

臺北市立大安高級工業職業學校
綜合高中
專題報告
心率監測器
heart beat sensor

學生：組長：黃宇萱
組員：楊子葳
組員：吳丞鎧
指導老師：陳祈燕老師

中華民國 110 年 1 月

摘要

智慧型手表的問世可以說是對現代醫療的方便度是大大的提升。而在這些智慧型手表中的心率測量相對於大型的醫療設施對有心血管疾病的病患日常心跳的監測更為方便。而本組使用 Arduino 撰寫程式，以 3D 列印作外殼，嘗試作出一個可以隨身攜帶且精準的心率監測器。

關鍵字:心跳,心率監測器,感測器

目錄

摘要.....	i
目錄.....	ii
圖目錄.....	iv
表目錄.....	v
第一章 前言.....	1
1-1 研究背景&目的.....	1
1-2 研究目的.....	1
第二章 理論探討.....	2
2-1 生理訊號.....	2
2-1-1 心電描記術.....	2
2-1-2 光體積變化描記圖法.....	3
2-1-3 比較.....	3
2-1-4 結論.....	4
2-2 紅綠 LED 的差別.....	4
2-2-1 透過型.....	4
2-1-2 反射型.....	4
2-1-3 結論.....	4
2-3 I2C(Inter-Integrated Circuit).....	5
第三章 專題準備.....	6
3-1 系統架構.....	6
3-2 材料與設備.....	6
3-2-1 心跳感測器.....	6
3-2-2 Arduino NANO 板.....	7
3-2-3 0.96 吋 OLED.....	8
3-3 製作流程.....	9
第四章 專題成果.....	10
4-1 功能.....	10
4-2 程式部分.....	11
.....	11
第五章 結論與建議.....	12
5-1 結論（遇到的困難）.....	12
5-2 建議（未來展望）.....	12
參考文獻.....	13
附錄.....	14
設備清單.....	14
材料清單.....	14

圖目錄

圖 1 心電描記術(來源 ECG/PPG 量測解決方案).....	2
圖 2 光體積變化描記圖法(來源 ECG/PPG 量測解決方案).....	3
圖 3 PPG 信號和 ECG 信號的對比(來源 ECG/PPG 量測解決方案).....	3
圖 4 反射型脈搏感測器的原理(來源: 為穿戴式健身裝置設計 LED 感測器).....	4
圖 5 I2C 的傳輸(來源: 協定用法原理簡介-晶片溝通的橋樑).....	5
圖 6 心跳感測器感側面(來源: 美國原廠脈搏心跳感測器).....	6
圖 7 Arduino NANO 板(來源: Arduino nano 硬體 學習如何學習).....	7
圖 8 0.96 吋 OLED(來源: 0.96 寸 OLED 128x64 顯示器 I2C 界面).....	8
圖 9 測量結果(目前成品).....	10

表目錄

表 1 NANO 板資料.....	7
表 2 OLED 的優點及缺點.....	8
表 3 專題製作進度.....	10
表 4 設備清單.....	14
表 5 材料清單.....	14

第一章 前言

1-1 研究背景與目的

近年市面上也出現許多號稱有多功能的手錶，其中的功能便有測量心率。台灣已步入高齡化社會(人口 65 歲以上佔 7%)，現今 2020 年已達到 16%，隨著高齡化的上升，就有越多人需要隨時隨地要監控他心臟跳動的速度。可見對醫療資源的需求日益提升，民眾對所謂的健康更為注重。為此我們討論要做便攜型的心律監測器方便監控長輩的心律以達到保護長輩的需求，為隨時有需要測試心率的人們方便攜戴的心率感測器。

1-2 研究目的

心跳監測器是一種電子設備，用於測量心率，即心跳的速度。監測心率是否正常是我們保持健康的基本工作。先以心跳傳感器測量在把資料傳到 Arduino 板上中處理後，再以 I2C 傳輸到 OLED 顯示器上，且有開關可以控制電源。可以 24 小時不間斷的測量心跳，隨身攜帶、輕便的監測器。

