

摘要

LM61460-Q1 评估模块 (EVM) 旨在帮助客户评估 LM61460-Q1 同步降压转换器的性能。该 EVM 实现了采用 14 引脚可湿性侧面 Hotrod™ 封装的 LM61460-Q1，如表 1-1 所示。它能够提供 5V 输出电压和高达 6A 的负载电流，效率和输出精度卓越，而且解决方案尺寸非常小。该 EVM 提供多个电源连接器和测试点。它还提供了一个很好的布局示例（针对 EMI 和热性能进行了优化）。

表 1-1. 器件和封装配置

转换器	IC	封装
U1	LM61460-Q1	14 引脚可湿性侧面 Hotrod 封装 4.0mm × 3.5mm × 1.0mm

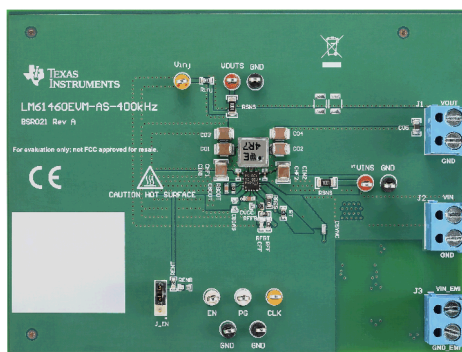


图 1-1. LM61460EVM 正视图

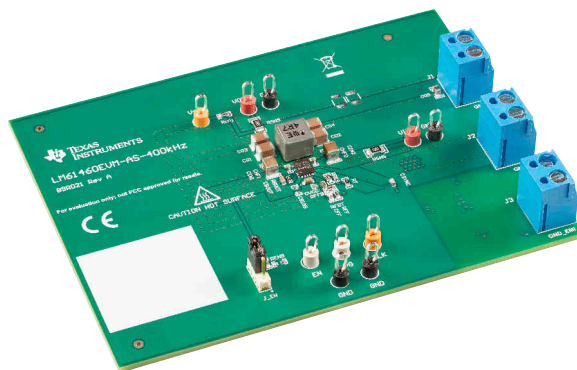


图 1-2. LM61460EVM 角度视图

内容

1 引言	4
1.1 LM61460 同步降压转换器.....	4
1.2 LM61460-Q1 评估模块.....	4
2 快速入门	5
3 详细说明	6
4 原理图	8
4.1 备选 BOM 配置.....	9
5 电路板布局布线	10
6 LM61460EVM 电路板测试结果	12
6.1 EMI.....	12
6.2 电路板效率.....	13
6.3 负载调节.....	15
7 物料清单	17
8 修订历史记录	19

插图清单

图 1-1. LM61460EVM 正视图.....	1
图 1-2. LM61460EVM 角度视图.....	1
图 1-1. LM61460-Q1 引脚配置 (顶视图)	4
图 1-2. LM61460-Q1 原理图.....	4
图 2-1. LM61460-Q1 EVM 顶视图.....	5
图 4-1. LM61460-AS-400K Rev A EVM 原理图.....	8
图 5-1. 3D 顶视图.....	10
图 5-2. 顶层.....	10
图 5-3. 信号层 1 - 接地平面.....	10
图 5-4. 信号层 2 - 布线.....	10
图 5-5. 底层.....	11
图 5-6. 3D 底视图.....	11
图 6-1. 采用 CISPR 25 5 类限制线 (150kHz 至 30MHz) 进行传导 EMI 测量.....	12
图 6-2. 采用 CISPR 25 5 类限制线 (30MHz 至 110MHz) 进行传导 EMI 测量.....	12
图 6-3. 使用 CISPR 25 5 类限制下的水平双锥天线进行辐射 EMI 测量.....	12
图 6-4. 使用 CISPR 25 5 类限制下的垂直双锥天线进行辐射 EMI 测量.....	12
图 6-5. 使用 CISPR 25 5 类限制下的水平对数天线进行辐射 EMI 测量.....	13
图 6-6. 使用 CISPR 25 5 类限制下的垂直对数天线进行辐射 EMI 测量.....	13
图 6-7. 使用 CISPR 25 5 类限制下的杆状天线进行辐射 EMI 测量.....	13
图 6-8. $F_{SW} = 400\text{kHz}$, 5 VOUT, 自动模式.....	13
图 6-9. $F_{SW} = 400\text{kHz}$, 5 VOUT, FPWM 模式.....	13
图 6-10. $F_{SW} = 400\text{kHz}$, 3.3 VOUT, 自动模式.....	14
图 6-11. $F_{SW} = 400\text{kHz}$, 3.3 VOUT, FPWM 模式.....	14
图 6-12. $F_{SW} = 2.2\text{MHz}$, 5 VOUT, 自动模式.....	14
图 6-13. $F_{SW} = 2.2\text{MHz}$, 5 VOUT, FPWM 模式.....	14
图 6-14. $F_{SW} = 2.2\text{MHz}$, 3.3 VOUT, 自动模式.....	14
图 6-15. $F_{SW} = 2.2\text{MHz}$, 3.3 VOUT, FPWM 模式.....	14
图 6-16. $F_{SW} = 400\text{kHz}$, 5 VOUT, 自动模式.....	15
图 6-17. $F_{SW} = 400\text{kHz}$, 5 VOUT, FPWM 模式.....	15
图 6-18. $F_{SW} = 400\text{kHz}$, 3.3 VOUT, 自动模式.....	15
图 6-19. $F_{SW} = 400\text{kHz}$, 3.3 VOUT, FPWM 模式.....	15
图 6-20. $F_{SW} = 2.2\text{MHz}$, 5 VOUT, 自动模式.....	15
图 6-21. $F_{SW} = 2.2\text{MHz}$, 5 VOUT, FPWM 模式.....	15
图 6-22. $F_{SW} = 2.2\text{MHz}$, 3.3 VOUT, 自动模式.....	16
图 6-23. $F_{SW} = 2.2\text{MHz}$, 3.3 VOUT, FPWM 模式.....	16

表格清单

表 1-1. 器件和封装配置.....	1
表 1-1. EVM 型号.....	4
表 4-1. 不同的 BOM 配置.....	9

表 7-1. LM61460EVM-xS-400K Rev A EVM 物料清单.....	17
---	----

商标

Hotrod™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

1.1 LM61460 同步降压转换器

LM61460-Q1 器件是一款易于使用的同步直流/直流降压转换器，能够驱动高达 6A 的负载电流，电源电压范围为 3V 至 36V。LM61460-Q1 以极小的解决方案尺寸提供优异的效率和输出精度。LM61460-Q1 能够提供 6A 的负载电流，并且峰值电流限制受控。以下是为各种应用提供灵活且易于使用的解决方案的其他特性：

- 可调开关频率
- 可与外部时钟保持同步
- FPWM 型号 (LM61460AFS)
- 电源正常状态标志
- 精密使能端

轻负载时的自动频率折返和可选的外部偏置电源可在整个负载范围内提高效率。该器件需要超少的外部元件，引脚排列设计可提供出色的 EMI 和热性能。保护特性包括以下几项：

