

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

(鄉土)教材獎

052309

智慧型雲端監控孵蛋裝置

學校名稱：臺北市立南港高級工業職業學校

作者： 職三 朱致鑫 職三 楊庭安 職三 魏俊恩	指導老師： 鄭景文
---	------------------

關鍵詞：PID 控制、ESP32 雙核心、雲端監控

摘要

本研究之目的是以智慧型雲端監控孵蛋裝置，以取代目前市面上看到的孵蛋器。市面上孵蛋器大多分為兩種，第一種是當溫度未達到所需的設定值時，就持續通電加熱到達設定值後再斷電，這種控制方法非常簡單，但缺點就是溫度的變動量也隨之變大。第二種則是透過精密溫度控制的設備，來達到我們所要求的溫溼度，這樣的控制方法雖然穩定，缺點則是需要高額的花費。

因此，本次研究的方向是設計穩定且易於控制的孵蛋裝置。此作品運用 PID 控制理論結合 ESP32 雙核心，配合利用第一核心進行 PID 控制、第二核心進行連線狀態的監控以及資料的傳輸，並且運用 APP 應用程式來操控孵蛋裝置。實驗結果證實，此研究能以精準、誤差小、穩定度高和便利性來達到我們的目的。

壹、前言

一、研究動機

在高二「智慧居家監控實習」課程中學習到不少感測器與程式設計方式，而因疫情的緣故，許多人在家的時間增加了，因此有想動手孵化一些生物來飼養的念頭。市面上像鵪鶉、雞蛋、鸚鵡那些常見的蛋，在孵化時卻有不少嚴格的要求。以雞蛋為例，無論是人工孵化還是母雞孵化，雞蛋的孵化溫度都要求在 37.5 攝氏度左右，從孵化到小雞出殼正常需要 21 天的時間，但天數也會隨外界氣溫而變。如果氣溫較高可少到 19 天，如果氣溫較低，則需要 21 天，因此我們會去購買市面上的孵化器，但普遍都需要花費一至四千的昂貴金額來購買，例如：H H D 迷你家用孵蛋機、自動雞蛋孵化器、9 枚自動孵化器等，這些設備的都有著孵化率高、自動控溫、低噪音、遠端控制等優點。我們想到可以將實習所學運用在生活上，透過更少的花費金額以及更加便利的方式，同時達到恆溫、調節溼度與遠端監控的功能，因此我們將使用孵蛋這種較為嚴苛的環境去做實驗，以確保其穩定性與實用性。

表(一) 市面個孵蛋器之比較

產品	HHD 迷你家用孵蛋機	9 枚自動孵化器	自動雞蛋孵化器
價錢	3597 元	1080 元	3999 元
可孵化的蛋	鵝蛋、鴨蛋、雞蛋	鵪鶉蛋、雞蛋	雞蛋、鴿子蛋、鴨蛋
優點	自動照蛋、 自動控溫、 自動翻蛋	孵化率高、 自動控溫、 方便清洗、操作簡易	滾軸式轉蛋、 噪音低、 是用各種的蛋大小
缺點	有大小限制、 價格高	控溫範圍小、 空間狹窄	有限制孵蛋數量、 價格高
可否遠端操控	否	否	否







二、研究目的

- (一)、利用 PID 控制理論達到孵蛋裝置中的恆溫控制。
- (二)、運用程式配合霧化器調節孵蛋裝置中的環境濕度。
- (三)、使用網路傳輸達到遠端控制。
- (四)、透過行動裝置上 APP 來進行監控與設定孵蛋種類所需溫度及濕度。
- (五)、達成高孵化率，具穩定性與實用性。

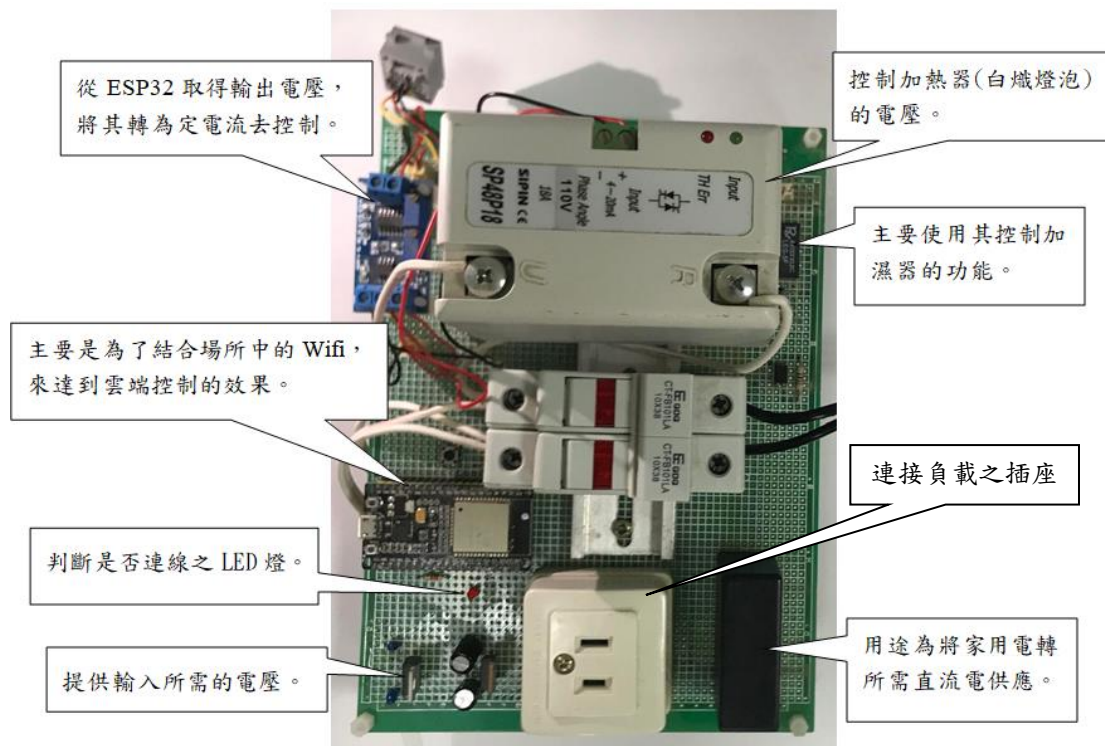
貳、研究設備及器材

表 (二) 研究設備與器材表

圖片	名稱	介紹
	LDO 電壓穩壓器	(一) 輸出可分為 5V 及 3.3V 兩部分。 (二) 主要將雙組輸出直流電源模組所提供的 7.5V 直流電壓，調整為控制版所需的直流電壓準位。

	<p>單相電力調整器</p>	<p>(一) 輸入訊號 4-20mA，額定電流為 18A、額定電壓為 180~480VAC。</p> <p>(二) 主要用為負責調整加熱器(白熾燈泡)的輸出電壓，以達到加熱控制的效果。</p>
	<p>ESP32 開發版</p>	<p>在本次製作上，ESP32 為我們的控制核心，主要運用雙核心特性，並結合場所中的 Wifi，來達到雲端控制的效果。</p>
	<p>光電耦合器</p>	<p>(一) 隔離開關控制用於控制不同準位的電壓訊號元件。</p> <p>(二) 主要用為控制加濕器的功能。</p>
	<p>米家藍牙溫濕度計</p>	<p>(一) 用型號為 LYWSD03MMC</p> <p>(二) 此溫濕度計放置於孵化箱內，用來顯示箱內溫濕度數值，來驗證是否準確達到我們所的要求的溫溼度。</p>
	<p>HIH6130 溫濕度感測器</p>	<p>(一) 工作電壓 2.5V-5.5V，補償濕度範圍 10-90%RH、補償溫度範圍 5-50°C。</p> <p>(二) 主要用為感測孵化箱內之溫濕度，並將其數據回傳給 ESP32，達到回饋輸出控制的效果。</p>
	<p>加濕器 驅動板模組</p>	<p>(一) 超聲波噴霧器，工作電壓 5V，頻率 108KHz。</p> <p>(二) 當感測器偵測到箱內濕度過低時，會傳送指令使其增加箱內的濕度。</p>

	<p>電壓轉電流 模組</p>	<p>(一) 轉換範圍 DC 0-3.3V 轉 4-20mA。 (二) 主要用為將 ESP32 輸出控制電壓訊號，轉換為定電流訊號，以提供單相電力調整器控制用。</p>
	<p>雙組輸出直流 電源模組</p>	<p>(一) AC 115V、輸出 A 滿載電壓 DC 12V、輸出 B 滿載電壓 DC 7.5V、輸出 A 最大電流 1.5A。輸出 B 最大電流 1.5A。 (二) 主要用為將家用交流電壓轉換為直流電源。</p>
	<p>風扇</p>	<p>(一) 迷你散熱風扇靜音風扇 4x4x1 公分 DC5V/DC12V DC 轉速為 2200±10%RPM 之直流風扇。 (二) 主要用為孵蛋裝置內部的溫度與濕度分布更加均勻。</p>



圖(一) 設備功能說明

參、研究過程或方法

一、研究方法

(一)、尋找一般常用的溫度控制理論

一般常用的控制方式為 ON/OFF 控制及 PID 控制，以下為兩項控制的說明。

1、ON/OFF 控制：

即簡單的開與關控制，當溫度低於設定值時，會接通負載電源動作使加熱器開始加熱，當溫度超過設定值時則，會切斷負載電源，使加熱器停止加熱。

2、PID 控制：

即將比例動作(P)、積分動作(I)、微分動作(D)三者組合在一起，利用比例動作縮短加熱時間、積分動作修正穩態誤差、微分動作加速對溫度遽變的回應。

以下為三個動作以及 PID 整體動作的說明：

(1) 比例動作(P)：

使輸入和輸出成比例的輸出控制動作，使控制輸出量和偏差成比例的動作，就稱為比例動作。當比例低於一定值時，提高其輸出量，當到達一定比例時，令輸出量逐漸降低最後與偏差成比例，使設定值和現在溫度一致和 ON/OFF 控制比較的話，振盪較小，且有更順暢的控制。

(2) 積分動作(I)：

使輸出和輸入之時間積分值成比例的輸出控制動作，進行比例動作時會存在著穩太誤差，使溫度無法達到設定值，此時需要透過積分動作慢慢消除誤差，最後使溫度與設定值一致。

(3) 微分動作(D)：

使輸出和輸入之時間微分值成比例的輸出控制動作，微分動作是透過追加和溫度變化斜度成比例之數值來調整輸出，當遇到急遽的溫度變化時能立即反應調整所需的控制訊號。

(二)、綜合兩項控制尋找最適合的方法

我們將上述兩種方法比較過後發現 PID 控制雖然比較複雜，但是能提供較為可靠的溫度控制結果，所以我們決定以 PID 理論來作為孵化箱的溫度控制方式，並結合所學習過的程式語言尋找材料與控制元件製作孵蛋控制裝置。

