

前言

本应用笔记的目的是提供硬件集成指南，用于将意法半导体的 LPS22HB 和 LPS25HB 压力传感器集成到客户的最终应用中。

目录

1	系统集成性	5
2	机械设计规则.....	6
2.1	传感器放置	6
2.1.1	环境暴露	6
2.1.2	热传导	7
2.1.3	机械应力	10
2.2	传感器的实施例和防护	12
2.3	传感器保护	13
3	参考设计：手持设备上的集成和防护	14
4	LPS22HB 压力传感器的应用案例和配置示例	16
4.1	设备主要设置.....	18
5	LPS25HB 压力传感器的应用案例和配置示例	20
5.1	设备主要设置.....	20
6	版本历史	23

表格索引

表 1: ODR 配置	16
表 2: FIFO 模式选择	19
表 3: ODR 配置	20
表 4: 温度分辨率配置	21
表 5: FIFO 滤波系数	21
表 6: 不同应用场景的 FIFO 平均模式配置	22
表 7: 文档版本历史	23
表 8: 中文文档版本历史	23

图片索引

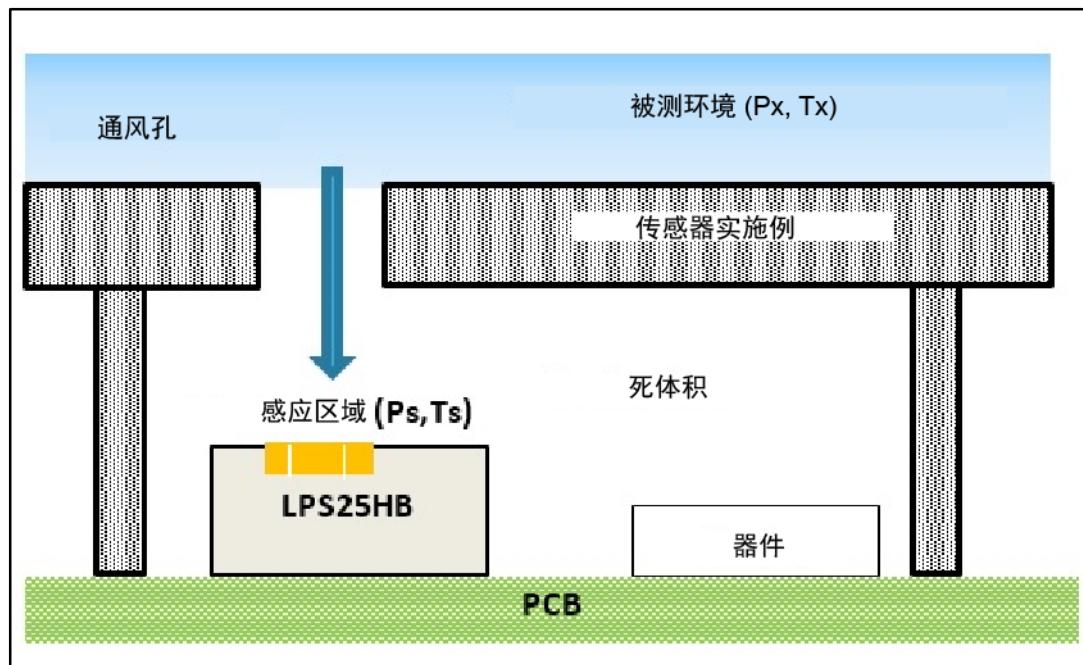
图 1: 压力传感器系统集成	5
图 2: 压力传感器集成和实施例参考	6
图 3: 采用通风通道的压力传感器集成和实施例	7
图 4: 为保护传感器实施的隔热措施	8
图 5: 传感器外壳顶视图: 左侧为具有隔热措施的正确设计, 右侧为错误设计	8
图 6: PCB 上传感器定位正确, 适当地隔离热源	9
图 7: PCB 上传感器接线不良	9
图 8: PCB 上传感器接线错误	10
图 9: 不良机械应力配置 (a)	10
图 10: 不良机械应力配置 (b)	11
图 11: 避免机械应力并减少死体积的良好配置 (a)	11
图 12: 避免机械应力并减少死体积的良好配置 (b)	11
图 13: 良好传感器实施例和防护示例	12
图 14: 采用气流通道的良好传感器实施例和防护示例	12
图 15: 不良传感器实施例和防护示例	13
图 16: 将数字压力传感器器件集成到具有两个通风孔的传感器室	14
图 17: 在便携式设备中集成器件的参考案例	15
图 18: CTRL_REG1 写入程序	17
图 19: 单触发程序	18
图 20: FIFO 滑动平均滤波示意图	21

1 系统集成性

将 LPS22HB/LPS25HB 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）、气象站或工业设备中时，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”中描述了典型传感器集成案例，其中传感器的实施例设计必须使被测环境的压力(P_x)和温度(T_x)条件和代表空气入口附近的传感器感应区域周围条件的(P_s , T_s)尽可能一致。

图 1：压力传感器系统集成



因此，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，以使传感器尽可能暴露于外部环境，并获得更快的响应速度（就压力和温度而言），从而符合要求达到的设计规范。

被测条件的任何变化必须在传感器测量值上得到一致反映，当压力和温度快速变化时同样如此。因此，集成设计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（例如靠近传感区域的其他设备和传感器本身的散热）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：

1. 传感器在系统中的位置
2. 传感器的实施例和防护
3. 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，下文描述了主要的限制和要考虑的特性，目的是提供一组基本规则，例如将传感器成功集成到最终应用环境的良好设计原则。

2.1 传感器放置

传感器放置从以下方面直接影响传感器性能：传感器与环境的关联、热传导机制和机械应力。

2.1.1 环境暴露

为了尽可能暴露在需要测量压力和温度的环境中，必须使传感器处于静态和动态工作条件下。

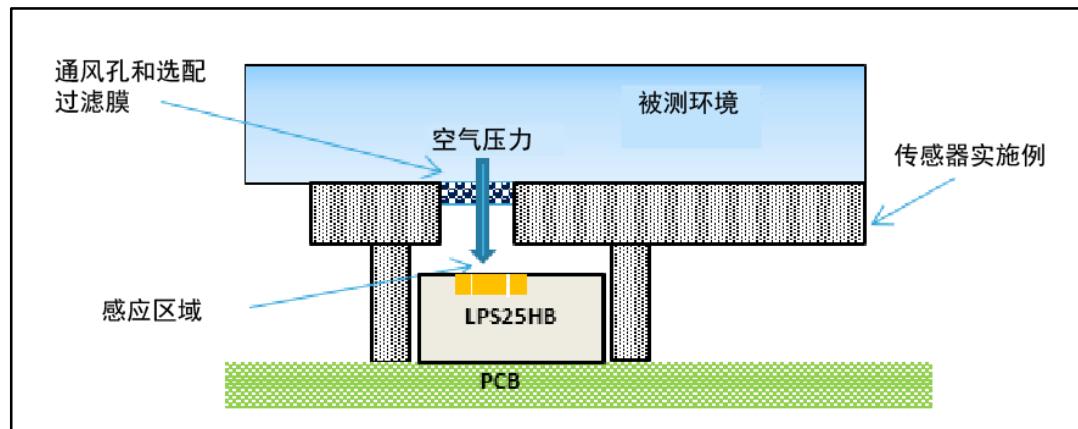
在静态条件下（或稳定状态）下，压力和温度环境及其稳定性变化后，感应条件必须与被测条件一致，或者非常接近目标值，具体取决于应用容许误差和规范。

