

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 電子、電機及資訊科

第二名

091002

視覺化溫測系統之研究

學校名稱：桃園縣私立治平高級中學

作者：	指導老師：
職二 彭賢璋	許智偉
職二 范姜振鑫	陳應傑
職二 許雅涵	
職二 陳玠樺	

關鍵詞：溫度感測器、AD590、一氧化碳

摘要

本研究主要目的為設計一可直接裝載於水中的溫度感測裝置，有別於以往僅用數字或蜂鳴器警告溫度過高，我們將以視覺化的方式來呈現目前的水溫，以達到警示的作用。

除此之外，有鑑於人們因為天然氣熱水器的裝置位置不當，而導致冬令時節，一氧化碳中毒死傷人數的增加，我們亦設計一一氧化碳偵測裝置，當 CO 濃度過高時，即會開啓排風機，並以聲音警告使用者注意，同時水中的燈光也會由原先的單一顏色改變為多色閃爍，以期發揮更大的警示效果！

水藉由顏色的催化，除了達到水溫和 CO 濃度的警示外，泡澡的氛圍也隨之提升，對於壓力的抒解將更有助益。

本作品包含：矽膠模型製作與灌注、溫度感測電路、一氧化碳感測電路、警示器電路與設備。

壹、研究動機

洗澡是每個人每天都會做的事情，而泡澡（泡湯）是舒展身心、減輕壓力的良方！但一時的疏忽，未注意水溫高低而造成身體的傷害事件卻層出不窮！

研究的構想是來自於平時生活用水，特別是對於洗澡用水時，探測水溫的方法總是用手去做直接的判斷，當水溫過高時，很可能因為溫度太燙而導致輕微的燙傷；若是水溫過低，不適合洗澡水溫時，又得再反覆的調適水溫，造成一些不必要的麻煩！洗澡時，若因設備裝置位置不當或通風設計不良而產生一氧化碳，不論濃度高低，對人體都是有害的！況且，一氧化碳是一種無色、無味氣體，自我察覺很困難！

洗澡是舒服享受的事，每天因為上班而身心疲勞的人，下班之後最期待的莫過於回家洗個舒舒服服的澡，卻因反覆的水溫調節過程中失去興致，那才遺憾！若因一氧化碳中毒而造成自己或他人的死傷，那真是悲劇！

所以，我們思考這些問題，利用高一『基本電學』所學的歐姆定律、分壓公式，高二『電子學』所學的電晶體開關、二極體、運算放大器，以及『數位邏輯實習』與『電子學實習』所學的電路技巧，結合溫度感測器、一氧化碳感測器，設計出一水溫與一氧化碳感測系統，並利用 LED 發光表示、風扇排風，快速達到節省繁雜的調適過程並增加安全性，也讓平淡無奇的水中世界增添幾分色彩！

貳、研究目的

爲了方便人們在洗澡時，能夠一目了然的看出水的大約溫度，而非用手去做不斷的測試。同時，針對一氧化碳濃度的多寡，利用 LED 的閃爍效果及警報器的聲響來作爲警示，提醒人們目前水溫是否過高或過低、一氧化碳濃度是否過高。視覺化的呈現方式，降低了意外發生的機率，確保了安全，增加了娛樂性，讓洗澡不再是一件單調無趣的事。

參、研究設備及器材

表一、研究設備及器材清單

名稱	規格	單位	數量
溫度感測元件	AD590	個	1
運算放大器 IC	LM324	個	3
反及閘	CD4011	個	1
電壓調整 IC	7805	個	2
電晶體	2N2222A	個	5
電阻器	10K	個	1
電阻器	100	個	4
電阻器	47K	個	4
電阻器	4.7K	個	3
電阻器	11K	個	1
電解電容	47	個	1
可變電阻	500K	個	2
可變電阻	100K	個	1

警報器	5V	個	1
稽納二極體	2.2V	個	2
稽納二極體	3.2V	個	1
電感器	100uH	個	1
繼電器	2P	個	1
電晶體	2N3904	個	3
JFET	2N5461	個	1
翻模矽膠		公斤	2
灌模矽膠		公斤	1
硬化劑		毫升	100
電子磅秤		台	1
塑膠積木		個	100
攪拌棒		支	10
公母連接線	2P	個	4
發光二極體	藍、黃、紅	顆	12 (各 3 顆)
發光閃爍二極體	多色快閃	顆	3
紅外線發射 LED	5mm	顆	1
紅外線接收 LED	5mm	顆	1
交流變直流 之電源接頭	AC 110V => DC 9V	顆	1
水銀開關		顆	1

肆、研究過程或方法

概念提出後，我們從網路與書本中廣泛收集相關的研究，發現類似概念的產品並不多，主要的有：『瞎咪！喝水不會燙到了（自動感溫杯）』及『LED 繽紛浴缸』。缺點整理如下：