(三)、實驗

在實驗之前首先必須挑選實驗對象，一開始我們將對象鎖定在雞、鸚鵡、鵝以及鵪鶉四種鳥類的蛋，我們分別列出其孵化時間及外觀大小來做挑選，如下表所示。

表(三) 常見蛋之孵化天數及孵化環境條件表

種類	孵化天數	外觀大小	溫度	濕度
鵪鶉	17~18	最小	37.9~39°C	50~70%
鵝	30~32	最大	37.5~38.5°C	55~75%
鸚鵡	22~24	最小	36.8~37.2°C	55~70%
雞	19~22	中	37.5~38.6°C	55~70%

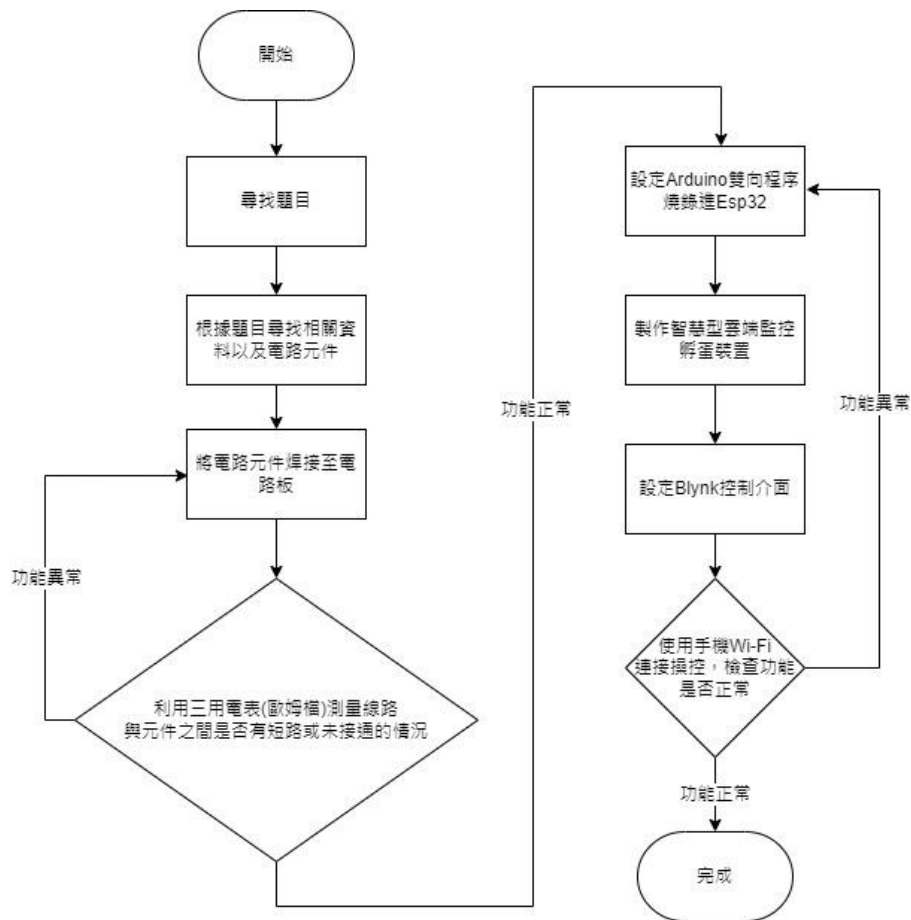
經由上表比較過後，可以發現鵪鶉蛋同時具有孵化時間短以及大小較小的特性，不但可以節省實驗時間，實驗設備所需的空間也不致過大，便於觀察研究，因此我們決定以鵪鶉蛋為孵化對象。

在決定了孵化對象以後，我們購買了鵪鶉的受精卵並放置於孵化箱中，將溫度設定於 37.7°C、濕度設定於 55% 之後開始孵化，在孵化前期為了保持蛋受熱均勻，必須每 6—8 小時翻蛋一次以防止胚胎粘在蛋殼上，也可以保持胎位正常。

到了中期之後，必須將濕度調整至 60% 以上，以利雛鳥破殼。到了第十六天，則不再進行轉蛋，避免胚胎受到干擾、驚嚇，以利雛鳥順利孵出。

二、研究過程

(一)、流程圖



圖(二) 研究流程圖

(二)、討論題目




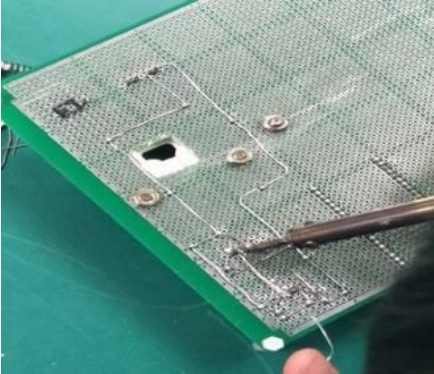

一開始先討論研究的題目，討論的結果決定以孵蛋裝置為題目。

(三)、尋找相關知識及相關的材料元件

以題目為方向了解相關的知識及溫度控制理論，接著將找到的溫度控制理論比較並討論哪一個比較適合使用，之後根據討論的結果尋找需要的材料元件。

(四)、控制板製作

在焊接之前，先將插座底部需要接線的孔以及固定鋁軌的螺絲孔鑽出來，並將插座及鋁軌安裝上去，接著將電子元件焊接至電路板上並且配線，配完線以後我們將單相電力調整器和保險絲安裝至鋁軌上。

	
1、定位	2、鑽孔
	
3、裝設鋁軌與插座	4、元件焊接
	
5、背面配線	6、控制板完成

圖(三) 控制板製作過程圖

(五)、孵化箱製作

我們在一個大小適中的紙箱側面割出一個長方形的洞，並將頂部切開，接著將另外一個箱子的底部完全切開並在頂部開一個能讓電線穿過去的孔，接著將裝置的電線穿

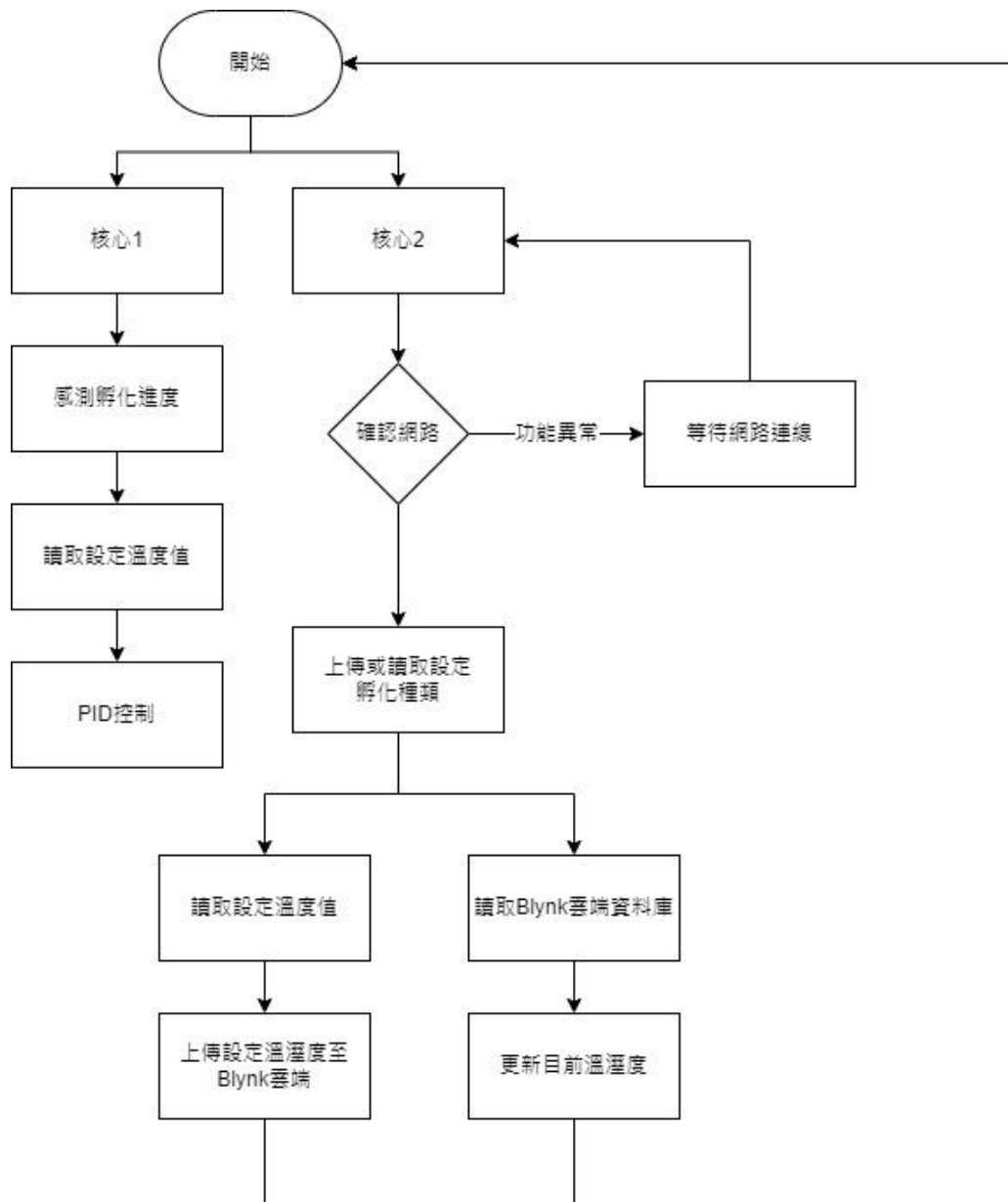
過上方箱子頂部的洞與燈泡連接，並將溫度感測元件放入下方的箱子，最後將兩個箱子結合完成箱體的製作。

	
1、裁切紙箱	2、零件配置
	
3、成品內部	4、孵化箱測試

圖(四) 孵化箱製作過程圖

(六)、Arduino 程式撰寫

1、流程圖



圖(五) Arduino 雙核心設計流程圖

2、PID 程式設計

- (1) 創建 PID 所需的計時器

```
hw_timer_t * timer = NULL;
```

- (2) 設定 PID 參數

```
double kp=20.0,ki=0.5,kd=3.0;
```

- (3) 設定取樣時間

```
int SampleTime = 1000;
```

(4) 設定目標值

```
double settemp=37.7;  
double setRH=55;
```

(5) 設定誤差量並計算 PID 輸出量

```
error = settemp-temp;  
errSum += error;  
dErr = (error - lastErr);  
output1 = (int)(kp * error + ki * errSum + kd * dErr);  
output = constrain(output1, 0, maximum);
```

