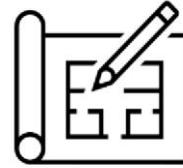
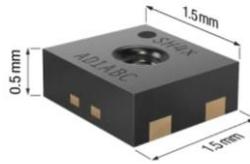


温湿度传感器设计指南

如何正确设计 SHT 或 STS 传感器系列



SHT 系列传感器是最优质的温湿度传感器，具有多种不同功能。为了充分发挥其出色的性能，需要考虑若干关于外壳和 PCB 的设计规则。本指南旨在帮助您在产品设计阶段深入了解传感器的功能。请注意，外壳和/或 PCB 设计欠佳可能会产生显著的温湿度偏差，增加响应时间。

推荐的最佳设计方式

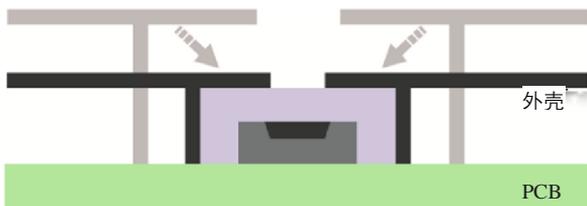


图 1 死区小可使传感器快速适应环境变化。



图 2 将传感器隔室与其余外壳隔开，可最大限度减少原有空气对传感器的影响。

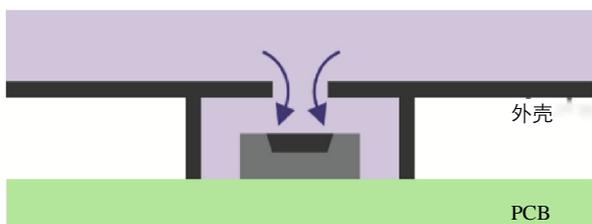


图 3 外壳上的大开口可改善换气，增加与环境的接触。

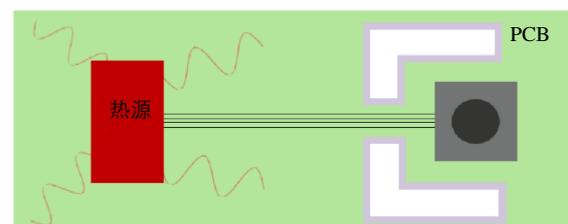


图 4 传感器与 PCB 上的热源解耦，可使内部加热对传感器的影响降至最低。



扫描此二维码提供反馈意见

目录

1	湿度基础知识.....	3
1.1	相对湿度	3
1.2	露点和冷凝	3
2	传感器性能	3
2.1	电容式湿度传感简介	3
2.2	确定测量需求	4
2.3	传感器准确度与系统准确度的对比	4
2.4	在正确的地方进行正确的测量.....	4
2.5	响应时间	4
2.6	冷凝的影响	5
2.7	蠕变和漂移	5
2.8	传感器污染	6
3	热考虑因素	7
3.1	自热.....	9
3.2	温度对模拟传感器的影响	9
3.3	热设计结论	9
4	电气和信号考虑因素	11
4.1	模拟与数字方案.....	11
4.2	电气规格	11
4.3	静电放电防护	11
4.4	I2C 相关考虑因素	12
5	外壳和 PCB 设计一体化.....	13
5.1	对响应时间的影响.....	14
6	安装.....	15
7	示例.....	15
8	Bibliography	18
9	Revision History	19

1 湿度基础知识

1.1 相对湿度

相对湿度 (%RH) 是气体 (通常是空气) 的湿度相对于气体在该温度下所能保持的最大湿度的量度。从物理学角度讲, 相对湿度是水的分压 $p_{\text{H}_2\text{O}}$ 与相同温度和气体条件下饱和蒸气压 $p_{\text{H}_2\text{O},0}$ 之间的比值。在下文和绝大多数所需应用场景中, 气体指大气压下的空气。相对湿度通常用百分比表示, 100%RH 表示空气已经饱和, 不能再容纳更多的水分。相对湿度在不同的环境中都很重要, 会影响人体舒适度、健康和生物生长等各种因素。在室内环境中, 相对湿度过低会导致皮肤干燥、呼吸道问题和静电积聚。另一方面, 相对湿度过高会促进霉菌和细菌的生长, 产生健康问题。在工业和制造环境中, 相对湿度会影响产品和工艺的质量。例如, 在电子元件的生产过程中, 高湿度会导致元件腐蚀和损坏。此外, 储存某些产品 (如食品、药品和化学品) 时, 可能需要对相对湿度进行精细控制, 确保产品质量和使用寿命。因此, 湿度测量在许多不同的应用场景中都至关重要。本文件旨在帮助您设计盛思锐温湿度传感器并嵌入到您的特定系统/装置中, 同时说明若干需要考虑的基本规则。

如前所述, 相对湿度与温度密切相关, 因为相比于冷空气, 暖空气能保持更多的水分。因此, 即使空气中水蒸气的绝对量 (通常称为绝对湿度) 保持不变, 空气的相对湿度也会随着温度的变化而变化。

在绝对湿度不变的情况下, 温度和相对湿度两种不同状态之间的关系见式 1:

$$RH_2 = RH_1 \exp\left(m T_n \frac{T_1 - T_2}{(T_n + T_1)(T_n + T_2)}\right) \quad (1)$$

$RH_{1,2}$: 状态 1、2 时的相对湿度

$T_{1,2}$: 状态 1、2 时的温度[°C]

$$m = 17.62$$

$$T_n = 243.21 \text{ °C}$$

我们建议您进一步阅读盛思锐官网 (Sensirion.com) 上的 “Introduction to Humidity” 文档[1], 或 National Physical Laboratory 的 “Guide to the Measurement of Humidity” 文档[2]。有关一般操作说明和规格, 请参阅数据表和我们网站上的文档。

1.2 露点和冷凝

当空气温度下降到所谓的“露点”以下时, 水蒸气就会冷凝成液滴, 任何表面 (包括窗户、墙壁和天花板) 都可能出现冷凝。换句话说, 露点是空气中水蒸气达到饱和 (相对湿度为 100%) 时的温度, 任何低于露点的温度都会导致冷凝。这意味着, 在相对湿度小于 100% 的环境中, 温度低于露点的表面仍会出现冷凝。例如, 从冰箱中拿出一瓶水时, 瓶子外面就会出现冷凝。由于水瓶曾存放于冰箱中, 其冷侧壁的温度低于周围环境的温度, 因此可能低于露点。

