佳銓國際股份有限公司
114044 台北市內湖區安美街 163 號 5 樓
5F, No. 163, Anmei St., Neihu Dist., Taipei City 114044, Taiwan
T：(886)2 2821-1061　F：(886)2 2823-5450

預加熱紅外線耳溫槍設計與 EVB 評估板使用手冊

主控 MCU:SIS HY16F3981 感測元件: Sunshine STP13SF55TS-A

1. 系統概述與設計背景

一般傳統紅外線耳溫槍在低溫環境或置入人體耳道瞬間，冷探頭會吸收耳道周圍組織熱量，產生顯著的「熱沉冷卻效應（Thermal Sink Effect）」，導致量測溫度失真且連續測量重現性不佳。

本設計方案採用 Sunshine STP13SF55TS-A 整合型預加熱感測器，結合 SiS 系統科技 HY16F3981-E28 32-bit 高精度混合訊號單晶片，於量測前透過微型陶瓷加熱電阻將探頭均勻加熱至約 34°C~37°C（接近人體溫度），從根本上消除冷探頭對耳道的熱衝擊。

本文件完整整合了「電路原理設計說明」與「實體 EVB 評估板操作使用指南」，提供開發者自行複製、除錯與二次開發驗證之完整依據。

2. 核心硬體物料清單（BOM）

元件類別	型號 / 規格	封裝型式	主要功能與設計說明
主控微處理器（MCU）	HY16F3981-E028（HYCON）	SSOP-28	32-bit Andes E801 核心，內建 24-bit ΣΔ ADC、低雜訊 INA、1.2V REFO 基準源與 VDDA 2.4V LDO。
紅外線熱電堆感測器	STP13SF55TS-A（Sunshine）	金屬探頭（FPC 6-Pin）	整合 10Ω 陶瓷加熱電阻、100kΩ NTC（B=3950）與熱電堆晶片，光學視角 90°，5.5μm 長波通濾波。
預加熱開關（MOSFET）	AO3400（N-Channel）	SOT-23	MCU PT2.2 輸出 1kHz PWM，低端開關驅動 10Ω 加熱電阻。導通阻抗低（<30mΩ）。

本資料為佳銓國際股份有限公司專有財產，非經書面許可，不得透露或使用本資料，亦不准複印、複製或轉變成任何其他形式使用。

螢幕電源開關（MOSFET）	AO3401（P-Channel）	SOT-23	MCU PT3.0（OLED_PW）控制 OLED 供電通斷，關機/休眠時切斷顯示屏達到超低漏電。
顯示器模組	SH1106 1.3 吋 OLED	4-Pin Header	I2C 介面（SCL/SDA，位址 0x3C），顯示預熱溫度 TS、設定值、PWM 強度、電池格數與耳溫 TP。
按鍵與狀態指示	微動按鍵 * 3 LED 指示燈	SMD	SW1（量測/確認）、SW2（電源/長按 3 秒）、SW3（設定）；PT7.2 驅動狀態電源燈。
電源供應	2 顆 3 號（AA）電池	電池座	串聯提供約 2.4V~3.2V 工作電壓。關機時程式切斷周邊，MCU 進入待機維持極低耗電。

