

設計 NTC 熱敏電阻測溫系統的設計

NTC (Negative Temperature Coefficient; 溫度系數) 熱敏電阻是一種溫度感測器，其電阻值隨著溫度的變化而改變。本文將介紹 NTC 熱敏電阻測溫設計中的相關知識點，包括 NTC 選擇、ADC 選擇與配置，以及如何使用 NTC 熱敏電阻進行測溫。

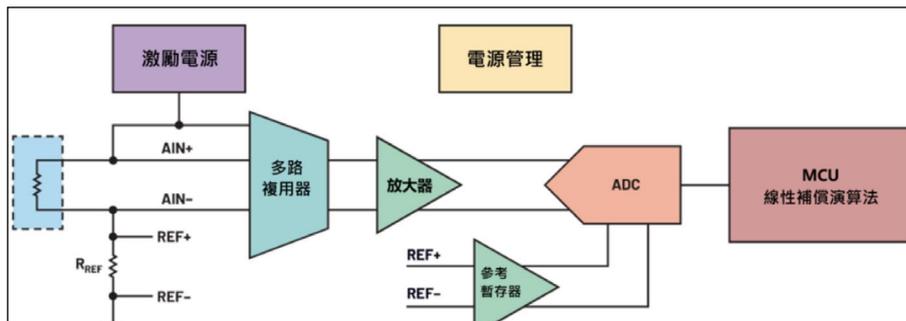
■作者：Alan Yang

NTC 熱敏電阻是一種感測器電阻，其電阻值隨著溫度的變化而改變。我們經常可以在測溫電路中看到他們的身影。本文將介紹 NTC 熱

敏電阻測溫設計中的相關知識點，包括 NTC 選擇、ADC 選擇與配置，以及如何使用 NTC 熱敏電阻進行測溫。

圖 1：典型的 NTC 熱敏電阻測溫電路拓撲圖

(圖片來源：ADI)



下面是典型的 NTC 熱敏電阻測溫電路拓撲圖。

激勵電流源／電壓源

兩種常見的激勵方式包括電流源與電壓源，兩者的特性比較如下：

拓撲結構	激勵電流源	激勵電壓源
激勵	電流 I_{OUT} 恆定不變	電壓 V_{REF} 恆定不變
特點	<ul style="list-style-type: none"> 更好的抗干擾能力 適合 NTC 熱敏電阻遠離主電路的應用 通常用於電阻值較低的熱敏電阻 	<ul style="list-style-type: none"> 不用擔心熱敏電阻電壓超過 ADC 輸入電壓範圍 適合 NTC 熱敏電阻靠近主電路的應用 通常用於電阻值更高、靈敏度更高的熱敏電阻

NTC 熱敏電阻阻值的選擇

對於電流激勵來說，一般情況下，參考電阻阻值應大於等於 NTC 熱敏電阻最高阻值。而熱敏電阻的最高阻值取決於系統中測量的最低溫度。這麼做的好處是，確保了感測器和參考電阻之間產生的電壓始終在後續電路的採集範圍內。

對於電壓激勵來說，額定電阻低的熱敏電阻，也可以使用電壓激勵。然而，用戶必須確保通過感測器的電流，在任何時候對感測器本身或應用而言都不會太大。

當使用額定電阻大、溫度範圍大的熱敏電阻時，電壓激勵更容易實現。較大的額定電阻確保額定電流處於合理水準。然而，設計者需要確保電流在應用支援的整個溫度範圍內處於可接受的水平。

可程式化增益級 vs. 動態激勵電流

熱敏電阻在低溫度下具有較大的電阻，則會導致激勵電流值非常低，而在高溫下通過熱敏電阻產生的電壓很小。為了最佳化這些低電平訊號的測量，可以使用可程式化增益級。然而，當熱敏電阻的訊號電平隨溫度顯著變化時，需要動態程式化增益。