第二章 理論探討

2-1 生理訊號

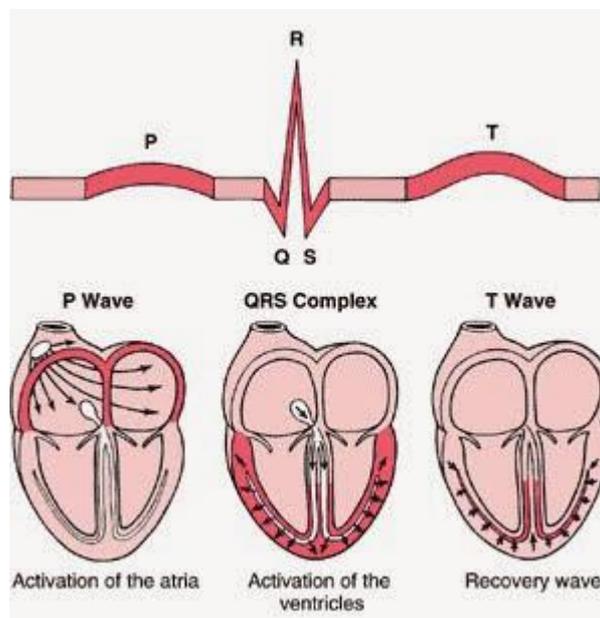


圖 1 心電描記術(來源 ECG/PPG 量測解決方案)

2-1-1 心電描記術

(Electrocardiography, ECG 或者 EKG)

是一種經胸腔以時間為單位記錄心臟的電生理活動，利用在人體皮膚表面貼上的電極，可以偵測到心臟的電位傳動，而心電圖所記錄的並不是單一心室或心房細胞的電位變化，而是心臟整體的電位變化。心電圖的結果通常以波型顯示，包括基本有 P 波、QRS 波組、T 波。P 波代表的是心房收縮，QRS 波組則是心室收縮，T 波是心室舒張，有關心跳率的測量或評估，則是以 R 波與 R 波的間隔時間來代表。當 RR 間隔越大代表心跳率越低，RR 間隔越小代表心跳率越高。測量 ECG 信號常常要在身體多個部位連接感測器電極，在胸部和四肢之間最多可以連接 10 個電極。

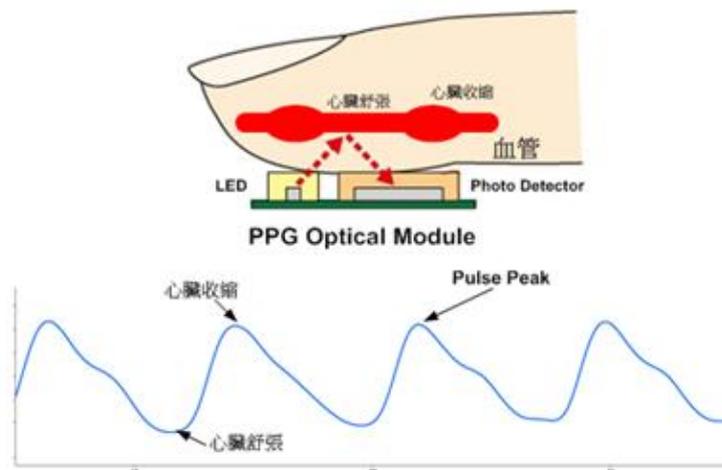


圖 2 光體積變化描記圖法(來源 ECG/PPG 量測解決方案)

2-1-2 光體積變化描記圖法

(Photoplethysmography, 簡稱 PPG)

是借光電手段在活體組織中檢測血液容積變化的一種無創檢測方法。當一定波長的光束照射到指端皮膚表面，每次心跳時，血管的收縮和擴張都會影響光的透射（例如在透射 PPG 中，通過指尖的光線）或是光的反射（例如在反射 PPG 中，來自手腕表面附近的光線）。當光照透過皮膚組織然後再反射到光敏感測器時，光照會有一定的衰減。像肌肉、骨骼、靜脈和其他連接組織對光的吸收是基本不變的（前提是測量部位沒有大幅度的運動），但是血液不同，由於動脈裡有血液的流動，那麼對光的吸收自然也有所變化。當我們把光轉換成電信號時，正是由於動脈對光的吸收有變化而其他組織對光的吸收基本不變，得到的信號就可以分為直流 DC 信號和交流 AC 信號。提取其中的 AC 信號，就能反應出血液流動的特點。

