



紅外線感測器應用說明書

HY11P13

Infrared Measurement

目錄

1	簡介	3
2	原理說明	3
2.1	紅外線波長介紹.....	3
2.2	物體輻射.....	4
2.3	量測光點與視窗.....	6
2.4	感測器簡介.....	6
2.5	控制晶片.....	8
3	設計規劃	11
3.1	硬體說明.....	11
3.2	電路說明.....	12
3.3	軟體說明.....	14
4	技術規格	16
5	SYSTEM ESD	16
6	EMC	19
7	DEMO CODE及相關檔案	19
8	參考文獻	20
9	修訂紀錄	9-20

1 簡介

常見的紅外線感測器應用可分為醫療、工業、消費性用途，如耳溫槍、額溫槍、工業用溫度儀、紅外線溫度計...等。在耳溫槍應用中，需注意紅外線感測器進入耳中的升溫效應、導波管與感測器的連接方式...等。在紅外線溫度計應用中，需注意待測物距離、透鏡的聚焦距離...等，本文僅說明如何使用紘康科技 HY11P13 晶片，以量測感測器轉成的電信號。

2 原理說明

2.1 紅外線波長介紹

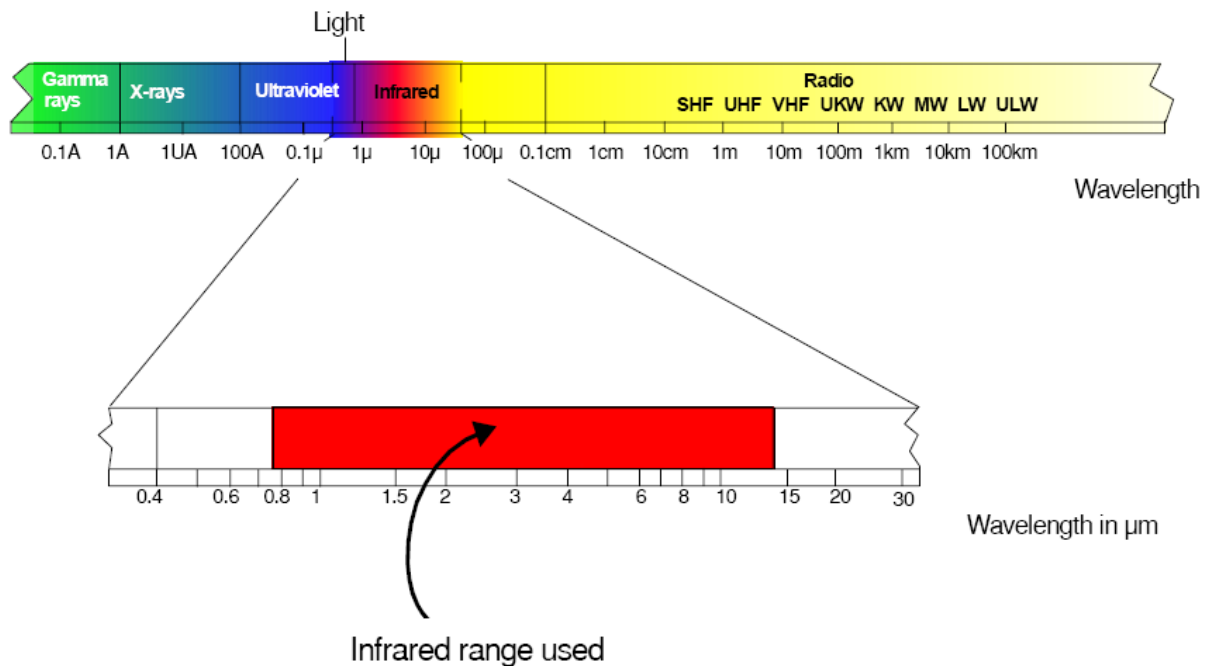


圖 1 波長頻譜圖，紅外線常用的量測波長範圍：700nm~14000nm [1]

依紅外線的波長範圍和紅外線輻射源可區分

- 近紅外線(Near Infra-red, NIR)；700~2,000nm
- 中紅外線(Middle Infra-red, MIR)；3,000~5,000nm
- 遠紅外線(Far Infra-red, FIR)；8,000~14,000nm

2.2 物體輻射

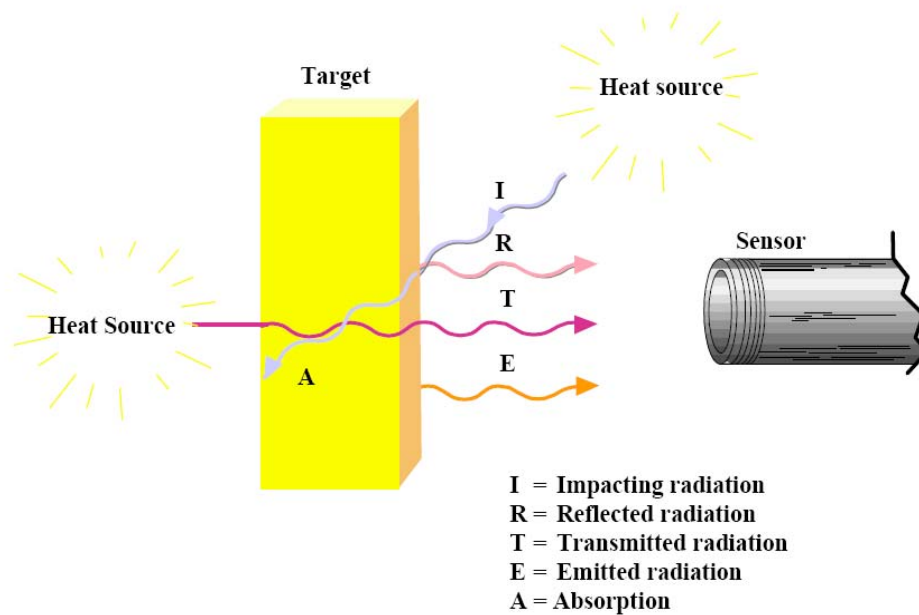


圖 2 物體輻射與感測器接受輻射的關係 [1]

感測器除了偵測到物體本身的輻射外，還會偵測到反射的輻射和讓輻射穿透，彼此間的輻射關係可用 $A+R+T=1$ 表示。

2.2.1 黑體與非黑體散射

以公式而言，固體 $T=0$

$$A + R = 1$$

$$\Rightarrow A = 1 - R$$

$$\Rightarrow E = 1 - R$$

黑體： $R=0$

非黑體： $R \neq 0$ ， $R=0.1$ 或 $0.2\dots$

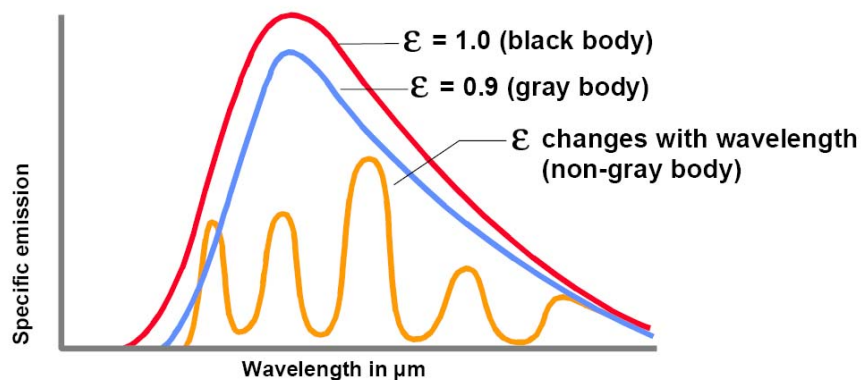


圖 3 黑體與灰體的波長與散射關係 [1]

