

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN**  
**KHOA KỸ THUẬT MÁY TÍNH**



**THÀNH VIÊN :      NGUYEN PHU QUI      ID: 21522523**  
**LE VAN HIEN              ID:21522060**

**NGHIÊN CỨU CẢM BIẾN ĐO NHỊP TIM KHÔNG DÂY**  
**BÁO CÁO ĐỒ ÁN CUỐI KÌ**

**GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN**  
**NGUYỄN DUY XUÂN BÁCH**

**HO CHI MINH CITY, 2024**

## Nội dung

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. GIỚI THIỆU .....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>1.1 Các sản phẩm hiện tại trên thị trường .....</b>   | <b>3</b>  |
| a. Máy đo nhịp tim bằng ngón tay.....  | 3         |
| b. Dây đeo tay, dây nịt bụng.....  | 3         |
| <b>1.2 Cảm biến MR60BHA1 .....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>2. THÔNG SỐ KỸ THUẬT .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>2.1 Góc phát hiện và khoảng cách.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>2.2 Mô tả các chân (Pin) .....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>3. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG .....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>3.1 Kỹ thuật FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave -Sóng liên tục điều chế tần số): .....</b> | <b>6</b>  |
| <b>3.2 Đặc tính hoạt động của MR60BHA1 .....</b>   | <b>9</b>  |
| 3.2.1 Phạm vi hoạt động của radar.....   | 9         |
| 3.2.2 Phương pháp cài đặt radar .....  | 10        |
| <b>4. PHƯƠNG ÁN CẢI THIẾN ĐỘ CHÍNH XÁC.....</b>  | <b>11</b> |
| <b>4.1. Cài đặt khoảng cách và góc đặt cảm biến.....</b>   | <b>11</b> |
| <b>4.2. các cảm biến để kiểm tra độ chính xác của cảm biến .....</b>                                 | <b>12</b> |
| A. cảm biến sóng siêu âm US-100 .....  | 12        |
| B. Đồng hồ thông minh.....   | 13        |
| <b>5. Kết quả thực nghiệm.....</b>   | <b>14</b> |
| <b>5.1 Môi trường bình thường, người đo ở trạng thái nghỉ.....</b>                                   | <b>14</b> |
| <b>5.2 Môi trường bình thường, người đo không mặc áo .....</b>                                       | <b>15</b> |
| <b>5.3 Môi trường có nhiều người qua lại .....</b>   | <b>15</b> |
| <b>5.4 Môi trường tĩnh (bức tường).....</b>  | <b>16</b> |
| <b>5.5 Môi trường bình thường, người đo vừa hoạt động mạnh.....</b>                                  | <b>18</b> |
| <b>5.6 Môi trường bình thường, người đo tăng nhịp tim từ từ.....</b>                                 | <b>19</b> |
| <b>5.7 Môi trường bình thường, người đo ở trạng thái ngủ.....</b>                                    | <b>20</b> |
| <b>6. Kết luận.....</b>  | <b>21</b> |
| <b>6.1 Tóm tắt cảm biến MR60BHA1 .....</b>   | <b>21</b> |
| <b>6.2 Hạn chế .....</b>   | <b>21</b> |
| <b>6.3 Hướng phát triển .....</b>  | <b>22</b> |

# 1. GIỚI THIỆU

## 1.1 Các sản phẩm hiện tại trên thị trường

### a. Máy đo nhịp tim bằng ngón tay



Các sản phẩm ở thị trường Việt Nam hiện tại thường là đo nhịp tim, nồng độ oxy trong máu bằng ngón tay, Thời gian đo thường là vài giây, cảnh báo nguy hiểm khi vượt ngưỡng

Ưu điểm:

- Giá thành rẻ, nhỏ gọn, dễ sử dụng và cho kết quả nhanh chóng

Nhược điểm:

- Ảnh hưởng bởi các yếu tố bên ngoài, không chính xác bằng các thiết bị chuyên dụng
- Chưa có khả năng liên kết với các thiết bị khác để gửi thông tin
- Không thể quan sát liên tục

### b. Dây đeo tay, dây nịt bụng



Các sản phẩm ở thị trường quốc tế thường là dạng dây đeo bắp tay hoặc dây nịt bụng, kết nối với app điện thoại dùng để thu thập dữ liệu liên tục phù hợp cho người vận động thường xuyên

Trang bị các chức năng khác như đo calo, thời gian tập luyện, kết nối với các thiết bị khác,

Ưu điểm:

- Tính chính xác cao, có khả năng kết nối với các thiết bị khác dùng để thu thập dữ liệu liên tục

Nhược điểm:

- Giá thành cao
- Tính xâm lấn, gây khó chịu cho người đeo

## 1.2 Cảm biến MR60BHA1

- MR60BHA1 là một module cảm biến sóng milimet 60GHz được sử dụng để phát hiện nhịp thở và nhịp tim.
- Sử dụng công nghệ FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) để đo khoảng cách và vận tốc của các đối tượng trong phạm vi hoạt động.
- Tầm hoạt động từ 0.4 – 2m
- Công suất đầu ra thấp, không gây hại cho cơ thể người.
- Không ảnh hưởng bởi các yếu tố từ bên ngoài nhận nhiệt độ, độ ẩm, tiếng ồn, ánh sáng, bụi và các yếu tố môi trường khác
- Giao tiếp UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) đa năng, cung cấp một giao thức chung với 4 nhóm I/O (Input/Output) dành riêng, cho phép người dùng tùy chỉnh đầu vào và đầu ra hoặc thực hiện mô phỏng giao diện đơn giản.

## 2. THÔNG SỐ KỸ THUẬT

### 2.1 Góc phát hiện và khoảng cách

| Parameter content                | Minimum | Typical | Maximum | Unit |
|----------------------------------|---------|---------|---------|------|
| Performance                      |         |         |         |      |
| Detection distance (thoracic)    | 0.4     |         | 2       | m    |
| Respiratory measurement accuracy |         | 90      |         | %    |
| Heartbeat measurement accuracy   |         | 85      |         | %    |
| Refresh time                     | 1       |         | 30      | S    |
| Observation set-up time          |         | 20      |         | S    |

| Parameter content           | Minimum | Typical | Maximum | Unit |
|-----------------------------|---------|---------|---------|------|
| Operating parameters        |         |         |         |      |
| Operating voltage (VCC)     | 4.6     | 5       | 6       | V    |
| Operating current (ICC)     |         | 150     |         | mA   |
| Operating temperature (TOP) | -20     |         | 60      | °C   |
| Storage temperature (TST)   | -40     |         | 80      | °C   |
| Launch parameters           |         |         |         |      |
| Operating frequency (fTX)   | 58      | 60      | 63.5    | GHz  |
| Transmitted power (Pout)    |         | 6       |         | dBm  |
| Antenna parameters          |         |         |         |      |
| Antenna gain (GANT)         |         | 4       |         | dBi  |
| Horizontal beam (-3dB)      | -40     |         | 40      | °    |
| Vertical beam (-3dB)        | -40     |         | 40      | °    |

