

全國高級中等學校專業群科 107 年專題及創意製作競賽

【作品說明書】



群 別：電機與電子群

作品名稱：Sentry Gun

關 鍵 詞：人臉辨識、自動掃描、槍

目錄

目錄.....	I
表目錄.....	II
圖目錄.....	III
壹、摘要.....	1
貳、研究動機.....	2
參、研究方法.....	2
一、研究流程.....	2
二、硬體介紹.....	4
(一)、MG958	4
(二)、Arduino Uno.....	4
(三)、步進馬達.....	5
(四)、Relay 模組.....	6
三、軟體介紹.....	7
(一)、Visual Studio 2012	7
(二)、OpenCV.....	8
(三)、Arduino.....	8
(四)、Haar Cascade Classifier	9
四、系統架構.....	10
五、問題改良.....	10
肆、研究結果.....	12
一、手動模式.....	12
二、自動模式.....	12
伍、討論.....	13
陸、結論.....	15
柒、參考資料.....	15
捌、附錄表.....	16

表目錄

表 1 MG958 規格	4
表 2 Arduino Uno 規格	5
表 3 4H5618X5101 規格	5
表 4 Arduino 使用之輸出接腳	8
表 5 按鍵功能	12
表 6 螢幕介面介紹	13
表 7 材料表	16

圖目錄

圖 1 近迫武器系統(CIWS).....	1
圖 2 Samsung SGR-A1.....	1
圖 3 研究步驟.....	3
圖 4 MG958.....	4
圖 5 Arduino Uno.....	5
圖 6 4H5618X5101 步進馬達.....	6
圖 7 A4988 驅動器.....	6
圖 8 Relay 模組.....	6
圖 9 Visual Studio.....	7
圖 10 Visual Studio 2012 介面.....	7
圖 11 OpenCV.....	8
圖 12 Haar Cascade Classifier 流程圖.....	9
圖 13 系統架構圖.....	10
圖 14 聯軸器.....	11
圖 15 鉛酸電池.....	12
圖 16 螢幕介面.....	13
圖 17 成品正面.....	13
圖 18 成品側面.....	13

Sentry Gun

壹、摘要

自動化武器已漸漸成為各國軍事發展的方向，例如現代海軍所使用的近迫武器系統 Close-In Weapon System(CIWS)(圖 1)，可同時追蹤與攻擊多重目標，避免飛彈對船艦造成嚴重損害；另外 Samsung 的 SGR-A1(圖 2)則是韓國為了因應不足的人力，在南北韓交界處放置的自動哨戒系統。

無人化戰爭的出現，代表著科技的一大進步，除了減少生命的損失外，能夠達成最有效的作戰效果，才是真正應該前進的方向。製造出針對不同的狀況，能做出適當反應的系統，正是我們研究的目標。本專題使用人臉辨識系統，可藉由電腦切換手自動模式；在自動模式下可偵測出多重目標，並針對最大目標進行追蹤射擊，不會受到其他目標干擾；在手動模式下，使用者可透過攝像頭所獲得之即時影像，利用電腦控制槍口方向，以及槍枝擊發。為防止誤射，於程式中設有保險開關，增加安全性。



圖 1 近迫武器系統(CIWS)



圖 2 Samsung SGR-A1

貳、研究動機

近年來，常常能在新聞媒體上看到如大陸轟炸機繞台、大陸航空母艦繞台以及武力犯台等訊息，可以看出兩岸情勢的升溫、對岸統一我國的決心增大。另一方面，新聞上也會看到政府正在結束徵兵政策的運行，但是卻都無法募集到足夠的志願役士兵。自動化的武器系統可以達到減少人員負擔、降低戰損及強化火力等效果，因此本專題的目標是製作出一個哨戒槍。

