

\*\*\*\*\*

## Mục lục

<b>Phần I: Giới thiệu chung và lí do chọn đề tài .....</b>	<b>3</b>
<b>Phần II: Tổng quan và đặc tính của thiết bị nghiên cứu.....</b>	<b>4</b>
<b>Phần III: Nội dung nghiên cứu .....</b>	<b>5</b>
i. Tính tối ưu hóa của đề tài .....	5
1. <i>Chuẩn giao tiếp không dây, kết nối .....</i>	<i>6</i>
iii. Các linh kiện cấu thành đồng hồ.....	7
1. <i>Vi điều khiển tích hợp Wifi ESP - 32.....</i>	<i>7</i>
2. <i>Màn hình hiển thị sh1106 1,3 .....</i>	<i>7</i>
3. <i>IC thời gian thực Ds3231 .....</i>	<i>7</i>
4. <i>Mắt thu phát hồng ngoại .....</i>	<i>7</i>
5. <i>MPU6050 .....</i>	<i>7</i>
6. <i>Pin lithium-polymer .....</i>	<i>7</i>
iv. Hệ thống smarthome .....	7
v. Nguyên lý hoạt động .....	8
1. <i>Phương thức hoạt động.....</i>	<i>8</i>
2. <i>Sơ đồ khối và nguyên lý hoạt động .....</i>	<i>8</i>
vi. Trình tự và phương pháp nghiên cứu .....	9
1. <i>Phương pháp nghiên cứu.....</i>	<i>9</i>
2. <i>Các nguyên mẫu của sản phẩm .....</i>	<i>11</i>
3. <i>Kết luận:.....</i>	<i>13</i>
<b>Phần IV: Kết luận.....</b>	<b>14</b>

## Phần I: Giới thiệu chung và lí do chọn đề tài

**T**rong cuộc sống hiện đại, mỗi gia đình đều sử dụng rất nhiều thiết bị khác nhau. Hầu hết các thiết bị đều được điều khiển một cách thủ công. Một số thiết bị điều khiển từ xa như tivi, quạt điện, ...tuy nhiên vẫn phải sử dụng nút bấm. Điều này đôi khi gây ra nhiều bất tiện khi sử dụng.

Cuối thế kỉ 20 đánh dấu sự ra đời và phát triển internet và nhiều phương thức giao tiếp khác như hồng ngoại, wifi, bluetooth...Cùng với sự phát triển mạnh mẽ của internet, IoT (Internet of Things) ra đời. Đây là một bước tiến quan trọng trong sự phát triển nền tảng internet, sóng ...rất nhiều vấn đề về điều khiển từ xa đã được giải quyết một cách đơn giản. Thế kỉ 21 đánh dấu sự phát triển vượt bậc của công nghệ thông tin, cùng với đó các smarthome (ngôi nhà thông minh) được phát triển một cách nhanh chóng với nhiều ưu điểm nổi trội như có thể điều khiển bằng smart phone từ xa.

Nhưng điều đó liệu đã thực sự đã làm thỏa mãn nhu cầu của ta? Với nhu cầu không ngừng phát triển của xã hội và sự đam mê sáng tạo của hai học sinh THPT , hai tác giả đã tìm ra giải pháp giúp cho người dùng có thể điều khiển được nhiều thiết bị một cách tự do hơn mà không phụ thuộc quá nhiều vào smartphone nữa.

Thiết bị được nghiên cứu này sẽ gây khác biệt rất lớn nhưng lại rất đơn giản và độc đáo khi tương tác với nó, vậy đồng hồ điều khiển còn gọi là thiết bị “thần kì” bởi những đặc điểm khác, độc đáo hơn các loại điều khiển hay Smartphone.

