

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高級中等學校組 工程學(一)科

第三名

052310

別慌「蟑」-IoT 結合綠能清理之探究

學校名稱：嘉義縣立永慶高級中學

作者： 高一 蔡承志 高一 陳俊伊	指導老師： 蔡羽峰
-------------------------	--------------

關鍵詞：IoT、誘捕、環境清理

## 摘要

在台灣這種潮濕的氣候裡，蟑螂是每個家庭頭號公敵，多數人看到牠都會聞之色變，為了解決問題設計一個可讓大眾方便的滅蟑工具，參考市售滅蟑相關產品列出缺點並加以改善。作品利用中間設置誘餌區吸引蟑螂進入，一旦被偵測到再採取高壓電擊，緊接著啟動刷子將牠推入後方回收盒中。清除時拉開回收門就可倒入垃圾筒中清理掉。此外作品供電來自太陽能蓄電及運用 IoT 物聯網技術，開機、電力不足、電力充飽或已捕獲，行動載具均會收到 LINE 通知訊息且同步記錄到 Google 試算表，還可以透過 LINE 訊息欄輸入 V 或 C 文字，反查捕蟑數與目前電量狀況，作為未來環境除害監控參考。



## 壹、研究動機

某天假日正在讀書餘光瞄到腳底下有個黑影閃過，視線往下移時才發現是一隻大蟑螂!發覺最近家中常常有牠出沒跡象，原本想拿起脫鞋拍打但卻沒有勇氣靠近，改拿殺蟲劑時牠卻已經逃跑了，想著該如何消滅這些討人厭的蟑螂。隔天到學校跟班上同學討論這件事情，剛好老師也在場說到每到夏天來臨時總是出沒特別頻繁，此話題聚焦引發我們研究的動機，發想能否利用物理課所學的倍壓電路，搭配社團電子電路與單晶片控制技術，製作一個另類實用的滅蟑工具。

## 貳、研究目的

- 一、以家中剩餘食物引誘蟑螂，取代購買市售誘餌產品節省開支。
- 二、透過太陽能發電蓄電至鋰電池，提供夜間捕蟑所需的電力。
- 三、利用感應再施以電擊技術防止蟑螂逃脫。
- 四、具遠距提示與電力警示功能，且可長時間記錄捕蟑資訊。
- 五、前方安裝活動提示窗透過連動機構運作，讓使用者從開啟狀態了解隔夜是否已捕獲。
- 六、設計清掃功能與回收集中區域，讓後續處置小強更加便利。

### 叁、研究設備及器材

#### 一、研究硬體

Matrix 程式發展系統	雷射雕刻機	尖嘴鉗
桌上型電腦	電源供應器	剝線鉗
行動載具	麵包板	電烙鐵(架)
PCB電路板雕刻機	斜口鉗	吸錫器





#### 二、研究材料

名稱	規格	數量	名稱	規格	數量
電阻	10、100、150、 1K、10K、560 K、1M、10M	25	穩壓IC	MCP1702-5002E AMS117-5.0V AMS117-3.0V	3
二極體	1N4001	3	LED	3mm/雙色	4
稽納二極體	9V	1	鋰電池	18650	2
電解電容	47uF、100uF	8	電池盒	18650專用	1
陶瓷電容	10P、0.1uF	7	按鈕開關	常開型	1
PIC 單晶片	16f1937	1	蜂鳴器	有源式	1
IC 座	18Pin	1	充電模組	2節	1
MOSFET	70T03H	2	太陽能板	6V/250mA	2
FET	2SK30	1	水銀開關	玻璃材質	1
伺服馬達	90度、360度	2	微動開關	常開型	2
WiFi模組	SMART	1	DC座	2.1mm	1
石英震盪器	19.6608MHz	1	杜邦線	公對公	12
繼電器	3V / 2組	1	銲錫	0.8mm	若干
電晶體	C1815	1	單芯線	1mm	50cm
光耦合器	PC817	1	珍珠板	厚度 3mm	1
高壓電擊板	AC2600V	1	密集板	厚度 3mm	1

## 肆、文獻探討

### 一、仿間滅蟑工具

為了製作出更有效的捕蟑工具，研究前分析市面上的產品，思考如何加以改善優化，我們想到外面許多的滅蟑物品，以殺蟲劑來說雖然噴灑後蟑螂數分鐘即會死亡，但對家具及空氣都會造成污染，如果是家中有孩童、寵物更是不能使用。第二種則是在夜市常會看到的蟑螂屋中央放置食物引誘上門，利用下方具有強力黏性板待進入將牠黏住就無法逃脫，但因台灣屬於環海潮濕型氣候，往往會讓它失去黏性而無法使用且製造垃圾。我們將這些產品整理歸納原理與缺點整理如下表：

引誘盒	黏蟑屋	誘餌凝膠	殺蟲劑
			
原 理			
入口設計成僅可進入而無法出去，中間放置誘餌食物，當蟑螂被吸引進入便無法逃脫	誘餌放置蟑螂屋中央具強黏性紙上，一旦蟑螂進入便會被黏著住無法離開	凝膠內含硼酸等毒物，蟑螂食用回到巢穴中毒身亡，同伴再食用其屍體後造成集體死亡	藥劑噴灑環境產生毒性，直接噴至蟑螂身上會馬上中毒死亡
缺 點			
入口大小是固定僅可抓大蟑螂，無法抓較小的德國蟑螂	1. 蟑螂進入以觸鬚感測到易警覺逃脫 2. 梅雨潮濕季易造成黏性失效	蟑螂食用後不會馬上死亡繼續在家中爬行，當爬過人類所使用的餐具後會造成污染	1. 氣味殘留餘空氣中，對人體會有不良影響且吸入過多會中毒 2. 噴到木材家具上會造成腐蝕破壞

### 二、目前台灣推行綠能概況

台灣近十年推動「非核家園」期望在 2025 年之前達成目標，因此政府積極推動能源轉型並提出「太陽光電 2 年推動計畫」，搭配「再生能源發展條例」讓再生能源發展有穩定基礎，這期間更有「綠能屋頂全民參與推動計畫」，鼓勵民間投入太陽能發展。在光電計畫推動了 2 年後達成了 1.52GW 裝置容量的短期目標，之後更將太陽能列入「前瞻基礎建設計畫：綠能建設」的發展重點之一，期望能在 2025 年將總裝置容量提升至 20GW。

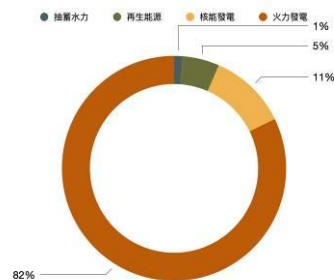


圖 1 台灣目前推動綠能概況

圖片來源: <https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/4413b416-5f1e-419b-9a39-5a02c8a3ba8c>

<https://blog.pgesolar.com.tw/2021/03/24/%E5%8F%B0%E7%81%A3%E7%94%A8%E9%9B%BB%E7%B5%90%E6%A7%8B>

### 三、太陽能板分類

目前市面上太陽能板大致分為單晶矽、多晶矽與非晶矽三種，單晶矽採用 99.99% 的單晶矽為原料，純度高使得發電效率最好，最高可達 30% 相對價格也較昂貴。多晶矽則從電阻率為  $100\sim 300\Omega$  廢次單晶矽尾料，粉碎後用一定比例與氫氟酸和硝酸混合液再進行加工製成，雖然價格較便宜不過純度不像單晶矽那麼高整體發電效率僅 15% 左右。另外，晶矽太陽能電池又稱薄膜電池，以低廉玻璃、塑料、陶瓷、石墨和金屬片等材料充當基板，採用方式各異的沉積技術，一層又一層地把 P 或 N 型半導體材料生長上去，形成半導體能帶而許多的「懸鍵」，當電子受光照射下發生移動而產生發電，由於製程中矽晶圓使用量較少故成本屬它最低，但易受材料造成光電效率衰退穩定性不高，發電效率最高也僅約 13%。

上述綠能發電，若作品採用它做為供電來源不僅可免除家用電費額外支出，也能降低依賴高污染發電來源，尤其目前台灣發電來源最大宗還是仰賴燃煤其次為核能，不管哪一種對於環境都有所影響。

### 四、高壓電極技術

台灣處四面環海全季天氣均屬典型偏熱，尤其到了 6~8 月份炎熱季節蚊子更顯得特別多，為了撲滅牠們市面上販售一些相關產品，如捕蚊燈、電蚊拍已成為家用必備工具，它的原理將產生的高壓電力連接到鐵絲中，當蚊子受中間螢光燈吸引飛入，翅膀碰到二條電極高壓貫穿身體來撲滅害蟲。Google 搜尋相關電蚊拍構造文章介紹(如圖 2)，利用空氣電場強度條件超過  $3 \times 10^6 \text{V/m}$  就有游離導電物理特性，意味著二極間只要加入高壓，就算未碰觸只要離的很近就會產生放電現象，而發出電光閃動的霹哩啪啦聲響。至於為何可將 2 顆串接在一起共 1.5V 電池升至高電壓呢?原來利用變壓器電感效應與電晶體產生共振，把原直流電轉成交流，此外變壓器還有另一功能就是將電抬升上來，只不過尚無法達成「極高壓」要求，因此在輸出的次級線圈上利用電容與二極體構成四極倍壓電路，就可讓電壓達成高伏特輸出。上述的文章浮現一個點子，若將滅蚊技術應用在捕蟻上，或許可以解決常購買市售滅蟻的開銷。

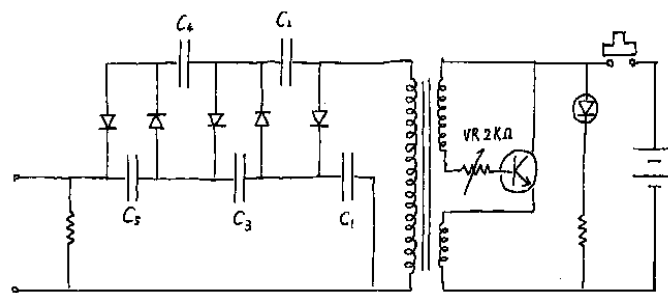


圖 2 高壓電極板線路圖 圖片來源: [https://www.eduhk.hk/apfslt/v3\\_issue2/lwodj/lwodj6.htm](https://www.eduhk.hk/apfslt/v3_issue2/lwodj/lwodj6.htm)

不過到底高壓電擊的總輸出電壓是多少?會不會對人體有害?從另一篇文章分享中得知，電蚊拍上的電壓為 2~3 千伏特，而人體安全電壓在 36V 以下，這樣豈不是使用上就有危險性?原來高壓電擊板雖然輸出電壓很高但電流卻非常低，尤其是倍壓電路所產生的電流，除了身處嬌小害蟲有影響之外，對於人體龐大來說是不會有危險。

## 伍、研究過程及方法

### 一、研究架構圖

根據解決家中蟑螂為目標，繪製出架構圖(如圖 3)方便未來規劃研究方向，整體過程從捕蟑設計為出發點，透過 IoT 物聯網技術當開機捕蟑、電力不足到充飽時，連接到家中 WiFi 或行動 4G 網路，將發生的事件傳送到 Google 試算表，依照統計情況可了解放置地點與捕蟑間兩者間的「獲益」狀況同時以 Line 通知使用者，而且還可反向查詢捕蟑屋目前總捕獲數量與電力情形。

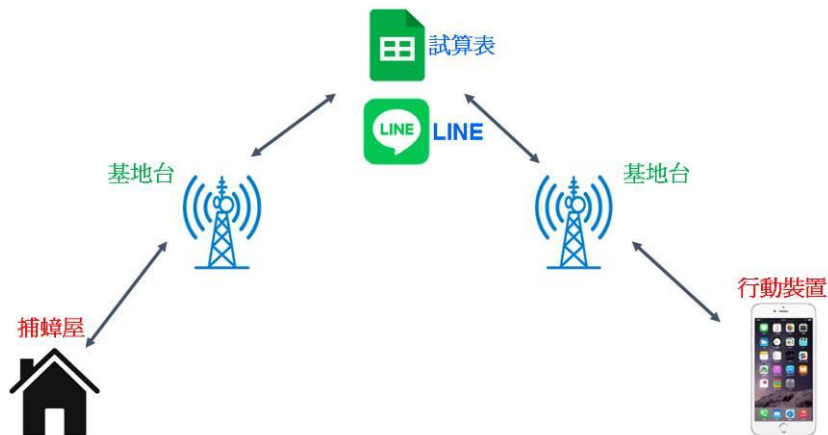


圖 3 研究架構圖

### 二、硬體電路設計

利用 Visio 繪圖軟體畫出硬體方塊圖(如圖 4)，未來才有目標性依序功能區塊找尋最適當的電路，結構中包含最基本電力來源、充電與穩壓電路，沿著微處理器放射出去連接感應電路，其中感應輸入端也包含偵測電量的降壓電路，輸出端則連接掌握電源的管理電路、控制馬達及狀態指示 LED 燈，還有感應電路與高壓電擊板連接到線圈的決策切換電路，另外欲達成 IoT 物聯網 WiFi 電路也是不可或缺必含在研究硬體電路中。

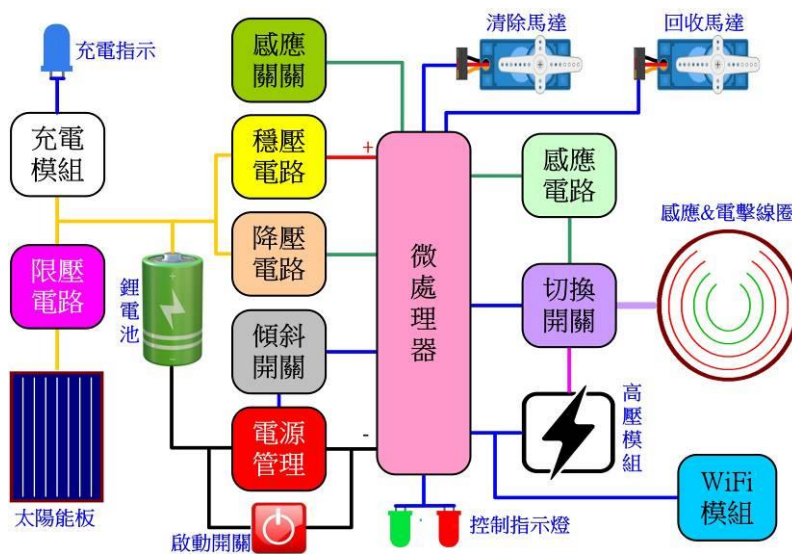


圖 4 硬體方塊圖

#### (一)電池蓄電

剛開始的想法是運用綠能的概念結合到作品，如此一來就不必靠家用電源進行充電達

到環保效果，所以選擇了太陽能板進行發電，剛好可運用作品上的屋頂空間來放置，材質部份從參考文獻得知單晶矽太陽能板發電效率最高，不過外面販售大多大型式較多用於住家屋頂使用，經討論後退而求其次改採多晶矽 6V/250mA 規格，並將兩塊 6V 太陽能串聯給 2 節 18650 充電，依據鋰電池國際標準限制充飽電壓單節為 4.2V 串接加乘就是 8.4V，防止太陽能板在最大發電下產生 12V 導致鋰電池過充問題，利用 D1 9V 稽納二極體進行降壓動作，中間串一顆 R1 10Ω 限流。還有必須考量夜間無發電下，鋰電池電流回流到太陽能板造成受損，因此在太陽能板與鋰電池間串聯一顆 D2 IN4001 防止電源倒流。

另外尚考量天氣不佳或使用多日卻忘記將它放置戶外充電，當使用時就容易發生電力不足而無法使用窘境，我們購買一片專用 2 節鋰電池充電模組，輸入端透過 AC110 轉 DC12V 電子式變壓器來供電，輸出端則併接到鋰電池正負兩端，這樣就能使用家用電進行臨時充電防止上述問題發生。

