

LPS33HW 数字压力传感器：系统集成指南

引言

本应用笔记的目的是提供系统和硬件集成指南，用于将 LPS33HW 防水压力传感器集成到客户的最终应用中。

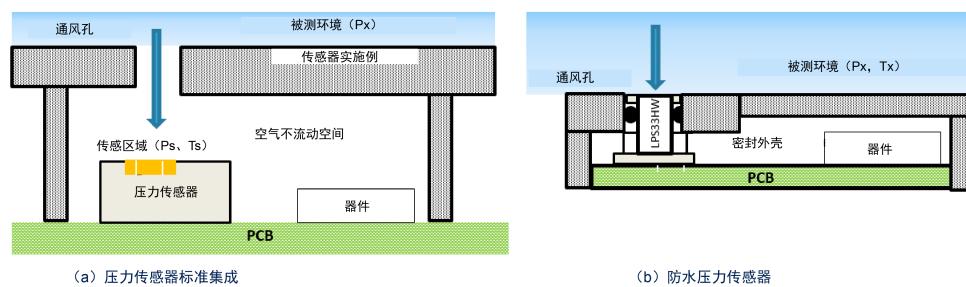
本文档没有修改官方数据手册的内容。请参考数据手册获取参数说明。

1 系统集成性

将 LPS33HW 压力和温度传感器集成到应用系统，例如便携式设备（PD）（例如智能手机和可穿戴设备）、气象站或工业工具中时，应不损害传感器性能。在执行系统集成时，可以考虑主要的机械和几何参数以及影响传感器性能的因素，从而优化这些参数。

图 1. 压力传感器系统集成 (a) 标准压力传感器，(b) LPS33HW 防水压力传感器 中描述了压力传感器集成的典型场景，其中传感器外壳设计必须使被测环境的气压和温度条件（ P_x 、 T_x ）与空气入口附近的传感器感应区域周围条件（表示为 P_s 、 T_s ）尽可能一致。

图 1. 压力传感器系统集成 (a) 标准压力传感器，(b) LPS33HW 防水压力传感器



LPS33HW 具有防水功能，可以承受水压而不会损坏，并且在受到水压之后可以恢复。在智能手表和手环等防水应用环境中，常见的设计原则是，压力传感器与外部环境通过一个孔进行连通，并利用适当的柱形外壳和 O 型圈（如图 1.b 中所示）使其与置于密封外壳中的其他器件隔离开。在下一段中提供了更详细信息。

为了获得可靠且一致的测量结果，必须确定机械设计中涉及的所有参数规格，以实现对空气超压和水压的稳定性，使传感器能够尽可能暴露于外部环境，并获得最快的响应时间，从而符合要求达到的设计规范。

被监测环境条件的每次变化都会反映在传感器测量中，在气压和温度快速变化的情况下也是如此。因此，设计集成必须保证环境条件与感应区域的条件相互匹配，无论在“稳定状态”（静态条件）下还是在动态条件下。

被测条件和传感区域周围条件之间的偏差还受到热源（由于靠近传感区域的其他设备或传感器本身的散热）的影响。温度变化十分重要，因为它不仅影响温度，还会导致压力偏差，并使系统响应速度变慢。

