

生醫工程實驗 期末專題報告

Stay Awake, Stay Safe!

第三組 吳孟寰 宇德安 陳宣翰

一、實驗動機：

台灣十大死亡因素，以意外事故所造成之死亡高居第三位。其中車禍肇事死亡佔意外死亡之首，車禍意外中不少是起因於疲勞駕駛。因此，我們這組希望能設計一套系統來偵測駕駛人的潛在疲勞程度，若達一定的疲勞程度，我們會藉由降低速限、或是透過蜂鳴器來叫醒駕駛人來增進行車安全。

二、實驗架構：

我們從網路上蒐集資料，整理出疲勞駕駛者可能會出現的症狀：

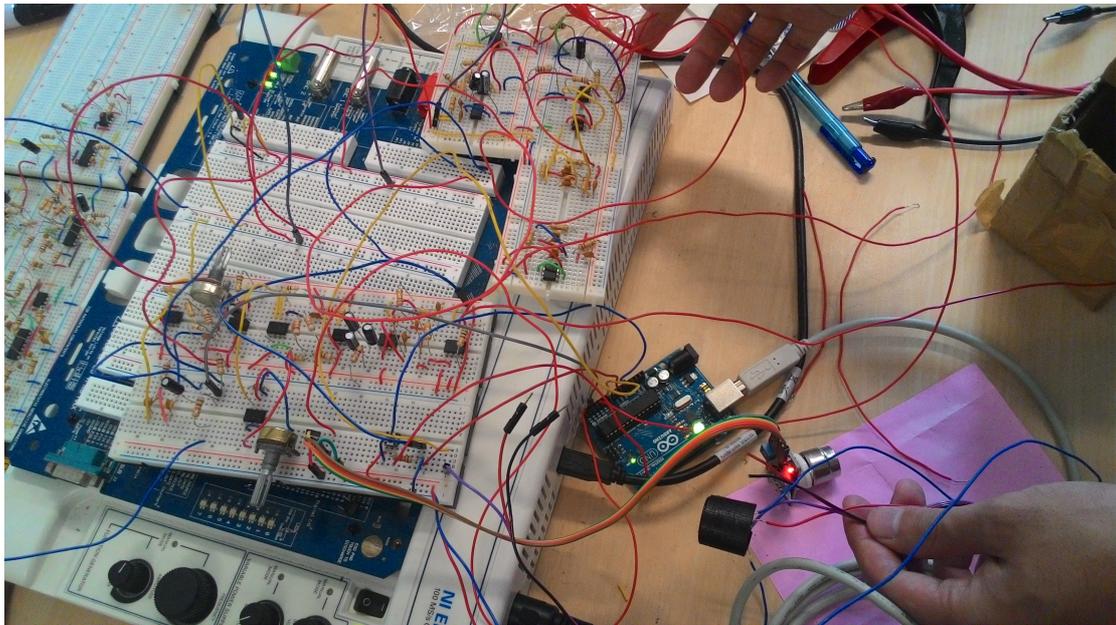
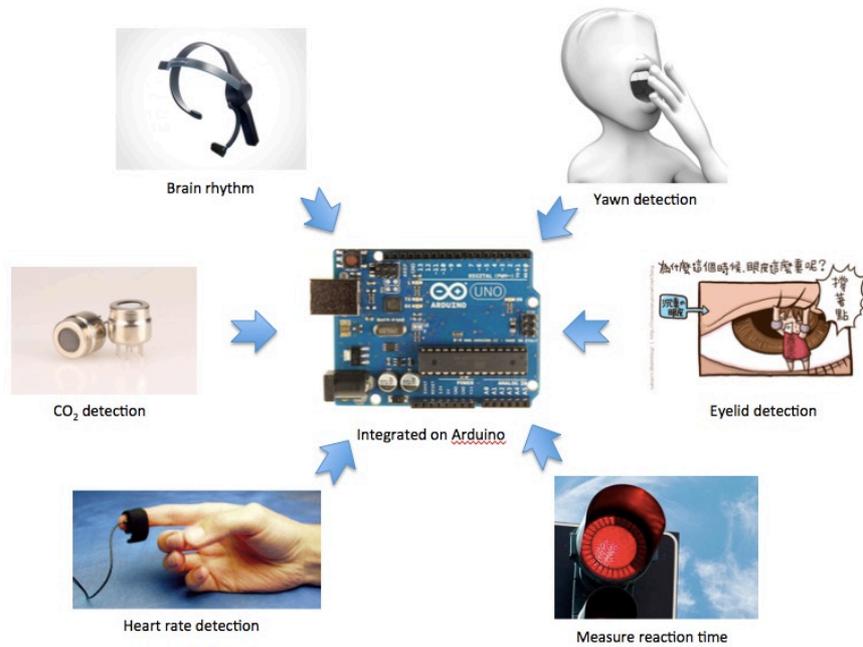
1. 不自覺頻頻點頭，很難保持抬頭姿勢。
2. 哈欠連連，臉部發麻。
3. 反應遲鈍、判斷遲緩、注意力無法集中。

