THIẾT KẾ VÀ THI CÔNG THIẾT BỊ ĐO NHỊP TIM BẰNG PHƯƠNG PHÁP QUANG HỌC

Phan Hoài Loan
Trường Cao đẳng nghề Cần Thơ

Tóm tắt: *Tín hiệu nhịp sinh học rất quan trọng đối với con người. Các bác sĩ dựa trên các tín hiệu này để chẩn đoán các bệnh có liên quan đến tim mạch, huyết áp,... Ngoài ra, tín hiệu nhịp sinh học được biết là tồn tại trong tín hiệu não. Do đó để loại bỏ tín hiệu nhịp tim trong tín hiệu não trong thời gian thực là rất cần thiết. Để khắc phục những khó khăn trên, trong nghiên cứu này, một hệ thống phát hiện nhịp sinh học trong thời gian thực được phát triển để đo nhịp tim, chỉ số sinh tồn, hay được dùng như kênh tham chiếu để loại bỏ nhiễu sinh học trong tín hiệu não. Nhịp tim được đo gián tiếp thông qua cảm biến quang. Tín hiệu tương tự từ ngõ ra cảm biến được chuyển sang tín hiệu số nhờ vào bộ biến đổi tương tự sang số với độ phân giải 12 bít. Tín hiệu sau khi xử lý được tính toán để tìm ra nhịp tim nhờ vào bộ điều khiển trung tâm. Ngoài ra, tín hiệu nhịp tim được hiển thị trên màn hình tinh thể lỏng LCD và truyền không dây đến máy tính để đáp ứng được các ứng dụng mở rộng sau này.*

Từ khóa: *dấu hiệu sinh lý, nhịp tim, vi điều khiển, kết nối không dây (wifi)*

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN OPTICAL HEART RATE MEASUREMENT DEVICE

Abstract: *Physiological signals are extremely important to humans. According to these signals, doctors could diagnose diseases related to cardiovascular, blood pressure, etc. In addition, cardiac wave is detected in brain signals. It is therefore necessary to reduce the heartbeat signal in the brain signal in real time. To overcome these difficulties, in this study, an equipment is developed to detect changes of heart rate, SpO2 survival index in real-time. It is also used as a reference channel to eliminate physiological noises in the brain signal. Heart rate is indirectly measured based on a non-invasive optical sensor. The analog output signal of sensor is converted to the digital signal using a 12-bit analog to digital converter. The post-processing signal is calculated to find the heart rate using a central controller unit. Additionally, the heartbeat signal and heart rate are displayed on a LCD and wirelessly transmitted to the computer for other future applications.*

Keyword: *physiological signals, heartbeat, microcontroller, wireless fidelity (wifi)*

Nhận bài: 20/10/2025 *Phản biện: 17/11/2025* *Duyệt đăng: 20/11/2025*

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tim là một trong những cơ quan quan trọng nhất trong cơ thể con người. Nó hoạt động như một máy bơm lưu thông oxy và chất dinh dưỡng đưa đi khắp cơ thể để cung cấp năng lượng cho toàn bộ hoạt động sống của cơ thể. Máu lưu thông cũng loại bỏ các sản phẩm chất thải phát sinh từ cơ thể lọc bỏ qua thận. Khi cơ thể được hoạt động khác nhau thì tốc độ mà tim đập sẽ khác nhau, tỷ lệ thuận với tần số hoạt động của cơ thể. một mục đích.

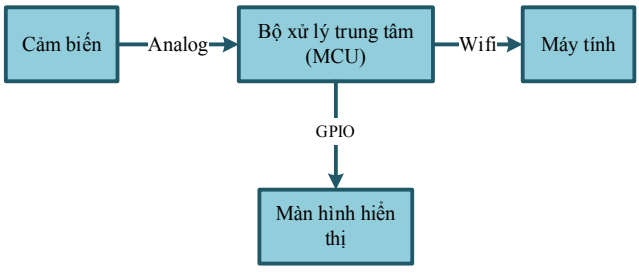
Điện tâm đồ (ECG) là một bản phác thảo đồ họa của điện áp được tạo ra bởi nhịp đập của tim. Trong thực tế, nhịp tim của mọi người là không giống nhau. Hơn nữa nhịp tim còn khác nhau cả về giới và độ tuổi.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Thiết kế mạch đo nhịp tim