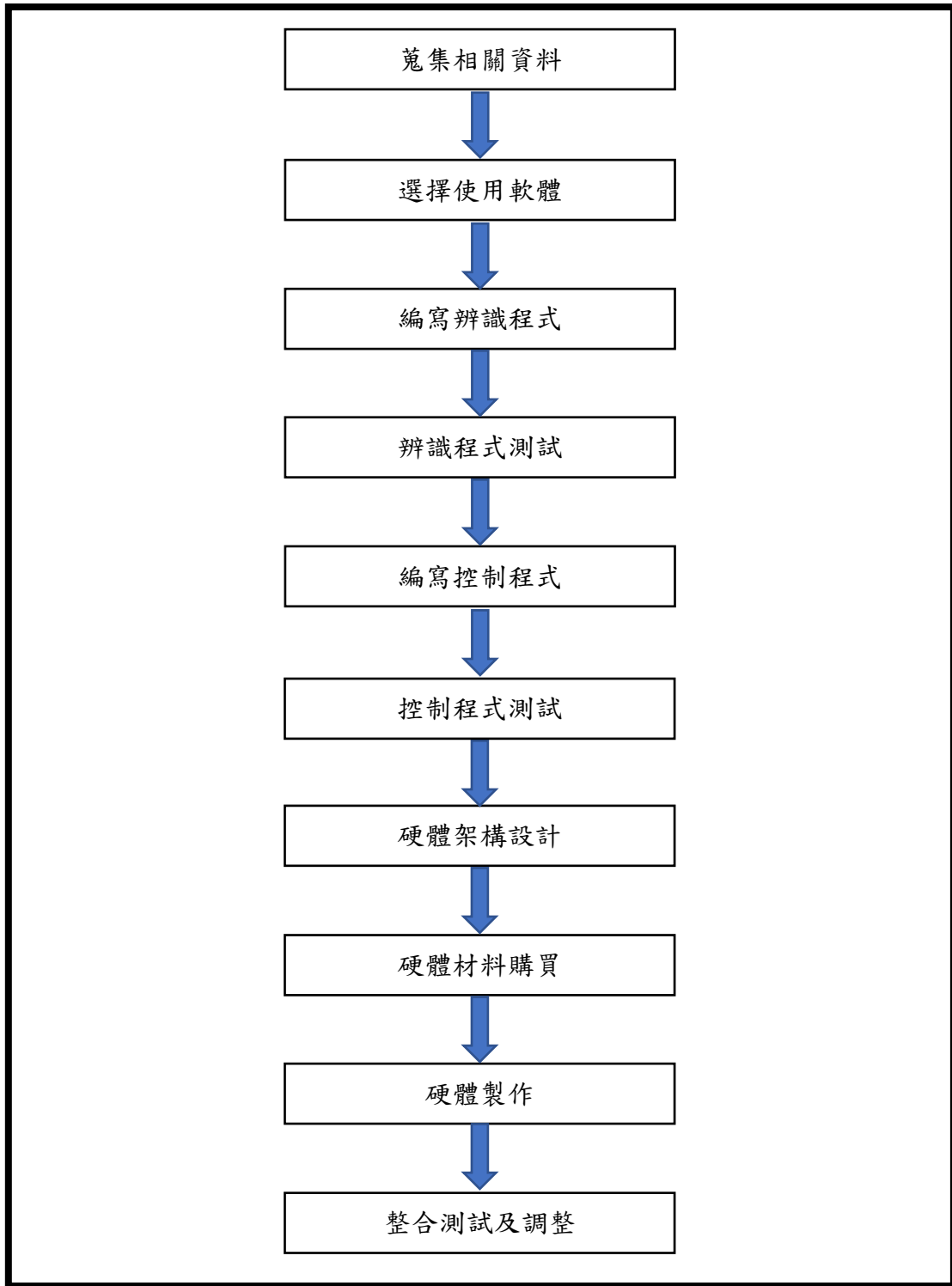
哨戒槍是一個會自動瞄準、射擊被探測器所偵測到之目標的武器系統。藉由其自動辨識目標並射擊的能力，可以使更少的人操作更多的武器來達到減少操作人員並增強火力的效果。

利用微處理機實習課程和綜合課程的 Visual Basic 程式設計的所學，以 C++ 外加 OpenCV 函式庫編寫電腦程式來進行影像辨識並控制 Arduino，再製作一個以 Arduino 控制的電動槍座。