2.2.2 金屬

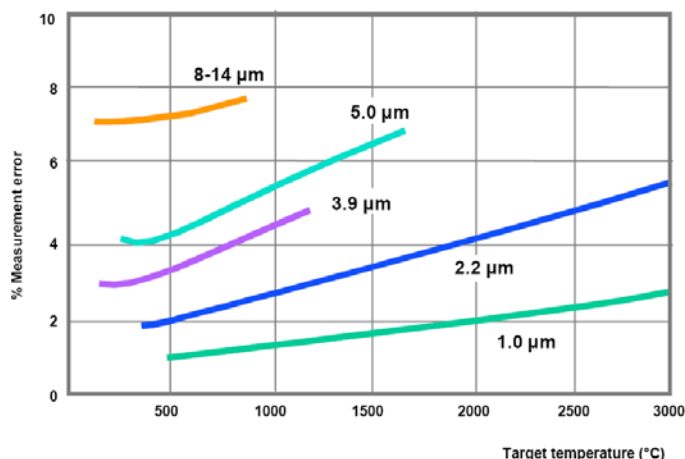


圖 4 金屬吸收波長在不同溫度下的量測誤差 [1]

由於金屬物質常反射，所以不容易散射，以特定的波長、溫度量測金屬物質，會造成金屬物質的高散射可能性，因此以特定波長、溫度會提高對金屬物質的量測準確性，金屬的散射與波長、溫度具有相當密切的關係 圖 4。

2.2.3 塑膠

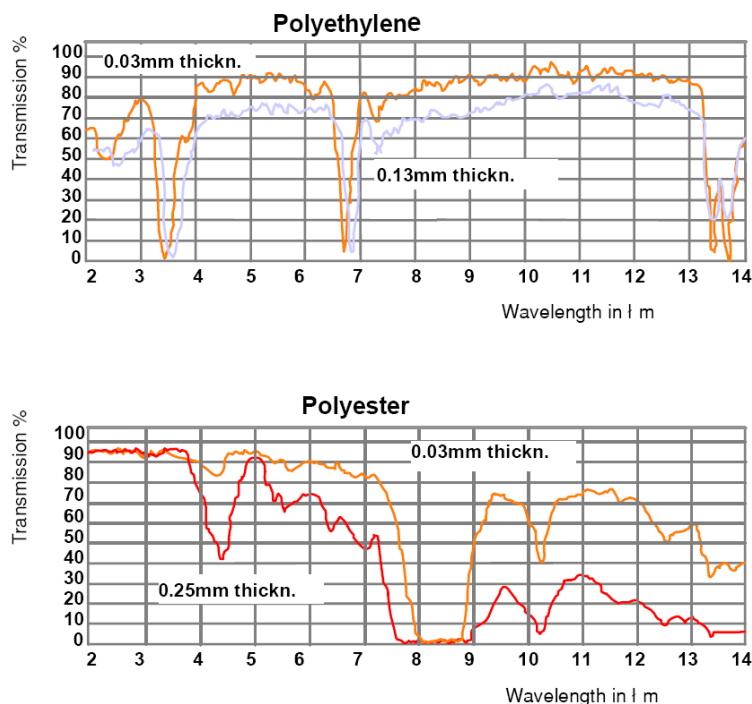


圖 5 不同厚度塑膠物質(聚丙烯、聚酯) 的波長與傳導比例的關係圖 [1]

特定厚度的塑膠物質，其傳導與波長有著相對的關係，量測塑膠物質的輻射，必須知道為何種物質與厚度，然後選擇相對應的波長光源，作為量測的來源。

2.2.4 玻璃

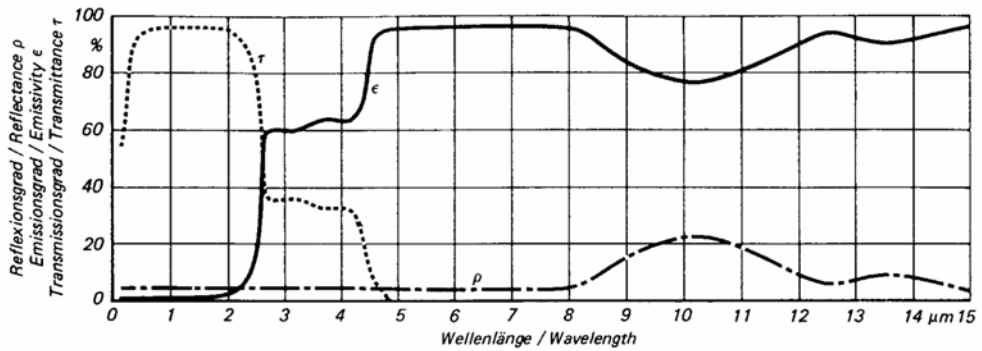


圖 6 在不同波長下，玻璃的反射、散射、傳導百分比的關係 [1]

量測玻璃的溫度時，反射係數與傳導為兩個重要的因素，選擇不同波長的光源，會直接影響量測的位置，例如：表面溫度(波長 5 μm)或在某個厚度下的溫度(波長為 1.0、2.2、3.9μm)，量測玻璃的多種方法中，最重要的關鍵為”低反應時間”。

2.3 量測光點與視窗

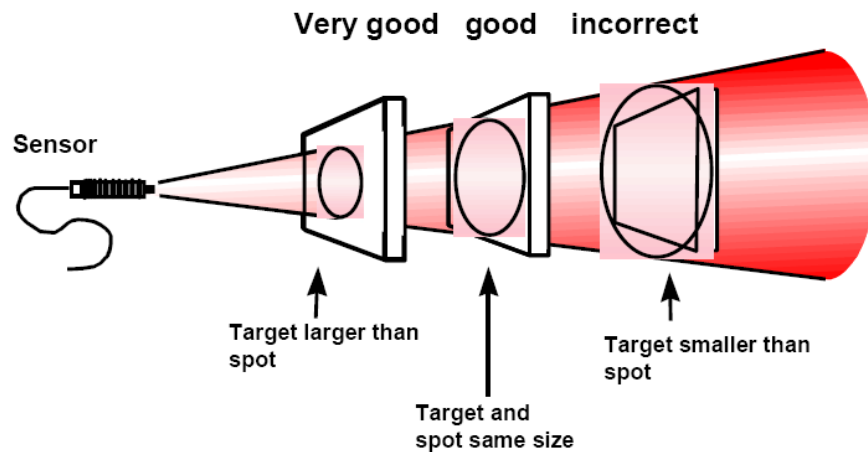


圖 7 目標物必須完全包含著光點，否則量測數據會錯誤 [1]

