TPS61299 具有输入电流限制和快速瞬态性能的 95nA 静态电流、5.5V 升压转换器

1 特性

- 输入电压范围：0.5V 至 5.5V
- 启动时的最小输入电压为 0.7V
- 输入工作电压低至 150mV，信号 V_{IN} > 0.7V
- 输出电压范围：1.8V 至 5.5V（VSEL 引脚选择输出电压）
- 平均输入电流限制：5mA；25mA；50mA；100mA；250mA；500mA；1.2A；1.9A（不同版本）
- VOUT 静态电流典型值为 95nA
- VIN 和 SW 关断电流典型值为 60nA
- V_{IN} = 3.6V、V_{OUT} = 5V 且 I_{OUT} = 10μA 时效率高达 91%
- V_{IN} = 3.6V、V_{OUT} = 5V 且 I_{OUT} = 200mA 时效率高达 94%
- 快速瞬态性能：V_{IN} = 3.6V、V_{OUT} = 5V、I_{OUT} = 0A -> 200mA 时，稳定时间约为 8μs
- EN 为低电平时真正断开或直通
- 自动 PFM/PWM 模式转换
- V_{IN} > V_{OUT} 时自动直通
- 输出 SCP 和热关断保护
- 6 引脚 WCSP (1.2mm x 0.8mm)/SOT563 封装 (1.6mm x 1.6mm)

2 应用

- 智能手表、智能手环
- 便携式医疗设备
- TWS

3 说明

TPS61299x 系列是同步升压转换器，具有 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解决方案。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。

TPS61299x 系列具有 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 1.9A。具有 1.2A 电流限制的 TPS61299 可在 3V 到 5V 转换中支持高达 500mA 的输出电流，并且在 200mA 负载下可实现大约 94% 的效率。

TPS61299x 系列在输出电压为 4.5V、5V 或 5.5V 时具有可选的快速负载瞬态性能。在快速负载瞬态下，当输出电流从 0A 瞬变为 200mA 时，典型的稳定时间为 8μs。

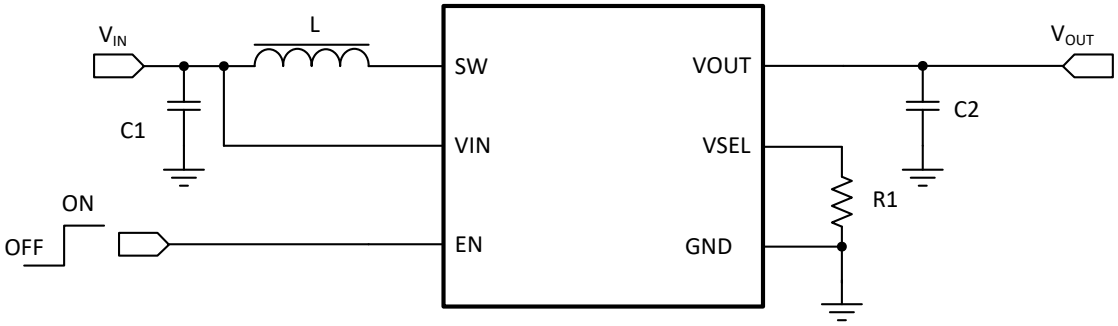
TPS61299x 系列在禁用时支持可选强制直通或真正关断功能，这对于常开型系统非常灵活。

TPS61299x 系列采用 6 焊球 1.2mm x 0.8mm WCSP 封装和 6 引脚 1.6mm x 1.6mm SOT563 封装，提供非常小的解决方案尺寸。

器件信息

器件型号	封装[(1)]	本体尺寸（标称值）
TPS61299YBHR	WCSP	1.2mm x 0.8mm
TPS61299DRLR	SOT563	1.6mm x 1.6mm

(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

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）。

内容

1 特性.....1
2 应用.....1
3 说明.....1
4 器件比较表.....3
5 引脚配置和功能.....3
6 规格.....4
6.1 绝对最大额定值.....4
6.2 ESD 等级.....4
6.3 建议运行条件.....4
6.4 热性能信息.....4
6.5 电气特性.....5
6.6 典型特性.....7
7 详细说明.....9
7.1 概述.....9
7.2 功能方框图.....9
7.3 特性说明.....10
7.4 器件功能模式.....14
8 应用和实施.....15
8.1 应用信息.....15
8.2 典型应用 - 锂离子电池至 5V 升压转换器（快速模式下）.....15
8.3 典型应用 - 锂离子电池至 5V 升压转换器（正常模式下）.....20
8.4 电源相关建议.....23
8.5 布局.....23
8.6 热性能信息.....24
9 器件和文档支持.....25
9.1 器件支持.....25
9.2 文档支持.....25
9.3 接收文档更新通知.....25
9.4 支持资源.....25
9.5 商标.....25
9.6 静电放电警告.....25
9.7 术语表.....25
10 修订历史记录.....26
11 机械、封装和可订购信息.....27

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

4 器件比较表

可订购器件型号	输入电流限制	EN_LOW
TPS61299	1.2A	真正关断
TPS61299-Q1	1.2A	真正关断

5 引脚配置和功能

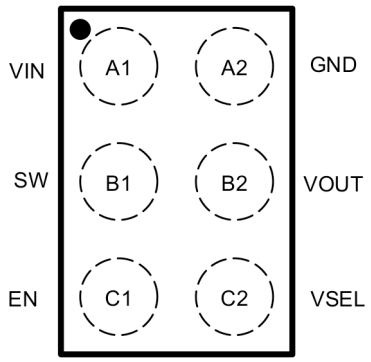


图 5-1. YBH 封装顶视图

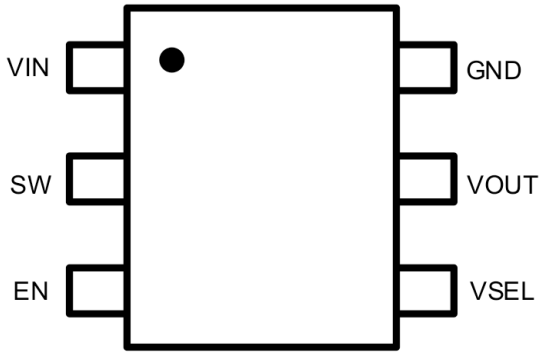


图 5-2. DRL 封装顶视图

表 5-1. 引脚功能

终端			I/O	说明
名称	YBH	DRL		
VIN	A1	1	PWR	IC 电源输入
SW	B1	2	I	转换器的开关引脚。它连接到内部低侧功率 MOSFET 的漏极，以及内部高侧功率 MOSFET 的源极。
EN	C1	3	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。
VSEL	C2	4	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。
VOUT	B2	5	PWR	升压转换器输出
GND	A2	6	PWR	地

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	VIN、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	125	°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，所有引脚[(1)]	±2000	V
		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 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。]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
V_{IN}	输入电压	0.5		5.5	V
V_{OUT}	升压输出电压	1.8		5.5	V
T_J	结温	-40		125	°C
L	有效电感	0.47*0.7	1.0	1.0*1.3	µH
C_{OUT}	OUT 引脚处的有效输出电容，输出电流低于 1A	5*0.8	10		µF
	OUT 引脚处的有效输出电容，输出电流高于 1A 或使用 TPS612997		20		uF
C_{IN}	VIN 引脚上的有效输入电容	2.2			µF

6.4 热性能信息

热指标[(1)]		TPS61299 YBH 6 焊球 标准	TPS61299 YBH 6 焊球 EVM	TPS61299 DRL 6 引脚 标准	TPS61299 DRL-6PINS EVM	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	130.0	107.1	135.6	93.8	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	0.9	不适用	66.3	不适用	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	39.4	不适用	24.6	不适用	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	0.2	4.1	1.6	7.9	°C/W
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数	39.4	62.7	24.4	39.6	°C/W

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

热指标[1]		TPS61299 YBH 6 焊球 标准	TPS61299 YBH 6 焊球 EVM	TPS61299 DRL 6 引脚 标准	TPS61299 DRL-6PINS EVM	单位
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	不适用	不适用	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°C 至 125°C，V_{IN} = 3.6V，V_{OUT} = 5.0V。除非另有说明，否则典型值是在 T_J = 25°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							
V_{IN}	输入电压范围	所有		0.5		5.5	V
V_{IN_UVLO}	欠压锁定阈值	TPS61299、TPS61299X	V_{IN} 上升			0.7	V
V_{IN_UVLO}	欠压锁定阈值	所有	V_{IN} 下降			0.5	V
I_Q	流入 VIN 引脚的静态电流	所有	IC 启用，无负载，无开关，T_J 最高 85°C		0.5		nA
I_Q	流入 VOUT 引脚的静态电流	所有	IC 启用，无负载，无开关，T_J 最高 85°C		95	300	nA
I_{SD}	流入 VIN 引脚的关断电流	TPS61299、TPS61299X	EN = 低电平，VIN = 3.6V，VOUT = 0V		60		nA
I_{BY}	强制直通模式下流入 VIN 引脚的静态电流	TPS61299A、TPS61299XA	EN = 低电平		30		nA
I_{LKG_SW}	流入 SW 引脚的漏电流（从 SW 引脚到 VOUT 引脚）	所有	VSW = 3.0V，V_{OUT} = 0V，TJ = 25°C		1	4	nA
I_{LKG_SW}	流入 SW 引脚的漏电流（从 SW 引脚到 VOUT 引脚）	WCSP 封装	VSW = 3.0V，V_{OUT} = 0V，TJ 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）	所有	VSW = 3.0V，V_{OUT} = 0V，TJ = 25°C		1	15	nA
I_{LKG_SW}	流入 SW 引脚的漏电流（从 SW 引脚到 GND 引脚）	所有	VSW = 3.0V，V_{OUT} = 0V，TJ 最高 85°C		1	200	nA
输出							
V_{OUT}	输出电压设置范围	所有		1.8		5.5	V
$V_{OUT_PWM_ACY}$	输出电压精度	所有	PWM，PFM 模式	-2		2	%
$V_{OUT_SNOOZE_ACY}$	输出电压精度	所有	正常模式		$V_{OUT_PWM_ACY}$+37.5mV		V
			快速模式		$V_{OUT_PWM_ACY}$+15mV		V
电源开关							
$R_{DS(on)}$	高侧 MOSFET 导通电阻	TPS61299X、TPS61299XA	V_{OUT} = 5.0V		150		mΩ
$R_{DS(on)}$	低侧 MOSFET 导通电阻	TPS61299X、TPS61299XA	V_{OUT} = 5.0V		88		mΩ
I_{LIM}	输入电流限制	TPS61299、TPS61299A	V_{IN} = 3.6V，V_{OUT} = 5.0V	0.96	1.2	1.44	A
I_{LIM}	输入电流限制	TPS612994、TPS612994A	V_{IN} = 3.6V，V_{OUT} = 5.0V	80	100	120	mA
I_{LIM}	输入电流限制	TPS612997、TPS612997A	V_{IN} = 3.6V，V_{OUT} = 5.0V	1500	1900	2300	mA

