

中華民國第 55 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

091013

微笑空調

學校名稱：國立二林高級商工職業學校

作者： 職三 林瀚宇 職三 陳溢智 職三 鄭傑憶	指導老師： 趙天覺 賴建亨
---	-----------------------------

關鍵詞：ARDUINO、節能、空氣門

摘要

本作品「微笑空調」應用於大型餐飲空間，當空間內顧客少時，只將顧客餐桌位置上方的空調孔開啟，並以空氣門形成風柵，利用 Arduino 程式設計控制空調孔與空氣門的開閉，達到最少空氣門與空調孔的開啟。將冷氣侷限在顧客餐桌周圍，降低冷氣的使用量，達到節能減碳的效果。

採購成本在初期因為加裝空氣門而提高，但經過時間與成本效益的估算，每天可節省 536 元的電費，使店家降低營運成本，提高服務品質，吸引更多的消費者，達到老闆省錢及顧客舒適雙贏的局面。

未來可以將本作品「微笑空調」加裝在任何的用餐環境，廣泛運用此產品的彈性空間設計，依照場所性質不同，決定適用的機型也依照進出門的高度衡量，配選最適當的空氣門機型，決定風量及風速。

壹、研究動機

在炎炎夏日中，我和家人到一家連鎖大型餐廳用餐，因為氣溫很高，所以店家把冷氣開的很強，整個室內空間都很涼爽。可能是為假日時段，在用餐的同時，卻發現只有我們一家人在用餐，卻開了整間的冷氣，覺得非常的浪費，回到學校與老師和同學們分享了這件事，思考如何解決這樣的資源浪費。

冷氣的使用量大，將導致二氧化碳排放量也隨之增加，不僅危害著生物的健康，連帶的也使地球的環境受到了破壞，其中臭氧層的破壞將無法遏阻紫外線對生物的傷害。自然生態及人體健康會有以下明顯的受害：

- 一、強烈的紫外線會破壞葉綠素、妨礙植物成長，甚至造成遺傳因子突變，果實產量驟減。
 - 二、破壞生態系統的平衡，海中的生物無法抵擋強烈的紫外線而死亡，魚類會因缺少這些賴以為生的食物而無法生存。
 - 三、免疫系統受抑制，哺乳類動物在強烈紫外線照射過度，皮膚癌及白內障將加速危害人體健康。
 - 四、造成氣象的變異，臭氧層遭破壞會使氣候變暖，加強溫室效應，間接促使海平面上升。
- 因此，我們思考解決此一問題的同時，運用在電機相關領域學習到的知識，來研究本作品，相關教材與課程內容如下:

實作相關課程	技術能力
儀表使用	● 三用電表、功率表等等的使用
工業配線	● 繼電器配線、裝設。 ● 鑽孔、攻牙。
室內配線	● 了解屋內配線基本裝法。 ● 避免因裝設不良，而造成電器火災。
單晶片微控制器 基礎概念	● 了解單晶片用途。 ● 了解如何使用單晶片。
單晶片微控制器 編寫實作	● 操作編寫軟體。 ● 操作燒錄軟體及燒錄設備。
電子電路設計	● 橋式整流作法。 ● 多工器使用方法。 ● 類比轉數位。 ● LCD 模組使用。

電子電路實作	<ul style="list-style-type: none"> ● 規劃電子零件擺設位置。 ● 照圖焊接電子零件。
電子學實習 I	實習二：基本儀器使用 實習五：整流電路 實習六：濾波電路 實習十：電晶體的基本認識 實習十一：電晶體的工作模式
理論相關課程	內容單元
基本電學 I	1-6：電流 1-7 電功率 2-2：各種電阻器 5-2：電容器
基本電學 II	10-3 虛功率 10-5：功率因數
電子學 I	2-2：二極體之特性 3-1：整流電路 3-2：濾波電路 4-1：雙極性電晶體之構造及特性 4-2：電晶體之工作原理 4-4：電晶體之開關作用
室內配線技能檢 定術科解析	第 1 章：屋內配線裝置器具、符號介紹 第 2 章：屋內配線裝置工具介紹

貳、研究目的

在現在的社會裡，隨時都在花費相當的能源，生活中常需使用的到各種電器用品，故在我們還能使用能源的同時，更應將節約能源視為最重要的課題。讓每一度電源發揮它的最的效能，也能為家中節省可觀的電費。

每間餐廳內一定都會裝冷氣，因此生活中的家電用品以冷氣機最為耗電，在夏天更是電費激增的最主要因素，可是當人少的時候冷氣還是會開，這樣會浪費許多電，如果把冷氣全關掉，在這炎炎夏日裡顧客將產生不少抱怨，在夏日的餐廳空調用電量比例約佔四至五成，因此從空調上來節能最有效果。利用本作品「微笑空調」可以讓在人少的餐廳內，不用消耗到那麼多的電，並且讓冷氣單一集中在一個區域裡，讓客人擁有可以吹冷氣的特權，在人多時就讓冷氣全開，在舒適和節能間達到最好的效益。

本作品「微笑空調」希望達成以下目的:

- 一、 依顧客人數調節冷氣量。
- 二、 依顧客所在餐桌自動化調節空調供給位置。
- 三、 將冷氣侷限在用餐空間內，並在用餐時間內維持舒適的溫度。
- 四、 研究節能效益與成本最佳值。

