

GIẢI PHÁP MỚI CHO THIẾT BỊ ĐEO CỔ TAY ĐO SpO_2

A NOVEL ANSWER FOR FORWRIST-WEARABLE DEVICES FOR SpO_2 MEASUREMENT

Lại Phước Sơn¹, Nguyễn Thị Anh Thư², Nguyễn Trung Kiên³

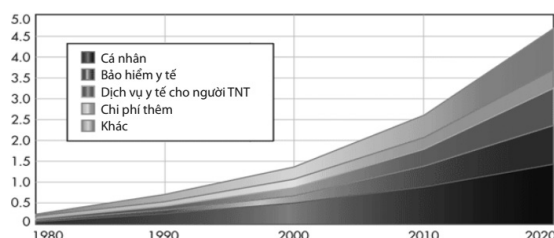
Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; lpson.tth@gmail.com, {ntathu², ntkien³}@dut.udn.vn

Tóm tắt - Với nhu cầu chăm sóc sức khỏe ngày càng tăng, việc theo dõi các chỉ số sức khỏe, trong đó độ bão hòa oxy trong máu (SpO_2) là một thông số quan trọng vẫn luôn được quan tâm nghiên cứu. Tuy nhiên, việc tích hợp tính năng này trên các thiết bị đeo cá nhân vẫn còn nhiều hạn chế bởi phương pháp đo và vị trí đo gây bất tiện cho người dùng trong sinh hoạt hằng ngày, chẳng hạn đo trên tai, ngón tay và chân,... Để giải quyết vấn đề này, bài báo nghiên cứu ứng dụng phương pháp phản xạ ánh sáng để thực hiện đo SpO_2 tại cổ tay. Từ đó, tác giả nghiên cứu thiết kế bo mạch đeo tay nhỏ gọn tích hợp chức năng đo SpO_2 , đồng thời hỗ trợ khả năng kết nối giám sát dữ liệu từ xa. Dữ liệu thực nghiệm đo được từ thiết bị được phân tích và so sánh với thiết bị SpO_2 thương mại. Kết quả đo SpO_2 có sai lệch chuẩn 4,4 % cho thấy tính khả thi của giải pháp.

Từ khóa - máy đo nồng độ oxy trong máu; thiết bị đeo tay; SpO_2 ; phản xạ ánh sáng; hệ thống theo dõi giám sát từ xa; jQuery; Web service.

1. Đặt vấn đề

Chi phí và nhu cầu chăm sóc sức khỏe ngày càng tăng trên thế giới là động lực mạnh mẽ thúc đẩy các sáng kiến khoa học kỹ thuật, không loại trừ các sản phẩm chăm sóc sức khỏe cá nhân, di động và không dây. Năm 2015, riêng Mỹ chi khoảng 3,6 nghìn tỷ USD, dự kiến đến năm 2020 con số này sẽ vượt 4,5 nghìn tỷ (theo Trung tâm Dịch vụ y tế và Chăm sóc sức khỏe của Mỹ) [1].



Hình 1. Mức chi cho chăm sóc sức khỏe hàng năm ở Mỹ lên đến hàng nghìn tỷ USD, và tiếp tục tăng [1]

Nhờ có sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ tích hợp, nhiều công ty đã cho ra đời những thiết bị y tế thông minh, nhỏ gọn, được trang bị thêm các chức năng theo dõi sức khỏe và có thể mang theo hoặc đeo hằng ngày. Một vài thiết bị như là áo quần với các cảm biến được tích hợp bên trong các lớp vải nhằm đo các thông số về nhiệt độ và nhịp tim [2]; đồng hồ đeo tay có chức năng đo nhịp đập, nhiệt độ và phát hiện té ngã [3]; kính mắt áp tròng cho mắt được tích hợp chức năng phóng to lên 2,8 lần [4], ... Nhiều sản phẩm thương mại thậm chí còn hỗ trợ truyền dữ liệu không dây đến điện thoại thông minh hoặc đến một cơ sở dữ liệu trên internet để người dùng có thể theo dõi tình hình sức khỏe của mình dễ dàng và nhanh chóng.

Một trong các thông số quan trọng về sức khỏe mà hiện nay vẫn đang được nghiên cứu để tích hợp ngay trên thiết

Abstract - As the demand for health care has been increasing, monitoring of health indicators including blood oxygen saturation (SpO_2), an important parameter, has always attracted interest from researchers. However, integrating this feature on personal wearable devices has been still limited due to measurement techniques and positions such as on the ears, fingers and legs, and so on causing inconvenience for the users in everyday activities. In order to solve this problem, this paper focuses on studying applying light reflection method to measure SpO_2 at users' wrists. There by, we propose an own-designed compact circuit board for wearable devices aiming at SpO_2 measurement function. In addition, remote data monitoring function is also investigated and built. Measured experimental data collected from the device is analyzed and compared with data from a commercial SpO_2 measurement device. The results of maximum standard deviation value of 4.4% show the feasibility of the answer.

