

TVS4000 40V 平缓钳位浪涌保护器件

1 特性

- IEC 61000-4-5 浪涌保护：
 - 25A (8/20 μ s)
 - 钳位电压 (典型值) : 25A 时为 50.4V (8/20 μ s)
- 低漏电流：
 - 27°C 时典型值为 4.5nA
- 集成 IEC 61000-4-2 ESD 保护
- 极低动态电阻 : 11.7m Ω

2 应用

- 电力线

3 说明

TVS4000 可将高达 25A 的 IEC 61000-4-5 故障电流进行可靠分流, 以保护系统免受高功率瞬态冲击或雷击。TVS4000 使用独特的反馈机制, 可在故障期间实现精确的平缓钳位, 旨在使系统暴露在 54V 以下。严格的电压调节使设计人员能自信地选用更低耐压的系统元件, 降低系统成本与复杂度, 而不会牺牲稳健性。

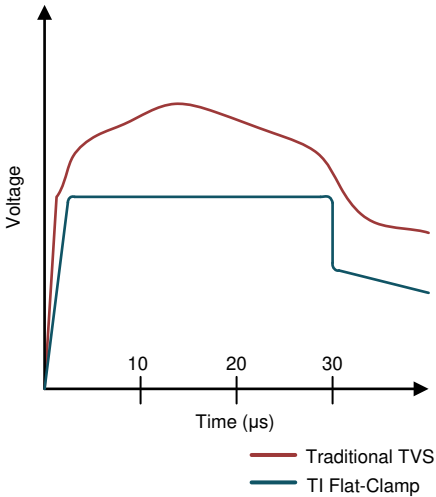
此外, TVS4000 采用 1.6mm x 1.6mm 尺寸, 是空间受限应用的适当选择。器件的漏电流和电容都非常低, 可以最大限度减少保护线路所受影响。

TVS4000 是 TI 的平缓钳位系列浪涌器件中的一款产品。有关该系列其他器件的更多信息, 请参阅[器件比较表](#)

封装信息

器件型号	封装 (1)	封装尺寸 (2)
TVS4000	DFN1616 (6)	1.6mm x 1.6mm

- (1) 有关更多信息, 请参阅 [节 12](#)。
(2) 封装尺寸 (长 x 宽) 为标称值, 并包括引脚 (如适用)。



对 8/20 μ s 浪涌事件的电压钳位响应

内容

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

4 器件比较表

器件	V_{rwm} (V)	I_{pp} (V) 时的 V_{clamp}	I_{pp} (8/20 μs) (A)	V_{rwm} 漏电流 (nA)	封装选项	极性
TVS0500	5	9.2	43	0.07	SON	单向
TVS1400	14	18.4	43	2.2	SON	单向
TVS1800	18	22.7	40	1.2	SON	单向
TVS2200	22	27.6	40	3.5	SON	单向
TVS2210	22	27.6	25	6	WCSP	单向
TVS2700	27	32.5	40	1.8	SON	单向
TVS3300	33	38	35	19	WCSP、SON	单向
TVS4000	40	50.4	25	4.5	DFN1616	单向
TVS5200	52	58.9	25	25	DFN1616	单向
TVS5800	58	71.03	25	6	DFN1616	单向

5 引脚配置和功能

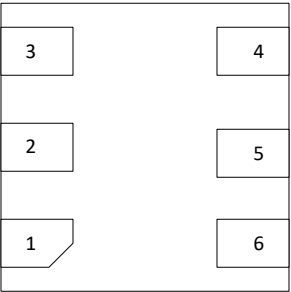


图 5-1. VEB 封装 6 引脚 DFN1616（底视图）

表 5-1. 引脚功能

引脚		类型 ⁽¹⁾	说明
名称	编号		
IN	4、5、6	I	ESD 和浪涌保护通道
GND	1、2、3	GND	接地

(1) I = 输入，GND = 接地

6 规格

6.1 绝对最大额定值

$T_A = 27^{\circ}\text{C}$ (除非另有说明)。(1)

		最小值	最大值	单位
最大浪涌	IEC 61000-4-5 电流 (8/20 μs)		25	A
	IEC 61000-4-5 功率 (8/20 μs)		1335	W
T_A	环境运行温度	-40	125	$^{\circ}\text{C}$
T_{stg}	存储温度	-65	150	$^{\circ}\text{C}$