表二、相關主題缺點分析表

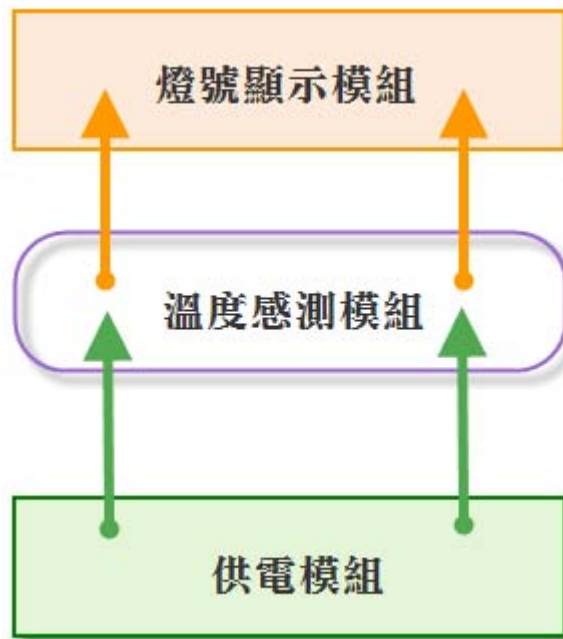
名稱	缺點
瞎咪！喝水不會燙到了 （自動感溫杯）	感測裝置無法適用於各式杯罐
	燈光僅能用於警示，無法增加心理層面的附加價值。
LED 繽紛浴缸	有漏電疑慮
	非外加裝置，成本高！
	除溫度感測外，無其他附加功能。

有鑑於此，我們的研究除了承接原有的優點外，我們也針對上述各項缺點提出改良計畫，並加以徹底實施！茲將研究過程分為電路、解析與機構三個部分，詳述如下。

一、電路

(一)、 溫度感測系統：

放置於水中的溫度感測系統區分為三部分，由上而下，依序為：燈號顯示模組、溫度感測模組、充電模組。概念如圖一所示。



圖一、溫度感測系統架構圖

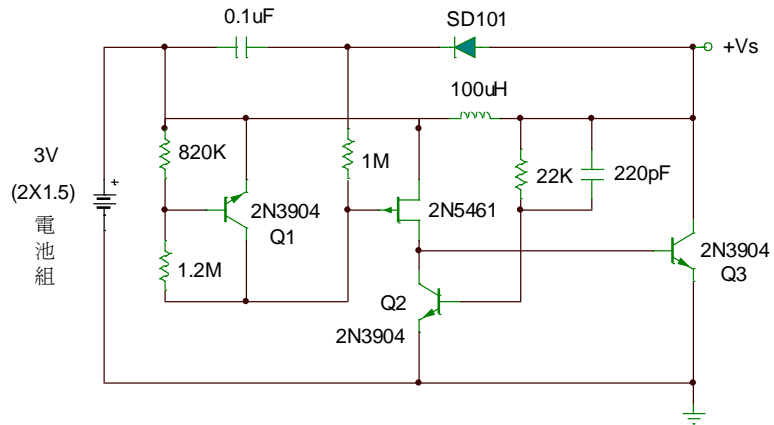
(二)、 一氧化碳感測系統

我們將一氧化碳感測電路安裝於浴室天花板，當系統偵測到一氧化碳後，透過紅外線將訊息傳輸給水中的溫度感測系統，並開始進行一連串의 警示動作。警示的動作包括：將水中燈號顏色改為多色快速閃爍、啓動警報器、開啓排風系統。

二、解析

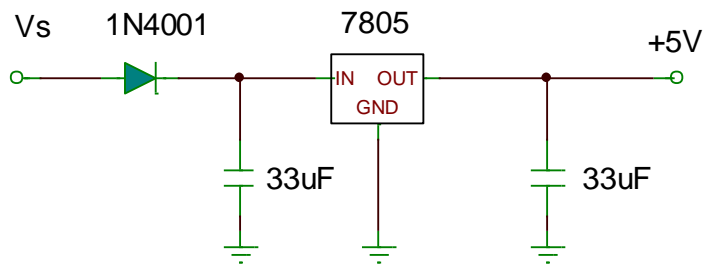
(一)、 溫度感測系統

1. 溫度感測系統所使用的電源為 3 伏特之可充電電池組，經電感型升壓電路將電壓提升至約 12 伏特，提供 AD590 溫度感測元件，以及高亮度 LED 之工作電壓。這個電路主要分成二個部分：由 Q3 和 Q2 組成的升壓電路，以及由 Q1 和 JFET1 組成的控制電路，電路如圖二所示。



