

基於 Arduino 智能生理機能遠距監測系統之創新設計 Innovative Design of Remote Monitoring System for Intelligent Physiological Function based on Arduino

陳希塬¹ 蔡文昌^{2*} 高文韜³
Xi-Yuan Chen Wen-Chang Tsai Wen-Tao Gao

摘要

本文研製開發了一種利用各種傳感器進行採樣的可穿戴式智能手環。基於 Arduino 系統，使用 ESP-12f-WIFI 將數據傳輸到互聯網，使佩戴者的親屬可以實時監控佩戴者的各項指標，並實現報警功能。本項目實踐將使佩戴者的親屬可以實時監測佩戴者的健康狀況，並為被監測老人及嬰孩用戶在緊急情況下獲得寶貴通報的時間，以防止意外發生，保障監測佩戴者健康及安全，進而降低照顧成本與照護人力問題。

關鍵詞：可穿戴、手環、實時監控、警報

Abstract

In this paper, a wearable smart bracelet is developed using various sensors for sampling data. Based on Arduino system, ESP-12f-WIFI is used to transmit data to the Internet, so that the care-takers can inspect the indicators of the wearer at any time and the alarm function is realized. The practice of this project will enable the care-takers and family of the wearer to check the health status of the wearer in real time, and the information in time for the monitored elderly and infant users to obtain valuable notification in emergencies for preventing accidents, ensuring the health and safety of the wearer, and reducing the cost and manpower of care.

Keywords: Wearable, Bracelet, Real-time Monitoring, Alarm

1. 簡介

根據 2020 年第七次人口普查結果，我國老年人口比例已達到 17.3%，這使得養老成為當代中國人不得不面對的痛點，而這個痛點催生了巨大的養老市場。然而，新冠肺炎疫情的爆發，使人們對醫療器械的關注達到了前所未有的高度；一大批在其他領域取得巨大成就的公司也進入了醫療器械行業，如華為、阿里巴巴、字節跳動等知名公司。華為作為第一個進入市場的公司，選擇了可穿戴設備作為切入點，有跡象表明，下一個大風暴可能是便攜式醫療設備。因此，我們設計了一款可穿戴智能檢測手環，可以測量佩戴者的體溫、血壓和血氧，以此對配帶者的生理狀況進行實時監測。

¹ 廈門大學嘉庚學院機電工程學院電氣及其自動化專業

² 廈門大學嘉庚學院機電工程學院教授 douglas@xujc.com*通訊作者

³ 廈門大學嘉庚學院機電工程學院電氣及其自動化專業

* 本研究感謝廈門大學嘉庚學院大學生創新創業訓練計劃項目（立項編號：195）經費的支持

隨著無線傳感器技術的日益成熟，網絡中各節點之間的信息傳輸和通信可更加方便、及時、有效地實時監測環境狀態。目前傳統的生理監測系統普遍價格偏高、操作繁瑣、便攜性差，為了方便人們更好的檢測身體狀況（王慧敏等，2019），應設計一種無線可穿戴、可以測量多種生理參數、不用很高心理負荷的生理監測系統。這種系統可以在被監測人員運動時，實時、連續、長時間地監測被監測人的各項身體參數，而且可以將多種身體數據進行無線傳輸。通過測試表明，該系統運行穩定、安全、可靠，並且能夠準確、實時、連續地監測被測對象的生理狀態。

基於人體生理數據的概念，借助 Arduino 的開發光源，低開發難度、低成本、低功耗設計了一套人體生理數據系統。每一種傳感器作為數據採集的相關組件，將採集到的數據傳輸給 RFID 模塊進行數據處理和傳輸。WIFI 模塊，採用 ESP8266 芯片，實現多種物聯網應用；藍牙模塊，利用藍牙 HC05，實現短距離無線數據傳輸和傳輸。實現了各模塊間信息的快速交換，也實現了遙控家居的智能生活方式（顧新萍，2019）。