	Remote	Smart phone	Thiết bị “thần kì”
<i>Hình dáng</i>	To	To	Nhỏ
<i>Tính di động</i>	Hạn chế	Có khả năng, kích cỡ vừa túi quần	Tiện lợi, có thể đeo trên người
<i>Khả năng tương tác với thiết bị khác</i>	Hạn chế	Nhiều thiết bị	Nhiều thiết bị
<i>Cách thức tương tác</i>	Dễ dàng	Khá phức tạp	Dễ dàng, mới lạ
<i>Giá thành</i>	Thấp	Cao	Thấp

*Bảng 1: So sánh giữa Remote, Smartphone và thiết bị “thần kì” \**

\* Được đánh giá theo những sản phẩm phổ biến nhất

## Phần II: Tổng quan và đặc tính của thiết bị nghiên cứu

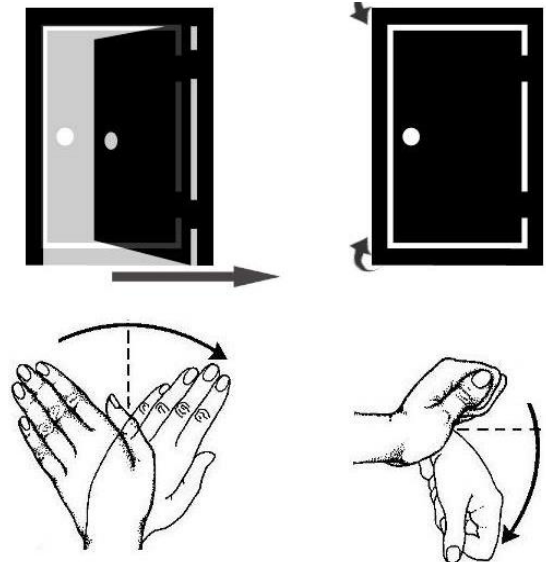
### ❖ Ý tưởng nghiên cứu:

- Chế tạo một chiếc đồng hồ mà khi đeo người dùng có thể dùng cử chỉ của tay chỉ để tương tác, điều khiển các thiết bị điện trong nhà
- Một chiếc đồng hồ đeo tay có khả năng thay thế một phần cho điện thoại thông minh trong việc quản lý hệ thống smart home
- Một chiếc đồng hồ đeo tay mở, tùy biến cao, có thể gắn thêm cảm biến và một số linh kiện khác mà người dùng mong muốn → một chiếc đồng hồ hay một thiết bị đeo tay có thể ứng dụng vào nhiều công việc, tác vụ khác nhau

### ❖ Đặc tính:

- Có thể điều khiển, quản lý các thiết bị đồ dùng trong gia đình qua hệ thống smart home.
- Thiết bị được chế tạo với mục đích tiết kiệm tối đa chi phí nên phù hợp với nhiều đối tượng, đặc biệt là các bạn trẻ có sở thích đam mê, tìm tòi, trải nghiệm công nghệ hay cả những người khuyết tật, giúp tiện lợi hơn trong đời sống sinh hoạt hằng ngày
- Cách sử dụng bằng cử chỉ mới và độc đáo:

Khi muốn điều khiển thiết bị nào người dùng có thể chọn trên đồng hồ thiết bị đó hoặc thiết bị gần nhất sẽ được chọn tự động sau đó người dùng chỉ việc vẫy tay hoặc các cử chỉ khác để điều khiển thiết bị đó.



Hình 1. Mô tả cách sử dụng

- Là một thiết bị có tính mở (open source software and hardware) người dùng có thể dễ dàng tùy biến, thay đổi chức năng trên đồng hồ (ví dụ : điều khiển máy bay RC theo cử chỉ , điều khiển tên lửa khí nén ..v...v) → phù hợp với maker, các bạn trẻ yêu thích mày mò ,sáng tạo

### ❖ Điểm mới trong phương pháp nghiên cứu:

- Sử dụng những giải pháp công nghệ 4.0:
  - Sử dụng công nghệ in 3D để thiết kế, chế tạo vỏ đồng hồ
  - Sử dụng các loại chip dành cho IOT, tích hợp wifi như: ESP32, ESP8266
  - Sử dụng giải pháp Arduino giúp dễ dàng trong việc lập trình, có cộng đồng và hệ sinh thái lớn, giúp rút ngắn thời gian nghiên cứu
- Sử dụng các mẫu khảo sát thực tế với nhóm đối tượng trẻ là học sinh để thay đổi và hoàn thiện sản phẩm

