

花蓮縣第 65 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書



科 別：生活與應用科學(一)科

組 別：國中組

作品名稱：人工智慧A Eye行人守護星-禮讓行人號誌燈的討究與實作

關 鍵 詞：號誌燈、AI偵測、交通安全

編 號：

(由教育處統一編列)

摘要

為降低車禍發生率並改善行人穿越馬路的安全問題，我們設計出結合人工智慧影像辨識技術的「禮讓行人號誌燈」系統。透過 Pixel:Bit 開發板的攝像鏡頭進行行人偵測，系統能有效辨識人類與其他物體的差異，當偵測到行人經過斑馬線時，上方的黑色螢幕會亮起警示燈，同時地面斑馬線也會發出燈光提醒，讓駕駛提前注意，主動減速禮讓行人。我們先透過測試不同距離的偵測條件，建立模型，接著模擬實際馬路情境，進一步優化設計。本研究除實作硬體裝置外，也結合 AI 協作程式，實現完整功能的原型系統，期望能應用於未來智慧交通建設中，提升用路人安全與行人通行品質，讓人工智慧 A Eye 禮讓行人號誌燈守護你我安全，讓「行人地獄」的惡名不再有！

壹、前言

一、研究動機

因為近年來車禍發生率逐漸上升，我們想降低車禍的發生率。發生車禍的成因有很多種，其中「未禮讓行人而發生的車禍」是我們想探討並改善的部分，每次過馬路時，有些汽車會禮讓行人，可是也有直接衝過去的車子，而且完全沒有要禮讓行人也沒有減速的意思，還有沒看到人直接轉彎把人輾過去的案例。車子在轉彎時駕駛往往會因為視線死角或是沒注意到行人而發生車禍，釀成悲劇，我們想讓駕駛在轉彎前就知道有沒有行人在斑馬線上，提早讓駕駛注意到行人，可以避免悲劇發生，所以想設計此作品。

二、研究目的

- (一) 瞭解現行交通法規對於駕駛與行人的規範
- (二) 探究 AI (人工智慧) 影像辨識技術偵測行人的方法
- (三) AI 自動偵測行人裝置的設計與製作
- (四) 學習如何運用 AI 協作完成創作

三、回顧現行交通法規規範

- (一) 汽機車駕駛未禮讓行人相關法規

依據「道路交通管理處罰條例」(節錄 民國 113 年 05 月 29 日 修正)

- 1.第44條：汽車駕駛人，駕駛汽車行經行人穿越道有行人穿越時，不暫停讓行人先行通過者，處新臺幣一千二百元以上三千六百元以下罰鍰。

2.第48條：汽車駕駛人轉彎時，除禁止行人穿越路段外，不暫停讓行人優先通行者，處新臺幣一千二百元以上三千六百元以下罰鍰。

(二) 號誌佈設相關法規

依據「道路交通標誌標線號誌設置規則」（節錄 民國 113 年 10 月 22 日 修正）

第六節 號誌之佈設

1.第 221條行車管制號誌之佈設原則

- (1)行車管制號誌至少應有一燈面設於遠端左側，且距近端停止線十公尺以上。
如係以柱立式設置，應有二燈面分設於遠端兩側。但路形特殊時，主管機關得調整設置於其他適當位置。
- (2)近端號誌應靠近停止線設置。
- (3)號誌佈設以能使各車道駕駛者均能清楚辨認為原則。路幅寬廣之道路，必要時得加設號誌燈面，並採門架式或懸掛式設置。

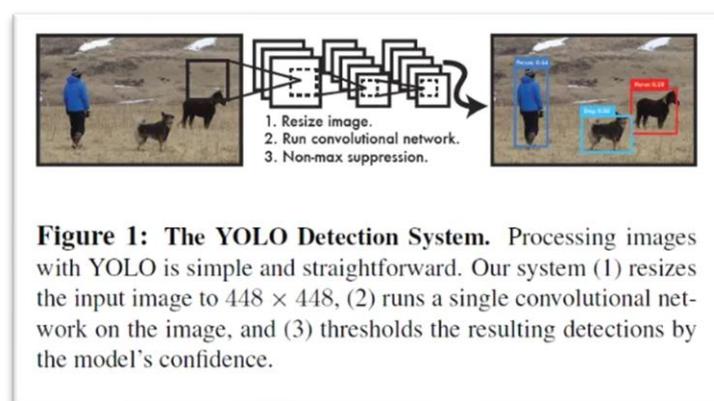
2.第 222條行人專用號誌應配合行車管制號誌運轉，其佈設原則

- (1)行人專用號誌應設置於行人穿越道兩端之路邊。路幅較寬廣且設有交通島之道路，得視需要於交通島輔設相同之燈面。
- (2)行人觸動號誌應指示按鈕位置，並註明使用方法。

四、文獻回顧

(一) AI 深度學習與物件偵測：You Only Look Once (YOLO) 影像辨識技術說明

YOLO 這個字是作者取自於 You only live once，YOLO 是 one stage 的物件偵測方法，也就是只需要對圖片作一次 CNN 架構便能夠判斷圖形內的物體位置與類別，因此提升辨識速度。摘錄至 Tommy Huang • Follow (2018)



圖一、YOLO的AI影像辨識技術的方法。摘錄至 Tommy Huang • Follow (2018)

在上圖一中說明左側是原始影像，中間是 CNN 處理流程，右側則是最終辨識結果（標註了「人」、「狗」、「馬」及其信心分數）。這個流程展示了 YOLO 如何在單一步驟中完成整個物件偵測任務，實現快速又高效的辨識效果。

（二）YOLO 影像辨識技術的原理、方法及其優缺點

1. YOLO 影像辨識概述

YOLO 影像辨識是一種「一階段」的物件偵測方法，意思是整個偵測流程只需一次前向傳播。這使得 YOLO 在偵測速度上有極大優勢，適合實時應用。同時，它還能夠同時預測影像中各物件的位置及類別。

2. 網路架構

卷積神經網路（CNN）：YOLO 採用類似 GoogleNet 的架構，由 24 層卷積層和 2 層全連接層組成。

3. 偵測流程

- (1)圖像分割：將輸入影像分成 $S \times S$ 的網格（grid cells）。每個網格負責預測物件中心落在此區域的物件。
- (2)邊界框預測：每個網格會預測多個邊界框（bounding box），每個邊界框包括中心座標（ x, y ）、寬度（ w ）、高度（ h ）及一個信心分數（confidence score），該分數代表該區域有無物件及預測框與真實物件的重疊程度（IOU）。
- (3)類別預測：每個網格同時預測各類別的條件機率（ $\text{Pr}(\text{Class}|\text{Object})$ ），最後根據信心分數與類別機率結合，確定每個物件的具體類別。

