



摘要

本用户指南包含 TPS54A24EVM-058 评估模块 (BSR058) 以及 TPS54A24 直流/直流转换器的信息，还包含 TPS54A24EVM-058 的性能特征、原理图和物料清单。

内容

1 引言	3
1.1 背景	3
1.2 性能特性汇总	3
1.3 更改	3
2 测试设置和结果	5
2.1 输入/输出连接	5
2.2 效率	6
2.3 输出电压负载调整率	6
2.4 负载瞬态和环路响应	7
2.5 输出电压纹波	8
2.6 输入电压纹波	8
2.7 上电	9
2.8 关断	9
2.9 启动进入预偏置	10
2.10 断续模式电流限制	11
2.11 热性能	12
3 电路板布局布线	13
3.1 布局	13
4 原理图和物料清单	15
4.1 原理图	15
4.2 物料清单	16
5 修订历史记录	18

插图清单

图 2-1. TPS54A24EVM-058 效率	6
图 2-2. TPS54A24EVM-058 低电流效率	6
图 2-3. TPS54A24EVM-058 负载调整率	6
图 2-4. TPS54A24EVM-058 线性调整率	6
图 2-5. TPS54A24EVM-058 瞬态响应	7
图 2-6. TPS54A24EVM-058 环路响应	7
图 2-7. TPS54A24EVM-058 输出纹波，空载	8
图 2-8. TPS54A24EVM-058 输出纹波，10A 负载	8
图 2-9. TPS54A24EVM-058 输入纹波，空载	8
图 2-10. TPS54A24EVM-058 输入纹波，10A 负载	8
图 2-11. TPS54A24EVM-058 相对于 V_{IN} 的启动	9
图 2-12. TPS54A24EVM-058 相对于使能的启动	9
图 2-13. TPS54A24EVM-058 相对于 V_{IN} 的关断	9
图 2-14. TPS54A24EVM-058 相对于使能端的关断	9
图 2-15. TPS54A24EVM-058 启动至预偏置	10
图 2-16. TPS54A24EVM-058 断续电流限制	11
图 2-17. TPS54A24EVM-058 断续启动	11

图 2-18. TPS54A24EVM-058 断续停止.....	11
图 2-19. TPS54A24EVM-058 热性能.....	12
图 3-1. 顶部复合视图.....	13
图 3-2. 底部复合视图 (仰视图)	13
图 3-3. 顶层布局.....	14
图 3-4. 中间层 1 布局.....	14
图 3-5. 中间层 2 布局.....	14
图 3-6. 底层布局.....	14
图 4-1. TPS54A24EVM-058 原理图.....	15

表格清单

表 1-1. 输入电压和输出电流汇总	3
表 1-2. TPS54A24EVM-058 性能特性汇总.....	3
表 1-3. 用于评估常见输出电压的元件值.....	4
表 2-1. TPS54A24EVM-058 EVM 连接器和测试点.....	5
表 4-1. TPS54A24EVM-058 物料清单.....	16

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

1.1 背景

TPS54A24 直流/直流转换器是一款同步降压转换器，可提供高达 10A 的输出电流。输入电压 (V_{IN}) 的额定值为 4.5V 至 17V。表 1-1 中给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使用 TPS54A24 稳压器进行设计时，可减小印刷电路板面积。RT/CLK 引脚配置为 500kHz 开关频率。TPS54A24 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 TPS54A24 实现高效率，并在输出电流较高的情况下帮助保持低结温。外部分压器能实现可调节的输出电压。此外，TPS54A24 还提供可调节软启动、欠压锁定输入以及电源正常输出。

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
TPS54A24EVM-058	$V_{IN} = 4.5\text{ V 至 }17\text{ V}$	0A 至 10A

1.2 性能特性汇总

表 1-2 中提供了 TPS54A24EVM-058 性能特性的汇总。除非另有说明，给出的特性适用于输入电压 $V_{IN} = 12\text{ V}$ 和输出电压为 1.8V 的情况。TPS54A24EVM-058 的设计和测试条件是， $V_{IN} = 4.5\text{ V 至 }17\text{ V}$ 。除非另有说明，所有测量的环境温度均为室温 (20°C 至 25°C)。

表 1-2. TPS54A24EVM-058 性能特性汇总

技术规格	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{IN} 电压范围		4.5	12	17	V
输入电流	$V_{IN} = 12\text{ V}, I_O = 0\text{ A}$		18.5		mA
	$V_{IN} = 4.5\text{ V}, I_O = 10\text{ A}$		4.57		A)
V_{IN} 启动电压			4.5		V
V_{IN} 停止电压			4		V
输出电压设定点			1.8		V
输出电流范围	$V_{IN} = 4.5\text{ V 至 }17\text{ V}$	0		10	A
负载调整率	$V_{IN} = 4.5\text{ V 至 }17\text{ V}, I_O = 10\text{ A}$		-0.1%		
负载瞬态响应	$I_O = 2.5\text{ A 至 }7.5\text{ A}$	电压变化	-70		mV
		恢复时间	80		μs
	$I_O = 7.5\text{ A 至 }2.5\text{ A}$	电压变化	70		mV
		恢复时间	80		μs
环路带宽	$V_{IN} = 12\text{ V}, R_O = 0.3\ \Omega$		76		kHz
相位裕度			56		度
输入纹波电压	$I_O = 10\text{ A}$		240		mVPP
输出纹波电压			7		mVPP
输出上升时间			1.3		ms
工作频率 (f_{SW})			500		kHz
峰值效率	TPS54A24EVM-058, $V_{IN} = 5\text{ V}, I_O = 2\text{ A}$		94.7%		
	TPS54A24EVM-058, $V_{IN} = 12\text{ V}, I_O = 3.5\text{ A}$		91.6%		
IC 外壳温度	TPS54A24EVM-058, $V_{IN} = 12\text{ V}, I_O = 10\text{ A}$, 浸泡 15 分钟		62.7		°C

1.3 更改

这些评估模块用于访问 TPS54A24 的功能。此模块可能会做出一些修改。当对 EVM 上的元件进行修改时，可能需要更改连接到 COMP 引脚的补偿元件。 f_{SW} 、输出电压、输出电感器和输出电容器的变化可能需要改变外部补偿。确保所有元件都具有足够的电压和电流额定值。表 1-3 给出了不同应用的一些示例值。

1.3.1 输出电压设定点

输出电压由 R8 (R_{FBT}) 和 R6 (R_{FBB}) 构成的电阻分压器网络进行设置。R6 固定为 6.04kΩ，以将 FB 分压器电流设置为约 100μA。要更改 EVM 的输出电压，必须更改电阻器 R8 的值。更改 R6 的值可以更改高于 0.6V 参考电压 (V_{REF}) 的输出电压。特定输出电压的 R8 值可以使用 [方程式 1](#) 计算。

$$R_{FBT} = R_{FBB} \times \left(\frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right) \quad (1)$$

