TPS61129-Q1 5.5V、3.5A 汽车类升压转换器，支持时钟同步功能

1 特性

- 符合面向汽车应用的 AEC-Q100 标准
  - 器件温度等级 1：–40°C 至 125°C 的环境工作温度范围
- 输入电压范围：0.9V 至 5.5V
- 输出电压范围：2.6V 至 5.5V
  - TPS61129-Q1：具有反馈分压器的可调输出或 FB 连接到 VOUT 的 5V 固定输出
  - TPS611291-Q1：固定 3.85V 输出电压，FB 悬空
  - TPS611292-Q1：固定 5.15V 输出电压，FB 悬空
  - EN = 0 时的 275Ω 输出放电电阻
- 流入 VOUT 引脚的静态电流典型值为 5μA
- 流入 VIN 引脚的静态电流典型值为 10nA
- 典型值为 100nA 的关断电流
- 峰值开关电流限制：3.5A（典型值）
- 集成式 LS、HS FET：125mΩ、145mΩ
- 典型开关频率：
  - TPS61129-Q1 的开关频率为 2.2MHz
  - TPS611291-Q1 的开关频率为 2.0MHz
- ±6% 展频调制（SSEN 启用）
- 支持自动 PFM、强制 PWM 模式，并可通过 SYNC 选择
- 当 Vin 接近或高于 Vout 时，以降压模式运行
- 窗口式电源正常 (PGOOD)
- 关断期间真正断开连接
- OVP 和热关断保护
- 输出短路保护
- 3mm× 3mm VSON-11 可湿性侧面封装

2 应用

- 高级驾驶辅助系统 (ADAS)
- 汽车信息娱乐系统与仪表组
- 车身电子装置和照明

3 说明

TPS61129x-Q1 可以为汽车类 CAN、USB 端口、Wi-Fi 等应用场景提供电源设计，支持多种电池和其他电源。TPS61129-Q1 采用 2.2MHz 固定频率峰值电流模式控制，典型峰值开关电流限制为 3.5A。TPS61129x-Q1 在中等到重负载条件下以脉宽调制 (PWM) 模式运行，而 MODE 引脚允许在自动 PFM（以提高轻负载效率）或强制 PWM（以提高纹波性能和降低可闻噪声）之间进行选择。此外，可与外部时钟同步开关频率。TPS61129x-Q1 可对内部时钟信号进行展频调制，从而在强制 PWM 模式下运行时显著提升电磁干扰 (EMI) 性能。此外，器件内置软启动时间，用于在启动过程中限制浪涌电流。

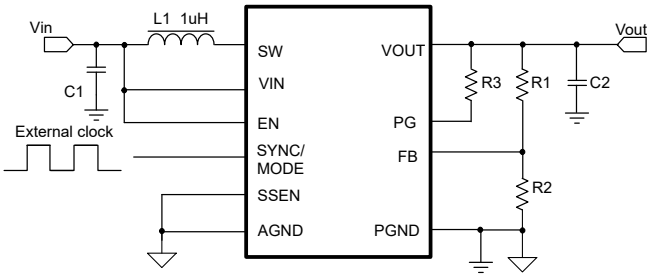
TPS61129x-Q1 输出电压可以通过外部电阻分压器设置，也可以选择芯片内部固定的 5.15V、5.0V 和 3.85V 选项。

TPS61129x-Q1 采用 3.0mm × 3.0mm 可湿性侧面 VSON 封装，因此设计尺寸非常小巧。

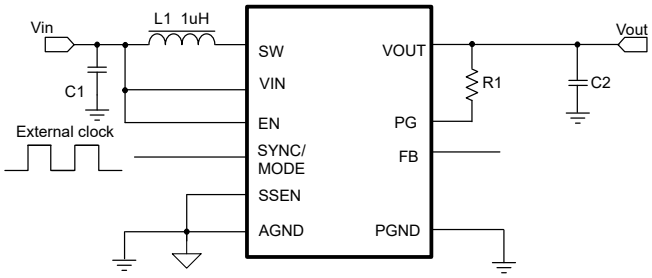
器件信息

器件型号(3)	封装(1)	封装尺寸(2)
TPS61129-Q1	DRC（VSON，11）	3mm × 3mm
TPS611291-Q1		
TPS611292-Q1(4)		

(1) 有关更多信息，请参阅节 11。
(2) 封装尺寸（长 × 宽）为标称值，并包括引脚（如适用）。
(3) 请参阅*器件比较表*。
(4) 产品预发布（非量产数据）。请联系 TI 工厂获取更多信息。



TPS61129-Q1 典型原理图



TPS611291-Q1、TPS611292-Q1 典型原理图

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.....9
7.4 器件功能模式.....11
8 应用和实施.....12
8.1 应用信息.....12
8.2 典型应用.....12
8.3 电源相关建议.....17
8.4 布局.....18
9 器件和文档支持.....20
9.1 器件支持.....20
9.2 文档支持.....20
9.3 接收文档更新通知.....20
9.4 支持资源.....20
9.5 商标.....20
9.6 静电放电警告.....20
9.7 术语表.....20
10 修订历史记录.....21
11 机械、封装和可订购信息.....21

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4 器件比较表

器件型号	输出电压
TPS61129QWDRCRQ1	可调输出，或当 FB 引脚连接到 VOUT 引脚时固定 5V 输出
TPS611291QWDRCRQ1	固定 3.85V
TPS611292QWDRCRQ1(1)	固定 5.15V

(1) 产品预发布（非量产数据）。请联系 TI 工厂获取更多信息。

5 引脚配置和功能

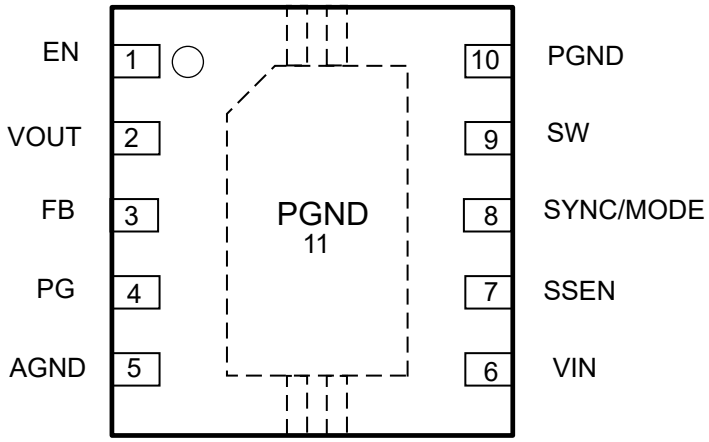


图 5-1. DRC 封装、VSON 11 引脚（顶视图）

表 5-1. 引脚功能

引脚		类型(1)	说明
名称	编号		
EN	1	I	器件使能逻辑输入（高电平启用，低电平禁用）。该引脚不得悬空。
VOUT	2	PWR	升压转换器输出。
FB	3	I	可调节版本的电压反馈。连接到电阻分压器的中心抽头可设置输出电压，或直接连接到 VOUT 引脚以获得固定的 5V 输出。对于 TPS611291-Q1 和 TPS611292-Q1，保持悬空。
PG	4	O	电源正常指示和开漏输出。
AGND	5	PWR	IC 的模拟地。
VIN	6	I	电源电压。
SSEN	7	I	展频调制控制引脚。 SSEN = 高电平，启用展频调制。 SSEN = 低电平，禁用展频调制。 该引脚不得悬空。
SYNC/MODE	8	I	模式选择引脚。 MODE = 高电平，强制 PWM 模式。 MODE = 低电平或悬空，自动 PFM 模式。 该引脚还可用于同步外部时钟。
SW	9	PWR	转换器的开关节点引脚。
PGND	10、11	PWR	IC 的电源接地。

(1) I = 输入，O = 输出，PWR = 电源

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6 规格

6.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）(1)

		最小值	最大值	单位
电压	SW、VOUT、EN、FB、PG、VIN、SSEN、SYNC/MODE	-0.3	7	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	人体放电模式 (HBM)，符合 AEC Q100-002(1)，全部引脚(1)	±2000	V
		充电器件模型 (CDM)，符合 AEC Q100-011，所有引脚	±500	

(1) AEC Q100-002 指示必须按照 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 规范执行 HBM 应力测试。

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	0.9		5.5	V
V_{OUT}	升压输出电压	2.6		5.5	V
T_J	工作结温(1)	-40		150	°C
L	有效电感	0.7	1.0		µH
C_{OUT}	VOUT 引脚上的有效输出电容	10	22		µF
C_{IN}	VIN 引脚上的有效输入电容	4.7			µF