(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 - JEDEC

			值	单位
$V_{\text{(ESD)}}$	静电放电	人体放电模式 (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 JEDEC 规范 JESD22-C101, 所有引脚(2)	± 500	

(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。

6.3 ESD 等级 - IEC

			值	单位
$V_{\text{(ESD)}}$	静电放电	IEC 61000-4-2 接触放电	± 15	kV
		IEC 61000-4-2 空气间隙放电	± 15	

6.4 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)

参数	最小值	标称值	最大值	单位
V_{RWM} 反向关断电压			40	V

6.5 热性能信息

热指标(1)		TVS4000	单位
		DFN1616	
		6 引脚	
R_{qJA}	结至环境热阻	132.1	$^{\circ}\text{C/W}$
$R_{\text{qJC(top)}}$	结至外壳 (顶部) 热阻	61.5	$^{\circ}\text{C/W}$
R_{qJB}	结至电路板热阻	34.5	$^{\circ}\text{C/W}$
Y_{JT}	结至顶部特征参数	1.04	$^{\circ}\text{C/W}$
Y_{JB}	结至电路板特征参数	34.4	$^{\circ}\text{C/W}$
$R_{\text{qJC(bot)}}$	结至外壳 (底部) 热阻	不适用	$^{\circ}\text{C/W}$

(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。

6.6 电气特性

测试条件为： $T_A = 27^\circ\text{C}$ (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{RWM}	反向关断电压				40	V
I_{LEAK}	漏电流	在 $V_{IN} = V_{RWM}$ $T_A = 27^\circ\text{C}$ 时测得		4.5	232	nA
		在 $V_{IN} = V_{RWM}$ $T_A = 85^\circ\text{C}$ 时测得		40	910	nA
		在 $V_{IN} = V_{RWM}$ $T_A = 105^\circ\text{C}$ 时测得		120	1900	nA
V_F	正向电压	从 GND 至 IO, $I_{IN} = 1\text{mA}$	0.25	0.5	0.65	V
V_{BR}	击穿电压	从 IO 至 GND, $I_{IN} = 1\text{mA}$	46.45			V
V_{CLAMP}	钳位电压	从 IO 至 GND, 12A IEC 61000-4-5 浪涌 (8/20 μs), 在浪涌前 $V_{IN} = 0\text{V}$, 27°C		50.3	53.2	V
		从 IO 至 GND, 25A IEC 61000-4-5 浪涌 (8/20 μs), 在浪涌前 $V_{IN} = 0\text{V}$, 27°C		50.4	53.4	V
R_{DYN}	8/20 μs 浪涌动态电阻	在 $.5 \cdot I_{pp}$ 和 I_{pp} 浪涌电流电平和 27°C 时, 根据 V_{CLAMP} 计算得出		11.7		m Ω
C_{IN}	输入引脚电容	$V_{IN} = V_{RWM}$, $f = 1\text{MHz}$, 30mV $_{pp}$, IO 至 GND		140		pF

