**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI**

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ**



**Nguyễn Minh Tú**

**NGHIÊN CỨU, PHÁT TRIỂN THIẾT BỊ**

**PHÁT HIỆN HƠI THỞ BẤT THƯỜNG**

**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY**

**Ngành: Công nghệ Cơ điện tử**

**Hà Nội - 2024**

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI**

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ**

**Nguyễn Minh Tú**

**NGHIÊN CỨU, PHÁT TRIỂN THIẾT BỊ**

**PHÁT HIỆN HƠI THỞ BẤT THƯỜNG**

**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHẤT LƯỢNG CAO**

**Ngành: Công nghệ Cơ điện tử**

**LỜI CẢM ƠN**

Trải qua bốn năm học tập, nghiên cứu tại Khoa Cơ học kỹ thuật và Tự động hoá, Trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội, tôi xin được gửi lời cảm ơn chân thành nhất đến Ban Giám hiệu nhà trường, Ban Chủ nhiệm khoa cùng toàn thể các thầy, cô đã tận tình hướng dẫn, truyền đạt những tri thức khoa học, kinh nghiệm thực tiễn cho mình. Đặc biệt nhất, tôi muốn gửi lời tri ân sâu sắc đến PGS.TS. Mai Anh Tuấn và Ths. Trần Ngọc Thái đã hướng dẫn, góp ý để tôi có thể hoàn thiện đề tài đồ án này.

Tôi cũng xin được gửi lời cảm ơn đến gia đình, các anh chị, các bạn, các em trong Cơ học kỹ thuật và Tự động hoá nói riêng và Trường Đại học Công nghệ nói chung đã luôn chia sẻ, động viên tôi để tôi có thể hoàn thiện bản thân cũng như trau dồi kinh nghiệm sống.

Cuối cùng, tôi muốn gửi lời cảm ơn tới các bạn lớp K65-M-CLC3 đã cùng nhau đồng hành, vượt qua bao khó khăn, thử thách trong những năm còn là sinh viên, đây sẽ là kỉ niệm đáng nhớ mãi về sau.

*Hà Nội, ngày tháng năm 2024*

*0 tháng 11 năm*

*Sinh viên*

Nguyễn Minh Tú

**TÓM TẮT**

**Tóm tắt**: Trong thời gian gần đây, các vấn đề liên quan đến hệ hô hấp đang ngày càng trở nên phổ biến hơn, điều này dẫn đến việc tăng chi phí cho việc điều trị và chăm sóc sức khỏe. Do đó, việc phát hiện sớm và chẩn đoán bệnh kịp thời là rất quan trọng để giúp bệnh nhân tiết kiệm chi phí và giảm thiểu tác động của bệnh đối với sức khỏe của họ. Mặc dù hiện nay, các thiết bị y tế tiên tiến đã giúp cho quá trình chẩn đoán và điều trị trở nên hiệu quả hơn, nhưng việc đưa ra chẩn đoán chính xác vẫn hoàn toàn phụ thuộc vào kiến thức và kinh nghiệm của các bác sĩ chuyên môn.

Nội dung chính của đồ án là: Mục tiêu của đồ án là phát triển một thiết bị thu thập dữ liệu về âm thanh hơi thở một cách chính xác và toàn diện nhất có thể. Thiết bị này sẽ được sử dụng để thu thập dữ liệu âm thanh hơi thở từ người dùng, sau đó dùng những dữ liệu này để phát triển các mô hình học máy. Mô hình học máy này sẽ được sử dụng để phát hiện các bệnh liên quan đến hệ thống hô hấp, từ đó giúp cho việc chẩn đoán sớm và điều trị các bệnh này trở nên hiệu quả hơn. Đồ án nhằm mục đích tạo ra một công cụ hữu ích, giúp cải thiện quá trình chăm sóc sức khỏe và giảm thiểu chi phí điều trị cho bệnh nhân.

***Từ khóa:*** *Hô hấp, Âm thanh, Bộ lọc, Thiết bị, Vi điều khiển.*

**LỜI CAM ĐOAN**

Tôi xin cam đoan đồ án tốt nghiệp “*Nghiên cứu, phát triển thiết bị phát hơi thở bất thường*”là công trình nghiên cứu của tôi dưới sự hướng dẫn của PGS.TS. Mai Anh Tuấn và Ths. Trần Ngọc Thái. Các tài liệu mà tôi đã sử dụng để hoàn thành khoá luận tốt nghiệp này đã được nhắc đến trong mục “Tài liệu tham khảo”. Các số liệu thử nghiệm dùng để đánh giá và trình bày trong khoá luận, tất cả hoàn toàn trung thực. Tôi xin chịu hoàn toàn trách nhiệm về đề tài nếu có bất kỳ gian lận nào.

*Hà Nội, ngày … tháng … năm 2024*

Người cam đoan

Nguyễn Minh Tú

**MỤC LỤC**

[**CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU CHUNG** 10](#_Toc165721201)

[**1.1.** **Giới thiệu chung** 10](#_Toc165721202)

[**1.2.** **Phương pháp nghiên cứu** 11](#_Toc165721203)

[**CHƯƠNG 2. ÂM THANH PHỔI VÀ SỨC KHOẺ** 12](#_Toc165721204)

[**2.1. ÂM THANH PHỔI.** 12](#_Toc165721205)

[**2.1.1 Giới thiệu Âm thanh phổi.** 12](#_Toc165721206)

[**2.1.2 Các bệnh liên quan đến âm thanh phổi** 14](#_Toc165721207)

[**2.2. LÝ THUYẾT SÓNG.** 16](#_Toc165721208)

[**2.2.1** **Khái niệm.** 16](#_Toc165721209)

[**2.2.2** **Các thông số cơ bản.** 17](#_Toc165721210)

[**2.3. LÝ THUYẾT ÂM THANH.** 19](#_Toc165721211)

[**2.3.1** **Định nghĩa.** 19](#_Toc165721212)

[**2.3.2.** **Một số khái niệm.** 19](#_Toc165721213)

[**2.3.3.** **Sự truyền âm và tắt dần của âm thanh.** 21](#_Toc165721214)

[**2.3.4.** **Cảm biến âm thanh.** 22](#_Toc165721215)

[**CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU VÀ LỰA CHỌN THIẾT BỊ** 30](#_Toc165721216)

[**3.1. Nguồn nuôi.** 30](#_Toc165721217)

[**3.2. Cảm biến âm thanh.** 31](#_Toc165721218)

[**3.3. Vi điều khiển.** 34](#_Toc165721219)

[**3.3.1. *PDM - Modul Delta Pulse*** 40](#_Toc165721220)

[***3.3.2. Bluetooth năng lượng thấp (BLE):*** 44](#_Toc165721221)

[**3.4. Bộ lọc toán học.** 48](#_Toc165721222)

[**CHƯƠNG 4. KẾT QUẢ VÀ ĐÁNH GIÁ SẢN PHẨM** 51](#_Toc165721223)

[**4.1. Mạch nguyên lý và PCB.** 52](#_Toc165721224)

[**4.2. Chương trình phần mềm.** 57](#_Toc165721225)

[**4.3. Ứng dụng điện thoại Android** 62](#_Toc165721226)

[4.4. Kết quả và đánh giá. 68](#_Toc165721227)

**DANH SÁCH SÁCH CHỮ VIẾT TẮT**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **STT** | **Từ viết tắt** | **Từ viết đầy đủ** |
| 1 | FFT | Fast Fourier Transform |
| 2 | MFCC | Mel Frequency Cepstral Coefficients |
| 3 | NN | Neural Network |
| 4 | OSA | Obstructive sleep apnea |
| 5 | SNR | Signal to Noise Ratio |
| 6 | LFRO | Low-Frequency Roll-Off |

**DANH MỤC BẢNG**

[Bảng 2.1. Bảng các loại âm phổi 14](#_Toc165720399)

[Bảng 3.2 Bảng các loại cảm biến âm 33](#_Toc165723566)

[Bảng 3.3. Bảng các loại cảm vi điều khiển 37](#_Toc165723567)

**DANH MỤC HÌNH ẢNH**

[Hình 2.1. Hình ảnh minh hoạ chu kỳ 17](#_Toc165723454)

[Hình 2.2. Hình ảnh minh hoạ biên độ 17](#_Toc165723455)

[Hình 2.3. Hình ảnh minh hoạ độ cao của âm 20](#_Toc165723456)

[Hình 2.4. Hình ảnh minh hoạ cho ECM microphone 25](#_Toc165723457)

[Hình 2.5. Hình ảnh minh hoạ cho MEMS microphone 27](#_Toc165723458)

[Hình 2.6. Hình ảnh minh hoạ cho tín hiệu analog và digital 28](#_Toc165723459)

[Hình 3.2 Bảng minh hoạ Pulse-Duration Modulation (PDM) 39](#_Toc165723472)

[Hình 3.3 Hình ảnh minh hoạ module PDM trong nRF52840 41](#_Toc165723473)

[Hình 3.4. Hình ảnh minh hoạ các layer cơ bản trong cấu trúc BLE 43](#_Toc165723474)

[Hình 3.5. Hình ảnh minh hoạ cấu trúc của một profile 45](#_Toc165723475)

[Hình 3.6. Hình ảnh minh hoạ cách kết nối của central và peripheral 46](#_Toc165723476)

[Hình 3.7 Hình ảnh minh hoạt biểu đồ hàm đáp ứng của bộ lọc Butterworth thông thấp 49](#_Toc165723477)

[Hình 3.8 Hình ảnh biểu đồ phân phối các cực của bộ lọc Butterworth thông thấp 50](#_Toc165723478)

[Hình 4.2. Hình ảnh sơ đồ nguyên lý của mạch 52](#_Toc165723479)

[Hình 4.3. Hình ảnh mạch PCB của mạch 56](#_Toc165723480)

[Hình 4.4. Hình ảnh mạch 3D. 56](#_Toc165723481)

[Hình 4.5. Hình ảnh KIT học tập nRF52840-DK 58](#_Toc165723482)

[Hình 4.6. Hình ảnh minh hoạ các tổ chức buffer 58](#_Toc165723483)

[Hình 4.7. Hình ảnh các hoạt động của Queue. 61](#_Toc165723484)

[Hình 4.8. Hình âm thanh phổi hình thường có nhiễu với tần số là 500Hz – 60dB. 61](#_Toc165723485)

[Hình 4.9. Hình ảnh âm thanh phổi bình thường sau khi qua bộ lọc. 62](#_Toc165723486)

[Hình 4.10. Hình ảnh âm thanh phổi bình thường 62](#_Toc165723487)

[Hình 4.11. Hình ảnh minh hoạ cấu trúc application 64](#_Toc165723488)

[Hình 4.12. Hình ảnh minh hoạ ứng dụng điện thoại ở tạo user và quét các thiết bị 66](#_Toc165723489)

[Hình 4.13. Hình ảnh minh hoạ âm thanh được vẽ lại trên màn hình 67](#_Toc165723490)

[Hình 4.14. Hình ảnh âm thanh thở bình thường được đo bằng thiết bị 69](#_Toc165723491)

[Hình 4.15. Hình ảm âm thanh hơi thở bình thường gốc. 70](#_Toc165723492)

[Hình 4.16. Hình ảnh âm thanh thở khò khè gốc 70](#_Toc165723493)

[Hình 4.17. Hình ảnh âm thanh thở khò khè được đo bằng thiết bị 70](#_Toc165723494)

[Hình 4.18. Hình ảnh âm thanh thở Rhonchi gốc 71](#_Toc165723495)

[Hình 4.19. Hình ảnh âm thanh thở Rhonchi được đo bằng thiết bị 71](#_Toc165723496)

# **CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU CHUNG**

## **Giới thiệu chung**

Đã vô số lần bạn có thể nhờ bác sĩ đặt ống nghe lên ngực và yêu cầu bạn hít vào. Chính xác thì các bác sĩ đang lắng nghe điều gì? Câu trả lời là rất nhiều thứ. Âm thanh hơi thở bất thường là những âm thanh bất thường xảy ra trên phổi và đường thở. Âm thanh hơi thở bất thường thường liên quan đến nhiều tình trạng bệnh tim và phổi. Loại, thời lượng, vị trí và cường độ của từng âm thanh hơi thở ngẫu nhiên có thể giúp các chuyên gia y tế chẩn đoán và điều trị các tình trạng bệnh lý. Đây là lý do tại sao việc biết sự khác biệt giữa từng loại âm thanh bất thường của hơi thở lại rất quan trọng đối với những người hành nghề chăm sóc sức khỏe.

Việc thực hành sử dụng ống nghe để kiểm tra bệnh nhân được gọi là thính chẩn. Khi được sử dụng để kiểm tra hơi thở của một người, nó có thể tiết lộ những khía cạnh quan trọng của sức khỏe phổi và sức khỏe tổng thể. Khám phổi kỹ lưỡng, bao gồm cả khám thực thể, vẫn là nền tảng trong chẩn đoán các tình trạng từ hen suyễn đến suy tim. Ung thư phổi là loại ung thư phổ biến thứ hai ở cả nam và nữ (không tính ung thư da). Ung thư phổi là nguyên nhân gây tử vong hàng đầu do ung thư, chiếm gần 25%. Tỷ lệ ung thư phổi ở bệnh nhân bị xơ phổi vô căn (IPF) được ước tính khoảng 13,5%.

Báo cáo này nhấn mạnh vào một sản phẩm cụ thể trong lĩnh vực này, một công cụ đo âm thanh phổi được phát triển để phát hiện các biểu hiện của OSA trong quá trình ngủ. Bằng cách kết hợp các công nghệ cảm biến tiên tiến và phần mềm phân tích thông minh, sản phẩm này hứa hẹn mang lại một cách tiếp cận hiệu quả và thuận tiện cho việc đánh giá rủi ro OSA và theo dõi tiến triển của bệnh. Báo cáo sẽ trình bày chi tiết về cơ chế hoạt động của sản phẩm, phương pháp thử nghiệm và đánh giá kết quả. Hy vọng rằng thông tin từ báo cáo sẽ giúp nâng cao nhận thức và cung cấp một công cụ hữu ích trong việc chăm sóc sức khỏe của những người mắc phải vấn đề này.

## **Phương pháp nghiên cứu**

Nghiên cứu lý thuyết: Phương pháp nghiên cứu được tác giả sử dụng để tìm hiểu, áp dụng các cơ sở lý thuyết và tổng hợp các công trình nghiên cứu trước đó kết hợp với các công trình mới liên quan để tạo nên sản phẩm hoàn chỉnh. Sản phẩm có thể đo được âm thanh phổi và truyền dữ liệu lên ứng dụng điện thoại thông qua giao thưc Bluetooth. /textbfPhương pháp thực nghiệm: Sử dụng phương pháp đo lường thực nghiệm để thu âm thanh phổi và lưu dữ liệu. Từ đó có thể so sánh và đánh giá sản phẩm.

Tác giả tập trung nghiên cứu phát triển một thiết bị đeo có chức năng thu nhận âm thanh phổi, gửi các dữ liệu thu nhận được đến máy tính/điện thoại.

**Cấu trúc của đồ án**

Phần còn lại của đồ án được trình bày theo thứ tự sau:

• Chương 2: Nghiên cứu và tìm hiểu các cơ sở lý thuyết về: âm thanh, âm thanh phổi và sức khoẻ con người, các cảm biến thường được dùng trong đo lường âm thanh phổi.

• Chương 3: Thiết kế chế tạo thiết bị đo âm thanh phổi

• Chương 4: Thực nghiệm và đánh giá kết quả

# **CHƯƠNG 2. ÂM THANH PHỔI VÀ SỨC KHOẺ**

## **2.1. ÂM THANH PHỔI.**

### **2.1.1 Giới thiệu Âm thanh phổi.**

Âm thanh của phổi là những tiếng động mà một người tạo ra khi họ hít vào và thở ra, bao gồm cả âm thanh thở đều đặn. Tuy nhiên, thở khò khè, tanh tách, thở rít và các âm thanh khác cũng có thể xảy ra, cho thấy tình trạng bệnh lý tiềm ẩn. Phổi được chia thành các thùy giống như những "bong bóng" chứa đầy mô xốp. Không khí đi vào và ra thông qua các nhánh của ống phế quản. Hai màng phổi bao bọc các thùy và ngăn cách chúng với thành ngực. Bên trong, các ống phế quản có lông mao nhỏ rung động để đẩy chất nhầy (đờm) lên họng. Chất nhầy này chứa bụi, vi khuẩn và các tạp chất xâm nhập vào phổi. Các nhánh nhỏ nhất của ống phế quản là các phế nang, nơi xảy ra trao đổi khí. Tại đây, các túi khí (phế nang) nhỏ xíu tiếp xúc với các mao mạch, nơi máu trao đổi khí. Máu thải CO2 vào phế nang và hấp thụ oxy từ không khí. Khi một người thở, các bộ phận này phối hợp với nhau để cung cấp oxy cho cơ thể. Trong quá trình thở, phổi của một người có thể tạo ra nhiều âm thanh khác nhau. Trong khi một số âm thanh nhất định của phổi là điển hình và cho thấy phổi đang hoạt động bình thường, thì những âm thanh khác có thể chỉ ra tình trạng sức khỏe tiềm ẩn. Người ta thường thừa nhận rằng tần số của âm thanh phổi nằm trong dải tần [50, 2500 Hz] và âm thanh khí quản có thể đạt tới 4000 Hz; điều này cho phép xác định tần số lấy mẫu ở mức 8 kHz. Phổ âm thanh của tim được xác định trong khoảng từ 20 đến 100 Hz đối với tín hiệu cơ bản và tần số cao hơn (trên 500 Hz) đối với nhịp thở.

Âm thanh hô hấp xảy ra do không khí chảy qua phổi và được phân loại là bình thường hoặc bất thường (bất thường). Ở đây, âm thanh hô hấp bình thường được định nghĩa là những âm thanh có trong đường thở khỏe mạnh nhờ nhịp thở sinh lý không gượng ép. Những âm thanh này thường được chia thành khí phế quản và mụn nước; cái trước bắt nguồn từ khí quản và các đường dẫn khí phế quản lớn hơn, và cái sau có thể bắt nguồn từ các nhánh nhỏ của cây đường thở cách xa khí quản hoặc từ các cơ chế khác ở các vùng xa của nhu mô phổi. Sự vắng mặt hoặc thiếu hụt các âm thanh bình thường của hơi thở hoặc biểu hiện của các âm thanh ngẫu nhiên có thể là dấu hiệu của bệnh phổi.

