

2025仰望盃全國科學HomeRun實作大賽

決賽成果報告書

隊伍名稱：史蒂芬廚房

作品名稱：家裡煮的變好吃魔法

科學概念 1：毛細現象

毛細現象是在半徑極為細小的毛細管中，因為液體本身具有內聚力，分子間的互相拉扯會造成表面張力的形成，當毛細管浸泡在液體中時，液體會因為表面張力拉住管壁，因而向上攀升，在本研究中我們將用其來進行醃漬過程的加速，讓不是薄片的蔬菜食材能快速吸收調味料汁。

科學概念 2：表面張力

在本研究中使用的核心概念是毛細現象，而表面張力的大小會決定在毛細管中液面能夠有多高的攀升，因此表面張力的控制會是重中之重，我們會透過溫度及調味料汁調配濃度來達到控制表面張力的效果，讓我們的裝置能夠很好的去運用毛細現象，將醃漬的過程做十分有效的加速。

決賽成果報告書內文

1. 發想動機：

小時候，我總覺得家裡煮的菜不好吃，因此能吃到一餐外食，對我來說是十分的幸福，我特別喜歡吃火鍋，在六扇門我會點番茄鍋、在石二鍋我會點招牌石頭鍋，我總是喜歡比較鮮美的湯頭，像是海鮮鍋我也很喜歡，除了湯頭之外，我最喜歡同時加點一份高麗菜或是青江菜，在將他們放入鍋中煮十到二十分鐘後，悶爛的菜葉軟嫩無比，同時又附帶湯頭的鮮美，我愛死吃這樣子的美食了。

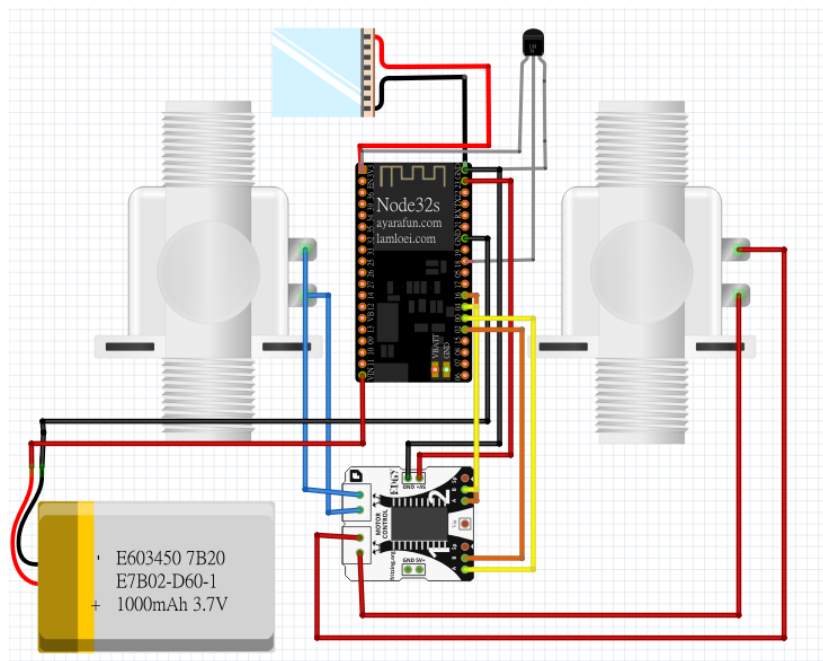
長大後隨著補習時段的變多，我總是常常流連在學校到補習班的兩點一線間，吃外食，對現在的我來說習以為常，我好久沒好好吃一頓母親煮的晚餐了。隨著外食次數的變多，滷味、麻辣燙以及我最喜歡的小火鍋總是常常被我購買，但我這才發現，所謂的美味，好像是因為大量的鈉含量，帶來的感受，調味料這麼多，常常吃的話，似乎長久下來對腎臟會造成不好的影響，反而母親的菜餚，雖然清淡，但總是健康。我開始思考，有沒有辦法用少少的調味料，就能達到對食材的完美調味效果。

