

臺北市立大安高級工業職業學校專題實作競賽
「專題組」作品說明書



群別：電機與電子群

作品名稱：Warning Trash Car

關鍵詞：ESP32、紅外線雷射、偵測距離

目錄

壹、摘要.....	1
貳、研究動機.....	2
參、主題與課程之相關性或教學單元之說明.....	2
一、3D 繪圖與列印.....	2
二、雷射雕刻.....	3
三、電路板雕刻.....	3
四、硬體電路設計.....	4
五、軟體程式撰寫.....	4
肆、研究方法.....	5
一、研究流程.....	5
(一)、研究步驟.....	5
(二)、動作流程.....	6
二、使用材料.....	7
(一)、元件介紹.....	7
三、使用軟體與服務.....	11
(一)、Arduino IDE.....	11
(二)、Cura.....	11
(三)、Altium Designer.....	12
(四)、RDWorks.....	12
(五)、Autodesk Inventor.....	12
四、使用設備.....	13
(一)、3D 列印機.....	13
(二)、雷射雕刻機.....	13
(三)、電路板雕刻機.....	13
伍、研究結果.....	14
一、主體結構.....	14
(一)、下方機構.....	14
(二)、後方機構.....	15
(二)、背心結構.....	15
二、通訊架構.....	16
陸、討論.....	16
一、網路傳輸.....	16
二、外殼製作.....	16
柒、結論.....	17
捌、參考資料及其他.....	18

一、書籍資料.....	18
二、網路資料.....	18

表目錄

表 1 研究時間分配表	5
表 2 ESP32 無線模組	7
表 3 超音波感測器規格	7
表 4 直流減速馬達規格	8
表 5 繼電器模組規格	8
表 6 L298N 規格	8
表 7 18650 鋰電池規格	9
表 8 LM2577 規格	9
表 9 WEMOS D1 R1 規格	9
表 10 LED 燈條	10
表 11 GY-TOF10M TOF 規格	10
表 12 DFPlayer Mini 規格	10

圖目錄

圖 1 3D 設計圖	2
圖 2 3D 列印成品	2
圖 3 RDWorks 軟體	3
圖 4 雷射雕刻成品	3
圖 5 Altium Designer 繪製電路圖	3
圖 6 PCB 電路板成品	3
圖 7 智慧居家監控實習的開發板	4
圖 8 硬體電路成品	4
圖 9 Arduino IDE 程式開發	4
圖 10 研究步驟	5
圖 11 警示流程圖	6
圖 12 自動跟隨流程圖	6
圖 13 ESP32 無線模組	7
圖 14 超音波感測器	7
圖 15 直流減速馬達	8
圖 16 繼電器模組	8
圖 17 L298N	8
圖 18 18650 鋰電池	9
圖 19 LM2577	9
圖 20 WEMOS D1 R1	9
圖 21 LED 燈條	10
圖 22 GY-TOF10M TOF	10
圖 23 DFPlayer Mini	10
圖 24 Arduino IDE	11
圖 25 Cura logo	11
圖 26 Cura 軟體介面	11
圖 27 Altium Designer logo	12
圖 28 RDWorks	12
圖 29 Autodesk Inventor	12
圖 30 3D 列印機	13
圖 31 雷射雕刻機	13
圖 32 電路板雕刻機	13
圖 33 專題成品	14
圖 34 背心結構	14
圖 35 超音波模組放置圖	14
圖 36 底部結構	14

圖 37 後方機構.....	15
圖 38 白光 LED	15
圖 39 背心電路.....	15
圖 40 ESP- NOW 示意圖.....	16
圖 41 工作示意圖	17

【Warning Trash Car】

壹、摘要

這項專題基於 Arduino IDE 開發平台，利用單晶片控制實現對警示道路清潔人員的全方位保護。所使用的 18650 鋰電池及 12V 電瓶為系統提供可攜式的電源解決方案，確保 Warning Trash Car 在實際應用中具有高度便攜性。除了作為垃圾桶的基本功能外，此裝置更搭載了超音波模組，使其能夠智能地保持一定距離，實現對使用者的自動跟隨。

在感應技術方面，我們引入了紅外線雷射模組，這不僅能夠偵測距離，還能透過 ESP32 計算目標物的速度。這使得 Warning Trash Car 能夠識別周圍環境中速度過快的物體，如車輛或自行車。當系統偵測到這樣的情況時，連結 WEMOS 的語音模組中的喇叭會發出即時的警示聲音，提醒使用者及身上裝備反光背心的安全性。

