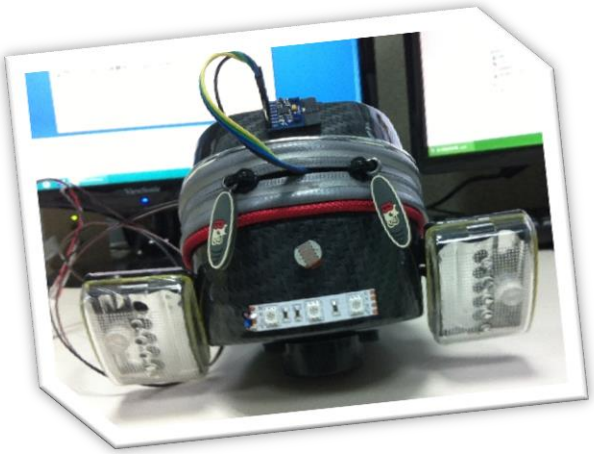
創意專題

多功能交通載具輔助系統

The automatic auxiliary system for vehicle







目錄

一、 摘要……1

二、 研究動機 ……1

三、 原理……2

1. 轉彎時力平衡角度

2. 互補濾波器(Complementary Filter,CF)

3. 光敏電阻

四、 實驗設備介紹 ……4

五、 研究方法 ……6

1. 感測器與快拆夾具安裝

2. 施測場地以校園為例

3. 控制方法－訊號處理與邏輯判斷

六、 結果與討論 ……8

七、 延伸方向 ……10

八、 Arduino 程式碼 ……11

九、 參考資料 ……13

一、摘要

設計一種交通載具輔助系統，分析轉彎時自行車的力學性質（姿態角、加速度），採用 Arduino 做為處理器，並自行撰寫控制程式對多種感測器（陀螺儀、加速規、光敏電阻）作訊號處理，最後將結果輸出成各種燈號（左右轉彎、煞車…），輔助後方行人及車輛，達到降低人為疏忽而導致交通事故的機率。

目前已成功將此系統應用在自行車中，並結合數種附加功能，例如在暗室中能自動開啟頭燈警示對向來車；騎車不慎跌倒時，可發出聲響警示後方來車…等數種實用功能，並搭配自行設計之快拆式夾具，方便使用於各種自行車，兼具「安全」與「實用」的性質。

二、研究動機

「平安是回家唯一的路」，根據交通部運輸研究所近五年統計，交通事故肇事原因，行車時「突然轉向」的比重占居全體車禍肇事原因的 26.3%(表一)；由此得知，行車肇事原因，多為人為疏忽忘記打方向燈所導致，而最近立法院三讀通過新的道路交通管理處罰條例，其中一項為夜間騎乘自行車時，未開頭燈將受到 600 元的罰款。為了降低交通事故發生率，以及避免荷包的損失，本專題以「安全」為目標，製作交通載具需要之自動輔助功能，對於行車安全將有很大的幫助。

表一、交通事故肇因比例[1]

肇因	百分比
不禮讓其他車輛	27.0
突然轉向	26.3
在機車或汽車道上行駛	16.1
橫越超過四車道	8.5
在錯誤的車道上行駛	7.7
橫衝直撞	5.3
搭載乘客	1.9
駕駛技巧不足	1.2
受干擾	0.9
其他	2.3

三、 原理

1. 轉彎時力平衡角度

圖 1 為機車受力示意圖，無論是自行車、機車，轉彎時皆需要傾角來達到力矩平衡，才能避免車輛翻倒，我們可以利用以下力學平衡方程式來計算：

力平衡方程式

$$\sum F_y = 0 \quad N = m \times g$$

$$\sum F_x = 0 \quad F = C = m \times \frac{v^2}{r} = N \times f$$

力矩平衡方程式：

$$\sum \tau = 0$$

$$C \times L \times \sin\theta - W \times L \times \cos\theta = 0$$

$$\rightarrow (m \times g) \times L \times \cos\theta - (\frac{m \times v^2}{r}) \times L \times \sin\theta$$

