

ĐẠI HỌC HUẾ
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN
📖

TIỂU LUẬN

Đề tài:

HỆ THỐNG ĐO NHỊP TIM VÀ GỬI DỮ LIỆU QUA ESP32

Giảng viên hướng dẫn:

Võ Việt Dũng

Khóa:

K45 - Hệ chính quy

Huế, 04 – 2025

Mục lục

Mở đầu	3
Chương I: Tổng quan về hệ thống đo nhịp tim	4
1.1. Vai trò của việc đo nhịp tim.....	4
1.2. Công nghệ IoT trong y tế	4
1.3. Mục tiêu của hệ thống	4
Chương II: Tìm hiểu các thành phần chính của hệ thống.....	5
2.1. Tìm hiểu về ESP32.....	5
2.1.1 ESP32 là gì?	5
2.1.2. Các tính năng của ESP32.....	6
2.2. Cảm biến MAX30100	8
2.2.1. Cảm biến MAX30100 là gì?	8
2.2.2. Cấu tạo.....	8
2.2.3. Các tính năng của MAX30100	10
Chương III: Thiết kế mạch.....	12
3.1. Các thành phần thiết kế mô phỏng mạch.....	12
3. 2. Sơ đồ mô phỏng mạch bằng Wokwi	12
Kết luận	16
Tài liệu tham khảo.....	17

Mở đầu

Trong thời đại công nghệ số hiện nay, việc ứng dụng các thiết bị IoT (Internet of Things) đang phát triển mạnh mẽ, việc ứng dụng nó vào lĩnh vực sức khỏe y tế đã mở ra nhiều cơ hội để ta có thể cải thiện chất lượng cuộc sống. Hệ thống đo nhịp tim được sử dụng cảm biến MAX30100 và kết hợp với vi điều khiển ESP32 là một ví dụ cho sự kết hợp giữa phần cứng và khả năng kết nối không dây tiên tiến. Hệ thống này có thể:

- Đo nhịp tim và mức oxy trong máu với phương pháp quang học một cách chính xác
- Gửi dữ liệu thời gian thực qua kết nối Internet đến ứng dụng hoặc đám mây thông qua bot.
- Giúp người dùng có thể theo dõi tình trạng sức khỏe của mình từ xa một cách dễ dàng.

Với chi phí thấp, tính linh hoạt cao và khả năng mở rộng, đây là một giải pháp tiềm năng cho cả cá nhân và tổ chức y tế.

Mục tiêu của tiểu luận này là phân tích chi tiết cách thức hoạt động, thiết kế và ứng dụng thực tế của hệ thống, đồng thời cung cấp hướng dẫn triển khai sơ đồ trên Wokwi.

Chương I: Tổng quan về hệ thống đo nhịp tim

1.1. Vai trò của việc đo nhịp tim

Nhịp tim là một chỉ số sinh học quan trọng, phản ánh tình trạng sức khỏe tim mạch và mức độ hoạt động của cơ thể. Việc đo nhịp tim thường xuyên giúp ta theo dõi tình trạng sức khỏe, phát hiện sớm để kiểm soát được tim mạch, huyết áp hoặc suy tim. Trước đây, thì các thiết bị đo nhịp tim chủ yếu là thiết bị chuyên dụng chỉ sử dụng trong bệnh viện, phòng khám, nhưng với sự phát triển của công nghệ hiện nay thì các thiết bị nhỏ gọn, cá nhân hóa đã ra đời hỗ trợ con người không phải mất nhiều thời gian hay công sức di chuyển gặp nhiều khó khăn.

1.2. Công nghệ IoT trong y tế

Ứng dụng công nghệ IoT (Internet of things) trong y tế đã làm thay đổi cách chúng ta tiếp cận y tế vào các thiết bị di động với internet mang lại nhiều lợi ích thực tế, cho phép người dùng thu thập dữ liệu về sức khỏe, xử lý chia sẻ dữ liệu theo thời gian thực, giám sát sức khỏe từ xa.

Trong hệ thống này, ESP32 đóng vai trò quan trọng, kết hợp với cảm biến MAX30100 để tạo ra một thiết bị đo nhịp tim thông minh, có khả năng gửi dữ liệu từ thiết bị đến người hoặc đám mây.

