

TPS92541-Q1 65V 汽车级同步升压控制器、2A 同步 CC/CV 降压转换器

1 特性

- 符合面向汽车应用的 AEC-Q100 标准
 - 1 级：-40°C 至 125°C 环境工作温度范围
 - 器件 HBM 分类等级 H1C
 - 器件 CDM 分类等级 C5
- 功能安全型
 - 提供协助功能安全系统设计的文档
- 4.5V 到 65V 的宽输入电压范围
- 具有集成开关的同步降压
- 可配置恒压 (CV) 和恒流 (CC) 运行
 - 持续输出电流高达 2A，精度为 4%
 - 4% 调节精度 (电压和电流模式)
- 同步升压控制器
 - 可编程输出电压高达 65V
- 用于降低 EMI 的升压和降压展频
- 降压开关过热保护
- UART 串行通信
 - 用于系统时钟的内部振荡器
 - LMM 兼容
- 内部 EEPROM
 - 默认设置
 - 客户校准数据

2 应用

- 汽车前照灯和自适应 LED 驱动模块

3 说明

TPS92541-Q1 器件包含一个同步升压控制器和一个单片同步降压 LED 驱动器，具有 4.5V 至 65V 的宽降压输入工作电压范围。

同步升压控制器实现了一个峰值电流模式控制器，可在恒定电压模式下运行。该升压控制器经过编程，可与其他 TPS92541-Q1 器件一起实现双相或三相运行。可使用可编程 8 位 DAC 对输出电压进行编程。该升压控制器采用可编程频率调制技术来降低 EMI。

该单片同步降压控制器实施了自适应导通时间平均电流模式控制功能，经设计可生成恒压 (CV) 或恒流 (CC) 输出。在 CC 模式下，该降压控制器与分流 FET 调光技术和基于 LED 矩阵管理器的动态光束前照灯兼容。在 CV 模式下，自适应导通时间控制功能支持高带宽运行并提供快速瞬态响应。自适应导通时间控制功能可提供近乎恒定的开关频率，频率设置范围为 100kHz 至 1.0MHz。电感器电流检测和闭环反馈功能可在宽的输入电压、输出电压和环境温度范围内实现优于 $\pm 4\%$ 的精度。在 CC 模式下，该降压控制器可使用模拟调光或 PWM 调光技术来单独调制 LED 电流。

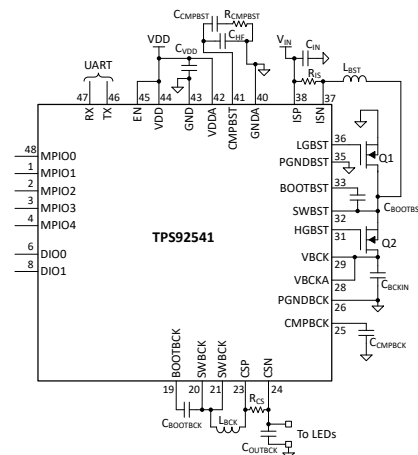
TPS92541-Q1 包括一个内部振荡器。UART 串行接口与 TPS9266x 和 TPS9254x 器件兼容。内部 EEPROM 可存储系统默认值以及校准和照明模块数据。七个可配置的 MPIO 和 DIO 可设置为数字输入或输出，或者 ADC 输入，用于系统温度补偿、LED 分级和编码等应用场景。

TPS92541-Q1 采用 7.0mm × 7.0mm 热增强型 48 引脚 HTQFP 封装，具有外露焊盘。

器件信息

| 器件型号 ⁽¹⁾ | 封装 | 本体尺寸 (标称值) |
|---------------------|-----------------|---------------|
| TPS92541-Q1 | PKD (HTQFP, 48) | 7.0mm × 7.0mm |

- (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。



简化版原理图



内容

| | | | |
|-----------|---|--------------------|---|
| 1 特性..... | 1 | 4 引脚配置和功能..... | 3 |
| 2 应用..... | 1 | 5 修订历史记录..... | 4 |
| 3 说明..... | 1 | 6 机械、封装和可订购信息..... | 4 |