- 热关断
- 输入欠压闭锁
- 逐周期电流限制
- 断续短路保护

LM61460-Q1 器件与 LM61440-Q1 实现了引脚对引脚兼容，便于调节输出电流。

为便于快速参考，图 1-1 显示了 LM61460-Q1 的引脚配置，图 1-2 显示了简化原理图。有关更详细的特性说明和设计指南，请参阅 [LM61460-Q1 汽车类 3V 至 36V、6A、低噪声同步降压转换器](#) 数据表。

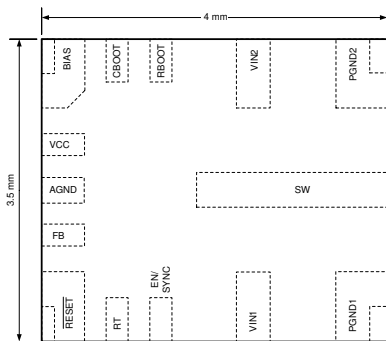


图 1-1. LM61460-Q1 引脚配置 (顶视图)

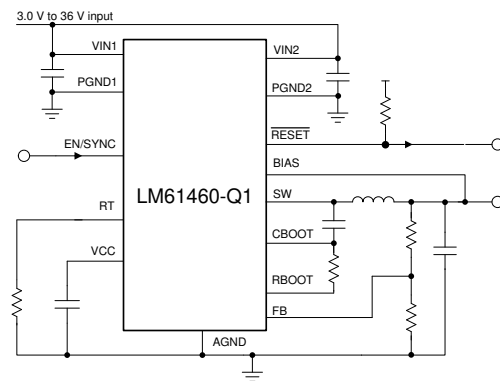


图 1-2. LM61460-Q1 原理图

1.2 LM61460-Q1 评估模块

LM61460-Q1 EVM 的电路板上组装了 LM61460，有两种型号可选。根据填写的标签，您可以确定 EVM 上填充的器件修整以及相应的特性。该电路板使用 LM61460-Q1，并将电流限制为 6A 且启用了自动模式。

表 1-1. EVM 型号

标签	U1	I _{OUT}	开关频率	V _{IN} 范围	V _{OUT}	自动模式	FPWM	展频
LM61460EVM-AS-400K	LM61460AAS-QRJRQ1	6A	400kHz	3 至 36 V	5V	启用	禁用	启用
LM61460EVM-FS-400K	LM61460AFS-QRJRQ1	6A	400kHz	3 至 36 V	5V	禁用	启用	启用

2 快速入门

1. 在 VIN 和 GND 连接器之间或 VIN_EMI 和 GND_EMI 之间连接电压电源，以在输入路径中包含板载输入滤波器。使用短而粗的线规更大限度地减小电感和 IR 压降。请注意，已提供 V_{IN} 和 V_{OUT} 的检测点。
2. 用短而粗的电线连接 VOUT 与 GND 连接器之间的转换器负载。
3. 将电源电压设置到 6V 与 36V 之间的适当电平。6V 最小值可确保提供足够的余量，使 V_{OUT} 在 6A 负载电流下等于 5V。将电源的电流限制设置为适当的电平，以提供所需的电流和保护。
4. 打开电源。在默认配置下，EVM 启动并提供 $V_{OUT} = 5V$ 。
5. 使用检测点监测输出电压。LM61460-Q1 的最大负载电流必须为 6A。请注意，如果环境温度较高，则可能需要降低最大输出电流，尤其是在器件以较高频率（例如 2.2MHz）运行时。

有关连接器位置，请参阅图 2-1。

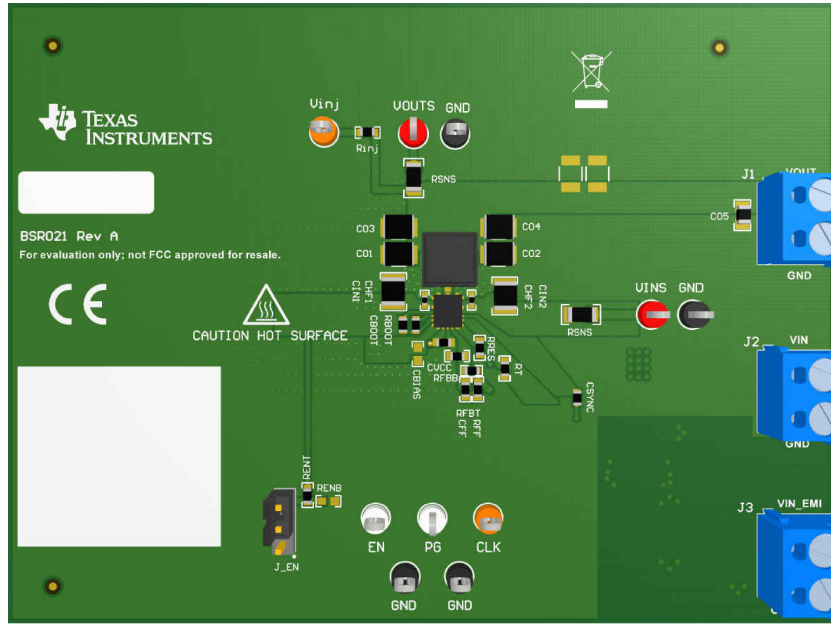
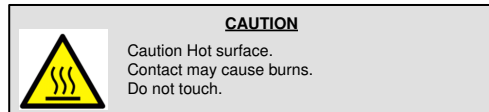


图 2-1. LM61460-Q1 EVM 顶视图



3 详细说明

本节对 EVM 上的连接器进行了说明，并介绍了如何正确地连接、设置和使用 EVM。有关 EVM 的顶视图，请参阅图 2-1。

VOUT 转换器的输出电压

VOUT 连接器连接到功率电感器和输出电容器。在 VOUT 连接器及其紧挨着的 GND 连接器之间连接负载，以提供负载电流。用短而粗的电线将加载器件连接到电路板，以处理直流大输出电流。

GND 转换器接地

GND 连接到器件的 PGND 和 AGND 引脚，以及输入和输出电容器的接地端。VIN、VIN_EMI 和 VOUT 连接器旁边的 GND 连接分别用于电源电压和负载的电流返回路径。连接器成对提供，可轻松准确地检测电压。用短而粗的电线连接到电源和负载接地端。其他 GND 连接器用于信号测量和探测。

V_{IN} 转换器的输入电压

V_{IN} 连接器连接到输入电容器和 LM61460-Q1 的 VIN 引脚。在 VIN 和 GND 连接器之间连接来自电源或电池的电源电压，作为器件的电源输入。电压范围必须高于 3.9V 才能让器件启动。高于 6V 的 V_{IN} 可提供 5V 稳压输出。V_{IN} 不得高于 36V 以免损伤器件。启动后，器件将处于运行状态，直到 V_{IN} 降至 3V 以下。电源的电流限制必须足够高，才能提供所需的电源电流。否则，电源电压不会维持所需的电压。电源电压必须用短而粗的电线连接到电路板，以处理脉冲输入电流。如果使用长电缆为电路板加电，则必须通过添加的 CFLT3 和 RFLT3 提供阻尼，以免电缆寄生电感和低 ESR 陶瓷电容器之间发生振荡。

VIN_EMI 转换器输入滤波器的输入电压

如果需要在电源和 LM61460-Q1 之间使用输入滤波器，请在 VIN_EMI 和 GND_EMI 之间连接电源电压。电源电压必须用短而粗的电线连接到电路板，以处理脉冲输入电流。