基于上述考虑，设计优化包括确定：

- 传感器在系统中的位置
- 传感器的实施例和防护
- （恶劣环境下）传感器室提供的防尘、防水或化学溶剂防护

本文档的下一小节将进一步描述上述要素。

2 机械设计规则

对于机械设计，以下章节描述了主要的限制和需要考虑的特性，并提供了一组良好设计实践的基本规则，能够将传感器成功集成到最终应用环境中。

2.1 传感器放置

传感器的放置直接影响传感器与环境的关联、热传导机制和机械应力的性能。

2.1.1 环境暴露

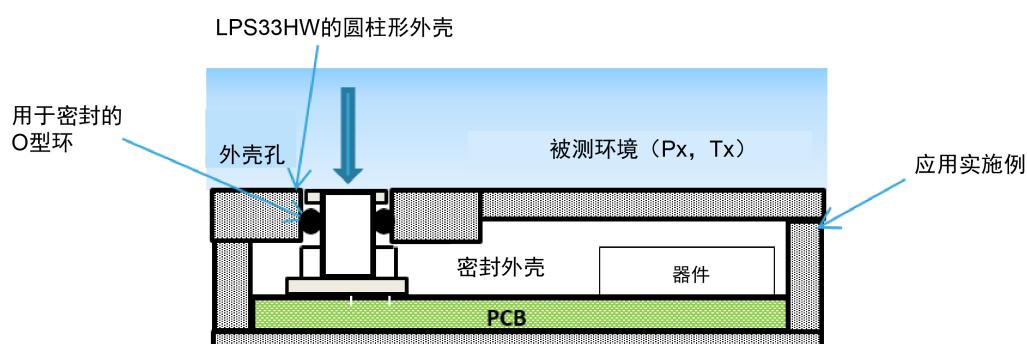
一个关键设计原则是使压力传感器能最大限度地暴露于环境，进行气压和温度的测量。换句话说，传感器必须要这样放置，要能够对环境条件的快速变化作出反应，并且能够随着环境动态变化提供可靠测量。

压力传感器的集成设计会明显影响整体响应时间。通常，设计目标是匹配数据手册的压力传感器性能。建议使用下面的指南，并参考[图 2. 压力传感器集成和外壳参考](#)建议来实现这一目标：

1. 以实现与被测环境的最佳关联为目标放置传感器，并尽可能靠近通风孔
2. 空气不流动的体积较大，会增加响应时间，对压力响应时间的贡献/延迟更大。因此，建议尽可能减少该空间体积，尝试在传感器周围形成定制外壳。
3. 通风孔应尽可能大。
4. 通风孔的深度必须尽可能小。

作为系统集成设计的参考，[图 2. 压力传感器集成和外壳参考](#)描述了上述建议的示例。

图 2. 压力传感器集成和外壳参考



2.1.2 用于密封的 O 型圈

在可穿戴和便携式应用中，为了避免水或其他液体直接进入到客户应用的 PCB 或其他区域，需要添加一个密封机制（如 O 型圈），如[图 2. 压力传感器集成和外壳参考](#)中所示。对于这样的应用，LPS33HW 提供了置于凹槽位置（金属盖的中间部分）的 O 型圈来密封和保护实施例。模拟结果表明，通过应用[图 4. LPS33HW 放置 O 型圈的凹槽, LPS33HW 上应用 O 形环的模拟](#)中的几何形状，直径为 1mm 的 O 型圈与两个接触面（LPS33HW 的盖子和塑料实施例）之间的表面接触压力为 1.45MPa。因此，可以确保密封，直至流体静压力小于接触压力（即 10 bar (1Mpa) ≤ 1.45MPa）。

图 3. O 型圈放置

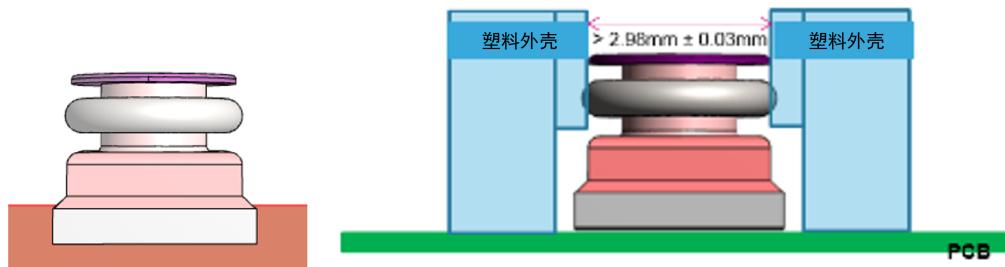
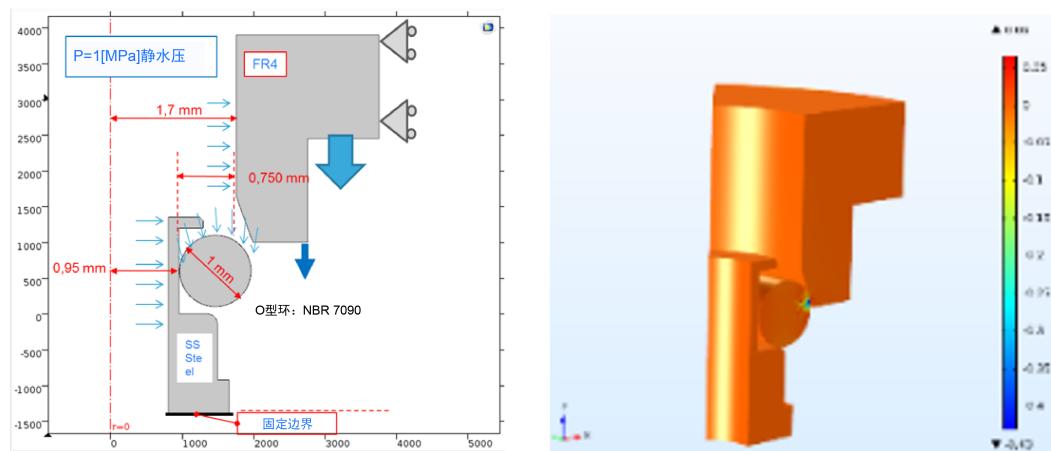


