

ESD441 采用 0201 和 0402 封装的单通道 $\pm 30\text{kV}$ 单向 ESD 二极管

1 特性

- IEC 61000-4-2 4 级 ESD 保护
 - $\pm 30\text{kV}$ 接触放电
 - $\pm 30\text{kV}$ 空气间隙放电
- IEC 61000-4-5 浪涌保护
 - 6A (8/20 μs)
- IO 电容：
 - 1pF (典型值)
- 直流击穿电压：7V (典型值)
- 超低漏电流：50nA (最大值)
- 超低的 ESD 钳位电压
 - 16A TLP 时为 7.6V
 - R_{DYN} ：0.1 Ω (I/O 至 GND)
- 低插入损耗：2GHz (- 3dB 带宽)
- 支持速率高达 4Gbps 的高速接口
- 工业温度范围：-55 $^{\circ}\text{C}$ 至 +150 $^{\circ}\text{C}$
- 节省空间的业界通用封装：0201 (0.6mm $\times$ 0.3mm) 与 0402 (1.0mm $\times$ 0.6mm)

2 应用

- 终端设备：
 - 扫地机器人
 - 可穿戴设备
 - 智能扬声器
 - 便携式电子产品
 - 小型电器
 - 零售自动化和支付
 - 便携式计算机和台式机
 - 电视和监视器
 - 扩展坞
- 接口：
 - USB 2.0
 - HDMI™ 1.4 和 2.0
 - DisplayPort™
 - SIM 卡
 - GPIO

3 说明

ESD441 是一款单向 ESD 保护二极管，用于保护数据线路和其他 I/O 端口。ESD441 的额定 ESD 冲击消散值高达 $\pm 30\text{kV}$ ，符合 IEC 61000-4-2 国际标准（高于 4 级）。

该器件具有 1pF (典型值) IO 电容，可为 USB 2.0 等协议提供高速接口保护。指定了极低动态电阻 (0.1 Ω) 和钳位电压 (16TLP 时为 7.6V)，可针对瞬态事件提供系统级保护。

30kV ESD 等级和 6 A 浪涌采用微型封装，可提供强大的瞬态保护，用于保护便携式电子产品和其他空间狭小应用（如可穿戴设备）中的 5.5 V 电源轨。

ESD441 采用业界通用的 0201 和 0402 封装。

封装信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	封装尺寸 ⁽²⁾
ESD441	DPL (DFN0603, 2)	0.6mm $\times$ 0.3mm
	DPY (DFN1006, 2)	1.0mm $\times$ 0.6mm

- (1) 如需了解所有可用封装，请参阅数据表末尾的可订购产品附录。
- (2) 封装尺寸 (长 $\times$ 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。



功能方框图



内容

1 特性	1	6 应用和实施	10
2 应用	1	6.1 应用信息.....	10
3 说明	1	7 器件和文档支持	11
4 引脚配置和功能	3	7.1 文档支持.....	11
5 规格	4	7.2 接收文档更新通知.....	11
5.1 绝对最大额定值.....	4	7.3 支持资源.....	11
5.2 ESD 等级 - JEDEC 规格.....	4	7.4 商标.....	11
5.3 ESD 等级 - IEC 规格.....	4	7.5 静电放电警告.....	11
5.4 建议运行条件.....	4	7.6 术语表.....	11
5.5 热性能信息.....	5	8 修订历史记录	11
5.6 电气特性.....	6	9 机械、封装和可订购信息	12
5.7 典型特性.....	7		

4 引脚配置和功能

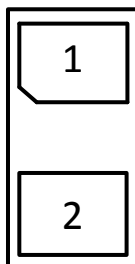


图 4-1. DPL 封装，2 引脚 DFN0603 (顶视图)

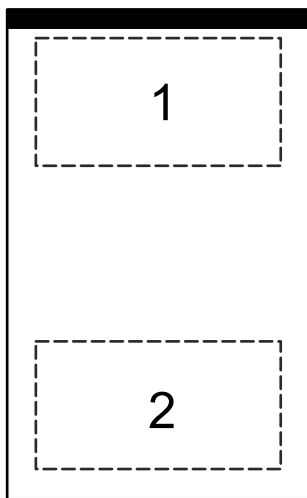


图 4-2. DPY 封装，2 引脚 DFN1006 (顶视图)

表 4-1. 引脚功能

引脚		类型 ⁽¹⁾	说明
名称	编号		
IO	1	I/O	ESD 保护通道
GND	2	GND	接地。接地。

(1) I = 输入，O = 输出，GND = 接地

5 规格

5.1 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
峰值脉冲 ^{(2) (3)}	IEC 61000-4-5 功率 ($t_p - 8/20\mu s$)		45	W
	IEC 61000-4-5 电流 ($t_p - 8/20\mu s$)		6	A
T_A	环境运行温度	-55	150	°C
T_{stg}	存储温度	-65	155	°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。如果在建议运行条件之外但在绝对最大额定值范围内短暂运行, 器件可能不会受到损坏, 但可能无法完全正常工作。以这种方式运行器件可能会影响器件的可靠性、功能和性能, 并缩短器件寿命。

(2) 除非另有说明, 否则电压均以 GND 为基准。

(3) 在 25°C 时测得

5.2 ESD 等级 - JEDEC 规格

			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 ⁽¹⁾	±2500	V
		充电器件模型 (CDM), 符合 JEDEC 规范 JS-002 ⁽²⁾	±1000	V

(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。

5.3 ESD 等级 - IEC 规格

			值	单位
$V_{(ESD)}$	静电放电	IEC 61000-4-2 接触放电	±30000	V
		IEC 61000-4-2 空气间隙放电	±30000	

5.4 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)

