

HT45F23A/HT45F43 煙感器與 PIR 應用說明

文件編碼：AN0308T

HT45F23A煙感器應用說明

HT45F23A 是一顆高集成度的 MCU，其集成了 OPA 比較器、A/D 串列通訊介面，非常適合應用於獨立型或聯網型的煙感器產品，以下是基本的煙感器產品電路方塊圖。



在基本的煙感器產品電路方塊功能說明如下：

煙霧偵測電路：針對煙霧偵測方式而言，考慮成本與材料取得的便利性，目前大都使用以圓形迷宮腔加上光學折射方的光電式偵煙器為主。所謂光學折射方式就是利用發光組件：紅外線發光二極體(IR TX LED)，與受光組件：紅外線接收二極體(IR RX LED)所組成的一種煙霧偵測方法。其發光組件與受光組件並不是面對面在一直線上，而是有存在一個角度與方向，如圖 1 所示：發光組件以預定的週期發射固定能量的紅外線光束，理想狀況下，當無煙時紅外線光束會平行通過受光組件上方，此時受光組件接收的紅外線能量最少，當煙霧越多時，受光組件會因為煙霧粒子折射的關係而接收到較多的紅外線能量，以此作為偵測煙霧濃淡的依據。

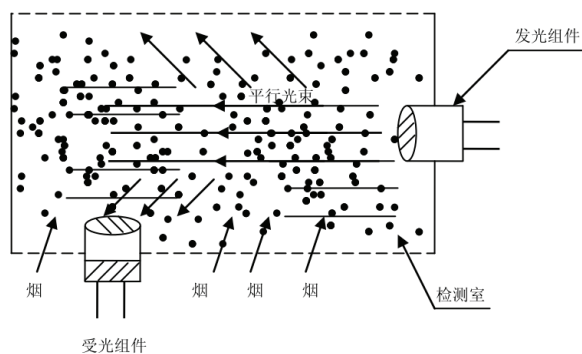


圖 1 光學折射式偵煙器示意圖

訊號檢出與放大電路：受光組件(IR RX LED)信號變化是以電流方式表現(如圖 2)，因此需要有電流檢出電路，可利用 OPA 的電流-電壓轉換電路來達成，但因 IR RX LED 電流信號很小，經電流-電壓轉換後的信號仍然太小，需再加一級 OPA 做電壓放大後，才足夠讓下一級 A/D 電路檢測。

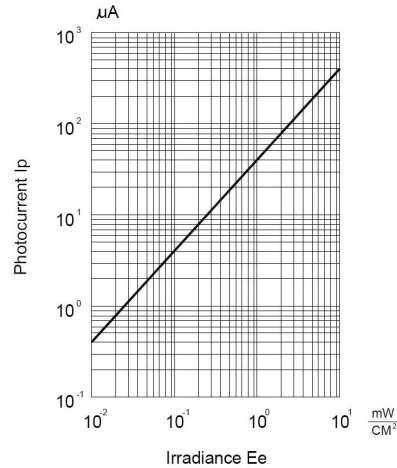


圖 2 IR RX LED 特性曲線

訊號處理：經前面的訊號檢出與放大電路後，可以得到一個與煙霧濃度正比的電壓訊號，透過 HT45F23A 的 A/D 轉換成數位資料，並利用 F/W 針對 A/D 產出的數位資料作煙霧濃度的判斷，並做出相對應的控制行為，譬如推動 LED、產生報警聲響或透過聯網將相關的訊息傳輸至主機端。

警報訊號輸出電路：煙感器的功能就是判斷煙霧的多寡，並發出警報訊號，而警報訊號不外乎以聲音居多，且要有足夠的音量，因此需要有升壓電路來達成，若是聯網型煙感器產品，則是會將警報訊號傳遞到主機，由主機處理。

