

生醫工程實驗報告

期末專題

生理回饋治療

組別:3

學號:B05901088, B05901089, B05901119

姓名: 黃士銘、莊涵富、李華健

一、實驗動機

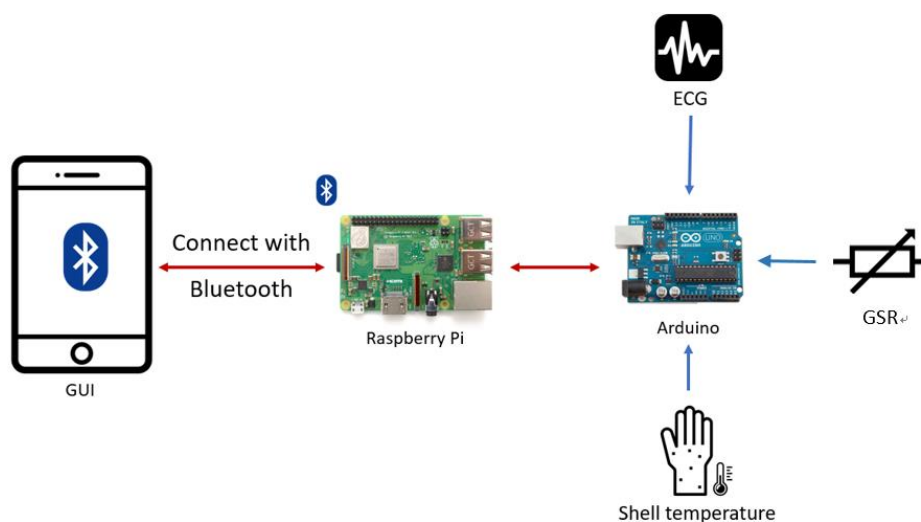
本學期的實驗課程我們量測了多項生理數據，並且自行設計了相應的電路，而在實驗專題的部份我們希望能夠利用所學，將生理數據作進一步的處理，讓使用者可以圖像化的看到自己的生理數據，以做為醫療相關的用途。有鑑於許多現代人飽受身心症的困擾，且市面上多數應用程式都只有放鬆練習的指令引導，而缺發能及時反饋使用者生理數據的部分，故我們決定實作生理回饋治療的軟體和硬體設備，讓患者可以在居家生活中能夠操作以往必須到醫院才能完成的療程，期望能縮短治療所需時間，並提升治療效果。

二、介紹

生理回饋是透過視覺或聽覺的方式將人體的生理數據呈現出來，常見用來作為療程中的生理數據有心率、末梢體溫、皮膚電導度、以及肌肉緊繃程度等等，以建立自己身體症狀與情緒間的連結，並輔以臨床心理師的引導，讓患者能夠學習自我控制這些生理訊號，增加對情緒狀況的敏銳度。經過反覆的練習，可以讓病患直接體察自身的身體狀況，進而了解情緒狀況，再透過放鬆冥想等技巧對身體狀況進行控制，而能改變情緒，從而形成正向的回饋。

生理回饋療法多用於身心症患者，例如焦慮、恐慌症，亦可對偏頭痛與其他部位之緊張性疼痛有治療功效，傳統上的療程包含一開始的評估，取得在壓力下與放鬆時的生理數據，以擬定治療計畫。本次專題我們希望能夠對呼吸、膚溫和皮膚電導度作相對應的療程設計，透過將生理數據圖像化，讓患者不會因直接接受到生理數據，而引發緊張使療程成效不彰，並透過語音引導，期望能讓患者在家中也能達到自主練習。而本次專題的語音引導將參照參考文獻中的文字。

三、設計架構

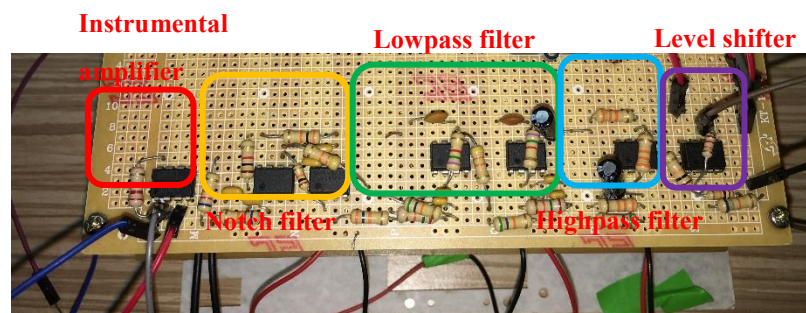
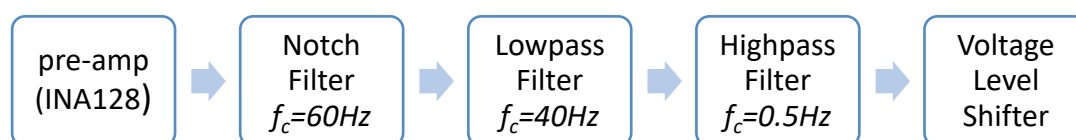


