TPSM86125x 采用 QFN 封装的 3V 至 17V 输入、1A 同步降压模块

1 特性

- 配置适用于各种应用
  - 3V 到 17V 的宽输入电压范围
  - TPSM861253 的固定输出电压为 3.3V
  - TPSM861252 的输出电压范围为 0.6V 至 10V
  - TPSM861257 的输出电压范围为 0.6V 至 5.5V
  - 0.6V 基准电压
  - 25°C 时 0.6Vref 精度为 ±1%
  - 在 –40°C 至 125°C 范围内，0.6Vref 精度为 ±1.5%
  - 0°C 至 65°C 范围内的 3.3V 输出电压精度为 ±1%
  - 集成 55mΩ 和 24mΩ MOSFET
  - TPSM861252 具有 100μA 低静态电流
  - 1.4MHz 开关频率
  - 以最大 95% 的高占空比运行
  - 1.2V 精密 EN 阈值电压
  - 1.6ms 固定软启动时间（典型值）
- 易于使用且设计小巧
  - 轻负载下 TPSM861252 采用 Eco-mode，TPSM861253/7 采用 FCCM 模式
  - 快速瞬态 D-CAP3™ 控制模式
  - 具有集成电感器和自举电容器的简单布局
  - 支持带预偏置输出电压的启动
  - 开漏电源正常状态指示器
  - 非锁存 OV、OT 和 UVLO 保护
  - UV 保护的断续模式
  - 逐周期 OC 和 NOC 保护
  - –40°C 至 125°C 的工作结温范围
  - 3.3mm × 4mm × 2mm QFN 封装
- 使用 TPSM86125x 并借助 WEBENCH® Power Designer 创建定制设计方案

2 应用

- 商用网络和服务器 PSU
- 交流/直流适配器/PSU
- 工厂自动化和控制
- 测试和测量

3 说明

TPSM86125x 是一款输入电压范围为 3V 至 17V 的简单易用型高效、高功率密度同步降压模块，支持高达 1A 的连续电流。

TPSM86125x 采用 D-CAP3 控制模式提供快速瞬态响应并支持低 ESR 输出电容器，无需外部补偿。该器件可支持以高达 95% 的占空比运行。

TPSM861252 在 Eco-Mode 下运行，该模式可在轻负载条件下保持高效率。TPSM861257 在 FCCM 模式下运行，可在所有负载条件下保持相同的频率和较低的输出纹波。TPSM861253 是一款采用 FCCM 模式的 3.3V 固定输出电压器件。该器件还在模块内部集成了分压电阻器和前馈电容器。TPSM86125x 集成了全面的断续模式 OVP、OCP、UVLO、OTP 和 UVP 保护。

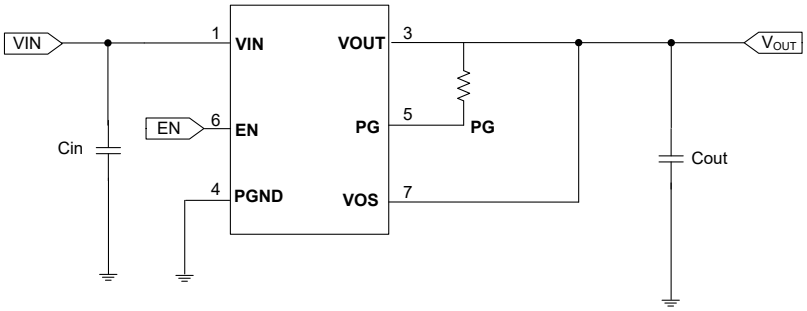
该器件采用 QFN 封装。额定结温范围为 -40°C 至 125°C。

器件信息

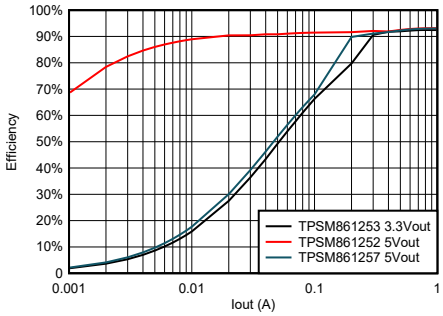
器件型号(3)	模式	输出电压	封装(1)	封装尺寸(2)
TPSM861253	FCCM	3.3V	RDX（QFN-FCMOD，7）	4.00mm x 3.30mm
TPSM861252	ECO	0.6V 至 10V		
TPSM861257	FCCM	0.6V 至 5.5V		

(1) 有关更多信息，请参阅节 11。
(2) 封装尺寸（长 × 宽）为标称值，并包括引脚（如适用）。
(3) 请参阅*系列器件*表。

本资源的原文使用英文撰写。 为方便起见，TI 提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，TI 不保证译文的准确性。 为确认准确性，请务必访问 ti.com 参考最新的英文版本（控制文档）。



TPSM861253 简化原理图



TPSM86125x 在 V_{IN} = 12V 时的效率

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

内容

1 特性.... 1
2 应用.... 1
3 说明.... 1
4 系列器件.... 4
5 引脚配置和功能.... 4
6 规格.... 5
6.1 绝对最大额定值.... 5
6.2 ESD 等级.... 5
6.3 建议运行条件.... 5
6.4 热性能信息.... 6
6.5 电气特性.... 6
6.6 典型特性.... 8
7 详细说明.... 12
7.1 概述.... 12
7.2 功能方框图.... 12
7.3 特性说明.... 13
7.4 器件功能模式.... 14
8 应用和实施.... 16
8.1 应用信息.... 16
8.2 典型应用.... 16
8.3 电源相关建议.... 20
8.4 布局.... 21
9 器件和文档支持.... 23
9.1 器件支持.... 23
9.2 接收文档更新通知.... 23
9.3 支持资源.... 23
9.4 商标.... 23
9.5 静电放电警告.... 23
9.6 术语表.... 23
10 修订历史记录.... 24
11 机械、封装和可订购信息.... 24

4 系列器件

器件型号	电流 (A)	输出电压 (V)	模式
TPSM861252	0 至 1	0.6 至 10	ECO
TPSM861257	0 至 1	0.6 至 5.5	FCCM
TPSM861253	0 至 1	3.3	FCCM

5 引脚配置和功能

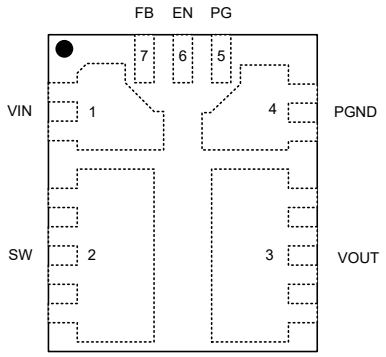


图 5-1. TPSM861252 和 TPSM861257 RDX 封装，7 引脚 QFN-FCMOD（顶视图）

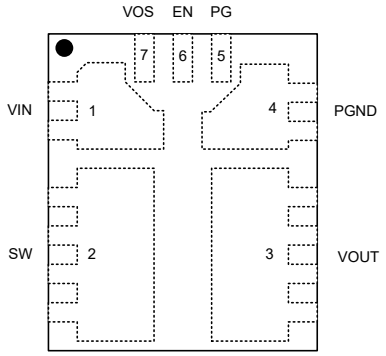


图 5-2. TPSM861253 RDX 封装，7 引脚 QFN-FCMOD（顶视图）

表 5-1. 引脚功能

引脚		类型[(1)]	说明
名称	编号		
VIN	1	P	输入电压电源引脚。在 VIN 和 GND 之间连接输入去耦电容器。
SW	2	NC	功率级的开关引脚。不连接，保持悬空。
VOUT	3	P	输出连接。将建议的输出电容从 VOUT 连接到 PGND。
PGND	4	G	电源接地连接
PG	5	A	电源正常开漏输出。PG 引脚可以悬空。
EN	6	A	降压转换器的使能引脚。驱动 EN 高电平以开启转换器；驱动 EN 低电平以关闭转换器。一个电阻将内部下拉至 GND。
FB	7	A	TPSM861252 和 TPSM861257 的转换器反馈输入。连接到输出电压和接地之间电阻分压器的中心抽头。
VOS	7	A	TPSM861253 的转换器反馈输入。直接连接到输出电压。

(1) A = 模拟，P = 电源，G = 地

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

6 规格

6.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）[(1)]

		最小值	最大值	单位
输入电压	VIN	-0.3	19	V
输入电压	VOS、EN、PG、FB	-0.3	6	V
GND	GND	-0.3	0.3	V
输出电压	VOUT(TPSM861252)	-0.3	11	V
输出电压	VOUT(TPSM861257)	-0.3	6	V
机械冲击	Mil-STD-883D，方法 2002.3，1ms，1/2 正弦，已安装		1500	G
机械振动	Mil-STD-883D，方法 2007.2，20Hz 至 2000Hz		20	G
工作结温范围，TJ		-40	150	°C
贮存温度，Tstg	贮存温度，Tstg	-55	150	°C

(1) 超出绝对最大额定值运行可能会对器件造成损坏。绝对最大额定值并不表示器件在这些条件下以及在建议运行条件以外的任何其他条件下能够正常运行。如果在建议运行条件之外但又在绝对最大额定值范围内使用，器件可能不会完全正常运行，这可能会影响器件的可靠性、功能和性能，并缩短器件的寿命。

6.2 ESD 等级

			值	单位
$V_{(ESD)}$	静电放电	人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准 [(1)]	±2000	V
		充电器件模型 (CDM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 标准 [(2)]	±500	

(1) JEDEC 文档 JEP155 规定：500V HBM 可实现在标准 ESD 控制流程下安全生产。
(2) JEDEC 文档 JEP157 规定：250V CDM 可实现在标准 ESD 控制流程下安全生产。

6.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

		最小值	标称值	最大值	单位
输入电压	VIN	3		17	V
输入电压	VOS、EN、PG、FB			5.5	V
输出电压	VOUT(TPSM861252)			10	V
输出电压	VOUT(TPSM861257)			5.5	V
输出电压	VOUT(TPSM861253)		3.3		V
输出电流	IO	0		1	A
T_J	工作结温	-40		125	°C
Tstg	贮存温度	-40		150	°C

6.4 热性能信息

热性能指标[1]		TPSM86125x RDX 7 引脚	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	61.3	°C/W
$R_{\theta JA_effective}$	EVM 板上的结到环境热阻	40[2]	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	60.8	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	20.0	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	7.5	°C/W
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数	19.2	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	不适用	°C/W

(1) 有关新旧热性能指标的更多信息，请参阅半导体和 IC 封装热性能指标 应用报告。
(2) 此 R θ JA_effective 是在 TPSM86125xEVM 板（4 层，顶层和底层铜厚均为 2oz，内部 GND 的铜厚度为 1oz）上测试，Vin = 12V，Vout = 5V，Iout = 1A，TA = 25ºC。

