

TPSM8281x 具有集成电感器和频率同步功能、采用 MicroSiP™ 和 MagPack™ 封装的 2.75V 至 6V 输入、1A 至 4A 降压电源模块

1 特性

- 可调和可同步开关频率为 1.8MHz 至 4MHz
- 提供两种封装类型
 - MagPack 封装 (屏蔽电感器和 IC) 13 引脚, 高度小于 2.0mm
 - μ SIL 14 引脚, 高度小于 2.4mm
- 针对低 EMI 要求进行了优化
 - 倒装芯片贴装 (无键合线)
 - 通过优化的引脚排列简化了布局
- 提供展频时钟版本
- 可选强制 PWM 或 PFM/PWM 运行
- 输出电压精度为 $\pm 1\%$ (PWM 操作)
- 输入电压范围为 2.75V 至 6V
- 0.6V 至 5.5V 输出电压范围
- 可调软启动或跟踪
- 具有窗口比较器的电源正常输出
- 精密使能输入可实现
 - 用户定义的欠压锁定
 - 准确时序控制
- 100% 占空比
- 输出放电
- 15 μ A 典型静态电流
- 优异的热性能
- -40°C 至 125°C 工作温度范围
- 引脚对引脚 6A 版本, 高 1.6mm : [TPSM82816](#)
- 使用 [TPSM8281x](#) 并借助 [WEBENCH® Power Designer](#) 创建定制设计方案

2 应用

- [光学模块、数据中心互连](#)
- [测试和测量](#)
- [患者监护和诊断](#)
- [无线基础设施](#)
- [航天和国防](#)

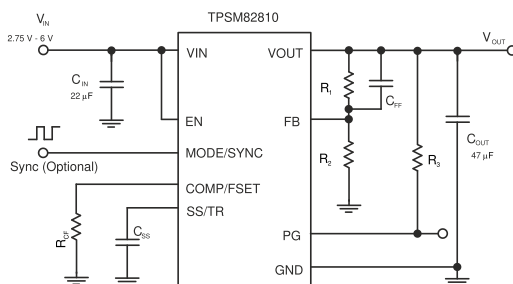
3 说明

TPSM8281x 是具有集成电感器、引脚对引脚兼容的高效、易于使用的同步降压直流/直流电源模块系列, 输出电流范围为 1A 至 4A。这些器件使用基于固定频率峰值电流模式控制拓扑, 支持电信、测试和测量以及医疗应用领域的高功率密度要求。低阻开关可在高温环境下支持高达 4A 的持续输出电流。开关频率可在 1.8MHz 至 4MHz 之间调节, 也可与外部时钟同步。在 PFM/PWM 模式下, TPSM8281x 可在整个负载范围内保持高效率。这些器件在 PWM 模式下可提供 1% 的输出电压精度, 这会简化精确电源的设计。SS/TR 引脚可通过精确的启动斜坡来限制浪涌电流, 或通过跟踪输出电压与施加到该引脚的外部电压的关系来进行时序控制。

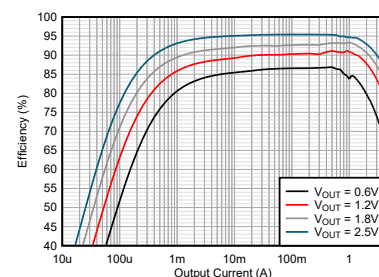
器件信息

器件型号 ⁽²⁾	输出电流	封装 ⁽¹⁾	封装尺寸 (标称值)
TPSM82810	4A	SIL (μ SIL, 14)	3.0mm $\times$ 4.0mm $\times$ 2.4mm
		VCA (QFN, 13)	2.5mm $\times$ 3.0mm $\times$ 1.95mm
TPSM82813	3A	SIL (μ SIL, 14)	3.0mm $\times$ 4.0mm $\times$ 2.4mm
		VCA (QFN, 13)	2.5mm $\times$ 3.0mm $\times$ 1.95mm
TPSM82812 ⁽³⁾	2A	VCA (QFN, 13)	2.5mm $\times$ 3.0mm $\times$ 1.95mm
TPSM82811 ⁽³⁾	1A		

- (1) 有关更多信息, 请参阅 [节 12](#)。
- (2) 请参阅 [器件比较表](#)。
- (3) 预发布信息 (非量产数据)。



原理图



TPSM82813PVCAR 效率; $V_{IN} = 3.3V$



内容

1 特性	1	8.4 器件功能模式	13
2 应用	1	9 应用和实施	15
3 说明	1	9.1 应用信息.....	15
4 器件比较表	3	9.2 典型应用.....	15
5 引脚配置和功能	4	9.3 系统示例.....	22
6 规格	5	9.4 电源相关建议.....	23
6.1 绝对最大额定值.....	5	9.5 布局.....	23
6.2 ESD 等级.....	5	10 器件和文档支持	26
6.3 建议运行条件.....	5	10.1 器件支持.....	26
6.4 热性能信息.....	5	10.2 文档支持.....	26
6.5 电气特性.....	6	10.3 接收文档更新通知.....	26
6.6 典型特性.....	8	10.4 支持资源.....	26
7 参数测量信息	9	10.5 商标.....	26
7.1 原理图.....	9	10.6 静电放电警告.....	27
8 详细说明	10	10.7 术语表.....	27
8.1 概述.....	10	11 修订历史记录	27
8.2 功能方框图.....	10	12 机械、封装和可订购信息	28
8.3 特性说明.....	10		

4 器件比较表

器件型号	输出电流	展频时钟
TPSM82810SILR	4A	关断
TPSM82810SSILR	4A	导通
TPSM82810PVCAR	4A	关断
TPSM82813SILR	3A	关断
TPSM82813SSILR	3A	导通
TPSM82813PVCAR	3A	关断
TPSM82812PVCAR ⁽¹⁾	2A	关断
TPSM82811PVCAR ⁽¹⁾	1A	关断

(1) 预发布信息 (非量产数据)

5 引脚配置和功能

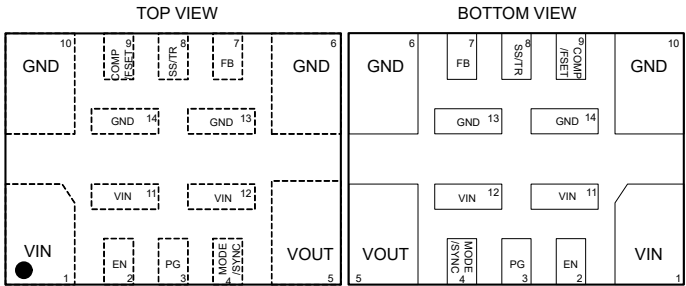


图 5-1. SIL 封装，14 引脚 μ SiL

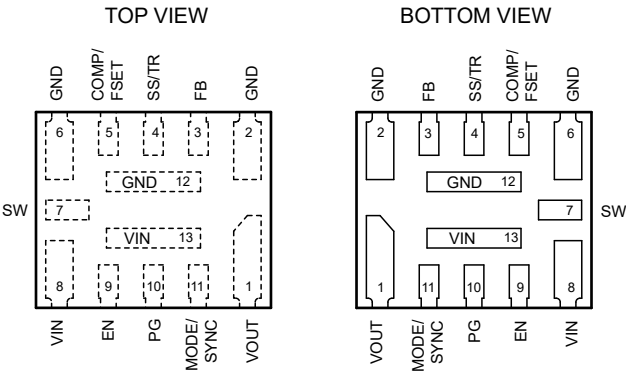


图 5-2. VCA 封装，13 引脚 QFN

表 5-1. 引脚功能

引脚			类型 ⁽¹⁾	说明
名称	SIL	VCA		
EN	2	9	I	该引脚是器件的使能引脚。连接到逻辑低电平以禁用该器件。上拉可启用该器件。请勿使该引脚保持未连接状态。
FB	7	3	I	电压反馈输入。将输出电压电阻分压器连接到此引脚。
GND	6、10、13、14	2、6、12		接地引脚
MODE/SYNC	4	11	I	当该引脚被拉低时，器件在 PFM/PWM 模式下运行。当该引脚被拉高时，器件在强制 PWM 模式下运行。请勿使该引脚保持未连接状态。MODE/SYNC 引脚还可用于将器件与外部频率进行同步。请参阅 第 9.3.2 节 。
COMP/FSET	9	5	I	器件补偿和频率设置输入。该引脚与 GND 之间的电阻定义了控制环路的补偿以及开关频率（如果未在外同步）。如果引脚连接到 GND 或 VIN，则开关频率设置为 2.25MHz。请参阅 表 8-1 。请勿使该引脚保持未连接状态。
PG	3	10	O	具有窗口比较器的开漏电源正常输出。当 VOUT 超出电源正常阈值时，该引脚被拉至 GND。该引脚可以在不使用时保持开路或连接到 GND。上拉电阻器可以连接到任何不大于 VIN 的电压。
SS/TR	8	4	I	软启动、跟踪引脚。从该引脚连接到 GND 的电容器定义输出电压上升时间。该引脚还可用作跟踪和时序控制的输入 - 请参阅 电压跟踪 。
VOUT	5	1		输出电压引脚。此引脚在内部连接到集成电感器。
VIN	1、11、12	8、13		电源输入。在 VIN 和 GND 引脚之间（尽可能接近它们）连接输入电容器。
SW	—	7	O	该引脚是转换器的开关引脚。此引脚连接到内部功率 MOSFET 和电感器。使该引脚保持未连接状态以获得出色的 EMI 性能。

(1) I = 输入，O = 输出

6 规格

6.1 绝对最大额定值

在工作结温范围内测得 (除非另有说明) ⁽¹⁾

		最小值	最大值	单位
引脚电压 ⁽²⁾	VIN、EN、MODE/SYNC	-0.3	6.5	V
	SW (仅限 VCA 封装)	-0.3	V _{IN} +0.3	V
	SW (仅限 VCA 封装, 开关时瞬态持续时间小于 10ns)	-3	10	V
	FB	-0.3	4	V
	COMP/FSET、PG、SS/TR、VOUT	-0.3	V _{IN} +0.3	V
I _{SINK_PG}	PG 引脚上的灌电流		10	mA
T _J	工作结温	-40	125	°C
T _{stg}	贮存温度	-40	125	°C

- (1) 应力超出绝对最大额定值中列出的值时,可能会对器件造成永久损坏。这些值仅为应力额定值,并不意味着器件在这些条件下、或是在超出建议运行条件的任何其他条件下能够正常运行。长时间处于绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。
- (2) 所有电压值都相对于网络接地端而言。

6.2 ESD 等级

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

- (1) JEDEC 文档 JEP155 指出: 500V HBM 能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。
- (2) JEDEC 文档 JEP157 指出: 250V CDM 能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

6.3 建议运行条件

		最小值	标称值	最大值	单位
V _{IN}	电源电压范围	2.75		6	V
V _{OUT}	输出电压范围	0.6		5.5	V
C _{OUT}	有效输出电容 ⁽¹⁾	27	47	470	μF
C _{IN}	有效输入电容 ⁽¹⁾	5	10		μF
R _{CF}		4.5		100	kΩ
T _J	工作结温	-40		125	°C

- (1) 表中为所有电容器给出的值均为有效电容,其中包括直流偏置效应。由于陶瓷电容器的直流偏置效应,施加电压时有效电容低于标称值。请检查制造商的直流偏置曲线,以了解有效电容与所施加直流电压之间的关系。请参阅第 9.3.3 节,了解输出电容与补偿设置和输出电压间的关系。

6.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		TPSM8281x				单位
		VCA (13 引脚)		μ SIL (14 引脚)		
		EVM	JEDEC 51-7	EVM	JEDEC 51-5	
R θ JA	结至环境热阻	27.4	73.0	35.0	52.4	°C/W
R θ JC(top)	结至外壳 (顶部) 热阻	不适用 ⁽³⁾	34.1	不适用 ⁽³⁾	52.0	°C/W
R θ JB	结至电路板热阻	不适用 ⁽³⁾	20.9	不适用 ⁽³⁾	16.9	°C/W
ψ JT	结至顶部特征参数	(-3) ⁽²⁾	(-1.4) ⁽²⁾	11.1	12.8	°C/W
ψ JB	结至电路板特征参数	10.2	20.6	14.8	16.9	°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 封装热指标应用报告和热注意事项。
- (2) 由于存在电感器功率耗散,外壳顶部温度会高于有源电路的温度。这会导致出现负的结至顶部特性参数。
- (3) 不适用于 EVM

6.5 电气特性

在工作结温范围内 ($T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$) 且 $V_{IN} = 2.75\text{V}$ 至 6V 。 $V_{IN} = 5\text{V}$ 且 $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 时的典型值。(除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源						
I _Q	工作静态电流	EN = 高电平，I _{OUT} = 0mA，器件未开关		15	21	μA
I _{SD}	关断电流	EN = 0V		0.11	18	μA
V _{UVLO}	欠压锁定阈值	输入电压上升	2.5	2.6	2.75	V
		输入电压下降	2.25	2.5	2.6	V
T _{SD}	热关断温度	结温上升		170		°C
	热关断迟滞			15		
控制 (EN、SS/TR、PG、MODE/SYNC)						
V _{IH}	MODE/SYNC 引脚上的高电平输入电压		1.1			V
V _{IL}	MODE/SYNC 引脚上的低电平输入电压				0.3	V
f _{SYNC}	MODE/SYNC 引脚上用于同步的频率范围		1.8		4	MHz
	MODE/SYNC 引脚上同步信号的占空比		40%	50%	60%	
V _{IH}	EN 引脚的输入阈值电压	EN 上升沿	1.06	1.1	1.15	V
V _{IL}	EN 引脚的输入阈值电压	EN 下降沿	0.96	1.0	1.05	V
I _{LKG}	EN、MODE/SYNC 引脚的输入泄漏电流	EN、MODE/SYNC = V _{IN} 或 GND			150	nA
V _{TH_PG}	UVP 电源正常阈值	上升 (%V _{FB})	92%	95%	98%	
	UVP 电源正常阈值	下降 (%V _{FB})	87%	90%	93%	
	OVP 电源正常阈值	上升 (%V _{FB})	107%	110%	113%	
	OVP 电源正常阈值	下降 (%V _{FB})	104%	107%	111%	
	电源正常抗尖峰脉冲时间	对于电源正常状态下从高电平到低电平的转换		40		μs
V _{OL_PG}	电源正常状态输出低电平电压	I _{PG} = 2mA		0.07	0.3	V
I _{LKG_PG}	PG 引脚的输入泄漏电流	V _{PG} = 5V			100	nA
I _{SS/TR}	SS/TR 引脚拉电流		2.1	2.5	2.8	μA
t _{delay}	启动延迟时间	从 EN 高电平到开始开关的时间；已施加 V _{IN}	135	200	450	μs
t _{ramp}	斜坡时间；SS/TR 引脚开路	从第一次开关脉冲到标称输出电压 95% 的时间	100	150	200	μs
	跟踪增益	V _{FB} /V _{SS/TR}		1		
	跟踪失调电压	FB 引脚，V _{SS/TR} = 0V		17		mV
电源开关						
R _{DS(ON)}	高侧 MOSFET 导通电阻	V _{IN} ≥ 5V		37	60	mΩ
R _{DS(ON)}	低侧 MOSFET 导通电阻	V _{IN} ≥ 5V		15	35	mΩ
R _{DP}	压降电阻	100% 模式。V _{IN} = 3.3V、T _J = 85°C 时的最大值		50	90	mΩ
I _{LIMH}	高侧 MOSFET 电流限制 ⁽¹⁾	TPSM82810，V _{IN} = 3V 至 6V	4.8	5.6	6.55	A
I _{LIMH}	高侧 MOSFET 电流限制 ⁽¹⁾	TPSM82813，V _{IN} = 3V 至 6V	3.9	4.5	5.25	A
I _{LIMNEG}	负电流限制 ⁽¹⁾	MODE/SYNC = 高电平		-1.8		A
f _S	PWM 开关频率范围		1.8	2.25	4	MHz
f _S	PWM 开关频率	COMP/FSET 连接到 VIN 或 GND	2.025	2.25	2.475	MHz