## (二)電量偵測與管理

設計中包含伺服器馬達它所需供給電壓範圍 4.8~6V，為了設計便利減少電路複雜性採用 2 顆穩壓 5V 的 IC，IC1 用於 IC3 微處理器 IC2 則提供伺服器馬達使用。鋰電池供給過程中也必須要不斷監控電量防止過放損壞，利用微處理器 A/D 埠偵測電壓狀況，由於鋰電池充飽時為 8.4V，基於 A/D 埠輸入僅能 VCC 也就是 5V 否則過高會燒掉該埠，利用 R5 與 R6 構成分壓電路將電壓衰減 2 倍，如此一來當鋰電池 8.4V 實際送到 A/D 埠僅 4.2V，微處理器才能順利採集電池電量狀況。

還有必須考量當作品持續使用，依據單節鋰電池放電截止為 2.7V，低於此電壓繼續使用就會造成永久性損壞，必須要一個電源管理裝置，就像手機已使用到 0% 電力就會自動強制關機來保護電池。這部份利用 Q1 MOSFET 當作電子開關，由於 MOSFET 沒有電晶體障壁電壓壓降 0.6V 問題，用在電源管理控制是最佳選擇電子元件，平時電力充裕微處理器第 6 埠會送 1 給 MOSFET G 埠，讓 D 與 S 腳呈現導通進而讓電力供應整個作品，反之電力耗盡第 6 埠反送 0 使得 G 埠無電壓迫時 D 與 S 斷路，這時就能完全將供應作品電流給切斷。而微處理器第 6 埠與 MOSFET G 埠間利用光耦合器當作傳遞媒介，主要是因為當 D 與 S 斷路時，鋰電池正電仍會從微處理器第 14 埠 VCC 改流向第 6 埠，導致 MOSFET 無法有效阻斷電源，利用它電轉光、光轉電特性，讓上述問題不會產生才可使電源管理器順利運作。

## (三)控制心臟

目前微處理器選擇眾多最常看見就是 Arduino，經討論控制心臟選擇 Microchip PIC 主要資訊課程教過，利用流程圖撰寫程式既簡單又快速，畢竟撰寫程式前都應先畫出流程圖來提高邏輯正確，而且程式開發軟體也提供元件巨集、模擬除錯與程式單步執行功能，在直覺式圖形介面撰寫程式，快速達成我們所需要的目標。

## (四)感應與電擊

作品利用電擊的方式殺死蟑螂，靈感是來自夏天都會使用的電蚊拍與捕蚊燈，透過電高壓的達成殺死生物達為目的，生物課程曾介紹蟑螂通常在陌生環境中，利用前方觸鬚進

行探測環境是否安全，所以作品上的捕蟑技術採用限內圈感應全區電擊的方式(如圖 5)，也就是蟑螂進入到內部感應才會進行電擊，避免只電擊到觸鬚身體部分卻順利逃走導致捕蟑失效發生。感應裝置採用靜電電路探測物體方式，利用 K30 FET 場效應電晶體當作偵測元件，當蟑螂爬過感應線圈此時 FET S 腳會隨之升高電壓，在將信號送往微處理器就可精準判斷它是否進入「屋內」，在由微處理器第 18 埠分別通知高壓電擊板進行電擊，以及連接到 SMART 板發出捕蟑事件。

高壓電擊板部份則從購買捕蚊拍拆下，由於產品使用 2 顆 3 號電池總電壓為 3V，而鋰電池供電範圍 6~8.4V，必須使用 ASM117 -5V 穩壓 IC 降壓才能送入高壓電擊板。另外電路中同樣使用 MOSFET 做為電源管理元件，這樣微處理器就能透過 MOSFET G 腳，控制電擊 ON 或 OFF 取代捕蚊拍上啟動開關。此外高壓端並聯一顆 R2 電阻，主要的用意當結束電擊並須儘快放掉儲存於電容器的高壓電，避免餘留電貫穿感應 FET 元件，經反覆測試選用 60MΩ 電阻值，該值不影響輸出電壓又可在 OFF 電擊於 2 秒內釋放電完畢。

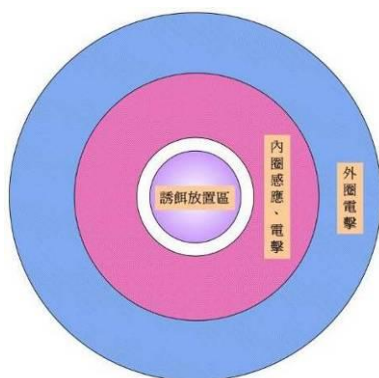


圖 5 感應與高壓電擊配置設計圖

#### (五)清除機構

當蟑螂電擊後必須移除感應&高壓線圈，否則易造成下次電擊時會被遺留上面物體發生短路，導致釋放高壓電力而無法有效再電擊後者進入蟑螂，並考慮便利性將牠收集到作品後方回收盒裡，使用 2 顆伺服馬達來完成上述動作，由於電擊線圈範圍將近 330 度，因此採用 360 度伺服馬達擔任清掃，當清掃到後方的畚箕回收槽再將 90 度伺服馬達讓它抬起，且上方設計一個 L 型的推臂，推臂下方與碰觸回收槽部份加上塑膠華司當作滾輪減少摩擦力，回收槽升起時藉由下方推臂往後上方往前原理，就能將設計在作品前方的提示開啟提示已捕獲蟑螂。

#### (六)切換開關

線圈涵蓋感應與電擊兩種功能，待機下線圈處於連接感應電路，一旦有蟑螂進入線圈就得反接到高壓電路，兩者間必須要有一個裝置進行切換動作，因此選用繼電器元件擔任，主要是它是屬於機械式開關能有效隔絕兩者間不同壓差，若使用半導體之類的元件易導致耐壓不足與隔絕不良，當進行切換時就會將高壓餘電引到感應電路，導致 FET K30 貫穿而損壞發生，所以機械式繼電器是最佳切換元件。

### 三、控制程式設計

#### (一)制定連接埠

PIC 微處理器提供許多接腳供使用，首先規劃連接控制埠依序列出歸納四大類，分別



數位輸入埠功能用於伺服器馬達定位感測開關，數位輸出埠控制高壓電擊板、連接 WiFi 模組已捕獲蟑螂事件通知以及 LED 動作指示，類比輸入埠則用於偵測物體靜電感測量、目前鋰電池電壓狀態，最後脈波串列埠使用微處理器控制伺服馬達之用，根據需要制定避免錯誤導致無法控制，反而造成循環除錯程式浪費研究時間，詳細規劃如下表 1。

表 1 微處理器各連接腳定義

接腳	序列埠	用途	數值	接腳	序列埠	用途	數值
1	RA2	控制伺服馬達	0~255	10	RB4	動作指示燈	0 或 1
2	RA3	控制伺服馬達	0~255	11	RB5	微動開關	0 或 1
3	RA4	電力偵測	0~255	12	RB6	微動開關	0 或 1
4	RA5	空腳	---	13	RB7	控制繼電器	0 或 1
5	GND	接負極	---	14	VCC	接正極	---
6	RB0	電源管理	0 或 1	15	RA6	石英振盪器	---
7	RB1	動作指示燈	0 或 1	16	RA7	石英振盪器	---
8	RB2	動作指示燈	0 或 1	17	RA0	物體感測(靜電量)	0~255
9	RB3	動作指示燈	0 或 1	18	RA1	連接 SMART	0 或 1

## (二)建立變數

微處理器如同一台超微型電腦，裡面含有一個 CPU 專門處理資料，由於速度比起傳來資料還來得快必須將資料暫放變數裡，避免發生 CPU 等待資料拖累整個運算速度。確認硬體接腳之後，首先在 Flowcode 程式編輯軟體以「運算式」指令新增所需變數，變數分為三個類別，第一用於控制兩個伺服器馬達方向與轉速之用；第二則由於專屬 360 度伺服器馬達定位感測，還有微處理器僅能達成轉速與停止但卻無法控制角度，必須要借助 2 個開關來得知處於「歸位」或「到底」位置。第三使用在類比輸入埠，將物體靜電感應量數值與目前電力狀況，儲存變數中以利後續判斷處理之用，詳細規劃如下表 2。

表 2 各變數定義與用途

變數名稱	用途	變數值
RA2_M0_CT	控制 360 度伺服馬達	0~255
RA3_M1_CT	控制 90 度伺服馬達	0~255
RB5_SW1	用於感應 360 度伺服馬達是否歸位	0 或 1
RB6_SW2	用於感應 360 度伺服馬達是否到底	0 或 1
AN0_SENSOR	感應到物體是否進入線圈內	0~255
AN4_BATT	儲存電池目前電量狀況	0~255

### (三)主程式

程式架構中分啟動與主程式區域，啟動指微處理器通電後僅執行一次事件用途，大都用於啟動時測試或宣示功能之用，也就是欲觸發一次又稱為宣告，將所建立變數透過「運算式」指令把它全預設 0，以便未來關機又短時間開機下，才不會殘留先前的資料在裡面。而主程式大多放在宣告下方，利用 LOOP 迴圈指令讓它通電後不斷地重複執行某事件，這部份先利用巨集指令分別新增物體感測「Sensor\_AN0」與電力偵測「BATT」兩個副程式，並將呼叫巨集指令放入 LOOP 迴圈內，讓作品送電後不斷檢查這兩事件是否出現符合結果以做下一個動作(如圖 6)。

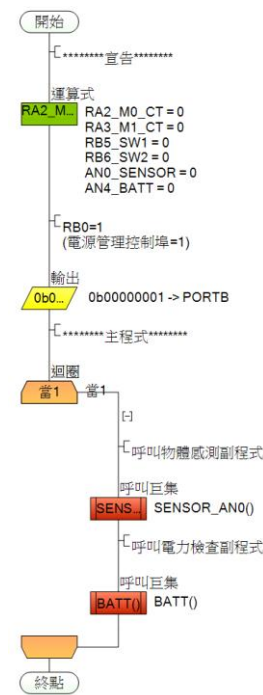


圖 6 主程式

### (四)感應偵測副程式

當感應電路輸入端電壓上升時即代表有蟑螂進入「屋內」，這時必需要通知微處理器做後續電擊與事件通知程序，我們設定微處理器第 14 埠為類比輸入，就能根據讀取到電壓強弱判斷是否要進行電擊，Flowcode 編輯程式軟體具有軟體模擬功能，也就是可在電腦畫面進程式測試，從上方元件巨集庫依序拉出所需要的元件，放入右方的模擬區域包括 LED、開關、Potentiometer 與伺服馬達動畫元件(如圖 7)。

接著拉入控制「元件巨集」指令到「Sensor\_AN0」副程式中，並開啟 Potentiometer 編輯視窗將取得的 RA0 埠數值暫存到 RA0\_SENSOR 變數裡，在利用 if 指令檢查該變數值是否大於某個值，經由可調式電源供應器灌入微處理器 AN0 所測得 1.1V 該值為 45，所以 if 指令即設定值大於 45 即認定感測到物體，未來要調整靈敏度也可從該值做上下微調，實驗到這邊僅先抓大略數字。繼續在 if 的 YES 程式下方把感應線圈原接到感應電路，令控制繼電器 RA1 埠設為 1 使它改接至高壓電擊板，下方在利用輸出指令驅動雙色 LED 產生紅光指示作為研究時觀察之用，緊接著也讓控制高壓電擊板電源管理 RA1 埠同樣輸出為 1，電擊板就會輸出高壓電源，最後利用 TIMER 指令延遲 3 秒後再令 RA1 埠=0，即形成 3 秒電擊時間避免長時間造成鋰電池太快耗盡電力，最下方再呼叫「清除巨集副程式」進行電擊線圈清掃工作(如圖 8)。

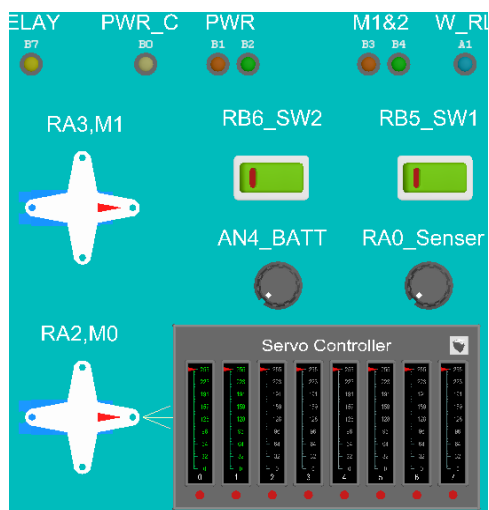


圖 7 Matrix 單晶片系統程式模擬畫面

### (五)Clear 清除副程式

電擊後的蟑螂若在線圈上易導致下次電擊時發生短路而無法產生高電壓，必需設計一個清除機構使遺留在線圈上的蟑螂移到線圈以外，這樣才能順利捕獲下一隻蟑螂。作品中埋入一個凹槽可放置誘餌來吸引蟑螂進入，並設計一支線圈專用清掃刷與 360 度伺服馬達相互連接固定在上方，就可透過馬達旋轉達成清理至後方的回收槽內，在利用 90 度的伺服馬達抬起回收槽，蟑螂滑動至作品後方的回收區以利集中清理。

在模擬區域點取 Servo Controller 元件巨集進入屬性設定，開啟後將 CHANNEL0 設為 RA2 埠用於控制 360 度伺服器馬達，CHANNEL1 則設為 RA3 埠驅動 90 度伺服器馬達，完成微處理器與馬達間控制接腳位置。此外因 360 度馬達只能由程式控制馬達速度卻無法控制角度，將微處理器 RB5 與 RB6 分別來感測馬達是否「歸位」或「到底」之偵測開關，就可得知馬達旋轉到何處避免超出範圍。

指令庫拉出「輸入指令」到程式區域，再進入屬性將設定 RB6 埠，讀取後的狀態值儲存 RB6\_SW2 變數中，緊接著放置一個 if 判斷 RB6 埠當=0 代表馬達尚未旋轉到底，此時令伺服器馬達繼續順時針旋轉並將 LED 亮起且呈綠色燈，當馬達碰觸到 SW2 感應開關代表已旋轉到底位置，立即將 LED 熄滅並命令馬達停止旋轉，這時蟑螂已被推入回收槽內。停留 0.5 秒之後同樣方式利用輸入的指令，檢查 SW1 歸位感測開關是否等於 1，若不等於則將讓伺服器馬達繼續逆時針旋轉直到被感應才停止，完成刷子清除線圈上的「殘留物」(如圖 9)。