1.3.2 可调节欠压闭锁 (UVLO)

欠压锁定 (UVLO) 可以使用 R2 (R_{ENT}) 和 R9 (R_{ENB}) 从外部进行调节。有关设置外部 UVLO 的详细说明，请参阅 [TPS54A24 数据表](#)。

1.3.3 用于评估常见输出电压的元件值

[表 1-3](#) 显示了评估其他常见输出电压时建议对 EVM 进行的修改。选择这些建议的元件值是为了将输出电容器保持在默认 EVM 元件，以更大限度地减少更改次数。根据应用中的负载阶跃响应要求，输出电容器可能需要与默认 EVM 元件不同。可以使用更多或更少的输出电容。如果更改了输出电容器，可能还需要调整补偿。此外，如果更改了 f_{sw}，可能也需要更改电感值 (L)。TPS54A24 数据表公式或 WEBENCH 可用于计算输出电容值、补偿、f_{sw} 和电感。确保所有元件都具有足够的电压和电流额定值。

表 1-3. 用于评估常见输出电压的元件值

V _{OUT} (V)	f _{sw} (kHz)	R _T (R7) (kΩ)	L (μH)	C _{OUT} (μF)	R _{FBT} (R8) (kΩ)	R _C (R5) (kΩ)	C _C (C18) (nF)	C _P (C17) (pF)	C _{FF} (C19) (pF)
1	500	100	0.68	3x 100	4.02	6.65	4.7	82	330
1.2	500	100	0.82	3x 100	6.04	6.65	4.7	82	220
3.3	500	100	1.8	3x 100	27.4	12.1	2.7	39	47
5	500	100	2.2	3x 100	44.2	12.1	2.7	39	33

2 测试设置和结果

本节介绍了如何正确连接、设置和使用 TPS54A24EVM-058 评估模块。另外还包括评估模块的典型测试结果以及效率、输出电压调整率、负载瞬态、环路响应、输出纹波、输入纹波、启动和电流限制模式。除非另有说明，否则测量均在室温 (20°C 至 25°C) 下进行。

2.1 输入/输出连接

如表 2-1 中所示，TPS54A24EVM-058 附带输入/输出连接器和测试点。必须通过一对 20 AWG 导线或更好的导线将能够提供 7.5A 以上电流的电源连接到 J1。香蕉插孔 J5 和 J6 提供了到输入电源的替代连接。必须通过一对 20 AWG 导线或更高的导线将负载连接到 J2。在 TPS54A24 进入电流限制之前，最大负载电流能力接近 15A。必须尽可能缩短导线长度，从而减少导线中的损耗。测试点 TP1 提供了一个监测 V_{IN} 输入电压的位置，而 TP7 提供了便捷的接地基准。在以 TP11 作为接地基准的情况下，TP4 用于监测输出电压。

如果对 TPS54A24EVM-058 进行了修改，输入电流可能会发生变化。输入电源以及将 EVM 连接到电源的导线必须符合额定输入电流要求。

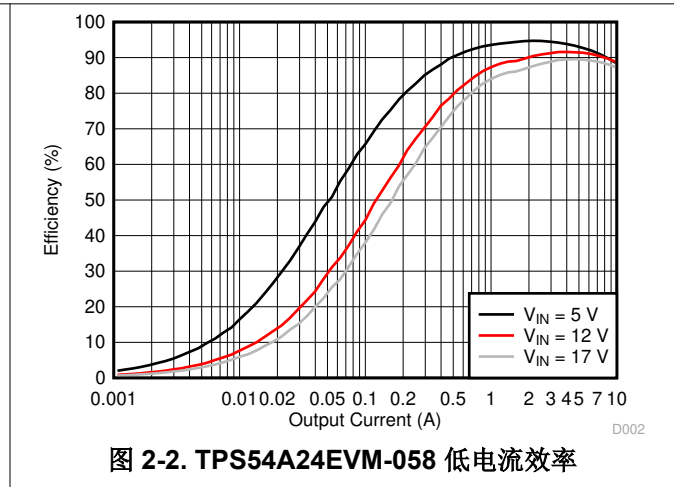
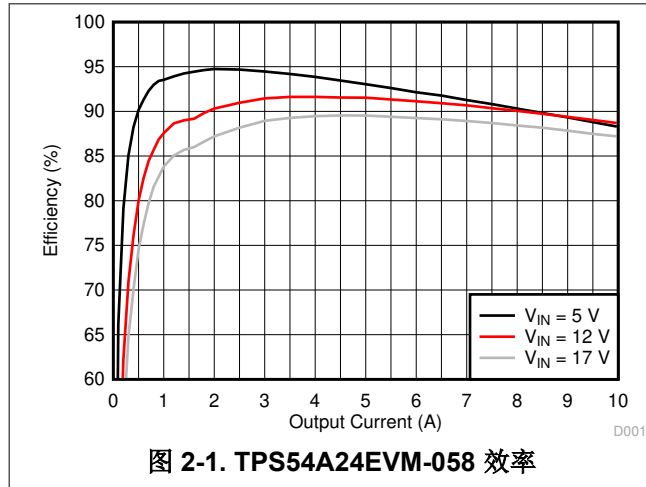
表 2-1. TPS54A24EVM-058 EVM 连接器和测试点

参考标识符	功能
J1	用于连接输入电压的 V_{IN} 螺纹接线端子 (请参阅表 1-1，以了解 V_{IN} 范围)
J2	用于连接负载的 V_{OUT} 螺丝接线端子
J3	用于实现使能的 2 引脚接头。添加分流器以将 EN 接地并禁用器件。
J4	用于电源正常电阻器上拉连接的 2 引脚接头。添加分流器以上拉至 V_{OUT} 。如果 V_{OUT} 大于 5V，则组装电阻器 R3，以将 PGOOD 引脚电压保持在其 6.5V 绝对最大额定值以下。
J5	用于输入电源正极端子的香蕉插孔
J6	用于输入电源负极端子的香蕉插孔
TP1	V_{IN} 测试点
TP2	EN 测试点。如果施加外部电压，则必须将其保持在 EN 引脚的 6.5V 绝对最大值以下
TP3	SW 节点测试点
TP4	输出电压测试点
TP5	PGOOD 测试点
TP6	PGOOD 上拉测试点。移除 J4 上的分流器以提供外部上拉电压。外部上拉电压必须使 PGOOD 引脚电压低于其 6.5V 绝对最大额定值。
TP7、TP9、TP11	PGND 测试点
TP8	SS/TRK 测试点
TP10	分压器网络和输出电压之间的测试点。用于环路响应测量。
TP12、TP13、TP14	AGND 测试点
TP15	用于测量 SW 节点的 SMB 连接器。使用此测试点时，应将示波器设置为 50 Ω 端接。50 Ω 端接和 R12 R13 的组合会产生 20:1 衰减。
TP16	用于测量输出电压的 SMB 连接器。使用此测试点时，应将示波器设置为 1M Ω 端接。
TP17	为同步提供外部 CLK 的测试点。应组装 C2 和 R10 以使用此测试点。

