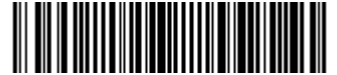




(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ**

(11)



2-0002844

(51) **A61B 5/02**
2020.01

(13) **Y**

(21) 2-2021-00108

(22) 06/12/2017

(67) 1-2017-04909

(45) 25/03/2022 408

(43) 25/06/2019 375A

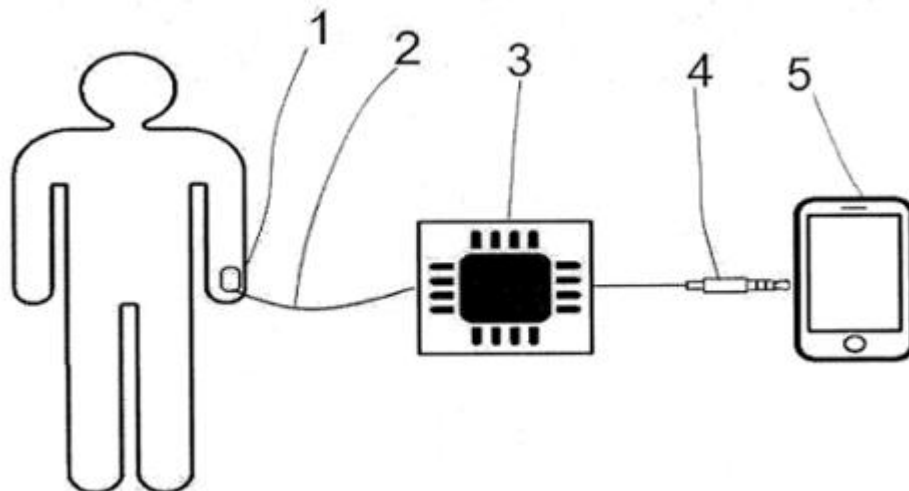
(73) Viện Công nghệ thông tin - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VN)
Nhà A3 Số 18 Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, thành phố Hà
Nội

(72) Bùi Thị Thanh Quyên (VN); Trần Huy Hoàng (VN); Đỗ Anh Tuấn (VN).

(74) Công ty TNHH IPVC (IP.VC CO.,LTD)

(54) THIẾT BỊ THEO DÕI SỨC KHỎE TỪ XA

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến thiết bị theo dõi sức khỏe từ xa dựa trên nguồn điện năng thấp của đường âm thanh điện thoại thông minh để cải thiện tốc độ cũng như chất lượng truyền thông, tăng cường tính di động, tính tiện dụng và thân thiện với người dùng của hệ thống, giảm năng lượng tiêu thụ. Thiết bị này bao gồm bộ cảm biến y tế tiêu thụ năng lượng thấp (1) được nối với mô-đun trung gian (3) qua các giao diện kết nối (2) như I2C, SPI hoặc RS232. Mô-đun trung gian (3) này giao tiếp với điện thoại thông minh (5) qua đường âm thanh (4) để truyền thông dữ liệu và lấy nguồn cấp cho bộ cảm biến (1). Điện thoại thông minh (5) được cài đặt phần mềm để tiếp nhận dữ liệu và truyền về trung tâm dữ liệu cũng như hiển thị các thông tin cho người sử dụng.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích thuộc lĩnh vực thiết bị y tế. Cụ thể, giải pháp hữu ích đề cập đến thiết bị theo dõi sức khỏe từ xa, hoạt động dựa trên nguồn điện năng thấp của đường âm thanh trên điện thoại thông minh để theo dõi các chỉ số sinh học của người dùng như nhiệt độ cơ thể, nhịp tim và nồng độ oxy trong máu (SPO2).

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Nhìn chung, việc nghiên cứu và phát triển các hệ thống thiết bị hỗ trợ y tế từ xa được thực hiện ở một mức độ nhất định. Các hệ thống này hướng tới các ứng dụng tăng cường khả năng cung cấp các dịch vụ chăm sóc sức khỏe tại nhà cho các đối tượng đặc biệt như những người di chuyển khó khăn hoặc những người ở các vùng địa lý xa xôi. Các dịch vụ chăm sóc sức khỏe có thể bao gồm cả chẩn đoán và đánh giá tình trạng sức khỏe, điều trị, cung cấp thuốc men, tư vấn, dự phòng và phục hồi, bảo hiểm y tế, giảng dạy, nghiên cứu, v.v..

Hiện nay, đã biết một số hệ thống chăm sóc sức khỏe được đề xuất với hai thành phần chính là thiết bị thu thập dữ liệu và trung tâm xử lý dữ liệu. Phần thiết bị thu thập dữ liệu thường sử dụng các cảm biến sinh học gắn lên người bệnh để tự động thu thập các chỉ số sinh học theo thời gian thực rồi sử dụng điện thoại di động hoặc thiết bị cầm tay để nhận dữ liệu thu được và truyền về một trung tâm dữ liệu để xử lý. Trong trường hợp này, có một số cải tiến trong việc sử dụng các bộ cảm biến sinh học theo hướng tăng độ chính xác và giảm kích thước hệ thống để giảm bớt khó khăn khi cử động của người bệnh.

Một ví dụ được thể hiện trong công bố đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế Nhật Bản số 2001-353130 về “Máy phát hiện thông tin của cơ thể”. Cụ thể, máy này sử dụng vỏ bọc tích hợp cảm biến để phát hiện thông tin sinh học của cơ thể. Máy được chế tạo có hình vòng cung để có thể đeo được vào tai của người cần đo hoặc chế tạo thành dạng mặt dây chuyền để đeo ở cổ. Cùng với đó, trong công bố đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế Nhật Bản số HEI 10-155749 về “Hệ thống giám sát và thông tin về tình trạng sức khỏe con người” có đề cập tới thiết bị giám sát sức khỏe sử dụng các bộ cảm biến sinh học được chế tạo dưới dạng giống như đồng hồ đeo tay và thích hợp với các thiết

bị truyền thông để kết nối với trung tâm theo dõi. Tuy nhiên, việc tích hợp các cảm biến sinh học khác nhau thành một cụm cảm biến nhỏ có thể làm giảm độ chính xác của dữ liệu thu được và tăng ảnh hưởng của nhiễu chéo giữa các kênh cảm biến với nhau.

Công bố đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế Nhật Bản số 2000-93398 về “Máy phát hiện dấu hiệu bất thường và hệ thống cảnh báo triệu chứng bất thường” đã đề xuất sử dụng cảm biến đo sức căng để xác định trạng thái giãn hay co của da kết hợp với nhịp thở và hơi thở, và mạch điện cảnh báo để phát hiện và cảnh báo khi nhận thấy có các triệu chứng bất thường của người bệnh. Hệ thống truyền thông điện thoại được sử dụng để truyền thông cảnh báo các dấu hiệu bất thường.

Tương tự, hệ thống y tế từ xa (telemedicine) được mô tả trong sáng chế Hoa Kỳ số 6820057-B1 sử dụng các máy đo sức khỏe chuyên dụng được kết nối bởi các mô-đun truyền thông tạo thành một hệ thống theo dõi sức khỏe từ xa. Các mô-đun thành phần giao tiếp và truyền thông với nhau và với trung tâm theo dõi bằng đường viễn thông qua mạng điện thoại chuyển mạch gói. Hệ thống này giúp cho độ ổn định và mức độ tin cậy trong việc truyền thông tin giữa các thiết bị thành phần của hệ thống được nâng cao. Tuy nhiên, phương pháp truyền thông này trở nên phức tạp, tốn kém và khó triển khai đối với các hệ thống lớn có số lượng máy đo và cảm biến lớn, khi đó hệ thống trở nên rất cồng kềnh và không có tính linh hoạt.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích là khắc phục những nhược điểm nêu trên.

Để đạt được mục đích đó, giải pháp hữu ích đề xuất thiết bị theo dõi sức khỏe từ xa có tính di động, nhỏ gọn, sử dụng năng lượng thấp, tiện dụng và thân thiện với người dùng.