## 2.2 Mô tả các chân (Pin)

| Interface   | Pins | Description | Typical values | Description           |
|-------------|------|-------------|----------------|-----------------------|
| Interface 1 | 1    | 5V          | 5.0V           | Positive power input  |
|             | 2    | GND         |                | Ground                |
|             | 3    | RX          |                | Serial port reception |
|             | 4    | TX          |                | Serial port send      |
|             | 5    | S1          | 3.3V/0V        | occupied/unoccupied   |
|             | 6    | S2          | 3.3V.0V        | Stationary / Active   |
| Interface 2 | 1    | 3V3         | 3.3V           | Output power          |
|             | 2    | GND         |                | Ground                |
|             | 3    | SL          |                | Reserved              |
|             | 4    | SD          |                | Reserved              |
|             | 5    | GP1         |                | Spare expansion pins  |
|             | 6    | GP2         |                | Spare expansion pins  |
|             | 7    | GP3         |                | Spare expansion pins  |
|             | 8    | GP4         |                | Spare expansion pins  |

MR60BHA1 cung cấp 2 giao diện để giao tiếp với các thiết bị khác:

1. Giao diện UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter): Đây là giao diện chính và phổ biến nhất, cho phép truyền dữ liệu nối tiếp giữa cảm biến và vi điều khiển hoặc máy tính. UART cung cấp tốc độ truyền dữ liệu linh hoạt và dễ dàng tích hợp với nhiều nền tảng phần cứng khác nhau.
2. Giao diện này được dành riêng cho mục đích mở rộng trong tương lai hoặc cho các ứng dụng tùy chỉnh.

## 3. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG

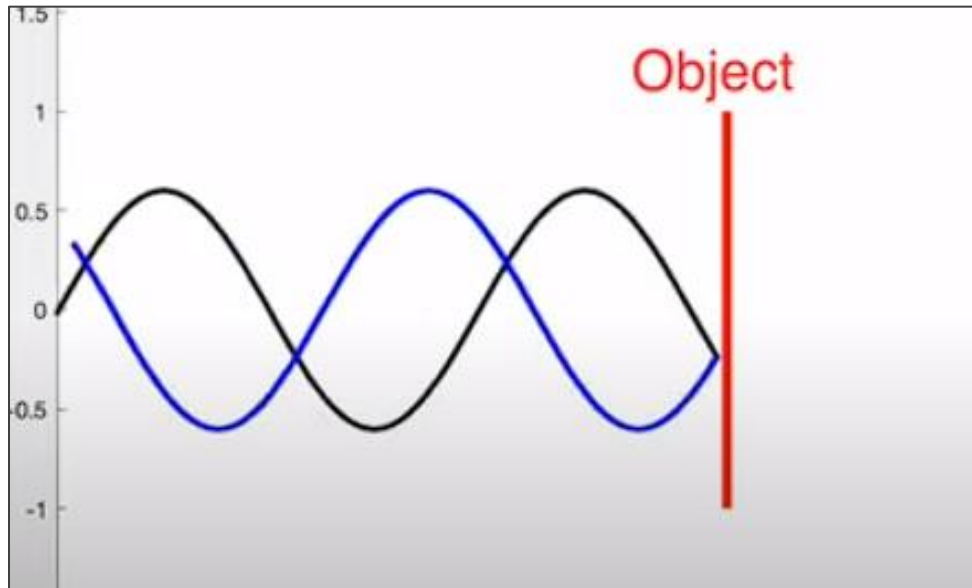
### 3.1 Kỹ thuật FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave -Sóng liên tục điều chế tần số):

- CW (continuous wave): là một loại hệ thống radar truyền đi tần số ổn định liên tiếp bước sóng đó lan truyền đi và phản lại khi gặp vật cản, tín hiệu sóng phản lại được nhận liên tục (khác với pulsed rader: truyền một sóng có tần số lớn truyền đi và truyền lại trong thời gian ngắn không liên tục).

- Sử dụng tần số thấp nên tiết kiệm điện năng. Có thể phát hiện được vật ở cự ly gần hơn. Vì pulse wave cần phải truyền song đi thì mới có thể nhận sóng lại không như cw.
- Lấy vận tốc và khoảng cách của vật dựa vào 3 nguyên lý:

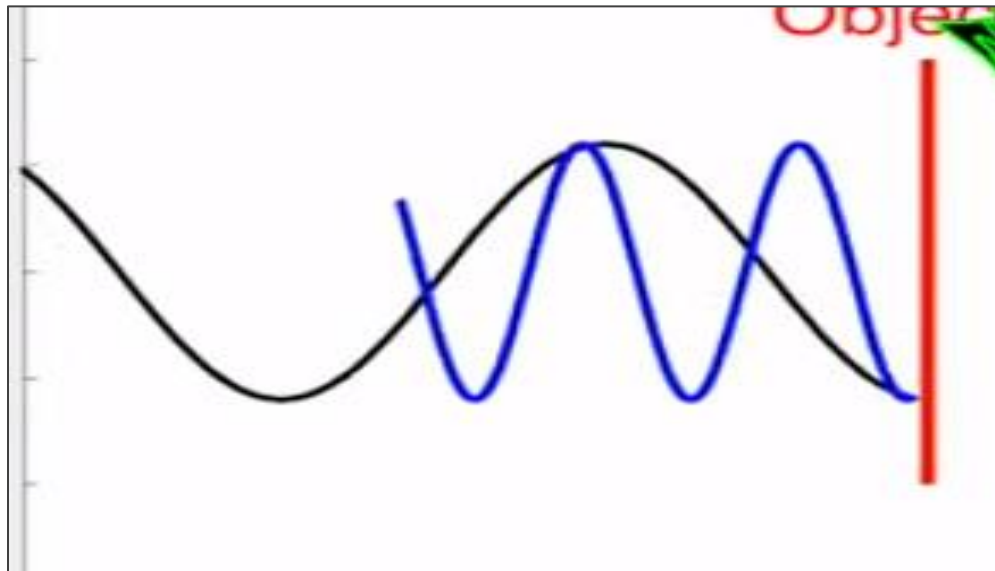
### 1. Doppler effect:

- Khi sóng truyền đến mà vật đứng yên:



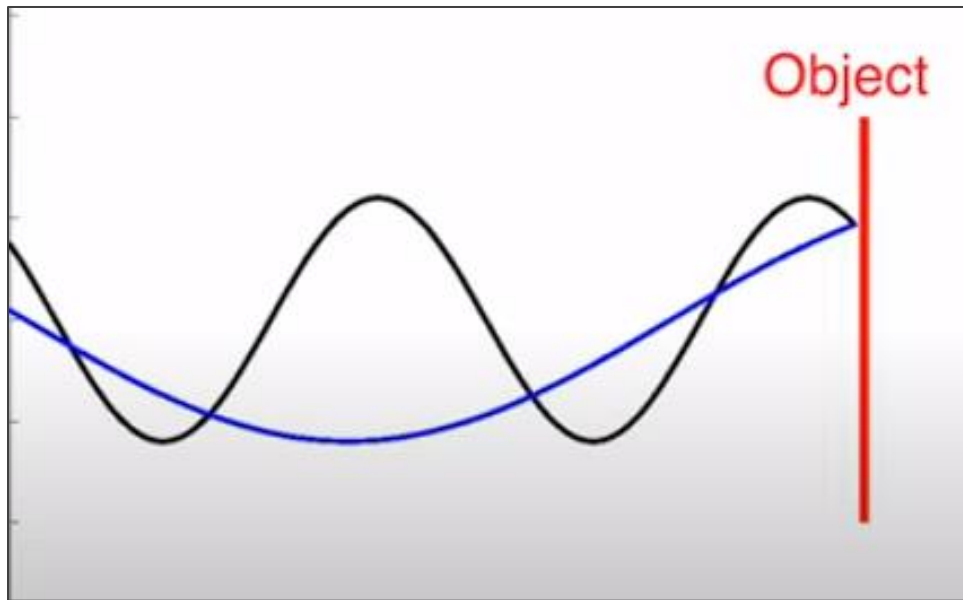
Bước sóng của sóng truyền lại bằng với bước sóng của sóng truyền tới.

