

# 用于可穿戴连续的光学心率监测和生物传感且集成 AFE 并带 FIFO 功能超小尺寸的 AFE4410

## 1 特性

- 精确、连续的心率监测：
  - 高达 100dB 的动态范围可实现精确心率监测
  - 用于在可穿戴设备上持续运行的低电流，其典型值为：
    - 对于 LED 为 30 $\mu$ A，对于接收器为 25 $\mu$ A
- 发送器：
  - 4 个采用共阳极配置的 LED
  - 高达 200mA 的 8 位可编程 LED 电流
  - 支持同时点亮两个 LED 的模式
  - 可编程 LED 导通时间
  - 同时支持 3 个 LED，适用于优化型 SpO<sub>2</sub> 测量、HRM 或多波长 HRM
  - 平均电流为 30 $\mu$ A，可满足典型的心率监测情形：
    - 20mA 设置、60 $\mu$ s 脉冲持续时间、25Hz 采样率
- 接收器：
  - 支持 3 路时分多路复用 PD 输入
  - 以 24 位二进制补码格式表示 PD 的电流输入
  - TIA 输入端的独立直流偏移消减 DAC（范围高达  $\pm 127\text{-}\mu\text{A}$ ），用于每个 LED 和环境光相位
  - ADC 输出端的数字环境减法
  - 跨阻增益：10k $\Omega$  至 2M $\Omega$
  - 具有带宽可配的噪声滤波器
  - 接收器在约 1 $\mu$ A/Hz 的采样率（例如 25 $\mu$ A/25Hz）下运行
  - 硬件断电模式：约 0 $\mu$ A 电流
- 灵活的脉冲排序和时序控制
- 通过外部时钟或者内部振荡器作为参考时钟
- 采样深度为 128 的 FIFO：
  - 可针对各阶段编程设定分区
- 可通过引脚来选择 I<sup>2</sup>C、SPI 接口
- 工作温度范围：-20 $^{\circ}$ C 至 +70 $^{\circ}$ C
- 2.6mm x 2.1mm、0.4mm 间距 DSBGA 封装
- 电源：
  - Tx: 3V 至 5.25V
  - Rx: 1.8V 至 1.9V（LDO 旁路），2.0V 至 3.6V（LDO 使能）
  - IO: 1.7V 至 Rx\_SUP

## 2 应用

- 光学心率监测 (HRM)（可穿戴设备和可听设备）
- 心率变异分析 (HRV)
- 血氧饱和度 (SpO<sub>2</sub>) 测量
- 最大耗氧量 (VO<sub>2</sub> Max)

## 3 说明

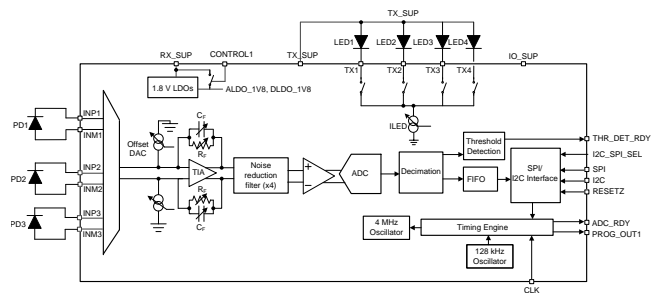
AFE4410 是一款用于心率监测 (HRM) 等光学生物传感应用的模拟前端。该器件支持多达四个可切换发光二极管 (LED) 以及多达三个光电二极管 (PD)。光电二极管的电流通过互阻抗放大器 (TIA) 转换为电压，并使用模数转换器 (ADC) 进行数字化。ADC 代码存储在一个具有可编程深度的 128 样本先进先出块 (FIFO) 中。您可以使用 I<sup>2</sup>C 接口或串行外设接口 (SPI) 读取 FIFO。该 AFE 还带有 8 位电流控制的完全集成 LED 驱动器。该器件具有高动态范围的收发电路，可提供高达 100dB 的动态范围，从而实现精确的心率传感。该 AFE 通过以超低功耗 (ULP) 模式（通过使用 ENABLE\_ULP 寄存器位进行设置）运行来实现极低的电流电平。