7 典型特性

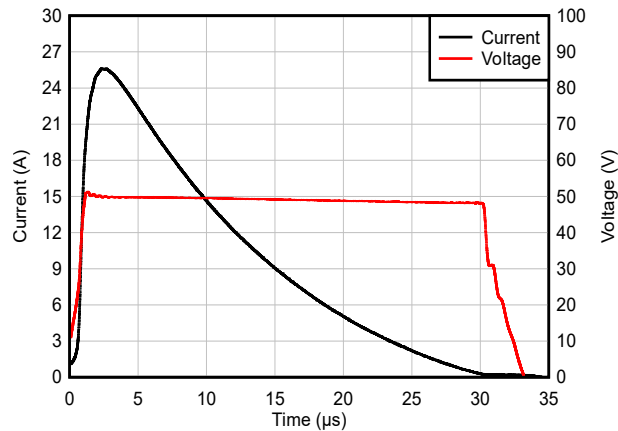


图 7-1. 电流为 25A 时，浪涌响应为 8/20μs

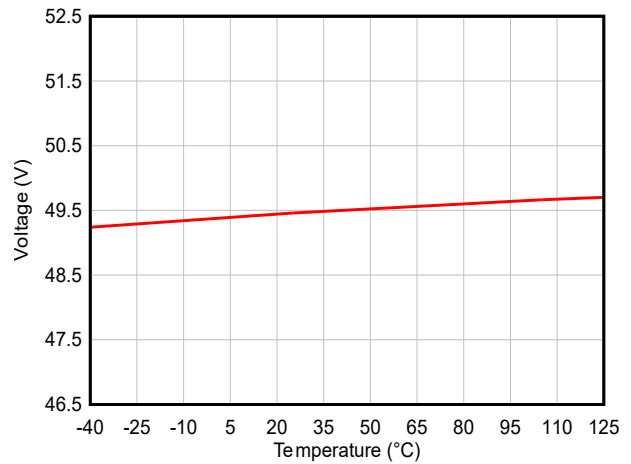


图 7-2. 击穿电压 (1mA) 与温度间的关系

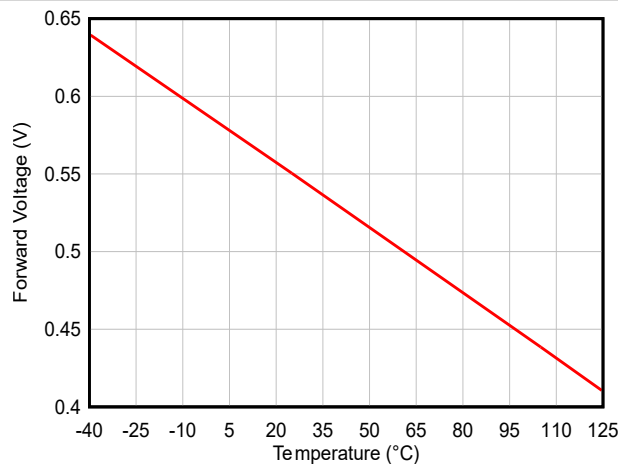


图 7-3. 正向电压与温度间的关系

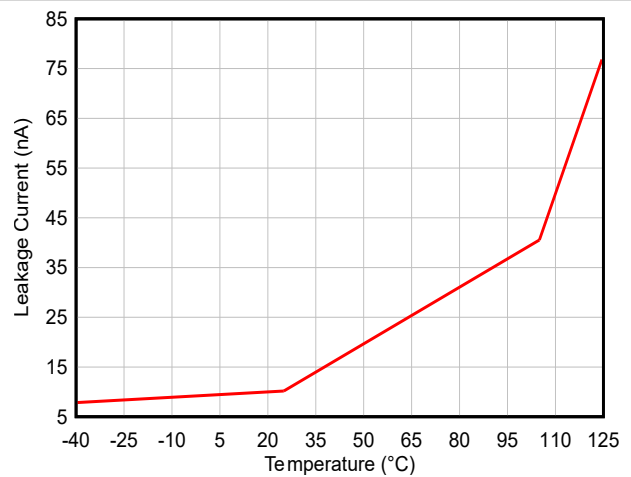


图 7-4. 漏电流与温度间的关系

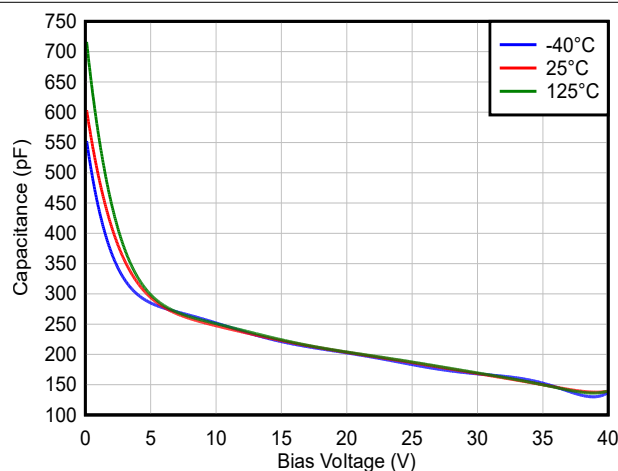


图 7-5. 温度范围内电容与偏置电压间的关系

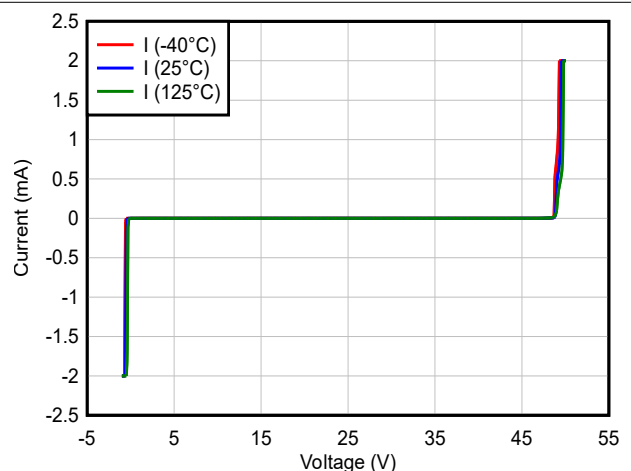


图 7-6. 温度范围内的 I/V 曲线

7 典型特性 (续)

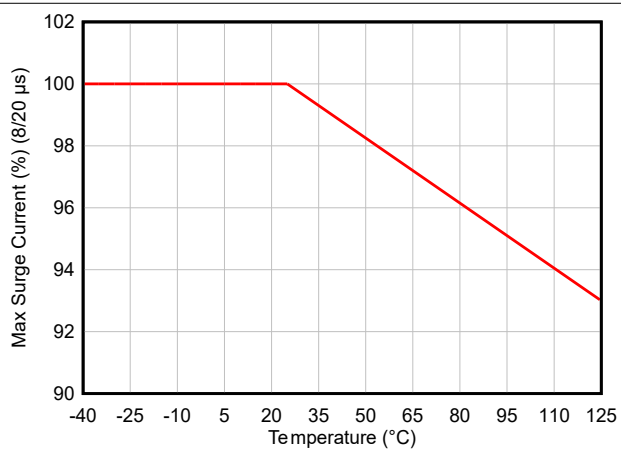


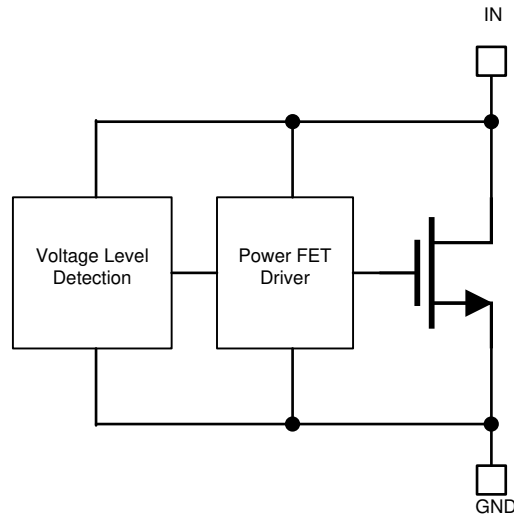
图 7-7. 最大浪涌电流降额曲线

8 详细说明

8.1 概述

TVS4000 是一款精密钳位器件，在浪涌等瞬态过压事件中具有低且平缓的钳位电压特性，可实现零电压过冲保护。