我國的人體生理數據還處於發展階段，還有相當大的發展潛力，具有計算速度快、功能齊全、開發簡單等優點。以 Arduino 為核心開發，構建集空氣淨化、自動澆水、安防、心音信號採集為一體的人體生理數據系統，室內環境因子可通過相關傳感器進行監測和採集（張夢瑤，2019；秦佳旺，2019）。WIFI ESP8266 模塊將數據傳輸到數據處理中心，並給出相應的指令；家電接收到指令信息後，在系統硬件的驅動下，可以實現對家居的有效合理的控制。

而以 Arduino 為核心板塊，結合微信 applet 和市場對人體生理數據的需求，構建了一個以 Arduino 為核心板塊，聯網物聯網平臺及相關模塊的人體生理數據系統。該系統包括智能網關模塊、無線傳輸模塊和 Arduino 模塊。系統硬件對環境信息進行採集，通過 Arduino 芯片和數據傳輸模塊，將採集到的信息發送到服務器和各個接收設備；依託阿里雲服務器保存數據，並將家電控制指令等相關信息發送至平臺。

2. 工作原理

本文設計的產品是一款智能手環，配有觸摸屏、光學傳感器、紅外脈衝傳感器、溫度傳感器等組件。該系統利用氧合血紅蛋白和脫氧血紅蛋白對特定光的反射率和吸收率不同，通過光學傳感器發出不同波長的光源。經過一系列的計算，系統實現了對佩戴者血氧飽和度的實時監測，並將檢測結果顯示在手環的屏幕上。紅外脈衝傳感器，使用特定波長的紅外線的血管終端產生的血液微循環血流量變化敏感的特點，將檢測信號放大，調整和其他電路處理，計算出脈搏率，獲得脈衝數據。該溫度傳感器通過熱感元件檢測人體的溫度變化，從而實現對人體溫度的檢測。