2 传感器性能

2.1 电容式湿度传感简介

电容式湿度传感器的聚合物薄膜从空气中吸收水蒸气, 测量电容的变化。聚合物薄膜吸收水分后, 由于水分子的加入, 整体介电常数会发生变化, 进而导致电容产生可供测量的变化。通常情况下, 电容的变化会转换成与周围空气相对湿度成比例的电压信号。电容式湿度传感器精度高、耐用、响应速度快, 因此非常适合在不同环境中广泛应用。模拟传感器提供连续输出信号, 随相对湿度变化而变化; 数字传感器则以二进制数据的形式提供离散输出信号, 代表相对湿度值。与模拟传感器相比, 数字传感器通常更易于集成和认证, 受环境影响也较

小，但也需要额外的电路进行信号处理和校准。模拟传感器更稳健，使用也更简单。因此，模拟传感器可能更适合某些应用场景。特别是对于 I²C 信号失稳的高噪声应用场景。不过，周围的电子设备对模拟信号的影响更大（见第 4.1 节）。

2.2 确定测量需求

在设计电容式温湿度传感器之前，必须确定测量需求并考虑各种因素。首先，宜评估需要精确测量的湿度和温度范围。包括了解传感器的部署环境条件，确定所需的最小和最大温湿度值。其次，需要评估所需的测量准确度和精确度。根据不同的应用场景，可能需要更高的精确度，这就要求传感器具有更高的灵敏度和精度（见第 2.3 节）。第三，宜考虑温湿度测量所需的响应时间。最后，了解预期的化学环境，评估是否需要薄膜或三防漆。请注意，盛思锐最新一代温湿度传感器配备了加热元件。加热元件有助于缓解蠕变，去除冷凝，相关信息请参见数据表。如果传感器周围环境不佳，暴露在恶劣条件下，您需要决定是否需要频繁使用加热器，从而决定是否需要增加电源。

2.3 传感器精度与系统精度的对比

在系统或装置中使用温湿度传感器时，必须记住，传感器本身的精度和性能并不能保证整个系统或装置的精度和性能。许多外部因素，如装置的设计、外部和内部热源、气流和空气/气体的均匀性，都会影响系统的精度。本指南旨在确定传感器受到的此类影响，提供指导原则，避免传感器受到有害影响。然而，实际应用场景多种多样，因此本指南仅介绍了一些重要的考虑因素，远非包罗万象。

盛思锐规定的精度是指独立传感器的精度，因此，所有各方面的设计将决定最终装置的精度。

2.4 在正确的地方进行正确的测量

针对特定装置或应用场景设计湿度传感器时，代表性取样是重要的考虑因素之一。传感器局部环境的相对湿度 RH_L 宜代表整体环境条件的相对湿度 RH_E （见图 5）。如果传感器放置的位置不能代表整体环境，其提供的读数可能不准确。为确保取样具有代表性，必须考虑影响环境湿度的各种因素，如温度、气流和水汽来源。此外，还必须考虑监控区域的大小，以及准确测量整体湿度所需的传感器数量。例如，在湿度不一致的大房间里，可能需要多个传感器才能准确反映整体湿度。

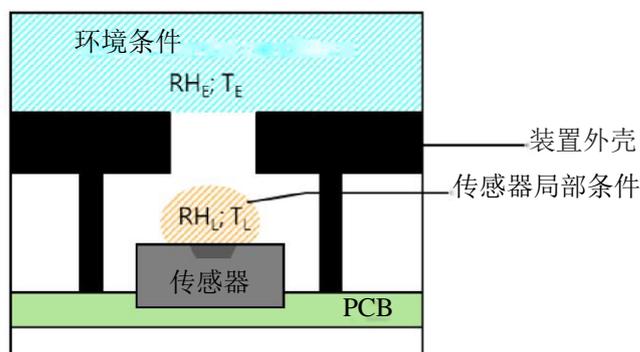


图 5 传感器测量传感元件的局部条件 (RH_L ; T_L)。为了实现良好的测量效果，这些局部条件必须与测试环境的条件一致（即 RH_E ; T_E ）

2.5 响应时间

响应时间衡量的是传感器读数对环境中物理变化的反应速度。由于温湿度测量的基本原理与不同的物理平衡相关，这也意味着每个参数的响应时间不同。温度响应时间是指传感器与环境达到热平衡所需的时间。盛思锐传感器体积小，热质量低，因此响应时间快。湿度响应时间取决于传感器环境的相对蒸气压与传感元件本身的平衡。传感聚合物薄膜吸收或释放与

环境相对湿度成比例的水分，对湿度变化做出反应。通常情况下，响应时间指传感器对阶跃函数的响应时间，用 τ_{63} 表示，即达到 63% 的阶跃值所需的时间。然而，在现实世界中，湿度阶跃很少出现，且传感器通常被部分腔体包裹，因此响应时间基本上可以不太需要考虑。（见第 5.1 节）。如需了解更多信息，请参阅盛思锐官网上的“Sensor Specification Statement and Testing Guide”[3]。

2.6 冷凝的影响

与许多类型的温湿度传感器相比，冷凝水对盛思锐温湿度传感器的影响微乎其微，在冷凝环境中仍可在给定规格内正常工作。尽管如此，仍请参阅第 2.7 节，了解高湿度如何导致传感器读数出现可逆蠕变。

2.7 蠕变和漂移

蠕变和漂移是指对实际湿度的读数发生偏移。蠕变和漂移的主要区别在于可逆性。蠕变是暴露在高温高湿环境下的结果，漂移则随着时间的推移而改变。¹

要理解其原理，可以将传感聚合物薄膜想象成一个多孔结构，具有吸收水分子空间。它与周围环境保持动态平衡，随空气中的相对水蒸气压吸收或解吸水分子。传感聚合物薄膜的设计使大部分吸收空间的能级和动力学特性相等。如图 6 中绿色部分所示，由于吸收和解吸的所需能量一般都很低，因此传感器能有效、快速地工作。然而，有些吸收空间需要较高的活化能才能被占据或空出（见图 6 红色部分），因此，这些吸收空间在空出时不太可能被填充，在填充时又不太可能被空出。

当传感器暴露在高温高湿条件下时，水分子的蒸气压和能量足以使它们偶尔开始维持这种状态，从而导致暂时的偏移，即所谓的蠕变。由于这些空间的解吸作用不明显，蠕变效应可能会持续一段时间。尽管能垒的增加通常会阻碍这些空间的吸收，但高温、高湿和时间会加大吸收概率，从而导致蠕变。