8.2 功能方框图



8.3 特性说明

TVS4000 是一款精密钳位器件，可承受 25A 的 IEC 61000-4-5 8/20 μ s 浪涌脉冲。平缓钳位特性有助于保持非常低的钳位电压，从而避免下游电路承受应力。平缓钳位特性还可为终端设备设计者节省成本，使其能够采用更低成本、耐压更低的下游 IC。TVS4000 在 40V 耐压条件下具有极低漏电流特性，使其成为低漏电流与低功耗应用场景的适当选择。-40°C 至 +125°C 的宽环境温度范围，成为大多数应用的理想选择。紧凑封装设计可集成于小型器件中，有效节省电路板空间。

8.4 器件功能模式

8.4.1 保护规格

根据 IEC 61000-4-5 标准指定 TVS4000。IEC 61000-4-5 标准要求对上升时间为 8 μ s、半长为 20 μ s 的脉冲提供保护。

TVS4000 已根据 IEC 61000-4-5 进行测试，通过 42 Ω 耦合电阻器和 0.5 μ F 电容器进行 $\pm$ 1kV 浪涌测试。该测试是工业信号 I/O 线路的通用测试要求，TVS4000 可为满足此要求的应用提供保护方案。

TVS4000 同时集成 IEC 61000-4-2 级别 4 ESD 保护功能。这些特性相结合，可确保器件能够针对大多数瞬态条件（无论长度或类型如何）提供保护。