6.5 电气特性 (续)

在工作结温范围内 ($T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$) 且 $V_{IN} = 2.75\text{V}$ 至 6V 。 $V_{IN} = 5\text{V}$ 且 $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 时的典型值。(除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
	PWM 开关频率容差	使用 COMP/FSET 到 GND 之间的电阻器	-19%		18%	
$t_{on,min}$	最短导通时间	$V_{IN} = 3.3\text{V}$		50	75	ns
$t_{off,min}$	最短关断时间	$V_{IN} = 3.3\text{V}$		30		ns
输出						
V_{FB}	反馈电压精度	$V_{IN} \geq V_{OUT} + 1\text{V}$, PWM 模式	594	600	606	mV
		$V_{IN} \geq V_{OUT} + 1\text{V}$, PFM 模式 $V_{OUT} \geq 1.5\text{V}$, $C_{OUT,eff} \geq 27\text{ }\mu\text{F}$	594	600	612	mV
		$1\text{V} \leq V_{OUT} < 1.5\text{V}$, PFM 模式 $C_{OUT,eff} \geq 47\text{ }\mu\text{F}$	594	600	615	mV
I_{LKG_FB}	输入泄漏电流 (FB 引脚)	$V_{FB} = 0.6\text{V}$		1	70	nA
V_{FB}	反馈电压精度, 带电压跟踪	$V_{IN} \geq V_{OUT} + 1\text{V}$, PWM 模式 $V_{SS/TR} = 0.3\text{V}$	297	300	321	mV
R_{dis}	输出放电电阻			30	50	Ω

(1) 这是静态电流限制。由于内部传播延迟, 在应用中该限值可能会暂时升高 (请参阅[电流限制和短路保护](#)一节)。

6.6 典型特性

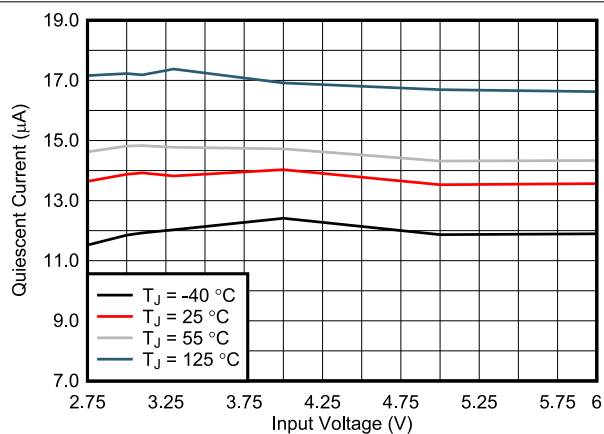


图 6-1. 静态电流

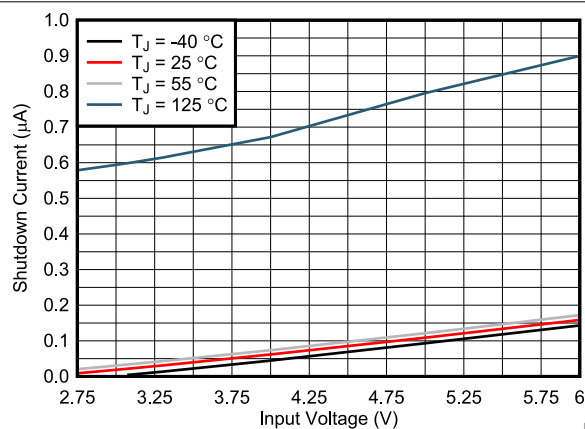


图 6-2. 关断电流

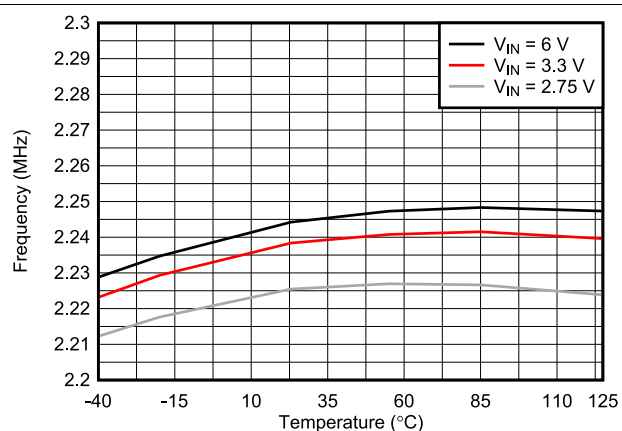


图 6-3. 振荡器频率与温度间的关系 (COMP/FSET 连接到 VIN 或 GND)

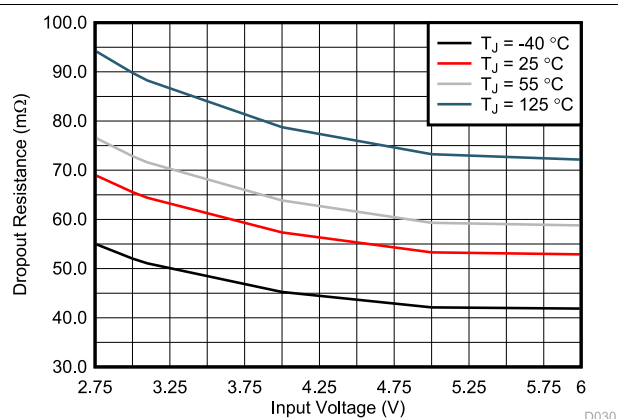


图 6-4. 压降电阻

7 参数测量信息

7.1 原理图

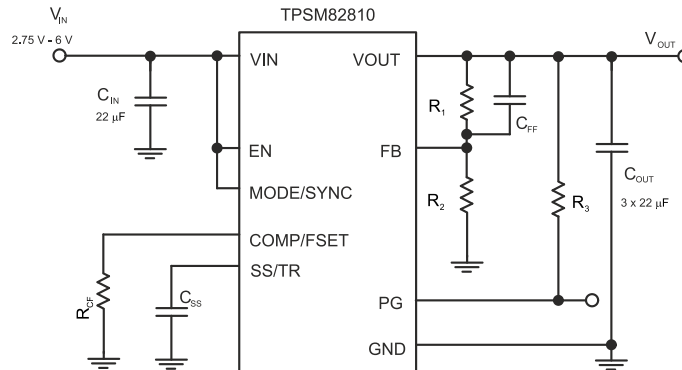


图 7-1. TPSM8281x 的测量设置

表 7-1. TPSM8281xSILR 的元件列表

基准	说明	制造商 ⁽¹⁾
IC	TPSM82810 或 TPSM82813	德州仪器 (TI)
C _{IN}	22µF/X7T/10V ; GRM21BD71A226ME44	Murata
C _{OUT}	3 个 22µF/X7T/10V ; GRM21BD71A226ME44	Murata
C _{SS}	4.7nF	不限
R _{CF}	10k Ω	不限
C _{FF}	10pF	不限
R ₁	取决于 VOUT	不限
R ₂	取决于 VOUT	不限
R ₃	100k Ω	不限

表 7-2. TPSM8281xPVCAR 的元件列表

基准	说明	制造商 ⁽¹⁾
IC	TPSM82811PVCAR、TPSM82812PVCAR、TPSM82813PVCAR	德州仪器 (TI)
C _{IN}	22µF/X7R/10V ; GRM21BZ1A226ME15L	Murata
C _{OUT}	2 个 47µF/X6S/6.3V ; GRM21BC80J476ME01L	Murata
C _{SS}	4.7nF	不限
R _{CF}	10k Ω	不限
C _{FF}	10pF	不限
R ₁	取决于 VOUT	不限
R ₂	取决于 VOUT	不限
R ₃	100k Ω	不限

(1) 请参阅 [第三方产品免责声明](#)。

备注

上面每个表中的输入和输出电容器器件型号对应于参数测量时使用的 BOM。配两种设计均可在任一配置下工作。

8 详细说明

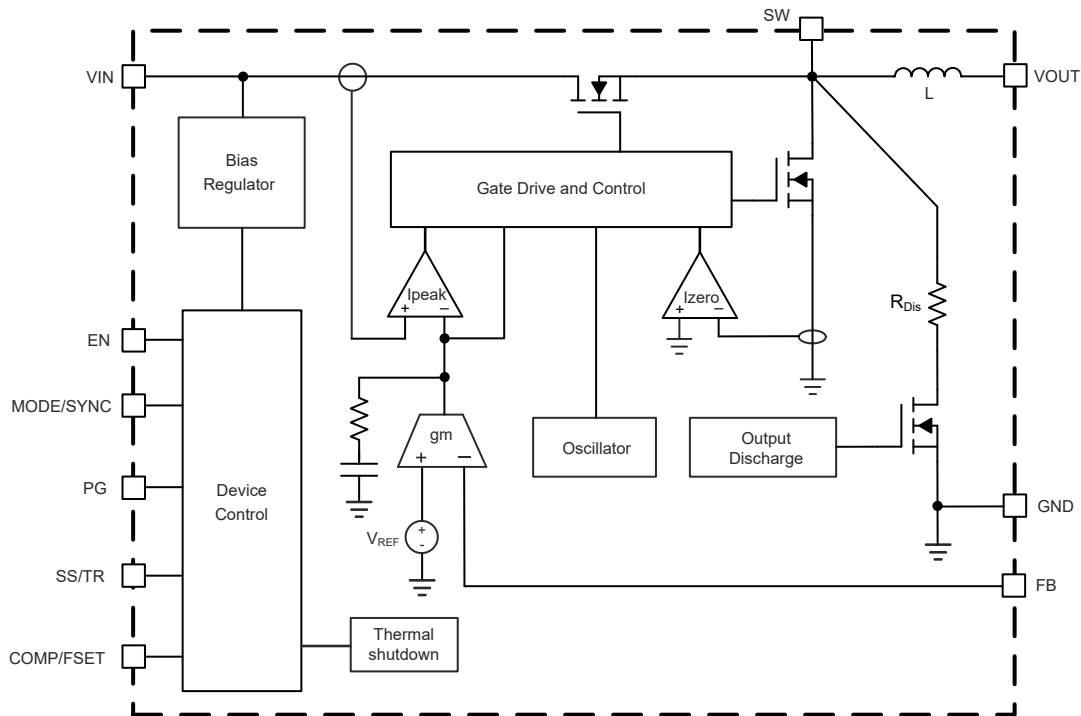
8.1 概述

TPSM8281x 同步开关模式 DC/DC 转换器电源模块基于固定频率峰值电流模式控制拓扑。该控制环路具有内部补偿功能。为了将控制环路的带宽优化到可与 TPSM8281x 配合使用的宽输出电容范围，可以从三种内部补偿设置中选择一种。请参阅 [节 8.3.3](#)。补偿设置可通过 COMP/FSET 与 GND 之间的电阻器或根据该引脚的逻辑状态进行选择。稳压网络使用小型外部元件和低 ESR 陶瓷输出电容器实现快速稳定的运行。

这些器件支持通过 MODE/SYNC 引脚连接到逻辑高电平来实现固定频率强制 PWM 运行模式。当 MODE/SYNC 引脚设置为逻辑低电平时，器件以低输出电流在省电模式 (PFM) 下运行，并在较高的输出电流情况下自动转换到固定频率 PWM 模式。在 PFM 模式下，开关频率会根据负载线性降低，从而在非常低的输出电流条件下保持高效率。该器件可与施加到 MODE/SYNC 引脚的 1.8MHz 到 4MHz 范围内的外部时钟信号同步。

采用 VCA 封装的 TPSM8281xP 版本使用 MagPack 技术，实现了超高性能电源模块设计。借助德州仪器 (TI) 专有的集成磁性元件封装技术，MagPack (封装中磁性元件) 电源模块可提供业界卓越的功率密度、高效率、良好的热性能、易用性以及更低的 EMI 辐射。

8.2 功能方框图



备注

SW 仅适用于 VCA 封装

8.3 特性说明

8.3.1 精密使能端 (EN)

当超过 EN 上升阈值时，TPSM8281x 开始运行。为了正常工作，EN 引脚必须端接并且不得悬空。将 EN 引脚拉至低电平可强制器件关断。在此模式下，内部高侧和低侧 MOSFET 关闭，整个内部控制电路关闭。施加到 TPSM8281x EN 引脚的电压在上升过程中会与 1.1V 的固定阈值进行比较。

下降沿的使能输入阈值通常比上升沿阈值低 100mV。精密使能输入支持通过在 EN 引脚的输入端添加电阻分压器来提供用户可编程的欠压锁定。精密使能输入还使您能够通过缓慢变化的电压来驱动引脚，并允许使用外部 RC

网络来实现精密加电延迟。有关更多详细信息，请参阅 [使用带有精密使能引脚阈值的 DC/DC 转换器实现零噪声启动](#) 模拟设计期刊。

8.3.2 输出放电

放电功能的目的是在禁用器件时确保输出电压按照既定设置降低，并将器件关闭时的输出电压维持至接近 0V。施加电源电压之后至少启用一次 TPSM8281x，输出放电功能才会激活。一旦器件被停用、热关断或欠压锁定，放电功能就会启用。放电功能保持工作状态所需的最小电源电压通常为 1V。

8.3.3 COMP/FSET

此引脚独立设置两个不同的参数：

- 控制环路的内部补偿设置（三个设置可用）
- PWM 模式下的开关频率为 1.8MHz 至 4MHz

在 COMP/FSET 与 GND 之间连接的电阻器可以改变补偿和开关频率。补偿的变化使该器件能够适应不同的输出电容值。该电阻器必须靠近引脚放置，以使引脚上的寄生电容尽可能小。补偿设置是在启用转换器后设置的，因此运行期间电阻器的变化仅影响开关频率，而对补偿没有影响。

为了节省外部元件，该引脚也可直接连接到 VIN 或 GND，以设置预定义的开关频率和补偿。请勿将此引脚悬空。

必须根据最大输入电压和输出电压选择开关频率，以满足最短导通时间规格。

示例：V_{IN} = 5.5V，V_{OUT} = 1V

$$f_{Sw,max} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN} \times t_{ON,min}} = \frac{1V}{5.5V \times 75ns} = 2.42 MHz \quad (1)$$

补偿范围必须根据所用的最小有效电容来选择。在所有三个补偿范围内，可以将电容从表 8-1 中给出的最小值增大到最大值 470μF。当使用更大的输出电容时，较高的补偿设置可提供更好的负载瞬态响应。如果输出的电容在运行期间发生变化，例如当负载开关用于连接或断开电路的某些部分时，必须为输出上的最小电容选择补偿。如果补偿较大的输出电容，但在输出端放置较小的电容，则可能会导致不稳定。