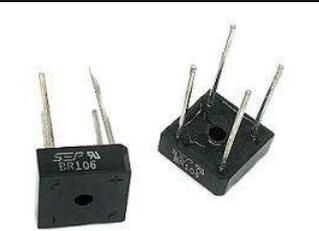
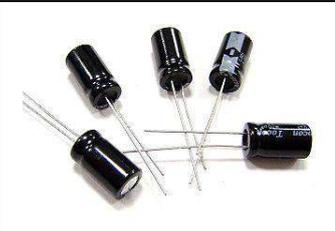
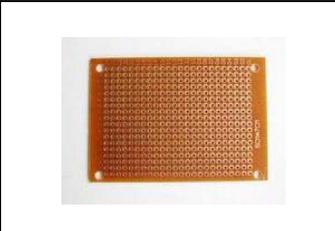
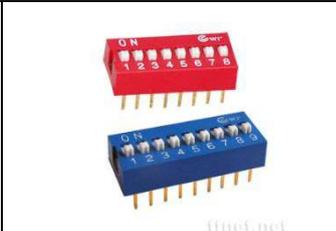
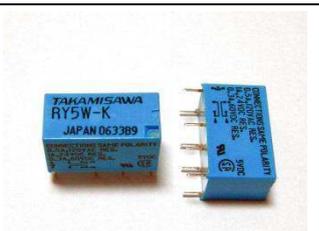
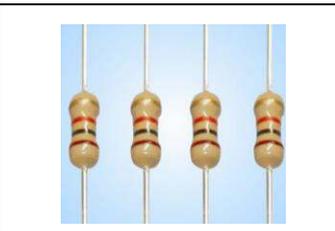
參、研究設備及器材

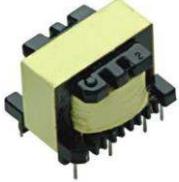
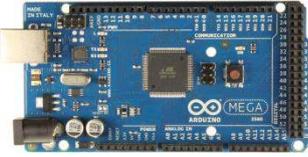
一、 在研究過程中使用到的工具

			
電烙鐵	烙鐵架(含清潔海綿)	吸錫器	尖嘴鉗
			
斜口鉗	剝線鉗	麵包板	U型絕緣IC拔取器
			
鱷魚夾/香蕉插測試線	三用電表(含探棒)	DC電源供應器	

圖一:研究相關工具

二、 研究過程中使用的相關材料

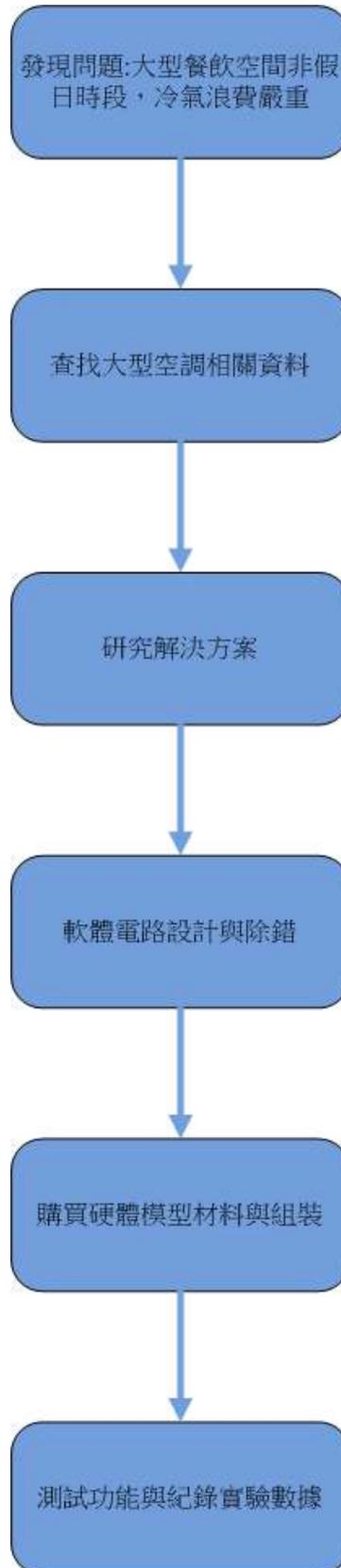
			
橋式整流器	電解電容	萬用電路板	DIP開關
			
5V繼電器	電阻器	鹵素燈	木板

			
<p>可開閉式落水孔</p>	<p>伺服機SG-90</p>	<p>4X4矩陣按鍵</p>	<p>變壓器</p>
			
<p>ARDUINO MEGA2560</p>	<p>空氣門</p>	<p>抽風機</p>	<p>組合鐵架</p>

圖二:相關材料

肆、研究過程或方法

本作品「微笑空調」在研究過程中採用以下流程階段來進行:



圖三:作品創作流程圖

在研究「微笑空調」節能方案討論的時候，我們受到了智能化設計和物聯網的啟發，以往電氣設備只能單方面地按照設定的程式來執行動作，但智能化和物聯網的概念則重視電器設備與使用者的適應性，因應不同的使用者或環境來調整電器本身的控制特性，達到人機最佳化的使用效率。

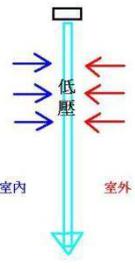
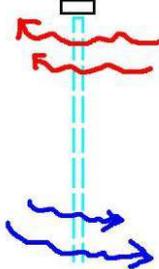
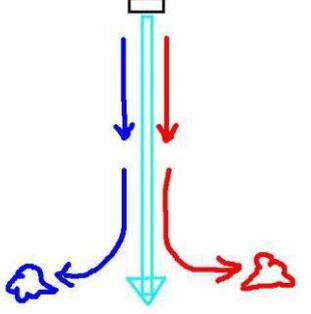
我們由此觀念出發，很直覺的提出「只在有人的座位供應冷氣」這個概念，但接下來的問題就是「如何將冷氣集中在有人的座位」這件事。初期構想如下：

『在每張餐桌上放設置冷氣孔，並在餐桌四周圍設計可收納至天花板的透明塑膠簾，當需要將冷氣集中在餐桌內時，就將透明塑膠簾從天花板降下，即可達到集中效果。』雖然這樣能成功地達到集中冷氣的效果，但會衍生出幾個問題：

1. 若顧客要上廁所，則出入不方便。
2. 服務生要上菜時易受阻擋。
3. 使用者會有空間狹小的感覺，牴觸了原本想在寬闊空間用餐的本意。

因此本方案並不適合，很快地遭到否決，我們為了找尋靈感，有組員提議換個環境也許有幫助，於是我們起身前往鄰近的便利商店，當我們靠近便利商店自動門時，門一打開，上方竟吹下一陣風，頓時我們靈光一閃，也許上方往下吹動的氣流可以作為阻擋冷氣流通。