随着时间的推移，蠕变可逆，而且蠕变过程可以主动加速。这就是盛思锐传感器配备加热器的原因，加热器可向聚合物薄膜提供热能，空出这些位置。如需了解更多信息，请参阅“Creep Mitigation”文档[4]。由于聚合物结构改变，除可逆漂移外，长期漂移还可能包含不可逆成分，构成了漂移的不可逆部分，无法通过加热器缓解。

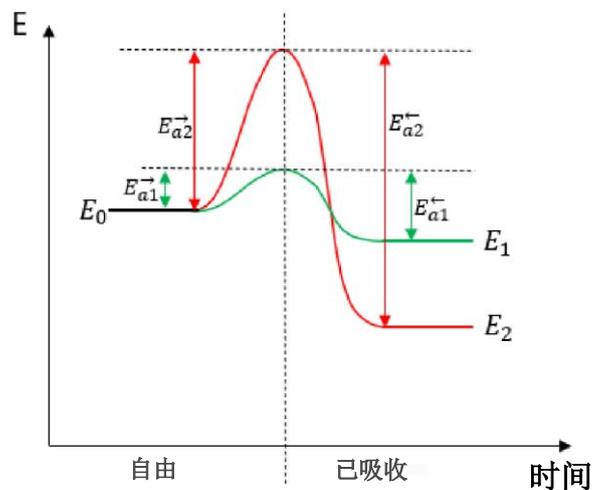


图 6 传感聚合物薄膜中两个不同 H_2O 吸收空间的能级示意图，其中，绿色路径表示在普通状态下的吸收和解吸（正向和逆向反应），能垒较低，占据的 E_1 状态和未占据的 E_0 状态之

¹ 请注意，这是简化版解释。

间的能量差异较小。红色路径表示在非普通空间的相同吸收和解吸过程，表现出明显较高的能垒和较低的吸收态能量。 $E_{a1,2}^{\rightarrow}$ 代表水分子从聚合物薄膜中吸收所需的活化能， $E_{a1,2}^{\leftarrow}$ 代表解吸所需的活化能。

虽然这可能不会对具体应用的设计产生直接影响，但我们认为有助于理解测量概念，从而便于理解其他设计问题。

盛思锐对漂移的定义和测定

为了应对最坏的情景，盛思锐将漂移定义为传感器在一定时间内向规格定义精度双向扩大的数值。

例如，每年小于 0.1 °C 的漂移意味着原始精度规格每年最多扩大 ± 0.1 °C。

2.8 传感器污染

污染是指影响传感器读数的外来物质。考虑到污染的个例性质，必须根据具体情况进行评估，但仍可以描述其主要影响。一般来说，污染会导致干燥环境中相对湿度读数过高，湿度较高环境中相对湿度读数则过低。造成这种现象的原因是聚合物薄膜、水和潜在污染物的介电常数不同，其中，水的介电常数最高 ($\epsilon=80$)，只有极少数例外。

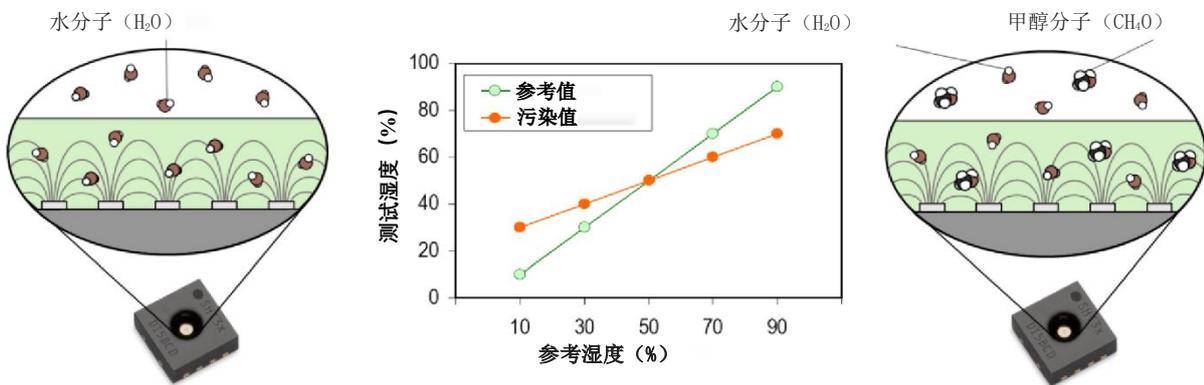


图 7 清洁传感器（左）和受甲醇污染传感器（右）之间的差异示意图。中间的测量结果显示偏移量在低相对湿度和高相对湿度下的不同。

如图 7 所示，在低相对湿度时，污染物产生的偏移会导致读数过高。污染物占据了聚合物薄膜中原本空着的吸收空间，增加了整个系统的介电常数。在高相对湿度条件下，污染物会与水分子竞争，占据原本被水分子占据的吸收空间。由于水的介电常数非常高，污染物降低了无污染状态下的整体介电常数。

如需了解不同类型污染及其影响、缓解、恢复的详细信息，以及针对污染的处理指导原则，请参阅盛思锐官网的“Contamination Guide”。

3 热考虑因素

如第 1.1 节所述，相对湿度与温度密切相关。靠近传感器的外部热源会导致温度升高（从而降低相对湿度）。在极端情况下，例如在 90% 的相对湿度下，1 °C 的偏差将导致湿度信号偏出 5% 的相对湿度。因此，传感器附近的外部热源对精确测量的影响必须降到最低。为了解如何将传感器与装置的其他部分进行热绝缘，有必要了解主要的传热现象。通过热传导和热对流控制与周围环境的热平衡，因此宜考虑以下几点，避免发热：

- 热传导：传感器宜与所有热源热解耦，并尽可能与环境耦合。
- 热对流/热辐射：保护传感器免受热空气和热辐射的影响。

来自附近热源（电力电子器件、微处理器、显示器等）的热传导是造成温度偏差的最常见、也是最显著的原因。热传导主要通过 PCB 产生，缓解方法包括保持足够的距离，去除传感器周围不必要的金属（如图 8 所示的铣槽或蚀刻狭缝）。为降低不必要的温度偏差风险，PCB 上的金属连接件宜尽可能薄。将传感器安装在柔性 PCB 上是可行的变通方法，可以大大减少热传导。