预期开关频率和补偿设置的 R_{CF} 值根据下表中的公式确定。

表 8-1. 开关频率和补偿

补偿	R_{CF}	开关频率	$V_{OUT} < 1V$ 时的最小输出电容	$1V \leq V_{OUT} < 3.3V$ 时的最小输出电容	$V_{OUT} \geq 3.3V$ 时的最小输出电容
对于最小输出电容 (补偿设置 1)	$R_{CF}(k\Omega) = \frac{18MHz \times k\Omega}{f_S(MHz)}$	1.8MHz (10k Ω) ... 4MHz (4.5k Ω)	53 μF	32 μF	27 μF
对于中输出电容 (补偿设置 2)	$R_{CF}(k\Omega) = \frac{60MHz \times k\Omega}{f_S(MHz)}$	1.8MHz (33k Ω) ... 4MHz (15k Ω)	100 μF	60 μF	50 μF
对于大输出电容 (补偿设置 3)	$R_{CF}(k\Omega) = \frac{180MHz \times k\Omega}{f_S(MHz)}$	1.8MHz (100k Ω) ... 4MHz (45k Ω)	200 μF	120 μF	100 μF
对于最小输出电容 (补偿设置 1)	连接至 GND	内部固定 2.25MHz	53 μF	32 μF	27 μF
对于大输出电容 (补偿设置 3)	连接至 V_{IN}	内部固定 2.25MHz	200 μF	120 μF	100 μF

有关所需输出电容 (取决于输出电压) 的更多详细信息, 请参阅 [节 9.2.2.5](#)。所有值均为电容有效值。

对于 R_{CF} , 过高的电阻值会被读取为“连接至 V_{IN} ”, 而低于最低范围的值则被读取为“连接至 GND”。表 8-1 中的最小输出电容适用于靠近器件输出端的电容器。如果电容是分布式的, 可能需要较低的补偿设置。

8.3.4 MODE/SYNC

当 MODE/SYNC 设置为低电平时, 器件在 PWM 或 PFM 模式下运行, 具体取决于输出电流。MODE/SYNC 引脚设置为高电平时, 会强制器件进入 PWM 模式。该引脚还允许您施加频率范围为 1.8MHz 到 4MHz 的外部时钟来实现外部同步。施加外部时钟时, 器件在 PWM 模式下运行。与开关频率选择一样, 在施加外部时钟信号时, 必须遵守最短导通时间规格。使用外部同步时, TI 建议将 R_{CF} 设置的开关频率设置为与外部施加的时钟相似的值。这样可确保外部时钟失效时, 开关频率保持在相近范围内, 并减少切换至内部时钟所需的趋稳时间。当 COMP/FSET 与 GND 之间没有电阻器但引脚被拉高或拉低时, 无法进行外部同步。内部 PLL 可让您在运行期间将某个内部时钟切换为外部时钟。与外部时钟的同步是在所施加时钟的下降沿到内部 SW 引脚的上升沿完成的。MODE/SYNC 引脚可在运行期间更改。有关更多详细信息, 请参阅 [节 9.3.2](#)。

8.3.5 展频时钟 (SSC) - TPSM8281xS

这些器件提供展频时钟, 当使用内部时钟时, 开关频率在 PWM 模式下随机变化。频率变化通常介于标称开关频率和高于比标称开关频率最多 288kHz 之间。当器件在外部同步时, TPSM8281xS 遵循外部时钟, 并且内部展频模块会关闭。软启动期间也会禁用 SSC。

8.3.6 欠压锁定 (UVLO)

如果输入电压下降, 欠压锁定会通过关闭两个 MOSFET 来防止器件误操作。当电压高于 UVLO 上升阈值时, 该器件可完全正常工作, 如果输入电压低于下降阈值, 则会关闭该器件。

8.3.7 电源正常状态输出 (PG)

该器件具有带窗口比较器的电源正常输出。FB 引脚电压高于标称电压的 95% 且低于 107% 后, PG 引脚会变为高阻态; 电压低于标称电压的 90% (典型值) 或高于 110% 时, PG 引脚会被驱动为低电平。表 8-2 展示了典型 PG 引脚逻辑。PG 引脚是开漏输出, 其额定灌电流不超过 2mA。电源正常输出需要使用一个连接到任何低于 V_{IN} 的电压轨的上拉电阻器。通过将 PG 信号连接到其他转换器的 EN 引脚, 可以使用 PG 信号对多个电源轨进行时序控制。如不使用, PG 引脚既可以保持悬空状态, 也可以连接到 GND。

表 8-2. 电源正常引脚逻辑

器件状态		PG 逻辑状态	
		高阻抗	低电平
已启用 (EN = 高电平)	$0.57V \leq V_{FB} \leq 0.642V$	✓	
	$V_{FB} < 0.54V$ 或 $V_{FB} > 0.66V$		✓

表 8-2. 电源正常引脚逻辑 (续)

器件状态		PG 逻辑状态	
		高阻抗	低电平
关断 (EN = 低电平)			✓
UVLO	$2V \leq V_{IN} < V_{UVLO}$		✓
热关断	$T_J > T_{JSD}$		✓
电源移除	$V_{IN} < 2V$	✓	

PG 引脚在下降沿具有 40 μ s 的抗尖峰脉冲时间。

8.3.8 热关断

器件的结温 (T_J) 由内部温度传感器监控。如果 T_J 超过 170°C (典型值), 器件将进入热关断状态。高侧和低侧功率 FET 均关断, PG 变为低电平。当 T_J 降至 15°C (典型值) 的迟滞量以下时, 转换器从软启动开始恢复正常运行。在 PFM 期间, 热关断未激活。

8.4 器件功能模式

8.4.1 脉宽调制 (PWM) 运行

TPSM8281x 有两种工作模式: 强制 PWM 模式和 PFM/PWM 模式。

当 MODE/SYNC 引脚设置为高电平时, TPSM8281x 在连续导通模式 (CCM) 下以脉宽调制方式运行。开关频率由 COMP/FSET 引脚与 GND 之间的电阻器定义, 或由施加到 MODE/SYNC 引脚的外部时钟信号定义。

8.4.2 节能模式运行 (PFM/PWM)

当 MODE/SYNC 引脚为低电平时, 允许进入省电模式。只要峰值电感器电流高于大约 1.2A 的 PFM 阈值, 该器件就会以 PWM 模式运行。当峰值电感器电流降至 PFM 阈值以下时, 器件开始跳过开关脉冲。

在节能模式下, 开关频率随负载电流线性降低, 从而保持高效率。在省电模式下, 开关频率的线性行为如图 8-1 所示。

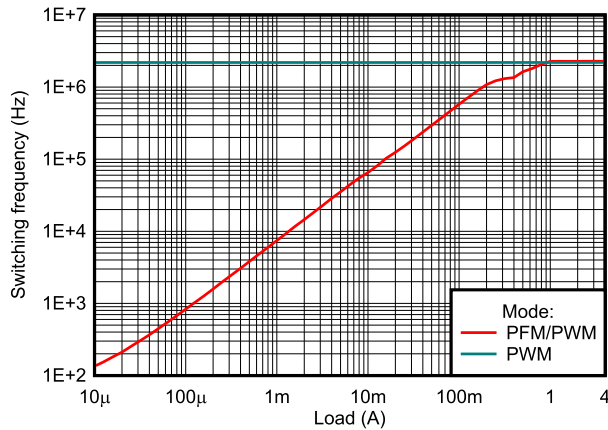


图 8-1. 开关频率与输出电流间的关系 ($V_{IN} = 5V$, $V_{OUT} = 1.8V$, $R_{CF} = 8.06k\Omega$)

8.4.3 100% 占空比运行

该器件通过进入 100% 占空比模式来提供低输入到输出电压差分。当达到典型值为 30ns 的最短关断时间时, TPSM8281x 会在接近 100% 模式时跳过其开关周期。在 100% 模式下, 高侧 MOSFET 开关始终开启。该特性在电池供电应用中特别有用, 可通过充分利用整个电池电压范围来实现超长的运行时间。可通过以下公式来计算用于维持最小输出电压的最小输入电压:

$$V_{IN(min)} = V_{OUT(min)} + I_{OUT} \times R_{DP} \quad (2)$$

其中

- R_{DP} 是从 V_{IN} 到 V_{OUT} 的电阻，其中包括高侧 MOSFET 导通电阻和电感器的直流电阻
- $V_{OUT(min)}$ 是负载可以接受的最低输出电压

8.4.4 电流限制和短路保护

TPSM8281x 具有过载和短路保护功能。如果电感器电流超过电流限值 (I_{LIMH})，高侧 MOSFET 将关断，低侧 MOSFET 将导通，以便降低电感器电流。仅当低侧 MOSFET 中的电流降至低侧电流限值以下时，高侧 MOSFET 才会再次导通。由于内部传播延迟，实际电流可能会超过静态电流限制。动态电流限值如下所示：

$$I_{peak(typ)} = I_{LIMH} + \frac{V_L}{L} \cdot t_{PD} \quad (3)$$

其中

- I_{LIMH} 是电气特性中指定的静态电流限制
- L 为有效电感 (通常为 470nH)
- V_L 是电感器两端的电压 ($V_{IN} - V_{OUT}$)
- t_{PD} 是内部传播延迟，典型值为 50ns

动态峰值电流的计算公式如下：

$$I_{peak(typ)} = I_{LIMH} + \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{L} \cdot 50ns \quad (4)$$

低侧 MOSFET 还包含负电流限值，以防止过大的电流通过电感器流回输入端。如果超过低侧灌电流限制，低侧 MOSFET 将关闭。在这种情况下，两个 MOSFET 都会关闭，直到下一个周期开始为止。负电流限制仅在强制 PWM 模式下有效。

8.4.5 软启动/跟踪 (SS/TR)

内部软启动电路控制启动期间的输出电压斜率。该控制可以避免过大的浪涌电流并确保受控的输出电压上升时间。该控制还可防止高阻抗电源或电池产生不必要的压降。当 EN 设置为高电平时，器件在延迟大约 200 μs 后开始开关。然后， V_{OUT} 按照由连接到 SS/TR 引脚的外部电容器控制的斜率上升。

从 SS/TR 接口到 GND 连接的电容器在软启动期间由内部电流源提供 2.5 μA 的充电电流，直到电容器达到 0.6V 的参考电压。当 SS/TR 引脚电压达到 0.6V 后，内部将其钳位在 0.6V，而 SS/TR 引脚电压仍会继续上升，最高约为 3.3V。设置特定斜坡时间 (t_{ramp}) 所需的电容是：

$$C_{SS}[nF] = \frac{2.5\mu A \cdot t_{ramp}[ms]}{0.6V} \quad (5)$$

将 SS/TR 引脚保持未连接状态可提供超快的启动斜升 (通常为 150 μs)。如果器件设置为关断 (EN = GND)、欠压锁定或热关断，则内部电阻器会将 SS/TR 引脚下拉至 GND，以便确保处于适当的低电平。从这些状态返回会导致新的启动序列。

施加在 SS/TR 引脚上的电压也可用于跟踪控制器电压。在强制 PWM 模式下，输出电压在两个方向上跟随此电压上升和下降。在 PFM 模式下，输出电压随负载电流而降低。施加在 SS/TR 上的外部电压被在内部钳位到反馈电压 (0.6V)。TI 建议将施加到 SS/TR 的外部电压最终值设置为略高于 0.6V，以确保在上电时序完成后，器件采用内部基准电压进行调节。请参阅 [节 9.3.1](#)。

9 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 器件规格的范围，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户应负责确定器件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计，以确保系统功能。

9.1 应用信息

TPSM8281x 是同步降压转换器电源模块。所需的功率电感器集成在 TPSM8281x 内部。该电感器是屏蔽式的，电感为 470nH，容差约为 $\pm 20\%$ 。

VCA MagPack 封装包括一个 470nH 屏蔽式电感器并屏蔽整个 IC，以实现更好的 EMI 性能。与 SIL 封装相比，更小的尺寸和更低的高度可提供更高的功率密度。

1A、2A 和 3A VCA 版本具有相同的效率和性能，仅在额定输出电流方面有所不同。这些版本与更高电流版本保持引脚对引脚兼容：TPSM82814PVCAR (4A) 和 TPSM82816PVCAR (6A)。

3A SIL 版本与 4A SIL 版本具有相同的效率和性能。两个版本仅在额定输出电流方面有所不同。这些版本与更高电流 TPSM82816SIER (6A) 版本保持引脚对引脚兼容。

9.2 典型应用

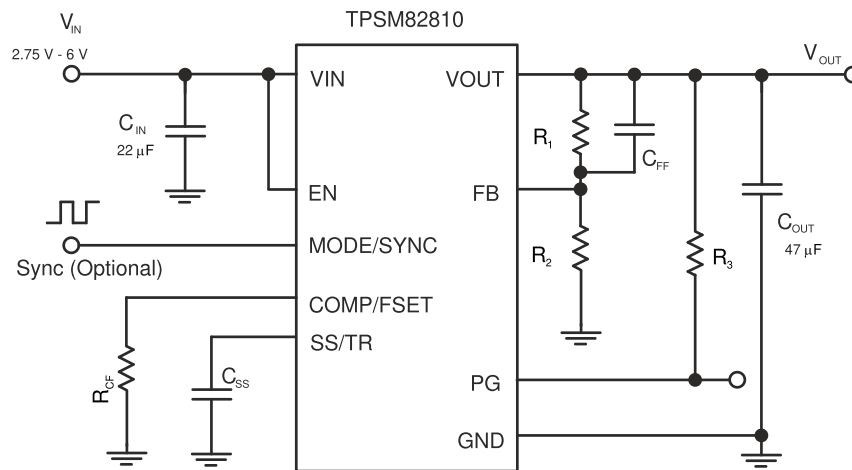


图 9-1. 典型应用原理图

9.2.1 设计要求

本设计指南提供了在建议运行条件下运行器件时的元件选择。

9.2.2 详细设计过程

9.2.2.1 使用 WEBENCH® 工具创建定制设计方案

[点击此处](#)，使用 TPSM8281x 器件并借助 [WEBENCH® Power Designer](#) 创建定制设计方案。

1. 如有偏好，请在“Part Number”字段中输入器件型号，然后等待器件列表出现并填充。如无偏好，请将此字段留空。
2. 在下一部分（先输入器件型号时自动填充）中输入输入电压 (V_{IN})、输出电压 (V_{OUT}) 和输出电流 (I_{OUT}) 要求。
3. 在“设计注意事项”部分中选择设计优先事项。
4. 查看设计建议并将生成的设计与德州仪器 (TI) 的其他可行解决方案进行比较。

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
- 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

请在此处获取有关 WEBENCH 工具的详细信息：[设计和仿真工具](#)。

9.2.2.2 设置输出电压

TPSM8281x 的输出电压可调节。根据 [公式 10](#) 选择电阻器 R1 和 R2，以将输出电压设置在 0.6V 至 5.5V 范围内。为保持反馈 (FB) 网络免受噪声影响，请将 R2 设置为 100kΩ 或更小值，以使分压器中的电流至少为 6μA。

$$R1 = R2 \times \left(\frac{V_{OUT}}{V_{FB}} - 1 \right) = R2 \times \left(\frac{V_{OUT}}{0.6V} - 1 \right) \quad (6)$$

FB 电阻值越低，防噪性能越好，但代价是轻负载效率会下降。有关优化反馈电阻器网络的详细信息，请参见模拟设计期刊文章 [DC/DC 转换器中电阻反馈分压器的设计注意事项](#)。