在动态条件下，当被测条件快速变化时，传感器必须能够提供可靠的测量值输出以便跟踪环境动态。在传感器集成设计结束时，将修改整体响应时间，并且最终性能应符合目标规范。一般而言，目标是设计的响应时间不能低于产品规范。为了使系统集成后静态和动态条件下的传感器性能最大化，建议使用下列指南（取决于设计规范），同时参考[图2：“压力传感器集成和实施例参考”](#)：

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. 空气不流动的空间过大会延长响应时间，对压力响应时间的影响明显；因此，建议尽可能减少不流动空间的体积，尝试在传感器周围形成定制外壳。
3. 通风孔应尽可能大；数量级低于感应元件几何尺寸表示集成尺寸合理。
4. 通风孔的深度必须尽可能小。

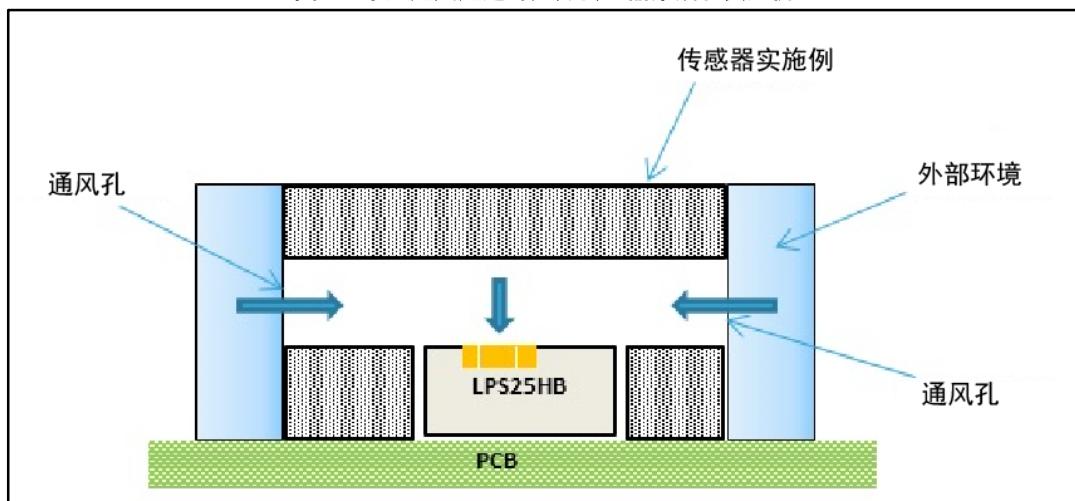
作为集成设计的参考，[图2：“压力传感器集成和实施例参考”](#)描述了上述建议的示例。为了将环境关联最大化，从而缩短响应时间，应将传感器周围的体积（死体积）最小化，并使通风孔尺寸具有与感应区域相同的数量级。增加了过滤膜保护，用于保护传感器免受水或恶劣环境的侵蚀。

图 2：压力传感器集成和实施例参考



另一种实施例（成本更高，但传感性能更高效）是带有气流结构的设计，如[图3：“采用通风通道的压力传感器集成和实施例”](#)所述。带有多个通风孔的设计是一种成本更高的解决方案，但可提供更快的响应时间（具体取决于设计规格）。

图3：采用通风通道的压力传感器集成和实施例



必须强调的是，即使在将传感器用于客户的应用系统中时未考虑设置任何专用孔（通风孔），也能正常工作，除非没有密封。上述设计指南的目的是为了实现最高性能。

2.1.2 热传导

传感器附近存在的热源会改变压力和温度测量值，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。

我们的设计指南旨在避免这种效应，我们注意到不断升高的温度会影响性能，但 LPS22HB 和 LPS25HB 器件的集成温度补偿功能可以大大降低这种影响。

从物理角度而言，这些局部热源相当于与 LPS25HB 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，我们可以将与不同机制相关的传导进行以下区分。

- 热对流

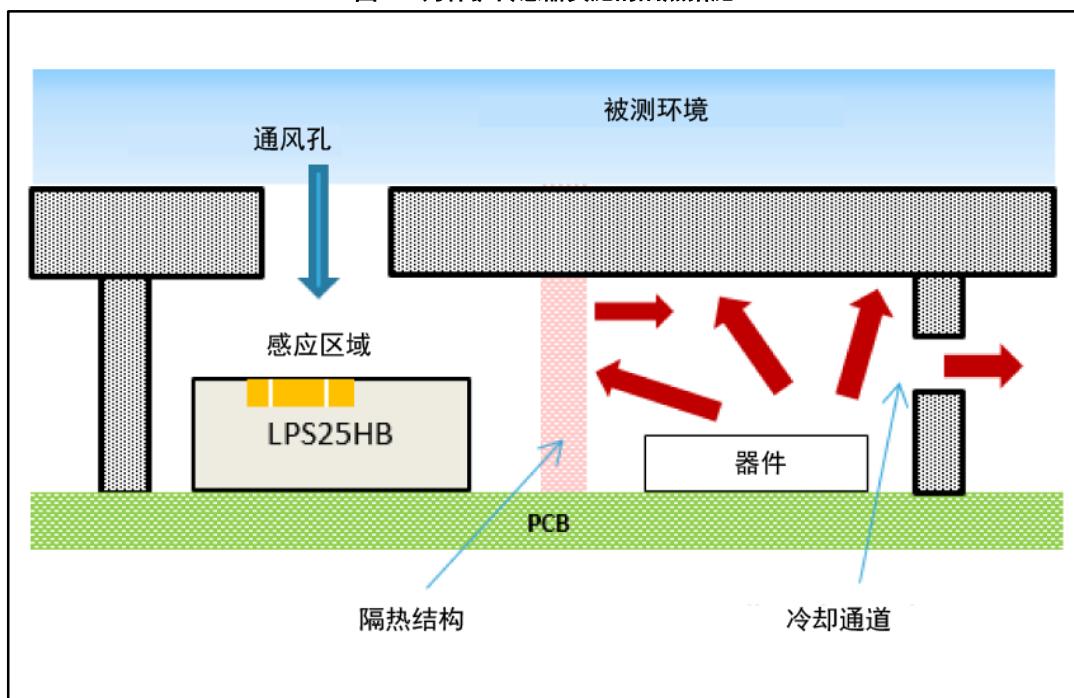
传感器周围的局部热源可能通过热辐射影响压力和温度测量。

典型热源如下：

- 靠近压力传感器的其他传感器和器件等
- 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死体积之间产生显著的温差