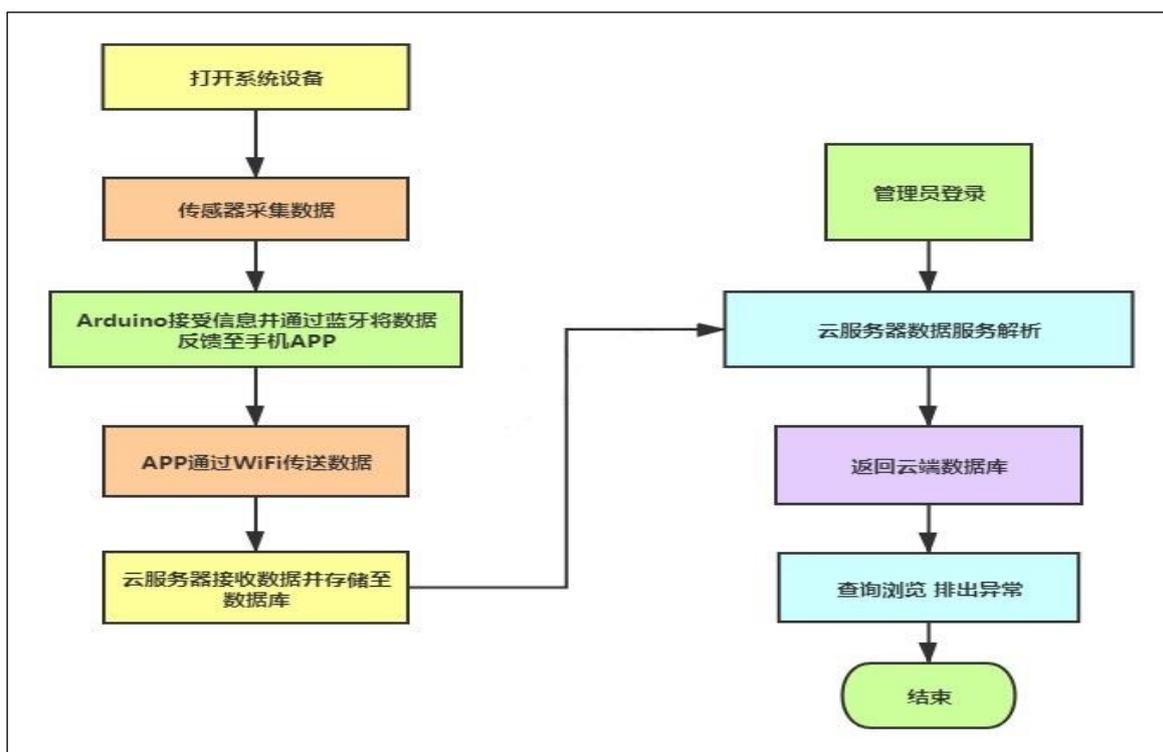
3. 系統總體設計

該系統主要分為兩部分。一部分是基於 Arduino 和 ESP-12f 為核心模塊的硬件設計，另一部分是基於雲服務器的服務器設計。人體各個傳感器模塊將監測並採集的數據傳輸到 Arduino 電路板，然後通過 ESP-12f 模塊，使用 WIFI 或藍牙以 2.4G 頻段上傳數據到手機移動端；與此同時，生理數據將上載至雲端儲存，使得用戶和他的家人通過實時監控應用佩戴者的身體狀況。如果佩戴者的身體出現異常，配帶者的家人將立即得到警報，以避免任何危險。基於本產品是通過使用 WIFI 和藍牙模塊將檢測到的生理數據發送至雲端，經過協商，我們選擇了 ESP-12f WIFI 模塊和藍牙 4.0 模塊。傳感器檢測到數據後，通過這兩個模塊按照預先編譯好的程序，將數據發送到雲端，手機會自動同步雲端實時更新的數據。流程如圖 1 和圖 2 所示。



資料來源：本文自行整理

圖 1. 智能生理機能遠距監測系統原理圖



資料來源：本文自行整理

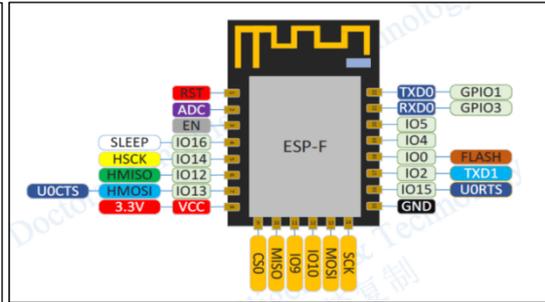
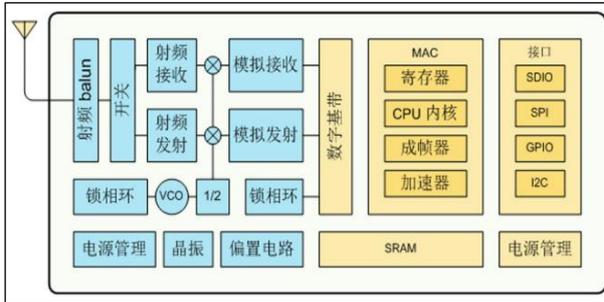
圖 2. 智能生理機能遠距監測系統流程圖

根據一系列相關實驗數據，項目編寫了基於 Arduino 系統的程序來設置各種數據的安全範圍和報警條件。如果檢測數據超出安全範圍，手鐲就會報警；一段時間後，如果沒有響應，系統會將告警信息發送到遠方親人的手機上。

4. 硬件總體設計

4.1 ESP8266-12f模塊

ESP8266-12f 模塊具有功耗低，體積小的特點，不僅配有 3.3V 直流電源，支持通過傳輸，而且無嚴重丟包現象，價格低廉。此外該模塊的內部電路已經設計好，可以直接用相應的 SDK 編程，是一種超低功耗的 WIFI 直通模塊；此外它還是移動設備和互聯網應用的專用模塊，能夠將用戶的物理設備連接至 WIFI 無線網絡，進而實現 Internet 功能。