獨立型煙感器應用電路說明

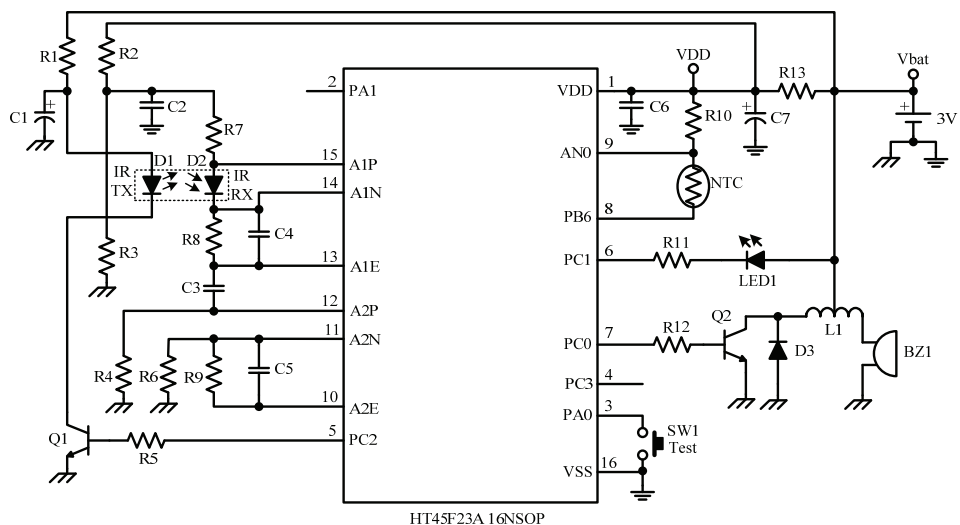


圖 3 獨立型煙感器應用電路圖

在 HT45F23A 獨立型煙感器應用電路圖的左半邊包含有：

- 煙霧偵測電路
由 Q1 與 D1(IR TX)組成的紅外線發射電路、D2(IR RX)與 HT45F23A 內置 OPA 組合成的紅外線接收電路，其中 D1 與 D2 並搭配迷宮腔結構，組合成煙霧偵測電路，其中 R7 為 IR RX LED 限流電阻、R2 與 R3 為分壓電路，其目的做為提供 OPA1 的輸出 DC Bias。
- 電流轉電壓電路
由 OPA1 組成，其中輸出的電壓大小是決定於 R8 的電阻大小，因 D2 輸出的電流很小(nA 級)，因此 R8 的電阻需要達數 M Ω ，否則經 OPA2 放大後 A/D 會因為訊號過小而無法正確的轉換，但因雜訊問題也不能過大，因此需要配合低雜訊 OPA(如 HT45F23A)。
- 小訊號放大電路
由 OPA2 組成非反相放大器，放大增益由 R6 與 R9 決定、R4 為偏壓電流補償電阻，其作用為抵消 R6 與 R9 形成並聯電阻上的電壓降、C3 為 OPA1 與 OPA2 的耦合電容，主要是要隔離直流訊號、OPA2 除了是非反相放大器以外，與 C5 配合構成了積分電路，將瞬間的高頻訊號做平滑處理。

而在 HT45F23A 獨立型煙感器應用電路圖的右半邊電路則有：

- 溫度感測電路
由 R10 與 NTC 感測器組成的，當發生火災時不只有煙霧產生，還會有溫度上升的狀況發生，因此 NTC 將用於溫度偵測用途，當室內溫度大於 35 度或 40 度以上時則表示有火災狀況發生，需靠警報電路發出警報訊號。
- 警報電路
由 Q2、BZ1 組成，當煙霧數量大於設定值或是室內溫度大於 35 度時，警報器就會發出警報，告訴室內或是周遭的人們要趕快疏散或進行滅火的動作。
- 狀態顯示電路
由 R11 與 LED1 組成，作為煙感器運作狀態、警報狀態或低電壓態顯示。
- 測試按鍵
由 SW1 組成，因煙感器掛在天花板上可能達 1~2 年都不會換電池，如果沒有定時檢查或保養，當火災發生時就會派不上用場，因此測試鍵的用途在於保養或檢查之用。
- 電源反交連
由 R13、C6 與 C7 組成，因煙感器的 D1 (IR TX) 在 ON 時，因 Q1、D1 導通所產生的大電流，會影響電源穩定，此時需要較大容值的電解電容 C7 將電壓穩住，否則 VDD 可能會下降太多，會影響 HT45F23A 的正常工作(如 OPA 及 ADC 的穩定度)，因此 R13 與 C7 主要在消除 D1 在紅外線發射時動作時所產生的電源雜訊；而 R13 與 C6 主要是在消除電路上所產生的或外界所耦合進來高頻雜訊。

獨立型煙感器控制流程

獨立型煙感器的流程控制如圖 4。

- 系統上電後，首先要初始化 I/O、RAM、計時器及中斷等功能，初始化完成後，系統進入待機工作模式。
- 系統喚醒後，首先檢測 SW1 是否有按下？喚醒動作是否為按鍵喚醒。若檢測到由按鍵喚醒，系統進入測試模式，進入測試模式後，主要進行下列工作：
 - 欠壓檢測由 MCU 內建 LVD 檢測電池電壓狀態，系統做相應的處理。
 - 若檢測到電池無欠壓時，系統發出正常聲音提示，而後進入待機狀態。
 - 若檢測到電池欠壓時，系統發出電池欠壓報警，然後也進入待機狀態。
 - 若檢測到不是由按鍵喚醒，需要判斷是否為 WDT 喚醒系統。
 - 若檢測到為 WDT 喚醒，系統進入工作模式。

- 在工作模式中，系統先做
 - 電池欠壓檢測，電池欠壓時，系統進行電池欠壓報警，而後進入煙霧檢測狀態。
 - 電池電壓正常時，系統直接進入煙霧檢測狀態；檢測有煙霧時，進行煙霧報警，直到有按鍵按下或報警時間超過 5 分鐘，系統停止報警，而後進入待機狀態。
 - 若檢測到既不是按鍵喚醒，也不是 WDT 喚醒，系統重新進入待機狀態。