### 器件信息(1)

器件型号	封装	封装尺寸 (标称值)
AFE4410	DSBGA (30)	2.60mm x 2.10mm

(1) 如需了解所有可用封装，请参阅产品说明书末尾的封装选项附录。

### 简化框图



## 4 修订历史记录

### Changes from Original (May 2017) to Revision A

Page

- 
- 已更改（范围为  $\pm 126\text{-}\mu\text{A}$  至  $\pm 127\text{-}\mu\text{A}$ ） ..... 1
-

## 5 器件和文档支持

### 5.1 商标

All trademarks are the property of their respective owners.

### 5.2 静电放电警告



ESD 可能会损坏该集成电路。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措施和安装程序，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。

### 5.3 Glossary

[SLYZ022](#) — *TI Glossary*.

This glossary lists and explains terms, acronyms, and definitions.

## 6 机械、封装和可订购信息

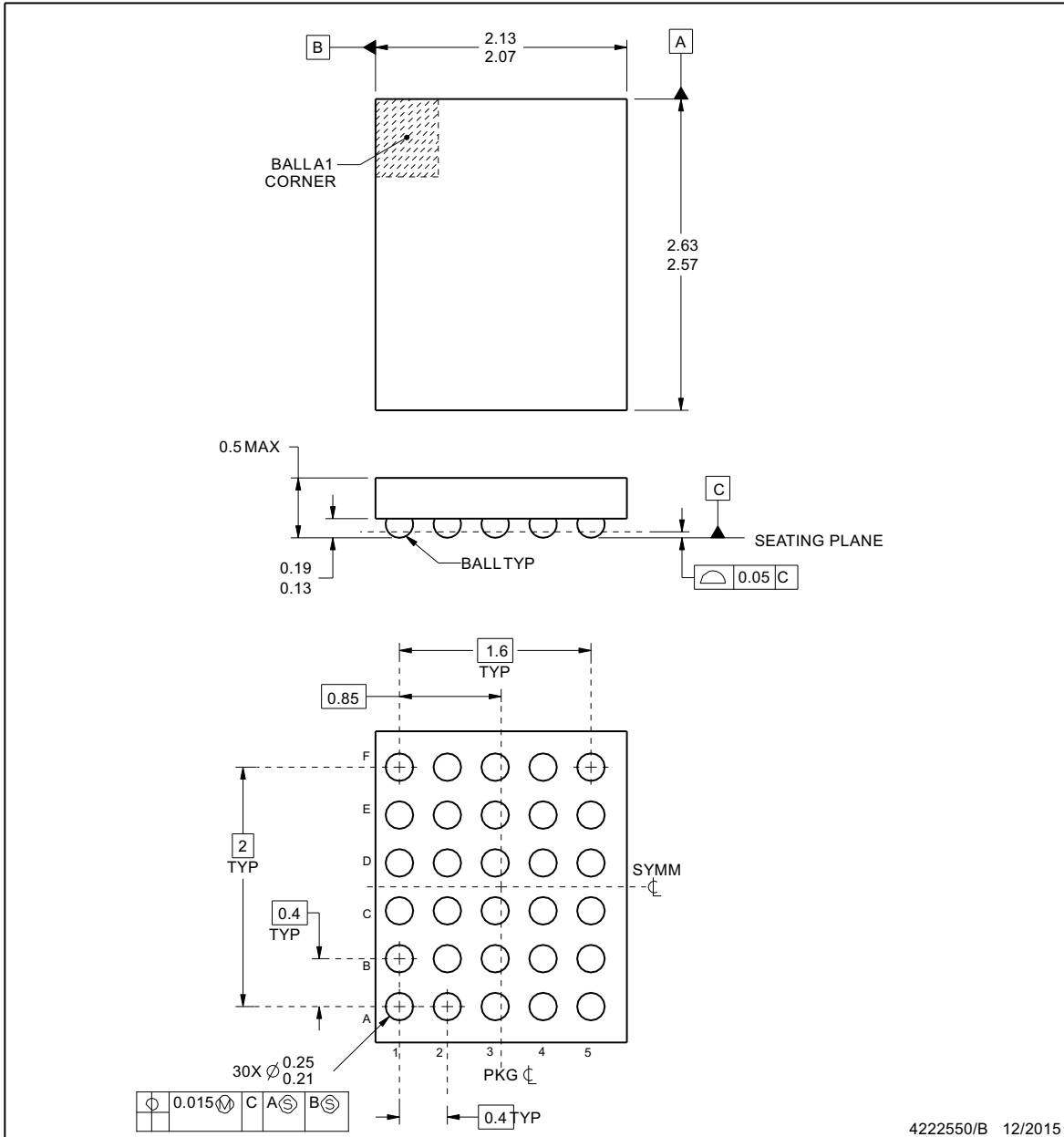
以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件的最新可用数据。这些数据如有变更，恕不另行通知和修订此文档。如欲获取此数据表的浏览器版本，请参阅左侧的导航。