(1) 高结温会缩短工作寿命。结温高于 125℃ 时，工作寿命会缩短

6.4 热性能信息

热指标(1)		DRC VSON 11 引脚 标准	DRC VSON 11 引脚 EVM(2)	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	67	61.4(2)	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	45	不适用	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	19.4	不适用	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	5.0	4.0(2)	°C/W
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数	23	22.4(2)	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅半导体和 IC 封装热指标应用手册。
(2) 在 TPS61129Q1EVM 上测得。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.5 电气特性

T_J = -40°C 至 150°C，V_{IN} = 3.3V，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		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		0.9		5.5	V
V_{IN_UVLO}	欠压锁定阈值	V_{IN} 上升，T_J 最高 125°C		0.7	0.9	V
V_{IN_UVLO}	欠压锁定阈值	V_{IN} 下降，T_J 最高 125°C，V_{OUT} = 5V			0.8	V
I_Q	流入 VIN 引脚的静态电流	IC 启用，无负载，无开关，V_{IN} = 0.9V 至 5.5V，V_{FB} = V_{REF} + 0.015V，T_J 最高 125°C		0.01	0.55	μA
I_Q	流入 VOUT 引脚的静态电流	IC 启用，无负载，无开关，V_{OUT} = 2.6V 至 5.5V，V_{FB} = V_{REF} + 0.015V，T_J 最高 125°C		5	10	μA
I_{SD}	流入 VIN 引脚的关断电流	EN = 低电平，V_{OUT} = 0V，T_J = 25°C		0.1	0.2	μA
I_{SD}	流入 VIN 引脚的关断电流	EN = 低电平，V_{OUT} = 0V，T_J = 125°C		0.1	1.5	μA
I_{SW_LKG}	流入 SW 引脚的漏电流（从 SW 引脚到 GND 引脚）	V_{SW} = 3.3V，V_{OUT} = 0V，T_J 最高 125°C			3	μA
I_{FB_LKG}	FB 引脚上的漏电流	T_J 高达 125°C		4	50	nA
输出						
V_O	输出电压范围		2.6		5.5	V
V_{FB}	反馈电压	TPS61129-Q1，强制 PWM 模式	492.5	500	507.5	mV
V_{FB}	反馈电压	TPS61129-Q1，自动 PFM 模式		505		mV
V_O	固定输出电压	TPS61129-Q1，强制 PWM 模式，FB 连接到 VOUT	4.9	5	5.1	V
V_{OVP}	输出过压保护	V_{OUT} 上升	5.55	5.75	6.0	V
R_{DIS}	输出放电电阻器	V_{IN} = 0.9V 至 5.5V		275		Ω
t_{ss}	软启动时间	内部 SS 斜坡时间		1.0		ms
V_{down_mode}	TPS61129-Q1 进入降压模式阈值	V_{IN} > V_{OUT} - V_{down_mode}		235		mV
V_{down_mode}	TPS61129-Q1 退出降压模式阈值	V_{IN} < V_{OUT} - V_{down_mode}		285		mV
电源开关						
F_{SW}	TPS61129-Q1 的开关频率		1.9	2.2	2.5	MHz
I_{SW}	峰值电流限值	V_{OUT} = 5V	2.8	3.5	4.2	A
$R_{DS(on)}$	高侧 MOSFET 导通电阻	V_{OUT} = 5V		145		mΩ
$R_{DS(on)}$	低侧 MOSFET 导通电阻	V_{OUT} = 5V		125		mΩ
t_{OFF_min}	最短关断时间	V_{OUT} = 5V		77		ns
t_{ON_min}	最短导通时间	V_{OUT} = 5V		75		ns
f_{SYNC} 最小值	最低同步频率			1.5		MHz
f_{SYNC} 最大值	最大同步频率			3.3		MHz
f_{SPREAD}	启用展频时内部振荡器的扩展			±6		%
$f_{PATTERN}$	频率抖动模式的频率			9		kHz
t_{SYNC_MIN}	同步时钟最小脉冲宽度		50			ns
逻辑接口						
V_{SSEN_H}	SSEN 逻辑高电平阈值	V_{IN} < 1.05V			0.8 × V_{IN}	V
V_{SSEN_L}	SSEN 逻辑低电平阈值	V_{IN} < 1.05V	0.2 × V_{IN}			V

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.5 电气特性（续）

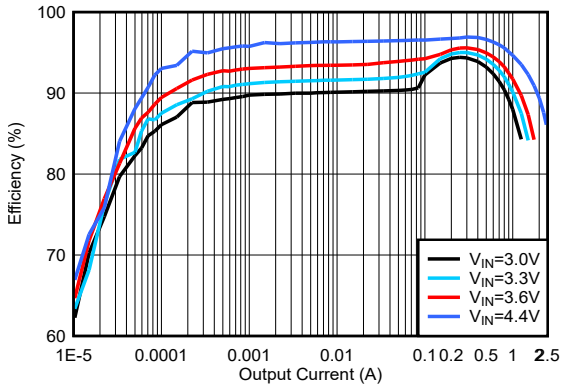
T_J = -40°C 至 150°C，V_{IN} = 3.3V，V_{OUT} = 5.0V。除非另有说明，否则典型值是在 T_J = 25°C 时给出。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{SSEN_H}	SSEN 逻辑高电平阈值	V_{IN} >= 1.05V			0.84	V
V_{SSEN_L}	SSEN 逻辑低电平阈值	V_{IN} >= 1.05V	0.36			V
V_{EN}	EN 逻辑高电平阈值	V_{IN} < 1.05V			0.8 × V_{IN}	V
V_{EN}	EN 逻辑低电平阈值	V_{IN} < 1.05V	0.2 × V_{IN}			V
V_{EN}	EN 逻辑高电平阈值	V_{IN} >= 1.05V			0.84	V
V_{EN}	EN 逻辑低电平阈值	V_{IN} >= 1.05V	0.36			V
$V_{SYNC/MODE_H}$	SYNC/MODE 逻辑“高电平”阈值				1.2	V
$V_{SYNC/MODE_L}$	SYNC/MODE 逻辑“低电平”阈值		0.4			V
I_{EN}	流入 EN 引脚的漏电流			5	100	nA
I_{SS_LKG}	流入 SSEN 引脚的漏电流			1.5	110	nA
$R_{EN/SS}$	有效 EN 引脚下拉电阻器	EN = 低电平		100		kΩ
$R_{SYNC/MODE}$	有效 SYNC/MODE 引脚下拉电阻器			100		kΩ
电源正常						
PGD_{OV}	PGOOD 上限阈值 - 上升	标称输出的百分比	104	107	110	%
PGD_{UV}	PGOOD 下限阈值 – 下降	标称输出的百分比	90	93	96	%
PGDHYS	PGOOD 迟滞	标称输出的百分比		2.0		%
$t_{PGFLT(rise)}$	PGOOD 高电平信号的延迟时间			0.45		ms
$t_{PGFLT(fall)}$	PGOOD 的干扰滤波时间			33		µs
R_{PG_LOW}	PGOOD 下拉电阻器	灌电流 2mA			50	Ω
保护						
T_{SD}	热关断阈值	T_J 上升		175		°C
T_{SD}	热关断阈值	T_J 下降		155		°C
T_{SD_HYS}	热关断迟滞	T_J 降至 T_{SD} 以下		20		°C

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

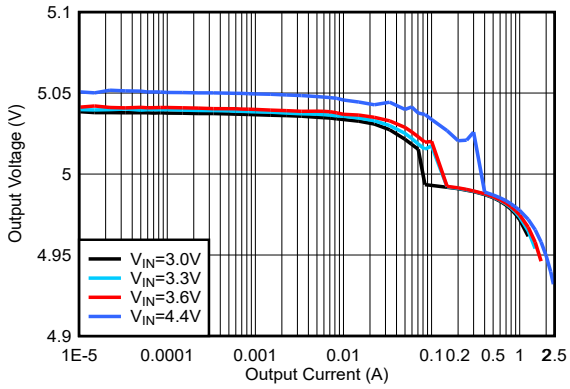
6.6 典型特性

效率与输出调节基于 TPS61129Q1EVM-152，T_A = 25°C（除非另有说明）。



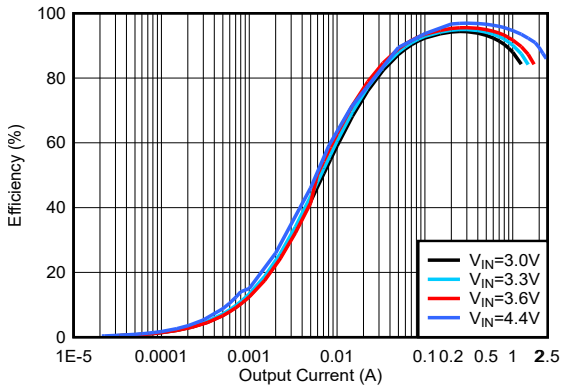
V_{IN} = 3.0V、3.3V、3.6V、4.4V　　V_{OUT} = 5V（固定值）

