

逢甲大學學生報告 ePaper

廚餘處理系統  
FOOD WASTE IRRIGATION SYSTEM

作者：蘇妤蘋、程永詠、杜元勝

系級：自動控制工程學系二年級

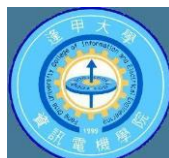
學號：D1056615、D1056454、D1056424

開課老師：謝男凱 老師

課程名稱：可程式控制(含實驗)

開課系所：自動控制工程學系

開課學年：111 學年度 第二學期



## 中文摘要

據環保署統計，台灣平均每人一年浪費的廚餘大概是 96 公斤，全台累計大概浪費 220 萬公噸的廚餘回收量[1]。在過去這些廚餘幾乎都由養豬戶吸收，但近年來為了防堵非洲豬瘟疫情，農委會宣布對廚餘養豬展開嚴格的檢視，造成廚餘廢棄物大量的堆積，散發出惡臭，對環境造成影響。本專題廚餘處理系統的主要目的是為了有效地將家庭、飯店及療養院等產出的大量廚餘廢棄物進行處理，希望能夠賦予這些廚餘廢棄物新的價值，也減少廚餘廢棄物的大量堆積。在整體架構上本專題使用 PLC 及 Arduino 控制各個設備的運作，再將廚餘灌溉系統細分為兩個小系統：（1）廚餘處理系統：將廚餘透過馬達及刀片高速絞碎，再進行高溫烘乾殺菌後轉化成無臭肥料。（2）運輸灌溉系統：將廚餘轉化成植栽的肥料後，透過管線導到需要施肥的植物區。除外，本專題也設計了自動澆水的功能，透過土壤濕度感測器測量土壤的濕度，讓系統進行自動澆水的工作，使得整個系統更為完善，提升灌溉效率，也使得廚餘廢棄物中所含的有機資源得以回收再利用，以達永續發展的目的。



**關鍵字：**邏輯控制器、廚餘處理系統、環境問題

## Abstract

According to statistics provided by the Environmental Protection Administration, the average annual per capita food waste generation in Taiwan stands at approximately 96 kilograms. This translates to an aggregate accumulation of around 2.2 million metric tons of discarded culinary refuse across the nation [1]. Historically, a substantial portion of this food waste was utilized by pig farmers as feed. However, in recent years, due to the heightened risk of African swine fever, the Council of Agriculture has instituted rigorous inspections pertaining to the utilization of kitchen waste as swine feed. Consequently, there has been a notable escalation in food waste accumulation, resulting in noxious emissions and precipitating environmental apprehensions.

The principal objective of this project's food waste management system revolves around the efficient processing of the substantial quantum of kitchen waste generated by households, restaurants, and care facilities. The focal aim is to confer fresh value onto this food waste predicament and to mitigate the quandary of its mounting accrual. The overarching system architecture employs PLC and Arduino for the regulation of diversified apparatuses. Further stratification of the food waste irrigation system comprises two distinct subsystems. First and foremost is the Food Waste Processing System: Within this substructure, food waste undergoes rapid shredding via motors and blades, succeeded by high temperature drying and sterilization processes that transmute it into an inodorous compost medium. The second subsystem is the Transport Irrigation System: After the conversion of food waste into compost favorable for plants, this medium is conveyed through pipelines to assigned plantation regions for fertilization purposes. In addition, an automated irrigation feature has been devised. The system gauges soil moisture levels by means of soil humidity sensors, facilitating automated irrigation to amplify irrigation efficiency. This comprehensive blueprint not only enhances the overall system functionality but also optimizes the recycling of organic resources embedded within food waste, thus aligning seamlessly with the tenets of sustainable development.

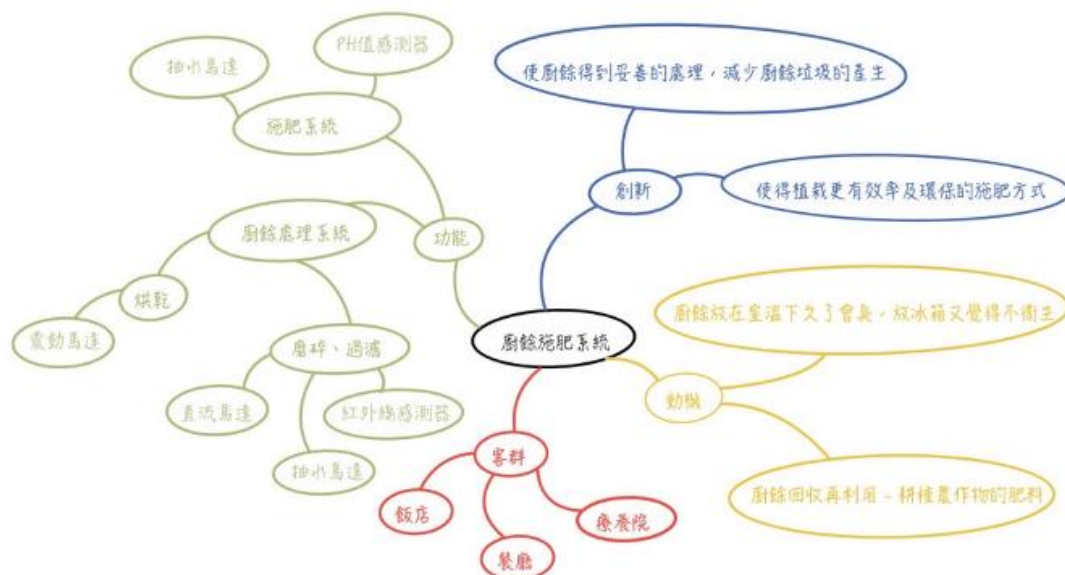
**Keyword :** Programmable Logic Controller (PLC), Food Waste Processing System, Environmental Issues