9.2.2.3 前馈电容器

建议将前馈电容器 (C_{FF}) 与 R₁ 并联以改善瞬态响应。无论 FB 电阻器的值如何，C_{FF} 值必须始终为 10pF。

9.2.2.4 输入电容器

对于大多数应用，推荐使用 22μF 标称陶瓷电容器。输入电容器可缓冲瞬态事件的输入电压，并将转换器与电源去耦。建议使用 X7R 或 X7T 多层陶瓷电容器 (MLCC) 以实现出色滤波效果，且必须将其放置在 VIN 和 GND 之间尽可能靠近这些引脚的位置。对于环境温度低于 85°C 的应用，可以使用具有 X5R 电介质的电容器。陶瓷电容器具有直流偏置效应，会对最终的有效电容产生很大影响。结合考虑封装尺寸和额定电压，仔细选择合适的电容器。所需的最小输入电容为 5μF。

9.2.2.5 输出电容器

TPSM8281x 的架构允许使用具有低等效串联电阻 (ESR) 的陶瓷输出电容器。这些电容器提供低输出电压纹波，推荐使用。为了使电阻值直至高频段仍能保持较低，并使电容值随温度变化的幅度较窄，TI 建议使用 X7R 或 X7T 电介质电容器。在低于 85°C 的温度下，可以使用 X5R 电介质电容器。

在省电模式下，使用较高的电容值具有电压纹波较小和直流输出精度较高等优点。通过使用从 COMP/FSET 到 GND 的电阻器更改器件补偿，可以根据输出端使用的最小电容，通过三个步骤对器件进行补偿。在任何补偿设置中，最大电容均为 470μF。输出所需的最小电容取决于补偿设置和输出电压，如 [表 8-1](#) 所示。对于低于 1V 的输出电压，在最小输出电容的补偿设置下，所需的最小电容从 1V 的 32μF 线性增加至 0.6V 的 53μF。其他补偿参数按相同的比例进行调整。陶瓷电容器具有直流偏置效应，会对最终的有效电容产生很大影响。结合考虑封装尺寸和额定电压，仔细选择合适的电容器。

9.2.3 应用曲线

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{OUT} = 1.8\text{V}$, 1.8MHz , PWM 模式, BOM = 表 7-1 (除非另有说明)。