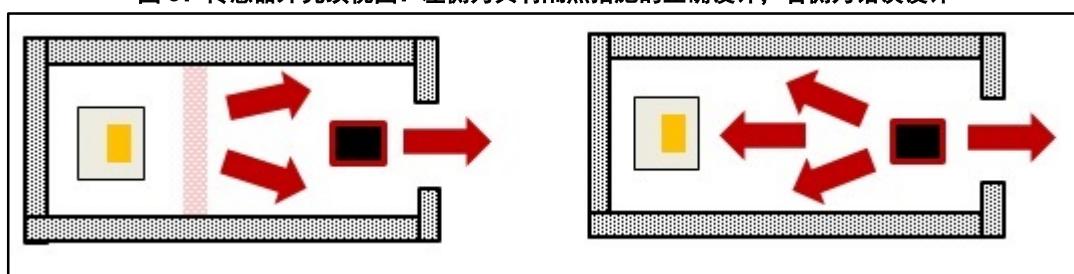
因此，必须将传感器放置在与这些热源相隔正确距离的位置，并保证合适的隔热措施，建议按照[图4：“为保护传感器实施的隔热措施”](#)中的描述，在实施例内部采用隔热结构。另外，还建议根据特定布局，让通风孔靠近热源以充当冷却通道。

图 4：为保护传感器实施的隔热措施



如传感器外壳截面图 [图 5：“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良好设计；热源远离传感器且热防护结构位于中间。右侧为错误设计，传感器周围温度受附近元件热辐射的影响。

图 5：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



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或下方。

[图 6：“PCB 上传感器定位正确，适当地隔离热源”](#) 中提供了良好的设计规则。作为良好设计的示例，它描述了定位在左侧的器件所产生的热量尽可能的远离传感器，而 [图 8：“PCB 上传感器接线错误”](#) 中的发热器件距离传感器太近，是错误的布局。两种情况都采用了较薄的金属线路。

图 6: PCB 上传感器定位正确, 适当地隔离热源

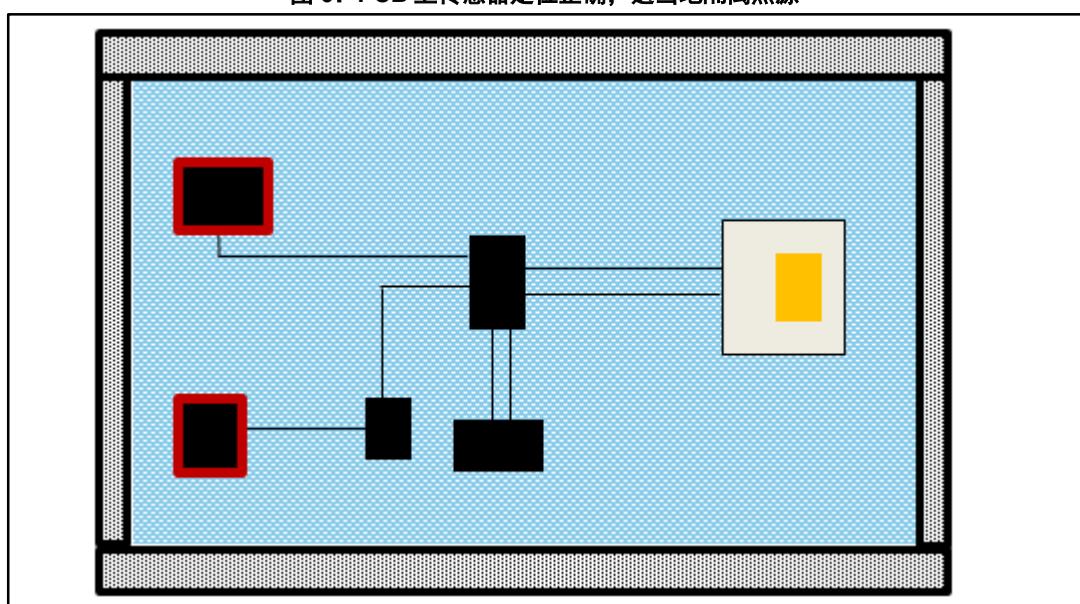


图 7: PCB 上传感器接线不良

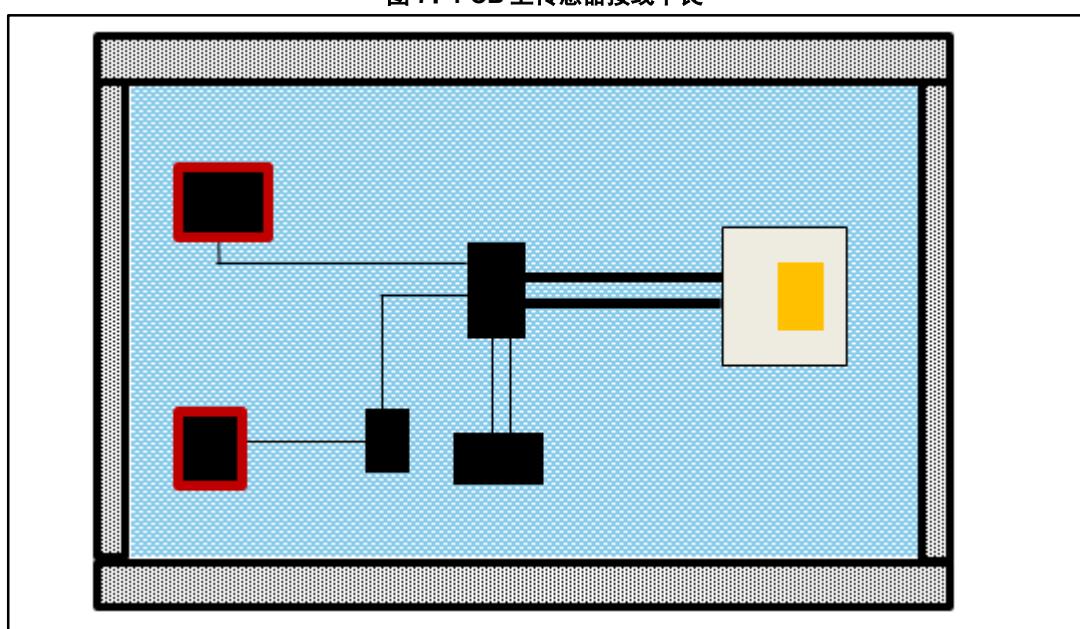
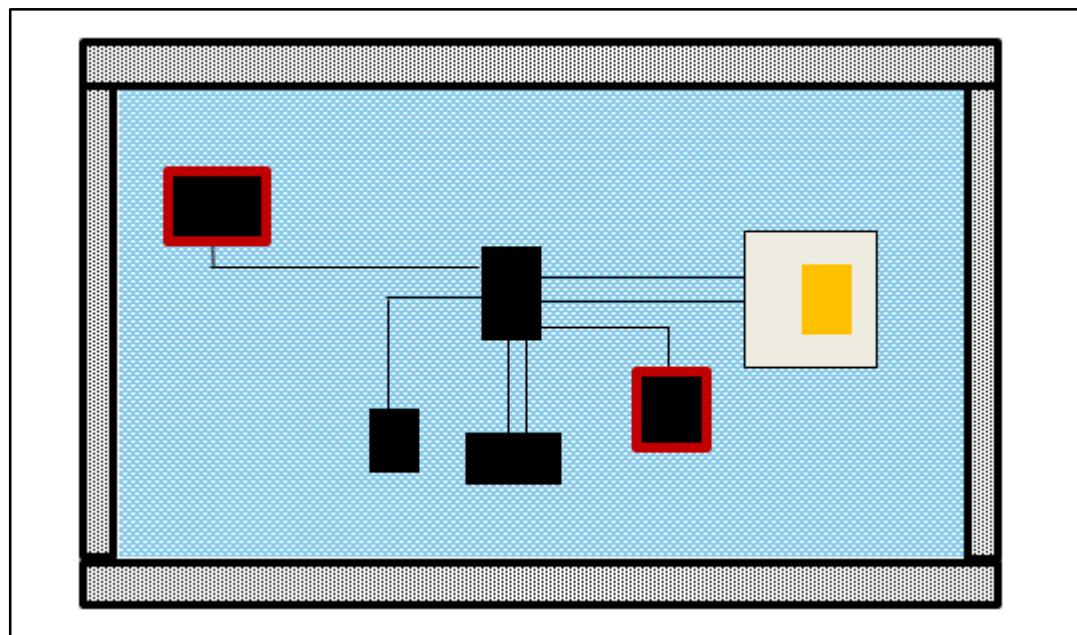


