

# 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高級中等學校組 工程學科(一)科

052302

偵煙感熱啟動電磁閥灑水系統

學校名稱：國立西螺高級農業工業職業學校

作者：	指導老師：
職二 林樟城	黃國倫
職二 賴勇在	劉英鯤
職二 林凱威	

關鍵詞：偵煙感熱、電磁閥、灑水系統

## 摘要

一般地下室或公共空間，為防止火災的發生，都會安裝有自動灑水(或另加泡沫)系統，當遇到火災發生初期時，如現場有人發現後，可由人工方式，即時開啟該區塊設於牆壁上的手動啟動閥門開關，該區塊的消防主水管一齊開放閥門會打開，主水管內的壓力水會經灑水頭噴出，主水管內的水壓下降，會促使控制室內的壓力開關動作，或主水管的水流會促使水流偵測器動作，使得控制抽水機馬達啟動，繼續將水槽內的水送出，到灑水頭噴出滅火；如無人即時發現火災時，等火勢起來後，現場處於高溫或煙霧瀰漫後，一般會安裝有溫度感測爆破型玻璃球閥，由玻璃球閥爆破代替手動啟動閥門開關，促使一齊開放閥門打開滅火，這些是常見的火災自動灑水系統的運作模式。

## 壹、研究動機

如圖 1 所示為手動啟動閥門開關、如圖 2 所示為一齊開放閥閥、如圖 3 所示為溫度感測爆破型玻璃球閥灑水頭及開放型灑水頭，這些設備是常見的設施，除手動啟動外，主要是由爆破型玻璃球閥灑水頭玻璃球閥爆破來啟動灑水系統，如圖 4 所示為火災自動灑水系統的溫度感測爆破型玻璃球閥爆破之情形，爆破後，當然就不能再使用了，必須整個灑水頭換掉，此型的灑水頭不是很貴，但一次火災下來可能爆破了十幾個，再加上請人更換的費用就不少了(工資比材料貴很多)。



圖 1 手動啟動閥門開關



圖 2 一齊開放閥

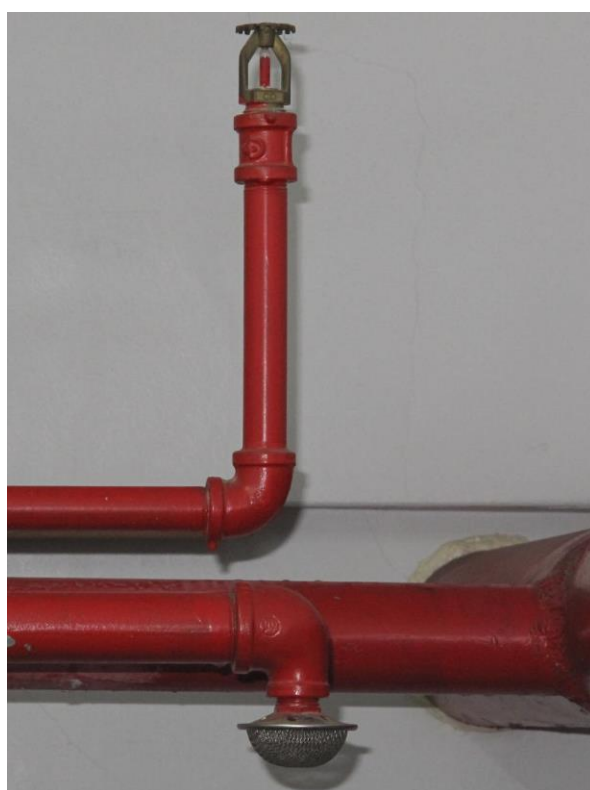


圖 3 溫度感測爆破型玻璃球閥灑水頭及開放型灑水頭



圖 4 溫度感測爆破型玻璃球閥灑水頭爆破之情形

此種啟動灑水系統滅火的方式，通常都是火災狀態已嚴重的情形下，溫度都已飆高了，玻璃球閥才會爆破，一般都超過 70℃ 以上，溫度經空氣飄散使之爆破，那起火處的溫度可能都超過百度，黑煙可能早已佈滿了整個空間，能見度降低使得滅火更加困難，如能降低玻璃球閥爆破所需溫度，也許可以減輕火災的損失，但市售的玻璃球閥感溫溫度，目前最低的規格是 68℃，當然還有更高溫度才會爆破的規格，如能降為 45℃~50℃，應該是不錯的選擇。

