

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學科

最佳創意獎

030805

卸貨系統安全裝置研究

學校名稱：新北市立育林國民中學

作者： 國三 高嘉蔚	指導老師： 林清芬 林明義
-------------------	-----------------------------

關鍵詞：超音波感測器、貨車卸貨安全

摘要

近年來因人為疏忽，而被卸貨車所夾傷甚至致死的相關工安意外新聞層出不窮，原因出在於，此類車子上的卸貨系統，沒有建立足夠安全的防護措施，所以本研究運用超音波感測器，製作偵測碰撞的裝置，設計相關的防護措施，防止類似事件發生。

本研究為了能有效取得車子與目標物間的安全距離，主要的工作在於調整超音波感測器擺放的角度。而擺放角度的調整依據，是利用三角形的相似定理求出對邊長度，即人與車間的距離，再利用餘弦定理求出值，最後利用反餘弦公式得出擺放角度。

從本研究結果得證，此裝置能測量安全範圍並提供警示功能，可用於貨車上的卸貨系統，加上防護貨運人員安全的功能，降低工安意外的發生機率。

壹、研究動機

對於許多工廠來說，利用卸貨車來進行貨物的搬運是必備的，但近年來因人為疏忽，而被卸貨車所夾傷甚至致死的相關工安意外新聞層出不窮，原因出在於，此類車子上的卸貨系統，沒有建立足夠安全的防護措施，所以我想運用偵測碰撞的裝置來做相關的防護措施，防止類似事件發生。

市面上偵測碰撞的裝置大部分是用超音波感測器或是紅外線感測器來偵測碰撞距離，例如：倒車雷達是利用超音波來測量與後方物體的安全距離、保全系統是利用紅外線的阻斷來偵測物體的侵入，我想利用這類產品測量距離的特性，應用在貨車上，有效防止碰撞。

為了有效防止碰撞，最關鍵在取得人與車子間的安全距離，因此本研究希望找出適當的裝置，並藉此找出最理想的安全警示範圍，進而建立卸貨安全系統。

貳、研究目的

1. 利用超音波感測器與電路和程式設計，建立卸貨安全防護裝置。
2. 利用數學公式推導出超音波感測器擺放最佳位置。

參、研究過程及方法

一、安全防護系統研究過程

(一)、 研究過程

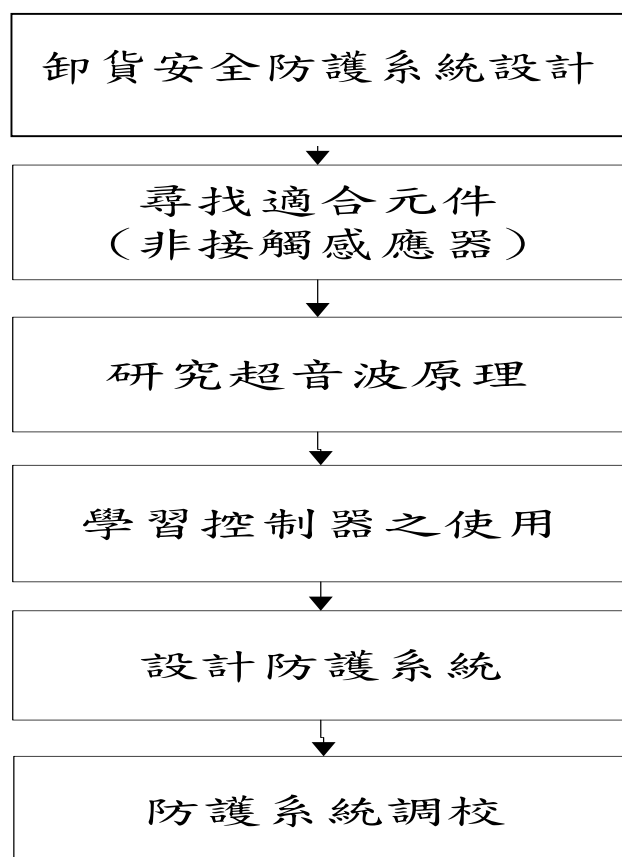


圖 1 安全防護系統實作過程

圖 1 為安全防護系統實作過程，而卸貨安全防護系統的設計我想要尋找的是非接觸性的裝置，所以在過程 2 尋找元件上，我曾經考慮使用紅外線感測器來當作防護系統的元件，但根據紅外線感測器的特性，如果穿著深色服裝容易吸收輻射，造成反射效果不好，會產生誤判的行為。因此，最後我選擇超音波感測器作為防護系統的元件。

(二)、元件比較

項目 \ 種類	紅外線感測器	超音波感測器
感測器個數	一組	一組
感測距離	15 m~210 m	4 m
裝置方式	裝在起始點	裝置在起始點
測距方式	放出紅外線 接收反射的輻射光	放出超音波 接收反射的回波
量測範圍	直線	60 度
裝置在貨車後斗 (大約 3 m)的適合度	不佳	適合

