



摘要

本用户指南包含 TPS54821EVM-049 评估模块 (PWR049) 以及 TPS54821 直流/直流转换器的信息，还包含 TPS54821EVM-049 的性能规格、原理图和物料清单。

内容

1 引言.....	2
2 测试设置和结果.....	4
3 电路板布局布线.....	11
4 原理图和物料清单.....	14
5 修订历史记录.....	16

插图清单

图 2-1. TPS54821EVM-049 效率.....	5
图 2-2. TPS54821EVM-049 低电流效率.....	5
图 2-3. TPS54821EVM-049 负载调整率.....	6
图 2-4. TPS54821EVM-049 线性调整率.....	6
图 2-5. TPS54821EVM-049 瞬态响应.....	7
图 2-6. TPS54821EVM-049 环路响应.....	7
图 2-7. TPS54821EVM-049 输出波纹.....	8
图 2-8. TPS54821EVM-049 输入纹波.....	8
图 2-9. TPS54821EVM-049 相对于 V_{IN} 的启动.....	9
图 2-10. TPS54821EVM-049 相对于使能的启动.....	9
图 2-11. TPS54821EVM-049 启动至预偏置.....	10
图 2-12. TPS54821EVM-049 断续模式电流限制.....	10
图 3-1. TPS54821EVM-049 顶部组装.....	11
图 3-2. TPS54821EVM-049 顶面布局.....	12
图 3-3. TPS54821EVM-049 内部第 1 层布局.....	12
图 3-4. TPS54821EVM-049 内部第 2 层布局.....	13
图 3-5. TPS54821EVM-049 底面布局.....	13
图 4-1. TPS54821EVM-049 原理图.....	14

表格清单

表 1-1. 输入电压和输出电流汇总.....	2
表 1-2. TPS54821EVM-049 性能规格汇总.....	2
表 1-3. 可提供的输出电压.....	3
表 2-1. EVM 连接器和测试点.....	4
表 4-1. TPS54821EVM-049 物料清单.....	15

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

1.1 背景

TPS54821 直流/直流转换器旨在提供高达 8A 的输出电流。TPS54821 为功率级和控制电路实施具有单独输入电压输入的分立式输入电源轨。功率级输入电压 (PVIN) 额定值范围为 1.6V 至 17V，而控制输入电压 (VIN) 额定值范围为 4.5V 至 17V。TPS54821EVM-049 能够提供这两种输入，不过它是在 PVIN 连接到 VIN 的情况下进行设计和测试的。表 1-1 列出了评估模块的额定输入电压和输出电流范围。此评估模块旨在演示在使用 TPS54821 稳压器进行设计时可实现的小印制电路板面积。开关频率被外部设置为 480kHz 的额定频率。TPS54821 封装内部采用了高侧和低侧 MOSFET 以及栅极驱动电路。MOSFET 的低漏源导通电阻有助于 TPS54821 实现高效率，并在高输出电流下帮助保持低结温。补偿元件位于集成电路 (IC) 外部，而外部分压器能够实现可调节的输出电压。此外，TPS54821 还提供可调节慢启动、跟踪和欠压锁定输入。TPS54821EVM-049 输入电压的绝对最大值是 20V。

表 1-1. 输入电压和输出电流汇总

EVM	输入电压范围	输出电流范围
TPS54821EVM-049	VIN = 8V 至 17V (VIN 启动电压 = 6.528V)	0A 至 8A

1.2 性能规格汇总

表 1-2 中提供了 TPS54821EVM-049 性能规格的汇总。除非另有说明，给出的规格适用于 VIN = 12V 输入电压和 3.3V 输出电压。TPS54821EVM-049 在 VIN = 8V 至 17V 的条件下进行设计和测试，并将 VIN 和 PVIN 引脚与 JP1 跳线连接在一起。除非另有说明，所有测量的环境温度均为 25°C。

表 1-2. TPS54821EVM-049 性能规格汇总

技术规格	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
VIN 电压范围 (PVIN=VIN)		8	12	17	V
VIN 启动电压			6.528		V
VIN 停止电压			6.193		V
输出电压设定点			3.3		V
输出电流范围	VIN = 8V 至 17V	0		8	A
线性调整率	IO = 4A, VIN = 8V 至 17V		±0.005		%
负载调整率	VIN = 12V, IO = 0A 至 8A		±0.07		%
负载瞬态响应	IO = 2A 至 6A	电压变化	-130		mV
		恢复时间	80		µs
	IO = 6A 至 2A	电压变化	130		mV
		恢复时间	80		µs
环路带宽	VIN = 12V, IO = 8A		60		kHz
相位裕度	VIN = 12V, IO = 8A		74		°
输入纹波电压	IO = 8A		900		mVPP
输出纹波电压	IO = 8A		10		mVPP
输出上升时间			6		ms
运行频率			480		kHz
最大效率	TPS54821EVM-049, VIN = 8V, IO = 1.5A		95.9		%

1.3 更改

这些评估模块用于访问 TPS54821 的功能。此模块可能会做出一些修改。

1.3.1 输出电压设定点

输出电压由 R7 和 R8 的电阻分压器网络设置。R7 固定为 10kΩ。若要改变 EVM 的输出电压，需要改变电阻器 R8 的阻值。更改 R8 阻值可以更改 0.6V 以上的输出电压。特定输出电压下的 R8 阻值可以使用方程式 1 计算得出。

$$R8 = \frac{10 \text{ k}\Omega \times 0.6 \text{ V}}{V_{\text{OUT}} - 0.6 \text{ V}} \quad (1)$$

表 1-3 列出了一些常见输出电压下的 R8 阻值。请注意， V_{IN} 必须处于一定范围内，以便导通时间大于最短可控导通时间（典型值为 94ns、最大值为 145ns），并且最大占空比小于 95%。表 1-3 中给出的值是标准值，并不是使用方程式 1 计算出的准确值。

表 1-3. 可提供的输出电压

输出电压 (V)	R8 值 (kΩ)
1.8	4.99
2.5	3.16
3.3	2.21
5	1.37

1.3.2 慢启动时间

可以通过更改 C8 容值来调整慢启动时间。使用方程式 2 计算理想慢启动时间所需的 C8 容值。

$$C8(\text{nF}) = \frac{T_{\text{ss}}(\text{ms}) \times I_{\text{ss}}(\mu\text{A})}{V_{\text{ref}}(\text{V})} \quad (2)$$