图 4. LPS33HW 放置 O 型圈的凹槽，LPS33HW 上应用 O 形环的模拟



O型圈的厚度需要根据器件规格进行调整，以适应其外壳，并施加一个能抵抗 10bar 流体压力的密封力。建议使用由内径为 1.15 mm（例如厚度为 1.0 ± 0.03 mm）至 1.8 mm（例如厚度为 0.8 ± 0.03 mm）的丁腈橡胶 70 肖氏 A 制成的 O型圈。O型圈的选择取决于客户应用的几何形状，特别是圆柱形外壳几何形状。上面提供的有关 O型圈的信息仅作为一般信息给出，不能视为适用于所有客户应用。

2.1.3 热传导

传感器附近存在的热源会改变气压和温度测量值，并在感应区域周围形成温差，影响静态和动态条件下的正确测量，从而降低传感器性能。

从物理角度而言，这些局部热源相当于与 LPS33HW 热模型并联的热容器，并且它们可能影响局部温度，使之不同于环境温度。

根据热源位置和热传导机制，我们可以区分出不同的传导机制，如以下段落所述。

2.1.3.1 热对流

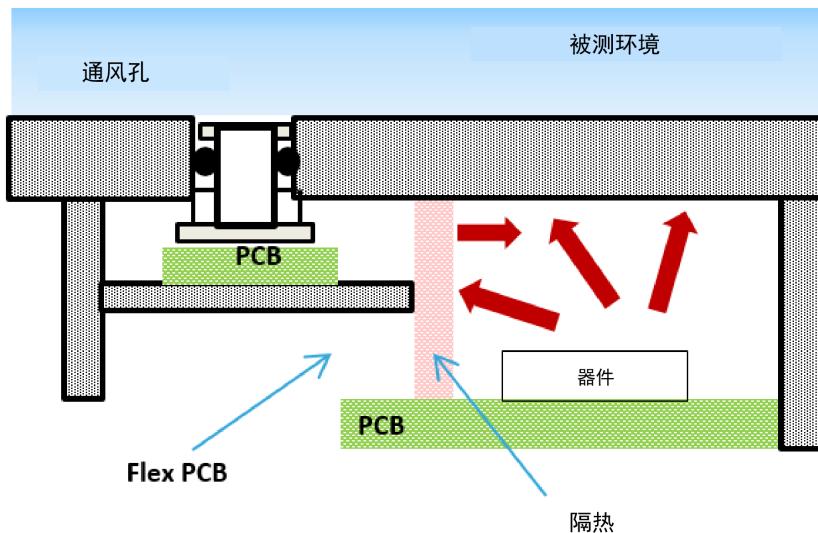
传感器周围的局部热源可能通过热辐射影响气压和温度测量。

典型热源如下：

- 靠近压力传感器的其他传感器和器件
- 电源管理器件
- 处理器和微控制器
- LCD 显示器，尤其会在环境和系统内部空气不流动空间之间产生显著的温差

因此，必须将传感器放置在与这些热源相隔正确距离的位置，并保证合适的隔热措施，建议按照图 5. 为保护传感器实施的隔热措施中的描述，在实施例内部采用隔热结构。使用柔性 PCB 将压力传感器置于远离主板处，并将 LPS33HW 放置在尽可能靠近外部环境的位置。