參、研究方法

一、研究流程

- (一)、蒐集有關辨識系統以及相關成品資料
- (二)、決定使用 Visual Studio 2012、Arduino 編寫程式
- (三)、編寫辨識程式，使用背景，顏色、動態、人臉辨識，套用 OpenCV 函式庫，並使用 Haar Cascade Classifier 達到辨識是否發現人臉
- (四)、於電腦測試是否能辨識出所設目標
- (五)、編寫 Arduino 控制馬達水平以及垂直調整
- (六)、測試馬達是否按照指令動作
- (七)、設計硬體架構
- (八)、購買設計所需材料
- (九)、製作硬體架構
- (十)、軟硬體整合測試及調整



二、硬體介紹

(一)、MG958

MG958(圖 4)是 MG996 的升級款，擁有高達 20kg-cm 的扭力，並且使用雙軸承讓轉軸更加穩定，適用於遙控玩具。在本專題中主要控制槍口垂直動作。表 1 為 MG958 之規格。

表 1 MG958 規格

重量	65 g
尺寸	40.2x20.1x36.8 mm
工作電壓	4.8~6.6 V
額定轉矩(4.8 V)	18.0 kg-cm
額定轉矩(6 V)	20.0 kg-cm
運轉速度(4.8 V)	0.18/60 sec/degree
運轉速度(6 V)	0.15/60 sec/degree
額定電流	1600 mA



圖 4 MG958

(二)、Arduino Uno

Arduino(圖 5)是本次專題用來控制的核心，入門門檻較低，方便使用，且具有下列幾種特色：

- 1.免費下載，也可依需求自己修改
- 2.可依據 Arduino 官方網站，取得硬體的設計檔，加以調整電路板及元件，以符合自己設計需求。
- 3.可簡單的與各式各樣感測器及電子元件連接。
- 4.支援多樣的互動程式。
- 5.USB 介面，不須外接電源。

表 2 為 Arduino Uno 之規格。



圖 5 Arduino Uno

表 2 Arduino Uno 規格

微處理器	ATmega328P
工作電壓	5 V
數位輸入/輸出埠	14 pin
輸入電壓(推薦)	7~12 V
輸入電壓(限制)	6~20 V
SRAM	2 KB
EEPROM	1KB
時脈頻率	16MHz

(三)、步進馬達

本專題使用 TECO 製造的 4H5618X5101 步進馬達(圖 6)，配備 A4988 驅動器(圖 7)，以控制槍口的水平瞄準。表 3 為 4H5618X5101 之規格。

表 3 4H5618X5101 規格

工作電壓	9 V
阻抗	11.5 Ω
工作電流	0.8 A
步進角	1.8°
步數	200
引線數	4



圖 6 4H5618X5101 步進馬達



圖 7 A4988 驅動器

(四)、Relay 模組

繼電器 (Relay) (圖 8)，也稱電驛，是一種電子控制器件，它具有控制系統和被控制系統，通常應用於自動控制電路中，實際上是用較小的電流去控制較大電流的一種「自動開關」。故在電路中起著自動調節、安全保護、轉換電路等作用。本專題使用 Tongling Relay 模組控制槍枝擊發及雷射燈開關。

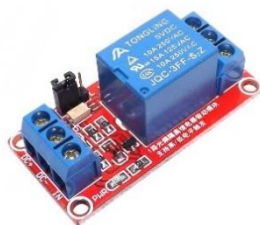


圖 8 Relay 模組

三、軟體介紹

(一)、Visual Studio 2012

Microsoft Visual Studio (簡稱 VS) (圖 9)是微軟公司的開發工具套件系列產品。

Visual Studio 包括了整個軟體生命期中所需要的大部分工具,如 UML 工具、代碼管控工具、整合式開發環境 (IDE) 等等。所寫的目的碼適用於微軟支援的所有平台,包括 Microsoft Windows、Windows Phone、Windows CE、.NET Framework、NET Compact Framework 和 Microsoft Silverlight。