3. EVB 評估板硬體接線與腳位定義

下圖為本預熱耳溫槍 EVB 評估板之完整電路原理圖：

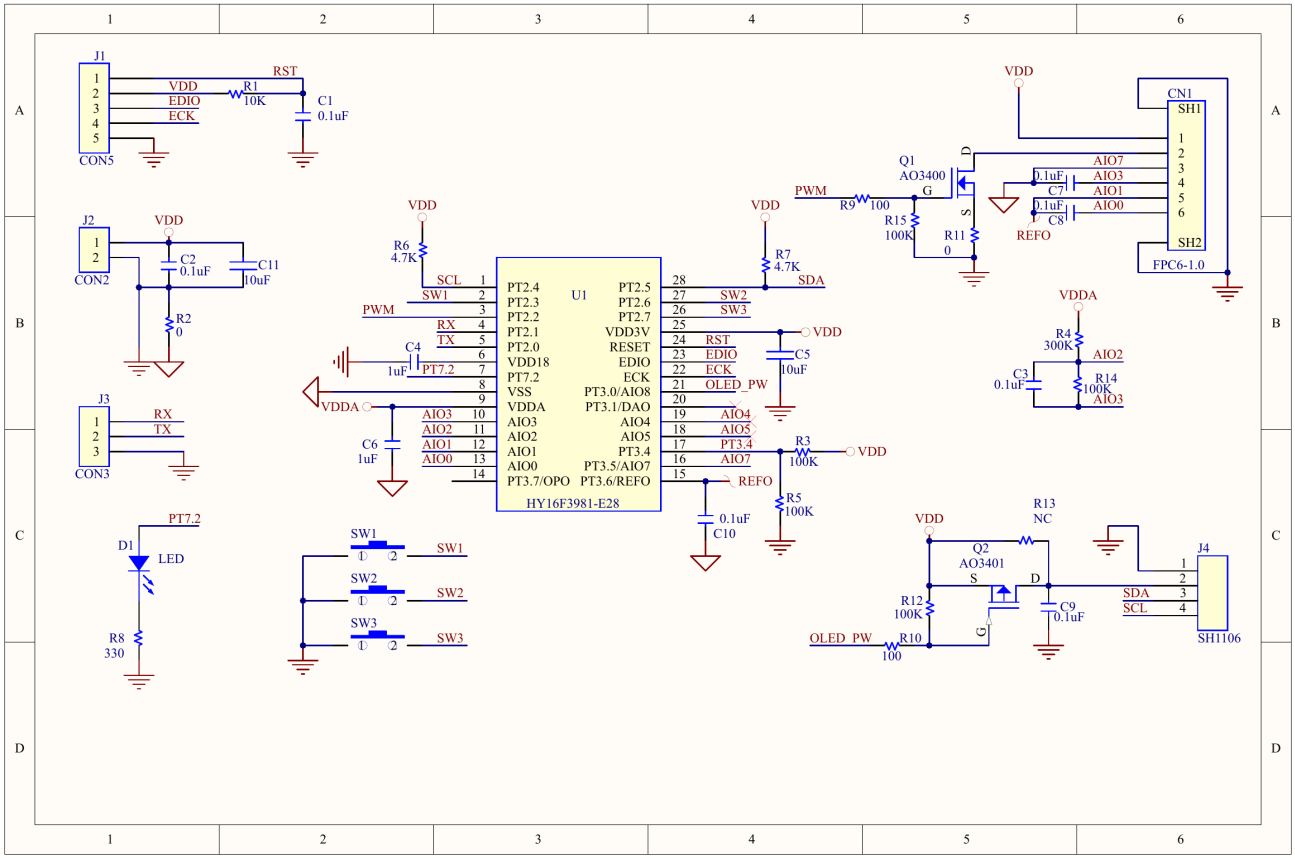


圖 3-1 預加熱紅外線耳溫槍 EVB 電路原理圖（HY16F3981-E28）

本資料為佳銓國際股份有限公司專有財產，非經書面許可，不得透露或使用本資料，亦不准複印、複製或轉變成任何其他形式使用。

AGiNTL. 佳銓國際股份有限公司
114044 台北市內湖區安美街 163 號 5 樓
5F, No. 163, Anmei St., Neihu Dist., Taipei City 114044, Taiwan
T：(886)2 2821-1061　F：(886)2 2823-5450