- Khi sóng truyền đến mà vật di chuyển gần lại:



Bước sóng của sóng truyền lại nhỏ hơn bước sóng của sóng truyền đi vì sóng truyền lại không cần phải truyền xa như là sóng truyền đi để gặp vật vì vật đang di chuyển lại gần => tần số tăng

- Khi sóng truyền đến mà vật di chuyển đi ra xa:



Bước sóng của sóng truyền lại lớn hơn bước sóng của sóng truyền đi vì sóng truyền lại phải truyền xa hơn sóng truyền đi để gặp vật vì vật đang di chuyển ra xa. => tần số giảm.

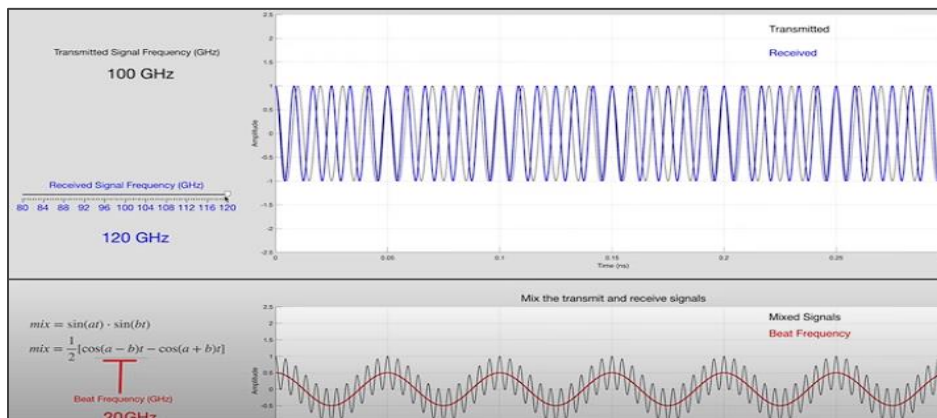
=> Dựa vào sự thay đổi về tần số có thể ước lượng được tốc độ, khoảng cách đi của vật.

## 1. Beat frequency:

Công thức chuyển từ thay đổi tần số thành beat frequency

$$\begin{aligned} \text{mix} &= \sin(at) \cdot \sin(bt) \\ \text{mix} &= \frac{1}{2} [\cos(a-b)t - \cos(a+b)t] \end{aligned}$$

Thay đổi sự khác nhau giữa tần số truyền và tần số nhận thành beat. Nhưng bằng cách sử dụng mỗi real stage thì không thể ước lượng được hướng đi của vật, chỉ có thể ước lượng được vận tốc.





Để có thể nhận diện hướng đi sử dụng thêm IQ signal(imaginary-quadrature) là 2 radar sử dụng cùng lúc cách nhau 90 độ mỗi lần truyền. Khi thay đổi thành beat thì cả 2 đều biến đổi thành beat cô lập (khác về độ) nhưng góc độ sẽ thay đổi khi tần số thay đổi. Bằng cách quan sát tín hiệu nào đang dẫn trước(độ lệch pha của bước sóng) thì có thể phát hiện ra vật đang di chuyển ra xa hay lại gần.



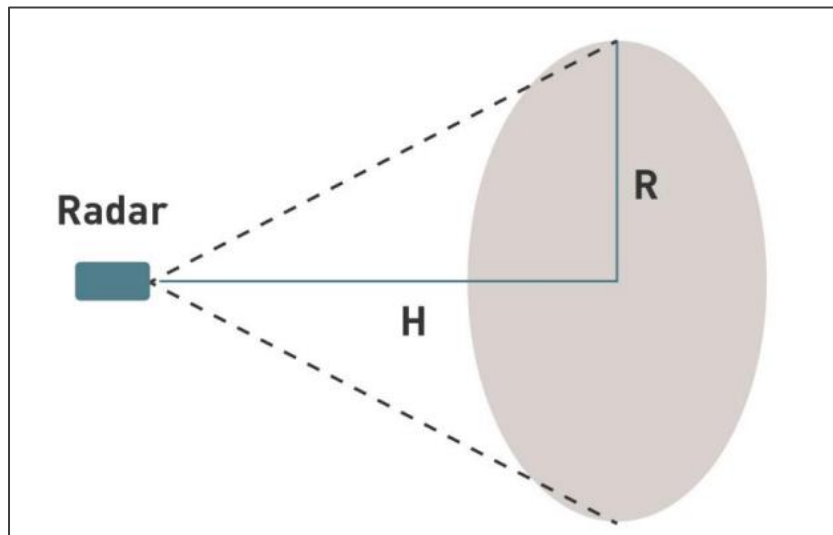
## 2. Frequency modulation (dùng để đo khoảng cách của vật):

Vì sử dụng CW nên không có cách nào có thể đo được thời gian từ lúc phát ra tín hiệu tới lúc tín hiệu quay về => không tính được khoảng cách sử dụng thời gian.

### 3.2 Đặc tính hoạt động của MR60BHA1

#### 3.2.1 Phạm vi hoạt động của radar

Phạm vi phủ sóng của chùm tia của module radar là một hình nón 3D với góc quét ngang và góc quét dọc là 80°

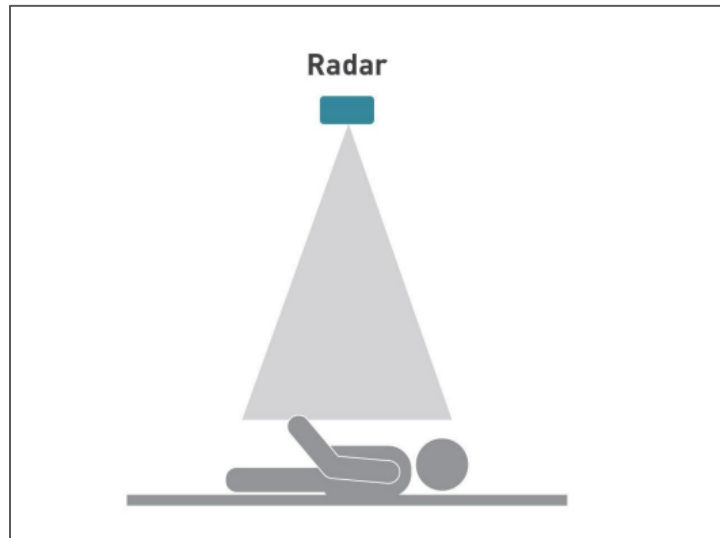


Do đặc tính của chùm tia radar, radar có phạm vi tương đối xa theo hướng vuông góc với bề mặt anten, nhưng phạm vi ngắn hơn nếu lệch khỏi phương vuông góc với anten.

