TPS7H1121-SP 和 TPS7H1121-SEP 2.25V 至 14V 输入 2A 耐辐射低压降 (LDO) 线性稳压器

1 特性

- 总电离剂量辐射特征值：
  - 提供 100krad(Si) 或 50krad(Si) 耐辐射保证 (RHA)
- 单粒子效应 (SEE) 特征值
  - 单粒子锁定 (SEL)、单粒子烧毁 (SEB) 和单粒子栅穿 (SEGR) 对于线性能量传递 (LET) 的抗扰度为 75MeV-cm^2/mg
  - 单粒子功能中断 (SEFI) 特征值基于 LET = 75MeV-cm^2/mg
  - 单粒子瞬变 (SET) 特征值基于 LET = 75MeV-cm^2/mg
- 宽$_{输入}$电压范围：2.25V 至 14V
- 2A 最大输出电流
- ±1.5% 精度 V_{IN} > 3V（负载、温度范围内）
- ±1.8% 精度 V_{IN} < 3V（负载、温度范围内）
- 通过外部电容器进行软启动 (SS) 控制
- 开漏电源正常 (PG) 输出用于电源时序
- 通过外部电阻 (CL) 实现可编程电流限制
- 使用 STAB 引脚的可选外部控制环路补偿
- 出色的负载和线路瞬态响应
- 根据 ASTM E595 标准测试塑料封装出气
- 军用级（-55°C 到 125°C）温度范围

2 应用

- 卫星电力系统 (EPS)
- 洁净模拟电源要求
- 命令和数据处理 (C&DH)
- 光学成像有效载荷
- 雷达成像有效载荷

3 说明

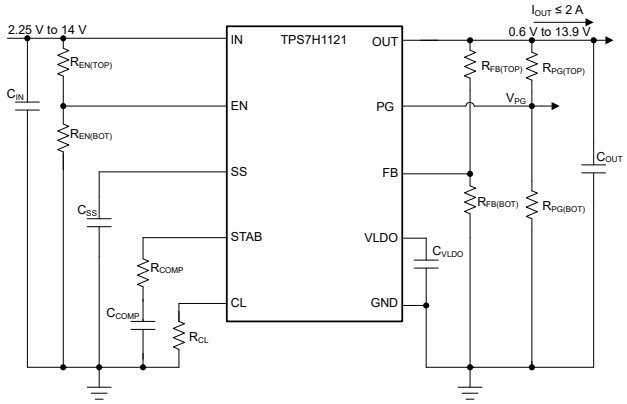
TPS7H1121 是一款耐辐射低压降 (LDO) 线性稳压器，可在宽输入电压范围内工作，并针对航天环境中的器件供电进行了优化。该器件能够在 2.25V 至 14V 的输入电压范围内提供高达 2A 的电流。

此器件提供出色的稳定性，并具有可在宽范围内调节的可编程电流限制。为了满足 FPGA、DSP 和微控制器的复杂电源要求，TPS7H1121 提供了启用开/关功能、可编程软启动和一个电源正常开漏输出。

器件信息

器件型号(1)	等级	封装(2)
5962R2320301VXC	QMLV-RHA	22 引脚陶瓷 6.21mm × 7.69mm 质量 = 415.6mg
TPS7H1121HFT/EM	工程样片	
5962R2320302PYE(3)	QMLP-RHA	24 引脚塑料 4.40mm × 7.80mm 质量 = 103mg
TPS7H1121MPWPTSEP	SEP	

(1) 有关更多信息，请查看节 4 表。
(2) 尺寸和质量值为标称值。
(3) 产品预发布。



典型应用电路

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 4
6 规格 5
6.1 绝对最大额定值 5
6.2 ESD 等级 5
6.3 建议运行条件 6
6.4 热性能信息 6
6.5 电气特性 7
6.6 质量合格检验 9
6.7 典型特性 10
7 参数测量信息 15
8 详细说明 18
8.1 概述 18
8.2 功能方框图 18
8.3 特性说明 18
8.4 器件功能模式 23
9 应用和实施 24
9.1 应用信息 24
9.2 典型应用 24
9.3 电源相关建议 29
9.4 布局 29
10 器件和文档支持 31
10.1 器件支持 31
10.2 文档支持 31
10.3 接收文档更新通知 31
10.4 支持资源 31
10.5 商标 31
10.6 静电放电警告 31
10.7 术语表 31
11 修订历史记录 32
12 机械、封装和可订购信息 32

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

4 器件比较表

通用器件型号	辐射等级(1)	等级(2)	封装	可订购器件型号
TPS7H1121-SP	TID 为 100krad(Si) RLAT，无 DSEE（达 75MeV-cm^2/mg）	QMLV-RHA	22 引脚 CFP HFT	5962R2320301VXC
		QMLP-RHA	24 引脚 HTSSOP PWP	5962R2320302PYE(4)
	无	工程模型(3)	22 引脚 CFP HFT	TPS7H1121HFT/EM
TPS7H1121-SEP	TID 为 50krad(Si) RLAT，无 DSEE（达 43MeV-cm^2/mg）	增强型航天塑料	24 引脚 HTSSOP PWP	TPS7H1121MPWPTSEP

(1) TID 是总电离剂量，DSEE 是破坏性单粒子效应。每个产品的关联 TID 报告和 SEE 报告中提供了额外信息。
(2) 有关器件等级的更多信息，请查阅器件等级。
(3) 这些器件仅适用于工程评估。它们按照不合规流程进行处理（例如，未进行老化处理，仅在 25°C 下进行测试）。这些器件不适用于鉴定、量产、辐射测试或飞行。器件在温度范围以外或超过使用寿命时的性能不受保证。有关 TI 工程模型的更多信息，请查阅 TI 工程评估单元与 MIL-PRF-38535 QML V 类处理
(4) 产品预发布。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

5 引脚配置和功能

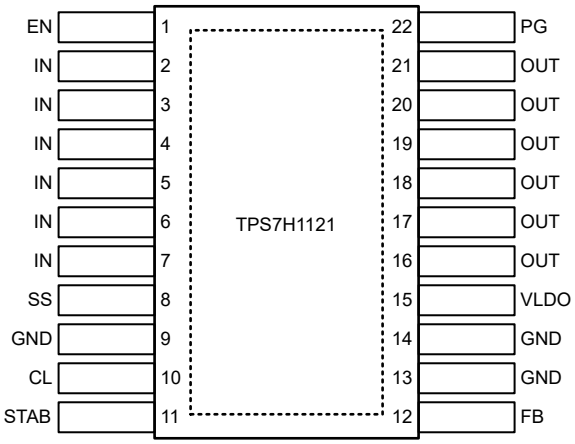


图 5-1. HFT 封装 22 引脚 CFP 顶视图

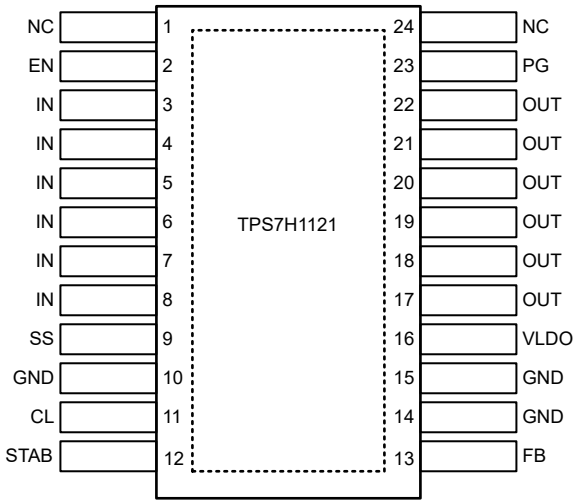


图 5-2. PWP 封装 24 引脚 HTSSOP 顶视图

表 5-1. 引脚功能

引脚			I/O	说明
名称	HFT (22) 编号	PWP (24) 编号		
EN	1	2	I	使能。将此端子驱动为逻辑高电平可启用器件；将端子驱动为逻辑低电平可禁用器件。如果不需要使能功能，请使用电阻分压器网络将此引脚连接至 IN，请参阅节 8.3.2。请勿将该引脚悬空。
IN	2、3、4、5、6、7	3、4、5、6、7、8	I	输入电源。建议在此引脚附近使用一个输入电容器（标称值为 10μF）。
SS	8	9	I/O	软启动。为防止浪涌电流过大，至少需要一个 1nF 的电容器。
GND	9、13、14	10、14、15	—	接地
CL	10	11	I	可编程电流限制。一个接地电阻可设置过流限值激活点。可在 CL 接地端子上使用的电阻范围为 41.2kΩ 至 442kΩ。
STAB	11	12	I/O	稳定性引脚。这是来自内部 OTA（运算跨导放大器）误差放大器的输出，有助于测量或优化控制环路。标准补偿网络可以应用于 STAB（请参阅节 8.3.9.1）；但是，22μF 至 220μF 的输出电容通常可以实现高稳定裕度。
FB	12	13	I	通过分压器连接输出电压反馈输入。请参阅 节 8.3.1。
NC	—	1、24	—	无连接。这个引脚不是内部连接。建议将这些引脚连接至 GND 以防止电荷积聚；但是，这些引脚也可以保持断开或连接至 GND 和 V_{IN} 之间的任何电压。
VLDO	15	16	O	内部线性稳压器的输出，需要一个 470nF 电容器接地。
OUT	16、17、18、19、20、21	17、18、19、20、21、22	O	输出功率引脚。稳定输出电压。建议使用单个 47μF 钽或钽聚合物电容器。通常支持 22μF 和 220μF 之间的电容值，无需额外补偿，在使用 STAB 引脚的情况下，也支持更宽的范围。有关更多信息，请参阅节 9.2.2.8。
PG	22	23	I/O	电源正常状态指示器。这是一个开漏引脚。当连接到 VOUT 时，使用上拉电阻器或电阻分压器（以确保引脚电压不超过 7V）来实现所需的逻辑电平。如果未使用 PG，建议将其下拉至接地，必要时也可以将其保持悬空状态。当输出达到设定输出电压的 95%（典型值）时，PG 引脚被置为有效。
散热焊盘	—	—	—	内部接地。建议将该金属散热焊盘连接到一个较大的接地层上，以便实现有效散热。
金属盖	Lid	不适用	—	盖子从内部通过密封圈连接到散热焊盘和 GND。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6 规格

6.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）(1)

		最小值	最大值	单位
输入电压	IN、STAB	-0.3	16	V
	EN、PG	-0.3	7.5	
	FB、CL	-0.3	3.3	V
输出电压	OUT	-0.6	16	V
	VLDO	-0.3	3.6	
	SS	-0.3	3.3	V
输入电流	PG	-0.001	0.01	A
输出电流	OUT	-3.9	3.9	A
结温	T_J	-55	150	°C
贮存温度	T_{stg}	-65	150	

(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	V
		充电器件模型 (CDM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 标准，所有引脚(2)	±1000	

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

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

		最小值	标称值	最大值	单位
输入电压	IN	2.25		14	V
	EN	0		7	
	PG	0		7	
输出电压	OUT	0.6		V_{IN} – V_{DO}	V
	SS	0		1.2	
输入电流	PG	0		2	mA
输出电流	OUT	0		2	A
结温	T_J	-55		125	°C

6.4 热性能信息

热指标(1)		TPS7H1121-SP	TPS7H1121-SP、-SEP	单位
		CFP HFT	PWP (HTSSOP)	
		22 引脚	24 引脚	
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	30.5	26.6	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	13.3	18	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	13.5	7.7	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	5	0.2	°C/W
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数	13.3	7.7	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	4.1	0.9	°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。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.5 电气特性

在 2.25V ≤ V_{IN} ≤ 14V、$V_{OUT\ (set)}$ ≤ V_{IN} – 0.5V、I_{OUT} = 10mA、C_{OUT} = 47µF 条件下，在工作温度范围内（T_A = – 55°C 至 125°C），典型值是 T_A = 25°C 下的值（除非另有说明）；如果存在 QML RHA 和 SEP 器件的子组编号，则包含括 TA = 25°C 下的 RLAT(2)

参数		测试条件		子组(1)	最小值	典型值	最大值	单位
电源和电流								
V_{DO}	压差，请参阅图 7-1	$V_{OUT(set)}$ = 2.25V，$V_{OUT(measured)}$ = 98% × $V_{OUT(NOM)}$	I_{OUT} = 100mA	1、2、3		28	60	mV
			I_{OUT} = 250mA	1、2、3		70	141	
			I_{OUT} = 500mA	1、2、3		150	280	
			I_{OUT} = 1A	1、2、3		300	570	
		$V_{OUT(set)}$ = 2.5V，$V_{OUT(measured)}$ = 98% × $V_{OUT(NOM)}$	I_{OUT} = 1.5A	1、2、3		525	750	
			I_{OUT} = 2A	1、2、3		570	900	
		3V ≤ $V_{OUT(set)}$ ≤ 13.3V，$V_{OUT(measured)}$ = 98% × $V_{OUT(NOM)}$	I_{OUT} = 100mA	1、2、3		20	50	
			I_{OUT} = 250mA	1、2、3		70	100	
			I_{OUT} = 500mA	1、2、3		125	180	
			I_{OUT} = 1A	1、2、3		300	340	
			I_{OUT} = 1.5A	1、2、3		325	490	
			I_{OUT} = 2A	1、2、3		500	700	
I_{PCL}	编程电流限制（陶瓷 HFT22 封装）	V_{IN} = 3.3V，$V_{OUT(short)}$ = 0.1V	RCL = 442kΩ	1、2、3	0.19	0.320	0.45	A
			RCL = 174kΩ	1、2、3	0.485	0.75	1.01	
			RCL = 82.5kΩ	1、2、3	1.16	1.55	1.94	
			RCL = 41.2kΩ	1、2、3	2.4	3	3.6	
	编程电流限制（塑料 PWP24 封装）	V_{IN} = 3.3V，$V_{OUT(short)}$ = 0.1V	RCL = 442kΩ		0.165	0.35	0.545	A
			RCL = 174kΩ		0.51	0.835	1.1	
			RCL = 82.5kΩ		1.16	1.66	2.16	
			RCL = 41.2kΩ		2.4	3.15	3.85	
I_Q	静态电流	V_{EN} = 7V，I_{OUT} = 0A		1、2、3		8.75	15	mA
I_{GND} (I_{IN} - I_{OUT})	接地电流	V_{EN} = 7V	I_{OUT} = 1A	1、2、3		10	18	mA
			I_{OUT} = 2A	1、2、3		13	20	
VLDO	内部线性稳压器输出电压	V_{IN} = 2.25V		1、2、3	2.05	2.2	2.25	V
		3V ≤ V_{IN} ≤ 14V		1、2、3	2.30	2.55	2.78	
I_{SHDN}	关断电流	V_{EN} = 0V，I_{OUT} = 0A，V_{OUT} = 0V		1、2、3		380	775	µA
I_{FB}	反馈漏电流	V_{FB} = 0.7V		1、2、3		1	15	nA
精度								
V_{ACC}	输出电压精度	10mA ≤ I_{OUT} ≤ 2A，0.6V ≤ V_{OUT} ≤ V_{IN} – V_{DO}，P_D ≤ 3W(3)	3V ≤ V_{IN} ≤ 14V	1、2、3	-1.5%		1.5%	
			3V ≤ V_{IN} ≤ 14V，T_A = 25°C	1	-1.1%		1.1%	
			2.25V ≤ VIN ≤ 3V	1、2、3	-1.8%		1.8%	
V_{FB}	反馈电压	3V ≤ V_{IN} ≤ 14V		1、2、3	0.588	0.596	0.606	V
			T_A = 25°C	1	0.591	0.596	0.603	
		2.25V ≤ V_{IN} ≤ 3V		1、2、3	0.586	0.596	0.608	
ΔV_{OUT} / ΔV_{IN}	线性调整率，请参阅图 7-2	3V ≤ V_{IN} ≤ 14V		1、2、3		100	650	µV/V
		2.25V ≤ V_{IN} ≤ 3V		1、2、3		285	1800	

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

在 2.25V ≤ V_{IN} ≤ 14V、$V_{OUT\ (set)}$ ≤ V_{IN} – 0.5V、I_{OUT} = 10mA、C_{OUT} = 47µF 条件下，在工作温度范围内（T_A = – 55°C 至 125°C），典型值是 T_A = 25°C 下的值（除非另有说明）；如果存在 QML RHA 和 SEP 器件的子组编号，则包含括 TA = 25°C 下的 RLAT(2)