因此，我們希望能針對這樣的狀況設計出一套系統來偵測這些狀況，並且適時提醒駕駛，或是強制降低車輛的最大速限，降低行車危險。

我們的系統主要也參考以上的徵兆來做判斷：

1. 利用 PPG sensor 來偵測駕駛人的心跳；若駕駛人心跳減慢，
2. 利用二氧化碳濃度偵測計來判斷駕駛人是否會因缺氧而導致疲勞的情形產生
3. 在駕駛前，透過測定駕駛人的反應速度，來設定最高速限。
4. 駕駛人眼皮周圍的 EMG 訊號來判斷，駕駛人是否處於微型睡眠的狀態。

這些 sensor 會經過 Arduino 開發版的 AnalogPin 以及 DigitalPin 傳進 Arduino 裡面，經過運算之後，透過 SerialPort，傳到電腦端的 Processing GUI 來進行頻譜的顯示以及警示訊號。概念圖以及最後成品如下所示：



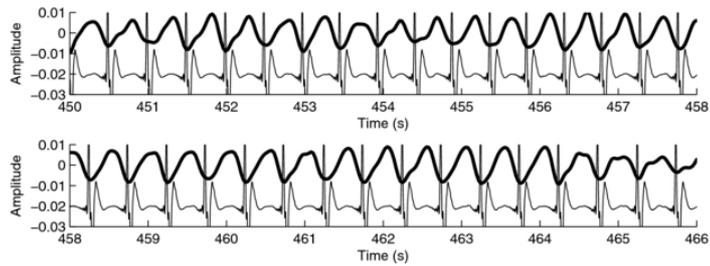
三、實驗元件：

本次專題使用的儀器以及元件大多數是實驗三曾用過的，這次不再贅述，以下將介紹一些新的元件：

1. PPG Sensor

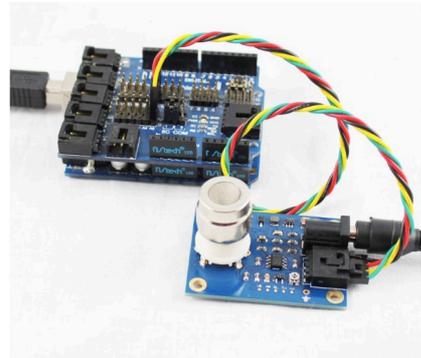
PPG(Photoplethysmogram)主要是利用光感測元件吸收光線能量的原理，記錄光線的變化而感應出來的信號。因為光在生物細胞組織之間前進時，會被生物細胞吸收而產生變化，如皮膚、骨骼、動脈血管、靜脈血管都會造成光行進間的速度有所不同。也就是說當心臟搏動週期，使得血管內單位面積的血流量成週期性的變化，血液體積若產生變動時，光感測元件將會隨著血液體積的變化而感應電壓，吸收最多光線的時期剛好是