			最小值	标称值	最大值	单位
V_{IO}	输入引脚电压	IO 至 GND	0		5.5	V
T_A	自然通风条件下的工作温度		-55		150	°C

5.5 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		ESD441		单位
		DPL (DFN0603)	DPY (DFN1006)	
		2 引脚	2 引脚	
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	519.9	448.9	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳 (顶部) 热阻	336.9	308.6	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	209.2	197.5	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	136.7	159.4	°C/W
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数	207.2	196.6	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳 (底部) 热阻	不适用	不适用	°C/W

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

5.6 电气特性

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 条件下 (除非另有说明) ⁽¹⁾

参数	封装	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{RWM}	反向关断电压	$I_O < 100\text{nA}$, 在工作温度范围内		5.5		V
I_{LEAK}	反向漏电流	$V_{IO} = 5.5\text{V}$, IO 至 GND 或 GND 至 IO		1	50	nA
V_{BR}	击穿电压	$I_O = 1\text{mA}$, IO 至 GND	6	7	8	V
V_{CLAMP}	使用 TLP 时的钳位电压 浪涌冲击的钳位电压 ⁽³⁾	DPL 封装	$I_{PP} = 1\text{A}$, TLP, IO 至 GND	6.3		V
			$I_{PP} = 5\text{A}$, TLP, IO 至 GND	6.5		
			$I_{PP} = 16\text{A}$, TLP, IO 至 GND	7.6		
			$I_{PP} = 16\text{A}$, TLP, GND 至 IO	3.8		
			$I_{PP} = 6\text{A}$, $t_p = 8/20\mu\text{s}$, IO 至 GND	7.6		
R_{DYN}	动态电阻 ⁽²⁾	DPL 封装	IO 至 GND	0.1		Ω
			GND 至 IO	0.16		
V_{CLAMP}	使用 TLP 时的钳位电压 浪涌冲击的钳位电压 ⁽³⁾	DPY 封装	$I_{PP} = 1\text{A}$, TLP, IO 至 GND	7.1		V
			$I_{PP} = 5\text{A}$, TLP, IO 至 GND	7.3		
			$I_{PP} = 16\text{A}$, TLP, IO 至 GND	8.2		
			$I_{PP} = 16\text{A}$, TLP, GND 至 IO	3.8		
			$I_{PP} = 6\text{A}$, $t_p = 8/20\mu\text{s}$, IO 至 GND	8.6		
R_{DYN}	动态电阻 ⁽²⁾	DPY 封装	IO 至 GND	0.16		Ω
			GND 至 IO	0.16		
C_L	线路电容	DPL 和 DPY 封装	$V_{IO} = 0\text{V}$; $f = 1\text{MHz}$, $V_{pp} = 30\text{mV}$, IO 至 GND 或 IO 至 GND	1		pF

(1) 典型参数在 25°C 时测得

(2) 在 $I = 10\text{A}$ 和 $I = 20\text{A}$ 之间使用 TLP 特性的最小二乘拟合来提取 R_{DYN}

(3) 符合 IEC 61000-4-5 标准的非重复电流脉冲 $8\mu\text{s}$ 至 $20\mu\text{s}$ 指数衰减波形

5.7 典型特性

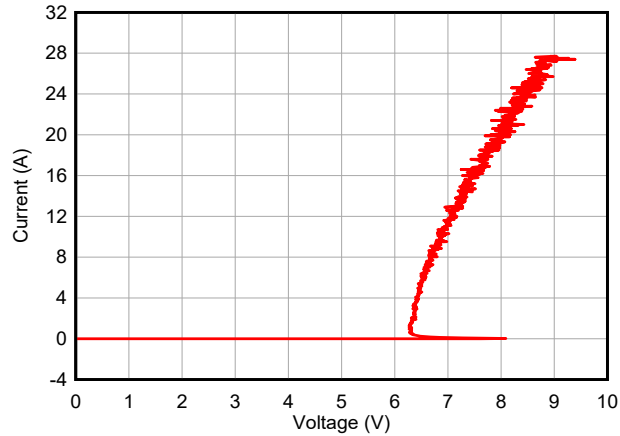


图 5-1. 正 TLP 曲线 (DPL)

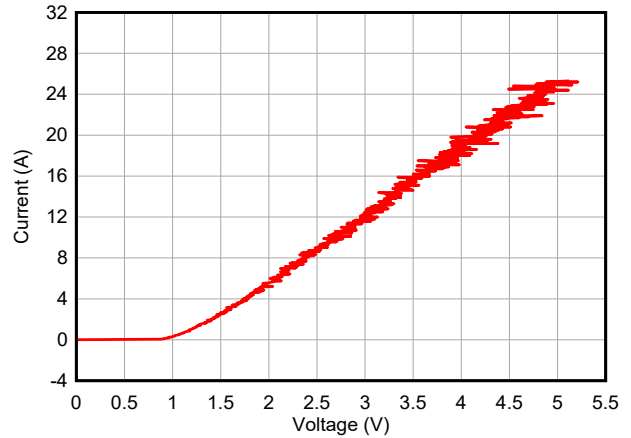


图 5-2. 负 TLP 曲线 (DPL)

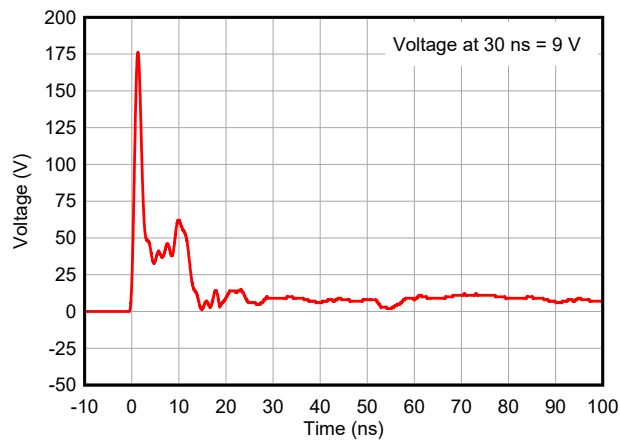


图 5-3. +8kV 钳位 IEC 波形 (DPL)