参数		测试条件		子组(1)	最小值	典型值	最大值	单位
ΔV_{OUT} / ΔI_{OUT}	负载调整率，请参阅图 7-3	10mA ≤ I_{OUT} ≤ 2A，V_{IN} = 5V，V_{OUT} = 3.3V		1、2、3		4	16	mV/A
ENABLE								
$V_{EN(rising)}$	使能上升阈值（导通）			1、2、3	0.565	0.605	0.625	V
$V_{EN(falling)}$	使能下降阈值（关断）			1、2、3	0.465	0.5	0.52	V
$t_{EN(delay)}$	EN 传播延迟	EN 高电平至 V_{OUT} = 10mV		9、10、11		50	150	µs
$I_{EN(LKG)}$	使能漏电流	V_{EN} = 7V		1、2、3		1	30	nA
T_{SD}	热关断进入温度					160		°C
T_{SD}	热关断退出温度					130		°C
电源正常								
V_{PG_RISE}	电源正常上升占 V_{OUT} 百分比			1、2、3	93%	95%	97%	
V_{PG_FALL}	电源正常下降占 V_{OUT} 百分比			1、2、3	88.5%	91.5%	94%	
$V_{PG(OL)}$	电源正常状态输出低电平	$I_{PG(SINK)}$ = 2mA		1、2、3		90	190	mV
$V_{IN(MIN_PG)}$	有效 PG (V_{PG} < 0.5V) 的最小 VIN	$I_{PG(SINK)}$ = 0.5mA		1、2、3		0.6	0.8	V
$I_{PG(LKG)}$	电源正常状态泄漏	V_{PG} = 7V，V_{FB} = 0.7V		1、2、3		0.05	2	µA
软启动								
I_{SS}	软启动电流			1、2、3	1.4	2	2.7	µA
t_{SS}	软启动时间	V_{IN} = 5V，V_{OUT} = 3.3V，从 V_{OUT} = 10mV 测量到 PG 置为有效	C_{SS} = 1nF	9、10、11	0.22	0.35	0.48	ms
			C_{SS} = 33nF	9、10、11	5.5	10	14.5	
稳定性								
GM	增益裕量	V_{IN} = 5V，V_{OUT} = 3.3V，I_{OUT} = 1A，C_{OUT} = 47µF，T_A = 25℃，无外部补偿				24		dB
PM	相位裕度					60°		
噪声和 PSRR								
PSRR	电源抑制比	V_{IN} = 5V，V_{OUT} = 3.3V，I_{OUT} = 1A，C_{SS} = 5.6nF	f_{ripple} = 100Hz			68		dB
			f_{ripple} = 1kHz			72		
			f_{ripple} = 10kHz			51		
			f_{ripple} = 100kHz			40		
			f_{ripple} = 1MHz			34		
V_N	输出噪声电压（带宽为 10Hz 至 100kHz）	V_{IN} = 5V，V_{OUT} = 3.3V，I_{OUT} = 1A，C_{SS} = 5.6nF				35		μV_{RMS}

(1) 子组适用于 QML 器件。有关子组的定义，请参阅第 6.6 节。
(2) 有关 QML RHA 器件的更多信息，请参阅 5962R23203 SMD。
(3) P_D 是内部功耗。当 P_D 超过 3W 时，电流会降低以避免局部过热（由于测试仪限制）。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.6 质量合格检验

MIL-STD-883，方法 5005 - 组 A

子组	说明	温度 (ºC)
1	静态测试	25
2	静态测试	125
3	静态测试	-55
4	动态测试	25
5	动态测试	125
6	动态测试	-55
7	动态测试	25
8A	功能测试	125
8B	功能测试	-55
9	开关测试	25
10	开关测试	125
11	开关测试	-55

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.7 典型特性

V_{IN} = 5V，V_{OUT} = 3.3V，T_A = 25°C 且 C_{SS} = 5.6nF，C_{OUT}= 47 µF (TBME476K025LBLC0)，使用外部补偿网络时，按照节 8.2 中所示施加该补偿，无 R_{COMP}，无 C_{Comp}，另有说明除外。

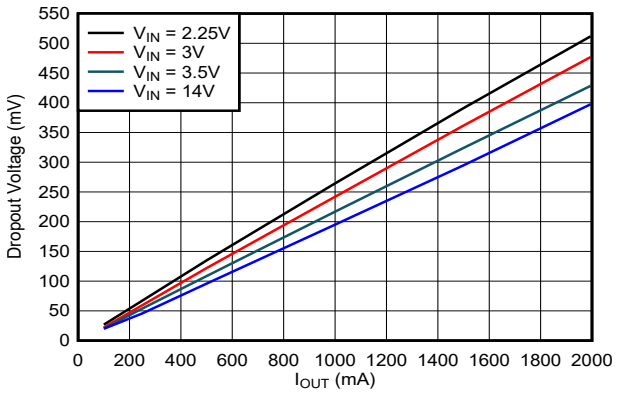
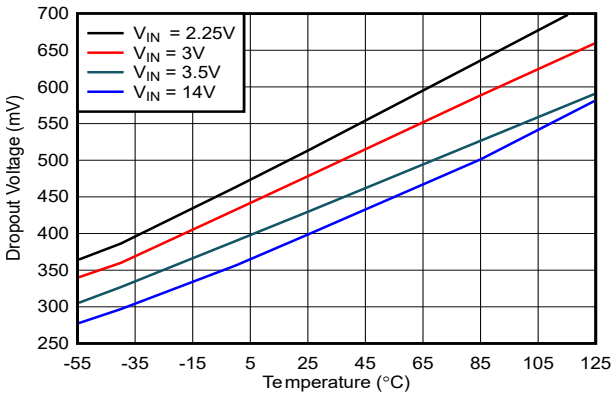
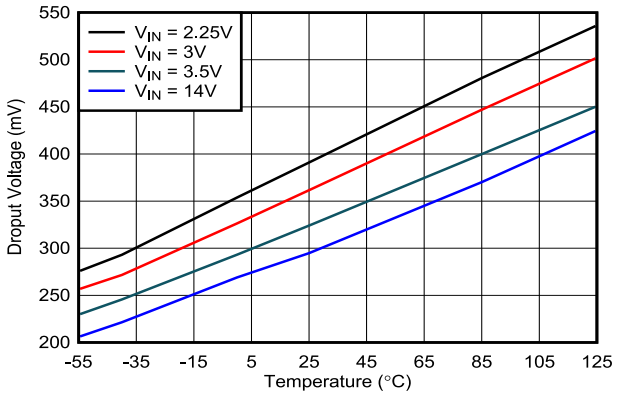


图 6-1. 压降电压与电流间的关系



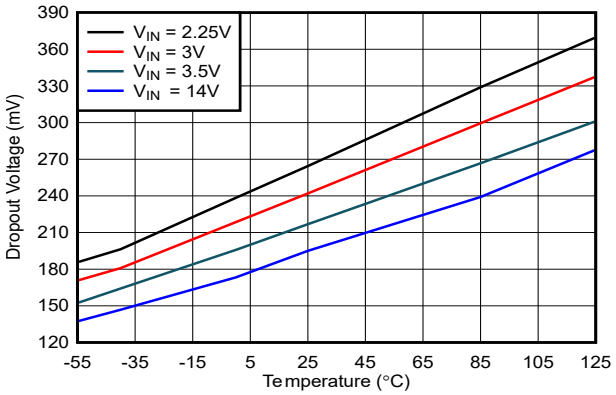
ILoad = 2000mA

图 6-2. 压降电压与温度间的关系



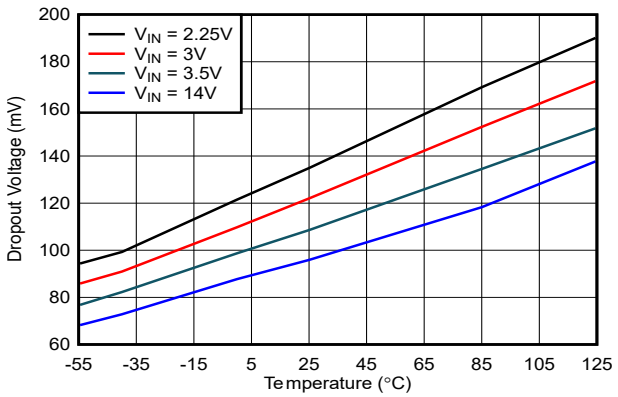
ILoad = 1500mA

图 6-3. 压降电压与温度间的关系



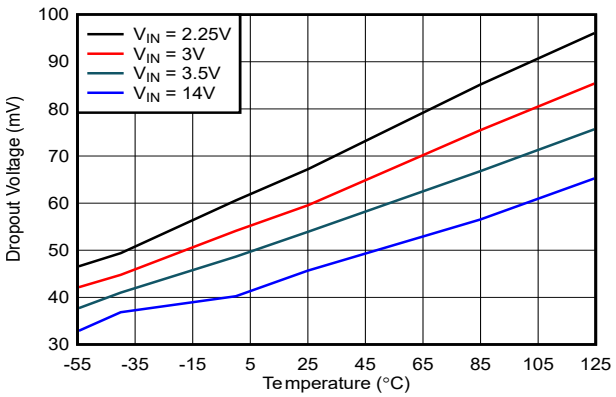
ILoad = 1000mA

图 6-4. 压降电压与温度间的关系



ILoad = 500mA

图 6-5. 压降电压与温度间的关系



ILoad = 250mA

图 6-6. 压降电压与温度间的关系

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.7 典型特性（续）

V_{IN} = 5V，V_{OUT} = 3.3V，T_A = 25ºC 且 C_{SS} = 5.6nF，C_{OUT}= 47 µ F (TBME476K025LBLC0)，使用外部补偿网络时，按照节 8.2 中所示施加该补偿，无 R_{COMP}，无 C_{Comp}，另有说明除外。

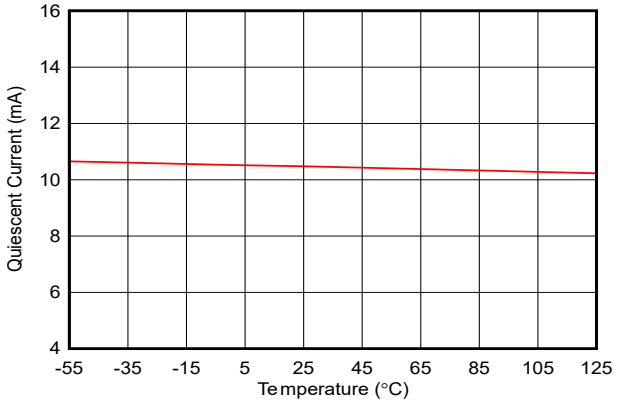


图 6-7. 静态电流与温度间的关系

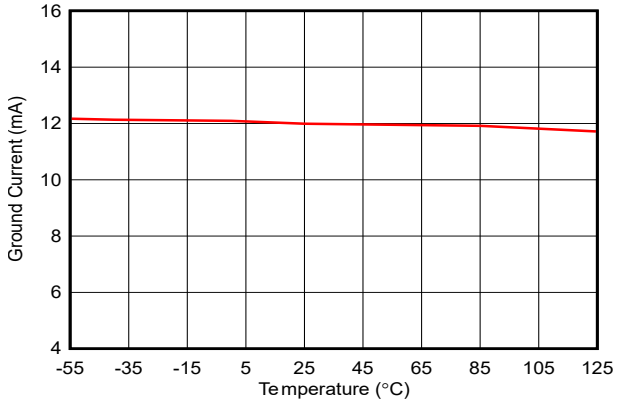


图 6-8. 接地电流与温度间的关系

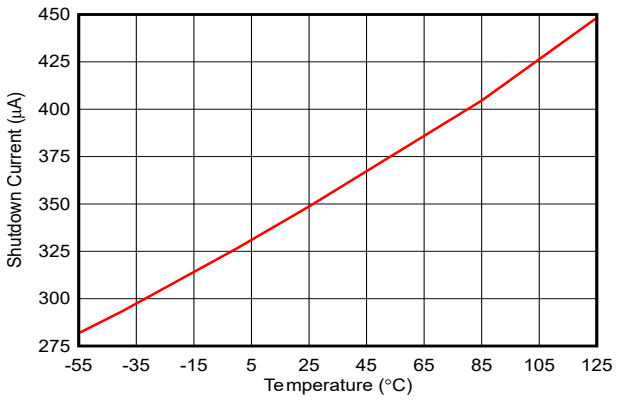


图 6-9. 关断电流与温度间的关系

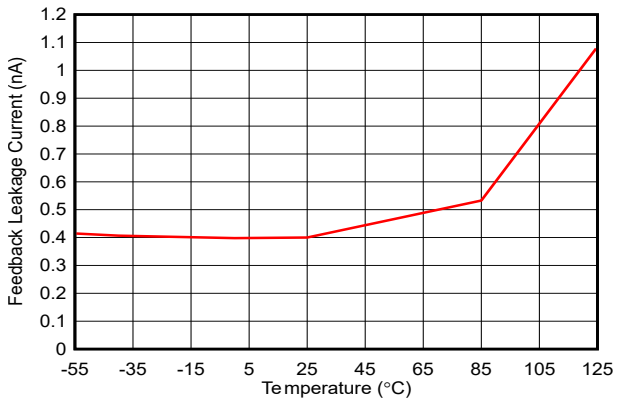


图 6-10. 反馈引脚漏电流与温度间的关系

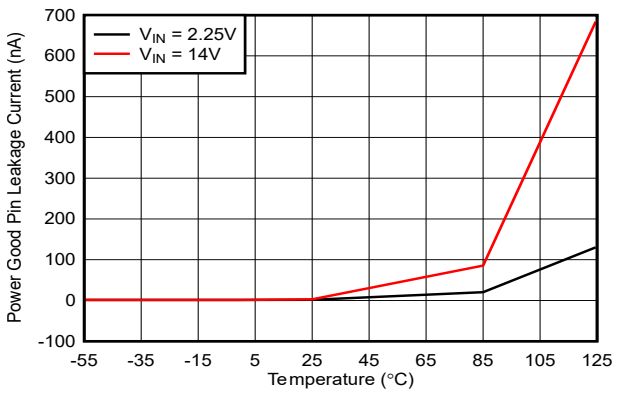


图 6-11. 电源正常引脚漏电流与温度间的关系

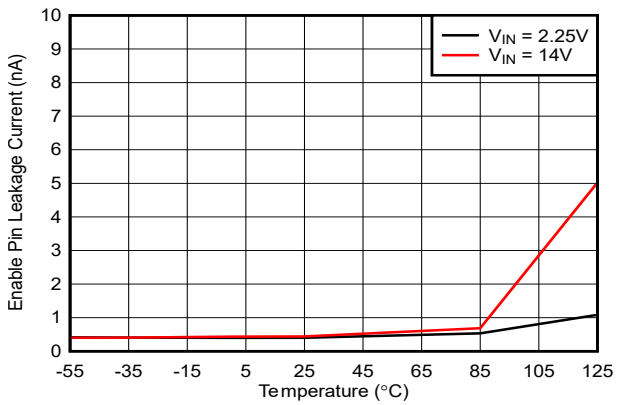


图 6-12. 使能引脚漏电流与温度间的关系

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.7 典型特性（续）

V_{IN} = 5V，V_{OUT} = 3.3V，T_A = 25°C 且 C_{SS} = 5.6nF，C_{OUT}= 47 µ F (TBME476K025LBLC0)，使用外部补偿网络时，按照节 8.2 中所示施加该补偿，无 R_{COMP}，无 C_{Comp}，另有说明除外。

