

TPSM81299 具有输入电流限制和快速瞬态性能的 95nA 静态电流、5.5V 升压模块

1 特性

- 输入电压范围：0.5V 至 5.5V
- 最小启动电压为 0.7V
- 输入工作电压 (PVIN) 低至 150mV，信号 AVIN > 0.7V
- 输出电压范围：输入电流限制不超过 1.2A 的器件为 1.8V 至 5.5V
- 平均输入电流限制：5mA；25mA；50mA；100mA；250mA；500mA；1.2A；1.5A (不同版本)
- 流入 VOUT 的静态电流典型值为 95nA
- 流入 AVIN 的关断电流典型值为 60nA
- PVIN = AVIN = 3.6V、VOUT = 5V 且 IO_{UT} = 10 μA 时，效率高达 88%
- PVIN = AVIN = 3.6V、VOUT = 5V 且 IO_{UT} = 200mA 时，效率高达 94%
- 快速瞬态性能：PVIN = AVIN = 3.6V、VOUT = 5V、IO_{UT} = 0A -> 200mA 时，稳定时间约为 8 μs
- EN 为低电平时真正断开
- 自动 PFM/PWM 模式转换
- AVIN > VOUT 时自动直通
- 输出 SCP 和热关断保护
- QFN 封装 (3mm x 2.7mm x 1.27mm)

2 应用

- 智能手表、智能手环
- 便携式医疗设备
- TWS
- 光学模块

3 说明

TPSM81299 是一款同步升压模块，其内部集成了电感器和转换器，可提供 95nA 超低静态电流和平均输入电流限制。该器件为具有碱性电池和纽扣电池的便携式设备提供电源产品。该器件在轻负载条件下具有高效率，可实现较长的工作时间，平均输入电流限制可避免电池以高电流放电。

TPSM81299 具有 0.5V 至 5.5V 的宽输入电压范围和 1.8V 至 5.5V 的宽输出电压范围。该器件具有不同版本，平均输入电流限制范围为 5mA 至 1.5A。具有 1.2A 电流限制的 TPSM81299 可在 3.6V 到 5V 转换中支持高达 600mA 的输出电流，并且在 200mA 负载下可实现大约 94% 的效率。

TPSM81299 在输出电压为 4.5V、5V 或 5.5V 时具有可选的快速负载瞬态性能。在快速负载瞬态模式下，当输出电流从 0A 瞬变为 200mA 时，典型的趋稳时间为 8 μs。

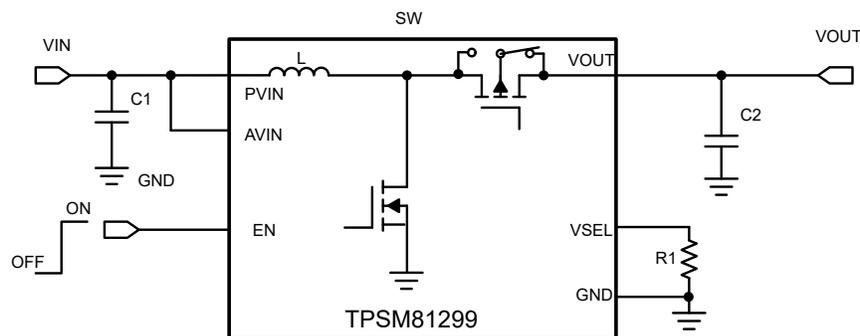
该器件在禁用时支持真正关断功能。

TPSM81299 采用 7 引脚 3mm x 2.7mm QFN 封装，提供非常小的解决方案尺寸。

封装信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	本体尺寸 (标称值)
TPSM81299	QFN-FCMOD	3mm x 2.7mm

(1) 如需了解所有可用封装，请参阅数据表末尾的可订购产品附录。



典型应用



内容

1 特性	1	8 应用和实施	17
2 应用	1	8.1 应用信息.....	17
3 说明	1	8.2 典型应用 - 锂离子电池至 5V 升压转换器 (正常 模式下)	17
4 器件比较表	3	8.3 电源相关建议.....	20
5 引脚配置和功能	4	8.4 布局.....	20
6 规格	5	8.5 热性能信息.....	21
6.1 绝对最大额定值.....	5	9 器件和文档支持	22
6.2 ESD 等级.....	5	9.1 器件支持.....	22
6.3 建议运行条件.....	5	9.2 文档支持.....	22
6.4 热性能信息.....	5	9.3 接收文档更新通知.....	22
6.5 电气特性.....	6	9.4 支持资源.....	22
6.6 典型特性.....	8	9.5 商标.....	22
7 详细说明	10	9.6 静电放电警告.....	22
7.1 概述.....	10	9.7 术语表.....	22
7.2 功能方框图.....	10	10 修订历史记录	22
7.3 特性说明.....	11	11 机械、封装和可订购信息	23
7.4 器件功能模式.....	16		

4 器件比较表

器件型号	平均输入电流限制	输出电压范围
TPSM81299	1.2A	1.8V~5.5V
TPSM812991 ⁽¹⁾	5mA	1.8V~5.5V
TPSM812992 ⁽¹⁾	25mA	1.8V~5.5V
TPSM812993 ⁽¹⁾	50mA	1.8V~5.5V
TPSM812994 ⁽¹⁾	100mA	1.8V~5.5V
TPSM812995 ⁽¹⁾	250mA	1.8V~5.5V
TPSM812996 ⁽¹⁾	500mA	1.8V~5.5V
TPSM812997 ⁽¹⁾	1.5A	1.8V~5.0V

(1) 产品预发布。请联系 TI 工厂获取更多信息。

5 引脚配置和功能

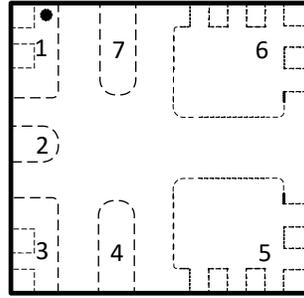


图 5-1. TPSM81299 QFN 封装, 7 引脚 (顶视图)

表 5-1. 引脚功能

终端		I/O	说明
编号	名称		
1	VSEL	I	升压输出电压选择引脚。在此引脚和接地端之间连接一个电阻器, 以便选择 21 个输出电压之一。
2	VOUT	PWR	升压转换器输出
3	GND	PWR	接地
4	AVIN	I	IC 信号电源输入
5	PVIN	PWR	IC 电源输入
6	SW	PWR	内部转换器的开关引脚, 该引脚连接至内部低侧功率 MOSFET 的漏极、内部高侧功率 MOSFET 的源极和模块内部的电感器。
7	EN	I	启用逻辑输入。逻辑高电压会启用器件。逻辑低电压会禁用器件。

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
电压	PVIN、AVIN、VOUT、SW、EN、VSEL	-0.3	6.5	V
	10 ns 时的 SW 尖峰	-0.7	8	V
	1 ns 时的 SW 尖峰	-0.7	10	V
T _J	工作结温	-40	150	°C
T _{stg}	贮存温度	-65	150	°C

(1) 超出“绝对最大额定值”运行可能会对器件造成永久损坏。绝对最大额定值并不表示器件在这些条件下或在建议运行条件以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出建议运行条件但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，这可能影响器件的可靠性、功能和性能并缩短器件寿命。

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，所有引脚 ⁽¹⁾	±2000
		充电器件模型 (CDM)，符合 JEDEC 规范 JESD22-C101，所有引脚 ⁽²⁾	±500

- (1) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 可通过标准 ESD 控制流程实现安全生产。[以下句子为可选；请参阅 Wiki。]若部署必要的预防措施，则可以在低于 500V HBM 时进行生产。
- (2) JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。[以下句子为可选；请参阅 Wiki。]如果具备必要的预防措施，则可以在低于 250V CDM 时进行生产。

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
PVIN	电源输入电压	0.5		5.5	V
AVIN	信号输入电压	0.5		5.5	V
V _{OUT}	升压输出电压，适用于输入电流限值不超过 1.2A 的器件	1.8		5.5	V
V _{OUT}	升压输出电压，适用于输入电流限值为 1.5A 的器件	1.8		5.0	V
C _{IN}	VIN 引脚上的有效输入电容	2.2			μF
C _{OUT}	VOUT 引脚处的有效输出电容，输出电流低于 1A		10		μF
C _{OUT}	VOUT 引脚处的有效输出电容，适用于输入电流限值为 1.5A 或输出电流大于 1A 的器件		20		μF
T _J	结温	-40		125	°C

6.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		TPSM81299	TPSM81299	单位
		QFN	QFN	
		标准	EVM	
R _{θJA}	结至环境热阻	63.2	56.1	°C/W
R _{θJC(top)}	结至外壳（顶部）热阻	53.6	不适用	°C/W
R _{θJB}	结至电路板热阻	24.4	不适用	°C/W
Ψ _{JT}	结至顶部特征参数	13.1	14.1	°C/W

6.4 热性能信息 (续)

热指标 ⁽¹⁾		TPSM81299		单位
		QFN	QFN	
		标准	EVM	
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数	24.3	29.6	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳 (底部) 热阻	不适用	不适用	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息, 请参阅[半导体](#)和[IC 封装热指标](#)应用报告。

6.5 电气特性

$T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C , $P_{VIN} = A_{VIN} = 3.6\text{V}$, $V_{OUT} = 5.0\text{V}$ 。除非另有说明, 否则典型值是在 $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 时给出。