6.5 电气特性

工作温度范围 T_J = –40ºC – 125ºC，V_{Vin} = 12V（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电源电压						
VIN	输入电压范围	VIN	3		17	V
I_{VIN}	VIN 电源电流	无负载，V_{EN} = 5V，非开关，ECO 版本		100		μA
I_{VIN}	VIN 电源电流	无负载，V_{EN} = 5V，非开关，FCCM 版本		370		μA
I_{INSDN}	VIN 关断电流	无负载，V_{EN} = 0V		2		μA
UVLO						
UVLO	VIN 欠压锁定	唤醒 VIN 电压	2.8	2.9	3.0	V
UVLO	VIN 欠压锁定	关断 VIN 电压	2.6	2.7	2.8	V
UVLO	VIN 欠压锁定	迟滞 VIN 电压		200		mV
反馈电压						
VFB	FB 电压	T_J = 25°C	594	600	606	mV
VFB	FB 电压	T_J = -40°C 至 125°C	591	600	609	mV
VOUT	TPSM861253 输出电压	T_J = 0°C 至 65°C	3.27	3.3	3.33	V
VOUT	TPSM861253 输出电压	T_J = -40°C 至 125°C	3.25	3.3	3.35	V
MOSFET						
$R_{DS(ON)HI}$	高侧 MOSFET Rds(on)	T_J = 25°C，V_{VIN} ≥ 5V		55		mΩ
		T_J = 25°C，V_{VIN} = 3V [1]		68		mΩ
$R_{DS(ON)LO}$	低侧 MOSFET Rds(on)	T_J = 25°C，V_{VIN} ≥ 5V		24		mΩ
		T_J = 25°C，V_{VIN} = 3V [1]		30		mΩ
占空比和频率控制						
F_{SW}	开关频率	T_J = 25°C，V_{VOUT} = 3.3V		1.4		MHz
$T_{OFF(MIN)}$ [1]	最短关断时间	V_{FB} = 0.5V		110		ns
$T_{ON(MIN)}$	最短导通时间			60		ns
电流限值						
I_{OCL_LS}	过流阈值	TPSM861252 和 TPSM861257 的谷值电流设定点	1.5	2.3	3.1	A

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

6.5 电气特性（续）

工作温度范围 T_J = –40ºC – 125ºC，V_{Vin} = 12V（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
I_{OCL_LS}	过流阈值	TPSM861253 的谷值电流设定点	1.5	2.3	2.9	A
I_{NOCL}	负过流阈值	谷值电流设定点	1.5	2.0	2.5	A
逻辑阈值						
$V_{EN(ON)}$	EN 阈值高电平		1.15	1.20	1.25	V
$V_{EN(OFF)}$	EN 阈值低电平		0.90	1.00	1.10	V
V_{ENHYS}	EN 迟滞			200		mV
R_{EN1}	EN 下拉电阻器			2		MΩ
输出放电和软启动						
t_{SS}	内部软启动时间			1.6		ms
输出欠压和过压保护						
V_{OVP}	OVP 跳变阈值		110	115	120	%
t_{OVPDLY}	OVP 传播抗尖峰脉冲			24		us
V_{UVP}	UVP 跳变阈值		55	60	65	%
t_{UVPDLY}	UVP 传播抗尖峰脉冲			220		us
t_{UVPEN}	相对于 SS 时间的 输出断续使能延迟	UVP 检测		14		ms
PGOOD						
TPGDLY	PG 启动延迟	PG 从低到高		1		ms
TPGDLY	PG 启动延迟	PG 从高电平到低电平		28		us
VPGTH	PG 阈值	VFB 下降（故障）	80	85	90	%
VPGTH	PG 阈值	VFB 上升（正常）	85	90	95	%
VPGTH	PG 阈值	VFB 上升（故障）	110	115	120	%
VPGTH	PG 阈值	VFB 下降（正常）	105	110	115	%
VPG_L	PG 灌电流能力	IOL = 4mA			0.4	V
IPGLK	PG 漏电流	VPgood = 5.5V			1	uA
过热保护						
T_{OTP} (1)	OTP 跳变阈值			155		°C
T_{OTPHSY} (1)	OTP 迟滞			20		°C