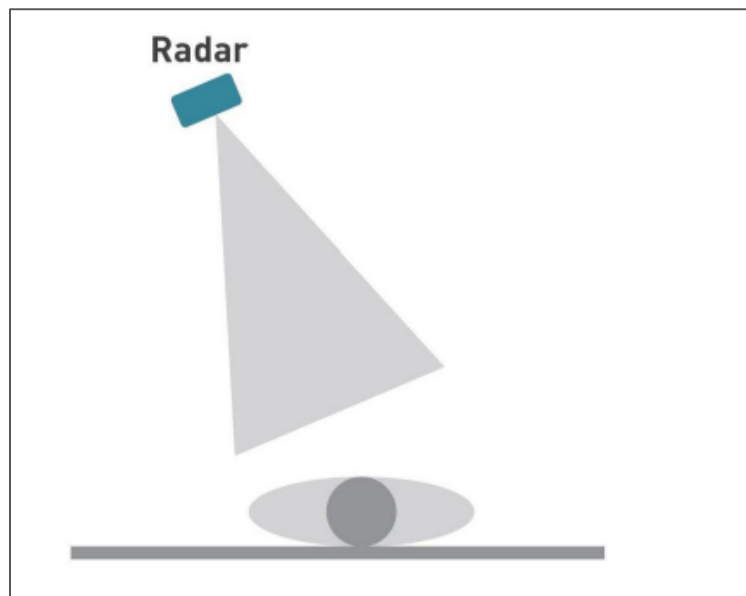
Khi radar được lắp đặt trên cao hoặc ở một góc nghiêng, phạm vi chùm tia radar và không gian bức xạ hiệu quả sẽ làm giảm phạm vi radar, điều này cần được xem xét khi sử dụng radar.

### 3.2.2 Phương pháp cài đặt radar

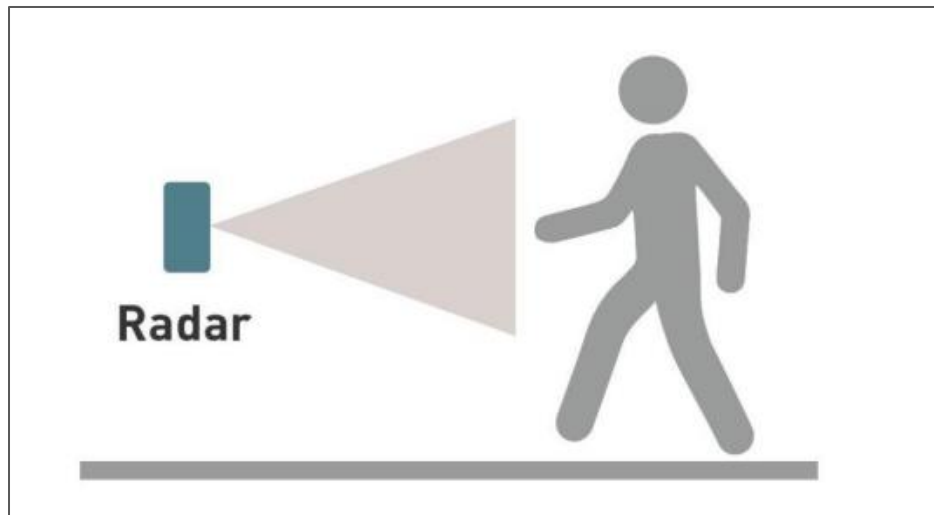
Lắp đặt trên cao: Thích hợp cho người nằm liệt giường hoặc người đang ngủ. Radar được gắn phía trên, hướng xuống phía dưới ngực của người đó. Khoảng cách giữa radar và cơ thể phải nhỏ hơn hoặc bằng 2 mét.



Lắp đặt nghiêng: Thích hợp để gắn tường hoặc đầu giường. Radar được gắn một góc, với chùm tia hướng về phía ngực của người đó. Khoảng cách giữa radar và cơ thể phải ít nhất là 2 mét.







Lắp đặt ngang: Radar được gắn theo chiều ngang, với chùm tia hướng về phía ngực của người đó. Khoảng cách giữa radar và cơ thể phải ít nhất là 2 mét.




## 4. PHƯƠNG ÁN CẢI THIẾN ĐỘ CHÍNH XÁC

### 4.1. Cài đặt khoảng cách và góc đặt cảm biến

 Closed The issue of breathing/ heart rate data broadcasting #9  
4444monkey opened this issue on Dec 9, 2023 · 5 comments

 limengdu commented on Dec 12, 2023 · edited  Owner 

As the current software upgrade of the radar is geared towards sleep monitoring application scenarios. Therefore, only when the radar detects that **someone is "in bed"** will it start reporting respiration and heart rate values. In order to ensure the accuracy of heart rate and respiration measurements, the software performs very stringent checks on the judgement of "entering the bed". Firstly, the radar needs to be installed accurately. The radar needs to be installed in the middle of the bed, **0.8 to 1.2 metres above the bed surface and tilted downwards at 45°**. If it is only placed on the desktop, it is difficult to judge it as "in bed". In order for the accuracy of the results to be as good as our tests, we recommend that you use the radar in a real sleep scenario. However, considering the convenience of debugging needs of engineers, we have turned on a simple judgement interface by default. When the radar is about 0.9m~1.1m away from the person, and keep stationary for more than 10 seconds, the radar will judge the person's "in bed" status. This should be the situation you are in. As for why it's unstable, it's most likely caused by the movement or motion you've created.



- Phần mềm radar được nâng cấp để theo dõi giấc ngủ, chỉ báo nhịp thở và nhịp tim khi phát hiện người **"in bed"**.
- Để đảm bảo độ chính xác, cần lắp đặt radar đúng cách:
  - + Giữa giường, cao 0.8 - 1.2m so với mặt giường.
  - + Nghiêng xuống 45 độ.
- Khuyến cáo sử dụng radar trong tình huống ngủ thực tế để có kết quả chính xác.
- Để radar vào trạng thái "in bed" cần:
  - + Radar cách người khoảng 0.9m - 1.1m.

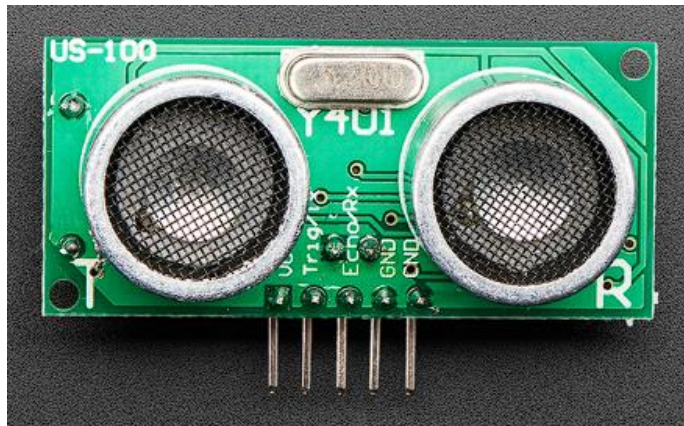
- + Giữ yên hơn 10 giây.
- Radar hoạt động không ổn định do chuyển động của người.

## 4.2. các cảm biến để kiểm tra độ chính xác của cảm biến

### A. cảm biến sóng siêu âm US-100

Vì tính đặc thù của công nghệ radar rất nhạy cảm với sự chuyển động nên một số vấn đề gặp phải là kết quả của nhịp tim có thể bị sai khi bị lẫn với chuyển động của con người.

Để giúp cho việc kiểm tra độ chính xác của cảm biến thêm dễ dàng cài đặt cảm biến đo khoảng cách với độ chính xác cao, Từ đó giảm thiểu các kết quả sai của cảm biến.