参数	版本	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位	
电源							
A_{VIN}	信号输入电压范围	TPSM81299	$P_{VIN} = A_{VIN}$	0.5	5.5	V	
V_{IN_UVLO}	欠压锁定阈值	TPSM81299	A_{VIN} 上升, P_{VIN} 处于开路状态		0.7	V	
V_{IN_UVLO}	欠压锁定阈值	TPSM81299	A_{VIN} 下降, P_{VIN} 处于开路状态		0.5	V	
I_Q	流入 A_{VIN} 引脚的静态电流	TPSM81299	IC 启用, 无负载, $A_{VIN} = 3.6\text{V}$, $P_{VIN} = 3.6\text{V}$, 无开关, T_J 最高 85°C	0.5		nA	
I_Q	流入 V_{OUT} 引脚的静态电流	TPSM81299	IC 启用, 无负载, 无开关, T_J 最高 85°C	95	300	nA	
I_{SD}	流入 A_{VIN} 引脚的关断电流	TPSM81299	$EN =$ 低电平, $P_{VIN} = 3.6\text{V}$, $A_{VIN} = 3.6\text{V}$, $V_{OUT} = 0\text{V}$	60		nA	
I_{LKG_SW}	流入 SW 引脚的漏电流 (从 SW 引脚到 V_{OUT} 引脚)	TPSM81299	$A_{VIN} = 3.6\text{V}$, $P_{VIN} = 0$, $V_{SW} = 3.0\text{V}$, $V_{OUT} = 0\text{V}$, $T_J = 25^{\circ}\text{C}$	1	4	nA	
I_{LKG_SW}	流入 SW 引脚的漏电流 (从 SW 引脚到 V_{OUT} 引脚)	TPSM81299	$A_{VIN} = 3.6\text{V}$, $P_{VIN} = 0$, $V_{SW} = 3.0\text{V}$, $V_{OUT} = 0\text{V}$, T_J 最高 85°C	1	20	nA	
I_{LKG_SW}	流入 SW 引脚的漏电流 (从 SW 引脚到 GND 引脚)	TPSM81299	$A_{VIN} = 3.6\text{V}$, $P_{VIN} = 0$, $V_{SW} = 3.0\text{V}$, $V_{OUT} = 0\text{V}$, $T_J = 25^{\circ}\text{C}$	1	15	nA	
I_{LKG_SW}	流入 SW 引脚的漏电流 (从 SW 引脚到 GND 引脚)	TPSM81299	$A_{VIN} = 3.6\text{V}$, $P_{VIN} = 0$, $V_{SW} = 3.0\text{V}$, $V_{OUT} = 0\text{V}$, T_J 最高 85°C	1	200	nA	
输出							
V_{OUT}	输出电压设置范围	全部		1.8	5.5	V	
V_{OUT_ACY}	输出电压精度	全部	PWM, PFM 模式	-2	2	%	
$V_{OUT_SNOOZE_ACY}$	输出电压精度	全部	正常模式	$V_{OUT_ACY} + 37.5\text{mV}$		V	
			快速模式	$V_{OUT_ACY} + 15\text{mV}$		V	
电源开关							
$R_{DS(on)}$	高侧 MOSFET 导通电阻	TPSM81299	$V_{OUT} = 5.0\text{V}$	150		$\text{m}\Omega$	
$R_{DS(on)}$	低侧 MOSFET 导通电阻	TPSM81299	$V_{OUT} = 5.0\text{V}$	121		$\text{m}\Omega$	
I_{LIM}	输入电流限制	TPSM81299	$A_{VIN} = P_{VIN} = 3.6\text{V}$, $V_{OUT} = 5.0\text{V}$	0.96	1.2	1.44	A
I_{LH}	电感器电流纹波	TPSM81299		350		mA	
L	集成式功率电感	TPSM81299		1		μH	

6.5 电气特性 (续)

$T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C , $P_{VIN} = A_{VIN} = 3.6\text{V}$, $V_{OUT} = 5.0\text{V}$ 。除非另有说明, 否则典型值是在 $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 时给出。

参数		版本	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
应用							
逻辑接口							
V_{EN_H}	EN 逻辑高电平阈值	全部	$A_{VIN} \geq 1.05\text{V}$			0.84	V
V_{EN_L}	EN 逻辑低电平阈值	全部	$A_{VIN} \geq 1.05\text{V}$	0.36			V
V_{EN_H}	EN 逻辑高电平阈值	全部	$A_{VIN} < 1.05\text{V}$			$0.8 \cdot V_{IN}$	V
V_{EN_L}	EN 逻辑低电平阈值	全部	$A_{VIN} < 1.05\text{V}$	$0.2 \cdot V_{IN}$			V
I_{EN_LKG}	流入 EN 引脚的漏电流	全部	$V_{EN} = 5\text{V}$		1	50	nA
R_{EN}	EN 引脚下拉电阻器	全部	EN = 低电平		800		k Ω
保护							
T_{SD}	热关断阈值		T_J 上升		150		$^{\circ}\text{C}$
T_{SD_HYS}	热关断迟滞		T_J 降至 T_{SD} 以下		20		$^{\circ}\text{C}$

6.6 典型特性

PVIN 和 AVIN 连接在一起，表示为 V_{IN} ， $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 5V$ 、正常模式、 $T_J = 25^\circ C$ ，除非另有说明

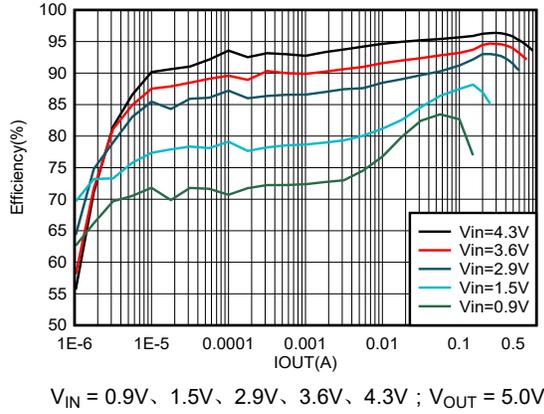


图 6-1. 不同输入电压在正常模式下的 5.0V VOUT 效率

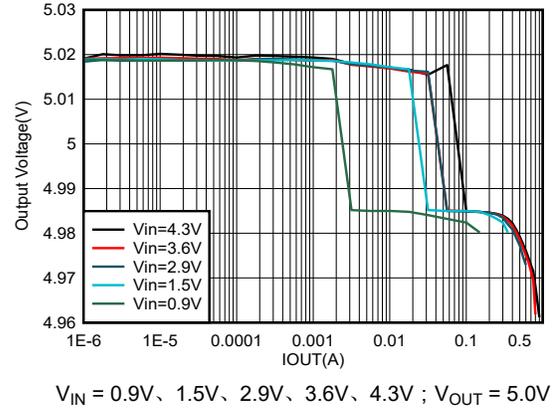


图 6-2. 不同输入电压在正常模式下的 5.0V VOUT 负载调整率

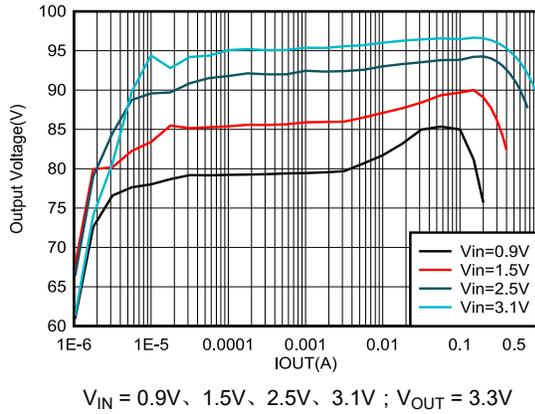


图 6-3. 不同输入电压在正常模式下的 3.3V VOUT 效率

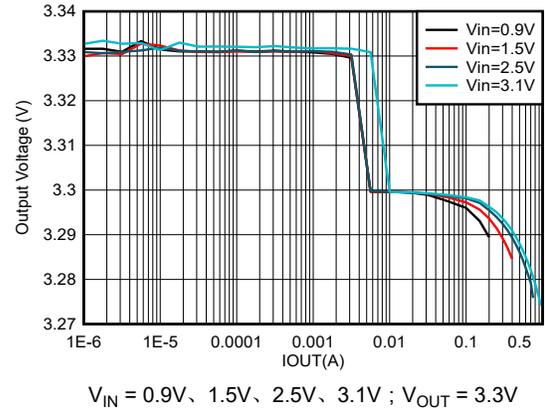


图 6-4. 不同输入电压在正常模式下的 3.3V VOUT 负载调整率

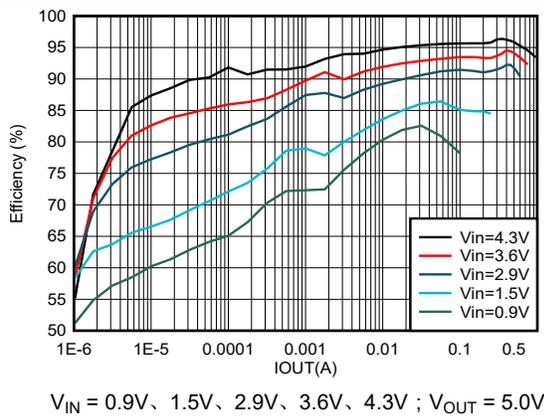


图 6-5. 不同输入电压在快速模式下的 5.0V VOUT 效率

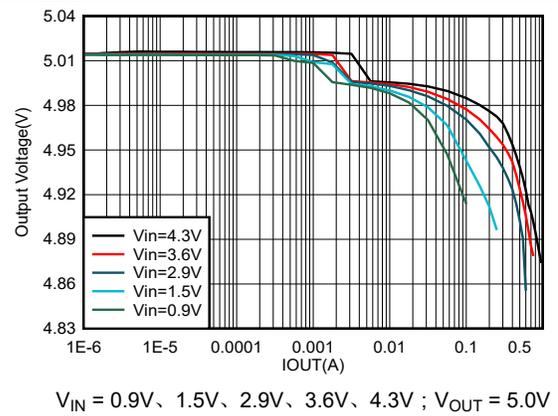
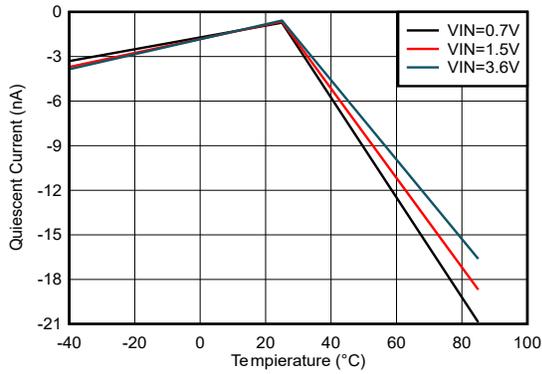