1.3. Mục tiêu của hệ thống

Hệ thống này được thiết kế với các mục tiêu chính sau:

- Đo lường nhịp tim một cách chính xác và đáng tin cậy bằng cảm biến MAX30100.
- Truyền dữ liệu nhịp tim qua mạng Wi-Fi đến ứng dụng di động hoặc đám mây.
- Đảm bảo tính tiện dụng, chi phí thấp, và đơn giản để phù hợp với nhiều đối tượng người dùng. Ý nghĩa của hệ thống nằm ở việc cung cấp một giải pháp

giám sát sức khỏe cá nhân hóa, dễ tiếp cận, đồng thời mở ra tiềm năng tích hợp với các hệ thống y tế lớn hơn trong tương lai.

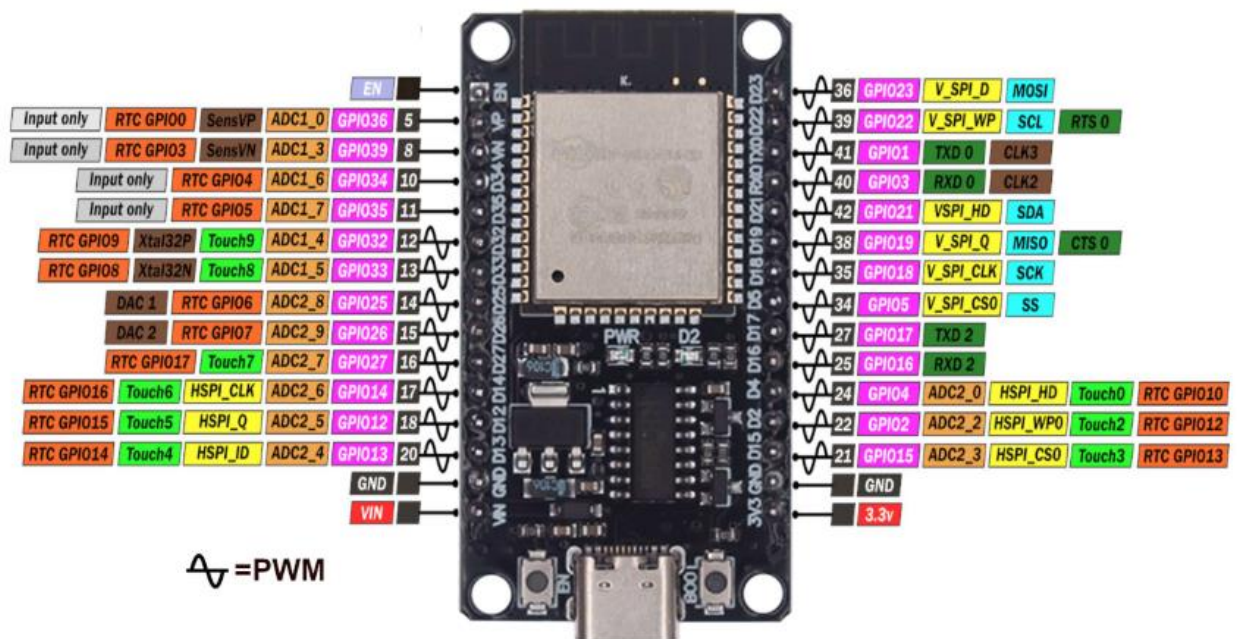
Chương II: Tìm hiểu các thành phần chính của hệ thống

2.1. Tìm hiểu về ESP32

2.1.1 ESP32 là gì?

ESP32 là một hệ thống các vi điều khiển trên một vi mạch giá rẻ, năng lượng thấp có khả năng kết nối internet qua mạng WiFi và dual-mode Bluetooth. ESP32 được sử dụng rộng rãi trong nhiều ứng dụng khác nhau như IoT, robot và tự động hóa. Dòng ESP32 được sản xuất và phát triển bởi một công ty bán dẫn Espressif Systems, một công ty Trung Quốc có trụ sở tại Thượng Hải, và được sản xuất bởi TSMC. ESP32 sử dụng bộ vi xử lý Tensilica Xtensa LX6 ở cả hai biến thể lõi kép và lõi đơn làm cho nó có tính linh hoạt cao, mạnh mẽ và đáng tin cậy cho nhiều ứng dụng, và bao gồm các công tắc antenna tích hợp, RF balun, bộ khuếch đại công suất, bộ khuếch đại thu nhiễu thấp, bộ lọc và module quản lý năng lượng. ESP32 là sản phẩm kế thừa từ vi điều khiển NodeMCU ESP8266 phổ biến tăng hiệu suất và tính năng tốt hơn.

