

# 改善視野死角的探討

學生姓名：林佳鴻

指導老師：洪辰雄 老師

國立屏東科技大學

生物機電工程系

## 摘要

許多大型車輛車禍事故是發生在「死角」內，若能改善死角的問題，行車事故就會大幅降低。所以有行車記錄器包括雙鏡頭、四鏡頭。裝完之後，有些微改善，但是死角依舊還在，因為鏡頭是鎖死在照後鏡上面的。尤其是大貨車轉彎時的死角最為嚴重，而鏡頭卻拍攝不到死角的地方，事故可能就發生了。為使改善視野死角，本專題探討研究若鏡頭可以轉動，就能照到死角的地方，自然司機就會看見而鳴笛或煞車，以降低及減少事故發生。

104年1-10月A1類道路交通事故

肇事車種	104年1-10月		104年1-10月		較105年同期比較		
	件數	件數	件數	件數	件數	件數	百分比
機車	644	4417	593	4200	45	-13.21	-2.08
自用小客車	310	2204	341	2566	31	2.43	2.04
大貨車	145	687	113	631	-32	-22.07	-4.20
小貨車	151	1135	145	1142	-6	-3.97	0.66
大客車	23	152	14	116	-9	-39.13	-0.62
營業小客車	26	179	32	241	6	23.28	0.85
特殊車種	3	121	1	106	-2	-39.57	-0.13
自行車	42	288	43	324	1	2.38	0.26
其他	30	138	30	102	0	-13.39	-0.25

資料來源：內政部統計處

圖一、肇事車種

## 一、前言

台灣的新聞總是脫離不了政治問題、社會問題、食安問題。而社會問題又以「車禍事故」為居多。台灣的车禍事故率也是名列前茅，有相撞、擦撞、酒駕，但是最為恐怖的就是慘死於大車輪下，經內政統計[1]104年1~10月間，A1類交通事故[2]肇事車種別如圖一、圖1.1，以機車占42.1%最多，自用小客車占25.7%次之，大小貨車占19.4%居第三，如與103年同期比較，大貨車減少30件；肇事時段以「18-20時」占12.1%最多。車種別肇事率以大貨車每萬輛發生6.87件事務最多、大客車4.20件次之、營業小客車3.66件居第三。（內政部統計處104年11月28日）

歷年A1類道路交通事故車種別肇事率

年(月)別	總計	大貨車	小貨車	大客車	小客車	營業		輕機車	機車
						營業	自用		
民國84年	1.42	13.66	3.94	18.35	1.82	2.53	1.82	0.57	0.73
民國85年	1.49	13.04	3.70	16.76	1.57	3.05	1.96	0.76	0.51
民國86年	1.20	13.83	2.41	17.49	1.20	2.22	1.19	0.95	0.74
民國87年	1.03	12.24	2.60	14.53	1.04	1.68	1.04	0.58	0.57
民國88年	0.65	10.25	2.67	13.45	0.95	3.15	0.93	0.70	0.51
民國89年	0.62	10.07	2.30	9.17	0.89	2.64	0.87	1.18	0.51
民國100年	0.63	11.50	2.39	7.45	0.87	4.01	0.83	0.99	0.54
民國101年	0.65	10.69	2.17	9.49	0.81	2.42	0.80	0.54	0.51
民國102年	0.65	11.50	2.05	9.20	0.79	3.22	0.76	0.66	0.57
民國103年	0.63	9.63	2.14	8.54	0.70	4.23	0.68	0.85	0.55
民國103年 1-10月	0.65	8.75	1.71	7.10	0.57	2.97	0.55	0.48	0.45
民國104年 1-10月	0.62	6.67	1.62	4.20	0.56	3.65	0.54	0.16	0.41
較103年同期 增減數	-0.02	-1.88	-0.09	-2.94	0.01	0.68	0.00	-0.33	-0.15

資料來源：交通部、內政部統計處

圖 1.1、歷年車種肇事率

◎各先進國家交通事故死亡統計表[3]，如圖二。

國別	每十萬人口死亡人數	統計年份
澳洲	9.5	2000
加拿大	9.8	1999
日本	8.2	2000
英國	6.0	2000
德國	9.1	2000
法國	13.6	2000
美國	13.9	2000
中華民國	19.2	2002

圖二、進國家交通事故死亡統計表

衛生署統計 91 年交通事故死亡 4627 人，死亡率為每十萬人有 19.2 人。(78 年事故死亡 7851 人)

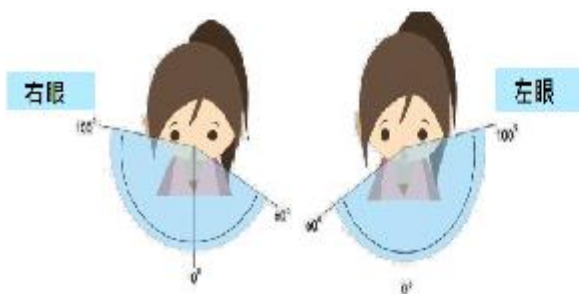
死亡類(A1)道路交通事故分析(民國 91 年)

◎按車種別分：

1. 以機車肇事 907 件占 33.28%最高，小客車 864 件占 31.71%次高，大貨車 341 件占 12.51%再次之。
2. 每萬輛車輛肇事率則以大客車 30.12 件最高，大貨車 21.93 件次高，小貨車 4.10 件再次之。

◎視野範圍[4]

人的視力是有極限。僅用左眼看時只能看到大約 160 度的範圍而已，而右眼能看到的範圍也同樣約在 160 度。而且越靠左右兩端位置的東西會越模糊看不清，如圖三。



圖三、視野範圍

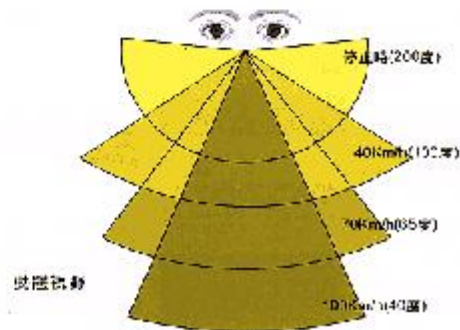
光刺激眼睛視網膜經由視神經傳到神經中樞的視覺區，引起的形象、色澤的感覺範圍，就是眼睛能辨別形狀及色彩的範圍，大概在視點左右兩側 35 度(合計 70 度)左右而已，如圖四。所以我們在這範圍看到的世界不僅是彩色的，而且能夠辨別形狀，越靠近兩邊就越來越模糊了。



圖四、視覺範圍

◎視覺與速度

人在駕駛中的視野(動態視野)卻會隨著行車速度上升而變小，當車速在每小時 40 公里時，視野就會縮小到約 100 度；70 公里時，大約是 65 度；當提高到 100 公里時就減至約 40 度了。所以當車速越快，駕駛人所能確認的範圍就會越狹小。車速越快，駕駛人所需要的反應時間和反應的移動距離也隨著加大。所以駕駛人提高車速時，其眼睛視野焦點必須移至比較遠的位置，如圖五。




圖五、動態視野

停車距離 = 煞車距離 + 反應距離

；反應距離 = 0.75(s) X 速度[4]，如圖六

車速公里/小時	20	40	60	80
反應時間(s)	0.75	0.75	0.75	0.75
反應距離(m)	4.16	8.32	12.48	16.67
新架坡式 懸清距離(m)	1.8	7.4	14.6	30
1年執照 或有經驗(m)	2	8.4	18	34
3年以上執照 或有經驗(m)	2.2	9.0	20.2	36

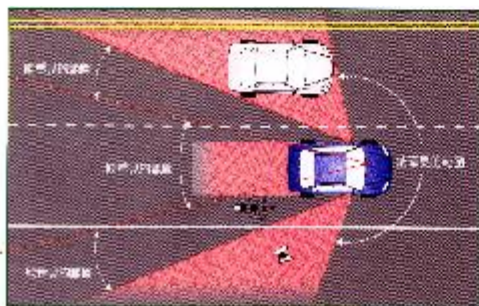


圖六、停車與反應距離

◎視野死角[5]

各種汽車(小貨車、大貨車、小客車、大客車)通常都會依用途打造不同形式(如運載固體零散貨物的框式貨車、運載液體類的罐體式貨車...等)，在不同形式車體所造成的視野死角，是有很大的差異，如圖七。雖然可以在車體上加裝輔助裝置(如照後鏡和倒車雷達)，但是因為車體結構妨礙視線的問題依舊仍會存在。如車子本身的A柱、B柱、C柱如圖八、大型車的後側、車體高度不同等如，如圖九。

1. 直接視界[6]：駕駛者無需靠任何輔助器材，可經由眼睛視線取得視野範圍。
2. 間接視界[6]：駕駛者藉由輔助器材，所取的視野範圍。
3. 動態死角[6]：駕駛者無法直接或間接看到的視野範圍。



◎ 直接視界：指駕駛者直接看到的視野範圍。  
◎ 間接視界：指駕駛者藉由輔助器材看到的視野範圍。

圖七、視野死角



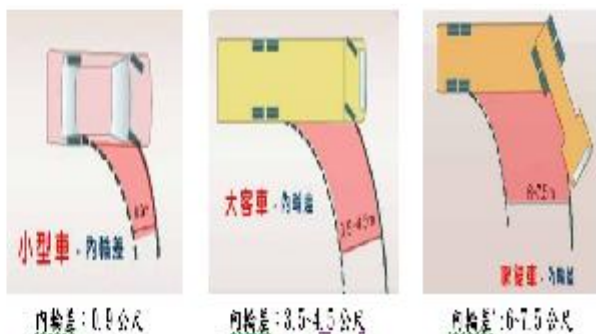
圖八、各柱死角



圖九、車體死角

◎輪差距離[7]

車輛在轉彎時，前後車輪的行經軌跡所造成的差距為之輪差。這是指當車輛轉彎時，內側的後輪也會向內偏移，其偏移的軌跡與前輪軌跡間的距離叫做「內輪差」，如圖十。因輪差常導致近車輛旁行人或機車捲入輪下，造成嚴重傷亡；公車、大貨車等大型車輛特別明顯。



圖十、輪差距離

◎案例：

案例1 《休假櫃姐臨要代班 出門遇車禍身亡》[8]



五時廿分第一任巡邏員在現場處理，事故發生後，車禍現場高攝

55歲李姓婦人今上午10時19分許，騎機車經過宜蘭大坡路1段新生國小對面巷口，準備到市區百貨公司上班，疑因行駛在一輛載著中型怪手的大貨車右前側死角，貨車右轉巷子要到工地時，李婦人車遭貨車右前輪擦撞倒地，並遭後輪輾過當場身亡。

未酒駕但肇事後一臉驚恐的呂姓貨車司機說，轉彎前有透過右後視鏡，察看車旁有無其他人車，未發現異狀才將車頭轉過去，忽然聽到碰撞聲，趕緊停車察看，只見李婦頭部變形，倒臥血泊。

李婦丈夫趕至現場，悲傷跪地無法相信愛妻天人永隔，他說，妻子在百貨公司當櫃姐，今原本休假，但公司臨時要求代班而出門，今早買菜返家後又騎車出門上班卻發生不幸。

鄰居們說，李婦辛勤工作，還一邊照顧常常住院的老公，她兒子也才剛退伍，快能分擔家計，卻發生這樣的事情，他們相當不捨。(突發中心游芳男／宜蘭報導 2015年11月18日)

案例2 《機車併行砂石車 騎士摔遭輾斃》[9]



台北市木柵，一輛砂石車與機車並排要過彎的時候，右前輪擦撞到機車騎士，把他捲入車底當場死亡，警方研判疑似砂石車過彎時所產生的內輪差，這被稱為死神區的視線死角撞倒騎士，也提醒您騎車千萬不要往大車的這個區域騎，目前也調閱監視器釐清肇事責任。

警方拉起封鎖線，現場鑑識人員採證，一名機車騎士行經台北市木柵路時，遭到一輛砂石車右前輪擦撞，接著被後輪輾過當場死亡，機車被撞飛，連安全帽都被壓扁，砂石車駕駛也不知情，一路往前開直到後方民眾攔下，才停了下來。附近民眾：「就在花園的前面那邊，我們看到的時候，他人就已經躺在那邊了，然後砂石車已經停在前面。」

事發在8號早上，機車騎士騎車要往深坑，而砂石車要上高速公路，兩車就是在木柵路恐怖內輪差這處彎道發生車禍，當時兩車要過彎，砂石車與機車並行，砂石車前輪轉彎時，後輪所產生的內輪差，再加上駕駛的視線死角，很容易就把機車騎士捲入車底。木柵路經常就有許多砂石車經過，又遇上通勤時間，在這個轉彎處大小車輛全擠在一塊。附近店家：「車禍還蠻常的啊，因為可能有彎道的關係，反正就蠻常會車子跟摩托車A到。」附近店家都常目擊到車禍，而砂石車壓死人警方也調閱監視器，要釐清肇事責任，只能提醒民眾開車騎車，還是遠離砂石車比較保險。(東森新聞 - 2015年11月9日 下午4:37)

### 案例3《混凝土車輾斃機車女騎士》[10]



花蓮吉安鄉發生一起車禍，一輛混凝土車和一輛電動機車同時要右轉，結果恐怕是內輪差的問題，大車駕駛沒看到一旁的電動機車，結果騎士被掃到倒地，再遭輪子輾過，56歲婦人當場死亡。

預拌混凝土車停在路口，輪胎旁倒著電動機車，而白布下再添冤魂。附近店家：「聽到聲音出去，就看到停在那裡了。」

機車肉包鐵，更不用說對上混凝土車，56歲的柯姓婦人當場死亡；而肇禍的黃姓駕駛，同樣一臉驚恐。黃姓混凝土車駕駛：「沒有喝酒啦，我是不會喝酒的人，轉過來看不到啊，內輪差的關係，你坐在前面，你看看旁邊看得到看不到。」

開了30年，當然知道有內輪差的問題，但這回真的完全沒看到人。

兩車車並行海岸路上，但大車恐怕是沒看到電動機車，愈靠愈右，結果一轉彎電動機車被掃到，重心不穩倒地，接著就被巨輪輾了過去。員警：「兩個都是右轉，卡車右轉的時候看起來它在前面，右轉的時候是應該要注意一下，左右或者是前後有沒有來車。」

混凝土車駕駛酒測值0，但內輪差害死一條命，得負上業務過失致死的責任。(記者 李汪勝／花蓮 報導 2016/05/11 08:12)

### 案例4《混凝土車轉彎視線死角 女騎士遭輾骨折》[11]



又是視線死角釀成的車禍，昨晚(24日)6點多，新北市土城一輛混凝土車，當時綠燈要右轉，但因為視線死角，沒看到右後方有一輛腳踏車，就直接把車輾過去，場面相當驚險，婦人左腳骨折，沒有生命危險。

24日晚間6點多，新北市土城這輛混凝土車，正準備從永安路右轉永寧路，可以看到一名身穿黃色上衣的婦人，騎著腳踏車跟在混凝土車的右後方，大車才一轉彎，就輾過這輛自行車，從混凝土車前方的行車紀錄器，再看一次，當時綠燈，車子準備右轉，突然間車子跳動一下。

司機驚呼一聲後，立刻下車察看，好多民眾上前圍觀，幫忙報案，車禍現場，婦人的紅色腳踏車，被輾壓得扭曲變形，輪框也歪了，這起意外，都是因為大車轉彎時，有內輪差，造成視線死角。

這名被撞倒的50歲婦人，左腳骨折，還好沒有生命危險，駕駛也被依過失傷害送辦，呼籲民眾，遇到大車轉彎時，最好跟在後面，不要騎在旁邊，以免又發生意外。(民視新聞周婉菱、許猛捷新北市報導 2015年12月25日 下午1:16)

案例 5 《視線死角危險！紅燈避停「大型車旁」》 [12]



彰化縣彰化市中正路與民生路口，發生驚險車禍！一輛客運準備右轉，但因為視線死角，沒注意到旁邊停了 2 輛機車，一轉彎就撞倒機車，還好女騎士緊急跳車，逃過一劫，否則可能會連人帶車被客運輾過去。

十字路口等紅燈，卻拍到驚險畫面，一輛客運緩緩移動，司機完全沒看到旁邊停了 2 輛機車，直接右轉，機車騎士發現不對勁，緊急煞車，但還是被客運給壓倒，還好婦人動作快，趕緊跳車，才沒被壓在車底下。

客運一個轉彎，撞擊 2 輛機車，第一輛機車甚至被客運壓住，還好機車上 3 個人都緊急跳車，沒有受傷，但等了好久，就是不見客運的司機下車。

目擊民眾直呼這客運司機實在太扯，車子是怎麼開的？不過大型車在轉彎的時候最危險，因為車身太長，轉彎的半徑會隨車身加長而變大，如果機車停在內輪差裡，就會被撞到。

台中監理所人員陳芊羽指出，「不小心擦撞倒地的話，如果倒到內側，有可能會被大型車の後輪輾過，導致非常嚴重的意外。」

彰化驚險的畫面，也一再提醒大家，看到大型車輛，千萬要保持一定距離，才是避免車禍發生的不二法門。(東森新聞記者陳永毅／彰化報導 2015 年 03 月 24 日 16:56)

案例 6 《砂石車內輪差輾人，騎士爆頭亡》 [13]



真的要非常小心大型車輛轉彎時，所產生的內輪差行進方向，往往許多與騎士車禍就是在這「死神區」發生。今天上午 9 時許，北市木柵路四段發生一起死亡車禍，一輛砂石車在彎道上，與同方向行進機車發生擦撞，機車倒地後騎士不慎遭砂石車輪胎輾過，當場爆頭鮮血直流死亡，警方正在釐清肇事責任。

根據目擊者表示，50 歲高姓死者當時騎機車往深坑方向，與砂石車同方向行進，就在轉彎雙方發生擦撞，機車倒地滑行約 3 公尺遠，高男也跌倒在後輪附近，遭輪胎直接輾過，頭與安全帽都遭壓扁鮮血直流，砂石車駕駛還是後車追上前告知才停車。

高男女兒獲悉後趕抵現場指出，父親上午是準備回深坑老家，去探望祖父母兩人，沒想到會發生這樣的意外，女兒淚眼看著父親遺體呆坐路旁，仍難相信與父親會突然天人永隔。砂石車駕駛向警方表示，剛從木柵工地載運一整車廢土，準備從國道經北濱載往宜蘭，事發時真的沒感覺到有壓到人，目前警方鑑定後將釐清相關肇事責任。(突發中心余思維、簡銘柱／台北報導 2015 年 11 月 08 日 16:00)

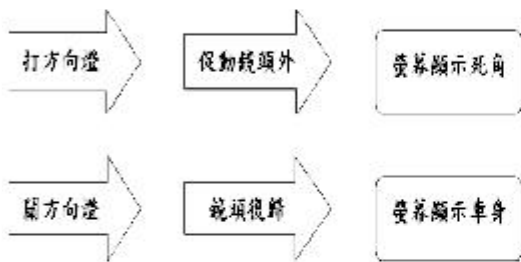
綜合上述，本研究的主要目的為：

- (1)減少過彎死角，確保用路人的安全。
- (2)利用簡單的電子零件與過彎時配合。

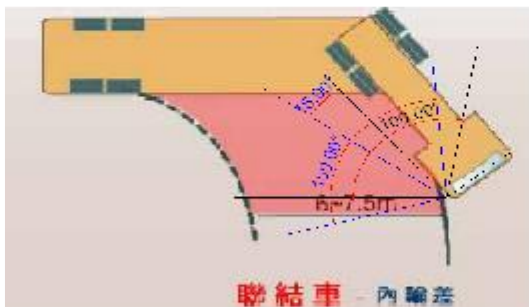
## 二、 研究材料與方法

### 2-1 構思與想法

本次研究動機是想用於大型車裝置可轉動行車記錄器，當大型車在過彎時，會因照後鏡照不到而出現的視野死角問題，若在照後鏡處裝上行車紀錄器會有些微改善，但是死角依舊還在，因鏡頭是鎖死在照後鏡上面的。若鏡頭可以轉動，就能拍攝到死角的地方，自然司機就會看見而鳴笛或煞車，以降低及減少事故發生，如圖十一、圖十二。



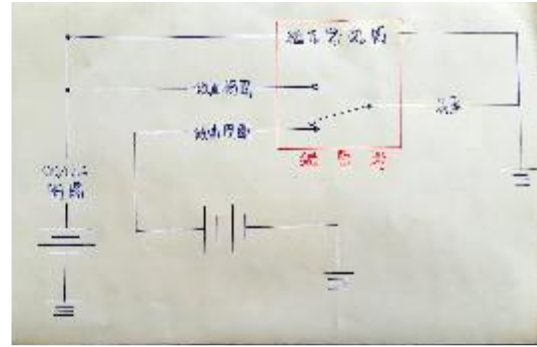
圖十一



圖十二

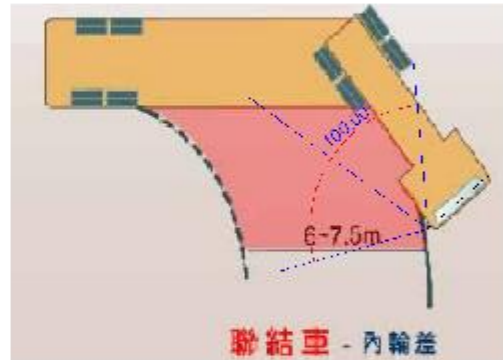
### 2-2 實驗器材與過程

為了確保車的安全，先用3伏特的乾電池作為模擬實驗，為了讓鏡頭可以復歸原位，則選用馬達作為推進，再用微動開關[14]作為阻斷器，使馬達轉動到某個角度可以自動斷電，已達到停止的狀態，線路圖如圖十三所示。



圖十三

1. 若開關 ON，3V 電池通電，此時繼電器通電，線圈激磁；繼電器磁桿吸磁而導通，驅動馬達轉動，到達定位時，觸動阻斷器，立即斷電。此時鏡頭是向外延伸照射死角，如圖十四



圖十四

2. 若開關 OFF，另外一個 3V 電池通電，但是繼電器線圈不激磁；繼電器磁桿回彈導通，驅動馬達再轉動，到達定位時，觸動阻斷器，立即斷電。此時鏡頭是向內收縮照射車身，如圖十五



圖十五

### 2-3 實驗器材

2 組電池開關、3V 繼電器、3V 馬達、開關、齒輪組、微動開關 2 個，如圖十六。



圖十六

### 2-4 完成實驗品，如圖十七



圖十七

### 2-5 實車模擬試驗

實車模擬為 HINO 大型車種(500 系列、700 系列)[15]，與技師一起討論，技師也先說明貨車的線路分配圖可分為兩種：車內(室內)線路、車體線路，再找出所需要的方向燈線路圖。

1. 找出指定車型的線路修護手冊，進行研究。
2. 確認方向燈系列線路圖[16]，進行模擬外接實驗。
3. 在指定車種的實車上，找出方向燈系列的線路。

4. 電瓶 > 保險絲 > 閃光繼電器 > 方向燈開關 > 方向燈燈泡。

5. 更改線路 => 電瓶 > 保險絲 > (1)(2)
  - (1) > 閃光繼電器 > 方向燈開關 > 方向燈燈泡。
  - (2) > 實驗品。

在 HINO 原廠修護所，與技師的討論與溝通之下，為了減少貨車轉彎的視線死角，而進行研究理念，技師認為單單只靠照後鏡還是有不足的地方，所以認同這個理念。技師也指導了一些基本的線路圖與基本的配線方式，使在實驗中可以突破困難，順利完成。雖然技師表示：完成品不能放在顧客的車上當實驗體，因為外接線路會有一定的風險存在，可能會影響駕駛人的行車安全。雖然有點失望，但是技師也是期望繼續研究下去，解決死角的問題，讓目前粗糙的實驗體變更精小化，配合所教的線路，之後被廣泛使用，確實有效的降低大型車的事故率。

### 三、結論與建議

完成本次專題實驗在大型車上運用，減少視線死角，仍然做的還不夠完善。大型車很多死角，卻僅能觀察到一側的視線死角；目前的完成品體積也太大，會有空間不足的疑慮；在配線上，手法太過於粗糙，不夠完善，所以本次專題讓我發現在各方面皆有再改進的空間。

在本次的專題製作中，目前已完成單邊的視線死角，若繼續研究改善，改以程式語言[17]控制電子零件，偵測車身周圍是否有來車，例如：C 語言、JAVA、Arduino，針對貨車雙邊的視線死角，做出更完美的完成品，讓駕駛人更能看到轉彎時的視線死角，不需要再刻意移動照後鏡，只需要讓鏡頭轉動角度，就可以看見視線死角的地方，讓駕駛人可以放心的安全轉彎，減少慘死輪下的意外。



#### 四、致謝

在此專題完成之時，首先衷心感謝指導老師 洪辰雄，在這段時間不停的叮嚀，從正確的觀念架構、多方面文獻的探討、研究的方向與動機等，給予許多建議與指導，才能夠完成此專題研究，使我在學習過程中受益良多，僅此致最深之感謝，提攜勉勵之情，畢生永難忘懷。

在研究的過程當中，也非常感謝 HINO 長源汽車股份有限公司(屏東分廠)的 李勝雄 廠長、吳明鴻 組長、林偉民、白宗道、黃金益 三位技師，認同我的理念思想，也給一些方法與建議。最後，如果沒有技師和指導老師的指導建議與打氣，這份專題研究肯定是無法完成的，再次衷心感謝他們無所求的付出。

#### 文獻參考

##### [1]內政統計通報

[http://www.moi.gov.tw/files/news\\_file/week10448.pdf](http://www.moi.gov.tw/files/news_file/week10448.pdf)

##### [2] A1 類交通事故 — 台中市政府交通局

<http://www.traffic.taichung.gov.tw/form/index-1.asp?Parser=2,6,49,47,,684>

##### [3]交通安全宣導 PPT — 新竹縣警察局交通隊副隊長—徐茶，第 4 頁

##### [4]交通安全宣導 PPT — 新竹縣警察局交通隊副隊長—徐茶，第 34-37 頁

##### [5]認識視野、視野死角與內輪差 PDF — 交通部道路交通安全督導委員，第 2 單元

##### [6]交通安全宣導 PPT — 國立台灣藝術大學，第 35 頁

##### [7]認識視野、視野死角與內輪差 PDF — 交通部道路交通安全督導委員，第 5 單元

##### [8]休假櫃姐臨要代班，出門遇車禍身亡 — 蘋果即時報

<http://www.appledaily.com.tw/realtimenews/article/new/20151118/735252/>

##### [9] 機車併行砂石車 騎士摔遭輾斃 — Yahoo 新聞網(東森新聞)

<https://tw.news.yahoo.com/%E6%81%90%E6%80%96%E5%85%A7%E8%BC%AA%E5%B7%AE-%E6%A9%9F%E8%BB%8A%E4%BD%B5%E8%A1%8C%E7%A0%82%E7%9F%B3%E8%BB%8A-%E9%A8%8E%E5%A3%AB%E6%91%94%E9%81%AD%E8%BC%BE%E6%96%83-083703449.html>

##### [10]混凝土車輾斃機車女騎士 — TVBS 新聞網

<http://news.tvbs.com.tw/local/news-653318/>

##### [11]混凝土轉彎視線死角 女騎士遭輾斃 — Yahoo 新聞網(民視新聞)

<https://tw.news.yahoo.com/%E6%B7%B7%E5%87%9D%E8%BB%8A%E8%BD%89%E5%BD%8E%E8%A6%96%E7%B7%9A%E6%AD%BB%E8%A7%92-%E5%A5%B3%E9%A8%8E%E5%A3%AB%E9%81%AD%E8%BC%BE%E9%AA%A8%E6%8A%98-042036040.html>

##### [12] 視線死角危險！紅燈避停「大型車旁」 — 東森新聞網

<http://www.ettoday.net/news/20150324/483279.htm>

[13] 砂石車內輪差輾人，騎士爆頭亡 —  
蘋果即時報

[http://www.appledaily.com.tw/realtimenews/article/  
local/20151108/728341/](http://www.appledaily.com.tw/realtimenews/article/local/20151108/728341/)

[14] 微動開關 — 王朝網路

[http://tc.wangchao.net.cn/baike/detail\\_  
258307.html](http://tc.wangchao.net.cn/baike/detail_258307.html)

[15] HINO 500 系、700 系 — 日野商用車

[http://www.hino.com.tw/products\\_500.as  
px?bm=carMark](http://www.hino.com.tw/products_500.aspx?bm=carMark)

[16] 許良明、黃根旺，2010，汽車學 III(電  
學篇)，台科大圖書股份有限公司發行，第六  
章聲光系統(第 223 頁)

[17] 程式語言 — 維基百科

[https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%BC%96  
%E7%A8%8B%E8%AF%AD%E8%A8%80](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%BC%96%E7%A8%8B%E8%AF%AD%E8%A8%80)

## Improved blind spot of horizons

Advisor: Chen-Hsiung Hung

Student: Jia-Hong Lin

Department of Biomechatronics Engineering  
National Pingtung University of Science and  
Technology

### Abstract

Many large vehicle accident which occurred in the " blind spot of horizons " if the blind spot of horizons can be improved, the traffic accidents will be greatly reduced. After installing the recorder, a slightly improvement, but there is still blind spot horizons, because the lens is locked in the mirror. Especially large trucks when cornering most serious, but the camera can not shoot horizons of blind spot, the accident might happen. To improve the blind spot of horizons, this thematic study to explore if camera can be rotated to shoot blind spot place, the driver will see it, and whistle or brake to reduce and reduce accidents.

# 藍牙一對多傳輸與在獨居老人日常活動分析之研究

鄭宇荃, 劉耀昱, 李柏駒

指導老師: 謝清祿

屏東科技大學  
生物機電工程系

## 摘要

由於台灣已經邁入高齡化社會，隨著老年人口越來越多，獨居老人之問題也日益嚴重，為了獨居老人日常活動之安全，本研究係使用多組 Arduino 搭配各項感測器收集獨居老人日常活動之資料，再經由藍牙模組傳輸並由電腦端之傳輸程式接收各藍牙模組傳輸之資料，再依據傳輸之藍牙模組代號與日期時間建檔以方便分類判別，並於實驗室完成藍牙一對七之接收有效性與與四組 Arduino 模組持續八日之傳輸穩定性測試。實際測試中，因距離問題而獲得以二組模組維持三日，總計六日之成果。研究者將收集之各項數據加以分析，用以判斷獨居老人之日常活動是否符合正常之狀況，即可將此資料作為後續醫療參考。

## 一、引言

在 21 世紀之現在，隨著醫療與科技之日益進步，國民能夠擁有更安全、健康之生活，而隨著人類平均年齡隨著醫療品質逐漸升高，同時因為生育率低社會少子化之緣故，臺灣已漸漸邁入高齡化社會之問題。根據行政院國家發展委員會人口會報<sup>[1]</sup>指出，臺灣人口老化嚴重，2016 年「扶老比」將升至 18.0%，首度超過「扶幼比」17.8%，預估到 2060 年，我國每 10 人中有 4 人是超過 65 歲以上老人，其中兩人更是超過 80 歲，在扶養比方面，每一百位工作年齡(15-64 歲)人口所需負擔之總依賴人口，2012 年約為 35 人(扶養

比約 35.1%)，隨老年人口快速增加，推估至 2060 年將增加為 97 人，增加約 1.8 倍，未來臺灣勞動力市場之工作年齡人口正逐年下降，負擔也將日益嚴重<sup>[2]</sup>。在現代年輕人工作繁忙之狀況下，時常會有疏於照顧年老父母之情況發生，因此有不少人選擇把年老父母送至養老院，或是請看護來代替自己照顧父母之生活，但是也因此傳出來不少有關養老院以及看護粗暴對待老人之新聞，所以有些子女寧願讓自己父母獨自在家生活也不願請他人代替自己照顧父母，因此造成許多獨居老人之情況發生，有些獨居老人是因為子女在外地工作沒有住在一起，子女只有在放假時才有空探望父母，還有部分之獨居老人是沒有子女，有問題發生時只能仰賴社會上給予之幫助，在「中華民國物理治療學會雜誌」(24 卷 2 期 P53-62)指出，大部分之老人對於將來無法自主行動時，仍表示不願接受機構式之照顧，勉強可以接受之只有居家式照顧，而獨居老人居家環境最常出現之問題前三位是房門入口有門檻、階梯高度大於 15 公分、及燈光太暗或刺眼，由於老人各項生體機能退化，腳著地時前足度與地面夾角不足、步伐遲滯緩慢及缺乏前進動力時，就會容易造成老人跌倒之情形發生<sup>[3]</sup>，中時電子報(2014/1/11)報導內容中，獨居老人忘記關火，瓦斯爐空燒造成火災<sup>[4]</sup>，這些情況都指出獨居老人生活時可能發生之危險，如果獨居老人在發生危險之當下無法向他人求助，很有可能就會有遺憾發生，因此研究者需要在只有使用少量人力也能關心獨居老人生活之方法。

在中國文化大學「居家安全監視系統研究」中以數位

家庭系統概念，將居家之防災、防盜、緊急求救等安全管理系統整合，讓居家安全以智慧化之模式來監控和管理，預防意外及災害之發生，用以保障生活安全，使用由一套利用少數網路攝影機和無線感測器結合所開發之即時居家安全監視系統(WebNet System)，應用於居家安全與人員追蹤上，經由電腦或行動電話達到遠端監控為目之，以無線感測器收發模組來做室內追蹤定位系統，掌握設備目前狀態及相關位置作分析，同時啟動網路攝影機(IP Camera)進行追蹤，如遇緊急事件，系統將會自動發出簡訊通知屋主，屋主可透過電腦或行動電話進行遠端監控<sup>[5]</sup>。

然而這套系統只適合用在獨居老人還有其他親人來使用之狀況下，如果是沒有其他親人之獨居老人就不適合使用，因此本研究志在開發一套能夠接收多組感測器模組之接收終端，將收集來之各項資料加以分析，判斷獨居老人之行動模式，藉此預測會有哪些危險發生加以防範，研究者選擇使用藍牙來作傳輸方式，藍牙有低成本、低耗電之優點，且電腦及行動電話皆能使用藍牙傳輸，藍牙可由一個主裝置和多個從裝置組成一個微型網路，可達成由一個終端接收多組感測器之構想，搭配使用 Arduino 構成之感測器模組，Arduino 是一種開放授權之互動環境開發設備，軟體為開放源碼，使用 Borland C++ Builder(以下簡稱為 BCB)撰寫程式接收藍牙傳輸之資料，並能夠將資料儲存於電腦，以利於分析，整套系統運作時不需人為控制，亦可節省人力。

研究者主要循著以下三個目標進行本研究：

1. 利用 BCB 撰寫程式與 Arduino 建立一對多藍牙接收網路，測試其接收情形。
2. 將本項系統於獨居老人住處進行測試蒐集其感測資料。
3. 將獨居老人之感測資料與其日常生活進行圖表比較分析，作為後續照顧醫療之參考。

## 二、研究材料與方法

以多組 Arduino 依其感測器紀錄資料並透過藍牙模組回傳感測器判別之數值，在電腦端使用 BCB 撰寫程式以接收 Arduino 模組藉由藍牙模組回傳之感測器數值。

Arduino 感測器設定由楊仁福、陳智浩、陳星源分工進行測試與布置的協助與合作。

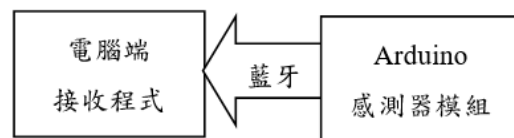


圖 1 系統架構簡圖

### 2.1 研究步驟

在實驗室模擬受測者之居家環境，測試所撰寫程式之多藍牙裝置負載程度、傳輸之資訊散失程度、程式接收運行之穩定性與各藍牙模組之傳輸距離測試，在完成上述測試後再進行受測者居家之資料收集並彙整成圖表，以方便於判斷獨居老人之日常生活作息。

表 1 實測裝置模組表

模組	藍牙 模組	感測器	位置	Com Port
1	HC-05	人體紅外線	玄關 (門)	1
2	RN-41	壓力、電流	客廳	2
3	RN-41	壓力、人體紅外線	臥室	3
4	HC-05	水流量	浴室	4
5	RN-41	火焰	廚房	5
6	HC-05	水位	廁所	6
7	HC-05	磁簧	廚房 (門)	7
8	RN-41	壓力	客廳 藤椅	8

## 2.2 藍牙

藍牙係一種低功率短距離無線技術標準之代稱，用來讓固定與行動裝置，可用於短距離間交換資料形成一個個人無線網路，和紅外線技術相比藍牙擁有更快之傳輸速度，而且不需要進行介面對介面之連線，所有藍牙裝置只要配對過後並在有效之通訊範圍內使用，就可以隨時進行連線傳輸，為本研究無線傳輸之選擇。

### 2.2.1 藍牙模組 HC-05

HC-05 為一款能簡易使用 SPP(Serial Port Protocol)之藍牙模組。低成本、低功耗、高性能 為本次研究無線傳輸模組選擇之一。

表 2 HC-05 規格表

藍牙協定版本	藍牙 v2.0 + EDR
頻率	2.4GHz
發射功率	4 dBm
靈敏度	-80dBm
通訊速度	2Mbps
供電電源	3.3V
工作溫度	-20~+55°C
封裝尺寸	27 x 13 x 2 mm
傳輸距離	10m



圖 2 HC-05 藍牙模組實體圖

### 2.2.2 藍牙模組 RN-41

RN-41 為一款外型小巧、低功耗並能使用 SPP 之藍牙模組。即使在睡眠模式下也能夠被發現且可連接，並提供多種低功耗模式選用並以極高之穩定性、傳輸距離、便利性為特色，並且模組能直接套用 Arduino 程式碼之鮑率(Baud rate)設定。

表 3 RN-41 規格表

藍牙協定版本	藍牙 v2.1 + EDR
頻率	2.4GHz
發射功率	16dBm
靈敏度	-80dBm
通訊速度	3Mbps
供電電源	3V~3.6V
工作溫度	-40~+85°C
封裝尺寸	25.8 x 13.4 x 2 mm
傳輸距離	100m



圖 3 RN-41 藍牙模組實體圖

### 2.2.2 HC-05 之鮑率設定

HC-05 與 RN-41 不同，並不會依據 Arduino 燒入之程式碼設定改變模組自身之鮑率設定值，因此研究者須燒入特定 Arduino 程式碼以讓 HC-05 進入 AT command mode，進入 AT command mode 即可使用指令來設定 HC-05 藍牙模組之鮑率設定值。

### 2.3 迷你電腦 VivoMini UN62

VivoMini UN62 為一種迷你型之電腦主機，具有極佳之空間收納性、簡單便利之作業系統、內建 32G 儲存空間並搭載藍牙、無線網路介面卡，Intel 省電級雙核四線程處理器更提供低功耗高效能之優勢，為本研究現場置放之電腦主機。



圖 4 UN62 實體圖

### 2.4 程式 Borland C++ Builder

C++Builder 為一款適用於 Windows 平台撰寫 C++ 語言之快速化程式整合開發環境。



圖 5 Borland C++ Builder 運行撰寫之程式

### 2.5 Excel 試算表軟體

Excel 為一款由 Microsoft 開發運作於 Windows 和 Mac 作業系統之試算表軟體。

能夠為本研究提供快速而方便之資訊整理工作方法，其軟體本身更是現今電子製表程式之首位。

### 2.6 程式運作方式

本程式之基本設計是藉由主選單(圖 7)開啟各個模組之設定藍牙通道視窗(圖 9)，並可自由選擇要接收數據之 Com Port 在按下開啟通訊後程式便會判斷該 Com

Port 是否為可用之通道，若判別不到則會顯示為“通訊埠設定錯誤”並重設 Com Port 設定值，以利再次選擇。通道開啟成功後，該設定藍牙通訊通道視窗便成為該指定 Com Port 之接收端。

需要再按下“接收資料”按鈕才能夠開始運作，在按下按鈕之同時，隱藏之計時器(Timer)便會規律地以每 60 秒為規律自動按下“接收資料”按鈕後將會接收數據並紀錄於指定資料夾且能夠依據各模組名稱之代號-月份-日期-每小時為格式，存成文字檔(txt)，在同一小時內之數據皆會依序寫入在同一小時之同名文字檔內，以利於分類個模組與各時段之數據，也可避免接收數據過多之雜亂問題。

將時間帶入檔名之方法為設置一計時器自動刷新視窗之文字使其成為時鐘，而在存檔時使用連結時鐘之文字將其轉為字串，方可將時間設置為檔名。

而按下“結束通訊”按鈕即可切斷計時器自動執行之循環和重設該設定藍牙通訊通道視窗之 Com Port 指定值。

藉由主選單提供之多個各自獨立運行視窗，研究者能夠藉由每一個視窗各自之計時器來達到每分鐘內各模組依序傳輸資料之功能，如此便可避免單一藍牙模組持續占用傳輸通道之問題，使各藍牙模組所傳輸之感測器資料，不至於因為藍牙傳輸而造成各數據之混亂甚至是電腦藍牙介面卡錯誤之狀況。

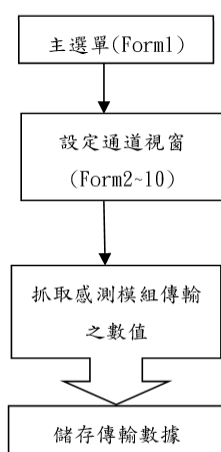


圖 6 傳輸程式運作方塊圖



圖 7 設定藍牙通訊通道畫面

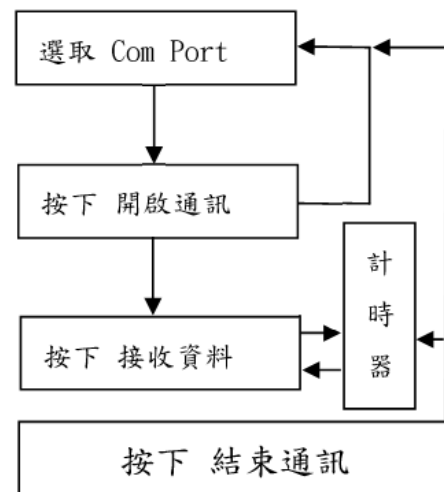


圖 8 設定藍牙通訊通道視窗運作方塊圖

### 三、結果與討論

研究者於實驗室使用 BCB 所撰寫之傳輸程式與 Arduino 建立一對多藍牙接收網路測試其接收情形，測試後將本系統安裝於獨居老人受測者之住處蒐集各 Arduino 之感測資料。其後將受測者之感測資料與日常活動個行為進行圖表比對分析、判斷受測者之日常活動。

以下將細部說明本研究各面向之成果。

### 3.1 實驗室測試

在實驗室測試，以 BCB 撰寫之傳輸程式通訊狀況經過一個月以上之調整與測試，最終達到能夠穩定且完整的各自接收七組 Arduino 藉由藍牙模組傳輸之數據，而在穩定性測試中四組 Arduino 能夠藉由藍芽模組傳輸持續八日以上。

表 4 實驗室測試成果表

類別\項目	一對多	穩定性
模組數	7 組	4 組
測試時間	1 日	8 日

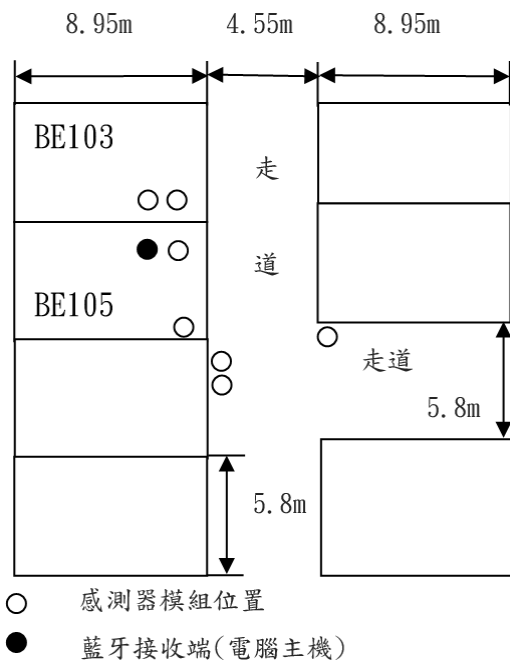


圖 9 實驗室測試模組配置

### 3.2 現場實際測試

配合屏東基督教醫院進行獨居老人之現場實際測試，測試期間(2015/3/9 至 3/23)之十五天中最終就只接收到二組模組之數據。經推斷可能為測試現場配置存在多個干擾源、可能牆壁與房門之距離、阻隔問題，進而造成電腦主機未能接收到全部感測模組傳輸之數據。再者穩定性的部分，受測者可能因為個人原因而有誤動到電腦主機之情況導致電腦斷電，造成資料數據斷

續而無法收集到測試時間全時段之資料。

而在測試後為後續日常活動之分析，研究者在楊仁福、陳智浩、陳星源同意下使用其各組 Arduino 內 SD 卡模組之資料，得以繼續進行後續獨居老人日常活動分析。

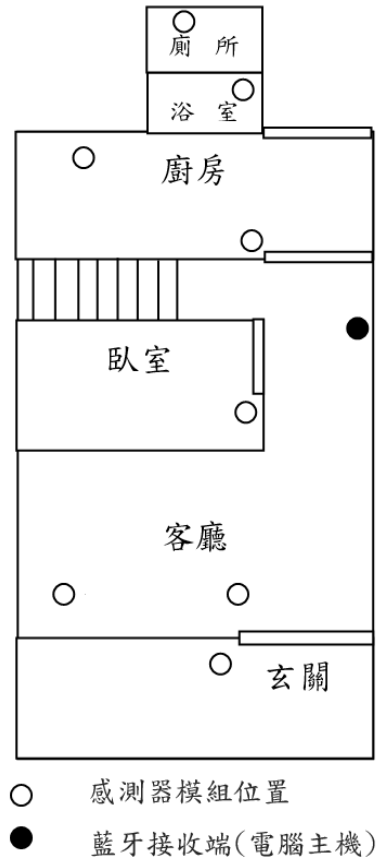


圖 10 受測者住家模組配置簡易上視圖



圖 11 實測模組運行天數與傳輸程式接收圖表

### 3.3 獨居老人日常活動分析

本研究使用 Excel 進行數據統一整理、比對各行為對應之感測器連動與圖表之製作。

為了收集數據之完整性，決定採用測試期間中較完整



之單日(2015/3/11, 共七 組模組作動)全天資料進行獨居老人日常活動之各行為分析。然因模組之感測器時而有過於靈敏之狀況, 故研究者分析各行為係依據事前與受測者訪談之日常活動常態時間為表準製作相關圖表各行為與各模組感測器之比對, 以判斷各感測器能否確實感測各行為。

表 5 日常活動模組對照表

日常活動	模組作動	時間
起床	3	5:32 (臥室 壓力)
盥洗	4、7	5:35 (廚房門) 6:06(浴室)
早餐	2、5、8	5:52(電鍋) 5:53(冰箱) 6:21(瓦斯) 7:00~7:24(客廳藤椅)
上午外出	1、8	無
中餐	2、5、8	10:21(冰箱) 10:31~10:48(電鍋) 12:05~12:52(客廳藤椅)
午睡	3	無
看電視	2、8	10:22~11:52(電視) 8:36~10:18(客廳藤椅)
晚餐	2、5、8	15:14、15:24(冰箱) 15:26(瓦斯爐)
洗澡	4、7	20:19(廚房門) 20:49(水流量)
就寢	3	22:09(紅外線) 22:21(壓力)

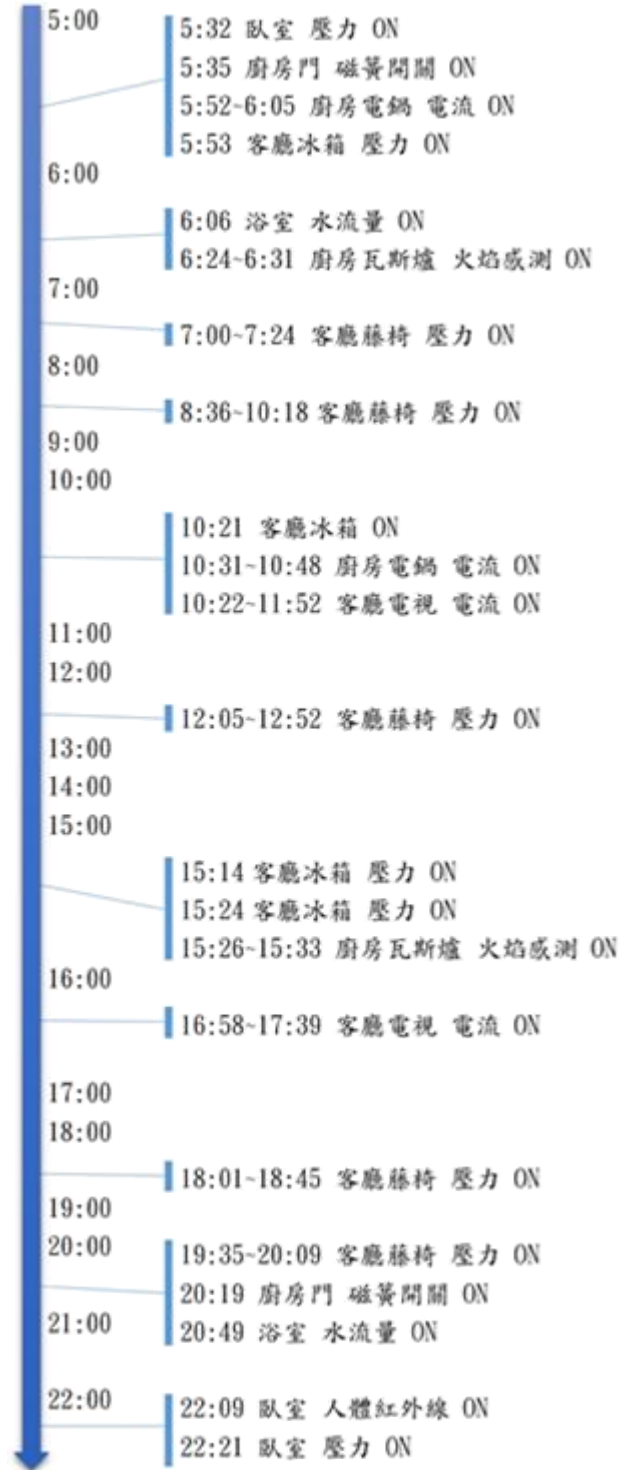


圖 12 3/11 全天感測器作動時間軸

根據分析之圖表與預設各行為判斷, 模組 5 之人體紅外線感測到人體與模組 7 廚房門的作動時間判斷受測者於 5:32 起床離開臥室, 並經過廚房(5:35)準備早餐與至浴室盥洗(6:06)。

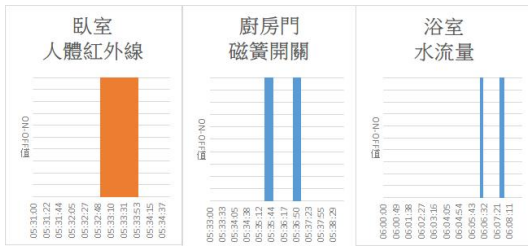


圖 13 起床盥洗連動圖

在此期間，廚房電鍋之電流感測器於 5:52 感測到用電，而客廳之冰箱(冷藏室)於 5:53 感測到有開啟，並於廚房使用瓦斯爐(6:21)烹煮，廚房門於 5:35 至 5:56 間有感測到反覆經過之狀況，以及受測者於 7:00 至 7:24 都坐在客廳藤椅上，依據前後關係研究者可以推斷此為受測者烹煮與食用早餐之連續動作。

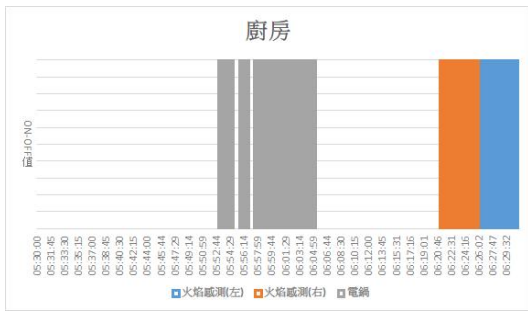


圖 14 5:30 至 6:30 廚房感測圖

上午外出部分由於模組一之人體紅外線過於靈敏，導致單一模組難以判別，但比對各模組之數值，根據模組八之客廳坐椅全天幾乎都有感測到數值，由此推斷本日受測者並未外出。

在中午用餐時刻，可以經由冰箱與電鍋之模組感測器數值判斷獨居老人中餐為 10:31 至 10:48 這段時間準備的。

客廳電視於 10:20 至 11:52 與 16:58 至 17:42 這二個時段有感測到其開啟之電流。

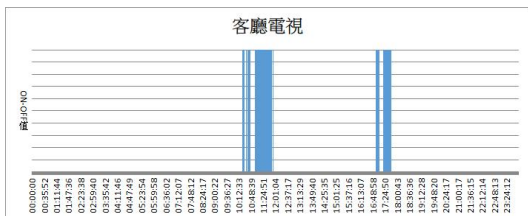


圖 15 客廳電視全使用狀況圖

受測者於 15:14、15:24 開啟冰箱冷藏室並於 15:26 使用瓦斯爐，判斷可能為受測者提前準備晚餐。

因浴室之水流量感測當日最後一筆有感測到之資料為 20:49，可以推斷受測者可能於此時間洗澡。

模組 8 之客廳坐椅於 21:41 後便沒有感測到受測者有坐於其上之動作，同時臥室之人體紅外線於 22:09 偵測到有人並且壓力感測器也於 22:21 開始偵測到有人，因此判斷受測者於上述時間就寢。

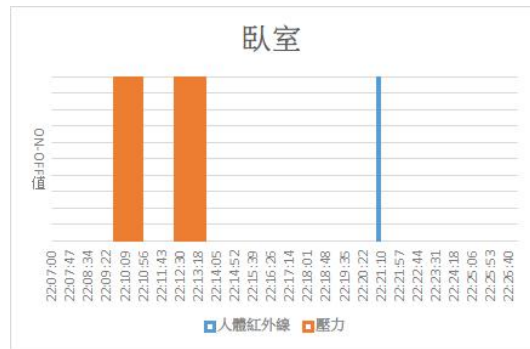


圖 16 22:07 至 22:26 臥室感測圖

### 3.4 問題討論

透過這次之專題製作能予以研究者獲取有關無線傳輸和程式語言相關知識之機遇，也使研究者對藍牙模組以及 BCB 有深入之了解，但是透過實際測試之結果，研究者發現這套系統還是有需要改進之部分，首先是藍牙傳輸方面之部分，研究者在實驗室測試時沒有發現 RN-41 以及 HC-05 在藍牙連接上之差異，即對頻之設定問題，導致在現場實際測試時有無法取得資料之情況發生，這部分經由事後測試時已經找出主因。

### 四、結論

本研究開發之傳輸程式能夠實作藍芽一對多之傳輸，以依序接收各藍牙模組之數據來避免藍芽一對多傳輸之錯誤問題，能夠接收七組之藍牙模組傳輸數據，並在接收四組藍牙模組數據之狀態持續八日之穩定性。而在現場實測，則因距離等問題僅能接收二組藍牙模組之數據且維持了各三日，二個模組總共六日之資料。

故在不受到外界干擾之情況下，本程式可以長期且穩定地運行，以及在實際測試前能夠有更佳之藍牙傳輸位置規畫便能夠更完整地收集資料。

獨居老人日常活動之感測，需要更長的測試期且更多的感測器校正，才能避免感測器過於靈敏以至於數據難以判別之情形，能夠使後續分析工作更順利且誤差能夠更小。

## 五、致謝

感謝這一年以來謝清祿老師在專題方面對研究者之指導，在每次之 meeting 中都會給研究者一個明確之方向，讓研究者 meeting 結束都朝正確之方向去尋求解答，而對於研究者有疑問之地方也很有耐心之講解，讓研究者能夠很快地去解決問題，也感謝楊仁福、陳智浩、陳星源與實驗室之學長們，當研究者有實驗上之問題或需要借用各項資源時，提供給研究者許多之幫助，更感謝屏東基督教醫院替本研究聯繫獨居老人並挑選為本研究推薦受測者使本研究得以進行實際測試。

## 六、參考文獻

[1]行政院經濟建設委員會。2012。中華民國 2012 年至 2060 年人口推計。行政院經濟建設委員會。網址：<http://www.ndc.gov.tw/>。上網日期:2016-5-9。

[2]全球刊物。2013。台灣人口結構驟變，2016 年扶老比將正式超過扶幼比。全球人壽。網址：<http://www.transglobe.com.tw/>。上網日期:2016-5-9。

[3]傅麗蘭、楊政峰，1999，「獨居老人跌倒情形、步態、居家環境及身體功能評估」，中華民國物理治療學會雜誌，24 卷 2 期。

[4]中時電子報。2014。《中天新聞》糊塗！老伯忘關火 瓦斯爐空燒險釀災。中時電子報。網

址：<http://www.chinatimes.com/>。上網日期:2016-5-9。

[5]劉仲鑫、范智傑，2010，「居家安全監視系統之研究」，華岡工程學報，第 25 期，第 7~14 頁。

[6]十年磨一劍。2011。漫談 Excel 在資料統計分析之應用。十年磨一劍。網  
址：<http://dotblogs.com.tw/yangmoore/>。上網日期:2016-5-11。

[7]陳錦輝，陳正凱，蔡孟凱，雷穎傑，黃昭維等，2003，C++ Builder 6 完全攻略，金禾出版。

[8]洪國勝、江國軍、龍國忠、洪月裡，2002，C++ builder 6 程式設計快樂上手，旗標出版。

[9]劉皓宇，2002，「一個以藍牙路由通訊協定所架構之 Ad Hoc 網路」，碩士論文，國立中山大學。

[10]黃濟寰，2014，「應用低功耗藍牙技術於室內定位之研究」，碩士論文，國立中興大學，台中。

[11] TechBitar。2013。Modify The HC-05 Bluetooth Module Defaults Using AT Commands。TechBitar。網址：<http://www.techbitar.com/>。上網日期:2016-5-17。

[12]雄。2014。Arduino:HC-05 藍芽模組之設定。雄。網址：<http://gsyan888.blogspot.tw/>。上網日期:2016-5-17。

[12] Microchip。2014。RN41 Date Sheet。Microchip。網址：<http://www.microchip.com/>。上網日期:2016-5-17。

[14]ITEAD。2010。HC-05 Date Sheet。ITEAD。網址：<https://www.itead.cc/>。上網日期:2016-5-17。

Transfers of Multiple Bluetooth Modules and Its  
Application on Daily Activity Analysis for Elderly  
Person Who Lives Alone

Yu-chuan Cheng ,Yao-Yu Liu , Po-chu Li

Department of Biomechatronics Engineering  
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

Taiwan already becomes an aged society which the population of elders is in increasing trend so as the issue of living alone elders attracts much attention. To secure their safety of elderly persons, this study used microcontroller – Arduino with many sensors to form sensing modules that can pass the sensing information to host computer via Bluetooth. The sensing information can be categorized according to date and number which make data analysis become more convenient in the following steps. A laboratory test result showed that host computer could connect seven sensing modules simultaneously with Bluetooth and last for eight days. For field test in elderly house, only two modules passed data correctly because the distance problem. For the field test, six days data were collected and analyzed to detect the target is actively normal or not. This information will also be very useful for medical care propose.

# 獨居老人日常生活活動偵測紀錄與危險提醒感測模組的 建立與試用

專題學生：楊仁福、陳星源、陳智浩

指導教授：謝清祿 博士

國立屏東科技大學  
生物機電工程系

## 摘要

人的日常生活分成基本日常生活與工具性日常生活等兩大類，醫學上可以作為評量老人生活是否需要協助的指標，也可以作為獨居老人是否正常、異常的參考。本專題研究利用藍芽模組結合電流感測、壓力感測、氣體感測、火焰感測等感測器，並 Arduino 及 C++ 程式做結合，開發獨居老人居家生活感測資料蒐集與紀錄程式，藉由本專題計畫，建立國內專為獨居老人日常生活活動與危險偵測的無線感測系統，提升國內獨居老人的生活品質與安全，儘早警示或發覺危險的發生，減少醫療成本或災害的損失。

## 一、引言

我國自 1993 年起邁入高齡化社會以來健全及公共衛生及環境品質改善，使得國人平均壽命延長，老年人口數快速增加，醫療設施若與先進國比較，我國老化速度屬於較快者，65 歲以上老人所占比例持續攀升，2012 年底已達 11%，並預測 2020 年前達 14%，快速的邁向老化社會，加上「少子化」浪潮的衝擊，銀髮族「健康促進、生活自立」已成必然的趨勢。在科技快速發展的今日，結合資通科技與居家資訊管理的平台技術正迅速發展，促使達成智能化居家照顧功能的可行性大幅提高<sup>(2)</sup>，為此，行政院衛生福利部於 2010 年將營造高齡友善健康照護的服務與環境納為重要政策之一，並以「在地老化」為導向，希望營造

對於長者友善的照護環境與服務<sup>(1)</sup>，例如運用遠距居家監控的管理平台，使高齡者居家在諮詢管理的需求上或突發異常事故時，皆能透過平台的技術管理來請求支援<sup>(2)</sup>。

國內高齡化的人口結構使得醫療服務與長期照護的需求大幅增加，發展「遠距居家照顧 (tele-home care, THC)」成為一主要方向。THC 的優點是可以輔助家庭照顧者的照顧能力與改善生活品質，這些無需每日醫療協助的受照顧者，可藉由有線、無線傳輸通信和周遭建立的感測器 (sensor) 提供與專業醫護人員便利的雙向互動模式，減少雙方舟車勞頓，增加受照顧者活動的自由度 (mobility) 及其疾病的自主管理。

目前 THC 的服務功能包括：生理資訊的監測、定位與緊急通報救援、健康管理與人際互動的協助、照護服務的聯絡與協調。應用電話撥接、區域網路 (整合服務數位網路, Integrated Services Digital Network, ISDN)、光纖網路等，提供連結受照顧者與系統端之照護服務功能。政府也已制定相關的發展計畫，鼓勵醫療機構、安養護中心與資訊科技廠商等合作，初步利用遠距服務建構機構式、社區型集中式照護及居家式照護系統，以提供受照顧者一個舒適又便利的照護環境<sup>(3)</sup>。在地老化 (Aging in place) 係指居住者能在原居住環境終老一生，而不遷移，高齡的居住者仍然可以擁有熟悉的人、事、物而愉悅自在的生活。獨居老人，獨居的原因包括有家庭、健康、社交、宗教和傳統觀念等之因素，獨居老人的生活特徵

以自我照顧為主，其社會支持皆以朋友、鄰居或人群聚集處為主要型態。獨自生活並具有高自由度，同時具有發生危險時，旁人無法即時協助的缺點。另外，也因為高自由度，讓自己的生活型態可能會受到自我管理疏忽的影響，而漸漸形成不良習慣。若能在獨居生活中裝設適當的感測器，並判別該日常活動是否正常，除了消極面可以記錄日常活動外，積極面上可以偵測正異常行為與危險警示等功能<sup>(1)</sup>。

國內對於居家安全或獨居老人的居家照顧等，有許多的研究成果發表，例如：(2011-05-06)林&徐- Personal Health Cloud (PHC) 客製化遠距居家健康照護雲端服務資訊系統平台之建置<sup>(4)</sup>、(2010)劉&范-將居家安全服務可分為居家緊急求救(連線)系統與居家安全監視系統兩種。居家緊急求救使用緊急按鈕、電腦連線、或專用呼叫器等方式，提報訊息進行救援。居家安全監視系統，是數位家庭的概念，以智慧化的科技模式，來管理及監控居家安全，結合的服務包括防災、防盜、緊急求救等<sup>(5)</sup>。

參考各國發展經驗，在歐洲國家中，歐盟「e 保健 (e-Health)」專題研究計畫與行動式健康照顧 (MOBILE HEALTH) 計畫，日本為 Sukoyaka Family 21 計畫，美國紐約州則有 (IDEATEL) 計畫，國內亦積極推動遠距照顧服務技術。為了提昇居家服務之照顧品質與增加其服務能量，將遠距照顧與居家服務結合為未來之照顧模式趨勢<sup>(6)</sup>。

此外，目前尚需克服的關鍵因素有：經濟的考量因素、民眾的醫療習慣、法律問題及系統整合。透過解決這些因素，如果產品是一種人性化的設計且兼顧安全，僅需透過幾個簡易的按鈕就可以達到基本照護功能，相信是愈來愈可以推廣到各社會基層。未來的健康產業發展除了要延伸全人照護服務之深度與廣度，並以結合國內資訊技術的優勢，創新應用於健康照護服務，以因應人口結構老化所帶來的社會衝擊<sup>(3)</sup>。家庭照護有許多的研究成果發表，例如：(2012)魏-使用 Arduino 於居家安全之瓦斯感測<sup>(7)</sup>、(2012)林-Arduino 智慧型居家監控系統<sup>(8)</sup>、(2013)李&王-Android 行動載具之居家電器設備與安全監控系統<sup>(9)</sup>，能夠觀察日常生活的改變，是預測疾病發生的好

方法，這些日常生活活動包括基本日常生活與工具性日常生活活動。智慧型居家是一種學習的過程，它可以記錄、分析、了解、預測，所以需要偵測與演算方法，對感測器資料進行知識的發掘與活動的辨識。

### 本實務專題的主要研究目的如下：

1. 針對獨居長者的日常生活，規劃多種感測模組(包括藍芽與記憶卡)，讓它可以偵測、顯示、儲存獨居長者(獨居老人)的日常生活活動。
2. 對獨居長者，進行其日常生活現場感測與紀錄。
3. 偵測獨居長者的異常活動與危險活動，例如瓦斯爐狀態異常，適時發出警報。

本實務專題研究除了在消極面上，可以提供較低成本之獨居老人的日常生活偵測紀錄系統外，積極面上可以偵測獨居老人的異常行為及可能的危險，提出提醒或警報等；並協助建立可供照護機構ADL 評量參考的輔助偵測系統，並做為後續疾病先期偵測技術的參考。


## 二、研究材料與方法

本實務專題的重要工作項目摘述如下：


### 1. 第一階段：個別感測器測試


首先在實驗室，安裝電流感測、壓力感測、氣體感測、火焰感測、藍芽模組等感測模組進行功能測試。這一階段使用微控制器 Arduino Uno 板，配置感測器、SD 卡與藍芽模組進行感測儲存與傳輸性能實驗。


#### 元件介紹

	◎工作電壓：DC5V。
	◎感測範圍：200~10 <sup>3</sup> ppm。
	◎快速的響應恢復特性。
<b>型號：KSM024</b>	<b>品牌：台灣凱斯電子</b>
狀態：數值(定義一個值)。	
圖1. 氣體感測器(MQ-6)	

	◎工作電壓：DC5~20V。
	◎工作溫度：-15~70度。
	◎延時時間：0.3~600秒。
<b>型號：</b> HC-SR501	<b>品牌：</b> seeed studio
狀態：僅顯示已偵測與未偵測。	
<b>圖2. 人體紅外線感測器</b>	


	◎ 壓力範圍：最大10kg。
	◎ 使用壽命次數：10萬次。
	◎ 操作溫度：-30 ~ 70°C。
<b>型號：</b> FS-402	<b>品牌：</b> Linterlink
狀態：數值(定義一個值)。	
<b>圖7. 壓力感測器</b>	


	◎最大5A 電流輸入。
	◎高準確度。
	◎交流電測量。
<b>型號：</b> V1.0	<b>品牌：</b> Grove
狀態：數值(定義一個值)。	
<b>圖3. 電流感測器</b>	


	◎工作電壓：3.3V-5V。
	◎溫度範圍：0度-50度。
	◎濕度範圍：20%-95%。
<b>型號：</b> DHT-11	<b>品牌：</b> 台灣凱斯電子
狀態：數值(定義一個值)。	
<b>圖8. 溫濕度感測器</b>	


	◎工作電壓：DC3-5V。
	◎工作電流：小於20mA。
	◎工作溫度：10°C-30°C。
<b>型號：</b> V1.0	<b>品牌：</b> Grove
狀態：數值(定義一個值)。	
<b>圖4. 水位感測器</b>	


	◎工作電壓 3.3V~5V。
	◎有固定螺絲孔 2.5mm。
	◎特點是：內部帶震盪源。
<b>型號：</b> KSM013	<b>品牌：</b> 台灣凱斯電子
狀態：僅顯示已偵測與未偵測。	
<b>圖9. 蜂鳴器</b>	

	◎ 工作電壓：3.3V-5V。
	◎ 探測角度60度左右，對火焰光譜特別靈敏。
<b>型號：</b> KSM015	<b>品牌：</b> 台灣凱斯電子
狀態：僅顯示已偵測與未偵測。	
<b>圖5. 火焰感測器</b>	

	◎工作電壓 3.3V~6V。
	◎傳輸距離：100公尺。
	◎工作溫度：-40°C~70°C。
<b>型號：</b> RN-41	<b>品牌：</b> Microchip
狀態：僅顯示已偵測與未偵測。	
<b>圖10. 藍芽模組</b>	

	◎當感受周圍磁力，使開關相接，使之閉合而令電路導通。
<b>型號：</b> KSM042	<b>品牌：</b> 台灣凱斯電子
狀態：僅顯示已偵測與未偵測。	
<b>圖6. 磁簧開關</b>	

	◎工作電壓：3.3V~6V。
	◎工作電流：30 ~ 40mA。
	◎傳輸距離：10公尺。
<b>型號：</b> HC-05	<b>品牌：</b> CSR
狀態：僅顯示已偵測與未偵測。	
<b>圖11. 藍芽模組</b>	

	◎工作電壓：3.3V~5V。
	◎採用彈出式SD卡介面。
	◎雙排介面：SPI模式、SD模式。
型號：micro SD	品牌：Adafurit
狀態：僅顯示已偵測與未偵測。	
圖12. SD卡模組(TF卡)	

## 2. 第二階段：多種感測器整合測試

第一階段完成後，進行多重感測器結合搭配藍芽模組及SD卡模組所組成的模組，在實驗室模擬現場實測，做整合性調整，長時間感測模組的性能，因其他模組實測雷同，故僅以上述模組為代表進行說明。

表1. 日常生活活動與相關感測的規劃

編號	活動	可能相關設施	感測器種類
1	煮食	電鍋、瓦斯	電流、溫度
2	吃飯	客廳椅子	壓力
3	看電視	電視、椅子	電流、壓力
4	洗澡	蓮蓬頭	溫濕度
5	上廁所	馬桶	壓力、水位
6	泡茶	瓦斯爐	電流、火燄
7	看書	椅子、檯燈	壓力、電流
8	睡覺	床	壓力、人體
9	朋友來訪	椅子	壓力
10	進出門	門	人體
11	窗戶開關	窗戶	磁簧開關
12	開關冰箱	冰箱	壓力

說明：

### 編號 1 煮食：

在煮食1的部分，我們預估使用氣體感測器及火焰感測器做實驗，瞭解如何擺放位置才能達成偵測效果，並瞭解煮食時需避免障礙物。

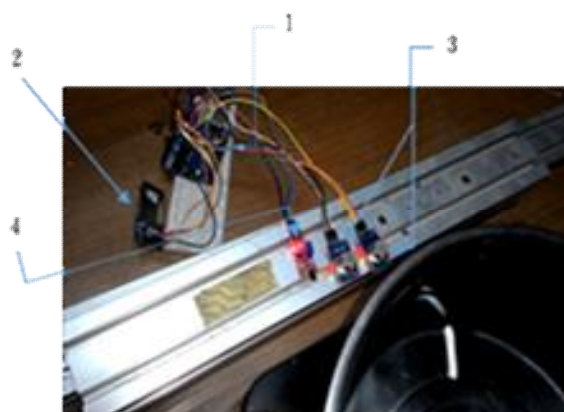


圖13. 編號 1 煮食感測器在實驗室測試情形。

### 編號 5 上廁所：

上廁所5是我們每人在生活上密不可分的生活動作，在此我們購買了水箱，在水箱裡面安裝了水位感測器，在水箱上蓋，安裝了人體紅外線模擬施測對象，如確實使用廁所，水位感測器即可偵測資料。

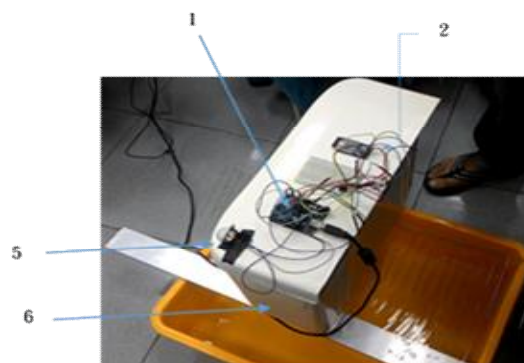


圖14. 編號 5 上廁所感測器在實驗室測試情形。

### 編號 8 睡覺：

睡覺為我們日常生活中必定會做的生活行為，我們選用了壓力感測器來做使用，假設壓力放在枕頭下，施測對象躺在枕頭下睡眠，進行偵測實驗。

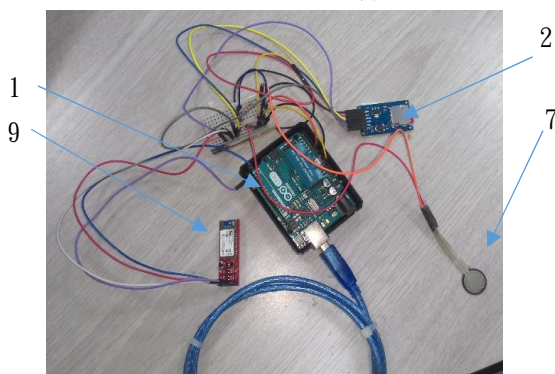


圖15. 編號 8 睡覺感測器在實驗室測試情形。



### 編號 3 看電視：

看電視是我們在一天中會遇到同時能消遣的一項行為，可以消磨時間，關心大事等，我們選用了電流感測器來做測試，我們以電蚊燈當做電視假設瞭解施測對象的使用狀況。

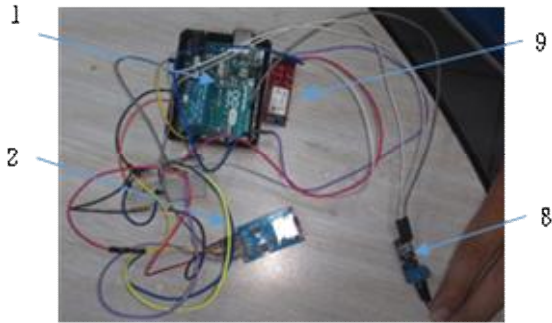


圖16. 編號 3 看電視感測器在實驗室測試情形。

#### 編號說明

1. Arduino Uno。
2. SD卡模組 & TF卡。
3. MQ-6(氣體感測器)。
4. 火焰感測器。
5. 人體紅外線。
6. 水位感測器。
7. 壓力感測器。
8. 電流感測器。
9. 藍芽模組 (RN-41)。

### 3. 第三階段：現場勘查調整模組

接著到現場獨居老人家，安裝本系統，進行日常生活活動偵測，進行現場系統微調測試，本項工作係與屏東基督教醫院合作。

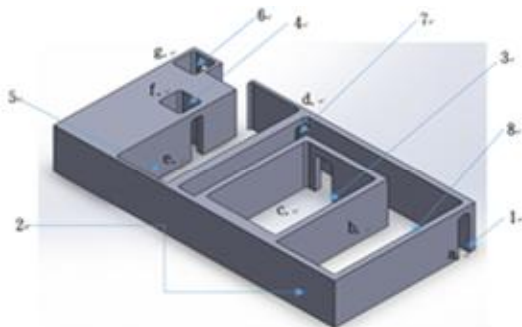


圖17. 現場室內布置圖



圖18. 現場室內平面圖

#### a.：門外。

首先在門外裝設**模組 1 (人體紅外線)**，以門周遭為基準，確認可偵測範圍內，加以安裝。

#### b.：客廳。

接著為客廳，涵蓋兩個範圍，以施測對象常坐的椅子裝設**模組 8 (壓力)**，以及三餐飲食常坐之椅子，並同時偵測冰箱及電視使用之狀況，並裝設**模組 2 (電流及壓力)**，加以偵測。

#### c.：臥室。

再來為臥室，為單一範圍，偵測施測對象，平時就寢之狀況，並了解睡眠情形，裝設**模組 3 (人體紅外線 & 壓力)**，以保障施測者。

#### d.：廚房門。

此廚房門為施測對象平常穿梭廚房、浴室、廁所，必經之關鍵處，所以在門旁裝設**模組 7 (人體紅外線)**，以便再次確認。

#### e.：廚房。

廚房為施測對象烹煮食材之處，在這我們將裝設**模組 5 (氣體 & 火焰 & 電流)**，了解施測對象煮食之狀況，並在模組內同時架設氣體外洩警報系統以防施測對象遺忘關閉瓦斯開關。

#### f.：浴室。

浴室為施測對象盥洗沐浴之處，在這我們裝設**模組 4 (溫濕度感測器)**，以偵測施測對象，盥洗沐浴之相關情形。

#### g.：廁所。

廁所為施測對象平時在此大小號，在這我們裝設了**模組 6 (水位 & 人體紅外線 & 磁簧)**，來偵測施測對象大小號之情形。

#### 4. 第四階段：規劃存檔格式

紀錄的資料，利用開發活動的判別程式，分析獨居長者的日常生活活動，例如瓦斯爐狀態異常，設定妥善的警報閾值，適時發出蜂鳴器警報作提醒。

##### 模組偵測範圍與顯示格式

##### 模組1：門外

人體紅外線 1： ON/OFF

##### 模組2：客廳

壓力感測器 1： fsr\_value1 > 0 數值比較

壓力感測器 2： fsr\_value2 > 0 數值比較

壓力感測器 3： fsr\_value3 > 0 數值比較

電流感測器 1： I > 0 數值比較

##### 模組3：臥室

人體紅外線 2： ON/OFF

壓力感測器 4 fsr\_value4 > 0 數值比較

##### 模組4：浴室

溫濕度感測器1： t > 30%數值比較

##### 模組5：廚房

氣體感測器 1： keystate > 135數值比較

火焰感測器 1： Fired1 ==0 ON/OFF

火焰感測器 2： Fired2 ==0 ON/OFF

##### 模組6：廁所

水位感測器： lval > 700數值比較

磁簧開關： ON/OFF

人體紅外線 3： ON/OFF

人體紅外線 4： ON/OFF

##### 模組7：廚房門

人體紅外線 5： ON/OFF

##### 模組8：客廳藤椅

壓力感測器 5： fsr\_value3 > 0 數值比較

##### 格式說明：

說明：由表2. 作為模組代表，呈現以下資料格式。

表2. 模組二(客廳)

Time	pressure	pressure	pressure	I
------	----------	----------	----------	---

說明：由表3. 作為模組代表，呈現以下資料格式。

表3. 模組五(廚房)

Time	MQ-6	Fired 1	Fired 2	I
2016-X-X XX:XX:X	MQ-6:XXX - - - -	- - -	Get Fired2	I:0.00 - - -

註：因其他模組資料呈現方式雷同，以承述重要代表為標準。

### 三、結果與討論

#### 第一階段：個別感測器測試

說明：

##### 氣體感測器：

測試丙烷氣體感測器(MQ-6)，以圖19所示，裸測時氣體顯示為常態值，當丙烷濃度升高時，值也隨之升高。



圖19. 氣體感測器

##### 人體紅外線：

測試人體紅外線，裸測時人體紅外線顯示為常態值0，以圖20所示，當物體靠近時人體紅外線，值會顯示have People here。



圖20. 人體紅外線

**溫濕度感測器：**

測試溫濕度感測器，以圖21所示，裸測時感測器顯示為常態值，當溫濕度濃提高時，值也隨之升高。



圖21. 溫濕度感測器

註：因其他感測器裸測方式雷同，以重要代表為準。

**第二階段：多種感測器整合測試**

**1. 依照現場勘查後整理確定出以下模組**

表4. 現場配置模組表

模組編號	活動	屋內設施	感測器種類
1	進出	客廳門	人體紅外線
2	客廳活動	冰箱、椅子、電視	壓力、電流
3	房間活動	床	壓力、人體紅外線
4	洗澡	浴室內	溫濕度感測器
5	廚房活動	瓦斯爐、電鍋	MQ-6、火焰、電流
6	廁所	水箱、廁所門	人體、水位、磁簧
7	進出	客廳門	人體紅外線
8	客廳活動	客廳藤椅	壓力

現場勘查後，接續進行實驗室實測

註：因其他模組呈現方式雷同，以重要代表為準。

**說明**

**模組2(客廳)：**

現場勘查後，圖22. 所示選擇了3個壓力感測器及一個電流感測器，冰箱我們安裝在冷藏及冷凍的開門處各1個，餐用椅1個，電視為電流感測器1個。

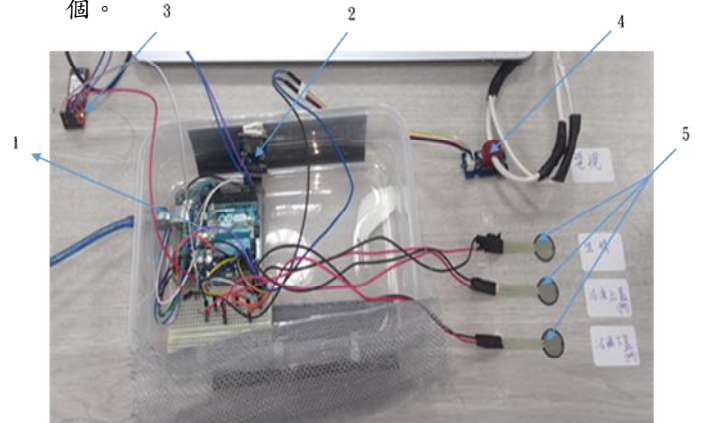


圖22. 模組2(客廳)

**模組5(客廳)：**

勘查後，圖23. 所示選擇了2個火焰感測器、1個電流感測器及1個氣體感測器，1個蜂鳴器分別安裝在瓦斯爐上和大同電鍋上。

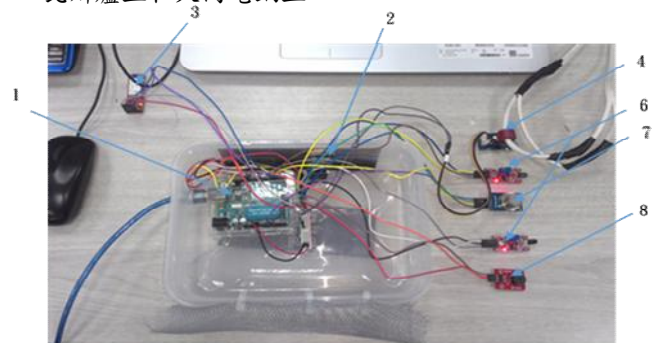


圖23. 模組5(廚房)

**模組6(廁所)：**

勘查後，圖24. 所示選擇了1個水位感測器、1個人體紅外線及1個磁簧開關，分別安裝在瓦斯爐上和大同電鍋上。

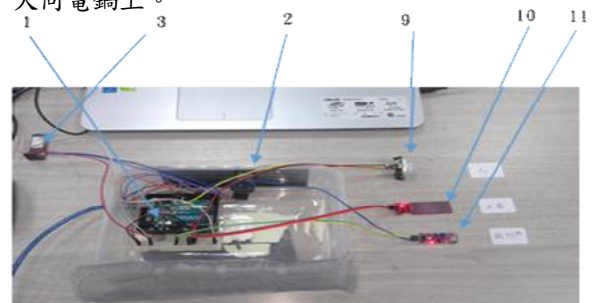


圖24. 模組6(廚房)

**編號說明**

- 1：Arduino Uno。
- 2：SD卡模組 & TF卡。
- 3：藍芽模組 (RN-41)。
- 4：電流感測器。
- 5：壓力感測器。
- 6：火焰感測器。
- 7.：MQ-6 氣體感測器。
- 8.：有源蜂鳴器。
- 9.：人體紅外線。
- 10.：水位感測器。
- 11.：磁簧感測器。

**第三階段：現場勘查調整模組**

**2. 實驗室實測完成，再來進行現場安裝。**

**說明：**

現場勘查，選擇在冰箱與客廳餐椅間作裝置動作。



**圖25. 模組二 客廳 (空間圖)**



**圖26 模組二 客廳 (裝置圖)**

**說明：**

現場勘查，選擇在瓦斯爐旁放置調味瓶區作裝置動作。



**圖27. 模組五 廚房 (空間圖)**



**圖28. 模組五 廚房 (裝置圖)**

因其他模組安裝方式雷同，以承述重要代表為標準。

**第四階段：資料顯示**

**3. 現場實測結束後，實際測試資料呈現。**

**說明：**由表5. 作為模組代表，呈現以下資料格式。

**表5. 模組二(客廳)**

Time	pressure	pressure	pressure	I
2016-3-11 5:35:47	pressure : 830 over	pressure : 461 over	pressure : 638 over	USING

**說明：**由表6. 作為模組代表，呈現以下資料格式。

**表6. 模組五(廚房)**

Time	MQ-6	Fired 1	Fired 2	I
------	------	---------	---------	---

圖29. 模組二(客廳)

說明：當中表7. 所示模組6及模組7因施測對象在手洗衣物，不甚將水翻倒，導致模組供電處失效，其他模組1、3、5為記憶卡損壞所導致。

表7：模組紀錄統計表

編號 日期	1 1 1 1 1													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4
1. (客廳門)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2. (客廳椅子)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
3. (臥室)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3
4. (浴室)	(	(	(	(	(	(	(	(	(	(	(	(	(	(
5. (廚房)	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三
6. (廁所)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7. (廚房門)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8. (客廳藤椅)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

✓：有紀錄檔案      -：無紀錄檔案

四、結論與建議

經過這次專題的結果，進而發現此系統，部分需再做改善與加強，如：外觀的美化、各個模

組的持久性、感測器的耐久度等，在程式上需再調整，在電源供應的部分可以穩定供電，在儲存上，可以固定時間定期更換及維護的動作，在與施測對象說明能讓他更加瞭解。

最後，未來希望此監控系統，可以結合網際網路與醫院可以遠端瞭解施測者的生活情形及因應緊急狀況。

五、致謝

感謝謝清祿教授一年七個月來的教導，每次開會，教授以課堂上課的模式，盡心盡力讓我們瞭解 Arduino 以及相關元件的知識，教授總是給我們許多建議與方向，不會直接給予解答，會給我們時間找尋問題的起始點，學習問題的解決技巧與方法，在此感謝實驗室的學長們，不厭其煩的解決我們實驗所需的需求，謝謝屏東基督教醫院為我們找尋施測對象，感謝參與鄭宇荃、李柏駒、劉耀昱協助。

六、參考文獻

[1] 黃明發，2014，從全球化老人照顧之發展趨勢對臺灣長期照顧之省思，社區發展季刊 148 期 p.146-p.158。

[2] 段伴虬、陳聰堅、蘇德義，2013，「以服務體驗洞察觀點形塑銀髮族遠距健康照顧服務需求之研究」，福祉科技與服務管理學刊，p.11-p.26。

[3] 許哲瀚、唐憶淨，2009，遠距居家照護的現況與未來，台灣老年醫學暨老年學雜誌第3卷第4期，p.34-p.47。

[4] 林翰俊、徐業良(2011-05-06)，Personal Health Cloud (PHC)客製化遠距居家健康照護雲端服務資訊系統平台之建置，「2011年福祉科技與服務管理大師級講座暨研討

會，p. 1-p. 16。

- [ 5 ] 劉仲鑫、范智傑，2009/12，“居家安全監視系統之研究”，華岡工程學報第25期，p. 7- p. 13。
- [ 6 ] 林金立、楊筱慧，2008，遠距照顧技術應用於居家老人照顧服務之探討，社會福利專題研習教材 第14輯，p. 1-p. 11。
- [ 7 ] 魏清泉，2012，使用 Arduino 於居家安全之瓦斯感測，朝陽科技大學資訊與通系 實務專題成果報告，p. 1-p. 33。
- [ 8 ] 林坤緯，2012，Arduino 智慧型居家監控系統，朝陽科技大學資訊工程系 實務專題成果報告，p. 1-p. 31。
- [ 9 ] 李志清，王昱智，2013，Android行動載具之居家電器設備與安全監控系統，南台科技大學電子工程系，p. 1-p. 4。
- [ 10 ] Sweet Home 5.2 軟體  
網址：[www.sweethome3d.com](http://www.sweethome3d.com)
- [ 11 ] SolidWorks 2013 軟體  
網址：<https://www.solidworks.com>

### Abstract

Activity of daily living (ADL) can be categorized into basic ADL and instrumental ADL. They are used as an index for medical assessment whether assistance is need for human or for elder whose living is normal or not. This study applied Bluetooth and sensors of electricity, pressure, gas, and fire to create a sensing module that can detect and record the activities of elder. Each module consists of one microcontroller-Arduino and a Bluetooth which can send sensed data to host computer that runs with C++ program. This study initiates a wireless sensing module for elders living alone. Its achievement will improve the quality and security of elderly livings and decrease the cost of risk damage by detect and alarm in advance.

