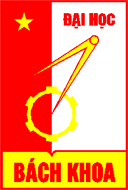
**ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**

**TRƯỜNG ĐIỆN-ĐIỆN TỬ**



**BÁO CÁO**

**HỆ THỐNG THEO DÕI CHẤT LƯỢNG GIẤC NGỦ**

Giảng viên HD : Thầy Nguyễn Minh Đức

Nhóm : 7

Lớp : 154902

Sinh viên thực hiện:

|  |  |
| --- | --- |
| Nguyễn Văn Quang | 20214053 |
| Trần Công Bách | 20203322 |
| Dương Sĩ Bình | 20213819 |

Hà Nội, 1/2025

**LỜI NÓI ĐẦU**

Trong những năm trở lại đây, tình trạng mất ngủ ngày càng trở nên phổ biến. Cứ 10 người sẽ có 1 người có triệu chứng mất ngủ mãn tính, là tình trạng mất ngủ ít nhất 3 lần/tuần, kéo dài trong ít nhất 3 tháng. Nghiên cứu năm 2014 gợi ý rằng một phần năm số người trẻ và thanh thiếu niên có các triệu chứng mất ngủ. Tỷ lệ triệu chứng cao nhất gặp ở nữ giới 11-12 tuổi.

Một giải pháp tốt cải thiện tình trạng mất ngủ đang được sử dụng rỗng rãi đó là thiết bị theo dõi chất lượng giấc ngủ. Mỗi thiết bị đều cung cấp thông tin về thời gian ngủ, chất lượng giấc ngủ và các giai đoạn ngủ cho người dùng đảm bảo người dùng có một giấc ngủ chất lượng.

Trong quá trình học học phần “Đồ án 2”, nhóm chúng em đã nhận thấy rằng có thể áp dụng được những kiến thức đã học vào một sản phẩm thực tiễn với đề tài “Hệ thống theo dõi chất lượng giấc ngủ”. Đây là cơ hội tốt để chúng em vận dụng vào thực tế và củng cố thêm những lý thuyết đã học trên lớp, ngoài ra còn có thể tìm hiểu nhiều kiến thức vận dụng liên quan khác trong quá trình làm việc.

Nhóm chúng em xin được gửi lời cảm ơn chân thành đến thầy Đức đã nhiệt tình hướng dẫn và hỗ trợ nhóm trong suốt quá trình tìm hiểu và hoàn thành bài tập lớn này. Nhưng với kiến thức và sự hiểu biết còn hạn nên sản phẩm sẽ không tránh khỏi những thiếu sót. Nhóm em rất mong nhận được sự góp ý của thầy và các bạn để đề tài của nhóm có thể hoàn thiện hơn.

Nhóm em xin chân thành cảm ơn!

MỤC LỤC

[I. Tổng quan đề tài 1](#_Toc187795164)

[1. Đặt vấn đề 1](#_Toc187795165)

[2. Giải pháp 1](#_Toc187795166)

[3. Các sản phẫm hiện có trên thị trường 2](#_Toc187795167)

[3.1. Máy kiểm tra chất lượng giấc ngủ mã SE 80 2](#_Toc187795168)

[3.2. Fitbit Sense và Fitbit Inspire 3 3](#_Toc187795169)

[3.3. Withings Sleep Analyzer 4](#_Toc187795170)

[4. Mục tiêu 4](#_Toc187795171)

[II. CƠ SỞ LÍ THUYẾT 1](#_Toc187795172)

[5. Các giai đoạn giấc ngủ 1](#_Toc187795173)

[6. Các chỉ số sinh học cần theo dõi 1](#_Toc187795174)

[6.1. Nhịp tim 1](#_Toc187795175)

[6.2. Tần suất thở 2](#_Toc187795176)

[6.3. Cử động cơ thể 3](#_Toc187795177)

[6.4. Nhiệt độ cơ thể 3](#_Toc187795178)

[6.5. Nhiệt độ và độ ẩm môi trường 3](#_Toc187795179)

[6.6. Ngáy ngủ 4](#_Toc187795180)

[III. PHÂN TÍCH YÊU CẦU HỆ THỐNG 1](#_Toc187795181)

[7. Yêu cầu chức năng 1](#_Toc187795182)

[8. Yêu cầu phi chức năng 1](#_Toc187795183)

[IV. THIẾT KẾ PHẦN CỨNG 1](#_Toc187795184)

[9. Sơ đồ hệ thống 1](#_Toc187795185)

[10. Mạch nguyên lí 2](#_Toc187795186)

[11. Danh sách linh kiện 2](#_Toc187795187)

[11.1. Khối điều khiển 2](#_Toc187795188)

[11.2. Khối cảm biến 4](#_Toc187795189)

[11.3. Khối hiển thị 11](#_Toc187795190)

[11.4. Khối cảnh báo 12](#_Toc187795191)

[12. Lựa chọn linh kiện và tính toán công suất 14](#_Toc187795192)

[12.1. Vi xử lí ESP32 14](#_Toc187795193)

[12.2. Cảm biến nhịp tim MAX30102 17](#_Toc187795194)

[12.3. Module mpu6050 17](#_Toc187795195)

[12.4. Module sht31 18](#_Toc187795196)

[12.5. Max9814 18](#_Toc187795197)

[12.6. Tổng công suất 19](#_Toc187795198)

[13. Giao tiếp I2C 19](#_Toc187795199)

[13.1. Đặc điểm chính của giao thức I2C 19](#_Toc187795200)

[13.2. Cách hoạt động của giao thức I2C 20](#_Toc187795201)

[13.3. Ưu nhược điểm của giao thức I2C 21](#_Toc187795202)

[14. Tổ chức đóng/ngắt trong hệ thống 1](#_Toc187795203)

[14.1. Nguyên tắc tổ chức đóng/ngắt 1](#_Toc187795204)

[14.2. Tắt cảm biến khi không cần thiết 1](#_Toc187795205)

[14.3. Mức độ ưu tiên và xử lý ngắt 1](#_Toc187795206)

[14.4. Quy tắc ưu tiên xử lý ngắt 2](#_Toc187795207)

[14.5. Luồng hoạt động đóng/ngắt 3](#_Toc187795208)

[V. THIẾT KẾ PHẦN MỀM 4](#_Toc187795209)

[1. Sequence Diagram 4](#_Toc187795210)

[1.1. Thành phần và vai trò 5](#_Toc187795211)

[1.2. Giải thích từng hàm trong Sequence Diagram 5](#_Toc187795212)

[1.3. Các kết nối giữa các thành phần 7](#_Toc187795213)

[VI. KẾT QUẢ 1](#_Toc187795214)

[VII. HƯỚNG PHÁT TRIỂN 1](#_Toc187795215)

[VIII. TỔNG KẾT 1](#_Toc187795216)

[TÀI LIỆU THAM KHẢO 1](#_Toc187795217)

**DANH MỤC BẢNG BIỂU**

[Hình 1: Sơ đồ khối hệ thống 1](#_Toc187795218)

[Hình 2: Mạch nguyên lí 2](#_Toc187795219)

[Hình 3: Sơ đồ chân vi xử lí ESP32 4](#_Toc187795220)

[Hình 4: Sequence diagram của hệ thống 4](#_Toc187795221)

[Hình 5: Lưu đồ thuật toán 8](#_Toc187795222)

[Hình 6: Max9814 khi có tiếng ồn 1](#_Toc187795223)

[Hình 7: Biểu đồ đo nhịp tim lần 1 1](#_Toc187795224)

[Hình 8: Biểu đồ đo nhiệt độ lần 1 2](#_Toc187795225)

[Hình 9: Biểu đồ đo độ ẩm lần 1 2](#_Toc187795226)

[Hình 10: Biểu đồ đo tiếng ồn lần 1 3](#_Toc187795227)

[Hình 11: Biểu đồ đo nhịp tim lần 2 4](#_Toc187795228)

[Hình 12: Biểu đồ đo nhiệt độ lần 2 5](#_Toc187795229)

[Hình 13: Biểu đồ đo độ ẩm lần 2 5](#_Toc187795230)

# Tổng quan đề tài

## Đặt vấn đề

Ngủ là nhu cầu thiết yếu của mỗi con người. Giấc ngủ đóng vai trò quan trọng đối với sức khỏe và chất lượng cuộc sống ở mọi lứa tuổi. Các nghiên cứu trước đã chỉ ra rằng hậu quả của việc thiếu ngủ dẫn đến các vấn đề căng thẳng tâm lý xã hội, rối loạn tâm thần, giảm hiệu quả công việc và khả năng học tập và tăng nguy cơ tai nạn xe cơ giới. Ngoài ra, sự gián đoạn của giấc ngủ còn đi kèm với nhiều tình trạng sinh lý khác nhau như ngưng thở khi ngủ, trầm cảm, bệnh phổi tắc nghẽn mãn tính COPD, hen suyễn, sự lão hóa, suy giảm hệ thống miễn dịch và làm tăng nguy cơ tử vong.

Có lí thuyết chỉ ra, hơn 1/3 số người trưởng thành ở các quốc gia phát triển không ngủ đủ 7 – 9 giờ mỗi đêm.

Mất ngủ là một tình trạng phổ biến. Viện nghiên cứu về giấc ngủ Hoa Kỳ (AASM) thống kê rằng:

* Cứ 3 người sẽ có 1 người xuất hiện các triệu chứng mất ngủ
* 15-20% số tình trạng mất ngủ ngắn hạn sẽ kéo dài dưới 3 tháng
* 75% số người trưởng thành trên 65 tuổi có các triệu chứng mất ngủ

Cứ 10 người sẽ có 1 người có triệu chứng mất ngủ mãn tính, là tình trạng mất ngủ ít nhất 3 lần/tuần, kéo dài trong ít nhất 3 tháng. Nghiên cứu năm 2014 gợi ý rằng một phần năm số người trẻ và thanh thiếu niên có các triệu chứng mất ngủ. Tỷ lệ triệu chứng cao nhất gặp ở nữ giới 11-12 tuổi.

