具有低长期漂移（0.19%RH/年）与 4s RH% 响应的 HDC3120-Q1 高精度（1%RH，0.2°C）模拟湿度与温度传感器

1 特性

- 符合面向汽车应用的 AEC-Q100 标准
  - 温度等级 1：-40°C 至 125°C
  - 器件 HBM ESD 分类等级 2
  - 器件 CDM ESD 分类等级 C4
- 功能安全型
  - 可提供用于功能安全系统设计的文档
- 相对湿度 (RH) 传感器：
  - 工作范围：0% 至 100%RH
  - 精度：±1%RH（典型值）
  - 长期漂移：0.19%RH/年
  - 比例式输出：10.0% 至 90.0% V_{DD}
- 温度传感器:
  - 工作范围：-40°C 至 125°C
  - 精度：典型值 ±0.2°C
  - 比例式输出：12.3% 至 87.7%V_{DD}
- NIST 可追溯性
- 输出短路保护
- 集成式加热器
- 高容性负载驱动高达 47nF
- 低功耗：250µA 典型工作电流
- 电源电压：1.62V 至 5.50V

2 应用

- 汽车：
  - ADAS 系统
  - 汽车摄像头
  - 汽车激光雷达模块
  - 电子助力转向系统

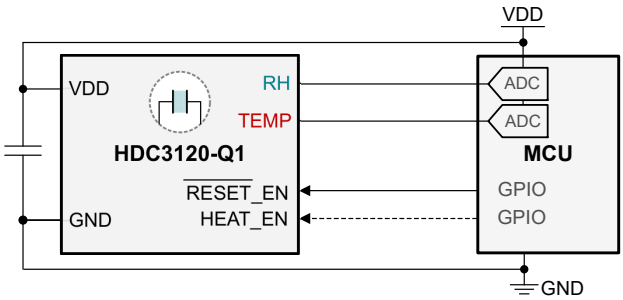


图 2-1. 典型应用

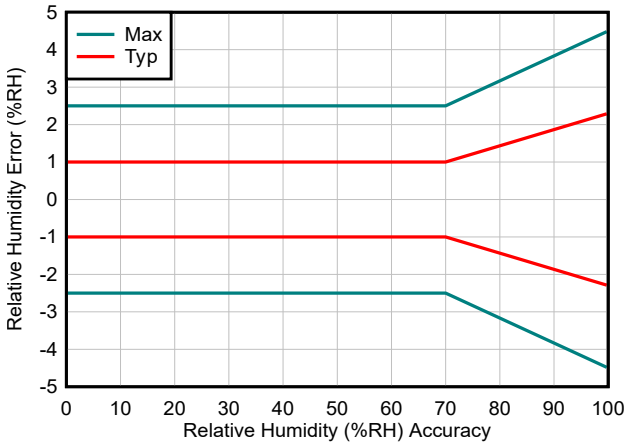
3 说明

HDC3120-Q1 是一款基于电容的集成式相对湿度 (RH) 和温度传感器，其相对湿度和温度传感器结果以比例式模拟输出的形式表示。信号到模拟域的转换为需要通过线缆或其他距离用例传输信号的应用提供了稳健设计。该器件能够在宽电源电压范围（1.62V 至 5.5V）内提供高测量精度并实现低功耗，同时保持小于 0.19%/年的长期漂移。HDC3120-Q1 采用紧凑型 2.5mm × 2.5mm × 0.8mm WSON 8 引脚封装。温度传感器和湿度传感器在量产阶段均经过 100% 测试和校准，可通过 NIST 进行追溯，且使用经 ISO/IEC 17025 标准校准的设备进行了验证。

封装信息

器件型号	封装(1)	封装尺寸(2)
HDC3120-Q1	WSON (8)	2.50mm × 2.50mm × 0.75mm

(1) 有关更多信息，请参阅节 11。
(2) 封装尺寸（长 × 宽）为标称值，并包括引脚（如适用）。



相对湿度 (%RH) 精度

本资源的原文使用英文撰写。 为方便起见，TI 提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，TI 不保证译文的准确性。 为确认准确性，请务必访问 ti.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

内容

1 特性.... 1
2 应用.... 1
3 说明.... 1
4 器件比较.... 3
5 引脚配置和功能.... 5
6 规格.... 6
6.1 绝对最大额定值.... 6
6.2 ESD 等级.... 6
6.3 建议运行条件.... 6
6.4 热性能信息.... 6
6.5 电气特性.... 7
6.6 典型特性.... 9
7 详细说明.... 13
7.1 概述.... 13
7.2 功能方框图.... 13
7.3 特性说明.... 14
7.4 器件功能模式.... 21
8 应用和实施.... 25
8.1 应用信息.... 25
8.2 典型应用.... 25
8.3 电源相关建议.... 28
8.4 布局.... 28
8.5 存储和 PCB 组装.... 29
9 器件和文档支持.... 32
9.1 文档支持.... 32
9.2 接收文档更新通知.... 32
9.3 支持资源.... 32
9.4 商标.... 32
9.5 静电放电警告.... 32
9.6 术语表.... 32
10 修订历史记录.... 32
11 机械、封装和可订购信息.... 32

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

4 器件比较

表 4-1. TI 汽车级湿度器件比较

	HDC3120-Q1	HDC3020-Q1
接口	模拟	数字，I^2C
相对湿度 (RH) 传感器		
典型 RH 精度 (%RH)	±1.0（0 至 70%RH）	±0.5（10 至 50%RH） ±1.0（0 至 80%RH）
最大 RH 精度 (%RH)	±2.5（0 至 70%RH） ±4.0（0 至 90%RH）	±2.0（0 至 80%RH） ±3.0（0 至 90%RH）
迟滞 (%RH)	±0.8	
RH 可重复性 (%RH)	±0.02	
RH 长期漂移（%RH/年）	±0.19	
工作范围 (%RH)	0 至 100	
RH 响应时间	4	
温度传感器		
典型温度精度 (°C)	±0.1（-10 至 60°C）	±0.1（0 至 50°C）
最大温度精度 (°C)	±0.3（-10 至 60°C）	±0.2（0 至 50°C）
温度可重复性 (°C)	±0.04	
温度长期漂移（°C/年）	±0.03	
工作温度范围 (°C)	-40°C 至 125°C	
响应时间 (s)	1.8	2.0
电气规格		
电源电压范围 (V)	1.62 至 5.5	
典型平均电流，1Hz (μA)	250	1.3（高电平） 0.7（低电平）
休眠电流 (μA)	50（已禁用）	0.360
I2C 地址	-	4
片上加热器		
最大功率 (mW)	140	249
加热器类型	固定	可编程
保护盖选件		
可拆卸胶带	已计划[(1)]	HDC3021-Q1
可靠的 IP67 过滤器	已计划[(1)]	HDC3022-Q1
其他特性		
NIST 可追溯	是[(2)]	是[(2)]
商业版本	HDC3120	HDC3020
封装尺寸 (mm)	2.5 × 2.5 × 0.8	

(1) 请联系 TI 询问 HDC3120-Q1 未来的保护选项
(2) 如需更多 NIST 信息，请联系 TI

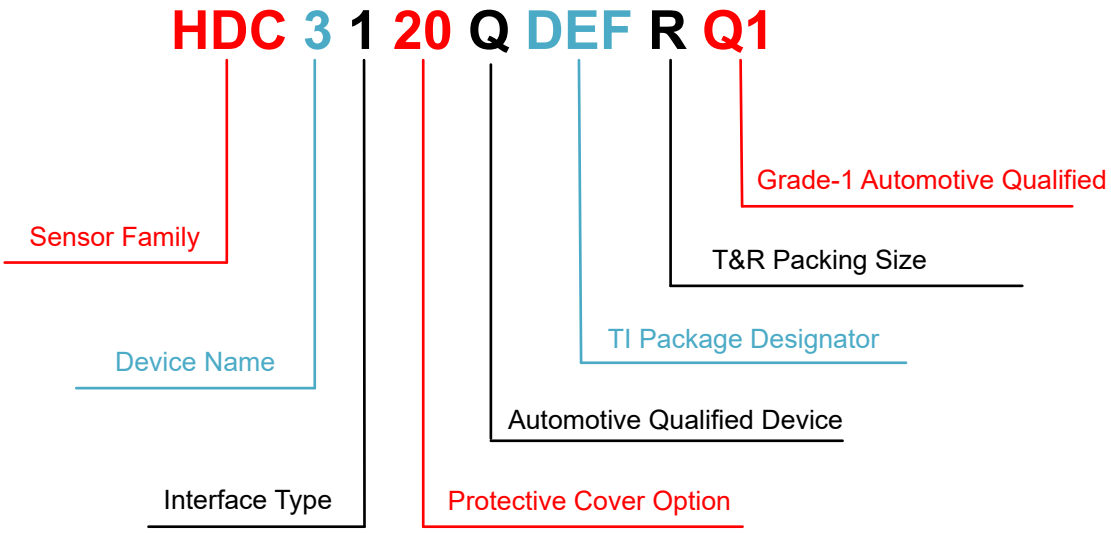


图 4-1. HDC3120-Q1 器件命名规则

表 4-2. HDC3120-Q1 命名规则

字段说明	字段详细信息
传感器系列	**HDC**：湿度传感器
代系	**3**：第 3 代 HDC 传感器
接口类型	**0**：数字，I2C **1**：模拟，比例式
保护盖选件	**20**：无保护盖 **21**：可拆卸式胶带盖 **22**：可靠的 IP67 过滤器盖
等级	**Q**：通过汽车认证
TI 封装标识符	**DEF**：8 引脚 DFN，2.50mm × 2.50mm
T&R 包装尺寸	**R**：大型 T&R、SPQ = 3,000 件
汽车级类别	**Q1**：汽车 1 级

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

5 引脚配置和功能

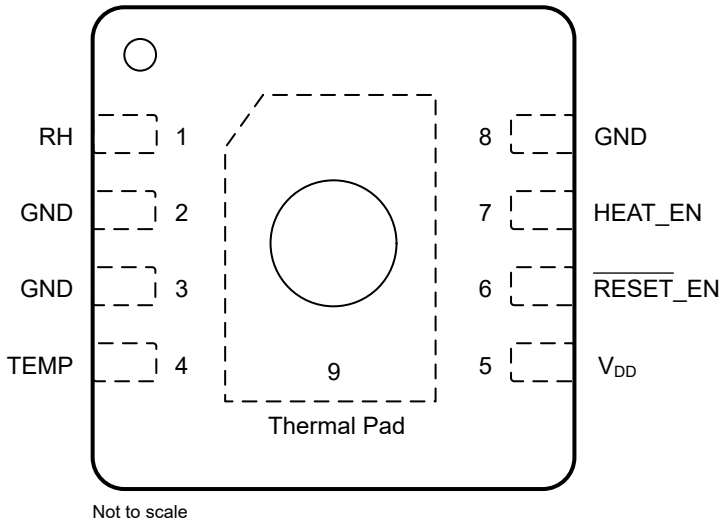


图 5-1. DEF 封装 8 引脚 WSON 透明俯视图

表 5-1. 引脚功能

引脚		类型[(1)]	说明
名称	编号		
RH	1	O	提供表示相对湿度 (RH%) 的比例式模拟输出电压。相关详细信息，请参阅 节 7.3.3.1。
GND	2、3、8	G	接地/VSS。将所有 GND 引脚接地，以确保稳定运行。
TEMP	4	O	提供表示温度的比例式模拟输出电压。相关详细信息，请参阅 节 7.3.3.2。
V_{DD}	5	P	电源电压（1.62V 至 5.50V）
RESET_EN	6	I	当被拉至低电平的时间至少为 1μs 时，驱动器件进入复位/禁用模式。该器件包含一个到 V_{DD} 的 51kΩ 内部上拉电阻。如果未使用，请将该引脚保持悬空状态，将引脚直接连接至 V_{DD}，或使用外部上拉电阻连接至 V_{DD}。相关详细信息，请参阅 节 7.3.2。
HEAT_EN	7	O	置为高电平时，激活片上加热器。让该引脚处于悬空状态，可能导致加热器间歇性导通。如果不使用片上加热器，则连接至 GND。相关详细信息，请参阅 节 7.4.1。
散热焊盘	9	G	在内部连接到 GND。根据系统要求，该引脚可保持已焊接状态，也可保持未焊接状态。为保证机械稳定性，不需要进行焊接。让散热焊盘保持未焊接状态，能够增大结至电路板的热阻，有助于对器件与 PCB 之间的非必要热传导进行管理。如果散热焊盘处于已焊接状态，则散热焊盘必须保持悬空状态或连接至 GND。

(1) P=电源，G=接地，I=输入，O=输出

6 规格

6.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）[(1)]

		最小值	最大值	单位
V_{DD}	对 V_{DD} 引脚施加了电压	-0.3	6.0	V
$\overline{RESET}$_EN、HEAT_EN	对 $\overline{RESET}$_EN 和 HEAT_EN 引脚施加了电压	-0.3	V_{DD} + 0.3	V
V_{RH}	RH 引脚上的电压	-0.3	V_{DD} + 0.3	V
V_{TEMP}	TEMP 引脚上的电压	-0.3	V_{DD} + 0.3	V
T_J	结温	-55	150	°C
T_{stg}	贮存温度	-65	150	°C

(1) 超出“绝对最大额定值”运行可能会对器件造成永久损坏。绝对最大额定值并不表示器件在这些条件下或在建议运行条件以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出“建议运行条件”但在“绝对最大额定值”范围内使用，器件可能不会完全正常运行，这可能影响器件的可靠性、功能和性能并缩短器件寿命。

6.2 ESD 等级

				值	单位
$V_{(ESD)}$	静电放电	人体放电模型 (HBM)，符合 AEC Q100-002 标准[(1)]		±2000	V
		充电器件模型 (CDM)，符合 AEC Q100-011 标准		±750	

(1) AEC Q100-002 指示必须按照 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 规范执行 HBM 应力测试。

6.3 建议运行条件

参数		最小值	最大值	单位
V_{DD}	电源电压	1.62	5.5	V
T_{TEMP}	温度传感器在自然通风条件下的工作温度	-40	125	°C
T_{RH}	相对湿度传感器在自然通风条件下的工作温度[(1)]	-40	100	°C
$T_{A\text{-}HEATER}$	集成式加热器在自然通风条件下的工作温度	-45	85	°C
RH_{OR}	相对湿度传感器工作范围（非冷凝）[(1)]	0	100	%RH

(1) 在非建议的温度运行条件下长时间运行，和/或在 >80% RH 且温度处于较高建议工作范围内的情况下长时间运行，会导致传感器读数发生变化，恢复速度很慢。请注意，由于可能会结霜，在小于 0℃ 的条件下测量相对湿度时要小心。有关更多详细信息，请参阅“暴露于高温和高湿度条件下”。

6.4 热性能信息

热指标[(1)]		HDC3120-Q1 DEF (WSON) 8 引脚				单位
		散热焊盘已焊接		散热焊盘未焊接		
		加热器关闭	加热器开启	加热器关闭	加热器开启	
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	89.3	95.0	170.5	176.3	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	58.0	62.0	82.9	122.7	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	58.0	85.0	117.7	86.5	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	12.4	15.7	21.5	25.2	°C/W
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数	57.6	61.9	117.5	121.5	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	37.9	42.0	–	42.0	°C/W
M_T	热质量	5.7	5.7	5.7	5.7	mJ/℃

