

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(一)科

第一名

082817

惜食新選擇 — 打造零浪費午餐剩食地圖系統

學校名稱：桃園市中壢區青埔國民小學

作者： 小六 林靖恩 小六 陳妍凌 小六 莊昕穎	指導老師： 陳亭昀 曾裕璋
---------------------------------------	-------------------------

關鍵詞：午餐剩食、HX711、ESP32

得獎感言

善用科技力量，打造永續剩食地圖

18世紀末，英國經濟學家馬爾薩斯提出「人口論」，主張世界人口成長的速度將被自然原因、災難瘟疫與飢荒所限制，然而百年之後的20世紀，人口不但沒有減少，反而因科技進步，生產大量糧食供應，世界人口陡然增長。

當危機來臨，人們運用科技突破困境，化為轉機，時至今日，氣候變遷影響全球，你我不能置身事外，我們雖然年紀尚輕，亦願貢獻微小火炬，與科技展覽會的老師同學老師們共同謀畫永續未來。

當我們將目光從廚餘如何再利用，轉向為分享剩食，似乎是一個有趣的實驗，在老師們細心指導之下，利用感測器與物聯網的技術，並程式設計控制，讓各班午餐剩餘的菜量重量即時顯示，讓有需要的師生能就近取用，成為另類的剩食地圖。

我們發揮巧思，讓午餐餐桶說話，嘗試解決剩食過多成為廚餘的浪費，古云「不患寡而患不均」，我們發現學校各班剩餘的菜種菜量都不同，若能將實驗取得的相關數據整理交給學校做源頭管理，或是設計表格將取得的營養素公告周知，都在各方面發揮食物的終極價值，消弭差距。

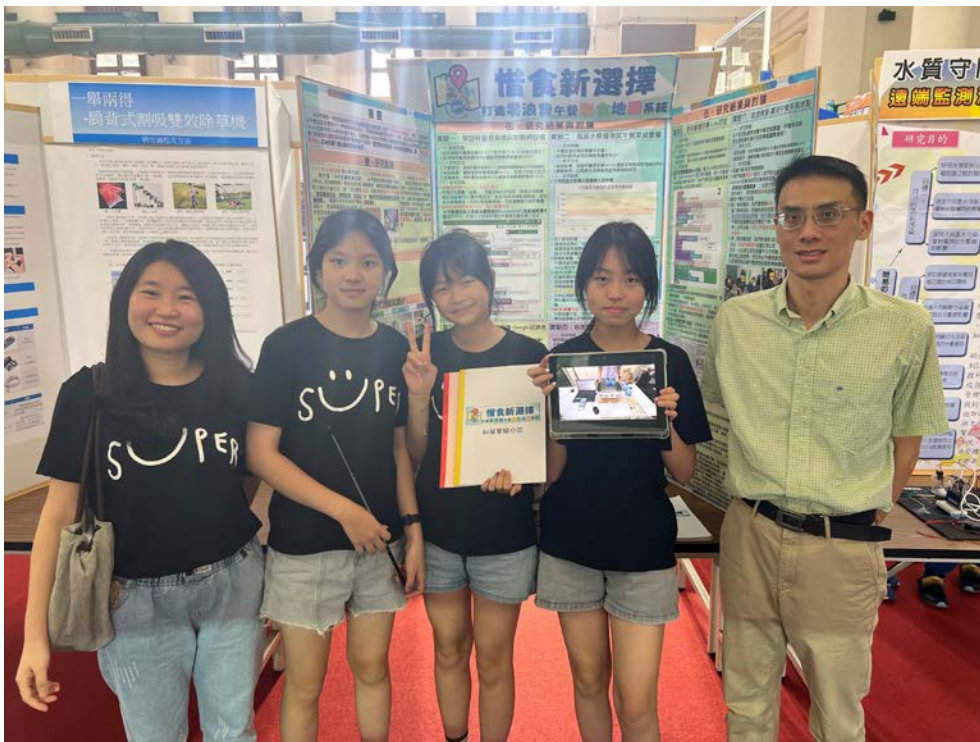
這次有幸取得第64屆全國科學展覽會的第一名，有賴學校曾裕璋老師、陳亭昀老師一路悉心指導與陪伴，也感謝夥伴們合作無間克服困難，更感謝所有支持我們的青埔國小師長們及多次提供寶貴建議的雲林科技大學陳韋達教授，展望未來我們會繼續努力，多方觀察結合敏銳的好奇心，實現綠色美好生活。



我們在電腦教室，學習架設秤重感測器，並運用水瓶模擬重量測試



我們帶著設備，前進班級教室，進行午餐菜盆秤重實測



踏入比賽會場，科展作品與師生合影

惜食新選擇 — 打造零浪費午餐剩食地圖系統

摘要

本研究因應生活中觀察到學校營養午餐有許多剩飯剩菜問題，期待能讓食物在倒進廚餘桶前發揮終極價值，結合聯合國「2030 永續發展目標(SDGs)」第二項「消除飢餓」的願景，設計一款在班級裡就可以知道哪裡有剩餘營養午餐剩食的「午餐剩食地圖系統」。首先，將裝有食物午餐菜盆放置在 HX711 秤重感測器設備上，再連接物聯網開發板 ESP32；接著，以 BlocklyDuinoF2 編輯可連接 Google 試算表和 Line 群組的積木程式，透過無線 wifi 在特定時間內收集重量數據回傳到 Google 試算表、Line 群組和 Dashboard 長條圖，讓大家能夠知道哪個班級還有午餐剩食可以取用，並知道班級已食用菜量與營養素含量，我們期待珍惜食物、減少剩食從校園開始，讓「午餐剩食地圖系統」成為校園午餐必備的惜食新選擇。

壹、研究動機

(一) SDGs 消除飢餓-關心剩食議題

老師在上課時，曾跟我們分享過聯合國「2030 永續發展目標(SDGs)」的相關課程，希望全球共同努力邁向永續生活，其中第二項目標是「確保糧食安全，消除飢餓，促進永續農業」，課堂中老師有讓我們看相關影片，敘述著貧窮落後的國家，或許是因為氣候、經濟、政治等等問題，造成許多挨餓饑的人們無法吃飽，地球環境氣候變遷，將面臨糧食危機，身為小學生的我們，可以為地球做點什麼有意義的事情嗎？

(二) 發現營養午餐剩食問題

同時，我們也在學校發現了這個問題，去一年級幫忙打掃，觀察到每個班級喜歡的食物不同，有些吃的一乾二淨，有些卻剩下一大堆，若我們能做一點改變？加上一點創新的想法？是不是能讓午餐的剩食少一些？我們觀察到學校營養午餐的剩飯剩菜，實際訪查學校廚餘的狀況，每週仍有將近 400 公升的廚餘，讓食物在倒進廚餘桶前發揮終極價值。

(三) 創意發想-解決剩食問題：

透過我們觀察到的午餐剩食現象，共同討論發想解決方法，我們聯想到疫情期間，有一個口罩地圖 APP，能讓大家知道哪個藥局有口罩能購買，參考這個概念，我們設計一款在班級裡，就可以知道哪裡還有營養午餐的「午餐剩食地圖系統」，珍惜食物、減少剩食。

教材相關性：南一版五下自然與生活科技「力與運動」

南一版六下自然與生活科技「防鏽與防腐」

南一版六下數學「統計圖表」



圖 1-1-1 SDGs 永續發展目標-2 消除飢餓
(未來城市@天下，2024)



圖 1-1-2 「惜食小英雄」課程

貳、研究目的

本研究目的如下，依據研究目的繪製實驗流程圖，如圖 2-2-1 所示。

一、研究目的：

- (一) 架設秤重感測器與連接物聯網設備。
- (二) 以瓶裝水模擬測試午餐菜盆的重量。
- (三) 設定午餐菜盆重量數據回傳方式-「Google 試算表」。
- (四) 前進教室—實測午餐菜盆的重量-「測試 1 個菜盆」。
- (五) 更新午餐菜盆重量數據回傳方式-「Line 群組 app、Dashboard 長條圖」。
- (六) 新增午餐數據呈現方式-「午餐營養素計算」
- (七) 前進教室—實測午餐菜盆的重量-「測試多個地點」。

二、實驗研究流程圖

我們的構想是把午餐食物放到 HX711 秤重感測器上，再連接 ESP32 物聯網開發板，透過無線 wifi 在特定時間內收集重量數據回傳到 Google 試算表和 LINE 社群，讓大家知道哪個班級還有剩食可以取用。



圖 2-2-1 秤重感測器裝置運作示意圖

參、研究設備與器材

一、主要研究設備與器材

- (一)「秤重感測器」製作材料：HX-711、ESP32、木板、海綿、麵包板、杜邦線、USB 線。(如圖 3-1-1 所示)
- (二) 實驗儀器與實驗記錄設備：砝碼、黏土、水壺、菜桶、寶特瓶、錄影設備。(如圖 3-1-2 所示)
- (三) 文具用品：剪刀、奇異筆、鉛筆、橡皮擦、尺、布膠帶、膠帶。(如圖 3-1-3 所示)
- (四) 主要實驗場地：電腦教室、班級教室、午餐餐車。(如圖 3-1-4 所示)
- (五) 電腦軟體：BlocklyDuinoF2、Google 試算表、Line 群取。(如圖 3-1-5、圖 3-1-6 所示)。

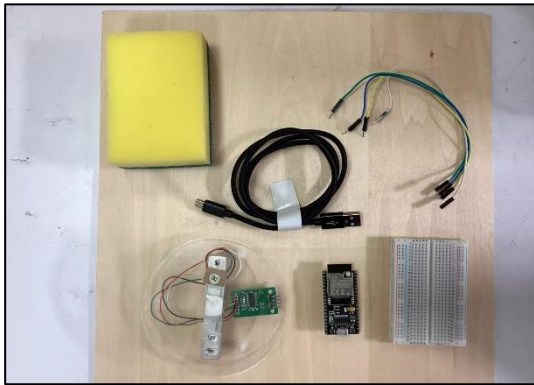


圖 3-1-1 「秤重感測器」製作材料



圖 3-1-2 實驗儀器與實驗紀錄設備



圖 3-1-3 文具用品

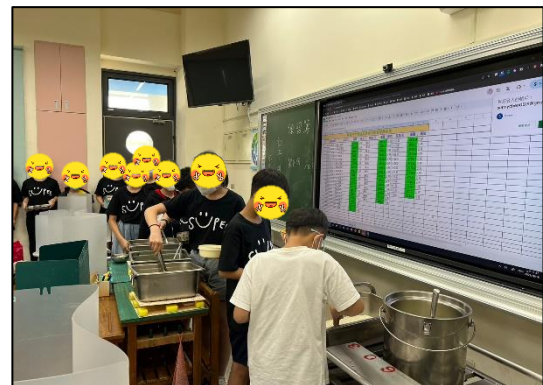


圖 3-1-4 主要實驗場地(班級教室)



圖 3-1-5 BlocklyDuinoF2

日期	時間	重量	單位
2024/1/5	13:58:08	997.2	公克
2024/1/5	13:58:11	993.8	公克
2024/1/5	13:58:14	991.6	公克
2024/1/5	13:58:17	989.6	公克
2024/1/5	13:58:20	987.7	公克
2024/1/5	13:58:23	985.8	公克
2024/1/5	13:58:26	983.8	公克
2024/1/5	13:58:29	983.0	公克
2024/1/5	13:58:32	981.6	公克
2024/1/5	13:58:35	980.1	公克

圖 3-1-6 Google 試算表

二、「秤重感測器」實驗裝置介紹

(一) 秤重感測器 v1.0：HX-711 秤重感測器。

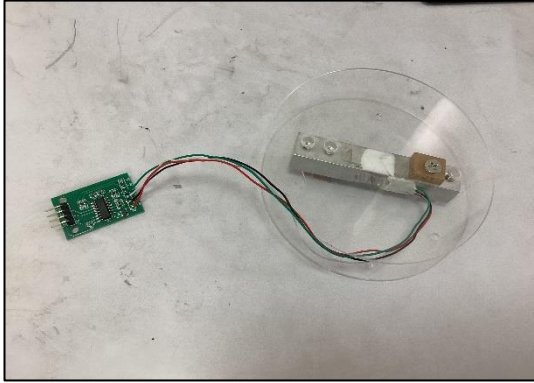


圖 3-2-1 「秤重感測器 v1.0」上視圖

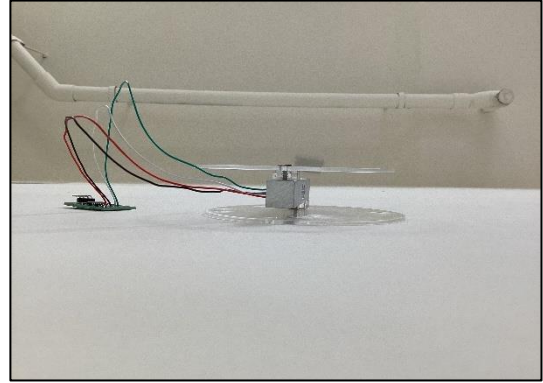


圖 3-2-2 「秤重感測器 v1.0」側視圖

(二) 秤重感測器 v2.0：HX-711 秤重感測器、上下增加木板維持穩定性。

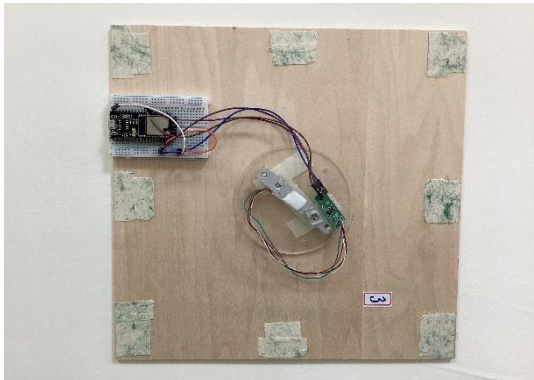


圖 3-2-3 「秤重感測器 v2.0」上視圖

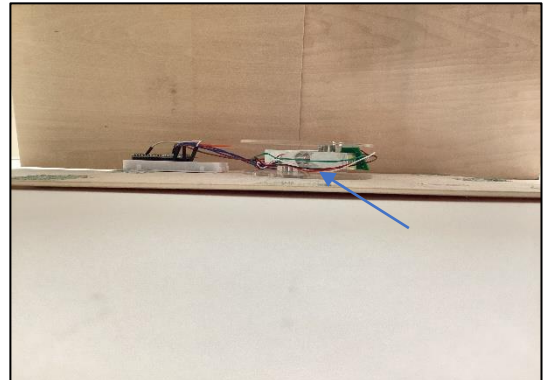


圖 3-2-4 「秤重感測器 v2.0」側視圖

(三) 秤重感測器 v3.0：HX-711 秤重感測器、上下增加木板維持穩定性、中間增加海綿為緩衝物質。

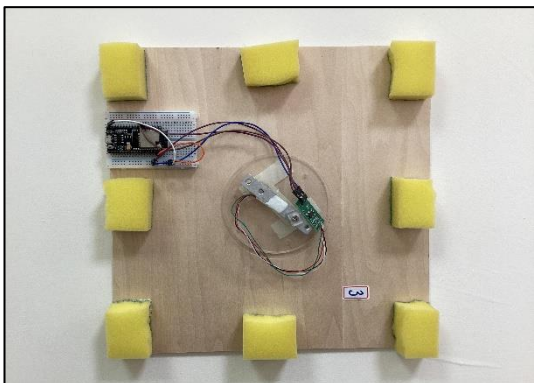


圖 3-2-5 「秤重感測器 v3.0」上視圖

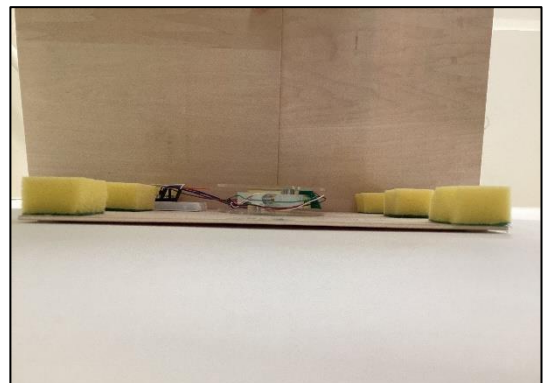


圖 3-2-6 「秤重感測器 v3.0」側視圖

肆、研究過程與方法

一、實驗一：架設秤重感測器與物聯網設備

(一) 研究目的：架設秤重感測器 HX-711 與物聯網開發板 ESP32

(二) 研究問題：1.如何架設秤重感測器 HX-711？如何進行 HX-711 初始化設定？
2.如何將秤重感測器 HX-711 連接至物聯網開發板 ESP32？

(三) 研究想法：我們觀察到的午餐剩食現象，共同討論發想解決方法，規劃製作一套「重量感測設備」能放置在午餐的菜盆底下，設備需要能夠定時秤重並且記錄菜盆的重量變化。

(四) 研究方法：1.文獻探討：查詢秤重感測器 HX-711 與物聯網開發板 ESP32 相關資料。
2.架設裝置：實際架設秤重感測器 HX-711，並進行初始化設定。
3.設備連接：將秤重感測器 HX-711 連接至物聯網開發板 ESP32。