## Giải pháp

Nghiên cứu từ năm 2019 chỉ ra rằng một phần năm số người cao tuổi đang sử ơ ụng thuốc ngủ kê đơn. Dữ liệu từ CDC chỉ ra rằng 4% số người trên 20 tuổi sử dụng các sản phẩm hỗ trợ giấc ngủ dạng kê đơn, bao gồm 5% số phụ nữ và 3.1% số nam giới. Các thuốc ngủ kê đơn cho tình trạng mất ngủ bao gồm: benzodiazepine, melatonin, histamine, orexin. Các loại thuốc khác như thuốc chống trầm cảm hoặc một số loại thuốc kê đơn sử dụng ngoài hướng dẫn cũng được sử dụng cho các trường hợp mất ngủ. Các thuốc kê đơn và không kê đơn cũng có thể gây ra các phản ứng phụ và tương tác với các loại thuốc khác. Đa số các loại thuốc này chỉ nên sử dụng trong một thời gian ngắn và không phải là giải pháp triệt để cho vấn đề mất ngủ.

Một giải pháp tốt hơn đang được sử dụng rỗng rãi đó là thiết bị theo dõi chất lượng giấc ngủ. Theo một cuộc khảo sát năm 2023 của Viện Hàn lâm Y học Giấc ngủ Mỹ (AASM), hơn 1/3 người Mỹ đã sử dụng thiết bị để theo dõi giấc ngủ. Mỗi thiết bị đều cung cấp thông tin về thời gian ngủ, chất lượng giấc ngủ và các giai đoạn ngủ. Một số thiết bị cũng có thể cho bạn biết về môi trường ngủ (tiếng ồn, nhiệt độ trong phòng). Các chuyên gia đều khẳng định thiết bị theo dõi giấc ngủ hoạt động hiệu quả trong việc đo thời gian ngủ.

## Các sản phẫm hiện có trên thị trường

### Máy kiểm tra chất lượng giấc ngủ mã SE 80

|  |  |
| --- | --- |
| Thông số kỹ thuật | Model: SE80   * Thương hiệu: Beurer * https://www.winmart.onl/assets/media/images/products/02311/se_80_0328_214657_Asffl6.pngXuất xứ: Đức * Kiểm tra giấc ngủ * Kiểm tra nhịp tim * Kiểm tra nhịp thở * Kết nối Bluetooth * Hiển thị đồ họa (d/w /m) * Kích thước sản phẩm: 18x12x10 cm * Trọng lượng (KG): 0.25 |
| Đặc điểm nổi bật sản phẩm | * Theo dõi nhịp tim, nhịp thở và sự trọn vẹn của giấc ngủ bạn * Truyền dữ liệu thông qua công nghệ Smart Bluetooth * Ghi giai đoạn giấc ngủ chính xác * Hiển thị đồ họa (ngày / tuần / tháng) * Chức năng để phát hiện sự ngắt quãng trong hơi thở của bạn * Tiết kiệm năng lượng công nghệ Bluetooth thông minh |
| Mô tả tính năng | * Đo nhịp tim, nhịp thở, cử động cơ thể, phát hiện ngắt quãng hơi thở. * Phân tích giấc ngủ (REM, sâu, nhẹ) qua ứng dụng “beurer Sleep Expert”. * Dữ liệu hiển thị đồ họa (ngày/tuần/tháng), truyền qua Bluetooth. * Thiết kế nhỏ gọn, sang trọng, an toàn, nhập khẩu từ Đức. |

### **Fitbit Sense và Fitbit Inspire 3**

|  |  |
| --- | --- |
| Đồng hồ thông minh và vòng đeo tay. | A close up of a smart watch  Description automatically generated |
| **Tính năng**: | * Đo SpO2 (độ bão hòa oxy trong máu) trong khi ngủ. * Theo dõi các giai đoạn ngủ và thời gian thức giấc. * Báo cáo chi tiết về xu hướng giấc ngủ qua ứng dụng Fitbit. |
| **Ưu điểm** | * Đa chức năng, tích hợp nhiều tính năng sức khỏe khác |

### **Withings Sleep Analyzer**

|  |  |
| --- | --- |
| Tấm cảm biến đặt dưới đệm. | A black and white logo  Description automatically generated |
| **Tính năng**: | * Theo dõi giấc ngủ mà không cần đeo thiết bị. * Đo nhịp tim, nhịp thở, và phát hiện chứng ngưng thở khi ngủ. * Đưa ra báo cáo giấc ngủ chi tiết qua ứng dụng. |
| **Ưu điểm** | Không gây khó chịu vì không phải đeo khi ngủ. |

## Mục tiêu

Thiết bị theo dõi chất lượng giấc ngủ là hệ thống sử dụng các cảm biến sinh học và công nghệ xử lý dữ liệu nhằm thu thập, phân tích các chỉ số của người dùng khi ngủ. Dựa vào các chỉ số này, hệ thống có thể cung cấp thông tin chi tiết về chất lượng giấc ngủ và phát hiện sớm các bất thường, giúp người dùng điều chỉnh giấc ngủ và thói quen sinh hoạt.

Các thiết bị theo dõi giấc ngủ gấn đây xuất hiện tại thị trường Việt Nam và phát triển cùng với nhu cấu chăm lo cho sức khoẻ ngày càng lớn của người dân. Song các sản phẩm trên thị trường tương đối đắt đỏ cũng như chất lượng không được ổn định. Vì vậy nhóm mong muốn thiết kế một sản phẩm đơn giản, tiện lợi, thoải mái với giả cả phải chăng mà vẫn đáp ứng đầy đủ nhu cầu của người dùng.

# CƠ SỞ LÍ THUYẾT

Giấc ngủ có vai trò quan trọng đối với sức khỏe tổng thể, góp phần tái tạo năng lượng, duy trì chức năng của hệ thần kinh, và hỗ trợ sự phát triển của các tế bào. Các rối loạn giấc ngủ, như mất ngủ, ngủ ngắt quãng, hay ngưng thở khi ngủ, có thể gây ra nhiều vấn đề sức khỏe như cao huyết áp, tiểu đường, và các bệnh tim mạch.

Các yếu tố như nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng và tiếng ồn cũng ảnh hưởng trực tiếp đến giấc ngủ, tăng nguy cơ mắc các vấn đề giấc ngủ như ngưng thở khi ngủ, mất ngủ và rối loạn nhịp thở.

Chu kỳ ngủ - thức của con người được quy định bởi một đồng hồ sinh học trong bộ não, nó luôn cân bằng thời gian ngủ và thức của cơ thể con người. Giấc ngủ tốt là một phần cơ bản của cuộc sống khỏe mạnh, giúp cho mọi hoạt động của cơ thể và trạng thái tinh thần được cải thiện.

## Các giai đoạn giấc ngủ

Giấc ngủ chia thành nhiều giai đoạn và sự cân bằng giữa các giai đoạn này rất quan trọng:

* Ngủ nông (NREM giai đoạn 1 và 2): Là giai đoạn đầu tiên khi bạn bắt đầu ngủ, chiếm khoảng 50% tổng thời gian ngủ. Thời gian dài trong giai đoạn này có thể chỉ ra giấc ngủ không sâu hoặc không thoải mái.
* Ngủ sâu (NREM giai đoạn 3): Đây là giai đoạn phục hồi quan trọng nhất, nơi cơ thể sửa chữa các mô, tái tạo năng lượng, và củng cố hệ miễn dịch.
* Giấc ngủ REM (Rapid Eye Movement): Là giai đoạn mà giấc mơ thường diễn ra, quan trọng cho việc củng cố trí nhớ và học hỏi. Một giấc ngủ chất lượng cần đủ thời gian trong giai đoạn REM, chiếm khoảng 20-25% tổng thời gian ngủ.

Thiết bị theo dõi chất lượng giấc ngủ là hệ thống sử dụng các cảm biến sinh học và công nghệ xử lý dữ liệu nhằm thu thập, phân tích các chỉ số của người dùng khi ngủ. Dựa vào các chỉ số này, hệ thống có thể cung cấp thông tin chi tiết về chất lượng giấc ngủ và phát hiện sớm các bất thường, giúp người dùng điều chỉnh giấc ngủ và thói quen sinh hoạt.

## Các chỉ số sinh học cần theo dõi

* 1. ***Nhịp tim***
* Tác động

Nhịp tim là một chỉ số quan trọng giúp xác định các giai đoạn khác nhau của giấc ngủ, chẳng hạn như giai đoạn REM và NREM. Trong khi ngủ, nhịp tim thường giảm so với khi thức, thể hiện trạng thái thư giãn của cơ thể. Bất kỳ sự thay đổi đột ngột nào về nhịp tim có thể là dấu hiệu của căng thẳng, ngáy, hoặc rối loạn giấc ngủ như ngưng thở khi ngủ.

Trạng thái bình thường khi thức: Nhịp tim thường rơi vào khoảng 60–100 nhịp/phút (BPM) khi ở trạng thái nghỉ.

Trong giấc ngủ, nhịp tim thường giảm xuống 40–60 BPM, đặc biệt là trong giai đoạn ngủ sâu (giai đoạn NREM).

Trong giai đoạn giấc ngủ REM, nhịp tim có thể trở nên không đều và có xu hướng tăng nhẹ trở lại, có thể rơi vào khoảng 50–70 BPM, phụ thuộc vào nội dung của giấc mơ và mức độ căng thẳng của cơ thể.