## 貳、研究目的

市售電子式火災偵測器，通常是針對溫度來感應，或針對煙霧來感應火災，我們想要能同時可感溫也能測煙的火災感測器，來取代溫度感測爆破型玻璃球閥灑水頭，避免需要更換的不便，火災狀態感測後，驅動電磁閥使一齊開放閥閥門打開滅火，電磁閥會自保持，不因火災迫使電源中斷，造成一齊開放閥可能又關閉而失去滅火功能。

## 參、研究設備及器材

研究所需消防設備以實地觀察現有設備為主外，自製部分另需邏輯電路實驗板、三用電表、示波器等，如表 1 所列。

表 1 研究設備及器材

項次	品名	功用
1	三用電表	測量電壓、電阻
2	示波器	觀測信號波形
3	邏輯電路實驗板	具按鈕、設定開關、蜂鳴器驅動電路、指示燈等等
4	變壓器	AC110V 轉 AC18V
5	蓄電池	DC24V 電源
6	整流電路	蓄電池充電、斷電信號取得
7	繼電器驅動電路	控制接點驅動電磁閥
8	熱敏電阻	偵測溫度用
9	紅外線發射二極體	發射紅外線用
10	光電晶體	偵測紅外線用(測煙霧用)
11	放大器	偵測信號辨別
12	電磁閥	DC24V，將一齊開放閥減壓用

## 肆、研究過程或方法

### 一、了解現況：

溫度感測爆破型玻璃球閥灑水頭，因材料便宜，所以大都使用此型來感測火災，缺點是玻璃球閥爆開後，就不能再使用了，需更換新品才可以；一般都使用普通溫度型(溫度最低)，動作約需 68℃ 以上。如圖 5 為地下室消防配置：



圖 5 為地下室消防配置

## 二、提出解決方案：

- (一)、理想上原系統仍可保留使用，動作約需  $68^{\circ}\text{C}$  以上才會動作，可當作第二道感測使用，這部分是不使用電力的。
- (二)、設計一個可調動作溫度的感測器，使動作溫度可降到  $45^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，並追加煙霧感測功能，雙管齊下，任一動作即可啟動電磁閥(代替手動啟動閥門開關)動作，進而使一齊開放閥動作，啟動灑水滅火。
- (三)、為避免因火災而造成停電，所以要使用蓄電池當電源，而因火災可能使原已動作的電磁閥，又失去電力而不動作，恐使一齊開放閥又關閉停止灑水，所以電磁閥動作後(打開)，不能再使它關閉，確保不會失效(具保持功能)，火災後，需用人工方式使之關閉。
- (四)、主水道除了水外，還有泡沫成份，電磁閥可能長期無動作，而因泡沫成份久了有黏稠固化現象，使電磁閥無法動作，所以以多次驅動方式驅動，確保能動作，動作後即能自保持，所以就可不用再驅動，可節省蓄電池的電力。
- (五)、蓄電池平時即保持充電狀態，並使電力維持在高點。