在光學系統中，量測目標物的能量唯一關鍵因素，因此目標物必須完全包含著光點，能量與量測的距離、光點面積大小存在著一定的關係，距離越遠偵測器接受到的能量越小，光點面積越大。

2.4 感測器簡介

紅外線傳感器(IR sensor)簡介

由兩個介面元件組成，分別為Thermopile及Thermistor，兩者封裝如圖 8。



圖 8 紅外線溫度傳感器 [2]

Thermopile :

輸出小電壓，其電壓值由目標物溫度及Thermopile所在環境溫度決定((圖 9))。建議解析度 0.01°C 的精準度。使用於環溫 25°C 校正時絕對誤差在±0.03°C 內。其為半導體材料製作而成的感測器，故容易受溫度而影響其測量數值。良好的IR Sensor 其 Thermopile 的數學模式如下

$$\begin{aligned}
 V_{out} &= K \times [(T_t + 273.13)^4 - (T_a + 273.13)^4] \\
 &= K \times f(T_t, T_a) \quad \dots\dots\dots\text{公式(1)} \\
 &= K \times [f(T_t, T_{ref}) - f(T_a, T_{ref})]
 \end{aligned}$$

Vout : Thermopile 輸出電壓
 K : Sensitivity of Thermopile
 Tt : Target Temperature (°C)
 Ta : Ambient Temperature (°C)

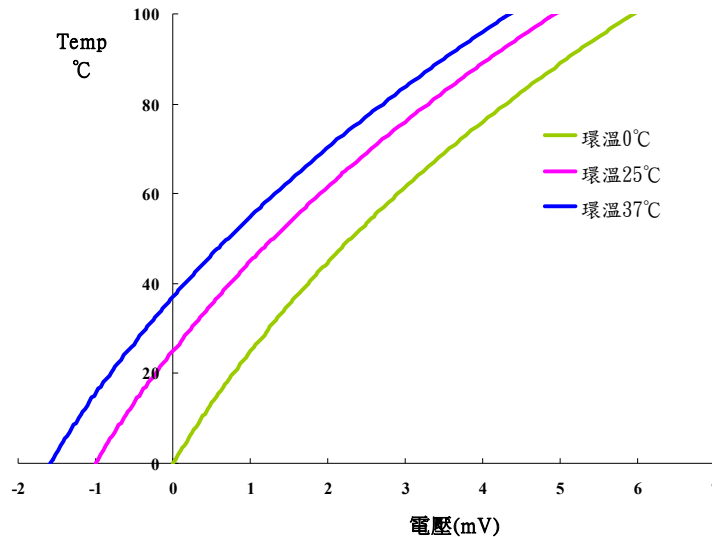


圖 9 Thermopile 電壓與溫度曲線

Good Thermopile 會有以下兩個特性

- Tt=Ta 時, Vout=0
- K 為常數，不隨環境溫度而改變

Thermistor :

隨其所在之溫度改變而有電阻變化(圖 10)，用來監視IR sensor內部溫度。在此亦稱之為量測時的環境溫度。建議測量誤差及重複性< 0.05°C。

Thermistor 的數學模式如下

$$R_{th}(T) = R_{25} \times e^{\{B \times [(\frac{1}{T+273.13}) - (\frac{1}{25+273.13})]\}} \quad \dots\dots\dots\text{公式(2)}$$

R_{th}(T) : Thermistor 變化電阻值
 B : Sensitivity of Thermistor
 R₂₅ : 25°C 電阻值

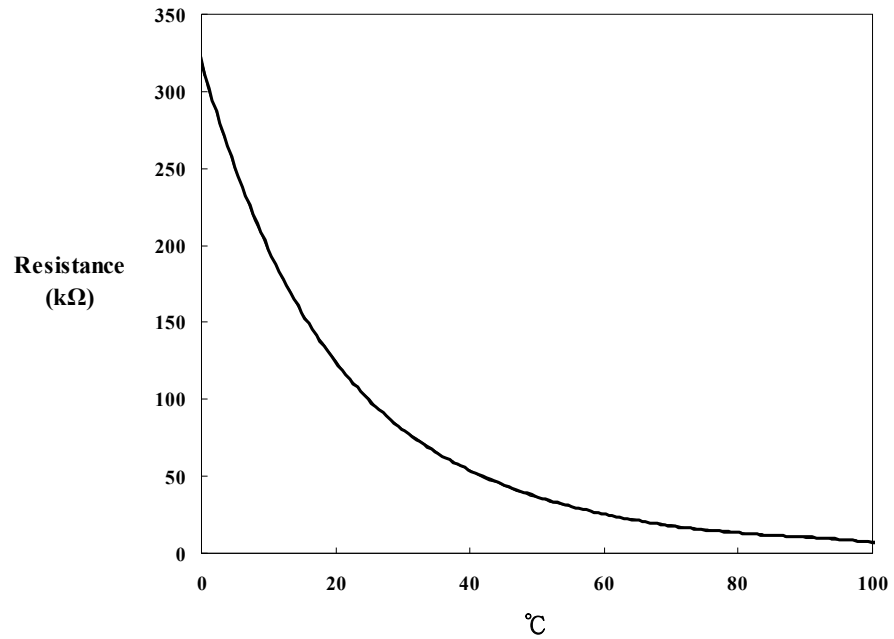


圖 10 Thermistor 電阻與溫度曲線

2.5 控制晶片

利用紅外線傳感器(IR sensor)做為溫度訊號的擷取來源，轉換為電阻與微小電壓訊號輸出，再經由紘康科技的單片機”HY11P13”量測訊號、運算、數位輸出顯示，如圖 11，以最少的元件達成非接觸式紅外線溫度量測方案。