图 6-6. 不同输入电压在快速模式下的 5.0V VOUT 负载调整率

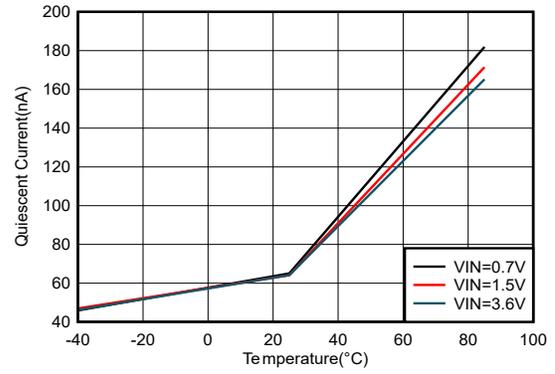
6.6 典型特性 (续)

PVIN 和 AVIN 连接在一起, 表示为 V_{IN} , $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 5V$ 、正常模式、 $T_J = 25^\circ C$, 除非另有说明



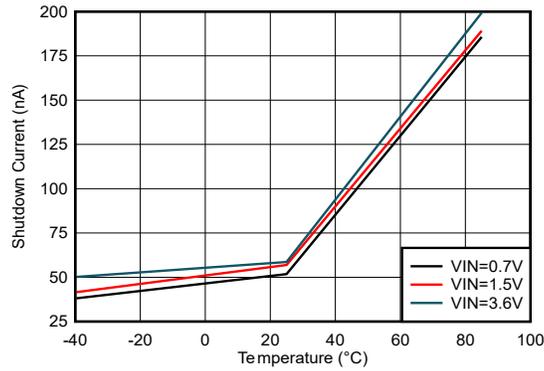
$V_{IN} = 0.7V$ 、 $1.5V$ 、 $3.6V$; $V_{OUT} = 5.0V$, 无开关

图 6-7. 流入 AVIN 的静态电流与温度间的关系



$V_{IN} = 0.7V$ 、 $1.5V$ 、 $3.6V$; $V_{OUT} = 5.0V$, 无开关

图 6-8. 流入 VOUT 的静态电流与温度间的关系



$V_{IN} = 0.7V$ 、 $1.5V$ 、 $3.6V$; $V_{OUT} = 5.0V$

图 6-9. 流入 AVIN 的关断电流与温度间的关系

7 详细说明

7.1 概述

TPSM81299x 是一款同步升压模块，采用迟滞电流控制方案来运行。TPSM81299x 具有 0.5V 至 5.5V 的宽输入电压范围 (启动时上升电压为 0.7V)。TPSM81299x 在轻负载条件下仅消耗 95nA 静态电流，可实现高效率。

TPSM81299 器件提供 1.2A 的输入电流限制。TPSM81299x 系列提供 5mA 至 1.5A 的输入电流限制。当器件的输入电流限制不超过 1.2A 时，其输出电压可设置为 1.8V 至 5.5V 之间。对于 1.5A 版本的器件，建议将 Vout 设置为 1.8V 至 5.0V。

TPSM81299x 为不同的系统提供快速瞬态性能模式和精确的负载调整模式。

7.2 功能方框图

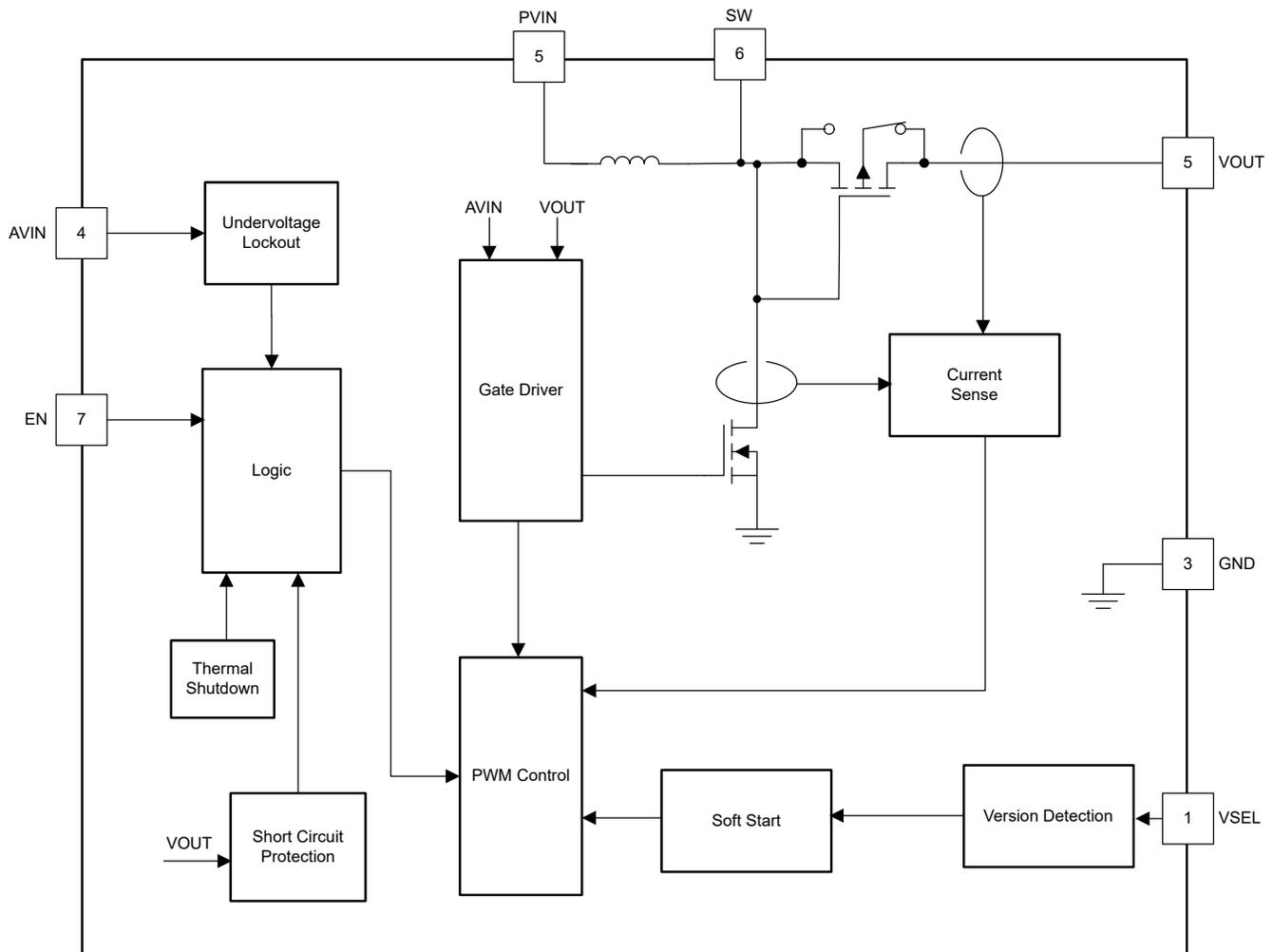


图 7-1. 功能方框图

7.3 特性说明

7.3.1 升压控制操作

TPSM81299 升压模块由滞环电流模式控制器进行控制。此控制器调节输出电压的方式是：将电感器纹波电流保持在 350mA 不变，然后根据输出负载调节此电感器的谷值电流。由于输入电压、输出电压和电感器值都会影响电感器纹波电流的上升和下降斜率，因此开关频率不是固定的，而是由工作条件决定。如果所需的平均输入电流低于由这个恒定纹波确定的平均电感器电流，电感器电流会不连续，以便在轻负载条件下保持高效率。如果负载电流进一步降低，升压模块会进入突发模式。在突发模式下，升压模块通过几个开关周期逐渐提升输出电压。输出电压超过设置阈值（在正常模式下为 $V_{OUT_TARGET} + 50mV$ ，在快速负载瞬态模式下为 $V_{OUT_TARGET} + 25mV$ ），器件会停止开关并进入睡眠状态。在睡眠状态下，器件消耗较少的静态电流，即 95nA。当输出电压低于设置阈值（正常模式下为 $V_{out_target} + 25mV$ ，快速负载瞬态模式下为 $V_{out_target} + 10mV$ ）时，升压模块会恢复开关。当在此模式下无法再支持输出电流时，器件会退出突发模式。