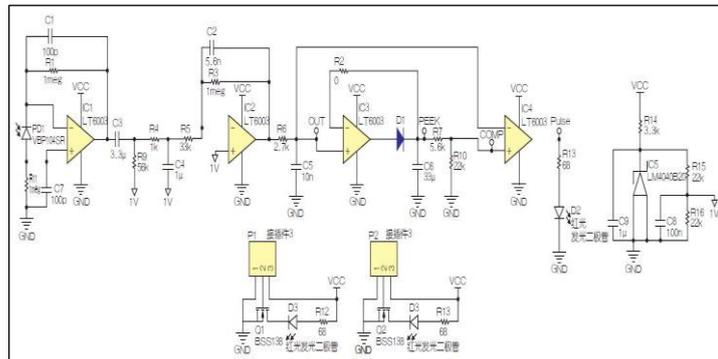
資料來源: esp8266-12f 介紹與使用

圖 3(a). ESP8266-12f 無線模塊結構圖

圖 3(b). ESP8266-12f 無線模塊管腳圖

4.2 光學心率傳感器

光學心率傳感器是利用光強的轉換，來實現電信號的轉換進行控制。可穿戴設備中，常常使用光學傳感器來測量給定時間內，流經手腕的血液量。流經手腕的血液量隨著心臟的跳動而增加，因為動脈對光的吸收發生了變化，而其他組織對光的吸收基本不變，所以我們將光轉換成電信號時，將會得到兩種信號，分別是交流信號以及直流信號；從中提取交流信號，便可反映出血流特徵。每次心跳間，手腕處的血液循環量會隨之發生顯著變化；這時傳感器通過記錄 LED 燈每秒閃爍的次數，就可以計算出配帶者每分鐘的心率。



資料來源：淺析穿戴設備中的光學心率傳感器

圖 4(a). 光學心率傳感器結構圖

圖 4(b). 光學心率傳感器工作原理圖

4.3 紅外脈動傳感器

紅外脈衝傳感器是一種微壓力傳感器。在檢測動脈脈衝產生的壓力變化時，將壓力變化轉化為電信號，可以更直觀地觀察和檢測；測量儀器接近測量點後，可將脈衝脈動壓力過程轉換為信號輸出，從而顯示脈衝的脈動週期和微妙的過程。



圖 5(a). 脈動傳感器結構圖

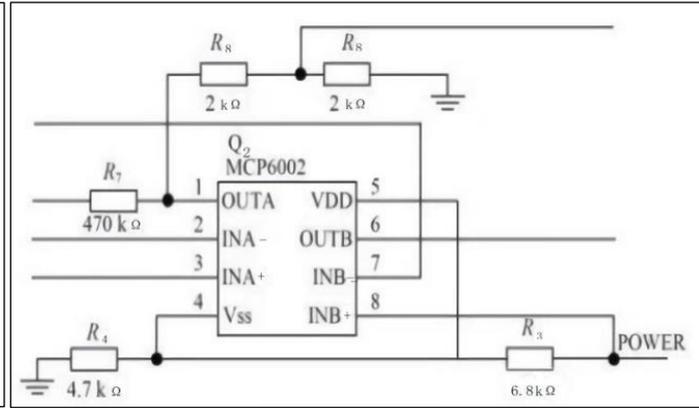


圖 5(b). 脈搏波數據放大模塊工作原理圖

4.4 溫度傳感器

溫度傳感器是一種能夠感溫的儀器，通過對物體的接觸，將溫度轉化輸出信號或轉變為易於測量和記錄的物理參數。溫度傳感器主要由溫度顯示器以及溫度傳感元件兩部分構成，其中溫度傳感元件的作用是用來感知溫度，並將其轉換為電信號活，以便於測量的物理參數；而經過電路處理後，將轉換成相應的溫度並顯示於溫度顯示器上⁴。