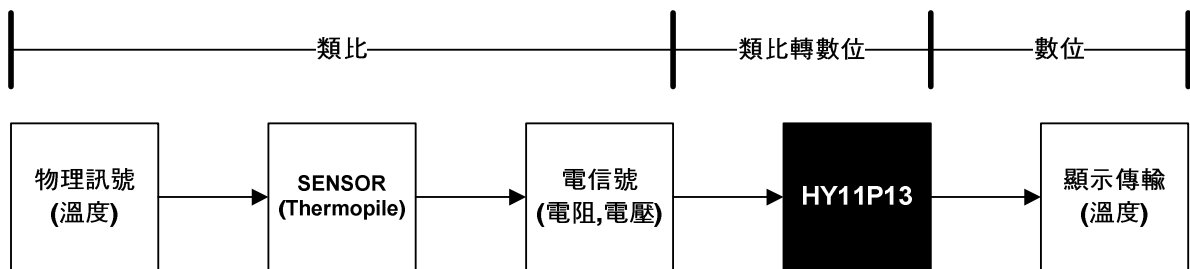


圖 11 類比與數位訊號轉換

單片機簡介

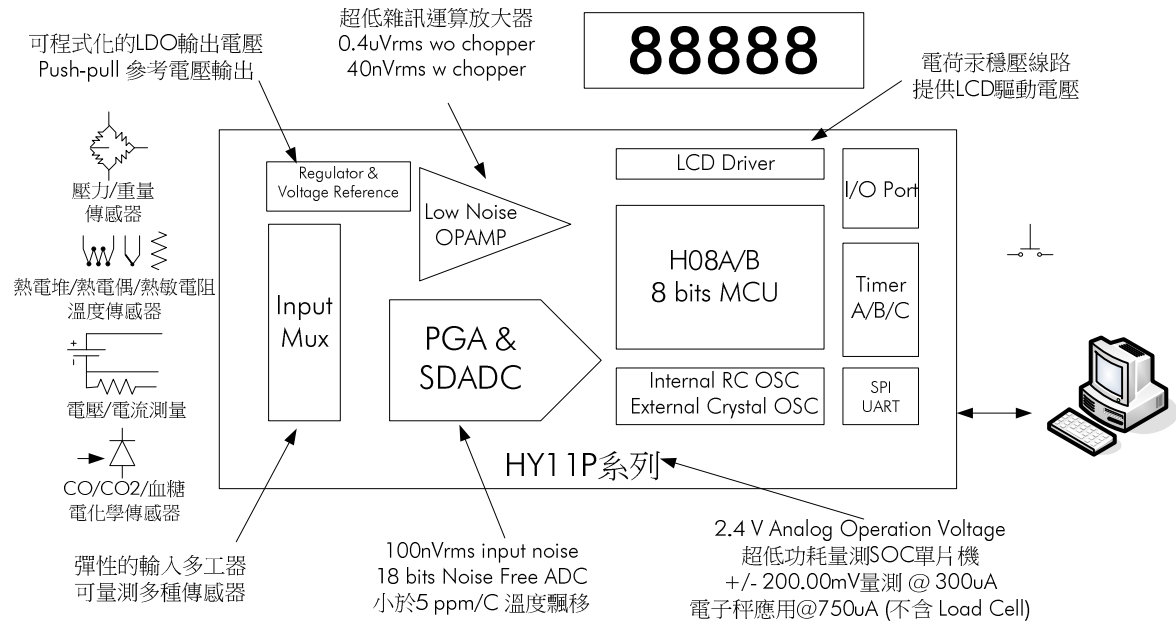


圖 12 HY11P系列 8 位元高性能OTP單片機(HY11P13)[3]

- 8 位元加強型精簡指令集，共有 69 個指令包含硬體乘法指令及查表指令
- 2.0V to 3.6V 工作電壓範圍，-40°C~85°C 工作溫度範圍。
- 外部石英震盪器及內部高精度 RC 震盪器，6 種 CPU 工作時脈切換選擇，可讓使用者達到最佳省電規劃
 - 運行模式 300uA@2MHz
 - 待機模式 3uA@28KHz
 - 休眠模式 1uA
- 4KWord OTP (One Time Programmable) Type 程式記憶體，256Byte 資料記憶體
- Brownout and Watch dog Timer，可防止 CPU 進入死機模式
- 18-bit 全差動輸入 $\Sigma\Delta$ ADC 類比數位轉換器
 - 內置 PGA (Programmable Gain Amplifier) 及可有 1/4, 1/2, 1,128 倍 10 種輸入信號放大倍率選擇
 - 內置輸入零點調整，可針對不同應用增加其量測範圍
 - 內置高阻抗輸入緩衝器(32 以上輸入倍率不適用)
 - 內置絕對溫度感測器
- 超低輸入雜訊(<1uVpp)運算放大器，可提供高輸出阻抗小訊號的放大及小電流的電壓轉換
- 1.2V 低溫飄係數參考電壓源輸出，具有 Push-Pull 驅動能力，可提供傳感器驅動電壓
- 10mA 低壓差穩壓電源輸出，可有 4 種不同輸出電壓選擇
- 4x20 LCD 液晶驅動器
 - Static、1/2、1/3、1/4 Duty 及 1/2、1/3 Bias 軟體選擇
 - 內建 Charge Pump 穩壓線路，提供 4 種 LCD 偏壓
- 8-bit Timer A
- 16-bit Timer B 模組具 Capture/Compare 功能

- 16-bit Timer C 模組具 PWM/PFD 波形產生功能
- 串列通訊 SPI 模組
介紹、特色、功能....