微軟於 2012 年 8 月 2 日正式發布 Visual Studio 2012(圖 10)。這一版本整合了 Windows 8 的開發。並且重新設計了介面。



圖 9 Visual Studio

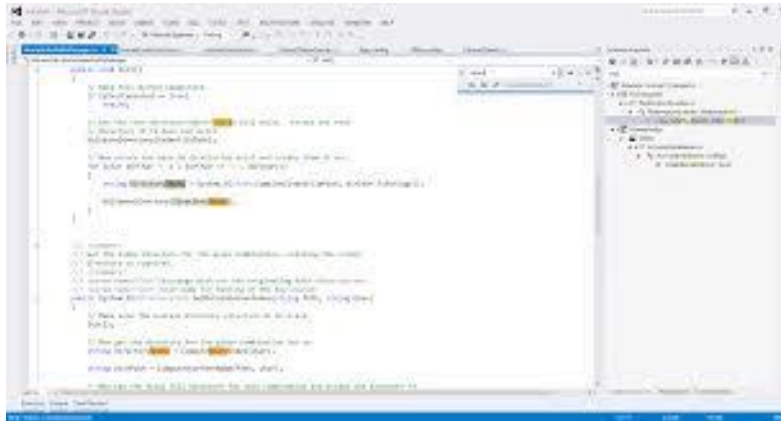


圖 10 Visual Studio 2012 介面

(二)、OpenCV

OpenCV(圖 11)的全稱是 Open Source Computer Vision Library，是一個跨平台的電腦視覺庫。由 Intel 公司發起並參與開發。可以在商業和研究領域中免費使用。OpenCV 可用於解決如下領域的問題：

- 1.增強現實
- 2.人臉識別
- 3.手勢識別
- 4.人機互動
- 5.動作識別
- 6.運動追蹤
- 7.物體識別
- 8.圖像分割
- 9.機器人

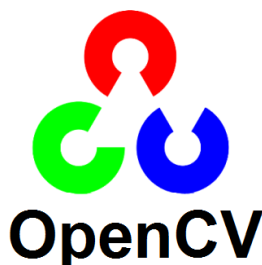


圖 11 OpenCV

(三)、Arduino

Arduino，是一個開放原始碼的單晶片微控制器，它使用了 Atmel AVR 單晶片，採用了開放原始碼的軟硬體平台，建構於簡易輸出/輸入(simple I/O) 介面板，

在 Arduino 上執行的程式可以使用任何能夠被編譯成 Arduino 機器碼的程式語言編寫，而 Arduino 也提供了 Arduino Software IDE，一套以 Java 編寫的跨平台應用軟體。是被設計於介紹程式編寫給藝術家和不熟悉程式設計的人們，且包含了一個擁有語法突顯、括號符合、自動縮排和一鍵編譯並將執行檔燒寫入 Arduino 硬體中的編輯器。

表 4 為本專題 Arduino 使用之輸出接腳及功能。

表 4 Arduino 使用之輸出接腳

輸出接腳	功能
9	槍枝擊發
10	雷射燈開關
11	MG958 PWM
12	旋轉方向
13	步數

(四)、Haar Cascade Classifier

哈爾特徵級聯分類器是由 Paul Viola 和 Michael Jones 所提出的物件辨識方法，通常被用來辨識臉部。

分類器藉由先驗知是以一個設定好大小的窗口移動檢測整個經過灰階化的圖像。分類器將窗口中的部分區域先轉成積分影像(增加處理速度)再算出此區域像素的總合，最後將此區域以哈爾特徵進行分類。所有的區域在一開始都有一樣的權重，在區域經過分類後，將誤分類的區域權重增高。分類器將不斷進行分類，重新計算錯誤率和權重，程序將在達到足夠的準確率或錯誤率時停止。正確的區域將被認為可能有臉部並繼續執行更多的分類，非正確的部分則會被廢棄並停止對其分類。接下來，分類正確的區域將經過階層化的分類，不斷以越來越多的哈爾特徵進行分類，正確的區域進行更多哈爾特徵的分類，錯誤的則將其廢棄。最後，通過所有分類的區域即為臉部。圖 12 為 Haar Cascade Classifier 流程圖。