## 目次

壹、創作動機.....	4
貳、使用設備及元件.....	5
(一)使用設備 .....	5
(二)使用元件 .....	6
參、系統架構.....	7
(一)電路圖 .....	7
(二)流程圖 .....	8
肆、程式架構.....	9
(一)PLC 程式碼 .....	9
(二)Arduino 程式碼 .....	14
伍、實際操作流程.....	16
陸、成品圖.....	16
柒、未來展望.....	17
捌、參考文獻.....	18

## 壹、創作動機

近年來環保意識抬頭，在國外有將廚餘磨成細小碎塊後，讓廚餘跟著水管流至地下道，以減少廚餘廢棄物堆積的技術。有鑑於國人的餐飲特性，若引進此技術，下水道容易因為長期有廚餘油污堆積，造成管線堵塞，且由於廚餘中的鹽份偏高，更可能是戴奧辛之潛在發生源，不利於焚化爐系統之戴奧辛控制，因此也不適用焚化處理。除此之外，國內各地的廚餘垃圾廢棄廠都出現了飽和，甚至有無法負荷的情況發生。然而食物廢棄物因為在短時間內不太會造成重大的影響，時常被人們忽略此問題的存在，因此廚餘廢棄物處理的問題一直無法獲得一個合適的解決方法，使得問題越趨嚴重，以致於影響環境。因此本專題思考了如何透過可程式控制這門課所學習到的知識，構思出一套結合市面上現有廚餘處理機的技术並加以改良及透過引導管線將處理完成的廚餘灑入花園或植栽，如此一來便可以達到更有效率處理廚餘廢棄物以及解決廚餘堆積產生異味的效果，提高對環境和經濟正面的影響。圖 1 為發想初期所繪製的心智圖，以完善整體架構。



▲圖 1 心智圖

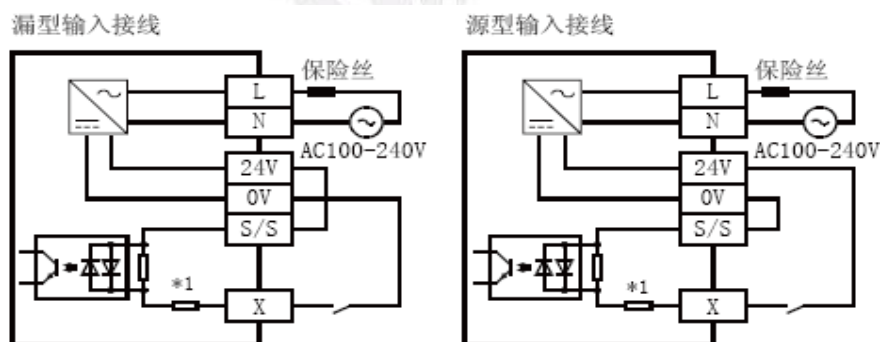
## 貳、使用設備及元件

### (一)使用設備

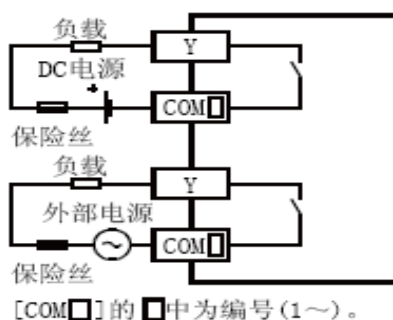
▼表 1 使用設備

設備名稱	數量
可編成邏輯控制器(PLC)	1
Arduino 開發版	1

PLC全名為可程式化邏輯控制器（Programmable Logic Controller），是一種專門用於工業自動化和控制系統的數字電子裝置。PLC 主要用於監控和控制各種自動化過程，如生產線、機械操作、能源管理以及工業設備。PLC 由一個或多個中央處理器（CPU）組成，其核心功能是處理輸入信號，根據預定的程式邏輯進行運算，然後產生對應的輸出信號。[2]這些輸入信號可以來自各種傳感器，如溫度感測器、壓力感測器、開關等。而輸出信號則通過控制各種執行元件，如馬達、閥門、發光二極管（LED）等，來實現所需的操作。本專題使用三菱 FX3U-32MR/ES-A PLC，圖 2 及圖 3 為輸入與輸出迴路結構圖：



▲圖 2 輸入迴路的結構圖[3]



▲圖 3 輸出迴路結構圖[3]