### Development and Implementation of Activity of Daily Living Detecting and Risk Alarming Module for Living Alone Elders

**Project Team:** Yangren Fu, Chen Xingyuan, Chen Zhihao

**Advisor:** Dr. Xie Qinglu

National Pingtung University of Science and Technology

Biological and Electromechanical Engineering

生物機電工程系 實務專題  
手機結合單晶片控制田間灌溉系統的開發-  
單晶片控制水閥與抽水馬達

學生姓名：

蘇鈞逸(E10144060)

彭政騏(E10144057)

宋雲弘(E10144026)

廖晉偉(E10144012)

指導老師:謝清祿 老師

國立屏東科技大學

生物機電工程系

## 摘要

### 一、前言

### 二、研究目的

### 三、材料與方法

### 四、結果與討論

### 五、結論

### 六、致謝

### 七、問題與討論

### 八、參考文獻

1. 利用單晶片微控制器控制抽水馬達的啟閉
2. 利用單晶片微控制器控制球型閥的啟閉
3. 上述控制來配合藍芽模組達到環控的功能

## 摘要

毛豆在南台灣一直都是重要農產品的來源，因土地氣候適合栽種，品質優良多而外銷日本。由於人力時間耗費，灌溉系統一直是個問題，為了更有效率的灌溉系統，本次研究目的為提供水閥自動開關及抽水馬達控制，結合單晶片與遠端遙控，方便田間灌溉更有效率，減少時間消耗並節約能源。而本次的成果是利用藍芽進行無線的遠端遙控，控制水閥啟閉與抽水馬達的開關，這將能運用在大面積種植的農田裡，以方便灌溉作業與節省水資源。

## 一、前言

農業起源於幾千年前，現今我們接觸到的一些作物與農業息息相關，由於工商科技業的發達導致農業的沒落，接觸有關農業相關產業的人越來越少，雖說科技發達帶來便利，但也對我們所處的環境帶來些負面的影響，所

以為為了維持永續農業的發展以及維護環境相關問題我們將農業與科技業來做結合，根據這次實驗來實現農業自動化。

灌溉是人為方式使用天然降水(雨水)以外的其他水源供給土地或土壤水份，多半是用來種植農作物或其他植物，也可以用來維持地貌景觀，或在乾燥地帶或是在過度降雨後的地區進行植被重建，灌溉對農作物也有其他的好處，包括保護植物免於霜害、在糧食區抑制雜草成長，並且抑制土壤固結。不用灌溉而以雨水為唯一水源的農業稱為旱田。

灌溉系統也會用來抑制灰塵、排放污水以及礦物的堆積。灌溉系統常會和排水系統一起研究，後者是用天然或人工的方式除去某一區域地表或是地表以下的水份。灌溉是五千多年來農業的中心特徵，也是許多文化的成果，是許多國家經濟及社會的基礎。{1}

**直流馬達**是最早發明能將電力轉換為機械功率的裝置，直流馬達有良好的線性特性，具有簡單易於控制的優點，所以仍是目前最常應用於變速控制的馬達，同時瞭解直流馬達的特性與控制也是進入交流伺服控制的必要途徑。

馬達的工作原理可以用「弗萊明左手定則」



來說明，判斷一根載有電流的導線置於磁場中時其受力方向。若以左手食指表示磁場方向，中指表示電流方向，則大姆指表示此導線受力方向，則環狀線圈受磁場作用，將順時鐘旋轉，產生扭矩  $T$  可以下式表示  $T=KIB [N \cdot m]$  其中  $K$  為比例常數， $I$  為流經線圈之電流， $B$  為永久磁鐵所造成之磁場強度。〔3-5〕

直流馬達的優點：

一般而言同樣的體積直流馬達可以輸出較大功率，直流馬達轉速不受電源頻率限制可以製做出高速馬達，速度控制只要控制電壓比較簡單容易。

直流馬達的缺點：

碳刷使用一段時間會磨損須更換，電樞會磨損。

**伺服馬達**又稱為伺服機，基本原理與一般直流馬達相同，但兩者的使用場合不同，因此所要求的特性也不同。一般直流馬達較注重啟動與運行，而伺服馬達則注重輸出位置的精確度及穩定度。伺服馬達具有體機小、重量輕、輸出功率大、扭力大、效率高等特性，常被廣泛的運用於位置及速度的控制應用。

編碼電路：檢知馬達目前位置，將位置進行編碼並迴授至驅動器進行比較，以保持轉動位置的準確性

驅動電路：接受 PWM 脈波輸入並進行運算及信號轉換後，再驅動控制馬達轉動。

馬達本體：由直流馬達、減速齒輪組及可變電阻等組成，當直流馬達轉動時，帶動減速齒輪組產生高扭力輸出，同時也會改變可變電阻值。

**步進馬達**是直流無刷馬達的一種，為具有如齒輪狀突起（小齒）相契合的定子和轉子，可藉由切換流向定子線圈中的電流，以一定角度逐步轉動的馬達。

步進馬達的特徵是因採用開迴路控制處理，不需要運轉量檢知器 (sensor) 或編碼器，

且因切換電流觸發器的是脈波信號，不需要位置檢出和速度檢出的回授裝置，所以步進馬達可正確地依比例追隨脈波信號而轉動，因此就能達成精確的位置和速度控制，且穩定性佳。

步進馬達是一種能將輸入賣坡轉乘機械能量的裝置，包含控制電路 驅動電路 直流電源 及 馬達本體等四個部分。〔1〕

當灌溉系統自動化為智能灌溉後，自動灌溉智能決策支持系統，提出在農業管理灌溉，我們的系統估計種植的灌溉每週需要，土壤測量及氣候變量觀察。〔2〕

在農業灌溉中充分利用的水是一種廣泛關注。根據土壤水分其調節水的流動的一個自治的智能系統。其主要目標是找到一種替代避免水的浪費。〔2〕

灌溉自動化的優缺點：

優點：減少人力需求、減少灌溉水、肥料的浪費、增加作物成長均勻性、增加產量，提高品質，減少病害。

缺點：增加設備成本、需要更複雜的設備管路、自動化作業失敗時損失更大。〔3〕

2015 年於試驗灌區，以本研究建立之模式模擬灌溉需水量後，提供田間自動控制水門進行閘門開度計算，並自動調控配水，探討田間自動灌溉管理機制之可行性。於自動控制水門動態調整案例，節省一日灌溉水量約 7.9 萬噸，而自動控制水門於 1 小時內，調整至目標流量過程中，平均多放 526.5 噸水量，調控結果誤差為 1.79%。本研究結果顯示以田間精密灌溉用水模式計算之結果，配合田間自動控制水門調整流量，可達節省灌溉用水之效果。〔1〕

台灣環境氣候適合栽種毛豆，而大部分都來自高屏地區，自 1964 年 日本毛豆需求大，因此來台建立海外基地，毛豆是大豆前身，因為有特殊的香氣而廣受喜愛，由於採收時全

株八成五以上的鮮莢果都達到八分飽滿，豆莢顏色翠綠且毛茸茸，所以名為「毛豆」。

毛豆有「植物肉」的美名，因為含有豐富的營養價值，包括蛋白質、脂質、維生素、礦物質、醣類，還有大量的食物纖維。

在國外行銷的部分根據行政院農業委員會的資料，民國 100 年時，我國農產品總出口量達 46.6 億美元，比起 99 年成長了 16%，出口值創下近 10 年新高。主要外銷市場均有成長，包括大陸成長 25%、日本成長 12% 及美國成長 13%，使全世界看見了台灣農產品的多樣化及優越的競爭力。

打著台灣產名號的毛豆有濃厚的豆香味、芋香味，擄獲了日本人的味蕾，成為日本進口市佔率第一的農產品，佔有 40%。每年為台灣創造十七億台幣的外銷金額，更培育出了十多位百萬年薪的新富農民。

十幾年前，台灣的毛豆被預言「只剩下五年的光景」，但透過人士大力的推動，前往中國參訪並向農委會提出「毛豆大農地機械化生產」計畫。將毛豆產業從二、三分地的小農規模，轉變成上百公頃的大農經營，在屏東地帶形成了毛豆外銷專區，並引進大型機器進行採收。從 2004 開始，台灣的毛豆再一次奪回日本市場銷售的冠軍，為台灣創造了台幣十七億元的「綠金奇蹟」。現在台灣是有訂單卻沒有貨源，於是考慮將一年產收兩次變成三次，以參加產量並擴展市場。

農田地的大小決定農作物的產量，所以說農地越大越好，但農地一大灌溉系統就越複雜，管路要多且因為分區的關係設置的開關就多，所耗費的人力成本時間也多，為了減少相關灌溉人力成本，根據這次實驗我們想利用單晶片微控制器控制球型閥的啟閉來達到遠端控制的效果。

Arduino 是一塊原始碼(open-source)的微控制器電路板，一般以編譯以及程式撰寫來

使用，Arduino 是一種開放授權的互動環境開發技術，互動裝置其實無所不在，一般常見的有冷氣恆溫裝置，使用感測器來偵測環境溫度，其他還有汽車的倒車雷達，是運用靠近物體來發出聲音來警示，Arduino 在日常生活的使用相當廣泛。{1}

田間無線灌溉系統，有效率幫助經營者灌溉管理。遠端無線控制排除手動開關控制穿越田間的困難及不方便且降低成本費用。開發自動灌溉系統結合無線田間感測網路。{3}

## 二、研究目的

本次實驗的目的

無線控制技術越來越普及為了改善時間控制及空間的限制逐漸朝向無線技術發展，本次實驗運用單晶片控制抽水馬達及球型閥的啟閉應用於毛豆田間。

1. 利用單晶片微控制器(Arduino)控制抽水馬達的啟閉
2. 利用單晶片微控制器控制球型閥的啟閉
3. 上述控制可透過藍芽模組達到控制的功能

## 三、材料與方法

1. 利用單晶片微控制器控制抽水馬達的啟閉

Arduino Uno 的運作直流電壓只有 5V，所以我們需要外接電源來驅動 220V 的抽水馬達。抽水馬達的遠端控制我們使用 ARDUINO 搭配藍芽模組以達到遠端遙控，ARDUINO 控制 5V 繼電器外接 12V 電源來啟動 12V 繼電器的開關，

而我們在抽水馬達的電路中,在無熔絲開關與電磁開關中間線外接 12V 繼電器以控制抽水馬達啟動與否,並保留了可以手動強制關閉的功能

### Arduino 介紹

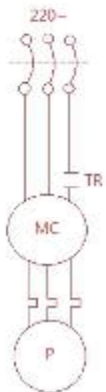
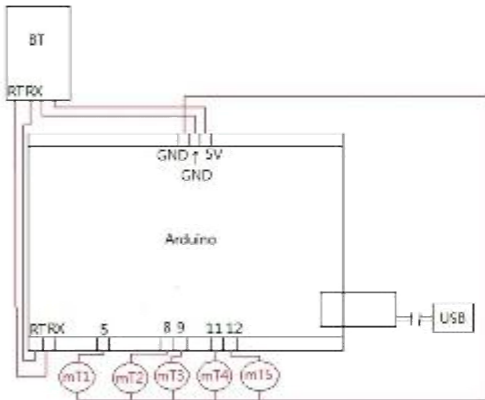
我們在參考 Arduino 的種類及特性後決定使用常見的 Uno 板。

### 抽水馬達控制的元件:

12V 繼電器(控制 220V 交流電源)、5V 繼電器(控制 12V 直流電源)、無熔絲開關、電磁開關、過載電驛

### 2. 利用單晶片微控制器控制球型閥的啟閉

我們利用藍芽模組遠距離控制 ARDUINO 以達到遠端遙控的功能.並控制 ARDUINO 使之輸出高電為與低電位來控制繼電器的導通,藉此可以控制 12V 外接電源順流逆流達到馬達正反轉的功能.且為了精準控制馬達所轉動的位置我們在水閥上放置了微動開關來確定馬達轉動到了正確位置並強制切斷電源。



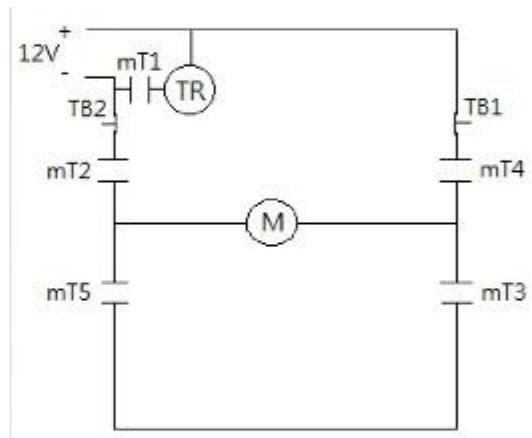
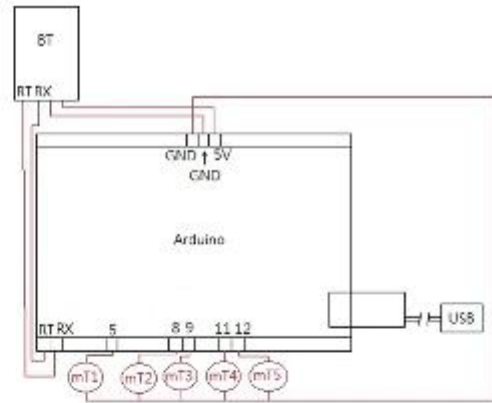
TR:繼電器 12V  
 mT:繼電器 5V  
 BT:藍芽  
 MC:電磁開關  
 P:幫浦  
 TH-RY:過載電驛

### 馬達選擇

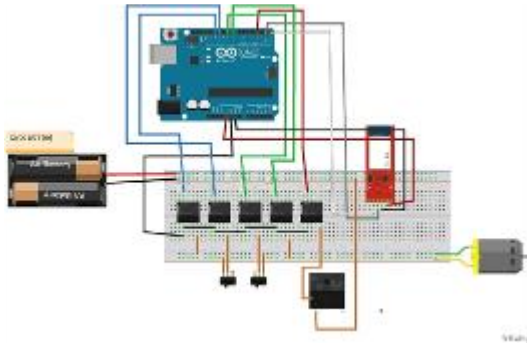
我們在探討三種馬達根據其特性、是否適用於本次實驗程度以及經濟方面的問題最後選擇使用了直流馬達搭配微動開關來做驅動。

### 球型閥電路接線

利用 ARDUINO 控制四個繼電器使之可以控制電流順流逆流從而控制馬達正反轉抽水馬達一樣就控制繼電器從而控制抽水馬達開關。



TR:繼電器 12V  
 mT:繼電器 5V  
 TB:微動開關  
 M:馬達  
 BT:藍芽



圖(一)

本線路主要為控制馬達正反轉，附加控制 12v 繼電器用以控制抽水馬達的啟閉，如圖(一) 我們為了達到遠端控制而設置藍芽模組，並可透過手機或者電腦的藍芽連接本線路，使之可以控制本次專題所需的直流減速馬達與抽水馬達，並且為了可以控制馬達能轉動至正確位置，我們也設置了兩個微動開關，當直流減速馬達轉動到正確位置時觸壓開關便可以強制斷路使馬達可以定位。

#### 球型閥構想

在討論完馬達的選擇之後接著討論水閥的部分，原先討論的水閥材質是塑膠的，但現在農田地的水閥大都使用不鏽鋼材質的水閥了，雖說價格較塑膠材質貴了點，但壽命比起塑膠材質的長很多，比較不會因為長時間使用導致開關磨損，而我們球型閥的部分運用直流馬達齒輪帶動來控制開關，把球閥的手動開關拆除並裝上大齒輪來作卡榫，大齒輪經過火焰切割加工。齒輪我們使用小齒輪(裝於直流馬達上、24 齒)以及大齒輪(120 齒)。

而球型閥外部構造討論該用壓克力或是不鏽鋼金屬，而組裝構想考慮到強度問題以及長久使用可能會遇到的問題(下雨潮濕、田間動物昆蟲破壞等等)，內部馬達放置以及單晶片配線問題等等。

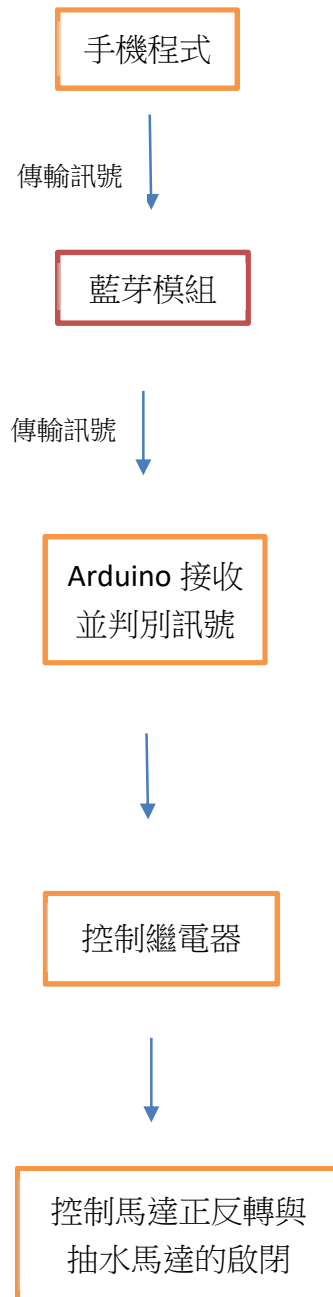
而最後我們使用控制水閥開關的元件有：

100T 與 24T 的齒、5 轉/分鐘的 12V 直流馬達、4 顆 5V 繼電器、ARDUINO UNO 板、微動開關\*2、外接 12V 電源、驅動 ARDUINO 用的 5V 電源。

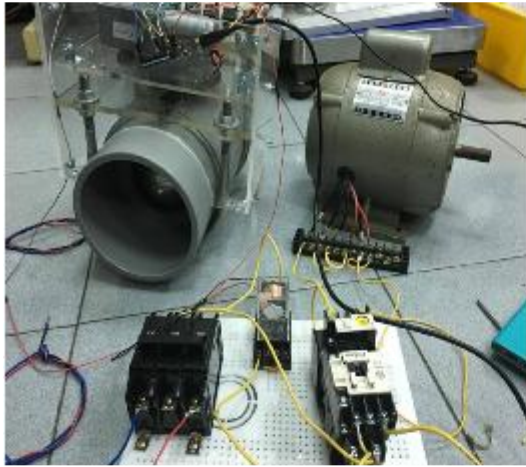
### 3. 上述控制來配合藍芽模組達到環控的功能

藍芽模組、ARDUINO UNO 板

我們利用藍芽模組裝置在 ARDUINO 上以達到遠端遙控的功能



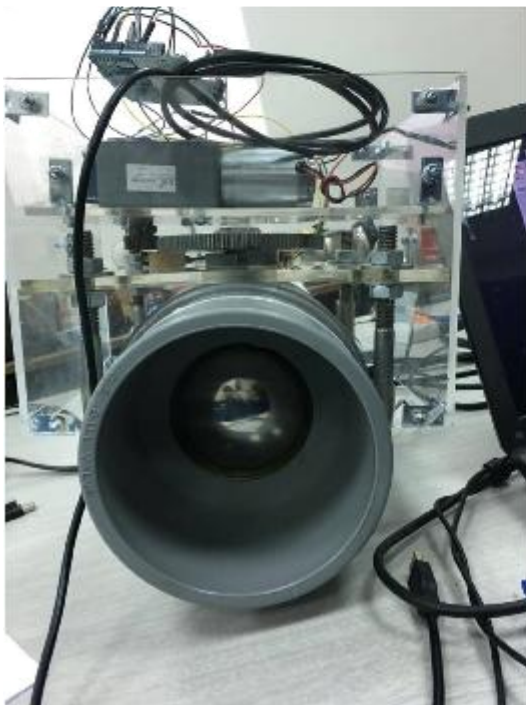
#### 四、結果與討論



“圖(二)”

我們將此次研究分成三個部分，抽水馬達控制，水閘控制，前兩項搭配無線操控。並個別了解實驗。

在抽水馬達部分，我們使用 Arduino 搭配“藍芽模組”以達到遠端遙控，Arduino 控制 5V 繼電器外接 12V 電源來啟動 12V 繼電器的開關，再以 12V 繼電器控制抽水馬達啟動。而在測試方面的結果使用電腦傳輸訊號可以成功控制抽水馬達啟閉。



“圖(三)”

#### 水閘控制部分

我們利用藍芽模組遠距離控制 Arduino 以達到遠端遙控的功能。並控制 ARDUINO 使之輸出高電位與低電位來控制繼電器的導通，藉此可以控制 12V 外接電源順流逆流達到馬達正反轉的功能，且為了精準控制馬達所轉動的位置我們在水閘上放置了微動開關來確定馬達轉動到了正確位置強制切斷電源。

如”圖(四)”。

在前兩項完成測試後，接著就是將前兩項結合手機藍芽控制。

#### 藍芽模組、ARDUINO UNO 板

我們利用藍芽模組裝置在 ARDUINO 上以達到遠端遙控的功能。

最後在測試部分只要在藍芽傳輸距離內都可以成功控制水閘馬達正反轉及抽水馬達啟閉。



“圖(四)”



灌溉方式又分為兩種，分別是”水管式灌溉”以及”水溝式灌溉”。

水管式灌溉就是依照土地分區將水管

埋在地底下，每區水源壓力沿主管輸送至各支線的管達運水灌溉的目的。

水溝式灌溉就是每排分區水沿著渠道進入農田，順著隴溝或苗床邊沿流入達灌溉的目的。關於水閘尺寸，以內徑表示通常使用 4”、5”、6”也會用到但價格與前兩個相比太高所以比較少。(1”=2.54cm)

關於水閘材質有塑膠和白鐵來做選擇，雖然塑膠價格比白鐵來得低，但容易磨損壽命太短所以不考慮，改用白鐵。

1. 水閘連動控制:由於地形太大，到時將會有好幾個裝置，水閘的連動來達到省時的效果。
2. 自/手動切換
3. 壓力感測器:傳送信號通知水是否傳出去。
4. 無線控制功能

利用手機無線控制可以達到遠距離控制水閘，藉此可以節省大面積種植的農民徒步走到水閘旁開水的時間。

毛豆產地為屏東、彰化等台灣中南部地區，產期分別為 4~6 月及 9~11 月，毛豆全株有 85% 以上的鮮筴果，約八分飽滿時採收。

說到毛豆，日本有 37% 的毛豆購自台灣，在進口品中數量居冠，品質最好，價格也最貴，平均比泰國、大陸高出 10% 至 30%。

台灣農業實力獲得肯定，毛豆不僅是其中一項傲人的成績，更是大面積耕作、締造億元農戶的高單價農產品。毛豆一年外銷金額有 17 億元，是台灣外銷產值僅次於蝴蝶蘭的單一農作物。高雄區農業改良廠廠長表示，平均一家大型豆農，一年就創造 1 億元的外銷產值。

為什麼毛豆能創造這麼高的產值？訴說怎樣的農業奇蹟呢？

追溯起來，台灣的毛豆種原最早引自日本，但剛種植時，總是種不好，直到 1976 年後，大家才逐漸瞭解毛豆特質，產量慢慢增加。1982 年更是台灣毛豆史值得紀念的時刻。高雄農改廠開發出台灣的新品種，大大提升了品質，不但好吃，產量也增加，到了 1990 年，種植規

模也逐漸擴大。

近 20 年來，高雄農改場又不斷研發新的品種，至今最受歡迎的有五個，其中，別名「綠香」的高雄 10 號，有淡淡芋頭香，十分特別。

高雄農改廠副研究員周國隆研發高雄 6、7、8、9 號等品種，甜度高，有綠、黑等顏色，顆粒碩大，6、7 號獲得日本品種權，9 號已經授權給日本雪印公司，在日、大陸、泰、越栽種 25 年，技轉金額達 1100 萬元。



## 五、結論

我們成功利用單晶片控制水閘及馬達開關，並使用藍芽遠端控制將水閘開啟與關閉。希望未來可以將多個水閘連動控制、自動手動自由切換，並到田間實地測試。

在現在的社會裡，農業是大多數年輕人不願意去做的工作，而原因不外乎就是太粗重、太累、工作環境不衛生等，而我們本次的研究就是為了可以更輕鬆的接觸農業、更簡單的接觸農業為發想去努力，要讓大家知道自動控制在未來也會是農業的代名詞，更會是未來的發展趨勢，讓未來只需要在手機上按一下就能簡單操控一整片農田，讓電腦精準的為你包辦所有工作更節省大量的人力，也許在本次的研究上離我們的理想還有很多路要走，但是我們相信我們的研究正在慢慢的推動著農業自動化系統的這顆大齒輪。

## 六、致謝

很高興有這次機會可以接觸這方面的知識，知道農業這塊是不能被其他產業所取代的，也知道我們在不去了解之後機會就會越來越少了，所以這成為了我們的目的。知道謝老師對農田灌溉這方面的用心，希望我們能把這一次研究做好，一路上很感謝謝老師的指導，從不知道的東西到熟悉，也謝謝實驗室的學長們，不吝嗇的幫忙讓我們的實驗可以順利進行，最後希望能藉這次的實驗可以更關心農田灌溉這項領域，好好繼續發展下去。

## 七、問題與討論

1. 毛豆年產量錯誤，年產量 17 億為之前的資料，現年年產量已達 25 億。
2. 關於毛豆研發品種 6、7、8 號等資料有誤。
3. 問：為何灌溉專注於毛豆田？  
答：因毛豆此作物特性用水量大，而毛豆灌溉細節多，不是放水入田就好，若水量過多淹水，將會導致毛豆淹死。毛豆田過大必須分區灌溉，所以設計水閥自動控制節省人力時間已達此效果。
4. 問：水閥開關是否有設置角度問題？  
答：我們在水閥全開及全關的部分有設置微動開關，當齒輪轉動碰觸到微動開關直接停止繼續轉動。
5. 問：為何要使用藍芽？  
答：我們必須與手機結合，而目前最普及的通訊設備為藍芽或 wifi 礙於成本考量則選用藍芽。

## 八、參考文獻

### 1. 網站資料

- (1.) 維基百科自由的百科全書，2015，灌溉，台灣，維基百科自由的百科全書，網址：[https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%81%8C](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%81%8C%E6%BA%89)

[%E6%BA%89](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%BA%89)

- (2.) 維基百科自由的百科全書，2015，步進馬達，台灣，維基百科自由的百科全書，網址：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%AD%A5%E9%80%B2%E9%A6%AC%E9%81%94>

- (3.) 華藝線上圖書館，2015，田間精密灌溉用水模式及管理機制之建立，桃園，華藝線上圖書館，網址：<http://www.airtilibrary.com/Publication/alDetailedMesh?docid=U0031-0412201512071909>

- (4.) 崑山科大學生專題，2015，自動灌溉系統，台南，崑山科大學生專題，網址：<http://ir.lib.ksu.edu.tw/bitstream/987654321/23750/2/%E5%B0%88%E9%A1%8C%E8%A3%BD%E4%BD%9C.pdf>

- (5.) 維基百科自由的百科全書，2016，直流馬達，台灣，維基百科自由的百科全書，網址：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%B5%E5%8A%A8%E6%9C%BA>

- (6.) HC-05 藍芽模組設定，2015，藍芽控制，台灣，HC-05 藍芽模組設定，網址：<http://jackedu.blogspot.tw/2015/01/hc-05.html>

- (7.) 天花板隨記，2014，馬達正反轉控制，台灣，天花板隨記，網址：<http://atceiling.blogspot.tw/2014/02/raspberry-pi-1293d.html#.Vy8hZv197IU>

- (8.) Mings Blogger，2013，ARDUINO 語法，台灣，Mings Blogger，網址：<http://ming-shian.blogspot.tw/2013/09/a>

[rduino.html](#)

(9.) 國立中興大學，溫室灌溉自動控制，台中，國立中興大學，網址：

[http://amebse.nchu.edu.tw/new\\_page\\_177.htm](http://amebse.nchu.edu.tw/new_page_177.htm)

(10.) Google 專利，灌溉自動控水系統，2012，中國，Google 專利，網址：

<http://www.google.com/patents/CN102499031A?cl=zh>

(11.) 維基百科自由的百科全書，Arduino，台灣，維基百科自由的百科全書，網址：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/Arduino>

## 2. 期刊

(1.) H. Navarro-Hellin<sup>a</sup>, J. Martinez-del-Rincon<sup>b</sup>, R. Domingo-Miguel<sup>c</sup>, F. Soto-Valles<sup>d</sup>, R. Torres-Sánchez<sup>e</sup>, 2016, "A decision support system for managing irrigation in agriculture", ELSEVIER, Volume 124, Pages 121 - 131

(2.) Marcelo R. Romero<sup>a</sup>, Alexis Wolfel, Cecilia I. Alvarez Igarzabal, 2016, "Smart valve: Polymer actuator to moisture soil control", ELSEVIER, Volume 234, Pages 53 - 62

## 3. 學位論文

(1.) 張廖年峯，2009，「無線感測系統於果園灌溉控制之應用研究」，碩士論文，國立屏東科技大學，屏東。

(2.) 黃信毓，2014，「噴灌系統自動化模式之

實現」，碩士論文，國立屏東科技大學，屏東。

Development of a Smart Phone Control System with a Single Chip Controller for Field Irrigation - The development of Single Chip Controller to Control Water Valve and Water Pump

Teacher:

Ching-Lu Hsieh

Students name:

ChengChi Peng

YunHong Song

JingWei Liao

JunYi Su

## Abstract

Vegetable soybean is an important agricultural product in southern Taiwan, because of weather, soil condition, and good varieties, which make it becomes a popular export product. Due to labor shortage, a time-consuming irrigation process turns into a problem which needs new technology to improve that. This study uses single chip controller and designs a mechanism to control the water valve and water pump which can be controlled by remote controller - a Bluetooth module. This device can automatic control the on/off of water pump and open/close of water valve which makes the irrigation process more efficient, Reduce the time consumption and Energy saving. This time is uses the Bluetooth to carry on the wireless far-end remote control is our achievement, control the open/close of



water value and on/off of water pump This will be used in farmland of large scale cultivation , irrigation work to convenience and eventually saves water resources.

# 手機結合單晶片控制田間灌溉系統的開發— 手機藍牙控制程式的開發

學生姓名:郭育成、黃仲江  
指導老師:謝清祿 老師

國立屏東科技大學  
生物機電工程系

## 摘要

土壤濕度對毛豆發芽有很大的影響。本次研究對象為毛豆田灌溉系統，此研究目的為提供農民一個手機應用程式，可以自動開啟藍牙並顯示搜尋到的藍牙裝置，連接農民想配對的藍牙模組之後，進行訊號的傳輸，進一步操控單晶片，並依照操作者的需求，使抽水馬達運轉、停止與水管球型閘開閉。

## 前言

雖然智慧型手機已推出好一段時間，但隨著智慧型手機電腦化功能及軟硬體處理速度的提升，才逐漸進入實用階段；從多媒體與相機功能以及應用程式的整合甚至到 GPS 衛星導航、手機內部感測器、無線傳輸技術等應用，不難看出它的優勢。其中 Android 系統開放的介面，能夠讓人自行寫出自己喜歡的程式，並輕易地放上手機作動。根據 2013 年市場佔有率的統計數據[1]表示，地球目前人口當中 91% 有手機，而 56% 的人擁有智慧型手機，此外，依據 2014 年台灣的手機市占率統計數據[2]表示，Android 行動裝置和 IOS 行動裝置持有比例為 78.3%:21.7%。

本研究的主要開發動機是因為老師近期探訪種植毛豆的農民，農民提出說種植毛豆田面積廣闊，要行走較遠距離來完成開啟或關閉各區域的水管球型閘和抽水馬達，不僅費時也費力。所以希望能夠設計手機 APP 軟體，讓農民不必耗費上述動作，只要使用手機 APP，就可以輕鬆灌溉毛豆田。

依據台南區農業專訊第 20 期中[3]表示，毛豆對水分之要求對於毛豆的產量有相當大的影響，應該以能夠保持全期濕潤為佳，其次為開花及莢果充實期濕潤，再次為營養生長期濕潤。故在灌水方便之處，必需於播種前先灌水一次，以利毛豆發芽，植後 15 至 20 日灌水第二次，30 至 40 日灌水第三次，50 至 60 日灌水第四次；灌水以田間高處灌滿水後應立即排水，高燥之地因得水不便，可分區灌水，不可全區灌注，否則先灌水之處積水太久，會影響毛豆生育，排水不良之地應於田畦四周或田畦中央開溝以利排水得以防滯。

謝[4]使用 Java 軟體設計應用程式於 Google Android 作業系統的開發環境中模擬，修改 Amarinio 應用程式經由藍牙來對 Arduino 電路板進行控制以及數據傳輸，藉此控制燈光變化

或電腦音樂的應用。

王[5]應用藍牙模組以及無線收發模組，結合控制晶片設計無線通訊系統，並利用符合 Android 作業系統的線上雲端平台與軟體程式，設計原創功能的手機應用程式(APP)，並將手機應用程式作為遙控端或接收端，將訊息執行相對應動作。

王[6]以改變電壓的方式來進行遠端控制燈泡亮度，透過脈衝調變寬度(PWM)來達成，現今智慧手機的使用以日漸增多，以智慧型手機透過藍牙來當作操控的開關。

智慧控制的重要性在於安全感與便利，許多人力求家庭內外的安全性以及舒適性，由此也衍伸出像家庭保全等需求，包括視訊、環境、各種家電監控，都可以為家中成員帶來安全及舒適方便的感受，也讓安全監控成為智慧控制目前最成熟的應用與商機之一。

此次發表的程式較類似於智慧家電系統，用於控制家中電器，例如電燈、冷氣的開關監控…等，為達研究目的，就必須要了解手機開發軟體(Android Studio)、藍牙模組和無線傳輸方式、還有 Arduino 單晶片控制。

### 1-1 Android Studio

Android Studio 為一種整合開發工具(Integrated Development Environment, 簡稱 IDE)，內含有 Android 軟體開發套件(Software Development Kit, 簡稱 SDK)。Java 中有許多不同的整合開發環境，像是 IntelliJ IDEA、NetBeans、Eclipse 等，其中又以 Eclipse 為最常使用且支援許多 Android 軟體開發套件(Android SDK)提供的工具，因此為了方便，近年來一般大多以 Eclipse 與 ADT 為 Android 應用程式的開發環境。2015 年 google 又更新推出了新版本的 Android 整合開發環境，將 Eclipse、Android SDK、ADT 以

及其他開發 Android 應用程式需要的所有檔案包裝壓縮在一起，可以視同專門為開發 Android 而打造的；Studio 整合出更多優點，例如：它是由 google 推出專門為 Android 量身訂做、啟動速度更快、有方便的 UI 編輯器、有專屬模擬器、程式碼智能提示……等。

### 1-2 Arduino [7]

Arduino 是一個開放原始碼的單晶片微電腦，它使用了 Atmel AVR 單片機，採用的是開發原始碼的軟硬體平台，建構於簡易輸入/輸出 I/O 介面版，使用者可以在 Arduino 開發板上接上各種電子元件，如 LED、喇叭、馬達、開關、溫濕度感測器、紅外線發射與接收器、時間晶片、LCD 顯示裝置等，並可以外接 Wi-Fi、XBee、Bluetooth、RFID、GPS 等各種通訊模組。Arduino 平台使用類似 Java、C 語言的 IDE 整合式開發環境，讓設計者能夠快速使用 Arduino 語言或 Flash 或 Processing 作出互動設計。本研究使用 Arduino 單晶片接收手機指示進行控制。

### 1-3 藍牙介紹

藍牙(Bluetooth)[8][9]：藍牙技術是新一代無線連結科技，也是通行全球的無線連結標準，由於是使用成本低功率的無線電傳輸技術，讓不同產品(例如印表機、PDA、PC、傳真機、鍵盤、Notebook)於短距離進行資料傳輸及溝通，因此藍牙不必使用任何有線的傳輸線路(例如電線或纜線)，就能連接各種數位設備。

藍牙技術運作的原理主要是運用跳頻展頻技術(FHSS)方式，使藍牙晶片的兩端，以某一特定形式的窄頻載波同步地在 2.4MHz 頻帶上傳送訊號。詳細來說，此 FHSS 的傳輸技術，是將欲傳輸的信號透過一系列不同的頻率範圍廣播出去，而由傳送裝置先傾聽頻道，若偵測出頻道處於閒置狀態，信號便由此頻道傳送出去；反之，若偵測出頻道為使用中，便使用跳躍程序進行傳送。重要的是，傳送與接收必須要同步切換頻道才可以正常接收資料。

藍牙協議堆疊依照功能可分四層：核心協議層（HCI、LMP、L2CAP、SDP）、線纜替換協定層（RFCOMM）、電話控制協定層（TCS-BIN）、選用協議層（PPP、TCP、IP、UDP、OBEX、IrMC、WAP、WAE）。SPP 序列埠規範（Serial Port Profile）用來取代有線的 RS-232。SPP 協議比原有串口仿真 RFCOMM 協議層更上一層，更接近應用層協議，SPP 協議使用 RFCOMM 協議進行串口仿真，具有更好的兼容性和控制性。常見的兩種支援 SPP 的藍牙模組。一是主控端/從端（master/slave）一體型，出廠的預設通常是「從端」模式，但是能自行透過 AT 命令修改（例如市售 REYAX 品牌的 HC-05 模組）。另一是主控端或從端模式，出廠前就設定好，不能夠更改（例如市售 REYAX 品牌的 HC-06）。市面上的藍牙裝置通常都屬於“slave(從端)”設備，像藍牙滑鼠/鍵盤、藍牙 GPS、藍牙遙控玩具…等等。

HC-05 模組和 HC-06 模組的主要差異在於主、從模式的設定和設置模組參數的 AT 命令支援程度。HC-05 模組通常支援 30 多道 AT 命令，而 HC-06 模組只支援少數 AT 命令，但實務上會用到的 AT 命令通常也只有兩、三個。而一般的 Arduino 藍牙遙控和通訊實驗，也都是使用「從端」模式，所以基本上 HC-06 模組就足以應付大多數需求。

二十一世紀的個人行動通訊使人們感受資訊擷取越來越重要，而藍牙技術強調了通訊與資訊的結合，連結了電腦設備、手機、PDA、以及電腦周邊設備等，提供了無線行動通訊、上網及相關產品相互結合的前景。藍牙技術因強調體積小、價格便宜、易於使用，而廣泛地為大家所青睞，當藍牙技術的實用產品成熟，應能應用於短距離的無線通訊環境，相信對整個通訊和資訊產品生態將造成相當的改變，大大增加人類的生活便利性。

綜合上述，本研究的主要目的為：

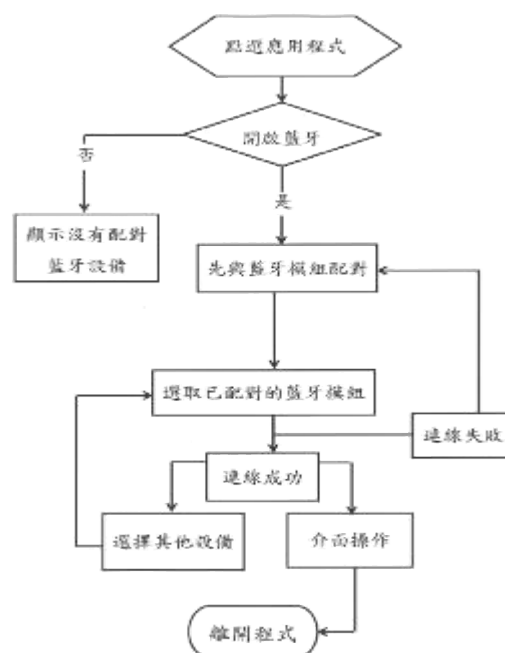
利用 Android 開發工具(Android studio)，開發手機程式並具有以下功能：

- 1) 藍牙能接收訊號，藉以控制單晶片系統。
- 2) 與水管球型閥操控馬達的連線控制。
- 3) 與抽水馬達開關連線控制。

## 二、研究材料與方法

### 2-1

手機藍牙控制程式介面操控流程圖，如圖一，本研究依據此流程圖設計出手機藍牙與 HC-05 藍牙模組的配對，以及簡易的 Android 應用程式控制介面，達到無線傳輸的目的。



圖一、手機操作介面流程圖

### 2-2 如何使用及開發手機藍牙控制程式碼

在 Android Developers 官方網站開發的藍牙參考資源[10]，說明只允許 API 5 到 23 的手機系統才有支援藍牙功能，而 API 就是大家手機的 Android 版本，這次使用 Android Studio 設計軟體提供 API 7 到 23，相當於目前

Android 2.1 到現在的 6.0，所以此次撰寫設計的控制應用程式，也足夠各版本 Android 手機來安裝使用。

Android Developers 官方網站開發的參考資源裡面有提到 API 使用手機藍牙連接藍牙模組的連線程序的四個基本步驟還有需要哪些規定的程式碼。

1) 創建藍牙、掃描其他藍牙設備：

BluetoothAdapter，建立手機本身的藍牙。BluetoothAdapter 是所有藍牙交換的接入點，使用他，你可以發現其它的藍牙設備，並找到到已經配對過的設備，用 MAC 地址來建立一個 BluetoothDevice。

2) 查詢手機藍牙配對的到藍牙設備：

BluetoothDevice，表示遠端的藍牙設備。用它來通過 BluetoothSocket 來請求遠程的藍牙模組進行連接，查詢遠端設備的基本訊息，例如藍牙裝置的名稱、MAC 地址、連接狀態。

3) 建立 RFCOMM 途徑/接口：連接設備

表示一個 Bluetooth socket 接口(與 TCP socket 相似)。他是一個連接點，運行藍牙設備通過 InputStream 和 OutputStream 形式來交換數據。

4) 通過藍牙傳輸數據

### 2-3 MAC

媒體存取控制位址 (Media Access Control，MAC) 又稱為「硬體位址 (Hardware address)」或「實體位址 (Physical address)」，是由美國電子電機工程師學會 (Institute of Electronic and Electrical Engineer，IEEE) 制定。

電腦所使用的每張網路卡在出廠時都會在唯讀記憶體 (Read Only Memory，ROM) 中燒錄唯一的 MAC 位址，MAC 位址總共 6 位元組 (Byte)，前面位元組是生產網路卡的廠商代碼，後面 3 位元組是這張網路卡的編號，所以全世界所使用的每一張網路卡的 MAC 位址

都不同。



圖二、手機藍牙的 MAC

### 2-5 UUID

UUID(Universally Unique Identifier 縮寫)，中文可以翻譯為「通用唯一識別碼」。軟體常常需要使用識別碼(identifier) 來辨識不同實體或物件，而藍牙的 UUID 有非常多組，有藍牙序列埠、撥號服務、文件傳輸服務、傳真服務用...等，所以此次設計用到的是藍牙序列埠 UUID 這組。

```
static final UUID myUUID = UUID.fromString("00001101-0000-1000-8000-000059B34FBF");
```

### 2-6 Arduino 藍牙模組介紹



圖三、HC-05 藍牙模組

1. 圖三為這次搭配 Arduino 的藍牙模組 HC-05，而它的規格及功能有：

- 1) 採用 CSR 主流藍牙晶片，藍牙 V2.0 協定標準。
- 2) 模組供電電壓：3.3V~3.6V。
- 3) 默認參數：串列傳輸速率 9600、配對碼 1234、工作模式 從機。
- 4) 通訊距離：空曠條件下 10M，正常使用環境 8M 左右。
- 5) 適用：GPS 導航系統、水電煤氣抄表系統、工業現場採控系統、電腦加藍牙適配器、PDA 設備進行無線傳輸...等。

## 2. 腳位功能介紹

- 1)STATE: 藍牙連接狀態引出腳
- 2)RXD: 接收端，表示為自己的接收端。
- 3)TXD: 發送端，表示為自己的發送端。
- 4)GND: 接地
- 5)VCC: 輸入 3.6V 至 6V 的電源
- 6)EN:「命令回應模式」接腳(通常標示成“KEY”或“EN”)，用於啟動 AT 命令模式，調整藍牙模組的設定(例如，調整序列埠的傳輸速率、修改模組的名稱、修改配對密碼…等等)。

## 3-1 程式單元功能設計

```
<uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH_ADMIN"/>
<uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH"/>
```

### 圖四、允許 APP 使用手機藍牙程式碼

當你開發的手機軟體需要使用藍牙，首先必須在 manifest(AndroidManifest.xml) 檔案內添加(圖四)兩段程式碼，此檔案儲存著該應用程式的重要資訊，所以每當在 Android 執行應用程式之前，會先擷取該應用程式檔案內容。(圖四)程式碼 BLUETOOTH\_ADMIN 則讓程式有權限搜尋裝置及設定藍牙，程式碼 BLUETOOTH 則是讓程式有權限連接裝置。



圖五、開啟 APP 程式起始畫面

圖五為當你點擊開啟 App 的時候，如果操作者的手機沒有開啟藍牙的話，會顯示提醒的選擇

視窗，提醒操作者開啟手機藍牙。

```
try {
    mAdapter = BluetoothAdapter.getDefaultAdapter();
} catch (Exception e) {
    // 如果返回 null 值，說明此手機不支援藍牙服務
    return null;
}

// 如果返回 null 值，說明此手機不支援藍牙服務
return null;

// 如果返回 null 值，說明此手機不支援藍牙服務
return null;

// 如果返回 null 值，說明此手機不支援藍牙服務
return null;
```

圖六、開啟 APP 程式起始畫面程式碼

圖六使用 BluetoothAdapter 用來尋找設備和初始化藍牙服務。getDefaultAdapter() 方法，獲取藍牙服務相關資訊，若方法返回 null 值，說明此手機不支援藍牙服務，手機會顯示此手機不支援藍牙。如果此時藍牙服務沒有被啟動，那麼可以使用內置

Activity:BluetoothAdapter.ACTION\_REQUEST\_ENABLE 程式碼，來請求使用者是否對應用程式進行授權，顯示要求開啟藍牙功能視窗，從而決定是否打開藍牙服務。



圖七、主頁面

圖七為開啟藍牙後會看到主頁面，使用到的 UI 元件有 TextView 文字標籤元件、ListView、清單方塊元件、ImageView 顯示圖形元件、Button 按鈕元件。

```

public class DeviceList extends ActionBarActivity
{

    Button btnPaired;
    ListView deviceList;
    ImageView pic;

    private BluetoothAdapter myBluetooth = null;
    private Set<BluetoothDevice> pairedDevices;
    public static String EXTRA_ADDRESS = "device_address";

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState)
    {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_device_list);

        btnPaired = (Button)findViewById(R.id.button);
        deviceList = (ListView)findViewById(R.id.listView);
        pic = (ImageView)findViewById(R.id.imageView);
    }
}

```

圖八、主頁面程式碼

圖八使用到的元件程式碼，會先宣告代表元件的變數，因為它們會在不同的方法用到，所以需要宣告在類別之內、方法之外。使用到的元件分別有:TextView 文字標籤元件(用來顯示文字，提醒使用者搜尋設備)、ListView 清單方塊元件(以條列式的方式顯示藍牙模組資料)、ImageView 顯示圖形元件(用來顯示背景圖案)、Button 按鈕元件(讓操作者點擊搜尋，開始搜尋藍牙模組。)



圖九、未開啟藍牙狀況下點擊搜尋



圖十、顯示已配對藍牙模組

圖九是在圖五步驟時選擇拒絕開啟藍牙，而在主畫面操作者想要點擊搜尋按鈕則會跳出快顯視窗顯示「請開啟藍牙並配對」的提醒。

圖十為要是操作者有開啟藍牙，點擊搜尋，則在清單方塊元件上會顯示已經配對過的藍牙模組名稱及它的 MAC 地址。

```

@Override
public void onClick(View v)
{
    pairedDevicesList();
}

private void pairedDevicesList()
{
    pairedDevices = myBluetooth.getPairedDevices();
    ArrayList list = new ArrayList();

    if (pairedDevices.size()>0)
    {
        for(BluetoothDevice bt : pairedDevices)
        {
            list.add(bt.getName() + " " + bt.getAddress());
        }
    }
    else
    {
        Toast.makeText(getApplicationContext(), "請開啟藍牙並配對", Toast.LENGTH_LONG).show();
    }

    final
    ArrayAdapter adapter = new ArrayAdapter<String,android.widget.TextView.SimpleListRow, List>(
        deviceList.getContext(),adapter);
    deviceList.setAdapter(adapter);
    deviceList.setOnItemClickListener(myListClickListener);
}

```

### 圖十一、顯示已配對藍牙模組程式碼

圖十一為點擊搜尋按鈕程式碼，要得到點擊「搜尋」按鈕後的結果，這個按鈕必須準備一個「操作者點擊」這個按鈕事件的監聽器，而首先必須設定事件的規範，而對應的規範就是 OnClickListener 介面，並且取得代表按鈕物件，該介面規定了監聽物件必須提供 onClick 方法的規格。所以底下的程式使用了 btnPaired 的 onClick 的方法，執行『按一下』按鈕工作。pairedDevices 的 getBondedDevice 方法來獲取已經配對完成的藍牙模組，如果獲取結果大於 0，獲取每個藍牙設備的名稱和 MAC 地址顯示在清單上。如果沒有開啟藍牙就點擊搜尋則會顯示「請開啟藍牙並配對」的快顯視窗提示。Final 成員定義取得 myListClickListener 物件，操作者才可以點擊需要的藍牙模組。

```
private AdapterView.OnItemClickListener myListClickListener = new AdapterView.OnItemClickListener() {
    public void onItemClick(AdapterView<?> av, View v, int arg2, long arg3) {
        String info = ((TextView) v).getText().toString();
        String address = info.substring(info.length() - 17);

        Intent i = new Intent(getApplicationContext(), LedControl.class);

        i.putExtra(EXTRA_ADDRESS, address);
        startActivity(i);
    }
};
```

圖十二、點擊清單方塊程式碼

圖十二、點擊清單方塊 myListClickListener 的 onItemClick 點擊方法，主要功能是取得操作者點擊想要的藍牙模組，並獲取藍牙模組 MAC 地址。Intent 一般用來跳轉 Activity 頁面或是在兩個 Activity 間傳遞參數用，Intent 指定要跳到新的頁面，頁面的類別名稱為 LedControl 的活動頁面，putExtra 則幫忙把你點擊選取的藍牙設備的位址資料給 Intent，startActivity 則做切換頁面的動作。

```
public class LedControl extends AppCompatActivity {
    Button btnOn, btnOff, btnDis, btnP, btnS;

    String address = null;
    private ProgressDialog progress;
    BluetoothAdapter myBluetooth = null;
    BluetoothSocket btSocket = null;
    private boolean isBtConnected = false;
    static final UUID myUUID = UUID.fromString("00001101-0000-1000-8000-00805F9B34FB");

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_led_control);

        btnOn = (Button) findViewById(R.id.button1);
        btnOff = (Button) findViewById(R.id.button2);
        btnDis = (Button) findViewById(R.id.button3);
        btnP = (Button) findViewById(R.id.button4);
        btnS = (Button) findViewById(R.id.button5);
        btnDis.setOnClickListener(new OnClickListener() {
            @Override
            public void onClick() {
                // TODO: Implement this method
            }
        });
    }
}
```

圖十三、宣告元件程式碼

開啟操控畫面之前，會先宣告將使用到的元件，有五個 Button 元件用來操控抽水馬達開關及水閥開關、選擇其他藍牙設備的變數。Address 藍牙位址的初值為 null、BluetoothAdapter 名稱為 myBluetooth、BluetoothSocket 名稱為 btSocket、isBtConnected 變數，初值為 false 提供在處理背景程序時做邏輯運算。Intent 為取得從上一個頁面傳來的物件，所以會取得剛剛所選取的藍牙設備的位址，然後給背景程序做使用。setContentView 跳到新的手機畫面，並取得顯示按鈕物件，execute(); 則是建立一個背景處理程序。





圖十四、背景處理程序畫面

圖十四為操作者點擊選擇的藍牙模組會在第二個控制頁面顯示執行背景程序視窗。每當一個應用程序運行的時候，Android 操作系統就會給該應用程序啟動一個執行序，在 Android 當中，通常將執行序分為兩種，一種叫做 Main Thread(主/UI 線程)，除了 Main Thread 之外的執行序都可稱為 Worker Thread(其它線程)。當一個應用程序運行的時候，Android 操作系統就會給該應用程序啟動一個執行序，這個執行序就是 Main Thread，這個執行序非常的重要，它主要用來加載的 UI 界面，完成系統和使用者之間的交互，並將交互後的結果顯示給使用者，所以 Main Thread 又被稱為 UI Thread。

```
private class ConnectHl extends AsyncTask<Void, Void, Void>
{
    private boolean ConnectSuccess = true;

    @Override
    protected void onPreExecute()
    {
        progress = ProgressDialog.show(this, "連線中...", "請快按!!!");
    }
}
```

圖十五、顯示背景處理程序畫面程式碼

圖十五的 AsyncTask 類別是一種 UI Thread 在背景執行運作的非同步任務，宣告一個 ConnectSuccessrm 變數等於 true，會不斷地連線。ProgressDialog 則是把執行背景程序視窗顯示在第二個頁面並顯示「連線中... 請

稍後!!!」的提醒文字給操作者。

```
protected void doInBackground(Void... devices)
{
    try
    {
        if (btSocket == null || !isBTConnected)
        {
            myBluetooth = BluetoothAdapter.getDefaultAdapter();

            BluetoothDevice device = myBluetooth.getRemoteDevice(address);

            btSocket = device.createInsecureRfcommSocketToServiceRecord(myUUID);

            BluetoothAdapter.getDefaultAdapter().cancelDiscovery();

            btSocket.connect();
        }
    }
}
```

圖十六、建立手機與藍牙模組的 RFCOMM

圖十六程式碼，doInBackground 為 Worker Thread，在背景程序中處理手機與藍牙模組的配對與建立傳輸的部分，btSocket 跟 isBTConnected 變數做邏輯運算為 true，會執行下面 myBluetooth 為先取得手機藍牙的裝置，BluetoothDevice 則會取得選取藍牙模組的 MAC 位址，btSocket 建立 RFCOMM 的通道進行通訊，然後使用規定的 UUID 才能與藍牙傳輸訊號。cancelDiscovery 則是當建立好 RFCOMM 的通道，就可以關閉搜索設備，防止連線速度的減慢。而手機就完成了 RFCOMM 的连接。

```
catch (IOException e)
{
    ConnectSuccess = false;
}
return null;
}

@Override
protected void onPostExecute(Void result)
{
    super.onPostExecute(result);

    if (!ConnectSuccess)
    {
        msg("連線錯誤，請確認已配對連線");
        finish();
    }
    else
    {
        isBTConnected = true;
        msg("連線成功");
    }

    progress.dismiss();
}
}
```

圖十七程式碼顯示結果程式碼

圖十七程式碼，假如連線失敗，會執行 catch 裡面的敘述區段，onPostExecute 顯示背景處理程序的結果，用 if...else 雙向選擇結構來判斷，假如在剛剛建立 RFCOMM 連線的過程失敗了則跳出快顯視窗顯示「連線錯誤，請確認已配對連線」提示，並跳回第一個頁面。建立成功的話則會跳出快顯示窗「連線成功」提示，接著執行 Progress.dismiss 是結束所有的背景處理程序，則可以開始操控介面。



圖十八、連線失敗



圖十九、連線成功

圖十八手機與藍牙連接失敗，在手機底下會顯示快顯示窗，顯示「連接錯誤，請確認已配對連線」的提示。十九圖手機與藍牙連接成功，在手機底下會顯示快顯示窗，顯示「連線成功」的提示。

```

btnOn.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(View v) {
        turnOn();
    }
});

btnOff.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(View v) {
        turnOff();
    }
});

btnR.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(View v) {
        open();
    }
});

btnL.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(View v) {
        close();
    }
});

btnDis.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(View v) {
        Disconnect();
    }
});

```

圖二十、Button 方法程式碼

圖二十這邊 Button 一樣使用 OnClickListener，操作者執行按一下工作對應執行的按鈕方法有 btnOn 執行 turnOn 方法、btnOff 執行 turnOff 方法、btnR 執行 open 方法、btnL 執行 close 方法、btnDis 執行 Disconnect 方法。

```

private void turnOff()
{
    if (BluetoothAdapter.getDefaultAdapter().isEnabled())
    {
        try
        {
            msg("turnOff");
            btSocket.getOutputStream().write("0".getBytes());
        }
        catch (IOException e)
        {
            msg("Error");
        }
    }
}

private void turnOn()
{
    if (BluetoothAdapter.getDefaultAdapter().isEnabled())
    {
        try
        {
            msg("turnOn");
            btSocket.getOutputStream().write("1".getBytes());
        }
        catch (IOException e)
        {
            msg("Error");
        }
    }
}

private void open()
{
    if (BluetoothAdapter.getDefaultAdapter().isEnabled())
    {
        try
        {
            msg("turnOn");
            btSocket.getOutputStream().write("0".getBytes());
        }
        catch (IOException e)
        {
            msg("Error");
        }
    }
}

private void close()
{
    if (BluetoothAdapter.getDefaultAdapter().isEnabled())
    {
        try
        {
            msg("turnOff");
            btSocket.getOutputStream().write("0".getBytes());
        }
        catch (IOException e)
        {
            msg("Error");
        }
    }
}

private void Disconnect()
{
    if (BluetoothAdapter.getDefaultAdapter().isEnabled())
    {
        try
        {
            btSocket.close();
        }
        catch (IOException e)
        {
            msg("Error");
        }
    }
    finish();
}

```

圖二十一、按鈕執行工作程式碼

圖二十一為 turnOff 方法、turnOn 方法、open 方法、close 方法的執行的工作，以 turnOn 方法來解釋說明，使用選擇結構來傳送訊號，先用單向選擇結構 if 判斷藍牙是否有連線，然後使用 try catch 陳述式，getOutputStream 向我所選取的藍牙模組發送訊號，發送訊號為數字” 0 ”，讓連接藍牙模組 Arduino 接收到訊號，Arduino 內部程式碼就可以執行欲操控的 LED。假如要點擊選擇其它的藍牙設備按鈕如(圖十八)會執行 Disconnect 方法，btSocket.close 關閉與藍牙的 RFCOMM 連線。finsh 回到選擇藍牙設備的清單。

## 結論與建議

這次的專題研究，我們成功使用自己設計的 APP 應用軟體，達到手機與藍牙模組連線，並操控抽水馬達與水管球型閥的開啟跟關閉。但此次手機應用程式功能方面仍然不夠完善，尚可再新增其他功能，例如：水閥順序連動開啟/關閉、切換手動自動模式、水閥回饋裝置(水閥是否開啟成功、灌溉水是否成功送出)、一次連接多個藍牙模組…等，能夠更加地便利農民，也能使他們能更夠輕鬆、放心的使用我們所開發的應用程式。

## 誌謝

本專題能順利完成，首先由衷感謝我們的指導老師 謝清祿 副教授這一年來的指導以及包容，除了教我們在學業、專題方向和研究方法的啟蒙及正確的研究態度外，也教會我們許多做人處事的道理，讓我們受益良多，對於師長的諄諄教誨僅此致最深之謝意。此外也要感謝本實驗室的陳弘暉學長以及谷展宏學長的鼓勵以及協助，在本專題的研究上提供了許多的建議與討論。還要感謝另一組的組員政騏、晉偉、雲弘、均逸，一起討論與排解專題上的各種難題，如果沒有大家的幫忙，這份專題研究肯定是無法完成的。再次衷心感謝他們無所求的付出。

## 參考文獻

- [1] Infographic: 2013 Mobile Growth Statistics: <http://www.digitalbuzzblog.com/infographic-2013-mobile-growth-statistics/>。2015-11-20
- [2] 2014-mobile-ads-market-report

<http://technews.tw/2015/01/16/vpon-2014-mobile-ads-market-report/>。2015-12-3

[3] 游添榮、吳昭慧、王裕權，1997，毛豆生產技術，台南區農業專訊第 20 期。

<http://www.shute.kh.edu.tw/~2013PBL01/photo.htm>。2016-04-28

[4] 謝宇軒、劉宗慶、陳義揚，2012，Android 手機於燈光與電腦音樂的控制應用，華岡工程學報第 27 期

[5] 王文宏，2014，「Android 應用程式結和藍牙模組與控制晶片之無線系統開發及實現」，碩士論文，樹德科技大學，高雄。

[6] 王永佳，2015，「燈光亮度模糊控制方法之研究」，碩士論文，國立台北科技大學，台北。

[7] Ashraf Elfasakhany, Eduardo Yanez, Karen Baylon, Ricardo Salgado, 2011, Design and Development of a Competitive Low-Cost Robot Arm with Four Degrees of Freedom, Modern Mechanical Engineering, 1, 47-55

[8] Tzu-Chang Yeh, Jian-Ren Peng, Sheng-Shih Wang, and Jun-Ping Hsu, 2012, Securing Bluetooth Communications, International Journal of Network Security, Vol.14, No. 4, PP.229-235

[9] 藍牙技術

<http://tech.get.com.tw/tech/tech-13-1.htm>。2015-12-5

[10] Android Developers

<https://developer.android.com/index.html>

[11] 邱士豪，2015，android 藍牙連線說明 <https://www.youtube.com/watch?v=kfcg86JCSEQ>。2016-3-15

[12] Circuit Magic, Arduino Bluetooth Android - LED Controller Project, 網址: <https://www.youtube.com/watch?v=OXpIUvYjbN0>。2016-02-28

Develop of a phone connection system with a single chip for field irrigation control -

The development of mobile Bluetooth control program

Advisor: Ching-Lu Hsieh

Students: Yu-Cheng Kuo、Chung-Chiang Huang

Department of Biomechatronics Engineering  
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

Development of a Smart Phone Control System with a Single Chip Controller for Field Irrigation - The development of Application for Bluetooth Module Control in Smart Phone

Moisture content of soil is crucial for vegetable soybean for sprouting. This study developed an application (app) on Android smart phone that can control the irrigation valve and pump thru Bluetooth module. In pre-test result showed our app can search and display other Bluetooth module so as to connect each other for communication. In field test, the app can send signal to Arduino and control on/off for water pump and open/close for water valve. The developed smart phone app can be used in many other fields, such as home facilities and medical devices.

# 機械仿生紅魚胸鰭擺動

袁紹文 徐忻 蔡承霖  
指導老師： 苗志銘教授

國立屏東科技大學  
生物機電工程系

## 摘要

本專題製作一仿造紅魚動作之仿生魚，透過觀察魚體的游動方式、魚鰭的擺動頻率、前進方法，藉由整合動力源、機構，使其能模仿魚胸鰭的擺動方式透過角度的分配、胸鰭的長短、振幅，讓機械的動作更貼近紅魚真實游動的方式。魚體中，運用 Arduino 單晶片的程式撰寫，調整訊號，以控制直流馬達的轉速，藉此達到單邊擺動、雙邊擺動等功能，藉此控此魚體產生左右轉之運動。期望藉由機械重現實體魚的作動樣貌。

關鍵字: 仿生魚、3D 列印機、Arduino UNO R3  
MRF(median and/or pair fin)、胸鰭擺動

## 一. 引言

仿生(Bionic)，舉凡對於生物的結構、原理、行為、器官功能等等，人類藉由已知的科學，去學習、重現生物的狀態，人類透過觀察、研究、模仿等方式，從中得著新知識，以解決人類現有難題。

海洋，涵蓋地球71%的廣大生態圈，生活在其中的海洋生物適應了這三維的空間，在那蓬勃生長，其中又以魚類最廣為人知，也是人類目前較多研究的海洋生物，對於人類現今還無法完整探索的海洋而言，魚類的仿生(Bionic)，或許可以藉由觀察模仿使得我們對於此生物有更多的了解，藉此發展或許能更多探索

這片海底世界。

本次專題主要為探討，紅魚胸鰭的擺動方式，針對其運動情形，設計相仿的可動機構，並使用 Arduino 控制板配合直流馬達的輸出，製作出週期性的擺動，以模擬紅魚的游動的樣子。

在研究中繪製紅魚之胸鰭(pectoral fins)擺動位置週期圖，透過機構的設計，與角度的調整製作出相仿胸鰭(pectoral fins)擺動位置週期圖的一仿生紅魚。製作過程中也探討對於選用不同材質的使用，是否會於作動時產生影響。

以及研究在運動過程中，有哪些因素，影響整體機構之轉動速度，另外在動力傳遞上，亦探討使用齒輪或是鏈條的傳動方式較佳，最後發現以鏈條作為聯結，較能節省空間及整體重量。

文獻回顧得知，胸鰭的波動則是由多條胸鰭連桿按照固定相位關係，週期性地工作實現。仿生紅魚通過調整胸鰭連桿上下擺動的角度、頻率以及相鄰胸鰭連桿擺動的相位差即可改變胸鰭波動參數，可實現各種游動動作。[1]

## 二、研究內容與實驗方法

### 2.1 研究內容：

本專題研究內容，目標是製作出一作動與紅魚胸鰭相仿的，機械仿生魚，在機構上能順利地運轉，且配合Arduino所控制馬達，產生單邊擺動、雙邊擺動等功能，在進一步針對外觀模仿。

#### 2.1-1 紅魚的型態、胸鰭波動方式分析

紅魚之型態，在世界中紅魚的種類有11屬，其中我們模仿珍珠紅的游動方式，來進行這次的專題，珍珠紅身體呈現圓盤狀，構造以胸鰭、腹鰭、尾鰭為游動，主要以胸鰭來提供前進[2]。

依照Brede魚的游動部位所分類，為MPF(median and/or pair fin)之游動方式，利用魚體中間的一對胸鰭來推進。[3]

透過網路上影片[4]的觀察，發現胸鰭的波動，最為影響動作前進，腹鰭則是用魚平衡較多。

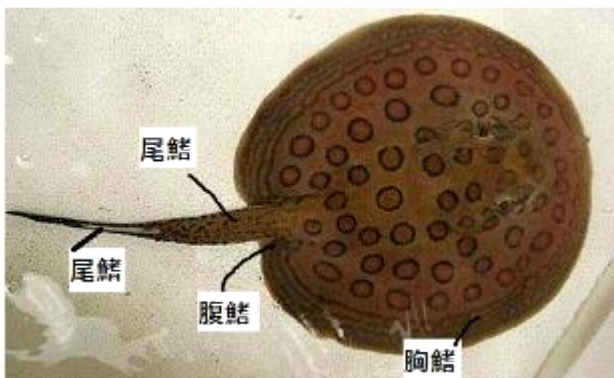


圖1 紅魚的身體構造 [5]

#### 2.1-2 魚體設計

在得知紅魚大致構造，與前進方式後，以動作仿生為主軸，照所研究之擺動方式，得設計機構，並依作動的不同分類成，胸鰭擺動機構；馬達傳動機構；內部固定支架、外觀四大點，進行設計。

### 胸鰭擺動機構：

針對胸鰭特有的方式進行擺動，並產生特定波形，依此前進。

透過文獻[1]找到較具體的動作方式。

南京航空航天大學碩士學位論文



圖2. 紅魚的游動方式高速攝影 [1]

由此圖可以看出，紅魚若向前游動，胸鰭會呈現一個波形，藉此產生推力。因此設計一利用轉動盤，帶動一連桿，藉由支點產生，上下的往復運動。本專題中，將紅魚胸鰭分解成了四隻相同運動方式的胸鰭連桿，以模仿紅魚胸鰭，的前進運動波形。另外經由胸鰭連桿間隔角度，找出最接近我們所需要的動作。在胸鰭連桿長短的安排上，為了在外型更像珍珠紅，胸鰭連桿被設計成了分別兩兩一組的總長約28.5cm、24.5cm，以呈現圓形，且在大小上也與真實相仿。

### 傳動機構：

本次研究，需要將馬達的旋轉式的動力，傳遞到，四個胸鰭支架，需在運轉過程中不產生中斷，或是傳遞上有高低差的情形，因此運用了同心軸的原理，製作了一傳動軸，將動力同時傳遞給四個胸鰭支架下方的齒輪，並利用了鏈條，將動力以水平的方式向上傳遞給胸鰭支架後方的轉動圓盤，在藉由圓盤帶動胸鰭連桿。

### 內部固定支架：

在內部構造的安排上，考慮到設置能否放入Arduino控制板以及馬達的放置，因此有特別預留空間。另外在固定胸鰭支架上，設計了一L形的支撐架，用以固定胸鰭支架、傳動齒輪、傳動軸。

### 外觀、防潑水:

在外觀上,珍珠魷是圓形的因此,在胸鰭上已設計成圓形狀,另外針對其顏色,是屬於較深色,又需要防水的效果,因此我們利用了黑色塑膠袋,包覆外層,期望達到防潑水的效果,以保護內中的電路,不受到水的影響。

### 2.1-3動力系統設計

在此次研究中,動力實屬重要,為了能讓仿生魚,呈現與實際相仿的動作,我們設計了機構,但若缺少了,動力系統來帶動機構,可以說是缺少了整隻魚的血液。在動力系統中,我們將其分為,控制主體程式、驅動電路兩大點,進行設計。

### 控制主體程式:

本次利用Arduino UNO R3,藉由程式碼的撰寫,控制馬達的作動,藉此使魚體能夠單邊擺動、雙邊擺動、轉動的快慢。藉此讓魚有更多動作種方式的呈現。

### 驅動電路:

依照所預定之電路進行設計,亦要避免干擾到運動中的迴轉機構,利用麵包板進行電線的整線、且依照馬達的規格利用行動電源給予適當電壓,並將Arduino訊號提供致馬達使其運轉。

### 2.2實驗方法:

依照所設計之概念,繪製3D草圖進行動作模擬,確認了機構的可行性,在仿生魚機構的材料上嘗試了許多的材質,試圖尋找符合之重量輕,且能方便加工獲得所需要的形狀,最後由於在設計的特殊,以及開模的價格上,選擇運用3D列印來完成,並且配合Arduino進行控制。

### 2.2-1材料的選用分析

在仿生魚的胸鰭是主要的作動元件,由於長度仿造實體大小(28CM),為了避免扭矩過大,因此希望材質能以重量輕,且容易加工為考量。我們利用了Solidworks內建中的模組分析,試計算同樣體積下其不同材質重量。得出下表。

	PLA 線材	木頭	鋁	鐵	壓克力
體積 ( $cm^3$ )	29.39	29.39	29.39	29.39	29.39
密度 ( $g/cm^3$ )	1.2	0.6	2.7	7.8	1.2
質量 (g)	30.2	17.63	79.35	229.24	35.27

表一. 材質重量比較圖

\*其中PLA的重量為3D列印後實際測量而非Solidworks分析。雖然PLA線材密度為 $1.2(g/cm^3)$ ,但由於3D列印時是採蜂巢狀列印,因此整體重量會比理論輕。

密度 = 0.60 公克 每 立方釐米  
 質量 = 17.63 公克  
 體積 = 29.39 立方釐米  
 表面積 = 132.29 平方釐米  
 質量中心:(釐米)  
 X = 0.40  
 Y = 0.00  
 Z = 14.01

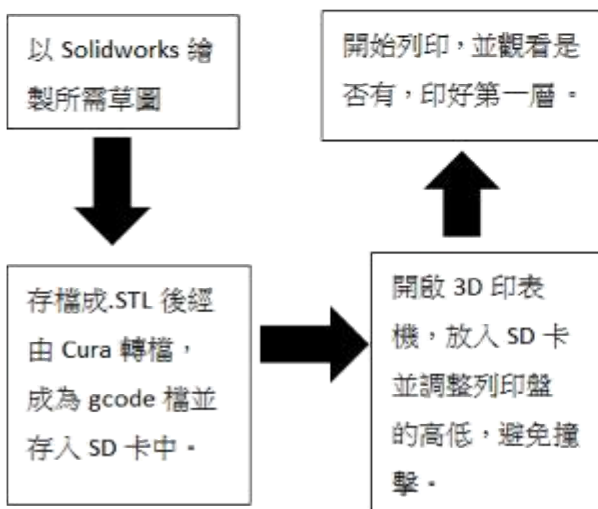
圖3. 材質木頭的分析示意圖

最後由於考量到物件的加工精密度以及目前現有的技術,選用了重量第二輕的PLA線材,作為本次專題的製作材料。

### 2.2-2 3D印表機(BQ witbox)印製流程

3D印表機是利用了PLA線材作為材料，在210度的高溫下，機器將線材融化，經由擠壓後推出，在2個軌道下，移動至需要之位置，線材經由層層堆疊，逐步形成一立體物件，線材會在擠出後冷卻再次固化。此台的列印範圍是297x210x200mm，因此在繪製草圖時，不要超過此限制。

繪製完草圖後，我們會存檔成.STL檔，再經由Cura的軟體以gcode檔輸入存進SD卡，再經由3D列印機的操作點開SD卡中的檔案，即可開始印製。 [7]



表二. 3D列印之流程圖

### 2.2-3 3D列印草圖

草圖利用Solidworks繪圖軟體所繪製，並利用組合件將各零件組合起，調整位置，避免印製後組裝不起來，確認後，利用Cura軟體開啟檔案，設定3D列印機。

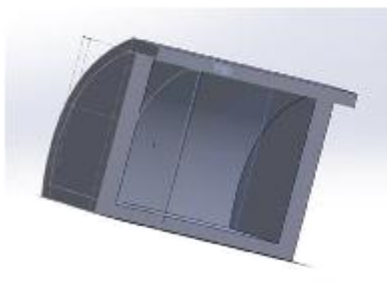


圖4. 魚頭草圖

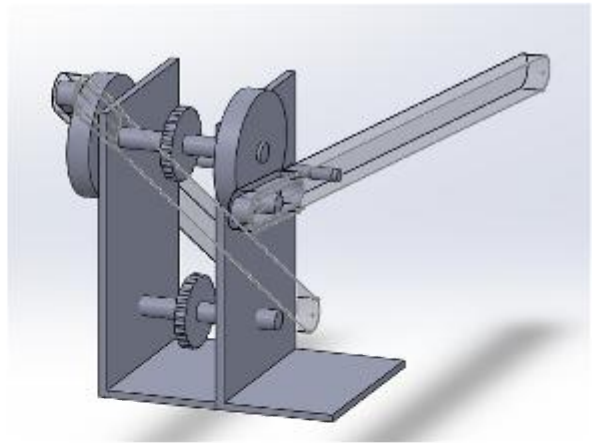


圖5. 齒輪連桿等組合元件

### 2.2-4 控制主體Arduino

Arduino，是一個開放原始碼的單晶片微控制器，它使用了Atmel AVR單片機，採用了開放原始碼的軟硬體平台，建構於簡易輸出/輸入 (simple I/O) 介面板 [6]



圖6. Arduino

利用Arduino，輸入程式碼，以內建的方式來控制馬達的旋轉，藉由預設的程式碼，帶動魚體的動作。

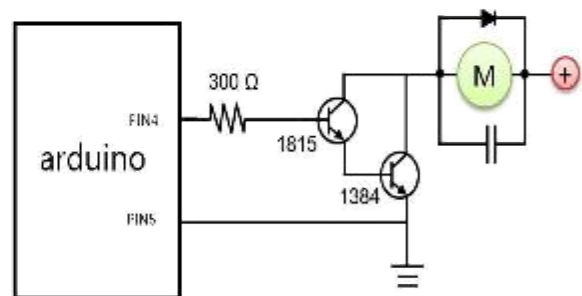


圖7. 電路圖



### 2.2-5 整體組裝

將印出後的元件組裝利用，快乾膠、塑鋼土等方式按照所繪製的模擬圖進行接合。

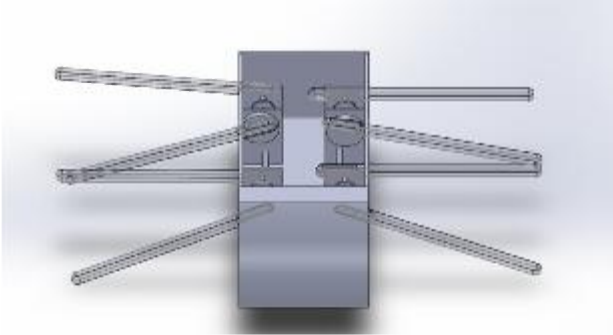


圖8. 模擬結合草圖



圖9. 內部整體構造

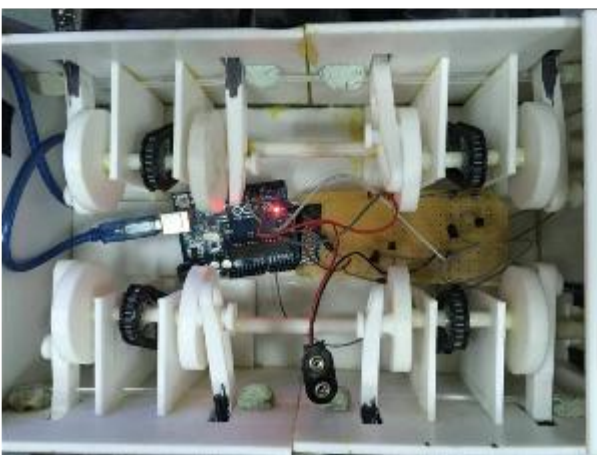


圖10. 內部動力構造

連接完後，發現達到預期擺動效果，但是在轉動的流暢性上不順，因此在接觸點上，塗抹凡士林，藉此增加潤滑度。



圖11. 仿生魚實體圖

### 2.2-6 實驗設備與材料：

	設備名稱	規格
1	3D列印機	BQ witbox
2	電焊槍	AE110V30W
3.	三用電表	YFE YF-1000
4.	電源供應器	GPS-2303 ( 30V, 3A X 2 )
5.	吸錫器	

表三. 實驗設備

	名稱	規格
1	3M防水膠帶	黑色
2	凡士林	
3.	AB膠	
4.	快速膠	
5.	塑鋼土	
6.	保麗龍膠	
7.	PLA線	白色
8.	焊錫	

表四. 耗材

	名稱	規格
1.	Arduino	UNO R3
2.	馬達	5V
3.	電池	5V

表五. 電子材料

### 三. 結果與討論

#### 3.1 結果

在做出內部機構後，進行胸鰭連桿的擺幅調整，依照文獻分析，並對照得出大概位置。而後每一個胸鰭連桿的調整，利用其機構上轉動圓盤間隔出角度，相隔的角度將會影響，胸鰭的起伏時間點，藉此以達到相似波型。

並且利用Arduino控制馬達運轉，再以控制轉速，使仿生魚的胸鰭動作時產生速度的差別，藉此控制魚體速度。

##### 3.1-1 波形測試分析

比對從文獻中[1]找出之高速攝影圖，繪製出大致的相對位置位置，將胸鰭依照相等距離，分成1-4點，將胸鰭的擺動最高點設為2，擺動最低點設為-2，繪製成下圖，

#### 利用高速攝影縮圖分析

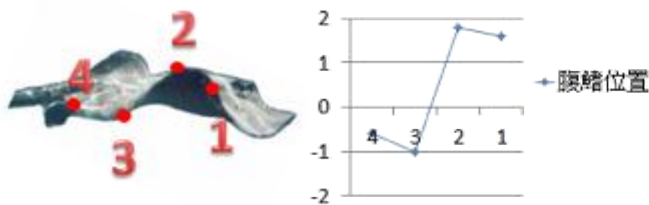


圖12. 魚體波形分析圖

接下來的比對分析，我們所製作出仿生魚，是否符合，我們預期的擺動波形，

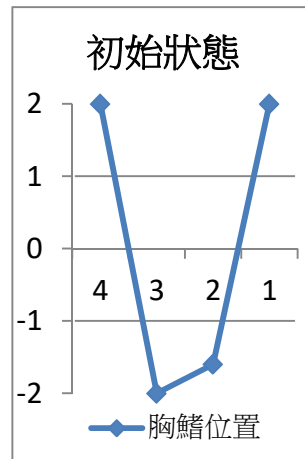


圖13. 胸鰭波形位置圖1



圖14. 初始位置

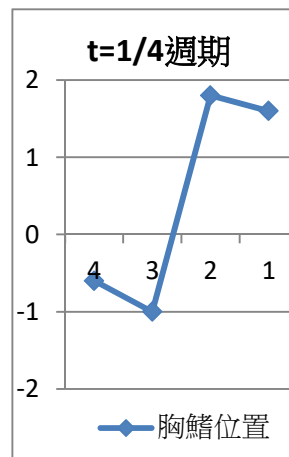


圖15. 胸鰭波形位置圖2



圖16.  $t=1/4$ 週期

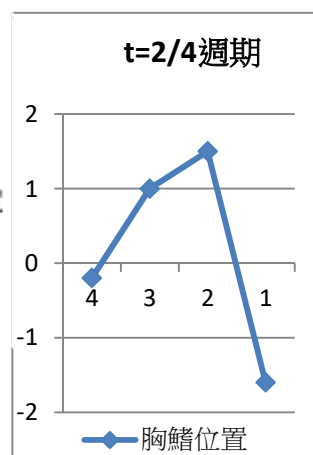


圖17. 胸鰭波形位置圖3



圖18.  $t=2/4$ 週期

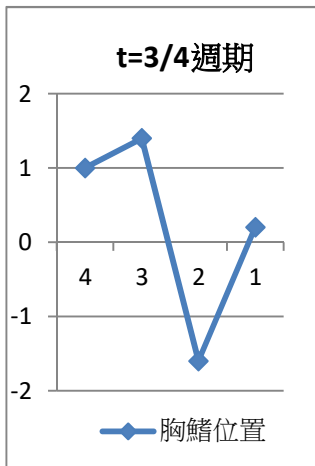


圖19. 胸鰭波形位置圖4



圖20. t=3/4週期

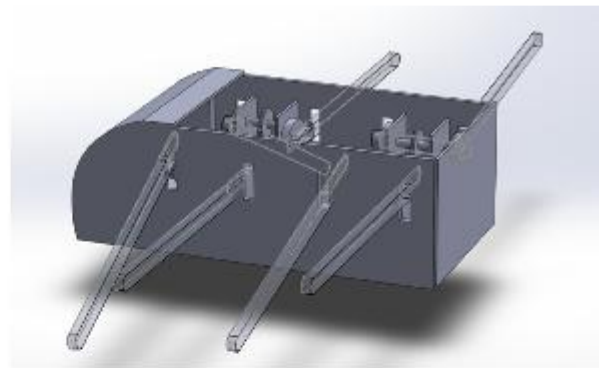


圖24. 仿生魚3D草圖設計

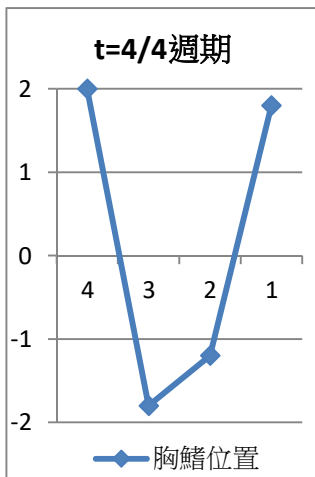


圖21. 胸鰭波形位置圖5



圖22. t=4/4週期

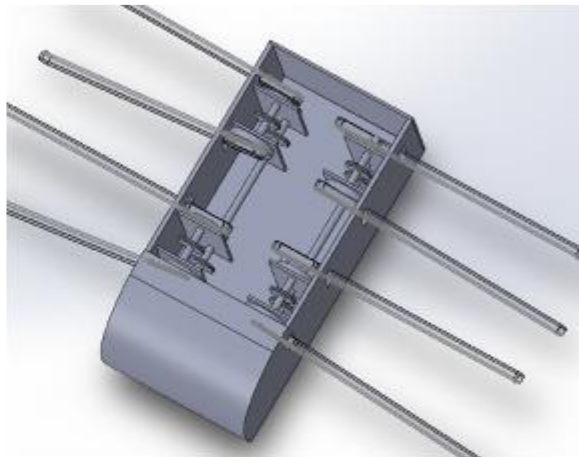


圖25. 內部構造草圖

### 3.1-2 仿生魚模型圖

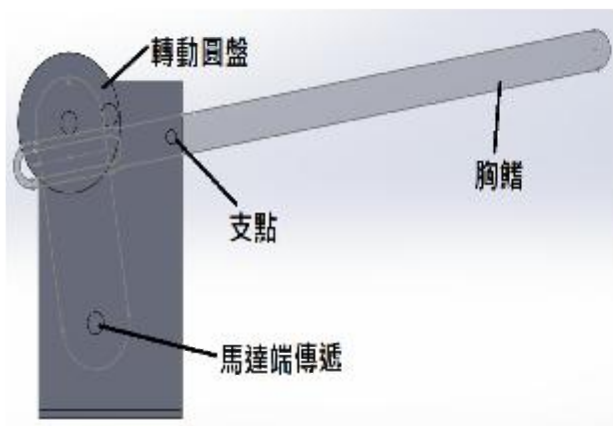


圖23. 固定支架與胸鰭

## 四. 結論與建議

### 4.1 專題結論

經過本次專題得知以下結論

1. 魚體材料選用上，由於3D列印成形時，在中間會使用格狀的排列，藉此減少耗材，因此大幅降低整體密度，也因此降低魚體重量。兼顧了堅固以及輕巧的優點。
2. 在3D列印的過程中，我們發現列印出來的實體與所設計的草圖，會有些許的誤差值在，並且最小精度大概在1~2mm左右，所以我們在繪製草圖時需要考慮到這點，避免零件組合時尺寸不合。

#### 4.2 問題與建議

1. 在作動的過程中，會出現上下敲擊的噪音，可以在連桿上加裝泡棉，防止撞擊、噪音的產生；另外在鍊條運轉時，運用凡士林潤滑，也可以提高機械的順暢度。
2. 另外在卡住齒輪的十字柱的地方，非常容易斷裂，可能是因為，胸鰭連桿的重量太重，或是做動太激烈，未來可以考慮改成鐵製，增加能夠承載的重量。
3. 在長期運轉下，馬達可能會因此過熱，可以在安裝端加上致冷晶片，幫助散熱，避免過熱導致馬達損壞。
4. 另外若將來下到水中，水造成的阻力可能會更大，因此在機構的強度上可能要再做調整，另外馬達，可能也要視情況更換大馬力的。

#### 4.3 未來展望

就目前仿生魚的應用多是朝向在水中的資源探查、危險水域的環境監測、水下救撈等等，可見在未來還有許多值得發展的空間，而仿生魚結合了機械、機電、等多項技術，未來可朝向遠距遙控、加裝監視器或是多項感測器，對於監測會大有幫助，設計的魚體為MPF(median and/or pair fin)之游動方式，就文獻所述，具有相對的穩定性，因此在水下攝影，更可以發揮其穩定性的特點。

#### 五. 誌謝

本次專題能順利完成，也是受到了很多人的幫助。從一開始的仿生魚構想，到之後實際的製作，尤其花費了不少的心思，參考了許多文獻，在實際製作的過程中，感謝實驗室的學長，協助我們在3D列印機的操作、排料等等的系統設定，也告訴我們些注意的事項，

另外再Arduino面板、馬達，等電子用具上，實驗室也都提供了我們的需要。在此也感謝苗志銘教授的教導，在整體的專題方向，提醒我們有哪些要注意的地方。透過這次的專題，可以說是結合了這些年所學，特別是電腦製圖、程式語言的撰寫，感謝提供寶貴意見的各位老師的指導，使我們能夠在製作上有初步認知。

#### 六. 參考文獻

- [1] 胸鰭波動推進仿生機器魚-譚進波, 南京航空航天大學-机电學院之論文
- [2] 互動百科 珍珠魷 參考網址:  
<http://www.baik.com/wiki/%E7%8F%8D%E7%8F%A0%E9%AD%9F>
- [3] Breder C M. The locomotion of fishes. Zoologica, 1926, 4: 159-297.
- [4] [山水水族]珍珠魷(12~13CM) 參考網址:  
<https://www.youtube.com/watch?v=PPbWT-er8iE>
- [5] 短鯛世界 參考網址:  
<http://www.apistoworldhk.com/shop/index.php?cPath=88>
- [6] 維基百科 參考網址:  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/Arduino>
- [7] 大海作坊 參考網址:  
<http://www.xyzdiy.com/forum.php?mod=viewthread&tid=5619>

## 七. 附錄



圖26. 3D列印機

### 仿生魚程式碼

```
const int motorIn1 = 4;
const int motorIn2 = 5;
const int motorIn3 = 6;
const int motorIn4 = 7;
int j;
void setup()
{
  pinMode(motorIn1, OUTPUT);
  pinMode(motorIn2, OUTPUT);
  pinMode(motorIn3, OUTPUT);
  pinMode(motorIn4, OUTPUT);
}
void loop()
{
  for(int i =1;i<500;i+=10)//直走
  {
    j=255;
    analogWrite(motorIn1, j);
    analogWrite(motorIn2, 0);
    analogWrite(motorIn3, j);
    analogWrite(motorIn4, 0);
    delay(100);
  }
```

```
for(int i =1;i<500;i+=10)//右轉
{
  j=255;
  analogWrite(motorIn1, j);
  analogWrite(motorIn2, 0);
  analogWrite(motorIn3, 0);
  analogWrite(motorIn4, 0);
  delay(100);
}
for(int i =1;i<500;i+=10)//左轉
{
  j=255;
  analogWrite(motorIn1, 0);
  analogWrite(motorIn2, 0);
  analogWrite(motorIn3, j);
  analogWrite(motorIn4, 0);
  delay(100);
}
}
```

Machinery Bionic Stingray

Xin Xu

Shaowen Yuan

Cheng Lin Cai

Dr.Jr-Ming Miao

Department of Biomechanics Engineering  
National Pingtung University of Science  
and Technology

### Summary

This feature production bionic fish a stingray imitation of action , by observing the way the fish swimming , swing frequency fins , way forward , with integrated power source,

mechanism , so that it can mimic the way fish pectoral fins swing through the angle distribution , length of pectoral fins , amplitude, so that the mechanical action closer to real stingray swimming mode . Fish , the use of single-chip Arduino programs compose , adjust the signal to control the DC motor speed , whereby the swing to achieve unilateral , bilateral swing and other functions, thereby controlling the movement of the fish produced around the turn . Expected by mechanical actuation of fish to reproduce the entity faces .

# 基於 FPGA 之嵌入式視覺輔助控制系統

學生姓名：葉芷琪、江姿穎

指導老師：李文宗 博士

國立屏東科技大學

生物機電工程系

## 摘要

在現今產業中，機械取代人力已是趨勢，且隨著科技進步，影像處理技術日漸成熟普及。本專題結合了影像處理及自動控制，用 NI Labview 撰寫一能處理並辨識影像的程式，配合 NI myRIO 控制機械手臂作動，以達到夾取指定形狀、顏色物體之目的。

**關鍵字：**myRIO、形狀辨識、自動控制。

## 一、引言

本專題旨在建立一視覺機器人系統。攝影機擷取之影像經影像處理後，得以辨識指定待測物之顏色與外型；接著控制馬達，驅動機械手臂作動，並準確夾取指定顏色與形狀之物體。本系統使用 NI LabVIEW 軟體作為人機介面端，使用 NI myRIO 作為控制器，用來擷取影像、辨識物體顏色、形狀及控制馬達。機械手臂則是設計一個能應付多種形狀夾取之夾爪，採用 Solidworks 繪製零件，3D 列印出來後加以組裝，降低零件成本。

顏色辨識方面，使用 NI LabVIEW 軟體作為人機介面端，將影像由 RGB 轉換成 HSV 色彩空間，藉此提高色彩的可辨識度；形狀辨識方面則是尋找物體邊緣並計算邊緣數量加以辨識。

馬達驅動程式使用 NI myRIO 之 PWM 訊號控制，藉由改變輸出脈波寬度及頻率來改變馬達的轉速與方向。

## 二、研究內容與方法

如圖 1 所示，本專題分為兩個部分，一為影像辨識及控制馬達之程式部分，二為機械手臂之設計。

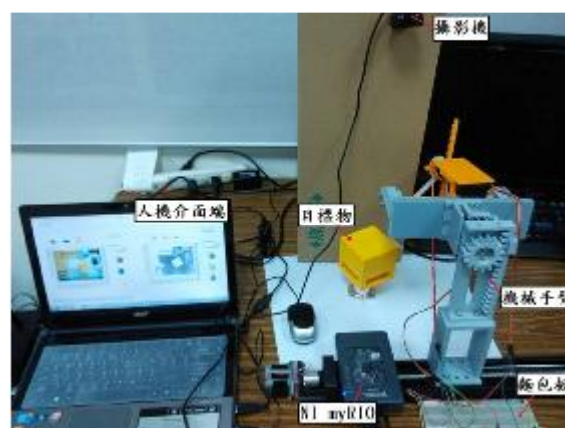


圖 1 整體配置

### 2.1 LabVIEW

LabVIEW 提供圖形化的程式設計語法，和其他文字式語言不同，透過單一開發環境，簡化初階的複雜細節並整合必要技術，進一步提高生產力[1]。

LabVIEW 不只是程式語言和相關函式庫而已。用 LabVIEW 整合式開發環境(IDE)搭配 NI 硬體，可享更出色之加乘效應。此軟體搭配現有的硬體資源，亦可透過下拉式功能表與專案項目來顯示可用的 I/O 通道與執行系統。

為了避免代價高昂且難以除錯的執行階段錯誤 (Runtime Error) 發生，LabVIEW 在編輯時就可以修正或防止錯誤的設定了。因此，若要平行執行多項作業與實際時序限制等，LabVIEW 的圖形化語法即為理想的選擇[2]。

## 2.2 NI myRIO

NI myRIO 是一種嵌入式硬體裝置。可獨立運作，也可搭配外掛工具、NI 迷你系統或第三方感測器。可以單一裝置建置控制、電機、機器人、嵌入式等概念。

NI myRIO 搭載 Zynq 整合式系統單晶片(SoC)，配備雙核心 ARM® Cortex™-A9 處理器與 FPGA，共有 28,000 個可設定之邏輯單元、10 個類比輸入通道、6 個類比輸出通道及音訊 I/O 通道，還有高達 40 個數位輸入/輸出(DIO)通道[3]。

本專題使用 NI myRIO 做為控制馬達的控制器，接腳如圖 2 所示。

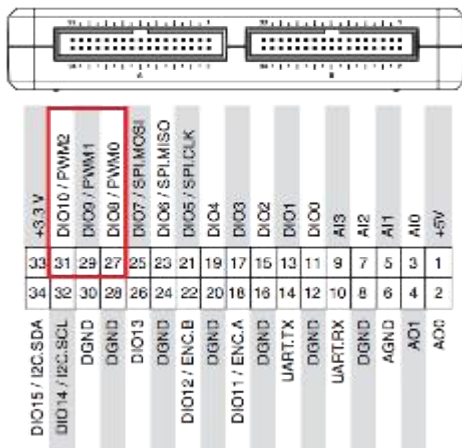


圖 2 NI myRIO 馬達接腳[3]

## 2.3 HSV 色彩空間

本專題顏色辨識流程如圖 3 所示，將影像由 RGB 轉換成 HSV 色彩空間[4、7]，而後固定色亮度並分析色調，轉換為陣列如圖 6，藉以判斷顏色。

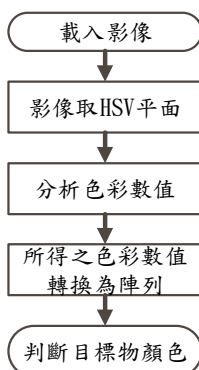


圖 3 影像處理：顏色辨識流程圖

HSV (色調 Hue，色飽和度 Saturation，明暗度 Value) 色彩空間的模型為一圓錐形子集(圖 4)。

色調 H 由繞 V 軸之旋轉角給定。紅色對應角度  $0^\circ$ 、黃色對應角度  $60^\circ$ 、藍色對應角度  $240^\circ$ ，形成二維色環圖(圖 5)，每一種顏色與其補色相差  $180^\circ$ 。

在圓錐頂點(即原點)處， $V=0$ ，H 和 S 無定義，代表黑色；圓錐頂面中心  $S=0$ ， $V=1$ ，H 無定義，代表白色[5]。

本專題色調陣列每一格對應 HSV 二維色環圖所代表之顏色如圖 6 所示，以高飽和紅(區塊 1)、高飽和黃(區塊 3)及高飽和藍(區塊 9)之數值變化，判別顏色。

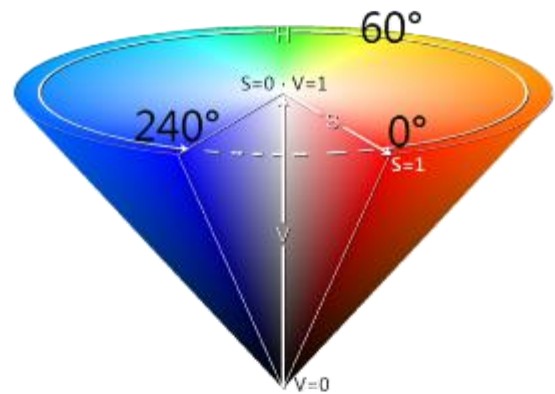


圖 4 HSV 色彩空間

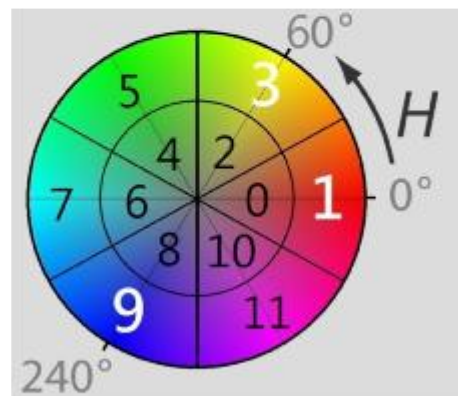


圖 5 HSV 二維色環圖

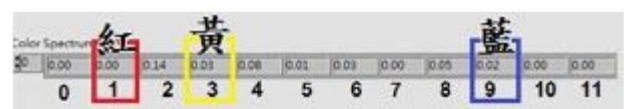


圖 6 色調陣列圖



## 2.4 形狀辨識

本專題形狀辨識流程如圖 7 所示，偵測目標物邊緣數量，藉以判斷目標物形狀。

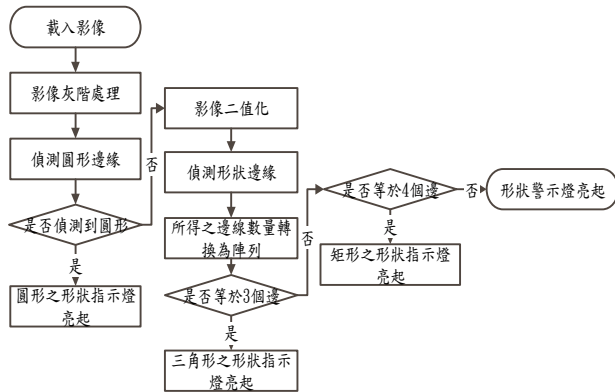


圖 7 影像處理：形狀辨識流程圖

### 2.4.1 灰階轉換

灰階轉換 (Gray-level transformation) 是將影像色彩數值轉變為由黑到白 (0~255) 之漸層。不同於每個 pixel 有三個值的彩色影像，灰階影像每個 pixel 只有一個值。

本專題之灰階更偏向於提取單一色層，將彩色影像之單一色層 (紅、綠或藍) 數值變化直接轉換為灰階值[6]。

### 2.4.2 二值化

二值影像即為以 0、1 兩個值所構成之影像。本專題之二值化處理為將影像取一閾值區間作為  $t$ ，定義在該區間  $t$  內的數值為 1，不屬於區間  $t$  外的數值則為 0。以下為二值化公式：

$$f_t(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) \geq T \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

### 2.4.3 膨脹和侵蝕

膨脹 (dilation) 為在二值影像中，使物體加厚或放大的一種運算。膨脹運算的程度，是由一種稱為結構元素 (structuring element) 之形狀來控制的。反之，侵蝕 (erosion) 則與膨脹相反，使二值影像中的物體變薄或收縮 [7]。

## 2.5 LifeCam VX-800 網路攝影機

表 1 Microsoft LifeCam VX-800 規格[8]

名稱	Microsoft LifeCam VX-800
尺寸	52.1 x 62.4mm
影像規格	VGA (640x480)
作業系統	Windows 7/Windows 8/Windows 8.1
接頭形式	USB 1.1 連接埠(建議使用 USB 2.0)
特色	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 相容 Skype 等即時通訊軟體。</li> <li>● 內建麥克風。</li> </ul>

## 2.6 PWM

脈衝寬度調變(Pulse Width Modulation, PWM)是將類比信號轉換為脈波的一種技術，其脈波工作周期根據輸入信號的改變而變化。脈衝寬度調變訊號廣泛用於各類型的控制應用，例如：控制直流馬達、閘門、泵浦、液壓控制以及其他機構。

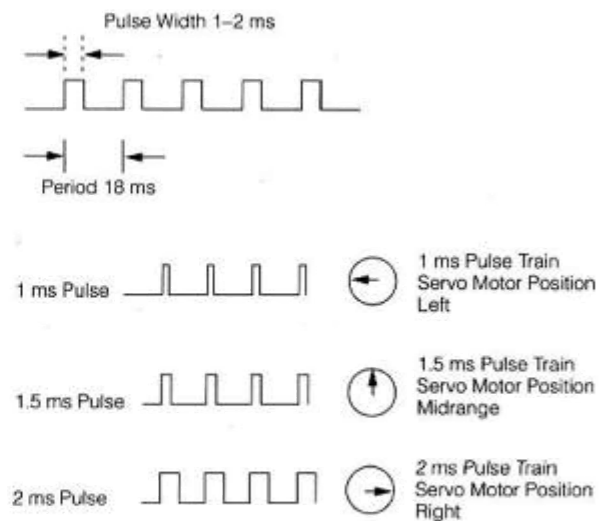


圖 8 PWM 控制馬達實例

如圖 8 所示，假設給定一周期為 18 ms，脈衝寬度之範圍為 1-2 ms。當脈衝寬度為 1 ms 時，則馬達旋轉至九點鐘位置；當脈衝寬度變更為 1.5 ms 時，馬達旋轉至十二點鐘位置；脈衝寬度為 2 ms 時，馬達旋轉至三點鐘位置。

## 2.6.1 伺服馬達 MG995

表 2 伺服馬達 MG995 規格

型號	MG995		
尺寸	40.7 * 19.7 * 42.9mm	重量	55g
使用電壓	3~7.2V	工作扭矩	1.28N-m
無負載操作速度	0.17 秒/60 度(4.8V) ; 0.13 秒/60 度(6.0V)		
適用範圍	1:10 和 1:8 平跑車、越野車、卡車、大腳車、攀爬車、雙足機器人、機械手臂、遙控船等。		



圖 10 機械手臂

## 2.7 Solid Works

視窗環境下發展出來之 3D 實體模型建構系統，是一套高效率的電腦輔助設計工具，可協助各產業在最少時間內完成創新產品設計，取得產品上市先機。

Solid Works 採參變數合併運用，以特徵化之方式進行實體模型建構，其中含有單一零件建構、組零件之裝配與工程圖製作三部份基本模組，所有的幾何資料只透過單一資料庫即可達到雙向資料溝通與傳遞更新，符合同步工程之設計需求。

本專題之機械手臂零件利用 Solid works 設計並繪製，藉由組零件之功能將零件結合並模擬動作如圖 9，最後使用 3D 印表機列印零件加以組裝，如圖 10 所示。

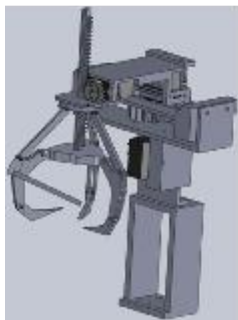


圖 9 以 Solid Works 設計之機械手臂

## 2.8 3D 列印

亦稱「積層製造」，係指塑膠材料，利用加熱使其呈現熔融可塑狀態，透過一層層堆疊的方式產生工件。

先把工件的 3D 電腦模型轉換成 2D 的分層切片，按此分層切片將材料堆疊至欲成型之位置，接著重複堆疊動作直到工件成型。有別於傳統加工採用大塊材料慢慢切削雕琢的減法製作，3D 列印工件是以層層堆疊的加法方式構成，可避免不必要的材料浪費[9]。

## 2.9 實驗：指定顏色形狀夾取

本實驗設計共有紅、黃、藍三種顏色以及圓形、矩形、三角形三種形狀可供辨識。開始時先指定形狀及顏色，經辨識後若結果符合，機械手臂自動夾取目標；反之則不作動。實驗依下列順序進行：

1. 指定紅色、矩形，目標物為藍色方柱。
2. 指定藍色、圓形，目標物為藍色球。
3. 指定黃色、三角形，目標物為黃色三角柱。
4. 指定紅色、圓形，目標物為紅色方柱。

## 三、結果與討論

本次實驗中，顏色及形狀之辨識結果都相當準確，但需要固定光源，減少誤判發生的機率。

### 3.1 人機介面

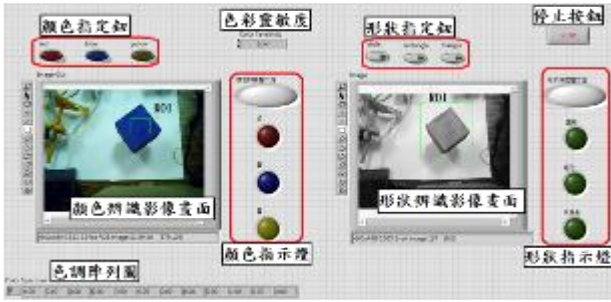


圖 11 人機介面

### 3.2 程式流程圖

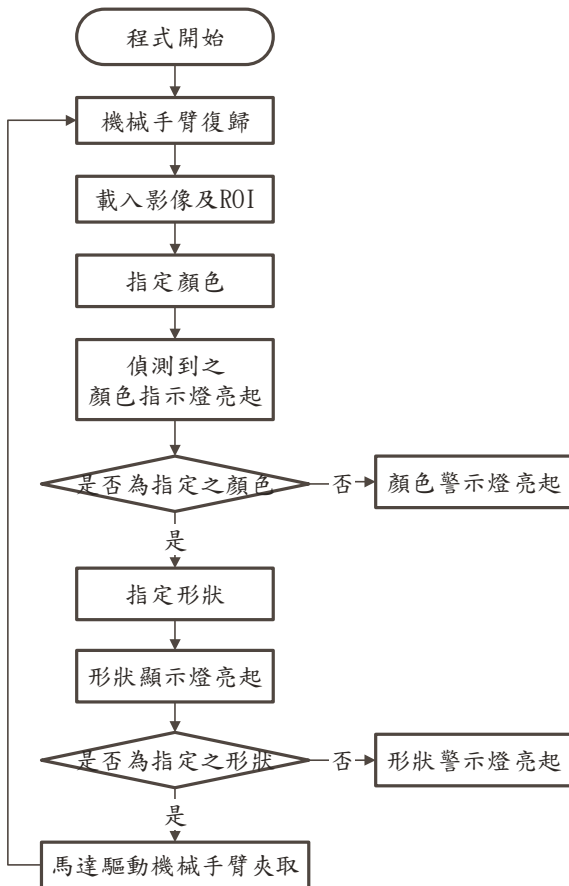


圖 12 影像處理：程式流程圖

### 3.3 實驗結果：指定顏色形狀夾取

第一次實驗目標物僅「形狀」與指定條件相符。經顏色辨識後判定目標物為藍色（非指定之顏色），顏色警示燈亮起，程式中止，手臂沒有作動。

第二次實驗之目標物皆與指定條件相符。經顏色

辨識後判定目標物為藍色，藍色指示燈亮起；形狀辨識根據邊緣數量判定為圓形，圓形指示燈亮起，手臂作動準確夾起目標物。

第三次實驗之目標物皆與指定條件相符。經顏色辨識後判定目標物為黃色，黃色指示燈亮起；形狀辨識根據邊緣數量判定為三角形，三角形指示燈亮起，手臂作動並夾起目標物。

第四次實驗目標物僅「顏色」與指定條件相符。經顏色辨識後判定目標物為紅色，紅色指示燈亮起；形狀辨識根據邊緣數量判定目標物為矩形（非指定之形狀），形狀警示燈亮起，程式中止，手臂沒有作動。

### 四、結論

本專題將 RGB 轉換為 HSV 色彩空間，減少光源影響，提高色彩辨識準確度；計算物體邊緣數量判定其形狀。

整體而言本實驗尚有許多不足之處仍待改進，例如顏色辨識受物體材質影響，若為光滑表面容易因反光導致顏色無法成功辨識；形狀辨識則需濾除四周雜訊，防止程式找錯邊緣造成誤判；機械手臂設計時在馬達扭矩、夾爪開合大小方面沒有考慮周全，組裝作動後仍有許多不足需要加強設計等。希望下次能針對這些問題加以改進。

本專題期望改善原需大量人力操作的重複性動作，例如物品分類、挑選等，以減少人力耗損與降低人為疏失的情況。

### 五、致謝

經過了近兩年的努力，本專題的實驗內容終於也完成了。

我們從無到有，一路跌跌撞撞，曾有瓶頸，亦有所成長，能有如今成績，我們受到了許多人的幫助。

首先，我們要感謝陳清同學長，在實驗室裡做實驗的這些日子，一直都是他盡其所能的給予我們指導和建議，如果沒有他，估計我們到現在可能還卡在某

個環節不明就裡；感謝李文宗博士，提供我們最好的實驗環境和資源，讓我們可以專心投入實驗內容不必煩惱外物。老師雖忙，卻還是抽空指導我們晦澀難懂的部分並指引我們方向，掌握我們的進度，真的非常感謝老師放在我們身上的心思，督促我們完成專題；同時也要感謝王星萌學長、楊雅筑、蘇佩瑩同學，因為有他們的協助，我們少走很多冤枉路；最後也要感謝我們的家人，在專題過程遇到瓶頸、壓力時，他們的開導、支持與鼓勵，是我們繼續努力下去的動力。

真的非常感謝大家的幫助，讓我們的專題能夠如期完成，謝謝！

## 六、參考文獻

[1] NI 官方網站，網址：

<http://www.ni.com/labview/why/graphical-programming/zht/>

[2] Simon Hogg，2015，「LabVIEW 還是 C？(要不要換個問題?)」，NI 新聞報，網址：

<http://www.ni.com/newsletter/51675/zht/>

[3] National Instruments，2013，「NI myRIO-1900 User Guide and Specifications」，第四頁，網址：

<http://www.ni.com/pdf/manuals/376047a.pdf>

[4] 駱易辰，2007，「HSV 色彩空間前景物體抽取及其於人體動作辨識系統應用」，碩士學位論文，國立交通大學，新竹。

[5] Newmodel，2009，「色彩空間」，網址：

<http://ims.tw/archives/389>

[6] 曾韋霖，2016，「機器視覺在螺絲瑕疵檢測之應用」，碩士學位論文。國立屏東科技大學生物機電工程系，屏東。

[7] Rafael C. Gonzalez、Richard E. Woods、Steven L. Eddins，2005，Digital Image Processing Using MATLAB，P.29、P.222、P.364～P.370，東華書局，台北。

[8] LifeCam VX-800 網路攝影機產品資源，網址：

<https://www.microsoft.com/hardware/zh-tw/d/lifecam-vx-800>

[9] 林鼎勝，2014，「3D 列印的發展現況」，科學發展月刊第 503 期，第 32-37 頁。網址：

[http://ejournal.stpi.narl.org.tw/NSC\\_INDEX/Journal/EJ001/10311/10311-04.pdf](http://ejournal.stpi.narl.org.tw/NSC_INDEX/Journal/EJ001/10311/10311-04.pdf)

[10] 葉淑惠，2007，「模糊控制 XZ 型二軸機械手臂的視覺伺服應用」，碩士學位論文，中原大學機械工程學系，桃園。

[11] 林宏偉，2007，「雙向風扇馬達的雙迴路開關轉速控制」，碩士學位論文，國立中山大學電機工程學系，高雄。

[12] 徐啟勝，2011，「基於雙眼視覺物件位置偵測及計算」，碩士學位論文，中央大學，桃園。

[13] 楊雅筑、蘇佩瑩，2015，「以 FPGA 系統整合之視覺導引機械手臂」，實務專題書面報告，國立屏東科技大學，屏東。

[14] Alasdair Mcandrew、Jung-Hua Wang、Chun-Shun Tseng，2010，「Introduction to Digital Image Processing with MATLAB」，高立圖書有限公司，台北。

附錄

## Implementing Machine Vision Capabilities in Embedded Systems by FPGA

Chihchi Yeh 、 Tzuying Chiang

Department of Biomechatronics Engineering  
National Pintung University of Science and Technology

### Abstract

For modern industry, using the automatically machine to replace labor work has been become a trends. With the development of scientific and technological progress, the machine vision techniques are mature and much available, and intelligence robotics is more demand by industry. The objective of the independent study project is to develop a gripping jaw to grab the objects with specified color and shape. In the research project, a gripping jaw is designed to grab the objects with variable shapes. The gripping jaw is controlled by FPGA (NI myRIO), and the intelligence machine vision control function is developed by NI LabVIEW programming.

