

## 摘要

LM61495RPHEVM 评估模块 (EVM) 旨在帮助客户评估 LM61495-Q1 同步降压转换器的性能。EVM 在 16 引脚可湿性侧面 QFN (VQFN-HR) HotRod™ 封装中包含一个 LM61495-Q1 器件。它能够提供 5V 输出电压和高达 10A 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。EVM 提供多个电源连接器、跳线、电阻和电容，以便客户连接和配置输出电压、展频、模式设置选项等。它还提供一个良好的布局示例，针对 EMI 性能进行了优化并通过了 CISPR 25 5 类标准。此布局还针对热性能进行了优化，在镀铜厚度分别为 2oz/1oz/1oz/2oz 的 102mm x 76mm 4 层电路板上以  $\Theta_{JA} = 21.6^{\circ}\text{C}/\text{W}$  运行。

表 1-1. 器件和封装配置

转换器	IC	封装
U1	LM61495-Q1	16 引脚可湿性侧面 HotRod QFN (VQFN-HR) 3.5mm × 4.5mm × 0.9mm

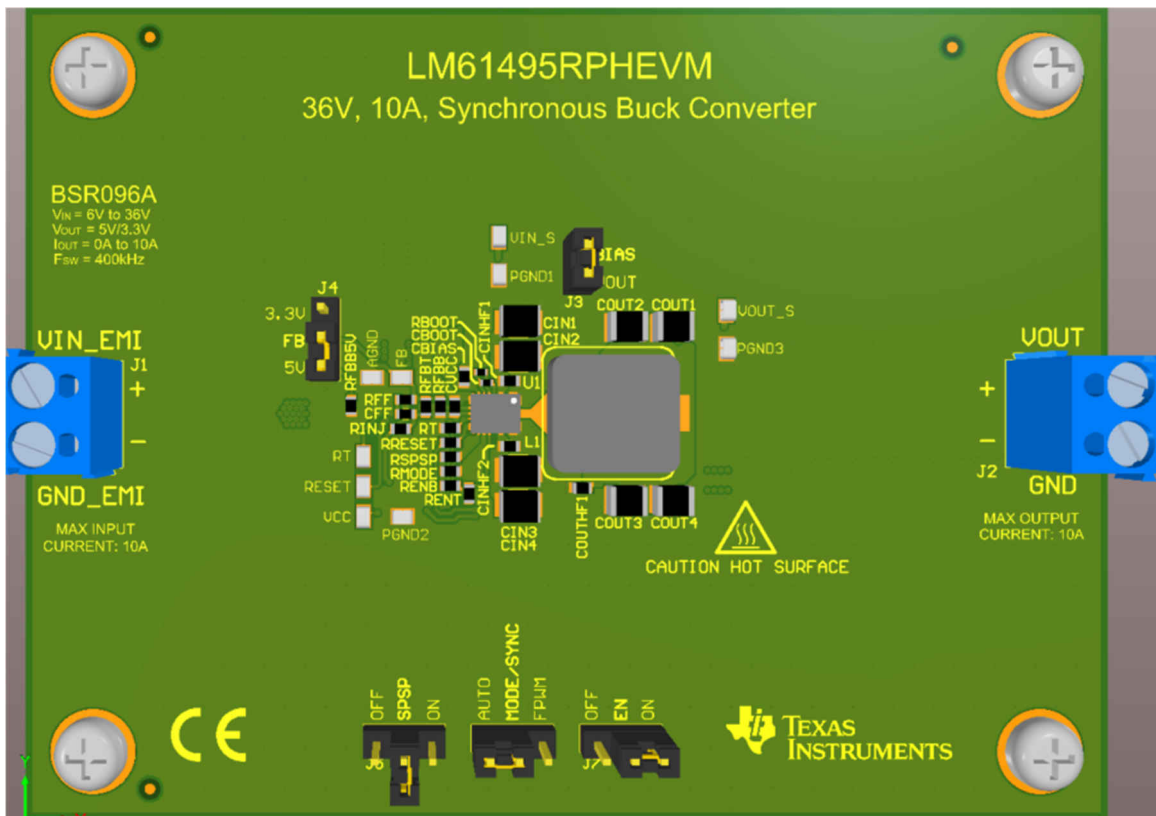


图 1-1. LM61495RPHEVM 3D 电路板图像

## 内容

1 引言.....	5
1.1 LM61495RPHEVM 同步降压转换器.....	5
2 快速入门.....	6
3 详细说明.....	7
4 原理图.....	9
5 电路板布局.....	10
6 电路板曲线.....	14
7 物料清单.....	18
修订历史记录.....	19

## 插图清单

图 1-1. LM61495RPHEVM 3D 电路板图像.....	1
图 1-1. LM61495-Q1 引脚配置 ( 16 引脚 VQFN-HR 封装俯视图 ) .....	5
图 4-1. LM61495RPHEVM 原理图.....	9
图 5-1. 顶层和顶部丝网.....	10
图 5-2. 顶层布线.....	11
图 5-3. 中层 1 接地平面.....	11
图 5-4. 中层 2 布线.....	12
图 5-5. 底层布线.....	12
图 5-6. 底层和底部丝网.....	13
图 6-1. LM61495-Q1 5V 400kHz 自动模式中的效率.....	14
图 6-2. LM61495-Q1 5V 400kHz FPWM 模式中的效率.....	14
图 6-3. LM61495-Q1 3.3V 400kHz 自动模式中的效率.....	14
图 6-4. LM61495-Q1 3.3V 400kHz FPWM 模式中的效率.....	14
图 6-5. LM61495-Q1 5V 2.2MHz 自动模式中的效率.....	14
图 6-6. LM61495-Q1 5V 2.2MHz FPWM 模式中的效率.....	14
图 6-7. LM61495-Q1 3.3V 2.2MHz 自动模式中的效率.....	14
图 6-8. LM61495-Q1 3.3V 2.2MHz FPWM 模式中的效率.....	14
图 6-9. LM61495-Q1 5V 400kHz 自动模式中的 $V_{OUT}$ 调节.....	15
图 6-10. LM61495-Q1 5V 400kHz FPWM 模式中的 $V_{OUT}$ 调节.....	15
图 6-11. 传导 EMI 与 CISPR25 5 类限值 ( 绿色 : 峰值信号 , 蓝色 : 平均信号 ) .....	15
图 6-12. 辐射 EMI 双锥水平与 CISPR25 5 类限值.....	15
图 6-13. 辐射 EMI 双锥垂直与 CISPR25 5 类限值.....	15
图 6-14. 辐射 EMI 对数水平与 CISPR25 5 类限值.....	15
图 6-15. 辐射 EMI 对数垂直与 CISPR25 5 类限值.....	16
图 6-16. LM61495-Q1 EVM 热性能 , $V_{IN} = 12V$ , 提供 $\Theta_{JA} = 21.6^{\circ}C/W$ .....	16

## 表格清单

表 1-1. 器件和封装配置.....	1
表 6-1. 电路板曲线 BOM.....	17
表 7-1. LM61495RPHEVM 10A 400kHz EVM 物料清单.....	18

