

數位式溫濕度雙功能感測元件

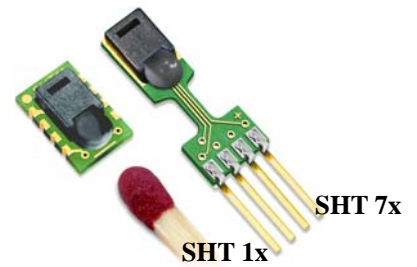
SHT 1x/ SHT 7x (請以英文原文內容為主，中文譯本僅供參考)

SENSIRION
THE SENSOR COMPANY

產品概述

SHT 1x/7x 系列產品是一款高精度的溫濕度感測晶片，提供完整校準的數位輸出。它採用的專利 **CMOSens™** 技術，確保產品極高的可靠性與卓越的長期穩定性。感測元件包括一個電容性聚合體溼度感測元件，和一個用**能隙材料** (bandgap)，與 14 位元的 A/D 轉換器以及串列介面電路無縫連接，結合在同一個晶片上。因此，該產品具有品質卓越、超快反應時間，抗干擾能力強、極具競爭性的價格等優點。

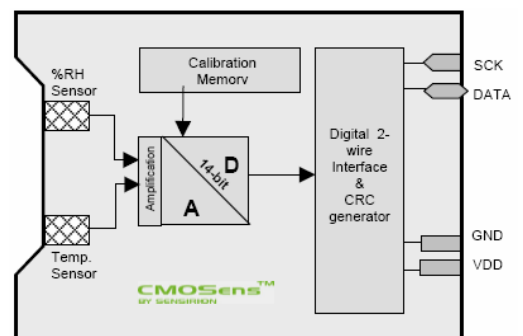
每個感測器晶片都在極為精確的濕度控制室中，參照鏡面冷凝式濕度計進行校準。校準係數以程式形式儲存於 OTP 記憶體中，這些係數用以在測量時，校準感測元件的訊號。兩線式的串列介面與內部的電壓調整，使周邊系統整合變得快速而簡單。而其極小的尺寸和極低的電流消耗，使其成為各類應用的首選。產品提供 SMD 及 4 針插角式二種。



應用領域

- 冷凍空調系統 HVAC
- 汽車
- 消費性電子
- 氣象站
- 溫濕度調節器
- 測量及檢測設備
- 資料紀錄器
- 自動控制
- 家電產品
- 醫療用品

產品型號	濕度精確度 (%RH)	溫度精確度 (K) @ 25°C	包裝方式
SHT10	± 4.5	± 0.5	SMD (LCC)
SHT11	± 3.0	± 0.4	SMD (LCC)
SHT15	± 2.0	± 0.3	SMD (LCC)
SHT71	± 3.0	± 0.4	4-pin single-in-line
SHT75	± 1.8	± 0.3	4-pin single-in-line



感測元件性能說明

參數	條件	Min.	Typ.	Max.	單位
濕度					
解析度 ⁽²⁾		0.5	0.03	0.03	%RH
		8	12	12	bit
重現性			± 0.1		%RH
精確度 ⁽¹⁾ (不確定性)	線性化	參見圖 (一)			
互換性		可完全互換			
非線性度	原始資料		±3		%RH
	綫性度		<<1		%RH
量測範圍		0		100	%RH
反應時間	1/e (63%)		4		s
磁滯			±1		%RH
長期穩定性	典型值		< 0.5		%RH/yr
溫度					
解析度 ⁽²⁾		0.04	0.01	0.01	°C
		0.07	0.02	0.02	°F
		12	14	14	bit
重現性			±0.1		°C
			±0.2		°F
精確度		參見圖 (一)			
量測範圍		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
反應時間	1/e (63%)	5		30	s

表一：感測元件性能規格表

- 每個 SHTxx 感測元件在 25°C (77°F) 和 48°C (118.4°F) 均進行過完整 RH 精度標定
- 預設的測量解析度為 14bit (溫度) 和 12bit (濕度)，透過狀態寄存器，可分別降至 12bit 和 8bit

