



摘要

本文档的目的是提供存储和处理指南、软件配置示例和伪代码，让用户熟悉 HDC3 系列器件。这些 HDC 器件均为集成式湿度和温度传感器。这些器件通过电容式聚合物电介质测量湿度，该电介质能够校准和恢复湿度精度，从而满足产品规格要求。HDC3 采用 2.5mm × 2.5mm WSON 空腔封装，其中传感器直接暴露在环境空气中。HDC3021 上的感测元件在组装过程中，受到工厂安装的 PI (聚酰亚胺) 胶带的保护。HDC3022 上的感测元件受到疏水性 PTFE 过滤膜的保护，非常适合在户外环境中或任何可能出现凝结的地方使用。HDC3021-Q1 是符合 AEC-Q100 标准的汽车级湿度传感器。所有这些 HDC3 系列器件都可通过 NIST 进行追溯，经过工厂校准，并且彼此软件兼容。

内容

1 HDC3x 器件	3
1.1 HDC3x2x 封装比较.....	4
1.2 采用 WSON 封装的 HDC3020.....	4
1.3 采用 WSON 封装的 HDC3021.....	5
1.4 采用 WSON 封装的 HDC3022.....	5
采用 WSON 封装的 HDC3120.....	5
2 存储和处理指南	6
2.1 暴露于污染物中.....	6
2.2 化学分析.....	7
2.3 包装和存储.....	11
3 对 HDC3020 进行编程	12
3.1 功能模式.....	12
3.2 按需触发.....	12
3.3 自动测量.....	13
3.4 对 CRC 进行编程.....	14
3.5 示例代码.....	14
3.6 凝结消除.....	16
3.7 偏移误差校正.....	18
4 参考资料	23
5 修订历史记录	23

插图清单

图 1-1. HDC3x2x 封装选项说明.....	4
图 1-2. 采用 WSON 封装的 HDC3020.....	4
图 1-3. 采用 WSON 封装的 HDC3021.....	5
图 1-4. 采用 WSON 封装的 HDC3022.....	5
图 1-5. 采用 WSON 封装的 HDC3120.....	6
图 2-1. 短时间暴露：一次性暴露.....	8
图 2-2. 短时间暴露：多次暴露.....	8
图 2-3. 长时间暴露结果.....	9
图 2-4. 长时间暴露结果.....	10
图 2-5. 长时间暴露于香烟烟雾中.....	10
图 3-1. 按需触发模式的流程图.....	12
图 3-2. 自动测量模式的流程图.....	13
图 3-3. 凝结消除流程图.....	17

图 3-4. 隔热示例.....	18
图 3-5. 展示偏移误差校正算法的流程图.....	20
图 3-6. 查找表 (LUT) 示例.....	21
图 3-7. HDC3020 指板.....	21

表格清单





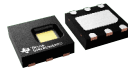
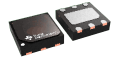

表 1-1. TI 湿度传感器比较表.....	3
表 2-1. 短时间暴露测试的化学品列表.....	7
表 2-2. 长时间暴露测试的化学品列表.....	9
表 3-1. HDC3x CRC 属性.....	14
表 3-2. 推荐的加热器配置.....	18
表 3-3. 指板在 3.3V 且加热器全功率条件下运行时的查找表 (LUT).....	22
表 3-4. 指板在 5V 且加热器半功率条件下运行时的查找表 (LUT).....	22

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 HDC3x 器件

表 1-1. TI 湿度传感器比较表

	HDC3020	HDC3021	HDC3022	HDC2010	HDC2080	HDC2021	HDC2022
	精准度最佳, NIST, RH/85% 85°C 性能最佳			尺寸最小, 成本较低	最低功耗		
接口; 地址计数	I2C、4			I2C、2			
V _{CC} 范围	1.62V 至 5.5V			1.62V 至 3.6V			
工作温度	-40°C - 125°C			-40°C 至 85°C	- 40°C 至 125°C		
RH 精准度 (典型值/最大值)	±0.5%/±2.0% @ 10%-50% RH ±1.0%/±2.0% @ 10%-70% RH ±1.0%/±2.5% @ 10%-80% RH ±1.5%/±3.0% @ 10%-90% RH			±2%/±3% @20%-80% RH			
RH 漂移校正	✓			-			
RH 可重复性	±0.02%RH 低功耗模式 0 (噪声最低)			±0.1%RH 14 位分辨率			
RH LTD (典型值)	±0.19%RH/年			±0.25%RH/年			
RH 响应时间 (典型值)	4 秒			8 秒			
温度精准度 (典型值/最大值)	±0.1°C/±0.2°C (0°C-50°C) ±0.1°C/±0.3°C (-40°C-100°C) ±0.1°C/±0.4°C (-40°C-125°C)			±0.2°C/±0.4°C (15°C-45°C)	±0.2°C/±0.4°C (10°C-35°C)		
				±0.2°C/±0.7°C (5°C-60°C)			
休眠电流 (典型值/最大值)	0.36 μA/14.5 μA (按需) 0.55 μA/15 μA (自动)			0.05 μA/0.10 μA			
有效 I _{DD} (典型值/最大值)	99 μA/153 μA			650 μA/890 μA			
平均 I _{DD} 典型值 (1 个样本/秒)	0.7 μA (按需) /0.9 μA (自动测量)			0.55 μA			
NIST 可追溯性	是, 包括湿度和温度			-			
封装	WSO8-8 2.5mm × 2.5mm			DSBGA (6 泵) 1.5mm × 1.5mm	WSO6-6 3.0mm × 3.0mm		
传感器腔体保护		可拆卸保护胶带 	可靠的 IP67 过滤器盖 			可拆卸保护胶带 	可靠的 IP67 过滤器盖 

有关 HDC2x 系列湿度传感器的更多详细信息, 请参阅 [HDC20XX 器件用户指南](#)。

1.1 HDC3x2x 封装比较

图 1-1 说明了 HDC3x2x 的几种可用封装选项的不同优势。

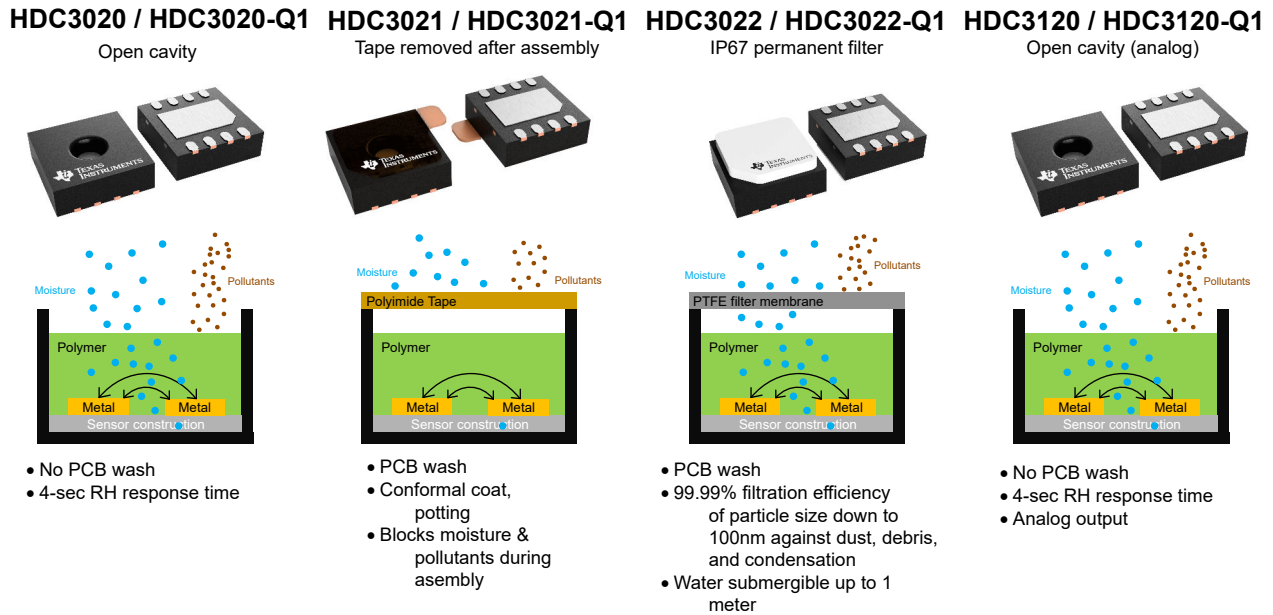


图 1-1. HDC3x2x 封装选项说明

1.2 采用 WSON 封装的 HDC3020

HDC3020 是 HDC3020 系列中的标准 WSON 器件。HDC3020 对相对湿度 (RH) 传感器窗口没有额外的保护，并且传感器放置在中央位置。此器件采用 2.5mm x 2.5mm WSON 封装。HDC3020 在电气方面与 HDC3021 和 HDC3022 相同。使用 HDC3020 时，应注意确保遵循所有要求。