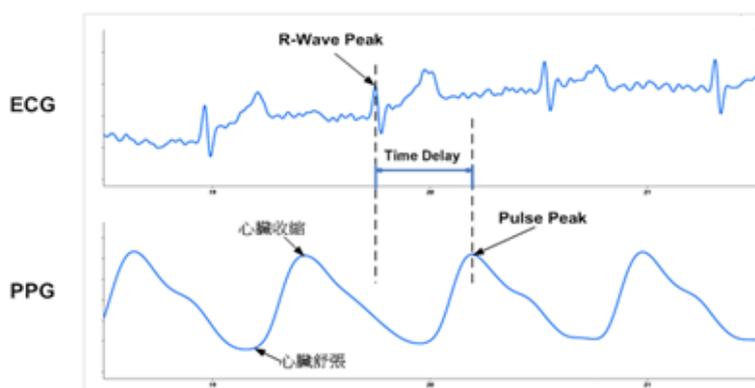


圖 3 PPG 信號和 ECG 信號的對比(來源 ECG/PPG 量測解決方案)

2-1-3 比較

根據 PPG 與 ECG 個別的生理特徵點，我們可以發現 ECG 的峰值來自於心室的收縮，而 PPG 的峰值則是因為血管收縮所造成的，因此我們可以得到血液自心臟送出後到達量測部位的傳輸時間，也就是脈搏波傳遞時間 Pulse Transit Time (PTT)，脈搏波傳遞的速度與血壓是直接相關的，血壓高時，脈搏波傳遞快，反之則慢，所以通過心電信號 ECG 與脈搏波信號 PPG 獲得脈搏傳遞時間

(PTT)，再加上常規的一些身體參數（如身高、體重）即可得出脈搏波傳遞速度，通過建立的特徵方程來估計人體脈搏的收縮壓與舒張壓，可實現無創連續血壓測量。

2-1-4 結論

因是否方便攜帶的原因，我們使用 PPG 來測量。

2-2 紅綠 LED 的差別

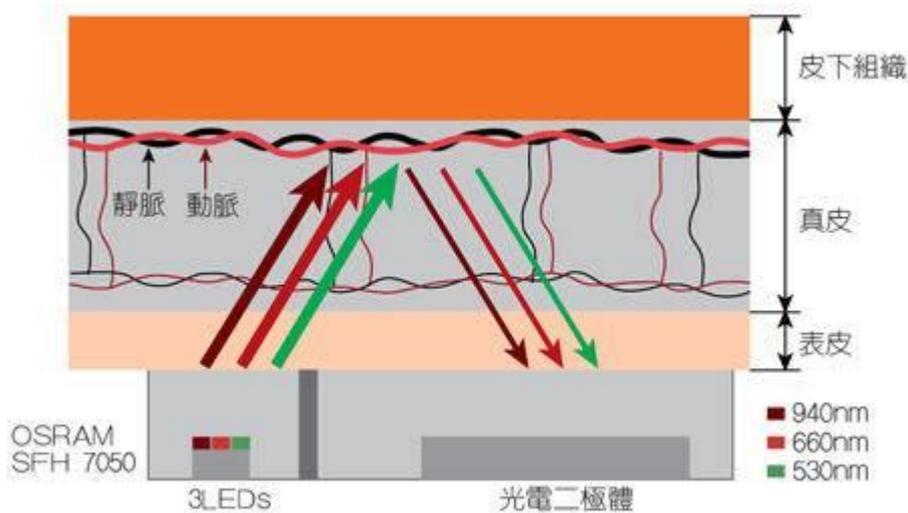


圖 4 反射型脈搏感測器的原理(來源: 為穿戴式健身裝置設計 LED 感測器)