4. 後處理技術

- (1)閾值篩選：先根據信心分數刪除明顯為背景的邊界框。
- (2)非極大值抑制（NMS）：對重疊嚴重的邊界框進行篩選，保留最佳的預測結果，避免重複偵測。

5. 訓練與損失函數

- (1)預先訓練：一般先利用大規模資料集（例如 ImageNet）預先訓練 CNN，再進行物件偵測任務。
- (2)邊界框正規化：所有預測的邊界框數值均依據影像尺寸進行正規化，使得數值落在 0 到 1 之間，有助於訓練穩定性。
- (3)損失函數設計：損失函數包含位置誤差（定位誤差）、信心誤差和分類誤差，並採用不同權重（如 λ_{coord} 與 λ_{noobj} ）調整使得學習更加平衡。

6. 優缺點與發展方向

(1)優點：

高速：一次 CNN 前向傳播即可完成偵測，適合即時應用。

簡化架構：統一預測物件類別與位置。

(2)缺點：

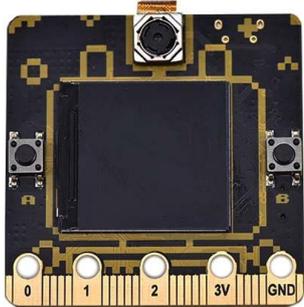
網格限制：每個網格只能偵測有限數量的邊界框，對於密集、重疊的物件偵測效果較差。

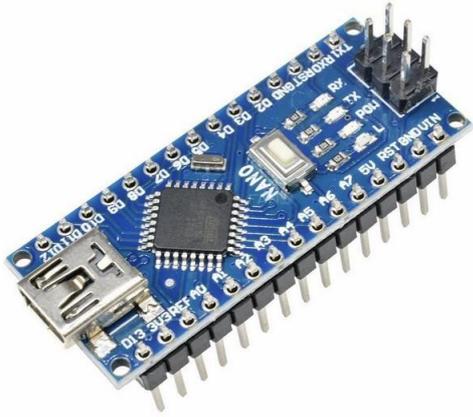
對小物件偵測不足：多層池化可能使得小物件在特徵圖上表現不明顯，定位不夠精準。

後續於 YOLO 新版本的 AI 影像辨識研究上（如 YOLOv2 等等）更進一步平衡了準確度和運算效率，同時更提昇了 AI 模型的效能。

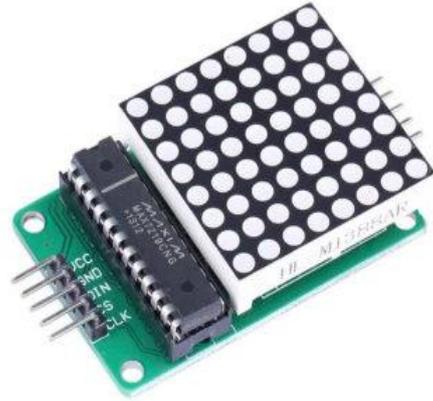
貳、研究設備與材料

研究設備與材料匯總表，如下所示：

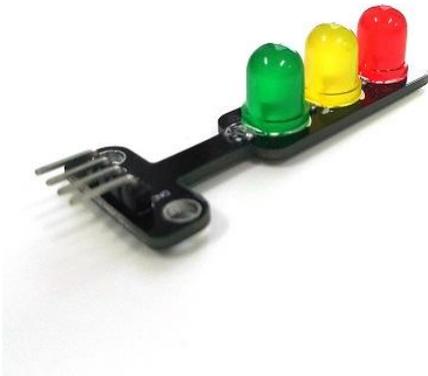
	
加裝攝像鏡頭的 Pixel:Bit 開發板	5V 伺服馬達



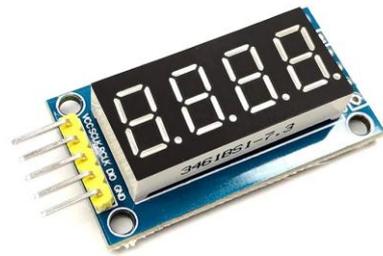
Arduino Nano 開發板



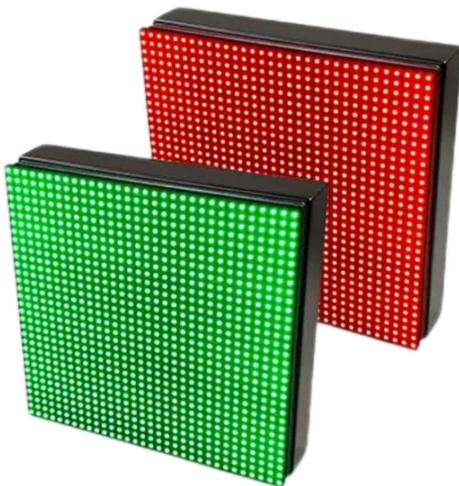
8*8 點矩陣模組



紅黃綠 LED 燈發光模組



四位數七段顯示器模組



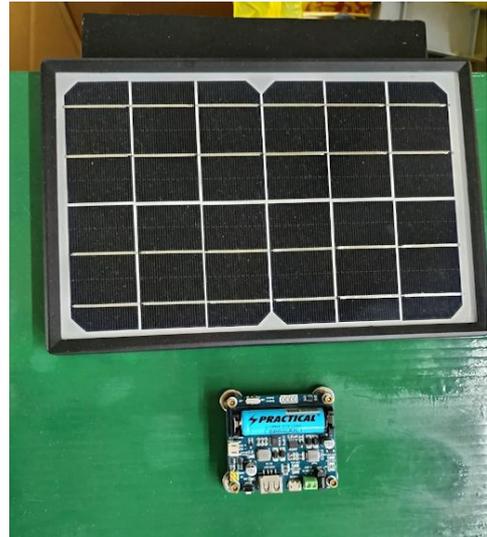
彩色 LED 跑馬燈顯示屏



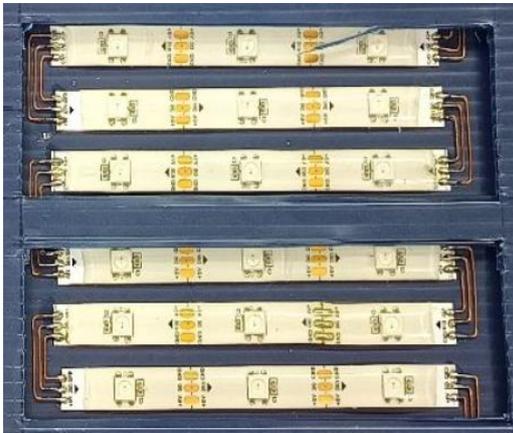
四路 5V 繼電器模組



12V 鉛酸電池



太陽能發電模組



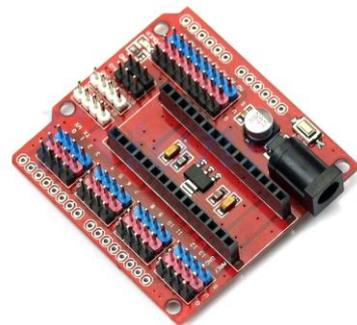
5V RGB LED 燈條



5V 單色 LED 燈珠



蜂鳴器模組



Arduino Nano 擴充板

參、研究過程與方法

一、研究流程圖



二、行車號誌燈（紅綠燈）製作

（一）規劃硬體材料

採用 Arduino Nano ATmega328P 開發板與紅色 LED 接在 D6 腳位、黃色 LED 接在 D5 腳位、綠色 LED 接在 D4 腳位，並且以 TM1637 四位數字7段顯示器時鐘模組顯示倒數時間，MAX7219 8*8 紅光 LED 矩陣模組顯示站立或行走的人形，有源蜂鳴器模組接在 D7 腳位，作為倒數計時的音效。以下是我們提供給 ChatGPT 的 Prompt（提示詞）。

