

AFE77xxD 具有集成 CFR/DPD 和双反馈路径的四通道/双通道射频收发器

1 特性

- 基于 0-IF 升压转换架构的四通道 (AFE776xD)/双通道 (AFE7728D) 发送器：
 - 每条链的射频传输 DPD 扩展带宽高达 650MHz (AFE77x8D)/730MHz (AFE7769D)
- 基于 0-IF 降压转换架构的四通道 (AFE776xD)/双通道 (AFE7728D) 接收器：
 - 每条链的射频接收带宽高达 200MHz (AFE77x8D)/300MHz (AFE7769D)
- 基于直接射频采样架构的反馈链：
 - 观察到的射频 DPD 扩展带宽高达 650MHz (AFE77x8D)/730MHz (AFE7769D)
- 可实现 PA 线性化的集成 CFR/DPD
 - 瞬时带宽高达 200MHz (AFE77x8D)/300MHz (AFE7769D)
 - DPD 扩展带宽高达 650MHz (AFE77x8D)/730MHz (AFE7769D)
- 可实现 PA 线性化的集成 CFR/DPD
 - 具有可配置取消脉冲的多级 CFR
 - 硬件加速 DPD 估算引擎
 - 用于实现 GaN PA 线性化且基于信号动态的校正器
 - 智能数据采集
- 射频频率范围：600MHz 至 6GHz
- 用于 TX 和 RX LO 的四路宽带分数 N PLL 和 VCO
- 专门用于生成数据转换器时钟的整数 N PLL、VCO
- JESD204B 和 JESD204C 串行器/解串器接口支持：
 - 4 个高达 29.5 Gbps 的串行器/解串器收发器
 - 8b/10b 和 64b/66b 编码
 - 16 位、12 位、24 位和 32 位格式
 - 子类 1 多器件同步
- 封装：17mm x 17mm FCBGA，间距 0.8mm

2 应用

- 宏远程无线电单元 (RRU)
- 小型蜂窝基站
- 有源天线系统 mMIMO (AAS)
- 分布式天线系统 (DAS)
- 中继器

3 说明

AFE77xxD 是引脚兼容的高性能多通道收发器系列，集成了四条 (AFE7768D/AFE7769D) 或两条 (AFE7728D) 直接上变频发送器链、四条 (AFE7768D/AFE7769D) 或两条 (AFE7728D) 直接下变频接收器链、两条宽带射频采样数字化辅助链 (反馈路径) 和用于实现功率放大器 (PA) 线性化的低功耗数字预失真 (DPD) 引擎。发送器链和接收器链的高动态范围可使无线基站发送和接收 2G、3G、4G 和 5G 信号。集成式波峰因数抑制 (CFR) 单元有助于降低输入信号的峰均比 (PAR)，从而提高功率放大器的传输效率。集成式硬件加速 DPD 估算器和校正器为 PA 线性化提供了灵活高效的 DPD 解决方案。对于瞬时带宽高达 200MHz (AFE77x8D)/300MHz (AFE7769D) 以及 DPD 扩展带宽高达 650MHz (AFE77x8D)/730MHz (AFE7769D) 的信号，集成式 DPD 引擎可校正因 PA 非线性而导致的失真。专用 GaN 校正器可解决由于 GaN PA 电荷捕获所带来的长期非线性记忆效应。

AFE77xxD 的低功率耗散和高密度通道集成特性能克服 4G 和 5G 基站的功率和尺寸限制。宽带和高动态范围反馈路径可以通过在各个拦截点进行智能数据采集来为发送器链中功率放大器的 DPD 提供支持。串行器/解串器 29.5Gbps 的速度有助于减少向器件传入和从器件传出数据时所需的通道数。

封装信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	封装尺寸 ⁽²⁾
AFE77xxD	ABJ (FCBGA, 400)	17.00mm x 17.00mm

(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 x 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。