另一種方法是，增益固定不變，但使用動態激勵電流。隨著熱敏電阻訊號電平的變化，激勵電流值會動態變化，從而使熱敏電阻上產生的電壓在電子裝置的指定輸入範圍內。

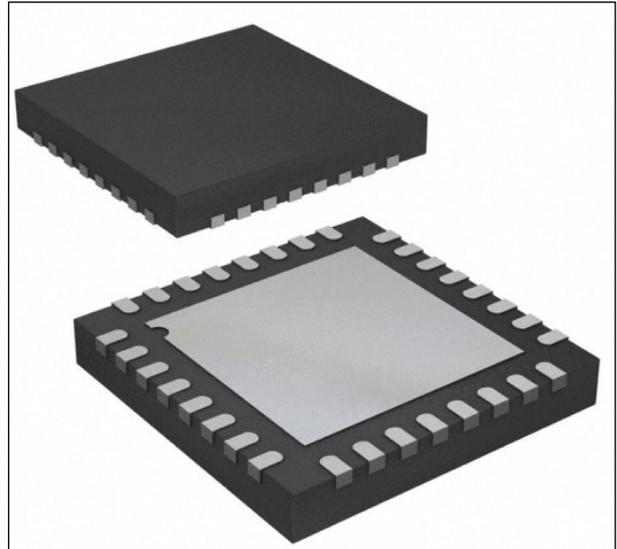
類比數位轉換器 ADC 選擇

“可程式化增益級”還是“動態激勵電流”，這兩種選擇都需要高水準的控制，持續監測熱敏電阻上的電壓，以確保電子裝置可以測量訊號。

可以使用一些專用 ADC 晶片來簡化設計，如 ADI 的 AD7124 24 位元 Σ - Δ 型 ADC。由於應用程式中所需的大多數模組都是內置的，因此在設計溫度系統時，有很多優勢。

Σ - Δ 型 ADC 在設計熱敏電阻測量系統時具有多種優勢。首先， Σ - Δ 型 ADC 對類比輸入進行過取樣，因此可以簡化外部濾波電路設計，僅需要一個簡單的 RC 濾波器即可。這在

圖 2：ADI 的 AD7124 24 位元 Σ - Δ 型 ADC



圖片來源：ADI

濾波器類型和輸出資料速率的選擇方面提供了靈活性。內置數位濾波有助於在電源操作設計中抑制來自電源的任何干擾。24 位元元件（如 AD7124-4/AD7124-8）的最大峰間解析度為 21.7 位元，因此它們可提供高解析度。除此之外，還具有以下特性：

- 類比輸入的寬共模範圍
- 參考輸入的寬共模範圍
- 支援比率配置的能力

一些 Σ - Δ 型 ADC 還高度整合各種功能，包括整合 PGA、內部參考，參考/類比輸入緩衝器，如 AD7124-4/AD7124-8。

與 AD7124 配套的開發板如下，大家可以根據設計開發需要進行選擇。

熱敏電阻電路配置比率配置

無論使用激勵電流還是激勵電壓，建議使用比例配置，其中參考電壓和感測器電壓來自同一激勵源，這意味著激勵源的任何變化都不會影響測量的準確性。

EVAL-AD7124-4SDZ	EVAL-AD7124-8SDZ
	
<p>D7124-4 系列 24 位元 19.2k 取樣速率 4 個差分 / 7 個偽差分輸入</p>	<p>AD7124-8 系列 24 位元 19.2k 取樣速率 8 個差分 / 15 個偽差分輸入</p>

低的 RTD 或熱敏電阻。

例如，25°C 時 10kΩ 熱敏電阻的電阻為 10 kΩ。-50°C 時，NTC 熱敏電阻電阻為 441.117 kΩ。AD7124 提供的最小激勵電流為 50μA，產生的電壓 $441.117\text{k}\Omega \times 50\mu\text{A} = 22\text{V}$ ，太高，超出了此應用領域中使用的大多數可用 ADC 的工作範圍。熱敏電阻通常也

配置激勵電流源

下圖顯示了為熱敏電阻和精密電阻 RREF 供電的恆定激勵電流，通過 RREF 產生的電壓為熱敏電阻測量的參考電壓。激勵電流不需要精確，並且可能不太穩定，因為在比率配置中激勵電流中的任何錯誤都將被取消。

當感測器離主電路很遠時，由於激勵電流源對靈敏度的優秀控制能力和更好的抗噪性，通常是首選，這種偏置技術通常用於電阻值較

離主電路比較近，因此不需要激勵電流的抗噪優勢。

對於電阻值更高、靈敏度更高的熱敏電阻，每次溫度變化產生的訊號電平將更大，因此使用電壓激勵更合適。

配置激勵電壓源

下圖顯示了用於在 NTC 熱敏電阻上產生電壓的恆定激勵電壓。以分壓器電路的形式添

圖 3：配置激勵電流源 (圖片來源：ADI)