心臟收縮的時期，光被血液中的血紅素吸收，所以 PPG 信號的振幅會隨血液進出組織成正比的變化。



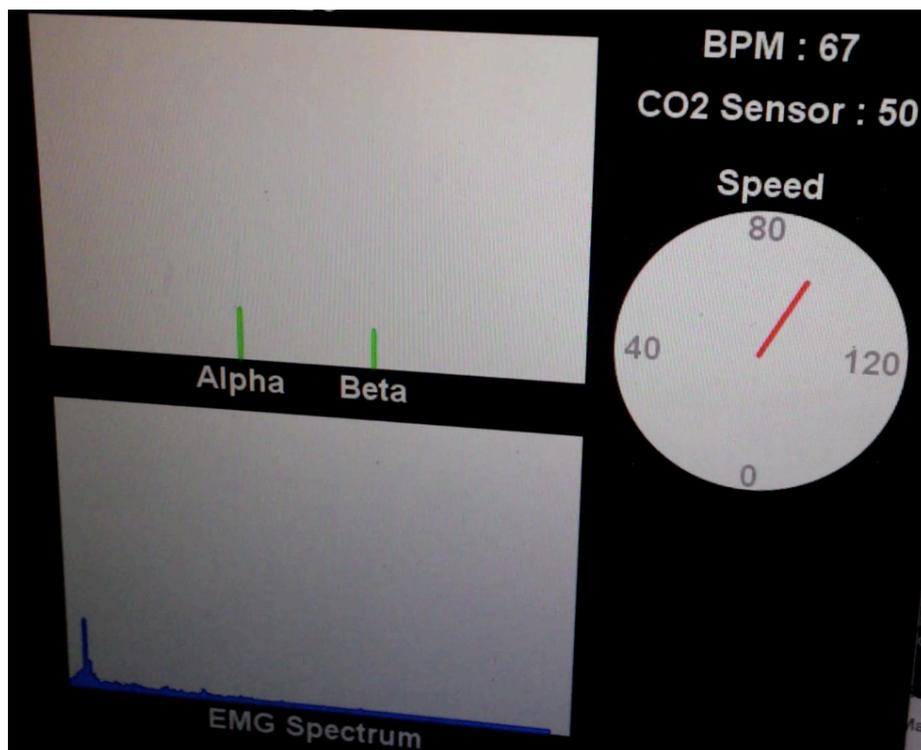
2. Carbon Dioxide Sensor

這個 CO₂ 感測器由一個 gas detection module 以及一系列的 ADC circuit 以及加熱電路。在預熱 2~5 分鐘之後，整個 sensor 才會有明顯作用。他在 CO₂ 濃度 400~1000ppm 時有很高的精確度。



四、電腦端軟體介紹：Processing

Processing 是一個簡易繪圖用的軟體，語法與 Arduino IDE 極其類似，也可以寫 serial communication 跟 Arduino 做穩定傳輸，因此這次我們選用他來顯示最大速限以及頻譜資料。