YZ0030-C01



PACKAGE OUTLINE  
DSBGA - 0.5 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



NOTES:

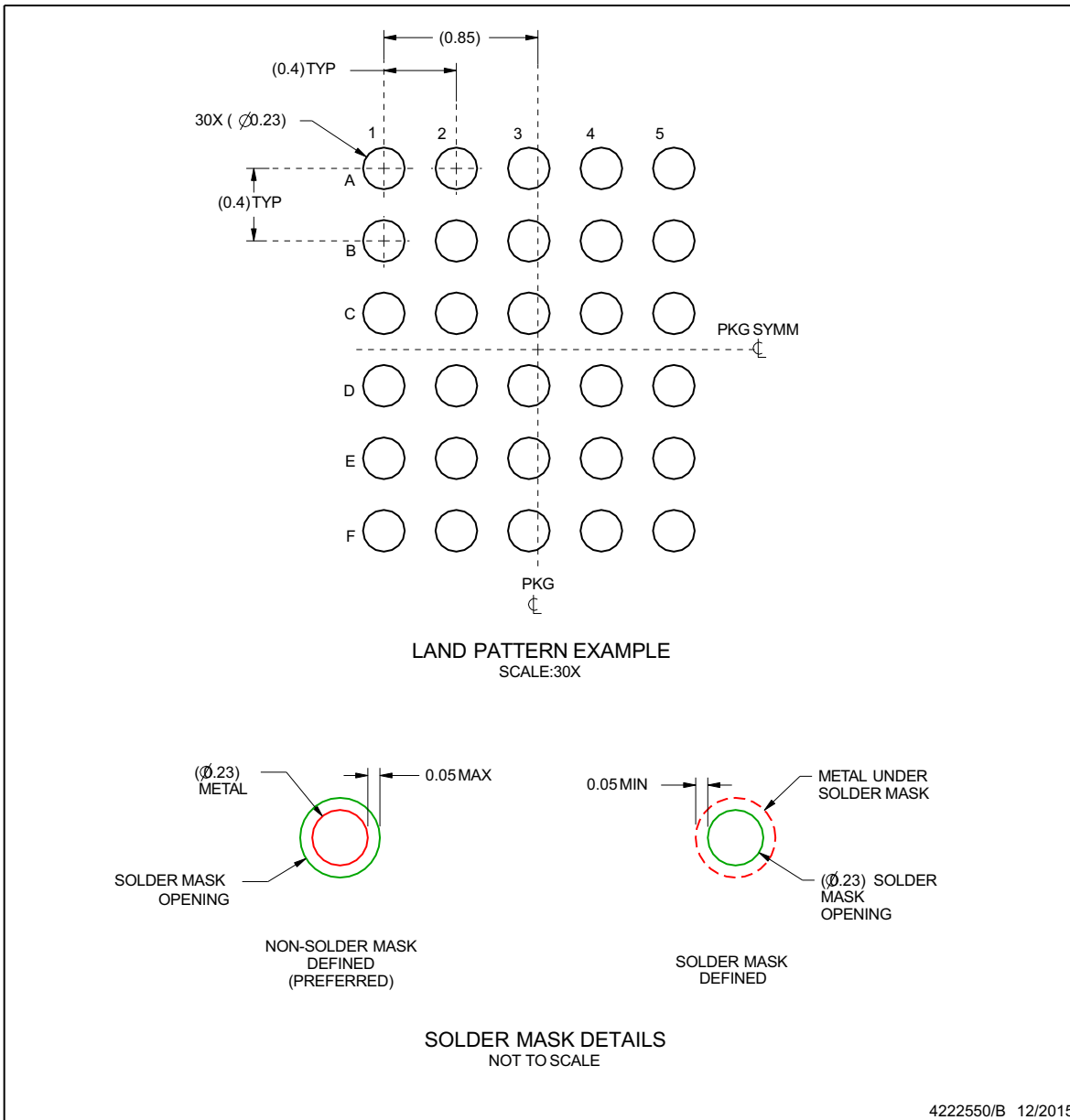
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.