本評估板硬體腳位定義如下，按鍵均採接地並以晶片內部上拉，按下時為低電位：

硬體功能	MCU 接腳	線路接法與硬體說明
UART TX	PT2.0	連接 USB 轉串口板 RX（9600 8N1），監控即時溫度與 PWM 輸出。
UART RX	PT2.1	連接 USB 轉串口板 TX（目前韌體版本不接收指令）。
加熱 PWM	PT2.2	1 kHz PWM 高電位加熱，經 AO3400 N-MOS 低端開關驅動 10Ω 加熱絲。
SW1 量測鍵	PT2.3	按鍵引腳接 GND，內部上拉。預熱畫面單擊啟動量測，結果畫面單擊返回。
OLED SCL	PT2.4	SH1106 I2C 時鐘線，板載 4.7kΩ 上拉電阻（R6）。
OLED SDA	PT2.5	SH1106 I2C 數據線，板載 4.7kΩ 上拉電阻（R7）。
SW2 電源鍵	PT2.6	按鍵引腳接 GND，內部上拉。長按約 3 秒執行開機或關機。
SW3 設定鍵	PT2.7	按鍵引腳接 GND，內部上拉。單擊進入或儲存選單設定。
電源狀態燈	PT7.2	高電位點亮，經 330Ω 限流電阻（R8）驅動 LED（D1），LED 負極接地。
電池分壓偵測	PT3.4 / AI06	分壓網路：VDD — 100kΩ — AI06 — 100kΩ — GND，供 ADC 監控電池殘量。
基準偏置 REFO	PT3.6 / REFO	MCU 輸出 1.2V 穩壓基準源，外掛 0.1μF 電容（C10），接入感測器熱電堆偏壓。
熱電堆輸入	AI00、AI01	連接感測器熱電堆正/負極（Pin 6/Pin 5），兩端並聯 0.1μF 去耦電容（C8）。
探頭 NTC 採樣	AI02, AI03, AI07	感測器第 3/4 腳。電路結構：VDDA — 300kΩ — AI02 — 100kΩ — AI03 — NTC — AI07。
EDM 除錯口	EDIO（Pin 23） ECK（Pin 22）	連接 HYCON EDM 模擬器/燒錄器（J1），支援程式下載與中斷除錯。
蜂鳴器（預留）	PT3.7 / R2ROPO	目前版本為空腳未驅動。後續若擴充蜂鳴器，建議用 3V 有源蜂鳴器經 NPN 驅動。

本資料為佳銓國際股份有限公司專有財產，非經書面許可，不得透露或使用本資料，亦不准複印、複製或轉變成任何其他形式使用。

佳銓國際股份有限公司
114044 台北市內湖區安美街 163 號 5 樓
5F, No. 163, Anmei St., Neihu Dist., Taipei City 114044, Taiwan
T : (886)2 2821-1061　F : (886)2 2823-5450

4. EVB 評估板操作流程與畫面說明

4.1 上電、開機與關機操作

• 初始狀態：安裝兩顆 AA 電池後，畫面預設為暗屏，電源燈不亮，加熱腳拉低（PWM=0）。此時電池仍連著 MCU，MCU 處於超低功耗休眠模式。

• 開機程序：按住 SW2 電源鍵約 3 秒：

1. 電源狀態燈亮起（PT7.2 輸出高電位）。

2. MCU 內部 2.4V 類比電源（VDDA）開啟，韌體延遲等待約 200ms 穩定，並主動拋棄前兩筆探頭溫度採樣，避免剛上電時的假高溫漂移。

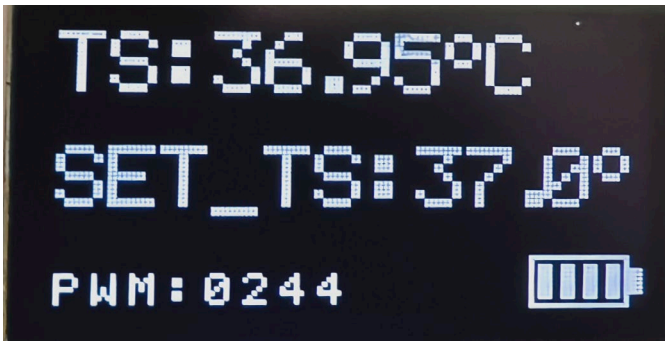
3. 啟動 OLED 供電與顯示，進入主「預熱畫面」，PWM 加熱從 0 開始爬升，往設定溫度控溫。