(五) 研究步驟：

1.將秤重感測器 HX-711 連接至物聯網開發板 ESP32。

2.將秤重感測器 HX-711 進行初始化設定，利用標準重量的砝碼，搭配初始化程式取得秤重感測器的比例參數（如圖 4-1-1、圖 4-1-2 所示）。

3.將比例參數帶入序列埠監視視窗觀察秤重數據（如圖 4-1-3 所示）。

4.使用物聯網開發板 ESP32，將秤重感測器 HX-711 和 Blocklyduino 連結，運用劉正吉老師研發出的秤重感測器積木編輯程式，測試秤重精準度（如圖 4-1-4 所示）。



圖 4-1-1 秤重感測器 HX-711 初設始化設定



圖 4-1-2 連接秤重感測器積木編輯程式

```
COM15 - PuTTY
ets Jul 29 2019 12:21:46
rst:0x1 (POWERON RESET),boot:0x13 (SPI_FAST_FLASH_BOOT)
configisp: 0, SPIWP:0xee
clk_drv:0x00,q_drv:0x00,d_drv:0x00,cs0_drv:0x00,hd_drv:0x00,wp_drv:0x00
mode:DIO, clock div:1
load:0x3fff0019,len:4
load:0x3fff001c,len:1216
ho 0 tail 12 room 4
load:0x40078000,len:10944
load:0x40080400,len:6388
entry 0x400806b4
請輸入校正樣品的重量(g)，輸入完後請按Enter：
校正樣品重量為：200公克
準備校正，請移除平台上的物品，按下Enter鍵開始
請將校正樣品放在秤台，按下enter開始量測：
取得校正比例參數為：106.21
-----
準備校正，請移除平台上的物品，按下Enter鍵開始
請將校正樣品放在秤台，按下enter開始量測：
取得校正比例參數為：106.22
-----
準備校正，請移除平台上的物品，按下Enter鍵開始
請將校正樣品放在秤台，按下enter開始量測：
取得校正比例參數為：106.19
```

圖 4-1-3 序列埠監視視窗取得比例參數

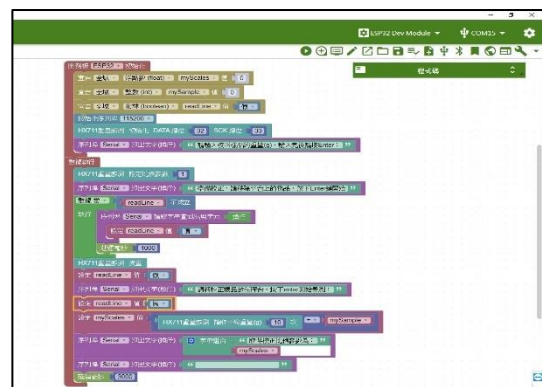


圖 4-1-4 劉正吉老師研發
秤重感測器積木編輯程式

(六) 研究資料分析方法：實際架設秤重感測器 HX-711，並連接至物聯網開發板 ESP32，進行秤重測試，檢驗秤重感測器 HX-711 的秤重精準度。

二、實驗二：以瓶裝水模擬測試午餐菜盆的重量

(一) 研究目的：以瓶裝水模擬測試午餐菜盆的重量

(二) 研究問題：1.午餐菜盆空桶的重量有多重?

2.如何判斷菜盆裡的剩餘菜量有多少?

(三) 研究想法：有什麼方法可以快速看出來班級菜盆是否有「剩食」可以取用?我們需要先知道菜盆中的菜量，並運用顏色來區隔，讓同學可知道即時菜量，也方便有需要的人可以取用。

(四) 研究方法：1.架設設備：架設秤重感測器 HX-711 連接至物聯網開發板 ESP32。

2.實驗操作：以瓶裝水來模擬菜盆有食物的狀況。

(五) 研究步驟：

1.架設秤重感測器 HX-711，並連接至物聯網開發板 ESP32（如圖 4-2-1 所示）。

2.將菜盆放置秤重感測器上方，並在菜盆內放 6 瓶水，進行秤重紀錄（如圖 4-2-2 所示）。

3.將菜盆裡的 6 瓶水依次遞減，進行秤重紀錄（如圖 4-2-3、圖 4-2-4 所示）。

4.討論並制定不同顏色的菜量重量數據條件。



圖 4-2-1 架設秤重感測器裝置



圖 4-2-2 菜盆內水瓶放置狀況



圖 4-2-3 水瓶模擬秤重(5 瓶水)



圖 4-2-4 水瓶模擬秤重(0 瓶水)

(六) 研究資料分析方法：

1.量化資料：測量菜盆中有不同數量瓶裝水的重量。

2.質性資料：操作秤重設備的觀察與發現。

3.繪製統計圖：利用電腦將實驗結果以適當的統計圖表示。

三、實驗三：設定午餐菜盆重量數據回傳方式-「Google 試算表」

- (一) 研究目的：設定午餐菜盆重量數據回傳方式-「Google 試算表」
- (二) 研究問題：如何將午餐菜盆重量數據回傳到電腦，可以給同學查看即時菜量？
- (三) 研究想法：我們規劃將午餐菜盆的重量，秤重後可即時在電腦中呈現，以網頁來呈現重量數據，並把重量數據合併成表格，運用教室觸控屏幕，讓所有同學可以查看到即時菜量。
- (四) 研究方法：1.架設設備：架設秤重感測器 HX-711 連接至物聯網開發板 ESP32。
2.設定數據：運用 Google Sheets 試算表設定不同的條件呈現重量數據。
- (五) 研究步驟：
 - 1.以 BlocklyDuinoF2 編輯可連接試算表的積木程式（如圖 4-3-1 所示）。
 - 2.以雲端硬碟建立 Google Sheets 試算表，並取得 Google Sheets 試算表 ID 與名稱。
 - 3.將 Google Sheets 試算表 ID 與名稱，寫入連接試算表的積木程式。
 - 4.以 Google Sheets 試算表設定不同的條件，自訂顏色來區分菜量，並進行模擬菜盆測量，確認程式是否可成功運行（如圖 4-3-2、圖 4-3-3、圖 4-3-4 所示）。



圖 4-3-1 連接試算表的積木程式

	A	B	C	D	E	F	
1		紀錄時間	菜盆(1)	重量	單位	菜盆(2)	重量
2	2023/09/25 11:13:01	棒棒腿	0.4	重量(g)			
3	2023/09/25 11:13:07	棒棒腿	0.5	重量(g)			
4	2023/09/25 11:13:12	棒棒腿	0.4	重量(g)			
5	2023/09/25 11:13:17	棒棒腿	0.5	重量(g)			
6	2023/09/25 11:13:23	棒棒腿	0.6	重量(g)			
7	2023/09/25 11:13:28	棒棒腿	0.7	重量(g)			
8	2023/09/25 11:13:34	棒棒腿	0.4	重量(g)			
9	2023/09/25 11:13:39	棒棒腿	0.4	重量(g)			
10	2023/09/25 11:13:45	棒棒腿	0.5	重量(g)			
11	2023/09/25 11:13:50	棒棒腿	0.6	重量(g)			
12	2023/09/25 11:13:55	棒棒腿	0.3	重量(g)			
13	2023/09/25 11:14:01	棒棒腿	0.4	重量(g)			
14	2023/09/25 11:14:06	棒棒腿	0.4	重量(g)			
15	2023/09/25 11:14:12	棒棒腿	0.6	重量(g)			
16	2023/09/25 11:14:18	棒棒腿	0.2	重量(g)			

圖 4-3-2 Google Sheets 試算表成功運作

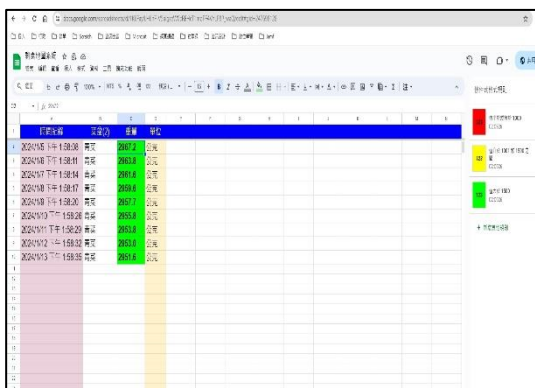


圖 4-3-3 Google Sheets 試算表顏色設定

時間紀錄	菜盆(1)	重量
2023/09/30 8:54:21	898.04	重量(g)
2023/09/30 8:54:25	898.13	重量(g)
2023/09/30 8:54:28	897.89	重量(g)
2023/09/30 8:54:31	898.1	重量(g)
2023/09/30 8:54:35	3115	重量(g)
2023/09/30 8:54:38	3111	重量(g)
2023/09/30 8:54:41	3111.2	重量(g)
2023/09/30 8:54:45	3111.3	重量(g)
2023/09/30 8:54:48	2984	重量(g)
2023/09/30 8:54:51	2955	重量(g)
2023/09/30 8:54:55	2399.8	重量(g)

圖 4-3-4 Google Sheets 試算表呈現不同顏色

(六) 研究資料分析方法：

1. 量化資料：測量菜盆中有不同數量瓶裝水的重量。
2. 質性資料：操作秤重設備與 Google Sheets 試算表重量數據的觀察與發現。
3. 繪製統計圖：利用電腦將實驗結果以適當的統計圖表示。

四、實驗四：前進教室—實測午餐菜盆的重量-「測試 1 個菜盆」。

- (一) 研究目的：實測午餐菜盆的重量-「測試 1 個菜盆」
- (二) 研究問題：離開電腦教室，前往班級教室實際測量午餐菜盆重量，秤重感測器是否還能順利運作並回傳重量數據呢？
- (三) 研究想法：從減少午餐剩食的發想設計到模擬測試菜盆裝水瓶的重量，我們前進教室把運作順暢的菜盆秤重裝置，實際測量六年級某班的菜量變化。
- (四) 研究方法：1.架設設備：架設秤重感測器 HX-711 連接至物聯網開發板 ESP32。
2.實驗操作：實際測量 1 個午餐菜盆的重量數據變化。
- (五) 研究步驟：
 - 1.架設秤重感測器 HX-711，完成無線網路設置並連接至物聯網開發板 ESP32。
 - 2.把秤重感測器設備，放置在午餐菜盆下方，開啟電源後進行秤重紀錄。
 - 3.班級同學陸續盛菜，並以教室內的觸控大螢幕，觀察午餐菜盆的重量數據變化。



圖 4-4-1 架設重量感測器在餐車上



圖 4-4-2 學生實際盛飯菜



圖 4-4-3 調整重量感測器設備

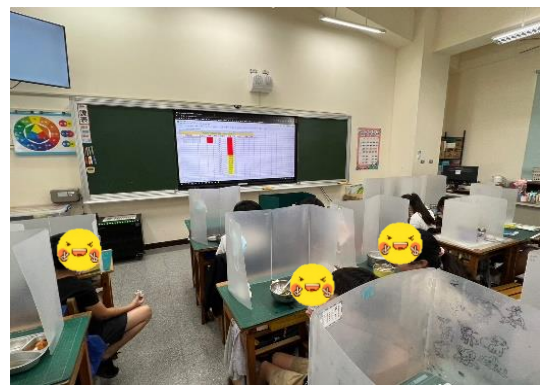


圖 4-4-4 午餐菜盆重量即時顯示在觸屏

(六) 研究資料分析方法：

- 1.量化資料：實際測量班級午餐菜盆的重量數據變化。
- 2.質性資料：操作秤重設備與 Google Sheets 試算表重量數據的觀察與發現。
- 3.繪製統計圖：利用電腦將實驗結果以適當的統計圖表示。

五、實驗五：更新午餐菜盆重量數據回傳方式-「Line 群組 App、Dashboard 長條圖」

(一) 研究目的：更新午餐菜盆重量數據回傳方式-「Line 群組 App、Dashboard 長條圖」

(二) 研究問題：是否有更方便的方式能夠回傳午餐菜盆重量數據？是否能將數據保存以利日後觀察分析。

(三) 研究想法：除了將午餐菜盆的重量，秤重後重量數據回傳以 Google Sheets 試算表呈現，想運用更直覺、即時的方式回傳數據，讓更多人知道可取食午餐的地點。另外若能將每日數據保存下來，可供學校營養師調查分析各班菜量與營養宣導的依據。

(四) 研究方法：1.架設設備：架設秤重感測器 HX-711 連接至物聯網開發板 ESP32。

2.設定程式：運用 Line 群組 App 即時回傳午餐菜盆的重量數據。

3.設定 Mqtt 平台呈現長條圖，更直覺觀察重量變化。

4.設定 ThingSpeak 平台呈現折線圖，保存數據資料，日後分析。

(五) 研究步驟：

1.以 BlocklyDuinoF2 編輯可連接 Line 群組 App 的積木程式。

2.建立 Line 群組，並取得 Line 群組名稱。

3.將 Line 群組名稱，寫入連接 Line 群組的積木程式。

4.將午餐菜盆的重量數據，傳送訊息到 Line 群組，並進行模擬菜盆測量，確認程式是否可成功運行（如圖 4-5-2、圖 4-5-3、圖 4-5-4 所示）。

5.訂閱 Mqtt、連接實驗結果，呈現剩食數據更加直覺(如圖 4-5-5)。

6.設定 ThingSpeak 連結實驗結果，呈現每日剩食折線圖(如圖 4-5-6)

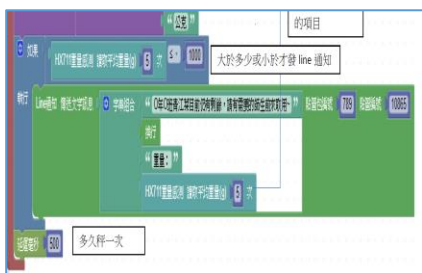


圖 4-5-1 連接 Line 群組的積木程式



圖 4-5-2 Line 群組測試-有剩食可取食



圖 4-5-5 更直覺觀察的剩食長條圖



圖 4-5-6 折線圖可保存大數據利於分析統計

(六) 研究資料分析方法：

1.量化資料：測量菜盆中有不同數量瓶裝水的重量。

2.質性資料：操作秤重設備與 Line 群組重量數據的觀察與發現。

3.繪製統計圖：利用電腦將實驗結果以適當的統計圖表示。

4.分析統計資料：收集多日數據，觀察折線圖變化，提供適當意見建議。

六、實驗六：新增午餐數據呈現-「午餐營養素計算」

- (一) 研究目的：新增午餐數據呈現「營養素計算」助於師生衡量攝取多寡。
- (二) 研究問題：是否能加入每樣菜的營養素計算，進而能理解不同菜種的營養素攝取，主動調節進食習慣？
- (三) 研究想法：除將午餐菜盆的秤重數據回傳之外，與營養師討論後發現，若是能加入營養素攝取的過程，即可激勵師生多加取用，或另一方面想要調節飲食的師生也能利用平台將剩食公布以利更多人取用。
- (四) 研究方法：1.架設設備：架設秤重感測器 HX-711 連接至物聯網開發板 ESP32。
2.收集菜色營養素，直接至食品營養成分資料庫
(<https://consumer.fda.gov.tw/Food/TFND.aspx?nodeID=178>)鍵入菜名查詢。
3.設定至 Google 試算表，同步新增營養素攝取欄位。
- (五) 研究步驟：
 - 1.利用食品營養成分資料庫查詢各種菜的主要營養素，統一以 100 公克計算。(如圖 4-6-1 所示)。
 - 2.設定 Google 試算表新增「已吃重量」及「已攝取營養素」兩個欄位(如圖 4-6-2 所示)。

食品分類	蔬菜類
資料類別	樣品基本資料
整合編號	E3200702
樣品名稱	水耕小白菜(4月取樣)
俗名	白菜,青菜,散黃白菜,無心菜,蔴,不結球白菜,土白菜
樣品英文名稱	Pak-choi,
內容物描述	生,小白菜,去根部,混合均勻打碎
服務率	
每單位重(可食部分):	1 x 0.0克 = 0.0克
計算每	100 克成分值

圖 4-6-1 查詢食品營養素

紀錄時間	6年3班	剩餘重量	單位	吃完重量	已攝取營養素(膳食纖維)
2024/05/31 11:22:28	小白菜	2727.9	公克	0.0	0
2024/05/31 11:22:29	小白菜	2726.2	公克	1.7	0
2024/05/31 11:22:32	小白菜	2728.1	公克	-0.2	0
2024/05/31 11:22:35	小白菜	2619.2	公克	108.7	12
2024/05/31 11:22:40	小白菜	2328.4	公克	399.5	36
2024/05/31 11:22:43	小白菜	2337.8	公克	390.1	36
2024/05/31 11:22:47	小白菜	2328.1	公克	399.9	36
2024/05/31 11:22:50	小白菜	2328.0	公克	399.9	36
2024/05/31 11:22:54	小白菜	1722.6	公克	1005.3	120
2024/05/31 11:22:57	小白菜	1713.1	公克	1014.8	120
2024/05/31 11:23:02	小白菜	1708.7	公克	1019.3	120
2024/05/31 11:23:05	小白菜	1705.8	公克	1022.1	120
2024/05/31 11:23:08	小白菜	1212.2	公克	1515.7	180
2024/05/31 11:23:11	小白菜	1207.9	公克	1520.0	180

