

# LM5137F-Q1 适用于功能安全应用、支持 100% 占空比的汽车级 4V 至 80V、双通道同步降压控制器系列

## 1 特性

- 符合面向汽车应用的 AEC-Q100 标准：
  - 器件温度等级 1：-40°C 至 125°C 环境工作温度范围
- 以功能安全合规型为目标
  - 专为功能安全应用开发
    - 三个可订购器件型号，分别支持功能安全型、ASIL B 和 ASIL D 选项
  - 在发布量产版本时将会提供有助于使 ISO 26262 系统设计符合 ASIL D 要求的文档
  - 系统可满足 ASIL D 等级要求
  - 以硬件完整性达到 ASIL D 级为目标
- 多功能双通道同步直流/直流降压控制器
  - 1% 精度、3.3V/5V/12V 固定或 0.8V 至 60V 可调输出电压
  - 每个通道的电流监控输出
  - 支持 100% 占空比的电荷泵栅极驱动器
  - 12.7μA 空载睡眠电流（典型值）
  - 内部断续模式过流保护
- 两个交错式同步降压通道
  - 双通道或单输出多相
  - 最多可堆叠四个相位
- 专为满足超低 EMI 要求而设计
  - 双随机展频 (DRSS)
  - 开关频率范围为 100kHz 至 2.5MHz
- 具有可湿性侧面的 VQFN-36 封装

- 使用 LM5137F-Q1 并借助 WEBENCH® Power Designer WEBENCH Power Designer 创建定制设计方案

## 2 应用

- 汽车电子系统
- 信息娱乐系统、仪表组、ADAS
- 高压电池供电系统

## 3 说明

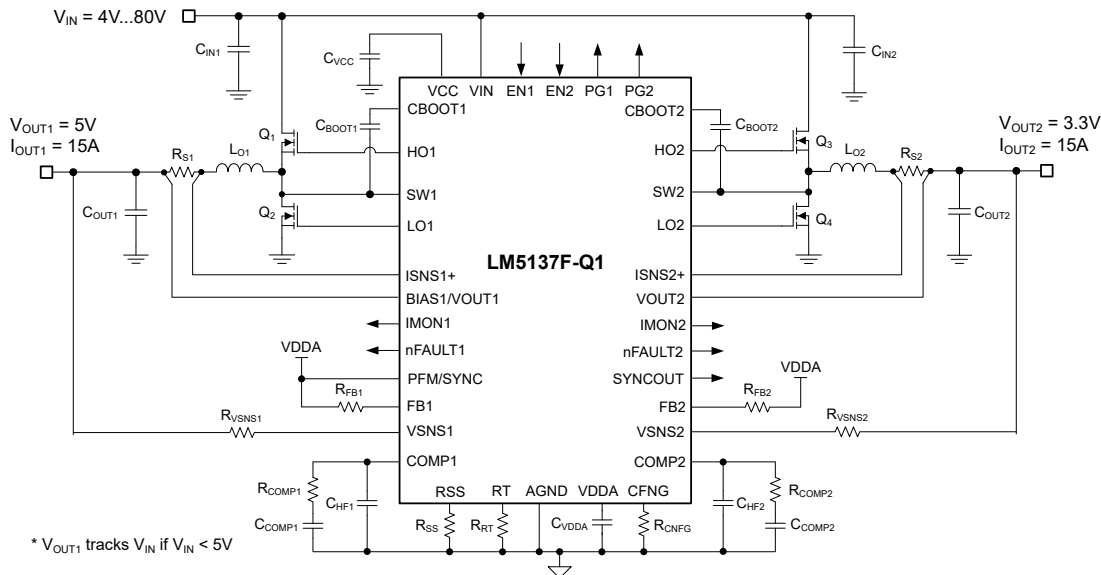
LM5137F-Q1 是一款 80V 双通道降压控制器，其所属产品系列提供三个功能安全选项：功能安全型、ASIL B 或 ASIL D。该器件采用交错式可堆叠峰值电流模式架构，可实现简单环路补偿、快速瞬态响应、优异的负载和线路调节能力，并可通过用于高输出电流的并联相位实现精确的电流共享。15ns 的高侧开关超短导通时间有助于获得大降压比，支持从 12V、24V 或 48V 汽车输入到低电压轨的直接降压转换，从而降低系统设计和复杂性。LM5137F-Q1 在输入电压突降至 4V 时，仍能根据需以 100% 的占空比继续工作。

### 封装信息

| 器件型号       | 封装 <sup>(1)</sup> | 封装尺寸 <sup>(2)</sup> |
|------------|-------------------|---------------------|
| LM5137F-Q1 | RHA ( VQFN , 36 ) | 6.0mm × 6.0mm       |

(1) 有关更多信息，请参阅节 7。

(2) 封装尺寸 (长 × 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。



LM5137F-Q1 双路输出降压开关稳压器 - 简化原理图



通过包含多种特性来轻松满足 CISPR 25 和汽车 EMI 要求。自适应定时高电流 MOSFET 栅极驱动器可在开关切换期间尽可能地减少体二极管导通，从而降低高输入电压和高开关频率下的开关损耗并提高热性能和 EMI 性能。为了降低输入电容器纹波电流和 EMI 滤波器尺寸，针对两个输出提供 180° 交错运行方式。90° 异相时钟输出适用于级联、多通道或多相功率级。高达 2.2MHz 的通过电阻器调节的开关频率可同步至高达 2.5MHz 的外部时钟源，从而消除噪声敏感应用中的拍频。

12.7  $\mu$ A 空载静态电流及稳压输出电压可延长电池供电汽车系统的工作运行时间。LM5137F-Q1 的其他特性包括 150°C 最大工作结温、可在轻负载条件下降低电流消耗的用户可选 PFM 模式、可配置软启动功能、用于故障报告和输出监控的开漏电源正常和故障标志、独立的使能端输入、单调启动至预偏置负载、可从 VIN 或 BIAS1/VOUT1 供电的集成 VCC 辅助电源稳压器、断续模式过载保护和带自动恢复功能的热关断保护。使用电感器 DCR 感测电流可实现超高效率，也可使用分流电阻器进行感测以实现高精度。