6.5 电气特性（续）

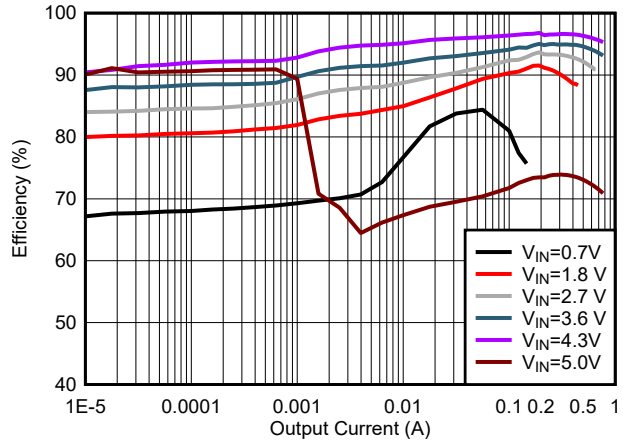
T_J = -40°C 至 125°C，V_{IN} = 3.6V，V_{OUT} = 5.0V。除非另有说明，否则典型值是在 T_J = 25°C 时给出。

参数		版本	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
I_{LH}	电感器电流纹波	TPS61299、TPS612997	PWM		350		mA
I_{LH}	电感器电流纹波	TPS612994			350		mA
应用							
逻辑接口							
V_{EN_H}	EN 逻辑高电平阈值	所有	V_{IN} >= 1.05V			0.84	V
V_{EN_L}	EN 逻辑低电平阈值	所有	V_{IN} >= 1.05V	0.36			V
V_{EN_H}	EN 逻辑高电平阈值	所有	V_{IN} < 1.05V			0.8*VIN	V
V_{EN_L}	EN 逻辑低电平阈值	所有	V_{IN} < 1.05V	0.2*VIN			V
I_{EN_LKG}	流入 EN 引脚的漏电流	所有	VEN=5V		1	50	nA
R_{EN}	EN 引脚下拉电阻器	所有	EN = 低电平		800		kΩ
保护							
T_{SD}	热关断阈值		T_J 上升		150		°C
T_{SD_HYS}	热关断迟滞		T_J 降至 T_{SD} 以下		20		°C

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

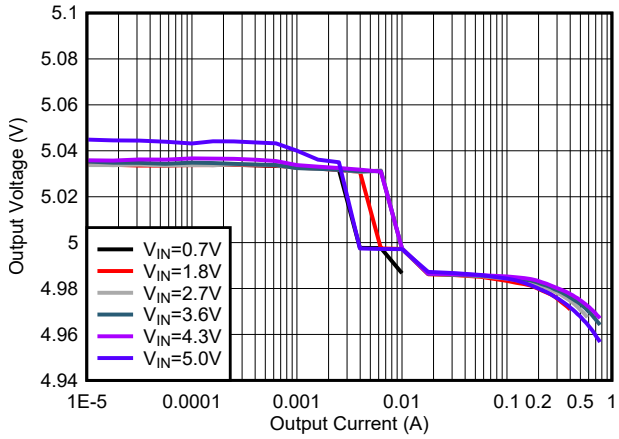
6.6 典型特性

除非另有说明，否则 V_{IN} = 3.6V，V_{OUT} = 5V，正常模式，T_J = 25°C



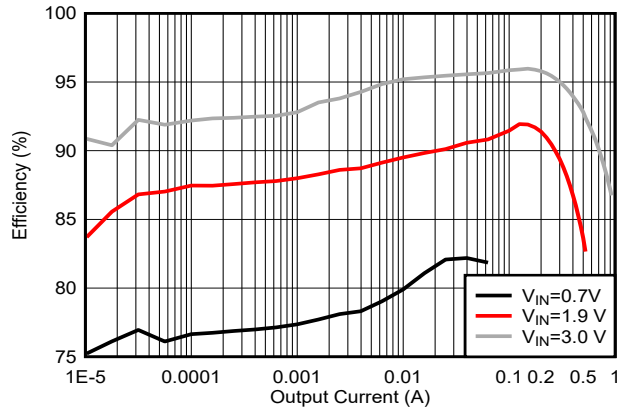
V_{IN} = 0.7V、1.8V、2.7V、3.6V、4.3V、5.0V；V_{OUT} = 5.0V

图 **6-1.** 不同输入电压在正常模式下的 **5.0V VOUT** 效率



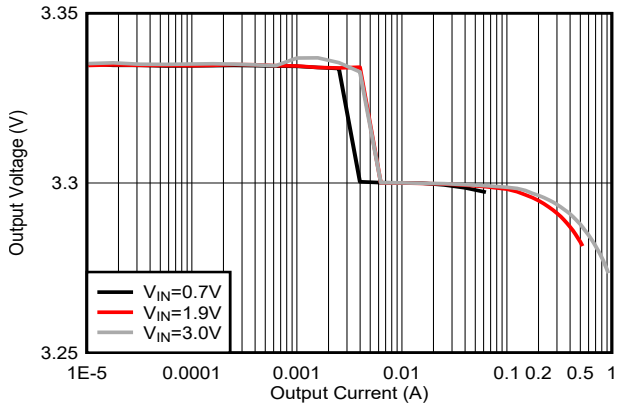
V_{IN} = 0.7V、1.8V、2.7V、3.6V、4.3V、5.0V；V_{OUT} = 5.0V

图 **6-2.** 不同输入电压在正常模式下的 **5.0V VOUT** 负载调整率



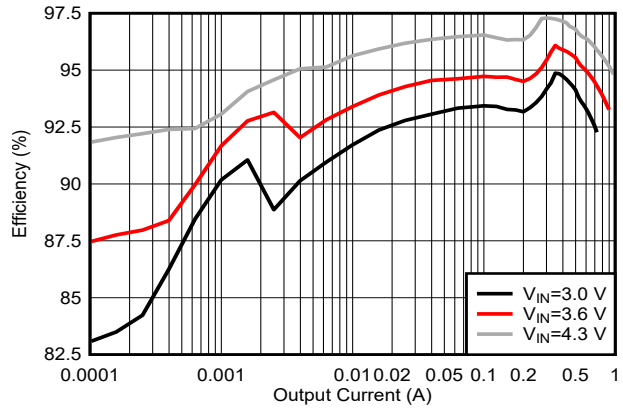
V_{IN} = 0.7V、1.9V、3.0V；V_{OUT} = 3.3V

图 **6-3.** 不同输入电压在正常模式下的 **3.3V VOUT** 效率



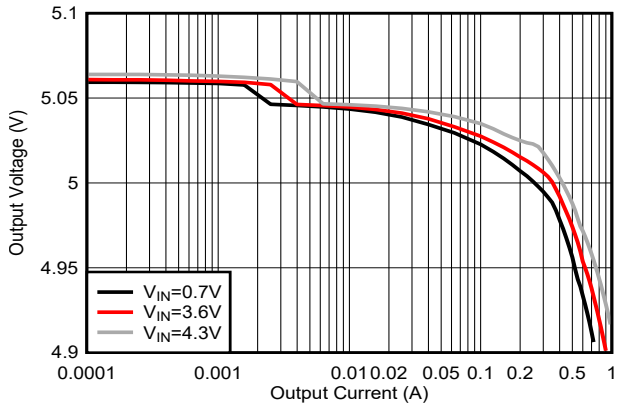
V_{IN} = 0.7V、1.9V、3.0V；V_{OUT} = 3.3V

图 **6-4.** 正常模式下的 **3.3V VOUT** 负载调整率



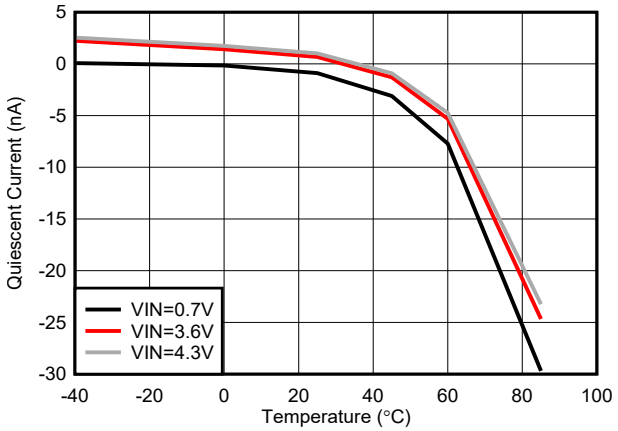
V_{IN} = 3.0V、3.6V、4.3V；V_{OUT} = 5.0V

图 **6-5.** 不同输入电压在快速模式下的 **5.0V VOUT** 效率



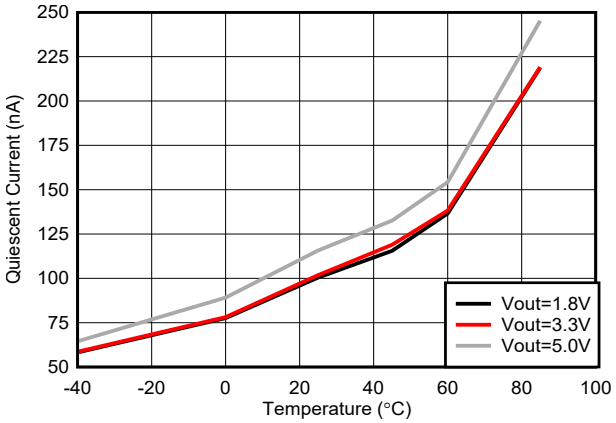
V_{IN} = 3.0V、3.6V、4.3V；V_{OUT} = 5.0V

图 **6-6.** 不同输入电压在快速模式下的 **5.0V VOUT** 负载调整率



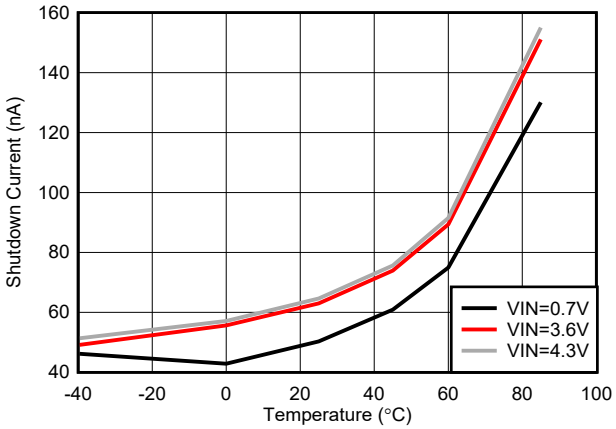
V_{IN} = 0.7V、3.6V、4.3V；V_{OUT} = 5V，T_J = –40°C 至 +85°C，无开关

图 6-7. 流入 VIN 的静态电流与温度间的关系



V_{IN} = 1.5V；V_{OUT} = 1.8V、3.3V、5V，T_J = –40°C 至 +85°C，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、3.6V、4.3V；V_{OUT} = 0V，T_J = –40°C 至 +85°C

图 6-9. 关断电流与温度间的关系

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

7 详细说明

7.1 概述

TPS61299x 系列 是一款同步升压转换器，采用迟滞控制方案来运行。TPS61299x 系列 具有 0.5V 和 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。