Âm thanh hô hấp ngẫu nhiên đã được phân loại thành nhiều loại khác nhau, tùy thuộc vào đặc điểm quang phổ-thời gian và vị trí của chúng. Một loạt các bệnh lý và tổn thương phổi dẫn đến các âm thanh hô hấp ngẫu nhiên và/hoặc làm thay đổi đường truyền âm thanh, với các tác động khác nhau về cả quang phổ và vùng, nếu được định lượng chính xác, có thể cung cấp thêm thông tin về mức độ nghiêm trọng và vị trí của chấn thương hoặc bệnh tật. Chúng tôi xem xét ngắn gọn các loại âm thanh hơi thở khác nhau và đặc điểm quang phổ của chúng trong phần này, đồng thời hướng dẫn người đọc tìm kiếm những giải thích chi tiết hơn về các định nghĩa và đặc điểm quang phổ do Hiệp hội Hô hấp Châu Âu (ERS) đưa ra.

1) Crackles: Crackles, còn được gọi là "crepitations" hoặc "rales", là những âm thanh ngắn, không liên tục và không cố định có thể được phát hiện ở chu kỳ hít vào và/hoặc thở ra. Các đặc điểm chính thường được rút ra từ tiếng nổ bao gồm thời lượng, dạng sóng và thời gian của chúng, có thể tương quan với một số bệnh lý, chẳng hạn như COPD, viêm phổi, xơ hóa hoặc giãn phế quản

2) Khò khè (Wheezes): Khò khè là những âm thanh liên tục ngẫu nhiên thường được nghe thấy ở cuối giai đoạn hít vào hoặc trong giai đoạn thở ra sớm. Chúng thường được phát hiện ở những đối tượng bị ảnh hưởng bởi các bệnh tắc nghẽn, đặc biệt là bệnh hen suyễn và bệnh phổi tắc nghẽn mạn tính (COPD), cũng như ở những bệnh nhân mắc bệnh hồng cầu hình liềm đang trải qua cơn đau cấp tính. Nội dung phổ chiếm ưu thế của chúng thường nằm trong khoảng từ 100 đến 1000 Hz, với sóng hài cao hơn trên 1 kHz.

3) Rhonchi: Rhonchi là những âm thanh có âm vực thấp trong âm nhạc được đặc trưng bởi dạng sóng hình sin [28]. Thời lượng thường cao hơn 100 ms và nội dung tần số thấp hơn 300 Hz. Chúng có liên quan đến khả năng xẹp đường thở bất thường và tạo ra các lỗ thủng trong màng chất lỏng . Rhonchi có thể được coi là dấu hiệu cho thấy sự co thắt của lòng đường thở liên quan đến sự dày lên của niêm mạc, phù nề hoặc co thắt phế quản (ví dụ do viêm phế quản và COPD).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Âm thanh phổi** | **Dải tần số** | **Đặc điểm** |
| **Bình thường** | 70 Hz - 1000 Hz,  lên đến 2500 Hz | Hít vào nhẹ, dài hơn và nạp khí khi thở ra |
| **Thở ran** | 120 Hz - 2000 Hz | Thời lượng (hít vào + thở ra) < 20 ms |
| **Thở khò khè** | 120 Hz – 1000 Hz | 80 ms < Thời lượng < 250 ms |
| **Tiếng thở Rhonchi** | < 300Hz | Thời lượng > 100 ms |

*Bảng 2.1.* *Bảng các loại âm phổi*

### **2.1.2 Các bệnh liên quan đến âm thanh phổi**

Các loại âm thanh mà nhà cung cấp dịch vụ chăm sóc sức khỏe của bạn nghe thấy có thể giúp họ chẩn đoán bệnh hoặc tìm hiểu thêm về tình trạng của bạn. Ví dụ, họ có nhiều khả năng nghe thấy tiếng thở khò khè nếu bệnh hen suyễn làm hẹp đường thở của bạn. Nhưng họ có nhiều khả năng nghe thấy tiếng thở rít ở trẻ bị viêm thanh quản hoặc nếu bạn bị tắc nghẽn đường thở do sưng tấy, dị vật hoặc khối u. Nơi chất nhầy hoặc tắc nghẽn nằm trong đường thở của bạn cũng có thể gây ra các âm thanh khác nhau. Ví dụ, chất nhầy trong đường hô hấp lớn hơn của bạn có thể gây ra chứng 3 rhonchi. Chất nhầy trong đường hô hấp nhỏ của bạn có nhiều khả năng gây ra tiếng nổ.

Viêm phổi (Pneumonia): Là tình trạng nhiễm trùng nhu mô phổi do vi khuẩn, virus hoặc nấm. Triệu chứng thường gặp là sốt, ho, khó thở, đau ngực. Viêm phổi có thể điều trị bằng kháng sinh, thuốc kháng virus hoặc thuốc chống nấm tùy theo nguyên nhân.

Hen suyễn (Asthma): Là bệnh lý mãn tính gây viêm và hẹp đường thở, dẫn đến khó thở, ho và khò khè. Hen suyễn thường được kích hoạt bởi dị ứng, gắng sức hoặc không khí lạnh. Điều trị hen suyễn bao gồm sử dụng thuốc giãn phế quản, thuốc chống viêm corticosteroid và thay đổi lối sống để tránh các tác nhân kích hoạt.

Bệnh phổi tắc nghẽn mạn tính (COPD): Là nhóm bệnh phổi tiến triển bao gồm khí phế thũng và viêm phế quản mãn tính. COPD gây khó thở, ho, khò khè và tăng tiết đờm. Nguyên nhân chính của COPD là hút thuốc lá, nhưng cũng có thể do bụi bẩn và ô nhiễm môi trường. COPD không thể chữa khỏi hoàn toàn, nhưng có thể điều trị để cải thiện triệu chứng và ngăn ngừa tiến triển bệnh.

Phù phổi (Pulmonary edema): Là tình trạng tích tụ dịch trong phổi, khiến cho việc trao đổi khí gặp khó khăn. Phù phổi có thể do nhiều nguyên nhân như suy tim, viêm phổi, ngộ độc,... Triệu chứng của phù phổi bao gồm khó thở, ho, khò khè, tức ngực. Điều trị phù phổi bao gồm sử dụng thuốc lợi tiểu, thở oxy và điều trị nguyên nhân gây bệnh.

Bệnh phổi kẽ (Interstitial lung disease): Là nhóm bệnh ảnh hưởng đến mô kẽ phổi, là mô liên kết giữa các phế nang. Bệnh phổi kẽ gây khó thở, ho khan, mệt mỏi. Chẩn đoán bệnh phổi kẽ có thể khó khăn và cần thực hiện nhiều xét nghiệm. Điều trị bệnh phổi kẽ tùy thuộc vào nguyên nhân và mức độ nghiêm trọng của bệnh, có thể sử dụng corticosteroid, thuốc chống xơ hóa, thuốc ức chế miễn dịch,..

Xơ nang (Cystic fibrosis): Là bệnh di truyền ảnh hưởng đến phổi và các cơ quan khác trong cơ thể, bao gồm tuyến tụy, gan và ruột. Xơ nang gây ho, khó thở, nhiễm trùng phổi tái phát và suy giảm chức năng phổi. Hiện nay không có cách chữa khỏi xơ nang, nhưng điều trị có thể giúp cải thiện chất lượng cuộc sống cho người bệnh.

Dị ứng (Allergies): Là phản ứng quá mức của hệ miễn dịch với các chất vô hại (dị nguyên) như phấn hoa, bụi nhà, lông động vật,... Triệu chứng dị ứng có thể bao gồm hắt hơi, sổ mũi, ngứa, khó thở, sưng tấy,... Điều trị dị ứng bao gồm tránh các dị nguyên, sử dụng thuốc kháng histamine và liệu pháp miễn dịch.

Sốc phản vệ (Anaphylaxis): Là phản ứng dị ứng nghiêm trọng, đe dọa tính mạng có thể xảy ra trong vài phút sau khi tiếp xúc với dị nguyên. Triệu chứng sốc phản vệ bao gồm khó thở, sưng tấy, hạ huyết áp, co thắt phế quản,... Cần tiêm epinephrine ngay lập tức và đưa người bệnh đến cơ sở y tế gần nhất.

Chứng ngưng thở khi ngủ (OSA) là một trong những vấn đề sức khỏe quan trọng đang ngày càng được nhận thức rộng rãi trong cộng đồng y học và công chúng. Theo 4 Hiệp hội Tim Mạch Hoa Kỳ (American Heart Association), OSA là một tình trạng khi đường hô hấp bị tắc nghẽn hoặc giảm đáng kể trong khi ngủ, dẫn đến việc ngưng thở hoặc giảm cung cấp oxy đến cơ thể. Điều này không chỉ gây ra các vấn đề ngủ như mất ngủ và giảm chất lượng giấc ngủ mà còn tăng nguy cơ về nhiều bệnh tim mạch và bệnh lý khác. Trong nỗ lực phòng chống và điều trị OSA, việc đo và theo dõi các biểu hiện của bệnh trở nên quan trọng hơn bao giờ hết. Với sự tiến bộ trong công nghệ cảm biến và phần mềm, các sản phẩm đo âm thanh phổi đã trở thành một công cụ hữu ích trong việc đánh giá tình trạng hô hấp và phát hiện các dấu hiệu của OSA.

## **2.2. LÝ THUYẾT SÓNG.**

* + 1. **Khái niệm.**

Những loại sóng khác nhau có các đặc tính khác nhau. Dựa vào hướng chuyển động của hạt và hướng của năng lượng, sóng được phân chia thành 3 loại: Sóng cơ học; Sóng điện từ; Sóng vật chất.

**Sóng cơ (Mechanical Wave**)

Sóng cơ là sự dao động của vật chất và chịu trách nhiệm truyền năng lượng qua môi trường. Khoảng cách truyền sóng bị giới hạn bởi môi trường truyền sóng. Trong trường hợp này, vật dao động chuyển động quanh một điểm cố định và có rất ít chuyển động tịnh tiến.

Một đặc tính hấp dẫn của sóng cơ là cách chúng được đo, được tính bằng độ dịch chuyển chia cho bước sóng. Khi hệ số không thứ nguyên này bằng 1, nó sẽ tạo ra hiệu ứng hài hòa.

Có ba loại sóng cơ học:

* Sóng dọc: Chuyển động của các hạt song song với chuyển động của năng lượng, tức là sự dịch chuyển của môi trường cùng hướng với sóng đang chuyển động. Ví dụ: Sóng âm, Sóng áp suất.
* Sóng ngang: Khi chuyển động của các hạt vuông góc với chuyển động của năng lượng thì loại sóng này được gọi là sóng ngang. Ánh sáng là một ví dụ về sóng ngang.
* Sóng bề mặt: Các hạt di chuyển theo chuyển động tròn. Những sóng này thường xảy ra ở bề mặt. Sóng trong đại dương và gợn sóng trong cốc nước là những ví dụ về sóng bề mặt.

Ngoài ra, sóng nước là một ví dụ về sự kết hợp của cả chuyển động dọc và chuyển động ngang.

**Sóng điện từ (Electromagnetic Wave)**

Sóng điện từ được tạo ra bởi sự kết hợp giữa điện trường và từ trường. Ánh sáng có thể nhìn thấy, truyền thông liên lạc, lò vi sóng,... đều là những ví dụ quen thuộc về sóng điện từ.

Một đặc tính thú vị ở đây là không giống như sóng cơ, sóng điện từ không cần môi trường để truyền đi. Tất cả sóng điện từ đều truyền được trong chân không với cùng tốc độ, 299,792,458 ms.

Sóng điện từ bao gồm: Sóng viba (Vi sóng), sóng vô tuyến (sóng radio), tia X, sóng UV, tia Gamma, tia hồng ngoại, ánh sáng khả kiến.

* + 1. **Các thông số cơ bản.**

Sóng âm có 5 đặc điểm chính thể hiện rõ là: bước sóng, chu kỳ, tần số, biên độ, pha.

+) Bước sóng: Là khoảng cách giữa 2 điểm giống nhau liên tiếp trong các chu kỳ liền kề nhau của sóng. Ví dụ: khoảng cách giữa 2 đỉnh hoặc 2 đáy liền kề nhau trong dạng sóng.

+) Chu kỳ: Là thời gian để một phần tử hoàn thành một chu kỳ dao động.

Ký hiệu của chu kỳ là T, với T = T1 – T2

Trong đó T1 là thời gian bắt đầu chu kỳ, T2 là thời gian kết thúc chu kỳ (được đo bằng đơn vị thời gian như mili giây, giây, ...).

A diagram of a graph

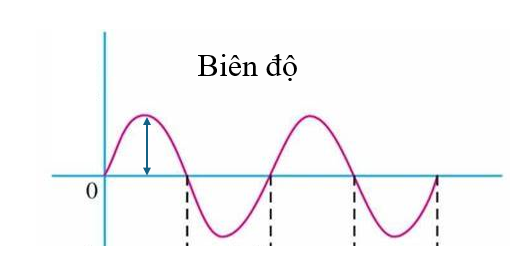
Description automatically generated

*Hình 2.1. Hình ảnh minh hoạ chu kỳ*

+) Tần số: Là số chu kỳ hoàn chỉnh của sóng âm trong 1 giây. Tần số được đo bằng đơn vị Hertz (Hz) và là nghịch đảo của chu kỳ.

Tần số ký hiệu là F: F = 1/T, với T là chu kỳ.

+) Biên độ: Biên độ của sóng xác định độ dịch chuyển tối đa của các phần tử bị nhiễu bởi sóng âm khi nó truyền qua môi trường. Nó được đo bằng mức áp suất cho âm thanh (Sound pressure level). Biên độ phản ánh năng lượng của sóng, năng lượng thấp thì biên độ ngắn và ngược lại.



*Hình 2.2*. *Hình ảnh minh hoạ biên độ*

+) Pha: Pha chỉ định vị trí hoặc thời gian của một điểm trong chu kỳ sóng của dạng sóng lặp đi lặp lại.

## **2.3. LÝ THUYẾT ÂM THANH.**

* + 1. **Định nghĩa.**
* Âm thanh là các dao động cơ học (biến đổi vị trí qua lại) của các phân tử, nguyên tử hay các hạt làm nên vật chất và lan truyền trong vật chất như các sóng. Âm thanh, giống như nhiều sóng, được đặc trưng bởi tần số, bước sóng, chu kỳ, biên độ và vận tốc lan truyền (tốc độ âm thanh).
* Quá trình thu âm thanh diễn ra như sau: khi một vật thể rung động, nó tạo ra làn sóng âm thanh. Làn sóng này lan truyền trong không gian và đến tai của chúng ta, làm rung màng nhĩ theo nhịp điệu của âm thanh ban đầu. Nhờ quá trình này, chúng ta có thể nghe được âm thanh. Không khí chính là môi trường truyền dẫn âm thanh trong quá trình này.
  + 1. **Một số khái niệm.**

**Tần số âm thanh**: Là rung động tuần hoàn có tần số nghe được với người thường.

Tần số biểu thị độ cao của âm thanh, tiếng trầm có tần số thấp, tiếng bổng có tần số cao. Đơn vị của tần số âm thanh là Héc (Hz). Quãng tần số nghe được tiêu chuẩn thường được chấp nhận là từ 20Hz đến 20,000 Hz.

**Âm sắc:** là sắc thái của âm thanh tạo nên sự khác nhau mang tính đặc trưng của các nguồn âm mặc dù có cao độ giống nhau.

Âm sắc chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của các điều kiện ngoại quang trước khi truyền đến tai chúng ta như: nguồn điện, không gian phòng...

**Âm trường và Âm hình:**

Âm trường (Soundstage): đặc trưng cho độ rộng của không gian âm thanh, mô tả khả năng của hệ thống âm thanh tạo ra một không gian ảo, nơi âm thanh có thể được cảm nhận đến từ các hướng khác nhau.

Âm hình (Imaging): là một thuật ngữ trong lĩnh vực âm thanh được sử dụng để mô tả khả năng của một hệ thống âm thanh tạo ra hình ảnh âm thanh chính xác và định rõ trong không gian âm thanh. Nó liên quan đến khả năng của hệ thống tái tạo âm thanh một cách chân thực, cho phép người nghe có cảm giác rõ ràng về vị trí và hướng của các nguồn âm thanh.

**Cường độ âm thanh:**

Cường độ âm thanh là lượng năng lượng được sóng âm truyền đi trong một đơn vị thời gian qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với phương truyền âm. Đơn vị cường độ âm là watt trên mét vuông (ký hiệu: W/m2).

Tai có thể bị đau nhức khi nghe phải âm thanh có cường độ âm lên đến 10 W/m2 (ngưỡng đau).

Xét một âm truyền qua một diện tích S theo phương vuông góc với diện tích S. Gọi W là lượng năng lượng mà sóng âm này tải qua S trong t giây thì cường độ âm tại tâm đối xứng của S là:

Nguồn âm phát ra sóng âm đồng đều theo mọi hướng. Gọi P là công suất của nguồn âm và biên độ sóng âm không đổi khi truyền đi thì tại điểm M các nguồn âm này đoạn d có cường độ âm là:

**Cao độ âm thanh.**

Cao độ âm thanh là độ cao thấp của âm thanh, tỉ lệ thuận với tần số dao động của âm thanh. Tần số dao động càng lớn thì âm thanh càng cao và ngược lại.

Cao độ có thể được định lượng như tần số, nhưng nó không phải là một tính chất thuần túy khách quan thuộc vật lý, mà nó là một thuộc tính chủ quan thuộc tâm lý âm học của âm thanh.