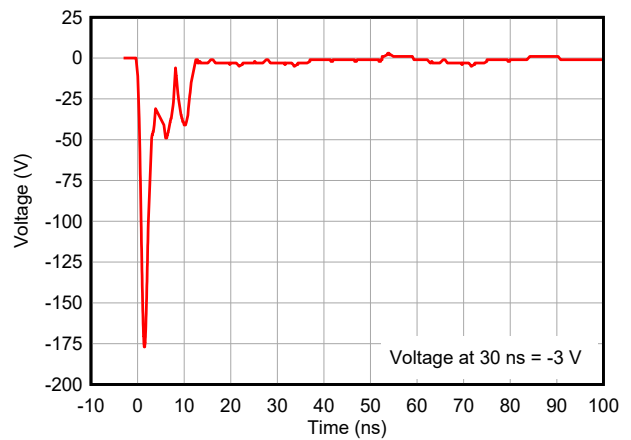


图 5-4. -8kV 钳位 IEC 波形 (DPL)

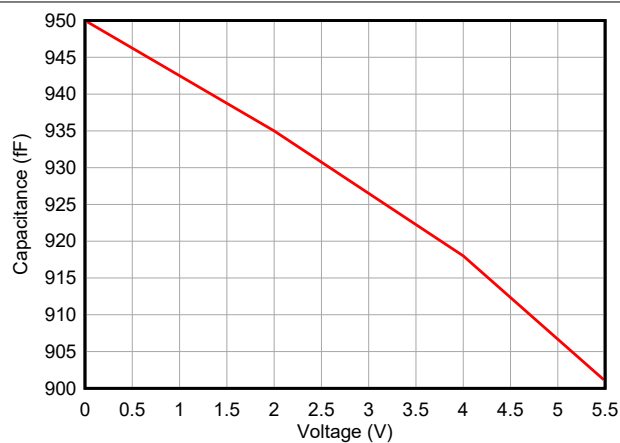


图 5-5. 偏置电压与电容间的关系 (DPL)

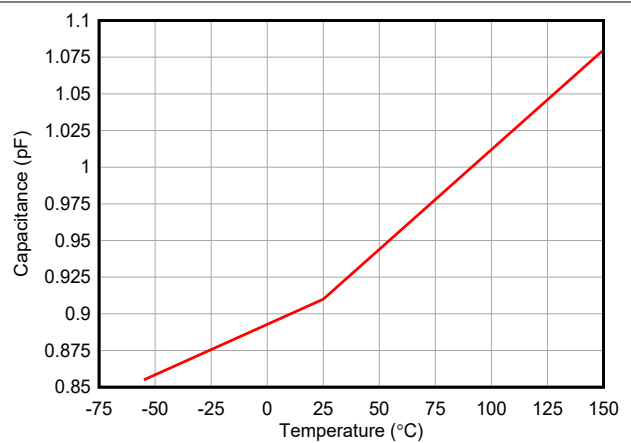


图 5-6. 温度与电容间的关系 (DPL)

5.7 典型特性 (续)

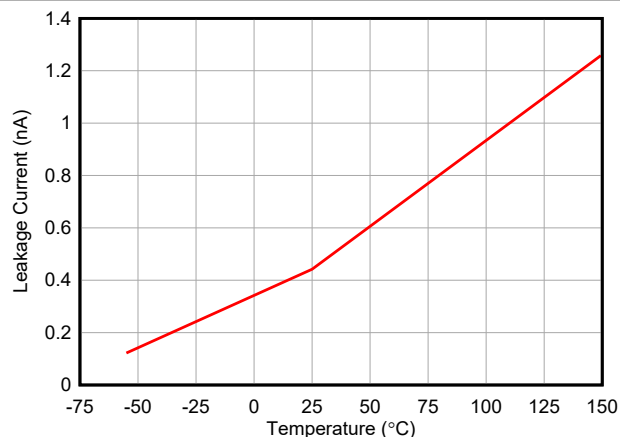


图 5-7. 温度与漏电流间的关系 (DPL)

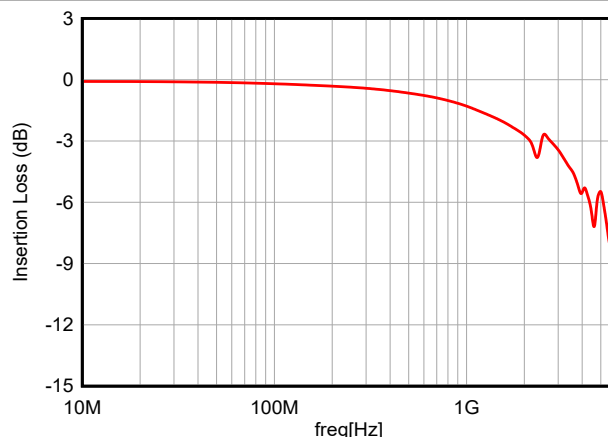


图 5-8. 插入损耗 (DPL)

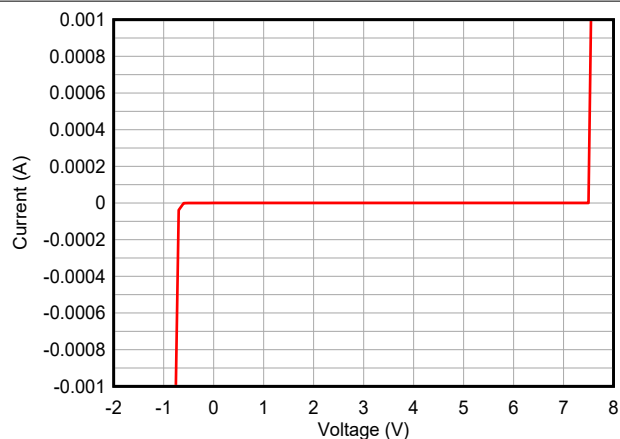


图 5-9. 直流 I-V 曲线 (DPL)