ESP32 được sản xuất bằng công nghệ 40 nm công suất cực thấp của TSMC. Vì vậy, việc thiết kế các ứng dụng hoạt động bằng pin như thiết bị đeo, thiết bị âm thanh, đồng hồ thông minh, ..., sử dụng ESP32 sẽ rất dễ dàng.



2.1.2. Các tính năng của ESP32 bao gồm:

- Bộ vi xử lý:
 - CPU: Bộ vi xử lý lõi kép (hoặc lõi đơn) Xtensa LX6 32-bit, tốc độ xung nhịp lên đến 240 MHz (160 MHz cho ESP32-S0WD và ESP32-U4WDH) và hoạt động ở tối đa 600 MIPS (200 MIPS với ESP32-S0WD/ESP32-U4WDH). Cho phép ESP32 xử lý đa nhiệm hiệu quả như vừa đọc dữ liệu vừa gửi dữ liệu qua WiFi.
- Bộ nhớ:
 - SRAM: 520 KB tích hợp, đủ để chạy các ứng dụng lớn.
 - Flash: Hỗ trợ bộ nhớ flash ngoài từ 4MB đến 16MB tùy phiên bản.
 - ROM: 448 KB dùng cho bootloader.
- Hệ thống xung nhịp: CPU Clock(Tần số 80-240 MHz), RTC Clock và Audio PLL Clock(Tần số 32 kHz đến 240 MHz)
- Kết nối không dây:
 - Wi-Fi:
 - Hỗ trợ chuẩn: 802.11 b/g/n.

Hoạt động với tần số: 2.4 GHz.

Chế độ: Hỗ trợ cả Station (kết nối với mạng Wi-Fi) và Access Point (tạo điểm phát Wi-Fi).

Tốc độ truyền dữ liệu tối đa: 150 Mbps.

- Bluetooth:

Tích hợp phiên bản: Bluetooth 4.2 BR/EDR và BLE (Bluetooth Low Energy).

Tính năng: Hỗ trợ kết nối với các thiết bị như điện thoại, tai nghe không dây.

- GPIO:

- Số lượng chân: Tùy phiên bản thường 30-38 chân, có thể cấu hình đầu ra hoặc đầu vào

- Chức năng đa dạng: Hỗ trợ ngắt (interrupt), cảm ứng điện dung (touch sensor), pull-up/pull-down tích hợp

- Bảo mật:

- Hỗ trợ tất cả các tính năng bảo mật chuẩn IEEE 802.11, bao gồm WPA, WPA/WPA2 và WAPI.

- Secure boot (Khởi động an toàn): Ngăn chặn việc chạy firmware không được kí bởi nhà sản xuất

- Flash Encryption(Mã hóa flash): Bảo vệ dữ liệu lưu trữ trong bộ nhớ Flash

- 1024-bit OTP, lên đến 768-bit cho khách hàng

- Mã hóa phần cứng: Hỗ trợ AES, SHA-2, RSA, elliptic curve cryptography(ECC) để mã hoá dữ liệu, đảm bảo an toàn khi truyền qua WiFi hoặc Bluetooth

- Quản lý năng lượng:

- Chế độ ngủ

Deep Sleep: tiêu thụ khoảng 5 μ A, phù hợp thiết bị chạy bằng pin

Light Sleep: tiêu thụ khoảng 0,8mA, có thể duy trì kết nối WiFi nhẹ.

- Bộ ổn áp nội với điện áp rơi thấp (internal low-dropout regulator)
 - Miền nguồn riêng (individual power domain) cho RTC
 - Trở lại hoạt động từ ngắt GPIO, timer, đo ADC, ngắt với cảm ứng điện dung
- Hỗ trợ phần mềm:
 - Arduino IDE: Tương thích hoàn toàn
 - PlatformIO IDE (VS Code)
 - LUA
 - MicroPython: Hỗ trợ lập trình Python, phù hợp với dự án nhanh
 - Espressif IDF (Khung phát triển IoT): Hỗ trợ lập trình C/C++
 - JavaScript

2.2. Cảm biến MAX30100

2.2.1. Cảm biến MAX30100 là gì?

Cảm biến MAX30100 là một cảm biến quang học tích hợp được phát triển bởi Maxim Integrated, được sử dụng để đo nhịp tim và nồng độ oxy trong máu (SpO₂). MAX30100 sử dụng kỹ thuật photoplethysmography (PPG), một phương pháp không xâm lấn để phát hiện sự thay đổi lưu lượng máu qua các mô cơ thể.

