

THIẾT KẾ VÒNG THEO DÕI NHỊP TIM VÀ HUYẾT ÁP

DESIGN OF HANDCUFF TO MONITOR HEART RATE AND BLOOD PRESSURE

Trần Thị Hương¹, Vũ Đình Hương¹, Vũ Thị Hoàng Yến^{2,*}

TÓM TẮT

Ngày nay, chất lượng cuộc sống con người ngày càng tăng cao, yếu tố sức khỏe được quan tâm, việc theo dõi thường xuyên các chỉ số sức khỏe (chỉ số huyết áp, nhịp tim,...) để phát hiện ra các yếu tố bất thường cũng được chú trọng. Chính vì lý do đó, các thiết bị đo và theo dõi nhịp tim, huyết áp ra đời như một tất yếu. Trong bài báo này, nhóm tác giả nghiên cứu, tiến hành thiết kế, vòng theo dõi nhịp tim và huyết áp. Thiết bị này áp dụng phương pháp đo nhịp tim và huyết áp không xâm lấn, vì điều khiển thông qua xử lý các giá trị đầu vào từ cảm biến áp suất để tiến hành tính toán, đo lường các giá trị huyết áp tâm thu, huyết áp tâm trương, nhịp tim, hiển thị kết quả đo được lên màn hình OLED, đồng thời gửi kết quả đo lên App để dễ dàng theo dõi từ xa.

Từ khóa: Huyết áp tâm thu; huyết áp tâm trương; nhịp tim.

ABSTRACT

Nowadays, the quality of human's life is being becoming higher and higher, health factors are concerned, monitoring of health indicators (blood pressure, heart rate, ...) regularly to detect the abnormal factors is appreciated. As a result, a lot of devices used for measuring and monitoring heart rate and blood pressure have been invented. In this paper, we study the properties and fabricate the handcuff to monitor heart rate and blood pressure. This device adopts non-invasive method of measuring heart rate and blood pressure, microcontroller through processing input values from pressure sensor to calculate and measure systolic blood pressure values, diastolic blood pressure, heart rate, display the results on the OLED screen, and send the results to the App for easy monitoring from a distance.

Keywords: Systolic pressure, diastolic pressure, pulse rate.

¹Lớp ĐT4 - K11, Khoa Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Khoa Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: yenvuhoang20987@gmail.com

CHỮ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Nghĩa tiếng Anh	Chú thích
AC		Tín hiệu liên tục
App	Application	Ứng dụng
DC		Tín hiệu tức thời tại một thời điểm
OLED	Organic Light Emitting Diode	

1. GIỚI THIỆU

Sức khỏe luôn là yếu tố đặt lên hàng đầu trong cuộc sống, sức khỏe ổn định luôn là mong muốn của mọi người.

Đặc biệt là những người mắc phải căn bệnh về cao huyết áp, tim mạch, nếu không được theo dõi thường xuyên, phát hiện và có biện pháp ứng phó kịp thời thì có thể dẫn tới những hậu quả nghiêm trọng như tai biến, đột quỵ... Để đáp ứng nhu cầu theo dõi nhịp tim, huyết áp tại nhà của bệnh nhân, các sản phẩm máy đo huyết áp điện tử và đồng hồ thông minh theo dõi nhịp tim ra đời với công nghệ hiện đại và cho kết quả đo tương đối chính xác. Hiện nay, hầu hết các sản phẩm máy đo huyết áp và đồng hồ thông minh theo dõi nhịp tim đều áp dụng phương pháp đo không xâm lấn (đo nhịp tim, huyết áp dựa vào sự thay đổi áp suất trên thành động mạch và lượng máu chảy qua động mạch khi tim co bóp). Trong bài báo này, nhóm tác giả tiến hành nghiên cứu, thiết kế vòng theo dõi nhịp tim và huyết áp dựa trên phương pháp đo không xâm lấn. Thiết bị này bao gồm: một vòng bit (có gắn thêm cảm biến áp suất) có thể bơm phồng để theo dõi sự thay đổi áp suất trong thành động mạch, một van, một motor (bơm khí), mạch điện khiển và hiển thị. Ngoài chức năng đo lường và hiển thị các chỉ số nhịp tim và huyết áp tương tự các thiết bị đang có mặt trên thị trường, thiết bị vòng theo dõi nhịp tim và huyết áp còn hỗ trợ liên kết với một ứng dụng Android cho phép theo dõi, tổng hợp kết quả đo từ xa thông qua kết nối wifi.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Các khái niệm cơ bản