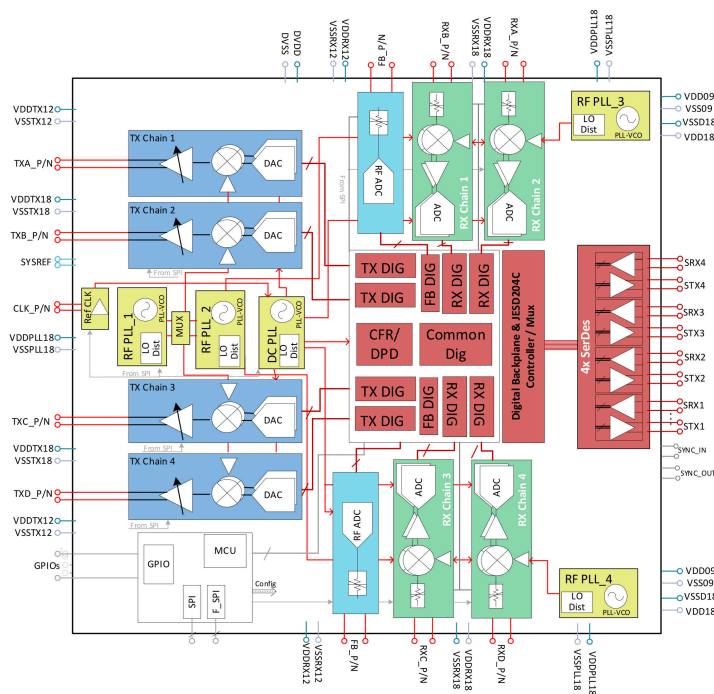


AFE77xxD 的每个接收器链都具有一个 28dB 范围的数字阶跃衰减器 (DSA)，后跟一个宽带无源 IQ 解调器和一个基带放大器，此基带放大器具有集成式可编程带宽抗混叠低通滤波器，用于驱动连续时间 Σ - Δ ADC。RX 链可接收高达 200MHz (AFE77x8D)/300MHz (AFE7769D) 的瞬时带宽 (IBW)。每个接收器通道都有两个模拟峰值功耗检测器和多个数字功耗检测器，可在接收器通道上辅助进行外部或内部自主 AGC，另外还具有一个射频过载检测器，可提供器件可靠性保护。集成式 QMC (正交不匹配补偿) 算法能够持续监控和校正 RX 链 I 和 Q 不平衡不匹配的情况，无需注入任何专用信号或执行离线校准。

每个发送器链都具有两个 14 位、3.3Gsp/s IQ DAC，后跟一个可编程重建和 DAC 镜像抑制滤波器以及一个 IQ 调制器，用于驱动具有 39dB 范围增益控制功能的宽带射频放大器。TX 链集成了 QMC 和 LO 漏电消除算法，利用反馈路径来持续跟踪和更正 TX 链 IQ 不匹配和 LO 漏电的情况。

每条反馈路径均基于射频采样架构，并具有一个驱动 14 位 3.3Gsp/s 射频 ADC 的输入射频 DSA。直接采样架构提供了一个固有的宽带接收器链，并简化了 TX 链损失校准。反馈路径集成了两个独立的 NCO，可在两个观察到的射频输入频带之间进行快速切换。

合成器部分集成了四个分数 N 射频 PLL，可生成四个不同的射频 LO，使器件能够支持多达两个不同频带，每个频带配置为两个发送器、两个接收器和一个反馈路径 (AFE7768D/AFE7769D)；或一个发送器、一个接收器和一个反馈路径 (AFE7728D)。



AFE7768D/AFE7769D 方框图



Table of Contents

1 特性.....	1	5.2 支持资源.....	5
2 应用.....	1	5.3 Trademarks.....	5
3 说明.....	1	5.4 静电放电警告.....	5
4 Revision History.....	4	5.5 术语表.....	5
5 Device and Documentation Support.....	5	6 Mechanical, Packaging, and Orderable Information....	5
5.1 接收文档更新通知.....	5		

4 Revision History

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision * (July 2023) to Revision A (October 2023)	Page
• 将“四通道”更改为“四通道 (AFE776xD)/双通道 (AFE7728D)”	1

5 Device and Documentation Support

5.1 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 [ti.com](https://www.ti.com) 上的器件产品文件夹。点击 [订阅更新](#) 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。

5.2 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](#)。

5.3 Trademarks

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

5.4 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。

5.5 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 Mechanical, Packaging, and Orderable Information

The following pages include mechanical, packaging, and orderable information. This information is the most current data available for the designated devices. This data is subject to change without notice and revision of this document. For browser-based versions of this data sheet, refer to the left-hand navigation.