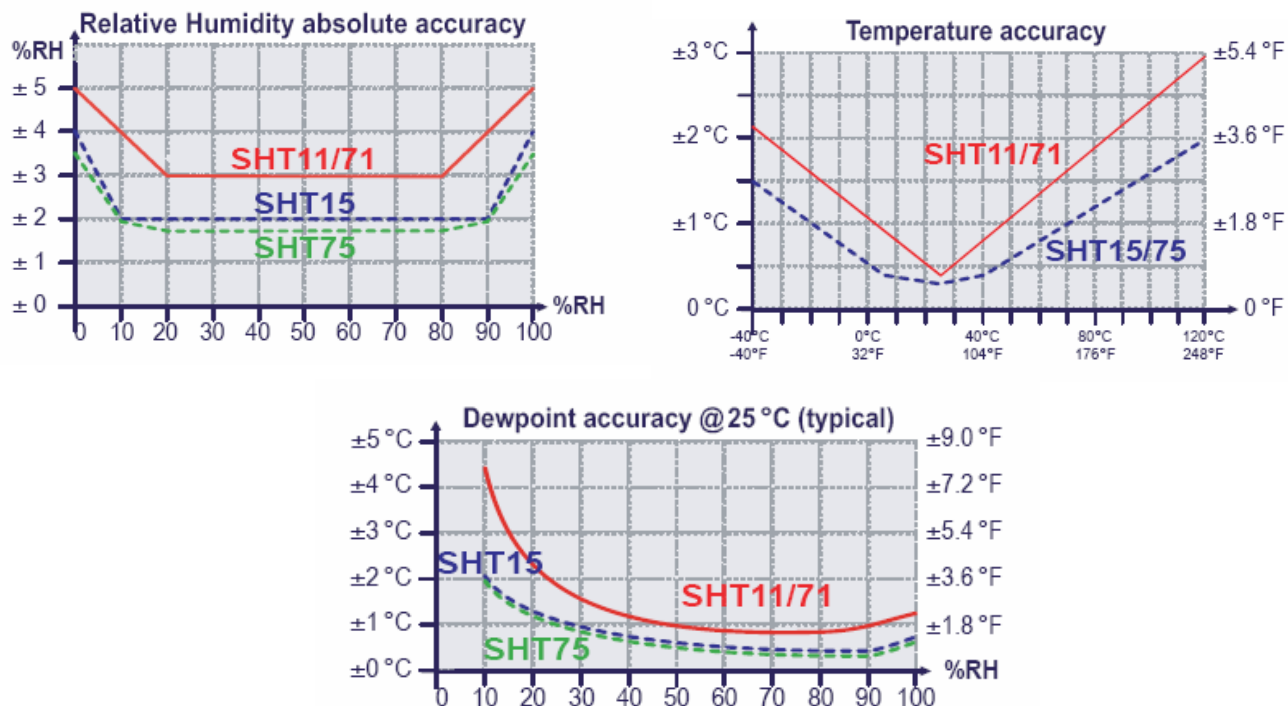
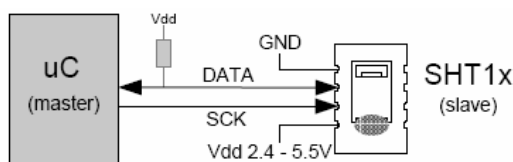


Figure 1 Rel. Humidity, Temperature and Dewpoint accuracies

圖一：相對溼度、溫度及露點精確度

介面規格說明



圖二：典型應用電路圖

電源引脚

SHTxx 的供電電壓為 2.4 ~ 5.5V。感測元件上電後，會經過 11ms 的休眠狀態時間，在此段期間無須發送任何指令。電源引脚（VDD，GND）之間可增加一個 100nF 的電容，用以去耦濾波。

串列介面（2 線式雙向作用）

SHTxx 的串列介面，在感測元件訊號的讀出及電源損耗方面，都做了優化處理，但與 I²C 介面不相容。

- 串列時鐘輸入（SCK）

SCK 用於微處理器與 SHTxx 之間的通訊同步，由於介面包括了完全靜態邏輯，因此沒有最小 SCK 頻率。

- 串列資料（DATA）

DATA 三態用於轉換資料的輸入及輸出。DATA 在 SCK 下降之後改變狀態；在 SCK 上升時有效。資料傳輸期間，在 SCK 呈現“高”時，DATA 必須保持穩定。為避免信號衝突，微處理器應驅動 DATA 為“低”。另外，需要一個外部的上拉電阻（例如：10KΩ）將信號提升至“高”（參見圖二）。上拉電阻通常已包含在微處理器的 I/O 電路中。詳細的 I/O 特性，參見表五。

- 發送命令

用一組“啟動傳輸”時序，來初始化資料傳輸，它包括：當 SCK 呈現“高”時，DATA 轉為“低”，緊接著 SCK 為低脈衝，隨後是 SCK 仍為“高”時，DATA 轉為“高”。



Figure 3 "Transmission Start" sequence

圖三 “啟動傳輸”時序

後續命令包含三個位址位元（目前只支援“000”），和五個命令位元。SHTxx 會以下述方式表示已正確地接收指令：在第 8 個 SCK 的下降之後，將 DATA 下拉為“低”（ACK 位元）；在第 9 個 SCK 的下降之後，釋放 DATA（上升為“高”）。

命令	代碼
預留	0000x
溫度測量	00011
濕度測量	00101
讀狀態寄存器	00111
寫狀態寄存器	00110
預留	0101x-1110x
軟重定：重定介面、清空狀態寄存器，即清空為預設值 下次命令前等待至少 11ms	11110