## 伍、研究結果

### 一、規劃偵煙感熱啟動電磁閥灑水系統圖

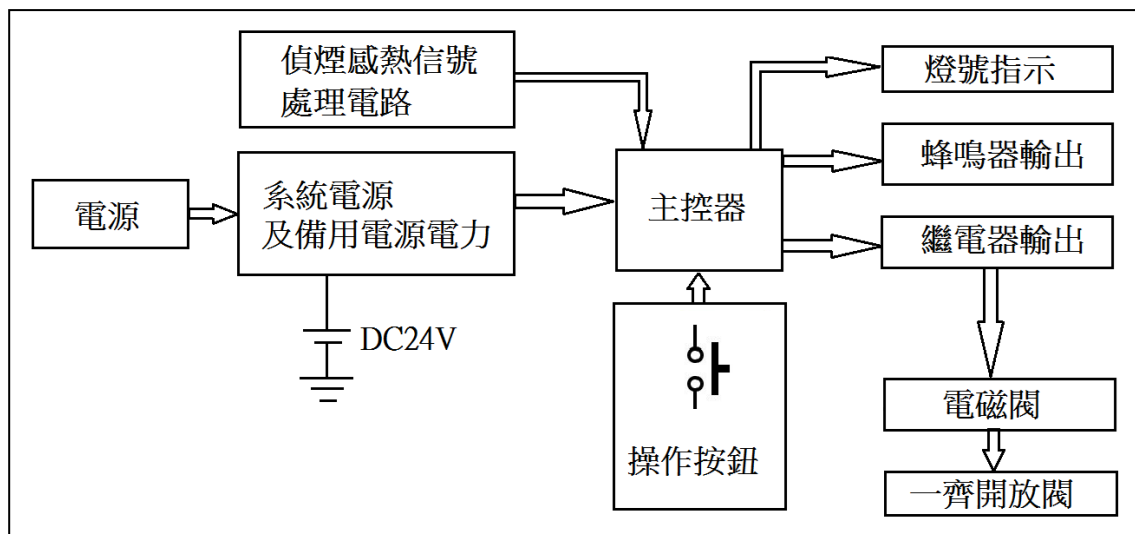


圖 6 偵煙感熱啟動電磁閥灑水系統圖

### 二、電源轉換：

如圖 7 所示，將要檢測的設備電源引入本系統，經變壓器降壓作為本系統的電力及正常時為蓄電池充電來源，規格視現場電源電壓選用 AC110V 或 AC220V 轉 AC18V(因電磁閥電壓為 DC24V)。