使用 $C8 = 0.022\mu\text{F}$ 将 EVM 设置为 5.7ms 的慢启动时间。

1.3.3 跟踪

TPS54821 可以在启动期间跟踪外部电压。提供的 J3 连接器允许连接到该外部电压。可使用电阻分压器 R5 和 R6 实现比例式或同步跟踪。有关详细信息、请参阅 [TPS54821 4.5V 至 17V 输入、8A 同步降压转换器数据表](#)。

1.3.4 可调节欠压闭锁 (UVLO)

欠压锁定 (UVLO) 可通过 R1 和 R2 从外部进行调节。该 EVM 设置的启动电压为 6.528V，停止电压为 6.193V，使用 $R1 = 35.7\text{k}\Omega$ 、 $R2 = 8.06\text{k}\Omega$ 。使用方程式 3 和方程式 4 计算不同启动和停止电压所需的电阻值。

$$R1 = \frac{V_{\text{START}} \left(\frac{V_{\text{ENFALLING}}}{V_{\text{ENRISING}}} \right) - V_{\text{STOP}}}{I_p \left(1 - \frac{V_{\text{ENFALLING}}}{V_{\text{ENRISING}}} \right) + I_h} \quad (3)$$

$$R2 = \frac{R1 \times V_{\text{ENFALLING}}}{V_{\text{STOP}} - V_{\text{ENFALLING}} + R1(I_p + I_h)} \quad (4)$$

1.3.5 输入电压轨

EVM 旨在适应功率级和控制逻辑的不同输入电压电平。在正常运行期间，通过 JP1 上的跳线连接 PVIN 和 VIN 输入。单输入电压由 J1 提供。如果需要，可以通过移除 JP1 上的跳线来分离这两个输入电压轨。然后，必须在 J1 和 J2 上提供两个输入电压。

2 测试设置和结果

本节介绍了如何正确连接、设置和使用 TPS54821EVM-049 评估模块。本节还包含评估模块的典型测试结果和以下内容：

- 效率
- 输出电压调节
- 负载瞬态
- 环路响应
- 输出纹波
- 输入纹波
- 启动

2.1 输入/输出连接

如表 2-1 中所示，TPS54821EVM-049 附带输入/输出连接器和测试点。必须通过一对 20 AWG 导线将能够提供 4A 电流的电源连接到 J1。JP1 上的跳线必须就位。有关分离式输入电压轨运行，请参阅节 1.3.5。必须通过一对 20 AWG 导线将负载连接到 J4。最大负载电流能力必须为 8A。必须尽可能减少导线长度以降低导线中的损耗。测试点 TP1 提供了一个监测 V_{IN} 输入电压的位置，而 TP2 提供了便捷的接地基准。在以 TP10 作为接地基准的情况下，TP9 用于监测输出电压。

表 2-1. EVM 连接器和测试点

参考标识符	功能
J1	PVIN 输入电压连接器。(有关 V_{IN} 范围，请参阅表 1-1。)
J2	VIN 输入电压连接器。通常不使用。
J3	用于跟踪电压输入和接地的 2 引脚接头
J4	V_{OUT} , 8A 时为 3.3V (最大值)
J5	用于跟踪输出和接地的 2 引脚接头
JP1	PVIN 至 VIN 跳线。通常闭合，以将 VIN 连接到 PVIN，从而实现共轨电压运行。
JP2	用于实现使能的 2 引脚接头。将 EN 接地可禁用，断开可启用。
TP1	PVIN 连接器上的 PVIN 测试点
TP2	PVIN 连接器上的 GND 测试点
TP3	VIN 连接器上的 VIN 测试点
TP4	VIN 连接器上的 GND 测试点
TP5	提供测试点以连接 PWRGD 上拉的外部电压源。
TP6	PWRGD 测试点
TP7	PH 测试点
TP8	分压器网络和输出之间的测试点。用于环路响应测量。
TP9	VOUT 连接器上的输出电压测试点
TP10	VOUT 连接器上的 GND 测试点

2.2 效率

此 EVM 的效率在负载电流约为 2A 时达到峰值，然后随着负载电流向满负载增加而降低。图 2-1 显示了 TPS54821EVM-049 在 25°C 环境温度条件下的效率。