這套系統的設計旨在提供全方位的安全保護，從而降低道路清潔人員在工作中發生意外的風險。透過整合多種感應技術和即時警示裝置，我們期望為清潔人員提供一個更加安全、智能的工作環境。這也體現了科技在社會問題解決中的應用，為城市生活中的基層工作者帶來實質的幫助，同時提升了工作效率和生活品質。總的來說，這個專題代表著一種整合科技與社會關懷的態度，期望能為社會帶來實際的積極影響。

貳、研究動機

天色昏暗的上學途中，不禁注意到隸屬於環保局的清潔人員，穿著印有環保局標誌的反光背心，在繁忙的車水馬龍街邊勤奮地進行清潔工作。推著一輛裝有垃圾桶的手推車，僅在垃圾桶上插著一面減速慢行的旗子。然而，這樣的裝備在繁忙的街道上可能讓駕駛人忽略他們的存在，導致潛在的致命意外，這種情況在台灣已經發生過多起案例。

深感對這些無私的街掃人員的關懷，我與研究團隊展開了討論，希望能夠提供一個有效的解決方案以預防意外發生。於是，Warning Trash Car 應運而生！這個研究動機源於對社會安全的關切，我們認為可以透過改善清潔人員的裝備，提高他們在道路上的可見性，以降低發生意外的風險。

Warning Trash Car 整合了多種先進的技術，從超音波模組實現自動跟隨，到紅外線雷射模組檢測周遭速度，再到語音模組發出即時警示聲音，為清潔人員提供了更全面的安全保護。這個研究旨在透過科技手段，改進基層工作者的工作條件，同時呼籲社會對於這群辛勤勞動的人員更多的尊重與關懷。希望這樣的創新可以成為實現道路清潔工作更加安全、高效的一大步

參、主題與課程之相關性或教學單元之說明

一、3D 繪圖與列印

我們利用在客自造實習課程中如何使用 Autodesk Inventor 如圖 1 所示，來繪製我們專題所有用到的元件以及機構，並將設計好的 3D 圖檔輸出連接到 3D 列印機，列印成品如圖 2 所示，進行組裝使用。



圖 1 3D 設計圖



圖 2 3D 列印成品

二、雷射雕刻

我們利用高三專課程中，在上課所學到的 RDWorks 雷射雕刻設計軟體如圖 3 所示，製作成組件成品如圖 4 所示，進行組裝使用。

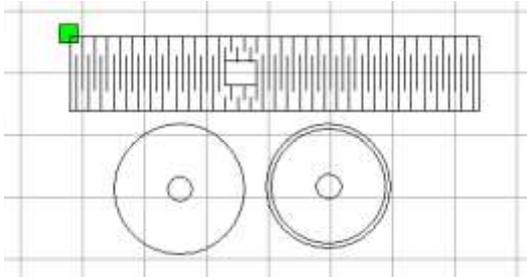


圖 3 RDWorks 軟體



圖 4 雷射雕刻成品

三、電路板雕刻

我們利用高三上學期「專題實作」課程中所學到的 Altium Designer 電路設計軟體如圖 5 所示，來繪製電路圖及設計 PCB 電路板，利用課堂中學到電路板雕刻機的操作使用，將設計好的 PCB 電路板轉換鑽孔檔與成型檔，輸出連接到電路板雕刻機，進行 PCB 電路板製作，成品如圖 6 所示。

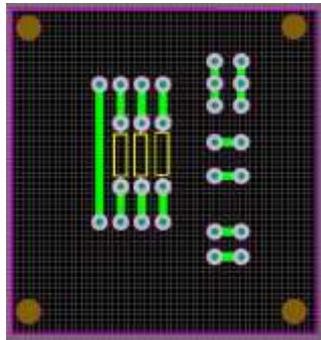


圖 5 Altium Designer 繪製電路圖

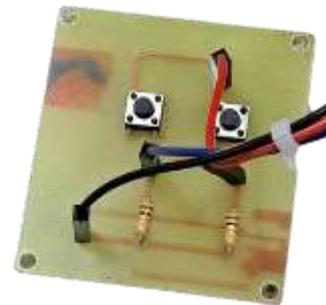


圖 6 PCB 電路板成品

肆、研究方法

一、研究流程

(一)、研究步驟

在八月決定專題題目後，便接著開始分工進行資料蒐集，同時展開元件及材料採購，接著進行壓縮結構的設計及製作，同時展開 Mega2560 的程式設計撰寫，接著進行打包設計及製作，同時開始進行電路板設計，接著進行成品整合，之後進行成品測試與除錯，最後完成專題成品。專題的研究時間分配及研究步驟分別如下表 1 及圖 10 所示。