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅*半导体和 IC 封装热指标*应用手册。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.5 电气特性

T_A = -40°C 至 125°C，V_{DD} = 1.62V 至 5.5V，OUT_{RL} = 50kΩ（除非另有说明），典型规格为 T_A = 25°C，V_{DD} = 3.3V（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
相对湿度传感器						
RH_{RANGE}	RH 工作范围		0		100	%RH
RH_{ACC}	RH 精度[1] [2]	T_A = 25°C；10% 至 70% RH		±1.0	±2.5	%RH
RH_{REP}	RH 可重复性	T_A = 25°C；10% 至 90% RH。在恒定 T_A 下积分超过 1 秒		±0.02		%RH
RH_{HYS}	RH 迟滞[3]			±0.8		%RH
$\tau 63_{RH}$	RH 响应时间[4]	在 T_A = 25°C 的条件下，对于 10% 至 90% RH 的阶跃响应，τ = 63%[6]		4		s
RH_{LTD}	的 RH 长期漂移[5]			±0.19		%RH/年
LSB_{RH}	RH 分辨率 (1 LSB)	12 位 DAC 输出		0.0244		%RH
t_{ON-RH}	RH DAC 开通时间			17		ms
RH_{SENS}	RH 传感器增益/灵敏度	V_{DD} = 1.8V		14.4		mV/%RH
		V_{DD} = 2.5V		20		
		V_{DD} = 3.3V		26.4		
		V_{DD} = 5V		40		
RH_{OFFSET}	RH 传感器失调电压			0.1×V_{DD}		V
温度传感器						
$TEMP_{RANGE}$	工作温度范围		-40		125	°C
$TEMP_{ACC}$	温度精度	-10°C ≤ T_A ≤ 60°C，V_{DD} ≥ 2.5V		±0.1	±0.3	°C
		-10°C ≤ T_A ≤ 90°C，V_{DD} ≥ 2.5V		±0.15	±0.4	
		-40°C ≤ T_A ≤ 125°C，V_{DD} ≥ 2.5V		±0.2	±0.6	
		-20°C ≤ T_A ≤ 85°C，V_{DD} = 1.62V 至 5.5V		±0.2	±0.6	
		-40°C ≤ T_A < 125°C，V_{DD} = 1.62V 至 5.5V		±0.3	±0.8	
$TEMP_{REP}$	温度可重复性			±0.04		°C
$TEMP_{HYS}$	温度迟滞			±0.02		°C
$\tau 63_{TEMP}$	温度响应时间（25°C 至 75°C）[4] [7]	搅拌油。单层柔性 PCB 厚度：0.13mm		0.61		s
		搅拌油。单层 FR4 PCB 厚度：1.575mm		1.78		s
		静止空气。单层柔性 PCB 厚度：0.13mm		12.91		s
$TEMP_{LTD}$	温度长期漂移				±0.03	°C/年
LSB_{TEMP}	温度分辨率 (1 LSB)	12 位 DAC 输出		0.0427		°C
$t_{ON-TEMP}$	TEMP DAC 开通时间			11		ms
$TEMP_{SENS}$	温度传感器增益/灵敏度	V_{DD} = 1.8V		8.2		mV/°C
		V_{DD} = 2.5V		11.4		
		V_{DD} = 3.3V		15.1		
		V_{DD} = 5V		22.9		
$TEMP_{OFFSET}$	温度传感器失调电压			0.306×V_{DD}		V
电源						
I_{DD}	平均电源电流（$\overline{RESET}$_EN = 高电平）	RH，TEMP 负载 = 1MΩ，T_A = 25°C		250	370	μA
		RH，TEMP 负载 = 1MΩ			480	μA

T_A = -40°C 至 125°C，V_{DD} = 1.62V 至 5.5V，OUT_{RL} = 50kΩ（除非另有说明），典型规格为 T_A = 25°C，V_{DD} = 3.3V（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{POR}	上电复位阈值电压	电源电压上升		1.35	1.45	V
V_{BOR}	欠压检测阈值电压	电源电压下降	1.1	1.25		V
启用与复位						
$I_{DD_DISABLE}$	平均电源电流 - 禁用模式 ($\overline{RESET}$_EN = 0V)	V_{DD} = 1.62V		32	47	μA
		V_{DD} = 3.3V		64	95	
		V_{DD} = 5.5V		106	160	
$V_{OUT_DISABLE}$	禁用模式下 TEMP 和 RH 引脚输出电压	$\overline{RESET}$_EN = 0V		0.3	10	mV
$t_{\overline{RESET}_EN}$	复位脉冲的最短持续时间		1			μs
$R_{\overline{RESET}_EN}$	$\overline{RESET}$_EN 引脚内部上拉电阻			51		kΩ
t_{ON}	$\overline{RESET}$_EN 导通延时时间	$\overline{RESET}$_EN > V_{IH} 至有效 RH 输出		8		ms
		$\overline{RESET}$_EN > V_{IH} 至有效温度输出		13		ms
t_{OFF}	$\overline{RESET}$_EN 关断延时时间			0.45		ms
模拟输出						
V_O	输出电压范围		0.1×V_{DD}		0.9×V_{DD}	V
V_{OUT0}	上电默认输出	首次测量前			0.1×V_{DD}	V
C_L	电容负载驱动强度	无隔离电阻器。具有足够的相位裕度（45° 或更佳）			47	nF
R_L	电阻负载驱动强度		50			kΩ
I_{SC}	短路电流		-16	±7	16	mA
t_{STL}	趋稳时间	步长 = V_{DD}/2.稳定在 ±0.5LSB 以内。C_{LOAD} = 1nF		0.5		ms
t_{CONV}	ADC RH+Temp 转换时间			13		ms
t_{PERIOD}	ADC 采样周期			250		ms
片上加热器						
$R_{25\text{-}HEAT}$	加热器电阻			168.4		Ω
I_{HEAT}	加热器电流	V_{DD} = 1.8V		10		mA
		V_{DD} = 3.3V		19		
		V_{DD} = 5V		28		
P_{HEAT}	加热器功率	V_{DD} = 1.8V		18		mW
		V_{DD} = 3.3V		62		
		V_{DD} = 5V		138		
$t_{ON\text{-}HEAT}$	加热器导通时间延迟			130		ms
$t_{OFF\text{-}HEAT}$	加热器关断时间延迟			0.45		ms
逻辑输入						
V_{IH}	高电平输入电压	$\overline{RESET}$_EN、HEAT_EN 引脚	0.7×V_{DD}			V
V_{IL}	低电平输入电压				0.3×V_{DD}	V

(1) 不包括迟滞、长期漂移以及器件自发热的影响
(2) 有关 RH% 范围的其余信息，请参阅 RH 精度与 RH 设定点间的关系图
(3) 迟滞值是 RH 测量值在 RH 上升和下降环境中最大差值的一半。该值在 10% 至 90% RH 范围内以 10% 的步长测量
(4) 实际响应时间变化取决于系统热质量和气流
(5) 基于使用 Arrhenius-Peck 加速模型进行的 THB（温湿度偏差）测试。排除灰尘、气相溶剂和其他污染物（例如包装材料、粘合剂或胶带等产生的蒸汽）的影响
(6) 在环境湿度发生阶跃变化后，RH 输出变化占总 RH 变化 63% 的时间
(7) 在环境温度发生阶跃变化后，TEMP 输出变化占总 TEMP 变化 63% 的时间

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.6 典型特性

T_A = 25°C，V_{DD} = 1.62V 至 5.5V（除非另有说明）

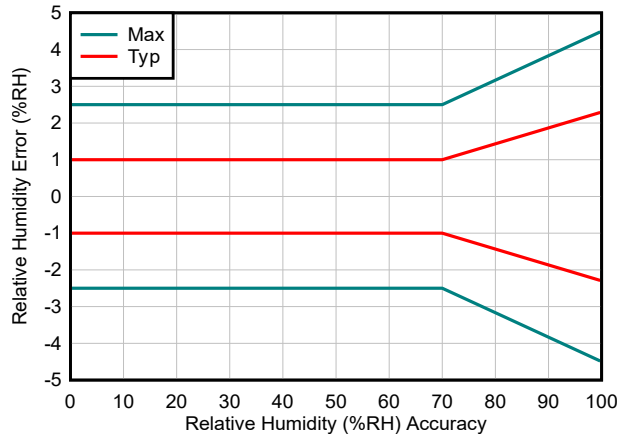


图 6-1. 相对湿度精度与相对湿度设定点间的关系 (V_{DD} = 1.62V-5.5V)