資料來源：CSDN 常見測溫傳感器及電路原理圖

圖 6(a). 溫度傳感器結構圖

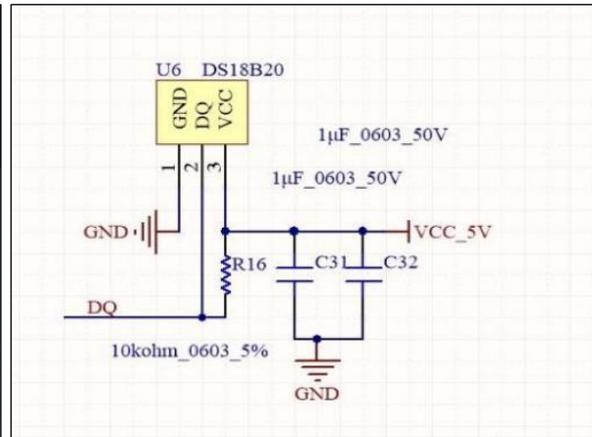


圖 6(b). 溫度傳感器電路圖

5. 系統硬件及軟件設計

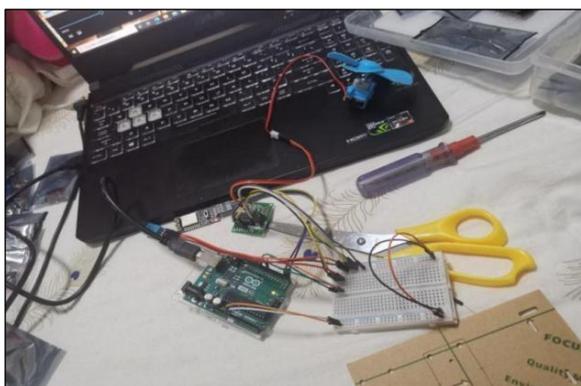
5.1 系統硬件展示

人體生理數據系統包括樹莓派和 Arduino Uno 作為核心控制器，樹莓派作為家庭的中央控制器，Arduino 負責老年人或嬰兒人體進行體溫、心率、血壓和血氧飽和度等生理參數傳感器的採樣，WIFI 模塊 ESP8266 利用 Arduino 控制板採集的數據，在 Android 手機 APP 上實時人體監測。

針對室內環境監測系統複雜性高、交互性低的問題，設計了一種基於阿里雲物聯網平臺的簡易遠程室內監測系統。這種系統可以利用 Arduino 單片機，對室內環境進行監測，並監控、反饋環境信息，達到了設計的需求。

⁴ 資料來源：EEPW：溫度傳感器原理

設計並研究了一種能夠實時監測人體體溫、心率、氧飽和度等生理參數的智能健康助手監測系統。採集這些生理參數的電路被重新優化並集成在電路板上，使用 Altium Designer 軟件設計了電路圖。為了便於攜帶和採集，系統還配備了獨立的電源模塊和無線傳輸模塊，可以進行長距離的無線通信。上位機使用 LabVIEW 作為顯示軟件，顯示採集到的生理參數和個人信息數據，上位機同時將採集到的數據存儲在數據庫中。該系統還可以確定一個人是否處於健康狀態。數據庫中存儲的數據還包括個人信息、時間信息和健康狀態信息。