Key words - Pulse Oximeter; Wearable devices; SpO_2 ; Light Reflection; Remote Monitoring System; jQuery; Web service.

bị đeo, đó là độ bão hòa oxy trong máu- SpO_2 . Việc đo và theo dõi thông số SpO_2 tại các vị trí truyền thống như ngón tay, đầu ngón chân, dải tai, mũi, ... gây bất tiện trong sinh hoạt khi cầm nắm, đi lại, nói chuyện [5, 6].



Hình 2. Một số vị trí đo mức độ bão hòa oxy trong máu động mạch dựa theo nhịp đập (SpO_2) thường thấy [5]

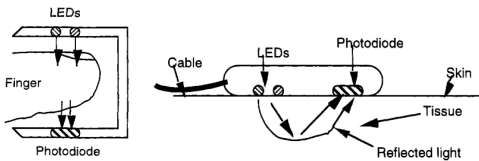
Kết hợp kết quả nghiên cứu trước đây của cùng nhóm tác giả [7] về việc khảo sát vùng đo SpO_2 tốt nhất tại cổ tay theo phương pháp phản xạ ánh sáng, kế thừa lý thuyết tính toán phần cứng đo SpO_2 theo phương pháp xuyên thấu có trong nghiên cứu [8] và ứng dụng các bộ thư viện về đồ thị mã nguồn mở cho cho việc xây dựng giao diện website được đề xuất trong nghiên cứu [9]. Bài báo này giới thiệu một giải pháp mới cho thiết bị đeo tay với thiết kế phần cứng nhỏ gọn hơn với khả năng đo được SpO_2 theo phương pháp phản xạ ánh sáng mà không cần phải tháo ra đo tại đầu ngón tay như vòng đeo tay Withings Pulse O2 của hãng Withings [10], hay sử dụng đầu cảm biến kẹp như WristOx2 3150 của hãng Nonin [11], đồng thời hỗ trợ tính năng theo dõi từ xa thông qua giao diện website với giao

diện web trực quan và có tính tương tác người dùng cao được xây dựng từ các bộ đồ thị mã nguồn mở [9]. Kết quả thực nghiệm được thu thập, tính toán và so sánh với kết quả đo được từ bộ mạch mẫu để phân tích tính khả thi của giải pháp và thiết bị đã đề xuất.

2. Khảo sát và xây dựng thiết bị đo

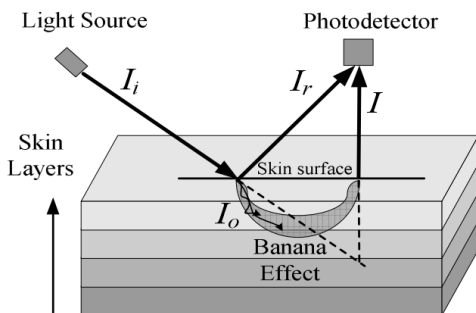
2.1. Đo SpO_2 theo phương pháp phản xạ

Để đo độ bão hòa oxy trong máu tại động mạch, khi mà máy đo Pulse Oximeter (PO) với đầu đo dùng ánh sáng xuyên thấu “transmission PO” không thể sử dụng được trên một số vị trí của cơ thể, lúc này Pulse Oximeter với đầu đo dùng ánh sáng phản xạ “reflectance PO” được dùng để giám sát SpO_2 dựa trên cường độ ánh sáng phản xạ lại đầu thu. Ý tưởng sử dụng ánh sáng phản xạ thay cho ánh sáng xuyên thấu được đưa ra đầu tiên bởi Brinkman và Zijlstra vào năm 1949.



Hình 3. Đầu đo xuyên thấu “transmission Pulse Oximeter” bên trái và phản xạ “reflectance Pulse Oximeter” bên phải [12]. Ý tưởng sử dụng ánh sáng phản xạ thay cho ánh sáng xuyên thấu được đưa ra đầu tiên bởi Brinkman và Zijlstra vào năm 1949

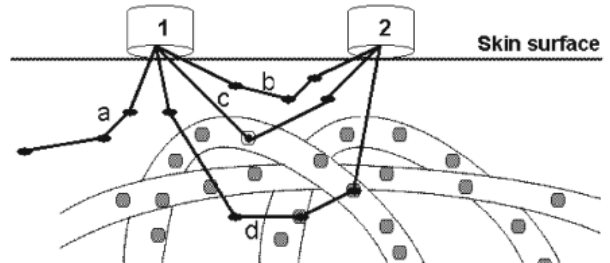
Khi chiếu một chùm tia sáng đơn sắc vào một môi trường vật chất ở đây là các mô tế bào của cơ thể, quá trình truyền sáng diễn ra như sau: Đầu tiên ánh sáng xuất phát từ nguồn phát đi đến môi trường vật chất, một số tia sáng khi đi ngang qua môi trường vật chất gặp phải các phân tử vật chất hoặc bị hấp thụ hoặc bị cản trở gây tán xạ. Sự tán xạ này hoặc có khuynh hướng đi tiếp đến được đầu bên kia hoặc có khuynh hướng bị bẻ cong theo hiệu ứng “quả chuối” rồi quay trở lại môi trường ban đầu [13].