$$\Rightarrow \tan(\theta) = \frac{(r \times g)}{v^2} \qquad (1)$$

其中：

W: 人的重量加車的重量

C：離心力

F：摩擦力

N：地面對機車的正向力

L：重心到地面支點的距離

而機車轉彎時需要的傾角就是 90°-θ。

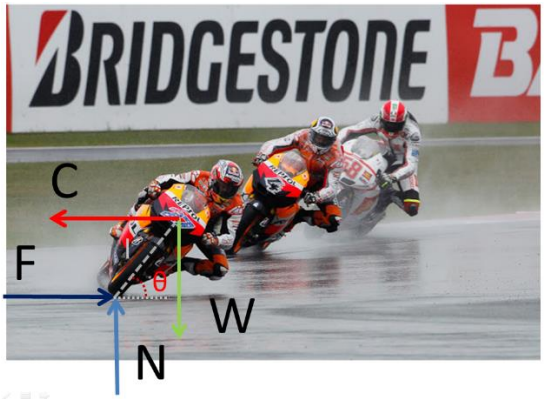


圖 1、轉彎時力平衡關係圖[6]

2. 互補濾波器(Complementary Filter, CF)：

Collinson[4]書中討論有關互補濾波器(Complementary Filter,CF)之原理，其互補互補濾波器架構圖如圖 2 所示；此架構之優點在於架構簡單，能夠有效降低程式運算量，而在整合訊號效果上也有不錯的表現。

互補濾波器之原理為把兩種不同特性之訊號透過適當的綠波器做相互補償，以圖二為例：θ_{gyro}的訊號雜訊少，對輸入響應快，但是會隨著時間而產生累積誤差，θ_{accel}的訊號雜訊多，但長期平均精度較佳。所以將θ_{gyro}之輸出值利用高通濾波器取出高頻的部分而去除低頻的部分；θ_{accel}輸出值通過低通濾波器取出低頻部分而去除高頻的部分，如此可以得到響應快且雜訊少之輸出。

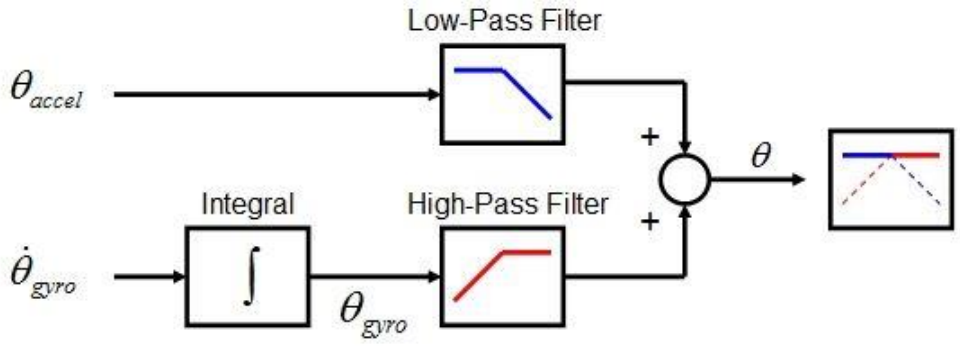


圖 2、互補濾波概念圖[3]

3. 光敏電阻

光敏電阻是一種特殊的電阻，簡稱光電阻，其外觀如圖 3 所示。它的電阻和光線的強弱有直接關係。光強度增加，則電阻減小；光強度減小，則電阻增大。當有光線照射時，電阻內原本處於穩定狀態的電子受到激發，成為自由電子。所以光線越強，產生的自由電子也就越多，電阻就會越小。



圖 3 光敏電阻

四、 實驗設備介紹

1. 本專題所需要的設備如表二所示。

表二 自動輔助系統設備

名稱	數量
6 軸 MPU6050 陀螺儀加速規模組	1
Arduino-UNO 微處理器	1
自行車	1
光敏電阻	1
12V 繼電器	5
五號鹼性電池	2
發光二極體	4
蜂鳴器	1
快拆夾具	1
行動電源	1