2.2 效率

图 2-1 显示了 TPS54A24EVM-058 的效率。

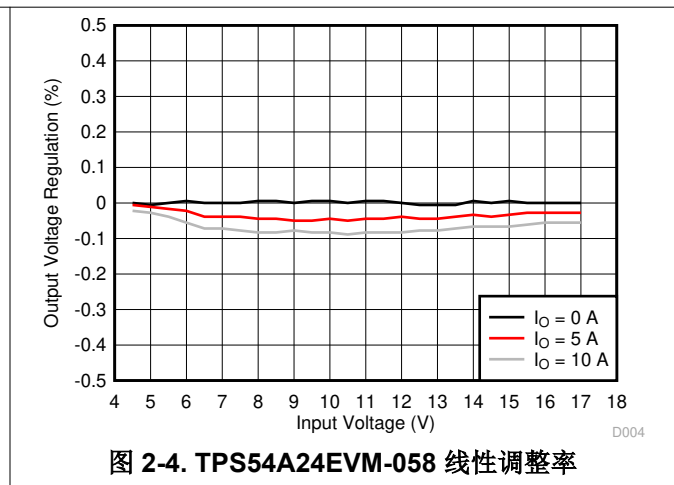
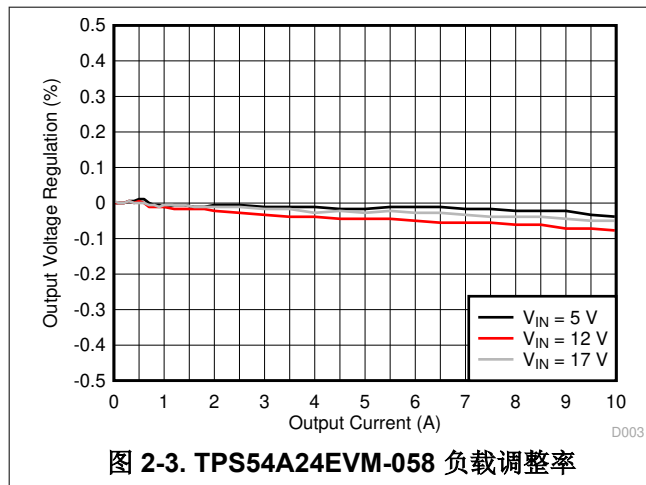
图 2-2 显示了 TPS54A24EVM-058 的效率；这里使用了半对数标度，以便更轻松地了解较低输出电流条件下的效率。TPS54A24 在轻负载条件下以强制连续导通模式运行。



2.3 输出电压负载调整率

图 2-3 显示了 TPS54A24EVM-058 的负载调整率。

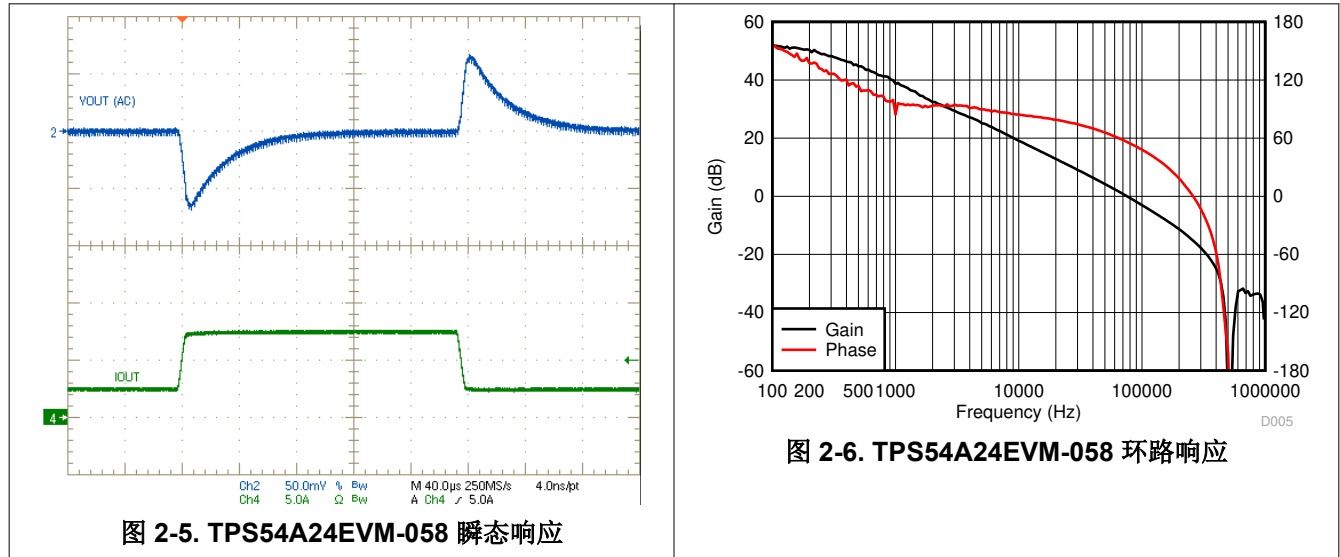
图 2-4 显示了 TPS54A24EVM-058 的线性调整率。



2.4 负载瞬态和环路响应

图 2-5 显示了 TPS54A24EVM-058 对负载瞬态的响应。电流阶跃为 2.5A 至 7.5A，电流阶跃压摆率为 1A/μs。VOUT 电压使用 TP16 进行测量。

图 2-6 显示了 TPS54A24EVM-058 环路响应特性。所示为 V_{IN} 电压为 12V 且电阻负载为 0.3 Ω 的增益和相位图。



2.5 输出电压纹波

图 2-7 和图 2-8 显示了 TPS54A24EVM-058 输出电压纹波。负载电流为空载和 10A。V_{IN} = 12V。V_{OUT} 电压使用 TP16 进行测量，而 SW 电压使用 TP15 进行测量。