Arduino紅綠燈程式設計

```
我有一組如下材料：  
Arduino Nano ATmega328P開發板  
紅色LED接在D6、黃色LED接在D5、綠色LED接在D4  
TM1637 4位數字7段顯示器時鐘模組  
MAX7219 8*8 紅光LED矩陣模組  
有源蜂鳴器模組接在D7  
  
請給我一段完整紅綠燈程式  
TM1637 4位數字7段顯示器時鐘模組顯示當綠燈時倒數12秒變黃燈3秒在變紅燈，紅燈停留6秒便綠燈  
MAX7219 8*8 紅光LED矩陣模組當紅燈時顯示站立人形，綠燈時顯示走路人形  
  
請先一步一步分析各模組功能與接線再進行程式撰寫  
  
請最後檢查看看程式有沒有問題  
如果有請修改給出完整的程式碼
```

圖二、輸入給 ChatGPT 的 Prompt（提示詞）

(二) AI程式編撰

以下是嘗試運用 ChatGPT 完成的行車號誌燈（紅綠燈）程式片段，可參見附錄。

```
cpp 复制  
  
#include <TM1637Display.h>  
#include <LedControl.h>
```

圖三、程式呼叫函式庫

```
cpp 复制  
  
#define LED_RED 6  
#define LED_YELLOW 5  
#define LED_GREEN 4  
#define BUZZER 7  
  
#define TM1637_CLK 2  
#define TM1637_DIO 3  
  
#define MAX7219_DIN 11  
#define MAX7219_CS 10  
#define MAX7219_CLK 13  
  
TM1637Display display(TM1637_CLK, TM1637_DIO);  
LedControl lc = LedControl(MAX7219_DIN, MAX7219_CLK, MAX7219_CS, 1);  
  
int greenTime = 12;  
int yellowTime = 3;  
int redTime = 6;  
  
byte standingMan[8] = {  
    B00111100,  
    B01000010,  
    B10000001,  
    B10000001,  
    B10000001,  
    B01000010,  
    B00111100,  
    B00000000  
};
```

圖四、程式依據硬體線路接線先定義其腳位設定

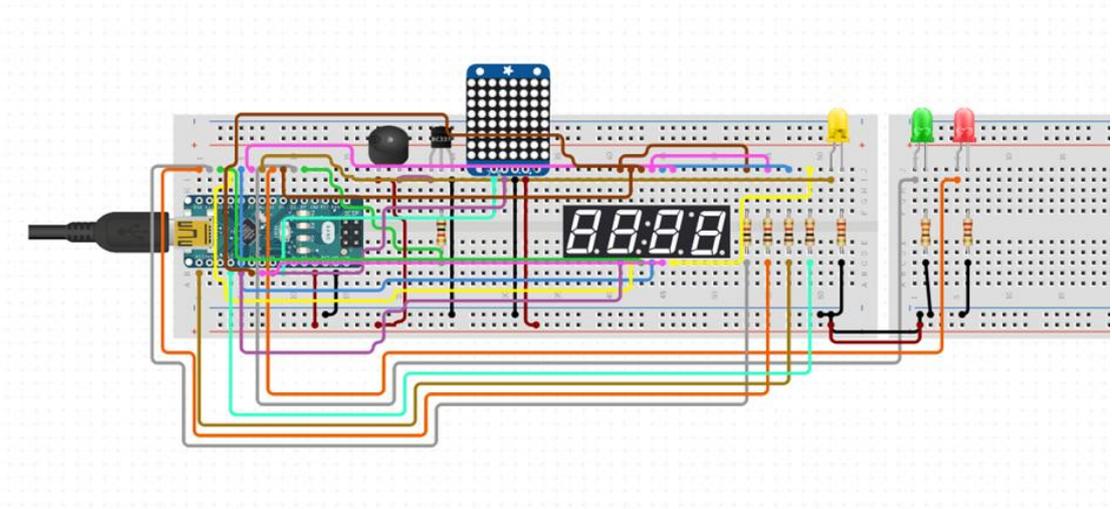
```
byte walkingMan[8] = {  
    B00111100,  
    B01000010,  
    B10000001,  
    B10000001,  
    B10000001,  
    B01000010,  
    B00111100,  
    B00011000  
};
```