(二)使用元件

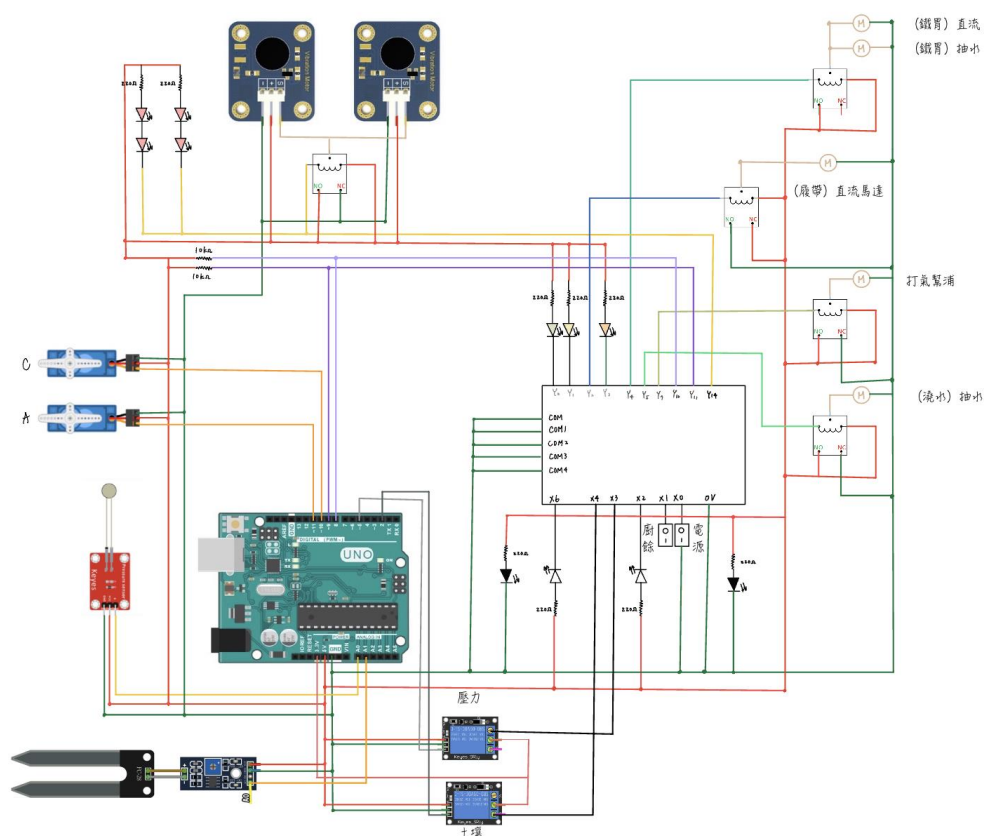
▼表 2 使用元件

元件名稱	數量
DC5V 直流馬達	2
HBCP2-DC3W 水汞(抽水馬達)	4
Arduino 震動馬達模組	2
SG90 伺服馬達	2
370 氣汞(打氣幫浦)	2
紅外線接收器	2
紅外線發射器	2
KEYES 電阻式薄膜壓力感測器	1
Arduino 土壤濕度感測器模組	1
Arduino 繼電器	2
5V 五腳繼電器	5
LED	7
按鈕	2
220Ω 電阻	6
10kΩ 電阻	2

## 參、系統架構

### (一) 電路圖

本專題中 Arduino 負責接收土壤濕度感測器和壓力感測器的訊號，而 PLC 則接收來自按鈕、Arduino 以及紅外線發射器與接收器的訊號[4]，來判斷是否執行動作，並搭配繼電器的使用以確保 PLC 不會因馬達等元件的大過電量造成機台損壞[5]。同時，PLC 也將訊號傳遞給 Arduino 使 SG90 伺服馬達做出正確的角度控制，PLC 與 Arduino 互相配合，如此一來便可完成一套封閉式的系統。圖 4 為廚餘灌溉系統的電路圖：