LM5137F-Q1 控制器符合 AEC-Q100 1 级汽车应用要求，采用 6mm × 6mm 热增强型 36 引脚 VQFN 封装，该封装具有额外的引脚间隙来提高可靠性，同时还具有可润湿侧翼引脚，便于在制造期间进行光学检测。宽输入电压范围、低静态电流消耗、高温运行、逐周期电流限制、低 EMI 特征和小设计尺寸可为需要增强稳健性和耐用性的功能安全 (FuSa) 应用提供出色的负载点稳压器解决方案。

## 内容

|                   |   |                    |   |
|-------------------|---|--------------------|---|
| 1 特性.....         | 1 | 5.4 支持资源.....      | 6 |
| 2 应用.....         | 1 | 5.5 商标.....        | 6 |
| 3 说明.....         | 1 | 5.6 静电放电警告.....    | 6 |
| 4 器件比较表.....      | 3 | 5.7 术语表.....       | 6 |
| 5 器件和文档支持.....    | 4 | 6 修订历史记录.....      | 6 |
| 5.1 器件支持.....     | 4 | 7 机械、封装和可订购信息..... | 6 |
| 5.2 文档支持.....     | 5 | 7.1 卷带包装信息.....    | 7 |
| 5.3 接收文档更新通知..... | 6 |                    |   |

## 4 器件比较表

表 4-1. 可订购器件型号

| 通用器件型号     | 可订购器件型号         | 功能安全分类 <sup>(1)</sup> | 产品数据表                         |
|------------|-----------------|-----------------------|-------------------------------|
| LM5137-Q1  | LM5137QRHARQ1   | 功能安全型                 | 可从 <a href="#">此处</a> 获取      |
| LM5137F-Q1 | LM5137FBQRHARQ1 | 符合 ASIL B 功能安全标准      | 在 <a href="#">此处</a> 获取完整的数据表 |
|            | LM5137FDQRHARQ1 | 符合 ASIL D 功能安全标准      |                               |

(1) 请参阅[功能安全主页](#)，了解不同的功能安全分类（在开发流程、分析报告和诊断说明方面）。

## 5 器件和文档支持

### 5.1 器件支持

#### 5.1.1 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。

#### 5.1.2 开发支持

TI 的 LM(2)514x-Q1 系列汽车同步降压控制器具有 3.5V 至 100V 的输入工作电压范围（如表 5-1 所示），可为一系列应用提供灵活性、可扩展性和经优化的设计尺寸。

现在可使用 LM5137F 和 LM25137F 来帮助进行符合 ASIL D 标准的功能安全系统设计，该控制器系列可实现具有高密度、低 EMI 和更高系统可靠性的直流/直流设计。所有控制器的最大额定工作结温为 150°C，并符合 AEC-Q100 1 级标准。

表 5-1. 汽车同步降压直流/直流控制器系列

| 直流/直流控制器   | 单路或双路 | V <sub>IN</sub> 范围 | 控制方法   | 栅极驱动电压 | 同步输出    | 可编程展频             |
|------------|-------|--------------------|--------|--------|---------|-------------------|
| LM5137-Q1  | 双通道   | 4V 至 80V           | 峰值电流模式 | 5V     | 90° 相移  | DRSS ( 5% 或 10% ) |
| LM25137-Q1 | 双通道   | 4V 至 42V           | 峰值电流模式 | 5V     | 90° 相移  | DRSS ( 5% 或 10% ) |
| LM5141-Q1  | 单通道   | 3.8V 至 65V         | 峰值电流模式 | 5V     | 不适用     | 三角波               |
| LM25141-Q1 | 单通道   | 3.8V 至 42V         | 峰值电流模式 | 5V     | 不适用     | 三角波               |
| LM5143A-Q1 | 双通道   | 3.5V 至 65V         | 峰值电流模式 | 5V     | 90° 相移  | 三角波               |
| LM25143-Q1 | 双通道   | 3.5V 至 42V         | 峰值电流模式 | 5V     | 90° 相移  | 三角波               |
| LM5145-Q1  | 单通道   | 5.5V 至 75V         | 电压模式   | 7.5V   | 180° 相移 | 不适用               |
| LM5146-Q1  | 单通道   | 5.5V 至 100V        | 电压模式   | 7.5V   | 180° 相移 | 不适用               |
| LM5148-Q1  | 单通道   | 3.5V 至 80V         | 峰值电流模式 | 5V     | 180° 相移 | DRSS              |
| LM25148-Q1 | 单通道   | 3.5V 至 42V         | 峰值电流模式 | 5V     | 180° 相移 | DRSS              |
| LM5149-Q1  | 单通道   | 3.5V 至 80V         | 峰值电流模式 | 5V     | 180° 相移 | DRSS              |
| LM25149-Q1 | 单通道   | 3.5V 至 42V         | 峰值电流模式 | 5V     | 180° 相移 | DRSS              |

相关开发支持，请参阅以下文档：

- LM(2)5137-Q1 直流/直流控制器 [快速入门计算器](#) 和 [PSPICE](#) 仿真模型
- LM25137-Q1 EVM [PCB 布局](#) 文件
- 有关 TI 的 WEBENCH 设计环境，请访问 [WEBENCH® 设计中心](#)
- 有关 TI 的参考设计库，请访问 [TI Designs](#)
- TI 参考设计：
  - [适用于数字驾驶舱处理单元的汽车宽输入电压 \(V<sub>IN</sub>\) 前端参考设计](#)

#### 5.1.2.1 使用 WEBENCH® 工具创建定制设计方案

[点击此处](#) 以使用 LM5137F-Q1 器件与 WEBENCH® Power Designer 创建定制设计方案。

- 首先键入输入电压 (V<sub>IN</sub>)、输出电压 (V<sub>OUT</sub>) 和输出电流 (I<sub>OUT</sub>) 要求。
- 使用优化器表盘，优化该设计的关键参数，如效率、占用空间和成本。
- 将生成的设计与德州仪器 (TI) 其他可行的解决方案进行比较。