* Dạng tín hiệu

Tín hiệu dạng sóng với biên độ và tần số biến đổi. Các giai đoạn giấc ngủ khác nhau có thể liên quan đến nhịp tim khác nhau, thường thấp hơn khi ngủ sâu và dao động nhanh hơn trong giai đoạn REM.

* Thiết bị đo

Cảm biến PPG, MAX30102,…

* 1. ***Tần suất thở***
* Tác động

Nhịp thở giảm khi cơ thể bước vào các giai đoạn giấc ngủ sâu hơn. Bất kỳ sự thay đổi bất thường nào trong tần suất thở, chẳng hạn như tạm ngưng thở (sleep apnea), có thể ảnh hưởng đến chất lượng giấc ngủ và là dấu hiệu của các vấn đề về sức khỏe.

Giấc ngủ sâu và giấc ngủ REM thường đi kèm với nhịp thở chậm và đều đặn hơn.

Trạng thái bình thường khi thức: Nhịp thở của người trưởng thành trung bình từ 12–20 lần thở/phút.

Trong suốt giấc ngủ, nhịp thở thường giảm xuống, khoảng 12–16 lần thở/phút ở người lớn khỏe mạnh.

Ở giai đoạn ngủ sâu (NREM), nhịp thở thường rất đều và chậm. Trong giai đoạn giấc ngủ REM, nhịp thở có thể trở nên không đều hơn và thỉnh thoảng nhanh hơn, do sự hoạt động tăng cao của não bộ trong giai đoạn này.

* Dạng tín hiệu

Tín hiệu dạng sóng có chu kỳ, phản ánh sự thay đổi nhịp nhàng của nhịp thở. Tín hiệu bị ngưng hoặc dao động bất thường có thể cho thấy ngưng thở khi ngủ.

* Thiết bị đo

Cảm biến hô hấp. MAX30102, …

* 1. ***Cử động cơ thể***
* Tác động: Cử động cơ thể trong khi ngủ thường xảy ra trong giai đoạn nhẹ của giấc ngủ hoặc khi chuyển đổi giữa các giai đoạn. Cử động quá nhiều có thể báo hiệu giấc ngủ không yên hoặc chất lượng kém, do các yếu tố như ngáy, ngủ mơ, hoặc căng thẳng.
* Dạng tín hiệu: Tín hiệu dao động ngắn hoặc đột ngột khi có chuyển động lớn, tín hiệu nhỏ khi cử động nhẹ hoặc nhỏ.
* Thiết bị đo: Cảm biến chuyển động (IMU), cảm biến gia tốc MPU6050,…
  1. ***Nhiệt độ cơ thể***
* Tác động: Nhiệt độ cơ thể thay đổi trong khi ngủ có thể giúp xác định các giai đoạn của giấc ngủ. Nhiệt độ thường giảm dần khi vào giấc ngủ và tăng lên khi gần thức dậy. Thay đổi nhiệt độ bất thường có thể ảnh hưởng đến sự thoải mái khi ngủ.
* Dạng tín hiệu: Tín hiệu nhiệt độ liên tục hoặc dạng sóng theo chu kỳ, biểu thị sự thay đổi nhiệt độ cơ thể trong đêm.
* Thiết bị đo: Cảm biến nhiệt độ tiếp xúc (như cảm biến hồng ngoại).
  1. ***Nhiệt độ và độ ẩm môi trường***
* Tác động: Môi trường ngủ với nhiệt độ và độ ẩm lý tưởng giúp cơ thể dễ dàng vào trạng thái nghỉ ngơi sâu. Điều kiện môi trường không phù hợp (quá nóng, quá lạnh hoặc độ ẩm không đúng mức) có thể làm gián đoạn giấc ngủ.
* Dạng tín hiệu: Tín hiệu nhiệt độ và độ ẩm dạng sóng hoặc tuyến tính, đo liên tục trong thời gian ngủ.
* Thiết bị đo: Cảm biến nhiệt độ và độ ẩm (như DHT22, HTU21D).

### Ngáy ngủ

Ngáy thường liên quan đến các vấn đề về hô hấp, như ngưng thở khi ngủ, làm giảm chất lượng giấc ngủ.

Sử dụng micro phát hiện ngáy ngủ.

# PHÂN TÍCH YÊU CẦU HỆ THỐNG

## Yêu cầu chức năng

* Đo đạc và thu thập được các chỉ số: nhịp tim, nhịp thở, tần suất ngáy, nhiệt độ cơ thể, nhiệt độ phòng, cử động cơ thể.
* Phân tích dữ liệu từ nhịp tim, thở, âm thanh và chuyển động cơ thể để xác định các giai đoạn giấc ngủ.
* Hiển thị các thông số trên màn OLED
* Gửi dữ liệu thu thập được lên web server và hiển thị thông tin phân tích trên website cho người dùng truy cập.

## Yêu cầu phi chức năng

* Thiết kế website: Giao diện đơn giản, dễ sử dụng, hiển thị các chỉ số nhịp tim, nhiệt độ, khả năng ngáy ngủ, chuyển động của cơ thể trong quá trình ngủ
* Thời gian website phản hồi không quá 2s
* Cập nhật thông tin lên website trong khoảng thời gian 10 phút 1 lần.
* Nguồn cung cấp: 9V
* Độ chính xác trên 90%
* Hoạt động liện tục 9h suốt quá trình ngủ
* Thiết bị gọn nhẹ 10x10x5cm, nặng không quá 100g
* Sử dụng các cảm biến sẵn có, phổ biến trên thị trường

# THIẾT KẾ PHẦN CỨNG

## Sơ đồ hệ thống

* Thu thập dữ liệu từ các cảm biến: Các cảm biến sinh học và môi trường sẽ thu thập dữ liệu về nhịp tim, âm thanh, chuyển động và các yếu tố môi trường.
* Xử lý và phân tích dữ liệu: Dữ liệu được xử lý qua vi điều khiển ESP32 đưa ra đánh giá chất lượng giấc ngủ, phát hiện bất thường
* Hiển thị: Dữ liệu đo được sẽ được hiển thị trên màn hình OLED và được đẩy lên website cho người dùng theo dõi

Hình 1: Sơ đồ khối hệ thống

A diagram of a cell phone

Description automatically generated

## A computer circuit board with many wires Description automatically generated with medium confidenceMạch nguyên lí

Hình 2: Mạch nguyên lí

## Danh sách linh kiện

### Khối điều khiển

Dựa trên các yêu cầu chức năng và phi chức năng của hệ thống, ta có thể lựa chọn được các vi xử lý sau trên thị trường: ESP8266, ESP32, Raspberry Pi Pico W. Dưới đây là bảng so sánh thông số phần cứng của các loại vi xử lý có thể lựa chọn:

***Bảng 1.*** *So sánh các Vi xử lý lựa chọn*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tiêu chí** | **ESP8266** | **ESP32** | **Raspberry Pi Pico W** |
| A close-up of a computer chip  Description automatically generated | | | |
| MCU | Xtensa Single-Core 32-bit L106 | Xtensa Dual-Core 32-bit LX6 | Dual-Core 32-bit ARM Cortex M0+ RP2040 |
| CPU Clock | 80 MHz | 160-240 MHz | 133 MHz |
| Khả năng kết nối Wi-Fi/Bluetooth | Chỉ hỗ trợ kết nối Wifi | Hỗ trợ kết nối Wi-Fi và Bluetooth | Hỗ trợ kết nối Wi-Fi và Bluetooth |
| Chuẩn Wireless | Chip HT20  IEEE 802.11 b/g/n (2.4GHz) | Chip HT40  IEEE 802.11 b/g/n (2.4GHz)  Bluetooth 4.2 | Chip CYW43439  IEEE 802.11 b/g/n (2.4GHz)  Bluetooth 5.2 |
| SRAM | 160 kB | 512 kB | 264 kB |
| Flash | SPI Flash, 16 MB | SPI Flash, 16 MB | Q-SPI Flash, 2 MB |
| Số GPIO | 17 GPIO | 34 GPIO | 26 GPIO |
| Tích hợp anten | Có tích hợp anten | Có tích hợp anten | Có tích hợp anten |
| SPI/I2C/I2S/UART | 2/1/2/2 | 4/2/2/2 | 2/2/\_/2 |
| PWM | 8 Channels | 16 Channels | 16 Channel |
| ADC | 10-bit | 12-bit | 3x12-bit |
| Điện áp hoạt động | 2.5V - 3.6V | 2.6V - 3.6V | 2V - 5V |
| Dòng tiêu thụ | 70mA - 200mA  (Deep sleep: A) | 160mA - 240mA  (Deep sleep: A) | 90mA - 130mA  (Deep sleep: A) |
| Khả năng mở rộng | Có khả năng mở rộng nhưng bị hạn chế về số GPIO và không có Bluetooth | Có khả năng mở rộng mạnh mẽ nhất với nhiều GPIO, hỗ trợ cả Wifi và Bluetooth | Có khả năng mở rộng linh hoạt nhờ có PIO (Programmable High-Speed IO) |
| Giá thành | 90.000 Đ | 125.000 Đ | 240.000 Đ |