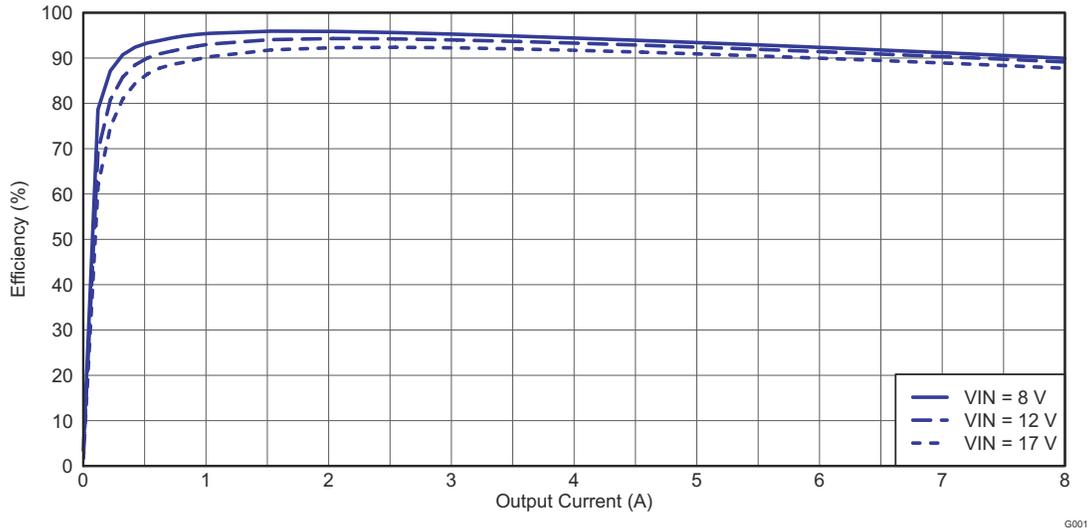


图 2-1. TPS54821EVM-049 效率

图 2-2 显示了 TPS54821EVM-049 的效率，使用半对数标度更轻松地显示效率。环境温度为 25°C。

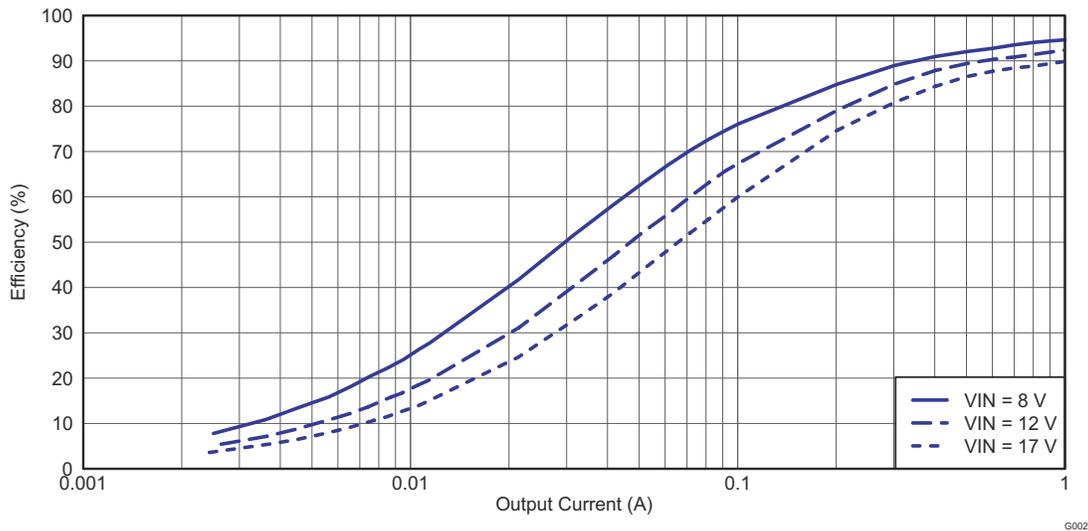


图 2-2. TPS54821EVM-049 低电流效率

由于内部 MOSFET 漏源电阻的温度变化，在较高的环境温度下，效率可能会较低。

2.3 输出电压负载调整率

图 2-3 显示了 TPS54821EVM-049 的负载调整率。

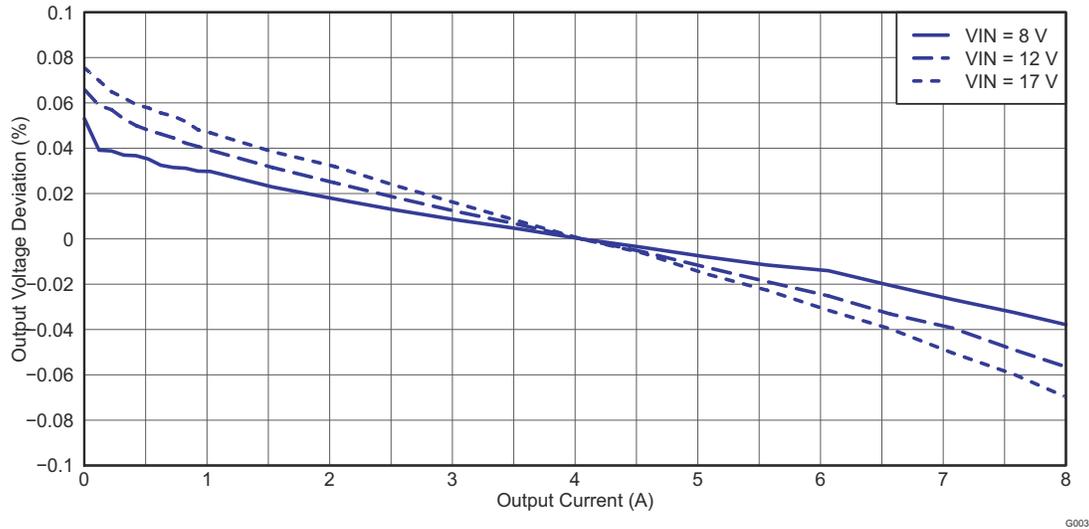


图 2-3. TPS54821EVM-049 负载调整率

测量值为在 25°C 环境温度下的值。

2.4 输出电压线性调整率

图 2-4 显示了 TPS54821EVM-049 的线性调整率。

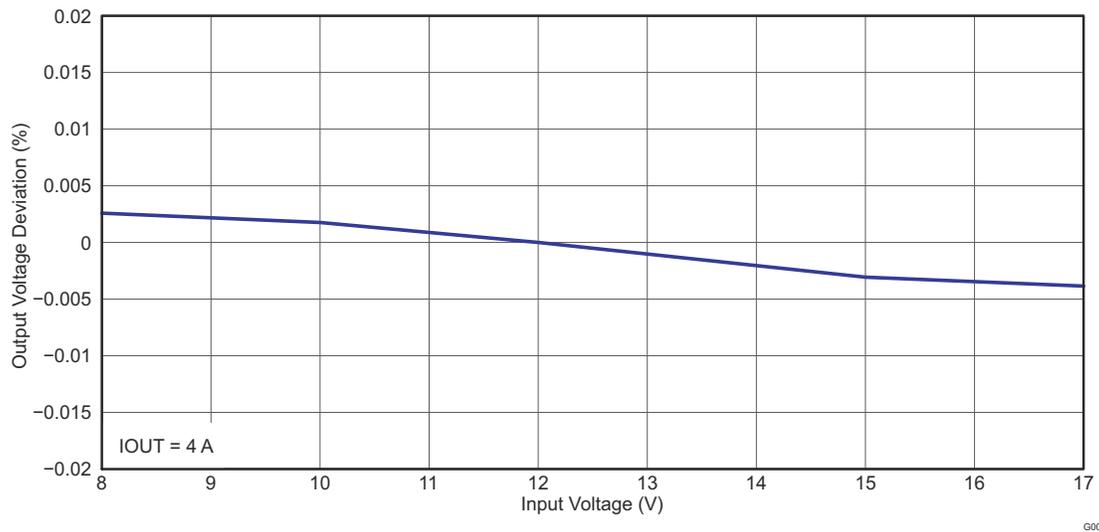


图 2-4. TPS54821EVM-049 线性调整率

2.5 负载瞬态

图 2-5 显示了 TPS54821EVM-049 对负载瞬态的响应。输入电压为 12V 时，电流阶跃为最大额定负载的 25% 至 75%。电流阶跃压摆率为 $1\text{A}/\mu\text{s}$ 。总峰峰值电压变化如图所示，包括输出上的纹波和噪声。