(1) 由设计指定

6.6 典型特性

T_J = –40°C 至 125°C，V_{IN} = 12V（除非另有说明）

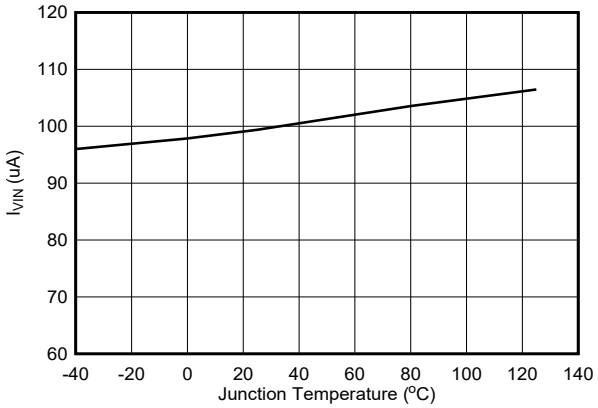


图 6-1. TPSM861252 静态电流

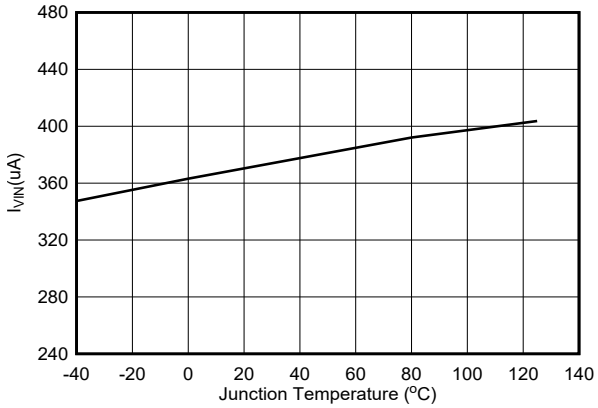


图 6-2. TPSM861253 和 TPSM861257 静态电流

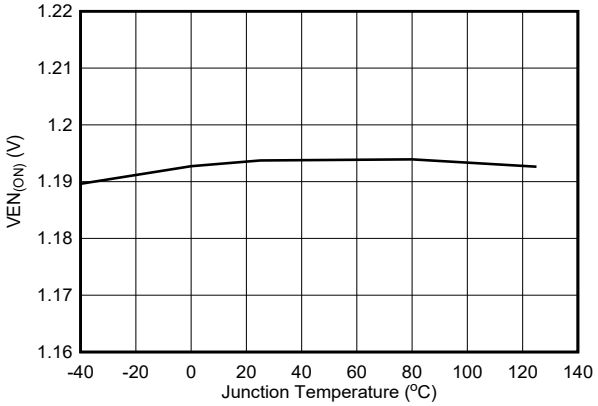


图 6-3. 使能开启阈值电压

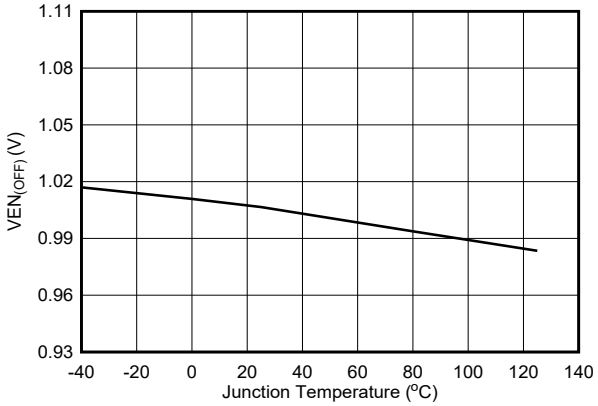


图 6-4. 使能关闭阈值电压

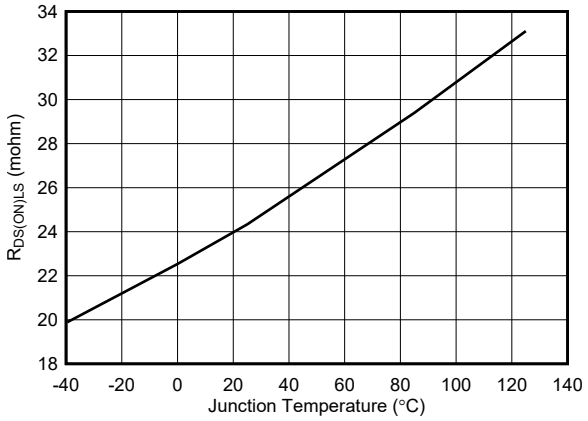


图 6-5. 低侧 $R_{DS(ON)}$

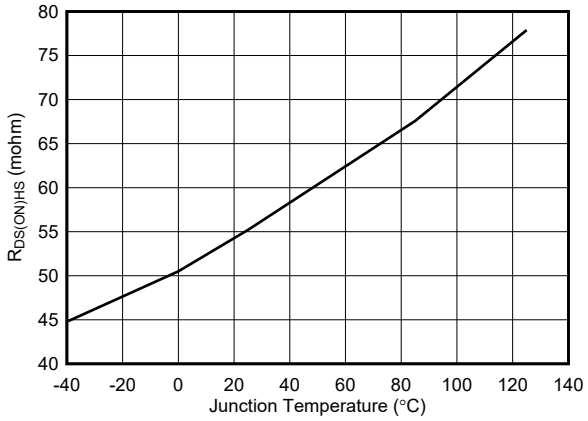


图 6-6. 高侧 $R_{DS(ON)}$

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

6.6 典型特性（续）

T_J = –40°C 至 125°C，V_{IN} = 12V（除非另有说明）

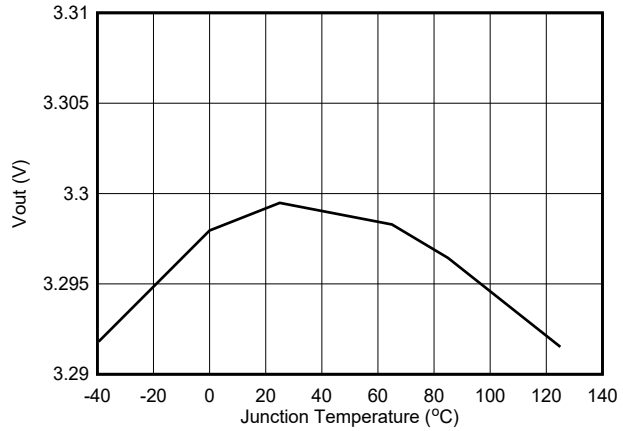


图 6-7. TPSM861253 输出电压

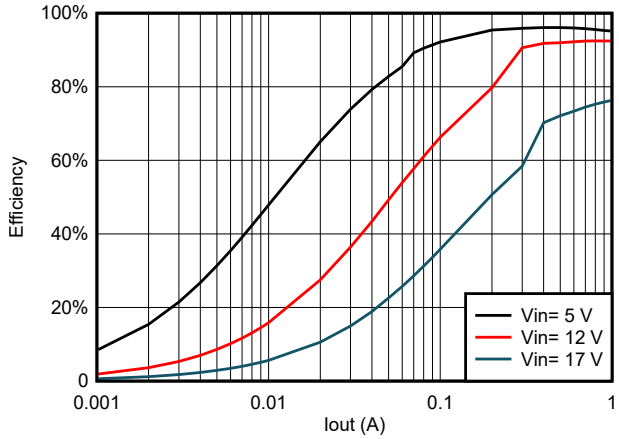


图 6-8. TPSM861253 效率

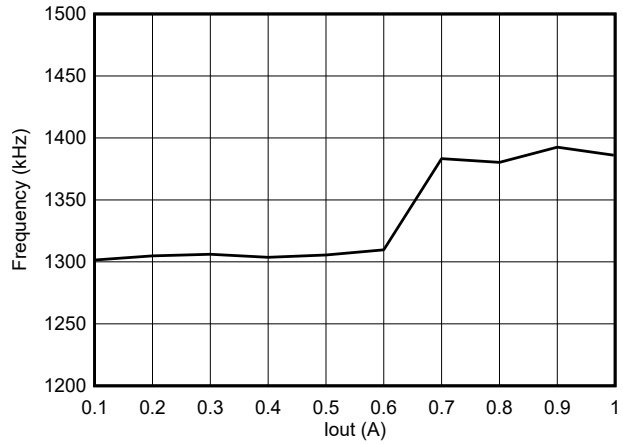


图 6-9. TPSM861253 在 12V 输入电压下频率与负载间的关系

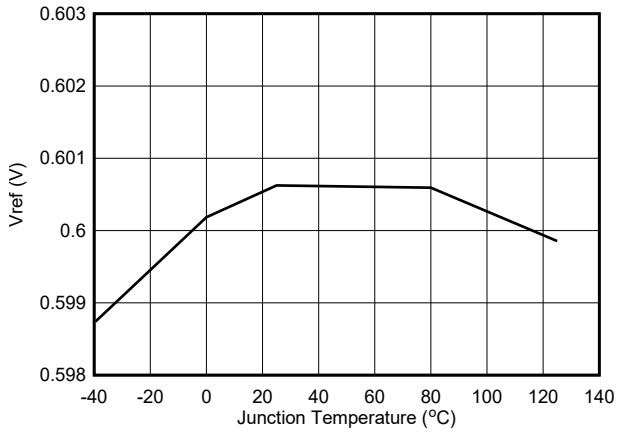


图 6-10. TPSM861252 和 TPSM861257 Vref 电压

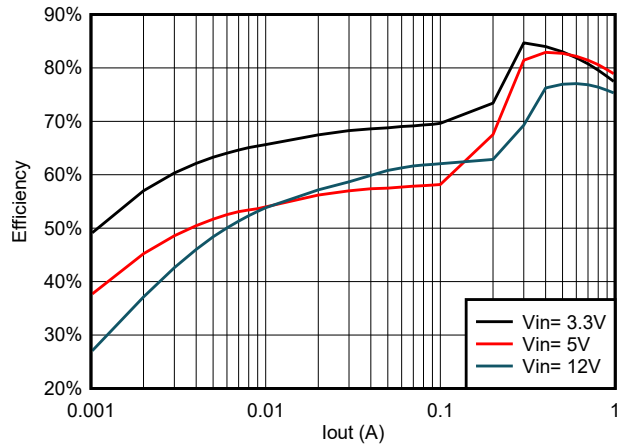


图 6-11. TPSM861252 在 0.6V_{OUT} 时的效率

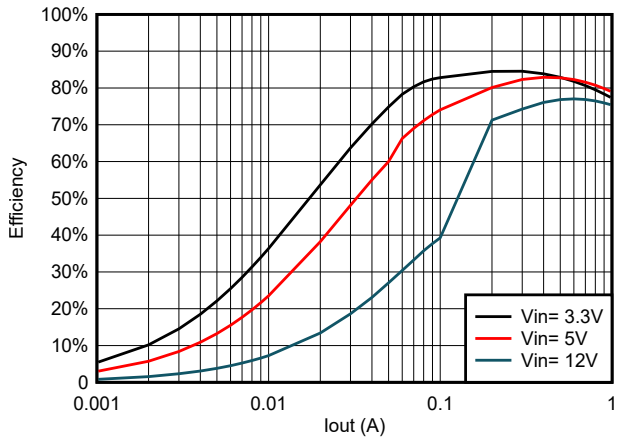


图 6-12. TPSM861257 在 0.6V_{OUT} 时的效率

6.6 典型特性（续）

T_J = –40°C 至 125°C，V_{IN} = 12V（除非另有说明）

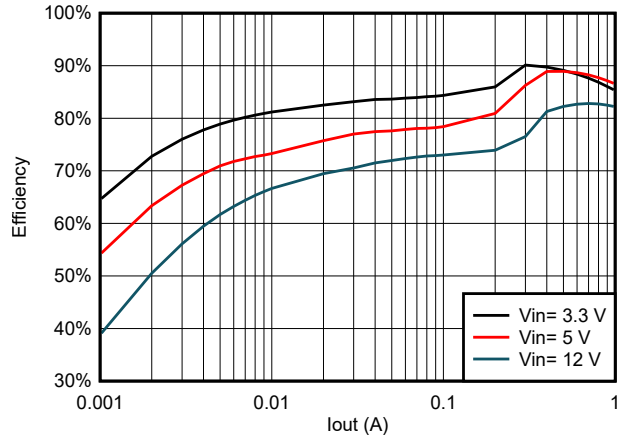


图 6-13. TPSM861252 在 1.05V_{OUT} 时的效率

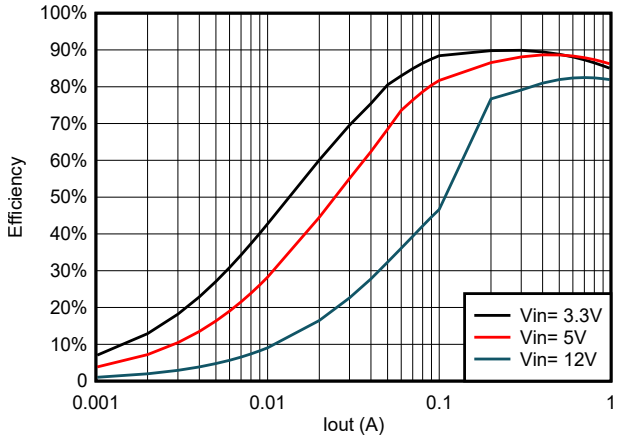


图 6-14. TPSM861257 在 1.05V_{OUT} 时的效率

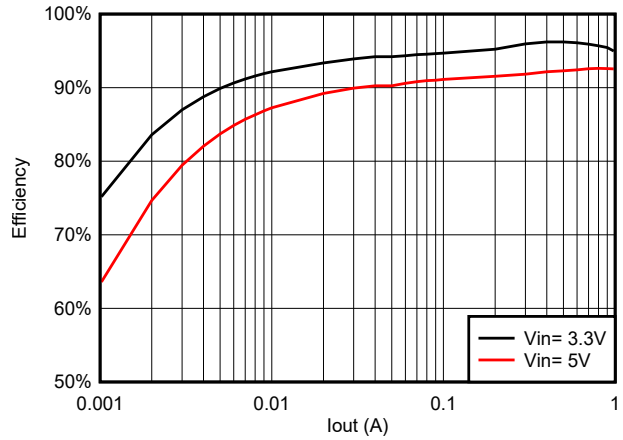


图 6-15. TPSM861252 在 3.3V_{OUT} 时的效率

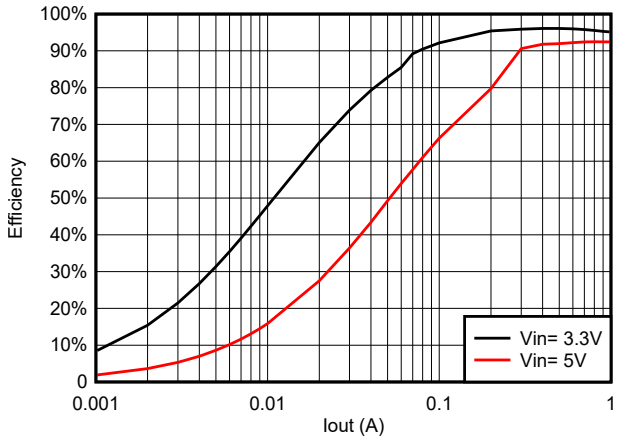


图 6-16. TPSM861257 在 3.3V_{OUT} 时的效率

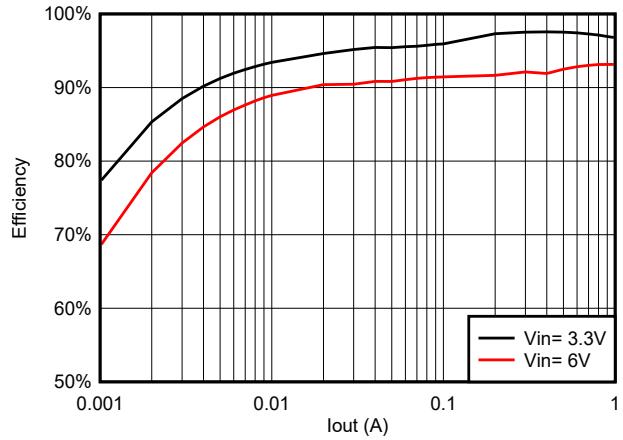


图 6-17. TPSM861252 在 5V_{OUT} 时的效率

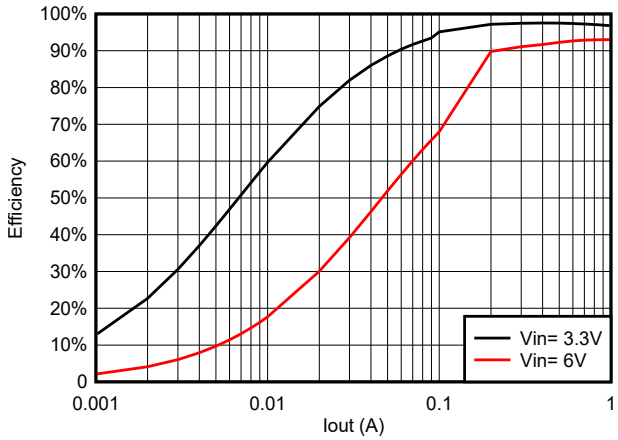


图 6-18. TPSM861257 在 5V_{OUT} 时的效率

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

6.6 典型特性（续）

T_J = –40°C 至 125°C，V_{IN} = 12V（除非另有说明）

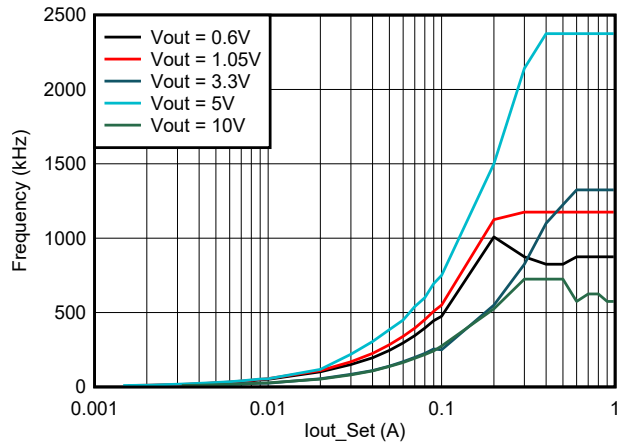


图 6-19. TPSM861252 在 12V 输入电压下频率与负载间的关系

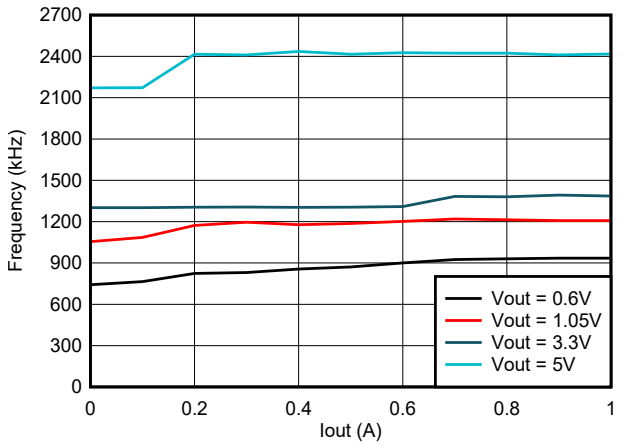


图 6-20. TPSM861257 在 12V 输入电压下频率与负载间的关系

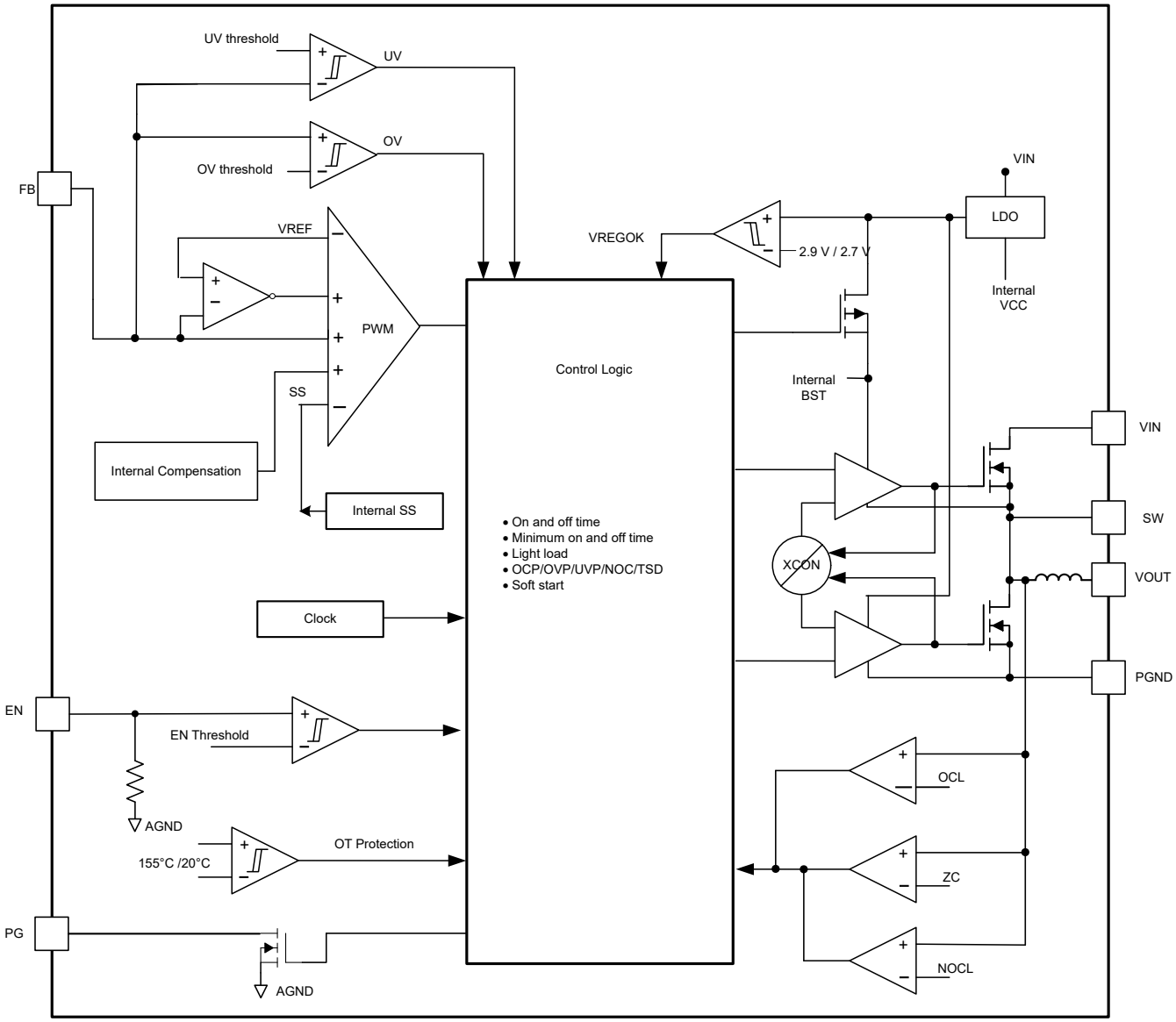
7 详细说明

7.1 概述

TPSM86125x 是一款集成了 FET 和电感器的 1A 同步降压模块，在 3V 至 17V 的输入电压下工作。TPSM861252 输出电压范围为 0.6V 至 10V。TPSM861257 输出电压范围为 0.6V 至 5.5V。TPSM861253 是 3.3V 固定输出电压器件。该器件系列采用 D-CAP3 控制模式，无需外部补偿元件即可提供快速瞬态响应，并提供精确的反馈电压。专有 D-CAP3 控制模式可减少外部元件数量，简化设计，并针对成本、尺寸和效率优化电源设计。该拓扑提供在较高负载条件下的 CCM 运行模式与较轻负载条件下的 DCM 运行之间的无缝过渡。