# LED 單波段夜間補光對於紅捲鬚萵苣 生長型態影響之研究

## The Study of Supplemental Light at Night of LED Single Waveband on Growth Pattern for Lettuce Sativa

學生姓名：傅偉倫 林昱志

指導老師：張仲良 博士

國立屏東科技大學  
生物機電工程系

### 摘要

本研究探討紅捲鬚萵苣種植在 PE 膠膜溫室中，使用發光二極體(LED) 進行夜間補光，在定植階段(第 20 ~45 天)施予額外單一波段補光 4 小時/天，觀察紅捲鬚萵苣的生長型態。栽培環境在太陽給予的光量子  $168.2\text{ppf}\pm 250.8\text{ppf}$  紫外線光子  $5.1\text{ppf}\pm 7.7\text{ppf}$  日輻射  $91.2\text{ppf}\pm 134.3\text{ppf}$  溫度  $23.5^{\circ}\text{C}\pm 5.4^{\circ}\text{C}$  濕度  $81.8\%\pm 8.1\%$  二氧化碳濃度  $467.3\text{ppm}\pm 16.6\text{ppm}$  養液溫度  $22.2^{\circ}\text{C}\pm 2.7^{\circ}\text{C}$  情形下，實驗五種處理，除了對照組(Comparison)不補光外，其餘補充單色光為光強度為 150 PPF，光質如下：紅光(波峰值=663nm)、綠光(波峰值=523nm)藍光(波峰值=438nm)紫外光(波峰值=382nm)，收成後，測量其植株外觀、葉面積、鮮重、葉綠素、花青素及硝酸鹽含量做統計比較。

### 一、引言

台灣四面環海，不只有著豐富的地理環境，更有獨特的氣候變化，且在每年夏秋季節間常會有颱風出境，而台灣早期以農業最為大宗，而自然災害常造成農作物收成不佳，進而造成莫大的糧食危機。因此台灣近年來農業重點接注重於溫室農業之發展研究，而溫室發展可分為兩大重點，一為溫室環控一為補光系統部分，本專題重點注重在補光系統之上。

自 1996 年以後，多位學者以紅光 LED 以及藍光 LED 施予植物光照並分析作物生長結果，結果顯示，對於某種作物(如葉菜類)生長可增長整體生物質量(Goin 等,1997)Anna 等研究發現(Anna 等,2001)，藍光促進了風信子愈傷組織葉綠素形成，而紅光降低了葉綠素含量而李雯琳等(李雯琳等,2010)研究結果表明，波長 635nm 的 LED-R 顯著

提高了波士頓萵苣葉綠素含量，尤其是葉綠素 b 之含量，以上結果皆表明著不同波段之光質照射，會影響生長情況，其營養成分也會受到影響。除了不同波段的光質照射會影響產量以及其營養成分外，植物進行光合作用所需的光量子(PPF)值的高低也會影響作物之生長品質，文獻指出，施予萵苣  $170\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPF 值，植物具有較高的乾重與鮮重值(Yanagi 等,1996)。而在植物生長後期(定植期)施予 LED 紅光(波峰值=638nm)  $500\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPF 值並持續照射可有助於降低植物體內硝酸鹽含量至 2000ppm(Samuolien 等,2009)。

除了上述光質帶給植物影響之外，低於 400nm 紫外光(UV)的補充有利於植物生長(Klein,1990)(Tsormpatsidis 等,2008)。1995 年，Voipio 及 Autio 學者提出適當的補充紫外光能可以有效增加萵苣花青素。

實驗統計分析的部分則是參考呂秀英老師(呂秀英,2011)以及高立出版著作(Montgomery,2010)所作之統計分析比較，內涵 SE、SD、CI 之誤差值意義以及統計之方法，期許資料正確客觀。

綜合上述所蒐集的資料，本專題研究將探討基於 LED 單波段於夜間補光紅捲鬚萵苣生長情形，育苗期(第 0 天至 20 天)在自然日照情形下進行。於定植期(第 20 天至 45 天)進行夜間補光採用之光質分別為紅光(663nm)綠光(523nm)藍光(438nm)以及紫外光(382nm)，而待收成後測量其植株外觀、葉面積、鮮重、葉綠素、花青素及硝酸鹽含量做統計比較。

### 二、研究內容與方法

#### 2.1 設施介紹

本專題使用了學長所設計的植物栽培設施，該栽培設施是由直徑 6cm 的 5 根 PVC 水管以及角鋼所搭建之角架搭建而成每一條水管上鑽了十個圓孔作

為穴孔，孔與孔之間的距離 30 公分，以確保植株在生長過程中不會有重疊情形發生，在每個圓孔上方 25 公分處架置燈具進行夜間補光作業，每個燈具由三個 LED 燈珠外加三個聚光透鏡所組合而成，腳架下面是回水端，水管外全漆上白色的隔熱漆以達到隔熱保溫之效果。

養液槽的部分則是以長 \* 寬 \* 高 (240cm\*30cm\*30cm) 的玻璃箱所做成，槽內裝置了液體溫度記錄器以及 7 個抽水馬達，其中 2 個是提供冷水機之用，由於栽種環境因在受太陽直射溫度會偏高，所以在養液槽周圍加裝了兩台水冷機 24 小時運轉以達到我們所要求之溫度，其他 5 個抽水馬達則是 24 小時不間斷的抽水已達到養液循環，並在上方以瓦楞紙板覆蓋，避免陽光直射或雜質掉入導致養液變質。

在植栽範圍的中心點也裝設了多接口式環境資料紀錄器(watchdog)監測儀器 24 小時不間斷地監控著光量子、UV 光量子、溫度、濕度、二氧化碳濃度等植物必須之生長因素，並記錄。

環境溫度方面我們利用 Arduino 控制器搭配溫度感測器來控制，當溫度達到設定時噴霧機就會作動，完成降溫動作，經過測試結果顯示此設備最大有 5 度溫差。



圖 1. 植栽架設圖

## 2.2 栽培環境

本專題施種於通風良好 PE 膠膜溫室中，栽培環境在太陽給予的光量子  $168.2\text{ppf}\pm 250.8\text{ppf}$  紫外線光子  $5.1\text{ppf}\pm 7.7\text{ppf}$  日輻射  $91.2\text{ppf}\pm 134.3\text{ppf}$  溫度  $23.5^\circ\text{C}\pm 5.4^\circ\text{C}$  濕度  $81.8\%\pm 8.1\%$  二氧化碳濃度  $467.3\text{ppm}\pm 16.6\text{ppm}$  養液溫度  $22.2^\circ\text{C}\pm 2.7^\circ\text{C}$  情形下，實驗五種處理，種植期間各項環境數值的記錄則依靠多口試環境資料記錄器(Watch dog)外接感測器進行記錄，待植株收成後便會把上述所提到之各項數據讀取出來並做成圖表。

而養液循環部分乃是採用管路水耕的方式，使養液 24 小時在管路內循環，此法雖然所需養液容量大且耗費電力，但不需擔心養液溶氧量不足的問題，而在養液槽兩側的液體溫度記錄器同時記錄著養液溫度，最後兩份資料皆可在統計分析階段提供一向客觀且正確之記錄。有關所使用之儀器部分將

會在 2.3 儀器設備中有詳細介紹。

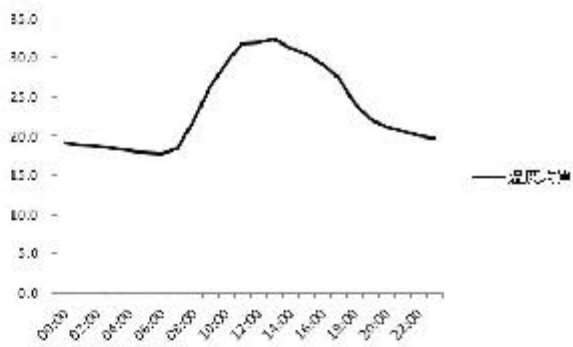


圖 2. 環境溫度均質圖

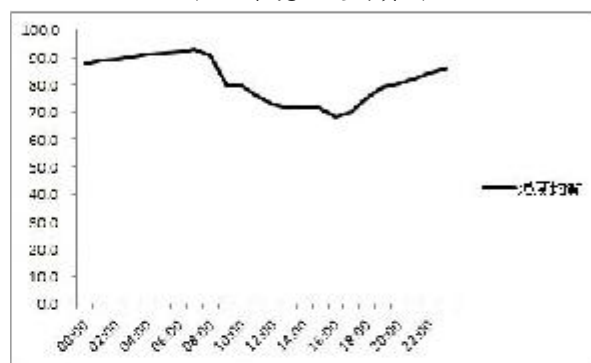


圖 3. 環境濕度均質圖

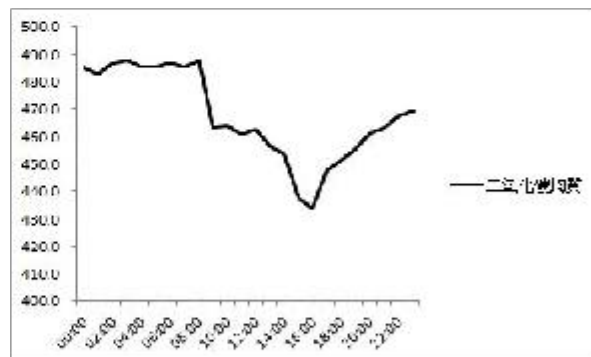


圖 4. 環境二氧化碳均質圖

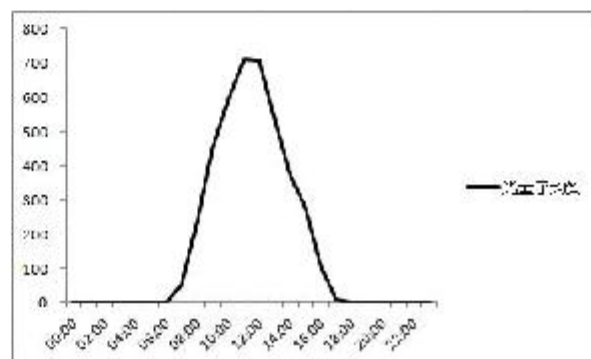


圖 5. 環境光量子均質圖

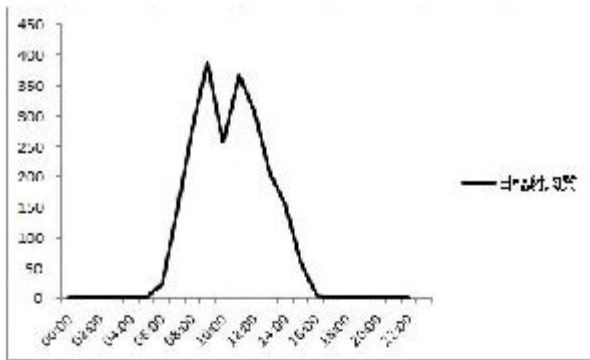


圖 6. 環境液溫均質圖

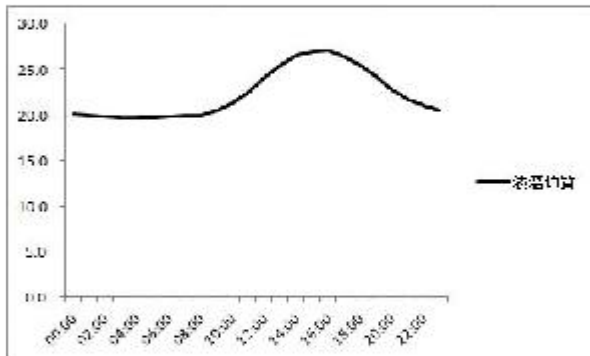


圖 7. 環境紫外光光量子均質圖

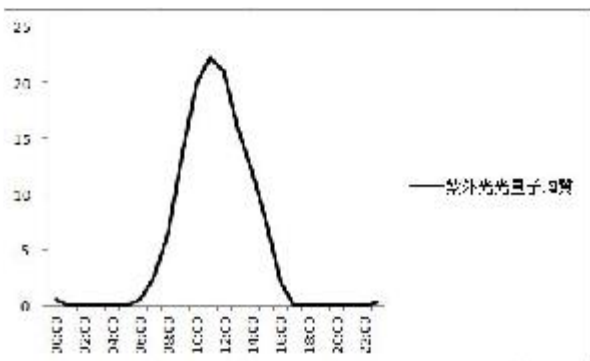


圖 8. 環境日輻射均質圖

## 2.3 儀器設備

### 2.3.1 環境監控模組

其功能為監控種植區域內各參數，以多接口式環境資料紀錄器(Watchdog)為記錄核心，以一個小時為單位紀錄一次，待種植結束後即可將儲存之記錄儲存致電腦中，方便後續之統計分析，其外接儀器包含以下幾種：

#### (A) 光量子計(Item 3668I Quantum Light Sensor)

測量 400~700nm 間輻射(PAR 光合作用活性輻射)  
改良餘弦補正，內建式水平調整器。  
範圍:0~2500  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$   
精度:±5%

#### (B) 6 Sensor 光量感測棒(Item 3668I6)

六個餘弦補正光量感測器(間隔 11.7cm)  
平均其讀值來降低微小陰影所造成之影響，例如植叢下或溫室中。

#### (C) 太陽輻射感測器

測量 300~1100nm 間太陽輻射  
改良餘弦補正，內建式水平調整器  
範圍:1~1250Watt/m<sup>2</sup>  
精度:±5%

#### (D) CO<sub>2</sub> 感測器(Item 2655 CO<sub>2</sub> Sensor)

以 NDIR 技術測量 ppm 為單位的二氧化碳濃度。  
亦可當作手持式二氧化碳測定器。  
電源：6V 電池(附變壓器)  
精準度為±5%或 50ppm  
檢測範圍: 0~4000ppm

### 2.3.2 環境控制模組

我們在溫室裡加裝了一台噴霧機，其功能為當溫溼度感測器監測環境溫度數值過高時透過 Arduino 控制器發出訊號使噴霧機作動，已達降溫效果；而當濕度過高時，同樣透過 Arduino 控制器發出訊號使噴霧機停止動作。其效果在經過測試結果顯示最大可降溫 5 度。

### 2.3.3 光照模組

選用 LED 光照模組，其燈光為紅燈、綠燈、藍燈以及紫外燈，光照波長範圍從 360~750 $\mu\text{m}$ ，補光為 150  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  以及 20  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

光照模組接收之供電為經由變壓器降壓後之電流經由電流輸入端進入並利用控制電路去做控制，以下將會有對光照模組控制電路的詳加介紹。

### 2.3.4 光照模組控制電路

本專題之光照模組控制電路我們採用 fritzing 進行繪製，其整合套件包含 lm317 穩壓器、可變電阻以及少許的電阻零件(如圖 9 所示)。當外部電源進入經過穩壓器穩壓後，利用可變電阻調整 LED 光量子達到本專題需要之預定植後就可以進行夜間補光作業。



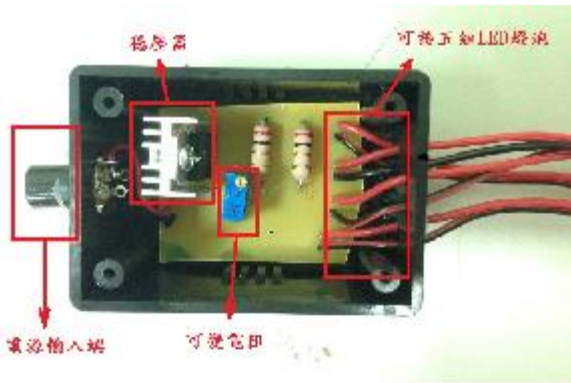


圖 9. 補光系統電路

## 2.4 光質配方

在本研究中，我們採用了 5 種不同光源的 LED 燈光進行夜間補光動作，光譜的分布範圍從 360nm 至 750nm 之間，補光時間依照萵苣生長情形依照中央氣象局所提供之日出日落時間表搭配著計時器出了光暗周期之設定 16 小時/8 小時為配置。

由圖 10 我們可以得知各 LED 燈光光照數值為紅光(663nm)藍光(438nm)綠光(523nm)以及紫外光(382nm)，而各光種之光量子分別為紅光 150PPF 藍光 150PPF 綠光 150PPF 紫外光 20PPF。之所以紫外光光量子遠低於其他三種光是根據植物生長所需去做調配動作。

而光照總量在植物生長第一階段(育苗期)我們是直接給予太陽光照射，第二階段(定植期)則分為  $150 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (R·G·B)以及  $20 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (UV) 進行夜間補光動作，圖 11 說明整個栽種期 5 種光源處理實驗程序圖。

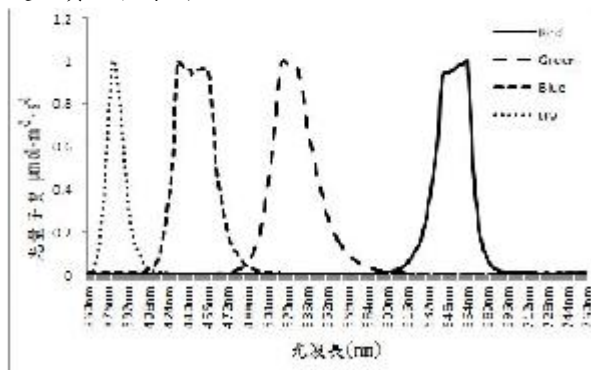


圖 10. 各光照之光譜分布



圖 11. 五種光源處理實驗程序圖

## 2.5 萵苣收成後處理

我們將紅捲鬚種子浸泡在 RO 水中等待它發芽。之後將發芽的種子定植在海綿內並將 RO 水轉換為養液水待它長出第五片葉子時移植到植栽床中做定植的動作，這個階段共花了 20 天。最後定植 25 天以後進行採收，作物收成後主要分將分析作物鮮重、葉片數、花青素含量、葉綠素含量、硝酸鹽濃度、葉長以及葉面積等各個資料。花青素及葉綠素測定之方法為每株植物抽取代表性的 5 片葉子使用儀器在葉緣的部份各取  $30^{\circ}$  $60^{\circ}$  $90^{\circ}$  $120^{\circ}$  $150^{\circ}$  量測數值並取平均。葉長、平均葉寬、最大葉寬以及葉面積等資料則是靠葉面積儀去測得，而使用之儀器分別在附錄內之圖 23 圖 24 有介紹。

## 2.6 統計分析

在本研究中，我們給予每種光源 9 株樣本數，並給予隨機性的排列方式，確保不同區光源不會互相影響。每次實驗完後，將每區的樣本數全數採集進行鮮重、葉片數、花青素、葉綠素以及硝酸鹽等分析，最後將 9 株的分析結果取平均值。我們利用多重比較法進行不同光照所帶給植物的生長影響進行分析，採用 5% 顯著性水平，透過可分析變異量(ANOVA)之 Fisher 最小顯著性差異(LSD)試驗方法進行數據分析。

## 三、結果與討論

本研究實驗中所使用 5 種不同光照之 LED 燈對植株進行夜間補光的動作，按照紅蘿蔓萵苣之生長環境，我們將光暗周期設定為 16 小時/8 小時，而 5 種 LED 燈光分別為紅光、藍光、綠光、紫外光以及無光照，各光照間之光譜可參考圖 10。

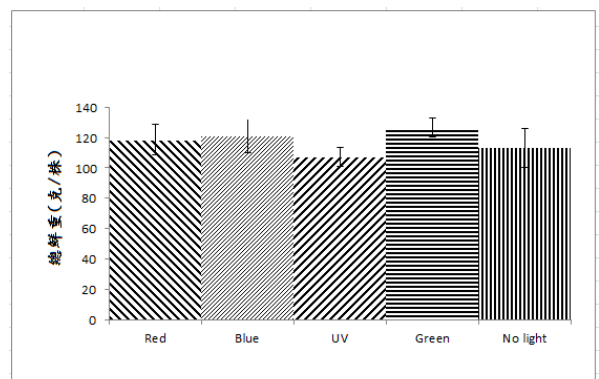


圖 12. 總鮮重差異性統計分析

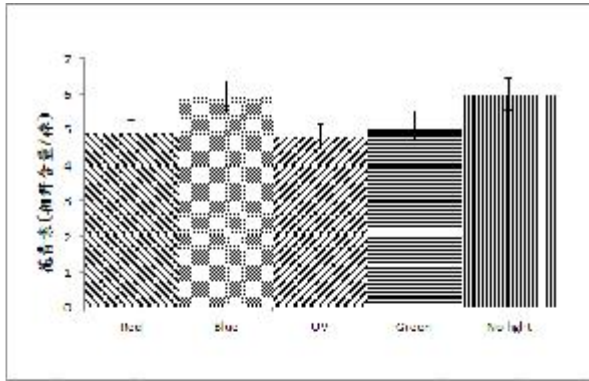


圖 13. 花青素差異性統計分析

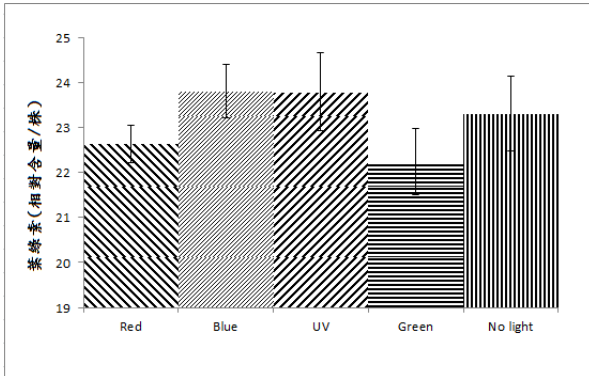


圖 14. 葉綠素差異性統計分析

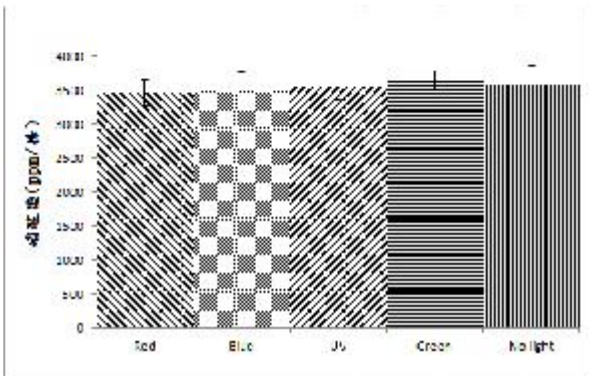


圖 15. 硝酸鹽差異性統計圖分析

圖 12 至圖 15 說明在這次試驗中依照不同光源所照射的萵苣，經由 45 天所試驗完後的植物生理分析結果。圖中區分成總鮮重、花青素、葉綠素以及硝酸鹽進行分析，由圖所示，萵苣在各光源的照射之下，總鮮重、花青素等是較無差異性的。

如圖 15 硝酸鹽含量試驗結果觀測得知其含量皆落在 3000~3500ppm 之間，此數值小於歐盟所規定之夏季硝酸鹽含量值(4500ppm)。

而觀測圖 12 可以發現綠光相對於其他光源在鮮重部分相對高於其他光源所測得之總鮮重，因此可得證綠光可以有效增加植物生長率及乾重，這也是因為綠光波段相對於其他波段光對於植物有較佳的穿透性以及反射性(klein,1992)，而由圖 15 硝酸鹽的部分也可以觀測到，就如同文獻所說(Samuolien 等,2009)在定植期持續照射紅光之植株期結果顯示是低於其它光處理的植株，雖然其結果沒有像文獻

裡所表示的在 2000ppm 以下，但也是符合歐盟夏季收成之硝酸鹽含量。

#### 四、結論

以下針對本專題在實作過程中所遭遇之問題以及瓶頸進行探討。

- (1) 調光部分：因應本專題我們做出了一套調整光量質的設備，應用 lm317 穩壓器以及可變電阻搭配來調整光量子大小，因可變電阻為高精密儀器，所以我們用一塑膠盒裝入來達防水功能，但我們發現穩壓器的部分會有發熱現象。
- (2) 降溫部分：由於夏季屋頂種植氣溫過高，而氣溫過高將會導致植物無法良好的生長，所以我們外加了一套降溫設備，此設備是利用 Arduino 控制器搭配溫溼度感測器而成，經實驗測得，在可以有 5 度的降溫效果，缺點是噴霧頭會有堵塞情形發生，必須以高壓空氣清洗之。  
而噴霧器儲存桶必須以遮光物覆蓋避免陽光直射，否則會有藻類生長和水質變質情形發生。
- (3) 完成後的統計分析:由於統計圖表採用 5%顯著比做為比較分析之依據，由於比較此顯著差異比較嚴謹所以看不出明顯的特徵關係，但如果轉換為 10%顯著比的情形下可以觀測出差異所在，探討結果有可能是有人為不確定之因素使得這次實驗不盡理想，在未來從事這方面之研究時必定會以更小心謹慎之心態去面對，減少一些沒必要之人為因素出現，讓實驗結果更能用客觀的結果去呈現。

#### 五、致謝

非常感謝指導老師張仲良博士的細心教導，從每個禮拜的討論中漸漸將專題從無到有，按部就班的將進度完成，且在我們遇到困難瓶頸時適時指點我們。還有在實驗室中的各位學長，光壁學長指導我們有關種植的各項知識，公博、峻墉、冠旻學長在我們遇到問題時適時給我們一些建議，使專題能夠如期完成，感謝實驗室的各位大力相助，沒有各位幫忙沒有今天的成果，由衷感謝。

#### 六、參考文獻

1.期刊:

- [1] Goins, G. D., N. C. Yorio, M.M. Sanwo, and C.S.Brown, 1997, Photomorphogenesis, photosynthesis, and seed yield of wheat plants grown under red light-emitting diodes(LEDs) with and without supplemental blue lighting. The Journal of Experimental Botany 48:1407-1413

- [2] Anna B, Alicja K. Effect of light quality on somatic embryogenesis in hyacinthus orientalis L. 'Delft' sblue' [J]. Biological Bulletin of Poznan, 2001, 38 (1) :103-107
- [3] Hamamoto, H., and K. Yamazaki, 2009, Reproductive response of okra and native rosella to long-day treatment with red, blue, and green light-emitting diode lights. HortScience, 44(5):1494-1497
- [4] Yoshiaki Kitaya, Genhua Niu, Toyoki Kozai, Maki Ohashi (1998) Photosynthetic Photon Flux, Photoperiod, and CO<sub>2</sub> Concentration Affect Growth and Morphology of Lettuce Plug Transplants. HortScience, 33(6):988-991
- [5] 饒瑞估, 方煒, 蔡田龍“超高亮度紅、藍光 LED 應用於蝴蝶蘭組培苗栽培之研究”, 農業機械學刊第 12 卷第 4 期 2003 年 12 月
- [6] 楊曉建, 劉世琦, 張自坤, 劉中良, 馬琳, 張宇, 2011, 不同 LED 光源對青蒜苗生長及葉綠素螢光特性的影響, 中國蔬菜, (6): 62-67
- [7] 劉曉英, 常濤濤, 郭世榮, 徐志剛, 2010, 紅藍 LED 光全生育期照射對櫻桃番茄果實品質的影響. 中國蔬菜. (22): 22-27
- [8] 李雯琳, 2010, 第 1 期 47~51, LED 光源不同光植對葉用萵苣幼苗葉片氣體參數和葉綠素螢光參數影響。

## 2. 書籍:

- [9] Douglas C. Montgomery (2010) 實驗設計與方法, 高立圖書
- [10] 張乃明。2006。設施農業與實驗。台北：化學工業出版社

## 3. 研討會:

- [11] 張明毅、簡君良、鄔家琪、許碩庭、劉瑜珊、方煒。2007。不同光質的高亮度 LED 應用於萵苣水耕工廠化生產之研究。出自“農機與生

機論文發表會論文摘要集”，55-56。台北：中華農業機械學

## 4. 學位論文:

- [12] 李光軒(1998)。調整光質的方法及其對波士頓萵苣種苗栽培之影響。農業機械工程學研究所。台北：國立台灣大學

## 5. 網站資料:

- [13] 呂秀英, 魏夢麗, 呂椿棠(2009) 用 Excel 解決農業研究資料統計分析的方法(七)-誤差線。農業試驗所技術服務 78 期. 2009

附錄:



圖 16. 栽種紅蘿蔓萵苣場所之實體照片

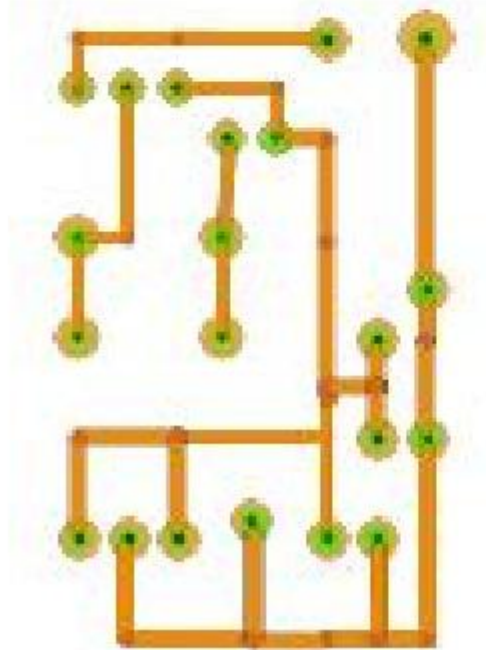
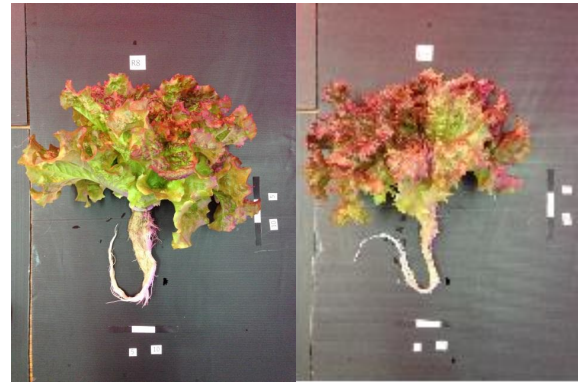


圖 17. fritzing 所繪之電路



(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

圖 18. 受不同光照之紅捲鬚萵苣收成後外觀圖  
(a)RED ; (b)Blue ; (c)UV ; (d)Green ; (e) Comparison

Four-Hea 檢定

多變量比較

分類數	因子名	因子位	平均距離 (L1)	標準差	顯著性	95% 信賴區間
分類數: 150	Red	Blue	1.7444	13.3840	.643	-0.7170
		UV	1.4055	13.3840	.475	-0.5425
		Green	-0.5706	13.3840	.747	-0.9494
		NO LIGHT	2.1000	13.3840	.771	-0.2456
		Blue	2.4356	13.3840	.945	-0.5403
		UV	11.6775	13.3840	.734	-0.7575
	Blue	Blue	-0.1011	13.3840	.735	-0.4446
		UV	-0.6778	13.3840	.751	-0.9178
		Green	-0.2111	13.3840	.805	-0.7450
		NO LIGHT	-0.9200	13.3840	.607	-0.2526
		Green	8.2778	13.3840	.541	-0.1275
		UV	2.7355	13.3840	.677	-0.1422
	UV	Blue	13.4111	13.3840	.364	-0.2425
		Green	12.4708	13.3840	.221	-0.4125
		NO LIGHT	-0.1000	13.3840	.711	-0.2178
		Blue	-1.4444	13.3840	.215	-0.5400
		UV	2.5355	13.3840	.667	-0.1722
		Green	-0.2478	13.3840	.221	-0.4124

圖 19. 總鮮重單因子變異數分析

Position 檢定

多變量比較

分類數	因子名	因子位	平均距離 (L1)	標準差	顯著性	95% 信賴區間
分類數: 150	Red	Blue	-0.1111	317.762	.552	-0.6723
		UV	-0.7578	317.762	.560	-1.0010
		Green	-1.7669	317.762	.281	-0.8583
		NO LIGHT	-0.2669	317.762	.602	-0.6883
		Blue	31.1111	317.762	.552	-0.1111
		UV	-0.6883	317.762	.602	-0.6883
	Blue	Blue	-0.2128	317.762	.649	-0.7178
		UV	-0.2128	317.762	.560	-0.5128
		Green	31.7778	317.762	.560	-0.1111
		NO LIGHT	36.6357	317.762	.625	-0.7525
		Blue	-0.7889	317.762	.595	-0.7111
		NO LIGHT	-0.8889	317.762	.528	-0.7111
	UV	Blue	178.667	317.762	.561	-0.6525
		NO LIGHT	142.556	317.762	.649	-0.6525
		UV	78.889	317.762	.805	-0.6323
		NO LIGHT	30.639	317.762	.815	-0.6212
		NO LIGHT	128.667	317.762	.602	-0.5125
		NO LIGHT	31.256	317.762	.560	-0.6525
	NO LIGHT	Blue	21.889	317.762	.528	-0.7111
		UV	-0.000	317.762	.675	-0.6723

圖 22. 硝酸鹽單因子變異數分析

多變量比較

分類數	因子名	因子位	平均距離 (L1)	標準差	顯著性	95% 信賴區間
分類數: 150	LED	Blue	1.7778	1.2673	.255	-0.3642
		UV	0.5756	1.2673	.872	-1.0003
		Green	-1.8889	1.2673	.749	-1.3729
		NO LIGHT	-0.0844	1.2673	.692	-0.2729
		Blue	0.6778	1.2673	.229	-0.3086
		UV	2.7555	1.2673	.747	-0.4111
	Blue	Blue	-0.6389	1.2673	.410	-0.8955
		NO LIGHT	-1.0927	1.2673	.742	-1.5921
		UV	1.2956	1.2673	.872	-1.2820
		Blue	1.7333	1.2673	.115	-0.2588
		Green	-1.8444	1.2673	.691	-1.4129
		NO LIGHT	-0.1930	1.2673	.651	-0.2564
	Green	Blue	-1.0889	1.2673	.749	-1.3972
		Blue	-1.4889	1.2673	.401	-1.6729
		UV	-0.2444	1.2673	.691	-0.8930
		NO LIGHT	0.9756	1.2673	.115	-0.0020
		NO LIGHT	1.4394	1.2673	.699	-1.0180
		Blue	-1.0927	1.2673	.742	-1.7782
	NO LIGHT	Blue	1.2800	1.2673	.651	-0.3064
		UV	-0.5336	1.2673	.115	-0.2800

圖 20. 花青素單因子變異數分析

多變量比較

分類數	因子名	因子位	平均距離 (L1)	標準差	顯著性	95% 信賴區間	
分類數: 150	LED	Blue	-1.2600	1.01241	.259	-0.2053	
		UV	-1.1422	1.01241	.308	-0.1884	
		Green	-0.9255	1.01241	.697	-1.0479	
		NO LIGHT	-0.6800	1.01241	.318	-0.2756	
		Blue	1.1670	1.01241	.599	-0.3845	
		UV	0.1778	1.01241	.806	-0.3084	
	Blue	Green	1.4923	1.01241	.771	-0.4879	
		NO LIGHT	1.5066	1.01241	.824	-1.2462	
		UV	1.1422	1.01241	.200	-0.9039	
		Blue	-0.6778	1.01241	.696	-0.0639	
		Green	1.4444	1.01241	.737	-0.7017	
		NO LIGHT	-0.9255	1.01241	.676	-1.0676	
	Green	Blue	-0.8222	1.01241	.893	-0.4484	
		Blue	-1.5025	1.01241	.711	-1.0400	
		UV	-1.5444	1.01241	.195	-0.5806	
		NO LIGHT	-1.6025	1.01241	.893	-0.1022	
		NO LIGHT	Blue	-1.6000	1.01241	.518	-1.0502
		Blue	-1.5800	1.01241	.538	-0.5402	
	NO LIGHT	UV	-0.8222	1.01241	.896	-0.5384	
		Green	-1.18625	1.01241	.891	-0.5879	

圖 21. 葉綠素單因子變異數分析



圖 23. 花青素儀器



圖 24. 葉綠素儀器



圖 25. 葉面積儀器

The Study of Supplemental Light at  
Night of LED Single Waveband on Growth Pattern for  
Lettuce Sativa

Wei-Lun FU and Yu-Zie LIN  
Advisor: Chung-Liang Chang

Department of Biosystems Engineering  
National Pintung University of Science and  
Technology

Abstract

This study investigated the tendrils of red lettuce grown in the greenhouse for PE film, using a light emitting diode (LED) for night fill light in colonization stage (20 to 45 days) administration of a single band of extra fill light 4 hours / day observed red tendrils lettuce growth patterns. Photon 168.2ppf  $\pm$  250.8ppf ultraviolet photon 5.1ppf  $\pm$  7.7ppf Japanese cultural environment in solar radiation 91.2ppf  $\pm$  134.3ppf given temperature 23.5 ° C  $\pm$  5.4 ° C Humidity 81.8%  $\pm$  8.1% carbon dioxide concentration 467.3ppm  $\pm$  16.6ppm broth temperature 22.2 ° C  $\pm$  2.7 ° C under the circumstances, five kinds of experimental treatment, in addition to the control group (comparison) does not light up, the rest supplied light to a light intensity of 150 PPF, light quality as follows: red (peak value = 663nm) , green (peak value = 523nm) blue light (peak value = 438nm) UV (wave peak = 382nm), after the harvest, measured plant appearance, leaf area, fresh weight, chlorophyll, flowers Astaxanthin and nitrate content make statistical comparisons.

# 垃圾打包機器人設計與實現

學生姓名:許昇翔 楊智凱

指導老師:張仲良 教授

國立屏東科技大學

生物機電工程系

## 摘要

本研究提出一自動打包倒垃圾的機器人,用來解決社區垃圾桶滿溢無人整理造成髒亂的情形,機構設計上,利用多組感測器偵測垃圾之情形,並利用搭配電熱絲及馬達做移動機構的打包機構進行打包,同時將打包好之垃圾移送至機器人前方之傾倒台,導航自走部分則是以電子羅盤為主、GPS 為輔,進行垃圾傾倒區之定位,接著利用編碼器來完成方位控制及轉速控制,以供機器人獨立自走至傾倒區倒垃圾之能力,本研究之亮點在於完成一特殊的垃圾處理機構設計與導航設計,包含打包機構、輸送機構、以及導航機構。

關鍵詞:自走打包倒垃圾機器人、感測器、馬達、打包機構、輸送機構、傾倒機構、GPS 導航、航向推算。

## 一、前言

長久以來,設置在公共區域的垃圾桶,要是垃圾桶裝滿垃圾時,如果沒有立即更換垃圾袋,滿出來的垃圾就會造成環境髒亂(如圖 1),隨著人們的物質生活水準逐漸提昇,相對的所產生的垃圾量也是逐年增加,垃圾對環境所造成的影響已經超乎想像,因此必須重視垃圾對環境所造成的傷害,在垃圾量過大的時候,經常可看到垃圾散落在垃圾桶附近的情形,不僅使環境看起來十分髒亂,甚至會傳出陣陣惡臭,並會有蒼蠅亂飛、蚊蟲寄生的情形,讓人在丟垃圾時會感到非常不舒服,身為一個高度文明的國家,應該要妥善規劃各細部,讓社會大眾能夠獲得良好的生活環境,為了確保垃圾桶的需求量能夠足夠維持供需平衡,有效利用現代的控制技術是可以改變現今垃圾桶功能不足的問題,同時也能解決因功能不足所帶來的環境問題。目前臺灣擁有蓬勃的製造業及尖端科技,在半導體、資訊科技、通訊、控制、電子精密製造等領域執牛耳,結合了以上的技術,有效開發自動控制的技術是未來許多物品改良發展的必要趨勢。現今,台灣已有不少針對垃圾桶設計上的改良,但這些改良都還是存在著許多的問題,比如開發成本過高等因素,如果要做到連同打包、換垃圾袋、運送至垃圾集中場的完全控

制,



圖 1、垃圾滿溢所造成的環境問題

又要兼具成本的降低是具有技術挑戰性的。

## 二、研究內容與方法

### 2.1 導航原理

#### 2.1.1 運動模型

本節將探討機器人運動數學模型,該輪型機器人採用四輪驅動的方式進行正轉、反轉及速差控制來達到機器人前進、後退以及轉向的目的,但為了簡化模型的複雜性,我們在數學模型上的假設前提為:機器人是為一線性系統並且是在水平面上運動的機器人模型;忽略輪胎的變形及不考慮輪子和地面的摩擦阻力。

圖 2 為車體運動模型示意,此圖為機器人移動座標平面,今假設機器人的位置及方向角可以用一個三維向量表示,如下式 [13]:

$$P = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ \theta \end{bmatrix} \in R^3 \quad (1)$$

X、Y 表示車體質心(Mi)位置,而  $\theta$  則為機器人的方向角(Robot Heading)與座標系統的夾角,而車體上的速度則可由二維向量表示如下式,並可分解成車體的縱向速度及橫向速度之向量和[22]。

$$V = \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix} \in R^2 \quad (2)$$

同時以一旋轉矩陣來推導機器人運動方程式來求得車體目前運動狀態以及相對速度，則運動方程式可表示為下式，此式子是以一個三維座標表示其速度向量[22]。

$$\dot{T} = \begin{bmatrix} \dot{X} \\ \dot{Y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ \omega \end{bmatrix} \quad (3)$$

透過下式(4)和(5)可以描述車輪的旋轉角速度和機器人目前速度的相對關係，當機器人在移動時，輪子的旋轉只會產生切線方向速度，因此，如式(6)所示，縱向速度皆為零：

$$\omega_L = \frac{V_{LFx}}{r} = \frac{V_{LBx}}{r} \quad (4)$$

$$\omega_R = \frac{V_{RFx}}{r} = \frac{V_{RBx}}{r} \quad (5)$$

$$V_{LFy} = V_{RFy} = V_{LBy} = V_{RBy} = 0 \quad (6)$$

其中， $\omega_L$ 及 $\omega_R$ 可以表示為左輪及右輪的旋轉角速度、 $r$ 則代表車輪半徑，ICR 表示車體旋轉中心點。

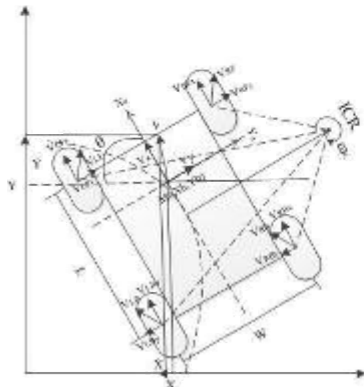


圖 2、機器人運動模型

### 2.1.2 航位推算法

由於目的地為已知的座標(如圖3所示)，我們可以利用電子羅盤以及里程計來推算出距離以及方位角，然而，單使用編碼器時往往會因為以下原因使得機器人偏離航向，例如路面的不平整、輪徑誤差、馬達安裝上的差異甚至機器人整理重量的分配不均，造成機器人取得的資訊和實際的情況不同，使得誤差不斷累積並且產生累積誤差導致機器人偏離軌道，因此，本研究利用電子羅盤的計算來降低機器人的誤差並修正航向。

### 2.1.3 PID控制

在機器人行進研究中，我們提出一個解決方案來讓機器人能依照我們所規劃的方式行走以及讓機器人知道自己已偏離航向而能自行修正。而我們所知的回授型控制器(圖 4)是為一套可使系統達成控制目標的數學演算法，此控制器把收集到的數據和一個參考值進行比較然後把這個差別用於計算新的輸

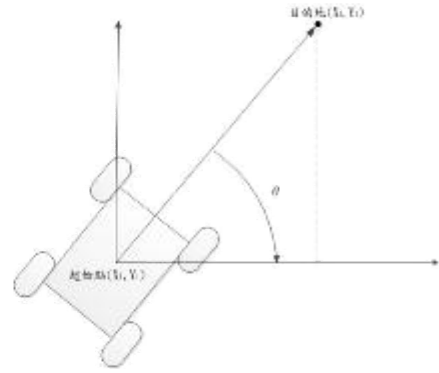


圖 3、航位推算原理

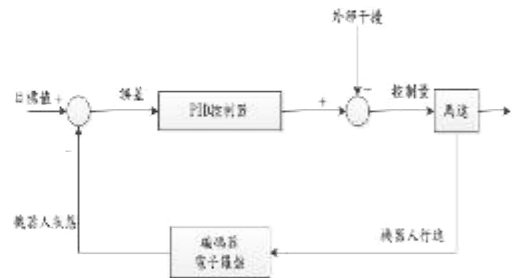


圖 4、PID控制器

入值，新的輸入值的目的可以讓系統保持在期望值[16]。本節所提出之 PID 控制器則為工業界中常見的閉環迴路控制系統，其演算法可以表示為下式：

$$U(t) = K_p E(t) + K_i \int_0^t E(t) dt + K_d \frac{d}{dt} E(t) \quad (7)$$

其中， $U(t)$ 表示經由計算過後的受控變數、 $E(t)$ 表示誤差、 $K_p$ 表示比例增益、 $K_i$ 表示積分增益、 $K_d$ 表示微分增益。

在一個PID控制迴路中，可以採用三種演算方式來消除目前的誤差，但一般而言PID三種演算法，並不會同時使用，不過還是必須看使用者的狀況而定，而本文設定PI控制器為速度型控制器搭配編碼器使用，PD控制為位置型控制器搭配電子羅盤及慣性導航元件使用。

該如何調整 $K_p$ 、 $K_i$ 和 $K_d$ ，本文使用試誤法(Try-And-Error)並且參考穩定極限法取得增益參數值，其方法為調整比例增益值，直到系統不收敛亦不發散，此狀態稱為邊界穩定狀態，並將此時比例增益定義為 $K_{pc}$ ，震盪週期為波峰到波峰的距離( $T_c$ )定義參數為表1所示[17]。



表1穩定極限法參數定義

型態	Kp、Ki及Kd參數設定
P	$K_p = 0.5K_{pc}$
PI	$K_p = 0.45K_{pc}$ $K_i = \frac{0.54}{T_c}$
PID	$K_p = 0.6K_{pc}$ $K_i = 1.2K_{pc}$ $K_d = 0.0075K_{pc} \times T_c$

### 2.1.4 電子羅盤

電子羅盤方位角 $\theta$ 的計算方式在水平的情況下，未考慮加入傾斜角度的影響，其基本原理為讀取電子羅盤 X 與 Y 軸的輸出，並套入 $\tan^{-1}\frac{Y}{X}$ 的公式中，就可以得到方位角。

$$\text{方向角}(x < 0) = 180 - \left( \tan^{-1} \frac{y}{x} \right) \frac{180}{\pi} \quad (8)$$

$$\text{方向角}(x > 0, y < 0) = - \left( \tan^{-1} \frac{y}{x} \right) \frac{180}{\pi} \quad (9)$$

$$\text{方向角}(x > 0, y > 0) = \left( \tan^{-1} \frac{y}{x} \right) \frac{180}{\pi} \quad (10)$$

### 2.1.5 GPS 導航

GPS 全球定位系統(Global Positioning System)在經歷過去二十多年的發展過程，目前在各項理論及應用之技術上已趨成熟，並已成為當前最重要之一項空間大地測量(Space Geodesy)定位技術。由於GPS具有相當高定位精度之工作能力，並能有效地將測量工作由地區性(local)延伸到區域性(regional)甚或全球性(global)之範圍，因此目前高精度之大地測量作業都已幾乎全面採用GPS之定位技術及作業方法。

其定位方式由以下三大部分組成：

- (1) GPS是由空間衛星、地面監控、以及用戶端接收三大部份所組成(如圖5所示)；
- (2) 地面監控主要分為主控站、地面天線、與監測站三大類，主監測站位在美國科羅拉多州的空軍基地，主要是收集位於世界各地的監控站所傳回的資料進行衛星的軌道及時間校正以及傳送資料的調整；
- (3) 用戶端已經發展出各式各樣不同的接收儀器，例如車用、手持、船用、機載式，大地測量用等等不同功能的接收裝置。

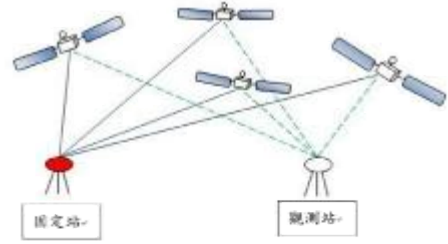


圖5、GPS定位組成原理[10]

### 2.1.6 航位修正流程

圖6表示為航位修正的流程圖，此圖能夠更明確的說明自走車航位修正的過程。

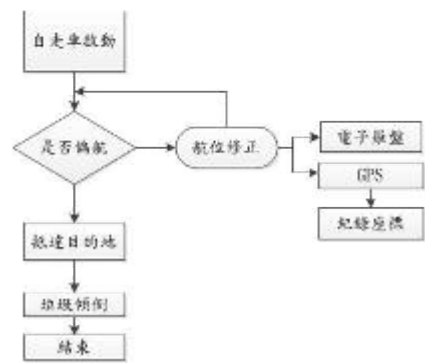


圖6、航位修正流程圖

## 2.2 機構設計

本研究設計之自走打包機器人，而本章節機構零件圖繪製採用SolidWorks 2011繪圖軟體，各部分機件設計以及組立方法如下說明：

### 2.2.1 自走車本體設計

如圖7所示自走車本體採四輪驅動，機器人車體以鋁材為主要設計材料，其優點是較不會生鏽其強度也較角鋼佳，結構是利用大小3\*3(公分)的鋁擠材組裝100cm(長)\*40cm(寬)\*80cm(高)並在上方加裝鋁板，在鋁板上放置所有設計的機構包括：傾倒機構、輸送機構、垃圾桶以及打包機構，而鋁板下方則是放置所有的控制系統，自走車的功能為路線規劃並利用GPS將打包好的垃圾送至垃圾集中區。

### 2.2.2 傾倒機構

圖8表示傾倒台是利用雙軸馬達結合壓克力組裝而成，壓克力則是利用雷射切割之後組裝而成的，並由4根支撐件支撐，其尺寸為22cm(長)\*33cm(寬)\*7cm(高)，而傾倒台下方則是利用4支壓克力棒支撐傾倒台，其尺寸為.5cm(長)\*1.5cm(寬)\*4cm(高)，傾倒台的功能是要將打包好的垃圾傾倒至垃圾集中區。



圖 7、自走車本體(a)設計圖(b)實體圖

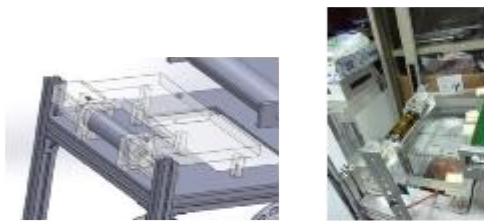


圖 8、傾倒機構(a)設計圖；(b)實體圖

### 2.2.3 輸送機構

圖 9 表示輸送機構是利用鋁塊以及輸送帶組合而成尺寸為 63 cm(長)\*36 cm(寬)\*13 cm(高)，由一顆 12V 的馬達藉由齒輪帶動輸送帶，輸送帶的功能是將打包好的垃圾送到傾倒台放置。



(a)



(b)

圖 9、輸送機構(a)設計圖；(b)實體圖

### 2.2.4 打包機構

圖11表示打包機構主要是利用電熱片原理，兩塊木板上貼上鐵絲並利用電瓶加熱鐵絲，再利用特殊設計的軌道搭配伺服馬達推動木板結合使垃圾袋因加熱而順利打包。

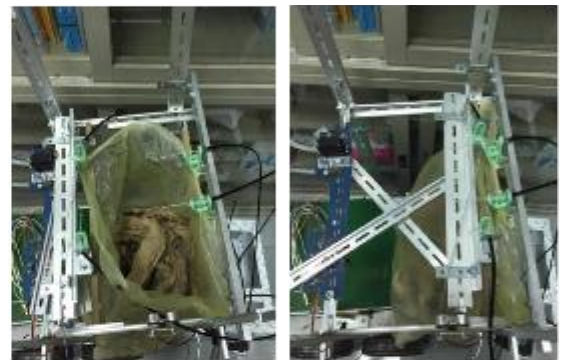


(a) (b)

圖 10、打包機構

#### (1) 打包動作流程圖

機器人打包動作流程如圖 11 所示。



(a) (b)



(a) (d)



(e)

圖 11、打包動作流程(a)偵測到倒垃圾已滿；(b)伺服馬達啟動將電熱片推至底端；(c)電熱片加熱 3 秒；(d)加熱完成電熱片退回原位；(e)夾子打開而垃圾掉落至傾倒台上

## 2.3 系統整合

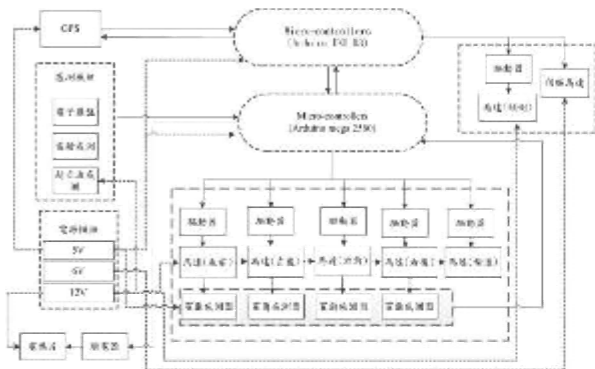
### 2.3.1 系統架構

本章節主要介紹機器人的動作流程以及硬體架構。硬體架構內容說明則機器人所用之微控制器及感測器。

### 三、結果與討論

#### 2.3.2 硬體架構

整個開發平台採用兩組 AVR 微控制晶片做為運算核心，機器人以 ATmega2560 做為控制與決策核心，感測單元包括了電子羅盤、超音波感測器、編碼器及雷射測距儀，受控體則為 12V 直流馬達。透過霍爾感測元件回傳機器人目前狀況包括：轉速、航向，經由決策核心運算決定適當輸出量施與受控體，完成本文載具之系統架構(如圖 12)。



圖十二、硬體架構

#### 2.3.3 動作流程

圖 13 說明機器人動作流程，首先利用超音波感測器判斷垃圾是否滿溢，若垃圾滿溢則開始打包，並在打包後啟動輸送帶輸送垃圾，再由傾倒台放置打包好的垃圾並啟動自走車向目的地前進，當機器人偏離航道時，透過位置型控制器判斷與目標航向的航向差進行修正，而當機器人回到航向軌道時速度型控制器與位置型控制器進行切換，由編碼器計算目前機器人轉速，再由速度型控制器推算輸出量，維持機器人穩定行走。

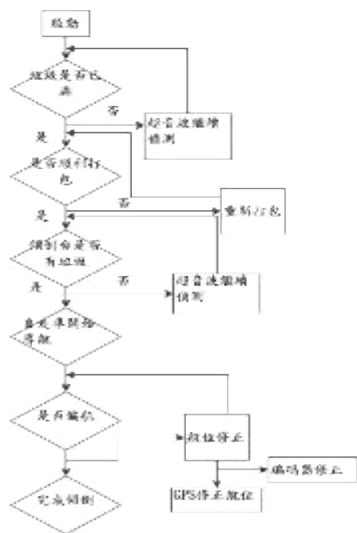


圖 13、動作流程圖

#### 3.1 應力分析

本機構在製作前，先利用應力分析軟體來模擬整體機構受力情形，採 1kg 以及 15kg 的重力加載於機器人垃圾承載點。如下圖所示，在 15kg 的重力下壓的情況下，整體機構受力是均勻地且結構不受影響，此結果可得知機構體是安全的。



圖 14、分析結果(a)模擬結果(b)實際結果

#### 3.2 打包結果

根據應力分析的結果，本次實驗將模擬應力分析所設定的 1kg-5kg 的垃圾重量，並以傾倒 10 次為實驗的次數來測試傾倒的成功率(圖 15)。

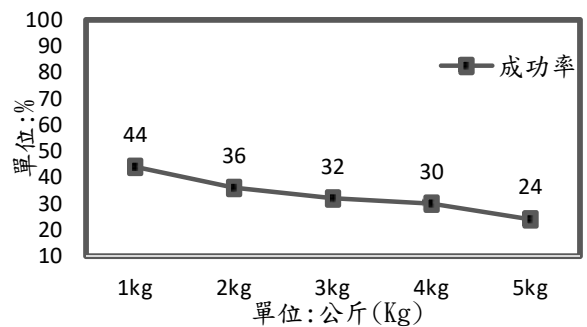


圖 15、打包實驗結果曲線圖 (修正前)

根據上圖實驗結果可以看出成功率非常的低，根據我們的分析我們認為可能是機構設計、感測器偵測不靈敏的問題，所以我們又將機構做了一些修正，並將感測器位置重新裝置使其能夠更靈敏的偵測垃圾，再以同樣條件進行一次實驗得到以下實驗結果(圖 16)。

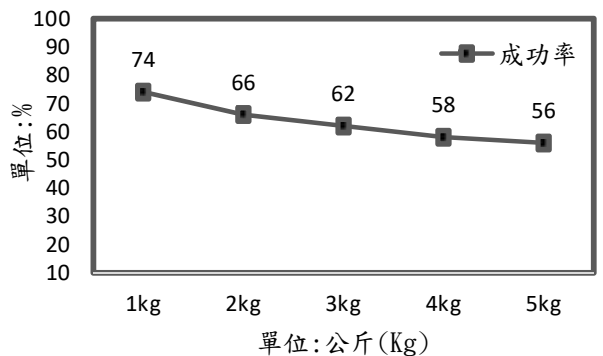


圖 16、打包實驗結果曲線圖 (修正後)

### 3.3 傾倒結果

根據應力分析的結果，本次實驗將模擬應力分析所設定的1kg-5kg的垃圾重量，並以傾倒50次為實驗的次數來測試傾倒的成功率(圖17)。

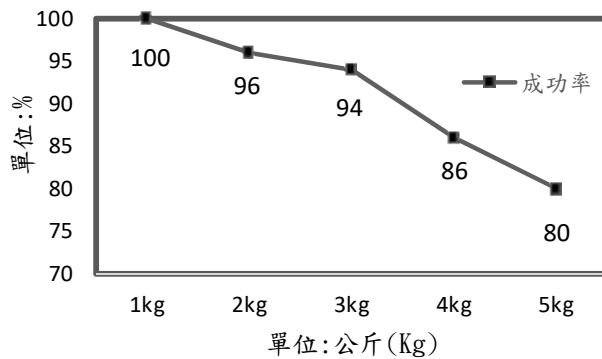


圖17、傾倒實驗結果曲線圖

由上圖可以看出隨著重量的變化成功率也隨之減少，其中影響成功率的原因在於每包垃圾不會都很準確掉到傾倒台上，尤其是重量越重的垃圾一旦掉至傾倒台上就很難在改變位置，反之重量輕的垃圾雖然沒有很準確在傾倒台上但因為重量輕，馬達的力道夠大，所以還是能成功完成垃圾傾倒的工作。

### 3.4 航位推算結果

本實驗利用編碼器與電子羅盤來進行機器人行進測試，同時利用GPS接收機來記錄座標並將座標輸入至Google Earth來顯示座標點，以方便進行行進軌跡之對照，而實驗分為單獨只使用編碼器進行里程計算，以及使用編碼器並利用電子羅盤來校正，將上述兩個實驗來做比較。

以120公尺的距離來實驗可以看出，圖18與圖19的誤差有很大的不同，圖18是沒有利用電子羅盤修正的，所以到達最後位置時與目的地有10公尺以上的誤差，因為自走車本身的或不同的車輪速度的重量的誤差和其它因素影響，故圖19所示是使用電子羅盤修正航位，可看出與圖18有明顯的差異，不但沒有偏航的問題，且距離目的地的誤差也縮小至4公尺內。

#### (1) 單獨使用編碼器

由圖18可以看出當車子出發後，會因為車子本身的重量問題或車輪轉速不同等因素，開始偏向右邊而此時由於沒有羅盤的校正，此時可以看出自走車就會偏離原訂規劃的航向。

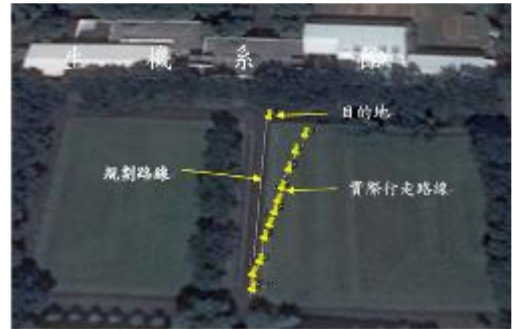


圖18、實驗結果

#### (2) 使用編碼器與電子羅盤

圖19所示，與圖18相比可以看出明顯的差異，由於圖18只有單純里程計的計算並沒有航位修正，而圖19是有電子羅盤的修正故可以看出第二張照片距離目的地的距離較近但還是有幾公尺的差距。

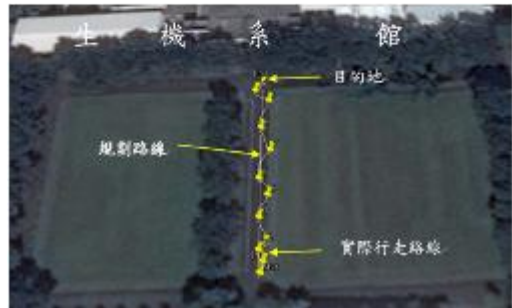


圖19、實驗結果

### 3.5 機構測試實驗

本次實驗是將所有機構同時運作，將打包、輸送過程以及傾倒過程的所有時間進行計算，可以得到整體一趟運作時間為5分鐘，其中打包花費45秒，運送時間為4分鐘，而傾倒則是花費15秒，由圖4.7可以看出整體誤差的時間範圍為正負20秒。影響運作時間的因素在於每次垃圾打包的形狀不一樣、每次走的路線不會百分之百一樣，所以多少都會有些許的誤差(圖20)。

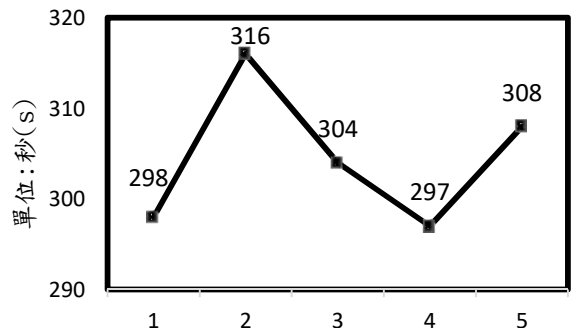


圖20、運作時間統計(共計5次)

## 四、結論

目前本研究所開發出之機器人已具有以下能力：  
(1) 可依照規劃路徑，自主性行走；

- (2) 可利用GPS記錄路徑；
- (3) 藉由特殊的軌道系統，可自主完成打包垃圾袋的工作；
- (4) 可將打包完成的垃圾輸送至傾倒台存放；
- (5) 機器人移動至垃圾集中區時，能夠完成垃圾傾倒的工作；
- (6) 可耐重5公斤的垃圾；
- (7) 自走車能夠承受35 Kg的重量；
- (8) 一趟作業時間為5分鐘；
- (9) 電瓶滿電時機器能夠有效運作2小時。

## 2. 未來工作

以下簡要說明本文後續將完成之工作。

- (1) 增加缺換袋機構，完成全自動的目標；
- (2) 克服環境的因素，在不同的環境下也能夠完成預期的結果；
- (3) 加入更完善的避障功能，提升使用上的安全性；
- (4) 希望能夠以 GPS 為主，電子羅盤為輔，並加裝 IMU 模組使其有更完整的導航功能。

## 五、致謝

承蒙科技部提供研究經費(計畫編號 MOST 104-2815-C-020-028-E)以及系上提供實驗場地、實驗室提供工具，以利研究工作能順利進行，在此致上感謝。

## 六、參考文獻

- [1] 陳巧音, 2002, 小型自走車以超音波避障之研究, 成功大學工程科學研究所碩士論文。
- [2] 楊雅兆, 2004, 使用超音波感測之自走車避障實務設計, 中原大學機械工程研究所碩士論文。
- [3] 陳彥儒, 2004, 超音波感測器為基礎之自走車路徑規劃與導引, 大同大學/機械工程研究所碩士論文。
- [4] 張崇耀, 2004, 超音波感測之自走車避障設計, 國立臺灣海洋大學電機工程所碩士論文。
- [5] 吳添寶, 2005, 以形狀資訊進行目標追蹤之影像伺服自走車, 聖約翰科技大學自動化及機電整合研究所碩士論文。
- [6] 陳俊嘉, 2007, 即時影像追蹤自走車設計, 中央大學電機工程研究所碩士論文。
- [7] 陳志豪, 2004, 基於紅外線感測器之清潔機器人導航設計, 國立交通大學電機與控制工程研究所碩士論文。
- [8] 蔡政祐, 2010, GPS導航無人車之設計與製作, 國立聯合大學電子工程研究所碩士論文。
- [9] 江正龍, 2004, GPS測距及測速運作模式之研究, 國防大學中正理工學院研究所碩士論文。
- [10] 蔡宗憲, 2011, 新一代GPS導航系統, 國立大學資訊工程研究所碩士論文。
- [11] 陳崇煒, 2012, 雙輪自走車平衡及定位控制, 國立屏東科技大學車輛工程研究所碩士論文。
- [12] 踏進互動科技世界 - 使用 Arduino, 作者: Arduino 原創者 Massimo Banzi 著, 台灣 arduino.tw 林義翔譯, 2009。
- [13] 朱佳珩, 2015, 高精度自主航向控制系統於四驅式田間挖洞機設計與實現, 國立屏東科技大學生物機電研究所碩士論文。
- [14] 呂明修, 2012, GPS與IMU應用於自主式四驅越野車輛之研究, 國立雲林科技大學, 機械工程研究所碩士論文。
- [15] 許昇翔、楊智凱、張仲良, 2015, 垃圾打包機器人機構設計與實現, 中華民國第23屆模糊理論及其應用研討會, 台灣宜蘭。
- [16] 陳朝光、陳介力、楊錫凱, 2010, 自動控制, 高立圖書有限公司。
- [17] 楊英魁, 1992, Fuzzy理論與應用實務, 全華科技圖書股份有限公司。
- [18] Wu, X., M. Xu, and L. Wang. 2013. Differential speed steering control for four-wheel independent driving electric vehicle, In Proc. IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 1-6, Taipei, Taiwan.
- [19] Xu S.X, Yang Z.K, and Chang, C.L., 2016. Design and implementation of an autonomous garbage packing robot, Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering, Niigata, Japan.
- [20] Pazderski, D., Kozłowski, K., and Lawniczak, M., Practical stabilization of 4WD skid-steering mobile robot. In Robot Motion and Control, 2004.
- [21] Siegwart, R., Nourbakhsh, I.R., and Scaramuzza, D. 2011. Introduction to autonomous mobile robots. MIT press.
- [22] Ando, Y., and S. I. Yuta. 1995. Following a wall by an autonomous mobile robot with a sonar-ring. In Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2599-2606, Nagoya, Japan.
- [23] Siegwart, R., Nourbakhsh, I. R., and Scaramuzza, D. 2011. Introduction to autonomous mobile robots. MIT press.
- [24] Jhu, J. H., Song .G. B., and Chang .C. L. 2015. A two-stage dynamic control scheme for a skid-steering field mobile robot. In Proc. IEEE International Conference on System, Man, and Cybernetics (IEEE SMC), 2222-2226, Hong Kong.

Design and implementation of an autonomous  
garbage packing robot

Student: Sheng-Xiang Xu, Zhi-Kai Yang  
Advisor: Dr. Chung-Liang Chang

Department of Biomechatronics Engineering  
National Pingtung University of Science and  
Technology

Abstract

This study proposes an automatic garbage-collecting robot to solve the problem of over stuffed trash cans in real time and messy environment. In terms of system design, multiple sensors, jaws, servo motor, and slides are adopted the pack the garbage. Then, the specially-designed automatic slides device will put a new bag in the trash can and transport the packed garbage to the robot through the conveyor platform. The robot automatically moves to specified location to dump the garbage through rotatable dump device. The guide system employs a GPS receiver aided with electronic compass. This method can compensate for the drawback of inability to position due to blanked signal as a results of building or interference. The focus of this paper is to present a special packing mechanism, specially-designed automatic slides device, conveyor platform, and rotatable dump device aided with navigation and control system to design one automatic garbage-packing robot. In the future, the proper arrangement of recycling field in combination with proposed robot should address the problem of stinky trash cans and messy environment due to no replacement of trash bags.

**Keyword:** Autonomous system, garbage packing robot, GNSS receiver, microcontroller, dead reckoning



# 家庭式魚菜共生之探討

學生姓名：張哲誠、陳運菁、劉家豪

指導老師：洪辰雄老師

國立屏東科技大學

生物機電工程系

## 摘要

本專題探討魚菜共生在家庭需求上的可行性，運用簡單的材料，製作符合家庭式的魚菜共生系統，使其方便管理之餘，除了減輕家庭對糧食需求的開銷外，同時教育後代重視環境汙染的重要性。

本實驗所設計之系統，雖然成功確認其在家庭上的可行性，不過因為受限於空間、成本、操作者經驗與技術等影響，因此目前要將其普及化，是較為困難的。

**關鍵字：**水耕栽培、水產養殖、魚菜共生、硝化作用

## 一、引言

隨著世界人口數不斷地提升，對糧食的需求量也逐漸增加，再加上已開發國家的人民，生活品質的提高，造成了許多食物的浪費，現今世界的糧食逐漸的呈現供不應求的情形。

科技的進步，帶動了產業的創新，自 20 世紀 40 年代出現了化學農藥後，人們得以有效的控制農作物的病蟲害，為人類挽回農產量的損失做出了極大的貢獻，但長期的大量使用化學農藥，無可避免的會造成環境的汙染，大環境的改變，破壞了生態的平衡，影響了食物鏈的各個階層，也帶來了食安問題。

20 世紀 20 年代化學肥料的出現，成功的解決了當時產量不足的問題，由於極高的效率、使用方便、價格便宜，因此開始大量的使用，但是不當的操作及過度的施肥，使土地慢慢的開始酸化、鹽化、地力衰退，最終影響了生產，也破壞了水資源及生態環境。

水產養殖是我國經濟發展的重要環節之一，民國

69 年至 76 年是我國水產養殖的黃金年代，大量的高密度養殖帶來了巨量的經濟，卻也帶來了汙染，未經處理的養殖廢水遭惡意的排放，大量的氮磷元素進入了河川及池潭造成優氧化，嚴重破壞了生態系及水資源，再加上為了追求高產量，而過度依賴抗生素，造成新興疾病的出現，更危害了人類的生活品質。

近年來環保意識的抬頭，人們開始倡導回歸自然的栽種方式，目的是為了能夠永續的經營與利用，除了教育農民正確的使用肥料外也提倡使用有機肥料來取代化肥，以減少對環境的破壞，而養殖業也增訂法規要求業者必須將養殖廢水做適當的處理，必須達到放流水標準才得已排放，目的一樣是為了使自然界回復以往生機盎然的風貌。

魚菜共生是結合「水耕栽培」與「水產養殖」兩方技術而生的生產方式，顧名思義必須同時具備有養殖與水耕才能稱為魚菜共生，將水產養殖所排放的廢水（含氮及其他無機鹽類），經由硝化作用將氮轉並成為硝酸鹽，而硝酸鹽及其他無機鹽類，正是植物生長所需的重要元素，經由封閉式水路系統的循環可實現「養殖不換水」、「種菜不施肥」的運作方式，此外魚菜共生與傳統種植方式相比，僅需約 8~10%的水量，還具備高密度種植、省電、省空間、省勞力、管理方便等優點，這些特點與我國的先天條件上相比，可以說是恰到好處。

美屬維京群島大學的 Rakocy 博士被譽稱為魚菜共生之父，曾列出以下〔魚菜共生的十大準則〕如表（一），這些項目並無優先之分，因為每項都極為重要。



一	維持較穩定性的飼料投飼
二	以固定公式計算出的比例進行餵食
三	鈣質、鉀質和鐵質的補充
四	確保良好的打氣(DO)
五	移除固體物
六	注意有機顆粒的生成
七	使用較大的輸水管
八	採用生物控制
九	生物過濾的進行
十	pH 酸鹼值的控制

表(一)

## 二、研究內容與方法

本實驗研究目的希望簡化系統，簡化數據，讓一般大眾也能輕鬆搭建，已達成推廣環保與城市綠化的最終目的，所以使用的材料都是可以輕易取得並且組裝，以PVC水管加上水路循環的設計完成本實驗。

本實驗設計兩個循環，介質循環以及管耕循環，此章節會詳細說明製作以及原理。

### 2.1 原理介紹



### 2.1.1 魚菜共生原理

圖 2-1 原理圖

如圖 2-1 表示，魚將排洩物排放在養殖層裡，再經由馬達打上種植層，種植層內的細菌便分解魚的排洩物，植物在吸收細菌分解出來的養分並過濾水質，水再藉由虹吸管控制水位以及排回魚池，完成的水循環。

### 2.1.2 硝化作用

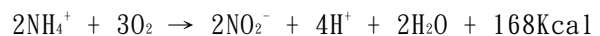
此環節是連結魚與菜的關鍵，也是整個魚菜共生系統中極為重要的環節之一。

魚的排泄物被沉水馬達抽上介質層之後，顆粒較大的有機物質會在過濾棉上被阻擋，其他細小的物質會分布在本實驗使用的發泡煉石上等待被細菌分解，以提供植物生長所需要的養分。硝化作用作如圖 2-2。

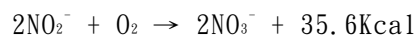


圖 2-2 硝化作用簡易示意圖

如圖 2-2 表示消化作用分為兩階段，第一階段為氮分解成亞硝酸鹽，稱作亞硝酸化作用，其化學式為：



第二階段為亞硝酸轉換成硝酸鹽，稱為硝酸化作用其化學式為：



硝化作用含氮化合物相互關係如圖 2-3 所示，當氮(藍線 NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub>)達到一定程度時(T<sub>2</sub>)，氮會被細菌分解成亞硝酸(桃紅線 NO<sub>2</sub>)，亞硝酸量達到一定程度(T<sub>5</sub>)，會被分解合成為硝酸鹽(黃線 NO<sub>3</sub>)，硝酸鹽則需要仰賴植物來吸收，但同時也是植物生長所需的養分。

含氮化合物之變化

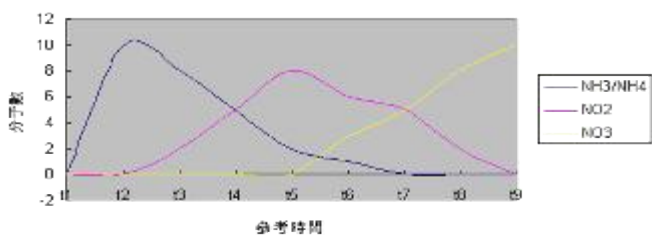


圖 2-3 時間與水中含氮化合物之變化

植物可在夜間吸收硝酸鹽並儲存，等待白天有陽光之後再進行光合作用分解成胺基酸及蛋白質。

### 2.1.3 虹吸鐘



圖 2-4 虹吸鐘實體圖

虹吸鐘在本實驗中擔任重要關鍵，此設備提供了水位控制以及排水功能如圖 2-4、圖 2-5 所示。

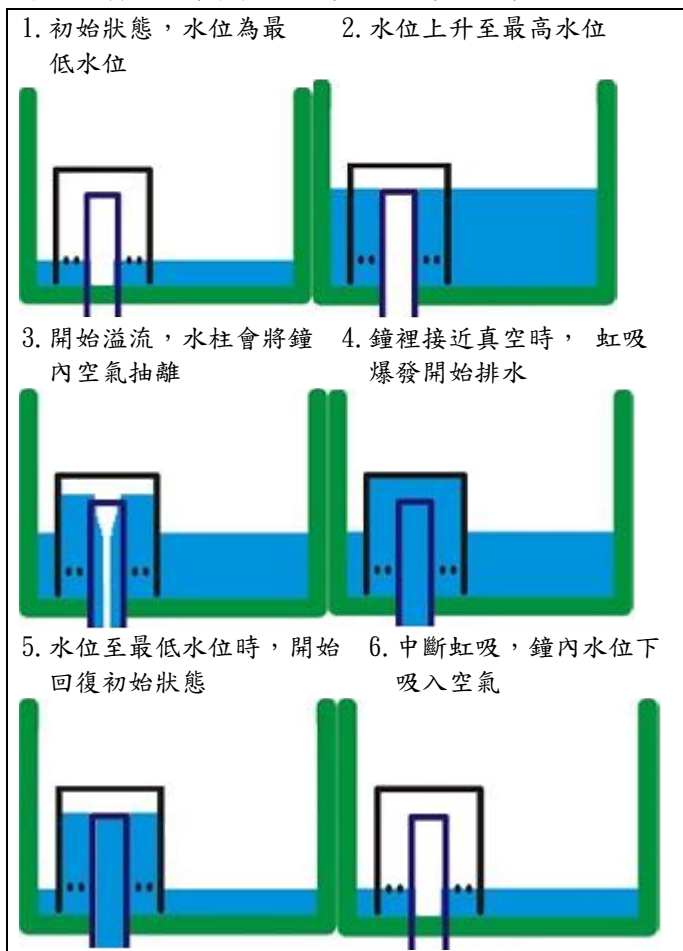


圖 2-5 虹吸鐘圖

虹吸鐘(介質層)，以 1.5" PVC 水管製作真空室，底部 3 公分挖孔當作最低水位，上頭用循立康密封，把成品放在 17.5 公分高的排水口，並套上挖許多孔的 3 " PVC 水管當作保護罩，以防練石吸入。虹吸鐘可控制介質層水位，分成乾燥層，虹吸層，含水層，如圖 2-6 所示。

乾燥層功能為固定植株何防止蚊蟲孳生，水位會在虹吸層上下移動，是根群主要的範圍，含水層主要為培菌以及累積有機物質。

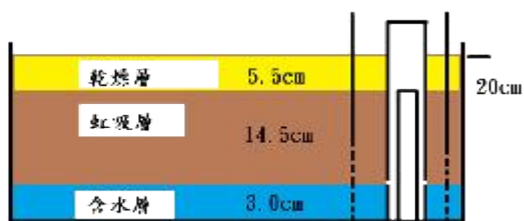


圖 2-6 介質層各層分布與虹吸鐘之關係

## 2.2 製作

### 2.2 材料與規格

材料	數量
1/2" PVC 水管	2 公尺
1/2" PVC OL 型彎頭	3 個
1/2" PVC OT 型三通接頭	2 個
1/2" PVCST 把手鋼珠球閥	1 個
1/2" PVC 管帽	2 個
3/4" PVC 水管	4 公尺
3/4" PVC OL 型彎頭	15 個
3/4" PVC OT 型三通接頭	13 個
3/4" PVC OS 直接頭	7 個
3/4" PVCST 把手鋼珠球閥	4 個
1" PVC 水管	2 公尺
1" PVC OL 型彎頭	2 個
1" PVCST 把手鋼珠球閥	1 個
2" PVC 水管	1.5 公尺
2" PVC OL 型彎頭	2 個
3" PVC 水管	60 公分
3.5" PVC 水管	公尺

3.5" PVC 0L 型彎頭	5 個
3.5" PVC 管帽	2 個
1/2" 軟管	1 公尺
高密度聚乙烯桶(245公升)	3 桶
高壓包砂管	4 公尺
白鐵箱 20.5*11*23(W*D*H)(cm)	1 個
3.5" PVC 0L 型彎頭	5 個
3.5" PVC 管帽	2 個
1/2" 軟管	1 公尺
高密度聚乙烯桶(245公升)	3 桶
高壓包砂管	4 公尺
白鐵箱 20.5*11*23(W*D*H)(cm)	1 個
3.5" PVC 0L 型彎頭	5 個
4 號發泡煉石(60L/袋)	4 袋
沉水馬達 32W	1 台
溫度、濕度計	1 台
酸鹼度、EC 值計	1 台
硝酸鹽檢測器	1 台
延長線 10m	1 條
神奇杯	50 個
過濾棉	1 包
虹吸鐘	3 組
虹吸管	1 條
浮球止水閥	1 組
氫氧化鉀(500g)	1 瓶
氯化鈣(500g)	1 瓶
螯合鐵(50g)	1 瓶
Tetra 硝酸鹽含量測試劑	1 盒
Tetra 亞硝酸含量測試劑	1 盒
Zoo 氨/銨含量測試劑	1 盒

## 2.3 系統循環介紹

### 2.3.1 介質耕循環

本實驗安排介質耕的循環順序：沉水馬達→分流閥→過濾棉→介質耕→虹吸鐘→養殖桶→沉水馬達.....。

沉水馬達打上來的水會經過分流閥分別導至過濾棉上，再進入介質層，如圖 2-11 所示。



圖 2-11 分流閥之介質耕進水路線

進入介質層的水會使水位上升，當上升至虹吸鐘的最高水位後，虹吸鐘開始作用，使水位降至最低水位並排出到養殖桶，如圖 2-12 所示。



圖 2-12 介質耕之排水管

## 2.4 養殖層

養殖層中飼養吳郭魚，1 號桶五隻、2 號桶四隻，魚的排泄物將作為作物的養分。左介質耕層及管耕層將水排至 1 號桶、右介質層將水排至 2 號桶，兩桶以虹吸管連通來平衡水位。馬達置於 1 號桶中，將養殖層的水抽出，進入循環水路。

因兩個養殖桶因利用連通管原理連通，所以視為同一個養殖層，如圖 2-17 所示。



圖 2-17 養殖桶與連通管

## 2.5 種植作物與養殖魚

種植作物：第一期：「福山萵苣」，第二期：「蘿蔓萵苣」。以上作物在台灣四季皆可種植，對土壤及氣候適應性廣，生長周期短，約 30~40 天即可採收。

養殖魚：吳郭魚。為雜食性，具有高抗病能力、高生存能力及廣鹽性，能夠適應各種環境。

以上皆為台灣常見之產品，因此本實驗選用其作為實驗對象。

## 2.6 系統維護

### 2.6.1 日常維護作業

為了維持系統的運作，需持續進行餵食魚飼料、視情形更換過濾棉、抽出養殖層中過多且未分解的排泄物、清除管耕內未被過濾的有機顆粒、檢查水路循環是否通順及有無漏水等工作。

### 2.6.2 pH 質檢測與調整

pH 值為影響水質的最大因素，其中又以硝化作用為最大宗，當 pH 到達 7.5 時硝化作用之效率最高，反之，若下降至 6 時，硝化作用則會停止，此時系統很容易會失衡，造成魚體死亡，因此 pH 值的控制極為重要。

一般系統的水體在經過硝化作用之後，pH 值會逐漸的下降成酸性，這時候就必須添加其他物質來維持 pH 值的平衡，而葉菜類對於「鉀、鈣、鐵」這三種物質的需求量較大，因此本實驗選用「氫氧化鉀、氯化鈣」來調整系統水質，這兩種物質溶於水中都呈現鹼性，因此可以用來平衡系統，另一方面可以補充系統中缺乏的鉀、鈣元素。

#### 2.6.2.1 螯合鐵

一般鐵在水中以還原的二價鐵及氧化三價鐵的形

式存在，二價鐵可溶於水中是植物可以吸收利用的，而三價鐵則不容於水中，又因為水中的二價鐵常常被氧化成三價鐵，所以魚菜共生經常發生缺鐵的情況，螯合鐵是將三價鐵加入螯合劑，使原本不能溶於水的三價鐵變成可溶性，讓植物可以吸收利用。

## 三、結果與討論

### 1. 結果

#### 3.1 蔬菜硝酸鹽

在國內僅限於肉製品、魚肉製品、鮭魚卵製品及鱈魚卵製品等可使用硝酸鹽，且用量須符合衛生福利部訂定「食品添加物使用範圍及限量暨規格標準」之規定。

衛生福利部食品藥物管理署引用 Commission Regulation No.1881/2006，針對菠菜及萵苣 2 種蔬菜，依不同品種、產季、栽種方式訂定硝酸鹽含量限量 2,000-4,500 ppm。冬季在戶外種植的萵苣硝酸鹽含量最高 4000ppm。

本實驗將收穫的作物菜葉壓成汁，使用硝酸鹽檢測器檢測硝酸鹽含量。

本實驗在戶外種植，因此上限為 4000ppm。

第一批福山萵苣硝酸鹽含量如表(3)所示

福山萵苣	
株-次	硝酸鹽(PPM)
1-1	2700
1-2	2600
2-1	3700
2-2	3800

表(3)

第二批蘿蔓萵苣硝酸鹽含量如表(4). 表(5)所示

蘿蔓萵苣-1 號盆					
株-次	硝酸鹽 (ppm)	株-次	硝酸鹽 (ppm)	株-次	硝酸鹽 (ppm)
1-1	430	5-1	470	9-1	450
1-2	510	5-2	500	9-2	480
1-3	540	5-3	670	9-3	780
2-1	750	6-1	710	10-1	870
2-2	690	6-2	540	10-2	620
2-3	640	6-3	510	10-3	630
3-1	760	7-1	500		
3-2	670	7-2	520		
3-3	610	7-3	540		
4-1	640	8-1	610		
4-2	650	8-2	740		
4-3	610	8-3	530		

表(4)

蘿蔓萵苣-2 號盆					
株-次	硝酸鹽 (ppm)	株-次	硝酸鹽 (ppm)	株-次	硝酸鹽 (ppm)
1-1	530	5-1	590	9-1	370
1-2	530	5-2	520	9-2	400
1-3	510	5-3	570	9-3	750
2-1	570	6-1	620	10-1	790
2-2	520	6-2	590	10-2	440
2-3	560	6-3	410	10-3	500
3-1	570	7-1	430		
3-2	510	7-2	680		
3-3	480	7-3	690		
4-1	500	8-1	690		
4-2	490	8-2	770		
4-3	570	8-3	800		

表(5)

### 3.2 水質檢測-EC 值

水質電導度(12/29 至 1 月份)如圖 3-1 所示。

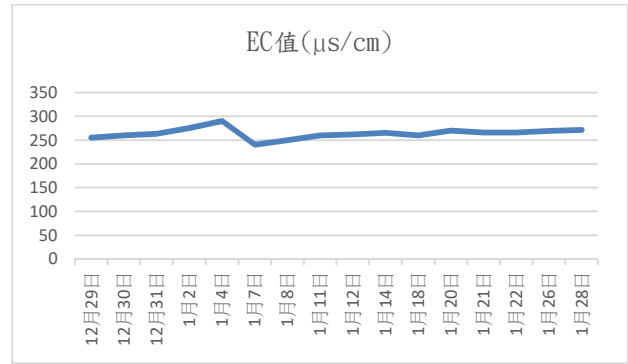


圖 3-1

水質電導度(2 月份)如圖 3-2 所示。

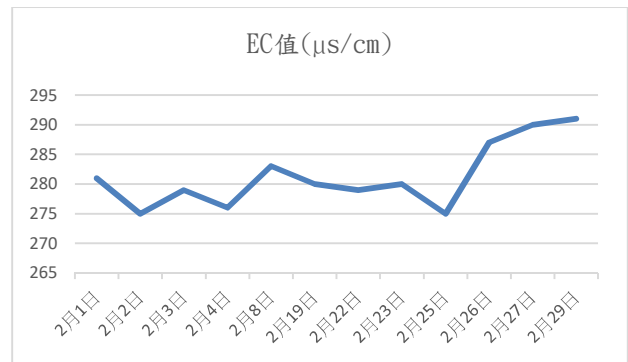


圖 3-2

水質電導度(3 月份)如圖 3-3 所示。

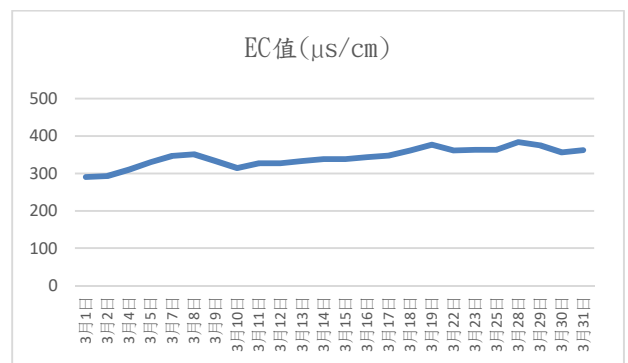


圖 3-3

水質電導度(4月份)如圖 3-4 所示。

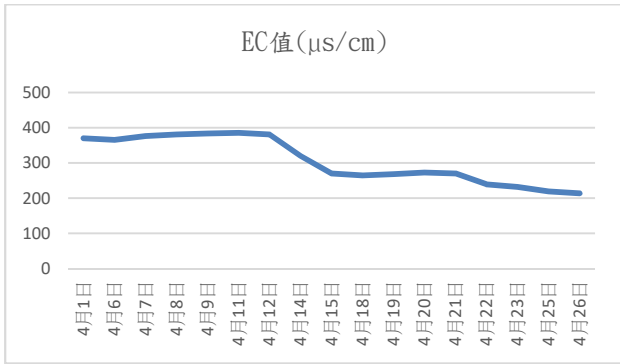


圖 3-4

### 3.3 水質檢測-pH 值

水質 pH 值(12/29 至 1 月份)如圖 3-5 所示。

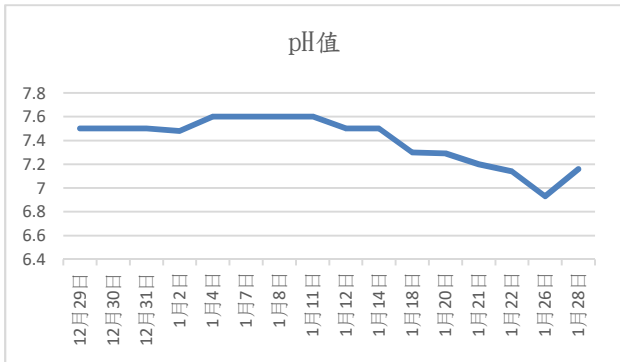


圖 3-5

水質 pH 值(2 月份)如圖 3-6 所示。

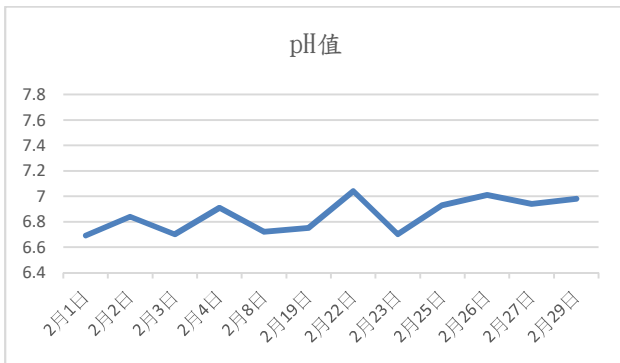


圖 3-6

水質 pH 值(3 月份)如圖 3-7 所示。

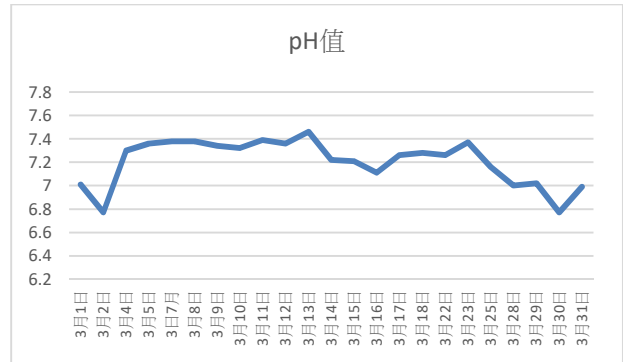


圖 3-7

水質 pH 值(4 月份)如圖 3-8 所示。

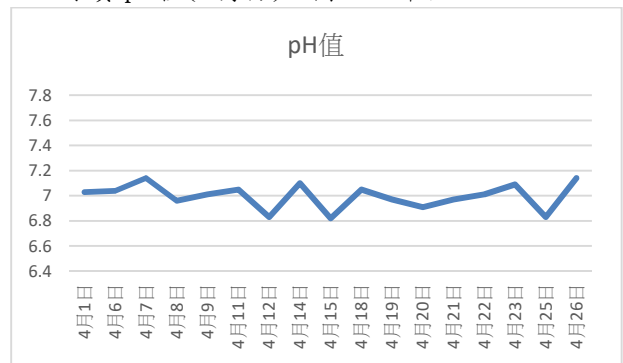


圖 3-8

### 3.4 水質檢測-溶氧量

水質溶氧量(3/14 至 4 月份)如圖 3-9 所示。

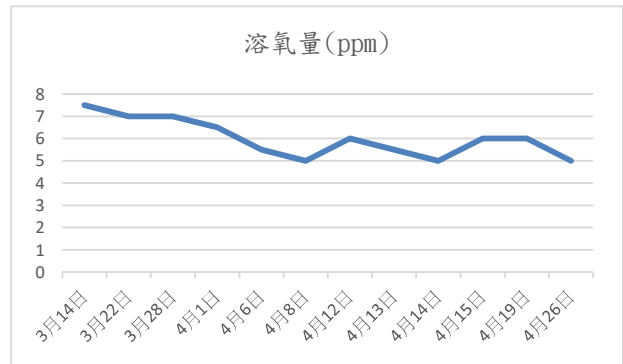


圖 3-9

### 3.5 水質檢測-氨含量

水中氨含量如圖 3-10 所示。

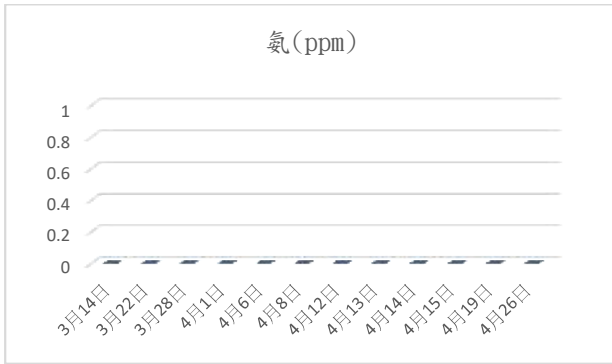


圖 3-10

### 3.6 水質檢測-亞硝酸

水中亞硝酸含量如圖 3-11 所示。

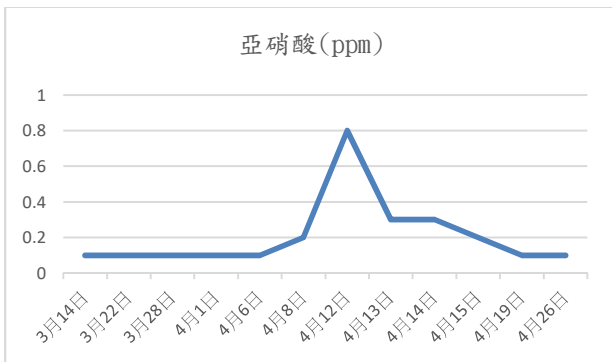


圖 3-11

### 3.7 水質檢測-硝酸鹽

水中硝酸鹽含量如圖 3-12 所示。

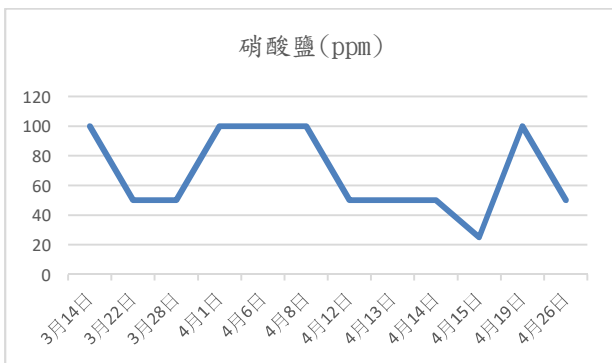


圖 3-12

## 2. 結果討論

探討系統水體 EC 值：

EC 值與水中解離之離子含量多寡有關，在本實驗中與發泡煉石的選用最為密切，不同品質的煉石其中

的無機鹽類含量均不同，本實驗在初期 EC 值維持在 250-290 $\mu$ s/cm 之間如圖 3-1.3-2 所示，在更換新一批的煉石之後則上升至 370-390 $\mu$ s/cm 如圖 3-2-3-4 所示，在實驗末期因為大量降雨導致系統水量劇增，因此許多無機鹽類被沖刷帶走，使得系統 EC 值下降最終維持在 200-220 $\mu$ s/cm 如圖 3-4 所示。

探討系統水體 pH 值：

pH 為影響本實驗運作的最大因素，魚的飼養必須在弱鹼性環境約 pH7.5-8，菜的生長環境則需弱酸性約 pH 值 6.5 左右，綜合上述魚菜共生必須將系統水質管控在 7 左右最為適當，本實驗在系統初期由於浸泡發泡煉石關係，pH 值上升到了 7.6 如圖 3-5 所示，因此本實驗的操作在初期並無種植作物，而是等到 pH 值下降至 7.2 時才將進行種植程序如圖 3-5 所示，而影響 pH 值的一大因素為硝化作用，硝化作用會使 pH 值下降，因此每過一段時間需要加入鹼性物質來調和。

探討系統水體溶氧量：

根據文獻資料顯示魚菜共生的水中溶氧量必須維持在 5ppm 以上最為良好，低於 3 在 ppm 時水中會只剩下吳郭魚及大肚魚等耐汙染之魚類，經實驗發現，證實了影響水中溶氧的條件為水溫，當水溫上升時溶氧量會下降，且魚體的活動力會上升，因此在氣候偏高溫時必須裝設打氣設備，防止水中溶氧量的不足，而在水產養殖的領域裡，池水的溶氧大多數來自於藻類，但由於魚菜共生必須將其養分供給於菜的生長，因此本實驗必須將養殖層用帆布覆蓋，阻絕陽光的進入，本系統因少了藻類的溶氧供給，因此在夏季時必需增設打氣裝置，且監控系統的溶氧量如圖 3-9 所示。

探討系統水體氨及亞硝酸含量：

氨與亞硝酸對魚來說都劇有毒性，根據文獻資料顯示水中的氨含量必須維持在 0-1ppm；亞硝酸含量則必須維持在 0-0.5ppm，本系統在建製初期有進行 2 周的養水過程，確保系統內的硝化作用正常運行後，

才投入魚隻，在過程中因有其他不當操作造成魚體死亡，使系統中亞硝酸濃度上升至 0.8ppm 如圖 3-11 所示，經過大量換水之後回覆至正常值，之後也持續檢測水中的氨、亞硝酸濃度如圖 3-10、3-11 所示，以確保系統正常運作。

探討系統水體硝酸鹽含量：

硝酸鹽是植物生長必要的元素，其對魚體也較無損害，實驗中硝酸鹽的濃度大多維持在 50~100ppm，在 4 月 15 日期間因為遭遇大雨的沖刷所以硝酸鹽的濃度大幅下降，在之後也回升至 50~100ppm 如圖 3-12 所示。

#### 四、結論

本實驗為探討家庭式魚菜共生的可行性與研究，嘗試用最低成本的方式製作系統，以家庭為中心進行實驗設計，來達到生產健康無毒的糧食作物，實驗中發現魚菜共生的命脈為水質的管控，根據種植作物與養殖魚類的不同其要求的水質都必須進行微調，此外 pH 值的管理最為重要，水質的好壞決定系統的正常運作及平衡。

本次的專題大致上可以分成三個部分，第一部分為：水路循環及系統架構的設計，每個人的設計想法都不同，如何能用最低的消耗達成最多的目的，是本實驗系統設計上的第一個困難點，透過沉水馬達抽出來的水要如何使用才能達到最大化，以及在有限空間內架設出最理想的種植與養殖空間，且將需要照光與不照光的區域分開，第二部分則是在於水產養殖與水耕栽培的結合，透過水路的設計，能讓不同生物所需物質能夠流到特定的定點，如何規劃才能結合雙方的優點補足雙方的缺點，是本實驗的第二難題，第三部分是最關於水質的管控，不管是在實驗的哪一個階段，水質的好壞永遠都是影響最重的，必須要了解不同地點的水，其中含有那些物質？而這些物質對生物體本身有什麼影響？要如何將其保留或將其去除？當水中缺乏某些特定物質時該選用什麼來進行補充？這些都是實

驗進行中需要克服與學習的。

本實驗所製作的系統，要將其運用在家庭上，現階段是較難進行，原因為魚菜共生系統必須進行水循環的管理才能夠長久運行，而作業人必須要同時擁有的水產養殖與水耕栽培兩方面的基本知識，否則即便系統建置完成，也會隨時崩解，此外，魚菜共生裡面有許多的小細節，是必須透過經驗與學習才能夠克服的，對於一般民眾，若不是有相當的熱誠，是無法持續經營下去的，再加上大多數家庭並無足夠的面積可以擺設此系統，且蔬菜最快也要 30~40 天才能收穫一次，而其供應量於其投資成本並無達到人人都可接受之效益，綜合上述幾點，本實驗認為目前家庭式魚菜共生是未能達到普及化的原因。

未來將持續實驗改善系統的各個層面，使其達到能夠滿足現今社會的需求，如：增加管理便利性、增加農作物的產量、縮小系統體積等。

#### 五、致謝

感謝洪辰雄老師這一年來的指導，將本組帶進魚菜共生的世界裡，並教導關於種植與養殖的相關知識，吃到自己種出來無毒的菜，及養出健康的魚。感謝實驗室的鍾佑育、谷展宏學長，作為專題的前輩，教導關於種菜的技巧，以及 PPT、WORD 檔的製作，幫助克服許多難關。感謝苗志銘老師及張仲良老師實驗室提供許多儀器，協助本組能順利的完成本次的實作專題，感謝校外的何信德先生，作為魚菜共生的前輩，毫無保留的分享他的經歷，使本組能夠免去許多的時間來突破障礙，讓本組能夠很快的就完成設計構想，再一次由衷的感謝這些人無私的幫助本組。



## 六、參考文獻

- [1] 蔬菜中硝酸鹽 Q&A - 衛生福利部食品藥物管理  
<http://www.fda.gov.tw/TC/includes/GetFile.aspx?mID=133&id=37675&chk=708e2d5b-f3de-4d6d-8c64-7133c5690364>
- [2] CONVERTING A SWIMMING POOL TO GROW FISH  
<http://permaculturenews.org/2016/01/19/conv-erting-a-swimming-pool-to-grow-fish/>
- [3] 硝化作用 Nitrofication  
<http://www.mbi.nsysu.edu.tw/vekin/novel/aquaculture/nitrification/nitro.htm>
- [4] 魚菜共生系統的十大準則  
<http://www.gogreen.tw/?p=1046>
- [5] 吳郭魚常見疾病及防治 (一) —— 細菌性疾病  
<http://vettech.nvri.gov.tw/Articles/ahm/370.html>
- [6] 有機農業全球資訊網-化學肥料  
<http://organic.supergood.com.tw/supergood/front/bin/ptdetail.phtml?Part=manager-6&PreView=1>
- [7] 電導度 EC 與魚菜共生的關係-part1(內容為翻譯資料)  
<http://myfarm123.pixnet.net/blog/post/101689280>
- [8] 電導度 EC 與魚菜共生的關係-part2(內容為翻譯資料)  
<http://myfarm123.pixnet.net/blog/post/106591034>
- [9] 生物農藥 - 健康 wiki  
<http://www.uuwell.com/mytag.php?id=68808>
- [10] 認識化學肥料-吳正宗 中興大學土壤環境科學系  
<http://book.tndais.gov.tw/Brochure/tech132/tech132-3.pdf>
- [11] 蕭世民博士的教學網站實例-硝化作用實例  
<http://web.idv.nkmu.edu.tw/~tomhsiao/W%20M%20Data%20Base/Nitrification.htm>
- [12] 生物性肥料於有機農業發展上的重要性-張裕釗、吳美貌  
[http://agbio.coa.gov.tw/image\\_doc/a1-%E5%BC%B5%E8%A3%95%E9%87%A71-8.pdf](http://agbio.coa.gov.tw/image_doc/a1-%E5%BC%B5%E8%A3%95%E9%87%A71-8.pdf)
- [13] 國家環境毒物研究中心-硝酸鹽及亞硝酸鹽  
[http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/toxfaq\\_detail.php?id=187](http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/toxfaq_detail.php?id=187)
- [14] 水質學-第五章水質分析方法介紹  
[http://www2.nsysu.edu.tw/IEE/lou/part\\_2/lesson\\_5/ch5\\_con.htm](http://www2.nsysu.edu.tw/IEE/lou/part_2/lesson_5/ch5_con.htm)
- [15] 【公民寫手】魚菜共生常見問題-魚菜共生專家陳登陽答覆  
<https://www.newsmarket.com.tw/blog/64065/>

Explore the feasibility of aquaponics in the family.