Để đạt được mục đích nêu trên, thiết bị theo dõi sức khỏe từ xa, hoạt động dựa trên nguồn điện năng thấp của đường âm thanh của điện thoại thông minh bao gồm mô-đun trung gian UM (Universal Module - sau đây sẽ gọi là mô-đun trung gian) kết nối với điện thoại thông minh qua đường âm thanh, các cảm biến đo thông số sinh học được kết nối với mô-đun trung gian có thể qua một trong các giao diện như giao diện giao tiếp nối tiếp (RS232), giao diện mạch liên hợp (I2C - Inter-Integrated Circuit), giao diện ngoại vi nối tiếp (SPI - Serial Peripheral Interface Bus), v.v..

Thiết bị có thể hoạt động nhờ năng lượng cung cấp qua đường âm thanh của điện thoại thông minh và đồng thời trao đổi thông tin đo lường với điện thoại thông minh qua kênh này.

Ngoài ra, thiết bị có thể được mở rộng để sử dụng với các loại cảm biến khác mà sử dụng nguồn điện năng thấp.

Để có được các tính năng đó, các tác giả giải pháp hữu ích đã phát triển một nền tảng (platform) phần mềm tích hợp trên điện thoại thông minh như một ứng dụng của điện thoại thông minh, có chức năng hiển thị thông tin, truyền thông dữ liệu về hệ thống trung tâm (sever) dựa trên tính năng sẵn có của điện thoại thông minh.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là sơ đồ khối của thiết bị theo dõi sức khỏe từ xa, hoạt động dựa trên nguồn điện năng thấp của đường âm thanh điện thoại thông minh theo giải pháp hữu ích.

Hình 2 là đồ thị năng lượng đo được từ đường âm thanh (qua cổng tai nghe) của điện thoại iphone 3GS.

Hình 3 và Hình 4 là lược đồ mô tả các thành phần trong mô-đun trung gian.

Hình 5 là sơ đồ các chân của chân cắm tai nghe 3,5mm.

Hình 6 là mặt chiếu đứng của cảm biến đo nhịp tim.

Hình 7 là mặt chiếu cạnh của cảm biến đo nhịp tim.

Hình 8 mô tả cấu trúc của cảm biến nhiệt độ.

Hình 9 mô tả kết nối giữa cảm biến nhiệt độ và mô-đun trung gian.

Hình 10 là hình chiếu bằng mô tả cảm biến SPO2.

Hình 11 là hình vẽ mặt chiếu ngang mô tả cảm biến SPO2 khi gắn lên ngón tay bệnh nhân.

Hình 12 là hình vẽ dạng lưu đồ thể hiện hoạt động của phần mềm tích hợp trên điện thoại thông minh.

Hình 13 là hình ảnh giao diện người dùng của phần mềm tích hợp trên điện thoại thông minh.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Theo Hình 1, thiết bị theo dõi sức khỏe từ xa theo giải pháp hữu ích bao gồm các cảm biến y tế 1 tiêu thụ năng lượng thấp (sau đây gọi tắt là bộ cảm biến 1) dùng để thu lại các chỉ số y khoa của người dùng. Bộ cảm biến 1 được nối với mô-đun trung gian 3 qua các giao diện kết nối 2, mô-đun trung gian 3 này kết nối và giao tiếp với điện thoại thông minh 5 thông qua đường âm thanh 4.

Bộ cảm biến 1 gồm các cảm biến đo các chỉ số y khoa cơ bản như nhiệt độ, nhịp tim, SPO2 (nồng độ ôxy trong máu), v.v.. Các cảm biến này có mức tiêu thụ năng lượng thấp và được tích hợp sẵn các giao diện kết nối 2 như I2C hoặc RS232 để kết nối với mô-đun trung gian 3.

Cụ thể hơn, theo Hình 6 và Hình 7, cảm biến nhịp tim được chế tạo dựa trên sự kết hợp của cảm biến môi trường sáng APDS-9008 của hãng Avago cùng với đèn LED siêu sáng màu xanh lá (sau đây gọi là đèn LED xanh lá) 6.1. Cảm biến môi trường sáng (sau đây sẽ được gọi là cảm biến sáng) 6.2 được thiết kế với kích thước đủ mỏng và hình dạng phù hợp để đảm bảo tính di động của hệ thống, hơn nữa, cảm biến này có mức tiêu thụ năng lượng thấp và độ nhạy tốt. Cảm biến sáng này có thể hoạt động tốt với ánh sáng có bước sóng từ 450nm đến 650nm, tuy nhiên, độ nhạy cao nhất của cảm biến là với bước sóng 565nm ứng với bước sóng của ánh sáng xanh lá, do đó, cảm biến sáng này được kết hợp cùng với đèn LED xanh lá 6.1 với bước sóng tương ứng. Hai thành phần này được kết hợp vào bo mạch nhỏ 6.8 hình tròn để tạo thành cảm biến đo nhịp tim với đường kính 16mm, độ dày xấp xỉ 3mm. Trên mặt trước 6.6 của cảm biến nhịp tim có một lỗ tròn đường kính cỡ 2mm, bên trong lỗ là đèn LED xanh lá 6.1 được thiết kế nằm hoàn toàn bên trong lỗ tròn và phát ánh sáng thông qua lỗ, đèn LED xanh lá 6.1 không nhô lên khỏi mặt trước 6.6. Trên mặt trước 6.6 có cảm biến sáng 6.2 được hàn ngược và nhô lên khỏi mặt trước, cảm biến sáng 6.2 là thành phần duy nhất lồi lên so với mặt trước, điều này giúp hạn chế tối đa nhiễu sáng khi áp mặt cảm biến vào bề mặt da. Mặt sau 6.7 được phủ keo nhựa để bảo vệ bo mạch 6.8 cùng các linh kiện và tăng khả năng chống nước, chống nhiễu cho cảm biến. Thuật ngữ “mặt trước” ở đây được sử dụng để gọi bề mặt của cảm biến nhịp tim phân áp sát với da người, và thuật ngữ “mặt sau” đề cập đến mặt còn lại của cảm biến nơi có các linh kiện hàn trên bo mạch. Trên bo mạch của cảm biến có đi-ốt bảo vệ nguồn nhằm bảo vệ cảm biến trong trường hợp nguồn cấp bị ngược. Ngoài ra, còn có mạch lọc chủ động tích hợp bên trong nhằm cải thiện dạng tín hiệu đầu ra. Cảm biến hoạt động chính xác nhất khi gắn vào ngón tay hoặc

tai. Cảm biến nhịp tim hoạt động ở hiệu điện thế 3V hoặc 5V với dòng tiêu thụ xấp xỉ 4mA tại ngưỡng 5V. Cảm biến có ba dây nối là dây nguồn 6.4, dây nối đất 6.3 và dây tín hiệu 6.5. Các dây đều được quy định mã màu với các màu tím, đỏ, đen tương ứng dây nối đất, dây nguồn và dây tín hiệu. Đầu kết nối theo chuẩn cái (female) nên có thể dễ dàng cắm vào các mạch có chân kết nối chuẩn đực (male). Tín hiệu nhịp tim thu được là các dao động điện áp và dựa vào các dao động đó ta có thể đếm số nhịp tim. Giá trị của điện áp phụ thuộc vào độ nhạy của cảm biến sáng 6.2 với ánh sáng phản xạ. Ánh sáng từ đèn LED xanh lá 6.1 chiếu vào da trên cơ thể người nơi có các mạch máu chảy qua, sự thay đổi của mạch máu sẽ dẫn đến sự thay đổi của ánh sáng phản xạ từ da. Ánh sáng phản xạ sẽ được thu lại bởi cảm biến sáng 6.2. Nếu ánh sáng thu về không đổi thì điện áp thu về sẽ xung quanh giá trị 512 (giá trị trung bình của ADC 10 bit). Máu được đẩy đi khắp cơ thể bằng sự co bóp của tim, nên khi máu chảy dưới lớp da sẽ tạo ra sự phản xạ ánh sáng khác nhau, từ đó ta có thể đếm được nhịp tim.