关于热对流和热辐射，第一个解决方案是尽可能使潜在热源远离传感器，考虑通过装置的气流方向。传感器不宜暴露在其他电子元件的热空气中。因此，建议用墙壁将传感器与周围环境物理隔开，这也能最大限度地减少死区，提高性能，如图 9 所示。

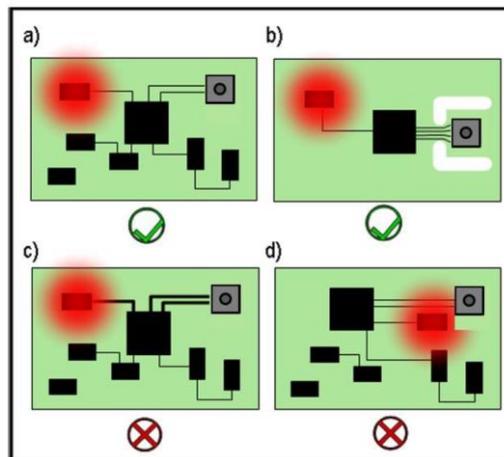


图 8 a) 薄金属连接件以及与热源保持足够距离有助于最大限度地减少热传导。b) 传感器周围的铣缝（白线）可减少通过 PCB 的热传导。c) 不必要的金属，如厚金属连接件会增加从热源到传感器的热传导。d) 热源距离太近会过度加热传感器。

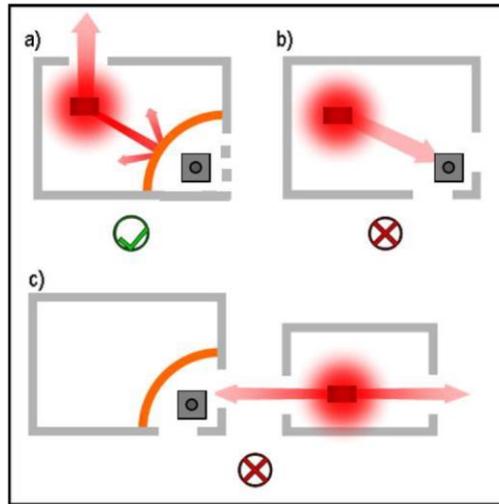


图 9 a) 墙壁（橙色）将传感器与热空气隔开。顶部开口可避免整个外壳受热。 b) 热空气直接接触传感器，会导致温度读数升高。 c) 甚至周边装置的热空气也会影响传感器读数。

3.1 自热

所有电子装置都容易出现自热现象，取决于所使用的元件、结构和运行模式。例如，在充电期间或在高功耗模式（如屏幕亮度最大）下运行时，自热会加剧。不过，这个问题可以通过智能热设计轻松解决，并可能与残余偏移的算法补偿相结合。如图 10 所示，图中显示出设计良好（绿色）和设计不良（红色）的示例装置的自然热效应。

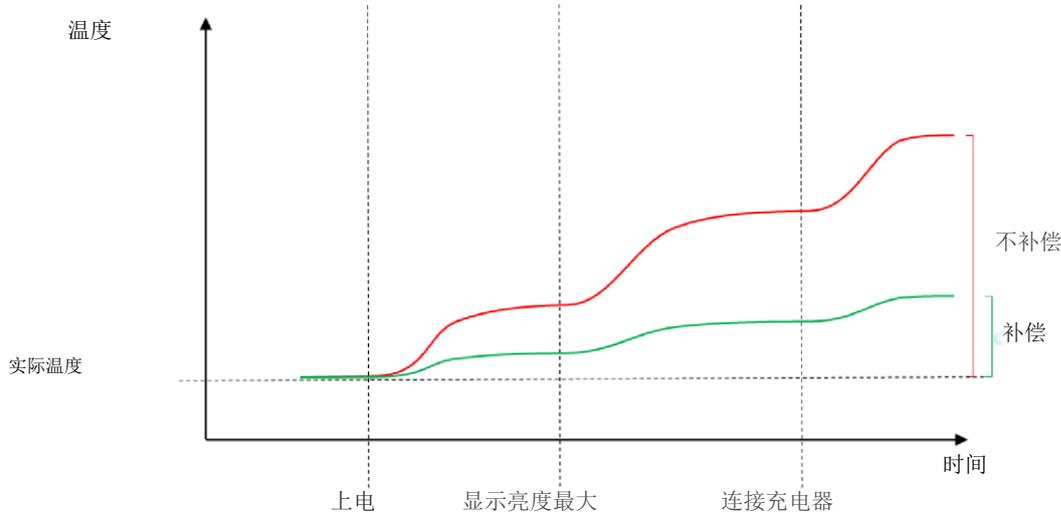


图 10 热设计良好（绿色）和不良（红色）的自热效应示意对比图。虚线表示导致温度上升的模式变化。请注意，单个元件的温升是相同的，唯一不同的是传感器的设计，因此传感器的体验也不同。第一条温升线是所谓的基本升温。第二条虚线表示模式切换到最大亮度，但也可能由其他元件（如 CPU）造成。最后一条虚线表示对装有温湿度传感器的装置充电时产生的影响。

请注意，即使设计完美无缺，传感器也可能会受到自热的残余影响。这种微小的干扰可以通过算法解决方案进行补偿。另请注意，由于相对湿度与温度密切相关，因此随后的温度补偿还需要对相对湿度信号进行补偿。

对于模拟传感器而言，元件级自热可能非常明显。如需了解模拟传感器自热的考虑因素，请参阅第 3.2 节。

3.2 温度对模拟传感器的影响

模拟传感器更容易出现元件级自热，需要额外加以考虑。在这种情况下，传感器与 PCB 之间良好的热耦合以及传感器周围足够的热质量可以降低自热效应。如第 3 节所述，这种设计会增加响应时间。在设计模拟传感器时，宜考虑热质量和热耦合在响应时间和自热之间的权衡。

模拟信号容易受到附近电子装置或装置内热源的干扰。例如，诱导电阻变化可以影响模拟信号。就 SHT 系列模拟传感器而言，信号是电压输出，在进行数字转换之前可能会受到噪声、干扰和环境条件等因素的影响。例如，热量会改变传输信号的导线的电阻率，从而影响电势，导致相对湿度读数发生变化。相比之下，数字信号一旦生成，通常不会受到这些变化的影响，因为数字信号以离散值为基础，可以更加稳健、可靠地传输和存储信息。不过，值得注意的是如果传输或解码过程出现问题，即使是数字信号也会出现错误。