A diagram of a waveform

Description automatically generated with medium confidence

*Hình 2.3. Hình ảnh minh hoạ độ cao của âm*

**Công suất âm thanh.**

Công suất âm thanh là tỷ lệ năng lượng âm thanh được phát ra, phản xạ, truyền đi hoặc nhận được qua một diện tích S trong một thời gian giây. Đơn vị đo của công suất âm thanh là watt (W). Nó là công suất của lực âm thanh trên bề mặt của môi trường truyền sóng âm thanh.

**Áp suất âm thanh.**

Áp suất âm thanh hay thanh áp là áp suất không khí khi âm thanh truyền trong không gian làm cho thay đổi.Đơn vị thanh áp là bar. 1 bar là thanh áp tác động lên một diện tích 1cm2 một lực là 1 đin. 1 bar = 1 đin/cm2.

* + 1. **Sự truyền âm và tắt dần của âm thanh.**

Âm thanh là dạng năng lượng dao động lan truyền thông qua các phân tử của vật chất. Khả năng truyền động của âm thanh phụ thuộc vào cấu trúc và đặc tính của môi trường mà nó đi qua. Âm thanh có thể truyền qua chất rắn, chất lỏng và chất khí, nhưng không thể truyền qua môi trường chân không do thiếu phân tử để truyền tải dao động âm thanh.

Cấu trúc phân tử trong các môi trường khác nhau ảnh hưởng đến khả năng truyền âm thanh. Độ đàn hồi của môi trường là yếu tố quan trọng, diễn tả khả năng của môi trường hồi phục lại trạng thái ban đầu. Trong chất rắn, sự sắp xếp chặt chẽ và kết nối chặt giữa các phân tử tạo ra một môi trường đàn hồi cao, dẫn đến tốc độ truyền âm nhanh và khả năng đi xa cao nhất. Trong chất lỏng, mật độ phân tử thấp hơn so với chất rắn, làm giảm độ đàn hồi và tốc độ truyền âm. Trong chất khí, mật độ phân tử thấp nhất, dẫn đến tốc độ truyền âm thấp nhất. Trong môi trường chân không, không có hoặc ít phân tử, do đó không có môi trường để truyền tải âm thanh.

|  |  |
| --- | --- |
| Chất | Tốc độ (m/s) |
| Không khí ở 00C | 331 |
| Không khí ở 200C | 346 |
| Thủy tinh | 5500 |
| Thép | 6100 |

*Bảng 2.2. Bảng tốc độ âm thanh trong các môi trường*

Sự tắt dần của âm thanh là một hiện tượng tự nhiên khi âm thanh truyền qua một môi trường. Các nguyên nhân chính bao gồm sự hao mòn năng lượng, phản xạ và hấp thụ âm thanh bởi các vật liệu trong môi trường. Khi âm thanh di chuyển qua môi trường, nó gặp phải sự ma sát giữa các phân tử, làm giảm amplitudes của các sóng âm và dẫn đến giảm dần âm lượng. Ngoài ra, âm thanh cũng có thể bị phản xạ lại hoặc bị hấp thụ bởi các vật liệu trong môi trường, gây ra mất mát năng lượng và làm giảm sự lan truyền của nó. Các yếu tố khác như nhiệt độ, độ ẩm và áp suất cũng có thể ảnh hưởng đến sự tắt dần của âm thanh, tạo ra một quá trình tự nhiên và không thể tránh khỏi trong việc truyền âm thanh qua môi trường.

* + 1. **Cảm biến âm thanh.**

**Micro điện trở (Resistive Microphone).**

Micro điện trở, hay còn gọi là Micro điện trở nhấn, là một trong những loại microphone cơ bản nhất được sử dụng trong công nghệ âm thanh. Nguyên lý hoạt động của micro này dựa trên sự thay đổi của điện trở trong một phần của mạch điện tử khi có sóng âm đi qua. Cấu trúc cơ bản của micro điện trở bao gồm một cuộn dây carbon nén được đặt trong một hộp chứa, trong đó dây carbon nén này được giữ giữa hai điện cực và đặt trong một không gian cách điện. Khi có sóng âm đến, áp suất âm làm thay đổi độ nén của vật liệu carbon, từ đó thay đổi điện trở của nó.

Tín hiệu đầu ra của micro điện trở là kết quả của sự biến đổi này, được chuyển đổi thành tín hiệu điện tương ứng thông qua một mạch dò kết nối với điện cực của micro. Mặc dù đã từng rất phổ biến trong quá khứ, đặc biệt là trong điện thoại cổ điển và các thiết bị ghi âm, sự phổ biến của micro điện trở đã giảm đi do hạn chế về chất lượng âm thanh và độ ổn định so với các loại microphone khác như condenser microphones.

Tuy nhiên, micro điện trở vẫn được sử dụng trong một số ứng dụng nhất định, như trong môi trường có nhiều bụi bẩn hoặc trong các ứng dụng cần một giải pháp chi phí thấp. Mặc dù chất lượng âm thanh và độ nhạy của chúng không cao như các loại microphone khác, nhưng chúng có độ bền cao và giá thành rẻ, làm cho chúng vẫn còn được sử dụng trong một số trường hợp cụ thể.

*Micro than:*

* Đây là loại micro lâu đời và đơn giản nhất, được sử dụng trong các điện thoại đầu tiên.
* Nó bao gồm hai tấm kim loại được ngăn cách bởi các hạt than.
* Sóng âm thanh va vào màng, làm rung các tấm và nén các hạt than.
* Điều này làm thay đổi điện trở giữa các tấm, thay đổi dòng điện.
* Micro than bền bỉ và giá cả phải chăng, nhưng chúng có đáp ứng tần số hạn chế, mức độ nhiễu cao và yêu cầu nguồn điện.

*Micro điện trở Piezo:*

* Loại này ít phổ biến hơn và sử dụng hiệu ứng điện trở piezo của một số vật liệu, như silicon, để chuyển đổi âm thanh thành điện.
* Khi sóng âm thanh làm rung vật liệu, điện trở của nó thay đổi, điều chỉnh dòng điện.
* Micro điện trở Piezo cung cấp độ nhạy cao, đáp ứng tần số rộng và nhiễu thấp, nhưng chúng có thể đắt hơn và dễ vỡ hơn micro than.

**Micro tụ điện (Condenser Microphone).**

Micrô tụ điện là một loại micrô tiếp xúc với không khí. Micrô tụ điện như micrô electret sử dụng chuyển đổi tụ điện để phát hiện những thay đổi về áp suất âm thanh làm thay đổi giá trị điện dung danh nghĩa Loại micrô này có đáp ứng tần số gần như phẳng trong dải âm thanh, dẫn đến méo âm tối thiểu Tuy nhiên, chúng yêu cầu ghép nối âm thanh với thành ngực bằng một khoang khí Micrô hệ thống cơ học vi mô điện tử (MEMS) sử dụng nguyên tắc tụ điện và cung cấp dải tần số và SNR tương tự so với micrô tụ điện thông thường trong khi vẫn có kích thước nhỏ hơn Do băng thông rộng, độ nhạy cao, phương pháp ghép nối được thiết lập, SNR cao (theo khuyến nghị của CORSA) và chi phí thấp, micrô tụ điện được sử dụng rộng rãi

**Cấu tạo và hoạt động:**

* Micro tụ điện có một màng rung mỏng (thường làm bằng kim loại mạ vàng) và một tấm kim loại cố định đặt đối diện nhau, tạo thành một tụ điện.
* Giữa màng rung và tấm cố định có khoảng cách rất nhỏ, được lấp đầy bằng điện trường sinh ra từ nguồn điện DC bên ngoài.
* Khi sóng âm tác động vào màng rung, khoảng cách giữa màng và tấm cố định thay đổi, dẫn đến sự thay đổi điện dung.
* Sự thay đổi điện dung này tạo ra tín hiệu điện xoay chiều (AC) tương ứng với sóng âm. Tín hiệu này sau đó được khuếch đại và xử lý để sử dụng.

**Ưu điểm:**

* Dải tần số rộng: Micro tụ điện có thể thu được cả âm trầm sâu và âm cao tinh, mang lại âm thanh chính xác và chi tiết hơn.
* Độ nhạy cao: Chúng nhạy với cả những âm thanh nhỏ, lý tưởng cho việc ghi âm các nhạc cụ acoustic, giọng nói,...
* Tín hiệu nhiễu cao: Micro tụ điện ít bị nhiễu điện từ và cơ học hơn so với các loại micro khác, cho âm thanh trong sạch hơn.

**Nhược điểm**:

* Yêu cầu nguồn điện: Chúng cần nguồn điện DC bên ngoài để hoạt động, thường thông qua nguồn phantom power (48V) hoặc pin.
* Giá thành cao hơn: Thường đắt hơn so với micro điện trở do cấu tạo phức tạp hơn.
* Độ bền kém hơn: Màng rung mỏng dễ bị hư hỏng nếu va chạm mạnh.

**Micro áp điện (Piezoelectric Microphone).**

Micrô áp điện thường sử dụng nguyên tắc chuyển đổi áp điện để tạo ra điện áp đầu ra tỷ lệ thuận với độ dịch chuyển của cảm biến đặt trực tiếp lên da mà không cần sử dụng buồng khí. Những cảm biến này có thể được đặc trưng bởi độ nhạy cực cao (50 mV/Pa) và có ưu điểm là không thu được nhiều tiếng ồn xung quanh như micrô tụ điện, nhưng ngược lại lại rất nhạy với các hiện tượng nhiễu do chuyển động Một nghiên cứu cho thấy rằng hiệu ứng tải do phương pháp ghép nối từ bộ chuyển đổi sang ống nghe của ống nghe là một nguồn nhiễu đáng kể. Một giải pháp thiết kế cho nguồn nhiễu này là sử dụng bọt giữa bộ chuyển đổi và ống nghe của ống nghe; bọt mềm dần dần làm giảm tiếng ồn do bàn tay của bác sĩ nhưng đồng thời cũng làm giảm độ nhạy của cảm biến áp điện. Trong micro áp điện, một yếu tố áp điện mỏng được gắn vào một màng rung. Khi sóng âm va chạm màng rung, nó rung động, làm cho yếu tố áp điện bị biến dạng. Sự biến dạng này tạo ra điện áp tỷ lệ với áp suất âm thanh.

**Ưu điểm:**

* Độ nhạy cao: Chúng có thể thu được cả những âm thanh rất nhỏ, lý tưởng cho ghi âm tiếng động vật hoang dã hoặc theo dõi máy móc tinh xảo.
* Dải tần đáp ứng rộng: Chúng có thể thu được nhiều tần số, từ trầm sâu đến cao vút.
* Độ bền cao: Chống va chạm và rung động tốt, thích hợp sử dụng trong môi trường khắc nghiệt.
* Kích thước nhỏ: Có thể rất nhỏ và nhẹ, phù hợp với các ứng dụng hạn chế về không gian.
* Không cần nguồn điện ngoài: Không giống như micro tụ điện, chúng không cần nguồn phantom power để hoạt động.

**Nhược điểm:**

* Trở kháng cao: Trở kháng cao khiến chúng dễ bị nhiễu và ồn.
* Mức xuất âm thấp: Mức xuất âm thường thấp hơn các loại micro khác.
* Yếu tố áp điện dễ vỡ: Yếu tố áp điện có thể dễ bị hỏng nếu va chạm mạnh.

**Electret Microphone.**

**A diagram of a circuit

Description automatically generated**

*Hình 2.4. Hình ảnh minh hoạ cho ECM microphone*

Micro electret là một loại microphone điện dung sử dụng vật liệu electret đặc biệt để tạo ra một điện trường tĩnh ổn định. Electret là một loại vật liệu cách điện có khả năng giữ lại một lượng điện tích dương hoặc âm dương sau khi nó được tạo ra thông qua quá trình polarisation.

Các microphones electret có thể được thiết kế nhỏ gọn và tiết kiệm năng lượng do không đòi hỏi nguồn cấp ngoại vi. Trong một micro electret, vật liệu electret được sử dụng như một phần của cấu trúc điện tử của microphone. Khi âm thanh va chạm vào micro, nó làm rung diaphragm, gây ra biến đổi trong điện trường ở gần vật liệu electret. Sự thay đổi này được chuyển đổi thành tín hiệu điện tương ứng với âm thanh đầu vào.Đây là giải pháp nhỏ gọn, tiện dụng và nhạy bén, được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực.

**Ưu điểm của micro electret:**

* Nhỏ gọn và tiện dụng: Không cần nguồn phantom power nên thiết kế đơn giản, nhỏ nhẹ, phù hợp với nhiều thiết bị di động.
* Độ nhạy cao: Nhạy với cả những âm thanh nhỏ, lý tưởng cho ghi âm, hội nghị, hay nhận giọng nói.
* Giá thành rẻ: Thường ít tốn kém hơn micro condenser do cấu tạo đơn giản.
* Độ bền tương đối: Màng rung cứng cáp hơn một chút so với micro condenser.

**Nhược điểm của micro electret:**

* Dải tần đáp ứng hẹp hơn: So với micro condenser, electret thường thu được tần số hẹp hơn, đặc biệt là ở bass.
* Độ tự nhiễu cao hơn: Do sử dụng electret, nhiễu nền có thể cao hơn một chút so với micro condenser.
* Độ bền lâu dài kém hơn: Electret có thể bị mất dần điện tích theo thời gian, ảnh hưởng đến chất lượng âm thanh.

**Cảm biến âm trên cơ sở MEMS.**

Để có thể đo và thu được được âm thanh phế quản, với tần số nhỏ và biên độ sóng âm nhỏ, việc lựa chọn cảm biến âm thanh là hết sức quan trọng. Hơn nữa với tiêu chí sản phẩm chế tạo cần sự nhỏ gọn, mang tính di động cao thì các vấn đề về kích thước cũng như tiêu tốn năng lượng cũng cần phải cân nhắc kĩ lưỡng.

A diagram of a device

Description automatically generated

*Hình 2.5. Hình ảnh minh hoạ cho MEMS microphone*

Để đáp ứng được những nhu cầu đó thì MEMS microphone là lựa chọn tối ưu, giải quyết được các vấn đề gặp phải. Micro cảm biến MEMS thường được xây dựng bằng cách đặt hai vi mạch bán dẫn vào một gói đóng. Vi mạch bán dẫn đầu tiên là một màng MEMS, chuyển đổi sóng âm thành tín hiệu điện, trong khi vi mạch thứ hai là một bộ khuếch đại, đôi khi bao gồm một bộ chuyển đổi tương tự (ADC). Nếu MEMS microphone không bao gồm ADC, một tín hiệu đầu ra analog sẽ được cung cấp cho người sử dụng, trong khi một tín hiệu đầu ra kỹ thuật số sẽ xuất hiện nếu có ADC được tích hợp. Dựa vào loại tín hiệu đầu ra, cảm biến âm thanh được chia làm hai loại chính là kiểu số (Digital) và kiểu tương tự (Analog). Cảm bién âm thanh số MEMS (Microphones MEMS digital) chuyển đổi trực tiếp âm thanh thành dạng số, loại bỏ cần thiết của một giai đoạn chuyển đổi từ analog sang digital. Sự tích hợp này giúp giảm tiêu tốn năng lượng và cải thiện độ ổn định và chất lượng âm thanh. Microphones MEMS digital thường được sử dụng trong các ứng dụng yêu cầu truyền dữ liệu âm thanh số, chẳng hạn như điện thoại di động, tai nghe Bluetooth và các thiết bị IoT. Sự linh hoạt trong việc xử lý và truyền tải tín hiệu số giúp nâng cao trải nghiệm âm thanh và giảm thiểu nhiễu. Microphones MEMS analog, ngược lại, sản xuất tín hiệu âm thanh dưới dạng analog và yêu cầu một giai đoạn chuyển đổi để chuyển đổi sang dạng số nếu cần thiết. Dù có vòng đời phức tạp hơn so với digital, nhưng chúng thường mang lại chất lượng âm thanh cao và độ nhạy tốt. Microphones MEMS analog được ưa chuộng trong các ứng dụng chuyên nghiệp như thu âm, sản xuất âm nhạc, và các hệ thống âm thanh cao cấp.

A diagram of a sound wave

Description automatically generated

*Hình 2.6. Hình ảnh minh hoạ cho tín hiệu analog và digital*

**Ưu điểm:**

* Kích thước nhỏ: Cảm biến âm thanh MEMS có thể nhỏ hơn nhiều so với micrô truyền thống, khiến chúng trở nên lý tưởng cho các thiết bị di động và các ứng dụng có không gian hạn chế.
* Hiệu quả: Cảm biến âm thanh MEMS sử dụng rất ít điện năng, khiến chúng trở nên lý tưởng cho các thiết bị chạy bằng pin.
* Độ nhạy cao: Cảm biến âm thanh MEMS có thể phát hiện ra những âm thanh rất nhỏ, khiến chúng trở nên lý tưởng cho các ứng dụng như ghi âm giọng nói và nhận dạng giọng nói.

**Nhược điểm:**

* Chi phí: Cảm biến âm thanh MEMS có thể đắt hơn micrô truyền thống.
* Độ bền: Cảm biến âm thanh MEMS có thể dễ bị hỏng hơn micrô truyền thống.

# **CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU VÀ LỰA CHỌN THIẾT BỊ**

## **3.1. Nguồn nuôi.**

**Pin LI-PO** có tên đầy đủ là Lithium-Ion Polymer người ta rút gọn thành Lithium-Polymer để tránh nhầm lẫn với Li-Ion. Pin LiPo không sử dụng chất điện phân dạng lỏng mà thay vào đó nó sử dụng chất điện phân dạng polymer khô, tương tự như một miếng phim nhựa mỏng. Pin Li-Po nhỏ, nhẹ và có thể làm ở mọi hình dáng kích thước. Pin  Li-Po có dung lượng cao có nghĩa là nó chứa được nhiều năng lượng trong một gói pin nhỏ. Pin  Li-Po có dòng xả cao để cung cấp năng lượng liên tục cho thiết bị di động. Pin LiPo.