我們上網查詢有關空氣門的原理與功能得到如下的資料：空氣門尤指一種設置於門口上方之空調設備，其可用於阻絕室外之灰塵、惡臭氣體及病媒蚊等進入室內，以及防止室內之冷(暖)氣體外洩造成能源浪費。空氣門的原理是利用白努利定理，由於流線不可穿過彼此，當一氣流打到垂直平面後會產生停滯點，而氣流從停滯點分開。此原理應用在空氣門上，空氣門產生的氣流打到地板，在地板形成一停滯點連線，使得室內氣流的流線不與室外氣流流線交會，因此使室內與室外的空氣不會交換。相關說明如下圖四：

<p>室內與室外壓力達到平衡，以紅色箭頭代表熱空氣，藍色箭頭代表冷空氣。</p>	<p>由於室內的冷空氣會下沉，由門口下方流出而室外的熱空氣，則由門口的上方流入</p>	<p>使用空氣門十，室內冷氣被往下帶，又流回室內，室外熱氣也同樣地被往下帶，就可以有效地集中冷氣不外洩。</p>
		

圖四:空氣門對室內外空氣流動之影響

所以利用以上原理就可以讓冷氣集中於有顧客的餐桌，並且不會有視野上的遮蔽感，顧客與服務生出入也方便，有效解決初期構想的缺點。

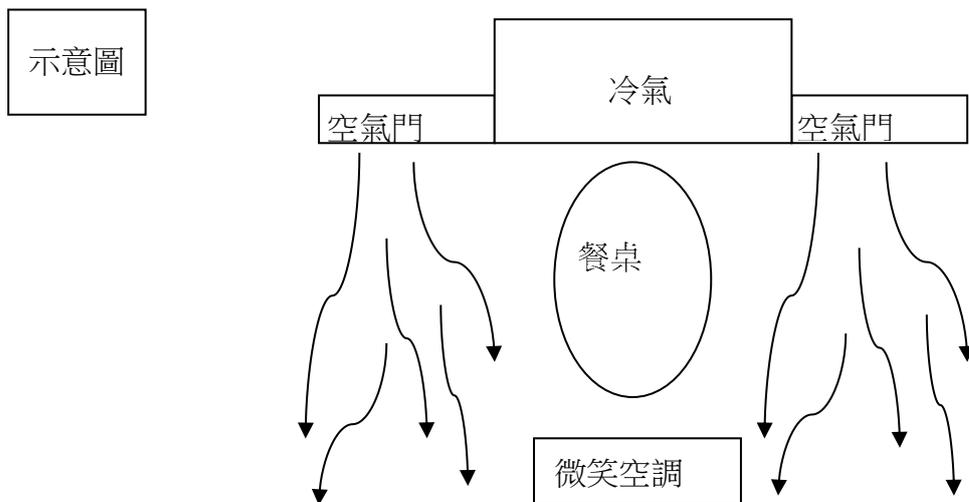
我們在查找資料的過程中，增加了對白努利原理的了解，在流體力學中，白努利原理（Bernoulli's Principle）指出，對一不可壓縮流體（流體的密度不因外力而改變，大部分的液體皆可視為此類）而言，在外界不做功的情況下，當液體流速增加時，將會造成液體的壓力或是重力位能減少。這項原理是以荷蘭物理學家丹尼爾-白努利（Daniel Bernoulli）命名。此原理可以白努利方程式表示如下：

$$\rho v^2/2 + \rho gh + P = \text{常數}$$

其中 v 為液體流速， ρ 為液體密度， g 為重力加速度， h 為液體相對於基準點的高度， P 為液體壓力。這個方程式必須在不可壓縮、沒有黏滯力的穩定流體下才成立。

白努利原理其實就是能量守恆定律在流體上的應用。也就是說，為了滿足能量守恆定律，流體分子力學能的總和應該在流動路徑上的各處皆要相同，亦即動能與位能的和不論流體流往何處皆應保持定值。如果今天流體在同一水平面上流動（也就是 h 為定值），則在流體流速快的地方壓力會變大，反之，流體流速慢時壓力會變小。