Che-Cheng Zhang, Chia-Hao Liu, Yun-Jing Chen,  
Assistant Professor : Chen-Hsiung Hung

Department of Biomechatronics Engineering National  
Pingtung University of Science and Technology

Abstract

This topic discussion on the feasibility of household demand on aquaponics, using simple materials to produce in line with the family- style aquaponics system, except making it easy to manage and reduce the cost of household food demand, also educating future generations about emphasis on the importance of environmental pollution.

Is successfully confirm the experimental design of the system's feasibility. However, because the impact of space limited, cost, operator experience, skill and so on. So it is more difficult to popularize now.

**Keywords: hydroponics, aquaculture, aquaponics, nitrification.**



# 感測節水灌溉系統

學生姓名：曾耀霆. 趙祥合. 高銘駿

指導老師：苗志銘教授

國立屏東科技大學

生物機電工程系

## 摘要

本專題實作目的主要在運用農業節水技術解決未來即將面臨的缺水危機，農業用水佔全世界水資源利用的最大宗，經研究發現農業用水的過程中，浪費了將近三分之二的水，各國的研究團隊已經為此研發出許多因應之道，本專題實作以節水技術應用於農業的灌溉，未來還可以結合基因工程、精確監測科技及訂定合理的水價等發展出更完美的節水管理系統，讓水資源能永續的利用。研究中比對數據顯示定時定量和感測器控制的供水情況，發現在一個生長週期定時定量供給的水較為多，而且定時定量灌溉的植栽生長情況的比較不佳，存活率反而還比感測器控制低，顯示由感測器控制的灌溉方式會比定時定量的灌溉還要省水，植栽的生長方式也會比較好。

## 一、引言

由於全球人口不斷地成長、溫室效應、全球氣候變遷與各種水污染，使得地球上可利用的淡水資源越來越少。而如何永續地運用這越來越少的淡水資源將是我們在未來一、二十年內的一大難題。農業利用了全世界約 70% 的水資源，而其中約有三分之二的水資源是被浪費掉的。因此即便只是將一小部分的農業用水，做更有效率的使用，這都將提供更多的水來應用於其他方面民生與工業，以解決我們未來將面臨的缺水危機。

一個節水成功的例子：以色列的農業位居地中海東岸的以色列，人口約 570 萬，農業人口僅佔 3~4%。該國的氣候環境十分惡劣，乾燥少雨，全國平均年降雨量約 300mm（台灣為 2500mm），且雨量多集中在 11 月至次年 4 月。國土雖然狹小，但南北降雨情況差別極大，北部加利利湖地區年降水 700~800mm，南部沙漠地區僅 25mm，全國約有 1/2 面積處在降雨不足 180mm 的地區。該國的水資源十分貧乏，全國可使用的淡水資源為 16 億立方公尺（台灣年平均用水約為 195 億立方公尺），其中 73.8% 用於農業。以色列有耕地 43.6 萬公頃，其中灌溉面積為 19.3 萬公頃，約佔耕地面積的 44.3%。該國在耕地面積及淡水資源嚴重缺乏的條件之下，節水方面所取得的成就卻令世人矚目，堪稱世界第一。從 1948 年建國後至 1994 年的 45 年間，灌溉面積由 3.0 萬公頃發展到 19.3 萬公頃。同期農田每公頃灌水量由 1949 年的 8566m<sup>3</sup> 減至 1994 年的 6171m<sup>3</sup>，每立方水的產量由 1949 年的 1.60kg 上升到 1989 年的 2.32kg。

## 二、研究內容與方法

本次實驗首先研究每一種植物所需的土壤溼度差異性，植栽在每一階段所需要的水分都不一樣，所以我們利用土壤溼度感測器感測土壤溼度傳給 Arduino，Arduino 給繼電器一個訊號來控制電磁閥開關，在低溼度的時候打開電磁閥讓水藉由水管從滴灌流出；在感測高濕

度時關掉電磁閥，不再供水，藉由智慧型控制供水，達到植物在需要水的時候給水。用藍芽將數據傳給電腦中的Labview來觀查濕度數據，也可以用來控制電磁閥開關，研究流程如圖1。

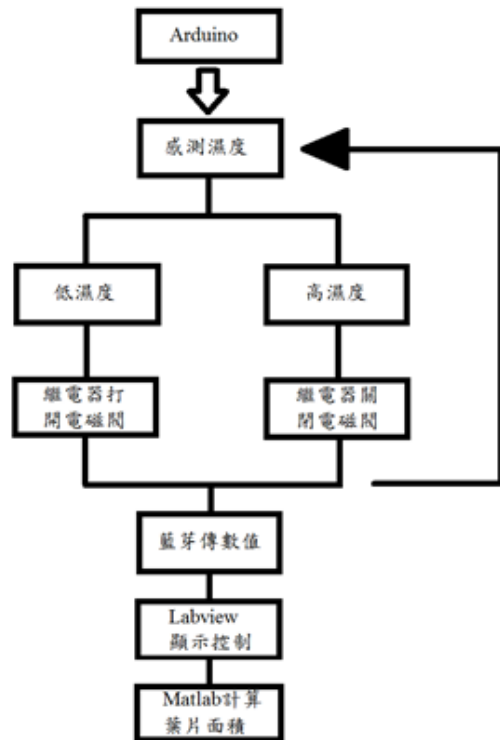


圖1、流程圖

### 三、實驗設備與材料

本研究中所需的材料規格如附表1，主要材料說明如下：

#### 1、Arduino MEGA2560 R3 (圖2、圖3)

處理器 ATmega2560 作業電壓 5V 建議/限制輸入電壓 7-12V/6-20V 數位 I/O 腳位 54 個，其中 15 個支援 PWM 輸出 類比輸入腳位 16 個 I/O 腳位提供 DC 電流 40mA 3.3V 腳位提供 DC 電流 50mA 快閃記憶體 256KB 時脈 16MHz。Arduino MEGA2560 不論是在處理器速度、記憶體大小以及 I/O 腳位數目上都比 Arduino UNO 來的好。

附表 1、材料規格表

材料	規格	數量
Arduino	MEGA2560 R3	1
土壤溼度感測器	0~1023 訊號	5
流量計	4 分流	1
電磁閥	Mit-unid-cns	2
繼電器	Srd-05vdc-sl-c	2
變壓器	5V	1
電線	110V	1
電線	單芯	23
壓接端子	公母頭	各 21
花盆	塑膠	72
種子	奶油萵苣	144
藍芽	V4.0+EDRClass1	1
粒肥、介質	1:3	
Labview		

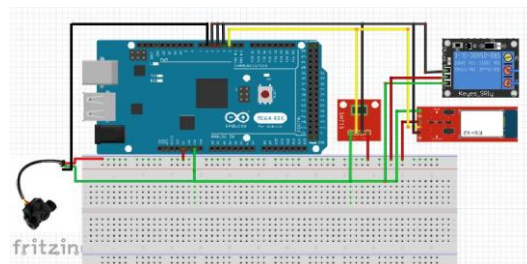


圖2、Arduino 接線圖



圖3、Arduino MEGA2560 R3

## 2、流量計

頻率： $F=8.1*Q(L/Min)-3$  誤差： $\pm 2\%$  電壓： $3.5-24VDC$ ，電流不能超過  $10mA$ ，流完一升水輸出 483 個脈衝 即頻率計算=常數  $8.1*$  單位流量(L/min)\*時間(秒)-3 流量範： $1-30L/min$



圖4、流量計

## 3、土壤溼度感測器

供電電壓： $3.3V$  或  $5V$  工作電流：小於  $20mA$  輸出電壓： $0-2.3V$ 【 $2.3V$  是完全浸泡在水中的電壓值】， $5V$  供電，濕度越大輸出電壓越大 介面定義：1 腳信號，2 腳地，3 腳電源正 使用壽命：大約 1 年（表面鍍金處理，加強了導電性和抗腐蝕性） 模組尺寸： $20X60mm$



圖 5、土壤溼度感測器

## 4、繼電器

我們可以用較小的電流去控制較大電流設備的一種「自動開關」。因為 Arduino 的輸出功率太小，搭配繼電器才可以讓我們用程式來控制家電產品或其他大電流的電子產品，達成自動控制電路的功能。

## 5、藍芽

規格  $V4.0+EDR$  Class 1 傳輸距離  $50M$  傳輸速度  $3Mbps$  晶片/驅動系統  $Broadcom$  Chipset/Widcomm 軟體

## 6、電磁閥

UW 系列為直復動連結膜片式通電開型，可在無壓差下，直接操作，定格電壓： $AC110V (50/60Hz)$ 。電壓容許差： $\pm 10\%$ ，大流量膜片型，二口二位式常閉型（通電開型）電磁閥，口徑自： $3/4"$ 。

## 7、數據擷取

各種植物在合適的時期、發芽溫度、生長溫度、土壤溼度為了種出更良好的成果

蔬菜名稱	播種適期	發芽適溫(°C)	生長適溫(°C)	土壤溼度(%)
1. 茄子	1月上旬-6月上旬	20-25	22-30	90%
2. 蕃茄	5月上旬-12月	18-32	18-25	60~80%
3. 辣椒	1月-3月8月-10月	20-30	20-30	80%
4. 青椒	1月-3月8月-10月	25-30	25	15%
5. 馬鈴薯	11月下旬-2月	16-24	15-24	70~80%
6. 小黃瓜		25-30	18-25	60~90%
7. 絲瓜	12月	25	20-30	70-80%
8. 南瓜	2月-4月下旬	25-30	17-30	65~70%
9. 蘿蔔	8月-12月	20-30	15-20	65%~80%
10. 球莖甘藍	8月中旬-12月上旬	15-25	15-20	60-70%
11. 結球白菜	8月下旬-10月下旬	15-30	15-16	75%-90%
12. 不結球白菜	4月上旬-10月上旬	20-25	18-20	70~80%
13. 芥菜	9月-10月	15-25	18-25	60%
14. 草莓	9月下旬-10月底	20-25	18-22	70%-80%
15. 花椰菜	5月中旬-9月上旬	15-25	18-25	70~80%
16. 芥菜	9月	15-25	15-20	75%-80%
17. 油菜	10月-12月	20-25	15-20	60%~70%
18. 胡蘿蔔	9月上旬-11月中旬	15-25	18-21	60%-80%
19. 寬菜	3月-10月	20-38	25-32	75%以上
20. 綠豆	2-3月及8-9月	25-30	25	60%~70%
21. 洋蔥	9月上旬-10月中旬	16-25	20-25	60-70%
22. 蔥	3月-10月	15-20	20-30	70%~80%
23. 分蔥	8月-2月		20	70~80%
24. 韭	11月-3月	15-20	20-30	80%-95
25. 大蒜	10月上旬-12月下旬	25-27	18-20	70-80%
26. 四季豆	10月上旬-3月上旬	20-30	15-25	60%-70%
27. 豌豆	9月-1月	20-30	15-20	50%-70%
28. 毛豆	2月上旬-10月下旬	23-24	25-30	70-80%
29. 生薑	9月上旬-10月下旬	20-25	20-25	70-80%
30. 高麗菜	8月-2月	15-20	18-21	80%~85%
31. 茼蒿	9月中旬-11月下旬	15-25	15-20	70%-80%
32. 玉蜀黍	1月上旬-2月上旬	20-30	20-30	70%~80%
33. 蕓	12月-4月	25-28	25-32	65~70%
34. 芋	11月-3月	20-25	21-27	40%-50%
35. 菠菜	8月後	10-15	15-20	70~80%
37. 蘆筍	12月上旬-4月上旬			70-85%
38. 蘆筍	3-4月及9-10月	25-30	20-30	60%-70%
39. 甘薯	周年		20-30	60-80%
40. 紫蘇	2月-3月上旬	25-30		75%~80%

圖6、各類植物資料

## 9、奶油萵苣

我們選一個月的葉菜類，比較快可以收成。



圖7、奶油萵苣

## 10、LABVIEW

無論是最初的構想，還是新產品商業化，NI 針對工程與科學應用提供獨特的平台式方案，可協助多種產業持續進步創新。Labview 是這個方案的核心，這是一種精心設計的開發環境，有助於提高工程師與科學家的生產力。Labview 提供圖形化的程式設計語法，可以前所未有的方式，簡化工程系統的顯示、建置與編碼作業，能夠幫助工程師實踐構想、縮短測試時間，並且根據收集到的資料取得商務洞見。無論是建置智慧型機台，還是確保連線裝置的品質，過去數十年以來，Labview 都是備受肯定的解決方案，可滿足物聯網的建置、佈署與測試需求。



圖8、Labview 控制介面

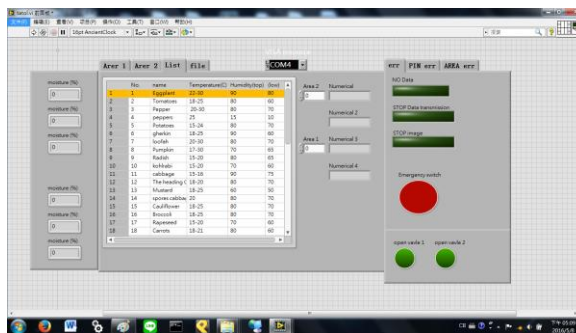


圖9、Labview 控制介面

### (1)版面

在圖一位於左方我們設置感測器的顯示可使用者清楚了解到每一個感測器目前的數值。在於中間有閥門的顯示燈號目前種植植物的名稱，以及在該區域感測數值的總和，下方的圖表為 Labview 的圖形語法，可以把所偵測到的數值化為圖形讓使用者大致了解整天的情況，不會錯過離開期間的任何錯誤，圖表右邊的方格顯示為每次閥門開啟的時間，能了解到溫室大致的溫度與土壤乾燥速度。

圖二為數據庫的讀取右邊兩個數組選擇為這次專題的兩大區域土壤含水量最大值和最小值，這次其中一組我們選擇作成對照組實施定時定量的方式，內部的程式我們改成只會顯示而不會對閥門進行任何控制程式裡的數據庫是可以隨意更改的，換言之，可以隨著天氣，溫度以及日照來改變含水量的最大最小值。

圖一以及圖二的最右側為錯誤的偵測以及所有感測器的是否接收，以及手動式的閥門開啟。

### (2)手動開關

Emergency switch:與 arduino 的連結程式關閉

STOP data transmission:停止數據庫傳輸

STOP image:停止所有區域的圖表顯示

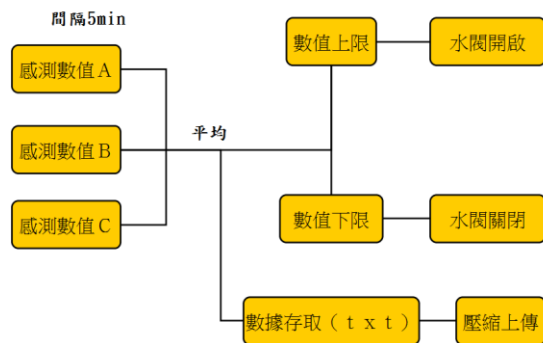
(3)錯誤的排除

PIN err、No data: 為感測器的數據出現錯誤時亮燈，原因為感測器並沒有完整的防護，當損壞時最常遇到的就是數據的停滯，損壞後數值只會停在一個數字，大多停在零，當其中一個損壞 No data 就會亮，而點開 PIN err 會告訴你所壞的感測器。

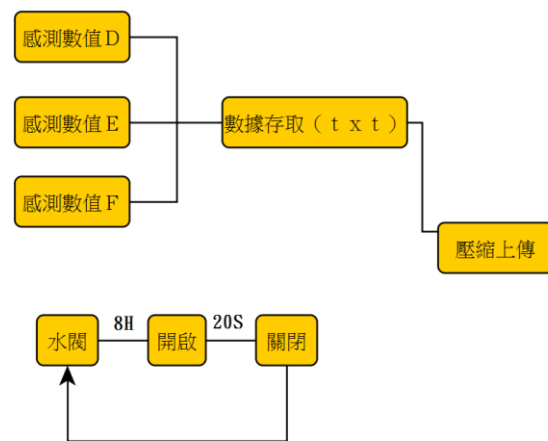
AREA PIN: 主要偵測同一區域內的感測器差異是否過大，通常差異過大為兩個事件，第一，感測器並未插進土裡，第二，感測器插入土中但位置過於偏離澆水處。當以上的錯誤燈號出現，程式會直接於畫面上出現警示視窗，已告知使用者，並且持續警告直到問題解決。

以下為 Labview 程式

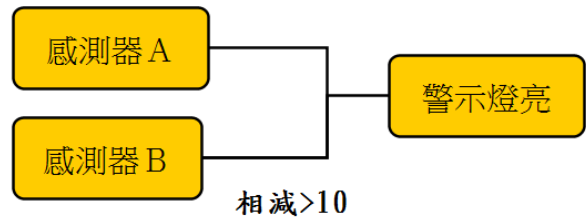
(4)、arduino 電磁閥開啟予關閉



(5)、紀錄數值並計算



(6)、錯誤排除



(7)、程式

其中程式以感測器的計算為最重要，感測器的計算以泡在水里的感測值，大約為708為最大值，每一批新的感測值也會進行校準，測量數值除以最大值，得出的數值為此盆栽的土壤含水量，區域性的含水量測量為每一個感測器計算出的含水量想家在除以感測器數量，算出的數值就等於該區域的最後給水依據。

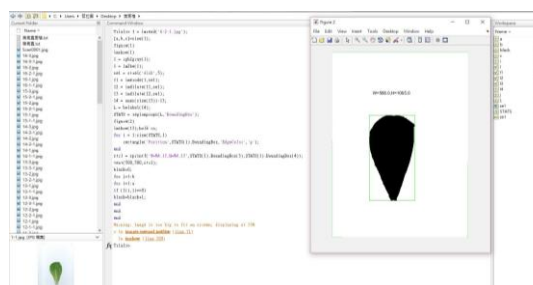
還有一個流量計的計算我們使用網路上的計算值進行暈算，使用一個中斷器，在水流過流量計時，會傳給電腦方波數值，當開啟中斷器時 flow\_frequency 將會進行累加，flow\_frequency \* 60 / 7.5 所計算出來的就是流速，單位為 L/hour，在進行單位換算以及秒速紀錄，就可知道每次給水的計量。在總程式的圖面中有許多相同的圖示，這些圖示裡面有者不同的小型計算器，這些圖是可以進行更改，其中的名稱也以英文顯示，以免在使用時放置錯誤的程式，這些小型程式有許多功用，第一，在一個主程式裡如果有太多接線可能使後面的人難以了解裡面的設計。第二，多重進行，只要規劃好可以同時有許多人來改



寫程式，使程式的編寫加快許多。第三，易於修改，假如需要修改只需要改寫那部份的程式，既不會碰到其他部位也不會有修改途中必須停止主程式的運作。

## Matlab

我們是用 Matlab 程式來計算葉片的面積，先用掃描機將葉片掃描成圖檔，然後再由 Matlab 來計算，在程式裡我們把葉片的部分填成黑色的，藉此來計算黑色在白色面積裡有多少像素，再自己用計算機來算黑色面積占整張白色的多少，因為我們是以 A4 面積來做為大小的，所以我們知道黑色面積占多少後，在乘上 A4 紙的面積，就可以得到我們所要的葉片面積。



## 四、結果與討論

在本專題實作中，是以土壤溼度感測器結合灌溉系統，整合成為智慧節水系統，我們主要是 Arduino 來控制土壤溼度感測器跟電磁閥的作動，由土壤溼度感測器測得的數值來操控電磁閥的開與關。專題實驗中，有兩個的種植區相互對照，一區是由土壤溼度感測器的數值控制，另一區則是定時定量的供水。以下為本次實驗的比較分析數據：

### 1、供水量分析(如表 3、表 4)

#### (1) 水量

表 3 看，定時定量的流量多於感測給水大約 15 公升，多餘的水大多流出盆栽使地面的積水。定時定量為 8 小時給水一次，一次大約 20 秒左右。

#### (2) 溼度

表 4 中得知定時的含水量低於感測給水，而感測給水一直平均於 75 左右符合這次實驗所設定。定時給水量多感測出的含水量卻不如預期，其原因可能是太陽的照射使土壤表面迅速蒸散，感測器最多只可測到 5 公分的深度，測得數據偏低。

### 2、植栽生長情況分析

#### (1) 葉長(如圖 10)

從數據上來看兩區的植栽相似。

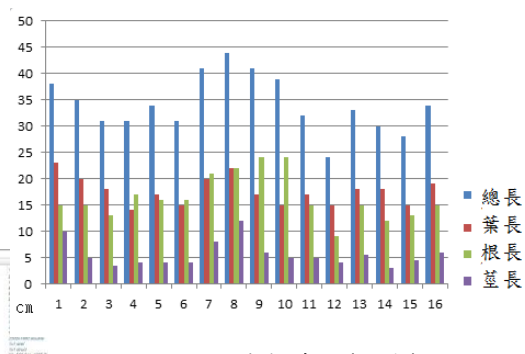


圖 10、植栽數據圖(長度)

#### (2) 葉綠素

光合作用為植物最主要的能量來源，而葉綠素為重點，數值的高低也代表植栽是否長的良好。

#### (3) 重量(如圖 11)

感測給水方面的重量皆比定時定量，在測試過程中定時定量的葉片大多為軟毫無張力其中水分大概流失許多。

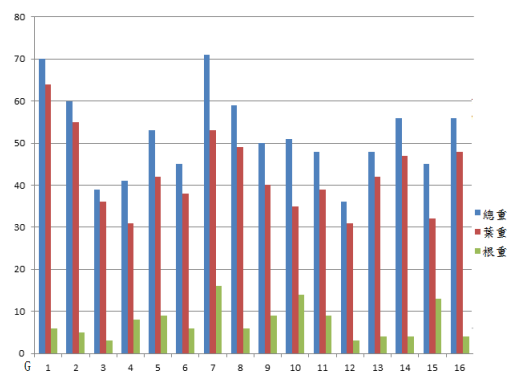


圖 11、植栽數據圖(重量)

#### (4) 面積、葉數(如圖 11)

我們將其中過小的葉片，以及在清洗過程中撕裂大半的也不列入計算，故兩區的數據大多有些誤差。

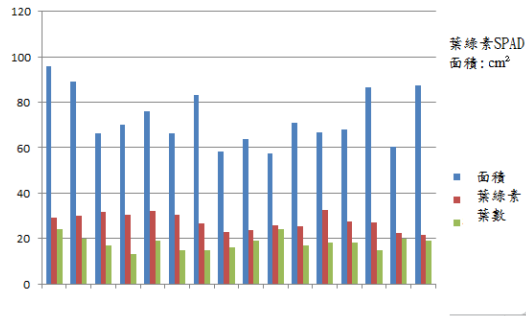


圖 11、植栽數據圖(面積、葉綠素及葉數)

### 3、存活率

在一個週期實驗中，我們發現了土壤溼度感測供水區的植栽死亡率 8%，定時定量供水區的植栽死亡率 15%，發現土壤溼度感測給水區的死亡率較低。

在第一批種植的植栽中，發生了「熱衰竭」的問題，因為遭到太陽光強烈的照射，使水分未經吸收而先蒸發，葉片氣孔因為水蒸氣太多而關閉，造成葉片軟化，但我們是在溫室裡栽種，我們只要把溫室上方的遮陽設備打開就能解決這一問題。

我們還有用 LabView 來做為電腦裡的介面數值監控，在植栽上的土壤溼度感測器測得的數值將會由 Arduino 傳輸至電腦裡的 LabView 的軟體裡，我們則是用這一軟體來做介面的監控，在 LabView 的介面上我們可以非常清楚的看到每個感測器測得的溼度數值，然後我們在由測得的數值中得知，植栽在哪个時期最為的缺乏水分而需要供水。但是感測器在我們實驗的兩個月後就發生了感測器生鏽的問題，生鏽的問題導致感測器發生故障，讓她沒辦法很正確的感測出數值，而使得有時候會沒有供水的情況或者一直的持續供水，發生了這類的問題的時候，我們有想過說要用電鍍的

方式來防止生鏽，但是電鍍的話可能會讓土壤遭到汙染，以至於我們在感測器的使用及植栽生長的環境這兩難中思考，結果最後我們還以植栽生長環境為優先考量，而不使用電鍍這個選項，反而是去添購新的感測器。

表3、水量比較

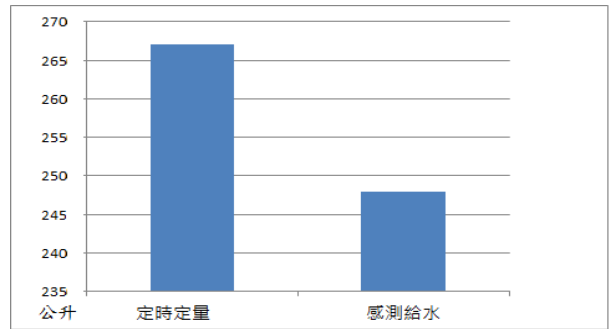
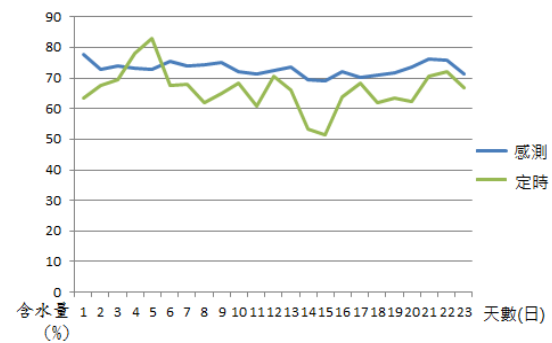


表4、土壤含水量比較



## 五、結論與建議

在這一次的專題研究裡，我們所做的感測器研究是為了觀察植栽在哪一種的灌溉方式下能夠成長的更好，然而在長時間的研究下來發現了使用感測器控制供水的植栽均長的比定時定量供水的好很多死亡率也較低，而且在感測器的控制下還能使水資源不會有供給過度過量的情況發生，然而我們在測得的數據中顯示出定時定量跟感測器控制的供水，是定時定量供給的水較為多，但是在定時定量灌溉的植栽沒長的比較好反而死亡率還比感測器控制的多，這就顯示出了由感測器控制的灌溉方式會比定時定量的灌溉還要省水加上植栽的

生長方式也會比較好。

我們研究的這一套方式，是為了能夠幫助農民在種植作物時能夠使用，畢竟農民一次的作物非常的多，如果全部都用定時定量的話，這樣水資源會過度的浪費，但是如果農民能用感測器來控制，讓植物在需要水分時才供水的话，這樣既不浪費水資源，植栽的生長又比能比較好。而且如果農民想知道溼度數值的話，就直接用 LabView 的介面就即可知道感測器控制的那區域的數值了。

最後在這次的專題中研究的主要目的是，為了能讓農民在灌溉上能夠更加的方便更加的節省水資源，讓植物能夠達到它需要多少水分就供給多少水分的目的，以至於能夠讓作物能夠生長得更好。

#### 六、致謝

首先誠摯的感謝指導教授苗志銘老師，老師細心的教導使我們了解屋頂節水灌溉系統的領域，不時的討論並指點我們正確的方向，使我們在這段期間中獲益匪淺，老師對學問的嚴謹更是我們學習的典範，專題的完成得感謝的組員們大力相助，因為有互相的體諒及幫忙，使得專題能夠更完整而嚴謹，這段日子裡，實驗室裡共同的生活點滴，學術上的討論、閒扯，有時互相也會有爭吵，也感謝實驗室學長，總會時常的提供我們一些在實驗的幫助，讓我們可以避免更多的失誤，感謝不厭其煩的指出我們研究中的缺失，且總能在我們困難時為我們解惑的老師、同學們，因為有你們的幫忙，我們才能順利的完成這次的專題。

#### 七、參考文獻

1. 山侖，【節水農業】，牛頓出版社
2. 劉明德，【環境科學】，淑馨出版社
3. 曾吉弘、吳維翰，【LabVIEW for Arduino-控制與應用的完美結合】，馥林文化
4. 趙英傑，【超圖解 arduino 互動設計入門2】，旗標出版

5. 電磁閥

<https://tw.bid.yahoo.com/item/%E5%8F%B0%E7%81%A3%E9%BC%8E%E6%A9%9F-mit-UNID-cns-3-4-UW-20%E3%80%81UL429-%E9%8A%85%E8%A3BD-100059240358>

6. Arduino 4 分流量計

<https://tw.bid.yahoo.com/item/%E3%80%8A%E5%BE%B7%E6%BA%90%E7%A7%91%E6%8A%80%E3%80%8Br-Arduino-%E6%B0%B4%E6%B5%81%E5%82%B3%E6%84%9F%E5%99%A8-%E9%9C%8D%E7%88%BE%E5%82%B3%E6%84%9F%E5%99%A8-4%E5%88%86%E6%B5%81%E9%87%8F-100041081269>

7. LabView

<http://www.ni.com/labview/zht/>

# 基於紅藍光照射下補充紫外光對於室內栽培 草莓之生長型態研究

陳琮璽 陳冠宇 蔡宜學  
指導老師:張仲良教授

國立屏東科技大學  
生物機電工程系

## 摘要

本研究目的在於採用不同光波段的 LED 燈來照射水耕栽培的草莓，照射波段將區分紅光(波峰: 660 nm)、藍光(波峰: 450 nm)與 UV 光(波峰: 385 nm)，光量比例分別為紅光 80.3%:藍光 10.2%:紫外光 9.5%，實驗環境條件分別為溫度  $24\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、濕度  $40\pm 10\%$  以及  $\text{CO}_2$  濃度  $470\pm 120$  ppm;栽培時間從 2015 年 11 月 29 日至 2016 年 5 月 13 日。我們將觀察基於紅藍光的照射下，補充 UV 光對草莓的生長型態的影響。

## 一、引言

在現今的農業中種植蔬菜的過程中會遇到許多的因素，舉凡蟲害、天災、溫度、農藥殘留等問題。但透過 LED 植物栽培技術可以解決這些問題。且 LED 具有節能環保、安全可靠、回應時間短、體積小、重量輕、發熱量少、廢棄物可回收利用、使用壽命是普通光源的數十倍，易於分散或組合控制等許多不同於其他電光源的重要特點 [7]。

LED 植物生長燈是採用半導體照明技術，專用於蔬菜和花卉生產的一種新型植物生長補光燈。波長類型豐富、正好與植物光合成和光形態建成的光譜範圍吻合;頻譜波寬度半寬窄，

可按照需要組合獲得純正單色光與複合光譜，可以集中特定波長的光均衡地照射作物;不僅可以調節作物開花與結實，而且還能控制莖高和植物的營養成分;系統發熱少，佔用空間小，可用於多層栽培立體組合系統，實現了低熱負荷和生產空間小。由於藍色有利於植物葉片生長，而紅色則有利於植物開花與結果，所以 LED 燈具的紅藍燈珠配置數量，可按照用戶的植物對光的要求特殊製作 [5]。

## 二、研究內容與實驗方法

### 2.1 研究內容：

本專題主要研究的目標，是研究有 UV 光與無 UV 光兩組對草莓的生長速度、莖高、葉片長、葉面顏色及果實數量。

#### 2.1.1 水耕栽培

優點：無土壤的需求，因此可以擺脫傳統農業所必需的農田地面。水停留在系統中重複使用，還可控制整體生產的營養等級，因此可以降低成本。

缺點：沒有土壤做為緩衝，水耕系統的任何失效將迅速導致植物死亡。病菌的攻擊，可能隨著培養液的流動而擴散 [2]。

### 2.1.2 LED 植物栽培技術的好處

LED 植物栽培技術可以在自家即可架設，且種植出來的農作物外表乾淨，還可以達到增產、高效、優質、抗病、無公害的目的。在 24 小時中有陽光得時間只有 8 小時，但 LED 植物栽培技術可以 24 照射，因此產量大幅提高，也不受外在的影響〔9〕。

### 2.1.3 LED 光對於植物的影響

光是植物生長發育的基本因素之一。光質對植物的生長、形態建成、光合作用、物質代謝以及基因表達均有調控作用。通過光質調節，控制植莖形態建成和生長發育是設施栽培領域的一項重要技術。傳統植物設施栽培中使用的光源一般是螢光燈、金屬鹵化物燈、高壓鈉燈和白熾燈。這些光源是依據人眼對光的適應性所選擇的，其光譜有很多不必要的波長，對植物生長的促進作用少〔9〕。

### 2.1.4 LED 燈的好處

隨著光電技術革新和生產成本下降，LED 因具備以下卓越性能成為植物設施栽培領域的首選光源：光譜性能好，可按照需要組合獲得純正單色光與複合光譜，其波譜寬度小於  $\pm 30\text{ nm}$ ，波長正好與植物光合成和光形態建成的光譜範圍吻合；光能有效利用率可達 80%~90%，並能對不同光質和發光強度實現單獨控制；作為冷光源，可以近距離地照射植物，大大提高空間的利用效率，可用於多層栽培立體組合系統，實現了低熱負荷和生產空間小型化〔8〕。

### 2.1.5 光線光譜與植物光合作用的關係

315~400nm (紫)：葉綠素吸收少，影響光週期效應，阻止莖伸長。

400~520nm (藍)：葉綠素與類胡蘿蔔素吸收比例最大，對光合作用影響最大。

520~610nm (綠)：色素的吸收率不高。

610~720nm (紅)：葉綠素吸收率低，對光合作用與光週期效應有顯著影響。

720~1000nm IR：紅外線吸收率低，刺激細胞延長，影響開花與種子發芽〔5〕。

### 2.1.6 紫外光對植物的影響

優點：植物會利用紫外線改變生長型態及生理過程：如植物的葉子在經過紫外線的曝曬後，在葉子表面會出現具紫外線吸收與保護的混合物。

缺點：紫外線可藉其能量影響生物體遺傳物質 DNA 結構，引起不正 常的結合，若此種異常結構持續存在於 DNA 中，則會導致細胞分裂受阻而抑制生長 就紫外線波長而言，波長愈短對植物生長影響愈大。

## 2.2 實驗方法

本次專題補光系統來照射草莓，我們採用花寶一號來當本次專題的介質，栽培箱裝入 12 公升的花寶一號水溶液，以隔板分成兩區，分別為有紫外光區（紅、藍、紫光）和無紫外光區（紅、藍光），設定好補光系統的光暗週期，研究有無紫外光對草莓的影響。

### 2.2.1 設備及材料

栽種草莓所需要的各項材料與設備儀器包含草莓種子、種植水耕蔬菜用的專用海綿、育苗盤、保麗龍板、花寶一號、葉綠素計、溫溼度計 (WatchDog)、補光系統、色差計、光譜儀、定時器、隔板、尺。

### 2.2.2 草莓之品種

我們採用農友公司出產的「一般家庭趣味栽培」的草莓，外型如圖 1 所示。生長習性如表 1 所示。



圖 1 草莓種子〔1〕

表 1 草莓生長習性〔1〕

習性	多年生草本
定植期	本葉 4 片以上
發芽適溫	20~25℃
生長適溫	15~25℃

### 2.2.3 補光系統

此系統是一套適用於溫室之 LED 補光光源燈具、調控模組以及軟體自動化光補償管理介面，以便可根據溫室內部不同位置、不同太陽光照射位置、時間來施與不同的 LED 光源補充(如圖 2)。燈光比例分別設定為紅光:藍光:紫外光=8:1:1；而實際量測值為紅光 80.3%:藍光 10.2%:紫外光 9.5%。



圖 2 草莓植栽架

### 2.2.4 介質

我們使用花寶 1 號，並調配每 0.75 公克溶於 1 公升的水，總共 12 公升，每一個禮拜換一次水。

### 2.2.5 草莓育苗和發芽

栽培步驟與時間如下所示:

2015/11/29 草莓育苗：把草莓種子放入吸了水的海綿上，放置於育苗盤上，用 LED 白光 24 小時照射。

2015/12/07 草莓發芽，之後將幼苗分成兩組，分別為水耕有 UV 光照(6 株)以及水耕無 UV 光照(6 株)。

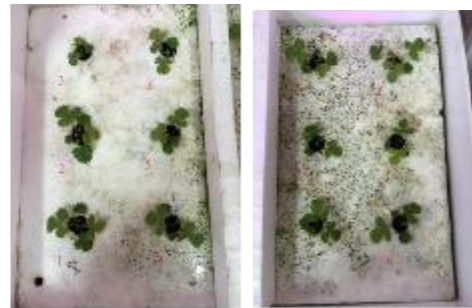
2015/11/29 草莓育苗：把草莓種子放入吸了水的海綿上，放置於育苗盤上，用 LED 白光 24 小時照射。

2015/12/07 草莓發芽

### 2.2.6 草莓的生長

環境溫度：24±2℃ 以及濕度：40±10%。我們初期實驗採用葉片數量來做觀察生長狀況好壞來比較(片/株)。

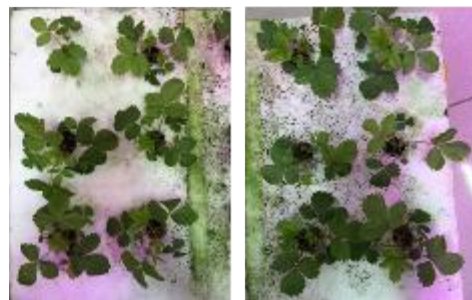
2016/1/4 我們開始編號並測量莖高 (如圖 3 至圖 6)



(a)

(b)

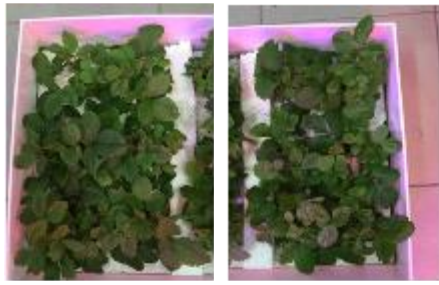
圖 3 (a)2016/1/4(UV 光); (b) 2016/1/4(無 UV)



(a)

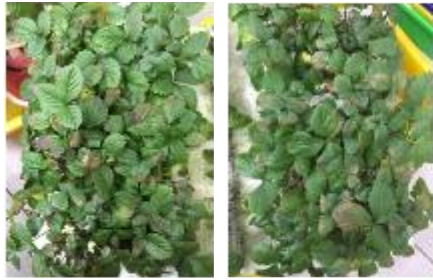
(b)

圖 4 (a)2016/1/13(UV 光); (b) 2016/1/13(無 UV)



(a) (b)

圖 5 (a)2016/1/25(有 UV 光); (b)2016/1/25(無 UV 光)



(a) (b)

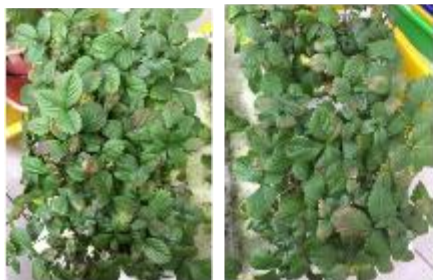
圖 6 (a)2016/2/18(有 UV 光)(b)2016/2/18(無 UV 光)

兩者葉片數差異不大但已經開花了，所以我們改觀察開花的數目(如圖 7 至圖 10)。



(a) (b)

圖 7 (a)2016/2/24(有 UV 光);(b)2016/2/24(無 UV 光)



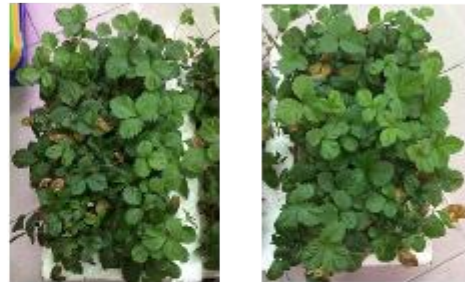
(a) (b)

圖 8 (a)2016/3/2(有 UV 光)(b)2016/3/2(無 UV 光)



(a) (b)

圖 9 (a)2016/3/9(有 UV 光);(b)2016/3/9(無 UV 光)



(a) (b)

圖 10 (a)2016/3/16(有 UV 光);(b)2016/3/16(無 UV 光)

※挑選 3 棵生長較好的做比較(如圖 11)



(a) (b)

圖 11 (a)2016/3/22(有 UV 光);(b)2016/3/22(無 UV 光)



(a) (b)

圖 12 (a)2016/4/7(有 UV 光);(b)2016/4/7(無 UV 光)



(a) (b)

圖 13 (a)2016/4/13(有 UV 光);(b)2016/4/13(無 UV 光)



(a) (b)

圖 14 (a)2016/4/27(有 UV 光);(b)2016/4/27(無 UV 光)



(a) (b)

圖 15 (a)2016/5/12(有 UV 光);(b)2016/5/12(無 UV 光)



(a) (b)



(c) (d)



(e)

圖 16 果實圖例 (a) (b) (c)有 UV 光 (d) (e)無 UV 光

### 三、結果

本次實驗中我們也測得了與此特徵相似的比對數值，發現在有紫外光照射下草莓的莖高比沒有照射的來的矮，並且葉片長也相對較小許多，而葉綠素也較沒有紫外光照射的來的少，我們統整出以下的表格。



表 2 有紫外光照射之莖高 (cm)

日期/編號	1	2	3	4	5	6	圖
2016/1/4	3	3.2	2	2.5	2.8	3.2	3(a)
2016/1/13	6	6	5.3	5.5	6	6	4(a)
2016/1/25	10	9	6.5	7	7	8	5(a)
2016/2/18	11	10	8	8	9	9	6(a)
2016/2/24	11	10.6	8.7	8.4	9.5	9	7(a)
2016/3/2	11.6	11.5	9.3	9	9.7	10.2	8(a)
2016/3/9	12.3	11.7	10.8	9.2	10.2	10.6	9(a)
2016/3/16	12.5	12	11.2	9.7	10.5	11.7	10(a)
2016/3/22	12.8	12.1	11.4	11			11(a)
2016/4/7	13.3	12.7	12.3	12			12(a)
2016/4/13	13.5	13	13.5	13			13(a)
2016/4/27	14.6	14.4	14.4	14			14(a)
2016/5/12	15	15	16.2	15			15(a)

表 3 無紫外光照射之莖高 (cm)

日期/編號	1	2	3	4	5	6	圖編號
2016/1/4	2.5	2.5	3.4	3	2.5	3	3(b)
2016/1/13	5	5.5	5.4	6	4.5	5.5	4(b)
2016/1/25	9	7	10	10	9	9	5(b)
2016/2/18	10	9	11	12.7	10	10	6(b)
2016/2/24	10.5	8.2	11	11.2	9.5	10	7(b)

2016/3/2	11	9	12	11.6	10.1	10.8	8(b)
2016/3/9	12	9.5	12.4	12	10.5	11.5	9(b)
2016/3/16	12.3	10	12.7	12.3	10.7	11.9	10(b)
2016/3/22	13	14.2	14	11(b)			
2016/4/7	14.2	15.5	15.7	12(b)			
2016/4/13	14.4	15.6	15	13(b)			
2016/4/27	16.6	17.2	16.7	14(b)			
2016/5/12	19	20	18.5	15(b)			

由表 2、3 比較可得知無紫外光照射的影響下莖高比有紫外光照射的影響下還要來的高，因此我們推測紫外光會抑制莖的生長。

表 4 果實的數量(總):

	UV	無 UV
2016/3/22	3~4	2~3
2016/4/7	4~5	3~4
2016/4/13	7	5~6
2016/5/12	13	28

由表 4 可推得，在無紫外光照射的影響下果實數量比有紫外光照射的影響下還要來的多，因此我們推測紫外光會影響果實的結果率。

表 5 葉片長 (各株取最大片 2016/5/12) :

紫外光	無紫外光
5.4cm	6.5cm
5.3cm	7cm
5cm	6cm

由表 5 平均下來得到無紫外光的影響下比有紫外光影響下的葉長平均多了 1.26cm，因此我們推測紫外光會影響葉片的長度。

葉綠素 SPAD 值:各取 3 株草莓，取葉面積相近的 8 片葉子來採樣，以下是平均後的結果表 6

紫外光	無紫外光
44.8	49.8

由表 6 我們可得知葉綠素在無紫外光的影響下比有紫外光影響下平均多了 5 SPAD，因此我們推測紫外光會影響葉綠素的多寡。

此外，我們還使用了色差計來測量葉子表面綠色的深淺度。

sRGB 值(只取 G 值):各取 3 株草莓，每株取 9 片葉子，以下是 27 片葉子平均後的結果。

表 7

紫外光	無紫外光
32.7%	48.5%
35.7%	48.2%
37.6%	47.6%

由表 7 可得知在無紫外光照射的影響下綠色的比例平均比有紫外光照射的影響還要高，因此我們推測紫外光會影響葉面的深淺度。

#### 四、結論

本次專題實驗結果讓我們得知了一般植物再紫外燈下生長的狀態與再沒有紫外光的狀態下，生長型態的差異為何。一般植物再紫外光的照射下，可能會影響植物本身的 DNA 結構，引發不正常的結合，當異常結構持續存在再 DNA 中，則會使植物抑制生長，而植物為了躲避紫外光造成的傷害，則會由型態上的改變來避免，例如：株高降低、葉片面積縮小、葉表面深淺度、葉綠素變少等，以上種種實驗結果所證明，紫外線對植物的影響結果。

#### 五、致謝

本次的實務專題能順利完成，首先要感謝張仲良教授，以及實驗室的學長們提供的實驗設備與專業的指導，當我們種植遇到問題或設備壞掉時，給予我們適當建議與方向，並教導我們如和解決問題、修理設備、文獻查詢以及團隊分工合作的精神，雖然在種植的過程中遇到許多的問題與困難，但也讓我們從中學學習到更多經驗與知識，最後在此向各位老師、學長與同學致上最高的謝意。

#### 六、參考文獻

1. 花園城堡園藝資材倉庫。參考網址：  
[http://www.coir.url.tw/product\\_info.php?products\\_id=525](http://www.coir.url.tw/product_info.php?products_id=525)
2. 維基百科水耕栽培。參考網址：  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%B4%E8%80%95%E6%A0%BD%E5%9F%B9>
3. 花寶愛花園。參考網址：  
<http://www.igarden.com.tw/showroom/view.php?C=698628>
4. Mac 田園樂：如何種草莓。參考網址：  
[http://mac000.blogspot.tw/2009/10/blog-post\\_08.html](http://mac000.blogspot.tw/2009/10/blog-post_08.html)
5. LED Plant Grow Light 植物生長燈/植物栽培燈介紹。參考網址：  
<http://www.tmc.com/lednews/90.html>
6. LED 植物燈原理。參考網址：  
[http://www.vitalled.com.tw/global/html/horticulture\\_LED\\_Growing\\_Lights/201307/LED%E6%A4%8D%E7%89%A9%E7%87%88%E5%8E%9F%E7%90%86.html](http://www.vitalled.com.tw/global/html/horticulture_LED_Growing_Lights/201307/LED%E6%A4%8D%E7%89%A9%E7%87%88%E5%8E%9F%E7%90%86.html)
7. 張瑀庭部落格。參考網址：  
<http://lilylifestyle.pixnet.net/blog/post/97701113-%E6%A4%8D%E7%89%A9%E5%B7%A5%E5%BB%A0%E9%9A%B1%>

- E8%97%8F%E7%9A%84%E5%A4%A7  
%E5%95%8F%E9%A1%8C
8. 半導體照明網。參考網址：  
<http://lights.ofweek.com/2016-02/ART-220001-11000-29064682.html>
  9. 光菌生物科技。參考網址：  
[http://www.nanobiolight.com/global\\_11.html](http://www.nanobiolight.com/global_11.html)
  10. 光的影響。參考網址：  
<http://www.super-pep.com.tw/pep-h/a.htm>
  11. Growth and Development in Plants。參考  
網址：  
<http://ecaaser3.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/Biology/38chap.htm>
  12. 紫外光對植物葉綠體及葉綠素生長的影  
響。參考網址：  
<http://jpkc.sysu.edu.cn/xbyycxsy/web-xiba/oxueshiyan/lwj/02/5main.htm>
  13. Polar Lights UV Series Datasheet V1。
  14. Polar Lights N Series Datasheet  
Preliminary V7

660nm),blue ( peak : 450 nm) and UV light  
( peak : 385 nm), red light quantity ratio was  
80.3 % : 10.2 % blue light : UV 9.5 % ,  
respectively ambient laboratory conditions a  
temperature of 24±2 degrees , humidity of  
40±10 % and CO2 concentration of  
470±120ppm; cultivation time from November  
20, 2015 to May 13, 2016 . We will observe the  
irradiation of red and blue, strawberry  
supplement UV light on the growth patterns  
based .

The effect of supplemental UV light on the  
growth response of strawberries under blue and

Red LED light.

Student:

Tsung-Shi Chen

Guan-YuChen

Yi-Shiue Tsai

Advisor: Chung-Liang Chang

Department of Biomechanics  
National Pingtung University of Science and  
Technology

Abstract

This research is the use of different light bands  
led lights to illuminate hydroponics strawberries,  
irradiating band will distinguish red ( peak :

# 紙基晶片之尿液肌酐酸濃度定量檢測

學生姓名:徐國桓、張文誠、陳昱宏

指導教授:傅龍明 博士

國立屏東科技大學

生物機電工程系

## 摘要

本研究結合智慧型手機、紙基晶片和輔助平台來檢測人體尿液中的肌酐酸濃度。利用噴蠟印表機來製作單層單面紙基晶片，晶片上的蠟會限制待測物液體不超出範圍。紙基晶片輔助平台有加熱功能以及穩定的 LED 光源，提供良好量測數據的環境。本研究利用智慧型手機的拍照功能，來判讀紙基晶片檢測區的濃度顏色變化。未來將會有低成本、輕量小型化、快速檢測且攜帶方便的發展，在未來也可以配合小型化紙基晶片輔助平台來判讀。

關鍵字:紙基晶片、智慧型手機、尿液、肌酐酸

## 一、引言

我們認為生醫晶片系統具有龐大的潛力可以應用在個人健康照護上，尤其是紙基晶片。Martin 和 Syngé 於 1952 年提出濾紙色層分析法 (Paper chromatography)。1956 年，尿糖試紙 (Urine sugar) 利用葡萄糖氧化酶 (Glucose Oxidase) 將葡萄糖氧化成葡萄糖酸 (Gluconic acid) 後以顯色劑 (chromogenic agent) 呈色 (color reaction)[2]。免疫層析試紙是另一種常見的檢測試紙[1]。也有利用偵測顯色有無或深淺來測定待測物有無或濃度[3,4]。免疫層析試紙的應用前提是待測物必須要有適合的抗原抗體才能建立檢測流程。Dr. Whiteside 提出不同於舊有的試紙方式，而是建立親/疏水區域於紙上[5]，利用 2D 堆疊成 3D 結構，可以同時進行多重生化分析，包或葡萄糖與牛血清蛋白[6]。

建立親/疏水區域於紙上的方式包括使用曝光顯影方式搭配 SU-8、光阻[6,7]或紫外光膠[8]；蠟染或噴蠟[9]；聚合物噴塗列印[10,11]；濾紙上塗佈或噴塗高分子疏水材料 (alkenyl ketene dimer-heptane)，藉由電漿處理出親/疏水性區域[11]。因為紙或其他多孔性基材在接觸液體時，會因毛細現象而使液體在基材空隙間流動，不需要其他驅動力。親/疏水區域於紙上的目的為建立流道，顯色區或注液區。蠟或聚合物等物質通常於液體狀態噴塗於紙張的纖維上，液態材料從紙張上層毛細現象藉由紙張纖維進入紙張底部。固化後的液態材料在紙張中形成一 3D 立體疏水區。建立完整圖案親

疏水區域的紙張晶片，滴入液態樣品或化學藥劑，液體則仍因毛細現象在親水區域流動。

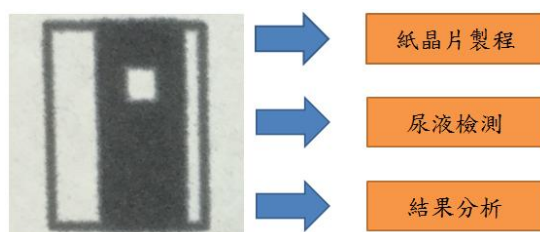
尿液中肌酐酸檢測可作為臨床工具 (clinical tool) 來鑑定患者 (patients) 是否具高風險 (at high risk of poor outcome)。近年來，慢性腎衰竭進入透析患者與日俱增。依據台灣腎臟醫學會透析登錄資料顯示，最常造成末期腎衰竭的三個病因發生率依序是糖尿病腎病變、腎絲球疾病及高血壓性腎病變，而盛行率方面以腎絲球疾病為第一。腎絲球受損的原因甚多，故診斷及分類方式也較為複雜。醫師藉由測量腎絲球過濾率指標來判定腎臟功能好壞。腎絲球過濾率:除了蛋白質以外，血漿中的所有物質幾乎都由腎絲球過濾，而腎臟在單位時間內清除血漿中某一物質的能力，如每分鐘的過濾量 (ml/min) 即為「腎絲球過濾率 (GFR)」。計算 GFR 的方式主要有三種換算公式，可擇其一得知。其中之一為 24 小時尿液肌酐清除率 (Creatinine Clearance Rate, Ccr)。肌酐酸是由肌肉組織的肌酸 (Creatine) 及磷酸肌酸 (Phosphocreatine) 分解而來的代謝產物，正常經由腎臟從尿液排出體外。臨床上，肌酐酸常與尿素氮 (BUN) 合併觀察患者的腎功能狀態。但肌酐酸不像尿素氮容易受蛋白質及水分攝取的影響，所以較具代表性。正常人的肌酐酸清除率約為每分鐘 80~120 ml，平均約為每分鐘 100 ml。而正常男性尿液中所含肌酐酸為 800-2000 mg/day，女性尿液則為 600-1800 mg/day。[12] J. A. Owen 於 1954 發表使用分光方法檢測在尿液中的肌酐酸與白蛋白。將尿液、肌酐酸標準液與苦味酸混合，以特定波長檢測混合液吸光值，並推算尿液中的肌酐酸濃度。[13,14] 傳統的光學偵測方法，一般高度精確的定量分析測量是通過由分光光度計或光譜儀，其中包括吸光度或螢光分光光度測定的值...等。即使是相當複雜的頻譜的變化，在眼睛中僅僅作為顏色的變化。使用測定顏色的方法，一般是以 RGB 或 CKMY 的變化為主，而不是類似分光光度法，以特定波長光的強度衰減。[15] 以 POC 為發展理念的紙基晶片會以成本較低的方式來做定量的測量，一般而言是將晶片上待測區塊影像轉換數位圖檔，再藉由軟體去讀取數位圖檔 RGB 的變化值，或以 RGB 值轉灰階的灰階變化值。一般讀取影像多以手機、相機 CMOS (Complementary metal-oxide-semiconductor) 為主

[6,16]，或是掃描器[9]。

本研究係利用紙基晶片、輔助平台與智慧型手機檢測尿液中肌酐酸濃度，並以分光光度法所測出的吸光值作為標準曲線。紙質濾紙使用噴蠟印表機製作單層紙基晶片，待測物液體會被纖維中蠟質限制在檢測區。尿液滴入含反應試劑待測區後即發生化學反應與顏色變化。經由讀取反應區 RGB 值，並建立 RGB 值-肌酐酸濃度改變量標準曲線。紙基晶片輔助平台具有穩定 LED 光源，與加熱功能。本研究並利用智慧型手機照相功能判讀紙基晶片上檢測區顏色變化。未來可以配合小型化紙基晶片輔助平台與手機結合來判讀紙基晶片，並將有輕量小型化、方便攜帶、檢測快速、低成本等優點。

## 二、研究內容與方法

本研究為單層式紙基晶片影像分析肌酐酸濃度可分為三大部分，包含紙基晶片製程、尿液檢測與結果分析，其架構如圖一。晶片製程係為在濾紙上建立蠟質親疏水性圖案；尿液檢測為滴入尿液在紙基晶片上，經加熱與檢測區 RGB 偵測並利用偵測結果建立肌酐酸濃度-RGB 變化值標準曲線。



圖一 紙晶片架構圖

### 2.1 紙基晶片製程

圖二為單層紙基晶片製作流程圖，首先使用 Auto CAD 電腦繪圖軟體繪製晶片圖形，再將圖檔案轉檔成圖形設計軟體 CorelDRAW 可支援之檔名。使用印表機(ColorQube8570, Xerox, USA)，如圖三(A)，印製於紙質支撐層 (A4 白紙) 建立對位外框，再將濾紙 (No. 1, Advantec, Japan) 用膠帶 (3M, USA) 固定於 A4 紙的對位框上。此動作是為了防止濾紙經由噴蠟印表機之捲入產生偏位。固定濾紙於紙質支撐層後將紙放入噴蠟印表機中列印蠟質晶片陣列圖案。印製完成後，將圖形剪下，置入攝氏 180 度之高溫爐，如圖三(B)，定溫烘烤 1 分鐘，使蠟質藉由高溫滲入濾紙纖維中產生一道阻隔親水性流體的界線，即為晶片偵測區。烘烤完的晶片陣列濾紙層，如圖四，使反應液體不會因毛細現象溢流於晶片之外。最後剪裁晶片並固定於基層紙片，即完成了單層紙基晶片。而基層紙片目的是為方便拿取與使用紙基晶片。



圖二



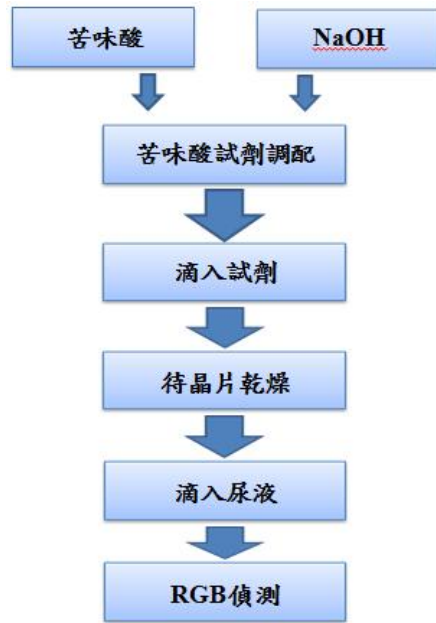
圖三 (A) 噴蠟印表機；(B) 高溫爐



圖四 晶片側面示意圖

### 2.2 檢測試劑配製

尿液檢測流程如圖五。將苦味酸(Picric acid)試劑滴入紙基晶片偵測區內，待乾燥後滴入稀釋尿液，將晶片插入紙基晶片輔助平台，加熱後以手機連結輔助平台讀取晶片中 RGB 值。因苦味酸需在微鹼環境下才能與肌酐酸發生反應，經多次測試發現於 pH 值近 7~7.4 時，肌酐酸-苦味酸複合物的顏色變化與肌酐酸濃度變化其線性度較高。故需實驗求得肌酐酸-苦味酸複合物的顏色變化與肌酐酸濃度其變化線性度高的最佳化 pH 值。



圖五 尿液檢測流程圖

### 2.2.1 苦味酸試劑調配

首先需要 2 種基本化學藥劑，有苦味酸 (Picric acid) 和氫氧化鈉 (NaOH)。

基本溶液配製方法如下：

- 0.1M 氫氧化鈉溶液：氫氧化鈉 0.8g 混合 200ml DI water；
- 61.1mM 飽和苦味酸溶液。

苦味酸試劑調配：

- 取 61.1mM 飽和苦味酸 950 $\mu$ l 與 0.1M 氫氧化鈉溶液 50 $\mu$ l 混合。

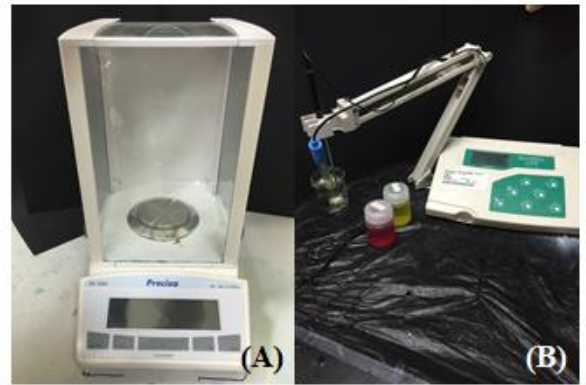
### 2.2.2 肌酐酸溶液調配

取肌酐酸 0.7g 混合 350ml DI water，再用溫和的混和方式完全溶解瓶中之肌酐酸，避免氣泡之形成，完成後含肌酐酸 200mg/dL。配置完成後將肌酐酸標準液以緩衝液稀釋為 0.04 mg/dL、1mg/dL、2mg/dL

### 2.2.3 緩衝液調配

取 1.5601g NaHPo<sub>4</sub> 混和 50ml DI water，配置成濃度 0.2M 溶液，再取 5.4436g Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 混和 200ml DI water，配置成濃度 0.2M 溶液，分別取 NaHPo<sub>4</sub> 溶液 38ml 與 Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 溶液 162ml 混和，配置成 pH7.4 之緩衝液。

圖六(A)為標準天平，測量化學藥品重量。(B)為 pH 檢測儀，在圖中有兩罐小罐的小瓶子，分別是黃色和紅色，是校正檢測儀的藥品，黃色 pH 值 7.0 (中性)，紅色 pH 值 4.0 (酸性)。肌酐酸標準液調配完成後以 pH 檢測儀檢測，並以氫氧化鈉與磷酸溶液調整。



圖六 (A)標準天平、(B)pH檢測儀

### 2.2.3 晶片苦味酸試劑添加

如圖四所示，將配製完成的苦味酸試劑使用移液管移取 0.25 $\mu$ l 滴入空白紙基晶片，放置一段時間等其乾燥。

### 2.3 檢測步驟

使用移液管取 0.25 $\mu$ l 的稀釋尿液，滴入乾燥的紙基晶片上。將晶片插入晶片輔助平台，定溫攝氏 48 度加熱五分鐘。一分鐘測量一次 RGB 值，共五次，記錄其 RGB 值之變化並分析其變化，稀釋尿液一旦滴入紙基晶片之後須立即放入檢測台裡，以免影響到檢測時間與結果。如圖七所示為輔助平台，此平台可調照射晶片光源強度、加熱溫度與偵測反射光強度。每次偵測時拍照三次，並取其平均值。每條件測試均測試五次。

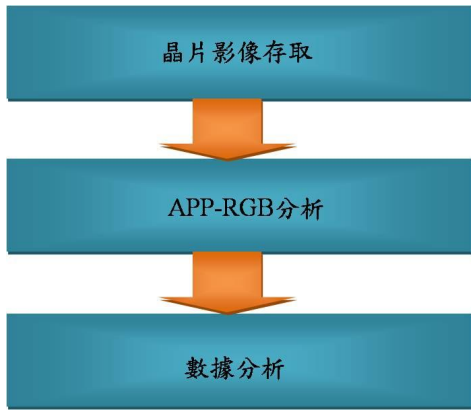


圖七 輔助平台

### 2.4 結果分析

結果分析流程圖如圖八所示，將放置輔助平台之紙基晶片進行晶片影像存取，影像存取後使用 APP 進行 RGB 分析。讀取 RGB 數值並記錄結果。

使用 Excel 檔將所測之數值存取，並依照濃度排列好，以分析數值是否呈線性狀態。

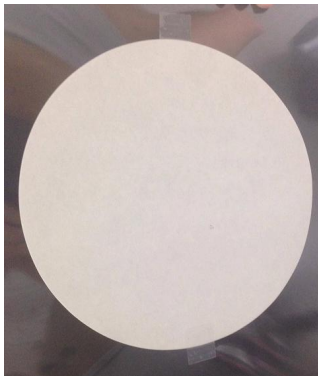


圖八 結果分析流程圖

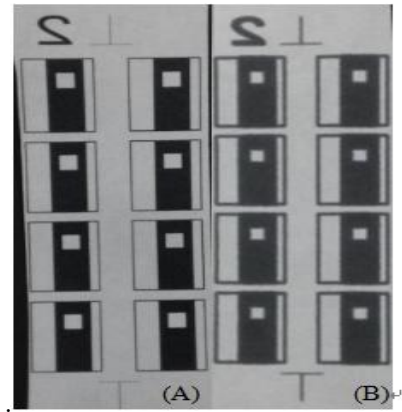
### 三、結果與討論

#### 3.1 紙晶片製程

製作紙基晶片的最初步驟就是印製晶片，在投影片上黏貼濾紙，利用噴蠟印表機印製晶片，如圖十。只要將所印之圖檔設定在範圍內，印製完成後晶片如圖十一(A)。在加熱過程中為避免晶片擴散不平均，需在上方以一玻璃片和鋼塊增加重量，並在高溫爐 180°C 加熱一分鐘，加熱後晶片如圖十一(B)。裁晶片並固定於基層紙片(黑色卡紙)，即完成單面單層紙基晶片，如圖十二。苦味酸試劑滴入晶片後，會因為時間改變及晶片乾燥程度，導致苦味酸之顏色產生些微變化如圖十三所示。如圖十四所示，右側為剛滴入肌酐酸試劑所攝，而左側為滴入四分鐘後所攝，由此可見時間越長顏色變會越淺。



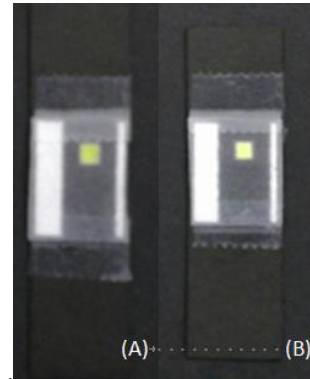
圖十濾紙固定在投影片



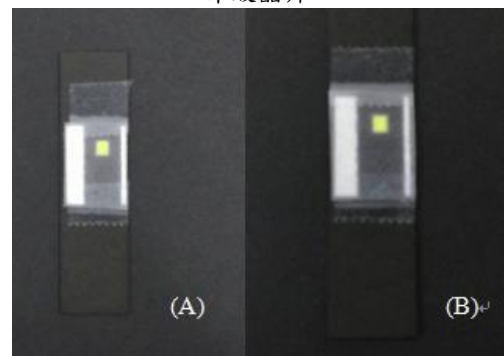
圖十一、(A)烘烤前之濾紙、(B)烘烤後之濾紙



圖十二、完成之空白紙基晶片



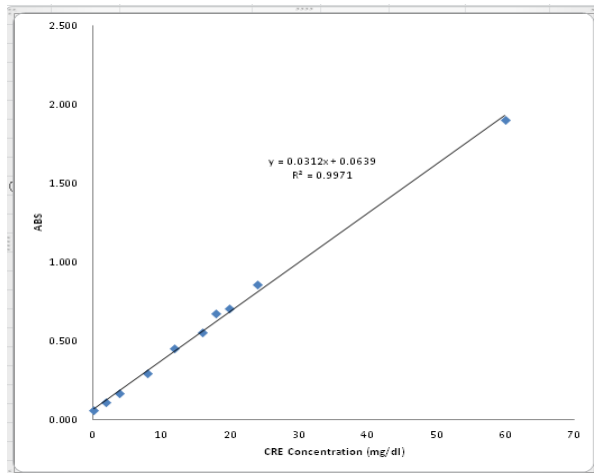
圖十三 (A)剛滴入苦味酸溶液之晶片、(B)乾透的苦味酸晶片



圖十四 左側為滴入肌酐酸過四分鐘，右側為剛滴入肌酐酸

### 3.2 結果分析

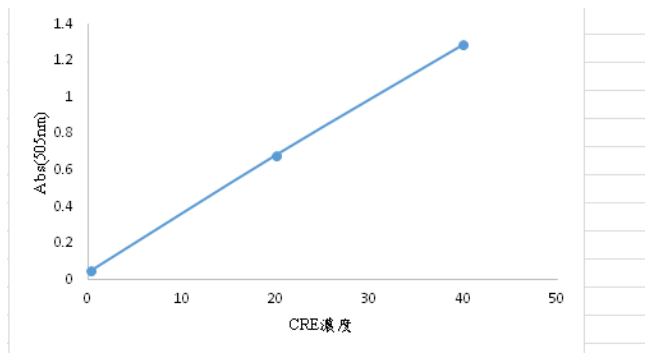
#### 3.2.1



圖十五 分光光度法標準曲線

如圖十五所示為利用分光光度法所做出的標準曲線，有明顯的線性上升，拿來比較用。

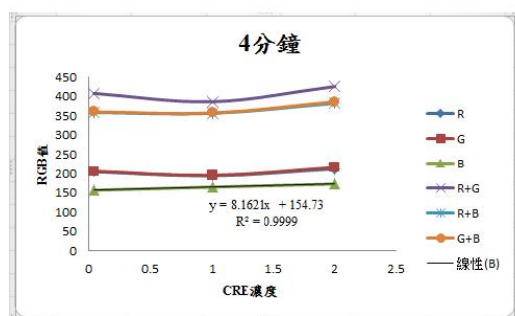
#### 分光光度法檢測尿液肌肝酸



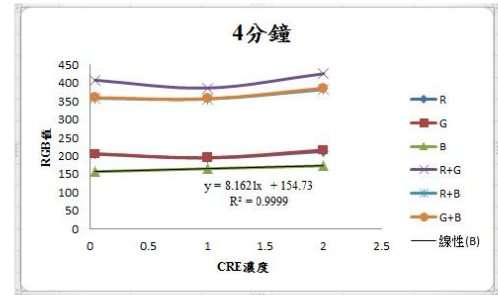
	測定濃度(mg/dl)	加入濃度(mg/dl)	回收濃度(mg/dl)	回收率%
Ur+DI	0.826			
Ur+DI+600	5.901	5.000	5.075	101.5%
Ur+DI+800	7.621	6.667	6.795	101.9%
平均回收率		101.7%		
Ur+DI+600		-0.21%	需<±10%	
Ur+DI+800		0.21%		
比例系統誤差		1.71%	US CDC 規範<→實驗準確度可接受	

圖十六 體外診斷試劑分析性能評估

#### 3.2.2



圖十七 反應濃度曲線



圖十八 反應濃度曲線

如圖十七、十八在濃度 58mM Picric 情況下，將三種不同濃度之肌肝酸滴入晶片後，每隔一分鐘記錄一次，共計四分鐘。會發現這三種濃度之肌肝酸的 B 值有逐漸升高之趨勢。如此可以得知在反應時間四分鐘內，都有明顯的化學反應，並有利於偵測。因此將反應時間訂於四分鐘。線性變化隨著濃度的增高曲線向上爬升。

#### 四、結論

利用噴蠟印表機製作紙基晶片，本研究可以驗證其方便與快速。紙基晶片利用智慧型手機照相功能判讀紙基晶片上檢測區顏色變化，可以免去複雜的偵測機構，並且可以將檢測結果與物聯網和雲端結合。未來可以配合小型化紙基晶片輔助平台與手機結合來判讀紙基晶片，可以有輕量小型化、方便攜帶、檢測快速、低成本等優點。此技術可以使許多檢測跟血糖機操作一樣簡單，配合物聯網和雲端，這些大數據透過分析後，可以有效提供醫療、食品安全、環境...等資訊。

#### 五、致謝

本專題能夠順利完成，主要仰賴於傅龍明教授的細心教導，以及要感謝徐夢苒學姊，當實驗遇到瓶頸時，都會放下手邊的工作、全力幫忙我們，讓我們學會整理數據，以及更細膩的手工。也非常感謝成大博班朱偉中學長，以引導的方式訓練我們找出問題、解決問題的能力，同時也會跟我們分享許多資訊，讓我們吸收更多知識，使我們更加具備研究生的基礎。

#### 六、參考文獻

- [1] C. D. Chin, V. Linder, S. K. Sia, Lab-on-a-chip devices for global health: Past studies and future opportunities, Lab Chip, 7, (2007)41-57.
- [2] J. P. Comer, Semiquantitative specific test paper for glucose in urine, Analytical Chemistry, 28, (1956)1748-1750.
- [3] C. Paroloa, A. Merkoç, Paper-based nanobiosensors for diagnostics, Chemical Society Reviews, Advance Article 2013.



- [4] R. Elghanian, J. J. Storhoff, R. C. Mucic, R. L. Letsinger, C. A. Mirkin, Selective colorimetric detection of polynucleotides based on the distance dependent optical properties of gold nanoparticles, *Science*, 277, 1078-1081, 1997.
- [5] A. W. Martinez, S. T. Phillips, G. M. Whitesides, Diagnostics for the Developing World: Microfluidic Paper-Based Analytical Devices, *Analytical Chemistry*, 82, (2010) 4-10.
- [6] A. W. Martinez, S. T. Phillips, G. M. Whitesides, Three-dimensional microfluidic devices fabricated in layered paper and tape, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, (2008) 19606-19611.
- [7] A. W. Martinez, S. T. Phillips, E. Carrilho, S. W. Thomas, H. Sindi, G. M. Whitesides, Simple Telemedicine for Developing Regions: Camera Phones and Paper-Based Microfluidic Devices for Real-Time Off-Site Diagnosis, *Analytical Chemistry*, 80, (2008) 3699-3707,.
- [8] S. A. Klasner, A. K. Price, K. W. Hoeman, R. S. Wilson, K. J. Bell, C. T. Culbertson, Paper-based microfluidic devices for analysis of clinically relevant analytes present in urine and saliva, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 397, 1821-1829.000000
- [9] H. Noh, S. T. Phillips, Metering the Capillary-Driven Flow of Fluids in Paper-Based Microfluidic Devices, *Analytical Chemistry*, 82,(2010) 4181-4187.
- [10] K. Abe, K. Suzuki, D. Citterio, Inkjet-Printed Microfluidic Multianalyte Chemical Sensing Paper, *Analytical Chemistry*, 80,(2008) 6928-6934.
- [11] X. Li, J. Tian, W. Shen, Progress in patterned paper sizing for fabrication of paper-based microfluidic sensors, *Cellulose*, 17,(2010)649-659.
- [12] J. A. Owen, Betty Iggo, F. J. Scandrett, C. P. Stewart, The Determination of Creatinine in Plasma or Serum and in Urine; a Critical Examination, *European Journal of Internal Medicine*, (1954)1954, 426-437.
- [13] B. I. Doumas, W. A. Watson, H. G. Biggs, Albumin Standards and the Measurement of Serum Albumin with Bromocresol Green, *Clinica Chimica Acta*, 31, (1971)87-96.
- [14] D. Webster, A. H. C. Bignell, E. C. Attwood, An Assessment of the suitability of Suitability of Bromocresol Green for the Determination for Serum Albumin, , *Clinica Chimica Acta*, 53, (1974)1-108.
- [15] E. Hirayama, T. Sugiyama, H. Hisamoto, K. Suzuki, Visual and Colorimetric Lithium Ion Sensing Based on Digital Color Analysis, *Analytical Chemistry*, 72, (2000)465-474.
- [16] S. J. Vella, P. Beattie, R. Cademartiri, A. Laromaine, A. W. Martinez, S. T. Phillips, K. A. Mirica, G. M. Whitesides, Measuring Markers of Liver Function Using a Micropatterned Paper Device Designed for Blood from a Fingertick, *Analytical Chemistry*, Vol.84, pp.( 2012)2883-2891.

## Urine creatinine quantitative concentration detection by paper-based chips

G.H.Xu,W.C.Chang,Y.H.Chen

Department of Biomechanics Engineering National  
Pingtung University of Science and Technology

### Abstract

In this study, we determine urine creatinine concentration by using paper-based chips, the assisted platform and smart phones. To make the paper-based monolayer chip, we use wax spray printer (ColorQube8570, Xerox, USA) and filter papers (No. 1, Advantec, Japan). Fluid will be limited to the detection zone by waxy fiber. The assisted platform has a stable LED light source and the heating function. The use of smartphone camera function is to determine color change on the paper-based chips detection zone. In the future, a lightweight miniaturized, portable, rapid detection and low-cost system will combine with smaller assisted platform and smart phones to determine the paper-based chips.



# 階段性不同 LED 光質組合照射下對於 冰花含鹽量之研究

專題生：郝俊皓、彭稟翔

指導老師：張仲良 教授

國立屏東科技大學

生物機電工程系

## 摘要

本專題主要目的在於研究冰花在不同 LED 光質比組合照射下其鹽結晶量之差異，並探討最適合冰花幼苗生長之光照方式，並以此光照方式使用於定植期。定植期中並在養液中加入海水，並探討海水比例高低對於冰花鹽結晶轉化量的差異性。

## 一、引言

近年來天災不斷，食安問題層出不窮，前段時間台灣本島更是許多地區缺水，在極端氣候之下，乾旱、水患已經成為必臨之禍，因此本組想要探討，能在惡劣環境下生長的冰花，能否使用海水混合液栽種，若是可行，則能減少許多栽培成本，且冰花的逆境生長特性也能使其在使用海水混合液栽種後，更能表現其性向。

台灣地狹人稠，並不適合以大片農田來栽種冰花，現今隨著人們生活水平提高，以及對生態環境的重視，農業也正在轉型，開始從傳統的農田土耕栽種轉為精緻化的室內栽培，其中植物工廠更是其中的大宗，利用科技設備控制植物之生長環境（光、環境、濕度、二氧化碳濃度、養分、水分等條件），並對植物生長環境及生育狀況加以觀察及預測，使蔬菜等植物可進行全年性、計畫性生產的栽培設施，

且植物工廠採取水耕，水中的營養液隨時都被監控，因此不用擔心外在環境的污染或是病蟲侵害。稱為「工廠」是因為此農業生產模式將不受天候影響，具備定期、定品質、定量生產農作物的特點，頗類似於工業界的量產工廠。另外，台灣的半導體產業發展成熟，植物工廠相關產業：空調、無塵室、隔熱資材、節能燈具、控制系統、滅菌技術、機電設備等廠商眾多，因此有發展植物工廠良好的背景，目前國內業者積極發展完全人工光源型的植物工廠，也有專注於將植物工廠家電化、小型化的業者。

因此本組選擇以高經濟價值的冰花為研究目標，冰花（*Mesembryanthemum crystallinum*L）是近幾年來興起的一種高經濟價值作物，為一種像仙人掌的多肉植物，原產於南非，具有吸收地面礦物質的能力，有吸鹽作物的封號。冰花的葉子和莖表面，具有像水滴一樣亮晶晶的顆粒，這種像水滴的物質為富含礦物質的囊狀細胞（Bladder Cells），也就是鹽結晶。而其耐鹽性高的鹽生作物特性使其在海水的溶液中也可以生存。

本研究將利用水耕植栽架來探討冰花種植效果，每組環境條件相同的情況下，以不同 LED 植物燈色光組合配比為變數，探討最適合冰花生長之光照比，並以此光照參數使用於定植期，並於定植期中加入海水混合養液，以海

水所占混合養液之百分比為變數，探討何種比例之海水混合養液最有利於冰花鹽結晶轉化，藉此研究最適合冰花生長的光照及營養液配比。

## 二、系統架構與實驗設備

### 2.1 實驗設備

#### 2.1.1 水耕植栽架

本實驗的植物栽培層架是由特色實驗室所提供，層架上分別有 6 種不同的光源分別為：

- (1) 層架 A1：淺紅光(峰值：630 nm)、白光(色溫 6000K)、藍光(峰值：450 nm)。
- (2) 層架 A2：淺紅光(峰值：630 nm)、白光(色溫 6000K)、紫藍光(峰值：420 nm)。
- (3) 層架 B1：淺紅光(峰值：630 nm)、淺藍光、白光(色溫 6000K)。
- (4) 層架 B2：紅光(峰值：660 nm)、冷白光、白光(色溫 6000K)。

其餘儀器與設備如下所列：

- (1) PH 感測器：PH 感測器由實驗室所提供，型號 6011，感測範圍 0~14.0 PH，精準度  $\pm 0.1$  1 digit。
- (2) EC 感測器：EC 感測器由實驗室所提供，型號 6021，感測範圍 0~19990  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ，精準度  $\pm 2\%$  FS。
- (3) 溫溼度感測器
- (4) 手持式量子計
- (5) 光譜儀
- (6) 海水比重計

#### 2.2 實驗材料

包含冰花種子(蔬菜之家股份有限公司)、水耕海綿、保麗龍、花寶 2 號養液(1g/1000ml)、鏟子、塑膠盆以及海水素。

## 三、研究方法與內容

### 3.1 實驗規劃

本實驗預計種植 4 次，利用 6 種光源 4 種配比重複種植，確保單次實驗的真實性。第一次以淺紅藍白(光量比:8/2/1)與淺紅紫藍白(光量比:5/4/1)的比例做比較。第二次以淺紅白冷白(光量比:7/3/1)與紅白冷白(光量比:9/1/1)比例做比較。第三次與第四次是將 4 個組合同一比較。

並將濕度設定在  $47\% \pm 5\%$ ，溫度設定在  $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ，CO<sub>2</sub> 濃度為  $950 \pm 50\text{ppm}$ 。

### 3.2 實驗設計

實驗層架共有 4 層，以不同的光源與不同的配比組合分為 4 種，分別照射已發芽之幼苗，並觀察各組一個月後的生長變化，由圖 1. 至圖 4. 之光譜分布圖可確定四種光源配比皆有達到預期比例，下述為光源組合方式：

- (1) A1：淺紅/綠/藍 → 45%/15%/19% 藍光區間為 400 nm~490 nm、綠光區間為 491 nm~600 nm、紅光區間為 601 nm~700 nm。
- (2) A2：淺紅/綠/紫藍 → 39%/34%/27% 藍光區間為 400nm~440nm、綠光區間為 441nm~600nm、紅光區間為 601nm~700nm。
- (3) B1：淺紅/綠/藍 → 90%/3%/7% 藍光區間為 400nm~465nm、綠光區間為 465nm~600nm、紅光區間為 601nm~700nm。
- (4) B2：紅/綠/藍 → 74%/19%/12% 藍光區間為 400 nm~490 nm、綠光區間為 491 nm~600 nm、紅光區間為 601 nm~700 nm。

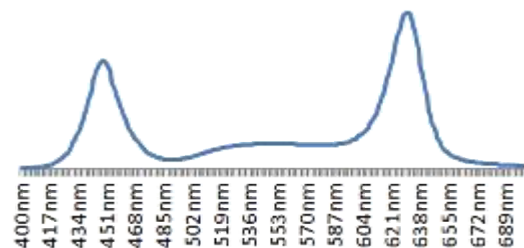


圖 1. A1 光譜分佈

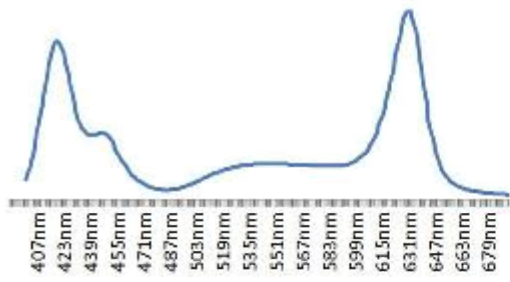


圖 2. A2 光譜分佈

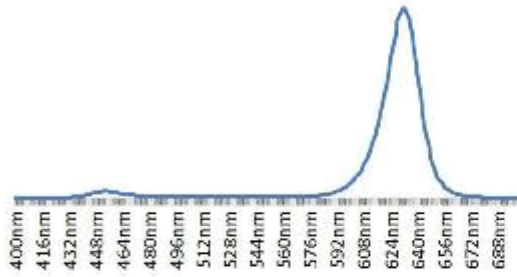


圖 3. B1 光譜分佈

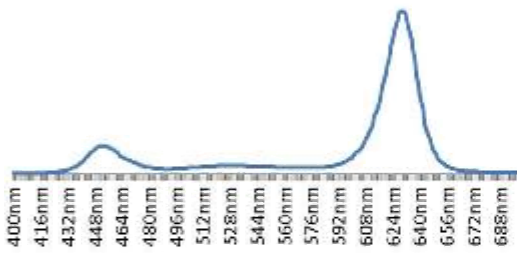


圖 4. B2 光譜分佈

### 3.3 各光源在不同高度下 PFD 值

為了確保植物在足夠的光源下成長，所以我們以光源為起始點向下測量三個距離的光照度值，三個高度分別為 20cm、25cm、30cm，下圖分別為紅光 660 nm、淺紅光 630 nm、白光 6000K、藍光 450 nm、紫藍光 420 nm、冷白光 550 nm。

並以不同的組合搭配以達到我們要的光配比與適合的光照度值。

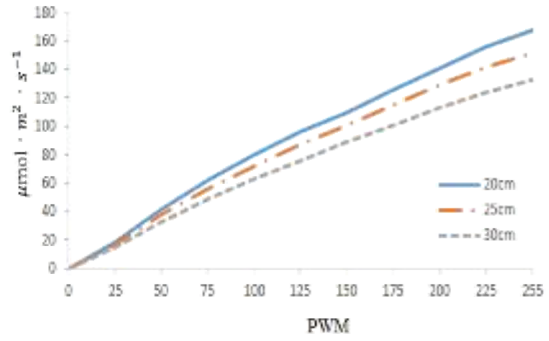


圖 5. 紅光 660 nm

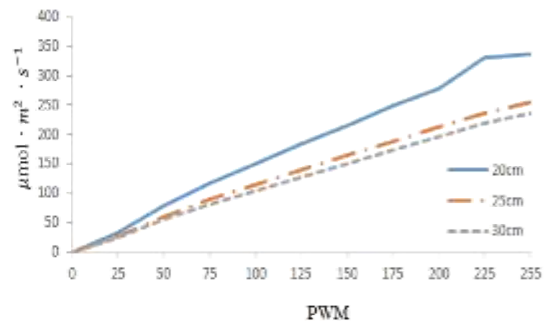


圖 6. 紅光 630 nm

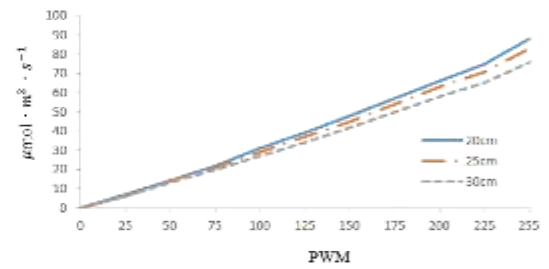


圖 7. 白光 6000K

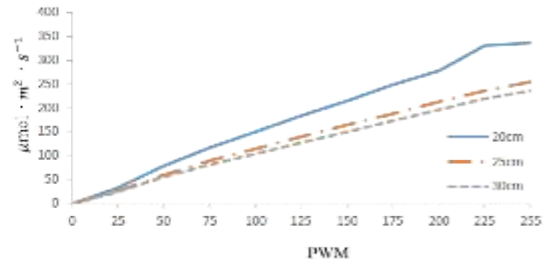


圖 8. 藍光 450 nm

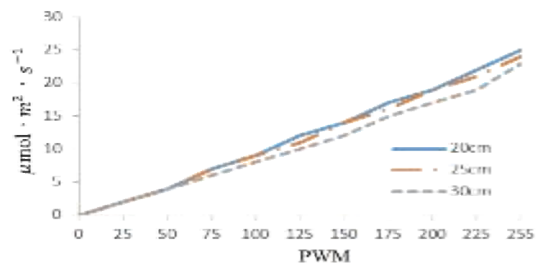


圖 9. 紫藍光 420 nm

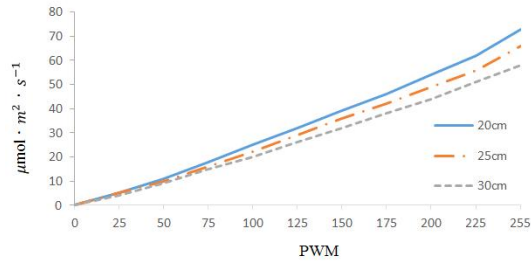


圖 10. 冷白光 550 nm

### 3.4 海水混合比例

本組將海水素與 R0 水混合，以比重計測量比重，達到比重 1.026 時停止加入海水素；海水與養液分成四種不同比例進行實驗。海水加入養液中的比例分別為 3.33%、5%、6.66%、10%，並將各濃度分為 10 天加入養液中。

### 3.5 實驗流程

種植冰花最重要的就是在於一開始的催芽與育苗，最容易使冰花種植失敗的原因在於種子的發芽率不高，如何提高發芽率是一個重要的關鍵。成功發芽之後只要注意葉面要乾燥，冰花葉面水分較多若長期泡於水中，會使葉面軟爛。此冰花種植實驗流程大約分成下列五個過程(圖 11)。

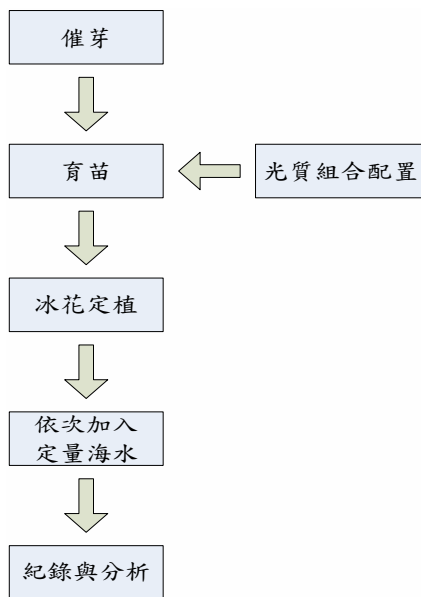


圖 11. 實驗流程

### 3.6 實驗步驟

- step1. 將冰花種子放入海綿中；
- step2. 使用 R0 水浸泡海綿；
- step3. 置入暗處 8 小時；
- step4. 以色溫 22000K 之白光照射三日；
- step5. 再將海綿連同植物一同放入保麗龍穴盤中；
- step6. 利用植栽層架光源(表 1)，並加入定時裝置光暗週期為 16hr/8hr(亮/暗)；
- step7. 加入養液與沉水馬達 24 小時循環；
- step8. 待植物 90 天生長；
- step9. 90 天後開始在養液加入海水；
- step10. 待 2 周後觀察結果

#### 3.6.1 第一次實驗

##### (1) 育苗期

將冰花幼苗放入植栽層架 A1 與 A2 內，層架燈光配比(附錄表 1.)，育苗 27 天後，測得數據有葉長與葉寬。生長 27 天測得 A1 與 A2 葉長比較圖(圖 12)。

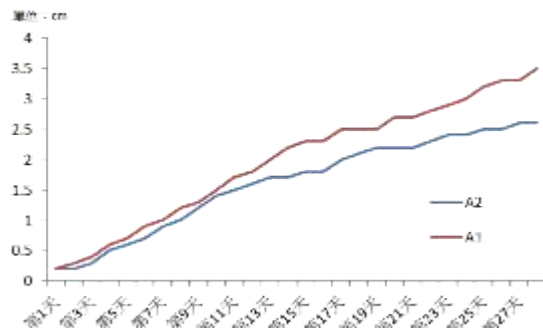


圖 12. A1、A2 生長比較

##### (2) 定植期

合併 A1、A2 層架冰花，以層架 A2 光源照射，定植 60 天。第一次加入海水從中取出 5 株冰花嘗試直接放入海水中，冰花葉片迅速軟化，進而枯萎死亡；第二次嘗試分次加入比例為 3.33%、5%、6.66%、10%海水，冰花雖然停止生長，但不會死亡，且開始在葉緣和葉底形成明顯鹽結晶，並持續轉化鹽結晶直至開花。

#### 3.6.2 第二次實驗

為確保實驗真實性，於第一次實驗進入

定植期後，馬上再重複進行育苗實驗。

### 3.6.3 第三次實驗

#### (1) 育苗期

將冰花幼苗放入植栽層架 A1、A2、B1、B2 內，層架燈光配比(附錄表 1.)，育苗 25 天後，測得數據有葉長與葉寬。生長 25 天測得 A1、A2、B1、B2 葉長比較(圖 13)。

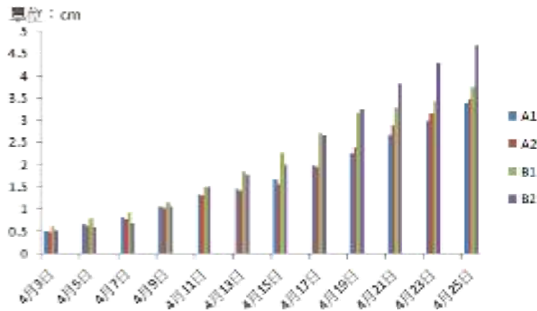


圖 13. A1、A2、B1、B2 生長速率比較

#### (3) 定植期

A1、A2、B1、B2 層架冰花取出 10 株生長大小均等的冰花作為標的物，以層架 A2 光源照射，定植 30 天。從中取出 24 株冰花，以比例 3.33%、5%、6.66%、10%海水分 10 次加入養液中。冰花在加入海水的第三日開始葉片轉紅及些微軟化，其中海水比例為 10%的混和養液栽種出的冰花鹽結晶轉化最明顯。

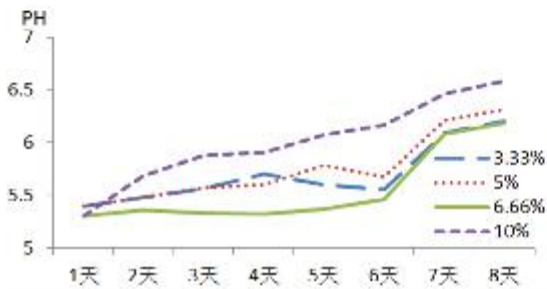


圖 14. 海水混和養液 PH 值變化

(圖 14)為各比例養液中的 PH 值變化，可見加入海水濃度越高的養液 PH 值上升的速率也越快。

### 3.6.4 第 4 次實驗

為確保實驗真實性，於第三次實驗進入定植期後，馬上再重複進行育苗實驗。經 4 週觀察後

發現此次實驗結果確實與前三次實驗所得結果相符。

(圖 15)為第四次實驗種實驗生長成果



圖 15. 冰花八週後生長狀況

(由左至右分別為 10%、6.66%、5%、3.33%)

(圖 16)及(圖 17)為加入不同比例海水混和養液後栽種 2 週後的莖鮮重與根鮮重。

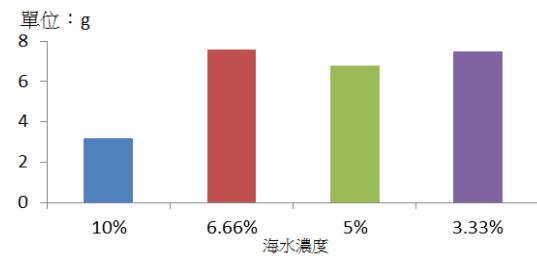


圖 16. 莖鮮重

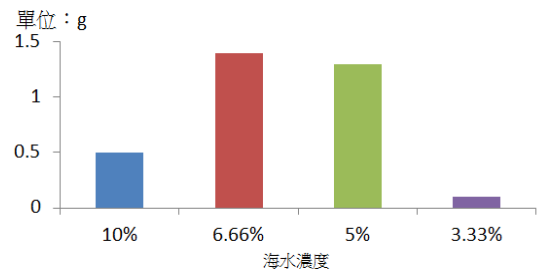


圖 17. 根鮮重

(圖 18)到(圖 21)為加入海水兩週後，冰花轉化鹽結晶之成果

#### 四、結論

本實驗研究不同 LED 光值組合對冰花的產量及生長影響，及進入定植期後分次加入海水觀察其鹽結晶變化，並歸納出以下結論：

1. 經過四次重複性的實驗後得知，層架 A2 中紅/綠/紫藍光比例為 39%/34%/27% 的光值組合照射下的冰花生長速率最快，生長狀況也最為穩定，且生長葉片對數較層架 B 中生長之冰花多。
2. 層架 B1 中的冰花因高比例的紅光照射，葉片生長速度較快，但因其他色光較為缺乏，導致突長及性向表現遲緩，葉片對數相較於其他層架栽種的冰花還少。
3. 經由三次的海水實驗結果得知，若要使用海水混和養液來促進冰花鹽結晶的轉化，應待其生長九十日後，分次加入海水，最終達至濃度比例為 10:1 的海水混和養液，最有利於冰花生長及鹽結晶轉化。



圖 18. 海水比例 10%



圖 19. 海水比例 6.66%



圖 20. 海水比例 5%



圖 21. 海水比例 3.33%

#### 五、致謝

感謝張仲良教授在整個專題製作的指導與協助，對於我們碰到的問題都會耐心的給予建議及方向，還有實驗室學長們的輔導，提供光量子計、PPFD 計、Watch dog……等實驗器材，以及實驗設計和量測上的幫助，才能順利完成這一次的實驗。

#### 六、參考文獻

1. 期刊  
冰花 - 《Life》電子報 - 中興大學  
<http://epaper.life.nchu.edu.tw/view/?p=1891>  
台南區農業改良場  
[http://www.tndais.gov.tw/htmlarea\\_file/web\\_articles/tndais/239/news213P3.pdf](http://www.tndais.gov.tw/htmlarea_file/web_articles/tndais/239/news213P3.pdf)
3. 學術論文



王偉名，2013，冰花 McSnRK1 參與調控分生組織發育及開花之功能分析

姜智彬，2015，利用高通量定序法鑑定並分析冰花 miRNA 與鹽逆境反應之探討

## 2. 網站資料

NICE GREEN 美蔬菜廚房

<http://www.nice-green.com.tw/product-info.asp?id=526>

澎湖農民部落格

<http://reader.roodo.com/upupph/archives/42002317.html>

花花世界—生活花卉園藝論壇

<http://flowers.hunternet.com.tw/>

台灣養耕共生協會

[http://twaquaponics.blogspot.tw/2014\\_01\\_01\\_archive.html](http://twaquaponics.blogspot.tw/2014_01_01_archive.html)

Light Farm 光合齋

<http://www.lightfarm.wieson.com/portfolio-item/ice-plant>

冰花研究型植物生長機 - 慶聲科技

[http://www.ksonplant.com.tw/product02\\_2.htm](http://www.ksonplant.com.tw/product02_2.htm)

華人健康網

<https://www.toplhealth.com/Article/27790>

## 七、附錄

表 1. 各層架光源配比

層架	光配比
A1	紅/綠/藍 45%/15%/19%
A2	紅/綠/紫藍 39%/34%/27%
B1	紅/綠/藍 90%/3%/7%
B2	紅/綠/藍 74%/19%/12%

Discuss Mesembryanthemum crystallinumL in different stage LED Spectrum Composition' s Salt content.

