

# 2018 Synopsys ARC Contest

**競賽題目：具生理訊號感測之智慧床墊設計**

參賽單位：臺灣科技大學

隊伍名稱：貝斯特智慧床墊 參賽隊

指導老師：林淵翔老師/教授

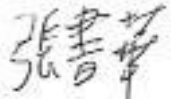
參賽隊員：張書華，莊承翰，蔡喻至

完成時間：2018 年 05 月 29 日

## 基本資料表

隊伍名稱	貝斯特智慧床墊			學校名稱	臺灣科技大學	
作品主題	智慧床墊					
項目負責人	張書華			E-Mail	andy850821@gmail.com	
電話	0987100821			學校科系級別	臺灣科技大學 電子系	
指導教授	林淵翔			教授 E-Mail	linyh@mail.ntust.edu.tw	
參賽隊員	姓名	在籍學歷 (含系級)	身分證號碼		專業	分工
	張書華	大學	A129565992		電子	演算法、平台韌體開發
	莊承翰	大學	A130192530		電子	演算法、平台韌體開發
	蔡喻至	大學	A128448447		電子	電路設計、訊號擷取
隊伍簡介	由具有嵌入式開發與電路設計經驗的大學生組成					
參賽項目	ARC 盃海峽兩岸電子設計競賽					
曾獲獎紀錄	2013 年 第 43 屆全國技能競賽-工業電子-銅牌 2015 年 TiC100 創新競賽 校園組 冠軍 2015 年 第 45 屆全國技能競賽-視聽電子-金牌 2017 年 第 44 屆國際技能競賽-電子-金牌 105 年度全國微電腦應用系統設計創作競賽 智慧生活組 第三名					

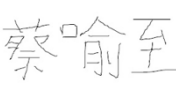
研究專長	電路設計、嵌入式系統開發設計、訊號處理
------	---------------------

參賽者簽名或蓋章	 (隊長)	身分證字號	A129565992
連絡電話	0987100821	電子郵件信箱	andy850821@gmail.com
通訊地址	台北市大安區忠孝東路四段 322 號十樓之一		



參賽者簽名或蓋章	 (隊員)	身分證字號	A130192530
連絡電話	0905365925	電子郵件信箱	hi70737@gmail.com
通訊地址	新北市蘆洲區復興路 105 巷 17 號 2 樓		



參賽者簽名或蓋章	 (隊員)	身分證字號	A128448447
連絡電話	0933137545	電子郵件信箱	williemiku0504@gmail.com
通訊地址	臺北市大安區基隆路四段 43 號電子工程系		



## 摘要

中文摘要 500-1000 字，簡要說明作品的現實意義、設計思路及創新點，並突顯說明作品內涵。  
英文摘要與中文摘要需相對應。

由於現代人的生活壓力較大，睡眠問題常常是一大的困擾；根據醫學調查，在台灣，約有 20% 的人有睡眠問題，隨著年齡增長，睡眠問題也與日俱增，除了生活壓力、睡前使用 3C 產品、女性的更年期、部分的貧血症狀與睡眠呼吸中止症等病灶，往往會造成睡眠障礙，因此，偵測睡眠時之生理訊號、睡眠狀態逐漸重要，並可藉此分析影響睡眠的原因，並加以改善。

對於睡眠時的生理訊號監測，主要包含呼吸和心率的部分。我們將壓電感測和壓力感測元件，置入床墊之中，使用者呼吸與脈搏跳動時，測量其呼吸訊號與脈搏訊號，再藉由數位訊號處理與演算法擷取出各項生理訊號數據，最後將其生理數據即時呈現並記錄出來。

我們將感測元件結合在床墊之中，且感測元件具備相當良好的柔軟度，使用者只需躺在床墊上便可開始進行量測，無需配戴任何穿戴式裝置，相較於健康手環與醫療儀器等，因為不需要額外穿戴任何裝置，讓使用者在最習慣與最舒適的睡眠環境下，量測與紀錄其睡眠生理訊號，並使其了解自身之睡眠狀況，若使用者有需要向專業人士諮詢睡眠相關等問題時，也可以利用該裝置所紀錄之生理訊號，加快諮詢的速度與準確度。

## ABSTRACT

### Keywords:

Due to the stress of modern people, sleep problems are often a big problem. According to the medical survey, about 20% of people in Taiwan have sleep problems. With age, sleep problems are also increasing. In addition to stress in life, use of 3C products before bedtime, menopausal symptoms in women, partial anemia symptoms and sleep apnea and other lesions, sleep disorders are often caused. Therefore, it is important to detect physiological signals and sleep status during sleep, and to analyze the causes of sleep and improve them.