3、PID 程式設計建立控制網頁

(1) 建立雲端資料庫

```
#include <WiFi.h>  
#include <Wire.h>  
#include <WiFiClient.h>  
#include <BlynkSimpleEsp32.h>  
#include "cactus_io_HIH6130.h"
```

(2) 建立 Blynk 連結設定

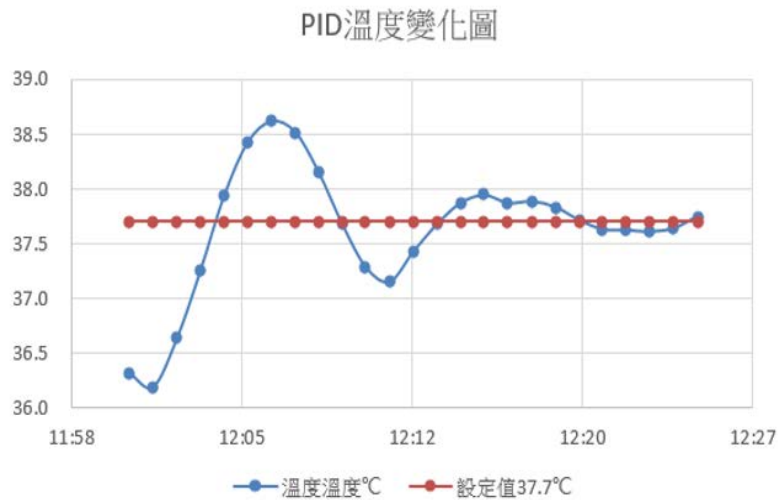
```
BlynkTimer timer;  
charauth[]="P-tTGf7PiZqGL54NLfZfgA6ZC_6zBya5"  
IBlynk.run();
```

(3) 建立 Blynk 資料傳輸設定

```
BLYNK_CONNECTED(){  
  Blynk.syncVirtual(V4);  
  Blynk.syncVirtual(V5);}
```

4、PID 控制之成效

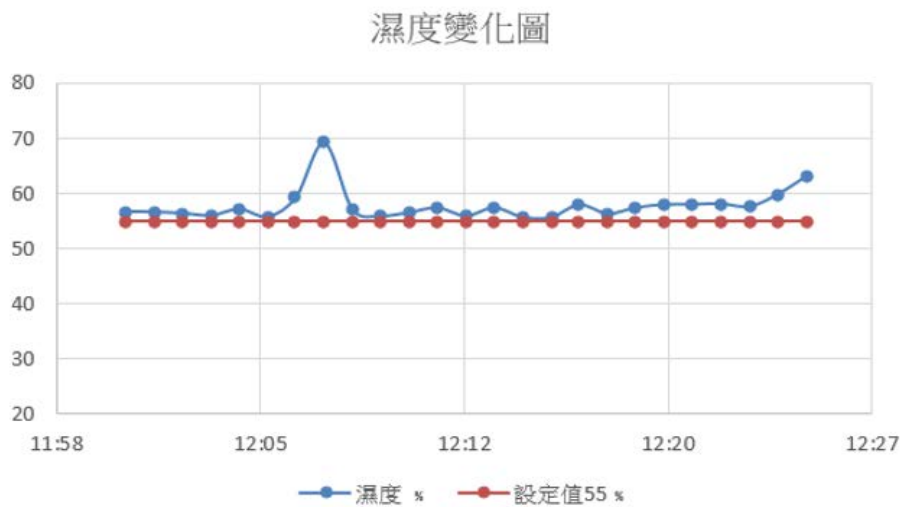
我們在啟動的時候記錄了 PID 的溫度及濕度控制情形如下所示：



圖(六) 啟動時溫度控制情形

根據上圖所示，一開始先以持續加熱的方式進行加溫，當溫度達到 37°C 時，開始使用 PID 來進行控制，控制開始時，由於箱內目前溫度與設定溫度差距過大，已至比例動作(P)以較大控制量輸出持續加溫，當箱內溫度遠超過設定溫度時，微分動作(D)會結合比例動作(P)有效調整控制量輸出來降低箱內溫度震盪過大，當箱內溫度變化量慢慢接近設定溫度時，積分動作(I)會結合微分動作(D)比例動作(P)使得控制量輸出趨於穩定而達成定溫控制。

如圖(七)為啟動時濕度控制情形，由圖示可看出當溫度持續在調整輸出量時，濕度依然維持在理想環境，達到近恆濕狀態。



圖(七) 啟動時濕度控制情形

(七)、控制裝置設計

1、使用 APP 介紹

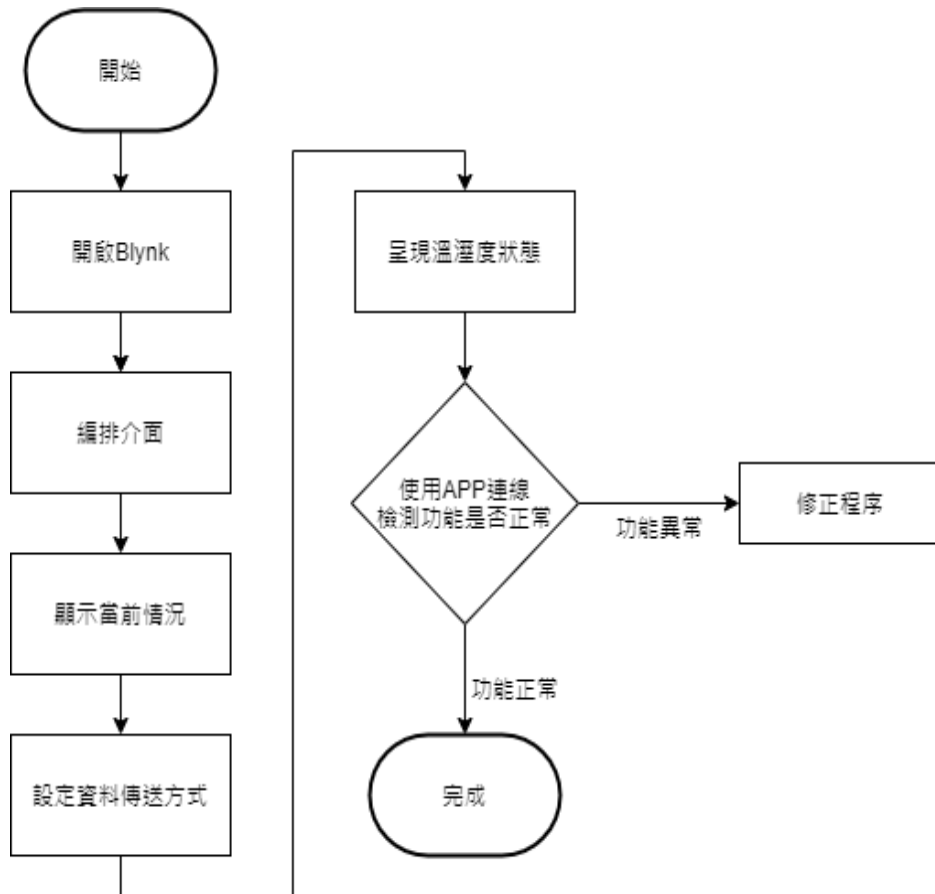
本次實驗使用的 APP 為 Blynk，Blynk 能讓初次接觸物聯網（IOT）使用者建立簡易操作介面，且支援目前大部分的微控制器易於監測硬體裝置。而且其最大優點為支援 iOS 及 Android 系統。使用時在操作頁面拖曳所需要的裝置，就可達到所需功能。從簡單的燈亮滅控制到資料儲存與顯示等等，Blynk 幾乎都可以達到，而且能搭配我們所學的 Arduino 軟體進行編輯，設計與控制我們本研究所需的介面。

Blynk 目前已提供25種元件，分為下列四種：

表(四) Blynk 元件盒

種類	數量	用途
控制器 (Controllers)	6	傳送指令到硬體設備端進行控制
顯示器 (Displays)	10	將硬體設備端傳來的資料以圖形呈現
通知器 (Notification)	3	傳送訊息或通知(例如 E-mail 元件)
其他 (Others)	6	不屬於上面三類的元件



2、流程圖



圖(八) Blynk 設計流程圖

3、使用 Blynk 製作過程說明

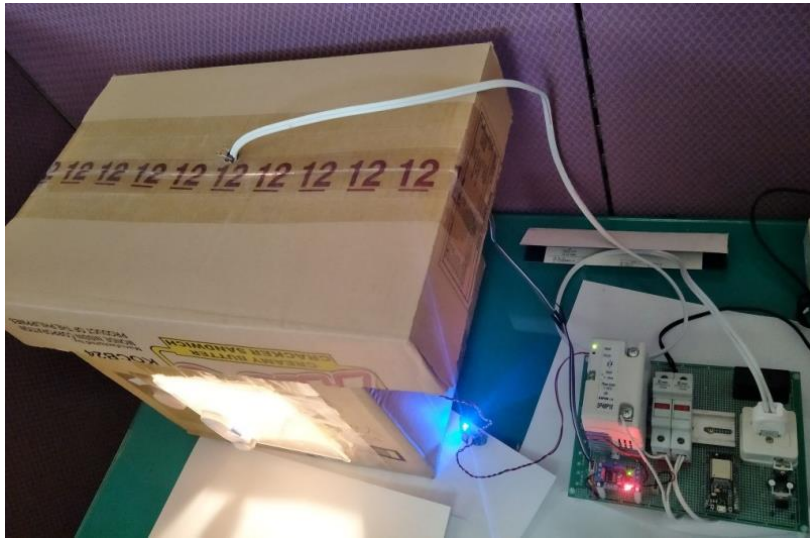
<p>INPUT: SIMPLE (selected) / ADVANCED</p> <p>INPUT: V0. Example: <code>lcd.print(0, 0, "Hello LCD!");</code></p> <p>COLORS: Screen (selected) / Text</p>	<p>目前溫度</p> <p>INPUT: V1, 36, 39</p> <p>LABEL: /pin/°C</p> <p>DESIGN: FONT SIZE (selected), TEXT</p> <p>READING RATE: 1 sec ↓</p>
<p>1、使用 LCD 模組顯示孵化種類</p>	<p>2、使用 Gauge 模組測量當前溫度</p>