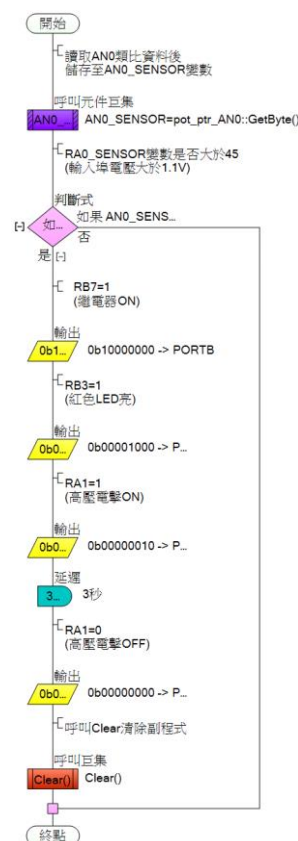


圖 8 感應偵測程式

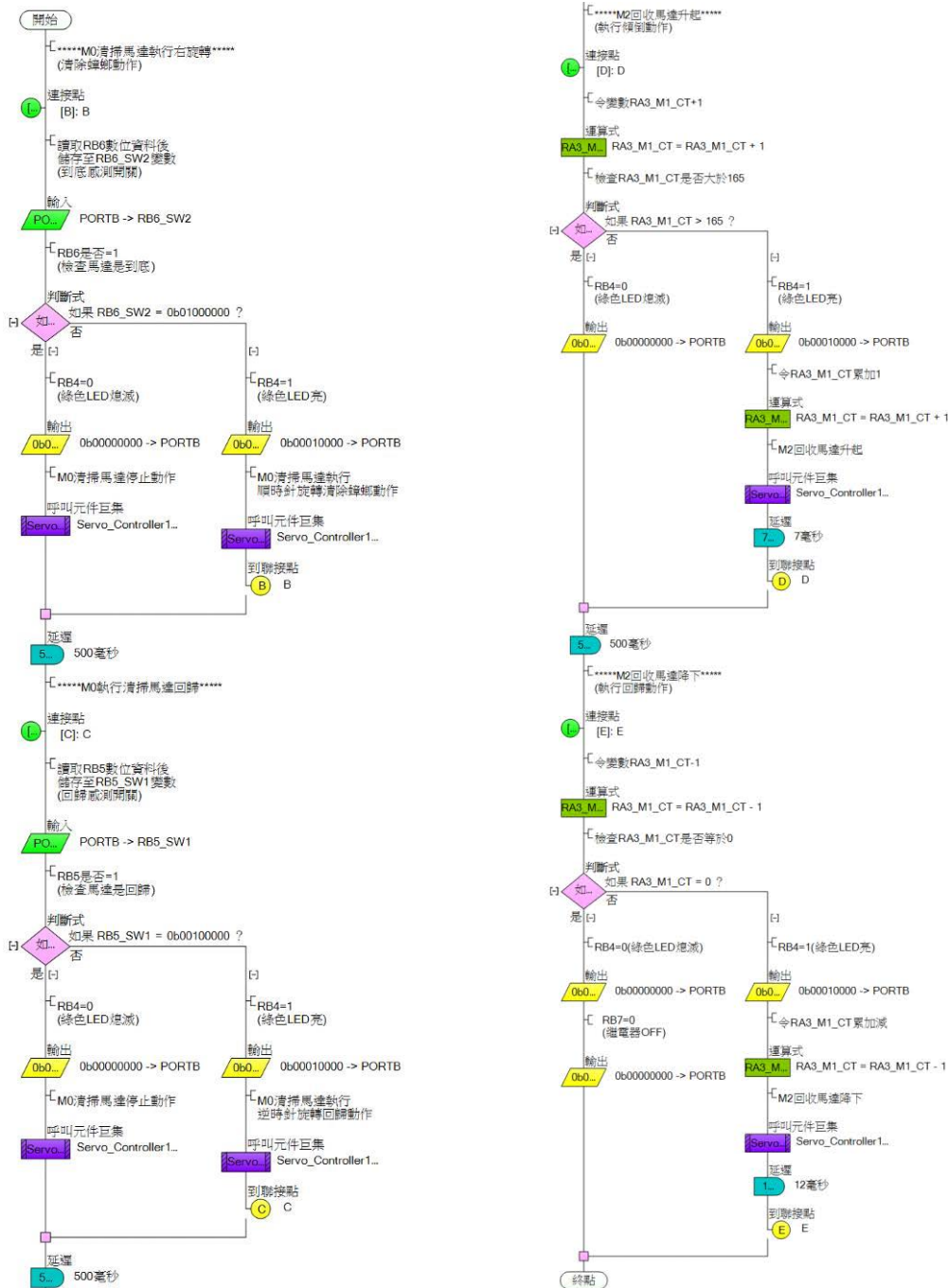


圖 9 Clear 清除副程式

緊接著位於回收槽內的蟑螂利用 90 度的伺服馬達，將它升起倒入作品後方回收區，升起角度原本只要在 Servo Controller 元件巨集，SetPosition 欄位輸入欲控制角度值就能達成，但深怕急速升起易讓蟑螂掉出卡在縫隙邊緣，很容易導致馬達無法到達指定位置，產生供給電流過高損毀或發生內部齒輪脫臼，因此利用「RA3\_M1\_CT」變數搭配 if 指令，當 if 事件變數未到達設定數值，即讓它每循環一次累加 1 並代入 SetPosition 欄位中，下方在放入 7ms TIMER 指令就能使回收槽慢慢升起。完成蟑螂傾倒後必須再降回，否則下次執行清除會把刷子卡住在回收槽區，該程式撰寫同上述升起方式，唯一的差別在於變數每循環 1 次「RA3\_M1\_CT」改寫成累減 1。

## (六)BATT 電池監測副程式

作品未來以太陽能白天進行發電後充至鋰電池供夜間捕蟻之用，使用過程中一定會遇到電池沒電，故需要一個像手機具弱電警示功能通知使用者儘速充電，若不理會持續使用更要強制關機動作，避免鋰電池過放處低電壓導致損壞。

同樣利用 Potentiometer 指令讀取輸入埠類比值，接著開啟屬性視窗將 Channel 設定為 AN4 接腳，並在 GatByte 欄位將取到數值儲存到 AN4\_BATT 變數中，利用 if 判斷式檢查 AN4\_BATT 的值是否小於 165 也就是電壓為 6.7V 以下，如果 NO 令雙色 LED 指示燈顯示綠色代表電力充裕，反之則更改紅色警示提示快沒電。緊接著下方繼續再放入用來檢查電力達臨界低點的 if 判斷式，若 AN4\_BATT 變數值小於 150 代表電壓已降到僅剩 6.0V，這時立即將 RB0 埠由原為 1 更改 0，就能透過電源管理電路切斷供電，達成電力監控與管理機制(如圖 10)。

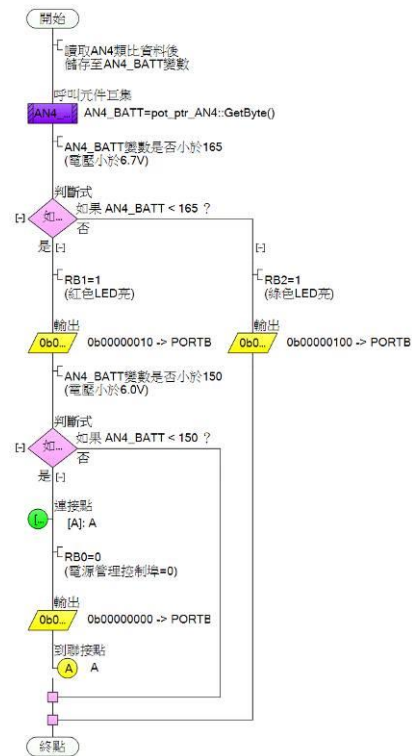


圖 10 BATT 電池監測程式

## 四、硬體電路測試與設計

### (一)電路測試

利用 Protel 電腦輔助軟體繪出主控(如 11)與高壓電擊電路圖(如圖 12)，電路中 IC1~2 使用 AMS1117、MCP1702 擔任穩壓元件，IC3 選用 18Pin PIC 16F1937 微處理器，R1、D1 稽納二極體與 D2 設計成一個簡單限壓電路，提供太陽能板對鋰電池充電，電源管理 Q1 採用 MOSFET 控制，並在 G 腳串接 1 個水銀開關用於傾斜自動關機用途，在接到 OPT 光耦合器光電媒介連接到微處理器第 6 埠。電源感測利用 R5 與 R6 接成分壓電路將鋰電池電壓降 2 倍再送往微處理器第 3 埠，避免直接灌入電壓超過 VCC 燒毀。D4~D5 則用於動作時的觀察指示燈，這部份由 2Pin 雙色 LED 擔任。

物體感應電路部份，Q2 使用 2SK30 偵測靜電量，G 腳與 GND 間並聯一顆 R15 電阻用來控制靈敏度，S 端也各並接 R13 電阻與 C1 電容讓輸出的電壓緩慢下降，避免瞬間造成微處理器未讀到感應資訊。IC3 第 10~11 埠用來 360 度伺服馬達定位感測端，採用微動開關擔任，R11~R12 電阻防止雜訊進入感應埠誤動作之用。

線圈連接至感應電路或高壓電擊板，L1 使用內部具雙組切換開關 8Pin 繼電器擔任切換裝置，切換過程由微處理器第 13 埠下達命令，因輸出埠電流僅 20mA 無法直接驅動，需藉由 Q3 電晶體放大，就可控制完成兩者間切換。

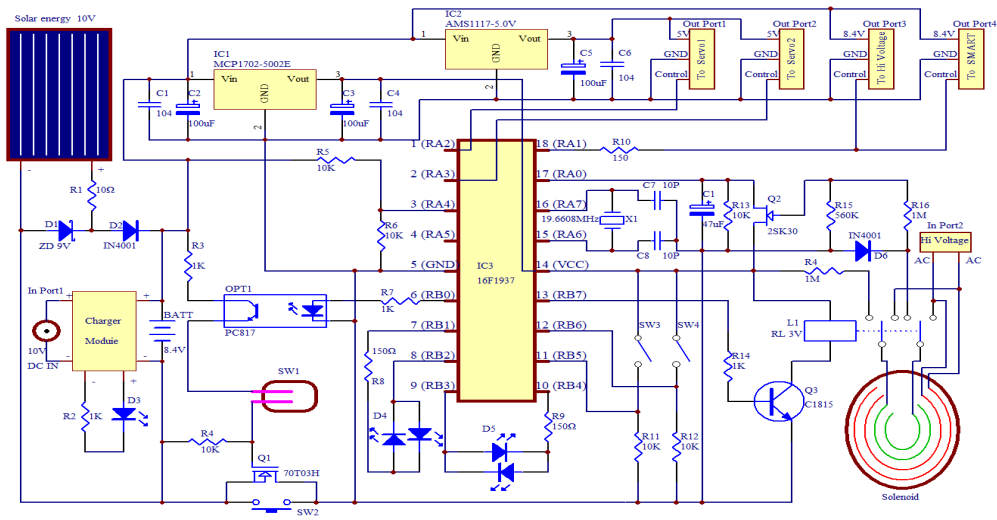


圖 11 主控板線路圖

確認電路圖設計的正確性，使用麵包版進行實際的硬體測試(如圖 13~14)，以了解電路是否可正常運作。首要在中間位置先安裝活動 IC 座，方便微處理器拿取燒錄程式，在沿著旁邊安裝次要穩壓 IC 元件，繼續插入二極體、LED、電阻、電容、開關、電晶體與繼電器等零件。緊接著利用紅、黑色單芯線進行電源鋪設，藍、綠與白色則用於控制信號之用，透過顏色區分讓查核線路更加清楚。

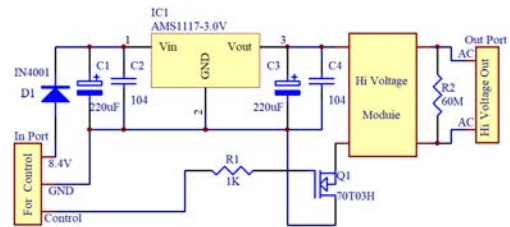


圖 12 高壓電擊線路圖

接著兩顆伺服馬達利用雙面膠黏貼至麵包板右上方，左上方則放置一片簡易式的可調電源，提供電路所需電壓與模擬鋰電池電量之用，經電路圖與麵包板反覆檢查確認無誤，微處理器尚未放置活動 IC 座前，先把可調電源模組電壓調至 8.4V 灌入電路中，按住電源按鈕利用三用電表檢查供電狀況是否正常，接著觸摸 FET G 埠測試感應輸出電壓值為何，最後拿出單心線一邊接 5V，另一端從活動 IC 座碰觸當初制定微處理器屬數位輸出埠接腳，模擬當該端輸出為 1 連接到 LED、繼電器與電源管理裝置，這樣就能逐一驗證線路是否無誤。

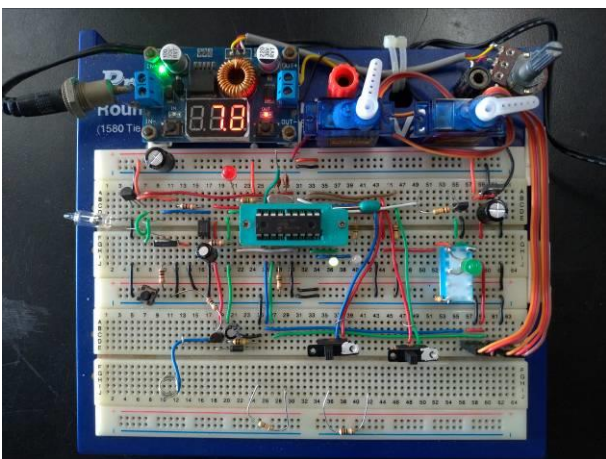


圖 13 完成麵包板

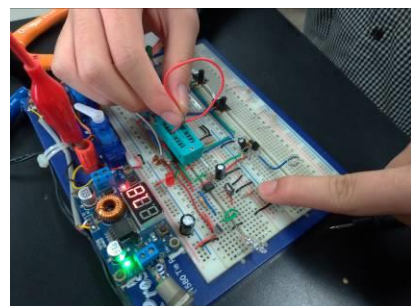
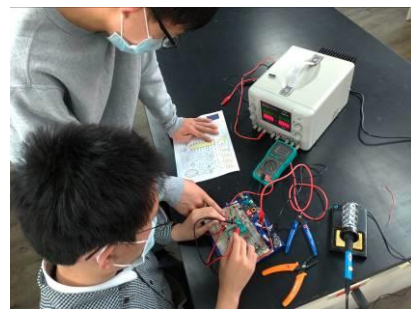


圖 14 進行硬體測試

## (二)繪製 PCB 電路板

透過麵包板進行硬體測試，最大好處就是不必邊安裝零件邊使用烙鐵焊接線路，但也就是線與零件間未焊死移動很易發生接觸不良，因此我們決定利用社團所教導的 PCB 電路板設計實作，同樣利用 Protel 軟體將已測試無誤電路圖進行 PCB 板繪製，繪製共計二塊分為主控制板與高壓電擊板(如圖 15)。先在零件面放入零件與連接座，並盡量靠攏避免佔用太多面積，設計出的板子相對就會很大，確認零件未遺漏且都擺放上去，將設計板層切換到 BottomLayer 進行線路連接，拉線遇到彎折時盡量 45 度繪製，並且注意兩線間間距避免太靠近，最後板層切換到 KeepOutLayer 繪製成形線，雕刻機就會根據這條裁切出電路板形狀，透過上述的訣竅就能快速的完成電路板繪製。完成後電路板經由 Protel 軟體 CAM 管理器，轉換成 Gerber 線路檔與 NC Drill 鑽孔檔，就能送入 PCB 雕刻機軟體進行雕刻。

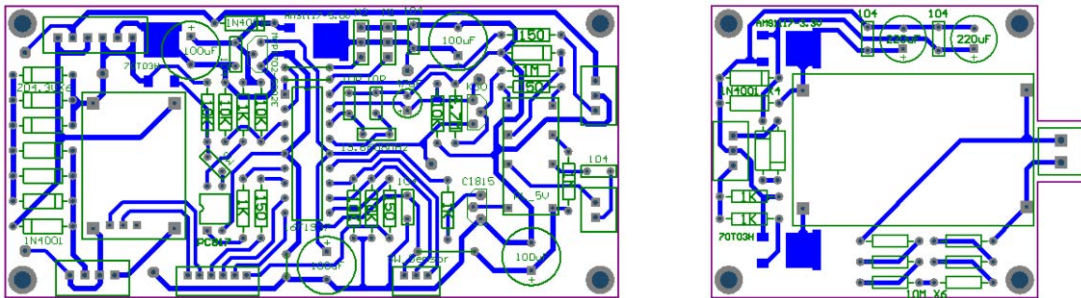


圖 15 繪製完成主控與高壓電擊電路板設計圖

雕刻前先將一片新的 PCB 銅板放在雕刻基座上，在利用膠帶固定避免翹起而失敗(如圖 16)，由於學校此台雕刻機具自動換刀功能，因此將所需要雕刻刀、鑽孔刀與成形刀放入刀具等候區在按下執行鍵，經約 1 個半鐘頭即成型可取出(如圖 17)，取出板子在上面噴灑專用保護劑防止銅箔受濕氣而氧化。最後零件依序低至高安插至電路的板在利用烙鐵焊接固定，多餘的零件腳以斜口鉗剪除完成硬體電路製作。