Để tính toán giá trị nhịp tim, cần dựa trên đồ thị tín hiệu thu được từ cảm biến. Cụ thể hơn, cần đo giá trị thời gian giữa hai điểm tín hiệu đạt 50% biên độ liên tiếp ở sườn tăng của đồ thị điện áp, giá trị này sẽ là khoảng thời gian giữa hai nhịp tim (Inter Beat Interval – IBI). Giá trị IBI mười lần liên tiếp sẽ được sử dụng để tính số nhịp tim trong một phút (Beats Per Minute – BPM). Tín hiệu từ cảm biến nhịp tim sẽ được truyền sang mô-đun trung gian 3 để thực hiện các bước tính toán xử lý như đã nêu ở trên.

Theo Hình 3, bộ xử lý 3.1 trên mô-đun trung gian 3 phải được thiết lập tần số lấy mẫu đủ để tính toán thời gian giữa các nhịp tim một cách chính xác. Tần số lấy mẫu được chọn là 500Hz tương đương với việc cứ 2ms thì bộ xử lý 3.1 sẽ lấy tín hiệu điện áp từ cảm biến để tính toán ra số nhịp tim. Tần số lấy mẫu này đảm bảo bộ xử lý sẽ không bỏ lỡ nhịp tim nào.

Theo Hình 8, thông số nhiệt độ được đo bằng cảm biến nhiệt độ 7 (DS18B20, được cung cấp bởi hãng Maxim Integrated) có bộ phận cảm biến 7.1 và các chân gồm chân nguồn 7.2, chân nối đất 7.4 và chân tín hiệu 7.3. Chân tín hiệu 7.3 nối với bộ xử lý 3.1 trên mô-đun trung gian thông qua điện trở treo 7.5 (4,7k Ω). Cụ thể hơn, chân tín hiệu 7.3 được nối với bộ xử lý 3.1 qua giao diện kết nối I2C, nối giữa đường nguồn và đường tín hiệu là điện trở treo có giá trị 4,7k Ω .

Cảm biến nhiệt độ 7 sử dụng chuẩn giao tiếp một dây cho cả chân nguồn 7.2 và chân tín hiệu 7.3. Ngoài ra, có thể ghép nối nhiều cảm biến để dùng chung trên một đường dây dẫn. Cảm biến 7 có dải đo nhiệt độ từ -55°C

đến $+125^{\circ}\text{C}$, mỗi nấc chênh nhau $0,5^{\circ}\text{C}$, có thể đạt độ chính xác lên đến $0,1^{\circ}\text{C}$ bằng việc hiệu chỉnh thông số kỹ thuật qua phần mềm máy tính do hãng Maxim cung cấp. Độ phân giải tín hiệu khi đo nhiệt độ là 9 bit, có thể đạt đến các độ phân giải 10 bit, 11 bit, 12 bit. Điện áp hoạt động trong khoảng rộng từ 3,0V đến 5,5V với dòng tiêu thụ tại chế độ nghỉ cực nhỏ, do đó việc cấp nguồn cho cảm biến từ mô-đun trung gian là tương đối dễ dàng. Thời gian lấy mẫu và biến đổi tín hiệu thành dạng số tương đối nhanh, không quá 200ms.

Mỗi cảm biến nhiệt độ 7 có một mã định danh duy nhất 64 bit chứa trong bộ nhớ ROM trên bộ xử lý, do đó cảm biến này còn có thể sử dụng làm thành phần định danh cho mỗi hệ thống, thành phần định danh này có thể xác định được tính duy nhất cho mỗi hệ thống, qua đó gián tiếp xác định được mỗi bệnh nhân.

Tham chiếu các Hình 10 và Hình 11, cảm biến đo nồng độ oxy bão hòa trong máu 9 được chế tạo dựa trên cảm biến SPO2 OxiMax MAX-A của hãng Nellcor. Cảm biến này đo độ bão hòa oxy trong động mạch bằng cách đo đặc tính hấp thụ của huyết cầu tố (hemoglobin) được oxy hóa và loại oxy (deoxygenated and oxygenated hemoglobin) sử dụng các bước sóng khác nhau của ánh sáng. Cảm biến đo về cơ bản gồm có đầu dò cảm biến gắn vào da tai hoặc ngón tay, ngón chân, hoặc các vị trí khác trên cơ thể bệnh nhân phụ thuộc vào cơ thể bệnh nhân và phương pháp đo cảm biến.

Phương án sử dụng trong giải pháp hữu ích là gắn cảm biến 9 vào ngón tay bệnh nhân vì đây là phương án đơn giản nhất mang lại hiệu quả đo tốt, có thể sử dụng cho phần lớn bệnh nhân. Cảm biến sẽ thu thập dữ liệu cho mô-đun trung gian để tính toán ra các mức bão hòa oxy, nhịp tim hoặc lưu lượng máu (blood flow). Cảm biến 9 này có thiết kế đối xứng qua đường gấp đôi 9.4 ở giữa, gồm có cụm hai đèn LED 9.1 có bước sóng khác nhau được đặt ở một bên và phía bên đối xứng qua đường gấp đôi 9.4 là cảm biến sáng 9.2. Ngón tay 9.7 đặt dọc theo chiều của cảm biến tại vị trí đánh dấu 9.3 sao cho ngón tay che kín qua cụm đèn LED 9.1. Ở giữa cảm biến có đường đánh dấu chia đôi 9.4 để xác định vị trí gấp đôi lại, khi cảm biến gấp đôi thì ngón tay 9.7 sẽ kẹp ở giữa và cụm đèn LED 9.1 phải đối xứng với cảm biến sáng 9.2 qua ngón tay 9.7. Hai bên viền có các cánh dán 9.6 có nhiệm vụ giữ hai phần cảm biến dính lại với nhau khi được gấp lại, đồng thời cũng hạn chế tối đa tình trạng hở sáng nhằm đảm bảo hiệu suất đo tốt nhất. Dây cảm biến 9.5 được nối vào đầu gần phía đèn LED 9.1, có nhiệm vụ cấp nguồn cho cảm biến hoạt động và cũng là đường dẫn tín hiệu từ cảm biến tới mô-đun trung gian 3.

Cảm biến SPO2 được thiết kế để tương thích trong việc kết hợp với các bộ xử lý họ MSP430 thông qua giao diện ngoại vi nối tiếp (SPI - Serial Peripheral Interface Bus). Sự kết hợp giữa cảm biến và bộ xử lý này đã được tối ưu để tạo ra hiệu suất tốt nhất khi sử dụng trong các ứng dụng về đo nhịp tim và nồng độ oxy dựa trên các báo cáo kỹ thuật của hãng Texas Instrument.

Tiếp theo, sẽ mô tả chi tiết hơn về mô-đun trung gian 3. Theo các Hình 3 và 4, mô-đun trung gian 3 là bộ phận quan trọng của hệ thống, có nhiệm vụ kết nối để truyền dẫn và xử lý dữ liệu của bộ cảm biến 1, đồng thời là bộ phận thu nhận năng lượng từ đường âm thanh (cổng tai nghe) 4 của điện thoại thông minh 5 để cấp nguồn nuôi cho bộ cảm biến 1. Để làm được hai nhiệm vụ này, mô-đun trung gian sẽ gồm hai thành phần chính là phần mạch chuyển đổi năng lượng 3.2 có nhiệm vụ thu tách nguồn từ đường âm thanh 4 của điện thoại thông minh, và phần mạch xử lý gồm một bộ xử lý 3.1 với nhiệm vụ xử lý và truyền dẫn thông tin từ bộ cảm biến tới điện thoại thông minh. Các mạch điện này được thiết kế nguyên lý bằng phần mềm thiết kế mạch điện chuyên dụng của hãng Orcad. Sau đó bản thiết kế nguyên lý được chuyển thành thiết kế mạch in bằng phần mềm PADS2012. Các linh kiện sử dụng trên mạch điện là loại linh kiện chất lượng cao với giá trị sai số rất thấp, chuyên dùng trong các ứng dụng về y tế. Các linh kiện được hàn lên mạch điện bằng thiếc không chì chất lượng cao. Điều này nhằm đảm bảo các mối hàn không bị phồng lên tạo thành các tụ ký sinh gây ảnh hưởng không tốt tới chất lượng của các mạch điện.

