

# DRV3946-Q1 具有电流调节、钳位和诊断功能的双通道汽车螺线管驱动器

## 1 特性

- 符合面向汽车应用的 AEC-Q100 标准
  - 温度等级 1：-40°C 至 +125°C，T<sub>A</sub>
- 功能安全合规型
  - 专为功能安全应用开发
  - 可提供有助于进行 ISO26262 系统设计的文档
  - 系统完整性高达 ASIL D 级
  - 硬件完整性高达 ASIL C 级
- 高度集成的螺线管驱动器，面向电动汽车接触器继电器和螺线管控制应用
  - 集成电源、电流调节、诊断和安全功能
  - 具有可配置峰值和保持电流设置的高效螺线管驱动
  - 适用于电源、接口、驱动器和监测器的内置自检和诊断功能
  - 通过冗余电源、低侧和高侧驱动器以及辅助监测逻辑实现可靠运行的架构
- 最高 28V (40V 绝对最大电压) 工作电压
- 集成式改进型半桥
  - 用于充电、再循环和钳位
  - 典型 R<sub>DS(ON)</sub>：37mΩ 低侧、57mΩ 高侧
  - 集成钳位电路可实现快速关断
  - 具有冗余低侧钳位的高侧钳位
- 通过单线连接进行低侧负载控制
  - 允许外部高侧开关以实现冗余关断
- ±5% 精密低侧和高侧电流检测
  - 模拟负载电流反馈引脚 (IPROPI)
- 内部控制模式：
  - 闭环 PWM 电流调节
  - 可配置的峰值时间、峰值和保持电流
- 外部控制模式：
  - 在固定 PWM 频率下改变占空比
  - 在固定占空比下改变 PWM 频率
- 4 线可寻址 24 位 SPI，带 CRC 保护
  - 允许多个器件在同一 SPI 上运行
  - 共享 SPI 总线上的所有器件都可以接收广播命令
- 全面的保护和诊断：
  - 器件内置自检
  - 用于开路/短路检测的负载监控
  - 在驱动器开启和关闭期间检测失控情况
  - 针对欠流或欠压的强制继电器打开
  - 冗余引脚关断
  - nFAULT 引脚上的故障指示

## 2 应用

- EV 接触器继电器
- 峰值和保持螺线管
- 开/关继电器
- 比例螺线管
- 电池切断单元 (BDU)
- 电池接线盒 (BJB)
- 配电箱 (PDB)
- 主动悬架系统
- 车辆控制单元 (VCU)

### 封装信息

器件型号 <sup>(1)</sup>	封装	封装尺寸 (标称值) <sup>(2)</sup>
DRV3946-Q1	HTSSOP (28)	9.7mm X 4.4mm

- 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。
- 封装尺寸 (长 × 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。

### 器件信息

主要特性
能够高效驱动两个螺线管
低导通电阻功率级
集成钳位电路可实现快速关断
闭环 PWM 电流调节
可配置的峰值和保持电流以及时序参数
高达 20kHz 的 PWM 频率选项
全面的导通和关断状态诊断
可寻址 24 位 SPI