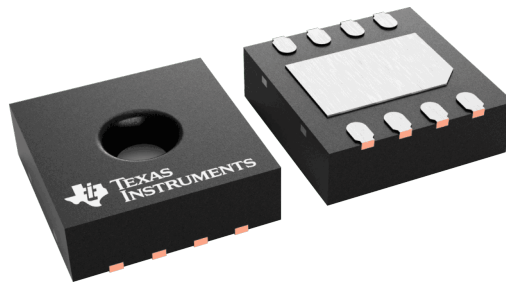


图 1-2. 采用 WSON 封装的 HDC3020

1.3 采用 WSON 封装的 HDC3021

HDC3021 与 HDC3020 引脚对引脚兼容。与 HDC3020 不同，该器件上的传感器开口处由工厂安装的聚酰亚胺封装胶带提供保护。该胶带保护湿度传感器元件免受制造过程中可能产生的污染物的影响，例如表面贴装技术 (SMT) 组装、印刷电路板 (PCB) 清洗和保形涂层。为了准确测量周围环境中的相对湿度，必须在组装完成后取下胶带。

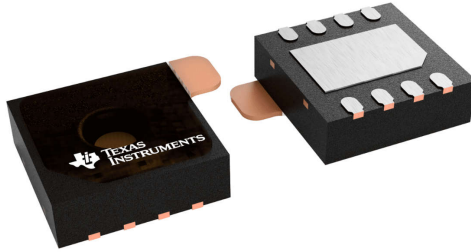


图 1-3. 采用 WSON 封装的 HDC3021

1.4 采用 WSON 封装的 HDC3022

HDC3022 与 HDC3020 引脚对引脚兼容。该器件在检测元件上配备了 IP67 级疏水性 PTFE 保护膜。该过滤膜在器件的整个生命周期内留用，并以 99.99% 的过滤效率过滤尺寸小至 100nm 的颗粒。PTFE 过滤膜可以保护器件，防止器件受到灰尘、碎屑和凝结的影响。当该器件正常工作时，该过滤膜在 PCB 清洗以及浸水期间为器件提供进一步的保护。虽然 HDC3022 不受物理碎屑和液体的影响，但 HDC3022 仍容易受到气体污染，因此请勿将传感器暴露在挥发性化学品中。由于电路板清洗剂包含挥发性化学品，建议立即使用去离子水清洗并让传感器风干。

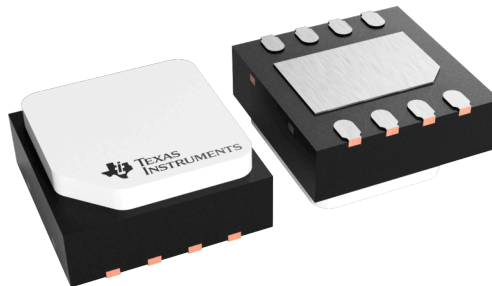


图 1-4. 采用 WSON 封装的 HDC3022

采用 WSON 封装的 HDC3120

HDC3120 是 HDC3x 器件系列的模拟型号。与 HDC3020 类似，HDC3120 对相对湿度 (RH) 传感器窗口没有额外的保护功能，当前 HDC3120 没有提供保护选项。此器件采用 2.5mm x 2.5mm WSON 封装。以下列出了数字 HDC3x 系列器件与 HDC3120 之间的主要差异：

- 模拟 RH 和温度输出通过两个（每个输出一个）缓冲 DAC 提供
- 12 位分辨率（模拟）与 16 位分辨率（数字）
- 集成式片上加热器不可配置
- HDC3x 模拟型号的再水合周期是在 80% RH、30°C 的条件下持续三天，而 HDC3x 数字型号需要在 25°C 和 50% RH 条件下再水合 5 天

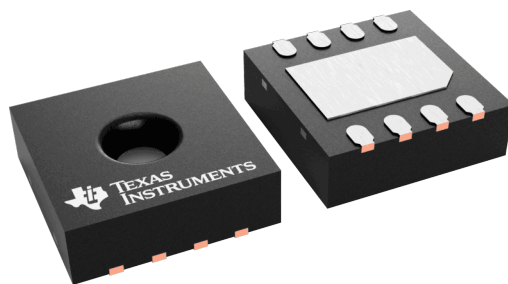


图 1-5. 采用 WSON 封装的 HDC3120

2 存储和处理指南

2.1 暴露于污染物中

湿度传感器并非标准 IC，不得暴露于颗粒或挥发性化学物质（如溶剂或其他无机化合物）中。封装上的开口让传感器能够感测空气中的相对湿度，但也会让该聚合物暴露在环境中，因而容易受到污染。典型环境条件不会构成接触化学品的重大风险，但是制造和存储环境是已知的挥发性污染源。组装期间，可以在传感器开口处贴上 Kapton 胶带，确保器件不会接触到有害的化学品。HDC3021 随附出厂安装的 Kapton 封盖，因此非常适合接触化学品几率较高的应用。此过程完成后便可以揭掉胶带，但器件还是容易受到污染。

必须避免暴露于各种化学品中，或者将此类暴露降到最低程度。已知暴露于下列化学品中会导致湿度输出读数出现偏差，这种影响可能无法逆转：

- 如下溶剂：
 - 甲苯： C_7H_8
 - 丙酮： $(CH_3)_2CO$
 - 乙醇： C_2H_6O
 - 甲醇： CH_3OH
 - 异丙醇： C_3H_8O
 - 二异丙醚： $C_6H_{14}O$
 - 乙二醇： $(CH_2OH)_2$
 - 乙酸乙酯： $C_4H_8O_2$
 - 醋酸丁酯： $C_6H_{12}O_2$
 - 甲基乙基酮： $CH_3C(O)CH_2CH_3$
- 如下酸性物质：
 - 盐酸： HCl
 - 硫酸： H_2SO_4
 - 硝酸： HNO_3
- 其他化学品，包括：
 - 烯酮
 - 氨： NH_3
 - 过氧化氢： H_2O_2
 - 臭氧： O_3
 - 甲醛： CH_2O

这些化学品是环氧树脂、胶水、粘合剂或烘烤和固化过程中脱气的反应副产物的组成部分。

传感层在焊接后不得直接接触清洁剂（例如 PCB 清洗剂）。对传感层施加清洁剂可能导致传感器出现 RH 输出漂移，甚至使传感器完全损坏。避开气溶胶除尘器产生的强烈冲击，只使用低压无油的空气除尘器。

如果需要将 HDC 暴露于污染物中，必须尽可能降低污染物浓度，并缩短暴露时间。良好的通风（供应新鲜空气）有助于降低挥发性化学品（尤其是溶剂）的浓度。

2.2 化学分析

HDC3020 的外露层可以感测到空气中微小的水分含量变化。如果传感层吸收了挥发性化合物，则可能造成传感器性能下降，进而导致测量不准确。以下部分介绍了 HDC3020 在接触到一些挥发性化学物质时会受到的影响，本部分旨在确定化学物质对 HDC3020 传感器 RH 精度的影响。这些器件会接触到商业、工业和住宅清洁用品中常见的挥发性有机化合物 (VOC)。

根据接触水平，化学物质列表可以分为两个子部分：饱和与恢复测试，以及长时间暴露测试。这两个子部分采用不同的测试程序、使用方法以及暴露强度。

以下内容将探讨测试过程中观察到的一些结果。这些器件均通过冷镜技术在 30°C 条件下进行测量。测得的平均误差为 10% 至 90%，如以下各部分中所示。暴露强度非常小，并且化学物质浓度低于行业标准，因此这些器件在湿度测量方面并没有表现出明显的变化。但是，在上述部分中所述的制造和装配过程中，不要将湿度传感器暴露在化学品中。如果过度接触此类化学物质，则可能会损坏聚合物，导致传感器难以恢复到运行状态。如果器件安装在化学品暴露水平较高的位置，则 HDC3021 可能是合适的解决方案。另一个可供考虑的选择是 HDC3022，该器件配备持久耐用的聚四氟乙烯 (PTFE) 过滤膜，可过滤掉大于 100nm 的颗粒。