2.1.1. Thiết kế phần cứng đo nhịp tim bằng phương pháp quang học

Hình 1 trình bày sơ đồ khối của phần cứng thiết bị đo nhịp tim trong thời gian thực. Bộ xử lí trung tâm (MCU) là khối quan trọng nhất. Khối này sẽ đọc tín hiệu từ cảm biến quang học liên quan đến nhịp tim và xử lí, hiển thị ra màn hình giá trị đo được. Nguyên lý hoạt động của việc đo nhịp tim dựa trên cảm biến quang không tiếp xúc. MCU sẽ kết nối với mạng không dây (wifi) để đưa dữ liệu nhịp tim lên webserver. Máy tính sẽ truy cập đến địa chỉ IP mà MCU kết nối với mạng wifi để đọc dữ liệu này. Đồng thời MCU cũng hiển thị ra màn hình LCD về nhịp tim (nhịp/phút), đồ thị nhịp tim và các trạng thái kết nối truyền và nhận dữ liệu.



Hình 1: Sơ đồ khối hệ thống đo nhịp tim

2.1.2. Thiết kế mạch đo nhịp tim

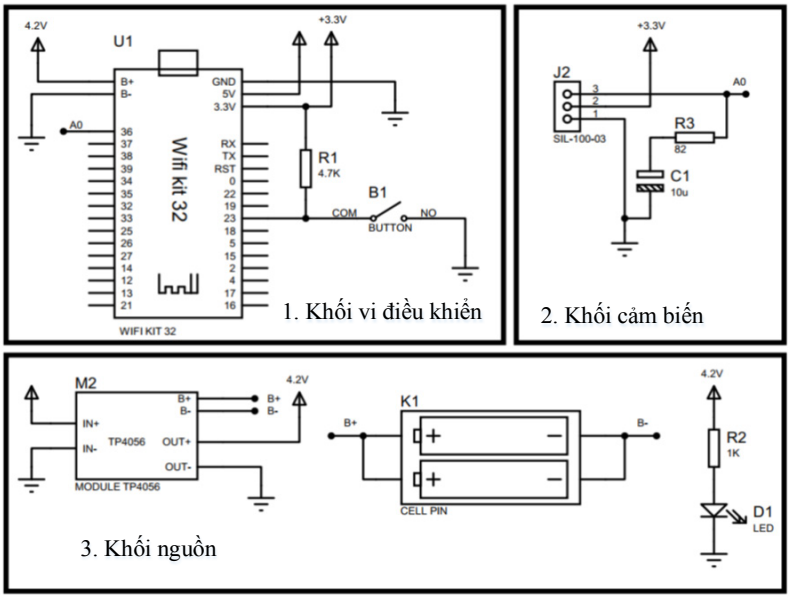
Hình 2 trình bày sơ đồ mạch điện tổng thể đo nhịp tim. Các khối chức năng được mô tả như sau:

Khối vi điều khiển: Đọc tín hiệu từ cảm biến quang với ngõ ra là tín hiệu tương tự. Tại đây các tín hiệu được xử lý và giải mã cho ra thông tin về

nhịp tim của người được đo và được hiển thị lên màn hình Oled 0.96 inch. Đồng thời thông số nhịp tim đo được cũng được gửi lên và hiển thị trên máy tính thông qua mạng wifi.

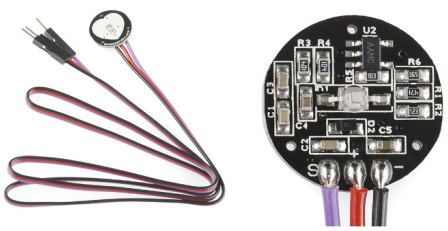
Khối cảm biến: Khi áp chặt mặt cảm biến vào da, nơi có mạch máu đi qua (thường là áp vào tai, đầu ngón tay để dễ kẹp). Tại đây, bộ phát sẽ phát ra ánh sáng và xuyên qua da. Chùm ánh sáng đó sẽ bị khuếch tán ra xung quanh và một phần đi tới quang trở đặt gần đầu phát. Do một phần ánh sáng sau khi bị hấp thụ bởi máu sẽ được phản chiếu trở lại quang trở. Do đó cường độ ánh sáng nhận được tại quang trở sẽ thay đổi so với ánh sáng đã phát ra. Cụ thể khi không có áp lực do tim đập, máu sẽ dồn ra xung quanh, lượng ánh sáng từ đầu phát sẽ về đầu thu nhiều hơn so với khi tim đập, máu chảy qua nơi có cảm biến áp vào. Sự thay đổi là rất nhỏ, nên phần cảm nhận ánh sáng (quang trở) được khuếch đại sự thay đổi này, đưa về các mạch lọc, đếm hoặc các mạch ADC để tính toán ra nhịp tim.