2-2-1 透過型

通過體表照射紅光，測量隨著心臟的脈動而變化的血流量，作為透過身體的光的變化量來測量脈搏波。而其感測器由彼此緊鄰放置的光源和檢測器組成，測量時需直接放在皮膚上。發出的光滲透進皮膚、組織和血管，然後被吸收、傳送以及反射。檢測器記錄的反射光強度將根據流經動脈的血流量變化而改變

2-1-2 反射型

脈搏感測器是向生物體照射 550nm 左右波長的綠光，利用光電電晶體測量生物體反射的光。而含氧血紅蛋白存在於動脈血液中，其具有吸收入射光的特性，因此通過檢測隨時間序列並隨心臟搏動而變化的血流量，測量脈搏訊號。

2-1-3 結論

在運動手環等戶外用途，血液中的血紅蛋白的吸收率高，由於綠色光源較少受環境光的影響，將綠色 LED 作為照射光使用。此外，作為脈搏感測器的應用，期望通過高速採樣和高精度測量來獲取諸如 HRV 分析（壓力水準）、血管年齡等各種生命徵象。

2-3 I2C(Inter-Integrated Circuit)

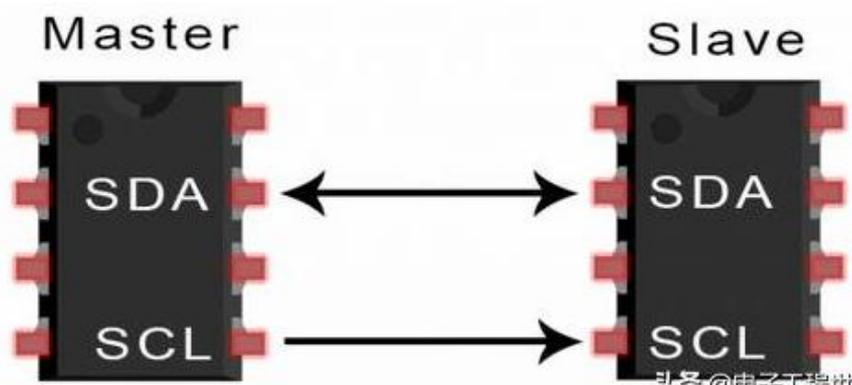


圖 5 I2C 的傳輸(來源:協定用法原理簡介-晶片溝通的橋樑)

I2C 結合了 SPI 和 UART 的優點。使用 I2C，您可以將多個從設備連接到單個主設備上（如 SPI），並且可以讓多個主器件控制單個或多個從器件。I2C 是序列式的傳輸，只用兩條線，一個叫做 SDA 專門用來送資料，另一個叫做 SCL 是用來傳 clock。