WEBENCH Power Designer 提供了定制原理图并罗列了实时价格和组件供货情况的物料清单。

在多数情况下，可执行以下操作：

- 运行电气仿真，观察重要波形以及电路性能
- 运行热性能仿真，了解电路板热性能
- 将定制原理图和布局方案以常用 CAD 格式导出
- 打印 PDF 格式的设计报告并与同事共享

有关 WEBENCH 工具的更多信息，请访问 [www.ti.com/WEBENCH](http://www.ti.com/WEBENCH)。

## 5.2 文档支持

### 5.2.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 用户指南：
  - 德州仪器 (TI)，[LM25137-Q1 同步降压控制器 EVM](#)
  - 德州仪器 (TI)，[LM5143-Q1 同步降压控制器 EVM](#)
  - 德州仪器 (TI)，[LM5141-Q1 同步降压控制器 EVM](#)
  - 德州仪器 (TI)，[LM5146-Q1 EVM 用户指南](#)
  - 德州仪器 (TI)，[LM5145EVM-HD-20A 高密度评估模块](#)
- 应用报告：
  - 德州仪器 (TI)，[LM5143-Q1 适用于汽车 ADAS 应用的四相降压稳压器设计](#)
  - 德州仪器 (TI)，[AN-2162：轻松解决直流/直流转换器的传导 EMI 问题](#)
  - 德州仪器 (TI)，[在汽车冷启动期间使用 LM5140-Q1 双路同步降压控制器维持输出电压调节](#)
- 模拟设计期刊：
  - 德州仪器 (TI)，[通过将电感寄生效应降至最低来降低降压转换器 EMI 和电压应力](#)
- 白皮书：
  - 德州仪器 (TI)，[电源的传导 EMI 规格概述](#)
  - 德州仪器 (TI)，[电源的辐射 EMI 规格概述](#)
  - 德州仪器 (TI)，[评估适用于成本驱动型严苛应用的宽  \$V\_{IN}\$ 、低 EMI 同步降压电路](#)

#### 5.2.1.1 PCB 布局资源

- 应用报告：
  - 德州仪器 (TI)，[AN-1149 开关电源布局指南](#)
  - 德州仪器 (TI)，[使用 LM4360x 与 LM4600x 简化低辐射 EMI 布局](#)
- 应用简报：
  - 德州仪器 (TI)，[通过优化的功率级布局免费提高大电流直流/直流稳压器性能](#)
- 研讨会：
  - 德州仪器 (TI)，[构建电源之布局注意事项](#)

#### 5.2.1.2 热设计资源

- 应用报告：
  - 德州仪器 (TI)，[AN-2020 热设计：学会洞察先机，不做事后诸葛](#)
  - 德州仪器 (TI)，[AN-1520 外露焊盘封装实现理想热阻的电路板布局布线指南](#)
  - 德州仪器 (TI)，[半导体和 IC 封装热指标](#)
  - 德州仪器 (TI)，[使用 LM43603 和 LM43602 简化热设计](#)
  - 德州仪器 (TI)，[PowerPAD™ 热增强型封装](#)
  - 德州仪器 (TI)，[PowerPAD 速成](#)
  - 德州仪器 (TI)，[使用新的热指标](#)

### 5.3 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 [ti.com](https://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。

### 5.4 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](#)。

### 5.5 商标

PowerPAD™ and TI E2E™ are trademarks of Texas Instruments.

WEBENCH® is a registered trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

### 5.6 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。

### 5.7 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。

## 6 修订历史记录

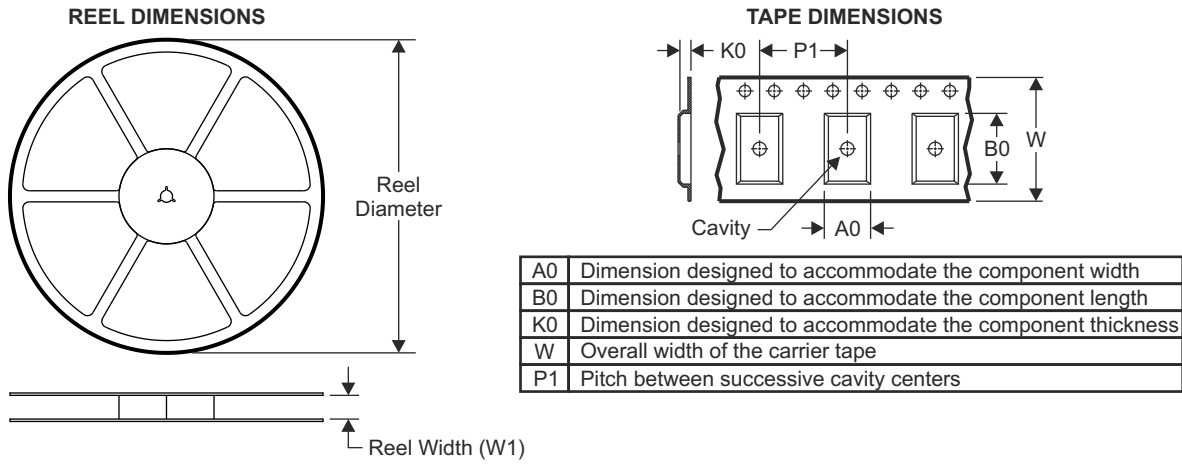
注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

| 日期             | 修订版本 | 注释    |
|----------------|------|-------|
| September 2024 | *    | 初始发行版 |