圖 4-6-2 連接 Line 群組的積木程式

- (六) 研究資料分析方法：
 - 1.量化資料：利用初始重量減去量。
 - 2.質性資料：操作秤重設備與 Line 群組重量數據的觀察與發現。
 - 3.繪製統計圖：利用電腦將實驗結果以適當的統計圖表示。

七、實驗七：前進教室—實測午餐菜盆的重量-「測試多個地點」。

- (一) 研究目的：實測午餐菜盆的重量-「測試多個地點」。
- (二) 研究問題：在不同地點實際測量午餐菜盆重量，秤重感測器是否還能順利運作並回傳重量數據呢？
- (三) 研究想法：從減少午餐剩食的發想設計到模擬測試菜盆裝水瓶的重量，我們前進教室把改良過回傳系統的秤重設備，實際測量不同地點的午餐菜盆的菜量變化。
- (四) 研究方法：1.架設設備：架設秤重感測器 HX-711 連接至物聯網開發板 ESP32。
2.實驗操作：實際測量 2 個地點的午餐菜盆重量數據變化。
- (五) 研究步驟：
 - 1.架設 2 個地點的秤重感測器 HX-711 並連接至物聯網開發板 ESP32，完成 2 個地點的無線網路設置。
 - 2.把 2 個地點的秤重感測器設備，皆放置在午餐菜盆下方，開啟電源後進行秤重紀錄。
 - 3.不同地點的班級同學陸續盛菜，並以教室內的觸控大螢幕，同時觀察午餐菜盆的重量數據變化。



圖 4-6-1 班級同學陸續盛菜



圖 4-6-2 辦公室老師陸續盛菜

校園零浪費剩食地圖系統						
紀錄時間	六年三班	重量	單位	六年六班	重量	單位
2024/01/12 11:57:26	青菜	1955.3	公克	青菜	2100.9	公克
2024/01/12 11:57:29	青菜	1954.1	公克	青菜	2097.3	公克
2024/01/12 11:57:32	青菜	1952.8	公克	青菜	2096.4	公克
2024/01/12 11:57:34	青菜	1951.4	公克	青菜	2094.4	公克
2024/01/12 11:57:38	青菜	1947.1	公克	青菜	2134.1	公克
2024/01/12 11:57:41	青菜	1948.4	公克	青菜	2139.6	公克
2024/01/12 11:57:43	青菜	1947.5	公克	青菜	2135.0	公克
2024/01/12 11:57:46	青菜	1945.9	公克	青菜	2136.3	公克
2024/01/12 11:57:49	青菜	1944.6	公克	青菜	2133.8	公克
2024/01/12 11:57:53	青菜	1942.8	公克	青菜	2130.2	公克
2024/01/12 11:57:55	青菜	1942.3	公克	青菜	2127.0	公克
2024/01/12 11:57:58	青菜	1942.0	公克	青菜	2123.0	公克
2024/01/12 11:58:01	青菜	1940.2	公克	青菜	2120.8	公克

圖 4-6-3 Google 試算表同時呈現 2 個地點的午餐菜盆重量數據

校園零浪費剩食地圖系統						
紀錄時間	六年三班	重量	單位	六年六班	重量	單位
2024/01/12 12:01:06	青菜	1849.2	公克	青菜	1540.4	公克
2024/01/12 12:01:10	青菜	1850.2	公克	青菜	1572.0	公克
2024/01/12 12:01:12	青菜	1847.7	公克	青菜	1572.0	公克
2024/01/12 12:01:15	青菜	1846.5	公克	青菜	1502.3	公克
2024/01/12 12:01:18	青菜	1847.0	公克	青菜	1507.3	公克
2024/01/12 12:01:21	青菜	1841.3	公克	青菜	1616.2	公克
2024/01/12 12:01:25	青菜	1837.9	公克	青菜	1494.7	公克
2024/01/12 12:01:27	青菜	1828.8	公克	青菜	1486.8	公克
2024/01/12 12:01:31	青菜	1847.8	公克	青菜	1412.8	公克
2024/01/12 12:01:33	青菜	1835.2	公克	青菜	1407.4	公克
2024/01/12 12:01:36	青菜	1802.9	公克	青菜	1452.4	公克
2024/01/12 12:01:38	青菜	1874.0	公克	青菜	1495.4	公克
2024/01/12 12:01:41	青菜	1820.8	公克	青菜	1382.9	公克

圖 4-6-4 Google 試算表同時呈現 2 個地點的午餐菜盆重量數據

(六) 研究資料分析方法：

- 1.量化資料：實際測量班級午餐菜盆的重量數據變化。
- 2.質性資料：操作秤重設備與 Google 試算表、Line 群組重量數據的觀察與發現。
- 3.繪製統計圖：利用電腦將實驗結果以適當的統計圖表示。

伍、研究結果與討論

一、實驗一：架設秤重感測器與物聯網設備

(一) 研究結果

本實驗首先將查詢到秤重感測器設備 HX-711 與物聯網開發板 ESP32 等相關資料整理如表 5-1-1 所示；其次，架設秤重感測器 HX-711，並連接至物聯網開發板 ESP32，並進行簡易秤重測試；再者，將秤重感測器實際擺放午餐菜盆，並改良秤重設備，以易取得的環保回收物品為主要材料，以期符合實際午餐菜盆的狀況能準確測重；最後，綜合上述資料，針對研究問題進行討論。

表 5-1-1 秤重感測器設備 HX-711 與物聯網開發板 ESP32 等相關資料整理

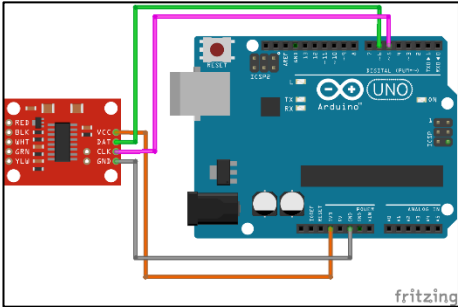
查詢項目	資料內容
秤重感測器 HX-711	<p>1.HX711 重量感測模組的接線方式很簡單，只需依據顏色接上 4 條線即可。接著，要從 HX711 取得重量則需有函式庫的程式碼。最後，使用校正程式，找已知標準重量的物品，執行序列埠監視視窗取得比例參數，再將比例參數輸入要用正式程式中就可以測得準確的重量。(傑森創工，2019)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="435 891 895 1196">  <p>圖 5-1-1 HX711 電子秤組裝完成 (傑森創工，2019)</p> </div> <div data-bbox="948 891 1407 1196">  <p>圖 5-1-2 HX711 接線方式 (傑森創工，2019)</p> </div> </div> <p>2.HX711 是一款專為高精度電子秤而設計的 24 位數位/類比轉換晶片，透過測量金屬導體的電阻值的變化便能量測出作用於金屬導體的外力，因此便可以量測物體的重量，根據不同的金屬選擇，最大秤重可達 20 公斤。(吉哥分享，2022)</p> <p>3.HX711 是一款專為高精度電子秤而設計的 24 位 A/D 轉換器芯片。與同類型其它芯片相比，該芯片集成了包括穩壓電源、片內時鐘振盪器等其它同類型芯片所需要的外圍電路，具有集成度高、響應速度快、抗干擾性強等優點。降低了電子秤的整機成本，提高了整機的性能和可靠性。(Taiwaniot，2023)</p>

表 5-1-1 秤重感測器設備 HX-711 與物聯網開發板 ESP32 等相關資料整理(續)

查詢項目	資料內容
<p>物聯網開發板 ESP32</p>	<p>1.ESP32 是一款整合了傳統藍牙、BLE 和 Wi-Fi 網路的平價 MCU 晶片。可廣泛製作於各種物聯網應用，適用於家庭智能設備、工業無線控制、無線監控，無線定位系統信號以及其它物聯網應用。（米羅科技文創學院，2023）</p> <p>2.物聯網(IoT)興起的時代，微控制器開發板具備網路連線功能的需求日益增加，也造就了使用 ESP32 開發板的群眾越來越多。ESP32 是一款具備低功耗 Wi-Fi 和藍牙功能的晶片，可作為物聯網設備的控制器，幫助使用者開發出多元的 AIoT 物聯網專題。（icshopping，2023）</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>圖 5-1-3 ESP32 開發板 (米羅科技文創學院，2023)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>圖 5-1-4 ESP32 物聯網基礎學習套件 (icshopping，2023)</p> </div> </div>

(二) 研究討論

1.根據表 5-1-1 的資料整理，我們發想的午餐秤重設備，需要用到**秤重感測器裝置**來協助測量重量，我們選用 **HX-711** 秤重感測器，並且使用可秤重的重量達到 20 公斤的規格，並將秤重感測器**連接至具有物聯網功能**的開發板 **ESP32**，來建置這整個秤重設備系統。

2.秤重感測器(HX-711)：初始化設定。

(1)我們要知道秤重的重量是正確數值，第一步必須將**秤重感測器進行初始化設定**，將秤重設備的數值「**歸零**」，因秤重感測器上需要加裝「**塑膠秤台**」，初始化的過程也需要將「**塑膠秤台**」的重量扣除，秤台上的物品重量才會是準確的。

(2)初始化的過程也不容馬虎，我們要利用已知重量的東西「**砝碼**」，搭配初始化的程式，取得**比例參數**，將比例參數代入積木程式內，並利用**序列埠監視視窗**，設定多少時間偵測一次(大約 2 秒定時偵測)，便可以在視窗螢幕上顯示到物件的重量。

3.連接物聯網開發板 ESP32：進行重量測試

(1)使用 HX711 秤重感測器和物聯網開發板 ESP32 連接，我們使用**聯發科技文教基金會開發的 BlocklyduinoF2 免費編輯積木程式**的平台，此平台相容性很高，並且是使用積木拖拉的方式，我們比較容易學習積木程式的設定，組合積木程式起來也十分上手。

(2)我們使用劉正吉老師研發的秤重感測器的積木程式，讓我們可以直接使用，不用再多花時間鑽研，真的是站在巨人的肩膀上，延續前人走過的路，將秤重感測器充份發揮效用（如圖 5-1-5 所示）。

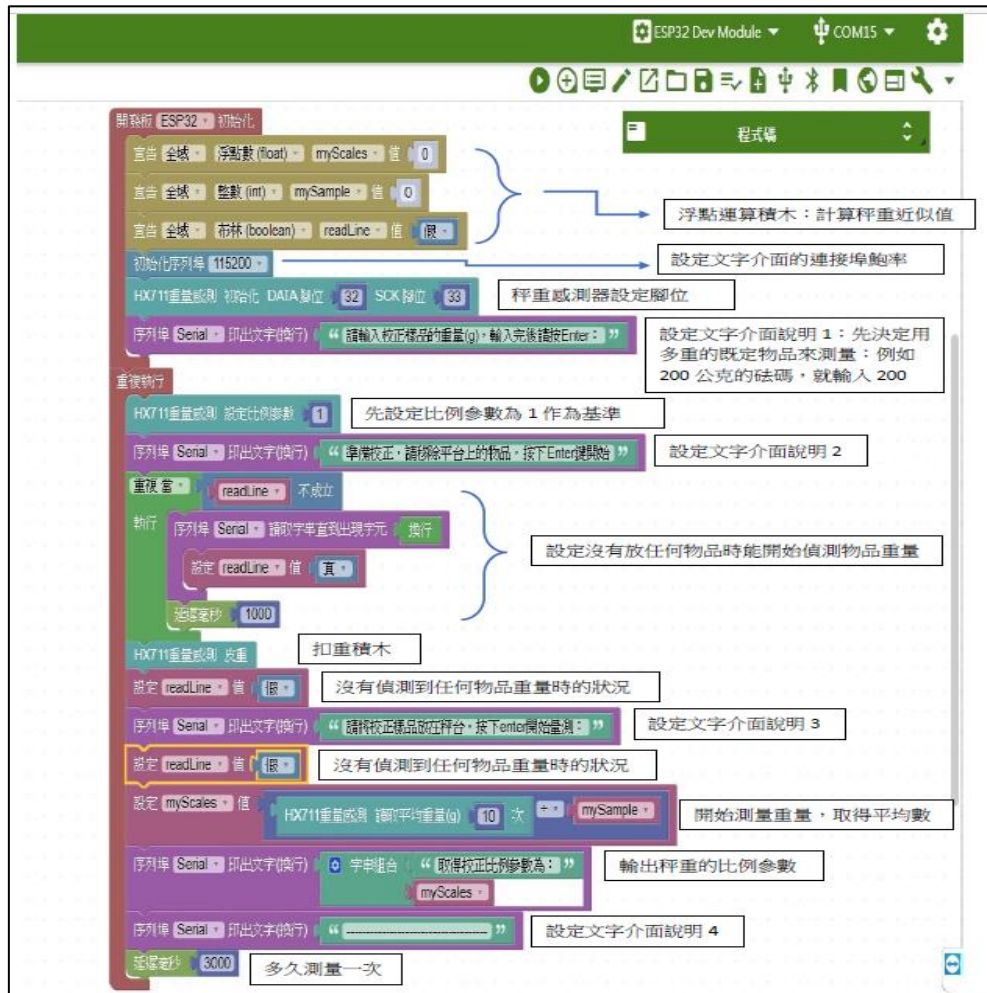


圖 5-1-5 劉正吉老師研發的秤重感測器的積木程式

(3)熟悉秤重設備的過程，我們使用秤重感測器進行多樣的物品秤重小實驗，我們會先用手掂一掂砝碼的重量，以感覺出來的重量，再用黏土模仿嘗試揉出來，秤秤看，比賽看誰秤的最精確！有的同學真的揉捏出蠻準確的黏土，真是好手感！我們還陸續秤了一些日常用品，例如水壺、文具等等，為了看看水壺的容量，是不是真的如刻度所示，我們裝水再倒水，有些水壺刻度蠻準的，有些是「號稱」達到該容量，秤重小實驗讓我們感受到生活物品的重量。

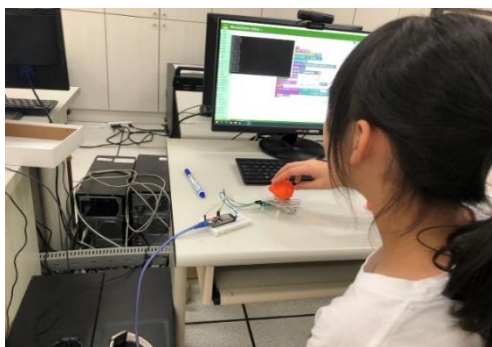


圖 5-1-6 秤重測試-黏土

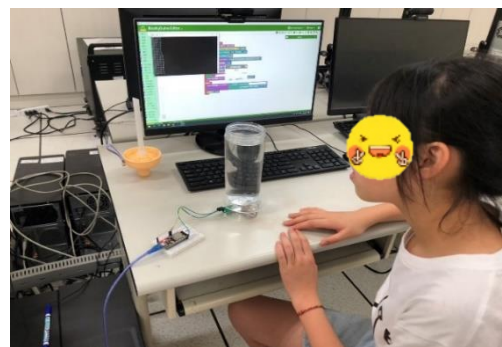


圖 5-1-7 秤重測試-水壺

4.遇到難題：午餐菜盆易傾倒

秤重感測器 v1.0 的原始秤重裝置

我們主要目標是測量學校的「午餐菜盆」，架設並測試完成秤重感測器 HX711 後，實際擺放午餐菜盆，我們發現菜盆底面積較大，但是 HX711 秤重感測器的圓形塑膠秤台面積較小，當菜盆放在秤重感測器會搖搖晃晃不穩定，當裝滿菜後更可能會傾倒，這是一個很大的難題，因此我們開始思考該如何擴大秤台面積，又不會影響準確秤重的方法？

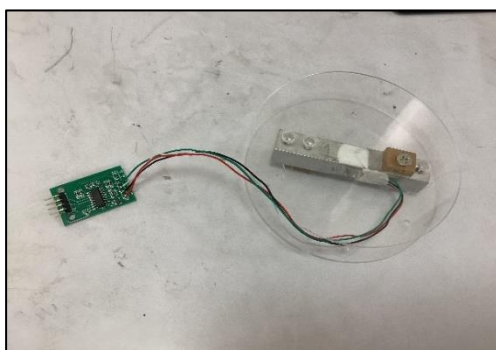


圖 5-1-8 秤重感測器 v1.0



圖 5-1-9 實測午餐菜盆—發現容易傾倒

5.思考解決策略：增加秤重感測器的秤盤面積

秤重感測器 v2.0 的改良設計想法：我們希望可以增加秤台面積，選擇 2 種常見的材料進行測試：塑膠瓦楞板、雷射雕刻的椴木片。

- (1)使用塑膠瓦楞板增加秤台面積，但是塑膠瓦楞板容易彎折，菜盆放上去有提升穩定性，但還是會重壓傾斜，影響秤重感測器的重量數據。
- (2)使用較堅硬又輕巧的雷射雕刻的椴木片，我們在 HX711 秤重感測器的上方和下方增加椴木片，夾住秤重感測器的方式，製作面積增大且較穩定秤重平台（如圖 5-1-5 所示）。
- (3)改良後的**秤重感測器 v2.0**：中間為原始包含塑膠秤台的 HX711 秤重感測器，上方和下方則增加雷射雕刻的椴木片，用以擴大秤台面積並增加穩定性（如圖 5-1-10、圖 5-1-11 所示）。