2.2.2. Cấu tạo

- Hai đèn LED:
 - LED đỏ bước sóng 650 nm
 - LED hồng ngoại bước sóng 950 nm
- Một bộ tách sóng quang (photodetector) để thu nhận ánh sáng phản xạ từ mô cơ thể.
- Giao tiếp I2C: Kết nối với vi điều khiển như ESP32.



Sơ đồ chân:

Tên chân	Mô tả
VIN	Nguồn cấp 1.8V - 5.5V
SCL	Chân đồng hồ nối tiếp I2C
SDA	Chân dữ liệu nối tiếp I2C
INT	Chân ngắt, phát tín hiệu thấp khi có dữ liệu, sự kiện mới
IRD	IR LED Cathode và LED Driver Connection pin.
RD	Red LED Cathode và LED Driver Connection pin
GND	Kết nối với đất cung cấp

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp hoạt động: 1.7V – 3.3V
- Phạm vi nhiệt độ hoạt động: Từ -40°C đến 85°C
- Độ chính xác nhiệt độ: $\pm 1^{\circ}\text{C}$
- LED phạm vi dòng điện: 0mA – 50mA
- Phạm vi độ rộng xung LED: 200uS – 1.6mS
- Tích hợp tính năng lọc nhiễu ánh sáng
- Chức năng nâng cao cải thiện hiệu suất đo lường

2.2.3. Các tính năng của MAX30100

- Đo nhịp tim (Heart Rate - BPM)

Sử dụng LED hồng ngoại (IR LED) để đo sự thay đổi lưu lượng máu qua mao mạch.

Tạo tín hiệu PPG (Photoplethysmogram) để tính toán số nhịp tim mỗi phút (BPM).

Có thể hoạt động ở chế độ Continuous Mode (liên tục) hoặc Single Mode (một lần).

Ứng dụng: Giám sát nhịp tim trong thể thao, y tế.

- Đo độ bão hòa oxy trong máu (SpO₂)

Sử dụng cả LED đỏ (Red LED) và LED hồng ngoại (IR LED).

Tính toán tỷ lệ hấp thụ ánh sáng giữa máu oxy hóa (HbO₂) và máu không oxy hóa (Hb).

Trả về giá trị SpO₂ (%)

Ứng dụng: Theo dõi hô hấp, phát hiện thiếu oxy.

- Bộ lọc nhiễu và thuật toán xử lý

MAX30100 có bộ lọc nhiễu (Noise Reduction Filter) để loại bỏ tín hiệu sai lệch do cử động.

Sử dụng thuật toán FFT (Fast Fourier Transform) để phân tích tín hiệu PPG chính xác hơn.

Ứng dụng: Giảm lỗi khi đo nhịp tim lúc vận động.

- Tiết kiệm năng lượng (Low Power Mode)

Chế độ Ultra-Low Power giúp tiết kiệm pin khi không đo.

Có thể lập trình để tự động tắt/mở LED tùy theo mức độ đo.

Ứng dụng: Lý tưởng cho các thiết bị đeo tay thông minh.

- Giao tiếp với vi điều khiển (I2C)

MAX30100 giao tiếp với ESP8266, ESP32, Arduino, STM32 qua giao thức I2C (địa chỉ 0x57).

Có thể lấy dữ liệu nhanh bằng cách đọc 2 thanh ghi chính:

IR Data Register (dữ liệu LED hồng ngoại).

Red Data Register (dữ liệu LED đỏ).

Ứng dụng: Tích hợp vào các hệ thống IoT, thiết bị y tế.

Chương III: Thiết kế mạch

3.1. Các thành phần thiết kế mô phỏng mạch

ESP32: Vi điều khiển chính với Wi-Fi tích hợp.