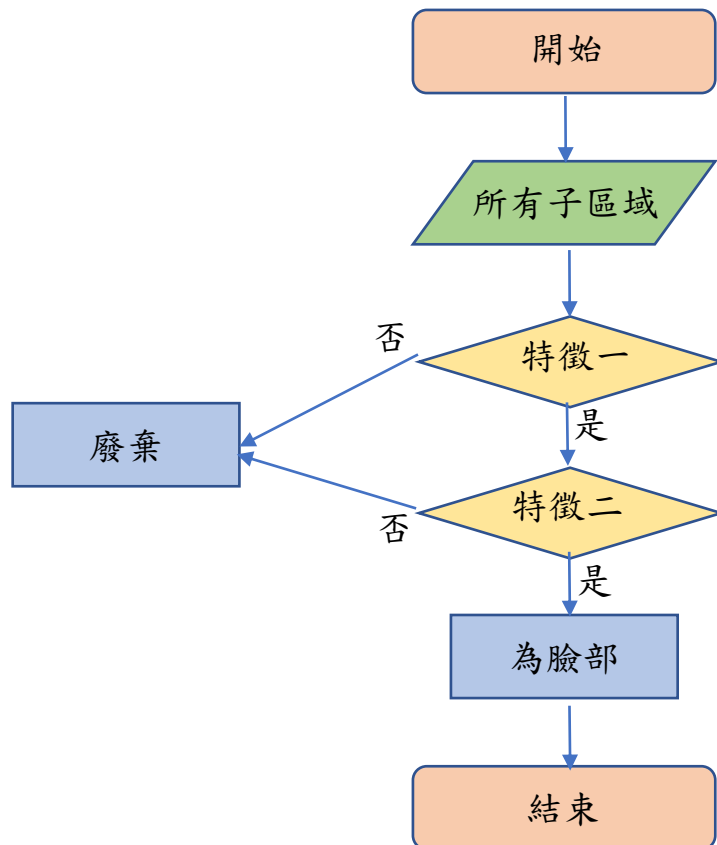


圖 12 Haar Cascade Classifier 流程圖

四、系統架構

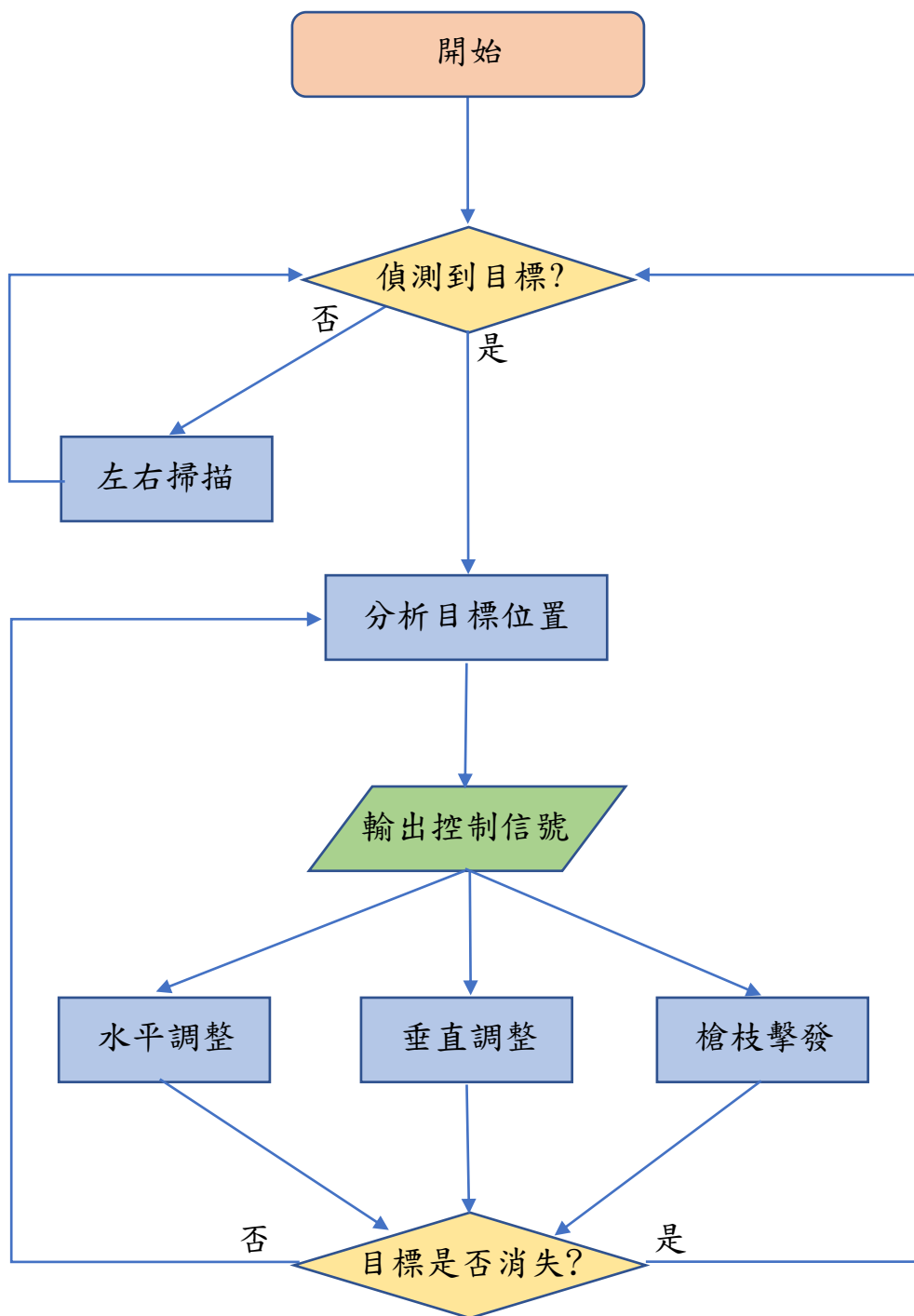


圖 13 系統架構圖

五、問題改良

(一) 支架改良

本專題所使用的支架，是硬體上一直讓我們花費許多時間和精力去改良的部分。

在最初期的設計上，我們選擇以角鋼作為素材，但因馬達扭力不足等因素，經過謹慎的選擇後，我們決定使用白鐵製的角鋼，以及為了能夠固定轉軸，特地訂做了所需的聯軸器(圖 14)。但隨著作品的測試，出現了嚴重的問題：為了減輕重量使用的白鐵角鋼，因為其本身材質與厚度的關係，十分的具有彈性，導致搖晃的情形劇烈，特別是本專題需要高速地切換旋轉方向，慣性作用除了大幅減少射擊精準度外，甚至造成馬達失步，其慘烈的狀況致使我們著手進行改良。

經過多次的討論後，考慮到木頭本身缺乏彈性，勢必能夠減輕晃動情形，而且也能更加輕量化，木製支架成為了專題的發展方向。經過短暫的設計以及採購材料後，我們開始了實際製作。