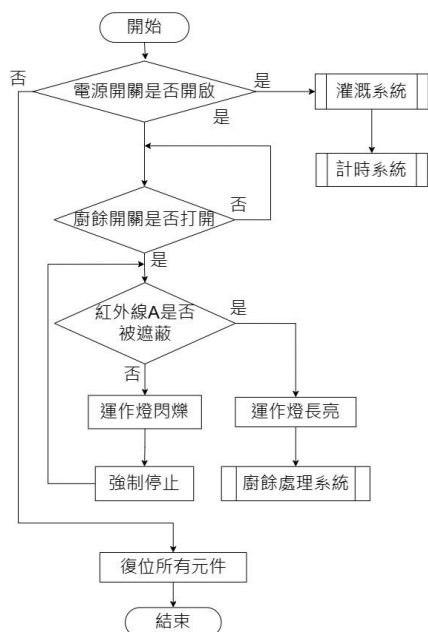


▲圖 4 廚餘灌溉系統電路圖

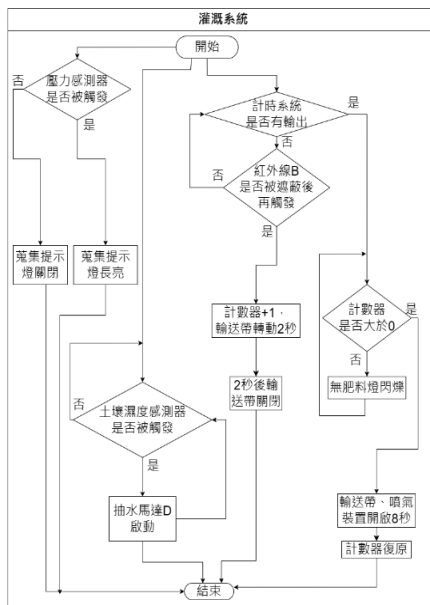


(二) 流程圖

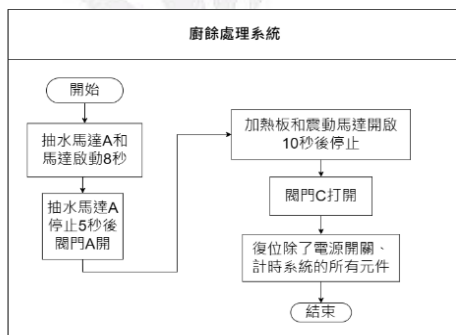
圖 5、圖 6 及圖 7 為整套系統及程式碼運作時的流程方塊圖。



▲圖 5 主要系統流程圖



▲圖 6 運輸灌溉系統流程圖



▲圖 7 廚餘處理系統流程圖

## 肆、程式架構

### (一)PLC 程式碼

本專題使用 GX Developer 軟體撰寫階梯圖並將其轉換為程式碼燒錄至 PLC 中[6]，以完成整套系統之運作。其中程式碼分為三個副程式，分別為計時系統、運輸灌溉系統及廚餘處理系統，其功能介紹如表 3 所示。而輸入、輸出與其對應工作元件如表 4 及表 5 所示。

▼表 3 副程式與其對應系統及功能介紹表

副程式	對應系統	功能
P0	計時系統	計時花圃需施肥之時間
P1	運輸灌溉系統	(1)檢測土壤濕度並自動澆水 (2)偵測肥料蒐集情況
P2	廚餘處理系統	自動完成廚餘絞碎及烘乾