For the physiological signal monitoring during sleep, it mainly contains the respiratory and heart rate components. We place the piezoelectric sensing and pressure sensing elements into the mattress. When the user breathes and pulses, measure the respiratory signal and pulse signal, and then use the digital signal processing and algorithm to extract the physiological signals. Data, finally presenting and recording physiological data in real time.

We incorporate the sensing element into the mattress, and the sensing element has a fairly good softness. The user only needs to lie down on the mattress to start measuring without wearing any wearable device. Health bracelets and medical instruments, etc., because no additional devices are required to allow users to measure and record their sleep physiological signals in the most comfortable sleep environment, and to make them aware of their own sleep status if the user needs them. When consulting professionals with questions related to sleep, the physiological signals recorded by the device can also be used to speed up the speed and accuracy of consultation.

### 注意事項：

- 參賽者同意主辦單位得將其參賽作品予以公開發表、重製、公開播送、公開展示、重新編輯、出版等非商業用途之實施，且參賽者不得對於上述實施要求任何形式之報償。
- 參賽者擔保為參賽作品之原著作權人，並同意主辦單位擁有該參賽作品之公開發表、重製、公開播送、公開展示、重新編輯與出版等使用於學術或推廣教育之權利。若有因該參賽作品而引起智慧財產糾紛、訴訟等，均由參賽者全權負責。
- 參賽者同意主辦單位得將其個人資料及其相關參賽作品納為「通訊大賽創意機制媒合人才資料庫」之用。

## 目 錄

摘 要.....	iv
ABSTRACT .....	v
目 錄.....	VI
第一章 方案論證 .....	1
1.1 專案概述 .....	1
1.2 資源評估 .....	1
1.3 預期結果 .....	1
1.4 專案實施評估 .....	1
1.5 補充說明 .....	2
第二章 新作品難點與創新 .....	3
2.1 作品難點分析 .....	3
2.2 創新性分析 .....	3
2.3 小結 .....	4
第三章 系統結構與硬體實現 .....	5
3.1 系統原理分析 .....	5
3.2 系統結構 .....	5
3.3 硬體實現 .....	5
3.4 小結 .....	6
第四章 軟體設計流程及實現 .....	7
4.1 軟體設計流程 .....	7
4.2 軟體實現 .....	8
4.2.1 演算法一 .....	8
藉由軟體濾波，修正波形上的雜訊。 .....	8
4.2.2 演算法二 .....	8
4.3 小結 .....	8
第五章 系統測試與分析 .....	9
5.1 系統測試單位 .....	9
5.2 測試環境 .....	9
5.2.1 驗證開發平臺 .....	10

---

5.2.2 測試方案.....	10
5.3 測試結果 .....	10
5.3.1 功能測試.....	10
5.3.2 指標測試.....	10
5.3 結果分析 .....	11
第六章 總 結 .....	13
參考文獻 .....	14

# 第一章 方案論證

## 1.1 專案概述

近幾年來，對於生醫訊號的量測已經不局限於醫院中，隨著穿戴式裝置的普及，量測方式不再需要沈重的設備或繁雜的操作，但是關於睡眠時的量測，穿戴式裝置還是有明顯不舒服的感受。為改善此不便，本作品只需放置於床墊中，運用壓電感測、壓力感測與演算法的分析，可實行不用直接接觸皮膚，並對心率、呼吸及體動進行即時監測，利用心率改變及身體動作，進而分析睡眠狀態。