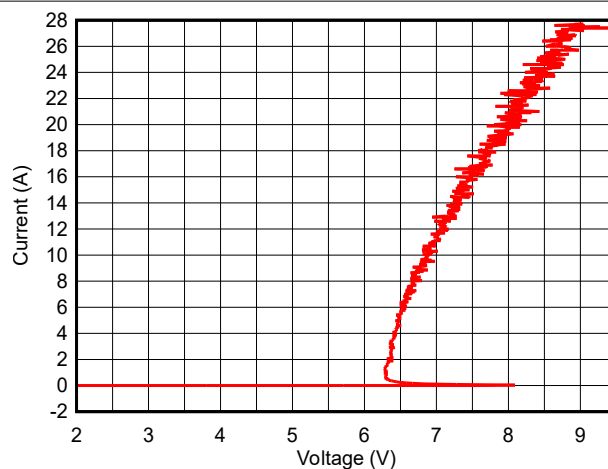


图 5-10. 正 TLP 曲线 (DPY)

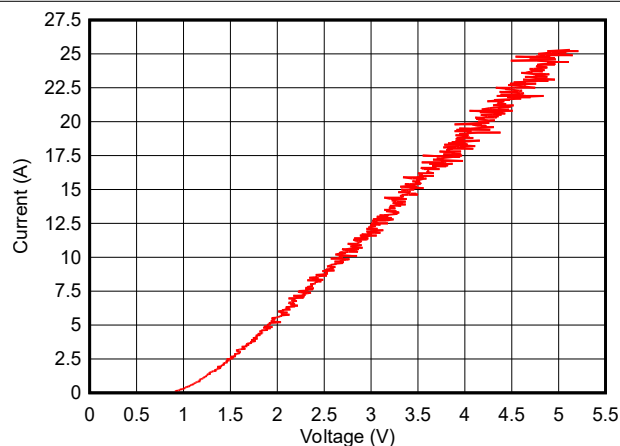


图 5-11. 负 TLP 曲线 (DPY)

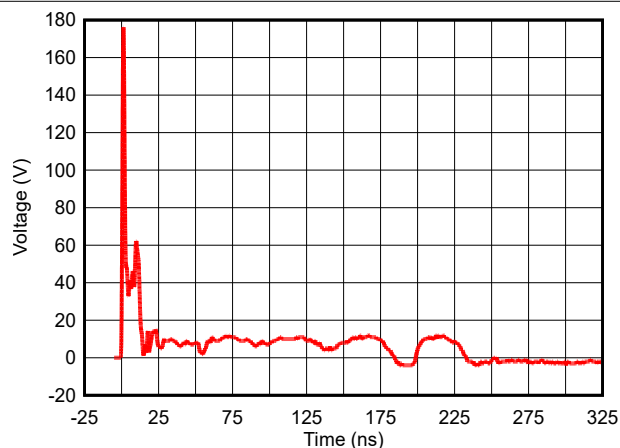


图 5-12. +8kV 钳位 IEC 波形 (DPY)

5.7 典型特性 (续)

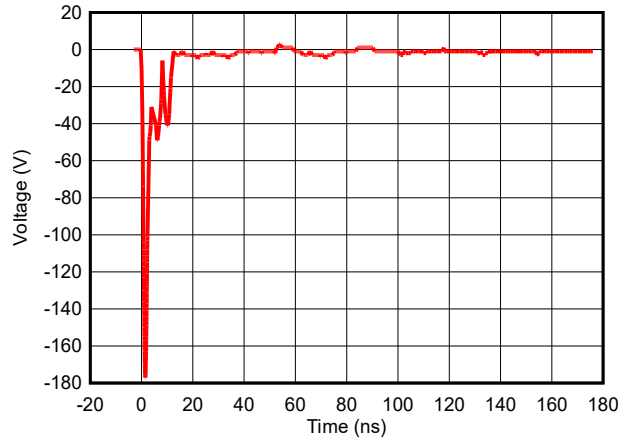


图 5-13. -8kV 钳位 IEC 波形 (DPY)

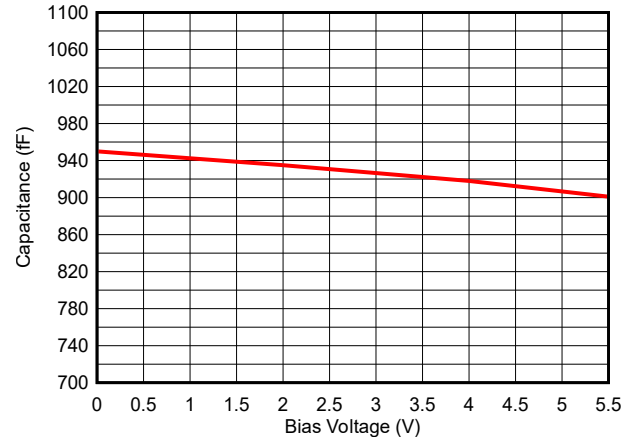


图 5-14. 偏置电压与电容间的关系 (DPY)

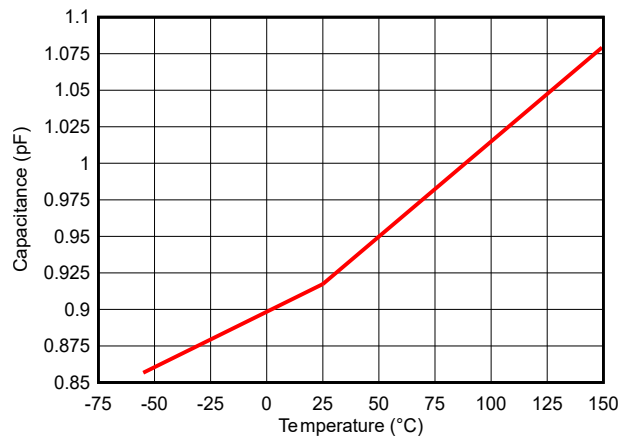


图 5-15. 温度与电容间的关系 (DPY)