TPS61299 系列提供从 5mA 到 1.9A 的宽输入电流限制，非 A 版本器件支持真正关断功能，而 A 版本器件在 EN 为低电平时支持强制直通功能。

TPS61299x 系列 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

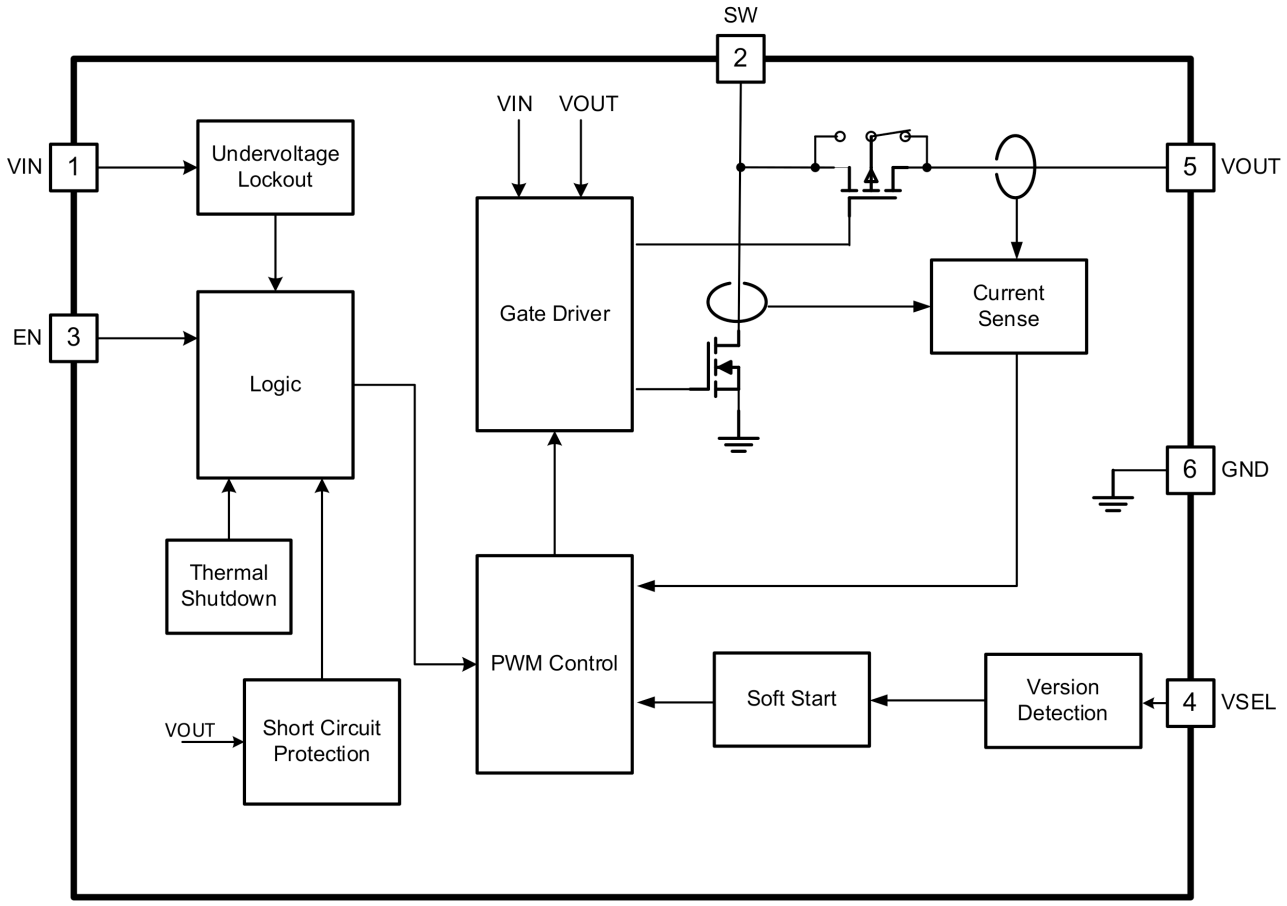


图 7-1. 功能方框图

7.3 特性说明

7.3.1 升压控制操作

TPS61299x 系列 升压转换器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，升压转换器进入突发模式。在突发模式下，升压转换器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 VOUT_TARGET + 50mV，在快速负载瞬态模式下为 VOUT_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 Vout_target + 25mV，快速负载瞬态模式下为 Vout_target + 10mV）时，升压转换器会恢复开关。当在此模式下无法再支持输出电流时，器件退出突发模式。

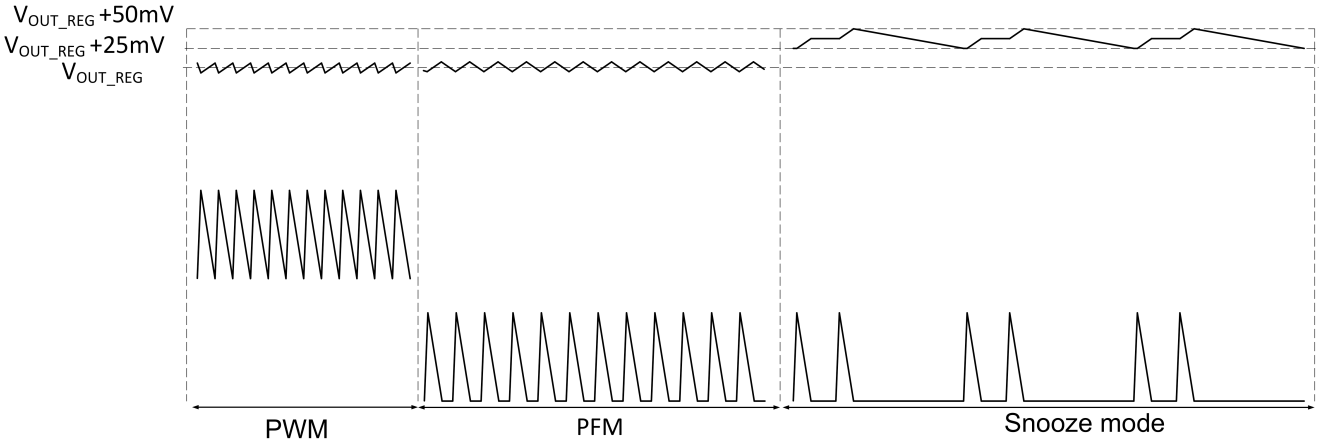


图 7-2. 不同负载下的控制模式

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

7.3.2 版本检测

通过在 VSEL 引脚和地之间连接一个电阻器，TPS61299x 系列 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。TPS61299x 系列 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 10μs 时钟找到所需的设置配置。检测到配置后，TPS61299x 系列 会锁存设置的输出稳压电压。

TPS61299x 系列 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 建议设置电阻精度必须为 1%，VSEL 引脚的

寄生电容小于 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

TPS61299x 系列 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，可以启用 TPS61299x 系列 来升高输出电压。在 TPS61299x 系列 启动且输出电压高于 1.8V 后，TPS61299x 系列 可在输入电压低至 0.5V 的情况下工作。

7.3.4 开关频率

TPS61299x 系列 升压转换器没有固定的频率，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。输入为 3.6V 时，频率约为 3MHz，输出为 5V，电感为 1μH。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，而是由感应、输入电压和输出电压决定。

$$f = \frac{VIN \times (VOUT - VIN \times \eta)}{L \times ILH \times VOUT} \quad (1)$$

其中

- L 是电感器值
- V_{IN} 是输入电压
- V_{OUT} 是输出电压

7.3.5 输入电流限制

TPS61299x 系列 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 ILIM，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 TPS61299x 系列 进入降压模式。如果输出降至 1.6V 以下，TPS61299x 系列 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 TPS61299x 系列。当 EN 引脚被拉至低电压时，非 A 版本器件进入真正关断模式。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。当 EN 引脚拉至低电压时，A 版本器件进入直通模式。在直通模式下，器件停止开关且高侧 MOSFET 完全导通，使输入和输出之间完全建立连接。关断模式下的输入电流消耗小于 30nA。

7.3.7 软启动时序

EN 引脚达到高电压后，TPS61299x 系列 开始启动。

对于开始时高输入电流限制为 250mA、500mA、1.2A 和 1.9A 的版本，当输出电压低于 0.5V 时，器件会限制输出功率以实现短路保护。当输出电压高于 0.5V 时，器件在不连续导通模式 (DCM) 和连续导通模式 (CCM) 的边界运行，并且在这个阶段，电感器峰值电流限制在大约 350mA。当输出电压达到接近 1.8V 后，TPS61299x 系列 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，TPS61299x 系列 需要大约 170 μs 来进行版本检测。版本检测后，TPS61299x 系列 继续开关，输出进一步斜升。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。当输出电压低于 2.5V 时，TPS61299x 系列 将电感器平均电流限制在 500mA 以下（250mA 版本的输入电流限制为 250mA）。这样，软启动功能可降低启动期间的浪涌电流。对于低输入电流限制 5mA、25mA、50mA 和 100mA 版本，器件在软启动期间将输入电流限制为 25mA。在启动期间，器件会在 DCM 下工作。

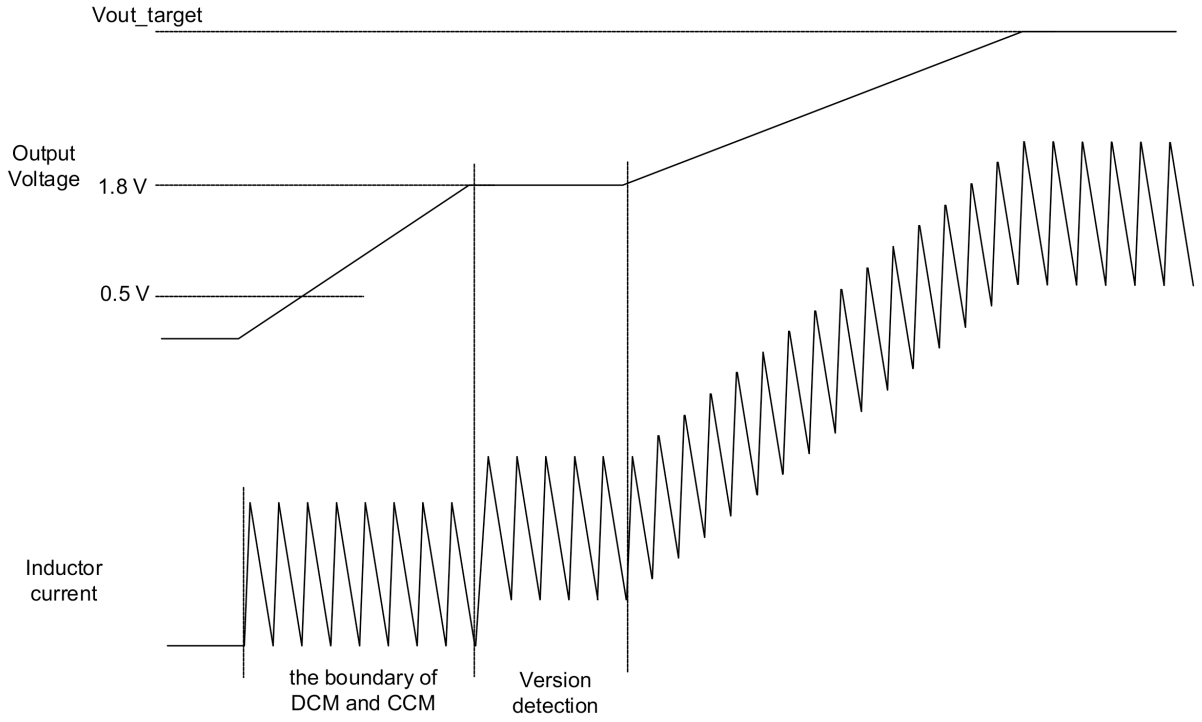


图 7-3. 软启动时序

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

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，TPS61299x 系列 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，TPS612994 降低 50%，TPS61299 降低 20%。