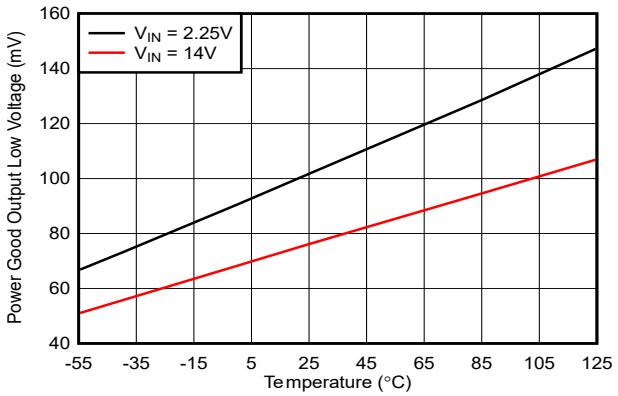


图 6-13. PG 引脚输出低电平与温度间的关系

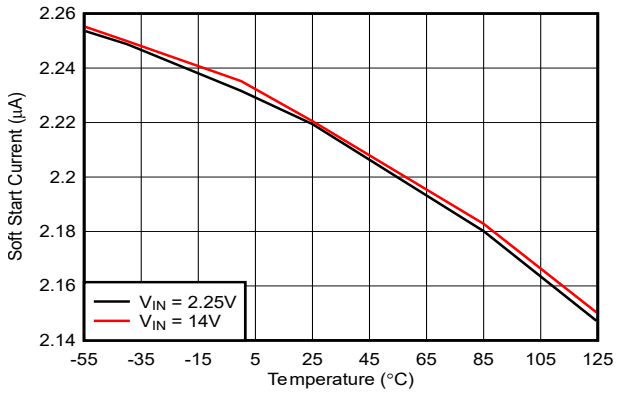
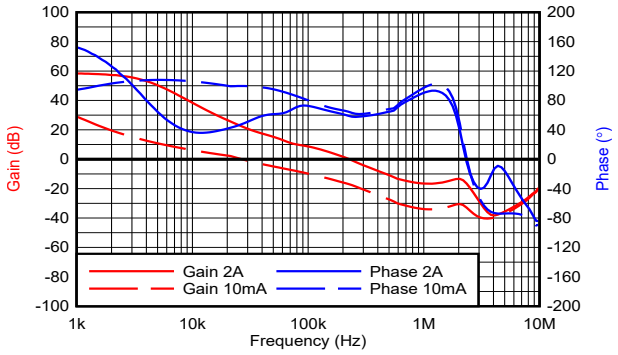
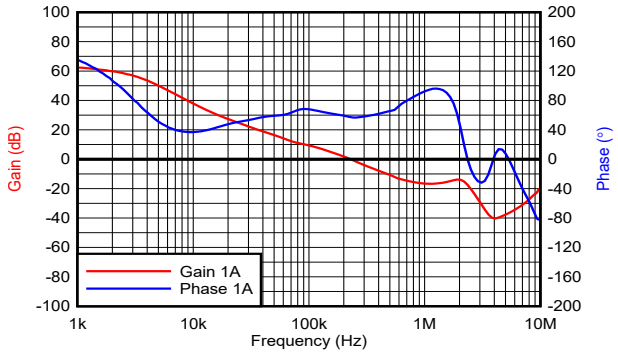


图 6-14. 软启动电流与温度间的关系



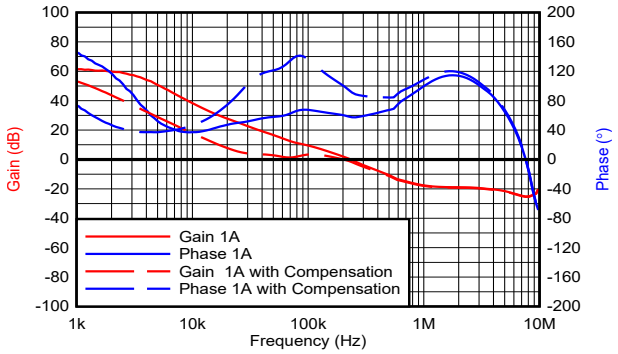
C_{OUT1} = 47 µ F　C_{OUT2} = 1 µ F　C_{OUT3} = 0.1 µ F
GM_{2A} = 17dB　GM_{10mA} = 32dB
PM_{2A} = 58°　PM_{10mA} = 100°

图 6-15. 增益和相位裕度与频率间的关系（波特图）



C_{OUT1} = 47 µ F　C_{OUT2} = 1 µ F　C_{OUT3} = 0.1 µ F
GM_{2A} = 17dB
PM_{2A} = 58°

图 6-16. 增益和相位裕度与频率间的关系（波特图）



C_{OUT} = 47 µ F　如果使用补偿：
GM_{1A} = 24dB　GM_{COMP} = 25dB　R_{COMP} = 20k Ω
PM_{1A}= 60°　PM_{COMP}= 101°　C_{COMP} = 1nF

图 6-17. 增益和相位裕度与频率间的关系（波特图）

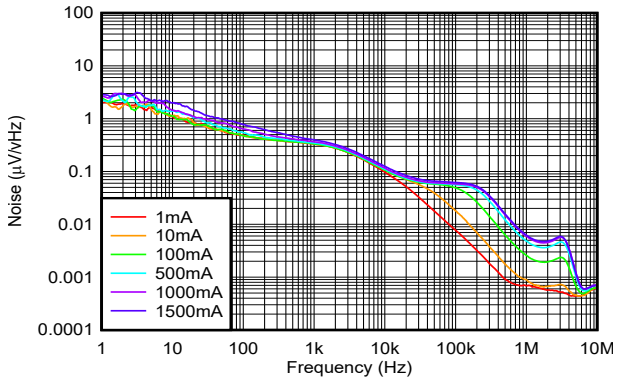
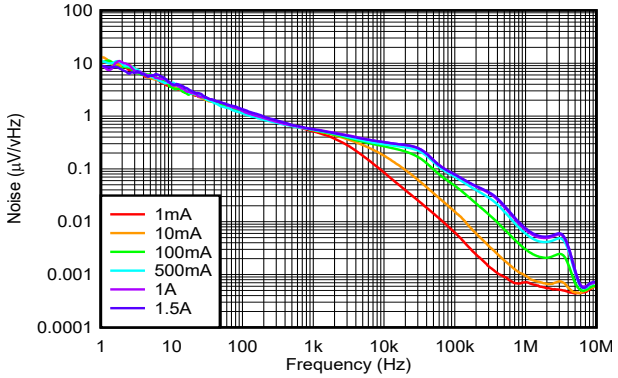


图 6-18. 不同电流下输出噪声与频率间的关系（噪声频谱密度）

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

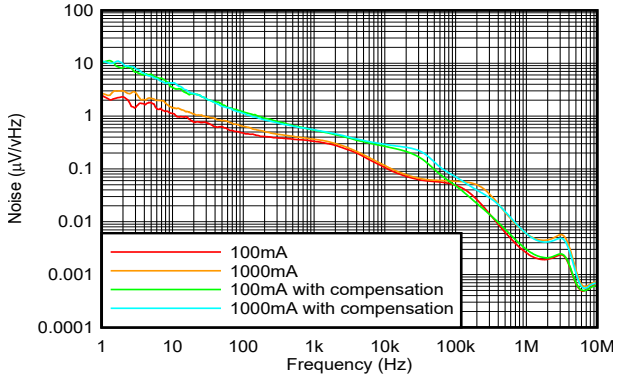
6.7 典型特性（续）

V_{IN} = 5V，V_{OUT} = 3.3V，T_A = 25°C 且 C_{SS} = 5.6nF，C_{OUT}= 47 µF (TBME476K025LBLC0)，使用外部补偿网络时，按照节 8.2 中所示施加该补偿，无 R_{COMP}，无 C_{Comp}，另有说明除外。



C_{COMP} = 1nF　　R_{COMP} = 20kΩ

图 6-19. 不同电流下输出噪声与频率间的关系（噪声频谱密度）



如果使用补偿：

C_{COMP} = 1nF　　R_{COMP} = 20kΩ

图 6-20. 输出噪声与频率间的关系，外部补偿比较（噪声频谱密度）

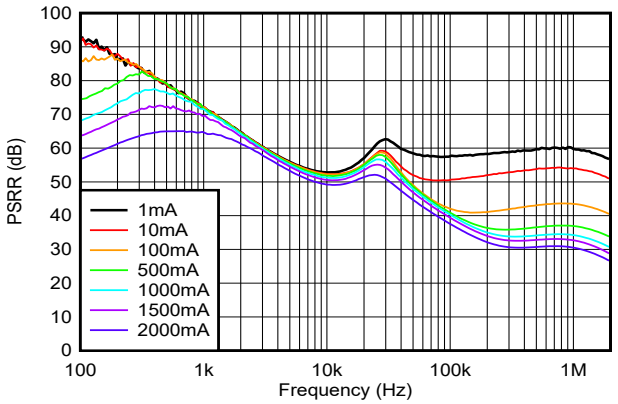
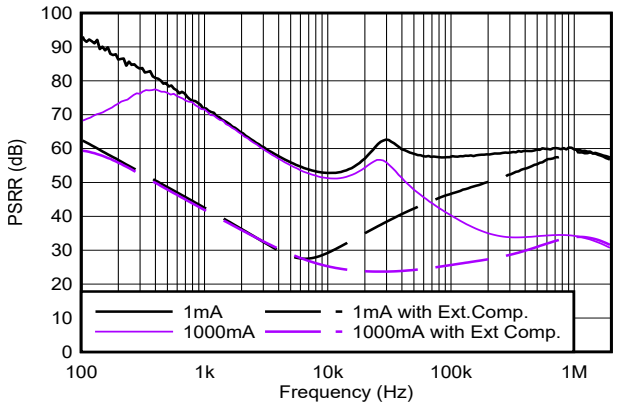


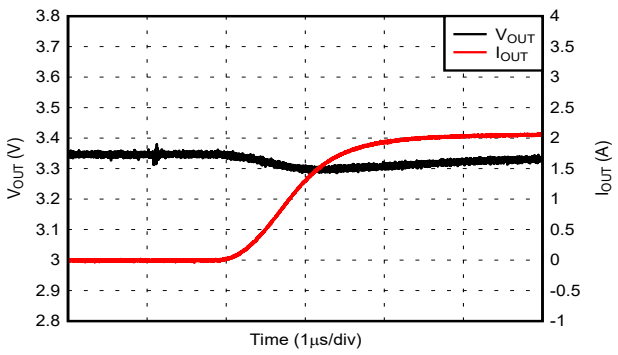
图 6-21. 不同电流下 PSRR 与频率间的关系



如果使用补偿：

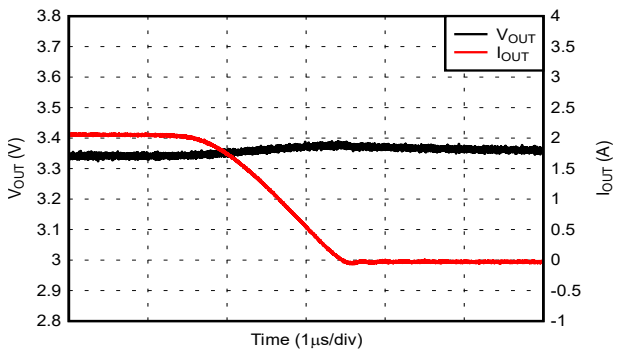
C_{COMP} = 1nF　　R_{COMP} = 20kΩ

图 6-22. PSRR 与频率间的关系，外部补偿比较



压摆率 = 1A/µs

图 6-23. 负载阶跃：0A 至 2A 且 VIN = 5V



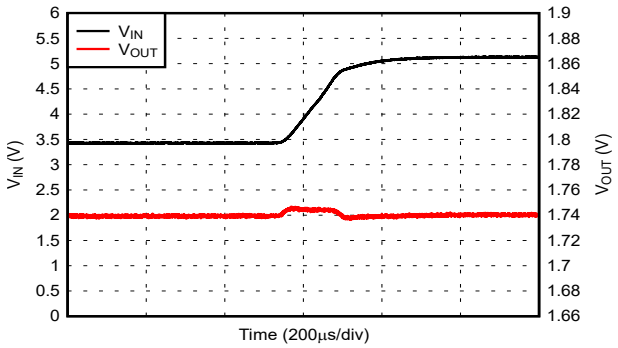
压摆率 = 1A/µs

图 6-24. 负载阶跃 2A 至 0A 且 VOUT = 5V

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

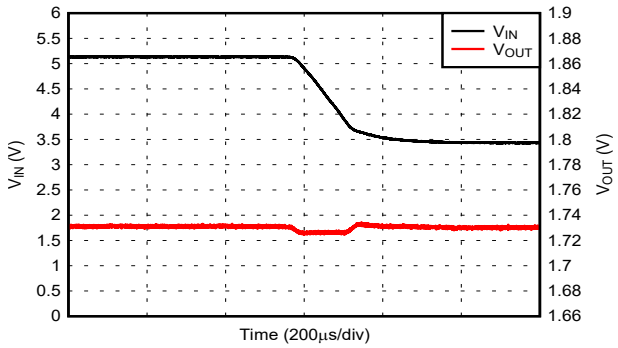
6.7 典型特性（续）

V_{IN} = 5V，V_{OUT} = 3.3V，T_A = 25°C 且 C_{SS} = 5.6nF，C_{OUT}= 47 µF (TBME476K025LBLC0)，使用外部补偿网络时，按照节 8.2 中所示施加该补偿，无 R_{COMP}，无 C_{Comp}，另有说明除外。



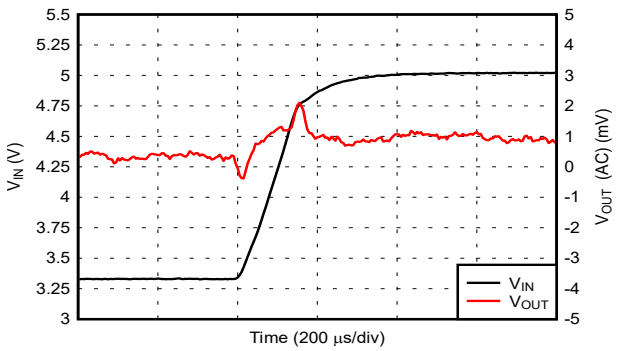
压摆率 = 10V/ms

图 6-25. 线路阶跃：3.3V 至 5V，其中 I_{OUT} = 1.8A



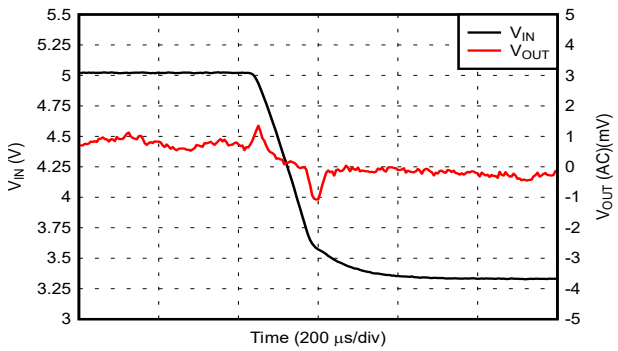
压摆率 = 10V/ms

图 6-26. 线路阶跃：5V 至 3.3V，其中 I_{OUT} = 1.8A



压摆率 = 10V/ms

图 6-27. 线路阶跃：3.3V 至 5V 交流耦合

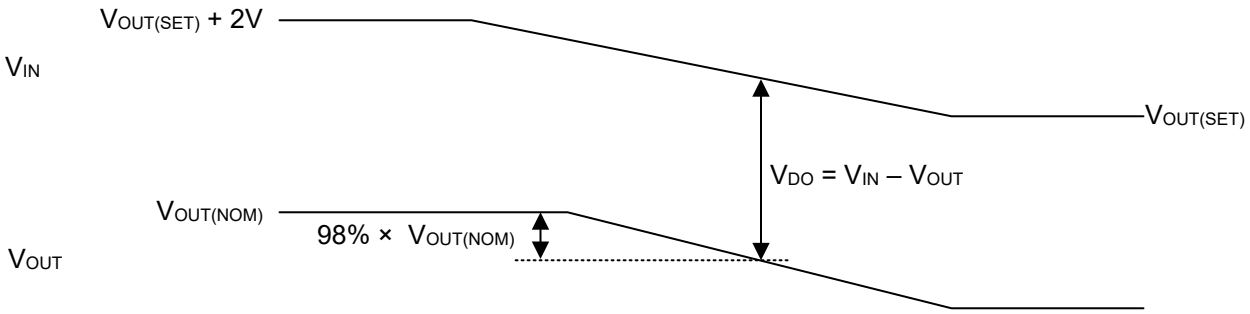


压摆率 = 10V/ms

图 6-28. 线路阶跃：5V 至 3.3V 交流耦合

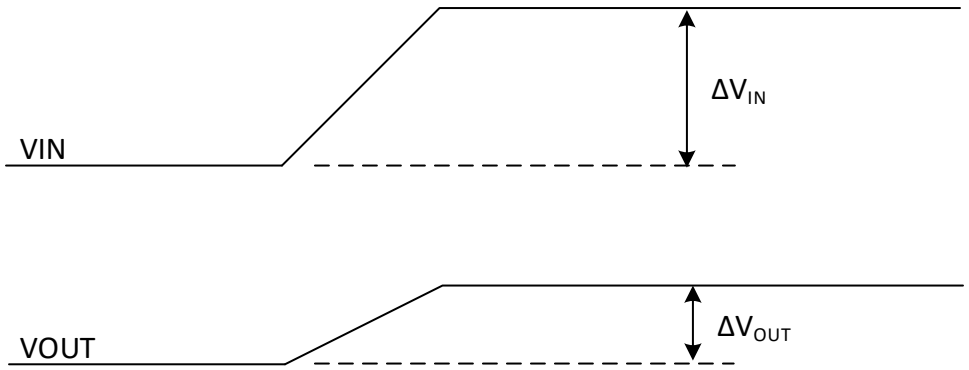
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7 参数测量信息