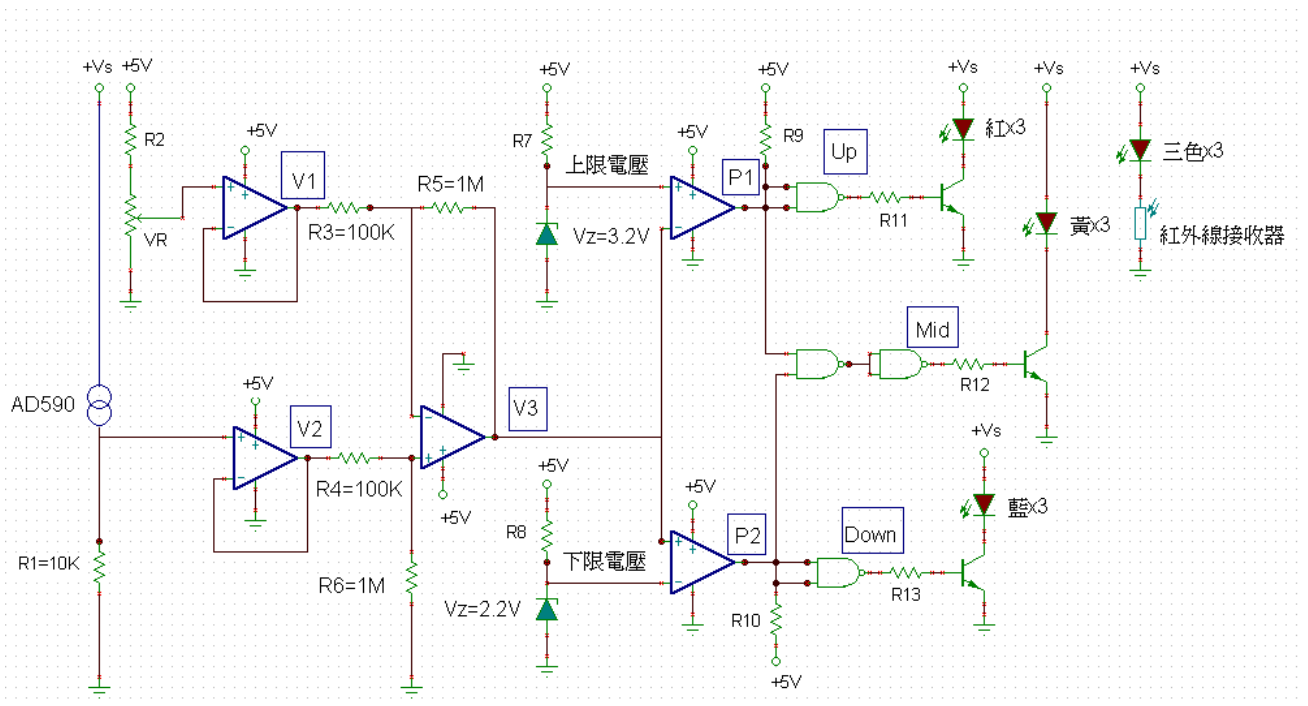
圖二、升壓電路

2. 我們使用 7805 IC 將電壓降為 5V，以此為控制電路之標準工作電壓。電路如圖三所示。



圖三、穩壓電路

3. 溫度感測電路，如圖四所示。



圖四、溫度感測電路

- (1) AD590 為電流型溫度感測元件，電流與溫度成正比($1\mu A/^{\circ}K$)，我們將 AD590 串接 10K 歐姆電阻，將溫度轉換為電壓，經電壓隨耦器使得 V_2 在 $0^{\circ}C$ 時($273^{\circ}K$)約為 2.73 伏特，溫度每升高 $10^{\circ}C$ 電壓將升高 0.1 伏特。
- (2) 以 OPA 差動放大器設計電路，以獲得 10 倍的差動電壓增益，亦即 $V_3=10(V_2- V_1)$ 。並利用分壓原理，以及可變電阻器與電壓隨耦器的特性，調整可變電阻器使 V_3 在 $35^{\circ}C$ 時約為 2.2 伏特，且溫度每升高 $1^{\circ}C$ 電壓將升高 0.1 伏特。
- (3) 利用稽納二極體的穩壓特性，設計水溫為 $45^{\circ}C$ 時之上限參考電壓為 3.2 伏特，以及水溫為 $35^{\circ}C$ 時之下限參考電壓為 2.2 伏特。
- (4) 使用窗型比較器使 P1、P2 二節點之輸出準位如下表：

表三、窗型比較器輸出真值表

	P1	P2
$V_3 >$ 上限參考電壓	0	1
下限參考電壓 $< V_3 <$ 上限參考電壓	1	1
$V_3 <$ 下限參考電壓	1	0

(5) 利用 CD4011 反及閘組成之邏輯電路及電晶體開關來驅動 LED 模組，當反及閘輸出電壓為高電位時電晶體導通，反之，當反及閘輸出電壓為低電位時電晶體不導通，這樣可以使我們的水溫感測電路可以決定何種顏色之 LED 會動作，以達到溫度視覺化的目的，其真值表可擴充如下：

表四、LED 動作真值表

	P1	P2	Up	Mid	Down
$V_3 >$ 上限參考電壓	0	1	1 亮紅燈	0	0
下限參考電壓 $< V_3 <$ 上限參考電壓	1	1	0	1 亮黃燈	0
$V_3 <$ 下限參考電壓	1	0	0	0	1 亮藍燈

(6) 紅外線接收器未經紅外線照射時二接腳間為開路，若接收到紅外線照射時其二接腳間為短路狀態，因此，利用紅外線接收器當作開關，當一氧化碳感測器偵測到一氧化碳時，將啟動多色 LED 燈，發出警示的訊息。

(7) 本系統為封閉式且防水的設計，其充電模組應採用間接方式，而太陽能是一種很有吸引力的可攜式裝置電力來源，因此，採用單晶系列之 9 伏特太陽能板作為電力的主要來源。

(二)、 一氧化碳感測系統

1. 一氧化碳的主要來源有：

- (1). 家庭：瓦斯熱水器、瓦斯爐、暖爐…等，當瓦斯燃燒不完全，相當容易產生一氧化碳。
- (2). 停車場、家裡車庫：汽車與一般機車所排放出來的廢氣，常常含有一氧化碳。
- (3). 悶燒或火災：悶燒是一種不完全的燃燒，常見於火災時和用木炭自殺的人。