Chamber

Jun-Hao-Hao, Bing xiang Peng

Advisor : Chung-Liang-Chang

Department of Biomechanics Engineering National Pingtung University of Science and Technology

## Abstract

The topic is to discuss Mesembryanthemum crystallinumL in different stage LED Spectrum Composition' s Salt content, and probe what spectrum composition is best for Mesembryanthemum crystallinumL grow up, and use this spectrum composition to stable growth period, and add the brine, Observe and record the target' s growth status and salt content' s Transformation.

# 紙基晶片之全血中肌肝酸與白蛋白濃度定量檢測

學生姓名:溫竣凱、范宥駿

指導教授:傅龍明 博士

國立屏東科技大學

生物機電工程系

## 摘要

本研究利用紙基晶片、輔助平台與智慧型手機檢測血液中肌肝酸和白蛋白濃度。紙質濾紙使用噴蠟印表機製作單層雙面紙基晶片，待測物液體會被濾血試紙過濾後抵達檢測區並被纖維中蠟質限制在檢測區。紙基晶片輔助平台具有穩定 LED 光源，與加熱功能。本研究並利用智慧型手機照相功能判讀紙基晶片上檢測區顏色變化。未來可以配合小型化紙基晶片輔助平台與手機結合來判讀紙基晶片，並將有輕量小型化、方便攜帶、檢測快速、低成本等優點。

關鍵字:紙基晶片、智慧型手機、血液、肌酐酸、白蛋白

## 一、引言

從概念上講，微流體技術的想法是利用半導體與微機電系統 (MEMS) 領域的技術構建立一個微小的裝置來控制流體。微流體設備 (Microfluidic devices) 具有在很多實用的優點，包括更快的響應時間 (response time)、減少樣品和試劑消耗、較低的成本、以及更方便操作與攜帶。

他們已經發現廣泛使用在整個生物醫藥，食品加工，化工等行業[1-9]。微流體設備為不同功能的結構所組成，並因此很容易地集成，以形成複雜的 micro-total-analysis-systems ( $\mu$ -TAS)。 $\mu$ -TAS 具有許多功能，包括樣品注射，樣品前處理(pretreatment)，混合(mixing)，分選(sorting)，計數(counting)，反應 (reaction)，分離(separation)在單一的檢測晶片上 [10-19]。以呈色劑檢測化學濃度為例，所有流程包括樣品注射、混合、化學反應與吸光度檢測[10, 20-21]。但是，如果可以將上述流程整合於單一晶片，化學濃度檢測晶片就可以更輕薄短小。將 Lab-on-a-chip 與 point-of-care (POC) 理念相結合，將可以產生適合於便簡單方便並容易攜帶的診斷系統和現場檢測設備。這些 POC 設備可以應用於即時偵測與長期監控人的身體參數，這包括急診病患、住院病患與一般人健康照護。

以人類身體健康為例，當身體出現症狀往往已經出現不可回復的傷害。如果可以早一步發現身體

參數的變異，就可以提早就醫以改善身體健康，避免不可回復的傷害。許多的研究中證實了其重要性和實用性，並且對其概念在實驗室中設備的操作有所驗證。[22-27]。目前已實際應用的 POC 設備多為血壓、血氣(blood-gas analyser)、心跳、血糖、肌鈣蛋白-T(Troponin-T)...等。但真正在臨床上，血液與尿液的成分檢查可以反映病人的生理狀況，但經常檢查項目中並非所有的項目有微型晶片設備可以使用。這種情形使得使用者必須購買許多不同微型設備下又無法得到較完整的生理參數。因此，使用者仍舊依賴大型的檢測儀器去維持生理參數監控。

我們認為生醫晶片系統具有龐大的潛力可以應用在 POC，尤其是紙基晶片。Martin 和 Syngé 於 1952 年提出濾紙色層分析法 (Paper chromatography)。1956 年，尿糖試紙 (Urine sugar) 利用葡萄糖氧化酶 (Glucose Oxidase) 將葡萄糖氧化成葡萄糖酸 (Gluconic acid) 後以顯色劑 (chromogenic agent) 呈色 (color reaction) [28]。免疫層析試紙是另一種常見的檢測試紙[25]。也有利用偵測顯色有無或深淺來測定待測物有無或濃度。[29,30] 免疫層析試紙的應用前提是待測物必須要有適合的抗原抗體才能建立檢測流程。Dr. Whiteside 提出不同於舊有的試紙方式，而是建立親/疏水區域於紙上 [31]，利用 2D 堆疊成 3D 結構，可以同時進行多重生化分析，包或葡萄糖與牛血清蛋白。[32]

建立親/疏水區域於紙上的方式包括使用曝光顯影方式搭配 SU-8、光阻 [32,33]或紫外光膠[34]；蠟染或噴蠟[35]；聚合物噴塗列印 [36,37]；濾紙上塗佈或噴塗高分子疏水材料 (alkenyl ketene dimer-heptane)，藉由電漿處理出親/疏水性區域 [37]。因為紙或其他多孔性基材在接觸液體時，會因毛細現象而使液體在基材空隙間流動，不需要其他驅動力。親/疏水區域於紙上的目的為建立流道，顯色區或注液區。蠟或聚合物等物質通常於液體狀態噴塗於紙張的纖維上，液態材料從紙張上層毛細現象藉由紙張纖維進入紙張底部。固化後的液態材料在紙張中形成一 3D 立體疏水區。建立完整圖案親疏水區域的紙張晶片，滴入液態樣品或化學藥劑，液體則仍因毛細現象在親水區域流動。

血清中白蛋白檢測可作為臨床工具(clinical tool)來鑑定患者(patients)是否具高風險 (at high risk of

poor outcome)。[38] F. L. Rokey 於 1964 發表使用分光方法與羅氏法檢測在血清中的白蛋白。[39] 將血清與 ALB、CRE 液混合，加熱數分鐘後，以特定波長檢測混合液吸光值，並推算血清中的白蛋白濃度。[40-41] 傳統的光學偵測方法，一般高度精確的定量分析測量是通過由分光光度計或光譜儀，其中包括吸光度或螢光分光光度測定的值...等。即使是相當複雜的頻譜的變化，在眼睛中僅僅作為顏色的變化。使用測定顏色的方法，一般是以 RGB 或 CKMY 的變化為主，而不是類似分光光度法，以特定波長光的強度衰減。[42] 以 POC 為發展理念的紙基晶片會以成本較低的方式來做定量的測量，一般而言是將晶片上待測區域影像轉換數位圖檔，再藉由軟體去讀取數位圖檔 RGB 的變化值，或以 RGB 值轉灰階的灰階變化值。一般讀取影像多以手機、相機 CMOS (Complementary metal - oxide - semiconductor) 為主[32,43]，或是掃描器[35]。

本研究係利用紙基晶片、輔助平台與智慧型手機檢測血清中白蛋白濃度。紙質濾紙使用噴蠟印表機製作雙層紙基晶片，待測物液體會被濾血試紙過濾後抵達檢測區並被纖維中蠟質限制在檢測區。血液滴入指定區域過濾後之血清進去待測區後即發生化學反應與顏色變化。經由讀取反應區 RGB 值，並建立 RGB 值-血清濃度改變量標準曲線。紙基晶片輔助平台具有穩定 LED 光源，與加熱功能。本研究並利用智慧型手機照相功能判讀紙基晶片上檢測區顏色變化。未來可以配合小型化紙基晶片輔助平台與手機結合來判讀紙基晶片，並將有輕量小型化、方便攜帶、檢測快速、低成本等優點。

## 二、研究內容與方法

本研究為單層雙面式紙晶片影像分析 ALB、CRE 濃度可分為三大部分，包含紙基晶片製程、血液檢測與結果分析，其架構如圖一。晶片製程係為在濾紙上建立蠟質親疏水性圖案；血液檢測為滴入血液在紙基晶片上，經加熱與檢測區 RGB 偵測並利用偵測結果建立血清濃度-RGB 變化值標準曲線。



圖一 紙晶片架構圖

### 2.1 紙基晶片製程

圖二為單層雙面紙晶片製作流程圖，首先使用 Auto CAD 電腦繪圖軟體繪製品片圖形，再將圖檔案轉檔成圖形設計軟體 CorelDRAW 可支援之檔名。使用印表機(ColorQube8570, Xerox, USA)，如圖三

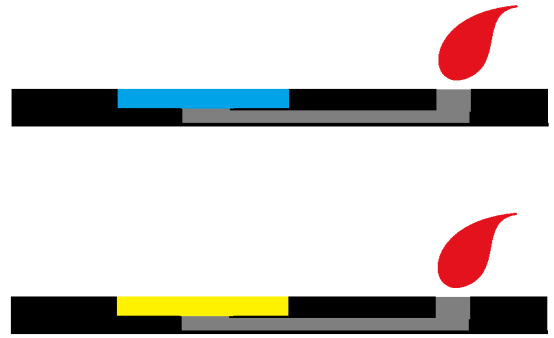
(A)，印製於紙質支撐層 (A4 白紙) 建立對位外框，再將圓形濾紙 (No. 1, Advantec, Japan) 用膠帶 (3M, USA) 固定於 A4 紙的對位框上。此動作是為了防止濾紙經由噴蠟印表機之捲入產生偏位。固定濾紙於紙質支撐層後將紙放入噴蠟印表機中列印蠟質晶片陣列圖案。印製完成後，將圖形剪下，置入攝氏 180 度之高溫爐，如圖三(B)，以玻璃夾持定溫烘烤 1 分鐘，使蠟質藉由高溫滲入濾紙纖維中產生一道阻隔親水性流體的界線，即為晶片偵測區。烘烤完的晶片陣列濾紙層，翻面後作二次蠟質列印。二次列印目的係為在晶片偵測區下方建立一阻水層，並留一小孔與濾血棉有接觸，使血清能抵達檢測區，如圖四，同時使反應液體不會因毛細現象溢流於晶片之外。最後剪裁晶片並同時將濾血棉和晶片固定於基層紙片，即完成了單層霜面紙基晶片。而基層紙片目的是為方便拿取與使用紙基晶片。



圖二 紙晶片製程流程圖



圖三 (A) 噴蠟印表機；(B) 高溫爐



圖四 晶片側面示意圖

## 2.2 檢測溶液配置

全血檢測流程如圖五。將 BCG、Picric 溶液分別滴入紙基晶片偵測區內，待乾燥後將全血滴入指定孔位中，將晶片插入紙基晶片輔助平台，加熱後以手機連結輔助平台讀取晶片中 RGB 值。因 BCG 與蛋白質結合度雖然在低 pH 值(pH3-4)時較好，經多次測試發現於 pH 值近 7 時，BCG-蛋白質結合物的顏色變化與蛋白質濃度變化其線性度較高。故需實驗求得 BCG-蛋白質結合物的顏色變化與蛋白質濃度其變化線性度高的最佳化 pH 值。



圖五 全血檢測流程圖

### 2.2.1 ALB 試劑調配

首先需要 3 種配製緩衝液(buffer)的基本化學藥劑，有檸檬酸 (Citric acid)和磷酸氫二鈉 ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) 及磷酸二氫鈉 ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ )。

基本溶液配置方法如下：

- 0.1M 檸檬酸溶液：檸檬酸 2.101g 混合 100ml DI water；
- 0.2M 磷酸氫二鈉溶液：磷酸氫二鈉 5.6784g 混合 200ml DI water；
- 0.2M 磷酸二氫鈉溶液：磷酸二氫鈉 6.2404g 混合 200ml DI water。

緩衝液調配:

- pH7.2 濃度緩衝液調配，是由 0.2M 磷酸氫二鈉溶液 173.9ml 加入 0.1M 檸檬酸溶液 26.1ml 混合而成，最後再加入海藻酸鈉 0.008g 和溴甲酚綠 0.108g

#### 2.2.2.CRE 試劑調配

首先先配兩管試劑，一瓶 0.1M NaOH 和一瓶 61.1mM Picric。

基本溶液配置分法如下

- 0.1M NaOH:0.8g NaOH 混合 200ml DI water；
- 61.1mM Picric :50g Picric 混合 15ml DI water
- 58mM Picric: 61.1mM Picric 950 $\mu$ l 混合 0.1M NaOH 50 $\mu$ l；

圖六(A)為標準天平，測量化學藥品重量。(B)為 pH 檢測儀，在圖中有兩罐小罐的小瓶子，分別是黃色和紅色，為檢測儀的校正液，黃色 pH 值 7.0 (中性)，紅色 pH 值 4.0 (酸性)。緩衝液調配完成後以 pH 檢測儀檢測，並以氫氧化鈉與磷酸溶液調整。



圖六 (A)標準天平、(B)pH 檢測儀

配製完緩衝液之後，利用 Buffer 配製 BCG 溶液。

#### 2.2.3 血清調配

一開始瓶中內容為粉末狀，標準血清配置方法為滴入 3ml DI water，再用溫和的混和方式完全溶解瓶中之內容物，避免氣泡之形成，完成後含白蛋白 36.8g/L。配置高濃度血清則改用 1.5 ml DI water。配置完成後將血清以 DI water 稀釋為 5%、25%、50%、75%、100%。

#### 2.2.4 晶片 ALB、CRE 試劑添加

如圖四所示，將配製完成的 BCG 試劑和 Picric 試劑使用移液管移各取 0.25 $\mu$ l 滴入空白紙晶片，放置一段時間等其乾燥。

#### 2.3 檢測步驟

使用移液管取 3.6 $\mu$ l 的全血，滴入乾燥的紙基晶片上。將晶片插入晶片輔助平台，定溫攝氏 48 度加熱五分鐘。時間間隔為一分鐘，記錄其 RGB 值之變化並分析其變化，全血一旦滴入 BCG、Picric 試片之後須立即放入檢測台裡，以免影響到檢測時間

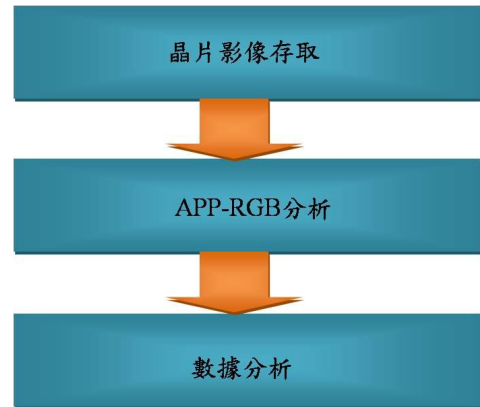
與結果。如圖七所示為輔助平台，此平台可調照射晶片光源強度、加熱溫度與偵測反射光強度。每次偵測時拍照一次，並取其平均值。每條件測試均測試五次。

圖七 輔助平台

#### 2.4 結果分析

結果分析流程圖如圖八所示，將放置輔助平台之紙基晶片進行晶片影像存取，影像存取後使用 APP 進行 RGB 分析。讀取 RGB 數值並記錄結果。

使用 Excel 檔將所測之數值存取，並依照濃度排列好，以分析數值是否呈線性狀態。

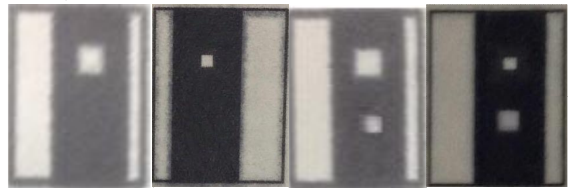


圖八 結果分析流程圖

### 三、結果與討論

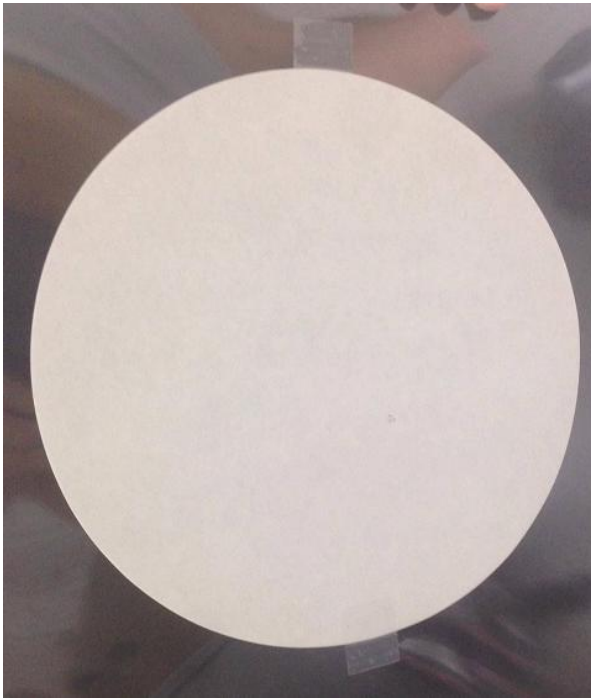
#### 3.1 紙晶片製程

首先先將圖印製於濾紙上，如圖九，置入高溫爐中以玻璃片夾持烘烤一分鐘，在對位印製背面圖案，最後再以雷雕雕刻下面小孔，以利於血液滴入。



圖九 電腦繪製晶片圖檔由左而右為第一次印製及烘烤、背面印製、雷雕後成品(正面)、雷雕後成品(反面)

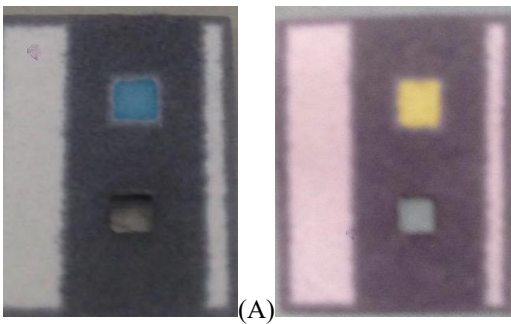
因每次印製晶片時，濾紙黏貼無法都在相同位置上，而導致晶片印到濾紙之外。因而使用對位外用對位外框進行濾紙黏貼如圖十。裁晶片並固定於基層紙片(黑卡)，即完成了單層紙基晶片，如圖十一。ALB 或 CRE 溶液滴入晶片後，會因為時間改變及晶片乾燥程度，導致 BCG 之顏色產生些微變化如圖十二所示。如圖十三，血液滴入後經過濾血試紙抵達檢測區之情形。



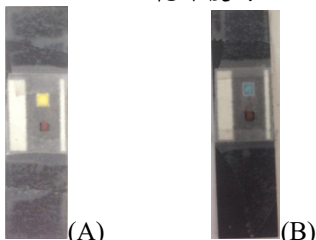
圖十固定後的濾紙



圖十一、完成之空白紙基晶片



圖十二、(A)滴入乾燥後的 BCG 溶液之晶片、(B)滴入乾燥後的 Picric 晶片



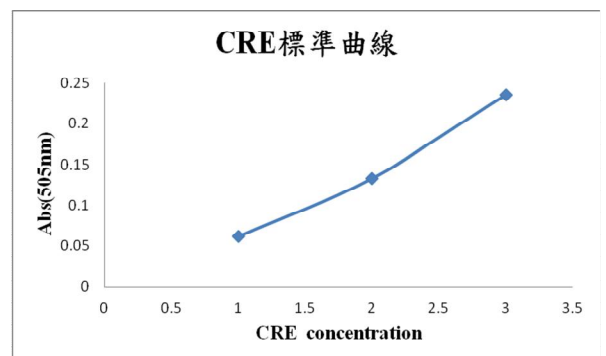
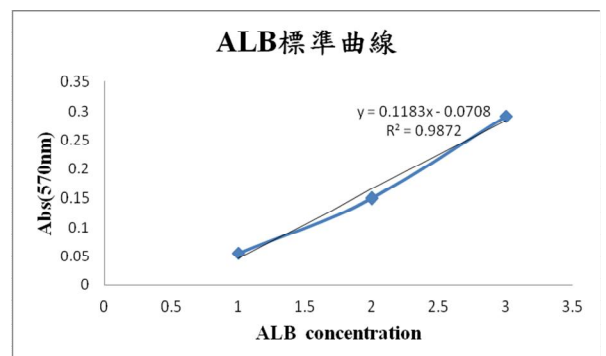
圖十三、滴入血液後情形

### 3.2 結果分析

如圖十四所示，已先以分光法測量標準血清吸光度(三重複)並取得標準曲線，得以與羅氏法做比較。標準曲線如下圖。

ALB	0.1895	1.895	3.79	血清 50%
1	0.046	0.152	0.298	0.19
2	0.057	0.145	0.28	0.203
3	0.063	0.154	0.298	0.201
平均	0.055333	0.150333	0.292	0.198

CRE	0.206	2.06	4.12	血清 100%
1	0.057	0.131	0.24	0.149
2	0.056	0.129	0.241	0.154
3	0.07	0.14	0.225	0.167
平均	0.061	0.133333	0.235333	0.156667



圖十四、ALB 與 CRE 之吸光度標準曲線 (ALB 波長 570nm, 反應溫度 37°C; CRE 波長 505nm 反應溫度 37°C)

表 1 和表 2 為測全血中 ALB 的數據，由於 BCG 試劑為藍色基底，所以以 B 值為重，由於反應速度相當迅速，所以只有前三分鐘有較明顯變化。

	1min	2min	3min	4min	5min
R	65	70	69.5	68.5	69
G	122.5	129.5	131.5	132.5	132.5
B	162	168.5	170.5	172	171.5

表 1

	1min	2min	3min	4min	5min
R	53	58	58	58	59
G	120	127	129	130	131
B	164	170	173	173	174

表 2

表 3 和表 4 為測全血中 CRE 的數據，由於 Picric 試劑為黃色，所以以 G 值加 B 值為重，由於反應速度相當迅速，所以只有前三分鐘有較明顯變化。

	1min	2min	3min	4min	5min
R	162.3	164.3	162.0	161.0	162.3
G	161.3	160.0	158.3	156.3	157.3
B	128.7	125.0	125.0	127.3	128.0
G+B	290.0	285.0	283.3	283.7	285.3

表 3

	1min	2min	3min	4min	5min
R	166.7	174.3	176.0	175.3	177.7
G	163.7	170.0	171.3	171.7	172.3
B	124.0	131.7	133.7	136.7	135.7
G+B	287.7	301.7	305.0	308.3	308.0

表 4

#### 四、結論

利用蠟印表機製作紙基晶片，本研究可以驗證其方便與快速。紙基晶片利用智慧型手機照相功能判讀紙基晶片上檢測區顏色變化，可以免去複雜的偵測機構，並且可以將檢測結果與物聯網和雲端結合。目前雖因樣本數的問題，還不能準確拿捏標準取線，但它未來的普及性及市場性有極大的發展空間，值得我們去再去研究及完善。

#### 五、致謝

首先我們要感謝傅龍明老師、朱偉中學長以及徐夢萍學姊不辭辛勞的細心指導，讓我們在這一年中有所收穫，從對紙基懵懂無知到現在有一定的了解，更教導我們做事的態度、責任感的培養以及如何從錯誤中學習並改進，真的很感謝他們，最後我們還要感謝同實驗室的同學們，有他們的貢獻，才有我們的數據，感謝你們。

#### 六、參考文獻

- [1] C. K. Chung, T. R. Shih, C. K. Chang, C.W. Lai, B.H. Wu, Design and experiments of a short-mixing-length baffled microreactor and its application to microfluidicsynthesis of nanoparticles, Chem. Eng. J. 168 (2011) 790–798.
- [2] W. N. Lau, K. L. Yeung, R. Martin-Aranda, Knoevenagel condensation reaction between benzaldehyde and ethyl acetoacetate in microreactor and membrane microreactor, Microporous Mesoporous Mater. 115 (2008) 156–163.
- [3] L. M. Fu, C. H. Tsai, C. H. Lin, A high-discernment micro-flow cytometer with micro-weir structure, Electrophoresis 29 (2008) 1874–1878.
- [4] C. H. Tsai, H. H. Hou, L. M. Fu, An optimal three-dimensional focusing technique for micro-flow cytometers, Microfluid. Nanofluid. 5 (2008) 827–836.
- [5] Y. H. Wang, C. P. Chen, C. M. Chang, C. P. Lin, C.H. Lin, L. M. Fu, C.Y. Lee, MEMS based flow sensors, Microfluid. Nanofluid. 6 (2009) 333–346.
- [6] L.M. Fu, Y.N. Wang, Optical microflow cytometer based on external total reflection, Electrophoresis 33 (2012) 3229–3235.
- [7] G. Li, Y. Luo, Q. Chen, L. Liao, J. Zhao, A “place n play” modular pump for portable microfluidic applications, Biomicrofluidics 6 (2012) 014118.
- [8] F. Piraino, Š. Selimovic, M. Adamo, A. Pero, S. Manoucheri, S.B. Kim, D. Demarchi, A. Khademhosseini, Polyester l-assay chip for stem cell studies, Biomicrofluidics 6 (2012) 044109.
- [9] T.A. Balbino, N.T. Aoki, A.A.M. Gasperini, C.L.P. Oliveira, A.R. Azzoni, L.P. Cavalcanti, L.G. de la Torre, Continuous flow production of cationic liposomes at high lipid concentration in microfluidic devices for gene delivery applications, Chem. Eng. J. 226 (2013) 423–433.
- [10] L. M. Fu, W. J. Ju, C. C. Liu, R. J. Yang, Y.N. Wang, Integrated microfluidic array chip and LED photometer system for sulfur dioxide and methanol concentration detection, Chemical Engineering Journal, 243 (2014) 421–427.
- [11] H. H. Hou, C. H. Tsai, L. M. Fu, R. J. Yang, Experiment and numerical investigation of 3-D hydrodynamic focusing technique with micro-weir structure, Electrophoresis 30 (2009) 2507–2515.
- [12] C. Y. Lee, C. L. Chang, Y. N. Wang, L. M. Fu, Microfluidic mixing: a review, Int. J. Mol. Sci. 12 (2011) 3263–3287.
- [13] H. C. Lee, H. H. Hou, R. J. Yang, C. H. Lin, L. M. Fu, Microflow cytometer for threedimensional focusing with sequence micro-weir structure, Microfluid. Nanofluid. 11 (2011) 469–478.
- [14] Z. Liu, Y. Lu, J. Wang, G. Luo, Mixing characterization and scaling-up analysis of asymmetrical T-shaped micromixer: experiment and CFD simulation, Chem. Eng. J. 181–182 (2012) 597–606.
- [15] K. E. Jensen, P. Szabo, F. Okkel, M. A. Alves, Experimental characterisation of a novel viscoelastic rectifier design, Biomicrofluidics 6 (2012) 044112.
- [16] R.J. Yang, H.H. Hou, Y.N. Wang, C.H. Lin, L.M.

- Fu, A hydrodynamic focusing microchannel based on micro-weir shear lift force, *Biomicrofluidics* 6 (2012) 034110.
- [17] X. Guo, Y. Fan, L. Luo, Mixing performance assessment of a multi-channel mini heat exchanger reactor with arborescent distributor and collector, *Chem. Eng. J.* 227 (2013) 116–127.
- [18] C.S. Martinez-Cisneros, S.G. Pedro, M. Puyol, J. Garcia-Garcia, J. Alonso-Chamarro, Design, fabrication and characterization of microreactors for high temperature syntheses, *Chem. Eng. J.* 211–212 (2013) 432–441.
- [19] A. Yang, Y. Hsieh, L. Kuo, L. Tseng, S. Liao, P. Chen, A novel vortex mixer actuated by one-shot electricity-free pumps, *Chem. Eng. J.* 228 (2013) 882–888.
- [20] Y. N. Wang, R. J. Yang, W. J. Ju, M. C. Wu, and L. M. Fu, Convenient quantification of methanol concentration detection utilizing an integrated microfluidic chip, *Biomicrofluidics* 6, (2012)034111.
- [21] L. M. Fu, W. J. Ju, C. H. Tsai, H. H. Hou, R. J. Yang, Y. N. Wang, Chaotic vortex micromixer utilizing gas pressure driving force, *Chemical Engineering Journal* 214 (2013) 1–7.
- [22] S. Haeberle, R. Zengerle, Microfluidic platforms for lab-on-a-chip applications, *Lab Chip*, Vol.7, pp.(2007)1094-1110.
- [23] J. G. E. Gardeniers, A. v. d. Berg, Lab-on-a-chip systems for biomedical and environmental monitoring, *Analytical Bioanalytical Chemistry*, 378,(2004) 700-1703.
- [24] P. Yager, T. Edwards, E. Fu, K. Helton, K. Nelson, M. R. Tam, B. H. Weigl, Microfluidic diagnostic technologies for global public health, *Nature*, 442(2006)12-418.
- [25] C. D. Chin, V. Linder, S. K. Sia, Lab-on-a-chip devices for global health: Past studies and future opportunities, *Lab Chip*, 7, (2007)41-57.
- [26] P. V. Lode, Point-of-care immunotesting: Approaching the analytical performance of central laboratory methods, *Clinical Biochemistry*, 38, (2005)591-606.
- [27] G. M. Whitesides, The origins and the future of microfluidics, *Nature*, 442 (2006)368-373.
- [28] J. P. Comer, Semiquantitative specific test paper for glucose in urine, *Analytical Chemistry*, 28, (1956)1748-1750.
- [29] C. Parolo, A. Merkoc, Paper-based nanobiosensors for diagnostics, *Chemical Society Reviews*, Advance Article 2013.
- [30] R. Elghanian, J. J. Storhoff, R. C. Mucic, R. L. Letsinger, C. A. Mirkin, Selective colorimetric detection of polynucleotides based on the distance dependent optical properties of gold nanoparticles, *Science*, 277, 1078-1081, 1997.
- [31] A. W. Martinez, S. T. Phillips, G. M. Whitesides, Diagnostics for the Developing World: Microfluidic Paper-Based Analytical Devices, *Analytical Chemistry*, 82, (2010) 4-10.
- [32] A. W. Martinez, S. T. Phillips, G. M. Whitesides, Three-dimensional microfluidic devices fabricated in layered paper and tape, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, (2008) 19606-19611.
- [33] A. W. Martinez, S. T. Phillips, E. Carrilho, S. W. Thomas, H. Sindi, G. M. Whitesides, Simple Telemedicine for Developing Regions: Camera Phones and Paper-Based Microfluidic Devices for Real-Time Off-Site Diagnosis, *Analytical Chemistry*, 80, (2008) 3699-3707.
- [34] S. A. Klasner, A. K. Price, K. W. Hoeman, R. S. Wilson, K. J. Bell, C. T. Culbertson, Paper-based microfluidic devices for analysis of clinically relevant analytes present in urine and saliva, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 397, 1821-1829.000000
- [35] H. Noh, S. T. Phillips, Metering the Capillary-Driven Flow of Fluids in Paper-Based Microfluidic Devices, *Analytical Chemistry*, 82,(2010) 4181–4187.
- [36] K. Abe, K. Suzuki, D. Citterio, Inkjet-Printed Microfluidic Multianalyte Chemical Sensing Paper, *Analytical Chemistry*,80,(2008) 6928–6934.
- [37] X. Li, J. Tian, W. Shen, Progress in patterned paper sizing for fabrication of paper-based microfluidic sensors, *Cellulose*, 17,(2010)649–659.
- [38] O. Lyons, B. Whelan, K. Bennett, D. O'Riordan, B. Silke, Serum albumin as an outcome predictor in hospital emergency medical admissions, *European Journal of Internal Medicine*, (2010)21, 17-20.
- [39] F. L. Rodkey, Binding of Bromocresol Green by Human Serum Albumin, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 108,(1964)510-513.
- [40] B. I. Doumas, W. A. Watson, H. G. Biggs, Albumin Standards and the Measurement of Serum Albumin with Bromocresol Green, *Clinica Chimica Acta*, 31, (1971)87-96.
- [41] D. Webster, A. H. C. Bignell, E. C. Attwood, An Assessment of the suitability of Suitability of Bromocresol Green for the Determination for Serum Albumin, , *Clinica Chimica Acta*, 53, (1974)1-108.
- [42] E. Hirayama, T. Sugiyama, H. Hisamoto, K. Suzuki, Visual and Colorimetric Lithium Ion Sensing Based on Digital Color Analysis, *Analytical Chemistry*, 72, (2000)465-474.
- [43] S. J. Vella, P. Beattie, R. Cademartiri, A. Laromaine, A. W. Martinez, S. T. Phillips, K. A. Mirica, G. M. Whitesides, Measuring Markers of Liver Function Using a Micropatterned Paper Device Designed for Blood from a Fingerstick, *Analytical Chemistry*, Vol.84, pp.(2012)2883–2891.

Quantitative detection of creatinine and albumin concentration in blood by Paper - based



Instructor: Lung-Ming Fu

Author: You-Juin-Fan 、 Juin-Kai-Wen

Abstract

In this study, the use of paper-based auxiliary platform and smartphones. Detect the creatinine and albumin 's concentration in blood. Paper filters use spray wax printers produce single-sided paper-based, the analyte liquid is filtered blood filter paper after arrival detection zone and waxy fibers limit the detection zone. Auxiliary Paper - based wafer having a stable platform for the LED light source, and heating. In this study, the use of smartphones and the camera function on the interpretation of the paper base wafer detection zone color change. The future can be used with small Paper - based auxiliary platform and cell phone combination to interpret the Paper - based wafer, and there are lightweight compact, portable, rapid, low-cost advantages.



# 一種軟硬體開源設計模組開發與應用： 以視覺機器臂履帶車為例

學生姓名：吳浩暉 朱冠程 陳厚錡

指導教授：張仲良 博士

國立屏東科技大學  
生物機電工程系

## 摘要

本研究將利用一簡單的開源模組與機構組件組立出一台機器臂履帶車，同時在機器臂上裝設一可辨識顏色的感測器，利用 MakeBlock 開源式模組整合異質控制器，達到整合功能，本專題外掛 Arduino 控制器與顏色感測器於開源式模組中，完成 RGB 三顏色辨識，並用來讓履帶車能夠依照物件顏色的不同，將物件搬運至指定的地點。此機器人同時也可以使用手機 APP 透過 Bluetooth 來手動控制機器人移動的方向。整套系統與機構可以經由一軟硬體開源設計模組與機構組件完成，對於有意進行跨平台整合的使用者來說，此套系統提供一個最佳的解決方案。

關鍵詞：顏色辨識、機器人、開源平台

## 一、引言

### 1.1 研究動機

在科技日新月異的時代，許多基礎產業漸漸地淘汰人工而引進自動化工程，利用控制裝置使被控制對象或過程自動地按預定規律運行，將人類從複雜、危險的勞動環境中解放出來並大大提高控制效率。例如：工廠自動化控制、設計自動化控制、實驗室自動化控制、檢測自動化控制、辦公室自動化控制、家庭自動化控制、服務自動化控制。而自動化普及的情況下，不需藉著人力親自操作機器或機構，而是利用動物以外的其他裝置元件或能源，來完成我們所期望的工作。

### 1.2 研究目的

本專題利用 MakeBlock 的套件並搭配自由機構組件來完成一組履帶型機器人，同時將該機器人改裝，讓機器人具有顏色辨識的能力，如此可用來進行辨識與搬運物件至指定的地點，可減低人力搬運以及駕駛的負擔。

### 1.3 相關工作

### 1.3.1 視覺機器人

在科技進步的時代，對於機電整合、自動控制領域發展得越來越成熟，而對於機器人的發展越來越多元，在視覺機器人方面裡，有很多種不同感測器的組合，例如應用在生產作業上可以避開障礙的機器手臂，搭配 3D ToF 感測器做出避障的功能；或是自主學習機器人加裝 Microsoft 網路攝影鏡頭，透過 OpenCV 軟體與 Visual Studio 程式碼撰寫進行影像處理，建立起三維空間提高系統的精準度，進而做出避障功能的機器人。本論文構想在成本低的情況下，作出可辨識顏色的機器人，進而提高整個系統的辨識效率。

### 1.3.2 RGB model

RGB 模型編碼使用三種成分的顏色：紅色 (R) 綠 (G) 和藍 (B)。它是採用人眼的功能，在視網膜三種視錐細胞的靈敏度對特定的光的光譜的原理。因此可見光可以被添加的紅色，綠色和藍色光各種強度被再現。的 RGB 混合的概念是廣泛用在顯示器和照相機裝置，使得 RGB 顏色模型對於大多數電腦圖形應用至關重要。

RGB 空間可以在立方體的形式在三維笛卡爾坐標系。黑色是在軸原點，而白色位於斜對面的角落。其餘的頂點代表基色 (紅，綠和藍色) 和次色 (青色，黃色和品紅色)。在標準的 24 位 RGB 格式是必需的提議整數算法。在 24 位元 RGB 像素，所有組件都是 8 位元的深度，在這個例子所有可能的顏色約  $28*28*28=16,777,216$ 。這些組件被解釋在範圍無符號整數  $[0,255]$ 。這正是一個單位元組值的範圍。

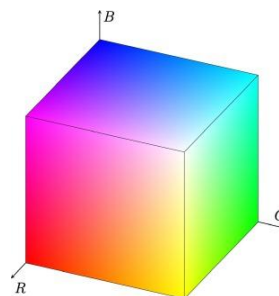


圖 1. RGB 笛卡爾座標系統

## 二、材料與研究方法

### 2.1 材料



圖 2. 材料

在機器人方面，Makeblock 硬體材料有鋁條數個；軟體材料有機器人所需的感測器，還有額外加裝的 Arduino TCS3200 顏色感測器。

No.	材料名稱	數量
1	鋁條-184mm	4
2	鋁條-88mm	4
3	雙排鋁條-64mm	2
4	雙排鋁條-80mm	1
5	雙排鋁條-96mm	2
6	雙排鋁條-144mm	2
7	皮帶 98MXL	1
8	DC Motor-25	2
9	DC Motor-37	1
10	齒輪-62 齒	1
11	齒輪-90 齒	4
12	Makeblock Orion	1
13	Me Dual Motor Driver	1
14	Me Bluetooth Module	1
15	RJ25 Cable-20cm	3
16	RJ25 Cable-35cm	3
17	夾爪	1
18	Arduino TCS3200	1

### 2.2 系統簡介

透過 MakeBlock 軟硬體，再加上 Arduino 顏色感測器 TCS3200 達到專題所需的顏色辨識功能，而我們使用了兩個 DC motor-25(6V/185RPM)、一個 DC Motor-37(12V/50RPM)、一個 Orion 版(基礎架構於 Arduino UNO)、直流馬達驅動模組、夾爪驅動模組以及藍芽模組。

#### 2.2.1 MakeBlock 硬體

硬體方面，透過 MakeBlock 的套件組裝機器人的硬體，包含數個鋁條、三個直流馬達、一個齒輪及皮帶，而底盤連接了兩個橫的鋁條中間垂直一個鋁條，用來放 Orion 版以及電池組，而利用兩片木板及塑膠柱組裝，並把 Orion 版與電池組分別放在

木板上。在最上方的木板支撐著四連桿平行機構與夾爪部分，而在四連桿平行機構前端放置夾爪。搖臂的馬達放在最上方的木板以及四連桿平行機構之間，為斜的支撐結構，齒輪則放在四連桿機構的後端桿件上，用兩個小軸承夾在齒輪的兩側，而齒輪是固定在桿件上不會自由旋轉，只會跟著四連桿平行結構上下轉動。最後皮帶將馬達與齒輪連接。成可上下搖動手臂且手臂前端具有夾爪的機器人。



圖 3. 四連桿平行機構



圖 4. 電池組置機器人下方



圖 5. 在平行機構後面裝置模組

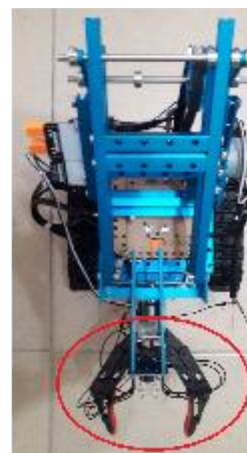


圖 6. 在四連桿機構前加裝夾爪

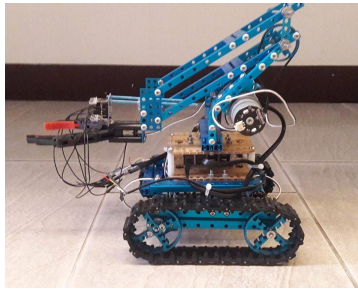


圖 7. 視覺機器人軟硬體完成圖

### 2.2.2 .Bluetooth 藍芽模組

該模組主要使用在短距離無線傳輸領域，可以方便地與所述的無線終端，諸如個人計算機和智能電話的藍牙設備連接，可避免複雜的電纜連接和空間的限制，取代 USB 數據線連接。作為雙模式藍牙模組，支持藍牙 2.1、3.0 和 4.0，以及大多數 Android 系統和所有 IOS 系統。



圖 8. Bluetooth 模組

專題所使用的藍芽模組規格如下：

技術規格:

1. 工作電壓：3.3V
2. 輸入電壓：5V DC
3. 工作頻率：2.4GHz

功能特點:

1. 支持藍牙 2.1/3.0/4.0 雙模式，兩種模式可以同時工作
2. LED 指示藍牙的連接狀態：如果藍色指示燈閃爍，這意味著沒有藍牙連接；如果燈亮著，這意味著藍牙連接。
3. 防反接保護 - 連接電源成反比不會損壞 IC
4. 提供 RX，TX，VCC，GND 接腳支持大部分的 Arduino 主板

接腳定義:

- | NO. | 接腳  | 功能     |
|-----|-----|--------|
| 1   | GND | 接地     |
| 2   | VCC | 電源供應   |
| 3   | RX  | 接收串行數據 |
| 4   | TX  | 發送串行數據 |

### 2.2.3 Makeblock Orion 模組

建立在 Arduino UNO 基礎上的主控板。有強大的驅動能力和 36W (3A) 的最大輸出功率，可以同時驅動四個直流馬達。色彩系統完全用於感測器模

組，八個獨立的 RJ-25 PORT，可方便電路連接。

技術規格

1. 輸出電壓：5V DC
2. 輸入電壓：6V-12V DC
3. 最大輸入電流：3A
4. 通信模式：UART，PC，數位 I/O，類比輸入
5. 控制芯片：Atmega328P
6. 外形尺寸：80×60×18 毫米 (長 x 寬 x 高)



圖 9. Makeblock Orion 板

功能特點

1. 易於與各種感測器，電子模組和驅動模組的連接
2. 支持直流馬達，步進馬達，伺服驅動器和編碼器電機驅動器
3. 直接驅動兩台馬達
4. 電源 5V 的電壓和電流 2A
6. 蜂鳴器
7. 過電流和過電壓保護

### 2.2.4 雙直流馬達驅動器

雙馬達驅動模塊可以通過與 6V-12V 供電板載 RJ25 端口驅動兩個直流電機，它具有與 PWM 速度調節功能。該模塊中使用的芯片是一種高效率，低熱量消散 MOSFET 具有過電流保護功能。



圖 10. 直流馬達驅動器模組

技術規格

1. 工作電壓：6-12V DC
2. 單通道的持續輸出電流：1.2A
3. 單通道峰值輸出電流：3.2A
4. 電機通道數：2
5. 驅動類型：直流馬達
6. 控制方式：2 I/O (方向和 PWM 調速)
7. 模塊尺寸：56×32×18 毫米 (長 x 寬 x 高)

功能特點

1. 配備 H 橋式 MOSFET 電機驅動模塊 IC



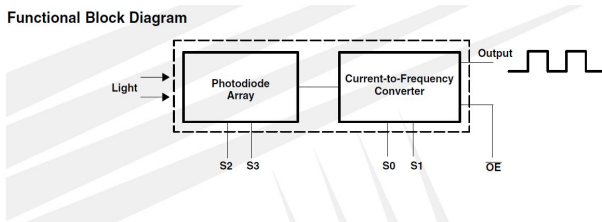


圖 14. Arduino TCS3200 功能方塊

TCS3200 讀取一個 8x8 陣列的光電二極體。16 個光電二極體有藍色過濾器、16 個光電二極體有綠色過濾器、16 個光電二極體有紅色過濾器、以及 16 個光電二極體有無色且無過濾器。由 TCS3200 的說明書可得知最主要的四個腳分別為 S0,S1,S2,S3 為控制顏色，而 S0,S1 是控制頻率；S2,S3 是控制判斷的顏色，皆輸入為數位訊號。

表 2. TCS3200 感測器接腳說明 1

接腳	名稱	I/O	說明
4	GND		電源接地
3	OE	I	
6	OUT	O	輸出頻率 $f_0$
1,2	S0,S1	I	輸出頻率縮放選擇輸入
7,8	S2,S3	I	光電式選擇輸入
5	V <sub>DD</sub>		提供電壓

表 3. TCS3200 感測器接腳說明 2

S0	S1	輸出頻率縮放( $f_0$ )
L	L	無
L	H	2%
H	L	20%
H	H	100%

表 4. TCS3200 感測器接腳說明 3

S2	S3	光電式
L	L	紅色
L	H	藍色
H	L	無(沒有濾波器)
H	H	綠色

### 2.3.3 MakeBlock 模組接線

在 Makeblock 官方網站 Orion 的說明中，提到每個接口的功能。接口 1、接口 2 為提供大電力 6~12V 模組使用，所以依序接上夾爪與 12V 的搖臂馬達；接口 5 具有單、雙數位輸入以及硬體的串行端，所以對應到具有 I<sup>2</sup>C，數位 I/O，類比輸入的藍芽模組。

根據表 3 的接線說明，感測器數位輸入有 S0,S1,S2,s3，透過 Rj-25 線接到 Orion 版的數位輸入，分別接到的 Port 4-Pin6、Port 3-pin 6、Port 3-pin 5、Port 4-pin 5；數位輸出為 OUT，接到 Port 6-pin 5；電源與接地端接到 Port 4-pin 4、Port 4-pin 3。

在 Port 6-pin 5 由於 Orion 版的數位輸出不夠用，所以利用 A2 類比輸入可用來數位輸出的特性

取代。

而依照專題所需的功能接上相對應的口，採用三條 RJ-25 的線分別拉出絞線對應到杜邦線，再由杜邦線接到感測器，而絞線轉換到杜邦線用焊接的方法連接，最後用電工膠帶網綁起來。

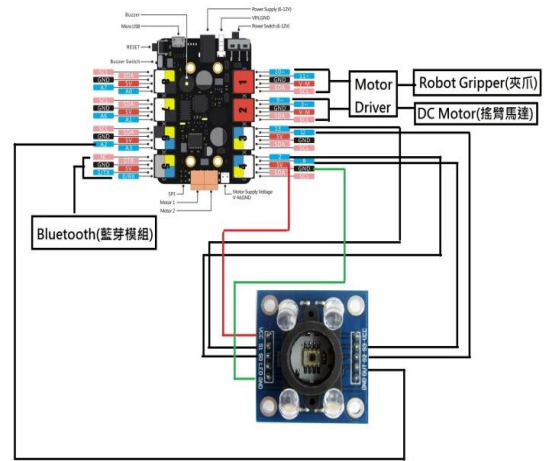


圖 15. Orion 版與模組/感測器接線

表 5. Orion 版接口與模組接線說明

Orion 接口	模組	馬達
Port 1	直流馬達驅動器	Robot-Gripper
Port 2	直流馬達驅動器	DC-Motor-37
Port 5	藍芽模組	-

表 6. Orion 版與 TCS3200 感測器接線說明

Orion 接腳	感測器接腳	接腳功能
Port 4-pin 6	S0	數位輸入
Port 3-pin 6	S1	數位輸入
Port 3-pin 5	S2	數位輸入
Port 4-pin 5	S3	數位輸入
Port 6-pin 5	OUT	數位輸出
Port 4-pin 4	Vcc	電源端
Port 4-pin 3	GND	接地端

### 2.3.4 程式流程圖

在測試之前，先前做好所需的待測物，待測物是利用保麗龍切削成正方體，外包著有顏色的紙。機器人的動作流程如圖 10 所示，上傳程式碼後，一開始先切換電壓開關(6V 切換到 12V)配合夾爪所需電壓，接著感測物會判斷三個不同的顏色動作。第一個藍色待測物放到感測器前，感測完後夾起，機器人後退持續一秒，接著右轉約 90 度停止並放料，最後轉正後前進回到原點。第二個紅色待測物放到感測器前，感測完後夾起，機器人後退持續一秒，接著左轉約 90 度停止並放料，最後轉正後前進回到原點。第三個綠色待測物放到感測器前，感測完後夾起，機器人後推持續一秒，接著右轉約 180 度停止並放

料，最後左轉約 180 度轉正後前進回到原點。

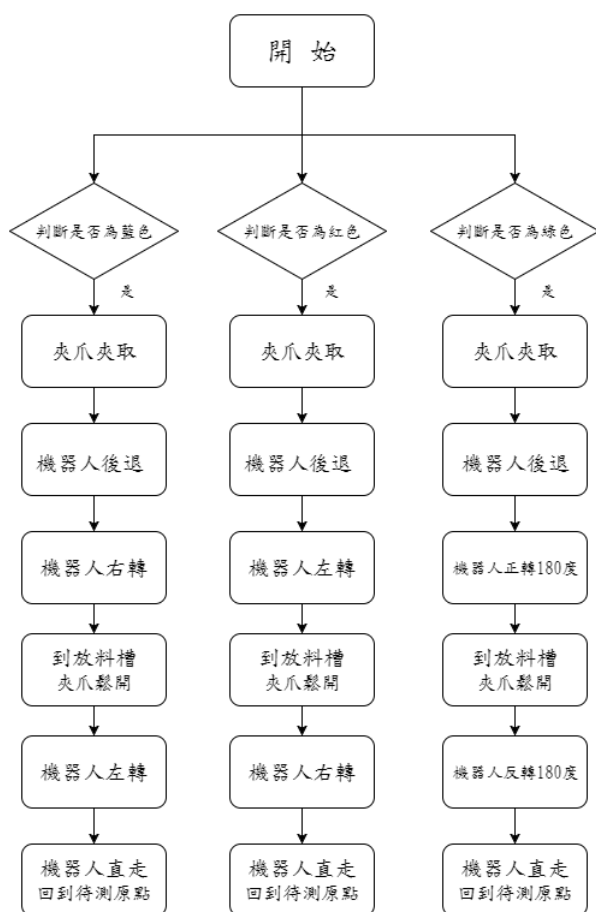


圖 16. 程式流程圖說明

## 2.4 系統整合

MakeBlock 的鋁條組成機器臂坦克，具有平行搖臂機構，搖臂機構前面加裝夾爪可以夾取待測物，兩個 DC Motor-25 配置一前一後在四個輪子，可達到左右轉的功能，並搭配履帶行走，最後外加的 Arduino TCS3200 的顏色感測器，達到專題所需的顏色辨識功能。

### 三、實驗結果

本專題中，我們測試了兩種環境，分別為室外與室內，這兩種環境個測試了兩次不同的光照值。

表 7. 環境測試的光照值

時間\環境	室外	室內
白天 12 點	600 lux	376~401 lux
傍晚 5 點	288.6~293.9 lux	74.6~75.4 lux

待測物的色彩選用了三種顏色，紅、綠、藍，紅色 R:255, G:0, B:0；藍色 R:0, G:0, B:255；綠色 R:0, G:255, B:0，如下圖所示。

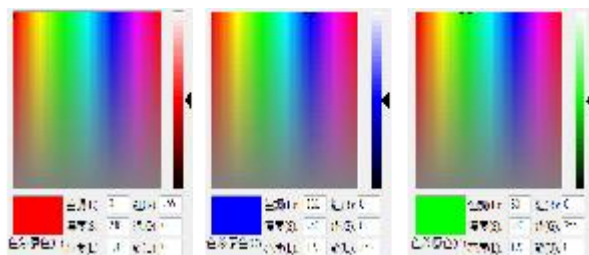


圖 17. 待測物所使用的顏色及 RGB 數值

利用寫入程式碼讓機器人每秒可以讀取 RGB 三色值的數據，測量固定最佳測距 1cm 的顏色範圍。

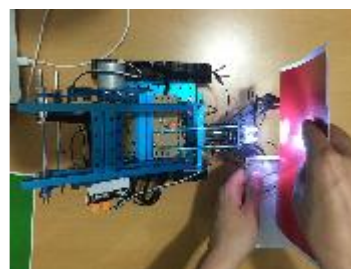


圖 18. 實驗紅色距離 1cm 的 RGB 範圍

表 8. 紅色個環境與時段的 RGB 值

環境與時間	R 值	G 值	B 值
室外-12 點	18~21	21~24	18~20
室外-5 點	25~26	31~35	24~27
室內-12 點	26~28	32~35	27~30
室內-5 點	30~34	39~42	29~33

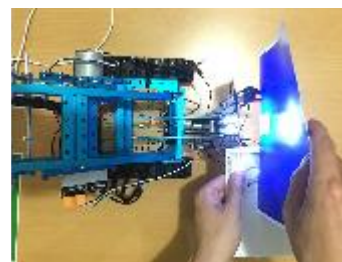


圖 19. 實驗藍色距離 1cm 的 RGB 範圍

表 9. 藍色個環境與時段的 RGB 值

環境與時間	R 值	G 值	B 值
室外-12 點	12~15	22	20
室外-5 點	16~21	30~34	16~18
室內-12 點	27~29	21~35	18~46
室內-5 點	18~21	38~41	20~21



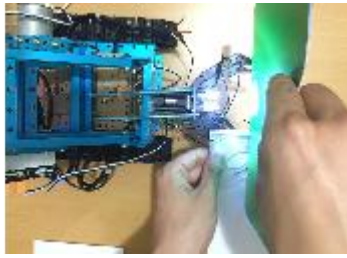


圖 20. 實驗綠色距離 1cm 的 RGB 範圍

表 10. 綠色個環境與時段的 RGB 值

環境與時間	R 值	G 值	B 值
室外-12 點	17~27	19~26	22~24
室外-5 點	21~33	32~37	27~30
室內-12 點	27~34	21~25	27~33
室內-5 點	40~46	17~29	33~45

表 11. 各環境下辨識顏色的成功率

環境與時間	紅色	綠色	藍色
室外-12 點	80%	100%	90%
室外-5 點	10%	50%	20%
室內-12 點	50%	80%	60%
室內-5 點	0%	10%	0%

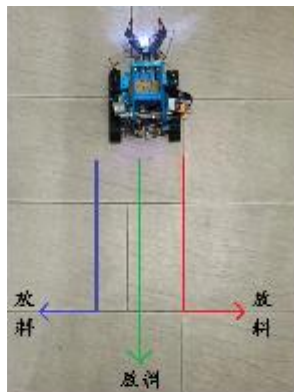


圖 21. 視覺機器人動態軌跡示意

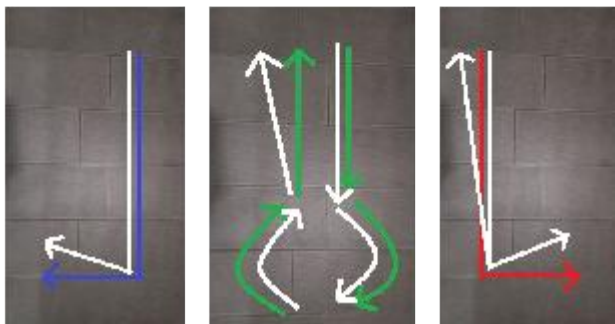


圖 22. 實驗結果路徑

1. 藍色路徑：預期為藍色路徑，實際為白色路徑。左轉大約誤差  $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ ，回原點無誤差。
2. 綠色路徑：預期為綠色路徑，實際為白色路徑。放料正轉  $180^{\circ}$  無誤差，回原點大約誤差  $20^{\circ}$ 。

3. 紅色路徑：預期為紅色路徑，實際為白色路徑。右轉大約誤差  $20^{\circ}\sim 25^{\circ}$ ，回原點大約誤差  $10^{\circ}$ 。

視覺方面結果：以光照值最大值 651 lux 為基準，每個顏色皆測量 10 次，辨識失敗為機器人不作動或感測器誤判顏色作動錯誤。接著測量不同的環境與時間，發現到光照值越低，成功率也跟著越低，由此可知，實驗結果為感測器會因光照值下降而失誤越來越高。

機器人走動結果：機器人透過程式碼控制轉向時間及馬達轉速，在實驗時在室內轉向誤差極小，到了室外測量時，發現轉向有些許誤差，基本上還是有符合到轉向動作需求。

#### 四、結論

本專題已完成一台具有顏色辨識功能之夾爪機器臂履帶車，此機器人之設計概念可藉由一軟體開源模組設計的方式並配合自由機構組件完成，同時使用者也可以外掛不同規格的控制模組與感測器，達到整合的目的，本專題即透過顏色辨識器與 Arduino 控制器整合於現有的開源模組上，機器人可在固定的光照度下進行顏色判斷，辨識階段利用 Arduino TCS3200 感測器判斷顏色，並根據判斷結果，將物件放製於不同的物料位置。由於現在的甜度測定方式乃使用砝碼秤重法，利用重量值判斷有沒有符合平均重量來決定果物有沒有成熟，然而，利用平均值計算上會不準確，且農作物的重量都不會相同，所以含糖的比例也會依據總重量而有所不同，所以，本專題所提出顏色辨識的方法可運用在農業中進行測定果物成熟及甜度方面並達到搬運功能，此做法可達到全自動化以及非破壞性檢測方面的功能，進而能提升農作物上的測定效率。

以下三點是可以改善的方法：

1. 造成轉向誤差可能為測試與應用上的環境不同，因此有不同的摩擦力，在應用方面須考慮環境地形。
2. 利用進階開關判斷物品有沒有正確夾取。
3. 搭配更精準的 CCD 測定顏色，不會因外界光線造成誤差過大。

#### 五、致謝

一個專題的完成，不只靠一組的力量，背後需要很多師長、同學、朋友的協助，點點滴滴的累積才得以順利完成，將近一年的付出與努力，還有眾多友好的幫助下，本專題才得以大功告成。

感謝指導教授張仲良老師，教授博學多聞、思緒敏捷引領各方面的啟發與開闊的視野，同時逐一指導有關論文的架構、問題分析及內容，才得以順利完成；在完成專題的期間，教授的嚴謹治學以及不斷追求創新的想法，給與最好的示範也是這次最大的收穫。

感謝班級導師謝清祿老師，在我們為程式苦惱的時候，不辭辛勞的為我們解釋光對顏色的影響及因素和 Arduino 的程式碼，並一步步的引導我們完成符合需求的程式，完成了專題最核心的部分。

最後，向所有一路上關心我們的親人、師長和朋友們致上萬分的謝意。

## 六、參考文獻

1. Rafiq Ahmad, and Peter Plapper, 2016, " Safe and Automated Assembly Process using Vision assisted Robot Manipulator", Journal of Procedia CIRP, Vol 41, pp. 771-776.
2. Samia Nefti-Meziani, Umar Manzoor, Steve Davis, and Suresh Kumar Pupala, 2015, "3D perception from binocular vision for a low cost humanoid robot NAO", Journal of Robotics and Autonomous Systems, Vol 68, pp. 129-139.
3. Vladimir Chernov, Jarmo Alander, and Vladimir Bochko, 2015, "Integer-based accurate conversion between RGB and HSV color spaces", Journal of Computers & Electrical Engineering, Vol 46, pp. 328-337.
4. Me Bluetooth Module (Dual Mode). Makeblock Official Web. Available at : <http://learn.makeblock.com/me-bluetooth-module-dual-mode/>
5. Makeblock Orion. Makeblock Official Web. Available at : <http://learn.makeblock.com/makeblock-orion/>
6. Me Dual Motor Driver. Makeblock Official Web. Available at : <http://learn.makeblock.com/me-dual-motor-driver/>
7. TCS3200, TCS3210 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER. TAOS Inc Web. Available at : <http://www.mouser.com/catalog/specsheets/TCS3200-E11.pdf>
8. Arduino 的功能簡介。網址 : <http://openhome.cc/Gossip/Books/mBlockArduino1-3and1-4.html>
9. Arduino and Color Recognition Sensor TCS230 TCS320. Seeed Grow the Diffence. Available at : <http://www.seeedstudio.com/recipe/209-arduino-and-color-recognition-sensor-tcs230-tcs320.html>
10. 非破壞性水果光學糖度計 (Optical Taster)。鴻盛科儀有限公司。網址 : <http://www.greentree.com.tw/td-2000c.htm>

Application of the software and hardware development open-source design tool: visual track-type robot with

robot arm  
Visual robotic arm Tank Case

Student: Hao-Hui Wu and Hou-Chi Chen and  
Kuan-Cheng Chu  
Advisor: Chung-Liang Chang

Department of Biomechatronics Engineering  
National Pingtung University of Science and  
Technology

## Abstract

We want to implement the robot which can recognize the RGB color. The open source MakeBlock kit and Arduino TCS3200 color sensor are integrated in the system. In addition, the robot can be controlled wirelessly through APP interface by Bluetooth communication method. The robot can be implemented through the software and hardware mechanism integration. The MakeBlock kit is a useful tool which provides an optimal solution for cross-platform integration.



# 體感遙控仿生蜻蜓設計與製作

學生姓名: 柯岳辰、簡劉丞

指導老師: 張仲良

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本研究在於設計與製作一可利用手部動作感應來無線操控一仿生蜻蜓，其動作感應方式主要透過三軸加速感測器感測三軸姿態訊息，經由 Arduino 控制器接收後，將這些數值利用座標轉換原理轉換成方位數據，並將這些數值對應至驅動蜻蜓移動所需之轉速電壓值輸出，而在遙控器訊號傳輸方面則是透過藍芽技術與蜻蜓接收端作溝通。本研究利用仿間現有的仿生蜻蜓進行改裝，將所完成的接收微機電裝設於既有的仿生蜻蜓上，實驗結果可得知，該仿生蜻蜓可依照手部動作來完成地面前進、轉彎以及繞行的目的。

一、引言

## 1.1 研究動機與目的

目前市面上所賣的飛行遙控玩具皆是以傳統遙控器去做操控，我們希望能運用一些新興的體感技術在上面，技術不須複雜且低成本，我們使用平常就可以看到或買到的感測器、Arduino、藍芽來加以結合，並應用在學校所學的知識來完成一隻純靠體感動作即可遠端操控仿生蜻蜓，實驗結果也符合我們預期。

## 1.2 文獻回顧

以下就將我們所完成之專題所需要的先前技術知識做一說明。

首先是三軸加速計，我們採用 ADXL-335 板(如圖 1)，它是含有測加速度功能的陀螺儀，工作電壓為 3.3V，因為分線板有加裝穩壓器所以它能接上 5V 電源。它同時可測得重力值(g)，以及三軸方位，測重力的部分它的範圍可從-3g~3g，配對的電壓分別是-3g (0V)、0g (1.65V)、3g (3.3V)，而三軸方位部分則是會以類比輸出的方式呈現(葉難，2013)。

ADXL-335 應用

輸入程式後可以分別得到 X、Y、Z 軸的類比輸出值以及重力值(g)，因為 X、Y、Z 軸在每個方位輸出的值都會不一樣，為了做出體感效果，我們就想利用感測器類比輸出值的特性，剛開始藉由手自由擺動的方位觀察測得的類比值，再將類比值套入 Arduino 程式，經過一些修改就可以得到我們要的目

的(葉難，2013)。



圖 1. 三軸加速感測器

接下來是藍芽傳輸模組 HC-05，該模組具有主/從 (master/slave) 一體型，出廠預設通常是「從端」模式，但是能自行透過 AT 命令修改，也就是說它能當作「主端」或者是「從端」使用，因為功能方便，所以我們採用此型號 (趙英傑，2014)。

HC-05 模組

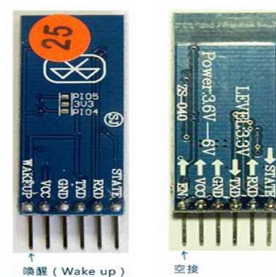


圖 2. HC-05 藍芽模組外觀[1]

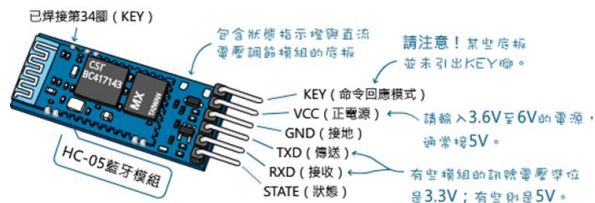


圖 3. 藍芽接腳[2]

另一方面，甚麼是 AT 命令? AT 命令是一種命令回應型式(order response)，它的功能是操控藍芽模組裡所有的指令，它的傳輸方式是透過模組的 RxD 與 TxD 腳，而不是使用藍芽無線電，一旦藍芽進入 AT 模式才能接收 AT 命令 (嚴國雄，2015)。

二、研究內容與方法

## 2.1 方法與材料

表一、材料清單

材料與工具	數量	材料與工具	數量
電阻 100Ω*5, 300Ω*1 , 10kΩ*1, 47kΩ*1	8	指撥開關	1
陶瓷電容 22pF*2, 22nF*2 , 100nF*3	7	RESET 按鈕開關	1
電晶體 TO92(NPN)*4 TO92(PNP)*4	8	16MHz 晶體震盪器	2
3.7V 鋰電池	2	壓克力板	1
TP4056 鋰電池升壓板	2	15pin*25pin 電路板	2
充電板	1	HC-05 藍芽模組	2
ATmega328p	2	IC 夾	1
ADXL-335 三軸加速度陀螺儀	1	三用電表	1
遙控蜻蜓	1	壓克力切割刀	1

在遙控器的部分，我們選用壓克力板當作遙控器外殼，並且用壓克力切割刀當作才切工具。遙控器電路選用 15pin\*25pin 大小的電路板，電路則是由 Arduino 晶片、三軸加速度陀螺儀、藍芽、充電板、鋰電池以及電路元件所組成，而 ATmega328p 是寫好程式從 Arduino UNO 板上用 IC 夾將它夾下來擺在遙控器上的。而遙控器電源區塊是由 3.7V 鋰電池經過電源升壓板升到 5V 輸給主電路，另外我們設計指撥開關與充電板，方便掌管電源的部分。

蜻蜓主體電路是由 ATmega328p、藍芽、以及電晶體電路組成，ATmega328p 跟遙控器一樣是先寫好程式之後用 IC 夾取下的，電晶體 TO92NPN、PNP 型則是用來增加主體電路輸出的電流增益，進而驅動馬達推動機構。

蜻蜓主體電路部分，

## 2.2 蜻蜓機構說明

我們實務專題所選用的遙控蜻蜓重量約為 22 g，翼展約為 42 cm，長約為 31 cm，翅膀為塑膠膜及碳纖維圓棒製成，兩片翅膀最大張開角度約為 85°，收起來時上反角約為 5°，骨架則是由塑膠製成，蜻蜓身後半部由碳纖維圓棒、保麗龍板及一個微型馬達組成。齒輪有 3 個，馬達直徑約為 8 mm 其動力經減速齒輪降低轉速而加強扭力後，再透過一個曲柄軸連結兩根連桿到翅膀上，再拉動翅膀上下拍動，電力來源則是一個小型的鋰電池(程士洲、胡潛濱，2009)。



圖 4. 雛型實體 [11]

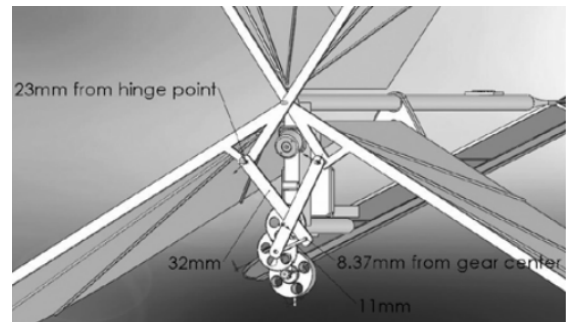


圖 5. 機構示意圖 [6].

## 2.3 控制系統

### 2.3.1 硬體說明

#### 2.3.1.1 藍芽模組與 Arduion 的結合

我們選用 HC-05 這個型號來當作通訊模組，因為它可透過 AT 指令來修改扮演角色(主端 or 從端)，所以我們打算使用 2 個配為一對，將遙控器的部分設為主端，遙控蜻蜓的部分設為從端，但由於 HC-05 剛出廠的預設為從端模式，所以我們必須把其中一個藍芽透過 AT 命令修改成主端模式，以便將它們成功配對。

#### 藍芽模組進入 AT 模式的方法

如(圖 6.)所示 HC-05 模組進入 AT 模式，需要在通電之前，先把 KEY 腳位 (藍芽模組本身的 3、4 腳) 接在高電位 (通常指 3.3V，但是接 5V 也行)。如此，一通電，它就進入 AT 模式。

HC-05 腳位          Arduino 腳位

- (1) STATE----->不接
  - (2) RxD----->pin11
  - (3) TxD----->pin10
  - (4) GND----->GND
  - (5) Vcc----->5V
  - (6) WAKEUP----->pin9
- (Jack 的資訊教學筆記，2015)

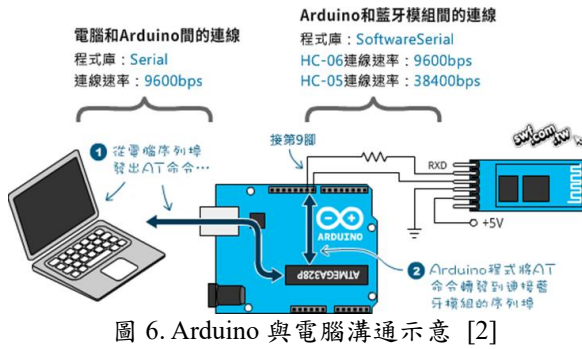


圖 6. Arduino 與電腦溝通示意 [2]

如何確定 HC-05 已進入 AT 模式:

利用藍芽模組上的 LED 顯示, 有以下顯示

- (1) 連續快閃---->藍芽配對中。
- (2) 連續快閃 2 下停 1 下---->配對成功並運作。
- (3) 慢速連續閃爍---->已經進入 AT 模式, 並準備設定。

藍芽連接電路

藍芽與 Arduino 的接法:

- 藍芽                      Arduino
- (1) TxD----->Rx
  - (2) RxD----->Tx

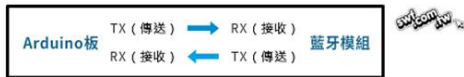


圖 7. Arduino 與藍芽電路連接示意[2]

### 2.3.1.2 三軸加速器與 Arduino 的結合

三軸加速器與 Arduino 的連接如下

ADXL-335 腳位                      Arduino 腳位

- (1) Vin----->5V
- (2) 3Vo----->AREF
- (3) GND----->GND
- (4) Xout----->A0
- (5) Yout----->A1
- (6) Zout----->A2

連接完成後輸入程式碼, 之後從序列埠的視窗(圖 8.) 會顯示 X、Y、Z 軸的類比輸出值, 以及三軸個別的 g 值。

```
X: 499, Y: 485, Z: 615; X: -0.07g, Y: -0.16g, Z: 0.61g
X: 506, Y: 443, Z: 589; X: -0.03g, Y: -0.40g, Z: 0.45g
X: 490, Y: 486, Z: 630; X: -0.13g, Y: -0.15g, Z: 0.70g
X: 502, Y: 506, Z: 641; X: -0.06g, Y: -0.03g, Z: 0.76g
X: 524, Y: 534, Z: 638; X: 0.07g, Y: 0.13g, Z: 0.74g
X: 505, Y: 541, Z: 621; X: -0.04g, Y: 0.17g, Z: 0.64g
X: 512, Y: 549, Z: 602; X: 0.00g, Y: 0.22g, Z: 0.53g
X: 502, Y: 536, Z: 616; X: -0.06g, Y: 0.14g, Z: 0.61g
X: 473, Y: 529, Z: 624; X: -0.23g, Y: 0.10g, Z: 0.66g
X: 462, Y: 512, Z: 624; X: -0.29g, Y: 0.00g, Z: 0.66g
X: 442, Y: 500, Z: 621; X: -0.41g, Y: -0.07g, Z: 0.64g
X: 443, Y: 522, Z: 605; X: -0.40g, Y: 0.06g, Z: 0.55g
X: 488, Y: 541, Z: 598; X: -0.14g, Y: 0.17g, Z: 0.51g
X: 524, Y: 512, Z: 626; X: 0.07g, Y: 0.00g, Z: 0.67g
```

圖 8.

### 2.3.2 軟體說明

#### 2.3.2.1 控制發射端輸出流程

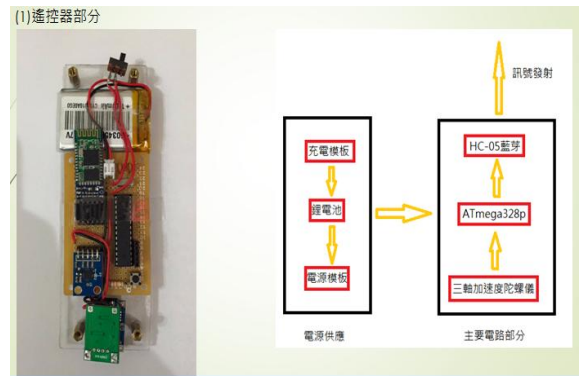


圖 9. 發射端輸出流程

#### 2.3.2.2 控制接收端接收流程

電晶體電路是利用電晶體電流增益的特性來增加電流來驅動馬達 (如圖 10.)。其中電源的部分, 原來它有一顆 3.7V 鋰電池, 為了供應主要電路電源所以我們用電源模板將 3.7V 升為 5V 來供應。

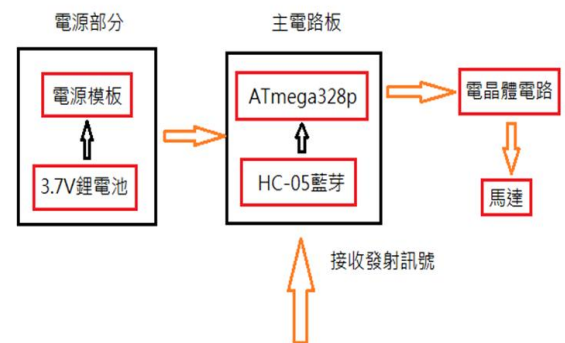


圖 10. 接收端接收流程

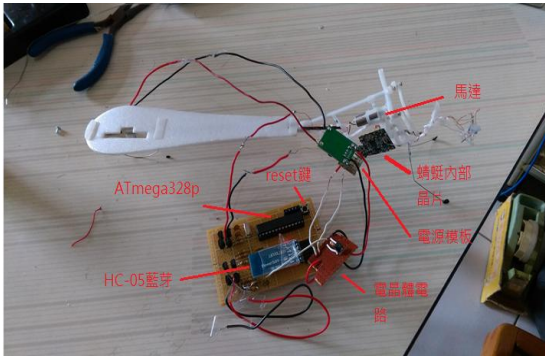


圖 11.接收端實體圖



圖 12.洗板後實體圖

### 2.3.3 體感控制方式

以下是一系列從最初觀察值換算到一個合適操控程度的過程，以下半圓形圖示搖桿擺動的幅度。

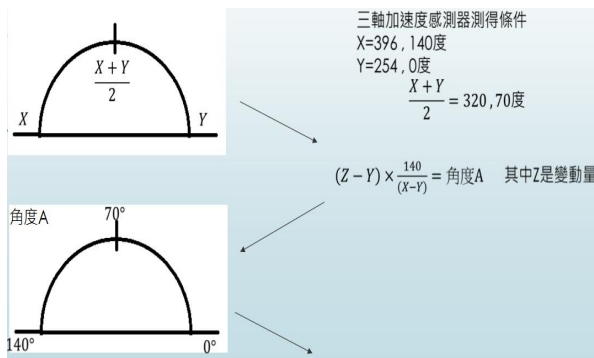


圖 13. 從剛開始的觀察值，換算成角度 A 示意圖

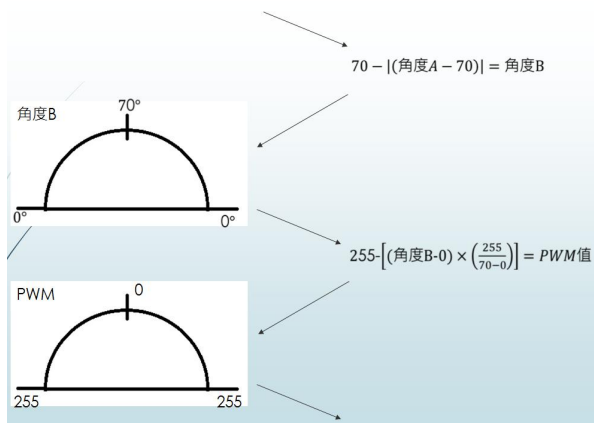


圖 14. 從角度 A 換算成角度 B，再換算成 PWM 值的過程示意

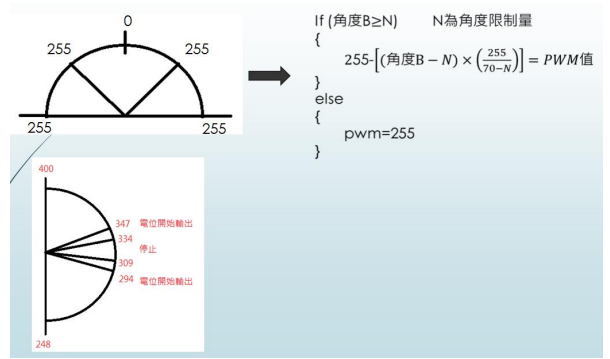


圖 15. 最後設定角度限制量與 PWM 值的對應示意

## 三、實驗結果

我們所做的蜻蜓最後並沒有如預期的能夠起飛，不過操作上變得容易且簡單，並且還是可以測試它的操作性能。我們以長 196 公分，寬 185.5 公分的地板上，畫了直線、左轉、右轉以及 S 型四種線，看蜻蜓能不能照著這些基準線去行走，來判斷它的靈敏度。

### 3.1 直線實驗

在直線作動的過程中，最後面有些許偏離，不過直線反應不錯。

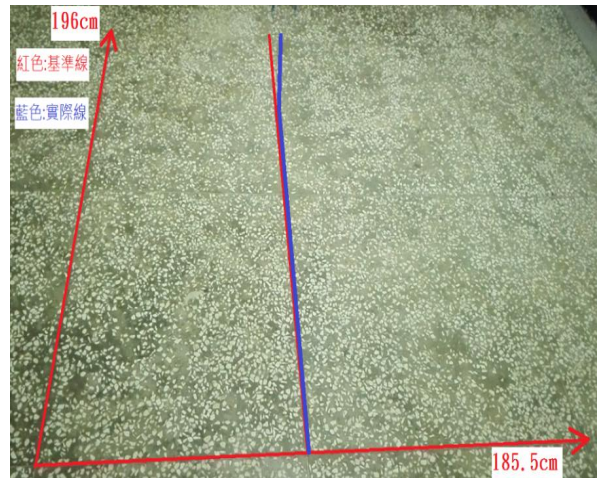


圖 16. 直線路線行走示意

### 3.2 左轉實驗

左轉行進過程中，最後有偏離基準線，左轉靈敏度不算好。

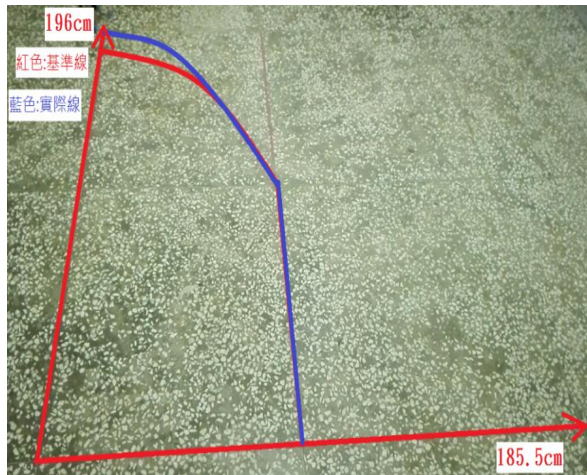


圖 17. 左轉路線行走示意

### 3.3 右轉實驗

右轉行進過程中，最後偏離基準線，不過反應速度不錯但精準度不夠。

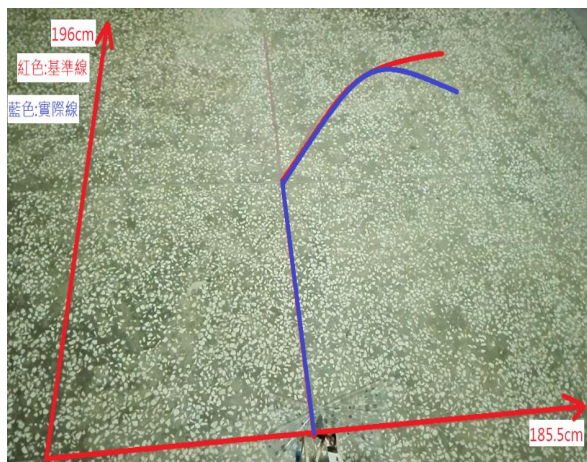


圖 18. 右轉路線行走示意

### 3.4 S 型實驗

S 型行進過程中，可以知道整體反應不算好，精準度也有落差。

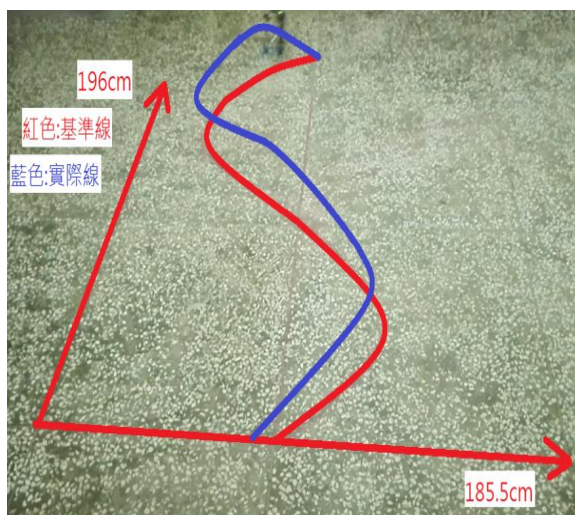


圖 19. S 型路線行走示意



圖 20. 體感遙控仿生蜻蜓成品

改裝後的重量為 66.38g，（不包含冰棒棍及瓶蓋的重量）。

起飛結果:沒辦法起飛

沒辦法起飛的可能原因:

- (1)電壓不夠大使馬達轉速慢，導致翅膀拍動速度慢，就沒有足夠的升力。
- (2)蜻蜓內部機構重量變重，導致升力小於重量。

行動結果:靈敏度不算好

跟所畫的線有所偏差，會偏差的可能原因有:

- (1)操作者的技巧；
- (2)向右轉時瞬間向左轉會有時間上的延遲；
- (3)向左轉時瞬間向右轉會有時間上的延遲；
- (4)精準度不夠。

如何改善

起飛:

- (1)在電路方面或許能夠再精簡化，製造出更小、更輕量化的電路板，可以提供更大的升力來飛行。
- (2)遙控器的方面可以在做得更小，像是手環套在手上，使用上更佳方便。
- (3)在洗板的電路上設計要更加小心，以免造成電路之間有短路現象，導致機構作動出現問題。

行動方面:

- (1)可以使用精準度較高的 IMU；
- (2)減輕重量，讓蜻蜓慣性減少。

## 四、結論與未來展望

本專題是從市面上賣的傳統式遙控蜻蜓去改裝成體感式遙控蜻蜓，主要是遇到了體積上的限制與承受重量的問題，而且想要徹底改變它的遙控型式，肯定是需要加裝一些原件上去的，如果元件太大則沒有地方可以擺的下，甚至影響翅膀拍打機



構的運行，如果元件稍微偏重會導致重力大於升力使蜻蜓無法起飛。另外，我們還遇上了蜻蜓主體電路供應電壓不足導致推動翅膀機構不夠力，拍打不夠力會產生升力不足的現象，這些問題花了我們許久的時間去思考。

後來我們的解決方式是透過自製的遙控器、蜻蜓主體電路方面設計，透過藍芽傳輸模組、陀螺儀與 Arduino 程式的結合，在電壓供給不足使翅膀不夠力的問題，我們改用脈衝寬度調變(pwm)的形式輸出，再加以利用 BJT 電晶體有電流增益的特性，使原來不足的電流能夠倍增。蜻蜓主體上的電路我們選擇了用洗電路版的方法，一個占空間又占重量的一塊電路濃縮成大約 3cm\*3cm 的一塊輕薄電路板。最後測試結果發現，雖然機構在做動上已經達成我們預期的目的，但仍然有一些問題需要去改善，必須再把問題解決才有可能成功。雖然最後無法起飛，不過還是可以測試蜻蜓的操作性能。

我們現在的體感控制系統，可以拿來應用在不同的飛行遙控物上。日後遙控蜻蜓能成功起飛的話，後續即可製作一套人機互動介面，並加裝蜻蜓的腳和攝影鏡頭，攝影鏡頭用來當作蜻蜓的眼睛，這樣可以使蜻蜓停在任何地方，像是牆壁上或是燈管上，還能在看不到蜻蜓的地方下，使用攝影鏡頭去了解蜻蜓看到的地方，讓蜻蜓可用來偵蒐或探勘所需。

#### 致謝

這項專題能夠順利的完成，最想感謝的是張仲良教授在專題上給予我們研究方向，遇到難題時提出建議讓我們參考並在一次又一次的討論中清楚明白要如何一步一步地完成專題。也相當感謝同學間平常的討論與探討，提出問題點讓我們進一步的修改製作過程，令我們更加完善的完成遙控蜻蜓。

#### 五、參考文獻

- [1] 藍芽技術 - 無線通訊的最佳解決方案(一)。2015。網址：<http://tech.get.com.tw/tech/tech-13-1.htm>。上網日期:2016-2-6。
- [2] 嚴國雄，2015，Arduino :兩個 HC-05 藍牙模組互連。
- [3] Jack 的資訊教學筆記，2015，網址：<http://jackedu.blogspot.tw/2015/01/hc-05.html>。上網日期:2016-2-8。
- [4] 葉難，2013，Arduino 練習:三軸加速度感測器。
- [5] Frederic Blanc，2011，Microengineering。
- [6] 康耀鴻、馬榮華、李威廷，2011，國立高雄應用科技大學。
- [7] 蕭明亞，2012，現行體感技術問題與未來發展趨勢，碩士論文，國立交通大學。
- [8] 程士洲、胡潛濱，2009，撲翼機製作之初步探討，國立成功大學航空太空工程學系。
- [9] 趙英傑，2014，超圖解 Arduino 互動設計入門 第二版。
- [10] 楊明豐，2014，Arduino 最佳入門與應用:打造互動設計輕鬆學。
- [11] 中國科普網，2014，網址：[http://www.kepu.gov.cn/index/products/toys/201405/t20140509\\_712542.shtml](http://www.kepu.gov.cn/index/products/toys/201405/t20140509_712542.shtml)，上網日期:2016-5-18。

Design and implementation of a remote-somatosensory controlled bionic dragonfly robot

Student: Yue-Chen Ke and Liu-Cheng Chien  
Advisor: Chung-Liang Chang

Department of Biomechatronics Engineering  
National Pingtung University of Science and Technology

#### Abstract

This goal of this study is to design a remote controlled bionic dragonfly robot. The control system includes motion-sensing acceleration sensor, Bluetooth, Arduino controller, power module, and peripheral circuit module. This paper modifies the existed bionic dragonfly robot which uses the MEM technique to implement the remote control by hand motion operation. The experiment results demonstrate the effectiveness of proposed system.

# 可攜式微流體PCR裝置之製作

學生姓名： 劉耿毅、高文吉、鍾泊寧

指導老師： 陳志堅 博士

國立屏東科技大學

生物機電工程系

## 摘要

PCR(聚合酶連鎖反應)為一種可在短時間內複製大量DNA之技術。本專題以連續流體式PCR裝置為開發目標，使用Arduino MEGA 2560 為開發平台，搭配溫度感測器，以PID和PWM程式控制加熱棒及致冷晶片的輸出功率，建構出穩定的加熱平台，並選用PC(聚碳酸酯)做為製作品片之材料，以三軸高速薄板雕刻機加工後，再以熱壓機黏合，完成晶片之製作。最後透過紅外線熱像儀監測和分析加熱平台是否達到執行PCR所需的溫度。

關鍵字: PCR、Arduino、連續流體、PC、聚碳酸酯。

## 一、引言

近年來隨著生命科學領域的快速發展，基因複製技術的重要性日漸提升，聚合酶連鎖反應 (polymerase chain reaction, PCR) 也因此被廣泛的運用於刑事鑑定、親子鑑定、醫學檢測、食品檢測以及環境檢測。PCR是一種基因複製的方法，透過不同的溫度讓樣本產生變化，進而達成DNA複製之目的。執行PCR可分為三個步驟，(一)裂解(denaturation)：將樣本加熱約至368K(95°C)，使DNA雙股螺旋結構裂解為兩條單股螺旋DNA；(二)煉合(annealing)：降低溫度約至328K(55°C)，使引子黏至單股DNA的兩端；(三)擴增(extension)：在溫度約345K(72°C)時，在聚合酶的催化下，以引子為起點，讓自由核苷酸依照DNA模板之序列進行擴增反應，以複製出雙股DNA片段。

PCR裝置根據其設計以及執行方式可分為腔體式與連續流體式，腔體式即類似市售之熱循環儀，將裝有樣本的試管放置於反應腔體內，透過升降腔體內的溫度以進行DNA的複製。然而此類型的裝置通常體積較大，且需耗費較大的能量以進行升降溫，其等待升降溫也需耗費大量的時間，使得完整執行PCR步驟所需的時間無法有效縮減。而本實驗所採用的連續流體式PCR裝置，相對於腔體式PCR裝置可以省去升降溫所需的時間，以縮減完成PCR之時間。

## 二、文獻回顧

早期執行 PCR 必須耗費大量的勞力與時間，當時所使用的聚合酶(*E. coli*)耐熱性差，導致每次經過裂解後，該聚合酶便會失去活性，必須重新添加此聚合酶。1976 年台籍科學家錢嘉韻博士曾發表一篇報告，其中提到自黃石國家公園的嗜熱菌 *Thermus aquaticus* 成功分離出耐熱性較佳的聚合酶 *Taq* 聚合酶。1988 年 Cetus 採用此一耐熱性佳的 *Taq* 聚合酶，並搭配 1985 年 Kary B. Mullis 所發明的 PCR 技術，執行 n 次 PCR 步驟即可得到  $2^n$  之 DNA 數量，使 DNA 得以快速、大量的複製。

2009 年 Becker 等人[1]使用市售溫度控制系統控制執行 PCR 所需的三個溫區，此溫度控制系統最多可同時進行四組 PCR 實驗，每一組具有三個長條型鋁塊，分別做為裂解、黏合和延伸區，每一條鋁塊都有獨立的電腦控制器，使用者只需將晶片緊密貼合於

鋁塊並透過人機面板設置好參數，即可執行 PCR。2014 年胡希豪等人[2]利用 Arduino UNO 做為控制平台，連接溫度感測器利用簡易 on-off 方式控制風扇對目標物進行溫度控制。2006 年 Kim 等人[3]利用 3 個加熱鋁塊做出加熱控制系統，並以 PID 溫度控制器做控制，再搭配 Pt100 進行溫度感測，最後成功的完成 DNA 之複製。

在晶片接合的技術中，微機電製程需要多樣設備以及消耗大量時間，所以 2014 年 Minjeong 等人[4]提出的 APTES 當高分子材料聚碳酸酯(PC)的接合劑，在 APTES 預塗 10-20 分鐘後熱壓接合，操作條件為 125°C、0.1MPa、30 分鐘，結合強度約為 0.55MPa。

2006 年陳瑯原[5]提出的熱壓機接合方式，低溫化學接合 PMMA，以及田口結合參數設計在溫度區間使用不同的溶劑，且使用各種不同的破壞性檢測實驗證明流道的最佳參數。

而晶片加工方面，最先被實現的方法為應用光學印刷 (photolithography) 以及化學蝕刻 (chemical etching) 等技術的整合性微組裝 (microfabrication) 系統，可將相當微量的液體注入以玻璃或矽晶圓等為基材的晶片內微流道中。2005 年吳瑜婷[6]曾發表一篇論文，其中提到隨著現代科技進步，目前使用較廣的基材主要可分為玻璃材質及高分子材料(如聚酸甲酯，polymethylmethacrylate，PMMA；聚碳酸酯，polycarbonate，PC 等)，雖然前者具有優異的透明度及安定性，但玻璃晶片的製造過程複雜且價格昂貴，而高分子材料不僅取得容易、成本低廉、製程所需時間與步驟較為簡短。

高分子材料的較為常見的加工方法有：雷射雕刻法、一般雕刻法、熱壓印法、射出成形法、LIGA 製程。2008 年，Sun 等人[7]將 PMMA 結合 PC 基板來改善晶片的耐熱性，並用 CO<sub>2</sub> 雷射將微流道雕刻在兩種基板上並結合，微流道的尺寸是 200μm 寬×250μm

高，總共可執行 26 個循環，其中熔解區、延伸區與接合區長度的比例為 1:2:1，微流道前端設有 12cm 的預熱區，最末端設置 10.5cm 的延長區。2009 年，Becker 等人[8]選用具有高玻璃轉化溫度的 PC 做為晶片材料，透過注射成型的方式製作出一個外部尺寸如載玻片大小 (75.5mm×25.5mm) 的微流道晶片，蜿蜒的微流道通過三個固定的溫度區域，總共有 36 個循環數，微流道橫截面寬度為 220μm 和深度為 100μm，最後將晶片放置在一個市售的加熱系統內進行溫度循環，並成功擴增 DNA。

### 三、研究設備方法及步驟

#### 3.1 研究方法

以 Arduino MEGA 2560 為開發平台，搭配溫度感測器以 PID 算出 PWM 輸出值，並使用加熱棒與致冷晶片控制加熱平台之溫度，使晶片呈現 3 個固定溫度區，以完成複製 DNA 之程序，並以紅外線熱像儀監控晶片表面溫度。

由於高分子材料取得容易、成本低廉、製程所需時間與步驟較為簡短，所以選擇 PC 作為本實驗晶片的材料。

#### 3.2 研究設備

本專題所使用的紅外線熱像儀為 AVIO 公司所販售的 TAS-G100EXD，用以量測晶片表面之溫度。當一物體在絕對溫度零度以上時，其表面會因內部分子之運動而產生紅外線輻射熱能，而紅外線熱像儀能將此輻射熱轉換為電子訊號，並藉由不同顏色來表示物體表面的溫度分佈情況。如圖 1 所示。



圖 1、紅外線熱像儀(TAS-G100EXD)

加工方面是使用 Roland 公司所生產的 EGX-400，利用軟體可將立體模型圖檔轉為程式碼直接傳輸至雕刻機讀取，並進行加工。如圖所示。



圖 2、三軸高速薄板雕刻機

加工加熱棒載具所使用的是傳統銑床，進行加工較為方便。



圖3、傳統銑床

加工裝置外殼的電池隔板，是使用 LaserPro CO2 雷射雕刻機，利用雷射光束聚焦於材料上，使材料被

快速加熱、融化。如圖4所示。



圖 4、CO2 雷射雕刻機

數字型加熱攪拌器

採用陶瓷加熱板，加熱均勻抗壓性高。LED 數字顯示，陶瓷板加熱溫度控制由 5°C-550°C。顯示之溫度為板面之溫度，而非被加熱液體之溫度。



圖 5、數字型加熱攪拌器

熱壓機

熱壓成型是一種高分子材料的加工方法，大致上可分為兩類，真空熱壓成型(vacuum forming)以及壓縮成型(compression molding)。將材料置於模具中，加熱模具使材料軟化而覆蓋於模具表面，再以機器壓擠或是抽真空以大氣壓擠，經過冷卻階段固化後，就可得到熱壓成型的產品。



圖 6、熱壓機實體圖

樣本注射方面，使用雙管式微注射幫浦，將樣本以等速和等量的方式將樣本注入晶片，以確保樣本是以穩定的速度進行 PCR。



圖 7、雙管式微注射幫浦

### 3.3 研究步驟

#### 3.3.1 加熱平台

本實驗使用瓦特龍加熱棒(C1J6-112, Watlow, USA)當作加熱元件，但加熱棒為圓柱狀，無法產生平面的加熱，因此以一矩形鋁塊作為加熱棒與加熱面的媒介。而加熱鋁塊的載具是使用 PMMA 製作而成。首先以 SolidWorks 繪圖軟體繪製出加熱鋁塊載具模型，並使用傳統銑床進行加工。加熱鋁塊載具正面具有長、寬、高分別為 35mm、6mm、6mm 及 8mm、4mm、5mm 的矩形槽，供加熱鋁塊與加熱棒的電源輸入線放置用，兩側有 2mm 之間隙，防止兩側不同溫度之加熱

棒影響鋁塊溫度，載具背面加工出 24mm×8mm×4mm 的矩形孔，方便溫度感測器電線接出，如圖 8 所示。

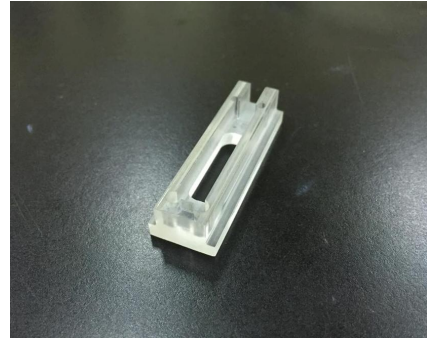


圖 8、加熱鋁塊載具

由於執行 PCR 所需的溫度落差甚大，最高溫的裂解區與最低溫的煉合區相差約 40°C，加上晶片寬度僅 25mm，熱容易由中間高溫區向兩旁擴散，造成晶片左右兩側最旁邊之低溫煉合區溫度無法降至 55°C，因此裝設致冷晶片將晶片低溫區溫度降至 55°C，並在連接加熱棒的鋁塊與連接致冷晶片的鋁塊間設計一間隙，以減少熱能的傳導。如圖 所示 中間紅色區塊為連結加熱棒之鋁塊，兩旁綠色區塊為隔絕熱能之空隙，左右兩側最旁邊藍色區塊為連接致冷晶片之鋁塊。

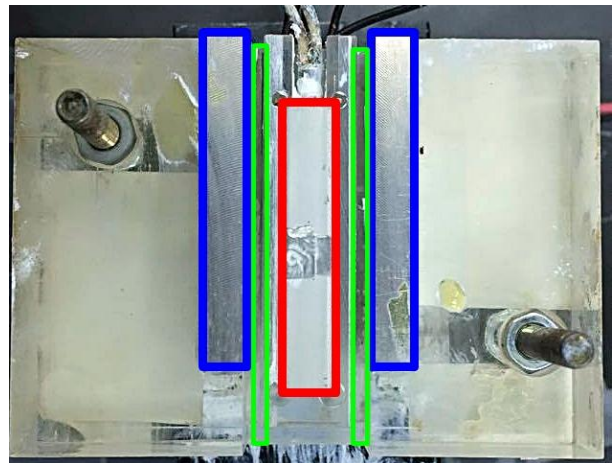


圖 9、加熱平台配置

#### 3.3.2 溫控模組

本專題中的 PCR 加熱模組是以 Arduino 為開發平台，自製出溫度控制模組，如圖 10 所示。此溫控

模組以 Arduino MEGA 2560 為處理核心，將 DS1821 所量測到的溫度呈現於 LCD 螢幕，PID 程式再依據此量測溫度與輸入之設定溫度進行比較與運算，最終以 PWM 模式分別輸出功率訊號至加熱棒與致冷晶片，進而對鋁塊進行加熱或冷卻。

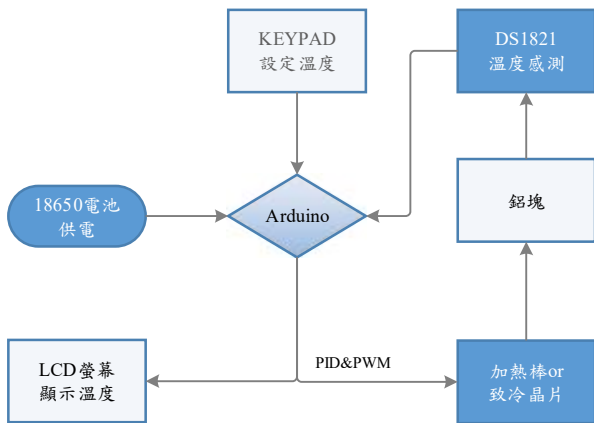


圖 10、溫控模組方塊圖

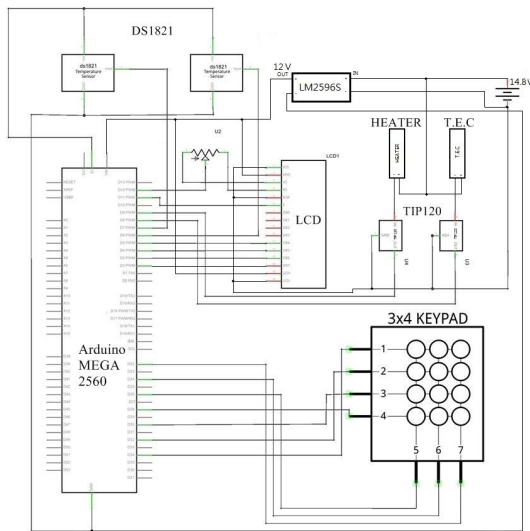


圖 11、自製加熱模組電路圖

為了增加可攜性，提高本裝置在任何地點的適應性，由最初的開迴路 PWM 控制方式，加裝 DS1821 溫度感測器，改為 on-off 控制之閉迴路系統。On-off 溫控的溫度上下震盪幅度較大，且加熱棒輸出只有兩種，全開與零輸出，將耗費較多的能源，不利於可攜

式之開發目標，因而加入了脈衝寬度調變(PWM)與 PID 控制，以提高加熱平台溫度之穩定性。以下為 PID 公式：

$$u(t) = MV(t) + K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

其中  $u(t)$  等於輸出功率，當大於 255 時，無條件等於 255，當其小於 0 時，無條件等於 0 (輸出功率介於 0-255)。程式根據鍵入之目標溫度，以及溫度感測器 DS1821 回傳之目前溫度，再進行 PID 之演算，所得之  $u(t)$  則代表 PWM 輸出值。

PWM，將單位時間分割為數等份，並依設定值輸出，進而控制單位時間內 on-off 之比例，以調控輸出之功效。本實驗中 PWM 之輸出值，非一固定值，而是依據 PID 演算之結果，不斷地進行調整、修正，以趨近於目標溫度。如圖 12 所示。

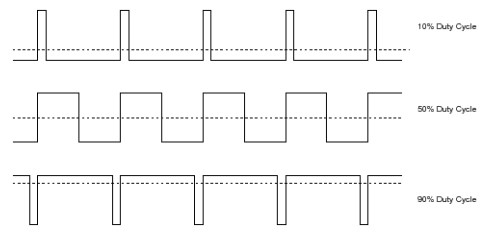


圖 12、溫度控制流程圖

### 3.3.3 晶片材料選用

由於高分子材料較易取得，故本實驗選擇 2 種較常見之高分子材料，為 PMMA 以及 PC。PMMA 之熱變形溫度約為 85°C，在加熱模組尚未穩定前之溫度震盪，易使溫度過於接近 PMMA 熔點，導致晶片產生變形，故選用熱變形溫度較高之 PC 作為本實驗之晶片材料。

### 3.3.4 微流體晶片之流道設計與製作

在微流體晶片的製作上，使用 SolidWorks 繪製晶片的立體模型後，再放入搭配三軸高速薄板雕刻機的軟體— VISI Series 進行圖面以及參數設定，並轉為程式碼輸入至雕刻機進行加工。本專題之晶片設計在

材料方面，選用PC做為基材，長、寬為75mm×25mm，整個流道的寬度佔41.99mm，預熱區、裂解區、煉合區、擴增區的流道寬度為350 μm，延伸區寬度為690 μm，流道深度為50 μm，總共30個循環，儲存槽由一長、寬為10.5mm×3.37mm以及一半徑1.69mm之半圓所組成，深度為600 μm，可一次存放20 μL已完成PCR之樣本。晶片的溫區配置是將裂解區置於中央，兩側分別形成對稱的延伸區及黏合區，此設計可使PCR樣本每通過一側的流道便完成一次熱循環，進而達到晶片體積縮小的目的。

但晶片體積縮小也代表著流道長度的縮短，導致PCR樣本在各溫區的反應時間減少，相較於裂解與黏合，延伸步驟需要較長時間來完成，因此在考慮晶片體積及足夠的延伸反應時間的情況下，將晶片延伸區的流道寬度拓寬。當樣本流至延伸區時，因流道寬度變寬，PCR樣本流速變慢，使其在延伸區的時間變長以達到足夠的延伸反應。而後延伸區也透過流道寬度的增加，使樣本流經該溫區可有足夠的時間進行後延伸動作。如圖13所示，流道設計完成後，使用Solid Works繪圖軟體繪製流道立體模型。

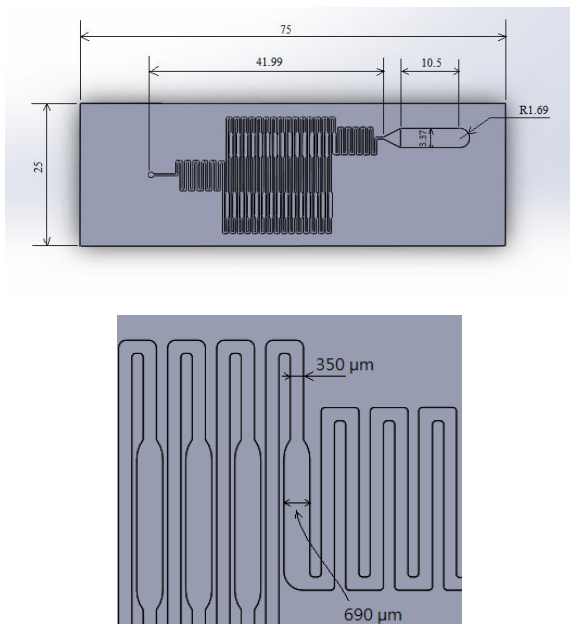


圖13、晶片及流道尺寸

在晶片加工上，由於PC屬於延性較高之高分子材料，在雕刻機低轉速切削下，會產生大量毛邊，可能導致晶片黏合時會產生黏合失敗的問題，所以我們將轉速依據加工使用之刀具，半徑每縮小0.1mm，就將雕刻機主軸轉速提高2000rpm進行加工，可有效使毛邊減少。晶片成品如圖14所示。



圖14、流道雕刻完成實體

### 3.3.5 晶片接合製作

使用藥劑接合方式，使用(3-氨基丙基)三乙氧基矽烷 (APTES)，透過烷氧基矽烷分子將表面官能化，使流道面與基板結合時產生共價鍵達到黏合的效果。

1. 清潔表面：將雕刻完成的晶片 (75mm×25mm×1mm厚)，在出入口位置鑽孔，直徑0.6mm。清潔鑽完的孔以及流道接合面，避免切屑妨礙晶片接合。
2. 塗佈結合溶劑：使用APTES溶劑面產生官能基，塗佈條件APTES 1%、75°C、20min。
3. 熱壓接合：使用熱壓機接合，接合條件：125°C、0.1MPa、30min。

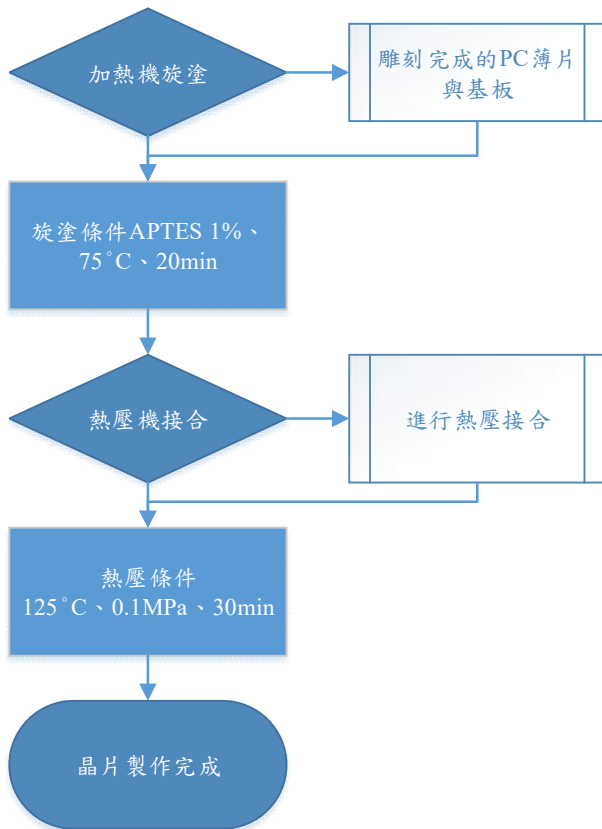


圖15、熱壓流程圖

### 3.3.6 微流道結合性測試

顯示出PC結合後的橫截面，在不同的條件下完成熱壓結合(圖16)，(a)無論是增加溫度或壓力，例如： $140^{\circ}\text{C}$ 、 $0.1\text{MPa}$ (圖16(b))或 $125^{\circ}\text{C}$ 、 $0.5\text{MPa}$ (圖(c))，經由改變高溫或高壓導致截面積扭曲的形態，如圖(b)和(c)所示，由於高溫或高壓使得原來兩側的PC厚度的減少，(圖16(d))表示了塗佈條件:RT(室溫)、1.5% APTES、20min，在 $125^{\circ}\text{C}$ 、 $0.1\text{MPa}$ 的熱壓條件下，提高了APTES濃度依然有細縫(圖16(d))，表示APTES預塗層在RT下無法黏合。

1.0% APTES, $75^{\circ}\text{C}$ .						1.5% APTES, RT.		
(a) $125^{\circ}\text{C}$ , $0.1\text{MPa}$ .		(b) $140^{\circ}\text{C}$ , $0.1\text{MPa}$ .		(c) $125^{\circ}\text{C}$ , $0.5\text{MPa}$ .		(d) $125^{\circ}\text{C}$ , $0.1\text{MPa}$ .		
Before.	After.	Before.	After.	Before.	After.	Before.	After.	After.