如果发生盐侵状况，并且 RH 误差在较高湿度下比较大，可以使用去离子 (DI) 水来清洗传感器。

2.2.1 饱和和恢复测试

该传感器仅在此列表所列的化学品中暴露了较短的时间。对于每种化学品，这里都评估了两种情况：暴露 30 秒和在 24 小时内暴露 8 次，每次暴露 30 秒。

表 2-1 展示了此列表中的化学品。器件在 3.3V、30°C 条件下运行，这里据此计算了平均湿度误差。

表 2-1. 短时间暴露测试的化学品列表

化学品	集中器	可观察到的损坏	HDC3020 器件数量
异丙醇	65.7% m/m	无	每次暴露评估 4 个
过氧化氢	7.35% m/m	无	
次氯酸钠	4.5% m/m	腐蚀的铜布线	
碘伏	74ppm m/m	无	
流量 - Microcare 通用触点清洁剂	100%	无	

暴露 30 秒：对于每种化学品，分别直接在传感器开口上滴了 5 滴。30 秒后，将传感器翻过来以去掉多余的溶剂。暴露一分钟后，对器件进行了清洁，以避免进一步暴露。

总体来说，图 2-1 展示了对于这些化学品而言，测试前后并没有太大的变化，只是出现了较小的负增益。

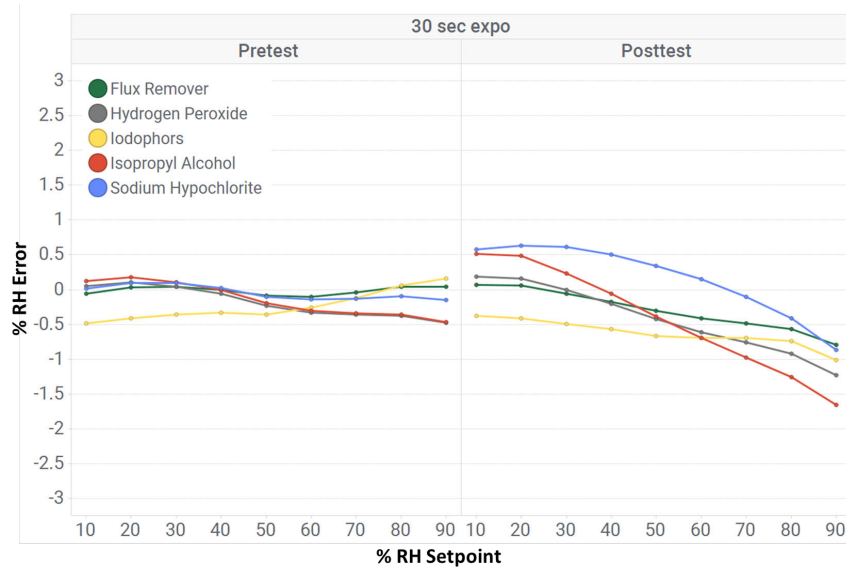


图 2-1. 短时间暴露：一次性暴露

多次暴露 30 秒：4 个 HDC3020 器件在 30 秒测试中遵循了相似的程序。该程序另外又执行了七次。

总体来说，除了带来负增益，大多数化学品都不产生任何较大的漂移。

不过，暴露于次氯酸钠导致电路板的铜布线和一些引脚上出现了一些腐蚀。在清洁 PCB 时，这里使用 Kapton 封盖保护了开口，并使用马鬃刷和去离子水进行了清洁。湿度变化显示这些器件具有非常大的负增益漂移，尤其是在较大的湿度设置点下。

暴露于异丙醇中还导致了在较低湿度设置点下出现了一些负增益漂移。任何进一步的暴露都会导致严重的增益漂移。

图 2-2 展示了此暴露对应的变化。

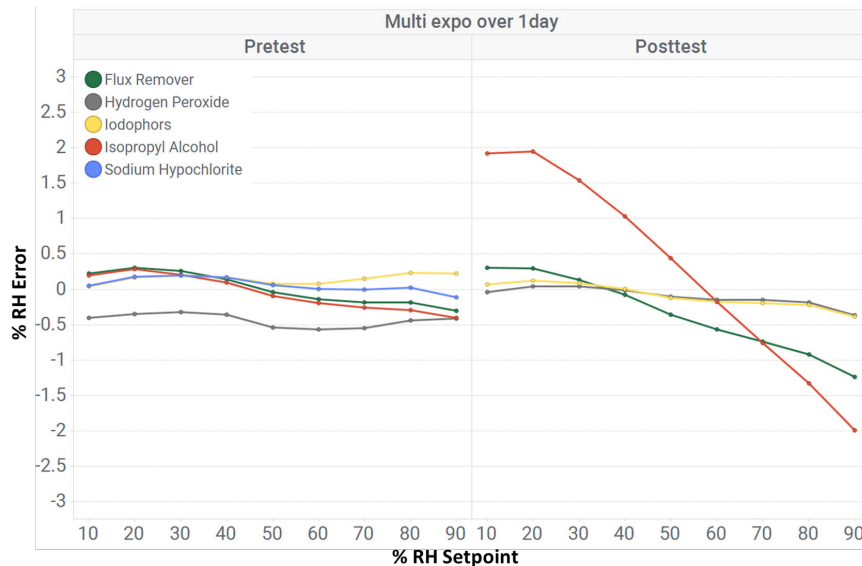


图 2-2. 短时间暴露：多次暴露

2.2.2 长时间暴露

针对长时间暴露测试，每种化学品提交了四个样本。在密封的处理室内，这些器件暴露在气体状态下的化学品中 21 天。表 2-2 展示了此测试中使用的化学品。

表 2-2. 长时间暴露测试的化学品列表

化学品	浓度 (ppm)	可观察到的损坏
甲苯	298 - 322	无
二甲苯	108 - 131	无
醋酸丁酯	200 - 220	无
甲醛	3 - 5	无
二氧化硫	5	无
乙醇	862 - 1003	无
甲醇	195 - 260	无
氨	34 - 35	无
香烟烟雾	饱和	沾染和涂层

