

HT8 MCU 內置 Temperature Sensor 應用須知

文件編號：AN0668TC

簡介

HT8 MCU 部分型號內部集成了溫度傳感器 TS(Temperature Sensor)，可以方便地通過 A/D 啟用溫度傳感器。內置溫度傳感器可用於測量 PCBA 溫度、室溫等，達到控制板溫或對其它傳感器做溫度補償的目的。

本文將以 HT67L2550A MCU 為例，介紹 HT8 MCU 內置 Temperature Sensor 的使用方法和注意事項，並提供通過 A/D 讀取 TS 溫度程式範例，以幫助用戶更深入瞭解 HT8 內置 Temperature Sensor 之特性。

功能說明

帶 TS 的 A/D 轉換器結構圖

HT8 MCU 的內置溫度傳感器一般包含於 A/D 轉換電路中，通過操作 A/D 的相關控制暫存器可以對內置溫度傳感器進行設定。搭載了 TS 的 HT8 MCU 可在對應型號 Datasheet 的“A/D 轉換器”章節中查看 A/D 轉換器結構圖，並可在其中找到 TS 結構部分。作為範例，圖 1 展示 HT67L2550A 的 A/D 轉換器結構圖，其中紅框內為 TS 部分。

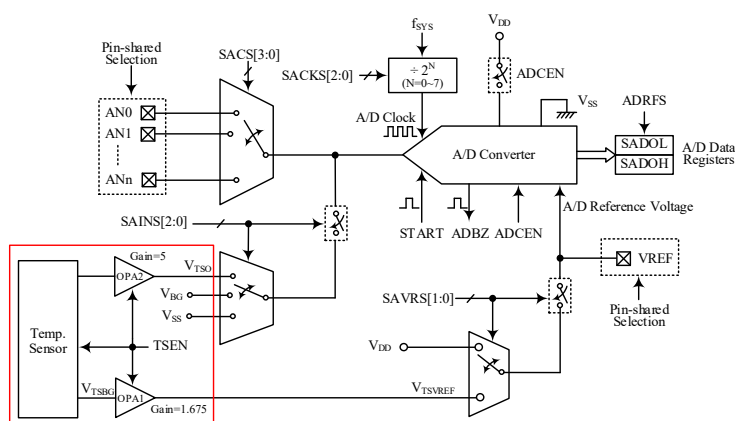


圖 1. 帶 TS 的 A/D 轉換器結構圖

TS 標定原理

Holtek HT8 MCU 可以通過組合使用溫度傳感器校正模組 EMDE001A 和 e-Writer，簡便地完成 TS 標定校正操作，具體請參考 TS 標定流程章節。

內置溫度傳感器輸出電壓 V_{TSO} 與溫度呈線性關係，因此 V_{TSO} 透過 A/D 轉換的結果，可通過直線方程式 $y=mx-b$ 獲取溫度值，如圖 2。T1 為固定溫度(具體參考 MCU 對應 Datasheet)，A/D 轉換值 ADC1，放在暫存器 LMSADOH & LMSADOL。T2 為 Writer 標定時的環境溫度，A/D 轉換值 ADC2 存放在 Option Memory (e-Writer 需搭配 Holtek 工具才能做溫度標定)，為了讀取 T2 與 ADC2 數值，需要正確操作 Option Memory 的映射功能，才能將數值對應到特定的 ROM 地址上。需注意的是部分型號 HT8 MCU 是校正模組 EMDE001A 直接獲取直線斜率 Slope 和截距 Tos。其中 T1、ADC1、T2、ADC2 或 Slope 和截距 Tos 的獲取請參考 Datasheet A/D 轉換器中的溫度量測功能章節，Option Memory 的映射功能請參考 Datasheet 特殊功能暫存器中的 Option 儲存器映射暫存器章節。Tx 為現在量測的環境溫度，ADCx 為當前溫度的 A/D 值，切換 A/D 通道到 V_{TSO} 取得。