## 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 LM61495RPHEVM 同步降压转换器

LM61495-Q1 是一款易于使用的同步降压直流/直流转换器，能够驱动高达 10A 的负载电流，电源电压范围为 3V 至 36V。LM61495-Q1 以极小的解决方案尺寸提供优异的效率和输出精度。LM61495-Q1 实施峰值电流模式控制。可调/可同步开关频率、引脚可选双随机展频 (DRSS)、真正的压摆率控制、FPWM/AUTO 选择、电源正常/RESET 标志和精密使能等其他特性可为各种应用提供灵活且简单易用的解决方案。轻负载下的自动频率折返 (AUTO 模式) 和可选的外部偏置可在整个负载范围内提高效率。该器件系列只需要极少外部元件，引脚排列设计可简化 PCB 布局，提供出色的 EMI 和热性能。保护特性包括热关断、输入欠压锁定、逐周期电流限制和断续短路保护。LM61495-Q1 与 LM62460-Q1 和 LM61480-Q1 实现了引脚对引脚的兼容，便于进行简单的电流调节。

图 1-1 中显示了 LM61495-Q1 的引脚配置。

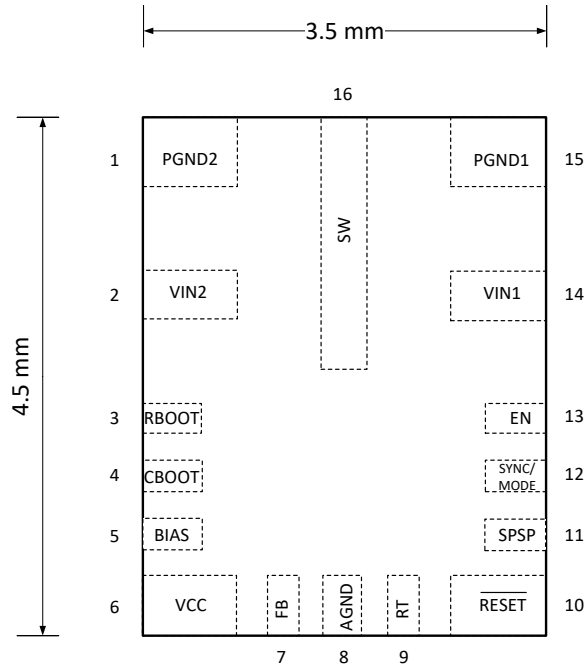


图 1-1. LM61495-Q1 引脚配置 ( 16 引脚 VQFN-HR 封装俯视图 )

## 2 快速入门

1. 用短而粗的电线连接 VIN\_EMI 与 GND\_EMI 端子之间的电压电源。
2. 用短而粗的电线连接 VOUT 与 GND (J2) 端子之间的转换器负载。
3. 将电源电压 ( $V_{IN}$ ) 设置到 6V 与 36V 之间的合适水平。根据连接的负载，将电源的电流限值设置到合适的水平。
4. 打开电源。在默认配置下，EVM 应启动并提供  $V_{OUT} = 5V$ 。
5. 监控输出电压。最大额定负载电流为 10A。

### 3 详细说明

此部分介绍 EVM 上的连接器和测试点。

**VIN\_EMI (J1)** 通过 EMI 滤波器连接到转换器  $V_{IN}$  的转换器输入电压。

$VIN\_EMI$  端子通过输入 EMI 滤波器连接到输入电容器和 LM61495-Q1 的  $VIN$  引脚。连接  $VIN\_EMI$  与  $GND\_EMI$  连接器之间的电源电压 ( 电池、台式电源或其他电源 )。电压范围高于 3.5V 才能让器件启动, 并且要持续运行, 电压需高于 3V。高于 6V 的  $V_{IN}$  提供调节的 5V 输出电压。 $V_{IN}$  应不高于 36V 以免损伤器件。电源上的电流限值必须足够高, 才能提供所需的电源电流, 否则电源电压可能无法维持所需的电压。电源电压应该用短而粗的电线连接到电路板, 以处理脉冲输入电流。

**GND\_EMI (J1)** 输入滤波器附近的接地连接。

这是连接到  $VIN\_EMI$  的电源的电流回流路径。

**VOOUT (J2)** 转换器的输出电压。

$VOOUT$  端子连接到功率电感器和输出电容器。连接 J2 上  $VOOUT$  和  $GND$  连接器之间的加载器件, 以加载转换器输出。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 (J2)** 输出端附近的接地连接。

这是连接到  $VOOUT$  的输出电压的电流回流路径。

**输入滤波器** 防止噪声污染电源电压

输入滤波器包含铁氧体磁珠、滤波电感器和滤波电容器, 位于 PCB 底部。滤波器的输出连接到  $V_{IN}$  网, 后者连接到 LM61495-Q1 和输入电容器的  $VIN$  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通过导体的物理接触传导至降压转换器的电压电源。如果不加控制, 过大的输入电压纹波可能会影响连接到电源的其他器件的运行。输入滤波器有助于消除导向电源的电压扰动。

**VIN\_S** 监控器件输入电压的测试点。

**PGND1** 测量  $VIN\_S$  时  $GND$  参考的测试点。

**VOOUT\_S** 监控器件输出电压的测试点。

**PGND3** 测量  $VOOUT\_S$  时  $GND$  参考的测试点。

**FB** 测量器件 FB 引脚上电压的测试点。

**AGND** 测量 FB 时  $AGND$  参考的测试点。

**RT** 测量器件 RT 引脚上电压的测试点。

**RESET** 测量器件 RESET ( 电源正常 ) 引脚上电压的测试点。

**VCC** 测量器件 VCC 引脚上电压的测试点。

**PGND2** 测试点测量的其他  $GND$  参考点。

**BIAS 跳线 (J3)** 通过分流器将  $V_{OUT}$  连接到 BIAS 以提高效率。

**FB 跳线 (J4)** 通过分流器连接 FB 和 5V, 将  $V_{OUT}$  设置为 5V。通过分流器连接 FB 和 3.3V, 将  $V_{OUT}$  设置为 3.3V。

**SPSP 跳线 (J5)** 通过分流器连接 SPSP 和 OFF, 以禁用展频。通过分流器连接 SPSP 和 ON, 以启用展频。移除分流器以启用消除波纹的展频。

- MODE/SYNC 跳线 (J6)** 通过分流器连接 MODE/SYNC 和 AUTO，启用轻负载下的自动频率折返以提高轻负载效率。通过分流器连接 MODE/SYNC 和 FPWM，启用强制的 FPWM 模式，在任何负载下都维持恒定的开关频率。将时钟信号应用于 MODE/SYNC 引脚，以使器件与外部时钟同步。
- EN 跳线 (J7)** 通过分流器连接 EN 和 OFF，以禁用器件。通过分流器连接 EN 和 ON，以启用器件。移除分流器以启用欠压锁定，在电源电压超过 6V 时启用器件。