图 5. 为保护传感器实施的隔热措施



如传感器外壳截面图图 6. 传感器外壳顶视图：左侧为具有隔热措施的正确设计，右侧为错误设计所示，左侧为有隔热结构的正确设计；热源远离传感器且热防护结构位于中间。右侧描述了错误设计，附近元件的热辐射会导致传感器发热。

图 6. 传感器外壳顶视图：左侧为具有隔热措施的正确设计，右侧为错误设计



冷却通道解决方案不适用于防水应用。要着重强调的是，LPS33HW 具有嵌入式二次补偿功能，可以最大限度地降低温度对压力测量的影响。本文中，建议的设计只是引入了一个隔热层，但没有冷却通道。

2.1.3.2 热传导

热传导通常发生在 PCB 上的金属线路和 PCB 本身。

为了减少此效应，建议在传感器周围采用薄金属线路，并让传感器和潜在热源之间保持合适距离，避免金属区域在器件的附件或下方。

图 7. 示例中 PCB 上传感器定位正确，可适当地隔离热源中提供了一个良好设计规则作为合理设计的示例。在左侧，发热器件尽可能远离传感器。使用较薄的金属线，有助于降低热效应。

图 7. 示例中 PCB 上传感器定位正确，可适当地隔离热源

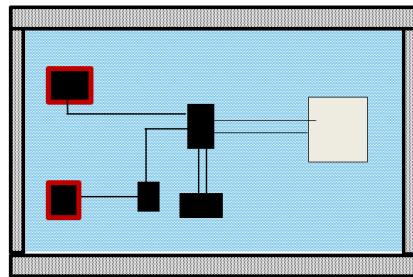
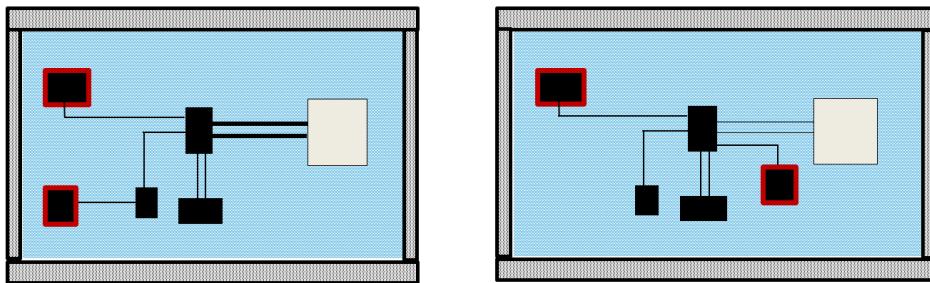


图 8. PCB 上传感器接线不良的示例



在图 8. PCB 上传感器接线不良的示例中，示例图左侧显示使用了错误尺寸的金属线。导线的尺寸越大，热传导水平越高。右侧的传感器布局错误，过于靠近发热器器件，从而降低了传感器性能。两种热传导机制下，在不同工作条件下对整个系统执行基于红外线的热分析，是确定传感器合适位置的正确方法。

2.1.4 机械应力

传感器的放置应避免对传感器施加任何机械应力，包括由于机械系统错误设计或制造公差而直接施加的机械应力，或者由于可穿戴或便携式设备中用户与系统交互作用而间接施加的应力。

换言之，LPS33HW 和外壳气缸之间的最终装配必须不能有硬接触或剪切力。

图 9. 机械应力的错误配置

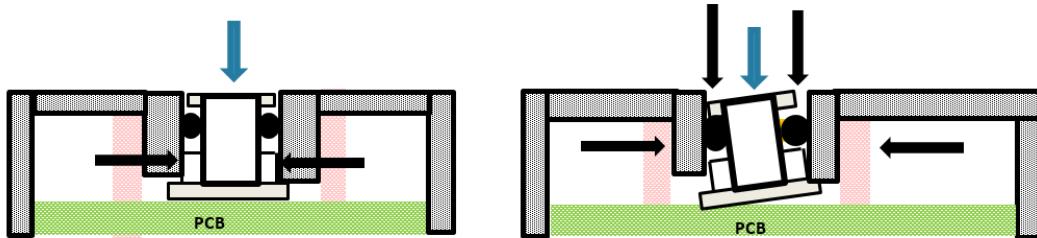


图 9. 机械应力的错误配置 上面显示了实施例结构直接与传感器封装接触的错误集成示例，这会产生机械应力，从而降低传感器性能。因此，必须保持一个最小间隙，以避免有任何力施加到传感器上，同时要考虑制造公差。