A. $V_{OUT(SET)}$ 是使用反馈电阻配置的稳压器输出电压，$V_{OUT(NOM)}$ 是测得的输出电压。V_{IN} 设定为比输出高 2V（限制为最大 14V），并且会降低至输出电压设定值 ($V_{OUT(SET)}$)。当 V_{OUT} 降至标称值 ($V_{OUT(NOM)}$) 的 98% 时，将会记录压差。

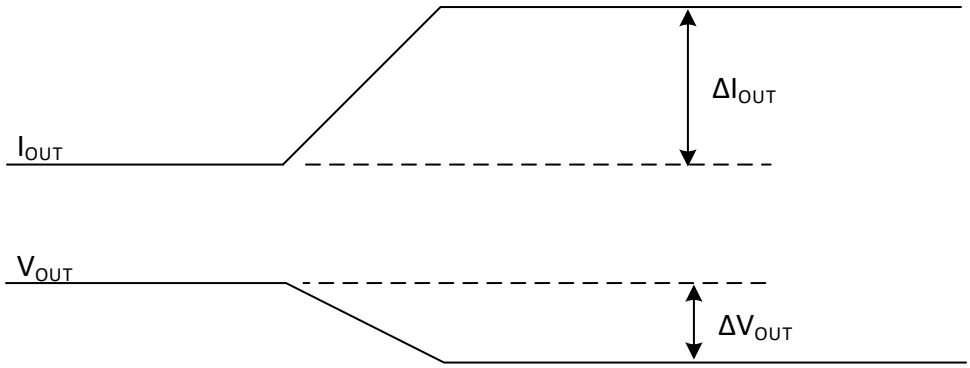
图 7-1. 压降



A. $\Delta V_{OUT} / \Delta V_{IN}$ = 100µV/V（典型值）。这表示如果 V_{IN} 发生 1V 的变化 (ΔV_{IN} = 1V)，则 V_{OUT} 会发生 100µV 的变化 (ΔV_{OUT} = 100µV)。线性调整率是一个直流参数；因此，仅在瞬态消失后或 V_{IN} 压摆率较慢时，此波形才可视为有效。

图 7-2. 线性调整率

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated



A. $\Delta V_{OUT} / \Delta I_{OUT}$ = 4mV/A（典型值）。这表示如果 I_{OUT} 发生 1A 变化（ΔI_{OUT} = 1A），则 V_{OUT} 会发生 4mV 的变化（ΔV_{OUT} = 4mV）。负载调整率是一个直流参数；因此，仅在瞬态消失后或 I_{OUT} 压摆率较慢时，此波形才可视为有效。

图 7-3. 负载调整率

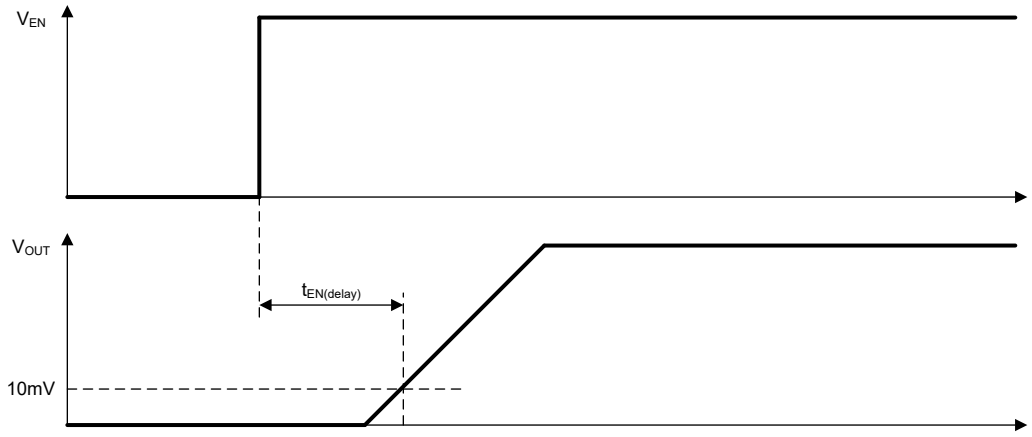


图 7-4. 使能传播延迟

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

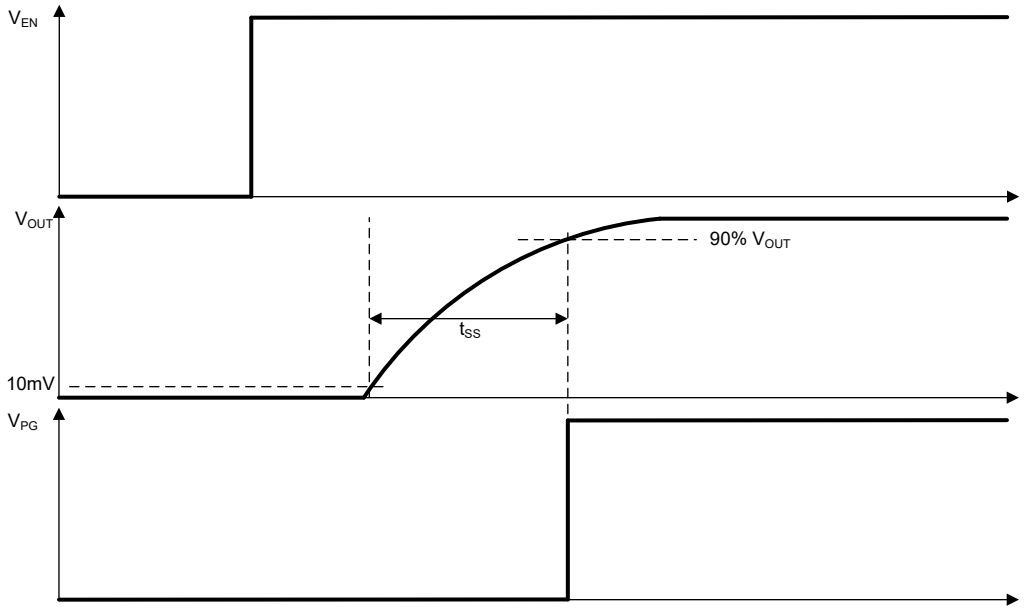


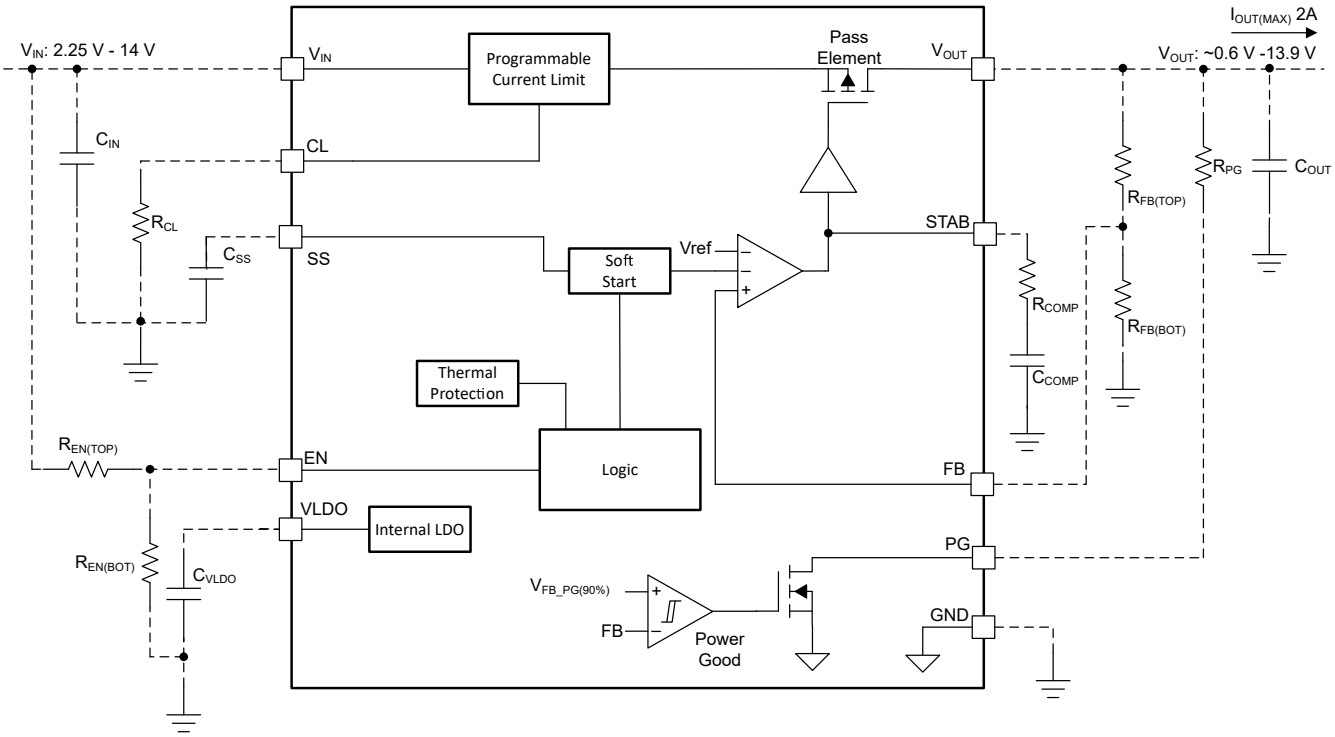
图 7-5. 软启动时间

8 详细说明

8.1 概述

TPS7H1121（TPS7H1121-SP 和 TPS7H1121-SEP）是一款耐辐射低压降 (LDO) 线性稳压器，可在较宽的输入电压范围内工作。TPS7H1121 针对太空环境中的器件供电进行了优化，为此它使用了一个 PMOS 导通元件，后者能够在 2.25V 至 14V 输入范围内提供高达 2A 的电流。

8.2 功能方框图



8.3 特性说明

8.3.1 可调节输出电压（反馈电路）

TPS7H1121 的输出电压可设置为介于 0.6V 至 13.9V 之间的用户可编程值。为实现此目的，可以使用一个在 V_{OUT}、FB 和 GND 端子之间连接的电阻分压器。R_{TOP} 在 V_{OUT} 和 V_{FB} 之间连接，R_{BOTTOM} 在 V_{FB} 和 GND 之间连接。

根据方程式 5 可确定 V_{OUT}。

$$V_{OUT} = \frac{\left(R_{FB(TOP)} + R_{FB(BOT)}\right) \times V_{FB}}{R_{FB(BOT)}} \quad (1)$$

其中

- V_{FB} = 0.596V（典型值）

8.3.2 启用

当使能引脚处于低电平时，器件将进入关断模式，而不会调节输出电压。通常，从 V_{IN} 到 GND 使用一个外部电阻分压器为 EN 馈电。当超过 $V_{EN(rising)}$ 阈值和 2V（典型值）的 V_{IN} UVLO 时，调节开始。

当 V_{IN} 低于建议运行水平 7V 时，可以将使能引脚直接连接到 V_{IN}；如果要为使能脚提供更高的电压水平，则可以应用简单的分压器，请参阅方程式 2，了解所需导通电压下的电阻大小指南。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

$$V_{IN(rising)} = V_{EN(rising)} \times (R_{EN_TOP} + R_{EN_BOT}) / R_{EN_BOT} \quad (2)$$

同样，也可以使用方程式 3 计算 $V_{IN(falling)}$ 电压。$V_{IN(rising)}$ 和 $V_{IN(falling)}$ 可以视为可配置的 UVLO（欠压锁定）阈值。

$$V_{IN(falling)} = V_{EN(falling)} \times (R_{EN_TOP} + R_{EN_BOT}) / R_{EN_BOT} \quad (3)$$

虽然 TPS7H1121 将在 V_{EN} 电压为 0.6V（典型值）时接通，但建议最终值高于 0.8V。这是为了确保在正常运行期间具有高于使能阈值的适当裕度，从而防止在暴露于重离子时出现 SEFI。满足方程式 4 即可实现这项建议。

$$V_{IN(final)} \times R_{EN_BOT} / (R_{EN_TOP} + R_{EN_BOT}) = V_{EN(final)} > 0.8V \quad (4)$$

或者，可以直接从微控制器或 FPGA 驱动 EN 引脚。使能引脚的低电压阈值有助于支持 1.1V、1.8V、2.5V 和 3.3V 逻辑电平。同样，建议使用高于 0.8V 的最终 V_{EN} 进行直接逻辑电平驱动（这通常可通过标准逻辑电平轻松实现）。

8.3.3 压差 V_{DO}

压差 V_{DO} 定义为，当输出电压在指示电流下降低到初始值的 98% 时，输入电压减去输出电压 (V_{IN} - V_{OUT}) 的值。请参阅图 7-1，了解用于测量压差的测试波形。V_{IN} 值越低，压差越高；因此，电气特性 中规定了不同条件下的压差。

在压差中，通道晶体管处于欧姆或三极管运行区域，充当开关的角色。压降电压间接指定了一个最小输入电压，该电压大于输出电压预计保持稳定的标称编程输出电压。如果输入电压降至低于标称输出调节，输出电压也会下降。

当 V_{IN} 低于 3V 时，误差放大器的运行裕量比 V_{IN} 处于 3V 至 14V 范围时的裕量要小；由于裕量减少，会导致低于 3V 的 V_{IN} 压差较高（请参阅典型的压差性能图图 6-1 至图 6-6）。

8.3.4 输出电压精度

TPS7H1121 具有精确的电压基准，这对于尽可能减少 LDO 固有误差来说至关重要。

输出电压精度指定了相对于预期标称输出电压的最小和最大输出电压误差。电气特性 表中的精度规范提供了两个工作区域，在其中一个工作区域内，V_{IN} 高于 3V，在另一个工作区域内，V_{IN} 处于“低输入”电压区域 ($2.25V \leq V_{IN} \leq 3V$)。

±1.5% 规范适用于整个温度范围（–55°C 至 125°C）、整体输入电压范围（$3V \leq V_{IN} \leq 14V$）、耗散功率 ≤3W 时，以及最高满载情况下 ($10mA \leq I_{OUT} \leq 2A$)。

当 V_{IN} 低于 3V 时 ($2.25V \leq V_{IN} \leq 3V$)，输出电压精度调整至 ±1.8%。

下面指出了有关测量的一些额外详细信息：

- V_{IN}、I_{OUT} 和温度范围意味着该规范适用于所有负载和温度组合。通过测试涵盖各种情况的多个偏置条件来实现测试目标。
- 节 6.5 中的脚注 3 规定了在功率耗散限制为最大 3W 的情况下进行测量。这源于测试仪具有热限制。
- 测试条件指定的最小值为 10mA，而不是 0mA，以便实现更可靠的精度测量。但在正常应用中，为实现稳定性，TPS7H1121 器件并没有最小负载电流要求
- TI 不建议在 V_{ACC} 规范中包含以下误差项，因为 V_{ACC} 参数自身已涵盖以下项：
  - V_{FB} 精度
  - $\Delta V_{OUT}/\Delta V_{IN}$（线性调整率）
  - $\Delta V_{OUT}/\Delta I_{OUT}$（负载调整率）
  - V_{OUT} 温度系数
- 对于因反馈电阻产生的误差，如指定的容差，可以将其加入到 V_{ACC} 规范中。
- 在精度测试中，R_{TOP} 固定为 4.53kΩ。如果使用更高阻值的电阻器，则 I_{FB} 泄漏导致的误差将会增加。虽然增幅通常可以忽略不计，但精度计算可能包括此影响。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

- 有关确定精度的额外信息，请参阅节 9.2.2.2。

8.3.5 输出噪声

LDO 噪声定义为由半导体电路产生的内部固有噪声。TPS7H1121 输出噪声通常为 35 μ V_{RMS}。

当外部补偿网络连接到 STAB 引脚时，所应用的网络可能会降低环路带宽；因此，内部电路不太能更大限度减小内部产生的噪声。图 6-20 展示了在配置和不配置外部补偿网络情况下的噪声性能差异（注意：R_{Comp} = 20kΩ 且 C_{Comp} = 1nF）。

8.3.6 电源抑制比 (PSRR)

TPS7H1121 的 PSRR（电源抑制比）是 V_{IN} 下输入噪声对 V_{OUT} 的衰减量。方程式 5 中以数学方式定义了 PSRR。

$$PSRR = 20 \times \log_{10}\left(\frac{V_{IN(AC)}}{V_{OUT(AC)}}\right) \quad (5)$$