4 引脚配置和功能

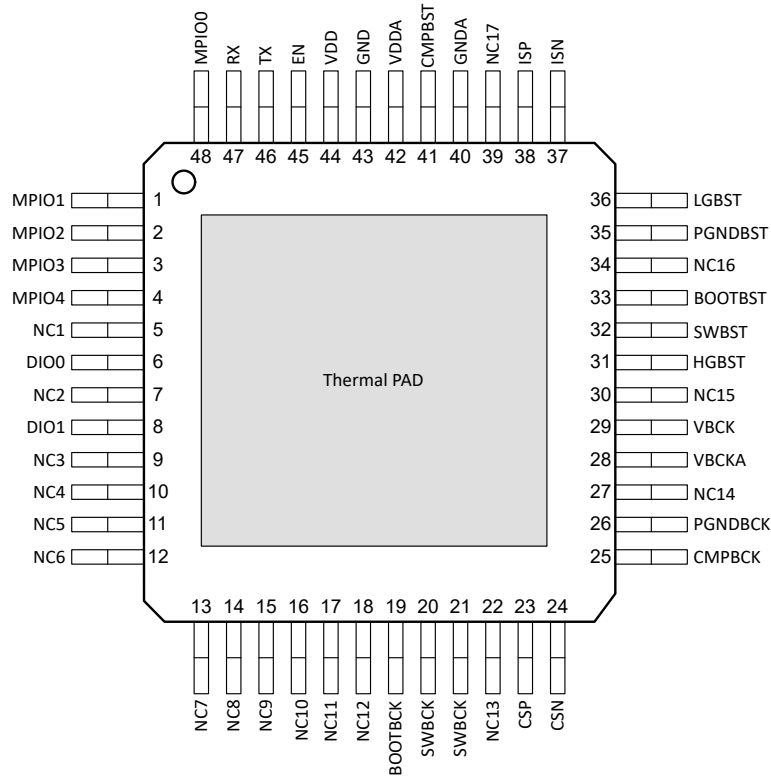


图 4-1. PKD 封装 48 引脚 HTQFP (顶部外露焊盘) 顶视图

表 4-1. 引脚功能

| 引脚 | | I/O | 说明 |
|---------|-----------|-----|--|
| 名称 | 编号 PKD | | |
| BOOTBCK | 19 | P | 降压高侧 MOSFET 栅极驱动电路的电源输入。在 BOOTBCK 和 SWBCK 引脚之间连接一个陶瓷电容器。内部二极管连接在 VDD 和 BOOTBCK 之间。 |
| BOOTBST | 33 | P | 升压高侧 MOSFET 栅极驱动电路的电源输入。在 BOOTBST 和 SWBST 之间连接一个陶瓷电容器。内部二极管连接在 VDD 和 BOOTBST 之间。 |
| CMPBCK | 25 | I/O | 降压内部跨导误差放大器的输出。连接整体式补偿网络以确保稳定性。 |
| CMPBST | 41 | I/O | 升压内部跨导误差放大器的输出。连接比例积分补偿网络以确保稳定性。 |
| CSN | 24 | I | 内部轨到轨跨导误差放大器的负输入 (-)。直接连接到 LED 电流检测电阻 R_{CS} 的负节点。 |
| CSP | 23 | I | 内部轨到轨跨导误差放大器的正输入 (+)。直接连接到 LED 电流检测电阻 R_{CS} 的正节点。 |
| DIO0 | 6 | I/O | 数字 IO。引脚可配置为数字输入或数字输出。 |
| DIO1 | 8 | I/O | |
| EN | 45 | I | 硬件启用。将该引脚拉至低电平，进入关断状态。 |
| GND | 43 | G | 信号和模拟地。内部电压基准和模拟电路的回路。连接到电路接地以形成完整的返回路径。 |
| GNDA | 40 | | |
| HGBST | 31 | I/O | 升压高侧栅极驱动器输出。 |
| ISN | 37 | O | 升压电流检测放大器的负输入 (-)。直接连接到电流检测电阻 R_{IS} 。 |
| ISP | 38 | I | 升压电流检测放大器的正输入 (+)。直接连接到电流检测电阻 R_{IS} 。 |
| LGBST | 36 | I/O | 升压低侧栅极驱动器输出。 |