我在做植物切片觀察實驗時想到了解決辦法，那就是醃漬，透過醃漬，湯頭可以清淡，整鍋食物不再高鹽，但味道卻依然不減，植物的內部有無數的維管束，那一個個小通道中，如果能浸滿調味汁，應該會醃漬的非常棒，而看到細小的管道我就連想到了毛細現象，查了資料之後發現，如果我能讓蔬菜中維管束浸在料汁中，透過改變料汁的表面張力，這個蔬菜必然能很快被醃漬透，而令人欣喜的是，鹽水等鹼性物質的溶液似乎有著比純水更大的表面張力，那再加上料汁溫度的調控，必然能將料汁的表面張力提升到最大，這樣一來就能達成我理想中的，快速醃漬且健康的效果了，如果小時候我們家有這樣一台裝置，或許我就會更珍惜能吃到家中菜餚的機會了，因此我想透過我的雙手將它打造出來，透過製冷片以及料汁濃度的調控，達成表面張力的控制，進而做到快速醃漬的效用。

2. 作品創意性：

本作品的創意性在於將毛細現象的原理應用於醃漬過程。透過研究毛細現象中表面張力的影響，如果能達成讓調味料汁充分滲透進蔬菜的維管束一事，便能在低鹽的情況下實現快速且均勻的醃漬。在查閱資料後，我發現鹽水等鹼性溶液具有較大的表面張力，且溫度調控也能增大表面張力，這些因素都為實現健康又高效的醃漬提供了可能性。本研究設計並製作一台自動化快速醃漬裝置，能自動配出完美比例的調味料汁，同時透過製冷片降溫技術增強醃漬效果。目的是達成讓醃漬過程更加便捷、高效且健康的效果。我希望結合物理與工程，解決日常飲食中健康與風味兼顧的問題，讓大家都願意回家吃飯。

3. 硬體及電路架構圖：



圖一、硬體與電路架構圖

（內含兩個沉水水泵、ESP32s、製冷晶片以及溫度感測器）

4. 理論與研究過程：

簡單論述流體力學，毛細現象是一件非常有趣的事，毛細管中液體的攀升高度可簡單的由牛頓力學的力平衡推導而出：

$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r}$$

h : 液體在毛細管中上升的高度(m) γ : 液體的表面張力(N/m) θ : 液體與毛細管內壁的接觸角(rads)

ρ : 液體的密度(kg/m³) g : 重力加速度(m/s²) r : 毛細管的內半徑(m)

而先不論鹽與水或味精與水的比例對表面張力的影響，因為這件事難以被定量，故我將在背景實驗中測試之，給出一個經驗方程式，但溫度對表面張力的影響是可量化的，以下是表面張力與溫度的關係式：

$$\gamma = \gamma_0 \left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^n$$

γ_0 : 液體在絕對零度(0K)時的理論表面張力(N/m) T : 液體的當前溫度(K) T_c : 液體的臨界溫度(K)

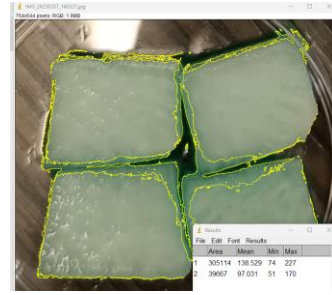
因此我們能推論出毛細管中液體攀升高度的簡單定量模型，對此我們後續將對其進行實驗與理論的驗證，配合濃度推導出完整關係：

$$h = \frac{2\gamma_0 \left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^n \cos \theta}{\rho g r}$$

因此我們假設表面張力會影響醃漬效果，同時利用科學中“經驗方程式”的概念，將醬汁調配機打造出來後進行實驗，用毛細管多次精確測量料汁的表面張力、用ImageJ分析醃漬面積比例、最後將醃漬後的蘿蔔找受試者煮食並評分好吃程度，交叉比對實驗結果後將經驗方程式設定到醬料調配機的UI上。