圖16、晶片截面比較圖

### 3.3.7 電池盒隔板

由於要達成縮小PCR裝置的目的，所以利用SolidWorks繪製電池盒隔板草圖，再使用雷射雕刻機加工出實體，用以固定電池盒於裝置內的位置。如圖17所示。

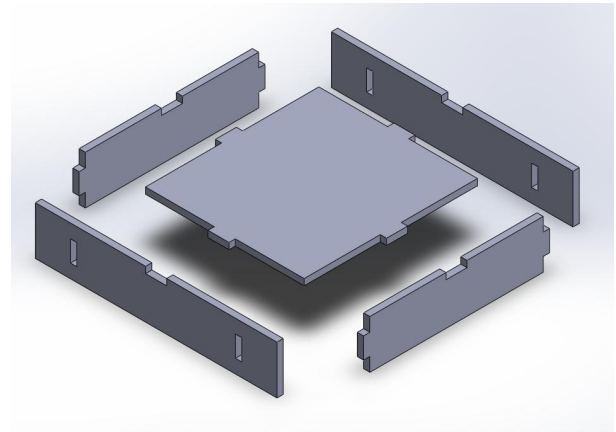


圖17、SolidWorks草圖

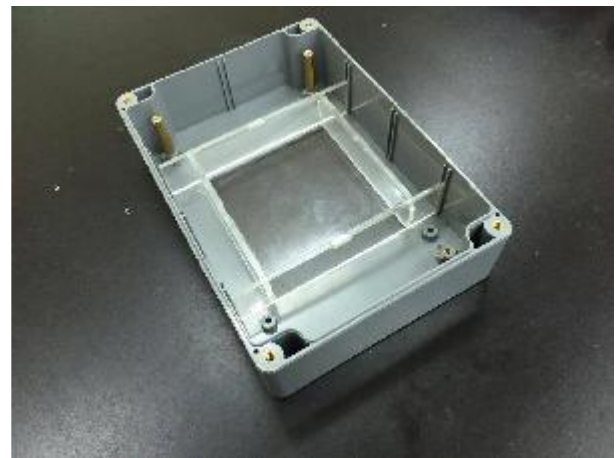


圖18、電池盒隔板實體

## 四、結果與討論

晶片在雕刻或者是熱壓過程中，可能因為毛邊或熱變形等因素，造成樣本無法順利通過所有流道，故使用墨水模擬樣本實際進入微流道狀況以確認流道是否通順以及樣本是否會漏出流道。首先將準備壓好的晶片(圖19、標準片)，將Tip與晶片入口端對準使用AB膠進行黏合和針筒與微注射幫浦的架設(圖20、模



擬測試)，模擬測試前段(圖21)、中段(圖22)、後段(圖23)。

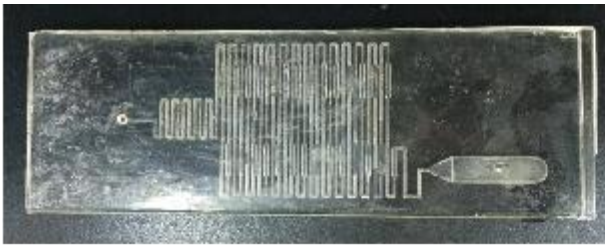


圖19、標準片

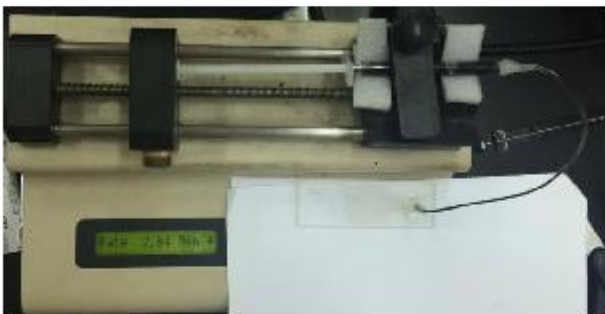


圖20、使用微注射幫浦模擬測試



圖21、樣本剛進入流道



圖22、樣本進入流道中段



圖23、樣本通過所有流道進入儲存槽

以旋塗條件:1% APTES、75°C、20min，熱壓條件:125°C、0.1MPa、30min為基準(圖24)，測驗在個別提升熱壓溫度、壓力，以及旋塗濃度與溫度的影響。

標準試片為墨水正常流過(圖24)，提高熱壓溫度至140°C有黏合不足的問題(圖25)，提高熱壓壓力導致晶片壓扁，墨水無法通過(圖26)，在室溫下進行旋塗，即使增加旋塗濃度依然無法黏合(圖27)。

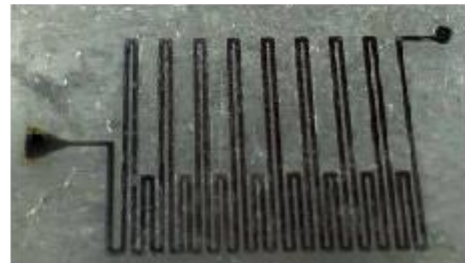


圖24、標準試片



圖25、提高熱壓溫度之試片



圖26 提高熱壓壓力之試片

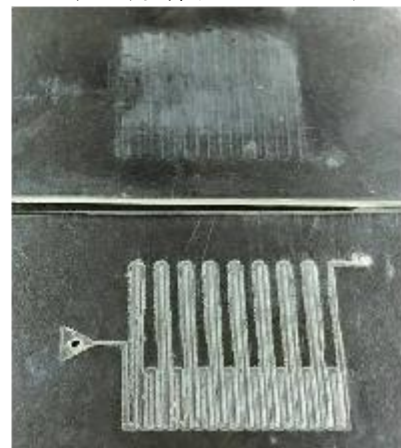


圖27 提高旋塗濃度之試片

由於紅外線熱像儀所量測之溫度為物體之表面溫度，而PCR的執行均於流道內完成，因此PC晶片內各處溫度須符合PCR各階段所需之溫度，方能有效的執行整個PCR流程。

於PC上刻劃一溝槽，並注入散熱膏再以熱電偶溫度計深入其中量測晶片內部溫度如圖28所示。

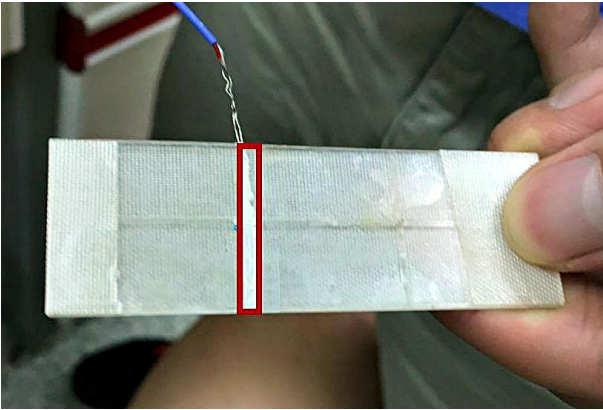


圖28、晶片內部溫度量測

將晶片表面貼上放射率為0.95之黑體膠帶，並將紅外線熱像儀放射率調整至0.95，在反覆測晶片表面溫度後，繪製出晶片晶片內外部溫度差圖表，如圖29所示。

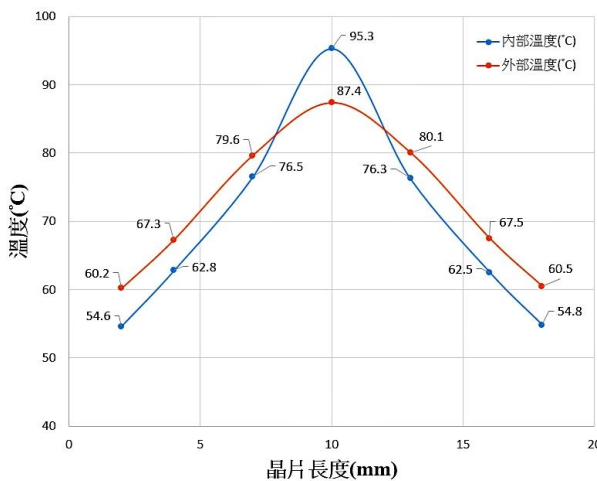


圖29、晶片內外溫度差

最後以紅外線熱像儀量測晶片表面溫度，並進行溫度分析，如圖30所示。

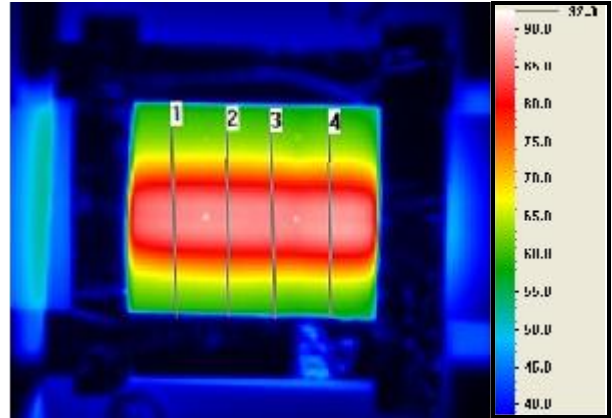


圖30、晶片表面熱像分析

由圖31可看出經片表面溫度分佈平均，高溫裂解區溫度達87°C(內部約為95°C)，而晶片兩側的煉合區溫度約為60°C(內部約為55°C)，符合執行PCR各區所需之溫度。

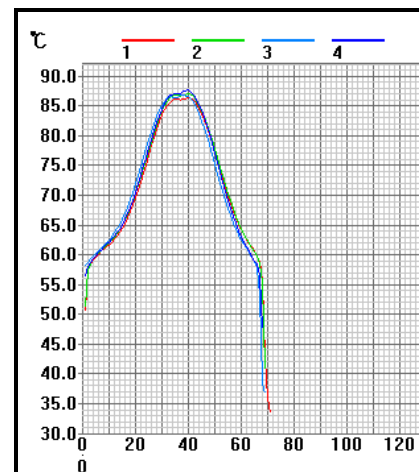


圖31、晶片表面熱像分析

## 五、結論與未來展望

將雕刻機加工參數配合精準，可減少毛邊產生，使黏合更為均勻，提高黏合強度，使樣本能順利通過所有流道；使用其他加工方法或者成形法減少加工所需耗費的時間。使用更精準的溫度、壓力檢測器，減少外在干擾因素，透過晶片結果的分析，以及各種破壞性檢測，找出最符合黏合之數據，使得晶片黏合成功率大幅提升。透過PID的運算，可更精準的控制加熱平台的溫度，使其溫度分佈區近於理想值。搭配

18650電池與溫控模組的縮小可大大提升本裝置的可攜性。外來可在晶片黏合處抑或流道內裝設微型溫度感測器，將可減少溫度量測的誤差，可提升加熱平台的穩定性。

## 六、致謝

本專題除了在課堂上吸收老師們的指導外，最重要的是感謝陳志堅老師的循循善誘，每次到開會都會給我們莫大的知識及技術方面的指導、方向與建議，讓我們自己去學習、討論、測試等，從實驗中了解問題所在，讓我們在製作這次專題的過程中，學習到了許多的知識，也開拓了我們在各方面的視野。也非常感謝幫助過我們的老師、助教、學長以及同學，在百忙之中仍然耐心的教導我們使用機器、討論我們所遇到的困難並讓我們能夠順利解決。最後，感謝一起製作專題的夥伴們，同心協力一起突破所遇到的困難，使我們的專題可以順利的製作與完成。

## 七、參考文獻

- [1] Becker, H., Hlawatsch, N., Carstens, C., Klemm, R., 2009, "Continuous-flow PCR using segmented flow and integrating sample preparation," *Microfluidics, BioMEMS, and Medical Microsystems VII*, Proc. of SPIE, Vol. 7207, pp.72070J-72070J
- [2] 胡希豪, 賴政良, 2014 年, 「智慧型恆溫控制系統」, 碩士學位論文, 佛光大學, 資訊應用學系(pp.20-23)。
- [3] Kim, J.A., Lee, J.Y., Seong, S., Cha, S.H., Lee, S.H., Kim, J.J., and Park, T.H., 2006, "Fabrication and characterization of a PDMS-glass hybrid continuous-flow PCR chip," *Biochemical Engineering Journal*, Vol.29, No.1-2, pp.93-96.
- [4] Minjeong Janga, Sungsu Parkb, Nae Yoon Leea, 2014, "Polycarbonate bonding assisted by surface chemical modification without plasma treatment and its application for the construction of plastic-based cell arrays," *Sensors and Actuators A: Physical*, pp.58-59.
- [5] 陳瑋原, 2006 年, 「塑膠微流體晶片低溫接合技術之研發及在塑膠微型幫浦之應用」, 碩士學位論文, 南台科技大學, 機械工程研究所(pp.40-42)。
- [6] 吳瑜婷, 謝有容, 2006 年, 「微晶片電泳高分子基材之電滲流性質探討」, 碩士學位論文, 交通大學, 應用化學系(pp.04-08)。
- [7] Sun, Y., Satyanarayan, M. V. D., Nguyen, N. T., and Kwok, Y. C., 2008, "Continuous flow polymerase chain reaction using a hybrid PMMA-PC microchip with improved heat tolerance," *Sensors and Actuators B: Chemical*, Vol. 130, No. 2, pp. 836-841.
- [8] Becker, H., Hlawatsch, N., Carstens, C., Klemm, R., 2009, "Continuous-flow PCR using segmented flow and integrating sample preparation," *Microfluidics, BioMEMS, and Medical Microsystems VII*, Proc. of SPIE, Vol. 7207, pp. 72070J-1-72070J-6.

Portable continuous-flow PCR device

Student Name : Geng Yi Liou , Wen Ji Gao ,

Po Ning Chung

Professor : Dr. Jyh Jian, Chen

National Pintung University of Science and Technology

Department of Biomechatronics Engineering

### Abstract

Polymerase chain reaction (PCR) is a technique which can replicate DNA in a very short time. The purpose of this study is to build a portable continuous-flow PCR device. We build a stable heating system by using Arduino MEGA 2560, temperature sensor and keypad. The PID algorithm can control heater and thermoelectric cooling module very accurate. After chip fabrication by CNC machines, we use hot press to bond the chip. At the end, we use the infrared thermal imager to analyze the temperature distribution of the chip surface.

# 階段性不同 LED 光質組合照射下對於冰花 生長型態影響之研究

學生姓名:李慈鑾、黃子庭

指導老師:張仲良教授

國立屏東科技大學  
生物機電工程系

## 摘要

本研究主要目的在於探討冰花在不同波段之 LED 組合下進行照射時之生長差異。同時也觀察冰花在育苗期(第 1~25 天)與定植期(第 26~90 天)施予不同的 LED 光質組合下對於生長結果之差異性,光質組合區分為淺紅綠藍(LrGB)、紅藍紫外光(RBUV-A)、紅藍青(RCB)以及紅藍(RB)照射區,各區總光量子為  $300 \text{ umol}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ ,光暗週期為 16(亮):8 小時。溫度、濕度以及二氧化碳濃度範圍分別介於  $25 \pm 5^\circ\text{C}$ 、 $46 \pm 5\%$  以及  $450 \pm 150 \text{ ppm}$  之間。此次實驗結果顯示淺紅藍綠光較於其他光質優於其他區的光,不論是葉片大小、株高、重量都優於其他光質下之冰花。

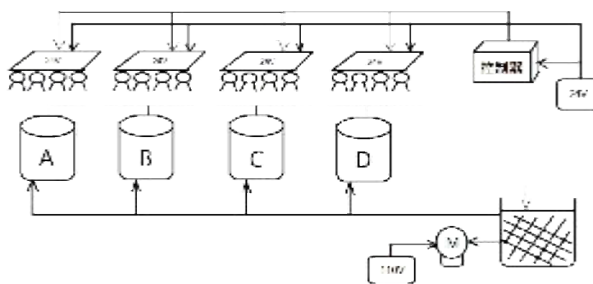
## 一、前言

近年來全球暖化的狀況越來越嚴重,造成作物收成產量不如預期,有些人就開始使用溫室或是植物工廠之方式來栽培植物,但畢竟是採用人工光源單獨照射植物或者採用戶外補光的方式進行,不了解照射方式或者照射時間以及使用何種光質照射的情況下,勢必帶來不可預期的結果,甚至產量與品質皆不如預期。本研究栽培標的作物,“冰花”,主要生產國來自於非洲,近年來已有許多業者嘗試利用人工光源或者沿岸區域進行種植,尤以澎湖地區為最多,此作物富有高濃度肌醇與胡蘿蔔素,營養價值頗豐。而本研究

主要探討冰花處於人工光源照射下,在不同生長階段採用不同 LED 光質組合照射下,觀察其對於生長型態之差異。

## 二、相關工作

如圖一所示,本栽培系統由一套軟體自動排程多波段 LED 光源電路控制系統,其光源控制系統採用高精度脈寬調變技術,軟體操作介面採用圖控方式進行,藉由 0~255 階段性,可達到植物所需光量與光質,利用 LED 光源波長的制定及照度時間的自動化控制技術來研究植物生長所需的光通量及光照時間之關係。



圖一、系統架構圖

## 三、研究內容與方法

### 3.1 栽培環境

我們使用一圓形植物栽培架,架上之圓型植栽床則分成四個區域,每區光源透過自製之調光控制

器可獨立控制光質比例及光暗週期；燈板與植栽床之間之高度調整則透過螺桿及馬達來控制，此方式可有效減少 LED 能源之消耗，剛開始育苗期的 1~25 天的時候會先放置 25 個自製移動式保麗龍以利水耕海棉介質與冰花種子置入並同一個區域進行全光照，以利於生長，在 26 天便會每一區放置 5 個來進行定植並調光來觀察差異，並以 16:8 的光暗週期之控制冰花之光照度。養液則是從栽架底下的養液槽用抽水馬達將養液抽取至上層的植栽床內。各區域的植栽床上方設置了可弄風扇以力栽培內的空間不會太過悶熱，可確保溫濕度的控制。

### 3.2 儀器設備

在進行各項實驗中，我們所使用的各項儀器包含光譜分析儀、watchdog、pH 計、EC 計、光照度、圓形植物栽培架、光量子計。其中，多接口式環境資料紀錄器可外接各種環境感測器以便可同時記錄植物葉片溫度、環境溫濕度、光量子值以及 CO<sub>2</sub> 值 (如圖 2 所示)。



圖二、(a)光量子計；(b) Watchdog；(c)種子；(d) pH 計；(e) EC 計；(f)手持式光譜儀；(g) 圓形植物栽培架

### 3.3 種植過程

先用 RO 水將海棉浸泡再將冰花種子放入海棉中，等到發芽後，將海綿置入燈光下，並放入穴盤中，利用調光介面調整燈光比例，抽水馬達 24 小時循環著。

育苗期:1~25 天，將種子採用淺紅綠藍(LrGB)單區進行，總 PPFD=300  $\mu\text{mol}/(\text{s m}^2)$  進行種植。光照比例:Lr:G:B = 5:1:4;光暗週期: 16:8 小時。並在 14 天後加入養液。

定植期:第 26~90 天，將種子平均分配於淺紅綠藍(LrGB)、紅藍紫外光(RBUV-A)、紅藍青(RCB)以及紅藍(RB)區，各區總 PPFD = 300  $\mu\text{mol}/(\text{s m}^2)$  ;光照比例: Lr:G:B = 5:1:4、R:B:UV-A=5:4:1、R:C:B=5:1:4、R:B=5:4; 光暗週期: 16:8 小時。第 90 天後，植物生長完成，就可以開始來分析。

### 3.4 種植環境

表一、光照條件

天數	1~25 天	26~90 天
ppfd	300 $\mu\text{mol}/(\text{sec}*\text{m}^2)$	300 $\mu\text{mol}/(\text{sec}*\text{m}^2)$
Lr:B:G	5:1:4	5:4:1
R:B	-	5:4
R:B:UV-A	-	5:4:1
R:B:C	-	5:4:1

表二、養液配方

成分	配方值(g/1000L)
硝酸鈣 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	118
硫酸鎂 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	492
氯酸錳 $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.72
硫酸鋅 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.09
硫酸銅 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.04
硼酸 $\text{H}_3\text{BO}_3$	1.2
鉬酸鈉 $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.01

表三、溫濕度

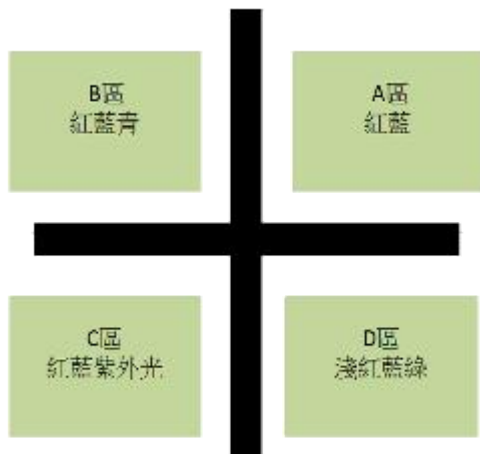
實驗次數	溫度(°C)	濕度(RH%)
第一次	25±5	46±5
第二次	25±5	46±5

表四、pH 值、EC 值

實驗次數	pH 值	EC 值
第一次	5.5±1	1500±100
第二次	5.5±1	1500±100

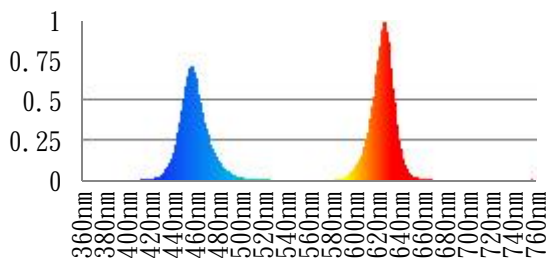
### 3.5 燈光調配

我們燈光的 ppfd 都統一於 300umol/(sec · m<sup>2</sup>)，不一樣的只有光的顏色來做於觀察冰花之差別，而比例都採用於 5:4:1 來搭配，因 A 區只有兩種光，故只採用 5:4 的比例。



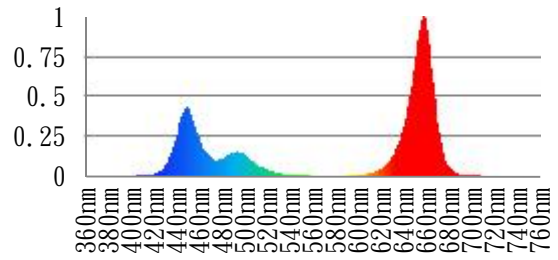
圖三、燈光調配

### A區波長



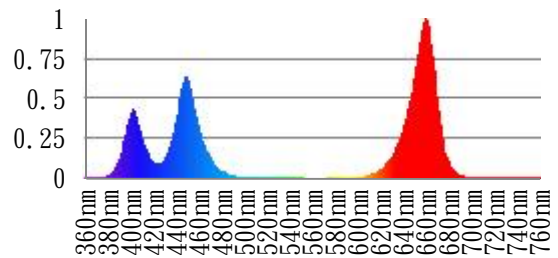
圖四、A 區光譜圖

### B區波長



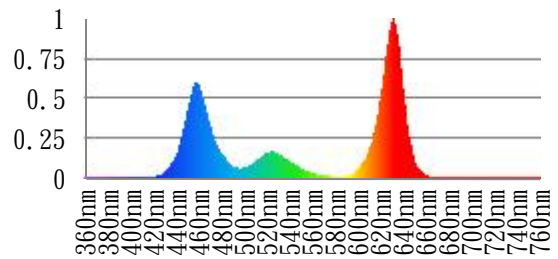
圖五、B 區光譜圖

### C區波長



圖六、C 區光譜圖

### D區波長



圖七、D 區光譜圖

## 四、結果與討論

### 4.1 第一次實驗的結果:

在此次的結果中我們發現 D 區的冰花優於其他區的冰花，不論是重量、葉片的長度及寬度、株高以及莖的長度都比其它區來的好，而比較差強人意的則是 A 區，它的重量、葉片的長度及寬度、株高以及莖的長度明顯劣於其它區，然而我們這次第一次種冰花有些誤差，所以我們決定再種一次，讓各項實驗數據更為精準。



(a) (b)



(c) (d)

圖八、A 區第一次實驗結果(a)1 天~25 天;(b) 26 天~47 天;(c) 48 天~69 天;(d) 70 天~90 天

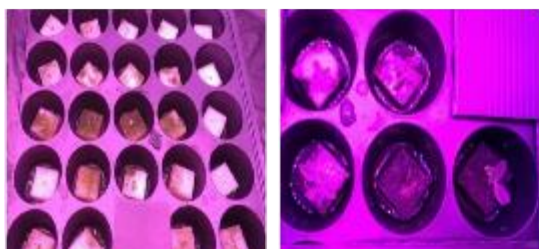


(a) (b)



(c) (d)

圖九、B 區第一次實驗結果(a)1 天~25 天;(b) 26 天~47 天;(c) 48 天~69 天;(d) 70 天~90 天



(a) (b)

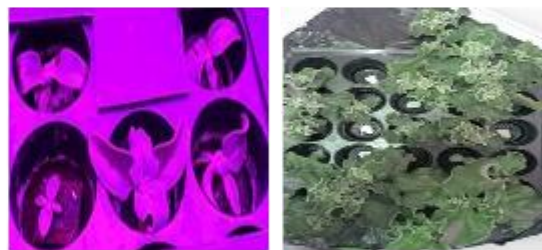


(c) (d)

圖十、C 區第一次實驗結果(a)1 天~25 天;(b) 26 天~47 天;(c) 48 天~69 天;(d) 70 天~90 天



(a) (b)

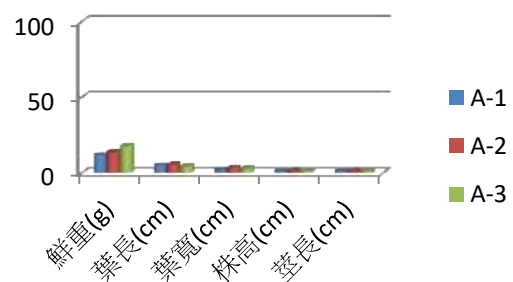


(c) (d)

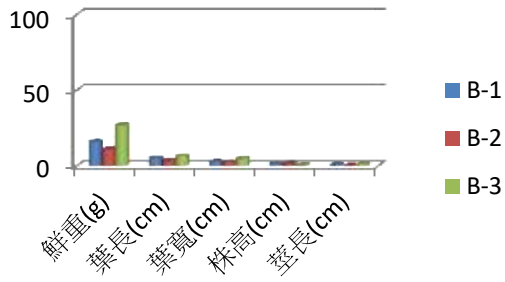
圖十一、D 區第一次實驗結果(a)1 天~25 天;(b) 26 天~47 天;(c) 48 天~69 天;(d) 70 天~90 天

第一次實驗結果:

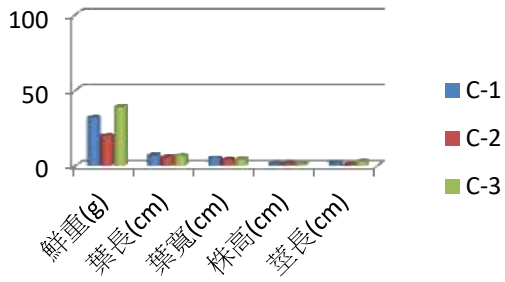
我們分別採取各區的三株大小相似之冰花來進行這次的實驗，以免因為體型大小不同而造成這次實驗有所誤差。



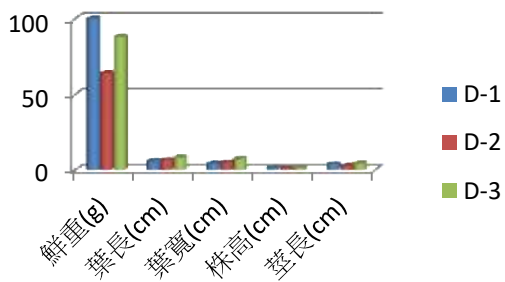
圖十二、第一次 A 區實驗數據



圖十三、第一次 B 區實驗數據



圖十四、第一次 C 區實驗數據



圖十五、第一次 D 區實驗數據

#### 4.2 第二次實驗的結果:

從此次的實驗，發現 D 區跟上次一樣優於其他三區的冰花，不論是重量、葉片的長度及寬度、株高以及莖的長度都比其它區來的好，也還發現了在相同的條件下 B 區跟 C 區的差別沒有特別明顯。



(a)

(b)



(c)

(d)

圖十六、A 區第二次實驗結果(a)1 天~25 天;(b) 26 天~47 天; (c) 48 天~69 天; (d) 70 天~90 天



(a)

(b)



(c)

(d)

圖十七、B 區第二次實驗結果(a)1 天~25 天;(b) 26 天~47 天; (c) 48 天~69 天; (d) 70 天~90 天



(a)

(b)

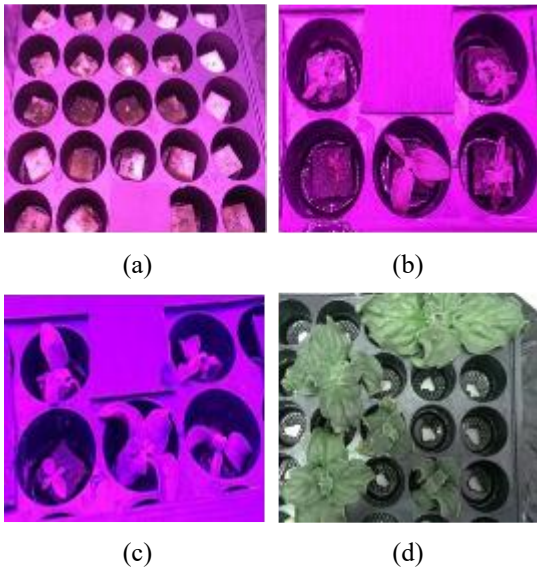


(c)

(d)

圖十八、C 區第二次實驗結果(a)1 天~25 天;(b) 26 天~47 天; (c) 48 天~69 天; (d) 70 天~90 天

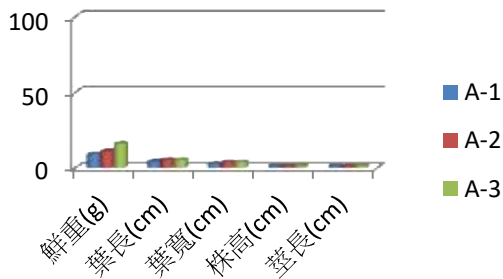




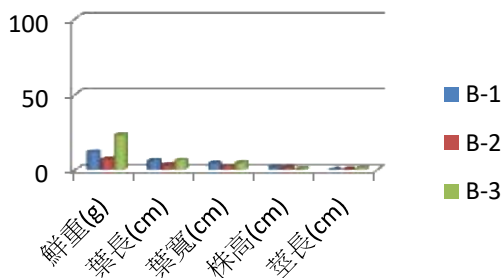
圖十九、D 區第二次實驗結果(a)1 天~25 天;(b) 26 天~47 天;(c) 48 天~69 天;(d) 70 天~90 天

第二次實驗結果:

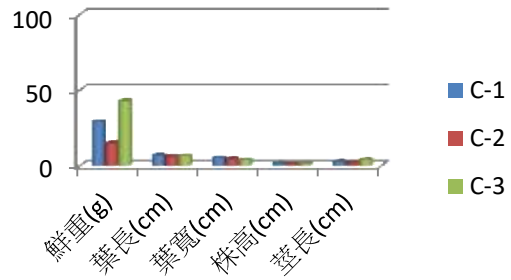
我們分別採取各區的三株大小相似之冰花來進行這次的實驗，以免因為體型大小不同而造成這次實驗有所誤差。



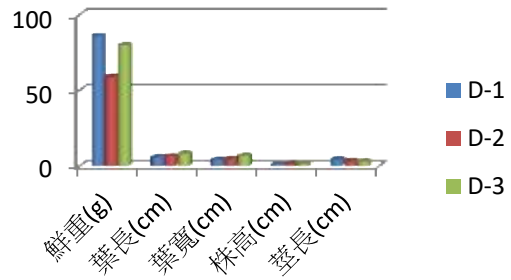
圖二十、第二次 A 區實驗數據



圖二十一、第二次 B 區實驗數據



圖二十二、第二次 C 區實驗數據



圖二十三、第二次 D 區實驗數據

## 五、結論

本專題探討階段性不同 LED 光質組合照射下對於冰花生長型態影響之研究，在實驗結束後發現到淺紅藍綠光(LrBG)對於冰花的生長較佳，像是重量、葉片的長度及寬度、株高以及莖的長度都比其它區來的好。因紅藍光吸收量飽和之後，而綠色光源對於植物的光合作用有增高的效能。

## 六、致謝

在這次實驗當中，我們學到了很多之前從未碰過的陌生領域，我們首先要感謝的是張仲良教授耐心的教導，為我們提供許多的意見跟方向，還有各實驗室的學長們的指導下，在我們有問題需要幫助時，總是在一旁適時的協助，讓我們受益良多。

## 七、參考文獻

1.期刊：

[1]李郁淳，2014，新興作物冰花，台南區農情月刊第 213 期第 3 版。

[2]高德錚，水耕營養液調配與管理，台中區農業改良場。

[3]方煒，2011，台灣植物工廠現況與發展策略之分析，農業機械學刊第 20 卷第 4 期。

[4] Hans J. Bohnert and John C. Cushman, 2000, The Ice Plant *Cometh*: Lessons in Abiotic Stress Tolerance.

[5] HANS J. BOHNERT AND HOWARD GRIFFITHS, 1998, Tansley Review No. 97 Growth and development of *Mesembryanthemum crystallinum* (Aizoaceae).

## 2. 學位論文：

[1] 王士瑋、甘廣宙、張培華，2009，以隔絕外來光源種植方式使用 LED 培育植物之研究，私立崑山科技大學光電工程所、國立嘉義大學電機工程系。

[2] 沈函穎，2015，運用實驗設計於植物工廠冰花發芽率之研究，元智大學工業工程與管理學系。

[3] 陳加忠，2002，光質對組培苗生長影響之研究，中興大學生物系統工程研究室。

## 3. 網站資料

[1] 陳加忠，2010，光線光譜與植物光合作用的關係，中興大學生物系統工程研究室。

[2] 陳加忠，2010，光質對植物之影響，中興大學生物系統工程研究室。

[3] 陳加忠，水耕栽培(Water Culture)與養液栽培，中興大學生物系統工程研究室。

[4] 張祖亮，2014，養液栽培之應用技術，台大園藝系。

[5] 陳加忠，2010，是噓頭還是新科技—LED 於農業之應用，中興大學生物系統工程研究室。

The effect of different wavelength combination of LEDs lighting on Ice plant growth under different plant growth stages.

Student: Tzu-Luan Lee, Zi-Ting Huang

Advisor: Chung-Liang Chang

Department of Biomechanics Engineering  
National Pingtung University of Science and Technology

## Abstract

The purpose of this experiment is to investigate the affection of the growth form of Ice plant that were grew under different combination LED with various wavelength. The experiment included the observation of the differences between the growth result of the Ice Plant that growing under LED light with different wavelength during the nursery stage (Day 1 to day 25) and after the planting date (Day 26 to day 90). The combinations of wavelength of light included LrGB, RBUV-A, RCB and RB.

The amount of photons of them are 300umol/(s.m<sup>2</sup>), the photoperiod is 16L/8hour,. The temperature is around 25.5°C, the humidity is around 46.5% and the concentration of carbon dioxide is around 450ppm. The result showed that the size of the leaves, the height of the plant and the weight of the plant that were grew under the wavelength LrGB is generally higher than the other plants that grew under different wavelength.

# 微流體分餾裝置

學生姓名：藍聖勛、劉晏誠、詹育璋

指導老師：傅龍明 博士

國立屏東科技大學

生物機電工程系

## 摘要

本實驗室將以往的蒸餾裝置作微型晶片化，研製出三層式蒸餾晶片與流道式冷凝晶片結合而成的微流體甲醛蒸餾晶片，用以分餾食品中的甲醛做檢測。利用微流體系統技術改良傳統蒸氣蒸餾法的缺點。

傳統蒸氣蒸餾法缺點

1. 機器本身龐大
2. 運做時間長
3. 檢測樣品量多

關鍵詞：蒸餾晶片、甲醛、微流體系統、蒸氣蒸餾法、PMMA、CO<sub>2</sub> 雷射加工

## 一、引言

### 1.1 前言

近年來國內爆發多起因食品添加物而導致人體健康受到危害事件，如 2006 年來自台灣的石斑魚在香港被驗出含有染色劑的孔雀石綠；每年的新年節前都會被衛生局驗出年節食品含有漂白水；2011 年台灣塑化劑事件；2015 年生鮮蝦子為了賣相好看，偷偷添加二氧化硫和禁用抗生素事件等等，食品添加物相關議題已嚴重受到大眾的重視，如何快速又有效率的檢驗不當食品添加物也是大家所期待的，這就是我們選擇這次實驗的目的。

### 1.2 甲醛

甲醛 (HCHO) 是一種無色易溶的刺激性氣體，甲醛可經呼吸道吸收，其水溶液又稱作"福馬林"，濃度通常介於 35% 至 40%，具有防腐作用，用來浸泡人體和動物標本。甲醛對人體健康有不良的影響。進入人體的甲醛能和蛋白質的氨基結合，使蛋白質變性，擾亂人體細胞的代謝，對細胞具有極大的破壞作用。甲醛被國際癌症研究中心 (IARC) 分類為致癌物類別第一級。由於具有優異的防腐效果，因此許多不肖業者將食物中添加甲醛，作為漂白、蛋白質凝固、及保鮮防腐上的作用。食入含有甲醛的食品會直接產生中毒反應，輕者只有口腔、咽、食道、胃的黏膜刺激，較重者有頭暈、咳嗽、嘔吐、上腹疼痛。更嚴重者會出現大量腸胃出血、

昏迷、休克；導致肺水腫、肝腎充血及血管周圍水腫，且會損傷人的肝腎功能，可能導致腎衰竭，一次食入 10 至 20 毫升會會出現昏迷、休克致死。如果消費者因食用含有甲醛的食品而出現上述症狀，應立即飲用 300 毫升清水或者牛奶，使其在胃裏形成保護膜的作用，減少胃的吸收。症狀嚴重者要立即去醫院診斷治療；依食品法規，甲醛是禁止添加於食品中。[1]

### 1.3 微流體系統

從概念上講，微流體技術的想法是利用半導體與微機電系統 (MEMS) 領域的技術構建立一個微小的裝置來控制流體。微流體設備 (Microfluidic devices) 具有很多實用的優點，包括更快的反應時間 (response time)、減少樣品和試劑消耗、較低的成本、以及更方便操作與攜帶。現在已經發現廣泛使用在整個生物醫藥，食品加工，化工等行業。

微流體設備為不同功能的結構所組成，並因此很容易地集成，以形成複雜的微全分析系統

(micro-total-analysis-systems 或  $\mu$ -TAS)。 $\mu$ -TAS 具有許多功能，包括樣品注射，樣品前處理 (pretreatment)，混合 (mixing)，分選 (sorting)，計數 (counting)，反應 (reaction)，分離 (separation) 在單一的檢測晶片上。以呈色劑檢測化學濃度為例，所有流程包括樣品注射、混合、化學反應與吸光度檢測。但是，如果可以將上述流程整合於單一晶片，化學濃度檢測晶片就可以更輕薄短小。將 Lab-on-a-chip 與 point-of-care (POC) 理念相結合，將可以產生適合於便簡單方便並容易攜帶的診斷系統和現場檢測設備。這些 POC 設備可以應用於即時偵測與長期監控人的身體參數，這包括急診病患、住院病患與一般人健康照護。[2]

### 1.4 蒸氣蒸餾法

蒸氣蒸餾法只適用於具有揮發性的，能隨水蒸氣蒸餾而不被破壞，與水不發生反應，且難溶或不溶於水的成分的提取。此類成分的沸點多在 100°C 以上，與水不相混溶或僅微溶，並在 100°C 左右有一定的蒸氣壓。當與水在一起加熱時，其蒸氣壓和水的蒸氣壓總和為一個大氣壓時，液體就開始沸騰，水蒸氣將揮發性物質一併帶出。有些揮發性成分在水中的溶解度稍大些，常將蒸餾液重新蒸餾，在最先蒸餾出的部分，分出揮髮油層，或在蒸餾液

水層經鹽析法並用低沸點溶劑將成分提取出來。(圖 1-1)

蒸氣蒸餾法需要將原料加熱,不適用於化學性質不穩定組分的提取。(圖 1-2) [3]

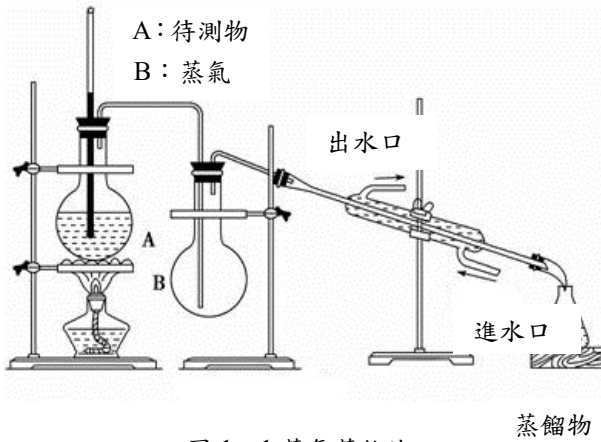


圖 1-1 蒸氣蒸餾法

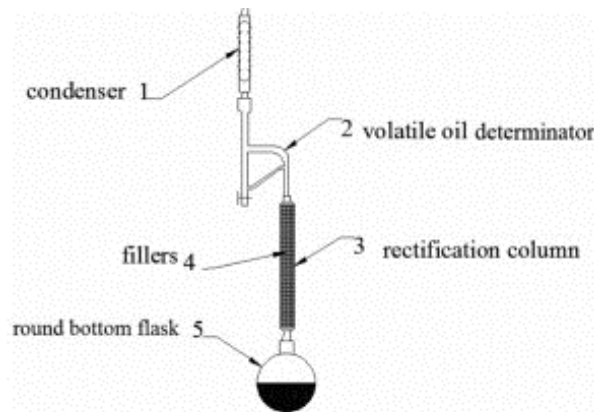
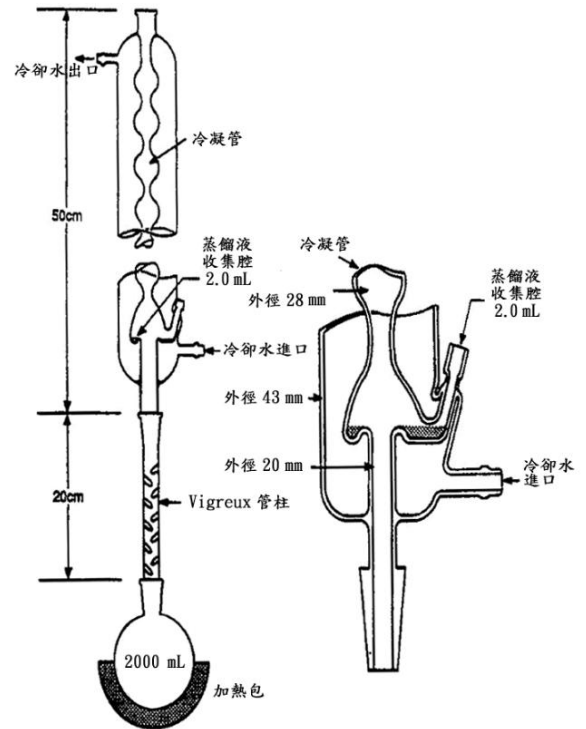


圖 1-2[6] 蒸氣蒸餾法

#### 1.4.1 共沸蒸餾法

共沸混合物(Azeotrope), 為含有二種或以上物質, 但性質呈現如單一物質之混合液體。此情形下之混合液體, 會在某固定溫度下沸騰, 其蒸汽有一固定組成成分。共沸蒸餾法即是利用此一特性, 當特定有機化合物與水形成二元共沸混合物時, 以之使特定化合物由複雜基質中分離。圖 1-3[8]



圖一 大型共沸蒸餾系統

圖 1-3[8] 共沸蒸餾法

#### 1.5 研究動機

近年來因為交通的便利性大大的提升食品的市場不再侷限於產地附近而是進階到更廣泛的地區, 雖然交通便利性有所提升但是因為運送的時間所以食品的保存就成了一個問題, 食品中只要添加微量的甲醛就可以得到相當不錯的防腐效果, 甲醛不單單只有防腐的效果還又漂白美化食品的功能所以不肖業者常常使用甲醛來延長食品的保存期限和增添食品的賣相。

甲醛是一種極易溶於水的化學物質, 在低濃度時常與水形成共沸現象造成檢測的困難, 而傳統的檢測方法須使用體積龐大的水蒸氣蒸餾系統、大量的檢測樣品和時間才能完成檢測, 我們這次專題做的甲醛蒸餾晶片不僅將龐大的水蒸氣蒸餾系統縮小至手掌大小, 也大大減低檢測樣品的量跟傳統方法比起來減低了一半以上的時間。

#### 1.6 文獻回顧

##### 1.6.1 初代甲醛萃取晶片的設計

以 PMMA 為基材研發甲醛萃取晶片; 晶片設計初期, 想法是將傳統分餾法直接微型化, 利用玻璃試管結合 PMMA 製的支架, 利用隔水加熱的方式加熱檢體樣品, 將甲醛從食品提取出來。

經由文獻得知, 甲醛與水的混合物會形成共沸現象, 當甲醛在水中濃度越低, 沸點越接近水的沸點, 萃取上極為不易, 利用傳統分餾法無法達到分離目的, 故而採用可行的蒸氣蒸餾法做萃取。傳統

蒸氣蒸餾法是使用三角錐形蒸餾瓶裝載檢體樣品，利用外接水蒸氣做蒸餾，將產生的蒸餾蒸氣透過冷凝管冷卻後做收集。

### 1.6.2 初代蒸餾晶片的設計

初代的蒸餾晶片直接將蒸餾區域設計在 PMMA 的晶片內，透過管道通路的设计，將蒸氣導入蒸餾晶片中進行蒸餾，但由於蒸餾區域在晶片的中心處，晶片經封裝後無法觀察蒸餾現象，故改將蒸餾區域改外接於晶片外部方式，方便蒸餾過程的觀察。

經實驗測試，由於外接的蒸餾區域過小，當水蒸氣注入蒸餾時，蒸氣凝結的水會快速充滿整個蒸餾區域，致使晶片喪失蒸餾功能；故而將外接的蒸餾區域加大以蒸餾蒸餾所需的緩衝時間。

經改良增大的蒸餾區域，確實能夠將有效的蒸餾檢體樣品；但蒸餾時檢體樣品時常直接因注入蒸氣的沸騰現象而直接汙染冷凝管道，故而在蒸餾晶片加裝防水透氣膜，用以阻擋檢體樣品汙染冷凝管道，不過經實驗測試結果，防水透氣膜會因檢體樣品堵塞，使得內壓過大而導致晶片爆管，造成實驗失敗。

評估檢討初代蒸餾晶片的設計問題，發現將蒸氣區域採外接的這種方式，大大侷限住了蒸氣流動的路線，這也使得蒸餾過程中形成的不良便因無法有效地改良，不利於檢體樣品的甲醛萃取與檢測，有必要重新規劃新一代蒸餾晶片。

### 1.6.3 初代冷凝晶片的設計

初代的冷凝晶片，仿效本實驗室歷屆的冷卻晶片設計，利用致冷晶片作為冷卻來源，冷凝晶片的部分使用 PMMA 為基材設計出冷凝管道，直接與鋁金屬片做黏接封裝，致冷晶片熱端則採風扇的方式散熱。

將初代蒸餾晶片與冷凝晶片做接合後，經實驗測試結果，致冷晶片的冷卻效率不足，無法有效吸收蒸餾時水蒸氣的高溫，且當蒸餾晶片有蒸氣外洩時，容易造成致冷晶片以及散熱風扇的毀損，故而放棄致冷片的使用，改採水冷卻的方式。

水冷卻的管道初始是採連續 U 字形的為管道設計，與冷凝間使用鋁鉑膠帶作為熱傳導的媒介。經實驗測試結果，使用冷卻水管道使用為管道設計冷卻效果不佳，為增加冷卻效果，勢必增大冷卻水管道的尺寸。

經實驗測試結果，冷卻效果雖然有比之前的致冷晶片冷卻、為管道冷卻還優良，但在冷凝晶片收集端，還是有大量未冷凝成液態的蒸氣洩出，這在實驗上將會造成相當大的誤差；檢討冷凝晶片的設計，在冷凝管道的部分，由於過寬深的冷凝管道以及不足的管道長度，當蒸餾蒸氣通過時，未能達到有效的全面冷卻，這將有必要對冷凝管道做尺寸上的設計改進。



(第一代)

(第二代)



(第三代)

(第四代)

## 二、研究內容與方法

### 2.1 微流體甲醛蒸餾晶片製程

#### 2.1.1 晶片選用

本實驗所選用的基材為聚甲基丙烯酸甲酯 (Polymethylmethacrylate, 簡稱 PMMA), 俗稱的壓克力。PMMA 的密度大約在  $1150\sim 1190\text{kg}/\text{m}^3$ , 是一種長鏈的高分子化合物, 他的抗拉伸與抗衝擊性能好, 又具有高透明度, 價格低, 易於加工。

#### 2.1.2 CO<sub>2</sub> 雷射加工

CO<sub>2</sub> 雷射雕刻機(圖 2-1)加工, 將設計好的 AutoCad 圖檔轉檔後, 匯入雷射雕刻機內, 此晶片分別由 6mm、4mm、3mm、2mm、1.5mm 的壓克力板組成, 不同的厚度, 相對有不同的功率和速度, 裁切完成之後用酒精擦拭, 準備晶片接合。[7]



(圖 2-1) CO<sub>2</sub> 雷射雕刻機

### 2.1.3 蒸餾晶片封裝製程

由於 PMMA 為不良的熱傳導材料，冷凝管道與冷卻水管須使用鋁箔膠帶，來做為熱傳導的夾層，來達到冷卻效果。再使用熱壓機，溫度 95°C，壓力 10kg/cm<sup>2</sup>，熱壓 20 分鐘，其餘晶片使用丙酮貼黏，最後用 PDMS(聚二甲基矽氧烷)黏貼在晶片外圍防止蒸氣外漏。(圖 2-2)



圖 2-2 晶片示意圖

## 2.2 微流體甲醛蒸餾晶片實驗方法

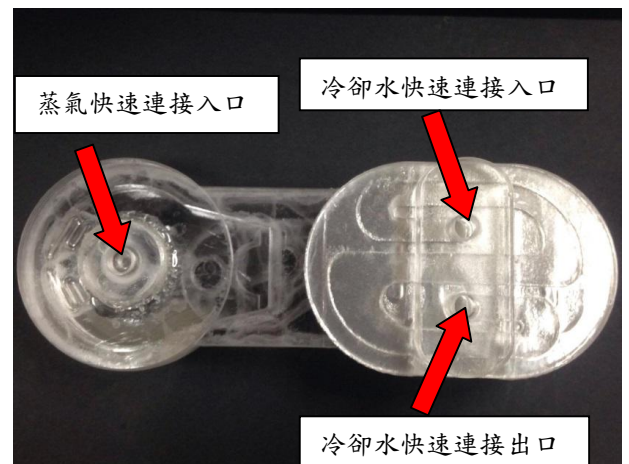
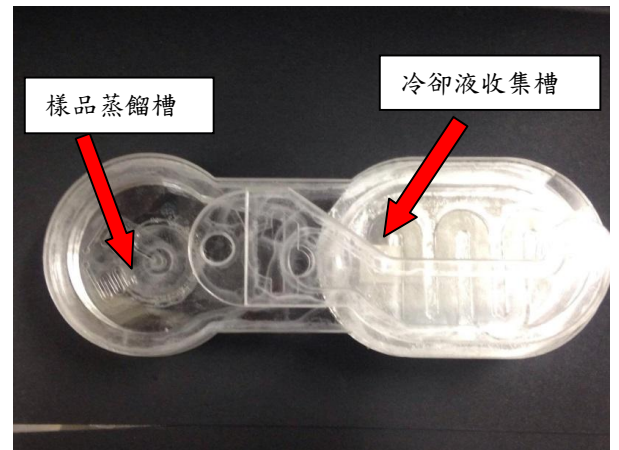


圖 2-3 晶片正反面圖

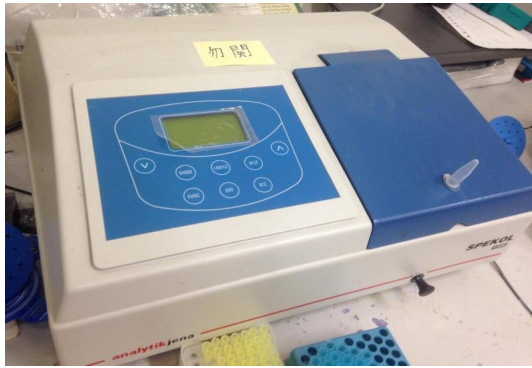
## 2.3 化學試藥配置及檢測

### 2.3.1 材料

37% 甲醛對照用標準品購自景明化工股份有限公司。乙醯丙酮為分析用試劑、甲醛採用液相層析級，冰醋酸及醋酸銨均為試藥特級，皆購自昭和化學株式會社。

### 2.3.2 儀器設備

本實驗使用分光光度儀(圖 2-4)、震盪混和機(vortex mixer)(圖 2-5)、標準電子天平(圖 2-6)、連續式蒸餾系統(圖 2-7)、數字型攪拌器及加熱板(圖 2-8)



(圖 2-4) 分光光度儀



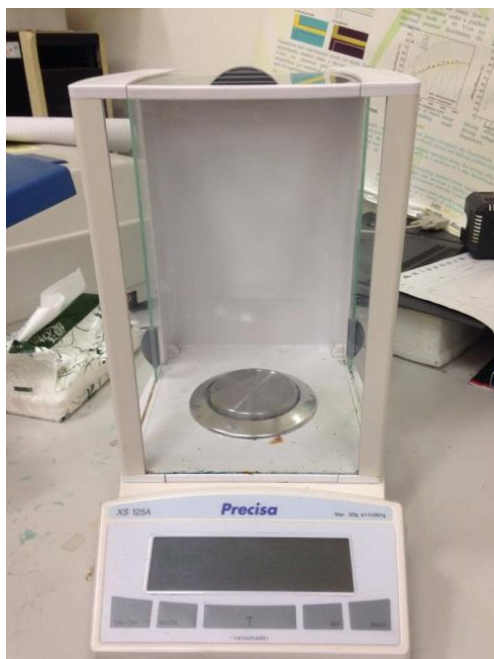
(圖 2-7) 連續式蒸餾系統



(圖 2-5) 震盪混和機



(圖 2-8) 數字型攪拌器及加熱板



(圖 2-6) 標準電子天平

### 2.3.3 試藥配置

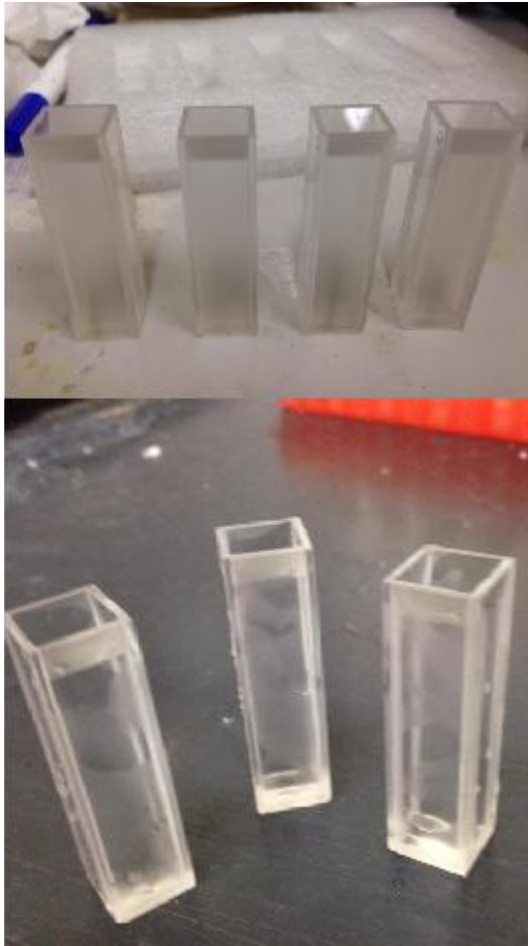
1. 甲醛標準溶液之配製精確量取適量甲醛對照用標準品，以甲醛稀釋至 0.5、1、2、4、8 ppm，供作標準溶液。
2. 乙醯丙酮溶液之製備  
稱取醋酸銨 1.50 g，加醋酸 30 $\mu$ L 及乙醯丙酮 20 $\mu$ L，混合均勻，加去離子水使成 10 mL。[9]

### 2.3.4 標準曲線之製作

精確量取甲醛標準溶液 500 $\mu$ L，置於試管中濃度分別為 0.5、1、2、4、8 ppm，各別加入乙醯丙酮溶液 500 $\mu$ L，使用震盪混和機(vortex mixer)混合均勻後，置於數字型攪拌器及加熱板上恆溫 100 $^{\circ}$ C 沸騰水浴中加熱 15 分鐘，取出並冷卻至室溫，以分光光度計在波長 425 nm 處測定吸光值，以所得知吸光值與相對之甲醛標準溶液濃度(ppm)繪製標準曲線，並計算出趨勢線之線性方程式。[4]

### 2.3.5 晶片萃取液檢測

精確量取蒸氣晶片蒸餾收集之萃取溶液 500 $\mu$ L，置於檢測管，加入乙醯丙酮溶液 500 $\mu$ L，使用震盪混和機混合均勻後，放置沸騰水浴中加熱 15 分鐘，取出冷卻至室溫，將檢液倒入石英管中(圖 2-7)，以分光光度計在波長 425 nm 處測定其吸光值。



(圖 2-7) 石英管

### 2.3.6 晶片萃取液甲醛濃度計算

將萃取液所得之吸光值代入標準曲線的趨勢線線性方程式，轉換成濃度值(ppm)，之後代入公式(式 3.1)，回推計算出檢體之甲醛濃度。[5]

$$\text{檢體甲醛濃度(ppm)} = C \times V/W$$

C：檢液之吸光度經由標準曲線所求得甲醛之濃度 ( $\mu$ g/ml)

V：蒸氣晶片的蒸餾收集量( $\mu$ L)

W：檢體之取量(g)

### 三、結果與討論

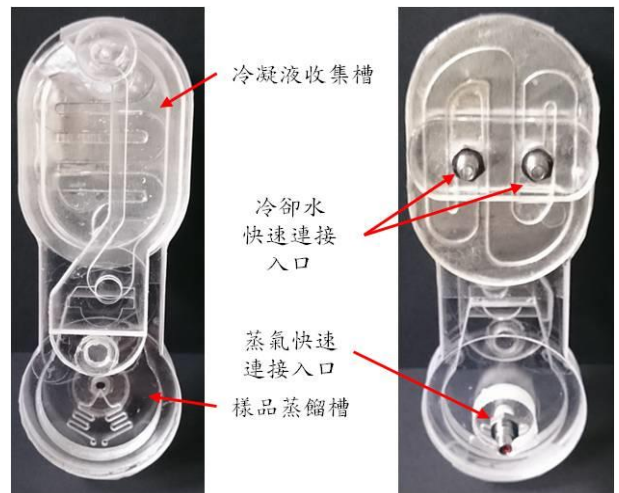


圖 3-1 晶片正反面示意圖

本實驗蒸餾晶片，使用 2 片 6mm、1 片 4mm、2 片 3mm、1 片 2mm、10 片 1.5mm 的 PMMA 做結合(圖 3-1)層構造能有更多的蒸餾區域提供蒸餾，並更能有效率的分餾食品中的甲醛以供檢測所需。



連續式蒸餾系統

次數	0.5	1	2	4	8	PPM
1	0.027	0.119	0.255	0.46	0.921	
2	0.062	0.136	0.247	0.48	0.921	
3	0.089	0.156	0.234	0.47	0.917	
平均	0.059	0.137	0.245	0.470	0.920	

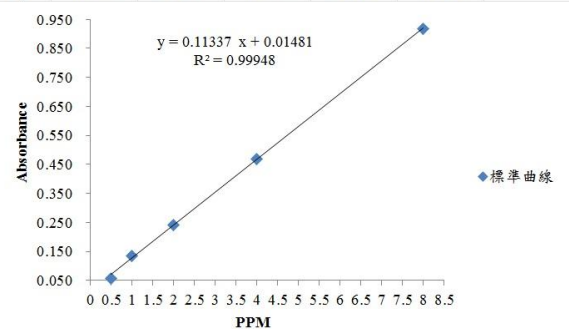


圖 3-2 標準曲線圖



圖 3-2 是濃度 0.5、1、2、4、8ppm 分別經甲醛蒸餾晶片蒸餾後，分餾出的萃取物在分光光度機 425nm 的吸光下，測出的數值，並將其繪製成標準曲線圖。

#### 四、結論

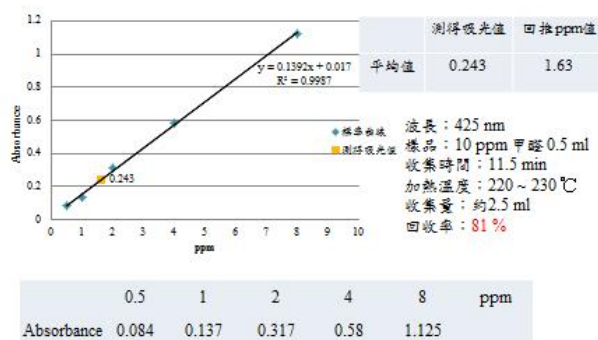


圖 4-1 結果曲線圖

圖 4-1 是實測樣品 10ppm 經甲醛蒸餾晶片蒸餾後，分餾出的萃取物在分光光度機 425nm 的吸光下，透過公式並回推出檢體甲醛濃度。

本研究以 PMMA 為基材，使用 CO<sub>2</sub> 雷射加工機台做晶片成行加工，製程快速且大量，又有可拋棄式之優點，節省成本還解決了儀器使用後續清洗以及清潔度之問題；蒸餾晶片以及冷凝晶片的設計，將整體龐大的水蒸氣蒸餾系統縮小至掌上的大小，達到微型化的目的。與傳統蒸氣蒸餾法做比較，本實驗研發之微流體甲醛萃取晶片優勢如下：

1. 微型化晶片設計，大幅縮小了整體實驗儀器的體積與重量。
2. 使用自組式加壓水蒸氣系統，系統採電熱塊加熱，與傳統瓦斯爐比較至少縮短兩小時加熱時間，透過可調式蒸氣控制閥能夠更穩定且快速的供給水蒸氣。
3. 可調式蒸氣控制閥能夠更穩定且快速的供給水蒸氣。
4. 三層式蒸餾晶片的設計，大幅提升甲醛萃取的回收率，並且降低檢體樣品所需的量由 50g 縮減至 0.5g 以下。
5. 冷凝晶片的設計，除了依舊有良好的冷卻效果外，外接的水冷卻系統所需之水量以及抽水馬達都大幅縮小，更節省能源。
6. 由於是微量萃取，收集液量只需 10mL 便可供做檢測。
7. 整體甲醛萃取晶片運作時間縮短至 15 到 20 分鐘之內，比起傳統蒸氣蒸餾法動輒 50 分鐘以上的蒸餾等待時間更為省時。

除上述，優勢之外，經實驗測試結果，本實驗研發之微流體甲醛分餾晶片確實能從食品中分餾甲醛以供檢測。

#### 五、致謝

本專題非常感謝傅龍明教授的細心教導，以及實驗室裡博、碩班的學長姐們的協助，提供我們這麼好的實驗室環境，讓我們在短時間內學到很多以往沒接觸到的領域，也從教授以及學長姊身上學到做研究認真的態度還有做學問精確的嚴謹，當我們在實驗過程中遇到困難時，教授跟學長姐不會馬上告訴我們該怎麼做，而是要我們透過思考想出辦法解決，也培養出了找出問題點、解決問題的能力。也特別感謝負責指導我們的朱偉中學長以及邱佳棋學長，就算他們在忙，也毫不猶豫地幫助我們，即使他們手邊工作很多，讓我們培養出精細配藥技術、準確的實驗數據，更提醒我們身為工程人該有的理念。

#### 六、參考文獻

1. 簡頌，2013，微流體甲醛萃取晶片，碩士論文，國立屏東科技大學。
2. 李國賓，2005，下一波生物晶片：微流體生醫晶片，科學發展，385：72-77 頁。
3. 謝博銓，2012，天然精油的抽提工藝，科學發展，469：10-13 頁
4. 行政院衛生署，2001，食品中甲醛之檢驗方法，衛署食字第 0900018531 號公告。
5. 行政院衛生署，2001，食品中甲醛之檢驗方法(二)，衛署食字第 0900025822 號公告。
6. Zhang L. G., Zhang C., Ni L. J., Yang Y. J., Wang C. M. (2011) Rectification extraction of Chinese herbs' volatile oils and comparison with conventional steam distillation. Separation and Purification Technology 77:261-268.
7. Snakenborg D., Klank H., Kutter JP. (2004) Microstructure fabrication with a CO<sub>2</sub> laser system. Journal of Micromechanics and Microengineering 14:182-189.
8. 行政院環境保護署，2005，共沸蒸餾法，環署檢字第 0930068044 號公告。
9. 食品藥物管理署研究檢驗組，2013，化粧品中甲醛成分之分析方法探討，食品藥物研究年報。

#### 七、評審老師的問題與討論

1. 請問你們團隊的晶片和以往的晶片差別：過去的晶片大而複雜，我們改良成小而簡單。
2. 回收率的定義：原本代測的量經過晶片蒸餾後所取得之量處以原代測物的量的百分比。
3. 81% 有沒有辦法變 100%？  
沒辦法，因為甲醛太容易揮發，只能接近 100%。

## Fractionation microfluidic device

Student Name: Shan-Xun Lan, Yen-Cheng Liu, Yu-Wei Zhan

Supervisor: Dr. Lung-Ming Fu

National Pingtung University of Science and Technology  
Biological and Electromechanical Engineering

### Abstract

The laboratory will be a conventional distillation apparatus for microchip technology, we developed a three-layer distillation wafer and wafer runner condensing formaldehyde bonded microfluidic chip distillation to fractionation of formaldehyde in food do testing. The disadvantage microfluidic systems utilizing technology improvement of traditional steam distillation method.

### Traditional steam distillation shortcomings

1. The machine itself is huge
2. transport to do for a long time
3. The test sample quantity

Keywords: distillation chip, formaldehyde, microfluidic systems, steam distillation, PMMA, CO<sub>2</sub> laser processing



# 多元載具半自動化性能分析

學生姓名:吳承霖、郭鎮維、袁濬智  
指導老師：洪辰雄 助理教授

國立屏東科技大學  
生物機電工程系

## 摘要

科技進步快速的時代，就目前從事農業的人們在採集農作物以及在各種崎嶇地形的農地上會用到各式各樣的載具來做為運輸工具使其作業更為方便，在目前人們使用運輸工具來進行作業的方式大部分都具有效率低、作業辛苦、及作業時噴霧粒子過於接近人體等缺點。在本次專題研究上，以一台多功能性的電動載具，藉此來探討此載具各架構的作動原理、各大系統實測分析並且改良其載具能使載具本身更為便利等。

此次專題主要探討將農業上所使用的電動多元載具之架構及性能分析介紹以外；另外有研究設計利用藍芽無線通訊軟體加以改裝成可遠端前後遙控其運動狀態的載具，並且實測上路測試其可行性、穩定性。

**關鍵字:**電動載具、半自動控制、系統分析

## 一、引言

傳統農業上多數使用汽、柴油為動力，其載具容易造成空氣上的污染，因應近年來環保意識抬頭設施栽培逐漸普及，在本次實驗的載具所用電能來作為動力來源，電動車具有操作成本低、安全、使用方便、減少各式污染及低噪音等優點。隨著石化燃料逐漸減少，替代能源的地位、研究更顯得重要，然而在農業機械設施生產的電動載具之研究亦為重要。噴霧技術方面來說，它需要開發良好的動力自走機台為基礎，本實驗研究之噴霧系統機具，亦可改為自走機台，希望未來可以逐步向自動化機具邁進。

因此本研究目的為研究電動載具，乘載噴霧系統，並進行行走及噴霧性能試驗。全機包括行走馬達、機台升降油壓系統，兩者均採用電力驅動。噴霧幫浦採用 2.4hp 的農用四行程汽油引擎來驅動；另外有研究設計利用藍芽無線通訊軟體加以改裝成可遠端前後遙控其運動狀態的載具。

國家中山科學研究院在 2010 年運用 LabVIEW 和其他程式成功的為無人載具提供操作，在民間，經常使用無人飛行載具來做航照、氣候觀察等用途，近幾年，美軍也成功研發多種無人地面載具，成功展現無人地面載具在各方面成功運用；LabVIEW 這套軟體，程式是以圖示拉法來編輯，所以簡單易懂，不需要太複雜擺長，程式更改容易，因此本次實驗也採用了 LabVIEW 這個軟體作為程式的控制介面，如表一。

	
<p><b>降低複雜度</b> 運用直接式的圖形化程式設計語法，可以讓工程師直接將構想轉換為程式碼。</p>	<p><b>數一數二的硬體整合</b> 可透過各種匯流排，擷取各種量測硬體的資料。</p>
	
<p><b>豐富的分析與訊號處理</b> 針對資料分析與進階控制開發演算法。</p>	<p><b>客製化使用者介面</b> 簡單好用的拖曳介面有助於快速開發其介面。</p>

表一、LabVIEW 優勢

在近年來 Arduino 被廣泛運用在教育訓練上，尤其深受設計師或藝術家的喜愛，因為他們不需要有豐富的程式設計或是電子學這樣的技術背景，也能夠開發出想要的雛型。由於 Arduino 設計是為了讓非技術人員也能輕易上手，所以其軟體包含了許多的程式範例來說明板子的許多功能。除此之外，可透過 Arduino 論壇和 Arduino 的維基百科來找到許多 Arduino 社群

所提供的豐富資源，包括許多軟硬體開發的範例和解決法。其程式本身也具有很好的互動能力，即使不透過實體線路或 TCP/IP 網路連接，也能以遠距離方式來互動，如：藍芽、WI-FI 等。其社群上涵蓋許多簡單且低成本的無線模組來做應用；本次實驗採取了經濟實用的 XBee 無線藍芽模組，來搭配 Arduino，範圍從「以無線方法取代串列埠傳輸」到「以 XBee 連接多個板子建立網狀網路」。

## 二、研究內容與方法

本次專題研究內容在於先瞭解各大系統操作的過程與電動噴霧車的車體架構，主要是先將載具分成三大系統來做討論，分別是噴霧系統、液壓系統與電力系統，再來將三大系統做探討分析線路，最後再將三大系統所實驗的測量值將其數據化分析，(如圖一)。

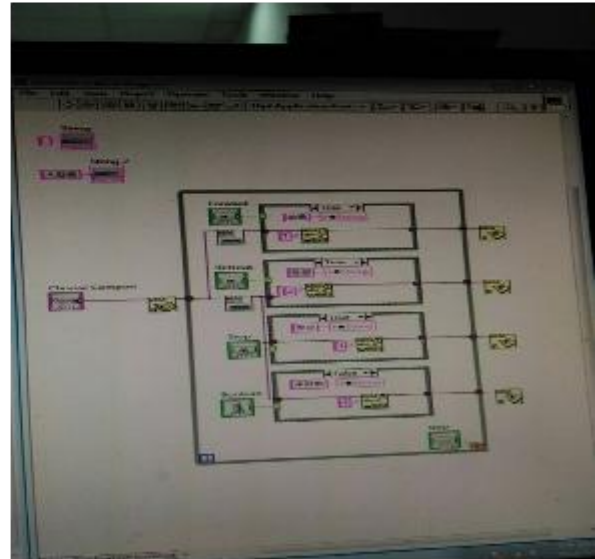


圖一、多元載具之三大系統

在半自動化的部分，主要是將電動噴霧車以人力操作運動的方式改變成半自動化電動載具；主要使用到 LaView 來設計操作介面其包含了激磁開關 ON 與 OFF 以及前進、後退、停止，(如圖二、圖三)，當按下按鈕時筆電發送藍芽訊號給 Arduino 上的 XBee 版接收藍芽訊號後，產生相對的訊號相對應的 pin 腳，輸出電壓以小電壓驅動大電壓的方式使載具達到所要求的運動型態。



圖二、LaView 程式介面



圖三、LaView 編輯程式

### 2.1 實驗材料

材料名稱	數目
電動多元載具	1 台
Arduino 模組	1 組
XBEE 藍芽模組	1 組
XBEE 藍芽模組轉接板	1 組
杜邦線	3 包
電磁繼電器 DC5V-10AH	3 顆
電瓶 DC12V-7AH	2 顆

電瓶 DC6V-4AH	1 顆
筆電	1 台
皮尺	1 個

表二. 實驗材料

## 2.2 三大系統分析

### 2.2.1 噴霧系統分析

噴霧系統主要是以一具農用四行程汽油引擎以外接皮帶的方式來帶動噴霧機。噴霧機上其出水壓力主要可藉著噴霧機上壓力調整閥，以及引擎本身的動力輸出的大小來調整出水壓力，(如圖四、五);測量步驟為將出水閥壓力調至 1/3、2/3、全開，再將引擎動力開至最大，壓力固定後，重複測量單顆噴水頭噴水量、最遠、最高距離取其平均值以及可調整角度(如圖五、六、附錄);噴水頭霧量量測，實驗主要是拿寶特瓶罐可密合塞住噴水頭，然後將出水閥壓力調至 1/3、2/3、全開，計時 60 秒後以量杯測量來得到噴霧量的數值重複數次取其平均值，(如圖六、附錄)。



圖六、噴水量測試



圖四、出水壓力調整閥



圖五、控制引擎動力輸出

測量噴水頭最遠距離，主要先將出水閥壓力調至 1/3、2/3、全開，壓力固定後，並以皮尺測量距離得到其測量數值重複數次取其平均值；最高高度亦也是用同樣方法，(如圖七、八)。



圖七、噴水最遠距離

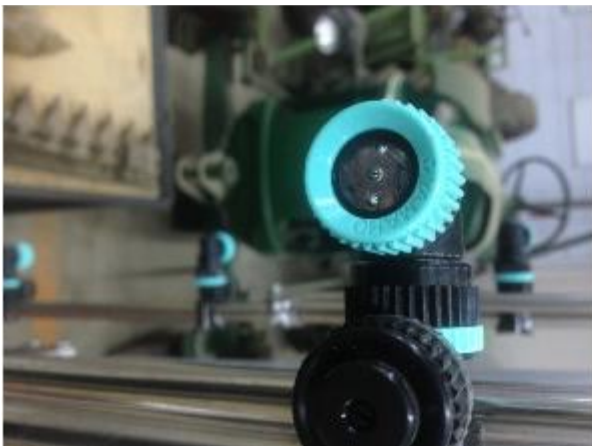


圖八、噴水最高距離

噴水頭角度在本身的設計上，可以轉 360 度，但是有轉角約 60 度是屬於關閉，不會噴水頭噴出，剩餘轉角約 300 度是屬於可作用噴水的角度，(如圖九、十)。



圖九、噴水頭



圖十、噴水頭

單顆噴水頭每分鐘噴水量 1.1 公升，總共 12 顆噴水頭總計噴水量為 13.2 公升，其噴灑角度調整值為 300 度以及噴灑距離最大值為 5.4 公尺、最大高度為 2.2 公尺。

### 2.3.1 油壓系統

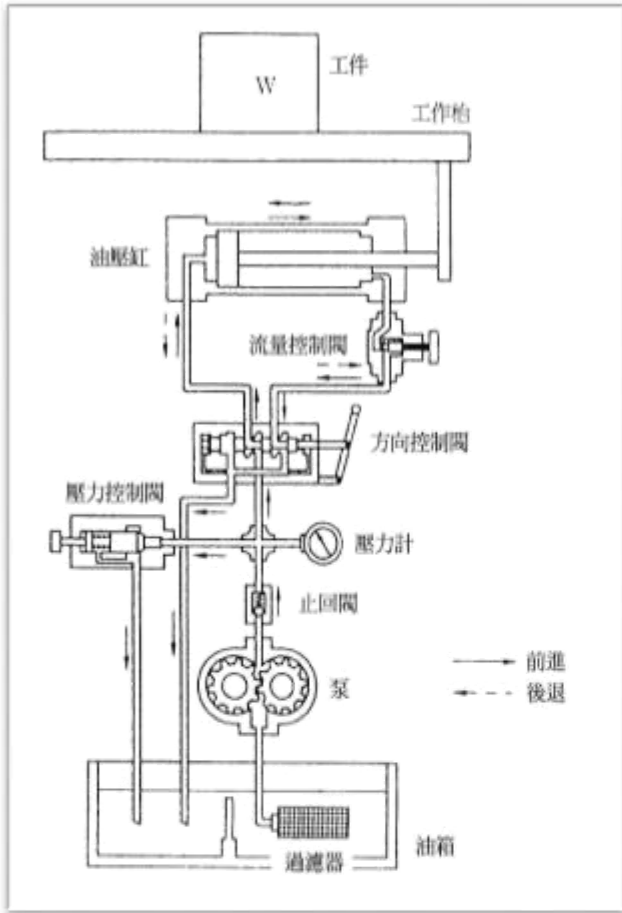
升降作業平台以左右兩組平行機構搭配油壓缸之伸縮而升降，升高平台之油壓動力由一個小型油壓單元(包含馬達、油壓幫浦、油箱、電磁閥與油路板等)供應，(如圖十四)，以控制桿操平台之升降，當控制桿前推時，油壓系統啟動，進而驅動單動柱塞式油壓缸而升高作業平台而上升，當控制桿後拉，電磁閥作動，以自然重力方式下降，(如圖十五);其能量轉換及動力傳遞內部構造，(如圖十六、十七)。



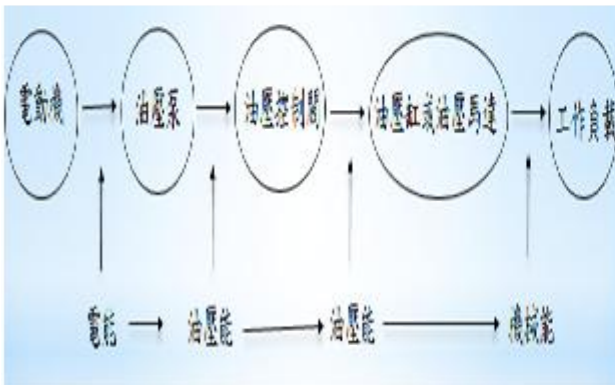
圖十四、小型油壓單元



圖十五、液壓升降控制桿



圖十六、油壓內部構造



圖十七、油壓系統能量轉換及動力傳遞

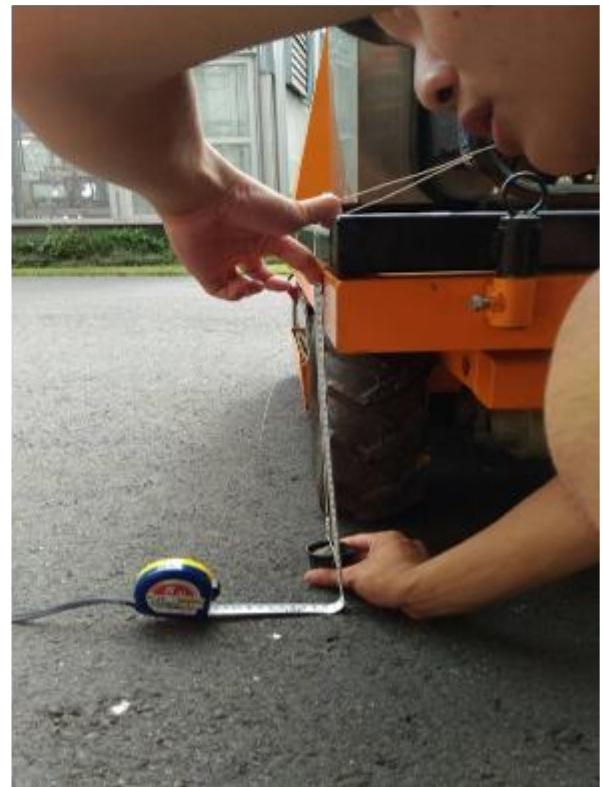
### 2.3.2 油壓系統量測

量測項目，主要以升降作業機測量平地之最大舉升重量（以上皆不含機上操作人員重量）、最低與最高平台高度，以及系統作動、結構分析。

在載具油壓式平台的最大舉升高度，是依據地面到載具平台的距離來為基準，主要用皮尺量得，（如圖十一、十二）。



圖十一、量測油壓式平台的最大舉升高度



圖十二、量測油壓式平台高度

平地最大載重量測量方式是以人的體重以及磚頭的總重量，來測試其最大載重量（如圖十三）。





圖十三、圖中重量約 250KG



圖二十、減速馬達機構

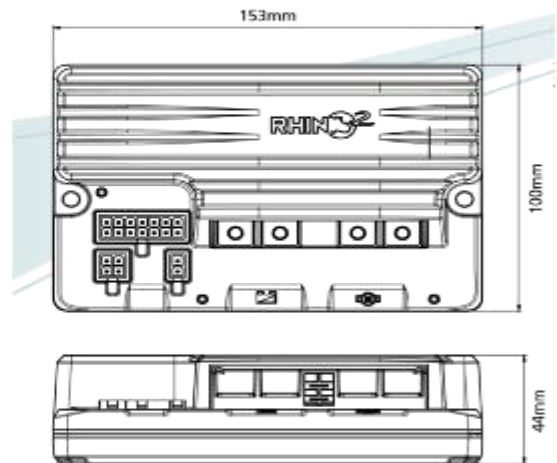
### 2.2.4 電力系統分析

載具本身動力源為兩個並聯的 24V 直流電池，在本機上有附外接式充電器，(如圖十八、十九。)可直接連接一般市電充電。行走部分以 DC24V- 0.95kW 直流馬達驅動，車速可由無段控制旋鈕調整(即可變電阻)，馬達直接將動力傳動至減速差速齒輪箱再驅動前輪軸，所以在轉向時前輪俱有差速功能，(如圖二十)。另裝設前輪常閉式電磁煞車系統，此煞車系統平時即以正向彈簧力產生摩擦力將車輪軸鎖住，於直流馬達作動時，電磁吸力作用而解除煞車。當煞車時，電磁煞車盤與直流馬達皆停止供電，以彈簧力產生摩擦力達成制動與停駐目的。

整台車的電力系統，主要是以一台 RHINO2 的微型電腦來做控制(如圖二十一)，電腦本身主要是以無斷變速扭與油門開關的可變電阻來做電阻變換，再輸入給電腦，做數據參考，電腦會在依多少的電阻，來做電壓及電流的輸出，(如圖二十二)。



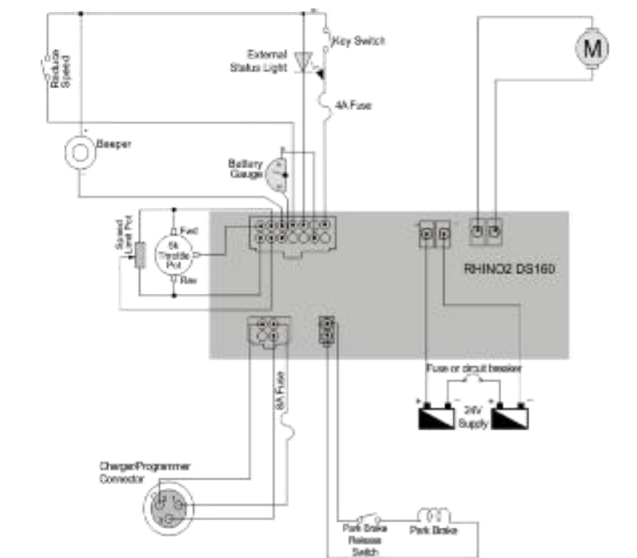
圖十八、電瓶



圖二十一、微型電腦



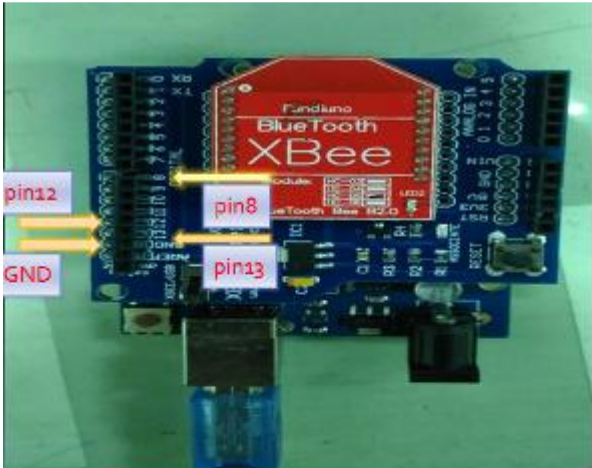
圖十九、外接式充電器



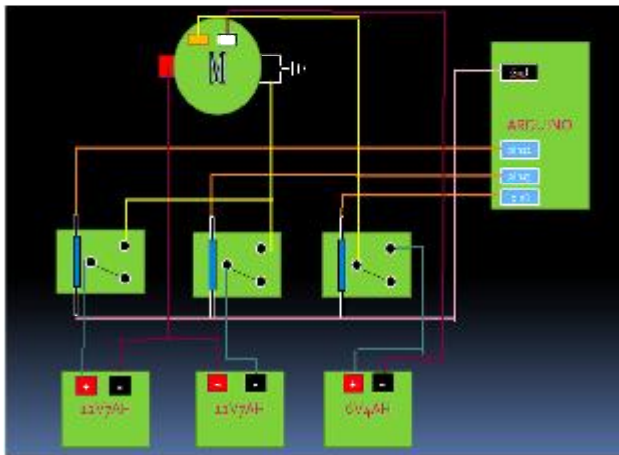
圖二十二、載具電力系統接線圖

### 2.3 半自動化設計

其控制方式先以 LaVIEW 程式編寫人機介面透過筆電的藍芽傳送訊號給 Arduino 的藍芽模組 XBee，XBee 接收訊號後，轉傳給 Arduino 主板輸出相對應的訊號給電路配線上的接腳 PIN12、PIN13、PIN8，接腳訊號在傳入給各個電磁繼電器，再讓電磁繼電器以小電壓驅動大電壓的方式來控制馬達上的激磁開關及前進、後退，藉由達到遠端前後遙控的目的地，(如圖二十三、二十四)。



圖二十三、Arduino 與 XBee 藍芽模組



圖二十四、半自動化示意圖

## 三、結果與討論

### 3.1 系統分析數據

#### 3.1.1 噴霧系統分析

測量項目	數據結果
輸出管路口徑大小	8.5mm
輸出管路壓力	1Pa
噴架連桿結構左右側	2 支
單支連桿上的噴頭	6 粒
在固定的壓力下之總噴	13.2(L/min)

霧流量	
在固定的壓力下之單粒噴霧流量	1.1(L/min)
水箱內容量(長)	62cm
(寬)	54cm
(高)	44cm
體積容量	$147312 \text{ cm}^3 \div 15 \text{ cm}^3$
汽油引擎(Power)	2.4HP
(PRESSURE)	$35 \text{ kgf/cm}^2$
噴水頭噴灑最高高度	2.13m
噴水頭噴灑最遠距離	5.8m
噴水頭噴灑角度	270 度

#### 噴水頭最遠噴灑距離數據表(單位:m)

測量方式將須測量的噴水頭以外的噴水頭關閉，取其左右各三類以不同的出水壓力測量其數值，取平均值。

壓力閥開啟	1/3	2/3	全開
平均距離(m)			
左 1 號	1.97	3.33	5.61
左 2 號	2.01	3.26	5.65
左 3 號	2.01	3.31	5.62
右 1 號	1.97	3.66	5.80
右 2 號	1.99	3.65	5.59
右 3 號	2.03	3.32	5.61

#### 噴水頭最高高度數據表(單位:m)

測量方式將須測量的噴水頭以外的噴水頭關閉，取其左右各三類以不同出水壓力測量其數值，取平均值。

壓力閥開啟	1/3	2/3	全開
平均高度(m)			
左 1 號	0.97	1.62	2.12
左 2 號	0.98	1.64	1.63
左 3 號	0.98	1.63	2.13
右 1 號	0.96	1.62	2.13
右 2 號	0.97	1.64	2.12
右 3 號	0.98	1.65	2.12

#### 噴水量數據表(單位:L)

測量方式將須測量的噴水頭以外的噴水頭關閉，取其左右各三類以不同出水壓力測量其數值，取平均值。

(單位: L/min)

壓力閥開啟	1/3	2/3	全開
平均出水量			
左 1 號	0.53	0.89	1.15

左 2 號	0.54	0.80	1.10
左 3 號	0.55	0.87	1.09
右 1 號	0.55	0.85	1.11
右 2 號	0.56	0.90	1.15
右 3 號	0.49	0.84	1.08

### 3.1.2 油壓系統分析

測量項目	數據結果
平台最低離地高度	435mm
平台最高離地高度	1000mm
平台舉升行程	700mm
平地最大載重	600kg
油壓缸最大承受壓力	250bar
油壓缸標準壓力	100bar
油壓馬達	DC24V

### 3.1.3 電力系統分析

分析項目	數據結果
電瓶數量	2 顆
電瓶電壓	24V
行走馬達	DC24V- 0.95kW
電磁煞車	DC24V-16.3w
充電機	電子式 8AH
充電時間 (hr)	5-6hours
微電腦控制器	DC 24V

### 最大載重量數據表(平地測量, 單位:KG)

時速表錶速 測量約值	100km/hr	80 km/hr
	第一次	380KG
第二次	385KG	315KG
第三次	385KG	310KG
第四次	380KG	313KG
第五次	383KG	315KG
平均值	383.3KG	313.3KG

### 電力系統電阻數據表

無段變速扭 (如圖十七)	油門電阻(作 動時)(如圖十 八)	油門電阻(不 作動)
Max 時 21.7kΩ~ 21.8kΩ	白灰線 前進:5.27kΩ 後退:0.4~ 0.5Ω	白灰線 2.95k~ 2.96kΩ

Min 時 2.2Ω	白藍線 前進:0.4~ 0.5Ω 後 退:5.28kΩ	白藍線 2.58kΩ
---------------	--------------------------------------	---------------



圖二十五、無段變速扭



圖二十六、油門電阻

### 3.2.1 半自動化製程

本次實驗半自動化的初衷在於能否使其載具在操作上更加便利，於是經過指導教授以及學長討論下決定嘗試將其載具半自動化操作；起初再配線電路方面，一開始以控制電腦輸出後的值，來做配電線路上的數據採用，但是後來發現到，此值會因為電瓶的電壓值在使用上的銳減，以及電力系統上的可變電阻值改變，而測量出的結果也有所改變，再加上載具本身的電腦程式目前無法做到完全的了解，經過實驗討論後，最後決定用最簡易的方式，直接控制步進馬達，即步進馬達的啟動電路沒有經過電腦，而是而外給它一個電源啟動，直接控制此電源來達成所謂的半自動效果。

在程式介面上一開始以 C++Builder 6 撰寫操作，在此程式完成後在應用的情況下，C++Builder 6 介面經由電腦藍芽發送給予 Arduino 上的藍芽模組來接收訊號，後來發現 C++Builder 6 所傳出的藍芽訊號與

Arduino 的藍芽訊號在接收上較為不良，造成我們操作過程中訊號不斷的中斷，於是經過與學長討論過後，學長推薦改用 LaBview 來撰寫其程式的操作介面，訊號連結上會增強了許多，但是還是會因為一些不確定因素造成實驗過程訊號中斷，後來經過學長的說明，疑似藍芽模組本身與 LaBview 連線上貌似也有些障礙造成訊號不良，經過幾次實驗後發現一般的藍芽版在訊號接收上也較為不良，後來經過數次不斷的測試，才發現到 XBee 版的藍芽模組在訊號連接是最強的，也比較不會有接收上的障礙；那在實測上車的實驗過程，也發現說天氣狀況也會造成訊號的變動；下雨天的時候訊號連接上比大晴天的時候更容易造成訊號的中斷。

#### 四、結論

本次實驗藉由分析載具本身各個主要系統，並且在過程嘗試替載具增加其他的功能，譬如：半自動化等等，分析過程中第一道大難關想必是電力系統分析的部分，不斷的測試每一個狀態下電阻、電壓的變化，由於無法得知載具本身電腦內部程式是如何撰寫作動程式，只好用土法煉鋼的方式一點一滴地去測量每一個元件的變化數值會使得運動狀態的改變。

那在規畫半自動化過程中首要遇到的困難點在於程式撰寫這塊，無論是 C++Builder 或 LaBview、Arduino 在程式撰寫上都是截然不同，學習一個從未接觸過的領域需要花上許多時間，更何況是博大精深的程式設計且還是三種不同架構的程式，但是經過老師以及學長們的細心、耐心指導終究將程式撰寫成功；那在自動化整合部分過程中發生過繼電器規格買錯，造成繼電器燒毀，還有線路互相接觸到造成短路…等問題，不過後來經過許多次的實驗，最後也達成了實驗目的。

那在未來希望能夠更加詳細的去分析各大系統，也更希望能有更多的儀器來協助，那在載具自動化部分希望能更加完善其功能，變成全自動化的控制車，不只是單單只有運動型態的改變，未來能朝向人工智慧去判斷，也能依指令去幫助農業上面帶來更大的效率。

#### 3.2.2 半自動化載具最大負載量量測。(單位:KG)

電瓶	12v7Ah 電瓶
測量約值	
第一次	150KG
第二次	155KG
第三次	153KG
第四次	153KG
第五次	155KG
平均值	153.7KG

#### 3.2.3 半自動化載具最大速度量測。(單位:KM/HR)

電瓶	12v7Ah 電瓶
測量約值	
第一次	10.6 km/hr
第二次	11.3 km/hr
第三次	10.8 km/hr
第四次	10.7 km/hr
第五次	11.1 km/hr
平均值	10.7 km/hr

#### 五、致謝

感謝洪辰雄老師這些日子以來的指教及幫助，一路上扶持著年輕學子們，慢慢教導學生們所需要的相關知識即使不是自己的領域也盡所能地提供資源讓學生學習，這裡也非常感謝展宏學長、清同學長、星萌學長，謝謝你們耐心教導程式方面的問題，從無到有一點一滴地累積程式撰寫的經驗，對此深感謝意，這一年來以來謝謝所有給於幫助、提供意見的人，沒有你們就沒有這完善的專題，也沒有了現在的成果，謝謝。

#### 六、參考文獻

- [1] 四維機械廠公司  
<http://www.su-weis.com.tw/about-us.html>
- [2] (WINNER)武漢機械世界級製造商  
<http://winnerhydraulics.com/cht/aboutus.htm>
- [3] 仟岱有限公司  
<http://www.chaintail.com/cht/>
- [4] 晟豐機械  
[http://www.fleetlift.com.tw/products\\_detail.php?cid=10&pid=23](http://www.fleetlift.com.tw/products_detail.php?cid=10&pid=23)



圖二十七、12v7Ah 電瓶實測各類數值

[5] DYNAMIC CONTROL

<http://dynamiccontrols.com/en/careers>

[6] CTENGINEERING 建東精

[http://www.ctengineering.com.tw/index\\_tw.asp](http://www.ctengineering.com.tw/index_tw.asp)

[7] ArduinoCookbook 錦囊妙計 Michael Margolis 著

第十章:遠端控制外部裝置,第十四章:無線通訊

[8] ELVIS 簡介-NIELVIS、Multisim 與 LabVIEW

作者:Barry Paton 教授(Dalhousie University)

出版單位:美商國家儀器

[9] LabVIEW360 基礎教學

<https://www.youtube.com/watch?v=WviuKGGJeG0&list=PLAoR-mhPYrPSezrq43a7Xd5LoArpb00v3>

## Capability analysis of semi-automatic of Multifunctional vehicle

Chen-Wei Guo , Jun-Zhi Yuan, Cheng-lin Wu

Assistant Professor : Chen-Hsiung Hung

Department of Biomechanics Engineering National  
Pingtung University of Science and Technology

### Summary

Era Of scientific and technological progress,people of being engaged in agriculture, harvesting crops and use a variety of carrier as a means of transport to make the job easier in a variety of rugged of agricultural land, at present.People use transportation to work the way, having low efficiency,working hard and spray particles are too close human body defect etc.