資料來源：本文自行整理

圖 7(a). ESP8266 實驗過程圖

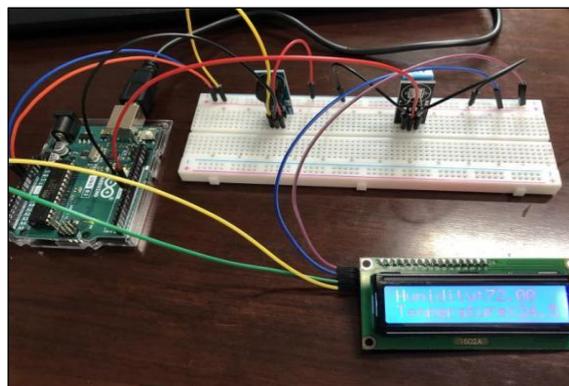


圖 7(b). 溫濕度傳感器結合 lcd 屏實驗過程

5.2 Arduino 程序設計

關於 Arduino Uno 的程序設計，我們選用開發軟件是 Arduino IDE，基於 Java 軟件進行開發，而且需要在 PC 上配置 JDK 環境。這種程序的開發頁面主要分為兩部分，分別為代碼編輯區和菜單欄工具區。Arduino IDE 本身就有專用的調用函數，所以可以引入這個包來讀取數據。首先介紹 MLX90615 頭文件；然後調用 setup 來初始化系統變量；其次，設置串口的速度。這裡我們設置頻率為 9600Hz，對應的程序為“Serial. Begin(9600)”；隨後我們對 MLX90615 進行初始化，以頭文件的條約方式開啟程序，通過 mlx.Temperature 函數，mlx.Heartrateh 函數以及 mlx.Bloodpresure 函數分別讀取溫度，心率和血壓；最後需要通過 loop 函數接收各個身體數據。

5.3 控制與反饋交互軟件程序設計

我們使用 app 作為控制主板運行和連接 WIFI 的程序。先通過微信公眾號將主板與 app 進行綁定，然後通過手機將 app 連接上 WIFI，同時 app 會運行使主板也連接上 WIFI。此程序也可以控制主板上的各個傳感器，我們使用 app 將控制信號發送給主板，使傳感器運行，測量生理數據；測量後的數據也會反饋回 app，我們通過 app 通過端口地址將數據傳輸到雲端服務器上。

5.4 雲端服務器接收程序設計

我們採用的 oneNET 雲端服務器。在開發之前，我們首先需要安裝 Tomcat 以及 JDK 環境；安裝後我們可以獲得一個公網的 IP，這使開發難度有所降低。

程序的核心是封裝接口，“socket 接口”。我們通過綁定的端口地址，將接受的程序以字符串的形式讀取出來，傳輸到雲端服務器中的表格之中，是我們能夠明確的看到數據。

6. 系統功能測試

在成功搭建整個系統後，我們對系統的各項功能進行測試。通過多種傳感器對人體的生理數據進行測量，其數據發送到 Arduino 主板上；隨後通過 ESP-12f 模塊上傳至雲端服務器，並發送到手機的 app 上，給老年人、嬰幼兒及他們的家人們帶來了極大的便利和安全保障。

我們給本產品接上電源後，可以看到指示燈一一亮起，主板開始工作；將 Arduino 主板通過串口用數據線連接到電腦上，如果可以採集主板所發出的指令信號，說明硬件的電路接入成功，硬件連接實物圖如圖所示。我們接下來進行服務器測試，當雲端服務器運行後，接收到傳感器所傳來的身體信息；通過函數截取所需要的信息進行調用，得到我們所需的生理數據，然後將所有的生理數據統計在表中，如表 1 所示。

表 1. 不同年齡段的人在不同時間段的生理數據

	青年人			中年人			老年人		
	心率	體溫	血壓	心率	體溫	血壓	心率	體溫	血壓
上午	80	36.5	140/70	75	36.9	135/75	60	36.4	130/81
下午	86	36.4	150/68	69	36.6	155/76	57	36.7	158/72
晚上	92	36.4	155/72	80	36.8	159/80	68	36.5	160/84

資料來源：本表文自行整理

7. 對智能監測方面的思考

針對室內環境監測系統複雜性高、交互性低的問題，設計了一種基於阿里雲物聯網平臺的簡易遠程室內監測系統。這種系統可以利用 Arduino 單片機，對室內環境進行監測，並監控、反饋環境信息，達到了設計的需求（呂琪，2020）。

有一種能夠實時監測人體體溫、心率、氧飽和度等生理參數的智能健康助手監測系統。採集這些生理參數的電路被重新優化並集成在電路板上，使用 Altium Designer 軟件設計了電路圖。為了便於攜帶和採集，系統還配備了獨立的電源模塊和無線傳輸模塊，可以進行長距離的無線通信。上位機使用 LabVIEW 作為顯示軟件，顯示採集到的生理參數和個人信息數據，上位機同時將採集到的數據存儲在數據庫中。該系統還可以確定一個人是否處於健康狀態。數據庫中存儲的數據還包括個人信息、時間信息和健康狀態信息（趙警，2020）。