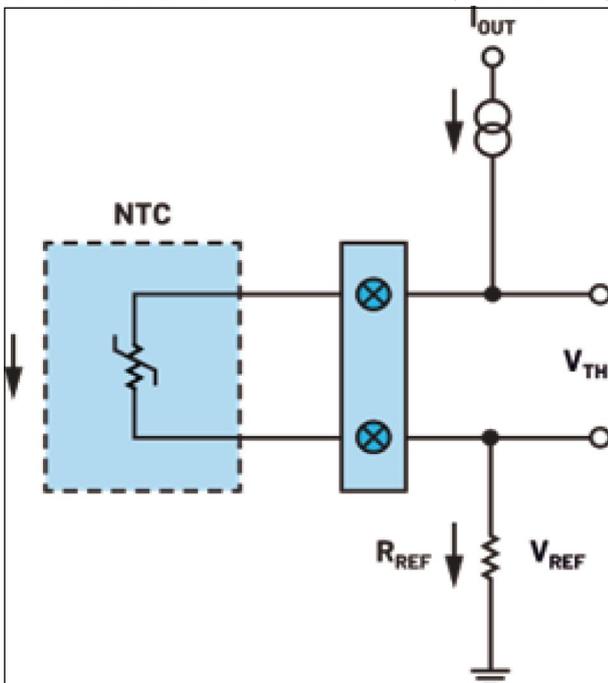
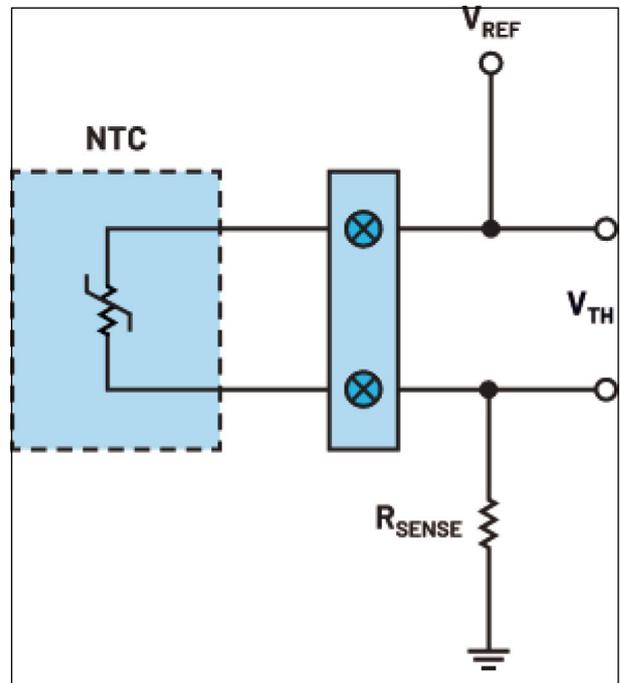


圖 4：配置激勵電壓源 (圖片來源：ADI)

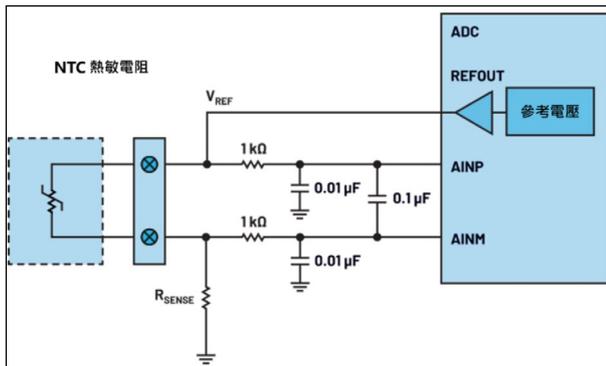


加一個串聯的電流感測器，將使流過熱敏電阻的電流限制在其最小電阻值。在這種配置中，感測電阻 R_{SENSE} 的值可以設置成等於熱敏電阻在 25°C 基準溫度下的電阻大小，以便當其在 25°C 額定溫度下時，輸出電壓將設置為參考電壓的中間值。

同樣， 25°C 時熱敏電阻阻值為 $10\text{k}\Omega$ ， R_{SENSE} 也為 $10\text{k}\Omega$ 。當溫度變化時，NTC 熱敏電阻的電阻也會變化，熱敏電阻上的激勵電壓分量也會變化，從而產生與 NTC 熱敏電阻電阻成比例的輸出電壓。

如下圖，當提供熱敏電阻和 R_{SENSE} 的激勵電壓 V_{REF} 與用於測量的 ADC 參考電壓相同，則系統可以配置為比率測量，以便消除與激勵電壓源相關的任何誤差。