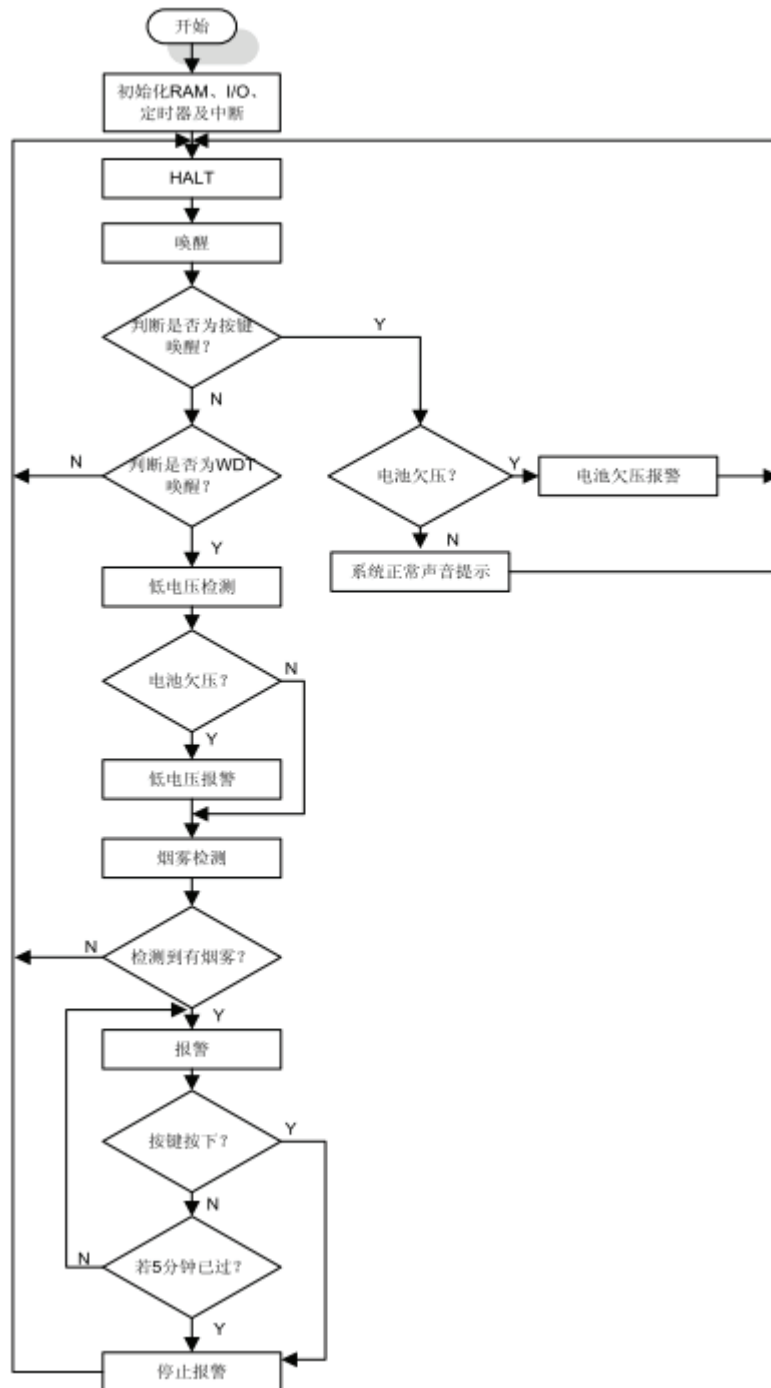


圖 4 獨立型煙感器的流程控制圖

煙霧檢測流程圖

煙霧檢測功能使用到了 HT45F23A 中的 OPA、ADC 等功能。煙霧檢測使用紅外發射和接收電路配合迷宮腔實現，檢測時利用接收到的紅外線信號的強弱來判斷空氣中的煙霧顆粒濃度，接收紅外光信號分別經過 HT45F23A 中的兩級放大器 OPA 進行轉換與信號放大，再由 ADC 進行類比/數位訊號轉換，提供 MCU 判斷。煙霧檢測過程中，檢測的間隔時間為 8 秒，對收集到的資料進行多次檢測，以避免誤測情況發生。檢測到煙霧，系統進行相應的報警處理。煙霧報警時，蜂鳴器報警和 LED 閃爍報警交替實現。蜂鳴器報警和 LED 閃爍報警分別結束後，停止報警 0.5 秒，再依次進行蜂鳴器報警和 LED 閃爍報警，繼續停止報警 0.5 秒，如此重複動作。蜂鳴器報警聲音共分 4 種，第一次蜂鳴器報警結束後，下次報警換成了第二種報警聲音，依次下去，直至 4 種報警聲音全部實現後，再從第一種報警聲音開始，迴圈使用。煙霧報警過程中，若有按鍵按下或 5 分鐘報警時間已到，停止報警。

