

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN
KHOA ĐIỆN TỬ VIỄN THÔNG
BỘ MÔN MÁY TÍNH – HỆ THỐNG NHÚNG**



NGUYỄN NGỌC TÙNG

Đề tài:

**Thu thập dữ liệu thô về tín hiệu photoplethysmography
và truyền dữ liệu thông qua kết nối bluetooth low energy**

Chuyên ngành Máy Tính - Hệ Thống Nhúng

TP. Hồ Chí Minh, tháng 7 năm 202

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN
KHOA ĐIỆN TỬ - VIỄN THÔNG
BỘ MÔN MÁY TÍNH - HỆ THỐNG NHÚNG



NGUYỄN NGỌC TÙNG

MSSV: 19200560

Đề tài:

Thu thập dữ liệu thô về tín hiệu photoplethysmography và truyền dữ liệu thông qua kết nối bluetooth low energy

Collecting raw data on photoplethysmography signals and transmitting data via Bluetooth Low Energy (BLE) connection

KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP CỬ NHÂN
NGÀNH KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ - VIỄN THÔNG
CHUYÊN NGÀNH MÁY TÍNH - HỆ THỐNG NHÚNG

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC
TS. NGUYỄN QUỐC KHOA

LỜI CẢM ƠN

Em muốn nói lời cảm ơn đến tất cả mọi người, những người đã giúp đỡ, truyền cảm hứng, hỗ trợ em trong suốt quá trình học tập và cả những người đã đóng góp hỗ trợ em trong việc hoàn thành khoá luận này.

Đầu tiên, em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến Thầy Nguyễn Quốc Khoa – người đã có những hỗ trợ những đóng góp những phản hồi quan trọng để giúp em hoàn thành khoá luận một cách chẵn chu và tốt nhất. Em gửi lời cảm ơn đến các thầy cô trong Khoa điện tử - viễn thông cũng như các thầy cô trong trường Đại học Khoa học tự nhiên đã có những cách giáo dục tốt nhất để truyền đạt kiến thức, kỹ năng cho em cũng như các sinh viên khác có thể hoàn thành các nghiên cứu của mình.

Em cũng xin gửi lời cảm ơn đến anh Lưu Xuân Vỹ, cũng như anh Bùi Văn Quốc đã cho em cơ hội tiếp cận dự án thực tế cũng đã có những quan sát, góp ý hết sức kịp thời để giúp em hoàn thành mục tiêu của mình và cũng cảm ơn đến toàn bộ các anh chị đang làm việc tại ITRVN nói riêng và công ty ITRVN nói chung đã tạo môi trường thuận lợi cho em hoàn thành khoá luận của mình.

Cuối cùng, lời cảm ơn được gửi tới bố mẹ, tới bạn bè của em, những người vẫn luôn âm thầm động viên, giúp đỡ em về mặt tinh thần rất lớn để em có thể luôn vui vẻ, tự tin thực hiện ước mơ của mình.

Khoá luận này không thể thành công nếu không có sự hiện diện của tất cả những người đã đề cập ở trên. Em thật sự biết ơn vào sự hỗ trợ không ngừng của họ và niềm tin vào khả năng của em.

Một lần nữa, xin chân thành cảm ơn tất cả các mọi người đã trở thành một phần trong cuộc hành trình đáng nhớ này và đã làm cho luận văn này trở thành hiện thực.

TP Hồ Chí Minh, ngày 26, tháng 06, năm 2023

Nguyễn Ngọc Tùng

TÓM TẮT KHOÁ LUẬN

Đề tài “**thu thập dữ liệu thô về tín hiệu photoplethysmography và truyền dữ liệu thông qua kết nối bluetooth low energy**” tập trung vào việc nghiên cứu và thực hiện thu thập dữ liệu thô về tín hiệu photoplethysmography (PPG) từ AFE4420, tập trung vào hiểu hoạt động và cấu trúc của AFE4420 để có thể điều khiển nó thu thập tín hiệu PPG một cách chính xác và tin cậy. Sau đó, đề tài sẽ xây dựng kết nối Bluetooth Low Energy (BLE) để truyền dữ liệu PPG thu thập được đến một ứng dụng di động. Việc xây dựng kết nối BLE sẽ yêu cầu tìm hiểu về giao thức BLE và cách thiết lập kết nối trên vi điều khiển hỗ trợ BLE với ứng dụng di động. Đề tài đã thành công trong việc thu thập được tín hiệu PPG và xây dựng kết nối BLE để truyền tải dữ liệu thu thập được qua ứng dụng di động.

ABSTRACT

"Collecting raw data on photoplethysmography signals and transmitting data via Bluetooth Low Energy (BLE) connection" focuses on studying and implementing the collection of raw data on photoplethysmography (PPG) signals from the AFE4420. The project aims to understand the operation and structure of the AFE4420 in order to accurately and reliably control it for PPG signal acquisition. Subsequently, the project will establish a Bluetooth Low Energy (BLE) connection to transmit the collected PPG data to a mobile application. Building the BLE connection will involve studying the BLE protocol and setting up the connection on a microcontroller that supports BLE with the mobile application. The project has successfully collected PPG signals and established a BLE connection to transmit the collected data via the mobile application.

MỤC LỤC

DANH SÁCH TỪ VIẾT TẮT

DANH SÁCH HÌNH ẢNH

DANH SÁCH BẢNG

CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU

1.1. Bối cảnh thực hiện đề tài

Phẫu thuật là phương pháp phổ biến của nền y học hiện nay trong việc điều trị các căn bệnh, tuy nhiên đi kèm với nó là vết thương nơi vết mổ xảy ra, do đó các bệnh nhân cần phải theo dõi thường xuyên tình trạng vết mổ của mình để đảm bảo sức khỏe của mình. Tuy nhiên với những bệnh nhân như thế, việc di chuyển đến các trung tâm y tế hay bệnh viện để tái khám là khó khăn, chính vì thế mà thiết bị theo dõi tình trạng những vết thương như thế được nghĩ đến. Và để có thể làm được điều đó, thu thập dữ liệu trên cơ thể người là hết sức quan trọng. Nhịp tim, nồng độ oxy trong máu, hay huyết áp đều được phân tích từ tín hiệu photoplethysmography (PPG) được thu thập bởi các thiết bị điện tử. Việc thu thập dữ liệu về tín hiệu photoplethysmography (PPG) trở nên ngày càng quan trọng để đánh giá sự hoạt động của tim và các thông số liên quan. Điều này đặc biệt có ý nghĩa trong việc theo dõi và phát hiện các vấn đề sức khỏe như bất thường nhịp tim, căng thẳng, hoặc mức độ oxy hóa trong máu.

Kết nối Bluetooth Low Energy (BLE) được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng di động hiện đại. BLE cung cấp khả năng truyền dữ liệu không dây tiết kiệm năng lượng, cho phép các thiết bị di động như điện thoại thông minh hoặc máy tính bảng kết nối với các thiết bị đo và thu thập dữ liệu từ các thiết bị y tế hoặc cảm biến. Các thiết bị thu thập dữ liệu được đeo trên cơ thể người phải tiết kiệm năng lượng hết sức có thể để có thể duy trì thời gian hoạt động và nâng cao trải nghiệm người dùng, do đó để truyền tải dữ liệu qua kết nối không dây thì khó có gì có thể thay thế kết nối BLE, chính vì lý do đó mà nó được sử dụng trong đề tài này.