### Khối cảm biến

1. *Cảm biến nhịp tim*

***Bảng 2.*** *So sánh các các cảm biến nhịp tim*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tiêu chí** | **MAX30102** | **AD8232** |
| A close-up of a computer chip  Description automatically generated | | |
| Loại cảm biến | Cảm biến quang học | Cảm biến điện tâm đồ (ECG) |
| Thông số đo | Nhịp tim, độ bão hòa oxy trong máu (SpO2) | Tín hiệu điện tim (ECG), Phát hiện các bất thường điện tim, ứng dụng y tế chuyên sâu |
| Cách thức hoạt động | Sử dụng ánh sáng LED và cảm biến quang để đo sự thay đổi lượng máu chảy qua mạch máu bằng cách chiếu ánh sáng vào da và đo lượng ánh sáng phản xạ lại | Đo điện áp từ tín hiệu điện tim qua các điện cực |
| Ưu điểm | Dễ sử dụng, không xâm lấn | Độ chính xác cao |
| Nhược điểm | Độ chính xác có thể bị ảnh hưởng bởi chuyển động, ánh sáng môi trường | Cần tiếp xúc trực tiếp với da, mạch điện phức tạp hơn |
| Kích thước | Nhỏ gọn, dễ dàng tích hợp vào thiết bị đeo | Kích thước vừa phải, cần nhiều không gian cho điện cực |
| Ứng dụng | Thiết bị theo dõi sức khỏe, smartwatch, fitness | Theo dõi sức khỏe tim mạch, nghiên cứu y tế |
| **Thông số kỹ thuật** | | |
| Kết nối | Giao thức I2C | Giao thức analog |
| Điện áp hoạt động | 1.8-3.3-5 VDC | 2.0-3.5 VDC (Mức danh định là 3.3 VDC) |
| Kích thước | 20.6 x 15.5 x 0.3 mm | Khá nhỏ gọn, khoảng 3.6 x 2.8mm |
| Thông số khác | Bước sóng hồng ngoại: 880 nm và 660 nm  Dải đo nhịp tim: 30 bpm đến 240 bpm.  Dải đo độ bão hòa oxy: 0% - 100% (có thể đo chính xác từ 70% trở lên) | Tích hợp chức năng phát hiện khi điện cực bị rời khỏi da  Có chân tắt: Cho phép tắt mạch khi không sử dụng, giúp tiết kiệm năng lượng  Module AD8232 được trang bị jack 3.5mm để kết nối với các điện cực sinh học |
| Giá thành | 30.000 Đ | 118.000 Đ |

1. *Cảm biến nhiệt độ và độ ẩm*

Trong số các lựa chọn trên thị trường, nhóm chúng đã chọn ra ba loại cảm biến phổ biến: DHT11, DHT22 và SHT31. Mỗi cảm biến này đều có những ưu điểm và hạn chế riêng. Sau đây là phần so sánh của 3 loại cảm biến trên:

***Bảng 3.*** *So sánh các cảm biến nhiệt độ, độ ẩm*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tiêu chí** | **DHT11** | **DHT22** | **SHT31** |
| A white and black device  Description automatically generated | | | |
| Loại cảm biến | Đây là một cảm biến nhiệt độ và độ ẩm phổ biến và dễ sử dụng nhất. Nó thường được lựa chọn cho các dự án đơn giản và giá rẻ | Đây là loại cảm biến nhiệt độ và độ ẩm kỹ thuật số, được sử dụng rộng rãi trong các dự án điện tử, IoT. So với DHT11, DHT22 có độ chính xác cao hơn và phạm vi đo rộng hơn, phù hợp với nhiều ứng dụng phức tạp hơn | SHT31 là một cảm biến nhiệt độ và độ ẩm kỹ thuật số có độ chính xác cao, được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng đòi hỏi độ tin cậy cao như khí tượng, nông nghiệp, HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) và các ứng dụng công nghiệp khác |
| Ưu điểm | Giá rẻ, dễ sử dụng | | Độ chính xác cao, tốc độ phản hồi nhanh |
| Nhược điểm | Độ chính xác không cao bằng các loại cảm biến khác | | Giá thành cao |
| **Thông số kỹ thuật** | | | |
| Nguồn cấp | 3.3V – 5 VDC | 3.3V – 5 VDC | 2.4V - 5.5V DC |
| Nguồn tiêu thụ | ≤ 2.5 mA | ≤ 2.5 mA | ≤ 2.6 mA |
| Thời gian đáp ứng | ~ 50 ms | ~0.5 s | < 1 s |
| Phạm vi đo nhiệt độ | 0 đến 50 °C | -40 đến 80 °C | -40 đến 125 °C |
| Độ chính xác (Nhiệt độ) | ±2 °C | ±0.5 °C | ±0.2°C (tại 0°C - 90°C) |
| Phạm vi đo độ ẩm | 20% đến 80% | 0% đến 100% | 0% đến 100% |
| Độ chính xác (Độ ẩm) | ±5% (20% - 80%) | ±2% (0% - 100%) | ±1.5% (0% - 100%) |
| Giao thức kết nối | Digital (1-wire) | Digital (1-wire) | I2C |
| Giá thành | 33.000 Đ | 60.000 Đ |  |

* 1. *Microphone*

Microphone đóng vai trò Phát hiện ngủ ngáy và các rối loạn giấc ngủ liên quan đến hô hấp như ngưng thở khi ngủ. Trong việc thu âm và xử lý tín hiệu âm thanh, nhóm chúng em có 2 lựa chọn đó là:

***Bảng 4.*** *So sánh các loại micro*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tiêu chí** | **INMP441** | **MAX9814** |
| A close-up of a device  Description automatically generated | | |
| Loại micro | Micro điện dung MEMS | Micro điện trở Electret |
| Giao thức kết nối | I2S | Analog (với mạch khuếch đại) |
| Điện áp hoạt động | 1.8V - 3.3V DC | 2.7V đến 5.5V |
| Dòng tiêu thụ | 1.4mA (tối đa) | Khoảng 2 mA |
| Chất lượng âm thanh | Độ nhạy ~ -26 dB | Độ nhạy ~ -40 dB đến -60 dB |
| Dải tần số | 65 Hz đến 15 kHz | 20 Hz đến 20 kHz |
| Tỷ số SNR | 61 dB | 60 dB |
| Kích thước | 1.5 mm x 1.5 mm | 3.5 mm x 1.5 mm |
| Giá thành | 31.000 Đ | 55.000 Đ |

1. *Cảm biến gia tốc*

Dùng để phát hiện các giai đoạn giấc ngủ dựa trên mức độ chuyển động của cơ thể. Phát hiện chuyển động nhẹ nhàng, giúp phân biệt giữa các giai đoạn giấc. Khi có sự di chuyển mạnh hơn, nó sẽ phát hiện thức giấc.

***Bảng 5.*** *So sánh các loại cảm biến gia tốc*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tiêu chí** | **MPU-6050** | **MPU-9250** | **BNO055** |
| A blue circuit board with black and yellow lights  Description automatically generated | | | |
| Loại cảm biến | Gia tốc kế và Gyroscope 6 trục | Gia tốc kế, Gyroscope và Magnetometer 9 trục | Gia tốc kế, Gyroscope và Magnetometer 9 trục |
| Ứng dụng | Robot, máy bay không người lái | Thiết bị thực tế ảo, robot, ứng dụng di động | Robot thông minh, thiết bị định vị, drone |
| Ưu điểm | Giá thành rẻ, dễ tìm mua | Có thêm cảm biến từ trường và bộ xử lý tín hiệu | Tích hợp cảm biến từ trường và khả năng tính toán định hướng tự động, có thể cung cấp thông tin 3D |
| Nhược điểm | Không có bộ xử lý tích hợp | Giá thành cao hơn MPU-6050 | Có giá thành cao nhất, đồng thời kích thước cũng lớn nhất |
| **Thông số kỹ thuật** | | | |
| Số trục | 6 (3 gia tốc + 3 gyroscope) | 9 (3 gia tốc + 3 gyroscope + 3 magnetometer) | 9 (3 gia tốc + 3 gyroscope + 3 magnetometer) |
| Giao thức giao tiếp | I2C | I2C | I2C |
| Độ nhạy gia tốc | ±2g, ±4g, ±8g, ±16g | ±2g, ±4g, ±8g, ±16g | ±2g, ±4g, ±8g, ±16g |
| Độ nhạy gyroscope | ±250, ±500, ±1000, ±2000 dps | ±250, ±500, ±1000, ±2000 dps | ±250, ±500, ±1000, ±2000 dps |
| Độ nhạy magnetometer | Không | ±4800 µT (microteslas) | ±1300 µT (microteslas) |
| Bộ xử lý tín hiệu | Có (Digital Motion Processor - DMP) | Có (Digital Motion Processor - DMP) | Có (Bộ điều khiển định hướng) |
| Tính năng định hướng | Không | Có | Có (cung cấp dữ liệu định hướng 3D) |
| Tính toán kết hợp | Không | Có | Có (tích hợp các thuật toán định hướng) |
| Kích thước | 20mm x 20mm x 3.5mm | 3mm x 3mm x 1mm | 5mm x 4mm x 1mm |
| Nhiệt độ hoạt động | -40°C đến +85°C | -40°C đến +85°C | -40°C đến +85°C |
| Công suất tiêu thụ | 20mA | 20mA | 11mA |
| Giá thành | 46.000 Đ | 122.000 Đ |  |

### Khối hiển thị

Đối với dự án này, khối hiển thị có vai trò hiển trị nhiệt độ, độ ẩm và nhịp tim một cách trực quan cho người dùng. Có 2 loại màn hình phổ biến đó là Màn hình LCD 2004 + Module I2C và Màn hình OLED 1.3” 128x64 I2C.