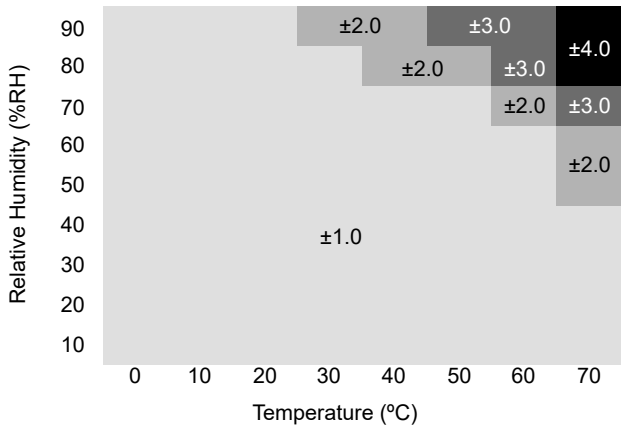


图 6-2. 相对湿度典型精度与 T_A 设定点间的关系

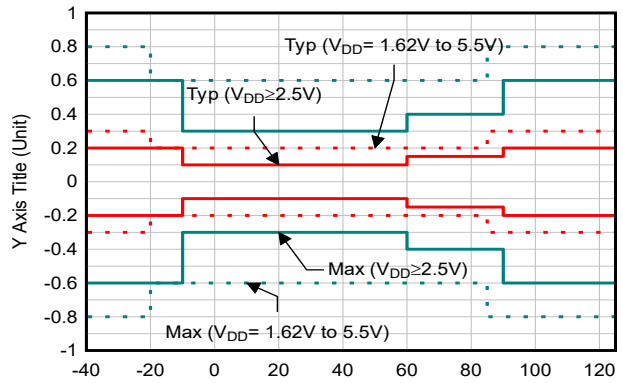


图 6-3. T_A 精度与 T_A 设定点间的关系

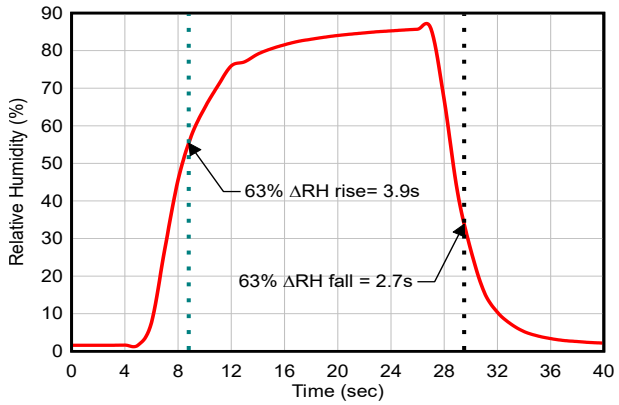


图 6-4. 相对湿度响应时间

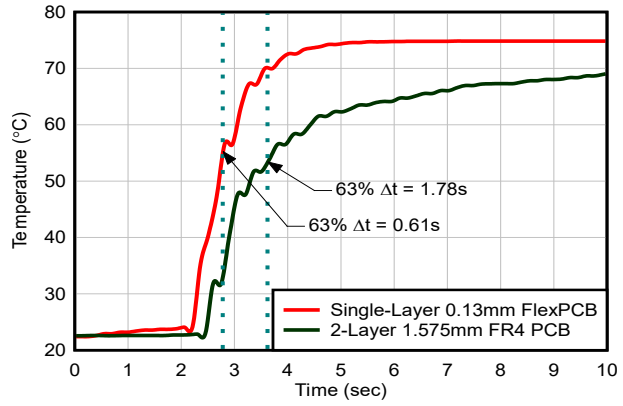


图 6-5. 热响应时间（搅拌液体）

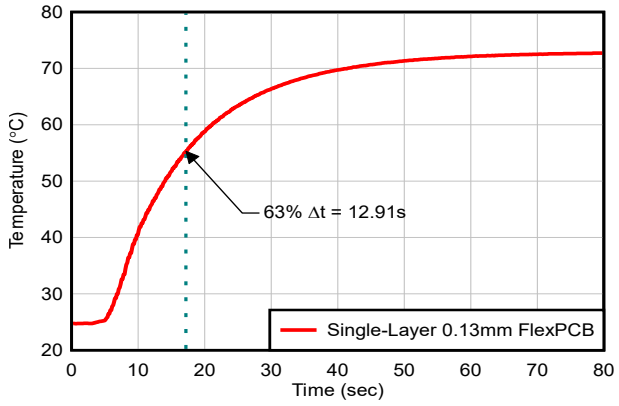


图 6-6. 热响应时间（静止空气）

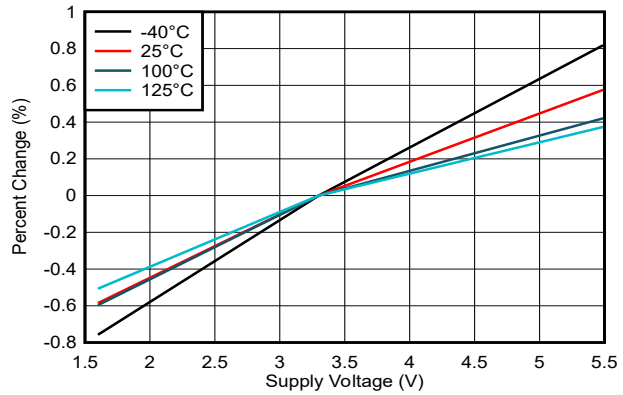


图 6-7. 采样时间变化与温度间的关系

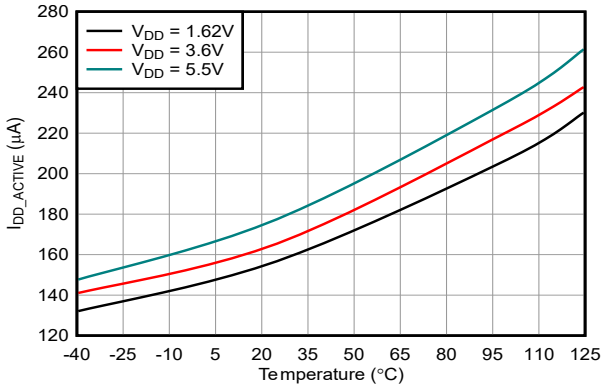


图 6-8. 有效电流与温度间的关系

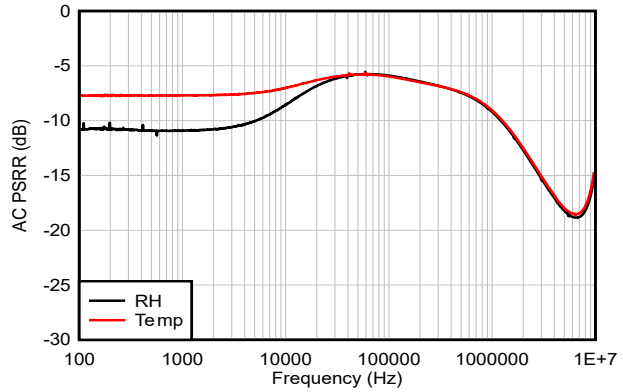


图 6-9. DAC PSR 与频率间的关系

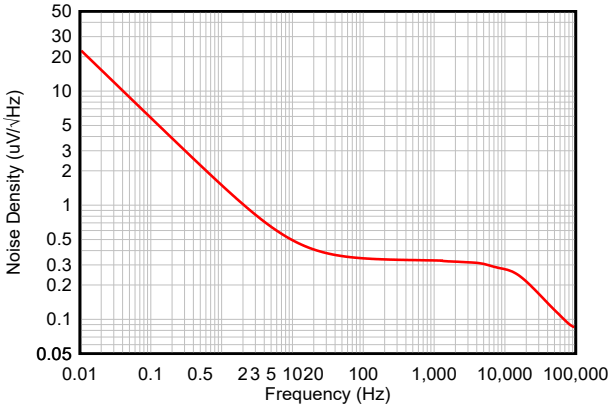


图 6-10. DAC 输出噪声密度与频率间的关系

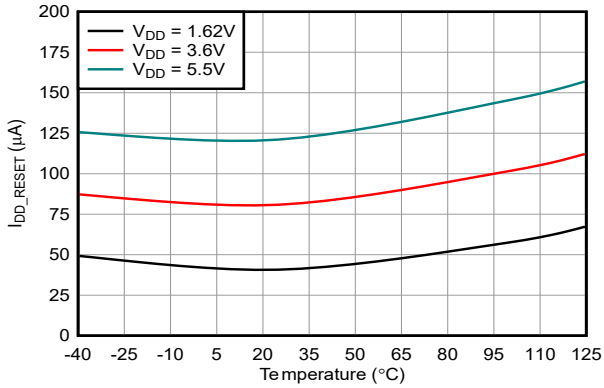


图 6-11. 禁用模式电流与温度间的关系

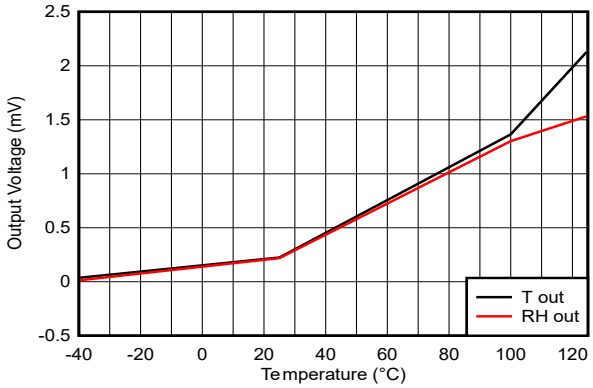
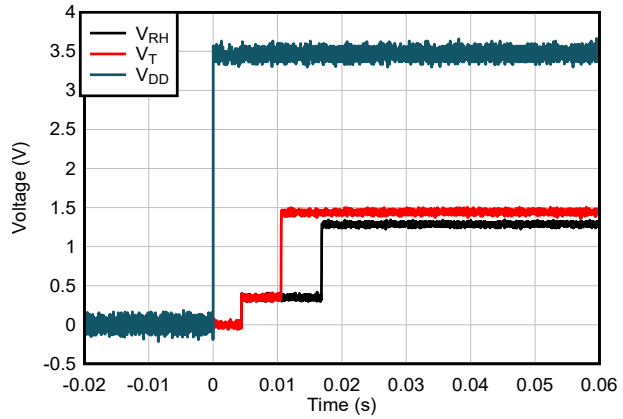


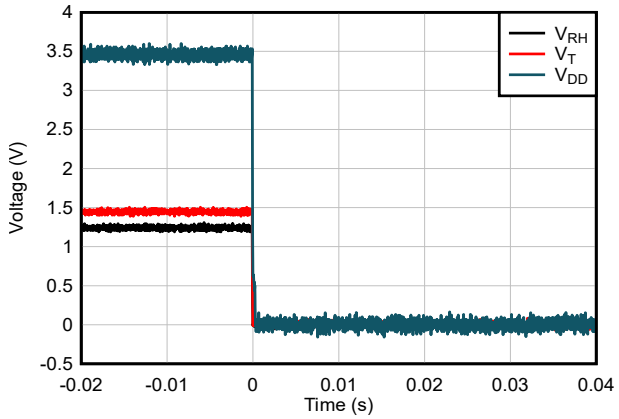
图 6-12. 禁用模式输出电压与温度间的关系

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated



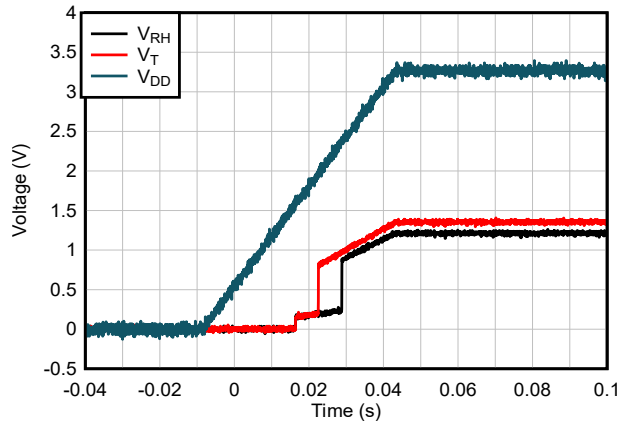
V_{DD} 上升时间 = 1µs

图 6-13. 启动响应



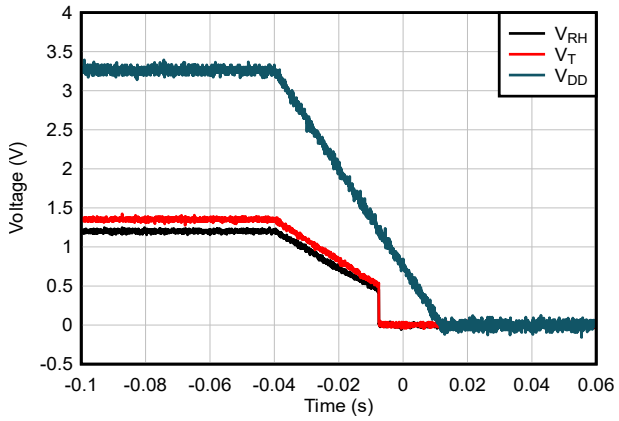
V_{DD} 下降时间 = 1µs

图 6-14. 关断响应



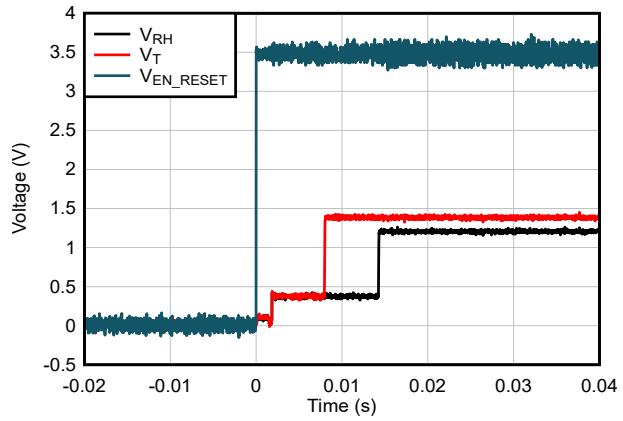
V_{DD} 上升时间 = 50ms

图 6-15. 启动响应



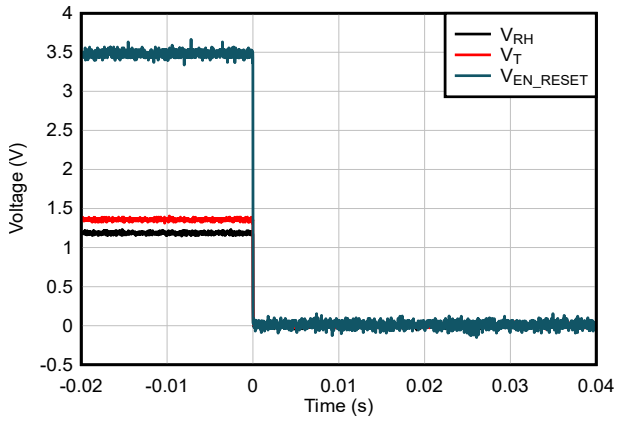
V_{DD} 下降时间 = 50ms

图 6-16. 关断响应



$\overline{RESET}$_EN：0V 至 3.5V

图 6-17. 使能响应



$\overline{RESET}$_EN：3.5V 至 0V

图 6-18. 禁用响应

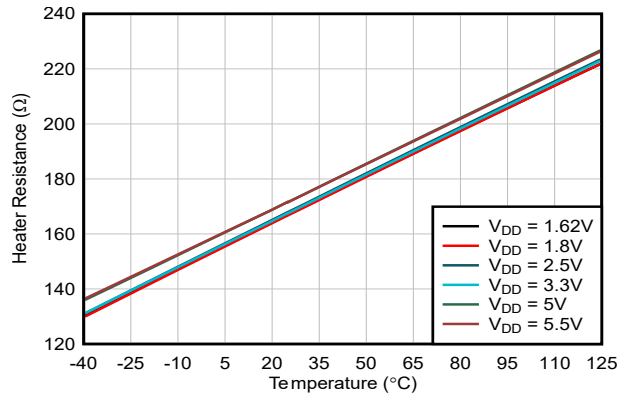


图 **6-19.** 加热器电阻与温度间的关系

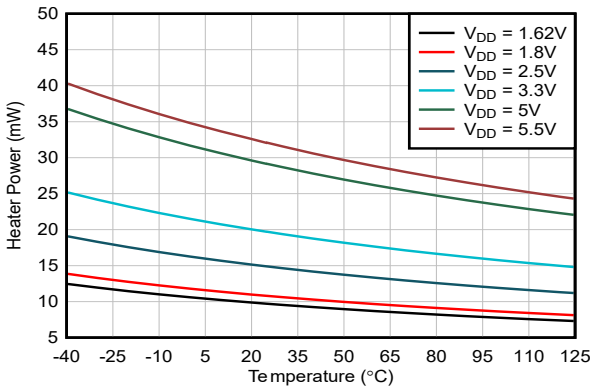


图 **6-20.** 加热器电流与温度间的关系

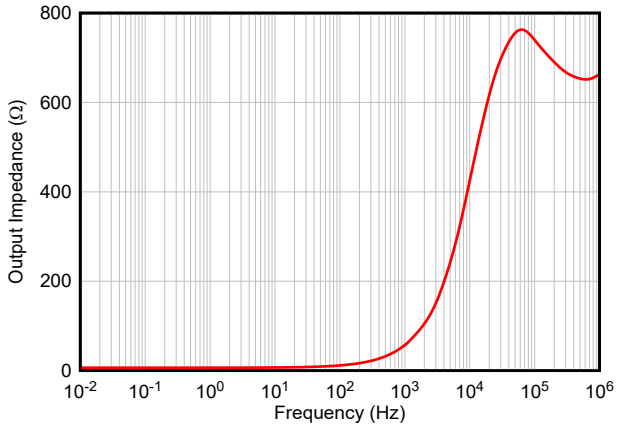


图 **6-21.** 输出阻抗与频率间的关系

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7 详细说明

7.1 概述

HDC3120-Q1 是一款模拟输出传感器，包含采用 2.50mm × 2.50mm、8 引脚 WSON 封装的湿度检测和温度检测元件。 HDC3120-Q1 的输出电压与测量的相对湿度和温度呈线性比例。温度传感器和湿度传感器在量产阶段均经过 100% 测试和修正，可通过 NIST 进行追溯，且使用经 ISO/IEC 17025 标准校准的设备进行了验证。

该器件能够在极低功耗下提供卓越的测量精度，典型正常运行时仅耗电 230 μA，并支持 1.62V 至 5.5V 的宽电源范围。该器件还具有一个 $\overline{\text{RESET}}$_EN 引脚，可切换为低电平，以将器件保持在低功耗状态，从而降低系统的总体功耗。释放 $\overline{\text{RESET}}$_EN 引脚后，该器件会执行一次完全复位，然后再重新开始测量。

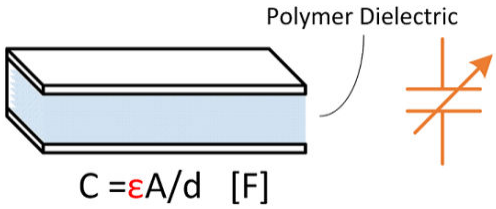


图 7-1. 带聚合物电介质的电容器

HDC3120-Q1 通过聚合物电介质电容的变化来测量相对湿度。传感器由两个导电电极组成，它们连接薄膜聚合物电介质（参见图 7-1）。随着湿度增加，聚合物开始吸收周围（空气）环境中的水分子，这会改变电容器传感器的介电常数。电容和相对湿度之间的关系用于确定湿度水平。

与包含此类技术的大多数相对湿度传感器一样，必须注意提供最佳器件性能。这包括：

- 遵循正确的存储和处理准则，以确保 HDC3120-Q1 达到指定的性能。在装配、储存或操作过程中，必须特别注意，避免使传感器受到化学污染或损坏。有关这些指导原则，请参阅 节 8.5.1 和 *HDC3x 器件用户指南*。
- 减少长时间暴露于会影响传感器精度的高温和极端湿度下。
- 遵循正确的布局指南以获得最佳性能。有关这些指导原则，请参阅 节 8.4.1 和*湿度传感器的布局和布线优化*应用报告。
- 聚合物型湿度传感器（如 HDC3120-Q1）需要再水合。再水合可在高温暴露（例如回流焊）后恢复湿度传感器的基准性能。

7.2 功能方框图

图 7-2. 功能方框图

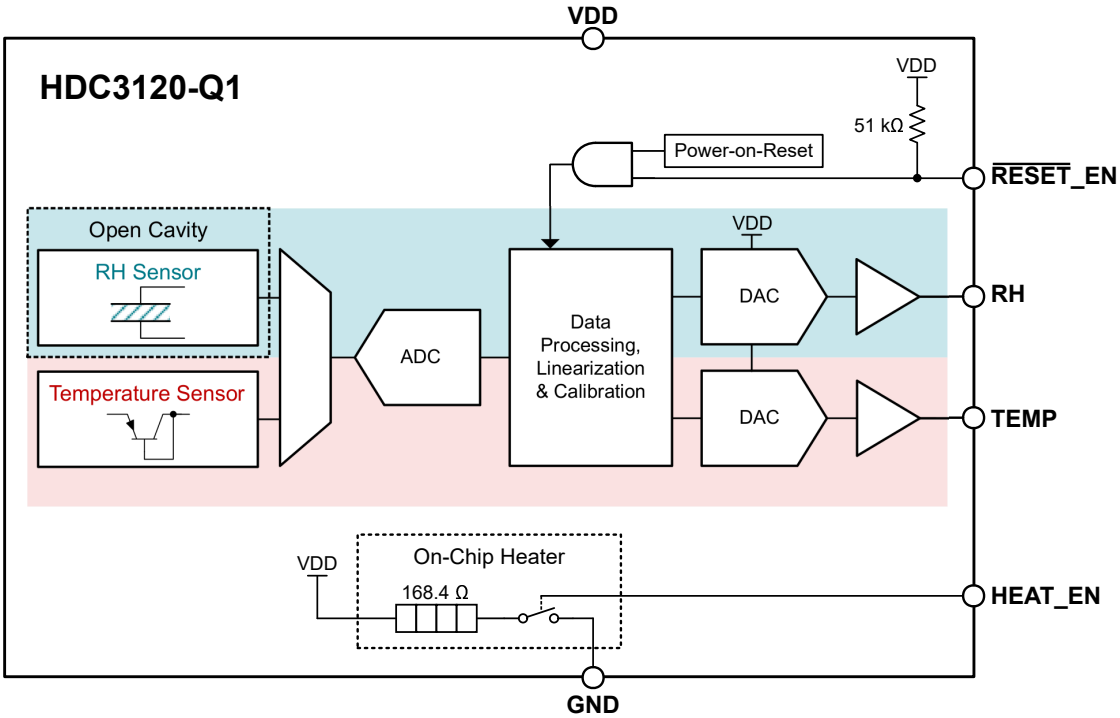


图 7-3. 功能方框图

7.3 特性说明

7.3.1 器件上电

HDC3120-Q1 包含上电复位 (POR) 功能，能够在上电时控制输出电压。在建立 V_{DD} 电源后 (V_{DD}> V_{POR})，便会发出 POR 事件。POR 会使器件从内存中加载默认设置，随后执行温度和湿度测量。