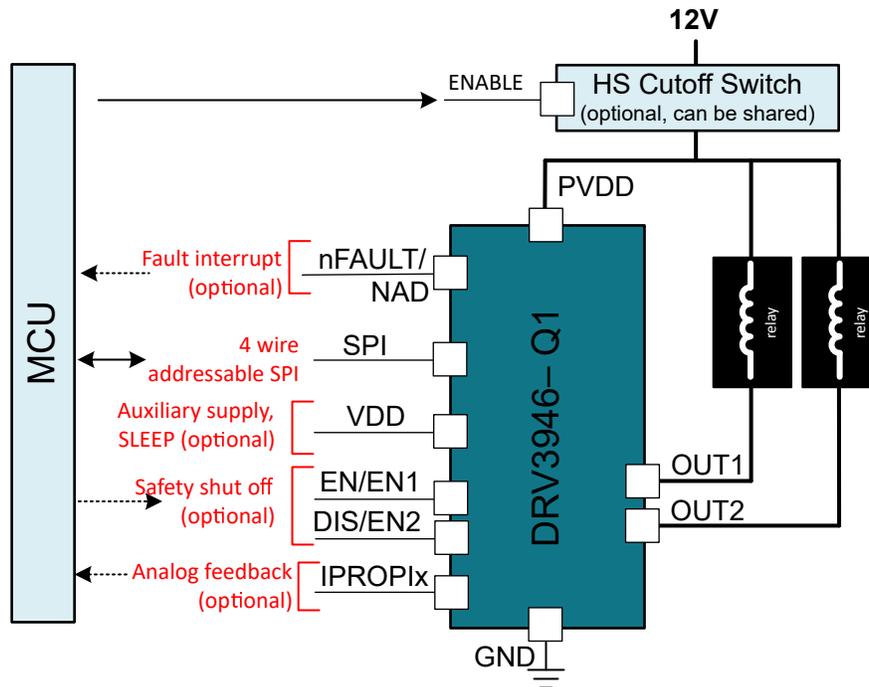
### 3 说明

DRV3946-Q1 是一款高度集成的解决方案，用于驱动汽车应用中的两个螺线管，例如电动汽车电池管理系统中的接触器继电器。它包括电源、电流检测和电流调节、可配置的峰值和保持电流及相关时序，以及诊断和保护功能。它还集成了几个独特的功能，与传统的分立式螺线管驱动器相比，性能更加出色。这些功能包括用于对负载电流快速放电的集成冗余钳位电路、可寻址 SPI，以及带有低导通电阻开关的改进型半桥驱动器级。

该器件通过单线低侧连接来控制螺线管负载，并可与外部高侧开关（可以共享）配对使用，以实现冗余关断功能。集成开关可执行充电、再循环和钳位。该器件支持内部和外部电流控制模式。PWM 频率可进行配置，并通过使用自动伪随机频率生成和波形整形来添加低频抖动。由于不需要 MCU 电流控制环路，内部 PWM 电流控制环路可减少软件开发工作量。DRV3946-Q1 支持灵活的电流控制参数，以支持多种螺线管类型。可配置的峰值和保持电流以及相应的时序参数可实现系统级节能。

DRV3946-Q1 旨在符合功能安全标准，以实现继电器控制和避免意外运行的 ASIL-C 级功能安全目标。该器件支持全面的保护和诊断功能，例如持续监控负载以进行开路 and 短路检测、导通和关断状态诊断、电压监视器、短路保护和高额定电压 IO。

可寻址 SPI 允许在共享的 SPI 总线上控制多个器件。除了减少所需的 MCU 资源外，可寻址 SPI 还集成了广播命令结构，使共享地址总线上的所有器件能够同时执行某些操作。该 SPI 具有多种稳健性功能，其中包括 CRC、地址回读能力和各种总线故障检测机制。



简化版原理图

## 内容

<b>1 特性</b> .....	<b>1</b>	<b>5 机械、封装和可订购信息</b> .....	<b>3</b>
<b>2 应用</b> .....	<b>1</b>	5.1 封装选项附录.....	4
<b>3 说明</b> .....	<b>2</b>	5.2 卷带包装信息.....	5
<b>4 修订历史记录</b> .....	<b>3</b>		

### 4 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

<b>Changes from Revision * (December 2023) to Revision A (June 2024)</b>	<b>Page</b>
• 更新了“功能安全”文本。.....	1
• 更新了广播命令文本。.....	1

### 5 机械、封装和可订购信息

下述页面包含机械、封装和订购信息。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。

## 5.1 封装选项附录

### 封装信息

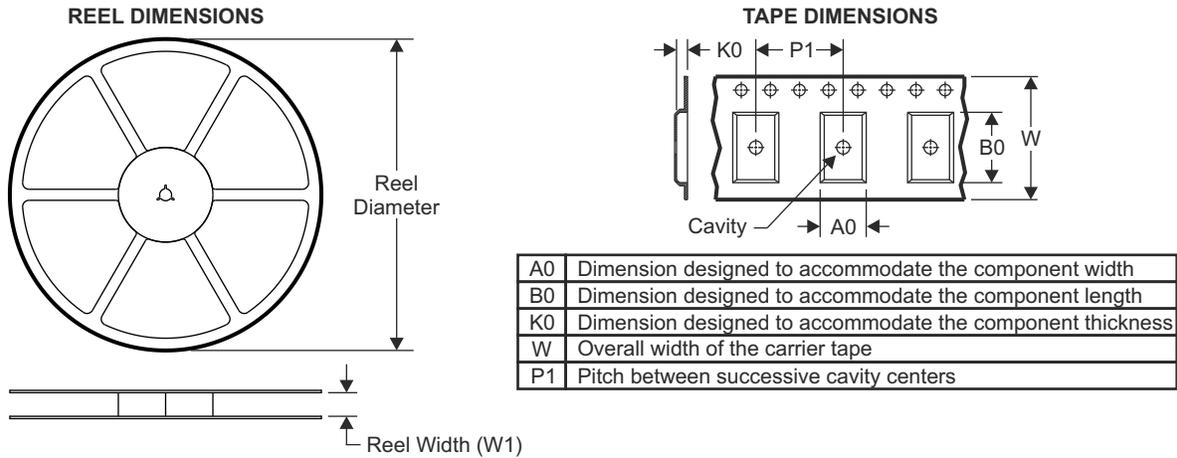
可订购器件	状态 <sup>(1)</sup>	封装类型	封装图	引脚	包装数量	环保计划 <sup>(2)</sup>	铅/焊球涂层 <sup>(6)</sup>	MSL 峰值温度 <sup>(3)</sup>	工作温度 (°C)	器件标记 <sup>(4) (5)</sup>
DRV3946QPW PRQ1	正在供货	HTSSOP	PWP	28	2500	RoHS 和绿色环保	NIPDAU	Level-3-260C-1 68 HR	-40 至 125	3946