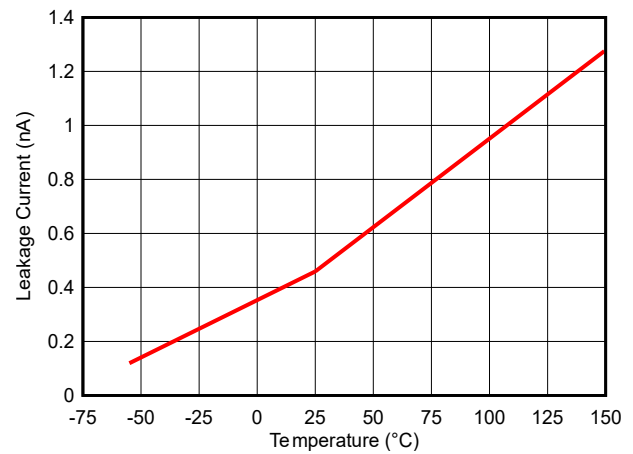


图 5-16. 温度与漏电流间的关系 (DPY)

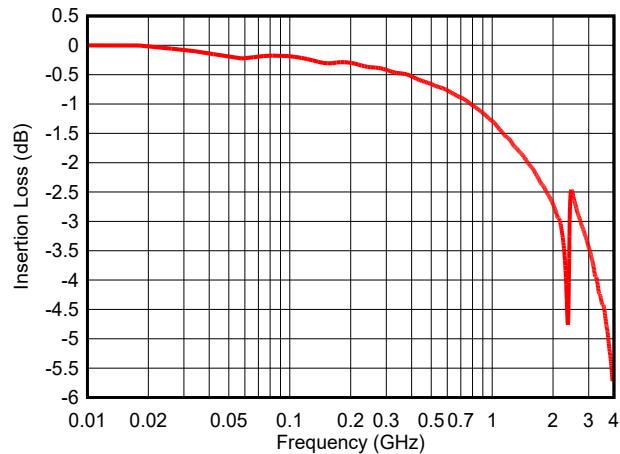


图 5-17. 插入损耗 (DPY)

6 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。

6.1 应用信息

ESD441 是一款二极管类型的 TVS，可提供一条接地路径以用于在信号线路和电源线路上耗散瞬变电压尖峰（例如 ESD 或浪涌）。该器件应与所保护的下游电路并联。当瞬态电流流经 TVS 时，二极管上只会出现小压降。这便是提供给受保护 IC 的电压。触发的 TVS 的低 R_{DYN} 可将此电压 (V_{CLAMP}) 保持在受保护 IC 的安全水平。更多有关如何正确使用该器件的信息，请参阅 [ESD 封装和布局指南](#)。

7 器件和文档支持

7.1 文档支持

7.1.1 相关文档

欲查看相关文件，请参阅以下内容：

- 德州仪器 (TI)，[ESD 封装和布局指南](#)
- 德州仪器 (TI)，[ESD 布局指南 应用报告](#)
- 德州仪器 (TI)，[通用 ESD 评估模块 用户指南](#)
- 德州仪器 (TI)，[为超高速数据线路选择 ESD 二极管 应用报告](#)
- 德州仪器 (TI)，[阅读并了解 ESD 保护 数据表](#)

7.2 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。

7.3 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](#)。

7.4 商标

DisplayPort™ is a trademark of Video Electronics Standards Association.

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

术语 HDMI、HDMI 高清多媒体接口、HDMI 商业外观和 HDMI 标识均是 HDMI Licensing Administrator, Inc. 的商标或注册商标。

所有商标均为其各自所有者的财产。

7.5 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。

7.6 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。

8 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 (December 2025) to Revision C (September 2026)	Page
• 引脚最小输入电压由 -5.5V 更改为 0V.....	4
• 删除了 5.5V VRWM 最小限值.....	6

Changes from Revision A (June 2023) to Revision B (December 2025)	Page
• 在整个数据表中添加了 DPY 封装.....	1

9 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)
ESD441DPLR	Active	Production	X2SON (DPL) 2	15000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	E
ESD441DPLR.B	Active	Production	X2SON (DPL) 2	15000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	E
ESD441DPYR	Active	Production	X1SON (DPY) 2	10000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	S1

⁽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.

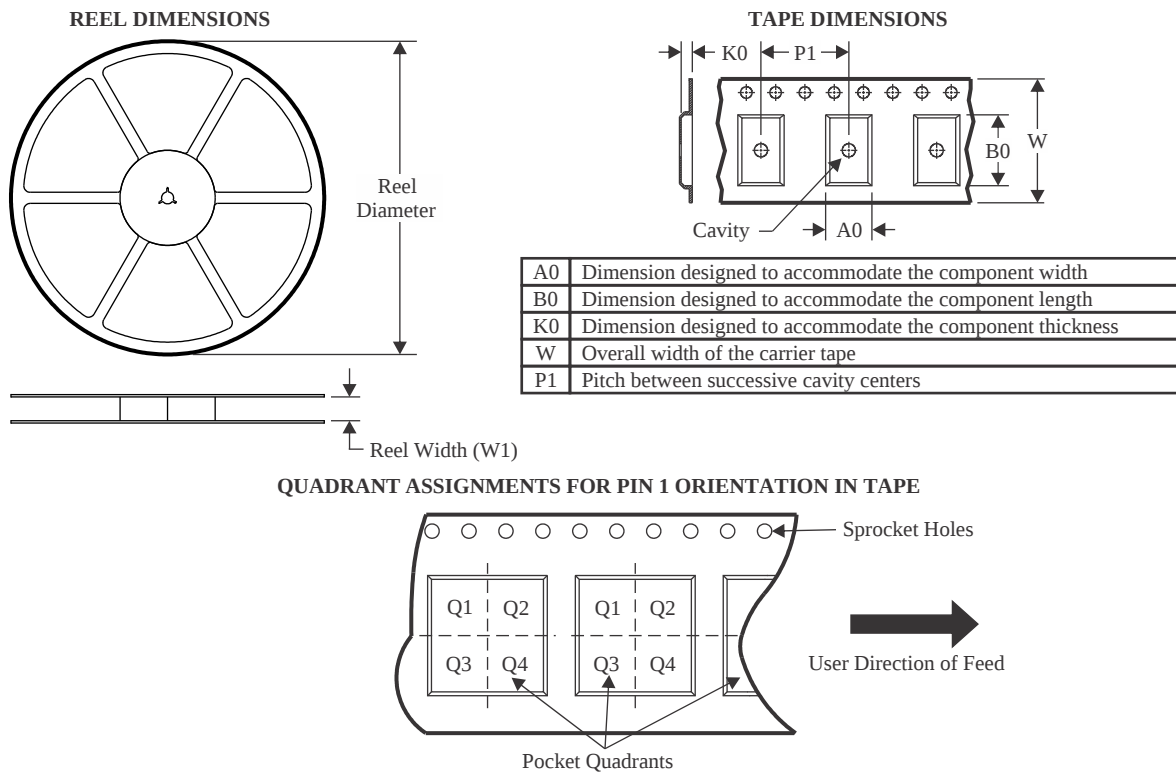
⁽⁶⁾ **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