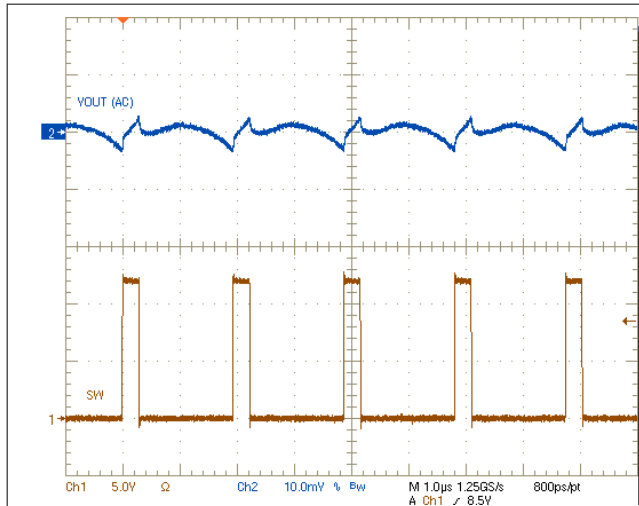


图 2-7. TPS54A24EVM-058 输出纹波，空载

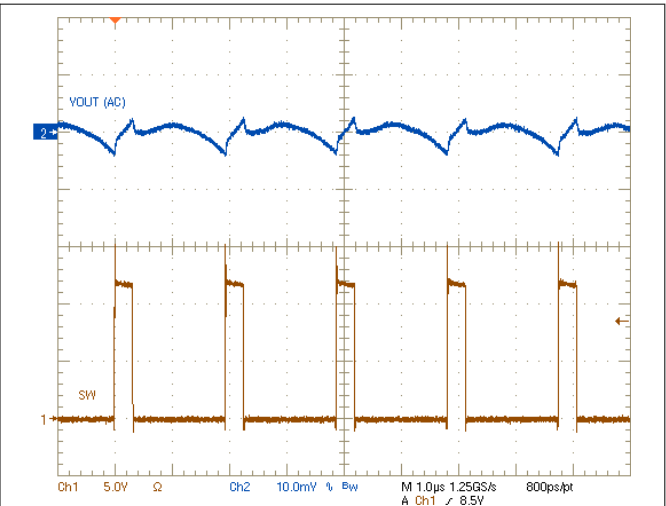


图 2-8. TPS54A24EVM-058 输出纹波，10A 负载

2.6 输入电压纹波

图 2-9 和图 2-10 显示了 TPS54A24EVM-058 输入电压纹波。负载电流为空载和 10A。V_{IN} = 12V。纹波电压直接在 TP1 和 TP7 上测量。

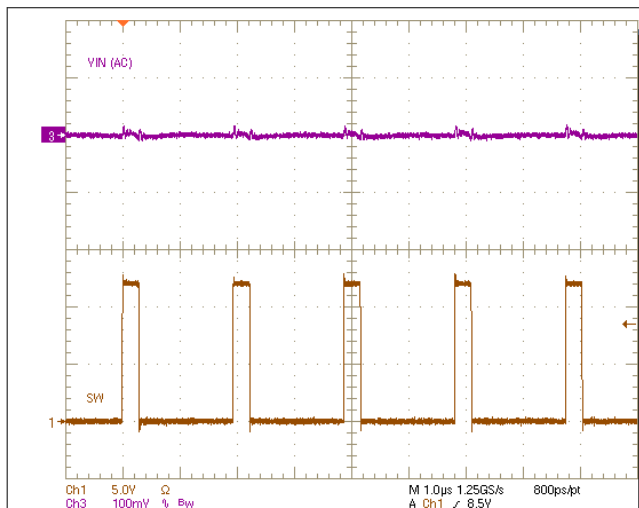


图 2-9. TPS54A24EVM-058 输入纹波，空载

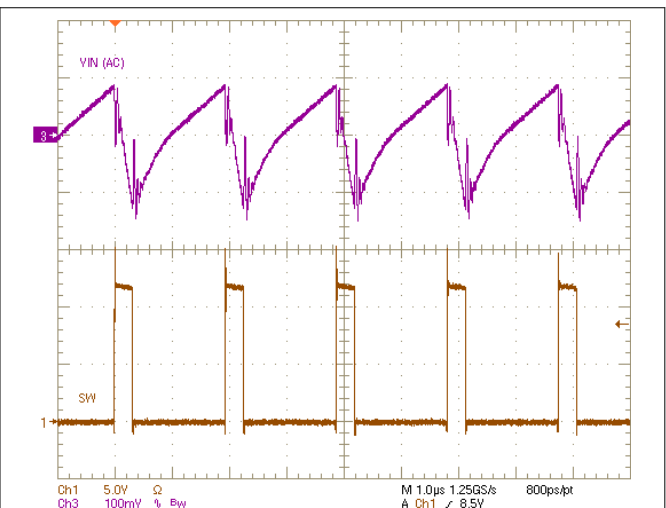


图 2-10. TPS54A24EVM-058 输入纹波，10A 负载

2.7 上电

图 2-11 和图 2-12 显示了 TPS54A24EVM-058 的启动波形。在图 2-11 中，一旦输入电压达到 UVLO 阈值，输出电压就会上升。在图 2-12 中，最初施加输入电压，通过使用外部函数发生器将 EN 拉至 GND 来抑制输出。当 EN 电压升高到使能阈值电压以上时，启动序列开始，输出电压斜升至 1.8V 的外部设置值。在这些图中，输入电压为 12V，负载为 1.8Ω。或者，也可以使用 J3 处的跳线将 EN 连接到 GND。移除跳线后，EN 将会释放，并且启动序列会开始。