输入过滤器包括以下模块：CF1、CF2、CF3、CF4、CF5、CF6 和 L2。提供了 CD1、CD2、RD1 和 RD2，以便在滤波器设计期间提供更多选项。要将输入滤波器包含在电源路径中，请在 VIN_EMI 和 GND_EMI 连接器之间连接电源电压。滤波器的输出连接到 V_{IN}，后者连接到 LM61460-Q1 和输入电容器的 V_{IN} 引脚。

传导 EMI 产生自开关电路的正常操作。电源开关的导通和关断动作会产生大的不连续电流。降压转换器的输入侧存在不连续电流。不连续电流产生的电压纹波可传导到降压转换器的电压电源。如果不进行滤波，过大的输入电压纹波可能会影响连接到该电源的其他电路的运行。输入滤波器有助于消除电压扰动，从而降低电源噪声。

GND_EMI 输入滤波器的接地回路

这是连接到 VIN_EMI 的电源的电流返回路径。它提供到输入滤波电容器的短环路连接，以有效地滤除 PCB 产生的传导噪声。如果使用输入滤波器并且需要进行传导 EMI 测试，请使用 VIN_EMI 和 GND_EMI 连接。

CLK 用于同步时钟输入

CLK 输入连接器设计用于 EN/SYNC 引脚的外部时钟输入。当存在外部时钟时，降压的开关操作与外部时钟同步。运行模式自动更改为强制 PWM 模式，从而在轻负载时保持恒定的开关频率。

EN 监测 EN 引脚或输入 EN 控制信号

该测试点用于监测器件 EN 引脚上的电压。默认情况下，EN 引脚连接到使能分压器的中点。请注意，未组装该分压器中的下电阻器 RENB。

PG 监测 PGOOD/RESET 引脚

PGOOD 标志指示输出电压是否在稳压范围内。器件的 PGOOD 引脚是开漏输出，通过上拉电阻器上拉至该电路板上的 V_{OUT} 。当输出电压处于稳压状态时，该标志为高阻抗。

Vinj 在绘制波特图时提供帮助

V_{OUT} 和该节点之间有一个低值电阻器 R_{inj} 。电路板的该反馈分压器也连接到此节点。进行波特图测量时，可以在此节点和 V_{OUT} 之间应用激励。

VOUTS 用于 V_{OUT} 的开尔文检测

该连接器用于更准确地测量 V_{OUT} 。

VINS 用于 V_{IN} 的开尔文检测

该连接器用于更准确地测量 V_{IN} 。

4 原理图

节 7 中列出了 EVM 型号的物料清单。此外，图 4-1 显示了相应的原理图。

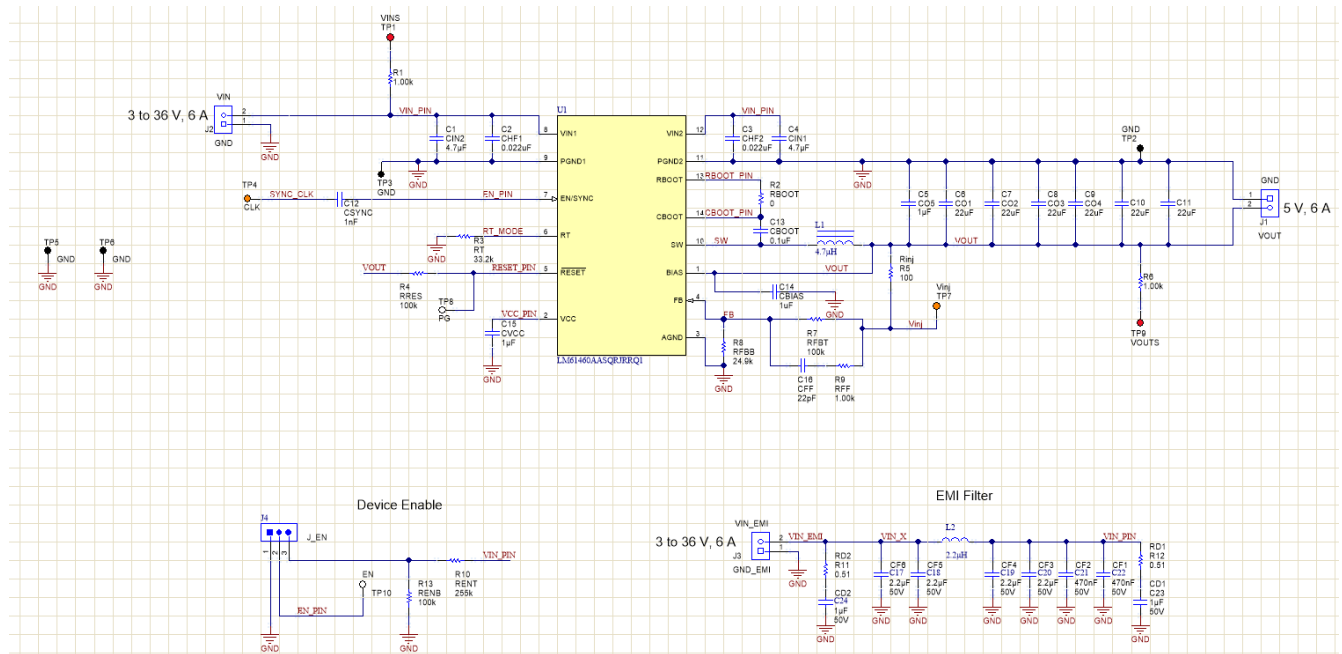


图 4-1. LM61460-AS-400K Rev A EVM 原理图

备注

使用长引线和额外电感为直流/直流转换器供电可能会导致出现问题，使器件无法实现理想的运行。RD2、CD2、RD1 和 CD1 是待安装的阻尼网络的位号。更多有关此主题的信息，请参阅 [EMI 滤波器组件及其针对汽车直流/直流稳压器的非理想因素](#) 技术简报。

4.1 备选 BOM 配置

表 4-1. 不同的 BOM 配置

VOUT	频率	RFBB	RT	COUT	CIN + CHF	L1
3.3V	400kHz	43.2k Ω	33.2k Ω	6 x 22 μ F	2 x 4.7 μ F + 2 x 100nF	4.7 μ H (XHMI6060)
3.3V	2100 kHz	43.2k Ω	6.04k Ω	3 x 22 μ F	2 x 4.7 μ F + 2 x 100nF	1 μ H (XEL5030)
5V	400kHz	24.9k Ω	33.2k Ω	4 x 22 μ F	2 x 4.7 μ F + 2 x 100nF	4.7 μ H (XHMI6060)
5V	2100 kHz	24.9k Ω	6.04k Ω	3 x 22 μ F	2 x 4.7 μ F + 2 x 100nF	1 μ H (XEL5030)

5 电路板布局布线

图 5-1 至图 5-6 显示了 LM61460-Q1 EVM 的电路板布局布线。EVM 提供电阻器、电容器和测试点来进行以下配置：

- 输出电压
- 精密使能引脚
- 设置频率
- 外部时钟同步

14 引脚 Hotrod 封装提供了一种尺寸极小且噪声极低的解决方案。PCB 采用 4 层式设计。顶部和底部有 2oz 的铜平面，中间层有 1oz 铜平面，通过连接至所有四个层的一系列散热过孔进行散热。