Eco-mode 版本使 TPSM861252 能够在轻负载时保持高效率。FCCM 版本允许 TPSM861257 和 TPSM861253 保持固定的开关频率和较低的输出电压纹波。TPSM861253 既能够适应诸如 POSCAP 或 SP-CAP 的低等效串联电阻 (ESR) 输出电容，也能够适应超低 ESR 陶瓷电容。

7.2 功能方框图



Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

7.3 特性说明

7.3.1 PWM 运行和 D-CAP3™ 控制模式

主控制环路是自适应导通时间脉宽调制 (PWM) 控制器，支持专有 D-CAP3 控制模式。D-CAP3 控制模式将自适应导通时间控制与内部补偿电路相结合，在使用低 ESR 和陶瓷输出电容器时，实现伪固定频率和较少的外部元件数配置。即使几乎没有输出纹波，该器件也能保持稳定。TPSM86125x 还包含一个误差放大器，可使输出电压变得非常准确。

在每个周期的开始，高侧 MOSFET 将开启。内部一次性计时器到时后，此 MOSFET 将关闭。这个一次性计时器持续时间是根据输出电压 V_{OUT} 按比例设置的，它与转换器输入电压 V_{IN} 成反比，以便在输入电压范围内保持伪固定频率，因此称为自适应导通时间控制。当反馈电压降至基准电压之下时，一次性计时器将复位，高侧 MOSFET 将再次开启。在基准电压中添加了内部纹波生成电路来模拟输出纹波，从而支持使用 ESR 非常低的输出电容器，例如多层陶瓷电容器 (MLCC)。D-CAP3 控制拓扑不需要外部电流检测网络或环路补偿。

7.3.2 Eco-mode 控制

TPSM861252 利用高级 Eco-mode 设计，可在轻负载下保持高效率。当输出电流从重负载状态降低时，电感器电流也会减小，最终波纹谷达到零电平，这是连续导通和不连续导通模式的边界。检测到电感器电流为零后，整流 MOSFET 会关断。随着负载电流进一步降低，转换器会进入不连续导通模式。导通时间几乎与连续导通模式时相同，并且由于负载电流相比基准电压的电平更低，输出电容器放电需要更长时间。此事件会降低开关频率，与负载电流成正比，从而保持较高的轻负载效率。使用以下公式计算轻负载运行 $I_{OUT(LL)}$ 电流的过渡点。典型电感为 2.2uH。

$$I_{out(LL)} = \frac{1}{2 \times L \times f_{SW}} \times \frac{(V_{IN} - V_{OUT}) \times V_{OUT}}{V_{IN}} \quad (1)$$

7.3.3 软启动和预偏置软启动

TPSM86125x 具有内部固定软启动时间。EN 默认状态为低电平。EN 引脚变为高电平时，内部软启动功能开始逐步升高 PWM 比较器的基准电压。

如果输出电容器在启动时预偏置，器件将开始切换，只有在内部基准电压大于反馈电压 V_{FB} 时才会开始逐步升高。此方案可确保转换器顺畅上升至调节点。

7.3.4 过压保护

TPSM86125x 具有过压保护功能。当输出电压变得高于 OVP 阈值时，OVP 将以 24 μs 的抗尖峰脉冲时间触发。高侧 MOSFET 驱动器和低侧 MOSFET 驱动器均关断。过压条件消失后，器件恢复开关状态。

7.3.5 频率

TPSM86125x 默认频率约为 1.4MHz。当输出电压高于 3.6V 且输出电压与输入电压之比 < 0.62（迟滞为 0.04）时，频率更改为 2MHz，从而降低输出电压纹波。下面是汇总表。

表 7-1. TPSM86125x 在 CCM 下的频率

条件	条件	频率
输出电压 < 3.6V		1.4MHz
输出电压 ≥ 3.6V	占空比 ≥ 0.62	1.4MHz
	占空比 < 0.62	2MHz

7.3.6 大占空比运行

TPSM86125x 可通过平稳降低开关频率来支持高达 95% 的大占空比运行。当 V_{IN}/V_{OUT} < 1.6 且 V_{FB} 低于内部 V_{REF} 时，开关频率可平稳下降，使 t_{ON} 延长以实现大占空比运行并保持输出电压。最小开关频率限制为大约 600kHz。

7.3.7 电流保护和欠压保护

使用逐周期谷值检测控制电路来实现输出过流限制 (OCL)。在关断状态期间会监测开关电流，方法是测量低侧 FET 漏源电压。此电压与开关电流成正比。为了提升精确度，对电压感测进行了温度补偿。