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)
AFE7728DIABJ	Active	Production	FCBGA (ABJ) 400	90 JEDEC TRAY (5+1)	Yes	SNAGCU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 85	AFE7728D
AFE7728DIABJ.B	Active	Production	FCBGA (ABJ) 400	90 JEDEC TRAY (5+1)	Yes	SNAGCU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 85	AFE7728D
AFE7768DIABJ	Active	Production	FCBGA (ABJ) 400	90 JEDEC TRAY (5+1)	-	SNAGCU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 85	AFE7768D
AFE7768DIABJ.B	Active	Production	FCBGA (ABJ) 400	90 JEDEC TRAY (5+1)	-	SNAGCU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 85	AFE7768D
AFE7769DIABJ	Active	Production	FCBGA (ABJ) 400	90 JEDEC TRAY (5+1)	-	SNAGCU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 85	AFE7769D
AFE7769DIABJ.B	Active	Production	FCBGA (ABJ) 400	90 JEDEC TRAY (5+1)	-	SNAGCU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 85	AFE7769D

⁽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.

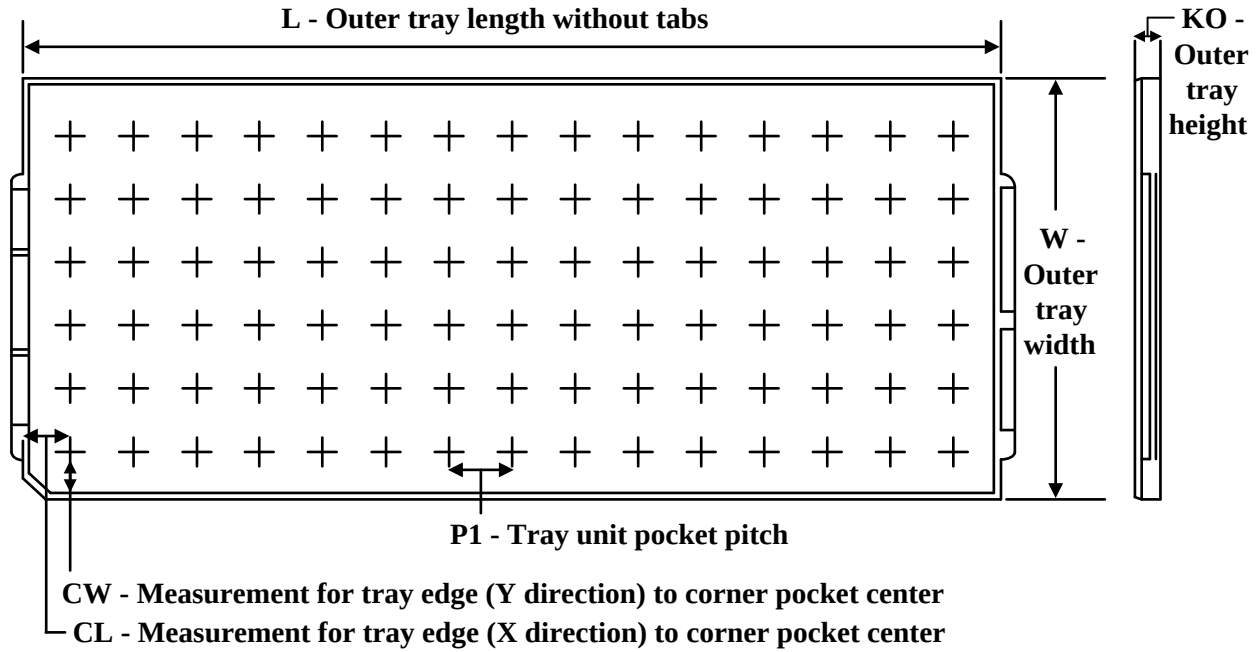
⁽⁵⁾ **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will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

TRAY


Chamfer on Tray corner indicates Pin 1 orientation of packed units.

*All dimensions are nominal

Device	Package Name	Package Type	Pins	SPQ	Unit array matrix	Max temperature (°C)	L (mm)	W (mm)	K0 (μm)	P1 (mm)	CL (mm)	CW (mm)
AFE7728DIABJ	ABJ	FCBGA	400	90	6 x 15	150	315	135.9	7620	19.5	21	19.2
AFE7728DIABJ.B	ABJ	FCBGA	400	90	6 x 15	150	315	135.9	7620	19.5	21	19.2
AFE7768DIABJ	ABJ	FCBGA	400	90	6 x 15	150	315	135.9	7620	19.5	21	19.2
AFE7768DIABJ.B	ABJ	FCBGA	400	90	6 x 15	150	315	135.9	7620	19.5	21	19.2
AFE7769DIABJ	ABJ	FCBGA	400	90	6 x 15	150	315	135.9	7620	19.5	21	19.2
AFE7769DIABJ.B	ABJ	FCBGA	400	90	6 x 15	150	315	135.9	7620	19.5	21	19.2

FCBGA - 2.65 mm max height

Top View: Shows a square package with overall dimensions of 17.2 mm by 17.2 mm and a core area of 16.8 mm by 16.8 mm. A corner is labeled "BALL A1 CORNER". A dashed square indicates the internal core area.