Mô-đun trung gian 3 được thiết kế vỏ hộp với chất liệu nhôm. Thiết kế vỏ hộp nhỏ gọn dưới dạng hình hộp có kích thước 4cm x 4cm x 3cm, được tích hợp sẵn các giao diện kết nối 2 để có thể kết nối linh hoạt với nhiều loại cảm biến. Trên vỏ hộp có gắn đèn LED báo nguồn 3.6 và đèn LED cảnh báo 3.7. Đèn LED báo nguồn 3.6 sẽ sáng khi mô-đun 3 được cấp điện và hoạt động bình thường. Đèn LED cảnh báo 3.7 sẽ nhấp nháy khi thông số thu được từ bộ cảm biến 1 vượt quá ngưỡng thông số sinh lý bình thường của cơ thể con người (Ví dụ khi nhiệt độ cơ thể đo được vượt quá 40°C). Mô-đun trung gian 3 có thể kết nối để giao tiếp truyền thông và lấy nguồn thông qua đường âm thanh 4 nên có thể hoạt động với nhiều loại điện thoại thông minh do đường âm thanh sử dụng cổng 3,5mm là một chuẩn kết nối rất phổ biến trên các thiết bị điện thoại hiện nay. Điều này giúp cho hệ thống trở nên rất linh hoạt khi bất cứ điện thoại thông minh nào sử dụng cổng 3,5mm cho đường âm thanh và có hệ điều hành phù hợp đều có thể sử dụng cho hệ thống.

Đường âm thanh trên điện thoại thông minh (ví dụ, iphone) có thể cung cấp dòng với công suất 15,8 mW trên mỗi kênh từ giao diện âm thanh của nó. Mạch thu năng lượng 3.2 có thể thu nhận năng lượng từ một kênh đơn và tín hiệu âm thanh được phát ra từ điện thoại thông minh 5 sẽ được khuếch đại để cực đại hóa công suất đầu ra từ mạch chuyển đổi năng lượng 3.2. Mạch chuyển đổi năng lượng 3.2 được sử dụng trên mô-đun trung gian 3 có thể cung cấp công suất 7,4mW đến tải, hiệu suất chuyển đổi là 47% so với khả năng cung cấp năng lượng từ điện thoại thông minh qua giao diện âm thanh.

Năng lượng sẽ được cấp từ điện thoại thông minh 5 cho bo mạch của mô-đun trung gian 3 qua kênh phải của đường âm thanh (cổng tai nghe) 4. Tín hiệu qua đường âm thanh là tín hiệu điện áp thấp, thông thường từ 0,4V đến 0,6V. Trong khi đó, các linh kiện, bộ xử lý của mô-đun trung gian hoạt động tại điện áp 3,3V. Do vậy, cần phải có cơ cấu để khuếch đại điện áp từ 0,6V lên mức điện áp cần thiết. Bên cạnh đó, điện áp đầu ra cần phải có độ ổn định cao ở ngưỡng 3,3V để đảm bảo hoạt động ổn định cho mô-đun trung gian. Vì vậy mạch chuyển đổi năng lượng 3.2 từ đường âm thanh của điện thoại thông minh ngoài việc phải có bộ bội áp 3.3 để khuếch đại điện áp thì còn cần có thêm bộ ổn áp đầu ra 3.5 và nguồn dự phòng sụt áp 3.4.

Trước tiên, để khuếch đại điện áp từ 0,6V lên 3,3V thì tín hiệu đầu vào từ điện thoại thông minh (0,6V) phải là tín hiệu xoay chiều. Dạng tín hiệu tốt nhất để khuếch đại là tín hiệu điều hòa (hay tín hiệu có dạng hình sin). Do vậy, điện thoại thông minh cần xuất ra một tín hiệu hình sin qua kênh bên phải của đường âm thanh để cấp năng lượng cho bo mạch bên ngoài. Điều này có thể đạt được bằng cách thiết kế một phần mềm tích hợp trên điện thoại thông minh. Phần mềm tích hợp trên điện thoại thông minh có ba chức năng chính. Chức năng thứ nhất là tiếp nhận, xử lý thông tin và cung cấp một giao diện hiển thị cho người dùng để hiển thị các thông số sức khỏe thu được. Chức năng thứ hai là gửi dữ liệu sức khỏe thu được tới một địa chỉ thư điện tử hoặc số điện thoại đã được cài đặt từ trước. Chức năng thứ ba là tạo ra một tín hiệu sóng âm cao tần để sử dụng như nguyên liệu đầu vào cho mạch chuyển đổi năng lượng tạo ra nguồn điện cho toàn bộ hệ thống. Cụ thể hơn, phần mềm tích hợp sẽ tạo ra tín hiệu âm thanh có dải tần số từ 20Hz đến 24kHz, phát chúng qua đường âm thanh của điện thoại thông minh đến mạch chuyển đổi năng lượng trên mô-đun trung gian như một tín hiệu xoay chiều hình sin. Tại mô-đun trung gian, tín hiệu này sẽ được khuếch đại, chỉnh lưu và lọc để có thể sử dụng làm nguồn cấp cho hệ thống.

Điện áp xoay chiều có thể được khuếch đại bằng biến áp hoặc mạch nhân điện áp sử dụng đi-ốt và tụ điện (sau đây gọi là bộ bội áp). Với điện áp và công suất đầu vào cực nhỏ như của đường âm thanh trên điện thoại thông minh, cần sử dụng những loại biến áp đặc biệt với tổn hao rất thấp. Biến áp loại này không phổ biến trên thị trường và có giá thành khá cao, do đó sẽ đẩy giá thành toàn hệ thống lên. Ngược lại, đi-ốt và tụ dùng trong bộ bội áp phổ biến hơn và có giá thành thấp hơn rất nhiều nhưng vẫn cho chất lượng điện áp đầu ra đáp ứng được yêu cầu để sử dụng cho mô-đun trung gian; đây là phương án tối ưu cho hệ thống. Bộ bội áp 3.3 được thiết kế với hệ số bội áp là 6. Do đó, điện áp 0,6V AC có thể được chuyển đổi thành điện áp 3,6V DC. Tuy nhiên điện áp đầu ra này không ổn định ở mức 3,6V DC mà bị phụ thuộc vào điện áp đầu vào từ kênh phải của đường âm thanh 4 ở điện thoại thông minh, do đó cần có bộ ổn áp đầu ra (sau đây gọi là mạch ổn áp) 3.5 đằng sau mạch bội áp 3.3 để ổn định điện áp cung cấp cho bộ xử lý của mô-đun trung gian 3. Mạch ổn áp 3.5 cần có điện áp rơi thấp, đồng thời có cả khả năng ổn áp hạ áp (từ điện áp cao xuống điện áp thấp) và ổn áp tăng áp (từ điện áp thấp lên điện áp cao). Mạch tích hợp (IC) ổn áp nguồn LD39150DT33-R đáp ứng được tính năng này. IC nguồn này có giá trị sụt chỉ khoảng 40mV tại mức dòng tiêu thụ 300mV, độ chính xác điện áp đầu ra cỡ 1,5% tại 25°C nên có thể cung cấp điện áp ra ổn định ở mức 3,3V với tổn hao rất thấp.

Để đảm bảo sự ổn định của hệ thống, nguồn dự phòng sụt áp 3.4 (sau đây gọi là nguồn dự phòng) được thêm vào. Nguồn dự phòng 3.4 sử dụng pin đẹt loại CR2032 có tác dụng làm nguồn dự phòng để chống tình trạng sụt áp trên mạch. Cơ cấu lựa chọn nguồn 3.8 được thêm vào để lựa chọn loại nguồn sử dụng cho mạch. Khi mạch chuyển đổi năng lượng 3.2 đã đạt được các yêu cầu đề ra, đảm bảo cho hoạt động của mô-đun trung gian 3, nguồn dự phòng 3.4 có thể được loại khỏi thiết kế để giảm kích thước và giá thành của thiết bị.