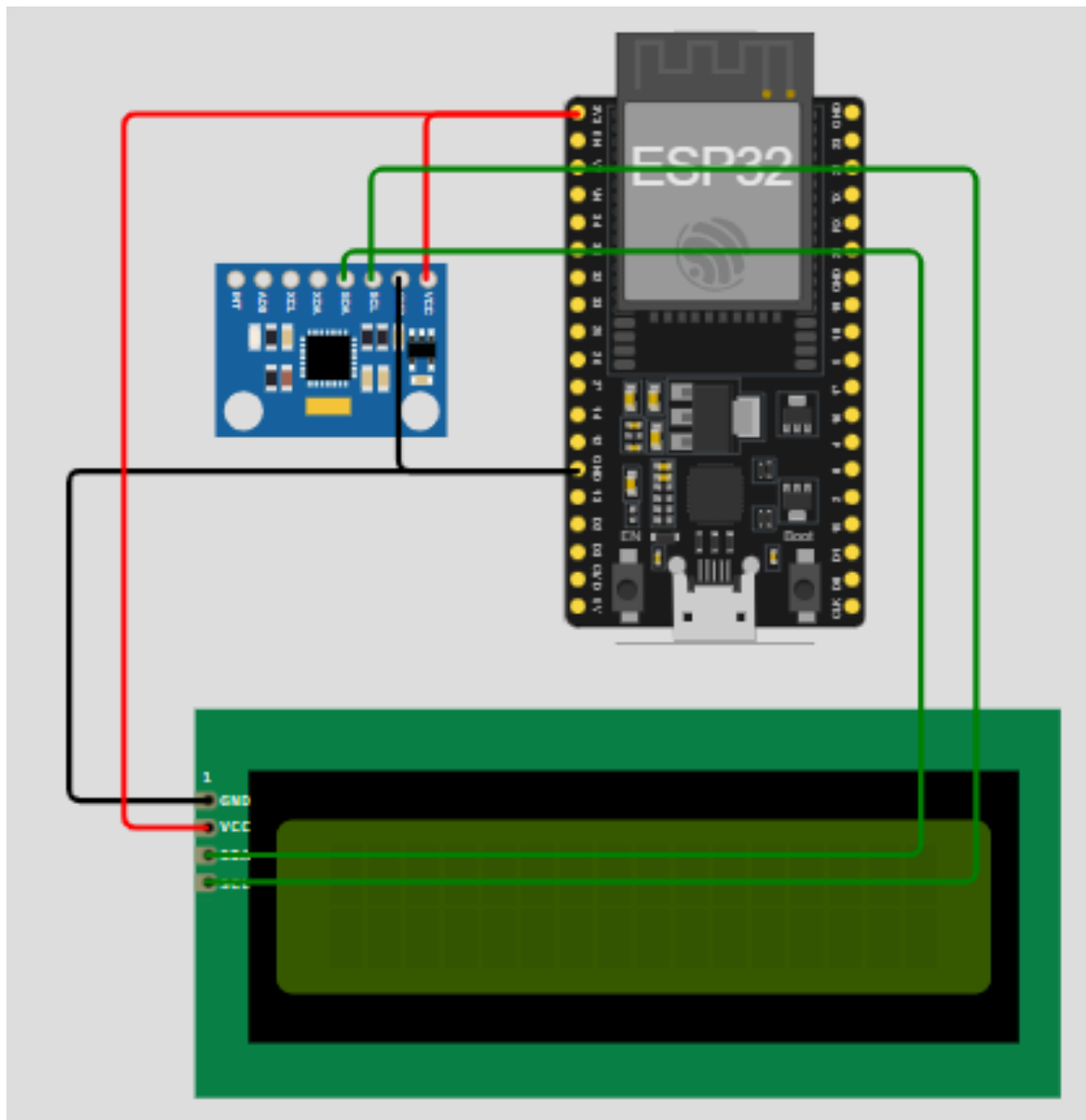
MAX30100: Cảm biến đo nhịp tim và SpO2.

Breadboard và dây nối: Để kết nối các linh kiện.

Màn hình LCD I2C.

Nguồn điện: 3.3V từ ESP32 hoặc pin ngoài.