图 6-1. 效率与输入电流间的关系（自动 PFM 模式）



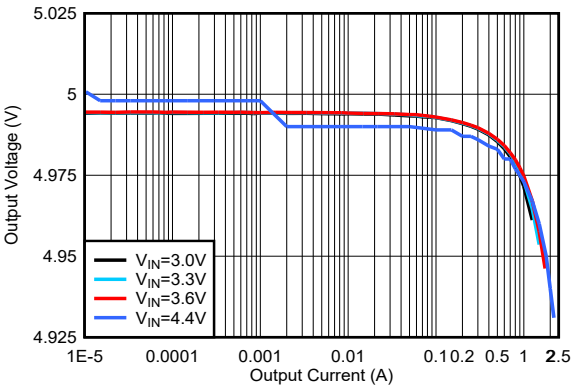
V_{IN} = 3.0V、3.3V、3.6V、4.4V　　V_{OUT} = 5V（固定值）

图 6-2. 输出调节与输出电流间的关系（自动 PFM 模式）



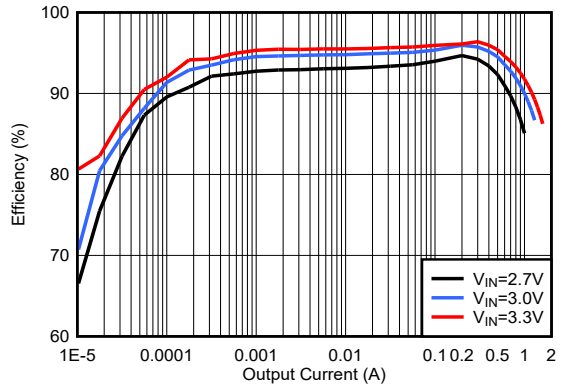
V_{IN} = 3.0V、3.3V、3.6V、4.4V　　V_{OUT} = 5V（固定值）

图 6-3. 效率与输电流间的关系（强制 PWM 模式）



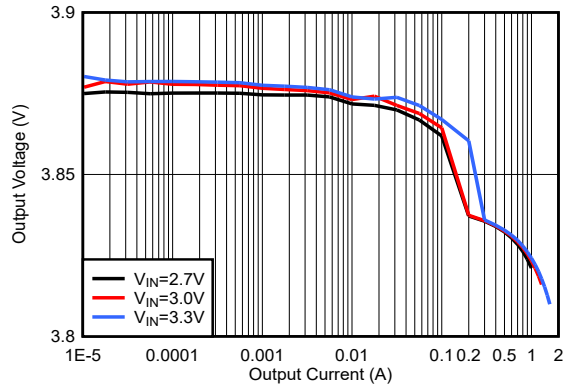
V_{IN} = 3.0V、3.3V、3.6V、4.4V　　V_{OUT} = 5V（固定值）

图 6-4. 输出调节与输出电流间的关系（强制 PWM 模式）



V_{IN} = 2.7V、3.0V、3.3V　　V_{OUT} = 3.85V（固定值）

图 6-5. 效率与输入电流间的关系（自动 PFM 模式）



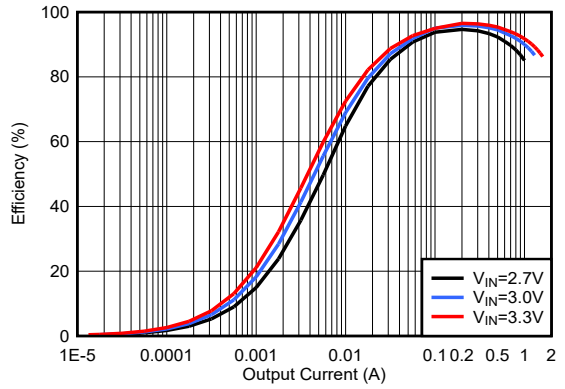
V_{IN} = 2.7V、3.0V、3.3V　　V_{OUT} = 3.85V（固定值）

图 6-6. 输出调节与输出电流间的关系（自动 PFM 模式）

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

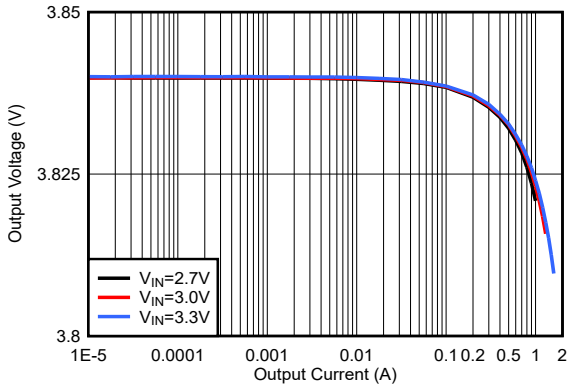
6.6 典型特性 (续)

效率与输出调节基于 TPS61129Q1EVM-152，T_A = 25°C（除非另有说明）。



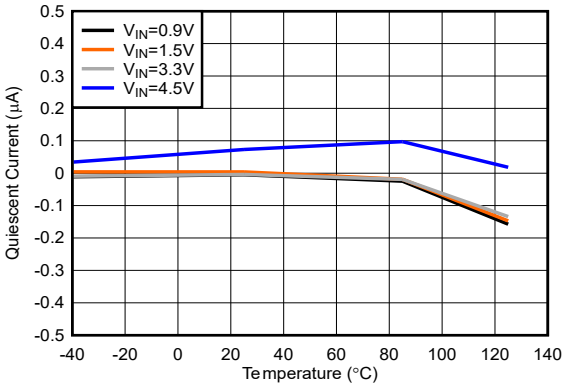
V_{IN} = 2.7V、3.0V、3.3V　　V_{OUT} = 3.85V（固定值）