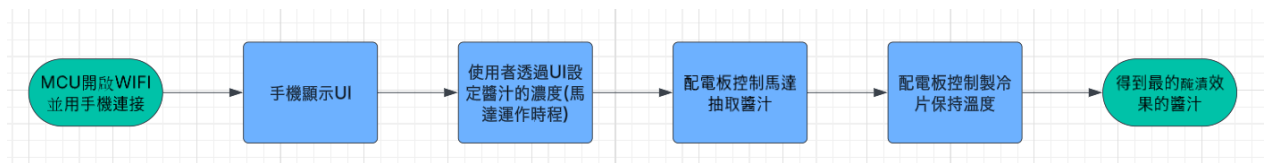


圖二、毛細管測表面張力



圖三、ImageJ分析醃漬面積

5. 作品成果報告：



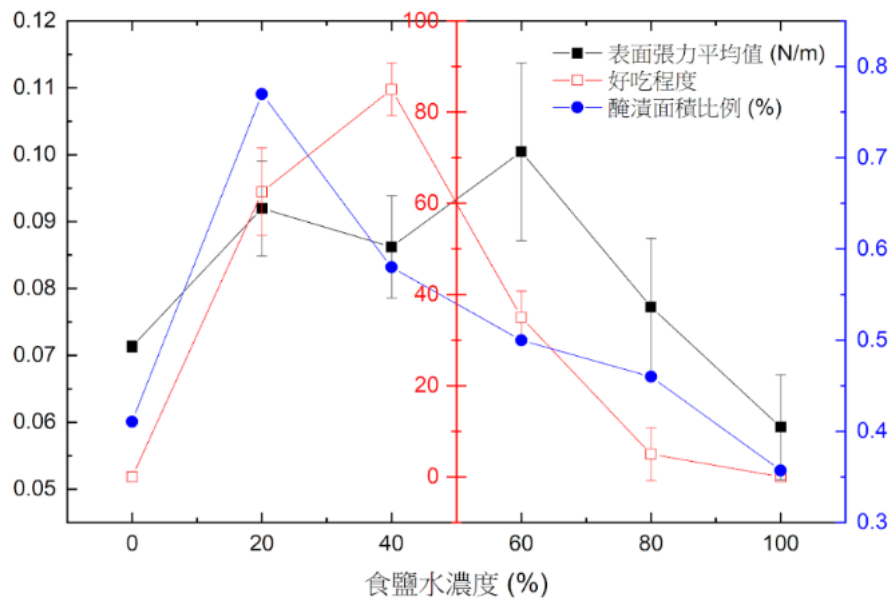
圖四、裝置運作流程圖



圖五、RemoteXY模組 UI

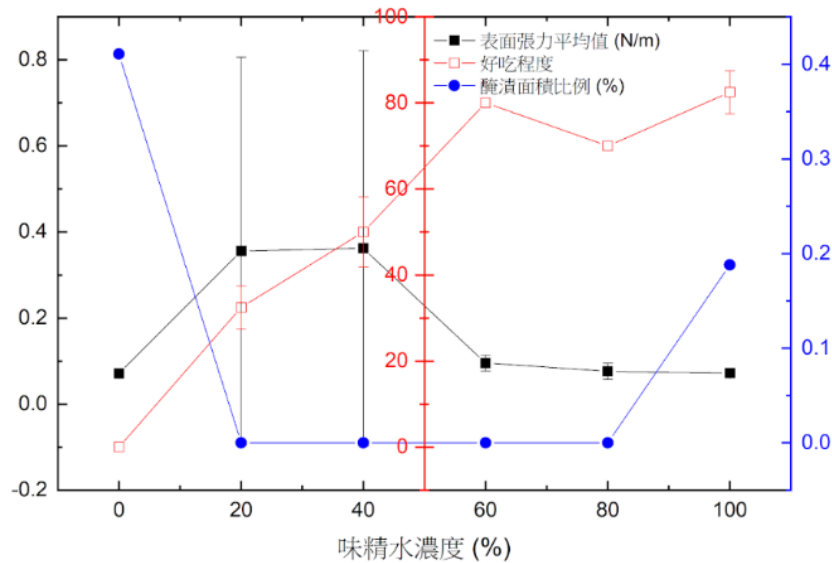


圖六&七、裝置實際架設照片



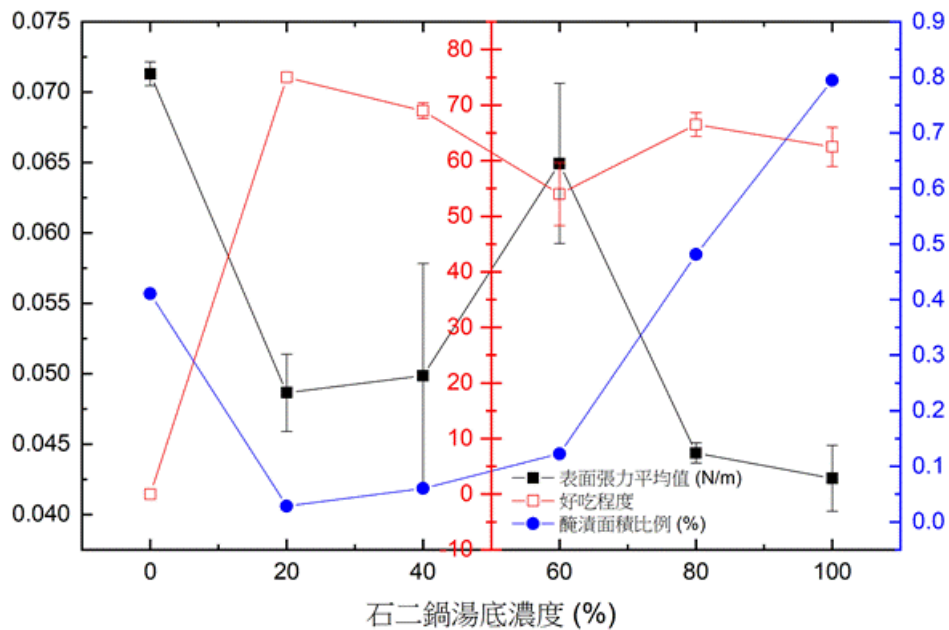
圖八、食鹽水濃度對表面張力、好吃程度及醃漬面積比例的影響