更多有关 TI 浪涌、ESD 和 EFT 测试方法的信息，请参阅 [TI 的 IEC 61000-4-x 测试](#) 应用手册。

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

TVS4000 可用于保护任何电源、模拟或数字信号免受由环境或其他电气元件引起的瞬态故障条件的影响。

9.2 典型应用

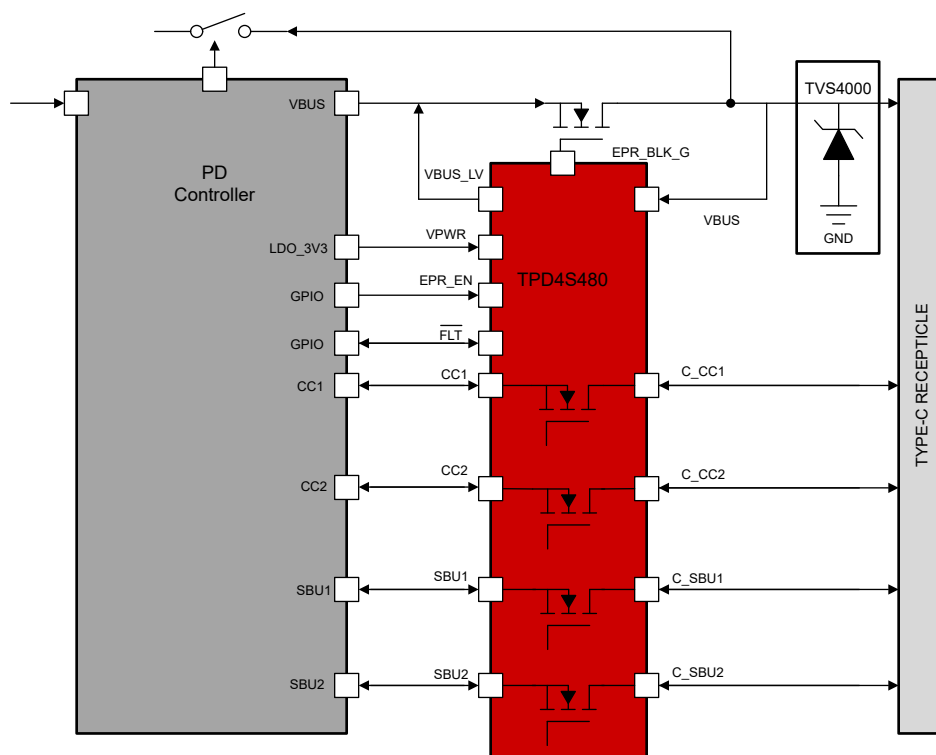


图 9-1. TVS4000 应用原理图

9.2.1 设计要求

TVS4000 的应用之一是保护 USB 扩展功率范围 (EPR) 端口保护器。在本例中, TVS4000 用于保护 USB Type-C® 36V EPR 端口保护器 (如 TPD4S480) 的 VBUS 引脚, 标称电压为 36V 且钳位电压要求为 63V。TVS4000 的最大钳位电压为 53.4V, 因而该器件非常适合用于提供保护。此外, 最大预期 VBUS 电压可以达到 38.3V, 相当于 5% 的容差 + 0.5V, 这意味着 TVS 的工作电压需要为 38.3V 或以上。有关 EPR 端口保护器的更多信息, 请参阅 [TPD4S480 数据表](#)。

此类大多数工业接口都需要通过 42 Ω 耦合电阻器及 0.5 μF 电容器 (大约等于 24A 的浪涌电流) 针对 ±1kV 浪涌测试提供保护。在无任何输入保护的情况下, 如果浪涌事件是由雷击、耦合、振铃或任何其他故障条件引起的, 则该输入电压会连续数微秒上升到数百伏, 这样不仅突破绝对最大输入电压限制, 更会损坏设备。理想的浪涌保护二极管可更大幅度地提高可用电压范围, 同时仍在系统的安全水平钳位, TI 的平缓钳位技术可提供适当的保护方案。