2. 處理器：

Arduino 是一張微控制器板子(microcontroller board)，其外觀如圖 3 所示，尺寸大約為一個手掌大。使用者可以在 Arduino 板子上接上各種電子裝置，例如 LED 燈、喇叭、馬達、開關、溫濕度感測器，若再配合撰寫一些自動控制的程式，就能利用 Arduino 做出各式各樣的自動控制應用[2]，而本專題就是利用 Arduino 做為輔助系統的控制電腦，不僅體積小，且處理數據速率夠快，可應用於高動態系統上。

3. 感測器：

MPU-6050(圖 4)是將三軸陀螺儀以及三軸加速計結合在同一個晶片的數位運動處理器(簡稱 DMP)可以處理複雜的 9 軸 MotionFusion 運算。採用固態微機電(MEMS)製程的重力感測器，具有體積小、低耗電、低單價和高自主性等優點。一顆三軸重力感測器可同時偵測三個軸向的運動。就便利性來說，重力感測器屬於自主性元件，不須依靠外部輔助資訊。重力感測器一般是由利用表面微機電技術所製作的感測器單元、訊號條件電路和 ADC 所組成。

當有加速度發生時，中間橫樑會往加速度的相反方向移動導體上電容值有所變動，利用電容值的改變來推算出重力加速度的大小。MEMS 陀螺儀感測器，感測器內部包含有一塊微型磁性體，可以在感測器內進行旋轉運動並產生的柯氏力，使 X，Y，Z 三個方向發生位移，利用這個原理便可以測出其運動方向。目前主要應用裝置：智慧型手機、遊戲遙控器、可攜式導航設備。



圖 3 Arduino Uno Rev3 控制器[2]

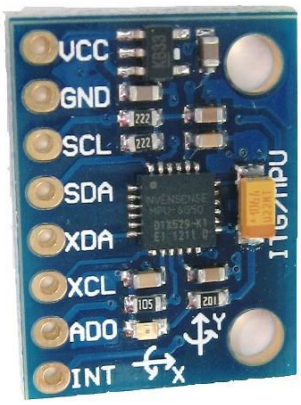


圖 4 MPU6050 感測器[2]

五、 研究方法

1. 感測器與快拆夾具安裝：

首先本實驗先將陀螺儀及加速規水平放置於自製的快拆夾具上，並放置水平儀於陀螺儀平面上，確認陀螺儀是否平行於地面(±3°)，由於利用自行車轉彎時產生的傾角，因此不希望傾角初始值過度偏移水平。

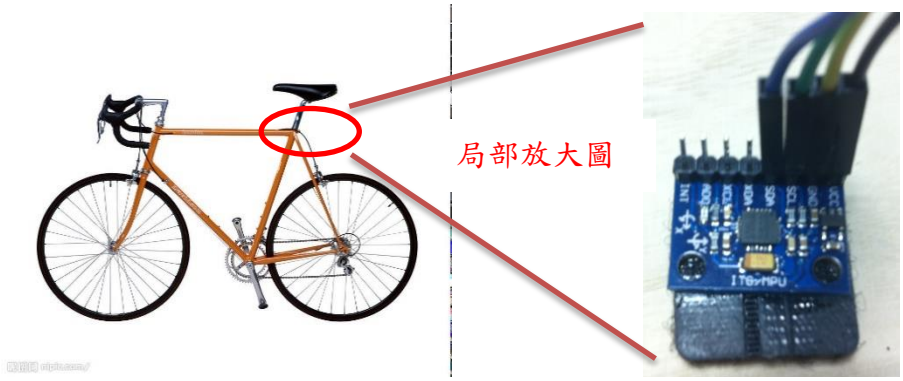


圖 5 腳踏車結構圖[5]

圖 6 感測器模組

圖 7 為快拆夾具，我們在夾具上鑽孔，並將一對 LED 放置在左右兩側，剎車燈黏貼於中間，蜂鳴器黏貼於夾具下方，最後將處理器、行動電源、電路板...等一併放入夾具套中作為收納，最後將整個系統連結於腳踏車後座中，如此可進行快速的拆卸，也能應用於各式腳踏車中。