因為 Arduino 類比輸入較為方便，此外大部分模組也都是設計和 Arduino 相容，故我們使用 Arduino 來收取生理訊號，其中包括 ECG 訊號、皮膚電導度、以及手指末梢溫度，並由 Arduino 先對輸入訊號作初步的處理，例如將 ECG 訊號轉換成每分鐘的心率，和消除不合理之數據，再以序列埠以字串形式將收集到的生理數據傳送給 Raspberry Pi 儲存。

Raspberry Pi 將 Arduino 傳送的生理數據紀錄儲存，並且 R Pi 儲存了手機 app 各個頁面的資訊，當手機接收指令，將會以藍芽和 Raspberry Pi 溝通獲取頁面資訊和各項生理數據。簡單來說 Raspberry Pi 作為整個系統的運作中心，建立 Arduino 以及 App 之間的橋樑，Arduino 負責獲取生理數據，而手機 app 端則建立和使用者互動的介面。

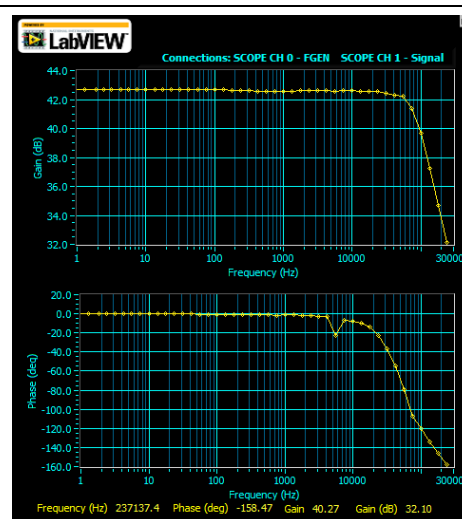
四、實驗實作

ECG 電路與各項模組

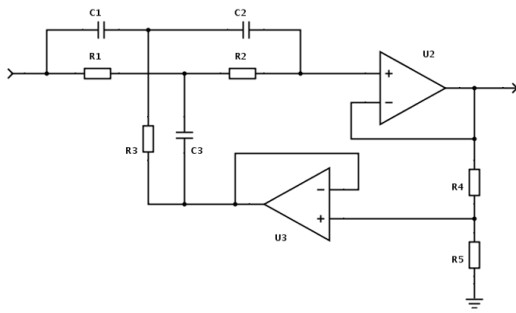


Instrumental Amplifier (INA128)

使用 $R_G = 200\Omega$ ，大約可提供 42dB 左右的增益



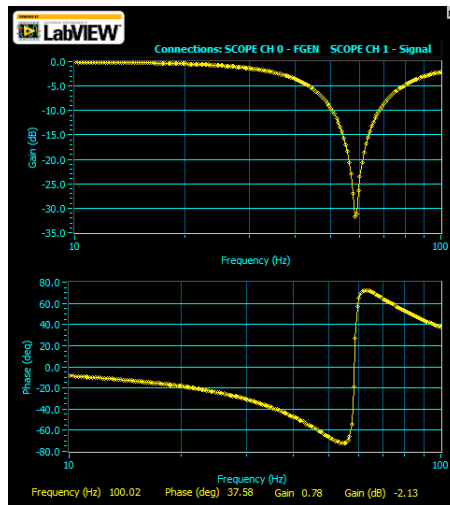
Notch Filter



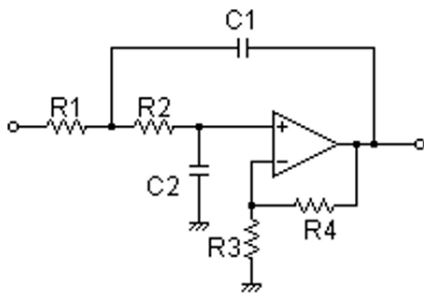
$$C_1 = 47nF, C_2 = 47nF, C_3 = 94nF$$

$$R_1 = 59k\Omega, R_2 = 59k\Omega, R_3 = 19.7k\Omega, R_4 = 10k\Omega, R_5 = 33k\Omega$$