	
<p>3、使用 Gauge 模組測量當前濕度</p>	<p>4、使用 LCD 模組顯示設定溫濕度</p>
	
<p>5、使用 Slider 模組設定溫度滑條</p>	<p>6、使用 Slider 模組設定濕度滑條</p>
	
<p>7、Slider 模組設定孵蛋種類滑條</p>	<p>8、製作完成後介面</p>

圖(九) Blynk 製作過程圖

(八)、整體功能測試

1、接上電源，並啟動開關。



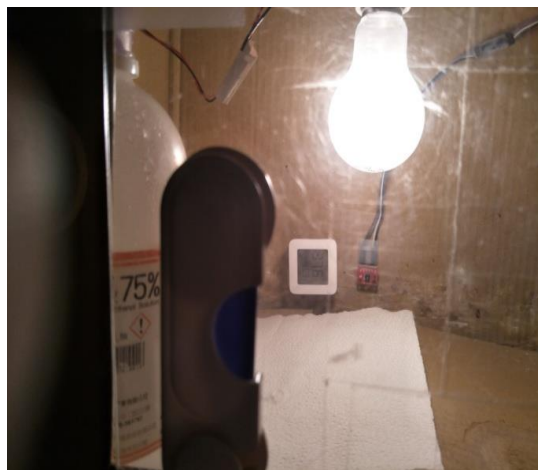
圖(十) 裝置通電測試

2、開啟手機 Blynk 並連上 Wifi、透過介面設定孵蛋種類所需溫度及濕度。



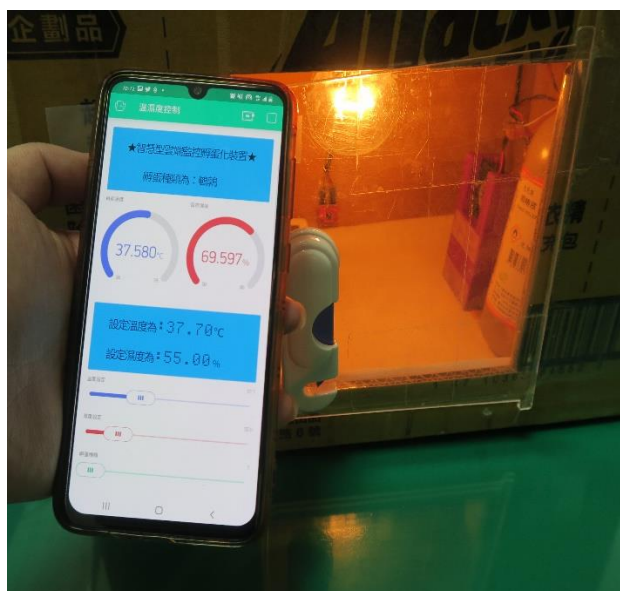
圖(十一) Blynk 連線

3、從米家溫度計確認箱內情況



圖(十二) 箱內情況

4、檢視箱內與手機數值是否達到成效

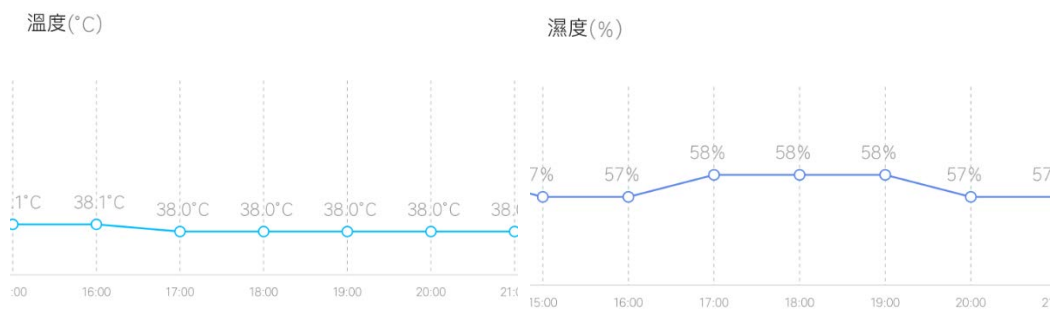


圖(十三) 整體測試

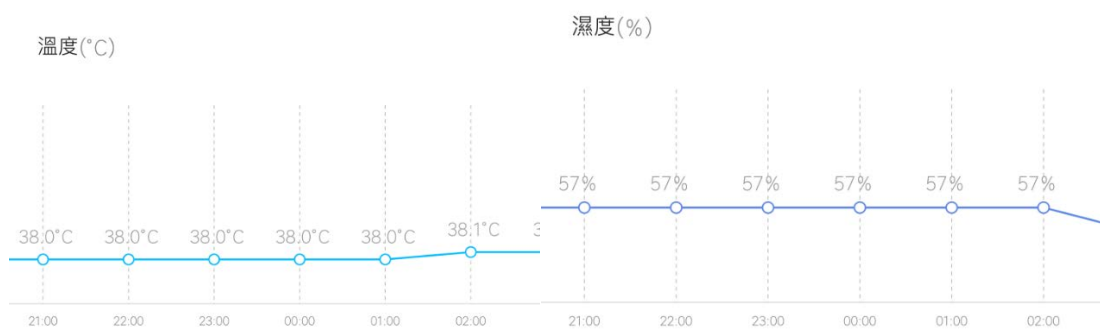
肆、研究結果

一、孵蛋裝置在不同外在環境下穩定度實驗

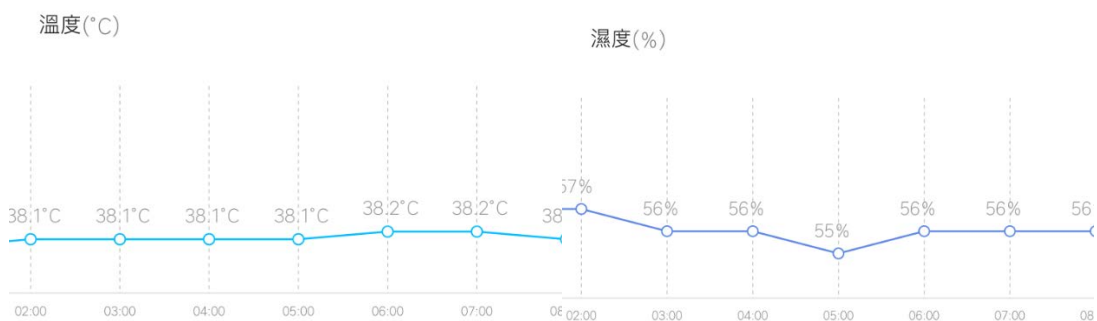
在設定控制溫度 37.7°C 與濕度 55% 狀態下，我們將小米溫度計裝置擺放在孵蛋箱中啟動電源，由於雞蛋的孵化對於溫度與的濕度需求非常嚴苛，所以非常適合本次實驗，接著透過米家 APP 以及我們自行設計的 APP 來觀察溫度變化，並定期檢查溫濕度否有異樣。由於當時恰巧遇上寒流(10°C 以下)，於是我們將平時紀錄的溫度變化以及遇上寒流時的溫度變化進行比較，數據圖如下：



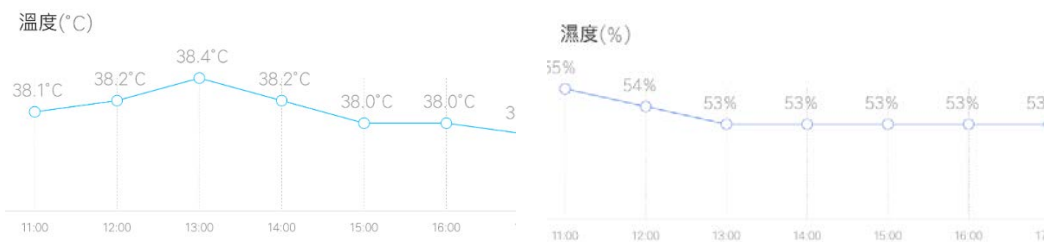
圖(十四) 常溫 15：00 至 21：00 溫度與濕度變化



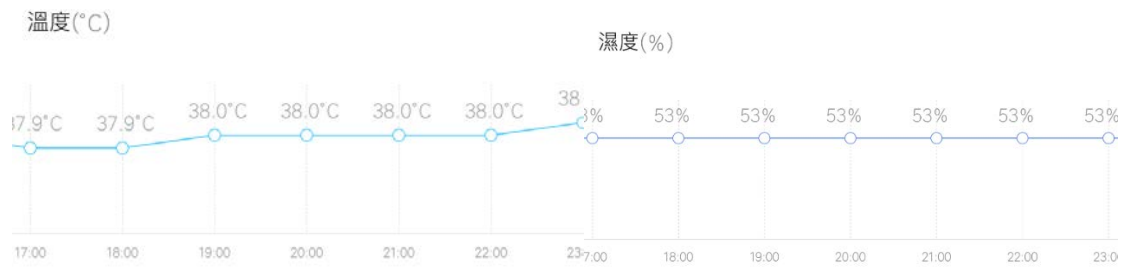
圖(十五) 常溫 21：00 至 02：00 溫度與濕度變化



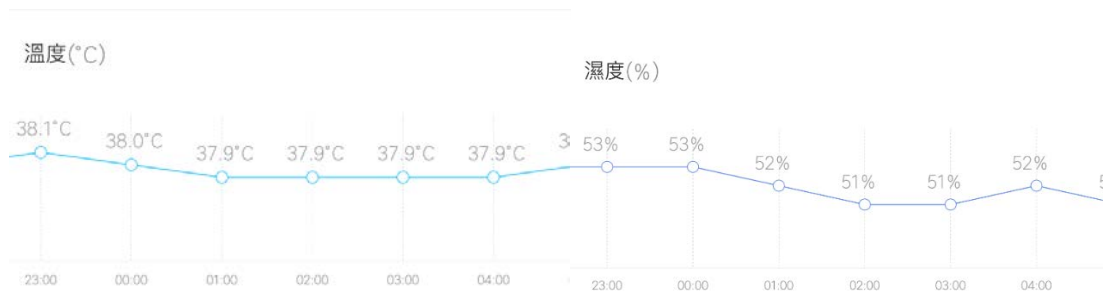
圖(十六) 常溫 02：00 至 08：00 溫度與濕度變化



圖(十七) 寒流 11：00 至 17：00 溫度與濕度變化



圖(十八) 寒流 17：00 至 23：00 溫度與濕度變化



圖(十九) 寒流 23：00 至 05：00 溫度與濕度變化

圖(十四)至圖(十六)為常溫下溫度與濕度記錄曲線，得知在經過十八小時觀察溫度變化約與設定溫度有 0.5°C 內之微小的偏差，濕度有 3% 內之微小的偏差，如考慮小米溫度計裝置精確度，結果是可達到設定值與穩定的環境。

圖(十七)至圖(十九)為寒流來襲下溫度與濕度記錄曲線，得知在經過十八小時觀察溫度變化，其變化曲線幅度較常溫來的大，約與設定溫度有正負 0.5°C 內之微小的偏差，濕度有 4% 內之微小的偏差，如考慮小米溫度計裝置精確度，結果是可達到設定值與穩定的環境。