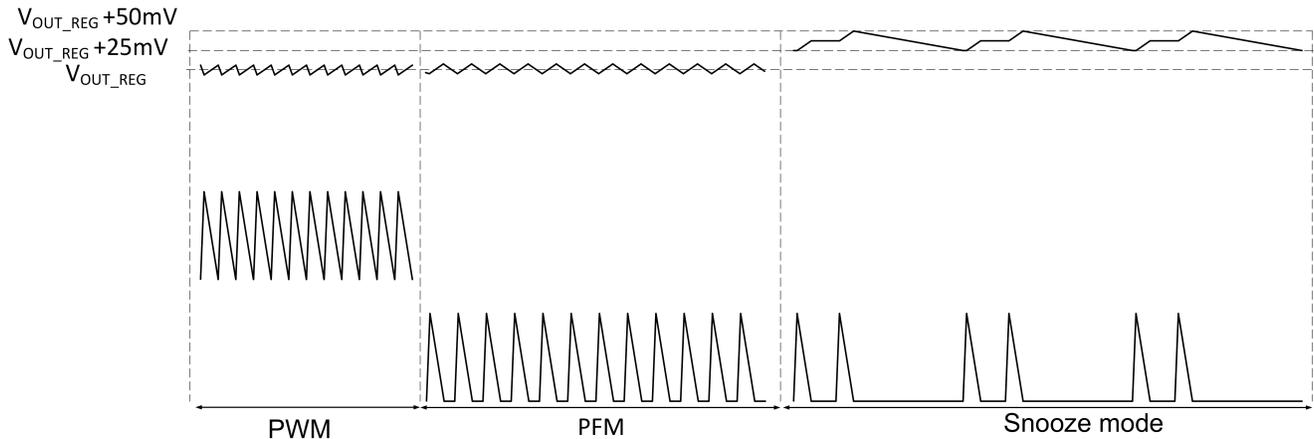


图 7-2. 不同负载下的控制模式

7.3.2 版本检测

通过在 VSEL 引脚和地之间连接一个电阻器，TPSM81299 可支持 21 个内部输出电压设置选项。

在启动期间，当输出电压达到接近 1.8V 时，器件开始检测 VSEL 引脚的配置条件。TPSM81299 会通过将电阻设置选项从较低的设置逐渐增加到较高的设置来检查 VSEL 引脚，直至用户通过 10 μs 时钟找到所需的设置配置。检测到配置后，TPSM81299 会锁存设置的输出稳压电压。

TPSM81299 在运行期间不会检测 VSEL 引脚，因此在运行期间更改电阻器不会更改 VSEL 设置。在运行期间切换 EN 引脚是刷新设置的一种方法。

为确保正常运行，TI 建议将 VSEL 电阻精度设置为 1% 并将寄生电容设置为小于 10pF。

表 7-1. VSEL 引脚配置

电阻 (kΩ)	VOUT_REG (V)	电阻 (kΩ)	VOUT_REG (V)	电阻 (kΩ)	VOUT_REG (V)	电阻 (kΩ)	VOUT_REG (V)
0(GND)	3.3	12.1	4.5	49.9	3.6	191	2.5
3.01	5.5	14.7	4.5 (快速)	75	3.5	237	2.2
4.75	5.5 (快速)	18.2	4.3	100	3.2	294	2
6.19	5.2	22.6	4	124	3	365	1.8
7.87	5	28.7	3.8	154	2.8	442/ VOUT 引脚	5 (快速)
9.76	4.8						

7.3.3 欠压锁定

TPSM81299 有一个内置欠压锁定 (UVLO) 电路来确保器件正常工作。当输入电压高于 0.7V 的 UVLO 上升阈值时，会启用 TPSM81299 来升高输出电压。在 TPSM81299 启动且输出电压高于 1.8V 后，TPSM81299 会在输入电压低至 0.5V 的情况下工作。

7.3.4 开关频率

TPSM81299 升压模块没有固定的频率，它将电感器纹波电流保持在 350mA 不变，因此频率由运行条件决定。输入电压为 3.6V 时，频率约为 3MHz，输出电压为 5V，电感为 1 μH。请参阅相关公式来计算效率。连续电流模式下估计的开关频率 f 可以通过 [方程式 1](#) 来计算。开关频率不是恒定值，而是由电感、输入电压和输出电压决定。

$$f = \frac{V_{IN} \times (V_{OUT} - V_{IN} \times \eta)}{L \times I_{LH} \times V_{OUT}} \quad (1)$$

其中

- L 是电感值，在该模块中通常为 1μH
- V_{IN} 是电源输入电压
- V_{OUT} 是输出电压
- I_{LH} 是电感电流纹波，通常为 350mA
- η 是转换效率

7.3.5 平均输入电流限制

TPSM81299 采用输入平均电流保护 (OCP) 功能。如果电感器平均电流达到电流限制阈值 I_{LIM} ，控制环路会限制电感器平均电流。在这种情况下，输出电压会降低，直至在输入和输出之间达到功率平衡。如果输出电压下降至低于输入电压，则 TPSM81299 进入降压模式。如果输出降至 1.6V 以下，TPSM81299 会再次进入启动过程。在直通运行时，不启用输入电流限制功能。

7.3.6 启用和禁用

当输入电压高于 UVLO 上升阈值且 EN 引脚拉至高电压时，启用 TPSM81299。当 EN 引脚拉至低电压时，TPSM81299 进入真正关断模式。在真正关断模式下，器件停止开关且高侧 MOSFET 完全关断，使输入和输出之间完全断开连接。关断模式下的输入电流消耗小于 60nA。

7.3.7 软启动时序

EN 引脚连接至高电压后，TPSM81299 即开始启动，请参阅图 7-3 查看具体过程曲线。在软启动过程中，输入电流限值可能与所定义的值略有差异，请在设计系统时注意这一点。

当输出电压低于 0.5V 时，TPSM81299 会在短路保护模式下工作，此时电流限值约为 20mA，以减轻功率损耗。当输出电压斜升至 0.5V 以上，但尚未达到 1.8V 时，器件会在不连续导通模式 (DCM) 和连续导通模式 (CCM) 的边界下工作。因此，在此阶段电感器峰值电流限制在约 350mA，平均电感器电流则限制在 80mA。当输出电压上升至 1.8V 后，TPSM81299 开始检测 VSEL 引脚的输出电压配置，然后锁存配置。版本检测时间取决于 VSEL 引脚处的电阻，电阻越高，版本检测时间越长。例如，对于 5V 正常版本，TPSM81299 需要大约 170 μ s 来进行版本检测。完成版本检测后，TPSM81299 继续开关，输出电压进一步上升。内部软启动时间约为 1.3ms，输出软启动时间随不同的输出电容、负载条件和配置条件而变化。在版本检测阶段之后，TPSM81299 系列器件之间的平均输入电流限值略有不同。对于输入电流限值更高版本的器件，当输出电压在 1.8V 至 2.5V 之间时，为了减小启动期间的浪涌电流，其实际的平均电感器电流限值甚至小于所定义的输入电流限值。例如，当输出电压在 1.8V 至 2.5V 之间时，TPSM81299 和 TPSM812997 将电感器平均电流限制在 500mA 以下，TPSM812996 则将电感器平均电流限制在 250mA 以下。当输出电压上升至 2.5V 后，输入电流限值恢复为正常的定义值，即 TPSM81299 恢复至 1.2A，TPSM812996 恢复至 500mA，TPSM812997 恢复至 1.5A。对于输入电流限值较低版本的器件 TPS612991/2/3/4/5，一旦输出电压高于 1.8V，其输入电流限值即与定义值相同。在启动期间，器件通常会在 DCM 下工作。

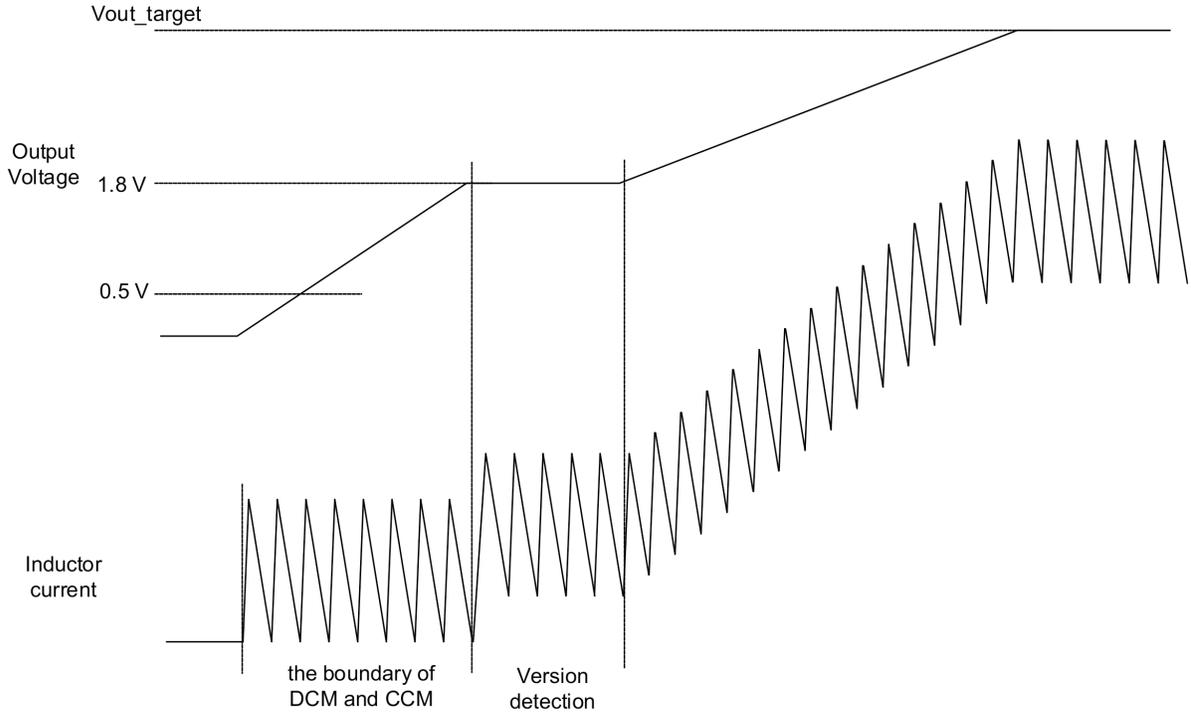


图 7-3. 软启动时序

7.3.8 向下计数模式

在启动期间，当输入电压高于输出电压时，TPSM81299 以降压模式工作，以便保持正常的开关操作。在降压模式下，通过将栅极拉至输入电压而非地来控制对 PMOS 进行整流的操作。这样，PMOS 两端的压降增加至足以调节输出电压的程度。高侧 PMOS 在饱和区工作，因此效率比升压模式要低得多。在此模式下，功率损耗也会增加，在考虑热性能时需要考虑这一点。此外，在降压模式下，电流限值也会降低，TPSM81299 降低 20%，TPSM812994 降低 40%。