Khối nguồn: Có chức năng cung cấp nguồn nuôi thiết bị thông qua bộ pin Lipo lên đến 1500 mA bên cạnh đó mạch còn có thể sử dụng nguồn ngoài để cấp cho thiết bị đồng thời là nguồn sạc cho pin của thiết bị thông qua bộ sạc TP4056.



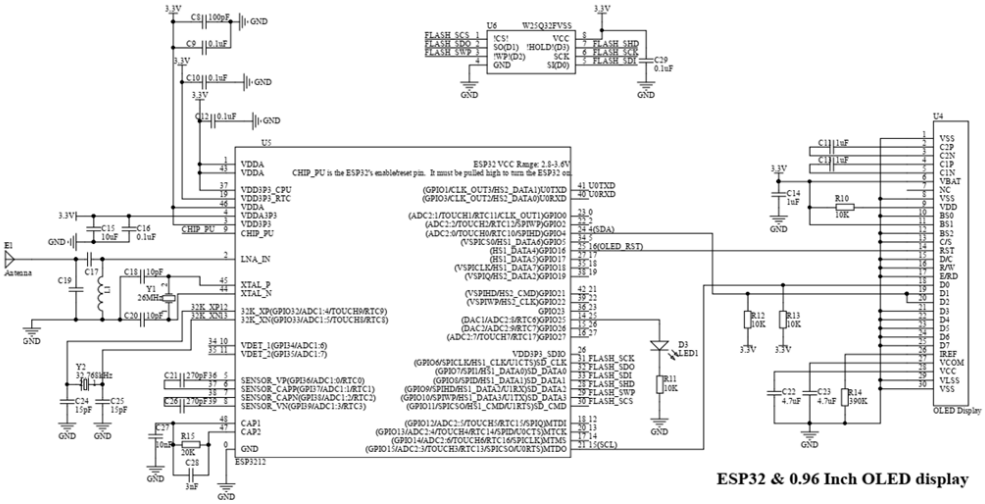
Hình 2: Sơ đồ mạch tổng thể của thiết bị đo nhịp tim

Cảm biến nhịp tim dạng quang Pulse Sensor sử dụng nguyên lý đo nhịp tim bằng ánh sáng với kích thước nhỏ gọn và cho tín hiệu ngõ ra là tương tự, cảm biến rất dễ sử dụng, phù hợp cho các ứng dụng điện tử y sinh. Hình 3 minh họa cảm biến quang học đo nhịp tim được sử dụng trong nghiên cứu này. Nguyên lý hoạt động của cảm biến này được trình bày ở "Khối cảm biến".



Hình 3: Cảm biến đo nhịp tim

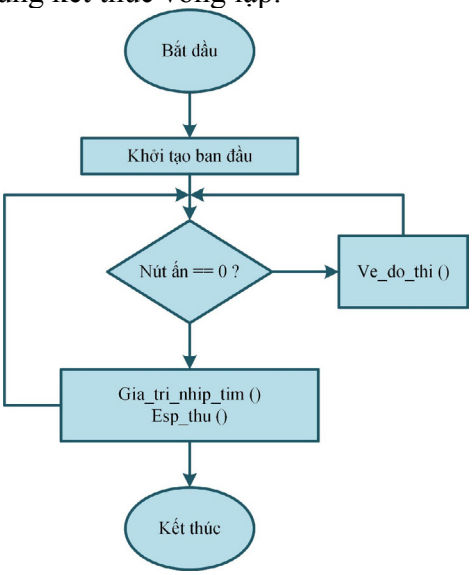
Module Wifi Esp32 Oled Heltec được thiết kế nhỏ gọn và tích hợp màn hình Oled 0.96 inch độ phân giải 128 x 64 pixel, IC nạp và giao tiếp UART tốc độ cao cùng với Socket gắn pin và thiết kế phần cứng tối ưu cho độ cơ động. Module này được phát triển trên nền module trung tâm là ESP32 với công nghệ wifi, BLE và nhân ARM SoC tích hợp mới nhất hiện nay. Kit này có thể sử dụng trực tiếp trình biên dịch của Arduino để lập trình và nạp code, điều này khiến việc sử dụng và lập trình các ứng dụng trên ESP32 trở nên rất đơn giản, phù hợp cho các ứng dụng cần kết nối, thu thập dữ liệu và điều khiển qua sóng wifi, BLE đặc biệt là các ứng dụng liên quan đến IoT (Internet of Things).