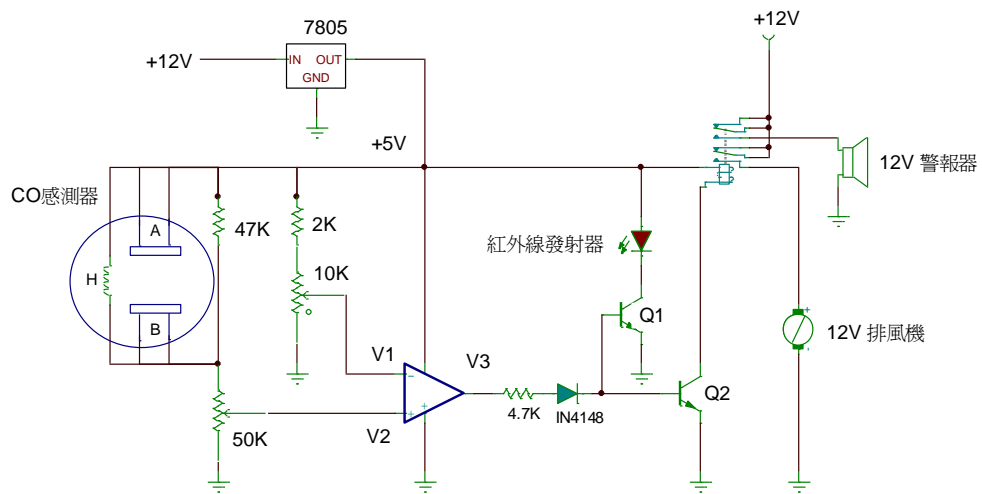
2. 一氧化碳的濃度高低對於人體有不同等級的傷害，詳述如下：

表五、CO 濃度與症狀統計表

空氣中一氧化碳含量	吸入時間及中毒產生的症狀
0.01%(100ppm)	在 2~3 小時內會輕微頭痛
0.04%(400ppm)	在 1~2 小時內前額頭痛。2.5 小時到 3.5 小時會蔓延
0.08%(800ppm)	45 分鐘內會頭暈、反胃、抽筋（痙攣）
0.16%(1600ppm)	2 分鐘內會頭痛、暈眩。2 小時會死亡
0.32%(3200ppm)	5~10 分鐘會頭痛暈眩、嘔吐。30 分鐘會死亡
0.64%(6400ppm)	1~2 分鐘內會頭痛、暈眩。10~15 鐘內會死亡
1.28%(12800ppm)	1~3 分鐘會死亡

資料來源：美國國家消防協會 NFPA 編著之防火手冊

3. 一氧化碳偵測電路，如圖五所示。



圖五、一氧化碳感測電路

- (1). 本電路所採用的一氧化碳感測元件為 **TGS203**，空氣中的一氧化碳濃度與感測器之阻值成正比。調整可變電阻(50K)設定一氧化碳感測器於乾淨空氣中的啓始電壓約為 2.5 伏特($V_2 = 2.5V$)。
- (2). 當一氧化碳感測器之輸出電壓大於所設定之參考電壓時(V_1 約為 3 伏特)，也就是感測到一氧化碳氣體了！此時，比較器的輸出端為高電位，則將使後面的電路動作。
- (3). 當比較器輸出為高電位，使電晶體 Q_2 導通，進而使繼電器之線圈激磁，則使繼電器的共用接點與 a 接點閉合，則排風機開始動作。相同的原理，電晶體導通亦將使警報器動作，達到警示與排除一氧化碳的效果。
- (4). 當比較器輸出為高電位，同時使電晶體 Q_1 導通，使紅外線發射器動作，進而點亮溫度感測器中的多色 LED 燈，發出警示的訊息。採用紅外線控制器之主要目

的為將一氧化碳感測系統所使用的電源與溫度感測系統分離，避免發生漏電的危險！

三、機構

我們最終的機構必須完成下列目的：

- (一)、 須具備防水功能
- (二)、 須具備高透光率，以利太陽能的吸收與 LED 的透射。
- (三)、 須具備彈性，減少對使用者可能造成的傷害

最後，我們選擇矽膠作為封裝材料。灌注矽膠之前有幾點必須特別注意：

- (一)、 AD590 的表面必須與水面接觸，因此我們將它放置於最上層電路板的最高點。
- (二)、 一氧化碳感測系統與溫度感測系統經由紅外線來傳輸訊號，因此，紅外線接收器必須至於上層電路板的次高點。
- (三)、 開關採用水銀開關，正面系統開始運轉，反面系統關閉，開始充電。
- (四)、 造型採用上圓弧，下平整外觀，最後選定一般磁碗作為系統外型。