圖五、程式設定 8*8 點矩陣顯示模式

(三) 行車號誌燈模型設計與製作

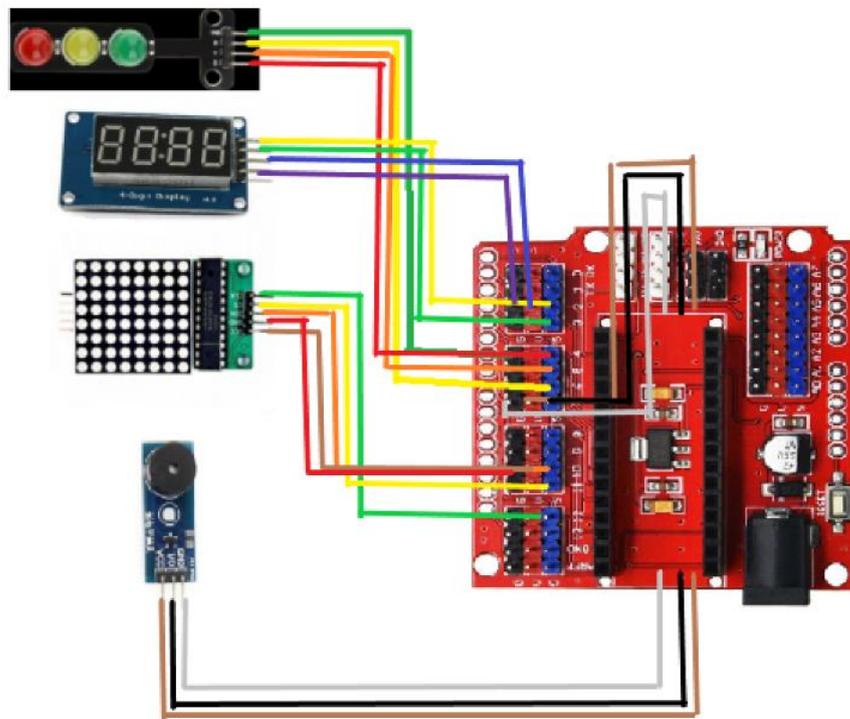
1.線路設計

應用免費電路模擬器 <https://www.circuito.io/> 網站進行初步的接線設計。



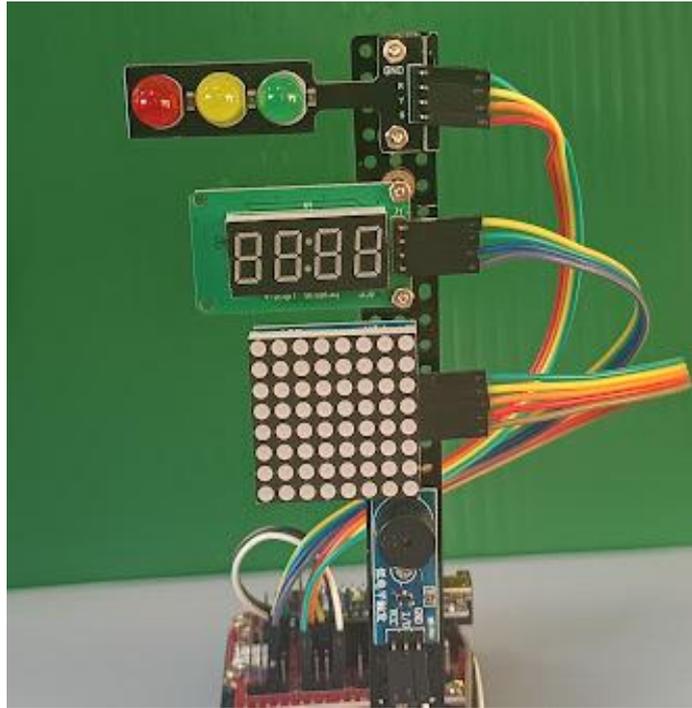
圖六、模擬行車號誌燈模型的接線圖

再以 Arduino Nano ATmega328P 開發板、紅色、黃色、綠色 LED、TM1637 四位數字 7 段顯示器、MAX7219 8*8 紅光 LED 矩陣、有源蜂鳴器等模組完成實際線路的接線工作，如下圖。