提供的测试点可方便连接电源和所需的负载，并监测关键信号。

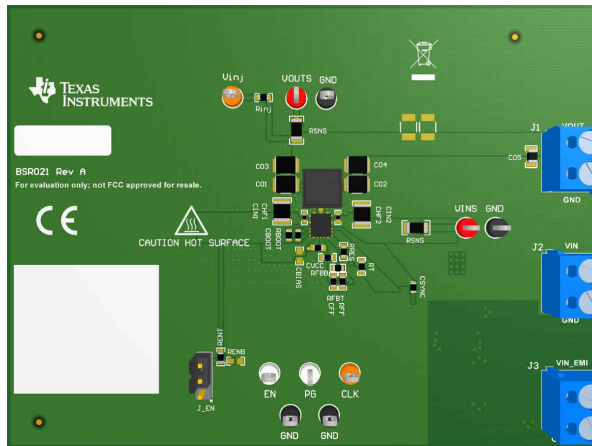


图 5-1. 3D 顶视图

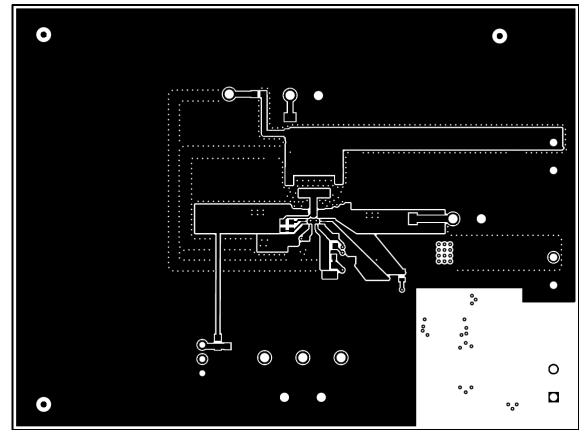


图 5-2. 顶层

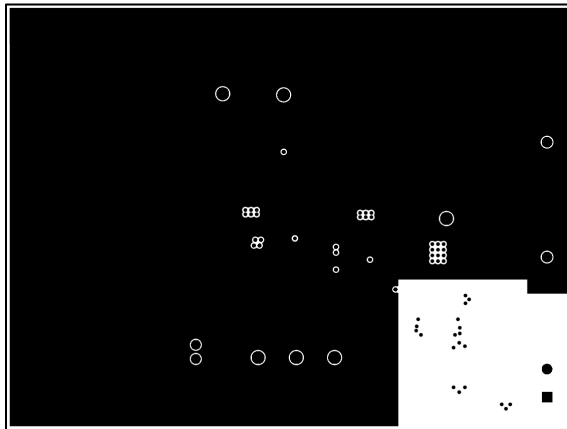


图 5-3. 信号层 1 - 接地平面

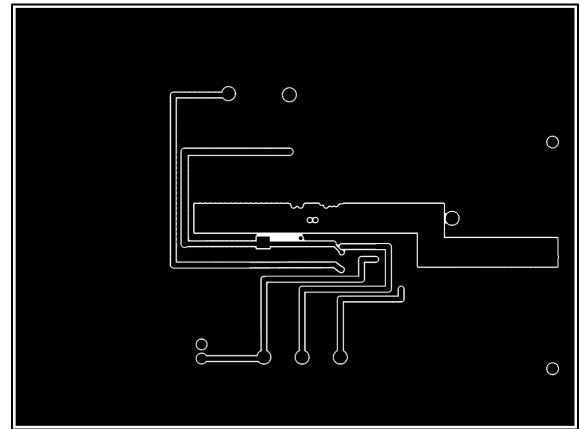


图 5-4. 信号层 2 - 布线

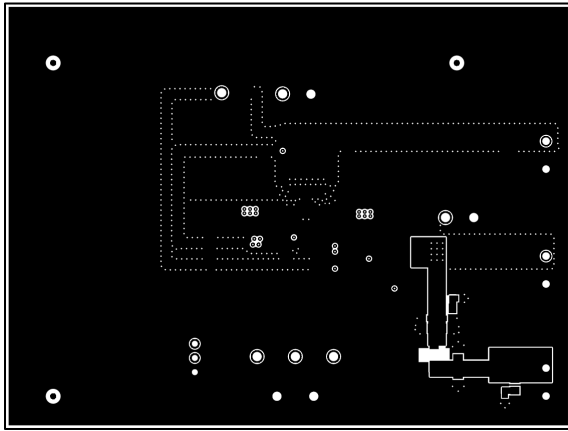


图 5-5. 底层

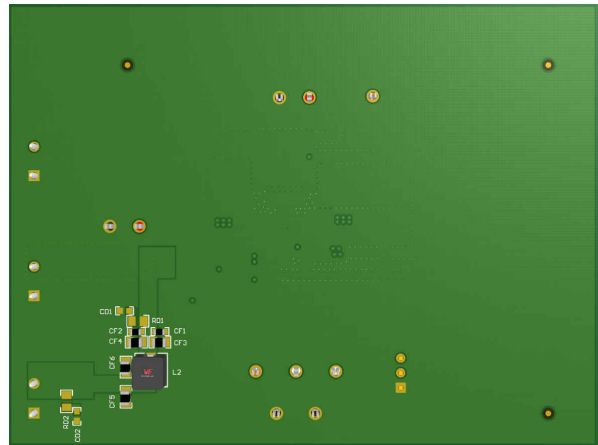


图 5-6. 3D 底视图

6 LM61460EVM 电路板测试结果

6.1 EMI

EMI 测量是按照 CISPR 25 5 类标准进行的。测量是在 13.5 VIN、5 VOUT 和 6A 负载下进行的。

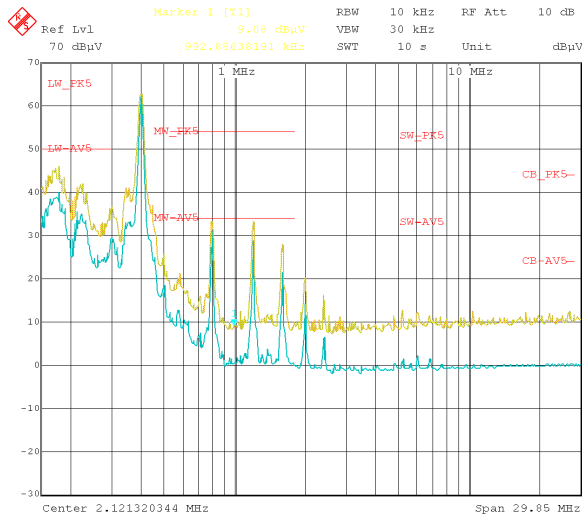


图 6-1. 采用 CISPR 25 5 类限制线 (150kHz 至 30MHz) 进行传导 EMI 测量

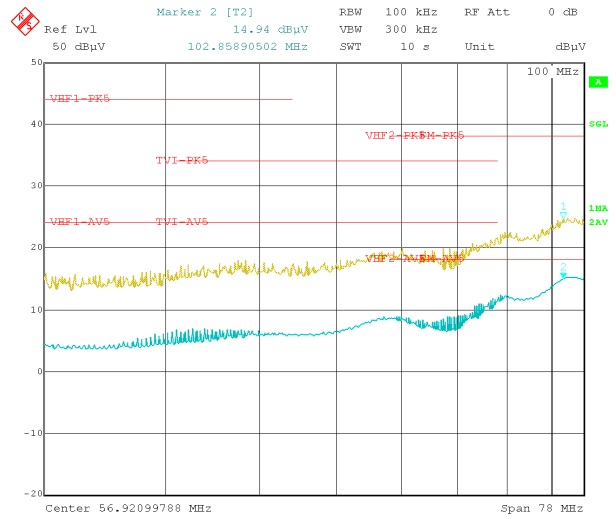