五、實驗設計：

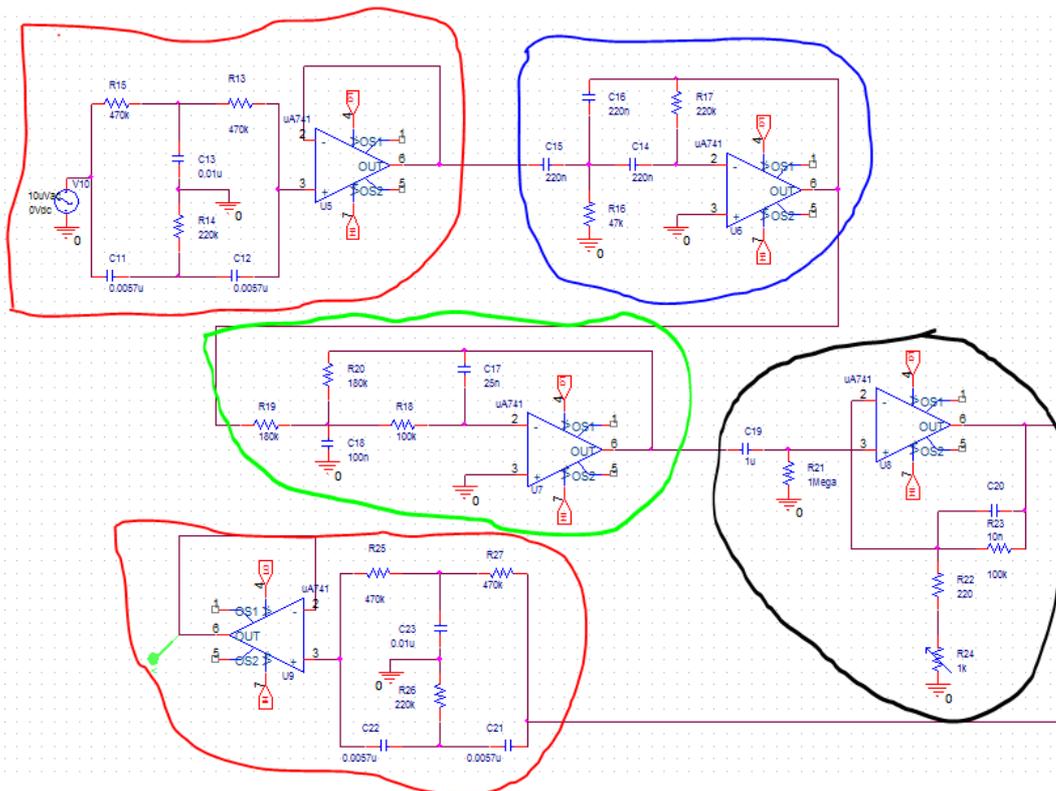
1. EEG：

i. 電極接點：如下所示

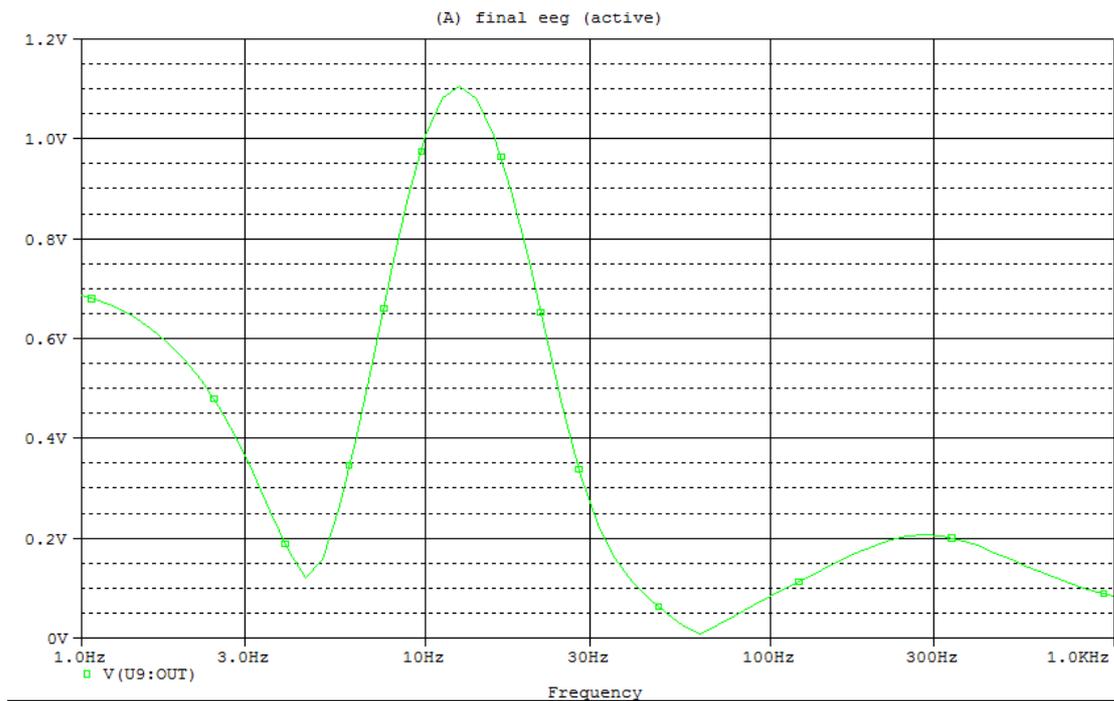


ii. 電路設計構想：

PSpice 電路圖如下所示：



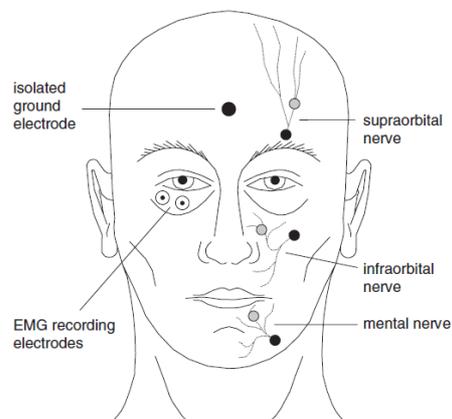
紅色區域裡的電路都是一個 60Hz Notch filter，藍色區域裡是一個 7Hz High Pass Filter，綠色區域裡是一個 31Hz Low Pass