圖七、實際完成行車號誌燈模型的接線圖

2. 最後製作完成行車號誌燈模型



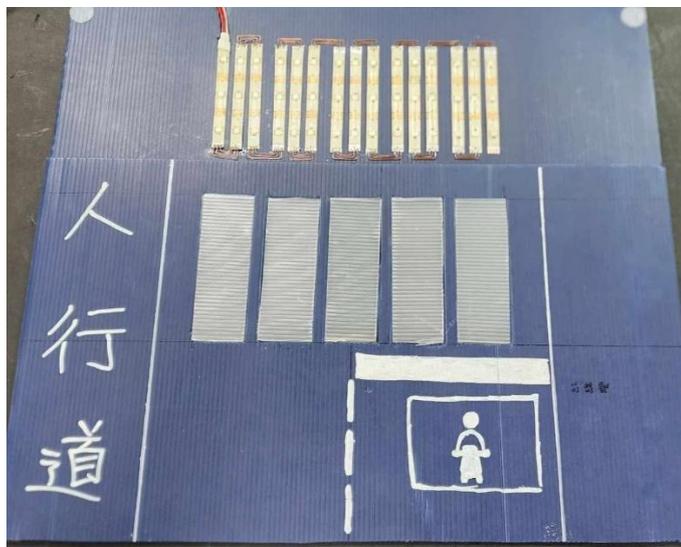
圖八、實作完成的行車號誌燈模型

三、發光斑馬線模型設計與製作

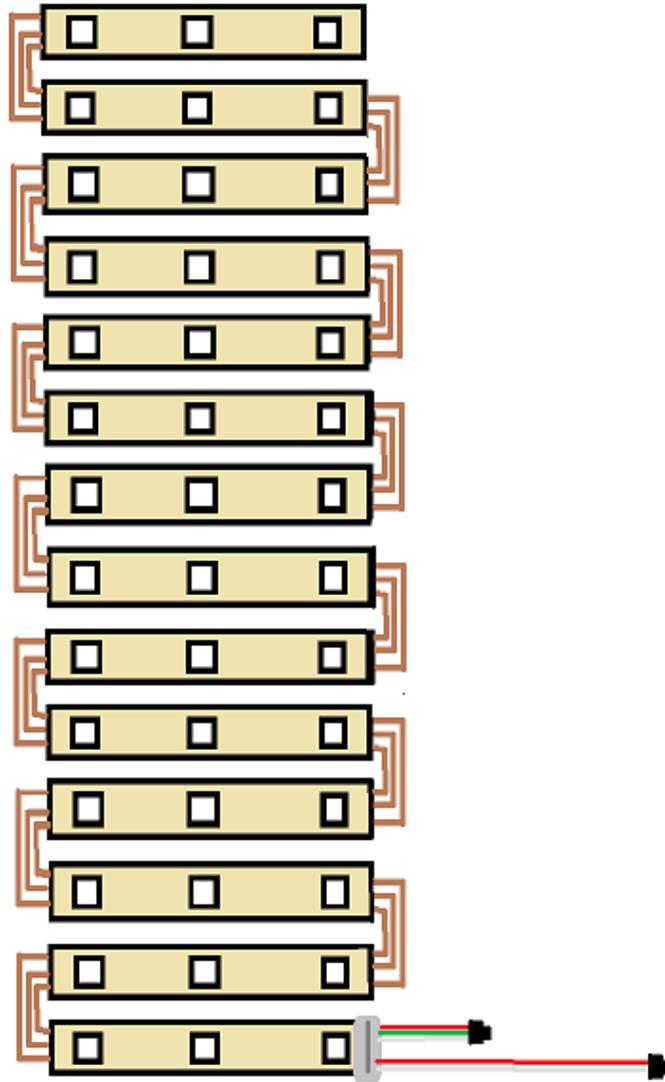
(一) 製作斑馬線模型方法

用瓦楞板切出基底，再用 5V RGB LED 燈一條條用銅線焊在一起，製作出可發光的斑馬線。

(二) 製作材料與接線圖

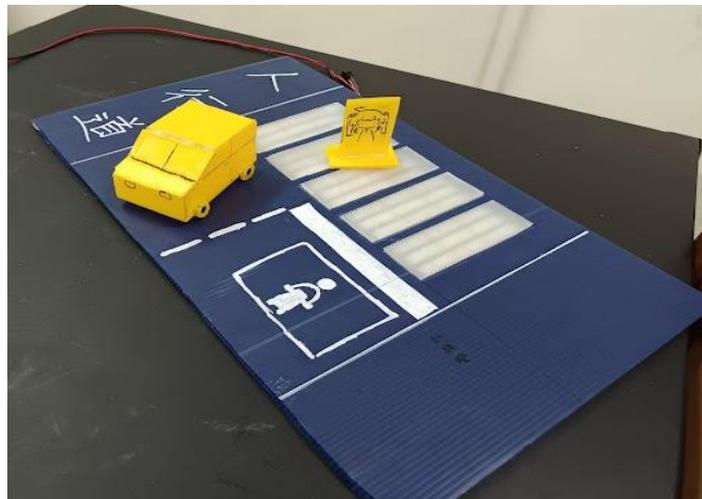


圖九、實際 RGB LED 燈條焊接完成照片



圖十、RGB LED 燈條的接線方法

(三) 發光斑馬線製作完成圖



圖十一、發光斑馬線模型完成圖

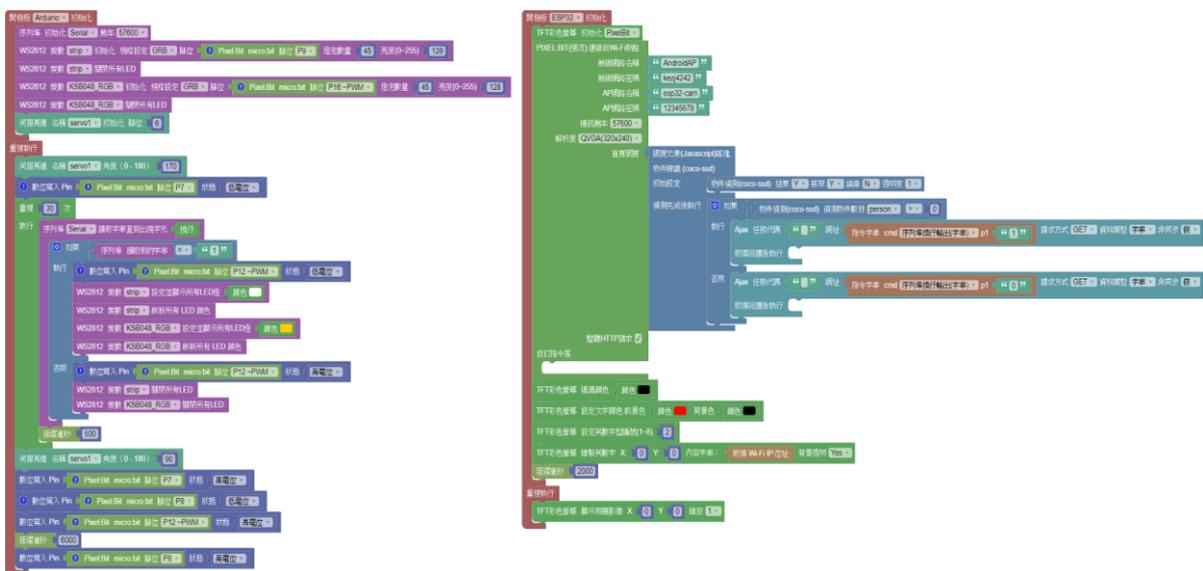
四、禮讓行人號誌燈設計與製作

(一) 規劃硬體材料

我們硬體部份採用加裝攝像鏡頭的 Pixel:Bit 開發板作為主控制板，控制行人號誌燈機器上燈號顯示的作動，其他週邊使用的硬體材料有四路 5V 繼電器模組、彩色 LED 跑馬燈（警示燈）顯示屏、5V RGB LED（斑馬線）燈條、5V 單色 LED（小紅人、小綠人）燈珠、5V 伺服馬達，以及採用 12V 充電的鉛酸電池和太陽能發電模組作為供應我們行人號誌燈系統的環保電力供電，以符合淨零碳排的智慧交通節能裝置的規劃。