在高侧 FET 开关导通期间，开关电流以线性速率增加，此速率由以下各项决定：

- V_{IN}
- V_{OUT}
- 导通时间
- 输出电感值

在低侧 FET 开关的导通阶段，此电流以线性方式下降。开关电流的平均值是负载电流 I_{OUT}。如果受监测的谷值电流高于 OCL 水平，转换器将维持低侧 FET 的导通状态，暂缓新设置脉冲的生成（即使电压反馈环路有这方面的需要），直到电流水平达到或低于 OCL 水平。在后续的开关周期中，导通时间将设为固定值，电流也将以相同的方式受到监测。

对于此类过流保护，有一些重要的注意事项。负载电流高于过流阈值的部分，为峰峰值电感器纹波电流的一半。另外，如果电流受限，输出电压往往会降低，因为要求的负载电流可能高于转换器可提供的电流，这可能导致输出电压下降。当 FB 电压降至低于 UVP 阈值电压时，UVP 比较器检测到该电压，器件会在 UVP 抗尖峰脉冲时间后关断，并在断续等待时间后重新启动。

过流状况消除后，输出电压将恢复为调节值。

TPSM861253 是一个 FCCM 模式器件。在此模式下，器件在轻负载时具有负电感器电流。该器件具有 NOC（负过流）保护功能，以避免出现过大的负电流。NOC 保护功能可检测电感器电流的谷值。当电感器电流的谷值超过 NOC 阈值时，IC 关断低侧，然后导通高侧。NOC 条件消除后，器件恢复正常开关。

7.3.8 欠压锁定 (UVLO) 保护

UVLO 保护功能监测的是内部稳压器电压。如果电压低于 UVLO 阈值电压，器件会关断。此保护是非闩锁保护。

7.3.9 热关断

本器件会监测其自身的温度。如果温度超出阈值，器件会关断。此保护是非闩锁保护。

7.4 器件功能模式

7.4.1 Eco-mode 运行

TPSM861252 在 Eco-Mode 下运行，该模式可在轻负载条件下保持高效率。当输出电流从重负载状态降低时，电感器电流也会减小，最终波纹谷达到零电平，这是连续导通和不连续导通模式的边界。检测到电感器电流为零后，整流 MOSFET 会关断。随着负载电流进一步降低，转换器会进入不连续导通模式。导通时间几乎与连续导通模式时相同，并且由于负载电流相比基准电压的电平更低，输出电容器放电需要更长时间。此事件会降低开关频率，与负载电流成正比，从而保持较高的轻负载效率。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

7.4.2 FCCM 模式运行

TPSM861253 和 TPSM861257 在强制 CCM (FCCM) 模式下运行，这使转换器在轻负载条件下保持以连续电流模式运行，并允许电感器电流变为负值。在 FCCM 模式期间，开关频率在整个负载范围内维持在一个几乎恒定的水平，因此适用于需要严格控制开关频率和输出电压纹波的应用，但其代价是轻负载条件下效率较低。

8 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 元件规格，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户负责确定元件是否适合其用途，以及验证和测试其设计实现以确认系统功能。

8.1 应用信息

该器件是一个降压直流/直流模块，通常用于将较高的直流电压转换为较低的直流电压，输出电流最高可达 1A。按照以下设计过程为 TPSM86125x 选择元件值。或者，也可以用 WEBENCH® Power Designer 软件完成全部设计。生成设计时，WEBENCH Power Designer 软件采用一种迭代设计过程并访问综合元件数据库。本部分简要讨论了设计过程。

8.2 典型应用

图 8-1 中的应用原理图是为了满足表 8-1 中的要求而编制的。本电路作为评估模块 (EVM) 提供。以下各节介绍了设计过程。

图 8-1 所示为 12V 输入、3.3V 输出转换器原理图。

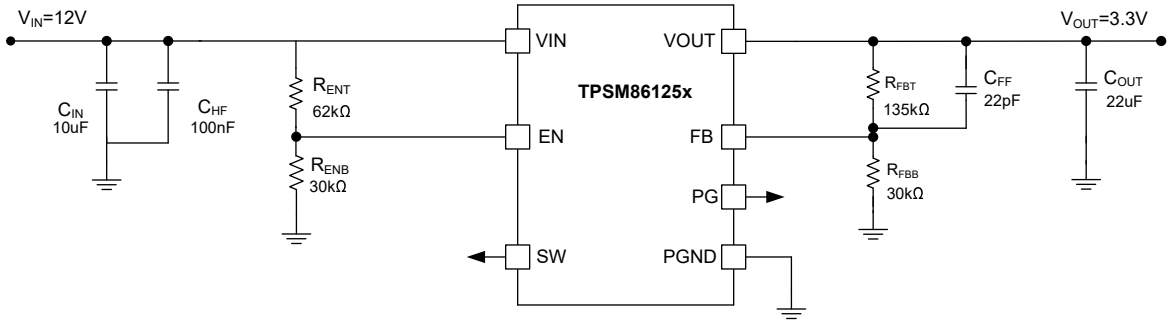


图 8-1. 原理图

8.2.1 设计要求

表 8-1 展示了该应用的设计参数。

表 8-1. 设计参数

参数		条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{OUT}	输出电压			3.3		V
I_{OUT}	输出电流			1		A
ΔV_{OUT}	瞬态响应	0.1A – 0.9A 负载阶跃，2A/μs 压摆率		±3% × V_{OUT}		V
V_{IN}	输入电压		3.8	12	17	V
$V_{OUT(ripple)}$	输出电压纹波	CCM 条件		20		mV
T_A	环境温度			25		°C

8.2.2 详细设计过程

8.2.2.1 使用 WEBENCH® 工具创建定制设计方案

点击此处，使用 TPSM86125x 器件并借助 WEBENCH® Power Designer 创建定制设计方案。

1. 首先键入输入电压 (V_{IN})、输出电压 (V_{OUT}) 和输出电流 (I_{OUT}) 要求。
2. 使用优化器表盘优化该设计的关键参数，如效率、占用空间和成本。
3. 将生成的设计与德州仪器 (TI) 其他可行的解决方案进行比较。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

WEBENCH Power Designer 提供了定制原理图，并罗列了实时价格和元件供货情况的物料清单。

在多数情况下，可执行以下操作：

- 运行电气仿真，观察重要波形以及电路性能
- 运行热性能仿真，了解电路板热性能
- 将定制原理图和布局方案以常用 CAD 格式导出
- 打印 PDF 格式的设计报告并与同事共享

有关 WEBENCH 工具的详细信息，请访问 www.ti.com/WEBENCH。

8.2.2.2 输出电压电阻器选型

输出电压可通过输出节点和 FB 引脚间的电阻分压器进行设置。TI 建议采用容差为 1% 或更优的分压电阻器。首先使用 方程式 2 计算 V_{OUT}。

为了提高极轻负载时的效率，请考虑使用具有更大阻值的电阻。如果值太大，稳压器更容易受到噪声的影响，并且 FB 输入电流产生的电压误差也很明显。为 R_{FBB} 使用 10kΩ 电阻器，以开始设计。

$$V_{OUT} = 0.6 \times \left(1 + \frac{R_{FBT}}{R_{FBB}}\right) \tag{2}$$

8.2.2.3 输出滤波器选型

TPSM86125x 集成了一个 2.2uH 电感器。TI 建议使用以下输出电容使环路稳定。对于 TPSM861252 和 TPSM861257，TI 建议使用 10pF 至 100pF 的 CFF 范围。

表 8-2. 建议的元件值

输出电压 (V)	R_{FBT} (kΩ)	R_{FBB} (kΩ)	最小 C_{OUT} (μF)	典型 C_{OUT} (μF)	最大 C_{OUT} (μF)	C_{FF} (pF)
0.8	3.3	10.0	10	22	88	—
1.05	7.5	10.0	10	22	88	—
2.5	95.0	30.0	10	22	88	22
3.3	135.0	30.0	22	22	100	22
5	220.0	30.0	22	22	100	22
10	470.0	30.0	22	44	100	10

电容器值和 ESR 决定输出电压纹波量。TPSM861253 旨在与陶瓷或其他低 ESR 电容器配合使用。使用方程式 3 确定输出电容器所需的额定 RMS 电流。

$$I_{LO(RMS)} = \sqrt{I_O^2 + \frac{1}{12} \times I_{P-P}^2} \tag{3}$$

在此设计中，使用了 1 个 22μF MuRata GRM21BR61A226ME44L 输出电容器。典型 ESR 为 2mΩ。

8.2.2.4 输入电容器选型

TPSM86125x 需要一个输入去耦电容器，并且根据应用需要一个大容量电容器。TI 建议使用超过 10μF 的陶瓷电容器作为去耦电容器。TI 建议从 VIN 引脚到接地额外设置一个 0.1μF 电容器，用于提供高频滤波。额定电容器电压必须大于最大输入电压。

8.2.2.5 使能电路

EN 引脚控制器件的导通和关断。当 EN 引脚电压高于导通阈值时，器件开始开关；当 EN 引脚电压降至低于关断阈值时，IC 停止开关。默认状态为低电平。EN 引脚上有一个 2MΩ 内部下拉电阻器。

EN 可由 Vin 的典型分压电阻器电路或低于 5.5V 的电压控制。

由于 EN 引脚上有一个 2MΩ 的内部下拉电阻器，TPSM861253 也支持仅在 VIN 引脚和 EN 引脚之间连接一个顶部电阻器。EN 电压由顶部电阻和 2MΩ 的分压网获得。EN 电压不允许超过 6V。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