- (1) 销售状态值定义如下：  
**正在供货**：建议用于新设计的产品器件。  
**限期购买**：TI 已宣布器件即将停产，但仍在购买期限内。  
**NRND**：不建议用于新设计。为支持现有客户，器件仍在生产，但 TI 不建议在新设计中使用此器件。  
**PRE\_PROD**：未发布的器件，尚未投产，未向大众市场供货，也未在网络上供应，样片不可用。  
**预发布**：器件已发布，但未投产。可能提供样片，也可能无法提供样片。  
**已停产**：TI 已停止生产该器件。
- (2) 环保计划 - 规划的环保分级包括：无铅 (RoHS)，无铅 (RoHS 豁免) 或绿色 (RoHS，无镉/溴) - 如需了解最新供货信息及更多产品内容详情，请访问 [www.ti.com.cn/productcontent](http://www.ti.com.cn/productcontent)。  
**待定**：无铅/绿色转换计划尚未确定。  
**无铅 (RoHS)**：TI 所说的“无铅”或“无 Pb”是指半导体产品符合针对所有 6 种物质的现行 RoHS 要求，包括要求铅的重量不超过同质材料总重量的 0.1%。因在设计时就考虑到了高温焊接要求，因此 TI 的无铅产品适用于指定的无铅作业。  
**无铅 (RoHS 豁免)**：该元件在以下两种情况下可享受 RoHS 豁免：1) 芯片和封装之间使用铅基倒装芯片焊接凸点；2) 芯片和引线框之间使用铅基芯片粘合剂。否则，元件将根据上述规定视为无铅 (符合 RoHS)。  
**绿色 (RoHS，无镉/溴)**：TI 将“绿色”定义为无铅 (符合 RoHS 标准)、无溴 (Br) 和无镉 (Sb) 阻燃剂 (Br 或 Sb 在均质材料中的质量不超过总质量的 0.1%)。
- (3) MSL，峰值温度-- 湿敏等级额定值 (符合 JEDEC 工业标准分级) 和峰值焊接温度。
- (4) 器件上可能还有与徽标、批次跟踪代码信息或环境分类相关的其他标志。
- (5) 括号内将包含多个器件标识。不过，器件上仅显示括号中以“~”隔开的其中一个器件标识。如果某一行缩进，说明该行续接上一行，这两行合在一起表示该器件的完整器件标识。
- (6) 铅/焊球镀层 - 可订购器件可能有多种镀层材料选项。各镀层选项用垂直线隔开。如果铅/焊球镀层值超出最大列宽，则会折为两行。

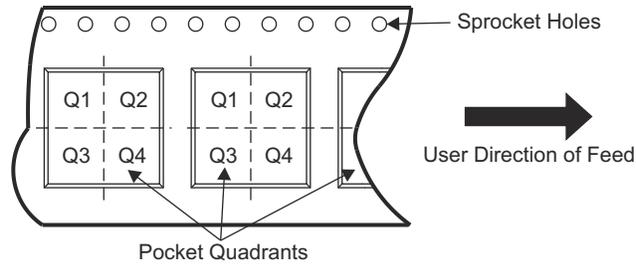
**重要信息和免责声明**：本页面上提供的信息代表 TI 在提供该信息之日的认知和观点。TI 的认知和观点基于第三方提供的信息，TI 不对此类信息的正确性做任何声明或保证。TI 正在致力于更好地整合第三方信息。TI 已经并将继续采取合理的措施来提供有代表性且准确的信息，但是可能尚未对引入的原料和化学制品进行破坏性测试或化学分析。TI 和 TI 供应商认为某些信息属于专有信息，因此可能不会公布其 CAS 编号及其它受限制的信息。