$$f_c = 60Hz$$



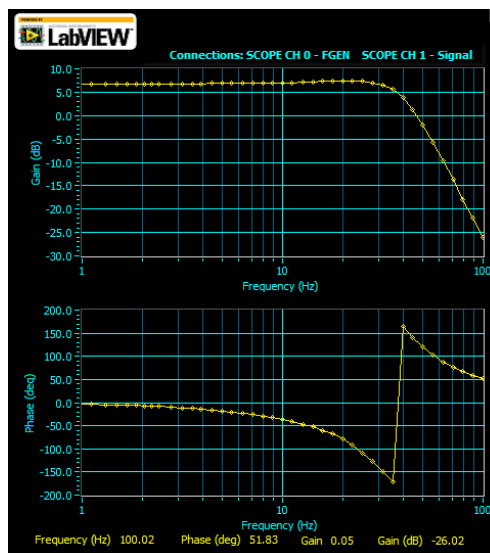
Lowpass Filter



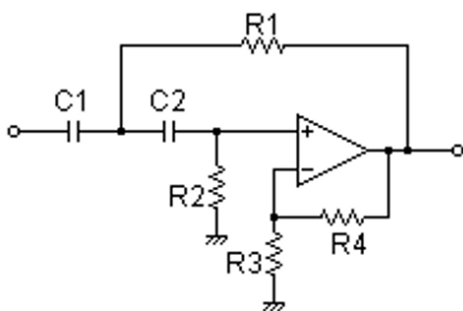
$$C_1 = 100nF, C_2 = 66nF$$

$$R_1 = 43k\Omega, R_2 = 56k\Omega, R_3 = 15k\Omega, R_4 = 7.5k\Omega$$

$$f_c = 40Hz, Q = 0.91$$



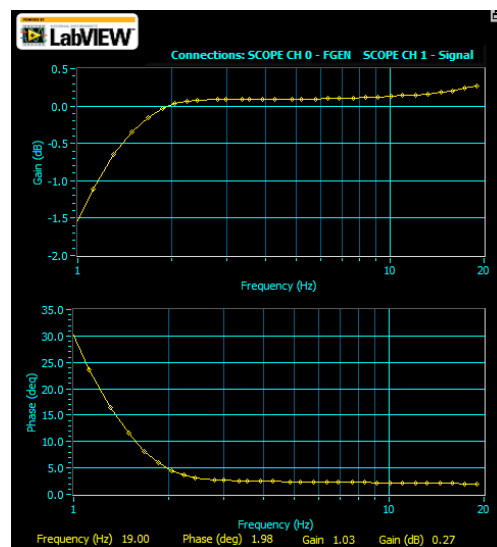
Highpass Filter



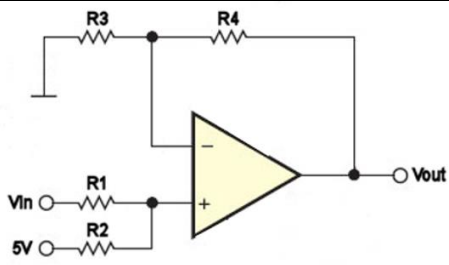
$$C_1 = 10\mu F, C_2 = 10\mu F$$

$$R_1 = 33k\Omega, R_2 = 33k\Omega, R_3 = 56k\Omega, R_4 = 33k\Omega$$

$$f_c = 0.5Hz, Q = 0.7$$

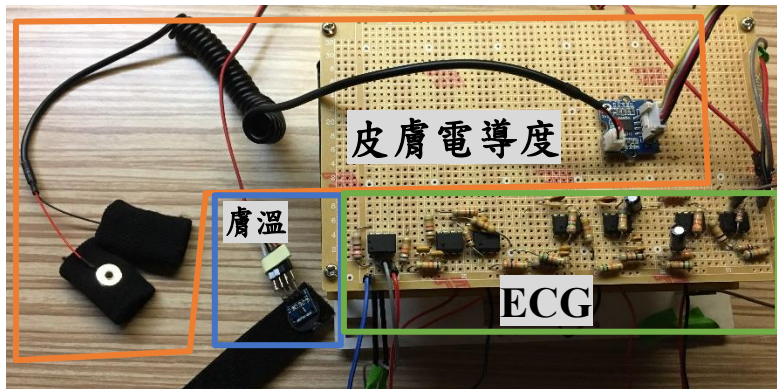


Voltage Level Shifter



$$R_1=10k\Omega, R_2=82k\Omega, R_3=10k\Omega, R_4=15k\Omega$$

將心電圖訊號移至 0~5V，可再提供 2.5 倍的放大倍率。



溫濕度感測器

SHT31

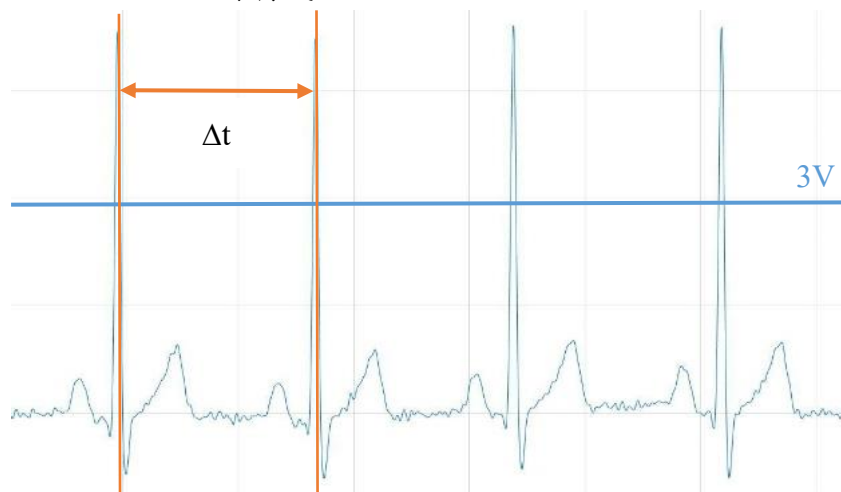
皮膚電導度

Grove – GSR Sensor