***Bảng 6.*** *So sánh các loại màn hình*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tiêu chí** | **Màn Hình LCD 2004 + Module I2C** | **Màn Hình OLED 1.3” 128x64 I2C** |
| A close-up of several electronic components  Description automatically generated | | |
| Loại màn hình | LCD (Liquid Crystal Display) | OLED (Organic Light Emitting Diode) |
| Độ tương phản | Thấp hơn, phụ thuộc vào góc nhìn | Cao hơn, nhìn rõ từ nhiều góc |
| Tiêu thụ năng lượng | Cao hơn so với OLED | Thấp hơn, đặc biệt khi hiển thị hình ảnh tối |
| Thời gian phản hồi | Chậm hơn | Nhanh hơn |
| Ứng dụng | Thích hợp cho các dự án cần hiển thị văn bản đơn giản | Thích hợp cho các ứng dụng yêu cầu hiển thị đồ họa, biểu đồ, hoặc văn bản phức tạp |
| Độ bền | Tốt nhưng có thể bị hỏng khi va đập mạnh | Tốt hơn và không bị hỏng khi va đập nhẹ |
| **Thông số kỹ thuật** | | |
| Độ phân giải | 20 ký tự x 4 dòng | 128 x 64 pixel |
| Kích thước | 41.5 x 19 x 15.3 mm | 35 x 27 x 10 mm |
| Điện áp | 2.5 – 5 VDC | 2.2 – 5.5 VDC |
| Giao thức kết nối | Parallel (hoặc I2C) | I2C |
| Giá thành | 96.000 Đ |  |

### Khối cảnh báo

1. *Cảnh báo bằng âm thanh*

Bên cạnh chức năng theo dõi chất lượng giấc ngủ, hệ thống có chức năng phát ra cảnh báo nếu phát hiện những bất thường của người sử dụng. Nhóm chúng em đã lựa chọn được 2 loại mạch khuếch đại âm thanh khả dụng là **PAM8403** và và **MAX98357A I2S Class D Amplifier**. Loại loa lựa chọn là 8 W.

***Bảng 7.*** *So sánh các loại mạch khuếch đại âm thanh*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tiêu chí** | **PAM8403** | **MAX98357A** |
| A close-up of a circuit board  Description automatically generated | | |
| Loại khuếch đại | Class D | Class D |
| Điện áp hoạt động | 2.5V - 5.5V | 3.2V - 5.5V |
| Công suất đầu ra | 3W (2x3W stereo 4Ω) | 3.2W (mono 4Ω) |
| Kết nối âm thanh | Analog (thông qua chân audio in) | Digital (I2S - Inter-IC Sound) |
| Tỷ số SNR | 90 dB | 90 dB |
| Điều khiển âm lượng | Không tích hợp, cần điều chỉnh bên ngoài | Tích hợp I2S để điều chỉnh |
| Kích thước | 14x21 mm | 16x12 mm |
| Giá thành | 15.000 Đ | 32.000 Đ |

## Lựa chọn linh kiện và tính toán công suất

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| A close-up of a computer chip  Description automatically generated | A close-up of a computer chip  Description automatically generated | A purple and gold electronic device  Description automatically generated |
| A small purple and silver device  Description automatically generated | A blue circuit board with black and yellow chips  Description automatically generated | A small blue electronic device  Description automatically generated |

### Vi xử lí ESP32

ESP32 là một module IoT(internet of thing) Hệ thống trên chip (SoC) có chi phí thấp và công suất thấp do Espressif phát triển. ESP32 được thiết kế trên kiến trúc 32bit với 2 core CPU hoạt động 1 cách độc lập có thể dễ dàng điều khiển.

|  |  |
| --- | --- |
| Bộ xử lý | * CPU: Bộ vi xử lý Xtensa lõi kép (hoặc lõi đơn) 32-bit LX6, hoạt động ở tần số 160 hoặc 240 MHz và hoạt động ở tối đa 600 DMIPS * Bộ đồng xử lý (co-processor) công suất cực thấp (Ultra-low power) |
| Bộ nhớ | * 448 KB bộ nhớ ROM cho việc booting và các tính năng lõi * 520 KB bộ nhớ SRAM trên chip cho dữ liệu và tập lệnh |
| Kết nối không dây | * Wi-Fi: 802.11 b/g/n/e/i * Bluetooth: v4.2 BR/EDR and BLE |
| Ngoại vi INPUT/OUTPUT | * ADC SAR 12 bit, 18 kênh (ADC1: GPIO32-GPIO39; ADC2: GPIO0-GPIO15) * DAC 2 kênh, 8-bit (GPIO25, GPIO26) * 10 chân cảm ứng chạm: GPIO4, GPIO0, GPIO2, GPIO15, GPIO13, GPIO12, GPIO14, GPIO27, GPIO33, GPIO32 * UART (Giao tiếp nối tiếp):   + TX (UART0\_TXD): GPIO1.   + RX (UART0\_RXD): GPIO3. * I2C (Giao tiếp 2 dây):   + SDA: GPIO21.   + SCL: GPIO22. * SPI (Giao tiếp tốc độ cao):   + MOSI: GPIO23.   + MISO: GPIO19.   + SCK: GPIO18.   + CS: GPIO5. * 2 giao diện I²S * Bộ điều khiển hồng ngoại từ xa (TX/RX, lên đến 8 kênh) * Tất cả các chân GPIO hỗ trợ PWM, dùng để điều khiển thiết bị như LED hoặc động cơ. * Một số chân GPIO như GPIO0, GPIO2, GPIO4, GPIO12, GPIO15… hỗ trợ chức năng RTC. |
| Bảo mật | * Hỗ trợ tất cả các tính năng bảo mật chuẩn IEEE 802.11, bao gồm WFA, WPA/WPA2 và WAPI * Secure boot * Mã hoá flash * 1024-bit OTP, lên đến 768-bit cho khách hàng * Tăng tốc mã hóa phần cứng: AES, SHA-2, RSA, elliptic curve cryptography (ECC, tạm dịch: mật mã đường cong ellip), trình tạo số ngẫu nhiên (random number generator) |
| Quản lý năng lượng | * Bộ ổn áp nội với điện áp rơi thấp (internal low-dropout regulator) * Miền nguồn riêng (individual power domain) cho RTC * Dòng 5 μA cho chế độ deep sleep * Trở lại hoạt động từ ngắt GPIO, timer, đo ADC, ngắt với cảm ứng điện dung |

A black circuit board with many different colored text

Description automatically generated

Hình 3: Sơ đồ chân vi xử lí ESP32

* Ứng dụng

ESP32 được ứng dụng trong các dự án IoT. Một lợi ích đáng kể của ESP32 là **mức tiêu thụ điện năng thấp** . ESP32 có thể được cấp nguồn bằng một cục pin nhỏ. Nó cũng đi kèm với kết nối Wi-Fi và Bluetooth tích hợp, giúp ESP32 dễ dàng thiết lập kết nối với internet và các thiết bị khác.

* Thiết bị IoT.
* SmartHome.
* Thiết bị đeo theo dõi.
* Robotics.
* Điều khiển từ xa.
* Automotive.
* A table with numbers and symbols

  Description automatically generatedCông suất

Theo datasheet ESP32, ta thấy ESP32 tại trạng thái hoạt động sẽ tiêu thụ lớn nhất *Pmax*

### Cảm biến nhịp tim MAX30102

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Chế độ hoạt động** | **Mô tả** | **Mức tiêu thụ** |
| SpO2 và Heart Rate Mode | Chế độ đo SpO2 và nhịp tim | 600 µA |
| IR Only Mode | Chỉ sử dụng LED hồng ngoại (IR). | 600 µA |
| Shutdown Mode | Tắt cảm biến, tiêu thụ năng lượng rất thấp. | 0.7 µA |

Hiệu điện thế dùng cho sensor là:

Current consumption:

PowerConsumption:

### Module mpu6050

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Chế độ** | **Mô tả** | **Mức tiêu thụ** |
| Gyroscope + Accelerometer + DMP | Tất cả các thành phần hoạt động. | 3.9 mA |
| Gyroscope + Accelerometer (DMP disabled) | Chỉ bật gyro và accel, không dùng DMP. | 3.8 mA |
| Gyroscope + DMP (Accelerometer disabled) | Tắt accel, bật gyro và DMP. | 3.7 mA |
| Gyroscope only | Chỉ bật con quay hồi chuyển. | 3.6 mA |
| Accelerometer only | Chỉ bật gia tốc kế. | 500 µA |
| Low Power Mode (Accelerometer) | Phụ thuộc vào tần số mẫu (1.25 Hz đến 40 Hz). | 10 µA - 140 µA |

Hiệu điện thế dùng cho sensor là:

Current consumption:

Power Consumption:

### Module sht31

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Chế độ** | **Mô tả** | **Mức tiêu thụ** |
| Idle state (Single Shot Mode) | Dòng tiêu thụ khi cảm biến không thực hiện đo lường ở chế độ Single Shot. | Điển hình: 0.2 µA, Tối đa: 2.0 µA |
| Idle state (Periodic Mode) | Dòng tiêu thụ khi cảm biến không thực hiện đo lường ở chế độ định kỳ. | Điển hình: 45 µA, Tối đa: 70 µA |
| Measuring | Dòng tiêu thụ khi cảm biến đang thực hiện đo lường. | Điển hình: 800 µA, Tối đa: 1500 µA |
| Average (1 phép đo/giây, độ lặp thấp) | Dòng tiêu thụ trung bình khi cảm biến đo 1 lần/giây với độ chính xác thấp. | Điển hình: 2 µA |

Hiệu điện thế dùng cho sensor là:

Current consumption:

PowerConsumption:

### Max9814

Hiệu điện thế dùng cho sensor là:

Current consumption:

PowerConsumption:

### Tổng công suất

Tổng công suất:

Như vậy, với đầu ra công suất tối đa của module ESP32 trên mạch thì hoàn toàn đáp ứng đủ công suất cho ESP32 và các ngoại vi khác.