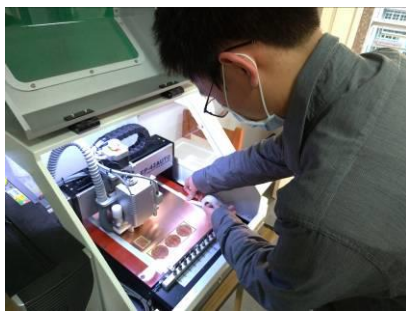


圖 16 電路雕刻機製作 PCB 板

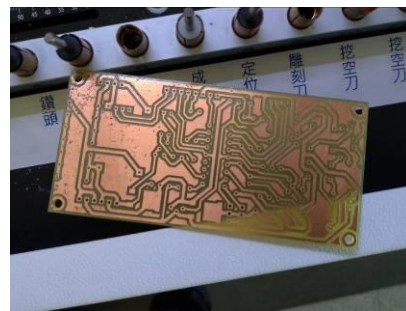


圖 17 完工 PCB 板

緊接著進行電路測試方法同麵包板檢測法，結果發現部份電路繪製錯誤導致電源短路，避免浪費零件順便找出錯誤原因，逐一比對線路圖利用鍍銀線將它引到正確位置，兩線相連短路部份則用割刀切離，零件連接錯誤部份架高形式解決，反覆檢查電路終於可正常運作(如圖 18)。經過上述錯誤回到 Protel 軟體，把問題線路進行修正再重新製作全新電路板，第 2 版本終於完整無錯誤(如圖 19)。

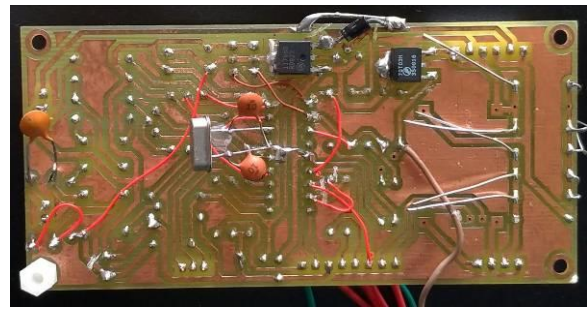


圖 18 第 1 代主控硬體電路板

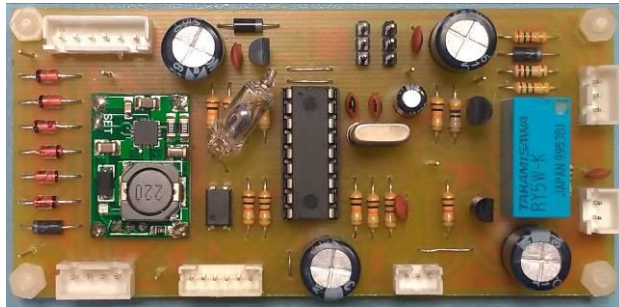


圖 19 第 2 代修正改良主控板與完工高壓電擊板

## 五、IoT 監控電路

### (一) 監控程式設計

Webduino Smart 微控板做為遠端資料傳送媒介，選擇它的原因是體積小、價格低廉，而且採用雲端撰寫程式介面燒錄軟體無須實體線連接，只需透過 WiFi 就可以達成開發相當方便。為了讓 Smart 與主控板連接便利設計連接基座，同樣先制定控制接腳位置，設定第 0 埠為數位輸入型態並與主控板的捕獲資訊輸出埠相互連接，若感應蟑螂進入「屋內」此埠=1 反之=0。第 2 埠用於 D2 動作指示燈，第 5 埠接 BZ 蜂鳴器產生警示音，A/D 埠則監控電壓鋰電池電量，不過該埠僅可量測 1V 以下採兩顆電阻 R1、R2 構成分壓電路衰減 10 倍，也就當鋰電池 8.4V 滿電實際送入 A/D 埠僅 0.84V，這樣就不會超出可測量電壓值。供電部份同樣使用 AMS1117 穩壓 IC，穩壓 5V 提供 Smart 監控電路使用，最後利用 Protel 繪製完整電路圖與 PCB 電路板，反覆檢查無誤後送入電路板雕刻機進行雕刻(如圖 20)。

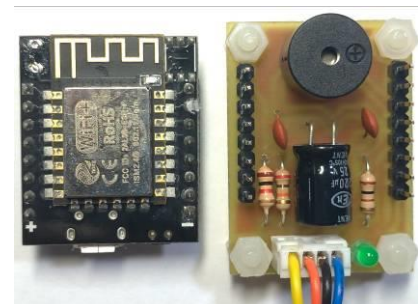
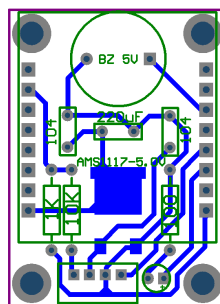
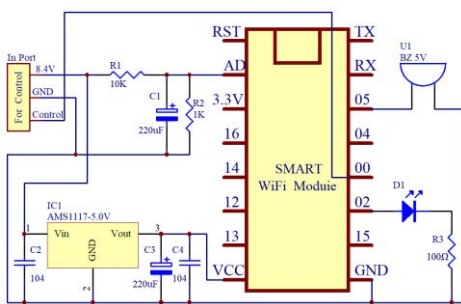


圖 20 IoT 監控電路圖

繪製出 PCB 電路板

裝配完工 IoT 電路板

### 1. 程式宣告

拖曳一個 Smart 開發板函式，裡面輸入 Smart 版 ID 並設定取樣時間，裡面放入欲設定變數的初始數值，接著拉入「載入 Google 試算表」指令輸入欲傳到的網址。此外剛提到 Smart 板 A/D 埠量測最高只能 1V 的電壓，所以使用「尺度轉換」指令將被衰減 10 倍的數



值，經該指令反乘 10 倍還原真正的值，緊接著呼叫「Sheet」與「Line」副程式，將開機的訊息通報使用者，告知已開始執行捕蟻任務，最後進入主程式不斷重複所撰寫事件。(如圖 21)。

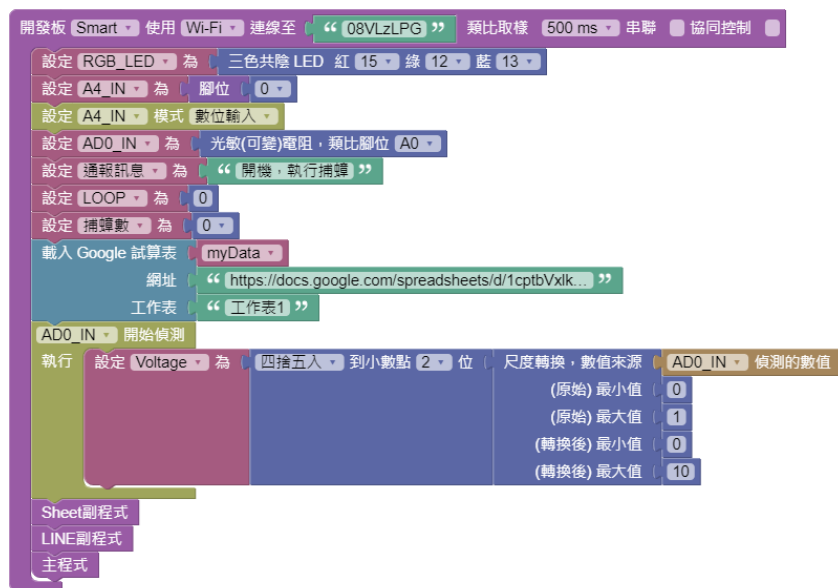


圖 21 遠端監控宣告

## 2.主程式

拉出巨集指令並命名為主程式，開頭先放入迴圈指令讓內部事件不斷被反覆執行，在利用 if 指令確認是否有收到已捕獲訊息，若 YES 令「通報訊息」變數儲存「已捕獲小強」文字，並且「捕蟻數」變數也累加 1，接著呼叫「Sheet」與「Line」巨集將捕獲訊息通知遠端使用者。

後半部程式用來檢查鋰電池電量狀況，Smart 板上全彩 LED 根據設定的電壓範圍對應顯示顏色，就可從顏色中了解電量狀況，而 8.4V 與 6.7V 部份除了如上述所說的功能，還會呼叫「Sheet」與「Line」巨集分別通報「電力已充飽」與「警告!! 電力不足」訊息 (如圖 22)。

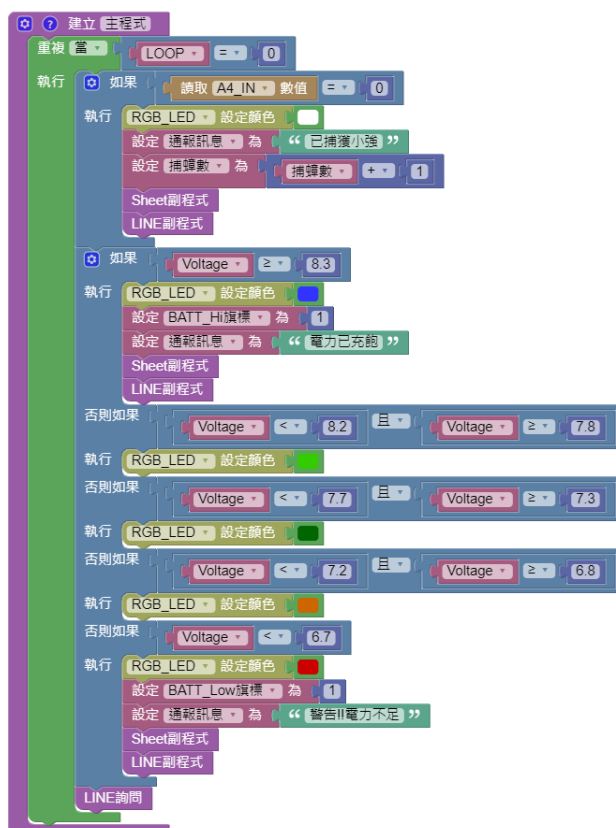


圖 22 遠端監控主程式

## 3.Sheet 試算表

「Sheet」副程式部分中，為了讓最新一筆資訊留在試算表最上面方便使用者查看，舊

資料則依序時間遠近放入到下方，利用增加「列」指令把表格第 2 處穿插新的一列，緊接著使用 3 個「寫入」指令，將日期時間、通報內容及電壓狀態，依序傳入試算表 A2、B2、C2 欄位中，這樣既可以保留最上方的說明列，又可讓最新一筆資料顯示在第 2 列中(如圖 23)。



圖 23 Sheet 副程式巨集

#### 4.LINE Notify

「Line」副程式上方先拉入「LINE Notify」指令，將取得權杖 ID 輸入到 Token 欄位中，訊息欄位利用「建立字串」指令，來得知捕蟑屋的同樣方式將欲傳送的通報內容、電壓狀態與日期時間資訊合併傳送出去，使用者就能透過 Line 得知相關資訊(如圖 24)。

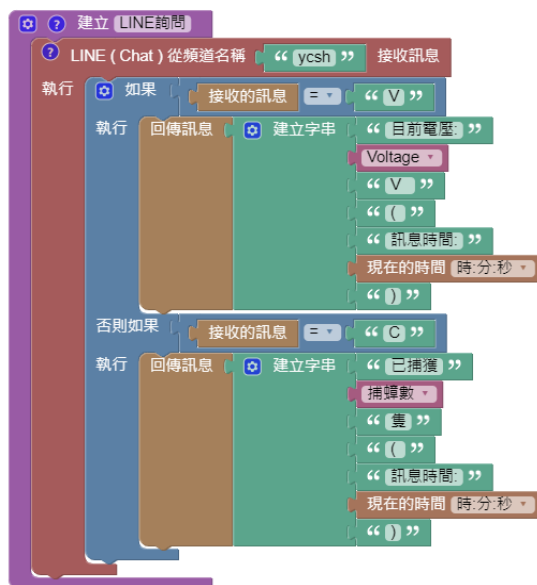


圖 24 LINE 副程式巨集

#### 5.事件查詢

上述事件通報僅在四項發生成立後才會發出訊息，讓使用者也可以主動詢問捕蟑屋狀態建立「Line 查詢」副程式巨集，首先 LINE 先加入 Webduino Robot 群組，並在回覆訊息欄位打上欲設定頻道名稱，設定方式如頻道名稱欲命 TEST 訊息欄位即打入 id:TEST，等待出現”你自訂的頻道名稱:TEST”即代表完成。接著運用 if 判斷指令檢查 LINE 接收訊息，V 設定查詢電壓 C 則查詢捕蟑數，最後在用「回覆訊息」指令放入回覆給使用者相關資訊，此部份方式與「Sheet」及「Line」副程式巨集均相同設計方式。

### 六、外觀設計

為方便固定電路、機構與順利引誘蟑螂，接下來繪製外觀，經大家想法討論下方處設計四個方位孔洞，其中三個孔以圓形式排列，以便吸引獲得來自不同方向蟑螂進入，外部

加裝防護板防止無知孩童手指伸入誤觸電擊。另一孔做為捕獲回收區並加裝活動拉門，空間設計扇形當傾倒內部蟑螂順邊緣滑出。底座中間挖空規劃放置引誘食物放置區，利用強力磁鐵設計可拆離式，中後處則挖空四方長形畚箕造型，用來清除後蟑螂倒至回收區。

外觀中段以四片板圍成長方形，內部下方放置清掃馬達、感應開關，側面以羅絲固定主控板、高壓電極板，還有中後方開孔同回收盒大小，孔上方設計小口型狀用來固定 L 型活動推臂，當回收盒升起連動打開提示窗。最後上方以兩片板傾斜式製作屋頂，用來固定太陽能板未來提供所需電力，最頂中間處設計口型提把方便取走移動(如圖 25)。

繪製完草稿到書局找尋適合材料，選用瓦楞板除了堅固也易切割，各組件在以膠帶小心翼翼拼裝，利用無痕膠帶小心翼翼拼裝起來，經過多次修改完成外觀模型(如圖 26)。緊接著將模型改用較為堅硬的密集板製作，利用生活科技課程所學的 CorelDraw 圖形設計軟體，以點、線方式進行外觀圖形繪製(如圖 27)，經過不下數十次的修正最終送入雷射雕刻機，過程中仍出現許多卡榫對位問題，經改正排除總算大功告成了(如圖 29~30)。