图 6-2. 采用 CISPR 25 5 类限制线 (30MHz 至 110MHz) 进行传导 EMI 测量

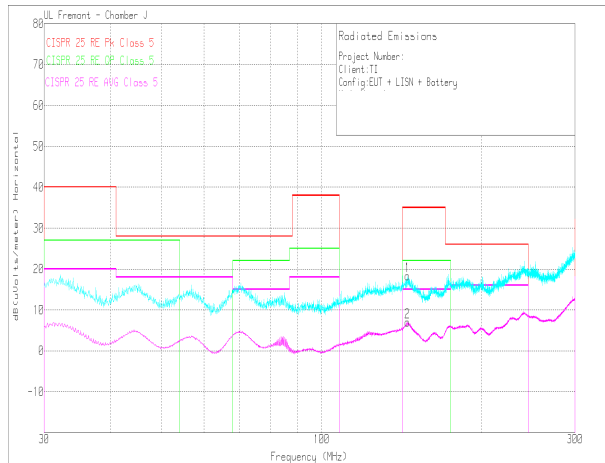


图 6-3. 使用 CISPR 25 5 类限制下的水平双锥天线进行辐射 EMI 测量

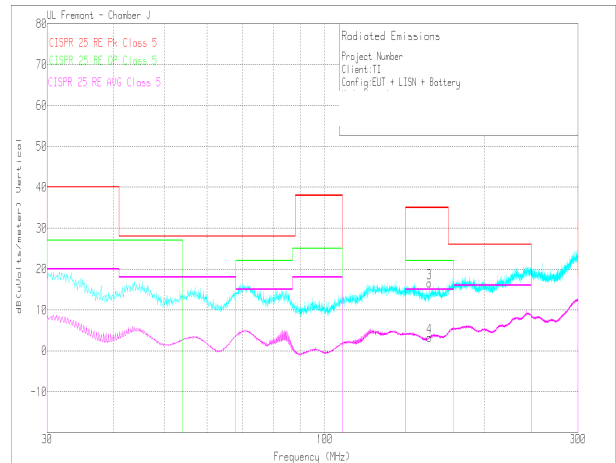


图 6-4. 使用 CISPR 25 5 类限制下的垂直双锥天线进行辐射 EMI 测量

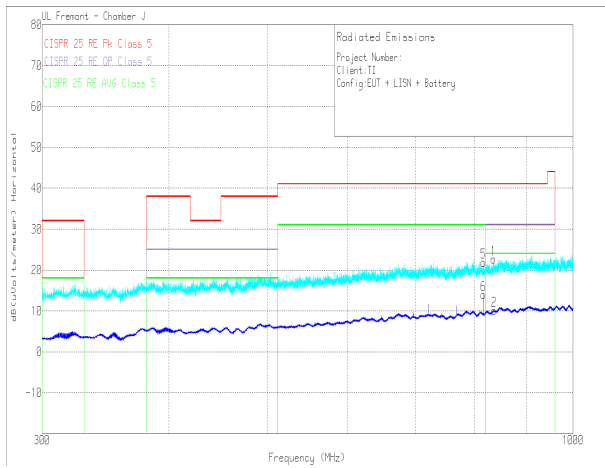


图 6-5. 使用 CISPR 25 5 类限制下的水平对数天线进行辐射 EMI 测量

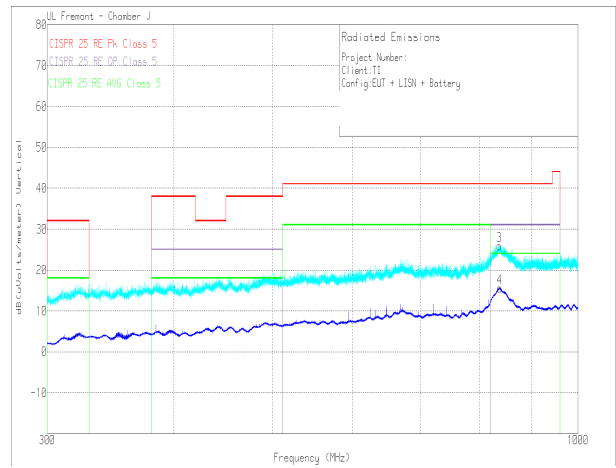


图 6-6. 使用 CISPR 25 5 类限制下的垂直对数天线进行辐射 EMI 测量

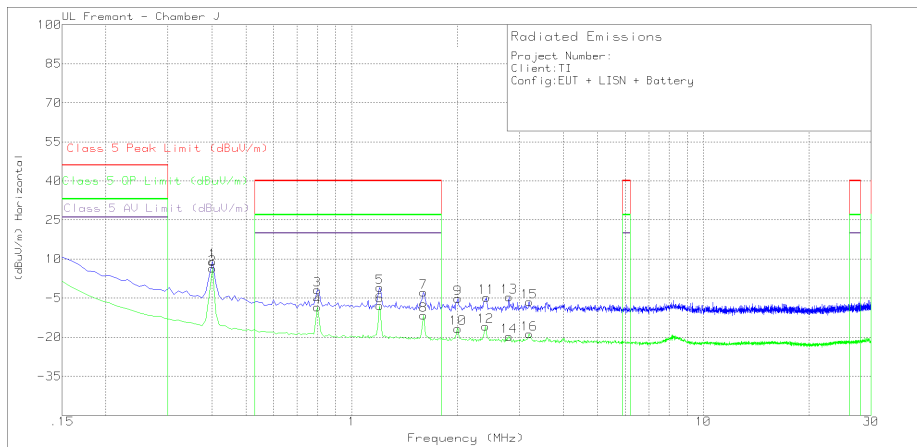


图 6-7. 使用 CISPR 25 5 类限制下的杆状天线进行辐射 EMI 测量

6.2 电路板效率

本节提供了组装 LMQ61460AAS (以提高自动模式效率) 以及组装 LMQ61460AFS (以提高 FPWM 模式效率) 的电路板的效率图。对于 2.1MHz 数据, 必须从默认 BOM 更改输出级。选择的电感器 (L1) 为 XEL5030-102MEB。