表二 SHTxx 命令列表

- 測量時序 (RH 和 T)

在發布一組測量命令(‘00000101 表示溼度 RH, ‘00000011 表示溫度 T)之後，控制器須等到測量結束。測量 8/12/14 bit 這個過程，大約需要 11/55/210 ms。確切的時間隨內部晶振速度，而會有最多±15%變化。SHTxx 下拉 DATA 至“低”，表示測量結束，並進入閒置模式。控制器在觸發 SCK 以讀取訊號前，必須等待這個“資料備妥”信號。測量資料在讀出前會儲存起來，以便於控制器可以繼續執行讀取和其他工作。

接著傳輸 2 個位元的測量資料，和 1 個位元 CRC 依據封包內容計算出的值，uC 需要透過下拉 DATA 為“低”，以確認每個位元。所有的資料最初為 MSB，右值有效（例如：第 5 個 SCK 為 12bit 經確認的 MSB，而 8bit 資料，第一個位元則無意義）。如果不使用 CRC-8 校驗，控制器可以在測量值 LSB 後，透過保持 ack 高電位，來中止通訊。在測量和通訊結束後，SHTxx 會自動轉入休眠模式。

警告：為保證自身溫度低於 0.1℃，SHTxx 的啟動時間不要超過 10%（例如：對應 12bit 精確度測量，每秒最多進行 2 次測量）。

- 通訊重定時序

如果與 SHTxx 通訊中斷，下列信號時序可以重定串接介面：

當 DATA 保持高電位時，會觸發 SCK9 次或更多。在下次指令前，發送一個“傳輸啟動”時序。這些時序只重定串接介面，狀態寄存器內容仍會保留。

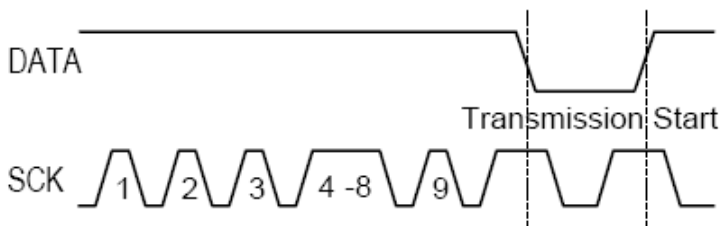


Figure 4 Connection reset sequence

圖四 通訊重定時序

- CRC-8 校驗

數位信號的整個傳輸過程由 8bit 的校驗來確保無誤。任何錯誤資料將被檢測出，並被清除。詳情可參閱應用文章“CRC-8”校驗。

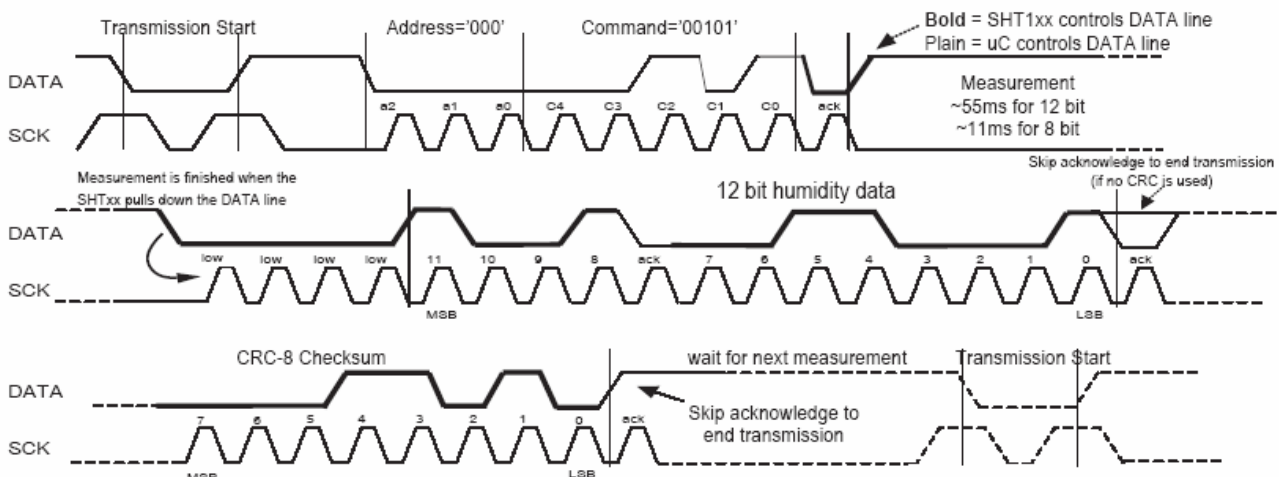


Figure 5 Example RH measurement sequence for value "0000'1001' 0011'0001" = 2353 = 75.79 %RH (without temperature compensation)