Side View: Shows the package height with dimensions 2.65 mm and 2.29 mm. A layer thickness is specified as 0.2 mm. A "BALL TYP" callout points to the solder balls. A "SEATING PLANE" is indicated with a note reference. A fillet radius of 0.12 mm is shown.

Bottom View: Shows the ball grid layout. The grid is 20 balls by 20 balls. Dimensions include 15.2 mm typical for the ball pitch and 0.8 mm typical for the ball diameter. A "SYMM" (symmetry) symbol is present. A note "400X Ø 0.55 0.45" points to the ball grid. A table of material and finish specifications is provided:

50	M	C	A	B
18	M	C	C	NOTE 3

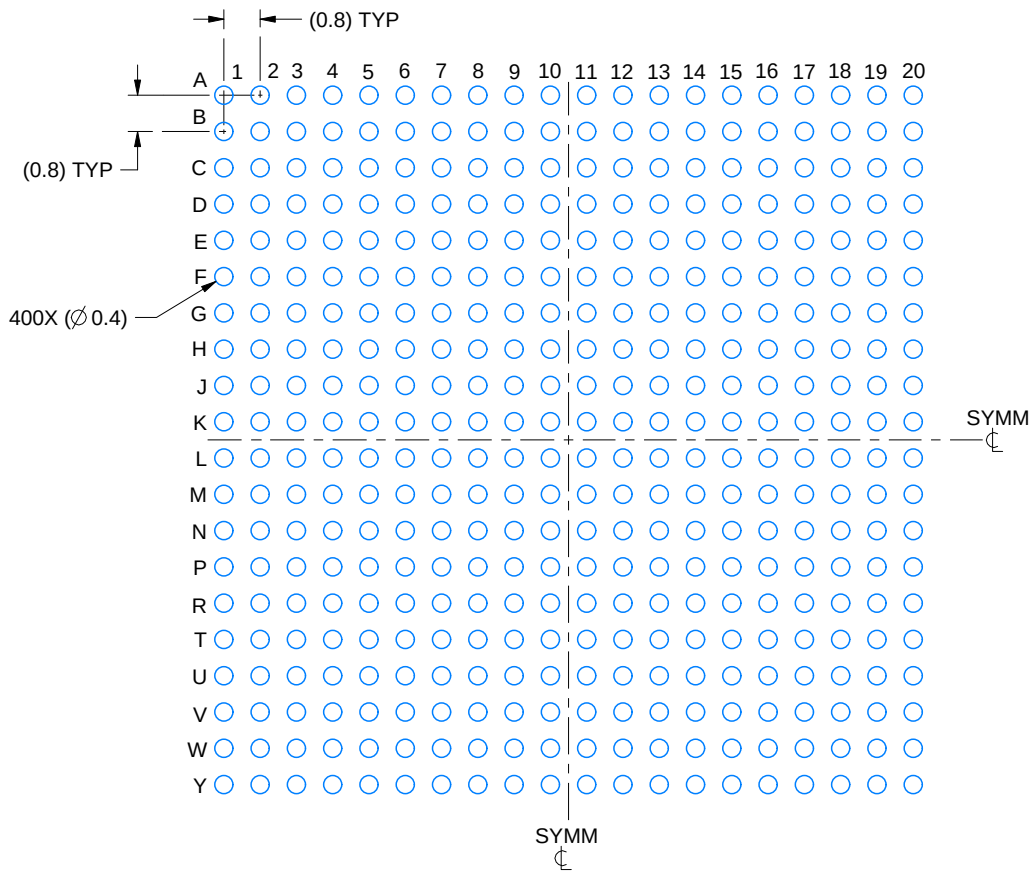
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. Dimension is measured at the maximum solder ball diameter, parallel to primary datum C.
4. Primary datum C and seating plane are defined by the spherical crowns of the solder balls.
5. The lids are electrically floating (e.g. not tied to GND).