2.1.5 曝光

应避免将传感器直接暴露在光线下。

2.1.5.1 传感器的实施例和防护

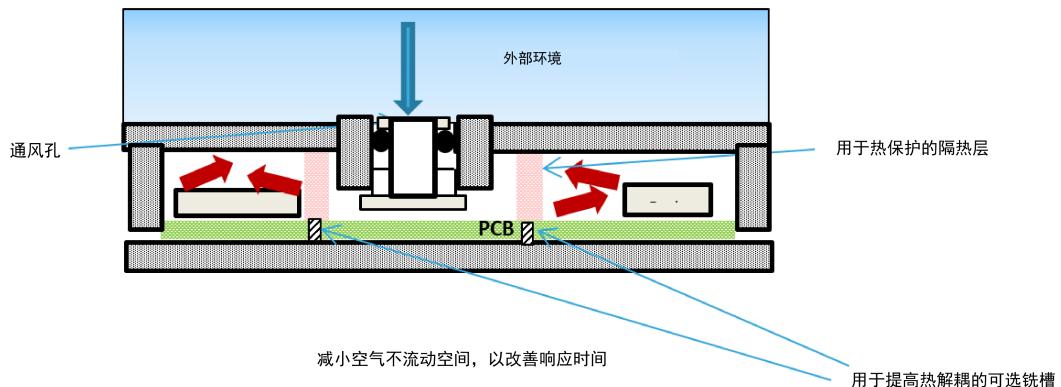
系统中安置的传感器应尽可能匹配先前强调的传感器放置建议，另外应能提供特定应用所需的所有功能（防水、抗水或抗恶劣环境）。

此外，客户应用的设计应能确保空气从环境（外部）到压力传感器（内部）的循环。这一路径中的空气循环越高效，传感器的性能也就越高。

为使气流最大化，应仔细设计气流路径并确定尺寸，以便实现集成系统的最终性能。

图 10. 正确的传感器实施例和防护示例 表示正确的传感器实施例和防护示例概述。还包含了可增加热解耦的铣槽，它是压力传感器周围器件发热过多等特定情况的解决方案。

图 10. 正确的传感器实施例和防护示例



2.1.5.2 传感器保护

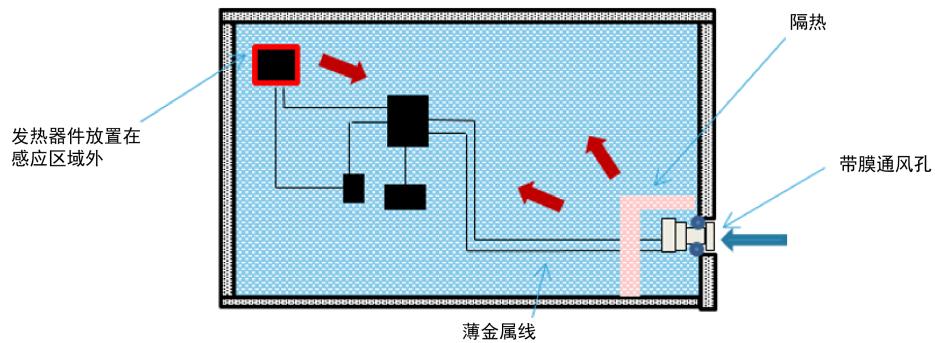
在恶劣的环境中，可以采用一个可选滤网作为传感器防尘或防化学溶剂的保护器件。此类实施的关键因素是选择合适的膜，应根据客户设计要求进行选择并考虑膜的材料可能会缩短响应时间，特别是压力响应时间。

3

参考设计：PD 上的集成和防护

下面的例子将描述如何按照本文档中的基本规则进行传感器放置；换言之，将传感器安装在距离板上存在的主要热源（例如代表更危险热源的显示器 LCD 和微控制器）尽可能远的位置。[图 11. 将 LPS33HW 集成到具有通风孔的传感器室](#) 描述了将传感器集成到隔热传感器腔室的方案，传感器腔室中有一个由 O 型圈密封的通风孔。