对于暴露于香烟烟雾中的器件，香烟的烟雾会吹进处理室内，直达到饱和并且看不到器件为止。每次使用半根香烟来使处理室内烟雾达到饱和，并且每天都更换处理室内的烟雾。

其余化学品均使用注射器来注入。气体由化学工作者每七天更换一次，确保气体的浓度保持较高水平。

总的来说，大多数化学品都具有增大的负增益，但这些器件上并没有明显的偏移变化。图 2-3 和图 2-4 展示了这些改变对应的结果。

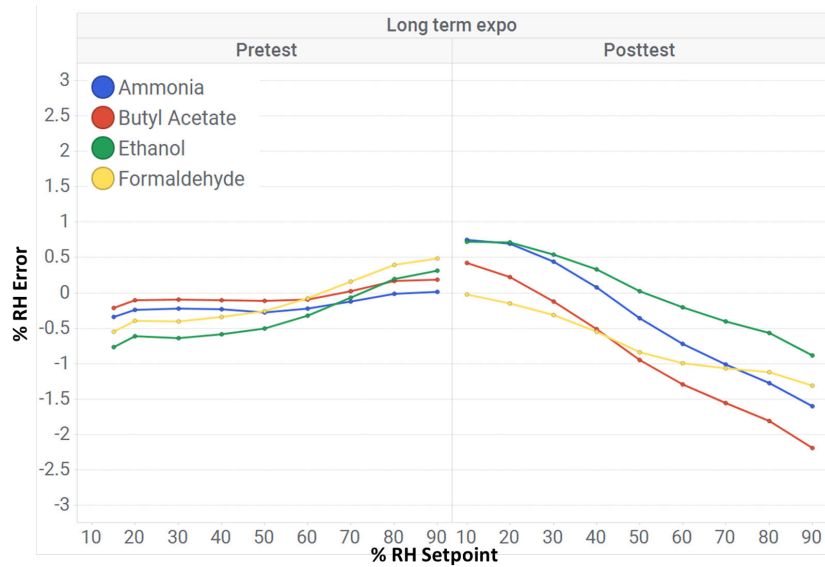


图 2-3. 长时间暴露结果

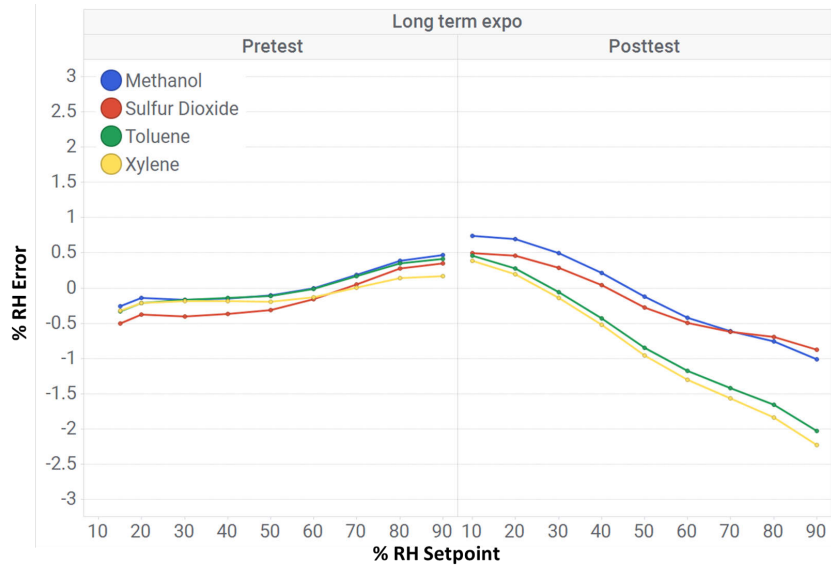


图 2-4. 长时间暴露结果

图 2-5 展示了暴露于香烟烟雾中导致了很大的负增益，并且在 10% RH 至 90% RH 设定点范围内，这些器件的 RH 误差范围为 25% 至 50%。电路板还出现了严重的褪色问题，并且传感器开口处存在明显的残留物。使用空气清洁了传感器，但器件性能并未恢复。

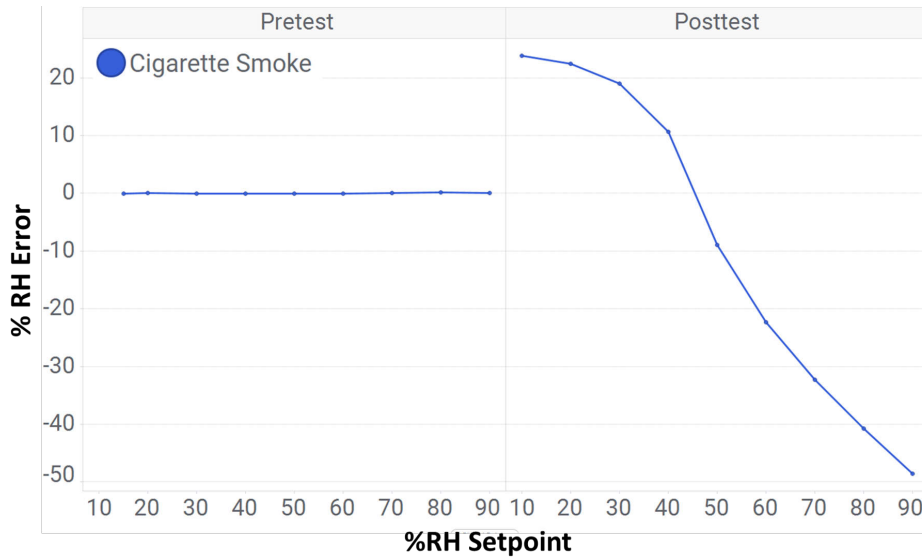


图 2-5. 长时间暴露于香烟烟雾中

2.3 包装和存储

TI 的湿度传感器采用密封性防静电卷带腔体进行运输。去除卷带腔体之后，在组装之前可以将传感器存储在湿度和温度受控的环境中。湿度和温度受控环境分别不应超过 50%RH 和 25°C 的条件。如果超出这些条件，RH 漂移可能会被引入传感器中。此外，TI 的湿度传感器应存储在金属化的防静电可密封的袋子中。贮存温度和湿度的限值取决于传感器的潮湿敏感度等级 (MSL)。有关更多信息，请参阅 [MSL 等级和回流焊曲线](#)。

请勿将湿度传感器存储在防静电聚乙烯袋或包装材料（粉色泡沫/包装）中，因为这些材料会散发可能对传感器产生影响的气体。TI 建议使用金属化、防静电、可密封的袋子进行存储。请勿在存储容器内使用粘合剂或胶带，因为其散发出的气体也会导致聚合物性能下降。在存储和处理过程中，应避免暴露于极端温度和湿度条件下，以免影响传感器精度。避免长时间直接暴露在紫外线 (UV) 和可见光下，以免影响传感器精度。

2.3.1 封装

必须在最后一个组装步骤中添加 HDC。如果 PCB 经过多个焊接周期（例如在顶部和底部具有组件的 PCB），最后添加 HDC 可降低因污染物或过热而损坏传感聚合物的风险。必须避免接触 [暴露于污染物](#) 中列出的污染物，或者将对其的接触降低到最低程度。不得超过最高组装温度和最长暴露时间。不建议进行波动焊接。避免在组装后使用超声波清洗，否则可能会损坏传感器。建议使用标准回流焊炉。HDC3x 系列使用标准焊接规范 IPC/JEDEC J-STD-020，峰值温度为 260°C。使用 HDC3021 时，需等到所有组装步骤完成后，且再水合步骤开始之前，才可取下聚酰亚胺胶带盖。

再水合是将环境湿度重新引入湿度传感器的过程。建议在组装后或执行另一个烘烤步骤时使用。TI 当前建议的再水合条件是将传感器在 25°C 和 50%RH 条件下保持无供电状态持续五天。

如果使用保形涂层（例如，如果应用中预计会使用水，则使用保形涂层来保护 PCB 免受电气短路的影响），强烈建议选择 HDC3021 选项（聚酰亚胺胶带盖）。应在整个组装过程（包括保形涂层固化）中保持胶带盖，然后在该过程结束时拆除。如果选择了另一种封装选项，则保形涂层会覆盖传感器区域。这会对 HDC3x 感应潮湿空气的能力产生重大负面影响，因为固化涂层会覆盖传感器区域，导致潮湿空气无法进入传感器。

备注

请使用免清洗焊膏，一旦将传感器组装到 PCB 上便不得使用电路板清洗剂，这一点很重要。为确保获得适当的器件性能，应在组装前将这些说明告知电路板制造商。此外，在识别免清洗焊膏时，请查看相关产品的材料安全数据表 (MSDS)，以确保不存在 VOC 等化学污染物。

MSDS 文档通常可在产品网站或第三方购买网站上获取。如果未找到或未公开获得 MSDS，可要求制造商提供此文档。

2.3.2 在极端环境中的应用

某些应用需要在严苛环境下使用 HDC。确保传感器暴露于最高温度和湿度的极端运行条件下时符合特定于器件的数据表中的指导原则。尽量不要暴露于高浓度挥发性有机化合物下并且暴露时间不能过长。在苛刻环境下使用时，必须经过仔细测试和认证。

强烈建议不要暴露于任何水溶液中。如果某些情况下无法避免暴露于水溶液中，建议使用 HDC3022 并遵守以下准则：

- 暴露于酸或碱性物质中可能会影响湿度输出读数的精准度
- 碱溶液的破坏性小于酸溶液。所有酸性物质都会损坏传感器。高浓度的腐蚀性物质（例如 H₂O₂ 或 NH₃）会损坏传感器。
- 极低浓度的腐蚀性溶液不会损坏传感器本身。但是，要确保焊接触点不受损坏。

3 对 HDC3020 进行编程

3.1 功能模式

HDC3 具有 2 种工作模式：睡眠模式和测量模式。上电后，HDC3 进入睡眠模式。在此模式下，该器件会等待 I2C 指令来设置可编程低功耗模式、触发测量/转换或读取/写入有效数据。触发测量后，该器件从睡眠模式唤醒并进入测量模式。在测量模式下，HDC3 通过内部 ADC 转换来自集成传感器的温度或湿度值。