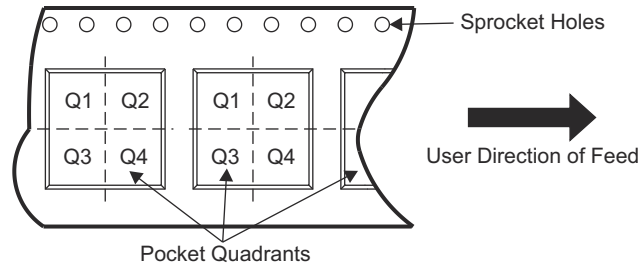
## 7 机械、封装和可订购信息

以下页面显示机械、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。

## 7.1 卷带包装信息

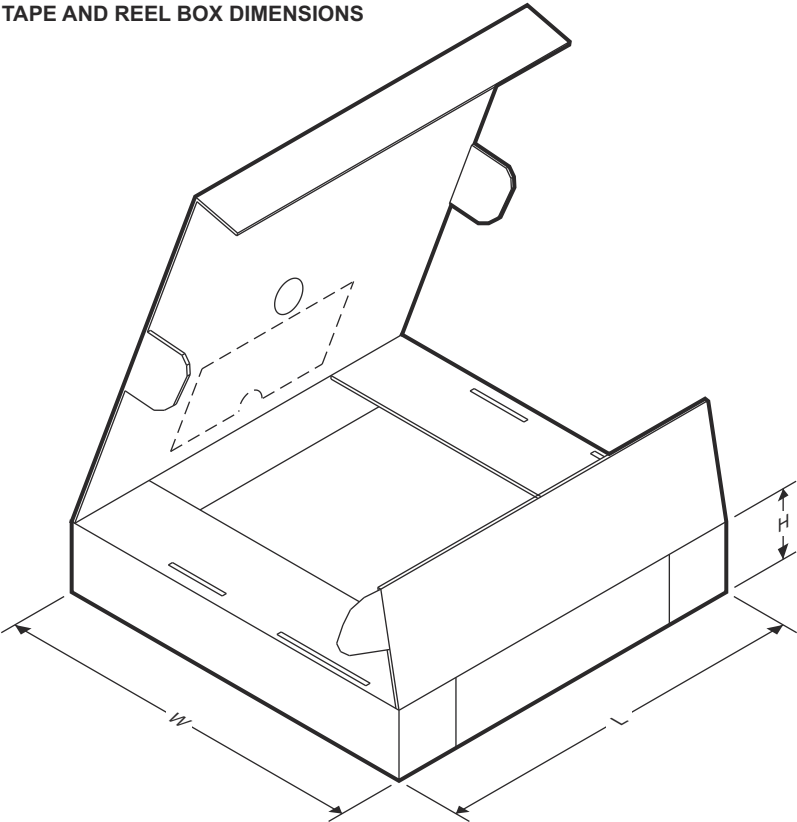


### QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



| 器件             | 封装类型 | 封装图 | 引脚 | 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 |
|----------------|------|-----|----|------|-----------|--------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|
| P5137FDQRHARQ1 | VQFN | RHA | 36 | 2500 | 330.0     | 16.4         | 6.3     | 6.3     | 1.1     | 12.0    | 16.0   | Q1      |

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS

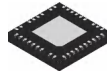


| 器件             | 封装类型 | 封装图 | 引脚 | SPQ  | 长度 (mm) | 宽度 (mm) | 高度 (mm) |
|----------------|------|-----|----|------|---------|---------|---------|
| P5137FDQRHARQ1 | VQFN | RHA | 36 | 2500 | 367.0   | 367.0   | 35.0    |