Phần mạch xử lý trên mô-đun trung gian sử dụng bộ xử lý MSP430 (sau đây gọi là bộ xử lý) làm thành phần xử lý chính. Bộ xử lý 3.1 có giá thành thấp nhưng cho hiệu năng tốt với mức tiêu thụ năng lượng thấp. Xung nhịp của bộ xử lý là 16MHz cung cấp đủ tốc độ xử lý cho tác vụ xử lý dữ liệu từ cảm biến. Bộ xử lý 3.1 có tám cổng chuyển đổi tín hiệu từ tương tự sang tín hiệu số (ADC - Analog to Digital Converter), hỗ trợ các giao diện kết nối ngoại vi chuẩn 2 như I2C, SPI và RS232 giúp cho việc kết nối và nhận dữ liệu từ bộ cảm biến 1 dễ dàng. Bộ cảm biến 1 sẽ được nối với mô-đun trung gian 3 qua các giao diện kết nối 2 ở trên. Sau khi được kết nối, bộ cảm biến 1 sẽ được cấp năng lượng và có thể truyền dữ liệu về cho bộ xử lý 3.1.

Đường âm thanh 4 là kênh giao tiếp truyền thông giữa mô-đun trung gian 3 và điện thoại thông minh 5, đồng thời cũng là kênh cấp nguồn từ điện thoại thông minh 5 để mô-đun trung gian 3 và bộ cảm biến 1 hoạt động. Điện thoại thông minh hiện nay có nhiều phương thức để giao tiếp với các thiết bị ngoại vi như thông qua hệ thống mạng không dây sử dụng sóng vô tuyến (wifi, bluetooth), thông qua các cổng giao tiếp ngoại vi như khe thẻ nhớ (microSD, SD, USB OTG),... Bluetooth và wifi là những kết nối không dây phổ biến nhất. Tuy nhiên, nó lại yêu cầu nguồn cung cấp ngoài đối với các thiết bị ngoại vi. Khe cắm thẻ của điện thoại mặc dù được thiết kế dành riêng cho những thiết bị ngoại vi nhỏ và cũng hỗ trợ chế độ bảo mật số đầu vào đầu ra (SDIO - Secure Digital Input Output) với chuẩn giao diện ngoại vi nối tiếp (SPI - Serial Peripheral Interface Bus), tuy nhiên cổng kết nối của khe cắm thẻ thường nhỏ và không dễ sử dụng. Đối với chuẩn USB OTG, chỉ có một số ít điện thoại hỗ trợ tính năng này. Hơn nữa, chuẩn kết nối này yêu cầu 5V DC với dòng tiêu thụ 8mA, tương đương với công suất 40mW. OTG cũng yêu cầu phải có một thiết bị ngoại vi gắn ngoài. Trong khi đó, đường âm thanh 4 có mặt trong hầu hết các loại điện thoại và là phương pháp hiệu quả để cấp nguồn cũng như cho phép điện thoại giao tiếp với nhiều thiết bị ngoại vi một cách dễ dàng và có tính kinh tế. Hơn nữa, đường âm thanh có tính mở cao. Hầu hết các điện thoại thông thường đều có đường âm thanh sử dụng một cổng cắm 3,5mm để dẫn tín hiệu âm thanh từ điện thoại đến tai nghe và thu tín hiệu từ micrô đến điện thoại. Đối với điện thoại iphone, trở kháng đo được của cổng tai nghe giữa kênh phải và kênh trái là 33Ω , trở kháng giữa đường micrô và chân chung là xấp xỉ 640Ω .

Theo Hình 5, các chân của cổng tai nghe chuẩn 3,5mm được sử dụng phổ biến như đường âm thanh trên điện thoại thông minh. Khi đường âm thanh được sử dụng như cổng cắm tai nghe thông thường, chân 4.1 sẽ là kênh micrô (MIC), chân 4.2 là chân chung (GND), chân 4.3 là kênh âm thanh phải và chân 4.4 là kênh âm thanh trái. Trong trường hợp đường âm thanh được sử dụng để kết nối mô-đun trung gian và điện thoại thông minh, chân 4.3 (kênh phải) sẽ được sử dụng để cấp năng lượng từ điện thoại thông minh dưới dạng một sóng hình sin tần số 21kHz; chân 4.4 (kênh trái) sẽ được sử dụng để truyền tín hiệu điều khiển từ điện thoại thông minh xuống mô-đun trung gian, tín hiệu điều khiển này được đóng gói và mã hóa theo chuẩn Manchester coding và mã hóa từng bit một; chân 4.1 (kênh micrô) sẽ được dùng để truyền dữ liệu từ mô-đun trung gian lên điện thoại thông minh, dữ liệu thu về sẽ qua một bộ lọc trên điện thoại thông minh và giải mã các bit bằng phương pháp

Manchester coding rồi được chuyển đổi về các thông số có ý nghĩa tương ứng.

Điện thoại thông minh 5 là nguồn cấp năng lượng chính của toàn bộ thiết bị. Điện thoại thông minh 5 sẽ kết nối với mô-đun trung gian 3 qua đường âm thanh 4 để cấp nguồn và giao tiếp truyền thông. Điện thoại thông minh 5 cũng được cài đặt phần mềm để tiếp nhận dữ liệu và truyền về trung tâm dữ liệu cũng như hiển thị các thông tin cho người sử dụng. Ứng dụng trên điện thoại thông minh 5 khi được bật sẽ khởi tạo một giao diện để người dùng tương tác, đồng thời ứng dụng sẽ tăng mức âm lượng của điện thoại thông minh lên tối đa để cực đại hóa công suất của tín hiệu đầu ra ở đường âm thanh. Sau khi khởi tạo giao diện người dùng, ứng dụng sẽ tiến hành khởi tạo các luồng vào ra của hệ thống trên các kênh trái, kênh phải và kênh micrô của đường âm thanh. Cụ thể hơn, luồng xuất cho kênh âm thanh phải dùng để cấp năng lượng xuống cho mô-đun trung gian 3, luồng nhận dữ liệu khởi tạo trên kênh micrô, luồng xuất cho kênh âm thanh trái để gửi các tín hiệu điều khiển xuống mô-đun trung gian. Một khi các luồng vào ra được khởi tạo xong, ứng dụng sẽ gửi một lệnh khởi động lại (reset) xuống mô-đun trung gian qua kênh âm thanh trái và tiến hành kiểm tra các kết nối của toàn hệ thống thiết bị.

Tham chiếu hình 12, sau khi khởi động bo mạch, vòng lặp chương trình chính bắt đầu thực thi. Có hai chức năng chạy trong vòng lặp chính bao gồm “Send” và “Receive”. Nếu chọn “Send”, đèn led trên bo mạch sẽ sáng biểu thị cho quá trình. Sau đó dữ liệu đầu vào sẽ được đưa vào bo mạch, nếu thành công, màn hình sẽ hiện thị nút “Send”, ấn nút “Send”, dữ liệu sẽ được chuyển về bo mạch. Nếu không có dữ liệu đầu vào, màn hình sẽ hiện “Ledn”, nhấn nút này sẽ chuyển tới bước đưa dữ liệu đến bo mạch. Chức năng thứ hai là nhận dữ liệu, Nhấn vào “Receive” sau khi khởi động bo mạch (tương đương khi nhấn “Send” nếu kiểm tra chức năng gửi). Cảm biến nhiệt độ sẽ được kích hoạt, màn hình sẽ hiện nút “Draw”. Nhấn nút này, dữ liệu sẽ được đưa vào bo mạch và nhiệt độ sẽ được hiển thị trên màn hình, đồng thời đồ thị dạng sóng của dữ liệu nhiệt độ cũng được vẽ. Hết quy trình sẽ quay lại đầu vòng lặp ngay sau bước khởi động bo mạch.