二、進行孵蛋裝置孵蛋實驗

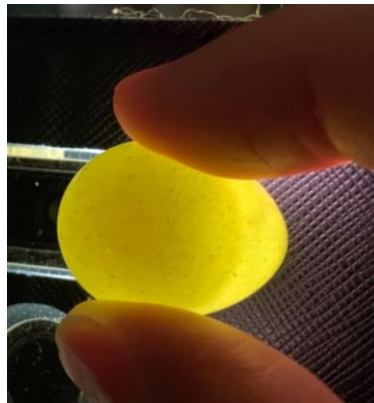
我們購買四顆鵝鵝蛋，放置於孵蛋裝置箱，設定孵化蛋種類為「鵝鵝」的模式下，進行孵化來驗證是否如預期般能孵化出鵝鵝。



圖(二十) 孵蛋箱內四顆鵪鶉蛋

我們也在孵蛋時每天照蛋觀察並記錄蛋內的生長情形如下：

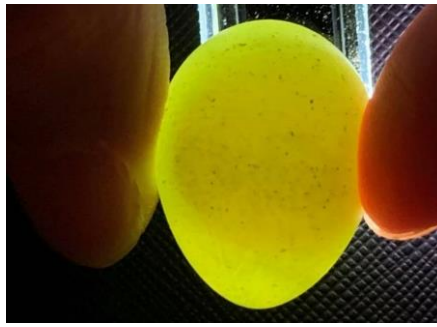
孵化第一～三天胚胎開始發育，在一開始只能看見一個胚胎。



圖(二十一) 第一天照蛋情形，無法判斷是否為受精卵

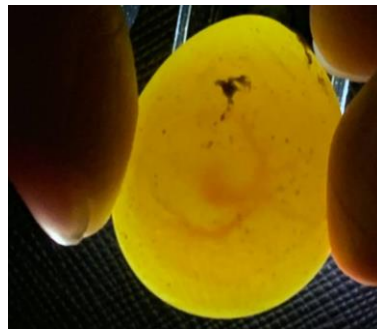


圖(二十二) 第二天照蛋情形，呈現略微不透光狀態



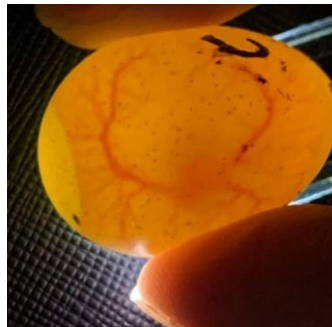
圖(二十三) 第三天照蛋情形，已出現些微血絲

孵化第四天長出了血管及心臟，蛋內也產生了胎動狀態。



圖(二十四) 第四日照蛋情形

孵化第五~十天身體和器官持續生長中，可以發現蛋內逐漸變得不透光。



圖(二十五) 第五日照蛋情形



圖(二十六) 第六日照蛋情形



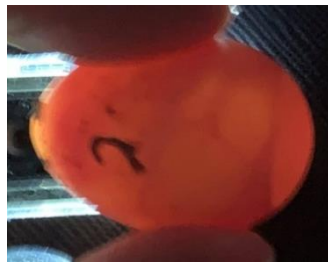
圖(二十七) 第七日照蛋情形



圖(二十八) 第八日照蛋情形



圖(二十九) 第九日照蛋情形



圖(三十) 第十日照蛋情形

孵化第十一~十四天身體已生長完全，無法再透過照蛋來觀察內部生長情形。



圖(三十一) 第十一天照蛋情形



圖(三十二) 第十二天照蛋情形



圖(三十三) 第十三天照蛋情形



圖(三十四) 第十四日照蛋情形

第十五天以後由於雛鳥已經能感受到光線，為了避免使其受到驚嚇，我們決定不再觀察蛋的變化。

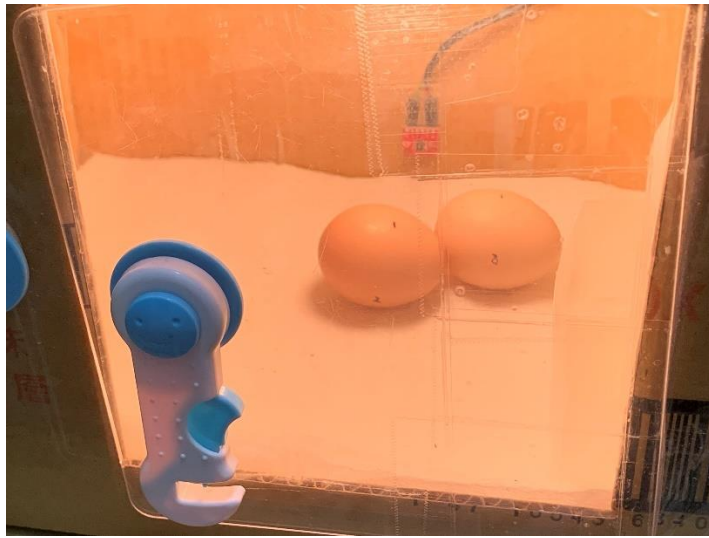
第十七天逐漸有雛鳥開始破殼，到了第十八天所有的蛋皆已孵化完全如圖(三十五)。



圖(三十五) 孵化完成

三、實際一般家庭進行孵蛋實驗

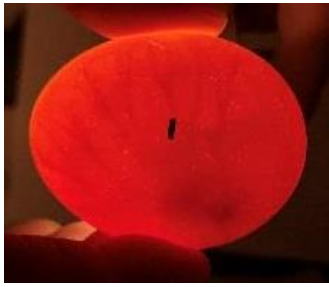

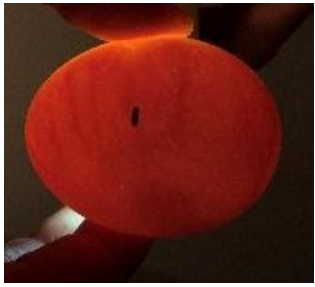
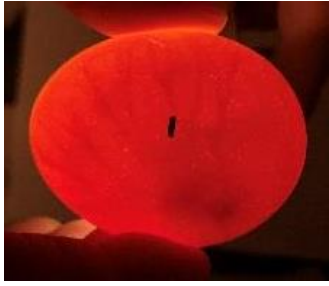
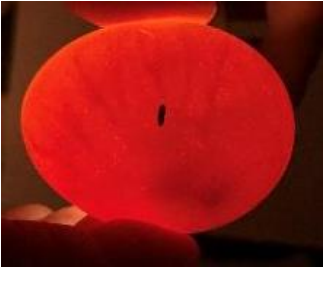




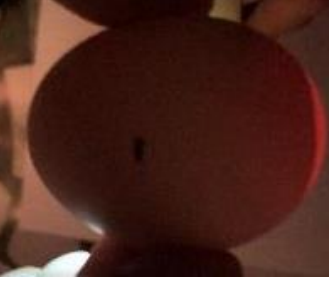
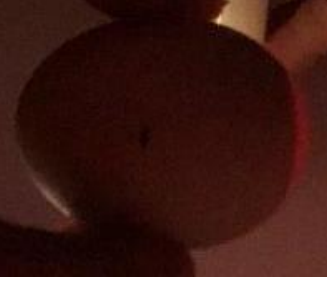

我們買兩顆白肉雞的受精卵並徵求同意後，交由指導老師家中的小孩（國小三年級）進行一般家庭的孵蛋實驗，並設定孵化蛋種類為「雞」的模式進行孵化如下所示：



圖(三十六) 孵蛋箱內兩顆白肉雞蛋

由於雞的孵化天數為 21 天，為了不影響胚胎的孵化，故只觀察與紀錄在孵出前十八天蛋內的生長情形：

<p>1、第一天生長狀況</p>	<p>2、第二天生長狀況</p>	<p>3、第三天生長狀況</p>
<p>4、第四天生長狀況</p>	<p>5、第五天生長狀況</p>	<p>6、第六天生長狀況</p>

		
7、第七天生長狀況	8、第八天生長狀況	9、第九天生長狀況
		
10、第十天生長狀況	11、第十一天生長狀況	12、第十二天生長狀況
		
13、第十三天生長狀況	14、第十四天生長狀況	15、第十五天生長狀況
		
16、第十六天生長狀況	17、第十七天生長狀況	18、第十八天生長狀況

圖(三十七) 雞孵出前十八天照蛋圖

第二十天開始破殼最後出生情形如下：

		
1、破殼	2、出生	3、兩顆蛋均孵化

圖(三十八) 白肉雞孵化完成圖

伍、討論

我們在製作的過程中，遇到許多麻煩以及各式各樣的問題，經過我們的討論後，想出的解決辦法，如下：

一、當初元件一開始的定位沒有設置好，會讓元件無法全部安裝，經過調整後，就可以讓全部元件裝設在 IC 版上。

二、在焊接元件時，時常有焊點與焊點之間互相焊在一起，導致短路，經過調整距離後，避免了短路問題。

三、在製作孵化箱時未考慮到溫度計與燈泡的距離，導致實驗時溫度變化過大，後來將溫度計放置到正確位子後，就解決了上述問題。

四、進行溫濕度控制實驗時，我們發現有時會出現不正常的持續加熱或持續加濕情形發生，經由文獻探討後我們得知：I²C 的線路過長會導致資料傳輸錯誤進而導致上述情形發生。

五、在開始進行溫度實驗時，發現輸出控制量震盪過大，導致要達到我們所要的設定溫度要花一段很長的時間，調整 k_p 、 k_d 、 k_i 無法解決此問題，經由小組討論以及老師的一些建議發現若最初先不使用 PID 控制，當溫度接近溫度時再啟動 可避免震盪過大。

六、進行控制的時候如果遇到連線中斷，偶爾會導致控制裝置發生問題，所以我們利用雙核心，第一核心進行 PID 控制，第二核心則是進行連線狀況的監控，當連線中斷的時候會立即停止將資訊上傳雲端裝置，避免影響第一核心的運行。

陸、結論

這次的作品，主要針對於孵蛋裝置箱內的恆溫恆濕，並且能使用身邊的手機進行遠端控制。經由屢次的實驗也讓我們知道，孵蛋裝置箱內會因為季節性的溫差不同，影響控制的穩定性，而為了解決這個問題，我們採用了不同耗能的燈泡，在炎熱的夏季只需約 60 瓦特之燈泡便能使用，在寒冷的冬天使用時則需要 100 瓦特之燈泡才能使孵蛋裝置箱內保持在指定的溫度，且經由實驗結果得知能使鵪鶉蛋百分之百孵化，且藉由一般家庭實驗結果可知，即便是由非實驗人員進行操作也能達成 100% 孵化率，兼具穩定性與實用性。

經由參加這次的科展，我們更加熟悉課業上所學習到的知識並加以應用於製作這次的作品。對於焊接的技巧、報告的撰寫也更加的熟練，並且增加了對於不同溫度控制的理論的了解。為了尋找符合我們要求的元件而學習了更多的模組設計，讓自己能將所學結合生活運用，使自己專業能力更上層樓。