(二) 程式編撰

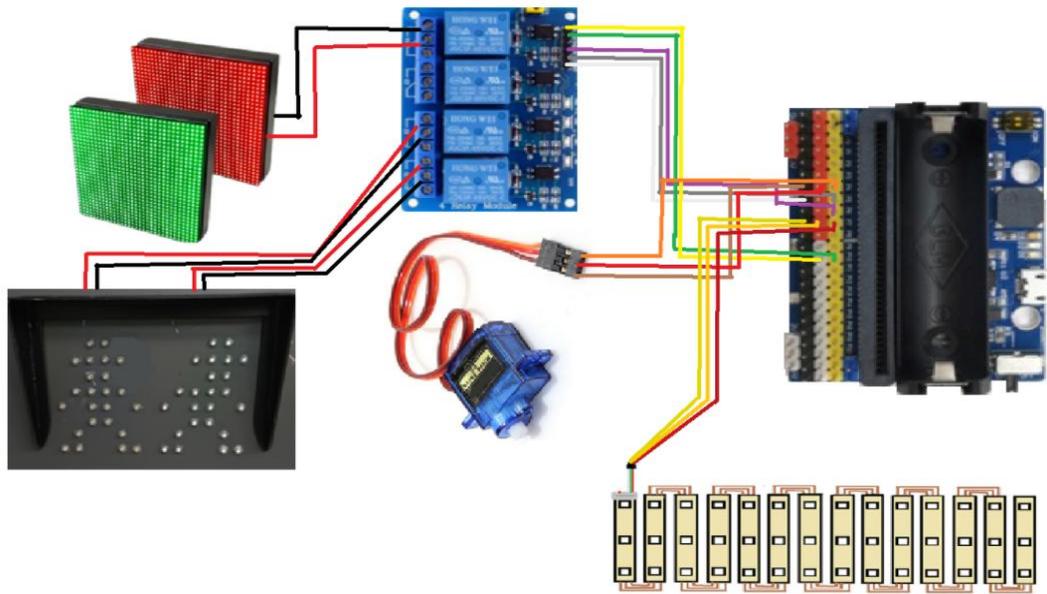
我們採用 BlocklyDuino 編輯主程式，分別編輯 Pixel:Bit 開發板上的 ESP32 處理器及 Arduino 處理器兩組 MCU（微控制器）晶片的 SoC 系統程式，並設定以序列埠作為兩組處理器的資料傳輸使用。ESP32 處理器主要作為影像的擷取，而 Arduino 處理器作為週邊硬體的控制，依照號誌燈機器功能分別控制彩色 LED 跑馬燈顯示屏、5V RGB LED（斑馬線）燈條、5V 單色 LED（小紅人、小綠人）燈珠、5V 伺服馬達開關閉合等功能。



圖十二、禮讓行人號誌燈程式圖

(三) 禮讓行人號誌燈硬體線路設計與外觀製作

1. 線路設計



圖十三、禮讓行人號誌燈實際接線圖

2. 最後製作完成的禮讓行人號誌燈機器裝置



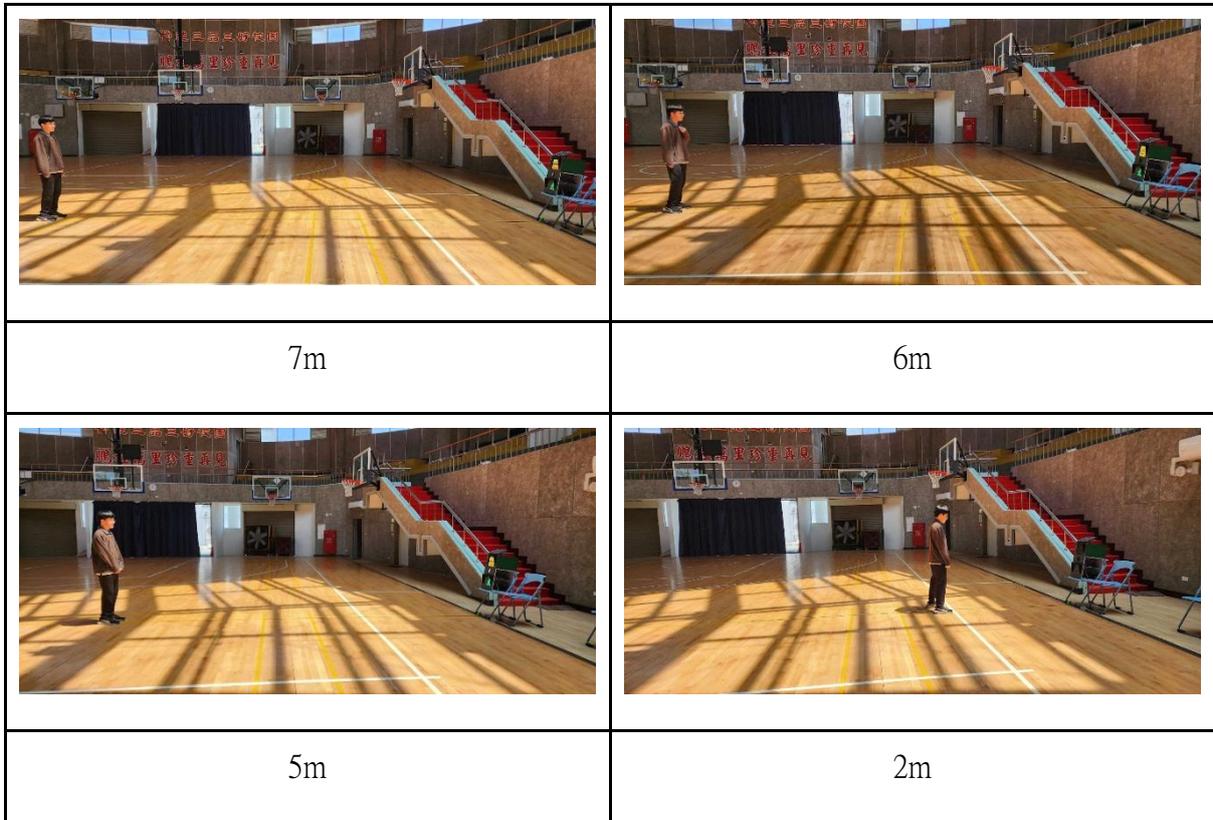
圖十四、禮讓行人號誌燈完成圖

肆、研究實驗與測試結果

一、實驗一：室內行人號誌燈機器裝置的偵測實驗

(一) 室內行人號誌燈機器裝置影像辨識測試

以捲尺放置地面分段規劃不同距離，逐步測試號誌燈機器裝置在室內對行人偵測的辨識率。



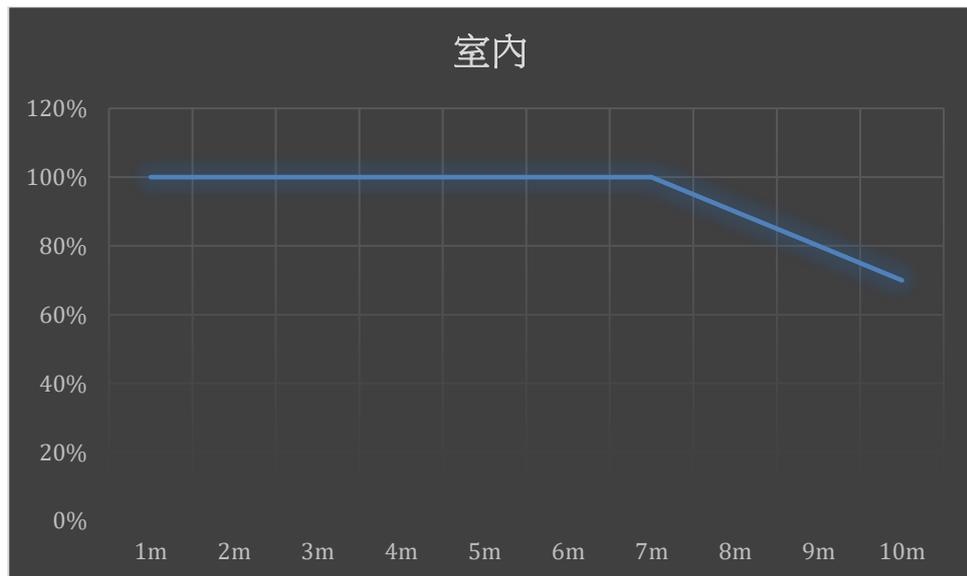
(二) 室內行人號誌燈機器裝置測試結果

1.各距離測量平均辨識率如下表。

表一、室內測量平均辨識率

公尺	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m
室內	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	90%	80%	70%