- 表面張力在鹽水濃度為20%到40%持續成長並且在食鹽水濃度為60%時最大
- 表面張力在濃度為60%到100%時持續下降，且在100%達到最小值
- 醃漬面積及好吃程度在本實驗都與表面張力成正相關，符合前述理論假設



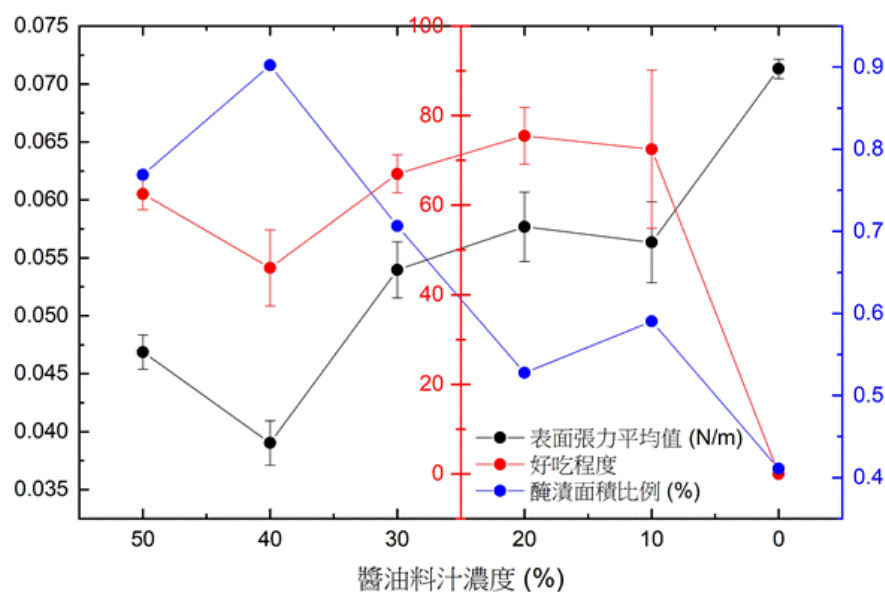
圖九、味精水濃度對表面張力、好吃程度及醃漬面積比例的影響

- 表面張力在味精水20%及40%濃度時到達了最大值，並且在味精水60%到100%時持續下降
- 醃漬的覆蓋面積比例在味精水為100%時達到了頂峰，與我們假設相悖
- 原因可能為食用色素的顏色不夠深或是溶質滲透進蘿蔔的細胞裡面



