

Rooshi Nagar

Temperature and Humidity Sensing

德州仪器 (TI) 的数字温度和相对湿度传感器可测量周围环境，能够用于简单显示，更重要的是，可辅助命令和控制环境系统。除了提供这些直接传感器测量外，还可以根据这些传感器输出进行多种计算（在系统控制器内部），这些计算提供的关键结果可用于维护环境系统并为设备创造理想运行和存储条件。露点、绝对湿度、水的蒸汽饱和压和焓可以仅根据环境温度和相对湿度测量值进行计算，因为本文档的目的是支持工业和其他相关应用的湿度应用。

蒸汽压

需要了解两种重要的蒸汽压：水的蒸汽压和饱和蒸汽压。水的蒸汽压是水蒸汽在空气中的压力，而饱和蒸汽压是水处于热力学平衡时的凝结状态的压力。了解这些值对于设计人员来说很重要，这样才能衡量环境与凝结状态的接近程度。该测量是计算露点的重要部分。当蒸发速率等于凝结速率时，即可测出饱和蒸汽压。由此可知，饱和蒸汽压随着温度的升高而呈指数级上升。

方程式 1 展示了饱和蒸汽压的计算方式。

$$P_{Ws} = 6.11 \times 10^2 \frac{7.5 \times T}{237.7 + T} \quad (1)$$

其中

- T = 温度，单位为摄氏度 (°C)

方程式 2 展示了蒸汽压的计算方式。

$$P_W = P_{Ws} \times \frac{\%RH}{100} \quad (\text{hPa}) \quad (2)$$

这些值用于计算露点。

露点

露点是空气冷却到 %RH 为 100% 时的温度。这意味着空气中不能再容纳更多的水，如果空气进一步冷却，水蒸汽就会发生凝结。凝结对空腔湿度传感器和传感器所属的系统均有害，因此记录露点十分重要，从而使传感器开口不受凝结或传感器顶部积聚水的影响。如果传感器受到阻挡，空气无法到达传感器，则可能会报告不准确的结果，如果长时间暴露在相对湿度传感器的工作范围之外，可能会影响器件精度。如果系统将处于凝结环境中，则 HDC3022 是一个不错的选择，因为过滤器安装在器件顶部，可防止任何凝结水积聚在腔体中。TI 的 HDC2x 和 HDC3x 器件包括一种警报功能，可中断或唤醒 MCU，该 MCU 可通过编程在接近或通过凝结点时提醒用户。这通过激活片上加热器来消除凝结，将 %RH 降至零或接近零。但是，要将此警报设置为准确的 %RH，必须计算露点。请参阅 [TI 湿度传感器如何使用片上加热器消除器件凝结](#)。

使用方程式 3 来计算露点。

$$T_d = \frac{b \times \left(\ln\left(\frac{RH}{100}\right) + \frac{a \times T}{b + T} \right)}{a - \left(\ln\left(\frac{RH}{100}\right) + \frac{a \times T}{b + T} \right)} \quad (3)$$

其中

- a = 17.625
- b = 243.04°C

在方程式 3 中，a 和 b 称为 Magnus 系数。

方程式 4 是用露点求水的蒸汽压的替代公式：

$$P_W = 6.11 \times 10^2 \frac{7.5 \times T_d}{237.7 + T_d} \quad (4)$$

例如，在航空领域，露点可用于自动航站信息服务 (ATIS)。ATIS 是一项自动化服务，可报告正在起飞和抵达飞机的当前机场信息。飞行员使用这项服务了解当前的飞行环境，露点是 ATIS 提供的量度之一。飞行员需要了解露点，因为湿度会影响其能见度；接近室外温度的露点意味着湿度高，有可能会产生雾气。这可以当作向飞行员发出的警报，让他们可以做出相应的准备。结合压力和温度，露点还可用于确定密度高度。此量度反映飞机的性能。

一个重要的考虑因素是使用露点镜时的露点不确定性和 %RH 测量不确定性。在露点使用常量值的情况下，可以在图 1 中看到 %RH 不确定性水平的变化。在此特定示例中，露点镜具有 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 的不确定性，这导致 %RH 水平较高时的 %RH 不确定性为 $\pm 0.6^\circ\text{C}$ ，但 %RH 值较低时的不确定性较低。此外，该图强调了两个器件（待测器件和基准器件）在测试期间保持相同温度的必要性，否则在进行的 %RH 测量中会出现错误。