設計的原始草圖如下圖五，我們在餐桌上方設置冷氣孔，並在餐桌四周圍安裝空氣門，讓冷空氣能集中在餐桌空間內。

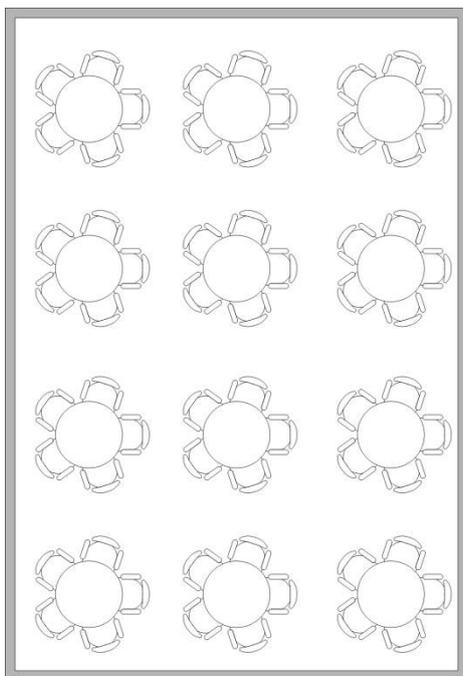


圖五:「微笑空調」示意圖

在硬體構想完成後，接著就要以軟體電路設計達成以下兩個功能

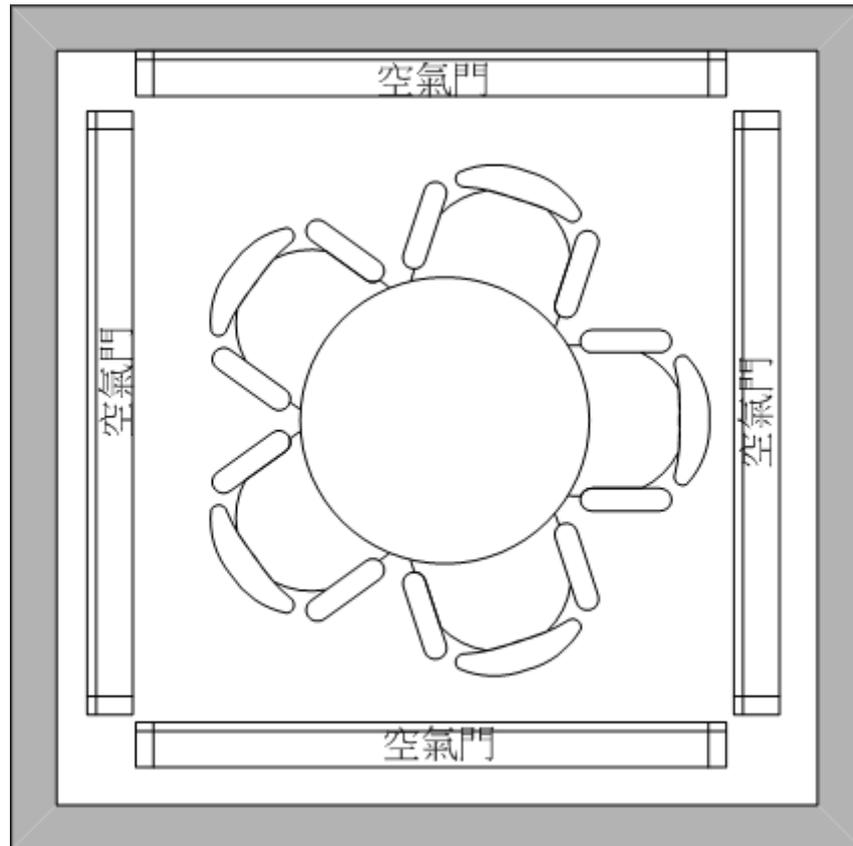
- 一、自動化開閉冷氣孔與空氣門。
- 二、冷氣孔與空氣門開閉的數量必須達到最節能的效果。

下圖六為餐飲空間的平面圖，以十二張餐桌的餐廳為例:



圖六:餐飲空間示意圖

單一餐桌冷氣孔與空氣門相對位置關係如下圖七:

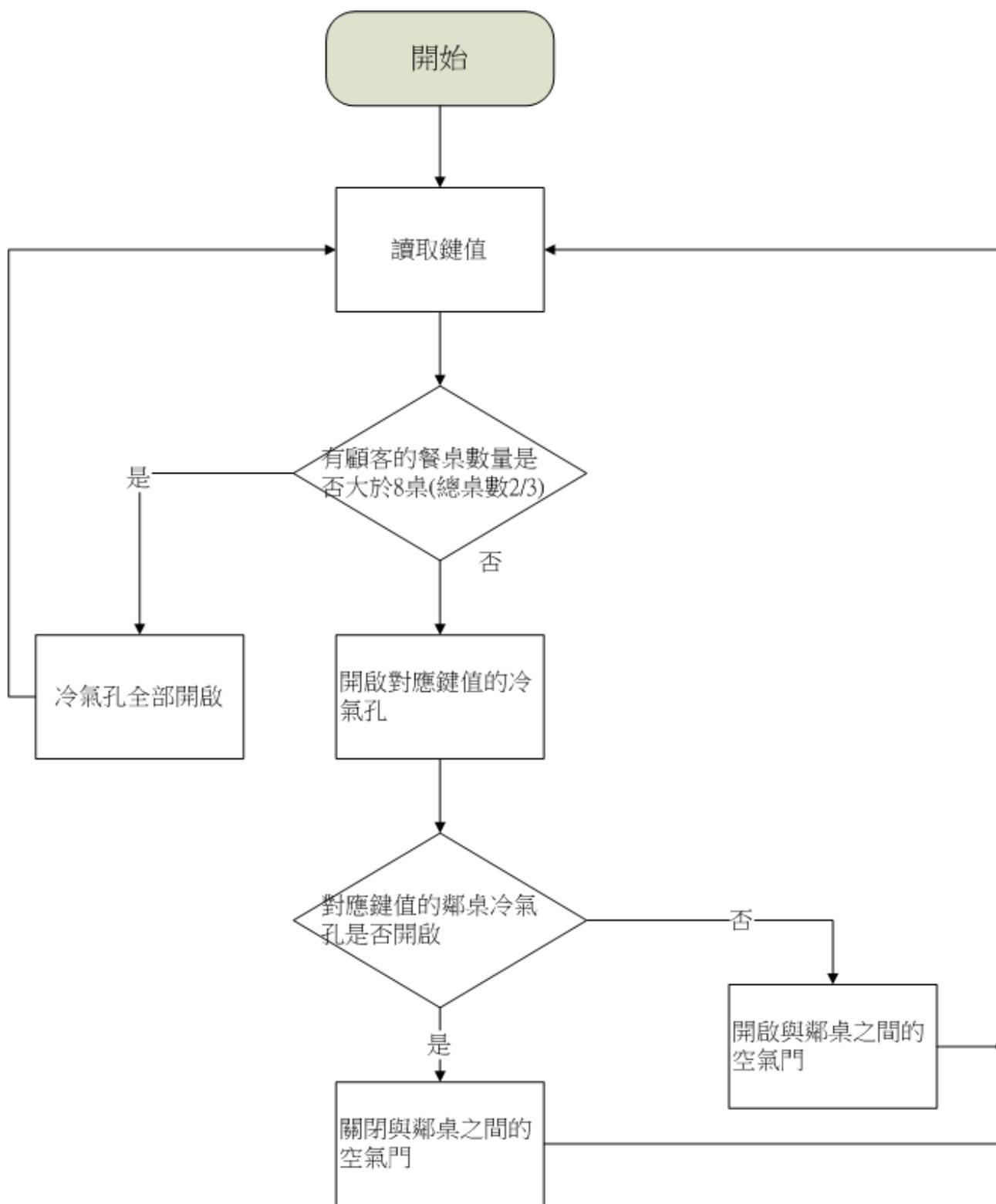


圖七:餐桌空氣門位置圖

在軟體設計上我們採用 arduino mega2560 單晶片，他擁有更多的輸出入接腳可供使用，我們設計達成的目標如下:

- 一、當有顧客使用的餐桌數低於 $2/3$ 時，啟動有顧客餐桌上方的冷氣孔與四周的空氣門，維持餐桌舒適溫度並且不外漏，無人使用的餐桌冷氣孔就關閉。
- 二、如果剛好有顧客的餐桌彼此相鄰的，則將相鄰部分空氣門關閉，開啟剛好可以圍住相鄰餐桌的空氣門數量，達到最節能的效益。
- 三、顧客離開後空氣門與冷氣孔自動關閉。

當有顧客使用的餐桌數多於 $2/3$ 時，則將全部空氣門關閉，冷氣就全開。軟體程式的流程運作如下圖八所示:



圖八:軟體程式流程圖

整個程式設計的概念如上面流程圖所示，接下來將餐桌，冷氣孔與空氣門設定相對應編號，並且對硬 **arduino** 的輸出入接腳，列表如下:

表一：餐桌與空氣門位置(號碼其實就是 ARDUINO 接腳編號)

第一桌	氣門 14	第二桌	氣門 15	第三桌
氣門 16		氣門 17		氣門 18
第四桌	氣門 19	第五桌	氣門 20	第六桌
氣門 21		氣門 22		氣門 23
第七桌	氣門 24	第八桌	氣門 25	第九桌
氣門 26		氣門 27		氣門 28
第十桌	氣門 29	第十一桌	氣門 30	第十二桌

表二:程式中餐桌與氣門代號對照表

cools[0]	air[0]	cools[1]	air[1]	cools[2]
air[2]		air[3]		air[4]
cools[3]	air[5]	cools[4]	air[6]	cools[5]
air[7]		air[8]		air[9]
cools[6]	air[10]	cools[7]	air[11]	cools[8]
air[12]		air[13]		air[14]
cools[9]	air[15]	cools[10]	air[16]	cools[11]

表三:arduino 接腳與位置對應表

空氣門編號	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ARDUINO 接腳																	
AIRs[]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
冷氣孔(桌次)	13	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	*13 為第一桌				
ARDUINO 接腳																	
COOLs[]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11					

表四:矩陣按鈕與 arduino 接腳連接對應位置

	Keypad 接腳	Arduino 接腳	說明
	1	31	Column0 直行
	2	32	Column1
	3	33	Column2
	4	34	Column3
	5	35	Row0 橫列
	6	36	Row1
	7	37	Row2
	8	38	Row3

硬體架構則買四個 30 公分的小型空氣門，用支架撐起，做實際模型並測量數據，模擬冷氣用衛浴上方抽風扇表示，再接冷氣管測試，將溫度數據量測記錄下來，把空氣門的用電與省下的冷氣用電與一般大型空調空間作一比較。

支架機構我們到大賣場採買鍍鉻組合架，再將空氣門安裝上去，如下圖九所示:



圖九:安裝空氣門於組合架上

在模擬大型餐飲空間的製作上，以木板製作桌椅與天花板，冷氣孔則用伺服馬達來帶動可開閉式落水孔蓋模擬，空氣門則用 led 的亮滅來模擬開閉，製作過程如圖十，圖十一所示。



圖十:天花板冷氣孔製作



圖十一:模型餐桌椅製作

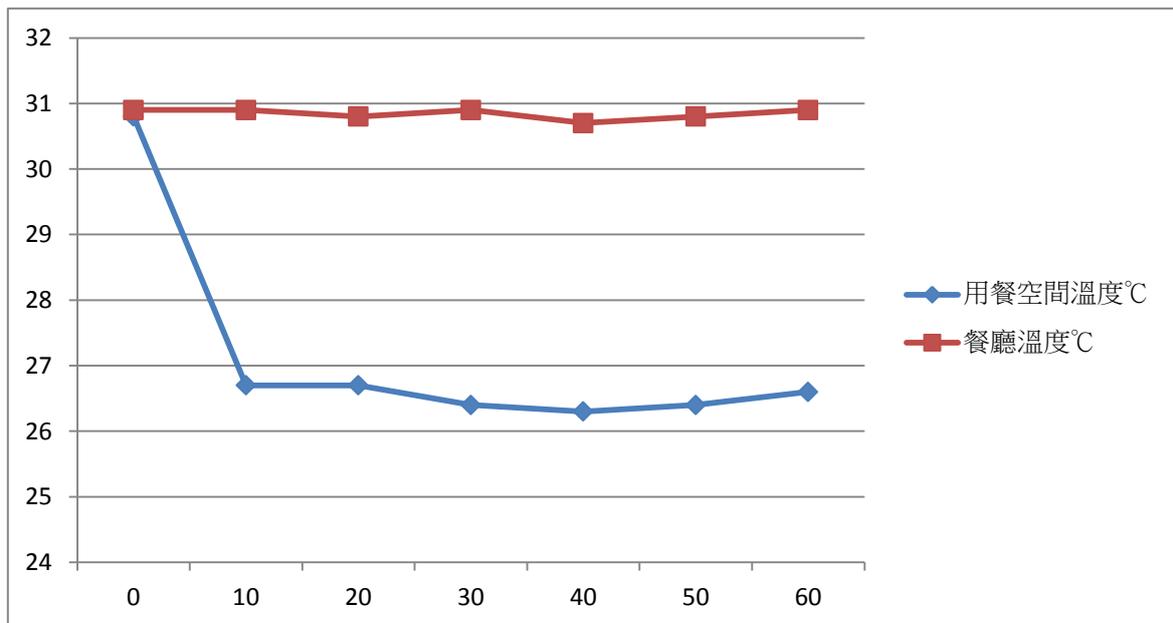
伍、研究結果

我們以製作的實體模型，進行溫度的量測，從實體模型上方以抽風扇將冷氣引導入用餐空間，開啟四周圍空氣門，每十分鐘量測一次溫度變化，紀錄如下：

實驗條件:餐廳室內溫度為 30~31°C，冷氣設定溫度為 25°C

表五:微笑空調保持用餐空間溫度表

時間(分)	0	10	20	30	40	50	60
用餐空間溫度°C	30.8	26.7	26.7	26.4	26.3	26.4	26.6
餐廳溫度°C	30.9	30.9	30.8	30.9	30.7	30.8	30.9