## 4 原理图

LM61495RPHEVM 原理图如图 4-1 所示。

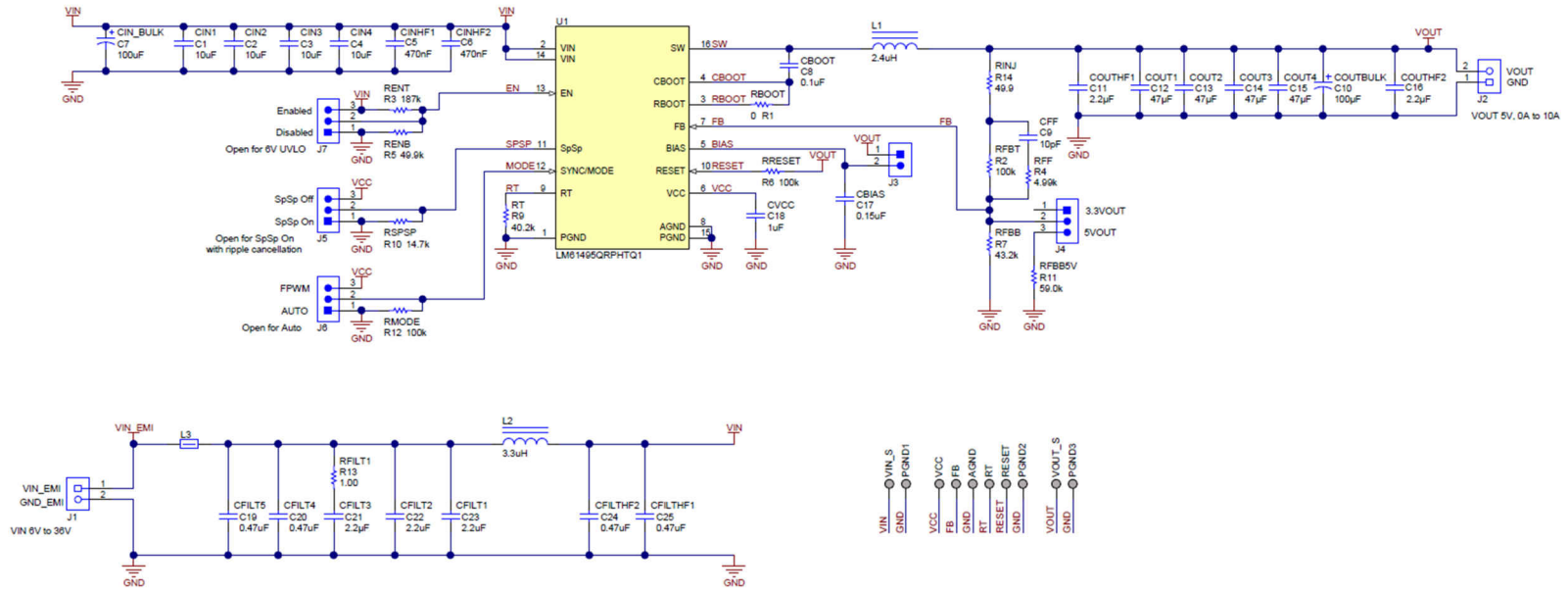


图 4-1. LM61495RPHEVM 原理图

## 5 电路板布局

图 5-1 至图 5-6 显示了 LM61495RPHEVM 的电路板布局。EVM 提供电阻、电容器和跳线来配置输出电压和精密使能引脚并设置频率和外部时钟同步等 LM61495-Q1 功能。

PCB 针对热性能进行了优化。电路板包含 4 层。顶层和底层有 2oz 铜，中间两层有 1oz 铜。LM61495-Q1 没有散热焊盘，所以 IC 散热的最好途径是通过引脚接入电路板。PGND 引脚连接到大 GND 平面，后者将热量散播到电路板的剩余部分。GND 平板还有散热过孔，将热量更高效地散播到其他层，以进一步改善热性能。

PCB 还针对 EMI 性能进行了优化。这种布局最大限度地减少了 SW 和 BOOT 之类的高 dv/dt 节点的面积。小型高频陶瓷输入电容器放在非常靠近 IC 的位置，以最大限度地缩短 VIN 引脚通过电容器到 PGND 引脚所形成的环路。电路板背面还有 EMI 滤波器以及电感器、铁氧体磁珠和滤波电容器选项，以调整所需的 EMI 性能。整个滤波器不一定能达到特定的 EMI 要求，但组件和焊盘可灵活调整。

螺纹接线端子 J1 和 J2 允许高电流接入电路板。跳线 J3 将 V<sub>OUT</sub> 连接到 BIAS 以提高轻负载效率。跳线 J4 允许用户选择输出电压 5V 或 3.3V。J5 允许用户打开或关闭展频。J6 允许用户在 AUTO 模式（轻负载下进行脉冲频率调制）或 FPWM（强制脉宽调制）下运行器件。J6 上的 MODE/SYNC 引脚还可以作为 SYNC 引脚在需要时同步到外部时钟。J7 使用户能够启用或禁用 IC。