在首次湿度和温度测量期间，DAC 输出会被驱动至默认电平，即 0.1* V_{DD}。在测量完成之前，每个 DAC 通道都将保持在默认电压电平，湿度测量大约需要 RH_{PUR}，温度测量大约需要 T_{PUR}。测量完成后，DAC 输出将被驱动至与测得的湿度值和温度值相对应的电压电平。图 7-4 显示了 HDC3120-Q1 上电行为示例。

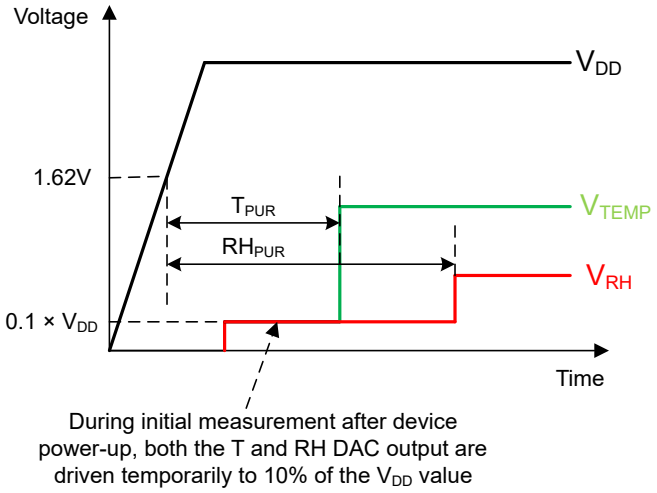


图 7-4. HDC3120-Q1 上电行为

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

请注意，如下图所示，POR 电路需要特定的电源电平来对内部电容器放电，并在上电时复位器件。要启动 POR 事件，V_{DD} 必须保持在对应的低阈值 (V_{BOR}) 以下，且持续时间至少为 t_{RESET_NPW}。如果 V_{DD} 保持在指定的高阈值 (V_{POR}) 以上，则不会发生 POR 事件。当 V_{DD} 下降到高阈值 V_{POR} 以下但仍高于低阈值 (V_{BOR}) 时，器件处于未定义状态，并且在所有指定的温度和电源条件下不一定复位。

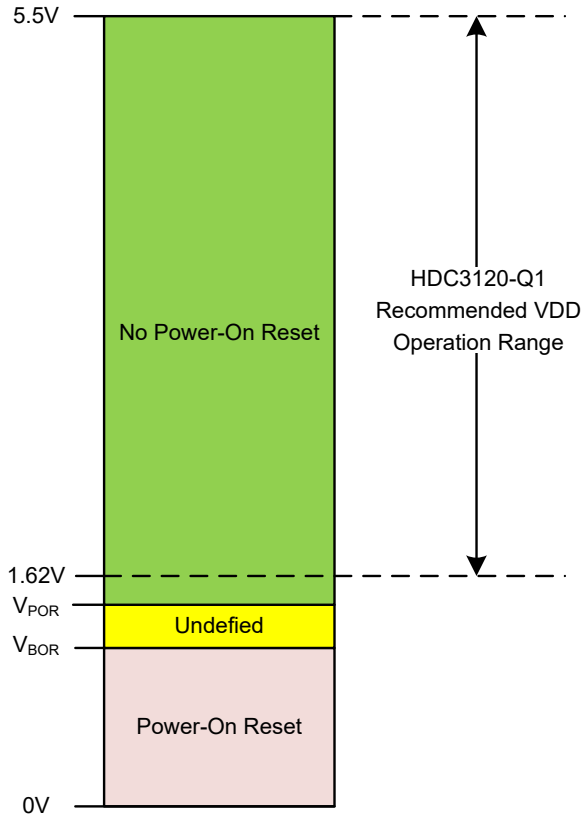


图 7-5. HDC3120-Q1 POR 电路阈值

7.3.2 器件禁用和启用

可以通过将 $\overline{RESET}$_EN 引脚设置为低电平（低于 V_{IL}）的方式，禁用 HDC3120-Q1。在此状态下，RH 和 Temp DAC 输出将调整至接近零的状态 ($V_{OUT_DISABLE}$)，器件电流消耗将显著降至 $I_{DD_DISABLE}$。如果不需要传感器测量，电流消耗的降低有助于节省系统功耗。器件禁用序列和 DAC 输出电压如 图 7-6 所示。

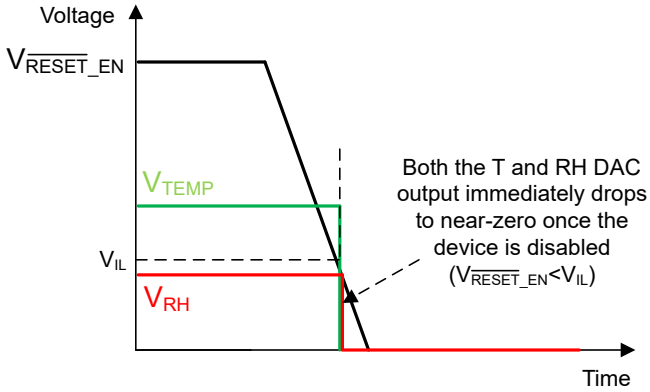


图 7-6. HDC3120-Q1 禁用行为

如需启用 HDC3120-Q1，需要将 $\overline{\text{RESET}}$_EN 引脚设置为高电平（高于 V_{IH}）。启用序列和传感器输出电压的行为与器件上电类似，如 节 7.3.1。当 $\overline{\text{RESET}}$_EN 引脚升至 V_{IH} 以上之后，器件将从内存加载默认设置，然后执行温度和湿度测量。第一次温度与湿度测量期间，DAC 输出置位至 0.1× V_{DD} 的默认水平。在测量完成之前，每个 DAC 通道都将保持在默认电压电平，湿度测量大约需要 RH_{PUR}，温度测量大约需要 T_{PUR}。测量完成后，DAC 输出将被驱动至与测得的湿度值和温度值相对应的电压电平。图 7-7 展示了 HDC3120-Q1 使能顺序。

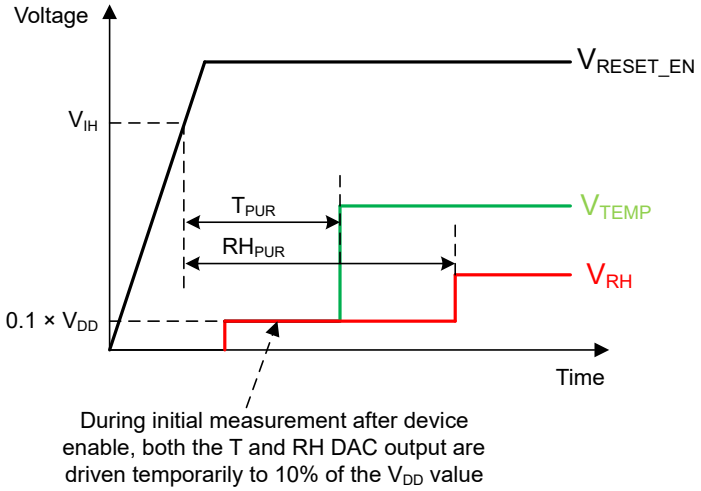


图 7-7. HDC3120-Q1 使能行为

请注意，HDC3120-Q1 $\overline{\text{RESET}}$_EN 引脚具有连接至 V_{DD} 的微弱 51kΩ 内部上拉电阻，因此，不使用“复位”或“禁用”功能时，该引脚可保持悬空状态。

7.3.3 信号输出的转换

HDC3120-Q1 有两个模拟比例式输出电压，一个用于温度，另一个用于相对湿度，它们与电源电压 (V_{DD}) 成比例关系。在比例式设计中，输出电压随 V_{DD} 的变化而成比例调整理。电源电压的任何变化都会直接调节传感器输出。即使在电源波动的情况下，这种架构也能保持传感器读数的准确性。

HDC3120-Q1 比例式架构在使用相同基准电压或供电电压为 HDC3120-Q1 和采样 ADC 供电的应用中具有优势。当 V_{DD} 发生变化时，传感器的偏移和跨度会一起发生变化，从而确保测量的比例关系保持不变。例如，在 V_{DD} 为 5.0V 时，V_{RH} 在 0% RH 时读数为 0.5V，在 100% RH 时读数为 4.5V。如果电源下降 10% 至 4.5V，这些输出将分别变为 0.45V 和 4.05V，因此保持了相同的比例。

只要测量基准与电源电压保持一致，比例式设计就能帮助减小电源电压误差。输出与温度和湿度成线性比例，可使用以下章节所述的传递函数转换为物理单位。

7.3.3.1 相对湿度 (RH%) 测量

可以利用以下公式，根据 V_{RH} 输出电压和 V_{DD}，计算出 RH%：

$$\%RH = -12.5 + 125 \times \frac{V_{RH}}{V_{DD}} = -\frac{10}{0.8} + \frac{100}{0.8} \times \frac{V_{RH}}{V_{DD}} \quad (1)$$

图 7-8 绘制了计算得出的 RH% 与归一化 V_{RH}/V_{DD} 的函数曲线图：

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

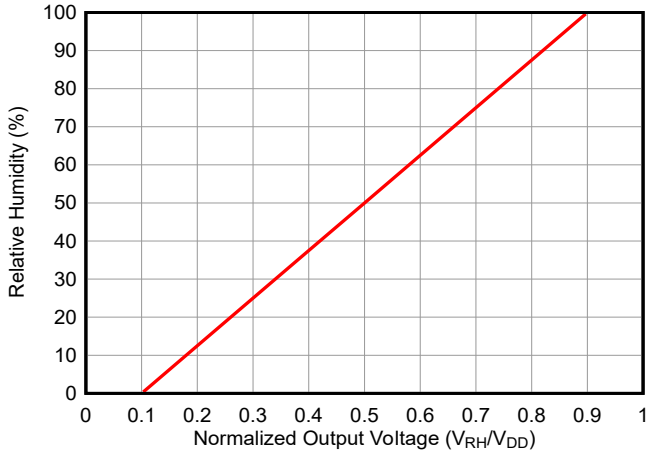


图 7-8. HDC3120-Q1 %RH 输出曲线

另外，要检查传感器在湿度测量中的电压增益，也可通过以下电压灵敏度公式，将 V_{RH} 电压表示为 V_{DD} 和 %RH 的函数：

$$V_{RH} = V_{DD} \times \left[(\%RH) \times 8\frac{mV}{\%RH} + 0.1\right] \tag{2}$$

- **8mV/%RH** 表示传感器增益，该增益随 V_{DD} 的变化而按比例调整，显示了每 %RH 的电压变化。
- 电压范围从 **0.1 × V_{DD}**（0% RH 时的传感器偏移量）到 **0.9 × V_{DD}**（表示 100% RH 时的传感器偏移量）

图 7-9 示出了在不同 V_{DD} 电平下 RH 输出电压作为 RH% 的函数。图 7-10 显示了相同的数据，但其中 RH 输出电压标准化为 V_{DD}。

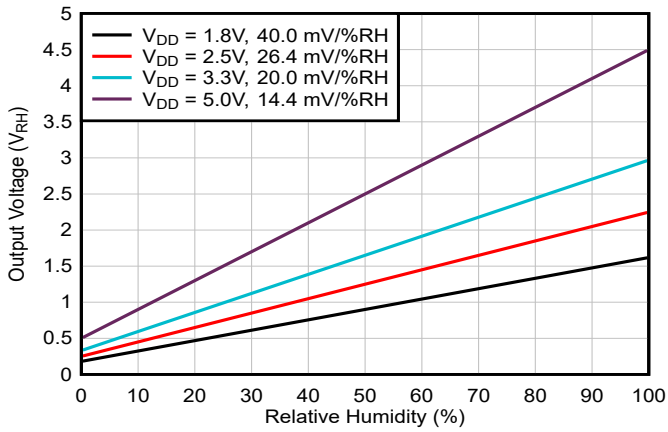


图 7-9. RH% 传感器输出 (V_{RH}) 与 RH% 间的关系

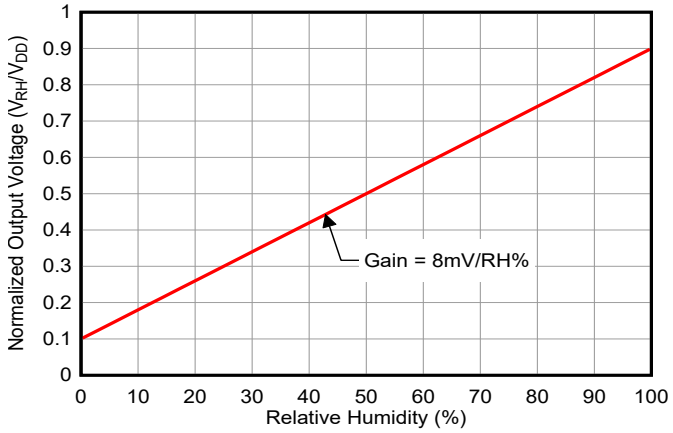


图 7-10. 标准化 RH% 传感器输出 (V_{RH}) 与 RH% 间的关系

表 7-1 提供了在不同 %RH 和 V_{DD} 电平下，V_{RH} 电压读数的一些示例。请注意，即使在相同 RH% 水平下 V_{RH} 电压会随 V_{DD} 变化，但 V_{RH}/V_{DD} 的比率将保持不变，以提供精确的测量结果。该比例式设计能够确保 HDC3120-Q1 传感器的读数可以在电源电压变化时保持稳定。

表 7-1. 不同 %RH 和 V_{DD} 电平下的 V_{RH} 电压

	V_{DD} = 1.8V	V_{DD} = 2.5V	V_{DD} = 3.3V	V_{DD} = 5.0V	V_{RH}/V_{DD} 比率
%RH = 0%	0.18	0.25	0.33	0.50	0.10
%RH = 25%	0.54	0.75	0.99	1.50	0.30
%RH = 50%	0.90	1.25	1.65	2.50	0.50
%RH = 85%	1.40	1.95	2.57	3.90	0.78
%RH = 100%	1.62	2.25	2.97	4.50	0.90
传感器增益	**14.4mV/%RH**	**20mV/%RH**	**26.4mV/%RH**	**40.0mV/%RH**	
传感器偏移	**180mV**	**250mV**	**330mV**	**500mV**	