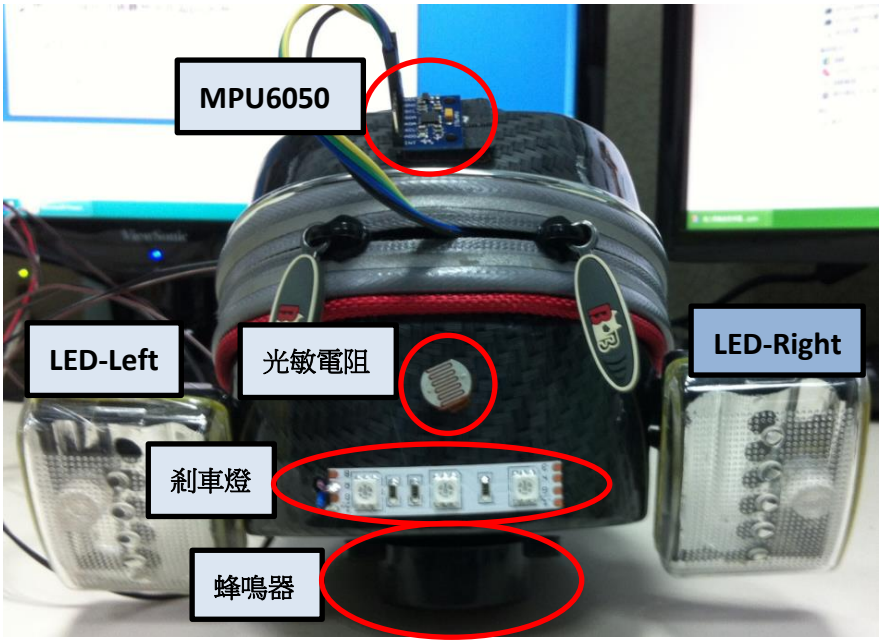


圖 7 裝置在快拆夾具位置

2. 施測場地以校園為例：

本實驗以系所前方道路為例，道路尺寸如圖 8 所示，利用已推導出的關係式(1 式)，來計算自行車在不同時速及轉彎半徑時所需要的傾角為何：

- **例：以20km/h過轉彎半徑為10m的彎**

  20 km/h = 5.56 m/s

  Tan(θ) = (10*9.8) / (5.56)^2

  = 72.5°

  傾角 = (90 – 72.5)° = 17.5°

- **例：以15km/h過轉彎半徑為6m的彎**

  15 km/h = 4.17 m/s

  Tan(θ) = (6*9.8) / (4.17)^2

  = 73.5°

  傾角 = (90 – 73.5)° = 16.5°

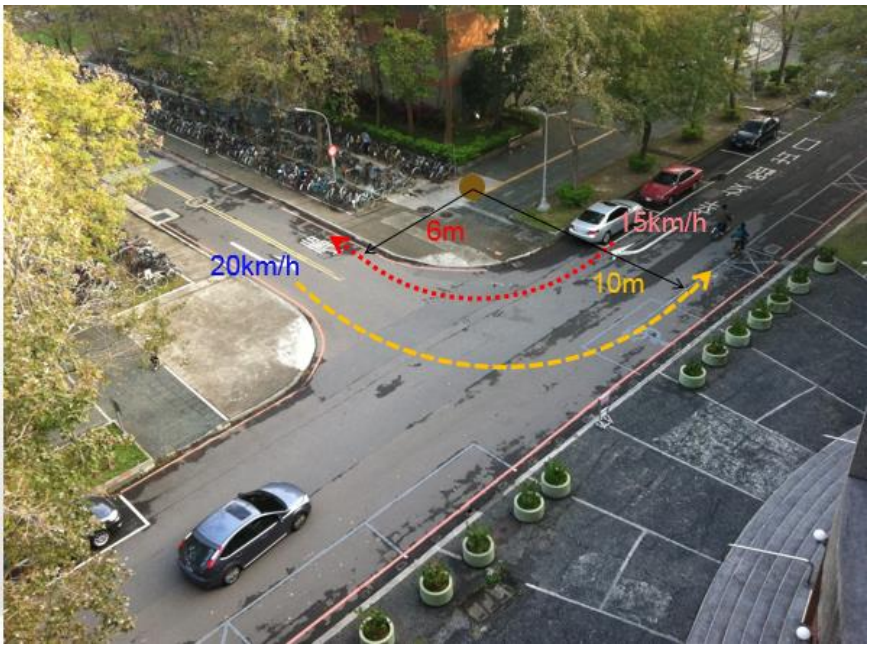