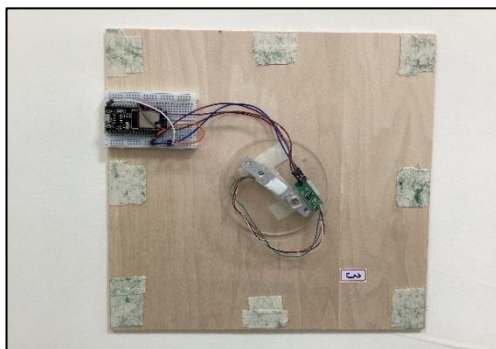


圖 5-1-10 「秤重感測器 v2.0」上視圖

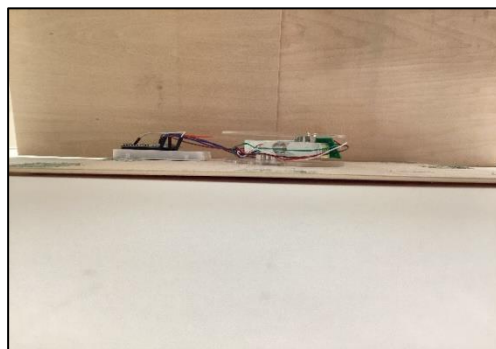


圖 5-1-11 「秤重感測器 v2.0」側視圖

秤重感測器 v3.0 的改良設計想法：經過多次測試後，我們發現雷射雕刻木片可以有效增加秤台面積，且不易彎折，但是會有傾斜的狀況發生，因此我們開始思考是不是上下兩片木板中間應該增加緩衝的物質，選擇幾種常見的材料進行測試：彈簧、小白積木、洗碗海綿等。

- (1)我們發現使用彈簧跟小白積木等堅硬材質，都有可能影響秤重感測器的重量數據。
- (2)我們利用清洗碗盤用的海綿，剪裁適當大小，放置於兩片木板中間，黏住下面的木板底板，讓上面的段木片沒有接觸到海綿，增加中間層的支撐力且較不會影響 HX711 秤重感測器的重量數據。
- (3)改良後的**秤重感測器 v3.0**：中間層的中心為原始包含塑膠秤台的 HX711 秤重感測器；上方和下方則增加雷射雕刻的椴木片，用以擴大秤台面積並增加穩定性；中間層的外圍則增加洗碗海綿提高支撐力，製作完成**秤重感測器 v3.0**後，再次進行秤重感測器的初始化設定歸零，並扣掉木板的重量，測試秤重取得準確數據（如圖 5-1-12、圖 5-1-13 所示）。

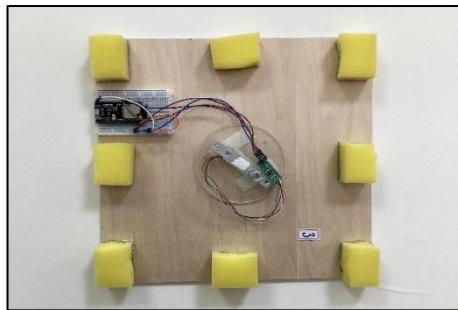


圖 5-1-12 「秤重感測器 v3.0」上視圖

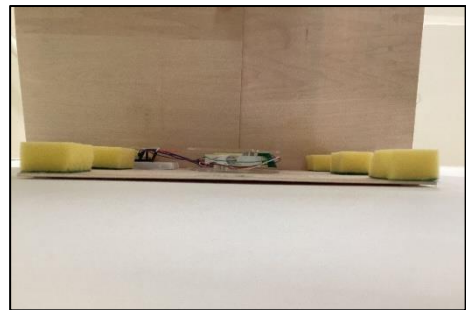


圖 5-1-13 「秤重感測器 v3.0」側視圖



圖 5-1-14 裁剪洗碗海綿

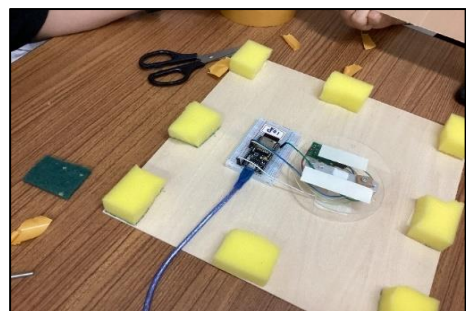


圖 5-1-15 雷射雕刻木片製作加大秤面



圖 5-1-14 重新將秤重感測器初始化

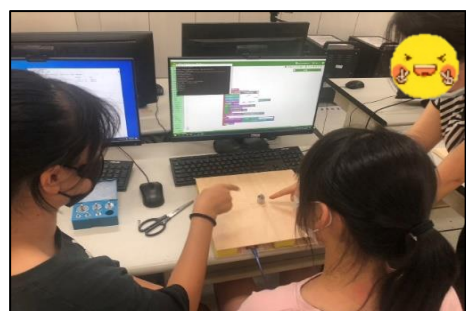


圖 5-1-15 進行秤重測試-砝碼

二、實驗二：以瓶裝水模擬測試午餐菜盆的重量。

(一) 研究結果

本實驗使用改良後的「**秤重感測器 v3.0**」進行重量測量，以瓶裝水模擬測試午餐菜盆的重量，6 瓶水裝滿菜盆並依次遞減，重複進行 5 次實驗，並以午餐菜盆中的瓶裝水的重量變化來制定不同菜量的顯示顏色，實驗紀錄整理如表 5-2-1 所示；其次，將實驗所測得的午餐菜盆水瓶的重量變化繪製成「不同瓶裝水數量的重量變化關係圖」，如圖 5-2-1 所示；最後，綜合上述資料，針對研究問題進行討論。

表 5-2-1 不同瓶裝水數量的重量變化觀測紀錄

瓶裝水數量 實驗次數	6 瓶	5 瓶	4 瓶	3 瓶	2 瓶	1 瓶	0 瓶
第一次	2967.2	2705.5	2478.9	2252.5	1981.9	1675.5	1430.7
第二次	2963.8	2705.8	2474.1	2251.0	1984.8	1679.6	1433.3
第三次	2961.6	2701.0	2476.8	2251.4	1981.1	1677.8	1433.8
第四次	2959.6	2707.5	2478.7	2251.3	1981.7	1677.0	1432.5
第五次	2957.7	2703.3	2479.3	2252.2	1982.8	1676.5	1432.5
平均重量 (公克)	2961.98	2704.62	2477.56	2251.68	1982.46	1677.28	1432.56

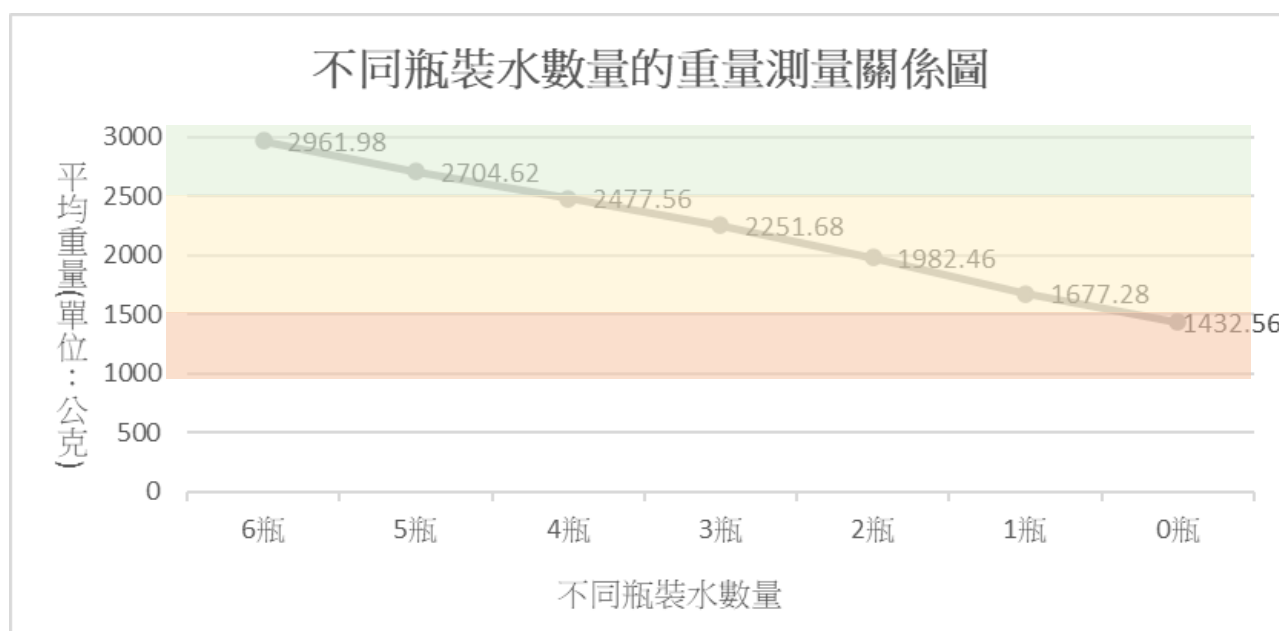


圖 5-2-1 不同瓶裝水數量的重量變化關係圖

(二) 研究討論

1.根據表 5-2-1 與圖 5-2-1，使用改良後的「秤重感測器 v3.0」進行重量測量，以瓶裝水來模擬菜盆有食物的狀況，依序測量裝滿 6 瓶水代表原本菜量，每拿走 1 瓶水代表菜量逐漸減少，依次遞減成空菜盆的重量狀況，實驗結果如下所述：

- (1)當有 6 瓶水時，所測量到最重的午餐菜盆重量為 2967.2 公克，最輕的的午餐菜盆重量為 2957.7 公克，平均午餐菜盆重量為 2961.98 公克。
- (2)當有 5 瓶水時，所測量到最重的午餐菜盆重量為 2701.0 公克，最輕的的午餐菜盆重量為 2707.5 公克，平均午餐菜盆重量為 2704.62 公克。
- (3)當有 4 瓶水時，所測量到最重的午餐菜盆重量為 2479.3 公克，最輕的的午餐菜盆重量為 2474.1 公克，平均午餐菜盆重量為 2477.56 公克。
- (4)當有 3 瓶水時，所測量到最重的午餐菜盆重量為 2252.5 公克，最輕的的午餐菜盆重量為 2251.0 公克，平均午餐菜盆重量為 2251.68 公克。
- (5)當有 2 瓶水時，所測量到最重的午餐菜盆重量為 1984.8 公克，最輕的的午餐菜盆重量為 1981.1 公克，平均午餐菜盆重量為 1982.46 公克。
- (6)當有 1 瓶水時，所測量到最重的午餐菜盆重量為 1679.6 公克，最輕的的午餐菜盆重量為 1675.5 公克，平均午餐菜盆重量為 1677.28 公克。
- (7)當有 0 瓶水時，所測量到最重的午餐菜盆重量為 1433.8 公克，最輕的的午餐菜盆重量為 1430.7 公克，平均午餐菜盆重量為 1432.56 公克。

2.根據圖 5-2-1 的實驗結果發現，可知 0 瓶水時，重量約為 1432.56 公克重，則代表午餐菜盆空桶的重量，每次移除 1 瓶水時，遞減的重量大約在 250 公克左右，因此我們訂定重量數據條件設定區間如下：

- (1)綠色(菜量充足)：從菜盆全滿的 6 瓶水減少 2 瓶水後，大約 4 瓶水以上的重量，約為 2500 公克以上的資料儲存格顏色為綠色，代表菜量充足，推估實際午餐狀況為班級學生都完成第一輪的午餐盛飯菜，尚有足夠的量讓同學盛裝第二輪。
- (2)黃色(菜量尚可)：從菜盆半滿的 4 瓶水再減少 3 瓶水後，介於 4 瓶水以下到 1 瓶水以上的重量，介於 2500 公克與 1500 公克的部分為黃色，代表菜量尚可，推估實際午餐狀況為還需食用的班級同學都已盛裝第二輪、第三輪……。
- (3)紅色(菜量不足)：從菜盆即將吃光，約為 1 瓶水的重量，約小於 1500 公克的重量代表菜量不足，可能很快就要完食，推估實際午餐狀況為午餐菜盆僅剩少許食物與湯汁，剩食量較低。

三、實驗三：設定午餐菜盆重量數據回傳方式-「google 試算表」。

(一) 研究結果

本實驗使用 BlocklyDuinoF2 編輯可連接試算表的積木程式；其次，用雲端硬碟建立 Google Sheets 試算表，並取得 Google Sheets 試算表 ID 與名稱，再將 Google Sheets 試算表 ID 與名稱，寫入連接試算表的積木程式；再者，用 Google Sheets 試算表設定不同的條件，自訂顏色來區分菜量，並進行模擬菜盆測量，確認程式是可成功運行，可成功依不同重量顯示不同顏色。最後，綜合上述操作過程，針對研究問題進行討論。

(二) 研究討論

1.設定回傳重量數據 Google 試算表：我們使用 BlocklyDuinoF2 編輯可連接試算表的積木程式，將重量數據結果連接到網路上，以網頁 Google Sheets 試算表來呈現重量數據，我們先用雲端硬碟建立 Google Sheets 試算表，取得試算表 ID 與工作表名稱，並使用可連接試算表的積木程式進行編輯（如圖 5-3-1 所示）。

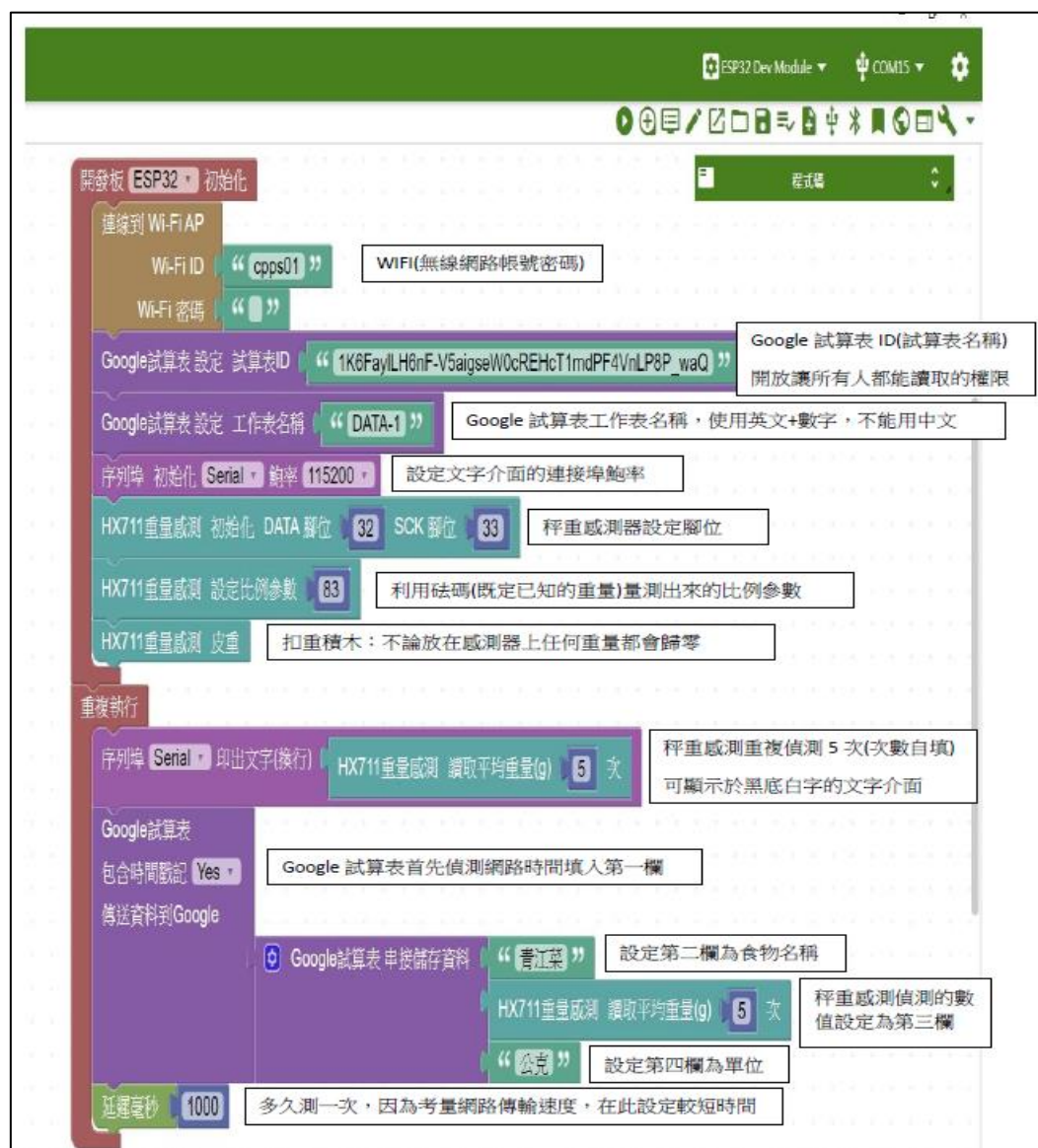


圖 5-3-1 可連接 Google 試算表的積木程式

2.設定 Google 試算表的重量顏色呈現：依據實驗二的結果，約 2500 公克以上，代表菜量充足就呈現綠色；介於 2500 公克到 1500 公克之間，菜量中等就呈現黃色；低於 1500 公克以下，菜量不足便呈現紅色。此處需要使用 Google Sheets 試算表的條件設定，在選取的範圍裡，設定儲存格的公式，例如我們希望超過 3000 公克時顯示綠色，那我們要輸入公式，IF(“儲存格”>3000, 1, 0)=1，意旨是當有數據產生時，數據大於 3000 就會呈現我們要的顏色樣式，例如填滿綠色加上粗體文字底線。