Nhịp tim là tốc độ nhịp tim đo bằng số lần co thắt (nhịp đập) của tim mỗi phút (bpm-beat per minute). Nhịp tim có thể thay đổi theo nhu cầu thể chất của cơ thể. Nó thường bằng hoặc gần với xung được đo tại bất kỳ điểm ngoại vi nào. Các hoạt động có thể tạo ra thay đổi bao gồm: tập thể dục, ngủ, lo lắng, căng thẳng, bệnh tật và khi uống một số loại thuốc.

Huyết áp là áp lực máu cần thiết tác động lên thành động mạch nhằm đưa máu đến nuôi dưỡng các mô trong cơ thể. Huyết áp được tạo ra do lực co bóp của tim và sức cản của động mạch. Ngoài ra còn phụ thuộc trực tiếp vào khí hậu nóng lạnh, độ ẩm hóa của da, mức bền vững của thành mạch (tính đàn hồi). Ví dụ: khí hậu nóng ngoại vi giãn nở, lòng mạch rộng ra, khí hậu lạnh ngoại vi co lại, lòng mạch hẹp lại ...

Đơn vị đo: mmHg.

Huyết áp được xác định bằng hai chỉ số:

- Huyết áp tâm thu (chỉ số thứ nhất hay chỉ số trên): là mức huyết áp cao nhất trong mạch máu, xảy ra khi tim co bóp.

- Huyết áp tâm trương (chỉ số thứ hai hay chỉ số dưới): là mức huyết áp thấp nhất trong mạch máu và xảy ra giữa các lần tim co bóp, khi cơ tim được thả lỏng.

2.2. Phương pháp đo không xâm lấn

Đo huyết áp bằng phương pháp đo không xâm lấn gồm hai loại: Auscultatory (đo huyết áp dựa vào âm thanh Korotkoff) và Oscillometry (đo huyết áp dựa vào áp suất).

Phương pháp Auscultatory (đo huyết áp dựa vào âm thanh Korotkoff): chia thành ba loại:

Auscultatory thủ công: phương pháp này sử dụng tai của con người thông qua ống nghe để nghe âm thanh Korotkoff.

Auscultatory bán tự động: sử dụng thiết bị giám sát điện tử có vai trò tương tự ống nghe để nghe âm thanh Korotkoff và phóng to âm lượng bằng công nghệ điện tử. Người bên cạnh có thể dễ dàng nghe được nhịp điệu của âm thanh Korotkoff hơn so với phương pháp Auscultatory thủ công.

Auscultatory tự động: tương tự như phương pháp Auscultatory bán tự động nhưng âm thanh korotkoff thu được sẽ được chuyển đổi thành tín hiệu kĩ thuật số và hiện thị trên màn hình máy đo huyết áp.

Phương pháp Auscultatory đảm bảo được độ đơn giản, tiện ích so với một số phương pháp khác nhưng dễ bị nhiễu do các yếu tố xung quanh.

Âm thanh Korotkoff: tiếng đập nghe được khi đo huyết áp mà được tạo ra do sự kết hợp của dòng máu xoáy khi chảy qua đoạn động mạch bị hẹp và dao động thành động mạch tạo ra tiếng động (gồm 5 pha, tiếng đập ở mỗi pha có đặc điểm riêng, pha 1 ứng với huyết áp tâm thu và pha 5 ứng với huyết áp tâm trương).