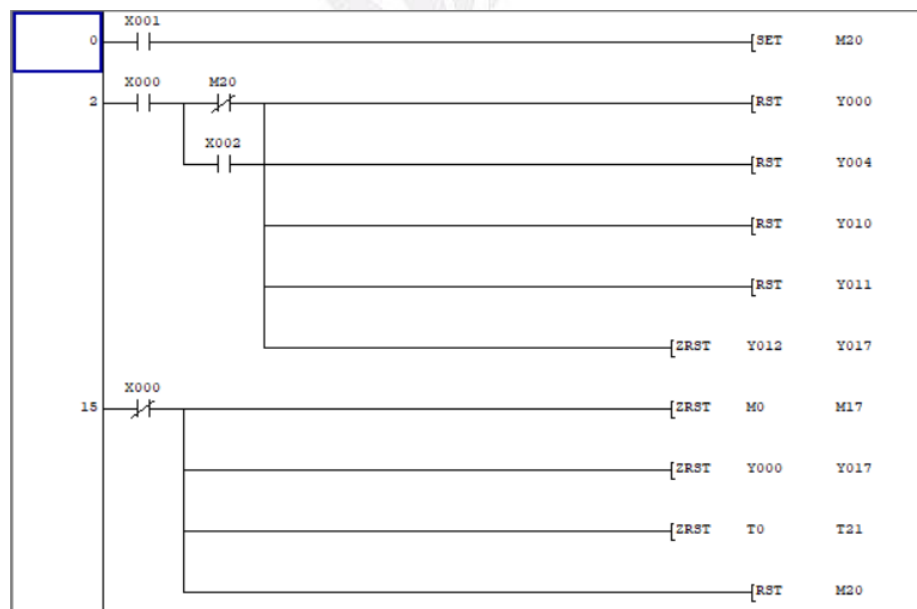
▼表 4 PLC 輸入腳位與其對應元件表

輸入腳位	對應元件
X0	電源開關
X1	廚餘處理開關
X2	紅外線接收器 A
X3	壓力感測器
X4	土壤溼度感測器
X6	紅外線接收器 B

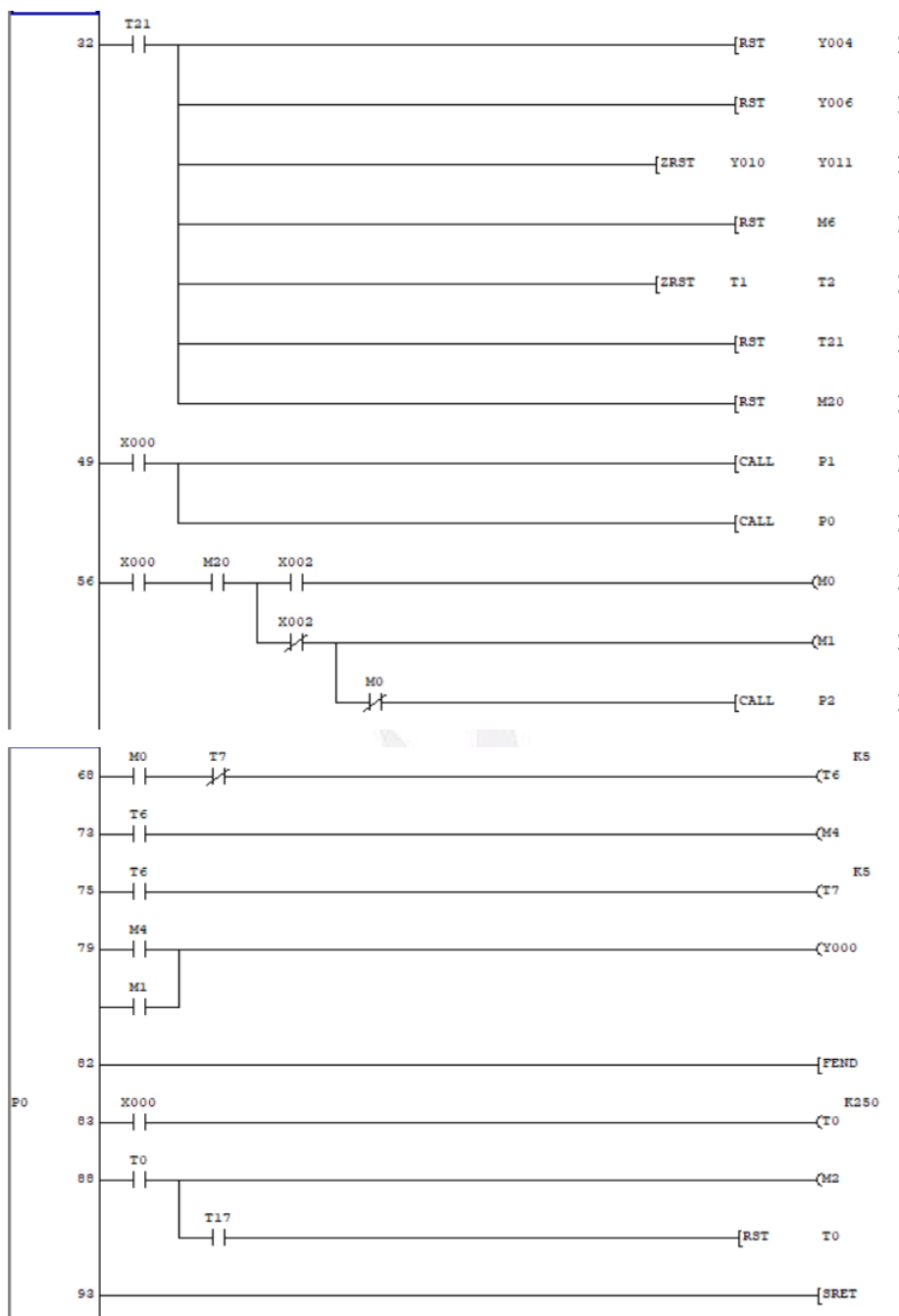
▼表 5 PLC 輸出腳位與其對應元件表

輸出腳位	對應元件
Y0	(運作燈)綠色 LED
Y1	(蒐集香提示燈)黃色 LED
Y2	(輸送帶)直流馬達
Y3	(無肥料燈)橘色 LED
Y4	(攪碎機)直流馬達、抽水馬達
Y5	(自動澆水)抽水馬達
Y7	打氣幫浦
Y10	(上閥門)伺服馬達
Y11	(下閥門)伺服馬達
Y14	(烘乾層)震動馬達、LED