输入噪声通常主要受上游转换器的开关纹波所影响。在开关频率及相关谐波下会发生此噪声。

当使用外部补偿网络并且降低环路带宽时，整体 PSRR 也会减小。图 6-22 说明了典型应用中的折衷情况，其中所应用的补偿网络降低了环路带宽，但提高了系统稳定性 (R_{Comp} = 20kΩ，C_{Comp} = 1nF）。

8.3.7 软启动

在 SS 端子与 GND 之间连接电容器 (C_{SS}) 会降低输出压斜坡速率。软启动电容器最高可充电 0.6V。方程式 6 可使用由用户指定的软起动时间 t_{SS}，确定所需的软启动电容值 C_{SS}。

$$C_{SS} = \frac{t_{SS} \times I_{SS}}{V_{REF}} \quad (6)$$

其中

- t_{SS} = 软启动时间
- I_{SS} = 2μA（典型值）
- V_{REF} = 0.6V（典型值）

有关软启动电流与温度性能间的关系，请参阅典型图：图 6-14。

8.3.8 电源正常 (PG)

电源正常端子是一个开漏连接，可用于对多个 LDO 进行排序。PG 端子将被下拉，直到输出电压达到其最终电平的 95%（典型值））。此时，PG 引脚将通过外部电阻分压器进行上拉。由于 PG 引脚为开漏引脚，因此可将其上拉至任何电压，只要不超过电气特性 中列出的建议最大值 7V 即可。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

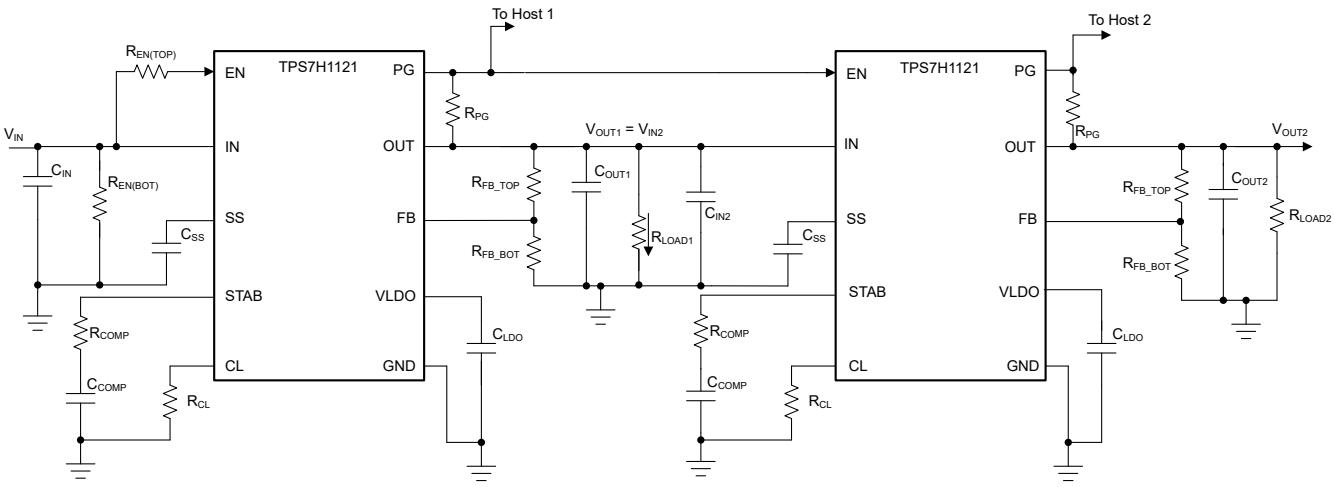


图 8-1. 已定序电源正常

8.3.9 稳定性

8.3.9.1 稳定性

相比工业和消费电子产品，航天级器件的传统稳定性裕度（如增益裕度 ≥ 6dB，相位裕度 ≥ 50º）通常更加苛刻。TPS7H1121 可支持种类广泛的航天级输出电容器（通常为 22 µF 至 220 µF），同时保持 6dB 增益裕度和 50º 相位裕度，而无需使用附带的 STAB 引脚进行外部补偿。

除了 TPS7H1121 固有的宽幅稳定性外，还可利用 STAB 引脚，插入一个直接连接到误差放大器输出的外部 RC 补偿网络。如图 8-2 中所示，这一架构说明了如何在导通元件的缓冲器之前直接插入一个外部补偿网络，这样可尽可能提高所插入 RC 补偿电路的效能。

利用外部补偿网络的这种效能水平，TPS7H1121 的终端用户能够进行深度稳定性分析，并扩大所施加输出负载的稳定性裕度。此外，它还可以利用低至 6.8 µF 的输出电容器，同时允许灵活管理低 ESR 电容器。

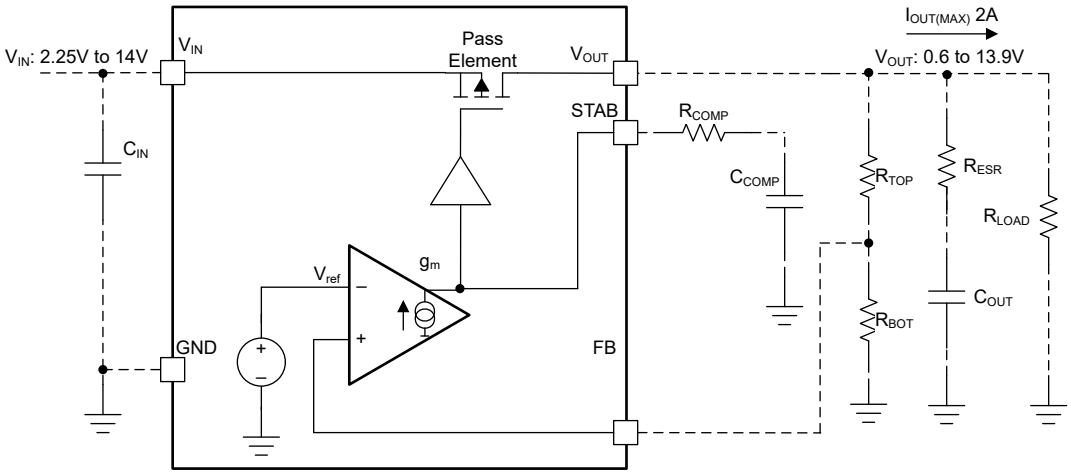


图 8-2. 简化补偿原理图

8.3.9.2 STAB 引脚

TPS7H1121 的 STAB（稳定性）引脚设计用于直接访问控制器的误差放大器。插入 LDO 控制电路中便于进行详细的稳定性分析和对 LDO 稳定性性能进行微调。

TPS7H1121 具有宽包络，其中典型的增益和相位裕度超过 6dB 和 50º（输出电容范围为 22µF ≤ C_{OUT} ≤ 220µF）。但是，可使用 STAB 引脚提供外部补偿，其中可以利用 R_{COMP} 和 C_{COMP} 网络，根据需要进一步优化 TPS7H1121 的稳定性能。TI 建议对低 C_{OUT} 应用或有必要提供最大稳定性裕度的特殊情况而应用外部网络。有关如何实现 II 类和 III 类补偿的更多详情，请查阅节 9.2.2.9 部分或揭秘使用运算放大器和 OTA 为 DC/DC 转换器实现的 II 类和 III 类补偿器。

8.3.10 可编程电流限制

图 8-3 中显示了砖墙式电流限制，也称为恒定电流限制。在此模式下，一旦达到 I_{PCL} 且电流限制电路有时间作出响应，则 TPS7H1121 LDO 即会进入恒定电流调节模式。换言之，输出电压将降至保持输出电流处于 I_{LIM} 水平所需的任何值。排除故障后，器件就会恢复调节。

由于砖墙式电流限制中的高功率耗散，TPS7H1121 可能会进入热关断状态，进而导致器件停止调节，直至 TPS7H1121 足够冷却以退出热关断状态。

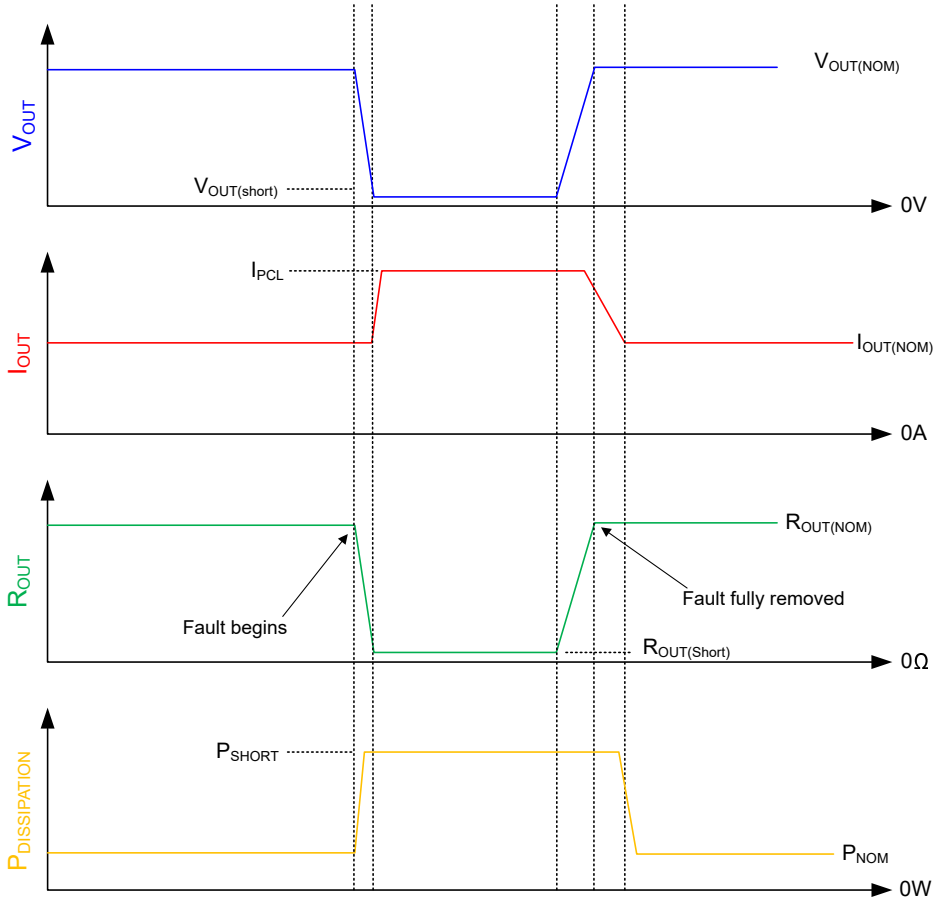


图 8-3. 简化的砖墙式电流限制波形

可编程电流限制的精度随着负载电流的增加而提高；表 8-1 展示了典型精度下的建议 E96 值。

根据规定的电流限制精度，需要选择可编程电流限制电阻 R_{CL}，以满足精度负值部分电流限制电路需求。此外，建议留出 20% 余量，防止电流限制在标称工作条件下进行干预。例如，标称负载为 1A 的应用可能具有 1.4A/97.6kΩ 的最小可编程电流限制设置；97.6kΩ 可编程电流限制设置具有 -25% 的负精度，因此最小干预电流限制为 1.05A。

例如，对于标称负载为 1A 的应用，建议最小干预电流为 1.2A；这会产生 1.6A 的标称电流限制。因此，80.6kΩ 的 R_{CL} 设置和 -25% 的负精度会产生 1.2A 的最小干预电流限制，这符合 20% 余量建议。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 8-1. 建议的电流限制设置电阻

陶瓷封装标识：HFT22			塑料封装标识：PWP24		
可编程电流限制设置 (A)	E96 (kΩ)	精度	可编程电流限制设置 (A)	E96 (kΩ)	精度
0.32	442	±35%	0.35	442	±50%
0.4	392		0.4	383	
0.5	332		0.5	301	
0.6	267	±30%	0.6	243	±40%
0.7	205		0.7	210	
0.75	174		0.8	182	
0.8	169		0.835	176	
0.9	158		0.9	158	
1	143		1	143	
1.1	133	±25%	1.1	127	±30%
1.2	121		1.2	115	
1.3	110		1.3	107	
1.4	97.6		1.4	97.6	
1.5	88.7		1.5	90.9	
1.55	82.5		1.6	84.5	
1.6	80.6		1.66	82.5	
1.7	78.6		1.8	75	
1.8	75		1.9	71.5	
1.9	71.5		2	66.5	
2	69.8		2.1	63.4	
2.1	66.5	±20%	2.2	60.4	±25%
2.2	63.4		2.3	57.6	
2.3	60.4		2.4	54.9	
2.4	57.6		2.5	52.3	
2.5	54.9		2.6	49.9	
2.6	52.3		2.7	48.7	
2.7	49.9		2.8	46.4	
2.8	46.4		2.9	45.3	
2.9	44.2		3	43.2	
3	41.2		3.15	41.2	

8.3.11 热关断

一旦超过 TPS7H1121 热关断温度限值，集成热关断电路就会激活，从而在芯片温度超过 $T_{SD(enter)}$ 时关断器件。当芯片冷却至 $T_{SD(exit)}$ 以下时，器件会恢复调节。典型的 160°C $T_{SD(enter)}$ 和 130°C $T_{SD(exit)}$ 可提供较大的迟滞（典型值为 30°C）。较大迟滞旨在使器件在尝试恢复调节之前充分冷却。

8.4 器件功能模式

8.4.1 使能/禁用

下表显示了器件功能模式：

表 8-2. 器件功能模式

EN 引脚	器件状态
高	调节模式
低	关断模式

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

9 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。

9.1 应用信息

TPS7H1121-SP LDO 线性稳压器适用于航天环境应用。该稳压器的特性各种各样，如低压降、软启动、输出电流限制，以及通过 STAB 引脚访问误差放大器的功能。

9.2 典型应用

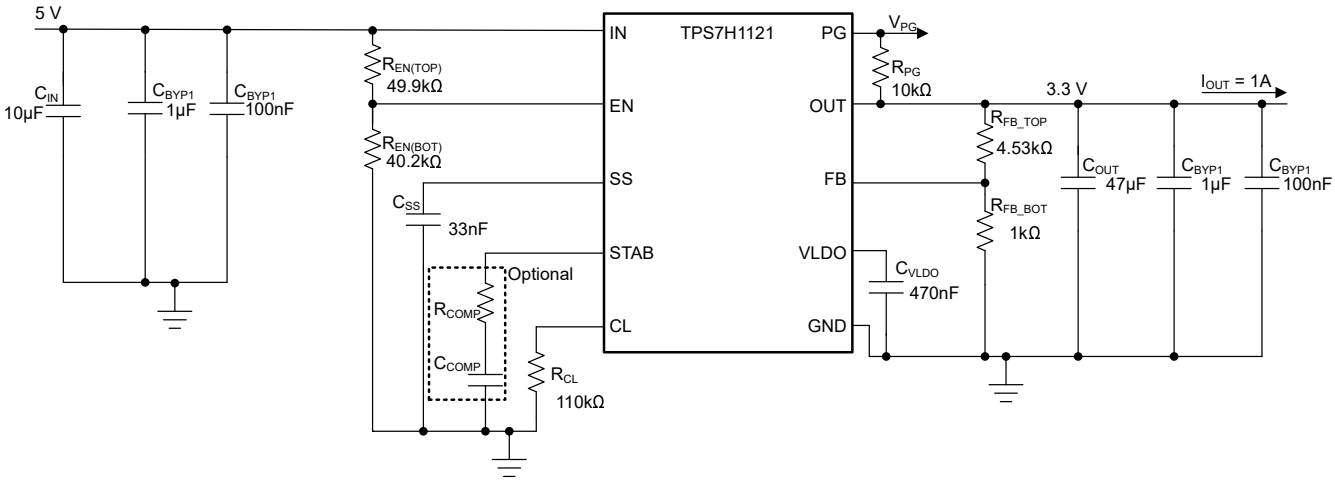


图 9-1. 应用原理图

9.2.1 设计要求

本示例重点介绍了一种基于 TPS7H1121 评估模块的设计。有关更多详细信息，请参阅 EVM 用户指南：*TPS7H1121EVM-CVAL 评估模块 (EVM) 用户指南* (SLVUCX9)。在开始该设计过程之前，必须先了解一些参数。这些参数通常在系统层面确定。在该示例中，我们先从下列已知参数入手：