## 1.2 資源評估

壓電感測器、壓力感測器

Band Pass Filter 、Low Pass Filter、

ADC convertor 、Bluetooth 、ARC emsk

## 1.3 預期結果

利用非直接接觸式裝置，測量心率、呼吸及體動並進行即時監測，利用心率改變及身體動作，進而分析睡眠狀態。

## 1.4 專案實施評估

心率判斷演算法，並與儀器做準確度比較。

呼吸判斷演算法，並與儀器做準確度比較。

蔡喻至：硬體端外設、電源、感測電路設計、PCB Layout、訊號擷取

張書華：演算法、平台韌體開發、文書處理



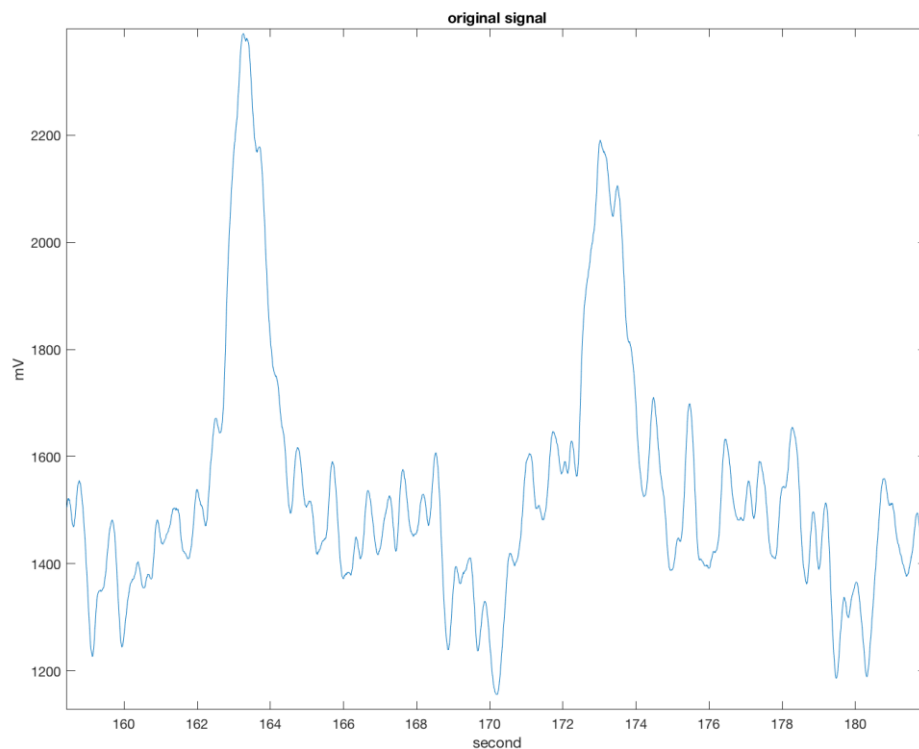
莊承翰：演算法、影片剪輯、文書處理

## 1.5 補充說明

## 第二章 新作品難點與創新

### 2.1 作品難點分析

因壓電感測器所讀到的呼吸和心率信號很小，容易受雜訊干擾，如圖一所示。因此，我們需要經過信號處理將其濾出正確的生理訊號。並使用演算法去作心率判斷和呼吸判斷。



圖一：原始訊號

### 2.2 創新性分析

有別於普通量測訊號需直接接觸皮膚，本作品能在非直接接觸皮膚為前提，直接量測呼吸訊號，並從中提取出脈搏訊號。

硬體電路結合演算法，可計算出呼吸頻率及心率。

## 2.3 小結

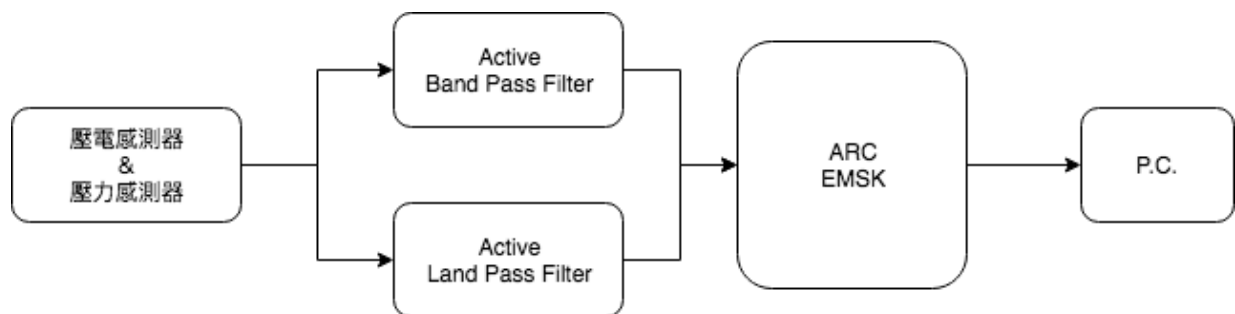
.....  
藉由非直接接觸式的量測方式，提升使用者量測的便利性，卻不失測量與判斷的精準度。