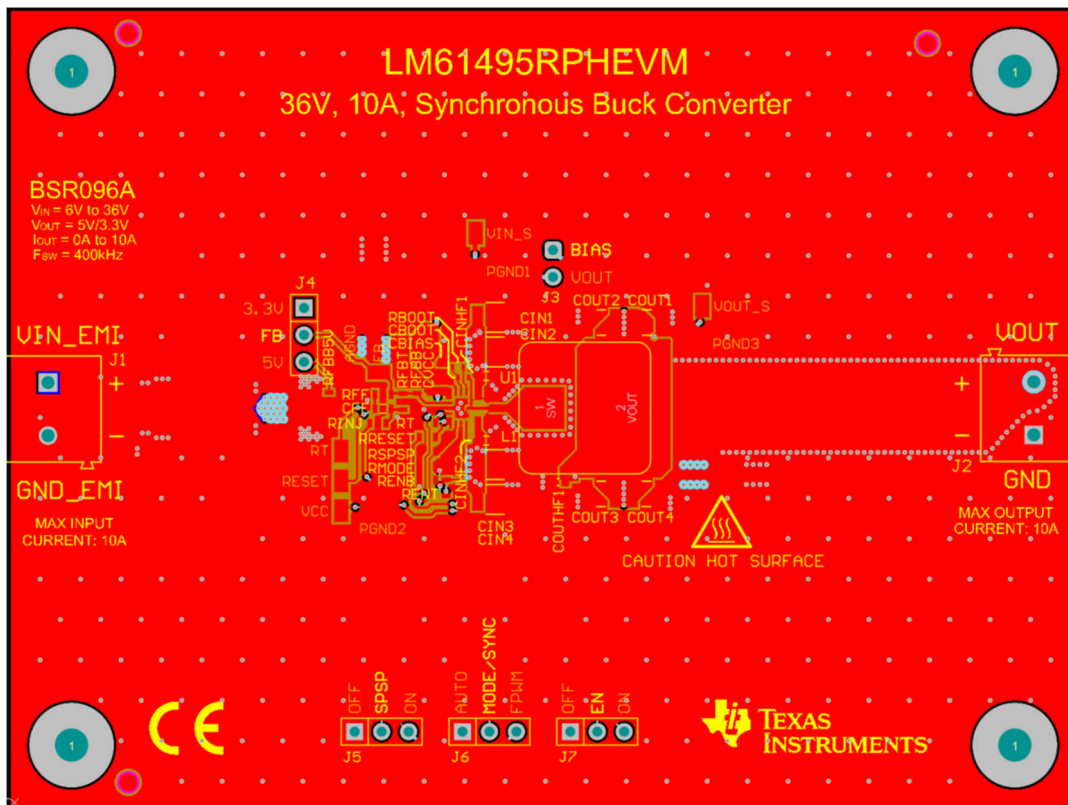


图 5-1. 顶层和顶部丝网

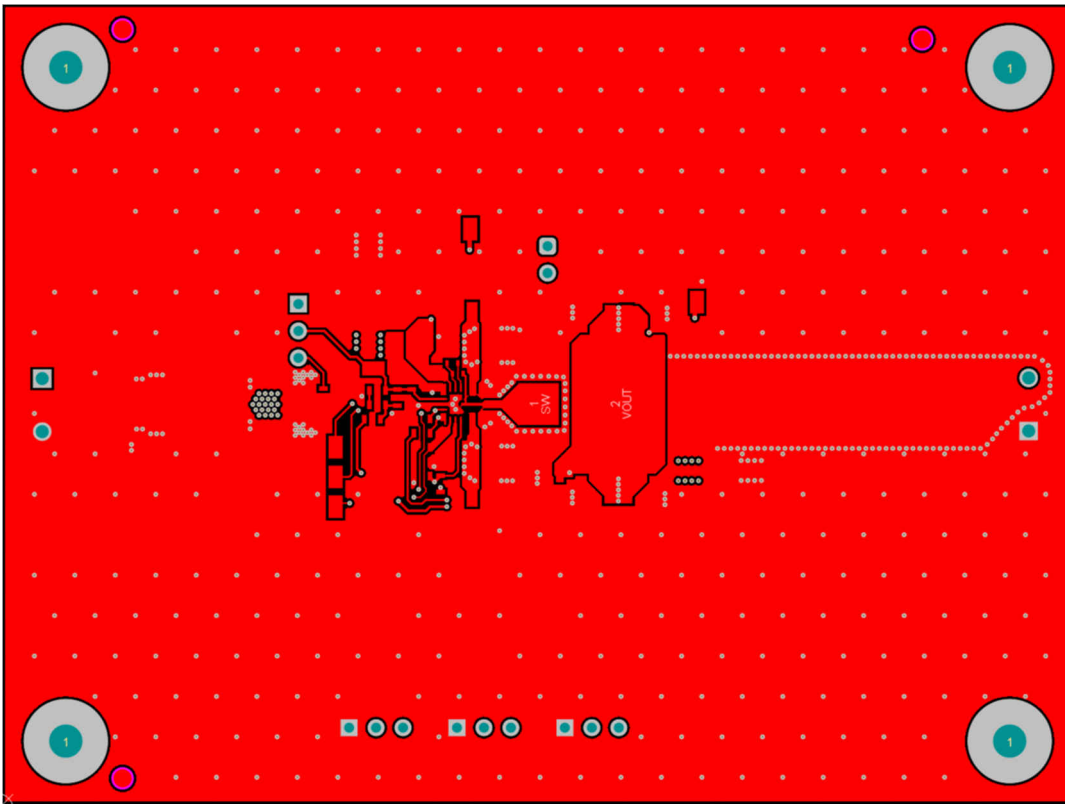


图 5-2. 顶层布线

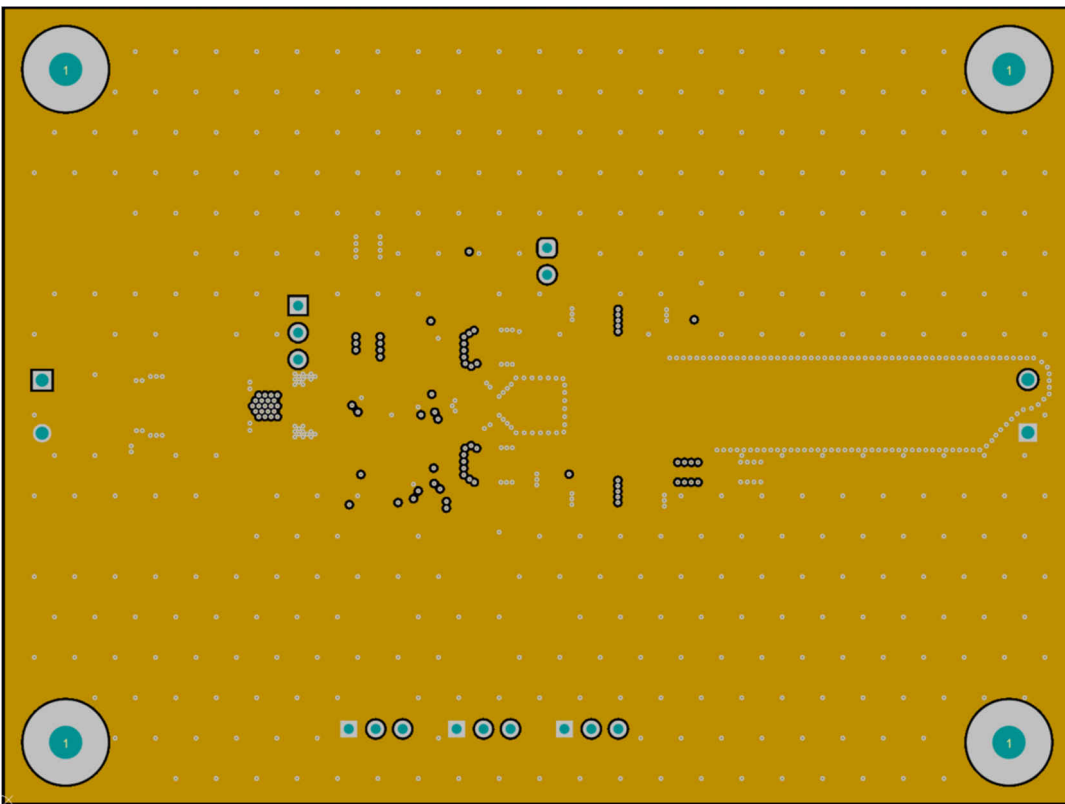


图 5-3. 中层 1 接地平面

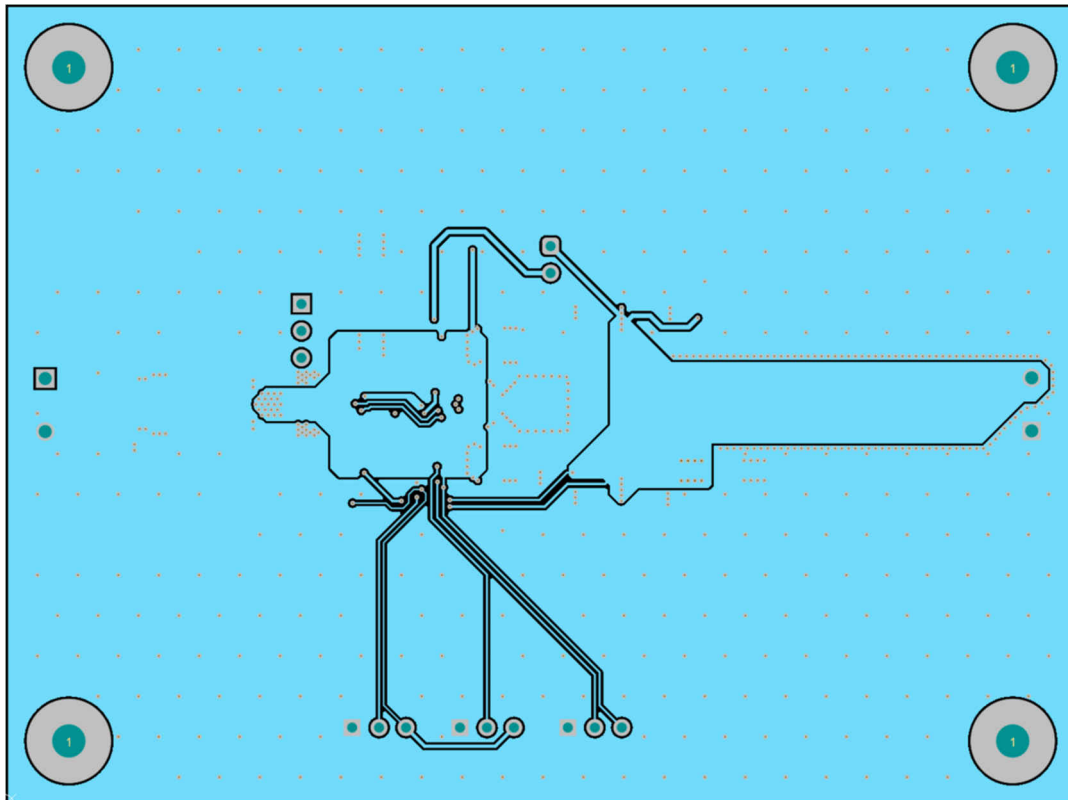


图 5-4. 中层 2 布线

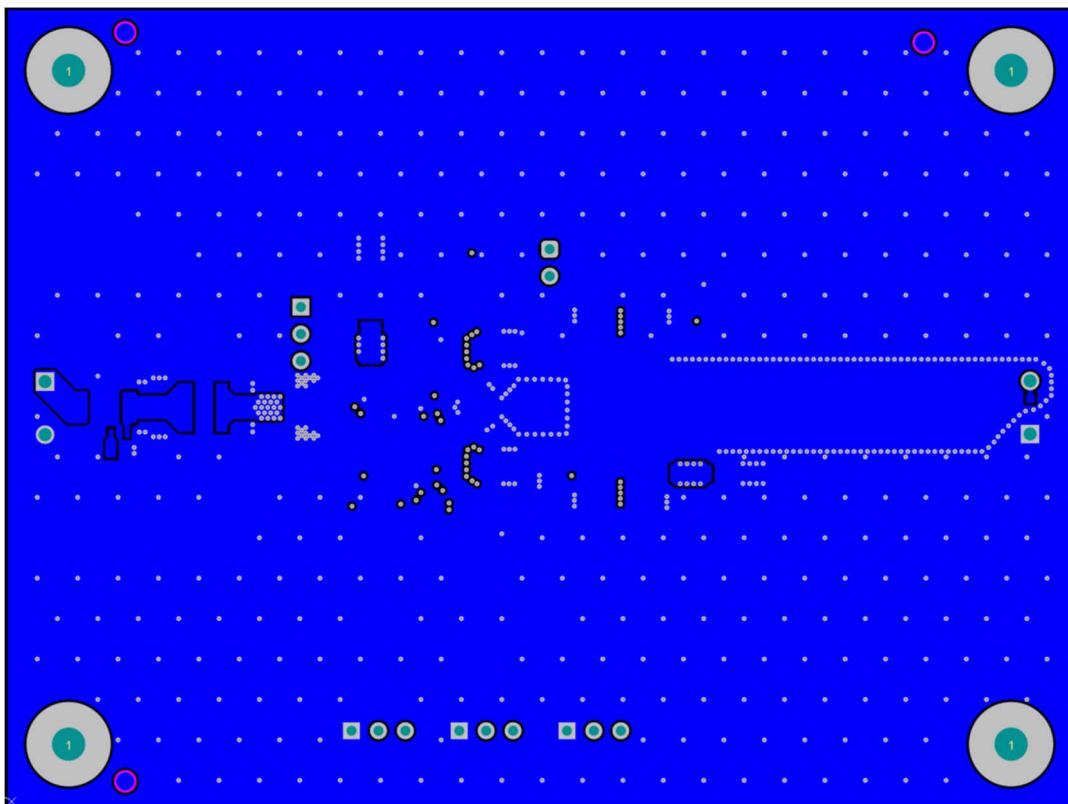


图 5-5. 底层布线

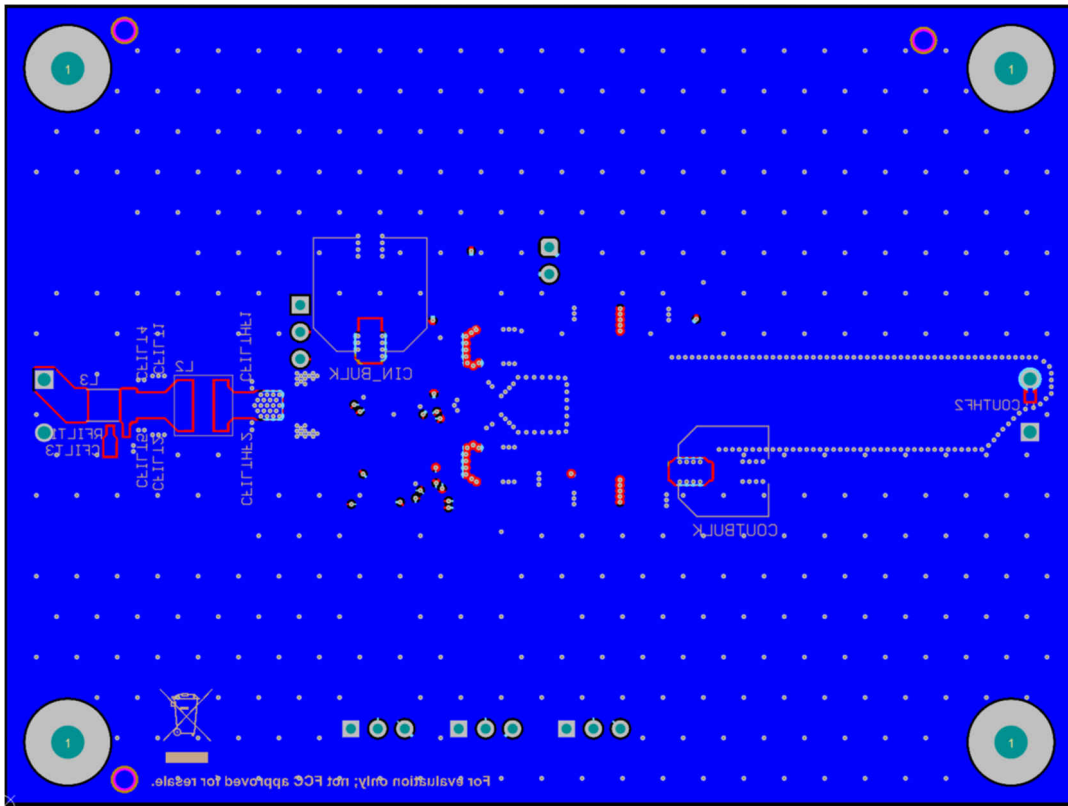


图 5-6. 底层和底部丝网

## 6 电路板曲线

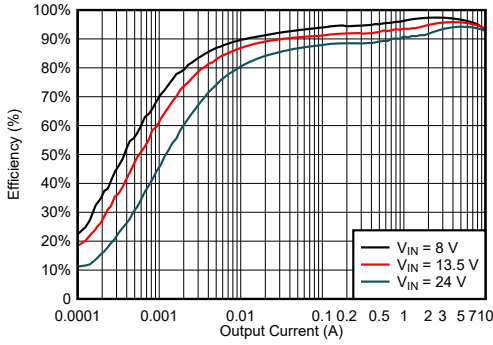


图 6-1. LM61495-Q1 5V 400kHz 自动模式中的效率

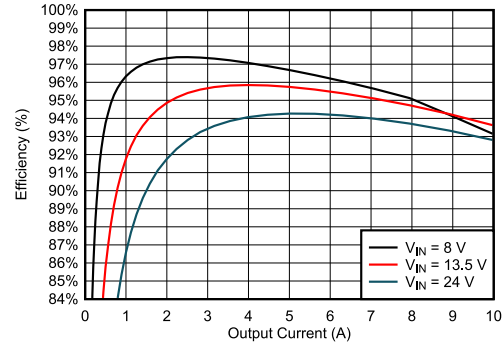


图 6-2. LM61495-Q1 5V 400kHz FPWM 模式中的效率