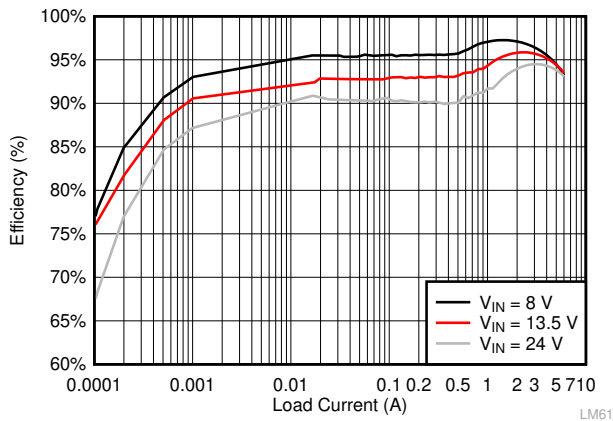


图 6-8. $F_{SW} = 400\text{kHz}$, 5 VOUT, 自动模式

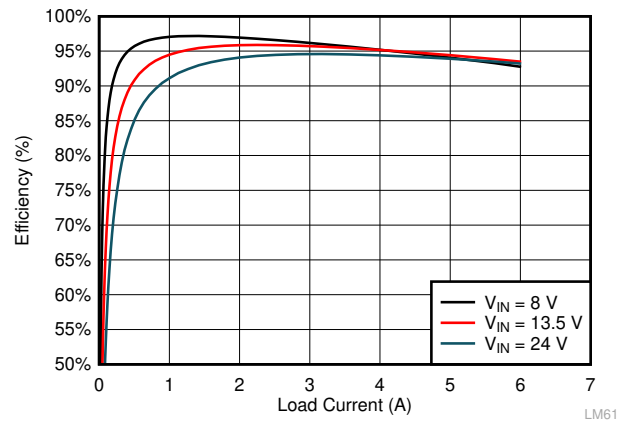


图 6-9. $F_{SW} = 400\text{kHz}$, 5 VOUT, FPWM 模式

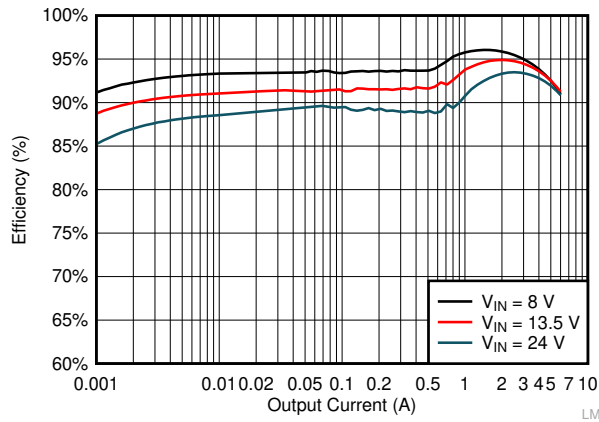


图 6-10. $F_{SW} = 400\text{kHz}$, 3.3 VOUT , 自动模式

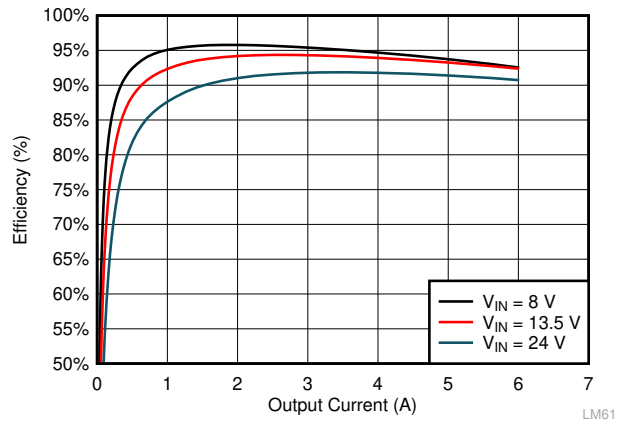


图 6-11. $F_{SW} = 400\text{kHz}$, 3.3 VOUT , FPWM 模式

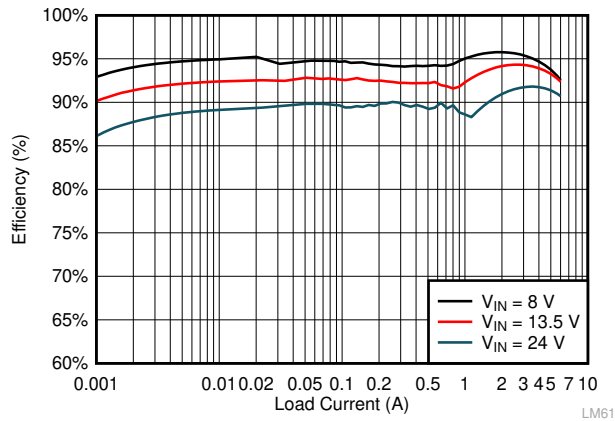


图 6-12. $F_{SW} = 2.2\text{MHz}$, 5 VOUT , 自动模式

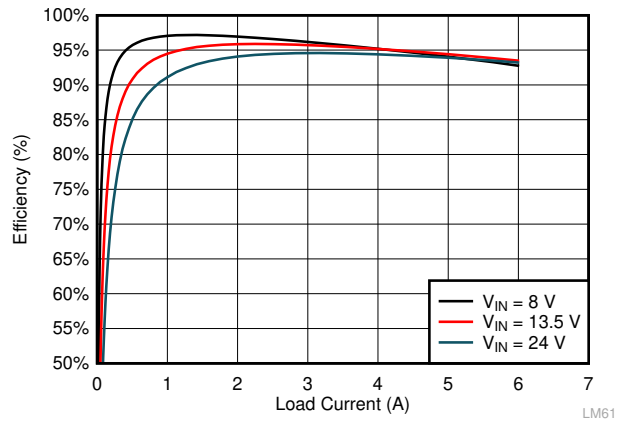


图 6-13. $F_{SW} = 2.2\text{MHz}$, 5 VOUT , FPWM 模式

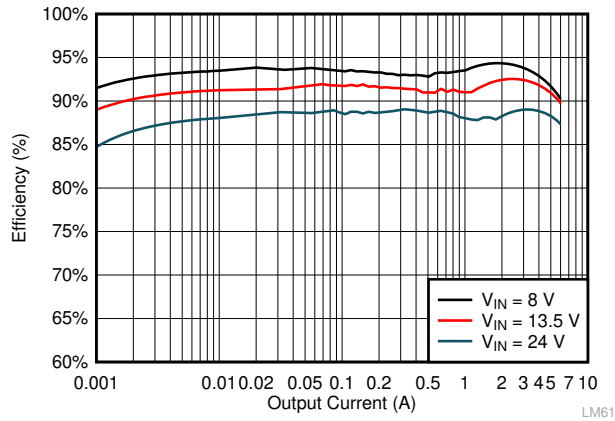


图 6-14. $F_{SW} = 2.2\text{MHz}$, 3.3 VOUT , 自动模式

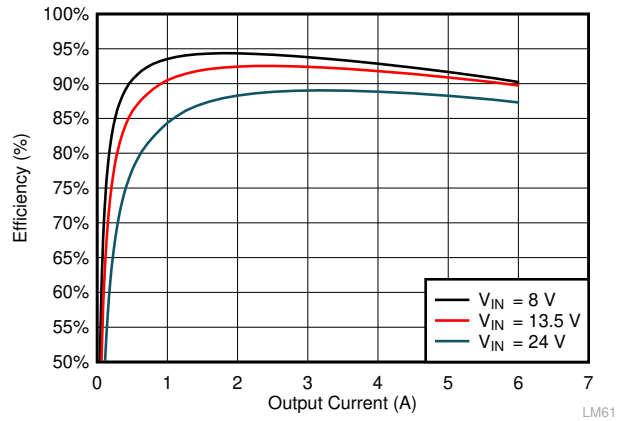


图 6-15. $F_{SW} = 2.2\text{MHz}$, 3.3 VOUT , FPWM 模式

6.3 负载调节

本节提供了组装 LM61460AAS (以提高自动模式效率) 以及组装 LM61460AFS (以提高 FPWM 模式效率) 的电路板的效率图。对于 2MHz 数据, 必须从默认 BOM 更改输出级。选择的电感器 (L1) 为 XEL5030-102MEB。