Research on this topic, we use electric vehicle of versatility to explore this actuation principl of each vehicle architecture, the major system measurement analysis and improve vehicle itself to make it more convenient and so on.

The main topics are exploring outside of architecture and introduction of performance analysis of Multiple electric vehicle in agriculture.

Another we researched design to use Bluetooth wireless communication software and converted into a distal remote control the vehicle of back and forth motion,and tested its feasibility and stability.

Keyword: Electric vehicle, the semi-automatic control, system analysis



# 二行程引擎噪音探討與研究

學生姓名：康豐嘉、范存延、張博勝

指導老師：洪辰雄 教授

國立屏東科技大學

生物機電工程系

## 摘要

本專題探討不同排氣管與更換消音棉以及加裝消音器，比較出噪音較低者，並探討其差異性，以減少使用者在使用二行程引擎受到其所發出噪音之危害。

在研究實驗後採用不同排氣管、改良之原廠排氣管、加裝消音器，來探討對二行程引擎其噪音之影響。分別以 1.5M、3M、5M，怠速(約 1800rpm)、4000rpm，頻率在 60~100HZ 來做量測。

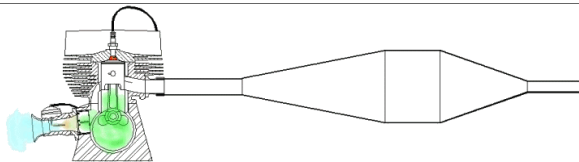
關鍵字：二行程引擎、噪音

## 一、引言

在尚未有機械出現之前人類從事需耗費勞力的工作大多是藉由人力或是獸力，在機械出現後人力的消耗減少了許多。例如：一個人掃校園的落葉，會耗費許多時間，但有了二行程引擎的運用—吹葉機，不僅減少時間的消耗也減少體力的消耗。

二行程引擎的工作原理：二行程引擎工作迴圈是由進氣、壓縮、動力、排氣四個行程所組成，曲軸旋轉一圈，活塞上下各作動一次，完成一次工作迴圈之引擎，而二行程引擎之汽缸上，設有進氣孔、排氣孔與換氣(掃氣)孔，進氣孔、排氣孔與換氣(掃氣)孔通過活塞在汽缸中上下運動時會開與閉。(如圖 1)

圖 1



而在引擎作動中，會產生噪音，其噪音來源分五類：(一)燃燒噪音：汽缸內來回點火爆炸產生的噪音。(二)機械噪音：引擎驅動運轉產生的噪音。(三)脈衝噪音：引擎在進排氣行程中吸取空氣與排出廢氣所產生的噪音。(四)氣流噪音：吸入空氣經由空氣濾清器入口或是內部時產生亂流的噪音。(五)振動噪音：進排氣氣體與引擎振動使排氣管或是消音器表面產生振動的噪音。

噪音是無形的，但對人體卻是最直接的。不同音量的噪音亦有不同的影響程度，噪音對人體的影響

如表 1 所示：

表 1

噴射引擎	140dB	耳膜破裂
噴射機起飛	130dB	耳朵有疼痛感
警笛	110dB	心電圖變化
地下鐵路	90dB	內分泌變化
電視、收音機	70dB	血管收縮，血流量減少、注意力減少
普通會話	60dB	計算能力降低

法規規定噪音如表 2：

表 2

管制區	日間	晚間	夜間
第一、二類管制區	100dB	80dB	70dB
第三、四類管制區	100dB	85dB	75dB

日間：第一、二類指上午六時至晚上八時；第三、四類指上午七時至晚上八時。

晚間：第一、二類指晚上八時至晚上十時；第三、四類指晚上八時至晚上十一時。

夜間：第一、二類指晚上十時至翌日上午六時；第三、四類指晚上十一時至翌日上午七時。

## 二、研究內容與方法

在美好的上課時光，突如其來的一陣巨響，使原本安靜的氣氛，被噪音覆蓋了，不僅是教授上課要跟噪音比大聲，在台下的學生的學生也是聽不清楚，為解決此問題，本專題探討二行程引擎之吹葉機與研究如何改善降低二行程引擎之噪音(如圖 2)



圖 2

### 2-1-1 實驗設備與材料

1. KASEI 落葉吹風機
2. YOKOGAWA 分貝計
3. 轉速表
4. cfm master 8901 風速計
5. NEC F30 紅外線遙測溫度熱像分析儀
6. 震旦 3D 印表機
7. KYMCO 廠牌之 Dio 型機車排氣管
8. 威力一千一貨車排氣管
9. 二行程割草機排氣管
10. 玻璃消音棉
11. 墊片膠
12. 塑鋼土
13. 惰性氣體焊接
14. 電阻焊接
15. 點焊機
16. 鉗工機具
17. 砂輪機
18. 乳膠手套
19. 量測工具
20. CREO 2.0
21. 軟木塞材質墊片
22. 鐵塊及鐵管
23. 鐵網

### 2-1-2 落葉吹風機規格(如表 3)

項目	數值
使用廠牌	 <b>KASEI</b>
風量	0.3(m <sup>3</sup> /s)
淨重	11(kg)
排氣量	63.3(ml)
功率	2.7/6800(kg/rpm)
怠速轉速(如圖 3)	1800±100(rpm)
最高轉速(如圖 4)	6500±100(rpm)

表 3



圖 3



圖 4

### 2-1-3 基礎實驗

轉速 1800rpm 時，出風口風速為 20.38m/s，轉換風壓為 35-52kgf/m<sup>2</sup>，風級第八級，強度為輕度颱風等級。

1800rpm 風速(圖 5)



圖 5



轉速 4000rpm 時，出風口風速為 42.50m/s，轉換風壓為 206~256kgf/m<sup>2</sup>，風級第十四級，強度為中度颱風等級。

4000rpm 風速(圖 6)



圖 6

轉速 6000rpm 時，出風口風速為 86.07m/s，轉換風壓為 499kgf/m<sup>2</sup> 以上，風級十七以上，強度為強烈颱風等級。

6000rpm 風速(圖 7)



圖 7

轉速 1800rpm 時，排氣管溫度約為 132.3°C (圖 8)

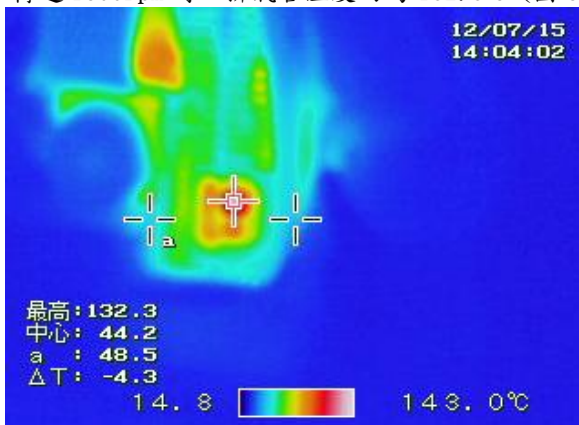


圖 8

轉速 4000rpm 時，排氣管溫度約為 276°C。(圖 9)

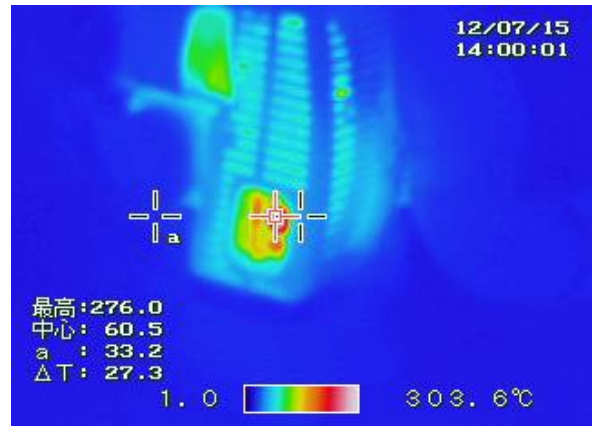


圖 9

轉速 6500rpm 時，排氣管溫度 350°C 以上。(圖 10)



圖 10

### 風扇原理

扇子搨動時，推力會把空氣往下壓，被擠壓的空氣往四周流動而產生風。電風扇則是透過電力讓馬達轉動扇葉，此時靠近扇葉邊緣的空氣流速快、氣體壓力小，靠近軸心的空氣流速慢、氣體壓力大，空氣因而向電風扇邊緣外流動；另一方面，透過扇葉的形狀導引，扇葉表面的空氣沿著扇葉往前進，風扇後方的空氣因氣流壓力關係，持續補充進來形成推進氣流。

關於提升扇葉效能，有葉片設計的角度、葉數及葉形幾項因素。最佳葉片角度及葉數，已有許多研究結果。一般常見的葉形有鐮刀形與梯形扇葉，兩者相比，鐮刀形扇葉運轉時比較平穩安靜，但所能產生的風壓也較小；梯形扇葉容易產生較大風壓，但噪音也較大。

### 風扇拆解

拆解落葉吹風機的鼓風機部分，把外殼拆開即可見風扇(圖 11)，再把風扇上拆卸完成(圖 12)，風扇算是落葉吹風機的飛輪，所以沒有傳動機構，相對地把風扇拆掉引擎也就失去配重而無法達到動平衡，所以引擎轉速會相當不穩定。

當引擎失去配重也等同於失去負載，在引擎無負載狀態下，轉速提升相當快，甚至超出原廠的數值直逼一萬轉。



圖 11



圖 12

### 排氣管拆解

原廠排氣管內部構造(圖 12、13)



圖 12

圖 13

切開原廠排氣管後發現，期內部構造是利用迴流的方式來減少噪音，而原廠排氣管有增設薄薄一層的消音棉，並且利用鐵絲網固定於第一膨脹室內。(如圖 14)



圖 14

汽車排氣管內部構造(如圖 15)



圖 15

引擎燃燒的廢氣，若直接排入大氣，由於高壓的氣體壓力突然降至大氣壓力，會產生很刺耳的噪音。然而，由於氣體在消音器路徑複雜，消音器犧牲了部分排氣的順暢性(降低部分引擎性能)用以換取噪音的減少。

由圖 15 可以看出，其回壓設計分為三個膨脹室，膨脹室彼此之間透過大量細小的孔洞來流通，此構造能有效降低廢氣的壓力並且能透過這樣的機械作用將其頻率降低減少刺耳的噪音。最後，排氣滾本體特殊的雙層外殼能夠有效的減少噪音通過物質的傳遞同時有極佳的隔熱效果。

機車排氣管內部構造(如圖 16 圖 17)



圖 16



圖 17

割草機排氣管(一)內部構造(如圖 18、19)

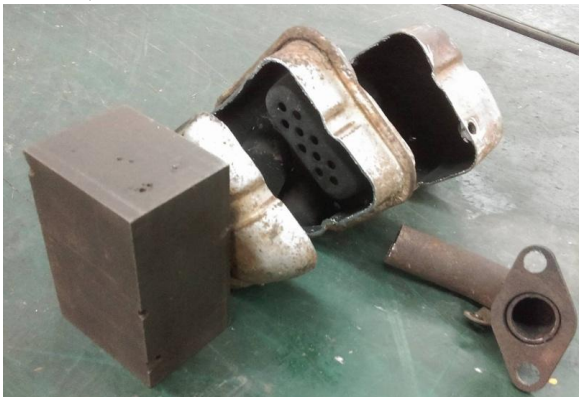


圖 18



圖 19

割草機排氣管(二)內部構造(如圖 20)



圖 20

割草機排氣管(二)切開後，可以很明顯得看到排氣管壁佈滿了消音棉，且消音棉很新，上面只有鐵網的鏽斑沒有油漬，顯然應該不常使用。

更換原廠排氣管消音棉(如圖 21)



圖 21

本實驗採用玻璃棉，玻璃棉是最經濟有效的保溫保冷和隔熱，裝璜隔音，吸音材料。

玻璃棉之所以具有斷熱的特性，主要是因為在棉狀玻璃纖維中夾有數以萬計的靜止微小空氣泡，由於氣體之熱傳導率遠小於固體，故熱量無法有效地透過玻璃棉內微細的氣泡。

玻璃棉之所以具有吸音的特性，主要是因為玻璃棉的纖維極具柔軟性，當聲波侵入纖維之間之空氣穴時，藉由纖維和空氣的磨擦，將聲波的振動能量轉變成微不可測的熱能，而達到吸音的效果，故玻璃棉如應用為吸音材料，不但能夠有效的消除噪音，並可達到保護人類聽覺的目的。

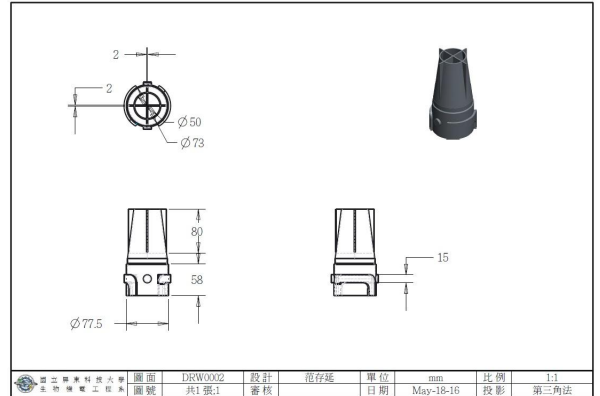


圖 24

可在集風管加裝消音器，用隔板讓聲音能反射相同的波形去抵消原本的波形來達到消音的效果。

### 三、結果與討論

原廠排氣管噪音(表 5 圖 25)

表 5

距離 轉速	1.5m	3m	5m
1800rpm	72.5dB	69.2dB	66.0dB
4000rpm	83.7dB	80.4dB	75.8dB

集風管消音器(如圖 22、23、24)

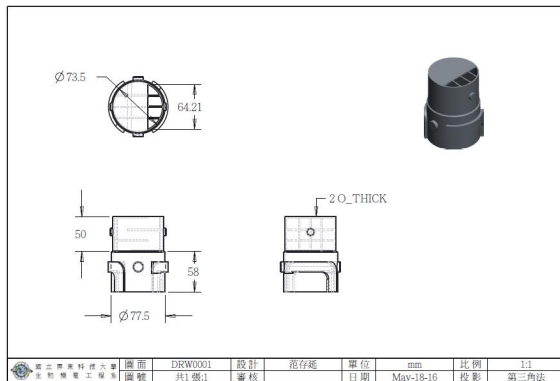


圖 22

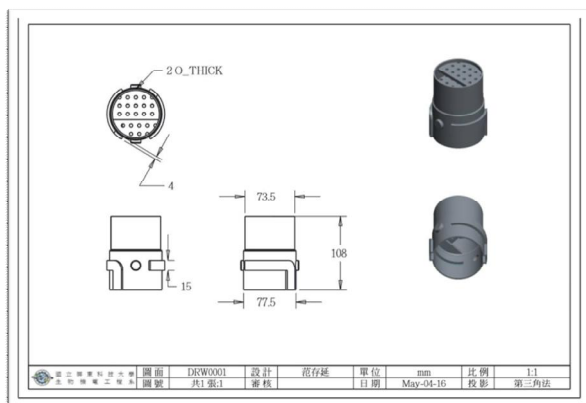


圖 23



圖 25

原廠排氣管無風扇(表 6)

表 6

距離 轉速	1.5m	3m	5m
1800rpm	76.3dB	72.8dB	69.4dB
4000rpm	80.4dB	76.9dB	73.3dB

更換割草機排氣管(三)噪音(表 7 圖 26)  
表 7

距離 \ 轉速	1.5m	3m	5m
1800rpm	83.2dB	78.3dB	73.9dB
4000rpm	97.4dB	90.4dB	85.7dB



圖 26

更換機車排氣管噪音(表 8 圖 27)  
表 8

距離 \ 轉速	1.5m	3m	5m
1800rpm	72.9dB	67.1dB	63.3dB
4000rpm	86.2dB	80.8dB	77.2dB



圖 27

改裝之排氣管(表 9)  
表 9

距離 \ 轉速	1.5m	3m	5m
1800rpm	80.3dB	75.9dB	71.6dB
4000rpm	95.2dB	87.9dB	83.2dB

改裝之排氣管 II (表 10)  
表 10

距離 \ 轉速	1.5m	3m	5m
1800rpm	74.6dB	68.7dB	64.2dB
4000rpm	87.4dB	80.1dB	74.2dB

1800rpm 出風口噪音無裝消音器(如圖 28)



圖 28

1800rpm 加裝消音管一之噪音(如圖 29)



圖 29

1800rpm 加裝消音器二之噪音(如圖 30)



圖 30

1800rpm 加裝消音管三(如圖 31)



圖 31

1800rpm 出風口風速無消音管(如圖 32)



圖 32

1800rpm 加裝消音器一之風速(如圖 33)



圖 33

1800rpm 加裝消音器二之風速(如圖 34)



圖 34

1800rpm 加裝消音管三之風速(如圖 35)



圖 35

1800rpm  
表 11

	噪音	風速
無消音管	87.3dB	18.49m/s
消音管一	79.2dB	5.14m/s
消音管二	81.0dB	7.47m/s
消音管三	82.1dB	13.87m/s

4000rpm 出風口噪音無裝消音器(如圖 36)



圖 36

4000rpm 加裝消音管一之噪音(如圖 37)



圖 37

4000rpm 加裝消音管二之噪音(如圖 38)



圖 38

4000rpm 加裝消音管三之噪音(如圖 39)



圖 39

4000rpm 出風口噪音無裝消音器之風速(如圖 40)



圖 40

4000rpm 出風口噪音加裝消音管一之風速(如圖 41)



圖 41

4000rpm 出風口噪音加裝消音管二之風速(如圖 42)



圖 42

4000rpm 出風口噪音加裝消音管三之風速(如圖 43)



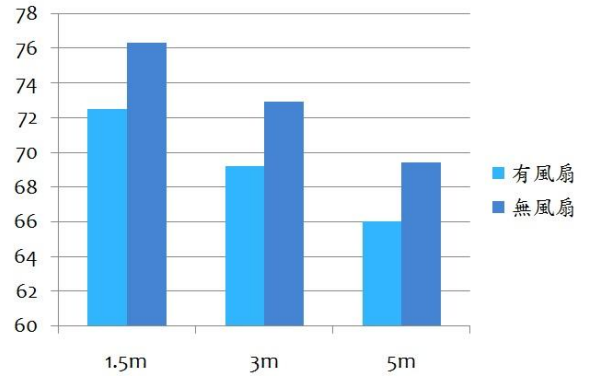
圖 43

4000rpm

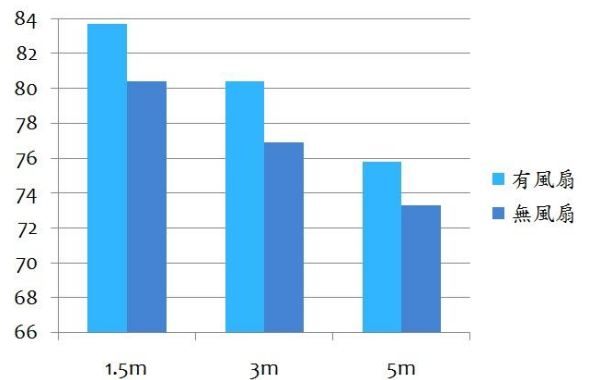
表 12

	噪音	風速
無消音管	107.3dB	38.1m/s
消音管一	96.5dB	9.69 m/s
消音管二	101.8dB	17.97 m/s
消音管三	98.8dB	31.72 m/s

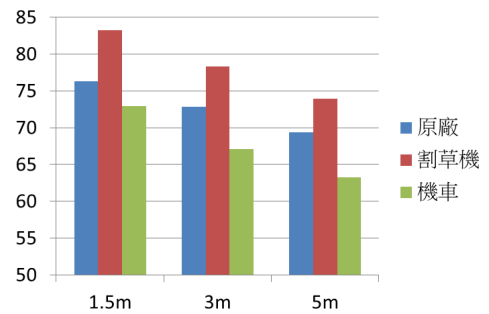
#### 四、結論



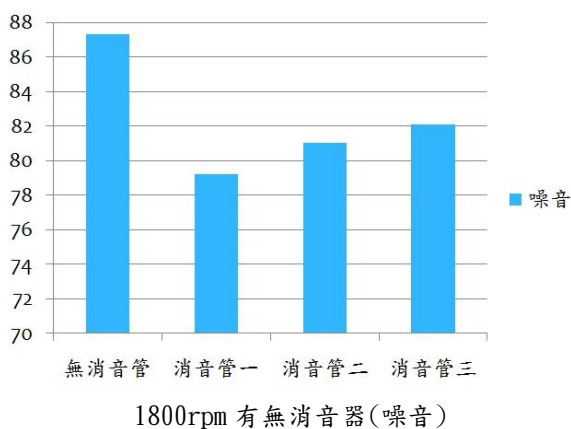
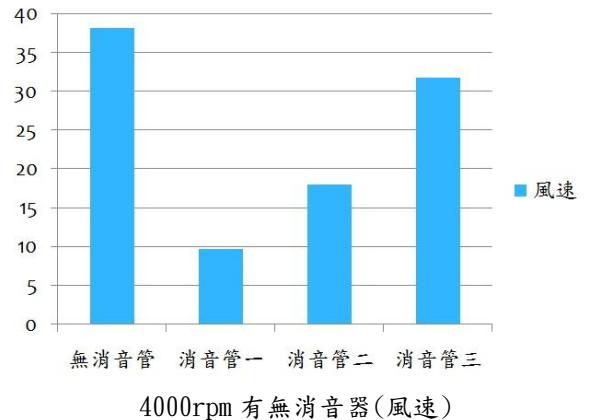
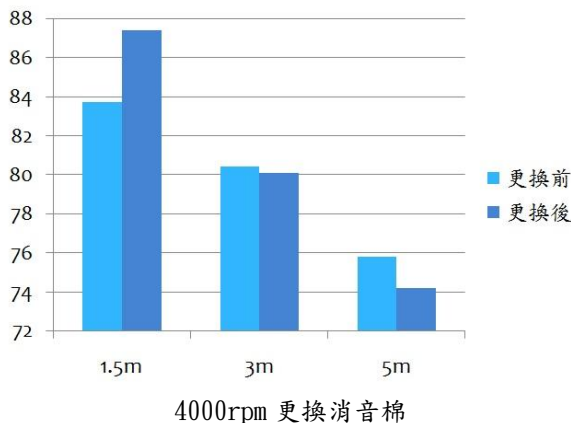
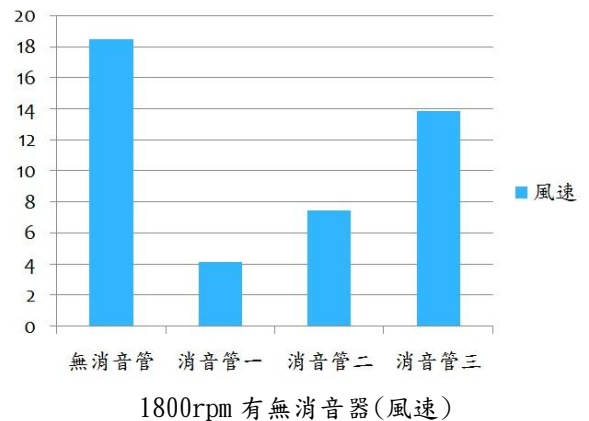
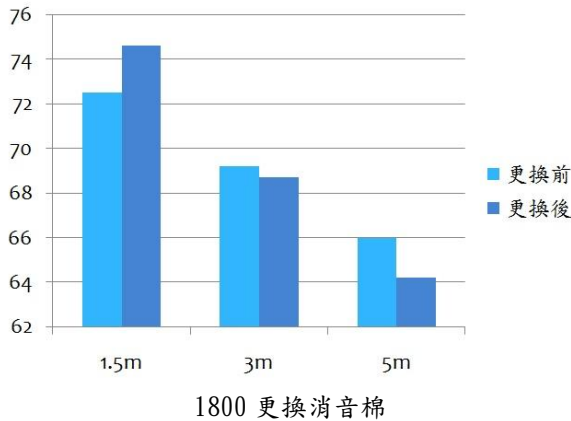
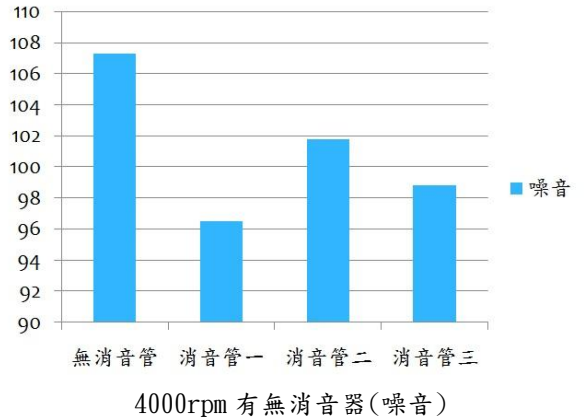
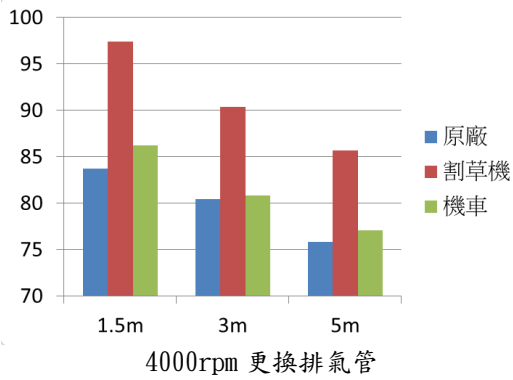
1800rpm 有無風扇



4000rpm 有無風扇



1800rpm 更換排氣管



本實驗發現，市面上大多數農機用排氣管內幾乎沒有使用消音棉結構，而少部分有使用此結構之排氣管僅僅放入少許消音棉。

而為了整體結構的輕便，所以排氣管都不會做的過於龐大，使其噪音削減效率較差。本實驗從更換排氣管消音棉開始改造，發現其有效降低噪音約15-20dB左右。雖然效果並無當初設想之成效，但這表示本實驗之研究方向正確。

同時，本組對出風口所產生的共鳴聲進行研究，並利用3D列印機製作三種集風管消音器改變出風口之形狀以降低共鳴聲。經實驗後發現，消音管一號的消音效果最好約10dB，但出風口的風速也降最多，大約降低15m/s，而消音管三號的噪音雖然僅降低6-8dB，但風速同樣僅降約2-3m/s。



## 五、致謝

本次實務專題能順利完成，首先要感謝洪辰雄教授近一年的指導，每當碰到問題，能即時的給予我們適當的建議與方向來引導我們去解決問題，使本組從無到有一步一步地完成本專題。

另外感謝苗志銘教授、謝清祿教授、許益誠主任、張仲良教授、李經緯教授、陳志堅教授、傅龍明教授以及吳偉特教授提供建議與指導，感謝校內環境清潔隊陳隊長提供諮詢及建議，也要感謝谷展宏學長、鍾佑育學長、王星萌學長、玉崗圖書館的盧老師提供建議與器材、富泰汽車修護中心的余金梁老闆提供汽車排氣管給本組做研究使用、康氏企業股份有限公司的康秋田先生贊助消音棉排氣管改裝使用、機械系 ME110 震動噪音實驗室王栢村教授提供噪音計、金長泰農機行提供農機排氣管、感謝系辦公室黃瑩淑小姐、鄭仁勝先生提供場地與建議。

## 六、參考文獻

- [1] [噪音小百科-引擎噪音](#)
- [2] [KASEI 官網-引擎規格](#)
- [3] [噪音管制資訊網-法規噪音](#)
- [4] [消音棉種類與危害](#)
- [5] [風扇](#)
- [6] [二行程引擎工作原理](#)
- [7] [消音器原理](#)
- [8] [KYMCO 光陽機車](#)
- [9] [三菱汽車 MITSUBISHI MOTORS TAIWAN](#)
- [10] [紅外線遙測溫度熱像分析儀操作手冊](#)
- [11] [風速對照表](#)
- [12] [震旦 3D 印表機使用手冊](#)
- [13] [YOKOGAWA 分貝計使用手冊](#)
- [14] [cfm master 8901 使用手冊](#)
- [15] [空氣流動噪音](#)
- [16] [CREO 2.0 基礎製圖](#)
- [17] [塑鋼土說明書](#)
- [18] [白努力定律-維基百科](#)
- [19] 100 年學年度大學部實務專題論文集
- [20] 101 年學年度大學部實務專題論文集
- [21] 102 年學年度大學部實務專題論文集

## Discussion and research on two-stroke engine noise

Student name: Kang Feng-Chia、Zhang Bo-Sheng、Fan Cun-Yan

Advisor: Hung Chen-HSiung

Department of Biomechatronics Engineering  
National Pingtung University of Science and Technology

### Abstract

This topic probe different exhaust pipe and replace Silencer cotton and install silencer, compare the lower noise, and to explore the difference, in order to reduce user use two-stroke engines The noise from harm by it.

After studying the experiment different exhaust pipe、improvement of the original exhaust pipe、muffler installation, to investigate the effect of two-stroke engine of its noise. Respectively 1.5M、3M、5M, idle speed (about 1800rpm)、4000rpm, frequency of 60 ~ 100HZ do measurements.

Keywords: two-stroke engine noise



# 沐浴用水量暨溫度即時監測系統

學生姓名：劉程瀚、李宗倫

指導老師：吳瑋特 老師

國立屏東科技大學  
生物機電工程系

## 摘要

本專題利用葉輪式水流量感測器、溫度感測器結合 Arduino 控制板，設計出能監測日常生活中，沐浴的用水量及水溫的系統。將每日的用水量藉由藍芽傳輸至手機 App 中，紀錄並保存下來，藉此改善用水習慣。以葉輪式水流量感測器原理做為流量判斷基礎，當水流過感測器時，利用葉輪的轉速來計算瞬時流量，再將瞬時流量累加成總流量，經由 Arduino pro mini 訊號處理與封包後，傳輸至手機 App 中顯示並儲存。

關鍵字:水流量感測器、溫度感測器、Arduino pro mini 控制板、MIT App Inventor2

## 一、研究動機與目的

臺灣雖然有豐沛的雨水，但由於山坡陡峭、地狹人稠、降雨分布不均，再加上河川短促，所以大部分的雨水都迅速地流入海洋之中，因此臺灣地區每人每年平均可以分配到的水量，僅有世界平均用量的七分之一，以目前世界可用標準水量而言，臺灣實屬缺水國家[1]。身在臺灣，水資源的使用已經是不可忽視的重要議題，市面上省水商品多以節水功能為主，實際用量我們卻無從得知，本專題的沐浴用水量暨溫度即時監測系統，可將日常的用水習慣數據化，可以清楚地了解自己實際的用水情形，改善自身用水習慣。加上溫度感測器，即時監控水溫，將瓦斯升溫期間

所浪費的水量降到最低，再者是為防止水溫過高或過低之安全措施。

## 二、研究材料與設備

### ◆ 使用軟體

#### ➤ Solidworks

Solidworks 是一款可繪製 2D 及 3D 的繪圖軟體，採用參數化特徵為基礎的方法來建立模型及零件，本專題主要用它來繪製外殼。

#### ➤ Arduino

Arduino 是一塊基於開放原始碼發展出來的 I/O 介面控制板，具有類似 java、C 語言的開發環境，並採用開放式資源的概念，任何有興趣的人都可以在網路上獲得免費的資源，讓使用者可以快速使用 Arduino 語言與 Flash 或 Processing...等軟體，結合電子元件，作出互動作品。

#### ➤ Altium Designer

Altium Designer 是全球第一套整合了 FPGA Design 平台與 PCB Layout 平台的電子產品開發環境，以卓越的 PCB 計算機輔助性能及高速電路板佈線聞名，大幅縮短設計時間，讓深奧的 FPGA Design 和 PCB Layout 變得更加簡便。

➤ MIT App Inventor2

MIT App Inventor 是一個完全線上開發的 Android 程式環境，拋棄複雜的程式碼而使用樂高積木式的堆疊法來完成您的 Android 程式。對於 Android 初學者或是機器人開發者來說是一大福音，因為對於想要用手機控制機器人的使用者而言，不大需要太華麗的介面，只要使用基本元件例如按鈕、文字輸入輸出即可。

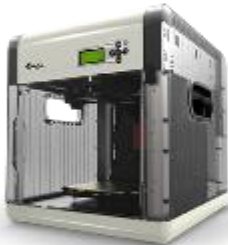
➤ XYZware

XYZware 為 3D 列印軟體，可將 Solidworks 所繪製的.stl 檔切層並匯入 3D 列印機中列印。

◆ 使用設備

➤ 3D 印表機

廠牌:XYZprinting  
型號:Da Vinci 1.0



圖一、3D 印表機

➤ 桌上型鑽床

廠牌:總碩興業  
型號:CCP-535C



圖二、桌上型鑽床

➤ 電子磅秤

廠牌:興南度量衡器廠  
型號:AWH3-電子磅秤



圖三、電子磅秤

◆ 使用材料

➤ G1/2 水流量計

廠牌:SEED Studio  
型號:Bi31-06

水流量感測器主要由銅閥體、水流轉子元件、穩流元件和霍爾感測器組成，由水流帶動葉輪轉動，透過切割轉軸兩側的磁極，獲取脈衝信號，進而轉換成瞬時流量，流量範圍在 1~30L/min，最高耐壓 1.75MPa。

$$\text{瞬時流量} = \text{每脈衝流量} \times \text{脈衝數} \div \text{時間}$$



圖四、水流量計

➤ 溫度感測器-DS18S20

DS18S20 外部由管徑 Φ6mm 的不鏽鋼所包覆，內震盪器頻率與溫度成正比，再由震盪器發送脈衝信號進行減法計數，由於數據資料化，即使感測器距離很遠，也不失其準確度，量測溫度範圍在 -55°C~+125°C。



圖五、DS18S20 溫度感測器

➤ Arduino pro mini 控制板

Arduino pro mini 為 Arduino 系列中最小型的微控制板，長寬僅有 33.3mm 及 18mm，具有 14 個數位輸入/出腳位，其中 6 個腳為可作為 PWM 輸出，8 個模擬輸入，一個 16MHz 的諧振器，需搭配 USB 適配器來完成程式碼的匯入。



圖六、Arduino pro mini 控制板

➤ 防水開關

直徑：Φ20mm

高度：27mm

由於我們選用的藍芽僅有單向傳輸的功能，無法從 App 端重置 Arduino 內的數據，因此加上一個防水開關，彌補 Arduino 無法重置的問題，也可以在不使用時把裝置關閉，更為省電。



圖八、防水開關

➤ 藍芽模組-HC05

主要用於短距離的數據無線傳輸領域。可以方便的和 PC 與手機的藍牙設備相連，也可在兩個模塊之間的數據互通。空曠地帶有效傳輸距離約 10 公尺，預設速率為 9600Hz。



圖七、HC05 藍芽模組

➤ 矽利康(透明)

廠牌:特力屋

型號:中性透明矽利康

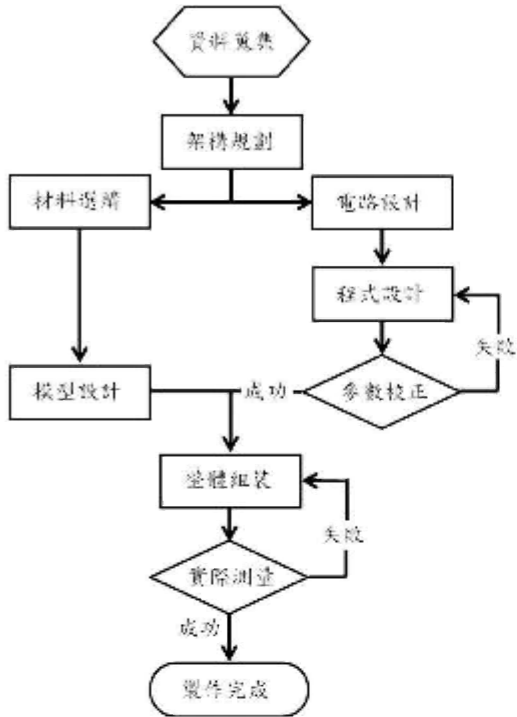
在各部件的相接處及縫隙中塗上矽利康，以加強防水功能。



圖九、矽利康

### 三、研究方法與步驟

#### ◆ 實驗流程圖



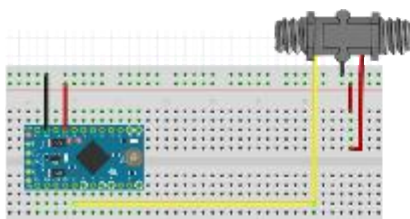
圖十、實驗流程圖

#### ◆ 實驗流程

##### ➢ 電路設計

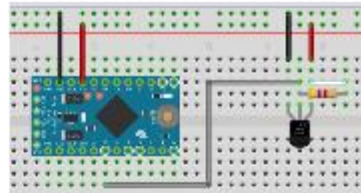
電路主要分成 3 個部分，其一為水流量計、其二為溫度感測器，最後是藍芽模組，三者合併後在接上 9V 電池供應穩定電壓。

1. 將流量計訊號線接於 Arduino 的數位接腳(圖十一)，由 Arduino 讀取其瞬時流量，再由程式運算出總流量。



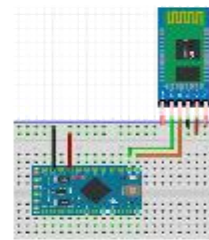
圖十一、流量計作動配線圖

2. 同理將溫度感測器接上 Arduino 板，但需在電源線及信號線中間加裝 4.7kΩ 電阻(圖十二)，防止電流過強，使感測器受損。



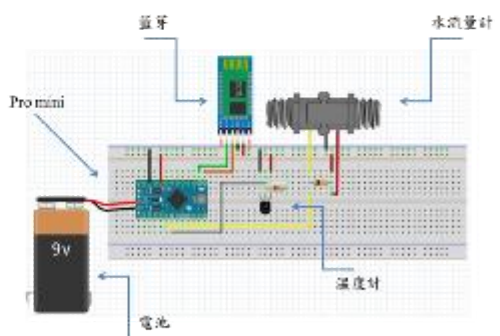
圖十二、溫度感測器作動配線圖

3. 將藍芽模板上的 TX 及 RX 腳位，與 Arduino 上的 TX 及 RX 腳位交互連接(圖十三)。



圖十三、藍芽模組作動配線圖

4. 綜合上述 3 部分，再加上 9V 電池，形成電路(圖十四)。



圖十四、整體控制配線圖

## ➤ App 設計



圖十五、App 介面

Bluetooth Device Search：與附近的藍芽裝置進行配對。

Start：開始讀取 Arduino 內的數值。

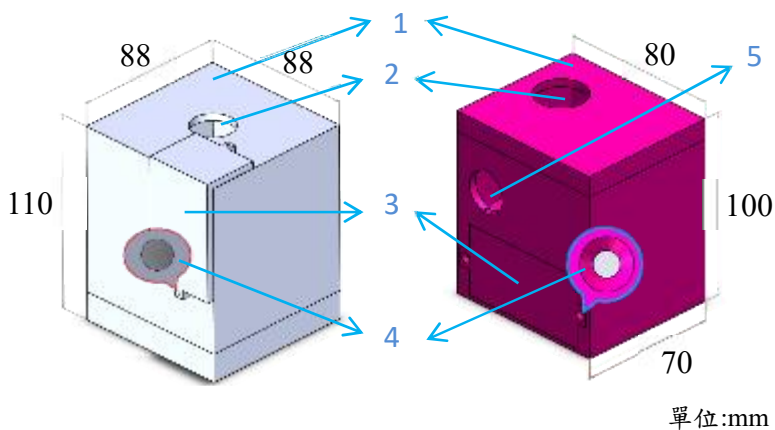
Stop：讀取功能暫停。

Save：將讀取的數值與當天日期儲存於下方空白處。

Clear：清除下方所有儲存的資料及讀取欄位的數值。

Disconnect：解除當前的藍芽連接。

## ➤ 外殼設計



圖十六、初始設計圖

圖十七、最終設計圖

單位:mm

### 1. 列印材料選用

3D 列印常用之線材有兩種，分別為 ABS 與 PLA。起初因為 PLA 列印較為精密，所以選用 PLA 為列印材質(圖十六)。後來發現 PLA 玻璃轉換溫度只有約 60 度，容易因高溫而造成外殼變形，所以更換材質為 ABS(圖十七)。

### 2. 流量計擺放位置

第一次設計時因美觀與重量分布，所以將流量計的進水與排水孔設計在外殼正中央(圖十六)，但後來發現這樣設計會浪費大量的空間，讓整體尺寸變大，因此我們將流量計往旁邊移動，以節省空間，使整體尺寸縮小，更加符合使用需求(圖十七)。

### 3. 電池蓋設計

原先我們把電池蓋設計成 L 型，方便更換電池(圖十六)，但後來發現 L 型設計防水不易，而且固定較困難，所以改成單面的設計，方便固定與防水(圖十七)。

### 4. 鎖孔設計

起初我們將電池蓋上的鎖孔設計成直通孔(圖十六)，但後來發現螺絲的頂部無法貼合表面，所以改成錐形孔(圖十七)，並配合錐形的螺絲，使用壓力來固定電池蓋，亦能夠讓表面平整。

### 5. 開關設計

為改善 Arduino 重置問題及省電而加裝防水開關。

### 6. 防水設計

起初我們使用橡膠條來為電池蓋防水，但由於尺寸難以掌控，也沒有配套的橡膠條，所以我們決定使用橡皮筋代替橡膠條，因為橡皮筋有更好的彈性與塑性，施加少許壓力便可與縫隙密合，也更為便宜，除此之外，我們在所有的縫隙裡加入矽利康，加強防水的功能。

◆ 數據蒐集

➤ 水流量測試

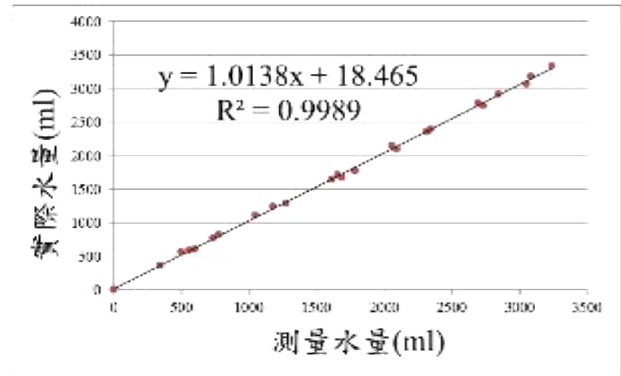


圖(十八、十九)、水流量測試方法

電路與程式設計完成後，我們開始測試程式所測量出來的水量是否準確，但水管內容易跑入空氣，影響測量精準度，因此我們利用前 10 秒排除水管內的空氣，確保後續數據不被影響。由於水的密度為  $1\text{g/cm}^3$ ，在一般環境下，水的重量與總水量相等，因此我們使用電子磅秤，來測量時間內所流經流量計的水重，與流量計所測量出的水量比對(表一)，再利用回歸分析法，求得下方的曲線圖及  $R^2$  值(圖二十)。

表一、水流量數據表

時間(秒)	測量水量(ml)	實際水量(ml)
3	500	568
	552	586
5	1043	1112
	1177	1244
7	1610	1644
	1655	1722
9	2092	2092
	2312	2350
11	2690	2790
	2730	2740



圖二十、水流量測試曲線圖

➤ 溫度測試



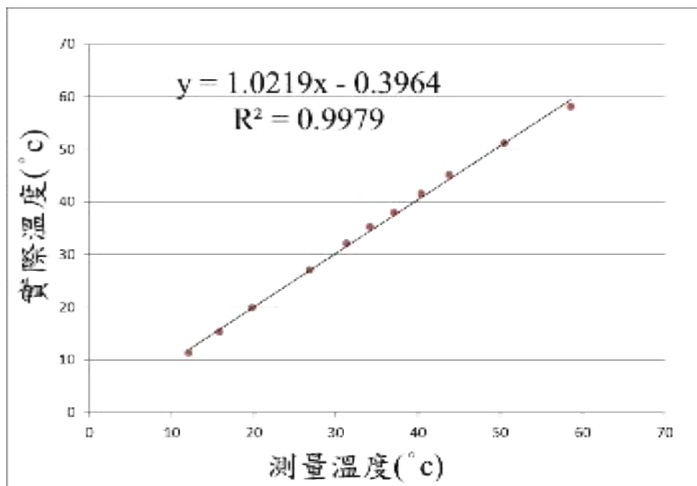
圖二十一、溫度感測器測試方法

將市售的水銀溫度計與我們的溫度感置入同一燒杯，改變燒杯內的水溫後，進行測量水溫並比對(表二)，得到下方的曲線圖及  $R^2$  值(圖二十一)。

表二、溫度數據表

測量溫度(°c)	實際溫度(°c)
58	58.6
51.2	50.5
45.1	43.4
41.5	40.4
38	37.1
35.2	34.18
32	31.37
27	26.81
19.9	19.81
15.2	15.87
11.3	12.12





圖二十二、溫度測試曲線圖

➤ 整體架構實體圖



圖二十三、前視圖



圖二十四、右側視圖



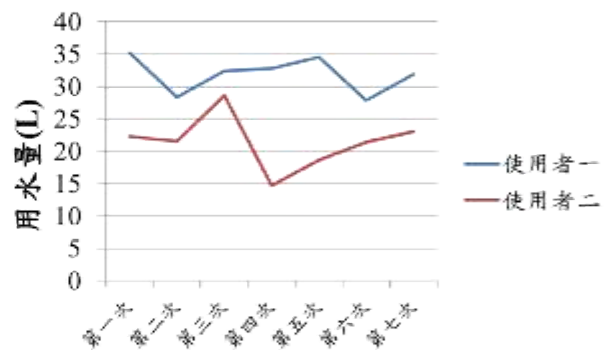
圖二十五、實際安裝

四、結果與討論

整體組裝完後，我們找了兩位使用者，實際洗澡測試了一個禮拜，得到下列的數據(表三)，由此數據可見每位使用者的用水習慣皆不同，如果可以藉由將用水量數據化，以了解自己的用水習慣並加以改善，減少不必要的浪費，長久下來，便可省下可觀的水資源。

表三、實際安裝測試

使用者一	35.2	28.4	32.4	32.8	34.5	27.9	31.9
使用者二	22.3	21.5	28.6	14.7	18.7	21.4	23



圖二十六、實際安裝測試

五、結論

1. 水龍頭或水管內常有空氣殘留，導致流量計產生誤差。
2. 本專題僅提供測量及記錄之輔助功能，實際省水效益因人而異。
3. 未來可加入雲端上傳功能以利長期記錄。
4. 加入螢幕或提示燈號告知當前用量

六、致謝

在這一年的時間裡，首先要感謝吳瑋特老師，給予我們專題適時的指點和建議，並教導我們正確的求學觀念，再來要感謝帶一路領我們的博淳學長、龍輝

學長、**信豪**學長和**登原**學長，不時督促我們專題的進度，亦師亦友的幫助我們，也感謝其他的專題生，能在遇到困難時互相幫助，而我們也在這次的專題獲益良多，在此致上十二萬分的感謝

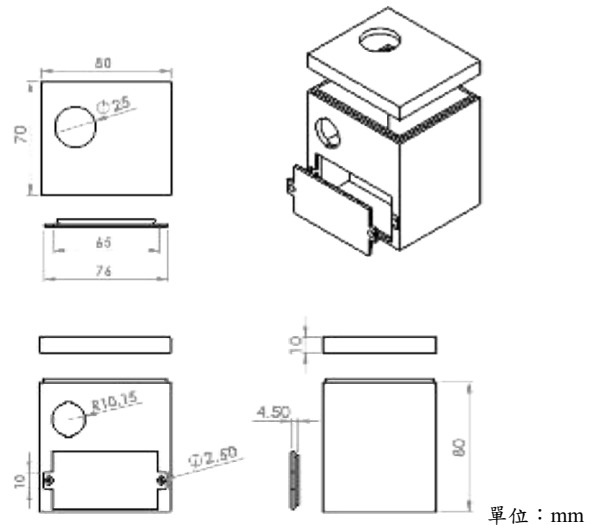
#### 七、參考文獻

- [1] 經濟部水利署。水資源網路特展。  
網址：<http://www.wra.gov.tw/>
- [2] Arduino 官方網站。2016。Arduino pro mini 介紹。  
網址：<https://www.arduino.cc/>
- [3] CAVEDU 教育團隊部落格。2015。雙 A 計畫。  
網址：<http://blog.cavedu.com/programming-language/appinventor/>
- [4] T. K. Hareendran, 2015, “Working with Water Flow Sensor & Arduino,” Available at : <http://www.electroschematics.com/12145/working-with-water-flow-sensors-arduino/>
- [5] 葉南。2013。Arduino 練習：溫度感測 DS18B20。  
網址：<http://yehnan.blogspot.tw/2013/01/arduino-ds18b20.html>
- [6] Make: Taiwan。2014。ABS 或 PLA? 挑選線材的方法。網址：<http://www.makezine.com.tw/make2599131456/abspla>
- [7] Seeed wiki, 2015, “G1/2 Water Flow Sensor,” Available at : [http://www.seeedstudio.com/wiki/G1\\_2\\_Water\\_Flow\\_sensor](http://www.seeedstudio.com/wiki/G1_2_Water_Flow_sensor)

#### 八、附錄



圖二十七、App QRcode



圖二十八、外殼工程圖

Water Consumption and Temperature  
Real-Time Monitor System of Bathing Water

Student : Zong-Lun Lee, Cheng-Han Liu

Doctor : Wei-Te Wu

Department of Biomechanics Engineering  
National Pingtung University of Science and Technology

#### Abstract

The study combined paddlewheel flow sensor, temperature sensor and Arduino pro mini control board, to design a system that monitored daily water consumption and temperature of bathing water. Record and save the water we use everyday to App through bluetooth to improve our water-use habits.

Base on theory of paddlewheel flow sensor, when water pass through the sensor, the rotation speed of paddlewheel become instantaneous flow rate, and summed the value up to get total quantity by Arduino pro mini.

Finally, Arduino pro mini packaged the value and sent to our smart phone, then showed and saved in App.

# 利用紙基快速檢測食品中二氧化硫添加物

指導老師：傅龍明 教授  
學生：莊庭宇、吳弘維、袁宇平

國立屏東科技大學  
生物機電工程系  
(字體大小 12Points)

## 摘要

紙基以低成本，高產量及快速的特性廣泛應用在近期的檢測方法中，本研究為使用微流體紙基系統針對二氧化硫的濃度做檢測，使用噴墨印表機，可以將紙基分出親水的試劑區及疏水的蠟[1-11]，將指示劑滴入試劑區中，待其經擴散作用而滲透完全，再將調配過不同濃度的二氧化硫溶液滴入試劑區與指示劑反應，二氧化硫的濃度會隨著時間而有相對應的呈色變化，針對濃度及顏色可得出線性反應。

## 一、引言

近幾年，台灣的食品產業有著相當大的衝擊，包含三聚氰胺奶粉、塑化劑飲料及地溝油，上述所含成分皆對人體有直接或間接的影響，人們對於食品安全的意識也漸漸上漲，此次實驗所檢測的二氧化硫，被大量應用在食物的防腐、漂白上，但若食用過量的二氧化硫，對於體內缺乏亞硫酸鹽氧化酵素(Sulfite Oxidase)的人類而言，生成之硫酸鹽無法完全排出體外，累積於人類的肺臟內可能會產生不同程度之過敏反應，引發哮喘與呼吸困難之症狀。

政府所提供之檢驗二氧化硫方法為將檢測物經通氣蒸餾後，再加以鹼滴定待溶液呈綠色後計算滴定量及重量，設備和藥劑為一般公司及廠商不易取得且有操作技術之需求，此次研究之紙基晶片乃是利用色差的檢測方法，基本原理是由色層技術中的平面色層法(planar chromatography)衍生而來的簡單且低廉的整合型分析方法，且具有高產量、速度快、穩定等特性，並可運用在食品安全及健康看護上面。

## 二、研究內容與方法

以紙基晶片做為快速檢測食品添加物中二氧化硫的檢測工具，實驗過程分為紙基晶片製作、藥品配製、檢測方式。

紙基晶片製作

藥品配製

檢測方式

圖(一)、實驗流程圖

### 2.1 紙基晶片製作

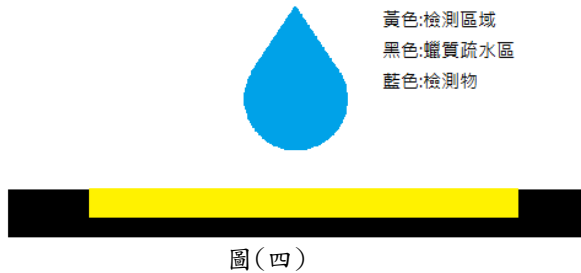
利用電腦繪圖軟體 Auto CAD 繪製晶片圖形，利用雷射雕刻機進行雷射雕刻，刻得黑卡的圖形。另外使用噴蠟印表機(圖二)進行濾紙的印製程序，先以透明投影片印其對位框，接著將濾紙黏貼於透明投影片的對位框中上，再利用噴蠟印表機將晶片圖形印製於濾紙上。印製完成後將紙基晶片圖形剪下，放入高溫爐中(圖三)以攝氏 180 度烘烤 1 分鐘，藉由高溫使蠟滲透到濾紙中形成一個疏水區，紙基晶片圖形無蠟部分即為晶片檢測區(圖四)。正面烘烤完成後，背面再做一次蠟印，在背面作蠟印的目的是為了避免液體從紙基背面溢出。最後剪裁晶片並固定於黑片，即完成紙基晶片的製作。



圖(二)、噴蠟印表機



圖(三)、高溫爐



### 2.1.1 黑卡的製備

先用 CorelDraw 繪製黑卡的圖形(圖五)，並取黑色西卡紙進行雷射雕刻，以不同的功率與速度雕出兩條對位線條(以利後續黏貼試片作業)，再以更高的功率將外框刻穿，即可得到完整的黑卡。



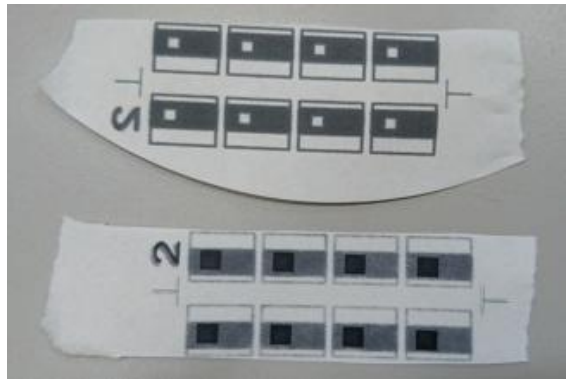
圖(五)、CorelDraw 繪製之圖形



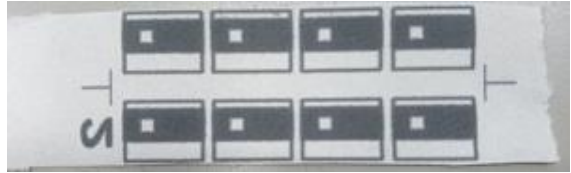
圖(六)、雷射雕刻完的黑卡

### 2.1.2 紙基晶片

製作紙基晶片時，原先只有單面印蠟，而在實驗過程中發現若將指示劑和二氧化硫滴入後，二氧化硫會滲透濾紙沾濕基層紙片，影響到實驗之滴液量，於是我們將背面再做一次蠟印來作為阻水層(圖五)，以防止二氧化硫滲透濾紙。



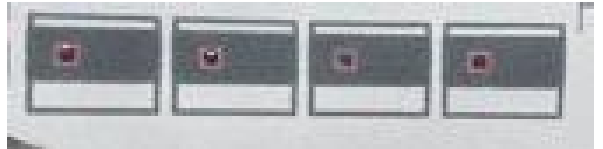
圖(五)、紙基晶片正、反面



圖(六)、烘烤完成的晶片

### 2.1.3 檢測晶片的製備

指示劑滴入晶片檢測區後，將會經擴散作用緩慢地滲透進濾紙當中，常溫狀態約為 1 小時(圖七)，導致表面顏色產生變化及相對地乾燥(圖八)。晶片乾燥後依照圖形裁下，裁切時須注意不可碰觸到檢測區域，避免影響到之後的檢測數值。晶片裁下後對準黑卡上的刻痕黏上(圖九)。如圖(十)所示，下方為剛滴入二氧化硫之狀態，而上方為滴入五分鐘後之顏色變化，由此可見，時間若是增長色彩強度則會相對降低。



圖(七)、剛滴入指示劑的晶片



圖(八)、常溫下乾燥後的晶片



圖(九)、完成的檢測晶片



圖(十)、滴入二氧化硫的檢測晶片

## 2.2 藥品配製

### 2.2.1 指示劑

2.2.1.1 利用氫氧化鈉滴定二氧化硫測得各濃度的變色範圍即可換算出指示劑變色時所需要的氫氧化鈉的量，使低、中、高濃度區段會依濃度變化而變色

2.2.1.2 高濃度酸鹼指示劑：0.01g 甲基黃 in 10 ml 90% Et-OH。取 (30  $\mu$ l 酸鹼指示劑 + 30  $\mu$ l 100% Glycerol)混和均勻後，取 0.52  $\mu$ l 滴在 Paper based 上，使乾燥至少 60 分鐘以上，再滴入 0.65  $\mu$ l 不同濃度之待測二氧化硫樣本。

中濃度酸鹼指示劑：(0.1g 甲基藍 + 0.2g 甲基紅) in 100 ml 95% Et-OH。取(200  $\mu$ l 酸鹼指示劑 + 120  $\mu$ l 0.01N NaOH + 80 $\mu$ l DI 水)混和均勻。(400  $\mu$ l 混和均勻的指示劑 + 400  $\mu$ l 100% Glycerol)混和均勻後，取 0.25  $\mu$ l 滴在 Paper based 上，使乾燥至少 60 分鐘以上，再滴入 0.25  $\mu$ l 不同濃度之待測二氧化硫樣本。

低濃度酸鹼指示劑：(0.1g 甲基藍 + 0.2g 甲基紅) in 100 ml 95% Et-OH。取(200  $\mu$ l 酸鹼指示劑 + 80  $\mu$ l 0.01N NaOH + 120 $\mu$ l DI 水)混和均勻。=> (30  $\mu$ l 混和均勻的指示劑 + 30  $\mu$ l 100% Glycerol)混和均勻後，取 0.25  $\mu$ l 滴在 Paper based 上，使乾燥至少 60 分鐘以上，再滴入 0.25  $\mu$ l 不同濃度之待測二氧化硫樣本。

### 2.2.2 標準溶液的配製

取二氧化硫 SO<sub>2</sub> 6.5% 的標準溶液，進行稀釋，將其配製成高濃度、中濃度以及低濃度區段的標準檢量線

配製方法如下：

先將 6.5%SO<sub>2</sub> 配製成 10000ppm，取 846.2 $\mu$ l 的 6.5%SO<sub>2</sub> 加入 153.8 $\mu$ l 的 DI 水，配製出 10000ppm 的 SO<sub>2</sub> 溶液。

接下來分區段配製成高濃度及低濃度：

高濃度配製：1000ppm~5000ppm

- 1000ppm：以 10000ppm SO<sub>2</sub> 稀釋，取 100 $\mu$ l 加入 900 $\mu$ l DI 水配置而成
- 2000ppm：以 10000ppm SO<sub>2</sub> 稀釋，取 200 $\mu$ l 加入 800 $\mu$ l DI 水配置而成
- 3000ppm：以 10000ppm SO<sub>2</sub> 稀釋，取 300 $\mu$ l 加入 700 $\mu$ l DI 水配置而成
- 4000ppm：以 10000ppm SO<sub>2</sub> 稀釋，取 400 $\mu$ l 加入 600 $\mu$ l DI 水配置而成
- 5000ppm：以 10000ppm SO<sub>2</sub> 稀釋，取 500 $\mu$ l 加入 500 $\mu$ l DI 水配置而成。

中濃度配製：200ppm~1000ppm

- 200ppm：以 10000ppm SO<sub>2</sub> 稀釋，取 20 $\mu$ l 加入 980 $\mu$ l DI 水配置而成
- 400ppm：以 10000ppm SO<sub>2</sub> 稀釋，取 40 $\mu$ l 加入 960 $\mu$ l DI 水配置而成
- 600ppm：以 10000ppm SO<sub>2</sub> 稀釋，取 60 $\mu$ l 加入 940 $\mu$ l DI 水配置而成
- 800ppm：以 10000ppm SO<sub>2</sub> 稀釋，取 80 $\mu$ l 加入 920 $\mu$ l DI 水配置而成
- 1000ppm：以 10000ppm SO<sub>2</sub> 稀釋，取 100 $\mu$ l 加入 900 $\mu$ l DI 水配置而成。

低濃度配置：20ppm~100ppm

先將 10000ppm SO<sub>2</sub> 配製成 1000ppm，取 100 $\mu$ l 的 10000ppm 加入 900 $\mu$ l DI 水配製出 1000ppm 的 SO<sub>2</sub> 溶液

- 20ppm：以 1000ppm SO<sub>2</sub> 稀釋，取 20 $\mu$ l 加入 980 $\mu$ l DI 水配置而成
- 40ppm：以 1000ppm SO<sub>2</sub> 稀釋，取 40 $\mu$ l 加入 960 $\mu$ l DI 水配置而成
- 60ppm：以 1000ppm SO<sub>2</sub> 稀釋，取 60 $\mu$ l 加入 940 $\mu$ l DI 水配置而成
- 80ppm：以 1000ppm SO<sub>2</sub> 稀釋，取 80 $\mu$ l 加入 920 $\mu$ l DI 水配置而成
- 100ppm：以 1000ppm SO<sub>2</sub> 稀釋，取 100 $\mu$ l 加入 900 $\mu$ l DI 水配置而成。

### 2.2.2 檢測方式



圖(十一)、檢測流程圖

取製作完成的紙基晶片，使用配好的指示劑並去震盪 30 秒(避免甘油囤積在底部)後滴入紙基晶片的反應區，靜置於常溫下一小時風乾，滴入配好的高濃度及低濃度 SO<sub>2</sub> 溶液，稍微等待溢面消失(溢面過高會導致測量結果不準確)，之後迅速將紙基放入調整好電壓的檢測儀器中，連接放入檢測軟體的手機(圖十二)，滴入樣品後計時 1 分鐘拍攝一張照片，測量各濃度的 RGB 值



圖(十二)、檢測平台及手機 APP

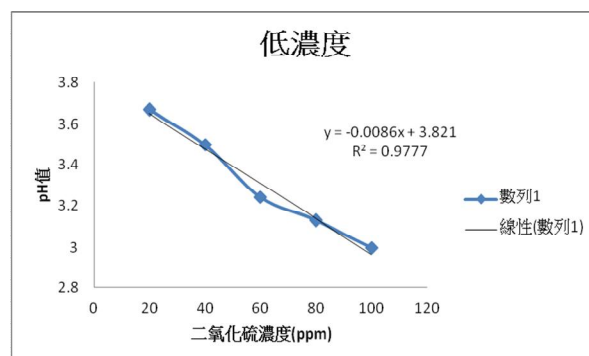
### 三、結果與討論

#### 3.1 結果分析

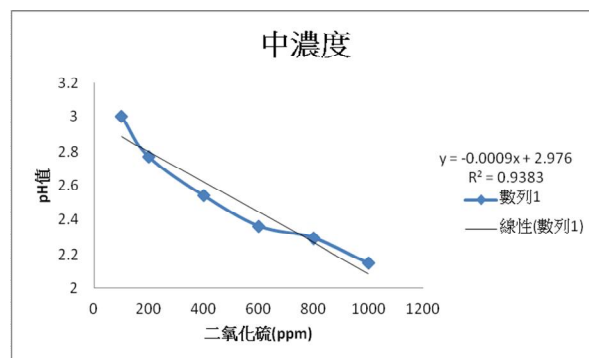
品名	濃度 ppm	目標待測物
亞硫酸鉀	4000	金針乾製品
亞硫酸鈉	2000	杏乾
亞硫酸鈉(無水)	1500	白葡萄乾
亞硫酸氫鈉	900	非直接食用蒟蒻製品
低亞硫酸鈉	500	動物膠 脫水蔬菜 脫水水果
偏亞硫酸氫鉀	300	糖蜜 糖飴
亞硫酸氫鉀	150	樹薯澱粉
偏亞硫酸氫鈉	100	糖漬果實類 蝦類 貝類
	30	食用蒟蒻製品

表一、食藥署公告二氧化硫添加在食品上濃度限制

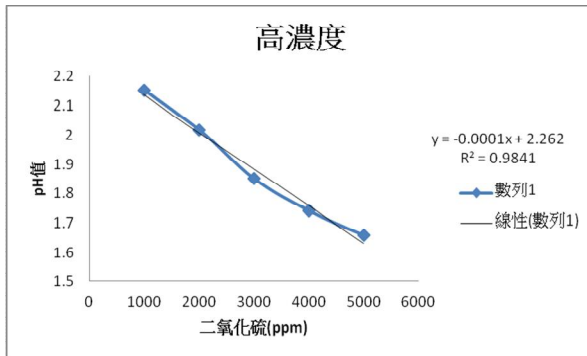
根據實驗結果顯示，二氧化硫濃度對應 pH 值有線性關係，並依其濃度不同分為三段 20-100ppm、100-1000ppm、1000-5000ppm。



圖十三、低濃度的二氧化硫對應 pH 值的關係圖

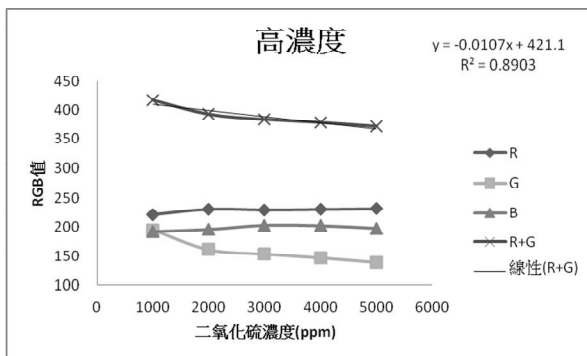


圖十四、中濃度的二氧化硫對應 pH 值的關係圖

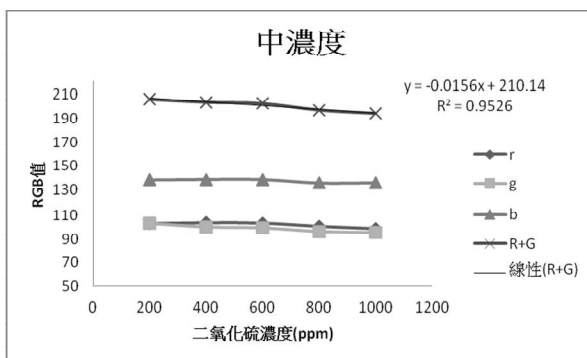


圖十五、高濃度的二氧化硫對應 pH 值的關係圖

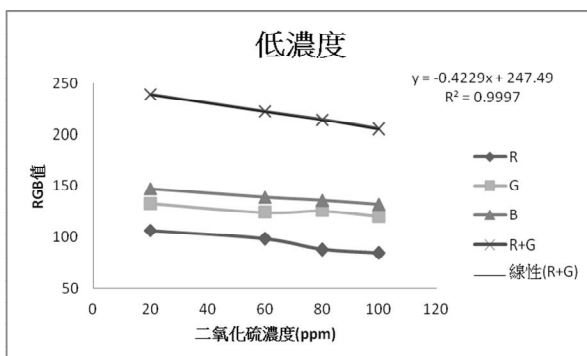
以上高濃度、中濃度、低濃度，三區段線性度皆在 0.9 以上，根據這個關係圖可以得知，二氧化硫濃度跟 pH 值有線性關係，所以我們可以透過氫氧化鈉調整酸鹼製劑的變色範圍(pH 值)，依不同濃度會有顏色變化。



圖十六、高濃度的二氧化硫對應 RGB 值的關係圖



圖十七、中濃度的二氧化硫對應 RGB 值的關係圖



圖十八、高濃度的二氧化硫對應 RGB 值的關係圖

並透過檢測得到以上三張二氧化硫對應 RGB 的圖，而我們找的 RGB 值結果在 R 值+G 值時有佳的線性關係，並畫出其標準曲線

高濃度： $y = -0.0107X + 421.1$  的關係式……(1)

中濃度： $y = -0.0156X + 210.14$  的關係式……(2)

低濃度： $y = -0.4214X + 221.64$  的關係式……(3)

#### 四、結論

相較於使用傳統滴定法及分光檢測，我們的檢測方式能夠配合小型化紙基晶片輔助平台與手機結合來判讀紙基晶片的 RGB 值，且僅需 1 分鐘即可將二氧化硫的濃度檢測出來。

可利用以上各區段的標準曲線去做二氧化硫的檢測，根據待測物的容許添加量可選用適合區段的試劑來做檢測，就可以確認食品中的二氧化硫是否超標。

#### 五、致謝

本次專題能夠如期完成，都仰賴傅龍明老師提供的資源及幫助，在實驗中常遇到瓶頸，非常感謝在遇到困難時朱偉中博士對我們的鼓勵、建議，也非常感謝實驗室裡就讀碩班的建巨學長，指導我們實驗的內容，督導我們實驗的進度，指導我們解決一些我們能力不足無法解決的問題。

#### 六、參考文獻

- [1] C. K. Chung, T. R. Shih, C. K. Chang, C.W. Lai, B.H. Wu, Design and experiments of a short-mixing-length baffled microreactor and its application to microfluidicsynthesis of nanoparticles, Chem. Eng. J. 168 (2011) 790–798.
- [2] W. N. Lau, K. L. Yeung, R. Martin-Aranda, Knoevenagel condensation reaction between benzaldehyde and ethyl acetoacetate in microreactor and membrane microreactor, Microporous Mesoporous Mater. 115 (2008) 156–163.
- [3] L. M. Fu, C. H. Tsai, C. H. Lin, A high-discernment micro-flow cytometer with micro-weir structure, Electrophoresis 29 (2008) 1874–1878.
- [4] C. H. Tsai, H. H. Hou, L. M. Fu, An optimal three-dimensional focusing technique for micro-flow cytometers, Microfluid. Nanofluid. 5 (2008) 827–836.
- [5] Y. H. Wang, C. P. Chen, C. M. Chang, C. P. Lin, C.H. Lin, L. M. Fu, C.Y. Lee, MEMS based flow sensors, Microfluid. Nanofluid. 6 (2009) 333–346.
- [6] L.M. Fu, Y.N. Wang, Optical microflow cytometer

based on external total reflection, Electrophoresis 33 (2012) 3229–3235.

[7] G. Li, Y. Luo, Q. Chen, L. Liao, J. Zhao, A “place n play” modular pump for portable microfluidic applications, Biomicrofluidics 6 (2012) 014118.

[8] F. Piraino, Š. Selimovic', M. Adamo, A. Pero, S. Manoucheri, S.B. Kim, D. Demarchi, A. Khademhosseini, Polyester 1-assay chip for stem cell studies, Biomicrofluidics 6 (2012) 044109.

[9] T.A. Balbino, N.T. Aoki, A.A.M. Gasperini, C.L.P. Oliveira, A.R. Azzoni, L.P. Cavalcanti, L.G. de la Torre, Continuous flow production of cationic liposomes at high lipid concentration in microfluidic devices for gene delivery applications, Chem. Eng. J. 226 (2013) 423–433.

[10] A. W. Martinez, S. T. Phillips, G. M. Whitesides, Diagnostics for the Developing World: Microfluidic Paper-Based Analytical Devices, Analytical Chemistry, 82, (2010) 4-10.

[11] X. Li, J. Tian, W. Shen, Progress in patterned paper sizing for fabrication of paper-based microfluidic sensors, Cellulose, 17,(2010)649–659.

[a] 國家環境毒物中心

[http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/toxfaq\\_detail.php?id=84](http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/toxfaq_detail.php?id=84)

上網日期:2016-4-19

[b] 衛生部食藥署

<http://www.fda.gov.tw/TC/index.aspx>

上網日期:2016-4-21

[c] 食品中之二氧化硫檢驗方法

<http://www.health.taichung.gov.tw/public/data/108010/310191213871.pdf> 上網日期:2016-4-28

[d] 金針食品漂白劑之添加現況

<http://www.chshb.gov.tw/ebook/9712/p6.htm>

上網日期:2016-4-29



# The use of paper-based rapid detection of sulfur dioxide in food additives

Adviser: Lung-Ming Fu

Students: Ting-Yu Chuang , Hung-wei Wu , Yu-Ping Yuan

Department of Biomechatronics Engineering  
National Pingtung University of Science and Technology

## Abstract

Paper-based has low cost, high yield and fast characteristics are widely used in the recent detection method, this study is the use of paper-based microfluidic system for detecting the concentration of sulfur dioxide, use solid ink printer, we can separate paper-based from hydrophilic reagent area and hydrophobic wax area, when indicator dropped reagent region, it will be completely infiltrated by Diffusion, then sulfur dioxide solution was added dropwise reaction with the indicator in reagent zone, concentration of sulfur dioxide over time while the corresponding change in coloration, finally, comparison of concentration and color can be drawn from a linear response.

# 應用 PHP 與 MySQL 建構紙晶片檢測管理系統

學生：詹志凱

指導老師：陳志堅 博士

國立屏東科技大學  
生物機電工程系

## 摘要

PHP 是相當常見的伺服器端腳本語言，廣泛應用於數以百萬計的網頁伺服器，並應用於大規模的網站，而 MySQL 是由 MySQL AB 公司所發展的關連式資料庫管理系統，與 PHP 一樣屬於開放原始碼，因此在架設網站中 PHP 搭配 MySQL 的使用是最為廣泛的。

本研究擬透過網路資源建立 MySQL 資料庫系統，管理紙晶片經過影像處理檢測後的數據和結果，方便往後進行相關的作業，包括檢視、新增/刪除資料、統計等工作，並透過 PHP 和 HTML 程式語言，將 MySQL 裡的資料以網頁的方式輸出，讓使用者得知結果以及相關的資訊，建立一種互動的橋樑。

關鍵字：PHP、MySQL、網站架設

## 一、引言

在網路資源裡資料庫管理系統的方式有很多種，比如 Adabas D、Informix、MySQL 等，多數人採用 MySQL 原因是若為個人用途而非商業用途時，則無須申請即可免費使用，而且具有快速、簡單、可靠、功能齊全和跨平台等優點，並廣泛應用於許多大規模的網站，例如維基百科和 Google 等[1]。而 PHP 是原本 Personal Home Page 的縮寫，它是由一位發展 Apache 的軟體工程師 Rasmus Lerdorf 於 1994 年所設計，主要目的是要維護個人網站和使網路開發人員快速編寫動態頁面，應用範圍相當

廣泛，尤其是在網頁程式的開發上，因語法吸收 C 語言、Java 和 Perl 等流行電腦語言的特點，使一般程式設計人員更容易學習[2]。PHP 亦應用於許多大規模的網站，也具有完全免費、功能齊全和跨平台等與 MySQL 一樣的優點，故此採用 PHP 搭配 MySQL 來架設網站是較妥當的選擇。

在業務的作業裡常會運用到 Word 和 Excel 等，只要建立與 MySQL 伺服器的連結後就可將 MySQL 資料庫裡的資料導入到 Word 或 Excel，除了能夠製作成報表外，還能將行政業務電腦化，達到節省時間與人力成本目的，善用網路資源管理龐大的資料數據，並融入相關專業進行資料統計分析，即能提出妥當的建議方案，提供參考、提升作業品質。2003 年由 Matt Mullenweg 和 Mike Little 透過 PHP 和 MySQL 的組合為平台開發了 WordPress[3]，是目前網際網路上最流行的部落格系統。而本校的 moodle 數位學習平台系統也是以 MySQL 資料庫管理相關的資料，透過 PHP 和 HTML 相關的程式撰寫而架設的管理平台。

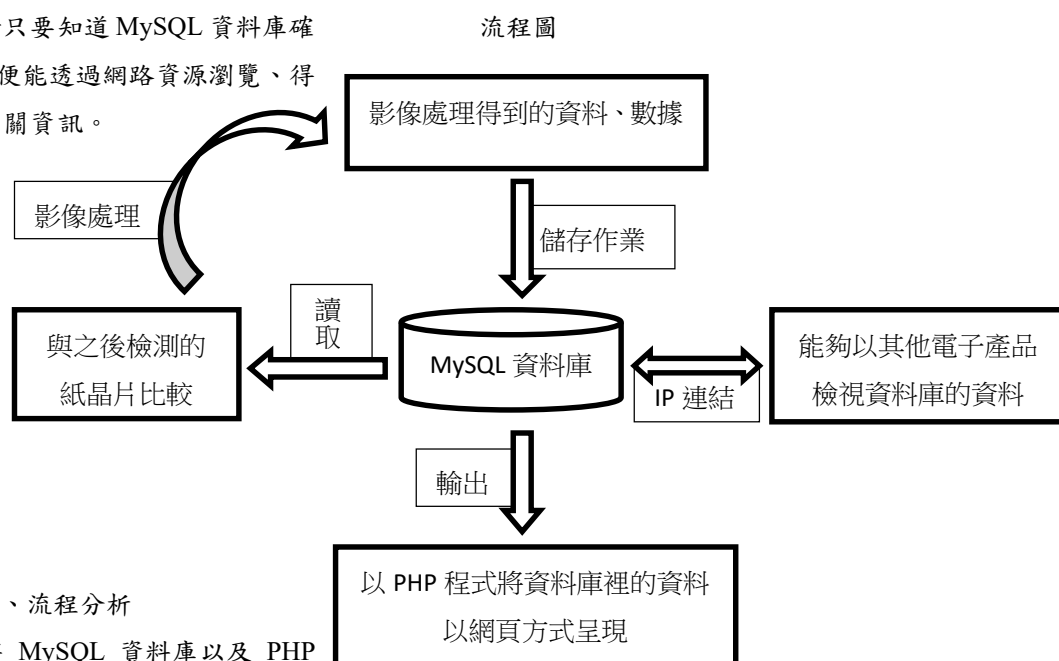
紙晶片製作與操作使用有別於以往微流體晶片，微流體晶片是以價格相對較高的矽或壓克力作為原料，而紙晶片是以成本較低的紙和蠟，使用的方法也較簡單，無須專門的操作設備、場所、技術人員，能夠進行單次的多樣性檢測，對於應用在較偏遠、交通不便、精密儀器難以前往的地區進行初步的醫療檢測非常有幫助。藉由蠟的疏水性所繪製的渠道，使

待測物流向各個不同的檢測區，達到以少許的檢測物便能進行多樣性的功能，由於反應快速、成本較低、無須昂貴儀器等特點，適合用於大規模的檢測，可以用來檢測人體尿液中蛋白質和葡萄糖的濃度是否有超出標準值，進而初步推斷人體的腎臟是否存在疾病的風險。

本研究中，紙晶片經由檢測樣本 pH 值、葡萄糖和蛋白質後，透過可攜式微流體紙晶片檢測裝置以 node.js 撰寫的影像處理演算法[4]進行影像處理後得到相關的數據、圖像和結果，將此資料存放於建立好的 MySQL 資料庫裡，方便後續對資料的查詢、修改、新增和刪除等作業，接著再以 PHP 和 HTML 撰寫相關程式，將存放於 MySQL 裡的資料以網頁的方式呈現，將相關資料以了然的介面表示，使用者和紙晶片受測者只要知道 MySQL 資料庫確切架設 IP 位址，便能透過網路資源瀏覽、得知結果以及了解相關資訊。

編輯和撰寫 PHP，本研究則選擇 NotePad++ 來撰寫，原因是 NotePad++ 取得免費，且支援 UTF-8 無 BOM 編碼方式進行存檔，才不會導致識別檔案和執行程式發生錯誤。

一開始先透過 NotePad++ 開始撰寫一些基礎的程式，先了解程式的架構與網頁之間的關係，透過相關簡單的程式和語法的範例，去揣測如何在連結 MySQL 資料庫後，將存放在裡面的資料以最理想的網頁介面呈現，之後再透過程式，整理出可提供使用者具參考價值的資訊，流程圖如下。



## 二、流程分析

本研究選擇將 MySQL 資料庫以及 PHP 相關程式軟體架設在筆記型電腦上，首先安裝 XAMPP 控制面板來驅動 MySQL、Apache 和 PHP，接著要測試 XAMPP 伺服器是否安裝成功，和 phpMyAdmin 程式是否能正常運作，以及 PHP 開發環境是否安裝完成。

選擇一種編輯工具來撰寫 PHP 程式，PHP 程式其實是一種文字檔，Windows 內建的記事本、NotePad++、UltraEdit 和 PHPEdit 等任能夠用來輸入純文字檔的編輯工具，都可以用來

## 三、實驗步驟

### 3-1 XAMPP

#### 3-1-1 下載 XAMPP

搜尋 XAMPP 相關字便可得到許多下載的連結，取得容易方便，如圖 1。



圖 1、XAMPP 載點

### 3-1-2 XAMPP 控制介面版

開啟 XAMPP 控制介面版以驅動 MySQL 及 Apache，MySQL 以及 Apache 呈現綠色外框後，表示 MySQL 和 Apache 啟動成功，可正常運作，如圖 2。

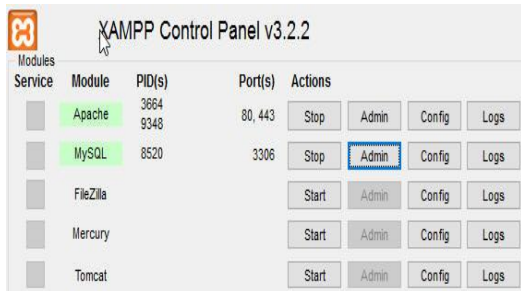


圖 2、XAMPP 控制介面

## 3-2 MySQL

### 3-2-1 MySQL 資料庫管理

在 XAMPP 控制介面版裡，點選 MySQL 的 Admin 即可進入 phpMyAdmin，或者輸入網址 <http://127.0.0.1/phpmyadmin/>，進入管理資料庫，如圖 3。



圖 3、phpMyAdmin 介面

### 3-2-2 新增資料庫

左側所有資料庫列表裡最上方有個[新增]選項，點選進去後輸入新的資料庫名稱再按下[建立]即可新增新的資料庫，如圖 4，建立了一個名為 test 的資料庫。



圖 4、新增資料庫

### 3-2-3 新增資料表

在剛建立的資料庫 test 裡新建新的資料表，並設定欄位數，如圖 5，新增了一個名為 data 的資料表，並設定欄位數為 4。



圖 5、新增資料表

### 3-2-4 設定欄位

將欄位名稱分別設定為 date、location、pH 和 result，並選擇適合的資料型態和設定數據的長度，如圖 6，date 資料型態選擇[DATE]、location、pH 和 result 資料型態選擇[VARCHAR]，並設定適當的數據長度。



圖 6、設定欄位

### 3-2-5 新增資料

欄位設定完成後，在上方有[新增]的選項如圖 7，點選進入即可輸入資料的數值如圖 8，從設定好的 date、location、pH 和 result 欄位輸入對應的數據和資訊。執行之後便可看到新增的資料，如圖 9，可針對其資料進行修改、複製和刪除等作業。



圖 7、新增資料



圖 8、輸入資料的數值



圖 9、新增的資料

### 3-2-6 result 輸入的資訊

從對應的欄位輸入資料數值中，result 輸入的是 HTML 網頁加入圖片的語法，如圖 10，輸入圖的來源，並從 width 和 height 中設定適當的寬度和高度，後面進行網頁輸出後，即可將指定的圖片呈現出來。



圖 10、圖片嵌入語法

### 3-3 PHP

網頁程式撰寫的結構是由<html>涵蓋著<head>和<body>兩部分，<head>主要是網頁的標題宣告以及一開始的一些參數設定，<body>則是網頁所呈現的內容和功能等，PHP 程式的撰寫就是包含在<body>裡，如圖 11。

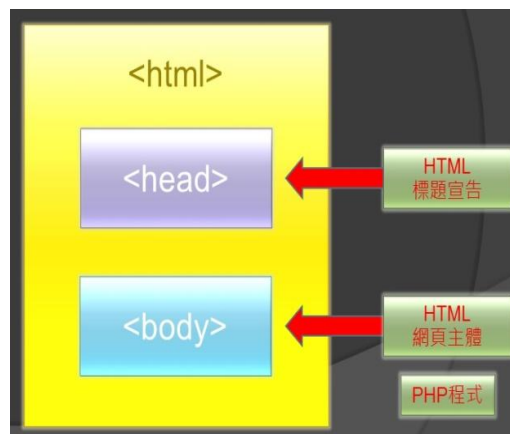


圖 11、網頁程式結構

#### 3-3-1 測試 PHP 程式是否能運作

先以簡單的程式測試網頁是否能夠正常運作，如圖 12，以 if...else 語法測試，給予的 score 是 75 分，設定條件如果 score 大於 60 分顯示[及格!]，否則顯示[不及格!]。



圖 12、以 if...else 測試

同時從簡單的程式中配合 PHP 程式的結

構圖，更能了解程式的編排、整體的程式架構。

編輯好 PHP 程式之後將檔案儲存，檔名為 [test.php] 接著透過瀏覽器輸入網址 `http://127.0.0.1/test.php` 觀看 PHP 程式是否能正常運作，如圖 13，根據程式的條件設定，而給予的 score 是 75 分，所以網頁輸出的結果會呈現[及格!]



及格!

圖 13、測試結果

### 3-3-2 PHP 程式檔案儲存路徑

撰寫好的 PHP 程式必須儲存於特定的路徑，才能夠進行網頁的輸出呈現。在一開始安裝完 XAMPP 後，C 槽裡會出現[xampp]的資料夾，裡面的[htdocs]資料夾便是網站的根目錄，如圖 14，編輯好的 PHP 程式都要儲存在根目錄的資料夾，才能夠進行網頁的運作。

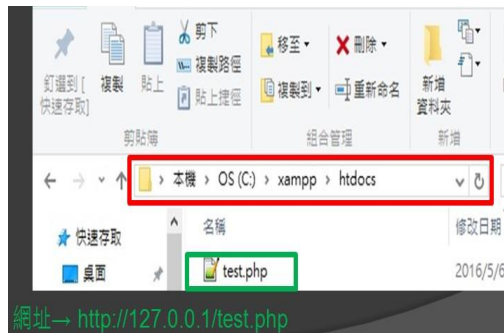


圖 14、PHP 程式儲存路徑

PHP 程式存放於特定的資料夾後，即能開啟瀏覽器，輸入網址觀看結果，而網址的部分即是 IP 位址加上 PHP 的檔案名稱，像 3-3-1 測試的程式網址便是 `http://127.0.0.1/test.php`。

### 3-4 撰寫程式

對於本研究所撰寫的程式部分一樣是由

`<html>` 涵蓋 `<head>` 和 `<body>` 兩部分，`<head>` 的部分主要是進行 html 的標題宣告，即網頁標題的命名，和背景圖片的選用、設定，以及相關的參數設定，`<body>` 裡又包含著 `<php>` 和 `<script>` 兩部分，`<php>` 主要是進行對 MySQL 資料庫的連結，即指定要讀取哪一個資料庫裡的資料表，以及網頁呈現資料時表格的設定，`<script>` 則是進行一些 function 的程式撰寫，包括篩選月份、地區等，如圖 15。

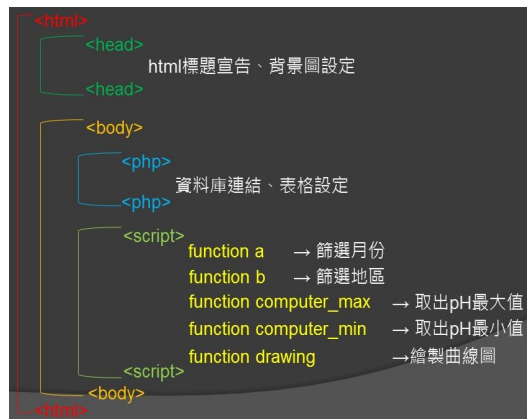


圖 15、程式架構

#### 3-4-1 <head>

`<head>` 的部分是 HTML 的標題宣告設定，此外還有網頁背景圖的相關設定，程式中的 `<title>` 顯示所有記錄 `</title>`，如圖 16，網頁標題的命名，如圖 17，然後下面的部分則是對網頁背景圖片的相關設定，如圖 18，其中 `[background-image: url(000.jpg)]`，000.jpg 即是網頁背景圖片的來源。



圖 16、<head>



圖 17、網頁標題

```
<style>
  body {
    background-image: url(000.jpg);
    background-repeat: no-repeat;
    background-attachment: fixed;
    background-position: center;
    background-size: cover;
  }
</style>
```

圖 18、網頁背景設定

主要是進行一些 function 呈現的程式編輯。相關的 function 包括從資料中找去出最大值以及最小值，並統計共有幾筆最大、最小值，或者是針對資料去篩選出指定的月份、地區，並配合繪製曲線圖，了解當中的趨勢變化等，如圖 21~圖 26。

```
<select name="YourLocation" onchange="a()" id="selectBox">
  <option value="SELECT * FROM `test`">選擇月份
  <option value="SELECT * FROM `test`">顯示全部月份
  <option value="SELECT * FROM `test` WHERE `date` BETWEEN '2014-02-01' AND '2014-02-31'>二月
  <option value="SELECT * FROM `test` WHERE `date` BETWEEN '2014-03-01' AND '2014-03-31'>三月
  <option value="SELECT * FROM `test` WHERE `date` BETWEEN '2014-04-01' AND '2014-04-31'>四月
  <option value="SELECT * FROM `test` WHERE `date` BETWEEN '2014-05-01' AND '2014-05-31'>五月
</select>
```

圖 21、function-篩選月份

### 3-4-2 <body>

<body>的部分是 HTML 網頁的主體，包含了<php>程式以及相關撰寫的函數(function) 程式。<php>的部分主要是進行與 MySQL 資料庫連結以及網頁呈現的表格設定，如圖 19 和 20。

```
<body>
  <h1 align="CENTER">紙晶片</h1>
  <?php
    $db=mysql_connect('localhost','root','') or die('無法連上資料庫(伺服器)');
    mysql_query("SET NAMES 'big5'");
    mysql_select_db('paper',$db) or die('無法連上資料庫');
    $sql="SELECT * FROM `test` WHERE `date` BETWEEN '2014-04-01' AND '2014-04-31'";
```

圖 19、<php>與資料庫連結

```
$result=mysql_query($sql,$db);
$no_fields=mysql_num_fields($result);

echo "<table border=3 align='CENTER' id='mytable'>"; echo "<td>編號</td>";
for ($i = 0; $i < mysql_num_fields($result); $i++)
echo "<td> " .mysql_fetch_field($result, $i)->name. "</td>";
echo "</tr>";

$num=0;
while($x=mysql_fetch_row($result))
{
echo "<tr><td align='CENTER'>$num</td>";
$num++;
for ($j=0;$j<$no_fields;$j++)
echo "<td> $x[$j]</td>";
echo "</tr>";
}
echo "</table>";
mysql_close($db);
```

圖 20、<php>表格設定

```
<select name="YourLocation" onchange="b()" id="selectBox_1">
  <option value="SELECT * FROM `test`">選擇地區
  <option value="SELECT * FROM `test`">顯示全部地區
  <option value="SELECT * FROM `test` WHERE `location`='高雄仁武'">仁武
  <option value="SELECT * FROM `test` WHERE `location`='高雄鳳山'">鳳山
  <option value="SELECT * FROM `test` WHERE `location`='高雄楠梓'">楠梓
  <option value="SELECT * FROM `test` WHERE `location`='高雄鳥松'">鳥松
</select>
```

圖 22、function-篩選地區

```
<form method="post" action="new4.php">
  <select name="YourLocation" onchange="c()" id="selectBox_2">
    <option value="SELECT * FROM `test`">pH值
    <option value="SELECT * FROM `test` WHERE `pH`>=9">高風險pH9以上
    <option value="SELECT * FROM `test` WHERE `pH`=8">注意pH8
    <option value="SELECT * FROM `test` WHERE `pH`<=7">正常pH7以下
  </select>
  <input type="hidden" value="" id="jjj" name="f" />
  <input type="submit" />
</form>
```

圖 23、function-篩選 pH 狀況

```
var maxx=parseInt(0);
var rows = document.getElementById("mytable").rows;
for(var i = 1, ceiling = rows.length; i < ceiling; i++) {
  var temp =parseInt(rows[i].cells[3].innerHTML);
  if(maxx<temp)
    maxx=temp;
}
var num=parseInt(0);
for(var i = 1, ceiling = rows.length; i < ceiling; i++) {
  var temp =parseInt(rows[i].cells[3].innerHTML);
  if(maxx==temp)
    num++;
}
```

圖 24、function-取最大值

### 3-4-3 <script>

<script>的部分一樣是附屬在<body>裡，

```

var maxx=parseInt(100);
var rows = document.getElementById("mytable").rows;
for(var i = 1, ceiling = rows.length; i < ceiling; i++) {
    var temp =parseInt(rows[i].cells[3].innerHTML);
    if(maxx>temp)
        maxx=temp;
}
var num=parseInt(0);
for(var i = 1, ceiling = rows.length; i < ceiling; i++) {
    var temp =parseInt(rows[i].cells[3].innerHTML);
    if(maxx==temp)
        num++;
}

```

圖 25、function-取最小值

```

var ctx = document.getElementById("canvas").getContext("2d");
var label_idx = 1;
var randomScalingFactor = function(){ return Math.round(Math.random()*100)};
var lineChartData = {
    labels : [],
    datasets : [
        {
            label: "My First dataset",
            fillColor : "rgba(151,187,205,1)", //填充顏色
            strokeColor : "rgba(220,220,220,1)", //線的颜色
            pointColor : "rgba(151,187,205,1)", //點的填充顏色
            pointStrokeColor : "#fff", //點的邊線顏色
            pointHighlightFill : "#fff",
            pointHighlightStroke : "rgba(220,220,220,1)",

```

圖 26、function-繪製曲線圖

#### 四、呈現結果與討論

##### 4-1 表格顯示資料

在 <php> 撰寫的程式裡會對指定的 MySQL 資料庫做連結的步驟，再對指定的資料表裡的資料進行讀取，接著就能透過撰寫好的表格程式，將讀取到的資料套用在表格上，以網頁的方式呈現，如圖 27。

| 紙晶片 |      |            |          |    |        |
|-----|------|------------|----------|----|--------|
| 編號  | Code | date       | location | pH | result |
| 0   | 001  | 2014-02-01 | 高雄鳥松     | 6  |        |
| 1   | 002  | 2014-02-02 | 高雄岡山     | 8  |        |
| 2   | 003  | 2014-02-04 | 高雄仁武     | 9  |        |
| 3   | 004  | 2014-02-05 | 高雄小港     | 7  |        |
| 4   | 005  | 2014-02-07 | 高雄大樹     | 7  |        |

圖 27、以表格顯示資料

##### 4-2 功能

透過撰寫相關 function 的程式可對資料做出指定月份、地區的篩選並以繪製曲線圖配合篩選指定月份或地區，檢視相關的趨勢化，如圖 28、圖 29。

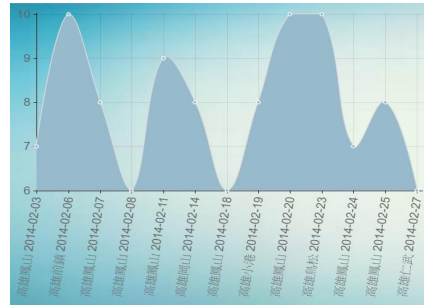


圖 28、篩選月份繪製曲線圖(篩選 2 月)

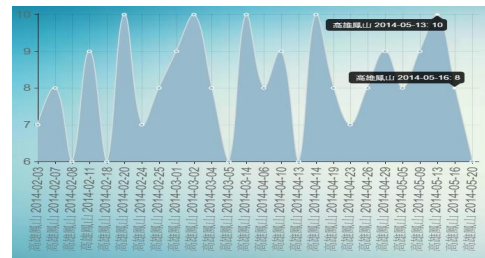


圖 29、篩選地區繪製曲線圖(篩選鳳山)

或透過假設的 pH 值對應的情況(pH 值  $\geq 9$  表示高風險, pH 值=8 表示要注意, pH 值  $\leq 7$  表示正常), 進行資料的檢視, 可配合取出最大或最小值了解 pH 值的數值範圍, 或初步了解資料數目的多寡。如圖 30~圖 32。

選擇月份 ▼ 提交

選擇地區 ▼ 提交

pH 值 ▼ 提交

pH 值

高風險 pH9 以上

注意 pH8

正常 pH7 以下

圖 30、模擬 pH 值所表示的情況



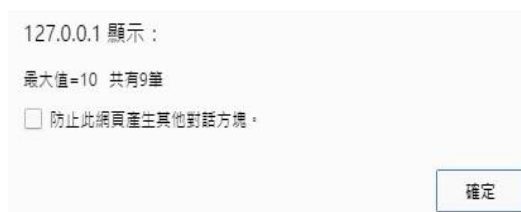


圖 31、選擇高風險狀況後取出最大值



圖 32、選擇高風險狀況後取出最小值

#### 4-3 結果討論

建立 MySQL 資料庫後，模擬紙晶片經過 pH 值、葡萄糖和蛋白質等相關檢測，經影像處理後透過資料庫的連結，將得到的數據、結果儲存到資料庫裡，方便往後針對資料進行檢視、修改等作業，即使在外面，只要透過 IP 的連結，就能以其它的 3C 電子產品打開建設好的資料庫進行資料的檢視、分享、討論。然後以撰寫 PHP 程式將資料庫裡的數據、資料以網頁的方式呈現，並透過 function 程式的撰寫，將具有參考價值的部分整理出來。

模擬紙晶片是在檢測人體尿液中 pH 值，以 pH 值的比對初步推斷腎臟功能是否有潛在問題，假設 pH 值 $\geq 9$ 的情況下表示是高風險狀況，pH=8 時則該注意，pH 值 $\leq 7$  即是正常範圍，這時便能透過撰寫好的 PHP 程式將收集到的資料以網頁呈現，經由指定月份的篩選，便能檢視在該月份的所有資料，再以繪製曲線圖的方式更能觀察到該月份所有 pH 值的分布趨勢，到底是一直持續居高不下的高風險狀況或者普遍狀況都正常?也可經過篩選指定地區的篩選，便能檢視再該地區每月份的資料，再以繪製曲線圖的方式便能觀察該地區的

pH 值在每個月份的情形，從上個到本月有風險的資料愈來愈多的趨勢?還是從原本普遍高風險的分布逐漸有減緩為正常的現象。

也可透過直接篩選高風險、注意、正常去檢視資料，即可觀察出高風險的個案普遍分布在哪一些地區或者再哪一個月份居多，或是那些地方狀況是要注意的個案較嚴重，即表示該地區可能會成為高風險的地方，則應該進行相關的預防措施。

#### 五、總結與建議

本專題建立 MySQL 資料庫，可以有效的管理經由可攜式微流體紙晶片檢測裝置對晶片進行影像處理所得到的相關數據和資訊;透過撰寫 PHP 程式，將儲存於資料庫裡的相關資料以網頁方式呈現，並編輯相關的功能程式，包括篩選月份、地區等再配合曲線圖的繪製，讓紙晶片的受測者能夠瀏覽結果以及相關資訊，也可提供醫療團隊相關參考、分析、比較的依據(如圖 33~圖 35)。

由於以可攜式微流體紙晶片檢測裝置(如圖 36)對紙晶片進行影像處理後，將得到的數據、資料上傳儲存到資料庫的階段並還沒實際去進行測試過，因此目前在 MySQL 資料庫裡的資料是假設的，目的在模擬往後檢測的裝置透過 Wi-Fi 與資料庫進行配對連結後，透過影像處理後會得到紙晶片的檢測日期、pH 值、圖像等資訊，並上傳儲存到連結的資料庫。

在可攜式微流體紙晶片檢測裝置內部的構造，使用 node.js 撰寫影像處理演算法以及架設網站 server，並設置 Wi-Fi 基地台、拍攝鏡頭、提供適當光源等裝置(如圖 37)，將紙晶片放置到指定位置後闔上裝置(如圖 38)，即能進行影像處理的作業，接著透過 Wi-Fi 的連結即可開啟瀏覽器到裝置所架設的網站(如圖 39)，可以看到紙晶片的即時影像以及經影像處理得到的濃度結果。從經由 Wi-Fi 連結到所架設的網站流程中，對於將來紙晶片檢測裝置

要配對指定的資料庫，將影像處理所得到的數據、資訊進行上傳儲存作業的部分是有機會可以達成的。

另外透過 IP 連結的部分，由於目前架設的網址為虛擬 IP，因此以其他電子產品透過 IP 連結檢視資料庫的階段仍須有個確切的實體 IP 才能進行。而有了實體 IP 後，若要進行 IP 連結檢視資料時，MySQL 資料庫架設端的電子產品也需要是啟動狀態的才有辦法，也就是說如果架設端是處於關機、睡眠或沒有啟動 XAMPP，亦無法透過 IP 連結檢視資料庫裡的資料。

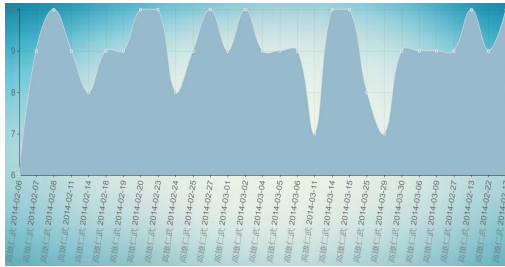


圖 33、篩選某地區發現 pH 值  
從上個月到下個月都居高不下

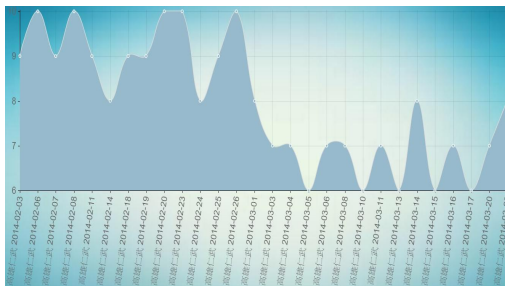


圖 34、篩選某地區發現 pH 值  
從上個月到下個月有趨緩現象

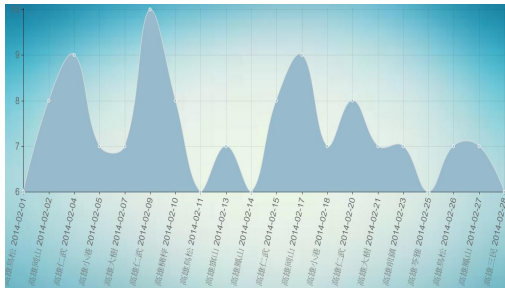


圖 35、篩選某個月份發現 pH 值普遍都正常



圖 36、可攜式微流體紙晶片檢測裝置



圖 37、裝置內部結構



圖 38、放置將紙晶片  
關上裝置即可進行影像處理



圖 39、開啟架設的網站  
左邊可看到即時影像  
右邊是影像處理濃度結果

## 六、致謝

這次的專題研究由衷感謝陳志堅老師給了我這個方向，讓我認識許多以前沒接觸過的研究，另外也感謝美和科技大學的老師和學長，撥出時間不厭其煩的指導我撰寫相關的程式，也間接讓我見識到了他們以自己所學的專長研究出來的成果、設備裝置，可說是增廣見聞、受益匪淺，最後還要感謝鄭國明老師，在我遇到一些瓶頸時適時地提供了我不少的解決方向與建議。

## 七、參考文獻

- [1] Dunlap, I. (2006). Open source database driven Web development: a guide for information professionals. Elsevier.
- [2] Harrington, J. L. (2003). SQL clearly explained. Elsevier.
- [3] Nava, E. A. V. (2010). Web Application Obfuscation. 12011, Pages 191-192.
- [4] Hou, P., Zhi, Y. N., Sun, J., & Liu, L. (2015). Cross-step parallel confocal image processing algorithms used in spatial domain for synthetic-aperture imaging ladars. Optik-International Journal for Light and Electron Optics, 126(20), 2523-2528.