2. 行人號誌燈機器裝置 AI 影像辨識率折線圖



圖十五、室內 AI 影像辨識率折線圖

二、實驗二：戶外行人號誌燈機器裝置的偵測實驗

(一) 戶外行人號誌燈機器裝置影像辨識測試

以捲尺放置地面分段規劃不同距離，逐步測試號誌燈機器裝置在戶外對行人偵測的辨識率。

<p>沒有人</p>	<p>一個人</p>
<p>兩個人</p>	<p>兩個人方向不同</p>

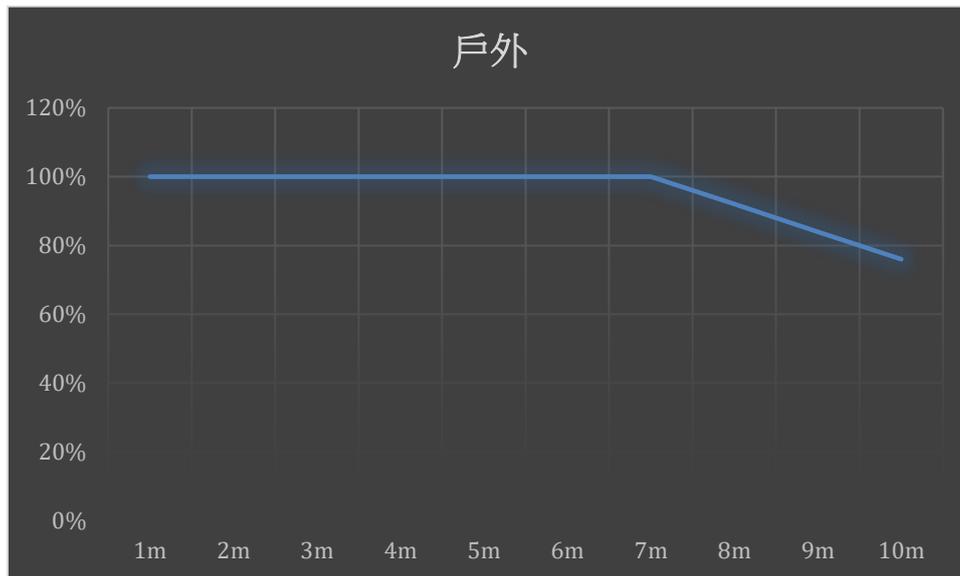
(二) 戶外禮讓行人號誌燈機器裝置測試結果

1.各距離測量平均辨識率如下表。

表二、戶外測量平均辨識率

公尺	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m
戶外	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	92%	84%	76%

2. 行人號誌燈機器裝置 AI 影像辨識率折線圖



圖十六、戶外 AI 影像辨識率折線圖



圖十七、將禮讓行人號誌燈機器裝置實地在10公尺路寬上進行實驗測試



圖十八、禮讓行人號誌燈機器裝置的燈號作動顯示

伍、研究討論

一、實驗後的結果

(一) 實驗一（室內）的測試結果顯示

1. 當目標物體位於7公尺以內時，行人號誌燈 AI 系統能夠100%準確偵測到行人。
2. 當距離超過7公尺後，偵測率每增加1公尺下降約10%，顯示偵測距離與準確度呈負相關。

(二) 實驗二（戶外）的測試結果顯示

1. 與室內實驗一致，7公尺以內的範圍內，行人號誌燈 AI 系統可達100%偵測準確率。

2. 當距離超過7公尺時，偵測率每增加1公尺下降約8%，比室內環境下的下降幅度略低，顯示在自然光源充足下系統表現較佳。

二、實驗後的限制

- (一) 紅綠燈高度受到限制，導致 AI 攝影機安裝位置受限，進而壓縮了可有效偵測的範圍，影響整體實驗結果。
- (二) 實驗過程中馬路車流量大，為安全考量與實務執行難度，戶外測試次數相對較少，影響樣本數與完整性。

三、實驗後的比較

- (一) 相較之下，室內實驗在超過7公尺時偵測率下降幅度較大（每公尺10%），而戶外環境下降幅度較小（每公尺8%），顯示外部光源可能有助於提升AI的辨識能力。
- (二) 實驗結果，裝置可用於至少10公尺寬的路口使用，對斑馬線上行人的偵測有很好的辨識效果，若路口過寬仍可以在對街兩側加裝此裝置，即能有效運用我們禮讓行人號誌燈來保障斑馬線上行人穿越時的安全預警。

陸、結論與展望

一、禮讓行人號誌燈對行人和駕駛的影響

- (一) 駕駛和行人各會注意到警示螢幕使車禍發生率降低。
- (二) 發光斑馬線系統，使駕駛更明確察覺需減速、停車禮讓行人，強化行人優先的道路文化。

二、禮讓行人號誌燈使用 AI 偵測的結論

- (一) AI 可迅速辨識是否為行人正在穿越馬路。
- (二) AI 可與行政單位做連接以方便行政。
- (三) AI 可能因為光線不足而辨識錯誤。
- (四) AI 偵測可一次偵測多項物體