## 第三章 系統結構與硬體實現

### 3.1 系統原理分析

藉由壓電感測器量測 脈搏 及 呼吸訊號 後，運用演算法觀察心率、呼吸頻率、體動間隔時間與頻率，利用心率改變及身體動作，進而分析出睡眠狀態。

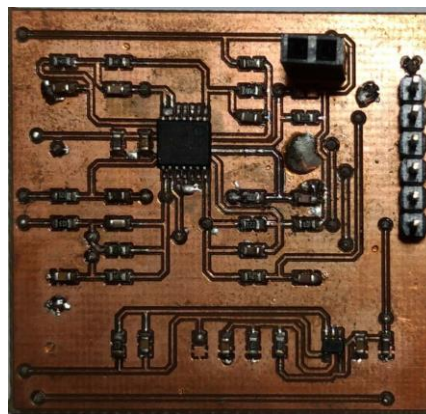
### 3.2 系統結構



圖二:系統架構

### 3.3 硬體實現

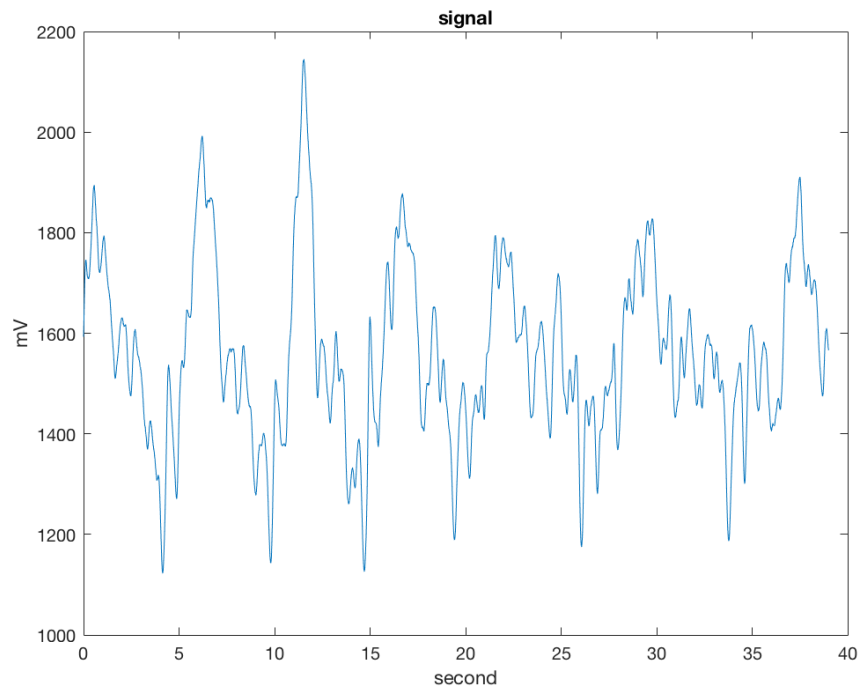
使用運算放大器與電容電阻組成濾波電路。



圖三：濾波電路

### 3.4 小結

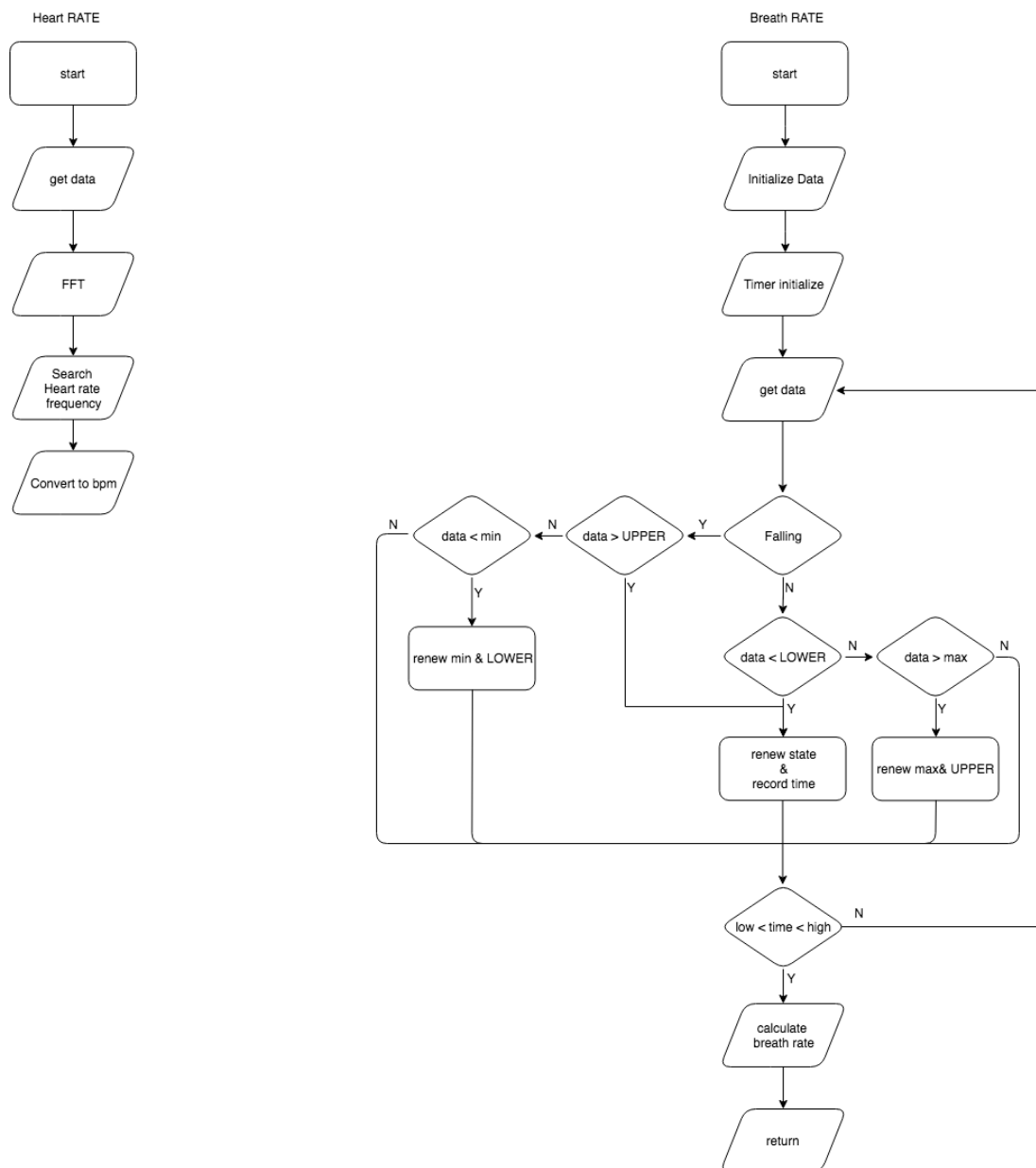
運用濾波電路，濾出相應的心律和呼吸訊號，給予系統做判斷。



圖四：原始波形

## 第四章 軟體設計流程及實現

### 4.1 軟體設計流程



圖五：軟體流程