Bằng cách thu thập dữ liệu PPG và truyền nó qua kết nối BLE, người dùng có thể theo dõi và giám sát sức khỏe của mình một cách tiện lợi và không gian lưu trữ nhiều dữ liệu trên thiết bị di động của mình. Điều này giúp cải thiện quản lý sức khỏe và tạo ra những thông tin quan trọng cho việc đưa ra quyết định chăm sóc sức khỏe cá nhân.

1.2. Lý do thực hiện đề tài

Với bối cảnh thực hiện đề tài đã được kể ở trên thì có nhiều lý do để thực hiện đề tài này.

Thứ nhất, đối với các bệnh nhân đang có những vết mổ trên cơ thể thì khó khăn trong việc di chuyển đến bệnh viện để tái khám do đó thiết bị có sẵn có thể theo dõi trực tiếp tình trạng sức khoẻ là cần thiết.

Thứ hai, phương pháp đo đặc tín hiệu photoplethysmography (PPG) là một phương pháp phổ biến, dễ dàng và giá thành thấp để có thể dùng tín hiệu đó mà phân tích ra các chỉ số liên quan đến sức khoẻ như: nhịp tim, nồng độ oxy trong máu (SpO_2), huyết áp, ... nó được ứng dụng rất nhiều trong các thiết bị đeo như Apple watch, Mi band, ...



Thứ ba, trao đổi dữ liệu không dây từ thiết bị này sang thiết bị khác là xu hướng, kèm theo đáp ứng nhu cầu về mặt năng lượng thì kết nối BLE là công nghệ hết sức phù hợp để đem vào ứng dụng.

Ngoài ra, nghiên cứu, tìm hiểu và thực hiện các thiết bị có thể thu thập tín hiệu PPG và truyền tải dữ liệu đó qua ứng dụng di động là quá trình giúp cho người làm thu nạp thêm nhiều kiến thức và kỹ năng để giải quyết các vấn đề, các bài toán thực tế ngay trong cuộc sống hằng ngày.

Chính những lý do kể trên đã hình thành lên mục tiêu và con đường để em có thể tự tin thực hiện đề tài này.

1.3. Mục tiêu thực hiện đề tài

Từ bối cảnh cho đến lý do thực hiện đề tài đã kể ở trên thì thật sự có rất nhiều vấn đề cần được đưa ra và giải quyết để hoàn thành nó.

Trong khuôn khổ khả năng của bản thân em cũng như kiến thức của mình thì để hoàn toàn làm được một thiết bị hoàn chỉnh có khả năng phân tích đánh giá dữ liệu thu thập được cũng như cho người dùng trải nghiệm tuyệt vời khi dùng nó với ứng dụng di động là một hành trình khó và dài cần rất nhiều thời gian và nỗ lực để hoàn thành.

Vì lẽ đó, trong khuôn khổ cho phép của khoá luận này, mục tiêu của em thực hiện trong đề tài này như sau:

- Tìm hiểu cách hoạt động của thành phần điện tử dùng để thu thập tín hiệu PPG mà ở đây là AFE4420.
- Sau khi hiểu cấu tạo cũng như hoạt động của nó, thì dùng AFE4420 kết hợp với chip SoC, ở đây là nRF5340 để lập trình nó thu thập dữ liệu tín hiệu PPG.
- Sử dụng được kết nối BLE để thực hiện các thao tác truyền dữ liệu PPG giữa thiết bị cùng với ứng dụng di động.
- Tạo một ứng dụng di động với giao diện đơn giản sử dụng kết nối BLE với thiết bị để có thể hiển thị dữ liệu dạng sóng PPG cho người dùng theo dõi.

Trên đây là các mục tiêu cần phải thực hiện được trong đề tài này theo khả năng của một sinh viên. Dựa trên những mục tiêu trên thì kỹ năng, cũng như kiến thức kết hợp với sự tìm tòi học hỏi và kiên trì của bản thân thì các mục tiêu trên hoàn toàn có thể đạt được.

CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Giới thiệu về chip SoC nRF5340

nRF5340 là một chip System on Chip (SoC) hỗ trợ kết nối không dây tiên tiến mang lại hiệu suất cao về năng lượng và tính linh trong việc sử dụng. Nó được trang bị hai bộ xử lý Arm Cortex-M33 mạnh mẽ, cho phép xử lý hiệu quả các nhiệm vụ phức tạp. Với tính năng bảo mật tiên tiến và dải nhiệt độ hoạt động rộng lên đến 105°C, nRF5340 là lựa chọn tuyệt vời cho nhiều ứng dụng như thiết bị đeo thông minh tiên tiến, các hệ thống IoT phức tạp...



Một trong những tính năng nổi bật của nRF5340 là khả năng hỗ trợ nhiều giao thức kết nối không dây. Nó tích hợp Bluetooth 5.1 Direction Finding, Bluetooth 5 Long Range, NFC, Bluetooth Mesh, Thread và Zigbee, cho phép tương thích với nhiều tiêu chuẩn giao tiếp không dây. Tính linh hoạt này cho phép kết nối và tích hợp mượt mà với các thiết bị khác nhau.

Wireless IoT Network Protocols



Với mức tiêu thụ năng lượng siêu thấp, nRF5340 được thiết kế để tối đa hóa tuổi thọ pin. Điều này làm cho nó trở thành giải pháp lý tưởng cho các thiết bị IoT tiết kiệm năng lượng và đồng hồ đeo tay thông minh yêu cầu hoạt động lâu dài mà không cần sạc thường xuyên.

Tổng thể, nRF5340 nổi bật với tính năng cao cấp, bảo mật mạnh mẽ và hỗ trợ nhiều giao thức không dây. Tính linh hoạt và hiệu suất xuất sắc của nó làm cho nó trở thành lựa chọn hấp dẫn cho các nhà phát triển và kỹ sư tìm kiếm một giải pháp đáng tin cậy và hiệu quả.