圖 5-3-2 Google 試算表條件設定

00000國小剩食地圖系統								
紀錄時間	菜盆(1)	重量	單位	菜盆(2)	重量	單位	菜盆(3)	重量
2024/01/04 12:50:16	青菜	2036.1	公克					
2024/01/04 12:50:19	青菜	2036.4	公克					
2024/01/04 12:50:21	青菜	2036.5	公克					
2024/01/04 12:50:24	青菜	2036.4	公克					
2024/01/04 12:50:27	青菜	2037.1	公克					
2024/01/04 12:50:30	青菜	1960.7	公克					
2024/01/04 12:50:33	青菜	1844.8	公克					
2024/01/04 12:50:36	青菜	1840.4	公克					
2024/01/04 12:50:39	青菜	1841.0	公克					
2024/01/04 12:50:42	青菜	1841.0	公克					
2024/01/04 12:50:45	青菜	1840.9	公克					
2024/01/04 12:50:48	青菜	1842.5	公克					
2024/01/04 12:50:51	青菜	1843.1	公克					
2024/01/04 12:50:54	青菜	1843.0	公克					
2024/01/04 12:50:57	青菜	1843.2	公克					
2024/01/04 12:50:59	青菜	1844.1	公克					

圖 5-3-3Google 試算表重量顏色顯示

3.遇到難題—重量數據上傳延遲：我們將午餐菜盆的重量數據資料合併成表格，能夠方便立即知道菜盆的即時重量，這次模擬測試的主要目標是能讓實際測量午餐菜盆的重量數據，可以減少失誤出現，再進一步調整成最符合實際午餐現狀的重量標準。我們在模擬測試的過程中，發現上傳資料到 Google 試算表上，會有延遲的現象，經過多次反覆測試都不知道發生什麼問題，時好時壞，令我們十分焦慮，我們試著將整套秤重設備轉移至其他場所，發現似乎傳輸比較順暢，推測有可能是無線網路上有許多覆蓋干擾的現象，如果是比較單純的無線網路環境可能會比較容易收集到資料，因此，實際進行午餐菜盆重量測量時，需多提前確認網路連線設備的穩定性。

四、實驗四：前進教室—實測午餐菜盆的重量-「測試 1 個菜盆」。

(一) 研究結果

本實驗我們離開電腦教室，實際前往班級教室實際測量午餐菜盆重量，首先架設秤重感測器 HX-711，完成無線網路設置並連接至物聯網開發板 ESP32。把秤重感測器設備，放置在午餐菜盆下方，開啟電源後進行秤重紀錄。班級同學陸續盛菜，並以教室內的觸控大螢幕，觀察午餐菜盆的重量變化，實驗紀錄整理如表 5-4-1 所示；其次，將實驗所測得的午餐菜盆的重量變化繪製成「午餐菜盆的重量數據變化關係圖」，如圖 5-4-1 所示；最後，綜合上述資料，針對研究問題進行討論。

表 5-4-1 午餐菜盆的重量變化觀測紀錄(青菜)

午餐時段		午餐菜盆 原始重量	同學盛菜 第一輪完畢	用餐時間 自由盛裝	午餐結束 收拾餐具
		午餐準備 約 5 分鐘	盛裝飯菜 約 10 分鐘	用餐時間 約 15-20 分鐘	午餐收拾 約 5-10 分鐘
實測	第一天	2753.6	2034.7	1862.5	1746.5
	第二天	2882.9	2035.2	1863.2	1748.0
	第三天	2676.1	2028.9	1859.0	1720.8
	第四天	2432.7	2036.5	1861.7	1722.0
	第五天	2767.3	2032.7	1862.6	1752.7
平均重量(公克)		2702.52	2033.60	1861.80	1738.00

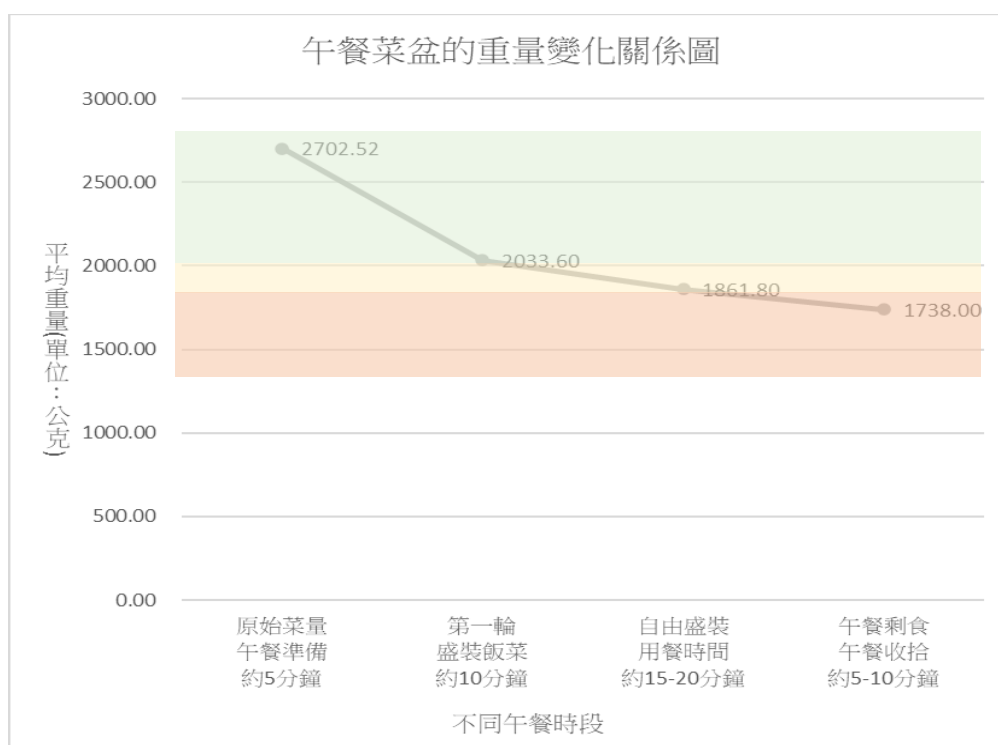


圖 5-4-1 午餐菜盆的重量變化關係圖

(二) 研究討論

1.前置作業-設定無線網路

- (1)我們利用幾天的時間，實際測量六年級某班的菜量變化，發現設備與無線網路務必要先做好前置作業，放置好設備開啟電源，即可開始測量菜盆重量。
- (2)依據表 5-4-1 和圖 5-4-1，我們選擇午餐中銷量最差，湯汁也較少的青菜，作為主要實驗菜盆，我們發現原先使用水瓶的測量標準需要修改，因為午餐的原始菜量沒有想像中的那麼重，所以應該可修改成大於 2000 公克的菜量就表示充足(綠色)，介於 2000 公克到 1500 公克的菜量表示尚可(黃色)，低於 1500 公克的菜量表示不足(紅色)，實測成功後，將班級的菜量統計公布在網頁供各班級師生參考，有需要可以就近取用。

2.實測午餐狀況紀錄

- (1)第一階段實測時，我們在盛菜前先將重量感測器架設在菜盆之下，等待班級同學陸續完成盛菜後會到座位上，就能即時看見大屏幕上顯示剩餘的食物重量，很可惜因網路穩定性問題，僅有一台裝置持續測重，後續需要繼續排除困難。
- (2)最意外的收穫是在我們實測中，原本銷路不好的青菜，居然很快都被夾光，數字不斷遞減，菜量也減少至極低，顏色就從黃色變成紅色，這應該也是另類的促銷方式吧，大家都很想看到數字變化與顏色的變化。

紀錄時間	菜盆(1)	重量	單位	菜盆(2)	重量	單位	菜盆(3)	重量	單位
2023/10/18 12:12:08	排骨	1.0	公克	青菜	1626.4	公克			
2023/10/18 12:12:27	排骨	1.0	公克	青菜	1684.0	公克			
2023/10/18 12:12:41	排骨	3.0	公克	青菜	1679.6	公克			
2023/10/18 12:12:50	排骨	3.0	公克	青菜	1603.1	公克			
2023/10/18 12:13:27	排骨	130.0	公克	青菜	1552.1	公克			
				青菜	1535.4	公克			
				青菜	1591.5	公克			
				青菜	1515.2	公克			
				青菜	1503.0	公克			
				青菜	1503.2	公克			
				青菜	1448.7	公克			
				青菜	1416.8	公克			
				青菜	1379.8	公克			
				青菜	1346.8	公克			
				青菜	1337.9	公克			
				青菜	1335.7	公克			
				青菜	1316.0	公克			
				青菜	1321.6	公克			
				青菜	1321.3	公克			
				青菜	1321.3	公克			

圖 5-4-2 剩食地圖系統午餐重量數據紀錄



圖 5-4-3 重量數據變黃色的實際菜量



圖 5-4-4 重量數據變紅色的實際菜量

(3)第二階段實測時，我們改善無線網路問題，並重新仔細檢查 HX711 秤重感測器與物聯網之間順暢度，我們成功實測了三個午餐菜盆，後續幾週我們持續進行午餐菜盆的重量實測，持續調整秤重感測器裝置與無限網路，提高設備使用上的穩定性，期待未來可以保持設備穩定性，並持續推廣到各班級使用。

國小剩食地圖系統									
紀錄時間	菜盆(1)	重量	單位	菜盆(2)	重量	單位	菜盆(3)	重量	單位
2023/10/19 11:56:49	雞丁	2754.0	公克	黃瓜	3743.8	公克	小白菜	2691.1	公克
2023/10/19 11:56:54	雞丁	2734.7	公克	黃瓜	3735.8	公克	小白菜	2671.6	公克
2023/10/19 11:57:06	雞丁	2733.0	公克	黃瓜	3732.8	公克	小白菜	2718.6	公克
2023/10/19 11:57:11	雞丁	2739.6	公克	黃瓜	3723.5	公克	小白菜	2717.4	公克
2023/10/19 11:57:15	雞丁	2749.0	公克	黃瓜	3686.9	公克	小白菜	2717.4	公克
2023/10/19 11:57:24	雞丁	2559.9	公克	黃瓜	3706.3	公克	小白菜	2713.4	公克
2023/10/19 11:57:25	雞丁	2701.1	公克	黃瓜	3651.6	公克			
2023/10/19 11:57:33	雞丁	2690.5	公克	黃瓜	3658.0	公克			
2023/10/19 11:57:38	雞丁	2774.2	公克	黃瓜	3641.6	公克			

圖 5-4-5 剩食地圖系統午餐重量數據紀錄



圖 5-4-6 綠色菜量(菜盆 1)



圖 5-4-7 黃色菜量(菜盆 1)



圖 5-4-8 午餐菜盆秤重



圖 5-4-9 綠色菜量(菜盆 2)



圖 5-4-10 黃色菜量(菜盆 2)



圖 5-4-11 紅色菜量(菜盆 2)



圖 5-4-12 綠色菜量(菜盆 3)



圖 5-4-13 黃色菜量(菜盆 3)



圖 5-4-14 紅色菜量(菜盆 3)

五、實驗五：更新午餐菜盆重量數據回傳方式-「Line 群組、Dashboard 長條圖」。

(一) 研究結果

本實驗主要目標是使用更便捷的方式回傳午餐重量數據「更新午餐菜盆重量數據回傳方式-Line 群組」，我們使用 BlocklyDuinoF2 編輯可連接 Line 群組 App 的積木程式；接著，建立 Line 群組，並取得 Line 群組名稱，再將 Line 群組名稱，寫入連接 Line 群組的積木程式，傳送訊息到 Line 群組，並進行模擬菜盆測重，成功完成秤重裝置架設並順利將菜盆重量資料回傳至 Line 群組，確認這個剩食系統是可成功運行，另一方面改良 Google 試算表資料呈現的方式，兼用訂閱 Mqtt 的方式，讓數據呈現長條圖利於觀察，並將資料儲存在 Thingspeak 平台有助於日後分析與判斷，提供行政參考，綜合上述操作過程，針對研究問題進行討論。

(二) 研究討論

1. 設定回傳重量數據 Line 群組：首先，建立 Line 群組並取其名稱，以 BlocklyDuinoF2 進行積木編輯，寫入可連接 Line 群組的積木程式中，完成午餐菜盆的重量數據傳送訊息到 Line 群組的積木組塊，並進行模擬菜盆測重確認是否能成功運行（如圖 5-5-1 所示）。

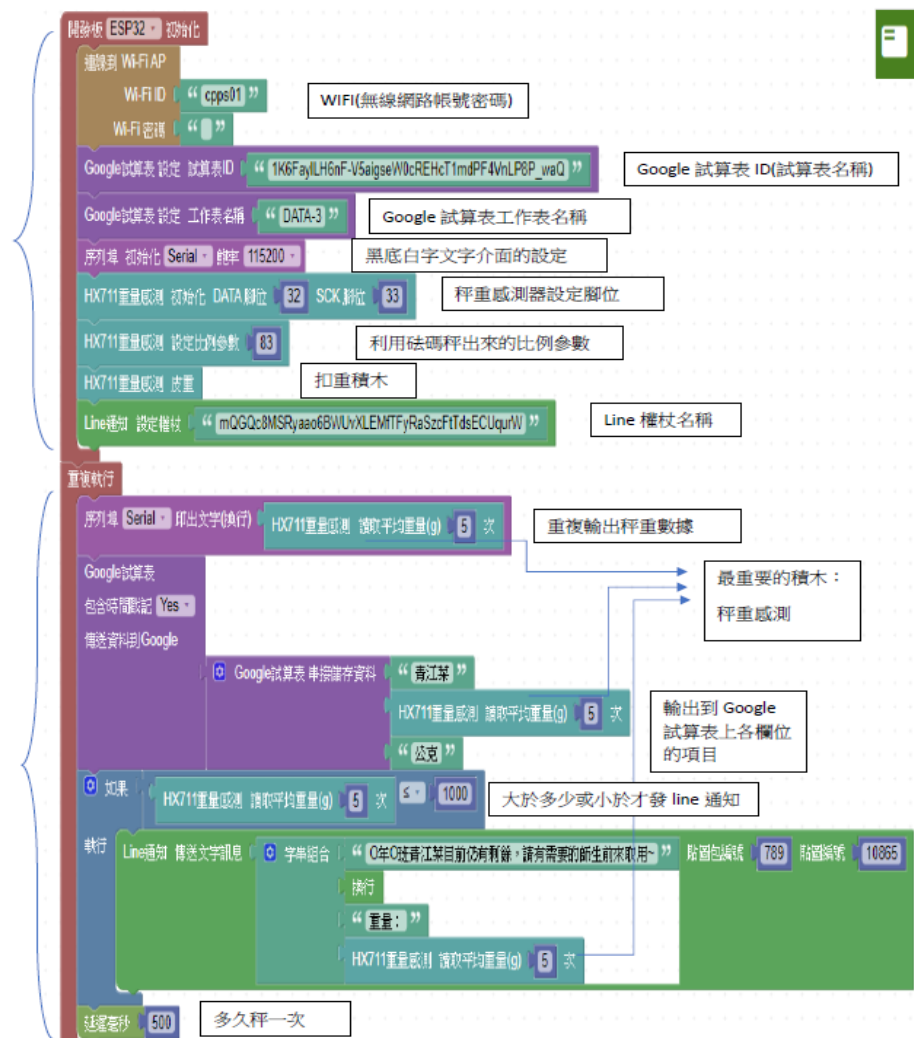


圖 5-5-1 可連接 Line 群組的積木程式

2.改良剩食通知系統：

- (1)延續實驗四，我們將午餐菜盆秤重數據顯示在 Google 試算表之後，發現 Google 試算表是依據時間遞增收集重量數據，每 3-5 秒就會進行秤重紀錄回傳，午餐菜盆的重量數據的資料數量龐雜，午餐菜盆的重量即時顯示方式不夠直覺，也不易讀取資料，因此我們就一起思考該如何解決這個難題?想要採用更為簡單便利，並且設定容易的方式，進行午餐的剩食通知。
- (2)我們觀察到老師手機有全校教師 Line 群組，可以隨時告訴我們學校重要資訊與活動，讓我們聯想到若能善用「Line 群組」的便利性，建立專屬學校的「校園午餐剩食通知群組」，用餐結束前 5-10 分鐘，將班級有剩食的訊息通知，傳送學校的「校園午餐剩食通知群組」，而且可以正確通知班級地點及午餐剩餘重量，不僅能改善 Google 試算表不易讀取重量訊息的缺點，也同時增加剩食訊息推播速度與正確性。

