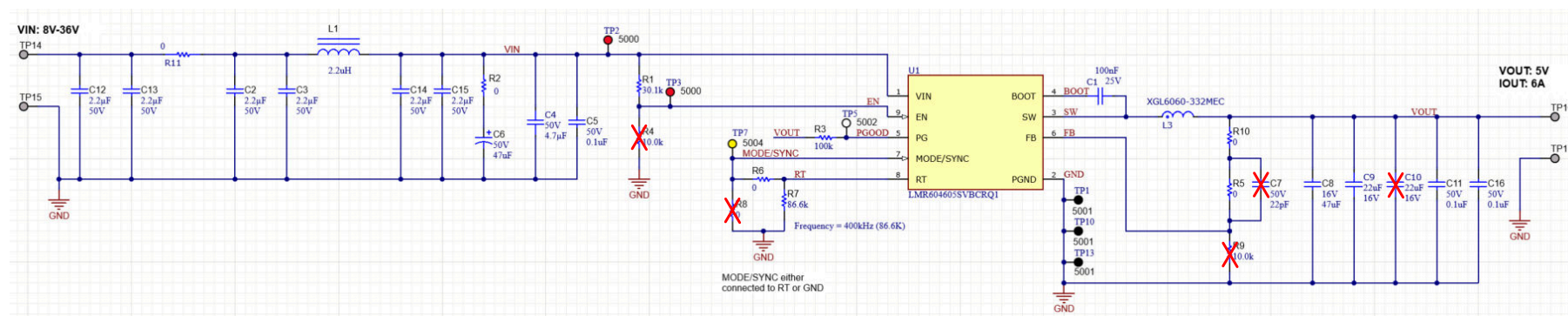


图 4-1. LMR60460QEVM 原理图

4.2 电路板布局

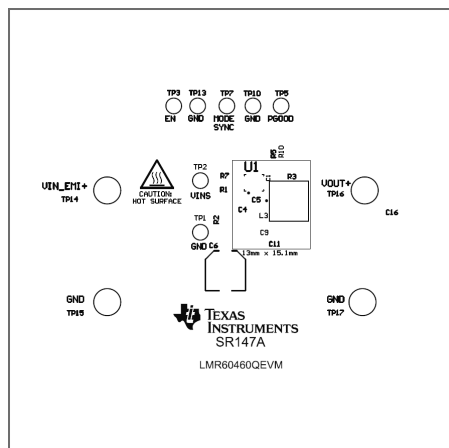


图 4-2. EVM 顶部覆盖层

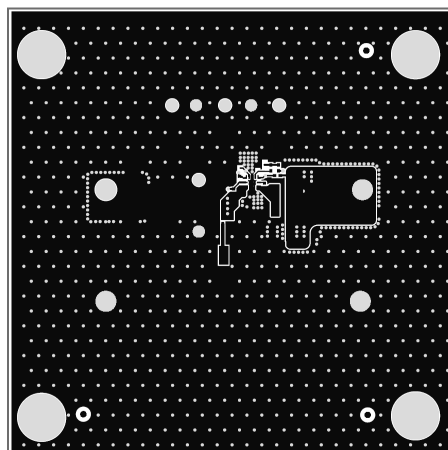


图 4-3. EVM 顶部铜层

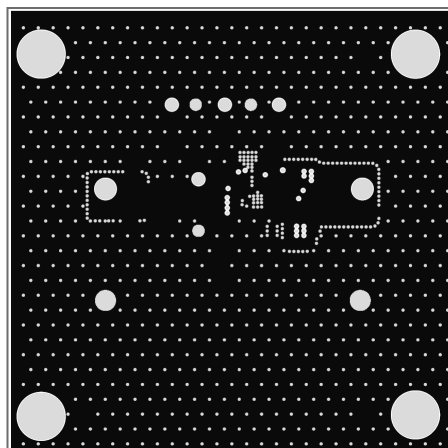


图 4-4. EVM 中层一

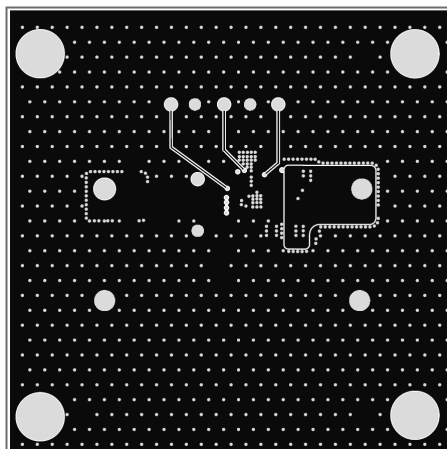


图 4-5. EVM 中层二

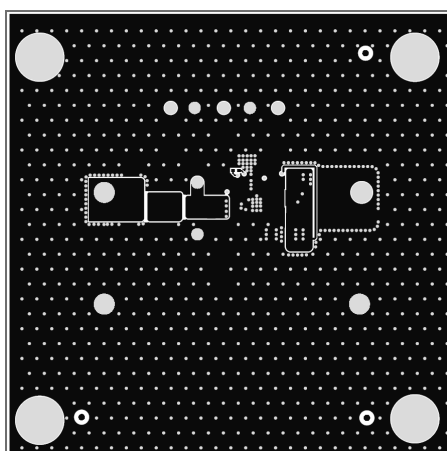


图 4-6. EVM 底部铜层

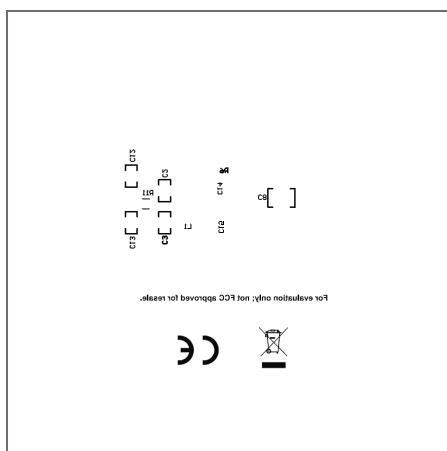


图 4-7. EVM 底部覆盖层

4.3 物料清单

表 4-1. 物料清单

指示符	数量	值	说明	器件型号	制造商
!PCB1	1		印刷电路板	SR147	不限
C1	1	100nF	0.1 μ F $\pm$ 10% 25V 陶瓷电容器 X7R 0402 (公制 1005)	CS0402KRX7R8BB104	Yageo
C2、C3、C12、C13、 C14、C15	6	2.2 μ F	电容器, 陶瓷, 2.2 μ F, 50V, +/ - 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0805	CGA4J3X7R1H225K125AB	TDK
C4	1	4.7 μ F	4.7 μ F $\pm$ 10% 50V 陶瓷电容器 X7R 0805 (公制 2012)	C2012X7R1H475K125AC	TDK
C5、C11	2	0.1 μ F	电容器, 陶瓷, 0.1 μ F, 50V, +/ - 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	GCM155R71H104KE02D	MuRata
C6	1	47 μ F	电容, 铝制, 47 μ F, 50V, +/-20%, 0.68 Ω , AEC-Q200 2 级, SMD	EEEF1H470AP	Panasonic
C8	1	47 μ F	电容器, 陶瓷, 47 μ F, 16V, +/ - 10%, X5R, 1210	GRM32ER61C476KE15L	MuRata
C9	1	22 μ F	电容, 陶瓷, 22 μ F, 16V, X7R, 20%, 焊盘 SMD, 1210, +125°C, 汽车 T/R	CGA6P1X7R1C226M250AC	TDK
C16	1	0.1 μ F	电容器, 陶瓷, 0.1 μ F, 50V, +/ - 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	GCM155R71H104KE02D	MuRata