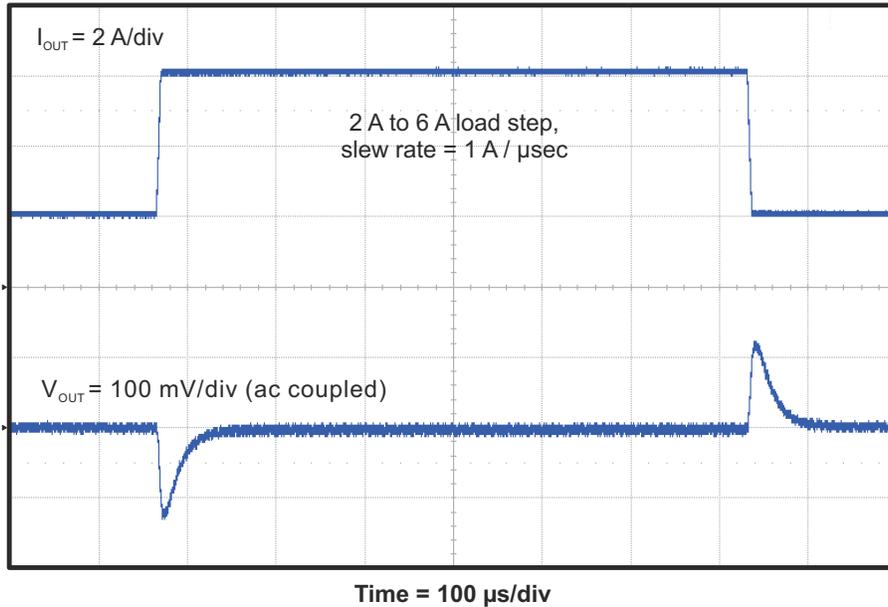


图 2-5. TPS54821EVM-049 瞬态响应

2.6 环路特性

图 2-6 显示了 TPS54821EVM-049 环路响应特征。所示为 V_{IN} 电压为 12V 时的增益和相位曲线图。测量的负载电流为 8A。

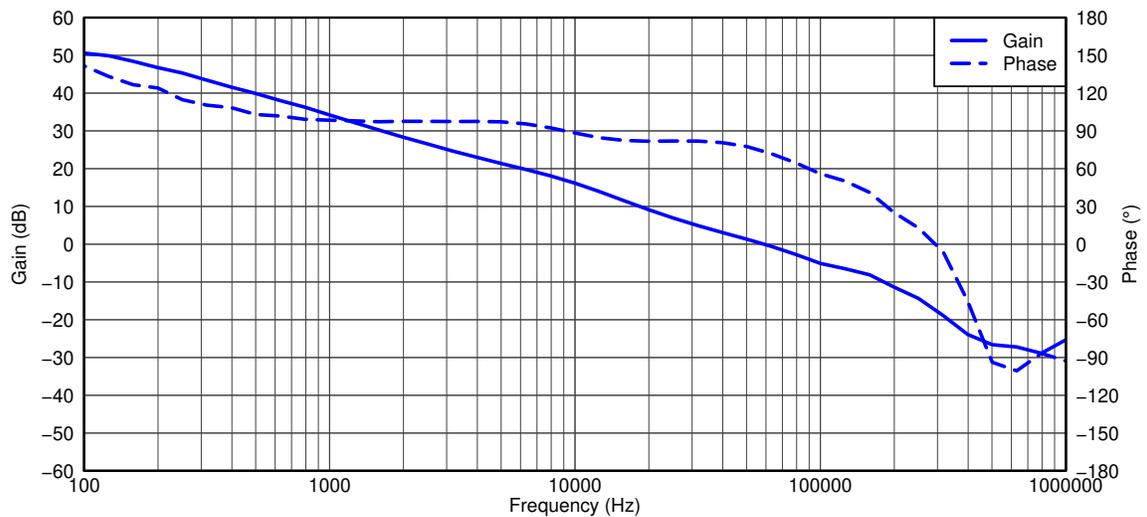


图 2-6. TPS54821EVM-049 环路响应

G001

2.7 输出电压纹波

图 2-7 显示了 TPS54821EVM-049 输出电压纹波。输出电流为额定满载 8A、 $V_{IN} = 12V$ 。纹波电压直接在输出电容器两端测量。

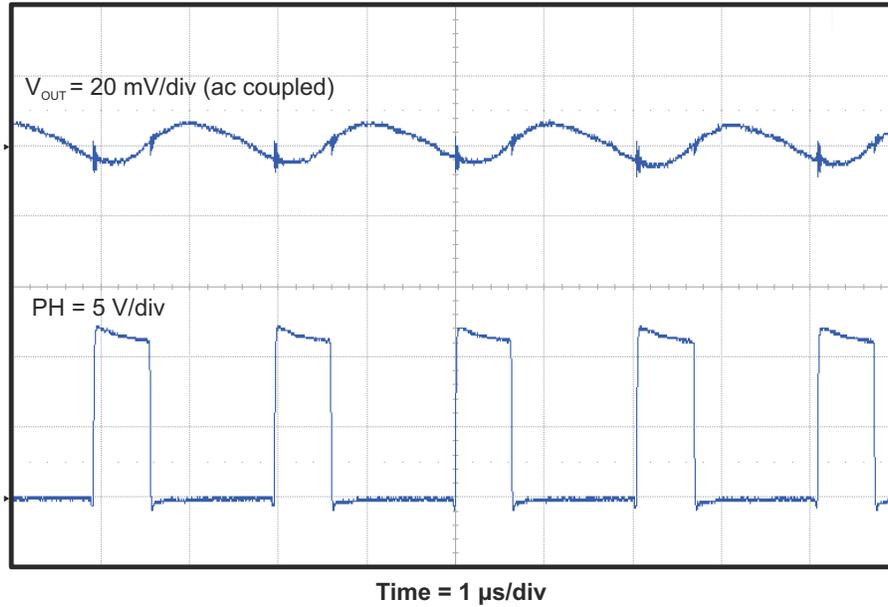


图 2-7. TPS54821EVM-049 输出波纹

2.8 输入电压纹波

图 2-8 显示了 TPS54821EVM-049 输入电压。输出电流在满载下的额定值为 8A， $V_{IN} = 12V$ 。纹波电压直接在输入电容器上测量。