图 7: “PCB 上传感器接线不良”采用了错误的金属线尺寸。导线的尺寸越大, 热传导水平越高。

图 8: PCB 上传感器接线错误



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。

2.1.3 机械应力

传感器放置应避免对传感器产生任何机械力，包括错误的机械系统设计直接产生的或用户与系统（例如可穿戴或便携式设备）交互间接产生的机械力。

图 9: 不良机械应力配置 (a)

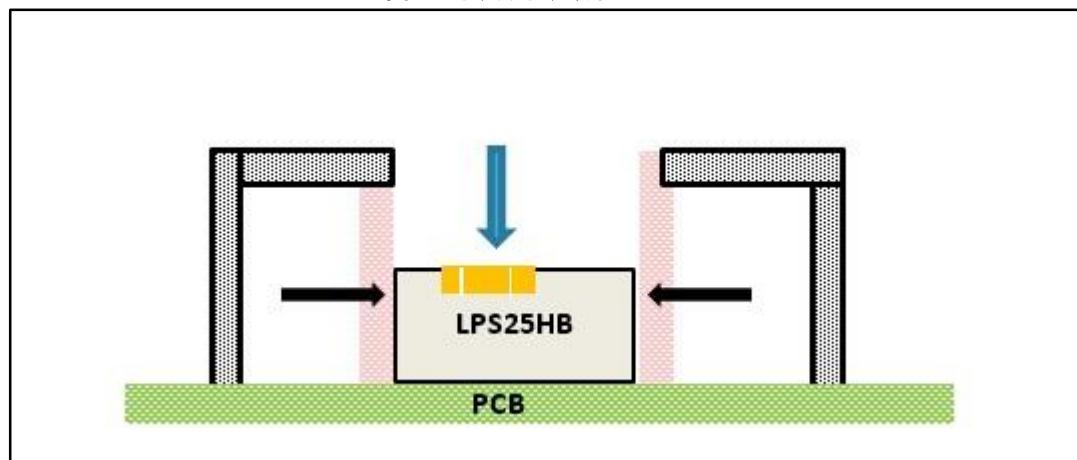


图 10: 不良机械应力配置 (b)

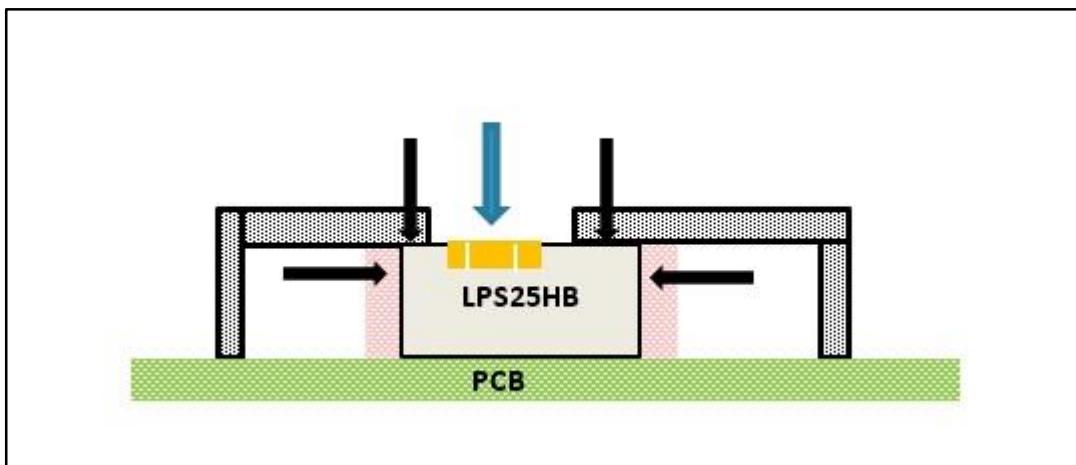


图 11: 避免机械应力并减少死体积的良好配置 (a)

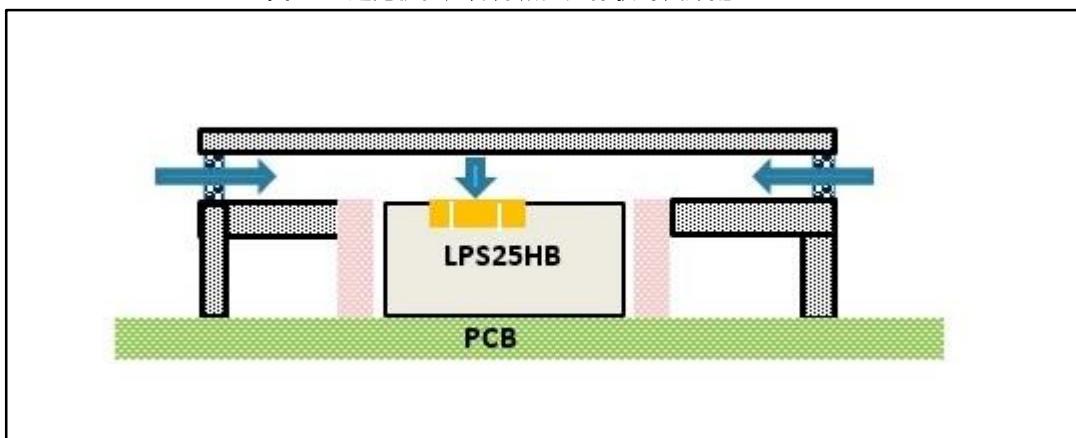
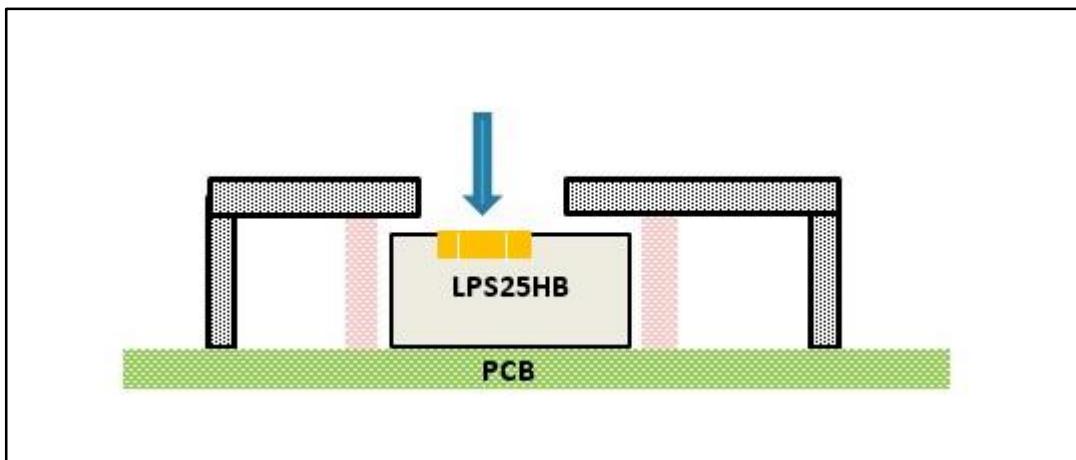