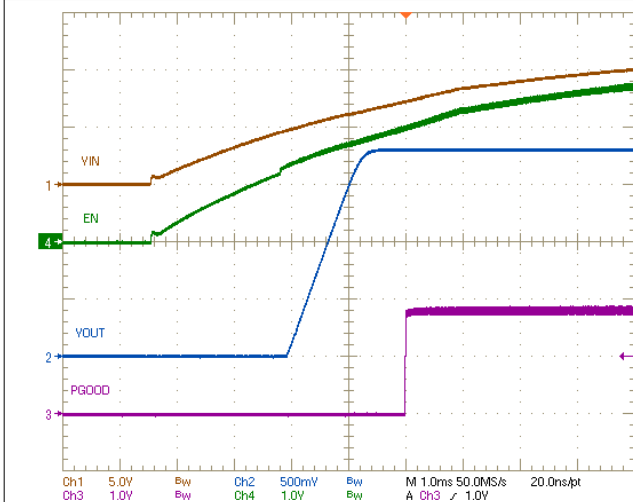


图 2-11. TPS54A24EVM-058 相对于 V_{IN} 的启动

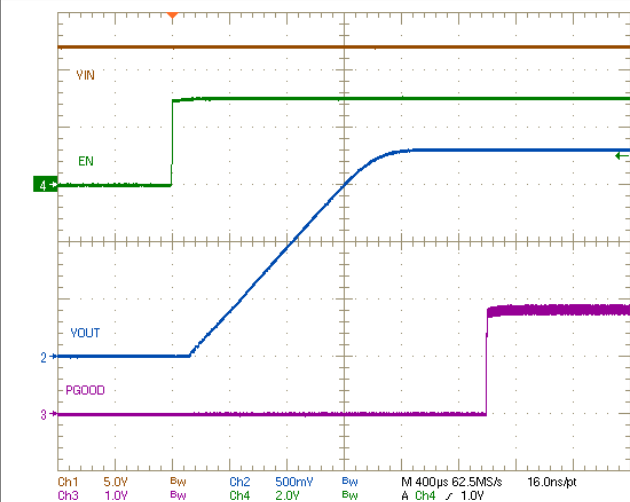


图 2-12. TPS54A24EVM-058 相对于使能的启动

2.8 关断

图 2-13 和图 2-14 显示了 TPS54A24EVM-058 的关断。在这些图中，输入电压为 12V，负载为 1.8Ω。

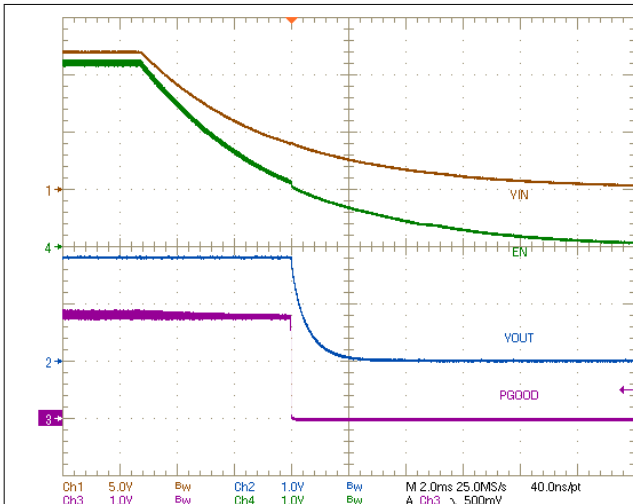


图 2-13. TPS54A24EVM-058 相对于 V_{IN} 的关断

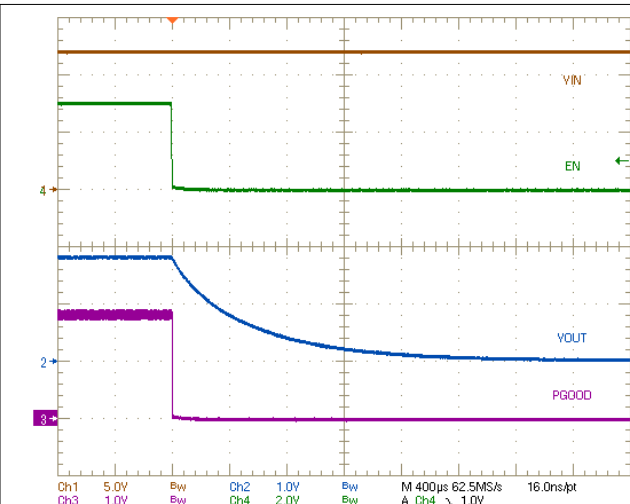


图 2-14. TPS54A24EVM-058 相对于使能端的关断

2.9 启动进入预偏置

图 2-15 显示了 TPS54A24EVM-058 启动至预偏置输出。输出电压通过一个 100Ω 电阻器预偏置到 1V。

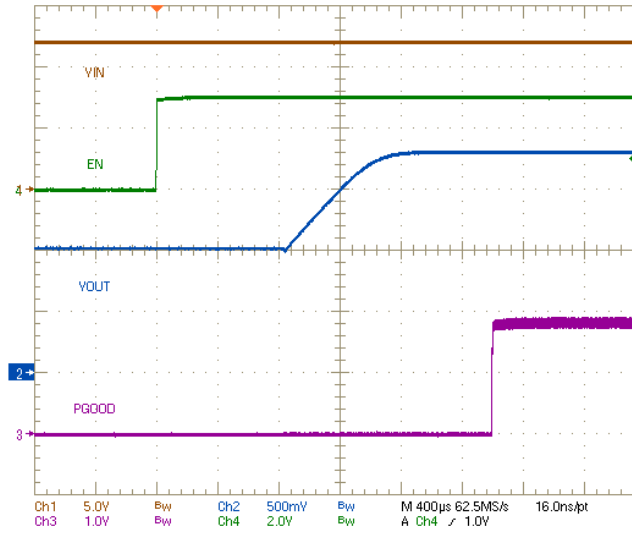


图 2-15. TPS54A24EVM-058 启动至预偏置

2.10 断续模式电流限制

图 2-16 图 2-17 和图 2-18 显示了 TPS54A24 断续电流限制功能。如果电流限制事件在断续模式之前的等待时间内持续存在，TPS54A24 将关断。TPS54A24 会在断续时间后重新启动。

图 2-16 显示了 TPS54A24EVM-058 在输出短路时进入断续模式。输出电流中的初始过冲是输出电容器放电。图 2-17 显示了 TPS54A24EVM-058 进入断续模式，其中以更长的时间刻度来显示断续周期。图 2-18 显示了 TPS54A24EVM-058 在短路消除后退出断续模式。