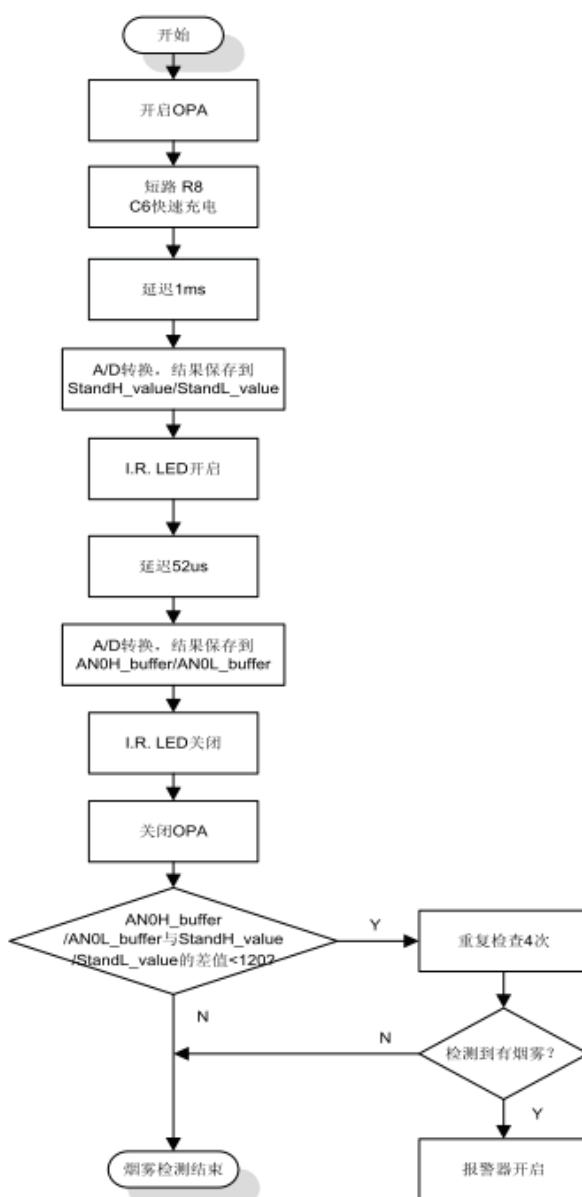


圖 5 煙霧檢測流程圖

煙霧檢測時序圖

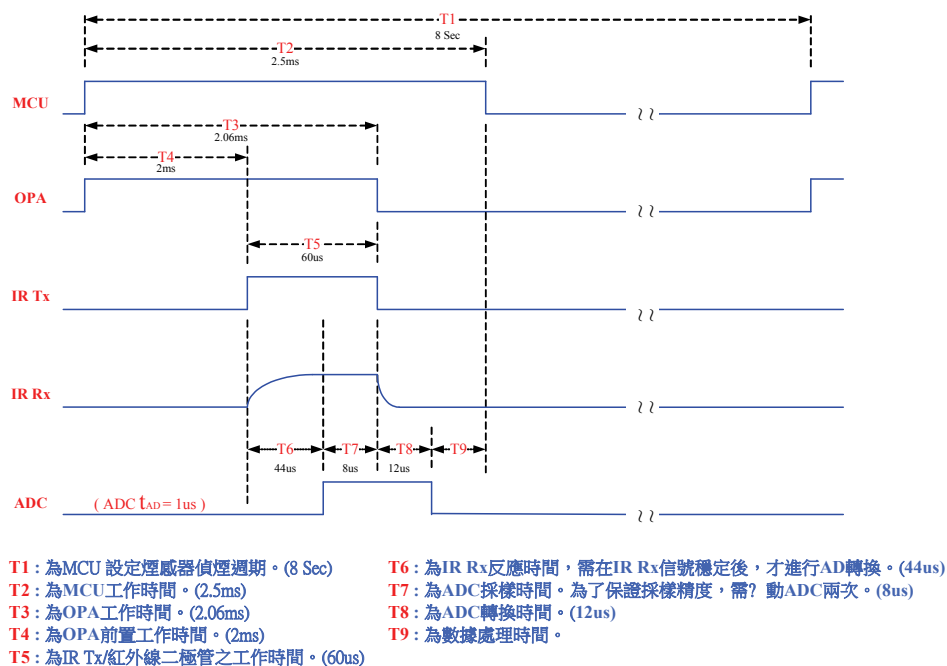


圖 6 煙霧檢測時序圖

HT45F43 PIR應用說明

HT45F43 是一顆高集成度的 MCU，其集成了 OPA 比較器、A/D 串列通訊介面，非常適合應用於 PIR 產品，以下是基本的 PIR 產品電路方塊圖。

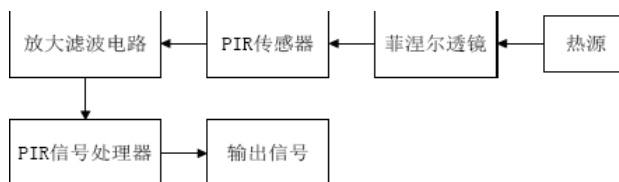


圖 7 PIR 電路方塊圖

PIR 產品電路方塊功能說明如下：

PIR Sensor 原理與特性

- 被動式熱釋電紅外感測器的工作原理與特性

在自然界，任何高於絕對溫度（-273K）的物體都將產生紅外光譜，不同溫度的物體釋放的紅外能量的波長是不一樣的，因此紅外波長與溫度的高低是相關的，而且輻射能量的大小與物體表面溫度有關。

人體都有恒定的體溫，一般在 37°C 左右，會發出 10mm 左右特定波長的紅外線，被動式紅外探頭就是靠探測人體發射的紅外線而進行工作的。紅外線通過菲涅耳濾光片增強後聚集到熱釋電元件，這種元件在接收到人體紅外輻射變化時就會失去電荷平衡，向外釋放電荷，後經檢測處理後就能產生報警信號。被動紅外探頭，其感測器包含兩個互相串聯或並聯的熱釋電元件，而且製成的兩個電極化方向正好相反（如圖 8 側視圖 C），環境背景輻射對兩個熱釋電元件幾乎具有相同的作用，使其產生釋電效應相互抵消，於是探測器無信號輸出。

- 被動式熱釋電紅外探頭的優缺點

不同於主動式紅外感測器，被動紅外感測器本身不發任何類型的輻射，隱蔽性好，元件功耗很小，價格低廉。但是，被動式熱釋電感測器也有缺點，如：

- 信號幅度小，容易受各種熱源、光源干擾
- 被動紅外穿透力差，人體的紅外輻射容易被遮擋，不易被探頭接收
- 易受射頻輻射的干擾
- 環境溫度和人體溫度接近時，探測和靈敏度明顯下降，有時造成短時失靈
- 被動紅外探測器的主要檢測的運動方向為橫向運動方向，對徑向方向運動的物體檢測能力比較差

透鏡

菲涅耳透鏡（圖 9）根據菲涅耳原理製成，把紅外光線分成可見區和盲區，同時又有聚焦的作用，使熱釋電人體紅外感測器（PIR）靈敏度大大增加。菲涅耳透鏡折射式和反射式兩種形式，其作用一是聚焦作用，將熱釋的紅外信號折射（反射）在 PIR 上；二是將檢測區內分為若干個明區和暗區，使進入檢測區的移動物體能以溫度變化的形式在 PIR 上產生變化熱釋紅外信號，這樣 PIR 就能產生變化電信號。