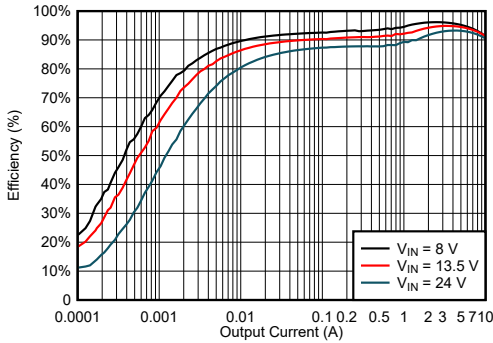


图 6-3. LM61495-Q1 3.3V 400kHz 自动模式中的效率

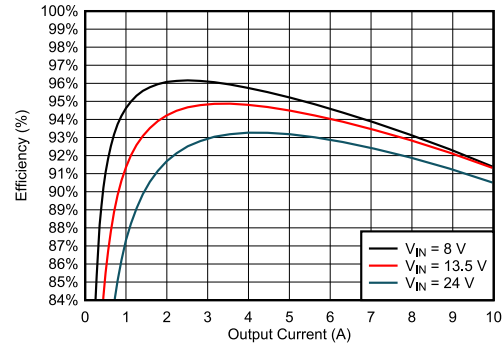


图 6-4. LM61495-Q1 3.3V 400kHz FPWM 模式中的效率

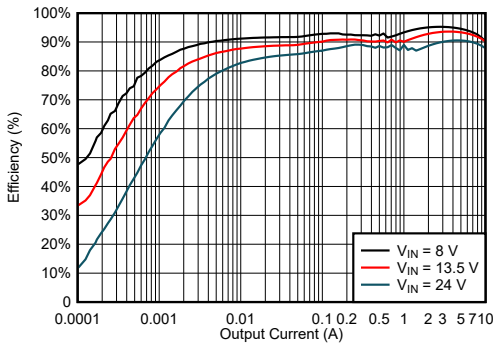


图 6-5. LM61495-Q1 5V 2.2MHz 自动模式中的效率

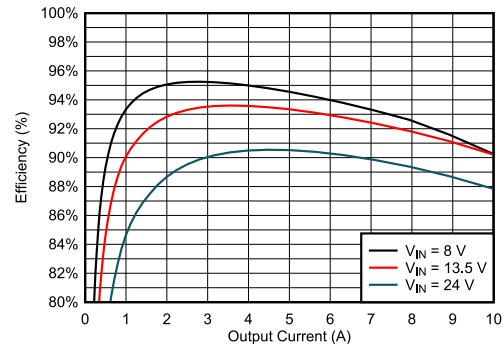


图 6-6. LM61495-Q1 5V 2.2MHz FPWM 模式中的效率

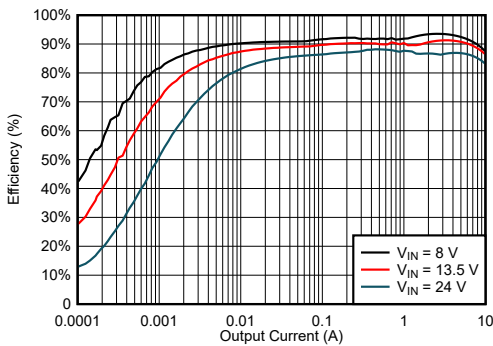


图 6-7. LM61495-Q1 3.3V 2.2MHz 自动模式中的效率

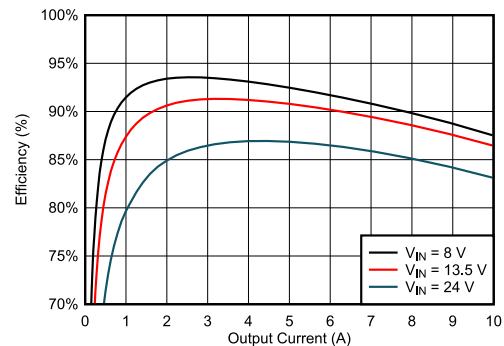


图 6-8. LM61495-Q1 3.3V 2.2MHz FPWM 模式中的效率

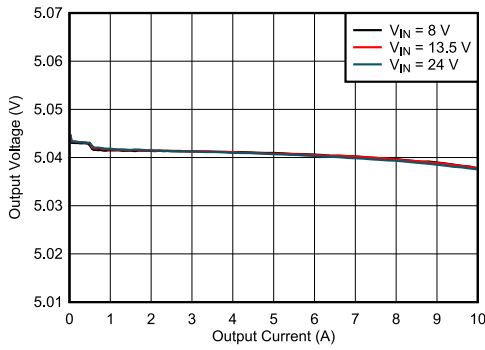