YZ0030-C01

EXAMPLE BOARD LAYOUT

DSBGA - 0.5 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



4222550/B 12/2015

NOTES: (continued)

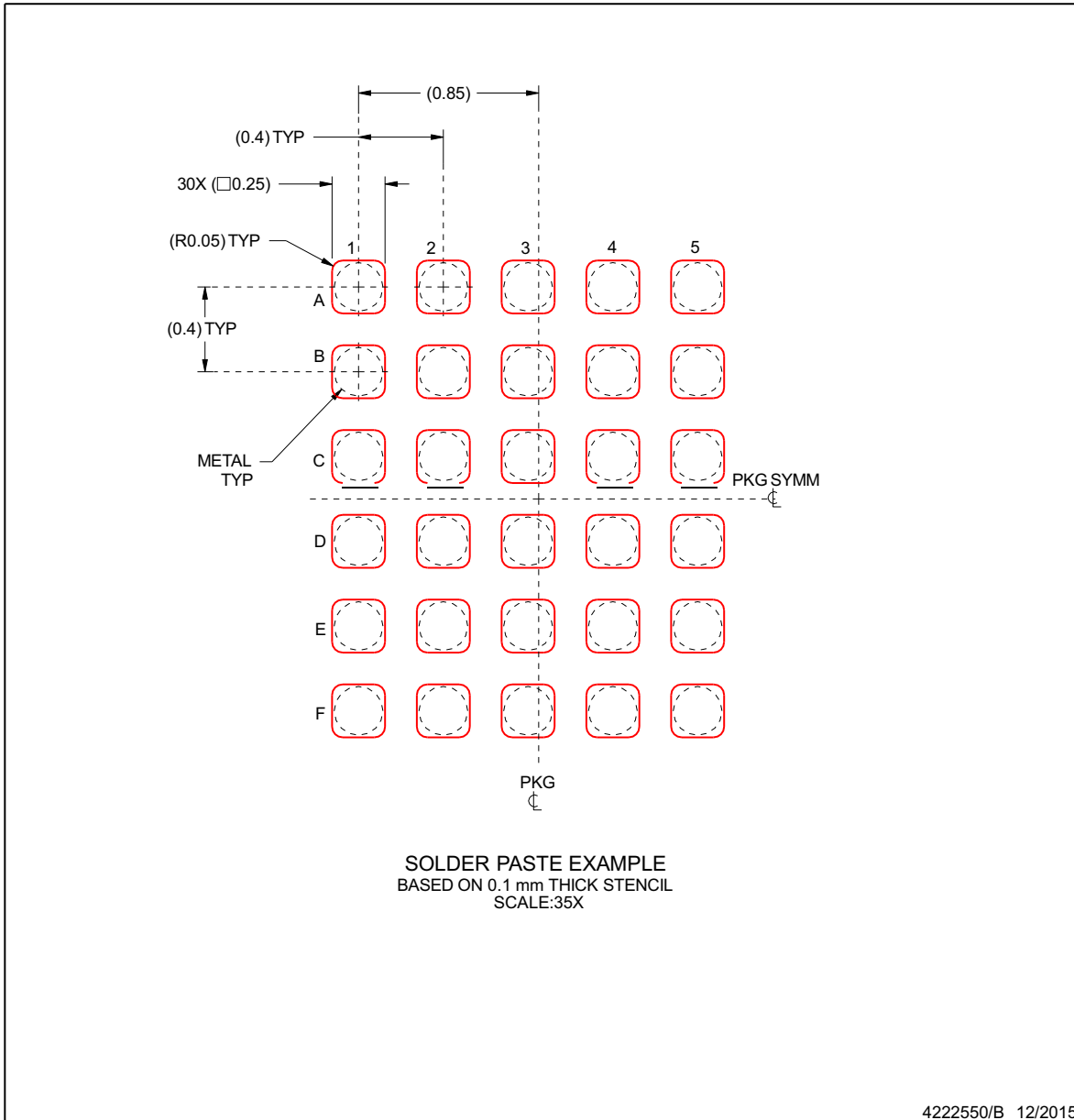
- 3. Final dimensions may vary due to manufacturing tolerance considerations and also routing constraints. See Texas Instruments Literature No. SNVA009 ([www.ti.com/lit/snva009](http://www.ti.com/lit/snva009)).