Hình 4. Hiệu ứng “quả chuối” của chùm sáng tán xạ

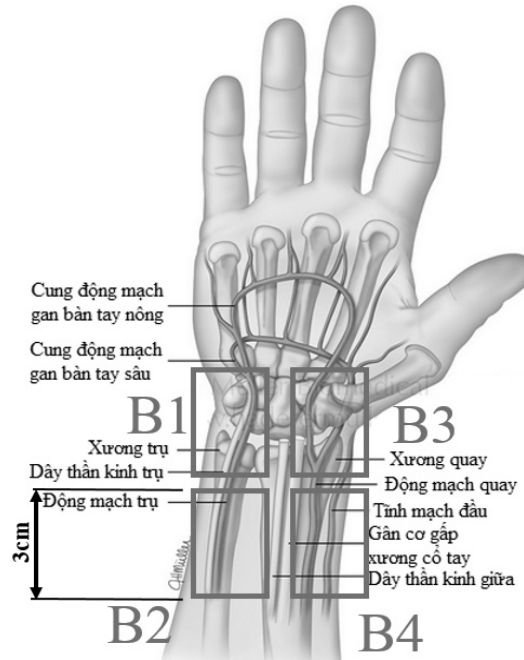
Về nguyên tắc cả hai hình thức phản xạ hay xuyên thấu đều dựa trên nguyên lý đo cường độ dòng điện ở ngõ ra (đầu thu) photodetector để xác định độ hấp thụ của HbO_2 và Hb . Trong phương thức sử dụng ánh sáng xuyên thấu, LED (Light Emitting Diode) phát và LED thu thường được kẹp ở những vị trí da mỏng, dễ dàng cho ánh sáng xuyên qua của cơ thể như dái tai hay đầu ngón tay. Do vậy, cơ chế truyền ánh sáng được mô tả như sau: Ánh sáng từ các LED đỏ và hồng ngoại lần lượt phát ra và xuyên qua các mô tế bào, một phần bị hấp thụ, một phần bị tán xạ, phần còn lại truyền đến đầu thu photodetector. Trong khi đó, với phương thức sử dụng ánh sáng phản xạ, do đầu thu

photodetector đặt cùng phía với các LED phát nên chỉ thu nhận được phần ánh sáng sau khi bị tán xạ và quay ngược trở lại theo hiệu ứng “quả chuối”. Do vậy tín hiệu thu được từ phương pháp phản xạ yếu hơn nhiều so với phương pháp xuyên thấu. Xét trường hợp cụ thể như sau, khi các mô tế bào được chiếu rọi bởi nguồn sáng 1, có đến 93 - 97% của ánh sáng hoặc là bị hấp thụ (a) hoặc là bị tán xạ (b), 3 - 7% còn lại bị phản xạ bởi sự di chuyển của các tế bào máu đỏ (c, d) và cuối cùng đến được photodetector 2 [14].



Hình 5 Khuynh hướng lan truyền của các tia sáng bên dưới lớp da [14]

Dựa vào nghiên cứu trước đây của tác giả về việc khảo sát vùng đo tốt nhất trên cổ tay [7], vùng đo tốt nhất được xác định là vùng B3 như mô tả trong Hình 6.



Hình 6. Mô tả các vùng đo dựa trên các đường động mạch (màu đỏ) trên cổ tay [7]

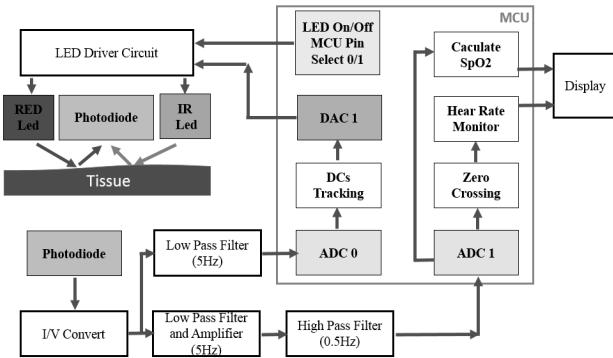
Bảng 1. Xếp hạng vị trí đo tốt dựa trên việc so sánh biên độ tín hiệu thu được từ cảm biến tại các vị trí đo khác nhau [7]

Vị trí đo	Biên độ trung bình LED đỏ (mV)	Biên độ trung bình LED hồng ngoại (mV)	Biên độ trung bình	Vị thứ
Cổ tay	1,1	2,3	1,7	3
Ngón tay	5,3	6,9	6,1	1
Bàn chân	0,5	0,8	0,65	6
Mũi	0,8	2,2	1,5	5
Dái tai	1,7	2	1,85	2
Trán	0,9	2,2	1,55	4

Trong nghiên cứu trên, tín hiệu SpO_2 đo được tại cổ tay có độ lớn là 1,7mV, chỉ thua vị trí đầu ngón tay và dải tai, và chỉ bằng 27,9% so với đo tại đầu ngón tay. Tuy nhiên, nhờ vào thiết kế bao gồm khối mạch khuếch đại và một bộ chuyển đổi tương tự sang số (ADC) 12 bit, việc lấy mẫu với điện áp tham chiếu nội là 2,5V và sai số lượng tử là $2,5/4096/2 = 0,3mV$, mẫu tín hiệu thu được khi đo tại cổ tay là tương đối chính xác.