如果我們在熱電元件接上適當的電阻，當元件受熱時，電阻上就有電流流過，在兩端得到電壓信號。

菲涅爾透鏡作用有兩個：一是聚焦作用，即將熱釋紅外信號折射（反射）在 PIR 上，第二個作用是將探測區域內分為若干個明區和暗區，使進入探測區域的移動物體能以溫度變化的形式在 PIR 上產生變化熱釋紅外信號。

菲涅爾透鏡，簡單的說就是在透鏡的一側有等距的齒紋。通過這些齒紋，可以達到對指定光譜範圍的光帶通（反射或者折射）的作用。傳統的打磨光學器材的帶通光學濾鏡造價昂貴。菲涅爾透鏡可以極大的降低成本。典型的例子就是 PIR（被動紅外線探測器）。PIR 廣泛的用在警報器上。如果你拿一個看看，你會發現在每個 PIR 上都有個塑膠的小帽子。這就是菲涅爾透鏡。小帽子的內部都刻上了齒紋。這種菲涅爾透鏡可以將入射光的頻率峰值限制到 10 微米左右（人體紅外線輻射的峰值）。成本相當的低。

菲涅爾透鏡的主要作用就是將探測空間的紅外線有效地集中到感測器上。通過分佈在鏡片上的同心圓的窄帶（視窗）用來實現紅外線的聚集，相當於凸透鏡的作用。這部分選擇主要是看透鏡窄帶的設計及透鏡材質。考慮透鏡的參數主要有：光通量、不同透鏡同心度、厚度不均勻性、透鏡光軸與外形同心度、透過率、焦距誤差等。菲涅爾透鏡窄帶（視窗）的設計一般都是不均勻的，自上而下分為幾排，上面較多、下邊較少，一般中間密集、兩側疏。因為人臉部、膝部、手臂紅外輻射較強，正好對著上邊的透鏡；下邊較少，一是因為人體下部紅外輻射較弱，二是為防止地面小動物紅外輻射干擾。材質一般用有機玻璃。

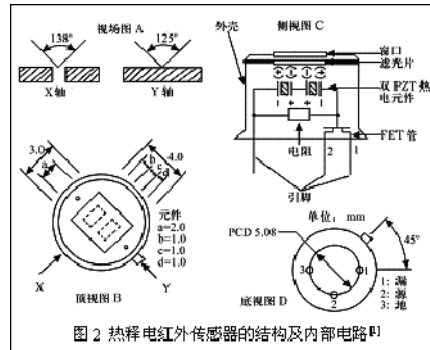


圖 2 熱釋電紅外传感器的結構及內部電路

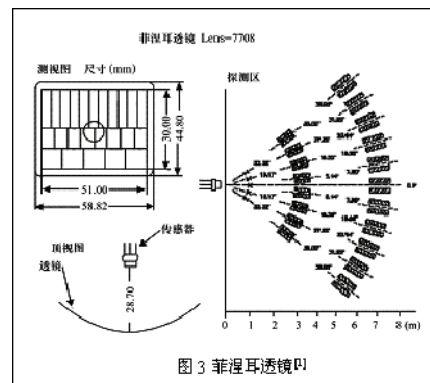


圖 3 菲涅爾透鏡

焦熱型紅外線感應主要的系統架構可分成三大部分：其中分為焦熱型紅外線感應器、菲尼爾聚焦透鏡、信號放大與處理等部分。

- 焦熱型紅外線感應器：感應器為一種 PN 半導體製程，主要可以感應出外部環境在絕對溫度（-273℃）以上的紅外線熱能，感應溫度越高則感應器所反應之輸出電壓越高。
- 菲尼爾聚焦透鏡：因為焦熱型紅外線感應器本身感應視窗並不大，若需要增加感應範圍，則需要利用此透鏡，將區域面積內之紅外線熱能聚焦，以增加感應範圍並且提高感應靈敏度。
- 信號放大與處理：當焦熱型紅外線感應器感應到有人進入感應區時，感應器將會反應出約 0.05mV ~ 0.5mV 電壓擺動，因為此電壓過於微弱無法進行判斷，故需要進行放大處理；放大後 IC 內部會有信號比較器進行電位比較，若超過內部設定電位（V_H: 2.2V；V_L: 1.1V）與觸發時間，則系統將驅動 Relay 與 Triac 輸出使外部燈泡或防盜啟動。