表 9-1. 设计参数

设计参数	示例值
输入电压	5V ± 5%
输出电压	3.3V ± 5%
最大输出电流	1A（典型值）
$V_{IN(turn\text{-}on\ threshold)}$	1.35V（典型值）
$V_{OUT(PG\ assertion\ threshold)}$	$V_{OUT(final)}$（典型值）的 90%，2.97V
软启动时间，t_{SS}	10ms
最小相位裕度	50°
最大增益裕度	6dB

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

9.2.2 详细设计过程

9.2.2.1 输出电压配置

使用方程式 1 配置输出电压。

因此，在 $R_{FB(TOP)}$ = 1.01kΩ 和 $R_{FB(BOT)}$ = 4.53kΩ 的情况下，选择 0.1% 的反馈电阻；可接受使用容差为 1% 的电阻，但这会直接对输出电压造成 1% 的误差。

9.2.2.2 输出电压精度

要确定总体输出电压精度，请参考器件电压精度 V_{ACC}（电气特性 中）、顶部和底部反馈电阻（$R_{FB(TOP)}$ 和 $R_{FB(BOT)}$）。

$$System_{(error)} = V_{ACC} + R_{(error)} \tag{7}$$

当输入电压 V_{IN} 低于 3V 时，误差放大器的运行余量减小，使得输出精度性能放宽至 ±1.8%；在该示例中，V_{IN} 高于 3V，因此可以应用标准的 ±1.5% 精度。

对于所选的 0.1% 反馈电阻器，计算出的误差如方程式 8 所示，此时假设误差不相关，并且误差是电阻器误差平方的相加之和。

$$R_{(error)} = \sqrt[2]{\left(0.1^2 + 0.1^2\right)} = \pm 0.14\% \tag{8}$$

系统负误差和正误差相加，此示例的结果如下面的方程式 9 和方程式 10 所示。

$$System_{(neg_error)} = -1.5\% + -0.14\% \tag{9}$$

$$System_{(pos_error)} = 1.5\% + 0.14\% \tag{10}$$

下面的误差相加可得出精度为 ±1.64%。

图 9-1 所示为 4.53kΩ 的 R_{TOP} 反馈电阻和 1kΩ 的 R_{BOT} 反馈电阻值；当使用小于 4.53kΩ 的 R_{TOP} 时，应考虑反馈电流 (I_{FB}) 对整体反馈精度的影响及其变化。

9.2.2.3 使能阈值

所需的导通阈值为 2.25V。这意味着，当 V_{IN} 轨开启并开始上升时，TPS7H1121 会在 V_{IN} 达到 2.25V 时立即开始导通。虽然从 V_{IN} 到 V_{OUT} 的这一裕量不足以进行最终调节，但稳压器将会启动，V_{IN} 也会达到最终电压 5V。如果需要，可以选择更高的电压导通阈值（例如，3.5V），前提是所需的电压低于 7V。

通过使用方程式 1 并选择 $R_{EN(TOP)}$ 值 49.9kΩ，可以计算 $R_{EN(BOT)}$（按照方程式 11 所示）。

$$R_{EN(BOT)} = \frac{V_{EN(rising)} \times R_{EN(TOP)}}{V_{IN(rising)} - V_{EN(rising)}} = \frac{0.605\ V \times 49.9\ k\Omega}{2.25\ V - 0.605\ V} = 18.4\ k\Omega \tag{11}$$

使用 E192 电阻值，选择 18.4kΩ 作为 $R_{EN(BOT)}$。

为了符合最大使能引脚电压，请使用方程式 4。如方程式 12 所示，$V_{EN(final)}$ = 1.35V，这小于建议的最大值 7V，高于建议的最小最终值 0.8V。

$$V_{EN(final)} = V_{IN(final)} \times \left(\frac{R_{EN(BOT)}}{R_{EN(BOT)} + R_{EN(TOP)}}\right) = \frac{5V \times 18.4k\Omega}{18.4k\Omega + 49.9k\Omega} = 1.35V \tag{12}$$

9.2.2.4 软启动电容

该评估模块的指定软启动时间 t_{SS} 为 10ms，软启动电容值可以通过方程式 6 计算得出。

$$C_{SS} = \frac{20\ ms \times 2\ \mu A}{0.6\ V} = 33.3\ nF \tag{13}$$

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

因此，选择了 33nF 陶瓷电容器来配置软启动时间。

9.2.2.5 可编程电流限制电阻

评估模块安装有一个电流限制设置电阻，用于提供值为 3A 的 I_{lim}；要配置较低的电流限制值，请参阅表 8-1。

9.2.2.6 超过热限值的过流事件表征

大功率过流事件按照持续时间、发生时的输入和输出电压以及最终产生的电流来表征。在这些高功率过流条件下，导通元件中的耗散功率远大于标称工作条件。器件会持续升温直至达到热关断，具体取决于特定的过流条件。然而，依赖于特定的过流事件，器件的发热速度可能快于热关断电路所能达到的响应速度。

表 8-1 指定了所需电流限制设置对应的电阻值以及指定设置下可编程电流限制的预期精度。

过流状况强度作为 VIN - VOUT 差值和脉冲宽度的函数随之增强（对于要评估为 DC 的故障，可以使用 1s 脉冲）。通过将输入和输出电压差、故障脉冲宽度和可编程电流限制设置组合在一起，可如图 9-2 所示得出建议的可编程电流限制保护区域，这使用实验室环境条件下 (TA = 25ºC) 的 TPS7H1121（陶瓷和塑料封装）验证硬件进行表征。PCB 散热焊盘的有效热阻计算结果为 RTH (PCB)= 5ºC/W；此计算考虑了散热过孔直径、间距和板层。施加 10ms、100ms 和 1s 脉冲宽度的故障，直到器件不再工作；然后在后续单元上将所施加的电压和编程电流调低，直到确定曲线。

对于陶瓷 HFT 封装，建议将 3A 设为最大可编程电流限制值。由于存在 20% 的精度误差，最大电流限制为 3.6A，低于 3.9A 的绝对最大额定值。

对于 PWP24（塑料）封装，建议将 3.15A 设为最大可编程电流限制值。在 24% 的精度范围内，最大电流限制为 3.9A，符合 3.9A 的绝对最大额定值要求。

所描绘的曲线很大程度上依赖于假设的环境温度、封装热阻、PCB 热阻和所施加短路的性质；以下曲线仅适用于所使用的验证硬件。

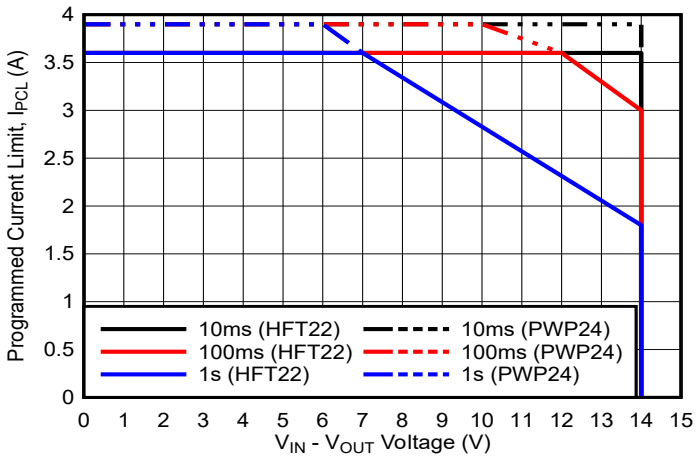


图 9-2. 可编程电流限制保护区域

9.2.2.7 电源正常上拉电阻

TI 建议使用 10kΩ 和 100kΩ 之间的上拉电阻；该评估模块配置了 10kΩ 电阻。

9.2.2.8 电容器

TPS7H1121 可结合使用钽电容器和陶瓷电容器，实现良好的体积电容比。表 9-2 着重介绍了一些受支持的电容器。TI 建议根据输出电压和工作温度，遵循电容器制造商所建议的适当降额指南。

TI 建议使用聚合物或钽电容器，搭配以旁路电容器形式实现的 0.1µF 和 1µF 陶瓷电容器。该器件在输入和输出钽、聚合物或陶瓷 X7R 电容值或者具有 6.8µF 至 880µF（此范围内的某些值受益于外部补偿的使用）大容量电容的网络下保持稳定。但是，器件的动态性能因负载条件、使用的电容值（包括 ESR）以及是否利用外部补偿

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

STAB 引脚而异。TI 建议，对于小于 22µF 的大容量输出电容和超过 220µF 的电容，通常使用应用于 STAB 引脚的外部补偿网络来实现强健的稳定性裕度。TI 建议进行全面的稳定性分析，确认在整个任务剖面中达到必要的稳定性裕度。

大容量输出电容器 ESR 会显著影响系统稳定性；TPS7H1121 可利用 ESR 较低的钽或聚合物表面贴装电容器，实现宽增益裕度和相位裕度。也支持陶瓷电容器，但陶瓷电容器的输出电容和 ESR 较低，因此可能需要使用外部补偿网络才能实现稳定性目标。

表 9-2. TPS7H1121 电容器

电容器器件型号	电容器详细信息（电容器、电压、100kHz 下的 ESR、外壳尺寸）	类型	供应商
TES226K035	22µF，35V，43mΩ，7343	钽 - MnO2	AVX
TBME476K025LBLC9	47µF，25V，65mΩ，7343	钽 - MnO2	AVX
T540D227K010AH	220µF，10V，24mΩ，7343	钽 - 聚合物	Kemet

9.2.2.8.1 混合输出电容器网络

对于 TPS7H1121，建议搭配使用陶瓷旁路电容器和钽大容量电容器。钽电容器和陶瓷电容器组合会构成混合网络电容器；请参阅应用报告“如何在使用混合输出电容器时计算负载极点和 ESR 零点”(SLVAE26)，了解如何解析实现和评估所应用的输出电容器网络。

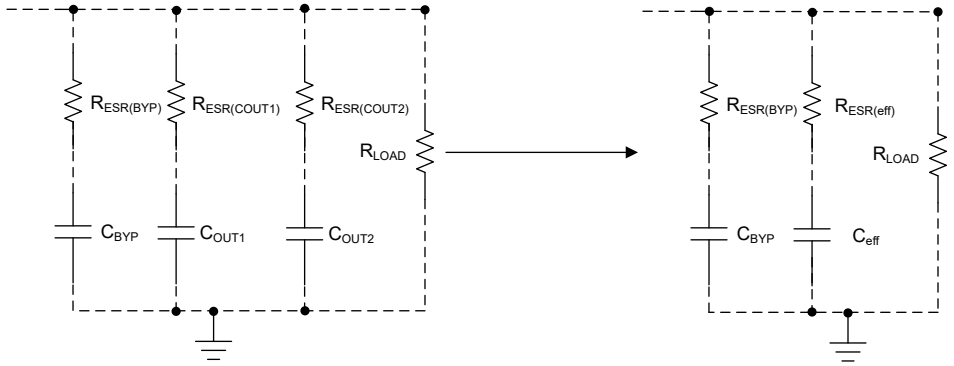


图 9-3. 建议的混合输出电容器网络简化

在对输出电容器网络进行解析分析时，TI 建议仅将规范相同的电容器和相关寄生参数进行组合（组合相同的钽电容器，在分析时保持旁路电容器和钽电容器彼此不同）。在上图中，电容器 C_{OUT1} 和 C_{OUT2} 组合成了 C_{eff} 和 R_{eff} 的有效电容和 ESR，而旁路电容器 C_{BYP} 则排除在外。

9.2.2.9 频率补偿

按照图 9-1 所示，通过向 STAB 引脚应用简单的 RC 补偿网络（可选），终端用户能够优化系统稳定性的相位和增益裕度。

添加此 RC 补偿网络后，会在系统中引入 2 个极点和 1 个零点。首先，存在一个低频极点，可以在更详细的分析中进行近似计算。

补偿极点频率 $f_{p(COMP)}$ 使用方程式 14 近似得出。

$$f_{p(COMP)} = \frac{C_{COMP} + C_{OTA}}{2\pi \times R_{COMP} \times C_{COMP} \times C_{OTA}} \quad (14)$$

其中

- C_{OTA} = 100pF（典型 sim）

补偿零点频率 $f_{z(COMP)}$ 通过方程式 15 近似得出。

$$f_{z(COMP)} = \frac{1}{2\pi \times R_{COMP} \times C_{COMP}} \quad (15)$$

开环增益 A_{OL} 通过方程式 16 近似得出。

$$A_{OL} = g_{m(OTA)} \times R_{OTA} \quad (16)$$

其中

- $g_{m(OTA)}$ = 5mS（典型 sim）
- R_{OTA} = 220kΩ（典型 sim）

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

9.3 电源相关建议

该器件设计为在高达 14V 的输入电源电压下运行。最小输入电压必须比 2V（典型值）的 V_{IN} UVLO 更高，并提供大于压差的充足裕量，才能使器件实现稳压输出。如果输入电源存在噪声，则附加具有低 ESR 的输入电容器有助于提高输出噪声性能。

9.4 布局

9.4.1 布局指南

- 为了获得出色性能，TI 建议所有布线尽可能短。
- 应为 IN、OUT 和 GND 使用宽布线，以便尽可能降低寄生电气效应。
- 将大容量输出电容器（通常为钽或钽聚合物）放置在器件的 OUT 引脚附近。
  - 如果使用了陶瓷输出电容器，请将其放置在负载点附近。