三、對禮讓行人號誌燈的展望

- (一) 可以新增多項物件辨識系統。
- (二) 偵測到救護車可以直接變換紅綠燈以方便傷者送醫。
- (三) 可以真正的讓行人和駕駛注意到，以降低車禍發生率。

柒、參考文獻資料

一、研究報告

- (一) 林哲正 (2014)。感應式紅綠燈。國立高雄應用科技大學電機工程系博碩士班。載點<https://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/gs32/gswweb.cgi?o=dnclcdr&s=id=%22103KUAS0442008%22.&searchmode=basic&extralimit=asc=%22%E5%9C%8B%E7%AB%8B%E9%AB%98%E9%9B%84%E6%87%89%E7%94%A8%E7%A7%91%E6%8A%80%E5%A4%A7%E5%AD%B8%22&extralimitunit=%E5%9C%8B%E7%AB%8B%E9%AB%98%E9%9B%84%E6%87%89%E7%94%A8%E7%A7%91%E6%8A%80%E5%A4%A7%E5%AD%B8>
- (二) 陳韻筑、卓映霆、孟祥祖 (中華民國第60屆中小學科學展覽會)。正義魔人-專用停車位警示系統。國中組 生活與應用科學 (一) 科。載點<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/60/pdf/NPHSF2020-032801.pdf?743>

二、網路資料

- (一) Tommy Huang • Follow (Sep 4, 2018)。深度學習-物件偵測:You Only Look Once (YOLO)。檢自<https://chih-sheng-huang821.medium.com/%E6%B7%B1%E5%BA%A6%E5%AD%B8%E7%BF%92-%E7%89%A9%E4%BB%B6%E5%81%B5%E6%B8%AC-you-only-look-once-yolo-4fb9cf49453c> (Feb 3, 2025)
- (二) 全國法規資料庫 (民國 113 年 05 月 29 日)。道路交通管理處罰條例。檢自<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=K0040012&kw=%e9%81%93%e8%b7%af%e4%ba%a4%e9%80%9a%e7%ae%a1%e7%90%86%e8%99%95%e7%bd%b0%e6%a2%9d%e4%be%8b>
- (三) 全國法規資料庫 (民國 113 年 10 月 22 日)。道路交標標誌標線號誌設置規則。檢自<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=K0040014>
- (四) 內政部警政署統計室 (民國 110 年 3 月 10 日)。警政統計通報-109 年行人肇事概況及死傷分析。檢自<https://www.npa.gov.tw/ch/app/data/doc?module=wg057&detailNo=823439707571490816&type=s>
- (五) 李中豪 (2024-09-12)。風傳網-行人地獄難逃? 2024上半年行人死亡數上升5.8% 交通部長喊9月加強執法, 網諷刺: 換個部長繼續演! 檢自https://www.storm.mg/lifestyle/5236062?fbclid=PAY2xjawIwrDRleHRuA2FlbQIxMAABphlvVUa_OBFEj6cfg64SRzb_W9u6Kk-6jmB0PU0zYgoB-7oYPWe8LoAjDQ_aem_iqFZXoWtPM6X3u9_uMy4Pw

(六) 台視新聞 TTV NEWS 熱線追蹤 (2024.10.28) 。YouTube-救護車靠近中！AI科技先幫你示警。檢自<https://www.youtube.com/watch?v=2HJz-mVZ0oY>

捌、附錄

附錄一、提供給 ChatGPT 行車號誌燈(紅綠燈) AI 協作程式設計的 Prompt 提示詞。

Arduino紅綠燈程式設計

我有一組如下材料：

- Arduino Nano ATmega328P開發板
- 紅色LED接在D6、黃色LED接在D5、綠色LED接在D4
- TM1637 4位數字7段顯示器時鐘模組
- MAX7219 8*8 紅光LED矩陣模組
- 有源蜂鳴器模組接在D7

請給我一段完整紅綠燈程式

TM1637 4位數字7段顯示器時鐘模組顯示當綠燈時倒數12秒變黃燈3秒在變紅燈，紅燈停留6秒便綠燈

MAX7219 8*8 紅光LED矩陣模組當紅燈時顯示站立人形，綠燈時顯示走路人形

請先一步一步分析各模組功能與接線再進行程式撰寫

請最後檢查看看程式有沒有問題
如果有請修改給出完整的程式碼

附錄二、行車號誌燈(紅綠燈) AI 協作的完整程式。

```
cpp 复制  
#include <TM1637Display.h>  
#include <LedControl.h>
```

cpp

复制

```
#define LED_RED 6
#define LED_YELLOW 5
#define LED_GREEN 4
#define BUZZER 7

#define TM1637_CLK 2
#define TM1637_DIO 3

#define MAX7219_DIN 11
#define MAX7219_CS 10
#define MAX7219_CLK 13

TM1637Display display(TM1637_CLK, TM1637_DIO);
LedControl lc = LedControl(MAX7219_DIN, MAX7219_CLK, MAX7219_CS, 1);

int greenTime = 12;
int yellowTime = 3;
int redTime = 6;

byte standingMan[8] = {
    B00111100,
    B01000010,
    B10000001,
    B10000001,
    B10000001,
    B01000010,
    B00111100,
    B00000000
};
```

```
byte walkingMan[8] = {
    B00111100,
    B01000010,
    B10000001,
    B10000001,
    B10000001,
    B01000010,
    B00111100,
    B00011000
};
```

cpp

复制

```
void setup() {
    pinMode(LED_RED, OUTPUT);
    pinMode(LED_YELLOW, OUTPUT);
    pinMode(LED_GREEN, OUTPUT);
    pinMode(BUZZER, OUTPUT);

    display.setBrightness(0x0f);
    lc.shutdown(0, false);
    lc.setIntensity(0, 8);
    lc.clearDisplay(0);
}
```

cpp

复制

```
void loop() {
    // 綠燈階段
    digitalWrite(LED_GREEN, HIGH);
    digitalWrite(LED_YELLOW, LOW);
    digitalWrite(LED_RED, LOW);
    displayNumber(greenTime);
    displayMatrix(walkingMan);
    delayWithBuzzer(greenTime * 1000);

    // 黃燈階段
    digitalWrite(LED_GREEN, LOW);
    digitalWrite(LED_YELLOW, HIGH);
    digitalWrite(LED_RED, LOW);
    displayNumber(yellowTime);
    delayWithBuzzer(yellowTime * 1000);
```

```
    // 紅燈階段
    digitalWrite(LED_GREEN, LOW);
    digitalWrite(LED_YELLOW, LOW);
    digitalWrite(LED_RED, HIGH);
    displayNumber(redTime);
    displayMatrix(standingMan);
    delayWithBuzzer(redTime * 1000);
}

void displayNumber(int number) {
    display.showNumberDec(number, true);
}

void displayMatrix(byte* data) {
    for (int i = 0; i < 8; i++) {
        lc.setRow(0, i, data[i]);
    }
}

void delayWithBuzzer(int duration) {
    digitalWrite(BUZZER, HIGH);
    delay(100);
    digitalWrite(BUZZER, LOW);
    delay(duration - 100);
}
```