表 1 研究時間分配表

	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月
1. 資料蒐集							
2. 元件採購							
3. 程式撰寫							
4. 電路製作							
5. 外殼製作							
6. 成品整合							
7. 成品測試							



圖 10 研究步驟

(二)、動作流程

1、警示流程，如圖 11 所示

- (1)、開啟電源。
- (2)、LED 亮 偵測距離判斷速度
- (3)、速度大於 15km/h 喇叭發出警示 RGB 燈條閃爍慢。
- (4)、速度大於 60km/h 喇叭發出警示 RGB 燈條閃爍快。
- (5)、速度小於 15km/h 喇叭不發出聲音。

2、自動跟隨流程，如圖 12 所示

- (1)、開啟電源。
- (2)、超音波距離判斷。
- (3)、距離小於 15 公分馬達正轉。
- (4)、距離大於 150 公分馬達反轉。
- (5)、其他範圍不動。

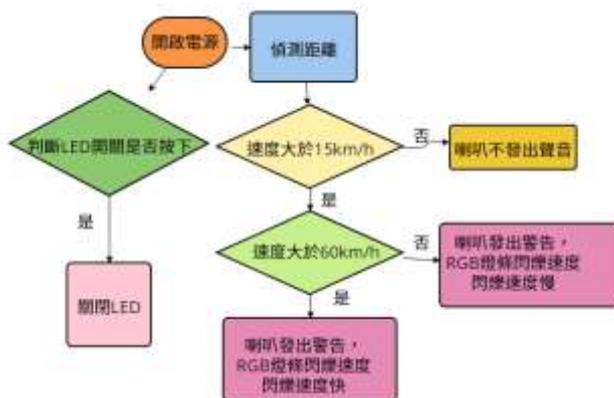


圖 11 警示流程圖

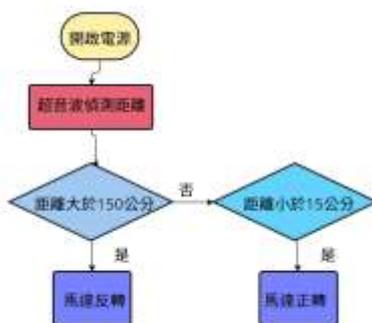


圖 12 自動跟隨流程圖

二、使用材料

(一)、元件介紹

1、ESP32 無線模組

ESP32 無線模組是一款雙核心，並結合 WiFi 和藍牙功能的 32 位元微控制器，採用 Tensilica Xtensa LX6 微處理器，內建天線開關，RF 變換器，功率放大器，低雜訊接收放大器，濾波器和電源管理模組。元件如圖 13 所示，其規格如表 2 所示。

表 2 ESP32 無線模組

廠牌	安信可
型號	NodeMCU-32S
腳位數	38 腳
核心處理器	Tensilica Xtensa LX6
核心	雙核 160/240 MHz
資料寬度	32 位元



圖 13 ESP32 無線模組

2、超音波感測器

超音波模組會送出 8 個 40kHz 的方波，如果前方有障礙物，信號就會返回，模組收到信號後，再利用返回的時間，去計算該障礙的距離，類似於聲納的原理，元件如圖 14 所示，其規格如表 3 所示。

表 3 超音波感測器規格

型號	HC-SR04
工作電壓	DC 5V
發射頻率	40kHz
探測距離	2cm~450cm
精度	± 3 mm



圖 14 超音波感測器

3、直流減速馬達

直流減速馬達的原理是通過在 DC 直流馬達的基礎上加裝齒輪箱，藉由齒比的調配使馬達擁有低轉速及高扭力的特性，元件如圖 15 所示，其規格如表 4 所示。

表 4 直流減速馬達規格

無載轉速	60rpm
工作電壓	DC 12V
額定電流	40mA



圖 15 直流減速馬達

4、繼電器模組

我們使用繼電器模組，作為控制 LED 的控制開關，已達到利用小電流來控制大電流的作用，元件如圖 16 所示，其規格如表 5 所示。

表 5 繼電器模組規格

最大開關電壓	AC 250V/DC 30V
額定通過電流	30A
控制接口	1 個
工作電壓	DC 5V



圖 16 繼電器模組

5、直流馬達正反轉控制模組(L298N)