7.3.3.2 温度测量

可以利用以下公式，根据 V_{TEMP} 输出电压和 V_{DD}，计算出摄氏温度 (°C) 或华氏温度 (°F)：

$$T(°C) = -66.875 + 218.75 \times \frac{V_{TEMP}}{V_{DD}} = -45 - \frac{17.5}{0.8} + \frac{175}{0.8} \times \frac{V_{TEMP}}{V_{DD}} \quad (3)$$

$$T(°F) = -88.375 + 393.75 \times \frac{V_{TEMP}}{V_{DD}} = -49 - \frac{31.5}{0.8} + \frac{315}{0.8} \times \frac{V_{TEMP}}{V_{DD}} \quad (4)$$

图 7-11 绘制了计算得出的 RH% 与归一化 V_{TEMP}/V_{DD} 的函数曲线图：

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

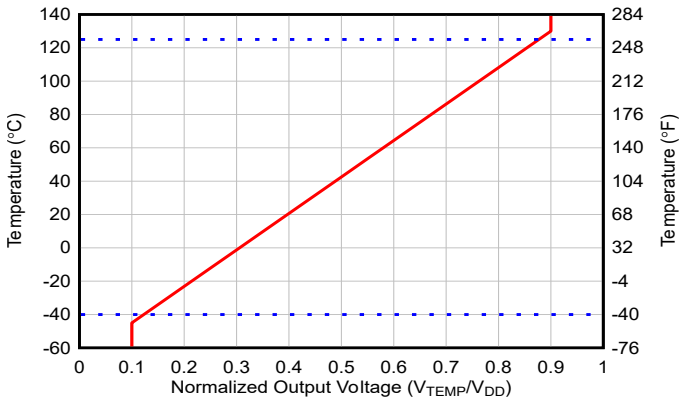


图 7-11. HDC3120-Q1 温度输出曲线

另外，要检查传感器在温度测量中的电压增益，也可通过以下电压灵敏度公式，将 V_{TEMP} 电压表示为 V_{DD} 和温度的函数：

$$V_{TEMP} = V_{DD} \times \left[T\left(℃\right) \times 4.571\frac{mV}{℃} + 0.306\right] \tag{5}$$

- **4.571mV/°C** 表示传感器增益，该增益随 V_{DD} 的变化而按比例调整，显示了每 °C 的电压变化。
- 电压范围从 **0.1 × V_{DD}**（-45°C 时的传感器偏移量）到 **0.9 × V_{DD}**（表示 130°C 时的传感器偏移量）

备注

V_{TEMP} 输出电压轨在温度低于 -45°C（其中 V_{TEMP}= 0.1 × V_{DD}）和温度高于 130°C（其中 V_{TEMP}= 0.9 × V_{DD}）时停止工作。

图 7-12 说明了在不同 V_{DD} 电平下温度输出电压与温度之间的函数关系。图 7-13 显示了相同的数据，但其中温度输出电压标准化为 V_{DD}。

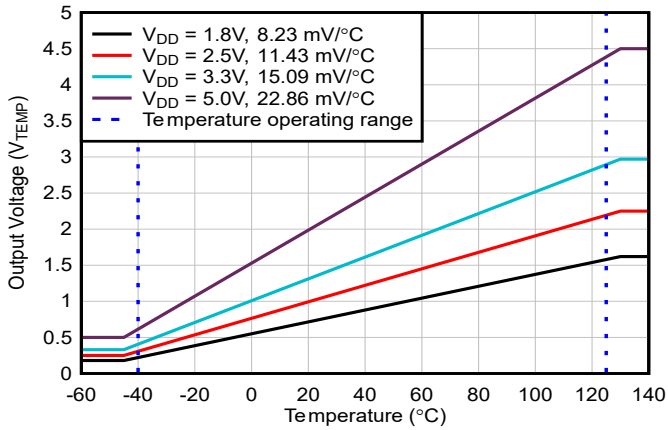


图 7-12. 温度传感器输出 (V_{TEMP}) 与温度间的关系

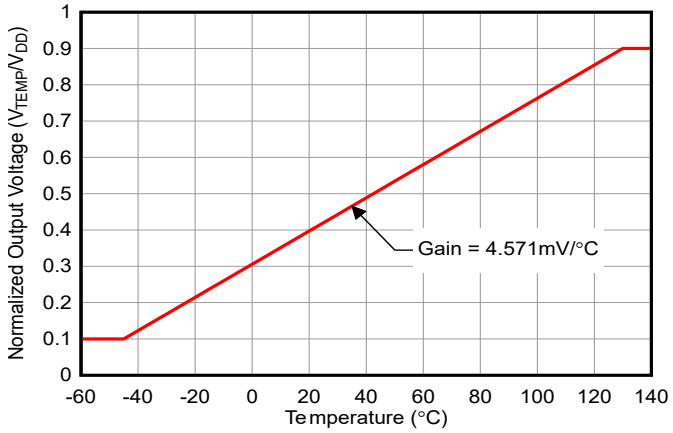


图 7-13. 标准化温度传感器输出 (V_{TEMP}) 与温度间的关系

表 7-2 提供了在不同温度和 V_{DD} 电平下，V_{TEMP} 电压读数的一些示例。请注意，即使在相同温度下 V_{TEMP} 电压会随 V_{DD} 变化，但 V_{TEMP}/V_{DD} 的比率将保持不变，以提供精确的测量结果。该比例式设计能够确保 HDC3120-Q1 的传感器读数在电源电压发生变化时保持稳定。

表 7-2. 不同温度和 V_{DD} 电平下的 V_{TEMP} 电压

	V_{DD} = 1.8V	V_{DD} = 2.5V	V_{DD} = 3.3V	V_{DD} = 5.0V	V_{TEMP}/V_{DD} 比率
Temp = -40°C	0.221	0.307	0.405	0.614	0.123
Temp = 0°C	0.550	0.764	1.009	1.529	0.306
Temp = 25°C	0.756	1.050	1.386	2.100	0.420
Temp = 85°C	1.250	1.735	2.291	3.471	0.694
Temp = 125°C	1.579	2.193	2.895	4.386	0.877
传感器增益	**8.229mV/°C**	**11.429mV/°C**	**15.085mV/°C**	**22.857mV/°C**	
传感器偏移	**550mV**	**764mV**	**1.009V**	**1.529V**	

7.3.4 NIST 可追溯性与唯一 ID

“NIST 可追溯性”系指将测量或测试结果与美国国家标准与技术研究院 (NIST) 标准相联系的校准链。这意味着已根据已知且可靠的标准对测量所用设备或流程进行校准，最终能够追溯至 NIST 基本标准。

HDC3120-Q1 器件在生产调试阶段经过 100% 测试，可通过 NIST 进行追溯，且使用经 ISO/IEC 17025 认证标准校准的设备进行了验证。所以 HDC3120-Q1 的设计可用于冷链管理等应用，在这些应用中，建立已知基准的完整校准链至关重要。

对于每个 HDC3120-Q1 部件，都有一个分配给该器件的唯一 ID。该唯一 ID 包含只有德州仪器 (TI) 能够访问的重要信息，能够确保每个芯片均可追溯至生产测试数据，以便查看是否存在可能导致器件故障的测试参数或制造工艺条件。如需获取支持，请联系德州仪器 (TI)。

7.3.5 输出短路保护

HDC3120-Q1 设计为能够承受 V_{DD} 或 GND 的持续短路情况。在短路情况下，输出电流限制在 I_{SC}，以防止损坏器件。此功能可确保稳健的运行，并保护 HDC3120-Q1 免受意外短路引起的潜在故障影响。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.4 器件功能模式

7.4.1 片上加热器

HDC3120-Q1 包含一个集成式片上加热器，用于将温度传感器提升到环境温度以上。该功能有多种用途：该功能可以加快湿度感应元件的干燥过程并促进对感应聚合物所吸收的污染物进行释气。通过提高传感器结温，加热器可以防止或缓解对传感器性能和长期稳定性产生负面影响的情况。

片上加热器的主要应用包括：

- **冷凝防护**：在环境条件接近露点时加热传感器可以防止在传感器表面形成冷凝。当传感器未封闭在保护外壳中时，这一点尤为重要。传感器封装下的湿气侵入会导致外露传感器引脚之间短路，从而可能对器件或用户系统造成永久损坏。
- **高湿度稳定性**：在持续高湿度环境中，周期性发热有助于蒸发可能积累在检测元件上的残留水分。这可以降低长期漂移并保持湿度测量的精度。
- **污物加热驱除**：加热器可长时间使用（最长可使用几个小时，具体取决于系统限制），以便更快去除传感聚合物吸收的挥发性有机化合物 (VOC) 或其他污染物。该过程会使传感器恢复到更接近基线行为的状态。
- **器件自检**：激活加热器也可以作为基本功能检查。可测量的温度上升表示传感器和加热器电路正在运行。

片上加热器在需要时使感应元件保持干燥并且未受污染，对于在严苛环境条件下保持传感器性能起着至关重要的作用。为了获得最佳性能，加热器在 **V_{DD} ≥ 2.5V** 时最有效，建议使用 **3.3V 或更高的**电压以实现超过 **10°C** 的温升 **ΔT**。

7.4.1.1 工作原理

HDC3120-Q1 中的片上加热器作为集成在传感器芯片中的电阻加热元件实现。使用专用的 HEAT_EN 引脚来控制加热器。将 HEAT_EN 驱动为高电平可使能加热器；将加热器驱动为低电平可禁用加热器。为防止意外激活，HEAT_EN 不得悬空 - 如果未使用加热器功能，请将此引脚接地。

当 HEAT_EN 置为有效（设置为高电平）时，在施加加热器电流之前会产生大约 **130ms** 的内置启动延迟。该延迟验证是否稳定激活，并防止由于杂散脉冲或短暂瞬态而导致加热器意外运行。当 **HEAT_EN** 被置为无效（设为低电平）时，加热器会在 **0.45ms** 内关闭，从而快速停止发热。

备注

当加热器处于活动状态时，传感器**不会**测量真实的环境温度或湿度。相反，温度传感器会报告结温升高，并且由于本地温度升高，相对湿度读数显得过低。经过一个加热周期后，传感器需要一定的时间才能冷却并与环境平衡，然后才能恢复准确的 RH/T 测量。

为了在加热循环后进行可靠的湿度测量，在静止空气条件下至少留出 **30 秒**的恢复时间。实际恢复时间取决于最终加热器温度、空气流量和环境热特性。

7.4.1.1.1 加热器配置示例

下表示出了典型的加热器激活周期；假设热响应时间（$\tau_{99.9\%}$）为 4S；保持 1 秒时间以进行水分蒸发或污染物去除；以及在恢复准确 RH/T 测量之前验证传感器已与环境条件完全重新平衡的 30 秒冷却期。

表 7-3. 加热器配置示例

时间 (ms)	操作
0	最终环境 RH/T 读数已完成
+1	HEAT_EN = 高电平（1ms 信号上升时间）
+130	加热器电流开始
+130 至 +5,130	加热器保持（4 秒预热 + 保持 1 秒）
+5,130.45	HEAT_EN = 低电平（加热器在 0.45ms 内关闭）

表 7-3. 加热器配置示例（续）

时间 (ms)	操作
+35,130.45	RH/T 读数恢复（30 秒冷却后）

7.4.1.2 加热器电气行为

HDC3120-Q1 的片上加热器作为具有正温度系数 (PTC) 的电阻元件运行，其电阻随温度的升高而增大。可使用 方程式 6 作为结温 (TJ) 的函数来估算加热器电阻：

$$R_{HEATER}(T_J) \approx R_{25-HEATER} \cdot \left[1 + \alpha\left(T_J - 25\,°C\right)\right] \tag{6}$$

在 25°C 时，典型电阻 ($R_{25\text{-}HEATER}$) 约为 168.4 Ω，温度系数 α 约为 0.00326 °C⁻¹。当 HEAT_EN 被置位时，加热器根据欧姆定律从 V_{DD} 消耗电流：$I_{HEATER} \cong V_{DD} / R_{HEATER}$。请注意，虽然电阻随温度呈线性增大，但实际结温（以及由此产生的加热器电阻）会根据环境条件、空气流量、PCB 布局和占空比而变化。

估算加热器电阻后，可以使用方程式 7 估算加热器功率：

$$P_{HEATER}(T_J) \approx \frac{V_{DD}^2}{R_{HEATER}(T_J)} \approx \frac{V_{DD}^2}{R_{25-HEATER} \cdot \left[1 + \alpha\left(T_J - 25\,°C\right)\right]} \tag{7}$$

表 7-4 汇总了 25°C 环境下的典型加热器电流和功率值。这些值表示热斜升之前的初始加热器功耗。加热器电阻随着芯片温度升高而增加，因此在加热周期中，电流消耗会随着时间的推移而略有降低。但是，在初始 1 – 2 秒期间，当加热器仍处于冷却状态时，电流消耗处于最大值。

表 7-4. 25°C 时的估算加热器电流和功率

电源电压 (VDD)	加热器电流（典型值）	加热器功率（典型值）
1.8V	≅10mA	≅18mW
3.3V	≅19mA	≅62mW
5.0V	≅28mA	≅138mW
5.5V（最大值）	≅30mA	≅165mW

备注

由于这些不同的因素，根据电阻或功率估算精确的结温通常不切实际。因此，用户必须关注加热器启用时序和系统级热行为，而不是依赖于理论电阻模型。

务必设计您的电源和系统热包络，以适应启动期间观察到的峰值加热器电流。这验证了稳定性并避免了欠压情况，尤其是在 V_{DD} 电平较高时。

7.4.1.3 加热器温度升高

加热器引起的温升高度依靠的是电源 V_{DD}。图 7-14 显示了不同电源电平下的典型温度升高曲线。数据在 15mm × 15mm、1.575mm FR4 PCB 上采集。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

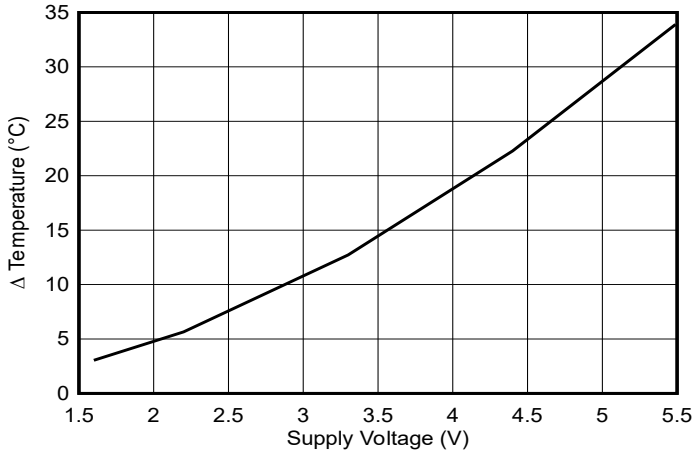


图 7-14. 加热器感应温度升高与刚性 1.575mm FR4 PCB 上电源电压间的关系

图 7-15 所示为器件安装在单层 1.575mm FR4 PCB 上且散热焊盘保持未焊接状态时的温升测量示例。根据使用的电源，传感器芯片能够达到不同的温度。

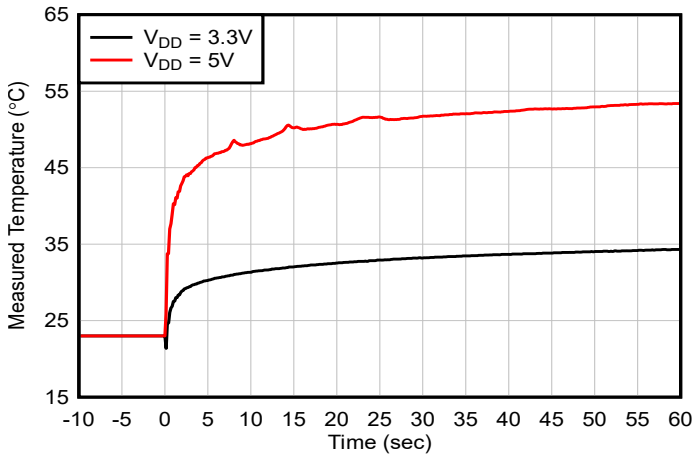


图 7-15. 刚性 PCB 上加热器引起的温度升高 (1.575mm FR4)