圖 8 系所前方道路

3. 控制方法－訊號處理與邏輯判斷

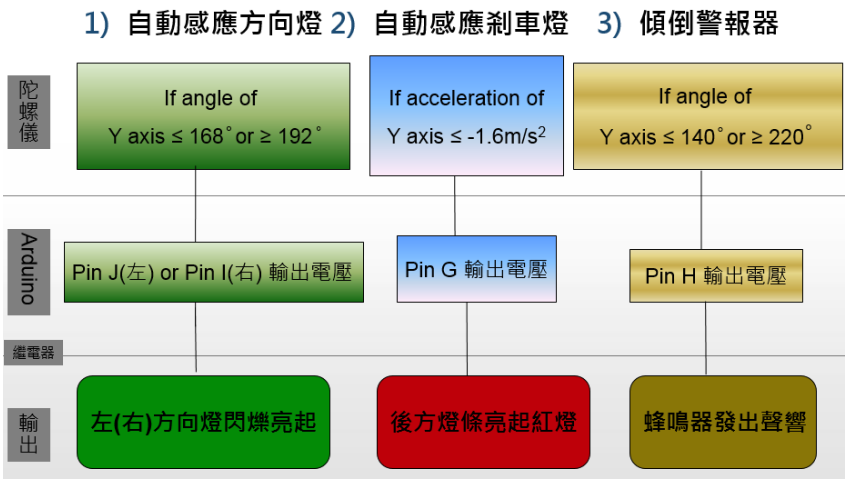


圖 9 訊號處理方式

六、 結果與討論

整個交通載具自動輔助系統架構如圖 10 所示，主要有五大功能：

(1) 轉彎時，利用三軸陀螺儀感測腳踏車傾角，當角度相對於地面偏移±12°時，利用 Arduino 控制 LED 方向燈自動閃爍，指示後方行車。

(2) 急剎時，利用三軸加速度計感測腳踏車加速度，當加速度小於-1.6m/s^2 時，利用 Arduino 控制 LED 自動亮起，警示後方行車。

(3) 人車意外跌落時，利用三軸陀螺儀感測腳踏車蜂鳴器自動響起，警示後方行車。

(4) 光敏電阻感測周圍光線不足時，電壓下降至特定值，利用 Arduino 控制 LED 自動亮起，照亮行經方向。

(5) 因為某些原因(光線不足…)致使肉眼無法得知腳踏車位置時，得以在遠處按下遙控器感測，使得安裝在腳踏車上的蜂鳴器鳴響。