在任何情况下，TI 对由此类信息产生的责任决不超过本文档中发布的 TI 每年销售给客户的 TI 器件总购买价。

### 5.2 卷带包装信息

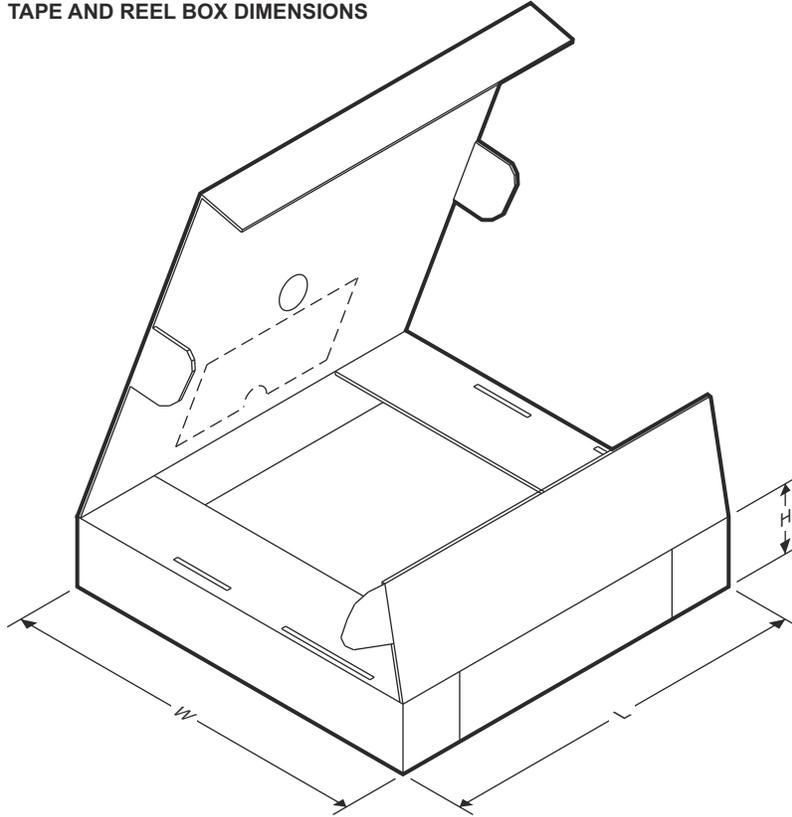


#### QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



器件	封装类型	封装图	引脚数	SPQ	卷带直径 (mm)	卷带宽度 W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 象限
DRV3946QPWRQ1	HTSSOP	PWP	28	2500	330.0	16.4	6.75	10.1	1.8	12.0	16.0	Q1

**TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS**



器件	封装类型	封装图	引脚数	SPQ	长度 (mm)	宽度 (mm)	高度 (mm)
DRV3946QPWPRQ1	HTSSOP	PWP	28	2500	356.0	356.0	35.0