二、超音波介紹

(一)、超音波原理介紹

一般而言，聲音頻率超過了 20 KHz 以上時，就稱為超音波，在這頻率範圍，音頻超過了人類耳朵所能夠聽到的範圍。而超音波的頻率通常都在 40 KHz 左右，隨著用途和元件之間的差異而有所不同，大部分被用來偵測物體的運動速度、短距離的量測等，屬於一種非接觸型的感測元件。

(二)、超音波元件說明



圖 2 超音波感測器

超音波感測器分為發射器和接收器，兩者同樣具有「壓電效應」，「壓電效應」主要是將電氣信號轉換成壓力的信號去壓縮周圍空氣，而這些受壓縮的空氣將會壓縮接收器上的壓電材料，並產生「壓電效應」，進而將壓力信號轉換成電的信號。

元件組成的部分是由超音波發射器、接收器和控制電路所組成。當它被觸發的時候，會發射一連串 40 kHz 的聲波，並且從離它最近的物體接收回音。如下圖 3 所示。

超音波測量距離的方法，是測量聲音在感測器與物體之間往返經過的時間，聲音在 25 ° c 的空氣中傳播速度大約是每秒 346 公尺，傳播速度會受溫度影響，溫度愈高，傳播速度愈快。假設以 346 公尺計算，1 (秒)除以34600(公分)大約等於 28.9 microseconds(百萬分之一秒)，由此可知聲音傳播 1 公分所需的時間為 28.9 microseconds (百萬分之一秒)。

由於超音波從發射到返回是兩段距離，因此在計算時必須將結果除以 2 才是正確的物體距離，所以我們可以利用公式 $\text{distance} = \text{timing} / 28.9 / 2$ 算出物體距離，其中距離的單位為公分，timing 是測量得到的音波傳播時間。