柒、參考文獻資料

- [1] LDO 電壓穩壓器 (2014)。立錡科技。取自
<https://www.richtek.com/selection-guide/tw/selection-ldo.html>
- [2] 單相電力調整器 (2021)。積奇企業有限公司。取自
<https://www.jaki.com.tw/scr-jk2226sf-jk2242sf-jk2256sf-23p.html#gref>
- [3] ESP32 (2020)。樂鑫系統上海有限公司。取自
<https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32/overview?fbclid=IwAR0-NVmiLhytp8mEo-hDfpwTzmN7s0oUnl3dSM8fkYIjiNSpBhTNWJVrsv0>
- [4] 光電耦合器 (2018年9月20日)。每日頭條。取自
<https://kknews.cc/zh-tw/news/5bgvkv2.html>
- [5] 米家藍牙溫濕度計 (2013)。小米官網。取自
https://buy.mi.com/tw/item/3202100014?mi_campaign=mitw_tw_GMC_always_2020&mi_source=GMC&mi_medium=ads&mi_channel=search&utm_source=GMC&utm_medium=cpc&utm_campaign=GMC
- [6] HIH6130 溫溼度感測器 (2021)。SparkFun 電子。取自
<https://www.sparkfun.com/products/11295>
- [7] 加濕器驅動板模組 (2015)。露天市集國際股份有限公司。取自
<https://www.ruten.com.tw/item/show?21931299502575>
- [8] 電壓轉電流模組 (2015)。露天市集國際股份有限公司。取自
<https://www.ruten.com.tw/item/show?21604746449557>
- [9] 雙組輸出電源模組 (2019)。敦華電子材料有限公司。取自
<https://shop.cpu.com.tw>
- [10] PID 控制原理教學 (2020年3月17日)。取自
<https://www.ni.com/zh-tw/innovations/white-papers/06/pid-theory-explained.html>
- [11] Blynk 的控制元件 (Controllers) (2018年8月18日)。小狐狸事務所。取自
<http://yhhuang1966.blogspot.com/2016/08/blynk-controllers.html>
- [12] 尤濬哲 (2021)。IoT 物聯網應用 (2版)。新北市：台科大。
- [13] 劉政鑫、莊凱喬 (2021)。ESP32 微處理機實習與物聯網應用(2版)。新北市：台科大。

【評語】 052309

本作品設計了一個經濟實惠的雲端監控孵蛋裝置，實作鵪鶉跟白肉雞蛋的孵化率都有達到 100%，雖然使用的技術出於課堂所學，但是學生能夠發揮實作精神自製具有成效的作品，而且報告條理清楚、邏輯清晰，值得鼓勵！關於本作品，提供以下建議作為未來改善設計方向之思考：

1. 關於定溫箱的設計很多，建議應該有一個比較表，以確立本計畫的獨特性和貢獻。特別是本作品所完成的溫動控制系統與精密溫度控制設備的差異為何？如何可以做到便宜並符合系統規格與系統整體效益。
2. 孵化過程的觀察非常有趣，或許可以考慮加裝攝影機與現行系統結合，除了可能作為生命教育之教材外，紀錄成功率、孵化時間、過程觀察、出生狀態等等，也許能發現除了降低售價之外的其他也市售孵化器的差異化優勢。
3. 實務處理上 PID 的調整方式應該有一些說明和分析。現行的孵化系統專注在控制特定溫度，因此雲端的需求不大，除非是在故障通報會影響生命的情況，可以考慮前述增加雲端觀察孵化過程的功能。

整體而言是一件結合課堂所學發揮實作精神，有商品化潛力的作品！

作品簡報

組別：高級中等學校組

科別：工程學科(一)

作品名稱：

智慧型雲端監控孵蛋裝置

摘要

1. 設計穩定且易於控制的孵蛋裝置
2. 運用PID控制理論結合ESP32雙核心控制
3. 運用APP應用程式來操控孵蛋裝置
4. 以精準、誤差小、穩定度高來達到我們的目的

研究動機與目的

1. 將課程中學習到控制理論與程式設計活用於生活
2. 利用PID控制理論達到孵蛋裝置中的恆溫控制
3. 運用程式配合霧化器調節孵蛋裝置中的環境濕度
4. 透過APP來進行監控與設定孵蛋種類所需溫度及濕度
5. 達成高孵化率，具穩定性與實用性

研究方法

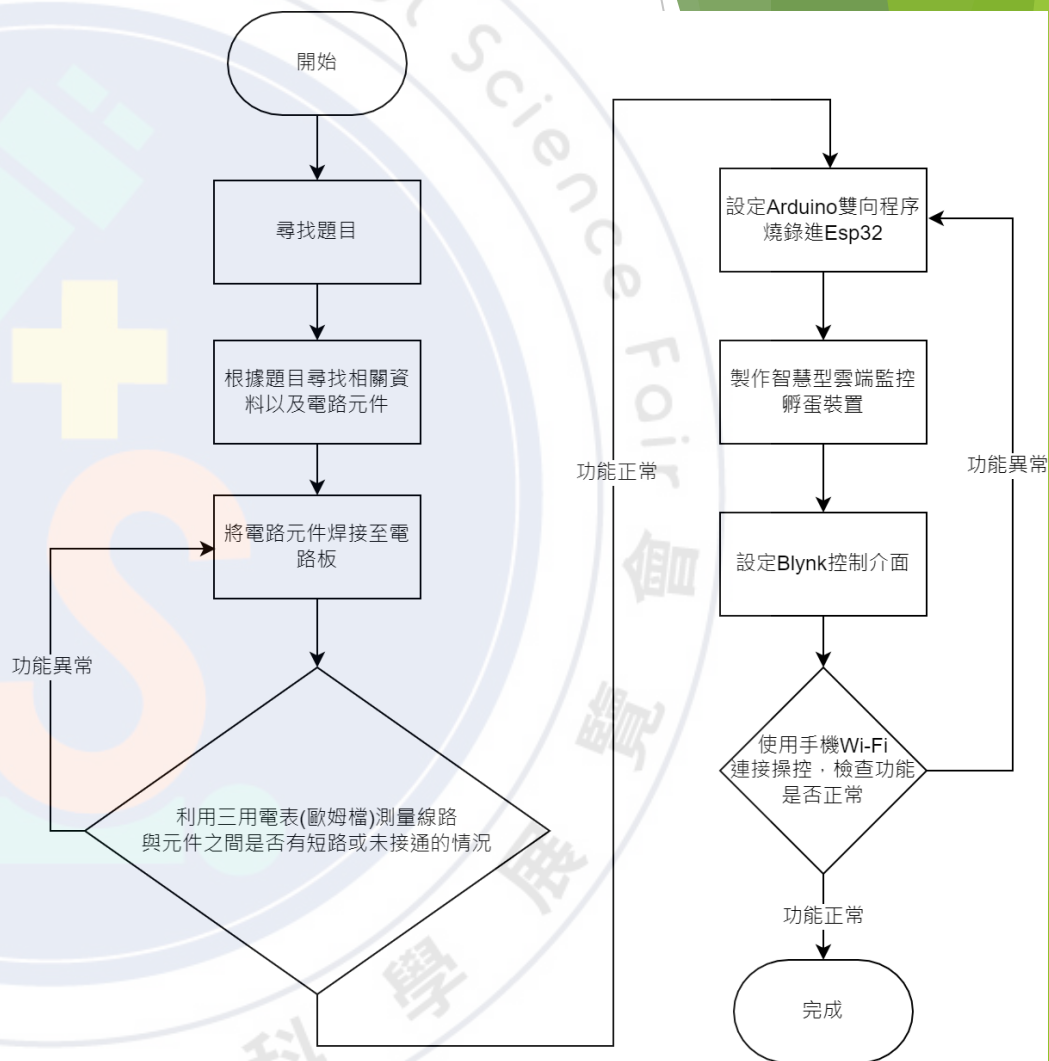
尋找適合研究題材

瞭解相關控制理論

程式撰寫、電路製作分工

環境溫溼度與孵化實驗

報告統整



1.

控制電路版與孵化箱說明

控制電路板

孵化箱

從 ESP32 取得輸出電壓，將其轉為定電流去控制。

控制加熱器(白熾燈泡)的電壓。

加熱器

主要使用其控制加熱器的功能。

溫濕度感測模組

主要是為了結合場所中的 Wifi，來達到雲端控制的效果。

判斷是否連線之 LED 燈。

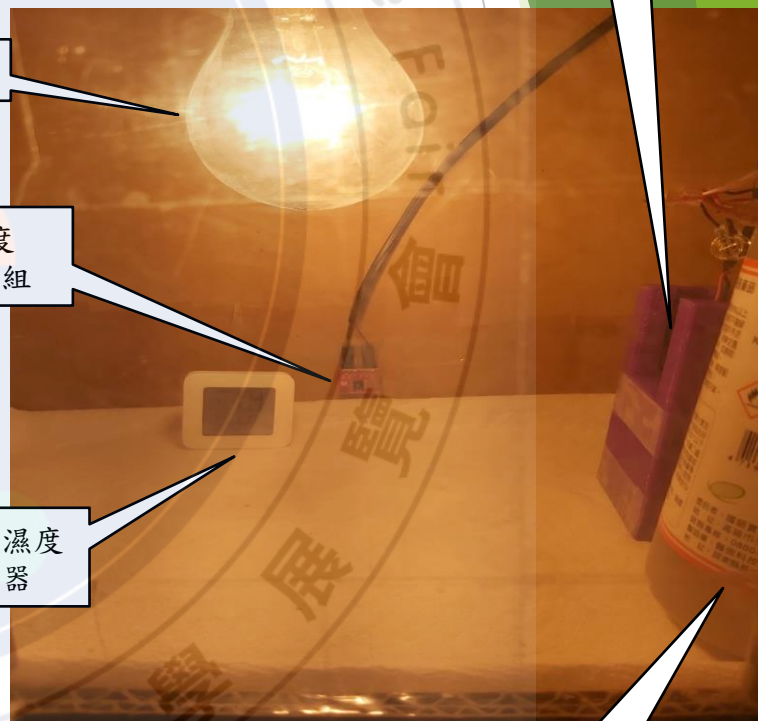
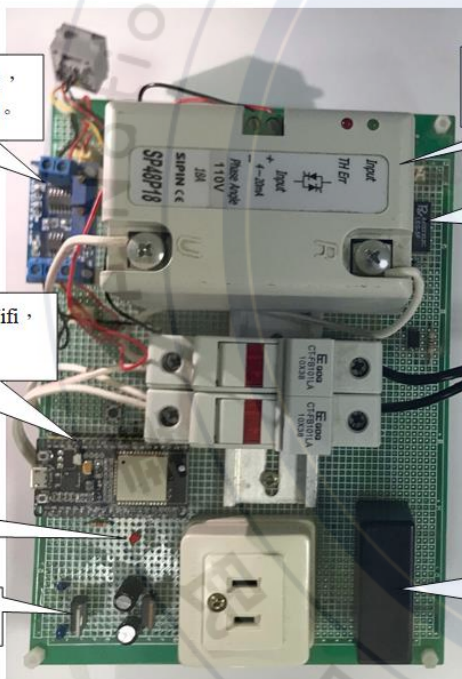
提供輸入所需的電壓。