图 6-9. LM61495-Q1 5V 400kHz 自动模式中的  $V_{OUT}$  调节

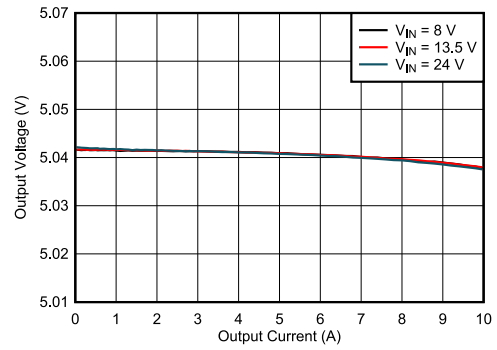
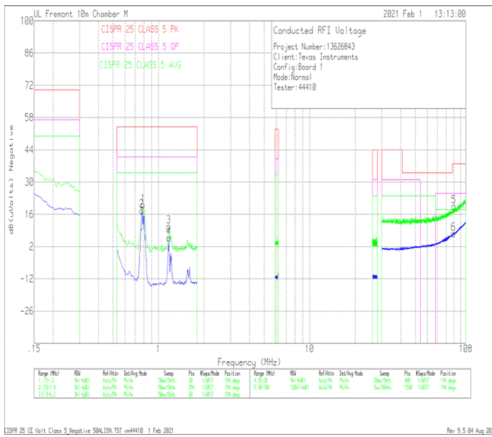
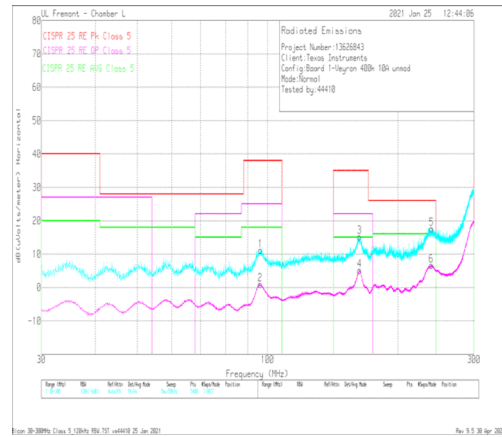


图 6-10. LM61495-Q1 5V 400kHz FPWM 模式中的  $V_{OUT}$  调节



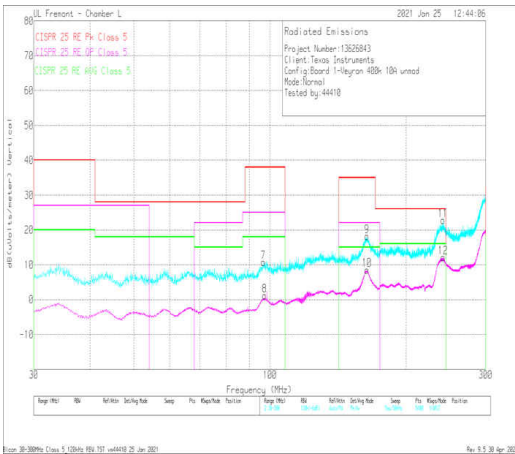
$V_{OUT} = 5V$   $F_{SW} = 400\text{ kHz}$   $I_{OUT} = 10\text{ A}$   
测试频率：0.15 MHz 至 108 MHz

图 6-11. 传导 EMI 与 CISPR25 5 类限值 (绿色：峰值信号，蓝色：平均信号)



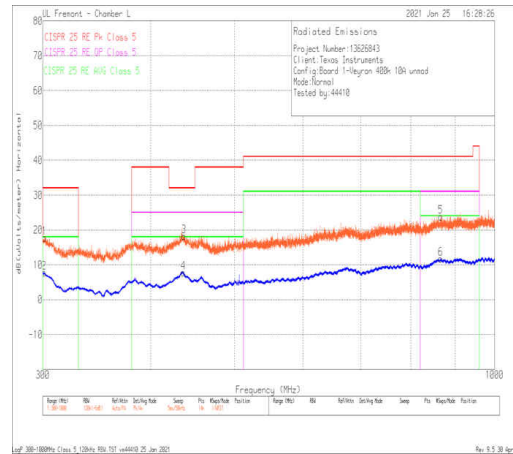
$V_{OUT} = 5V$   $F_{SW} = 400\text{ kHz}$   $I_{OUT} = 10\text{ A}$   