Hiệu điện thế: 2.4-5V DC

Dòng hoạt động: 15mA

Góc hiệu dụng: <15 degree

Góc đo: 30 degrees

Kích thước: 45mm x 20mm x 15mm

Khoảng cách đo: 2-450cm

Định nghĩa: phát ra siêu âm truyền trong không khí và khi chạm vào vật thể sẽ phản xạ trở lại mô-đun. Khoảng cách được tính bằng thời gian di chuyển và tốc độ của âm thanh.

Nguyên lý hoạt động:

- Máy phát siêu âm (trig pin) phát ra âm thanh tần số cao (40 kHz).

- Âm thanh truyền được trong không khí. Nếu nó tìm thấy một đối tượng, nó sẽ quay trở lại mô-đun.
- Đầu thu siêu âm (echo pin) nhận âm thanh phản xạ (echo).
- Cảm biến sẽ tính toán khoảng cách giữa cảm biến và vật thể. Sử dụng cảm biến siêu âm để phát ra sóng âm khi gặp vật thể nó sẽ phản ngược trở lại, tính từ thời gian di chuyển từ cảm biến đến vật thể rồi quay trở lại, từ thời gian đó tính thành khoảng cách bằng công thức ( $S=T.V/2$ )
- Ứng dụng cảm biến siêu âm trong đồ án: cảm biến sẽ đo khoảng cách từ cảm biến tới người. Nếu có bất kì chuyển động nào khoảng cách sẽ thay đổi từ đó có thể phát hiện ra người có chuyển động trong lúc đang đo không.

## B. Đồng hồ thông minh



Định nghĩa:

Đồng hồ thông minh hoạt động bằng cách sử dụng công nghệ quang học để theo dõi sự thay đổi lưu lượng máu trong các mao mạch dưới da.

Nguyên lý hoạt động:

Khi áp chặt mặt cảm biến vào da, nơi có mạch máu chảy( thường là áp vào tai, đầu ngón tay,... để dễ kẹp) đầu phát sẽ phát ra ánh sáng đi vào trong da. Dòng ánh sáng đó sẽ bị khuếch tán ra xung quanh, và một phần đi tới quang trở đặt gần đầu phát.

Do bị ép vào nên lượng máu ở phần cảm biến sẽ thay đổi, cụ thể khi không có áp lực do tim đập, máu sẽ dồn ra xung quanh, lượng ánh sáng từ đầu phát sẽ về đầu thu nhiều hơn so với khi tim đập, máu chảy qua nơi có cảm biến áp vào.

Sự thay đổi là rất nhỏ, nên phần cảm nhận ánh sáng (quang trở) thường có mạch IC để khuếch đại tín hiệu thay đổi này, đưa về các mạch lọc, đếm hoặc các mạch ADC để tính toán ra nhịp tim. Tín hiệu đầu ra là tín hiệu analog, dao động theo các mạch đập của tim

## 5. Kết quả thực nghiệm

### 5.1 Môi trường bình thường, người đo ở trạng thái nghỉ

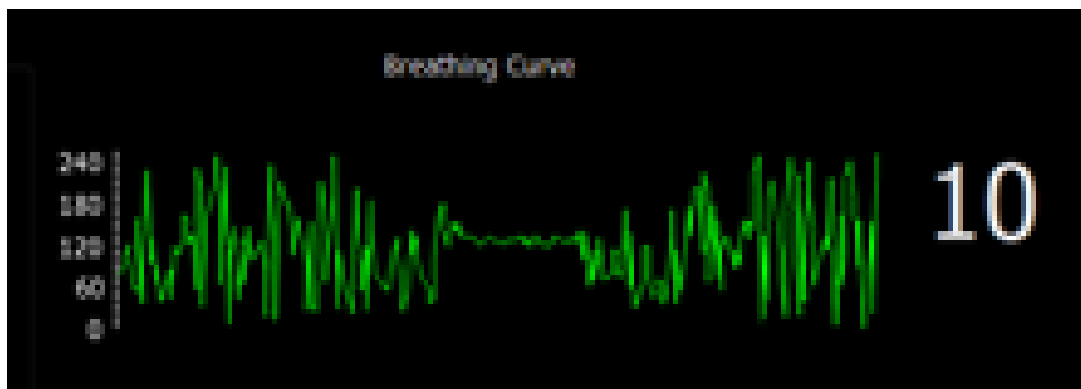
#### a. Nhịp tim

Đo nhịp tim ở môi trường bình thường (ánh sáng, tiếng ồn, quạt), người đo ở trạng thái nghỉ ngơi



Kết quả đo chưa thực sự chính xác, nhịp tim nhiều còn nhiễu

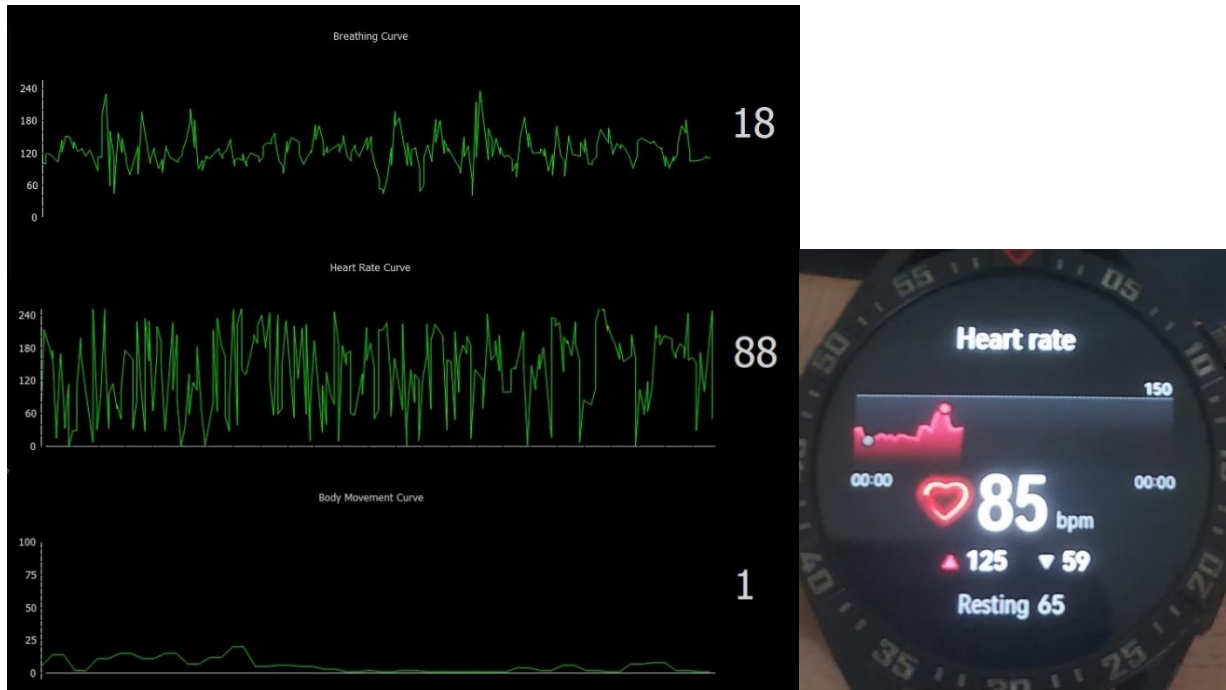
#### b. Nhịp thở



Đối tượng thở bình thường và cho thở chậm(nhịn thở một đoạn) có thể thấy trên sơ đồ nhịp thở có đoạn thẳng cũng chính là đoạn cho đối tượng thở chậm/nhịn thở. Từ đó, có thể thấy đo nhịp thở của cảm biến khá đúng