但經過短短的一個上午，就出現了麻煩：木頭屬於相當脆弱的材質，為了和轉軸連接所挖得洞，過了一段時間就因為摩擦而開始鬆動。我們為了補強使用的螺絲，也只是雪上加霜，第二代在連實際測試都尚未進行的狀況下宣告失敗。

幸好在之前設計時，有提出過備用的方案：以角鋼連軸，加上木頭支撐上部零件。經過快速的改造後，我們意外的發現，這似乎是最完善的方法。原先聯軸器加上角鋼，既穩固又不會有磨損的問題；木頭製的上部支架，幾乎不會搖晃，克服了先前大部分的缺點，即使重量的部份令人擔憂，但在測試後發現並無影響。因此順利成章的成為了支架的首選。



圖 14 聯軸器

(二) 伺服馬達更換

垂直角度的調整，在最原先的設計中是沒有被採納的，原因是彈道的計算無法達成，但評斷過作品完成度的需要，我們決定加入垂直瞄準這部分。

為了進行垂直轉動，我們使用伺服馬達來成目標。使用的是最常用於遙控玩具轉部上的 MG996R，在進行第一代的製作時，並沒有出現任何問題，但隨著時間的摧殘，以及我們原本設計上的疏失，在製作第二代時，馬達的軸開始嚴重搖晃，經過了解後發現，MG996R 的軸並沒有經過任何的軸承，導致在承受過大的壓力時，內部的零件便開始損壞，使功能再也無法正常運作。