图 6-7. 效率与输电流间的关系（强制 PWM 模式）



V_{IN} = 2.7V、3.0V、3.3V　　V_{OUT} = 3.85V（固定值）

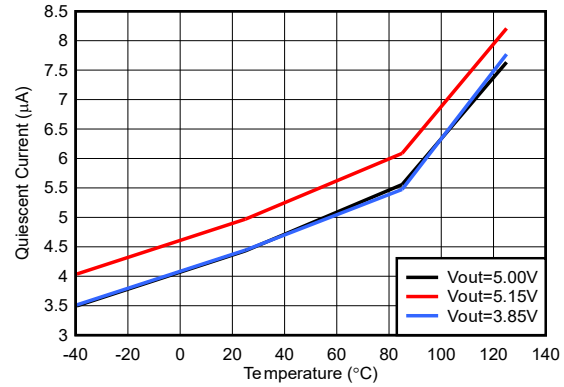
图 6-8. 输出调节与输出电流间的关系（强制 PWM 模式）



V_{IN} = 0.9V、1.5V、3.3V、4.5V

V_{OUT} = 5V　　T_J = –40°C 至 +125°C、无开关

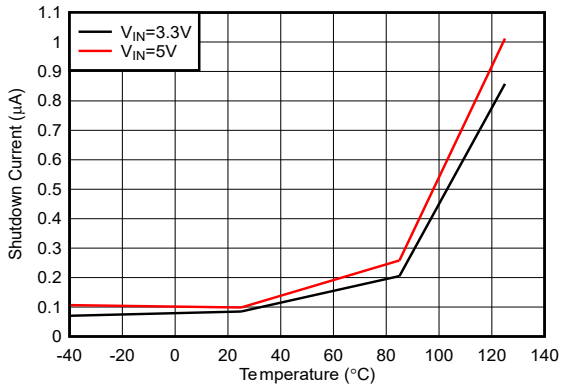
图 6-9. 流入 VIN 的静态电流与温度间的关系



V_{IN} = 3.3V，V_{OUT} = 3.85V、5V、5.15V

T_J = –40°C 至 +125°C、无开关

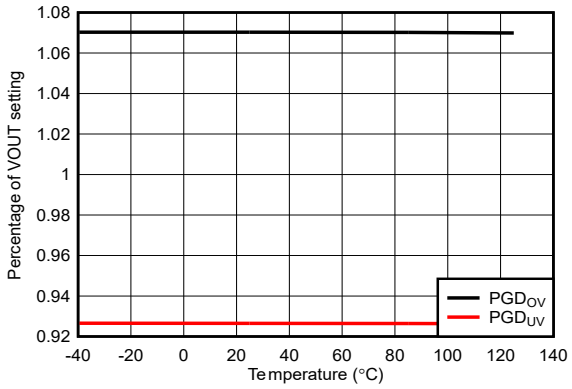
图 6-10. 流入 VOUT 的静态电流与温度间的关系



V_{IN} = VSW = 3.3V、5V，EN = 0V

V_{OUT} = 0V，T_J = –40°C 至 +125°C

图 6-11. 关断电流与温度间的关系



V_{IN} = 3.3V，V_{OUT} = 5V

T_J = -40°C 至 +125°C

图 6-12. PGOOD 阈值与温度间的关系

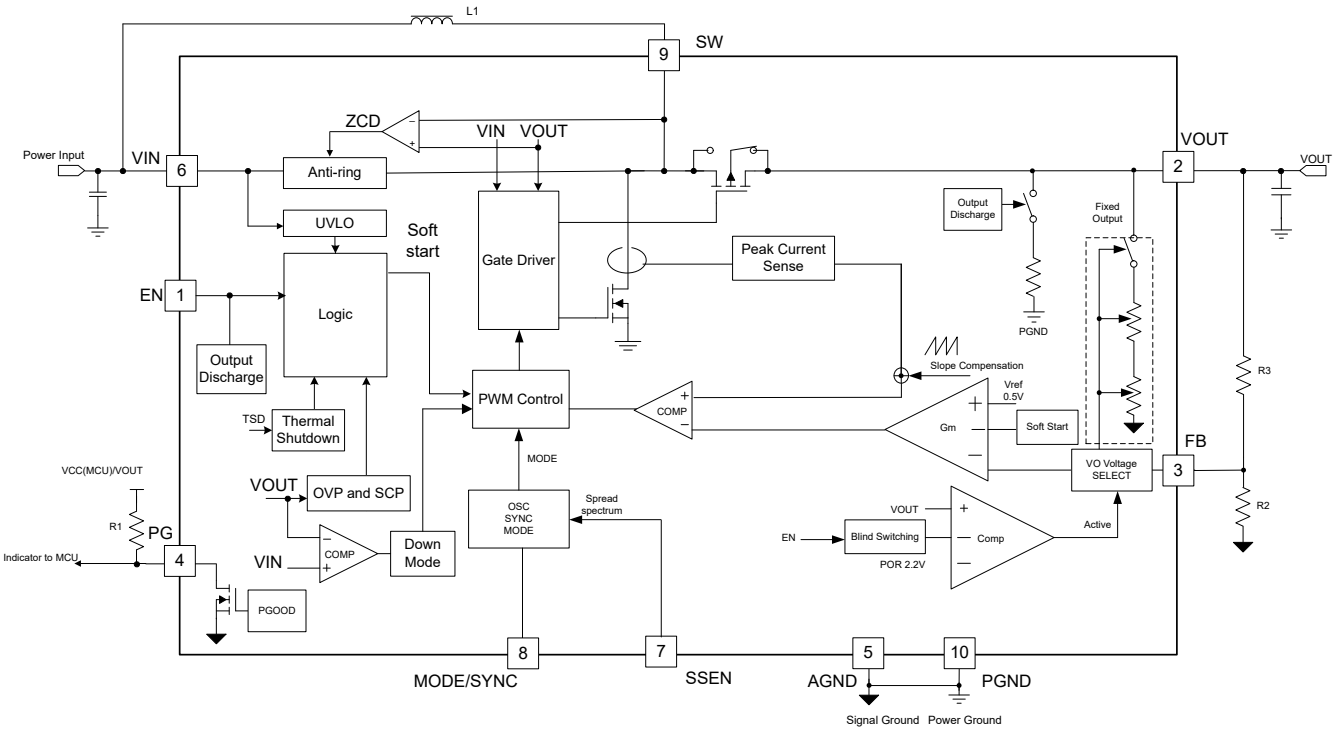
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7 详细说明

7.1 概述

TPS61129x-Q1 可以为汽车类 CAN、USB 端口、Wi-Fi 等应用场景提供电源设计，支持多种电池和其他电源。在典型峰值开关电流限制为 3.5A 的条件下，该器件采用峰值电流模式控制，以固定 2.2MHz 的开关频率运行。在中等至重负载条件下，该器件会在 PWM 模式下运行，同时通过 MODE 引脚提供两种可选的轻载模式：自动 PFM 模式（用于提高效率）和强制 PWM 模式（用于降低可闻噪声并改善纹波性能）。开关频率可与外部时钟同步。在强制 PWM 模式下，展频技术可提升 EMI 性能。内置软启动时间，用于限制浪涌电流。

7.2 功能方框图



7.3 特性说明

7.3.1 器件启用

当 EN 设置为高电平时，器件将进入运行状态。当 EN 设置为 GND 时，器件进入关断模式。在关断模式下，稳压器会停止开关动作，所有内部控制电路关闭，负载与输入隔离。此操作还意味着在关断期间，输出电压可能会降至地电位。在转换器启动期间，占空比和峰值电流受到限制，以避免电池提供高峰值电流。

在软启动过程中，当 Vout 上升至 2.2V 时，会读取预留的一次性可编程 (OTP) 内存，以判断该器件是固定输出版本还是 FB 可调版本。

对于固定输出版本（例如 TPS611291-Q1 和 TPS611292-Q1），当 Vout 上升至 2.2V 时，器件会读取已编程的版本信息，随后 Vout 继续上升至对应的目标电压，例如 3.85V 或 5.15V。内部电路和 FB 引脚之间没有电气连接。

对于可调节版本 TPS61129-Q1，当 Vout 上升到 2.2V 时，将 FB 电压与内部基准 0.5V 进行比较。因此，环路会正常运行，并且输出可以调节至目标电压。

7.3.2 欠压锁定

如果 V_{IN} 上的电源电压低于约 0.9V，欠压锁定功能可防止器件启动。在运行过程中，当电池放电且 V_{IN} 上的电压降至约 0.8V 以下时，器件会自动进入关断模式。实现欠压锁定功能是为了防止转换器发生故障。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.3.3 对输出电压进行编程

TPS61129-Q1 的输出电压可通过外部电阻分压器进行调节。FB 引脚上的电压典型为 500mV。输出电压的最大建议值为 5.5V。输出电压由外部电阻分压器（“*TPS61129-Q1 典型原理图*”图中的 R1、R2）设置。对输出电压进行调节后，FB 引脚上的电压典型值为 V_{REF}。因此，使用方程式 1 计算电阻分压器。

$$R1 = \left(\frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right) \times R2 \quad (1)$$

其中

- V_{OUT} 为稳压输出电压
- V_{REF} 是 FB 引脚的内部基准电压，通常为 0.5V

7.3.4 降压模式阈值

通常情况下，升压转换器仅调节高于输入电压的输出电压；当输入电压高于输出电压时，输出电压跟随输入电压。此器件以不同的方式工作。例如，在输入端采用两个总电芯电压为 3.2V 的全新碱性电池时，该器件可以在输出端将电压调节为 3.0V。又例如，由输出电压为 4.2V 的满电锂离子电池为正向电压为 3.6V 的白光 LED 供电。为了正确控制这些应用，实现了降压转换模式。如果输入电压达到或超过 V_{OUT} – 235mV（典型值），转换器将进入降压模式。在该模式下，控制电路调节整流用的 PMOS，使其压降根据需要上升，从而实现对 V_{OUT} 的调节。此操作意味着转换器中的功率损耗会增加。在进行热设计时，必须将这一增加因素考虑在内。当输入电压低于输出电压减去 285mV（典型值）时，降压模式会自动停用。

7.3.5 输出放电

TPS61129x-Q1 提供了一个电阻路径，可在 EN 引脚为逻辑低电平时使输出快速放电。借助该功能，V_{OUT} 通过一个典型值为 275Ω 的内部电阻接地，从而防止输出端悬空或进入不确定状态。输出放电功能可使上电和断电时序变得顺畅。如果在电源多路复用等应用中使用此器件，请注意输出放电功能，因为输出放电电路会在多路复用器输出端和接地端之间创建恒定的直流路径。

7.3.6 软启动和短路保护

当输入电压高于 UVLO 阈值且 EN 引脚拉高时，就会启用 TPS61129x-Q1。为限制浪涌电流及高侧 FET 的功耗，峰值开关电流限制会根据 V_{OUT} 引脚电压和工作模式，从 500mA 逐步提高至正常电流限制 3.5A（典型值）。启动过程中共有三个阶段，如 表 7-1 中所述。

在异常工作条件下，例如 V_{OUT} 引脚短接至 GND 时，器件的工作状态与阶段 I 中描述的情况相同。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-1. 不同工作条件下的峰值开关电流限制，V_{IN} = 3.3V、V_{OUT} = 5V

阶段编号	V_{IN} 和 V_{OUT} 条件	典型峰值开关电流限制
I	V_{OUT} < 2.2V	0.5A
II	（降压模式）2.4V < V_{OUT} < V_{IN} + V_{down_mode}(1)	1.5A
III	（升压模式）V_{IN} + V_{down_mode} < V_{OUT}(1)	3.5A