Để đảm bảo được ... Dữ liệu từ vi điều khiển cho thấy mức tiêu thụ 10mA/h khi hoạt động ở điện áp 3,3V, nhưng thực tế, với việc tích hợp nhiều chức năng cảm biến, thiết bị có thể tiêu thụ nhiều năng lượng hơn, có thể lên đến 27mA/h ở cùng điện áp. Khi kết hợp với tốc độ lấy mẫu cao của cảm biến, công suất tiêu thụ điện trong 8 giờ có thể ước lượng được.

A = P.t

P = U.I

Trong đó:

• A: Công suất tiêu thụ trong thời gian t (Wh).

• P: Công suất (đơn vị W).

• U: Hiệu điện thế (V)

• I: Cường độ dòng điện (A)

• t: Thời gian sử dụng (đơn vị giờ).

Mức tiêu thụ trong 8 giờ sẽ là:

27mA/h x 3,3V x 8h = 0,7128 W hay 739,2 mW.

Để xác định được dung lượng pin cần thiết, ta sẽ chia năng lượng sử dụng cho điện áp danh định của pin. Giả sử điện áp danh định là 3,7V với pin Lipo, dung lượng pin cần thiết sẽ được tính với công thức sau:

739,2 mWh : 3,7V = 199,8 mA

Từ đó ta có thể ước tính được một viên pin có dung lượng khoảng 200 mAh trở lên sẽ đủ để cung cấp năng lượng cho bo mạch trong 8 giờ. Tuy nhiên thực tế dung lượng pin cần thiết chỉ có thể chạy với 80% của dung lượng pin. Vậy dung lượng thực tế sẽ là:

200 : 80% = 250 (mAh)

Vậy ta sẽ chọn pin có dung lượng là 300mAh do các loại cung cấp trên thị trường. Pin Li-Polymer loại này thường nằm trong khoảng 5 đến 10 gram, tương đối nhẹ và phù hợp với thiết bị.

Năng lượng = 0, 7128 Wh × 3600 J/Wh = 3996J

Không quá nóng và gây nguy hiểm cho người sử dụng. Pin được lựa chọn có độ dày 3.5mm, rộng 20mm và chiều dài là 40mm.

Tính thêm kích thước, trọng lượng của pin chọn.

Tính được vỏ ở ngoài ? Tính kích thước của board ? Tại sao lại là 3cm ? (độ dày)

## **3.2. Cảm biến âm thanh.**

Cảm biến MEMS được đánh giá cao về độ chính xác và độ tin cậy trong việc đo và phát hiện các thay đổi về sóng âm.Cảm biến âm thanh trên cơ sở MEMS có rất nhiều ưu điểm vượt trội: nhỏ gọn, SNR, độ nhạy, LFRO,... cũng như công suất tiêu thụ thấp rất phù hợp trong các thiết bị y tế.(Bảng )

Tần số tiêu thụ thấp hơn nhiều so với ứng dụng ...

Một số cảm biến âm thanh MEMS:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Microphone | Loại | Kích thước | SNR | Độ nhạy | LFRO | 1% THD | 10% THD | Dòng điện tiêu thụ |
| Hyperion SPK18R1LM4H-1 | Digital | 4.00 × 3.00 × 1.20mm | 70.5 dB(A) | -36dB ±1dB | 21Hz | 125dBSPL | 128dBSPL | 200μA @ 768kHz 450μA @ 2.4MHz |
| Titan SPH18R1LM4H-1 | Digital | 3.50 x 2.65 x 1.00mm | 68.5 dB(A) | -37dB ±1dB | 30Hz | 123 dBSPL | 129 dBSPL | 190μA @ 768kHz 430μA @ 2.4MHz |
| Cameron SPW0690LM4H-1 | Digital | 3.10 x 2.50 x 0.85mm | 66.5 dB(A) | -41dB ±1dB | 45Hz | 118 dBSPL | 135 dBSPL | 270μA @ 768kHz 1000μA @ 2.4MHz |
| Cornell II SPH0655LM4H-1 | Digital | 3.50 x 2.65 x 0.98mm | 66 dB(A) | -37dB ±1dB | 25Hz | 130.5 dBSPL | 132.5 dBSPL | 260μA @ 768kHz 1000μA @ 2.4MHz |
| Luiso SPH0141LM4H-1 | Digital | 3.50 x 2.65 x 0.98mm | 64 dB(A) | -26dB ±1dB | 45Hz | 108 dBSPL | 121 dBSPL | 235μA @ 768kHz 620μA @ 2.4MHz |
| Raptor SPK01A0LR5H-1 | Analog | 4.00 x 3.00 x 1.20mm | 72 dB(A) | -38dB ±1dB | 17Hz | 122 dBSPL | 130 dBSPL | 175μA @ 2.75V 180μA @ 3.6V |
| Falcon SPH11C3LR5H-1 | Analog | 3.50 x 2.65 x 1.00mm | 68.5 dB(A) | -38dB ±1dB | 32Hz, 18Hz | 125 dBSPL | 134 dBSPL | 67μA @ 1.8V 200μA @ 2.75V |
| Robin SPV61A0LR5H-1 | Analog | 2.75 x 1.85 x 0.90mm | 66 dB(A) | -40dB ±1dB | 35Hz | 130 dBSPL | 133 dBSPL | 175μA @ 2.75V |
| Tochi 2 SPV21A0LR5H-1V | Analog | 2.75 x 1.85 x 0.90mm | 64.5dB(A) | -42dB ±1dB | 35Hz | 132 dBSPL | 134 dBSPL | 175μA @ 2.75V |
| Ford 2 SPV0142LR5H-1 | Analog | 2.75 x 1.85 x 0.90mm | 62.5 dB(A) | -38dB ±1dB | 85Hz | 110 dBSPL | 124 dBSPL | 132μA @ 1.8V |

*Bảng 3.2 Bảng các loại cảm biến âm*

Việc lựa chọn cảm biến MEMS đáp ứng được các tiêu chí này nhóm đã lựa chọn cảm biến MSM261D3526H1CPM của hãng Suzhou MEM Sensing Technology. Dưới đây là thông số kỹ thuật:

* Loại: Micro MEMS
* Mẫu: MSM261D3526H1CPM
* Tín hiệu đầu ra: Kĩ thuật số (Digital)
* Độ nhạy: -26dB±1dB
* Dải tần số: 100 Hz – 15 000 Hz
* SNR: 64 dB(A)
* THD: 1%-94 DbSPL, 10%-120DbSPL
* Điện áp cung cấp: 1,6V – 3,6V
* Mức tiêu thụ: 290 µA@768KHz
* Kích thước: 3,5mm x 2,65 mm x 0,94 mm

Micro MEMS MSM261D3526H1CPM là micro đầu ra kỹ thuật số, công suất thấp và đa hướng, được thiết kế để sử dụng trong điện thoại di động, loa thông minh và một số thiết bị di động khác. Micro có độ nhạy cao (-26dB), dải tần số 100 Hz – 15 000 Hz bao phủ toàn bộ dải tần số âm phổi của con người cũng như cho phép thu được âm thanh mức âm lượng thấp. Kích thước của micro nhỏ gọn, mức tiêu thụ điện thấp, có thể tích hợp vào nhiều thiết bị khác nhau.

## **3.3. Vi điều khiển.**

**Đặc điểm của các vi điều khiển lõi ARM ? Giới thiệu về vi điều khiển trước.**

**Hiện nay các vi điều khiển có sẵn trên thị trường (phải có BLE, tốc độ xử lý, decode c, ... các tính năng mà thiết bị hướng tới)**

**Xu hướng áp dụng ML trên chip. Nên là chip có mặt trên thị trường một thời gian, có cộng đồng, tiết kiệm thời gian phát triển. Và có giá thành phù hợp.**

**Vi điều khiển nRF52840.**

Tiny Machine Learning (TinyML) là một lĩnh vực nổi bật trong lĩnh vực trí tuệ nhân tạo (AI) và máy học (ML) nhắm vào triển khai mô hình học máy trên các thiết bị nhúng và thiết bị IoT (Internet of Things) với tài nguyên có hạn. Mục tiêu của TinyML là đem lại khả năng học và suy luận thông minh ngay tại chỗ, giúp các thiết bị nhúng trở nên thông minh hơn mà không cần phải kết nối với các máy chủ mạng lưới phức tạp. Tiny Machine Learning (TinyML) là một lĩnh vực nghiên cứu ngày càng phát triển, tập trung vào việc đưa trí tuệ nhân tạo và áp dụng các kỹ thuật học máy vào các thiết bị và ứng dụng nhúng có quy mô rất nhỏ.

Với những lợi ích to lớn của TinyMl trong việc ứng dụng vào thực tế, rất nhiều công ty công nghệ lớn hàng đầu thế giới về phần cứng đã nghiên cứu, phát triển và sản xuất, phải kể đến như: Ndivia, Intel, Alphabet, Apple, IBM, Qualcom, Amazon, AMD,... đều đã tham gia vào lĩnh vực này, tạo ra các giải pháp vi xử lý mạnh mẽ và tiên tiến để hỗ trợ việc triển khai trí tuệ nhân tạo tại cạnh mạng (Edge) và trong các thiết bị nhúng. Bảng dưới đây tác giả đã tổng hợp một số dòng chip có khả năng tích hợp Tiny ML:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Hardware** | **Processor** | **CPU Clock** | **Flash** | **SRAM** | **Power/Voltage** |
| Apollo3 | 32-bit ARM Cortex-M4F | 48 MHz, 96 MHz with TurboSPOTTM | 1 MB | 384 KB | 6μA/MHz Battery option, |
| STM32F Discovery | 32-bit ARM Cortex-M4 FPU Core | 48 MHz | 1 MB | 192 KB | 3–5 V |
| ST IoTDiscovery | ARM Cortex-M4 | 48 MHz | 1 MB,64Mbit Quad-SPI | 128 KB | Battery option |
| ECM3532 AI Sensor NSP | ARM Cortex-M3, NXP CoolFlux 16-bit DSP | 100 MHz | 512 KB | 256 KB | 5μA/MHz, Battery option |
| Arduino Nano 33 BLE Sense | nRF52840 | 64 MHz | 1 MB | 256 KB | 3.3 V, 15 mA/pin |
| OpenMV Cam H7 Plus | ARM Cortex-M7 | 480 MHz | 2 MB (Internal) | 1 MB, 32 MB SDRAM | 3.7 V Li-Ion |
| Himax EW-I Plus | 32-bit ARC EM9D DSP with FPU Core | 400 MHz | 2 MB | 2 MB | 1.2–3.3 V, Battery |
| Thunderboard Sense 2 | EFR32™ Mighty Gecko Wireless SoC | 38.4 MHz | 1 KB | 256 KB | 3.3–5 V, Coin cell, ULP |
| Sony’s Spresense | ARM Cortex-M4F 6 Core | 156 MHz | 8 MB | 1.5 MB | 3.3–5 V |
| TinyML Board | Syntiant® NDP101 NDP, 32-bit ARM Cortex-M0 | 48 MHz | 256 KB | 32 KB | 3.7–5 V, LiPo battery |
| Arduino Portenta H7 | ARM Cortex-M7, ARM Cortex-M4 GPU | 480 MHz, 240 MHz | 16 MB | 8 MB SDRAM | 3.7–5 V, Li-Po cell, 700mAh |
| Raspberry Pi 4B | 64-bit ARM Cortex-A72 quad core, Broadcom BCM2711 | 1.5 GHz | - | 256 KB | 3.8–4 W, 3.3–5 V |
| AI-deck 1.1 | GAP8, ESP32 | 168 MHz | 1 MB | 192 KB | 3–5 V |
| Pico4ML BLE | Raspberry Pi RP2040 DSP dual core | 133 MHz | 4 MB | 264 KB | 1.7–3.6 V, battery |
| MKR Video 4000 | Intel® Cyclone ® 10CL016 FPGA, 32-bit ARM Cortex M0 | 48–200 MHz | 2 MB, 256 KB | 32 KB, 8 MB SDRAM | 3.7 V Li-Po, 1024mAh |
| Nicla Sense ME | ARM Cortex M4 | 64 MHz | 512 KB | 64 KB | 3.7 V Li-Po |
| CC1352P Launchpad | CC1352R Wireless MCU LaunchPad™ | 48 MHz | 352 KB | 8 KB | 60μA/MHz ,1.8–3.8 V |
| ESP-EYE | 32-bit ESP32 | 240 MHz | 4 MB | 8 MB PSRAM | 3.3 V |
| GAP8 | RISC-V, hardware convolution engine | 250 MHz (FC), 175 MHz (C), 22.65GOPs | 512 KB | 80 KB,8 MB SDRAM | 1.8–3.3 V, 4.24mW/GOP |
| GAP9 | RISC-V, hardware convolution engine | 400 MHz, 150.8GOPs | 1.5 MB | 128 KB, 2 MB External | 1.8–3.3 V, 0.33mW/GOP |
| Nordic Semi nRF52840 DK | ARM Cortex M4 | 64 MHz | 192 KB | 24 KB | 1.7–5 V Li-Po |
| Nordic Semi Thingy:91 | ARM Cortex M33, nRF9160 SiP | 64 MHz | 1 MB | 256 KB | 1440mAh Li-Po |
| XCore.ai | Convolution and dense neural network FPU 16 core | 3200MIPS, 1 M 512 FFTs/s | - | 1 MB | 1.8–3.3 V, 500mW |
| FRDM-K64F | ARM Cortex M4 | 120Mhz | 1 MB | 256 KB | 1.7–3.6 V, Coin cell |
| ESP8266 | Tensilica L106 32-bit RISC | 80 MHz | 4 MB | 64 KB | 3.3V |
| ESP32 | Single or Dual-Core 32-bit LX6 | 240 MHz | 16MB | 520 KB | 3.3V |
| ESP32  wroom | Dual-Core 32-bit LX6 | 240-MHz | 8MB | 520 KB | 3.3V |

*Bảng 3.3. Bảng các loại cảm vi điều khiển*

Điều quan trọng là phải hiểu rõ rằng mỗi lựa chọn vi xử lý đều đi kèm với những cân nhắc riêng: từ hiệu suất tính toán, tiêu thụ năng lượng, đến khả năng tương thích với các giao thức và ứng dụng cụ thể.

Hiệu suất tính toán đóng vai trò quan trọng trong việc xác định sự hiệu quả của hệ thống. Tùy thuộc vào yêu cầu của dự án, như độ phức tạp của các thuật toán hoặc nhu cầu xử lý thời gian thực, sức mạnh tính toán của vi xử lý cần được đánh giá cẩn thận. Các ứng dụng có hiệu suất cao có thể đòi hỏi vi xử lý với khả năng xử lý tiên tiến, trong khi các ứng dụng đơn giản có thể đủ với các vi xử lý cơ bản hơn. Tiêu thụ năng lượng là một yếu tố quan trọng, đặc biệt đối với các hệ thống hoạt động bằng pin hoặc tiết kiệm năng lượng. Lựa chọn một vi xử lý có tiêu thụ năng lượng thấp có thể kéo dài tuổi thọ pin và giảm tổng chi phí năng lượng, là một yếu tố quan trọng đối với nhiều dự án.

Hơn nữa, khả năng tương thích với các giao thức và ứng dụng cụ thể là một khía cạnh quan trọng khác cần xem xét. Các dự án khác nhau có thể đòi hỏi sự tương thích với các giao thức truyền thông đa dạng, như Wi-Fi, Bluetooth, hoặc Ethernet, tùy thuộc vào yêu cầu mạng của chúng. Ngoài ra, các ứng dụng cụ thể có thể đòi hỏi các tính năng hoặc giao diện đặc biệt, như bộ chuyển đổi tương tự-số (ADC), bộ chuyển đổi số-tương tự (DAC), hoặc các mô-đun mã hóa phần cứng, mà phải được hỗ trợ bởi vi xử lý được chọn.

Nó đáp ứng những thách thức của các ứng dụng phức tạp cần giao thức đồng thời cũng như một bộ thiết bị ngoại vi và tính năng phong phú và đa dạng. Nó cung cấp bộ nhớ rộng rãi cho cả Flash và RAM, đây là những điều kiện tiên quyết cho các ứng dụng đòi hỏi khắt khe như vậy.

NRF52840 có khả năng đa giao thức hoàn toàn với khả năng đồng thời đầy đủ giao thức. Nó có hỗ trợ giao thức cho Bluetooth LE, Bluetooth Mesh, Thread, Zigbee, 802.15.4, ANT. Nó có nhiều thiết bị ngoại vi và giao diện kỹ thuật số như SPI và QSPI tốc độ cao để giao tiếp với đèn flash và màn hình ngoài, PDM và I2S cho micrô và âm thanh kỹ thuật số.

Mức tiêu thụ năng lượng cực thấp đạt được nhờ hệ thống quản lý năng lượng thích ứng trên chip tinh vi. Một số tính năng mà nRF52840:

* 64 MHz Cortex-M4 with FPU
* 1 MB Flash, 256 KB RAM
* 2.4 GHz Transceiver
* 2 Mbps, 1 Mbps, Long Range
* Bluetooth Low Energy, Bluetooth mesh
* ANT, 802.15.4, Thread, Zigbee
* +8 dBm TX Power
* 128-bit AES CCM, ARM CryptoCell
* UART, SPI, TWI, PDM, I2S, QSPI
* PWM
* 12-bit ADC
* NFC-A
* USB 2.0

Việc sử dụng những dòng vi điều khiển này có ít tài liệu và cộng đồng hơn so với những dòng nổi tiếng như Arduino, ESP, STM,.. sẽ đem lại những hạn chế và lợi ích nhất định.

Trong số những lợi ích, sự giới hạn về tài liệu và hỗ trợ có thể tạo ra cơ hội tùy biến cao hơn cho người dùng. Với sự hạn chế này, họ có thể tự mình phát triển và tối ưu hóa các giải pháp phần cứng và phần mềm một cách sáng tạo, phù hợp với yêu cầu cụ thể của dự án. Ngoài ra, sử dụng chip ít tài liệu và cộng đồng hỗ trợ thấp cũng có thể khuyến khích sự độc đáo và sáng tạo trong việc phát triển các giải pháp mới. Bởi vì không bị giới hạn bởi các giải pháp tiêu chuẩn, người dùng có thể tạo ra những ứng dụng độc đáo và không giới hạn bởi các ràng buộc thông thường.