3.設定 Line 群組的積木組塊：首先，先取得 LINE Notify 權杖，即讓 ESP32 開發板取得以 LINE 通知的密碼，並在 BlocklyDuinoF2 初始值設定中加入權杖數值。接下來，在重複執行迴圈中加入判斷式，IF 秤重感測大於 2000 公克，則執行以下字串，同時發送至 Line 群組：

「字串組合如下：

1.地點(班級)名稱 2.菜盆名稱 3.重量感測 4.重量單位 5.情境貼圖」

Line 通知的程式組合與 Google 試算表同步進行，利用物聯網可以即時在兩處呈現，去除漏接訊息的狀況。



圖 5-5-2 Line 群組測試-有剩食可取食



圖 5-5-3 Line 群組測試-午餐吃光了

4.改良呈現方式 Dashboard 長條圖：

- (1)我們發現 Google 試算表資料龐雜，嘗試訂閱 Mqtt 網頁伺服器，一方面增進資料回傳速度，一方面可增加直覺觀察。
- (2)設定程式增加連線到伺服器的積木組合(如圖 5-5-4 所示)
- (3)新增訂閱主題，即可在儀表板上設定觀察的圖形，我們設定長條圖便於觀察。(如圖 5-5-5 所示)

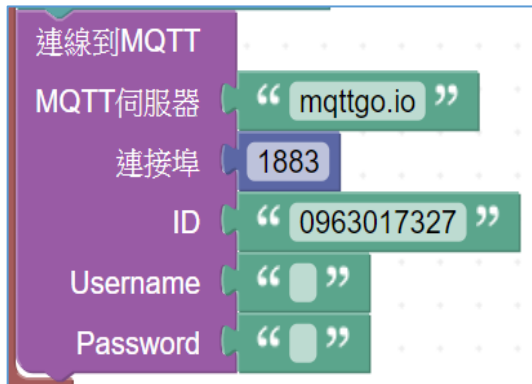


圖 5-5-4 在程式上設定 Mqtt 伺服器



圖 5-5-5 Mqtt 網頁呈現長條圖

5.設定 ThingSpeak 平台作為資料收集應用：

- (1)收集的資料眾多如何長期保存並觀察趨勢與分析，經建議利用 ThingSpeak 這個平台做長期趨勢的分析。
- (2)設定相關程式積木，可直接連結實驗結果(如圖 5-5-6 所示)
- (2)我們可以利用每日收集的數據，儲存成折線圖，彼此對照與分析，即可進行大數據的研究，提供學校單位日後估計與分配。(如圖 5-5-7 所示)

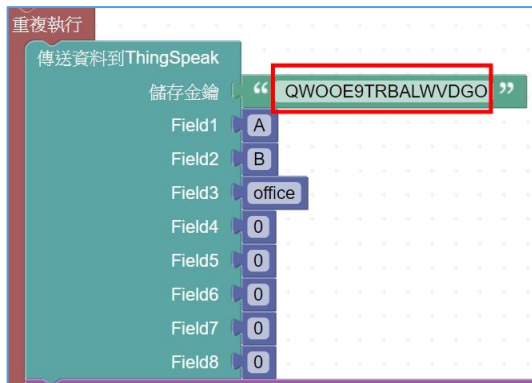


圖 5-5-6 在程式上設定 Mqtt 伺服器

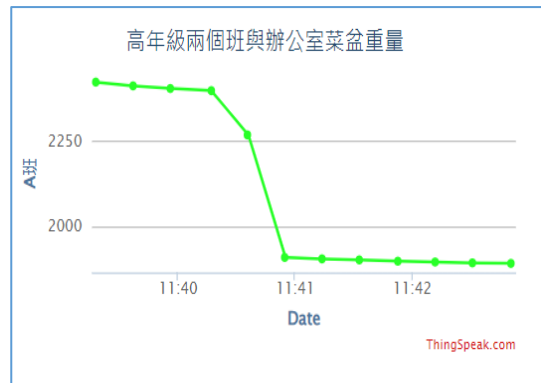


圖 5-5-7 Mqtt 網頁呈現長條圖

六、實驗六：新增午餐數據呈現方式-「午餐營養素計算」

(一) 研究結果

本實驗主要目的是增加午餐營養素的攝取過程，計算方式是根據食品營養成分資料庫提供各類食品營養成分表所記載，並與營養師討論各類食品對於師生最需要的營養素攝取而來，統一使用每 100 公克單位含量。

在 Google 試算表上新增欄位同步計算已食用之菜重，及建立相對應的營養素攝取量，綜合上述設定過程，針對此研究問題進行討論。

(二) 研究討論

1.如何收集食品準確營養素：運用衛生福利部食品藥物管理署建立之食品營養成分資料庫檢所有關食品營養相關訊息（如圖 5-5-1 所示）。

2.改善 Google 試算表呈現內容：

(1)我們除將午餐菜盆秤重數據顯示在 Google 試算表之外，利用 3-5 秒就會進行秤重回傳的數據，新增已經食用的重量這一內容，意即初始重量－剩餘重量＝進食重量，因此可以據此計算食用重量換算成為食用攝取之營養素。

(2)由於尚未將菜盆放置於感測器上，感測內容歸零，此時若立即換算營養素並不準確，因此需將菜盆放置後，偵測一段時間後再開始換算，由於統一以 100 公克為計算標準，因此前一段時間尚未有攝取之營養素也是正常的。

3.實測重量換算為營養素：

Google 試算表的重量測量與攝取營養素同步進行，圖表以青菜作為範例，攝取的營養素重點是膳食纖維，因此當吃完 108.7 公克，意即表示有攝取 100 公克含有 1.2 公克的膳食纖維。

食品營養成分資料庫(新版)	
食品分類	蔬菜類
資料類別	樣品基本資料
整合編號	E3200702
樣品名稱	水耕小白菜(4月取樣)
俗名	白菜,青菜,散葉白菜,無心菜,蔴,不結球白菜,土白菜
樣品英文名稱	Pak-choi,
內容物描述	生,小白菜,去根部,混合均勻打碎
廠家	
每單位重(可食部分):	1 _____ x 0.0克 = 0.0克
計算每	100 _____ 克成分值

圖 5-6-1 收集食品營養素

分析項分類	分析項	單位	每100克含量	樣本數
一般成分	熱量	kcal	13	
一般成分	修正熱量	kcal	11	
一般成分	水分	g	95.8	1
一般成分	粗蛋白	g	1.1	1
一般成分	粗脂肪	g	0.2	1
一般成分	飽和脂肪	g		
一般成分	灰分	g	0.7	1
一般成分	總碳水化合物	g	2.2	
一般成分	膳食纖維	g	1.2	1
糖質分析	糖質總量	g		

圖 5-6-2 查詢食品營養素成分

校園零					
紀錄時間	6年3班	剩餘重量	單位	吃完重量	已攝取營養素(膳食纖維)
2024/5/31 11:21:59	小白菜	0.3	公克	2728.2	324
2024/05/31 11:22:00	小白菜	0.2	公克	2727.7	324
2024/05/31 11:22:04	小白菜	0.6	公克	2727.3	324
2024/05/31 11:22:08	小白菜	10.5	公克	2717.5	324
2024/05/31 11:22:15	小白菜	2724.0	公克	3.9	0
2024/05/31 11:22:16	小白菜	2098.1	公克	629.8	72
2024/05/31 11:22:18	小白菜	2724.5	公克	3.4	0
2024/05/31 11:22:22	小白菜	2727.0	公克	0.9	0
2024/05/31 11:22:28	小白菜	2727.9	公克	0.0	0
2024/05/31 11:22:29	小白菜	2726.2	公克	1.7	0
2024/05/31 11:22:32	小白菜	2728.1	公克	-0.2	0
2024/05/31 11:22:35	小白菜	2619.2	公克	108.7	12
2024/05/31 11:22:40	小白菜	2328.4	公克	399.5	36
2024/05/31 11:22:43	小白菜	2337.8	公克	390.1	36

圖 5-6-3 剛開始測量時數據未正確

校園零					
紀錄時間	6年3班	剩餘重量	單位	吃完重量	已攝取營養素(膳食纖維)
2024/05/31 11:22:28	小白菜	2727.9	公克	0.0	0
2024/05/31 11:22:29	小白菜	2726.2	公克	1.7	0
2024/05/31 11:22:32	小白菜	2728.1	公克	-0.2	0
2024/05/31 11:22:35	小白菜	2619.2	公克	108.7	12
2024/05/31 11:22:40	小白菜	2328.4	公克	399.5	36
2024/05/31 11:22:43	小白菜	2337.8	公克	390.1	36
2024/05/31 11:22:47	小白菜	2328.1	公克	399.9	36
2024/05/31 11:22:50	小白菜	2328.0	公克	399.9	36
2024/05/31 11:22:54	小白菜	1722.6	公克	1005.3	120
2024/05/31 11:22:57	小白菜	1713.1	公克	1014.8	120
2024/05/31 11:23:02	小白菜	1708.7	公克	1019.3	120
2024/05/31 11:23:05	小白菜	1705.8	公克	1022.1	120
2024/05/31 11:23:08	小白菜	1212.2	公克	1515.7	180
2024/05/31 11:23:11	小白菜	1207.9	公克	1520.0	180

圖 5-6-4 經過一段時間數據準確

七、實驗七：前進教室—實測午餐菜盆的重量-「測試多個地點」。

(一) 研究結果

本實驗主要目標為：突破只能在同一地點進行午餐菜盆秤重的限制，達到多個班級、多個地點同時進行午餐菜盆秤重，並且能同步在不同地點即時收到剩食通知。綜合上述實測過程的觀察與發現，針對研究問題進行討論。

(二) 研究討論

1.前置作業-設定無線網路

(1)我們邀請隔壁班級一起加入我們的午餐剩食系統測試，制定固定測試的時間(11:50~12:30)，觀察午餐菜盆的重數量據變化。

(2)我們進行二個班級的無線網路測試，並進行剩食系統設備連線，Google 試算表網頁即會同時呈現二個班級的午餐青菜菜盆的重量數據，依時間的遞增，每 3-5 秒回傳一次即時重量數據，二班師生都可以從重量數字及顏色標示，清楚的觀察到本班及隔壁班目前菜盆重量。

2.實測午餐狀況紀錄

(1)第一階段實測時，我們觀察到 A 班在測試初期，午餐菜盆的重量數據下降得很快，而顏色很快的就變成紅色，我們立刻就可以知道 A 班菜量所剩不多，若還有需求取用青菜的同學，則不應該去 A 班取菜。在進行完午餐剩食系統測試後，我們跑去詢問 A 班同學，他們青菜為什麼這麼快就吃光了，才發現原來班導師提前已先規定每人盛裝份量較一般班級多，因此在第一輪盛裝之後已所剩無幾。此外，B 班的午餐菜盆重量則呈現穩定下降，一段時間之後呈現停止沒有改變，由此可以得知，B 班仍有剩餘菜量，若有需求則可向其索取，因班教師並無規定每人菜量，並且本實驗針對多數學生不愛吃的青菜作為研究目標，「有沒有規定吃多少青菜」成為午餐重量數據表現的關鍵。

(2)第二階段實測時，延續第一階段二個班級實測成功之後，我們新增第 3 個地點-教師用餐的部分，教師用餐場所設置於辦公室，菜量比一般教室多，以往師生若有菜量不足的問題，第一時間就會去辦公室詢問，然而有此午餐剩食通知系統，可以更清楚地知道午餐食物的即時剩餘重量結果，許多老師對於秤重設備感到十分好奇，也對於午餐食物重量的實測結果感到驚奇，並理解到物聯網的世界早已深入影響我們的生活。

校園零浪費剩食地圖系統									
紀錄時間	六年三班	重量	單位	六年六班	重量	單位	辦公室	重量	單位
2024/01/12 12:01:06	青菜	1849.2	公克	青菜	1540.4	公克	青菜	3964.2	公克
2024/01/12 12:01:10	青菜	1850.2	公克	青菜	1572.0	公克	青菜	3960.1	公克
2024/01/12 12:01:12	青菜	1847.7	公克	青菜	1572.0	公克	青菜	3957.9	公克
2024/01/12 12:01:15	青菜	1846.5	公克	青菜	1502.3	公克	青菜	3954.5	公克
2024/01/12 12:01:18	青菜	1847.0	公克	青菜	1507.3	公克	青菜	3951.9	公克
2024/01/12 12:01:21	青菜	1841.3	公克	青菜	1616.2	公克	青菜	3948.1	公克
2024/01/12 12:01:25	青菜	1837.9	公克	青菜	1494.7	公克	青菜	3944.2	公克
2024/01/12 12:01:27	青菜	1828.8	公克	青菜	1486.8	公克	青菜	3940.3	公克
2024/01/12 12:01:31	青菜	1847.8	公克	青菜	1412.8	公克	青菜	3937.0	公克
2024/01/12 12:01:33	青菜	1835.2	公克	青菜	1407.4	公克	青菜	3933.7	公克
2024/01/12 12:01:36	青菜	1802.9	公克	青菜	1452.4	公克	青菜	3931.3	公克
2024/01/12 12:01:38	青菜	1874.0	公克	青菜	1495.4	公克	青菜	3927.8	公克
2024/01/12 12:01:41	青菜	1820.8	公克	青菜	1382.9	公克	青菜	3924.8	公克

圖 5-6-1 Google 試算表同時呈現不同地點的剩餘菜量

陸、結論

一、研究結論

因應物聯網時代的來臨，善用無線基地台的便利與傳輸速度增加，我們發揮巧思讓午餐菜盆「說話」，也幫助我們嘗試解決生活上的問題。

午餐剩食地圖系統所使用的 HX711 秤重感測器最大範圍來到 20 公斤，測量一個菜盆的重量綽綽有餘，為了力求精準，我們需要持續不斷反覆測試去定義「剩食」的狀態（包括時間掌握與菜盆食物重量），以免僅是概念模型而不能實際應用在生活中。

根據我們的觀察，並不是每個班級都偏愛主食而討厭蔬菜，有的班級苦無配菜下飯，就很需要有人告訴他們哪裡有多餘的蔬菜，或是某個班級飯量特別少但卻愛吃蔬菜，也可以昭告全校來「蹭飯」，我們期待透過**午餐剩食地圖系統**能夠減少學校的營養午餐廚餘，又能讓更多師生吃到美味又營養的飯菜。

二、開發系統過程的其他影響因素

（一）由於物聯網受制於晶片與無線環境的良莠不齊，因此使用方式需要不斷調整，建議若使用設備時，需要確定網路順暢度，最好提早因應，尋求收訊最佳角度。

（二）午餐菜盆難免有油水，因此我們將設備包括感測器、電源、晶片組及線材都隱蔽在椴木片下方，優勢是可以耐久避免潮濕汗損，並且可以適合測量面積較大的菜盆。

（三）秤重感測器設備下方用海綿墊高但不碰觸到上方蓋板，目的是避免影響測重準確，並且在菜盆傾倒之前，能將之支撐，穩定地讓同學盛菜，不影響班級午餐的進行。

（四）午餐剩食地圖系統是因疫情期間口罩地圖 APP 的發想而來，當時哪裡有多餘的口罩，勢必是民眾蜂擁成群搶購的對象店家，因此，如果能在校內及時出現多餘餐食的訊息，又能引起師生主動探詢或取用，也能持續深入研究使用「午餐剩食地圖系統」後是否有讓學校廚餘數量有確實減少。

柒、參考資料與其他

一、書籍資料

- 1.南一自然科編輯團（2023）。國民小學自然與生活科技五下。臺南市：南一。
- 2.南一自然科編輯團（2024）。國民小學自然與生活科技六下。臺南市：南一。
- 3.南一數學科編輯團（2024）。國民小學數學六下。臺南市：南一。

二、網路資料

- 1.未來城市@天下（2024年1月18日）。**SDGs 懶人包》什麼是永續發展目標 SDGs？17 項目標一次掌握**。取自 <https://futurecity.cw.com.tw/article/1867>
- 2.傑森創工（2019年10月15日）。**Arduino HX711 電子秤完整範例**。取自 https://blog.jmaker.com.tw/hx711_set/
- 3.吉哥分享（2022年12月19日）。**HX711 重量感測**。取自 <https://sites.google.com/jes.mlc.edu.tw/ljj/esp32/hx711%E9%87%8D%E9%87%8F%E6%84%9F%E6%B8%AC>
- 4.Taiwaniot（2023年9月10日）。**HX711 高精度電子秤重感測器 24 位 A/D 轉換器**。取自 <https://www.taiwaniot.com.tw/product/hx711-高精度-電子秤重-感測器-24位ad轉換器/>
- 5.米羅科技文創學院（2023年3月11日）。**【IOT 物聯網應用-ESP32】第一篇：認識 ESP32，如何選擇合適的 ESP32？**。取自 <https://shop.mirotek.com.tw/iot/esp32-start-1/>
- 6.icshopping（2023年9月10日）。**ESP32 物聯網基礎學習套件**。取自 <https://www.icshop.com.tw/products/368030200792>