EXAMPLE BOARD LAYOUT

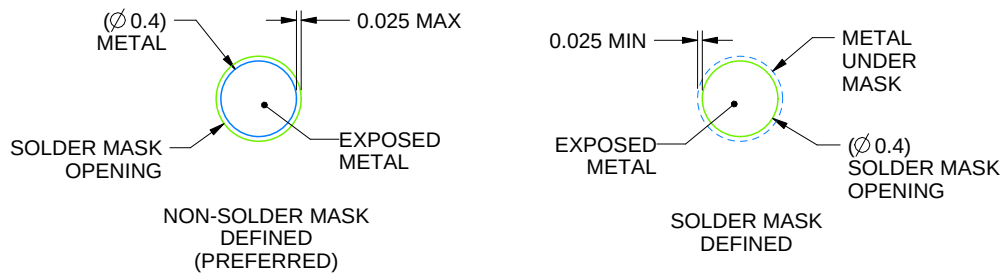
ABJ0400A

FCBGA - 2.65 mm max height

BALL GRID ARRAY



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:6X



SOLDER MASK DETAILS
NOT TO SCALE

4221311/D 03/2023

NOTES: (continued)

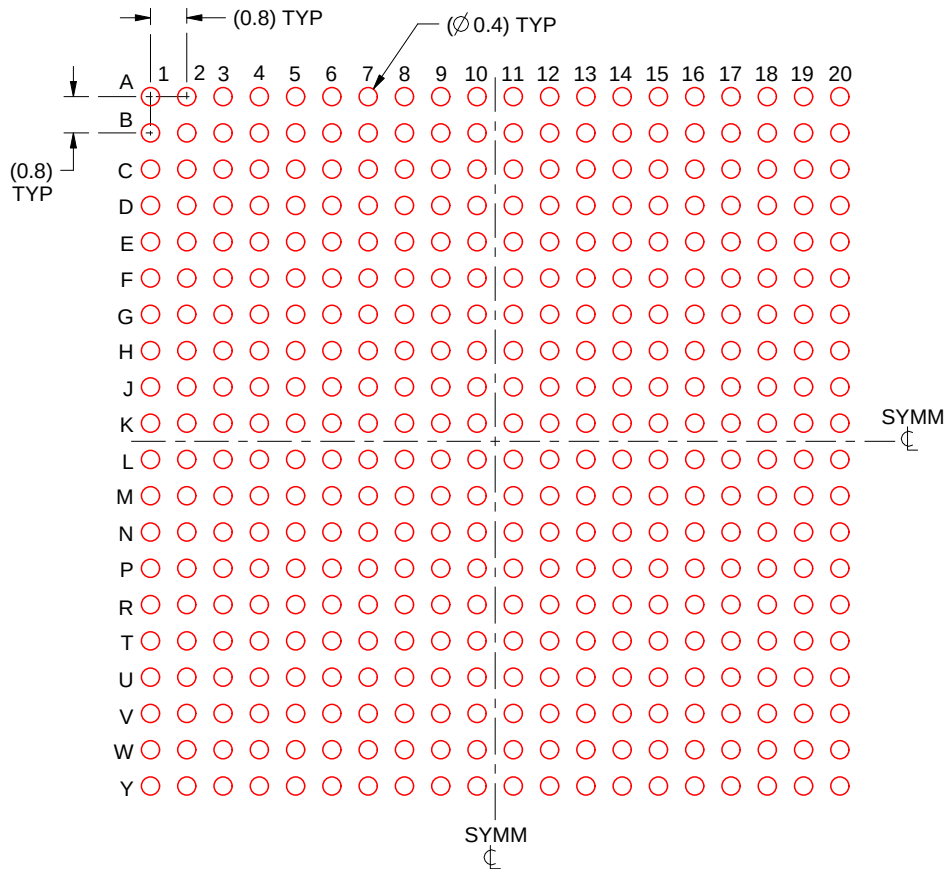
- Final dimensions may vary due to manufacturing tolerance considerations and also routing constraints. For more information, see Texas Instruments literature number SPRU811 (www.ti.com/lit/spru811).

EXAMPLE STENCIL DESIGN

ABJ0400A

FCBGA - 2.65 mm max height

BALL GRID ARRAY



SOLDER PASTE EXAMPLE
 BASED ON 0.15 mm THICK STENCIL
 SCALE:6X

4221311/D 03/2023

NOTES: (continued)

7. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release.

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 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月