)。

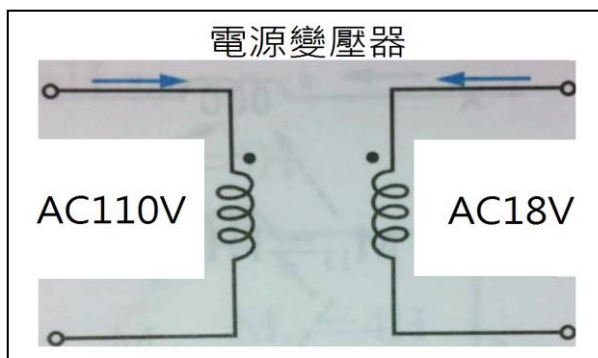


圖 7 電源高低轉換電路設計圖

### 三、系統及備用電源電力：

如圖 8 所示，蓄電池為 24V，用於驅動電磁閥所需電源，平時即可保持滿衝電狀態。

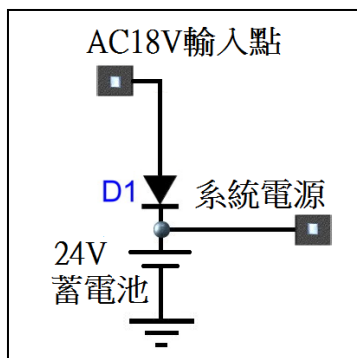


圖 8 系統及備用電源電力設計圖

#### 四、操作按鈕：

如圖 9 所示，具系統開啟重置(RESET)按鈕、狀態清除(clear)按鈕電路。

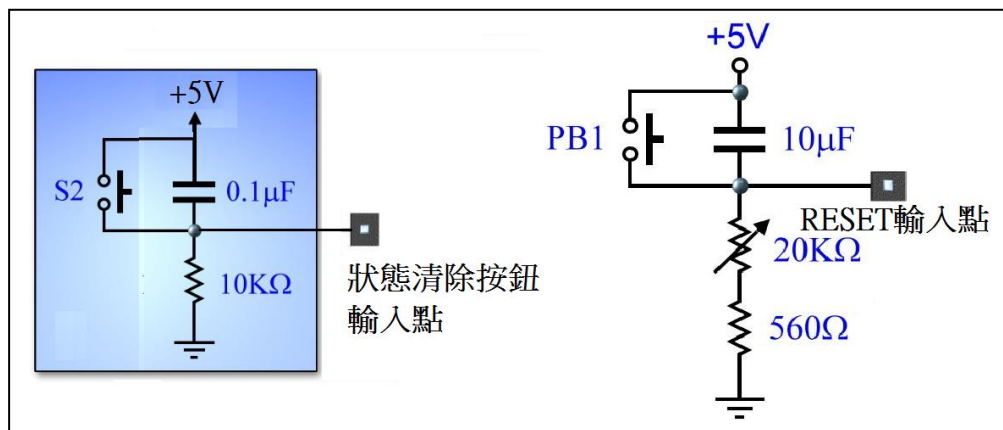


圖 9 重置(RESET)按鈕、狀態清除(clear)按鈕電路設計圖

#### 五、蜂鳴器驅動電路：

如圖 10 所示，具產生警報聲電路。

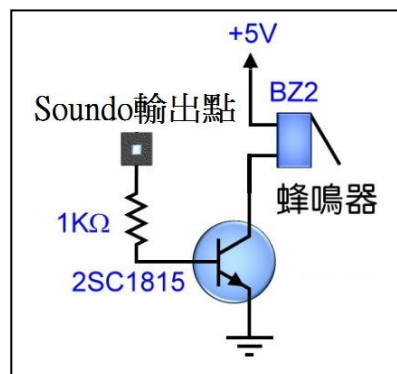


圖 10 蜂鳴器驅動電路設計圖

#### 六、繼電器驅動電路：

如圖 11 所示，具控制接點電路，用於控制電磁閥的動作。

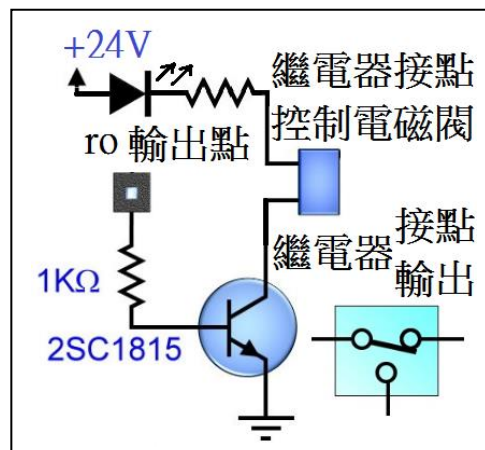


圖 11 繼電器驅動電路設計圖

## 七、偵煙感熱信號處理電路：

如圖 12 所示，由紅外線發射二極體及光電晶體組成偵測煙霧電路，由熱敏電阻組成溫度偵測電路。

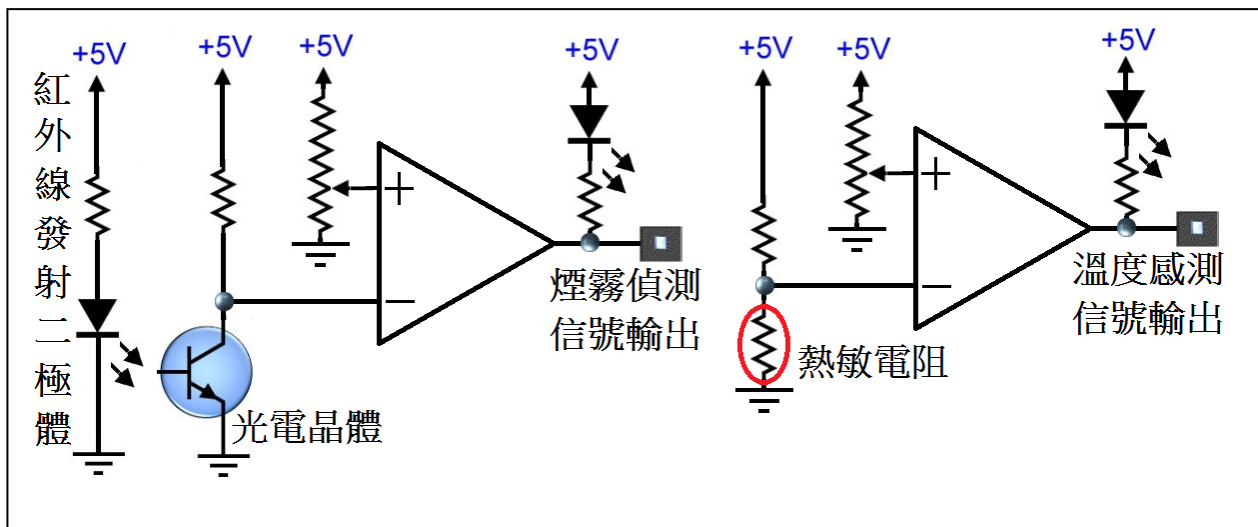


圖 12 繼電器驅動電路設計圖

## 八、主控器：

如圖 13 所示，連結輸入輸出電路及控制電路設計。

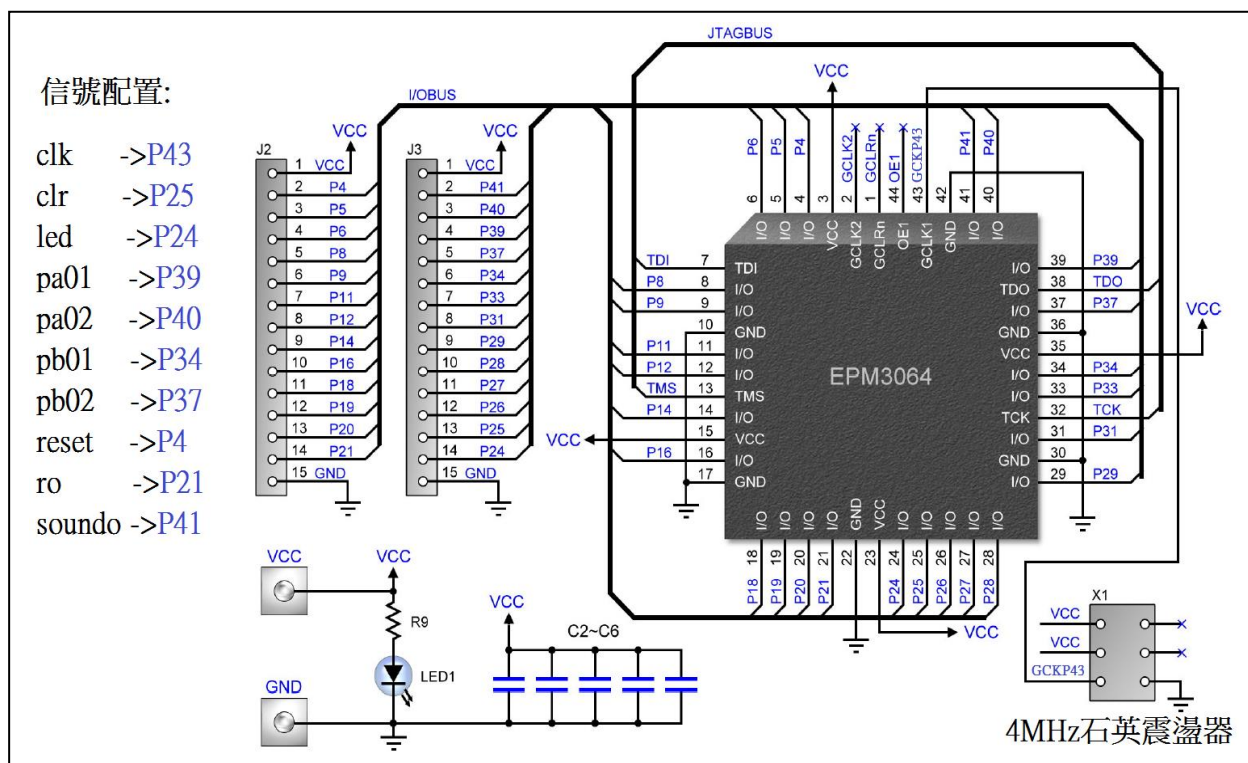


圖 13 主控器設計圖



## 九、主控器內部電路設計：

```

library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;
entity a105 is
    port
    (
        clk,reset          : in std_logic; --系統 clk 及系統重置
        pa01,pa02,pb01,pb02 : in std_logic; --偵煙,感熱輸入
        clr                 : in std_logic; --狀態清除按鈕
        ro                  : out std_logic;--繼電器輸出