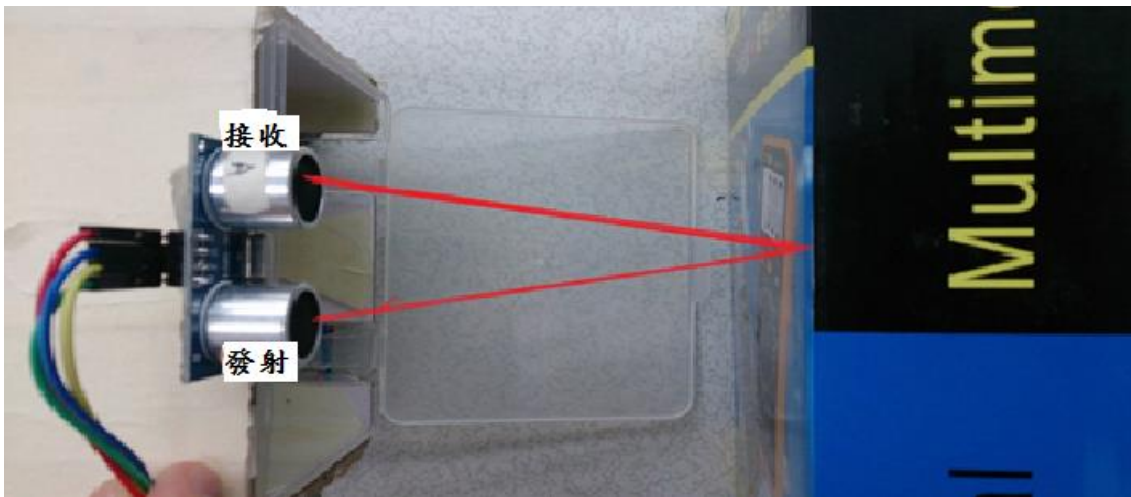


圖 3 實際超音波圖

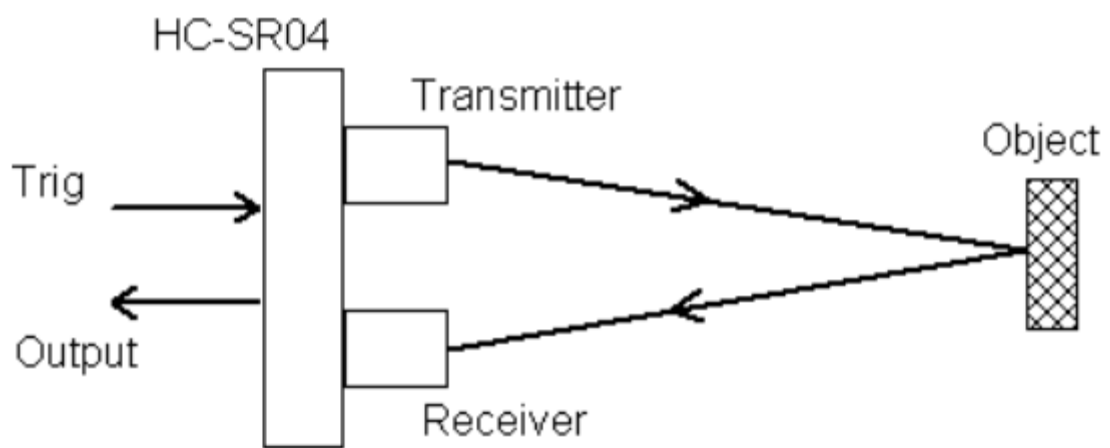


圖 4 超音波示意圖 0

(三)、元件腳位介紹



圖 5 超音波正面圖

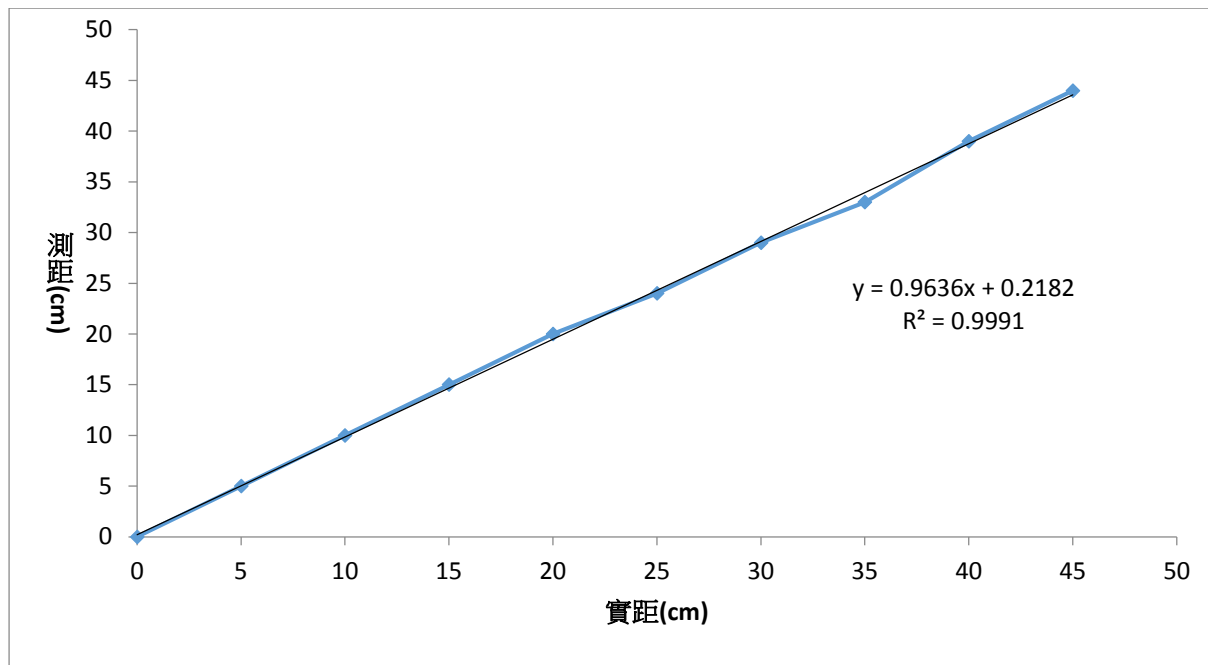
本實驗使用超音波元件 HC-SR04，而它的的接線方式很簡單，總共只有 4 支接腳。腳位定義如表格 1。

表格 1 超音波元件 HC-SR04 腳位

HC-SR04	Arduino
Vcc(輸入電源)	+5V
Trig(控制端)	GPIO
Echo(接收端)	GPIO
GND(接地端)	GND

(四)、超音波元件的測距範圍

利用超音波感測器測量距離，在和實際距離比較來計算誤差值，由下圖可知誤差值並不大。



(五)、使用超音波元件注意事項:

- 1.採用 Trig(控制端) 端觸發測量距離，至少給 10 us 高電位訊號。
- 2 超音波感測.器自動發送 8 個 40 KHZ 的方波，自動檢測是否有訊號返回。
- 3.有訊號返回，通過 Echo(接收)端輸出一個高電位，而高電位持續的時間就是超音波從發射到返回的時間，測試距離=高電位時間*聲速(340 m/ s))/2

三、Arduino 的介紹

(一)、Arduino 開發板

Arduino 是一塊基於開放原始碼發展出來的 I/O 介面控制板，並且使用類似 Java、C 語言的開發環境，讓使用者可以快速使用 Arduino 語言等軟體。主要核心有一顆微處理器控制單元，由它來運算，並且執行需求，有數位類比輸入輸出埠可以提供使用者連接其

他週邊裝置，如圖 2，適合做為科展研究的開發板。



圖 6 Arduino 開發板

(二)、Arduino IDE

要讓 Arduino 可以完成你想做的事，除了要把設計好的電路接好，最重要的就是把想讓 Arduino 做的事，以 Arduino 程式語言來撰寫，然後經過電腦編譯，最後燒錄到 Arduino 開發板中。

以上的功能，都可以交給 Arduino IDE，如圖 7，IDE 是 Integrated Development Environment 的縮寫，也就是 Arduino 的軟體開發環境，可以在上面寫好程式碼，按下編譯鍵(Verify) ，等待 Arduino IDE 檢查程式沒有問題以後，再按下上傳鍵(Upload) ，Arduino IDE 就會將程式碼，透過 USB 傳輸到 Arduino 開發板上了，如果電路也連接正確，Arduino 開發板就會執行工作。