## 5.2 Môi trường bình thường, người đo không mặc áo

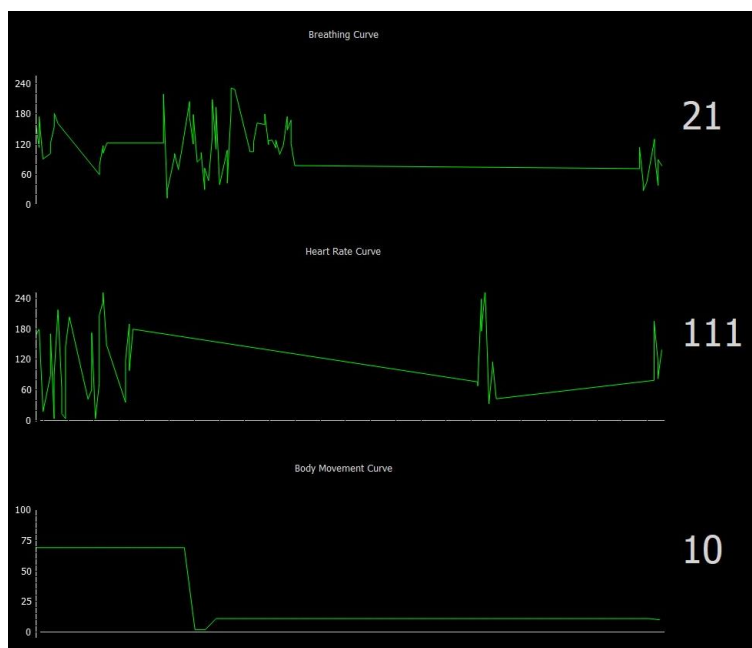
Đo ở môi trường bình thường ( ánh sáng, tiếng ồn), người đo không mặc áo



Cảm biến hoạt động như ở môi trường bình thường, với người đo mặc áo. Tuy nhiên nhịp tim và nhịp thở sẽ có nhiều so với đồng hồ thông minh

## 5.3 Môi trường có nhiều người qua lại

Thực hiện đo ở môi trường bình thường ( ánh sáng, tiếng ồn, nhiều người qua lại)



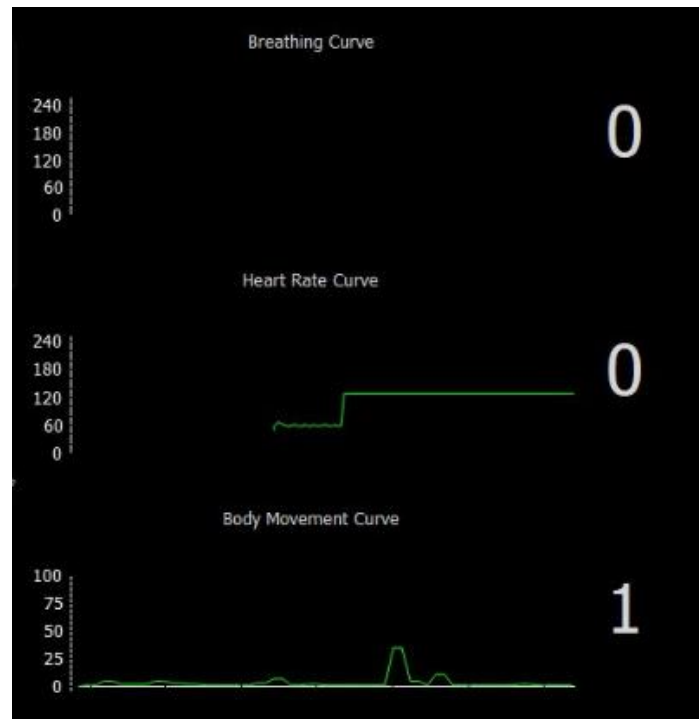


Khi có nhiều người qua lại, cảm biến xuất hiện nhiễu và hoạt động không ổn định ở cả đo nhịp tim và nhịp thở

=> Chỉ thích hợp để đo với 1 người, ở trạng thái yên tĩnh, ít hoạt động mạnh

## 5.4 Môi trường tĩnh (bức tường)

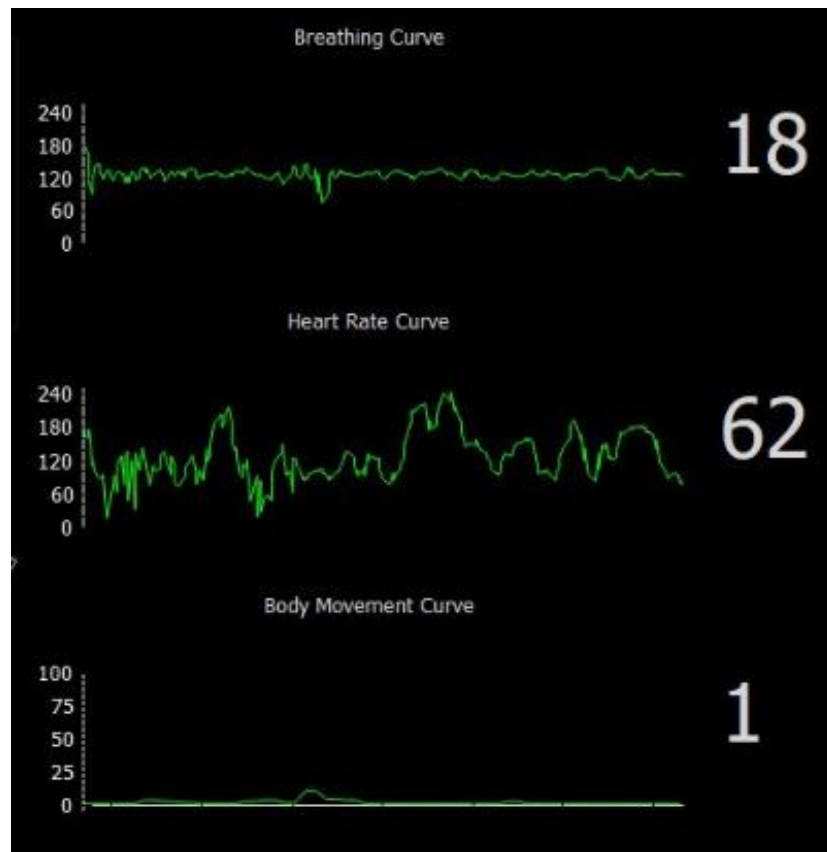
### a. Khi vừa khởi động cảm biến



Cảm biến không hiện số liệu nhịp tim và nhịp thở cũng như biểu đồ phát hiện chuyển động cũng không có