Filter，最後黑色區域裡有一個 1Hz High Pass Filter 搭配一個 non-inverting amplifier 藉由改變可變電阻可改變增益至 83~455 倍。 α 波的頻率大概在 7.5Hz 到 12.5Hz 之間，當受試者有疲勞的現象時， α 波會變小，如此上面的電路設計，適合我們用在偵測疲勞駕駛的系統裡。下圖為 Bode Plot，這樣的設計讓我們能精確濾掉市電雜訊，並且放大 α 波的強度。



2. EMG :

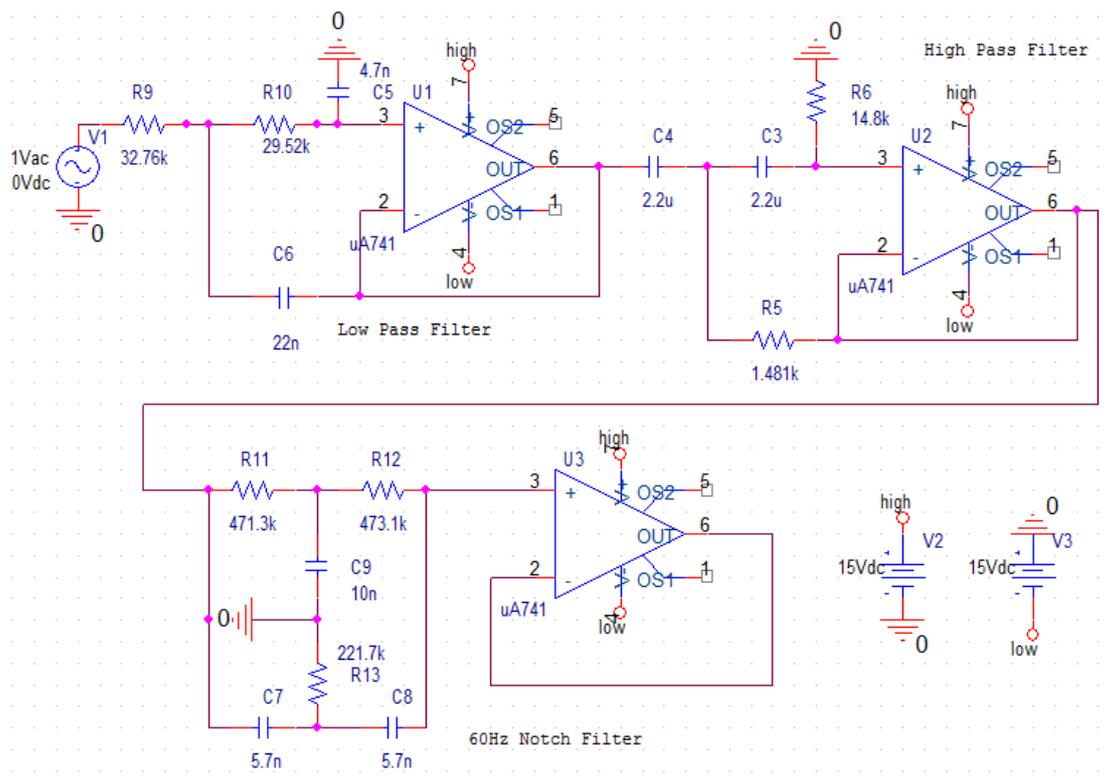
i. 電極接點 :