3.3 热设计结论：

需要与环境进行热耦合，同时避免与装置的其他部分进行热耦合。具体而言，传感器需要与装置的热质量解耦，并与流经装置的任何热空气隔离（见图 8、图 9 和图 11）。根据经验，传感器宜尽可能与外界隔离，并尽可能暴露在环境中。最好的情况是传感器周围有环境气流。

此外，还应当确保热量从装置本身传出，并尽可能优化传热效果。根据最终的使用位置或安装位置（如墙壁、地板、桌子），热传导会有所不同。重要的是要避免加热整个系统，并注意模拟传感器信号对模数转换器之前的干扰更为敏感（见第 4.1 节）。

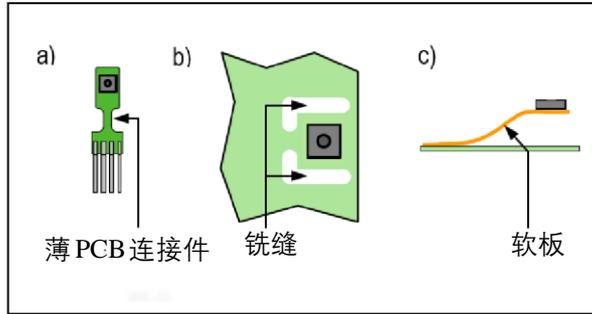


图 11 通过小 PCB 板接插或者 PCB 软板连接实现热解耦。

4 电气和信号考虑因素

4.1 模拟与数字方案

如今，大多数应用场景在很大程度上受益于数字解决方案，甚至要求使用数字解决方案。因此，我们建议使用最新一代的 SHT4x 数字传感器，只有当特定应用场景必须使用模拟设计时，才参考模拟版本。在这种情况下，必须考虑第 3.1 和第 3.2 节中解释的、与信号传输和自热有关的热考虑因素。

4.2 电气规格

在安装温湿度传感器时，有必要根据传感器数据表检查电气规格。尽管盛思锐传感器具有超低功耗，但仍需要稳定的电源。盛思锐 SHT4x 传感器配有集成加热器，用于缓解蠕变、抗污染和一般测试。还需要考虑加热器的使用频率，因为根据传感器数据表中的电气规格，频繁使用会增加功耗。另外，对于电池供电的应用场景，例如 RHT 跟踪器，在设计时宜避免使用加热器，尽量降低功耗。

4.3 静电放电防护

在传感器处理过程中，应当防止传感器受到静电放电的影响，装配工艺本身也宜采取静电放电控制措施。包括确保正确接地，使用防静电包装和材料，以及使用防静电放电工作台和工具。有关静电放电和指导原则的更多信息，请参阅“Handling Instructions”[5]。

传感器安装到装置中后，静电放电风险略有降低，但仍宜采取基本的静电放电防护措施和以下建议。确保无法用手接触传感器。如果不希望传感器暴露在外，一个潜在的变通方法是用宽网孔的金属丝外罩覆盖传感器，形成法拉第笼（如图 12 所示）。

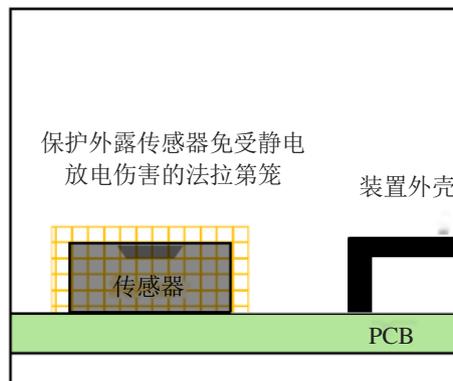


图 12 没有外壳保护的裸露传感器可以通过法拉第笼（如宽网孔的金属丝外罩（黄色））进行保护。

4.4 I²C 相关考虑因素

盛思锐 SHT 系列传感器依赖于 I²C（集成电路总线）通信协议[6]。I²C 是一种广泛使用的串行通信协议，允许多个设备使用共享总线相互通信。它使用两条双向线路：SDA（串行数据线）用于数据传输，SCL（串行时钟线）用于时钟同步。如需了解更多信息，请参见相关数据表。

关于新装置的设计，有一些与 I²C 相关的因素需要考虑：

噪声

为尽量减少其他信号的噪声干扰，确保 I²C 总线上的所有装置都正确接地，宜共享公共地线。使用高质量的电缆和连接器，保持短线迹，避免急弯，也可增强信号完整性。如果受到电磁干扰较多，屏蔽 PCB 和使用屏蔽电缆可能会有好处。

电缆长度

按照设计，I²C 用于在单个 PCB 内或同一电路板上的器件之间进行短距离通信。I²C 电缆越短越好。这样可以减少电缆的寄生电容。长电缆会导致信号衰减，可能需要信号缓冲器或信号复现器。如果必须使用长电缆，可考虑使用 I²C 总线扩展器或 I²C 隔离器来保持信号完整性并防止噪声。如果上述方法均不可行，系统中可能会出现高噪声，SHT 传感器的模拟版本可能是合适的替代方案。

多组件系统

I²C 允许多个组件共享同一总线，减少了所需的通信线路数量，同时也减少了微控制器和其他装置的引脚数，从而降低成本，缩减所需的电路板空间。之所以能做到这一点，是因为 I²C 采用控制器（主）-目标（从）架构，可在同一总线上的多个装置之间高效传输数据。当多个组件位于同一总线上时，I²C 总线上的每个装置都必须有唯一地址。盛思锐 SHT 系列传感器有三种不同的 I²C 地址（0x44、0x45 和 0x46），可在同一 I²C 总线上轻松集成多个传感器。使用相同地址的多个装置会导致冲突和通信错误。

时钟拉伸

某些 I²C 装置可能需要额外的时间来处理数据，导致时钟拉伸。请确保主装置和传感器都能处理时钟拉伸，避免数据损坏。

5 外壳和 PCB 设计一体化

如第 2.4 节所述，确保传感器的测量结果能够代表相关环境十分重要。此外，在设计阶段还需要考虑对响应时间的影响。

潜在气流设计

如果传感器上方有气流（见图 13a），死区内的空气会不断交换。这样的设计有利于缩短响应时间。即使气流无法明确界定（例如在起居室），装置也最好设计多个开口，供潜在气流通过。如果气流直接流过的设计无法实现，则需要注意以下几点。