圖 5：熱敏電阻比率配置 (圖片來源：ADI)



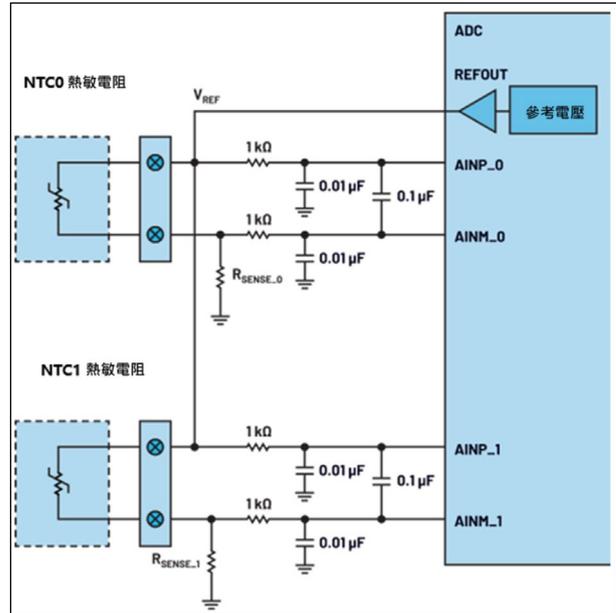
注意，電流感測器 (電壓激勵) 或參考電阻 (電流激勵) 需要具有低初始容差和低漂移，因為這兩個變數都有助於提高整體系統的精度。

使用多個熱敏電阻

當使用多個熱敏電阻時，可以使用單個激勵電壓。

然而，每個熱敏電阻必須有自己的精密參考電阻，如上圖所示，另一種選擇是使用外部多工器或具有低導通電阻的開關，這允許共用

圖 6：多個熱敏電阻的類比輸入配置測量 (圖片來源：ADI)



單個精密感測電阻。當使用這種配置時，每個熱敏電阻在測量中都需要一些穩定時間。

更多 NTC 相關內容

以下是一些有關 NTC 的實用技術資料，可供大家參考。

都是熱敏電阻器，PTC 和 NTC 的區別你真的知道嗎？

NTC (負溫度係數) 熱敏電阻器	PTC (正溫度係數) 熱敏電阻器
<ul style="list-style-type: none"> ■無功率消耗電阻 ■其電阻隨溫度上升而減少 	<ul style="list-style-type: none"> ■無功率消耗電阻 ■其電阻隨溫度上升而增加

貼片式 NTC 熱敏電阻常見問題解答

什麼是熱時間常數？	什麼是 B 常數？
熱敏電阻溫度改變其溫差 (從環境溫度 T0(°C) 到 T1(°C) ，通常以 63.2% 的變化率為標準) 的時間。	B 常數表示熱敏電阻對溫度變化的敏感度 (以電阻的變化率表示) 。變化率也可以用一條線的傾斜度來表示。傾斜度越大，敏感度越高。
<p>這表明常數 τ (秒) 被定義為熱敏電阻達到其初始和最終體溫之總差的 63.2% 所用的時間。</p>	<p>根據以下方程式，可使用在兩個指定環境溫度下的電阻值來計算該常數。</p> $B = \ln(R/R_0) / (1/T - 1/T_0)$ <p>R : 環境溫度為 T(K) 時的電阻值 ; R0 : 環境溫度為 T0(K) 時的電阻值</p>

本文小結

在設計基於熱敏電阻的溫度測量系統時，有多個需要考慮的問題，如：NTC 熱敏電阻選擇、採用電流激勵還是電壓激勵、ADC 如何配置，以及這些不同變數如何影響整體系統精度。仔細考慮才能讓開發工作事半功倍。

測量 NTC 熱敏電阻的精確值

在測量 NTC 熱敏電阻的值時，對環境溫度的精確控制顯得尤為重要。以下注意事項也許對你有所幫助。

1. 測量過程中切勿觸摸元件和電路板，因為你的體溫會影響測量結果。應儘量避免對著元件呼吸，並限制元件附近的空氣流動。
2. NTC 熱敏電阻應放置在測量區域附近，如果溫度計與測量區域的距離較遠，則測量區域的溫度可能與溫度計的溫度不同。
3. 請參考電阻與溫度表，並注意測量溫度的具體值。
4. 由於在空氣中進行高精度測量非常困難，村田 (Murata) 建議在液池中測量電阻值，這樣可確保較高的精確度