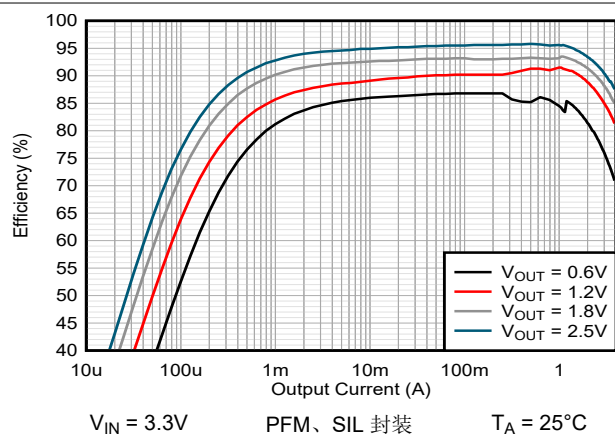


图 9-2. 效率与输出电流之间的关系

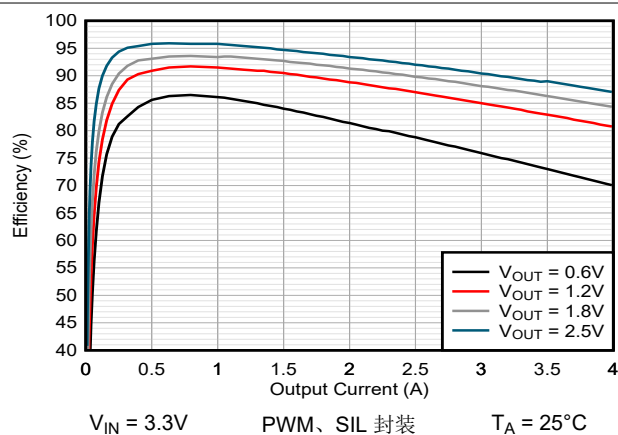


图 9-3. 效率与输出电流之间的关系

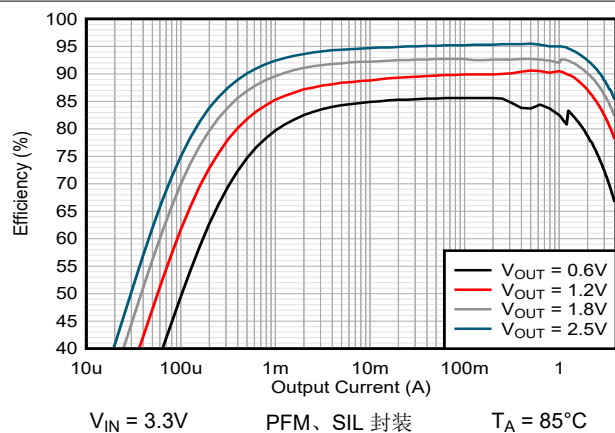


图 9-4. 效率与输出电流之间的关系

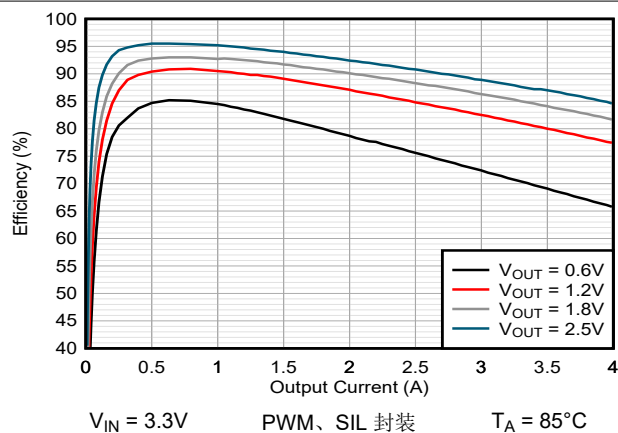


图 9-5. 效率与输出电流之间的关系

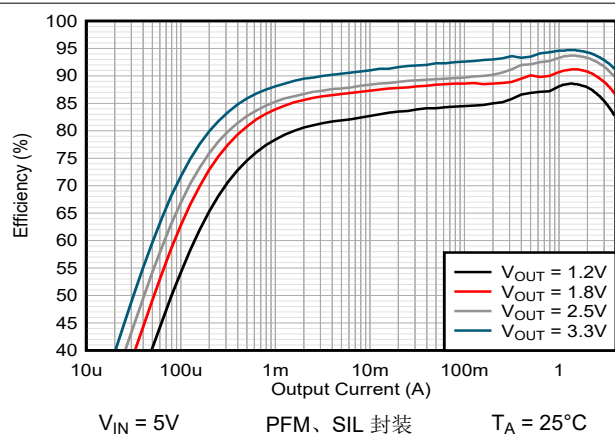


图 9-6. 效率与输出电流之间的关系

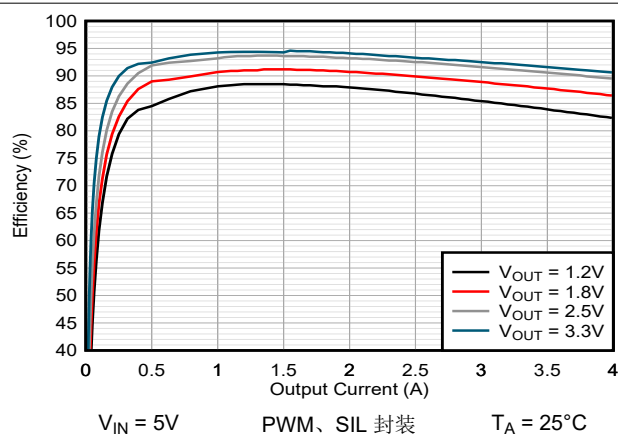


图 9-7. 效率与输出电流之间的关系

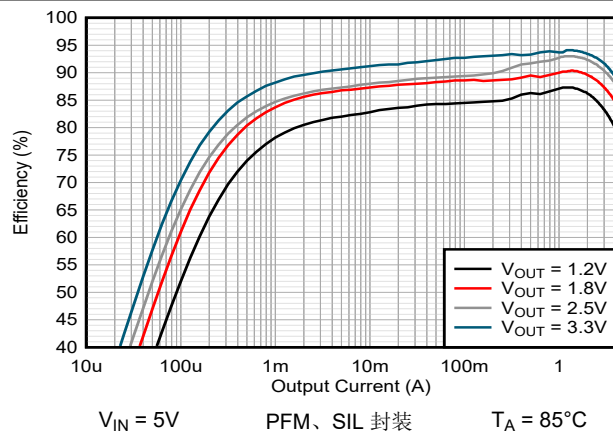


图 9-8. 效率与输出电流之间的关系

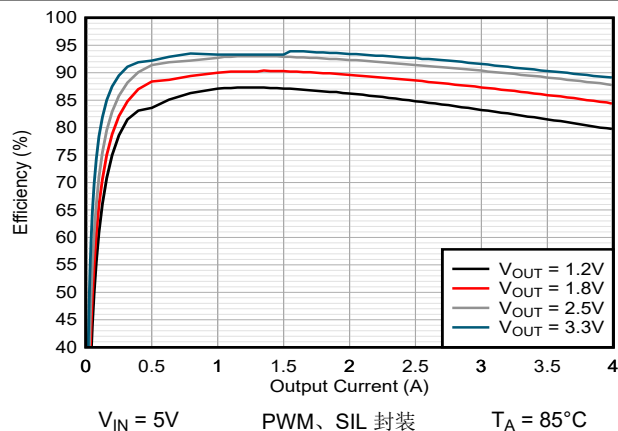


图 9-9. 效率与输出电流之间的关系

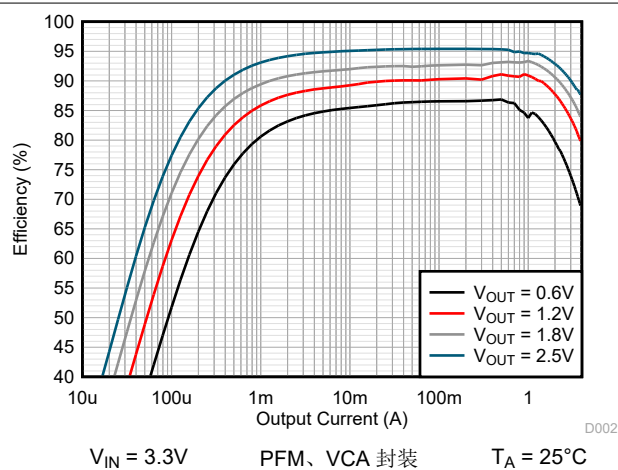


图 9-10. 效率与输出电流之间的关系

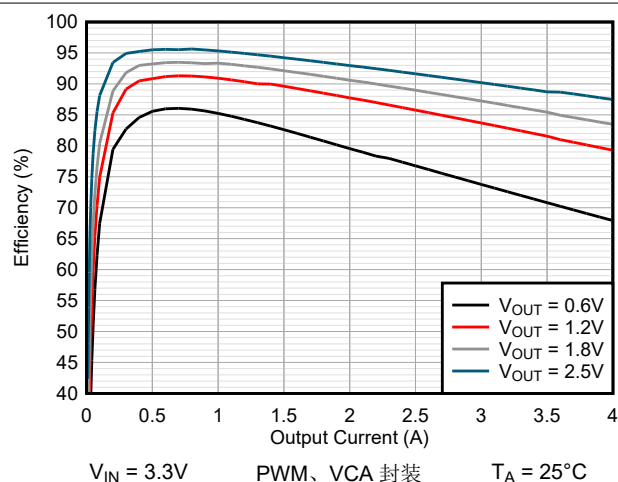


图 9-11. 效率与输出电流之间的关系

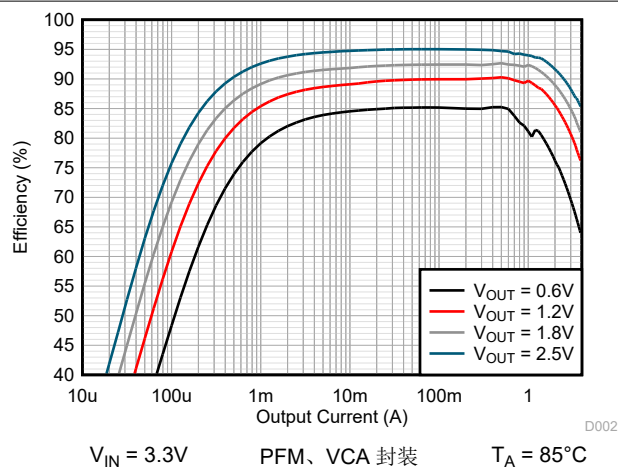


图 9-12. 效率与输出电流之间的关系

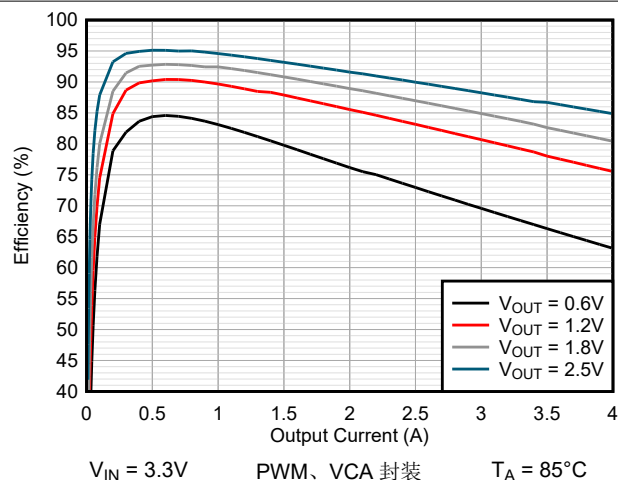


图 9-13. 效率与输出电流之间的关系

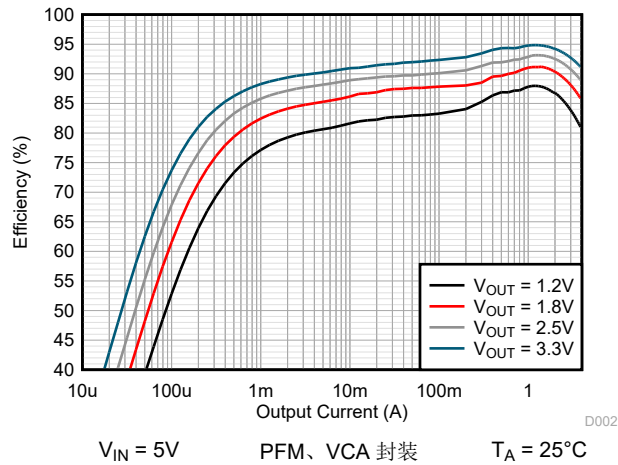


图 9-14. 效率与输出电流之间的关系

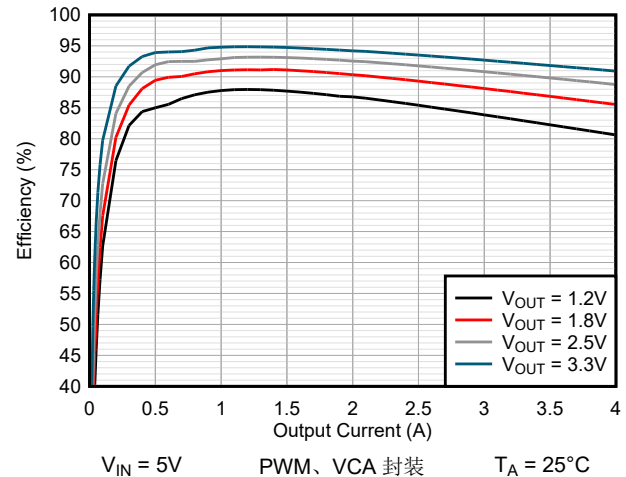


图 9-15. 效率与输出电流之间的关系

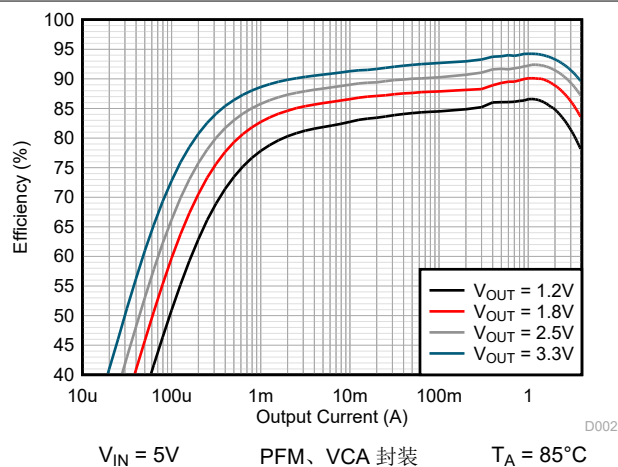


图 9-16. 效率与输出电流之间的关系

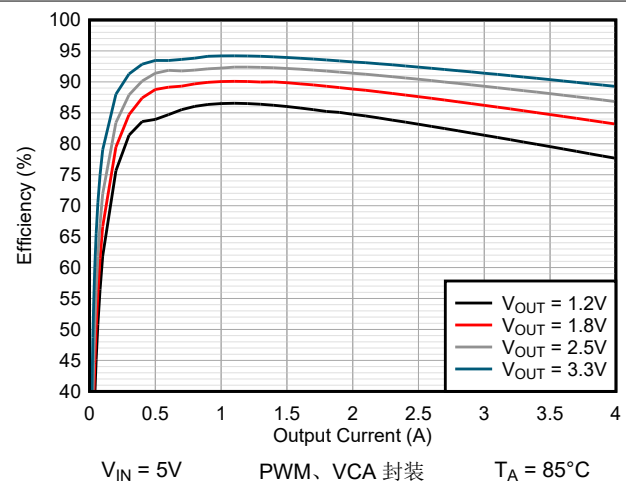


图 9-17. 效率与输出电流之间的关系

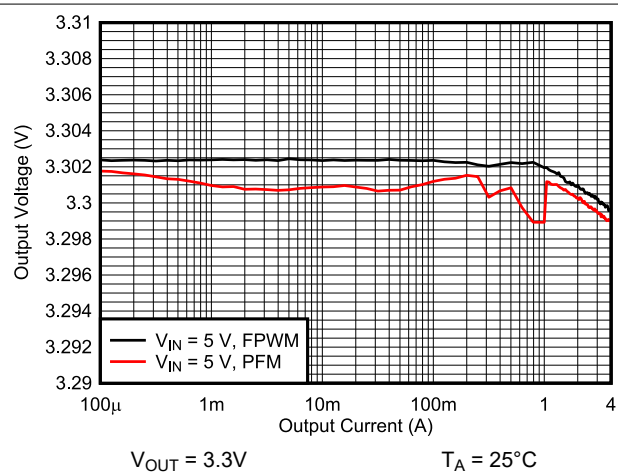


图 9-18. 输出电压与输出电流间的关系

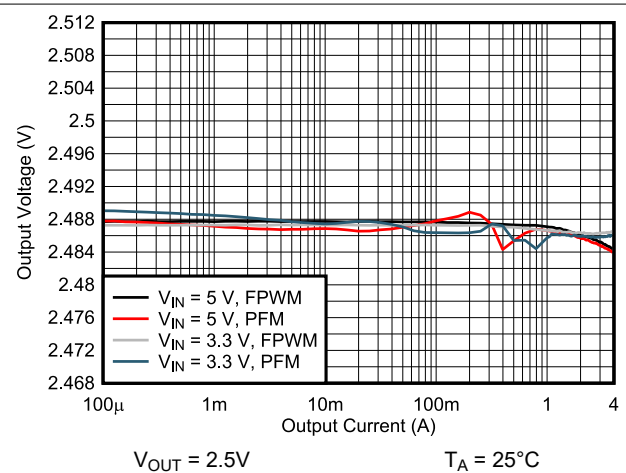


图 9-19. 输出电压与输出电流间的关系

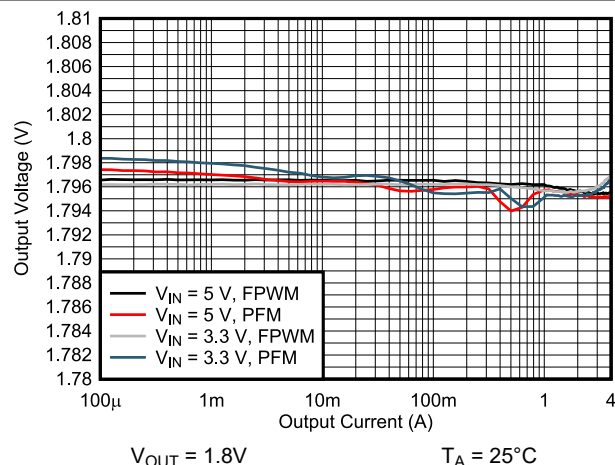


图 9-20. 输出电压与输出电流间的关系

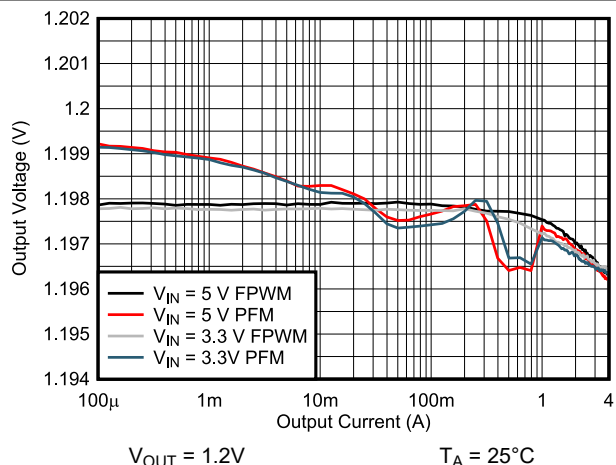


图 9-21. 输出电压与输出电流间的关系

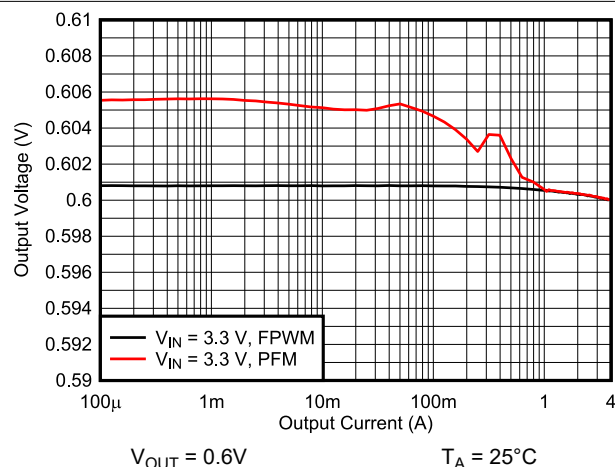
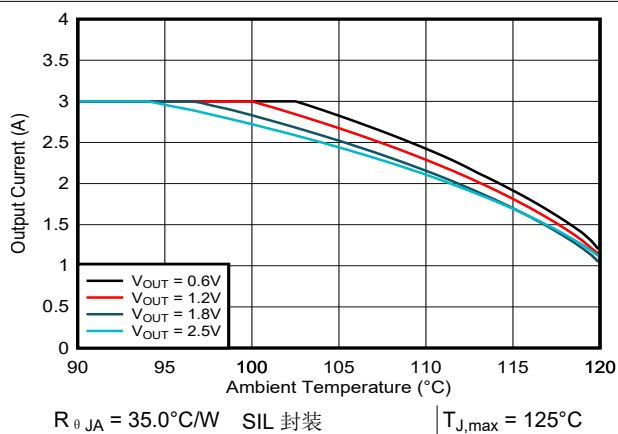
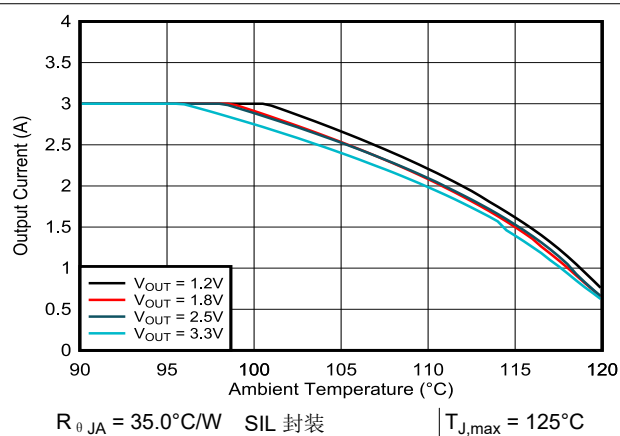
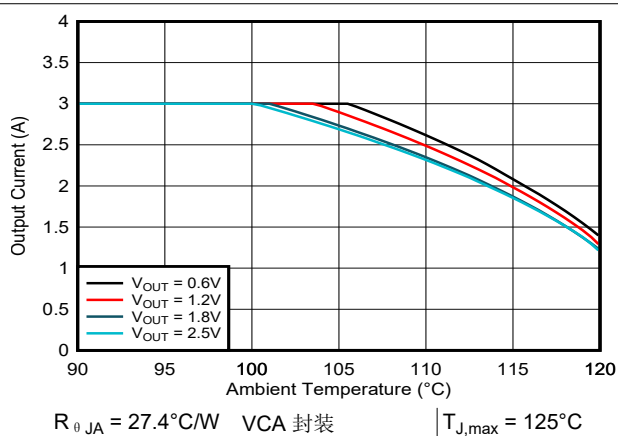


图 9-22. 输出电压与输出电流间的关系

图 9-23. 安全工作区 $V_{IN} = 3.3V$ 图 9-24. 安全工作区 $V_{IN} = 5.0V$ 图 9-25. 安全工作区 $V_{IN} = 3.3V$

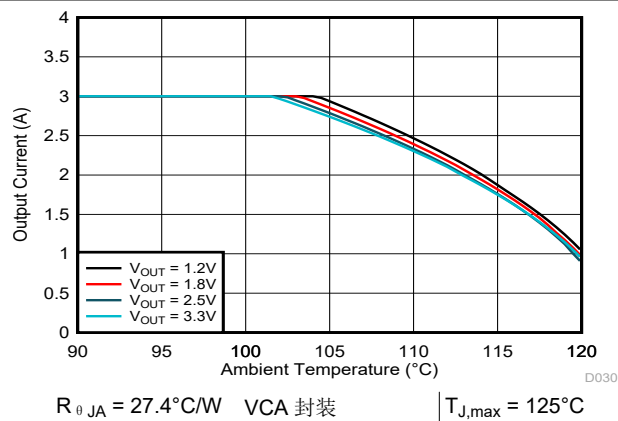


图 9-26. 安全工作区 $V_{IN} = 5.0\text{V}$

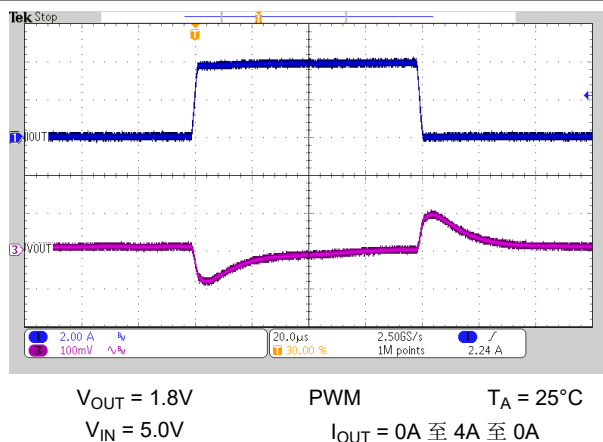


图 9-27. 负载瞬态响应

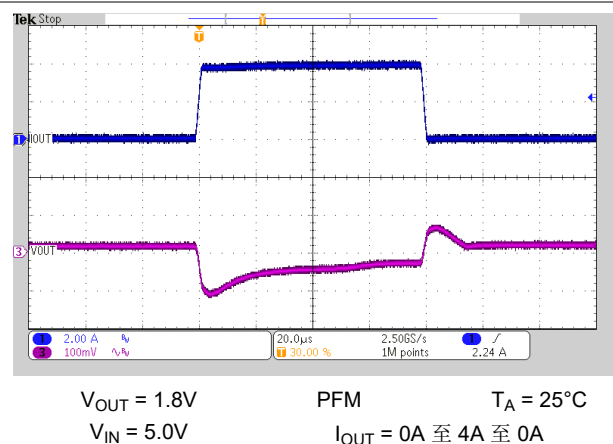


图 9-28. 负载瞬态响应

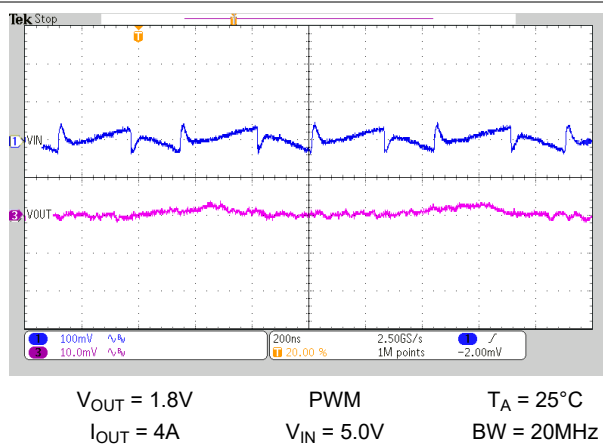


图 9-29. 输出和输入电压纹波

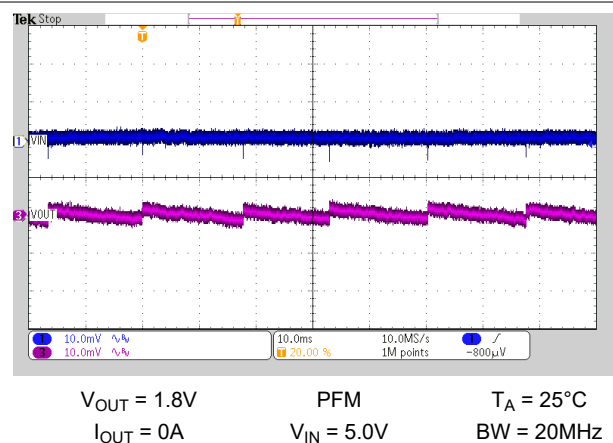


图 9-30. 输出和输入电压纹波

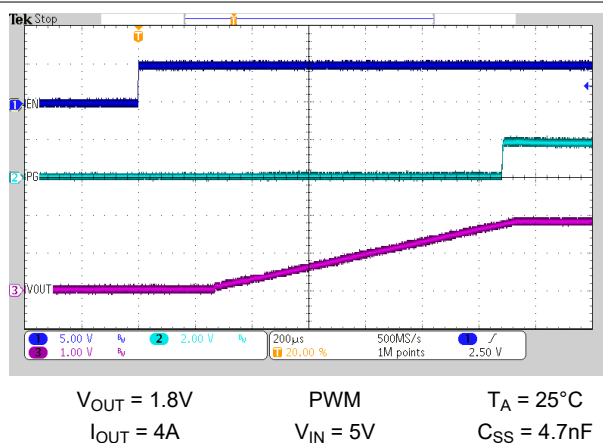


图 9-31. 启动时序

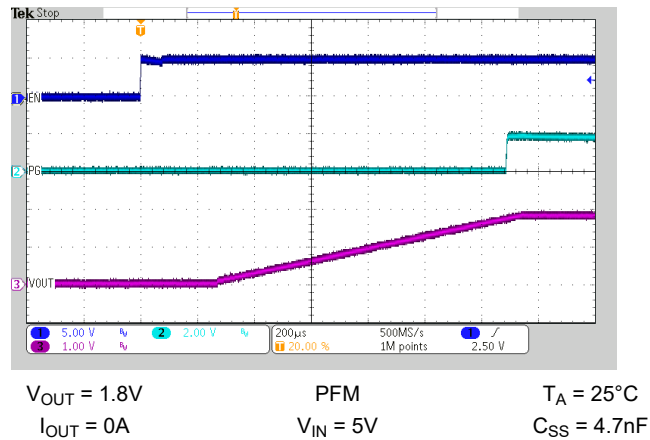


图 9-32. 启动时序

9.3 系统示例

9.3.1 电压跟踪

SS/TR 引脚由另一个电压源从外部进行驱动，以实现输出电压跟踪。图 9-33 显示了应用电路。内部误差放大器的内部基准电压跟随 SS/TR 引脚电压，范围为 0V 到 0.6V。当 SS/TR 引脚电压高于 0.6V 时，电压跟踪功能将被禁用，FB 引脚电压调节至 0.6V。该器件可实现比例式或并行（同步）输出跟踪，如图 9-34 所示。