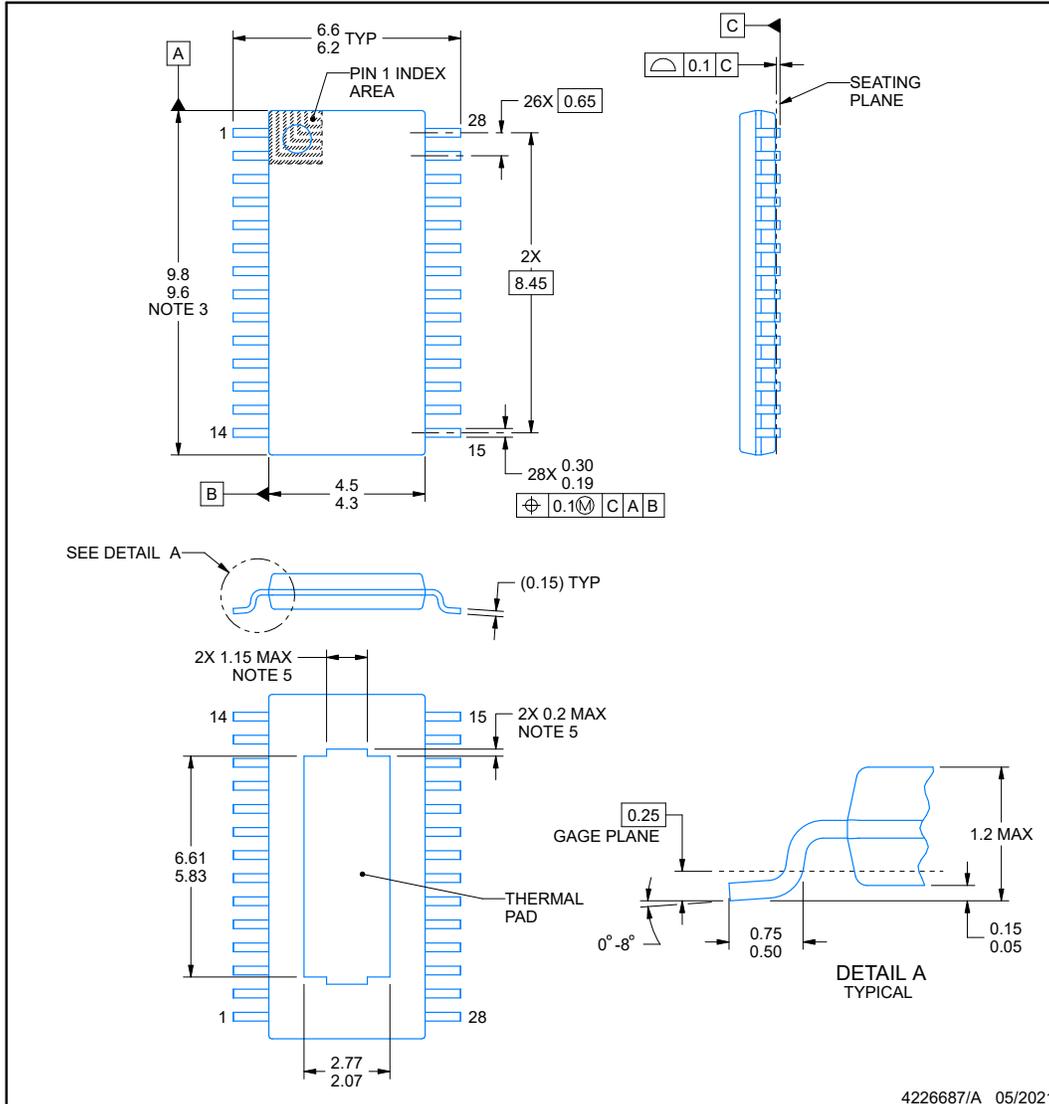


## PACKAGE OUTLINE

**PWP0028T**

**PowerPAD™ TSSOP - 1.2 mm max height**

SMALL OUTLINE PACKAGE



**NOTES:**

PowerPAD is a trademark of Texas Instruments.

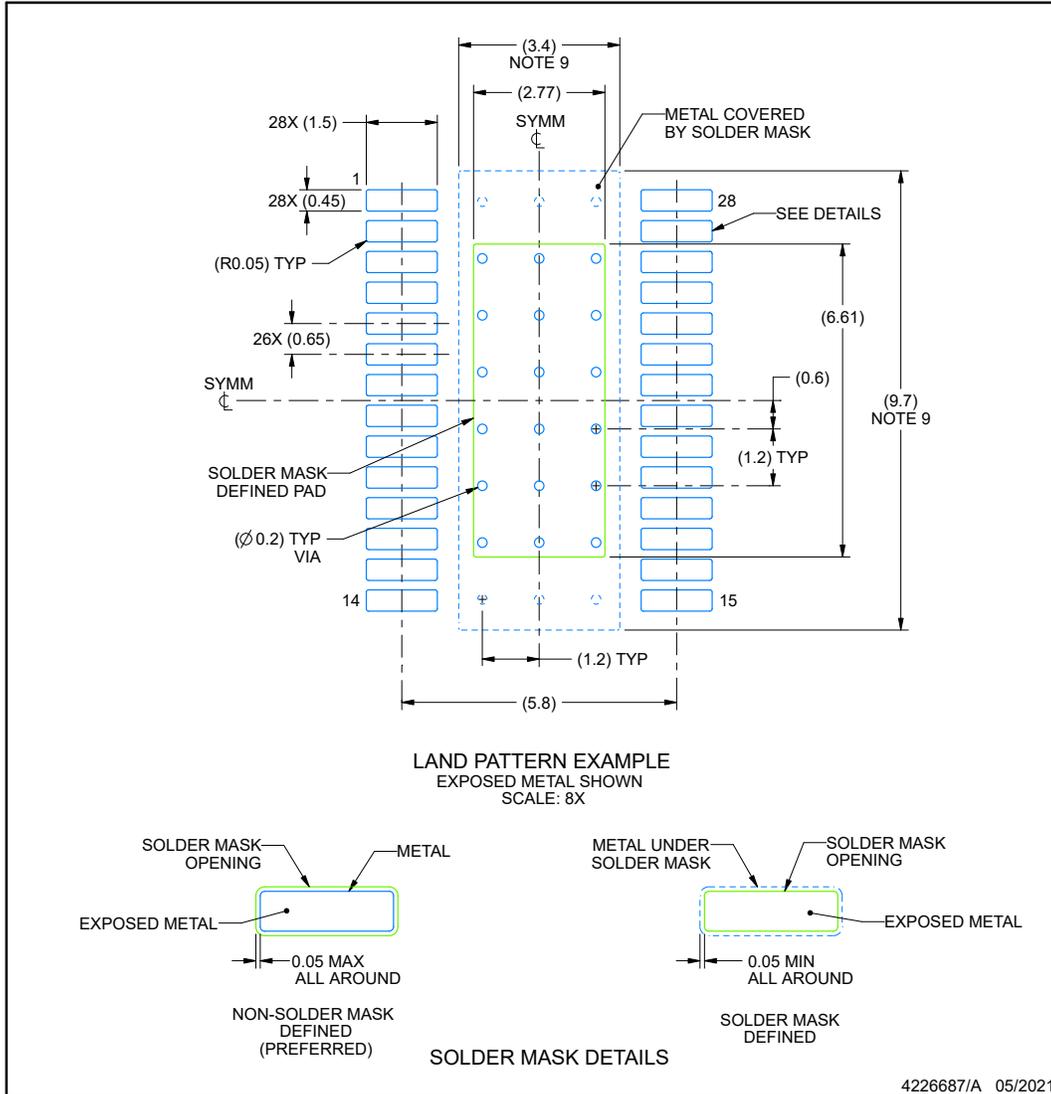
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or 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.

