

2024 仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

決賽成果報告書

隊伍名稱: 自己一隊

作品名稱: 自主平衡自行車

科學概念 1: 角動量和平衡：當平衡車傾斜時，控制系統需要調整車輪的轉速，以產生足夠的角動量來抵消傾斜所產生的不平衡。通過調整車輪的轉速和方向，平衡車可以自動調整角動量，從而實現平衡。

科學概念 2: 利用加權和平均去取得準確的數值。在接收到原始數值時，此數據可能受到外界不可控的影響，這時就需要有加權值來調整數據。且只接收到單筆的資料並不見得是最佳資料，因此需要多筆資料平均取結果。例如我在程式中讓其取 1024 筆資料加權後取平均。

決賽成果報告書內文

發想動機：

自主平衡腳踏車這個想法出現在我有一天在看新聞報導，他正在報導能自主平衡的摩托車，其原理透過兩個陀螺儀增加角動量，而角動量大物體的轉動慣量也越大使車身不容易傾斜。因此我在思考說能否透過腳踏車本身產生的角動量平衡車身。還有一部分原因是學校的物理教到了角動量，這讓對於這方面有著更深的興趣。

作品創意性：

(i)應用的普遍性：

此設計由於是利用旋轉產生的角動量調整設備，所以不受到重力等因素的影響被廣泛使用在各種領域，例如車身平衡、航天設備、天文領域等等，都能看到這個原理的應用。

左圖為 Kepler

space telescope，在圖中以藍字標示的就是動量輪，這使得望遠鏡在無摩擦的狀態之下能夠調整自身姿態。

Source: <https://science.nasa.gov/mission/kepler/>

(ii)實作的可行性：

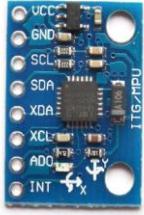
在此項的實作中，要實現靜止平衡並非難事，主要困難地點在於調整參數，這對於數據的回傳很重要。但