7.3.9 直通操作

当输入电压接近或高于输出电压时，TPSM81299 采用降压模式和直通运行。

在降压模式运行期间，即使输入电压高于输出电压，该器件也会将输出电压调节到目标电压。控制电路通过将其栅极拉至输入电压而非地来控制对 P 沟道 MOSFET 进行整流的操作。这样，P 沟道 MOSFET 两端的压降增加至足以调节输出电压的程度。

在直通模式下，TPSM81299 停止开关并打开高侧 P 沟道 MOSFET。输出电压等于输入电压减去电感器 DCR 与 P 沟道 MOSFET 的导通电阻 ($R_{DS(on)}$) 两端的压降。在直通运行期间，该器件会禁用输入电流限制功能、反向电流保护和热关断。

对于输入电流限制等于或高于 250mA 的版本，当输入电压逐渐上升时，器件会在 $AVIN > VOUT - 35mV$ 时进入降压模式。器件会保持在降压模式，直至 $AVIN > VOUT + 100mV$ ，然后自动进入直通运行。在直通运行时，输出电压跟随输入电压。TPSM81299 退出直通运行，并在输出电压降至低于设置目标电压减去 75mV 时恢复为升压模式。

对于输入电流限制等于或低于 100mA 的版本，当输入电压逐渐上升时，器件会在 $AVIN > VOUT - 35mV(V_{boost_down})$ 时进入降压模式。器件会保持在降压模式，直至 $AVIN > VOUT + 38mV(V_{down_pass})$ ，然后自动进入直通运行。在直通运行时，输出电压跟随输入电压。TPSM81299 退出直通运行，并在输出电压降至低于设置目标电压减去 78mV(V_{pass_boost})device 时恢复为升压模式。

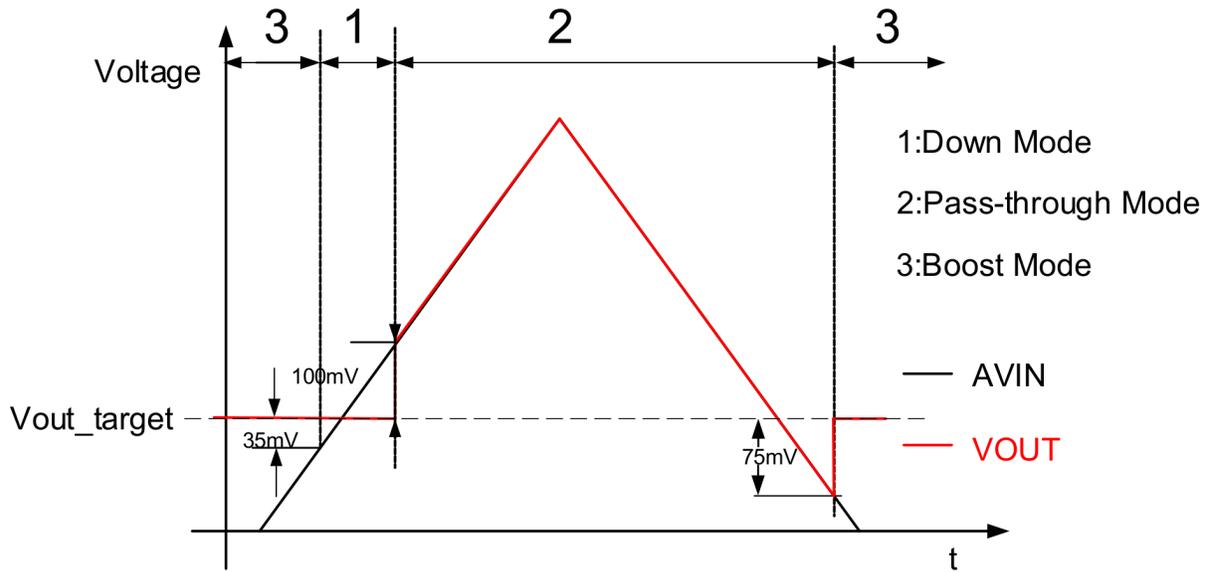


图 7-4. 针对 250mA 及更高输入电流限制版本的模式转换

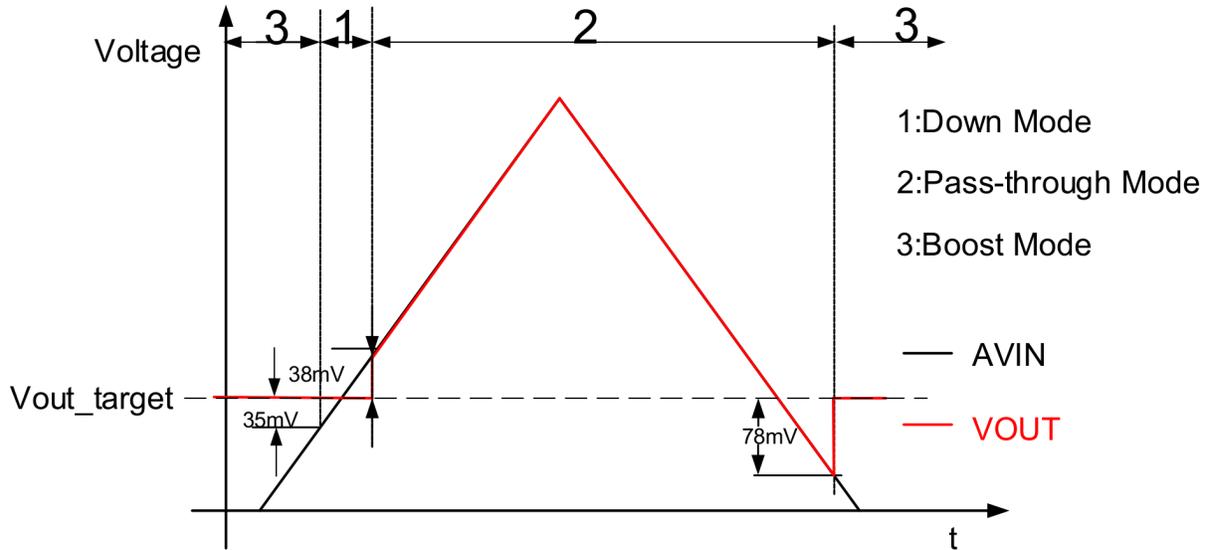


图 7-5. 针对 100mA 及更低输入电流限制版本的模式转换

7.3.10 输出接地短路保护

当 VOUT 引脚接地短路且输出电压降至低于 0.5V 时，TPSM81299 器件开始限制电感器电流，这与软启动操作相同。当输入电压低于 1.8V 时，TPSM81299 在不连续导通模式 (DCM) 和连续导通模式 (CCM) 的边界下工作，当输入电压高于 1.8V 时在 DCM 下工作。

解除短路之后，TPSM81299 再次执行软启动序列，以便达到稳定的输出电压。

7.3.11 热关断

结温超过 150°C 后，TPSM81299 就会进入热关断状态。当结温降至低于热关断温度阈值减去迟滞以下（通常为 130°C ）时，器件将再次开始运行。

7.4 器件功能模式

7.4.1 快速负载瞬态模式和正常模式

TPSM81299 有两种模式：快速负载瞬态模式和正常模式，这两种模式通过 VSEL 引脚来选择。

在快速负载瞬态模式下，环路响应速度快。例如，当在 3.6V Vin 至 5V Vout 条件下，输出电流从 0A 瞬变为 200mA 时，负载瞬态趋稳时间为 $8\mu\text{s}$ 。但需要权衡的一点是负载调整率。正常模式具有更好的负载调整率。

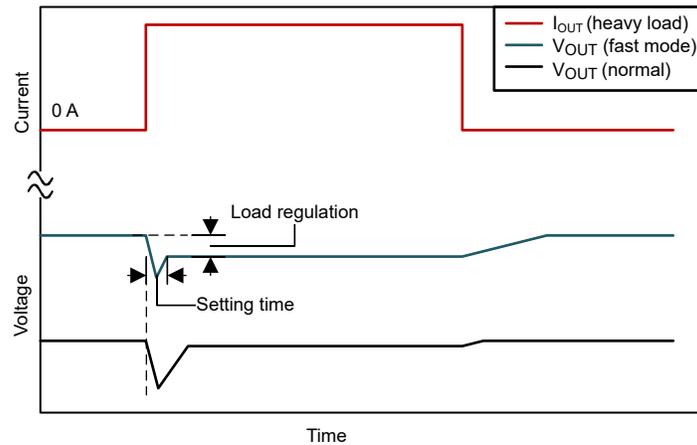


图 7-6. 快速模式和正常模式下的瞬态性能比较

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

TPSM81299x 是一款同步升压模块，采用迟滞控制方案来运行。TPSM81299x 具有 0.5V 至 5.5V 的宽输入电源电压范围（启动时上升电压为 0.7V）。该器件在轻负载条件下仅消耗 95nA 静态电流，可实现高效率。

TPSM81299 可提供 1.2A 的输入电流限制，并在 EN 为低电平时支持真正关断功能。

TPSM81299x 为不同的系统提供快速瞬态性能模式和精确的负载调整模式。

8.2 典型应用 - 锂离子电池至 5V 升压转换器（正常模式下）

TPSM81299 通过设置不同的 VSEL 电阻器来选择输出电压，具体对应关系如表 8-1 所示。将 VSEL 电阻器设置为 7.87kΩ，以在正常工作模式下将输出调节至 5V。