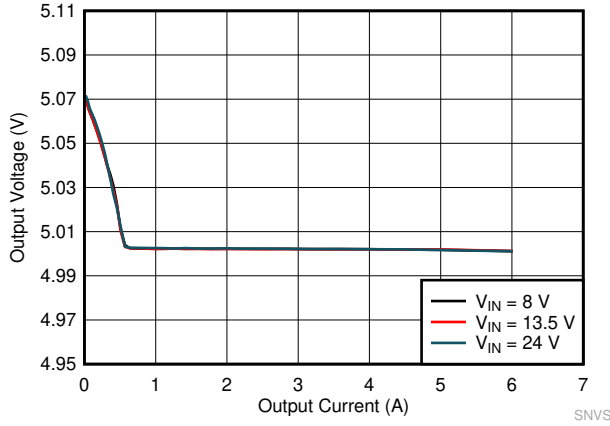


图 6-16. $F_{sw} = 400\text{kHz}$, 5 VOUT, 自动模式

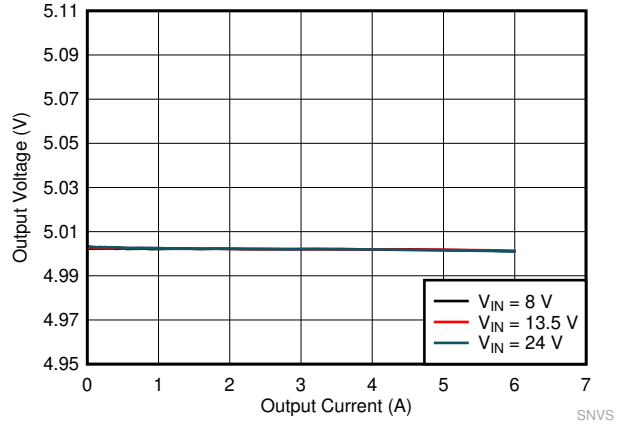


图 6-17. $F_{sw} = 400\text{kHz}$, 5 VOUT, FPWM 模式

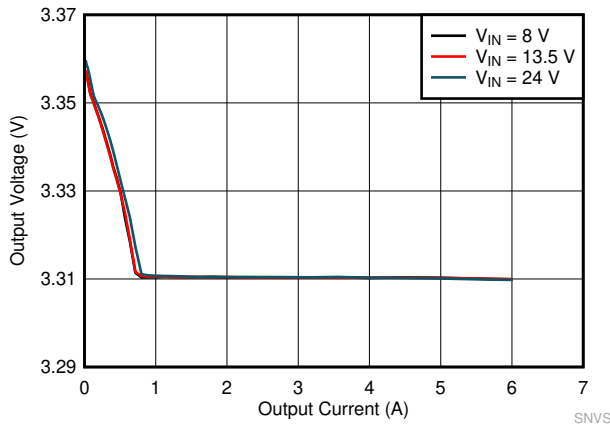


图 6-18. $F_{sw} = 400\text{kHz}$, 3.3 VOUT, 自动模式

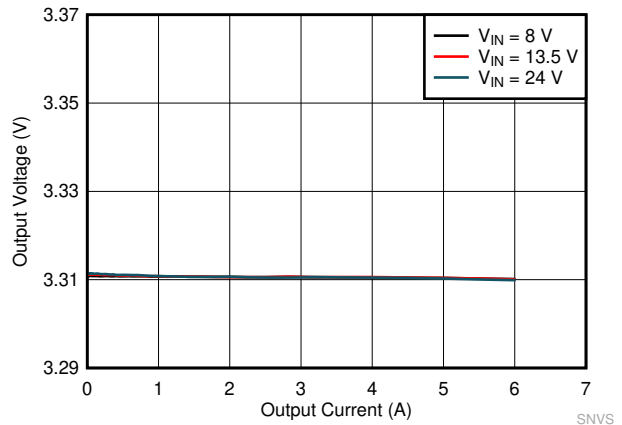


图 6-19. $F_{sw} = 400\text{kHz}$, 3.3 VOUT, FPWM 模式

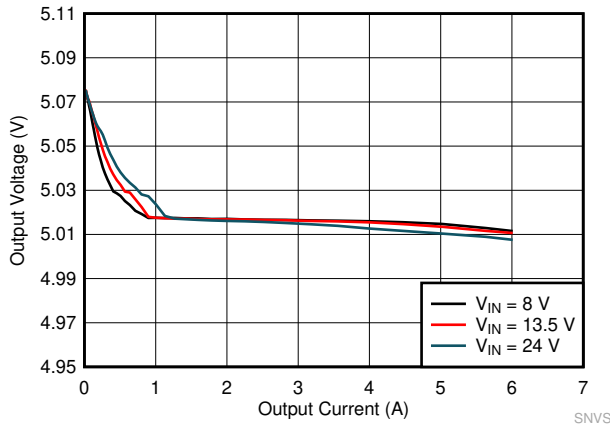


图 6-20. $F_{sw} = 2.2\text{MHz}$, 5 VOUT, 自动模式

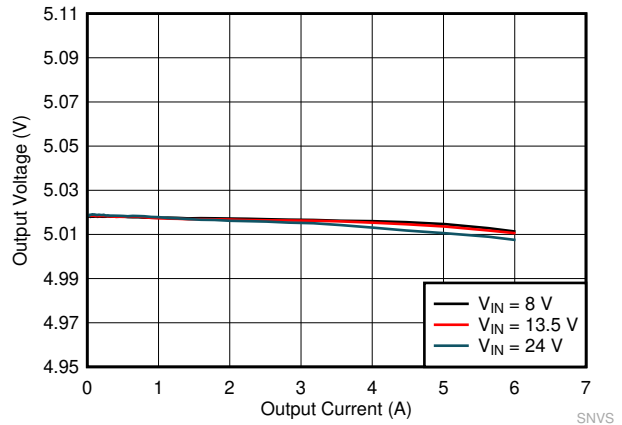


图 6-21. $F_{sw} = 2.2\text{MHz}$, 5 VOUT, FPWM 模式

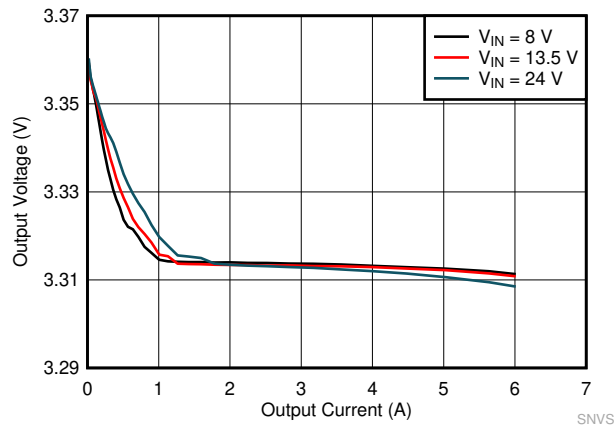


图 6-22. $F_{SW} = 2.2\text{MHz}$, 3.3 VOUT , 自动模式

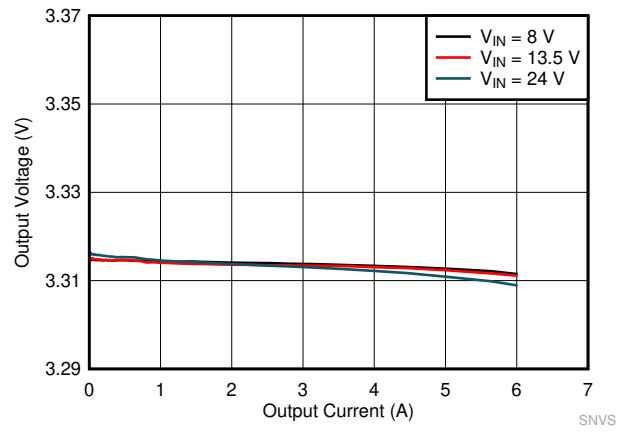


图 6-23. $F_{SW} = 2.2\text{MHz}$, 3.3 VOUT , FPWM 模式

7 物料清单

LM61460EVM-AS-400K 和 LM61460EVM-FS-400K 的 Rev A 的 [表 7-1](#) 中显示了物料清单。请注意，两种 EVM 型号之间的 BOM 差异在于所组装的 IC (U1) 的选择。

表 7-1. LM61460EVM-xS-400K Rev A EVM 物料清单

名称	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
C1、C4	2	4.7 μ F	电容，陶瓷，4.7 μ F，50V， \pm 20%，X7R，AEC-Q200 1 级，1210	1210	UMK325B7475MMHT	Taiyo Yuden
C2、C3	2	0.022 μ F	电容，陶瓷，0.022 μ F，50V， \pm 10%，X7R，0402	0402	GRM155R71H223KA12D	MuRata
C5	1	1 μ F	电容，陶瓷，1 μ F，25V， \pm 10%，X7R，0805	0805	C0805C105K3RACTU	Kemet
C6、C7、C8、C9	4	22 μ F	电容，陶瓷，22 μ F，16V， \pm 20%，X7R，AEC-Q200 1 级，1210	1210	CGA6P1X7R1C226M250 AC	TDK
C12	1	1000pF	电容，陶瓷，1000pF，50V， \pm 0%，X7R，0603	0603	C0603C102K5RACTU	Kemet
C13	1	0.1 μ F	电容，陶瓷，0.1 μ F，10V， \pm 10%，X7R，0603	0603	C0603X104K8RACTU	Kemet
C15	1	1 μ F	电容，陶瓷，1 μ F，16V， \pm 10%，X7R，0603	0603	885012206052	Würth Elektronik
C16	1	22pF	电容，陶瓷，22pF，50V， \pm 5%，C0G/NP0，AEC-Q200 1 级，0603	0603	CGA3E2C0G1H220J080 AA	TDK
C17、C18、C19、C20	4	2.2 μ F	电容，陶瓷，2.2 μ F，50V， \pm 10%，X7R，AEC-Q200 1 级，0805	0805	CGA4J3X7R1H225K125 AB	TDK
C21、C22	2	0.47 μ F	电容，陶瓷，0.47 μ F，50V， \pm 10%，X7R，AEC-Q200 1 级，0603	0603	CGA3E3X7R1H474K080 AE	TDK
J1、J2、J3	3		端子块，5mm，2x1，锡，TH	端子块，5mm，2x1，TH	691 101 710 002	Würth Elektronik
J4	1		接头，100mil，3x1，金，TH	接头，100mil，3x1，TH	HTSW-103-07-G-S	Samtec
L1	1	4.7 μ H	电感器，屏蔽，Hyperflux，4.7 μ H，7.4A，0.0143 Ω ，SMD	6.65x6.45mm	74439346047	Würth Elektronik
L2	1		1.2 μ H 屏蔽模压电感器，7.5A，11.3m Ω (最大值)，2-SMD	SMD2	744316220	Würth Electronics
LBL1	1			PCB 标签 0.650 x 0.200 英寸	THT-14-423-10	Brady
R1、R6	2	1.00k	电阻，1.00k，1%，0.25W，1206	1206	RC1206FR-071KL	Yageo America