## Giao tiếp I2C

I2C (Inter-Integrated Circuit) là một giao thức giao tiếp nối tiếp phổ biến được sử dụng để kết nối các vi điều khiển với các thiết bị ngoại vi (như cảm biến, bộ nhớ, màn hình, ADC, DAC, v.v.).

### Đặc điểm chính của giao thức I2C

|  |  |
| --- | --- |
| Chế độ giao tiếp | I2C là giao thức đa thiết bị và nhiều master-slave, nghĩa là:   * Có thể có một hoặc nhiều master và một hoặc nhiều slave trên cùng một bus. * Master là thiết bị điều khiển bus (thường là vi điều khiển). * Slave là thiết bị ngoại vi như cảm biến hoặc module khác. |
| Tốc độ truyền dữ liệu: | * + Standard mode: 100 kbps.   + Fast mode: 400 kbps.   + Fast mode plus: 1 Mbps.   + High-speed mode: 3.4 Mbps. |
| Số lượng dây cần thiết: | * + SCL (Serial Clock Line): Đồng hồ tín hiệu do master tạo ra.   + SDA (Serial Data Line): Đường dữ liệu để truyền thông tin giữa master và slave. |
| Điện trở Pull-up: | Cả SCL và SDA đều cần điện trở pull-up (thường là 4.7kΩ) để hoạt động ổn định. |

### Cách hoạt động của giao thức I2C

Giao thức I2C hoạt động dựa trên mô hình master-slave, trong đó master điều khiển tín hiệu SCL và khởi tạo giao tiếp trên SDA

|  |  |
| --- | --- |
| Địa chỉ hóa thiết bị | * Mỗi thiết bị slave trên bus I2C có một địa chỉ duy nhất (7-bit hoặc 10-bit). * Master sử dụng địa chỉ này để chọn slave cụ thể trong quá trình truyền dữ liệu. |
| Chu trình giao tiếp | Giao tiếp I2C bao gồm 3 giai đoạn chính:   * Start Condition (Điều kiện bắt đầu):   + Master kéo SDA từ mức cao xuống mức thấp trong khi SCL vẫn ở mức cao, báo hiệu bắt đầu giao tiếp. * Truyền dữ liệu:   + Dữ liệu được truyền qua SDA, đồng bộ với xung nhịp trên SCL.   + Mỗi byte (8 bit) được truyền, sau đó slave gửi một bit ACK (Acknowledge) để xác nhận đã nhận được dữ liệu. * Stop Condition (Điều kiện kết thúc):   + Master kéo SDA từ mức thấp lên mức cao trong khi SCL vẫn ở mức cao, báo hiệu kết thúc giao tiếp. |
| Frame dữ liệu I2C | Dữ liệu trong giao thức I2C được tổ chức thành các frame như sau:   * Start Condition * Địa chỉ slave (7-bit) + Bit đọc/ghi (1-bit): Bit cuối xác định đọc (1) hoặc ghi (0). * ACK/NACK từ slave (1-bit) * Dữ liệu (8-bit): Được truyền byte từng byte. * ACK/NACK sau mỗi byte. * Stop Condition |

### Ưu nhược điểm của giao thức I2C

|  |  |
| --- | --- |
| Ưu | Nhược |
| * Tiết kiệm số lượng dây: Chỉ cần 2 dây cho cả truyền và nhận dữ liệu. * Hỗ trợ nhiều thiết bị trên cùng bus: Có thể kết nối nhiều slave với một master. * Độ ổn định: Giao tiếp đồng bộ nhờ SCL. * Tốc độ linh hoạt: Hỗ trợ nhiều chế độ tốc độ, từ 100 kbps đến 3.4 Mbps. | * Tốc độ không cao bằng SPI: I2C chậm hơn SPI do cần xử lý ACK/NACK và Start/Stop Condition. * Cần điện trở pull-up: Dễ gặp vấn đề nếu không cấu hình đúng. * Địa chỉ thiết bị bị giới hạn: Địa chỉ 7-bit chỉ cho phép kết nối tối đa 127 thiết bị (10-bit có thể dùng nhiều hơn). |

## Tổ chức đóng/ngắt trong hệ thống

Mục đích việc tổ chức đóng/ngắt để đảm bảo hiệu suất, giảm tiêu thụ năng lượng và xử lý dữ liệu hiệu quả.

### Nguyên tắc tổ chức đóng/ngắt

* Sử dụng cơ chế ngắt phần cứng và phần mềm của ESP32 để xử lý tín hiệu từ cảm biến theo thời gian thực.
* Thiết lập mức độ ưu tiên ngắt dựa trên tầm quan trọng của dữ liệu đối với phân tích giấc ngủ:
  + Ưu tiên cao: MAX30102 (nhịp tim, nhịp thở)
  + Ưu tiên trung bình: MPU-6050 (cử động cơ thể).
  + Ưu tiên thấp: MAX9814 (tiếng ngáy). SHT31 (nhiệt độ, độ ẩm).
* Quản lý ngắt bằng cờ trạng thái và hàng đợi (queue) để tránh xung đột.

### Tắt cảm biến khi không cần thiết

* ESP32 điều khiển bật/tắt cảm biến qua các chân GPIO:
  + MAX9814 và MAX30102 chỉ bật trong khoảng thời gian đo cụ thể.
  + MPU-6050 hoạt động liên tục nhưng giảm tần suất xử lý trong trạng thái ngủ sâu.
* Màn hình OLED tự động tắt sau thời gian không thao tác, chỉ bật lại khi cần hiển thị thông tin.

### Mức độ ưu tiên và xử lý ngắt

* Ngắt từ MAX30102 (Nhịp tim/Nhịp thở)
* Mức độ ưu tiên: Cao nhất
* Lý do ưu tiên: Dữ liệu về nhịp tim và nhịp thở liên quan trực tiếp đến tình trạng sức khỏe và các vấn đề nghiêm trọng như ngưng thở khi ngủ.
* Cách xử lý:
  + Khi cảm biến thu thập đủ dữ liệu (chu kỳ đo), ngắt được kích hoạt.
  + Vi điều khiển ngay lập tức dừng xử lý các ngắt ưu tiên thấp hơn để xử lý dữ liệu từ MAX30102.
  + Dữ liệu được phân tích để xác định nhịp tim, nhịp thở, và phát hiện ngưng thở.
* Ngắt từ MAX9814 (Tiếng ngáy)
* Mức độ ưu tiên: Cao
* Lý do ưu tiên: Tiếng ngáy có thể là dấu hiệu của các vấn đề như hội chứng ngưng thở khi ngủ hoặc giấc ngủ không sâu.
* Cách xử lý:
  + Khi phát hiện âm thanh vượt ngưỡng (tiếng ngáy), ngắt được kích hoạt.
  + Nếu không có ngắt từ MAX30102, ngắt từ MAX9814 sẽ được xử lý ngay.
  + Vi điều khiển ghi nhận tần suất và thời gian xảy ra tiếng ngáy để phân tích.
* Ngắt từ MPU-6050 (Cử động cơ thể)
* Mức độ ưu tiên: Trung bình
* Lý do ưu tiên: Cử động cơ thể (như trở mình) là một chỉ số đánh giá chất lượng giấc ngủ, nhưng không quan trọng bằng các dấu hiệu sức khỏe khác.
* Cách xử lý:
  + Khi phát hiện cử động đột ngột, ngắt được kích hoạt.
  + Ngắt này chỉ được xử lý khi không có ngắt từ MAX30102 hoặc MAX9814.
  + Dữ liệu cử động được lưu trữ để đánh giá hoạt động cơ thể trong các giai đoạn ngủ.
* Dữ liệu từ SHT31 (Nhiệt độ/Độ ẩm)
* Mức độ ưu tiên: Thấp
* Lý do ưu tiên: Môi trường ngủ (nhiệt độ, độ ẩm) thay đổi chậm và không yêu cầu phản hồi thời gian thực.
* Cách xử lý:
  + SHT31 không sử dụng ngắt mà đo đạc theo chu kỳ định sẵn.
  + Dữ liệu được ghi nhận trong bộ nhớ và xử lý khi vi điều khiển rảnh rỗi.

### Quy tắc ưu tiên xử lý ngắt

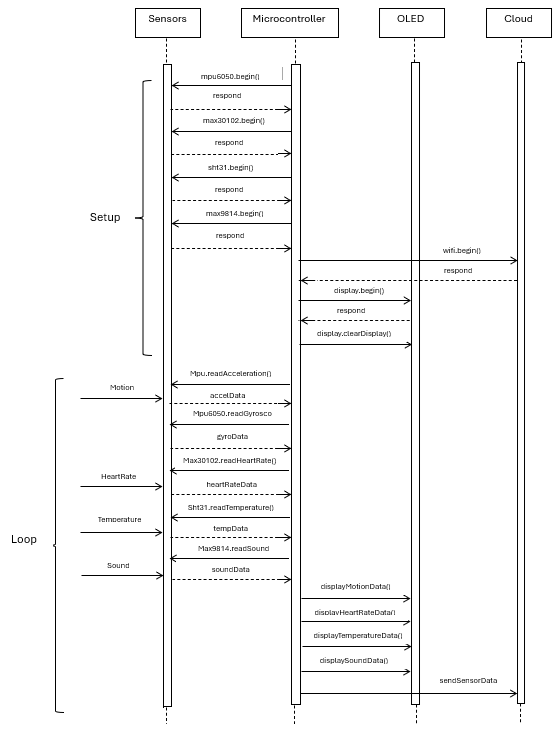
* Ngắt từ MAX30102 được xử lý ngay lập tức do mức độ quan trọng cao nhất.
* Ngắt từ MAX9814 được xử lý nếu không có ngắt từ MAX30102.
* Ngắt từ MPU-6050 chỉ được xử lý khi cả MAX30102 và MAX9814 không kích hoạt ngắt.
* Dữ liệu từ SHT31 không sử dụng ngắt mà được xử lý trong trạng thái rảnh của hệ thống.