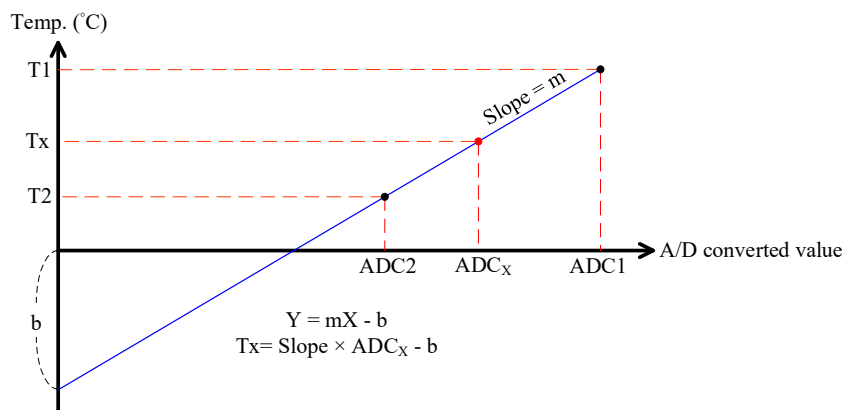


圖 2

操作說明

TS 操作流程

1. 完成 A/D 轉換器的基本配置。
2. 完成內置溫度傳感器相關配置，訊號輸入通道選擇溫度傳感器訊號通道。相關配置請參考下方舉例說明。
3. 使能 A/D 轉換器、溫度傳感器。
4. 等待 A/D 轉換器和溫度傳感器穩定。
5. 進行 A/D 轉換操作，可讀取溫度傳感器的 A/D 轉換輸出數據 ADCx。ADCx 可通過公式轉換成溫度值，溫度計算公式依據 HT8 MCU 的型號不同而有不同的參數。若 MCU 溫度校正(校正操作見後文“TS 標定流程”)取得的參數為固定溫度 T1、ADC1、環境溫度 T2、ADC2，執行步驟 6、步驟 7。若 MCU 溫度校正取得的參數為斜率 Slope 和截距 Tos，執行步驟 8、步驟 9。

6. 經溫度校正得到固定溫度 T1 (Datasheet 獲取)、ADC1 放在暫存器 LMSADOH & LMSADOL，而環境溫度 T2、ADC2 會被儲存於 Option 空間內的特定地址中，可經由 Option 映射功能讀取這兩個參數。
7. 溫度計算公式 $T_x(^{\circ}\text{C}) = \text{Slope} \times (\text{ADC}_x - \text{ADC}_2) + T_2$ ，Slope 的計算公式請參考 MCU 對應 Datasheet。
8. 經溫度校正得到的 Slope 和 Tos 參數會被儲存於 Option 空間內的特定地址中，可經由 Option 映射功能讀取這兩個參數。
9. 溫度計算公式 $T_x(\text{LSB}) = (\text{Slope} \times \text{ADC}_x)$ 移除低 12 位元減去 Tos，取最終結果的低 12 位元。最後溫度計算公式 $T_x(^{\circ}\text{C}) = T_x(\text{LSB}) \times 0.0625^{\circ}\text{C} / \text{LSB} = T_x(\text{LSB}) / 16$ 。Tx 的最終資料格式是 2's 補數系統。

下面以 HT67L2550A 為例，介紹內置溫度傳感器的各項配置。其他型號與此類似，用戶可以參照作出調整。

暫存器 名稱	位							
	7	6	5	4	3	2	1	0
SADC0	START	ADBZ	ADCEN	ADRF5	SACS3	SACS2	SACS1	SACS0
SADC1	SAINS2	SAINS1	SAINS0	SAVRS1	SAVRS0	SACKS2	SACKS1	SACKS0
SADC2	SACMS1	SACMS0	SABMS	—	—	—	D1	TSEN