PIR 應用電路說明

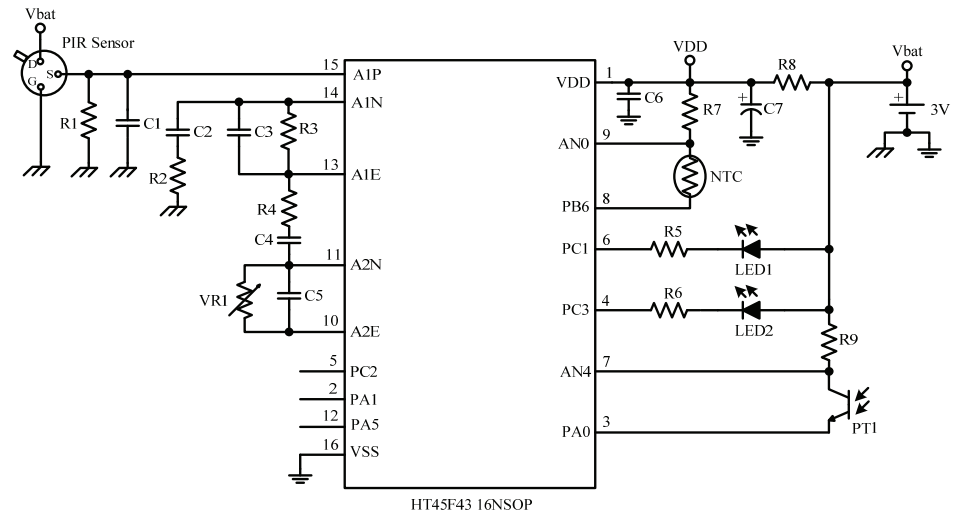


圖 10 PIR 應用電路圖

PIR 訊號放大電路

PIR 感測器的輸出信號由 HT45F43 OPA1 同相放大後，再經 OPA2 實現反相的二次放大，因 MCU 正電源供電，在 OPA2 正端由內部暫存器選擇輸入 $0.5V_{DD}$ 將 OPA2 的輸出做 $0.5V_{DD}$ 的抬升。放大後的類比信號經 A/D 轉換成數位信號，MCU 由此判斷。

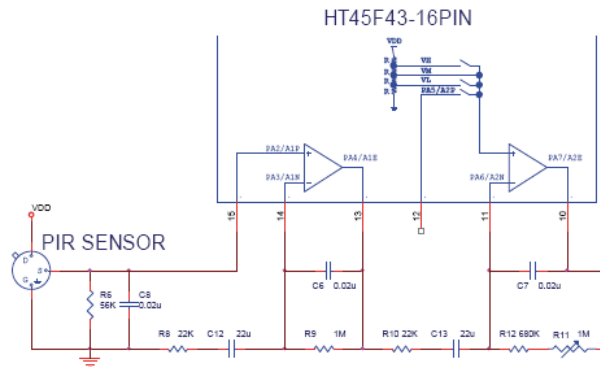
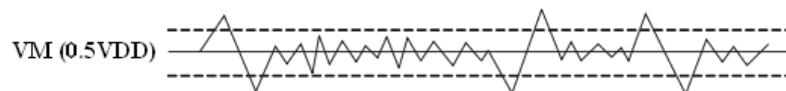


圖 11 PIR 訊號放大電路

當偵測到有人在移動時，OPA2 輸出信號在 $0.5V_{DD}$ 波動如下圖所示：



OPA2 Amplifier

圖 12 PIR 放大信號波形

調整 OPA2 的放大倍率，及通過調整 R11 的阻值，放大 OPA2 的輸出信號，從而提高 PIR 檢測的靈敏度，增加 PIR 的檢測距離。

環境溫度與亮度檢測電路

- 環境溫度檢測電路：R3、U4 (NTC) 和 MCU 組成溫度檢測電路。工作時，PA1 輸出低準位，AN5 檢測 NTC 上的分壓，從而實現了對溫度的檢測；不工作時，PA1 輸出高準位，以減少耗電。
- 環境亮度檢測電路：R2、PT1 和 MCU 組成亮度檢測電路。工作時，PA0 輸出低準位，AN4 檢測光電三極管 PT1 上的分壓，由光電三極管的特性可以得知，當光照強度較強時，光電三極管 PT1 上的分壓較小，當光照強度較弱時，光電三極管 PT1 上的分壓較大，從而實現了對亮度的檢測；不工作時，PA0 輸出高準位，以減少耗電。

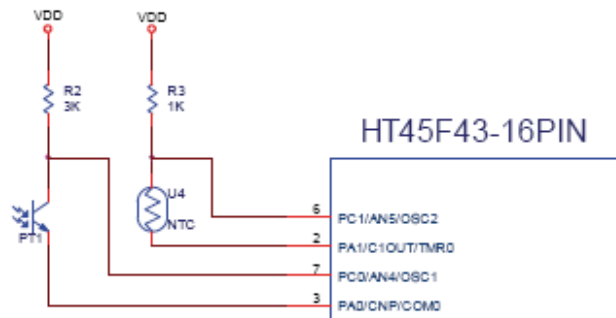


圖 13 環境溫度與亮度檢測電路

LED 燈指示電路

使用 LED 進行 PIR 報警指示、電池欠壓指示及上電配置指示。

LED 具體指示功能如下：

- 電源指示紅色 LED1
 - 系統上電 10s 內進行配置動作，LED1 被點亮 10s
 - 電池欠壓時，LED1 閃爍提示
- 信號指示白色 LED2
 - 系統偵測到 PIR 動作時，信號指示白色 LED2 被點亮 2s
 - 環境亮度大於系統設定值或電池欠壓的情況下，LED2 無動作

使用 MCU 的兩個 I/O 引腳分別控制 LED1 和 LED2 的狀態。工作電壓 3V 時，HT45F43 普通 I/O 源電流的典型值為 4mA，灌電流的典型值為 12mA，兩者比較，灌電流較大。因而在用 I/O 驅動 LED 時，大多採用灌電流的方式，如圖 5-8 所示。當 I/O 引腳輸出低準位時，LED 亮；當 I/O 引腳輸出高準位時，LED 滅。LED 的電流由 LED 的工作電壓和限流電阻共同決定。當使用不同顏色的 LED 時，應注意不同顏色的 LED 的工作電壓不一樣。分別調整 R4 和 R5 使得 LED 工作於一個適應的亮度。當系統進入 HALT 模式時，設置 LED 滅，以減小系統的耗電。