结合考虑 $2.5\mu A$ 充电电流，适当设置 R2 值来实现精确电压跟踪。R2 设为 $1k\Omega$ 或更小的值就足够了。当器件处于 PFM 模式时，为了降低 SS/TR 引脚电压，器件不会从输出端灌入电流。如果负载较轻，输出电压的下降速度可能会慢于 SS/TR 引脚电压。

在使用外部电压驱动 SS/TR 引脚时，不要超过 SS/TR 引脚的额定电压，即 $V_{IN}+0.3V$ 。

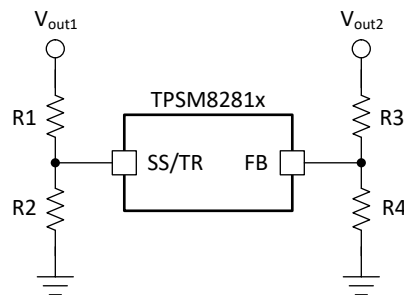


图 9-33. 输出电压跟踪原理图

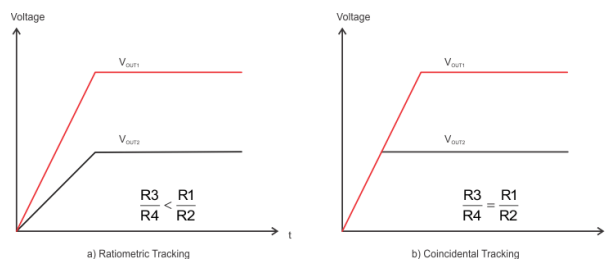


图 9-34. 输出电压跟踪

9.3.2 与外部时钟同步

可以通过在 **MODE/SYNC** 引脚上施加外部时钟来同步 **TPSM8281x**。无需任何额外的电路。请参阅图 9-35。运行期间，可以施加、更改和移除时钟。建议选择的 R_{CF} 电阻值应确保内部定义的频率和外部施加的频率彼此接近，以对外部时钟具有快速的稳定时间。如果 **COMP/FSET** 引脚连接到 V_{in} 或 **GND**，则无法与时钟同步。图 9-36 和图 9-37 显示了施加和移除的外部时钟。施加外部时钟时，器件在 **PWM** 模式下运行。

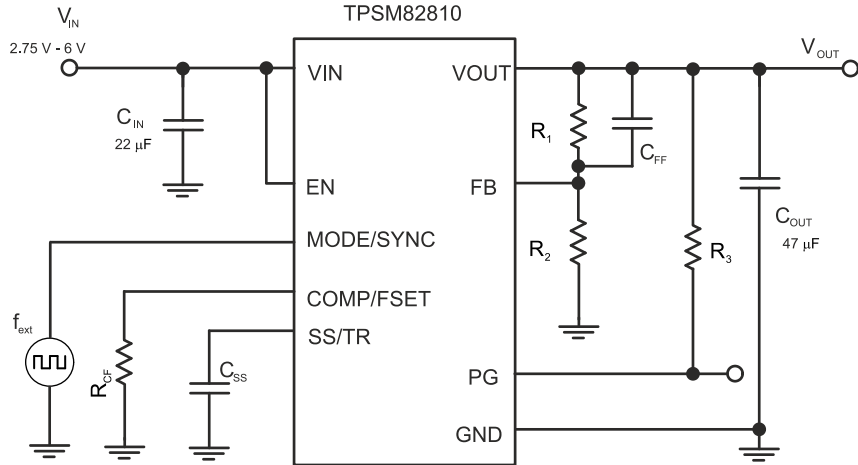


图 9-35. 频率同步

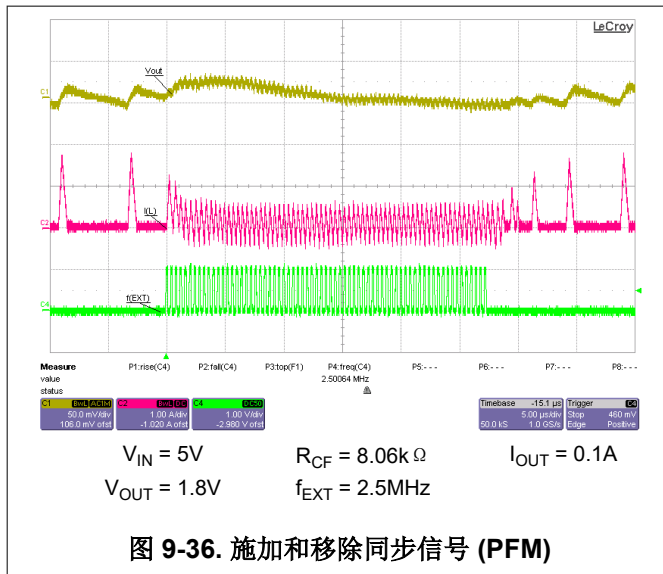


图 9-36. 施加和移除同步信号 (PFM)

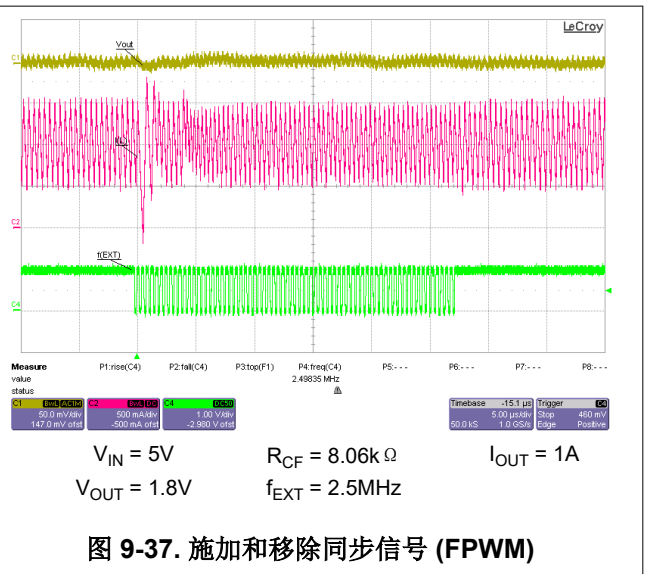


图 9-37. 施加和移除同步信号 (FPWM)

9.4 电源相关建议

TPSM8281x 器件系列对输入电源没有特殊要求。请根据 **TPSM8281x** 的电源电压、输出电压和输出电流来确定输入电源的输出电流额定值。

9.5 布局

9.5.1 布局指南

正确的布局对于任何开关模式电源的运行至关重要，尤其是在高开关频率条件下。因此，为确保实现出色的性能，需要特别注意 **TPSM8281x** 的 **PCB** 布局。布局不佳可能会导致线路和负载调节不良、不稳定、**EMI** 辐射增加和噪声灵敏度等问题。有关一般最佳实践的详细讨论，请参阅 [实现降压转换器理想 PCB 布局的五个步骤](#) 模拟设计期刊。下面列出了针对该器件的具体建议。

- 必须将输入电容器放置在尽可能靠近器件的 VIN 和 GND 引脚的位置。这是最关键的元件放置方式。将输入电容器直接连接到 VIN 和 GND 引脚，避免过孔。
- 将输出电容器接地放置在靠近 VOUT 和 GND 引脚的位置并直接布线，避免过孔。
- 将 FB 电阻器 R1 和 R2 以及前馈电容器 C_{FF} 放置在靠近 FB 引脚的位置，并将 C_{SS} 放置在靠近 SS/TR 引脚的位置，以更大程度地减少噪声拾取。
- 将 R_{CF} 电阻器放置在靠近 COMP/FSET 引脚的位置，以最大限度地减小寄生电容。
- EVM 实现了建议布局，如 [EVM 用户指南](#) 和 [节 9.5.2](#) 所示。
- 请参阅本数据表末尾所示的 TPSM8281x 建议焊盘图案。为了获得出色的制造效果，当某些引脚（例如 VIN、VOUT 和 GND）连接到大铜平面时，请按照阻焊层限定 (SMD) 的方式创建焊盘。使用 SMD 焊盘可保持每个焊盘具有相同尺寸，并避免焊料在回流期间拉扯器件。

9.5.2 布局示例

以下示例显示了 MagPack 评估模块布局的切口。为了进一步降低 EMI，应保持较小的电流环路，以及较短的有噪声布线。

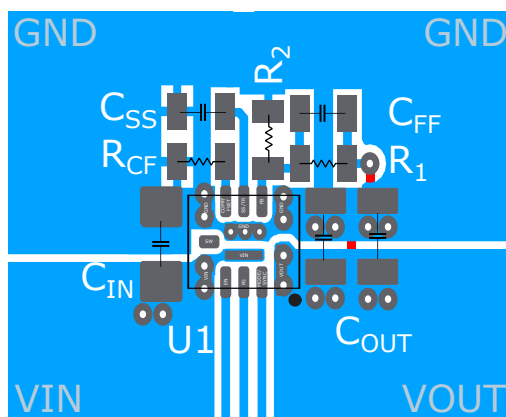


图 9-38. 示例布局 VCA 封装

同样的规则也适用于采用 SIL 封装的布局。SIL 和 VCA 封装的引脚排列针对器件与输入或输出电容器之间的短连接进行了优化。铜箔禁布区（仅适用于 SIL 封装）仅适用于顶层铜层。PCB 的其他层可以进入该禁布区。

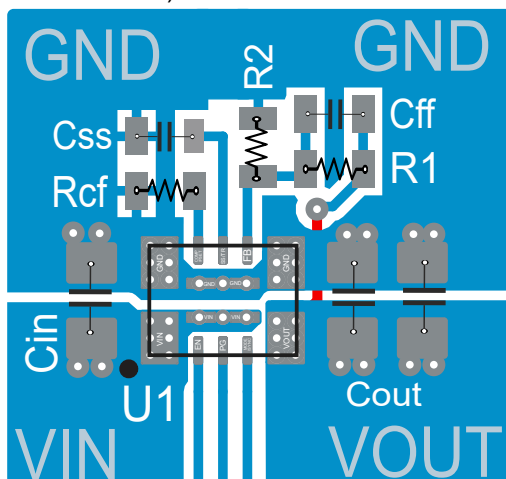


图 9-39. 示例布局 SIL 封装

9.5.2.1 散热注意事项

TPSM8281x 模块温度必须保持低于 125°C 的最大额定值。提高热性能的三种基本方法如下：

- 增强 PCB 设计的散热能力。
- 在 PCB 上增加散热耦合组件。
- 系统增加空气导流装置。

要估算 TPSM8281x 的大致模块温度，请将本数据表中所述的典型效率应用于所需的应用条件，以计算出模块的功率耗散。然后，通过将功率耗散乘以热阻来计算模块温升。有关如何在实际应用中使用时参数的更多详细信息，请参阅应用手册：[采用 JEDEC PCB 设计的线性和逻辑封装的热特性](#) 和 [半导体和 IC 封装热指](#)。

[热性能信息](#) 中的热性能值使用了建议的焊盘图案，如本数据表末尾所示，包括所示的 18 个过孔。TPSM8281x 在 JEDEC 51-7 定义的 PCB 上进行仿真。GND 引脚上的 9 个过孔连接到其他 PCB 层上的覆铜，而其余的 9 个过孔未连接到其他层。

10 器件和文档支持

10.1 器件支持

10.1.1 第三方产品免责声明

TI 发布的与第三方产品或服务有关的信息，不能构成与此类产品或服务或保修的适用性有关的认可，不能构成此类产品或服务单独或与任何 TI 产品或服务一起的表示或认可。

10.1.2 使用 WEBENCH® 工具创建定制设计方案

[点击此处](#)，使用 TPSM8281x 器件并借助 [WEBENCH® Power Designer](#) 创建定制设计方案。

1. 如有偏好，请在“Part Number”字段中输入器件型号，然后等待器件列表出现并填充。如无偏好，请将此字段留空。
2. 在下一部分（先输入器件型号时自动填充）中输入输入电压 (V_{IN})、输出电压 (V_{OUT}) 和输出电流 (I_{OUT}) 要求。
3. 在“设计注意事项”部分中选择设计优先事项。
4. 查看设计建议并将生成的设计与德州仪器 (TI) 的其他可行解决方案进行比较。

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
- 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

请在此处获取有关 WEBENCH 工具的详细信息：[设计和仿真工具](#)。

10.2 文档支持

10.2.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI)，[TPSM82810EVM-089 评估模块](#) 用户指南
- 德州仪器 (TI)，[采用 JEDEC PCB 设计的线性和逻辑封装的热特性](#) 应用手册
- 德州仪器 (TI)，[实现降压转换器理想 PCB 布局的五个步骤](#) 模拟设计期刊
- 德州仪器 (TI)，[DC/DC 转换器中电阻反馈分压器的设计注意事项](#) 模拟设计期刊
- 德州仪器 (TI)，[使用带有精密使能引脚阈值的 DC/DC 转换器实现零噪声启动](#) 模拟设计期刊

10.3 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。

10.4 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](#)。

10.5 商标

MicroSiP™, and MagPack™, and TI E2E™ are trademarks of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

10.6 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。

10.7 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。

11 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 2024) to Revision D (June 2026)	Page
• 添加了采用 VCA (QFN、13) 封装的 TPSM82810 (4A 版本)	1
• 向 <i>器件比较表</i> 添加了 TPSM82810PVCAR.....	3
• 将 RCF 公式从段落文本中移到了 表 8-1 中以提高可读性.....	11
• 更新了 VCA 封装的效率图，将可视范围扩展到了 4A.....	17