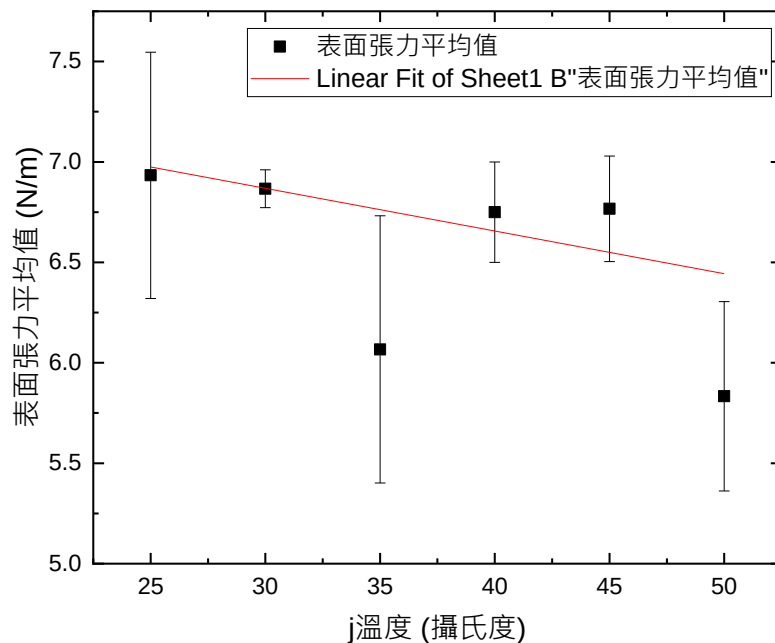
圖十、石二鍋湯底濃度對表面張力、好吃程度及醃漬面積比例的影響

- 當湯底濃度較低時，表面張力較高，隨著濃度增加，表面張力下降，這可能與油脂和蛋白質的影響有關
- 好吃程度在某個範圍內達到最大，適中的濃度能帶來最佳風味，但太淡或太濃都可能影響口感
- 醃漬面積比例隨著濃度提高而增加，說明較濃的湯底可能會有更多油脂或懸浮物，使外觀變得模糊，影響分析



圖十一、醬油料汁濃度對表面張力、好吃程度及醃漬面積比例的影響

- 表面張力在濃度較高時較大後下降，液體組成在不同濃度下有明顯變化
- 好吃程度的數據起伏較大，可能因為鹹味、甜味和鮮味的平衡點不同，不同濃度下的味道感受也會有所變化
- 醃漬面積比例則在高濃度時較高，然後下降，但在極低濃度時又有所回升，可能與懸浮物或沉澱物的變化有關，濃度調整對醬油質地外觀有影響



圖十二、不同溫度下純水之表面張力變化

由圖中以及我們的理論假設中可以發現，在溫度低時的液體表面張力真的較高，隨著溫度提升表面張力會越來越小，有負相關趨勢，但量級並不是很大，故溫度不會成為主要實驗主導因素，但使用製冷晶片保持醬料低溫仍有其必要性。

6. 實驗結果統整：

本實驗的目的是尋求一個可以讓食物的表面張力、醃漬面積及好吃程度都達到最大值的液體及其濃度，透過本實驗我們可以得到下述結論：

- 溫度會與表面張力呈現負相關，符合我們的假設，並應證製冷晶片存在之必要性
- 食鹽水的表面張力、醃製的面積、及蘿蔔好吃程度成正相關，符合本實驗假設。
食鹽水濃度在20%到40%之間會最符合本實驗的需求
- 味精水、石二鍋湯底的表面張力、醃製的面積、及蘿蔔好吃程度不成正相關，不符合本實驗假設，因此不會是本實驗的理想調味料
- 醬油的醃漬的面積和蘿蔔好吃程度成正相關，但是與表面張力並不成正相關，跟食鹽水比起來比較不符合本實驗假設，因此也不會是本實驗的理想調味料

本實驗最終採取20%到40%濃度之間的食鹽水為最佳的調味料濃度。在這個區間時，食鹽水的表面張力落在0.08到0.09(N/m)之間，好吃程度的評分落在60到80分之間，而醃製面積比例落在80%到60%之間。這些數據做為經驗方程式的產出被應用至我們開發的機器中，醃漬出最佳的蔬菜並維持健康。