用途為將家用電轉所需直流電供應。

小米溫濕度感測器

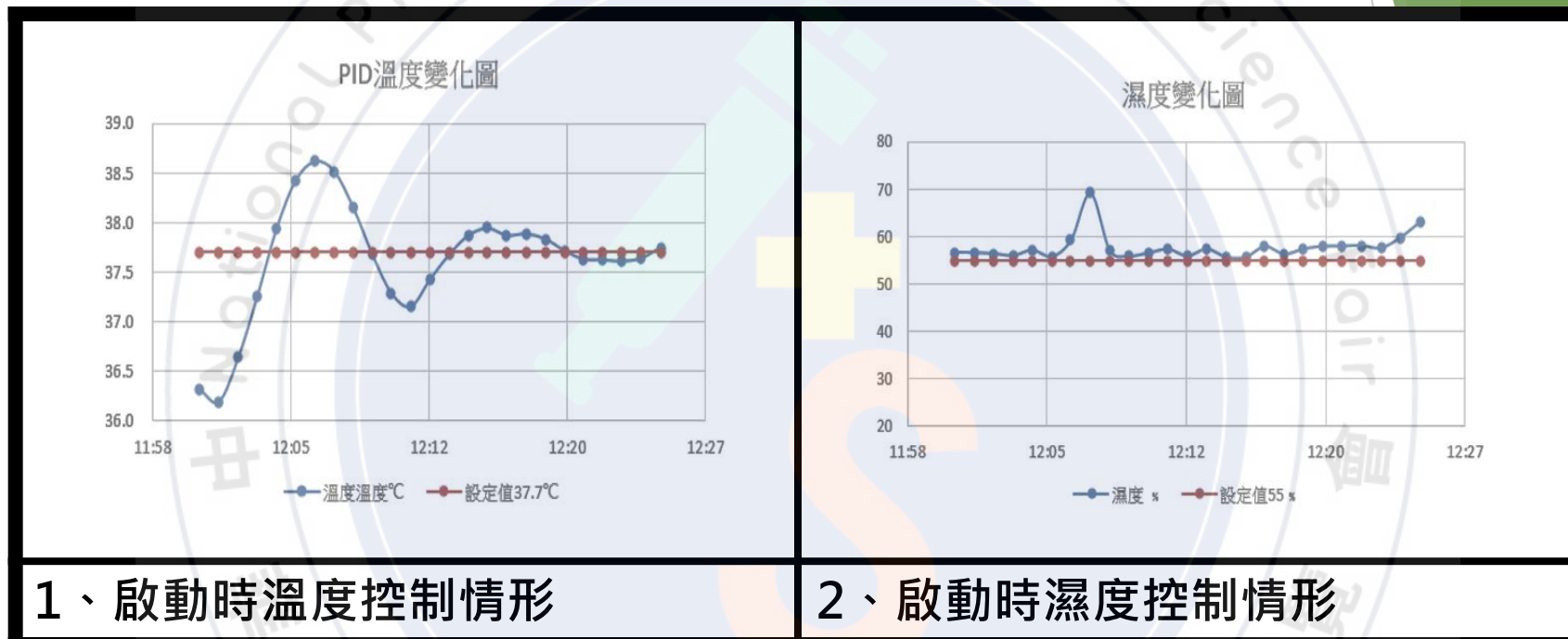
循環風扇

加濕器與水箱



2.

PID控制之暫態響應測試

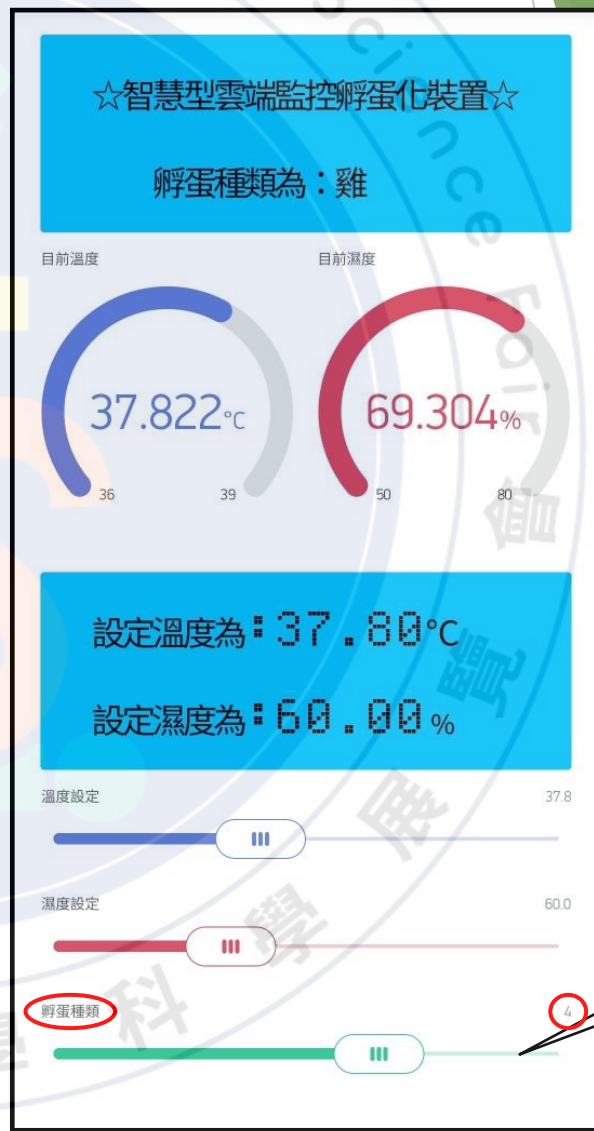
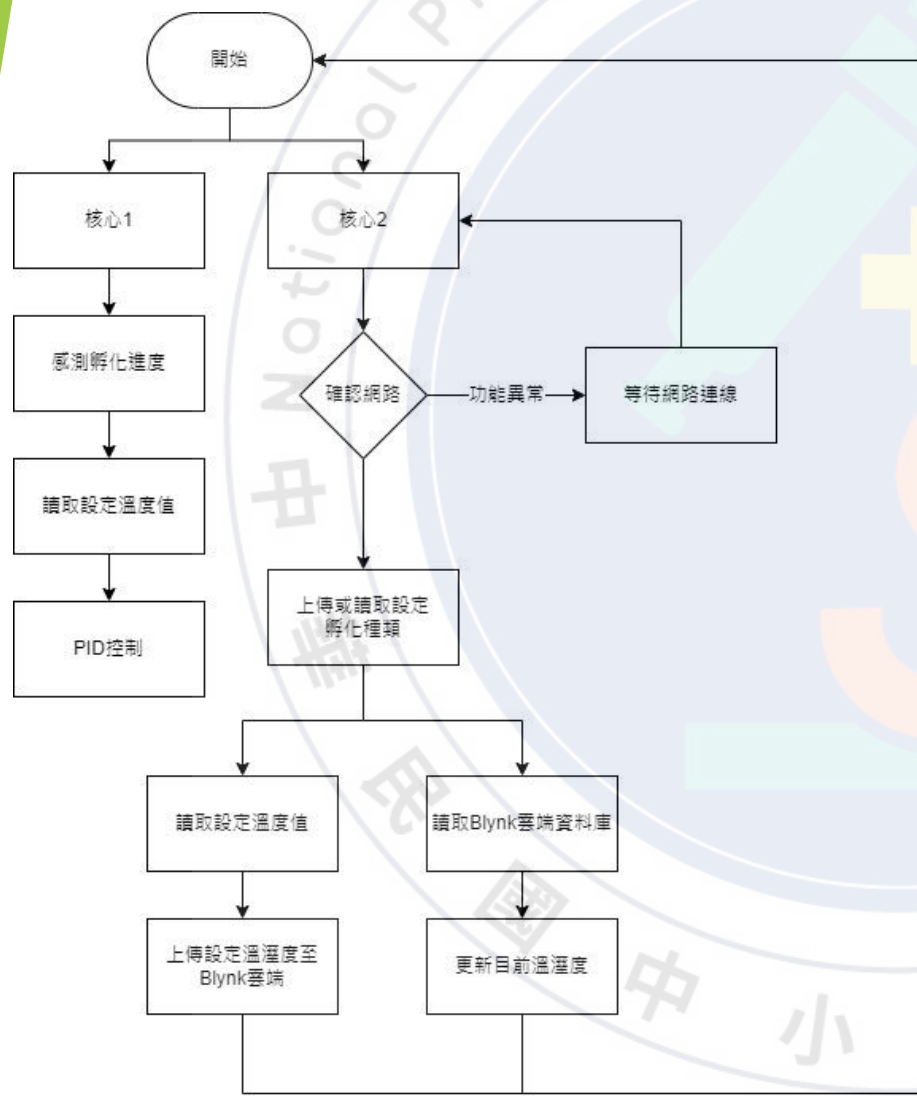


1、啟動時溫度控制情形

2、啟動時濕度控制情形

- 說明：
- ① 設定暫態響應時間在30分鐘內
 - ② PID參數為 $K_p = 20$ 、 $K_i = 0.5$ 、 $K_d = 3.0$
 - ③ 取樣時間為每分鐘
 - ④ 設定溫度為 37.7°C 、濕度為55%為目標
 - ⑤ 37.0°C 時開始執行PID控制

3. Arduino程式流程與Blynk界面設計

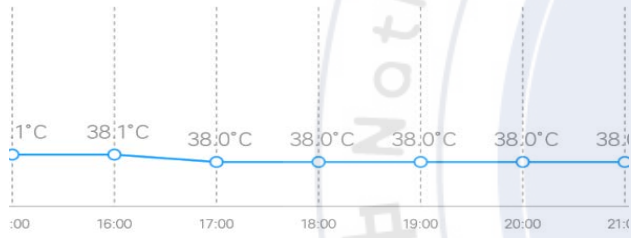


1. 鵝鶉
溫度 37.7 °C
濕度 55 %
2. 鵝
溫度 38 °C
濕度 65 %
3. 鸚鵡
溫度 37.2 °C
濕度 60 %
4. 雞
溫度 37.8 °C
濕度 60 %
5. 其他
自行調整