Phương pháp oscillometry: đo huyết áp bằng cách sử dụng cảm biến áp suất không khí. Một vòng bít quấn lên tay trái được nối với máy bơm không khí và cảm biến áp suất. Vòng bít được bơm khí cho đến khi đạt giá trị áp suất thích hợp (giá trị này luôn phải lớn hơn giá trị tâm thu điển hình có thể tiếp cận, thông thường giá trị này là 150 - 180mmHg). Sau đó, khí trong vòng bít được xả dần, khi áp suất trong vòng bít gần như bằng áp suất tâm thu, dao động đầu tiên xuất hiện. Biên độ dao động tăng lên cho đến khi áp suất trong mạch tiếp cận áp suất động mạch trung bình thì nó giảm dần và biến mất. Giá trị huyết áp tâm thu và huyết áp tâm trương được xác định dựa vào thuật toán.

Do phương pháp đo huyết áp dựa trên những thay đổi về áp suất trên thành động mạch và lượng máu chảy qua động mạch nên có thể sử dụng phương pháp đo áp suất (phương pháp oscillometry) để đo cả huyết áp và nhịp tim.

2.3. Cảm biến áp suất MPS20N0040D

Cảm biến áp suất MPS20N0040D áp dụng công nghệ đo áp suất MEMS có độ chính xác cao. Sử dụng dễ dàng nên được ứng dụng trong nhiều thiết bị.

Một số thông số kỹ thuật:

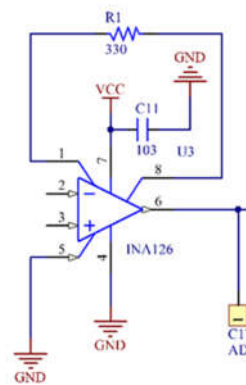
- Phạm vi đo: 0 - 40kPa (chênh áp)
- Output: tín hiệu mV (giá trị output lớn nhất là 25mV)
- Điện áp cung cấp: 5VDC hoặc dòng điện liên tục 1mA



Hình 1. Cảm biến MPS20N000400D

Do tín hiệu đầu ra của cảm biến áp suất có giá trị rất nhỏ (giá trị đầu ra lớn nhất là 25mV), để vi điều khiển dễ dàng xử lý tín hiệu cần đưa giá trị đầu ra của cảm biến qua một mạch xử lý tín hiệu (mạch xử này đã bao gồm: khối khuếch đại tín hiệu DC với độ lợi khoảng 200 và khối mạch lọc nhiễu được kết hợp từ hai mạch lọc thông dải).

2.3.1. Khối khuếch đại tín hiệu DC



Hình 2. Khối khuếch đại tín hiệu DC

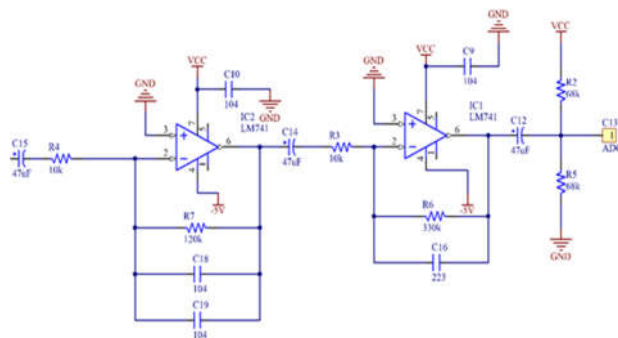
Ta sử dụng Opamp khuếch đại tích hợp công suất thấp INA126.

Điện trở được sử dụng để tạo độ lợi thích hợp cho khối khuếch đại được xác định theo phương trình:

$$R_G = \frac{80 \cdot 10^3}{G - 5} \tag{1}$$

Do độ lợi ta cần khoảng 200, điện trở được lựa chọn là 440Ω. Theo phương trình (1) độ lợi đạt được trên lí thuyết là 186 lần. Tuy nhiên, qua thực nghiệm, độ lợi thực tế là 193.

2.3.2 Khối mạch lọc



Hình 3. Khối mạch lọc

Mạch lọc gồm hai tầng, mỗi tầng là một mạch lọc thông dải.