(1) 进入降压模式时，V_{down_mode} = 235mV；退出降压模式时，V_{down_mode} = 285mV。

7.3.7 电源正常状态指示器

TPS61129x-Q1 集成了电源正常状态指示器，可简化时序控制和监控。电源正常输出包含一个开漏 NMOS，需要将一个外部上拉电阻连接到电压合适的电源。在 V_{OUT} 介于目标输出电压的 93%（典型值）和 107%（典型值）之间后，PG 引脚以典型值 0.45ms 的延时变为高电平。当输出电压超出目标输出电压窗口时，PG 引脚经过 33 µ s 抗尖峰脉冲滤波器延时变为低电平。此抗尖峰脉冲滤波器还可防止 PGOOD 因瞬变而导致的任何误下拉。当 EN 为低电平时、PG 在 33µs 抗尖峰脉冲延迟后被强制拉低。请注意，当器件工作在暂停模式时，PG 指示信号无效。在该模式下，当输出电压超过设定阈值后，器件会开关若干个脉冲，然后进入休眠状态。如不使用，PG 引脚既可以保持悬空状态，也可以连接到 GND。

7.3.8 扩频调频

TPS61129-Q1 使用三角波形来扩展开关频率，展频范围为正常频率的 ±6%。这意味着，在正常 2.2MHz 开关频率下，展频功能以 9kHz 的速率呈三角波形式，在 2.07MHz 至 2.33MHz 范围内对开关频率进行调制。

展频功能由 SSEN 引脚控制。

- 当 SSEN 为高电平时，会启用展频功能。
- 当 SSEN 为低电平时，会禁用展频功能。

7.4 器件功能模式

7.4.1 SYNC/MODE 配置

SYNC/MODE 引脚可用于选择不同的运行模式。要启用自动 PFM，必须将 SYNC/MODE 设置为低电平。在轻负载条件下使用自动 PFM 模式可提高效率。在自动 PFM 模式下，转换器直流输出电压约为目标电压的 101%。转换器通过一个或多个脉冲升高输出电压，直到 V_{OUT} 达到目标值的 101%，此时器件在上升延迟后停止开关。在非开关阶段，V_{OUT} 随后会降低；在降至目标值的 100.5% 后，器件会在下降延迟后恢复开关。将 SYNC/MODE 引脚连接至逻辑“高电平”可禁用自动 PFM 模式，此时器件会在强制 PWM 模式下运行。

SYNC/MODE 引脚还可用于将器件的开关频率与 1.5 MHz 至 3.3 MHz 的外部时钟信号同步。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8 应用和实施

备注

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

8.1 应用信息

该器件的输入电压工作范围为 0.9V（V_{IN} 上升 UVLO 为 0.9V）至 5.5V，典型峰值开关电流限制为 3.5A。TPS61129-Q1 采用峰值电流模式控制，开关频率固定为 2.2MHz。在中等到重负载条件下，该器件在固定频率 PWM 模式下运行。在轻负载条件下，通过配置 MODE 引脚可实现两种可选模式：自动 PFM 模式和强制 PWM 模式，以便在轻负载条件下实现效率和抗噪性平衡。此外，可与外部时钟同步开关频率。TPS61129-Q1 使用内部时钟展频在强制 PWM 模式下提升 EMI 友好性。此外，还有内部软启动时间来限制浪涌电流。

8.2 典型应用

图 8-1 展示了 TPS61129-Q1 的典型应用，输入电压范围为 2.7V 至 4.3V，输出为 5V、1A。

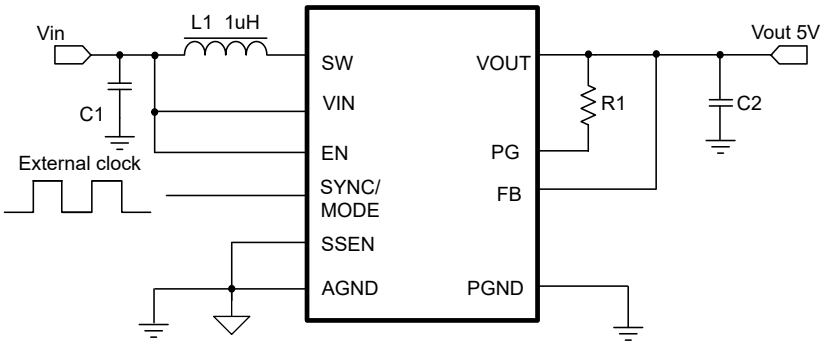


图 8-1. 5V 输出电压的典型应用电路，FB 连接到 VOUT

8.2.1 设计要求

TPS61129-Q1 直流/直流转换器适用于由单节至三节碱性、镍镉、镍氢电池供电的系统，典型端子电压为 0.9V 至 5.5V。器件可用于由单节锂离子或锂聚合物电池（典型电压范围为 2.7V 至 4.3V）供电的系统。此外，任何其他电压源的典型输出电压介于 0.9V 和 5.5V 之间，都可以为使用 TPS61129-Q1 的系统供电。

表 8-1 列出了设计要求。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 8-1. 设计要求

参数	值
输入电压	2.7V 至 4.3V
输出电压	5V
输出电流	1A
输出电压纹波	± 100mV

8.2.2 详细设计过程

8.2.2.1 电感器选型

升压转换器通常需要两个主要无源元件，用于在转换过程中储存能量。需要在输出端连接一个升压电感器和一个存储电容器。如要选择升压电感器，TI 建议在所选配置中将可能的峰值电感器电流保持在电源开关的电流限制阈值以下。例如，TPS61129-Q1 开关在 5V 输出电压下的电流限制阈值为 3.5A（峰值电流）。通过电感器和开关的最高峰值电流取决于输出负载、输入 (VIN) 和输出电压 (V_{OUT})。TPS61129-Q1 可与典型值为 1μH 的电感器配合使用。使用 方程式 2 来估算最大平电感器电流：

$$I_{L(DC)} = \frac{V_{OUT} \times I_{OUT}}{V_{IN} \times \eta} \quad (2)$$

其中

- V_{OUT} 是升压转换器的输出电压
- I_{OUT} 是升压转换器的输出电流
- V_{IN} 是升压转换器的输入电压
- η 是电源转换效率，对于大多数应用使用 90%

因此，根据以下公式，计算电感器纹波电流：

$$\Delta I_{L(P-P)} = \frac{V_{IN} \times D}{L \times f_{SW}} \quad (3)$$

- D 为占空比
- L 是电感器的电感值，通常为 1μH
- f_{SW} 为开关频率
- V_{IN} 是升压转换器的输入电压

因此，可使用 方程式 4 计算电感器峰值电流。

$$I_{L(P)} = I_{L(DC)} + \frac{\Delta I_{L(P-P)}}{2} \quad (4)$$

根据该计算值以及计算得到的电流参数，可以选择合适的电感器。通常，TI 建议在最大输出电流条件下，电感器的峰值间电流应小于平均电感器电流的 40%。较大值的电感器产生的较小纹波可降低电感器的磁滞损失和 EMI。但同样地，负载瞬态响应时间也会增加。电感器的饱和电流必须大于计算出的峰值电感器电流。

不同供应商提供的以下电感器系列已与 TPS61129-Q1 转换器一起使用：

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 8-2. 电感器列表

器件型号	L (µH)	DCR MAX (mΩ)	饱和电流 (A)	尺寸 (长 × 宽 × 高)	供应商
XGL4030-102MEC	1	7.2	4.8	4.0 × 4.0 × 3.0	Coilcraft
XGL4020-102MEC	1	9	3.8	4.0 × 4.0 × 2.0	Coilcraft
DFE322520F-1R0M#	1	19	6.7	3.2 × 2.5 × 1.0	Murata
TFM322512ALMA1R0MTAA	1	37	5.1	3.2 × 2.5 × 1.2	TDK

8.2.2.2 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 µ 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 VIN 引脚处引起振铃。此振铃可耦合到输出端，并误理解为环路不稳定，甚至可损坏器件。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。

8.2.2.3 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。假设使用零 ESR 的陶瓷电容，可使用 方程式 5 计算在给定纹波要求下所需的最小电容器值。

$$C_{OUT} = \frac{I_{OUT} \times D_{MAX}}{f_{SW} \times V_{RIPPLE}} \quad (5)$$

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。使用公式 方程式 6 计算由输出电容的 ESR 引起的输出峰值间纹波电压。

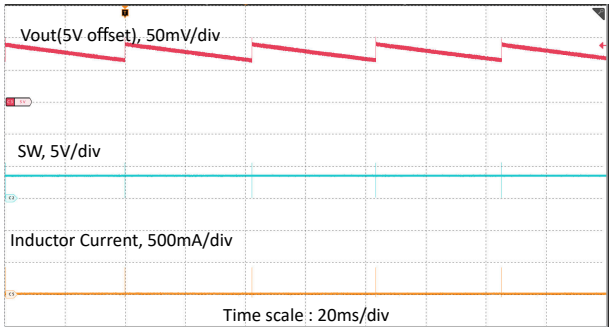
$$V_{RIPPLE(ESR)} = I_{L(P)} \times R_{ESR} \quad (6)$$