2.2. Giới thiệu về Bluetooth Low Energy - BLE

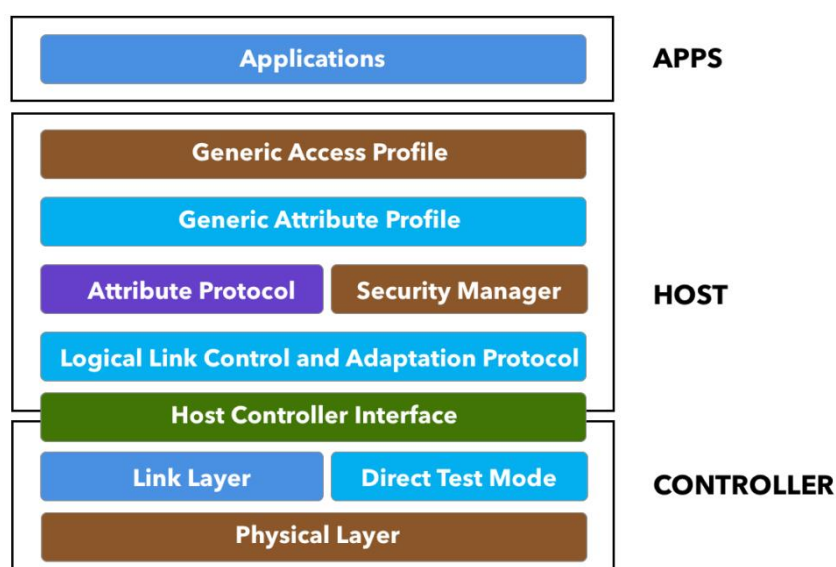
2.2.1. Giới thiệu sơ lược về Bluetooth Low Energy

Bluetooth Classic được sử dụng rộng rãi cho các ứng dụng thông qua việc truyền dữ liệu với tốc độ cao và dễ sử dụng. Tuy nhiên, đối với các thiết bị đeo tiết kiệm năng lượng và ứng dụng IoT, việc sạc pin thường xuyên không khả thi. Để giải quyết vấn đề này, Bluetooth Low Energy (BLE) đã được giới thiệu như một phiên bản tiết kiệm năng lượng trong Bluetooth Specification 4.0. Mục tiêu của BLE là cho phép các ứng dụng IoT tiết kiệm năng lượng mà vẫn đảm bảo kết nối và tốc độ truyền dữ liệu.

Bluetooth LE tập trung vào việc tiết kiệm năng lượng bằng cách giảm tốc độ truyền dữ liệu từ bằng cách chia nhỏ các gói dữ liệu từ 27 bytes đến 251 bytes và tối ưu hoá thời gian phát sóng radio. Điều này làm cho nó phù hợp cho các thiết bị hoạt động bằng pin như đồng hồ thông minh, cảm biến thông minh, và các thiết bị IoT. Ngoài ra, Bluetooth LE có các khía cạnh khác biệt với Bluetooth Classic, bao gồm các hình thức kết nối và loại thiết bị được hỗ trợ, nhằm phục vụ cho các ứng dụng IoT đặc biệt.

2.2.2. Cấu trúc ngăn xếp giao thức của BLE

Hình ảnh dưới đây mô tả kiến trúc ngăn xếp giao thức của BLE, cho thấy các tầng tạo thành phần Host của Bluetooth LE và tầng tạo thành phần Controller của Bluetooth LE.



Tầng ứng dụng (Applications): là nơi mà người dùng tương tác thông qua các API được hỗ trợ để sử dụng giao thức bên trong BLE.

Tầng chủ (Host): quyết định cách các thiết bị Bluetooth LE lưu trữ và trao đổi dữ liệu với nhau

- Giao thức Logical Link Control & Adaptation Protocol (L2CAP): cung cấp dịch vụ đóng gói dữ liệu cho các tầng trên cùng. Nó giúp gói gọn dữ liệu và cung cấp khả năng truyền và nhận dữ liệu giữa các thiết bị Bluetooth LE
- Giao thức Security Manager Protocol (SMP): xác định và cung cấp phương pháp để thiết lập kết nối an toàn. Nó đảm bảo rằng dữ liệu được truyền qua kết nối Bluetooth LE được bảo vệ và mã hóa đúng cách.
- Giao thức Attribute Protocol (ATT): cho phép một thiết bị biểu diễn một số dữ liệu cụ thể cho thiết bị khác. Nó cho phép trao đổi thông tin và thu thập dữ liệu giữa các thiết bị Bluetooth LE.
- Giao thức Generic Attribute Profile (GATT): xác định các quy trình cần thiết để sử dụng tầng ATT. Nó mô tả cách truy cập và quản lý các services và characteristics trên thiết bị Bluetooth LE.
- Giao thức Generic Access Profile (GAP): tương tác trực tiếp với ứng dụng để xử lý các dịch vụ liên quan đến phát hiện thiết bị và kết nối. Nó cung cấp các chức năng như tìm kiếm thiết bị và thiết lập kết nối giữa các thiết bị Bluetooth LE.

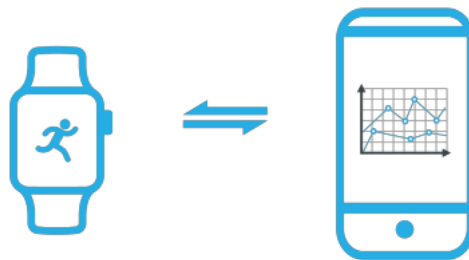
Tầng điều khiển (Controller): gồm các thành phần như sau:

- Tầng Vật lý (Physical Layer - PHY): xác định cách dữ liệu thực tế được biến đổi thành sóng radio, và cách nó được truyền và nhận. Tầng này quyết định các thông số về tần số, công suất và phương thức truyền dữ liệu trên sóng radio.
- Tầng Liên kết (Link Layer - LL): quản lý trạng thái của radio, được định nghĩa là một trong các chế độ sau - chế độ chờ (standby), chế độ quảng bá (advertising), chế độ quét (scanning), chế độ khởi tạo (initiating), và chế độ kết nối (connection). Tầng này điều khiển việc gửi và nhận các gói tin trong quá trình kết nối Bluetooth LE.

2.2.3. GAP và vai trò của các thiết bị trong BLE

Tầng GAP trong Bluetooth LE xác định các vai trò và chức năng của các thiết bị trong kết nối Bluetooth LE. Vai trò quảng bá và quét là các vai trò quan trọng trong quá trình thiết lập kết nối giữa các thiết bị Bluetooth LE. Một thiết bị quảng bá sẽ thông báo về sự tồn tại và khả năng kết nối của nó, trong khi một thiết bị khác sẽ quét và tìm kiếm các thiết bị quảng bá để thiết lập kết nối.

Trong Bluetooth LE, có hai vai trò chính là **peripheral** và **central**. Peripheral là thiết bị quảng bá sự hiện diện và mong muốn kết nối, trong khi central là thiết bị quét và tìm kiếm các thiết bị peripheral. Khi central quét và phát hiện gói quảng bá của peripheral, nó có thể khởi tạo một yêu cầu kết nối tới peripheral để thiết lập kết nối. Khi kết nối được thiết lập, peripheral và central có thể trao đổi dữ liệu và tương tác với nhau.



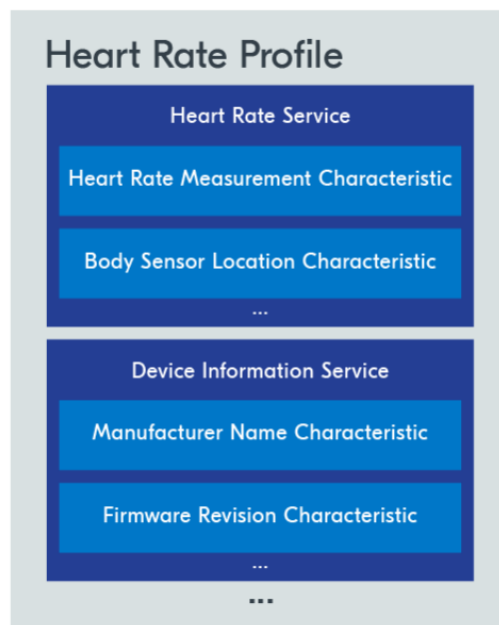
2.2.4. ATT và GAT: Biểu diễn và trao đổi dữ liệu trong BLE

ATT xác định cách dữ liệu được truyền và xử lý trong quá trình kết nối của các thiết bị Bluetooth LE. Nó dựa trên mô hình client-server, trong đó server là thiết bị chứa dữ liệu và có thể gửi dữ liệu cho client (thiết bị khác) hoặc client có thể yêu cầu dữ liệu từ server.