SDA（串行數據）- 主站和從站發送和接收數據的線路。

SCL（串行時鐘）- 承載時脈信號的線路。

啟動條件：在 SCL 線路從高電平切換到低電平之前，SDA 線路從高電平切換到低電平。

停止條件：SCL 線路從低電平切換到高電平後，SDA 線路從低電平切換到高電平。

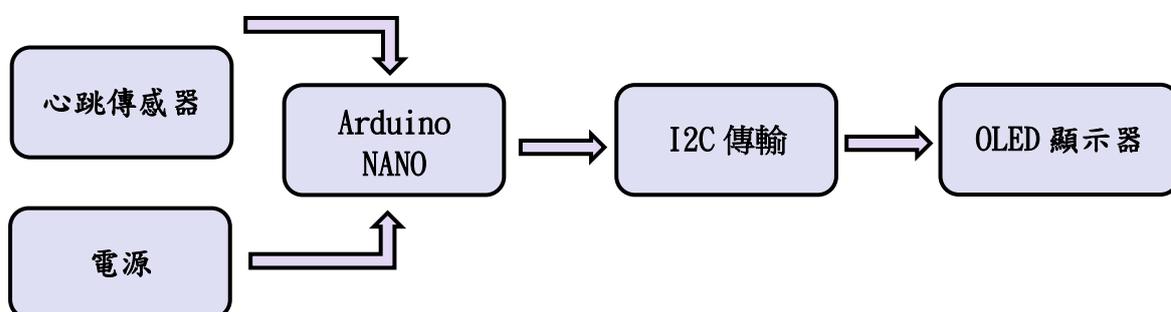
地址幀：每個從站唯一的 7 或 10 位序列，用於在主站想與之通信時識別從站。

讀/寫位：單個位，指定主器件是向從器件發送數據（低電壓電平）還是從器件請求數據（高電壓電平）。

ACK / NACK 位：消息中的每個幀後跟一個應答/不應答位。如果成功接收到地址幀或數據幀，則從接收設備向發送方返回 ACK 位。

第三章 專題準備

3-1 系統架構



3-2 材料與設備

3-2-1 心跳感測器



圖 6 心跳感測器 感側面(來源: 美國原廠脈搏心跳感測器)

心臟運作可以揭露人體許多極具價值的信息，包括其健康、生活方式，甚至是情緒狀態及心臟疾病的早期發病等。傳統的醫療設備中，監測心跳速率和心臟活動是經由測量電生理訊號與心電圖（ECG）來完成，將電極連接到身體來量測心臟組織中所引發電氣活動的信號。此外，隨著心跳會有一壓力波通過血管，這個波會稍微改變血管的直徑，因此除了 ECG 外的另一選擇——光體積變化描記圖法（Photoplethysmography, PPG）就是利用這個變化，這是一種無需測量生物電信號就能獲得心臟功能資訊的光學技術。PPG 主要用於測量血氧飽和度（SpO₂），但也可不進行生物電信號測量就提供心臟功能資訊。借助 PPG 技術，心率監護儀可集成到手錶或護腕等可穿戴設備上，以達成連續偵測的應用。

3-2-2 Arduino NANO 板

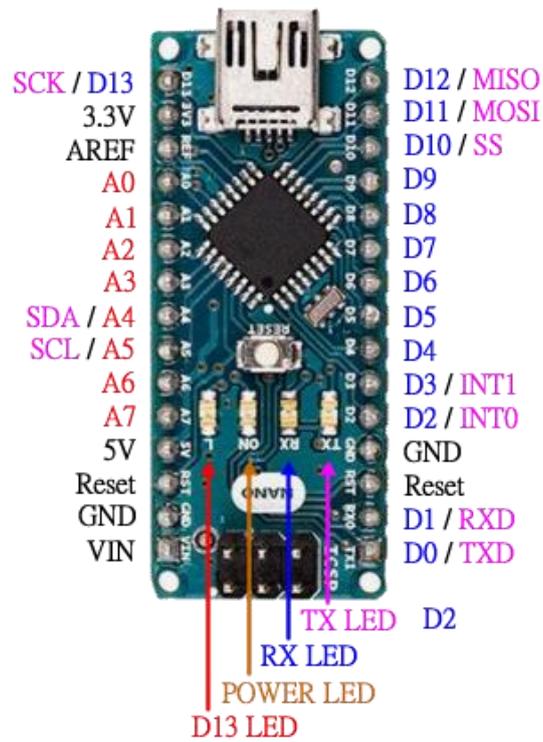


圖 7 Arduino NANO 板(來源: Arduino nano 硬體 學習如何學習)

表 1 NANO 板資料

微處理器	ATmega328
工作電壓	5V
Flash Memory	32KB (已使用 2KB bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
類比輸入腳	8 支
數位輸出入腳	22 支
PWM 輸出腳	6 支

3-2-3 0.96 吋 OLED



圖 8 0.96 吋 OLED(來源: 0.96 寸 OLED 128x64 顯示器 I2C 界面)