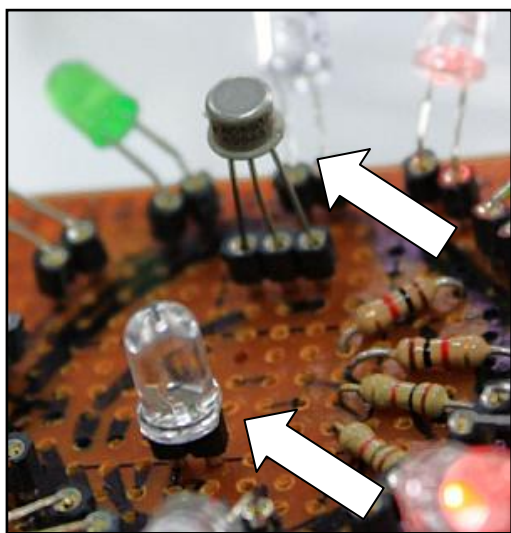
細部分解，請見圖六至圖十一。



圖六、矽膠灌注所需原料與工具



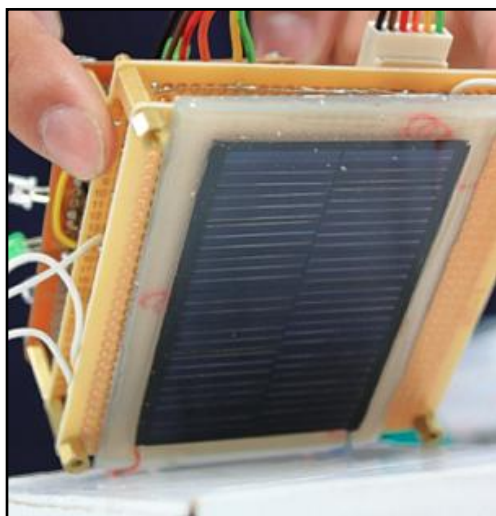
圖七、採用矽膠所灌注的模型



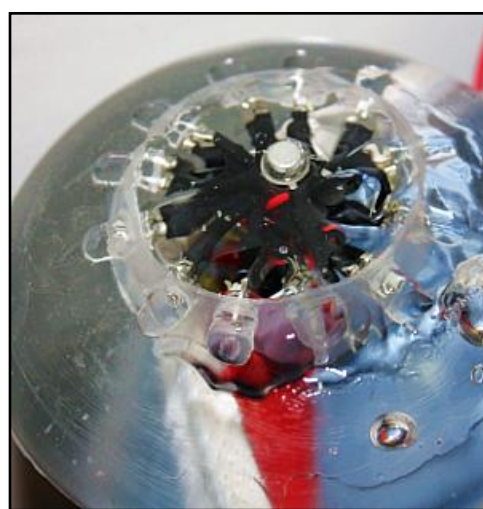
圖八、AD590 與紅外線接收器位置圖



圖九、水銀開關



圖十、底部安置太陽能板



圖十一、燈號模組外型結構

最後，將溫度感測系統與一氧化碳感測系統結合，並加裝上排風機、警報器，整個視覺化溫度感測系統即告完成！



圖十二、CO 感應器置於天花板

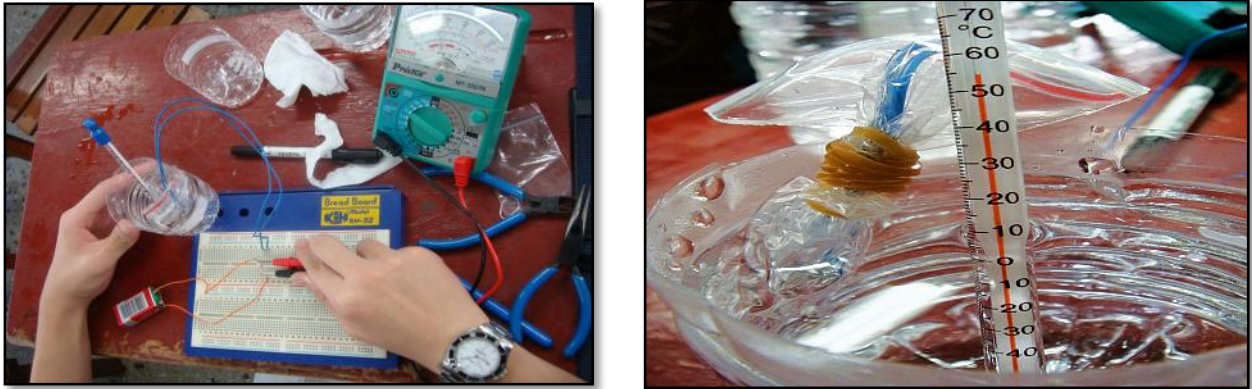


圖十三、警報器置於浴室外部

伍、研究結果

一、感測器的測試

(一)、 溫度感測元件 (AD590)



圖十四、溫度感測元件 (AD590) 實驗

我們在不同的溫度條件下，量測當時所得的電壓，結果如圖十五。結果發現，我們所量測的實際電壓值與理論值有著約 0.1 伏特的差距！討論後發現原因為熱傳導的問題！因為 AD590 並非防水元件，為了量測，我們將它包裹到塑膠袋內，再丟入水中，但因塑膠與空氣的熱傳導功能不佳，因此造成這樣的差異！

	5°C	15°C	25°C	35°C	45°C	55°C	65°C
理論	2.782V	2.882V	2.982V	3.082V	3.182V	3.282V	3.382V
實際	2.6V	2.7V	2.8V	2.9V	3V	3.1V	3.2V