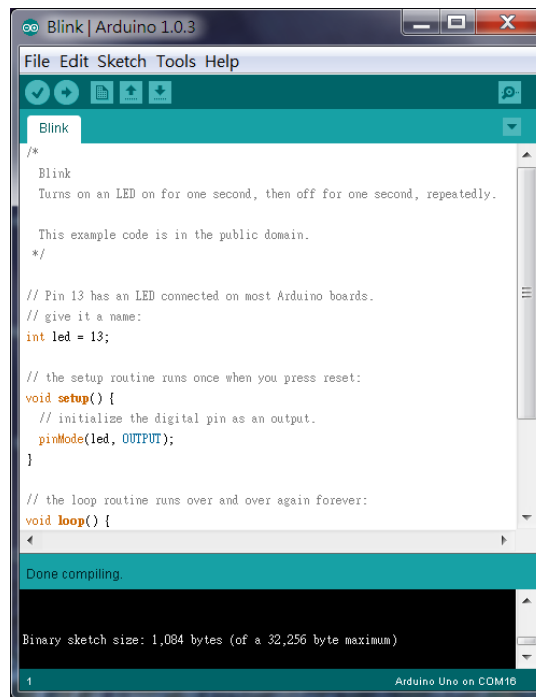


圖 7 Arduino IDE

肆、設計安全防護系統

一、製作貨車模型

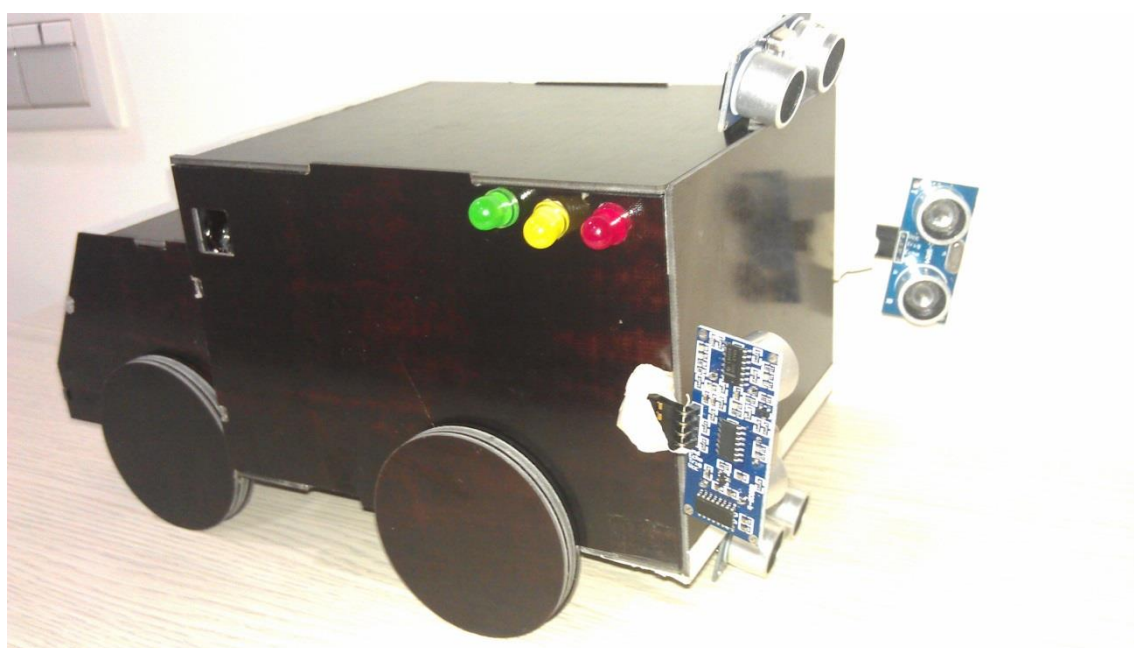
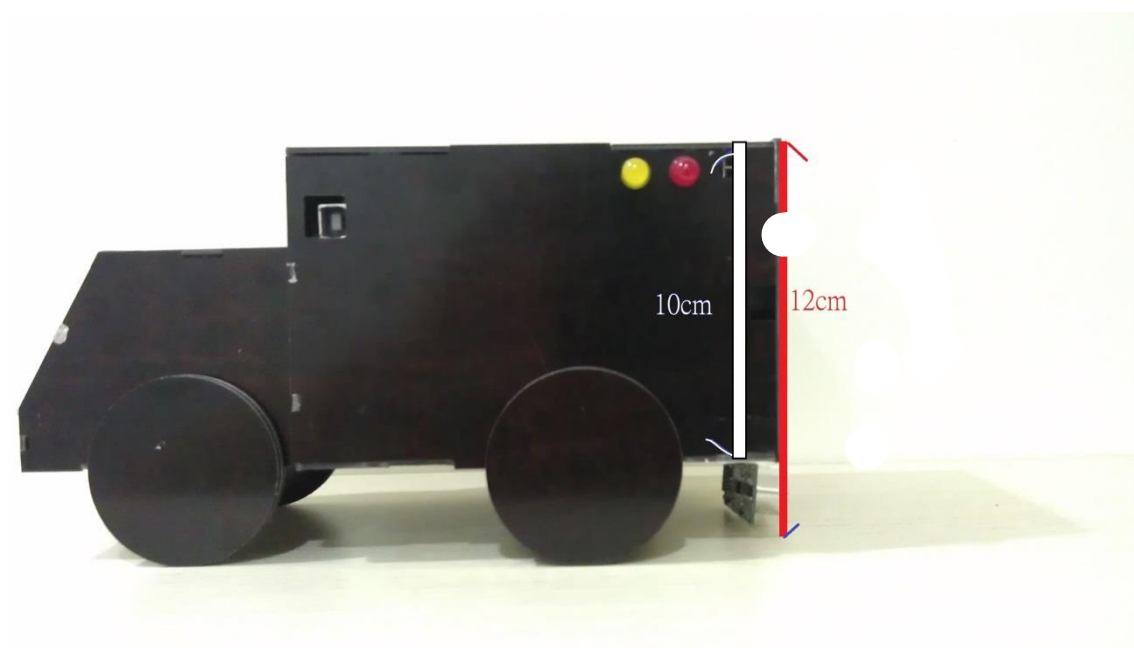