Hiệu quả đạt được của giải pháp hữu ích

Thiết bị theo dõi sức khỏe theo giải pháp hữu ích có thể ghi nhận một số chỉ số sinh học cơ bản của con người. Thiết bị hoạt động dựa trên cơ chế thu tách nguồn điện năng thấp từ một điện thoại thông minh đi kèm thông của đường âm thanh. Thiết bị có tính di động cao, nhỏ gọn và có thể được sử dụng

liên tục trong thời gian dài nhằm giám sát chỉ số sức khỏe và giúp xác định các triệu chứng bất thường của cơ thể.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị theo dõi sức khỏe từ xa bao gồm:

bộ cảm biến y tế tiêu thụ năng lượng thấp (1) để thu thập các chỉ số sinh học và truyền các dữ liệu thu được đến mô-đun trung gian (3) qua các giao diện kết nối (2);

điện thoại thông minh (5) được cài đặt phần mềm để tiếp nhận dữ liệu và truyền về trung tâm dữ liệu cũng như hiển thị các thông tin cho người sử dụng;

điện thoại thông minh (5) cấp nguồn và nhận dữ liệu từ bộ cảm biến (1) và mô-đun trung gian (3) thông qua đường âm thanh (4) trên điện thoại thông minh (5);

trong đó bộ cảm biến y tế tiêu thụ năng lượng thấp (1) là cảm biến nồng độ oxy bão hòa trong máu (9) có kết cấu đối xứng qua đường gấp đôi (9.4) ở giữa, gồm có:

cụm hai đèn LED (9.1) có bước sóng khác nhau được đặt đối xứng với cảm biến sáng (9.2) qua đường gấp đôi (9.4);

các cánh dán (9.6) ở hai bên viền có nhiệm vụ giữ hai phần cảm biến dính lại với nhau khi được gấp lại;

dây cảm biến (9.5) được nối vào đầu gần phía đèn LED (9.1), có nhiệm vụ cấp nguồn cho cảm biến hoạt động và cũng là đường dẫn tín hiệu từ cảm biến tới mô-đun trung gian (3).

2. Thiết bị theo dõi sức khỏe theo điểm 1, trong đó bộ cảm biến (1) được thiết kế với mức tiêu thụ năng lượng thấp, có thể giao tiếp với mô-đun trung gian (3) qua các giao diện kết nối (2).

3. Thiết bị theo dõi sức khỏe theo điểm 1 hoặc 2, trong đó giao diện kết nối (2) kết nối bộ cảm biến (1) với mô-đun trung gian (3) dễ dàng.

4. Thiết bị theo dõi sức khỏe theo điểm 2, trong đó năng lượng cung cấp để bộ cảm biến (1) hoạt động được lấy từ điện thoại thông minh (5) thông qua đường âm thanh (4) và mạch thu tách năng lượng trên mô-đun trung gian (3).

5. Thiết bị theo dõi sức khỏe theo điểm 4, trong đó mạch thu tách năng lượng trên mô-đun trung gian (3) có khả năng thu tách năng lượng dưới dạng tín hiệu sóng hình sin thông qua đường âm thanh (4) từ điện thoại thông minh.

6. Thiết bị theo dõi sức khỏe theo điểm 4 hoặc 5, trong đó mạch thu tách năng lượng trên mô-đun trung gian (3) có khả năng cung cấp năng lượng có điện áp ổn định cho các thành phần tiêu thụ năng lượng thấp trong thiết bị.

7. Thiết bị theo dõi sức khỏe theo điểm 1, trong đó mô-đun trung gian (3) có bộ xử lý có thể lập trình với mức tiêu thụ năng lượng thấp, cho phép thực hiện

xử lý tín hiệu ở mức đơn giản như biến đổi tín hiệu tương tự sang tín hiệu số, điều khiển truyền nhận tín hiệu, giải mã tín hiệu.

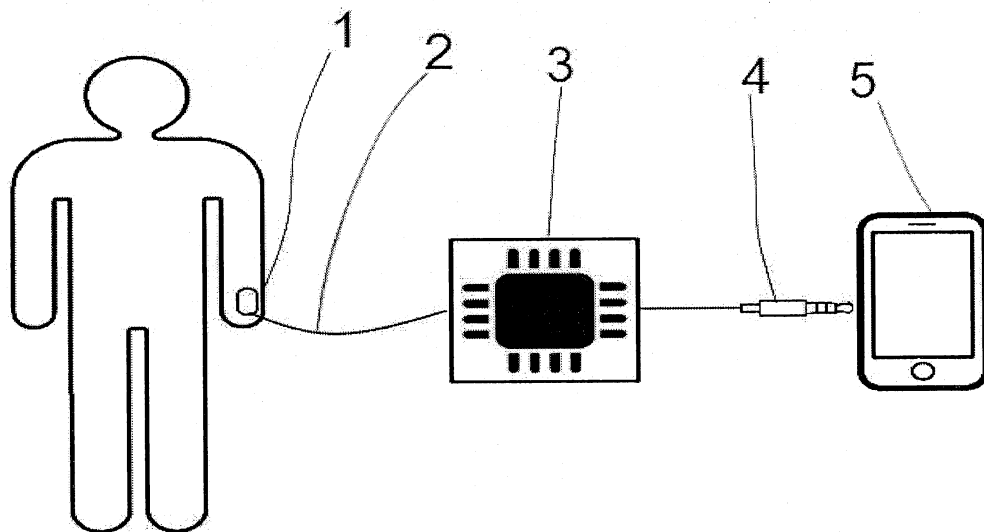
8. Thiết bị theo dõi sức khỏe theo điểm 1, trong đó mô-đun trung gian (3) giao tiếp truyền thông với điện thoại thông minh (5) thông qua đường âm thanh (4) của điện thoại thông minh, trong đó, kênh phải của đường âm thanh (4) dùng để truyền năng lượng, kênh trái dùng để truyền tín hiệu từ điện thoại thông minh (5) đến mô-đun trung gian (3) và kênh micrô dùng để truyền tín hiệu từ mô-đun trung gian (3) đến điện thoại thông minh (5).

9. Thiết bị theo dõi sức khỏe theo điểm 1, trong đó điện thoại thông minh (5) được cài đặt phần mềm để giao tiếp và quản lý toàn bộ thiết bị, trong đó phần mềm này có chức năng khởi tạo chu trình làm việc của toàn thiết bị, quản lý các luồng tín hiệu vào/ra trong giao tiếp giữa điện thoại thông minh (5) và mô-đun trung gian (3), có giao diện hiển thị để người dùng tương tác với hệ thống, có các chức năng hiển thị thông tin chỉ số sức khỏe.

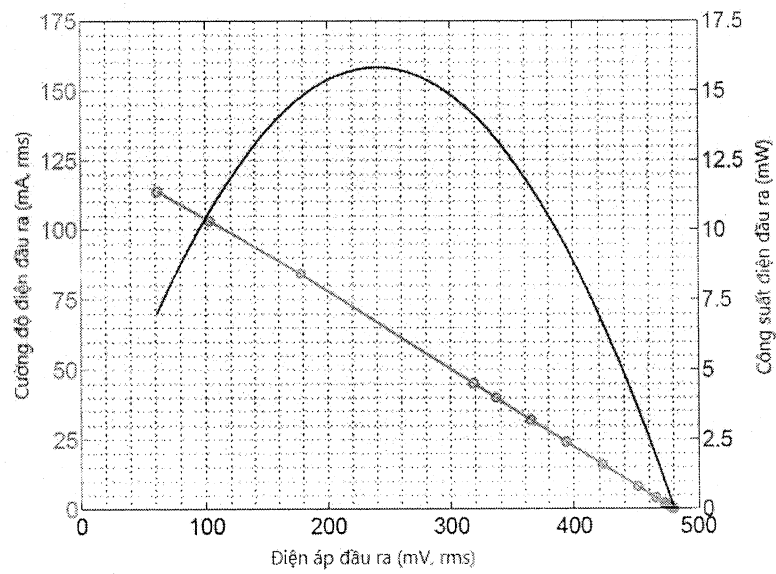
10. Thiết bị theo dõi sức khỏe theo điểm 1, trong đó điện thoại thông minh (5) được kết nối với phần còn lại của hệ thống thông qua đường âm thanh (4), do đó bất cứ điện thoại thông minh nào hỗ trợ hệ điều hành có thể cài phần mềm được, hỗ trợ giao diện âm thanh (4) và có thông số nguồn phù hợp đều có thể tương tích với phần còn lại của hệ thống, qua đó tăng cường tính linh hoạt của hệ thống thiết bị.