9.4.2 布局示例

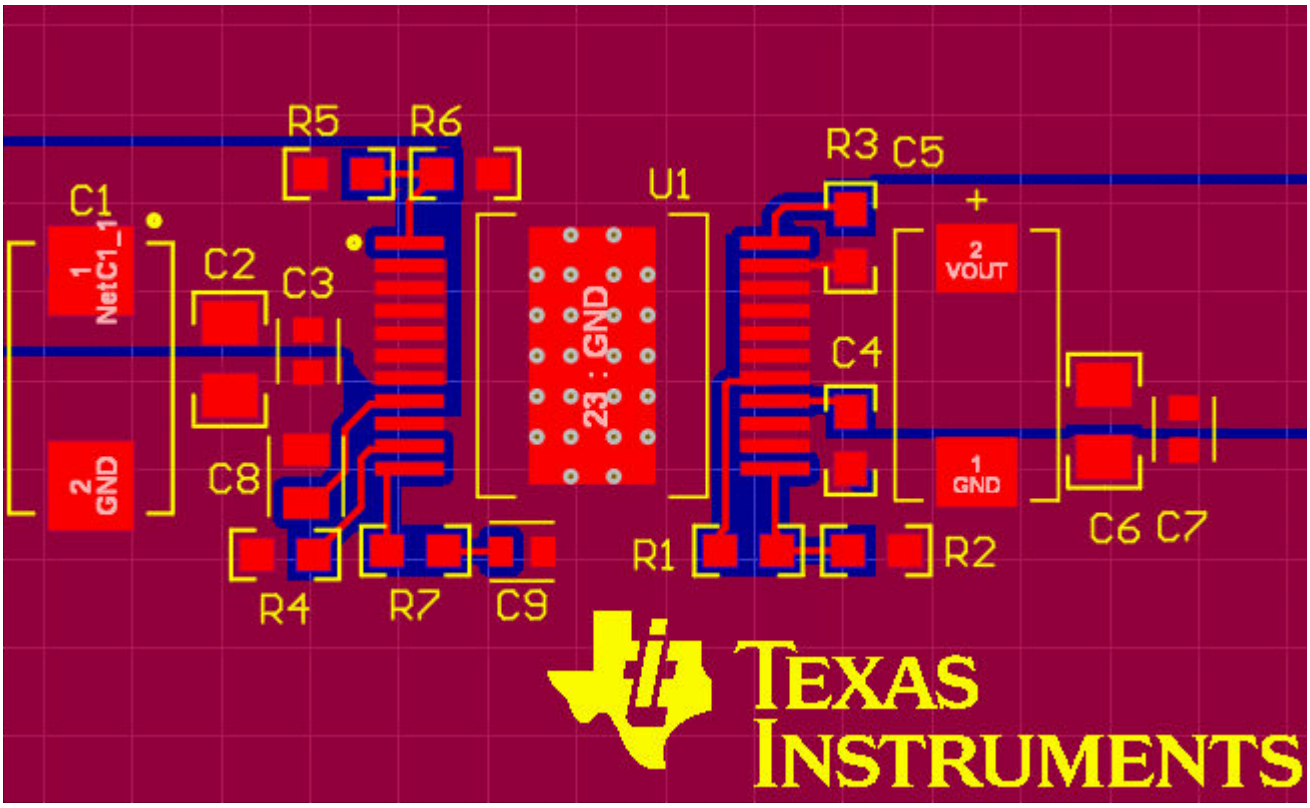


图 9-4. 印刷电路板布局布线示例

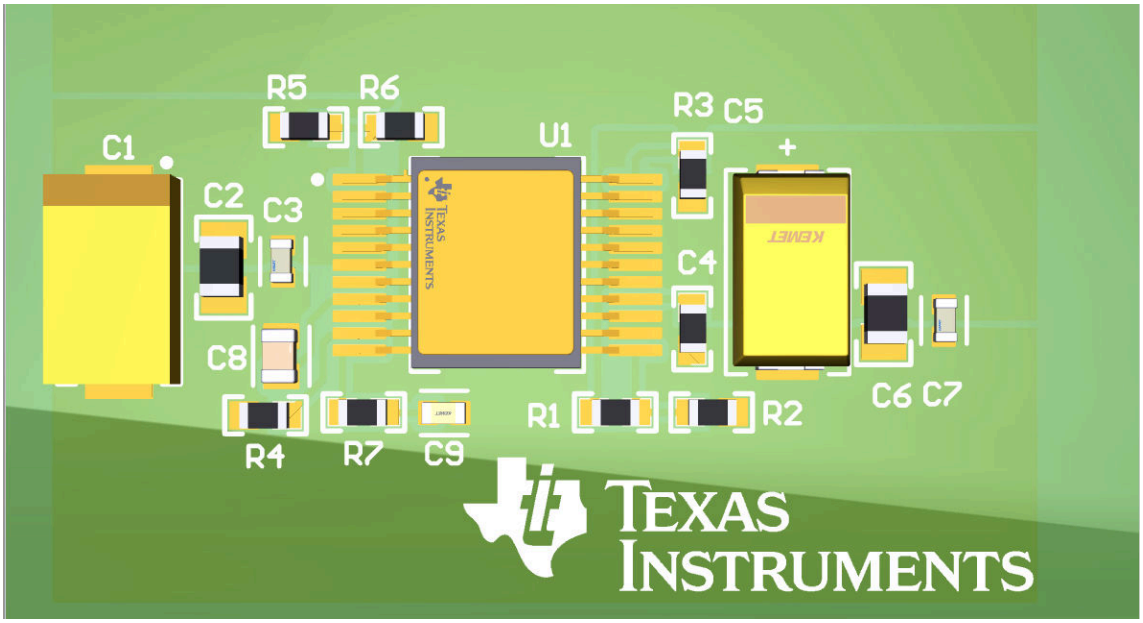


图 9-5. 印刷电路板布局布线示例：3D 视图

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

10 器件和文档支持

10.1 器件支持

10.1.1 第三方产品免责声明

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

10.2 文档支持

10.2.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI)，*TI 工程评估单元与 MIL-PRF-38535 QML V 类加工*
- 德州仪器 (TI)，*揭秘对 DC/DC 转换器使用运算放大器和 OTA 的 II 类和 III 类补偿器*
- 德州仪器 (TI)，*TPS7H1121EVM-CVAL 评估模块 (EVM)*
- 德州仪器 (TI)，*使用混合输出电容器时如何计算负载极点和 ESR 零点*
- 德州仪器 (TI)，*TPS7H1121-SEP 评估模块用户指南*

10.3 接收文档更新通知

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

10.4 支持资源

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

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

10.5 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.
所有商标均为其各自所有者的财产。

10.6 静电放电警告



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

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

10.7 术语表

TI 术语表　　本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

11 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision B (June 2025) to Revision C (November 2025) **Page**

- 进行了细微的语法和措辞更新 1
- 将 TPS7H1121-SEP 状态从“预告信息”更改为“量产数据”。 1
- 在器件选项表中删除了可订购器件型号 TPS7H1121-SEP 的“预告信息”注释。将表“器件选项”重命名为“器件比较表”。添加了器件等级页面的链接。 3
- 将功能方框图的电源正常 FET 更新为 NMOS FET 18
- 为可配置导通添加了 UVLO 注意事项。 18
- 添加了有关反馈电阻器对输出电压精度计算的影响的额外指南。 19
- 将软启动公式的 V_{REF} 值更正为 0.6V 20
- 将设计示例软启动时间更改为 10ms 24
- 将设计示例导通阈值更改为 2.25V。 25
- 将软启动公式的 V_{REF} 值更正为 0.6V 25
- 删除了对陶瓷硬件的具体引用，因为这些曲线对于陶瓷和塑料封装所用的验证硬件均有效。 26
- 更正了公式 14 的拼写错误，在分母中添加了 C_{OTA} 27
- 添加了有关最小输入电压包括 V_{IN} UVLO 的额外信息。 29
- 添加了 TPS7H1121-SEP 评估模块用户指南的链接。 31

Changes from Revision A (September 2024) to Revision B (June 2025) **Page**

- 将 TPS7H1121-SEP 状态从“产品预发布”更改为“预告信息”。 1
- 根据封装类型对电流限制规格进行了划分 5
- 为 TPS7H1121-SEP 和计算公式添加了建议的电流限制电阻设置值。 22
- 为 PWP24 封装添加了可编程电流限制区域 26

Changes from Revision * (May 2024) to Revision A (September 2024) **Page**

- 将 TPS7H1121-SP QMLV 从预告信息更改为量产数据 1
- 删除了器件信息表中器件型号 5962R2320301VXC 的“产品预览”注释。 1
- 删除了器件选项表中可订购器件型号 5962R2320301VXC 的“产品预览”注释 3
- 调整了使能阈值和可编程电流限制最小值与最大值 5
- 添加了使能传播延迟 ($t_{EN(delay)}$) 和软启动时间 (t_{SS}) 的参数测量图 15
- 更新了公式 12 25
- 对过流事件进行了编辑性更改 26
- 在详细设计过程中新增了频率补偿应用部分 27

12 机械、封装和可订购信息

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

Copyright © 2025 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)
5962R2320301VXC	Active	Production	CFP (HFT) | 22	25 | TUBE	ROHS Exempt	NIAU	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962R2320301VXC TPS7H1121MHFTV
TPS7H1121HFT/EM	Active	Production	CFP (HFT) | 22	15 | TUBE	ROHS Exempt	NIAU	N/A for Pkg Type	25 to 25	TPS7H1121HFT EVAL ONLY
TPS7H1121MPWPTSEP	Active	Production	HTSSOP (PWP) | 24	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-55 to 125	7H1121PWP
V62/23604-01XE	Active	Production	HTSSOP (PWP) | 24	250 | SMALL T&R	-	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-55 to 125	7H1121PWP

(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.

OTHER QUALIFIED VERSIONS OF TPS7H1121-SEP, TPS7H1121-SP :

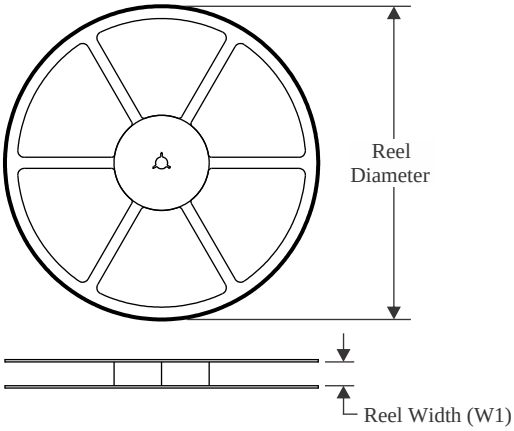
- Catalog : TPS7H1121-SEP
- Space : TPS7H1121-SP

NOTE: Qualified Version Definitions:

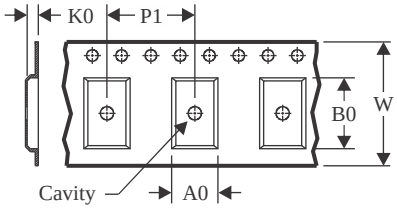
- Catalog - TI's standard catalog product
- Space - Radiation tolerant, ceramic packaging and qualified for use in Space-based application

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

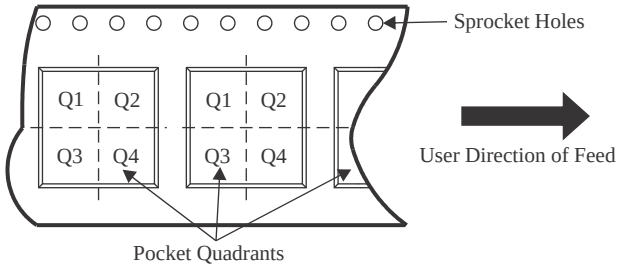


TAPE DIMENSIONS



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

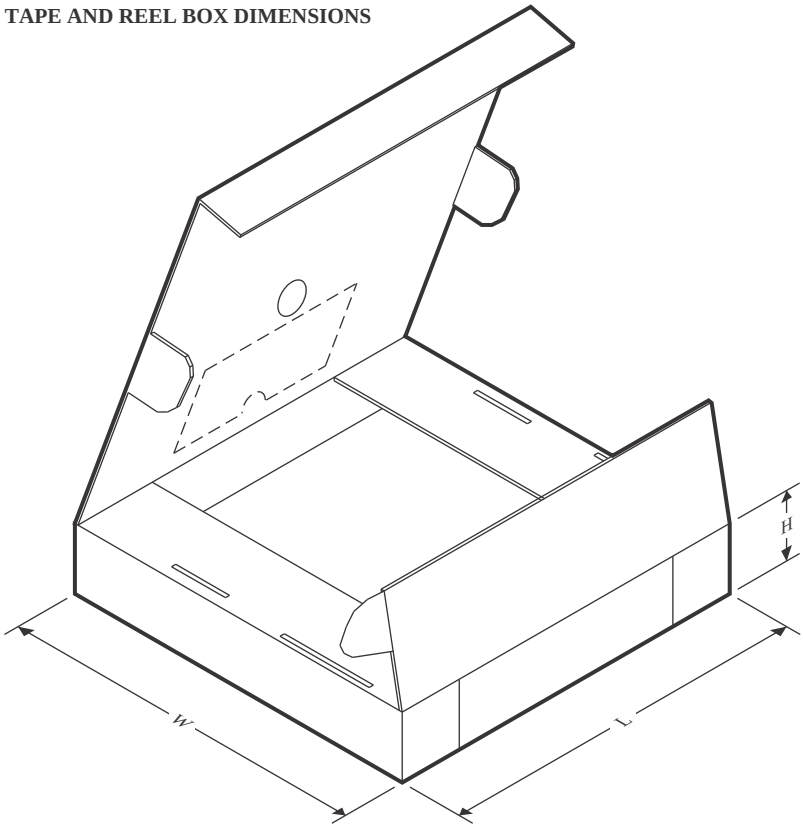
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
TPS7H1121MPWPTSEP	HTSSOP	PWP	24	250	178.0	16.4	6.95	8.3	1.6	8.0	16.0	Q1

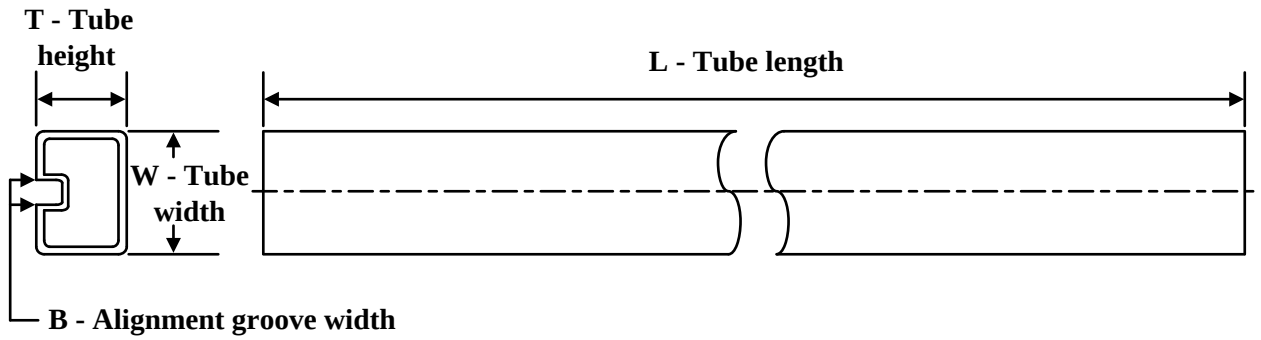
TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TPS7H1121MPWPTSEP	HTSSOP	PWP	24	250	208.0	191.0	35.0

TUBE



*All dimensions are nominal

Device	Package Name	Package Type	Pins	SPQ	L (mm)	W (mm)	T (µm)	B (mm)
5962R2320301VXC	HFT	CFP	22	25	506.98	32.77	9910	NA
TPS7H1121HFT/EM	HFT	CFP	22	15	506.98	32.77	9910	NA