7.3.9 直通操作

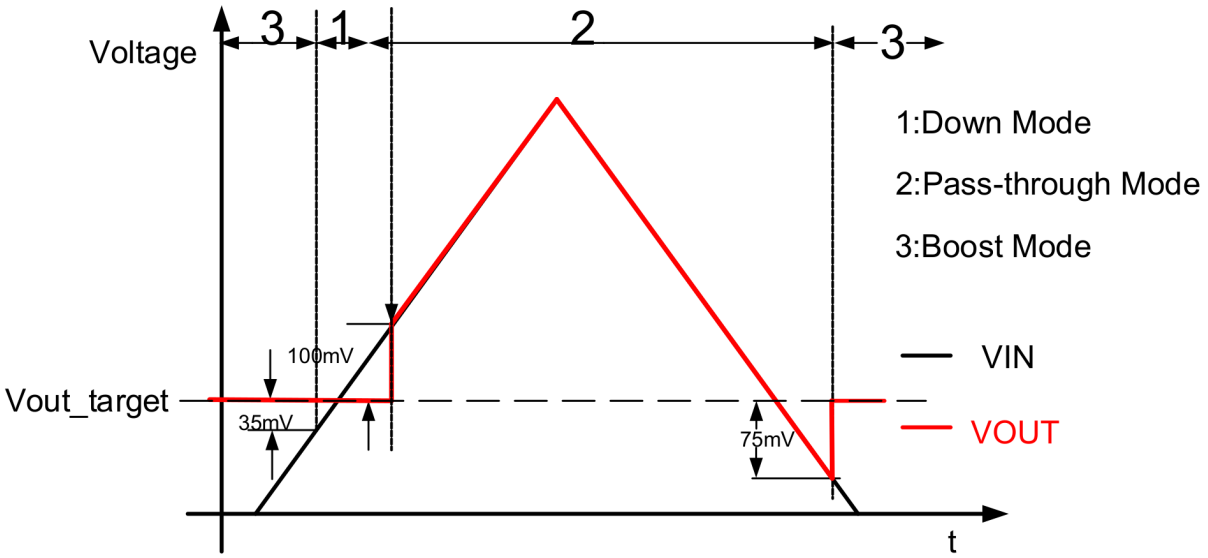
当输入电压接近或高于输出电压时，TPS61299x 系列 采用降压模式和直通运行。

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，TPS61299x 系列 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。

适用于输入电流限制等于或高于 250mA 的版本，即 TPS61299、TPS612995、TPS612996 和 TPS612997。当输入电压逐渐上升时，该器件会在 Vin >Vout-35mV 时进入降压模式。器件会保持在降压模式，直至 Vin >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。TPS61299 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。

适用于输入电流限制等于或低于 100mA 的版本，即 TPS612991、TPS612992、TPS612993 和 TPS612994。当输入电压逐渐上升时，该器件会在 Vin >Vout-35mV (Vboost_down) 时进入降压模式。它保持在降压模式，直至 Vin >Vout+38mV(Vdown_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。TPS61299X 退出直通运行，并在输出电压降至低于设置目标电压减去 67mV(Vpass_boost) 时恢复为升压模式。



A. 向下计数模式
B. 直通模式

C. 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

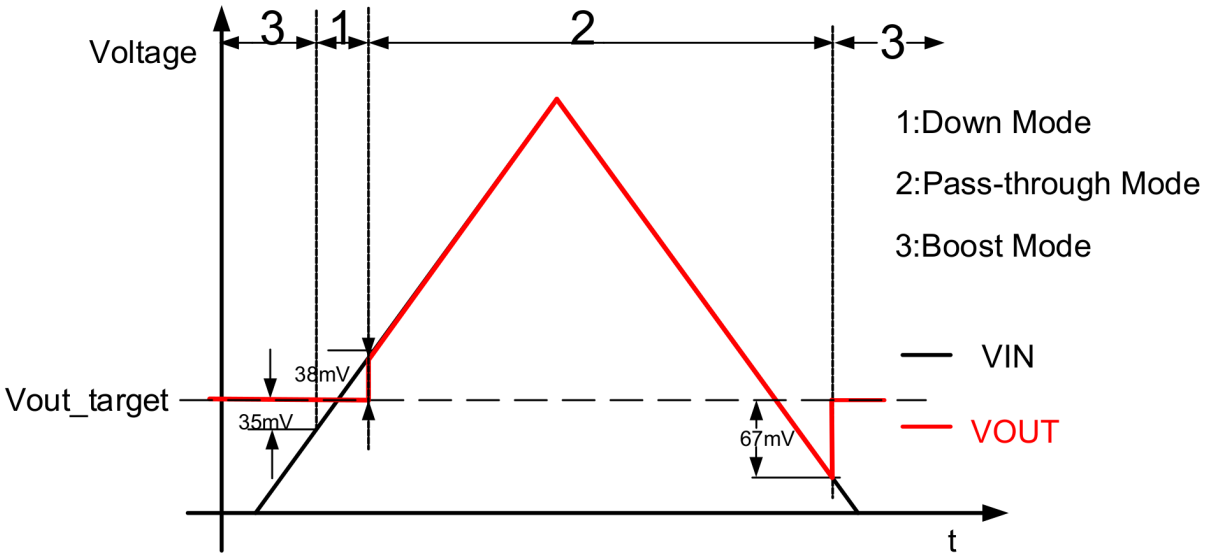


图 7-5. 针对 100mA 及更低输入电流限制版本的模式转换

7.3.10 输出接地短路保护

当 VOUT 引脚接地短路且输出电压变得低于 0.5V 时，TPS61299x 系列 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，TPS61299x 系列 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，TPS61299x 系列 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，TPS61299x 系列 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

TPS61299x 系列 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 至 5V 条件下，输出电流从 0A 瞬变为 200mA 时，负载瞬态稳定时间约为 8us。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。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

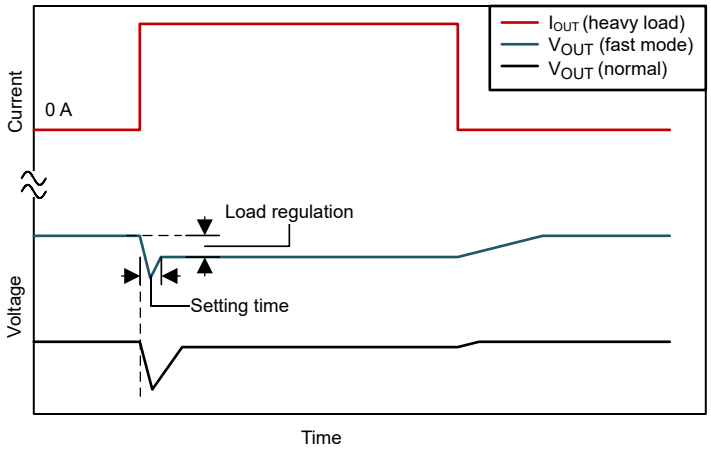


图 7-6. 快速模式和正常模式下的瞬态性能比较

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

TPS61299x 系列 是一款同步升压转换器，采用迟滞控制方案来运行。TPS61299x 系列 具有 0.5V 和 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。

TPS61299 系列提供从 5mA 至 1.9A 的宽输入电流限制，并在 EN 为低电平时支持可选的真正关断功能或强制直通功能。

TPS61299x 系列 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（快速模式下）

TPS61299x 系列 可在快速瞬态模式下运行，在 0mA 至 200mA 的负载阶跃下，稳定时间为 8 μs。根据表 8-1 设置 VSEL，以便选择快速模式下的不同目标 VOUT。

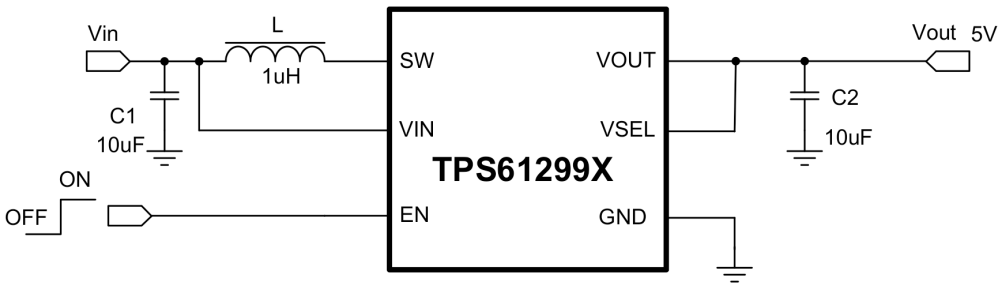


图 8-1. 快速模式下的 3.6V 输入源至 5V 升压转换器

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（快速模式）
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

TPS61299x 系列 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。可以使用方程式 2 估算出最大输出电流。

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

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 电感器选型

TPS61299x 系列 升压转换器没有固定的频率，它将电感器纹波电流保持在 350mA 不变，因此通过电感和工作电压来确定频率。

TPS61299x 系列 可与 1 μH 的电感器配合使用。

表 8-2. 推荐用于 TPS61299x 系列 的电感器

器件型号	L (μH)	DCR MAX (mΩ)	饱和电流 (A)	尺寸（长 x 宽 x 高）	供应商(1)
HTTH16080H-1R0MSR-99	1	110	2.3	1.6 × 0.8 × 0.8	Cyntec
WIP252010P-1R0ML	1	54	3.5	2.5 x 2.0 x 1.0	INPAQ
WPN252010H1R0MT	1	76	3.5	2.5 x 2.0 x 1.0	Sunlord

(1) 请参阅第三方产品免责声明

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

8.2.2.3 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。

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

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电容器，则必须考虑 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。

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

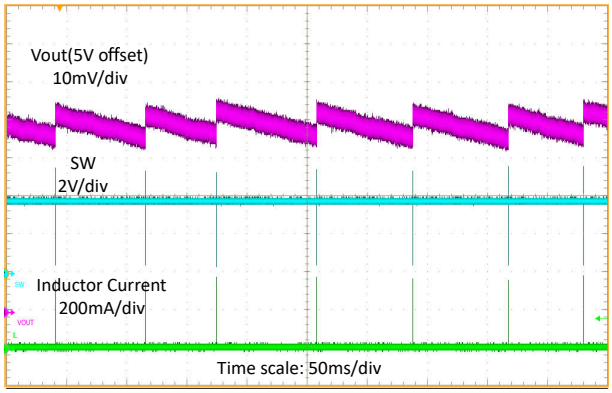
在估算因直流偏置电压、老化和交流信号引起的陶瓷电容器降额时要小心谨慎。例如，直流偏置电压会显著降低电容。陶瓷电容器在其额定电压下可能会损失超过 50% 的电容。因此，在额定电压方面应始终留有余量，以确保在所需的输出电压下有足够的电容。在 PWM 模式下，增大输出电容器可以使输出纹波电压更小。