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。在强制 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 10 µ F 至 1000 µ F 的 X5R 或 X7R 陶瓷输出电容器。22 µ F 有效电容通常用于中等负载条件下。输出电容器影响升压稳压器的小信号控制环路稳定性。如果输出电容器低于此建议范围，升压稳压器可能会变得不稳定。

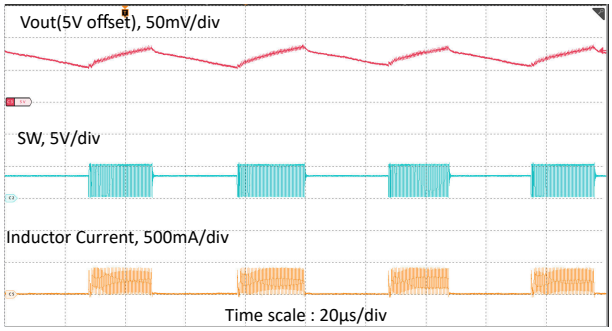
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.2.3 应用曲线



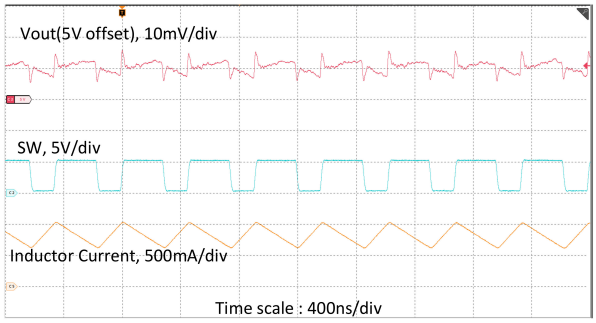
V_{IN} = 3.3V V_{OUT} = 5V I_{OUT} = 0mA

图 8-2. 0mA 负载条件下的开关波形（自动 PFM 模式）



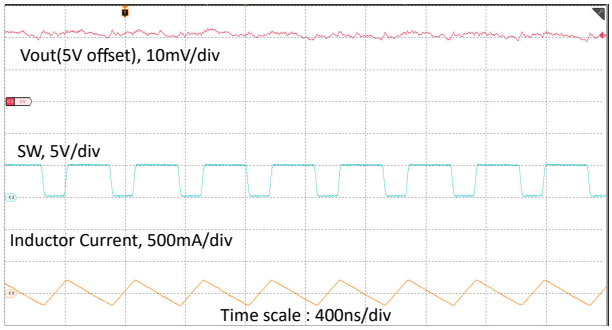
V_{IN} = 3.3V V_{OUT} = 5V I_{OUT} = 50mA

图 8-3. 50mA 负载条件下的开关波形（自动 PFM 模式）



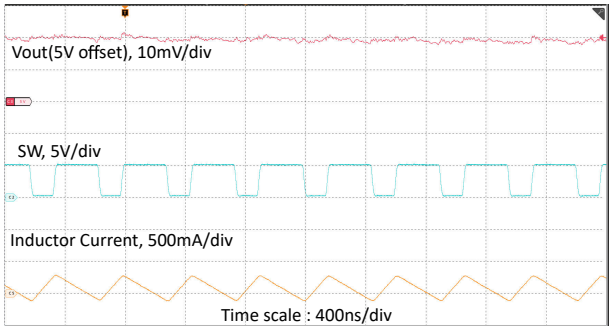
V_{IN} = 3.3V V_{OUT} = 5V I_{OUT} = 500mA

图 8-4. 500mA 负载条件下的开关波形（自动 PFM 模式）



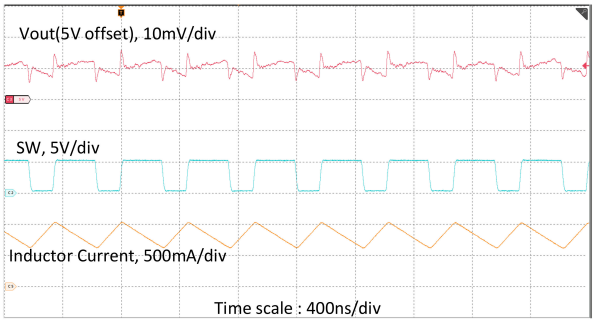
V_{IN} = 3.3V V_{OUT} = 5V I_{OUT} = 0mA

图 8-5. 0mA 负载条件下的开关波形（强制 PWM 模式）



V_{IN} = 3.3V V_{OUT} = 5V I_{OUT} = 50mA

图 8-6. 50mA 负载条件下的开关波形（强制 PWM 模式）

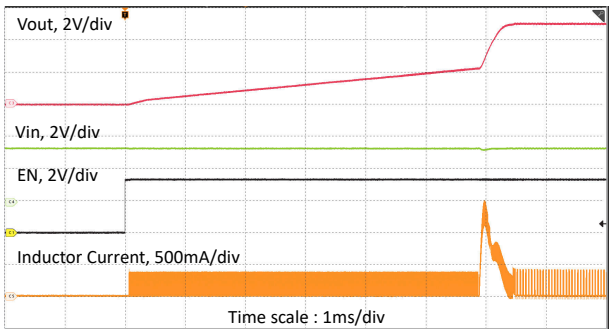


V_{IN} = 3.3V V_{OUT} = 5V I_{OUT} = 500mA

图 8-7. 500mA 负载条件下的开关波形（强制 PWM 模式）

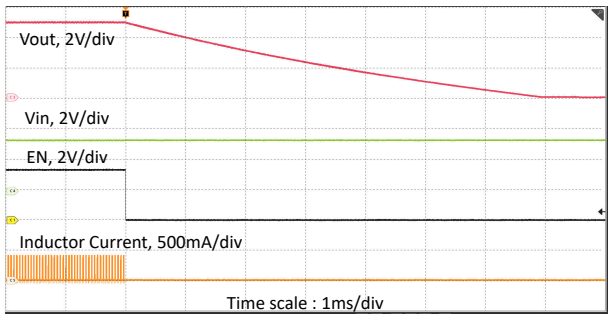
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.2.3 应用曲线 (续)



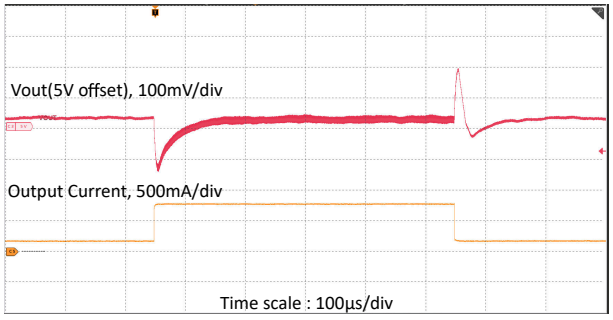
V_{IN} = 3.3V V_{OUT} = 5V I_{OUT} = 50mA