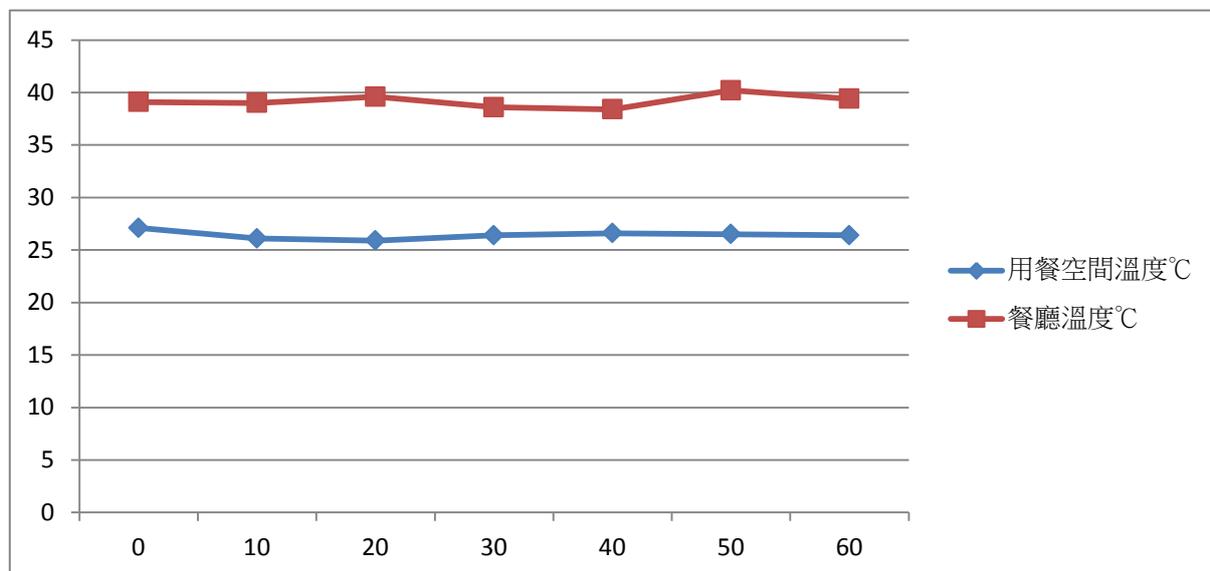
圖十二:微笑空調保持用餐空間溫度表

由以上測量數據可以顯示，空氣門能有效阻隔熱空氣與冷空氣交換，保持用餐空間維持舒適的溫度。為了確認如果室內溫度在更高的情況下，空氣門是否能達到相同的效果，我們以鹵素燈加熱周圍空氣，測試數據如下：

實驗條件:餐廳室內溫度為 39~40°C(經鹵素燈加熱)，冷氣設定溫度為 25°C

表六:微笑空調保持用餐空間溫度(加入鹵素燈)

時間(分)	0	10	20	30	40	50	60
用餐空間溫度°C	27.1	26.1	25.9	26.4	26.6	26.5	26.4
餐廳溫度°C	39.1	39.0	39.6	38.6	38.4	40.2	39.4



圖十三:微笑空調保持用餐空間溫度(加入鹵素燈)

從以上實驗結果可知，即使在室內溫度達到 40°C，微笑空調的實體裝置依然可以達到維持用餐空間舒適溫度的效果。在我們設定的大型餐飲空間，室內空間為 100 坪(約 330 平方公尺)，在查閱相關冷卻能力與空間的對照表如下：

表七:冷月能力與室內空間計算表

請輸入黃色格子的面積，及選擇是否加百葉或窗簾，即可計算，若無則跳過不填入			BTU值	計算結果	說明
A.	輸入空間面積 (平方公尺) M ²	長 33 (公尺) 寬 10 (公尺)	337	111210 btu	輸入長度跟寬度 此為空間面積的冷負荷
B.窗	窗長m*窗高m (平方公尺面積加總)		無遮擋物	百葉窗簾	把窗戶的平方公尺面積加總乘上表內的btu，分為有百葉窗跟沒有的數據，窗戶因為無法阻擋陽光穿透所以夏日西曬的話單位平方的btu高達1638，但加上窗簾後則減為734btu，相差45%
	北向窗	0 m ²	無遮蔽0	0 btu	
	北東向窗	0 m ²	無遮蔽597	0 btu	
	東窗	0 m ²	無遮蔽887	0 btu	
	東南窗	0 m ²	無遮蔽819	0 btu	
	南窗	0 m ²	無遮蔽819	0 btu	
	西南窗	0 m ²	無遮蔽1194	0 btu	
	西窗	0 m ²	無遮蔽1638	0 btu	
西北窗	0 m ²	無遮蔽1126	0 btu		

C.牆	南牆	<input type="text" value=""/> m ²	102	<input type="text" value="0"/> btu	多，以長寬相乘再扣掉窗戶的面積去計算 鐵皮屋跟頂樓通常特別熱的原因是三面或四面都受陽光照射，且鐵皮屋隔熱係數比水泥牆低，計算方式為鐵皮屋受照射面以每平方公尺計算
	西牆	<input type="text" value=""/> m ²	68	<input type="text" value="0"/> btu	
	隔間牆	<input type="text" value=""/> m ²	41	<input type="text" value="0"/> btu	
	頂樓牆	<input type="text" value=""/> m ²	122	<input type="text" value="0"/> btu	
	鐵皮屋牆	<input type="text" value=""/> m ²	205	<input type="text" value="0"/> btu	
D.人	睡眠	<input type="text" value="0"/> 人	250	<input type="text" value="0"/> btu	人員的話最少以兩個人計算，每人以400btu計算，若空間裡的人員是屬於活動量較大的像健身房則以1800btu計算，而如一般居家環境、教室或辦公會議室以一般活動計算
	一般活動	<input type="text" value=""/> 人	400	<input type="text" value="800"/> btu	
	走動	<input type="text" value="0"/> 人	1040	<input type="text" value="0"/> btu	
	激烈運動	<input type="text" value="0"/> 人	1800	<input type="text" value="0"/> btu	
E.燈	燈泡燈管瓦數加總	<input type="text" value="1000"/> 瓦	4.225	<input type="text" value="4225"/> btu	燈泡燈管瓦數每1w = 4.225BTU
F.電器設備	設備使用瓦數加總	<input type="text" value="1500"/> 瓦	3.5	<input type="text" value="5250"/> btu	空間內的電器設備則以運轉時實際所耗電的瓦數*3.5btu計算，若一天只開幾分鐘的電器可忽略，例如吹風機
G.廚房	<input type="text" value=""/> 廚房無相通0			<input type="text" value="0"/> btu	廚房若有跟客廳相連則加上4000BTU 包含瓦斯爐冰箱烤箱等設備的BTU概括數值