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.

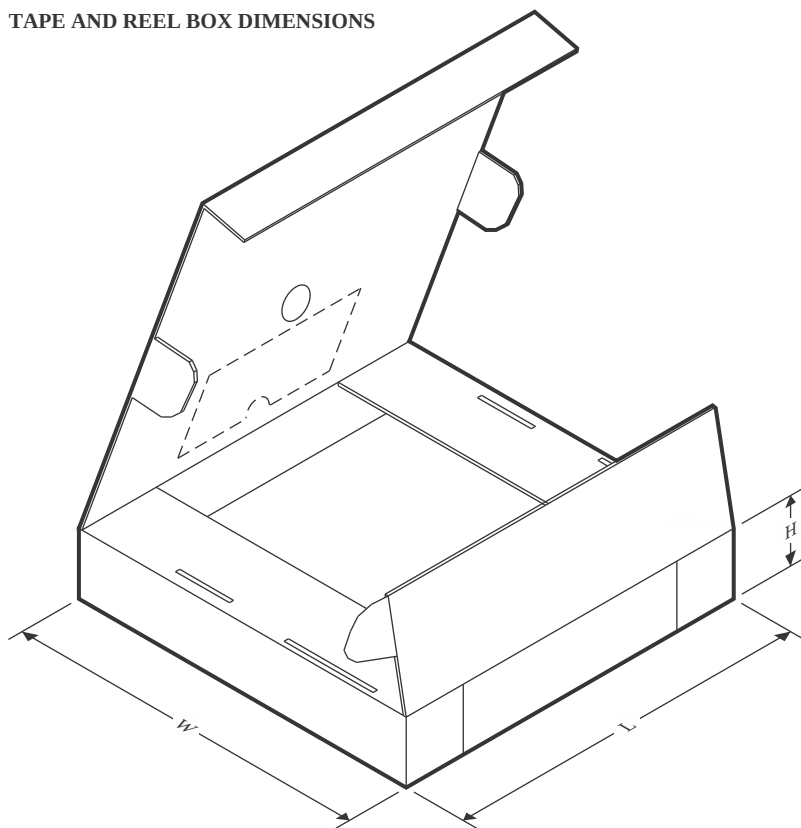
TAPE AND REEL INFORMATION



*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
ESD441DPLR	X2SON	DPL	2	15000	178.0	8.4	0.36	0.66	0.33	2.0	8.0	Q1
ESD441DPYR	X1SON	DPY	2	10000	180.0	8.4	0.67	1.15	0.46	2.0	8.0	Q2