        soundo,led,pio : out std_logic--蜂鳴器及 LED 燈號輸出及偵煙,感熱輸入信號合併輸出
    );
end entity;
architecture rtl of a105 is
    signal ff: std_logic_vector(24 downto 0);
    signal pi,sound,ros: std_logic;
    signal cn: std_logic_vector(3 downto 0);
    signal clrs: std_logic_vector(2 downto 0);

begin
    pi<=not pa01 and pa02 and not pb01 and pb02;    --偵煙,感熱輸入信號合併
    pio<=pi;                                         --感熱輸入信號合併輸出
    led<=ff(22);                                    --系統指示燈輸出
    soundo<=sound and ff(21);                       --蜂鳴器間歇警報聲輸出
    ro<=ros and ff(21);                             --繼電器信號輸出(電磁閥動作 3 次)

    --除頻器
    process (clk, reset) --除頻器
    begin
        if (reset = '1') then
            ff <= (others=>'0');
        elsif (rising_edge(clk)) then
            ff <= ff+1;
        end if;
    end process;

    --火災信號監測及輸出信號輸出
    process (ff(19), reset)
    begin
        if (reset='1' or clrs(2)='1') then
            sound <= '0';    --蜂鳴器信號取消
            ros<='0';        --繼電器信號取消
            cn<="0000";      --計次計數器歸零
        elsif (rising_edge(ff(19))) then
            if pi='0' then
                --火災信號出現
                if cn<14 then
                    --電磁閥動作 3 次
                    cn<=cn+1;
                    --計次計數器+1
                    if cn = 3 then
                        --監測次數(防誤動作)
                        ros<='1';
                        --啟動繼電器
                        sound<='1';
                        --啟動蜂鳴器
                    end if;
                else
                    ros<='0';
                    --繼電器信號取消
                end if;
            else
                ros<='0';
                if cn/=14 then
                    cn<="0000";
                    --火災信號中斷取消計次
                    sound<='0';
                    --重新偵測
                end if;
            end if;
        end if;
    end process;

    --按鈕防彈跳及雜訊
    process (ff(13))
    begin
        if clr='0' then
            clrs<="000";
        elsif (rising_edge(ff(13))) then
            clrs<=clrs+not clrs(2);
        end if;
    end process;
end rtl;