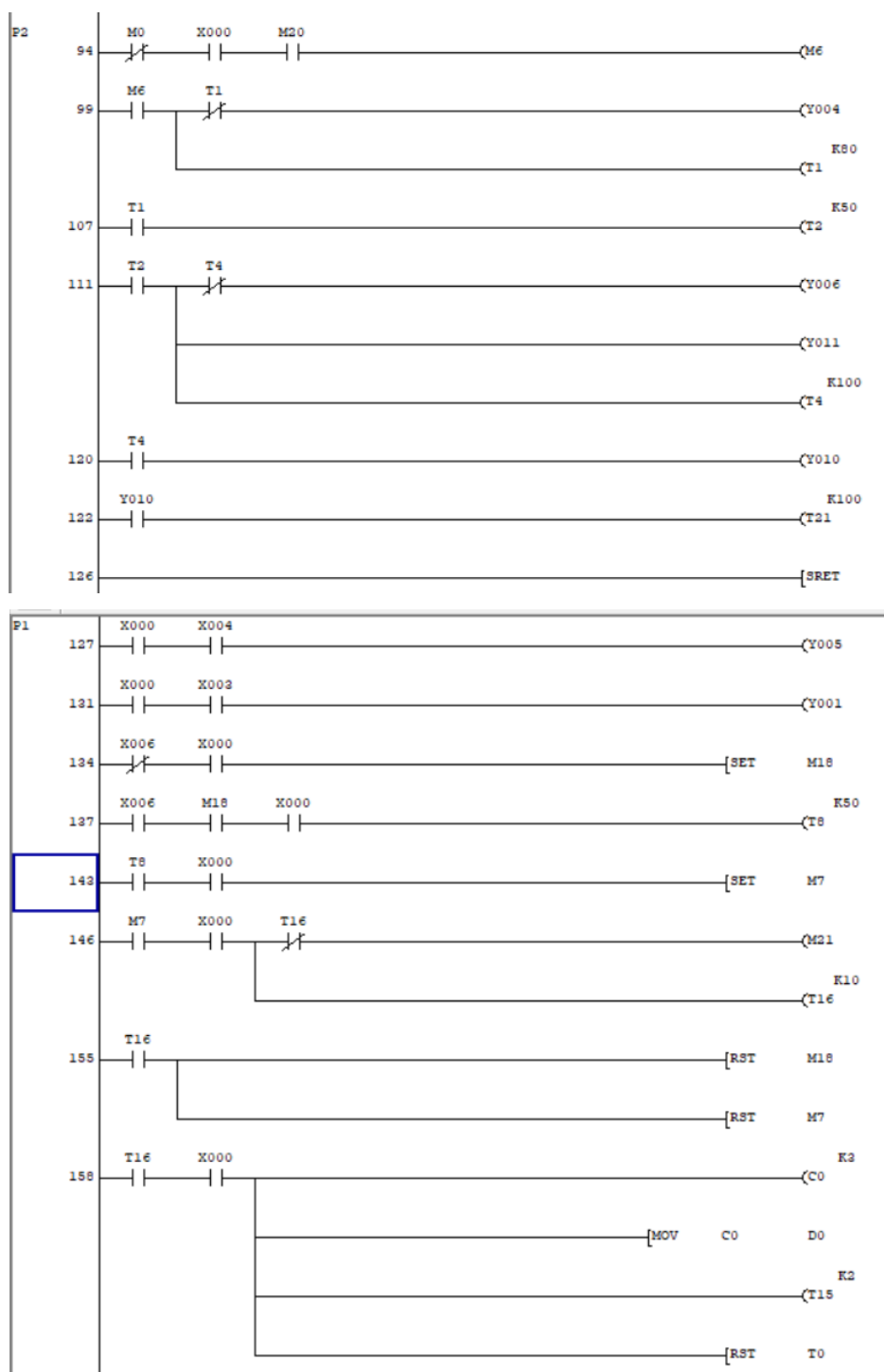
圖 8 為完整版 PLC 階梯圖程式碼。



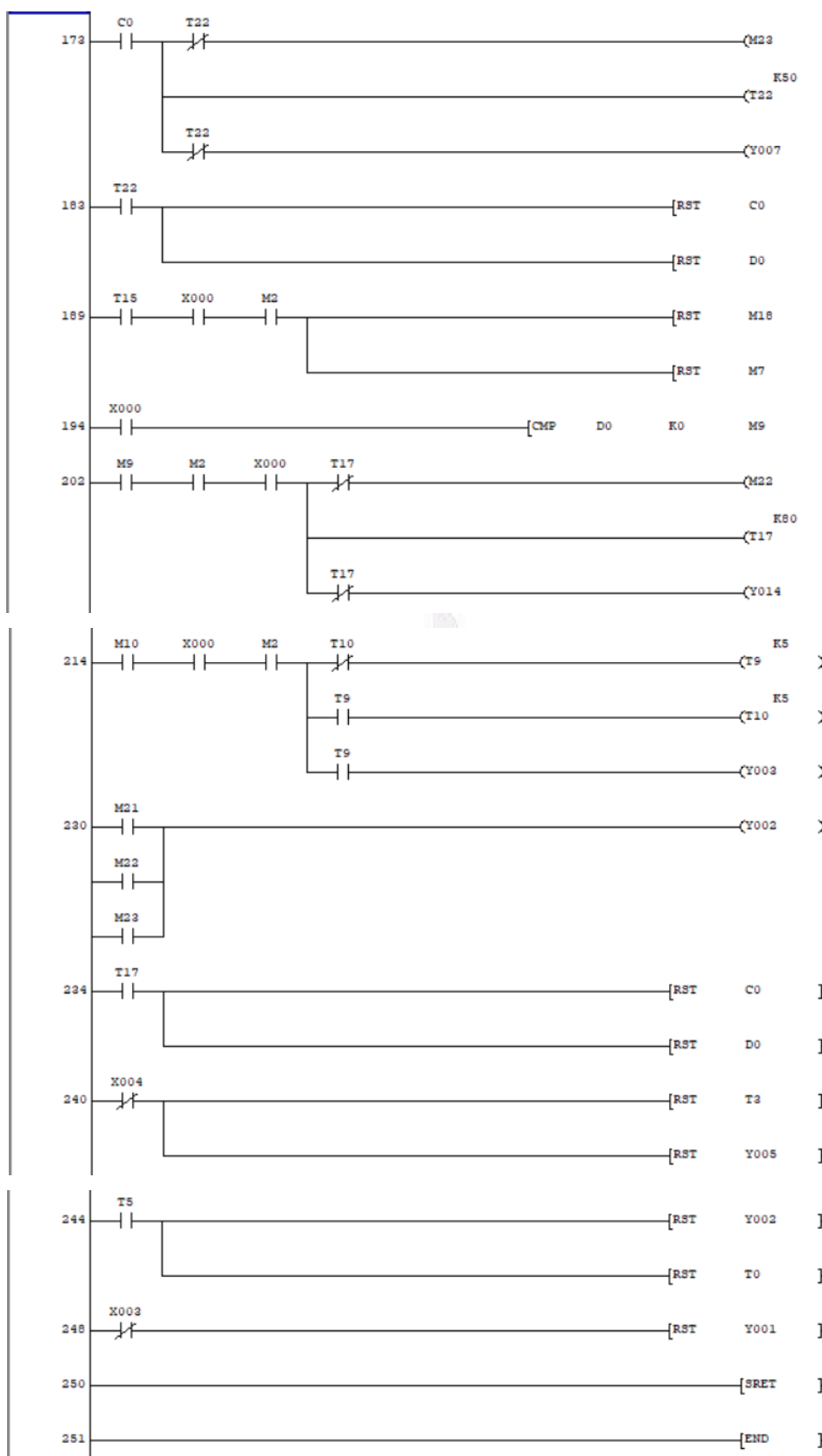
▲圖 8 PLC 階梯圖程式碼



▲圖 8(續) PLC 階梯圖程式碼



▲圖 8(續) PLC 階梯圖程式碼



▲圖 8(續) PLC 階梯圖程式碼

## (二)Arduino 程式碼

除 PLC 外，本專題也使用 Arduino 中的感測器模組進行環境感測，包含土壤濕度感測、集中箱的壓力感測等，同時也將 PLC 的訊號傳遞給 Arduino 來完成兩顆 SG90 伺服馬達的精準角度控制[3]，圖 9 為 Arduino 的完整程式碼。

```
1  //壓力感測器
2  #define plcx3_pin 5
3  #define fsr_pin A0
4  //土壤溼度感測器
5  #define plcx4_pin 2
6  #define wet_pin A1
7  //伺服馬達
8  #include <Servo.h> //載入函式庫，這是內建的，不用安裝
9  const int plcx10_pin=8;
10 const int plcx11_pin=9;
11 Servo myservo1;// 建立SERVO物件
12 Servo myservo2;
13 int val1=0;
14 int val2=0;
16 void setup()
17 {
18   Serial.begin(115200);
19   pinMode(plcx3_pin, OUTPUT);
20   Serial.begin(9600);
21   pinMode(plcx4_pin, OUTPUT);
22   myservo1.attach(10);
23   myservo2.attach(11); // 設定要將伺服馬連接到哪一個PIN腳
24   pinMode(plcx10_pin, INPUT);
25   pinMode(plcx11_pin, INPUT);
26   Serial.begin(9600);
27 }
29 void loop()
30 {
31   //壓力感測器
32   int fsr_value = analogRead(fsr_pin); // 讀取薄膜感測器輸出FSR