ADVANCE INFORMATION



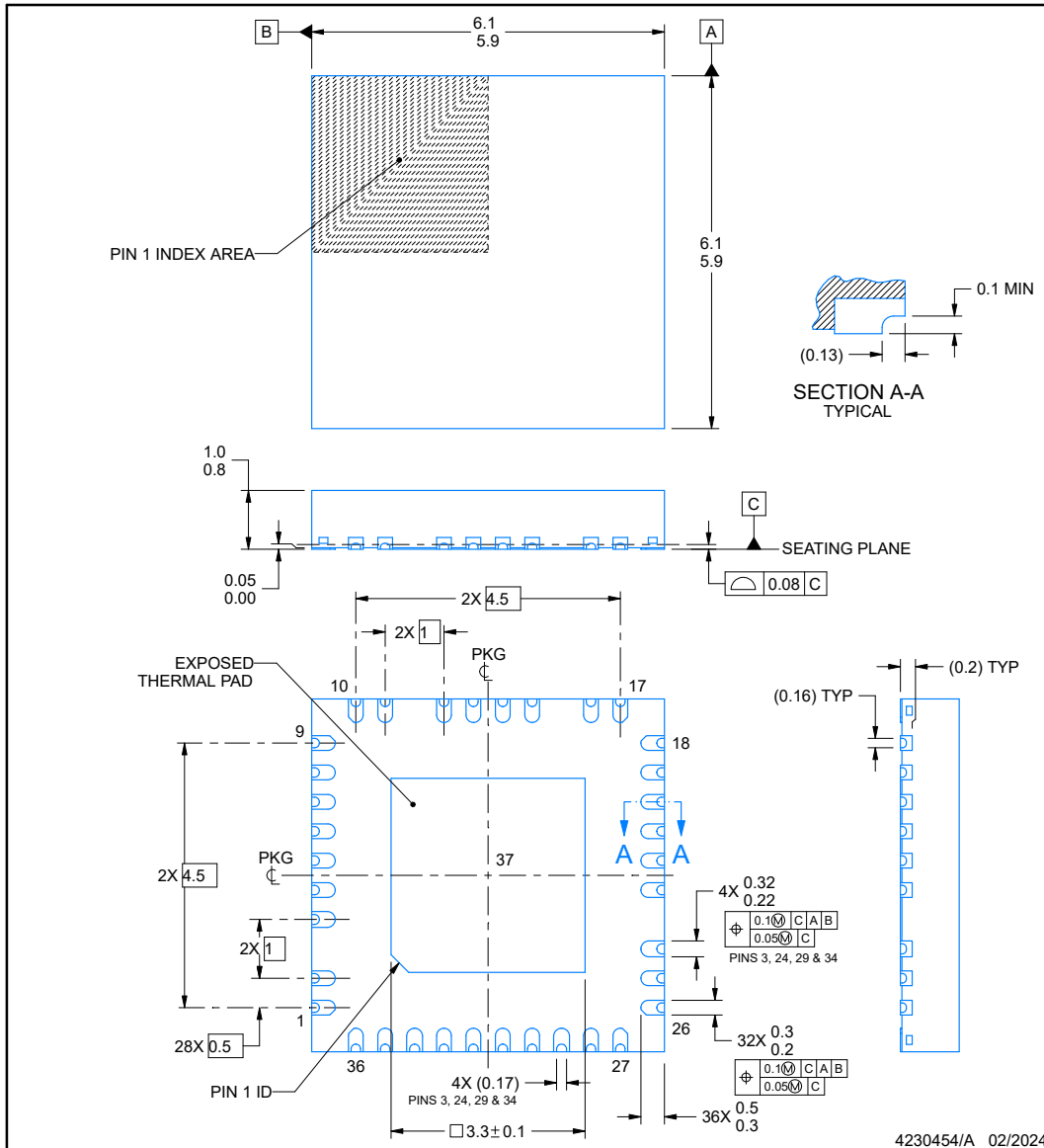
**RHA0036D**



**PACKAGE OUTLINE**

**VQFN - 1 mm max height**

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



**NOTES:**

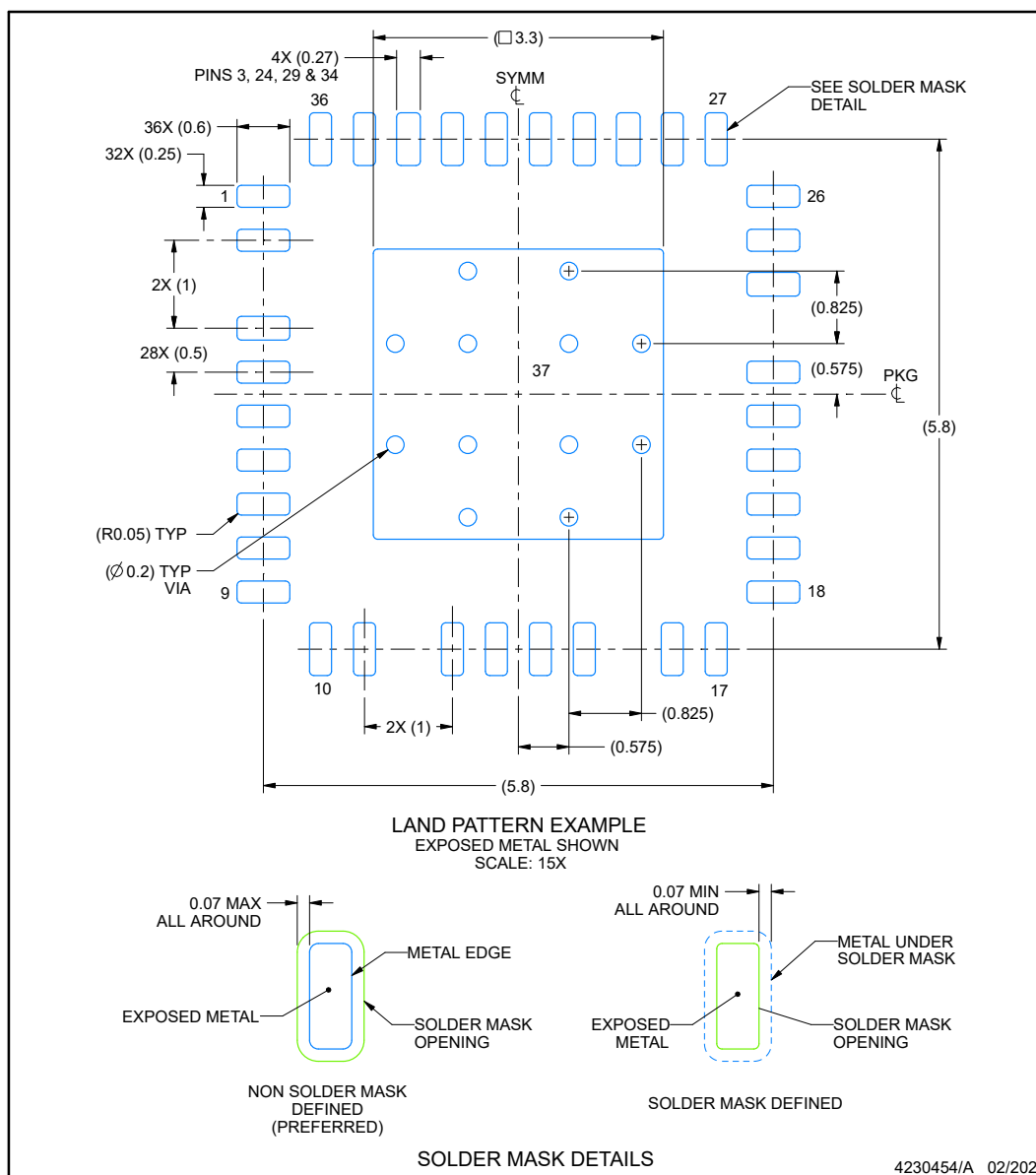
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

## EXAMPLE BOARD LAYOUT

**RHA0036D**

**VQFN - 1 mm max height**

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



NOTES: (continued)