• 關機程序：在主畫面長按 SW2 約 3 秒即可關機（LED 滅、OLED 斷電、加熱停止、類比電源關閉），僅保留 SW2 中斷監聽下一次開機。注意：在「設定畫面」中長按 SW2 不會觸發關機。

4.2 OLED 畫面顯示與含義

1. 主預熱畫面：

TS:36.95°C
SET_TS:37.0°C
PWM:0244　　［電池圖示］



• TS：探頭即時溫度（NTC 實測值，保留小數兩位），這是探頭當前金屬體溫度，非人體耳溫。

• SET_TS：目標預熱設定溫度（預設 35.0°C~37.0°C，保留小數一位）。

• PWM：即時加熱輸出強度（0000 為關閉，數值愈大加熱功率愈高，上限限制為 3300）。

• 右下角電池圖示：顯示電池電量格數。開機時採樣一次，其後約每 3 分鐘自動刷新。

本資料為佳銓國際股份有限公司專有財產，非經書面許可，不得透露或使用本資料，亦不准複印、複製或轉變成任何其他形式使用。

2. 量測結果畫面：

TS:37.01°C
TP:31.13°C



• TP：熱電堆經換算後的對象人體耳溫。目前 EVB 韌體增益固定設為 112（尚未針對每支探頭做個別 Flash 標定），TP 數值主要作為即時變化趨勢評估。

• 單位切換：若選單切換至華氏，TS、SET、TP 數值會即時換算為 °F。第二行因字串長度會精簡顯示為「SET:98.6°F」，但背景加熱與串口輸出始終維持攝氏。



4.3 按鍵功能對照表

按鍵名稱	預熱畫面 / 結果畫面	設定清單選單	正在修改某項設定值
SW1（PT2.3）	預熱畫面：啟動一次耳溫量測。 結果畫面：返回預熱畫面。	游標向上移動（上一項）。	數值增加（+）。
SW2（PT2.6）	長按 3 秒：開機或關機。 短按：無動作。	游標向下移動（下一項）。 （此時長按不會關機）	數值減少（-）。 （此時長按不會關機）
SW3（PT2.7）	單擊：進入系統設定選單。	單擊：進入當前反白	單擊：儲存設定並退

本資料為佳銓國際股份有限公司專有財產，非經書面許可，不得透露或使用本資料，亦不准複印、複製或轉變成任何其他形式使用。

項目。　　回預熱畫面。

5. 系統選單設定與 Flash 存儲

在預熱畫面下單擊 SW3 即可進入設定清單，反白項目列前方會標示「>」。修改完成後按 SW3 離開該項時，系統才會將設定值自動寫入 MCU 內部 Flash 保留區，關機重開後依然保留。新出廠或未儲存過的預設值為：預熱 35.0°C、自動關機 OFF、UART ON、單位 °C。

設定項目名稱	可選參數範圍	功能說明與操作特性
SET_UP_TS	35.0°C ~ 41.0°C（每步 0.5°C）	調整目標預熱溫度，調整至上下限會自動繞回。
AUTO_PW_DN	OFF、5 分鐘、15 分鐘、30 分鐘	自動省電關機定時器，由最後一次按下按鍵開始重新計時。
UART	ON / OFF	控制 PT2.0 是否每輪輸出溫度與 PWM 調試封包。
UNIT	°C / °F	切換 OLED 螢幕顯示溫度單位（背景控制仍為攝氏）。

實體 OLED 設定選單畫面配置示意：

```
<SET_UP_TS      37.0
 AUTO_PW_DN     15MIN
 UART           ON
 UNIT           °C
```