8.2.3 应用曲线

以下数据是在 V_{IN} = 12V、V_{OUT} = 3.3V、T_A = 25°C 条件下测试得出的，除非另有说明。

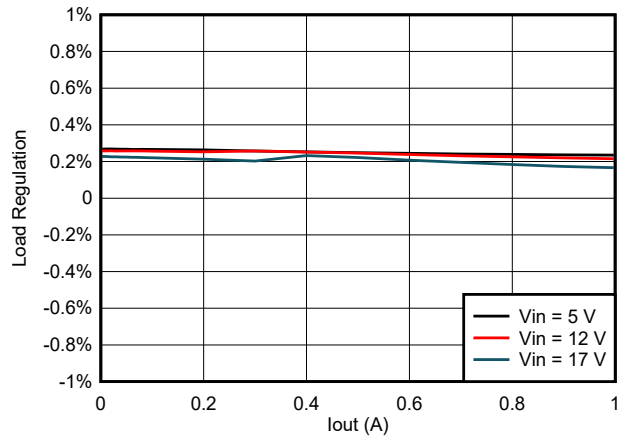


图 8-2. TPSM861253 负载调整率与负载间的关系

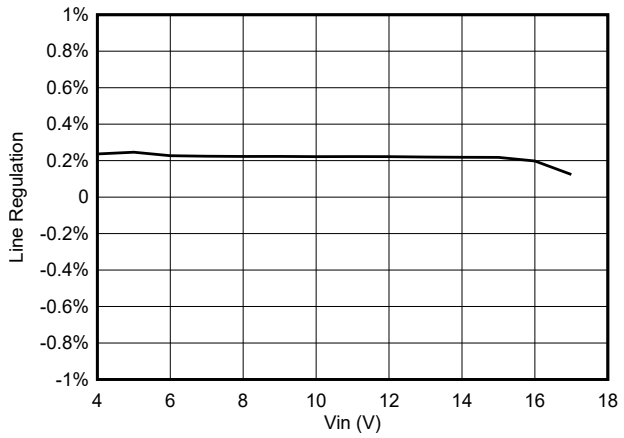


图 8-3. TPSM861253 线性调整率与 V_{IN} 间的关系（1A 负载）

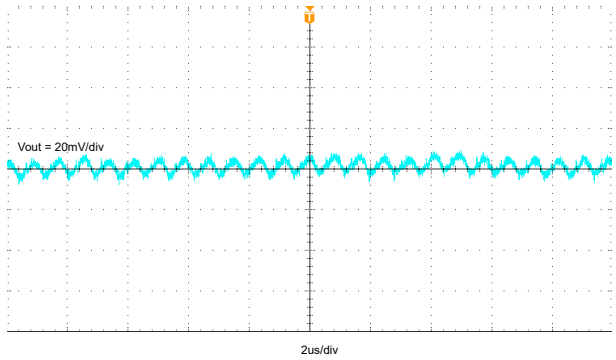


图 8-4. TPSM861253 输出电压纹波（1A 负载）

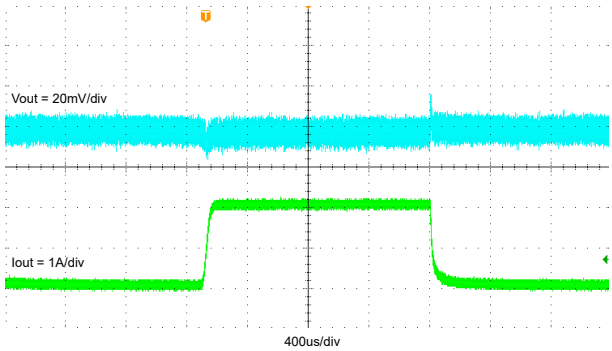


图 8-5. TPSM861253 瞬态响应，0A 至 1A

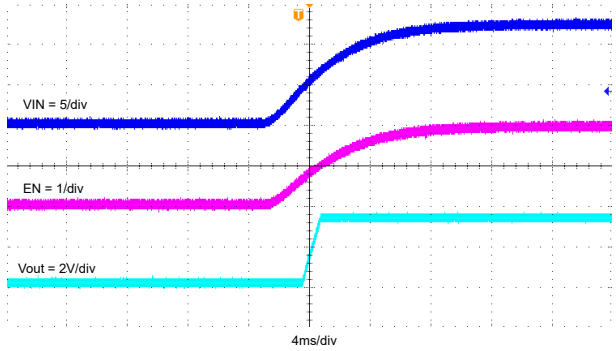


图 8-6. 在 VIN 上升时启动，IOUT = 1A

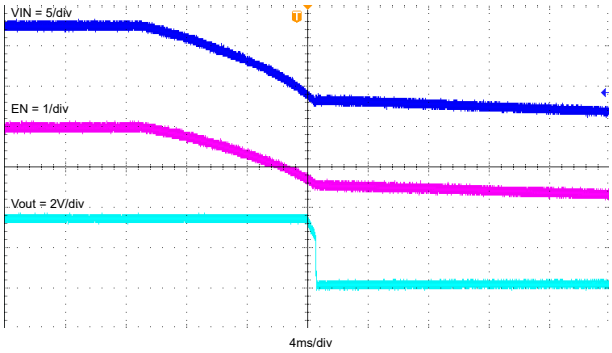


图 8-7. 在 VIN 下降时关断，IOUT = 1A

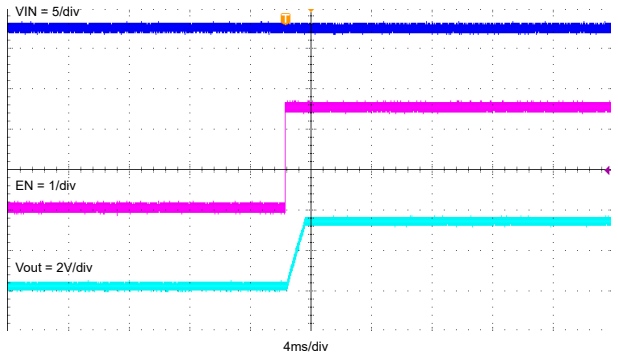


图 8-8. 通过 EN 启动，IOUT = 1A

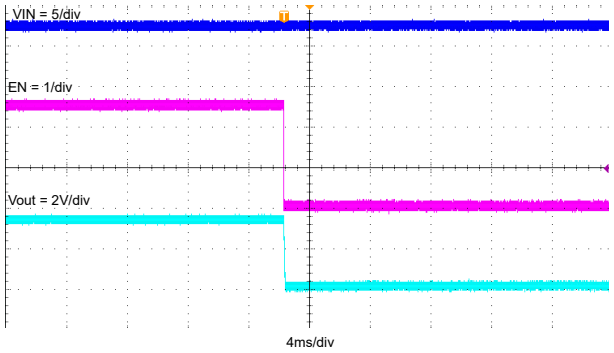


图 8-9. 通过 EN 关断，IOUT = 1A

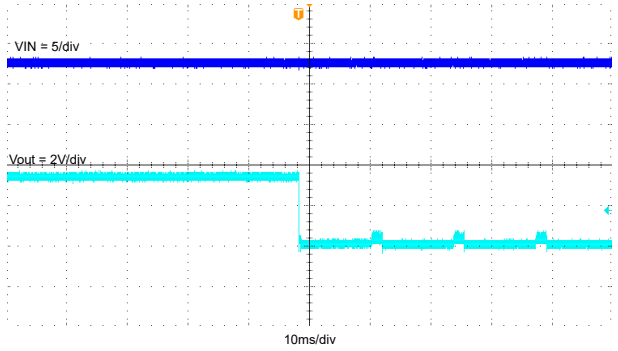


图 8-10. 正常运行至输出硬短路

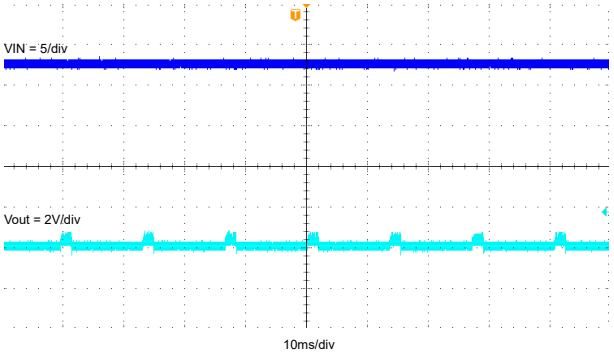


图 8-11. 输出硬短路断续

8.3 电源相关建议

TPSM86125x 设计为在 3V 至 17V 范围内的输入电源电压下运行。降压转换器要求输入电压高于输出电压才能正常工作。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

8.4 布局

8.4.1 布局指南

- 为减少布线阻抗，VIN 和 GND 布线越宽越好。从散热的角度来看，宽阔的区域也是有利的。
- 将输入电容器和输出电容器放置在尽可能靠近器件的位置，以尽可能减少布线阻抗。
- 为输入电容器和输出电容器提供足够的通孔。
- 将单独的 VOUT 路径连接到 TPSM861253 的 VOS 引脚。将单独的 VOUT 路径连接到 TPSM861252 和 TPSM861257 的上部反馈电阻器。
- 使电压反馈环路远离高压开关布线的位置，并且最好具有接地屏蔽。
- 使输出电容器和 GND 引脚之间的 GND 布线尽可能宽，以尽可能减小布线阻抗。