GATT là một lớp giao thức nằm trên lớp ATT và sử dụng các khái niệm như profile, dịch vụ (service) và đặc điểm (characteristics) để quản lý việc truyền dữ liệu giữa các thiết bị Bluetooth LE.

- Profile: Một profile là một tập hợp các dịch vụ và đặc điểm liên quan đến một ứng dụng cụ thể. Ví dụ, profile Heart Rate Monitor (Bộ đo nhịp tim) xác định các dịch vụ và đặc điểm liên quan đến việc đo nhịp tim.
- Service (Dịch vụ): Một dịch vụ đại diện cho một chức năng cụ thể của một thiết bị Bluetooth LE. Ví dụ, dịch vụ Heart Rate (Nhịp tim) trong profile Heart Rate Monitor sẽ chứa thông tin về việc đo nhịp tim.
- Characteristic (Đặc điểm): Một đặc điểm là một phần của dịch vụ và chứa dữ liệu hoặc thông tin cụ thể. Ví dụ, trong dịch vụ Heart Rate, đặc điểm Heart Rate Measurement chứa dữ liệu về nhịp tim đo được.



2.3. Giới thiệu về tín hiệu photoplethysmography - PPG

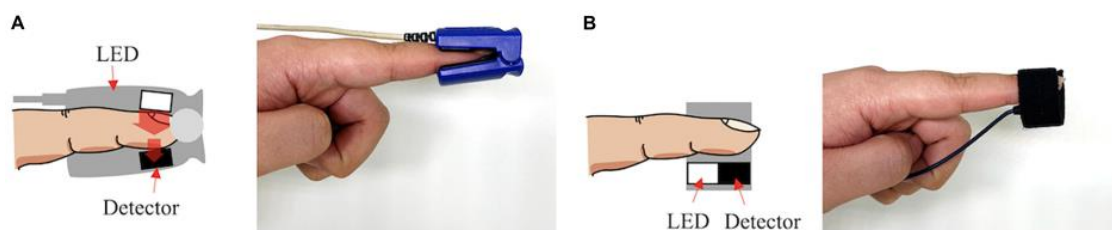
2.3.1. Tín hiệu photoplethysmography - PPG

Photoplethysmography (PPG) là một phương pháp không xâm lấn để đo lường sự thay đổi về khối lượng máu trong mạch dưới da, dựa vào các đặc tính quang học của cơ thể người như khả năng hấp thụ và phản xạ ánh sáng từ mô mạch máu trong cơ thể. Dựa trên sự thay đổi về lượng máu trong cơ thể được truyền tải bởi lượng ánh sáng, tín hiệu PPG và phân tích, nó có thể cung cấp thông tin về nhịp tim, nồng độ oxy trong máu và các thông số khác liên quan đến sự hoạt động của hệ tuần hoàn.

Một hệ thống đo lường PPG có cấu trúc cơ bản gồm LED để chiếu sáng và cảm biến ánh sáng (Photodiode) để đo lường lượng ánh sáng được truyền qua hoặc phản xạ từ cơ thể, ngoài ra còn có bộ điều khiển LED, bộ lọc loại bỏ nhiễu, bộ chuyển đổi tương tự sang số và vi xử lý. Với thiết kế phần cứng đơn giản và chi phí cho hệ thống thấp nên kỹ thuật đo PPG thường được dùng trong nhiều ứng dụng khác nhau.

Với hệ thống như trên thì có hai loại cấu hình thiết bị để đo PPG là: truyền qua (transmissive) và phản xạ (reflection)

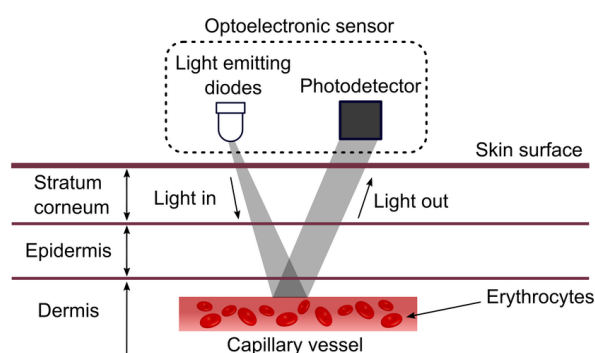
- Loại truyền qua (transmissive type): LED và PD được đặt đối diện nhau
- Loại phản xạ (reflection type): LED và PD được đặt gần với nhau



2.3.2. Nguyên lý hoạt động của đo đặc tín hiệu PPG

Hoạt động để đo đặc PPG có thể chia thành các giai đoạn khác nhau như chiếu sáng, hấp thụ và phản xạ, thu thập ánh sáng, xử lý tín hiệu.

Chiếu sáng là lúc mà nguồn sáng từ LED dùng để chiếu lên vùng da gần mạch máu, ánh sáng có thể là ánh sáng với các bước sóng khác nhau. Bước sóng 470, 570 và 660 nm hoặc cao hơn có thể đạt được tới biểu bì với mạch máu nhỏ, da thượng bì với các mạch nhỏ và các động mạch trong mô dưới da, các mạch máu chính và các động mạch có nhịp đập mạnh chủ yếu nằm ở lớp thượng bì hoặc mô dưới da. Do đó, ánh sáng có bước sóng màu đỏ từ 640-660 nm và bước sóng hồng ngoại từ 880-940 nm thường được sử dụng chủ yếu để đo PPG.



Hấp thụ và phản xạ là lúc mà ánh sáng chiếu qua da, nó sẽ gặp phản xạ và hấp thụ từ các mạch máu nằm gần bề mặt da. Mạch máu chứa các chromophore, chẳng hạn như hồng cầu chứa hemoglobin, có khả năng hấp thụ ánh sáng. Sự hấp thụ này tạo ra một phổ hấp thụ đặc trưng của máu, trong đó nồng độ oxyhemoglobin và deoxyhemoglobin ảnh hưởng đến sự hấp thụ ánh sáng. Ví dụ, trong giai đoạn giãn tâm, thể tích máu, đường kính động mạch và nồng độ hemoglobin trong vùng đo đạt giá trị nhỏ nhất. Do đó, độ hấp thụ ánh sáng cũng đạt giá trị nhỏ nhất, trong khi lượng ánh sáng được cảm biến ánh sáng phát hiện là lớn nhất. Ngược lại, trong giai đoạn co bóp tim, độ sáng ánh sáng được phát hiện bởi cảm biến ánh sáng giảm xuống mức tối thiểu.

Thu thập ánh sáng là khi ánh sáng phản xạ từ mạch máu được thu thập bởi một cảm biến ánh sáng (Photodiode), có khả năng chuyển đổi ánh sáng thành tín hiệu điện.