圖十五、AD590 實驗數據

(二)、 一氧化碳感測元件 (TGS203) 的測試



圖十六、摩托車排氣管測量 CO 濃度



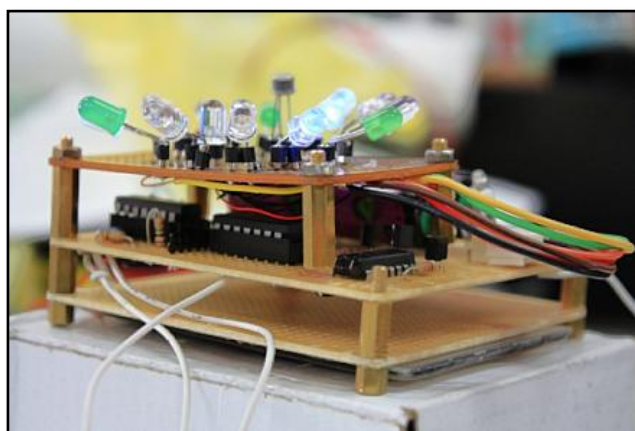
圖十七、密閉空間燒碳製造 CO，測量濃度。

爲了量測方便，我們製作了一個簡易、攜帶方便的電路，希望藉由此電路來觀察 CO 濃度與電壓間的關係。

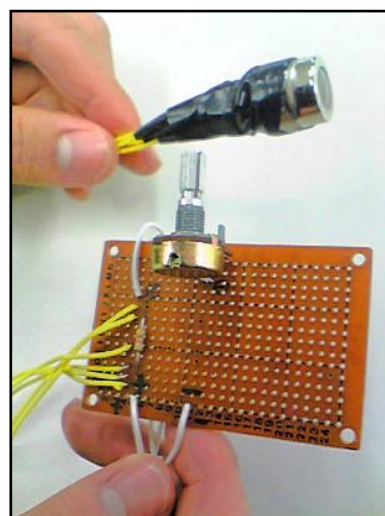
首先，我們在密閉空間內燃燒木炭，藉此取得高濃度的 CO，因設備不足，我們採用機車定檢器來作爲對照組（如圖十七中，上方古銅色探棒即爲機車定檢器），但結果不如預期！我們沒有辦法建立完整的濃度與電壓對照表。