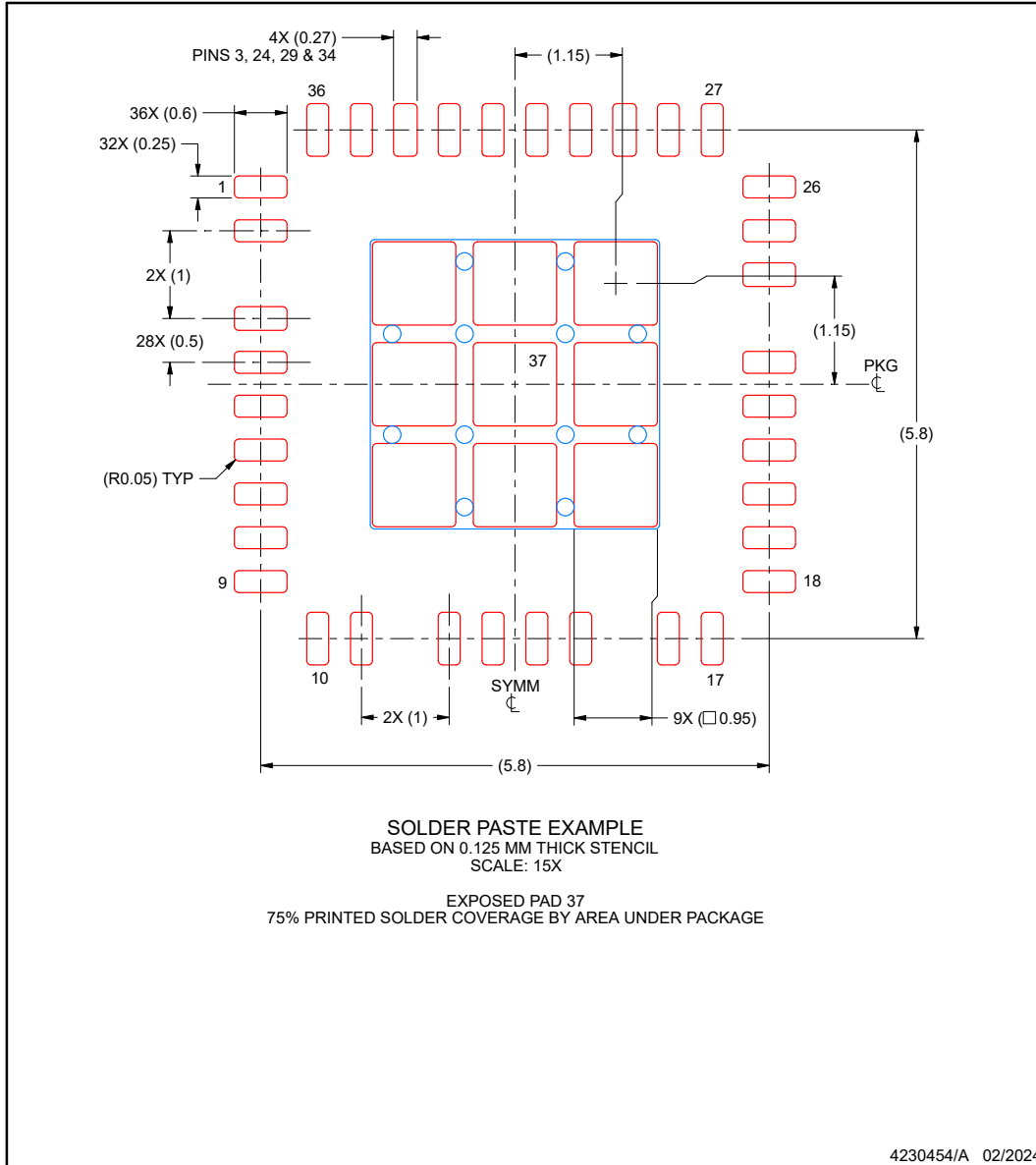
4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 ([www.ti.com/lit/sl原因271](http://www.ti.com/lit/sl原因271)).
5. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

## EXAMPLE STENCIL DESIGN

**RHA0036D**

**VQFN - 1 mm max height**

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



NOTES: (continued)

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

## PACKAGING INFORMATION

| Orderable part number           | Status<br>(1) | Material type<br>(2) | Package   Pins  | Package qty   Carrier | RoHS<br>(3) | Lead finish/<br>Ball material<br>(4) | MSL rating/<br>Peak reflow<br>(5) | Op temp (°C) | Part marking<br>(6) |
|---------------------------------|---------------|----------------------|-----------------|-----------------------|-------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------|---------------------|
| <a href="#">LM5137FDQRHARQ1</a> | Active        | Production           | VQFN (RHA)   36 | 2500   LARGE T&R      | Yes         | NIPDAU                               | Level-2-260C-1 YEAR               | -40 to 125   | 5137FDQ<br>RHARQ1   |
| <a href="#">P5137FDQRHARQ1</a>  | Active        | Preproduction        | VQFN (RHA)   36 | 2500   LARGE T&R      | -           | Call TI                              | Call TI                           | -40 to 150   |                     |
| P5137FDQRHARQ1.A                | Active        | Preproduction        | VQFN (RHA)   36 | 2500   LARGE T&R      | -           | Call TI                              | Call TI                           | -40 to 150   |                     |

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

<sup>(2)</sup> **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.

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

<sup>(4)</sup> **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.

<sup>(5)</sup> **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.