图 8-8. 由 EN 启动，自动 PFM 模式



V_{IN} = 3.3V V_{OUT} = 5V I_{OUT} = 50mA

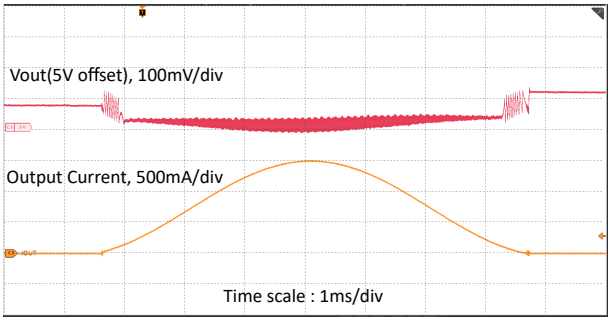
图 8-9. 由 EN 关断，自动 PFM 模式



V_{IN} = 3.3V V_{OUT} = 5V

I_{OUT} 从 200mA 升至 800mA，1 µ s/A

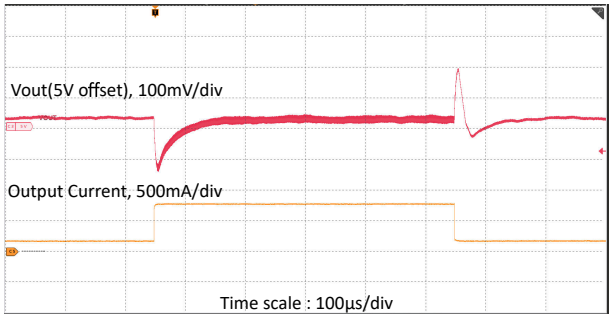
图 8-10. 负载瞬态，自动 PFM 模式



V_{IN} = 3.3V V_{OUT} = 5V

I_{OUT} 从 0A 升至 1.5A

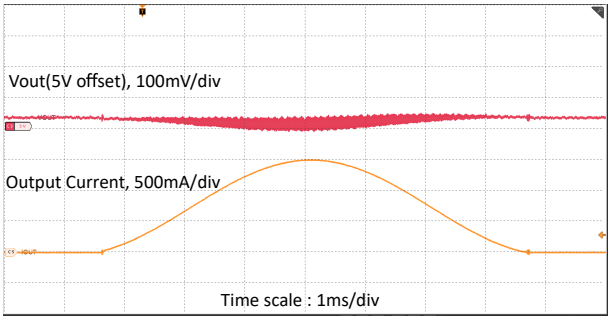
图 8-11. 负载扫描，自动 PFM 模式



V_{IN} = 3.3V V_{OUT} = 5V

I_{OUT} 从 200mA 升至 800mA，1 µ s/A

图 8-12. 负载瞬态，强制 PWM 模式



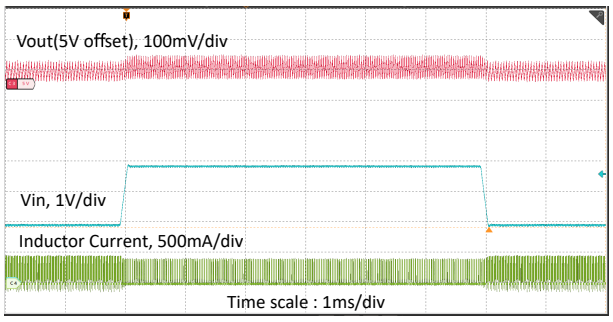
V_{IN} = 3.3V V_{OUT} = 5V

I_{OUT} 从 0A 升至 1.5A

图 8-13. 负载扫描，强制 PWM 模式

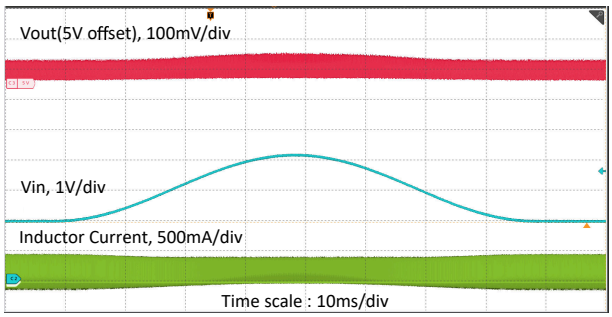
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.2.3 应用曲线 (续)



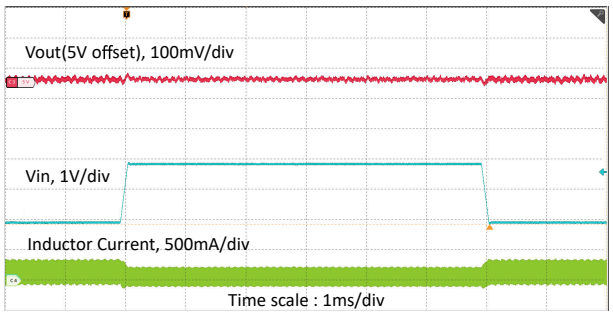
V_{IN} 从 2V 升至 4V，100 µ s/V
V_{OUT} = 5V I_{OUT} = 50mA

图 8-14. 线路瞬态，自动 PFM 模式



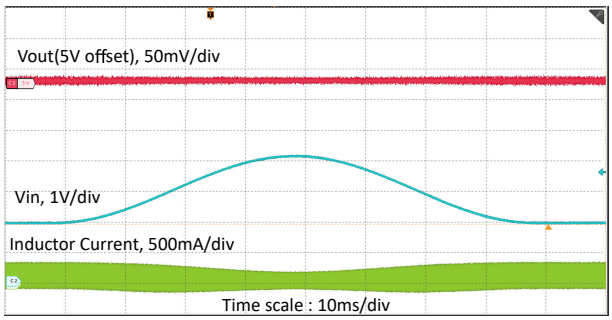
2V 至 4.3V 的 V_{IN}
V_{OUT} = 5V I_{OUT} = 50mA

图 8-15. 线路扫描，自动 PFM 模式



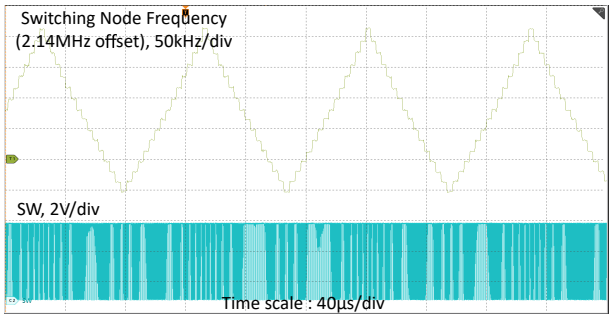
V_{IN} 从 2V 升至 4V，100 µ s/V
V_{OUT} = 5V I_{OUT} = 50mA

图 8-16. 线路瞬态，强制 PWM 模式



2V 至 4.3V 的 V_{IN}
V_{OUT} = 5V I_{OUT} = 50mA

图 8-17. 线路扫描，强制 PWM 模式



V_{IN} = 3.3V
I_{OUT} = 50mA

V_{OUT} = 5V，强制 PWM 模式
SSEN = 3.3V

图 8-18. 开关节点频谱，强制 PWM 模式，SSEN 启用

8.3 电源相关建议

该输入电源必须经过良好稳压，并且符合 TPS61129-Q1 的额定规格范围。如果输入电源距离器件超过几英寸，那么除了陶瓷旁路电容器之外，还可能需要额外的大容量电容。通常，选择容值为 47 µ F 的电解电容器或钽电容器。

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。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。由于 TPS61129x-Q1 运行时开关上升和下降时间非常短，因此可能产生高频噪声辐射（例如 EMI）。因此，高频开关路径的正确布局至关重要。布局时，使用一个公共接地节点进行电源接地 (PGND)，并使用另一个公共接地节点进行控制接地 (AGND)，以尽可能降低接地噪声的影响。将接地节点连接到靠近 IC 接地引脚的位置；示例中使用了 net-tie 连接。使能信号、SYNC/MODE 信号、SSEN 信号和 FB 信号必须以 AGND 为基准。电源 Vin、电源 Vout 和 SW 缓冲电路等其他电源轨必须以 PGND 为基准。

尽量缩短并减小所有连接至 SW 引脚的走线长度和面积，并在开关稳压器下方敷设接地平面。该操作有助于更大限度地减少层间耦合并优化高频开关路径。

输入电容器必须靠近 VIN 引脚和 PGND 引脚，以降低 I_{input} 电源纹波。VOUT、输出电容和 PGND 的电源路径必须尽可能小，以减少寄生电感。

由于该器件具有高功率密度，因此在布局设计过程中必须仔细考虑热管理。SW、VOUT 和 PGND 引脚可改善封装的热性能，应焊接至大面积铜皮上。此外，在 SW 引脚下方使用散热过孔可以提高热性能。

此外，还应考虑布局过程中 PCB 寄生效应的影响。图 8-19 显示了 TPS61129-Q1 系列器件中的连续电流路径和不连续电流路径。蓝色实线表示连续电流路径，红色虚线表示不连续电流路径。

图 8-20 展示了不连续电流路径中的 PCB 寄生电感器。由功率 MOSFET Q_1、功率 MOSFET Q_2、输出电容 C_{OUT} 形成的环路必须尽可能短，因为在这些高 di/dt 电流路径中的 PCB 寄生电感会在输出端和功率 MOSFET 上产生高电压尖峰。开关节点 SW 处的尖峰和振铃是 EMI 的来源，会导致功率 MOSFET 过压损坏。为了更大程度地减小 PCB 寄生电感 Lpara1 和 Lpara2 的影响，最好将低 ESL 和 ESR 的 X5R 或 X7R 电介质陶瓷电容 C_{OUT1} 放置在尽可能靠近 TPS61129x-Q1 的 VOUT 引脚和 PGND 引脚的位置。