電極一端貼在下眼皮，另一端貼在額頭上作為 ground，如下圖所示 :

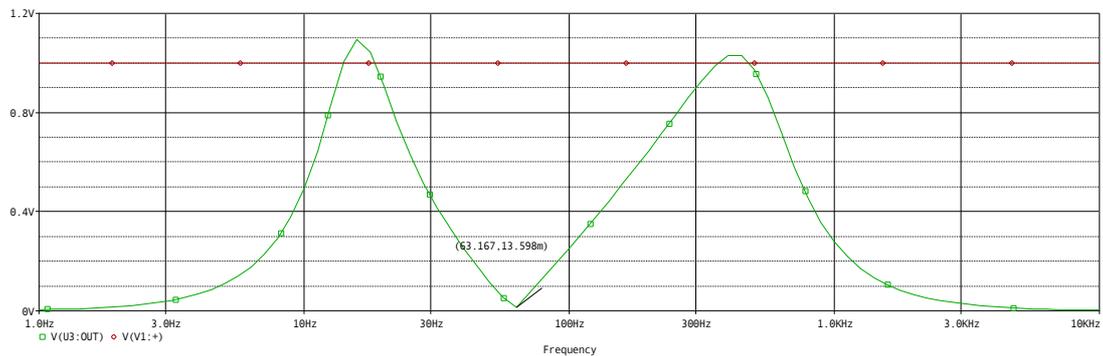


ii. 電路設計構想 :

眼皮附近的肌電訊號頻率約在 28~500Hz 之間，故將差動放大的訊號通過 15~500Hz 的 Band-Pass Filter($f_{LP,3dB} = 500$, $f_{HP,3dB} = 15$)，電路上以 SAB 的 LPF 與 HPF 串接得到，同時串接一個 Twin-T Notch Filter 以濾掉市電的 60Hz 雜訊，PSPICE 電路圖如下(下圖中的電阻值為電路中用電表量測的實際電阻值):



Bode Plot :



3. Reaction Time Task :

這個部分是在駕駛上路前進行的小測試，我們會啟動 LED 燈，並要求駕駛在最短時間內按下按鈕，這個反應時間可以用來推算駕駛看到紅燈或是緊急狀況時的反應時間，並且可以用來推算行車安全的最大速限。

在這個推算過程中，我們假設車輛的加速度為重力加速度的 0.8 倍，以及駕駛與前車距離 70 公尺。這個估算值可以根據車輛本身的輪胎性能，以及在車子前後方裝上距離感測器來做調整。藉由 $v^2=2*a*d$ 公式，我們可以將反應距離與煞車距離加起來，並且反推行車的最安全速限。

在實驗中，我們測得實驗者最快的反應時間約為 0.22 秒，但這是因為駕駛事先有預期心理且按鈕是用手按，這樣測得的反應時間將不能代表實際駕駛在開車時的情況（實際的估算反應時間約為 0.75~1 秒）。如果這個系