計算你需要的制冷能力

121485 btu

30616.18 kcal

35.61 kW

經填入最基本的空間資料，得知應選用冷卻能力至少 35.61kw 的空調主機，足以將室內 100 坪的餐飲空間維持適當的冷房效果。我們查詢了日立公司的冷氣型錄，選用在商用空間的空調主機資料如下表八所示:

表八:日立公司商用空調型錄

規格表：（屋內設置型）

單機種		RCU-N81W	RCU-N101W	RCU-N152W	RCU-N202W	RCU-N301W	
冷卻能力	kcal/h	22,500	30,240	45,000	60,450	90,300	
	kW	26.2	35.2	52.3	70.3	105	
COP		4.45	4.45	4.45	4.45	4.45	
外觀尺寸	寬度 mm	780	920	1,608	1,608	1,615	
	深度 mm	495	570	690	724	723	
	高度 mm	1,350	1,450	1,400	1,400	1,400	
壓縮機		全密閉渦卷式					
數量		1		2			
容量控制		100/0		100/50/0			
凝縮器型式		二重管式				殼管式	
冰水器型式		板式熱交換器		殼管式			
膨脹裝置		毛細管		感溫式膨脹閥			
冷媒種類		R410A					
封入量 kg		3.6	4.8	4.8 X 2	7 X 2	7.8 X 2	
冷凍油種類		FVC68D (限RCU-N81W、N152W) Emkarate RL32-3MAF (限RCU-N101W、N202W、N301W)					
油封入量 L		1.3	3.1	1.3 X 2	3.1 X 2	3.1 X 2	
起動方式		直接起動					
防震裝置		壓縮機用特殊防震橡膠					
安全裝置		高壓保護 / 低壓保護 / 欠逆相保護 / 過電流保護 / 防凍開關 吐出溫度保護 (限RCU-N81W、N152W) / 壓縮機內藏保護 (限RCU-N101W、N202W、N301W)					
運轉調整		切換開關、控制基板					
指示燈		白色—電源、綠色—正常、紅色—異常					
冰水器	配管口徑	1 1/2" FPT		2" FPT		2 1/2" FPT	
	標準水量 m³/h	4.5	6.0	8.9	12	18	
	水損 mAq	9.5	12.7	3.0	4.5	11.7	
凝縮器	配管口徑	1 1/2" FPT		2" FPT		2 1/2" FPT	
	標準水量 m³/h	5.6	7.5	11.2	15	22.5	
	水損 mAq	3.0	6.3	3.7	4.8	2.2	
電源		AC, 3 φ, 60Hz, 220V/380V					
電氣特性	全入力 kW	5.88	7.9	11.75	15.8	23.6	
	運轉電流 A	220V	18.2	24.4	36	51	75.5
		380V	10.5	15	21	30	47.8
		220V	150	180	188	245	340
		380V	80	135	116	160	230
機體重量 kg	195	240	510	630	700		
運轉重量 kg		205	252	550	670	785	
備註		(1) 冷卻能力及電氣特性依CNS12575蒸氣壓縮式冰水機組之條件。 (2) 結垢係數為：0.000044m²/C/W。 (3) 使用範圍：冰水出口溫度最高值(Max.)15°C，最低值(Min.)5°C；冷卻水出口溫度最高值(Max.)38°C，最低值(Min.)21°C。 (4) 日立冰水機組設計上有所變更，恕不另行通知，尚請留意。					

我們選用冷卻能力為 35.2kw 的機型，由型錄表得知消耗電力為 7.9kw，我們以此項資料進行以下的分析:在大型餐飲空間不論是假日或非假日時段，為了維持室內溫度，使用時間以上午 10 點到晚上十點為例，一般空調所消耗的電力度數如下表九所示:

表九:一般中央空調裝置每天消耗電力度數

使用時間	功率	時間	用電量
10AM~10PM	7.9KW	12 小時	94.8 度

使用本作品微笑空調，則能在非假日的時段大幅減少冷氣使用的時間，我們做了如下表十的分析計算:

- 一、非假日的中午用餐時段以平均三桌客人用餐，需開啟最少四個空氣門將集中冷氣於用餐空間，每個空氣門消耗功率為 100w，共 400w。
- 二、晚上用餐時段以五桌客人為例，需開啟最少五個空氣門將集中冷氣於用餐空間，每個空氣門消耗功率為 100w，共 500w。

表十:使用微笑空調的每天消耗電力度數

非假日用餐時間	使用時間	每小時消耗功率	用電量
AM11:00~PM2:00(中午用餐時段平均三桌客人)	3 小時	400w(空氣門)+3/12*7.9kw(冷氣)	7.125 度
PM4:00~PM9:00(晚上用餐時段平均五桌客人)	5 小時	500w(空氣門)+5/12*7.9kw(冷氣)	18.95 度
合計	8 小時		26.075 度

由上表十可知，本作品微笑空調在非假日時段每天消耗電量為 26.075 度，一般中央空調消耗電量度數為 94.8 度，相差約 3.61 倍。接著我們進行成本效益分析。台灣電力公司自 104 年 4 月 1 日起實施的電價收費表如下表十一所示:

表十一:台灣電力公司電價收費表(104年4月1日起適用)