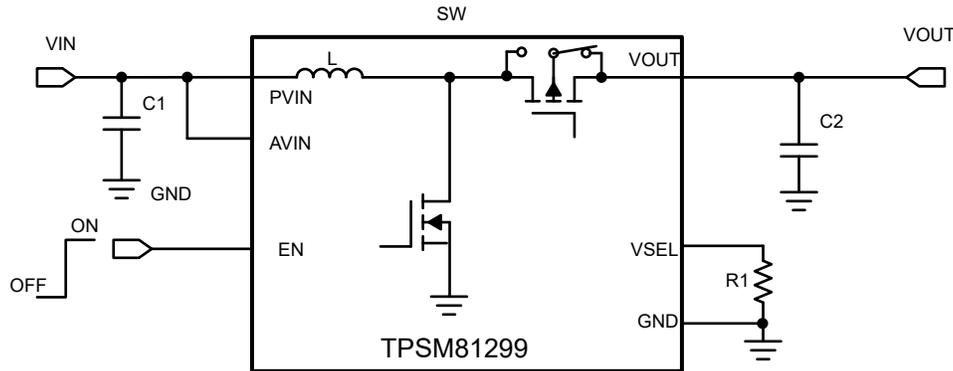


图 8-1. 正常模式下的 3.6V 输入源至 5V 输出升压转换器

8.2.1 设计要求

表 8-1 中列出了设计参数。

表 8-1. 设计要求

参数	值
输入电压	2.7V 至 4.3V
输出电压	5V (正常模式)
输出电流	500mA
输出电压纹波	± 50mV

8.2.2 详细设计过程

8.2.2.1 最大输出电流

TPSM81299 的最大输出能力由输入输出比和升压转换器的电流限制决定。由于已嵌入典型的 1μH 电感器，因此无需在外部放置额外的电感器。可以使用方程式 2 估算出最大输出电流。

$$I_{OUT(max)} = \frac{V_{IN} I_{LIM}}{V_{OUT}} \eta \quad (2)$$

其中

- η 是转换效率，使用 85% 进行估算。
- I_{LIM} 是平均开关电流限制。

最小输入电压、最大升压输出电压和最小电流限制 I_{LIM} 用作估算的最坏情况。

8.2.2.2 输出电容器选型

选择输出电容器主要是为了满足输出纹波和环路稳定性的要求。纹波电压与电容器电容及其等效串联电阻 (ESR) 相关。假设陶瓷电容器的 ESR 为零，给定纹波电压所需的最小电容可通过 [方程式 3](#) 计算得出。

$$C_{OUT} = \frac{I_{OUT} \times D_{MAX}}{f_{SW} \times V_{RIPPLE}} \quad (3)$$

其中

- D_{MAX} 是最大开关占空比。
- V_{RIPPLE} 是峰峰值输出纹波电压。
- I_{OUT} 是最大输出电流。
- f_{SW} 为开关频率。

如果使用了钽或铝电解质电容器，则需考虑 ESR 对输出纹波的影响。由输出电容的 ESR 引起的输出峰峰值纹波电压可以通过 [方程式 4](#) 计算得出。

$$V_{RIPPLE(ESR)} = I_{L(P)} \times R_{ESR} \quad (4)$$

在估算因直流偏置电压、老化和交流信号引起的陶瓷电容器降额时要小心谨慎。例如，直流偏置电压会显著降低电容。陶瓷电容器在其额定电压下会损失超过 50% 的电容。因此，在额定电压方面应始终留有余量，以确保在所需的输出电压下有足够的电容。在 PWM 模式下，增大输出电容器可以使输出纹波电压更小。

TI 建议使用有效电容范围为 $4 \mu F$ 至 $1000 \mu F$ 的 X5R 或 X7R 陶瓷输出电容器。输出电容器影响升压稳压器的小信号控制环路稳定性。当输出电流高于 1A 或使用 TPSM812997 (1.5A 输入电流限制版本器件) 时，有效输出电容不小于 $20 \mu F$ 。否则升压稳压器可能会发生工作不稳定现象。

8.2.2.3 输入电容器选型

因为多层 X5R 或 X7R 陶瓷电容器具有极低的 ESR 并采用小型封装，所以非常适合升压转换器的输入去耦。将输入电容器放置在尽可能靠近器件的位置。虽然 $10 \mu F$ 输入电容器足以满足大多数应用的要求，但也可以使用更大的电容来无限制地减少输入电流纹波。仅使用陶瓷输入电容器时要小心。在输入端使用陶瓷电容器并且通过长导线供电时，输出端的负载阶跃会在 PVIN 和 AVIN 引脚处引起振铃。当与输出信号耦合时，这种振铃会被误认为是环路不稳定，甚至是器件损坏。在这种情况下，应在陶瓷输入电容器和电源之间放置额外的大容量电容 (钽或铝电解电容器)，以便减少在电源引线电感和陶瓷输入电容之间可能发生的振铃。