## 4.2 軟體實現

初始化後每 4 秒偵測一次心跳，每次計時 4 秒為單位去做偵測。

### 4.2.1 演算法一

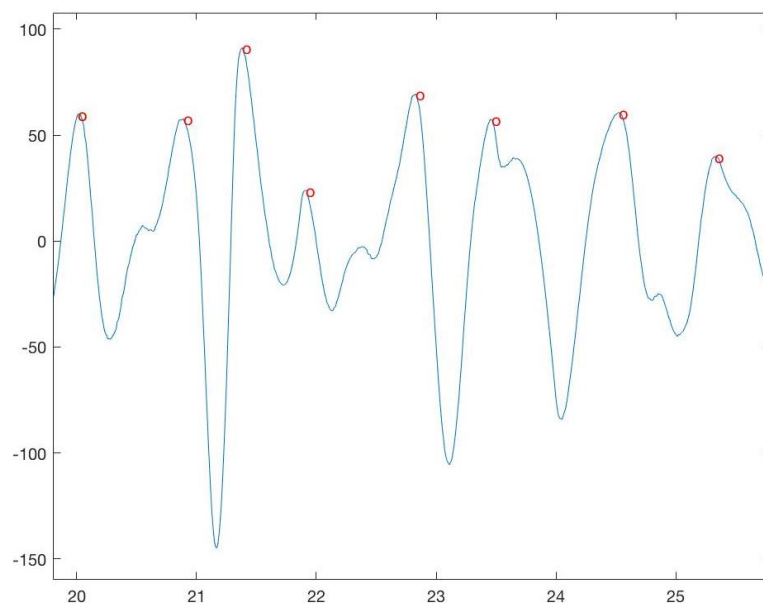
藉由軟體濾波，修正波形上的雜訊。

### 4.2.2 演算法二

追蹤呼吸產生的律動，以上下閾值為基準，超過上閾值視為上升，超過下閾值為下降，統計超過 2 下計算峰對峰值的時間，換算為呼吸輸出。

## 4.3 小結

通過軟體濾波從感測到的呼吸訊號中得到了心跳波形的輪廓。圖六



圖六：紅點為一次脈搏

## 第五章 系統測試與分析

### 5.1 系統測試單位

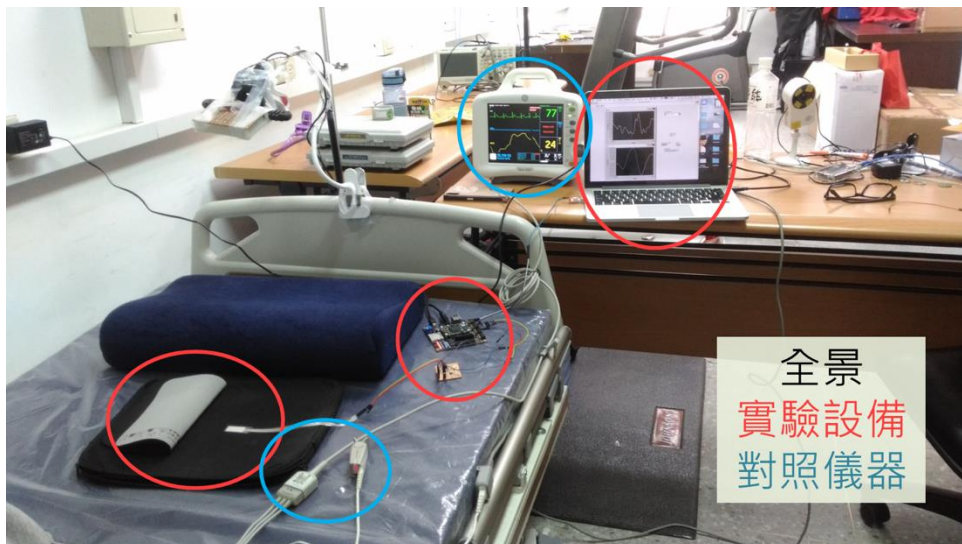
心率 => BPM ( 次數/分鐘 )

呼吸 => BPM ( 次數/分鐘 )