9.2.2 详细设计过程

若 TVS4000 已安装到位能保护设备, 在浪涌事件发生时, 电压升至二极管击穿点 V (46.45V), 此时 TVS4000 导通, 并将浪涌电流分流到接地端。由于 TVS4000 具有低动态电阻, 即使是大量浪涌电流对钳位电压的影响也微乎其微。TVS4000 的动态电阻在 11.7 mΩ 附近, 这意味着 24A 浪涌电流会引起 $24A \times 11.7m\Omega = 0.29V$ 的电压升高。由于该器件在 46.45V 时导通, 这意味着在浪涌脉冲期间, TPD4S480 输入端最多承受 $46.45V + 0.29V = 46.74V$ 的电压, 远低于绝对最大输入电压。这样可以保持对于电路的强大保护。

小尺寸器件通过降低故障电流对邻近布线的耦合效应, 进一步提升了故障保护能力。TVS4000 外形小巧, 因此可将器件放置在非常靠近输入连接器的位置, 相较于大型保护方案, 其显著缩短了故障电流在系统中的流经路径长度。

9.3 电源相关建议

TVS4000 是一个钳位器件, 因而不需为器件供电。为了保持器件正常工作, 请勿超出建议的 VIN 电压范围 (0V 至 40V)。

9.4 布局

9.4.1 布局指南

最佳放置位置应紧邻连接器。ESD 事件期间的 EMI 可能会从受到冲击的布线耦合到附近其他未受保护的布线, 从而导致早期系统故障。PCB 设计人员必须使任何未受保护的布线远离 TVS 和连接器之间受保护的布线, 以更大幅度地降低 EMI 耦合的可能性。

将受保护的布线路由成直线。使用半径尽可能大的圆角, 消除 TVS4000 和连接器之间受保护布线上的任何尖角。电场往往会积聚在拐角上, 从而增加 EMI 耦合。

9.4.2 布局示例

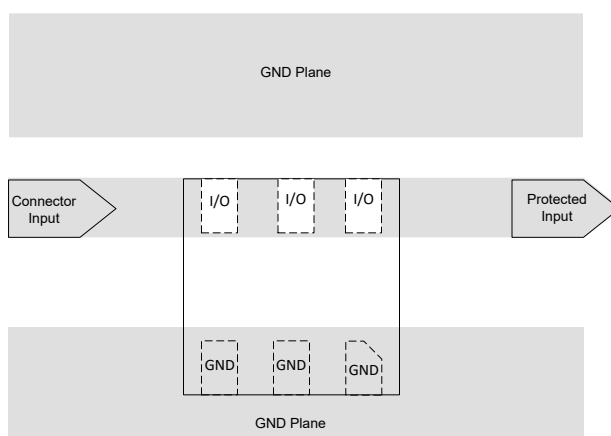


图 9-2. TVS4000 DFN1616 布局

10 器件和文档支持

10.1 文档支持

10.1.1 相关文档

如要查看相关文件，请参阅以下内容：

- 德州仪器 (TI)，[平缓钳位 TVS 评估套件](#)
- 德州仪器 (TI)，[如何选择浪涌二极管](#)
- 德州仪器 (TI)，[平缓钳位浪涌保护技术实现高效系统保护](#)

10.2 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。

10.3 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](#)。

10.4 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。

10.5 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。

10.6 术语表

[TI 术语表](#) 本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

11 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

日期	修订版本	注释
July 2026	*	初始发行版

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。

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)
TVS4000VEBR	Active	Production	UQFN-HR (VEB) 6	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	SE

⁽¹⁾ **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).

⁽²⁾ **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

⁽³⁾ **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.

⁽⁴⁾ **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

⁽⁵⁾ **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

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

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "-" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer:The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