圖五 溼度量測範例“0000 1001’ 0011 0001” = 2353 = 75.79%RH（無溫度補償）

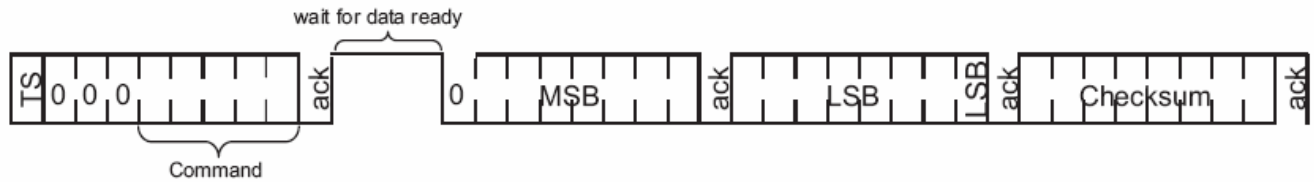


Figure 6 Overview of Measurement Sequence (TS = Transmission Start)
圖六 量測時序概觀

狀態寄存器

SHTxx 的某些進階功能可以透過狀態寄存器執行。下面的章節概括介紹了這些功能。詳情可參閱“狀態寄存器”的應用文章。

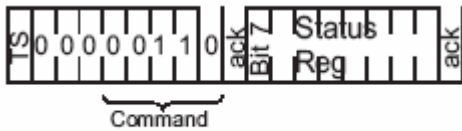


Figure 7 Status Register Write
圖七 狀態寄存器寫入

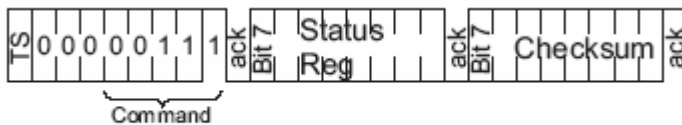


Figure 8 Status Register Read
圖八 狀態寄存器讀出

Bit	類型	說明	預設值	
7		預留	0	
6	R	電量不足（低電壓檢測） ‘0’對應 Vdd>2.47 ‘1’對應 Vdd<2.47	X	無預設值 此位元僅在測量結束後更新。
5		預留	0	
4		預留	0	
3		僅供測試，不使用	0	
2	R/W	加熱	0	關
1	R/W	不 OTP 載入	0	載入
0	R/W	‘1’=8bit RH/12bit T 解析度 ‘0’=12bit RH/14bit T 解析度	0	12bit RH 14bit T

表三 狀態寄存器位元

- 測量解析度

預設的測量解析度分別為 14bit（溫度）、12bit（溼度），也可分別降至 12bit 和 8bit。通常利於高速或低耗電量的應用。

- 電量不足

“電量不足”功能可監測到 VDD 電壓低於 2.47V 的狀態，精確度為±0.05V。

- 加熱元件

晶片上可切換接通使用的加熱元件。接通後，可將 SHTxx 的溫度提高大約 5~15°C（9~27°F）。功耗會增加~8mA@5V。可應用：

比較加熱前後的溫度和濕度值，可以適當地驗證兩個感測器元件的性能。

- 在高溼度的（>95%RH）環境中，加熱感測器可預防結露，同時縮短反應時間，提高精確度。

警告：加熱 SHTxx 後溫度升高、相對濕度降低，與加熱之前相較，顯示值會有差異。

電氣特性⁽¹⁾

VDD=5V，溫度=25℃，除非特殊標注

參數	條件	Min.	Typ.	Max.	單位
供電 DC		2.4	5	5.5	V
供電電流	測量		550		μA
	平均	2 ⁽²⁾	28 ⁽³⁾		μA
	休眠		0.3	1	μA
低電壓輸出電壓		0		20%	Vdd
高電壓輸出電壓		75%		100%	Vdd
低電壓輸入電壓	下降趨勢	0		20%	Vdd
高電壓輸入電壓	上升趨勢	80%		100%	Vdd
焊盤上的輸入電流				1	μA
輸出峰值電流	On			4	mA
	三態 (off)		10		μA

表四 SHTxx DC 特性

- (1) 參數會周期性抽驗但非 100%檢測。
(2) 每秒進行一次 8bit 精確度的測量，不載入 OTP。
(3) 每秒進行一次 12bit 精確度的測量。

	參數	條件	Min.	Typ.	Max.	單位
F_{SCK}	SCK 頻率	VDD>4.5V			10	MHz
		VDD<4.5V			1	MHz
T_{RFO}	DATA 下降時間	輸出負載 5pF	3.5	10	20	ns
		輸出負載 100pF	30	40	200	ns
T_{CLx}	SCK 高/低時間		100			ns
T_v	DATA 有效時間			250		ns
T_{SU}	DATA 設定時間		100			ns
T_{HO}	DATA 保持時間		0	10		ns
T_R/T_F	SCK 升/降時間			200		ns