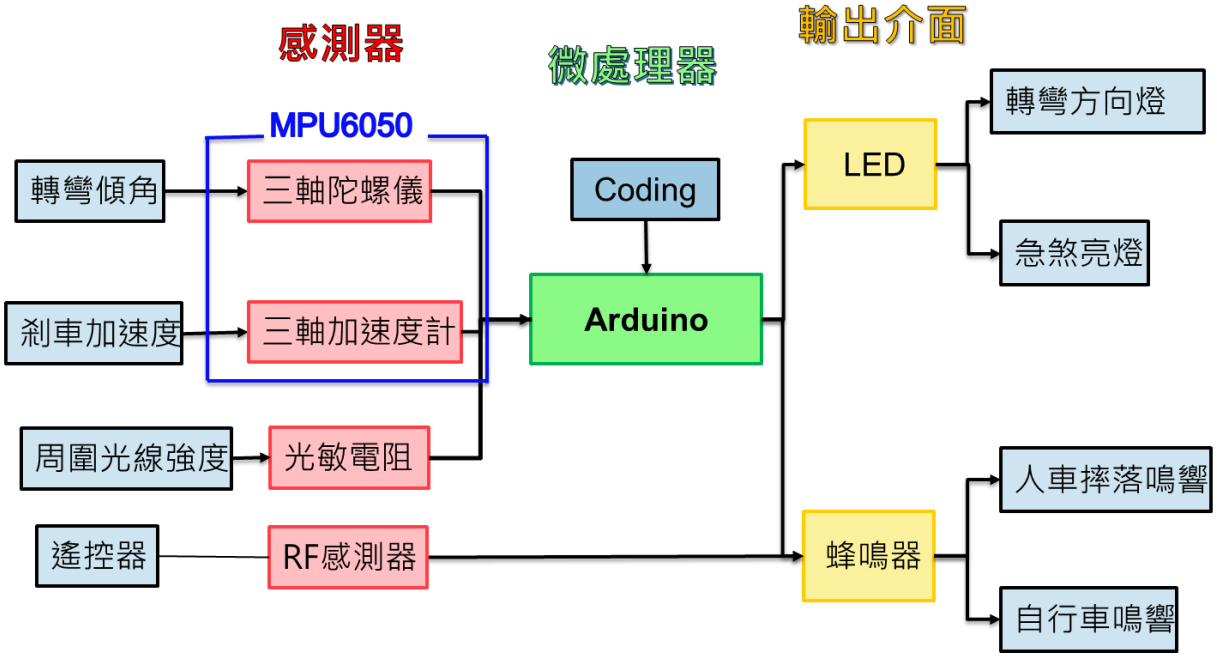


圖 10、整體架構

最後的成品如圖 11 所示，從圖中可以看到本專題的成品尺寸不大，不會佔用太多空間，影響騎乘自行車。總體來說，本實驗已經成功將多項感測器做整合，將簡易的力學應用在日常生活的腳踏車中，在使用安全性上已大幅提升，希望日後能往此方面繼續延伸，應用在各式交通載具中，提升用路人行車安全。



圖 11 交通載具輔助系統安裝於自行車

而摩托車因車體重量較重，須將駕駛人重量與車輛量視為兩個不同位置的重心(圖 12)，與自行車重量輕可將人與車輛重心視為相同點，概念不同。當人極度內傾，摩托車往反方向傾斜，使得重心仍有傾角，意即摩托車可以以較小的角度過彎，固判斷摩托車轉彎以重心偏移量為依據，會得到更準確的結果。

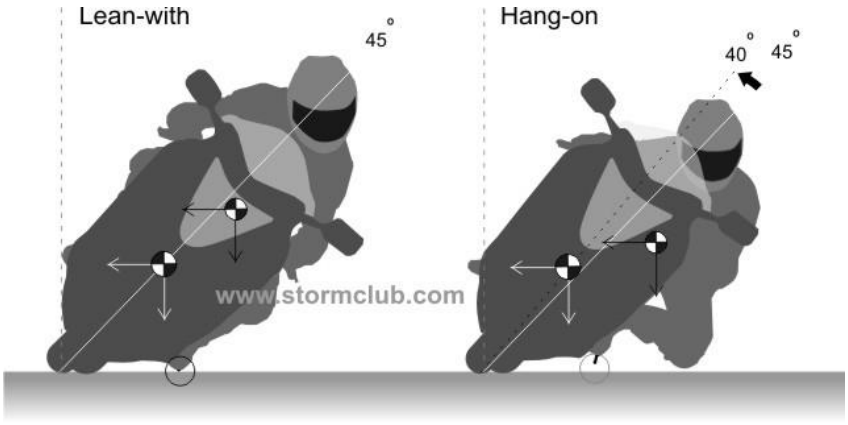


圖 12、同傾與內傾[7]