图 11. 将 LPS33HW 集成到具有通风孔的传感器室

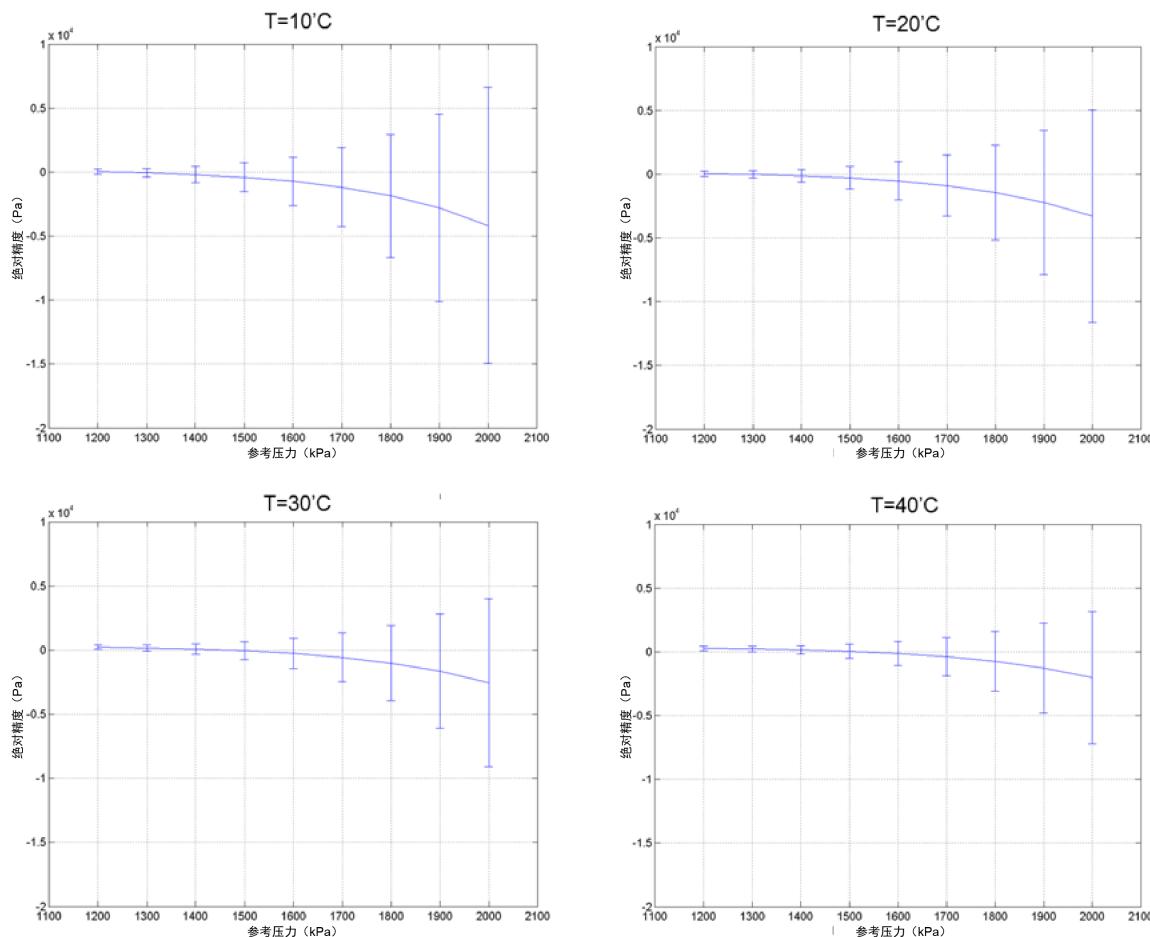


4

在更大工作范围内的精度

LPS33HW 数据手册规定了从 260 mbar 到 1260 mbar 的工作范围内的所有精度。从 1200 mbar 到 2 bar 的绝对精度变化范围如下图（图 12. 在 10 至 40 摄氏度内 LPS33HW 绝对精度可达 2 bar (4 sigma)）所示，为样本相关数和压力输出的平均值。