8.2.3 应用曲线

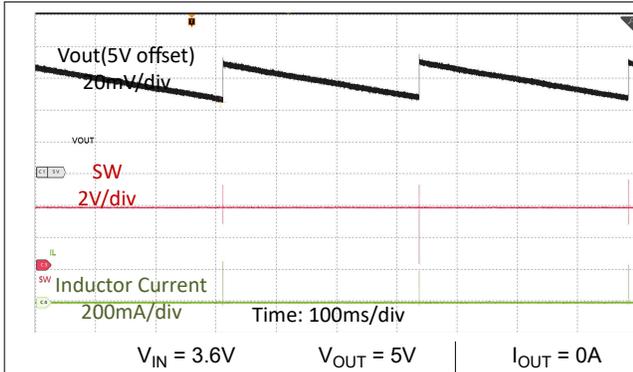


图 8-2. 开路负载时的开关波形

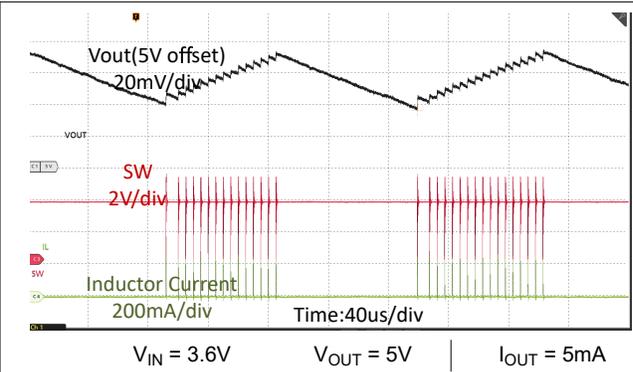


图 8-3. 轻负载条件下的开关波形

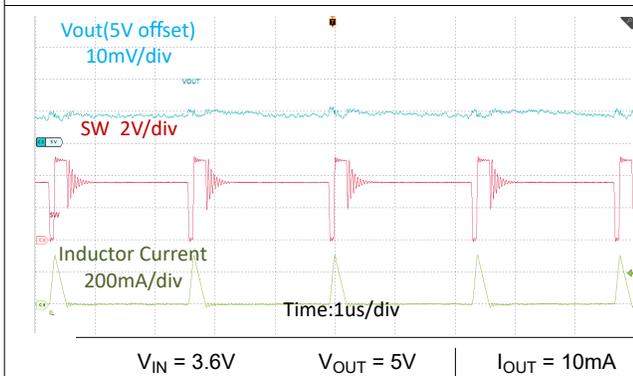


图 8-4. 中等负载条件下的开关波形

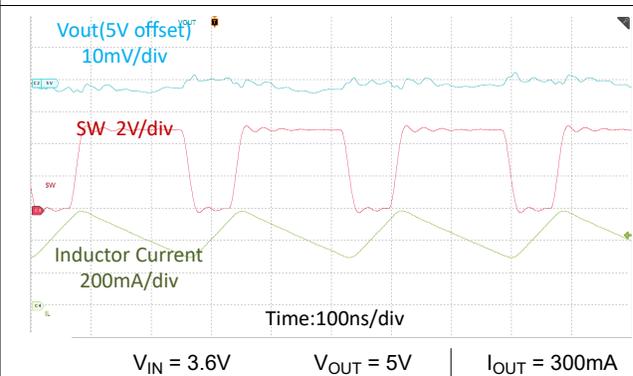


图 8-5. 重负载条件下的开关波形

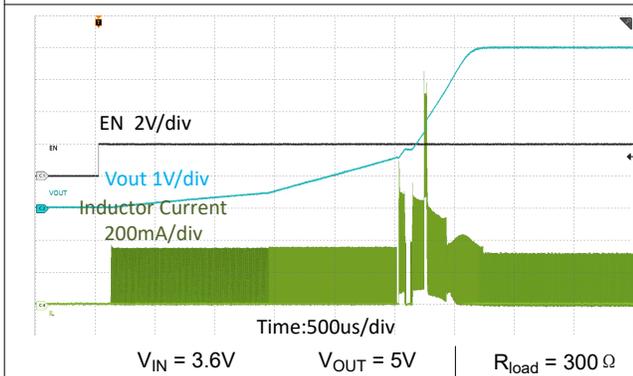


图 8-6. 由 EN 启动

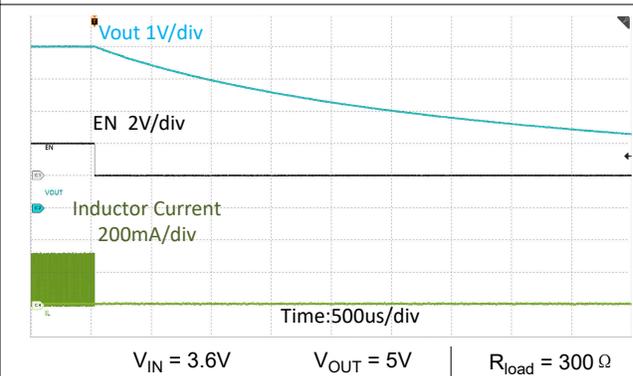


图 8-7. 由 EN 关断

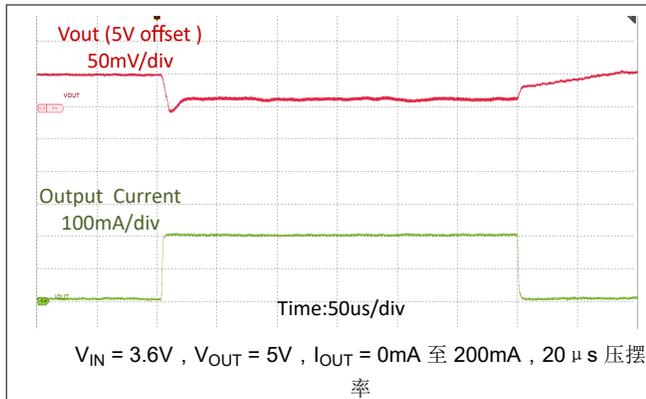


图 8-8. 负载瞬态

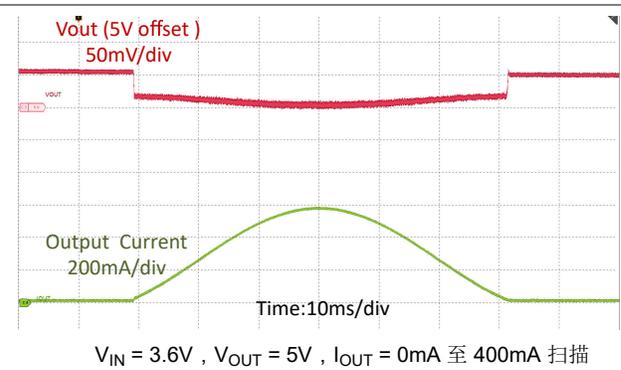


图 8-9. 负载扫描

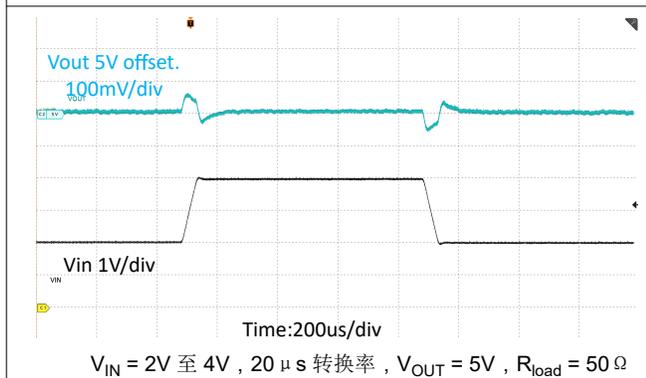


图 8-10. 线路瞬态

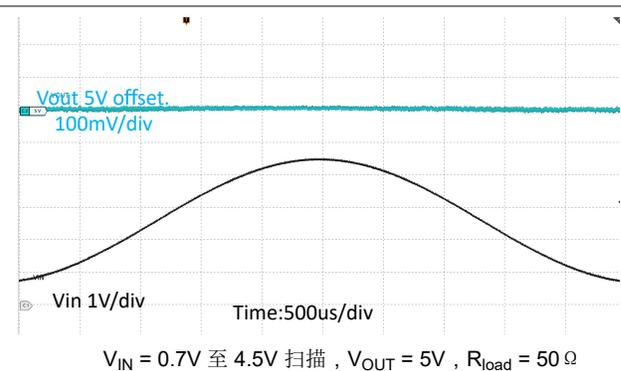


图 8-11. 线路扫描

8.3 电源相关建议

该器件设计为可在 0.5V 至 5.5V 的输入电源电压范围内运行。实现良好的输入电源稳压。如果输入电源距离转换器超过几英寸，那么除了陶瓷旁路电容器之外，还需要额外的大容量电容。通常，选择容值为 100 μF 的钽或铝电解电容器。输入电源的输出电流必须根据 TPSM81299 的电源电压、输出电压和输出电流来确定额定值。

8.4 布局

8.4.1 布局指南

对于所有开关电源，布局都是设计中的重要一步，尤其是在具有高峰值电流和高开关频率的情况下。低效的布局会引起稳定性问题和 EMI 问题。因此，对于主电流路径和电源地路径，应使用宽而短的布线。输入和输出电容器尽可能靠近器件放置。

8.4.2 布局示例

底层是通过过孔连接的大 GND 平面。

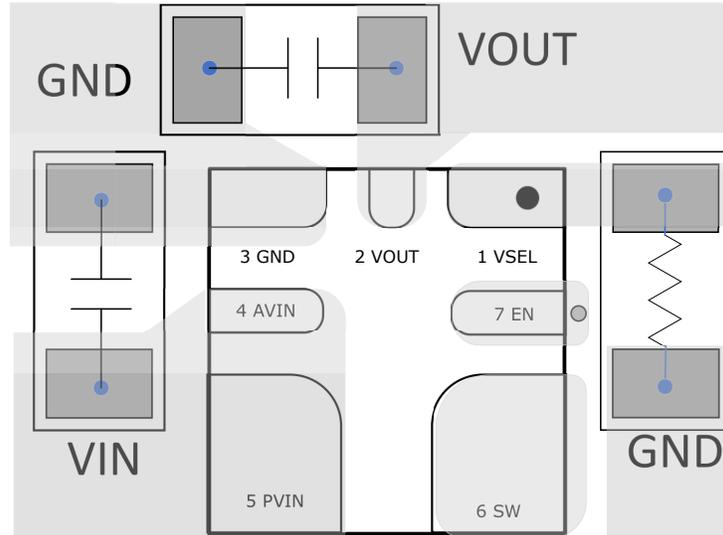


图 8-12. 布局示例 - QFN

8.5 热性能信息

在正常工作条件下，最大结温限制为 125°C。计算允许的最大耗散 $P_{D(max)}$ ，并使实际功率损耗小于或等于 $P_{D(max)}$ 。最大功率耗散限值使用 [方程式 5](#) 来确定。

$$P_{D(max)} = \frac{125 - T_A}{R_{\theta JA}} \quad (5)$$

其中

- T_A 是应用的最高环境温度
- $R_{\theta JA}$ 是热性能信息表中给出的结至环境热阻。

TPSM81299 采用 QFN-FCMOD 封装。封装的实际结至环境热阻在很大程度上取决于 PCB 类型和布局。使用厚 PCB 铜并将 GND 引脚焊接到大接地平面可提高热性能。使用更多过孔将接地平面连接到 IC 的顶层和底层，而不使用阻焊层，这也可以提高热性能。

9 器件和文档支持

9.1 器件支持

9.1.1 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。

9.2 文档支持

9.2.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI)，[“精确测量 PFM 模式效率”应用报告](#)
- 德州仪器 (TI)，[“精确测量超低 IQ 器件的效率”技术简报](#)
- 德州仪器 (TI)，[“IQ：定义、常见误解及其使用方式”技术简报](#)

9.3 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。

9.4 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](#)。

9.5 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

9.6 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。

9.7 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。

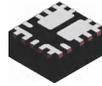
10 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

日期	修订版本	注释
July 2025	*	初始发行版

11 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。

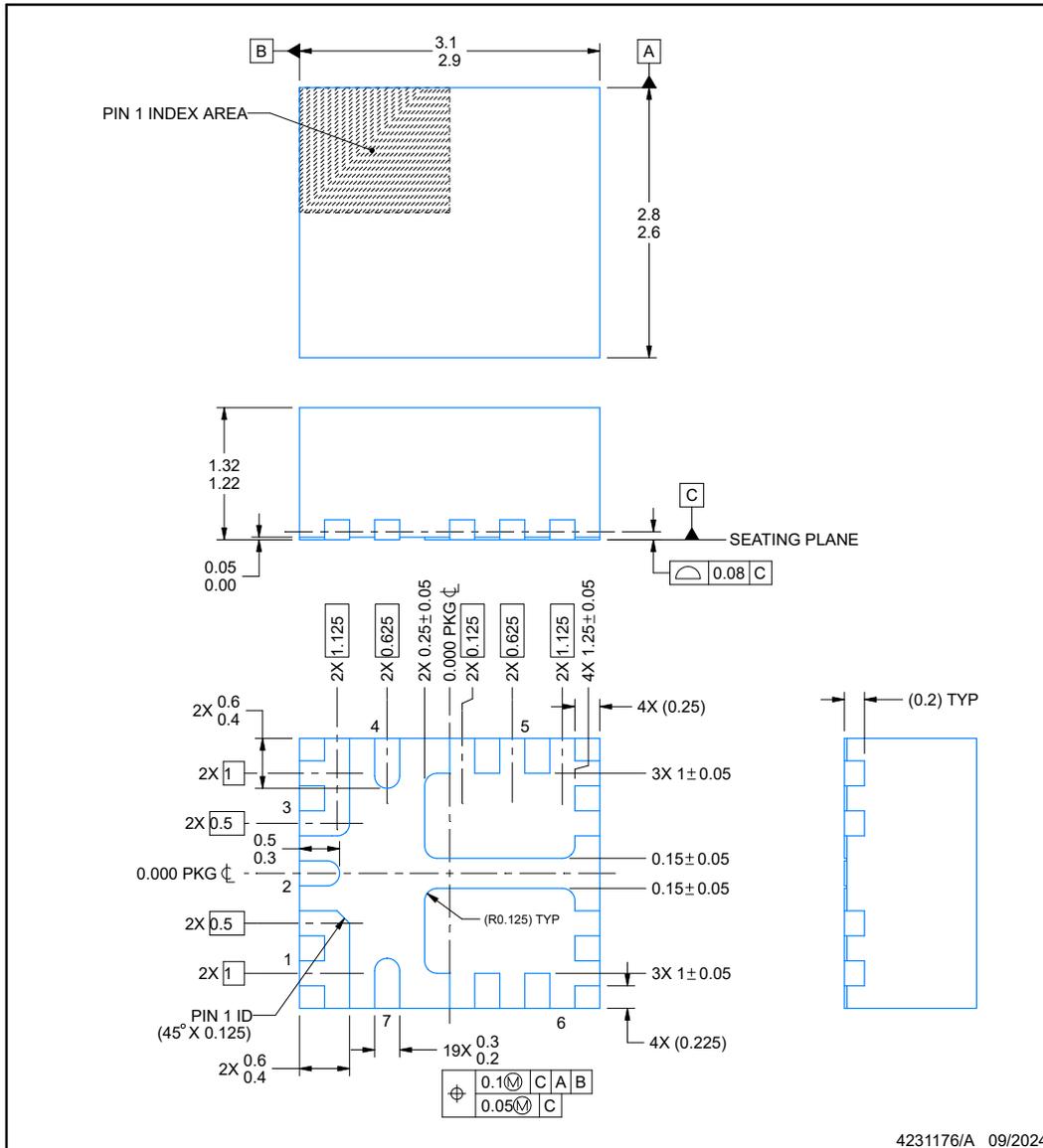


VCM0007A

PACKAGE OUTLINE

QFN-FCMOD - 1.32 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



NOTES:

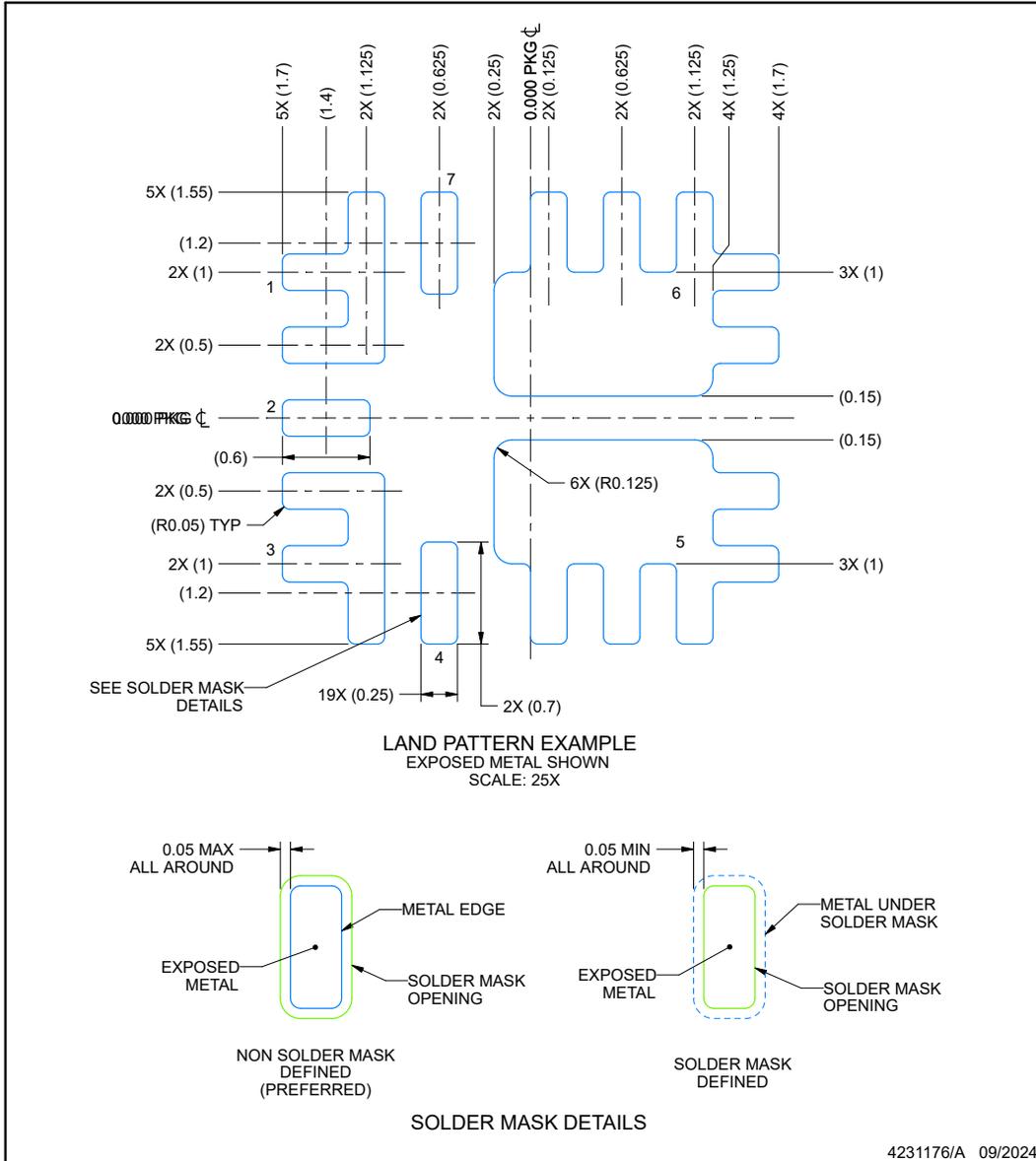
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

VCM0007A

QFN-FCMOD - 1.32 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



NOTES: (continued)

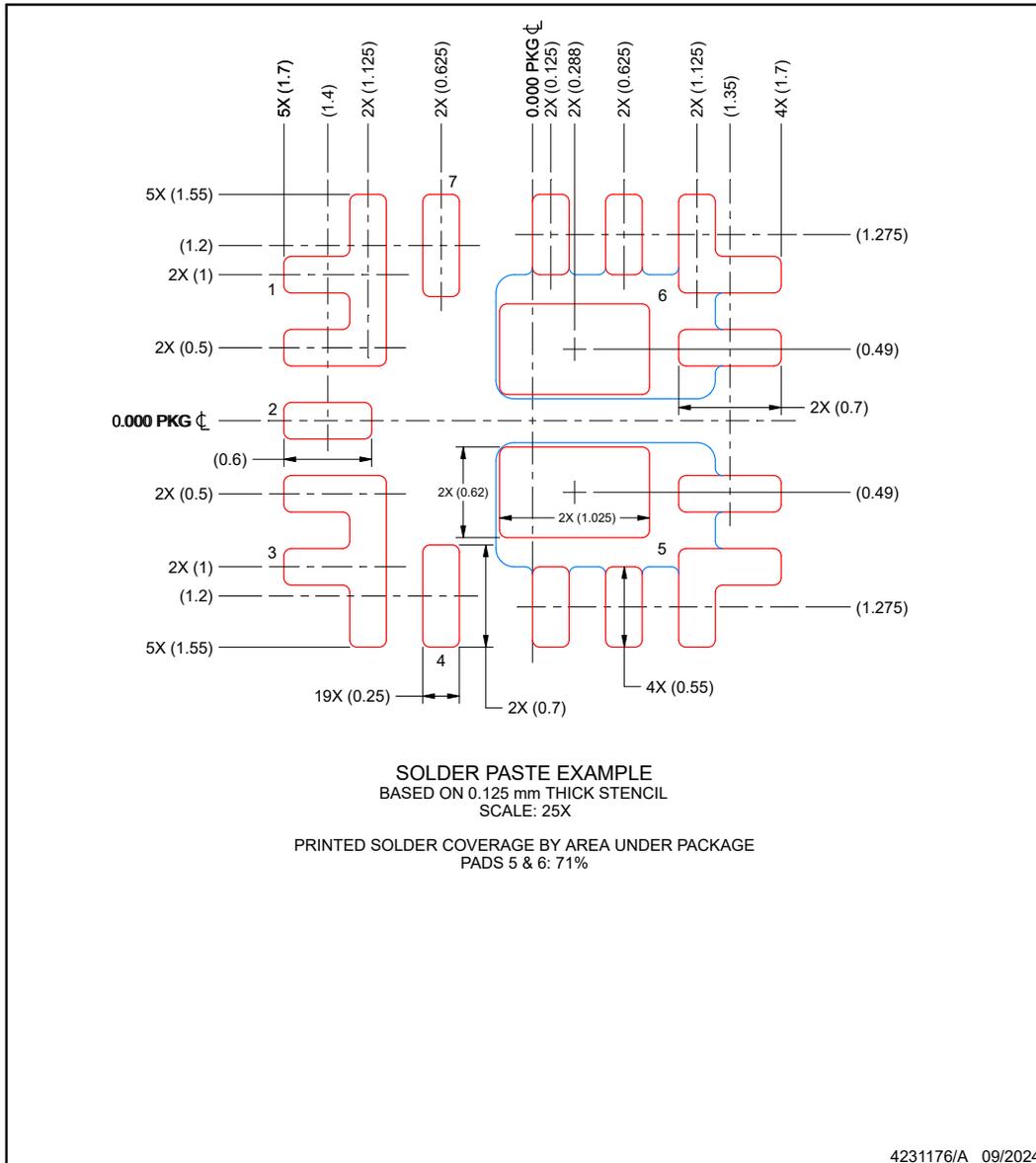
3. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slua271).

EXAMPLE STENCIL DESIGN

VCM0007A

QFN-FCMOD - 1.32 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.

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)
TPSM81299VCMR	Active	Production	QFN-FCMOD (VCM) 7	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	81299

(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.

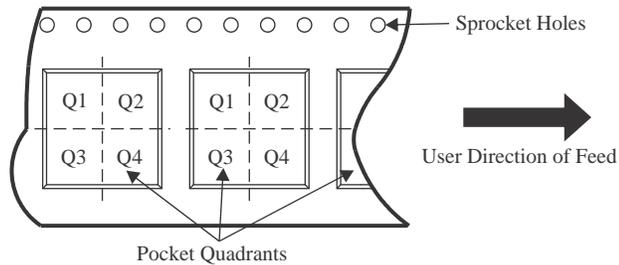
(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

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

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
TPSM81299VCMR	QFN-FCMOD	VCM	7	3000	330.0	12.4	2.95	3.25	1.5	8.0	12.0	Q2

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS


*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TPSM81299VCMR	QFN-FCMOD	VCM	7	3000	367.0	367.0	38.0

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