3 設計規劃

3.1 硬體說明

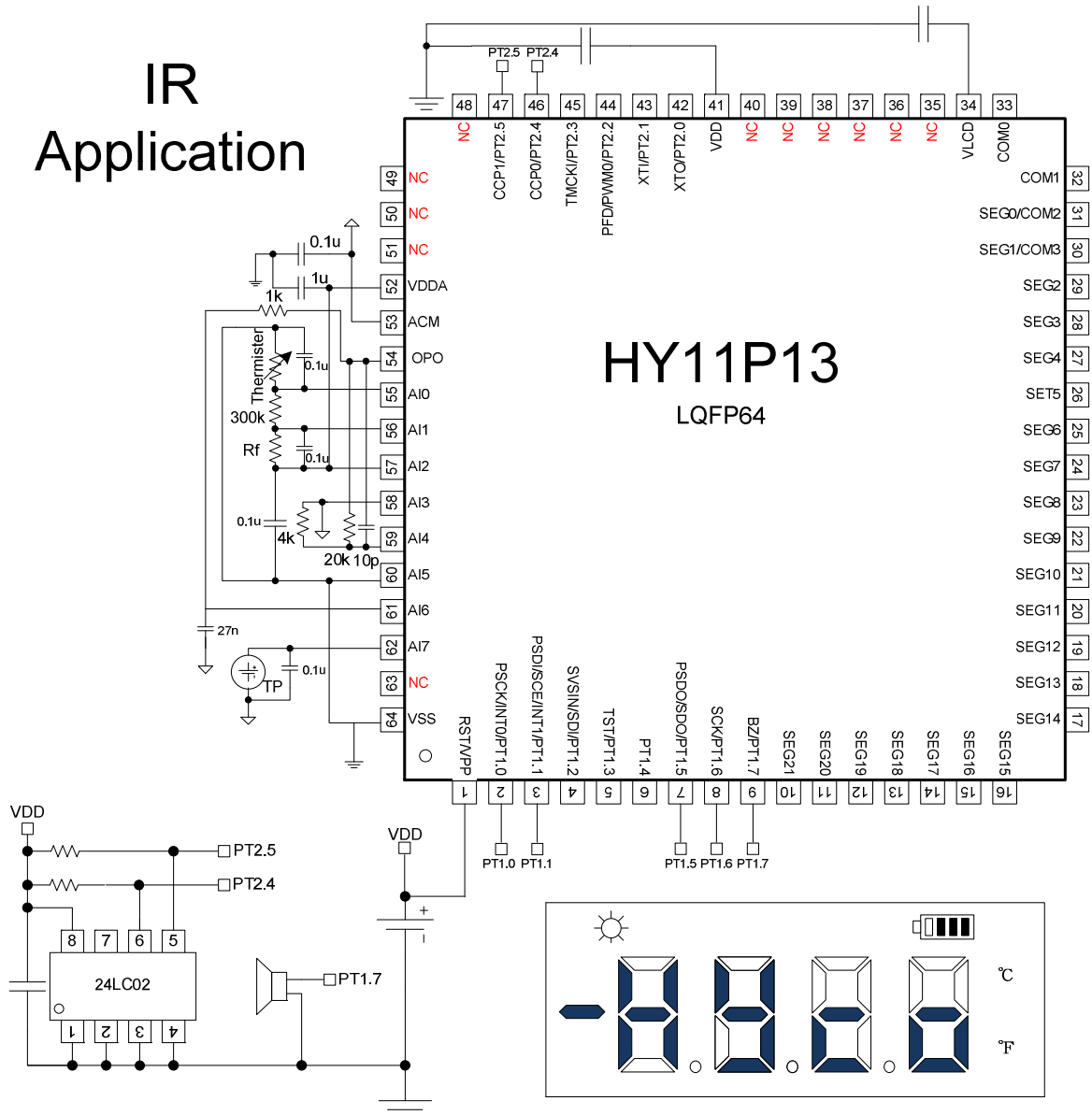


圖 13 紅外線溫度量測應用線路

主要元件介紹

MCU : HY11P13，功能為量測電信號、控制、運算、顯示

EEPROM : 24LC02，功能為儲存校正參數

Sensor : M21 or Z11，功能為溫度與電信號轉換

3.2 電路說明

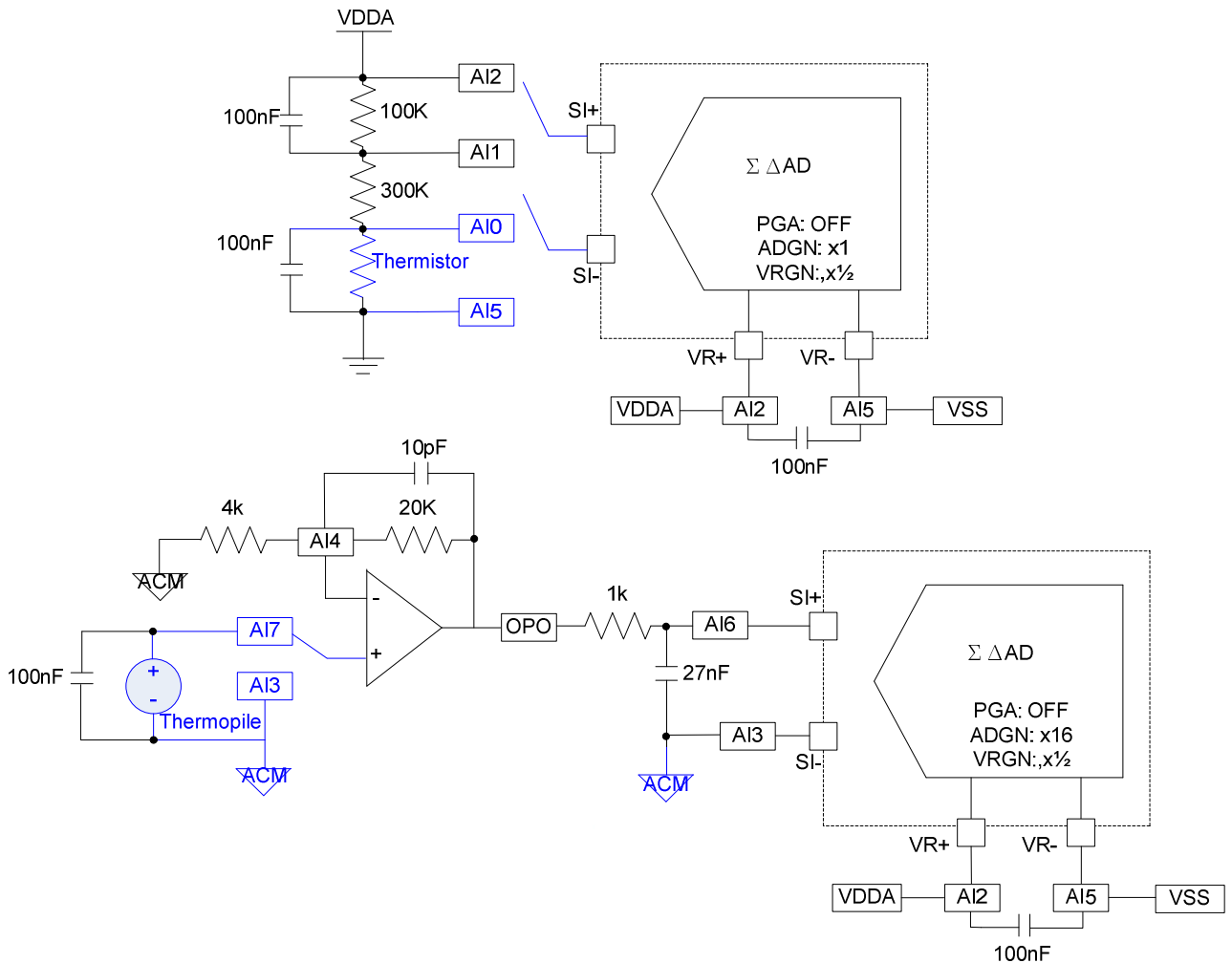


圖 14 HY11P13 紅外線溫度量測網路設定

因為 Thermopile 阻抗匹配的問題，需將 LNOP 輸入處理器 OPM[1:0] 設定為 10 或 11，不能使用 Chopper 功能。

Thermistor 隨著溫度變化會有不同電阻輸出，Thermopile 隨著目標物的熱輻射會改變小電壓的輸出，本文將使用紘康 HY11P13 量測訊號，可分為兩部分，一為電阻量測，另一為小電壓量測。

37H	OPCN1	ENOP	OPM[1]	OPM[0]	OPP[1]	OPP[0]	OPN[2]	OPN[1]	OPN[0]
3CH	ADCCN1	ENADC	ENHIGN	ENCHP	PGAGN[1]	PGAGN[0]	ADGN[2]	ADGN[1]	ADGN[0]
3DH	ADCCN2			INBUF	VRBUF	VREGN	DCSET[2]	DCSET[1]	DCSET[0]
3EH	ADCCN3	OSR[2]	OSR[1]	OSR[0]					
3FH	AINET1	INH[2]	INH[1]	INH[0]	INL[2]	INL[1]	INL[0]	INIS	OPIS
40H	AINET2		VRH[1]	VRH[0]	INX[1]	INX[0]	VRL[1]	VRL[0]	

表 1 HY11P13 紅外線溫度量測網路暫存器設定
網路共切換六次

RFZ: [ADCCN1,AINET1,AINET2]=[82H, 0CH, 48H],
測量 Rref 參考電阻信號輸入通道 offset

RF: [ADCCN1,AINET1,AINET2]=[82H, 0CH, 40H]

測量 Rref 參考電阻信號(未扣除 offset)

RSZ: [ADCCN1,AINET1,AINET2]=[82H, 68H, 48H]

測量 Thermistor 信號輸入通道 offset

RS: [ADCCN1,AINET1,AINET2]=[82H, 68H, 40H]

測量 Thermistor 信號(未扣除 offset)

TPZ: [OPCN1,ADCCN1,AINET1,AINET2]=[C1H, 87H, 20H, 40H]