图 12. 在 10 至 40 摄氏度内 LPS33HW 绝对精度可达 2 bar (4 sigma)



5 耐腐蚀剂的稳健性

LPS33HW 在游泳池和海水中进行了评估，以符合应用环境。在 LPS33HW 上进行热氯、溴和盐水测试，LPS33HW 显示出了高稳健性，对准确性和其他性能没有影响（参见图 13. 氯、溴和盐水测试）。具体而言，测试方案包括 34 个循环（34 天），其中每个测试包括了在每种水条件下浸泡 6 小时，随后在 60°C、60% rH 的气候室中干燥 18 小时。

用洗涤剂水（商业洗发水、洗手液和水混合）进行进一步测试，证明了 LPS33HW 对这些潜在腐蚀剂的稳健性。

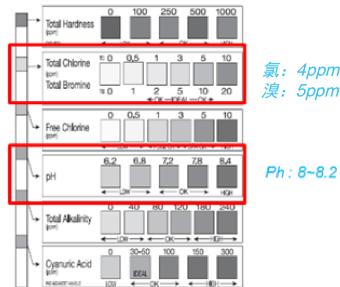
图 13. 氯、溴和盐水测试



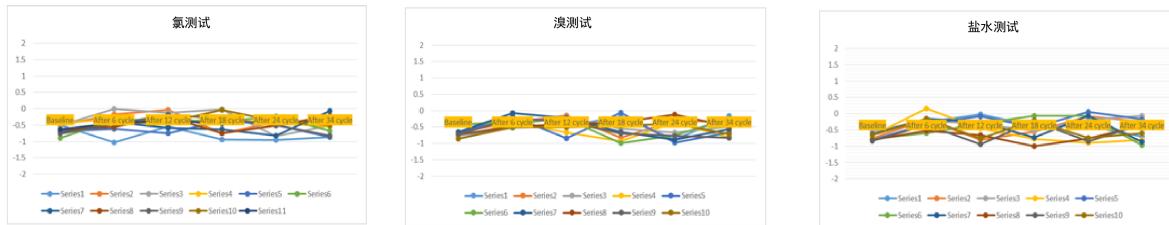
❖ 每个氯瓶、溴瓶和盐水瓶中的测试



❖ 用来确定测试条件的试纸



❖ aqua检验条 & 测量量表



最后，甚至在正戊烷液体中浸泡 72 小时，LPS33HW 都显示出了稳健性。为了证明 LPS33HW 在燃气表应用或其他工业应用中的适用性，进行了此测试。没有观测到物理损伤。下表显示出，压力传感器暴露于该试剂后精度没有变化。

表 1. 浸泡入正戊烷液体 72 小时前后的精确度

| 平均 P [sens] | 平均 P [ref] | 精确 P |
|-------------|------------|-----------|
| 992.42 hPa | 993.95 hPa | -1.54 hPa |
| 992.68 hPa | 993.96 hPa | -1.28 hPa |

6 对高空气超压压力测试的稳健性

LPS33HW 进行了 40 个测试循环，其中每个循环在 10 bar 空气超压下持续 10 分钟并在环境压力下持续 10 分钟。该器件表现出对这些特定条件的稳健性。将被测器件浸入水中以观察可能的泄漏，如泡沫形成（[图 14. 四个 LPS33HW 浸入 3 毫米的管子，用于测试空气超压](#)）。进一步的测试是针对防水规范（15 bar）进行的，而器件再次显示没有故障。