YZ0030-C01

EXAMPLE STENCIL DESIGN

DSBGA - 0.5 mm max height

DIE SIZE BALL GRIDARRAY



NOTES: (continued)

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

**PACKAGING INFORMATION**

Orderable Device	Status (1)	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan (2)	Lead/Ball Finish (6)	MSL Peak Temp (3)	Op Temp (°C)	Device Marking (4/5)	Samples
AFE4410YZR	ACTIVE	DSBGA	YZ	30	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 0	AFE4410	<a href="#">Samples</a>
AFE4410YZT	ACTIVE	DSBGA	YZ	30	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-20 to 70	AFE4410	<a href="#">Samples</a>

(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.

**OBSOLETE:** 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/Ball Finish - Orderable Devices may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead/Ball Finish 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
AFE4410YZR	DSBGA	YZ	30	3000	180.0	8.4	2.16	2.66	0.6	4.0	8.0	Q1
AFE4410YZT	DSBGA	YZ	30	250	180.0	8.4	2.16	2.66	0.6	4.0	8.0	Q1

**TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS**



\*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
AFE4410YZR	DSBGA	YZ	30	3000	182.0	182.0	20.0
AFE4410YZT	DSBGA	YZ	30	250	182.0	182.0	20.0

## 重要声明

德州仪器 (TI) 公司有权按照最新发布的 JESD46 对其半导体产品和服务进行纠正、增强、改进和其他修改，并不再按最新发布的 JESD48 提供任何产品和服务。买方在下订单前应获取最新的相关信息，并验证这些信息是否完整且是最新的。

TI 公布的半导体产品销售条款 (<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>) 适用于 TI 已认证和批准上市的已封装集成电路产品的销售。另有其他条款可能适用于其他类型 TI 产品及服务的使用或销售。

复制 TI 数据表上 TI 信息的重要部分时，不得变更该等信息，且必须随附所有相关保证、条件、限制和通知，否则不得复制。TI 对该等复制文件不承担任何责任。第三方信息可能受到其它限制条件的制约。在转售 TI 产品或服务时，如果存在对产品或服务参数的虚假陈述，则会失去相关 TI 产品或服务的明示或暗示保证，且构成不公平的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

买方和在系统中整合 TI 产品的其他开发人员（总称“设计人员”）理解并同意，设计人员在设计应用时应自行实施独立的分析、评价和判断，且应全权负责并确保应用的安全性，及设计人员的应用（包括应用中使用的 TI 产品）应符合所有适用的法律法规及其他相关要求。设计人员就自己设计的应用声明，其具备制订和实施下列保障措施所需的一切必要专业知识，能够 (1) 预见故障的危险后果，(2) 监视故障及其后果，以及 (3) 降低可能导致危险的故障几率并采取适当措施。设计人员同意，在使用或分发包含 TI 产品的任何应用前，将彻底测试该等应用和和该等应用所用 TI 产品的功能而设计。