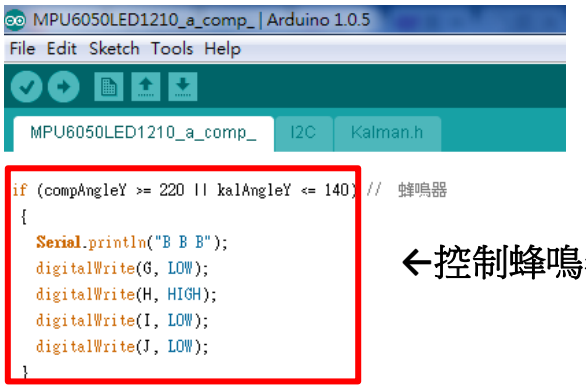
七、 延伸方向

本專題具有高的延伸應用價值，不僅可以應用於自行車上，也可以將概念應用在其他交通載具中，相關延伸方向有以下三點：，

1. 裝上腳踏車發電器，自動輔助燈號系統電力可以自給自足。

2. 將自動輔助燈號系統用於汽機車上，減少汽機車三寶造成交通事故的機率。
3. 撰寫手機 APP，利用手機內建陀螺儀偵測轉彎方向，再透過無線傳輸訊號到方向燈上，省略陀螺儀的開銷，降低系統的成本。

八、 Arduino 程式碼




```
if (compAngleY >= 220 || kalAngleY <= 140) //  蜂鳴器
 {
   Serial.println("B B B");
   digitalWrite(G, LOW);
   digitalWrite(H, HIGH);
   digitalWrite(I, LOW);
   digitalWrite(J, LOW);
 }
```

←控制蜂鳴器

```
 else if (compAngleY <= 168) //turn left
 {
   Serial.println("turn left");
   digitalWrite(H, LOW);
   digitalWrite(I, LOW);
   digitalWrite(J, HIGH);
   delay(150);
   digitalWrite(J, LOW);
 }
```

←控制左方向

```
 else if (compAngleY >= 192) //turn right
 {
   Serial.println("turn right");
   digitalWrite(H, LOW);
   digitalWrite(I, HIGH);
   digitalWrite(J, LOW);
   delay(150);
   digitalWrite(I, LOW);
 }
```

←控制右方向燈

```
 if (accY <= -2600) //  後車燈
 {

   Serial.println("brake");
   digitalWrite(G, HIGH);
   digitalWrite(H, LOW);
   digitalWrite(I, LOW);
   digitalWrite(J, LOW);

 }
```

←控制後車燈

```
Serial.print(gyroXrate);Serial.print("\t");
```

```
  Serial.print(gyroXrate);Serial.print("\t");
  Serial.print(gyroYrate);Serial.print("\t");
//  Serial.print(compAngleX);Serial.print("\t");
  Serial.print(compAngleX);Serial.print("\t");
  Serial.print(compAngleY);Serial.print("\t");
  Serial.print(kalAngleY);Serial.print("\t");

  Serial.print(accX);Serial.print("\t");
  Serial.print(accY);Serial.print("\t");
  Serial.print(accZ);Serial.print("\t");
 // Serial.print("\t");
//  Serial.print(accYangle);Serial.print("\t");
//  Serial.print(gyroYangle);Serial.print("\t");
//  Serial.print(compAngleY); Serial.print("\t");
  // prints a tab
  //Serial.print(temp);Serial.print("\t");
  Serial.print("\r\n");
  Serial.print("\r\n");
  Serial.print("\r\n");
  delay(300);
}
```

每 300ms 感測器偵測一次→

九、 參考資料

[1]. 交通部運輸研究所 http://www.iot.gov.tw/mp.asp?mp=1

[2]. Arduino Playground http://playground.arduino.cc/uploads/Main/mpu-6050.jpg

[3]. 徐嘉偉，應用互補濾波器於慣性成測之運動與姿態角估算，碩士論文，國立台北科技大學機電整合研究所，台北，2010

[4]. R.P.G.Collinson, Introduction to Avionics.Microwave Technology Series 11,Chapman &Hall,1st,pp 231-237,1996.

[5]. 自行車介紹-單車常識www.didachexie.com

[6]. www.zigwheels.com

[7]. www.stomclub.com