圖 8 貨車模型圖

為了要更能準確模擬實際情況以求設計完善安全防護系統，因此，我先量測實際貨

車的實際整體高度和輪胎高度。根據量測所得的結果去等比例縮小建成圖 8 的樣子。表格 2 為縮放比例對照圖，而實際貨車與模型車比例為 30:1。

表格 2 實際貨車與模型車比例對照圖

	實際車子	模型車子
貨櫃後斗高度	300 cm	10 cm
輪胎高度	60 cm	2 cm
車子總高度	360 cm	12cm

二、計算防護系統安全範圍

(一)、設計方式

本實驗為了能有效取得車子間的安全距離，我們利用數學公式調整超音波感測器擺放的角度。一般人的高度 180 cm 以下，為了推導過程方便，我們採用 180 cm，依照前章節，車子縮放比例原則縮小 30 倍，因此，在圖 10 中代替人的高度白色長條為 6 cm。輪胎高度 2 cm 貨櫃後斗高度為 10 cm 貨車貨櫃高度與後斗放下接觸到人的距離為相同，因此我在圖上畫成紅色等腰三角形。在圖中 $\angle A$ 為我們目標所求最佳角度。

(二)、定義運算符號

因為運算上的方便，首先我們先定義以下代替號。

顏色	代號	距離(cm)
白色	a	10
黃色	b	10.95
藍色	c	10
橙色	d	$\sqrt{84}$
綠色	e	$\sqrt{84}$
紫色	f	4
黑色	g	6
粉紅色	h	10.95



圖 9 $\angle \theta$ 計算過程示意圖

(三)、 $\angle \theta$ 計算過程推導

Step1: 求出 d

$$a = c = 10$$

$$f = \text{人高} - \text{輪胎高度} = 4$$

$$\text{根據畢氏定理 } a^2 + b^2 = c^2$$

$$\text{可得 } d = \sqrt{10^2 - 4^2} = \sqrt{84}$$

Setp2: 求 b (超音波感測器與人的距離)

$$d = e = \sqrt{84}$$

$$g = a - f = 6$$

$$b = h \quad \text{根據畢氏定理 } a^2 + b^2 = c^2$$

$$\text{可得 } b = \sqrt{6^2 + (\sqrt{84})^2} = \sqrt{120} \cong 10.95$$

Setp3: 利用餘弦定理求出 $\cos \theta$

$$\text{根據餘弦定理 } \cos \theta = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}$$

$$\begin{aligned} \text{根據餘弦定理套入公式可得} \quad \cos \theta &= \frac{b^2 + a^2 - c^2}{2 \times b \times a} \\ &= \frac{(\sqrt{120})^2 + 10^2 - 10^2}{2 \times \sqrt{120} \times 10} = \frac{120}{20\sqrt{120}} = \frac{6}{\sqrt{120}} \cong 0.548 \end{aligned}$$

Setp4: 求出 θ

$$\text{根據反餘弦公式 } \theta = \cos^{-1} \alpha$$

$$\text{帶入可得 } \theta = \cos^{-1}\left(\frac{6}{\sqrt{120}}\right) \cong 56.7^\circ$$

(四)、驗證計算結果

根據計算的角度 θ 利用量角器調整超音波感測器的位置，然後再拿尺量測超音波感測器與人接觸的距離是否符合計算結果。經過驗證發現實際量測為 11 cm 與計算結果 10.95 cm 相差不遠。