<sup>(6)</sup> **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

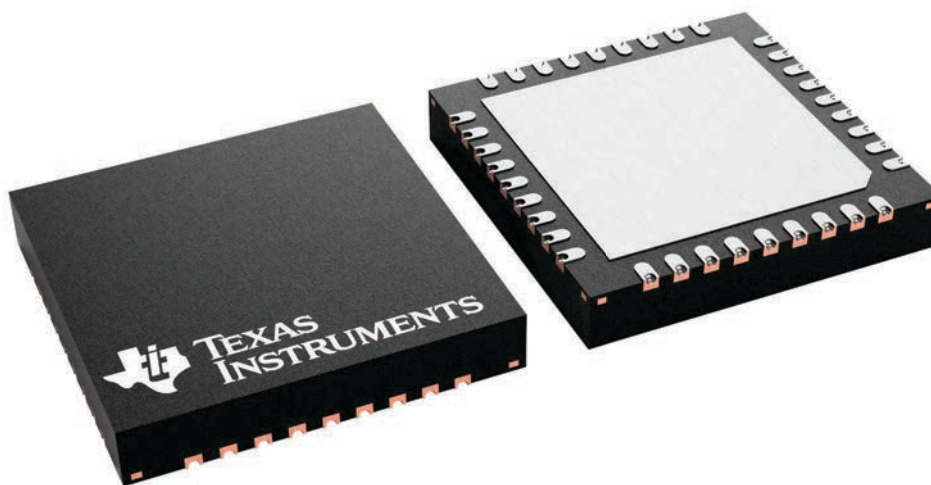
**RHA 36**

**VQFN - 1 mm max height**

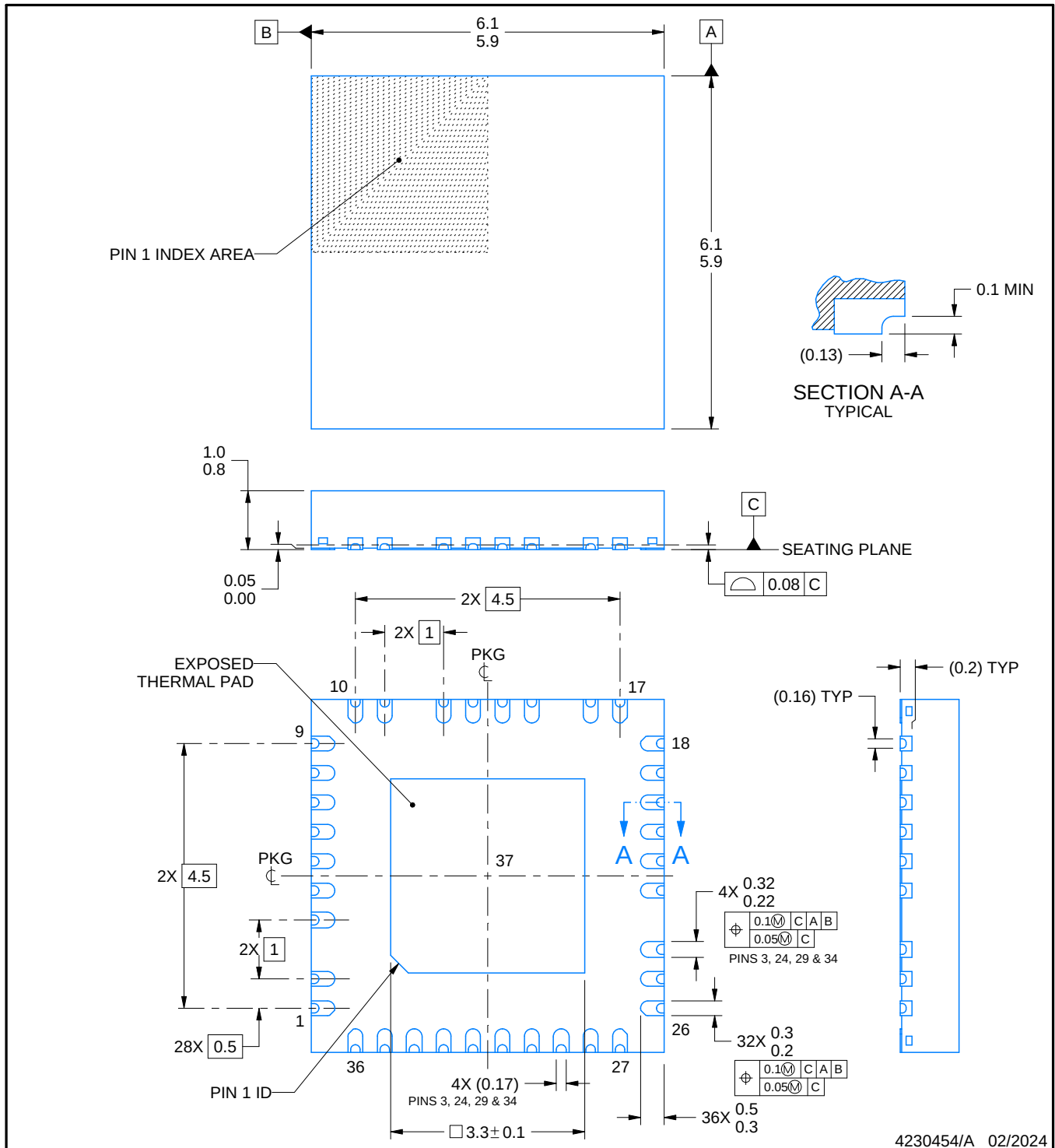
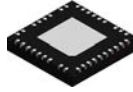
6 x 6, 0.5 mm pitch

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD

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



4228438/A



## NOTES:

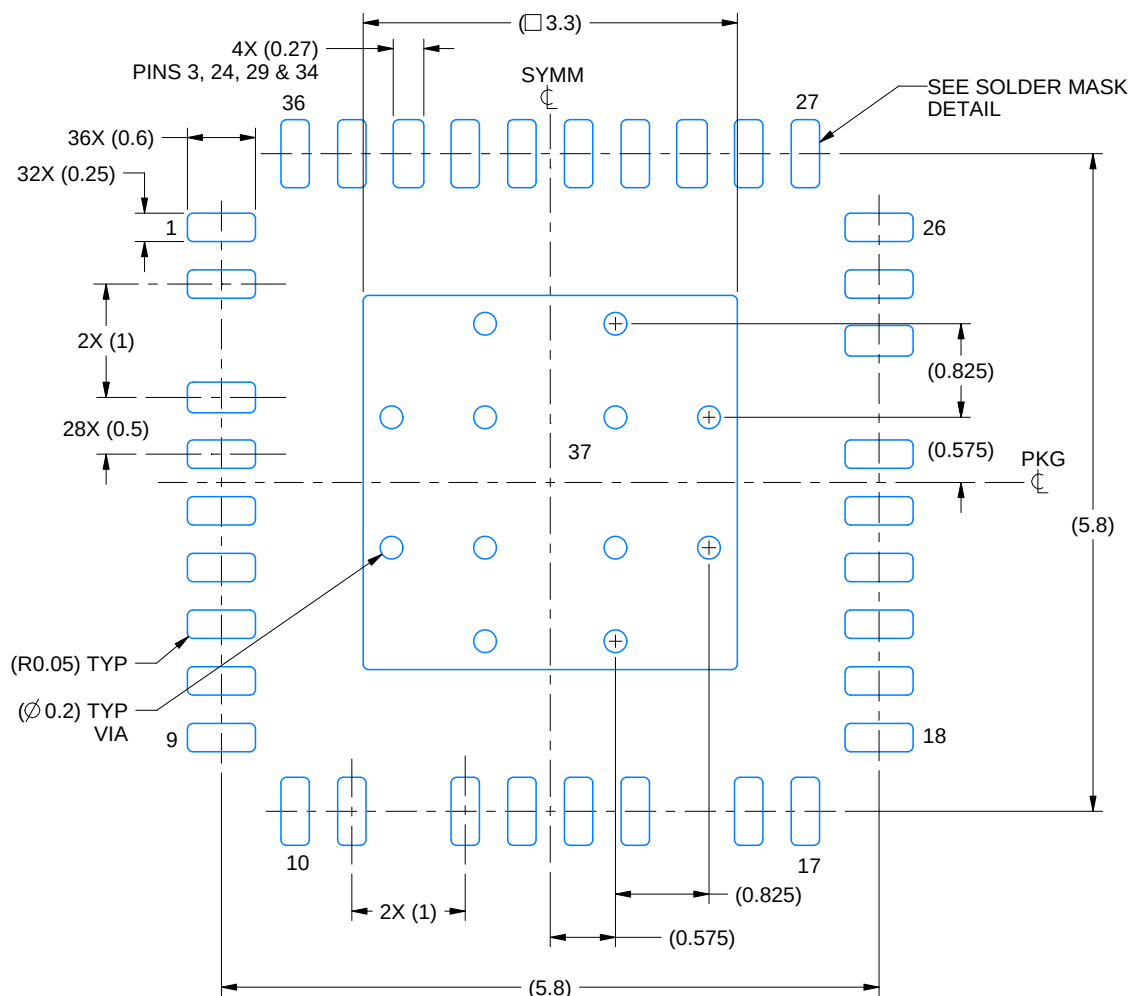
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