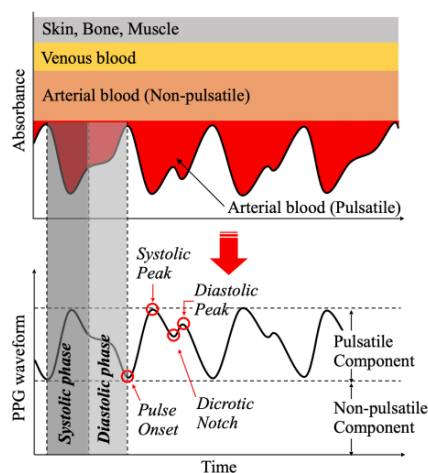
Xử lý tín hiệu là giai đoạn tín hiệu điện từ cảm biến ánh sáng được chuyển đổi thành dạng số bằng một bộ chuyển đổi tương tự sang số (ADC - Analog-to-Digital Converter). Sau đó, tín hiệu số này được xử lý bởi một vi xử lý hoặc các thuật toán tính toán để trích xuất các thông tin quan trọng như nhịp tim, huyết áp, nồng độ oxy trong máu (SpO₂) và nồng độ oxyhemoglobin, ...

2.3.3. Dạng sóng của tín hiệu PPG

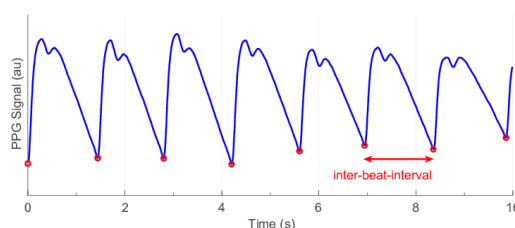
Dạng sóng PPG được thu được từ lượng hấp thụ ánh sáng thông qua việc đảo ngược độ sáng được ghi lại bằng cảm biến ánh sáng sau khi ánh sáng được truyền qua hoặc phản xạ từ mô tế bào con người. Nói chung, dạng sóng PPG được chia thành hai thành phần chính là thành phần có nhịp (AC) và thành phần không có nhịp (DC).

Thành phần có nhịp thường gọi là thành phần dòng điện xoay chiều (AC) liên quan đến sự thay đổi lượng máu trong mạch, đồng bộ với chu kỳ tim mạch, liên quan đến quá trình co giãn của cơ mạch.

Thành phần không có nhịp là thành phần dòng điện một chiều (DC) thường bị ảnh hưởng bởi các đặc điểm sinh học, chẳng hạn như thành phần mô và khối lượng máu cơ bản của vùng đo, cũng như các yếu tố bên ngoài, như ánh sáng môi trường và thông số thiết bị đo.

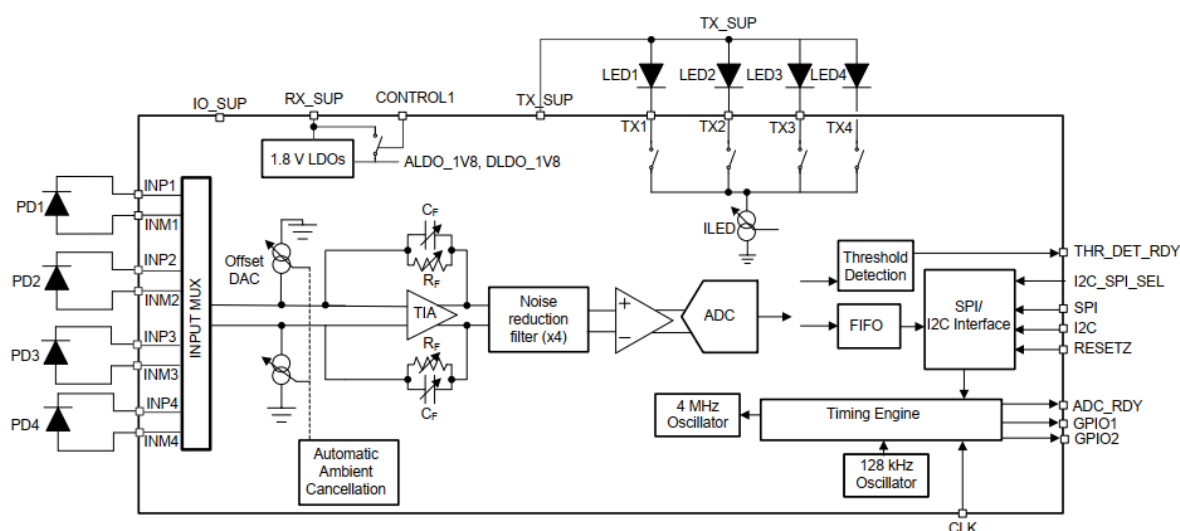


Dạng sóng PPG thay đổi theo hoạt động của tim và còn bị ảnh hưởng bởi hô hấp, hoạt động của hệ thần kinh tự động, hoạt động động mạch và hoạt động tĩnh mạch. Nó có hai đường cong chính: một đường cong tăng dần và một đường cong giảm dần. Đường cong tăng dần tương ứng với giai đoạn tâm thu, khi lượng máu trong các mạch nhỏ tăng do tim co bóp. Đường cong giảm dần tương ứng với giai đoạn tâm trương, khi lượng máu trong các mạch nhỏ giảm do tim giãn ra.



2.4. Giới thiệu tổng quan về AFE4420 trong đo đặc tín hiệu PPG

AFE4420 là một thiết bị gồm bộ truyền và bộ nhận tín hiệu sử dụng các đặc tính kỹ thuật về quang học trên cơ thể người để phục vụ cho các ứng dụng như giám sát nhịp tim, tính toán nồng độ oxy trong máu hay còn gọi là SpO2, huyết áp, ... Hệ thống này hoạt động dựa trên một tham số quan trọng gọi là tần số lặp lại xung nhịp (PRF), xác định chu kỳ lặp lại của các hoạt động. Trong mỗi chu kỳ PRF, nó có thể tạo lên đến 16 pha tín hiệu để thu thập dữ liệu. Mỗi pha tín hiệu liên quan đến việc bật đèn LED hoặc không, kết hợp với việc thu thập và chuyển đổi tín hiệu nhận được từ một hoặc nhiều cảm biến PD (photodiode). Pha tín hiệu mà ở đó đèn LED được bật để chiếu sáng gọi là pha LED (LED phase), pha này chứa thông tin về tín hiệu PPG mà nó thu thập được. Trong khi đó, pha không có đèn LED chiếu sáng được gọi là pha môi trường (ambient phase). Các mẫu dữ liệu thu được từ pha LED và pha môi trường có thể được bù trừ cho nhau nhằm giúp loại bỏ hoặc giảm thiểu ảnh hưởng của ánh sáng môi trường đến việc phát hiện tín hiệu nhịp tim. Điều này giúp đảm bảo rằng chúng ta chỉ thu được tín hiệu thực sự từ tim mà không bị nhiễu từ ánh sáng xung quanh. Một khối FIFO (First in, First out) được sử dụng để lưu trữ các mẫu dữ liệu từ mỗi pha tín hiệu qua nhiều chu kỳ, đảm bảo việc thu thập và xử lý dữ liệu được thực hiện một cách liên tục và có tổ chức.