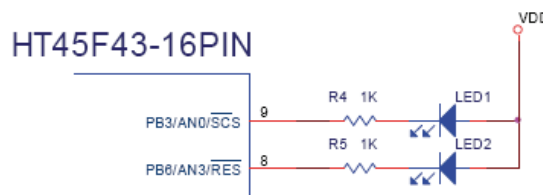


圖 14 LED 燈指示電路

PIR主程式控制流程

開機時，系統進行初始化設置。電源指示紅光 LED 亮 10s 等待系統配置完成。然後系統做電池欠壓檢測，環境溫度檢測，環境亮度檢測和 PIR 動作檢測等一系列動作。在通常情況下，PIR 未偵測到有人在移動時，系統進入 HALT 省電模式，有三種喚醒模式，即電池欠壓，PIR 動作和 WDT 計數溢出喚醒，喚醒系統時，則會進行電池欠壓檢測、環境溫度檢測，環境亮度檢測和 PIR 動作檢測。電池欠壓時，電源指示紅光 LED 閃爍電池欠壓報警信號，直到電池不欠壓，系統做下一個檢測步驟。對環境溫度進行檢測，設定有效 PIR 判定的參考值。對環境亮度進行檢測，當環境亮度大於系統設定值或電池欠壓的情況下，LED1 無動作。對 PIR 動作進行檢測，當 PIR 動作時，信號指示白光 LED1 亮 2s 並發射 RF 入侵報警信號。當 PIR 無動作時，系統重新進入 HALT 省電模式。

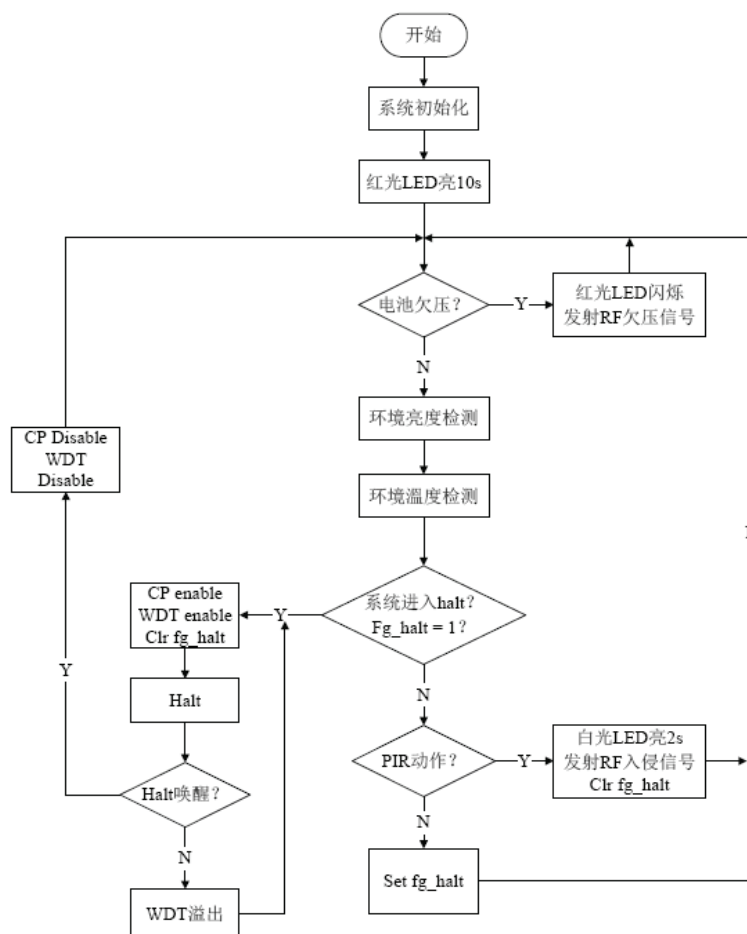


圖 15 PIR 控制流程

PIR 檢測流程圖

系統採樣 PIR 放大信號，檢測 1.5s 內有無大於 c_VAD_H 或小於 c_VAD_L 的 PIR 信號，其中 c_VAD_H 和 c_VAD_L 為系統定義的常數參考值， c_VAD_H 大於 $0.5V_{DD}$ ， c_VAD_L 小於 $0.5V_{DD}$ 。調整這兩個值的大小可在一定程度上改變 PIR 檢測的靈敏度，當這兩個常數較接近無 PIR 動作時的參考電壓 $0.5V_{DD}$ 時，系統可能會出現誤動作。當 1.5s 內無檢測到大於 c_VAD_H 或小於 c_VAD_L 的 PIR 信號時，系統判定無 PIR 動作，重新進入 HALT 省電模式。當 1.5s 內有檢測到大於 c_VAD_H 或小於 c_VAD_L 的 PIR 信號時，系統緊接檢測信號持續大於 c_VAD_H 或小於 c_VAD_L 的時間寬度（以下簡稱脈寬），通過對這個寬度的大小，系統兩種情況下判定當下發生入侵動作，指示白光 LED 亮 2s 並且發出入侵報警信號。兩種情況為：