7. 參考文獻：

1. Eotvas, 1886, Ramsay, 1893, Shields, 1893, & Katayama, U. (n.d.). Some important results of surface tension.
<https://www.shivajicollege.ac.in/sPanel/uploads/econtent/ee5f8971abe461025c8ded1add23c794.pdf>
2. Abe, K. (2008). Studies on taste: molecular biology and food science. *Biosci Biotechnol Biochem*, 72(7), 1647-1656. <https://doi.org/10.1271/bbb.70690>
3. Butt, H.-J., & Kappl, M. (2009). Normal capillary forces. *Advances in Colloid and Interface Science*, 146(1), 48-60. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cis.2008.10.002>
4. Dumais, J., & Forterre, Y. (2012). “Vegetable Dynamicks”: The Role of Water in Plant Movements. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 44(Volume 44, 2012), 453-478.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1146/annurev-fluid-120710-101200>
5. Ramya, V., & Jain, N. K. (2017). A Review on Osmotic Dehydration of Fruits and Vegetables: An Integrated Approach. *Journal of Food Process Engineering*, 40(3), e12440. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfpe.12440>
6. van Stokkom, V. L., Blok, A. E., van Kooten, O., de Graaf, C., & Stieger, M. (2018). The role of smell, taste, flavour and texture cues in the identification of vegetables. *Appetite*, 121, 69-76. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.10.039>

8. 附錄：Arduino程式原始碼

```
1  #define REMOTEXY_MODE __WIFI_POINT
2  #include <Wifi.h>
3
4  #define REMOTEXY_WIFI_SSID "RemoteXY"
5  #define REMOTEXY_WIFI_PASSWORD "12345678"
6  #define REMOTEXY_SERVER_PORT 6377
7
8  #include <RemoteXY.h>
9  #include <OneWire.h>
10 #include <DallasTemperature.h>
11
12 #define ONE_WIRE_BUS 4
13
14 #pragma pack(push, 1)
15 uint8_t RemoteXY_CONF[] =
16 { 255,5,0,4,0,96,0,19,0,0,0,0,31,1,106,200,1,1,5,0,
17  7,31,27,49,12,110,64,2,26,2,2,2,34,46,44,22,0,2,26,31,
18  31,79,78,0,79,70,70,0,67,33,117,46,10,78,2,26,2,129,32,98,
19  48,12,64,8,230,186,171,229,186,166,233,161,175,231,164,186,0,129,19,7,
20  72,12,64,8,232,188,184,229,133,165,233,134,172,230,177,129,230,191,131,229,
21  186,166,0 };
22
23 struct {
24     // input variables
25     float edit_01;
26     uint8_t switch_01; // =1 if switch ON and =0 if OFF
27
28     // output variables
29     float value_01;
30
31     // other variable
32     uint8_t connect_flag; // =1 if wire connected, else =0
33 } RemoteXY;
34 #pragma pack(pop)
35
36
37
38 OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
39 DallasTemperature sensors(&oneWire);
40
41 float value_01 = 0.0;
42
43 //motor
44 #define A_IN1 26 // 馬達 A 控制腳 1 ( IN1 )
45 #define A_IN2 27 // 馬達 A 控制腳 2 ( IN2 )
46 #define B_IN3 14 // 馬達 B 控制腳 1 ( IN3 )
47 #define B_IN4 12 // 馬達 B 控制腳 2 ( IN4 )
48
49
50 void setup()
51 {
52
53     RemoteXY_Init ();
54
55     Serial.begin(115200);
56
57     sensors.begin();
58
59     pinMode(A_IN1, OUTPUT);
60     pinMode(A_IN2, OUTPUT);
61     pinMode(B_IN3, OUTPUT);
62     pinMode(B_IN4, OUTPUT);
63 }
64
65
66 void loop() {
67     RemoteXY_Handler();
68     //溫度控制
69     sensors.requestTemperatures();
70     float tempC = sensors.getTempCByIndex(0);
71     RemoteXY.value_01 = tempC;
72     // 馬達控制
73     if (RemoteXY.switch_01 == 1) {
74         int input = (int)RemoteXY.edit_01; // Get user input
75         int time1 = input/10; // Motor 1 runtime in seconds
76         int time2 = 10 - time1; // Motor 2 runtime in seconds
77         // Run Motor 1
78         digitalWrite(A_IN1, HIGH);
79         digitalWrite(A_IN2, LOW);
80         RemoteXY_delay(time1 * 100); // Convert sec to ms
81         digitalWrite(A_IN1, LOW);
82         digitalWrite(A_IN2, LOW);
83         // Run Motor 2
84         digitalWrite(B_IN3, HIGH);
85         digitalWrite(B_IN4, LOW);
86         RemoteXY_delay(time2 * 100); // Convert sec to ms
87         digitalWrite(B_IN3, LOW);
88         digitalWrite(B_IN4, LOW);
89         // Switch turns off automatically after both motors finish
90         RemoteXY.switch_01 = 0;
91     }
92 }
```