# EXAMPLE BOARD LAYOUT

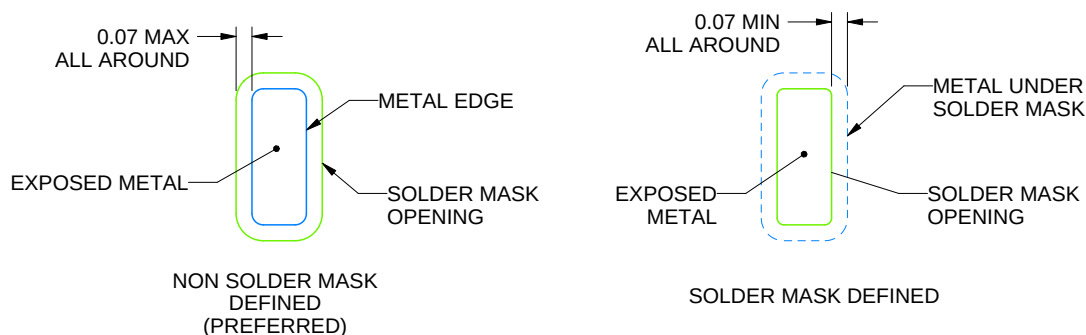
RHA0036D

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE  
EXPOSED METAL SHOWN  
SCALE: 15X



SOLDER MASK DETAILS

4230454/A 02/2024

NOTES: (continued)

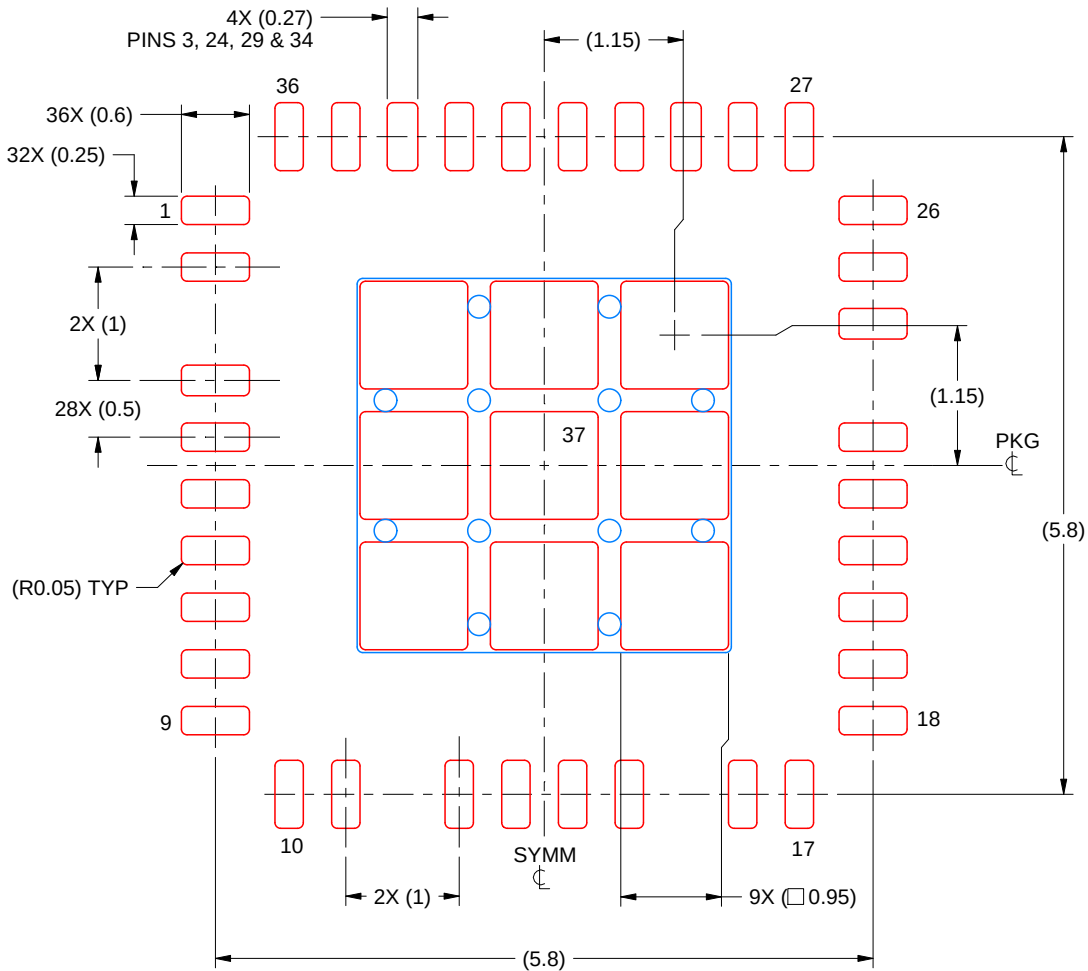
- This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 ([www.ti.com/lit/sluea271](http://www.ti.com/lit/sluea271)).
- Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

# EXAMPLE STENCIL DESIGN

RHA0036D

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE  
BASED ON 0.125 MM THICK STENCIL  
SCALE: 15X

EXPOSED PAD 37  
75% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA UNDER PACKAGE

4230454/A 02/2024

NOTES: (continued)

6. 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、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