### 5.2 測試環境

感測器置於床墊中收集訊號及分析。

受測者同時接上儀器，用於佐證與比較量測訊號是否正確。



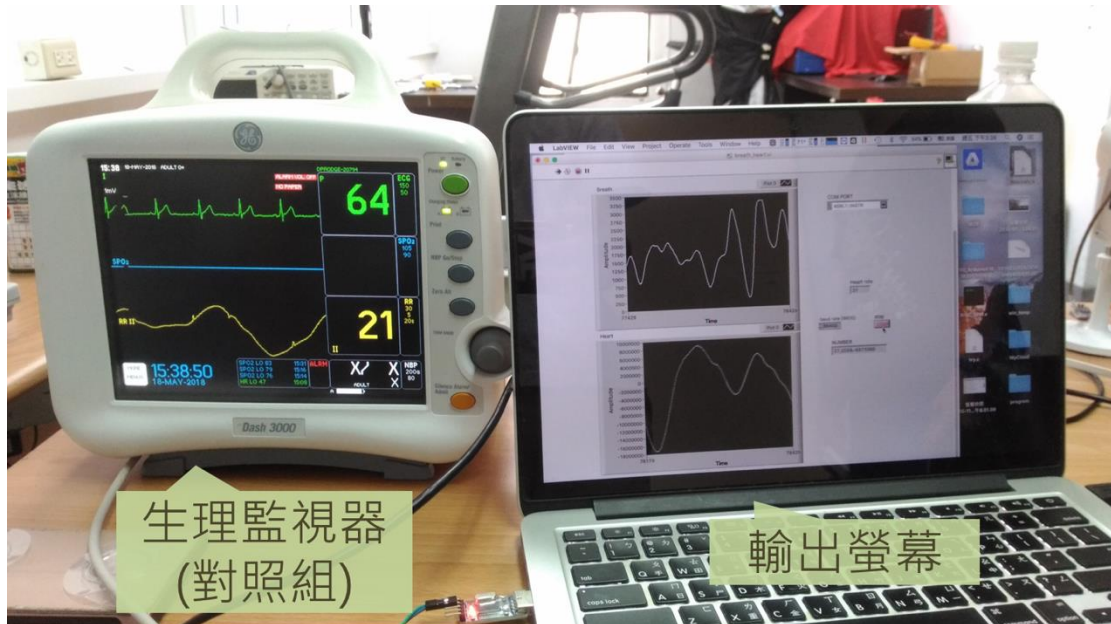
圖七：實際測量場景



### 5.2.1 驗證開發平臺

ADC 模組輸入訊號

透過 UART 送至電腦的 LabVIEW 程式中，繪出圖形與儀器比對。



圖八：儀器與輸出比對

### 5.2.2 測試方案

置於床墊中收集訊號及分析，並與專業儀器比對訊號是否正確。