表五 SHTxx I/O 信號特性

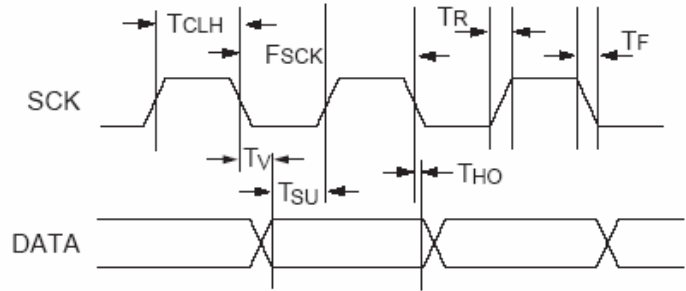


Figure 9 Timing Diagram
圖九 時間表

輸出轉換為物理量

相對濕度

爲了補償溼度感測器的非線性及保有完整的精確度，建議使用公式⁽¹⁾轉換讀出值：

$$RH_{\text{linear}} = c_1 + c_2 \cdot SO_{RH} + c_3 \cdot SO_{RH}^2$$

SO _{RH}	c1	c2	c3
12 bit	-4	0.0405	-2.8 * 10 ⁻⁶
8 bit	-4	0.648	-7.2 * 10 ⁻⁴

Table 6 Humidity conversion coefficients

表六 溼度轉換係數

簡化的修正演算法，可參閱應用文章“相對濕度及溫度的非線性補償”。
濕度值高於 99%表示空氣中的水分飽和，應處理並顯示為 100%RH。溼度感測元件電壓沒有顯著的附屬性。

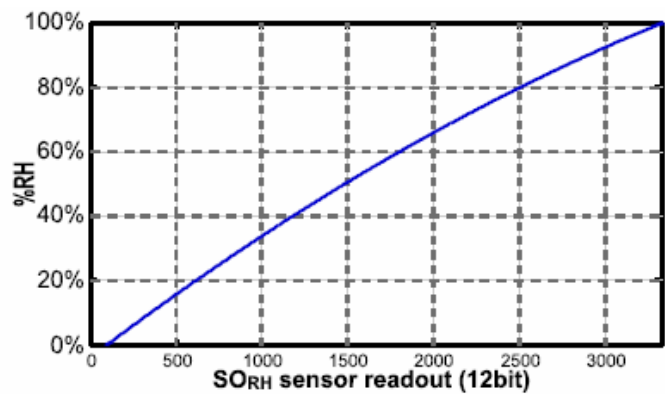


Figure 10 Conversion from SO_{RH} to relative humidity

圖十 從 SO_{RH} 轉換為相對溼度

- 溼度感測元件 RH/溫度補償

若實際溫度與參考溫度 25°C (~77°F) 顯著不同，應將溼度感測元件的溫度修正係數考慮進去：

$$RH_{true} = (T_{°C} - 25) \cdot (t_1 + t_2 \cdot SO_{RH}) + RH_{linear}$$

SO _{RH}	t ₁	t ₂
12 bit	0.01	0.00008
8 bit	0.01	0.00128

Table 7 Temperature compensation coefficients

表七 溫度補償係數

This equals ~0.12 %RH / °C @ 50 %RH

此等同於 ~0.12%RH/°C @50%RH

溫度

能隙材料(bandgap) PTAT（正比於絕對溫度）設計的溫度傳感器具有極好的線性。可用如下公式將數位輸出轉換為溫度值：

$$\text{Temperature} = d_1 + d_2 \cdot SO_T$$

VDD	d ₁ [°C]	d ₁ [°F]
5V	-40.00	-40.00
4V	-39.75	-39.50
3.5V	-39.66	-39.35
3V	-39.60	-39.28
2.5V	-39.55	-39.23

SO _T	d ₂ [°C]	d ₂ [°F]
14bit	0.01	0.018
12bit	0.04	0.072

Table 8 Temperature conversion coefficients

表八 溫度轉換係數

在極端工作條件下測量溫度時，可使用進一步的演算法以取得較高精確度。可參閱應用文章“相對溼度與溫度的非線補償”。

露點

由於溼度與溫度經由同一晶片測量，SHTxx 系列產品可以同時實現極佳的露點測量。可參閱應用文章“露點計算”。

工作與儲存條件

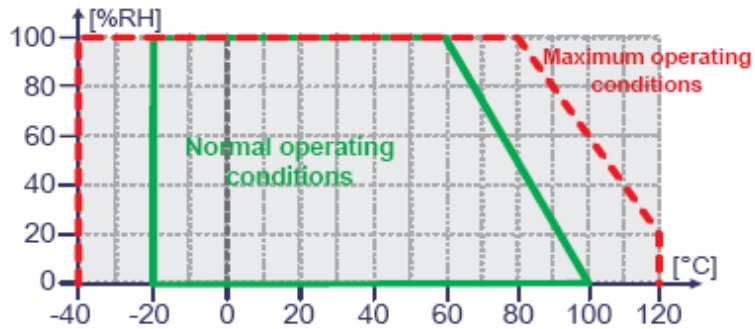


Figure 11 Recommended operating conditions

圖十一 建議工作條件

超出建議的工作條件範圍可能導致最大 3% 的 RH 信號暫時性飄移。剛恢復到正常工作條件後，感測元件會自己緩慢地恢復到校準的狀態。可參閱的“恢復處理程序”以加速恢復過程。在非正常條件下的長時間使用，會加速產品的老化。