TI 建议使用有效电容范围为 4 μF 至 1000 μF 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 TPS612997（1.9A 输入电流限制版本器件）时，有效输出电容应不小于 20uF。如果输出电容器低于此范围，升压稳压器可能会变得不稳定。

8.2.2.4 输入电容器选型

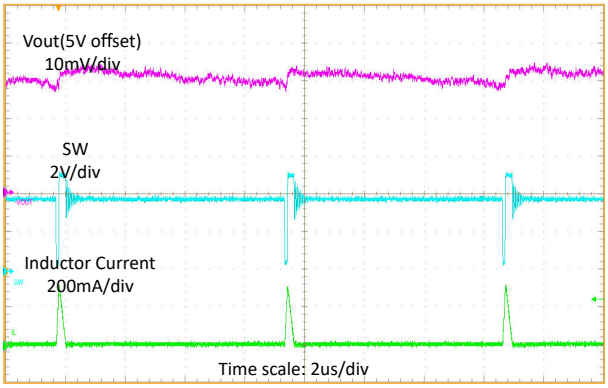
因为多层 X5R 或 X7R 陶瓷电容器具有极低的 ESR 并采用小型封装，所以非常适合升压转换器的输入去耦。输入电容器必须尽可能靠近器件。虽然 10 μF 输入电容器足以满足大多数应用的要求，但也可以使用更大的电容来无限制地减少输入电流纹波。仅使用陶瓷输入电容器时要小心。在输入端使用陶瓷电容器并且通过长导线供电时，输出端的负载阶跃会在 VIN 引脚处引起振铃。此铃振可耦合到输出端，并被错误地作为环路不稳定进行处理，甚至可导致部件损坏。在这种情况下，应在陶瓷输入电容器和电源之间放置额外的大容量电容（钽或铝电解电容器），以便减少在电源引线电感和陶瓷输入电容之间可能发生的振铃。

8.2.3 应用曲线



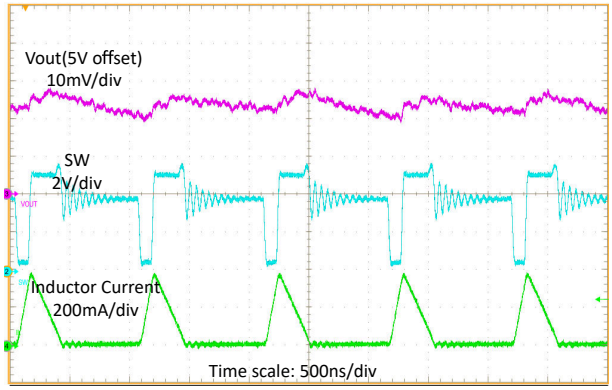
V_{IN} = 3.6V　　I_{OUT} = 0A

图 8-2. 开路负载时的开关波形



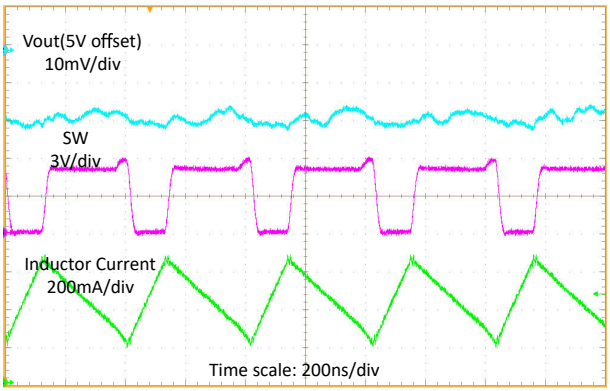
V_{IN} = 3.6V　　I_{OUT} = 5mA

图 8-3. 轻负载条件下的开关波形



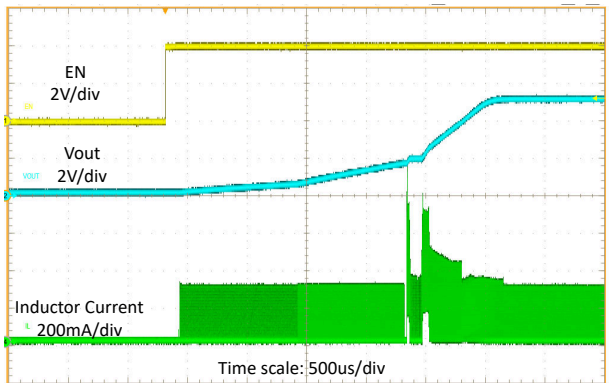
V_{IN} = 3.6V　　I_{OUT} = 50mA

图 8-4. 中等负载条件下的开关波形



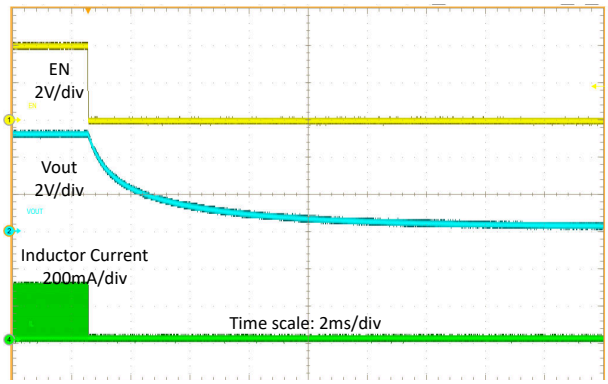
V_{IN} = 3.6V　　I_{OUT} = 300mA

图 8-5. 重负载条件下的开关波形



V_{IN} = 3.6V　　V_{OUT} = 5V　　R_{load} = 500 Ω

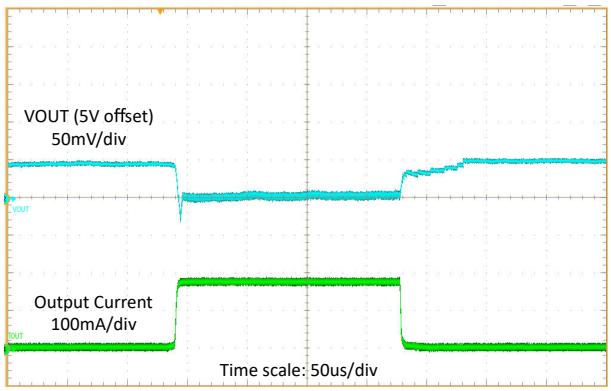
图 8-6. 由 EN 启动



V_{IN} = 3.6V　　V_{OUT} = 5V　　R_{load} = 500 Ω

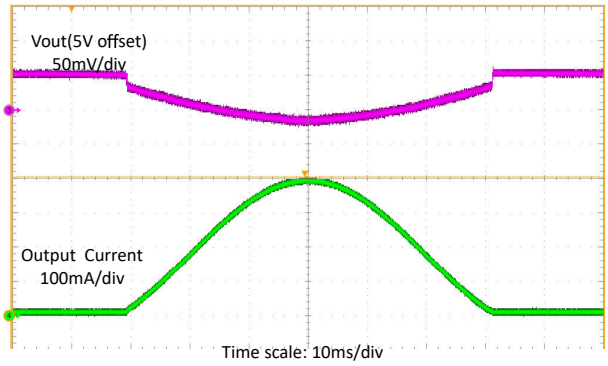
图 8-7. 由 EN 关断

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated



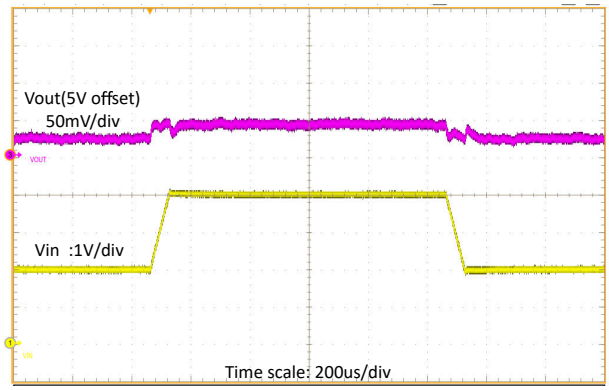
V_{IN} = 3.6V，V_{OUT} = 5V，I_{OUT} = 0mA 至 200mA，20 μs 压摆率

图 8-8. 负载瞬态



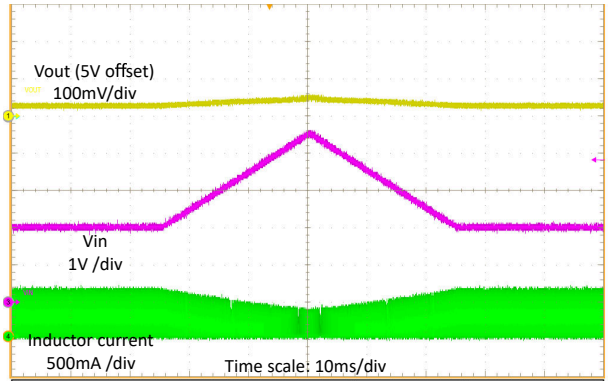
V_{IN} = 3.6V，V_{OUT} = 5V，I_{OUT} = 0mA 至 400mA 扫描

图 8-9. 负载扫描



V_{IN} = 2V 至 4V，20 μs 转换率，V_{OUT} = 5V，R_{load} = 50 Ω

图 8-10. 线路瞬态



V_{IN} = 2V 至 4.5V 扫描，V_{OUT} = 5V，R_{load} = 25 Ω

图 8-11. 线路扫描

8.3 典型应用 - 锂离子电池至 5V 升压转换器（正常模式下）

TPS61299x 系列 系列还可以在正常模式下运行，其瞬态性能略低于快速模式。根据表 8-3 设置 VSEL，以便在快速模式运行期间选择不同的目标输出电压。表 8-3 列出了设计参数。