11. Thiết bị theo dõi sức khỏe theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó điện thoại thông minh (5) có chức năng như phương tiện giao tiếp và truyền thông để gửi dữ liệu tới các trung tâm xử lý tín hiệu bên ngoài, có chức năng gửi thông tin chỉ số sức khỏe dưới dạng tin nhắn văn bản hoặc thư điện tử.

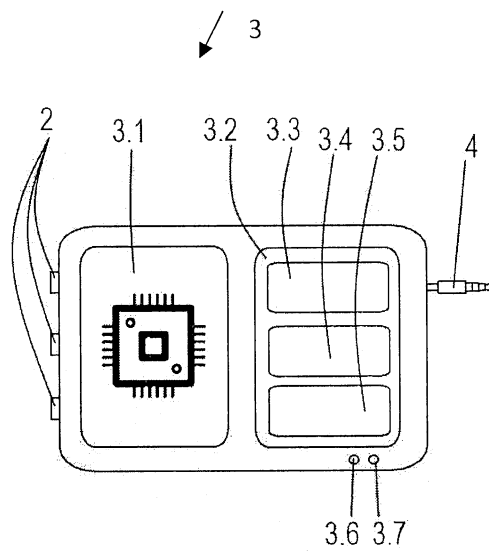
12. Thiết bị theo dõi sức khỏe theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mỗi thiết bị có thể được xác định duy nhất thông qua mã định danh trên mô-đun trung gian (3), qua đó có thể phân biệt được những người bệnh khác nhau.