测试频率：30 MHz 至 300 MHz

图 6-12. 辐射 EMI 双锥水平与 CISPR25 5 类限值



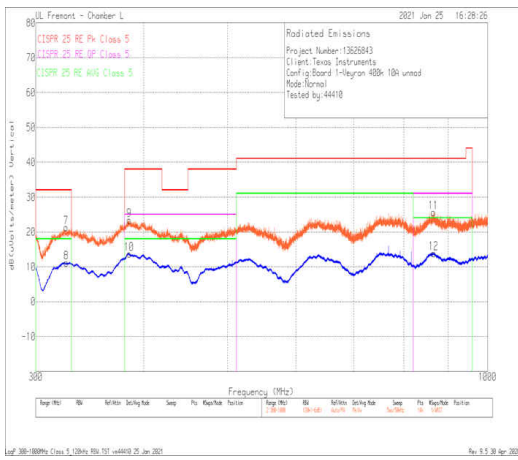
$V_{OUT} = 5V$   $F_{SW} = 400\text{ kHz}$   $I_{OUT} = 10\text{ A}$   
测试频率：30 MHz 至 300 MHz

图 6-13. 辐射 EMI 双锥垂直与 CISPR25 5 类限值



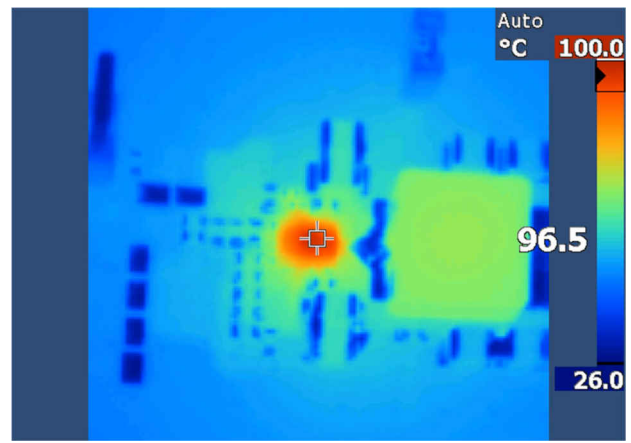
$V_{OUT} = 5V$   $F_{SW} = 400\text{ kHz}$   $I_{OUT} = 10\text{ A}$   
测试频率：300 MHz 至 1 GHz

图 6-14. 辐射 EMI 对数水平与 CISPR25 5 类限值



$V_{OUT} = 5V$   $F_{SW} = 400\text{ kHz}$   $I_{OUT} = 10\text{ A}$   
测试频率：300 MHz 至 1 GHz