(五)、電路圖

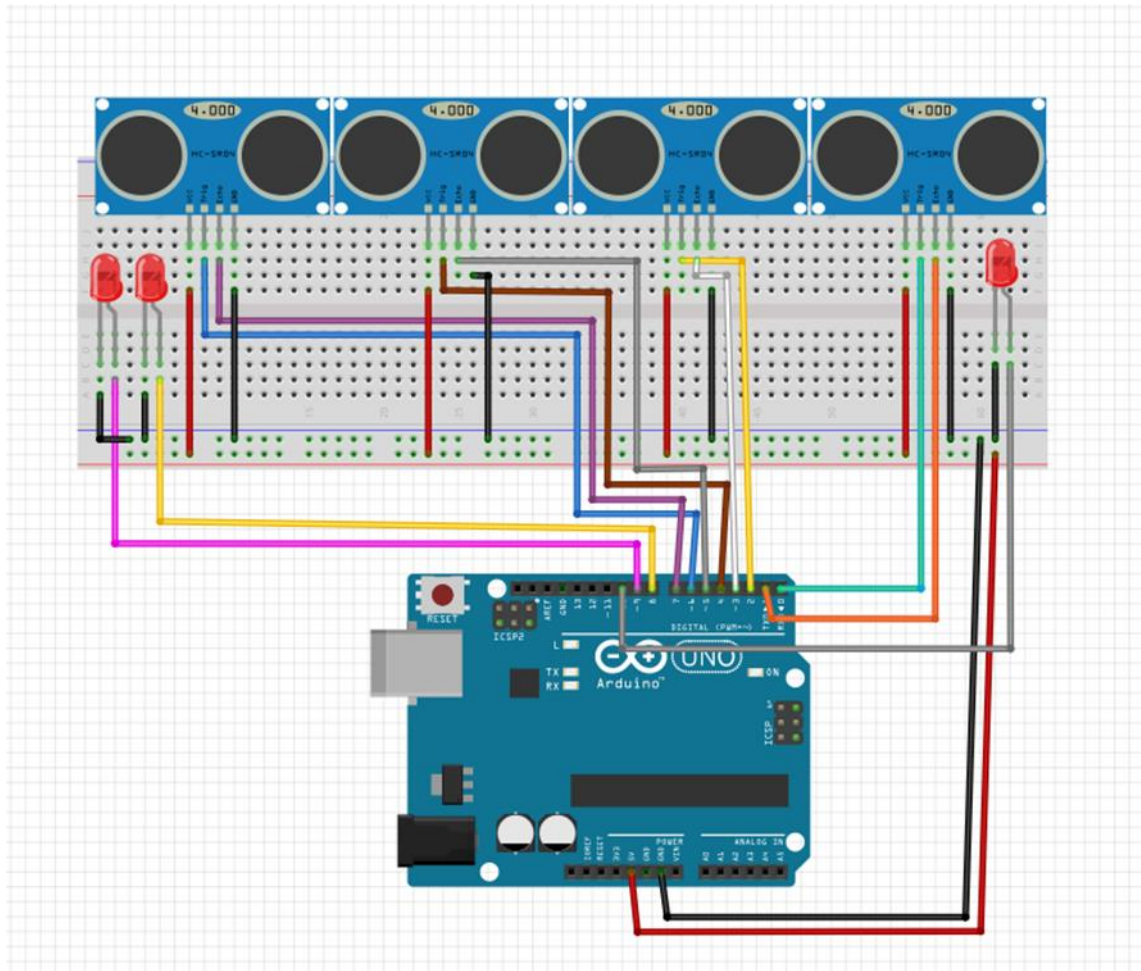


圖 10 超音波感測器電路圖

(六)、程式流程圖

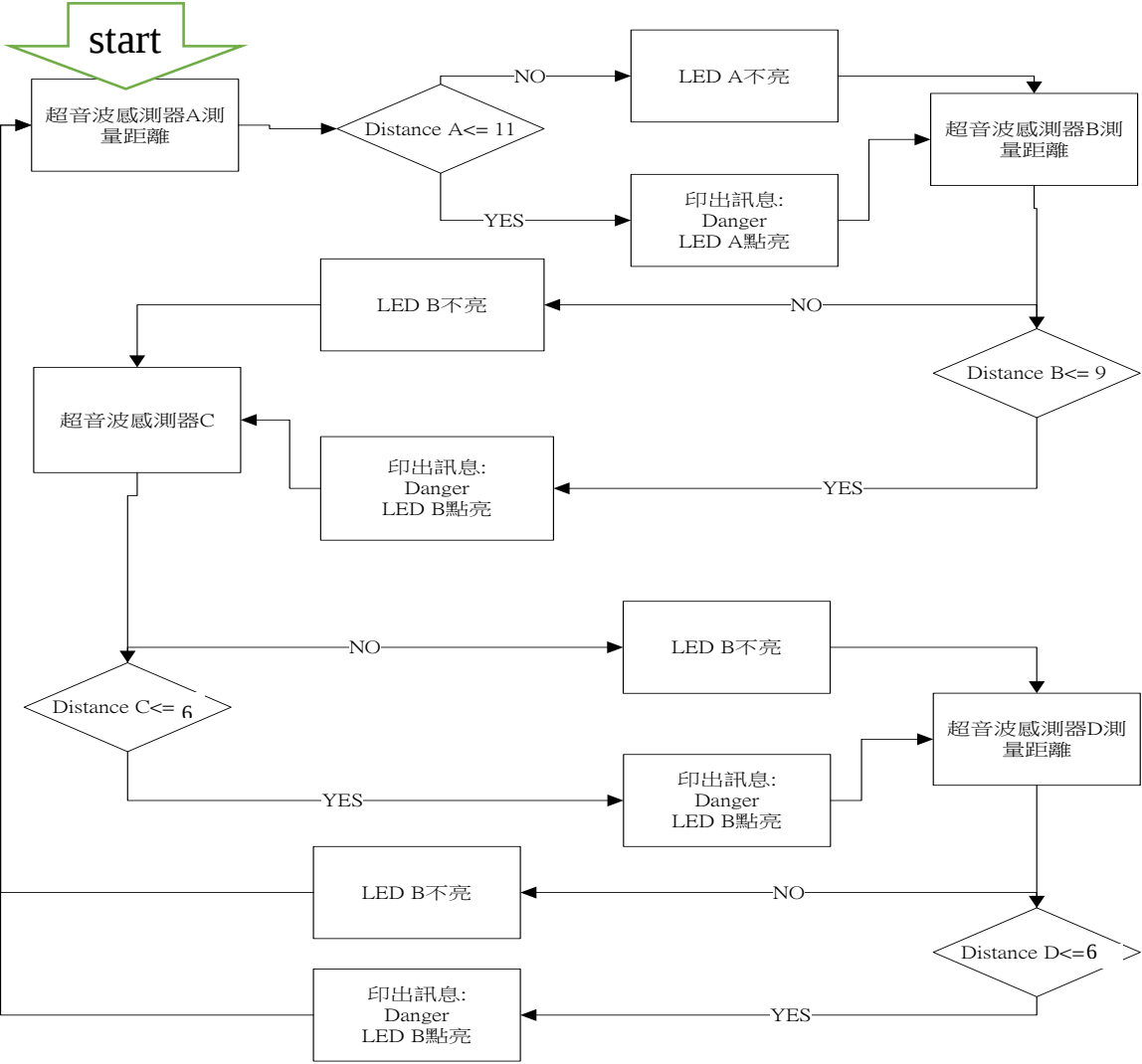


圖 11 程式流程圖

(七)、程式碼部分

```
#define trigPin 0
#define echoPin 1
#define trigPin 2
#define echoPin 3
#define trigPin 4
#define echoPin 5
#define trigPin 6
#define echoPin 7
void setup() {
    Serial.begin (9600);           //10~22 行設定腳位
    pinMode(0,OUTPUT);
    pinMode(1,INPUT);
    pinMode(2,OUTPUT);
    pinMode(3,INPUT);
    pinMode(4,OUTPUT);
    pinMode(5,INPUT);
    pinMode(6,OUTPUT);
    pinMode(7,INPUT);
    pinMode(8,OUTPUT);
    pinMode(9,OUTPUT);
    pinMode(10,OUTPUT);
}

void loop() {
    int durationA, distanceA ;
    int durationB, distanceB ;
    int durationC, distanceC ;
    int durationD, distanceD ;

    digitalWrite(0, HIGH);         //0 腳輸出
    delayMicroseconds(1000);
    digitalWrite(0, LOW);
    durationA = pulseIn(1, HIGH);   //1 腳輸入
    distanceA = (durationA/2) / 29.1; //運用公式算出距離

    if (distanceA <= 11){
        Serial.println("Danger");  //距離小於 11 顯示 Danger
        digitalWrite(10,HIGH);     //距離小於 11 燈亮
    }
    else {
        Serial.print("sensor A:");
        Serial.print(distanceA);
        Serial.println(" cm");
        digitalWrite(10,LOW);
    }

    digitalWrite(2, HIGH);         //2 腳輸出