假设露点镜的不确定性为 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ，此图显示 %RH 不确定性在较高值时增加。

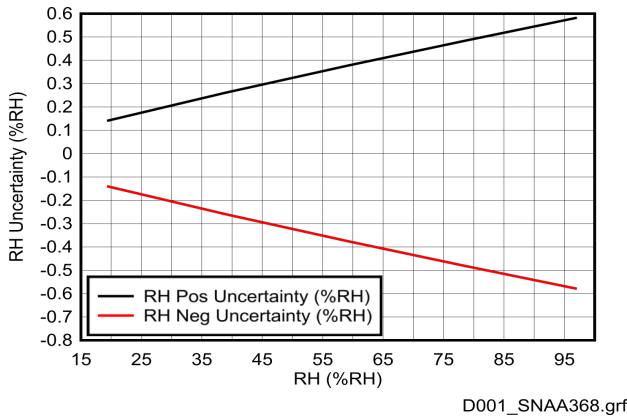


图 1. %RH 不确定性与 %RH 水平

绝对湿度

绝对湿度的计算比较简单，它告诉用户空气中的含水量，与之相反，相对湿度是空气可以容纳的最大水分的百分比。根据系统的用例，了解绝对湿度有助于更高温度下的可靠性测试。绝对湿度以克每立方米表示。

计算绝对湿度的公式为：

$$AH = \frac{6.11 \times e^{\frac{17.67 \times T}{243.5 + T}} \times RH \times 2.1674}{273.15 + T} \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3} \right) \quad (5)$$

例如，在 21°C 的环境温度和 50% 的相对湿度下，计算得出的绝对湿度约为 $9.155\text{g}/\text{m}^3$ 。

焓

对于湿度而言，空气的焓包括干燥空气的焓和空气中蒸发的水的焓。应在必须知道需要去除的热量时计算焓，这是 HVAC 行业中常见的一种量度。干燥空气的热焓被称为显热，蒸发的水的热焓被称为潜热，两者共同构成总热焓。要求得焓，必须先计算混合比。混合比是水蒸汽的质量与干燥气体的质量之比。该比率计算如下：

$$X = 621.97 \times \frac{P_W}{1013 - P_W} \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3} \right) \quad (6)$$

计算混合比之后，可以使用方程式 7，根据混合比来计算焓：

$$h = T \times (1.01 + .00189 \times X) + 2.5 \times X \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \quad (7)$$

若要转换为 $\frac{\text{Btu}}{\text{lb}}$ ，请执行 $\frac{h}{2.324}$ 。

在 HVAC 应用中可以看出计算焓的重要性。空调吸收不需要的热量并将热量释放到室外，可使建筑物内部保持凉爽。冷却以两种方式之一完成：机械冷却，使用电力将热量从气流传递到另一种介质；或自然冷却，通过外部条件使热量散去。由于室外空气是干燥空气和水蒸汽的混合物，因此在决定使用哪种冷却方式时，焓会发挥作用。这意味着前面描述的总焓用于冷却过程的计算。

结论

TI 湿度传感器提供相对湿度的准确读数，这非常有用，因为可以从该值中获取更多信息。使用相对湿度，可以计算绝对湿度、露点、蒸汽压和焓，从而优化系统性能。TI 湿度传感器还配备了业界超高精度的温度传感器，这不仅可以准确地检测相对湿度，而且还可以准确地测量温度，这对本应用简报中显示的计算至关重要。

参考资料包括指向 HDC20XX 和 HDC30XX 器件用户指南的链接以及指向 TI 湿度检测产品组合的链接。研究这些湿度传感器，确定适合您系统的器件。

参考文献

- 德州仪器 (TI), [HDC20XX 器件](#) 用户指南
- 德州仪器 (TI), [HDC30XX 器件](#) 用户指南
- 德州仪器 (TI), [TI 的湿度检测产品组合](#)
- 德州仪器 (TI), [HDC302x 0.5%RH 数字相对湿度传感器和 0.19%RH/年长期漂移、4s 响应、低功耗、偏移误差校正、0.1°C 温度传感器](#) 数据表
- 德州仪器 (TI), [HDC3020EVM](#) 工具页
- 德州仪器 (TI), [TI 湿度传感器如何使用片上加热器消除器件凝结](#) 应用简报

重要声明和免责声明

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。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

Copyright © 2023，德州仪器 (TI) 公司