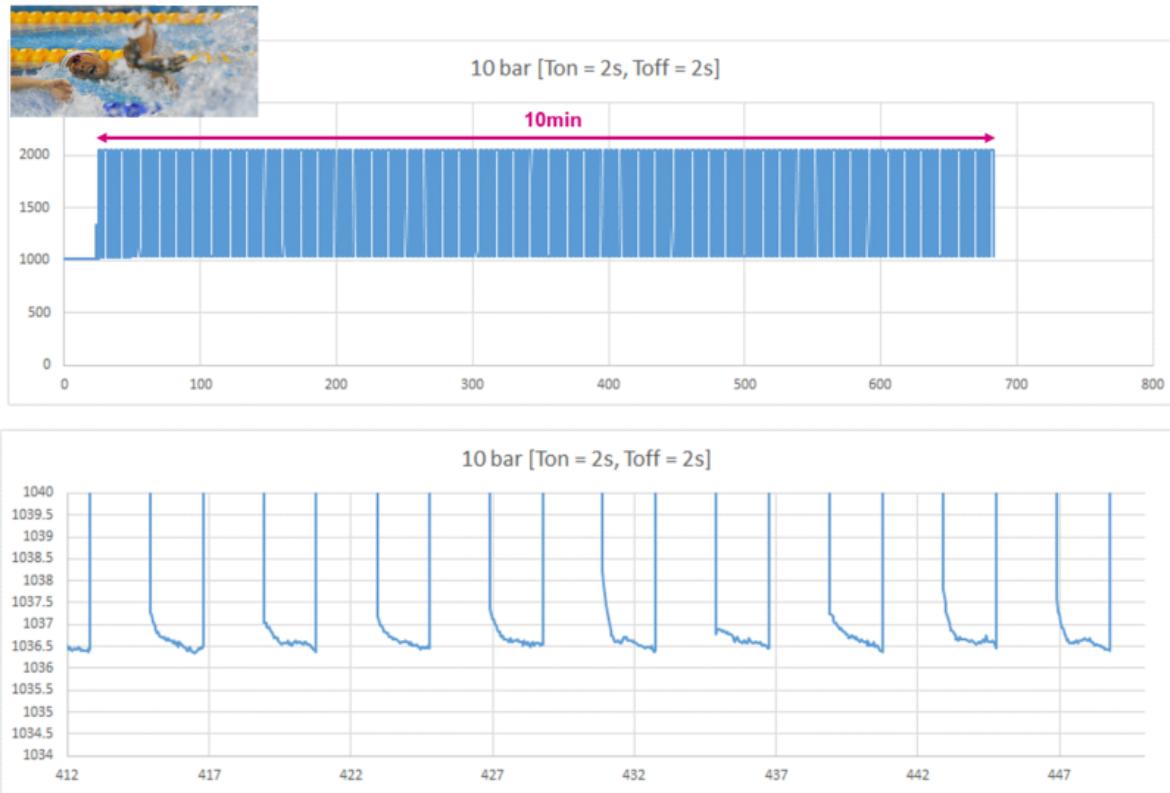
该器件通过插入一个 3 毫米的管子进行测试，该管子能完全匹配 LPS33HW 的金属盖。当器件浸入水中时，空气超压被迫进入器件孔，通过观察是否有潜在气泡形成，来验证是否有泄漏。

图 14. 四个 LPS33HW 浸入 3 毫米的管子，用于测试空气超压



在大多数实际使用情况下，10 bar 的超压持续时间不到 2 秒（如果超压情况持续时间较长，可能需要一些恢复时间），然后再次施加环境压力 2 秒钟（例如，在游泳过程中以短而可重复的流体动态压力变化进行操作）时，该器件显示出了初步性能，其恢复时间可以忽略不计，如[图 15. 模拟游泳工作模式的 LPS33HW 恢复所示](#)。

图 15. 模拟游泳工作模式的 LPS33HW 恢复



版本历史

表 2. 文档版本历史

| 日期 | 版本 | 变更 |
|-----------------|----|------|
| 2017 年 8 月 28 日 | 1 | 初始版本 |

重要通知 - 请仔细阅读

意法半导体公司及其子公司（“ST”）保留随时对 ST 产品和/或本文档进行变更、更正、增强、修改和改进的权利，恕不另行通知。买方在订货之前应获取关于 ST 产品的最新信息。ST 产品的销售依照订单确认时的相关 ST 销售条款。

买方自行负责对 ST 产品的选择和使用，ST 概不承担与应用协助或买方产品设计相关的任何责任。

ST 不对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。

转售的 ST 产品如有不同于此处提供的信息的规定，将导致 ST 针对该产品授予的任何保证失效。

ST 和 ST 标志是 ST 的商标。关于 ST 商标的其他信息，请访问 www.st.com/trademarks。其他所有产品或服务名称是其各自所有者的财产。

本文档中的信息取代本文档所有早期版本中提供的信息。

© 2020 STMicroelectronics - 保留所有权利