图 12: 避免机械应力并减少死体积的良好配置 (b)



在上图所示正确和错误集成案例中，如果为了缩短压力响应时间而减少传感器周围的死体积，从而使实施例结构直接接触传感器封装，则产生的机械应力可能降低传感器性能。为避免对传感器施加任何力并最大程度减少死体积，必须维持最小间隙，如图 11: “[避免机械应力并减少死体积的良好配置 \(a\)](#)”和图 12: “[避免机械应力并减少死体积的良好配置 \(b\)](#)”所示。

2.2 传感器的实施例和防护

系统中的传感器实施例应尽可能符合上述传感器放置建议，另外还必须提供具体应用的所有特性，例如防水、抗水或抵御恶劣环境的能力（如有要求）。

此外，客户的设备设计应保证从环境到感应区域的空气循环，首先从环境（外部）到客户设备（内部），然后从通风口到传感器外壳和感应元件。这一路径中的空气循环越高效，传感器的性能越高。

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。

下面的示意图是对传感器实施例和防护的良好案例和不良案例的总结。[图 13：“良好传感器实施例和防护示例”](#)所示为良好设计，包含选配过滤膜和 PCB 开口，目的是增加热解耦，是特定情况（压力传感器周围的器件发热过多）的解决方案。

图 13：良好传感器实施例和防护示例

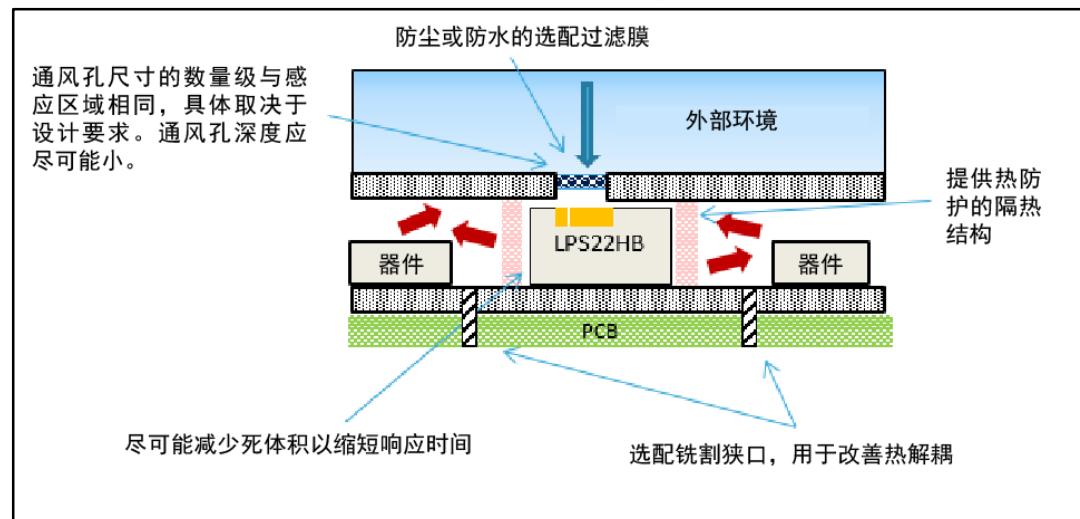
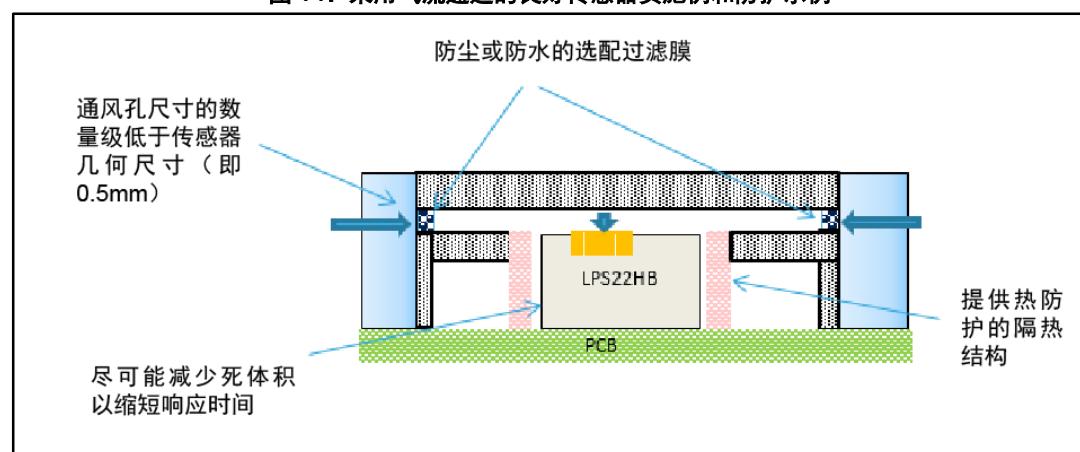


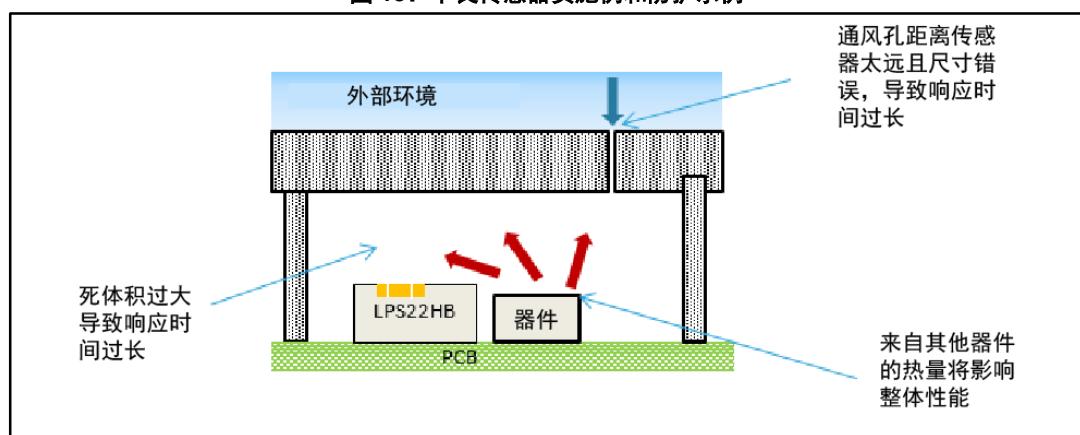
图 14：采用气流通道的良好传感器实施例和防护示例



[图 14：“采用气流通道的良好传感器实施例和防护示例”](#)所示为良好设计，是采用两个通风孔的更高效实施例，目的是优化与被测外部环境的关联，从而缩短响应时间并获得极小死体积。在本例中，通风孔尺寸的数量级低于传感器尺寸，例如 0.5 mm 的通风孔可以缩短响应时间并实现与 PD 应用的高水平集成。