33
34   if(fsr_value<1023&&fsr_value>500){
35     digitalWrite(plcx3_pin, HIGH);
36   }
37
38   else{
39     digitalWrite (plcx3_pin, LOW);
40   }
41
42   Serial.println(fsr_value);
43   Serial.println("-----");
44   delay(100);
```

▲圖 9 Arduino 程式碼

```
46 //濕度感測器
47 int sensorValue = analogRead(wet_pin); //讀取感測器回傳值
48 Serial.print("value:");
49 Serial.println(sensorValue);
50 delay(100);
51 if(sensorValue>500){
52     digitalWrite(plcx4_pin, LOW);
53 }
54 else{
55     digitalWrite(plcx4_pin, HIGH);
56 }

58 //伺服馬達
59 val1=digitalRead(plcx10_pin);
60 Serial.println(val1);
61 switch(val1){
62     case 1:
63         myservo1.write(0);
64         delay(2);
65         break;
66     case 0:
67         myservo1.write(90);
68         delay(2);
69         break;
70 }

72 val2=digitalRead(plcx11_pin);
73 Serial.println(val2);
74 switch(val2){
75     case 1:
76         myservo2.write(0);
77         delay(2);
78         break;
79     case 0:
80         myservo2.write(90);
81         delay(2);
82         break;
83 }
84 }
```