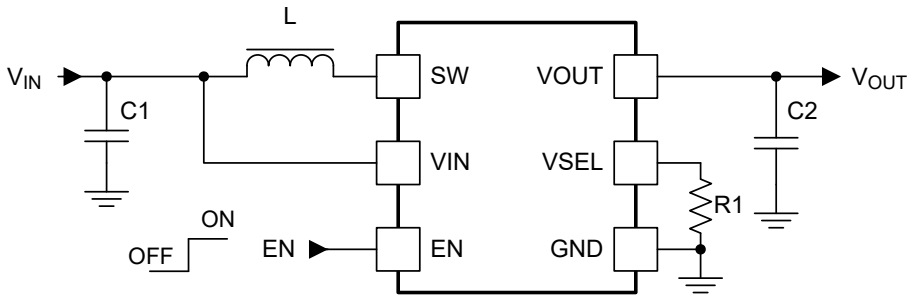


图 8-12. 正常模式下的 3.6V 输入源至 5V 升压转换器

8.3.1 设计要求

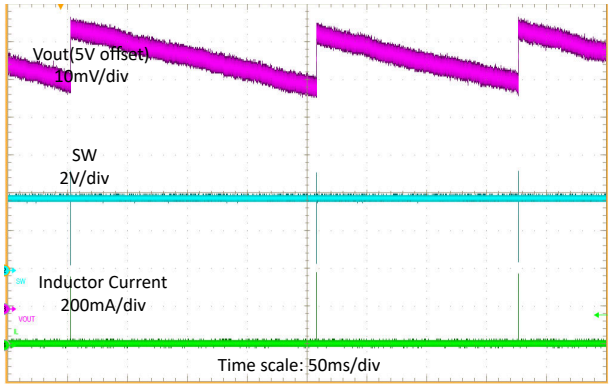
表 8-1 中列出了设计参数。

表 8-3. 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	10mA
输出电压纹波	± 50mV

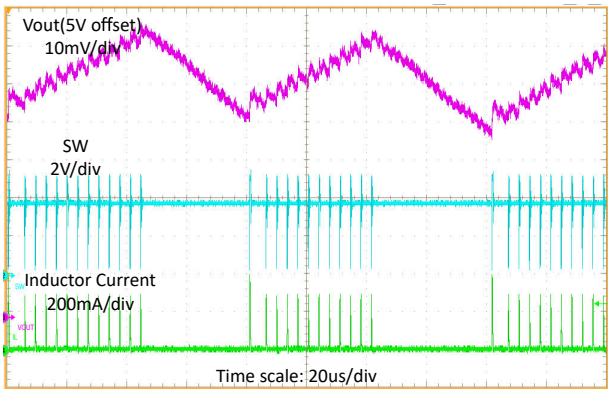
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

8.3.2 应用曲线



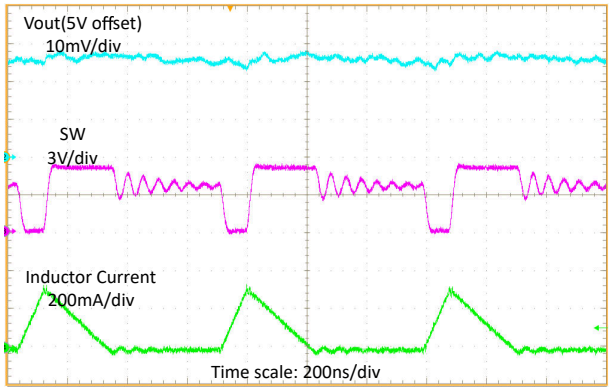
V_{IN} = 3.6V I_{OUT} = 0A

图 8-13. 开路负载时的开关波形



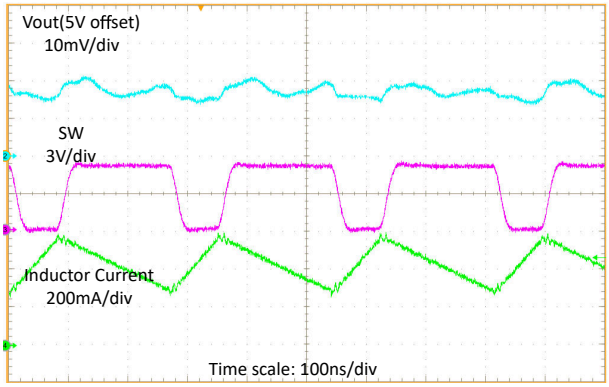
V_{IN} = 3.6V I_{OUT} = 5mA

图 8-14. 轻负载条件下的开关波形



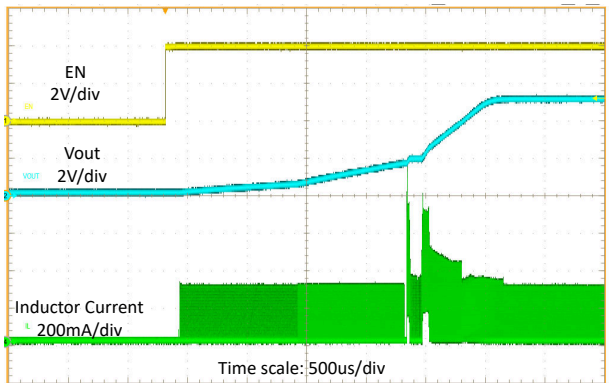
V_{IN} = 3.6V I_{OUT} = 50mA

图 8-15. 中等负载条件下的开关波形



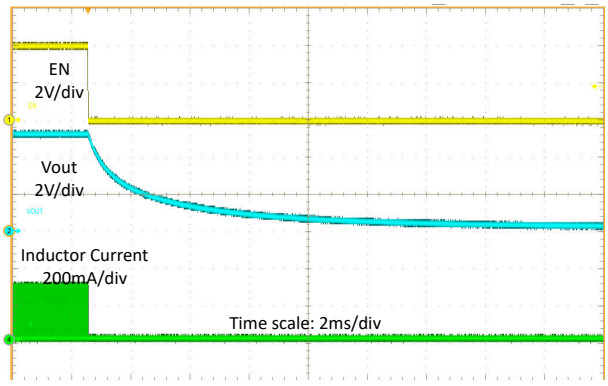
V_{IN} = 3.6V I_{OUT} = 300mA

图 8-16. 重负载条件下的开关波形



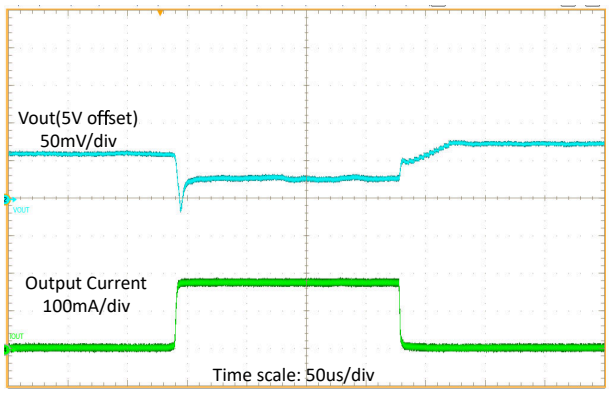
V_{IN} = 3.6V V_{OUT} = 5V | R_{load} = 500 Ω

图 8-17. 由 EN 启动



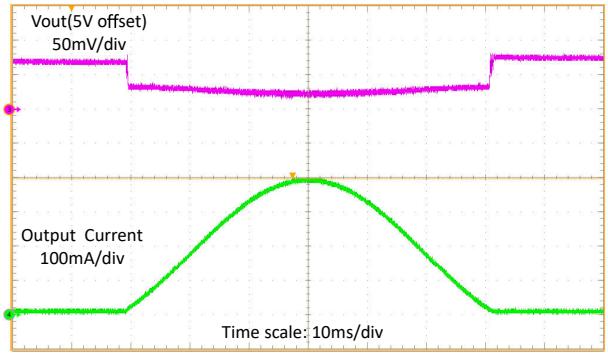
V_{IN} = 3.6V V_{OUT} = 5V | R_{load} = 500 Ω

图 8-18. 由 EN 关断



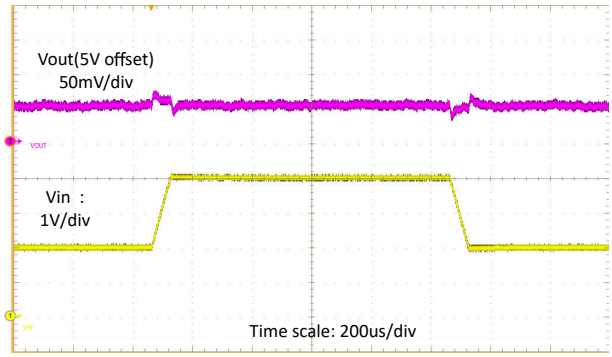
V_{IN} = 3.6V，V_{OUT} = 5V，I_{OUT} = 0mA 至 200mA，20 µs 压摆率

图 8-19. 负载瞬态



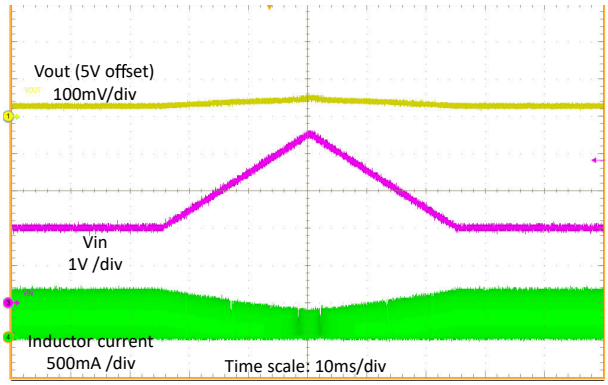
V_{IN} = 3.6V，V_{OUT} = 5V，I_{OUT} = 0mA 至 400mA 扫描

图 8-20. 负载扫描



V_{IN} = 2V 至 4V，20 µs 转换率，V_{OUT} = 5V，R_{load} = 50 Ω

图 8-21. 线路瞬态



V_{IN} = 2V 至 4.5V 扫描，V_{OUT} = 5V，R_{load} = 25 Ω

图 8-22. 线路扫描

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

8.4 电源相关建议

该器件设计为可在 0.7V 至 5.5V 的输入电源电压范围内运行。该输入电源必须经过良好调节。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 TPS61299x 系列 的电源电压、输出电压和输出电流来确定额定值。

8.5 布局

8.5.1 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。如果设计布局时不够仔细，稳压器会出现稳定性问题和 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。输入和输出电容器以及电感器尽可能靠近器件放置。