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

TAPE AND REEL INFORMATION



*All dimensions are nominal

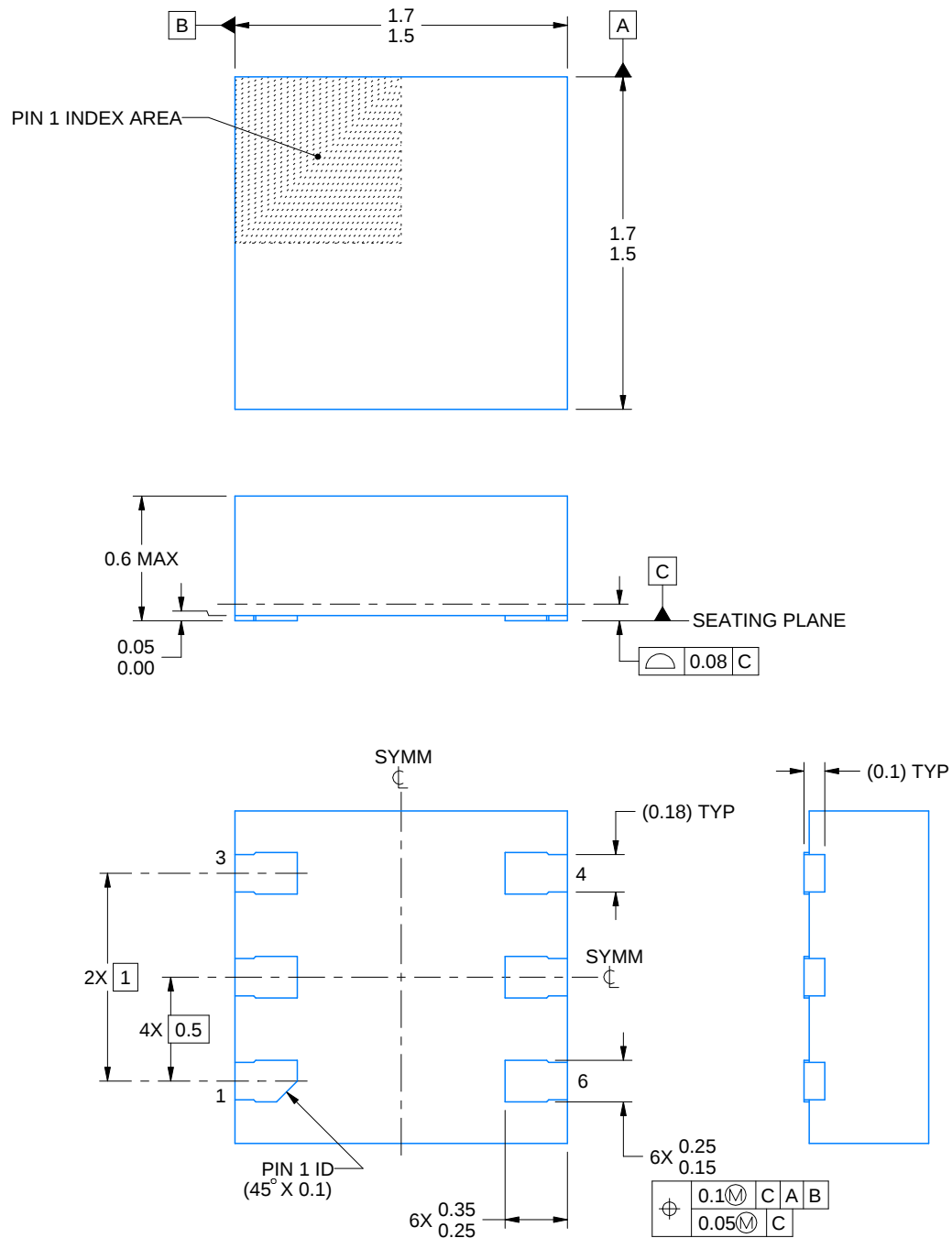
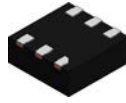
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
TVS4000VEBR	UQFN-HR	VEB	6	3000	180.0	8.4	1.85	1.85	0.85	4.0	8.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TVS4000VEBR	UQFN-HR	VEB	6	3000	210.0	185.0	35.0



4231688/B 06/2026

NOTES:

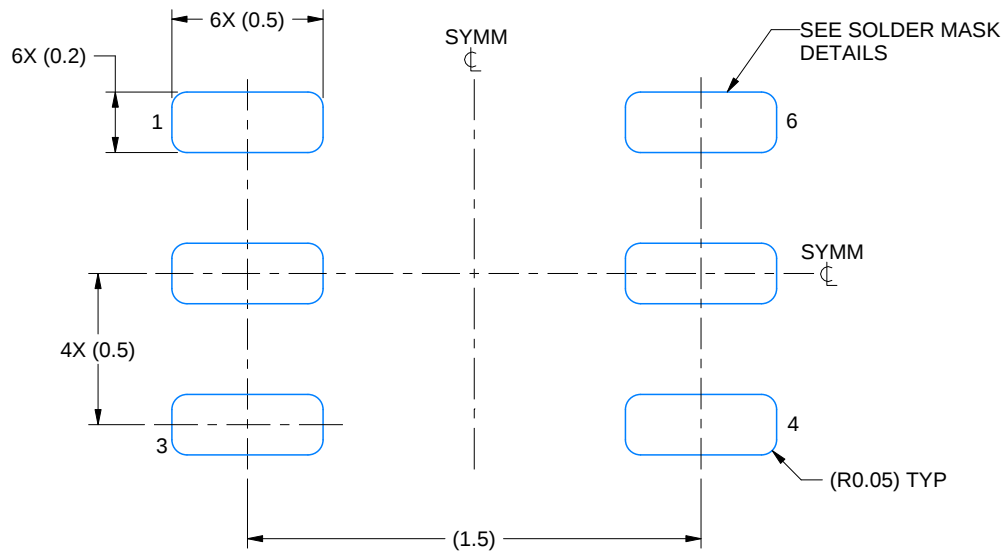
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

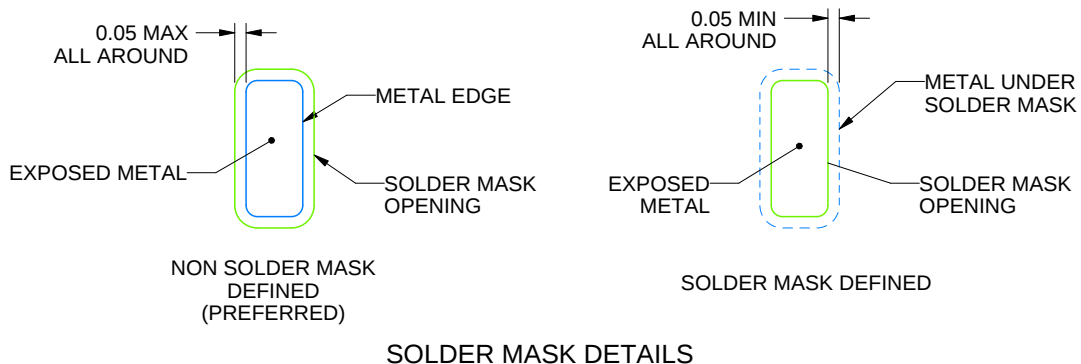
VEB0006A

UQFN-HR - 0.6 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 40X



4231688/B 06/2026

NOTES: (continued)

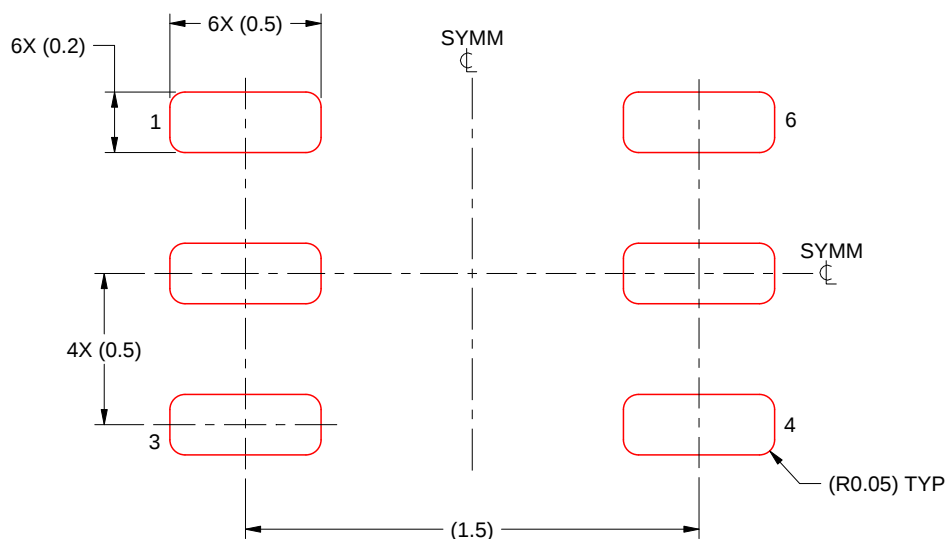
3. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/sluea271).

EXAMPLE STENCIL DESIGN

VEB0006A

UQFN-HR - 0.6 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
SCALE: 40X

4231688/B 06/2026

NOTES: (continued)

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

重要通知和免责声明

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

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

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

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

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月