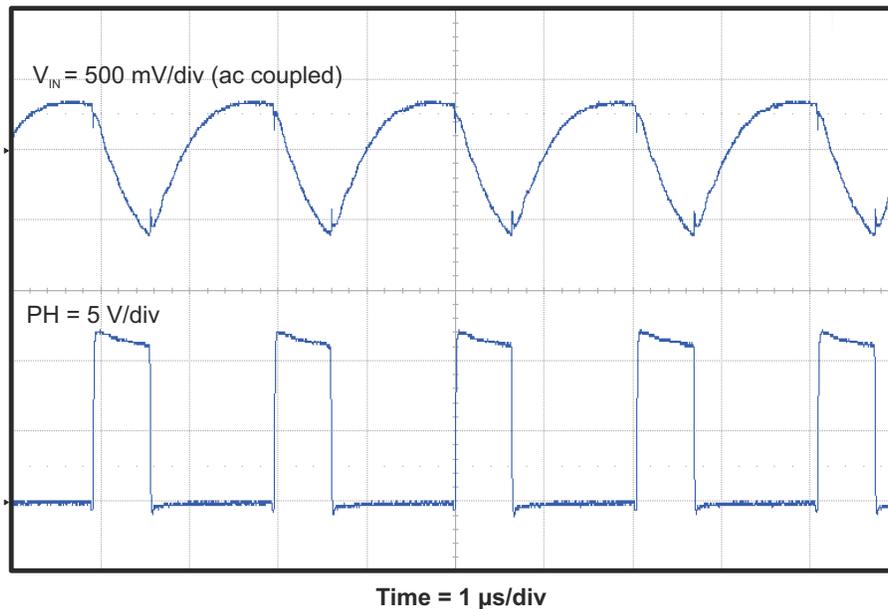


图 2-8. TPS54821EVM-049 输入纹波

2.9 上电

图 2-9 和图 2-10 显示了 TPS54821EVM-049 的启动波形。在图 2-9 中，一旦输入电压达到由 R1 和 R2 电阻分压器网络设置的 UVLO 阈值，输出电压就会上升。在图 2-10 中，最初施加输入电压，并通过在 JP2 上使用跳线将 EN 连接至 GND 来禁止输出。当跳线被移除时，EN 被释放。当 EN 电压达到使能阈值电压时，启动序列开始，输出电压斜升至 3.3V 的外部设置值。这些图中的输入电压为 12V、负载为 1Ω。PWRGD 在 TP5 处上拉至外部 5V 电源。