暴露於化學物質中

化學蒸氣會影響用於溼度測量的聚合物，化學物質滲入聚合物中可能導致測量元件精度的飄移與靈敏性下降。在純淨的環境中，污染物將緩慢釋放。下文所述的“恢復處理程序”將加速完成這一過程。

過強的化學污染可能導致感測元件的徹底損壞。

恢復處理程序

暴露在極端工作條件或化學蒸汽中的感測元件，可透過如下處理，使其恢復到校準狀態。

在 80°C~90°C (176~194°F) 和 <5%RH 的溼度條件下保持 24 小時 (烘乾)；隨後在 20°C~30°C (70~90°F) 和 >74%RH 的溼度條件下保持 48 小時 (重新水合)。

溫度影響

氣體的相對溼度，在相當程度上是依賴溫度。因此在測量溼度時，應盡可能讓溼度感測元件保持在同一溫度下工作。如果與釋放熱量的電子元件共用一個印刷電路板，在安裝時應盡可能將 SHTxx 遠離電子元件，並安裝在熱源下方，同時保持外殼的良好通風。

為降低熱傳導，SHT1x 與印刷電路板其他部份之間的銅鍍層應盡可能最小，並在兩者之間留出一道縫隙 (參見圖 14)。

薄膜

薄膜可防止灰塵進入，並保護感測元件，同時會減少化學蒸氣的濃度。為獲取最佳的反應時間，薄膜內的空氣量必須保持在最少。針對 SHT1x 系列，SENSIRION 的 SF1 濾波蓋，提供最高 IP67 的保護。

光線

SHTxx 對光線不敏感。但長時間暴露在太陽光下或強烈的紫外線輻射中，會使外殼老化。

用於密封和安裝的材質

許多材質會吸收溼氣，而成為緩衝器，這會使反應時間變長和並增加磁滯。因此感測元件週邊的材質應謹慎選用。

建議材質：各種金屬材質、LCP、POM (Delrin)、PTFE (Teflon)、PE、PEEK、PP、PB、PPS、PSU、PVDF、PVF。

用於密封及黏著 (少量使用)：用於電子包裝的高裝填 epoxy 和矽樹脂 (silicon)。加熱這些材質產生的氣體，也會污染 SHTxx，在製造或以 50°C 24 小時烘乾，去除污染物後，包裝好儲放於通風良好處。

接線注意事項與信號完整性

SCK 和 DATA 信號線平行，且間距超過 10cm (如使用導線)，將導致干擾和遺失信號丟失。解決方法是在兩個信號之間放置 VDD 和/或 GND。

詳情可參閱應用“ESD、latch-up 和 EMC”。

如使用導線，應在電源引腳 (VDD、GND) 之間可增加一個 100nF 的電容。

產品品質

本品已通過多種環境測試，您可向 SENSIRION 索取更詳細的資料。

環境	標準	結果 ⁽¹⁾
溫度週期	JESD22-A104-B -40°C/125°C, 1000cy	符合規格
HAST 壓力	JESD22-A110-B 2.3bar 125°C 85%rh	+2%RH 的可逆飄移
高溫及高濕度	JESD22-A101-B 85°C 85%RH 1250h	+2%RH 的可逆飄移
含鹽份空氣	DIN-50021ss	符合規格
冷凝空氣	-	符合規格
冷凍週期 完全浸沒	-20/+90°C, 100cy 300min 駐留時間	+2%RH 的可逆飄移
多種汽車化學品	DIN 723000-5	符合規格

表九：品質測試 (重點節錄)

ESD（靜電釋放）

ESD 靜電釋放符合 MIL STD 883C method 3015 標準（Human Body Model at $\pm 2\text{kV}$ ）。

電路閉鎖測試依據 JEDEC17 標準，滿足強制電流在 $\pm 100\text{mA}$ ，環境溫度 $T_{\text{amb}}=80^{\circ}\text{C}$ 條件。詳情可參閱應用文章“ESD、latch-up、EMC”。

包裝訊息

Pin	名稱	注釋
1	GND	接地
2	DATA	序列數據、雙向
3	SCK	序列時鐘、輸入
4	VDD	供電 2.4 -5.5V
	NC	剩餘引腳請勿連接

表十 SHT1x 引腳敘述

- 包裝類型

SHTX 採用表面貼裝 LCC（無鉛晶片載體）包裝方式，液晶聚合物（LCP）環氧包覆外殼，標準 0.8mm FR4 底。不含鉛、鉻、汞。（完全符合 RoHs 及 WEEE 環保規章）

尺寸：7.42 × 4.88 × 2.5mm（0.29 x 0.19 x 0.1inch）

重量：100 毫克

生產日期用白色數字標識於感測元件頂部，格式為 wwyy. e.g “351”=week 35, 2001.