死区

死区越大，需要交换的空气就越多，直至环境条件和传感器条件相互匹配。大的死区会大大增加湿度响应时间。建议如图 13b 和 c 所示，利用分隔尽可能减小死区。

孔径大小

孔径是环境与传感器之间的连接。孔径越大，气体交换越快，湿度响应时间也就越长。不过，在恶劣条件下，需要在暴露时间和响应时间之间做出权衡。

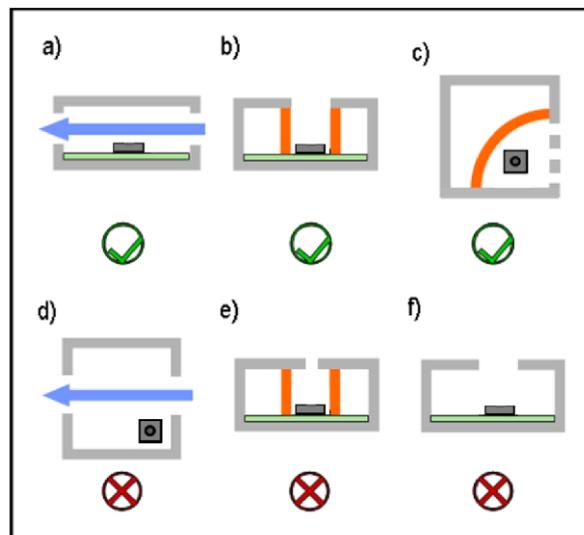


图 13 不同设计的示意图。a) 明确界定的气流直接流过传感器，因此传感器的局部条件与环境条件很快达到平衡。如果没有明确界定的气流，不建议采用这种设计，因为死区太大。b) 墙壁（橙色）减小了死区，再加上大孔径，可实现良好的响应时间。c) 小死区和多个开口可实现良好的换气。d-f) 由于以下原因，这些设计的湿度响应时间较慢：d) 气流错过传感器，死区较大。e) 相对于死区，孔径太小。f) 死区本身大。

5.1 对响应时间的影响

要了解外壳对响应时间的影响，请参阅盛思锐 Github 文章中的图 14，SHT4x 智能传感器模块外壳（[GitHub - Sensirion/smartgadget-sht4x-housing: SHT4x 智能传感器模块外壳](#)）。正确设计的外壳不会影响传感器的精度，但是一旦安装传感器，即传感器与更大的热质量耦合，温湿度响应时间就会受到影响——即使传感器只是焊接在 PCB 上，没有被实际外壳覆盖。这也说明，大开孔结构设计的影响小于传感器耦合到大热容量设备引起的影响。在恒温条件下，湿度响应时间非常快，但由于相对湿度与温度的强耦合关系，温度波动时，响应时间会延长。

盛思锐温湿度 SHT4x 智能传感器模块

归一化温度响应时间

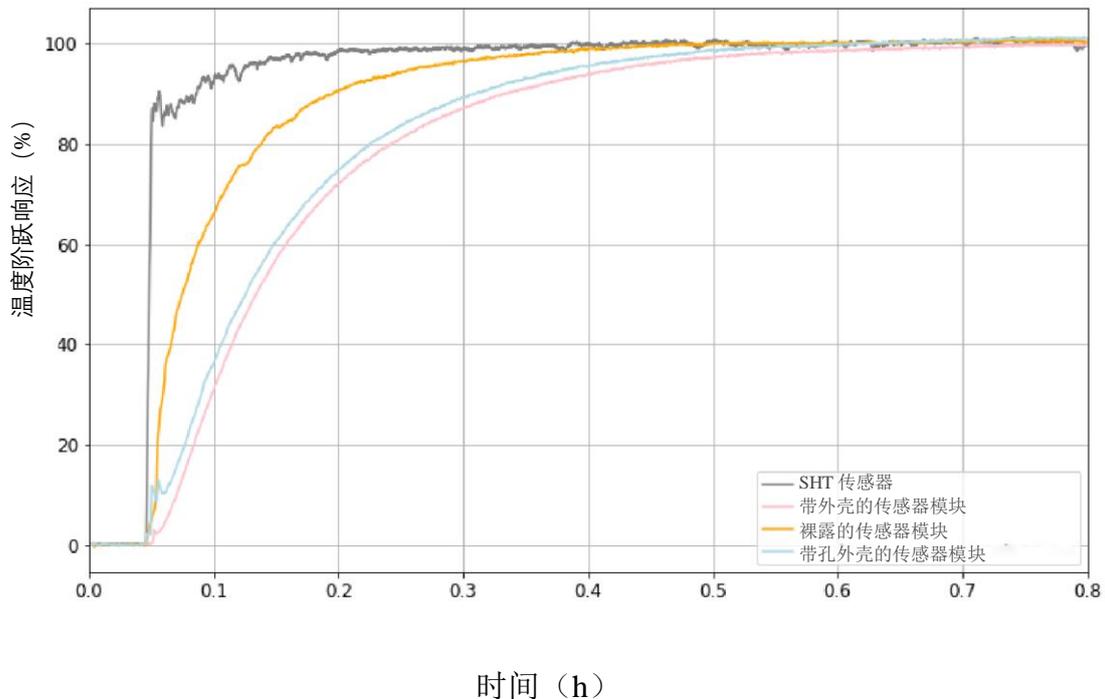


图 14 独立传感器（黑色）、安装在传感器模块（无外壳）上的传感器（黄色）、安装在传感器模块（有外壳）上的传感器（粉红色）以及安装在传感器模块（有孔外壳）上的传感器（蓝色）的差异对比图。

6 安装

本节将帮助您选择最适合您装置的封装类型，以及在设计过程中需要做出的决定。标准 SHT 系列传感器采用开腔双平面无引线（DFN）封装，可选以下配置：

- 滤膜：滤膜可保护传感器开口，防止水和灰尘进入，符合 IP67 标准。由于封装体积小，且滤膜具有很高的蒸汽渗透性，因此响应时间与不带滤膜的传感器相同（见图 15）。
- 二氧化硫滤膜：二氧化硫滤膜是一种独立式滤膜，可用于保护传感器和外壳开口，防止水、灰尘、烟尘、颗粒和其他污染物进入。它不仅能密封传感器开口，还能将外壳与环境隔开。滤膜帽内腔的设计使得滤膜和传感器之间的死区可以忽略不计（见图 15），因此对湿度测量响应时间的影响降到了最低。