表 4-1. 引脚功能 (续)

| 引脚 | | I/O | 说明 |
|---|---|-----|---|
| 名称 | 编号 PKD | | |
| MPIO0 | 48 | I/O | 多用途 IO。引脚可配置为 ADC 输入、数字输入或数字输出。MPIO0 用于进入 CTM。 |
| MPIO1 | 1 | I/O | 多用途 IO。引脚可配置为 ADC 输入、数字输入或数字输出。 |
| MPIO2 | 2 | I/O | |
| MPIO3 | 3 | I/O | |
| MPIO4 | 4 | I/O | |
| NC1、NC2、 NC3、NC4、 NC5、NC6、 NC7、NC8、 NC9、 NC10、 NC11、 NC12、 NC13、 NC14、 NC15、 NC16、NC17 | 5、7、9、 10、11、12、 13、14、15、 16、17、18、 22、27、30、 34、39 | NC | 请勿连接。可接地。 |
| PGNDBCK | 26 | G | 降压低侧 MOSFET 的接地回路 |
| PGNDBST | 35 | G | 升压高侧栅极驱动器的接地回路 |
| RX | 47 | I | UART 接收数据输入。连接到 CAN 收发器的 RX。 |
| SWBCK | 20, 21 | P | 降压稳压器的开关输出。内部连接到两个功率 MOSFET。连接到功率电感器。 |
| SWBST | 32 | P | 升压控制器的开关节点。 |
| TX | 46 | O | UART 传输数据输出。连接到 CAN 收发器的 TX。 |
| VBCK | 29 | P | 电源输入以及与降压高侧 MOSFET 漏极节点的连接。连接到降压输出电压和旁路电容 C_{IN} 。从 VBCK 引脚到高频旁路 C_{IN} 和 PGND 的路径必须尽可能短。 |
| VBCKA | 28 | P | 降压稳压器的内部模拟块的电源。连接到 VBCK 引脚和高频旁路电容。 |
| VDD | 44 | P | 数字输入电源电压。使用靠近器件的 2.2 μ F 至 4.7 μ F 陶瓷电容器在本地去耦至 GND。 |
| VDDA | 42 | P | 模拟输入电源电压。使用靠近器件的 100nF 至 1 μ F 陶瓷电容器在本地去耦至 GND。 |

5 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 |
|------------|------|-------|
| 2025 年 3 月 | * | 初始发行版 |

6 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 Device | Status (1) | Package Type | Package Drawing | Pins | Package Qty | Eco Plan (2) | Lead finish/ Ball material (6) | MSL Peak Temp (3) | Op Temp (°C) | Device Marking (4/5) | Samples |
|------------------|---------------|--------------|-----------------|------|-------------|-----------------|--------------------------------------|----------------------|--------------|-------------------------|---------|
| TPS92541QPKDRQ1 | ACTIVE | HTQFP | PKD | 48 | 1000 | RoHS & Green | NIPDAU | Level-3-260C-168 HR | -40 to 125 | TPS92541 | Samples |

(1) The marketing status values are defined as follows:

ACTIVE: Product device recommended for new designs.

LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.

PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.

OBSELETE: TI has discontinued the production of the device.

(2) **RoHS:** TI defines "RoHS" to mean semiconductor products that are compliant with the current EU RoHS requirements for all 10 RoHS substances, including the requirement that RoHS substance do not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, "RoHS" products are suitable for use in specified lead-free processes. TI may reference these types of products as "Pb-Free".

RoHS Exempt: TI defines "RoHS Exempt" to mean products that contain lead but are compliant with EU RoHS pursuant to a specific EU RoHS exemption.

Green: TI defines "Green" to mean the content of Chlorine (Cl) and Bromine (Br) based flame retardants meet JS709B low halogen requirements of <=1000ppm threshold. Antimony trioxide based flame retardants must also meet the <=1000ppm threshold requirement.

(3) MSL, Peak Temp. - The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

(4) There may be additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category on the device.

(5) Multiple Device Markings will be inside parentheses. Only one Device Marking contained in parentheses and separated by a "-" will appear on a device. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire Device Marking for that device.

(6) Lead finish/Ball material - Orderable Devices 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.