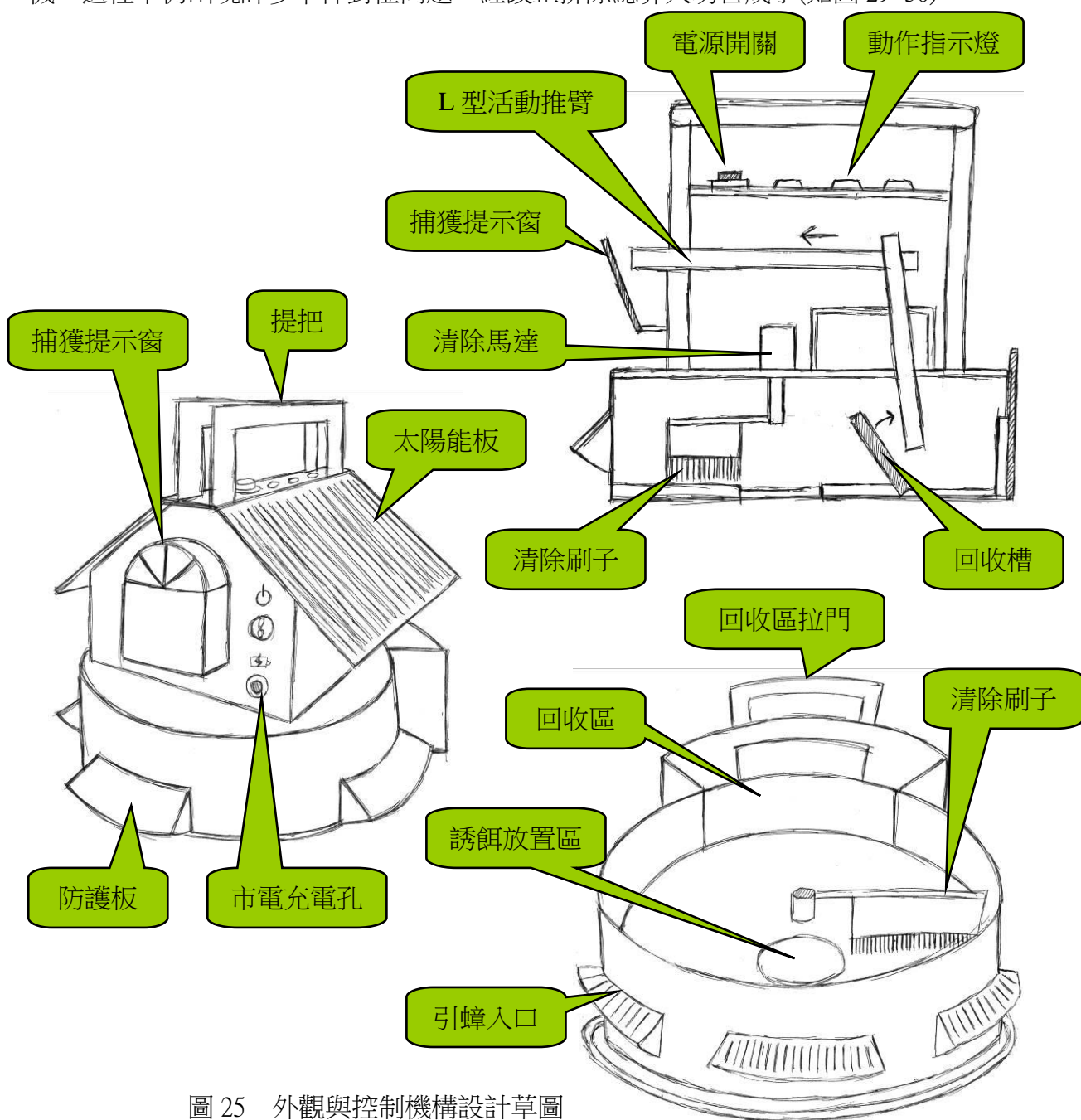


圖 25 外觀與控制機構設計草圖



圖 26 瓦楞板製作概念模型

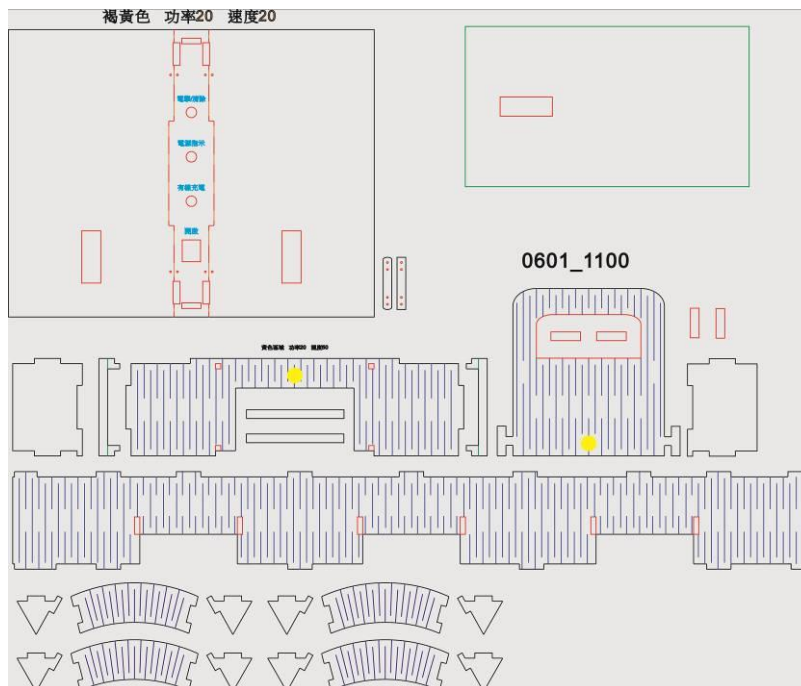
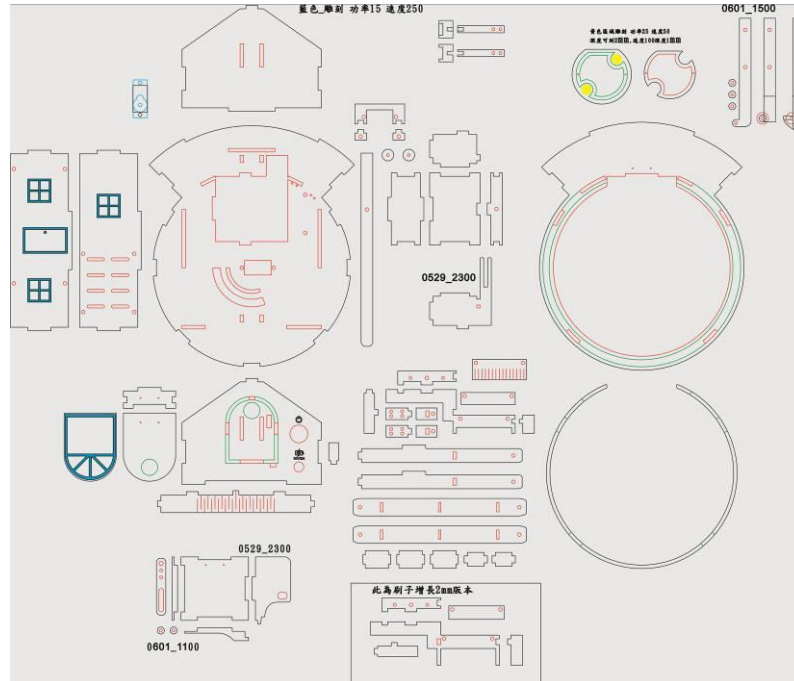
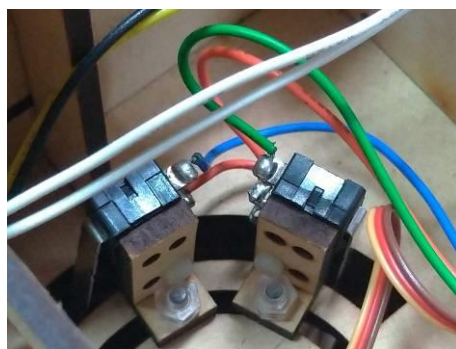


圖 27 CorelDraw 繪製外觀設計圖

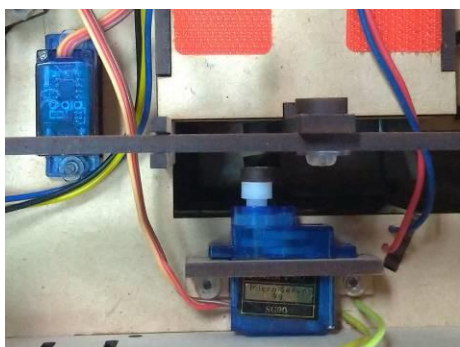
圖 28 外觀製作與電路配線



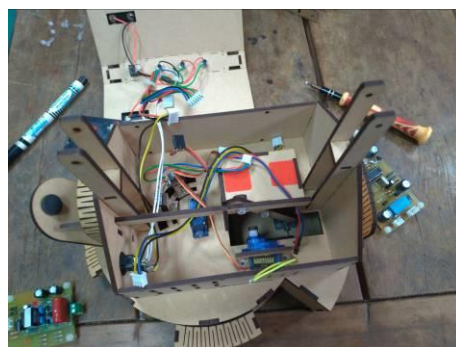
雷射雕刻機裁切外觀



安裝感應開關



固定伺服器馬達



連動機構測試



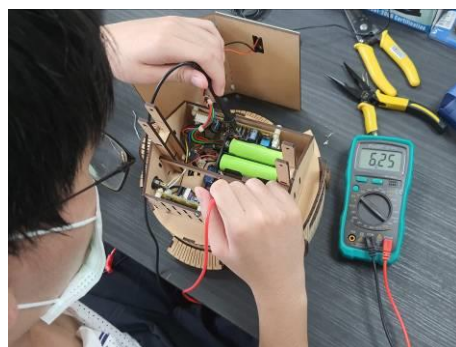
裝設回收門



引蟻入口加設防護板



調整傾斜感應開關角度



電路安裝與測試

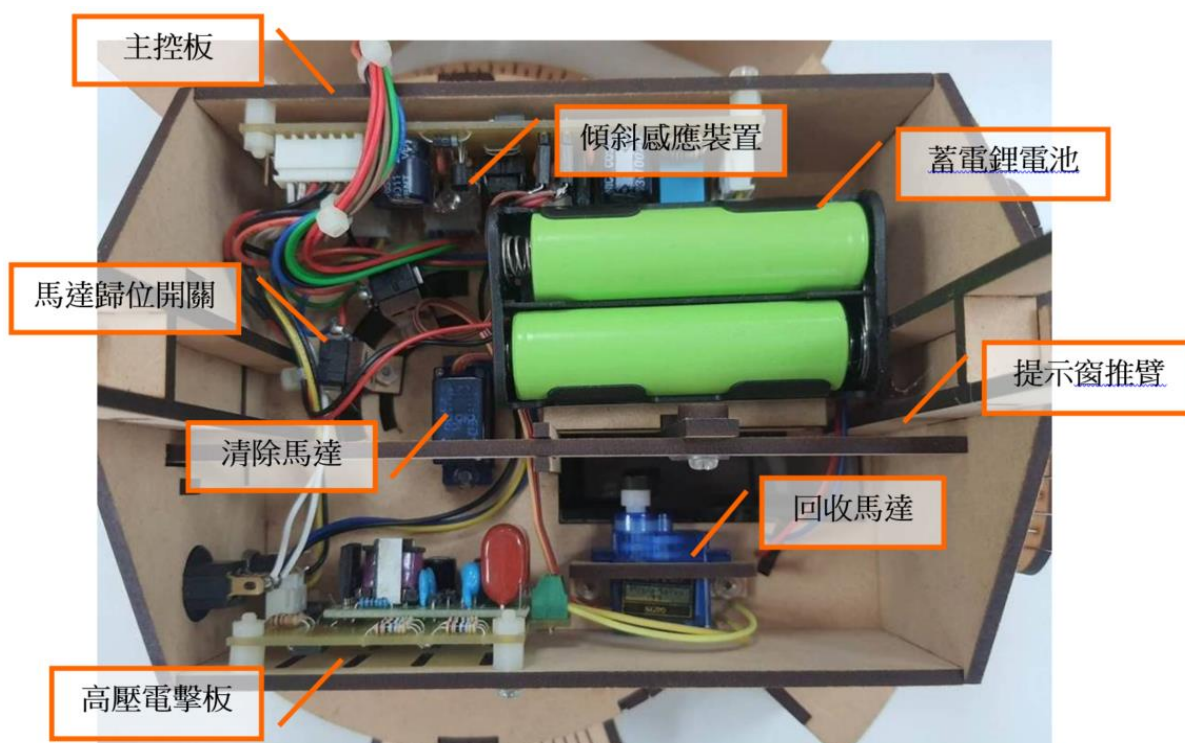


圖 29 內部電路、機構配置情形

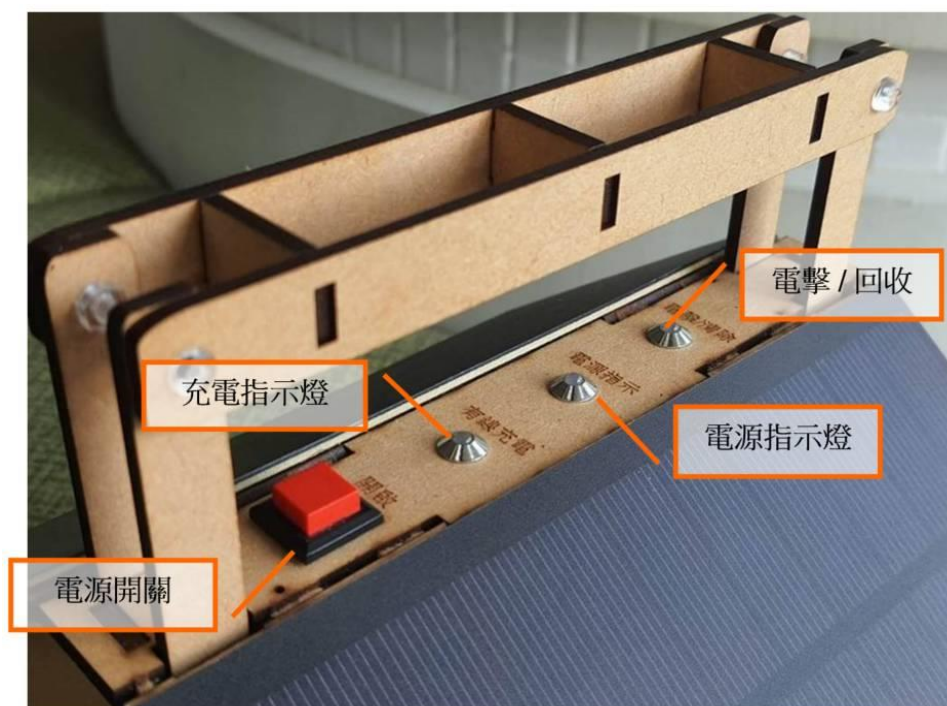


圖 30 頂部開關與顯示用途

## 陸、研究結果、討論&解決方法

### 一、感應在電擊的意義

捕蚊燈捕捉方法是在金屬條上持續通電，但這種方式很耗電必須使用插頭供電，相對來說優點是能夠不間斷持續滅蚊，而捕蚊拍使用電池受電量限制無法像前者持續使用，所以產品設置當按下按鈕才施予電擊減少電量放電時間。若作品採用捕蚊燈方法持續電擊當蟑螂觸鬚碰高壓處，只會使前方觸鬚斷掉身體卻可順利逃脫，改用捕蚊拍方式則需手動按電源按鈕相當麻煩。作品以感應取代人為操作這樣才有效率進行捕捉，另一方面可提高使用時間，順利捕獲蟑螂兩項優點(如表 3)。

表 3 各技術與耗電比較

方法	供電來源	耗電量	續航力	說明
捕蚊燈	家中電源	600mA	插電可持續使用	開機持續耗電且吃電流大，不適合電池供電
捕蚊拍	乾電池	電擊 380mA	待機：無窮時間 持續電擊：約 6H	待機零耗電，但需手動按壓開關進行電擊
本作品	鋰電池	待機 25 mA 電擊 380mA	待機：約 136H 持續電擊：約 9H	感測取代手動電擊有效捕蟑，且可防止小強逃脫

### 二、感應物體受潮濕天氣誤動作

研究過程中無論麵包板驗證或製作電路板，感應電路一切都順利並無發生偵測失誤問題，但卻有一次開機即自動進行電擊，而且還不斷的反覆動作，利用電表量測 FET 元件正常，換掉全新微處理器依然如此。

當天正巧遇到雨季戶外正下著雨，懷疑是否線圈受潮造成，我們利用吹風機對著它吹數秒後動作竟然恢復正常，原來真的是濕氣重影響感應，若不改善將來很容易天氣不良產生誤動作。從電路 FET G 腳 R15 1M $\Omega$  電阻引兩條線出來，再並聯一顆電阻降低靈敏度(如圖 31)，經過多次測試以不影響感應能力，找出最佳電阻值下修到 560K $\Omega$  解決上述的問題。



圖 31 並聯電阻降低靈敏度

### 三、遠端事件通知與查閱概況

#### (一)事件通知

移除 Smart A/D 埠與鋰電池間的連接改接可調式電源供應器，送入電壓 Smart 板等待約十秒三色 LED 呈現綠色隨即又熄滅，代表已和家中 WiFi 連線成功，數秒後 LINE Notify 群組收到”開機，執行捕蟑”訊息(如圖 32)。接下來，往上調整供電電壓直到藍色燈亮起，此時 8.3V 模擬鋰電池充飽狀態，LINE Notify 群組傳來訊息”電力已充飽”，再調降電壓來到 6.8V 亮起橘色燈，群組同樣傳來訊息顯示”警告!!電力不足”，經上述反覆多次測試確認開機與電力通報事件皆可順利傳送通知。