原本我們計畫是以 PPG 模組來直接量測心率，但模組本身似乎有些問題，故我們轉而使用在實驗二使用的 ECG 電路來進行心率的量測，並且我們希望能硬體裝置微小化，故將電路焊在 PCB 版上。最終結構有三層，最上層為電路以及相關的模組，第二層是原本計畫以鋰電池取代 NI-ELVIS 對電路進行供電，但因為實測發現電流不太穩定，且有燒掉電路的疑慮，所以最後並沒有採用，然後最下層為放置 Arduino 以及 Raspberry Pi 的地方。

Arduino

1. 將 ECG 數據轉成 BPM



Arduino 將所收到的數據，判別出 R 波的時間，而經過多次的試驗，我們發現即使對不同的使用者，只有 R 波會在輸入電壓中超過 3V，故以此作為基準算出每分鐘心率，並排除掉明顯錯誤的值。

```
unsigned long delT;
while(1){
int sensorValue = analogRead(A1);
float voltage = sensorValue * (5.0 / 1023.0);
  if (voltage>=3){
    time2=millis();
    break;
  }
}
delT=time2-time1;
int bpm = 60000.0/delT;
time1=time2;

if(bpm>=115||bpm<=45){
  bpm = -1;
}
```

2. GSR 及 SHT31 模組

```
//temperature
float t = sht31.readTemperature();
//float h = sht31.readHumidity();

//Skin conductance
long sum=0;
for(int i=0;i<10;i++)
{
  sensorValue=analogRead(GSR);
  sum += sensorValue;
  delay(5);
}
gsr_average = sum/10;
```