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

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 |
|-----------------|--------------|-----------------|------|------|--------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------------|
| TPS92541QPKDRQ1 | HTQFP | PKD | 48 | 1000 | 330.0 | 16.4 | 9.6 | 9.6 | 1.5 | 12.0 | 16.0 | Q2 |

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS


*All dimensions are nominal

| Device | Package Type | Package Drawing | Pins | SPQ | Length (mm) | Width (mm) | Height (mm) |
|-----------------|--------------|-----------------|------|------|-------------|------------|-------------|
| TPS92541QPKDRQ1 | HTQFP | PKD | 48 | 1000 | 336.6 | 336.6 | 31.8 |

GENERIC PACKAGE VIEW

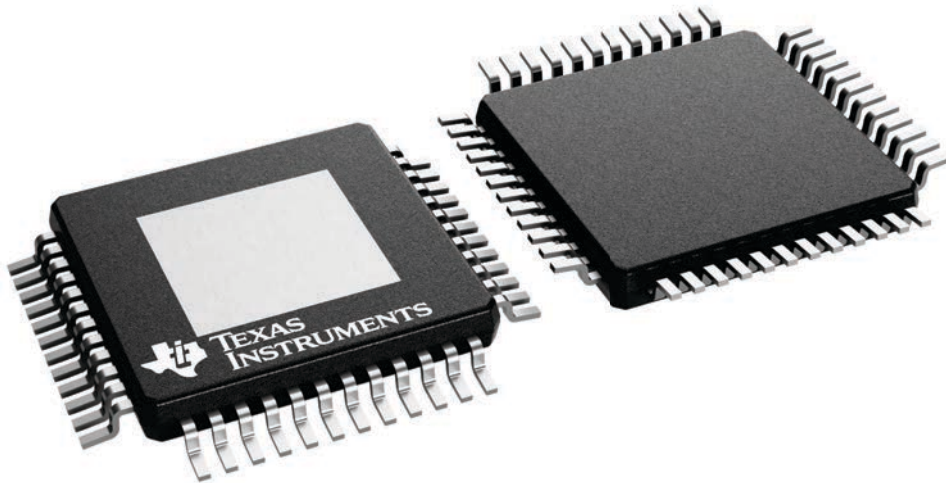
PKD 48

PowerPAD™ HTQFP - 1.15 mm max height

7 x 7, 0.5 mm pitch

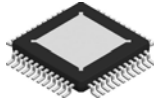
PLASTIC QUAD FLATPACK

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



4231748/A

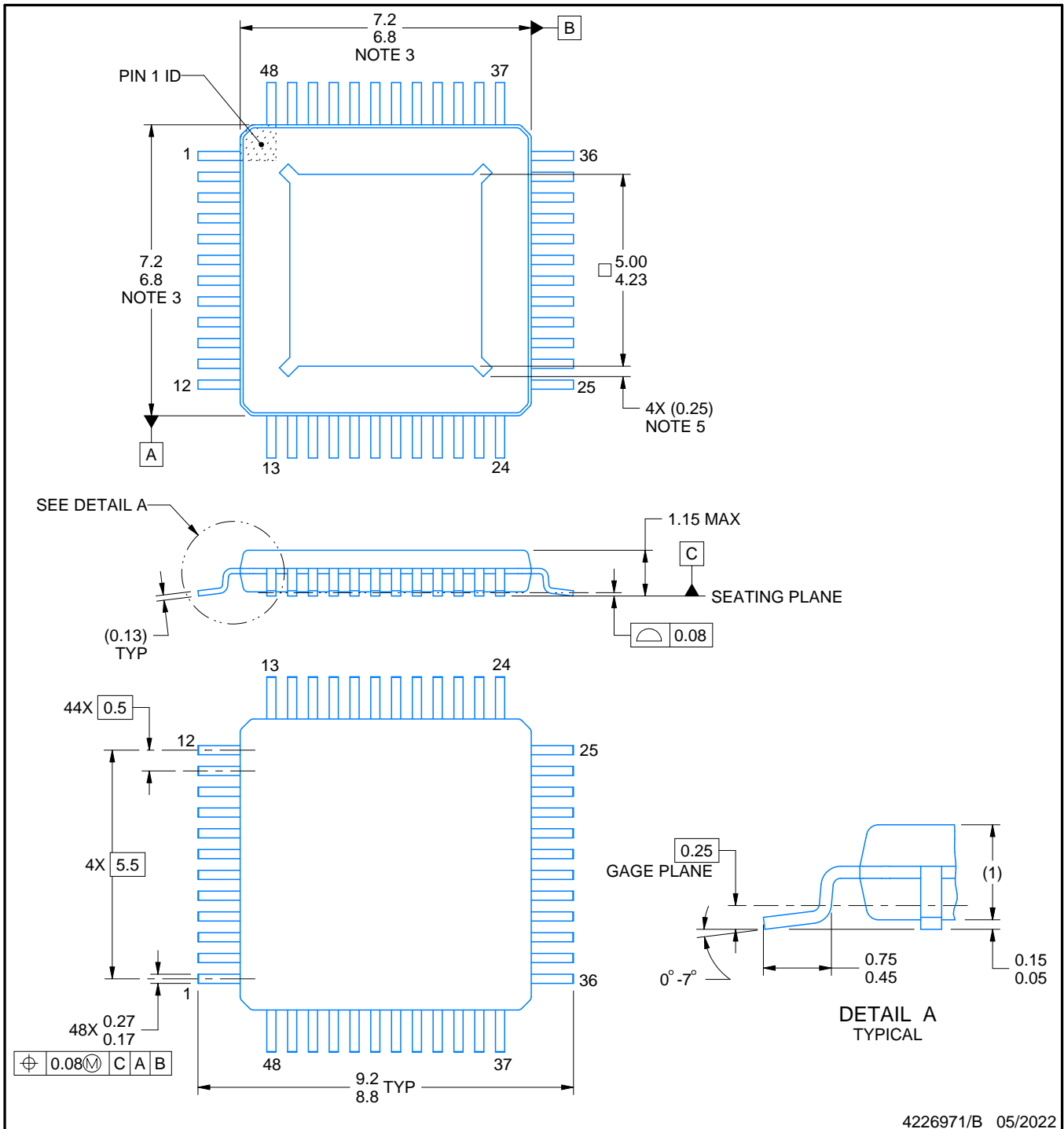
PKD0048A



PowerPAD™ HTQFP - 1.15 mm max height

PACKAGE OUTLINE

PLASTIC QUAD FLATPACK



4226971/B 05/2022

PowerPAD is a trademark of Texas Instruments.

NOTES:

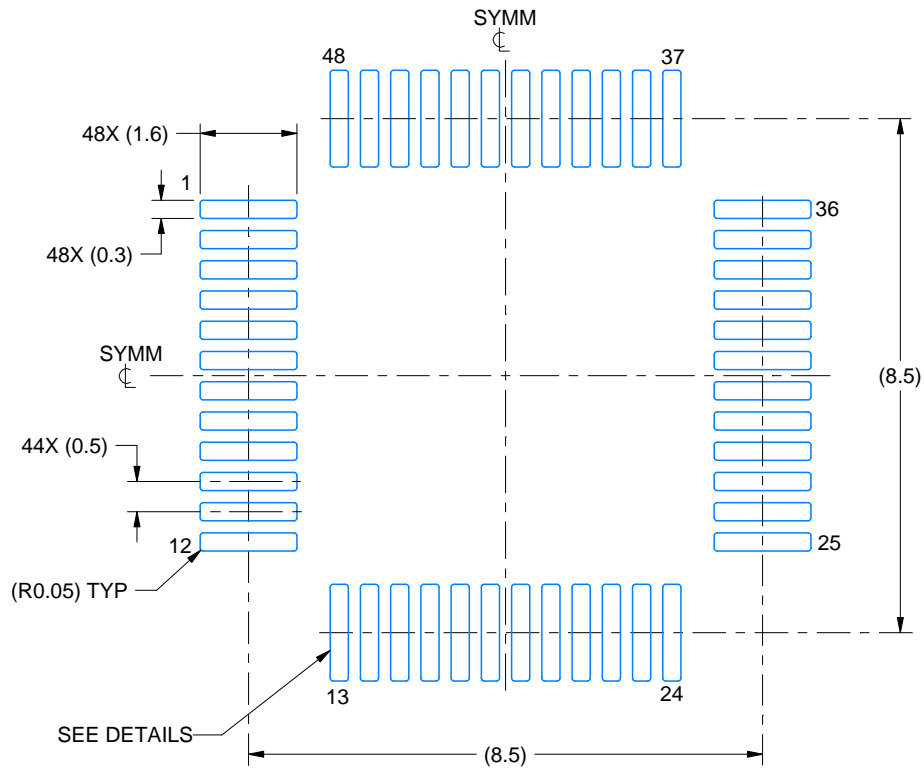
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm per side.
4. Reference JEDEC registration MS-026.
5. Feature may not be present.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