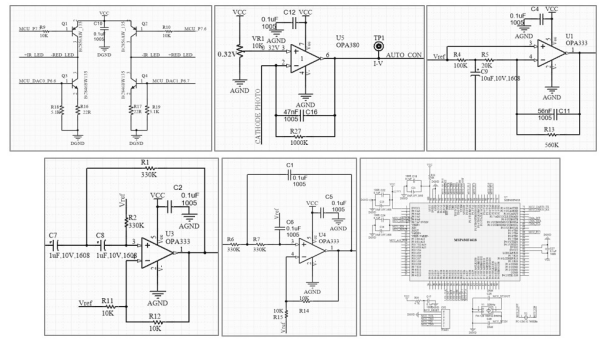
Như vậy, việc thiết kế thiết bị đo SpO_2 đeo cổ tay hoàn toàn có thể thực hiện được và được trình bày trong phần tiếp theo.

2.2. Thiết kế mô đun mạch đo SpO_2 kích thước nhỏ



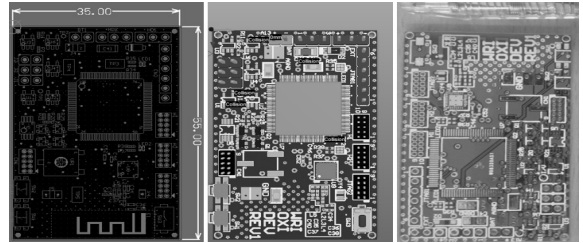
Hình 7. Sơ đồ khối chức năng của mô đun đo SpO_2

Hình 7 mô tả sơ đồ khối chức năng của mô đun đo SpO_2 . Cơ sở đánh giá độ bão hòa oxy trong máu liên quan đến Hb và HbO_2 dựa trên việc đo mức độ hấp thụ của 2 thành phần này với ánh sáng. Vì vậy bước sóng 660nm (đỏ) và 940nm (hồng ngoại) được sử dụng bởi lẽ tại hai bước sóng này sự khác biệt về khả năng hấp thụ ánh sáng của HbO_2 và Hb là rõ ràng nhất. Do đó, LED đỏ và LED hồng ngoại được chọn sử dụng trong nghiên cứu. Hai LED này được kích dẫn một cách luân phiên nhờ vào khối điều khiển “LED Driver Circuit”. Khối này dựa vào các tín hiệu thăm dò mức DC tại cảm biến “Photodiode” hồi tiếp để tăng giảm cường độ dẫn của 2 LED, sao cho mức DC thu được là xấp xỉ bằng nhau. Cảm biến photodiode có chức năng nhận các hạt photon phản xạ từ hai LED và sản sinh ra các hạt điện tử tự do để tạo nên dòng điện ở ngõ ra. Dòng điện này được khối “I/V converter” chuyển thành điện áp để khối ADC (Analog Digital Converter) của vi điều khiển có thể đọc được. Tuy nhiên, tín hiệu điện áp ở ngõ ra bộ “I/V convert” vẫn còn quá nhỏ và bị tác động bởi nhiễu, do vậy chưa thể đưa trực tiếp đến MCU để lấy mẫu mà cần phải đi qua các bộ lọc và khuếch đại trước khi đến MCU. Các khối bộ lọc thông thấp (LPF) và thông cao (HPF) sẽ làm nhiệm vụ lọc tín hiệu tại ngõ ra khối “I/V convert” trong dải thông từ 0,5Hz đến 5Hz tương ứng với dải nhịp tim khá rộng từ 30 đến 300 nhịp/ phút. Lúc này tín hiệu đã được loại bỏ phần lớn nhiễu và có thể được lấy mẫu tại MCU nhờ vào hai bộ chuyển đổi tương tự sang số ADC0 và ADC1. Các giá trị lấy mẫu thu được lần lượt được sử dụng cho mục đích điều chỉnh cân bằng DC của hai LED phát tại hai bước sóng và để tính giá trị SpO_2 . Kết quả của việc tính toán sẽ được thể hiện đầy đủ trên màn hình hiển thị “Display”. Lý thuyết tính toán các khối mạch chức năng cũng đã được giới thiệu chi tiết trong nghiên cứu trước đây [8].