統要產品化，按鈕將會利用空採煞車來取代，並且任務可以選擇在車輛開鎖時不定期執行，讓駕駛沒有心理準備，會具有較好的效果。

4. CO2 Sensor :

我們將 CO2 Sensor 預熱完之後接上 Arduino 的 AnalogPin，Arduino 會每兩秒鐘將這個 CO2 的指標值傳進 Processing。為了測試這個結果，我們準備了一個小盒子，並且將 sensor 放入盒中，用手蓋住吹氣。初步的結果能明顯看到，在吹了 2~3 口氣之後，CO2 sensor 的指數瞬間上升，將他拿出盒子後又迅速下降到原位。

5. PPG Sensor :

由於這個元件由助教提供，購買的網址也有完整的教學與 Processing / Arduino code 可以使用，因此我們的整個 Processing GUI 是建立在這個主程式上面撰寫的。每過 2 millisecond，Arduino 會啟動 interrupt 自動去讀取 sensor 的 analog 值，並且計算出 BPM (beats per minute)；每隔兩秒鐘，這個不停被 update 的 BPM 值就會透過 serial communication 傳到 Processing，並且顯示在螢幕右上角。由於程式中的任何 delay 都可能會影響到 interrupt 的運行，因此必須要謹慎調整主程式執行的順序來避免 BPM 運作異常。

六、實驗結果：

在 Serial Communication 方面，我們會先與 Arduino 端做 Handshaking，之後每次要取得各項資料前也都會有一個 overhead 來包裝 data，確保整個 data 是完整的。讓 LED 燈切換不同的閃爍頻率也是我們 debug 以及確定 Arduino 狀態一個很重要的方式，未來也能考慮透過 LED 燈警示駕駛，或是其他 feedback 方式像是緊收安全帶或是座椅震動等等方式。

PPG 由於是商品，也有提供 Arduino/Processing code，因此在 demo 時沒有明顯問題。不過，我們很難在同一個時間內讓受試者想睡之後回覆不想睡覺，因此很難定量表現。

EEG 方面由於實驗三沒有成功，我們重新接了一組 filter system，這次能成功讓市電雜訊被濾掉。不過我們後來用實際的電阻參數跑 PSpice，發現 β 波被濾掉了一小部分，因此我們在測試時只有看到 α 波有明顯的變化。 α 波在受試者閉眼以及睜眼放空狀態時都會明顯上升，而張眼以及清醒時震幅都會較小。在 demo 時，如果使用者 α 波平均震幅提高，我們就會在 GUI 上顯示 'you are sleepy' 字樣，並且降低最大速限。

EMG 我們原來要測定的是駕駛在疲倦時眼皮很重，一種想閉眼卻必須

不停撐住的眼電訊號；但是這種狀態在現場也很難 demo，因此我們改成記錄受試者眨眼的頻率來測定。在受試者連續眨動眼睛時，GUI 會顯示警示提醒受試者。

CO₂sensor 大概是其中較為失敗的部分。在前幾天測試時，我們有發現他在盒子裡被吹氣的時候，濃度有明顯升高，demo 當天卻一直沒有這個現象，sensor 數值也一直受加熱電路漂移。因此最後，這個部分是沒有 demo 成功的。

在整個 Arduino/Processing 整合方面，我們覺得分開測試每個 module 都會有相當不錯的表現，但是在整合起來時 EEG/EMG 的訊號就會因為其他 module 的 delay 而導致 sampling 一直 delay。由於 PPG/EEG/EMG 都需要大量的 sampling，但是 interrupt 只有兩個，有一個只能用連續的 analogRead() 函數來讀值傳送，也因此沒有辦法絕對 real-time 更新使用者的各項數值。如果有機會，我們希望能在有更多 interrupt 的版子上測試這個系統，或許能有更佳的表现。

七、Reference :

1. EMG BioPac :
<http://www.biopac.com/manuals/Startle%20Guidelines%20Blumenthal.pdf>
2. Processing : processing.org
3. Processing Forum
4. CO₂ sensor introduction :
<http://goods.ruten.com.tw/item/show?21305080939729>
5. PPG sensor : pulsesensor.com
6. 行車距離數據推算 : <http://0123456789.tw/?p=2448>