棉花棒微沾水濕潤慢慢深入高壓電擊中間區模擬蟑螂入「屋內」，當電擊/回收指示燈

亮起代表已被感測器偵測到，執行電擊、驅動伺服馬達清除與回收工作，上述動作約 12 秒結束，訊息同步傳送到 LINE Notify 群組顯示”已捕獲小強”。開啟 Google sheet 試算表可看到剛才每一筆事件皆會被紀錄在此處，且最新一筆會被放在最上方(如圖 33)，未來就可以透過該紀錄分析蟑螂屋放置地點是否屬於易出沒處，依照出現時段作為除蟑之參考。

## (二)事件查詢

開啟 Webduino Robot 群組首先在下方回覆欄輸入 V 英文字，觀察 Smart 板是否回傳資訊，很快的經過 2 秒隨即回傳”目前電壓:x.xxV” 後方顯示回傳時間，緊接著改輸入 C 英文字此時回傳”已捕獲 x 隻”，告知從開機到目前為止已抓到到少隻小強(如圖 34)，經上述反覆測試事件查詢速度相當快，未來欲了解電壓或捕蟑數，只需在 Webduino Robot 群組，輸入文字就可以從遠端得知。



圖 32 LINE 事件通知

	A	B	C
1	日期、時間	事件	電壓
2	10/24 23:46:2	開機、執行捕蟑	7.48V
3	10/24 23:46:37	電力已充飽	8.91V
4	10/24 23:46:51	警告!!電力不足	6.44V
5	10/24 23:49:49	已捕獲小強	7.48V
6			
7			

圖 33 Google 試算表事件紀錄



圖 34 LINE 查詢事件

## 四、進行實際捕蟑

解決前述所說潮濕帶來誤動作問題，並且確認感應在電擊能有效增加待機捕蟑時間，為了更加驗證作品是否真能捕獲蟑螂，我們向學校借了一台具夜式紅外線功能攝影機，在利用三角架穩定固定在作品約 1 公尺旁進行長期監控，觀察蟑螂進入「屋內」作品是否仍會依設計動作(如圖 35)。



圖 35 架設攝影機進行錄影監控

我們挑選家中最常看到蟑螂出沒地點，廚房是最多有食物地方首要選定它作為研究位置，開始前先利用白天時段把作品蓄滿電力，傍晚在以手機反查事件觀看電力狀況，此時幾乎已來到充飽狀態 8.3V。還有為了增加研究準確性，先將廚房曝露的食物先移除或用塑膠袋密封起來，誘餌盒裡放置當天晚間剩餘米飯、青菜，並選定夜間 10 點過後家中較少進出廚房時段來進行，為期 1 個月研究觀察捕蟑情形。

放置當天凌晨 1 點 27 分與 2 點初，手機 LINE 各傳來 1 次捕獲通知訊息，當時非常興奮原本要回到廚房查看，不過以不影響為由僅遠處瞄一下作品，前方提示窗已呈現開啟狀態(如圖 36)。直到忍住早上上課出門前趕緊拉開後方回收門觀看回收盒，果真如事件所通報的數量，代表感應與高壓電擊確實起了作用，但這樣樣本數還是不足夠，於是帶著攝影



機到學校，利用快轉回放模式查看昨晚除了這 2 隻外是否還有其牠者進入，經影片確認確實如此而且還很清楚看到牠們在「屋外」徘徊一陣子，看似再確認前方是否安全的樣子(如圖 37)，經過影片印證作品採內圈感應再施以電擊，可有效防止逃脫這點研究是可行。



圖 36 提示窗平時關閉(左圖)當捕獲將會被推開(右圖)

圖 37 回放捕捉影片

接下幾天陸續都有斬獲，Google 試算表完整記錄發生日期時間與事件以及電池電量下降情形(如圖 38)，從記錄數據可得知在 24 小時不關機最高續航力可長達 6 天，為期一個月中遇到低電壓警示共計 3 次，透過太陽能發電充飽視天氣狀況好壞大概 1.5~2.5 天左右，此次 30 天研究中扣除拿至戶外充電實際捕蟑天數為 26 天，過程誘餌每隔 2~3 天必須換掉防止廚餘腐敗發臭，總計捕獲 10 隻且在第 4 週發現捕獲數量有明顯下降趨勢，此處「極有可能」小強已變少應改變放地點，嘗試其它位置探視家中蟑螂是否已被完全消滅。

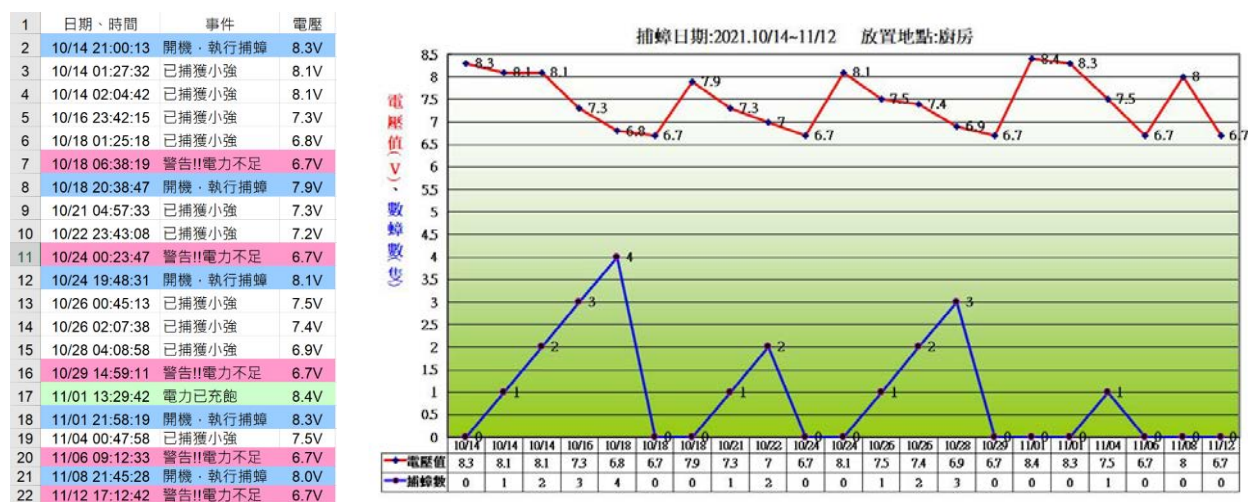


圖 38 捕蟑統計 地點:廚房

經第 1 次實務性捕蟑測試，接下來將作品改放到家中浴室洗衣機旁，選擇此位置的原因是每當半夜如廁時總是很容易撞見，或許是內部潮濕加上悶熱夏季常被牠嚇到不看到牠都很難。同樣放置近 1 個月的時間測試，比對原先廚房例子發現同樣皆須歷經 3 次充電，換算平均充一次電可待機約 4.5 天左右(如圖 39)，不過上述是以 24 小時連續開機下所測出天數，由於蟑螂屬夜行性害蟲白天捕蟑較沒意義，若更改晚上 10 點至隔天 7 點共計 9 小時，這樣還可以達到 12 天待機時間。

此次捕獲數量部份，經 3 次充電 4 次捕蟑數據顯示，發現數量皆落在 2~4 隻而且後面幾週根本沒明顯下降趨勢，最納悶的是平時夜晚浴室門必關著處封閉式，不太可能從家中其牠地方爬進來，但數據呈現捕獲時間偏偏卻是晚上居多，就算牠藏在某處晚上也得出來

覓食，隨天數捕獲後應下降才對但卻沒有。

經討論忽然間我們想到市面販售一種鋪在排水孔用的網子，用來防止蟑螂經污水道爬到屋內，於是檢視浴室意外發現原來家中早就配置新式防蟑排水孔，因此排除它的可能性，倒是洗衣機排水管接到地面的四方孔旁邊裸露出超大縫隙，蟑螂該不會由此處光顧家裡?利用塑膠袋把它填補密封住(如圖 40)，再留意往後幾天捕獲情形。果然 12/8 號堵住在也沒有事件通報記錄，總於領悟平時看到小強原來都是從這邊冒上來，而且未施加高壓電極待機下續航力可來到 8 天之久。

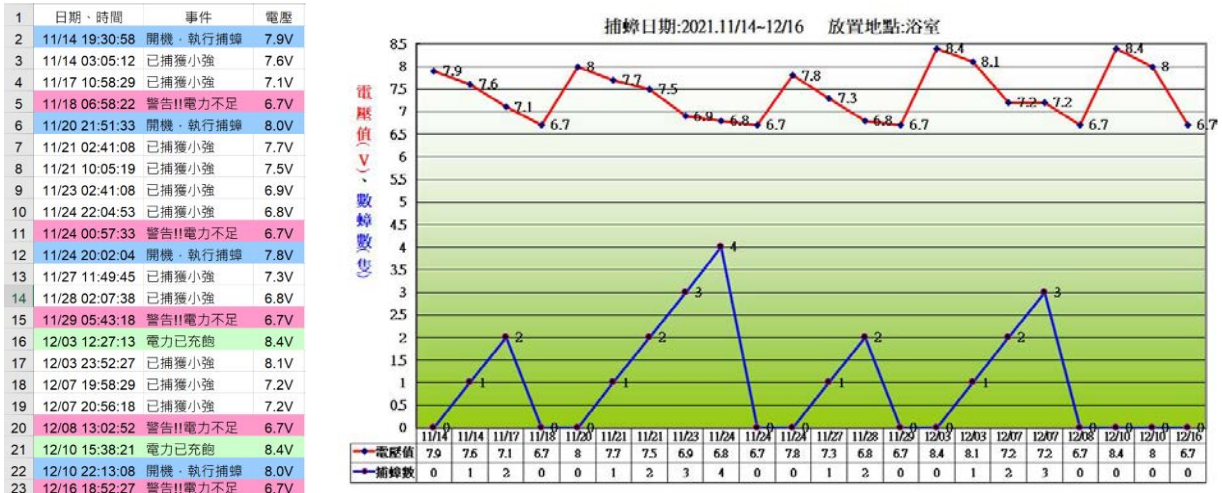


圖 39 捕蟑統計 地點:浴室



圖 40 排水四方孔旁原縫隙裸露(左圖)利用塑膠袋堵住(右圖)

第 3 次捕蟑實驗由另一位將作品帶回放在家中 2 樓陽台，選定這地點原因是晚上洗完衣服瀝乾時，很容易撞見牠在地上爬行夏天悶熱時期更是多，拿掃把驅趕還會因此而飛起。經兩個禮拜察看 Google 試算表內統計數據均捕獲 3~4 隻，於是繼續放置來到第 3 個禮拜，發現蟑螂數未明顯下降趨勢(如圖 41)推斷與前測浴室相同問題，由於陽台屬開放性空間，加上地面排水孔是一般無防蟑設計導致未有效阻斷牠們，雖然作品可捕獲看到成效，但沒改變家中環境這樣永遠也捕不完，因此這項實驗只進行 3 個禮拜就終止。電力的使用部分光 3 週下來就捕獲 13 隻，高壓電擊次數比期前兩次實驗還要多，因此遇到 3 次電力不足，比其前兩次實驗 4 週才充 3 次較為頻繁，這點續航力低耗電快是可以理解。

1	日期、時間	事件	電壓
2	12/18 19:11:14	開機，執行捕蟑	7.4V
3	12/18 22:14:51	已捕獲小強	7.3V
4	12/18 23:38:15	已捕獲小強	7.3V
5	12/19 00:46:35	已捕獲小強	6.9V
6	12/19 01:40:34	警告!!電力不足	6.7V
7	12/19 13:59:36	開機，執行捕蟑	8.1V
8	12/20 23:16:46	已捕獲小強	7.7V
9	12/21 00:25:47	已捕獲小強	7.5V
10	12/22 01:56:48	已捕獲小強	7.2V
11	12/23 23:43:49	已捕獲小強	7.0V
12	12/24 01:68:50	警告!!電力不足	6.7V
13	12/24 02:29:51	開機，執行捕蟑	7.9V
14	12/25 23:23:53	已捕獲小強	7.5V
15	12/25 01:28:53	已捕獲小強	7.5V
16	12/26 23:00:11	已捕獲小強	7.1V
17	12/28 23:15:12	警告!!電力不足	6.7V
18	12/28 15:03:13	開機，執行捕蟑	8.4V
19	12/29 22:14:58	已捕獲小強	8.1V
20	12/30 00:09:00	已捕獲小強	7.9V
21	12/31 22:53:59	已捕獲小強	7.5V
22	01/02 23:32:42	警告!!電力不足	6.7V

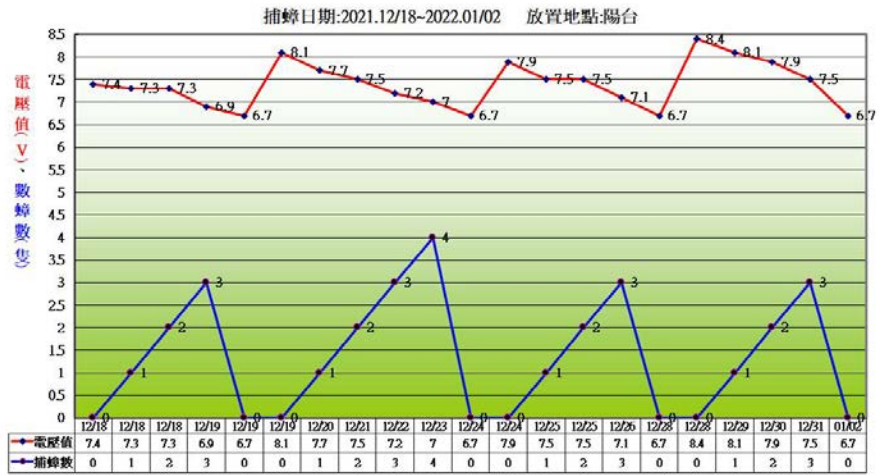
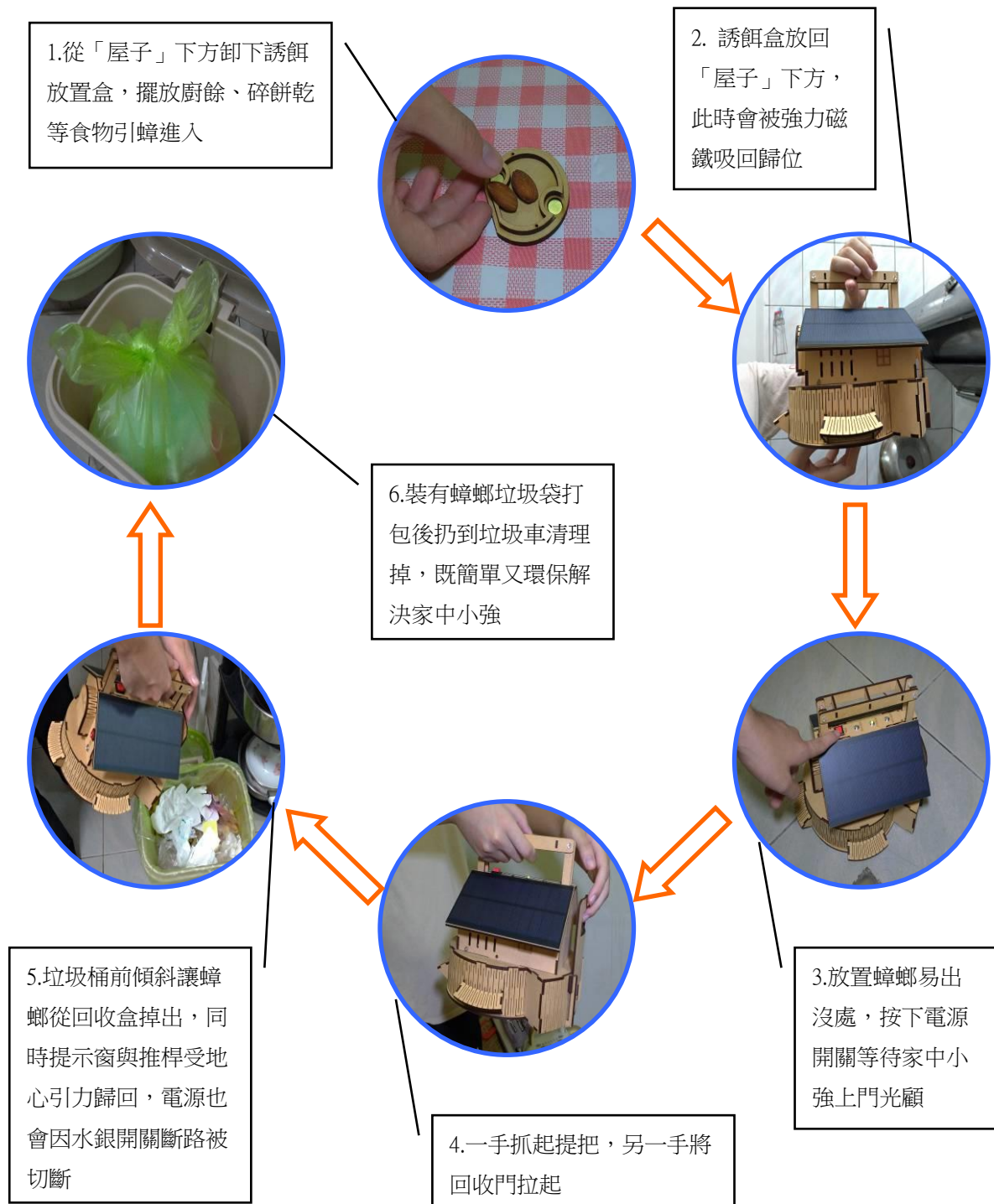