图 15：“不良传感器实施例和防护示例”所示为错误设计，就响应时间和传感器受其他器件的热影响而言，最终设计的效率极低。

图 15：不良传感器实施例和防护示例



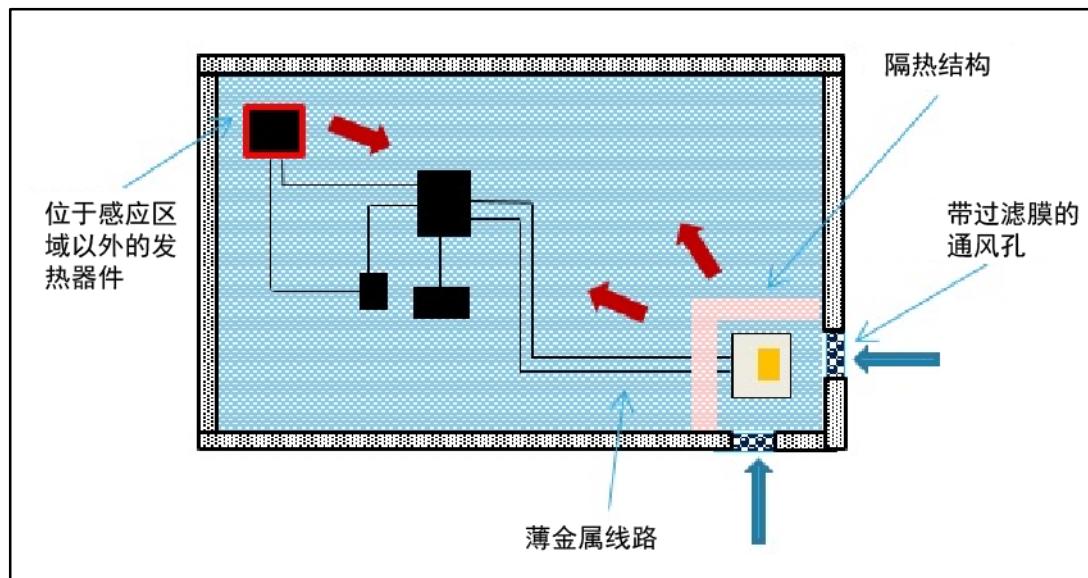
2.3 传感器保护

在恶劣环境或防水应用中，传感器室可以使用选配过滤器为传感器提供防尘、防水或化学溶剂防护。此类实施的关键因素是选择合适的膜，应根据设计要求进行选择并考虑膜的材料可能缩短响应时间，特别是压力响应时间。传感器集成应保护传感器免受光照；传感器应位于暗处，使光线无法到达感应元件。

3 参考设计：手持设备上的集成和防护

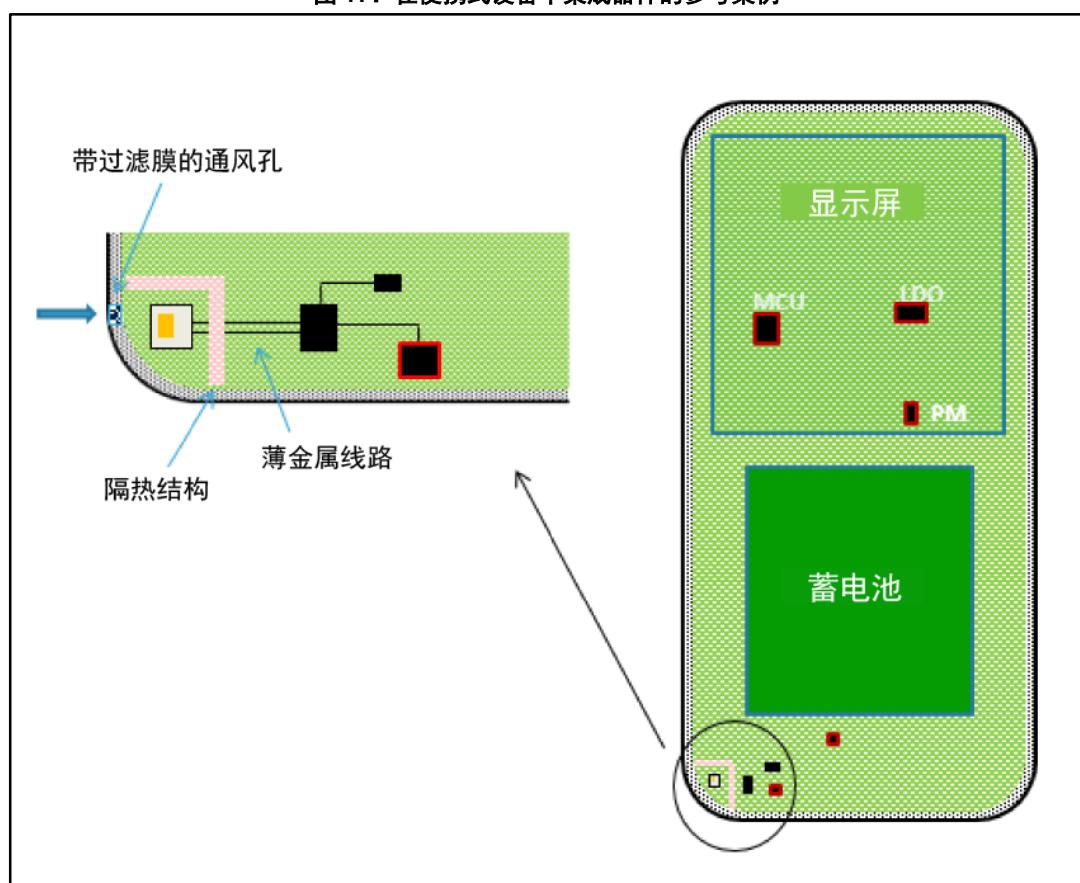
下面的例子将描述如何按照本文档中的上述基本规则进行传感器放置；换言之，将传感器安装在距离板上存在的主要热源（例如代表更危险热源的显示器 LDO 和微控制器）尽可能远的位置。[图 16：“将数字压力传感器器件集成到具有两个通风孔的传感器室”](#)描述了将传感器集成到隔热传感器室的方案，传感器室有两个覆盖有过滤膜的通风孔。此解决方案同时还能缩短响应时间并提供良好的防尘和避光保护。若为防水设备，最好采用有一个通风孔的传感器室。

图 16：将数字压力传感器器件集成到具有两个通风孔的传感器室



根据上述建议，[图 17：“在便携式设备中集成器件的参考案例”](#)描述了集成到便携式设备左下角的数字压力传感器。该解决方案采用了一个通风孔（直径为 0.5 mm 以内），传感器位于左下角，目的是简化与机械外壳的集成并与其他热源保持正确距离。插入的过滤膜还可用于防尘和防水，这取决于具体应用。