8.4.2 布局示例

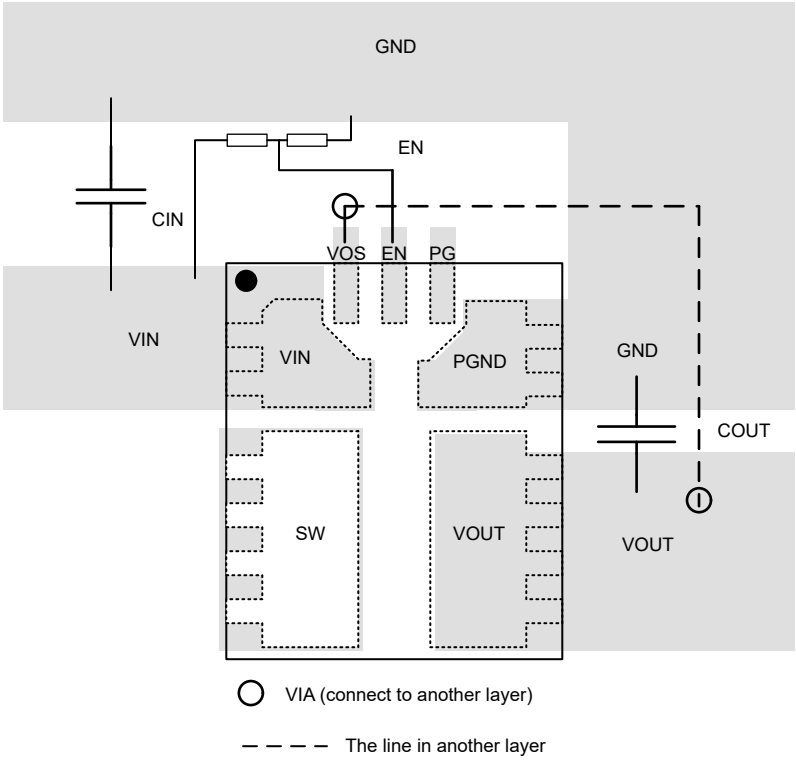


图 8-12. 布局示例 - TPSM861253

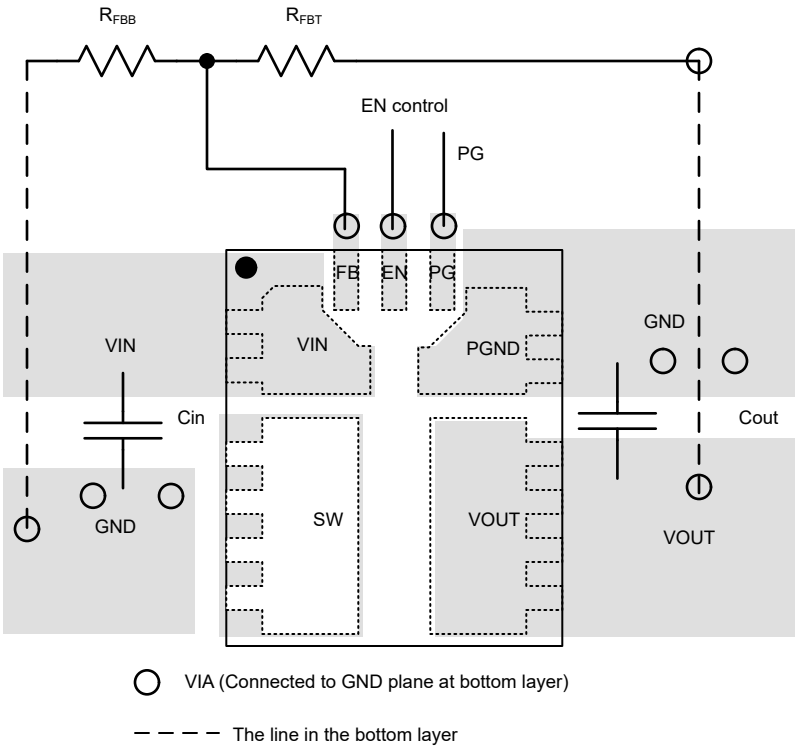


图 8-13. 布局示例 - TPSM861252 和 TPSM861257

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

9 器件和文档支持

9.1 器件支持

9.1.1 开发支持

9.1.1.1 使用 WEBENCH® 工具创建定制设计方案

点击此处，使用 TPSM86125x 器件并借助 WEBENCH® Power Designer 创建定制设计方案。

1. 首先键入输入电压 (V_{IN})、输出电压 (V_{OUT}) 和输出电流 (I_{OUT}) 要求。
2. 使用优化器表盘优化该设计的关键参数，如效率、占用空间和成本。
3. 将生成的设计与德州仪器 (TI) 其他可行的解决方案进行比较。

WEBENCH Power Designer 提供了定制原理图，并罗列了实时价格和元件供货情况的物料清单。

在多数情况下，可执行以下操作：

- 运行电气仿真，观察重要波形以及电路性能
- 运行热性能仿真，了解电路板热性能
- 将定制原理图和布局方案以常用 CAD 格式导出
- 打印 PDF 格式的设计报告并与同事共享

有关 WEBENCH 工具的详细信息，请访问 www.ti.com/WEBENCH。

9.2 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 ti.com 上的器件产品文件夹。点击*通知* 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

9.3 支持资源

TI E2E™ 中文支持论坛是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的使用条款。

9.4 商标

D-CAP3™ and TI E2E™ are trademarks of Texas Instruments.
WEBENCH® is a registered trademark of Texas Instruments.
所有商标均为其各自所有者的财产。

9.5 静电放电警告

静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

9.6 术语表

TI 术语表	本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

10 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 A (January 2024) to Revision B (March 2024)	Page
• 添加了可调输出电压模块 TPSM861252 和 TPSM861257 说明	1
• 添加了 TPSM861252 和 TPSM861257 说明并更新了封装信息表和效率曲线	1
• 在系列表中添加了 TPSM861252 和 TPSM861257	4
• 添加了 TPSM861252 和 TPSM861257 的引脚排列图	4
• 添加了 TPSM861252 和 TPSM861257 图	8
• 添加了可调输出电压模块 TPSM861252 和 TPSM861257 说明	12
• 添加了 TPSM861252 Eco-mode 说明	14
• 添加了 WEBENCH 说明	16
• 添加了 TPSM861252 和 TPSM861257 滤波器选型	17

Changes from Revision * (September 2023) to Revision A (January 2024)	Page
• 将文档状态从“预告信息”更改为“量产数据”	1

11 机械、封装和可订购信息

下述页面包含机械、封装和订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package | Pins	Package qty | Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
TPSM861252RDXR	Active	Production	QFN-FCMOD (RDX) | 7	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	861252
TPSM861252RDXR.A	Active	Production	QFN-FCMOD (RDX) | 7	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	861252
TPSM861253RDXR	Active	Production	QFN-FCMOD (RDX) | 7	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	861253
TPSM861253RDXR.A	Active	Production	QFN-FCMOD (RDX) | 7	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	861253
TPSM861257RDXR	Active	Production	QFN-FCMOD (RDX) | 7	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	861257
TPSM861257RDXR.A	Active	Production	QFN-FCMOD (RDX) | 7	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	861257

(1) **Status:** For more details on status, see our product life cycle.

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the TI RoHS Statement for additional information and value definition.

(4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

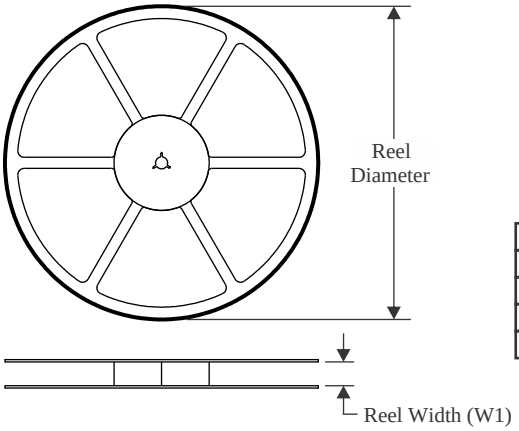
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

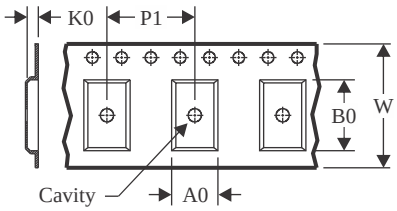
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

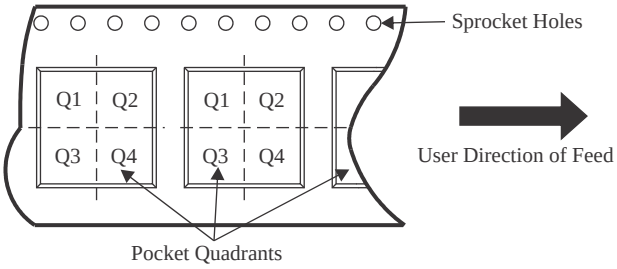


TAPE DIMENSIONS



A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers

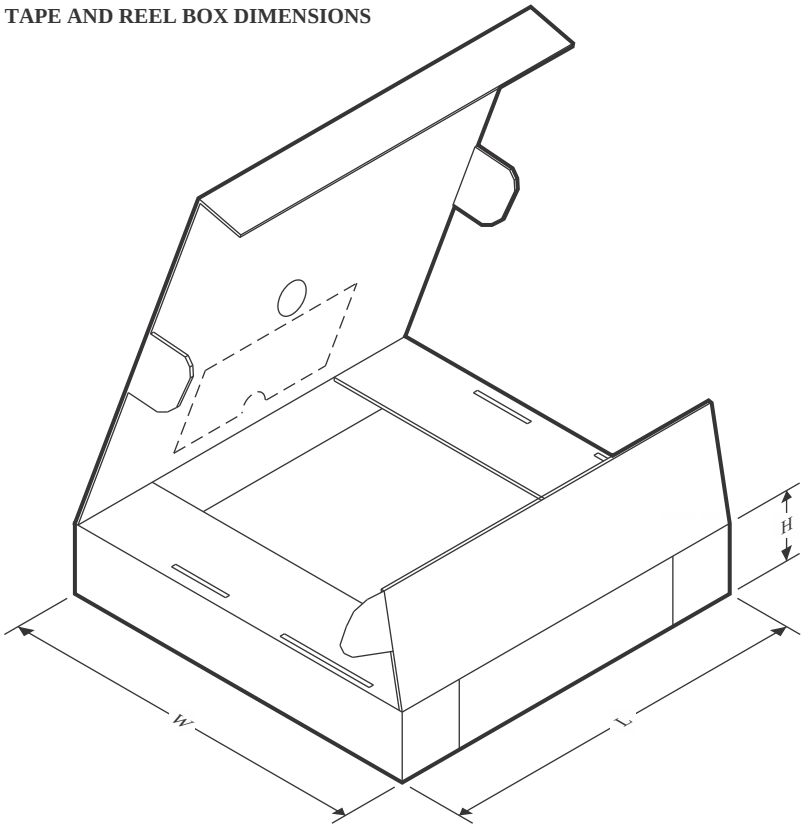
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*All dimensions are nominal

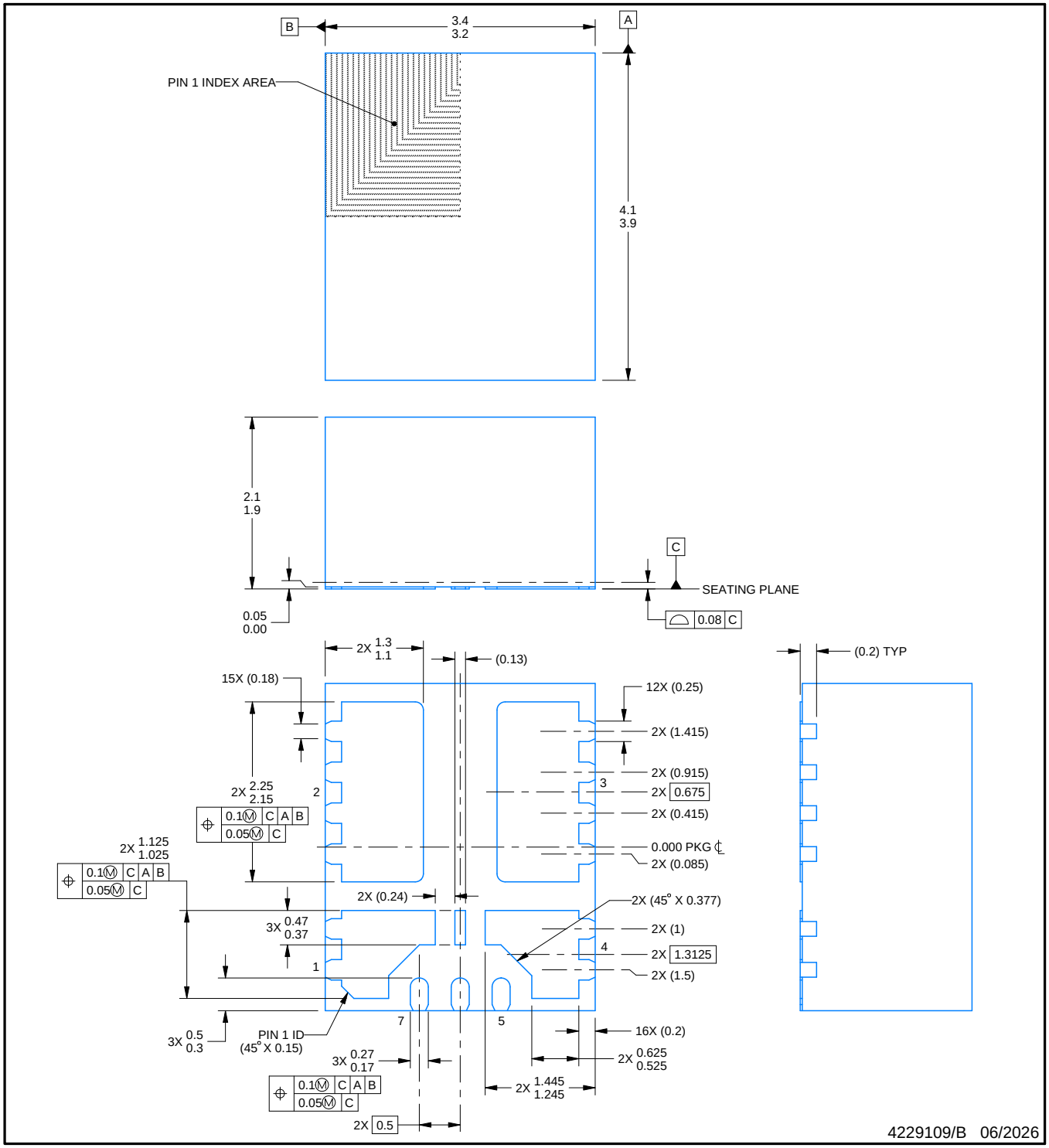
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
TPSM861252RDXR	QFN-FCMOD	RDX	7	3000	330.0	12.4	3.6	4.3	2.3	8.0	12.0	Q1
TPSM861253RDXR	QFN-FCMOD	RDX	7	3000	330.0	12.4	3.6	4.3	2.3	8.0	12.0	Q1
TPSM861257RDXR	QFN-FCMOD	RDX	7	3000	330.0	12.4	3.6	4.3	2.3	8.0	12.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