Tuy nhiên, cũng có những hại đi kèm. Sự thiếu hụt về tài liệu và hỗ trợ có thể gây ra những thách thức đáng kể trong việc phát triển và triển khai các ứng dụng. Người dùng có thể gặp khó khăn trong việc tìm hiểu cách hoạt động của chip và sửa lỗi khi cần thiết, dẫn đến tốn thời gian và nỗ lực đáng kể. Hơn nữa, sự thiếu hỗ trợ cũng có thể làm tăng nguy cơ về độ tin cậy và bảo mật của hệ thống, khi không có nguồn tài liệu đáng tin cậy và không có cộng đồng để hỗ trợ trong việc tìm ra và khắc phục các lỗ hổng bảo mật.

### **3.3.1. *PDM -*** ***Pulse Duration Modulation***

Phương pháp pulse-duration modulation (PDM) là một kỹ thuật chuyển đổi tín hiệu analog thành tín hiệu kỹ thuật số, có một số điểm tương đồng với Pulse Width Modulation (PWM) 1-bit. Trong PDM, một xung Clock được cung cấp cho mic với tần số dao động từ 1 MHz đến 3 MHz.

Kỹ thuật này hoạt động bằng cách biến đổi tín hiệu âm thanh thành dạng sóng vuông với mật độ xung biến đổi, nơi mỗi xung biểu diễn một bit dữ liệu. Mỗi mẫu âm thanh được biểu diễn bằng một chuỗi các xung, trong đó một xung có thể là logic 0 hoặc logic 1 tùy thuộc vào mức âm thanh tại thời điểm đó.

Trong quá trình chuyển đổi, tần số của xung Clock càng cao thì độ chính xác của việc tái tạo âm thanh càng tăng. Tại mỗi mẫu âm thanh, các xung được tạo ra với mật độ khác nhau, tùy thuộc vào giá trị của mẫu âm thanh tại thời điểm đó. Khi kết hợp với tần số cao của xung Clock, điều này tạo ra một tín hiệu dạng xung có mật độ biến đổi phản ánh chính xác giá trị của âm thanh tại mỗi thời điểm.

Đối với việc tái tạo âm thanh từ tín hiệu PDM, mật độ xung biến đổi sẽ được tính toán để tạo ra giá trị analog tương ứng. Bằng cách tính trung bình của mật độ xung trong một khoảng thời gian nhất định, giá trị analog của âm thanh có thể được tái tạoA diagram of a wave

Description automatically generated

*Hình 3.2 Bảng minh hoạ Pulse-Duration Modulation (PDM)*

Mô-đun điều chế mật độ xung (PDM) cho phép nhập tín hiệu được điều chế mật độ xung từ các giao diện âm thanh bên ngoài, chẳng hạn như micrô kỹ thuật số. Mô-đun PDM tạo ra đồng hồ PDM và hỗ trợ đầu vào dữ liệu một kênh hoặc hai kênh (trái và phải). Dữ liệu được truyền trực tiếp vào bộ đệm RAM bằng EasyDMA.[2]. Dưới đây là các tính năng chính của PDM (Pulse Density Modulation)[2]:

* Hỗ trợ đến hai microphone PDM được cấu hình như một cặp trái/phải sử dụng cùng một đầu vào dữ liệu. Ở trong bài viết này, chúng ta sử dụng 1 microphone PDM với chân SEL sẽ được nối với đất, tức là âm trái (left microphone), nó bắt xung xuống của xung clock (CLK) để ghi một mẫu dữ liệu vào RAM.
* Tỉ lệ lựa chọn 64 hoặc 80 giữa PDM\_CLK và tốc độ mẫu đầu ra: Cho phép lựa chọn tỷ lệ giữa tín hiệu đồng hồ PDM và tốc độ mẫu đầu ra. (RATIO)
* Tốc độ mẫu đầu ra 16 kHz, mẫu 16-bit giúp đảm bảo chất lượng âm thanh cao. Trong bài viết sẽ cấu hình xung clock(CLK) là 1.032MHz (chế độ default), với RATIO (ở chế độ default) có giá trị là 64.

Tần số lấy mẫu = Tần số clock / RATIO

16 000 = 1 032 000 / 64

* Hỗ trợ EasyDMA cho việc đệm mẫu giúp giảm bớt yêu cầu thời gian thực liên quan đến việc điều khiển thiết bị PDM từ một ngữ cảnh thực thi CPU ưu tiên thấp.
* Bộ lọc giảm tỷ lệ (phần cứng): Cung cấp các bộ lọc giảm tỉ lệ để xử lý dữ liệu âm thanh đầu vào từ microphone PDM.

Module PDM được minh họa dưới đây giao tiếp với tối đa hai micro PDM số sử dụng giao diện PDM. EasyDMA được triển khai để giảm bớt các yêu cầu thời gian thực liên quan đến việc điều khiển thiết bị PDM. Nó cũng bao gồm tất cả các yếu tố bộ lọc kỹ thuật số cần thiết để tạo ra các mẫu mã độ dày xung (PCM). Module PDM cho phép luồng âm thanh liên tục.

A diagram of a computer process

Description automatically generated

*Hình 3.3 Hình ảnh minh hoạ module PDM trong nRF52840*

Mặc định, các bit từ micro PDM bên trái được lấy mẫu tại cạnh lớn của PDM\_CLK, và các bit từ micro bên phải được lấy mẫu tại cạnh nhỏ của PDM\_CLK, dẫn đến hai chuỗi bit. Mỗi chuỗi bit được đưa vào một bộ lọc kỹ thuật số chuyển đổi chuỗi PDM thành các mẫu PCM 16-bit, sau đó lọc và giảm mẫu chúng để đạt được tốc độ mẫu thích hợp.

Module PDM sử dụng EasyDMA để lưu trữ các mẫu ra từ các bộ lọc vào một bộ đệm trong RAM các mẫu 16-bit trái (Mono). Để đảm bảo việc lấy mẫu PDM liên tục, việc cập nhật con trỏ địa chỉ đích EasyDMA là trách nhiệm của ứng dụng khi bộ đệm trước được lấp đầy.

Để chuyển đổi dòng dữ liệu đầu vào thành các mẫu âm thanh PCM, một bộ lọc giảm tỉ lệ được bao gồm trong module giao diện PDM.

**EasyDMA**

Các mẫu sẽ được ghi trực tiếp vào RAM, và EasyDMA phải được cấu hình tương ứng.

Chế độ chúng ta chọn là OPERATION=Mono, RAM sẽ chứa một chuỗi các mẫu chỉ trái.

Việc thu thập PDM có thể được bắt đầu bằng nhiệm vụ START, sau khi các thanh ghi SAMPLE.PTR và SAMPLE.MAXCNT đã được ghi. Khi bắt đầu sẽ mất một khoảng thời gian cho các bộ lọc để bắt đầu đưa ra dữ liệu hợp lệ. Có thể xảy ra các tín hiệu lạch cạch từ microphone PDM chính. Các mẫu đầu tiên (thông thường khoảng 50 mẫu) có thể chứa các giá trị không hợp lệ hoặc các tín hiệu lạch cạch. Do đó, ta sẽ loại bỏ mẫu đầu tiên sau khi bắt đầu PDM.

Ngay khi nhận được sự kiện STARTED, phần mềm có thể ghi giá trị SAMPLE.PTR tiếp theo để đảm bảo hoạt động liên tục. Khi bộ đệm trong RAM được lấp đầy bằng các mẫu, một sự kiện END được kích hoạt. Phần mềm có thể bắt đầu xử lý dữ liệu trong bộ đệm. Trong khi đó, module PDM bắt đầu thu thập dữ liệu vào bộ đệm mới được trỏ đến bởi SAMPLE.PTR, và gửi một sự kiện STARTED mới, để phần mềm có thể cập nhật SAMPLE.PTR đến địa chỉ bộ đệm tiếp theo.

**Tần số lấy mẫu.**

Tần số lấy mẫu Nyquist là một khái niệm quan trọng trong xử lý tín hiệu số. Theo định lý Nyquist, để tái tạo một tín hiệu analog một cách chính xác từ các mẫu số, ta cần lấy mẫu với tần số ít nhất gấp đôi tần số cao nhất của tín hiệu analog. Điều này có nghĩa là tần số lấy mẫu cần phải ít nhất gấp đôi tần số tín hiệu đầu vào.

Công thức cho Định lý lấy mẫu Nyquist có thể được đưa ra là:

: đề cập đến tín hiệu tần số.

: đề cập đến tần số tối đa.

Định lý rất quan trọng trong các lĩnh vực khác nhau như xử lý âm thanh và hình ảnh, trong đó tín hiệu tương tự thường được chuyển đổi thành dạng kỹ thuật số. Bằng cách hiểu khái niệm định lý lấy mẫu Nyquist, chúng ta có thể xác định tốc độ lấy mẫu thích hợp để đảm bảo tính chính xác của biểu diễn kỹ thuật số của tín hiệu tương tự.

### ***3.3.2. Bluetooth năng lượng thấp (BLE):***

Bluetooth năng lượng thấp cung cấp kết nối không dây chi phí thấp, có thể tương tác với các ứng dụng chạy bằng pin nhỏ gọn. Đây là một giao thức không dây hoạt động ở băng tần ISM 2,4 GHz, với thông lượng ứng dụng lên đến 1,4 Mbps. Công nghệ này có hiệu quả cao, giảm thiểu năng lượng cần thiết để truyền dữ liệu. Công nghệ BLE được bảo mật, chỉ định các tính năng để đảm bảo bí mật, toàn vẹn và riêng tư. Bluetooth LE hiện đã được tiêu chuẩn hóa trong tất cả điện thoại thông minh, máy tính bảng và máy tính xách tay. Dưới đây là cấu trúc các layer trong BLE:

A screenshot of a computer

Description automatically generated

*Hình 3.4. Hình ảnh minh hoạ các layer cơ bản trong cấu trúc BLE*

Lớp GAP xác định vai trò thiết bị cụ thể cho các nút trong mạng Bluetooth LE. Các vai trò này xác định các khía cạnh quan trọng như cách thiết bị quảng cáo sự hiện diện của nó hoặc cách thiết bị quét và kết nối với các nút khác. Để hai thiết bị Bluetooth LE kết nối với nhau, một trong số chúng cần thông báo sự hiện diện và sẵn sàng kết nối của mình, trong khi thiết bị còn lại sẽ quét tìm các thiết bị đó.

*Ngoại vi (Peripheral):* Là những thiết bị phát quảng cáo, báo hiệu sự hiện diện và phát dữ liệu: vi điều khiển đọc cảm biến,…

*Trung tâm (Central):* Sẽ là những thiết bi quét các gói quảng cáo, gửi yêu cầu kết nối và đọc dữ liệu: điện thoại, máy tính, …

Trong phạm vi đồ án, tác giả sử dụng cấu trúc liên kết kết nối. Cấu trúc liên kết mạng được kết nối sẽ thiết lập kết nối trước khi quá trình truyền dữ liệu diễn ra. Không giống như cấu trúc liên kết quảng bá, giao tiếp này là hai chiều, nghĩa là trung tâm và thiết bị ngoại vi có thể giao tiếp với nhau, trái ngược với phát sóng, trong đó thiết bị ngoại vi chỉ phát sóng đến trung tâm mà không thể nhận lại bất cứ điều gì.

Giao tiếp trong quá trình quảng cáo chỉ được sử dụng để khám phá thiết bị hoặc để phát dữ liệu và được xử lý bởi chính lớp GAP. Tuy nhiên, sau khi thiết lập kết nối, cần có sự trao đổi dữ liệu hai chiều. Điều này đòi hỏi các cấu trúc dữ liệu và giao thức cụ thể được điều chỉnh cho các mục đích này. Lớp Giao thức thuộc tính (ATT) và lớp Giao thức thuộc tính chung (GATT) sẽ đảm nhận điều này, chúng sẽ xác định cách trình bày và trao đổi dữ liệu giữa các thiết bị Bluetooth LE.

Lớp ATT là cơ sở để dữ liệu được truyền, nhận và xử lý trong giai đoạn kết nối của thiết bị Bluetooth LE. Nó dựa trên kiến ​​trúc máy khách-máy chủ, trong đó máy chủ lưu giữ dữ liệu và có thể gửi dữ liệu trực tiếp đến máy khách hoặc máy khách có thể thăm dò dữ liệu từ máy chủ.

Lớp Hồ sơ thuộc tính chung (GATT) nằm ngay trên lớp ATT và được xây dựng trên đó bằng cách phân loại theo cấp bậc các thuộc tính thành hồ sơ, dịch vụ và đặc điểm. Lớp GATT sử dụng các khái niệm này để quản lý việc truyền dữ liệu giữa các thiết bị Bluetooth LE.

A screenshot of a profile

Description automatically generated

*Hình 3.5.* *Hình ảnh minh hoạ cấu trúc của một profile*

Ưu điểm của cấu trúc liên kết được kết nối là thông lượng tăng lên khi thiết lập liên kết trực tiếp trước khi giao tiếp. Ngoài ra, giao tiếp là hai chiều, nghĩa là trung tâm và thiết bị ngoại vi có thể giao tiếp với nhau, trái ngược với phát sóng, trong đó thiết bị ngoại vi chỉ phát sóng đến trung tâm mà không thể nhận lại bất cứ điều gì.

**Quá trình kết nối của BLE**

Việc thiết lập kết nối cần có hai thiết bị, một thiết bị đóng vai trò là thiết bị ngoại vi hiện đang quảng cáo và một thiết bị đóng vai trò là thiết bị trung tâm hiện đang quét. Khi thiết bị trung tâm nhận gói quảng cáo từ thiết bị ngoại vi, chúng có thể bắt đầu kết nối với nhau để truyền nhận dữ liệu.

A diagram of a computer program

Description automatically generated

*Hình 3.6. Hình ảnh minh hoạ cách kết nối của central và peripheral*

Hình ảnh minh hoạ trên sẽ giúp hiểu rõ về quá trình, một thiết bị ngoại vi đang gửi quảng cáo có thể kết nối sẽ luôn có một cửa sổ RX ngắn sau mỗi quảng cáo, được sử dụng để lắng nghe các yêu cầu kết nối đến.

Sau khi thiết bị ngoại vi nhận thành công gói yêu cầu kết nối, hai thiết bị sẽ kết nối. Khi kết nối được thực hiện, các thiết bị sẽ không còn sử dụng các kênh quảng cáo (kênh 37, 38 và 39) mà bắt đầu sử dụng các kênh dữ liệu (kênh 0 đến 36). Để giảm nhiễu và cải thiện thông lượng trong khi kết nối, Bluetooth LE sử dụng tính năng nhảy kênh, nghĩa là kênh dùng để truyền dữ liệu được thay đổi thường xuyên. Bằng cách này, nếu chúng được đặt trong môi trường có nhiều nhiễu trên một số kênh, tin nhắn sẽ được truyền lại trên kênh khác trong khoảng thời gian kết nối tiếp theo. Để đảm bảo tính toàn vẹn dữ liệu, tất cả các gói được truyền qua Bluetooth LE sẽ được thử lại vô hạn cho đến khi nhận được xác nhận hoặc kết nối bị chấm dứt.

Hoạt động giao tiếp , trao đổi dữ liệu thông qua BLE dựa trên kiến trúc Client-Server. Server sẽ chứa giữa liệu và có thể gửi dữ liệu cho các Client hoặc Client có thể yêu cầu các dữ liệu ở cá dịch vụ hoặc đặc tính tương ứng. Sẽ có ba dịch vụ mà tác giả sử dụng trong phạm vi đồ án:

*Đọc*: Client muốn đọc một giá trị nhất định được lưu trữ trong một thuộc tính trên máy chủ GATT, Client sẽ gửi yêu cầu đến Server và Sever phản hồi bằng cách trả về giá trị.

*Viết:* Client muốn ghi một giá trị nhất định vào một đặc tính, nó sẽ gửi yêu cầu gì và cung cấp dữ liệu phù hợp với định dạng của thuộc tính đó. Sever sẽ chấp nhận thao tác ghi và phản hồi bằng một xác nhận.

*Thông báo:* Sever sẽ tự động đẩy giá trị của một thuộc tính đến Client mà không cần Client yêu cầu. Ứng dụng này sẽ được tác giả sử dụng để cập nhật cho ứng dụng điện thoại các thông số của cảm biến

Sau khi kết nối phần thanh lựa chọn sẽ mất đi và dữ liệu nhận được từ vi điều khiển sẽ được biểu diễn trên biểu đồ của màn hình điện thoại.

## **3.4. Bộ lọc toán học.**

Bộ lọc đáp ứng xung vô hạn, hay IIR (Infinite Impulse Response), là một thành phần quan trọng trong lĩnh vực xử lý tín hiệu và hệ thống số. Khác với các loại bộ lọc FIR, bộ lọc IIR được thiết kế để xử lý và biến đổi tín hiệu số với đặc điểm chính là hàm phản ứng có độ dài vô hạn. Điều này đồng nghĩa với việc khi có một đầu vào xung, bộ lọc IIR có khả năng phản ứng và tạo ra đầu ra không chỉ trong khoảng thời gian ngắn mà còn kéo dài đến vô cùng. Mặc dù việc triển khai có phần phức tạp hơn so với bộ lọc FIR, nhưng chúng mang lại những lợi ích khác, như khả năng thiết kế bộ lọc với số lượng hệ số ít hơn và khả năng xử lý tín hiệu trong khoảng thời gian ngắn hơn. Với sự linh hoạt và thiết kế đa dạng của bộ lọc IIR làm cho chúng trở thành một công cụ quan trọng trong xử lý tín hiệu, được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau như xử lý âm thanh, hình ảnh, và truyền thông, cũng như để thiết kế các hệ thống lọc đa dạng như bộ lọc thông thấp, thông cao, hay bộ lọc chống nhiễu. Một số ví dụ về bộ lọc đáp ứng xung vô hạn phổ biến bao gồm bộ lọc Butterworth, bộ lọc Chebyshev, và bộ lọc Elliptic, chúng thường được ứng dụng để đáp ứng các yêu cầu đặc biệt của hệ thống và độ chính xác của tín hiệu xử lý. Dưới đây là những tìm hiểu về một số bộ lọc đáp ứng xung vô hạn.