3. 2. Sơ đồ mô phỏng mạch bằng Wokwi



Hệ thống sử dụng bus I2C chung (GPIO21 cho SDA, GPIO22 cho SCL) để kết nối ESP32 với cả MAX30100 và LCD I2C. Dưới đây là mô tả từng kết nối và vai trò của ESP32 trong đó:

- Kết nối ESP32 với MAX30100
 - VCC (MAX30100) → 3.3V (ESP32).
Dây đỏ (đực-đực)
Chức năng: Cung cấp nguồn điện 3.3V từ chân 3.3V của ESP32 để cấp năng lượng cho MAX30100 hoạt động.
 - GND (MAX30100) → GND (ESP32).
Dây đen (đực-đực)
Chức năng: Tạo điểm đất chung, đảm bảo mạch hoàn chỉnh và tín hiệu ổn định giữa ESP32 và MAX30100.
 - SDA (MAX30100) → GPIO 21 (ESP32).
Dây xanh lá (đực-đực)
Chức năng: GPIO21 là chân SDA mặc định của ESP32, nhận dữ liệu nhịp tim và SpO2 từ MAX30100 qua giao thức I2C (địa chỉ 0x57). ESP32 đóng vai trò master, yêu cầu và đọc dữ liệu từ cảm biến.
 - SCL (MAX30100) → GPIO 22 (ESP32).
Dây xanh lá (đực-đực)
Chức năng: GPIO22 là chân SCL mặc định, cung cấp tín hiệu đồng hồ để đồng bộ giao tiếp I2C với MAX30100. ESP32 điều khiển tần số I2C (thường 100 kHz hoặc 400 kHz).
- Kết nối ESP32 với LCD I2C
 - VCC (LCD) → 3.3V (ESP32).
Dây đỏ (đực-đực)
Chức năng: Cung cấp nguồn 3.3V từ chân 3.3V cho LCD I2C hoạt động, bao gồm đèn nền.
 - GND (LCD) → GND (ESP32).
Dây đen (đực-đực)

Chức năng: Kết nối đất chung với LCD, đảm bảo mạch ổn định và đồng bộ với MAX30100.

- SDA (LCD)→ GPIO 21 (ESP32).

Dây xanh lá (đọc-đọc, cùng bus với MAX30100)

Chức năng: Gửi dữ liệu nhịp tim và SpO2 đã xử lý đến LCD qua I2C (địa chỉ thường là 0x27 hoặc 0x3F). ESP32 quản lý bus I2C để giao tiếp với cả LCD và MAX30100 mà không xung đột.

- SCL (LCD)→ GPIO 22 (ESP32).

Dây xanh lá (đọc-đọc, cùng bus với MAX30100)

Chức năng: Cung cấp tín hiệu đồng hồ cho LCD qua I2C, đồng bộ với MAX30100 trên cùng bus.

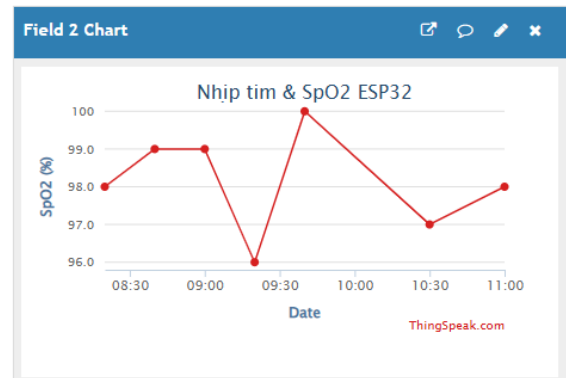
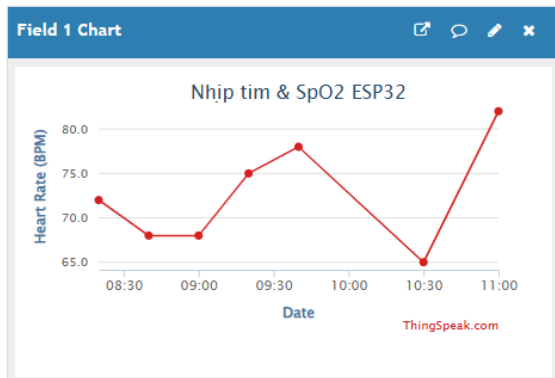
- ESP32 mô phỏng vai trò đọc dữ liệu, hiển thị, và gửi qua Wi-Fi (dù Wi-Fi chỉ mô phỏng trong code).