有機發光二極體顯示面板（Organic Light-Emitting Diode；OLED），又稱為有機電激發光顯示器（Organic Electroluminescence；OEL）是一門相當新的顯示技術。要認識 OLED 的發光原理，必須先從傳統的發光二極體 LED 談起，LED 是利用三、五價材料(如 Ga、In、P 等)的電子及電洞結合過程之能階轉換產生光子（photon）發光，不同材料會釋放不同的能階而產生不同顏色的光。而 OLED 發光的原理與 LED 近似，不過材料改用有機物質，其優點是被有機材料吸收的光子，其頻率大部分落在可見光頻譜外，故 OLED 顯示器在動作時可以產生高效率的光。

表 2 OLED 的優點及缺點

優點	缺點
<ul style="list-style-type: none">➤ 自發光➤ 廣視角➤ 高對比➤ 解析度佳➤ 快速反應➤ 低操作電壓➤ 高亮度➤ 低耗電性面板厚度薄➤ 可彎曲➤ 應用範圍方面較為廣泛	<ul style="list-style-type: none">➤ 使用壽命不長➤ 較難達到全彩化的效果

3-3 製作流程

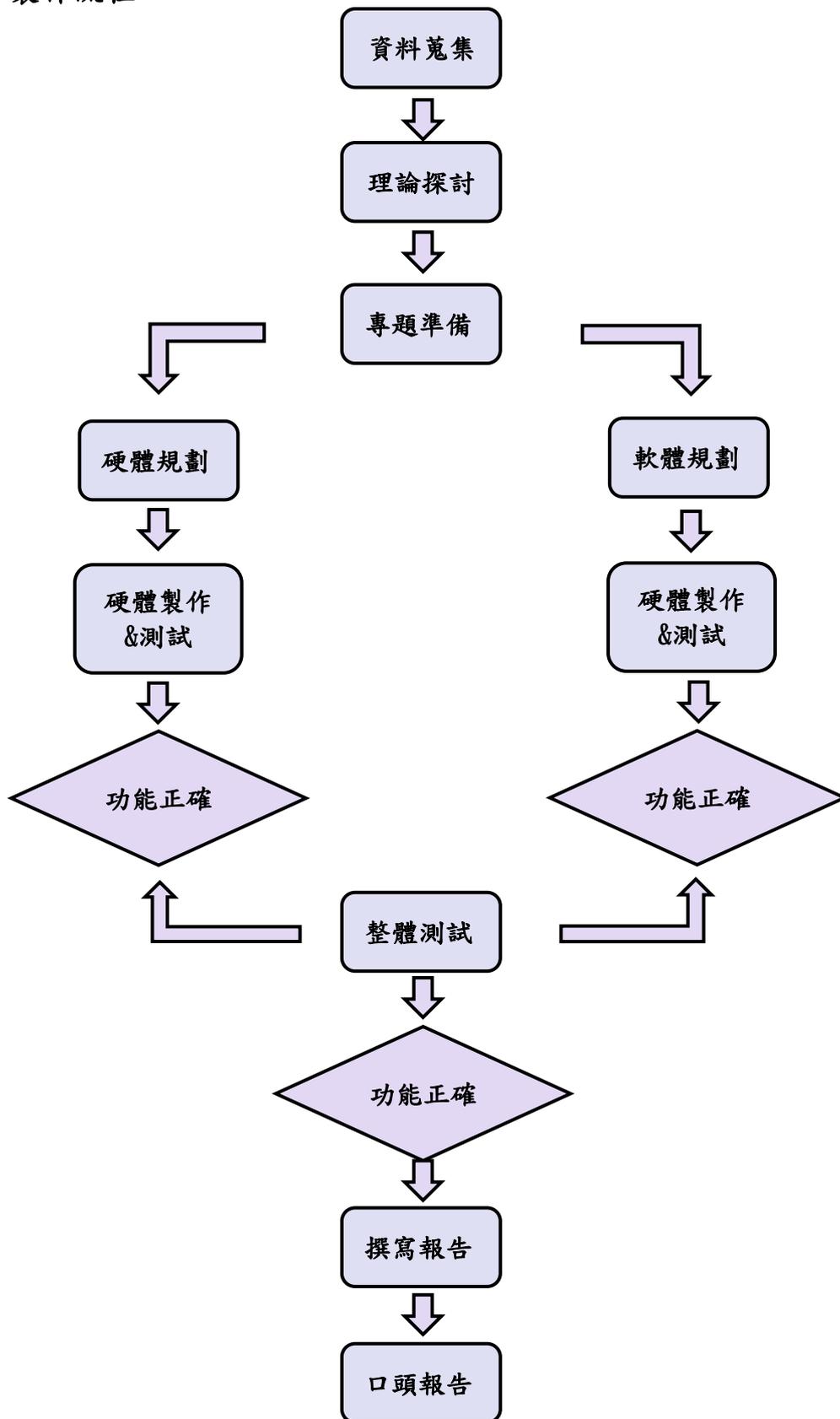


表 3 專題製作進度