    delayMicroseconds(1000);
    digitalWrite(2, LOW);
    durationB = pulseIn(3, HIGH);   //腳輸入
    distanceB = (durationB/2) / 29.1; //運用公式算出距離

    if (distanceB <= 9){
        Serial.println("Danger");  //距離小於 9 顯示 Danger
        digitalWrite(8,HIGH);      //距離小於 9 燈亮
    }
}
```

```

}
else {
  Serial.print("sensor B:");
  Serial.print(distanceB);
  Serial.println(" cm");
  digitalWrite(8,LOW);
}
digitalWrite(4, HIGH);           //4 腳輸出
delayMicroseconds(1000);
digitalWrite(4, LOW);
durationA = pulseIn(5, HIGH);    //5 腳輸入
distanceA = (durationC/2) / 29.1; //運用公式算出距離

if (distanceC <= 12){
  Serial.println("Danger");      //距離小於 6 顯示 Danger
  digitalWrite(9,HIGH);         //距離小於 6 燈亮
}
else {
  Serial.print("sensorC:");
  Serial.print(distanceC);
  Serial.println(" cm");
  digitalWrite(9,LOW);
}
digitalWrite(6, HIGH);           //6 腳輸出
delayMicroseconds(1000);
digitalWrite(6, LOW);q
durationB = pulseIn(7, HIGH);    //7 腳輸入
distanceB = (durationD/2) / 29.1; //運用公式算出距離

if (distanceD <= 12){
  Serial.println("Danger");      //距離小於 6 顯示 Danger
  digitalWrite(9,HIGH);         //距離小於 6 燈亮
}
else {
  Serial.print("sensor D:");
  Serial.print(distanceD);
  Serial.println(" cm");
  digitalWrite(9,LOW);
}
delay(500);
}