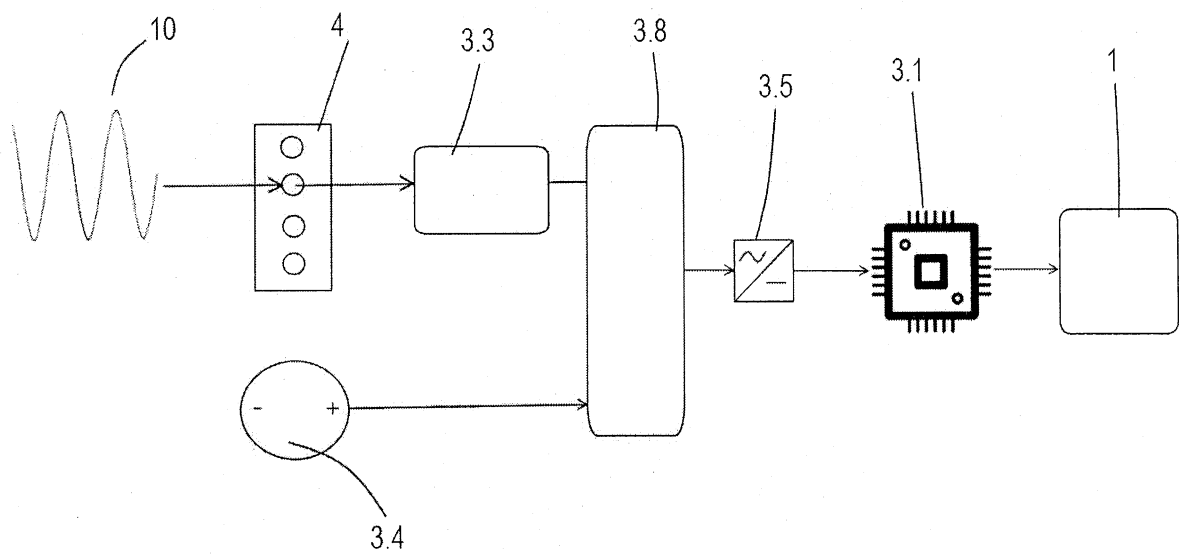
Hình 1



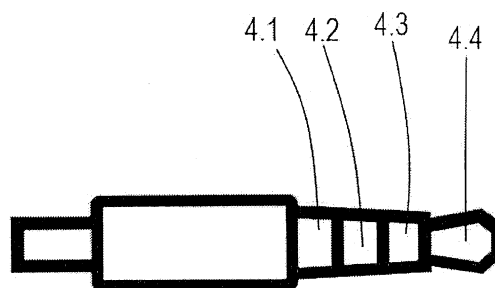
Hình 2



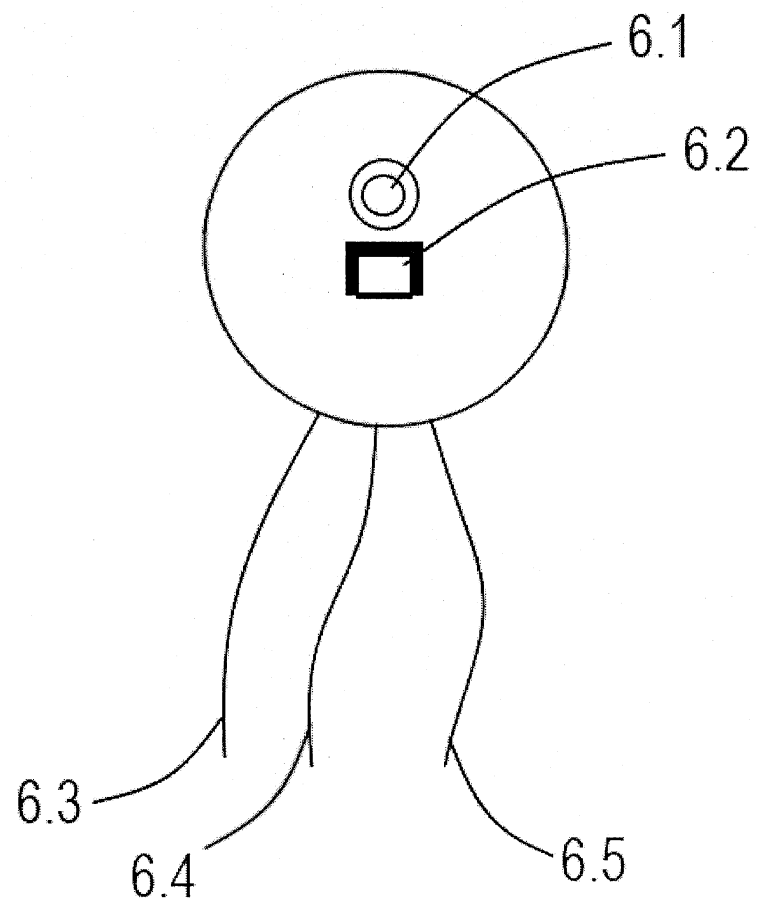
Hình 3



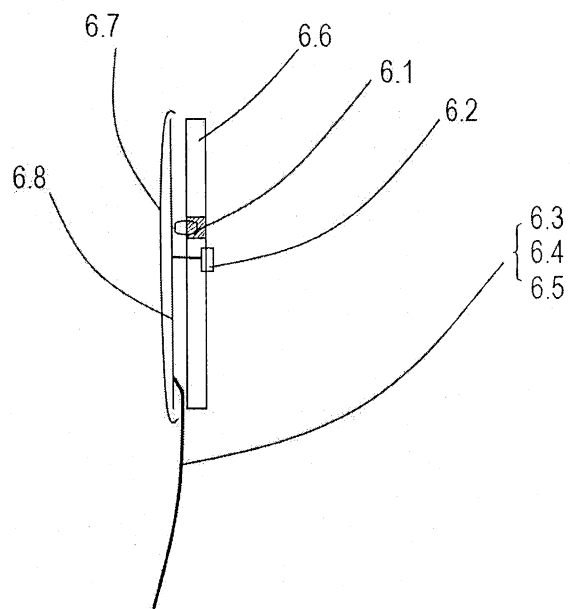
Hình 4



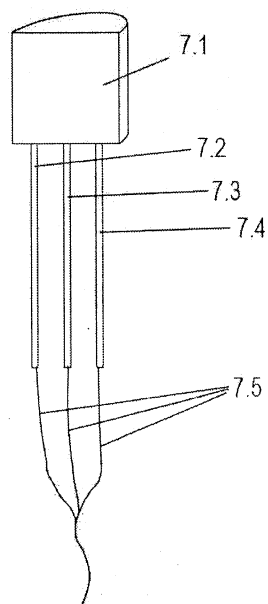
Hình 5



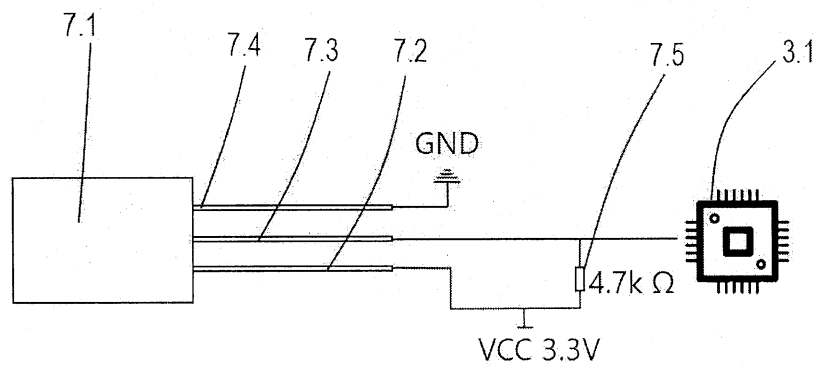
Hình 6



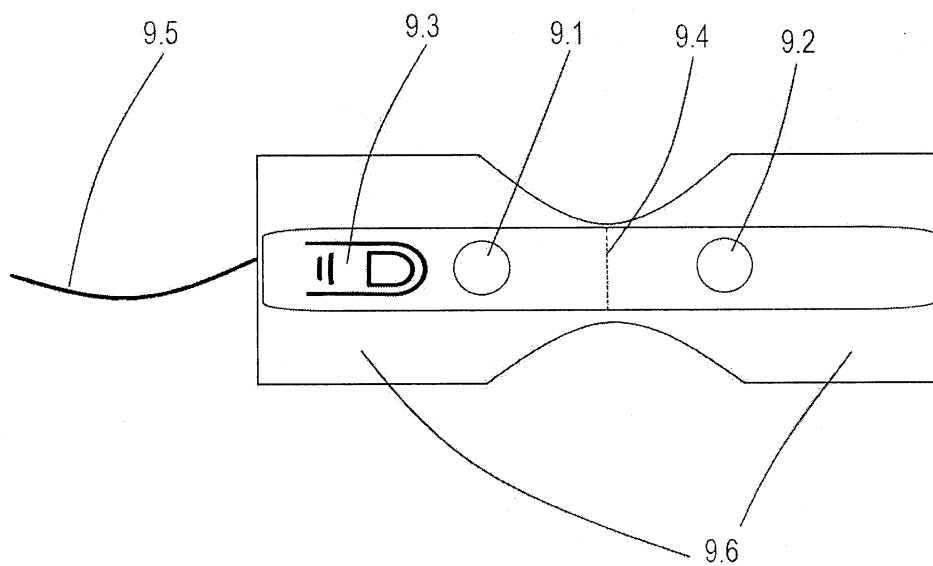
Hình 7



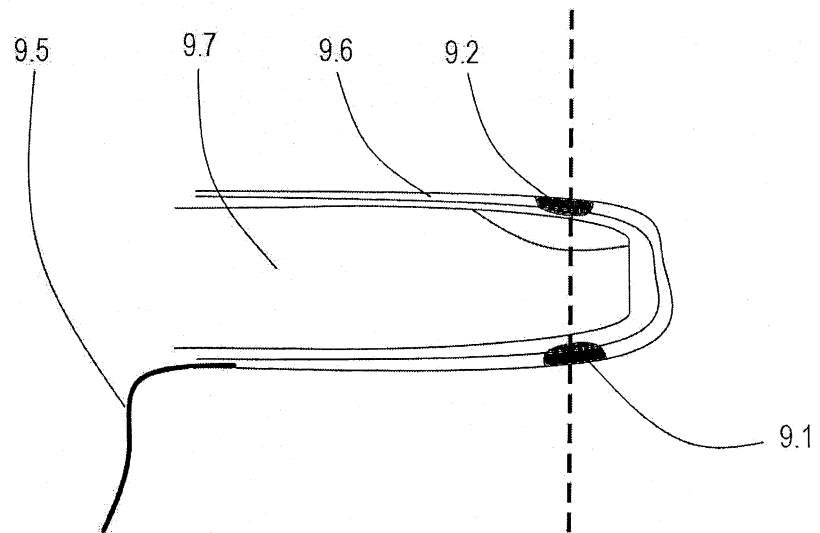
Hình 8



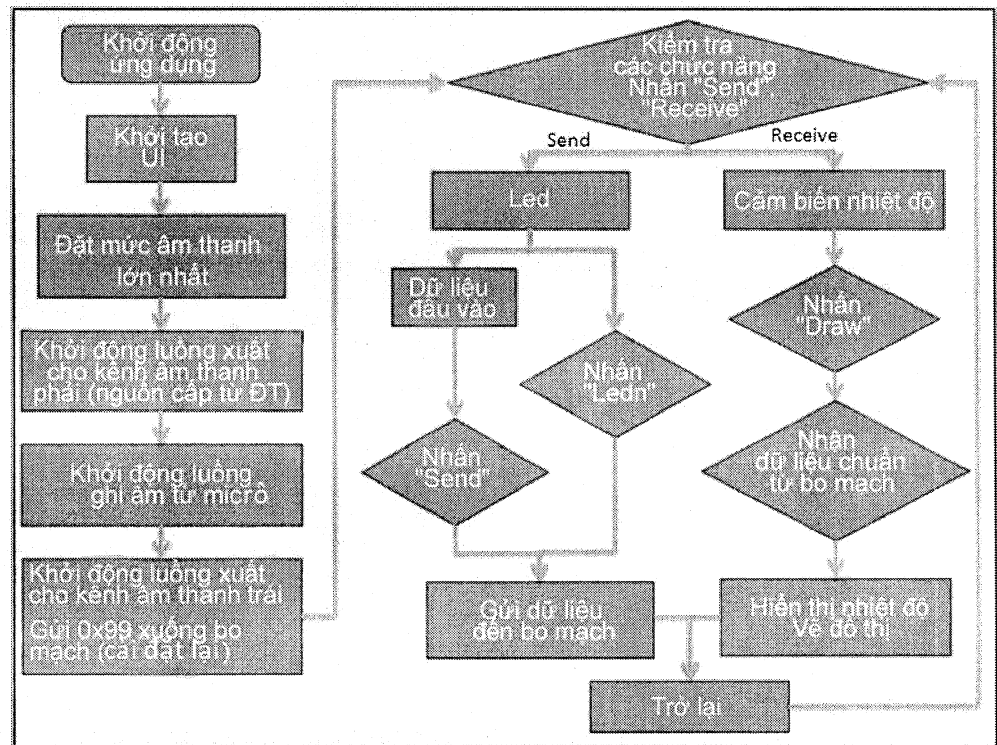
Hình 9



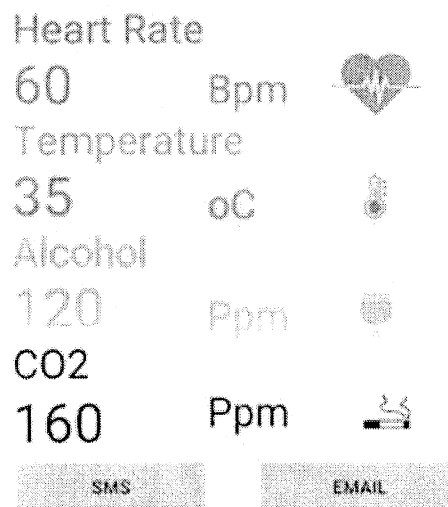
Hình 10



Hình 11



Hình 12



Hình 13