### Luồng hoạt động đóng/ngắt

* ESP32 nhận tín hiệu từ cảm biến.
* Xử lý ngắt theo mức độ ưu tiên: Ngắt cao hơn sẽ tạm ngừng xử lý ngắt ưu tiên thấp.
* Lưu trữ dữ liệu và cập nhật trạng thái hệ thống.
* Tắt cảm biến hoặc chuyển hệ thống về chế độ tiết kiệm năng lượng khi không có sự kiện.

# THIẾT KẾ PHẦN MỀM

## 1. Sequence Diagram



Hình 4: Sequence diagram của hệ thống

### 1.1. Thành phần và vai trò

- Sensors (Cảm biến): Bao gồm MPU-6050 (đo gia tốc và con quay hồi chuyển), MAX30102 (đo nhịp tim), SHT31 (đo nhiệt độ và độ ẩm), MAX9814 (micro).

- Microcontroller (Vi điều khiển): Điều phối hoạt động của cảm biến, xử lý dữ liệu, hiển thị lên OLED và gửi dữ liệu lên Cloud.

- OLED (Hiển thị): Màn hình hiển thị thông tin cảm biến theo thời gian thực.

- Cloud (Đám mây): Nhận dữ liệu từ microcontroller để lưu trữ hoặc phân tích.

### 1.2. Giải thích từng hàm trong Sequence Diagram

* **Setup (Giai đoạn khởi tạo):**

mpu6050.begin():

* Ý nghĩa: Khởi tạo cảm biến gia tốc và con quay hồi chuyển MPU-6050.
* Kết nối: Microcontroller gửi tín hiệu khởi động (begin ()) đến cảm biến MPU-6050.
* Phản hồi: Cảm biến trả về respond để báo hiệu khởi tạo thành công.

max30102.begin():

* Ý nghĩa: Khởi tạo cảm biến nhịp tim MAX30102.
* Kết nối: Tương tự MPU-6050, microcontroller gửi lệnh khởi động và nhận phản hồi xác nhận từ cảm biến.

sht31.begin():

* Ý nghĩa: Khởi tạo cảm biến nhiệt độ - độ ẩm SHT31.
* Kết nối: Microcontroller gửi lệnh khởi động, nhận phản hồi từ cảm biến để đảm bảo nó hoạt động.

max9814.begin():

* Ý nghĩa: Khởi tạo micro khuếch đại MAX9814.
* Kết nối: Tương tự các cảm biến khác, microcontroller khởi động và nhận phản hồi.

wifi.begin():

* Ý nghĩa: Kết nối Wi-Fi để chuẩn bị gửi dữ liệu lên Cloud.
* Kết nối: Microcontroller gửi lệnh wifi.begin() và nhận phản hồi respond nếu kết nối thành công.

display.begin() / display.clearDisplay():

* Ý nghĩa: Khởi tạo màn hình OLED và xóa dữ liệu hiển thị cũ.
* Kết nối: Microcontroller khởi động màn hình OLED và nhận phản hồi xác nhận.
* **Loop (Vòng lặp chính):**

MPU-6050 (Motion Data):

A,mpu.readAcceleration():

* Ý nghĩa: Đọc dữ liệu gia tốc từ cảm biến MPU-6050.
* Dữ liệu: Trả về accData (dữ liệu gia tốc).

B,mpu.readGyroscope():

* Ý nghĩa: Đọc dữ liệu con quay hồi chuyển.
* Dữ liệu: Trả về gyroData.

MAX30102 (Heart Rate Data):

max30102.readHeartRate():

* Ý nghĩa: Đọc dữ liệu nhịp tim từ cảm biến MAX30102.
* Dữ liệu: Trả về heartRateData (giá trị nhịp tim).

SHT31 (Temperature Data):

sht31.readTemperature():

* Ý nghĩa: Đọc dữ liệu nhiệt độ từ cảm biến SHT31.
* Dữ liệu: Trả về tempData (nhiệt độ).

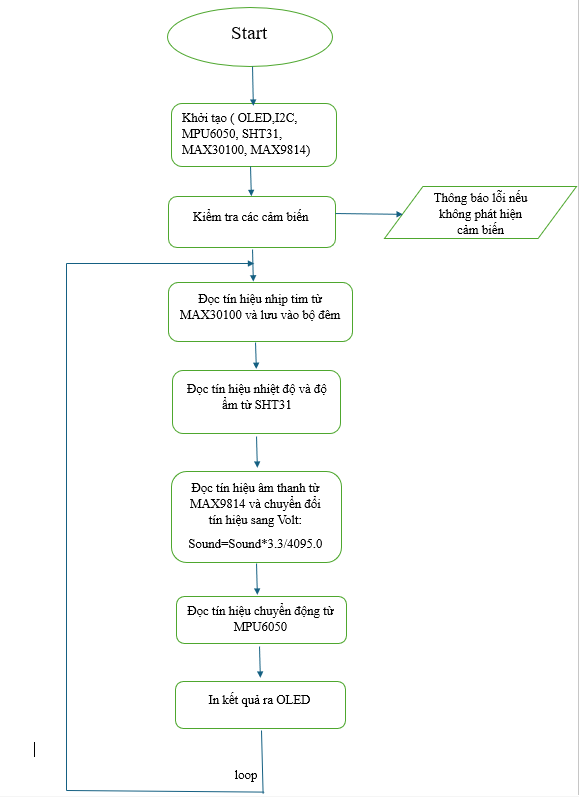
MAX9814 (Sound Data):

max9814.readSound():

* Ý nghĩa: Đọc mức âm thanh từ micro MAX9814.
* Dữ liệu: Trả về soundData (dữ liệu âm thanh, có thể là mức độ decibel).
* **Hiển thị dữ liệu trên OLED:**
* displayMotionData (): Hiển thị dữ liệu chuyển động (accData, gyroData) trên màn hình OLED.
* displayHeartRateData (): Hiển thị dữ liệu nhịp tim trên OLED.
* displayTemperatureData (): Hiển thị nhiệt độ từ cảm biến SHT31.
* displaySoundData (): Hiển thị mức âm thanh từ MAX9814.
* **Gửi dữ liệu lên Cloud: sendSensorData ():**
* Ý nghĩa: Gửi tất cả dữ liệu cảm biến (motion, heart rate, temperature, sound) lên Cloud.
* Cách thức: HTTP

### 1.3. Các kết nối giữa các thành phần

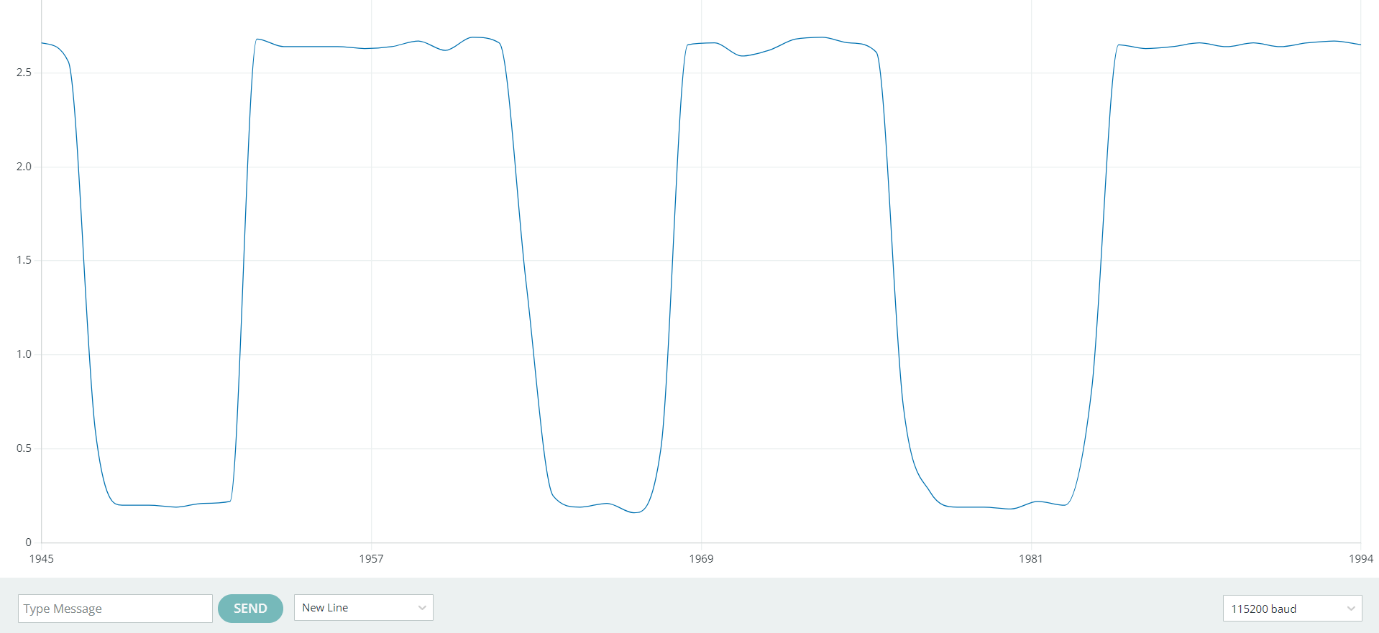
* Sensors ↔ Microcontroller:
  + Kết nối qua các giao thức như I2C
  + Các cảm biến (MPU-6050, MAX30102, SHT31) sử dụng I2C để giao tiếp với microcontroller.
  + MAX9814 sử dụng tín hiệu analog, cần qua bộ ADC (Analog-to-Digital Converter) trên microcontroller.
* Microcontroller ↔ OLED: Kết nối thông qua giao thức I2C để truyền dữ liệu hiển thị.
* Microcontroller ↔ Cloud:
  + Sử dụng Wi-Fi để truyền dữ liệu qua giao thức như HTTP
  + Microcontroller sử dụng một module Wi-Fi ESP32 để kết nối.