L298N(如圖 14)是一種高電壓、大電流電動機驅動晶片。輸出電流大，瞬間峰值電流可達 3A，持續工作電流為 2A；額定功率 25W。可以用來驅動直流電動機，元件如圖 17 所示，其規格如表 6 所示。

表 6 L298N 規格

型號	L298N
工作電壓	DC 12V
工作電流	2A
邏輯電壓	5V
邏輯電流	0mA~36mA



圖 17 L298N

6、18650 鋰電池

可提供 ESP32 及 WEMOS 開發版的電源如圖 18 所示，其規格如表 7 所示。

表 7 18650 鋰電池規格

型號	18650
工作電壓	3.7V
工作電流	1.2A



圖 18 18650 鋰電池

7、直流升壓模組 LM2577

將 5V 轉 12V 電源供 LED 使用
元件如圖 19 所示，其規格如表 6 所示。

表 8 LM2577 規格

輸入	3.7V~30V
輸出	4V~33V
輸入最大電流	3A
尺寸	43*30*13mm



圖 19 LM2577

8、WEMOS D1 R1

Wemos D1 R1 是一款功能強大的物聯網開發板，ESP8266 微控制器，支援 802.11 b/g/n Wi-Fi 標準，可實現無線網絡連接和控制。這款開發板具有小巧的外形和強大的性能，元件如圖 20 所示，其規格如表 9 所示。

表 9 WEMOS D1 R1 規格

工作電壓	3.3V
WIFI 頻率	2.4GHz
數位 I/O PIN	11 支接腳
輸入介面	Micro USB



圖 20 WEMOS D1 R1

9、LED 燈條

透過閃爍提醒周圍的人元件如圖 21 所示，其規格如表 10 所示。

表 10 LED 燈條

LED 種類	SMD 5050
晶片型號	WS2812B
輸入電壓	DC 5V
使用溫度範圍	-25°C~60°C



圖 21 LED 燈條

10、GY-TOF10M TOF 紅外雷射測距模組

我們 GY-TOF10M TOF 紅外雷射測距模組來偵測距離，元件如圖 22 所示，其規格如表 11 所示。

表 11 GY-TOF10M TOF 規格

尺寸大小	26*16*12.5mm
輸出方式	TTL / I2C / 高低電位
供電電源	3.7~5V / 80mA



圖 22 GY-TOF10M TOF

11、MP3 播放器模組 DFPlayer Mini

DFPlayer MP3 Player mini 播放器 MP3 開發模組 是一款小巧且價格低廉的 MP3 模組，可以直接接駁揚聲器。模塊配合供電電池、揚聲器、按鍵可以單獨使用，也可以通過串口控制，作為 Arduino UNO 或者是任何有串口的單片機的一個模塊。DFPlayer 本身完美的集成了 MP3、WAV、WMA 的硬解碼。同時軟件支持 TF 卡驅動，支持 FAT16、FAT32 文件系統。元件如圖 23 所示，其規格如表 12 所示。

表 12 DFPlayer Mini 規格

工作電壓	5V
控制模式	IO 控制模式、串口模式、AD 按鍵控制模式
支持文件數	100 個文件數 255 個曲目

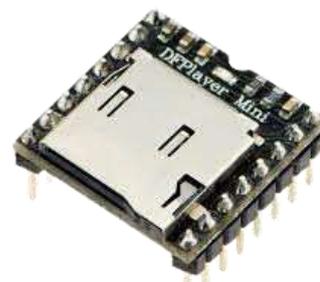


圖 23DFPlayer Mini

三、使用軟體與服務

(一)、Arduino IDE

Arduino IDE 如圖 24 所示，是一個免費的整合式開發環境，內建許多模組化的函式庫可供使用，可縮短開發時程，因此我們選用 Arduino IDE 來進行 ESP32 無線模組的開發。