```

## 陸、討論

偵煙感熱啟動電磁閥灑水系統主控器內部控制電路相當簡單，只是一個除頻器及監測火災信號電路而已，如下進一步說明：

除頻器：

由電源起始或重置按鈕信號(reset)按下為'1'時，將除頻器(ff)歸零：

```
ff <= (others=>'0');
```

reset 消失後，由 4MHz 石英晶體震盪器的正緣信號觸發，將使除頻器上數累進 1 值：

```
ff <= ff+1;
```

除頻器進一步的運用，產生系統運作指示燈輸出控制信號：

```
led<=ff(22);
```

火災信號有 1 動作型(感溫部分)及 0 動作型(偵煙部分)，先整合起來(偵測兩組)：

```
pi<=not pa01 and pa02 and not pb01 and pb02;
```

火災信號監測及輸出信號輸出：

由 reset 及 clr 按鈕確認信號 clrs(2)可將輸出信號(警報器 sound 及繼電器 ros)及內部計次計數器(cn)清除：

```
sound <= '0';  
ros<='0';  
cn<="0000";
```

以除頻器 ff(19)間隔時段監測火警信號(pi='0')，如有發現時，則計次監測：

```
cn<=cn+1;
```

如持續測得四次時，即啟動輸出信號：

```
ros<='1';  
sound <= '1';
```

此時蜂鳴器會發出間歇警報聲：

```
soundo<=sound and ff(21);
```

繼電器也有相同的動作：

```
ro<=ros and ff(21);
```

繼電器控制的是電磁閥，所以電磁閥就會動作了，在計次計數器(cn)達 14 次時，將關閉繼電器輸出：

```
繼電器 ros<='0';
```

而計次計數器(cn)達 14 次前時，繼電器將會動作 3 次控制電磁閥動作，電磁閥每一次的激磁瞬間動作力是最大的，如此可防止電磁閥久未動作，及管內液體可能含有泡沫沉澱物而卡住不動作或動作不確實，3 次控制電磁閥動作，可排除此現象；電磁閥動作後，將會由機構將電磁閥的活動鐵心卡住，如圖 14 所示，電磁閥動作後，及時不激磁時，管路仍保持暢通，一齊開放閥的閥門洩壓後而打開，開放灑水頭噴出泡沫水，達到滅火作用；因電磁閥管路已持續打開，所以就不用再激磁，可節省電力外，也能在因火災關係將控制系統破壞時，仍可持續滅火不中斷。