8.5.2 布局示例

底层是通过过孔连接的大 GND 平面。

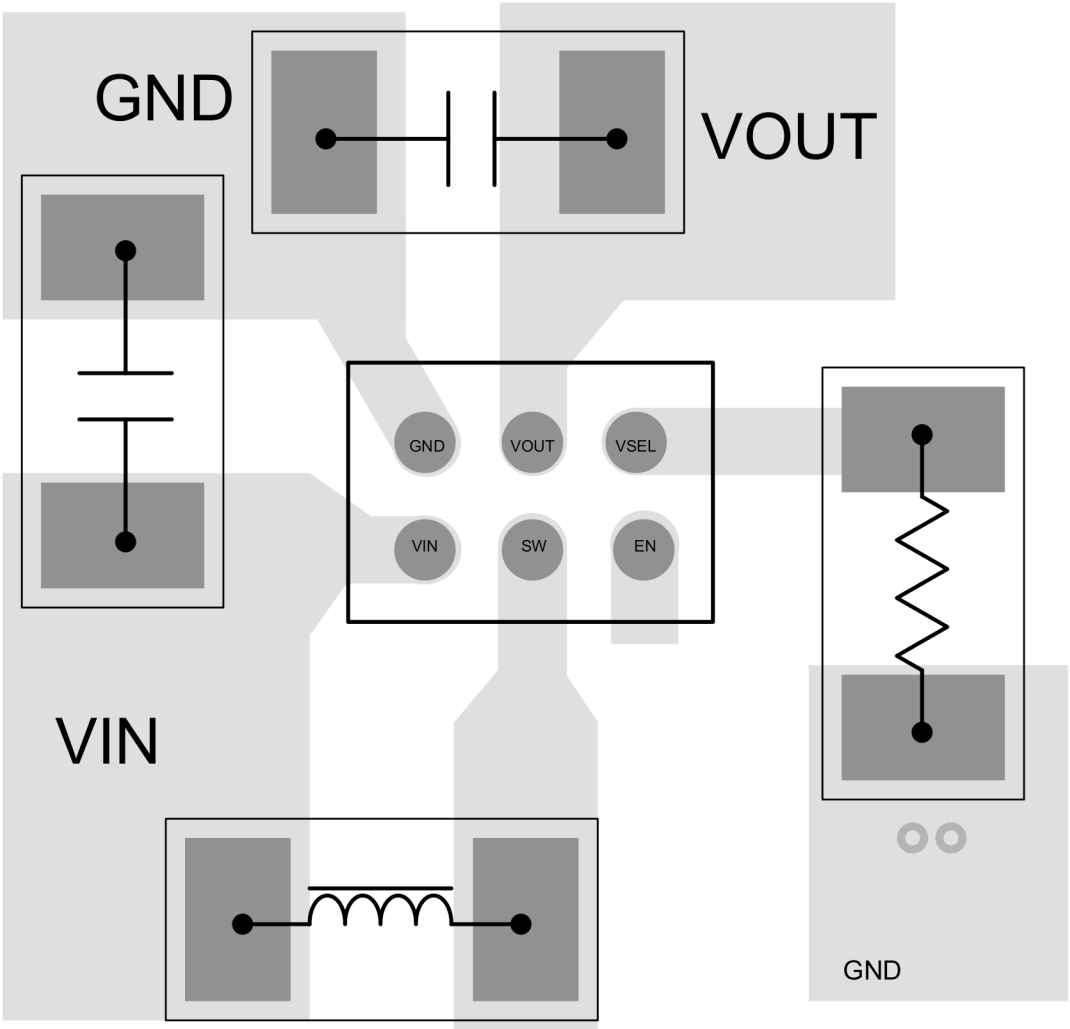


图 8-23. 布局示例 - YBH

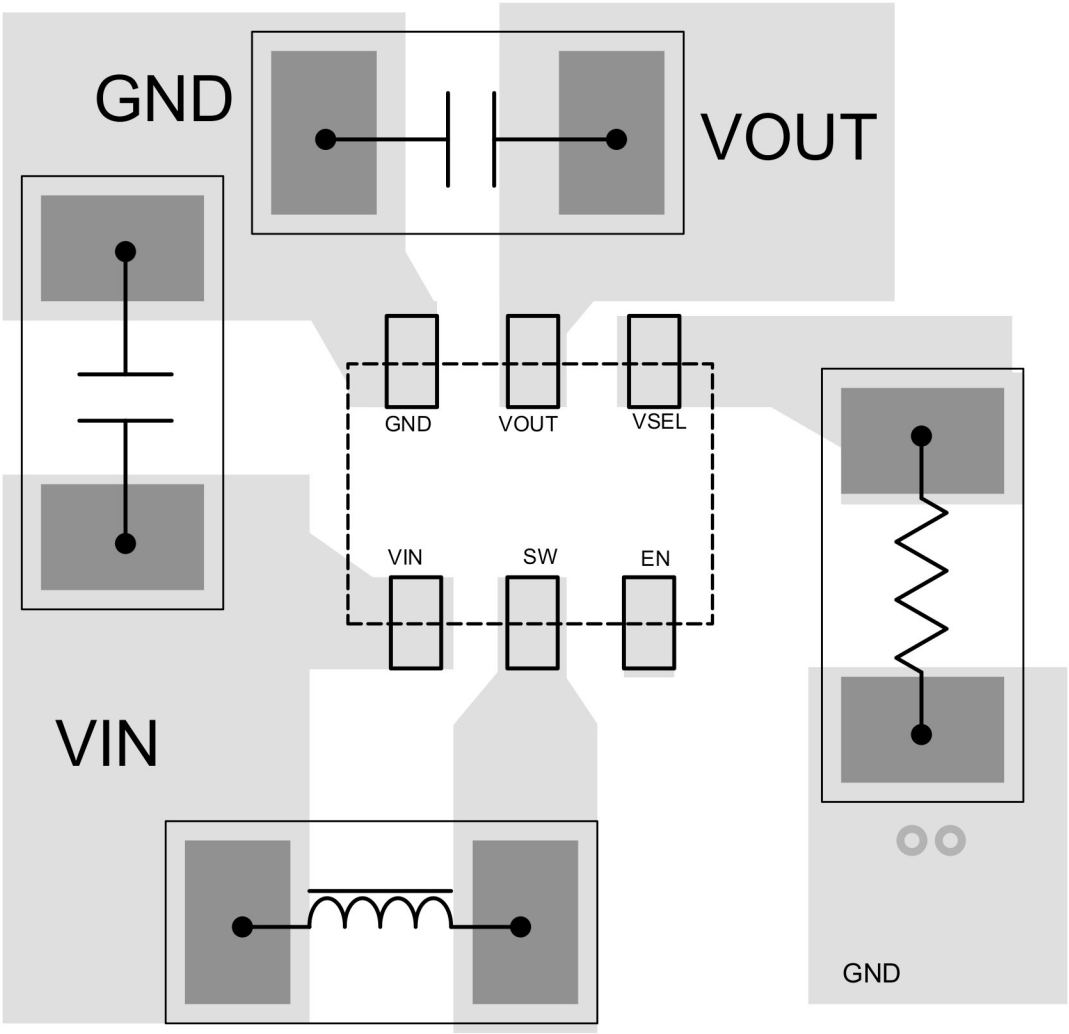


图 8-24. 布局示例 - DRL

8.6 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。

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

其中

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

TPS61299x 系列 采用 WCSP 或 SOT583 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。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

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

Changes from Revision C (February 2024) to Revision D (March 2024)	Page
• 更新了图 6-2 的标题	7
• 更新了公式	11

Changes from Revision B (August 2023) to Revision C (February 2024)	Page
• 更新了机械和封装信息	1

Changes from Revision A (June 2023) to Revision B (August 2023)	Page
• 将文档状态从“预告信息”更改为“量产数据”	1

Changes from Revision * (March 2023) to Revision A (June 2023)	Page
• 将电气特性 Iq 从 100nA 更新为 95nA	4

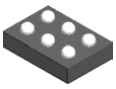
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

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。

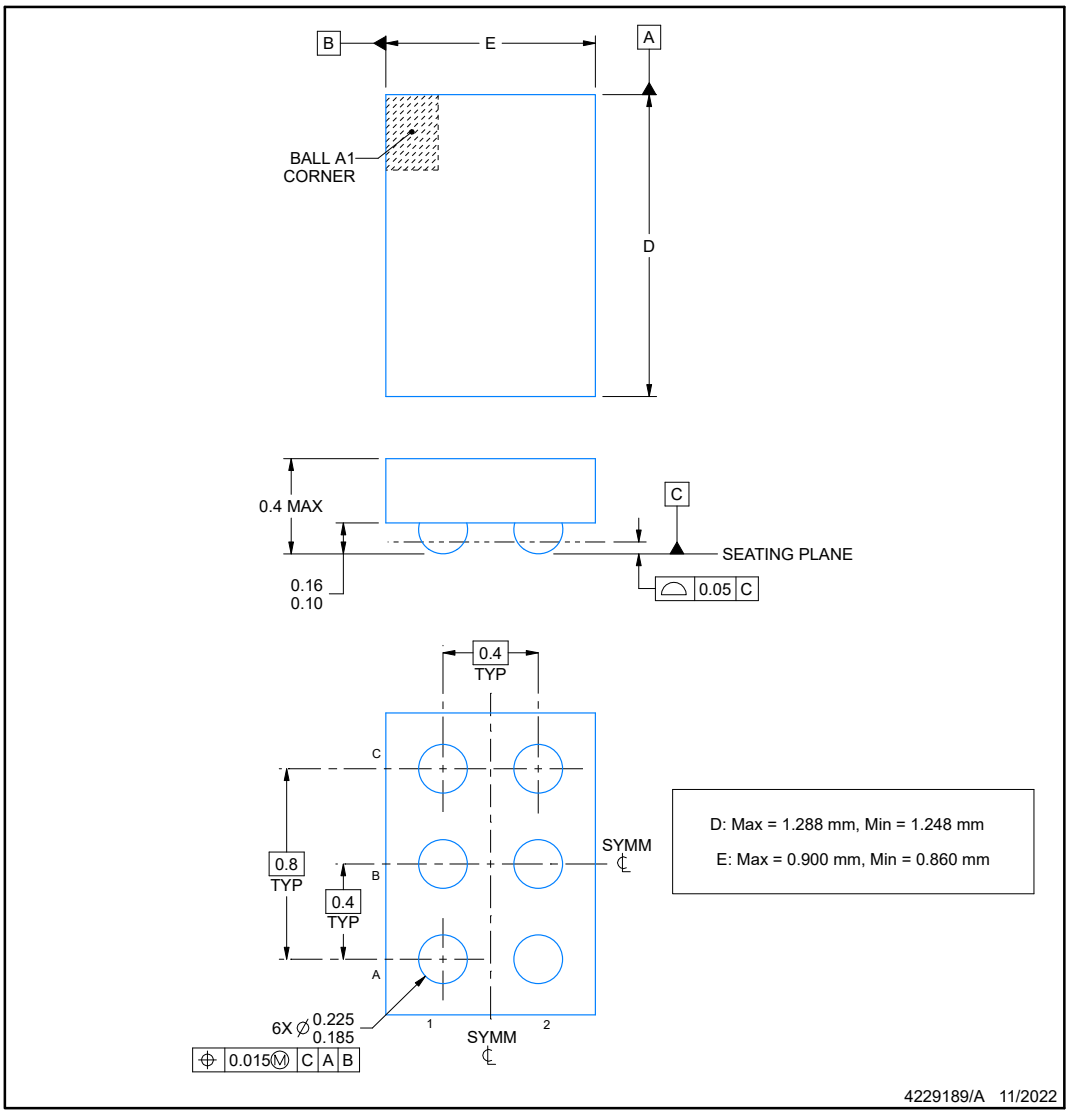
PACKAGE OUTLINE

YBH0006-C03



DSBGA - 0.4 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



NOTES:

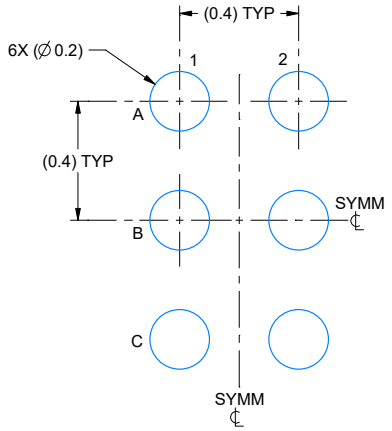
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