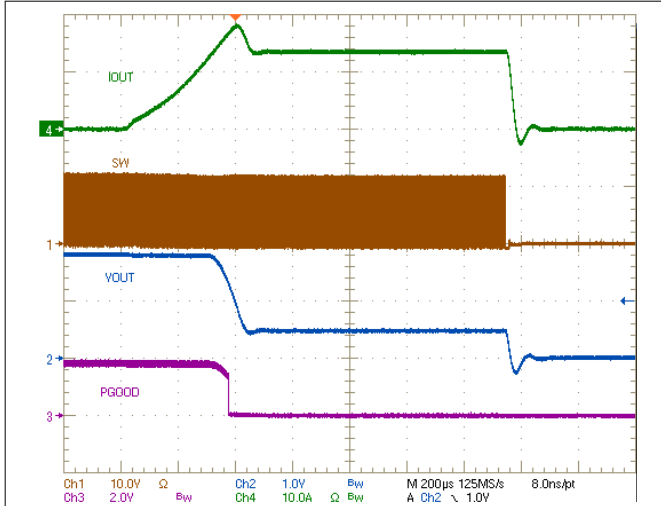


图 2-16. TPS54A24EVM-058 断续电流限制

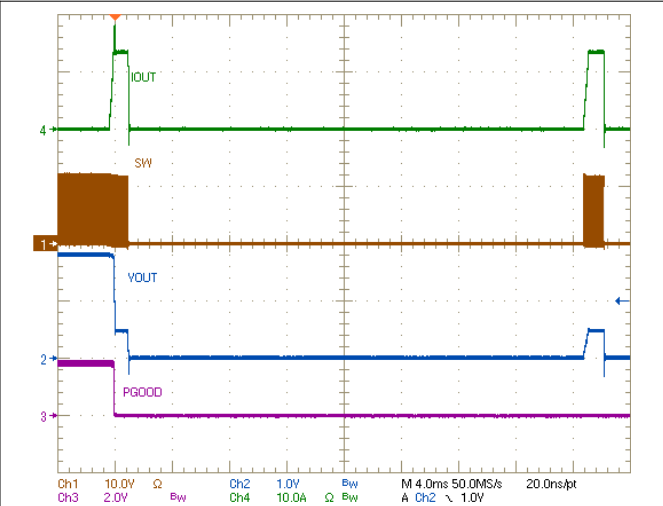


图 2-17. TPS54A24EVM-058 断续启动

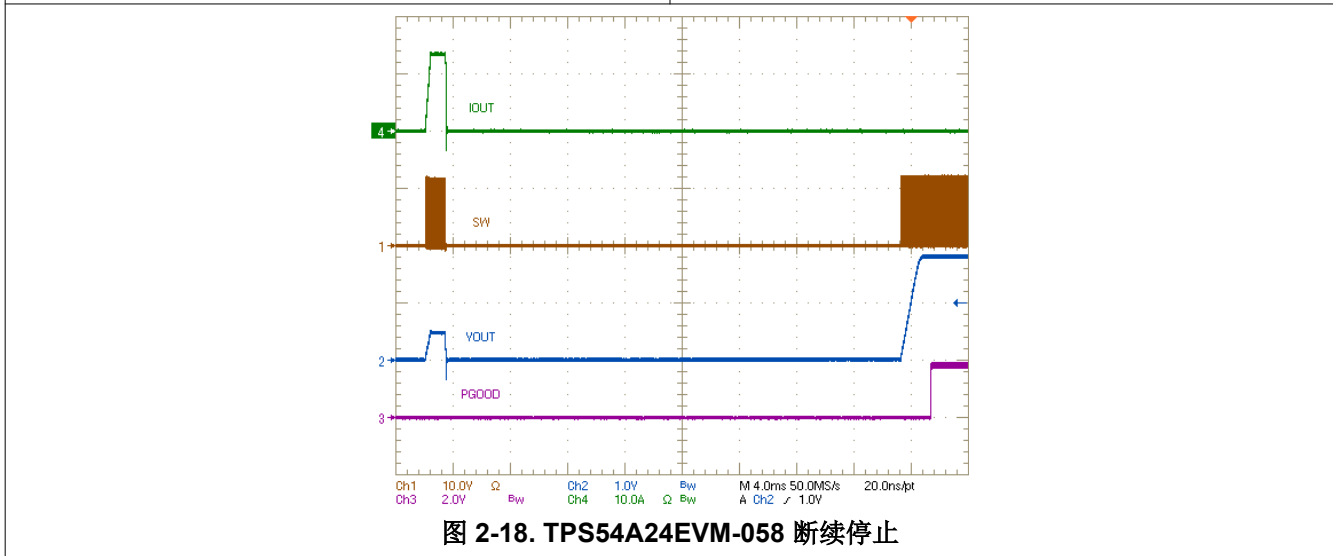


图 2-18. TPS54A24EVM-058 断续停止

2.11 热性能

图 2-19 显示了 TPS54A24 IC 和电感器的温升与负载电流之间的关系。每次测量之前均需要 15 分钟的浸泡时间。

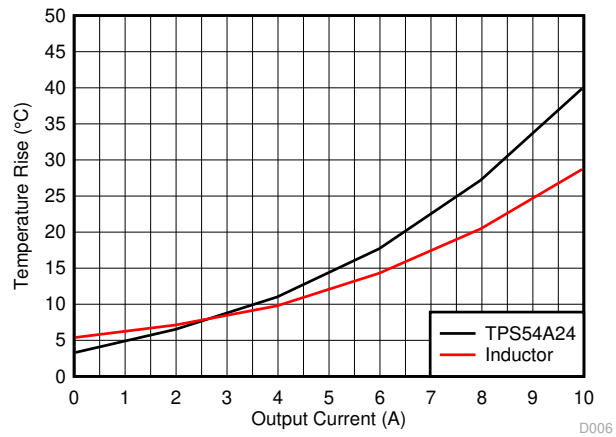


图 2-19. TPS54A24EVM-058 热性能

3 电路板布局布线

本节提供了 TPS54A24EVM-058 电路板布局布线和分层图解说明。

3.1 布局

图 3-1 至图 3-6 显示了 TPS54A24EVM-058 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 VIN、VOUT 和 SW 的主要电源迹线。顶层还连接了 TPS54A24 的其余引脚和大多数信号布线。顶层具有专用接地层，用作安静模拟接地，该接地层单点连接到主电源接地层。中间层 1 是一个较大的接地层，并且还会将信号路由到测试点。中间层 2 包含一个带有 BOOT 走线的额外较大接地覆铜区和一个额外的 VIN 和 VOUT 覆铜区。底层是另一个接地层，其中包含输出电压反馈布线以及从信号到测试点的布线。顶部接地布线连接到底部和内部接地层，并在电路板周围放置多个过孔。

输入去耦电容器和自举电容器全部放置在尽可能靠近 IC 的地方。此外，电压设定点电阻分压器元件保持靠近 IC。分压器网络连接到稳压点的输出电压，即 TP4 测试点的覆铜 V_{OUT} 线迹。可使用一个额外的输入大容量电容器来限制从输入电源进入转换器的噪声。电压设定点分压器、EN 电阻器、SS/TRK 电容器、RT/CLK 电阻器和 COMP 引脚等关键模拟电路均端接至顶层上的安静模拟接地 (AGND) 岛。