圖 24 Arduino IDE

(二)、Cura

Cura 如圖 25 及圖 26 所示，是 Ultimaker 公司設計的 3D 列印軟體，以"高度整合性"以及"容易使用"為設計目標。它包含了所有 3D 列印需要的功能，有模型切片以及印表機控制兩大部分。目前 Cura 可以免費下載使用，而且也可以控制 RepRap 系列的 3D 印表機。



圖 25 Cura logo



圖 26 Cura 軟體介面

(三)、Altium Designer

Altium Designer 如圖 27 所示，這套軟體通過把原理圖設計、電路仿真、PCB 繪製編輯、拓撲邏輯自動布線、信號完整性分析和設計輸出等技術的完美融合，為設計者提供了全新的設計解決方案，使設計者可以輕鬆進行設計。



圖 27 Altium Designer logo

(四)、RDWorks

RDWorks 如圖 28 所示，是一款來自國外功能強大的雷射切割軟體，軟體的操作介面是中文的使用介面，包括了各種文檔的查看，使用者連結、輸出的設置、加工的設置等，可定義軟體語言及使用類型，可以對螢幕的解析度進行快速的設置，軟體還可以根據自己的需求進行各種顏色的調整及手繪圖案，直觀的使用者介面可以讓您輕鬆的完成對軟體的上手。

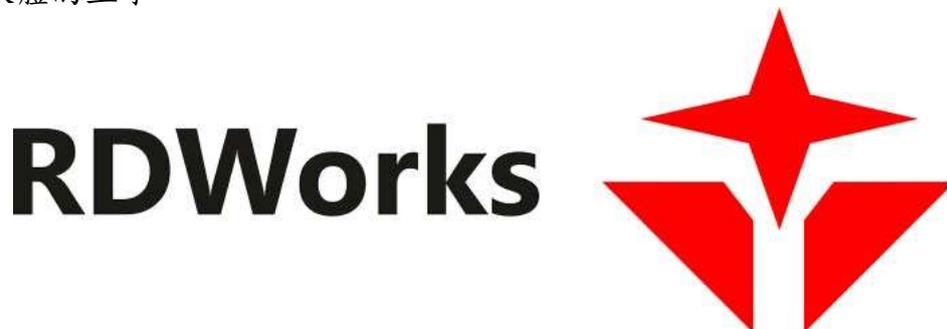


圖 28 RDWorks

(五)、Autodesk Inventor

Autodesk Inventor 3D CAD 軟體提供了專業級 3D 機械設計、圖文管理機制和產品模擬工具！Autodesk Inventor 產品為 3D 機械設計、產品模擬、模具建立與設計溝通提供一套彈性且全方位的軟體。Inventor 能讓您設計、視覺化及模擬產品，超越 3D 進化至數位原型製作如圖 29 所示。



圖 29 Autodesk Inventor

四、使用設備

本專題使用了 3D 列印機、雷射雕刻機及電路板雕刻機等三款設備進行加工，設備的功能說明及外觀如下：

(一)、3D 列印機

3D 列印機如圖 30 所示，是使用熔融堆積成型技術，把噴頭溫度加熱到 200°C，再把融化的 PLA 線材依照設計好的 inventor 3D 圖輸出到 3D 列印機，層層堆疊硬化後形成 3D 成品。



圖 30 3D 列印機

(二)、雷射雕刻機

雷射雕刻機如圖 31 所示，是利用高功率的雷射光來進行掃描和切割加工，具有精準和快速的加工特性，被我們用在製作外殼，除了底板其他都是由雷射雕刻切出來的木板組裝而成。



圖 31 雷射雕刻機

(三)、電路板雕刻機

電路板是用 Altium Designer 繪製電路圖及設計 PCB 佈線後，再利用電路板雕刻機如圖 32 所示，把覆銅板不用的地方用各種不同尺寸的刀頭刮除，最後完成一塊兼具美觀和體積優勢的電路板。



圖 32 電路板雕刻機

伍、研究結果

一、主體結構

整體結構由雷射切割 3mm 木板組成，外殼為四片各為 40*40 公分的木板組成的箱體，並將其結合為一，輪子為直徑 25 公分的木輪以及萬年輪，中間為放置垃圾的區域，後方則是放置電路以及紅外線雷射模組區域，下方為放置馬達控制電路及超音波模組如圖所示。還有背心上的 wemos 開發版控制小喇叭發出警示，如圖 33 圖 34 所示。