```

伍、研究結果

一、安全防護系統成品介紹

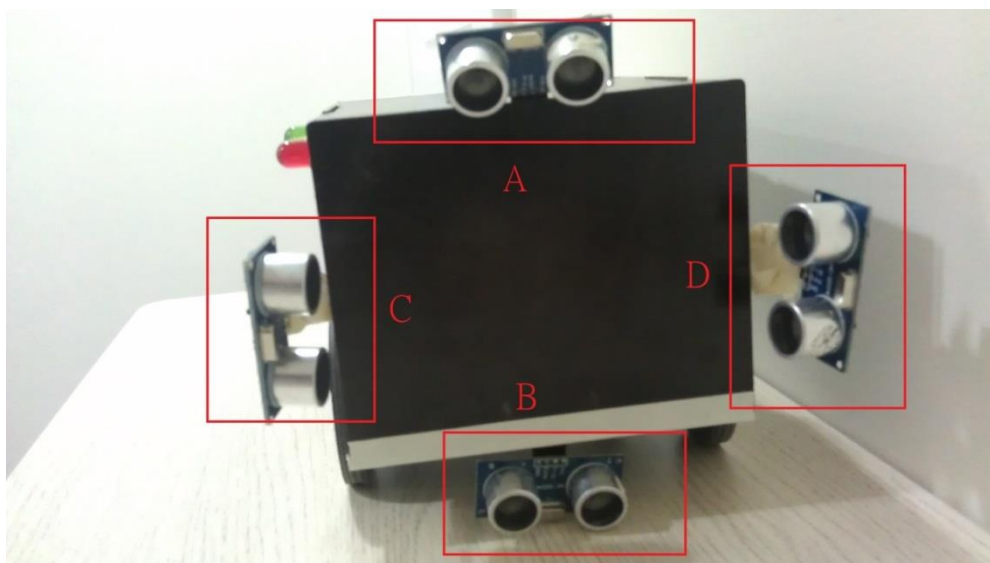


圖 12 防護系統擺放位置

因為怕 A 感測飛禽類鳥獸飛過，產生誤判的情況。因此在第一代的底座加設超音波感測器，編號 B。當兩超音波感測器同時感測有物體接近，此時，車旁紅色的 LED 就會發亮，模擬警示的功能。如果只有其中一個超音波感測器感測到物體接近，這時只會亮綠色的 LED 燈，但超音波感測器只有 60 度，所以兩旁會有死角，因此我們在第二代的兩旁再加裝了兩個超音波感測器，左側編號為 C，右側編號為 D，當超音波感測器 C 和超音波感測器 D 感測到有物體接近時，就會有黃色的 LED 燈亮起，而危險程度我們是以紅黃綠來代表，最危險是紅色，其次是黃色，再來是綠色。

陸、討論

第一代製裝了兩個超音波感測器，分別是裝在貨車模型後斗的上方和下方，但經過實驗證實，超音波感測器是以 60 度為限，因而會有死角，所以我在第二代的模型車後斗分別再加裝了兩個超音波感測器讓防護系統更加完善，實驗證實如此一來防護系統就更加的完善，本研究製作出有效測量安全範圍的防護系統，可用在貨車上的卸貨系統，提高防護貨運人員的安全，降低工安意外的發生機率。除此之外，在其他需要碰撞偵測的裝置上，也可以利用本研究，作更精準的碰撞偵測，例如，一般電動鐵捲門、倒車雷達，對於一般人也可以有更多的安全保障。

柒、結論

本研究利用縮放比例模擬真實情況，再利用數學幾何相關公式推導出超音波感測器之最佳感測位置，得到很好的安全防護結果。在功能應用方面，也可以加裝蜂鳴器，作為更直接警示的通知方法。希望未來可以根據上述研究結果，實際搭載在貨車上以降低工安危險的發生。

捌、參考文獻

一、 zfang 。 zfang の科學小玩意誰來開門？紅外線感應開關。2013 年 5 月 10 號，

自：<http://zfang.tc.edu.tw/469.html>

二、Cooper Maa 。 HC-SR04 超音波感測器介紹。2012 年 9 月 17 號，

自：<http://coopermaa2nd.blogspot.tw/search?q=超音波感測器>

三、Wiki 三角函数介紹。2014 年 5 月 29 日，

自：<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%B8%89%E8%A7%92%E5%87%BD%E6%95%B0>

【評語】 030805

避免貨車因視角不佳，造成人員的傷亡。研發超音波偵測器來提升卸貨安全，頗具創意。建議可以提升系統的準確性，避免偵測死角。