最後，我們以一般環境下所測得的電壓值爲比較電壓，當 CO 感測器的電壓高於此比較電壓時，即啓動相關警示與補救措施！

二、電路的組裝



圖十八、溫度感測系統



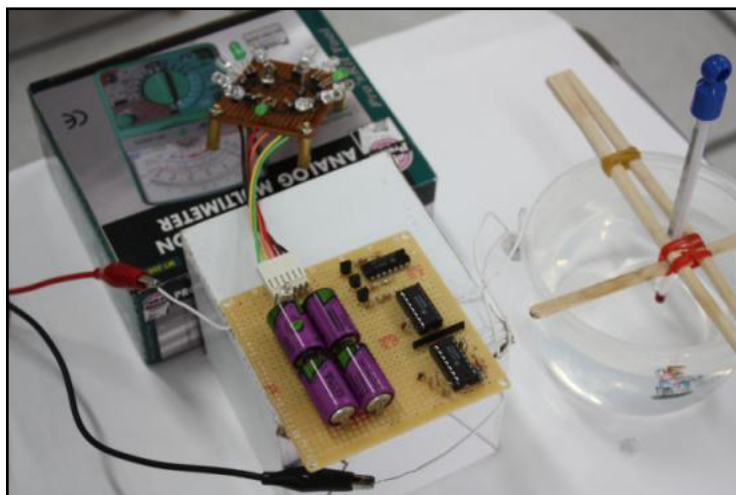
圖十九、一氧化碳感測系統

三、實際測試

(一)、 電路功能測試



圖二十、利用瓦斯罐測試 CO 感測系統



圖二十一、溫度感測系統實際測試

(二)、 水中燈號顯示測試



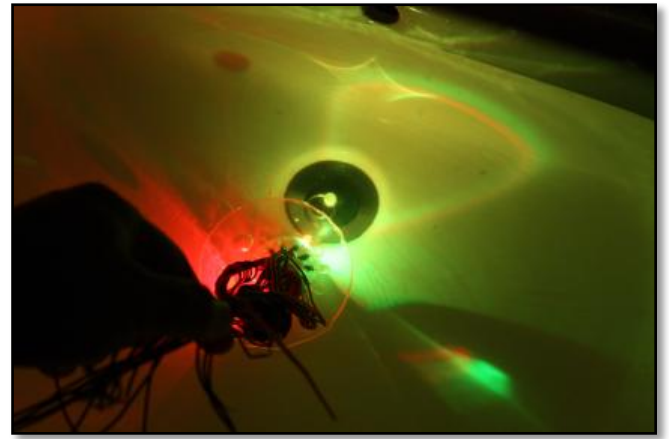
圖二十二、溫度 $<35^{\circ}\text{C}$ ，亮藍光。



圖二十三、溫度 $35^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$ ，亮黃光。



圖二十四、溫度 $>45^{\circ}\text{C}$ ，亮紅光。



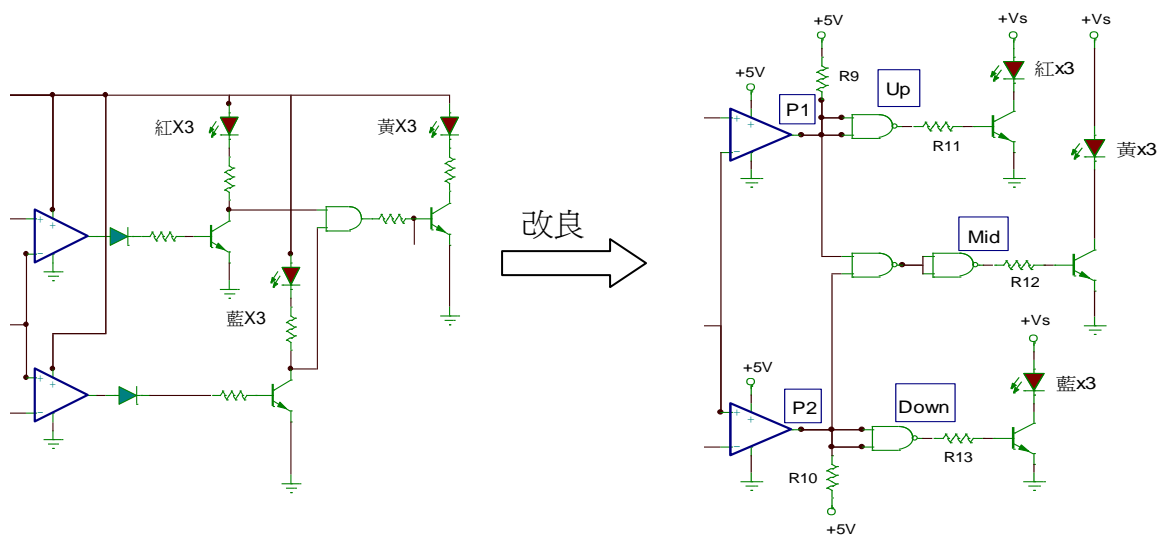
圖二十五、偵測到 CO，多色閃爍。

陸、討論

一、溫度感測系統的電路設計經歷了多次的修正才完成，其主要之修正考量如下：

(一)、 未考慮電路的阻抗匹配與負載效應問題

我們運用 TINA 電子實習軟體設計溫度感測系統中的各功能電路，在模擬軟體中的測試均能達到設定的電路功能，且各節點的電壓皆符合預期值。但以麵包板實際完成的電路測試，各級電路之輸出電壓衰減得相當嚴重，導致電路無法正常操作。改善方法為將 AD590 的輸出電壓經過 O P A 電壓隨耦器耦合到下一級的輸入，且 LED 驅動電路由 74HC08 改良為 CD4011 之組合邏輯電路，如圖二十六所示。



圖二十六、LED 驅動電路改良比較圖

(二)、 窗型比較器之上、下限參考電壓的電位差太小之改善

AD590 溫度每升高 10°C 電壓只升高 0.1 伏特，原先設計的窗型比較器之上、下限參考電壓的電位差原則只能有 0.1 伏特($35^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$)，因此使用二個 20 轉之精密可變電阻器來調整其上、下限參考電壓。改善的方法是以 OPA 差動放大器設計電路，以獲得 10 倍的差動電壓增益，使溫度每升高 1°C 電壓將升高 0.1 伏特。因此可調整水溫為 35°C 時之下限參考電壓為 2.2 伏特，設定水溫為 45°C 時之上限參考電壓為 3.2 伏特，且可利用稽納二極體的穩壓特性來當做上、下限參考電壓的電路設計。

(三)、 如何減低耗電量與點亮三顆串聯的高亮度 LED

初期，各種顏色的 LED 只用一個，因為 LED 的投射角度與範圍的關係，顯示效果並不理想。因此，各種顏色的 LED 決定使用三顆，並以串聯及並聯的方式來做測試，結果顯示採用並聯方式三顆 LED 之亮度並不相同，若採用串聯方式則電壓需提升到 8 伏特以上才會點亮，最後決定採用串聯的方式，因此加入了電壓提升電路。為降低電力之損耗，亦將控制電路部分的工作電壓穩壓在 5 伏特。

(四)、 點亮多色 LED 的電氣隔離問題

我們使用光耦合器將一氧化碳感測系統與溫度感測系統之電氣隔離，二者之間以信號線連接，使用上甚為不方便，亦不怎麼美觀。因此考慮使用無線控制方式，雖然紅外線發射器與接收器有角度上的問題(約 15 度角)，但因為我們現在所學的專業領域尚未接觸到無線電方面的課程，於是，最後決定使用紅外線來控制多色 LED，使用無線電控制電路將是未來改進的方向。

(五)、 充電模組

目前採用太陽能板的間接充電方式，實用上亦不甚理想。雖然考慮過目前很夯的無接點或微波墊板充電方式，對我們來講似乎仍是概念商品，這亦是我們未來將研究採用的方式。

二、AD590 測試實驗

在 AD590 的實驗中發現，我們在不同水溫量測到的電壓值與理論的電壓值不同，都有著 0.1V 的誤差！研究後發現，其主要原因是 AD590 元件不能完全置入水中。在實驗中，為了讓 AD590 接觸水，我們將它置於夾鍊袋內，然後再將袋子放入水中，藉此來量測水溫。而誤差的產生是因塑膠本身與空氣導熱係數很低的緣故。後來，我們使用矽膠為防水材質，完美的解決熱傳導所造成誤差的問題。

三、一氧化碳濃度與電壓關係

在建立一氧化碳濃度與電壓關係的過程中，因缺乏一氧化碳相關設備，我們僅能採用機車定檢裝置來作為實驗的對照組，實驗結果不如預期！因此，我們採用瓦斯噴罐所產生的一氧化碳濃度為參考電壓，當感測器發現電壓上升超過 0.5V 時，即啓動相關警示與安全措施。