为了实现更高的加热器温度，请将器件安装在薄的柔性 PCB 上，这样可以很大程度减少大 PCB 热质量的影响。图 7-16 所示为器件安装在单层 0.13mm 柔性 PCB 上且散热焊盘保持未焊接状态时的温升测量示例。在向器件施加 5V 高电源电压后，传感器芯片能够在环境条件下达到约 100°C。

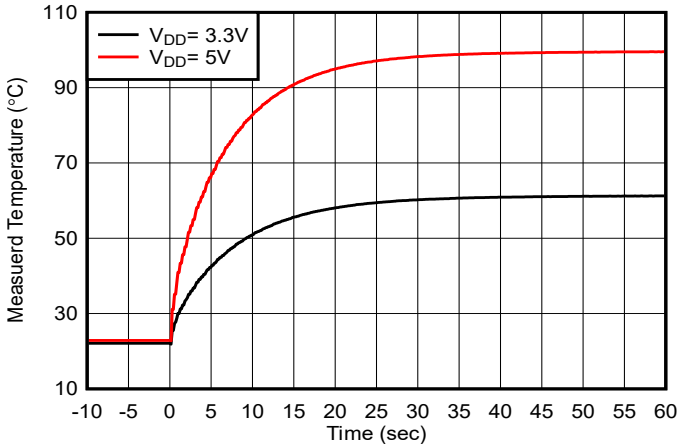


图 7-16. FlexPCB（0.13mm 柔性）上的加热器感应温度升高

7.4.1.4 加热器使用指南

HDC3120-Q1 中的片上加热器有助于消除冷凝并加快潮湿环境中的干燥。但是，为了提供最佳性能和长期可靠性，必须遵循以下预防措施和最佳实践：

- 加热期间的传感器测量：

  启用加热器时：

  - 温度读数反映芯片的内部温度，而不是环境温度。
  - 由于局部发热，湿度读数显得过低。

  这些值对于环境感应无效。关闭加热器后，传感器温度和 RH 可能需要长达 30 秒或更长时间才能恢复平衡。RH 读数的稳定速度甚至可能更慢。等待读数稳定，然后再依靠加热后测量结果。

- 电源注意事项：

  加热器会显著增加器件的电流消耗：

  - 典型的加热器电流范围为 10 – 30mA，具体取决于 V_{DD}。
  - 验证电源和旁路电容器是否可以在没有压降的情况下处理这种浪涌。电压突然下降会触发传感器复位或干扰附近电路。
  - 强烈建议使用本地去耦电容器（例如 0.1 µF + 1 µF 陶瓷电容器）。

- 冷凝和残留风险：

  加热器会使水蒸发，但该水中的任何溶解矿物或污染物都在传感器表面作为固体残留物保留。随着时间推移，这会降低精度或使响应速度变慢。

  - 加热器**无法**去除非挥发性残留物。
  - 在容易发生冷凝或飞溅的环境中，请考虑使用**保护膜**来降低污染风险。
  - 对于严重污染的器件，可能必须手动清洁或更换传感器。

- 加热器占空比和传感器老化：

  频繁或长时间使用加热器会加快湿度传感器的长期老化：

  - 建议偶尔基于具体情况使用。
  - 除非绝对必要，否则避免以高占空比持续运行加热器。
  - 为了获得最佳效果，请仅在检测到或预计发生冷凝时才激活加热器。

HDC3120-Q1 已获得德州仪器 (TI) 认证，可满足典型加热器使用要求。但是，加热器过度激活可能会导致性能随着时间推移逐渐变化。对于需要精确控制和反馈的高级应用，请考虑使用数字 HDC3020 器件。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 器件规格的范围，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客 户应负责确定器件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计，以确保系统功能。

8.1 应用信息

相较数字输出传感器，模拟输出传感器主要用于需要极简解决方案的应用场景。通过结合一个与 HDC3120-Q1 共同使用同一电源的外部比较器以及一个作为基准点的电阻分压器，该器件允许设计人员在不使用微处理器与精密电源的情况下构建最简单的本地湿度与温度控制系统。

8.2 典型应用

下面展示了一个使用 HDC3120-Q1 的 ADAS 传感器监控系统示例应用。湿度传感器用于传感车辆座舱内的湿度。在此应用场景中，无法将湿度传感器放置在与主系统控制器相同的电路板上。必须使用电缆将传感器电路板与微控制器电路板连接起来。

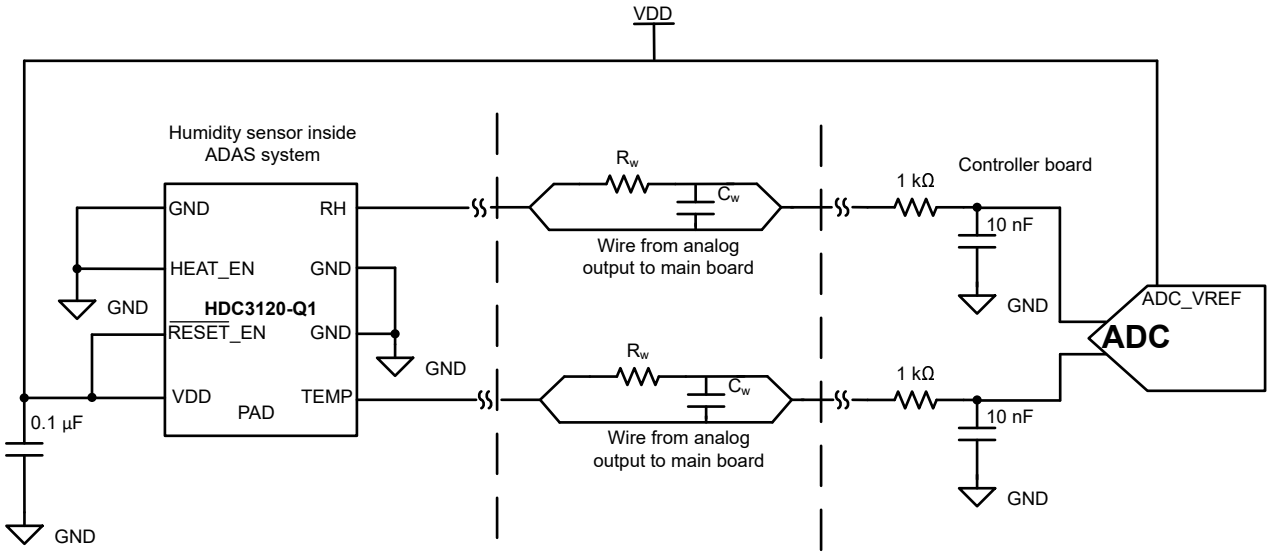


图 8-1. HDC3120-Q1 与 ADC 之间的连接

在下图中绘制了电缆电容与电阻的关系图，用于说明 HDC3120-Q1 能够驱动高达 47nF 的容性负载。将 HDC3120-Q1 连接至 ADC 时，建议采用具有外部基准电压的 ADC，该外部基准电压必须与 HDC3120-Q1 的供电电压相一致。HDC3120-Q1 的 RH 和温度输出与器件的 VDD 成比例，因此如果 VDD 线路上出现尖峰或噪声，这些噪声也会出现在输出上。通过使 ADC 参考电压与 HDC3120-Q1 的 VDD 匹配，两个 IC 都会出现噪声事件，从而使 ADC 匹配并消除噪声。在模拟输出端，建议在 ADC 附近部署一个 RC 滤波器。电容器同时有助于滤除 RC 滤波器中的噪声。电容器还可在采样期间充当 ADC 的电荷储存器，以防止采样中断。

上方电路示例中展示的 RC 滤波器值为建议值，可根据所需的截止频率进行修改。RH 和 Temp 的输出 DAC 是强输出，无需外部缓冲放大器，即可驱动长电缆。请注意验证布线和滤波器电容的总负载电容是否都保持在小于 3µF 的范围内。所选的 R-C 值还需要考虑所选 ADC 的支持能力和所需的采样频率。

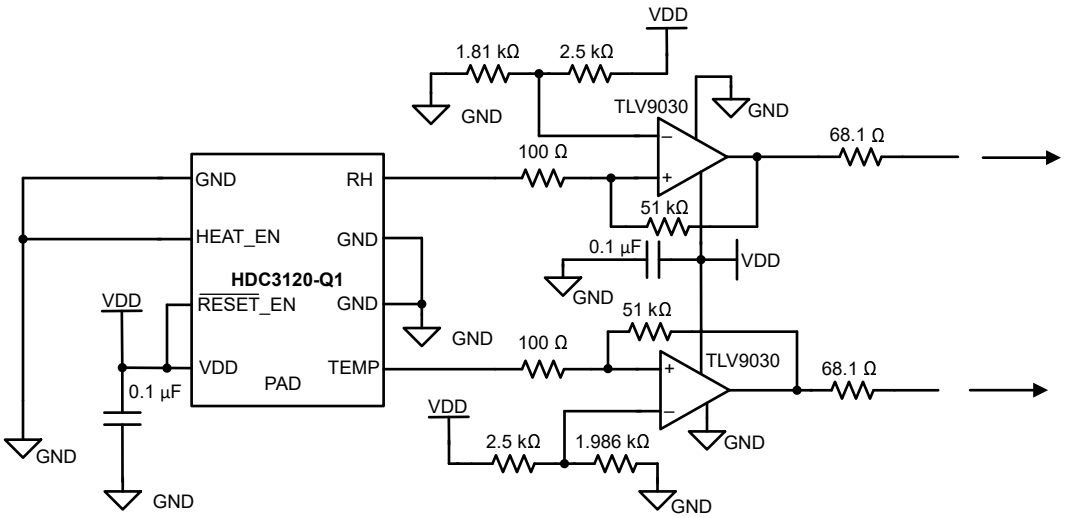


图 8-2. HDC3120-Q1 与比较器之间的连接

在上图中，HDC3120-Q1 输出连接至双通道比较器，以便构建本地温湿度控制系统。将 HDC3120-Q1 的模拟输出与电阻分压器基准进行比较。在此示例中，RH 输出的电阻分压器输入设置为 90%RH 阈值，而对于温度输出则设置为 50°C 温度阈值。对于 3.3V V_{DD}，RH 比较器电压设置为 2.706V，Temp 比较器电压设置为 1.763V。因此，如果 RH 超过 90% 或温度超过 50°C，比较器会因相关值过高而跳闸。

该电路可用于控制系统中的风扇或其他系统逻辑，以防范高温或高湿度条件。需要使用 51kΩ 正反馈电阻器来产生比较器迟滞。这是防止比较器在 HDC3120-Q1 输出接近电阻分压器控制电压时发生“跳动”所必需的。

可以通过更改每个放大器上的反馈电阻器来设置迟滞电平。在本例中，%RH 输出通道具有 5% 的迟滞。比较器的迟滞水平可以根据具有和不具有迟滞电路的比较器中的说明进行设置。对于 5%RH 迟滞，比较器在 90%RH 时激活，并且在 HDC3120-Q1 的 RH 降至 85%RH 以下之前不会清除输出低电平。下图对此进行了说明：

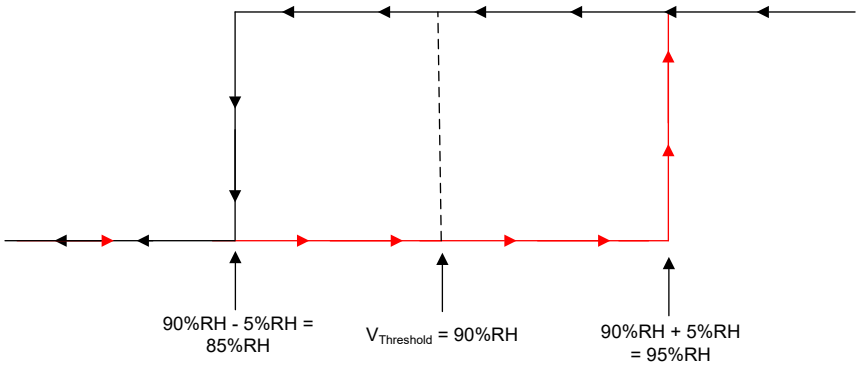


图 8-3. 比较器电路 RH 迟滞

8.2.1 设计要求

相对湿度和温度测量的精度取决于传感器精度和传感系统的设置。HDC3120-Q1 传感其周围环境中的相对湿度和温度，因此传感器的局部条件与监测环境相匹配非常重要。即使在静态条件下，也可以使用最终产品物理盖板上的一个或多个开口来获得良好的气流。请参阅 PCB 布局示例，该示例可更大限度地减少 HDC3120-Q1 区域中 PCB 的热质量，从而改善测量响应时间和精度。

使用 HDC3120-Q1 进行设计时，请执行以下操作：

1. 为了正确传感环境温度和湿度，必须将 HDC3120-Q1 置于远离 PCB 热源的位置。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

2. 避免在冷凝环境中使用。传感器表面的冷凝水可能会导致 RH 测量值不准确。此外，如果在此类环境中运行，将引发水渗入器件封装之下的风险，可能导致引脚之间短路。
3. 避免光线直射传感器。光线会加速电容器聚合物的老化，导致 RH 漂移随时间增加。暴露在光线直射下还会导致传感器发热，造成测量不准确。
4. 在封闭应用场景中，避免将传感器放置在空气“死区”中，这些区域的空气流动性差，需要测量的空气难以循环。与水平安装的传感器相比，相对于地面垂直安装的传感器能够产生更好的效果。
5. 避免将传感器放置在强气流区域（风速超过 1 米/秒），因为这会导致温度和 RH 输出噪声增大。
6. 验证传感器温度是否与环境空气温度紧密匹配。在某些情况下，由于这方面不匹配，传感器温度偏差 1°C 会导致 RH 输出误差变化 3%。
7. 防止灰尘随时间积聚在传感器周围或顶部。对于多尘或脏污环境，请考虑使用数字式 HDC3022，它包括一个 IP67 防护等级的滤网。与水平安装的传感器相比，垂直安装的传感器可以最大限度地减少灰尘积聚，从而产生更理想的结果。
8. 由于器件产生比例式输出，耦合到电源或接地电压的任何噪声都会对器件的输出产生影响。因此，为了实现最佳性能，请验证是否为器件提供了稳定的接地和电源。