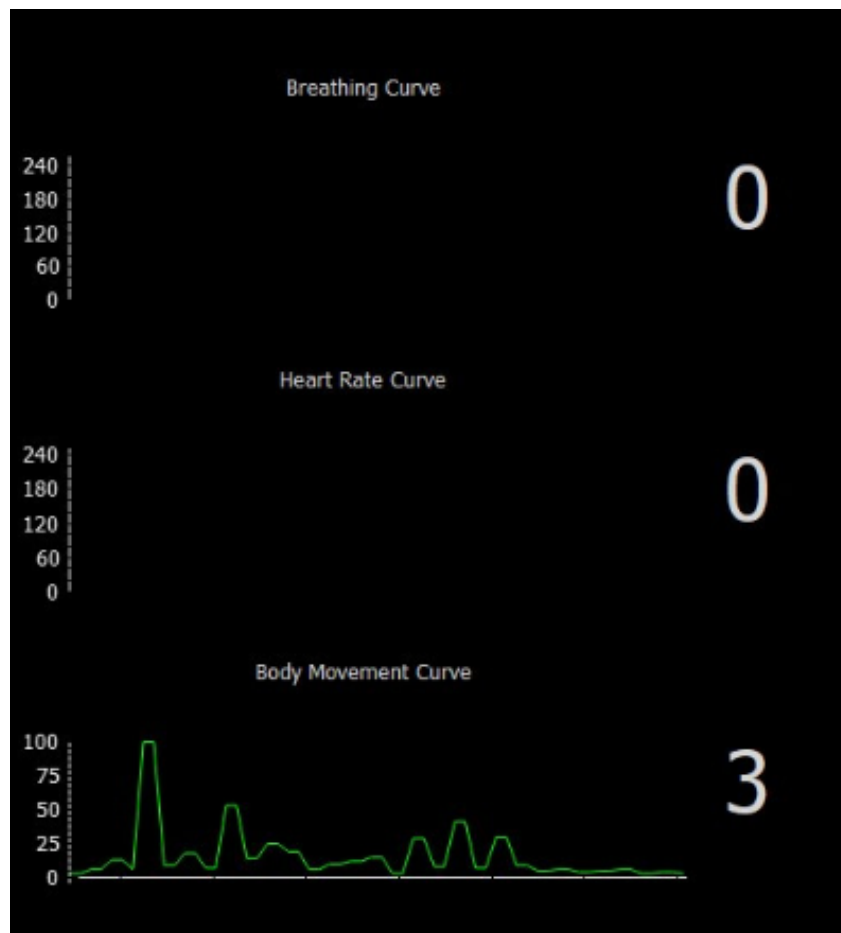
### b. Người sau khi đo rồi rời đi





Nhịp tim và nhịp thở dần đi ngang, cung như chỉ số phát hiện chuyển động dần về 0 thể hiện không có người/chuyển động

**c. Có vật/người lướt qua cảm biến**

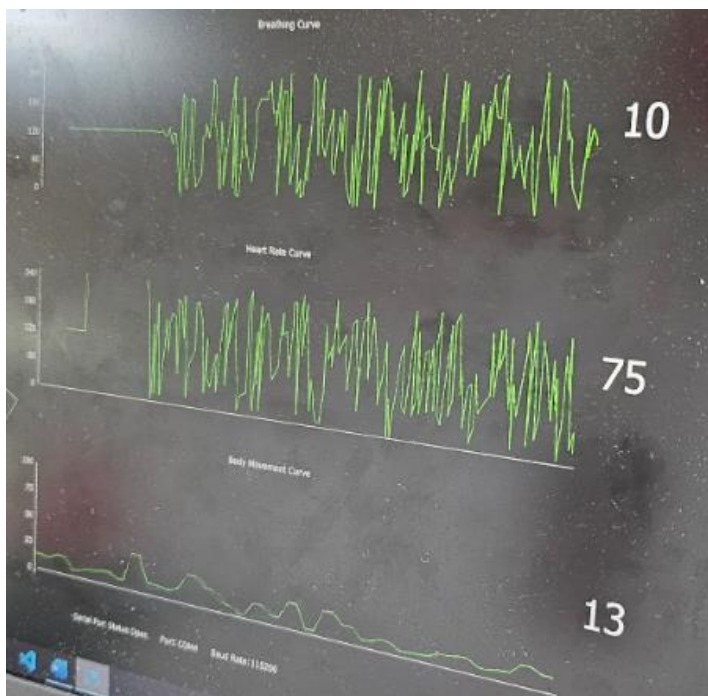


Cảm biến phát hiện được vật nhưng không làm thay đổi giá trị nhịp thở nhịp đập

Ngoài ra cảm biến còn có thể phát hiện đâu là nhịp thở của người đâu chỉ là chuyển động của vật

### **5.5 Môi trường bình thường, người đo vừa hoạt động mạnh**

Đo nhịp tim khi ngồi trạng thái vừa hoạt động mạnh, môi trường bình thường



Nhịp tim lệch nhiều so với giá trị đo trên đồng hồ đo nhịp tim, giá trị nhịp tim trên cảm biến thay đổi nhiều.

=> Không chính xác khi đo nhịp tim của người hoạt động mạnh đột ngột

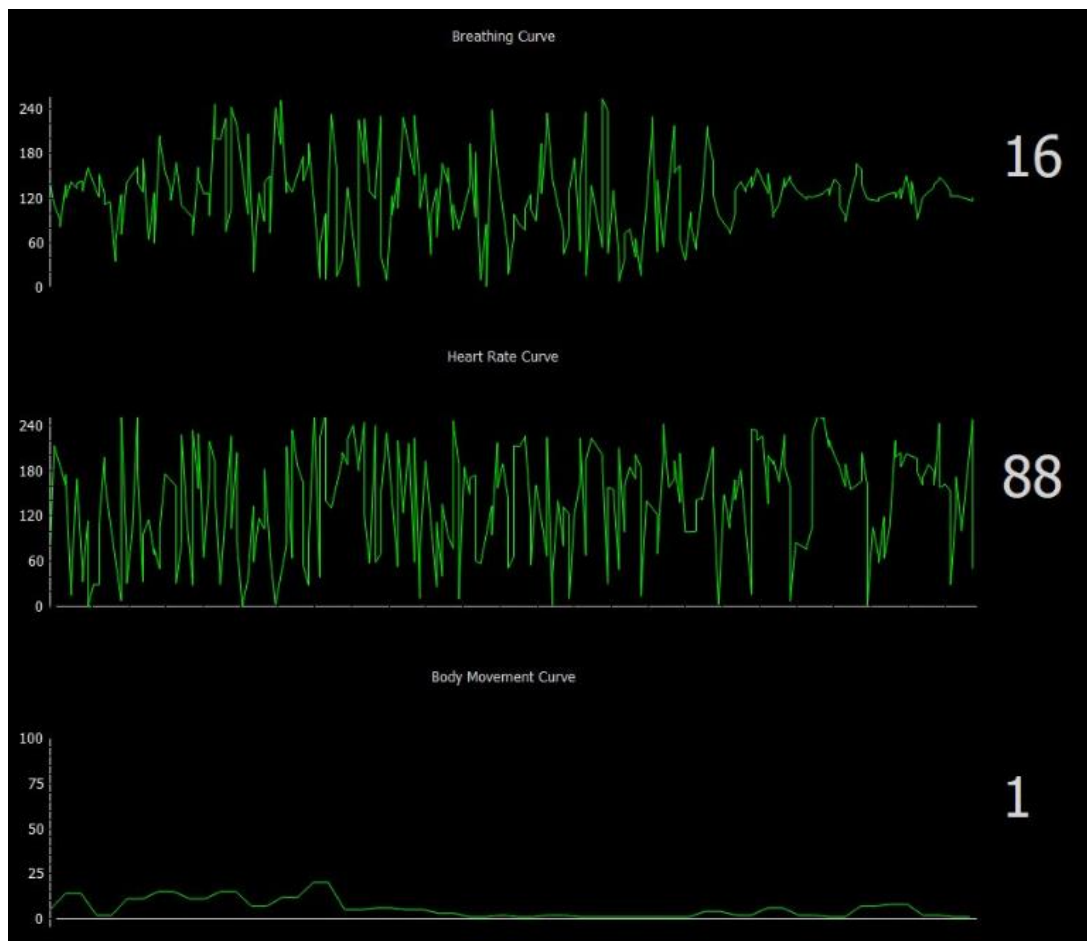
## 5.6 Môi trường bình thường, người đo tăng nhịp tim từ từ