Tín hiệu ánh sáng thu được thông qua photodiode chuyển thành dòng điện, dòng này sau đó được chuyển đổi thành điện áp vì sai thông qua bộ khuếch đại TIA (Trans-impedance

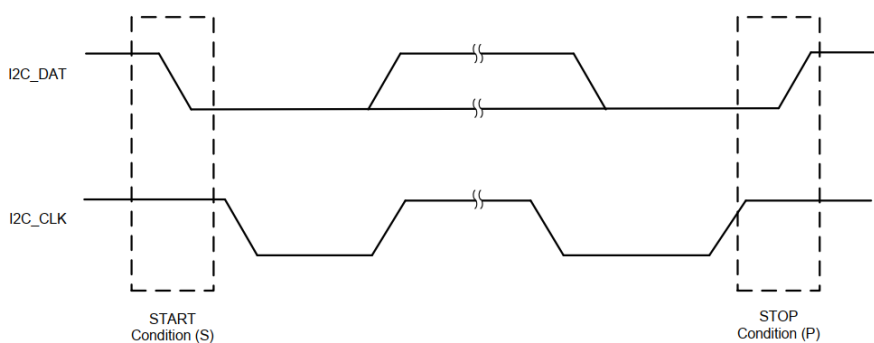
Amplifier), độ lợi của bộ khuếch đại này đặc trưng bởi mạch RF hồi tiếp có thể lập trình từ 10 kOhm đến 2 MOhm. Ở ngõ ra của bộ khuếch đại có bộ lọc RC để làm giảm nhiễu trên tín hiệu.

Tín hiệu sau khi ra khỏi bộ lọc sẽ được chuyển đổi bởi một bộ ADC và lưu trữ vào trong FIFO, có thể truy cập FIFO này thông qua giao tiếp SPI hoặc I2C. Trước đầu vào của bộ khuếch đại TIA có hỗ trợ bộ An Offset Cancellation DAC, bộ này giúp loại bỏ tín hiệu dòng DC không mong muốn trên tín hiệu đầu vào do nhiễu từ môi trường gây ra.

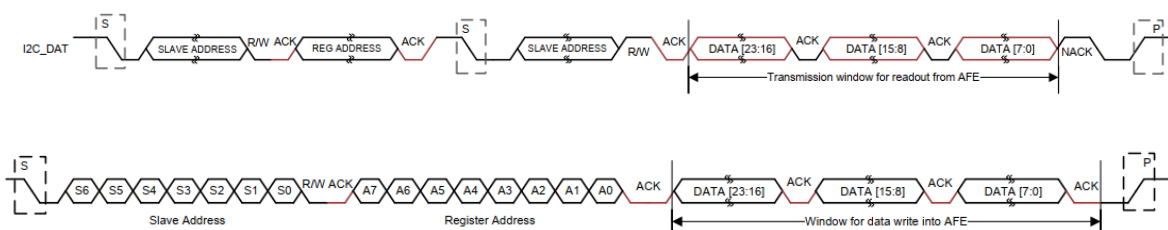
Bộ truyền tín hiệu ánh sáng gồm một bộ điều khiển dòng LED (một cặp các bộ điều khiển song song giống nhau), có thể điều khiển một cách linh hoạt đến bất kỳ LED nào trong 4 đèn LED. Dòng điện cho mỗi đèn LED có thể được điều khiển một cách độc lập. Việc bật đèn LED có thể được đồng bộ hoàn toàn với việc lấy mẫu tín hiệu từ photodiode bởi bộ nhận. Trong AFE có hai bộ LDO, là ALDO và DLDO dùng để cung cấp nguồn điện cho các thành phần analog và digital trong mạch được điều khiển bởi chân CONTROL1.

2.4.1. Giao tiếp I2C bên trong AFE4420

Bên trong AFE4420 có hỗ trợ giao tiếp I2C, các đường IC2_CLK và I2C_DAT được kéo lên thông qua điện trở. Điều kiện bắt đầu truyền là khi đường I2C_DAT chuyển từ mức cao xuống thấp và đường I2C_C đang ở mức cao, điều kiện dừng truyền thì ngược lại là khi mà đường I2C_DAT chuyển từ mức thấp lên cao và IC2_CLK đang ở mức cao.



Dưới đây là mô tả hoạt động đọc và ghi:

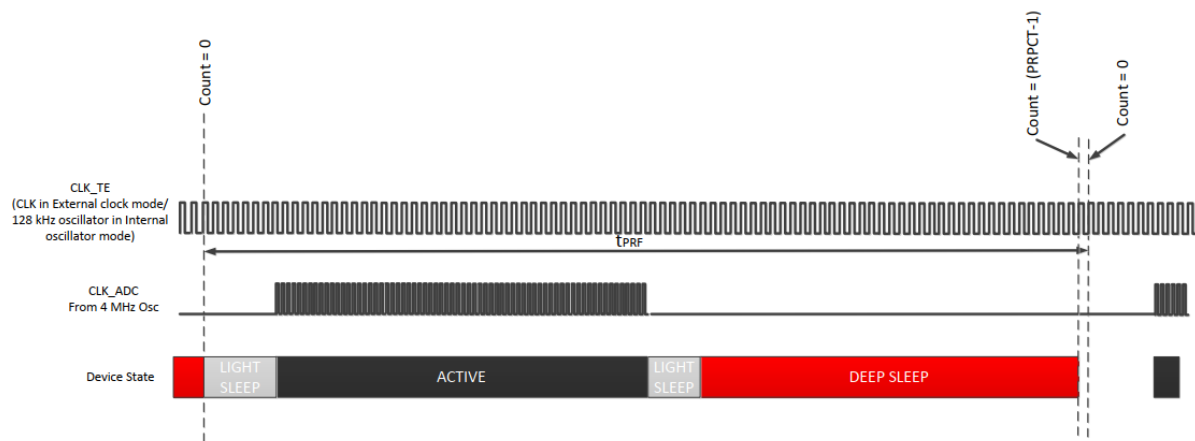


2.4.2. Tính năng bên trong AFE4420

2.4.2.1. Chế độ xung đồng hồ

AFE có bộ điều khiển thời gian (timming engine) nhằm điều khiển các chuyển đổi liên quan đến thời gian trong các pha tín hiệu. Có ba mode hoạt động cho bộ này lần lượt là: chế độ dao động nội (Internal oscillator mode), chế độ xung đồng hồ ngoại (External clock mode) và chế độ thu thập trong một lần (Single-shot acquisition).