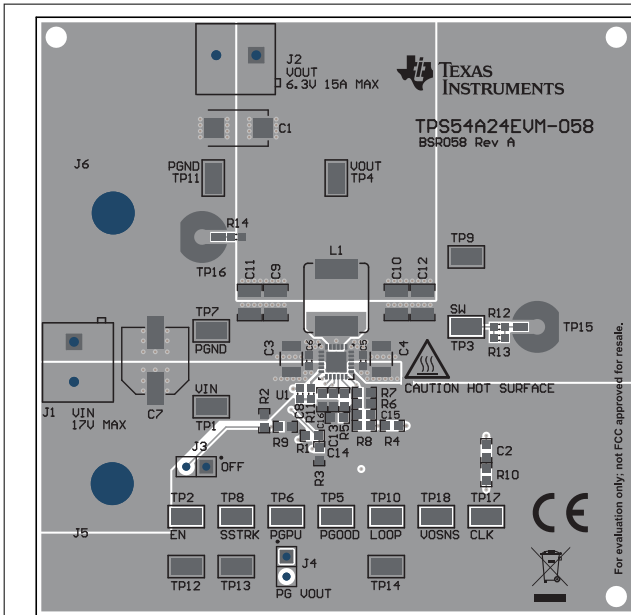


图 3-1. 顶部复合视图

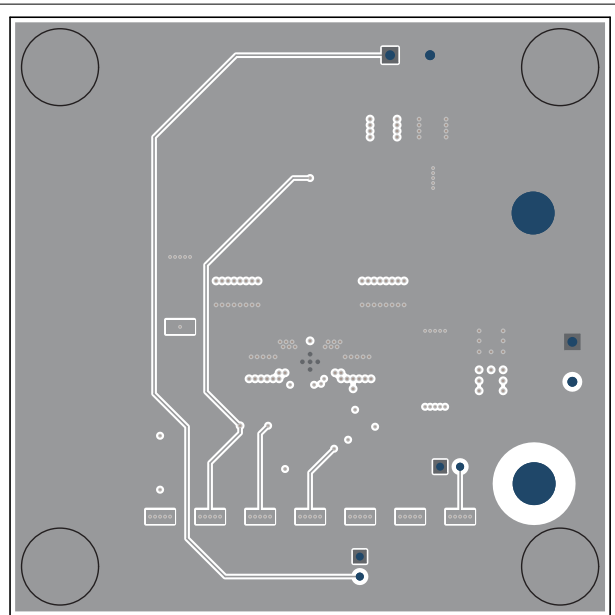


图 3-2. 底部复合视图 (仰视图)