**Bộ lọc Butterworth**

**Tổng quan:** Bộ lọc Butterworth được thiết kế để đáp ứng tần số chuyển động trơn tru, cho phép những tần số trong miền băng thông được đi qua mà không có độ chệch nào cũng như cố gắng giảm thiểu độ mạnh tín hiệu ở miền băng chặn. Bộ lọc Butterworth ổn định, đơn giản, dễ triển khai và được ứng dụng nhiều trong nhúng và thời gian thực.

**Thiết kế bộ lọc Butterworth loại 1 thông thấp**

* + Xác định các thông số của bộ lọc:

+ Gain Stopband (Gs): Mức độ giảm độ lợi (đơn vị dB) mà bộ lọc yêu cầu ở băng chặn tần số không mong muốn (stopband) để đảm bảo hiệu suất lọc tốt. Mức giảm này giúp định rõ ranh giới giữa tín hiệu mong muốn và tín hiệu không mong muốn.

+ Gain Passband(Gp): Mức độ độ lợi tối thiểu ở băng thông (đơn vị dB), nơi tín hiệu mong muốn được truyền qua mà không bị giảm độ lợi quá mức. Điều này là quan trọng để đảm bảo bộ lọc không làm suy giảm tín hiệu quan trọng mà nó đang được thiết kế để truyền tải.

+ Passband Frequencies (Tần số băng thông ): Chiều rộng của băng thông mong muốn, thường được đo trong đơn vị tần. Chỉ định khoảng tần số mà tín hiệu thông qua không bị suy giảm độ mạnh tín hiệu.

+ Stopband Frequencies (Tần số băng chặn ):Là chiều rộng của băng chặn, đo trong đơn vị tần số. Chỉ định tần số lớn nhất mà bộ lọc cho phép thông qua một cách chấp nhận được.

A graph of a function

Description automatically generated

*Hình 3.7 Hình ảnh minh hoạt biểu đồ hàm đáp ứng của bộ lọc Butterworth thông thấp*

* + Tính toán tần số cắt và bậc của bộ lọc

Bậc bộ lọc: N≥

Tần số cắt:

Trong đó:

- Tần số băng chặn (rad/s)

- : Tần số băng thông (rad/s)

- : Gain Stopband (dB)

- : Gain Passband (dB)

* + Các cực được biểu diễn trên đường tròn, có phương trình:

với k = 1,2,...,2N

A circle with arrows and numbers

Description automatically generated

*Hình 3.8 Hình ảnh biểu đồ phân phối các cực của bộ lọc Butterworth thông thấp*

Sau khi thay các giá trị k, ta thu được 2N điểm cực. Nhưng chỉ lấy N điểm cực nằm ở bên trái đường tròn là những điểm cần tìm để cho bộ lọc ổn định và có tính chủ quan (tín hiệu đầu ra chỉ phụ thuộc vào tín hiệu đầu vào và trạng thái hệ thống). Ta thu được các điểm cực lần lượt là .

* + Xây dựng hàm truyền H(s)

còn được gọi là đa thức butterworth bậc N.

# **CHƯƠNG 4. KẾT QUẢ VÀ ĐÁNH GIÁ SẢN PHẨM**

Mục đích của mạch sẽ được thiết kế để thu âm tín hiệu âm thanh phổi không dây. Giúp có thể theo dõi tình trạng người bênh mà không gây khó chịu, vướng mắc hoặc quá bất tiện. Việc sử dụng các thiết bị không dây sẽ giúp cho sản phẩm trở nên linh hoạt hơn. Trong dự án này, chúng ta sẽ tạo ra một hệ thống thu âm không dây sử dụng module NRF52840 và microphone MEMS (Microelectromechanical Systems) để thu âm và truyền dữ liệu về một thiết bị người nhận.

## **4.1. Mạch nguyên lý và PCB.**

Trong dự án này, chúng ta sẽ tạo ra một hệ thống thu âm không dây sử dụng module NRF52840 và microphone MEMS (Microelectromechanical Systems) để thu âm và truyền dữ liệu về một thiết bị người nhận. Micro MEMS sẽ được kết nối với nRF52840 sử dụng module PDM có trong chính vi điều khiển để thu thập và xử lý tín hiệu. Sơ đồ mạch nguyên lý:

A blueprint of a computer

Description automatically generated

*Hình 4.2. Hình ảnh sơ đồ nguyên lý của mạch*

Theo một nghiên cứu khác của nhóm, việc đăt cảm biến trên board tốt nhất nên đặt chính giữa.

Microphone đã được thử hiện và khuyên dùng nên được đặt trong vòng tròn có tâm chính giữa của mạch, đường kính xấp xỉ 3cm. Vì vậy trong mạch ta sẽ cố gắng để mạch ở chính giữa mạch để có thể cho microphone ở trong điều kiện thích hợp, an toàn và phù hợp nhất như trong nghiên cứu trước đó. Ta cũng để một khoảng xung quanh microphone so với linh kiện khác để tránh những nhiều không mong muốn tác động tới microphones**. (Tính nhiệt độ hoạt động của vi xử lý)**

Module MDBT50Q-1MV2 ngoài việc đóng gói các linh kiện cơ bản của nRF52840 rất tiện lợi thì còn tích hợp sẵn ăng ten PCB, cực kỳ phù hợp cho việc chế tạo và phát triển một thiết bị nhỏ gọn, tiết kiệm pin và có thể đeo được trên cơ thể người.

Trong thiết kế của tác giả, việc đảm bảo ăng-ten được đặt trong không gian mở và thuận tiện cho việc phát sóng và truyền dữ liệu là một ưu tiên hàng đầu. Với việc có không gian trống ở góc trái của mạch, chúng tôi có thể tận dụng để đặt ăng-ten một cách lý tưởng, tránh xa những vật cản có thể gây ra nhiễu sóng và ảnh hưởng đến hiệu suất truyền thông.

Đặt ăng-ten ở vị trí này không chỉ giúp tối ưu hóa phạm vi truyền thông mà còn đảm bảo rằng nó không bị che khuất bởi bất kỳ linh kiện nào khác trên mạch. Điều này đồng nghĩa với việc chúng tôi có thể đạt được hiệu suất truyền thông tốt nhất và tăng cường khả năng kết nối với các thiết bị ngoại vi..

Phần pin như ta đã tính toán dung lượng đủ để cho thiết bị hoạt động xuyên suốt trong 1 đêm. Nhưng có một vấn đề mà chúng ta chưa nói tới, đó là pin Lipo có điện áp bình thường là 3.7V nhưng khi sạc đầy thì điện áp hoạt động có thể lên tới 4.2 V. Tuy không có cứng nhắc về phần nguồn vào là chính xác 3.3V nhưng việc chênh lệch nhiều có thể làm giảm tuổi thọ của thiết bị, khiến nó hoạt động không chinhhs xác và kèm theo rất nhiều những hệ quả mà khó lường trước. Vậy thì làm thế nào ta có thể giải quyết vấn đề đầu vào không ổn định như thế này.

Sẽ có rất nhiều hướng để tiếp cạn vấn đề này và cũng là một bài toán rất nhiều người gặp phải. Chúng ta có những IC Buck giúp ổn áp nhưng với thị trường ở việt nam khá khó để chúng ta kiếm được những IC có dải đầu vào linh động, thường những những ic có đầu ra là 3.3V thì đầu vào sẽ phải lớn hơn hoặc bằng 4 V. Nhưng pin Lipo chỉ khi sạc đầy mới có thể đạt đến 4.2V vậy nếu chỉ dùng trực tiếp IC Buck thì ta sẽ chỉ dùng được 0.2V của pin Lipo. Có một vấn đề để giải quyết vấn đề này đó là mạch boost rồi buck. Bằng cách tăng áp của pin Lipo trước khi đưa nó vào mạch buck. Dải hoạt động của pin Lipo sẽ là từ 1.7V đến 4.2V. Đối với các loại pin thì nếu như vượt xuống ngưỡng hoạt động thì sẽ khiến cho pin bị hỏng và không thể hoạt động lại được nữa. Đó là lý do khi sạc chúng ta cần mạch cảnh báo ngưỡng pin cũng như mạch bảo vệ pin. (Phần này sẽ được tác giả phát triển tiếp trong tương lai).Vậy bằng cách đưa điện áp của pin thông qua mạch boost sẽ khiến dải hoạt động của pin lớn hơn cụ thể là (5V-9V). sau đó buck về điện áp 3.3V như vậy ta sẽ có thể tận dụng được tối đa dung lượng của pin.

Đối với module MDBT5Q-1MV2 sẽ giúp chúng ta tiết kiệm rất nhiều thời gian đối với phần nguồn này. Moudle linh động sẽ cấp 2 chân cấp nguồn để phù hợp với nhiều nguồn vào khác nhau. VCC - sẽ được sử dụng như chân nguồn chuẩn, nó được sử dụng cho nguồn vào trong khoảng từ 1.7V - 3.3V. Và 1 chân VCCH (VCC highrate) sẽ phù hợp cho nguồn vào từ 1.8V đến 5.5V. Vậy sẽ giúp chúng ta giải quyết được bài toán chênh lệnh điện áp đầu vào. Nhưng chúng ta vẫn còn bài toán ổn áp, nguồn đầu vào nên là một nguồn ổn định. Chúng ta sẽ sử dụng đến module LDO được tích hợp trong moudle này.

Mạch LDO (Low Drop-Out) trong module MDBT5Q-M1V2 là một khối điều chỉnh điện áp thấp được sử dụng để cung cấp nguồn điện áp ổn định và chất lượng cho các thành phần khác của mạch. Công nghệ LDO hoạt động bằng cách so sánh điện áp đầu ra với một điện áp tham chiếu ổn định. Nếu điện áp đầu ra thấp hơn điện áp tham chiếu, một khối điều chỉnh sẽ được kích hoạt để điều chỉnh nguồn điện áp đầu ra. Các bộ lọc được tích hợp giúp loại bỏ nhiễu và nhiễm từ từ nguồn cung cấp và điều chỉnh điện áp đầu ra. Mạch LDO sử dụng phản hồi âm để duy trì điện áp đầu ra ở mức ổn định, và có hiệu suất cao và tiêu thụ năng lượng thấp để giảm thiểu sự lãng phí năng lượng và tăng thời gian sử dụng pin của thiết bị. Ngoài ra, mạch LDO còn cung cấp các tính năng bảo vệ như bảo vệ quá dòng, quá nhiệt, và quá áp, đảm bảo an toàn và ổn định trong mọi điều kiện hoạt động. Để nói ngắn gọn module LDO này sẽ giúp ổn áp nguồn đầu vào từ VCCH, nó sẽ quy dải đầu vào từ 1.7V đến 5.5V trờ về 3.3V để cấp nguồn cho vi điều khiển cũng như các ngoại vi của nó. Bằng cách sử dụng module LDO sẽ giúp tiết kiệm phần cứng hơn rất nhiều. Dưới đây là mạch nguyên lý để đưa vi điều khiển vào chế độ LDO mode mà nhà sản xuất khuyên dùng.

Một số lưu ý mặc dù không phải bắt buộc nhưng rất quan trọng, đó là về kích thước của linh kiện. Các kích thước phổ biến có thể tìm thấy là 0402, 0603, 0805,...Kích thước 0805 là một mã số thường được sử dụng để chỉ kích thước của các linh kiện điện tử, đặc biệt là các linh kiện bề mặt (surface mount components). Mã số này thường được sử dụng để chỉ kích thước của các linh kiện như resistor, capacitor và các linh kiện khác. Do yêu cầu về mặt kỹ thuật, công nghệ thì ở Việt Nam sẽ rất khó có thể tim được những nơi gia công các linh kiện loại 0402. Mặc dù lợi ích kích thước nhỏ giúp tiết kiệm diện tích nhưng sẽ gây khó khăn cho phần gia công và làm giảm tốc độ phát triển và hoàn thành dự án. Trong đồ án này tác giả sử dụng loại 0805 để giúp giảm bớt gánh nặng phần gia công cũng như dễ sửa lỗi hơn. Vậy 0805 này là gì ? rong trường hợp này, các con số này thường được tách biệt bằng cách sử dụng đơn vị "mil", tương đương với 1/1000 inch. Vì vậy, kích thước 0805 là 2,0 x 1,25 mm. **(đổi mm)**

Ngoài ra để tiện theo dõi do không có mà hình đê in ra hay debug thì chúng ta nên thêm một số led để theo dõi tình trạng của mạch. 2 led được sử dụng trong này thể 2 tình trạng là có nguồn và vòng loop vẫn hoạt động.

A circular blue and black circuit board

Description automatically generated A red circle with black and red circles and black lines

Description automatically generated

*Hình 4.3. Hình ảnh mạch PCB của mạch*

Mạch PCB ở chế độ 3D:

A close-up of a circuit board

Description automatically generatedA circular blue circuit board

Description automatically generatedA circular blue circuit board

Description automatically generated

*Hình 4.4. Hình ảnh mạch 3D.*

Để đảm bảo tính chính xác và hiệu suất của cảm biến, chúng tôi đã quyết định đặt cảm biến ở mặt sau của mạch. Quyết định này được đưa ra sau nhiều xem xét kỹ lưỡng với mục tiêu là tối ưu hóa hoạt động của cảm biến và tăng cường tính thông thoáng của mạch.

Việc đặt cảm biến ở mặt sau giúp tránh được nhiễu từ các linh kiện khác trên mạch. Bằng cách tách biệt cảm biến với các linh kiện khác, chúng tôi có thể giảm thiểu tác động nhiễu từ các nguồn tạo ra từ mạch điện khác nhau, đảm bảo rằng cảm biến hoạt động một cách chính xác và ổn định nhất.

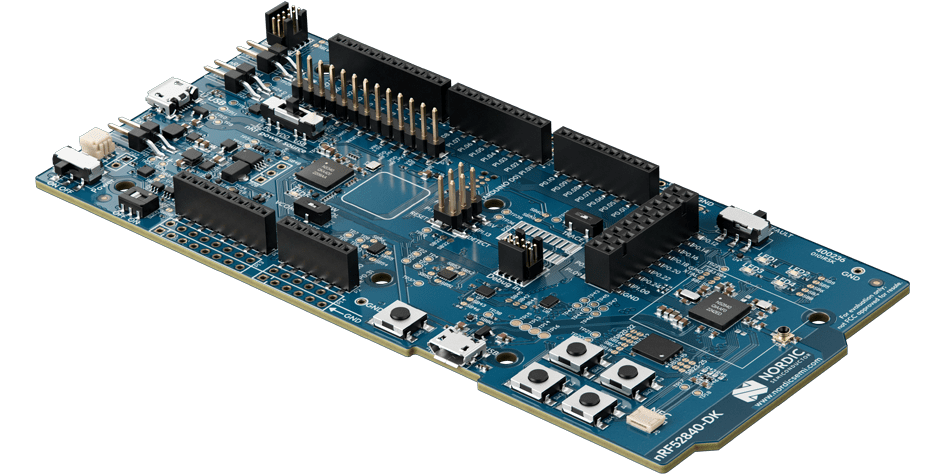
Ngoài ra, việc đặt cảm biến ở mặt sau cũng giúp hạn chế sự tiếp xúc giữa các linh kiện và cơ thể con người. Điều này làm giảm nguy cơ gây ra các vấn đề liên quan đến an toàn và sức khỏe khi sử dụng thiết bị. Bằng cách tạo ra một lớp cách ly giữa cảm biến và cơ thể, chúng tôi đảm bảo rằng người dùng có trải nghiệm sử dụng an toàn và thoải mái nhất.

Đặt cảm biến ở mặt sau cũng giúp tăng tính thông thoáng của mạch. Bằng cách đưa cảm biến ra phía sau, chúng tôi tạo ra một không gian mở phía trước mạch, giúp dễ dàng lưu thông không khí và làm mát mạch điện. Điều này làm giảm nguy cơ quá nhiệt độ của mạch và đồng thời tăng cường hiệu suất hoạt động của thiết bị.

Trong kế hoạch thiết kế của chúng tôi, việc đặt cảm biến ở mặt sau được coi là một phần không thể thiếu và được ưu tiên hàng đầu. Điều này giúp tối ưu hóa hoạt động của cảm biến, tăng cường tính an toàn và thoải mái cho người dùng, và cải thiện hiệu suất hoạt động của thiết bị.

## **4.2. Chương trình phần mềm.**

Như vậy chúng ta cũng đa tìm hiểu về các module mà ta sử dụng trong đồ án này. Vậy bài toán tiên quyết đầu tiên mà ta cần giải quyết đó là phải lấy đầy đủ những mẫu mà ta thu được. Ta phải cần đảm bảo tính bảo toàn và nguyên vẹn của data mà cảm biến trả về. Để việc phát triển phần cứng có thể song song và cùng lúc, tác giả sẽ thực hiện kiểm thử và phát triển trên dòng kit học tập nRF52840-DK trước. Kit sẽ có đầy đủ các chức năng của nRF52840 và hỗ trợ các dăm cắm dễ dàng cho việc thử nghiệm và viết chương trình cho sản phẩm.



*Hình 4.5. Hình ảnh KIT học tập nRF52840-DK*

Chúng ta cấu hình 5 block mỗi block chứa 16000 dữ liệu âm thanh để chứa dữ liệu data đầu vào từ mic. Vì tần số lấy mẫu là 16kHz tức 16k sample sẽ được ghi mỗi giây, vì vậy khi hoàn thành 5 block ta sẽ có đủ dữ liệu âm thanh trong 5 giây với 80000 mẫu âm thanh trong buffer.

A white rectangular grid with black text

Description automatically generated with medium confidence

*Hình 4.6. Hình ảnh minh hoạ các tổ chức buffer*

Hàm **pdm\_buffer\_handler** được sử dụng để xử lý sự kiện từ module PDM. Hàm này nhận một con trỏ tới một sự kiện **nrfx\_pdm\_evt\_t**.