測量 Thermopile offset 信號(TS-信號)

TP: [OPCN1,ADCCN1,AINET1,AINET2]=[C9H, 87H, 20H, 40H]

測量 Thermopile 信號(TS+信號)

電阻量測：

此量測電阻共切換四次網路開關，在每次切換網路開關後，需丟棄兩筆資料，並儲存四筆資料再取平均作為一筆資料的輸出。此量測方式為交替式電阻量測，第一次量測參考電阻 RF_count(RF-RFZ)，第二次量測 thermistor 電阻 RS_count(RS-RSZ)。

$$\frac{RF_count}{RS_count} = \frac{100k}{R} \dots \text{公式(3)}$$

將量測的 RF_count 與 RS_count 代入公式(3)，即可求出 R，再以 R 查表換算為溫度。

小電壓量測：

此量測電阻共切換二次網路開關，在每次切換網路開關後，需丟棄兩筆資料，並儲存四筆資料再取平均作為一筆資料的輸出。TPZ 網路開關目的為量測整個系統接地後的 ADC count，TP 網路為量測訊號(包含系統接地訊號)，TP_count (TP-TPZ)，V R 為校正的電壓值，VR 電壓設定為 [目標溫度相對應的電壓] - [環境溫度相對應的電壓]。

$$\text{Gain} = \frac{VR}{TP_count} \dots \text{公式(4)}$$

將 TP_count × Gain=小電壓輸出，再去查表，並換算為溫度。

3.3 軟體說明

3.3.1 程式流程

此程式提供 M21 及 Z11 兩種紅外線 Sensor 的測試 Table，可使用這兩種 Sensor 校正後測量。

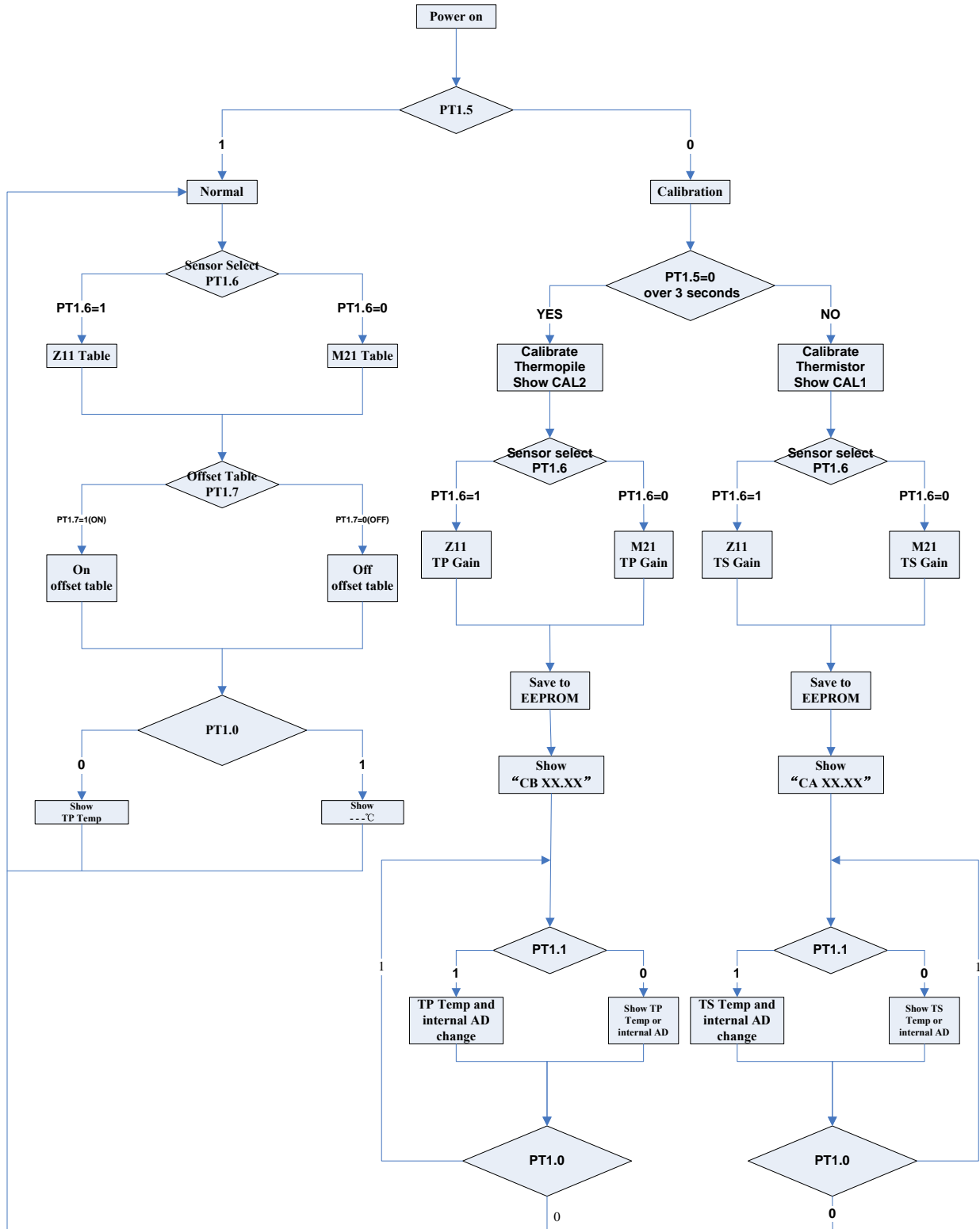


圖 15 程式流程

3.3.2 校正流程

- 開機後顯示“-- °C”；
- 按下 PT1.0 開始正常量測模式；
 - 如果 Thermistor 和 Thermopile 沒有經過校正，繼續顯示“-- °C”；
 - 如果 Thermistor 和 Thermopile 有經過校正，顯示目標溫度 XX.XX°C；
- 開機後按下 PT1.5 保持 1-2Sec 的時間進入 Thermistor 校正模式；PT1.6=high，進行 Z11 校正；PT1.6=low，進行 M21 校正；
 - 在此模式下顯示 Thermistor 量測溫度 CAXX.XX°C，此時按下 PT1.1 可進行溫度與內碼切換顯示；
 - 在 Thermistor 校正模式下按下 PT1.0 可退出校正；
- 開機後按下 PT1.5 保持 3Sec 以上的時間進入 Thermopile 校正模式；PT1.6=high，進行 Z11 校正；PT1.6=low，進行 M21 校正；
 - 在此模式下顯示 Thermopile 測量溫度 CbXX.XX°C，此時按下 PT1.1 可進行溫度與內碼切換顯示；
 - 在 Thermopile 校正模式下按下 PT1.0 可退出校正；
- PT1.7=low，關閉溫度補償功能；PT1.7=high，開啓溫度補償功能；
- 正常模式下 PT1.6=low，M21 量測；PT1.6=high，Z11 量測；
- 在正常模式下長按 PT1.0 關機；
- 在關機模式下按下 PT1.0 開機；
- 當目標溫度不在建表範圍之中時顯示“-- °C”；
- 溫度補償功能只有在 EEPROM 中寫入補償值後才有效，EEPROM 區塊：10H-1BH，1BH 中可以寫入驗證值 5AH，這樣可以進行 EEPROM 中是否有寫入補償值判斷。