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS

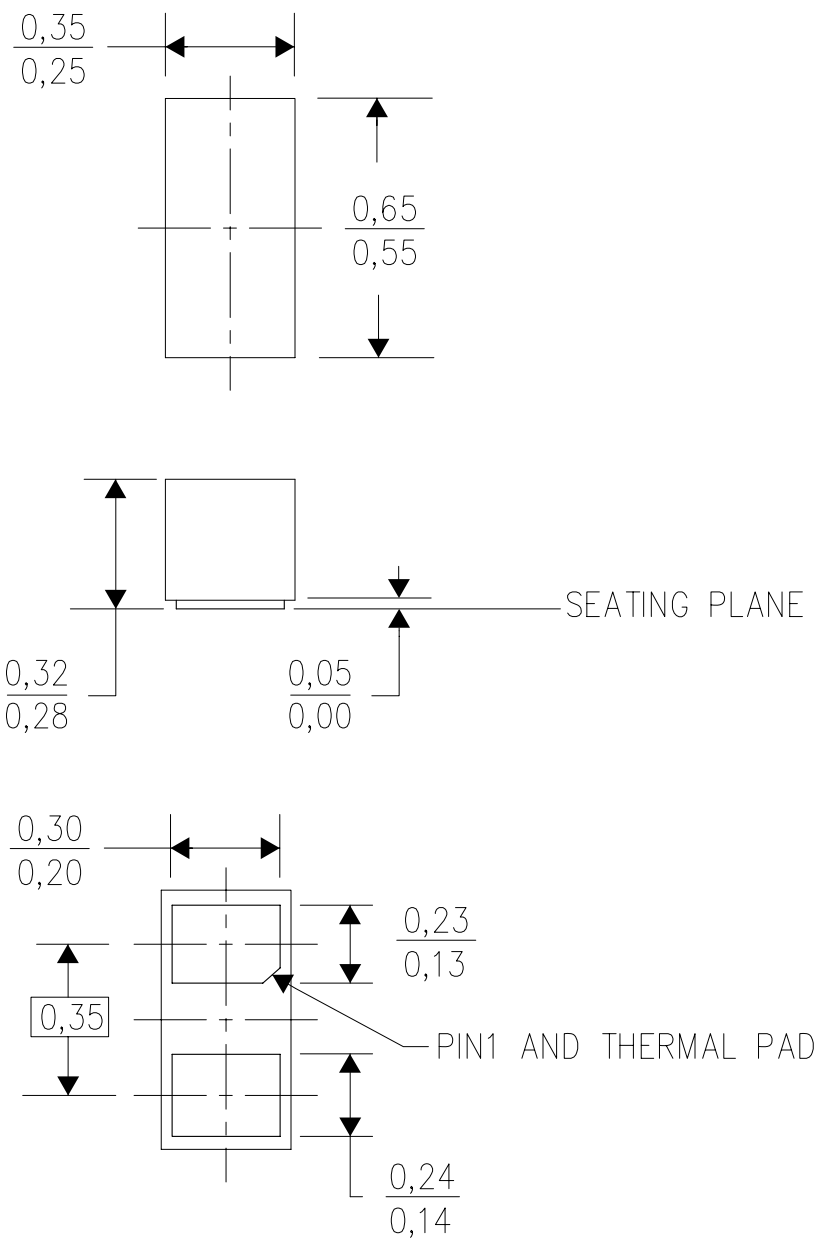


*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
ESD441DPLR	X2SON	DPL	2	15000	205.0	200.0	33.0
ESD441DPYR	X1SON	DPY	2	10000	210.0	185.0	35.0

DPL (R-PX2SON-N2)

PLASTIC SMALL OUTLINE NO-LEAD



4212149/B 10/11

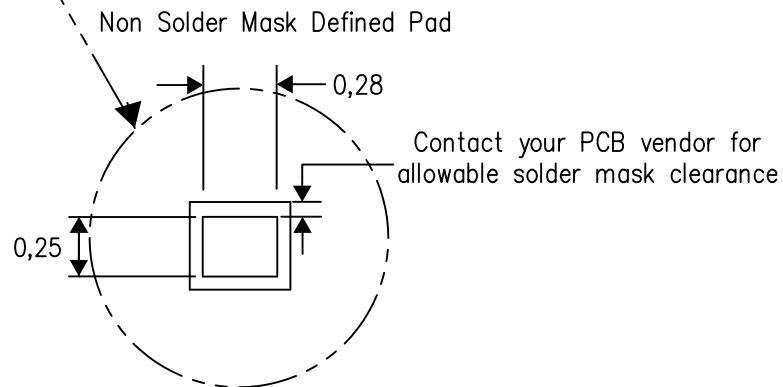
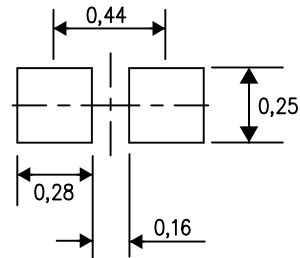
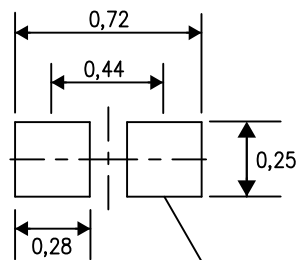
- NOTES:
- A. All linear dimensions are in millimeters. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M-1994.
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Small Outline No-Lead (SON) package configuration.
 - D. The package thermal pad must be soldered to the board for thermal and mechanical performance.

DPL (R-PX2SON-N2)

SMALL PACKAGE OUTLINE NO-LEAD

Example Board Layout

Example Stencil Design
(Note E)



4217903/A 08/12

- NOTES:
- A. All linear dimensions are in millimeters.
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Publication IPC-7351 is recommended for alternate designs.
 - D. Customers should contact their board fabrication site for minimum solder mask web tolerances between signal pads.
 - E. Maximum stencil thickness 0,127 mm (5 mils). All linear dimensions are in millimeters.
 - F. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and also rounding corners will offer better paste release. Customers should contact their board assembly site for stencil design recommendations. Refer to IPC 7525 for stencil design considerations.
 - G. Side aperture dimensions over-print land for acceptable area ratio > 0.66. Customer may reduce side aperture dimensions if stencil manufacturing process allows for sufficient release at smaller opening.

GENERIC PACKAGE VIEW

DPY 2

X1SON - 0.45 mm max height

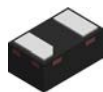
1 x 0.6 mm

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.