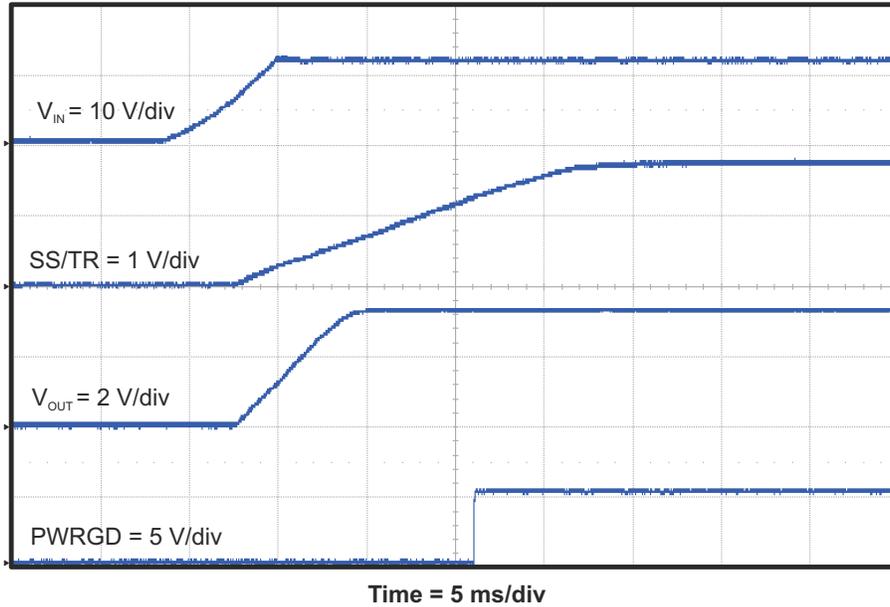


图 2-9. TPS54821EVM-049 相对于 V_{IN} 的启动

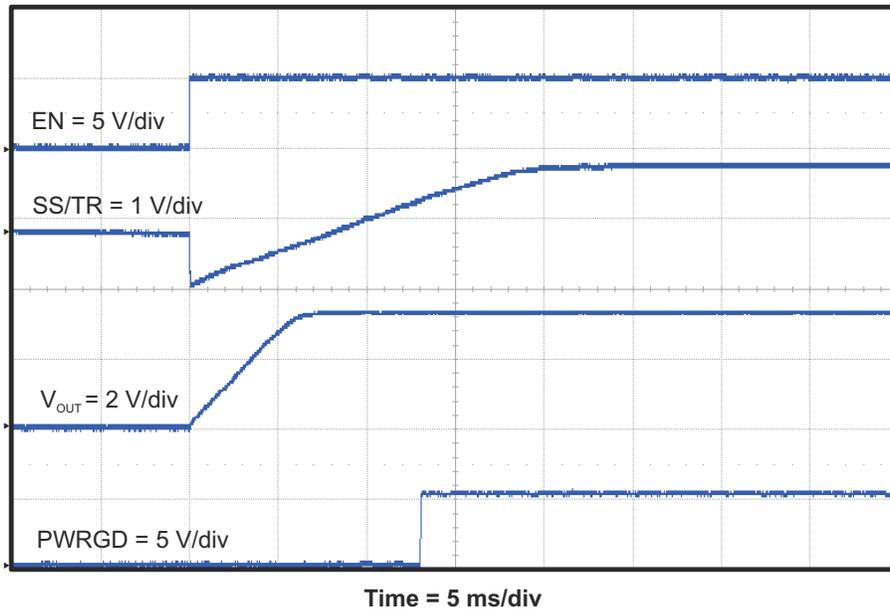


图 2-10. TPS54821EVM-049 相对于使能的启动

2.10 预偏置启动

TPS54821 旨在启动至预偏置输出。在慢启动序列开始时，输出电压不会放电。图 2-11 显示了输出电压预偏置为 1V 时的启动波形。

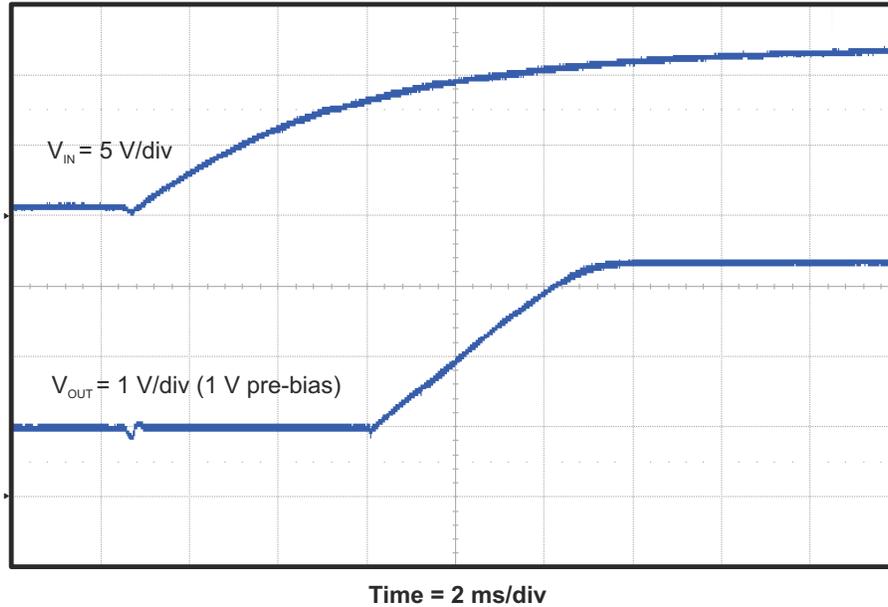


图 2-11. TPS54821EVM-049 启动至预偏置

2.11 断续模式电流限制

TPS54821 具有断续模式电流限制。发生过流事件时，TPS54821 会关闭并重新启动。图 2-12 显示了过流情况下的重启序列。

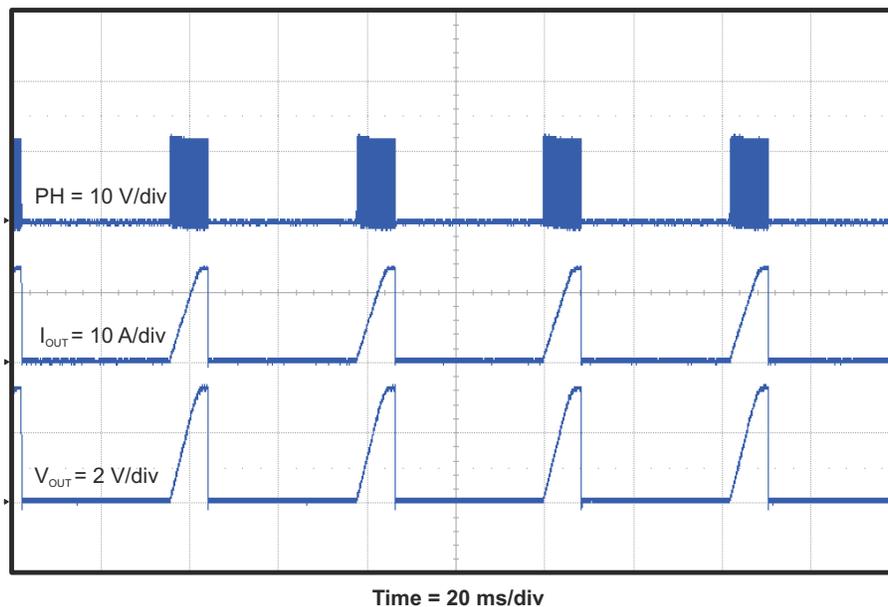


图 2-12. TPS54821EVM-049 断续模式电流限制

3 电路板布局布线

本节提供了 TPS54821EVM-049 电路板布局布线和分层图解说明。

3.1 布局

图 3-1 至图 3-5 显示了 TPS54821EVM-049 的电路板布局布线。EVM 的顶层以用户应用的典型方式布局。顶层、底层和内层为 2oz 覆铜。

顶层包含 PVIN、VIN、V_{OUT} 和 VPHASE 的主要电源布线。另外，顶层还有 TPS54821 剩余引脚的接线和一大块接地区域。内部第 2 层主要是接地，具有 PVIN、VIN 和 V_{OUT} 的额外填充区域。底层和内部层 2 仅包含接地平面。顶部接地布线连接到底部和内部接地层，电路板周围有多个过孔，包括 TPS54821 器件正下方的五个过孔，以提供从顶部接地层到底部接地层的热路径。

输入去耦电容器 (C2 和 C4) 和自举电容器 (C5) 都尽可能靠近 IC。此外，电压设定点电阻分压器元件保持在 IC 附近。分压器网络连接到的稳压点的输出电压，即 J4 输出连接器上的 V_{OUT} 覆铜线。对于 TPS54821，可能需要一个额外的输入大容量电容，具体取决于与输入电源的 EVM 连接。电压设定点分压器、频率设置电阻器、慢启动电容器和补偿元件等关键模拟电路使用独立于电源接地覆铜的宽接地走线端接至地。