Thông số bộ lọc:

Bộ lọc tầng 1:

$$\text{Tần số cắt thấp: } f_{low} = \frac{1}{2\pi \cdot (47\mu F) \cdot (10k)} \approx 0,338\text{Hz} \quad (2)$$

Tần số cắt cao:

$$f_{high} = \frac{1}{2\pi \cdot (100nF + 100nF) \cdot (120k)} = 6,63\text{Hz} \quad (3)$$

$$\text{Độ khuếch đại tầng 1: } A = -\frac{120k}{10k} = -12 \quad (4)$$

Bộ lọc tầng 2:

$$\text{Tần số cắt thấp: } f_{low} = \frac{1}{2\pi \cdot (47\mu F) \cdot (10k)} \approx 0,338\text{Hz} \quad (5)$$

$$\text{Tần số cắt cao: } f_{high} = \frac{1}{2\pi \cdot (22nF) \cdot (330k)} \approx 21,92\text{Hz} \quad (6)$$

$$\text{Độ khuếch đại tầng 2: } A = -\frac{330k}{10k} = -33 \quad (7)$$

Độ khuếch đại sau mạch lọc là 396.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Nguyên lý hoạt động của thiết bị

Thiết bị vòng theo dõi nhịp tim và huyết áp hoạt động theo hai quá trình diễn ra đồng thời:

➤ Quá trình điều khiển (khởi động điều khiển dựa vào các thông tin từ dữ liệu nó nhận được điều khiển hoạt động của motor, van và hiển thị kết quả đo lên OLED).

➤ Quá trình đo lường và tính toán (khởi động điều khiển xử lý các tín hiệu đầu vào để thực hiện đo lường, tính toán giá trị của huyết áp tâm thu, huyết áp tâm trương và nhịp tim).

Quá trình điều khiển:

Thiết bị bắt đầu hoạt động khi nhấn nút start. Ngay sau khi nhấn nút start vòng bít bắt đầu được bơm khí. Trong quá trình vòng bít được bơm khí nhưng có sự cố (người dùng cảm thấy không thoải mái) có thể nhấn nút stop (hủy) để dừng quá trình đo. Nếu người dùng không nhấn nút hủy và vòng bít sẽ được bơm khí cho đến khi áp suất đạt 200mmHg. Sau đó động cơ dừng hoạt động, khí không còn được bơm vào vòng bít, lúc này khí trong vòng bít sẽ được xả dần dần qua van (ở thời điểm này nếu có sự cố vẫn có thể nhấn nút stop để dừng quá trình). Khi bộ điều khiển đã thu được giá trị của huyết áp tâm thu, huyết áp tâm trương và nhịp tim quá trình xả khí khỏi vòng bít qua van sẽ diễn ra nhanh chóng. Bộ điều khiển sẽ đưa ra kết quả đo thông qua việc hiển thị số liệu lên OLED. Sau đó cần nhấn nút reset để chương trình điều khiển trở về trạng thái ban đầu, sẵn sàng cho lần đo tiếp theo (nếu trong quá trình đo nhấn nút stop thì sau đó phải nhấn reset để chương trình điều khiển trở về trạng thái ban đầu).

Quá trình đo lường và tính toán:

Tín hiệu đầu ra của cảm biến áp suất (còn gọi là bộ chuyển đổi áp suất) gồm hai thành phần: tín hiệu DC và tín hiệu AC. Theo dõi tín hiệu AC tại chân ADC0 và thực hiện so

sánh, bộ xử lý xác định được huyết áp tâm thu, huyết áp tâm trương, nhịp tim qua sự dao động trên dạng sóng của tín hiệu AC.

• Quá trình đo lường và tính toán huyết áp tâm thu:

Huyết áp tâm thu được xác định bằng cách thiết lập điện áp ngưỡng 4V cho tín hiệu AC. Khi bắt đầu, giá trị điện áp thu được trên chân ADC0 là 2,5V. Sau đó khi motor bơm khí vào vòng bít và áp suất vòng bít đạt tới giá trị 200mmHg, van từ từ xả khí trong vòng bít ra. Ngay lúc này, chương trình tiến vào trạng thái đo lường, liên tục theo dõi tín hiệu AC trên chân ADC0. Áp suất trong vòng bít giảm xuống đến khi nó đạt giá trị của áp suất tâm thu, máu bắt đầu chảy lại trong cánh tay, sự dao động bắt đầu và phát triển dần. Tiến hành đến số lượng các xung trên điện áp ngưỡng, nếu đếm đến 4 chương trình của bộ xử lý tiến vào trạng thái đo huyết áp tâm thu (sys_cal). Ở trạng thái này, bộ xử lý ghi lại điện áp DC từ chân ADC1 và thực hiện tính toán giá trị huyết áp tâm thu như sau:

Gọi:

- **data** là giá trị Arduino Nano đọc được trên chân ADC1
- **adc_data** giá trị điện áp đặt vào chân ADC1.
- **DC_gain** là hệ số khuếch đại của mạch khuếch đại DC
- **Sys_cal** là huyết áp tâm thu cần đo (mmHg)

Ta có:

$$\text{adc_data} = \frac{\text{data} \cdot 5}{1023} \text{ (V)} \quad (8)$$

Cảm biến áp suất MPS20N400D có giá trị đo lớn nhất là 40kPa tương ứng với điện áp đầu ra lớn nhất là 25mV. Mặt khác, 1kPa = 7,501mmHg. Vậy:

$$25\text{mV} \Leftrightarrow 40 \cdot 7,501 = 300,04\text{mmHg}$$

$$\Leftrightarrow \text{Sys_cal} = \frac{\text{adc_data}}{\text{DC_gain}} \cdot \frac{300,04}{25 \cdot 10^{-3}} \quad (9)$$

$$\Leftrightarrow \text{Sys_cal} = \frac{\text{adc_data}}{\text{DC_gain}} \cdot 12001 \quad (10)$$

• Quá trình đo lường và tính toán nhịp tim:

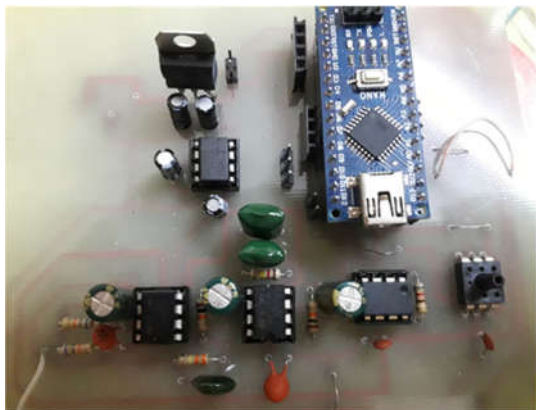
Sau khi tính toán xong áp suất tâm thu, bộ xử lý chuyển sang đo nhịp tim. Xác định nhịp tim ngay sau khi xác định áp suất tâm thu (do lúc này dao động của sóng AC mạnh nhất). Thời gian mỗi lần lấy mẫu sóng AC là 40ms. Chương trình của bộ xử lý sẽ ghi lại các khoảng thời gian khi giá trị tín hiệu AC vượt qua 2,5V. Ta lấy 5 khoảng thời gian để đo được giá trị nhịp tim chính xác nhất.

• Quá trình đo lường và tính toán huyết áp tâm trương:

Sau khi xác định được nhịp tim, chương trình của bộ xử lý sẽ chuyển sang trạng thái đo áp suất tâm trương. Ở trạng thái này, thời gian lấy mẫu tín hiệu mỗi lần vẫn là 40ms. Thiết lập điện áp ngưỡng để xác định huyết áp tâm trương. Trong quá trình van tiếp tục xả khí (sau khi đã xác định được huyết áp tâm thu và nhịp tim) khi áp suất vòng bít giảm xuống giá trị huyết áp tâm trương, biên độ dao động giảm. Để xác định áp suất tâm trương ta ghi lại giá trị DC trên chân ADC1 tại thời điểm biên độ dao động giảm và ở dưới điện áp ngưỡng. Điều này được xác định trong

khoảng thời gian 2s, nếu trong 2s giá trị AC không tăng trên mức điện áp ngưỡng có nghĩa là biên độ dao động đang ở dưới ngưỡng. Từ giá trị DC đo được ta có thể xác định được giá trị của huyết áp tâm trương thông qua cách chuyển đổi tương tự như áp dụng để tính giá trị huyết áp tâm thu.