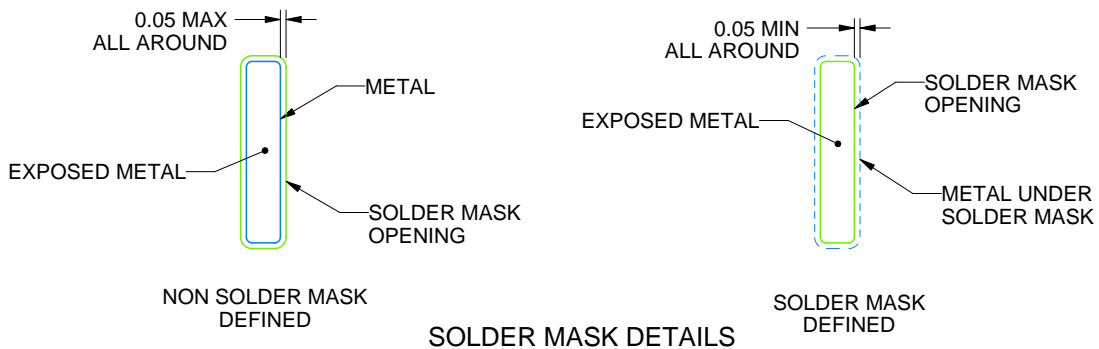
PKD0048A

PowerPAD™ HTQFP - 1.15 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:8X



4226971/B 05/2022

NOTES: (continued)

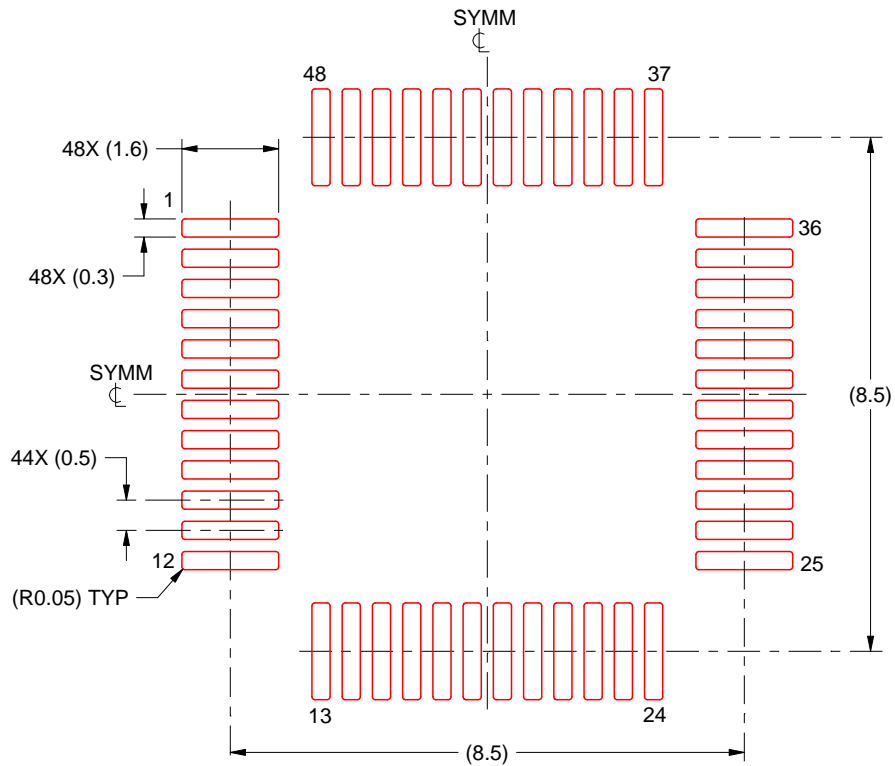
6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.
8. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. See technical brief, Powerpad thermally enhanced package, Texas Instruments Literature No. SLMA002 (www.ti.com/lit/slma002) and SLMA004 (www.ti.com/lit/slma004).
9. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.
10. Size of metal pad may vary due to creepage requirement.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

PKD0048A

PowerPAD™ HTQFP - 1.15 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK



SOLDER PASTE EXAMPLE
SCALE:8X

4226971/B 05/2022

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、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司