三、圖片資料來源

- 1.圖 1-1-1 引用來源：未來城市@天下（2024年1月18日）。**SDGs 懶人包》什麼是永續發展目標 SDGs？17 項目標一次掌握**。取自 <https://futurecity.cw.com.tw/article/1867>
- 2.圖 5-1-1 引用來源：傑森創工（2019年10月15日）。**Arduino HX711 電子秤完整範例**。取自 https://blog.jmaker.com.tw/hx711_set/
- 3.圖 5-1-2 引用來源：Taiwaniot（2023年9月10日）。**HX711 高精度電子秤重感測器 24 位 A/D 轉換器**。取自 <https://www.taiwaniot.com.tw/product/hx711-高精度-電子秤重-感測器-24位ad轉換器/>
- 4.除上述 1~3 所述圖片引用自他處，其餘圖片均為作者拍攝、截圖相關程式之畫面。

【評語】 082817

在這份科展作品中，學生從日常生活中觀察到學校午餐剩食問題，結合 SDGs 永續發展目標，設計了一套「午餐剩食地圖系統」，學生運用物聯網技術，結合 HX711 秤重感測器和 ESP32 開發板，展現了對新技術的學習和應用能力。實驗設計系統性強，從模擬測試到實際應用，逐步完善系統功能。資料呈現多元化，使用 Google 試算表、Line 群組、Dashboard 長條圖等方式，便於使用者查看。考慮到營養素計算，體現了對健康飲食的關注。實際在學校進行測試，並根據反饋不斷改進，顯示了良好的執行力和改善能力。總的來說，這是一個融合科技應用和生活實踐的優秀作品，除了嚴謹且全面的實驗外，更具有很好的推廣與實用價值。

作品簡報



惜食新選擇

打造零浪費午餐剩食地圖系統

摘要

本研究因應生活中觀察到學校營養午餐有許多剩飯剩菜問題，期待能讓食物在倒進廚餘桶前發揮終極價值，結合聯合國「2030永續發展目標(SDGs)-消除飢餓」的願景，設計在班級裡就可以知道哪裡有剩餘營養午餐的「午餐剩食地圖系統」，讓大家能夠知道哪個班級還有午餐剩食可以取用，並知道班級已食用菜量與營養素含量。首先，將裝有食物午餐菜盆放置在HX711秤重感測器設備上，再連接物聯網開發板ESP32；接著，以BlocklyDuinoF2編輯可連接Google試算表和Line群組的積木程式，透過無線Wi-Fi在特定時間內收集重量數據回傳到Google試算表、Line群組和Dashboard長條圖，我們期待珍惜食物、減少剩食從校園開始，讓「午餐剩食地圖系統」成為校園午餐必備的惜食新選擇。

壹、研究動機

(一) SDGs消除飢餓-關心剩食議題

聯合國「2030永續發展目標(SDGs)」的相關課程，希望全球共同努力邁向永續生活，第二項目標是「確保糧食安全，消除飢餓，促進永續農業」，課堂中老師有讓我們看相關影片，敘述著貧窮落後的國家，或許是因為氣候、經濟、政治等等問題，造成許多挨餓饑的人們無法吃飽。地球環境氣候變遷，將面臨糧食危機，身為小學生的我們，可以為地球做點什麼有意義的事情嗎？

(二) 發現營養午餐剩食問題

我們觀察到學校營養午餐的剩飯剩菜，實際訪查學校廚餘的狀況，每週仍有將近400公升的廚餘，讓食物在倒進廚餘桶前發揮終極價值。



(三) 創意發想-解決剩食問題：

透過我們觀察到的午餐剩食現象，共同討論發想解決方法，我們聯想到疫情期間的口罩地圖APP，能讓大家知道哪個藥局有口罩能購買，參考這個概念，我們設計一款在班級裡，就可以知道哪裡還有營養午餐的「午餐剩食地圖系統」，珍惜食物、減少剩食。

教材相關性：南一版五下自然與生活科技「力與運動」、南一版六下自然與生活科技「防鏽與防腐」、南一版六下數學「統計圖表」

貳、研究目的

- (一) 架設秤重感測器與連接物聯網設備
- (二) 以瓶裝水模擬測試午餐菜盆的重量
- (三) 設定午餐菜盆重量數據回傳方式-「Google試算表」
- (四) 前進教室—實測午餐菜盆的重量-「測試1個菜盆」
- (五) 更新午餐菜盆重量數據回傳方式-「Line群組app、Dashboard長條圖」
- (六) 新增午餐數據呈現方式-「午餐營養素計算」
- (七) 前進教室—實測午餐菜盆的重量-「測試多個地點」

參、研究設備與器材

一、感測器製作材料



HX-711、ESP32、木板、海綿、麵包板、杜邦線、USB線

二、實驗儀器與設備



砝碼、黏土、水壺、菜桶、寶特瓶、錄影設備

三、文具用品



剪刀、奇異筆、鉛筆、橡皮擦、尺、布膠帶、膠帶

四、實驗場地



電腦教室、班級教室、午餐餐車

肆、研究流程與方法



伍、研究結果與討論

實驗一：架設秤重感測器與物聯網設備

- (一) 研究問題：
- 1.如何架設秤重感測器HX-711？如何進行HX-711初始化設定？
 - 2.如何將秤重感測器HX-711連接至物聯網開發板ESP32？
- (二) 研究方法：
- 1.文獻探討：查詢秤重感測器HX-711與物聯網開發板ESP32相關資料
 - 2.架設裝置：實際架設秤重感測器HX-711，並進行初始化設定
 - 3.設備連接：將秤重感測器HX-711連接至物聯網開發板ESP32
- (三) 研究結果：
- 1.秤重感測器HX711與物聯網開發板ESP32相關資料

查詢項目	相關資料
秤重感測器 HX711	HX711重量感測模組的接線方式很簡單，只需依據顏色接上4條線即可。接著，要從HX711取得重量則需有函式庫的程式碼。最後，使用校正程式，找出標準重量的物品，執行序列埠監視視窗取得比例參數，再將比例參數輸入要用正式程式中就可以測得準確的重量。(傑森創工, 2019)
物聯網開發板 ESP32	ESP32是一款整合了傳統藍牙、BLE和Wi-Fi網路的平價MCU晶片。可廣泛製作於各種物聯網應用，適用於家庭智能設備、工業無線控制、無線監控、無線定位系統信號以及其它物聯網應用。(米羅科技文創學院, 2023)

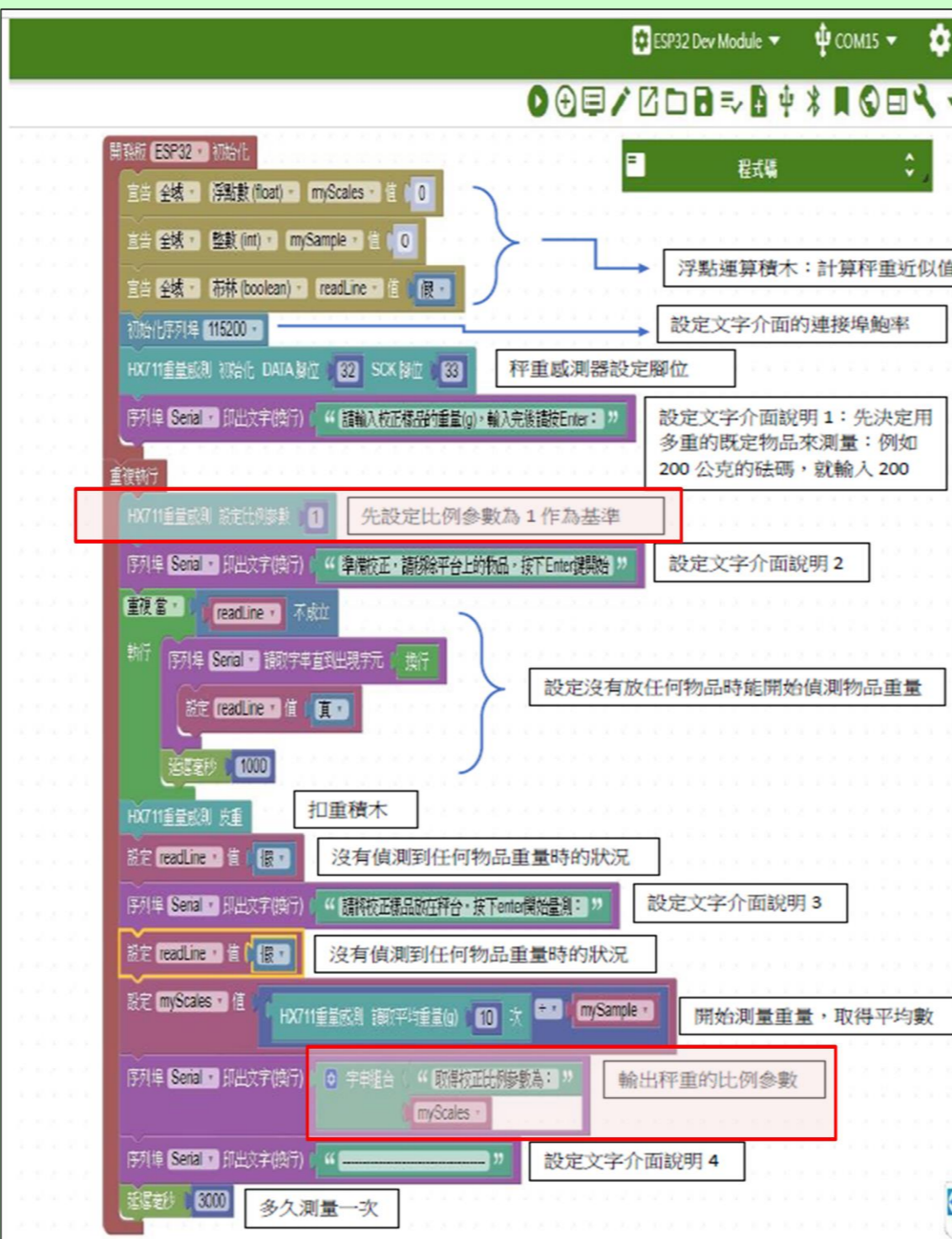


圖 5-1-1 HX711 電子秤組裝完成
(傑森創工, 2019)



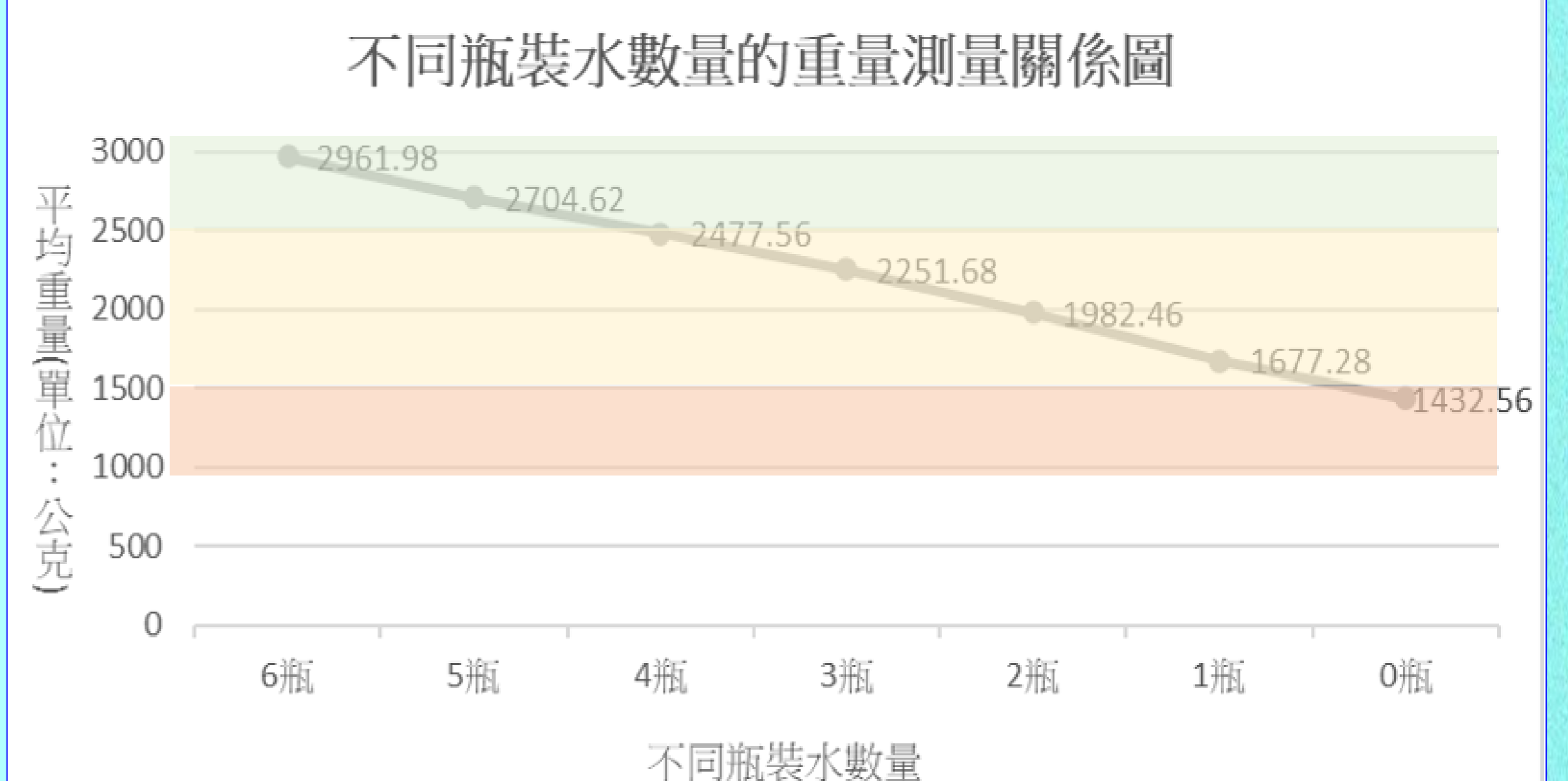
圖 5-1-3 ESP32 開發板
(米羅科技文創學院, 2023)

- (三) 研究討論：
1. 秤重感測器(HX-711)：初始化設定
利用已知重量「砝碼」，搭配初始化的程式，取得比例參數，將比例參數代入積木程式內，並利用序列埠監視視窗，設定多少時間偵測一次(約2秒定時偵測)，可在螢幕顯示物件重量
 2. 連接物聯網開發板ESP32：進行重量測試
使用聯發科技文教基金會開發的BlockyduinoF2免費編輯積木程式的平台，和劉正吉老師研發的秤重感測器的積木程式。



實驗二：瓶裝水模擬測試午餐菜盆重量

- (一) 研究問題：
- 1.午餐菜盆空桶的重量有多重？
 - 2.如何判斷菜盆裡的剩餘菜量有多少？
- (二) 研究方法：
- 1.架設設備：架設秤重感測器HX-711連接至物聯網開發板ESP32。
 - 2.實驗操作：以瓶裝水來模擬菜盆有食物的狀況。
- (三) 研究結果：
- 1.不同瓶裝水數量的重量變化關係圖



- (四) 研究討論：
1. 使用改良後的「秤重感測器v3.0」進行重量測量，以瓶裝水來模擬菜盆有食物的狀況，裝滿6瓶水代表原本菜量，每拿走1瓶水代表菜量逐漸減少，依次遞減成空菜盆的重量狀況
 2. 根據折線圖，可知0瓶水時，重量約為1432.56公克重，則代表午餐菜盆空桶的重量，每次移除1瓶水時，遞減的重量大約在250公克左右，因此訂定重量數據條件設定區間如下：
 - ◆綠色(菜量充足)：大約4瓶水以上的重量，約為2500公克以上的資料儲存格顏色為綠色，代表菜量充足，推估實際午餐狀況為班級學生都完成第一輪的午餐盛飯菜，尚有足夠的量讓同學盛裝第二輪。
 - ◆黃色(菜量尚可)：介於4瓶水以下到1瓶水以上的重量，介於2500公克與1500公克的部分為黃色，代表菜量尚可，推估實際午餐狀況為還需食用的班級同學都已盛裝第二輪、第三輪.....。
 - ◆紅色(菜量不足)：約為1瓶水的重量，約小於1500公克的重量代表菜量不足，可能很快就要完食，推估實際午餐狀況為午餐菜盆僅剩少許食物與湯汁，剩食量較低。