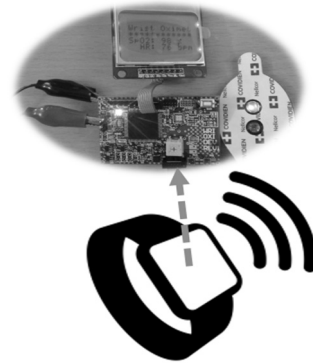


Hình 8. Sơ đồ thiết kế mạch cụ thể cho các khối chức năng

Để phù hợp với kích thước của một chiếc vòng đeo tay nhỏ gọn, bo mạch được thiết kế với kích thước 55mm x 35mm nhờ vào việc lựa chọn các linh kiện điện trở, tụ điện với kích thước siêu nhỏ 10x05 mm (04x02 inch) và sử dụng công nghệ thi công 4 lớp.



Hình 9. Layout 3D và thực tế mô đun đo SpO_2



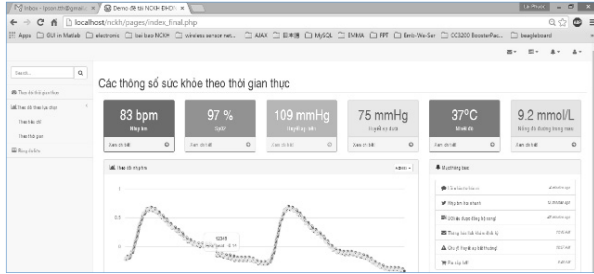
Hình 10. Bo mạch thiết bị và module cảm biến được tích hợp ngay trên thiết bị đeo cổ tay

2.3. Xây dựng giao diện website theo dõi từ xa

Tính năng theo dõi các thông số sức khỏe từ xa của thiết bị rất cần thiết. Vì vậy nhóm tác giả cũng đã xây dựng một hệ thống website dịch vụ cho phép người dùng cũng như người nhà có thể theo dõi từ xa tình trạng sức khỏe của người đeo thiết bị qua giao diện website này. Việc giám sát từ xa thông qua website yêu cầu phải thể hiện được chính xác các thông số sức khỏe và thân thiện với người dùng thông qua việc sử dụng hiệu quả các biểu đồ, đồ thị thống kê trực quan. Trong nghiên cứu trước đây [9], nhóm tác giả cũng đã đưa ra một số bộ thư viện mã nguồn mở như Google Chart, Morris, ChartKit, Flot, NVD3, Rickshaw, Xcharts, Elycharts, ... để hỗ trợ thực hiện tính năng này.

Dữ liệu sau khi được thu thập và xử lý tính toán từ bo mạch thiết bị sẽ được gửi đến cơ sở dữ liệu của máy chủ thông qua một thiết bị có kết nối internet. Thiết bị đo này sẽ giao tiếp không dây với thiết bị có kết nối internet đó.

Dữ liệu được gửi đến này phục vụ cho việc tạo dựng nên các biểu đồ trên website. Hình 11 thể hiện một phiên bản website cho phép hiển thị một trang thông tin sức khỏe của một bệnh nhân với đầy đủ các thông tin sức khỏe như nhịp tim, mức độ bão hòa oxy trong máu, huyết áp tâm thu, huyết áp tâm trương, nhiệt độ cơ thể, nồng độ đường trong máu. Một biểu đồ nhịp tim được tạo dựng trên dữ liệu đo được từ thiết bị cũng được thể hiện rất trực quan cho chúng ta biết độ sâu và đều đặn của nhịp thở, v.v...



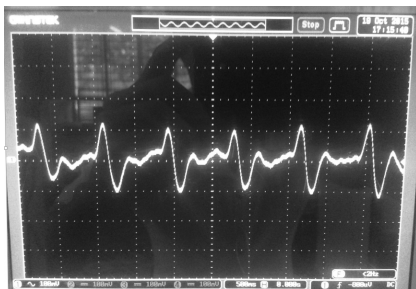
Hình 11. Sử dụng các bộ thư viện mã nguồn mở tạo nên những website giám sát sức khỏe từ xa với giao diện đẹp mắt và tính tương tác người dùng cao

3. Thử nghiệm và kết quả

Sử dụng bo mạch thiết bị và cảm biến phản xạ đo SpO_2 đo tại cổ tay, nhóm tác giả đã tiến hành khảo sát đo đạt tín hiệu thu được tại ngõ ra của bộ chuyển đổi I/V và tại ngõ ra sau cùng khi đã qua các bộ lọc và khuếch đại. Tại ngõ ra bộ chuyển đổi I/V, tín hiệu điện áp thu được rất bé với biên độ điện áp AC chỉ dưới 10mV, chứa nhiều nhiễu rất khó để xác định. Tuy nhiên, tín hiệu thu được tại ngõ ra cuối đã loại bỏ gần như các nhiễu và hiển thị khá rõ như Hình 12 (bên phải). Tại đây biên độ điện áp AC đạt xấp xỉ vài trăm mV, đủ để bộ ADC12 bit với sai số lượng tử là $(2,5/4096)/2 = 0,3mV$ của MCU có thể đọc được chính xác.