在模組的部分，溫度感測器的穩定性相當不錯，可以量測到小數點以下兩位的數值，而在皮膚電導度部分，藉由取 10 次平均，將有可能發生的雜訊給消除掉。

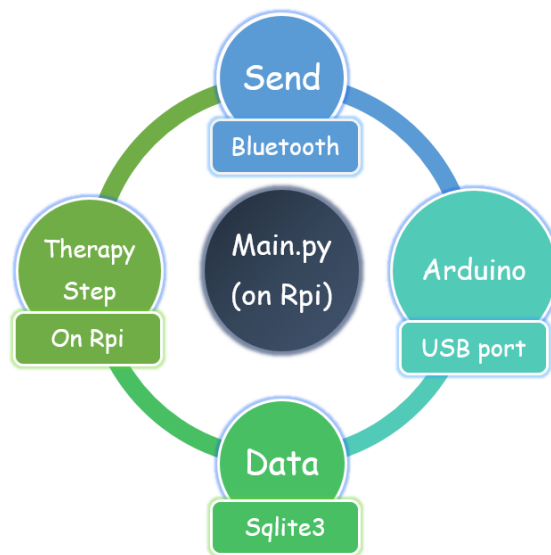
3. 將所得數據以字串方式傳輸至 R Pi

```
Serial.print("(" +String(gsr_average)+","+String(bpm)+","+String(t)+")\n");
```

```
COM11 (Arduino/Genuino Uno)
(354,80,23.48)
(354,76,23.46)
(355,75,23.46)
(354,76,23.48)
(354,73,23.49)
(354,72,23.48)
(354,72,23.49)
(354,74,23.48)
(354,73,23.48)
(354,74,23.48)
```

以字串傳送封包而不以數值，是因為 Arduino 在序列埠傳輸數值時是以二進位的方式，換算不易。

Raspberry Pi & App Inventor



Raspberry Pi 主要負責儲存生理訊號、發送指令到手機應用程式。作為系統的中樞，R Pi 負責所有的資訊收發和處理的工作，而程式內部也預設了手機程式的所有頁面的資訊，當使用者選擇訓練項目後，R Pi 亦會同步，以 500 毫秒一個封包的速度傳送資訊到手機上，並更新螢幕的資訊。

R Pi 開發使用的是 Python 以及 pyBluez 藍芽程式庫，pySerial 讀取連接 Arduino 的感測器資訊。

手機開發上使用了實驗二介紹的 App Inventor。除了背景的藍芽會持續收取封包之外，手機還會負責將生理信號轉化為圖形。在呼吸訓練中，氣球的大小受心率影響；而膚溫訓練當中，熱氣球的中心高度則受膚溫上升的趨勢影響，值得一提的是，設計上熱氣球會隨着膚溫上升慢慢飄到頂端，但當使用者膚溫不穩定時(甚至下降)，熱氣球並不會下降，應用程式也會給出提示，引導使用者集中注意力。

使用者流程

開始使用

使用者打開 R Pi 與手機應用程式，使用藍芽連接兩個裝置

選擇訓練項目

選擇需要進行的訓練項目(呼吸練習、膚溫練習)

Mindfulness

正式進行訓練前，會有預設語音引導使用者進行放鬆，並請使用者先帶好手套（使用者可跳過本步驟）
同時，系統會偵測使用者的生理信號的 Baseline

Training Mode

正式開始訓練，使用者可以透過觀察圖形化的生理信號，專注於達成訓練目的



持續直到所有訓練項目完成

生成報告

顯示使用者執行訓練的總時長，並畫出使用者生理信號對時間的變化

五、實驗成果

Demo 影片:

https://drive.google.com/open?id=1XheccHmDz3tsVZJBYxRRRkGspDt9a_Aw

在本次專題中我們實作了呼吸的練習以及膚溫的生理回饋練習，並在背景中量測受試者的皮膚電導度，在 demo 影片中我們發現透過心率轉換而得的呼吸週期，大抵上可與受試者即時同步，驗證了此法的可行性。

六、未來展望

1. 在硬體裝置方面，可以作近一步的微縮，或是搭配穿戴式裝置，讓整個硬體設備可以方便攜帶，達到實用的目的。
2. 在 app 的設計中，可以加入更多樣的偵測，例如將 ECG 訊號作時域及頻率域上的分析，則可以得到心跳變異率相關的資料，可以讓患者有更多元的練習。
3. 除了實現語音的引導指示外，還可以透過機器學習的方式去辨認使用者的

生理數據有無符合預期，並在使用者無法正確操作放鬆練習或是專注力無法集中在訓練上時時，給予適當的提醒與相對應的指示。

4. 由過往的生理數據，訂出更符合使用者的目標與參考基準線，例如隨著練習的時間愈多，逐漸提高目標，避免訓練過於簡單就完成，或是過於困難而讓受試者感到沮喪，而在文獻中我們可以看到，假如使用者可以用原先預定的在七成以上的練習中完成目標，則可自動調高目標，以建立個人化的訓練菜單。

七、參考文獻

I. Z. Khazan, *The Clinical Handbook of Biofeedback*, 1st ed. A John & Sons Ltd, 2013