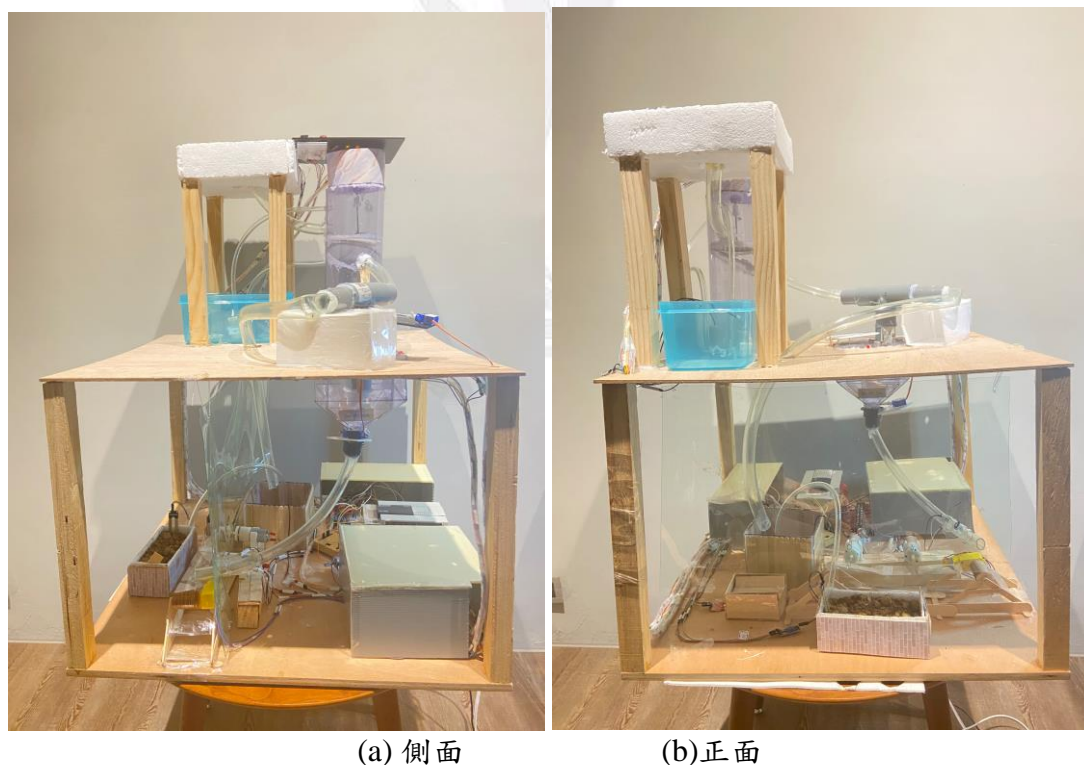
▲圖 9(續) Arduino 程式碼



### 伍、實際操作流程

將待處理的廚餘丟投入口，廚餘會與外接的水一同流進第一層的絞碎層中，由刀片配合馬達高速的旋轉將不同大小的廚餘切成碎塊，使之方便運輸及減少管線堵塞。接著透過上閘門及濾網將水及廚餘分開，水會進入到灌溉用的水桶進行二次利用，廚餘則掉入烘乾層中進行高溫烘乾、殺菌，再透過活性炭吸收廚餘蒸氣達到除臭效果，得到無臭有機肥料。透過上述步驟處理後，下閘門打開，震動馬達啟動，使得肥料向下方運輸帶掉落。再由紅外線接收器感應是否接收到訊號，以檢測烘乾層中是否還有廚餘，決定運輸帶是否開始運作。當設定的施肥時間到時，此系統會開啟吹風裝置，將運輸帶上的肥料吹向花圃、作物等。如尚未到達施肥時間，有機肥料則會透過輸送帶運輸到廚餘集中箱中，當累積到達一定量時，系統則會亮燈提示。另外，當土壤濕度感測器感測花圃、農田的土壤濕度不足時，系統也會自動澆水，調節土壤濕度。

### 陸、成品圖



▲圖 10 成品圖

## 柒、未來展望

隨著科技持續進步和民眾環保意識的提升，廚餘處理技術將持續發展，並帶來更多的創新和可能性。以下是本專題對於廚餘處理系統的未來展望：

1. 智能化和自動化：隨著人工智能（AI）和自動化技術的成熟，廚餘處理系統可以更智能地監測、控制和調整處理過程。智能感測器可以即時監測廚餘的狀態，並根據不同條件自動調整運作參數，實現更高效、節能的處理。例如：現今本專題是透過定時的方式攪碎食物，不過在未來能夠透過更多的感測器在攪碎層偵測是否還有尚未絞碎完成的殘留物。除外，在烘乾層也能夠增加偵測溫度的感測器，以利廚餘更完善的被烘乾。
2. 能源利用：未來的廚餘處理系統也能夠增加能源利用的工能。廚餘中包含的有機資源，除了可以轉化為生物肥料，也能夠轉化為甲烷等可再生能源，進一步實現廚餘的綜合利用。
3. 新材料和設計：未來的廚餘處理機可能會採用更環保的材料和設計，以減少能源消耗和碳足跡。同時，新材料的應用可以提高耐用性和可維護性，延長設備的壽命。

## 捌、參考文獻

- [1] 郭哲佑. 台灣廚餘回收再利用管理機制之探討研究. 南華大學環境管理研究所碩士班, June 2002.
- [2] 洪士賢編著, CNC 工具機 PLC 硬體與軟體之原理及應用, 全華科技圖書股份有限公司, 民國八十四年九月。
- [3] 廣州正加自動化科技有限公司, 24 Aug. 2019, <http://www.fx-plc.com/fx3uplc/944.html>.
- [4] Chu, Jason. 《Arduino 入門》第五篇：按鍵開關的使用. 傑森創工, 30 Mar. 2020.
- [5] 蘇芫鉉, 直流伺服馬達智慧型控制設計與實現, 遠東科技大學機電光系統研究所, 碩士論文, 2010。
- [6] 洪志育編著, 可程式控制器應用實習-第二版, 新文京開發出版有限公司, 民國九十二年一月。