Trong phần điều kiện **if (p\_evt->buffer\_requested == true)**, hàm kiểm tra xem module PDM có yêu cầu một bộ đệm mới hay không. Nếu có, nó sử dụng hàm **nrfx\_pdm\_buffer\_set** để đặt bộ đệm mới cho module PDM. Đồng thời, con trỏ bộ đệm **buffer\_ptr** được di chuyển đến bộ đệm tiếp theo trong danh sách các bộ đệm có sẵn.

Trong phần điều kiện **if (p\_evt->error != NRFX\_PDM\_NO\_ERROR)**, hàm kiểm tra xem có lỗi nào từ module PDM hay không. Nếu có, nó sử dụng hàm **bsp\_board\_led\_invert(0)** để chuyển trạng thái của đèn LED. Điều này có thể được sử dụng để hiển thị một cảnh báo hoặc thông báo lỗi cho người dùng.

Mỗi lần hàm *pdm\_buffer\_handler()* được gọi tức là chương trình đã hoàn thành xong 1 block trong RAM và cần được cấp địa chỉ tiếp theo để thực hiện ghi dữ liệu vào RAM. Ta sẽ đếm đủ 5 lần lấy dữ liệu tức là 5 block ~ 80000 dữ liệu âm thanh tương ứng là 5 giây thu thập âm thanh thở lúc ngủ và dừng việc sao chép các dữ liệu vào mảng. Lúc này chương trình sẽ chuyển sang gửi dữ liệu lên ứng dụng điện thoại và biểu diễn nó.

Sau khi có dữ liệu đã được sao chép vào mảng, việc còn lại là cần gửi nó tới ứng dụng điện thoại. Tác giả chọn cách gửi từng dữ liệu âm thanh trong mảng từ vi điều khiển tới ứng dụng, tương ứng chúng ta cần gửi 2 byte mỗi lần.

Sau khi thử nghiệm thì phương pháp này không được đề cao vì tính delay của việc gửi 2 byte. 1 frame dữ liệu của BLE có thể chứa tới 244 byte data, việc chỉ gửi 2 byte một sẽ không tận dụng được lượng lớn dữ liệu có thể truyền. Việc truyền 4000 mẫu ( 1 mẫu tương ứng với 2 byte) đã mất tới 5 giây để hoàn thành. Như vậy việc gửi hết 80000 mẫu sẽ mất tới 100 giây. Việc lưu trữ 5 giây mà lại mất tới 100 giây sẽ làm mất đi tính năng của sản phẩm. Hơn nữa, việc lưu 80000 mẫu một lúc sẽ khiến cho chương trình gặp lỗi, dễ khiến bị hỏng RAM. Cụ thể là sau hơn 1 phút hoạt động chương trình sẽ báo lỗi và ngừng hoạt động.

Vậy thì quay lại vấn đề, việc lưu lượng lớn data 80000 mẫu tương đương với 160000 bytes sẽ chiếm gần đầy RAM của vi điều khiển. Tác giả sẽ thử đầu tiên là giảm số lượng buffer xuống còn 200 byte tương ứng với một frame mà BLE có thể gửi trong 1 lần. Với tần số lấy mẫu là 16125 thì cứ sau mỗi 1 giây thì PDM sẽ nhảy vào hàm callback 1 lần và yêu cầu địa chỉ RAM tiếp theo để ghi. Vậy thời gian giữa các lần hàm callback gọi sẽ là :

Giờ chúng ta sẽ thử đo việc thiết bị chạy xong một vòng loop sẽ mất khoảng thời gian là bao nhiêu. Trong này việc sử dụng SysTick thông thường cho các dòng Arm4 sẽ không thể dùng được. Lý do là khi sử dụng quảng bá của BLE, chương trình sẽ ngăn chặn việc SysTick và khiến nó hoạt động sai so với bình thường. Chúng bị xung đột lẫn nhau và làm cho việc đếm thời gian không còn trở nên đúng nữa. RTC (Real time clock) sẽ là giải pháp cho vấn đề này. Module RTC sử dụng thạch anh ngoài có giá trị là 32,768Khz để làm xung clock. Tác giả sẽ sử dụng hàm ***app\_timer\_cnt\_get()*** để lấy giá trị gá vào 2 biến ***timeStart*** và ***timeEnd***. In kết quả ra màn hình và nhận được giá trị là 204. Vậy thời gian để kết thúc một vòng loop hay gửi xong một frame qua BLE sẽ là (204 / 32768)\*

Như vậy là theo tính toán thì việc gửi sẽ chắc chắn nhanh hơn việc ghi dữ liệu vào bộ nhớ. Nhưng để việc chương trình hoạt động trơn tru và đề phòng những lúc bị chậm hoặc hoạt động không mong muốn, chúng ta cần quản lý dữ liệu một cách phù hợp. Trước khi gửi đi, tác giả sẽ tạo ra một queue dể lưu trữ dữ liệu.

Queue là một cấu trúc dữ liệu trong lập trình máy tính, được sử dụng để lưu trữ và quản lý các phần tử theo cơ chế "First-In-First-Out" (FIFO), tức là phần tử được thêm vào trước sẽ được lấy ra trước. Đặc điểm chính của queue là việc thêm phần tử chỉ có thể thực hiện ở một đầu của queue, được gọi là rear (đuôi), trong khi việc lấy phần tử chỉ có thể thực hiện ở một đầu khác, được gọi là front (đầu).

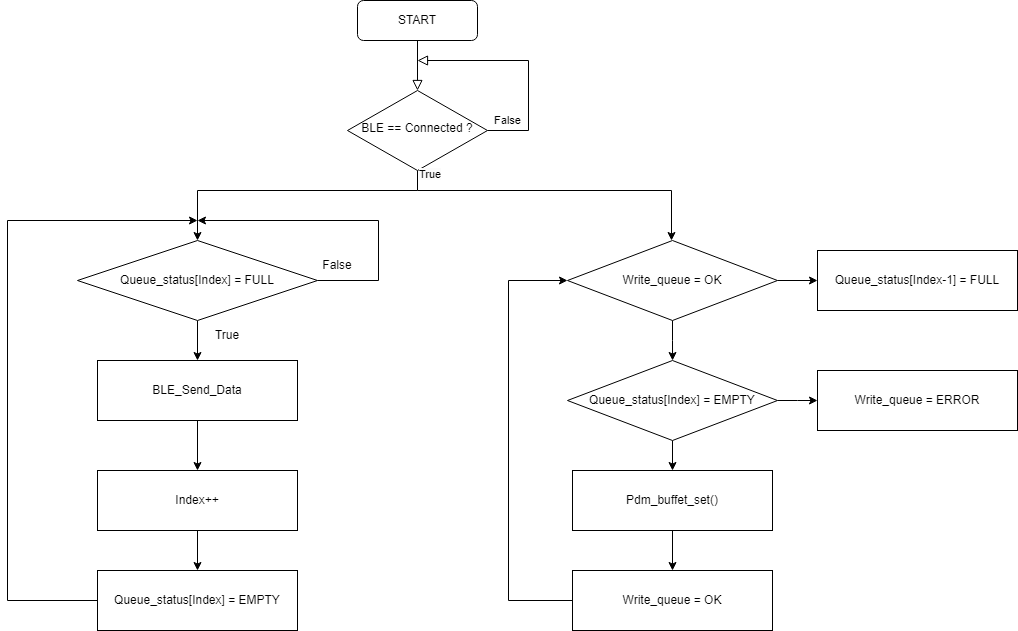
Trong khuôn khổ đồ án, tác giả đã tạo thư viện queue.c và queue.h để phục cho việc lưu trữ dữ liệu. Thư viện còn chưa linh động và được mặc định sẵn là queue sẽ bao gồm 10 vị trí trong hàng đợi và mỗi vị trí sẽ tương đương với 1 lần đọc (100 dữ liệu âm thanh). Mỗi một queue được ghi xong sẽ được gán cờ giá trị là **QUEUE\_FULL,** tương tự mỗi lần một queue được gửi xong thì cờ sẽ được đặt thành **QUEUE\_EMPTY** và khởi tạo lại toàn bộ vùng nhớ thành 0 thông qua câu lệnh **memset().**

**A close-up of a text

Description automatically generated**

*Hình 4.7. Hình ảnh các hoạt động của Queue.*

Trước khi việc ghi diễn ra, chương trình sẽ kiểm tra xem cờ của queue được địa chỉ có có giá trị là gì. Ta sẽ khởi tạo và kết nối một chân led để bắt cờ lỗi (**QUEUE\_ERROR**), bất khi hàm nào đọc hay ghi trả về lỗi thì led sẽ tắt.



Kết quả thực nghiệm, trong suốt quá trình thử nghiệm led trên board không có dấu hiệu tắt như vậy chứng tỏ việc tính toán đã đúng và dữ liệu không hề bị mất mát. Tác giả đã thử nghiệm đo board mạch qua đêm, chương trình vẫn hoạt động ổn định và không bị ngắt.

Trong quá trình đánh giá hiệu quả của bộ lọc âm thanh đã được áp dụng, chúng tôi đã tiến hành một phân tích kỹ lưỡng về các tần số cũng như các giá trị âm thanh trước và sau khi bộ lọc được thiết lập. Kết quả cho thấy rằng bộ lọc đã hoạt động hiệu quả, làm giảm đáng kể các nhiễu và dư âm không mong muốn, trong khi vẫn bảo toàn được phần lớn các thông tin âm thanh cơ bản và chất lượng của âm thanh gốc.

A blue sound wave

Description automatically generated

*Hình 4.8. Hình âm thanh phổi hình thường có nhiễu với tần số là 500Hz – 60dB.*

A sound wave with yellow lines

Description automatically generated with medium confidence

*Hình 4.9. Hình ảnh âm thanh phổi bình thường sau khi qua bộ lọc.*

Đây là hình ảnh khi chúng ta chồng hai biểu đồ lại. Có thể thấy bằng mắt thường bộ lọc đã lọc đi những âm thanh có tần số cũng như là giá trị không có trong miền xác định. Ta có thể thấy âm anh sau khi lọc có hình nhạc gần như giống với âm thanh gốc.

A sound wave with orange and blue lines

Description automatically generated

Đây là hình ảnh âm thanh gốc:

A sound wave with yellow lines

Description automatically generated with medium confidence

*Hình 4.10. Hình ảnh âm thanh phổi bình thường*

Cụ thể hơn, thông qua việc sử dụng các phương pháp phân tích tần số tiên tiến, chúng tôi đã quan sát thấy rằng các đặc trưng tần số quan trọng của tín hiệu âm thanh, sau khi đã qua bộ lọc, gần như không bị biến dạng so với tín hiệu ban đầu. Bộ lọc đã thành công trong việc cô lập và loại bỏ những phần của tín hiệu âm thanh có thể gây cản trở hoặc làm méo tín hiệu, từ đó tăng cường độ rõ nét và chất lượng tổng thể của âm thanh.

Hơn nữa, các biểu đồ được vẽ sau quá trình lọc cho thấy một sự trùng khớp cao với biểu đồ của giá trị âm thanh gốc. Điều này chứng tỏ rằng bộ lọc đã được thiết kế và điều chỉnh một cách chính xác để tối đa hóa hiệu quả trong việc duy trì trung thực âm thanh của tín hiệu đầu vào. Sự trùng khớp giữa biểu đồ trước và sau khi lọc không chỉ minh chứng cho việc lọc thành công các thành phần gây nhiễu, mà còn giúp chứng minh rằng tín hiệu âm thanh sau khi qua bộ lọc vẫn giữ được đặc tính và chi tiết của bản gốc, điều rất quan trọng trong các ứng dụng chuyên nghiệp như thu âm, sản xuất âm nhạc, hoặc thậm chí là trong các ứng dụng y tế và công nghiệp.

Qua đánh giá này, có thể thấy rằng bộ lọc dù chưa hoàn hảo nhưng đã đạt được mục tiêu được đề ra ban đầu, là vừa lọc sạch các nhiễu không mong muốn vừa bảo toàn được chất lượng âm thanh cần thiết

## **4.3. Ứng dụng điện thoại Android**

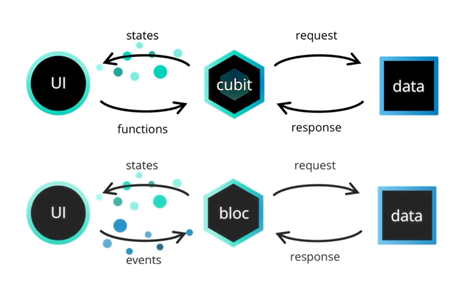
Phần mềm ứng dụng được thiết kế với mục tiêu tạo thuận lợi cho người dung. Nhiệm vụ chính là thực hiện liên kết đến phần cứng và giao diện trực tiếp để người dùng thực hiện các thao tác.

* Ngôn ngữ: Dart
* Framework: Flutter
* Hệ điều hành: Android
* Kết nối với phần cứng: Ble
* Chức năng: Đảm bảo các yêu cầu cơ bản, thuận tiện cho người sử dụng.

Các tính năng chính của ứng dụng đó là

* Tạo người dùng để lưu trữ các thông tin hơi thở của mỗi người riêng biệt.
* Quét và tìm thiết bị phần cứng thông qua giao thức BLE
* Nhận dữ liệu và hiện thị thông qua biểu đồ.
* Lịch sủ lưu trữ các kết quả trong suốt quá trình kết nối.

Flutter là cross-platform dành cho ứng dụng di động viết theo kiểu hướng đối tượng. Nó có thể lập trình cho cả ứng dụng trên nền tảng Android và IOS. Khả năng phát triển nhanh chóng có nhiều thành phần (Widget) có sẵn, đẹp, dễ sử dụng và có nhiều thư viện và cộng đồng sử dụng. Trong ứng dụng này tác giả sử dụng Bloc là một thư viện để quản lý state cho Flutter application. B.L.o.C (Business Logic Component). Nhận 'Event' như là đầu vào và trả về kết quả là 'State'. Bloc được xây dựng dựa trên RxDart. Chúng ta có thể chia Flutter application architecture thành 3 lớp sau:



*Hình 4.11. Hình ảnh minh hoạ cấu trúc application*

* Event: Đầu vào từ giao diện như là các nút bấm hay là ô nhập dữ liệu.
* State: Trạng thái của ứng dụng.
* Request/Response: Là các chuỗi (stream) bất đồng bộ liên kết với các dịch vụ (service) để xử lý yêu cầu.

Đầu tiên người dùng sẽ tạo giao diện bằng cách chọn “dấu cộng xanh” ở góc dưới bên phải màn hình. Màn hình sẽ hiện thị các thông tin cơ bản của để thiết lập 1 người dùng. Ứng dụng được thiết kế để cho phép người dùng thiết lập thông tin cơ bản của họ một cách dễ dàng thông qua một giao diện người dùng thân thiện.