图 17：在便携式设备中集成器件的参考案例



4 LPS22HB 压力传感器的应用案例和配置示例

LPS22HB 为设计者提供了极大灵活性，可以根据具体应用要求进行配置，还可以根据应用环境设置必要条件，例如分辨率、功耗、采集次数和测量次数。LPS22HB 有两种不同的工作状态：

- 掉电状态
- 连续状态

掉电状态下不进行测量；传感器的默认配置：CTRL_REG1(0x10)的 ODR 位[6,4]设置为 000。

在连续状态下，设备可以检测压力和温度数据，具体取决于定义的数据输出频率。具体来说，连续状态有 2 种工作模式：

- 单触发模式
- 激活模式

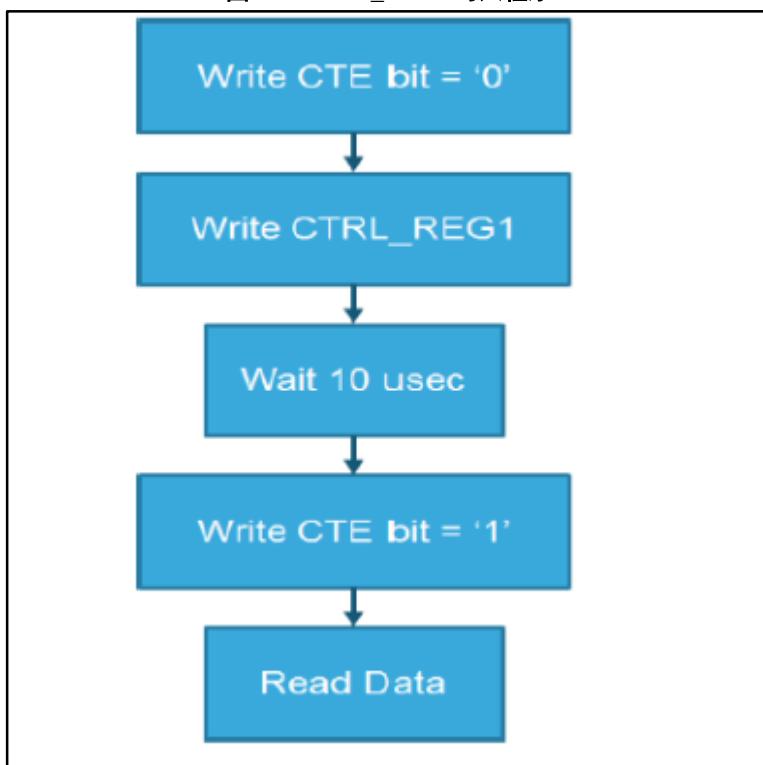
在连续状态下，输出寄存器以按照所选输出数据频率（CTRL_REG1 (0x10)的 ODR [6, 4]位，见下表）定义的刷新频率提供测量数据输出。

表 1：ODR 配置

ODR2	ODR1	ODR0	压力 (Hz)	温度 (Hz)
0	0	0	单触发	
0	0	1	1 Hz	1 Hz
0	1	0	10 Hz	10 Hz
0	1	1	25 Hz	25 Hz
1	0	0	50 Hz	50 Hz
1	0	1	75 Hz	75 Hz

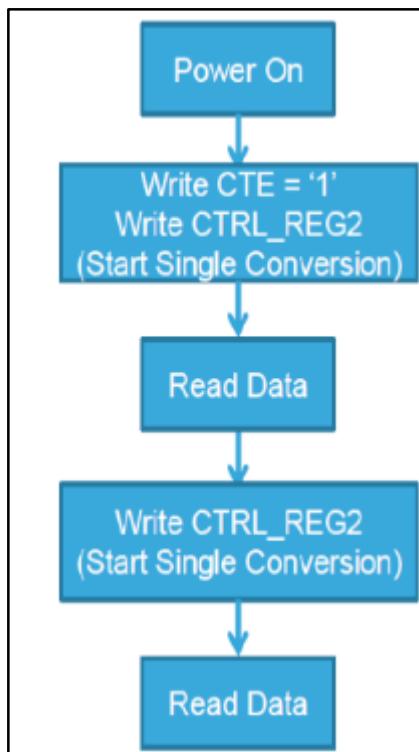
CTRL_REG1 (10h)寄存器配置的修改必须采用以下写入程序：– 将 CONFIG (43h)寄存器中的 CTE 位写为 0x00（默认值为‘0’）– 写入 CTRL_REG1– 等待 10 usec– 将 CONFIG (43h)寄存器中的 CTE 位写为 0x20。完成这些操作后，可读取输出数据（压力和温度），如下图所示；

图 18: CTRL_REG1 写入程序



在设备启动时，加载的 ODR[2,0]位默认配置为‘000’，设备进入掉电模式 - 为了进行一次压力和温度测量，CTRL_REG2 (0x11h)中的 ONE_SHOT 位必须置位。一旦获得测量值，ONE_SHOT 位将自动清空为默认值“0”（闲置），输出寄存器中出现新数据，STATUS_REG(0x27h)位更新，并且设备回到掉电模式。单触发程序如下所述，参见图 16。
– 写入 CONFIG (43h)寄存器中的 CTE 位 = ‘1’– 通过切换 CTRL_REG2 (0x11h)中的 ONE_SHOT 位，启动单触发转换。

图 19：单触发程序



在激活模式下，根据选择的 ODR 配置，将得到不同的压力和温度分辨率曲线，如下节所述。

4.1 设备主要设置

在激活和单触发模式下，可以使用一组配置设置（取决于具体应用），范围从低功率到超高分辨率曲线。为了让传感器满足具体的设计要求，必须确定分辨率、输出数据频率和功耗的最佳折衷。

可以为具体应用配置的主要参数如下：

- 分辨率
- 电流消耗
- FIFO 模式输出数据频率
- 低通滤波器

在寄存器 RES_CONF (0x1Ah)中，LC_EN 位允许选择两种配置：低噪声模式（默认）或低电流模式。

可通过修改配置，使传感器的输出分辨率和功耗适应设计规格。在第一种情况下，分辨率高于低电流模式中的分辨率。相反，建议将低电流模式用于功耗必须较低的应用场合，缺点是输出分辨率较低。

此外，为了进一步节能，可通过设置 FIFO 模式，利用内建的 32 组 40 比特宽的数据 fi，以存储压力和温度输出值。由于主机处理器不需要连续轮询来自传感器的数据，这可以使系统保持连续的节约功耗，只在需要时唤醒并从 FIFO 批量输出重要数据。该缓冲器可按照表 1 所述的七种不同模式工作。当 CTRL_REG2 (11h)中的 FIFO_EN 位置 1 时，使能 FIFO 缓冲器，由 FIFO_CTRL (14h)中的 FIFO_MODE[2:0]位选择每一种模式。可设置的 fifo 阀值的状态，fifo 数据的 overwrite 亦即未读取的数据长度都存储在 FIFO_STATUS(26h)寄存器。可使用 CTRL_REG3 (12h)寄存器设置为在 INT_DRDY 中断脚上产生专用中断。

表 2: FIFO 模式选择

F_MODE2	F_MODE1	FMODE0	FIFO 模式选择
0	0	0	Bypass 模式
0	0	1	FIFO 模式
0	1	0	Stream 模式
0	1	1	Stream to FIFO 模式
1	0	0	Bypass to Stream 模式
1	0	1	保留
1	1	0	Dynamic stream 模式
1	1	1	Bypass to FIFO 模式