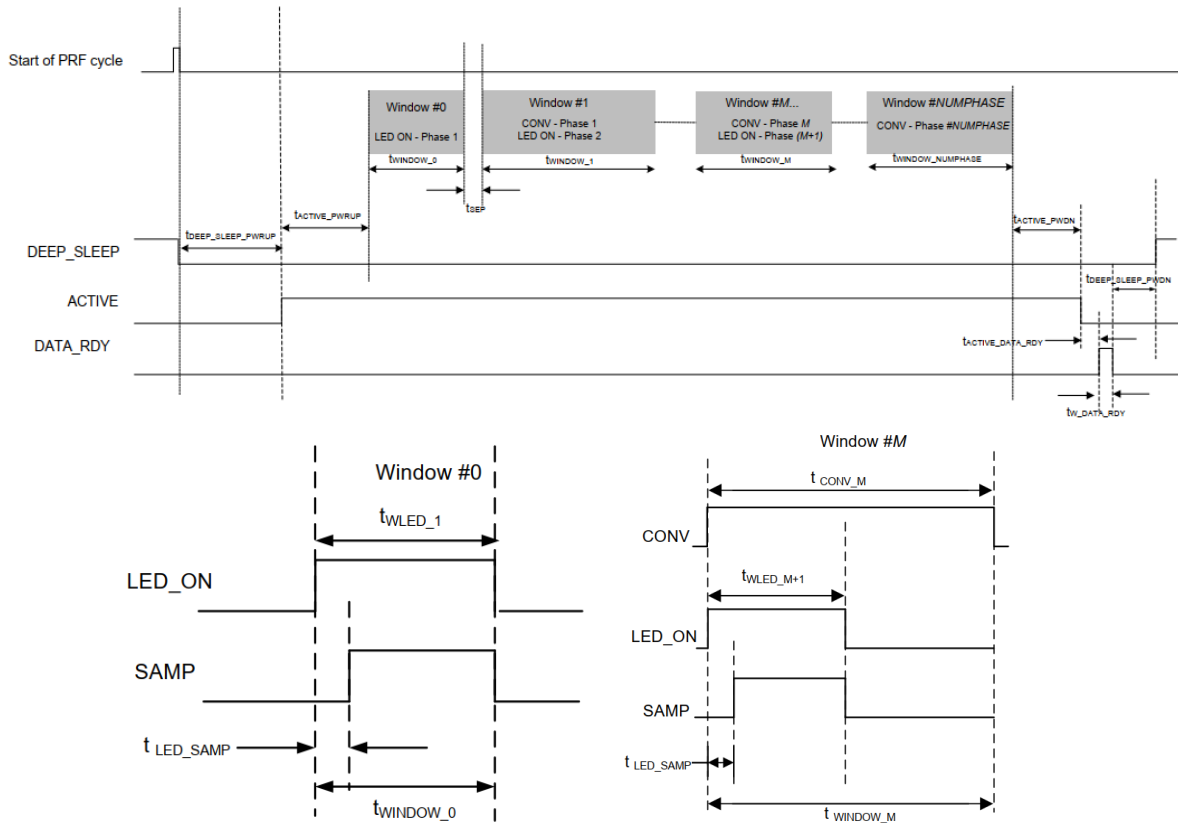
Chế độ dao động nội là chế độ mặc định trong hệ thống sử dụng ở bộ dao động ở tần số 128 kHz. PRF là tham số đặc trưng cho tần số lấy mẫu của tín hiệu, dưới đây là mô tả tổng quan về thời gian hoạt động của bộ điều khiển thời gian.



Trạng thái tích cực (Active) là khoảng thời gian mà các pha tín hiệu được thực hiện để thu thập dữ liệu và chuyển đổi, lên đến 16 pha tín hiệu có thể tạo được trong trạng thái tích cực này.

2.4.2.2. Pha tín hiệu bên trong trạng thái tích cực

Bộ điều khiển thời gian tạo ra thời gian cho việc bật LED, thời gian cho việc lấy mẫu tín hiệu và thời gian cho việc chuyển đổi ADC. Lên đến 16 pha có thể tạo trong mỗi chu kỳ lấy mẫu và mỗi pha có thể cấu hình tín hiệu riêng biệt.



Bên trên là mô tả về một pha tín hiệu, pha 0 là pha đầu tiên khi nó cho LED sáng và lấy mẫu, trong khi pha M là các pha còn lại khi mà nó cho LED sáng và lấy mẫu tín hiệu của LED này và thực hiện chuyển đổi ADC cho các mẫu tín hiệu ở pha trước đó ($M - 1$).

2.4.2.3. Photodiode và LED

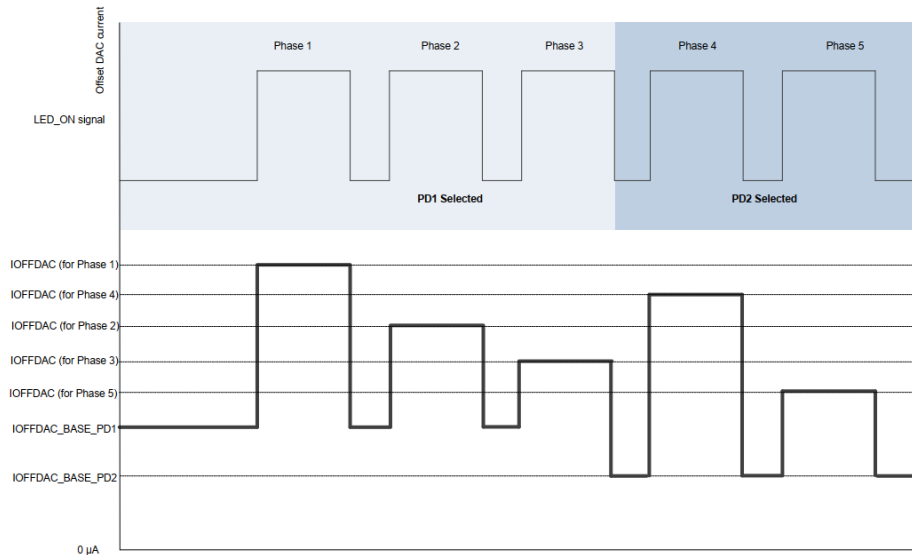
AFE hỗ trợ 4 photodiode (PD) cho việc thu thập tín hiệu, người dùng có thể điều khiển để lựa chọn các PD thích hợp cho các pha tín hiệu khác nhau.

AFE cũng hỗ trợ 4 LED cho việc tạo ra tín hiệu để thu thập, dòng điện qua các LED được điều khiển bởi hai bộ điều khiển dòng và các mức dòng điện khác nhau tạo bởi bộ điều khiển dòng có thể được lập trình thông qua các thanh ghi.

2.4.2.4. Offset Cancellation DAC

Một tín hiệu quang học điển hình sẽ tồn tại thành phần dc và thành phần ac, thành phần ac được khuếch đại bởi bộ TIA tuy nhiên độ lợi sẽ bị giảm làm cho không đạt được tín hiệu tối đa do ảnh hưởng của thành phần dc gây ra bởi nhiễu từ môi trường. Để loại bỏ dòng dc này, bộ **Offset Cancellation DAC** được dùng để tạo ra dòng điện huỷ bỏ đi dòng dc, giúp

đạt được độ lợi tín hiệu tối đa. Trong 16 pha tín hiệu, mỗi pha có thể được bộ này tạo ra dòng huỷ riêng biệt. Dòng điện tạo ra để huỷ bỏ thành phần dc có thể được lập trình để được các mức dòng khác nhau.



2.4.2.5. Bộ TIA và lọc

Độ khuếch đại của bộ TIA giúp chuyển đổi tín hiệu thu được từ các PD ở dạng dòng điện thành điện áp cho phép chuyển đổi sang tín hiệu số sau này, độ lợi của nó có thể lập trình ở các mức khác nhau từ 10 KOhm cho đến 2 MOhm.