- 運輸條件

HT1x 置於 12mm 膠帶卷帶裝，以 100 個或 400 個為單位(SHT10 僅有 2000 個的包裝)。膠盤以條碼或可讀標籤做標記，可做為生產、校準、測試的追蹤。

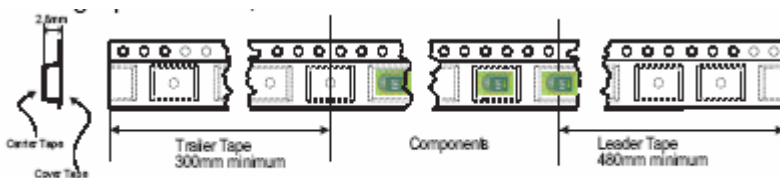


Figure 12 Tape configuration and unit orientation

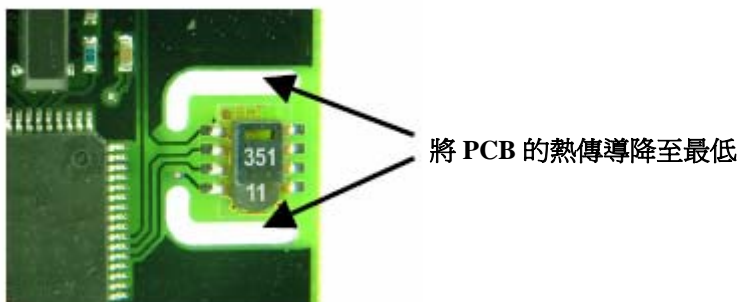
- 焊接訊息

使用標準的回流焊爐，詳細的焊接資訊，請參閱“焊接規程”。

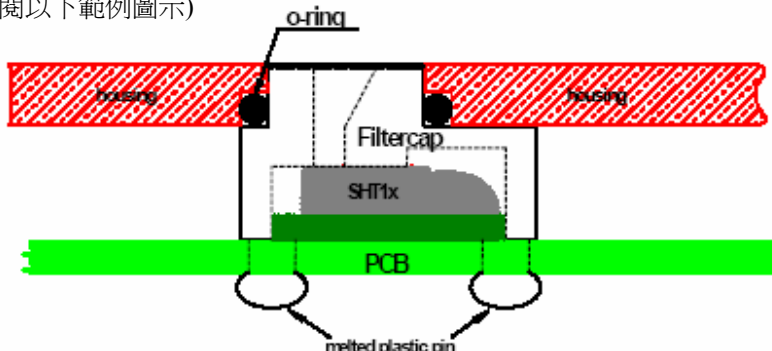
手動焊接，在最高 350°C 的溫度下接觸時間須少於 5 秒。

焊接後，請將感測元件在 $>74\%\text{RH}$ 的環境下存放至少 24 小時，以確保聚合物重新水合。

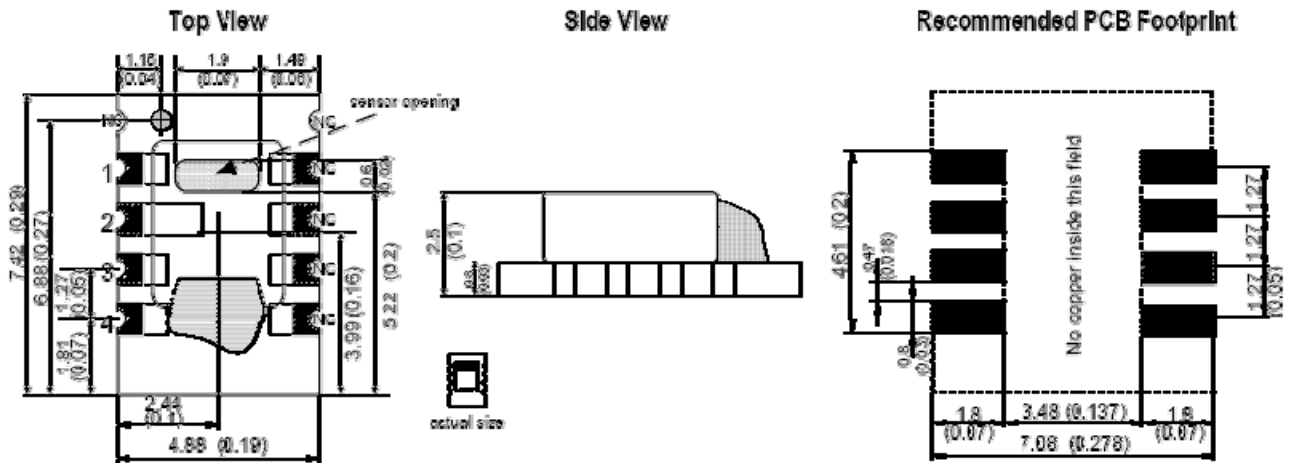
詳情可參閱應用文章“焊接規程”。

- 安裝範例

SF1 濾波蓋可提供最高達 IP67 的保護，透過外殼安裝，內部可免於環境的影響，且可保有極佳的溼度測試品質。（請參閱以下範例圖示）



圖十四：SF1 IP67 濾波蓋安裝範例圖示



圖十五：SHT1x 圖面說明，尺寸單位為 mm

SHT7X (4-pin 單排引腳)

Pin	名稱	注釋
1	SCK	序列時鐘、輸入
2	VDD	供電 2.4-5.5V
3	GND	接地
4	DATA	序列數據、雙向

- 包裝類型¹

SHT7X 採用 4 針的單排引腳形式包裝。液晶聚合物環氧包覆外殼，標準 0.8mmFR4 襯底。不含鉻、汞。