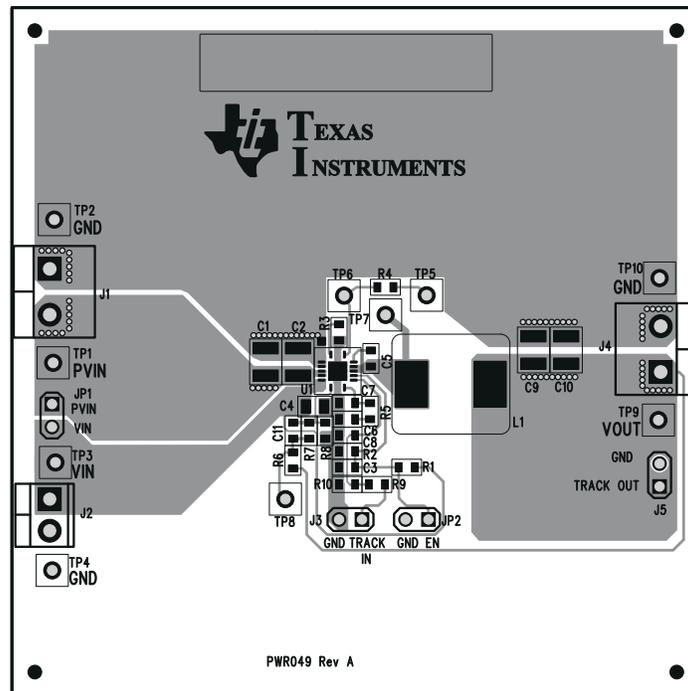


图 3-1. TPS54821EVM-049 顶部组装

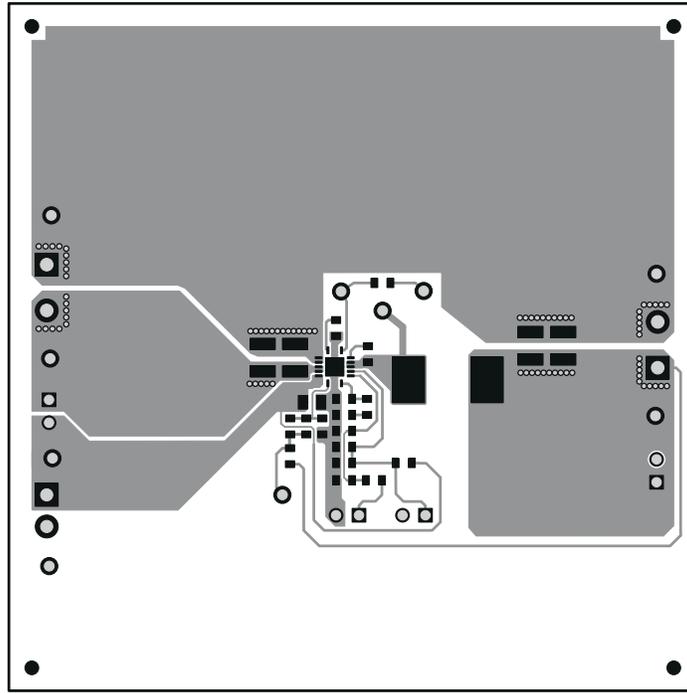


图 3-2. TPS54821EVM-049 顶面布局

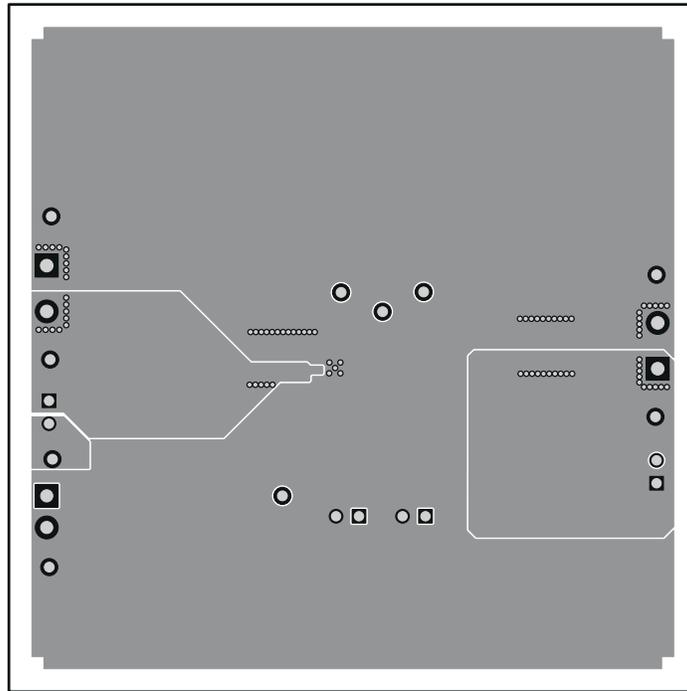


图 3-3. TPS54821EVM-049 内部第 1 层布局

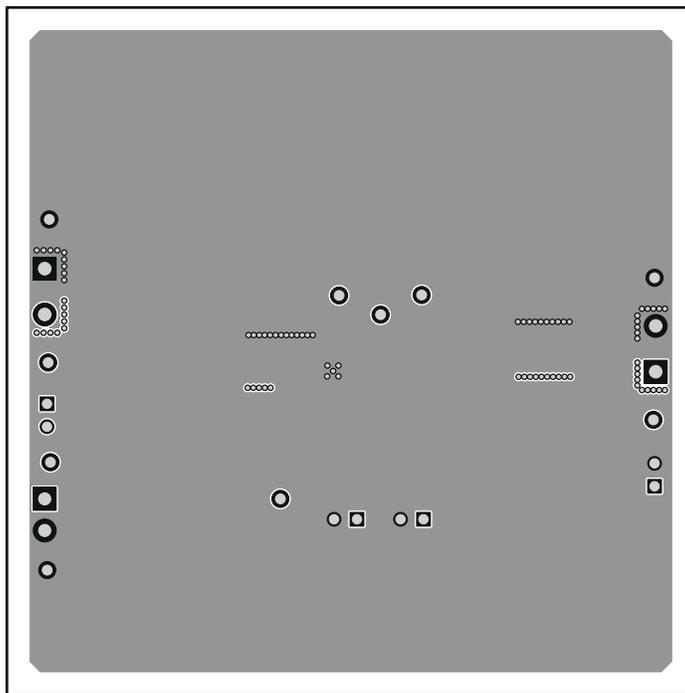


图 3-4. TPS54821EVM-049 内部第 2 层布局

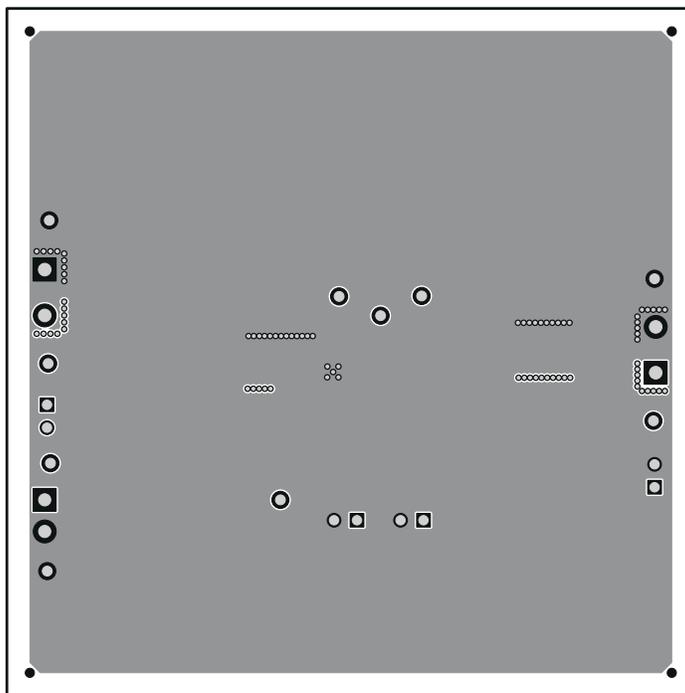


图 3-5. TPS54821EVM-049 底面布局

4 原理图和物料清单

此部分提供了 TPS54821EVM-049 原理图和物料清单。

4.1 原理图

图 4-1 是 TPS54821EVM-049 的原理图。

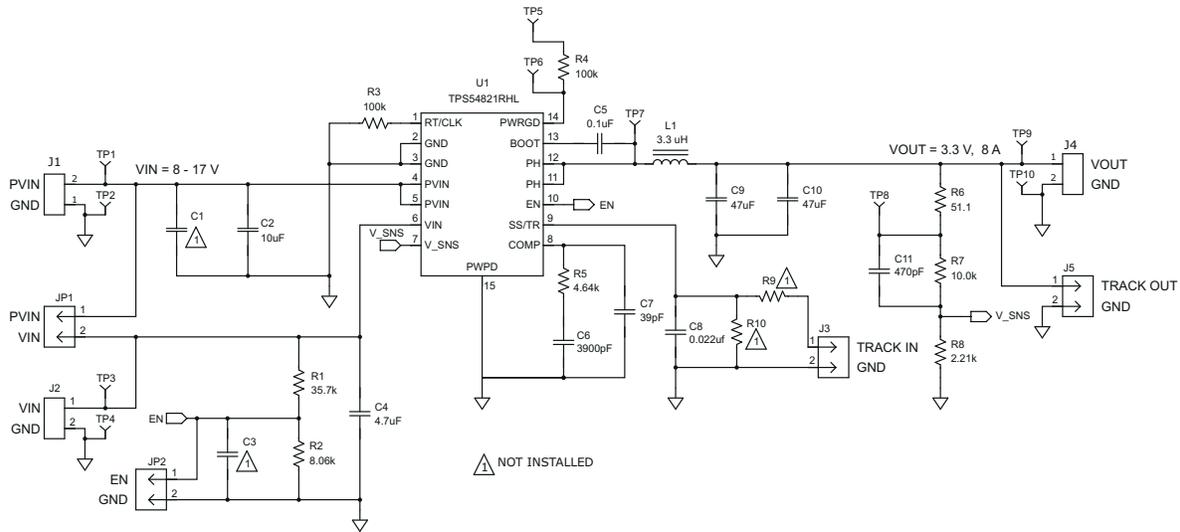


图 4-1. TPS54821EVM-049 原理图

4.2 物料清单

表 4-1 列出了 TPS54821EVM-049 的物料清单。

表 4-1. TPS54821EVM-049 物料清单

数量	引用标识符	值	说明	尺寸	器件型号	制造商
0	C1	开路	电容, 陶瓷	1210	Std	Std
1	C2	10 μ F	电容, 陶瓷, 25V, X5R, 20%	1210	Std	Std
0	C3		电容, 陶瓷	0603	Std	Std
1	C4	4.7 μ F	电容, 陶瓷, 25V, X5R, 10%	0805	Std	Std
1	C5	0.1 μ F	电容, 陶瓷, 25V, X5R, 10%	0603	Std	Std
1	C6	3900 pF	电容, 陶瓷, 50V, X7R, 10%	0603	Std	Std
1	C7	39pF	电容, 陶瓷, 50V, COG 10%	0603	Std	Std
1	C8	0.022 μ F	电容, 陶瓷, 25V, X7R, 10%	0603	Std	Std
2	C9、C10	47 μ F	电容, 陶瓷, 10V, X5R, 10%	1210	Std	Std
0	C11	470pF	电容, 陶瓷, 50V, X7R, 10%	0603	Std	Std
1	J2	ED555/2DS	引脚块, 2 引脚, 6A, 3.5mm	0.27 × 0.25 英寸	ED555/2DS	OST
2	J1、J4	ED120/2DS	端子块, 2 引脚, 15A, 5.1mm	0.40 × 0.35 英寸	ED120/2DS	OST
4	JP1、JP2、J3、J5	PEC02SAAN	接头, 公头 2 引脚, 100mil 间距	0.100 英寸 × 2	PEC02SAAN	Sullins