Hình 4: Sơ đồ mạch module wifi Esp32 Oled Heltec.

2.1.3. Thiết kế phần mềm hệ thống

Hình 5 trình bày giải thuật đo nhịp tim được đọc từ phần cứng đã thiết kế ở Mục 2.2. Bắt đầu chương trình, các giá trị ban đầu (khai báo thư viện, khai báo biến, khai báo port I/O, kết nối với wifi, khởi động màn hình) được khởi tạo và nạp code tại các chân in, out… sau đó sẽ kiểm tra điều kiện chạy ở chế độ nào đồng thời đọc trạng thái của nút ấn (trong chương trình code được qui định cho nút ấn theo 2 mức logic 0 và 1). Nếu đúng thì chương trình thực hiện công việc vẽ đồ thị hay thể hiện nhịp đếm và đưa kết quả lên LCD và kết thúc vòng lặp. Nếu sai thì chương trình thực hiện công việc đưa dữ liệu lên webserver đồng thời tính toán chỉ số nhịp tim kết hợp hiển thị thông số lên màn hình sau đó truy xuất địa chỉ IP lên LCD cuối cùng kết thúc vòng lặp.



Hình 5: Sơ đồ giải thuật đo tín hiệu nhịp tim.

2.2. Khảo sát đo nhịp tim sử dụng thiết bị đã thiết kế

2.2.1. Thí nghiệm 1

Các bước đo thực nghiệm như sau:

Người tham gia thí nghiệm được yêu cầu ngồi nghỉ thả lỏng khoảng 5 đến 10 phút.

Khi tiến hành đo thì người tham gia có thể được chọn tư thế nằm hoặc ngồi sao cho người được đo thoải mái nhất.

Người tham gia được yêu cầu áp ngón tay (thường là ngón trỏ) vào vị trí cần đo (nơi đặt cảm biến quang học) và xác định thông số cần đo và biểu đồ.

Hình 6 trình bày hình ảnh đo nhịp tim đồng thời giữa thiết bị tự thiết kế và thiết bị thương mại hóa trên thị trường.



2.2.2. Thí nghiệm 2

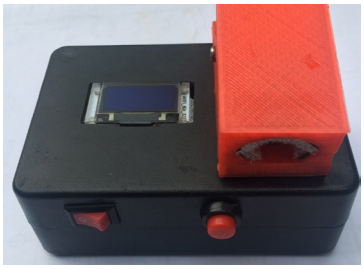
Bảng 1 trình bày kết quả đo nhịp tim của 5 người tham gia thí nghiệm.

Bảng 1: Đo nhiều người với độ tuổi và giới khác nhau

STT	Giới tính	Độ tuổi	Nhịp tim đo được "nhịp/phút"
1	Nữ	36-38	73
2	Nữ	40-42	76
3	Nam	52-57	76
4	Nam	32-37	70
5	Nam	18-22	77

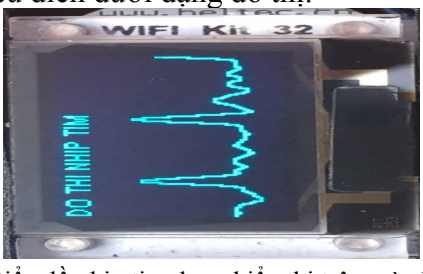
2.3. Kết quả đạt được

Hình 7 thiết bị đo nhịp tim trong thời gian thực sau khi thiết kế hoàn chỉnh.



Hình 7: Thiết bị đo nhịp tim được thiết kế hoàn chỉnh

Thiết bị hoàn chỉnh này bao gồm bộ phận cảm biến (màu cam) có đế kẹp bên trong, bên ngoài bao phủ lớp nhựa che ánh sáng tác động trực tiếp nhằm tránh nguồn nhiễu của ánh sáng trắng. Mặt trên bên cạnh bộ phận cảm biến là màn hình LCD để thể hiện thông số nhịp tim/phút, biểu đồ nhịp tim dạng sóng và các thông tin kết nối mạng không dây wifi. Ngoài ra nếu không kết nối lên máy tính vẫn có thể thấy được kết quả. Công tắc nguồn (dạng switch) bên trái được kết nối/ngắt kết nối với nguồn từ USB của máy tính. trên màn hình LCD của thiết bị. Hình 8 minh họa nhịp tim được biểu diễn dưới dạng đồ thị.