感測元件頂部通過小橋接器實現與引腳的連接，以降低熱傳導及反應時間。感測元件頂部背面的鍍金板與 GND 引腳相連。

在背面 VDD 與 GND 之間安裝了一個 100nF 的電容。

所有引腳均鍍金處理，以防腐蝕。可焊接使用，也可與 1.27mm (0.05") 的插槽匹配。

例如：Preci-dip/Mil-Max 851-93+004-20-001 或類似產品。

總重量：168mg，感測元件頂部(除了引腳部份)重量：73mg。

生產日期用白色數字標識於感測元件頂部，格式為 wwy.e.g.”351”=week 35,2001

- 運輸條件

SHT7X 以 32mm 膠帶卷裝運輸，每個直徑為 13 英寸的標準膠盤可裝 500 個。膠盤以條形碼或可讀標籤做單獨標記。

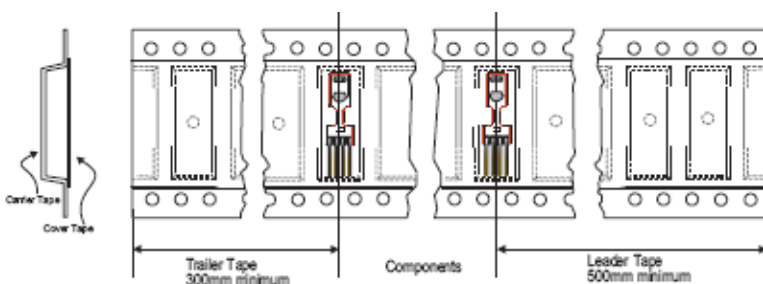


Figure 16 Tape configuration and unit orientation

- 焊接訊息²

使用標準的波動焊接，在最高 235°C 的溫度條件下不超過 20 秒。

手動焊接，在最高 350℃ 的溫度條件下接觸時間須少於 5 秒。

焊接後，將感測元件在 $\geq 74\%RH$ 的環境下存放至少 24 小時，

以保證聚合物的重新水合。

詳情可參閱應用文章“焊接規程”。

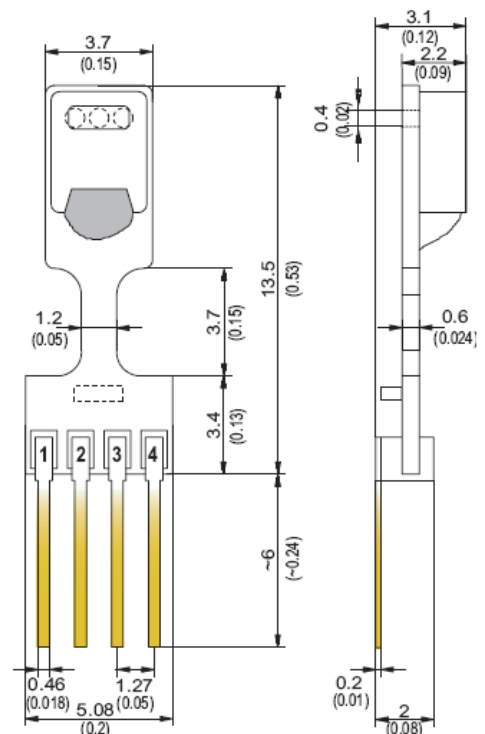


Figure 17 SHT7x dimensions in mm (inch)

1 可依需求另提供特殊包裝方式

2 爲求最佳精確度，請勿焊接 SHT75