考慮到軸之強度的需要，我們選擇了雙軸承的 MG958，相信其可以解決我們的問題。但勢必有利就有弊，原先為了供給 MG996R 電源所使用的鋰電池，因為 MG958 所需高啟動電流的特性而無法運轉，我們只好更換可供給大電流的電池，也就是汽機車啟動馬達所使用的電瓶，鉛酸電池(圖 15)。

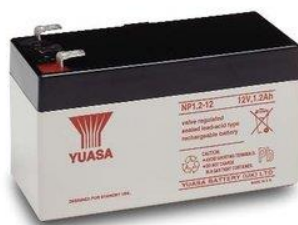


圖 15 鉛酸電池

肆、研究結果

一、手動模式

在手動模式中，使用者可以透過攝像頭所獲得的即時影像，使用鍵盤按鍵進行瞄準、射擊(表五)。其中為了防止誤射，也有裝置保險功能，提升安全度。

表 5 按鍵功能

鍵盤按鍵	功能
↑	槍口向上
↓	槍口向下
←	槍口向左
→	槍口向右
S	保險開關
Z	槍枝擊發
M	手自動切換
L	雷射燈開關

二、自動模式

自動模式中，如未偵測到目標，則經過 5 秒後，槍支會自動左右擺頭尋找目標。發現目標後，由電腦分析其位置，並控制轉向直到目標進入準星範圍，再進行擊發，並隨時修正位置，以達到精確瞄準。