- 單個信號寬度大於 0.5s
- 2s 內產生兩個大於 24ms 的信號，並且兩個信號產生的時間間隔大於 0.5s 處理流程：系統 1.5s 內檢測到無大於 24ms 的脈寬時，進入 HALT 省電模式；系統 1.5s 內檢測到有大大於 0.5s 的脈寬時，指示報警動作後，重新檢測系統 1.5s 內的 PIR 信號，直到無有效 PIR 觸發信號，系統重新進入 HALT 省電模式；系統檢測到大於 24ms 但小於 0.5s 的脈寬後，判斷是否為 2s 內的第一個脈寬信號，若 $fg_1st_pulse=0$ （表示本脈寬信號 2s 內第一次出現），則設置標誌位元 $fg_1st_pulse=1$ ，等待 0.5s 後繼續檢測下一個 1.5s 內有無出現大大於 24ms 的脈寬信號。若 $fg_1st_pulse=1$ ，則判定為有入侵動作，指示報警動作後，重新檢測系統 1.5s 內的 PIR 信號，直到無有效 PIR 觸發信號，系統重新進入 HALT 省電模式。

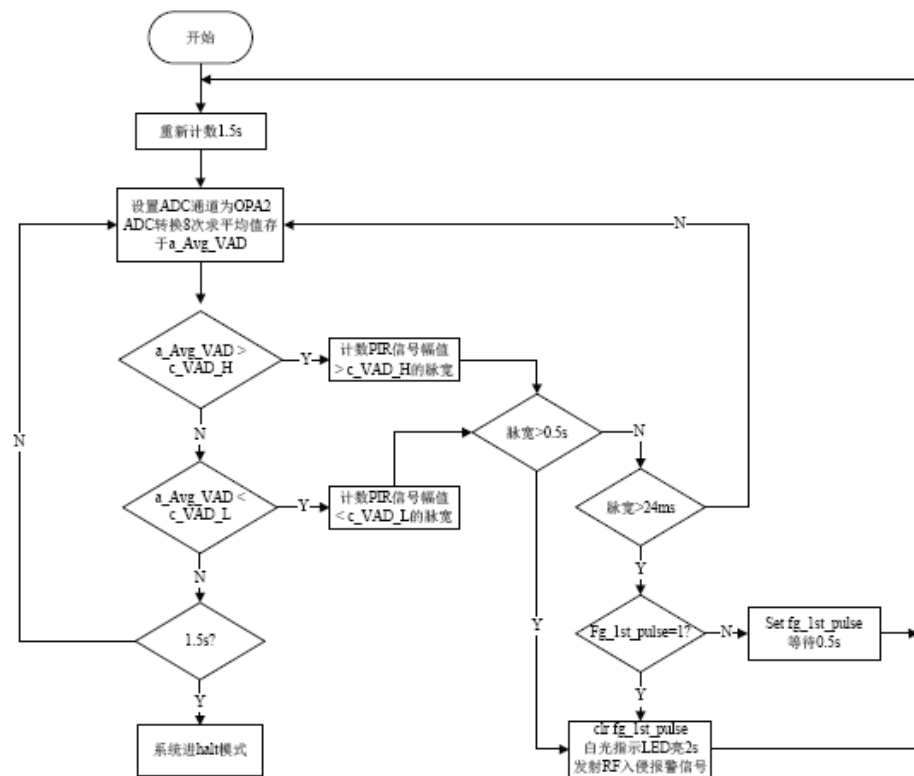
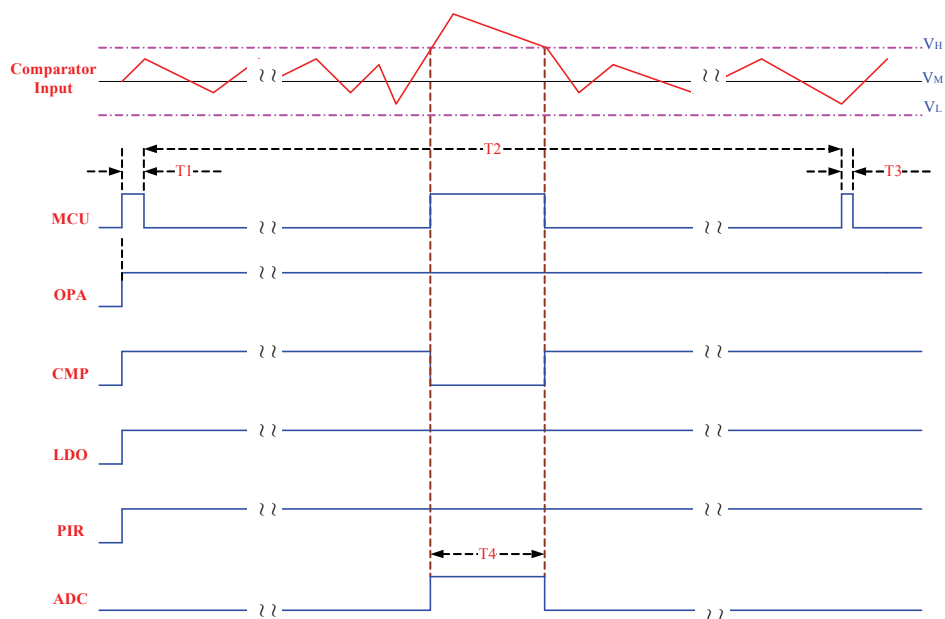


圖 16 PIR 檢測流程圖

PIR 檢測時序圖



T1 : 為MCU Power on initial 後即進入Standby。

T2 : 為MCU 偵測LVD的間隔時間。(60S)

T3 : 為MCU 偵測LVD所需時間。(100uS)

T4 : 當Comparator Input $> V_H$ or Comparator Input $< V_L$ 時產生CMP中斷MCU wake up，此時會起動ADC進行PIR信號分析，這段時間比較器可以關閉。(<1S)

圖 17 PIR 檢測時序圖