**EXAMPLE BOARD LAYOUT**

**PWP0028T**

**PowerPAD™ TSSOP - 1.2 mm max height**

SMALL OUTLINE PACKAGE



NOTES: (continued)

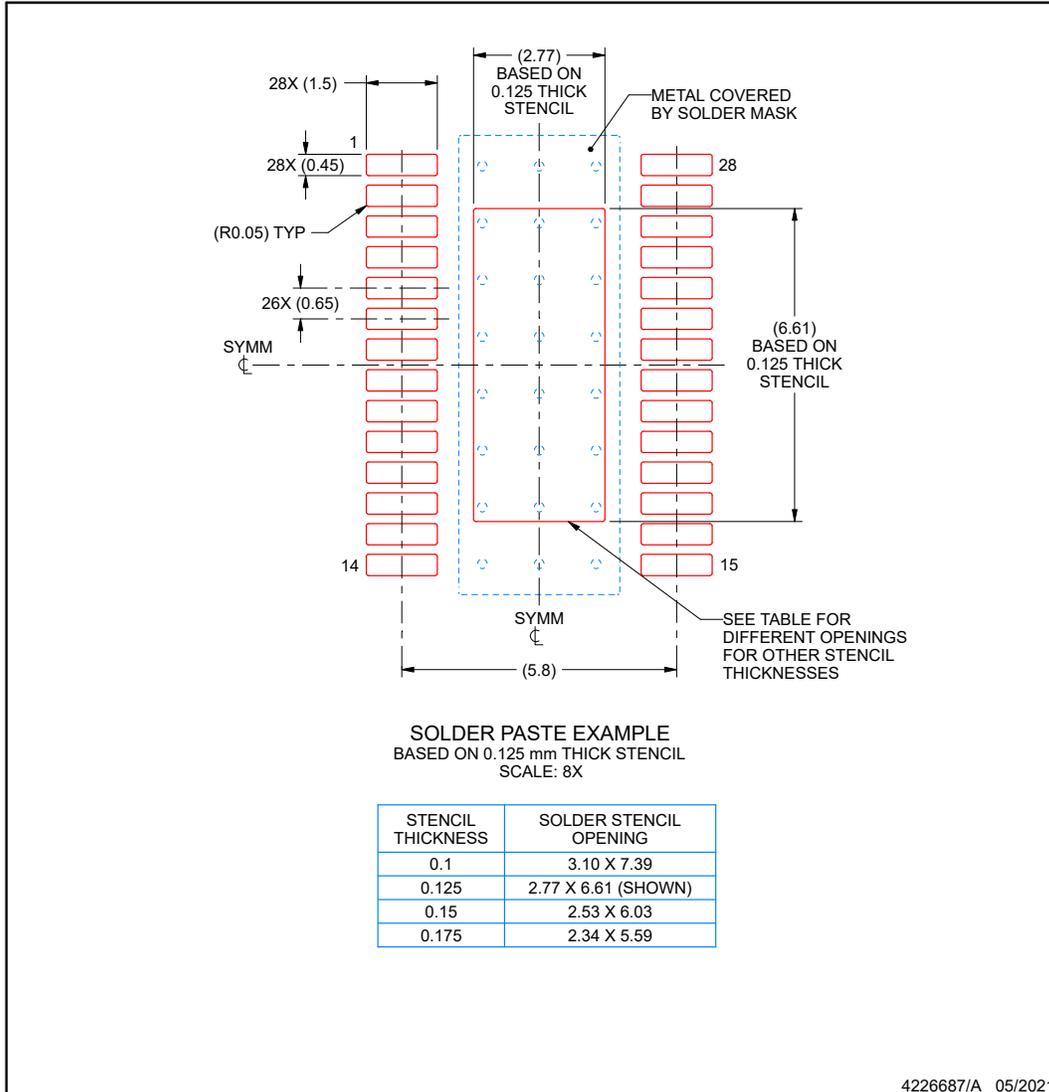
6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.
8. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature numbers SLMA002 (www.ti.com/lit/slma002) 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.