HDC 器件提供两种不同类型的 ADC 转换（测量模式）：按需触发与自动测量模式

3.2 按需触发

在此模式下，I2C 命令会触发每一次的测量转换。上电后，该器件处于睡眠模式，并等待输入。

若要将器件配置为以单一采集模式收集湿度和温度数据，请从命令表中选择 TRIGGER ON DEMAND (MSB 十六进制代码 24) 和合适的低功耗模式选项。该器件将退出睡眠模式并执行单次测量。图 3-1 显示了按需触发模式。



图 3-1. 按需触发模式的流程图

3.3 自动测量

自动测量模式是一种连续工作模式。用户可以在每秒进行 10 次采样到每 2 秒进行 1 次采样的范围内选择测量频率。

若要将器件配置为以连续模式收集湿度和温度数据，请从命令表中选择所需的自动测量模式和低功耗模式持续时间。若要获取温度和湿度值，用户可以发出命令 0x0E 和 0x00。将器件置于所需的自动测量模式 (参见 [HDC3020 数据表](#) 中的 “I2C 读取多数据结果” 表) 后，用户应当以一致的时间间隔发出命令代码 0xE0 0x00，以读取温度和相对湿度测量值。

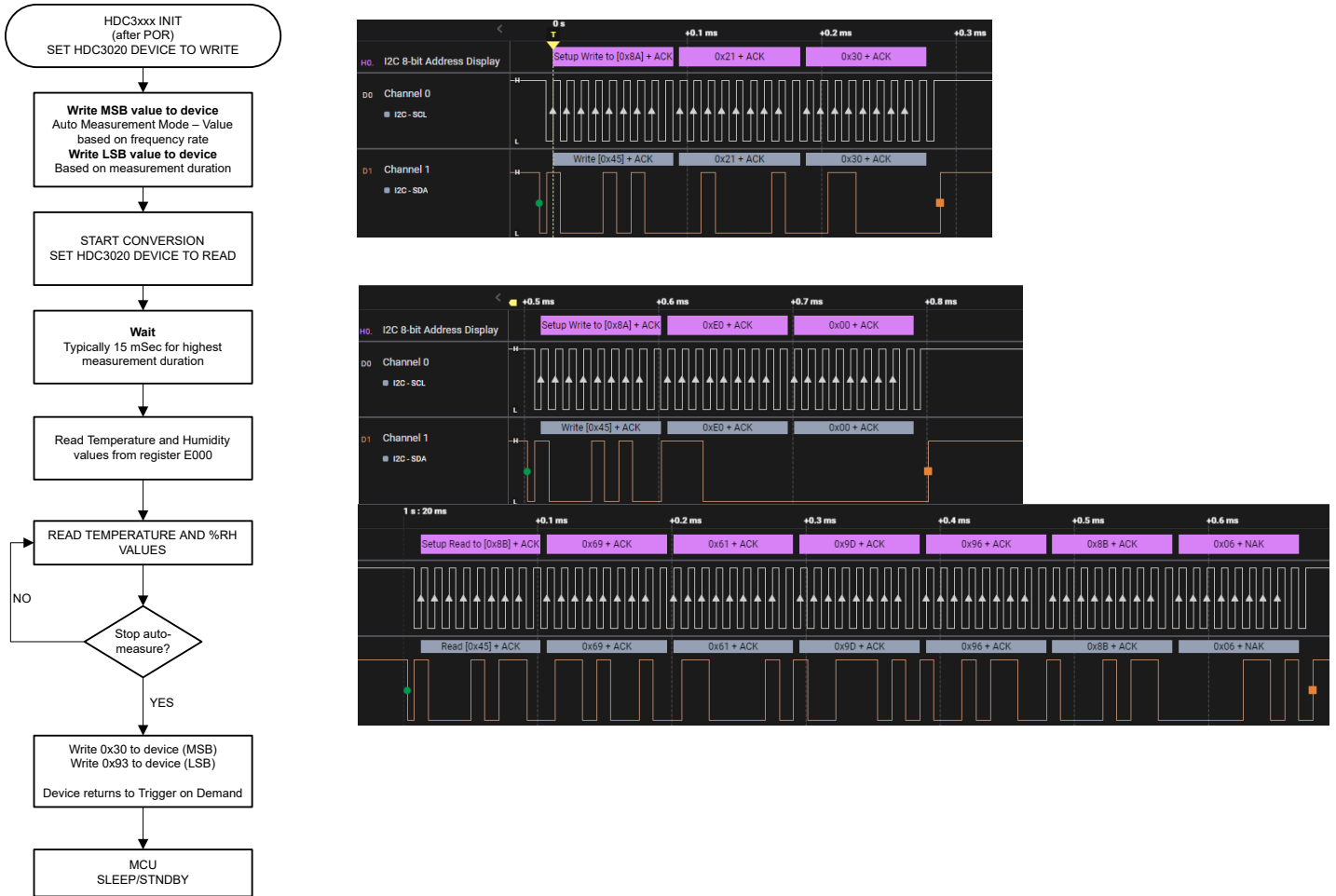


图 3-2. 自动测量模式的流程图

3.4 对 CRC 进行编程

循环冗余校验 (CRC) 计算模块可用于消息传输和安全系统检查。在每个数据字后传输的 8 位 CRC 校验和由 CRC 算法生成。该 CRC 涵盖所传输数据的 2 个字节内容。若要计算校验和，只能使用这两个之前传输的数据字节。

表 3-1. HDC3x CRC 属性

属性	值
名称	CRC-8 / NRSC-5
宽度	8 位
受保护数据	读取和/或写入数据
多项式	0x31 ($x^8 + x^5 + x^4 + 1$)
初始化	0xFF
示例	0xABAB 的 CRC 为 0x72

3.4.1 CRC C 代码

以下代码片段描述了如何为 HDC3x 器件生成 C 语言的 8 位 CRC 代码。

```
#include <stdio.h>
unsigned char crcHDC3 (unsigned char msg[], int msglen) {
    unsigned char crc = 0xFF;
    for (int byte = 0; byte < msglen; byte++) {
        crc ^= msg[byte];
        for (int bit = 0; bit < 8; bit++) {
            if (crc & 0x80)
                crc = (crc << 1) ^ 0x31;
            else
                crc = (crc << 1);
        }
    }
    return crc;
}

void main(int argc, char *argv[]) {
    unsigned char msg[20];
    int msglen = (argc > 1) ? (argc - 1) : 2;
    msg[0] = 0xAB;
    msg[1] = 0xCD;
    for (int i = 1; i < argc; i++) {
        sscanf(argv[i], "%X", &msg[i-1]);
    }
    printf("crc" 0x%X\n", crcHDC3(msg, msglen));
}
```

3.5 示例代码

示例 C 代码可以在 SysConfig 中通过 ASCStudio 找到：[HDC302x 示例代码](#)。

以下代码提供了一个示例，说明如何使用 Arduino 对 HDC302x 执行温度和湿度读取操作：

```
//HDC302x Sample Code v0.2
//Texas Instruments
//HG

#include <wire.h>

// Data buffer to hold data from HDC Sensor
uint8_t HDC_DATA_BUFF[4];

//Humidity Variables
uint16_t HUM_MSB;
uint16_t HUM_DEC;
uint16_t HUM_OUTPUT;

//Temperature Variables
uint16_t TEMP_MSB;
uint16_t TEMP_DEC;
```

```

uint16_t TEMP_OUTPUT;

//Device and Address Configurations
#define DEVICE_ADDR 0x45 //
//Lowest noise, highest repeatability
#define DEVICE_CONFIG_MSB 0x24 //
#define DEVICE_CONFIG_LSB 0x00 //

void setup() {
    // put your setup code here, to run once:
    wire.begin();
    Serial.begin(115200);
    Serial.println("HDC302x Sample Code");
}

void loop() {
    float humidity;
    float temp;

    // send device command for highest repeatability
    wire.beginTransmission(DEVICE_ADDR);
    wire.write(0x24); //send MSB of command
    wire.write(0x00); //command LSB
    wire.endTransmission();
    delay(25); //wait 25 ms before reading

    wire.requestFrom(DEVICE_ADDR, 6); //request 6 bytes from HDC device
    wire.readBytes(HDC_DATA_BUFF, 6); //move 6 bytes from HDC into a temporary buffer

    temp = getTemp(HDC_DATA_BUFF);
    Serial.print("Temp (C): ");
    Serial.println(temp);

    delay(1000);

    humidity = getHum(HDC_DATA_BUFF);
    Serial.print("Humidity (RH): ");
    Serial.print(humidity);
    Serial.println("%");

    delay(1000);
}

float getTemp(uint8_t humBuff[]) {
    float tempConv;
    float celsius;

    TEMP_MSB = humBuff[0] << 8 | humBuff[1]; //shift 8 bits off data in first array index to get MSB
    then OR with LSB
    tempConv = (float)(TEMP_MSB);
    celsius = ((tempConv / 65535) * 175) - 45; //calculate celcius using formula in data sheet

    return celsius;
}

float getHum(uint8_t humBuff[]){
    float humConv;
    float humidity;

    HUM_MSB = (humBuff[3] << 8) | humBuff[4]; //shift 8 bits off data in first array index to get MSB
    then OR with LSB
    humConv = (float)(HUM_MSB);
    humidity = (humConv / 65535) * 100; //calculate celcius using formula in datasheet

    return humidity;
}