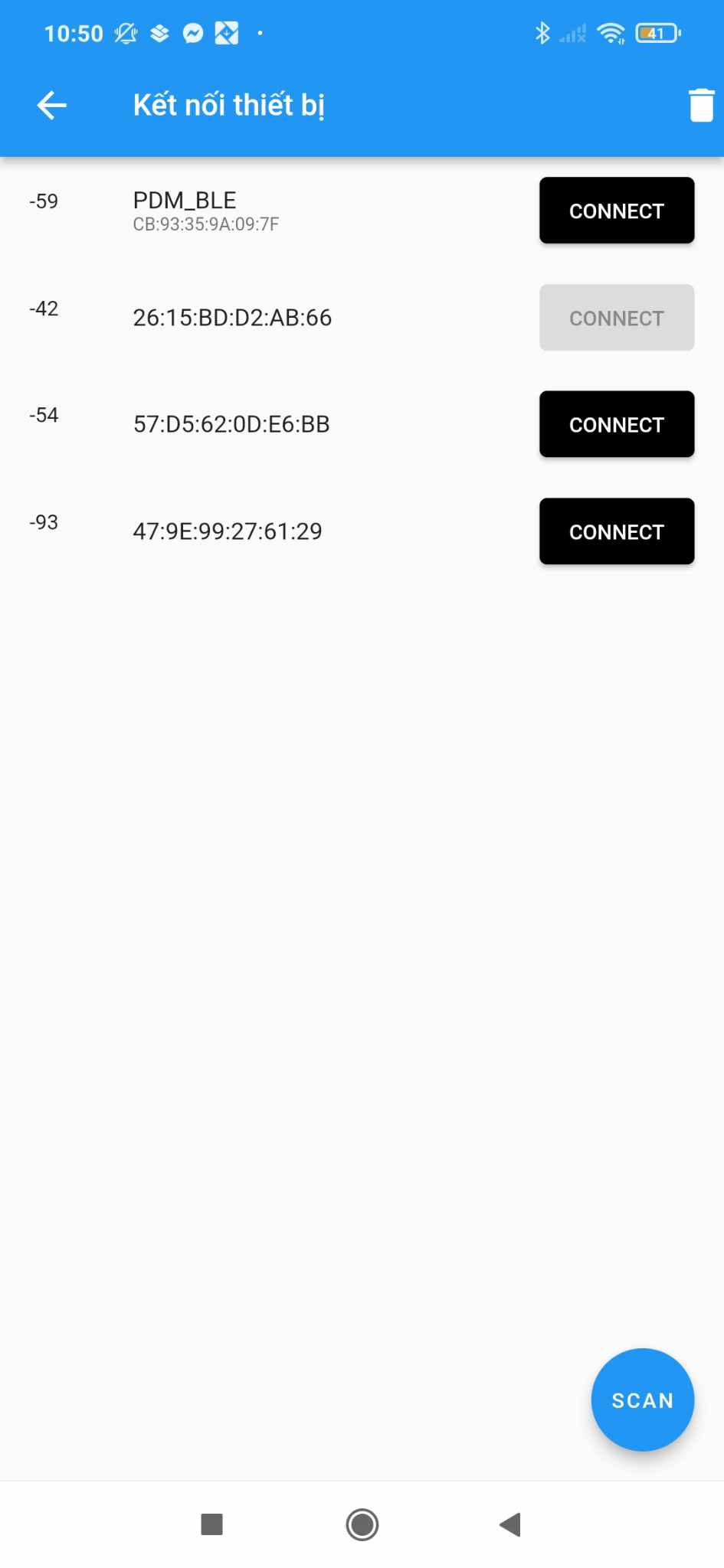
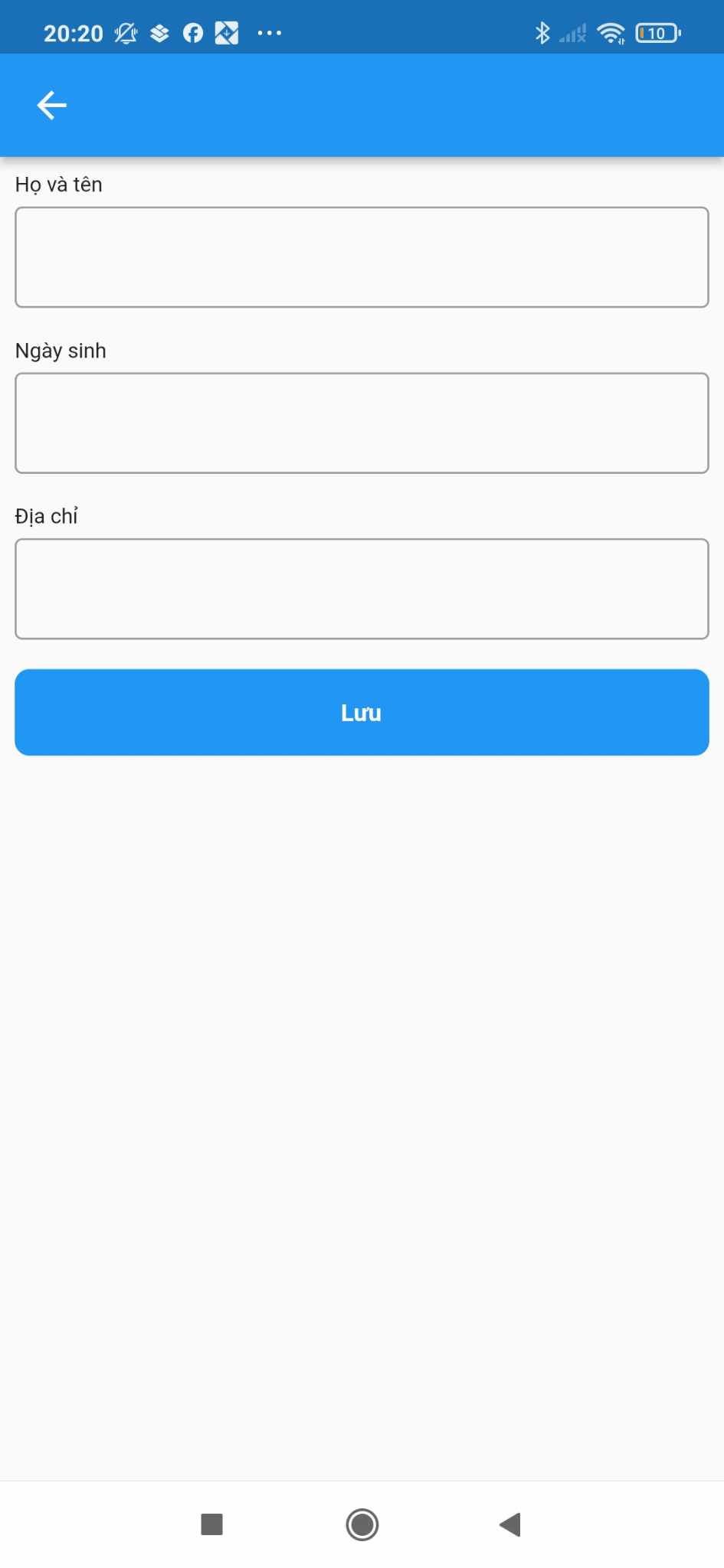
Phạm vi của đề tài bao gồm thiết kế giao diện người dùng cho việc thiết lập thông tin người dùng, phát triển các tính năng cơ bản để người dùng có thể nhập thông tin cá nhân như tên, tuổi, địa chỉ email, và giới tính, cũng như lưu trữ thông tin người dùng vào cơ sở dữ liệu để có thể truy cập và cập nhật sau này.

Tiếp theo, sau khi quét và phát hiện các thiết bị BLE trong phạm vi, ứng dụng sẽ tự động hiển thị một danh sách các thiết bị được tìm thấy. Mỗi thiết bị sẽ được liệt kê chi tiết cùng với tên và các thông tin khác như địa chỉ MAC hoặc tín hiệu RSSI (Received Signal Strength Indication), giúp người dùng dễ dàng nhận biết và lựa chọn thiết bị mà họ muốn kết nối.

Với giao diện người dùng thân thiện, danh sách các thiết bị được trình bày một cách rõ ràng và dễ hiểu, giúp người dùng có cái nhìn tổng quan về các thiết bị có sẵn để kết nối. Mỗi thiết bị sẽ được hiển thị theo tên đầy đủ, địa chỉ MAC, và tín hiệu RSSI, cung cấp đủ thông tin cho người dùng để đưa ra quyết định chọn lựa.

Đặc biệt, để tăng cường tính linh hoạt và thuận tiện cho người dùng, mỗi thiết bị sẽ được trang bị một nút "CONNECT" riêng. Người dùng có thể dễ dàng chọn kết nối với thiết bị mong muốn bằng cách nhấn vào nút "CONNECT" được hiển thị bên cạnh tên của thiết bị. Trong đồ án, thiết bị BLE được đặt tên là "PDM BLE", và nút "CONNECT" sẽ được hiển thị kèm theo tên của thiết bị.

Qua đó, việc hiển thị danh sách các thiết bị và cung cấp tính năng kết nối dễ dàng giúp tối ưu hóa trải nghiệm người dùng, đồng thời tạo điều kiện thuận lợi cho họ trong việc quản lý và kết nối với các thiết bị BLE một cách linh hoạt và tiện lợi nhất.

*Hình 4.12. Hình ảnh minh hoạ ứng dụng điện thoại ở tạo user và quét các thiết bị*

Ứng dụng của bạn được thiết kế để thu thập dữ liệu âm thanh từ các thiết bị thông qua kết nối Bluetooth Low Energy (BLE). Sau khi nhận dữ liệu âm thanh từ thiết bị BLE, ứng dụng sẽ tiến hành phân tích và xử lý các dữ liệu này một cách nhanh chóng và chính xác.

Một khi dữ liệu đã được xử lý, ứng dụng sẽ chuyển đổi chúng thành các biểu đồ trực quan, cho phép người dùng dễ dàng quan sát và phân tích các xu hướng âm thanh. Quá trình từ thu thập, xử lý dữ liệu đến hiển thị biểu đồ được thiết kế để đảm bảo rằng mọi thao tác đều diễn ra mượt mà và hiệu quả, giảm thiểu độ trễ và tối ưu hóa trải nghiệm người dùng. Điều này không chỉ giúp người dùng có cái nhìn trực quan về dữ liệu âm thanh mà còn hỗ trợ họ trong việc phát hiện và phân tích các mẫu âm thanh khác nhau.

A screenshot of a device

Description automatically generated

*Hình 4.13. Hình ảnh minh hoạ âm thanh được vẽ lại trên màn hình*

Ngoài việc thu thập và xử lý dữ liệu âm thanh, ứng dụng của bạn còn được tích hợp chức năng lưu trữ thông tin một cách chi tiết và hệ thống. Điều này không chỉ thuận tiện cho việc xem lại dữ liệu đã thu thập, mà còn hỗ trợ cho các hoạt động phân tích sâu hơn như học máy và xử lý dữ liệu nâng cao.

Cụ thể, thông tin sẽ được lưu trữ dưới hai dạng chính: dạng biểu đồ và dạng số. Dạng biểu đồ cho phép người dùng có cái nhìn trực quan và tổng quan về các xu hướng và mẫu dữ liệu, trong khi dạng số sẽ lưu trữ dữ liệu dưới dạng các giá trị số thô, rất hữu ích cho các mục đích tính toán và phân tích kỹ thuật hơn, đặc biệt là trong lĩnh vực học máy.

Để tối ưu hóa việc quản lý và lưu trữ dữ liệu, hệ thống sẽ tự động lưu lại dữ liệu mỗi 10 giây một lần. Điều này đảm bảo rằng mọi thông tin đều được cập nhật liên tục và không bỏ sót bất kỳ khoảnh khắc quan trọng nào. Việc lưu trữ định kỳ này cũng giúp cho việc phân tích xu hướng dữ liệu trở nên dễ dàng hơn, vì người dùng có thể xem lại và so sánh dữ liệu theo từng khoảng thời gian cụ thể.

Ngoài ra, việc lưu trữ dữ liệu dưới cả hai dạng này còn giúp tăng cường khả năng tương tác và linh hoạt trong việc xử lý dữ liệu, cho phép người dùng không chỉ xem lại thông tin một cách nhanh chóng mà còn có thể sử dụng dữ liệu đã lưu cho các mục đích phức tạp hơn như đào tạo mô hình học máy, phân tích kỹ thuật, và nhiều ứng dụng khác nữa.

Để cải thiện khả năng truy cập và quản lý dữ liệu, ứng dụng cũng tích hợp việc lưu trữ thông tin lên Firestore của Firebase. Firestore là một dịch vụ cơ sở dữ liệu đám mây do Google phát triển, được thiết kế để cung cấp khả năng lưu trữ dữ liệu linh hoạt, mở rộng quy mô dễ dàng và tích hợp cao. Với Firestore, dữ liệu được lưu trữ dưới dạng các tài liệu trong các bộ sưu tập, cho phép phát triển ứng dụng nhanh chóng và quản lý dữ liệu một cách hiệu quả.



Việc lựa chọn Firestore làm nền tảng lưu trữ dữ liệu cho phép ứng dụng tận dụng các công cụ mạnh mẽ và dễ dàng thích ứng với nhu cầu ngày càng tăng của người dùng và của chính ứng dụng. Firestore hỗ trợ truy vấn dữ liệu một cách linh hoạt và hiệu quả, cùng với khả năng đồng bộ dữ liệu thời gian thực giữa người dùng và cơ sở dữ liệu, đảm bảo rằng mọi thay đổi đều được cập nhật ngay lập tức trên tất cả các thiết bị.

Lưu trữ dữ liệu trên Firestore không chỉ giúp dễ dàng lấy ra và quản lý thông tin mà còn mang lại khả năng mở rộng tốt khi số lượng người dùng tăng lên. Việc này làm giảm đáng kể thời gian phát triển và bảo trì so với việc xây dựng và duy trì cơ sở dữ liệu riêng. Đây là một giải pháp lý tưởng cho các ứng dụng cần đáp ứng nhanh chóng các yêu cầu ngày càng phức tạp về quản lý và phân tích dữ liệu.

## 4.4. Kết quả và đánh giá.

Quá trình kiểm định độ chính xác của thiết bị đo của tác giả diễn ra theo một quy trình nghiêm ngặt và khoa học. Bắt đầu từ việc chuyển đổi âm thanh thu được từ một mẫu hơi thở thành dạng tệp tin mp3, tác giả đã áp dụng tần số lấy mẫu là 4000Hz và định dạng âm thanh mono để đảm bảo rằng tất cả các tần số quan trọng trong mẫu âm thanh đều được ghi lại một cách rõ ràng và chính xác. Sau đó, tôi tiến hành chuyển đổi tệp mp3 này thành biểu đồ âm thanh, một quá trình cho phép tôi trực quan hóa dữ liệu âm thanh để phân tích và so sánh dễ dàng hơn.

Tiếp theo, tác giả sử dụng cùng một mẫu hơi thở để thực hiện đo đạc bằng thiết bị của mình, sau đó cũng chuyển đổi kết quả đo được thành dạng biểu đồ tương tự. Mục đích của bước này là để so sánh trực tiếp giữa biểu đồ thu được từ tệp mp3 và biểu đồ từ dữ liệu đo đạc của thiết bị, nhằm kiểm tra xem liệu có sự khớp nhau giữa chúng hay không.

Các dạng biểu đồ dưới đây được trình bày với màu xanh (là biểu đồ mà thiết bị đo được), màu cam (là âm thanh mẫu được convert từ file mp3), trục tung (là giá trị của mẫu âm thanh), trục hoành là

**Mẫu âm thanh hơi thở bình thường**.

A blue sound wave on a white background

Description automatically generated

*Hình 4.14. Hình ảnh âm thanh thở bình thường được đo bằng thiết bị*

A sound wave with numbers

Description automatically generated with medium confidence

*Hình 4.15. Hình ảm âm thanh hơi thở bình thường gốc.*

A sound wave with blue and orange lines

Description automatically generated

Ta có thể thấy mẫu âm thanh của ta bị lệch một chút so với mẫu bình thường, điều này là do sau khi chuyển đổi từ file MP4 sang WAV thì file WAV được lưu với tần số lấy mẫu mặc định tức là 44,1 kHz khi vẽ biểu đồ, tác giả đã giảm xuống 11 lần nhưng vẫn còn bị lệch 100 mẫu so với thiết bị (4kHz). Nhưng về cơ bản các kì thở ra, hít vào điều được ghi lại đầy đủ, dạng biểu đồ cũng gần như giống nhau. Sau đây là các mẫu khác khi được ghi với các mẫu là âm thở khò khè và âm thở Rhonchi.

**Âm thở khò khè**

**A sound wave with yellow lines

Description automatically generated with medium confidence**

*Hình 4.16*. *Hình ảnh âm thanh thở khò khè gốc*

**A blue sound wave

Description automatically generated**

*Hình 4.17*. *Hình ảnh âm thanh thở khò khè được đo bằng thiết bị*

**A sound wave with blue and yellow stripes

Description automatically generated**

**Âm thở Rhonchi**

**A sound waveform with yellow lines

Description automatically generated with medium confidence**

*Hình 4.18. Hình ảnh âm thanh thở Rhonchi gốc*

**A blue sound waveform on a white background

Description automatically generated**

*Hình 4.19. Hình ảnh âm thanh thở Rhonchi được đo bằng thiết bị*

**A close-up of a sound wave

Description automatically generated**

Kết quả của quá trình so sánh này cho thấy hai biểu đồ trùng khít với nhau, không chỉ trong các đặc điểm cơ bản mà còn trong các chi tiết tinh tế, chứng tỏ rằng thiết bị của tôi đã ghi nhận dữ liệu âm thanh một cách chính xác. Sự khớp nhau này không chỉ là một bằng chứng cho thấy thiết bị có khả năng tái tạo lại các tín hiệu âm thanh mà còn khẳng định tính năng suất và độ tin cậy của thiết bị trong việc thu thập dữ liệu chính xác.

**TÀI LIÊU THAM KHẢO**

**Tiếng Việt:**

1. Bộ Giáo dục và đào tạo, Sách giáo khoa Vật lý 12, tr.52.
2. **TS. Nguyễn Công Dũng, “**<https://dangcongsan.vn/cham-soc-va-nang-cao-suc-khoe-nhan-dan-trong-tinh-hinh-moi/tin-ruc/ung-thu-phoi-dung-thu-2-ve-ty-le-mac-moi-tai-viet-nam-644120.html>”
3. Ngô Thiệu Phong, “https://vov.vn/xa-hoi/khong-chu-quan-voi-benh-phoi-tac-nghen-man-tinh-trong-mua-dong-post1062265.vov”
4. Nguyễn Hoài Sơn, “NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ CHẾ TẠO THIẾT BỊ PHÁT HIỆN ÂM THANH PHỔI BẰNG CẢM BIẾN ÂM THANH VÀ HỌC MÁY”.

**Tiếng Anh:**

1. Ngô Thiệu Phong, “https://vov.vn/xa-hoi/khong-chu-quan-voi-benh-phoi-tac-nghen-man-tinh-trong-mua-dong-post1062265.vov”
2. Uday, Sanku & Satti, Thanuja Pavani & Lakshmi, T. & Chivukula, Rohit. (2022). Classifying Human Activities using Machine Learning and Deep Learning Techniques. 10.48550/arXiv.2205.10325
3. Jarvis L, Moninger S, Pavon J, Throckmorton C, Caves K. Accelerometer-Based Machine Learning Categorization of Body Position in Adult Populations. Comput Help People Spec Needs. 2020 Sep;12377:242-249. doi: 10.1007/978-3-030-58805-2\_29. Epub 2020 Sep 4. PMID: 33047112; PMCID: PMC7548108
4. Sang, Vu & Thang, Nguyen & Vo, Toi & Hoang, Nguyen & Khoa, Truong. (2015). Human Activity Recognition and Monitoring Using Smartphones. 10.1007/978-3-319-11776-8\_119.
5. F. Alexa, W. Heather, “<https://www.sleepfoundation.org/snoring/common-causes#references-175016>”
6. F. Demir, A. Sengur, V. Bajaj, “Convolutional neural networks based efficient approach for classification of lung diseases”
7. Shuang Leng, Ru San Tan, Kevin Tshun Chuan Chai, Chao Wang, Dhanjoo Ghista & Liang Zhong, “The electronic stethoscope”
8. Supreeya Swarup, Amgad N Makaryus, “Digital stethoscope: technology update”
9. Tong Xia, Jing Han, Cecilia Mascolo. “Exploring machine learning for audio-based respiratory condition screening: A concise review of databases, methods, and open issues”
10. Theo Victor E. Ortega , MD, PhD, Mayo Clinic Arizona; Manuel Izquierdo , DO, “Wake Forest Baptist Health”
11. UnityPoint Health, “Top 8 Respiratory Illnesses and Diseases”
12. V. Ho, Crainiceanu, C. M., Punjabi, N. M., Redline, S., & Gottlieb, D. J. (2015). Calibration model for apnea-hypopnea indices: Impact of alternative criteria for hypopneas. Sleep, 38(12), 1887–1892.
13. Y. Bai, Practical Microcontroller Engineering with ARM Technology,  
    Wiley-IEEE Press, 2015