圖 33 專題成品



圖 34 背心結構

(一)、下方機構

整體下方結構主要由下方的超音波模組感測距離如圖 35 所示，由 ESP32 控制直流減速馬達帶動木輪轉動，驅使萬年輪轉動，結構如圖 36 所示。



圖 35 超音波模組放置圖



圖 36 底部結構

(二)、後方機構

整體後方機構由雷射模組感測距離，利用鋰電池供電，如圖 37 所示。使用 ESP32 控制 RGB 燈條及繼電器，透過按鈕控制白光 LED，如圖 38 所示。



圖 37 後方機構



圖 38 白光 LED

(二)、背心結構

由 WEMOS 開發版透過語音模組讓喇叭發出警示 如圖 39 所示。



圖 39 背心電路

二、通訊架構

ESP-NOW 是樂鑫定義的一種無線通訊協議，能夠在無路由器的情況下直接、快速、低功耗地控制智慧型裝置。它能夠與 Wi-Fi 和 Bluetooth LE 共存，支援樂鑫 ESP8266、ESP32、ESP32-S 和 ESP32-C 等多系列 SoC。ESP-NOW 廣泛應用於智慧家電、遠端控制和感測器等領域。因此我們採用 ESP-NOW 通訊協議來傳輸資料，如圖 40 所示。



圖 40 ESP-NOW 示意圖

陸、討論

一、網路傳輸

一開始設計網路連結程式時，讓 ESP32 發送訊號至 WEMOS D1 R1 會有嚴重的延遲時間，這對我們的專題是非常不容允許，因為在計算速度上就有嚴重的誤差，後來將 HTTP 通訊協議換成 ESP-NOW，因為該協定最大限度地減少了通信開銷，使其對資源受限的設備更有效。它也不會執行握手，設備經過預配置，可以加快數據傳輸速度並降低功耗，大幅地降低延遲時間，讓我們在偵測速度及發出警報聲能夠讓使用者做出快速反應。

二、外殼製作

我們一開始只採單片木板來當作四邊外殼，後來發現強度是非常不夠，雖然重量減少許多，但我們必須得加強機械強度，所以將四邊外殼由兩片 3mm 木板疊合而成，底部改為更厚的木板，確保不會因為垃圾太重而導致整個機構損壞。

柒、結論

為了製作這 Warning Trash Car 花了許多時間在研究，像是了解清潔隊員路邊打掃的習慣及平常的工作時間，以及垃圾桶的外觀，背心樣式等等，也了解這份工作的辛苦。當物體快速靠近時，背心喇叭能發出警示，當使用者離垃圾桶一段距離或是靠得太近，那麼垃圾桶便會靠近或是遠離一段距離，但我們在製作過程中也遇到許多無法改進的問題，像是偵測車的距離也只能達到約 10 公尺到 15 公尺，還有因為我們電源的不足只能做到兩輪驅動，但也影響了垃圾桶只能直線前進，未來希望可以換成 100 公尺的距離感測器，能增加使用者的反應時間，給打掃人員一個保障，還有將垃圾桶的設計更貼實務上的使用如圖 41 所示。

經過這次的專題製作，做一個專題需要分工合作，在團隊合作中每人找到自己的工作，各自將屬於自己的工作完成，最後整合一起討論如何改進，解決遇到的問題，讓專題成品表現更好。



圖 41 工作示意圖

捌、參考資料及其他

一、書籍資料

1. 趙英傑(2020)。超圖解 Arduino 互動設計入門第四版。旗標出版社。
2. 周忠信、吳奕宏、謝翰誼(2018)。Arduino 初學完全指南。碁峯資訊出版社。
3. 楊明豐。Arduino 最佳入門與應用--打造互動設計輕鬆學(第三版)。碁峯資訊出版社。

二、網路資料

1. ESP-NOW：竟然還有如此好用的無線通信方式 | ESP32 學習之旅-Arduino 版。2021 年 1 月 14 日。取自
https://www.zhihu.com/tardis/zm/art/344109867?source_id=1005
2. L298N 模組教學。2020 年 2 月 17 日。取自
<https://emmanuel-studios.blogspot.com/2020/02/l298n-robotics-by-sam-arduino-20200205.html>
3. 環保署強化清潔人員作業安全 執行職務意外死亡案例逐年降低。2009 年 1 月 13 日。取自
<https://enews.moenv.gov.tw/Page/894720A1EB490390/8a4c5f0b-3e82-4928-adde-3e811e7217c2>