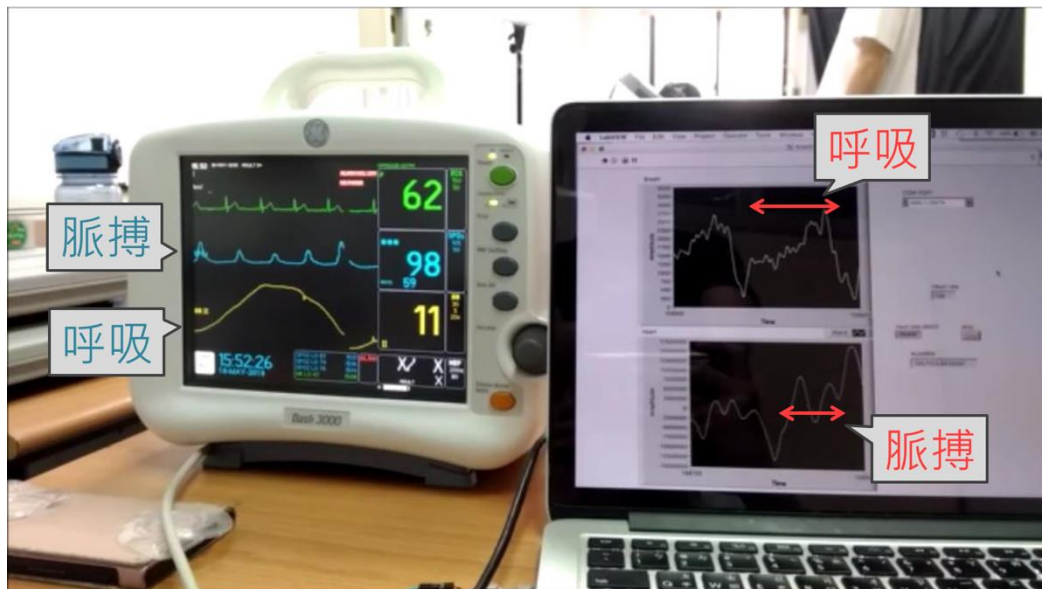
## 5.3 測試結果

### 5.3.1 功能測試

藉由硬體濾波，可直接量測出呼吸訊號，脈搏訊號可由數位濾波得其訊號。

### 5.3.2 指標測試

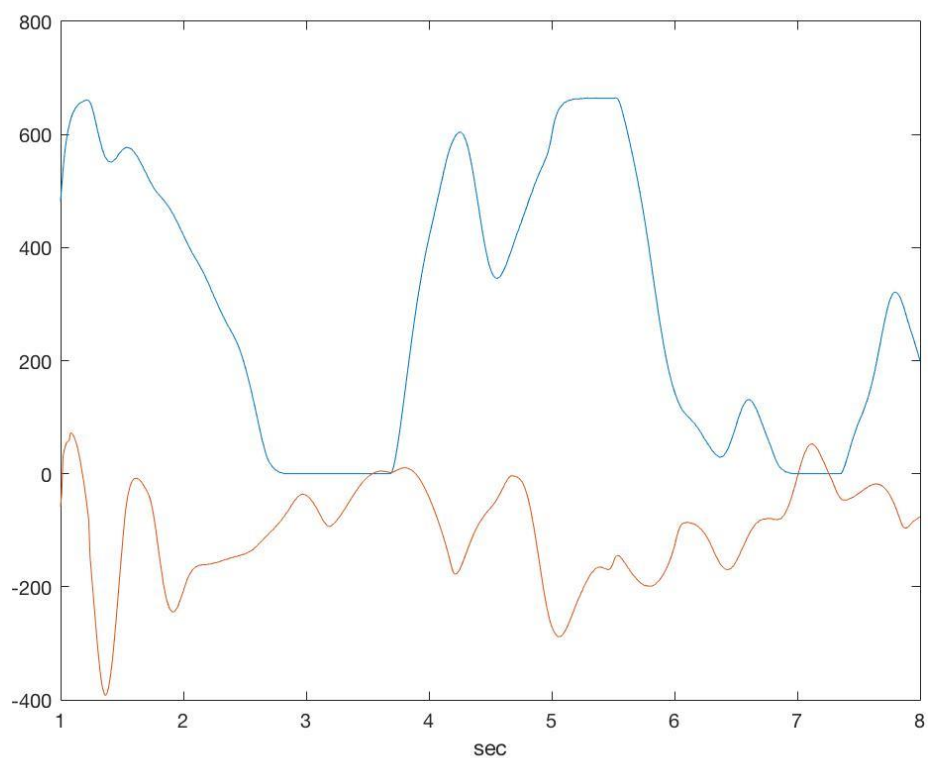
由儀器( DASH 3000 )比較後，得知呼吸與脈搏訊號特徵大致相同，但訊號中帶有些許雜訊需要過濾，演算法判斷之成功率仍需加強。