TI 提供技术、应用或其他设计建议、质量特点、可靠性数据或其他服务或信息，包括但不限于与评估模块有关的参考设计和材料（总称“TI 资源”），旨在帮助设计人员开发整合了 TI 产品的应用，如果设计人员（个人，或如果是代表公司，则为设计人员的公司）以任何方式下载、访问或使用任何特定的 TI 资源，即表示其同意仅为该等目标，按照本通知的条款使用任何特定 TI 资源。

TI 所提供的 TI 资源，并未扩大或以其他方式修改 TI 对 TI 产品的公开适用的质保及质保免责声明；也未导致 TI 承担任何额外的义务或责任。TI 有权对其 TI 资源进行纠正、增强、改进和其他修改。除特定 TI 资源的公开文档中明确列出的测试外，TI 未进行任何其他测试。

设计人员只有在开发包含该等 TI 资源所列 TI 产品的应用时，才被授权使用、复制和修改任何相关单项 TI 资源。但并未依据禁止反言原则或其他法律授予您任何 TI 知识产权的任何其他明示或默示的许可，也未授予您 TI 或第三方的任何技术或知识产权的许可，该等许可包括但不限于任何专利权、版权、屏蔽作品权或与应用 TI 产品或服务的任何整合、机器制作、流程相关的其他知识产权。涉及或参考了第三方产品或服务的信息不构成使用此类产品或服务的许可或与其相关的保证或认可。使用 TI 资源可能需要您向第三方获得对该等第三方专利或其他知识产权的许可。

TI 资源系“按原样”提供。TI 兹免除对资源及其使用作出所有其他明确或默示的保证或陈述，包括但不限于对准确性或完整性、产权保证、无屡发故障保证，以及适销性、适合特定用途和不侵犯任何第三方知识产权的任何默认保证。TI 不负责任何申索，包括但不限于因组合产品所致或与之有关的申索，也不为或对设计人员进行辩护或赔偿，即使该等产品组合已列于 TI 资源或其他地方。对因 TI 资源或其使用引起或与之有关的任何实际的、直接的、特殊的、附带的、间接的、惩罚性的、偶发的、从属或惩戒性损害赔偿，不管 TI 是否获悉可能会产生上述损害赔偿，TI 概不负责。

除 TI 已明确指出特定产品已达到特定行业标准（例如 ISO/TS 16949 和 ISO 26262）的要求外，TI 不对未达到任何该等行业标准要求而承担任何责任。

如果 TI 明确宣称产品有助于功能安全或符合行业功能安全标准，则该等产品旨在帮助客户设计和创作自己的符合相关功能安全标准和要求的的应用。在应用内使用产品的行为本身不会配有 任何安全特性。设计人员必须确保遵守适用于其应用的相关安全要求和标准而设计。设计人员不可将任何 TI 产品用于关乎性命的医疗设备，除非已由各方获得授权的管理人员签署专门的合同对此类应用专门作出规定。关乎性命的医疗设备是指出现故障会导致严重身体伤害或死亡的医疗设备（例如生命保障设备、心脏起搏器、心脏除颤器、人工心脏泵、神经刺激器以及植入设备）。此类设备包括但不限于，美国食品药品监督管理局认定为 III 类设备的设备，以及在美国以外的其他国家或地区认定为同等类别设备的所有医疗设备。

TI 可能明确指定某些产品具备某些特定资格（例如 Q100、军用级或增强型产品）。设计人员同意，其具备一切必要专业知识，可以为自己的应用选择适合的产品，并且正确选择产品的风险由设计人员承担。设计人员单方面负责遵守与该等选择有关的所有法律或监管要求。

设计人员同意向 TI 及其代表全额赔偿因其不遵守本通知条款和条件而引起的任何损害、费用、损失和/或责任。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122  
Copyright © 2018 德州仪器半导体技术（上海）有限公司