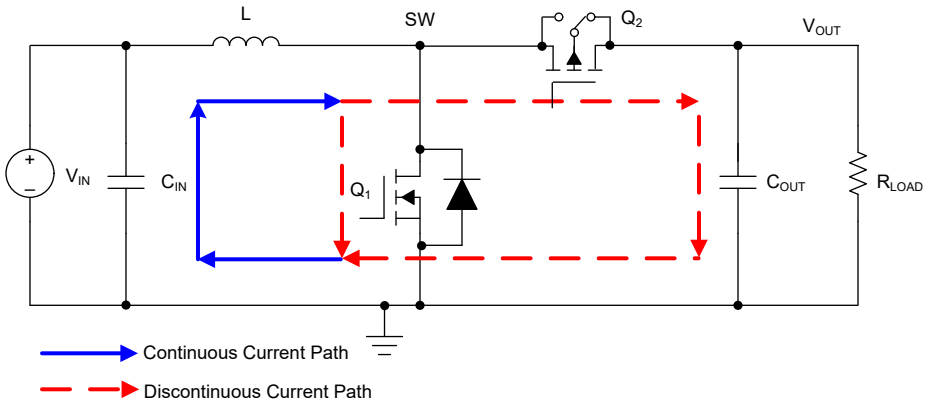


图 8-19. 连续和不连续电流路径

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

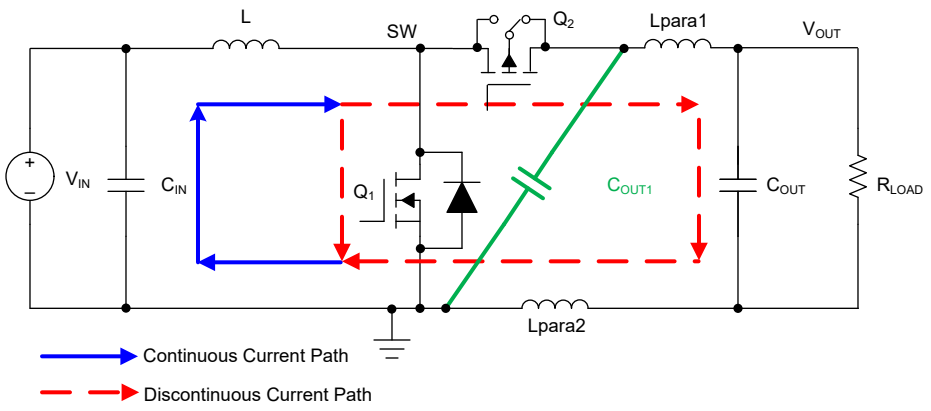


图 8-20. 不连续电流路径中的 PCB 寄生电感器

8.4.2 布局示例

“布局示例”显示了推荐布局。这种布局是简单易行的推荐方式，因为这种布局具有极小的寄生电感。

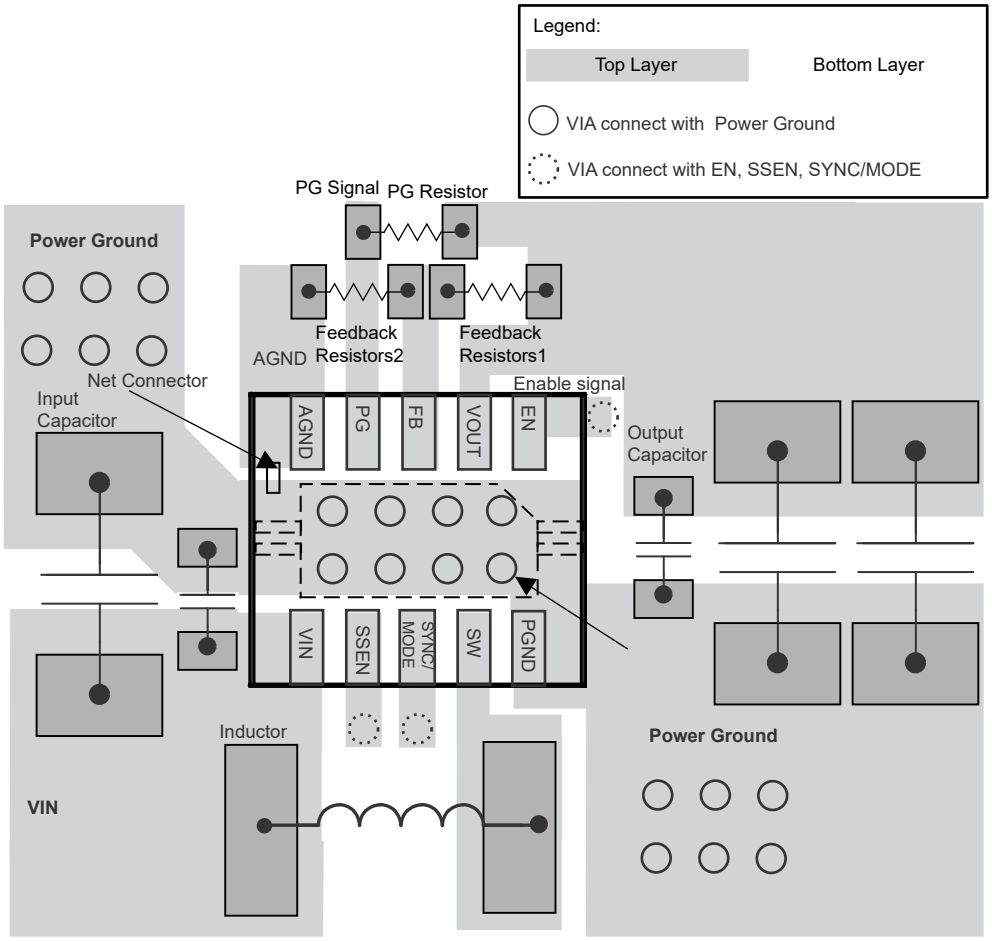


图 8-21. PCB 布局建议

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

如要查看相关文件，请参阅以下内容：

德州仪器 (TI)，*充分减少升压转换器的开关节点振铃*应用手册

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。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

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 * (May 2026) to Revision A (November 2026)	Page
• 将文件状态从“预告信息”更改为“混合量产”	1
• 将 *“应用”* 更新为量产规格	1
• 将 TPS611291-Q1 状态从预发布更改为量产	1
• 删除了 *“说明”* 中 TPS61129-Q1 典型应用图中有关 5V 固定输出应用的注释	1
• 将 TPS611291-Q1 状态从预发布更改为量产	3
• 更改了行序列	4
• 将文本字体更新为标准字体	5
• 删除了 TPS611291-Q1 降压模式阈值	5
• 删除了 TPS611291-Q1 频率	5
• 将 *“典型特性”* 中的 V_{IN} = 4.4、V_{OUT} = 5V（固定值）和 V_{IN} = 2.7V、V_{OUT} = 3.85V（固定值）效率与输出调节曲线更新为量产规格	7
• 从文档中删除了 *“编程”* 部分	9
• 将 *“特性说明”* 更新为量产规格	9
• 在 *“降压模式阈值”* 中添加了降压模式应用	10
• 将 *“输出放电”* 中的“电流路径”更改为“直流路径”	10
• 在 *“SYNC/MODE 配置”* 中添加了自动 PFM 说明。	11
• 将 *“SYNC/MODE 配置”* 从 *“特性说明”* 移至 *“器件功能模式”*	11
• 更新了 *“典型应用”* 中图的边框	12
• 将 *“应用曲线”* 更新为量产规格	15
• 更新了 *“布局指南”* 中的寄生电感说明	18

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。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package | Pins	Package qty | Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
XTPS61129QWDRCRQ1	Active	Preproduction	VSON (DRC) | 10	3000 | LARGE T&R	-	Call TI	Call TI	-40 to 125	

(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.

GENERIC PACKAGE VIEW

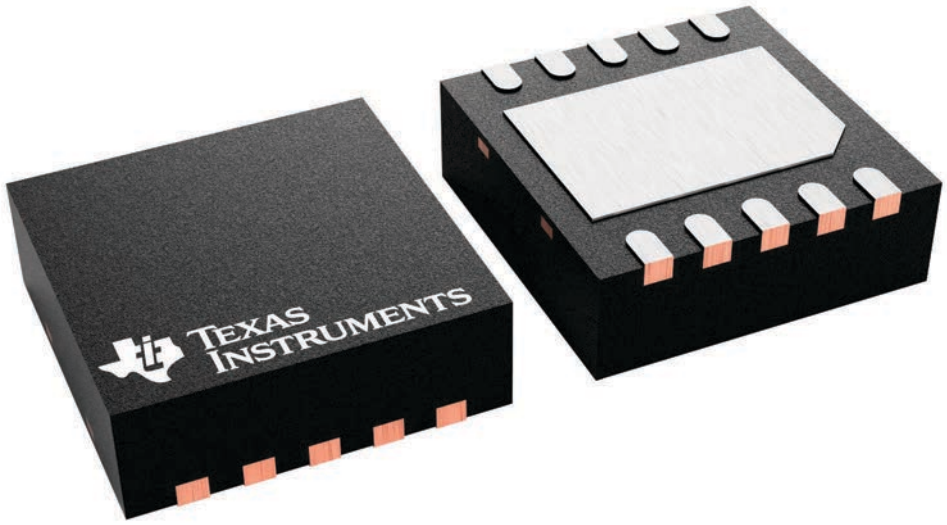
DRC 10

VSON - 1 mm max height

3 x 3, 0.5 mm pitch

PLASTIC SMALL OUTLINE - NO LEAD

This image is a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.



4226193/A

重要通知和免责声明

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

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

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 销售条款)、TI 通用质量指南 或 ti.com 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。 除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月