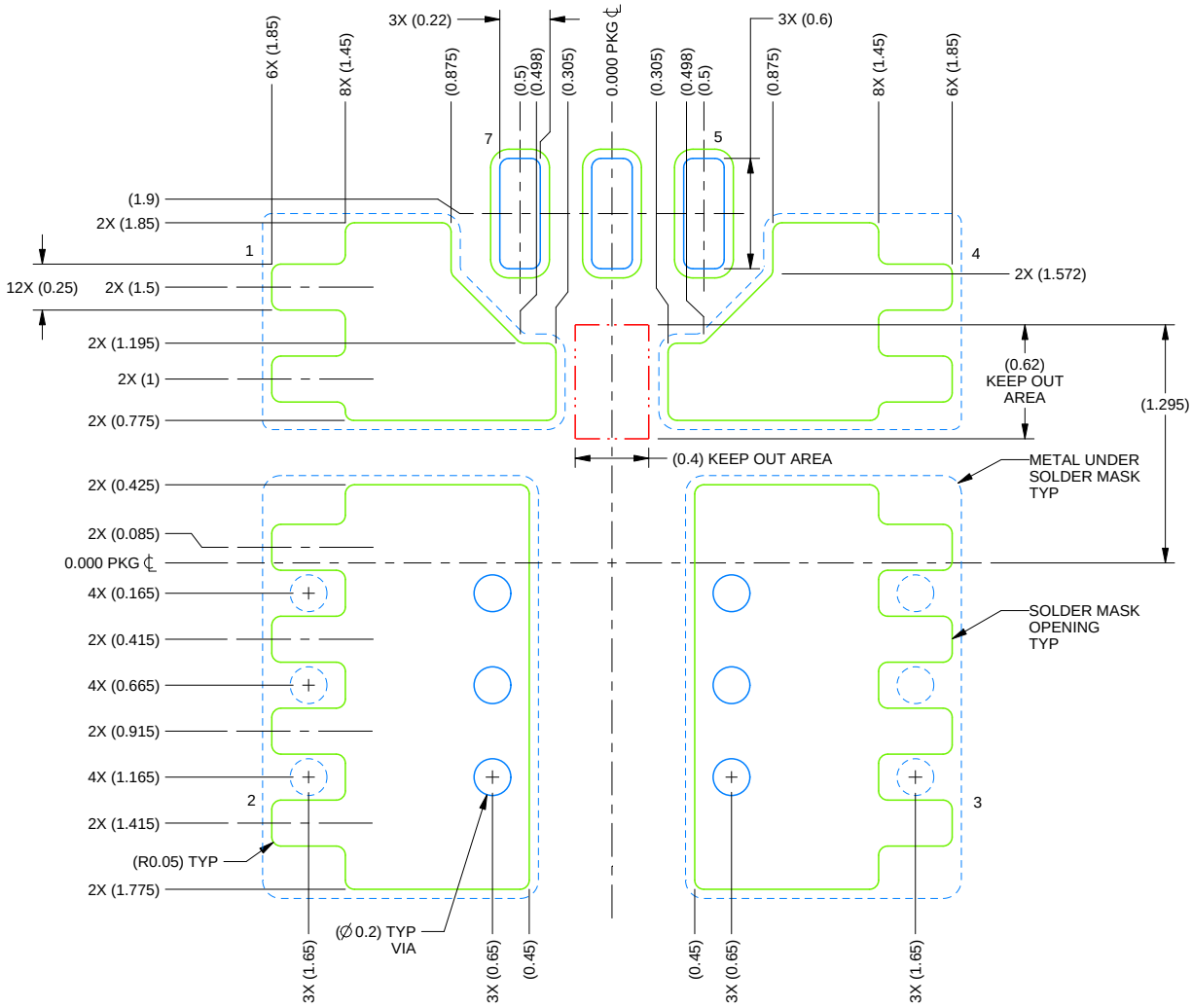
*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TPSM861252RDXR	QFN-FCMOD	RDX	7	3000	367.0	367.0	38.0
TPSM861253RDXR	QFN-FCMOD	RDX	7	3000	367.0	367.0	38.0
TPSM861257RDXR	QFN-FCMOD	RDX	7	3000	367.0	367.0	38.0

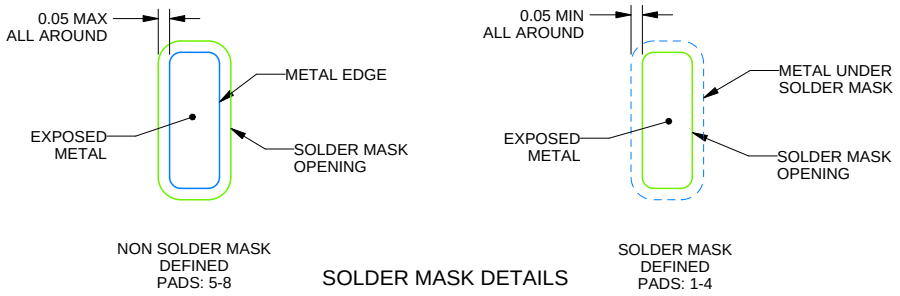


NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.



LAND PATTERN EXAMPLE
SCALE: 25X

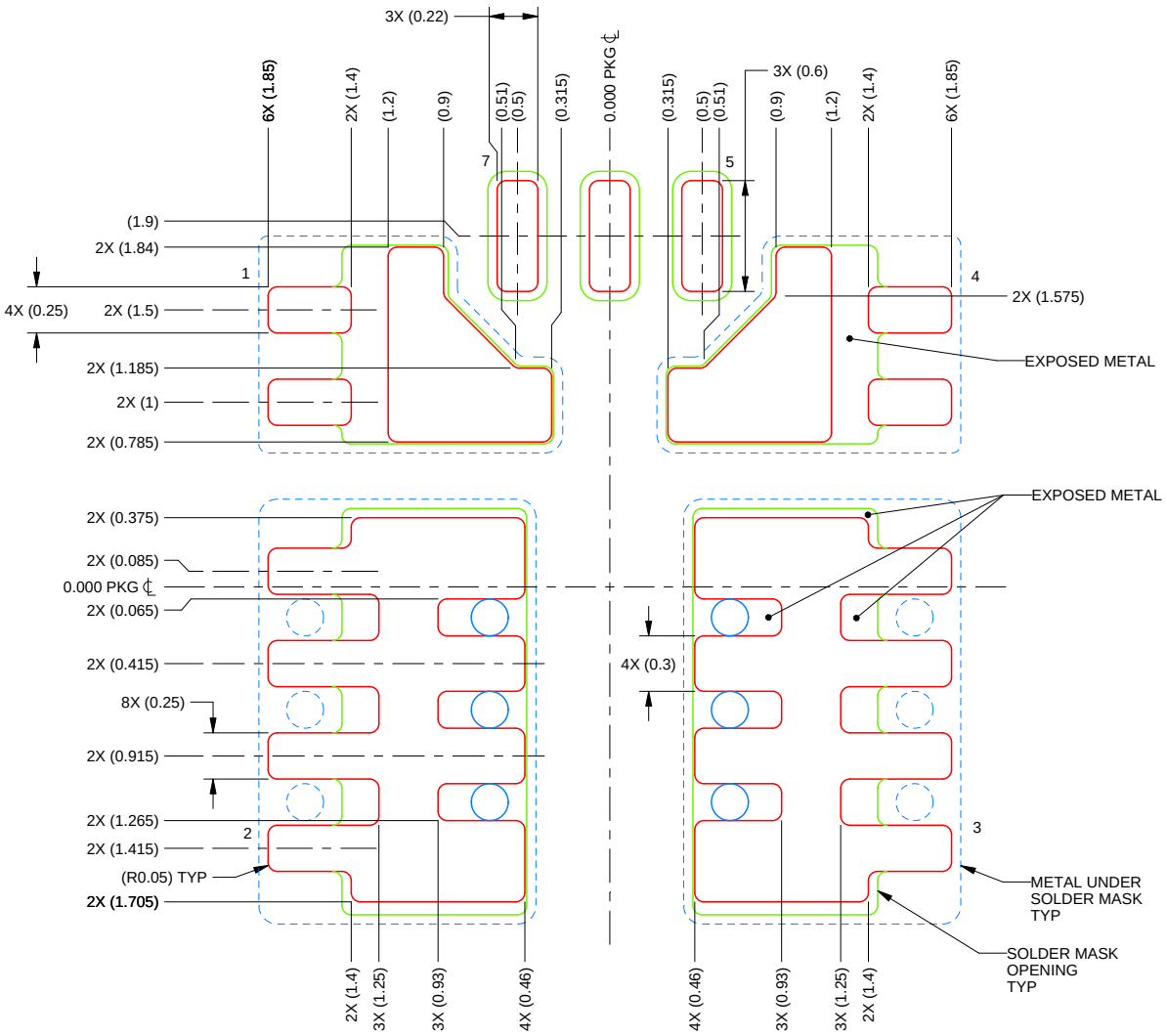


SOLDER MASK DETAILS

4229109/B 06/2026

NOTES: (continued)

4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slua271).
5. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
SCALE: 25X

PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA UNDER PACKAGE
PADS: 1, 2, 3 & 4: 75%

4229109/B 06/2026

NOTES: (continued)

6. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

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出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途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、安保法规或其他要求。

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。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 销售条款)、TI 通用质量指南 或 ti.com 上其他适用条款或 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。 除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月