1	L1	3.3 μ H	电感器, SMT, 10A, 13.7 毫欧	0.400 × 0.453 英寸	IHLP4040DZE R3R3M01	Vishay
1	R1	35.7k	电阻, 贴片, 1/16W, 1%	0603	Std	Std
1	R2	8.06k	电阻, 贴片, 1/16W, 1%	0603	Std	Std
2	R3、R4	100k	电阻, 贴片, 1/16W, 1%	0603	Std	Std
1	R5	4.64k	电阻, 贴片, 1/16W, 1%	0603	Std	Std
1	R6	51.1	电阻, 贴片, 1/16W, 1%	0603	Std	Std
1	R7	10.0k Ω	电阻, 贴片, 1/16W, 1%	0603	Std	Std
1	R8	2.21k	电阻, 贴片, 1/16W, 1%	0603	Std	Std
0	R9、R10	开路	电阻, 贴片, 1/16W, 1%	0603	Std	Std
4	TP1、TP3、TP7、TP9	5000	测试点, 红色, 通孔式颜色编码	0.100 × 0.100 英寸	5000	Keystone
6	TP2、TP4、TP5、TP6、TP8、TP10	5001	测试点, 黑色, 通孔式颜色编码	0.100 × 0.100 英寸	5001	Keystone
1	U1	TPS54821RHL	IC, 具有集成 MOSFET 的 1.6V-17V 同步降压 PWM 转换器	3.5mm × 3.5mm QFN14	TPS54821RHL	TI
2	—		分流器, 100mil, 黑色	0.100	929950-00	3M
1	—		标签 (见注 5)	1.25 英寸 × 0.25 英寸	THT-13-457-10	Brady
1	—		PCB, 2.5" × 2.5" × 0.062"		PWR049	不限

注释

- 这些组件都对 ESD 敏感, 因此应注意采取 ESD 预防措施。
- 这些组件都必须是干净的且没有焊剂和任何污染物。不允许使用免清洗焊剂。
- 这些组件都必须符合 IPC-A-610 2 类工艺标准。
- 标有星号 ("*** ") 的引用标识符无法替换。所有其他元件都可以替换为 MFG 的等效元件。
- 最终清洗后, 将标签安装在丝印盒中。文本应为 8pt 字体

5 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 * (October 2011) to Revision A (August 2021)	Page
• 更新了用户指南的标题.....	2
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式。.....	2

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