Changes from Revision B (July 2024) to Revision C (December 2024)	Page
• 更新了文档标题，将“QFN”更改为“MicroSiP”	1
• 更新了 <i>特性</i> 中 WEBENCH 要点的器件名称，更新了要点顺序，并在 EMI 上下文中添加了“无键合导线”短 语	1
• 更新了 <i>应用</i> 中所有失效的链接.....	1
• 删除了 TPSM82813 VCA (QFN、13) 封装的预告信息注释.....	1
• 删除了 TPSM82813PVCAR 中的“预告信息”注释.....	3
• 向一个表中添加了单独的 VCA 和 SIL <i>热性能信息</i> ，并添加了 SIL EVM 热性能数据.....	5
• 向 <i>绝对最大额定值</i> 表中添加了瞬态开关节点规格，并更新了表条目以匹配器件系列成员数据表.....	5
• 添加了 VCA MagPack 封装器件的 BOM 表，因为使用了不同的电容器来参数.....	9
• 向 <i>概述</i> 添加了 VCA MagPack 封装说明.....	10
• 更新了 <i>功能方框图</i> 中的方框图，以与 TPSM82816 保持一致.....	10
• 更新了 <i>COMP/FSET</i> 中的公式和计算示例.....	11
• 在 <i>应用信息</i> 中添加了有关器件系列不同成员之间引脚和功能兼容性的段落.....	15
• 更新了有关 WEBENCH 工具的段落，以与德州仪器 (TI) 在 <i>使用 WEBENCH® 工具创建定制设计方案</i> 中发布 的最新版本保持一致.....	15
• 在 <i>设置输出电压</i> 中添加了有关反馈分压器设计过程的更多详细信息.....	16
• 向 <i>应用曲线</i> 中添加了 VCA 封装和 SIL 封装的 SOA 曲线.....	17
• 将基于 SIL 封装的布局示例更新为最新 EVM 版本，并为 <i>布局示例</i> 中的两种布局添加了描述性文本.....	24
• 更新了有关 WEBENCH 工具的段落，以与德州仪器 (TI) 在 <i>使用 WEBENCH® 工具创建定制设计方案</i> 中发布 的最新版本保持一致.....	26

Changes from Revision A (December 2020) to Revision B (July 2024)	Page
• 向数据表添加了 TPSM82811 和 TPSM82812.....	1
• 向数据表添加了 VCA 封装选项.....	1
• 更新了 <i>ESD</i> 等级表以显示 CDM 测试符合 JS-002 标准.....	5

12 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。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。

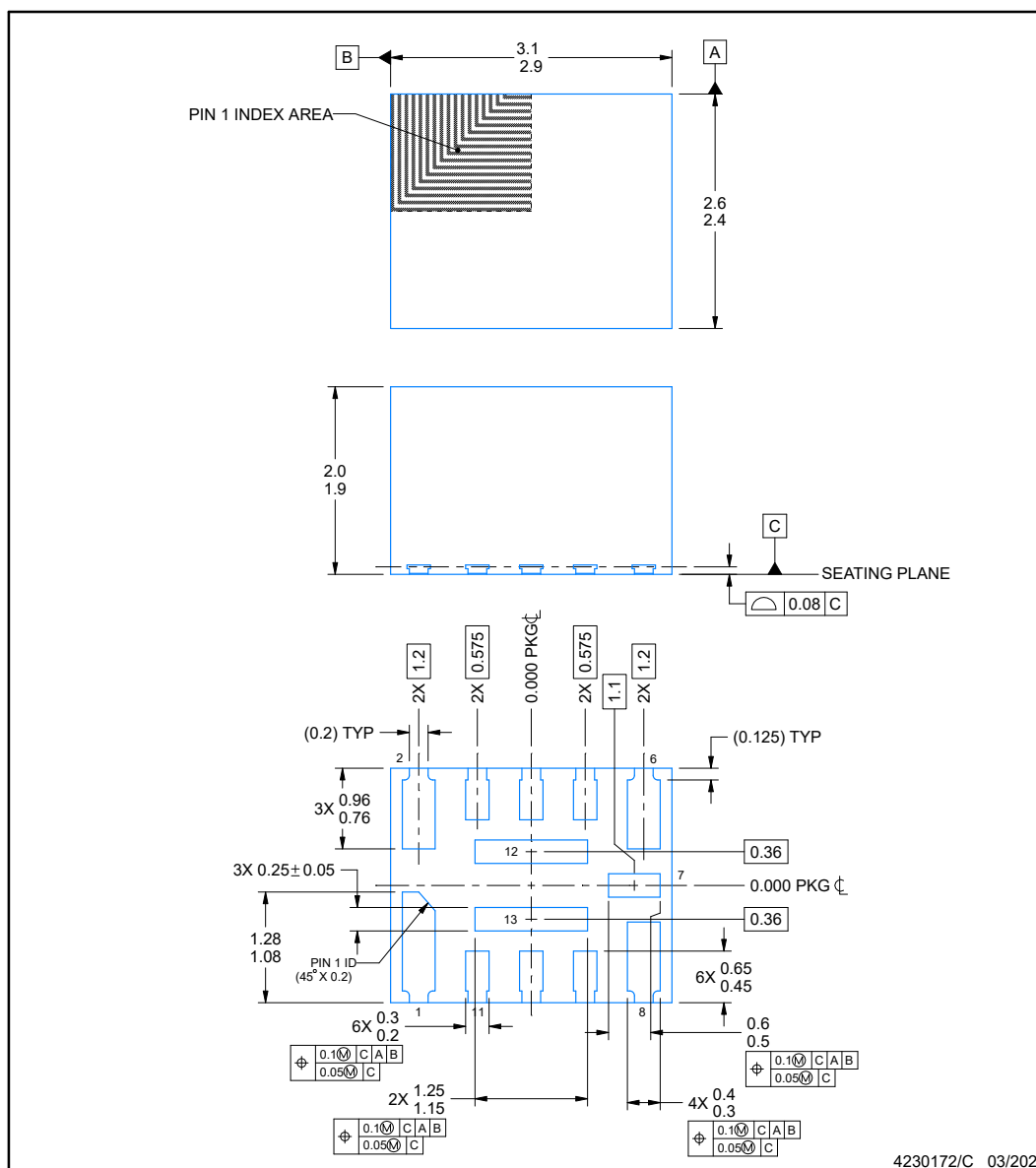


PACKAGE OUTLINE

VCA0013A

QFN-FCMOD - 2 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD

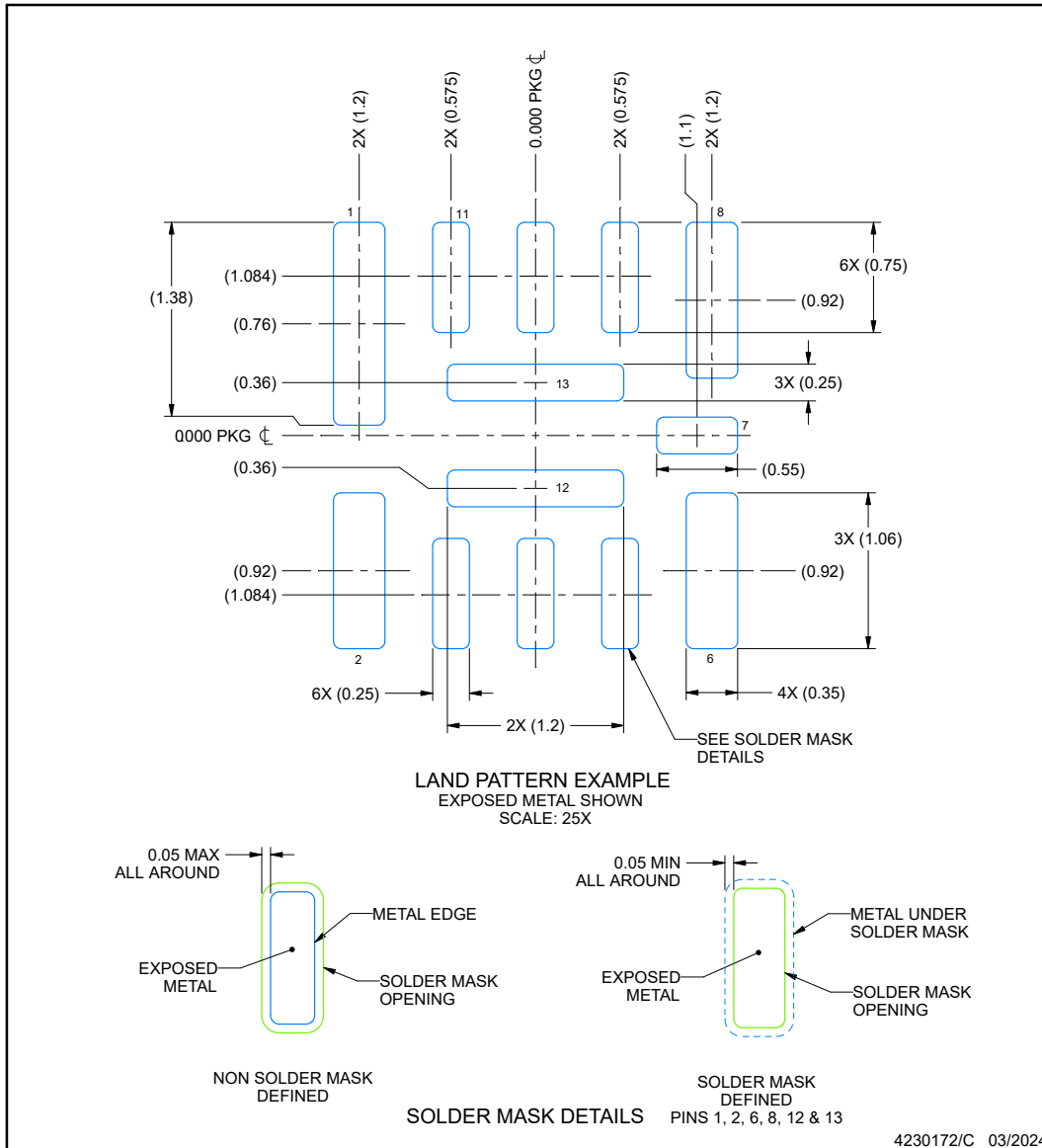


NOTES:

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.

EXAMPLE BOARD LAYOUT**VCA0013A****QFN-FCMOD - 2 mm max height**

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



NOTES: (continued)

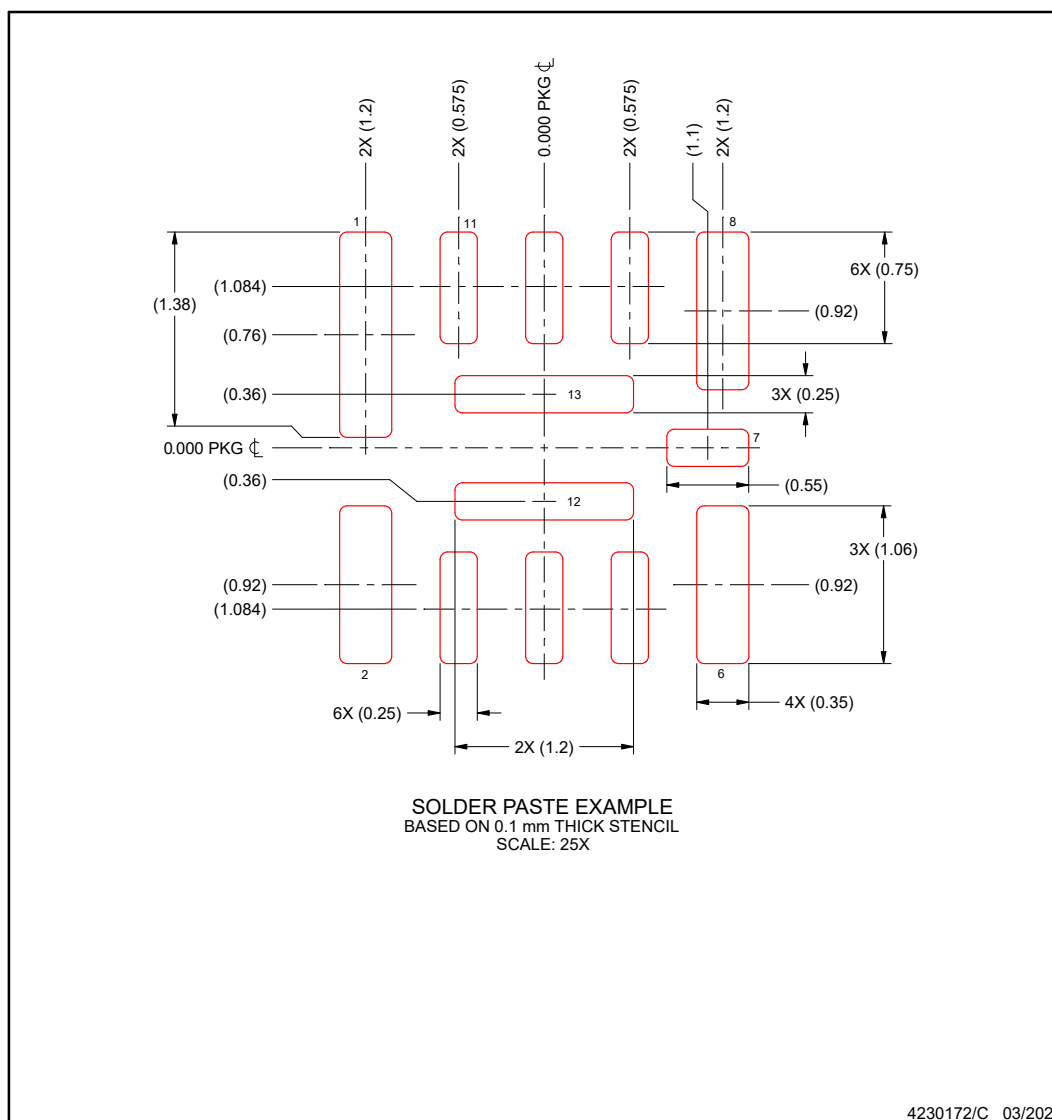
3. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/sluea271)