4 技術規格

- Operation voltage : 2.4~3.6V
- Sleep mode current : 0.63uA
- Operation mode current : 0.5mA
- Mode
 - ◆ Calibration mode
 - ◆ User mode
- Measure range
 - ◆ Environment Temperature:0~50°C
 - ◆ Target Temperature:0~100°C
- Calibration
 - ◆ Environment Temperature:25°C
 - ◆ Target Temperature:37°C
- Resolution: 0.01°C

5 System ESD

如下圖，由於 Thermopile Sensor 設計特性，其 NTC Negative 通常連接到 Sensor VSS，等同於連接到 Sensor 外殼，而該 Sensor 金屬探頭在設計開發時，需考慮其防護及抗干擾設計，避免影響到訊號測量時的穩定性。因此在設計該樣機時，需將 Sensor NTC Negative 設計連接到系統晶片 VSS 上，以達受干擾時，可以藉由 VSS 直接將干擾消散，直接達到放電作用，當然這必須依賴 PCB Layout 佈局注意事項。

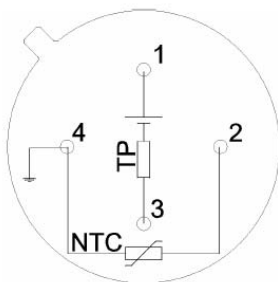


Figure 1: Electrical connections- bottom view of thermopile

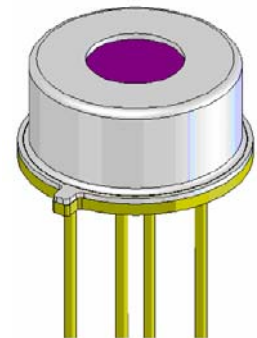


圖 16 Bottom view of thermopile

以下說明，針對所規劃裸板樣機直接進行嚴苛的 System ESD 測試，如下圖，測試時，除針對電源端進行放電外，直接針對 Sensor 外殼釋放靜電測試，以此嚴格條件測試，抗靜電能力仍可達高標準規格，以該樣機進行測試，測試結果供使用者參考：

氣隙放電(air-gap discharge): Pass up to ±16KV;

接點放電(contact discharge): Pass up to ±8KV;



圖 17 樣機裸版測試圖

而在 PCB 佈局上，該應用在 Sensor 周邊電路鋪地上會有要求；為使受靜電干擾時，能有一個快速釋放靜電動作，建議使用者在 Sensor 周邊電路可以使用 VSS 將其訊號及 Sensor 包覆，為的是使靜電快速釋放，避免累積影響系統功能；

圖 18、圖 19 說明 PCB 佈局時的 Top view and bottom view, J2 圓柱狀佈局則為 IR Sensor 實際尺寸與所在位置，該佈局以實際應用為考量，將 IR Sensor 放置在外圍處，類似耳溫槍或是額溫槍設計方式。

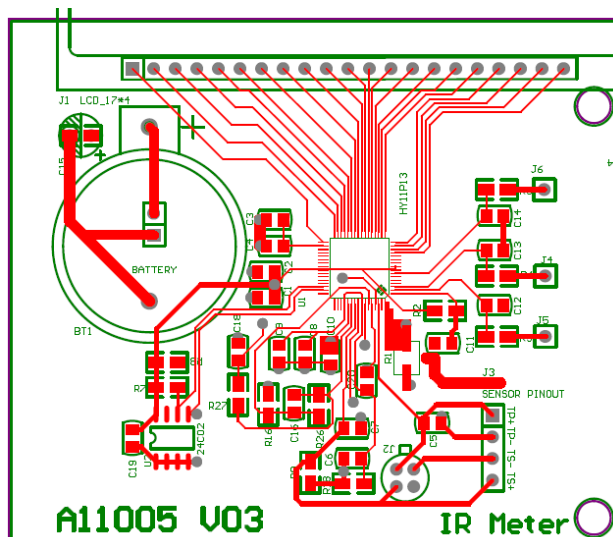


圖 18 PCB Top View

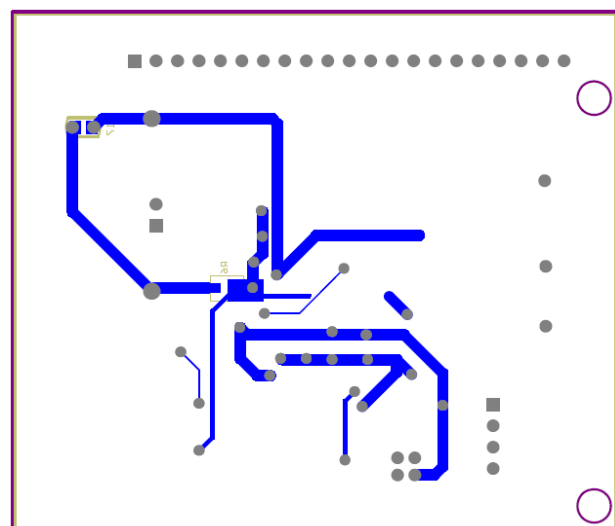


圖 19 PCB Bottom View

圖 20、圖 21 說明 IR Sensor 周圍及 ADC 前端放大線路考量，設計 VSS 完整包覆 Sensor 及前端 OPA 放大電路與 ADC 網路。該 Sensor 完整鋪地為 VSS，並透過一短路電阻連接到晶片 VSS 引腳；