**2.Lưu đồ thuật toán:**

Hình 5: Lưu đồ thuật toán

# KẾT QUẢ

* Nhóm chúng em đã đo được các giá trị:
* Nhịp tim, ký hiệu HR (heart) đơn vị bpm (số lần nhịp tim đập trong 1 phút)
* Nhiệt đô, đơn vị độ C.
* Tiếng ồn: ký hiệu Sound, đo voltage V.
* Chuyển động cơ thể: ký hiệu a(x,y,z); chuyển động gia tốc : kí hiệu g(x,y,z).
* Độ ổn định của hệ thống: hệ thống có thể đo liên tục trong nhiều giờ đồng hồ mà không bị quá tải (như nóng, hỏng, lỗi,nhiễu...).
* Các kết quả được đo như nhịp tim ở những người khác nhau đều dẫn đến những kết quả khác nhau.
* Các kết quả đo được như nhiệt độ, độ ẩm về mỗi môi trường khác nhau là khác nhau. Và giá trị này được so sánh với các app đo nhiệt độ là tương đối chính xác. Có thể chênh vài độ do nhiệt độ phòng hiện tại khác nhiệt độ ngoài trời, ...
* Các kết quả đo



Hình : *Max9814 khi có tiếng ồn*

Hình này mô tả khi có tiếng ồn trên serial monitor của phần mềm Arduino IDE. Chúng em thổi hay huýt sáo để test tiếng ồn và nhận được đồ thị như trên.

Hình 7: Biểu đồ đo nhịp tim lần 1

* Hình trên mô tả kết quả đo nhịp tim lần thứ. Trục hoành hiển thị số lần lấy mẫu. Trục tung hiển thị giá trị đo nhịp tim. Từ đó ta dễ thấy nhịp tim của người này dao động trung bình từ 70-90 bpm. Ở một mức ổn định cho phép.
* Tuy nhiên vẫn có một số giá trị lệch mà ta có thể thấy vẫn có những giá trị ngoài biên dễ thấy trên đồ thị vượt ngưỡng 120. Nguyên nhân theo quan sát là do người dùng cử động cơ thể mạnh, có những hành vi như xoay người, thậm chí có những động tác muốn tháo module cảm biến MAX3010x.
* Nguyên nhân dẫn đến tác nhân như vậy là do việc tiếp xúc giữa ngón tay và cảm biến bị thay đổi dẫn đến việc đọc nhận giữ liệu tạo nên các sai số không mong muốn.

Hình 8: Biểu đồ đo nhiệt độ lần 1

* Đây là biểu đồ đo nhiệt độ cạnh môi trường khi ngủ
* Ta có thể dễ thấy được nhiệt độ có xu hướng tăng nhẹ từ 2-3 độ C rồi ổn định
* Việc tăng nhiệt nhiệt độ như vậy là do khi ngủ cơ thể tỏa ra một nguồn nhiệt qua, hơi thở, da, Điều này càng rõ ràng với một mùa đông lạnh giá như thế này vì thế ta có được kết quả như trên hình.

Hình 9: Biểu đồ đo độ ẩm lần 1

* Độ ẩm là 1 tham số phụ tham dự vào dự án này và tác động của nó với giấc ngủ hiện chưa được xác minh rõ ràng với từng trường hợp cụ thể. Vì vậy nó cũng là một hướng tiếp đến để phát triển của dự án.

Hình 10: Biểu đồ đo tiếng ồn lần 1

* Việc đo tiếng ồn như vậy dễ thấy chúng em nhiều âm thanh (tạp âm), tiếng ồn như những tiếng nói chuyện, tiếng còi xe, tiếng ngáy ngủ, ...
* Tuy nhiên với cảm biến Max9814 là 1 cảm biến khá nhạy với khả năng tự khuếch đại gain. Theo quan sát thì chúng em sẽ để ngưỡng phát hiện tiếng ồn là 1.5V
* Như vậy khi nhìn trên hình mức độ phát hiện âm thanh ồn là khá nhiều với hơn 1100 mẫu được lấy.

Hình 11: Biểu đồ đo nhịp tim lần 2

* Biểu đồ đo lần 2 này cho thấy sự ổn định hơn so với lần thứ 1. Điều này dễ thấy ở việc không xuất hiện những lần đọc nhịp tim không đúng. Những nhịp tim có giá trị không nằm trong khoảng từ (60-100).
* Ở phần cuối biểu đồ là giá trị nhịp tim lúc bị đánh thức, trước đó là lúc người thí nghiệm đã bắt đầu đi vào giấc ngủ sâu, nhịp tim cũng giảm giảm xuống theo lý thuyết nhưng sau đó đột ngột tăng lên do bị đánh thức và dần ổn định

Hình 12: Biểu đồ đo nhiệt độ lần 2

* Nhiệt độ lần 2 và lần 1 cho các mô tả tương đối giống nhau.

Hình 13: Biểu đồ đo độ ẩm lần 2

* Độ ẩm của lần 1 và lần 2 tương đối giống nhau
* Đo tiếng ồn lần 2 cũng có những đặc trưng giống của lần 1.

Kết luận tổng:

* Từ việc đo nhiều tham số cùng 1 lúc ta thấy được giá trị các tham số thay đổi tùy thuộc vào nhiều yếu tố có thể từ chính cơ thể hay những yếu tố môi trường thay đổi.
* Khi giá trị nhịp tim bắt giảm xuống, nhiệt độ cơ thể và môi trường xung quanh bắt đầu tăng rồi chững ở 1 giá trị cũng là lúc chúng ta vào giấc ngủ.
* Vẫn chưa liên kết được các tham số âm thanh, độ ẩm, gia tốc hay chuyển động cơ thể.

**Kiểm tra các trường hợp trong thuật toán**

|  |  |
| --- | --- |
| Khởi động thiết bị | Đo bình thường |
|  |  |
| Không quét được thiết bị SHT31 | Không quét được thiết bị MPU6050 |
|  |  |
| Không quét được thiết bị MAX30102 |  |
|  |  |

* Những hình ảnh trên là do các phần được viết trong chương trình phần mềm trên arduino. Chúng em có những test về hiển thị trên oled như:
* Khi không có SHT31. Hiển thị lên màn hình:” SHT31 not found!”.
* Khi không có MPU. Hiển thị lên màn hình:” MPU6050 not found!”.
* Khi không có MAX3010x. Hiển thị lên màn hình:” PulseOximeter failed!”.
* Có ngón tay. Hiển thị lên màn hình:” nhịp tim: x bpm (x khác 0), âm thanh, nhiệt độ, chuyển động cơ thể ...”.
* Không có ngón tay. Hiển thị lên màn hình: với nhịp tim x=0 thì các phần hiển thị còn lại đều như vậy.

# HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Dựa trên những kết quả ban đầu đạt được, nhóm chúng em đề xuất một số hướng phát triển tiếp theo nhằm tăng cường tính ứng dụng và hiệu quả của hệ thống theo dõi chất lượng giấc ngủ.

Nâng cấp tính năng phần cứng

- Thêm khối cảnh báo âm thanh: Cảnh báo ngay lập tức nếu phát hiện bất thường như ngưng thở, nhịp tim vượt ngưỡng, hoặc tiếng ngáy lớn bất thường sử dụng mạch khuếc đại âm thanh PAM8403

- Tích hợp pin dự phòng: Đảm bảo thiết bị hoạt động liên tục trong trường hợp mất nguồn hoặc tăng thời gian sử dụng di động.

Phát triển phần mềm

- Phát triển xây dựng Webserver: đưa dữ liệu lên Webserver để lưu lại dữ liệu và đánh giá giấc ngủ và cá nhân hóa giao diện web

- Cải thiện thuật toán xử lý dữ liệu cảm biến: Tăng độ chính xác trong việc xử lý dữ liệu từ cảm biến âm thanh MAX9814 và đưa ra đánh giá có ngáy hoặc không ngáy

# TỔNG KẾT

Qua sự hướng dẫn tận tình của thầy và anh trợ giảng, dự án đánh giá chất lượng giấc ngủ đã đem lại nhiều bài học bổ ích cho chúng em như:

* Biết cách lựa chọn linh kiện thông minh qua việc tìm hiểu thông số kỹ thuật của sản phẩm, dựa vào những sản phẩm trước hiện có đưa ra thống kê, so sánh và rút ra kết luận chọn các sản phẩm cho mình.
* Hiểu các cảm biến và đặc biệt là vi xử lý ESP32.
* Biết cách triển khai 1 hệ thống hoạt động, cách thức hoạt động của 1 hệ thống iot.
* Tính toán Công suất qua datasheet và các chức năng của linh kiện.

# TÀI LIỆU THAM KHẢO

Espressif Systems, *ESP32 Series Datasheet*, Espressif Systems, 2022.

<https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf>

Bosch Sensortec, *MPU-6050 Product Specification*, Bosch Sensortec, 2021.

[MPU-6050 Datasheet(PDF) - TDK Electronics](https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132807/TDK/MPU-6050.html)

Sensirion, *SHT3x Humidity and Temperature Sensor Datasheet*, Sensirion AG, 2022.

[SHT3X Datasheet(PDF) - List of Unclassifed Manufacturers](https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/756281/ETC2/SHT3X.html)

SparkFun, "MPU-6050 Hookup Guide," SparkFun.

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/mpu-6050-hookup-guide>