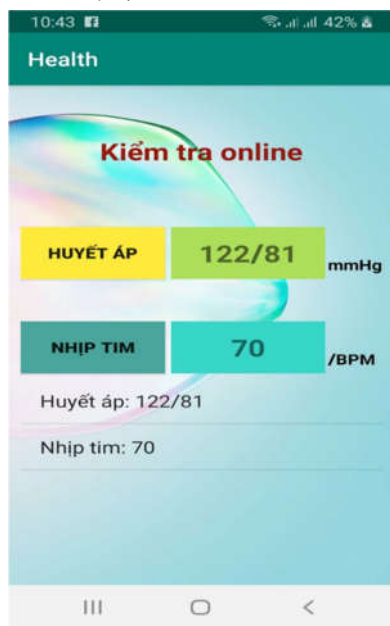
3.2. Mô hình thực tế



Hình 4. Mạch in thực tế của khối điều khiển; khối cảm biến, khuếch đại và mạch lọc



Hình 5. Mô hình thiết bị thực tế



Hình 6. App theo dõi sức khỏe "Health"

Hình 4, 5 là mô hình phần cứng của thiết bị thực tế, hình 6 là giao diện ứng dụng Android trên điện thoại thông minh.

3.3. Kết quả thực nghiệm

Bảng 1. Kết quả thực nghiệm

	Nhịp tim		Huyết áp tâm thu		Huyết áp tâm trương	
	OMRON (BPM)	Mô hình (BPM)	OMRON (mmHg)	Mô hình (mmHg)	OMRON (mmHg)	Mô hình (mmHg)
Trần Thị H	77	80	124	142	79	78
	84	92	122	147	89	73
	85	96	132	158	86	77
	78	76	143	140	82	85
	92	101	151	145	78	84
Ngô Thị L	88	72	142	139	75	79
	76	78	138	129	81	586
	91	84	143	135	84	79
	102	110	152	148	79	83
	83	85	141	132	85	71

Bảng 1 cho thấy kết quả đo thực tế của thiết bị vòng theo dõi nhịp tim và huyết áp và thiết bị đo chính xác. Thiết bị được sử dụng để so sánh kết quả trong nghiên cứu này là máy đo nhịp tim, huyết áp OMRON REM-1.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã thiết kế thành công thiết bị vòng theo dõi nhịp tim và huyết áp. Thiết bị đã tiến hành đo lường và tính toán được các chỉ số huyết áp tâm thu, huyết áp tâm trương, nhịp tim và hiển thị được kết quả đo lên màn hình OLED, đồng thời gửi dữ liệu đo lên ứng dụng Android được cài đặt trên điện thoại thông minh để hỗ trợ theo dõi tư vấn và tổng hợp kết quả đo. Dựa trên dữ liệu thực nghiệm, để có thể đưa vào ứng dụng trong cuộc sống hàng ngày, thiết bị cần được nâng cấp thêm để cải thiện sai số do nhiễu từ cảm biến và các giá trị ngưỡng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Ashraf Tahat, Anwar Sacca, Yazeed Kheetan, 2011. *Design of an Integrated Mobile System to Measure Blood Pressure*. Communications Engineering Departmen, Princess Sumaya University for Technology Amman, Jordan.

[2]. Anand Chandrasekhar, Chang-Sei Kim, Mohammed Naji, Keerthana Natarajan, Jin-Oh Hahn, Ramakrishna Mukkamala, 2018. *Smartphone-based blood pressure monitoring via the oscillometric finger-pressing method*. Science translational medicine, 1-11.

[3]. Brandon Sbert, A. Raj Bose, Ricardo Wheeler, Bianca Belmont. *Blood Pressure Tester*

[4]. Samsung, 2010. *S3P8245, ARM Blood Pressure Monitor*. Accessed 2020 <URL: http://www.samsung.com/global/business/semiconductor/products/microcontrollers/downloads/S3P8245_ARM_Blood_Pressure_Monitor_AN_REV000.pdf >.

[5]. P. Puska, S. Mendis, D. Porter, 2003. *Chronic diseases – key risk factors*. World Health Organization (WHO).