## EXAMPLE STENCIL DESIGN

**PWP0028T**

**PowerPAD™ TSSOP - 1.2 mm max height**

SMALL OUTLINE PACKAGE



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.

**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)
<a href="#">DRV3946QPWPRQ1</a>	Active	Production	HTSSOP (PWP)   28	2500   LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	3946
DRV3946QPWPRQ1.A	Active	Production	HTSSOP (PWP)   28	2500   LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	3946

(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

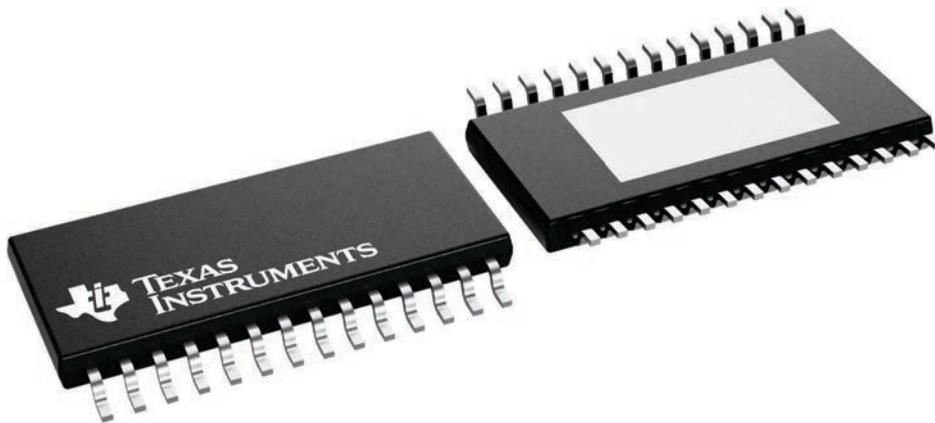
**PWP 28**

**PowerPAD™ TSSOP - 1.2 mm max height**

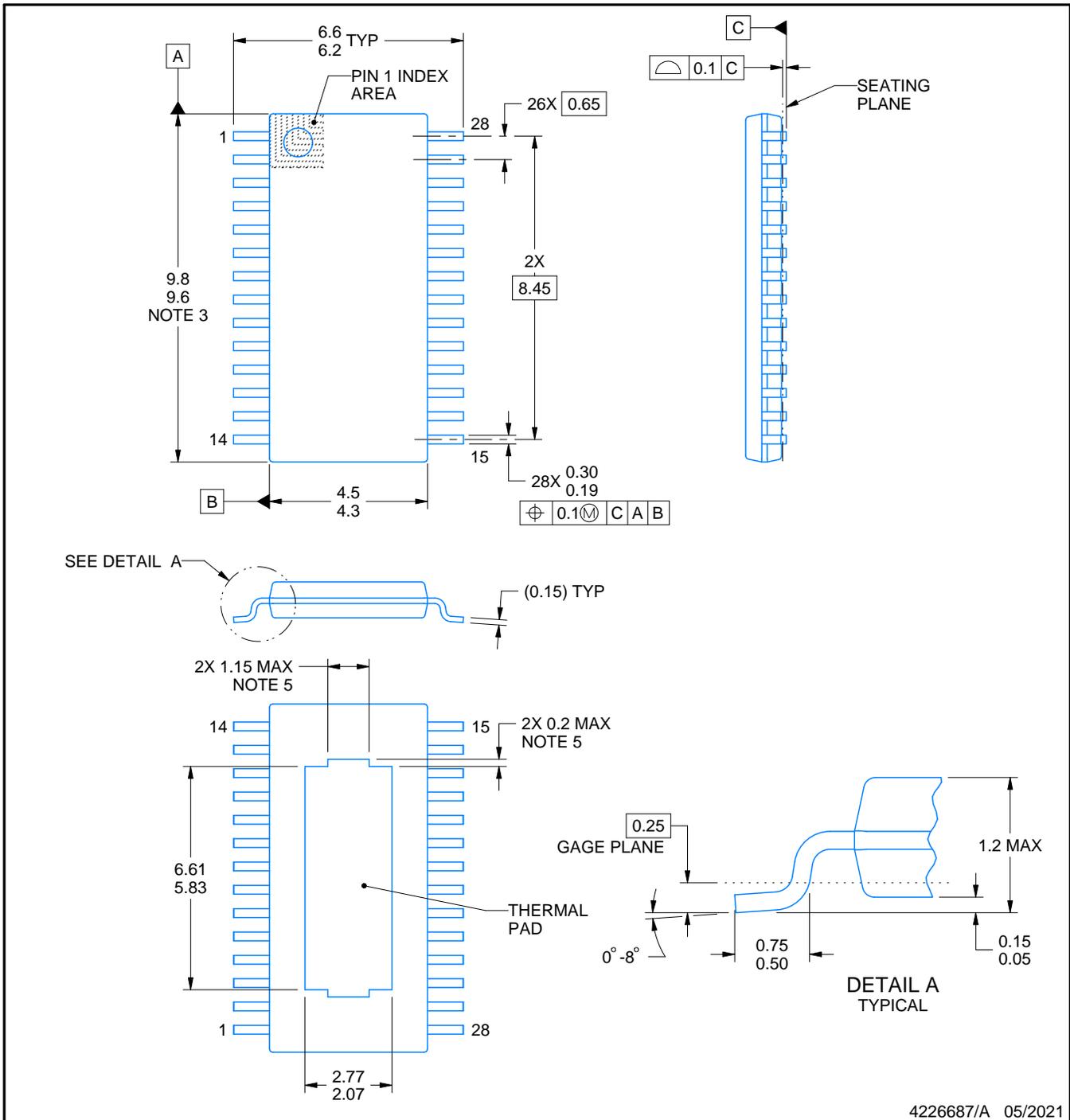