假使偵測到多重目標，系統會挑選出其中最大者，進行瞄準射擊，不會受到其他目標干擾。

圖 16 為自動模式之螢幕介面，表 6 為顯示說明。

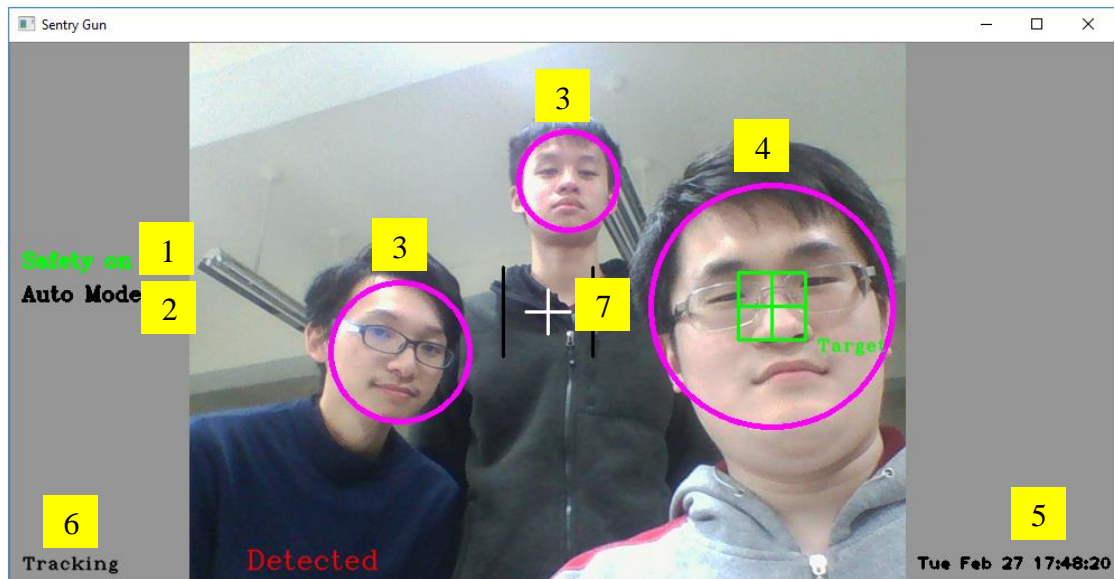


圖 16 螢幕介面

表 6 螢幕介面介紹

1	保險開關
2	手自動模式
3	目標(非最大)
4	目標(最大)
5	現在時間
6	追蹤時間計數和搜索狀態
7	準星



圖 17 成品正面



圖 18 成品側面

伍、討論

一、搜索方法的選擇探討

(一)、顏色辨識

內容：藉由尋找指定顏色來達到搜索效果。

優點：極優的動態(槍塔移動時)搜索能力。處理速度極快，不易發生延遲。

缺點：容易因為背景干擾而混亂。辨識依據過少且簡陋，無法有效過濾不重要的資訊。

結論：不予採用。效果不佳且應用範圍狹小。

(二)、動態辨識

內容：尋找連續影格中差異處。

優點：可以快速發現環境的變化。

缺點：容易因為晃動而混亂。當進行移動時，完全沒有辨識能力。

結論：不予採用。效果不佳。經過改寫則可以在平台靜止時警告有物體移動，可以增加操作人員對外界情況的反應速度。

(三)、臉部辨識

內容：尋找影格內是否有臉部(臉部可以置換為其他目標物，如：車輛)

優點：辨識的目標物明確，不易誤搜。動態搜索能力佳。

缺點：時常發生延遲。

結論：採用。可以符合專題要求找出可能的目標物。藉由更多的辨識項目可以達到自動搜索涉及更多目標，但必須考慮電腦 GPU 處理速度。

二、支架的部分是否能夠更加改進?

到了第二代的成品，結構穩固的程度已經明顯進步，但以實際而言仍然稍嫌不足，如果使用現代熱門的液壓穩定器以及電子穩定器進行改良，勢必又能有一番突破。

三、能否再增加更多的功能?

紅外線感應器、測距儀、風向感測、溫溼度感測等都是十分實用的功能，但過多的增加是否會造成整體系統的負擔，又是另一項問題。

陸、結論

以這次專題而言，整體來說是相當成功的，我們明確達成了當初所設定的目標，做出了一個可以辨識目標並且自動攻擊的武器。軟體的部分，我們發現在製作了多種不同的辨識模式後，我們發現唯有臉部辨識是可行的，其他像是動態追蹤，會因為槍作本身的移動進行無法有效辨識。不過，我們仍使用動態辨識的原理製作出僅靠攝像頭進行偵測動作並發出警告，取代傳統動作感測器。硬體的部分，我們遭遇到了許多麻煩，從支架設計到馬達損壞，問題可說是一波未平一波又起，但是在大家的思考與行動下，讓所有問題迎刃而解，這也讓我們認知到成功往往是由多數的失敗堆疊而起的道理，以及合作的重要。

柒、參考資料

1. TowerPro Online Shop
<http://www.towerpro.com.tw/product/mg958/>
2. Arduino Uno Rev3 - Arduino Store
<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
3. 4H5618X5101 TECO 步進馬達 DC9V - 勝特力
<http://www.100y.com.tw/viewproduct.asp?MNo=88590>
4. OpenCV: Face Detection using Haar Cascades
https://docs.opencv.org/3.3.0/d7/d8b/tutorial_py_face_detection.html
5. 世界排名第一的視覺資料庫：OpenCV 開發一本搞定，李立宗，佳魁資訊
6. Arduino 最佳入門與應用：打造互動設計輕鬆學(第二版)，楊明豐，碁峰資訊
7. Visual C++ 2012 教學手冊，蔡明志，碁峰資訊

捌、附錄表

表 7 材料表

材料名稱	數量	單位
電動槍	1	把
MG958 伺服馬達	1	顆
Arduino Uno	1	片
4H5618X5101 步進馬達	1	顆
鉛酸電池	1	顆
Relay 模組	1	個
A4988 驅動器	1	個
雷射燈	1	個
鋰電池	2	顆
角鋼	1	根
木頭(9X9X80 cm)	1	根
木板	1	片
墊片	1	片
木螺絲	15	隻
平頭螺絲	1	顆
聯軸器	1	個
杜邦線	n	條
釘子	12	隻
噴漆(黑)	1	罐
攝像頭	1	個
L 鐵	3	個