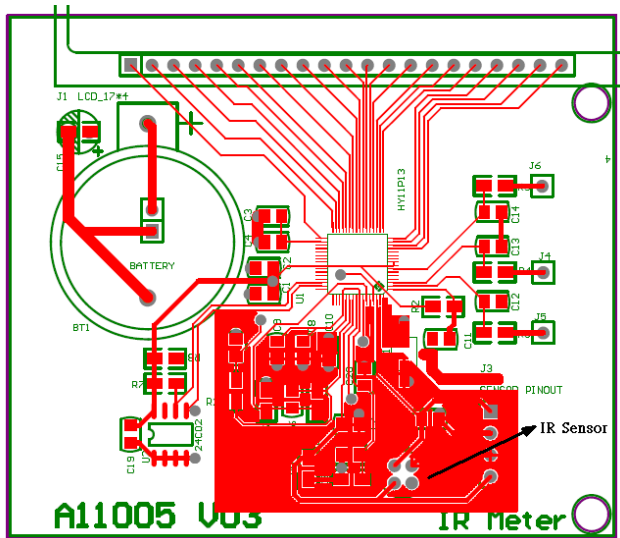


圖 20 Sensor ground_Top View

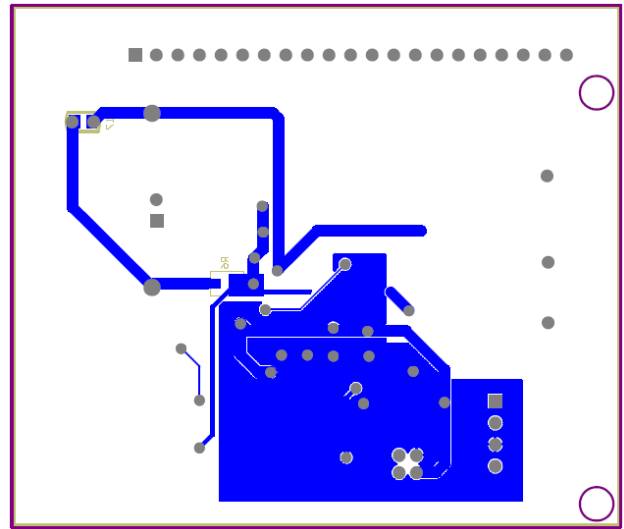


圖 21 Sensor ground_Bottom View

圖 22、圖 23 說明對晶片本身及其他數位引腳及其他控制腳位和線路鋪地VSS示意圖，完整的VSS鋪地，將可達更高系統抗干擾能力，而這整片VSS鋪地最後仍是透過短路電阻與 Sensor鋪地連接；有關數位與類比通道的PCB佈局注意事項，詳細內容更可參考 [HY11P系列 PCB佈線建議應用說明書，APD-PCB001](#)。

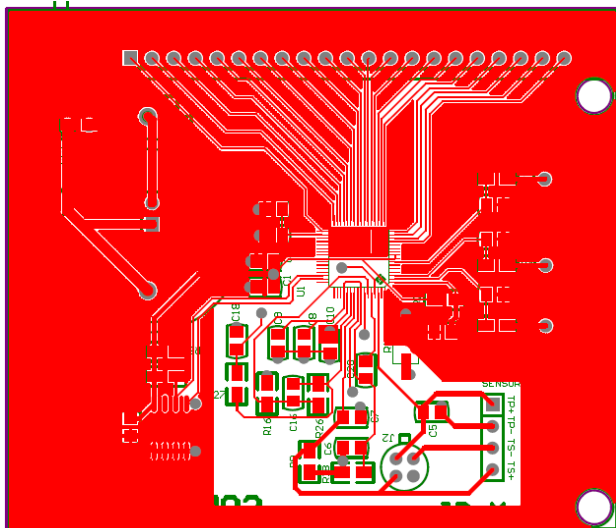


圖 22 Chip ground_Top View

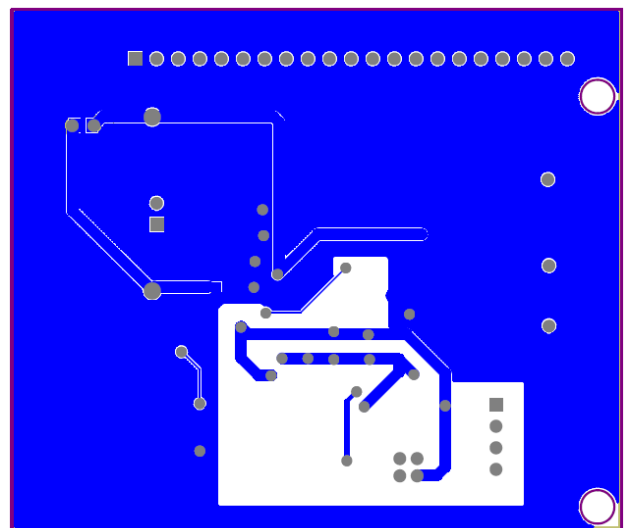


圖 23 Chip ground_Bottom View

6 EMC

電磁相容性(ElectroMagnetic Compatibility, EMC)的測試,在成品開發時都是必須經過認證的其中一個階段。而本文則不在 EMC 認證規範與方法上著墨，以測試結果與內容直接說明電磁耐受性測試(ElectroMagnetic Susceptibility, EMS)中的輻射耐受性(Radiated Susceptibility, RS)的測試結果供參考。

在 System ESD 章節已經說明整體佈局應該注意內容與 Grounding 包覆注意事項，根據這樣的佈局會對 EMC 防護有相當大的成效改善。在 Thermopile 應用上，因為阻抗匹配問題，使得該應用必須連接運算放大器(OPA)後，才能連接到晶片類比數位轉換器(ADC)進行信號測量。而 Thermopile 輸出電壓經過放大後進行訊號取樣時，這放大倍率一般會在 50 倍到 400 倍之間，而根據實驗測試結果顯示，搭配紘康內建 OPA 與 ADC 進行訊號處理時，建議 OPA 單端放大線路設計在 10 倍到 50 倍之間，最大放大倍率不超過 100 倍放大倍率下，所測試結果最理想；就如需設計整體放大倍率為 100 倍訊號放大，則建議設定 OPA 外接元件達放大倍率為 25 倍，ADC 使用內建可程式放大器(ADGN)則設定放大 4 倍，整體仍可達 100 倍放大倍率效果。

下圖為 RS 測試環境說明，以 EN 61000-4-3(80MHz~1GHz)輻射耐受性規範定義所做測試分析，測試時則以 Radio frequency(RF)訊號經由天線輻射 RF 功率，對待測物產生干擾，干擾頻率範圍為 80MHz~1GHz，以 1.01 倍基頻遞增，試驗水準設定為 3V/M，試驗方向包括垂直與水平方向，在無電波反射室中待測物到天線距離 3 米，並以 80%振幅調變(Amplitude Modulation, AM), 1Khz 載波下進行測試，測試結果顯示最大溫度變化量小於 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 以內。

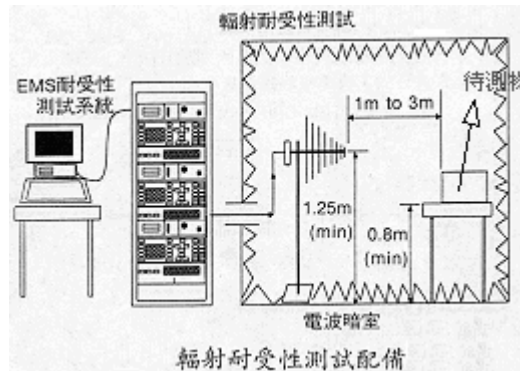


圖 24 RS 測試環境說明

7 Demo Code及相關檔案

主程式檔案：Demo Code-IR_M21 and Z11_V08 for EMI (Gain16).rar

組譯檔：IR.asm



Demo Code-IR_M21
and Z11_V09 for EM 主程式檔案

8 參考文獻

- [1] “Principles of Noncontact Temperature Measurement”，www.raytek.com
- [2] <http://www.semitec.co.jp/>，石塚電子株式會社
- [3] <http://www.hycontek.com/>，紘康科技股份有限公司

9 修訂紀錄

以下描述本文件差異較大的地方，而標點符號與字形的改變不在此描述範圍。

版本	頁次	變更摘要
V01	ALL	初版發行
V02	ALL	增加 Demo code
V03	ALL	搭配 Sensor 更新測量電路與 Demo code
V04	16-18	增加 System ESD 測試內容與防護說明
	19	增加 EMC 測試內容與防護說明
V05	19	Demo Code 進版至 V09；修改 ADC Output 若為負值可能造成計算錯誤的問題