圖九：輸出比較

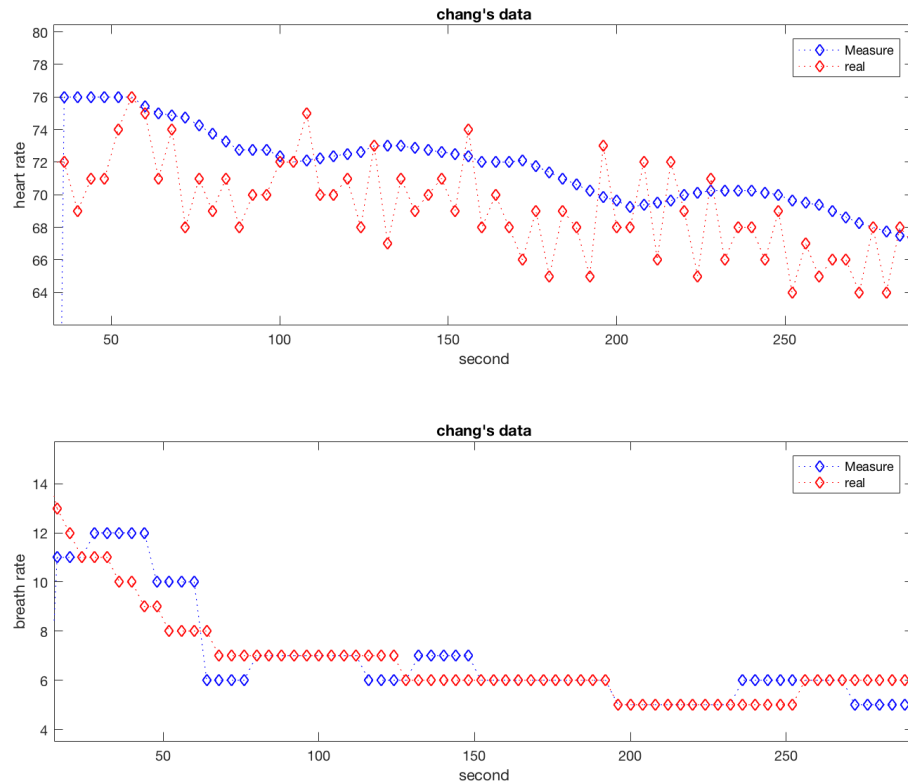
### 5.3 結果分析

透過硬體與軟體濾波，可得到呼吸和心跳的訊號線，如圖十所示



圖十：藍線 - 呼吸，紅線 - 濾出的脈搏

圖十一為其中一個受試者利用我們的演算法算出的結果並同時與儀器 ( DASH 3000 ) 比較後的結果，可以看出呼吸與脈搏皆與商用儀器大致相同。



圖十一：心率及呼吸比較

表一為跟商用儀器比較後，得到心率量測的平均誤差為 2.507 bpm，呼吸量測的平均誤差為 0.145 bpm。代表結果已經有不錯的準確度。

表一：平均誤差

	平均誤差
心率	2.507 bpm
呼吸	0.145 bpm

## 第六章 總 結

本專案成功解決貼身量測裝置造成的不適和操作上的繁瑣，將感測元件放置於床墊，使受試者躺著便可以進行心率和呼吸率的量測。透過 ARC emsk 的內核及 TIMER 達到即時之數位訊號處理與資料傳送，經由判斷波型的演算法及數位濾波器的演算之後，成功讓準確率維持在一定的水平。

本專案能有效應用於生醫資訊平台、居家監控系統等，可更方便且快速取得睡眠諮詢所需的生理資訊，同時降低成本和提升效率。

## 參考文獻

- [1]. Hiroaki Okawai , Tadashi Yajima and Takenori Imamatsu “Transition of rates of respiration and pulse, and sleeping posture during night detected by body motion wave ,”2012 IEEE-EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences, pp.129 - 133