Các mẫu tín hiệu ở đầu ra của bộ khuếch đại được lọc nhiễu thông qua bộ lọc RC được gắn ở ngõ ra của bộ TIA. Băng thông của bộ lọc có thể được lập trình để đảm bảo ổn định ổn định tín hiệu. Đặt băng thông thấp giúp giảm nhiễu, tuy nhiên giá trị quá thấp có thể làm không ổn định tín hiệu dẫn đến mất mát tín hiệu và làm giảm tỷ số tín hiệu trên nhiễu.

2.4.2.6. Bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự sang số (ADC)

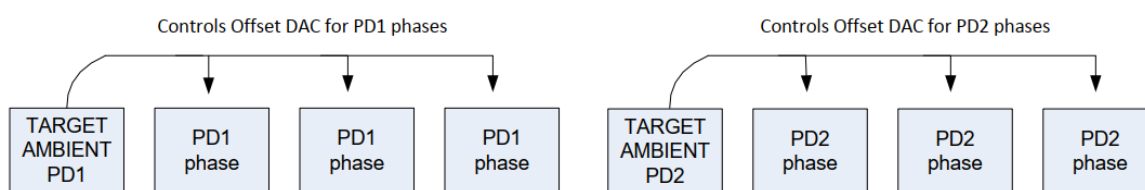
ADC là một phần của AFE và nhiệm vụ của nó là chuyển đổi dòng điện từ cảm biến ánh sáng thành dạng số. ADC trong trường hợp này cung cấp một biểu diễn 22-bit của dòng điện đó. Các mã ADC này có thể được đọc từ thanh ghi có kích thước 24-bit. Chúng được biểu diễn theo định dạng bù hai, cho phép biểu diễn cả các giá trị âm và dương. Dải đầu vào của ADC được xác định là ± 1.2 V, tức là ADC có thể chuyển đổi các tín hiệu từ -1.2 V đến +1.2 V thành các giá trị số từ 0 đến 2^{21} . Các bit từ 21 đến 0 trong biểu diễn số này thể hiện giá trị tương ứng của tín hiệu đầu vào.

| DIFFERENTIAL INPUT VOLTAGE AT ADC INPUT | 24-BIT ADC OUTPUT CODE |
|---|--------------------------|
| -FS | 111000000000000000000000 |
| $(-FS / 2^{21})$ | 111111111111111111111111 |
| 0 | 000000000000000000000000 |
| $(FS / 2^{21})$ | 000000000000000000000001 |
| FS | 000111111111111111111111 |

Khi tín hiệu đầu vào vượt quá mức full-scale của ADC, ADC không thể chuyển đổi chính xác giá trị đó và mã đầu ra sẽ bão hoà. Điều này có nghĩa là giá trị đầu ra của ADC sẽ đạt tới giá trị tối đa hoặc tối thiểu có thể biểu diễn bởi độ phân giải của nó.

2.4.2.7. Chế độ huỷ nền tự động động (Automatic Ambient Cancellation Mode - AACM)

Như đã trình bày bên trên, AFE4420 có bộ Offset Cancellation DAC để giúp tạo ra dòng huỷ loại bỏ đi thành phần dc xuất hiện trên tín hiệu nhận được. Chế độ huỷ nền tự động cũng có vai trò tương tự như bộ Offset Cancellation DAC. Chế độ Hủy tín hiệu môi trường tự động là một tính năng trong mạch giao tiếp tương tự (AFE), khi được kích hoạt, tự động ước tính và huỷ tín hiệu môi trường tại đầu vào của bộ khuếch đại TIA. Việc huỷ tín hiệu môi trường này được thực hiện bằng cách vòng lặp AACM tự động điều chỉnh giá trị của DAC huỷ bỏ độ lệch. Việc huỷ bỏ tín hiệu môi trường tại đầu vào cho phép cài đặt độ lợi của bộ TIA cao hơn giúp đạt được tín hiệu tốt hơn.

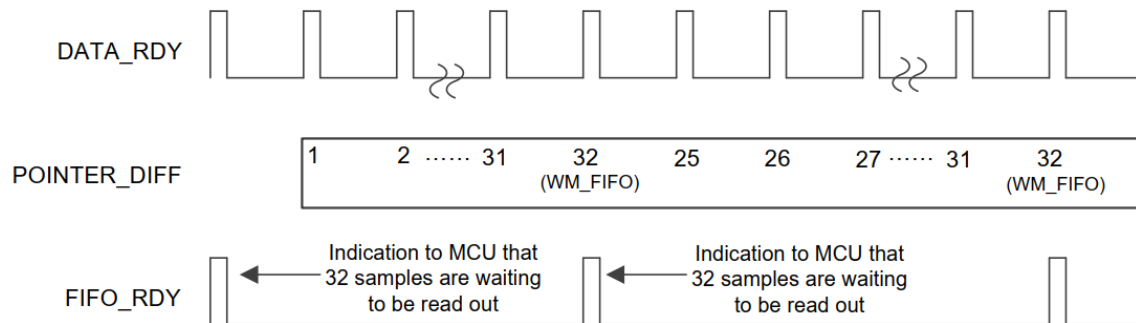


Khi bật chế độ huỷ nền tự động, một pha đích được chỉ định để cho bộ này phân tích tín hiệu trên pha đích và ước tính tạo ra dòng huỷ thích hợp, pha đích thường là pha môi trường.

2.4.2.8. Khối lưu trữ (First-In, First-Out – FIFO)

AFE có một FIFO có dung lượng 128 mẫu, được sử dụng để lưu trữ các mẫu dữ liệu từ các pha được tạo ra trong chu kỳ PRF (Pulse Repetition Frequency). Mỗi mẫu dữ liệu tương ứng với một từ ADC gồm 3 byte.

FIFO cũng có thể tạo ra tín hiệu ngắt cho vi điều khiển để cho phép đọc dữ liệu từ FIFO khi đã có đủ lượng dữ liệu mong muốn. Lượng dữ liệu cho phép để bật ngắt báo hiệu cho vi điều khiển được chỉ định bằng tham số gọi là watermark được lập trình trong thanh ghi của FIFO, khi thiết lập watermark ở một mức nhất định, ngắt sẽ tạo ra mỗi khi lượng data



CHƯƠNG 3: THỰC HIỆN HỆ THỐNG

3.1. Kiến trúc hệ thống

3.1.1. Sơ đồ khối hệ thống

3.1.2. Kiến trúc phần mềm

3.2. Thực hiện cấu hình và thu thập dữ liệu PPG từ AFE4420

3.3. Truyền dữ liệu PPG đến ứng dụng di động thông qua kết nối BLE

CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC

4.1 Kết quả thu thập dữ liệu PPG

4.2 Kết quả thực hiện gửi dữ liệu lên ứng dụng di động

CHƯƠNG 5: KẾT LUẬN

5.1. Kết quả đạt được

5.2. Phạm vi ứng dụng

5.3. Hạn chế

5.4. Hướng phát triển

TÀI LIỆU THAM KHẢO

PHỤ LỤC