图 15 SHT4x 传感器，左图为集成式滤膜方案，右图为独立式二氧化硫滤膜方案。

- 保护盖：保护盖用于在安装过程中保护传感器。在处理前和操作后，必须将保护盖从传感器上取下。对相应的 PCB 进行三防漆等处理时，尤其建议使用保护盖。三防漆是一种应用于电子电路的保护层，可提高装置的可靠性和耐用性。保护盖比传感器略大（见图 16），以便使用指定的防粘翻板安全地将其取下。请考虑相关数据表中的尺寸，确定保护盖方案是否适用于您所需的设计。
- 可润湿侧翼：可润侧翼有助于在组装过程中进行更简单、更可靠的焊接。增大的表面积可以更好地润湿焊料，使焊点更牢固、更一致。可润湿侧翼能够降低焊接缺陷的风险，如粘附性差、空洞或未完全润湿，避免导致电气连通性问题或机械故障。其主要优点是便于安装后的检查。在设计方面，与标准双平面无引线封装相比，无需考虑其他因素（见图 16）。



图 16 左：SHT4x 传感器保护盖方案。右图：SHT4xA 传感器（车规级），有可润湿侧翼。

- 安装在柔性 PCB 上：可以选择将传感器安装在柔性 PCB 上，最大限度减少装置与传感器之间的热传导，方便更换传感器。当装置预期使用寿命长于传感器使用寿命（传感器的使用寿命为 15 年²）时，适用于此配置。针对采用经认证 SHT43 传感器的获认证装置，盛思锐还可提供在柔性 PCB 上安装的温湿度传感器，因为获认证传感器的更换频率可能更高。如需了解更多信息，请参阅“Certified Smart Tracking”文件[7]。

7 示例

² THB 测试，JESD22-A101 标准

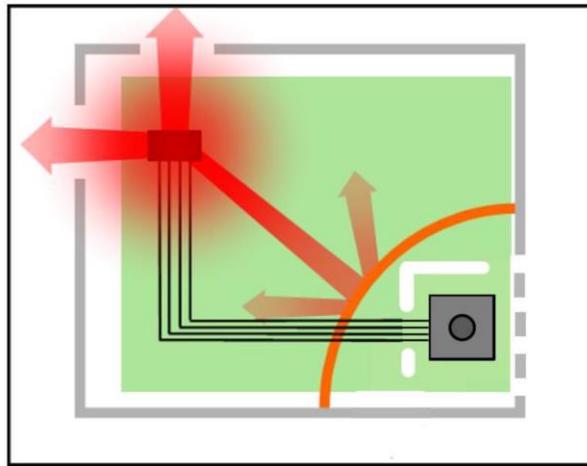


图 17 如果不需要滤膜，强烈建议采用这种设计。它很好地结合了上述规则。墙壁（橙色）有助于将传感器与热空气隔开，减少死区。左上角的大开口可以实现良好的换气，减少整个装置的自热。传感器周围的铣缝减少了通过 PCB 的热传导。此外，外壳上的几条狭缝同时起到防护作用，保证了传感器与环境的接触和换气。这种设计不仅响应时间快，而且受加热部件的影响小。

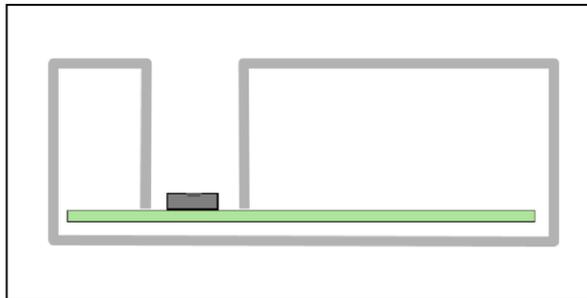


图 18 这是图 17 的简化版本。由于没有气流，湿度反应时间较慢（取决于传感器与开口的距离）。如果需要，可在 PCB 上增加狭缝，使传感器免受外部加热的影响。

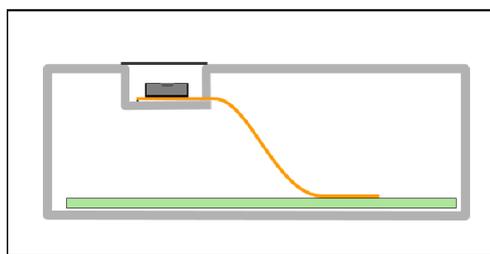


图 19 这是图 18 的复杂版本，使用柔性 PCB 进行热解耦。此外，还采用了保护传感器的滤膜。传感器与测试环境之间的短距离缩短了响应时间。

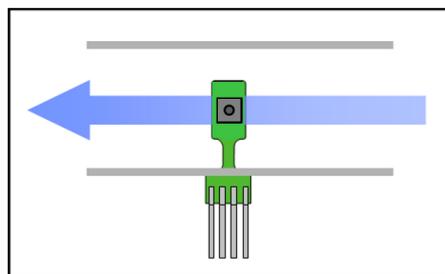


图 20 该设计为 SHT85 传感器，管内有气流。薄 PCB 连接件将 SHT85 传感器与管子很好

地解耦，从而实现了非常快的热响应时间，减少了管子与空气之间温度偏差的影响。

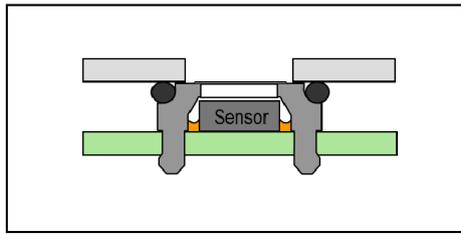


图 21 二氧化硫滤膜帽有助于设计密封外壳。滤膜可保护传感器和外壳免受灰尘和水的侵袭。由于传感器与环境之间的体积很小，因此可以实现快速的湿度响应时间。

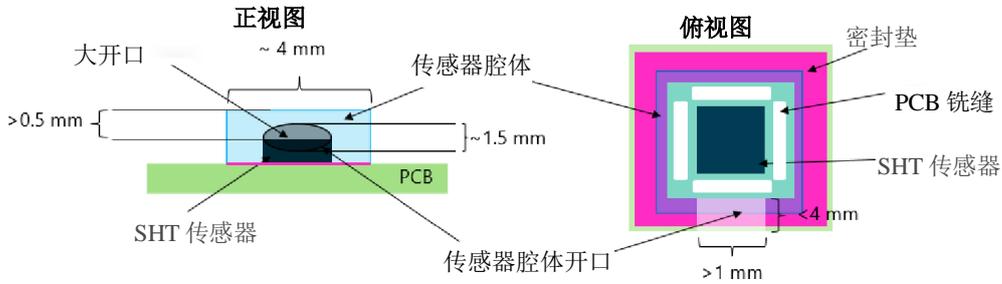


图 22 详尽设计示例显示了特定用例中的若干重要方面，其中，传感器需要与装置的其他部分解耦，传感器腔体（蓝色）需要有横向开口（灰色）。PCB（绿色）在 SHT 传感器周围有狭缝（白色），可减少热传导。PCB 的顶部安装了密封垫（粉红色）作为密封材料，避免空气泄漏，可供安装传感器腔体。³