FID1、FID2、FID3、 FID4、FID5、FID6	6		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		机械螺钉, 圆头, #4-40 x 1/4, 尼龙, 飞利浦盘形头	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	1902C	Keystone
L1	1	2.2 μ H	电感, 屏蔽, 复合, 2.2 μ H, 5.5A, 0.0362 Ω , AEC-Q200 1 级, SMD	XEL4020-222MEB	Coilcraft
L3	1	3.3 μ H	屏蔽式功率电感器 3.3 μ H 20% 容差, 6.5m Ω 16.6A	XGL6060-332MEC	Coilcraft
R1	1	30.1k	电阻, 30.1k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW040230K1FKED	Vishay-Dale
R2、R5、R6、R10	4	0	电阻, 0, 5%, 0.063W, 0402	RC0402JR-070RL	Yageo America
R3	1	100k	电阻, 100k, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW0402100KJNED	Vishay-Dale
R7	1	86.6k	电阻, 86.6k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW040286K6FKED	Vishay-Dale
R11	1	0	0 Ω 跳线, 0.5W, 1/2W 片上电阻 1206 (公制 3216) - 金属元件	5108	Keystone
TP1、TP10、TP13	3		测试点, 微型, 黑色, TH	5001	Keystone Electronics
TP2、TP3	2		测试点, 微型, 红色, TH	5000	Keystone Electronics
TP5	1		测试点, 微型, 白色, TH	5002	Keystone Electronics
TP7	1		测试点, 微型, 黄色, TH	5004	Keystone Electronics
TP14、TP15、TP16、 TP17	4		引脚, 双转塔, TH	1502-2	Keystone
U1	1		LMR604605SVBCRQ1	LMR604605SVBCRQ1	德州仪器 (TI)

5 其他信息

5.1 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

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