Hình 12. Thử nghiệm đo đạt trên thiết bị với tín hiệu thu được trước (trái) và sau (phải) khi đi qua các bộ lọc nhiễu và khuếch đại



Hình 13. Kết quả thu được tại ngõ ra cuối khi LED đỏ sáng

Đo đặc đáp ứng tín hiệu SpO_2 của LED đỏ và LED hồng ngoại, chúng ta có hai biên độ đáp ứng khác nhau. Trong trường hợp chỉ có LED đỏ, với dạng sóng ngõ ra được thể hiện trên Hình 13, tín hiệu sau khi đi qua các cảm biến đến các bộ lọc và bộ khuếch đại cho ra kết quả như sau:

Mức điện áp DC : Dao động xung quanh mức điện áp 1,65V

Mức điện áp AC : Xấp xỉ 220mV

Tần số tín hiệu : 0,8Hz

Nhiều tín hiệu : Rất ít

Còn trong chu kỳ chỉ có LED hồng ngoại sáng, với dạng sóng ngõ ra được thể hiện trên Hình 14, thì kết quả thu được có chút khác biệt như sau:

Mức điện áp DC: Dao động xung quanh mức điện áp 1,65V

Mức điện áp AC: Xấp xỉ 250mV

Tần số tín hiệu: 0,8Hz

Nhiều tín hiệu: Còn gọn nhỏ nhiều



Hình 14. Kết quả thu được tại ngõ ra cuối khi LED hồng ngoại sáng

Các kết quả trên cho thấy điện áp trung bình đỉnh đỉnh của tín hiệu sau khi qua các bộ lọc và khuếch đại là 220mV (đối với LED đỏ) và 250mV (đối với LED hồng ngoại). Tín hiệu ngõ ra cuối thu được khá rõ ràng và có thể lấy mẫu tốt với bộ ADC 12bit. Theo [15], phương trình tuyến tính xấp xỉ tính SpO_2 được đo theo phương pháp Pulse Oximetry – SpO_2 có thể viết lại như sau:

$$SpO_2 = 110 - 25 (R/IR) (\%) (*)$$

Trong đó, R/IR là tỷ số tín hiệu đo được giữa tín hiệu thu được khi phát LED đỏ với tín hiệu thu được khi phát LED hồng ngoại. Tỷ số này có thể được định nghĩa bởi phương trình sau:

$$\frac{R}{IR} = \frac{AC_R}{AC_{IR}}$$

Với AC_R là thành phần AC được trích ra từ tín hiệu đo được khi LED đỏ bật. Tương tự AC_{IR} có được khi LED hồng ngoại bật.

Dữ liệu từ tín hiệu sau khi được lấy mẫu được xử lý tính toán theo phương trình (*) để tính được giá trị SpO_2 . Kết quả cuối cùng của quá trình tính toán được hiển thị lên màn hình của thiết bị. Sau mỗi 25s giá trị hiển thị lại được cập nhật.

Để đánh giá độ chính xác kết quả đo của thiết bị, một bo mạch chuẩn đo SpO_2 của hãng Texas Instruments (TI) được đề xuất sử dụng. Hiện tại hãng đã có 2 KIT phát triển (Evaluation Module) hỗ trợ đo SpO_2 sử dụng chip chuyên dụng AFE44xx là AFE44x0 SpO_2 EVM và AFE4403 Watch EVM. Bảng 2 thể hiện sự so sánh tính năng và giá thành giữa thiết bị của đề tài với 2 thiết bị trên của TI. Đáp ứng được tiêu chí đo SpO_2 theo phương pháp phản xạ ánh sáng và giá thành chấp nhận được, thiết bị AFE44x0 SpO_2 EVM được lựa chọn để làm bo mạch chuẩn.

Bảng 2. So sánh tính năng và giá thành giữa thiết bị đề tài với các KIT phát triển của hãng TI

Tính năng	Thiết bị đo của đề tài	AFE44x0 SpO ₂ EVM	AFE4403 Watch EVM
Phương pháp đo SpO ₂	Đo phản xạ tại cổ tay	Đo phản xạ tại cổ tay	Đo phản xạ tại cổ tay
Tính năng khác	Đo nhịp tim, hỗ trợ theo dõi từ xa trên website	Đo nhịp tim, giao diện người dùng trên máy tính (GUI)	Đo nhịp tim, cảm biến gia tốc 3 trục, bộ nhớ 256 Mbit Flash, GUI
Hỗ trợ giao tiếp	Bluetooth 2.0	USB 2.0	USB 2.0, BLE, SPI
Loại thiết bị	Đeo tay	Đề bàn	Đeo tay
Giá thành	\$99(**)	\$149	\$299

“**”: *Giá dự kiến*

Kết quả trung bình đã làm tròn do bởi thiết bị của đề tài đem so sánh với kết quả đo được khi sử dụng KIT phát triển Pulse Oximeter (AFE44x0 SpO₂ EVM) của hãng TI, mức phần trăm sai lệch được tính theo công thức sau:

Sai lệch = $\frac{|(\text{Kết quả thiết bị} - \text{Kết quả bo mạch TI})|}{\text{Kết quả bo mạch TI}} \times 100\%$

Bảng 3. So sánh kết quả đo được giữa thiết bị của đề tài với bo mạch TI

S T T	Mã	Thiết bị đo của đề tài		Bo mạch PO của hãng TI		Sai lệch (%)	
		HR	SpO ₂	HR	SpO ₂	HR	SpO ₂
1	N1	64	90	60	89	6,7	1,1
2	N2	72	94	68	90	5,9	4,4
3	N3	96	97	100	99	4	2

“Mã”: *Mã tình nguyện viên*

Nhìn vào kết quả bảng trên, kết quả của thiết bị đề tài có mức sai lệch cao nhất so với bo mạch chuẩn của hãng TI là 6,7% khi đo nhịp tim và 4,4% khi đo SpO₂. Đây là các mức sai lệch có thể chấp nhận được, vẫn đảm bảo được mục tiêu hoạt động của thiết bị theo dõi là phát hiện các trường hợp đột biến bất thường về nhịp tim và SpO₂.

4. So sánh đánh giá

Để có sự nhìn nhận khách quan về khả năng thương mại của thiết bị đề tài và là cơ sở cho những thay đổi cải tiến cho phiên bản tiếp theo, nhóm tác giả đã khảo sát và đưa ra một bản so sánh về hiệu năng, độ phức tạp và giá thành của thiết bị đề tài với các sản phẩm thương mại khác.

Bảng 4 đã đưa ra sự so sánh về hiệu năng, độ phức tạp và giá thành giữa thiết bị của đề tài với các sản phẩm thương mại khác có tính năng đo SpO₂ là Pulse Oximeter của hãng Activ8rlives (bắt đầu bán trong năm 2016), Withings Pulse

O2 của hãng Withings (năm 2015), Fingertip Pulse Oximeter của hãng ChoiceMMed (năm 2015), MightysatRx của hãng Masimo (năm 2015). Qua bảng trên, thiết bị của đề tài có lợi thế là đeo và đo SpO₂ ngay tại cổ tay mà không cần phải tháo ra đo tại đầu ngón tay như của những hãng khác (đây chính là một phần nội dung của giải pháp mới mà bài báo đề xuất). Tuy nhiên, thiết bị có sự thua kém so với các sản phẩm còn lại về hiệu năng và giá thành. Do vậy, để đưa thiết bị ra thị trường tiêu dùng thì cần phải có nhiều thay đổi cải tiến mới cho những vấn đề hạn chế trên.

Bảng 4. So sánh tính năng và giá thành giữa thiết bị đề tài với các sản phẩm đo SpO₂ thương mại khác

	Hiệu năng	Độ phức tạp	Giá thành
Thiết bị đo của đề tài	Sử dụng Pin sạc, đo liên tục trong vài ngày	Đo nhịp tim (HR - heart rate), SpO ₂ . Cảm biến đoSpO ₂ tại cổ tay, hỗ trợ theo dõi qua Website	99USD (Giá dự kiến)
Pulse Oximeter - Activ8rlives (năm 2016)	Sử dụng 2 Pin 1.5V, đo không liên tục	Đo HR, SpO ₂ . Cảm biến đo tại đầu ngón tay. Hỗ trợ theo dõi qua điện thoại thông minh và qua website	55.82 USD http://www.activ8rlives.com/devices/pulse-oximeter.html
Withings Pulse O2 (năm 2015)	Sử dụng Pin sạc, đo liên tục trong 2 tuần	Đo HR, SpO ₂ , Calo. Cảm biến đo SpO ₂ tại đầu ngón tay, hỗ trợ theo dõi qua điện thoại thông minh	99.95 USD http://www.withings.com/us/en/products/pulse
Fingertip Pulse Oximeter – ChoiceMMed (năm 2015)	Sử dụng 1 Pin 1.5V, mỗi lần đo cần 40mA	Đo HR, SpO ₂ . Cảm biến đo SpO ₂ tại đầu ngón tay	19.99 USD www.amazon.com
MightysatRx - Masimo (năm 2015)	Sử dụng 2 Pin 1.5V, đo không liên tục, đo khoảng 1800 lần	Đo HR, SpO ₂ . Cảm biến đo tại đầu ngón tay. Hỗ trợ theo dõi qua điện thoại thông minh	399 USD www.amazon.com

5. Kết luận

Bài báo đã nghiên cứu thiết kế được thiết bị đeo tay đo nồng độ oxy trong máu bằng phương pháp phản xạ ánh sáng, đảm bảo các đặc điểm về độ nhỏ gọn, vị trí đeo thuận lợi, tích hợp phần cứng hỗ trợ truyền dữ liệu không dây đến thiết bị có kết nối internet.