實驗三：設定重量數據回傳-Google試算表

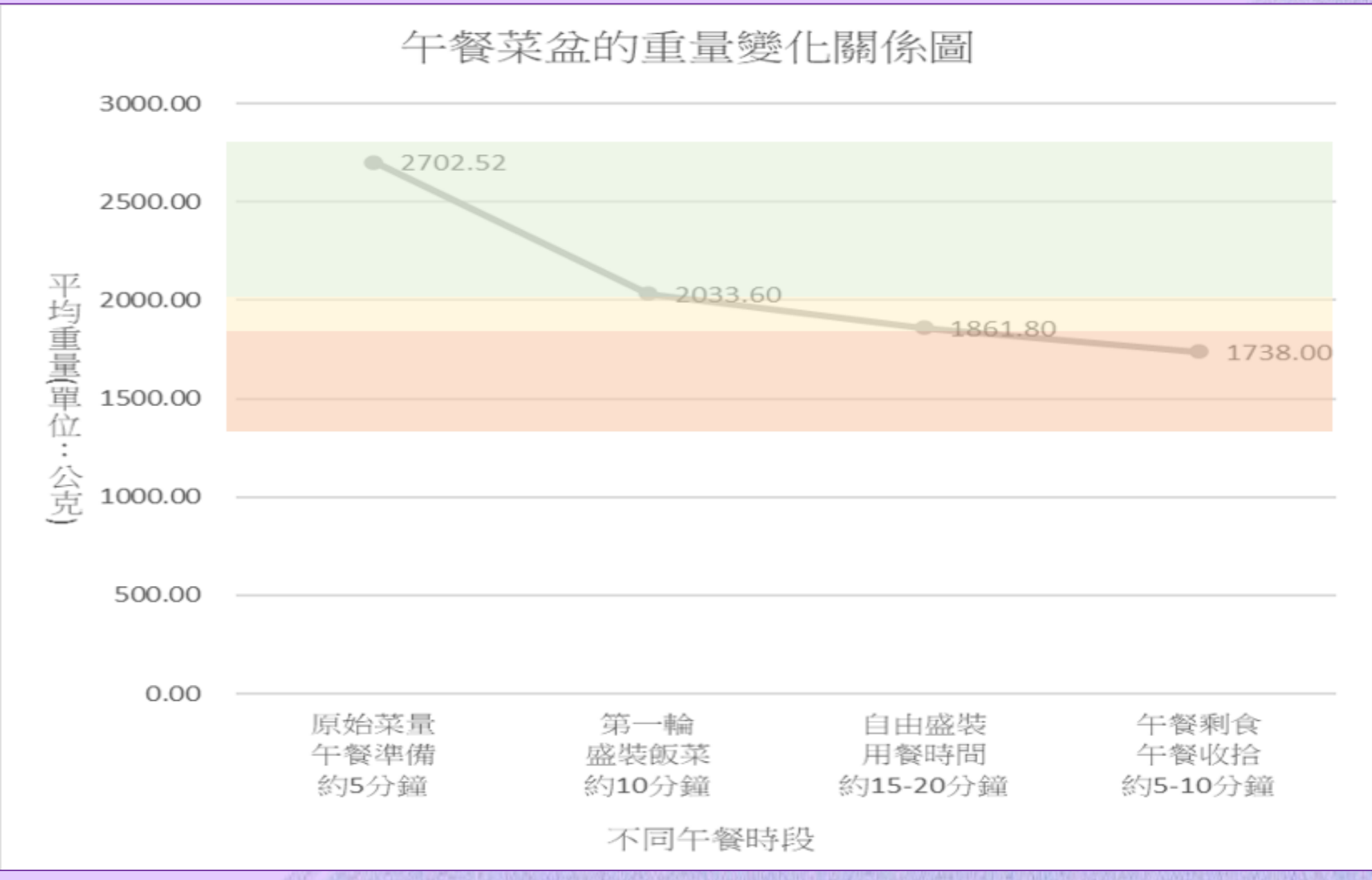
- (一) 研究問題：
- 如何把午餐菜盆重量數據回傳電腦，可給同學查看即時菜量？
- (二) 研究方法：
- 1.架設設備：架設秤重感測器HX-711連接至物聯網開發板ESP32。
 - 2.設定數據：運用Google試算表設定不同條件呈現數據。
- (三) 研究討論：
- 1.設定回傳重量數據Google試算表：取得試算表ID、名稱，編輯可連接試算表積木，將結果連接Google試算表呈現重量數據。
 - 2.Google試算表顏色：綠色代表菜量充足；黃色代表菜量中等；紅色代表菜量不足
 - 3.遇到難題一重量數據上傳延遲

取得Google試算表ID

紀錄時間	小白菜	剩餘重量	單位	吃完重量	已攝取營養素(膳食纖維)	青江菜	剩餘重量	單位	吃重
		2685.3	g	0.0	0	青江菜	1854.7	g	0
		2684.1	g	1.3	0	青江菜	1854.8	g	-C
		2683.8	g	1.5	0	青江菜	1855.0	g	-C
		2682.8	g	2.5	0	青江菜	1854.4	g	0
2024/07/08 12:15:15	小白菜	2128.9	g	556.4	60	青江菜	1857.0	g	-2
2024/07/08 12:15:28	小白菜	1768.4	g	917.0	108	青江菜	1854.7	g	0
2024/07/08 12:15:33	小白菜	1768.3	g	917.0	108	青江菜	1855.5	g	-C
2024/07/08 12:15:38	小白菜	1767.6	g	917.7	108	青江菜	1855.4	g	-C
2024/07/08 12:15:43	小白菜	1767.7	g	917.6	108				
2024/07/08 12:15:48	小白菜	1755.0	g	930.3	108				
2024/07/08 12:15:53	小白菜	1684.9	g	1000.5	120				
2024/07/08 12:15:58	小白菜	1368.4	g	1316.9	156				
2024/07/08 12:16:03	小白菜	1181.8	g	1503.5	180				

實驗四：前進教室-實測午餐1個菜盆

- (一) 研究問題：
- 離開電腦教室，前往班級教室實際測量午餐菜盆重量，秤重感測器是否還能順利運作並回傳重量數據呢？
- (二) 研究結果：
- 1.午餐菜盆的重量變化關係圖



- (四) 研究討論：
1. 根據折線圖，我們發現水瓶的測量標準需要修改，午餐原始菜量沒有想像中的那麼重，所以應該可修改大於2000公克的菜量就表示充足(綠色)，介於2000公克到1500公克的菜量表示尚可(黃色)，低於1500公克的菜量表示不足(紅色)。
 2. 實測午餐
 - ◆第一階段實測，因網路穩定性問題，僅有一台裝置持續測重
 - ◆第二階段實測，我們改善無線網路問題，重新仔細檢查HX711秤重感測器與物聯網之間順暢度，成功實測三個午餐菜盆。



伍、研究結果與討論

實驗五：更新數據回傳-Line群組

- (一) 研究問題：是否有更方便的方式能夠回傳午餐重量數據？
- (二) 研究方法：運用Line群組App即時回傳午餐菜盆的重量數據
- (三) 研究討論：

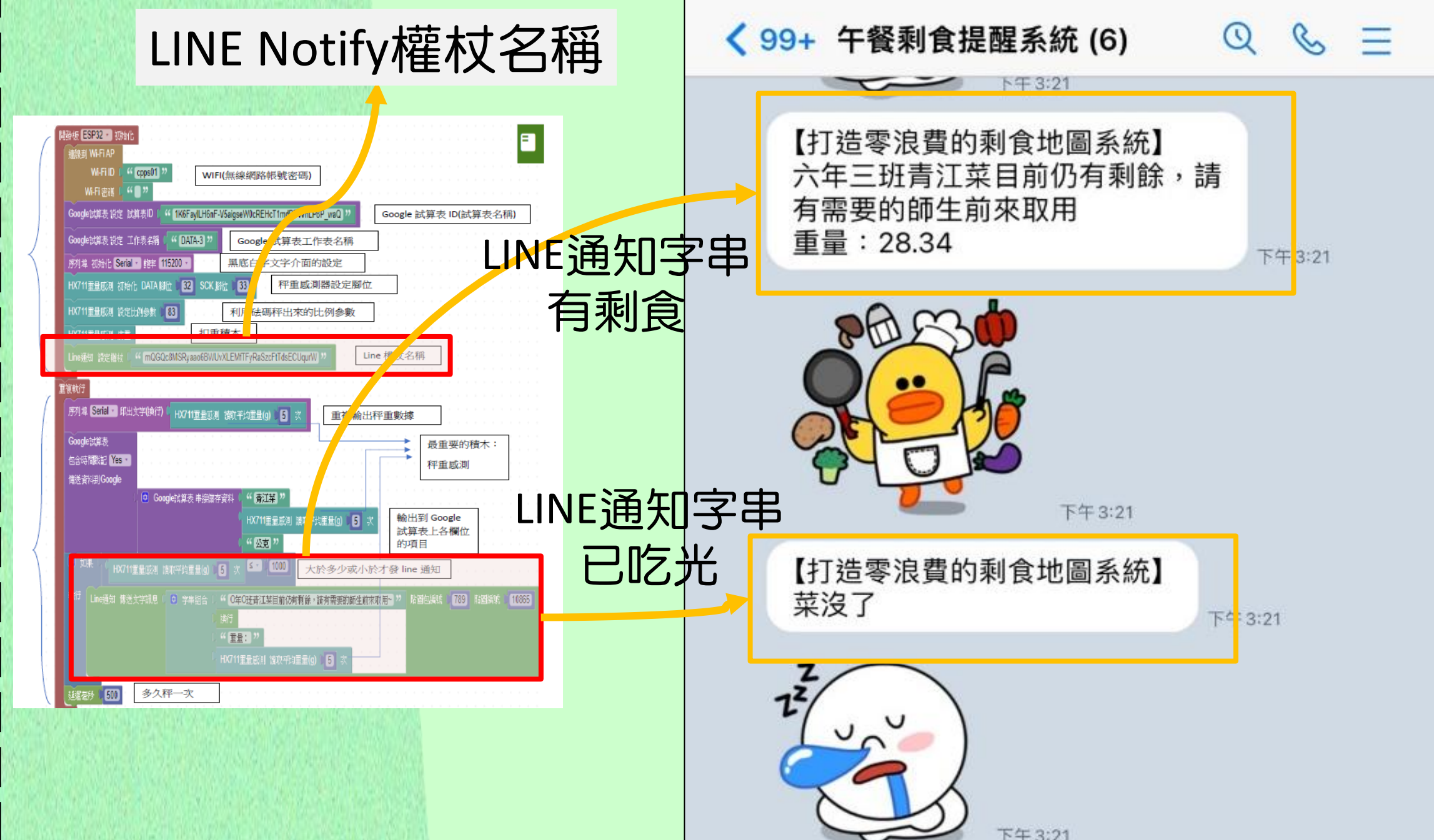
1. 設定回傳重量數據Line群組：建立Line群組並取其名稱，以BlocklyDuinoF2進行積木編輯，寫入可連接Line群組的積木程式中，完成午餐菜盆的重量數據傳送訊息到Line群組的積木組塊。

2. 改良剩食通知系統：
◆發現Google試算表是依據時間遞增收集重量數據，重量數據龐雜，不易讀取資料

◆我們聯想到如能善用「Line群組」的便利性，建立專屬學校的「校園午餐剩食通知群組」，用餐結束前5-10分鐘，將班級有剩食的訊息通知，增加剩食訊息推播速度與正確性。

3. 設定Line群組的積木組塊：先取得LINE Notify權杖，即讓ESP32開發板取得以LINE通知的密碼，並在BlocklyDuinoF2初始值設定中加入權杖數值。

字串組合如下：1.地點(班級)名稱2.菜盆名稱3.重量感測4.重量單位5.情境貼圖



4. 新增圖表呈現方式Dashboard長條圖：
◆我們訂閱Mqtt網頁伺服器，以增進資料回傳速度，並在儀表板設定長條圖讓觀察菜量變化更加直覺。

5. 設定ThingSpeak平台作為資料收集應用：
◆我們利用每日收集的數據，儲存成折線圖，彼此對照與分析，即可進行大數據的研究，提供學校單位日後估計與分配，進行長期趨勢的分析。



圖 5-5-4 在程式上設定 Mqtt 伺服器



圖 5-5-5 Mqtt 網頁呈現長條圖



圖 5-5-6 在程式上設定 Mqtt 伺服器

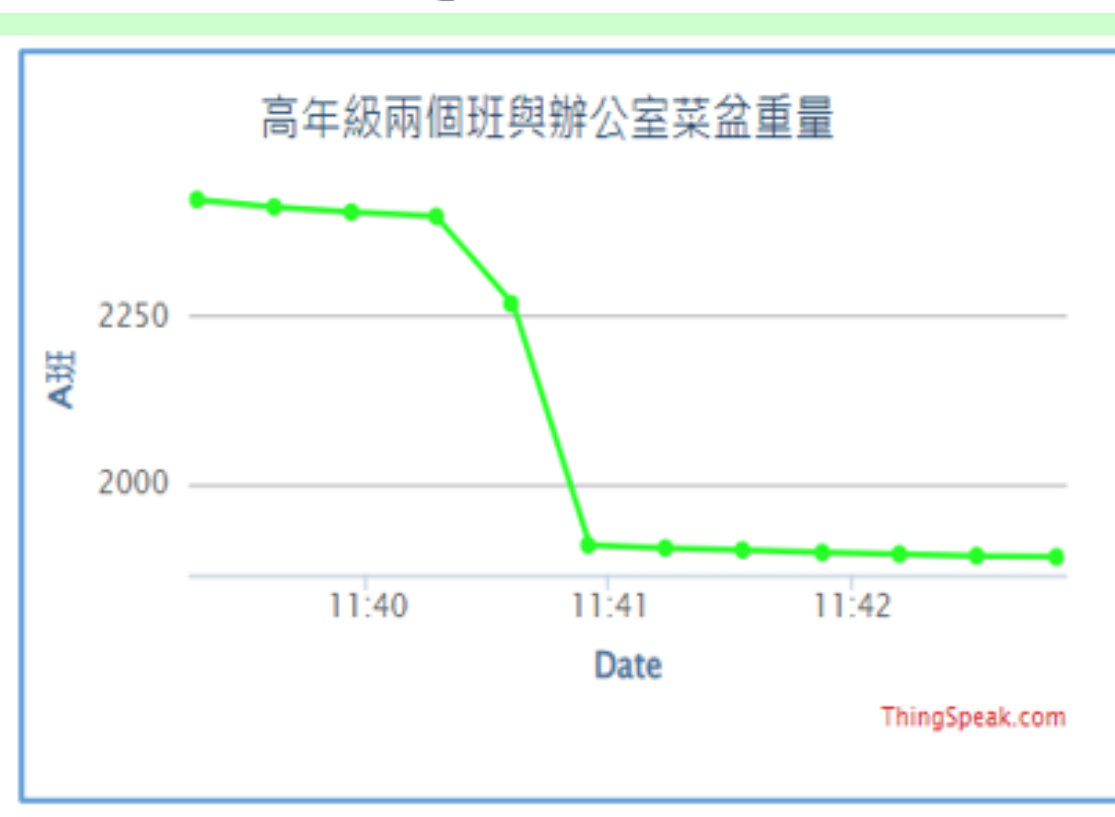


圖 5-5-7 Mqtt 網頁呈現長條圖

實驗六：新增數據呈現 - 營養素

(一) 研究問題：除了監測剩食重量之外，是否可以新增已食用菜量的營養素計算，讓我們能知道需要主動調節進食習慣？

(二) 研究方法：Google試算表新增營養素攝取欄位

(三) 研究討論：

1. 收集準確營養素：運用衛生福利部食品藥物管理署建立之食品營養成分資料庫有關食品營養相關訊息

2. 改善Google試算表呈現內容：

◆我們新增**已食用重量**欄位，意即**初始重量 - 剩餘重量 = 進食重量**，可依此計算將實測已食用重量換算成為**已攝取營養素**。(以100公克為計算標準)

3. 運用雷雕板製作液晶螢幕與按鈕的平台：

◆我們新增「**智能切換按鈕**」，可用來切換不同菜品，並設置**顯示螢幕**便於觀察重量變化，讓「**剩食秤重設備**」更加完整。

實驗七：前進教室實測午餐

(一) 研究問題：在不同地點實際測量午餐菜盆重量，秤重感測器是否還能順利運作並回傳重量數據呢？

(二) 研究方法：實際測量2個地點午餐菜盆重量數據變化

(三) 研究討論：

1. 前置作業-設定無線網路

◆我們邀請**隔壁班級**加入我們的午餐剩食系統測試
◆Google試算表網頁即會**同時呈現二個班級**的午餐青菜菜盆的重量數據，二班師生都可以從重量數字及顏色標示，清楚觀察到本班及隔壁班目前菜盆重量。

2. 實測午餐狀況紀錄

◆第一階段實測，**A班午餐重量下降很快變紅色**，若**還需要取用青菜的同學**，則**不應該去A班取菜**。B班的午餐重量則呈現穩定下降，一段時間後停止沒改變，**B班仍有剩餘菜量**，若有需求則可向其索取。

◆第二階段實測時，新增第3個地點-教師用餐的部分，**教師用餐場所**設置於辦公室，有此午餐剩食通知系統，可更清楚知道午餐食物的即時剩餘重量。



陸、結論

剩食地圖-情境流程圖



因應物聯網時代的來臨，善用無線基地台的便利與傳輸速度增加，我們發揮巧思讓午餐菜盆「說話」，也幫助我們嘗試解決生活上的問題。

根據我們的觀察，並不是每個班級都偏愛主食而討厭蔬菜，有的班級苦無配菜下飯，就很需要有人告訴他們哪裡有多餘的蔬菜，或是某個班級飯量特別少但卻愛吃蔬菜，也可以昭告全校來「蹭飯」。

我們期待**剩食地圖系統**概念模型可以實際應用在生活中，能夠**從源頭減少學校的營養午餐廚餘**，又能讓更多師生吃到美味又營養的飯菜，讓我們也為地球的貢獻一份自己的小小力量。