4.4 x 9.7, 0.65 mm pitch

SMALL OUTLINE PACKAGE

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



4224765/B



4226687/A 05/2021

NOTES:

PowerPAD is a trademark of Texas Instruments.

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.

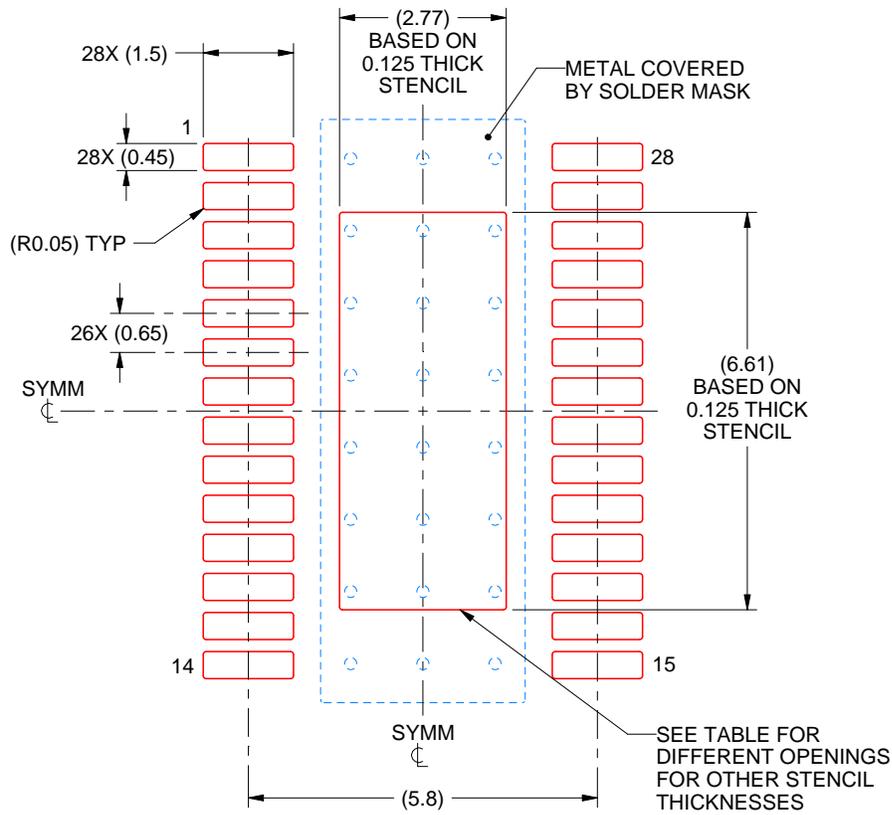


# EXAMPLE STENCIL DESIGN

PWP0028T

PowerPAD™ TSSOP - 1.2 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE



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

STENCIL THICKNESS	SOLDER STENCIL OPENING
0.1	3.10 X 7.39
0.125	2.77 X 6.61 (SHOWN)
0.15	2.53 X 6.03
0.175	2.34 X 5.59

4226687/A 05/2021

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