³ 尺寸规格可以帮助您开始理解如何进行设计。如果您有不同的尺寸考量，并不意味着该尺寸不可行。

8 Bibliography

- [1] Sensirion, "Introduction to Humidity," January 2009. [Online]. Available: <https://sensirion.com/products/downloads/>.
- [2] National Physical Laboratory, "https://www.npl.co.uk/special-pages/guides/a-guide-to-the-measure-of-humidity-gpg103," 1996. [Online]. Available: <https://www.npl.co.uk/special-pages/guides/a-guide-to-the-measure-of-humidity-gpg103>.
- [3] Sensirion, "Sensors Specification Statement and Testing Guide," 19 April 2021. [Online]. Available: <https://sensirion.com/products/downloads/>.
- [4] Sensirion, "Creep Mitigation SHT4x," 04 2022. [Online]. Available: https://sensirion.com/media/documents/A88858C9/629626D4/Application_Note_Creep_Mitigation_SHT_4x.pdf.
- [5] Sensirion, "Handling Instructions for Humidity Sensors," 2020. [Online]. Available: www.sensirion.com.
- [6] NXP Semiconductors, "User manual UM10204," vol. Rev. 6, 2014.
- [7] Sensirion, "Certified Smart Tracking," August 2023. [Online]. Available: www.sensirion.com.
- [8] IEEE, "IEEE Reference Guide," 2018. [Online]. Available: <https://ieeauthorcenter.ieee.org/wp-content/uploads/IEEE-Reference-Guide.pdf>. [Accessed 20 1 2023].
- [9] Sensirion, "Using the Integrated Heater of SHT4x for Heat-Assisted Polymer," [Online]. Available: https://admin.sensirion.com/media/documents/FEE9F039/62459F54/Application_Note_Heater_Decontamination_SHT4xX.pdf.

9 Revision History

Date	Version	Pages	Changes
June 2010	1.0	all	Initial release
May 2019	1.1	1	Updated front page and figures
March 2024	2	All	Complete Remake

重要提示

人身伤害警告

请勿将本产品用作安全装置或紧急停止装置，或用于产品故障可能导致人身伤害的任何其他用途。请勿将本产品用于非预期用途或非授权用途。在安装、处理、使用或维修本产品之前，请查阅数据表和应用说明。不遵守这些说明可能导致死亡或重伤。

如果买方购买或使用盛思锐产品用于任何非预期用途或非授权用途，买方应保护、赔偿并使盛思锐及其管理人员、员工、子公司、关联方和分销商免受因与此类非预期或非授权的使用相关的任何人身伤害或死亡索赔而直接或间接产生的所有索赔、成本、损害和费用以及合理的律师费，即使盛思锐被指控在产品的设计或制造方面存在过失。

静电放电防护措施

该元件的固有设计使其对静电放电非常敏感。为防止静电放电引起的损坏和/或性能下降，在处理本产品时，宜采取常规的、法定的静电放电防护措施。如需了解更多信息，请参阅应用说明“静电放电、门锁和电磁兼容性”。

保修

盛思锐向本产品的原始购买者提供自交货之日起 12 个月（一年）内的唯一保证，即本产品的质量、材料和工艺均符合盛思锐公布的产品规格。在此期限内，如果证明本产品存在缺陷，盛思锐将自行决定免费为买方修理和/或更换本产品，前提是：

- 应在缺陷出现后十四（14）天内向盛思锐发出书面通知，说明缺陷；
- 经盛思锐合理满意地认定，该等缺陷由盛思锐的错误设计、材料或工艺造成；
- 缺陷产品应退回盛思锐工厂，费用由买方承担；
- 产品维修或更换后，保修期应限于原保修期的未到期部分。

本保修不适用于任何未按照盛思锐建议的规格进行安装和使用的设备，盛思锐建议旨在按照预期用途正确使用该设备。除本节明确规定的保修外，盛思锐不对本产品作任何明示或暗示的保证，并明确排除和拒绝任何及所有保证，包括但不限于适销性保证或适用于特定用途的保证。

盛思锐只对数据表规定的操作条件下和正确使用产品情况下出现的产品缺陷负责。盛思锐明确表示，对于在不符合技术规格的情况下操作或存放产品的任何期间，不承担任何明示或暗示的保修责任。

盛思锐不承担因应用或使用任何产品或电路而产生的任何责任，并明确声明不承担任何及所有责任，包括但不限于间接损害或附带损害。所有操作参数，包括但不限于建议参数，都必须由客户的技术专家针对每个客户的应用场景进行验证。在不同的应用场景中，建议参数可能会有所不同。

盛思锐保留以下权利，恕不另行通知：(i) 更改产品规格和/或本文件中的信息；(ii) 改进本产品的可靠性、功能和设计。

Headquarters and Subsidiaries

Sensirion AG Laubisruestr. 50
CH-8712 Staefa ZH Switzerland

phone: +41 44 306 40 00
fax: +41 44 306 40 30
info@sensirion.com
www.sensirion.com

Sensirion Taiwan Co. Ltd phone:
+886 2 2218-6779
info@sensirion.com
www.sensirion.com

Sensirion Inc., USA phone: +1 312
690 5858 info-us@sensirion.com
www.sensirion.com

Sensirion Japan Co. Ltd. phone: +81
45 270 4506 info-jp@sensirion.com
www.sensirion.com/jp

To find your local representative, please visit
www.sensirion.com/distributors

Sensirion Korea Co. Ltd. phone:
+82 31 337 7700~3
info-kr@sensirion.com
www.sensirion.com/kr

Sensirion China Co. Ltd. phone:
+86 755 8252 1501
info-cn@sensirion.com
www.sensirion.com/cn

Copyright © 2024, by SENSIRION. CMOSens[®] is a trademark of Sensirion. All rights reserved