8.2.2 详细设计过程

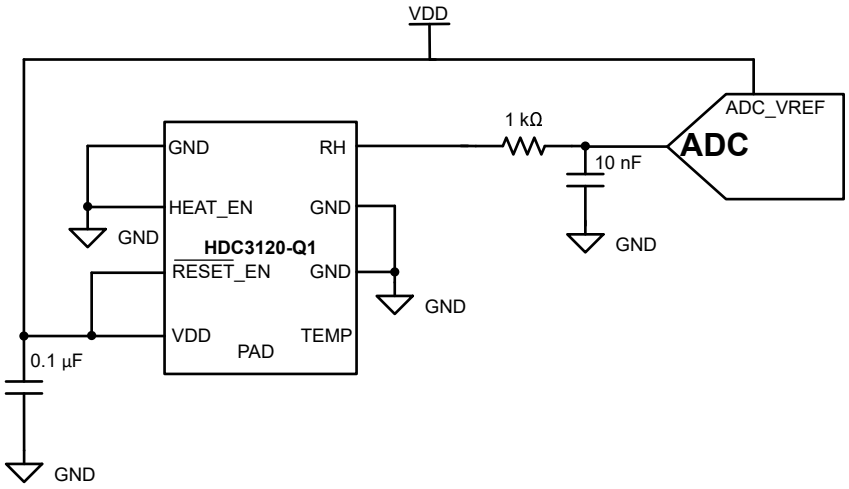


图 8-4. HDC3120-Q1 将 RH 模拟输出连接到 ADC 输入

要充分利用 HDC3120-Q1，请记住，RH 和温度是来自一对缓冲 DAC 的模拟输出。因此，RH 和温度具有 LSB。由于 HDC3120-Q1 的输出与供电电压 V_{DD} 存在呈比例关系，因此，LSB 的大小会随着 V_{DD} 水平的变化而变化。LSB 大小可通过以下公式计算：

$$1\ LSB = \frac{FSR}{2^n - 1} = \frac{0.8 \times V_{DD}}{4095} \tag{8}$$

每个输出 DAC 为 12 位，满标量程 (FSR) 为 V_{DD} 的 80%（V_{DD} 的 10% 为最小输出，V_{DD} 的 90% 为最大输出）。对于 3.3V 的标称 V_{DD} 电压，1 LSB 为 644.7 µV。如果需要更小的 LSB，则需要降低 V_{DD}，因为随着 V_{DD} 的降低，LSB 大小也会按比例减小。

如需开始使用 HDC3120-Q1，应首先确定所需检测条件与电源电压以及用户希望的模拟输出接收方式。例如，连接到 ADC，以便微控制器接收模拟输出就是一种常见的应用场景。在此示例场景中，用户需要在 10°C 至 50°C 的温度范围内，通过 5V 的 V_{DD} 电压，传感 5% 到 95% 的 RH。5V 电压电源可为温度和 RH 输出创建 977 µV 的 DAC LSB。

接下来，确定 LSB 后，用户必须选择 ADC。在本例中，ADC 必须具备覆盖 VDD 电压 10% 至 90% 的满标量程 (FSR)。因此在本例中，FSR 至少必须满足 500mV 到 4.5V 的范围要求。HDC3120-Q1 启动后的自动转换速率为

每秒 4 次测量，因此，ADC 每秒至少须采样 4 次，但不需要非常快的采样速度。选择 ADC FSR 时，请验证 ADC 的 LSB 大小是否小于 HDC3120 的 LSB。在本例中，LSB_{ADC} 必须小于 977 µV。建议将 HDC3120-Q1 V_{DD} 用作 ADC 基准电压，以便确保传感器上的噪声能够与 ADC 上的噪声相匹配。这也会影响所选的 ADC。如果所需的 V_{DD} 为 5V，则 ADC 需要能够接受 +5V 的参考电压。因此，对于此场景中的 ADC，在 5V 的参考电压下，其需要不超过 977 µV 的 LSB，并能够处理高达 4.5V 的输入。

在此基础上，可以使用 ADS1115 与 HDC3120-Q1 连接。ADS1115 采用具有可自定义 FSR 的 16 位 ADC。为了满足 HDC3120-Q1 所需的电压输出范围，需要选择最大的 FSR 范围，即 ±6.144V。此选项的 ADC LSB 为 187.5 µV。该 LSB 仍然远小于 5V 电源所需的 977 µV，因此该 ADC 选择能够满足设计需求。由于 ADC LSB 远小于 HDC3120-Q1 LSB，因此 16 位 ADC 通常是与 HDC3120-Q1 配对的理想选择。

选定 ADC 以后，用户必须确定如何将 HDC3120-Q1 连接至 ADC。HDC3120-Q1 DAC 输出具有一个内部缓冲器，因此不需要用于驱动长电缆或降低输出阻抗的外部缓冲放大器。通常不需要在 ADC 的输入端添加电容器作为电荷桶来防止 ADC 采样产生噪声，也不需要添加电阻器来实现稳定性和滤波。HDC3120-Q1 可以驱动高达 3µF 电容负载，而且由于 HDC3120-Q1 的转换率为 4Hz，即使使用大电容值，RC 电路也不会导致信号减慢问题。

8.3 电源相关建议

HDC3120-Q1 支持的电源电压范围为 1.62V 至 5.50V。TI 建议在 V_{DD} 和 GND 引脚之间使用 0.1µF 的多层陶瓷旁路 X7R 电容器。如果用户计划使用加热器，则用户必须验证电源和 V_{DD}/GND 布线是否可以处理高达 50mA 的电流。

HDC3120-Q1 模拟输出与向器件提供的 VDD 之间存在比例关系，还必须考虑 VDD 上的噪声。VDD 信号上的噪声会在模拟输出引脚上产生噪声。这可能表现为输出端出现与 VDD 上观察到的相同镜像噪声信号，并且 INL 和 DNL 误差增加。用户必须注意将 VDD 的噪声保持在尽可能低的水平，以保护模拟输出的信号完整性。

8.4 布局

8.4.1 布局指南

在对湿度传感器进行 PCB 设计时，需要了解的最重要概念是湿度传感器的结温需要尽可能与环境温度相匹配。这是由于为了获得准确的相对湿度结果，传感器测量的温度需要来自环境空气，因为相对湿度取决于温度。实际上，这意味着尽可能减小 HDC3120-Q1 和环境空气之间的热阻，并尽可能增大 HDC3120-Q1 和 PCB 热源之间的热阻。为实现这些目标，TI 建议：

1. 将所有热源与 HDC3120-Q1 隔开。该设计意味着要将 HDC3120-Q1 放置在远离电池、显示屏或微控制器等功耗密集型电路板元件的位置。电源旁路电容器更适合作为唯一靠近 HDC3120-Q1 的板载组件。如需了解更多信息，可参阅 *“布局示例”* 部分。
2. 消除器件下方和周围连接到 PCB 上其他潜在发热元件或携带来自其他来源的热能的铜层（GND、V_{DD}）。
3. 可以将一个未与任何信号电气连接的小型外露背面铜层放置在 HDC3120-Q1（焊接有散热焊盘）下方。然后，可以添加散热过孔，以更好地将 HDC3120-Q1 封装与背面铜平面进行热连接。该铜平面的用途是为环境空气温度提供另一条到达 HDC3120-Q1 的路径。铜平面在暴露于环境空气中时会加热或冷却，然后通过散热过孔将温度变化传递给 HDC3120-Q1。这样 HDC3120-Q1 不仅通过 PCB 顶部的封装主体接收环境空气温度，还通过传导热传递来接收。
4. 在器件周围使用槽或切口以减少热质量，并更快地响应突然的环境变化。
   - *“布局示例”* 部分的布线直径为 6mm。对于 PCB 中的开槽具体应为多宽不作建议，用户必须验证 PCB 上存在的外部热梯度是否被充分隔离。TI 建议在 HDC3120-Q1 周围布置尽可能大的开槽。对于其他散热切口示意图以及其他布局指南与信息，可参阅 *《优化湿度传感器的布局和布线》* 应用手册。
5. 按照 *节 11* 中所示的示例电路板布局布线和模板设计示例进行操作。
   - 德州仪器 (TI) 建议在 VDD 与 GND 引脚之间连接一个 0.1 µF 的多层陶瓷旁路 X7R 电容器。
6. 一般情况下，最好将封装散热焊盘焊接到保持电气悬空的电路板焊盘上。但是，封装散热焊盘可以保持未焊接状态，以便最大限度减少热泄漏，从而最大限度提升加热器效率。如需了解有关让散热焊盘保持未焊接状态可能对用户应用有益的更多信息，可参阅 *《HDC3x 器件用户指南》*。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.4.2 布局示例

该器件旁边的唯一元件是电源旁路电容器。由于相对湿度取决于温度，因此 HDC3120-Q1 必须远离电路板上存在的热点（例如：电池、显示屏或微控制器）。HDC3120-Q1 周围突出显示的圆形部分是 PCB 上的一个切口。这意味着 PCB 上其他位置的热能必须通过空气传递，而空气的热阻比 PCB 材料高得多。PCB 切口有助于对 HDC3120-Q1 进行热隔离，从而提供更精确的环境测量结果。

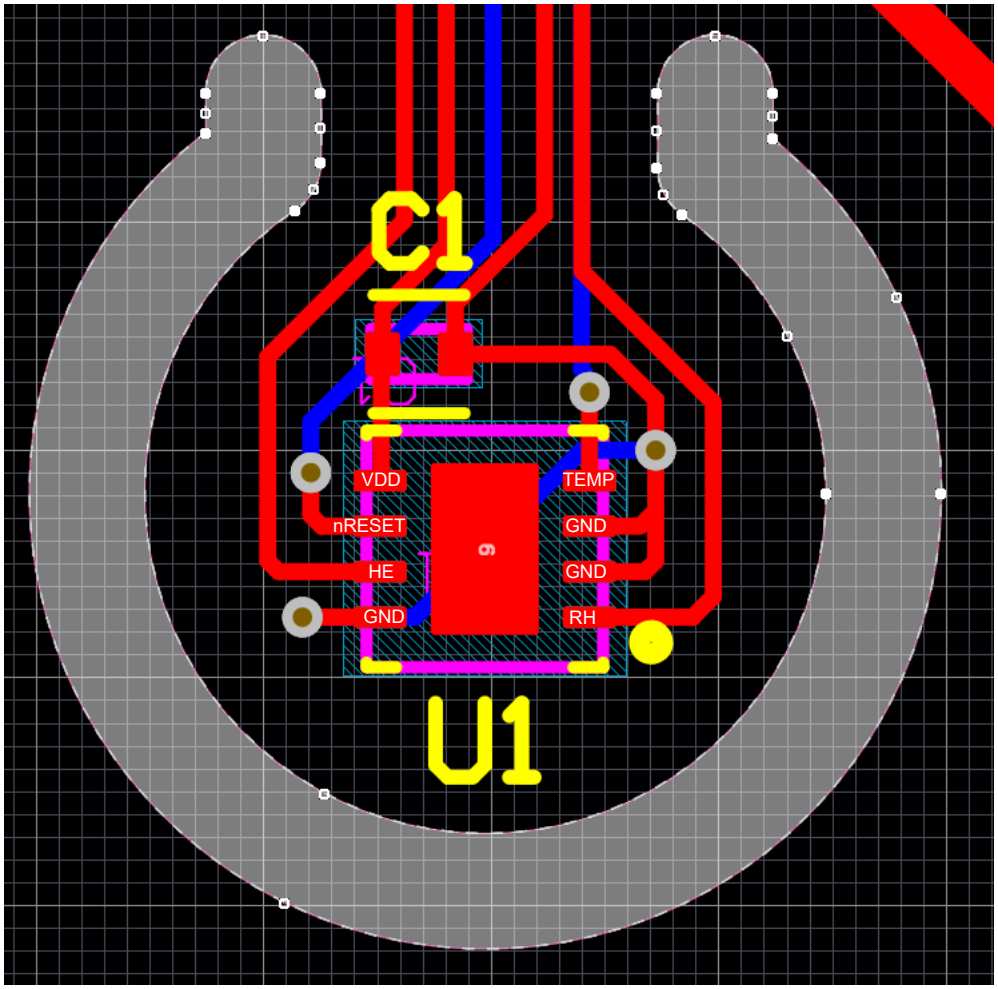


图 8-5. 布局示例

8.5 存储和 PCB 组装

8.5.1 储存和处理

基于聚合物的湿度传感器（如 HDC3120-Q1）必须遵循与标准半导体器件不同的特殊处理和储存指南。本部分提供了用以验证 HDC3120-Q1 湿度传感器从生产到最终使用期间是否始终能够保持准确性能的最佳实践。本节内容涵盖正确的存储条件、再水合的重要性、推荐的回流焊接工艺、安全返工的指南，以及在暴露于恶劣条件后提高传感器性能的方法。另请参阅 HDC3x 器件用户指南。

8.5.2 产品存储

正确储存可最大程度地减少相对湿度 (RH) 精度的变化，并防止污染。HDC3120-Q1 的 MSL 等级为 1。有关存储时长和回流曲线的一般详情，请参见：MSL 等级和回流曲线。

建议的典型存储环境为 10°C 至 35°C，20% 至 60% RH。将器件保存在密封、受控的环境中，以防潮湿和化学污染物。尽量避免让传感器暴露在紫外线/可见光和化学蒸气中。

对于包装材料，必须避免使用聚乙烯袋（通常为蓝色、粉红色或黄色），因为这些袋子会释放出有害蒸气。使用密封的防静电防潮袋（金属），以防止湿气和释气过多。

8.5.3 PCB 组装流程

提供清洁、尽量减少暴露的组装过程，可以保护传感元件并保持其精度。如有可能，将 HDC3120-Q1 传感器作为电路板上最后一个贴装的元件，以限制回流焊接次数和与污染物的接触。请遵循以下指导原则，以实施推荐的回流焊接程序：

- **回流曲线：**遵守 IPC/JEDEC J-STD-020 标准，峰值温度不超过 260°C。有关回流的一般指导原则，请参阅：MSL 等级和回流曲线。
- **免清洗焊料膏：**必须用于空腔器件（HDC3020、HDC3120、HDC3120-Q1 或 HDC3021，去除卷带后），因为使用水或溶剂清洗会污染检测区域。此外，还要确认免清洗助焊剂不含可能释气的挥发性化学物质。
- **对传感器精度的影响：**高温会暂时使 RH 读数出现偏差，随着时间的推移，当传感器暴露在典型的室内环境条件下吸收湿气时，这种偏差会逐渐减小，通常通过再水合即可恢复。
- **电路板清洗**：对于需要清洗的电路板，每当清洗时都需要盖住传感器腔体。请勿用水或溶剂清洗未使用保护套的开腔传感器（例如：HDC3120-Q1）。避免使用可能会损坏传感器的超声波清洗器或振动。

8.5.4 返工注意事项

多次回流焊循环可能导致传感器性能下降。理想情况下，应限制传感器进行单次回流焊循环。仅当传感聚合物保持清洁无损，采用免清洗焊膏并且峰值温度低于 260°C，才可以进行第二次回流焊。

一般来说，不建议进行手动或热风返工；如有必要，应限制器件直接受热，并避免使用污染性助焊剂。如果进行了任何返工，应当在返工完成以后，在受控湿度条件下验证传感器精度。