Hình 8: Biểu đồ nhịp tim được hiển thị trên màn hình LCD của thiết bị

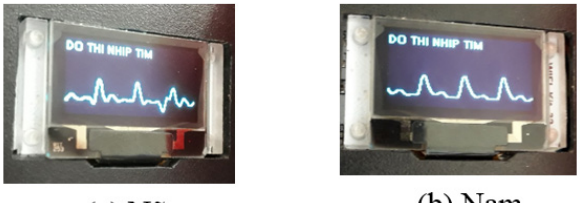
Hình 9 trình bày chức năng chuyển chế độ kết nối wifi. Lúc này màn hình LCD hiển thị tình trạng kết nối wifi và thông số nhịp tim. Dựa vào thông số trên màn hình có thể thấy được nhịp tim trên phút. Đồng thời địa chỉ IP cũng được hiển thị để giúp việc kết nối được dễ dàng hơn (nhập trực tiếp địa chỉ IP thay vì tìm kiếm).



Hình 9: Giao diện kết nối Wifi và gửi dữ liệu qua wifi

Kết quả thí nghiệm 1: Trình bày kết quả so sánh giữa thiết bị được thiết kế trong nghiên cứu này và thiết bị được thương mại hóa trên thị trường. Kết quả thực nghiệm cho thấy giữa hai thiết bị có sai lệch nhất định. Độ lệch chuẩn của 15 lần đo là 3.85. Độ lệch chuẩn này là có thể chấp nhận được. nhịp tim.

Kết quả thí nghiệm 2: Hình 10 trình bày dạng tín hiệu nhịp tim của những người cùng độ tuổi và giới tính.



(a) Nữ (b) Nam

Hình 10: Biểu đồ nhịp tim của (a) nữ giới và (b) nam giới

Bảng 2: Bảng so sánh nhịp tim giữa thiết bị đo nhịp tim được thiết kế và thiết bị được thương mại

Lần đo	Giá trị đo được trên thiết bị đo "nhịp/phút"		(b)-(a)
	Thiết bị đo nhịp tim thiết kế được (a)	Thiết bị được thương mại hóa trên thị trường (b)	
1	77	78	1
2	78	78	0
3	74	76	2
4	73	65	-8
5	74	67	-7
6	77	72	-5
7	77	74	-3
8	70	71	1
9	77	75	-2
10	76	77	1
Độ lệch chuẩn			3.85

III. KẾT LUẬN

Thiết bị được thiết kế gọn nhẹ, có thể kết nối với các thiết bị ngoại vi khác thông qua truyền thông không dây. Kết quả kiểm chứng thực nghiệm cho thấy: đo nhịp tim trong thời gian thực, hoạt động ổn định, phần cứng và phần mềm tương thích với nhiều thiết bị khác, dễ dàng sử dụng, tiện lợi, giá thành rẻ hơn so với các thiết bị khác ngoài thị trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

I. Piedmont, Samantha M. Cain, Wei-Ju Chen, 2016. Heart rate variability and generalized anxiety disorder during laboratory-induced worry and aversive imagery. In Journal of Affective Disorders, pages 207-215.

Carney RM, Rich MW, teVelde A, Saini J, Clark K, Freedland KE, 1988. The relationship between heart rate, heart rate variability and depression in patients with coronary artery disease. In Psychosom Res, pages159-64.

Topendsports, 2008. Resting Heart Rate Table, accessed on 08/11/2018. https://www.topendsports.com/testing/heart-rate-resting-chart.htm

Đặn Kim Thoa. Các thiết bị đo nhịp tim hiện nay, truy cập ngày 07/11/2018. https://tuoitre.vn/tu-van-tieu-dung/may-do-nhip-tim-hoat-dong-ra-sao-1292606.htm

Hernandez J., Li Y., Rehg J., and Picard R. W, 2014. BioGlass: Physiological Parameter Estimation Using a Head-mounted Wearable Device. In International Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare, Athens, Greece, pp. 55-58.