週次 工作項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	負責成員
資料蒐集																			楊, 黃
理論探討																			楊
專題準備																			全員
硬體規劃																			楊, 黃
硬體製作及 測試																			黃
軟體測試																			黃
整體測試																			黃
報告撰寫																			楊
口頭報告																			黃
預定進度	5	10	15	20	30	35	40	45	50	55	60	70	75	80	85	90	95	100	累積 百分比%

第四章 專題成果

4-1 功能

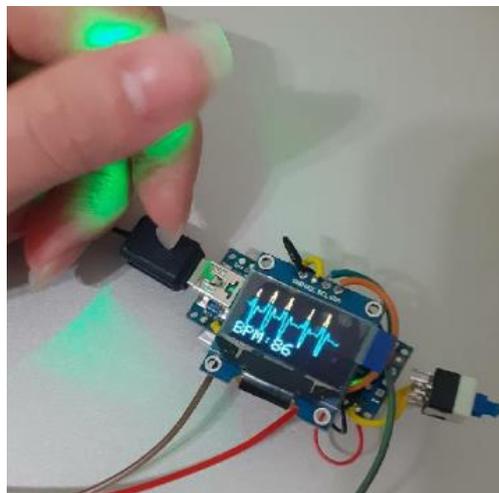
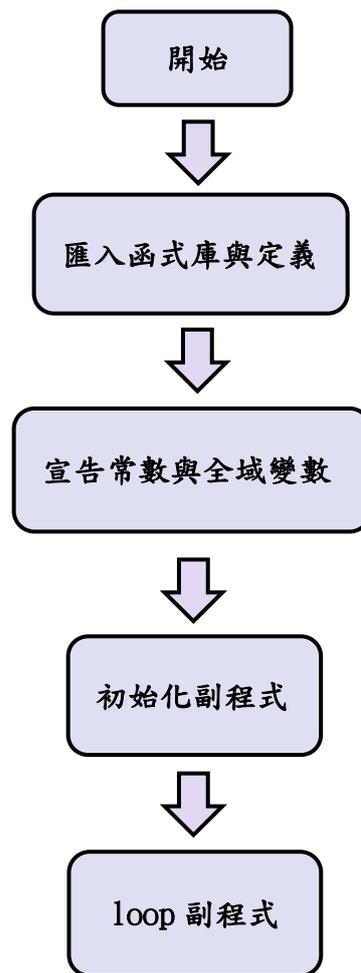


圖 9 測量結果(目前成品)

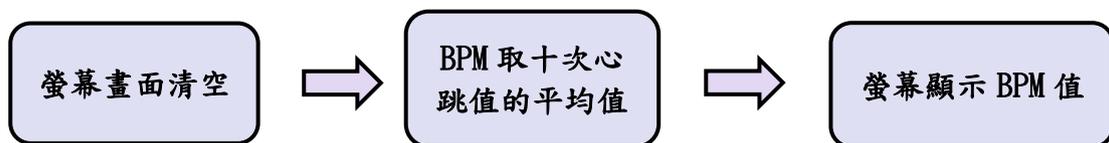
當按下電源開關時，把手指放到感測器上即可測量出正確的心率，且把其顯示在顯示器上。