- SACMS[1:0]=00B，選擇時鐘速率 2MHz，此項為使用內部溫度傳感器的要求
- SABMS=0B，設定 A/D 解析度為 12-bit，此項為使用內部溫度傳感器的要求
- SAINS[2:0]=010B，選擇內部輸入來自內部溫度傳感器輸出電壓 V_{TSD}
- SAVRS[1:0]=10B，選擇參考電壓來自內部溫度傳感器參考電壓，並注意腳位 VREF 的腳位共用應選為 VREF 以外的功能，以免影響 V_{TSDREF} 功能，可參考對應 MCU Datasheet 腳位共用功能章節
- SACKS[2:0]，根據需要選擇 A/D 轉換時鐘源的時鐘頻率，但要注意內部溫度傳感器要求時鐘頻率不得低於 2MHz
- SACS[3:0]=1111B，不使用外部模擬通道輸入，故設定浮空
- 根據需要完成其它 A/D 轉換器的暫存器配置
- TSEN=1，使能溫度傳感器，並等待一段時間(t_{RSS})，使溫度傳感器穩定工作
- ADCEN=1，使能 A/D 轉換器
- 操作 SADC0 暫存器的 START 位 0→1→0，以啟動 A/D 轉換過程；後續轉換完成後，可在暫存器 SADOL 和 SADOH 中讀取溫度傳感器的 A/D 輸出值
- 通過 Option 映射操作讀取 Option Memory 中的 Slope、Tos 參數
- 將 Slope、Tos 和溫度傳感器的 A/D 值代入溫度計算公式中，可以得到溫度值

註：部分 HT8 MCU 內部溫度傳感器的 A/D 解析度只有 12-bit 模式以及時鐘速率選擇無要求，編寫程式時無需設定 SACMS[1:0]和 SABMS，具體控制方式請參考 MCU 規格。

TS 標定流程

1. 在 HT-IDE3000 中，打開菜單欄→工具→配置選項窗口中，Temperature Calibration Selection for writer trim 選項切換到 Enable，然後編譯用戶編寫好的程式，生成 MTP 文件。
2. 按照圖 3~5 所示完成溫度傳感器校正模組 EMDE001A 和 e-Writer 的連接。
3. 將 EMDE001A 和待標定 IC 置於恆定溫度環境中一段時間，直到兩者的溫度和環境溫度近乎一致。
4. 啟動 HOPE3000 載入前述 HT-IDE3000 編譯生成的 MTP 文件，並完成燒錄設定。
5. 開始燒錄，e-Writer 會自動在燒錄環節前進行溫度校正操作，在 HOPE3000 訊息框內會出現溫度校正相關訊息。校正完成後，e-Writer 會將溫度校正相關參數 ADC1、T2、ADC2(或 Slope、Tos)寫入到 Option Memory 相應地址中，待程序運行時呼叫。



圖 3



圖 4



圖 5

應用注意事項

MCU 升溫時間

HT8 MCU 在測溫曲線上的表現，與常見接觸式溫度傳感器一致，需要一定的溫升時間。在 MCU 標定或者測溫過程中，如果環境溫度產生劇烈變化，則需考慮 MCU 的測得溫度值處於升溫曲線的哪一階段，從而決定是否採用該測得溫度值。圖 6 展示在不同空氣流動程度的恆溫環境中 MCU 的升溫曲線，圖中縱坐標軸百分率表示 $(MCU \text{ 溫度} - MCU \text{ 初始溫度}) / (\text{環境溫度} - MCU \text{ 初始溫度}) \times 100\%$ 。此圖僅作參考，如不同溫差需照比例調整反應時間。