Thực hiện trong môi trường bình thường ( ánh sáng, tiếng ồn, quạt), tăng nhịp tim nhưng không đột ngột bằng cách chơi game, xem phim kinh dị

Kết hợp với các cảm biến đo chuyển động, khoảng cách sắp xỉ 900mm

Distance: 898mm  
 Distance: 900mm  
 Distance: 895mm  
 Distance: 895mm  
 Distance: 901mm  
 Distance: 902mm  
 Distance: 904mm  
 Distance: 900mm  
 Distance: 895mm  
 Distance: 906mm  
 Distance: 902mm  
 Distance: 904mm  
 Distance: 900mm  
 Distance: 895mm  
 Distance: 899mm  
 Distance: 902mm  
 Distance: 894mm



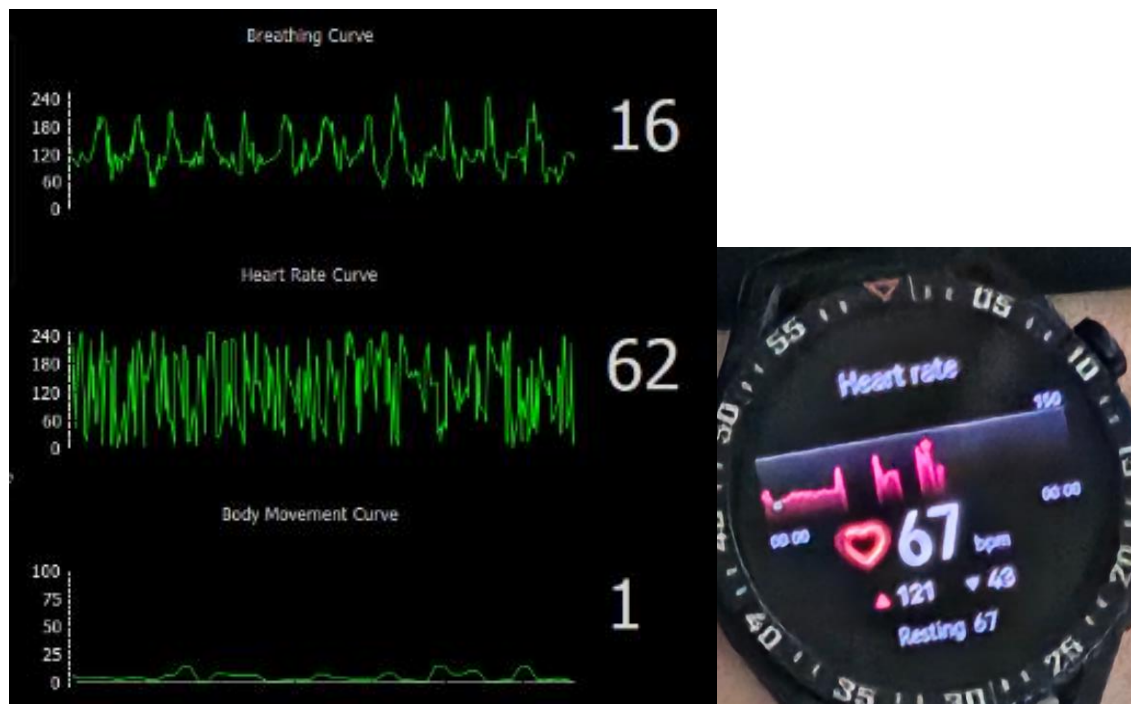


=> Từ cảm biến sonar và đo độ chuyển động của người trên cảm biến MR60BHA01 có thể nhận thấy rằng đối tượng gần như không có sự chuyển động

So sánh với số liệu trên đồng hồ đo nhịp tim thì số liệu vẫn có sự chênh lệch khá lớn

### 5.7 Môi trường bình thường, người đo ở trạng thái ngủ

Môi trường bình thường ( ít ánh sáng, tiếng ồn), đo khi nằm ngủ cảm biến chiếu vuông góc với ngực cách 900mm



- Nhịp tim của đối tượng giao động từ 72 - 66 đo được bằng đồng hồ đo nhịp tim

Khi mới vào trạng thái ngủ nhịp tim của đối tượng giảm dần đây cũng là lúc cảm biến đưa ra nhiều sai số và độ lệch cũng khá cao.

- Khi ngủ sâu nhịp tim giảm ít gần như không thay đổi thì thấy cảm biến số gần với giá trị đúng và ổn định

=> Ở trạng thái đi ngủ ít hoạt động thông số nhịp tim và nhịp thở ít biến động hơn hoặc biến động một cách chậm rãi và ổn định hơn so với khi đo đối tượng còn tỉnh.

## 6. Kết luận

### 6.1 Tóm tắt cảm biến MR60BHA1

MR60BHA1 là một cảm biến radar sóng milimet 60GHz tiên tiến, được thiết kế để phát hiện chuyển động và theo dõi các dấu hiệu sinh tồn như nhịp thở và nhịp tim một cách không tiếp xúc.

Cảm biến MR60BHA1 được ứng dụng chăm sóc sức khỏe, giám sát giấc ngủ và nhà thông minh, đồng thời đảm bảo sự riêng tư và an toàn cho người dùng.

### 6.2 Hạn chế

Bên cạnh những ưu điểm mà cảm biến MR60BHA1 mang lại, cảm biến MR60BHA1 còn hạn chế trong đo đạc ở những môi trường với nhiều chuyển động, nhiều người xung quanh

Cảm biến hoạt động không ổn định, nhiều khi đo đạt với các trường hợp nhịp tim cao, nhịp tim tăng đột ngột

## 6.3 Hướng phát triển

Phát triển các tính năng mới:

- Bổ sung khả năng nhận dạng cử chỉ, cho phép người dùng điều khiển các thiết bị điện tử bằng các động tác tay đơn giản.
- Tích hợp trí tuệ nhân tạo (AI) để phân tích dữ liệu thu thập được, đưa ra các dự đoán về tình trạng sức khỏe và đưa ra các khuyến nghị phù hợp.
- Kết hợp với các cảm biến khác như cảm biến nhiệt độ, độ ẩm để tạo ra các giải pháp toàn diện hơn trong việc giám sát môi trường và sức khỏe.

Phát triển giao diện người dùng thân thiện:

- Xây dựng các ứng dụng di động và phần mềm trực quan để hiển thị dữ liệu thu thập được từ cảm biến một cách dễ hiểu.
- Tạo ra các giao diện lập trình ứng dụng (API) để các nhà phát triển có thể dễ dàng tích hợp MR60BHA1 vào các sản phẩm và dịch vụ của mình.

### **Tài liệu tham khảo:**

[https://www.youtube.com/watch?v=-N7A5Cli0sg&ab\\_channel=MATLAB](https://www.youtube.com/watch?v=-N7A5Cli0sg&ab_channel=MATLAB)

<https://www.seeedstudio.com/60GHz-mmWave-Radar-Sensor-Breathing-and-Heartbeat-Module-p-5305.html>

[https://wiki.seeedstudio.com/Radar\\_MR60BHA1/](https://wiki.seeedstudio.com/Radar_MR60BHA1/)

<https://www.mdpi.com/1424-8220/21/11/3588>