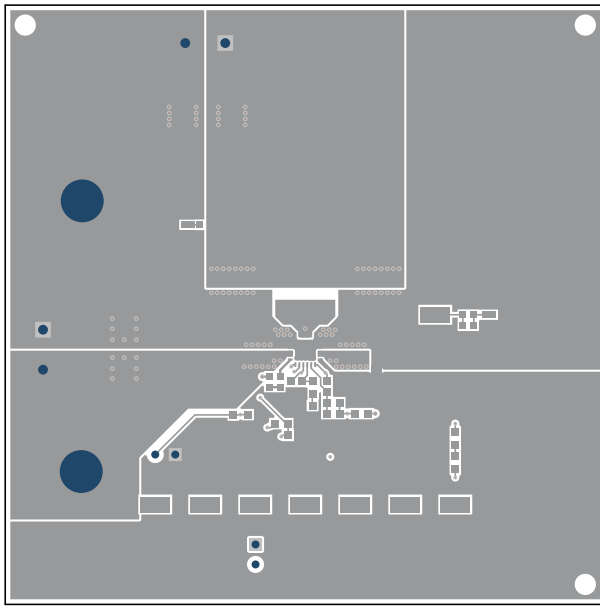


图 3-3. 顶层布局

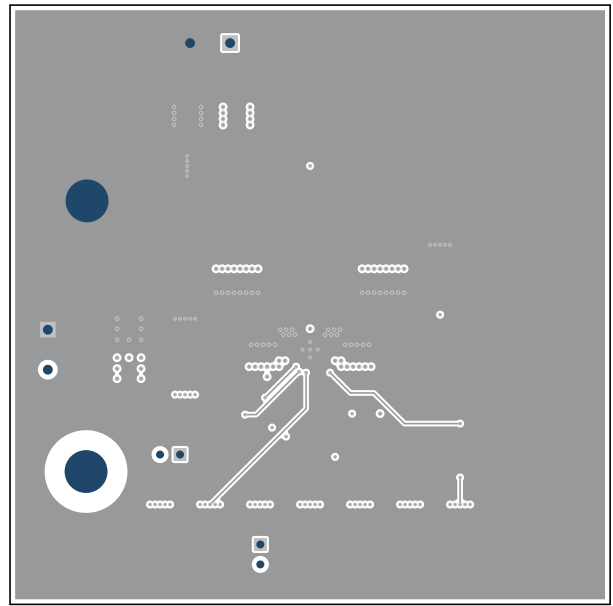


图 3-4. 中间层 1 布局

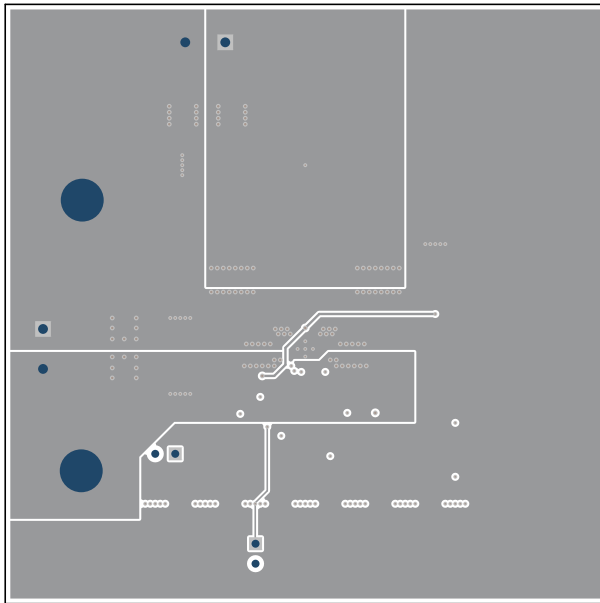


图 3-5. 中间层 2 布局

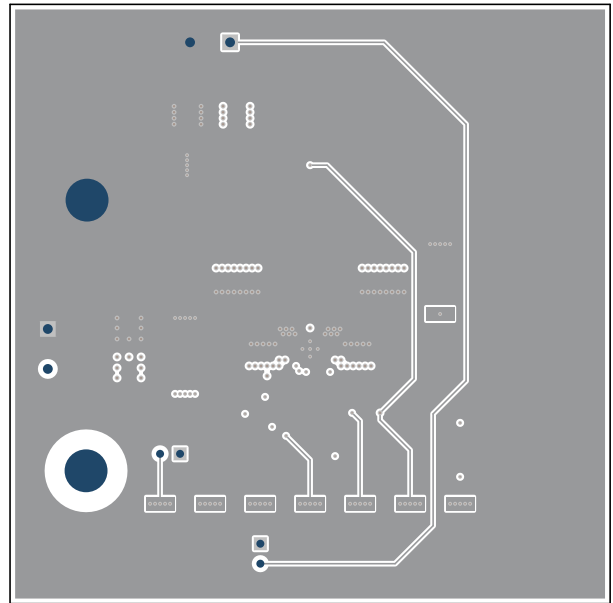


图 3-6. 底层布局

4 原理图和物料清单

本节提供了 TPS54A24EVM-058 原理图和物料清单。

4.1 原理图

图 4-1 是 TPS54A24EVM-058 的原理图。

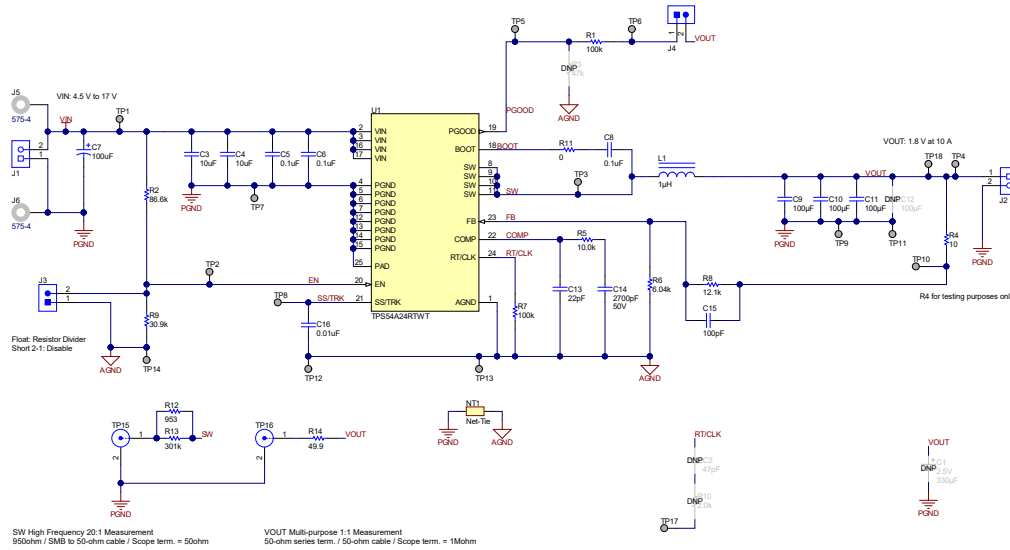


图 4-1. TPS54A24EVM-058 原理图

4.2 物料清单

表 4-1 列出了 TPS54A24EVM-058 的物料清单。

表 4-1. TPS54A24EVM-058 物料清单

标识符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
!PCB1	1		印刷电路板		BSR058	不限
BO1、BO2、BO3、BO4	4		Bumpon, 半球形, 0.375 X 0.235, 黑色	黑色缓冲垫	SJ61A2	3M
C3、C4	2	10uF	电容, 陶瓷, 10uF, 25V, +/-20%, X7R, 1210	1210	C3225X7R1E106M250AC	TDK
C5、C6、C8	3	0.1uF	电容, 陶瓷, 0.1uF, 25V, +/-10%, X7R, 0603	0603	06033C104KAT2A	AVX
C7	1	100uF	电容器, 铝, 100uF, 35V, +/-20%, 0.16Ω, AEC-Q200 2级, SMD	SMT 径向 F	EEE-FK1V101P	Panasonic
C9、C10、C11	3	100uF	电容器, 陶瓷, 100μF, 6.3V, +/-20%, X7S, 1210	1210	GRM32EC70J107ME15L	MuRata (村田)
C13	1	22pF	电容, 陶瓷, 22pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	0603	C0603C220J5GACTU	Kemet (基美)
C14	1	2700pF	电容, 陶瓷, 2700pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	0603	GRM1885C1H272JA01D	MuRata (村田)
C15	1	100pF	电容器, 陶瓷, 100pF, 10V, +/-10%, X7R, 0603	0603	0603ZC101KAT2A	AVX
C16	1	0.01uF	电容, 陶瓷, 0.01uF, 100V, +/-10%, X7R, 0603	0603	C0603C103K1RACTU	Kemet
J1、J2	2		端子块, 5.08mm, 2x1, 黄铜, TH	2x1 5.08mm 端子块	ED120/2DS	On-Shore Technology (岸上科技)
J3、J4	2		接头, 100mil, 2x1, 镀金, TH	接头, 100mil, 2x1, TH	HTSW-102-07-G-S	Samtec
J5、J6	2		标准香蕉插头, 非绝缘, 5.5mm	Keystone_575-4	575-4	Keystone (启斯东)
L1	1	1uH	电感器, 屏蔽, 铁粉, 1μH, 14A, 0.00463Ω, SMD	9.2x8.5mm	74437358010	Würth Elektronik
R1, R7	2	100k	电阻, 100k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-07100KL	Yageo (国巨)
R2	1	86.6k	电阻, 86.6k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-0786K6L	Yageo (国巨)
R4	1	10	电阻, 10, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0级, 0603	0603	CRCW060310R0JNEA	Vishay-Dale
R5	1	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.1W, 0603	0603	ERJ-3EKF1002V	Panasonic
R6	1	6.04k	电阻, 6.04k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-076K04L	Yageo
R8	1	12.1k	电阻, 12.1kΩ, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-0712K1L	Yageo
R9	1	30.9k	电阻, 30.9k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0级, 0603	0603	CRCW060330K9FKEA	Vishay-Dale
R11	1	0	电阻, 0, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0级, 0603	0603	ERJ-3GEY0R00V	Panasonic (松下)
R12	1	953	电阻, 953, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0级, 0603	0603	CRCW0603953RFKEA	Vishay-Dale
R13	1	301k	电阻, 301kΩ, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-07301KL	Yageo
R14	1	49.9	电阻, 49.9, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-0749R9L	Yageo (国巨)
SH-J1、SH-J2	2	1x2	分流器, 100mil, 镀金, 黑色	分流器	SNT-100-BK-G	Samtec (申泰)
TP1、TP2、TP3、TP4、TP5、TP6、TP7、TP8、TP9、TP10、TP11、TP12、TP13、TP14、TP17、TP18	16		测试点, 微型, SMT	测试点, 微型, SMT	5019	Keystone (启斯东)
TP15、TP16	2		连接器, 插座, 50Ω, TH	SMB 连接器	SMBR004D00	JAE Electronics

表 4-1. TPS54A24EVM-058 物料清单 (continued)

标识符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
U1	1		4.5V 至 17V 输入、电流模式、10A 同步 SWIFT(TM) 降压转换器, RTW0024B (WQFN-24)	RTW0024B	TPS54A24RTWT	德州仪器 (TI)
C1	0	330 μ F	电容器, 铝聚合物, 330 μ F, 2.5V, +/-20%, 0.006 Ω , 7343-20, SMD	7343-20	EEFSX0E331XE	Panasonic
C2	0	47pF	电容, 陶瓷, 47pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	0603	06035A470JAT2A	AVX
C12	0	100 μ F	电容器, 陶瓷, 100 μ F, 6.3V, +/-20%, X7S, 1210	1210	GRM32EC70J107ME15L	MuRata
FID1、FID2、FID3	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
R3	0	47k	电阻, 47k, 5%, 0.1W, 0603	0603	RC0603JR-0747KL	国巨 (Yageo)
R10	0	2.0k	电阻, 2.0k Ω , 5%, 0.1W, 0603	0603	RC0603JR-072KL	Yageo

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 * (April 2019) to Revision A (August 2021)	Page
• 更新了用户指南的标题.....	3
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式。.....	3

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