```

3.6 凝结消除

一些环境可能会导致温度降至露点以下。在这类事件期间，器件上可能会出现凝结现象。传感器开口被堵住，这会影响传感器读数的准确度。在此类情况下，HDC3020 上集成的加热器有助于消除任何凝结，确保可以继续读取测量数据，而不会出现误差。

备注

HDC3020 只能用在非凝结环境中。建议的湿度工作范围为 10 至 90% RH (非冷凝)，温度范围为 -20°C 至 70°C。在超出这些范围的情况下长时间运行可能会使传感器读数发生变化，恢复速度很慢。凝结问题过于严重可能会导致传感器性能下降，并且可能使其更难恢复。

HDC3 提供了一个可配置的加热器，让客户可以根据具体应用以及所需的功率，使用加热器来蒸发凝结。此器件提供的最小电阻 (最高功率) 为 35.92 Ω，最大电阻 (最低功率) 为 1996 Ω。可以根据需要配置此设置，但建议的电阻如 [表 3-2](#) 中所述。

加热器的建议工作条件可设置在 1.62V 至 5.5V 之间。去除冷凝水的效率取决于布局，因为某些布局可能需要更高功率或更多时间才能使水分蒸发掉。建议采用的布局可以在特定于器件的数据表的 *布局示例* 部分中找到。用户可以根据布局 and 具体应用来配置 25% 至 100% 之间的设置并对设置进行表征。用户必须注意他们需要根据加热器配置来计算 CRC 并将其写入器件。

在使用此功能时，根据温度和湿度测量数据来计算露点 (DP) 非常重要。如果温度降至 DP 以下，可将器件置于合适的环境中，使温度升高到 DP 以上，并可以启用加热器。用户还可以利用 ALERT 输出，当器件超过预设的温度和 %RH 水平时便会触发该输出。此过程可能需要几分钟，有时甚至达到五分钟，直到器件可以准确地读取温度和湿度为止。当 %RH 读数达到 (或接近) 0%，随后可以关闭加热器，以让器件冷却下来。器件冷却可能需要几分钟，但温度测量会继续执行，以验证器件是否恢复正常运行状态，然后会重新启动器件以正常工作。

要配置和启用加热器，请参见 图 3-3 中的流程图。

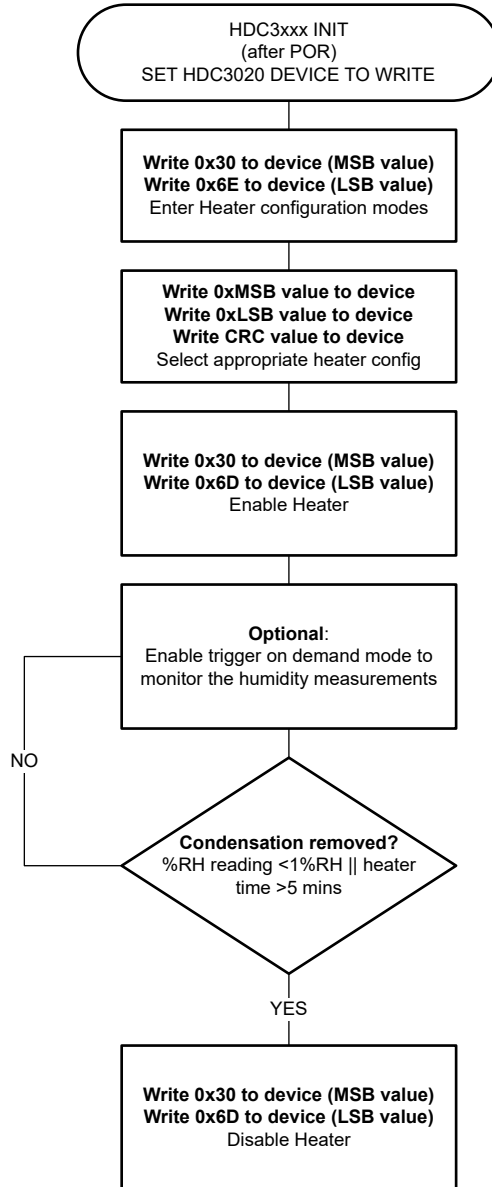


图 3-3. 凝结消除流程图

集成加热器会使在湿度传感器顶部形成的水分蒸发掉，但无法去除任何污染物。残留的任何污染物（如果存在）都可能影响湿度传感器的准确性并可能导致漂移。如果器件因为污染物或沉淀而出现漂移，请参阅 [偏移误差校正](#)。

3.7 偏移误差校正

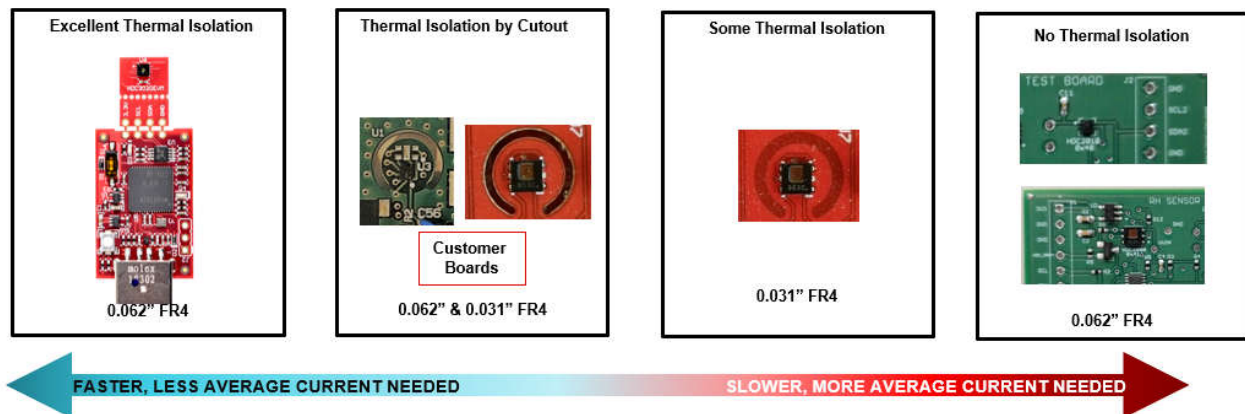
偏移误差校正算法可以对器件进行校准，并校正该器件因处理不当或接触污染物而出现的任何传感器漂移。在一些情况下，器件因为进行加速老化测试、接触化学品或处理不当而永久地出现了漂移。长时间对湿度传感器进行高温加热（例如，对其进行烘烤）可以消除长期暴露在极端条件下和/或严重污染情况下而产生的漂移，但在很多应用中，在现场安装传感器后此方法并不实用。更换出现此漂移的器件会很昂贵，另外还需要技术人员花费大量的时间来更换相应的系统模块。很多聚合物型传感器容易出现这类漂移，因此迫切地需要寻找一种解决方案来校正此类误差。此算法可以降低成本，并可能有助于延长产品的使用寿命。

本节将介绍校正 HDC3020 中湿度偏移所需的电气设计、机械设计和布局。偏移误差校正算法可以对器件进行校准，并校正该器件因处理不当或接触污染物而出现的任何传感器漂移。