图 6-15. 辐射 EMI 对数垂直与 CISPR25 5 类限值



$V_{OUT} = 5V$   $F_{SW} = 400\text{ kHz}$   $I_{OUT} = 10\text{ A}$

图 6-16. LM61495-Q1 EVM 热性能,  $V_{IN} = 12V$ , 提供  $\Theta_{JA} = 21.6^{\circ}\text{C/W}$



表 6-1. 电路板曲线 BOM

V <sub>OUT</sub>	频率	R <sub>FBB</sub>	C <sub>OUT</sub>	C <sub>IN</sub> + C <sub>HF</sub>	L
3.3V	400kHz	43.2kΩ	4 x 47μF + 100μF 电解 + 2 x 2.2μF	4 x 10μF + 2 x 470nF + 100μF 电解	2.4μH (744325240)
3.3V	2200 kHz	43.2kΩ	2 x 47μF + 100μF 电解 + 2 x 2.2μF	2 x 10μF + 2 x 470nF + 100μF 电解	0.68μH (744373460068)
5V	400kHz	24.9kΩ	4 x 47μF + 100μF 电解 + 2 x 2.2μF	4 x 10μF + 2 x 470nF + 100μF 电解	2.4μH (744325240)
5V	2200 kHz	24.9kΩ	2 x 47μF + 100μF 电解 + 2 x 2.2μF	2 x 10μF + 2 x 470nF + 100μF 电解	0.68μH (744373460068)

## 7 物料清单

LM61495RPHEVM 的物料清单显示在表 7-1 中。

**表 7-1. LM61495RPHEVM 10A 400kHz EVM 物料清单**

指示符	说明	制造商	器件型号	数量
AGND, FB, PGND1, PGND2, PGND3, RESET, RT, VCC, VIN_S, VOUT_S	测试点, SMT	Harwin ( 豪英 )	S2751-46R	10
C1、C2、C3、C4	电容, 陶瓷, 10 $\mu$ F, 50V, +/-10%, X5R, 1210	TDK	C3225X5R1H106K250AB	4
C5, C6	电容, 陶瓷, 0.47 $\mu$ F, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	TDK	CGA3E3X7R1H474K080AB	2
C7	电容, 铝制, 100 $\mu$ F, 63V, +/-20%, 0.35 $\Omega$ , AEC-Q200 2 级, SMD	Panasonic ( 松下 )	EEE-FK1J101P	1
C8	电容, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	TDK	CGA2B3X7R1H104K050BB	1
C9	电容, 陶瓷, 10pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, AEC-Q200 1 级, 0603	TDK	CGA3E2C0G1H100D080AA	1
C10	电容, 铝制, 100 $\mu$ F, 16V, +/-20%, AEC-Q200 3 级, SMD	Panasonic ( 松下 )	EEE-1CA101AP	1
C11, C16	电容, 陶瓷, 2.2 $\mu$ F, 10V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	MuRata ( 村田 )	GRM188R71A225KE15J	2
C12、C13、C14、C15	电容, 陶瓷, 47 $\mu$ F, 10V, +/-10%, X7S, AEC-Q200 1 级, 1210	MuRata ( 村田 )	GCM32EC71A476KE02K	4
C17	电容, 陶瓷, 0.15 $\mu$ F, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	TDK	CGA3E3X7R1H154K080AB	1
C18	电容, 陶瓷, 1 $\mu$ F, 16V, +/-20%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	MuRata ( 村田 )	GCM188R71C105MA64D	1
C19、C20、C24、C25	电容, 陶瓷, 0.47 $\mu$ F, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	TDK	CGA3E3X7R1H474K080AE	4
C21, C22, C23	电容, 陶瓷, 2.2 $\mu$ F, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0805	TDK	CGA4J3X7R1H225K125AB	3
H1、H2、H3、H4	机械螺钉, 圆头, #4-40 x 1/4, 尼龙, Philips 盘形头	B&F 紧固件供应商	NY PMS 440 0025 PH	4
H5, H6, H7, H8	六角螺柱, 0.5"L #4-40, 尼龙	梯形失真矫正	1902C	4
J1、J2	端子块, 5mm, 2x1, 锡, TH	Würth Elektronik ( 伍尔特电子 )	691 101 710 002	2
J3	插头, 100mil, 2x1, 镀金, TH	Samtec ( 申泰 )	TSW-102-07-G-S	1
J4、J5、J6、J7	接头, 100mil, 3x1, 金, TH	Sullins Connector Solutions ( 赛凌思科技有限公司 )	PBC03SAAN	4
L1	电感器, 屏蔽鼓芯, 超通量, 2.4 $\mu$ H, 14A, 0.0046 $\Omega$ , SMD	Würth Elektronik ( 伍尔特电子 )	744325240	1
L2	电感器, 屏蔽, 复合, 3.3 $\mu$ H, 8.1A, 0.02 $\Omega$ , AEC-Q200 1 级, SMD	Coilcraft ( 线艺 )	XAL5030-332MEB	1
L3	铁氧体磁珠, 100 $\Omega$ @ 100MHz, 8A, 1812	Würth Elektronik ( 伍尔特电子 )	74279226101	1
R1	电阻, 0, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	Vishay-Dale ( 威世达勒 )	CRCW04020000Z0ED	1
R2、R6、R12	电阻, 100k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	Vishay-Dale ( 威世达勒 )	CRCW0603100KFKEA	3
R3	电阻, 187k $\Omega$ , 1%, 0.1W, 0603	Yageo ( 国巨 )	RC0603FR-07187KL	1
R4	电阻, 4.99k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	Vishay-Dale ( 威世达勒 )	CRCW06034K99FKEA	1
R5	电阻, 49.9k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	Vishay-Dale ( 威世达勒 )	CRCW060349K9FKEA	1

**表 7-1. LM61495RPHEVM 10A 400kHz EVM 物料清单 (continued)**

指示符	说明	制造商	器件型号	数量
R7	电阻, 43.2k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	Vishay-Dale (威世达勒)	CRCW060343K2FKEA	1
R9	电阻, 40.2k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	Vishay-Dale (威世达勒)	CRCW060340K2FKEA	1
R10	电阻, 14.7k $\Omega$ , 1%, 0.1W, 0603	Yageo (国巨)	RC0603FR-0714K7L	1
R11	电阻, 59.0k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	Vishay-Dale (威世达勒)	CRCW060359K0FKEA	1
R13	电阻, 1.00, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	Vishay-Dale (威世达勒)	CRCW06031R00FKEA	1
R14	电阻, 49.9, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	Vishay-Dale (威世达勒)	CRCW060349R9FKEA	1
SH-J3、SH-J4、SH-J5、SH-J6、SH-J7	分流器, 100mil, 镀金, 黑色	Samtec (申泰)	SNT-100-BK-G	5
U1	LM61495QRPHTQ1, RPH0016A (VQFN-HR-16)	德州仪器 (TI)	LM61495QRPHTQ1	1

## 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 * (July 2019) to Revision A (March 2021)	Page
• 添加了详细说明.....	7
• 添加了电路板曲线并更新了电路板图像 (原理图、布局和 3D 图像) .....	14

## 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