我認為這是很容易能夠融入到課程教學之中，除了能學習到 **arduino** 的實操技巧外，也可作為進階學習的。



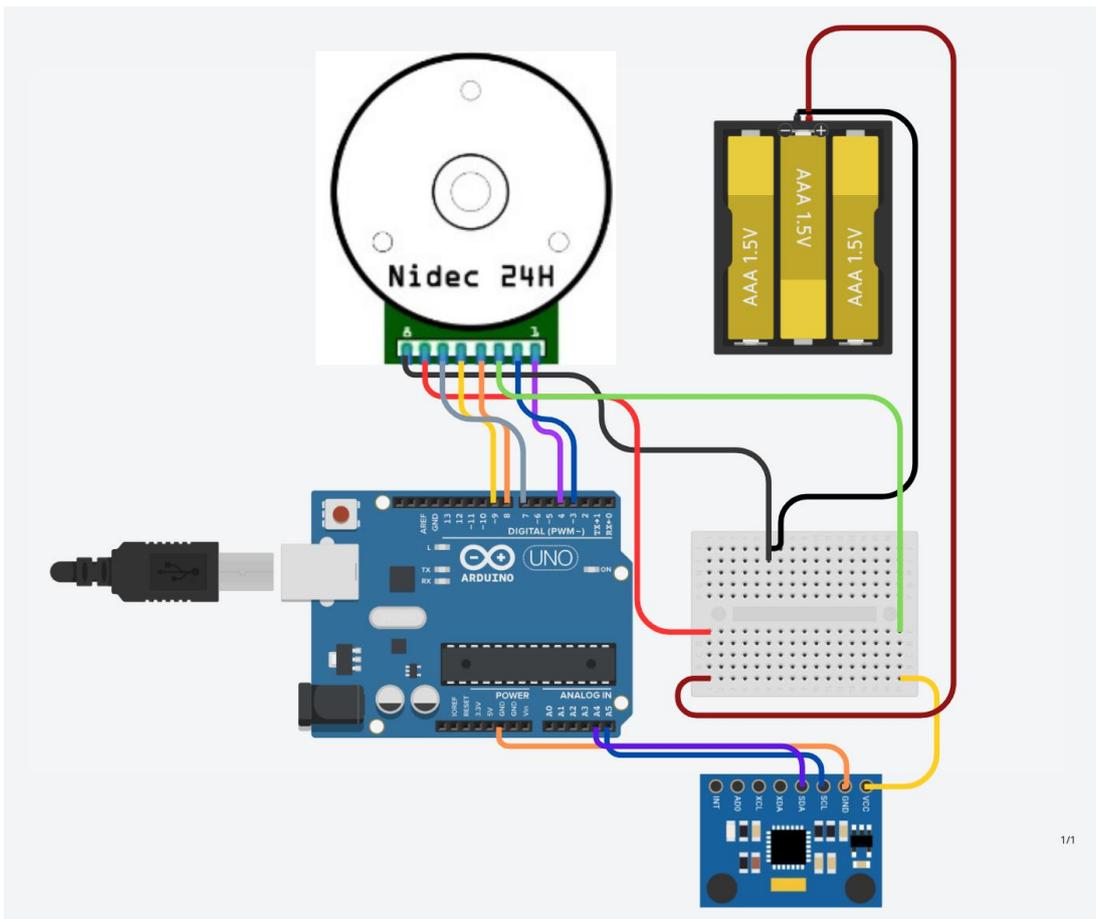
硬體及電路架構圖：

(1)成品材料：

Nidec 24H 404H	arduino UNO	MPU-6050 模組 6 軸	電池盒	3D 列印的車架(只 舉一個)
				

(2) 電路配線和程式設計心智圖:

(i) 電路圖



(ii) 心智圖



(3) arduino 程式碼:

(i) 角度控制函式:

(a) 角度計算與調整:

1. 讀取加速度計數據：

通過向 MPU6050 發送命令來請求加速度計的 Y 軸和 Z 軸的高低位數據，並通過位操作將兩個字節合成一個 16 位的數據。

接著，讀取完數據後，將其與已存儲的偏移量（offsets.AcY 和 offsets.AcZ）進行比較以獲得校正後的加速度計讀數。

2. 讀取陀螺儀數據：

同樣通過向 MPU6050 發送命令，請求陀螺儀 X 軸的高低位數據。然後，將這些數據與已經計算好的偏移量進行校正。

3. 計算角度：

使用陀螺儀的 X 軸數據，結合 loop_time 來估算機器人的角度變化量，然後更新機器人的總角度。

通過加速度計的 Y 軸和 Z 軸數據來計算加速度角度（Acc_angle），並使用插值的方式結合陀螺儀和加速度計的角度來獲得最終的角度。

4. 判斷機器人狀態：

如果機器人角度大於 10 度，則認為機器人不再處於垂直狀態，將變量 vertical 設置為 false。如果角度小於 0.4 度，則認為機器人處於垂直狀態，將 vertical 設置為 true。

```

void angle_calc() {

    Wire.beginTransmission(MPU6050);
    Wire.write(ACCEL_YOUT_H);
    Wire.endTransmission(false);
    Wire.requestFrom(MPU6050, 2, true);
    AcY = Wire.read() << 8 | Wire.read();

    Wire.beginTransmission(MPU6050);
    Wire.write(ACCEL_ZOUT_H);
    Wire.endTransmission(false);
    Wire.requestFrom(MPU6050, 2, true);
    AcZ = Wire.read() << 8 | Wire.read();

    Wire.beginTransmission(MPU6050);
    Wire.write(GYRO_XOUT_H);
    Wire.endTransmission(false);
    Wire.requestFrom(MPU6050, 2, true);
    GyX = Wire.read() << 8 | Wire.read();

    AcYc = AcY - offsets.AcY;
    AcZc = AcZ - offsets.AcZ;
    GyX -= GyX_offset;

    robot_angle += GyX * loop_time / 1000 / 65.536;
    Acc_angle = -atan2(AcYc, -AcZc) * 57.2958;
    robot_angle = robot_angle * Gyro_amount + Acc_angle * (1.0 - Gyro_amount);

    if (abs(robot_angle) > 10) vertical = false;
    if (abs(robot_angle) < 0.4) vertical = true;

}

```

(b)角度初始狀態調整:

1. 配置 MPU6050 設置：

通過 `writeTo(MPU6050, PWR_MGMT_1, 0)` 重置 MPU6050，將其設置為預設狀態。

設置加速度計和陀螺儀的配置，將加速度計的靈敏度配置為 `accSens << 3`，而陀螺儀的靈敏度配置為 `gyroSens << 3`。

2. 計算陀螺儀偏移量：

通過多次調用 `angle_calc()` 函數來讀取陀螺儀的數據，累加 1024 次讀數的結果，以便計算平均偏移量。

在每次調用之後，增加 3 毫秒的延遲。

最後，將累加的偏移量總和 (`GyX_offset_sum`) 除以 1024，以獲得平均值，並將

其存儲在 GyX_offset 中。

3. 確認設置成功:

將計算出的陀螺儀偏移量輸出到串口，用於進一步的檢查和調試。

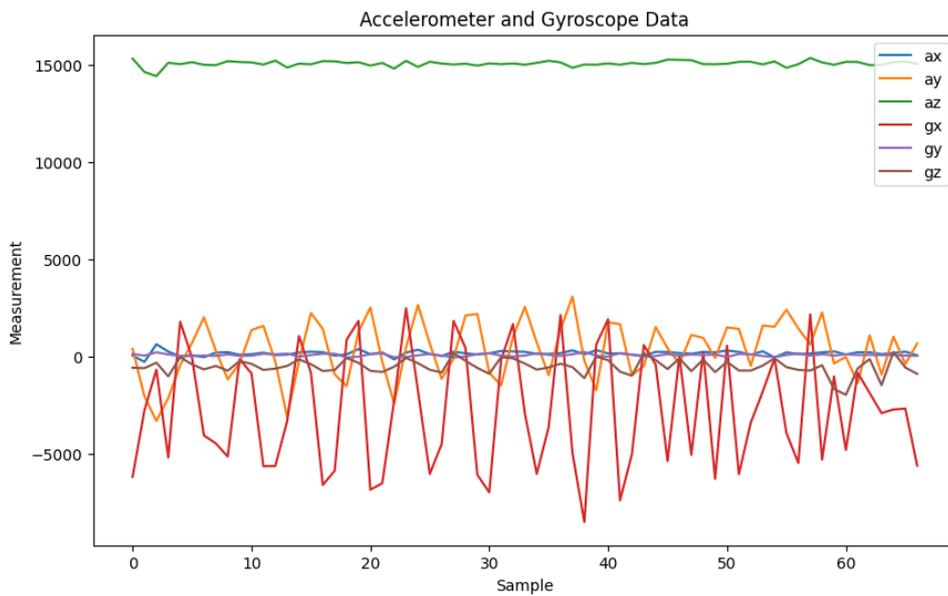
```
void angle_setup() {
  Wire.begin();
  delay(100);
  writeTo(MPU6050, PWR_MGMT_1, 0);
  writeTo(MPU6050, ACCEL_CONFIG, accSens << 3);
  writeTo(MPU6050, GYRO_CONFIG, gyroSens << 3);
  delay(100);

  for (int i = 0; i < 1024; i++) {
    angle_calc();
    GyX_offset_sum += GyX;
    delay(3);
  }
  GyX_offset = GyX_offset_sum >> 10;
  beep();
  beep();
  Serial.print("GyX offset: "); Serial.println(GyX_offset);
}
```

作品成果報告：

(a)平衡原理與實現:

主要透過加速度感測器、伺服馬達以及動量輪實現車體自主平衡，右側為獲取到的加速度計和陀螺儀數據，讀取後經過簡單的數據處理後被使用於計算出應校正的角度。由此可以觀測到隨著車體傾斜角度的改變，加速度計和陀螺儀索回傳的數值也會有所改變。



校正角度的函式主要透過以下函示完成

```
robot_angle += GyX * loop_time / 1000 / 65.536;
Acc_angle = -atan2(AcYc, -AcZc) * 57.2958;
robot_angle = robot_angle * Gyro_amount + Acc_angle * (1.0 - Gyro_amount);
```