圖 41 捕蟑統計 地點:二樓陽台

## 柒、結論

### 作品使用流程:



### 數據與地點之間關係：

作品捕獲蟑螂即將資料傳送到 Google 試算表，利用這些資料可以進行地點上的研究，過程中進行了三次不同地點的測試，將這些資料與地點結合來探討，可發現易有食物、潮濕地點，甚至地面排水管未加除蟑網都很容易發現牠們的蹤跡，因此光靠作品仍然不夠的，還需要透過環境的改變與保持乾燥整潔，才能最有效的解決家中小強問題。

### 統計的意義：

以往捕蟑工具總是根據平常印象中常看到牠的蹤跡來放置，透過 IoT 雲端記錄與統計功能，就可用它來分析地點與數量之間關係，了解家中各位置蟑螂數的多寡，推斷未來是否要繼續放置或更換地點以提高捕蟑效率，而不在用以往盲從放置方式。

### 實質貢獻：

市售解決蟑螂的方法無奇不有，研究最終目標就是讓人解決家中蟑螂問題，更為最近經濟不景氣中，不用再大費周章購買捕蟑產品，消除人類生活上的困擾，藉著作品無形中帶動社會節省能源動力。

常常從新聞看到餐飲業者因環境不佳，或食物內有異物而毀掉商譽，因此作品很適合用在餐飲業廚房的捕蟑利器，畢竟每個人都不希望享受美味食物當下，看到黑色多腳令人噁心的小強。

### 修正改良：

未來作品希望朝向外型更加堅固與電路簡化去做補強，並在 Google 試算表增加一個欄位，透過室內 GPS 定位技術記載放置地點，功能更完善代替市面上所販售捕蟑產品，成為家中普遍化的捕蟑器具，為近幾年倡導節能減碳替地球環保盡一份心力。

## 捌、參考資料

全力衝刺太陽光電 <https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/4413b416-5f1e-419b-9a39-5a02c8a3ba8c>  
解析台灣用電結構

<https://blog.pgesolar.com.tw/2021/03/24/%E5%8F%B0%E7%81%A3%E7%94%A8%E9%9B%BB%E7%B5%90%E6%A7%8B>

單晶矽、多晶矽、非晶矽...太陽能電池板有辣麼多種類你都知道嗎？ <https://kknews.cc/zh-tw/news/6klqzbm.html>

電蚊拍的教學應用 [https://www.eduhk.hk/apfs1t/v3\\_issue2/lwodj/lwodj6.htm](https://www.eduhk.hk/apfs1t/v3_issue2/lwodj/lwodj6.htm)

電蚊拍真的能電到人嗎？ <https://kknews.cc/zh-tw/tech/n5zjlq.html>

蔡朝洋編著。電子電路實作技術。全華圖書

林明德編著。專題製作:電子電路篇。台科大圖書

Matrix Flowcode 官方網站 <http://www.matrixmultimedia.com>

柯南編著。Protel 99 SE 電腦輔助電路設計與分析。台科大圖書

Webduino 開發團隊。實戰家電物聯網。基峰圖書

## 【評語】 052310

本作品結合現代科技應用於日常生活中捕捉清除蟑螂，包含太陽能蓄電、IoT 物聯網、電力系統、高壓電擊、電控、機械機構、Line通訊等技術。研究過程及方法中，對於所涉及技術內涵及製作整合說明清楚，並對作品進行實測及了解實際運用所發生的問題，進行完整的統計分析，了解實際運用要達成成品最大效益一些生活上必須注意的細節，值得鼓勵。建議如下：

1. 本作品強調實作成果，可加強說明電擊原理與其實驗說明。
2. 建議比較市售滅蟑產品與本作品的優劣性。
3. 增加實驗地點對補蟑成效進行成效分析。
4. 增加 Google 表單記錄數據的用途說明。

## 作品簡報



# 別慌「蟑」-IoT結合 綠能清理之探究

組別:高級中等學校組  
科別:工程學科(一)



# 一、創作動機 & 研究目的

創作目的：

消滅蟑螂,擁有一個良好的環境。雖市面上早已有許多滅蟑產品,但各有其缺點,因此分析市面上販售產品,希望改善其缺點並規畫應對策略,設計簡易且環保的滅蟑工具



創作動機：

發覺家中常有蟑螂出沒,想著如何消滅這些討人厭的蟑螂。思考能否利用物理課上所學的倍壓電路,搭配社團上所學的單晶片控制技術,製作一個實用的滅蟑工具。



## 二、市售捕蟑產品缺點

### 蟑螂凝膠餌劑



蟑螂食用後若靠近食物  
會造成汙染

### 滅蟑噴霧



氣味殘留餘空氣中,對  
人體會有不良影響吸入  
過多會中毒

### 蟑螂屋



當蟑螂進入以易逃脫  
潮濕易造成黏性失效

### 滅蟑盒



僅可抓大蟑螂,無法  
抓小隻德國蟑螂

## 三、本作品特點

1. 電源來自太陽能電力,不使用家中電源以節省能源
2. 具遠距提示功能並可紀錄統計捕蟑資訊
3. 以家中食物做為引誘工具,無須花錢購買市售毒餌產品
4. 內建回收盒收集區,輕鬆二步驟清理蟑螂
5. 安全設計防止家中幼兒或寵物誤觸電擊

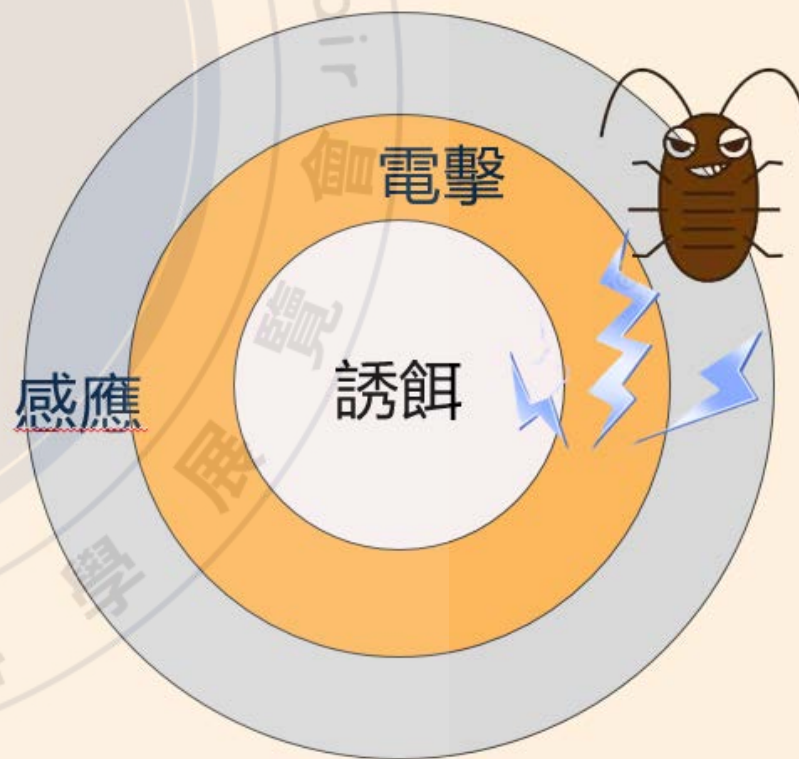
## 四、作品架構圖



## 五、捕蟑技術

### 內圈感應 全區電擊

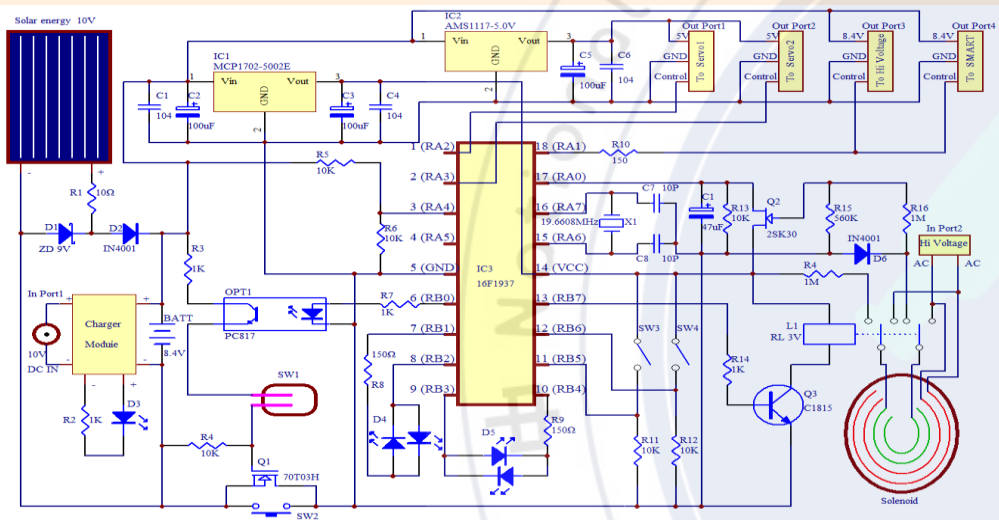
蟑螂進到陌生環境中會使用觸鬚先探索，因此我們利用FET場效應電晶體感測，並利用此技術，以消滅蟑螂。





# 八、麵包板電路測試

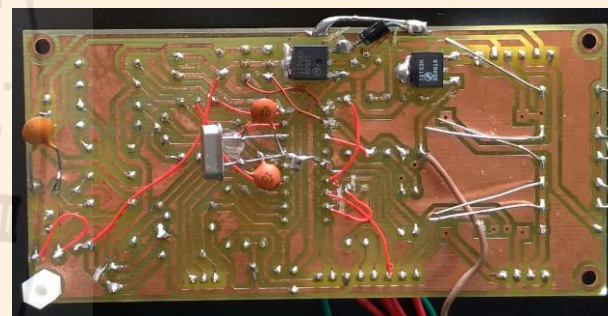
確認電路圖設計的正確性，使用麵包板進行實際的硬體測試，以了解電路是否可正常運作。



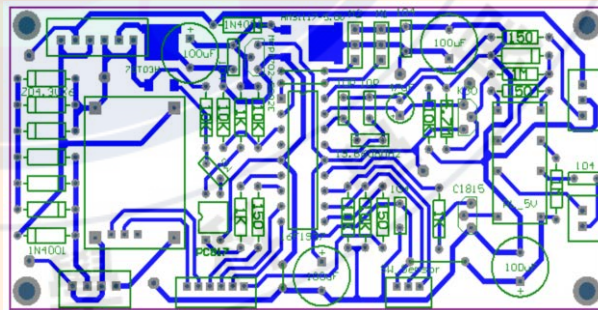
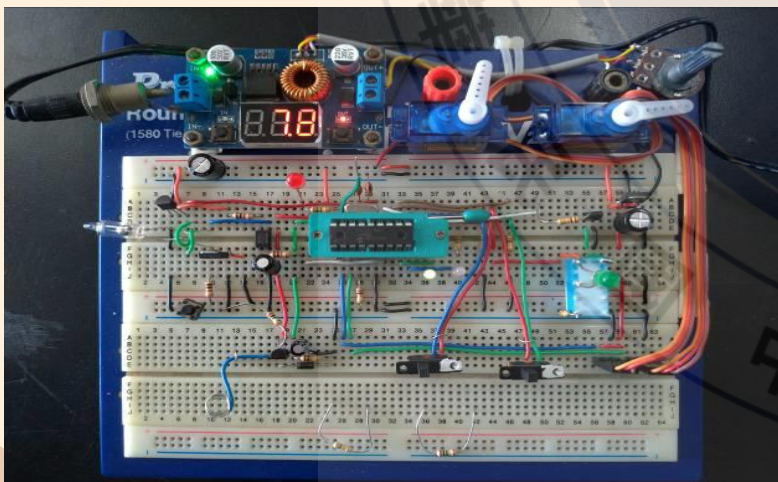
# 九、控制電路設計與改良

PIC微控制器作為控制心臟，利用PROTEL電路板繪製軟體進行繪製，製作後發現線路上有許多錯誤，因此進行多次的檢查與修改，製作了第二代的修正版。

第一代電路板



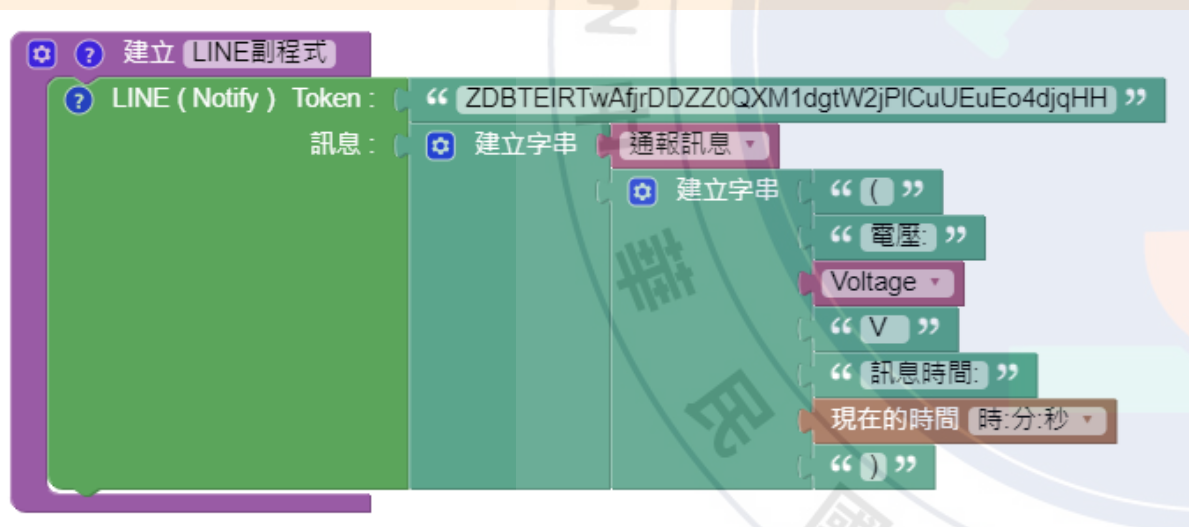
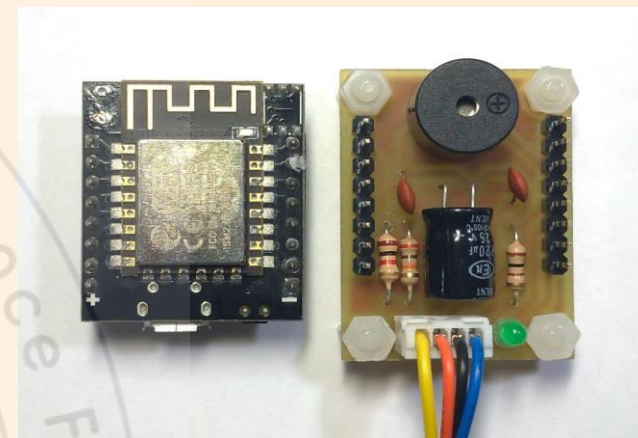
第二代修正改良電路板