Kết quả thực nghiệm cho thấy, biên độ tín hiệu đỉnh định tại ngõ ra cuối thu được trong các chu kỳ LED đỏ và LED hồng ngoại sáng lần lượt là 220mV và 250mV, và dạng sóng ngõ ra này rất rõ ràng. Thiết bị cho kết quả đo có độ sai lệch so với bo mạch chuẩn là 6,7% (khi đo nhịp tim) và 4,4% (khi đo SpO₂). Việc đặt cảm biến tại cổ tay giúp người dùng tránh sự bất tiện trong sinh hoạt hàng ngày

như là khi đeo tại các vị trí đầu ngón tay, đầu ngón chân, mũi, v.v... Đồng thời bài báo cũng đã đề xuất một mẫu website dịch vụ đi kèm với việc sử dụng thiết bị. Website này thể hiện các thông số sức khỏe được giám sát từ xa được thiết kế dễ dàng nhờ vào các bộ thư viện vẽ biểu đồ mã nguồn mở.

Thiết bị của đề tài đưa ra giải pháp đo và vị trí đo thuận tiện hơn so với các thiết bị thương mại khác, tuy nhiên về giá thành và hiệu năng sử dụng vẫn còn chưa bằng.

Nhiệm vụ tiếp theo của nghiên cứu này là phát triển phần nhúng giao tiếp không dây đến thiết bị có kết nối internet như điện thoại, góp phần vào việc truyền dữ liệu lên web server, đồng thời tiếp tục nghiên cứu cải tiến bài toán về năng lượng để thời gian sử dụng thiết bị được lâu hơn.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ bởi các thành viên của Trung tâm Xuất Sắc – Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng, về những chỉ dẫn tận tình cũng như sự hỗ trợ tối đa trang thiết bị, cơ sở vật chất, phòng thí nghiệm để nhóm có thể thực hiện được nghiên cứu này!

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] P. Nguyễn, “Y tế thời không dây”, *Tạp chí KH và CN STINFO 1(3)*, tr. 9-11, 2014.
- [2] Rita Paradiso, Giannicola Loriga, and Nicola Taccini, “A Wearable Health Care System Based on Knitted Integrated Sensors”, *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 9, no. 3, september 2005, DOI 10.1109/TITB.2005.854512 ISSN:1089-7771/\$20.00 © 2005 IEEE.
- [3] Texas Instruments technical document, SLYT318A: “eZ430 Chronos development kit”, 2009.
- [4] “The future of Health and the future of wearable tech” PSFK, p. 22-25, 2014.
- [5] Sensor and sampling line guide, “Nellcor with OxiMax technology product guide a full line of oximetry sensors”, Covidien.
- [6] Israel Sarussi (2007), Patent: “Device for use with reflective Pulse Oximetry”, N0.: US 2007/0038050 A1.
- [7] L.P. Sơn, N.T.A. Thư, N.T. Kiên, “Khảo sát vùng đo mức bão hòa oxy trong máu động mạch theo nhịp đập (SpO_2) tốt nhất trên cổ tay, và ảnh hưởng của sắc tố da - kích thước cổ tay - giới tính đến kết quả đo, sử dụng đầu đo phân xạ”, *Tạp chí KH & CN Đại học Đà Nẵng*, trang 59-64, số 1(98), 2016.
- [8] H.T. Tùng, N.V. Ngọc, L.P. Sơn, N.T. Kiên, P.V. Tuấn, “Thiết bị đo nồng độ oxy trong máu có kết nối với smartphone – Bước cải tiến trong chăm sóc sức khỏe”, *Tạp chí KH & CN Đại học Đà Nẵng*, trang 68-71, số 6, 2014.
- [9] L.P. Sơn, N.T. Kiên, N.T.A. Thư, N.T. Nghĩa, “Đề xuất giải pháp mới về theo dõi và giám sát các thông số sức khỏe từ xa sử dụng các bộ thư viện vẽ biểu đồ mã nguồn mở”, *Tạp chí KH & CN Đại học Đà Nẵng*, trang 52-56, quyển 1, số 11(96), 2015.
- [10] Website, Withings, Withings Pulse O2 <http://www.withings.com/us/en/products/pulse>, 2015.
- [11] Website, Nonin, WristOx2 3150 <http://www.nonin.com/OEMsolutions/WristOx23150-OEM>
- [12] J. G. Webster, “Design of pulse oximeters”, ISBN 0750304677, August 1997.
- [13] Sijung Hu, “Development of effective photoplethysmographic measurement techniques: From contact to non-contact and from point to imaging”, DOI 10.1109/IEMBS.2009.5334505, ISSN 1557-170X, IEEE, Minnesota, USA, 2009.
- [14] A. Lima, J. Bakker, “Noninvasive monitoring of peripheral perfusion”, DOI 10.1007/s00134-005-2790-2, 2005.
- [15] J.G. Webster (1997), Book “Design of Pulse Oximeters”, ISBN 07503 046677.

(BBT nhận bài: 15/04/2016, phản biện xong: 06/10/2016)