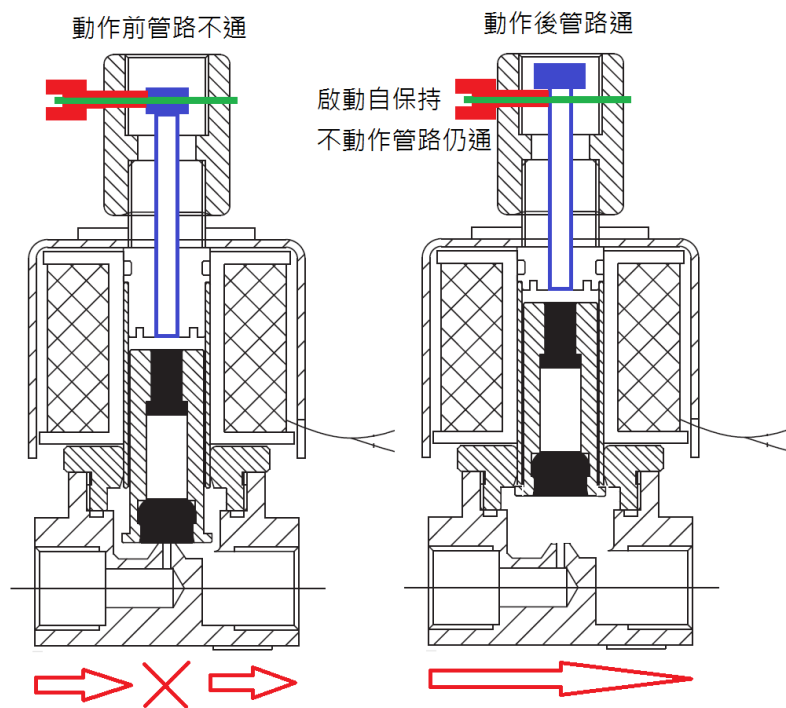


圖 14 電磁閥自保持機構設計圖

如電磁閥已動作後，會繼續保持動作(已不通電了)，而蜂鳴器會持續作響，等火災過後，必需由人工按下 clr 按鈕才能解除警報聲，而電磁閥自保持部分也是需由人工解除。

如計次計數器(cn)未達 14 次前時，火災信號消失時(pi='1')，將輸出全部取消、計次計數器歸零：

```
ros<='0';
cn<="0000";
sound<='0';
```

如此當有再感測到火災信號時，可再重新檢測。

如計次計數器(cn)已達 14 次時，火災信號消失時(pi='1')，則保持蜂鳴器作響、計次計數器維持不變，所以如再有火災信號時，不再有任何變化(電磁閥已自保持、蜂鳴器仍繼續作響)。

解除輸出是由 clr 按鈕按下來啟動，為求穩定不受干擾，所以經防彈跳及防雜訊處理。

## 柒、結論

現行溫度感測爆破型玻璃球閥灑水頭的偵測溫度太高(目前最低為 68°C)，使得滅火時機延後，效果當然就不好(有較多的財物損害)，感溫或測煙霧器有時又分開，合為一體較方便，雖然有的系統也使用電磁閥取代溫度感測爆破型玻璃球閥灑水頭，但無自保持功能，萬一控制系統或線路也燒毀，電磁閥管路又閉合，可能使一齊開放閥又關閉，使得滅火功能中斷，火災仍無法解除，生命財產仍不保，而我們的系統則不會失效，安全更有保障；圖 15 火災現場直擊，玻璃球閥都爆開了，事隔近一年了，溫度感測爆破型玻璃球閥灑水頭都還沒有換新的，危險依然存在，這就是需要換新的後遺症。



圖 15 火災現場直擊

## 捌、參考資料及其他

一、室內消防栓設備**動作原理** 室外消防栓設備**動作原理** 自動灑水設備**動作原理** 水霧滅火設備**動作原理** ... 機械式：一齊開放閥(感知撒水頭)、自動警報逆止閥(密閉式水霧噴頭)。2. 電磁式：電磁閥(探測器)。3. 火災探測型控制閥 ... 消防系統及設備介紹 [web.cjcu.edu.tw/~yrpu/FireSupplement/WaterSupplement.ppt](http://web.cjcu.edu.tw/~yrpu/FireSupplement/WaterSupplement.ppt)

二、CPLD 全例說 C178e2 黃國倫工作室 2013.08.30 新文京開發出版股份有限公司

三、電磁閥 鼎機股份有限公司 電磁閥技術資料

<http://www.unid.com.tw/Solenoid-Valve-Spec.html?lang=tw>

## 【評語】 052302

1. 本作品利用溫度感測器及煙霧感測器來感應火災的發生，並應用電磁閥灑水系統來代替爆破型玻璃球閥灑水系統。此系統的優點為電磁閥灑水系統可再使用，缺點為必須考量火災發生所造成停電時，整體控制系統的供電問題（本作品已有考量）。
2. 本作品控制電路以 EPM3064 單晶片為核心，並結合周邊的感測電路及致動電路。整體系統具體完整且具有簡單及低成本之優點。唯此系統僅適合小區域之防止火災系統，若區域過大，溫度感測器、煙霧感測器及電磁控制閥無法連結至中央微控制器時，將需進一步考量無線感測及無線控制技術之應用。
3. 傳統爆破型玻璃球閥灑水系統，以 68°C 以上啟動爆破灑水系統。本作品以 45°C~50°C 間啟動灑水系統。此概念確實具有獨特性，唯缺少實驗數據以證實其優越性。