三、表燈用電

(一)非時間電價

1.非營業用

單位：元

每月用電度數分段	夏月 (6/1至9/30)	非夏月 (夏月以外時間)
120度以下部分	1.89	1.89
121~330度部分	2.73	2.42
331~500度部分	4.00	3.30
501~700度部分	5.15	4.24
701~1000度部分	5.99	4.90
1001度以上部分	6.71	5.28

2.營業用

單位：元

每月用電度數分段	夏月 (6/1至9/30)	非夏月 (夏月以外時間)
330度以下部分	2.91	2.45
331~700度部分	4.04	3.32
701~1500度部分	4.81	3.91
1501度以上部分	6.73	5.31

註：1.用戶因2個月抄表、收費一次，計費時各段電度數係加倍計算。

2.依電業法第65條所稱庇護工場、立案社福機構、護理之家，及同法第65條之1所稱使用維生輔具之身障家庭，其用電依非營業用電價計費者，超過1000度以上部分，按701~1000度部分單價計費。

3.公用路燈照上表非營業用電價減收百分之五十。

大型餐飲空間以一個月營業28天計算，每天冷氣消耗94.8度，一個月共2654.4電度，加上其他電力開銷，以夏月營業用電1501度以上，每度電費6.73元計價，每日電費計算如下：

$$6.73 \text{ 元} * 98.4 \text{ 度} = 662.23 \text{ 元}$$

使用本作品「微笑空調」每天消耗冷氣26.075度，一個月共730.1度，加上其他電力開銷，以夏月營業用電701~1500度部分，每度電費4.81元計價，每日電費計算如下：

$$4.81 \text{ 元} * 26.075 \text{ 度} = 125.42 \text{ 元}$$

單單電費級距就下降了一個級距，每日電費可節省約536元

以本作品的設備成本，以100坪餐飲空間規劃，設置24張餐桌，共需37個空氣門，如下表十二所示：

表十二:微笑空調設備成本

成本品項	單價(元)	數量	價格(元)
空氣門(4尺)	4000	37	148000
線路安裝(成本)	1000	1	1000
控制器(成本)	1000	1	1000
總計			150000

陸、討論

對於現有產品與微笑空調的優缺點做一討論。

表十三:本作品與現有產品比較表

優劣勢	一般餐廳空調系統	微笑空調
優勢	冷氣都開著預冷，客人來就有冷氣吹	依人數與位置調節冷氣量，達到節約能源效益，並能有效集中冷氣。
劣勢	空間大而產生空調分配不均，且電能消耗大	顧客坐到位置尚須等待 3~5 分鐘才會進入舒適的溫度。

本作品微笑空調的 SWOT 分析如下:

表十四:SWOT 分析

S 優勢	W 劣勢
1.節能效益高 2.成本回收速度快	1.安裝成本高 2.尚未量產
O 機會	T 威脅
1.應用場所多 2.創新產品	1.易被仿冒 2.低價競爭

柒、結論

本作品「微笑空調」選擇大型餐飲空間非假日時段，節約冷氣的使用量，在設計製作與實驗結果得到令人滿意的結果。有效解決了少量顧客在大型餐飲空間用餐造成的電力資源浪費，達成了以下目標:

- 一、 ARDUINO 作為控制器，以自動化方式控制冷氣孔的開閉，依顧客人數調節冷氣量。
- 二、 可依顧客所在餐桌，自動化調節空調供給與空氣門的開閉位置，達到開啟最少的空氣門就可以將冷氣集中在顧客所在的位置。
- 三、 經實驗數據顯示，空氣門能將冷氣侷限在用餐空間內，並在用餐時間內維持舒適的溫度。
- 四、 在估算成本效益後，能達到每天節約電費 536 元的效益。

經過時間與成本效益的估算，每天可節省 536 元的電費，使店家降低營運成本，提高服務品質，吸引更多的消費者，達到老闆省錢及顧客舒適雙贏的局面，自然就心情愉快笑呵呵，這也就是「微笑空調」名稱的由來。

未來其他的大型空間場所，也可以利用本作品「微笑空調」的概念，設計適合的裝置，加裝在任何環境，例如電影院，圖書館，美術館等公共空間，依照場所性質不同，廣泛運用此作品的彈性設計。

捌、參考資料及其他

- 一、謝進發、鄭錦鈞(2010)。基本電學實習 I(初版)。台灣:台科大圖書公司。
- 二、李志文、陳世昌(2008)。電子學實習 I(三版)。台灣:台科大圖書公司。
- 三、李志文、陳世昌(2013)。電子學實習 II(二版)。台灣:台科大圖書公司。
- 四、盧明智(2009)。數位模組化創意實驗(初版)。台灣:全華圖書公司。
- 五、盧明智、陳政博(2002)。感測器元原理與應用實習(二版)。台灣:台科大圖書公司。
- 六、蔡朝洋(2010)。電子電路實作技術(五版)。台灣:全華圖書公司。
- 七、施士文(2015)。ARDUINO 微電腦應用實習。台灣:台科大圖書公司。
- 八、趙英傑(2014)。ARDUINO 互動設計入門 2。台灣:旗標出版股份有限公司。
- 九、維基百科作者(2015)。白努利定理。取自:

[http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%99%BD%E5%8A%AA%E5%88%A9%E5%AE%9A%E7%90%](http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%99%BD%E5%8A%AA%E5%88%A9%E5%AE%9A%E7%90%9A)

[86](#)

【評語】 091013

1. 本作品利用 Arduino 程式設計控制空調孔與空氣門的開閉，將冷氣侷限在顧客餐桌周圍，降低冷氣的使用量，達到節能減碳的效果。整套系統想法具新穎性。
2. 本作品也製作一套實驗設備，僅模擬單一顧客之空調孔控制，確實有達到節能省電之功能。但是在大區域多顧客餐桌的環境下，空氣門的控制上，以 LED 燈來模擬，缺少真實性。
3. 在實際大區域環境下，空氣門控制系統之實現，若要兼具顧客用餐舒適性及節能減碳效果，應是未來此作品最大的挑戰。