8.5.5 对化学品与蒸汽的灵敏度

湿度检测聚合物能够吸收各种化学物质，导致暂时性或永久性的精度偏移。常见污染物包括：

- 清洁剂（氨水、漂白剂、过氧化氢）
- 粘合剂、酸性或碱性烟雾、包装材料释放的气体

检查相关的材料安全数据表 (MSDS)，了解潜在污染物。通过在受控环境下操作传感器，限制与挥发性有机化合物 (VOC) 的接触，并确保对器件进行密封或屏蔽，避免腐蚀性/高浓度烟雾侵入，将损害降至最低。

已针对部分化学品进行了特定化学品与暴露曲线测试，如需了解 HDC3x 湿度传感器系列的化学品测试的结果与信息，可参阅*《HDC3x 器件用户指南》*。

8.5.6 暴露于高温和高湿度条件下

在极端（高或低）相对湿度和/或温度下长时间运行，可能导致相对湿度输出出现暂时性偏移。在极端湿度与温度下，长时间在非推荐工作条件下运行，可能导致相对湿度输出出现暂时性或永久性偏移。

在 -20°C 到 80°C 温度下，推荐的湿度工作范围为 0% 到 100% RH（非冷凝）。超出该等范围运行，或在该等范围内的特定极端条件下（例如：温度为 80°C 时，相对湿度为 85% RH）长时间运行可能会导致：

- 逐渐相对湿度偏移：长时间处于 100% 相对湿度附近，可能会导致读数暂时性偏移。
- 缓慢恢复：恢复正常环境条件以后，偏移通常会在数小时或数天内消除。
- 永久性影响：反复或严重暴露可能会导致不可逆转的漂移。

8.5.7 恢复传感器性能：烘烤与再水合程序

如果传感器因较高的湿度与温度条件或接触化学品而发生漂移，则有针对性的恢复过程可能会有所帮助：

1. 高温低湿条件下（100°C，相对湿度 < 5%），**烘烤** 5-10 小时，这有助于加快蒸发速度，进而去除特定污染物。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

2. 利用*再水合建议*部分中描述的推荐再水合曲线之一进行**再水合**，这有助于使聚合物达到平衡，帮助恢复基线性能。
3. **验证**传感器输出，确认精度已恢复。

特定情况下（例如：涉及腐蚀性化学品或物理损坏的情况），可能无法总是完全恢复。

9 器件和文档支持

9.1 文档支持

9.1.1 相关文档

- 德州仪器 (TI)，*湿度传感器：存储和处理指南* 应用手册
- 德州仪器 (TI)，*优化湿度传感器的布局和布线* 应用手册
- 德州仪器 (TI)，*HDC3x 器件用户指南*，用户指南
- 德州仪器 (TI)，*I^2C 上拉电阻器计算* 应用手册
- 德州仪器 (TI)，*85°C/85% RH 加速寿命测试对湿度传感器的影响* 白皮书
- 德州仪器 (TI)，*保持性能长期一致对相对湿度传感器的重要性* 技术文章

9.2 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 ti.com 上的器件产品文件夹。点击*通知* 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

9.3 支持资源

TI E2E™ 中文支持论坛是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的使用条款。

9.4 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.
所有商标均为其各自所有者的财产。

9.5 静电放电警告

静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

9.6 术语表

TI 术语表	本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

10 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 * (February 2025) to Revision A (May 2025)	Page
• 将数据表状态从“预告信息”更改为“混合量产”	1

11 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

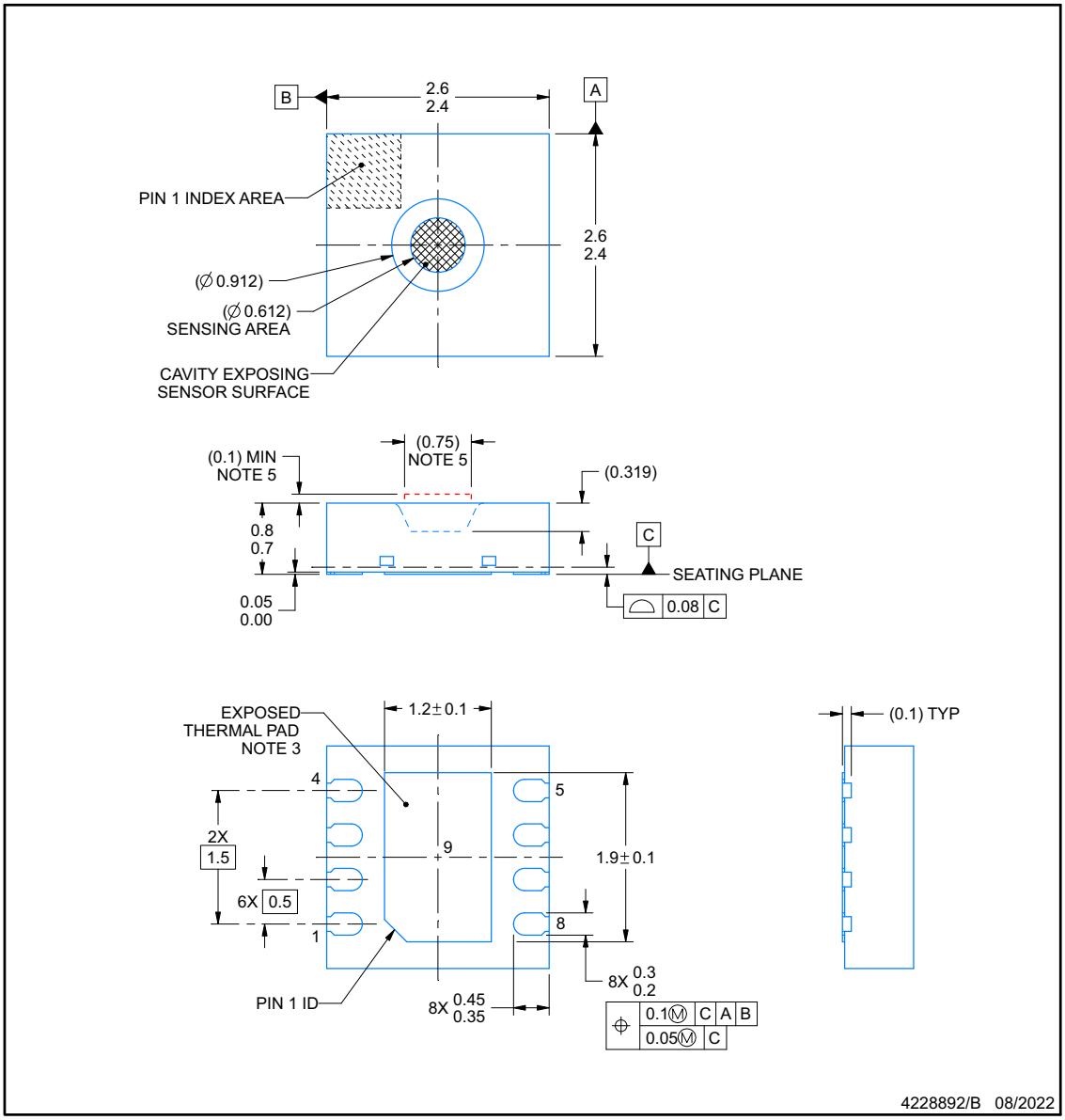
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

PACKAGE OUTLINE

DEF0008A-C01

WSON - 0.8 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE - NO LEAD



NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. It is generally best practice to solder the package thermal pad to a board pad that is connected to ground, however to minimize thermal mass for maximum heater efficiency or to measure ambient temperature it may be left floating.
4. The pick and place nozzle internal diameter has to be between ∅0.915 and ∅1.875 mm.
5. Customers must maintain adequate clearance from this region to allow for proper functioning of the humidity sensor.

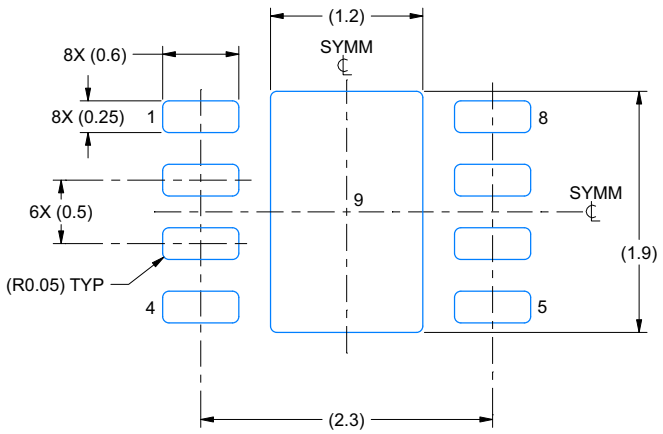
www.ti.com

图 11-1. HDC3120-Q1 封装外形图

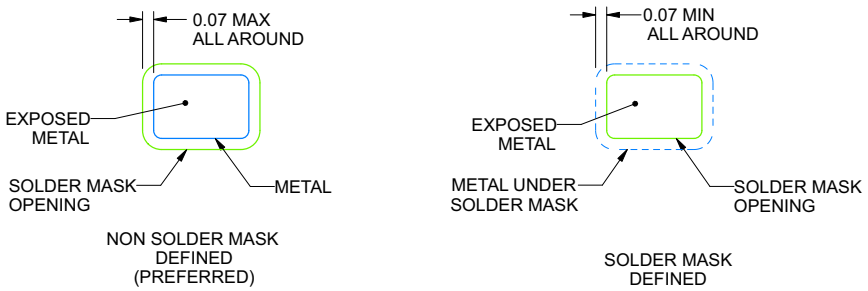
EXAMPLE BOARD LAYOUT

DEF0008A-C01 **WSON - 0.8 mm max height**

PLASTIC SMALL OUTLINE - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:20X



SOLDER MASK DETAILS

4228892/B 08/2022

NOTES: (continued)

6. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slua271).
7. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

TEXAS INSTRUMENTS
www.ti.com

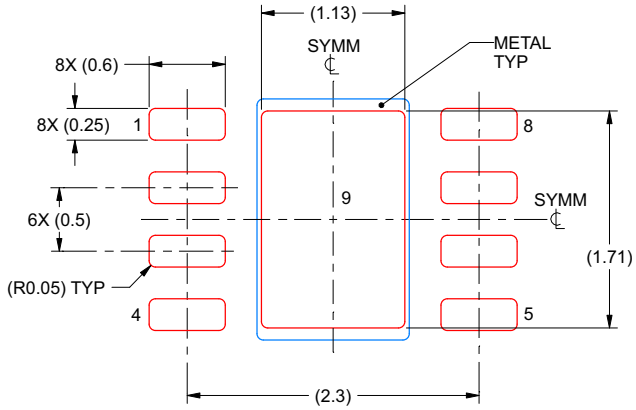
图 11-2. HDC3120-Q1 示例电路板布局布线

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

EXAMPLE STENCIL DESIGN

DEF0008A-C01 **WSON - 0.8 mm max height**

PLASTIC SMALL OUTLINE - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL

EXPOSED PAD 7:
85% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA UNDER PACKAGE
SCALE:20X

4228892/B 08/2022

NOTES: (continued)

8. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package | Pins	Package qty | Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
HDC3120QDEFRQ1	Active	Production	WSON (DEF) | 8	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	Y

(1) **Status:** For more details on status, see our product life cycle.

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the TI RoHS Statement for additional information and value definition.

(4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

OTHER QUALIFIED VERSIONS OF HDC3120-Q1 :

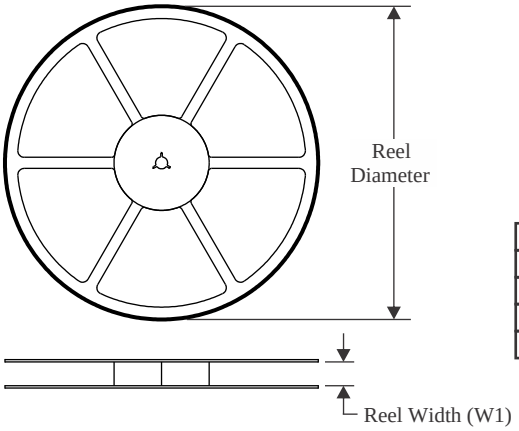
- Catalog : HDC3120

NOTE: Qualified Version Definitions:

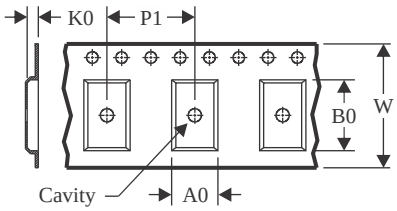
- Catalog - TI's standard catalog product

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

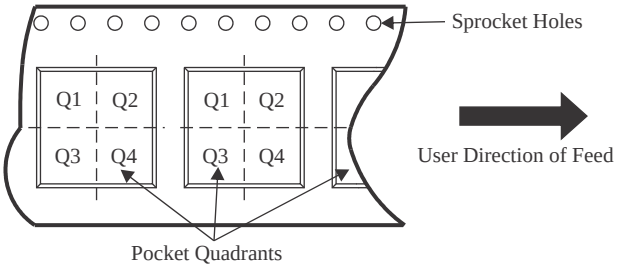


TAPE DIMENSIONS



A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers

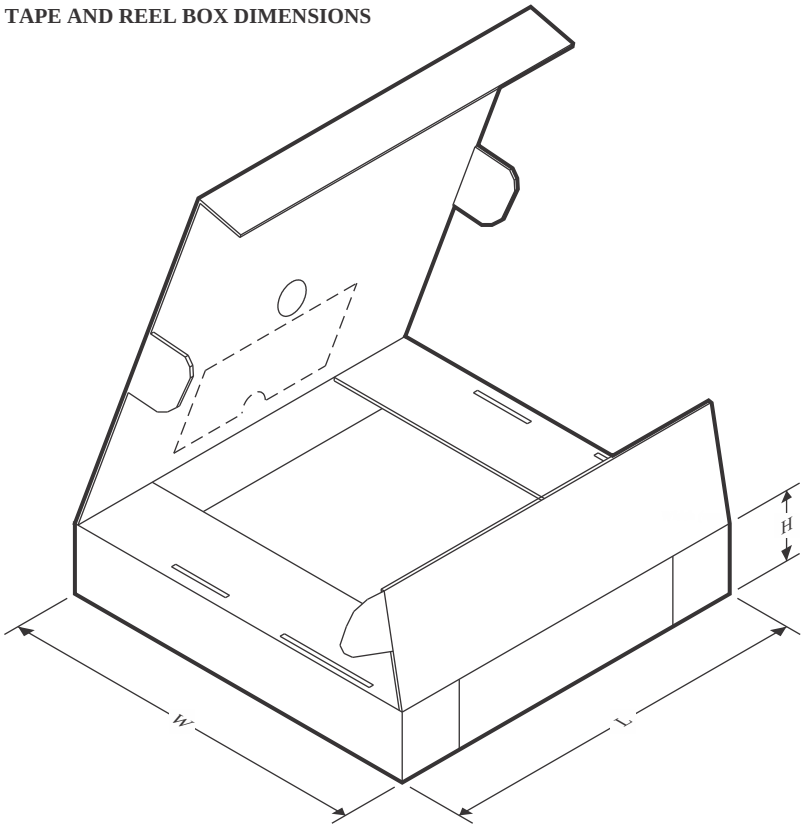
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
HDC3120QDEFRQ1	WSON	DEF	8	3000	330.0	12.4	2.75	2.75	1.3	8.0	12.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
HDC3120QDEFRQ1	WSON	DEF	8	3000	356.0	338.0	48.0

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出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 销售条款)、TI 通用质量指南 或 ti.com 上其他适用条款或 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。 除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月