EXAMPLE STENCIL DESIGN

VCA0013A

QFN-FCMOD - 2 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD

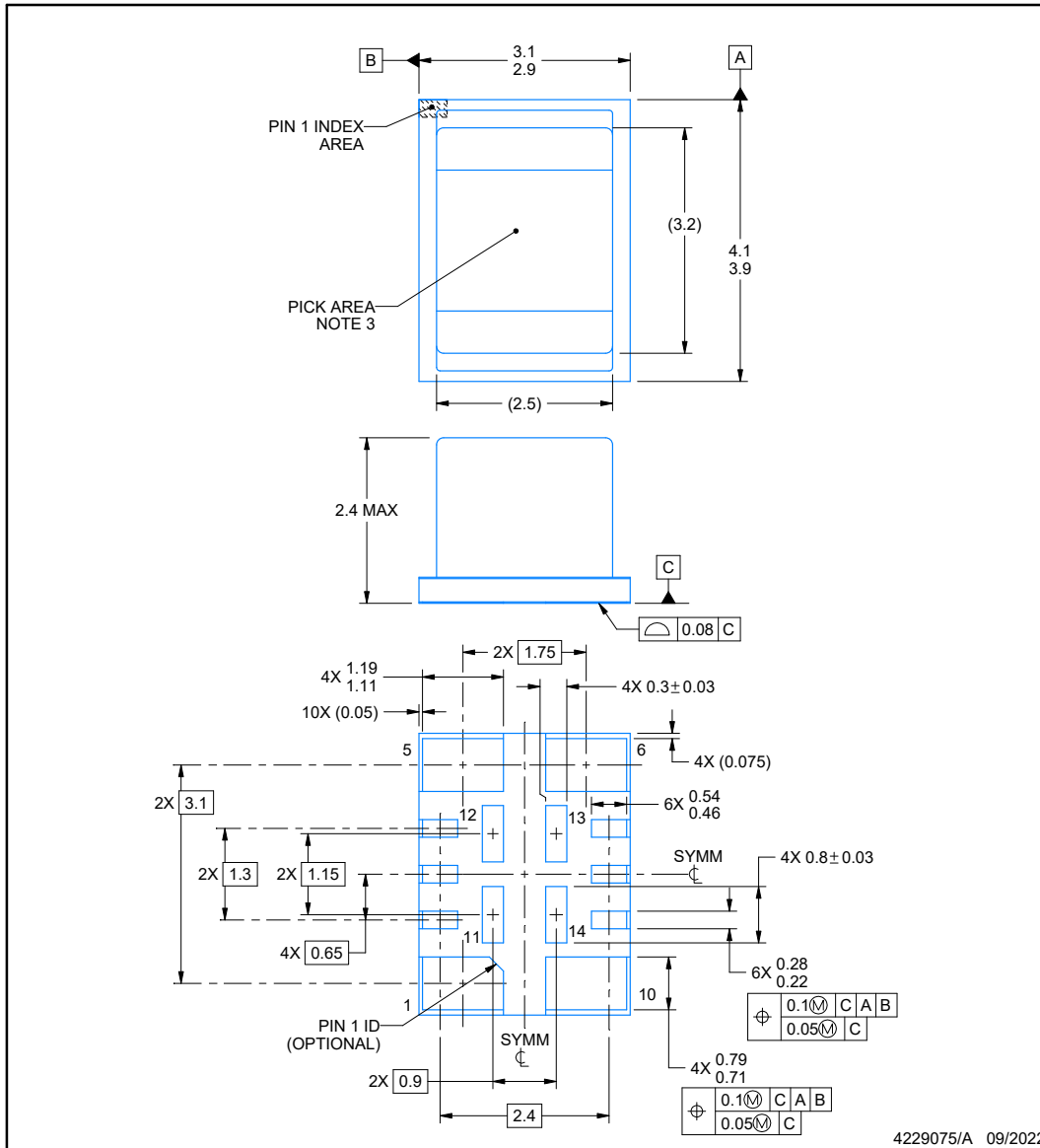


NOTES: (continued)

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

**PACKAGE OUTLINE****SIL0014B-C01****uSIP™ - 2.4 mm max height**

MICRO SYSTEM IN PACKAGE



MicroSiP is a trademark of Texas Instruments

NOTES:

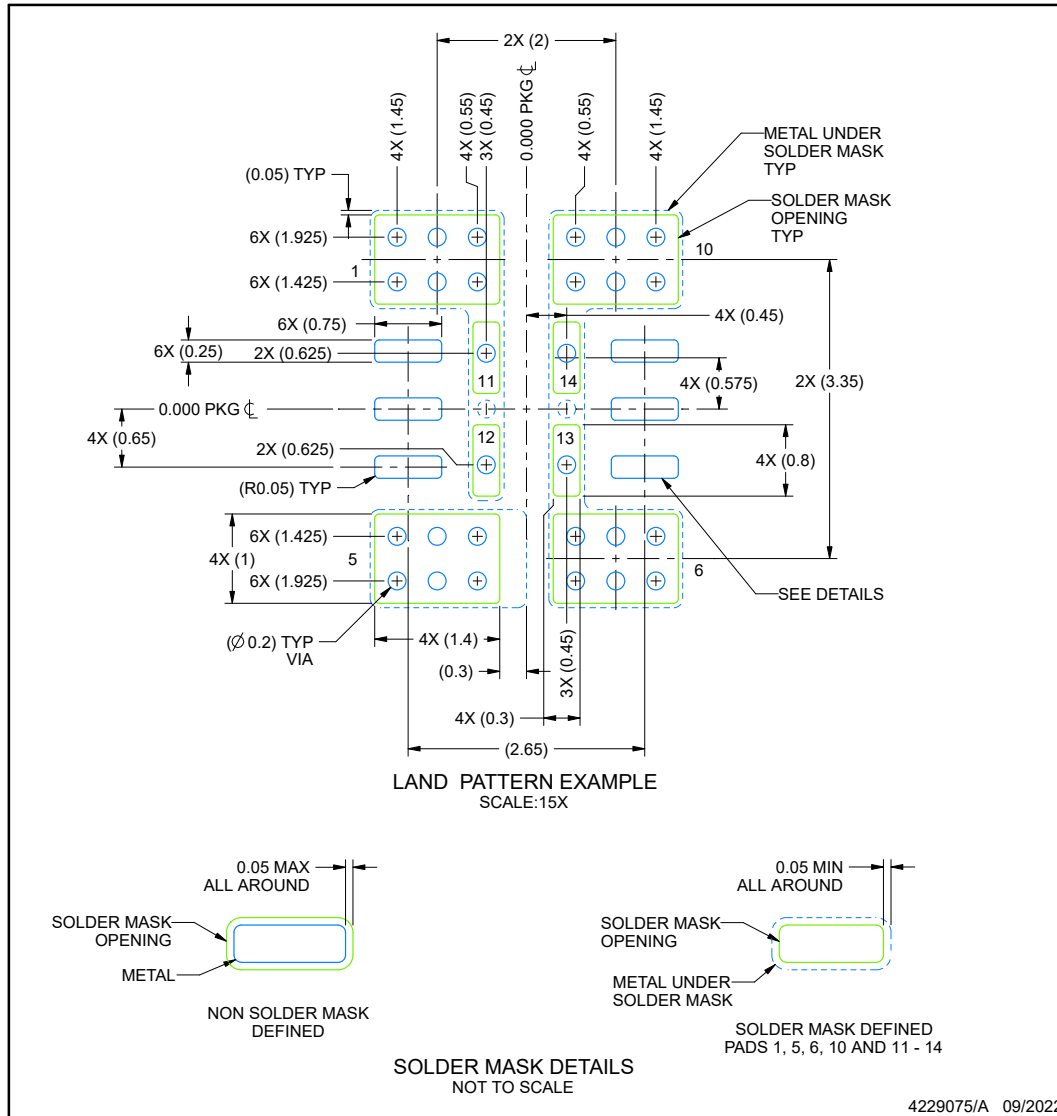
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. Pick and place nozzle $\varnothing$ 1.3 mm or smaller recommended.
4. The package thermal pads must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

SIL0014B-C01

uSIP™ - 2.4 mm max height

MICRO SYSTEM IN PACKAGE

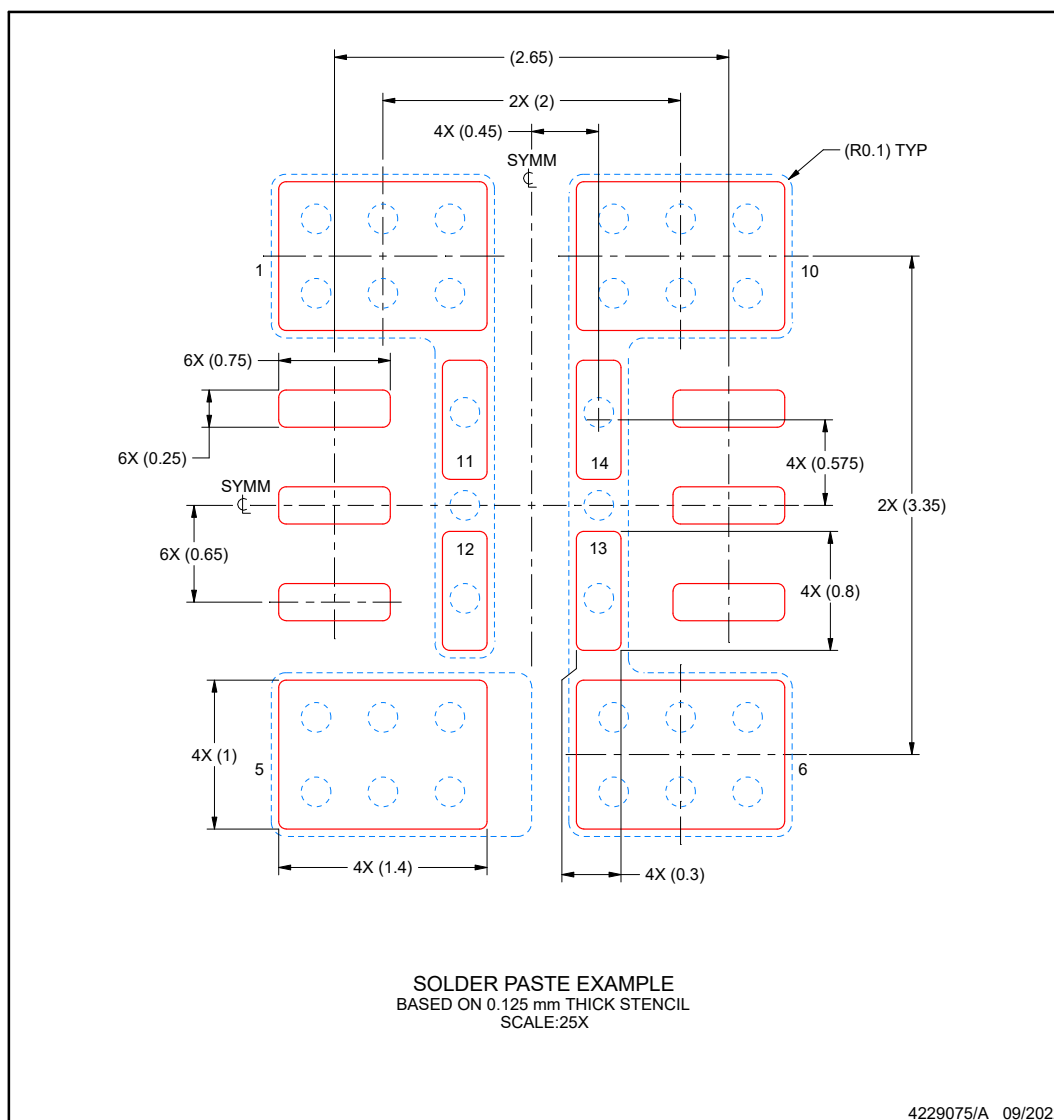


NOTES: (continued)

5. This package is designed to be soldered to thermal pads on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slue271).
6. 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.

EXAMPLE STENCIL DESIGN**SIL0014B-C01****uSIP™ - 2.4 mm max height**

MICRO SYSTEM IN PACKAGE



NOTES: (continued)

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

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)
TPSM82810PVCAR	Active	Production	QFN-FCMOD (VCA) 13	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	3XMI
TPSM82810SILR	Active	Production	uSiP (SIL) 14	3000 LARGE T&R	Yes	NIAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	FG
TPSM82810SILR.A	Active	Production	uSiP (SIL) 14	3000 LARGE T&R	Yes	NIAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	FG
TPSM82810SSILR	Active	Production	uSiP (SIL) 14	3000 LARGE T&R	Yes	NIAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	GC
TPSM82810SSILR.A	Active	Production	uSiP (SIL) 14	3000 LARGE T&R	Yes	NIAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	GC
TPSM82813PVCAR	Active	Production	QFN-FCMOD (VCA) 13	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	3HAI
TPSM82813PVCAR.A	Active	Production	QFN-FCMOD (VCA) 13	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	3HAI
TPSM82813SILR	Active	Production	uSiP (SIL) 14	3000 LARGE T&R	Yes	NIAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	GD
TPSM82813SILR.A	Active	Production	uSiP (SIL) 14	3000 LARGE T&R	Yes	NIAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	GD
TPSM82813SSILR	Active	Production	uSiP (SIL) 14	3000 LARGE T&R	Yes	NIAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	HF
TPSM82813SSILR.A	Active	Production	uSiP (SIL) 14	3000 LARGE T&R	Yes	NIAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	HF

⁽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.

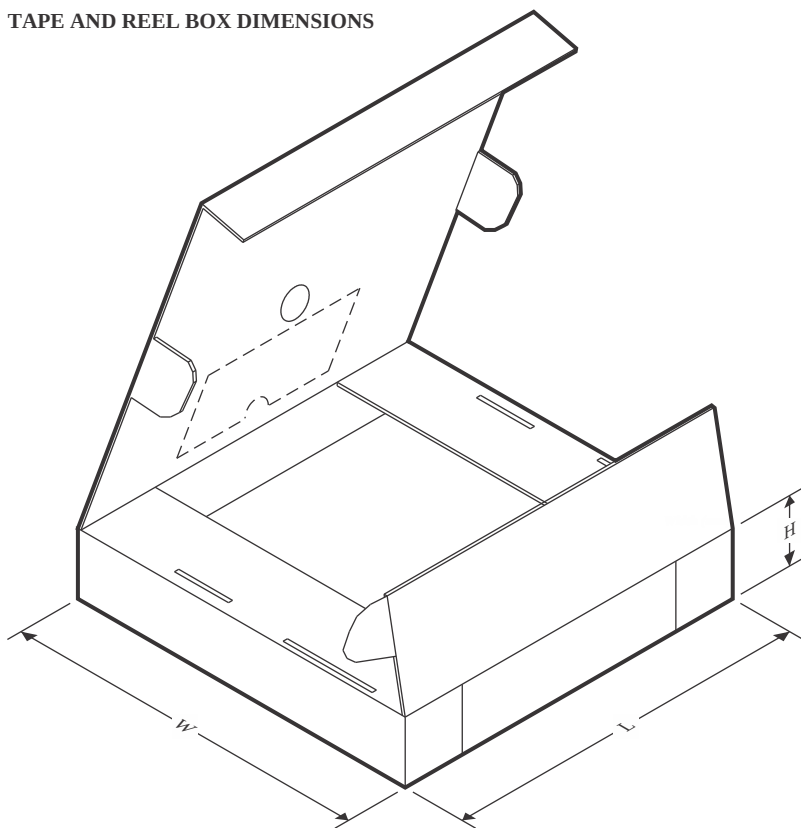
TAPE AND REEL INFORMATION



*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
TPSM82810PVCAR	QFN-FCMOD	VCA	13	2500	330.0	12.4	3.3	2.8	2.2	8.0	12.0	Q1
TPSM82810SILR	uSiP	SIL	14	3000	178.0	13.2	3.3	4.3	2.6	8.0	12.0	Q1
TPSM82810SSILR	uSiP	SIL	14	3000	178.0	13.2	3.3	4.3	2.6	8.0	12.0	Q1
TPSM82813PVCAR	QFN-FCMOD	VCA	13	2500	330.0	12.4	3.3	2.8	2.2	8.0	12.0	Q1
TPSM82813SILR	uSiP	SIL	14	3000	178.0	13.2	3.3	4.3	2.6	8.0	12.0	Q1
TPSM82813SSILR	uSiP	SIL	14	3000	178.0	13.2	3.3	4.3	2.6	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)
TPSM82810PVCAR	QFN-FCMOD	VCA	13	2500	367.0	367.0	35.0
TPSM82810SILR	uSiP	SIL	14	3000	383.0	353.0	58.0
TPSM82810SSILR	uSiP	SIL	14	3000	383.0	353.0	58.0
TPSM82813PVCAR	QFN-FCMOD	VCA	13	2500	367.0	367.0	35.0
TPSM82813SILR	uSiP	SIL	14	3000	383.0	353.0	58.0
TPSM82813SSILR	uSiP	SIL	14	3000	383.0	353.0	58.0

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