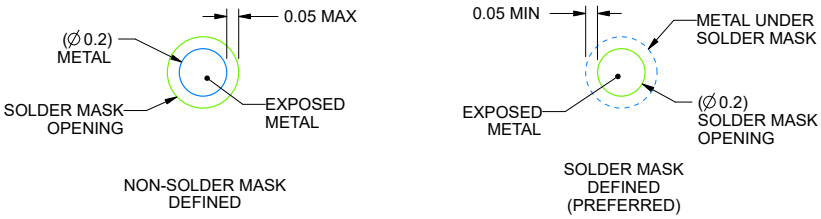
EXAMPLE BOARD LAYOUT

YBH0006-C03 **DSBGA - 0.4 mm max height**

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 50X



SOLDER MASK DETAILS
NOT TO SCALE

4229189/A 11/2022

NOTES: (continued)

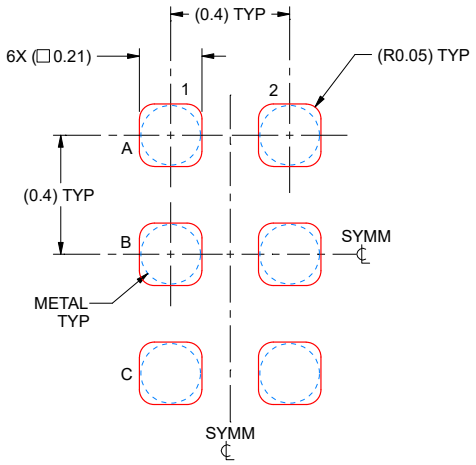
3. Final dimensions may vary due to manufacturing tolerance considerations and also routing constraints. See Texas Instruments Literature No. SNVA009 (www.ti.com/lit/snva009).

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

EXAMPLE STENCIL DESIGN

YBH0006-C03 **DSBGA - 0.4 mm max height**

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.075 mm THICK STENCIL
SCALE: 50X

4229189/A 11/2022

NOTES: (continued)

4. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release.

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status (1)	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan (2)	Lead finish/ Ball material (6)	MSL Peak Temp (3)	Op Temp (°C)	Device Marking (4/5)	Samples
TPS612994YBHR	ACTIVE	DSBGA	YBH	6	6000	RoHS & Green	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	994	Samples
TPS612997YBHR	ACTIVE	DSBGA	YBH	6	6000	RoHS & Green	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM		997	Samples
TPS61299YBHR	ACTIVE	DSBGA	YBH	6	6000	RoHS & Green	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	299	Samples

(1) The marketing status values are defined as follows:
ACTIVE: Product device recommended for new designs.
LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.
NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.
PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.
OBSOLETE: TI has discontinued the production of the device.

(2) **RoHS:** TI defines "RoHS" to mean semiconductor products that are compliant with the current EU RoHS requirements for all 10 RoHS substances, including the requirement that RoHS substance do not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, "RoHS" products are suitable for use in specified lead-free processes. TI may reference these types of products as "Pb-Free".
RoHS Exempt: TI defines "RoHS Exempt" to mean products that contain lead but are compliant with EU RoHS pursuant to a specific EU RoHS exemption.
Green: TI defines "Green" to mean the content of Chlorine (Cl) and Bromine (Br) based flame retardants meet JS709B low halogen requirements of <=1000ppm threshold. Antimony trioxide based flame retardants must also meet the <=1000ppm threshold requirement.

(3) MSL, Peak Temp. - The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

(4) There may be additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category on the device.

(5) Multiple Device Markings will be inside parentheses. Only one Device Marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a device. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire Device Marking for that device.

(6) Lead finish/Ball material - Orderable Devices 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.

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.

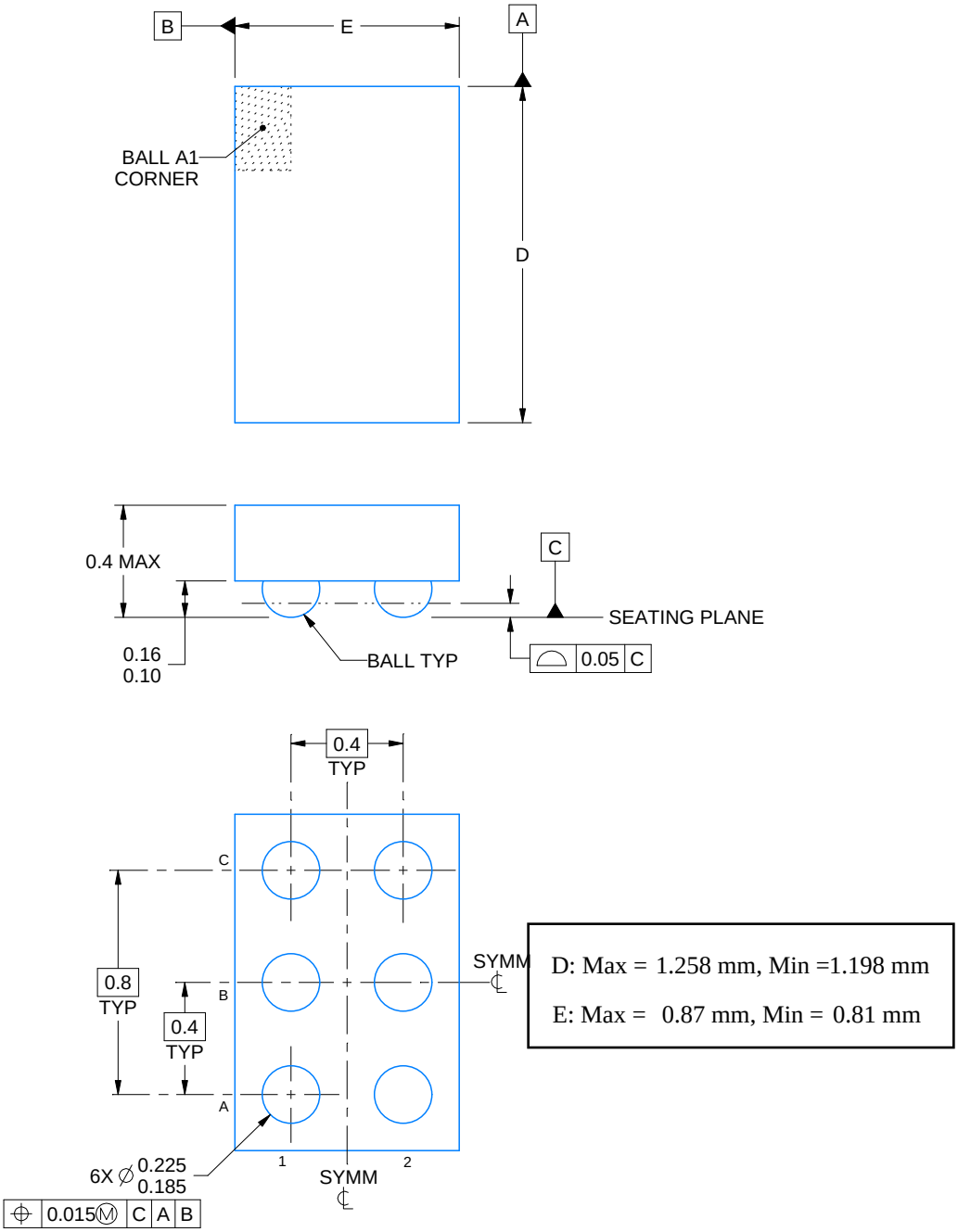
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

OTHER QUALIFIED VERSIONS OF TPS61299 :

- Automotive : TPS61299-Q1

NOTE: Qualified Version Definitions:

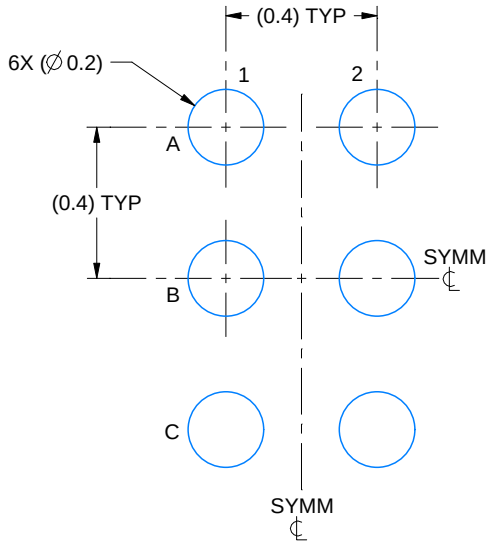
- Automotive - Q100 devices qualified for high-reliability automotive applications targeting zero defects



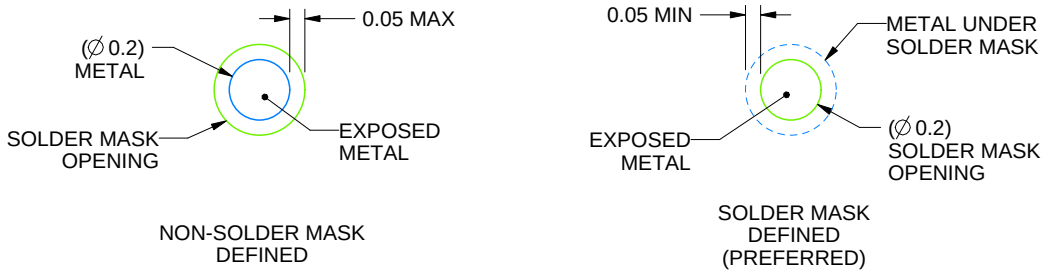
4224514/A 08/2018

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
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 50X

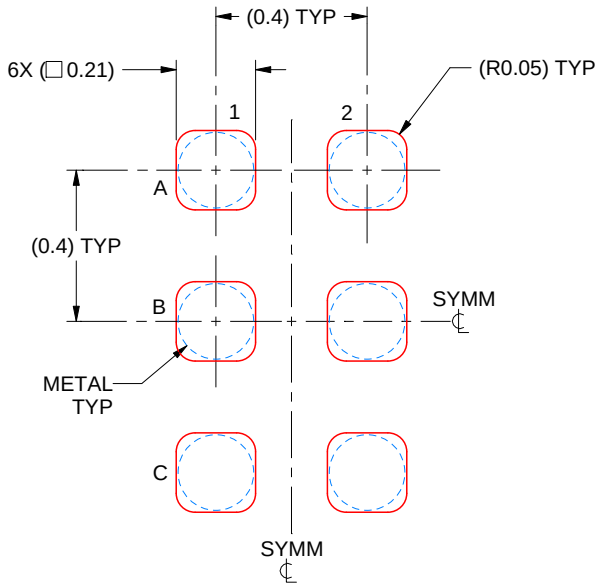


SOLDER MASK DETAILS
NOT TO SCALE

4224514/A 08/2018

NOTES: (continued)

3. Final dimensions may vary due to manufacturing tolerance considerations and also routing constraints.
   See Texas Instruments Literature No. SNVA009 (www.ti.com/lit/snva009).



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.075 mm THICK STENCIL
SCALE: 50X

4224514/A 08/2018

NOTES: (continued)

4. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release.

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 的销售条款或 ti.com 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司