[ESP32]	[MAX30100]	[LCD I2C 16x2]
3.3V --[Đỏ]----->	VCC ----->	VCC
GND --[Đen]----->	GND ----->	GND
GPIO21 --[Xanh lá]----->	SDA ----->	SDA
GPIO22 --[Xanh lá]----->	SCL ----->	SCL

Vai trò tổng thể của ESP32 trong sơ đồ

- Master I2C: ESP32 điều khiển bus I2C, giao tiếp với MAX30100 (slave 0x57) để đọc dữ liệu và với LCD (slave 0x27) để hiển thị.
- Trạm Wi-Fi: ESP32 kết nối mạng Wi-Fi cục bộ, gửi dữ liệu lên ThingSpeak qua HTTP mà không cần phần cứng bổ sung (anten tích hợp sẵn).
- Nguồn cung cấp: ESP32 phân phối nguồn 3.3V cho MAX30100 và 5V cho LCD từ nguồn USB hoặc pin.
- Xử lý thời gian thực: ESP32 chạy code để đọc dữ liệu từ MAX30100 mỗi giây, hiển thị trên LCD, và gửi lên ThingSpeak, đảm bảo đồng bộ giữa các tác vụ.

Dữ liệu gửi lên ThingSpeak



Các biểu đồ này hiển thị dữ liệu được thu thập từ hệ thống đo nhịp tim và nồng độ oxy trong máu (SpO2) sử dụng ESP32 và cảm biến MAX30100, sau đó gửi lên ThingSpeak qua giao thức HTTP. Biểu đồ được chia thành hai trường (Fields): Field 1 biểu diễn nhịp tim (Heart Rate) và Field 2 biểu diễn SpO2.

- Field 1 Chart (Nhịp tim - Heart Rate)

Trục Y (dọc): Đại diện cho nhịp tim, tính bằng đơn vị BPM (beats per minute - nhịp/phút). Giá trị dao động trong khoảng từ 60.0 BPM đến 100.0 BPM.

Trục X (ngang): Đại diện cho các mốc thời gian.

- Field 2 Chart (SpO2)

Trục Y (dọc): Đại diện cho nồng độ oxy trong máu (SpO2), tính bằng phần trăm (%). Giá trị dao động từ 95.0% đến 100.0%.

Trục X (ngang): Đại diện cho các mốc thời gian.

Kết luận

Bài tiểu luận mô phỏng về hệ thống đo nhịp tim và gửi dữ liệu qua ESP32, bằng phương pháp sử dụng đầu đo cảm biến MAX30100 là một giải pháp IoT hiệu quả, những phương pháp được giải quyết được những hạn chế về việc đo nhịp tim hiện nay, mở ra nhiều tiềm năng ứng dụng mới trong y tế, sức khỏe.

Hệ thống đã đáp ứng được nhiều yêu cầu quan trọng, bao gồm:

- Tìm hiểu và phân tích các thông số sinh lý:

Nghiên cứu đã làm rõ cơ sở thu nhận tín hiệu nhịp tim thông qua phương pháp quang học PPG (Photoplethysmography) của cảm biến MAX30100, cũng như các chỉ số SpO2 và nhiệt độ cơ thể, cung cấp nền tảng lý thuyết vững chắc để triển khai hệ thống.

- Đo lường và hiển thị dữ liệu:

Hệ thống thành công trong việc đo nhịp tim HeartRate (BPM), SpO2 (%), với dữ liệu được hiển thị trực quan trên màn hình LCD1602 I2C và đưa dữ liệu lên đám mây ThingSpeak. Biểu đồ trên ThingSpeak (Field 1: Nhịp tim, Field 2: SpO2) cho thấy nhịp tim dao động từ 60.0BPM đến 100.0 BPM và SpO2 từ 95.0% đến 100.0%, nằm trong ngưỡng bình thường, chứng minh tính chính xác của hệ thống.

- Giao diện trực quan và khả năng mở rộng:

Dữ liệu được hiển thị rõ ràng trên LCD và hiển thị dữ liệu lên đám mây ThingSpeak, với biểu đồ thời gian thực giúp người dùng dễ dàng theo dõi.

Tài liệu tham khảo

[1]“Lập Trình ESP32 Từ A Đến Z.” Khuê Nguyễn Creator.

<https://khuenguyencreator.com/lap-trinh-esp32-tu-a-toi-z/>.

[2]“Lập Trình Nhúng Dành Cho Sinh Viên”.

<https://talucgiahoang.com/esp32-tutorials/>.

[3]ESP32 - Giới thiệu module, Thông số kỹ thuật.

<https://www.thegioiic.com/tin-tuc/esp32-gioi-thieu-module-thong-so-ky-thuat>