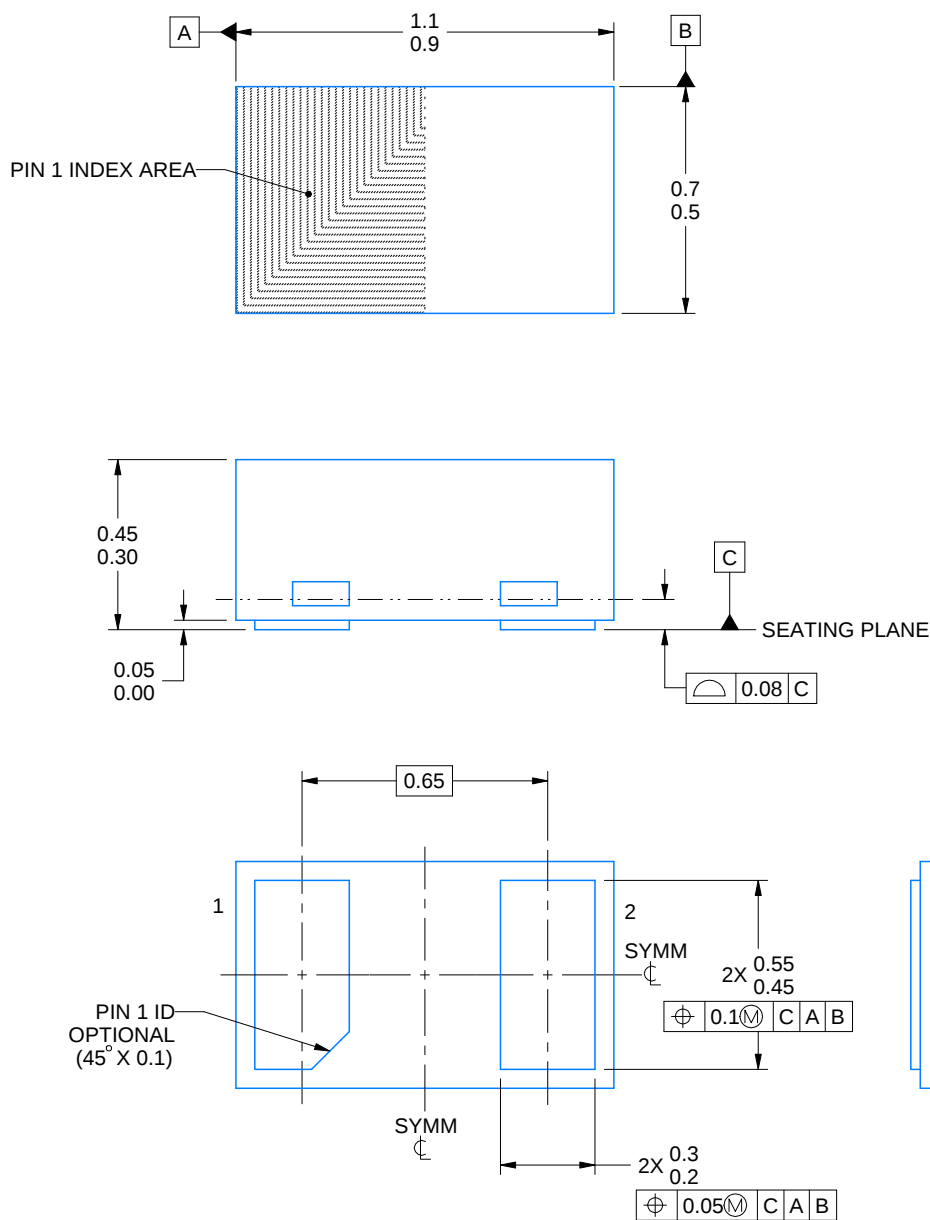
DPY0002A



PACKAGE OUTLINE

X1SON - 0.45 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE - NO LEAD



4224561/C 07/2024

NOTES:

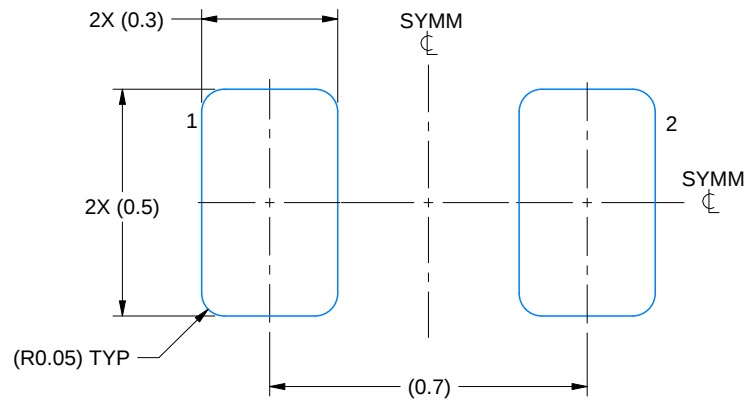
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M
2. This drawing is subject to change without notice.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

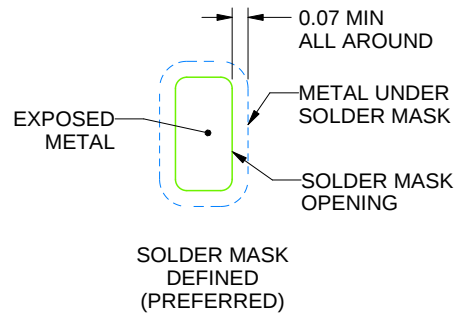
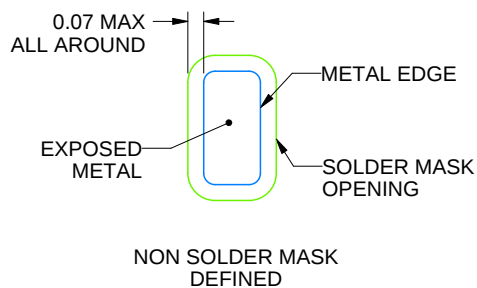
DPY0002A

X1SON - 0.45 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:60X



SOLDER MASK DETAILS

4224561/C 07/2024

NOTES: (continued)

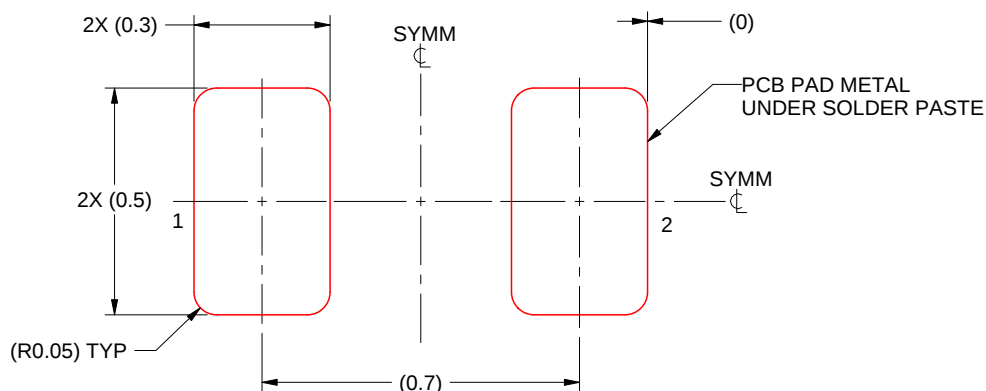
3. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/sluea271).
4. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

DPY0002A

X1SON - 0.45 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.1 mm THICK STENCIL
SCALE:60X

4224561/C 07/2024

NOTES: (continued)

5. 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