重要警告：在設定畫面期間，背景預熱溫控仍持續運作，請勿長時間停留在設定選單中任由溫度持續上升！

6. 預加熱閉迴路控制與時序解耦演算法

預加熱功能是保證高精度的核心。若在加熱通電時進行熱電堆取樣，加熱電流產生的微小磁場與陶瓷基板瞬態熱衝擊會造成嚴重雜訊。因此必須採用嚴格的「時序解耦」控制策略：

6.1 漸進式比例升溫控制

- 目標預熱溫度：預熱目標通常設定在 35.0°C ~ 37.0°C（接近人體耳道溫度），消除熱衝擊且無過熱不適感。

本資料為佳銓國際股份有限公司專有財產，非經書面許可，不得透露或使用本資料，亦不准複印、複製或轉變成任何其他形式使用。

• 漸進緩啟動：探頭溫度距離設定值 1.5°C 以上時，PWM 以 1 kHz 頻率輸出較大功率，且從 0 緩慢階梯爬升，避免瞬態大電流造成電池電壓塌陷。

• 比例微調防過衝：接近設定值時，PWM 自動縮小為維持功率；實測 TS 若超過設定值 0.10°C，或單筆溫度跳變過快預測會衝過目標時，PWM 會立即歸零煞車。

6.2 測溫前熱應力消散（關鍵防干擾時序）

• 當 TS 達到穩定且使用者按下 SW1 觸發量測時，MCU 立即關閉 PWM 輸出 (Duty = 0%)。

• 強制延遲 40ms，消除加熱電流磁場並等待陶瓷基板與金屬導波管熱梯度達到平衡。

• 依序讀取冷接面 NTC 與熱電堆微電壓，在 100ms 內完成採樣，採樣完畢後再恢復背景加熱。

7. 體溫換算公式與雙點黑體校準流程

7.1 NTC 環境溫度換算 (Steinhart-Hart B 值法)

STP13SF55TS-A 的 NTC 規格為 R25 = 100kΩ、B = 3950K。環境溫度計算式為：

T_amb (K) = 1 / [(1 / 298.15) + (1 / 3950) * ln(R_ntc / 100000)]

T_amb (°C) = T_amb (K) - 273.15

7.2 熱電堆目標溫度計算

熱電堆電壓 V_tp (μV) 與耳膜輻射溫度呈現斯特藩-玻爾茲曼四次方關係：

V_tp = A * (T_obj^4 - T_amb^4) + V_offset

在嵌入式韌體中，為兼顧計算速度與擬合精度，工程上通常使用二階多項式進行近似：

T_obj = T_amb + C1 * V_tp + C2 * (V_tp)^2 + C_cal

7.3 雙點黑體爐標定流程 (Two-Point Blackbody Calibration)

1. 零點校準：在遮光室溫下校準 INA/ADC 的電氣失調電壓 V_offset。

2. 低溫黑體標定：將探頭置於 35.00°C 恆溫黑體爐開口，啟動預熱並讀取穩定輸出 Code_low。

3. 高溫黑體標定：將探頭置於 41.00°C 恆溫黑體爐開口，讀取穩定輸出 Code_high。

4. 係數寫入：計算出靈敏度斜率係數後，寫入 MCU 內部 Flash 專屬標定參數區，確保整機出廠符合 ISO 80601-2-56 醫療精度標準 (±0.2°C)。

8. 串口通訊與電池偵測規格

8.1 UART 調試輸出 (PT2.0)

通訊格式：9600 Baud, 8 Data Bits, No Parity, 1 Stop Bit。轉接板 GND 需與 EVB 共地。當 UART 開啟時，系統每運行一輪即輸出單行數據 (固定攝氏)：