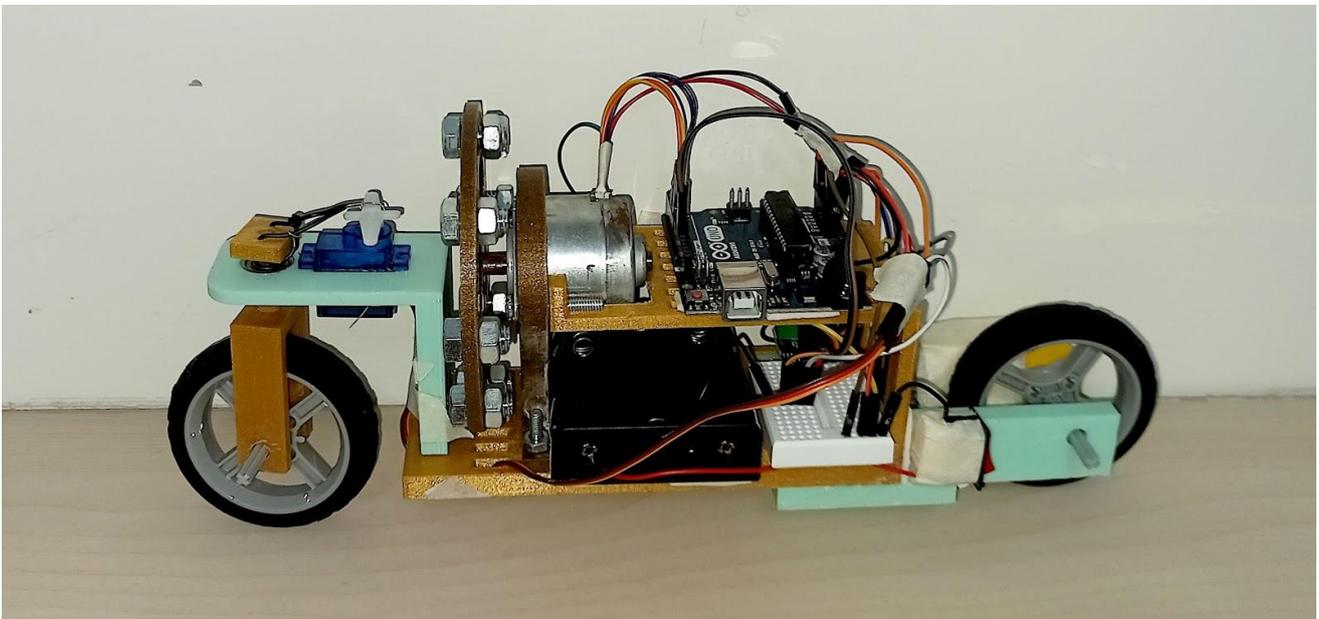
Gyro_amount 用於調整陀螺儀和加速度計的權重。

(b)角動量平衡裝置:

其中 Nidec 24h 連接動量輪(如左圖)，其中螺絲控制配重。mpu6050 負責將資料傳回 arduino 板。

(c)成品整體車身:





主要以 3D 列印來製作車體骨架，搭配 Nidec 馬達，利用動量輪來提供動力，以 arduino 為中心去作配線。此設計能應用在需要保持平衡或者調整自身姿態的設備上。

(d)在一般課程上的作用:

由物理原理可知這項設計與高二物理選修的第二冊內容有所相關，這可以牽涉到力矩、角動量、轉動平衡等，因此我認為它能夠在探究與實作的課程讓學生對課程上所學的有更深刻的理解。不只是在物理的方面，在資訊科技這方面能夠培養學生對於撰寫程式、實際操作等方面的提升，讓這些想法不只停留在電腦上，透過實踐將想法實體化。

參考文獻：

維基百科,角動量守恆定律,瀏覽日期 2023/12/28

<https://zh.m.wikipedia.org/zh->

[tw/%E8%A7%92%E5%8A%A8%E9%87%8F%E5%AE%88%E6%81%92%E5%AE%9A%E5%BE%8B](https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E8%A7%92%E5%8A%A8%E9%87%8F%E5%AE%88%E6%81%92%E5%AE%9A%E5%BE%8B)

youtube,如何讓腳踏車站立,瀏覽日期 2023/12/28

<https://www.youtube.com/watch?v=oZAc5t2lkvo>

維基百科,物體的張動,瀏覽日期 2023/12/29

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%AB%A0%E5%8B%95>

陀螺儀的原理及應用,瀏覽日期 2023/12/29

https://www.ss.ncu.edu.tw/~lyu/lecture_files/2020Spring/Lyu_Mechanics2_Notes/107601528_gyroscop-1.pdf

識典百科,陀螺效應瀏覽日期 2023/12/29

<https://shidian.baike.com/wikiid/1231908668200030518>