升溫時間受測溫環境的空氣流動情況、導熱體的導熱係數等因素的影響。若想改善升溫時間，可查詢相關熱力學資料，在此不作贅述。

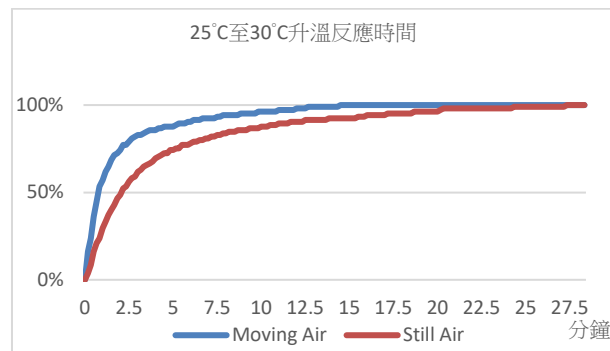


圖 6

Option 映射功能的操作細節

要成功使能 Option 記憶體映射功能，需要注意的是特定的資料序列 55H 和 AAH 必須在兩個運算速度內連續寫入，在 code 編寫上應使用如下彙編指令段。另外寫入該特定的資料序列前應當先將總中斷位 EMI 清零，在資料序列成功寫入後，根據使用者的需求在適當的時間再將其置高。

```
MOV A, 55H
MOV ORMC, A
CPL ORMC
```

C 語言程式指令段如下：

```
_ormc=0x55;
asm("CPL %0": "=m" (_ormc));
```

MCU 自發熱的影響

HT8 MCU 正常工作時會產生熱量，該熱量會對內置溫度傳感器測得溫度數據產生一定影響。一般情況下，溫度傳感器測得溫度會比測溫對象真實溫度略高。可以嘗試採用降低工作頻率、休眠等方式降低 MCU 功耗，進而減少發熱，亦可在程式中對該部分溫升進行補償。

A/D 轉換器時鐘頻率的選擇

部分 MCU 型號的 TS 在使用時對 A/D 轉換器時鐘頻率有要求，此類 MCU 在使用 TS 時，若選擇的 A/D 轉換器時鐘頻率過低，會導致 TS 讀出的溫度數據出錯。請務必注意 Datasheet 中相關描述。

Layout 注意事項

HT8 MCU 的內置溫度傳感器測量的熱量來源主要來自於 MCU 封裝和腳位焊盤。若 MCU 用於測量環境溫度，請注意在 Layout 佈局時，遠離功率元件，並盡可能與功率元件之間無直接電氣連接，以減少功率元件通過電路傳導至 MCU 的溫度影響。反之，若需監測功率元件的溫升情況，則應靠近需要監測的元件。

結論

本文以 HT67L2550A 啟用 Temperature Sensor 功能的操作流程及其溫度標定流程為例，說明內置溫度傳感器功能的 MCU 在使用時的要點，並結合程式範例幫助用戶能夠更靈活的運用 Temperature Sensor 功能。

參考資料

參考文件 HT67L2550A Datasheet。

如需進一步瞭解，敬請瀏覽 Holtek 官方網站 www.holtek.com.tw。

版本及修改資訊

日期	作者	發行	說明
2023.09.22	張浩鋒	V1.00	第一版

免責聲明

本網頁所載的所有資料、商標、圖片、連結及其他資料等（以下簡稱「資料」），只供參考之用，盛群半導體股份有限公司及其關聯企業（以下簡稱「本公司」）將會隨時更改資料，並由本公司決定而不作另行通知。雖然本公司已盡力確保本網頁的資料準確性，但本公司並不保證該等資料均為準確無誤。本公司不會對任何錯誤或遺漏承擔責任。

本公司不會對任何人士使用本網頁而引致任何損害（包括但不限於電腦病毒、系統故障、資料損失）承擔任何賠償。本網頁可能會連結至其他機構所提供的網頁，但這些網頁並不是由本公司所控制。本公司不對這些網頁所顯示的內容作出任何保證或承擔任何責任。

責任限制

在任何情況下，本公司並不須就任何人由於直接或間接進入或使用本網站，並就此內容上或任何產品、資訊或服務，而招致的任何損失或損害負任何責任。

管轄法律

本免責聲明受中華民國法律約束，並接受中華民國法院的管轄。

免責聲明更新

本公司保留隨時更新本免責聲明的權利，任何更改於本網站發佈時，立即生效。