SET_UP_NTC=37.0 NTC=36.90 PWM=0150

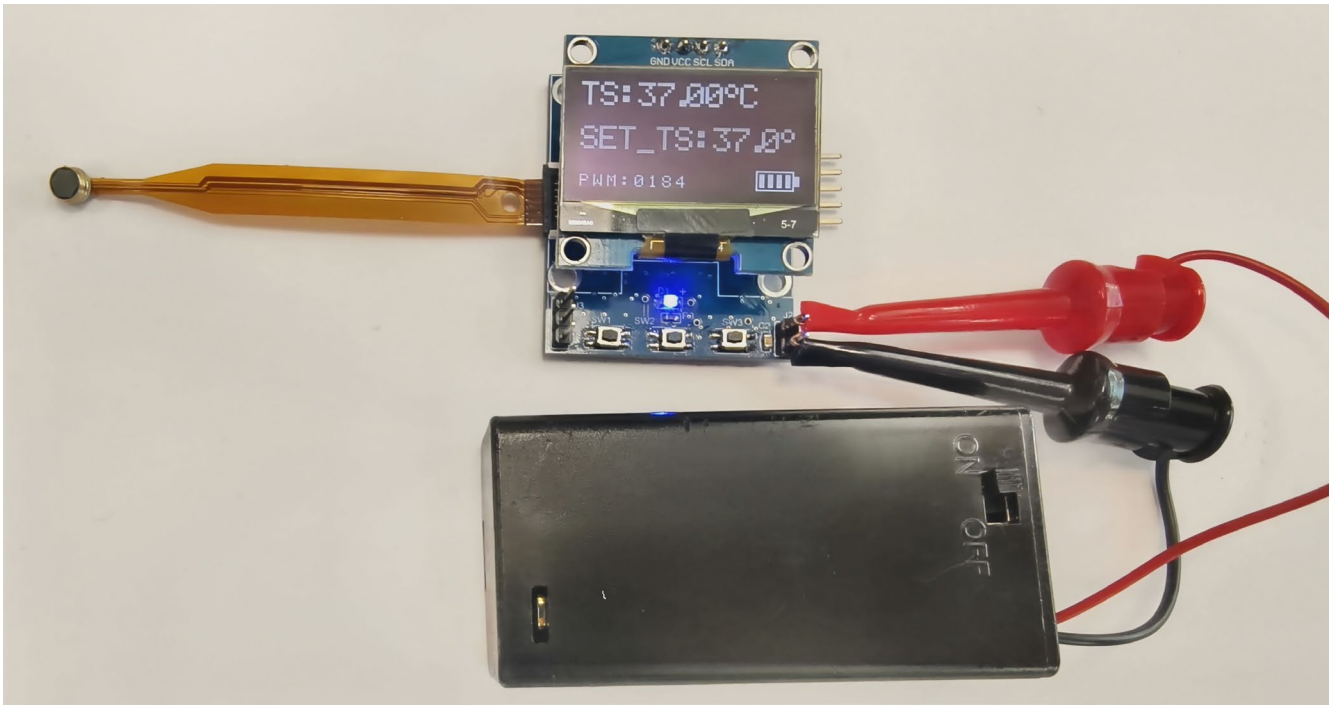
若當前剛完成耳溫量測，行尾會自動追加耳溫數值：

本資料為佳銓國際股份有限公司專有財產，非經書面許可，不得透露或使用本資料，亦不准複印、複製或轉變成任何其他形式使用。

SET_UP_NTC=37.0 NTC=36.90 PWM=0150 TP=36.80

8.2 電池殘量門檻與圖示對照

兩顆 AA 電池串聯電壓	OLED 右下角圖示狀態
2.80 V 以上	滿格（4 格）
2.65 V ～ 2.79 V	3 格
2.50 V ～ 2.64 V	2 格
2.35 V ～ 2.49 V	1 格
低於 2.35 V	空框閃爍警示（提示更換電池，背景不強制停止加熱）



參考資料

- SIS HY16F3981 Datasheet

本資料為佳銓國際股份有限公司專有財產，非經書面許可，不得透露或使用本資料，亦不准複印、複製或轉變成任何其他形式使用。