## 十二、回傳資料&LINE通知

當事件發生時，作品會利用SMART板將資料通知使用者  
 資料包含了當前電壓、時間、捕到的蟑螂數  
 還可以透過 Line 反向查詢目前捕蟑屋的狀況  
 (V查詢電壓、C 查詢捕獲的蟑螂數)



LINE事件通知

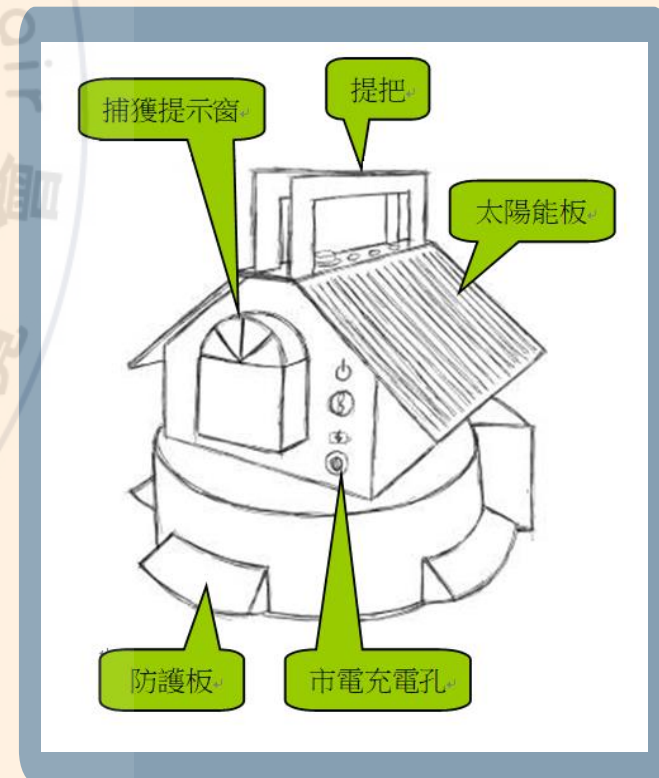
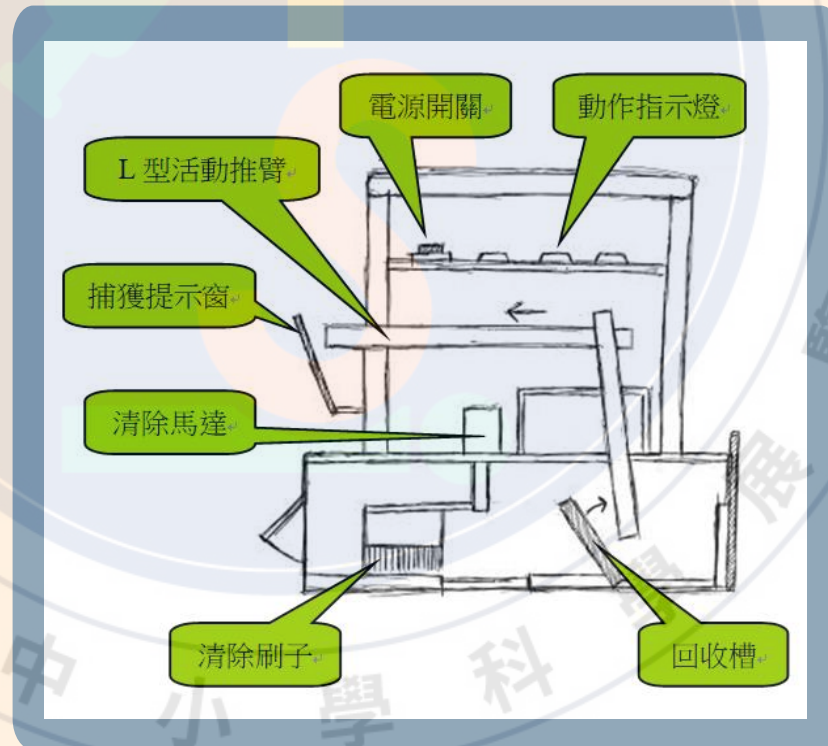
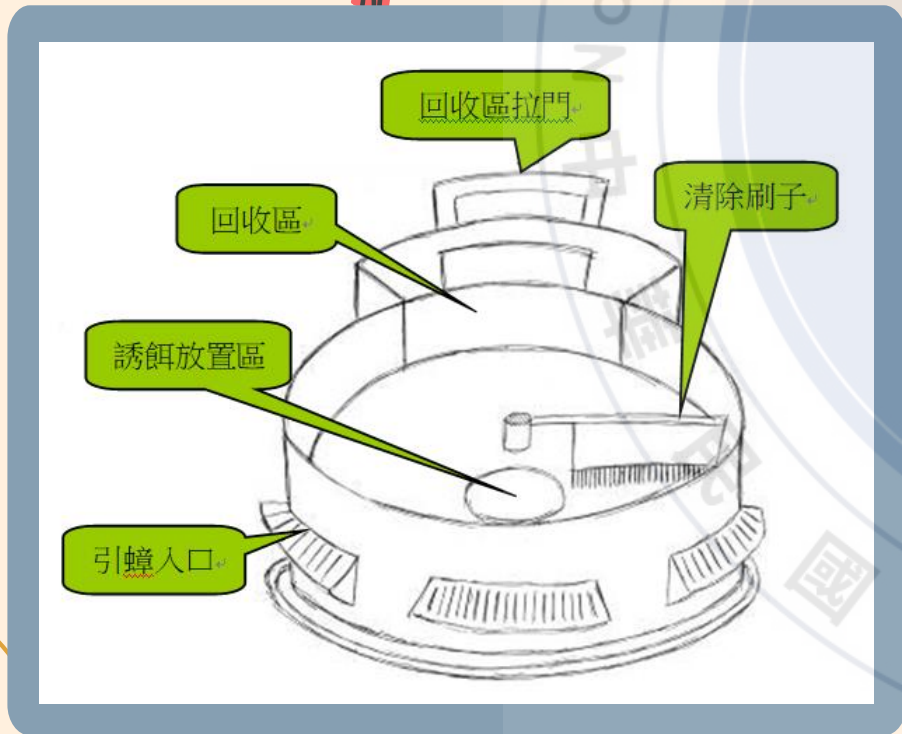


紀錄&通知

# 十三、外觀設計與製作



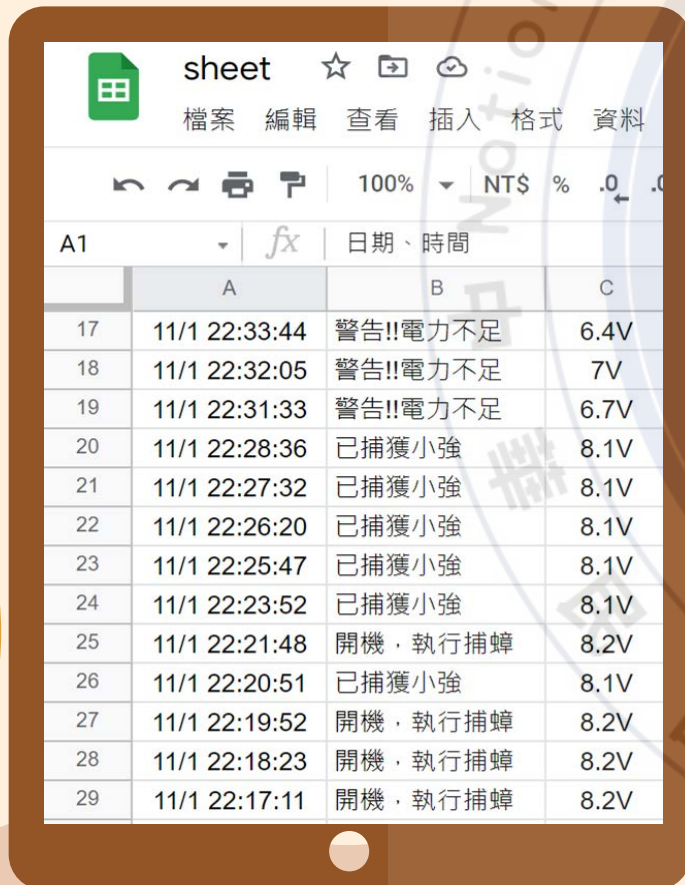
為方便固定電路、機構與順利引誘蟑螂，在圖畫紙上繪製草稿，並到書局選用瓦楞板作為材料，經過多次修改完成外觀模型，利用生活科技課程所學的CorelDraw圖形設計軟體，以點、線方式進行外觀圖形繪製，經過不下數十次的修正最終送入雷射雕刻機，過程中仍出現許多卡榫對位問題，經改正排除總算大功告成了。





# 十四、雲端紀錄&事件通知查詢

## 雲端紀錄(試算表)



A1	fx	日期、時間		
	A	B	C	
17	11/1 22:33:44	警告!!電力不足	6.4V	
18	11/1 22:32:05	警告!!電力不足	7V	
19	11/1 22:31:33	警告!!電力不足	6.7V	
20	11/1 22:28:36	已捕獲小強	8.1V	
21	11/1 22:27:32	已捕獲小強	8.1V	
22	11/1 22:26:20	已捕獲小強	8.1V	
23	11/1 22:25:47	已捕獲小強	8.1V	
24	11/1 22:23:52	已捕獲小強	8.1V	
25	11/1 22:21:48	開機，執行捕蟑	8.2V	
26	11/1 22:20:51	已捕獲小強	8.1V	
27	11/1 22:19:52	開機，執行捕蟑	8.2V	
28	11/1 22:18:23	開機，執行捕蟑	8.2V	
29	11/1 22:17:11	開機，執行捕蟑	8.2V	

## LINE事件通知

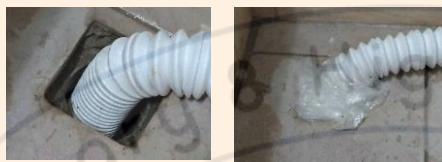


## 事件查詢



# 十五、研究成果

蟑螂大多都在晚間出沒，因此向學校借了一台紅外線錄影機進行錄製，並在各地方進行兩周至一個月的測試實驗。



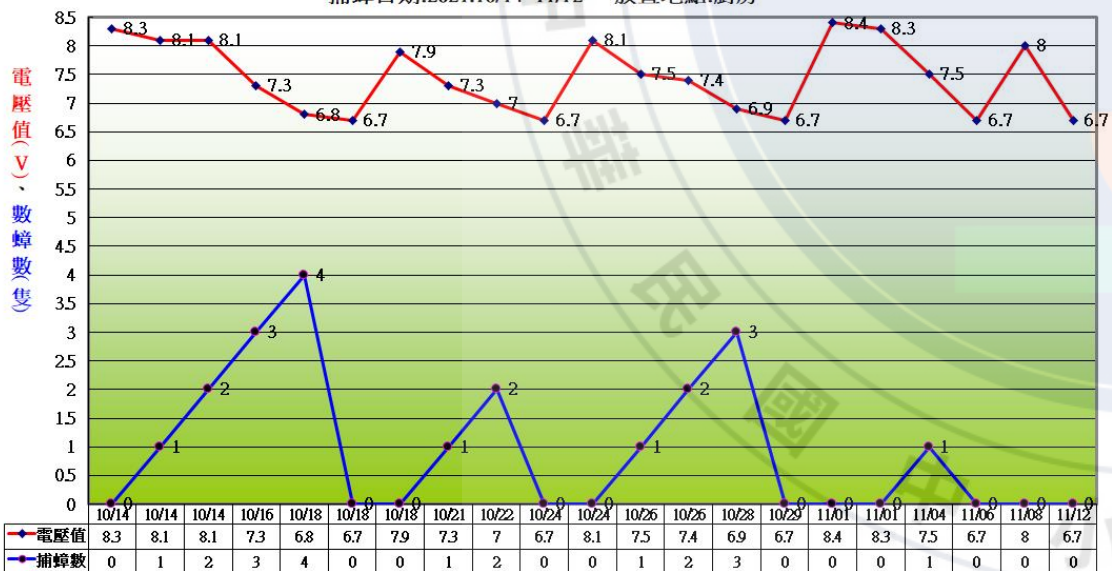
## 實驗二：浴室

捕蟑日期:2021.11/14~12/16 放置地點:浴室



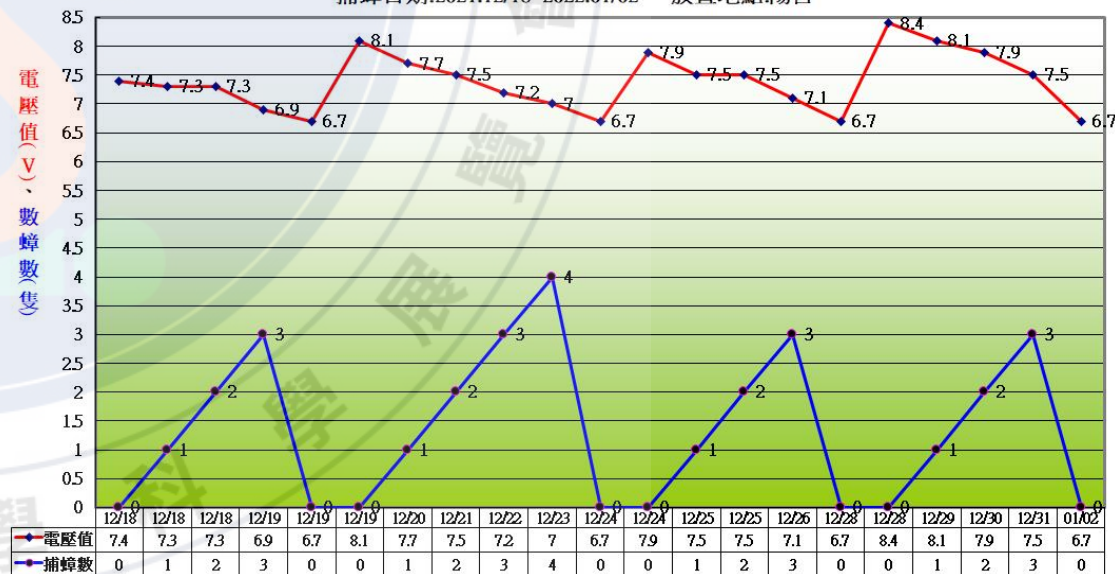
## 實驗一：廚房

捕蟑日期:2021.10/14~11/12 放置地點:廚房



## 實驗三：陽台

捕蟑日期:2021.12/18~2022.01/02 放置地點:陽台



# 結論

## 作品使用流程



### 以 IoT 記錄常出沒地點：

利用捕蟑屋回傳資料進行統計分析放置地點與捕蟑數關係，讓捕蟑效率得以提高，作為未來環境除害監控之參考。

### 實用與貢獻：

市售解決蟑螂的方法是無奇不有，研究最終目標就是讓人解決家中蟑螂問題，不用再大費周章購買捕蟑產品。