4-2 程式部分

程式架構



副程式



第五章 結論與建議

5-1 結論（遇到的困難）

在我們製作的過程中所遇到的困難有許多，像是我們一開始使用的板子為 UNO 板，但因體積太大而換為 NANO 板。在加上我們成品的體積跟市面上的錶帶不一樣，所以我們要用 3D 列印來製作錶帶。再來一開始使程式所測試出來的心跳值不太穩定，而其問題所在就是測量的頻率過於密集導致處理出來值不穩定，所以我們將每 10 次的測量值去掉最初及最後的值在平均，使測量值能夠穩定。

5-2 建議（未來展望）

因應物聯網時代，若能將心律值回傳到手機，記錄下來，可以讓使用及追蹤心率更方便。且可以將數據傳輸到使用者以外的人的手機，讓其家人可以隨時隨地都可以了解使用者的心跳狀況。而由於時間限制，導致於只能對心律方面做研究，若能將其他功能加入裝置中例如：體溫、步數計算，裝置的用途會更廣，且更能被社會大眾採納。

參考文獻

- [1] mcu (2019 年 4 月 7 日)。微處理機。BLOCK 網誌。取自：
<https://www.block.tw/blog/arduino-nano-pin/>
- [2] CrBoy。成大資工。I2C: Inter-Integrated Circuit。
取自：<http://wiki.csie.ncku.edu.tw/embedded/I2C>
- [3] 立錡科技電子報。ECG/PPG 量測解決方案。取自：
https://www.richtek.com/Design%20Support/Technical%20Document/AN057?sc_la ng=zh-TW
- [4] Joerg Heerlein 與 Tilman Ruegheimer，OSRAM (2015 年 3 月 5 日)。EET 電子工程專輯。為穿戴式健身裝置設計 LED 感測器。取自：
https://archive.eettaiwan.com/www.eettaiwan.com/ART_8800711378_480502_TA_57e1bee9.HTM
- [5] 實作派電子實驗室(2016 年 6 月 26 日)。協定用法原理簡介-晶片溝通的橋樑
取自：<https://www.strongpilab.com/i2c-introduction/>
- [6] 林育德。脈波信號與 PPG 信號特徵之相關性研究。逢甲大學。取自：
https://drive.google.com/file/d/1Q69YECeL0oHa_aLArVlp2Z1LfOgAAhKy/view?ts=5fc0bd70
- [7] 羅姆。Home 電子小百科。何謂脈搏傳感器？取自：
https://www.rohm.com.tw/electronics-basics/sensors/sensor_what3
- [8] 呂宗憲,林筱莉,陳智傑。ECG 與 PPG 信號之相關性研究。逢甲大學。取自：
<https://drive.google.com/file/d/1SG693kHaL3JpkGe9wVQ5ooULwW4JqCcz/view?ts=5fc0bf5c>
- [9] DroneBot Workshop(2019 年 2 月 16 日)。Using OLED Displays with Arduino。
取自：<https://dronebotworkshop.com/oled-arduino/>
- [1] 圖 6 心跳感測器 感側面(來源: 美國原廠脈搏心跳感測器)
<https://www.ruten.com.tw/item/show?22025707182927>
- [2] 圖 7 Arduino NANO 板(來源: Arduino nano 硬體 學習如何學習)
<https://www.block.tw/blog/arduino-nano-pin/>
- [3] 圖 8 0.96 吋 OLED(來源: 0.96 吋 OLED 128x64 顯示器 I2C 界面)
<https://www.ruten.com.tw/item/show?22004247243358>

附錄

設備清單

表 4 設備清單

類別	設備、軟體名稱	應用說明
PC	電腦	設計程式、查詢資料
軟體	ARDUINO	撰寫程式

材料清單

表 5 材料清單

類別名稱	材料名稱	單位	數量	應用說明	備註
零件	杜邦線	條	15	連接 NANO 版, OLED 顯示器, 感測器及電源和開關	
零件	感測器	個	1	測量心跳	
零件	Arduino NANO 板	個	1	處存程式, 運算心跳平均值	
零件	鋰聚合物電池	個	1	供應電源	
零件	開關	個	1	控制電源開關	