可穿戴健康監測系統通常由手持設備、服務器和智能家居組成。Arduino 負責數據的採集、發送、接收和處理。用戶可以通過終端系統，隨時查看並控制數據監測系統；還可以使用終端設備，設定生理數據監測是時間段。智能家居系統的設計，可以把各種數據信息做到最有效的全面管理與控制（康燁等，2020）。

目前國內已有環境監測系統，採用 DHT11 溫濕度傳感器、光敏傳感器、聲傳感器構成檢測環境指數的基本要素，實現對溫濕度、環境光、噪聲的快速實時檢測，才能輕鬆掌握自己的環境。隨著無線傳感器技術的日益成熟，網絡中各節點之間的信息傳輸和通信將更加方便、及時、有效地實時監測環境狀態（黃甯與陳乙德，2019）。

目前傳統的生理監測系統普遍價格偏高、操作繁瑣、便攜性差，為了方便人們更好的檢測身體狀況，應設計一種無線可穿戴、可以測量多種生理參數、不用很高心理負荷的生理監測系統。這種系統可以在被監測人員運動時，實時、連續、長時間地監測被監測人的各項身體參數，而且可以將多種身體數據進行無線傳輸。通過測試表明，該系統運行穩定、安全、可靠，並且能夠準確、實時、連續地監測被測對象的生

理狀態（王瑞祥與楊定成，2020）。

8. 結語

本次設計主要面向老年人或嬰兒，對這些群體進行體溫，心率和血壓的監測；通過 WIFI 的形式，或者是藍牙，在智能手機上面進行顯示，這樣的形式就能夠保證能夠看到更加清晰的界面，並且關於健康的數據還能夠繪製成曲線。本項目在進行設計前，合力搜集和挑選合適的傳感器模塊和數據傳輸設備，並進行了 Arduino 系統方面的相關培訓。設計期間，組員分工合作，一方面對傳感器靈敏度和模塊設計方面進行了測試與實驗，另一方面對各個模塊進行編程，使其實現相應的功能。最後，全員通力合作對系統進行優化改進，實現了相關數據的採樣和傳輸，證明了其可行性。隨著整個行業的高速發展，此設計的高實用性、經濟性以及方便性能在市場中脫穎而出，相信未來應該會有更好的前景。

參考文獻

1. 王慧敏、督靜雯、那天力（2019）。基於 Arduino 的微型人體生理數據系統設計與實現。現代計算機，28，97-100。
2. 顧新萍（2019）。基於微信小程序的人體生理數據控制系統設計與實現。山東省：青島大學。
3. 張夢瑤（2019）。基於 Arduino 人體生理數據及健康監測系統設計。遼寧省：瀋陽師範大學。
4. 秦佳旺（2019）。家庭脈搏血氧飽和度的監測及其分析。內蒙古自治區：內蒙古大學。
5. 呂琪（2020）。基於阿里雲 IOT 的簡易遠程室內環境監測系統。網絡安全技術與應用，11，57-58。
6. 趙警（2020）。基於多傳感器信息融合的健康輔助監測技術。北京：北京化工大學。
7. 康燁、仝志民、孫浩楠、趙乃辰（2020）。基於二維碼的穿戴式健康監護系統。科技創新導報，17(7)，154-155。
8. 黃甯、陳乙德（2019）。基於 Android 及 Arduino 的可穿戴式生命體征檢測系統。現代計算機，28，92-96。
9. 王瑞祥、楊定成（2020）。基於 Arduino 的智能環境監測系統的設計與製作。科學技術創新，2，88-89。

收稿日期：2021-07-25
責任編輯、校對：連月霞、楊雅芬