四、燈號的規劃

在溫測系統中，我們採用了紅、黃、藍和多色閃爍 LED，因為採用的電壓緣故，我們單一顏色之 LED 僅有一顆，也就是說：當溫度達到指定條件後，僅有一指定的 LED 亮起。實驗後發現，LED 燈在水中漫射的情形不如預期。究其原因有二：

- (一)、 單一顏色 LED 數量不足。增加 LED 的數量，並妥善安排位置將可改善呈現效果。
- (二)、 使用聚光型的 LED。市面上的 LED 除了顏色的分別之外，投射角度的範圍也是種類繁多。若要獲得好的效果，LED 的投射角度亦須考量。



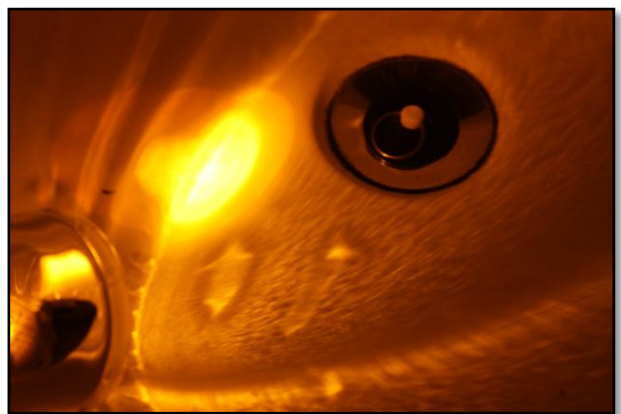
圖二十七、感測器置於中央底部，燈光朝下。



圖二十八、感測器置於中央底部，燈光朝上。



圖二十九、感測器置於中央底部，燈光朝右。



圖三十、感測器置於側面底部，燈光朝右下。



圖三十一、感測器置於水面上方，燈光朝下。

解決方法為將所有的 LED 燈排列成圓形，單一顏色 LED 的數量為 3 顆，按照「藍、黃、紅、多色」順序擺放，共 12 顆，測試結果令人滿意！

柒、結論

本研究主要的測溫環境為浴缸，所採用機構的主要材料為矽膠。研究過程發現，視覺化的呈現方式確實能減少燙傷意外的發生！視覺化的方式，對人而言是最直接的警告方式，也是營造氣氛的一個良方。

但，我們思索著，燙傷並非僅在浴室內發生！當我們喝水時，也常因一時大意而燙傷！未來，我們希望能夠使用食品級矽膠將溫度感測系統加以封裝，使用者可直接將它投入各式液體中，以利燙傷的預防。

視覺化溫度感測系統的領域廣闊，包括我們所研究的系統在內，絕對不僅此而已！而現今科技一日千里，相信不須多久，會有更方便的感測器問世。溫度感測與一氧化碳感測元件靈敏度可再提升。利用微電腦控制晶片取代多餘電路，不但減少體積，更可裝載更多視覺化元件等，諸多我們尚未開發、附加的功能。

本研究過程本著求真、求新之科學精神，讓我們磨練資料收集分析之研究能力，並將我們所學過的物理、基本電學、電子學、數位邏輯理論與各實習課程所學技巧運用至生活中，讓這些知識不僅僅是升學考試的一環而已，更激發出我們的創意思維！

捌、參考資料及其他

1. 詹昀諭、劉家鴻、施呈儒（2007）。**丁烷濃度量測系統**。逢甲大學自動控制工程學系。
2. 盧明智、許陳鑑（2008）。**電子實習與專題製作－感測器應用篇（修訂版）**。台北市：全華科技。
3. 中華民國 第 47 屆 中小學科學展覽會 參展作品專輯。2009/02/10，
<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/47/technical/091001.pdf>。
4. LEDinside。2009/02/11，http://www.ledinside.com.tw/news_liteon_LED_iF_20080115。
5. 廣華電子商城。2009/02/22，<http://w1.cpu.com.tw/kh/sensor/tgs203.html>。
6. 鄧明發、陳茂璋（2001）。**微電腦專題製作應用電路**。台北市：知行文化事業有限公司。
7. 南台科技大學機電科。2008/10/05，<http://elearning.stut.edu.tw/mechelec/myweb/第二章.htm>。
8. 南台科技大學機電科。2008/10/06，<http://elearning.stut.edu.tw/mechelec/myweb/第四章.htm>。
9. 維基百科-運算放大器。2008/12/31，
<http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E8%BF%90%E7%AE%97%E6%94%BE%E5%A4%A7%E5%99%A8&variant=zh-hant>。

10. 喬治查爾斯電子電路網。2009/02/01，<http://gc.digitw.com/Circuit/LM324-Applys.pdf>。

11. 鵬騰科技全球資訊網。2009/02/15，<http://www.microsense.com.tw/co.htm>。

【評語】 091002

- 1、 此作品以視覺化方式展現洗澡水溫，頗具創意，而在整體電路之防水封裝及太陽能板充電方面，也都具有巧思性。
- 2、 溫度感測值誤差過大，易於誤判斷。
- 3、 能將學校基本電學、電路學、工業配電、數位邏輯、配線實務等課程所習得之知識與技能充分應至本作品之研製上。
- 4、 能結合無線傳輸技術，並可程式化改變系統參數（如溫控範圍，LED 發光顏色等），可提昇作品的功能與彈性。