Employ PHP and MySQL construction  
paper-based inspection Management System

Zh-Kai Zhan

Department of Biomechatronics Engineering  
National Pingtung University of Science and  
Technology

## Abstract

PHP is quite common server-side scripting language, widely used in Web servers, and

applied to the mass site, MySQL from MySQL AB relationship database management system developed by the company, as with PHP is open source, so website building PHP with MySQL is the most widely used. This research intends through network resources construction MySQL database system, management paper-based after image processing obtaining of data and results, convenient after that of job, including view, and added/delete data, and statistics, then apply PHP and HTML program language, will MySQL of data in the page output, let user learned that results and related of information, established a interactive of bridge.

Keyword: PHP, MySQL, website build

# 以光纖感測器及感測區尺寸參數探討環境折射率對光場強度影響之模擬

專題生姓名:陳怡昌、邱俊元、劉士強  
指導老師:許益誠 副教授

國立屏東科技大學  
生物機電工程系

## 摘要

本研究利用 Fred 程式對多模塑膠光纖感測器之感測區長度進行模擬，分析光纖感測區域尺寸與環境折射率的關係。模擬設定點光源場型為 Lambertian 波長 528nm，光纖長度尺寸統一為 150mm，將感測區深度固定為 0.5mm，並以感測長度參數 3.5mm、4.5mm、5.5mm、6.5mm 對環境折射率 1.333-1.413 進行照度模擬，使塑膠光纖感測器進行折射率檢測，探討感測區尺寸的變化。

## 一、引言

隨著光纖通訊技術蓬勃發展，光纖被廣泛應用於系統中，除了通訊之外，光纖感測器的應用正快速發展，使得光纖感測器測量物理及化學量，如環境折射率、功率等...變化，具靈敏度高、反應速度快、體積小重量輕、低成本、可靠度高、可依需求做出不同的幾何圖形、不受電磁波干擾等諸多優點，可應用層面相當廣泛。

FRED 模擬軟體應用的領域範圍非常廣泛，只要系統可以用幾何光學來描述，都可以用它來做分析，常見的應用領域為：照明系統、導光管、投影系統、雷射、干涉、雜散光、鬼影分析、生物醫學、其它光學系統原型之系統設計等等，無論是簡易或是複雜的成像與非成像系統架構，FRED 都可以準確的建構及分析因此本研究應用 FRED 軟體於多模塑膠光纖感測器區域變化之照度分析以及待測物感測靈敏度探討。

## 二、文獻探討

光導纖維，簡稱光纖(Optical fiber)。光纖是利用光在玻璃或塑料製成的纖維中，以全反射原理傳輸的光傳導工具。透過移除的纖殼(Cladding)來使纖核(Core)曝露於外界作為感測區，藉由外界環境的改變，間接使光纖內的訊號產生變化，最後在

分析訊號的變化量即可獲得感測區域間的介質物理變化量，通常光纖的一端的發射裝置使用發光二極體或一束雷射將光脈衝傳送至光纖，光纖的另一端的接收裝置使用光敏元件檢測脈衝。包含光纖的線纜稱為光纜。由於信息在光導纖維的傳輸損失比電在電線傳導的損耗低得多，更因為主要生產原料是矽，蘊藏量極大，較易開採，所以價格很便宜，促使光纖被用作長距離的信息傳遞媒介。隨著光纖的價格進一步降低，光纖也被用於醫療和娛樂的用途。

U 型光纖感測器是透過移除的纖殼(Cladding)來使纖核(Core)暴露於外界作為感測區，藉由外界環境與纖核表面的漸逝波，Evanesence Wave)起反應，間接使光纖內的訊號產生變化，最後再分析訊號的變化量即可獲得感測區域間的介質物理變化量。

透過光學模擬軟體 FRED 模擬感測區域的長度不同對感測斜率之影響，模擬出的最佳尺寸當作實驗的參考值，感測斜率計算如公式 1.1 其 X 軸為折射率，Y 軸為照度值，感測斜率越大也代表感測斜率越良好。

$$\text{感測斜率}(m) = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \quad (1.1)$$

將光纖之纖殼及部分纖核移除後即為感測區，光在傳輸過程中會有部分的能量自感測區穿透出光纖，另一部份的能量則會持續於光纖內進行反射，而當待測液之物理量漸改變後，期穿透出光纖之能量會與感測區域的感測物質發生反應進行調變的機制使光纖輸出照度改變，再藉由分析輸出光強度的變化量，及可分析感測區域的介質折射率變化。

折射率可以用來計算在物質裏的光線速度。在真空裏，及外太空，光線的傳播速度最快，大約為3億公尺／秒。一種物質的折射率是真空光速除以光線在這物質裏傳播的速度。所以，根據定義，真空折射率是1。折射率越大，光線傳播的速度越慢。通常光纖的核心的折射率是1.48，包層的折射率是1.46。所以，光纖傳導訊號的速度粗算大約為2億公尺／秒。電話訊號，經過光纖傳導，從紐約到雪梨，大約12000公里距離，會有最低0.06秒時間的延遲。

全反射當移動於密度較高的介質的光線，以大角度入射於核心-包層邊界時，假若這入射角（光線與邊界面的法線之間的夾角）的角度大於臨界角的角度，則這光線會被完全地反射回去。光纖就是應用這種效應來局限傳導光線於核心。在光纖內部傳播的光線會被邊界反射過來，反射過去。由於光線入射於邊界的角度必須大於臨界角的角度，只有在某一角度範圍內射入光纖的光線，才能夠通過整個光纖，不會洩漏損失。這角度範圍稱為光纖的受光錐角，是光纖的核心折射率與包層折射率的差值的函數。

更簡單地說，光線射入光纖的角度必須小於受光角的角度，才能夠傳導於光纖核心。受光角的正弦是光纖的數值孔徑。數值孔徑越大的光纖，越不需要精密的熔接和操作技術。單模光纖的數值孔徑比較小，需要比較精密的熔接和操作技術。

多模光纖核心直徑較大的光纖（大於10微米）的物理性質，可以用幾何光學的理論來分析，這種光纖稱為多模光纖，用於通信用途時，線材會以橘色外皮做為辨識。

在一個多模突變光纖內，光線靠著全反射傳導於核心。當光線遇到核心-包層邊界時，假若入射角大於臨界角，則光線會被完全反射。臨界角的角度是由核心折射率與包層折射率共同決定。假若入射角小於臨界角，則光線會折射入包層，無法繼續傳導於核心。臨界角又決定了光纖的受光角，通常以數值孔徑來表示其大小。較高的數值孔徑會允許光線，以較近軸心和較寬鬆的角度，傳導於核心，造成光線和光纖更有效率的耦合。但是，由於不同角度的光線會有不同的光程，通過光纖所需的時間也會不

同，所以，較高的數值孔徑也會增加色散。有些時候，較低的數值孔徑會是更適當的選擇。

漸變光纖的核心的折射率，從軸心到包層，逐漸地減低。這會使朝著包層傳導的光線，平滑緩慢地改變方向，而不是急劇地從核心-包層邊界反射過去。這樣，大角度光線會花更多的時間，傳導於低折射率區域，而不是高折射率區域。因此，所形成的曲線路徑，會減低多重路徑色散。工程師可以精心設計漸變光纖的折射率分布，使得各種光線在光纖內的軸傳導速度差值，能夠極小化。這理想折射率分布應該會非常接近於拋物線分布。

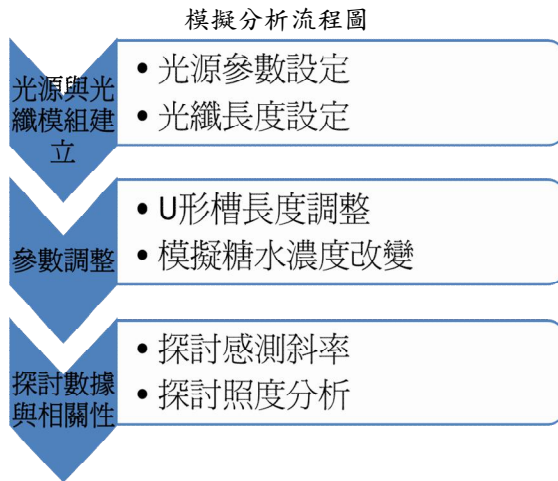
Lambertian 定義一個理想的“霧”或屬性漫反射面。朗伯表面到觀察者的表觀亮度是不管視圖觀察者的角度是相同的。技術上更，表面的亮度是各向同性，並且發光強度服從餘弦輻射體

**發光二極體**（英語：Light-emitting diode，縮寫：LED）<sup>[1]</sup>是一種能發光的半導體電子元件，透過三價與五價元素所組成的複合光源。此種電子元件早在1962年出現，早期只能夠發出低光度的紅光，被惠普買下專利後當作指示燈利用。及後發展出其他單色光的版本，時至今日，能夠發出的光已經遍及可見光、紅外線及紫外線，光度亦提高到相當高的程度。用途由初時的指示燈及顯示板等；隨著白光發光二極體的出現，近年逐漸發展至被普遍用作照明用途。

發光二極體只能夠往一個方向導通（通電），叫作順向偏壓，當電流流過時，電子與電洞在其內重合而發出單色光，這叫電致發光效應，而光線的波長、顏色跟其所採用的半導體物料種類與故意摻入的元素雜質有關。具有效率高、壽命長、不易破損、反應速度快、可靠性高等傳統光源不及的優點。白光LED的發光效率近年有所進步；每千流明成本，也因為大量的資金投入使價格下降，但成本仍遠高於其他的傳統照明。雖然如此，近年仍然越來越多被用在照明用途上。

### 三、燈具模型建立與光場模擬

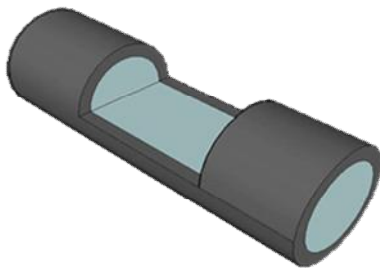
本研究是利用 FRED 光學模擬軟體來模擬感測區尺寸(3.5、4.5、5.5、6.5)參數探討環境折射率對光場強度影響，模擬分析流程圖如圖一：



圖(一)

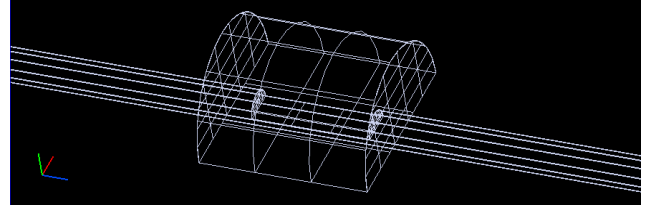
光纖建模圖

|      |        |
|------|--------|
| 纖核直徑 | 0.98mm |
| 纖殼直徑 | 1mm    |
| 光纖長度 | 150mm  |
| 挖槽深度 | 0.5mm  |



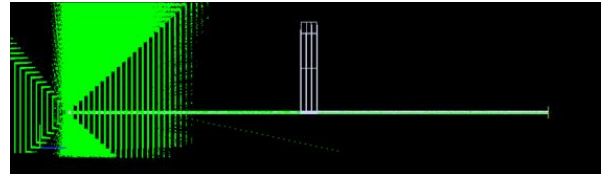
圖(二)

半圓柱體為糖水濃度模型



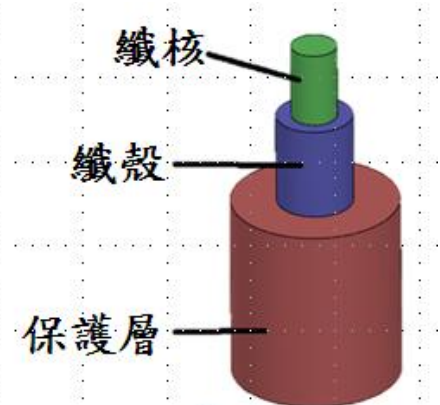
圖(三)

FRED 實際模擬圖



圖(四)

光纖殼心外殼示意圖



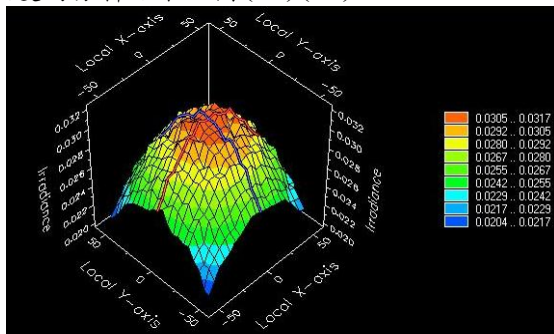
圖(五)

LAMBERTIAN 場形圖



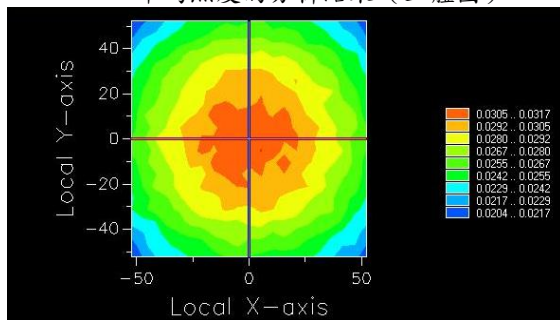
圖(六)

本研究所探討之場型 Lambertian 以 Lambertian 場型/高度 100mm/與分析面距離 10mm 為例，其照度的分析結果如圖(七)(八)



圖(七)

平均照度的分析結果 (立體圖)



圖(八)

#### 四、結果與討論

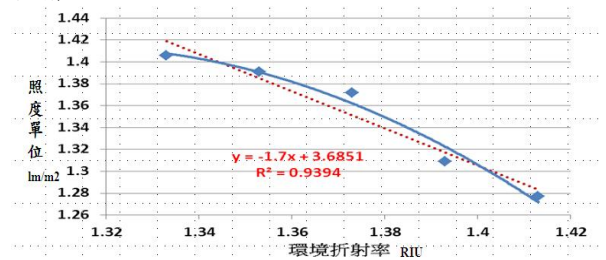
透過光學模擬軟體 FRED 模擬感測區域的長度不同對感測斜率之影響，感測斜率計算如公式 1.1 感測斜率又稱為感測靈敏度，斜率一般以 m 表示定義為 y 的改變除以 x 對應的改變，即 m 是改變的比例，其 X 軸為折射率，Y 軸為照度值，感測斜率越大也代表感測靈敏度越良好。

| 感測區長度(mm) | 感測係數(R <sup>2</sup> ) | 感測斜率(Slope) |
|-----------|-----------------------|-------------|
| 1.5       | 0.994                 | -1.1        |
| 1.5       | 0.919                 | -1.41       |
| 1.5       | 0.951                 | -1.26       |
| 1.5       | 0.910                 | -1.25       |

圖(九)

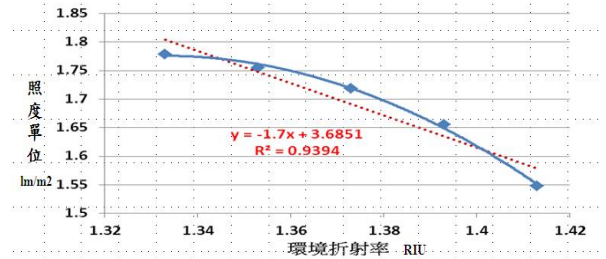
| 折射率(RIU) | 照度能量(Lm) |
|----------|----------|
| 1        | 4.812    |
| 1.333    | 1.406    |
| 1.353    | 1.391    |
| 1.373    | 1.372    |
| 1.393    | 1.309    |
| 1.413    | 1.227    |

挖槽 3.5mm



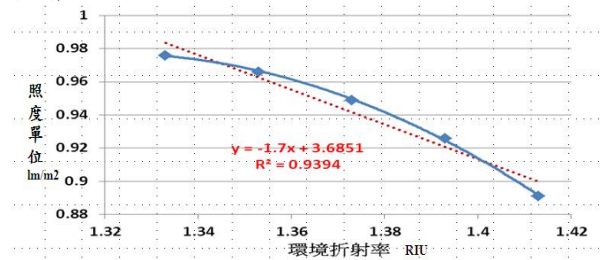
圖(十)

挖槽 4.5mm

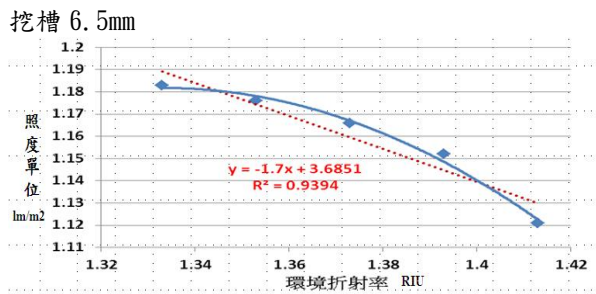


圖(十一)

挖槽 5.5mm



圖(十二)



圖(十三)

根據本實驗採用四種不同尺寸之光纖感測區域對於折射率 1.333~1.413 時，光纖感測區度，使用 3.5mm、5.5mm、6.5mm 之光纖感測區域時，其感測斜率則隨著尺寸的不同而降低，可得知感測區域尺寸在長度 4.5mm 時，有最佳感測斜率取絕對值為 2.81 Lux/RIU。

### 五、致謝

首先感謝許益誠老師的指導，指引我們確切的方向，幫助我們解決軟體上的問題及給予我們意見，並補充相關常識；再來感謝學長學姊，協助我們了解軟體的操作，才可讓我們專題如期完成，讓我們學會使用 FRED 光學軟體，及燈具上的相關知識，更了解光的特性，受益良多。

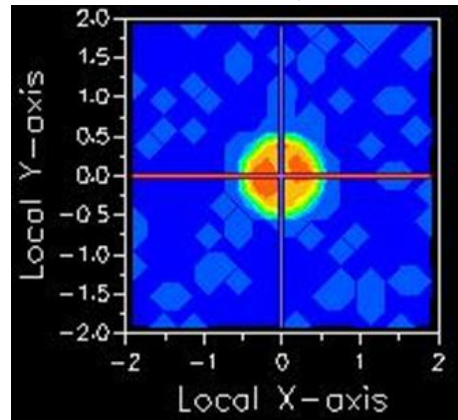
### 六、參考文獻

- [1] 胡志得，2010，「以側向研磨法製作光纖感測器及感測區尺寸參數探討」，碩士論文，國立屏東科技大學生物機電工程研究所。
- [2] 陳志霖，2012，「以側向研磨法製作不同尺寸之 U 形光纖感測器及期研磨深度對於感測解析度之影響」，碩士論文，國立屏東科技大學生物機電工程研究所。
- [3] 林育中，2007，「一種增強光源特性的發光二極體的簡易封裝技術」，碩士論文。
- [4] 王信文，2013，「全光纖式馬赫詹德干涉儀之分耦光結構與製程對感測靈敏度之探討」，碩士論文。
- [5] 方世榮，「基礎統計學三版」，中興大學企業管理學系系主任。

### 附表一

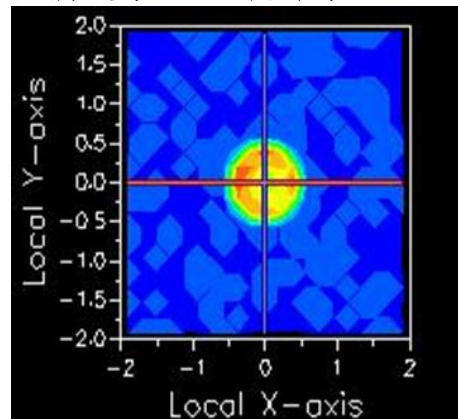
#### 模擬數據表

挖槽長度為 3.5mm 折射率為 1



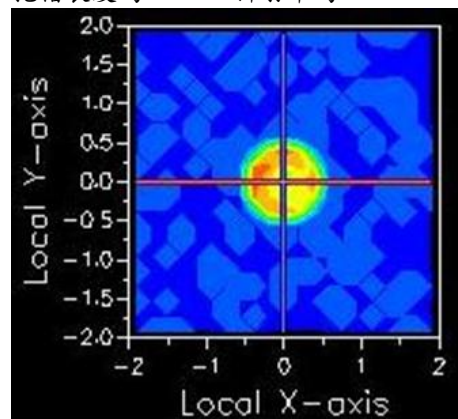
圖(一)

挖槽長度為 3.5mm 折射率為 1.333



圖(二)

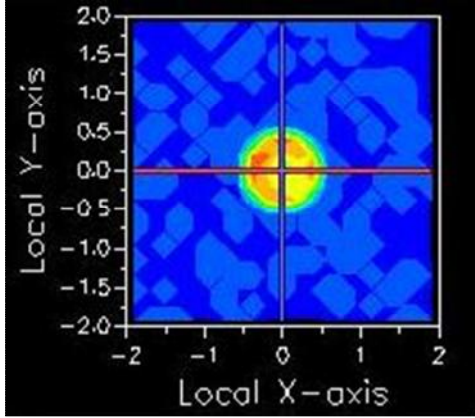
挖槽長度為 3.5mm 折射率為 1.353



圖(三)

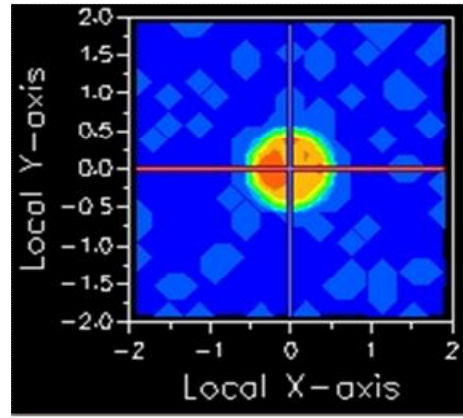


挖槽長度為 3.5mm 折射率為 1.373



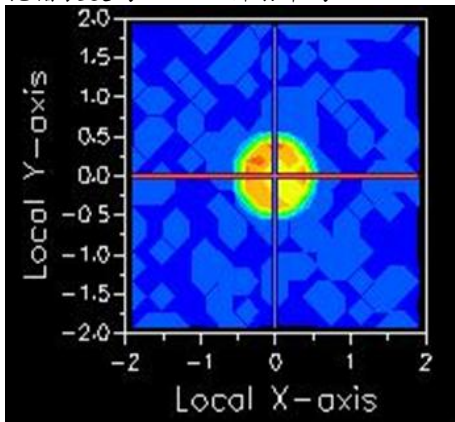
圖(四)

挖槽長度為 4.5mm 折射率為 1



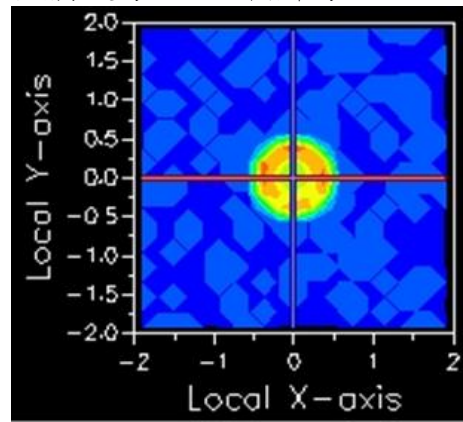
圖(七)

挖槽長度為 3.5mm 折射率為 1.393



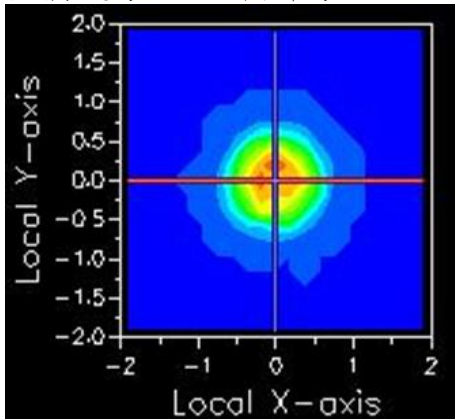
圖(五)

挖槽長度為 4.5mm 折射率為 1.333



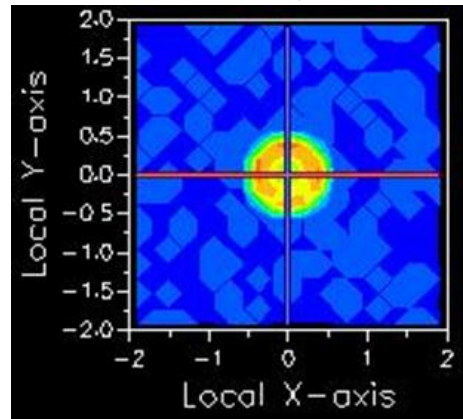
圖(八)

挖槽長度為 3.5mm 折射率為 1.413



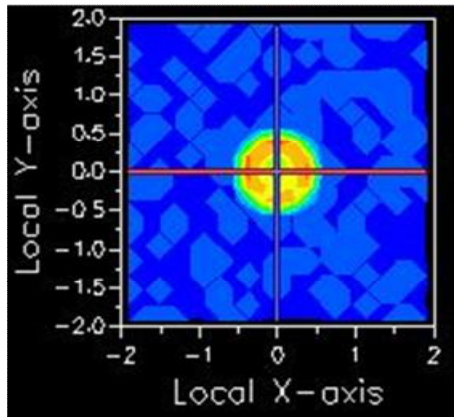
圖(六)

挖槽長度為 4.5mm 折射率為 1.353



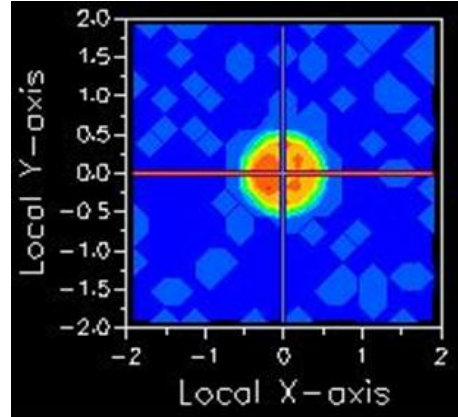
圖(九)

挖槽長度為 4.5mm 折射率為 1.373



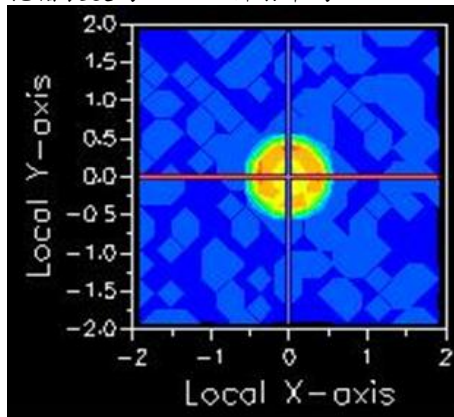
圖(十)

挖槽長度為 5.5mm 折射率為 1



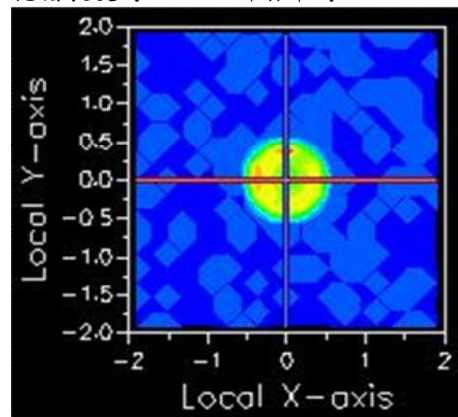
圖(十三)

挖槽長度為 4.5mm 折射率為 1.393



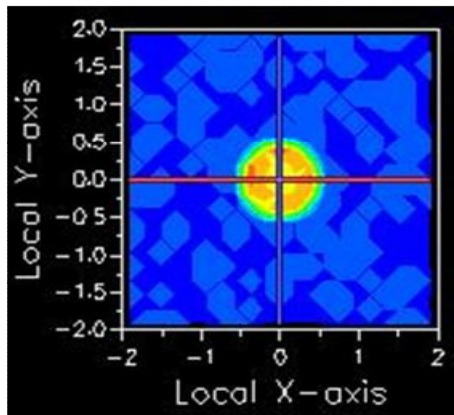
圖(十一)

挖槽長度為 5.5mm 折射率為 1.333



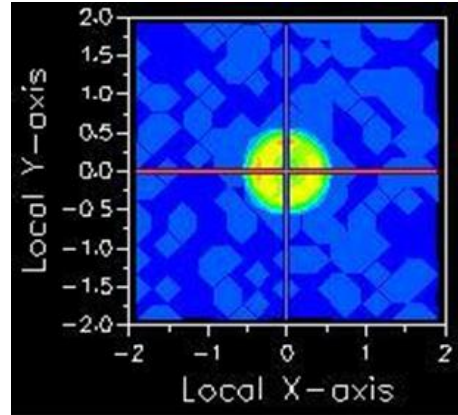
圖(十四)

挖槽長度為 4.5mm 折射率為 1.413



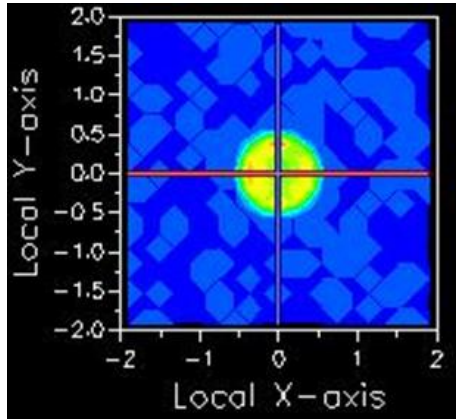
圖(十二)

挖槽長度為 5.5mm 折射率為 1.353



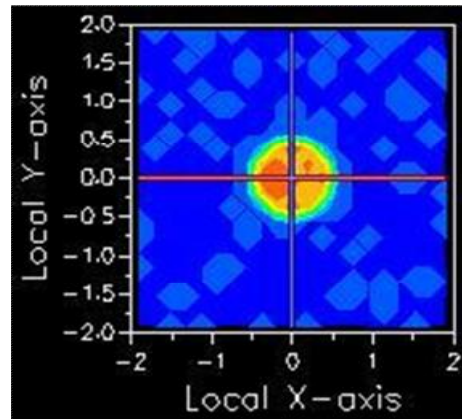
圖(十五)

挖槽長度為 5.5mm 折射率為 1.373



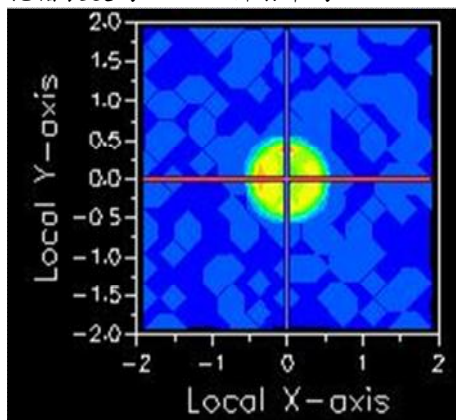
圖(十六)

挖槽長度為 6.5mm 折射率為 1



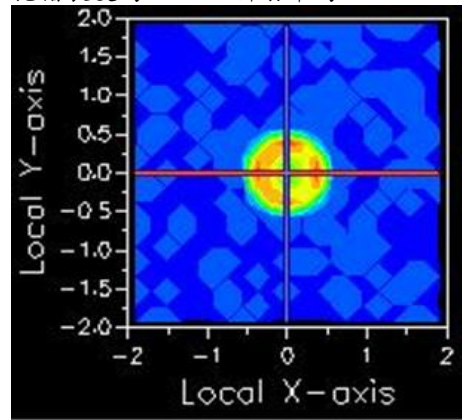
圖(十九)

挖槽長度為 5.5mm 折射率為 1.393



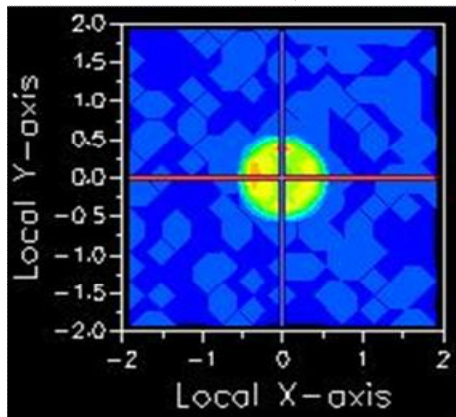
圖(十七)

挖槽長度為 6.5mm 折射率為 1.333



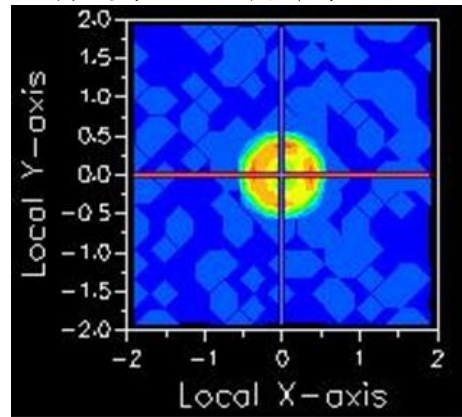
圖(二十)

挖槽長度為 5.5mm 折射率為 1.413



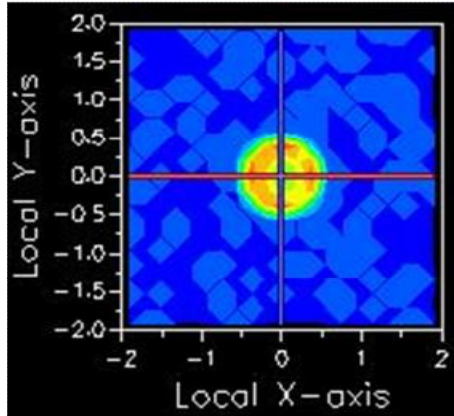
圖(十八)

挖槽長度為 6.5mm 折射率為 1.353



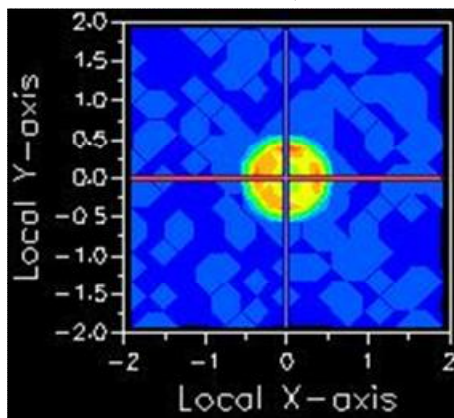
圖(二十一)

挖槽長度為 6.5mm 折射率為 1.373



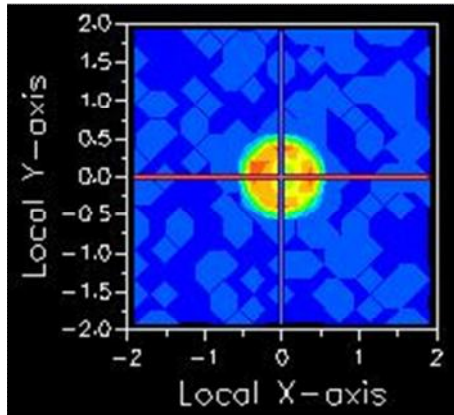
圖(二十二)

挖槽長度為 6.5mm 折射率為 1.393



圖(二十三)

挖槽長度為 6.5mm 折射率為 1.413



圖(二十四)

挖槽長度為 3.5mm 圖(二十五)

| 折射率   | Integrated Power |
|-------|------------------|
| 1     | 4.812            |
| 1.333 | 1.406            |
| 1.353 | 1.391            |
| 1.373 | 1.372            |
| 1.393 | 1.309            |
| 1.413 | 1.227            |

挖槽長度為 4.5mm 圖(二十六)

| 折射率   | Integrated Power |
|-------|------------------|
| 1     | 4.952            |
| 1.333 | 1.779            |
| 1.353 | 1.755            |
| 1.373 | 1.719            |
| 1.393 | 1.655            |
| 1.413 | 1.548            |

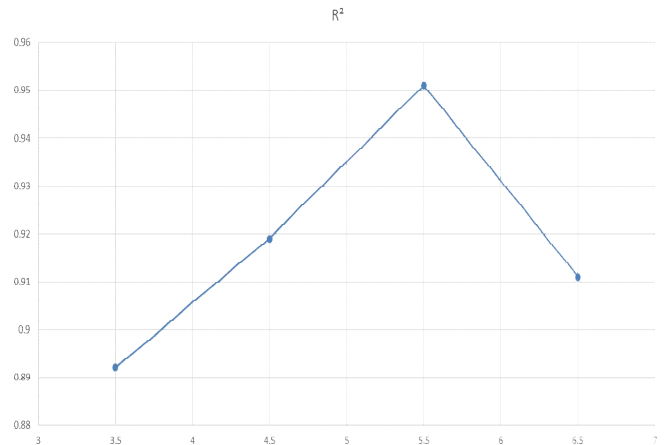
挖槽長度為 5.5mm 圖(二十七)

| 折射率   | Integrated Power |
|-------|------------------|
| 1     | 4.878            |
| 1.333 | 0.976            |
| 1.353 | 0.966            |
| 1.373 | 0.949            |
| 1.393 | 0.926            |
| 1.413 | 0.891            |

挖槽長度為 6.5mm 圖(二十八)

| 折射率   | Integrated Power |
|-------|------------------|
| 1     | 4.788            |
| 1.333 | 1.183            |
| 1.353 | 1.176            |
| 1.373 | 1.166            |
| 1.393 | 1.152            |
| 1.413 | 1.121            |

R<sup>2</sup> 值圖(三十一)



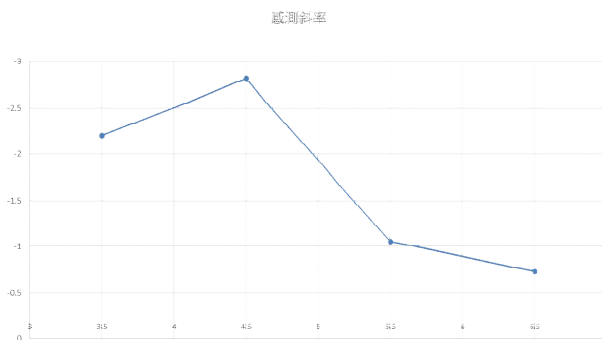
實驗結果數據圖(二十九)

| 感測區長度(mm) | R <sup>2</sup> | Slope |
|-----------|----------------|-------|
| 3.5       | 0.892          | -2.2  |
| 4.5       | 0.919          | -2.81 |
| 5.5       | 0.951          | -1.05 |
| 6.5       | 0.911          | -0.74 |

英文摘要

In this study, Fred program length of the sensing area of the multimode plastic optical fiber sensor simulation , analyze the relationship between the optical fiber sensing area size and refractive index of the environment . Analog setpoint source field type is Lambertian wavelength 528nm, fiber length uniform size of 150mm, the depth of the fixed sensing area is 0.5mm, and the length of the sensed parameter 3.5mm, 4.5mm, 5.5mm, 6.5mm refractive index of 1.333 for the environment -1.413 illuminance simulation so that the refractive index plastic optical fiber sensors to detect , investigate the sensing area size changes

感測斜率圖(三十)





# 自動環控雞禽養殖系統

學生姓名：陳憫恩、黃鳴玄、莊立洋、徐世銘

指導老師：蔡循恆

國立屏東科技大學  
生物機電工程系

## 摘要

現今養殖業與畜牧業，對於品質上的需求逐漸提升，無論是環境的溫溼度還是飼料供給量等都成了飼養上的品管問題，因此自動化控制系統成了養殖業的一大輔助，運用自動化的工程來達到穩固的品質與成效。因此本次專題朝著自動化雞舍進行研究，溫溼度感測器選用 DHT22 體積小、接線方便、耗電少、抗干擾能力強，在操作方面將 DHT22 接上 Arduino，且用 C 語言編寫，依照設定值驅動溫度控制裝置，當感測器測量外在環境，感測溫度 T 高於上限時將遮陽網與噴霧灑水啟動，反之若溫度低於下限時則關閉，在餵食方面採用自動控制餵食器來提供固定的餵食，此餵食器也使用 Arduino 晶片來進行自動控制。此系統主要以餵食、遮陽、灑水三項功能作為主軸，給予雞舍內生長環境達到遮陽降溫、灑水保濕與自動餵食之成效來穩固雞禽生長環境與品質，也帶給養殖與畜牧產業良好的幫助與需求。

## 一、引言

近年來國際上對於畜產養殖上要求傾向人道飼養，如歐盟在 2012 年強制規定禁止雞禽在格子籠內飼養，其飼養規定雞禽必須採放牧制並在可自由活動之範圍內生長，台灣也在 2014 年實施相關法令，此法令也保障了動物的人道權益也使雞禽能夠在自由且舒適的環境下生長。在來由於近年來畜牧養殖業的人員短缺，導致人力成本提高，飼養與管理方面長因人手不足導致雞禽生長不良或出現傳染疾病等不良因素，因此自動控制系統成了幫助畜產養殖的一大方案，因為藉由自動控制系統可以有效的維持良好而固定的生長環境也不需要太多的人力，可算是解決了人力不足與生長環境較差的問題。本次專題研究其目的為如何讓雞禽在自由生長的環境下利用自動控制的系統使其生長環境更加良好。

## 二、研究動機

由於近年來國際上要求對於畜產養殖上的人道化，家禽類必須在自由且舒適的環境下養殖，再加上

近年來台灣養殖產業人力上的縮減，年輕一輩的族群普遍不想從事於養殖產業，對於這樣人力與環境上的需求就更加突顯了自動化的養殖系統的需求，本次專題的目的是希望能夠配合少量的人力加上自動化控制系統來創造一個適合禽類生長的环境。

## 三、研究內容與方法

### 3.1 應用對象

生物科技所提供之雞禽，並提供舒適的環境溫度與固定的餵食來達到良好的生長環境。

### 3.2 研究方法

- (1) 運用自動餵食機來提供飼料在固定的時間提供食。
- (2) 運用溫度感測遮陽網來遮蔽部分陽光來降低雞舍內部的溫度好提供舒適的成長溫度。
- (3) 運用溫控噴霧灑水器藉由霧狀灑水來降低雞舍內部溫度與維持固定的溼度。

### 3.3 架構介紹

本次專題之設備架構主要是運用 Arduino 來做為主控系統的核心來控制自動餵食機、溫度感測遮陽網、溫控噴霧式灑水器。



圖 3-1 專題架構圖

### 3.4-1 自動餵食機

此餵食機使用方法為將飼料倒入圖 3-2 儲飼桶中，藉由伺服馬達旋轉擋板來做為飼料桶的開關，隨者設定的時間一到馬達轉動擋板飼料孔將其打開，飼料順著飼料管倒出到飼料盆中來達到自動餵食的效果。



圖 3-2 自動餵食機

### 3.4-2 自動餵食機控制原理

此餵食機運用伺服馬達來進行飼料供給，則伺服馬達的控制是藉由連結 Arduino 晶片來進行做動的控制，馬達做動的時間也是由 Arduino 晶片來進行設定，換言之設定的時間一到馬達就會轉動並提供飼料。



圖 3-3 自動餵食機側視圖

### 3.4-3 自動餵食機電路介紹

利用 Arduino 上的 5V 電源及訊號 pin 腳與伺服馬達連接，做動流程，首先當程式輸入到 Arduino 後，伺服馬達會先打開飼料口，後在關閉飼料口，關閉飼料口的同時開始計時，等待預設時間一到回到第一步的動作。

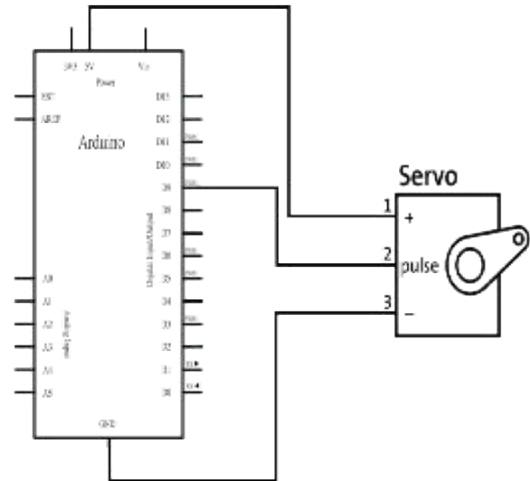


圖 3-4 自動餵食機電路圖



圖 3-5 自動餵食機電路實體圖

表 3-1 自動餵食機元件表

| 編號 | 元件      | 規格           | 數量   |
|----|---------|--------------|------|
| 1  | Arduino | 5V 40ma      | 1 片  |
| 2  | 伺服馬達    | 3V~7.2 100ma | 1 顆  |
| 3  | 杜邦線     | 公端           | 3 條  |
| 4  | 單芯線     | 0.5mm        | 10 條 |



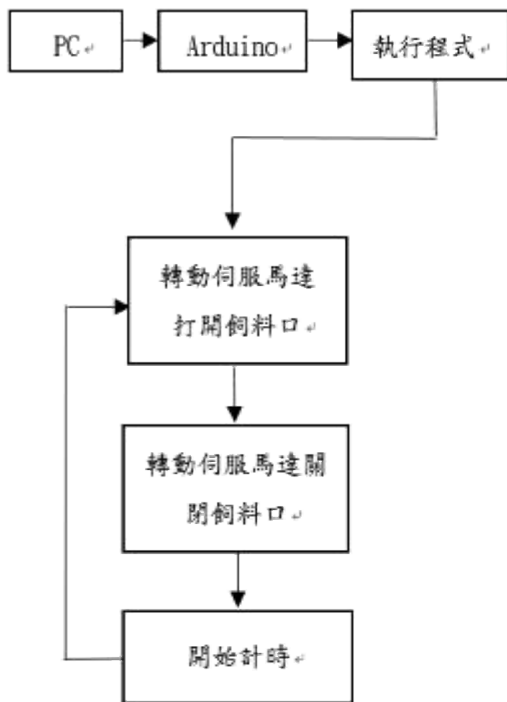


圖 3-6 自動餵食機流程圖

### 3.5-1 溫度感測遮陽網

本次專題遮陽網運用溫度感測做動，當達到預設溫度時馬達轉動帶動繩子並拉動遮陽網，來達到一個遮陽降溫的效果。



圖 3-7 遮陽網

### 3.5-2 溫度感測遮陽網控制原理

遮陽網做動原理主要是運用 DHT22 溫度感應器來進行溫度感測並與 Arduino 連結來做動馬達，當溫度到達預設溫度時感測器傳輸訊號給 Arduino 然後，Arduino 在接收訊號後再做動馬達轉動帶動鍊條拉動遮陽網進行遮陽作業。



圖 3-8 遮陽網整體架構



圖 3-9 馬達與傳動鏈條

### 3.5-3 溫度感測遮陽網電路介紹

在這裡使用 Arduino 與直流馬達、DHT 22，還得使用 L293D，在這選用 L293D 的原因是一次最多可控制 2 組馬達，且功能可以符合這次的機構使用，做動流程，當 DHT 22 感測到溫度超過上限，立即驅動直流馬達，拉動遮陽網到指定位置，反之，溫度低於下限將遮陽網拉回原先的位置，繼續感測溫度。

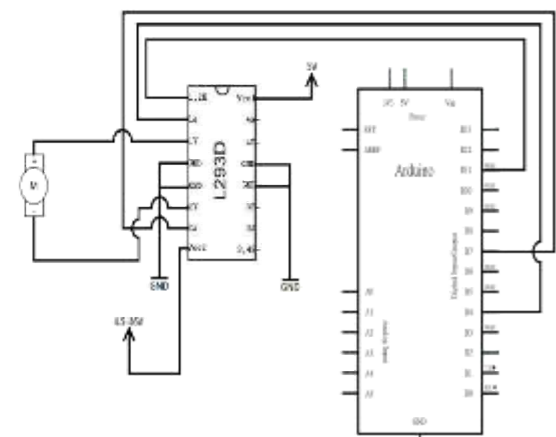


圖 3-10 溫度感測遮陽網電路圖

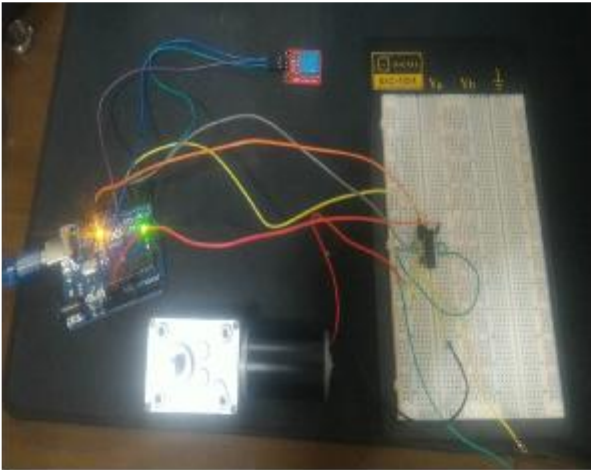


圖 3-11 溫度感測遮陽網電路實體圖

表 3-2 溫度感測遮陽網元件表

| 編號 | 元件      | 規格        | 數量  |
|----|---------|-----------|-----|
| 1  | Arduino | 5V 40ma   | 1 片 |
| 2  | 直流馬達    | 12V 1.75A | 1 顆 |
| 3  | 變壓器     | 12V 2A    | 1 顆 |
| 4  | L293D   | 4.5V~36V  | 1 顆 |
| 5  | 杜邦線     | 公端        | 7 條 |
| 6  | DHT 22  | 3.3V~6V   | 1 顆 |
| 7  | 齒輪      | 20 齒      | 2 顆 |
| 8  | 鍊條      | 500mm     | 1 條 |
| 9  | 單芯線     | 0.5mm     | 6 條 |

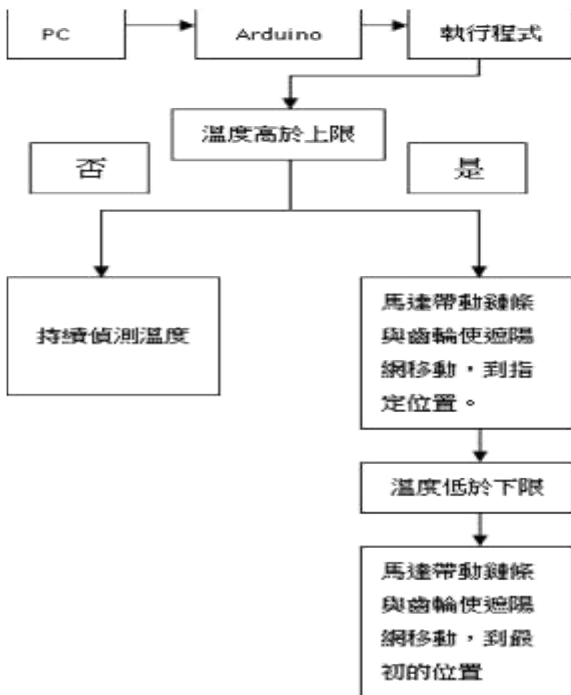


圖 3-12 溫度感測遮陽網流程圖

### 3.6-1 溫控噴霧式灑水器

此灑水器主要是由溫度感測做動，當溫度達到預設值時伺服馬達轉動打開水龍頭來進行灑水作業。



圖 3-13 噴霧式灑水頭

### 3.6-2 溫控噴霧式灑水器運作原理

做動原理主要是，DHT 22 感測到溫度高於上限時始伺服馬達轉動水龍頭，控制其溫度，反之若溫度低於下限值，將水龍頭關閉，後持續偵測溫度，本次專題使用 12V~24V 藤原 8M 揚程加壓馬達，所謂的揚程，例如：8M 揚程指的是地板往上的高度為 8 公尺，因裝設的場所需架設，垂直 2 公尺水平 6 公尺，所以選用 8M 揚程的加壓馬達，先在三分軟管上裝上噴頭，與加壓馬達的出水口相接用管夾固定，則另一邊的出水口與水龍頭相接再以管夾固定，再將加壓馬達插上外部電源即可。



圖 3-14 8M 揚程加壓馬達

### 3.6-3 溫控噴霧式灑水器電路介紹

將伺服馬達與 DHT 22 接上 Arduino 後，開始做動，當 DHT 22 感測到室溫高於上限值，轉動伺服馬達打開水龍頭，當室內溫度低於下限值，伺服馬達將水龍頭關閉後，繼續感測溫度。

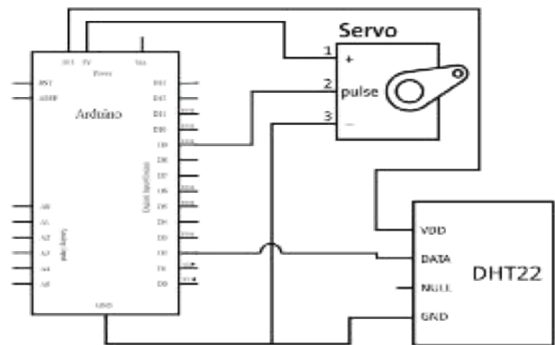


圖 3-15 溫控噴霧式灑水器電路圖

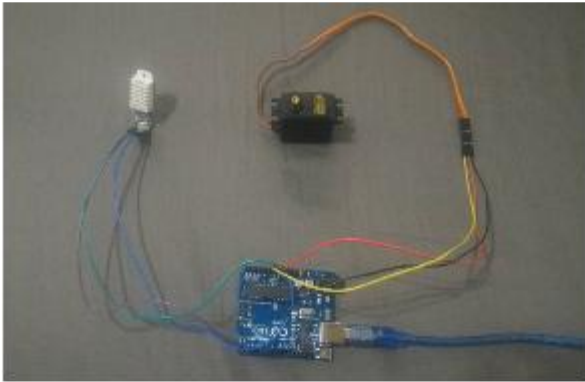


圖 3-16 溫控噴霧式灑水器電路實體圖

表 3-3 溫控噴霧式灑水器元件表

| 編號 | 元件      | 規格        | 數量  |
|----|---------|-----------|-----|
| 1  | Arduino | 5V 40ma   | 1 片 |
| 2  | 伺服馬達    | 12V 1.75A | 1 顆 |
| 3  | DHT 22  | 3.3V~6V   | 1 顆 |
| 4  | 杜邦線     | 公端        | 6 條 |
| 5  | 變壓器     | 6V 1A     | 1 顆 |
| 6  | 加壓馬達    | 揚程 8M     | 1 顆 |
| 7  | 水管      | PVC       | 1 捲 |

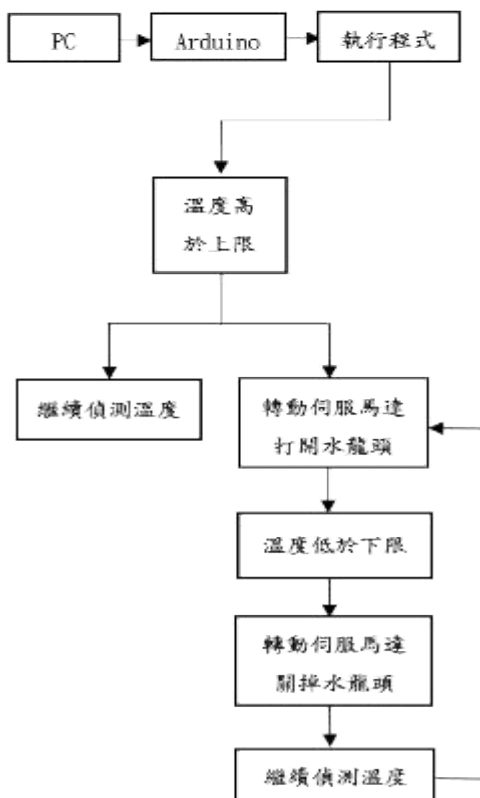


圖 3-17 溫控噴霧式灑水器流程圖

## 四、結果與討論

### 4.1

本次專題研究主要為自動環控雞禽養殖系統，在本次的研究與實驗中整理出幾項優缺點如下

優點：

- (1) 能夠在固定明確的時間準時提供飼料，確保雞禽不會挨餓。
- (2) 能有效維持雞舍場地之溫度，來提供良好的生長環境。
- (3) 能夠讓使用者節省人力資源在養殖雞禽上並不影響整體品質與生長。
- (4) 整體系統設計簡單所以維修較為方便。
- (5) 此自動控制系統相較於其他控制系統成本較低。

缺點：

- (1) 無人機介面倘若要進程式設定或修改需用電腦編寫修改。
- (2) 自動餵食機提供的飼料量估計只能提供 2~3 天需定期補給。
- (3) 遮陽網主要是感測溫度做動，幾使無陽光照射溫度一到也會啟動自動遮陽。

### 4.2

關於本次專題研究中討論出以下幾種可增加或修改與加強的部分。

- (1) 增加人機介面方便使用者修改內部設定與調整。例:溫度設定、時間設定。
- (2) 增加獨立備用電源以防斷電時設備停止運轉，好維持生長環境不會因斷電受到影響。
- (3) 更有效率的，降低室內溫度。可以加幾個風扇降低室內溫度讓場所裡空氣流通，進而加快溫度的調節。
- (4) 系統的控制晶片從 Arduino Uno R3 改成 Arduino Mega 2560，可控制更多的感測元件及馬達。
- (5) 增加遠端系統來提供遠端監控。如:系統發生故障時會自動發送訊息製手機告知使用者。

## 五、結論

本次的專題研究中運用自動控制系統來讓雞禽的養殖環境更加良好，但是生物的養殖上是沒有一定或固定的標準，任何時候都可能有不同的意外或狀況發生，而我們能做的就只是在有限的範圍內達到理想的效果，對於這次的專題我們還有很多需要學習與探討的部分，畢竟我們的專業程度有限無法提供更專業的器具來架設，只能盡可能達到目的與效果，此次研究我們受益良多，有機會的話也希望日後能夠學習到更專業的技术。

## 六、致謝

在本次專題研究感謝蔡循恒教授，提供這次機會給予我們做專題研究的機會，也感謝生物科技所，提供場地讓我們有實際場地可以實際架設與應用，也相當感謝研究室的學長提供意見，也感謝班上的同學給予援助。

## 七、參考文獻

### 1. 參考書籍：

位明先，2015，Arduino 微電腦專題製作，台科大圖書，台北。

### 2. 網站資料：

- (a) Arduino。官方網站。網址：  
<https://www.arduino.cc/en/Reference/HomePage>
- (b) Arduino。伺服馬達以 Tower Pro SG90。網址：  
<http://yehnan.blogspot.tw/2013/09/arduinotower-pro-sg90.html>
- (c) 行政院農委會。2010。畜牧法。網址：  
<http://law.coa.gov.tw/GLRSnewsout/EngLawContent.aspx?Type=C&id=109&KeyWord=%E7%95%9C%E7%89%A7%E6%B3%95>
- (d) 行政院農委會。2015。動物保護法。網址：  
<http://law.coa.gov.tw/GLRSnewsout/EngLawContent.aspx?Type=C&id=191>
- (e) 中華明國養雞協會。2013。生產衛生、安全雞肉之流程與措施。網址：  
[http://www.poultry.org.tw/introduce\\_sub.php?cate\\_index=&item=4](http://www.poultry.org.tw/introduce_sub.php?cate_index=&item=4)

## 附錄

Automatic Environmental Control chicken poultry farming system

Min-en Chen Ming-Syuan Huang  
Li-Yang Jhuang Shi-Ming Hsu

Department of Biomechatronics Engineering  
National Pingtung University of Science and  
Technology

## Abstract

Today farming and animal husbandry, the demand for quality gradually improved, both the temperature and humidity of the environment or the

supply of feed and so became the quality control issues on feeding, so the automation control system has become a major assist aquaculture, using automation engineering to achieve stable quality and effectiveness. Therefore, this study sheds topic towards automation, temperature and humidity sensors selected DHT22 small, easy wiring, low power consumption, anti-interference ability, in terms of the operation will DHT22 connect Arduino, and is written in C language, in accordance with setpoint drive temperature control means when the sensors measuring the external environment, sensed temperature T is higher than the upper limit of the shade net with spray sprinklers start, whereas if the temperature is below the lower limit is closed, Feeder with automatic control in feeding areas to provide a fixed feeding, this feeder is also used to automatically control the Arduino chip. This system is mainly to feed, shade, watering three functions as a spindle, giving coop growth environment to achieve cooling shade, watering and moisturizing effect automatic feeding of chickens to stabilize the growth of the environment and quality, but also to bring farming and livestock industry good help and needs.

# 車牌辨識

專題生：鄧力維、陳瑞宏

指導老師：李文宗 博士

國立屏東科技大學

生物機電工程系

## 摘要

本專題主要是針對機車的車牌做相關的影像處理及辨識的實作，首先利用 LabVIEW 圖控軟體，搭配硬體 Webcam 網路攝影機，將攝影後的圖像進行影像處理及車牌定位，將車牌區域擷取出來，再做車牌字元的切割並加以辨識與分析，最後將辨識結果顯示於 LabVIEW 人機介面上，完成車牌辨識。

關鍵字：LabVIEW, 影像辨識, 車牌辨識, 光學字元辨識

## 一、引言

台灣的汽機車輛逐年成長，衍伸出事故與失竊率等的問題，其中以機車發生的概率較高，尤其屏東縣更是以機車代步居高的縣市，使用量高攀不下甚至有繼續增加的趨勢，為了在車輛上做到更好的掌控，若能發展一套簡便、有效率的車牌辨識系統，進而應用到停車場的管理、大樓的車輛監控系統、自動收費及協助警方追緝贓車等，掌握流動車輛的資訊。

車牌辨識系統的研究由來已久，目前學界還再不斷地對此做研究及改善，回顧過去各篇論文所提出的看法及做法。

廖鴻圖等人[1]使用邊緣檢測的線偵測，找出車牌的邊緣，再利用車牌矩形的特性找出車牌區塊，再將光學字元辨識應用於辨識車牌字元。

方建中[2]對光學字元辨識有清楚的描述，並提出提升系統效率的方法，於鬆弛比對法前加上二元樹分類法，得以提高辨識效率及節省辨識時間。

陳翔傑[3]，使用 C++設計自動化的車牌辨識系統，利用 Sobel Operator 做邊緣檢測，再用連通物件法定位出車牌，再對車牌影像做 Otsu 二值化，找出定位後的車牌影像最適當的閾值，再用連通物件法找出車牌字元，最後對字元的特徵做階層式分類及比對，進而判別出字元。

彭裕航[4]使用 C++Builder 編寫一車牌辨識系統，利用 Sobel Operator 做邊緣偵測並定位出車牌影像，用臨界值法做二值化的依據，再對影像做投影，利用投影圖找出字元位置，再將細化後的車牌圖像做特徵的定義和分類，進而辨識出車牌的字元。

溫晴祥及陳筆業[5]使用改良式疊代二值化找出影像的最佳閾值，區分出字元與背景，再利用水平及垂直投影將影像的黑點數繪成直方圖，並以此分割出字元，最後用類神經網路辨識字元。

陳信豪[6]使用 Matlab 建置車牌辨識系統，利用邊緣偵測找出車牌輪廓，再用物件連通法分割出車牌影像及字元，最後使用模板比對法辨識出字元。

藍浩恩[7]，以辨識舊式車牌及新式車牌為考量，使用 Matlab 建置一車牌辨識系統，利用 Sobel 演算法的邊緣偵測找出車牌邊緣，再篩選邊緣點進而取得車牌位置，最後使用類神經網路辨識字元。

施秋安[8]提出將光學字元辨識系統應用在自動化設備上，以此降低人力所耗的成本及時間。

由文獻可知，車牌定位普遍要優先找出車牌邊緣，再以此定位出車牌，字元辨識方面分為模板比對法、特徵比對法及近期常見的類神經網路，本專題則使用 LabVIEW 圖控軟體完成車牌辨識，影像處理部份使用 LabVIEW 裡的 Vision assistant 元件，將車牌

影像轉為灰階影像及二值影像，接著使用 Straight Edge 功能找出車牌的四個直線邊緣，藉由車牌最外側的二端點做一矩形，將其做為 ROI 提取出車牌影像，最後以光學字元辨識別字元，並顯示結果於 LabVIEW 人機介面上。

## 二、研究內容與方法

本專題測試分為靜態測試與動態測試：

靜態測試拍攝單一車牌圖像進行影像處理，經影像處理後辨識出車牌位置與字元，再探討其可行性。

動態測試將實驗設備架設在柏油路上，攝影機擺放高度為 165 公分由上往下拍攝影像，藉由機車經過截取車牌並辨識，探討在動態影像上利用本專題的影像處理方法是否可行。

### 2.1 系統架設與硬、軟體介紹

本專題的實驗設備與架設如圖 1 所示，使用 PVC 管架承載及固定網路攝影機(Webcam)，由上而下拍攝車牌，將所拍攝的影像傳到電腦裡，並藉由 LabVIEW 所建構出來的車牌辨識軟體來進行分析畫面中有無類似車牌的物件，再將車牌分離出來，進行光學字元辨識，最後將辨識結果顯示於 LabVIEW 人機介面上。




圖 1 實驗設備與架設示意圖

表 1 Webcam Logitech-C170 規格

|   |          |
|---|----------|
|  |          |
| 廠牌  | Logitech |

|      |   |
|------|---|
| 型號   | V-U0026   |
| 解析度  | XVGA (1024x768)   |
| 作業系統 | Windows XP、Windows Vista、Windows 7、Windows 8、Windows 10 |

表 2 電腦規格

|  |           |
|--|-----------|
|  |           |
| 版本   | Windows7  |
| 處理器  | i7-720QM  |
| 記憶體  | 8.00GB    |
| 系統類型   | 64 位元作業系統 |

### 2.2 系統流程圖

影像處理的部分，分為影像輸入、平面處理、灰階處理、二值化、膨脹、侵蝕；車牌處理的部分，分為邊緣偵測與車牌定位；字元處理的部分，分為字元切割與字元辨識，如圖 2 所示。

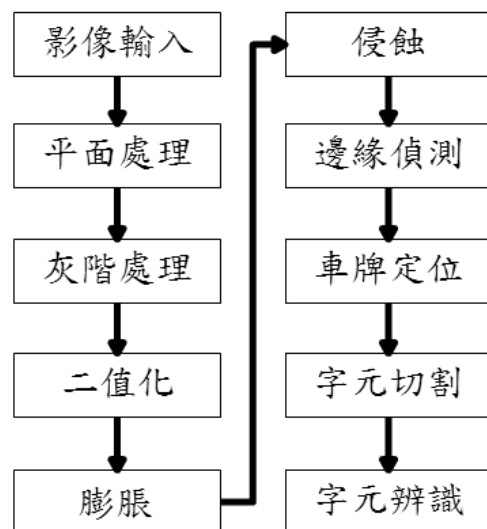


圖 2 系統流程圖

### 2.2.1 灰階影像

車牌在影像辨識時，會因為文字和背景的颜色太過相近而造成誤判，所以須將影像做灰階處理。灰階影像主要是將 RGB 平面圖，如圖 3，轉為由黑色至白色之漸層圖，數值為 0~255 灰度所組成的灰階圖，如圖 4，可以有效降低電腦運算的時間，也能加快後續的處理及辨識速度，轉換公式如下：

$$\text{式: Gray} = R \times 0.299 + G \times 0.587 + B \times 0.114$$



圖 3 原本圖像



圖 4 灰階圖像

### 2.2.2.二值化影像

二值化為一種影像處理的方法，它能區隔影像中的背景和代測物件，方法為將灰度值 0~255 的灰階影像設定一閾值，灰度值小於閾值者為黑色(灰度值為 0)，大於閾值者為白色(灰度值為 255)，以此來突顯代測物件的輪廓，以利後續的影像處理，如圖 5 所示。



圖 5 二值圖像

### 2.2.3.型態學處理

本專題影像處理中運用了 LabVIEW 內的基本形態學，如圖 6，主要是改變二值圖像中的目標形狀，其中包含膨脹(一)與侵蝕(二)，用來處理影像中的車牌形狀。

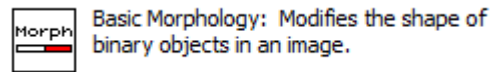
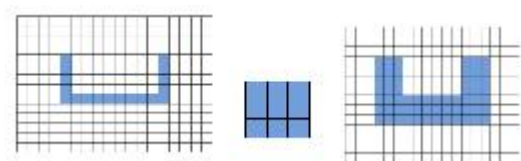


圖 6 基本形態學

#### (一) 膨脹(Dilation):

將像素集合 A 裡所有的像素點用集合 B 進行置換，此動作即為膨脹，如圖 7 所示。

膨脹可讓二值影像裏頭的物件增大，主要是用來做隙縫的填滿。



像素集合 A 像素集合 B 膨脹後圖像

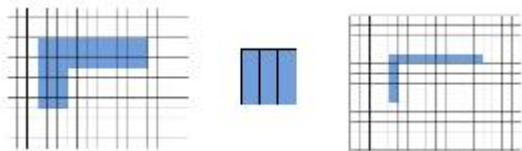
圖 7 膨脹示意圖

#### (二) 侵蝕(Erosion)

將像素集合 B 置於像素集合 A 中，找到所有符合的地方，並把對應的中心座標留下，其餘部份移

除，即為侵蝕，如圖 8 所示。

侵蝕可讓二值影像裏頭的物件收縮。



像素集合 A 像素集合 B 侵蝕後圖像

圖 8 侵蝕示意圖

### 2.2.4 車牌定位

本專題使用了 LabVIEW 內的尋找直邊來找出車牌邊緣，如圖 9。當影像進行二值化後，藉由灰度值的差距，區分出背景及待測物體形狀，將灰度值所突顯出的四個邊抓取出來，如圖 10。藉由兩邊形成一點，找到最外側的兩個端點，以此兩點為基準做一矩形，再將此矩形作為感興趣區域處理(ROI)，並在 ROI 中尋找出直邊。ROI 為在影像上選出需要做處理的區域，往後只針對該區域做處理，可減少影像處理的時間又可增加精度，如圖 11。

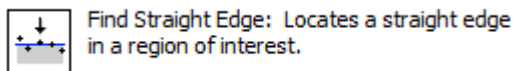


圖 9 直邊檢測



圖 10 邊框擷取示意圖

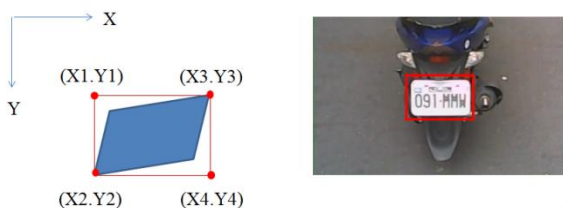


圖 11 車牌定位座標截取示意圖

### 2.2.5 光學字元辨識

光學字元辨識 (Optical Character Recognition) 簡稱 OCR，是一種自動辨識文字的技術流程，一旦處理掃描決定字元外形後，對內存的字元進行匹配，進行辨識並分析內容。圖 12 為字元辨識方法示意圖。當車牌影像輸入光學字元辨識時，系統會框選出字元並分割字體的間距，再將字分解為字元點做局部的特徵點分類，點與點的連結所構成的線段的端點，直角、交叉點、迴圈，可區分出相近的字元特徵並儲存特點，再做比對。

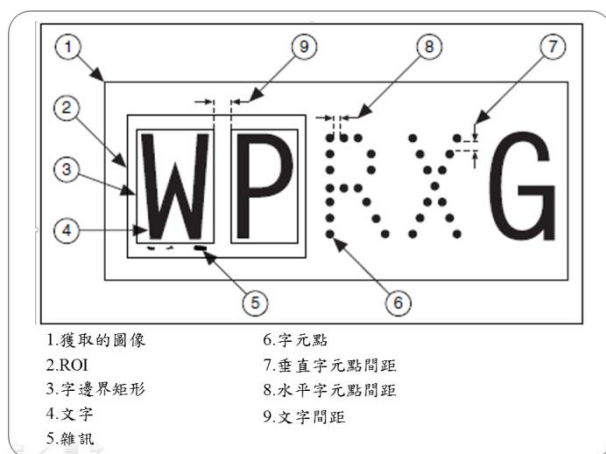


圖 12 字元辨識方法

### 2.2.6 字元的建立

進行車牌辨識以前，必須先建立字元資料庫，用來做辨識字元的依據，光學字元辨識的方式為截取車牌文字的字元特徵，必須先使字元無雜訊且特徵明顯再建立資料庫。由於實地取得的車牌有字元損毀的情形，需藉由型態學的輔助，將損毀的字元修復到具有完整的特徵點，以利進行儲存與比對。如圖 13 所示。



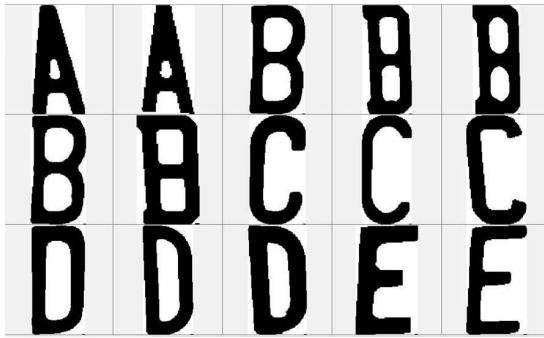


圖 13 字元資料庫

### 三、 結果與討論

#### 3.1 人機介面介紹

人機介面包含未經處理的影像及經過影像處理後的視窗可供對照，並在判斷完車牌字元後輸出於顯示框內，如圖 14 所示。



圖 14 人機介面

#### 3.2 靜態測試

於戶外對六台機車的車牌各拍攝一張圖片，並在實驗室內進行影像處理與辨識，經測試六台車的車牌字元都可以正確的辨識出來，證明本車牌辨識流程應用於靜態車牌圖像確實可行。如表 3 所示。




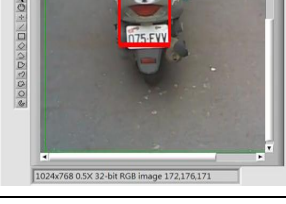
表 3 靜態車牌辨識結果

| 車牌辨識狀況 | 車牌辨識結果 |
|--------|--------|
|        | 091MMW |
|        | NPK072 |
|        | 718NTX |
|        | 087MEK |
|        | 075EVV |
|        | 799PMC |

#### 3.3 動態測試

於戶外實拍機車行進影像，並同時對其做車牌辨識，由於攝影機的拍攝與程式處理的速度無法處理過快的動態影像，因此時速最大上限為 35km，但光線隨時間不斷做改變的影響，造成車體與車牌顏色過於接近時會產生反光的影響，在 ROI 的框選上出現誤判的情形，因此在字元辨識時有錯誤的字元出現。如表 4 所示。

表 4 動態車牌辨識結果

| 車牌定位  | 辨識結果                                      |
|---|---|
|    | plate recognition<br>091MMW               |
|    | plate recognition<br>NPK072               |
|   | plate recognition<br>718NTX               |
|  | plate recognition<br>087MEK               |
|  | plate recognition<br>W--A<br>??<br>075EVV |
|  | plate recognition<br>799PMC               |

#### 四、 結論

本專題提出的車牌辨識流程及程式，經實驗後確實可以辨識出車牌字元，但因實驗大都於戶外操作，

所拍攝的影像容易受到環境因素影響，因此程式的設計上還有許多地方要再做改善，例如：於字元資料庫中建置更多的車牌字元，得以降低字元誤判的機會；程式中改用自適應閾值的步驟，藉由掃描後，計算該圖像中所造成差異最大的區間即為最佳閾值；在 ROI 中再進行一次 ROI，只保留住車牌的部分再進行字元比對，進而讓程式在辨識上得到更好的結果。

#### 五、 致謝

能完成這次的專題，要感謝李文宗老師的指導和提供良好的實驗設備，以及陳清同學長、王星萌學長的輔助指導，還有生機系其他實驗室學長們的幫助，熱心地借車子與實驗器材給我們做實驗，幫助我們解決難題。一開始的我們害怕向人請教，怕給人添麻煩，但經過後來學長們的熱心陪伴帶領，慢慢打開了我們的心防，從這次的專題當中，我們不只學習了許多實務經驗，更幫助我們學習在面對到問題時，用更積極的態度來看待任何事情。

#### 六、 參考文獻

- [1] 廖鴻圖、邱孟佑及陳詩雅，2001，「動態車牌辨識系統之實作研究」，資訊、科技與社會學報，第 75-86 頁
- [2] 方建中，2001，利用結構式特徵在多層次架構做光學字元辨識，碩士論文，國立中央大學，資訊工程研究所
- [3] 陳翔傑，2005，自動化車牌辨識系統設計，碩士論文，國立中央大學，電機工程研究所
- [4] 彭裕航，2008，車牌自動辨識系統，碩士論文，中華大學，機械與航太工程研究所
- [5] 溫晴祥及陳筆業，2011，「汽機車之車牌辨識系

統研究」，明新學報，第三十七卷，第一期，第 1-13 頁

- [6] 陳信豪，2013，車牌影像自動辨識之研究，碩士論文，國立聯合大學，機械工程學系
- [7] 藍浩恩，2013，雙規格車牌辨識系統之實作，碩士論文，國立台灣海洋大學，電機工程學系
- [8] 施秋安，2015，應用影像處理與光學字元辨識於自動化生產系統資訊擷取之研究，碩士論文，中原大學，資訊工程學系
- [9] National Instruments 官網 參考網址：  
<http://www.ni.com/LabVIEW/zht/>
- [10] National Instruments 官網 - NI Vision 2013 Concepts Help 參考網址：  
[http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/372916P-01/nivisionconcepts/ocr\\_concepts\\_and\\_terminology/](http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/372916P-01/nivisionconcepts/ocr_concepts_and_terminology/)

plate position location, image segmentation, and license plate number recognition. In the research, we used webcam to shoot the images and use edge detection and region of interest to locate the license plate positions. Finally, we do the license plate segmentation and recognize the alphabet and numbers by LabVIEW optical character recognition, and show the results on front panel.

Keyword : LabVIEW, Optical Character Recognition, Image Recognition, License Plate Recognition

## 附錄

### License Plate Recognition

Department of Biomechatronics Engineering  
National Pingtung University of Science and  
Technology

### Abstract

In this research project, we developed the license plate recognition system by using LabVIEW optical character recognition. License plate recognition involves four processes, image preprocessing, license

# 非破壞性檸檬瑕疵檢測

專題生：王星評、鄭品弘

指導老師：李文宗 博士

國立屏東科技大學

生物機電工程系

## 摘要

早期農民主要以人力進行農事作業，因此無法降低人力成本，近年來由於科技的演化快速及科技農民與日俱增，由自動化機械輔助農民，使得農民在農事作業上能減輕負擔，自動化機械的加入使得產量增加，農民也因此能夠有著大量且穩定的產量，更協助農民在進行較簡易的農事作業時能輕鬆且快速的完成。由於自動化機械的演進需要機械視覺的輔助，因此影像處理佔有著非常重要的份，本專題主要的以建立一套判斷檸檬成熟與否的及檸檬瑕疵選別的方法作為主要目的。

**關鍵字:** 影像處理、瑕疵檢測、機器視覺

## 一、引言

本專題主要研究以影像處理方式判定檸檬表面顏色及檸檬瑕疵的方法，在暗箱內投射均勻光於檸檬表面，利用感光耦合元件(Charge-coupled Device)連續取像，再運用影像處理技巧中的色彩學及型態學處理，找出最容易且穩定判斷檸檬瑕疵的方法。判斷檸檬成熟與否是以檸檬表面顏色作為判定標準，本專題採用HSI 色彩空間針對檸檬表面顏色進行判定，有效且穩定的能夠計算出檸檬目前是否成熟或過熟。判斷檸檬瑕疵種類則是以經過影像處理後的瑕疵面積做為瑕疵分類的標準，由於各種瑕疵的面積差距甚大，利用面積做為分類標準的方式能夠有效分類各種不同種類的檸檬瑕疵，本專題在提取出瑕疵面積時，運用大量侵蝕(erosion)與膨脹(dilation)的處理以消除不需要或多餘

的資訊，因此在最後判定檸檬瑕疵種類時有效提高了實驗的準確度。

## 二、研究內容與方法

本專題分為三大部分，第一部份為設施與架設，第二部分為檸檬影像處理，第三部分為判別瑕疵。

### 2.1 整體配置

由於實驗需在無光害環境中進行，因此本專題設計一鋁擠暗箱，光源設計於待測物上方及影像架四周橫桿上，但由於使用燈珠作為光源，燈珠會在檸檬表面產生反射，且由於燈珠的亮度過強會覆蓋過瑕疵，因此設計在燈珠前方覆蓋上擴散片，照射在檸檬後會呈現較為柔和的光以方便進行往後的影像處理，整體設備如圖 2.1 所示。



圖 2.1 整體配置

## 2.2 數位式彩色攝影機(TOSHIBA-BU1203MC)

TOSHIBA-BU1203MC 系列採用滾動快門系統。CMOS 傳感器像素 12M (1/ 1.7 型) 的集成彩色攝像。視頻輸出攝像機控制採用了 USB3.0 標準，使它適用於高分辨率圖像處理的高速。此外，照相機主體是理想的在一個緊湊的和輕便的系統集成。且由 CCD 圖像傳感器和類似全球電子快門的採用，使它可以清除快速移動的物體成像的小模糊。



圖 2.2 TOSHIBA-BU1203MC

## 2.3 鏡頭

本專題採用 CCTV 鏡頭 6.5mm，光圈 F2.2。



圖 2.3 鏡頭

## 2.4 環形 Led 燈珠

本專題為使光源穩定照射在檸檬表面上，設計一燈光投射板，將燈珠直線排列於四周的設計能在中心位置產生較為均勻的光源。



圖 2.4 燈珠設計

## 2.5 電源供應器

直流電源供應器功用：定電壓、定電流、低紋波

雜訊、低漂移，可預設限流點，兩路通過開關在機器內部自動連接成串並聯模式，無需外部連線，串聯模式下可構成正負電源輸出，多圈電位器使設定電壓值更容易。



圖 2.5 電源供應器

## 2.6 暗箱

拍攝檸檬需在無光害環境下取像，因此本專題製作一鋁擠製成的影像架，透過影像架的建立能方便攝影機架設及提供良好的取像環境。



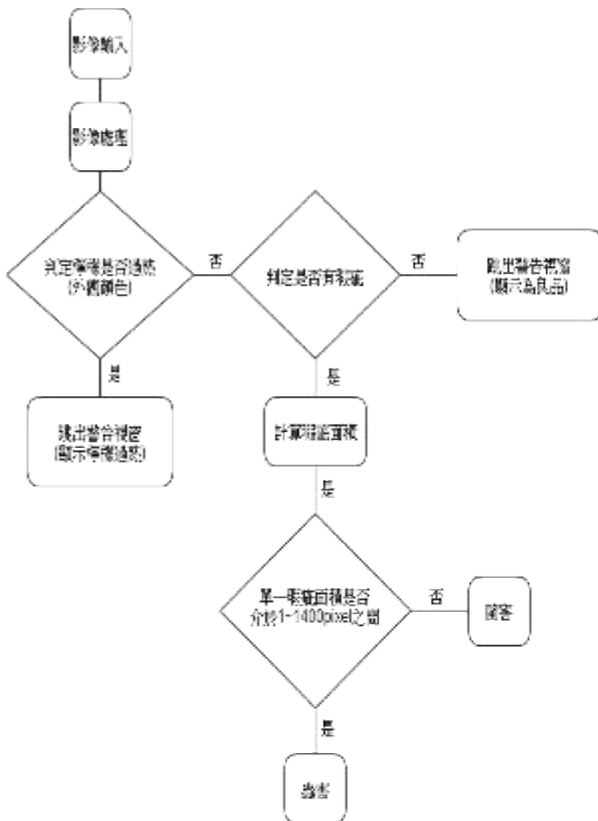
圖 2.6 暗箱

## 2.7 Labview

本次專題主要之使用程式，Labview 提供圖形化的程式設計語法，不同於其他文字式語言 LabVIEW 簡化複雜細節並整合必要技術，進而提高生產力。LabVIEW 整合了程式語言和相關函式庫。如果使用 LabVIEW 整合式開發環境搭配 NI 硬體，就可以享有更出色的加乘效應，遠超過不同工具湊合起來的效果。此軟體可搭配現有的硬體資源，還可透過下拉式功能表與專案項目來顯示可用的 I/O 通道與執行系

統。編輯時即可防止或修正錯誤設定，進而避免代價高昂且難以除錯的執行階段錯誤(Runtime Error)。新一代的量測硬體（例如 NI PXIe-5644R 向量訊號收發器）甚至還能讓 LabVIEW 重新定義硬體本身的韌體，其效能遠超過傳統的程式語言和儀器。如果有平行執行多項作業與實際時序限制等需求，那麼 LabVIEW 的圖形化語法就會是理想的選擇。

## 2.8 程式流程圖



## 2.9 影像灰階化

灰階是由 8BIT 組成灰階，每一個像素有 256 種變化，最亮為白色，最暗為黑色，分別以數值 255 與 0 表示。介於黑與白之間的顏色為灰色。

## 2.10 二值化

二值化為將大於閾值 (threshold) 的影像像素數值訂為 1(灰階值 255)，小於閾值的影像像素數值訂為 0(灰階值 0)，如此可將背景與量測物體形狀分離。

而根據閾值選取的不同，二值化的演算法分為固定閾值和自適應閾值。

## 2.11 判定檸檬是否過熟

檸檬是否過熟判定標準為顏色過黃，判定方式為能決定黃色彩空間值高於某標準值。先將 RGB 影像轉成 HSI 色彩空間，ROI 的色彩值與陣列每個格數對應且代表一種顏色，格數中的數值則代表該顏色在 ROI 所佔據的色彩百分比，範圍為 0~1。如圖 2.7 所示。

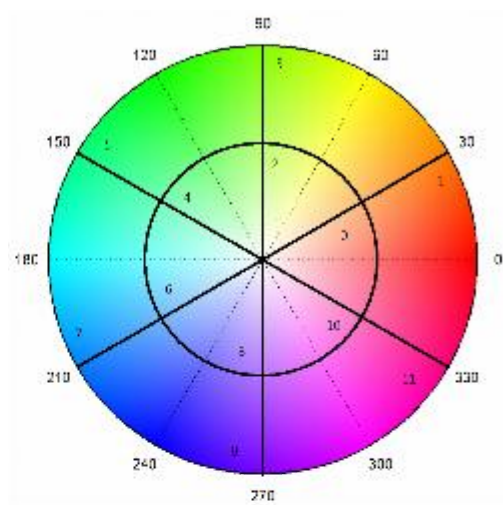


圖 2.7 HSI 二維彩色空間

判斷檸檬成熟度主要以色彩頻譜第 4 格低飽和綠數值，做為判斷成熟度之基準值，數值 > 0.85 以上輸出為是，並跳出警告視窗顯示檸檬過熟，數值 < 0.86 輸出為否，表示為良品並繼續做判定。



圖 2.8 色彩頻譜



圖 2.9 數值大於 0.85 跳出警告視窗顯示檸檬過熟



圖 3.0 低飽和綠數值小於 0.86

### 2.12 判定是否有瑕疵

將上一項判定結果為良品之檸檬做灰階與二值化處理，而判定方式為面積判定，尋求像素之梯度的最大值來找邊緣點。梯度的計算是用高斯濾波器的導數。此方法使用兩個臨界值來檢測強邊緣與弱邊緣，並且只輸出強邊緣有相連接的弱邊緣。判別法採用二分法輸出方式，輸出為否則跳出警告視窗並判定為特級停止作動，若輸出為是則繼續作動判別瑕疵種類。如圖 3.1

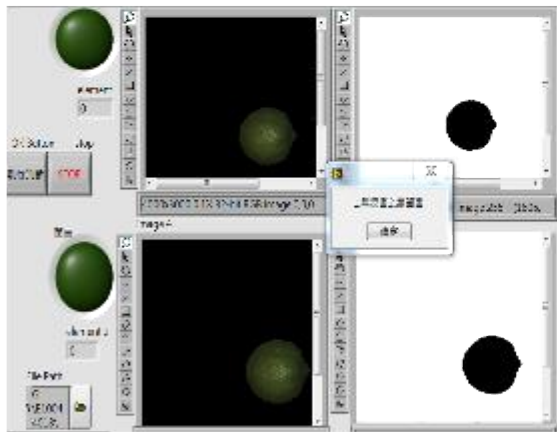













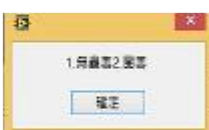









圖 3.1 良品

### 三、結果與討論

實驗結果：

檸檬測試總數量為 14 顆，經程式判定後正確判定的數量為 14 顆，誤判 0 顆，顯示本實驗所使用之影像處理方法能有效分辨出瑕疵種類。

| 原圖 | 農民判定 | 處理畫面 | 判定結果 |
|----|------|------|------|
|    | 蟲害   |      |      |
|    | 蟲害   |      |      |
|    | 蟲害   |      |      |
|    | 蟲害   |      |      |
|    | 蟲害   |      |      |
|    | 蟲害   |      |      |
|    | 蟲害   |      |      |
|    | 蟲害   |      |      |

|   |    |   |   |
|---|----|---|---|
|    | 菌害 |    |    |
|    | 菌害 |    |    |
|    | 菌害 |    |    |
|  | 菌害 |  |  |
|  | 菌害 |  |  |
|  | 菌害 |  |  |
|  | 菌害 |  |  |

#### 無光害環境之檸檬成熟度與瑕疵判斷測試

檸檬在暗箱進行拍攝後，原本直接使用燈珠照射檸檬表面會導致瑕疵被過度光源照射而覆蓋，在燈珠前方加入擴散片濾光後，其光線均勻照射在檸檬表面對分離瑕疵進行判斷有顯著的效果。在進行檸檬顏色判斷時，由於光源強弱會對顏色造成嚴重的影響，因此必須優先考慮光源因素，於攝影機取像範圍內先進行亮度調整，以不讓檸檬表面顏色被光源過度影響及瑕疵不被過亮的光源覆蓋為主要目的，但因本實驗所選擇之燈珠瓦數較高，因此斜照的燈珠還是有光源集中在檸檬表面的情況，容易對結果造成影響而誤判。

本次專題研究需要改進的地方，因為檸檬保鮮期關係，導致檸檬表面容易變黃以及表皮乾乾、皺皺的，另外架設暗箱時攝影機角度沒有計算好，導致實際數值會有一點誤差。

#### 四、結論

本研究研發檸檬外部品質檢測，包含多視角之影像檢測設備，在暗箱內投射均勻光於檸檬表面，利用影像處理技術檢測檸檬顏色、瑕疵率等相關外觀品質指標。

開發完成之檸檬品質檢測，可依檸檬外部品質參數提供更精確於檸檬辨別，取代現有人工選別的不客觀性，並提高檸檬之價值。

#### 五、致謝

過這麼長的時間，從專題最初的成立直到現在現今畢業專題研究圓滿落幕，期間歷經敲定主題、資料蒐集與分析、研究問題並提出建議等，本專題能順利完成，首先要特別感謝指導教授 李文宗博士，在繁忙的教學工作之餘仍悉心指導我們的專題，給予我們諸多寶貴的意見、督促我們的進度，透過此次畢業專題的製作過程中我們從中獲益良多，並藉此檢視自己大學期間所學的成效。其次，要感謝陳清同學長、王星萌學長，在實驗室裡做實驗的這些日子，細心的引



導我們，耐心的協助我們，克服專題製作中所面臨的困難，給予我們最大的協助，使得本專題可以順利完成。因為專題，讓我們小組兩個人經歷了無數的波折與挑戰，甚至在討論時彼此的意見分歧、溝通無數次仍是失敗等等，許多狀況的確讓人失落喪失，但專題圓滿完成是大家所樂以見得的，所以抱持著，彼此相互體諒及包容的心，我們還是要堅持下去，而堅持的不只是完成專題，是還要建立更深的情感。

看著自己製作的畢業專題順利完成，內心充滿了無法言喻的感謝及感動，除了感謝老師、學長們，也感謝付出心力的夥伴，大家辛苦了，因為有你們的努力與包容，在大學期間有了最棒的成果並畫下最完滿的句點。

## 六、參考文獻

- [1]楊清富、李芳繁。1994。「應用機器視覺進行蕃茄顏色分級之研究」。農業機械學刊。
- [2]李芳繁。1988。「以機器視覺選別草莓苗」。中國農業工程學報 34(4):34-38。
- [3]李芳繁。1991。「檸檬顏色分級方法之建立」。農業工程學報 37(2):59-64。
- [4]謝青霖、馮丁樹、陳世銘。1992。「數位影像處理在水果大小選別之應用」。農業機械學刊 1(1):28-41
- [5]陳世銘、馮丁樹、張家禎。1995。「番茄與柑橘共同型顏色選別指標之研究」。農業機械學刊 4(4):47-57。
- [6]陳世銘、馮丁樹、宏慎霆、吳春杰、呂昆忠、田秉才、張文宏。1996。「柑橘類水果光電選別機之研製」。農業機械學刊 5(4):36-46。
- [7]楊清富。1993。「應用機器視覺進行蕃茄顏色級之研究」。台中：國立中興大學農業機械工程學研究所碩士論文。
- [8]張文宏、陳世銘、連豐力。1994。「水果智慧選別之研究」。農業機械學刊。3(4)：25-35。
- [9]柯建全、黃膺任、艾群。1999。「應用影像處理檢測荔枝果皮之顏色變化」。農業機械學刊 8(1)：

p59-68。

[10]徐子建。2007。「檬果外部品質線上檢測系統之應用研究」。中興大學生物產業機電工程學系所學位論文。1-104。

## 七、附錄

### Lemon non-destructive defect detection

Pinhung Cheng、Xingping Wang

Department of Biosystems Engineering  
National Pintung University of Science and Technology

#### Abstract

Early farmers mainly in manpower farming operations, and therefore can not reduce labor costs in recent years, due to the evolution of technology fast and technology of farmers growing by automated mechanical assist farmers so that farmers in the farming operation can reduce the burden, automated machinery accession of the increase in production, it is possible to have a large number of farmers and stable yield, better assist farmers during the relatively simple farming can easily and quickly when the job is completed. Due to the evolution of automated machinery requires an auxiliary machine vision, image processing and therefore plays a very important part, this topic is primarily to establish a maturity of judgment lemon and lemon flaws choose another method as the primary purpose.