實驗結果

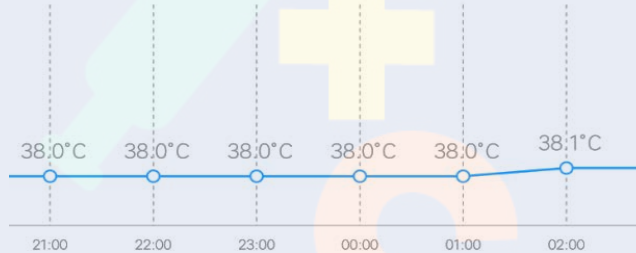
1. 孵蛋裝置在室溫 (27 °C) 環境下穩定度實驗

溫度(°C)



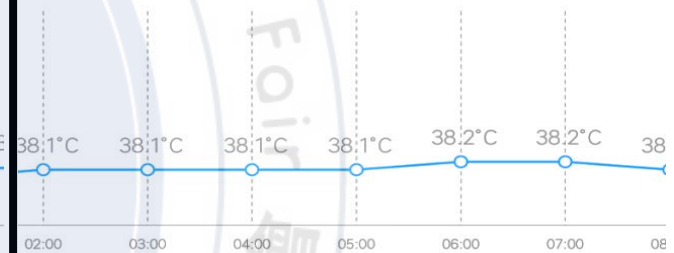
1、15 : 00至21 : 00溫度變化

溫度(°C)



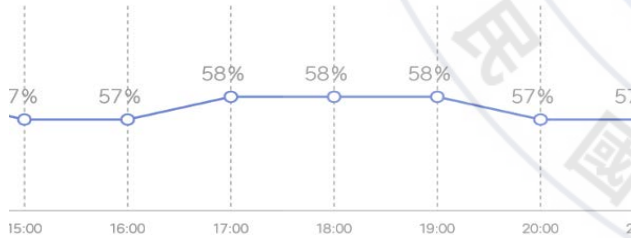
2、21 : 00至02 : 00溫度變化

溫度(°C)



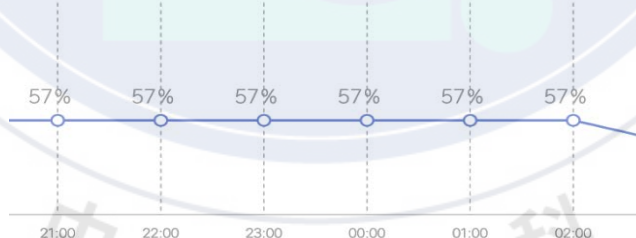
3、02 : 00至08 : 00溫度變化

濕度(%)



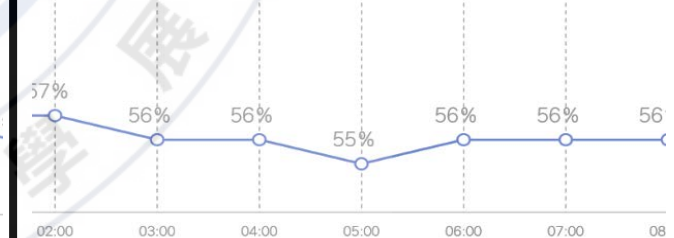
1、15 : 00至21 : 00濕度變化

濕度(%)



2、21 : 00至02 : 00濕度變化

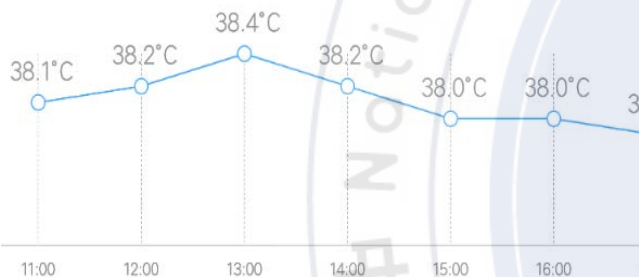
濕度(%)



3、02 : 00至08 : 00濕度變化

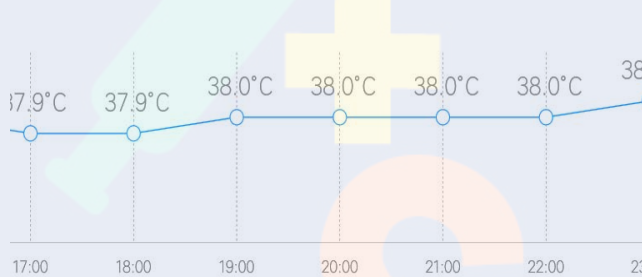
2. 孵蛋裝置在寒流 (10 °C) 環境下穩定度實驗

溫度(°C)



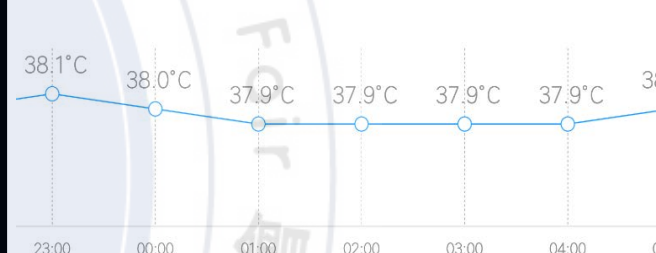
1、11 : 00至17 : 00溫度變化

溫度(°C)



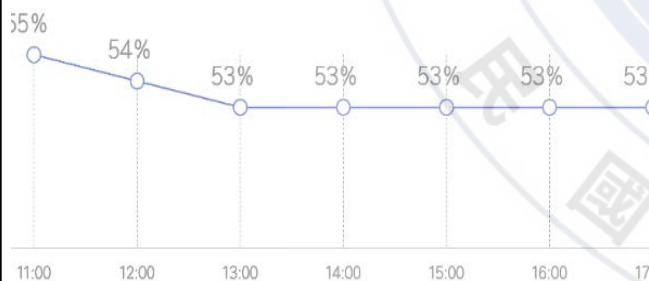
2、17 : 00至23 : 00溫度變化

溫度(°C)



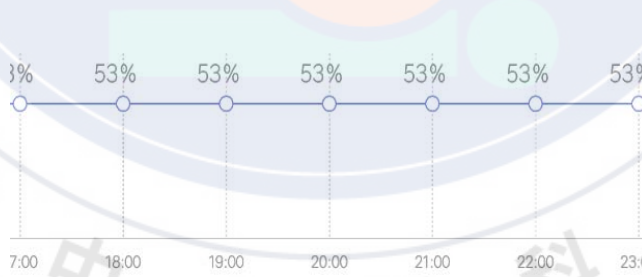
3、23 : 00至05 : 00溫度變化

濕度(%)



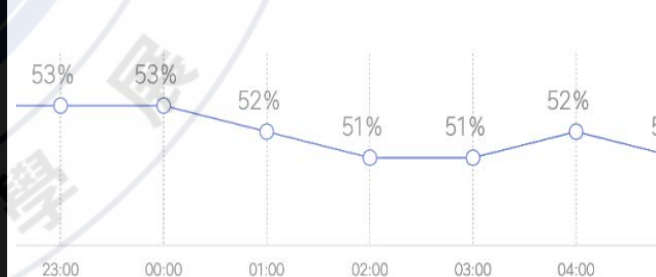
1、11 : 00至17 : 00濕度變化

濕度(%)



2、17 : 00至23 : 00濕度變化

濕度(%)

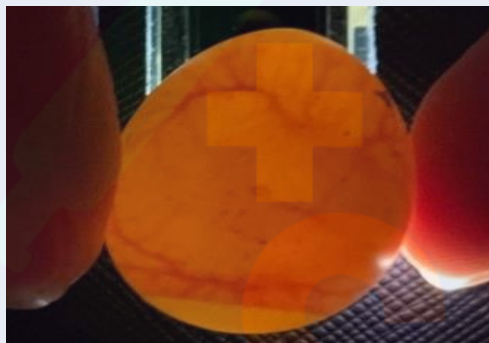


3、23 : 00至05 : 00濕度變化

3. 進行孵蛋裝置孵蛋與實際一般家庭孵蛋實驗



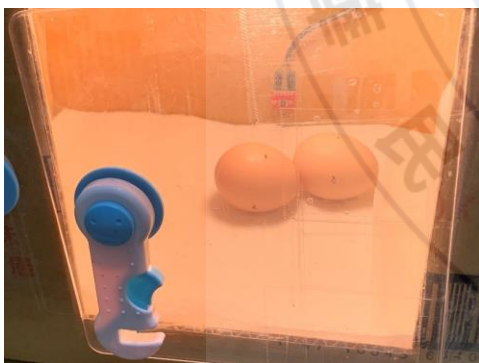
1、孵蛋箱內四顆鵪鶉蛋



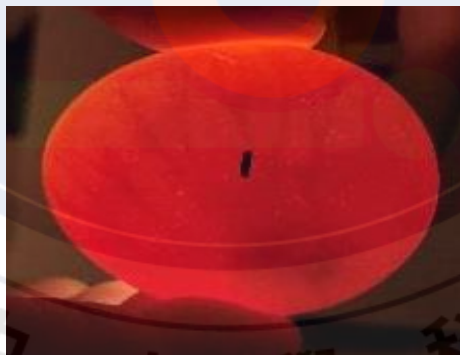
2、第六天身體和器官持續生長中



3、第十八天所有的蛋皆已孵化



1、孵蛋箱內兩顆白肉雞蛋



2、第十天雞蛋生長狀況



3、第二十一天白肉雞孵化完成

討論

1. 控制電路版與孵化箱製作過程之問題與解決方式

- 控制電路版電路規劃
- 控制電路版焊接不良
- 孵化箱內部擺設
- I²C的資料傳輸限制

2. 程式設計之問題與解決方式

- PID 參數 k_p 、 k_i 、 k_d 的選擇
- PID控制時機
- 單核心與雙核心控制差別

結論

這次的作品，主要針對於孵蛋裝置箱內的恆溫恆濕，並且能使用身邊的手機進行遠端控制。經由屢次的實驗也讓我們知道，孵蛋裝置箱內會因為季節性的溫差不同，影響控制的穩定性，而為了解決這個問題，我們採用了不同耗能的燈泡，在炎熱的夏季只需約60瓦特之燈泡便能使用，在寒冷的冬天使用時則需要100瓦特之燈泡才能使孵蛋裝置箱內保持在指定的溫度，且經由實驗結果得知能使鵪鶉蛋百分之百孵化，並藉由一般家庭實驗結果可知，即便是由非實驗人員進行操作也能達成100%孵化率，兼具穩定性與實用性。

參考資料

1、PID控制原理教學 (2020年3月17日) 。取自

<https://www.ni.com/zh-tw/innovations/white-papers/06/pid-theory-explained.html>

2、Blynk 的控制元件 (Controllers) (2018年8月18日) 。小狐狸事務所。取自

<http://yhhuang1966.blogspot.com/2016/08/blynk-controllers.html>

3、尤濬哲 (2021) 。IoT物聯網應用 (2版) 。新北市：台科大。

4、劉政鑫、莊凱喬 (2021) 。ESP32微處理機實習與物聯網應用(2版) 。新北市：台科大。