此功能应该采用按需触发模式。在该算法完成运行后，用户可以继续以所需的任何其他模式来运行器件。此功能适用于存在正湿度漂移的器件。

此技术采用内置的加热器来消除该漂移。固件例程的触发可以通过多种方式中的任何一种来实现，可供选择的方式包括云连接的手机应用、按钮按压、定期触发或仅在上电复位 (POR) 时发生。实现的确切方式由开发人员决定，同时也取决于具体应用。以下示例中使用了软件中断来触发校准例程的执行。用户可以根据需要多次运行该算法。不过，TI 建议每年运行一次该算法，或者每次怀疑器件受到某些化学品污染时运行一次。

必须在被测器件上打开加热器并观察可实现的最高温度。在这方面，不同的封装和布局都会对加热器性能产生一定的影响。图 3-4 介绍了可在 HDC 器件上实现的不同布局注意事项。带有切口的 EVM 和布局只需更低的电流，即可执行偏移误差校正算法。不过，如果布局只有很小的或几乎没有隔热能力，则需要大得多的电流才能执行此命令。该器件具有 125°C 的建议最高温度，但一些布局无法支持升至该温度。第一步是了解器件可在给定布局下达到的最高温度（如果首先没有切口），然后更改布局（如果可能）来获取最佳结果。



The PCB thickness and layout of the board play a significant role in the time it takes for the active slope of curve calculation in algorithm to complete – on all board designs shown above, though – a loop time of that calculation which resulted in correction of the sensor back to well within the datasheet limits or better was found.

图 3-4. 隔热示例

HDC3020s 加热器功率设置也可以进行自定义。用户可以根据自有工作电压、布局和整体应用来选择功率设置，并且这可以帮助用户降低功耗。表 3-2 展示了经过测试的一些常见功率设置以及对应的近似功耗。如果用户打算修改加热器配置，则必须使用查找表来生成详尽的功率分析。

表 3-2 记录了 10% 至 45%RH 和 15°C 至 30°C 范围内的值。

表 3-2. 推荐的加热器配置

加热器功率设置	加热器十六进制代码	CRC	加热器电阻典型值 (Ω)	3.3VDC 时的电流典型值 (A)	3.3VDC 时的功率典型值 (W)	5VDC 时的电流典型值 (A)	5VDC 时的功率典型值 (W)
25%	0x009F	0x96	150.35	21.95mA	72.43mW	33.26mA	166.29mW
50%	0x03FF	0x00	71.04911037	46.45mA	153.27mW	70.38mA	351.87mW

表 3-2. 推荐的加热器配置 (续)

加热器功率设置	加热器十六进制代码	CRC	加热器电阻典型值 (Ω)	3.3VDC 时的电流典型值 (A)	3.3VDC 时的功率典型值 (W)	5VDC 时的电流典型值 (A)	5VDC 时的功率典型值 (W)
100%	0x3FFF	0x06	35.92	91.89mA	303.22mW	139.22mA	696.1mW

应当使用特性表或查找表 (LUT) 来为这些器件应用正确的湿度偏移。TI 提供了两个建议布局的 LUT，其中一个建议布局的 LUT 可以在特定于器件的数据表找到。另一个建议布局可以在本节末尾找到。这些表格的特点是均是使用温度和湿度处理室 (TE1007H) 和高精度温度和湿度参考 (冷镜) 得到的，并且测试记录了从初始条件直到器件达到湿度偏移的温度升高情况。

图 3-5 介绍了使用该 LUT 所需的步骤。运行此算法后获得的湿度值就是必须从器件中减去来校正误差的偏移值。您可以使用偏移寄存器来将此偏移应用到该器件。更多信息，请参阅器件专用数据表。

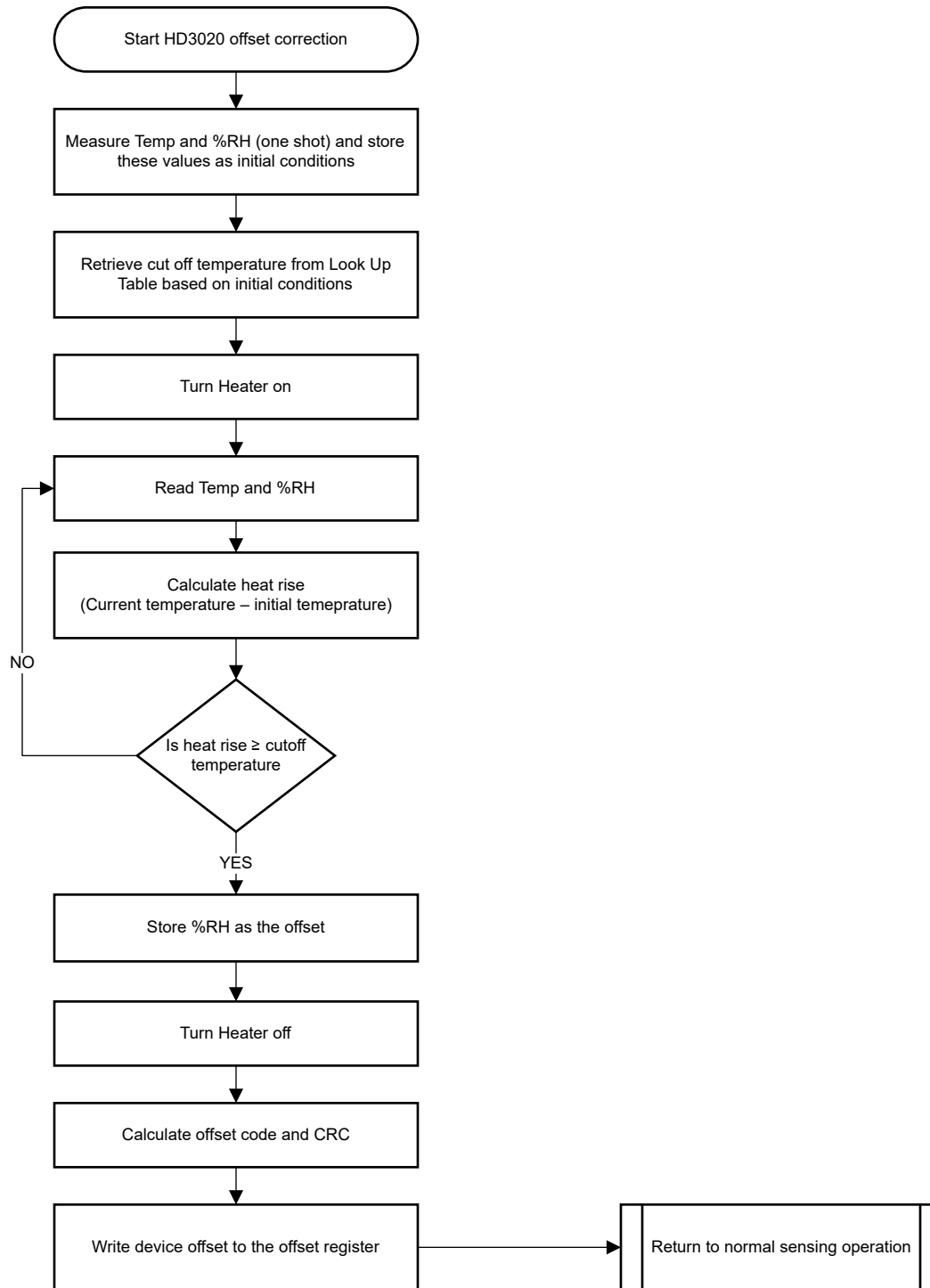


图 3-5. 展示偏移误差校正算法的流程图

您可以在正常工作期间随时执行该算法，每次运行该算法后，都会出现逐次逼近。当偏移较大时，多次运行漂移校正可能有助于降低误差。查找表会在固件执行开始时进行初始化。在读取环境条件数据后，该逻辑会用于挑选要用于加热升温截止温度的行和列位置。

图 3-6 展示了一个示例，供快速了解如何从 LUT 选择总温升，以及应该从偏移寄存器中减去什么值。在图 3-6 中，Rx (第一列) 表示加热器启动前器件测得的湿度 %RH 设定点。CX (第一行) 表示加热器运行前器件测得的温度。