至于 ODR 设置，在激活模式下为 1、10、25、50 或 75 Hz，必须根据目标功耗和合适的数
据输出刷新时间进行定义。最后，可通过将 CTRL_REG1 (10h) 中的 EN_LPFP 位设置为两
个可选截止平率为 ODR/9 和 ODR/20 (CTRL_REG1 的 LPF_CFG 位) 来使能的数据低通
滤波器。

5 LPS25HB 压力传感器的应用案例和配置示例

LPS25HB 为设计者提供了极大灵活性，可以根据具体应用要求进行配置，还可以根据应用环境设置必要条件，例如分辨率、功耗、采集次数和测量次数。

LPS25HB 有两种不同的工作状态：

- 掉电状态
- 连续状态

掉电状态下不进行测量；传感器的默认配置 CTRL_REG1 (0x20) 的 PD [7] 位设置为“0”。

在连续状态下，设备可以检测压力和温度数据，具体取决于定义的数据输出频率。

具体来说，连续状态有两种工作模式：

- 单触发模式
- 激活模式

在连续状态下，输出寄存器以按照所选输出数据频率（CTRL_REG1 (0x20) 的 ODR [6, 4] 位，见下表）定义的刷新频率提供测量数据输出。

表 3: ODR 配置

ODR2	ODR1	ODR0	压力 (Hz)	温度 (Hz)
0	0	0	单触发	
0	0	1	1 Hz	1 Hz
0	1	0	7 Hz	7 Hz
0	1	1	12.5 Hz	12.5 Hz
1	0	0	25 Hz	25 Hz

在设备启动时，加载的 ODR[6,4] 位默认配置为‘000’，通过切换 CTRL_REG2 (0x21) 中的 ONE_SHOT 位，设备进入单触发模式，可进行一次压力和温度测量。一旦获得测量值，ONE_SHOT 位将自动清空为默认值“0”（闲置），输出寄存器中出现新数据，STATUS_REG(0x27) 位更新，并且设备回到掉电模式。

在激活模式下，掉电位设置为“1”，根据选择的 ODR 配置，将得到不同的压力和温度分辨率曲线，如下节所述。

5.1 设备主要设置

在激活和单触发模式下，可以使用一组配置设置（取决于具体应用），范围从低功率到超高分辨率曲线。为了让传感器满足具体的设计要求，必须确定分辨率、输出数据频率和功耗的最佳折衷。

可以为具体应用配置的主要参数如下：

- 分辨率
- FIFO 滑动平均滤波
- 输出数据频率

对于寄存器 RES_CONF (0x10)，位 AVGT [1: 0] 和 AVGPI [1:0] 用于选择每个测量周期（过采样）采集的压力和温度样本数，以便通过内部 DSP 实施平均。这一内部处理的结果是，可以根据选择的样本数修改噪声系数，从而使传感器的输出分辨率符合设计规范。

表 4：温度分辨率配置

AVGT1位[3] @ (0x10)	AVGT0位[3] @ (0x10)	样本数
0	0	8
0	1	16
1	0	32
1	1	64

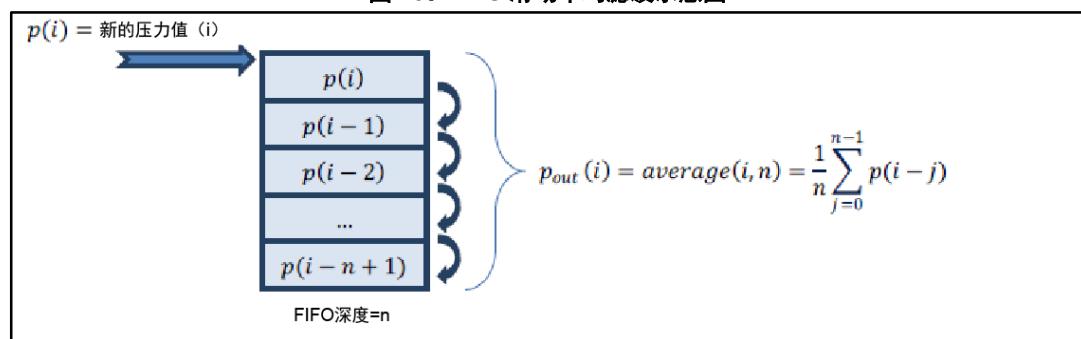
另外，为了通过修改噪声系数进一步提高分辨率，可通过设置 FIFO 平均模式 FIFO_CTRL (0x2E) 位 F_MODE [2:0] 使用硬件滑动平均滤波。在该 FIFO 配置中（称为“**低噪模式**”），内部 DSP 处理的测量数据保存在 FIFO 中，然后根据代表了 FIFO 滤波系数（通过位 WTM_POINT[4:0]，FIFO_CTRL (0x2E)）的所选样本数进行滤波（如果未找到描述）。

表 5：FIFO 滤波系数

WTM_POINT[4..0]	FIFO 滤波系数
00001	2
00011	4
00111	8
01111	16
11111	32

下图提供了 FIFO 滑动平均滤波的图解说明。

图 20：FIFO 滑动平均滤波示意图



只要涉及 ODR 设置，在激活模式下为 1、7、12.5 或 25 Hz，必须根据目标功耗和合适的数据输出刷新时间进行定义。

基于设备的这三个主要设置，为了简化传感器在应用环境中的使用，下面将提供一些建议，作为便携式设备 (PD)（例如智能手机或可穿戴设备）、气象站应用（例如大气压力测量）或更普遍的电梯和地板变化检测功能、下降检测和室内导航等领域中不同应用的参考。

表 6：不同应用场景的 FIFO 平均模式配置

应用案例	设备模式描述	FIFO滤波系数	压力过采样	温度过采样	ODR [Hz]	RMS 噪声 (hPa)
室内导航	超高分辨率	32	512	64	25	0.008
便携式设备动态	极高分辨率	16	512	64	25	0.011
便携式设备低功耗	高分辨率	8	512	64	25	0.015
电梯/地板变化检测	标准分辨率	4	512	64	25	0.020
下降检测	标准分辨率	2	512	64	25	0.027
气候监测	低分辨率	关	8	8	12.5	0.15
气候监测 PDA 低功耗	低功耗和低分辨率	关	8	8	1	0.15

“设备模式描述”列提供了设备处于 FIFO 平均模式时的建议配置，即 FIFO 长度、温度和压力过采样的组合，用于根据所选“应用案例”优化噪声系数。为优化相应功耗建议了合适的 ODR 设置。

当然，根据建议的应用案例，可以选择不同的配置（过采样、ODR 和 FIFO 系数）以便更好地匹配具体应用场景。

6 版本历史

表 7: 文档版本历史

日期	版本	变更
2015年8月20日	1	初始版本。
2015年12月16日	2	更新文档以包括 LPS22HB。

表 8: 中文文档版本历史

日期	版本	变更
2016年3月18日	1	中文初始版本。

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 徽标是 ST 的商标。所有其他产品或服务名称均为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。

© 2016 STMicroelectronics - 保留所有权利