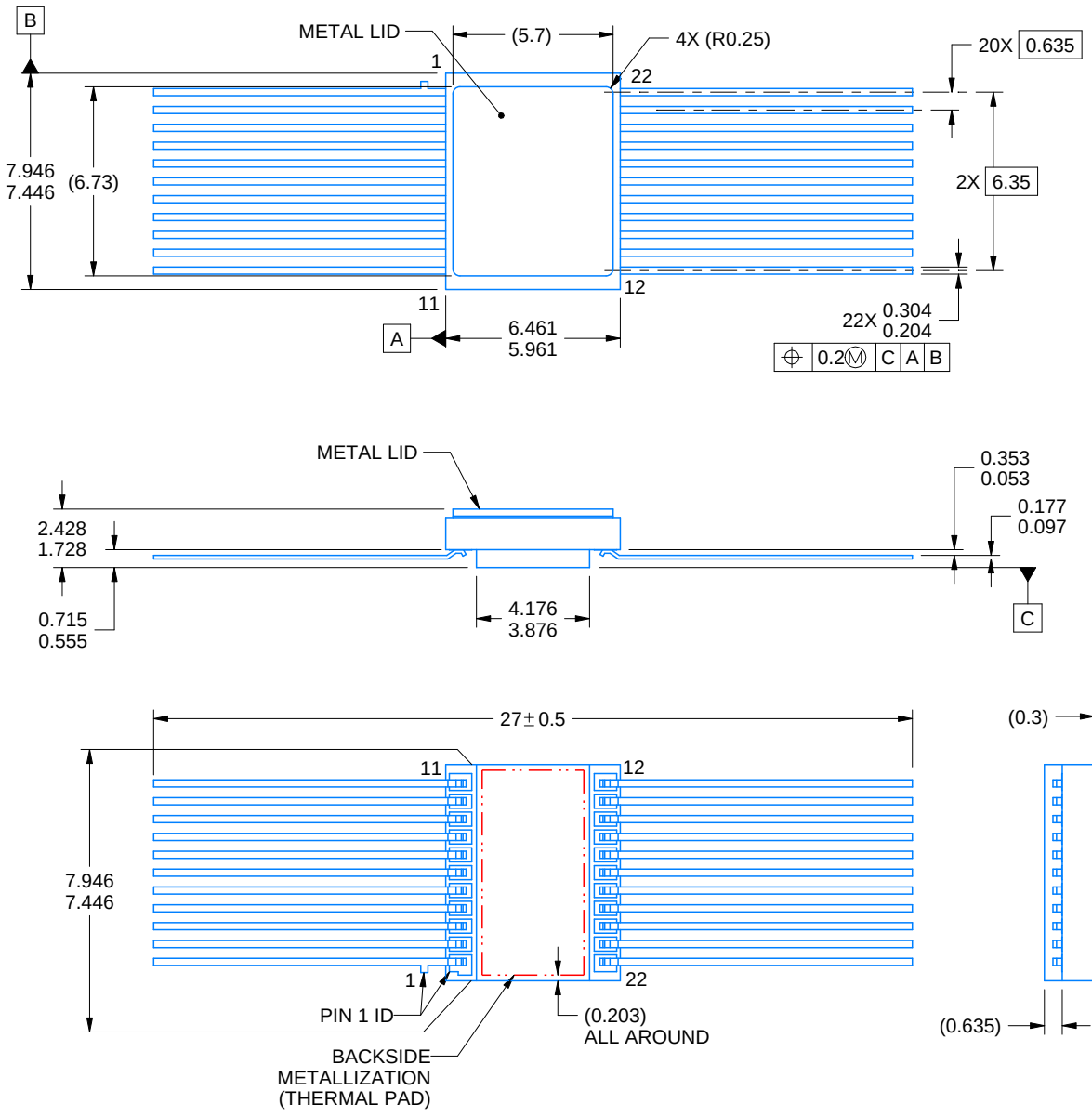


PACKAGE OUTLINE

HFT0022A

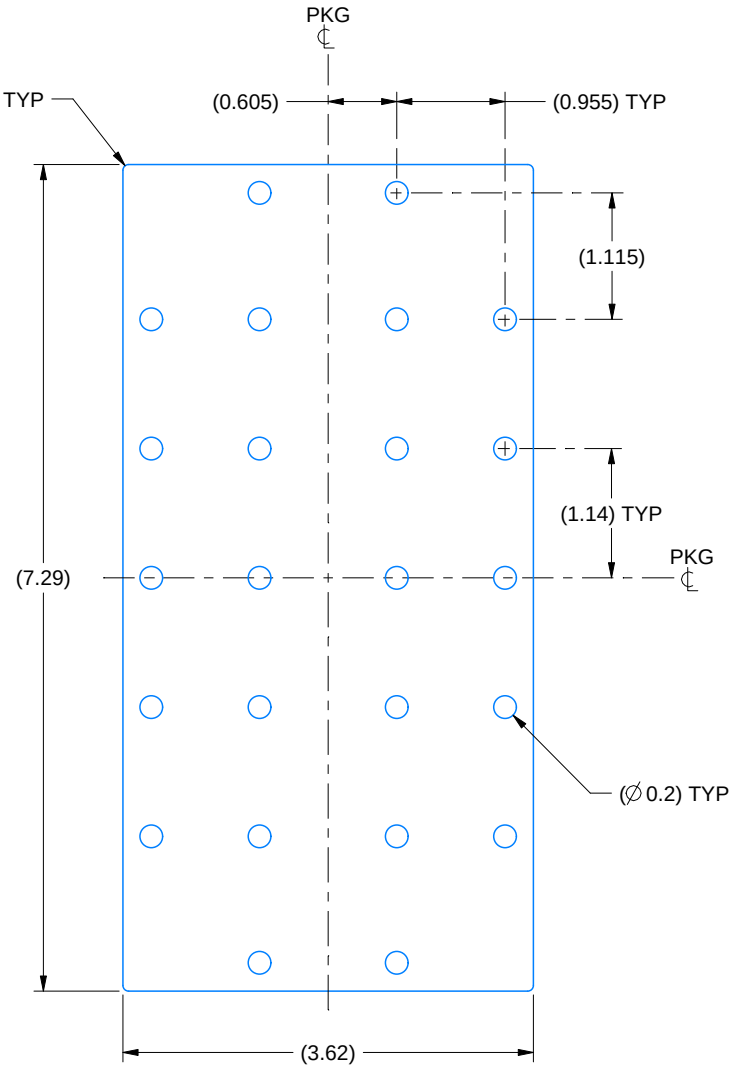
CFP - 2.428mm max height

CERAMIC FLATPACK



NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This package is hermetically sealed with a metal lid. The lid is not connected to any lead.
4. The leads are gold plated.
5. Metal lid is connected to backside metalization



HEATSINK LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:15X

4225791/C 01/2021

REVISIONS

REV	DESCRIPTION	ECR	DATE	ENGINEER / DRAFTER
A	RELEASE NEW DRAWING	2186323	03/13/2020	R. RAZAK / ANIS FAUZI
B	ADD LAND PATTERN VIEW / SHEET	2190485	10/22/2020	R. RAZAK / ANIS FAUZI
C	UPDATE TOTAL LEAD LENGTH TO 27± 0.5	2192775	01/28/2021	R. RAZAK / ANIS FAUZI

GENERIC PACKAGE VIEW

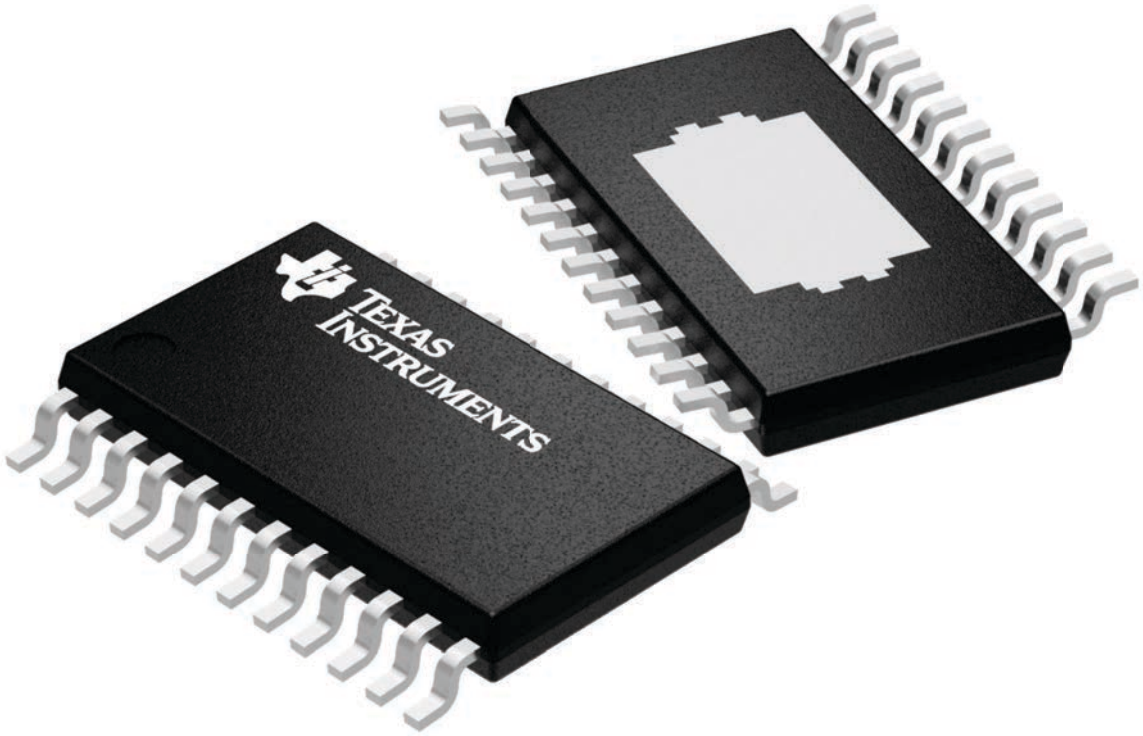
PWP 24

PowerPAD™ TSSOP - 1.2 mm max height

4.4 x 7.6, 0.65 mm pitch

PLASTIC SMALL OUTLINE

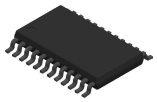
This image is a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.



4224742/B

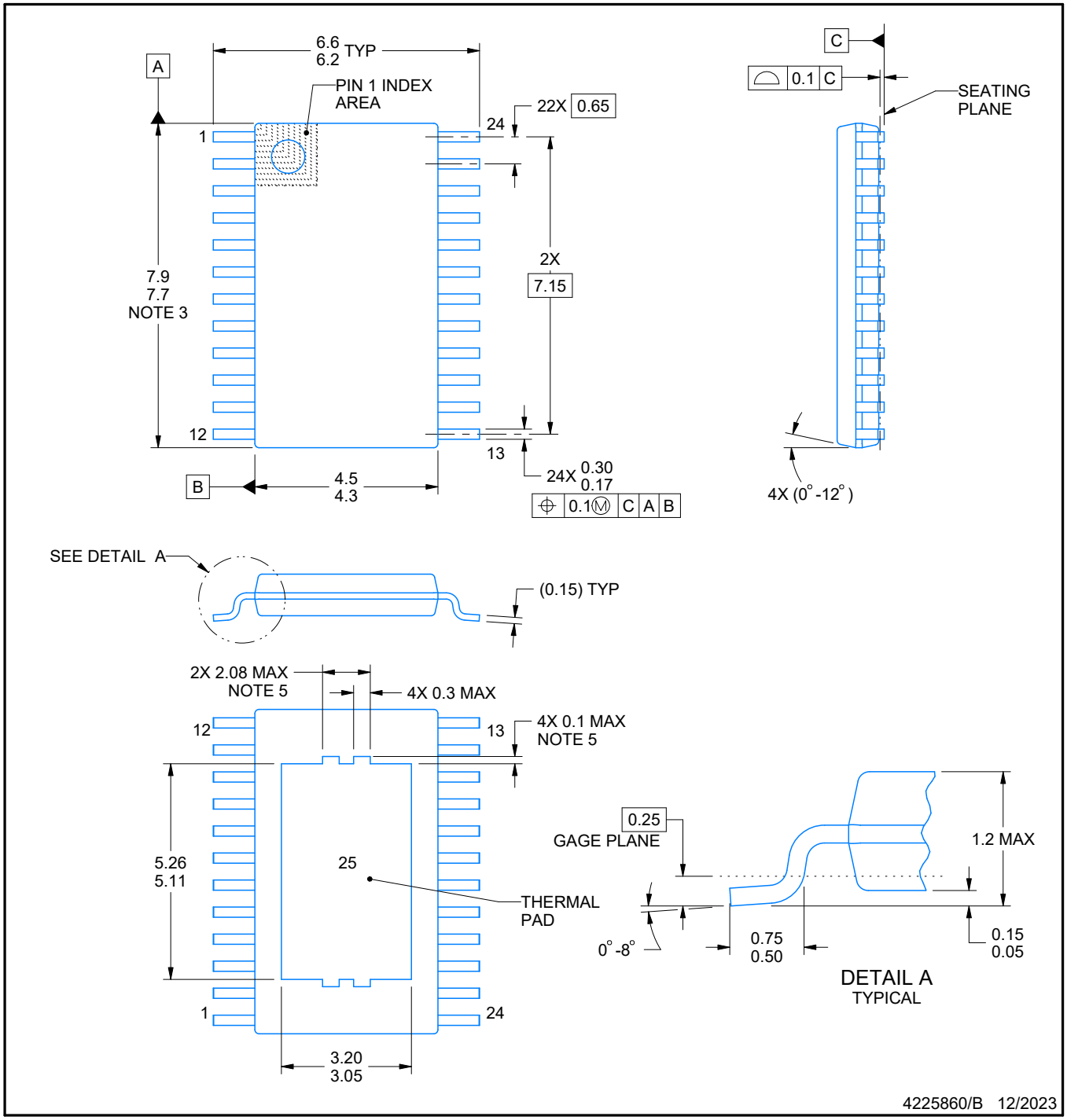
PACKAGE OUTLINE

PWP0024J



PowerPAD™ TSSOP - 1.2 mm max height

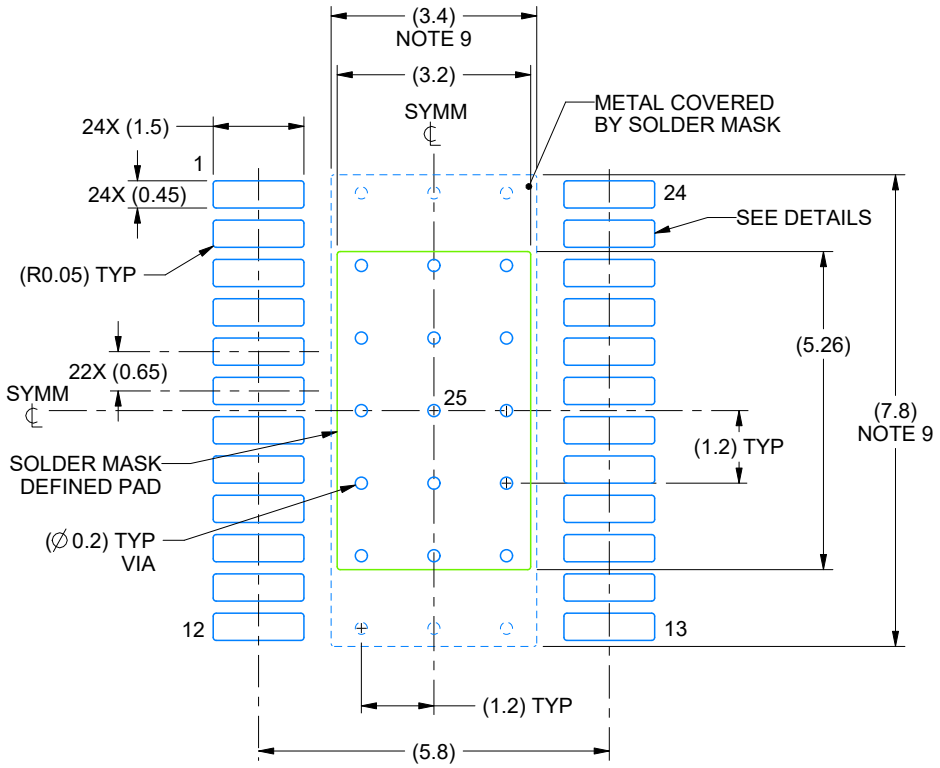
SMALL OUTLINE PACKAGE



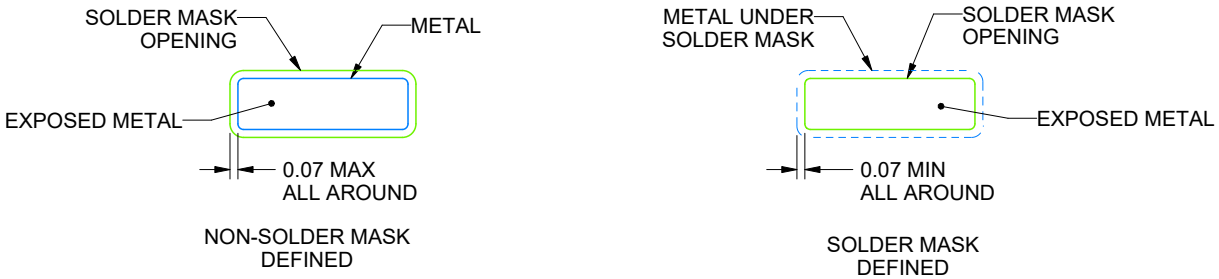
PowerPAD is a trademark of Texas Instruments.

NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm per side.
4. Reference JEDEC registration MO-153.
5. Features may differ or may not be present.



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 8X

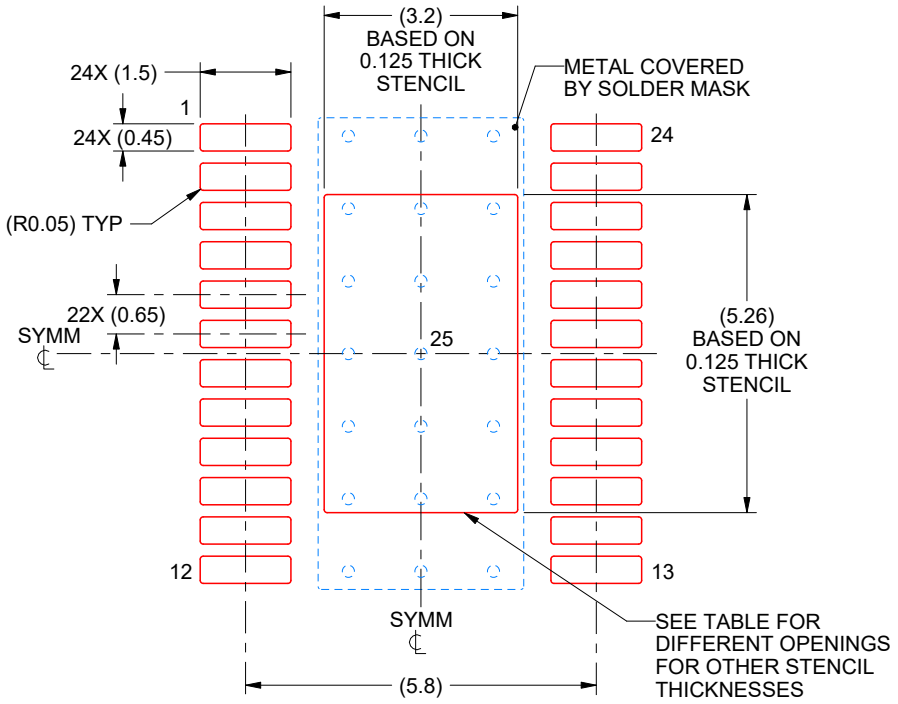


SOLDER MASK DETAILS

4225860/B 12/2023

NOTES: (continued)

6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.
8. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature numbers SLMA002 (www.ti.com/lit/slma002) and SLMA004 (www.ti.com/lit/slma004).
9. Size of metal pad may vary due to creepage requirement.
10. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
SCALE: 8X

STENCIL THICKNESS	SOLDER STENCIL OPENING
0.1	3.58 X 5.88
0.125	3.20 X 5.26 (SHOWN)
0.15	2.92 X 4.80
0.175	2.70 X 4.45

4225860/B 12/2023

NOTES: (continued)

11. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
12. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

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