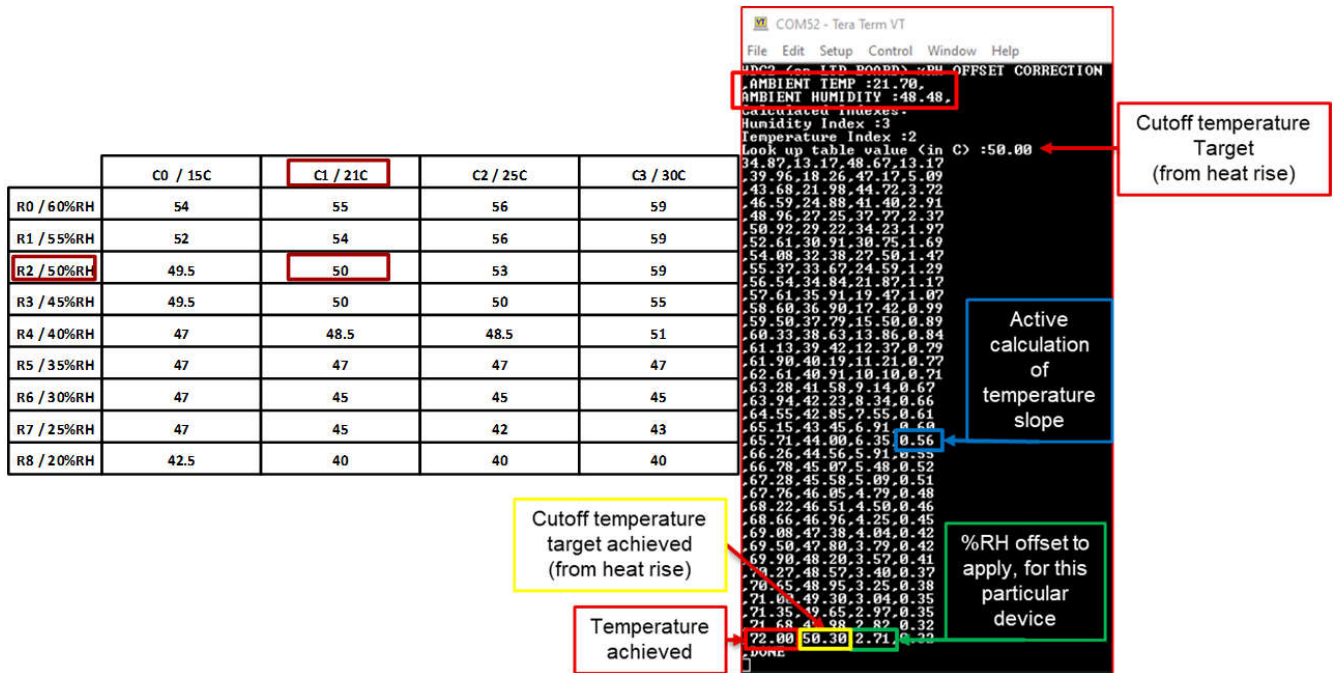


图 3-6. 查找表 (LUT) 示例

下面介绍了基于两个独立布局的查找表。如果您的布局具有相似的厚度、类似切口以及相同的隔热性能，则可以使用这些查找表。

3.7.1 采用指板的偏移误差校正示例

该指板专为测试和表征目的而设计。该指板的尺寸为 17.2mm x 23.9mm (677mil x 942mil)，总厚度为 1.6mm (62mil)。该指板在 DUT 的每一侧各有两个切口 (约为 1.4mm 或 55mil)，因此该布局非常适合用于验证偏移误差校正算法。该指板采用 Rogers RO4350B 电介质 (而非 FR4) 制成。该指板上焊接了散热焊盘，但该散热焊盘本身并未接地，而只是一个悬空的铜焊盘。不过，即使带有这些切口，该指板本身还是相当厚的，这导致此工艺中存在一些生热方面的挑战。如果用户想要设计与此类似的电路板，应确保电路板不会太厚。

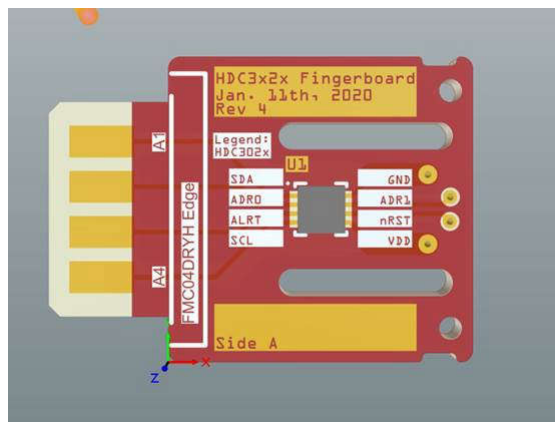


图 3-7. HDC3020 指板

表 3-3 和表 3-4 所示为 HDC3020 指板的查找表。LUT 是使用 30 个 HDC3020 器件生成的，并在 15°C 至 30°C 之间以 5°C 为增量以及在 10% RH 至 45% RH 之间以 2.5% RH 为增量进行了测试。此处的查找表是在 3.3V 和

5V 条件下生成的，并且全都在全功率设置下运行。所有器件都置于处理室内，并针对每个温度和湿度设定点计算了温升。

表 3-3. 指板在 3.3V 且加热器全功率条件下运行时的查找表 (LUT)

温度 [°C] %RH	15	20	25	30
10	32.99248	30.94213	31.77977	31.92152
12.5	34.57237	32.34282	33.92634	34.64464
15	36.35748	34.06128	36.43301	37.84657
17.5	38.29194	36.10141	38.93244	40.86322
20	40.32502	38.1553	41.43969	43.36861
22.5	42.32662	40.32751	43.56603	45.46563
25	44.12985	42.3089	45.44633	46.89262
27.5	45.68952	44.20545	46.94305	47.7198
30	47.13836	45.81257	48.01137	48.39375
32.5	48.32647	47.2488	48.72053	48.77972
35	49.34081	48.5207	49.25917	48.98883
37.5	49.90921	49.28729	49.61261	49.08352
40	50.28725	49.79383	49.83082	49.05558
42.5	50.62314	50.11981	49.91169	49.05743
45	50.7908	50.33693	49.893	49.05599

表 3-4. 指板在 5V 且加热器半功率条件下运行时的查找表 (LUT)

RH [%]/ 温度 [°C]	15	20	25	30
10	51.8946	50.34679	49.82128	49.10057
12.5	51.90337	50.78616	50.21534	49.50523
15	52.8088	50.78637	50.22602	49.52433
17.5	52.79793	50.7915	50.65976	50.00581
20	54.92752	50.78842	50.67655	50.46326
22.5	56.16217	50.80301	51.10399	52.07121
25	56.1347	51.28634	51.84768	52.80945
27.5	57.28141	51.27524	53.91814	54.60268
30	57.92458	52.56686	54.168	55.72237
32.5	59.45811	54.03698	55.29393	59.11533
35	61.33097	54.98721	56.11429	59.89979
37.5	58.79358	56.00296	57.56867	61.67453
40	59.39689	56.03048	60.44079	63.05386
42.5	59.8415	57.39132	60.17739	64.75773
45	60.73339	58.20351	61.19516	65.86387

4 参考资料

请参阅以下相关文档：

1. 德州仪器 (TI)：[HDC302x 温漂超低的精准度、低功耗、数字湿度和温度传感器数据表](#)
2. 德州仪器 (TI)：[HDC302x-Q1 汽车级 0.5%RH 数字相对湿度传感器和 0.19%RH/年长期漂移、4s 响应、偏移误差校正、0.1°C 温度传感器数据表](#)
3. 德州仪器 (TI)：[MSL 等级和回流曲线](#)
4. 德州仪器 (TI)：[湿度传感器的布局和布线优化](#)

有关使用和了解湿度传感器的实用内容列表，请参阅以下内容：

1. 德州仪器 (TI)：[湿度传感器：存储和处理指南](#)
2. 德州仪器 (TI)：[85°C/85% RH 加速寿命测试对湿度的影响](#)
3. 德州仪器 (TI)：[湿度传感器的布局和布线优化](#)
4. 德州仪器 (TI)：[使用相对湿度推导蒸汽压、露点、绝对湿度和焓](#)

5 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision C (July 2023) to Revision D (February 2025)	Page
• 添加了 HDC3021 和 HDC3022 器件版本的相关内容.....	3

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、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司