R2	1	0	电阻，0，5%，0.1W，0603	0603	RC0603JR-070RL	Yageo
R3	1	33.2k	电阻，33.2k，1%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	0603	CRCW060333K2FKEA	威世达勒
R4、R7	2	100k	电阻，100k，1%，0.1W，0603	0603	RC0603FR-07100KL	Yageo
R5	1	100	电阻，100，1%，0.1W，0603	0603	RC0603FR-07100RL	Yageo

表 7-1. LM61460EVM-xS-400K Rev A EVM 物料清单 (continued)

名称	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
R8	1	24.9k	电阻, 24.9k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-0724K9L	Yageo
R9	1	1.00k	电阻, 1.00k, 1%, 0.1W, 0603	0603	ERJ-3EKF1001V	Panasonic
R10	1	255k	电阻, 255k Ω , 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-07255KL	Yageo
SH-J1	1		分流器, 100mil, 镀金, 黑色	分流器, 2 位, 100mil	881545-2	TE Connectivity
TP1、TP9	2		测试点, 通用, 红色, TH	红色多用途测试点	5010	Keystone
TP2、TP3、TP5、TP6	4		测试点, 多用途, 黑色, TH	黑色通用测试点	5011	Keystone
TP4、TP7	2		测试点, 通用, 橙色, TH	橙色通用测试点	5013	Keystone
TP8、TP10	2		测试点, 多用途, 白色, TH	白色通用测试点	5012	Keystone
U1 (根据 EVM 型号进行的更改)	1		汽车类 6A 低噪声同步降压稳压器, RJR0014A (VQFN-HR-14)	RJR0014A	LM61460AASQRJRRQ1 (LM61460EVM-AS-400K) 或 LM61460AFSQRJRRQ1 (LM61460EVM-FS-400K)	德州仪器 (TI)
C10、C11	0	22 μ F	电容, 陶瓷, 22 μ F, 16V, \pm 20%, X7R, AEC-Q200 1 级, 1210	1210	CGA6P1X7R1C226M250 AC	TDK
C14	0	1 μ F	电容, 陶瓷, 1 μ F, 10V, \pm 10%, X7R, 0603	0603	GRM188R71A105KA61D	MuRata
C23、C24	0	1 μ F	电容, 陶瓷, 1 μ F, 50V, \pm 10%, X7R, 0603	0603	UMK107AB7105KA-T	Taiyo Yuden
FID1, FID2, FID3, FID4, FID5, FID6	0		基准标记。没有需要购买或安装的元件。	不适用	不适用	不适用
R11、R12	0	0.51	电阻, 0.51 Ω , 1%, 0.25W, 0805	0805	CRM0805-FX-R510ELF	伯恩斯
R13	0	100k	电阻, 100k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-07100KL	Yageo

8 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision C (December 2019) to Revision D (July 2021)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式。.....	5
• 向节 7 中添加了 R11.....	17

Changes from Revision B (November 2019) to Revision C (December 2019)	Page
• 向节 6.1 中添加了绘图.....	12
• 添加了节 6.2	13
• 添加了节 6.3	15

重要声明和免责声明

TI 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安全、安保或其他要求。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 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.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。

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

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