### Phần III: Nội dung nghiên cứu

#### i. Tính tối ưu hóa của đề tài

*Giải pháp tương tác, điều khiển với các thiết bị*

	<b>Ưu điểm</b>	<b>Nhược điểm</b>
<b><i>Điều khiển bằng cử chỉ tay</i></b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nhỏ gọn, tiện lợi, dễ sử dụng, mới lạ</li><li>- Chi phí thiết bị thấp</li><li>- Xử lý thông tin không quá phức tạp</li><li>- Mức độ tiêu thụ năng lượng thấp</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Có thể bị nhiễu, lẫn các lệnh</li><li>- Độ chính xác tương đối</li></ul>
<b><i>Điều khiển bằng giọng nói (VUI)</i></b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Tiện dụng, dễ sử dụng</li><li>- Phương thức tương đối mới</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Phần cứng phức tạp</li><li>- Chi phí thiết bị cao</li><li>- Mức tiêu thụ năng lượng cao</li><li>- Xử lý thông tin phức tạp</li><li>- Độ chính xác phụ thuộc vào người dùng</li></ul>
<b><i>Điều khiển bằng giao diện (GUI)</i></b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Là phương thức truyền thống</li><li>- Độ chính xác cao</li><li>- Mức độ tiêu thụ năng lượng thấp</li><li>- Giá thành rẻ và xử lý thông tin không quá phức tạp</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Thiếu tiện dụng, buộc người dùng phải chú tâm nhìn vào thiết bị</li><li>- Khó sử dụng với những diện tích nhỏ như mặt đồng hồ</li></ul>

*Bảng 2: so sánh các phương thức tương tác*

➔ Tuy sử dụng giao diện là phương án an toàn nhưng để đảm bảo tính mới và nâng cao chất lượng đời sống của người thì phương án sử dụng cử chỉ đảm bảo tính khả thi cao tuy nhiên cũng cần phải giảm thiểu tối đa nhược điểm của phương án này. Tuy nhiên phương án giọng nói cũng khá tiềm năng và sẽ có thể được đưa vào nghiên cứu trong tương lai

## ii. Cơ sở lý thuyết

### 1. Chuẩn giao tiếp không dây, kết nối

#### a. Hồng ngoại

Công nghệ truyền dẫn hồng ngoại được sử dụng trong các máy tính và chủ yếu trong các bộ điều khiển từ xa của sản phẩm điện tử tiêu dùng như: TV, điều hòa, đài, quạt,.....

➔ Đề tương tác với các thiết bị gia dụng truyền thống và phân biệt các thiết bị với nhau sử dụng giao tiếp hồng ngoại

#### b. Bluetooth, Wi-Fi

Phân loại	Bluetooth	Wi-Fi
<i>Khoảng cách</i>	10m	50m
<i>Giới hạn số thiết bị</i>	Không	Phụ thuộc vào AP
<i>Mức tiêu thụ năng lượng</i>	Thấp	Tương đối cao
<i>Tính chất</i>	Phức tạp	Phức tạp
<i>Tốc độ truyền</i>	1Mbps	1- 54Mbps
<i>Dải tần số</i>	2.4GHz	2.4GHz
<i>Nút mạng</i>	8	50
<i>Thời gian kết nối</i>	10s	3s
<i>Bảo mật</i>	64bit, 128bit	SSID
<i>Độ kết nối và tin cậy</i>	Cao	Trung Bình
<i>Chi Phí</i>	Thấp	Trung Bình
<i>Cách sử dụng</i>	Trung Bình	Khó

Bảng 3: So sánh các chuẩn kết nối

Wifi được sử dụng nhiều trong hệ thống smarthome tuy mức độ tiêu thụ điện năng lớn nhưng thay vào đó hệ thống smarthome IOT sử dụng wifi lại có độ cập biến cao, có thể kết nối với sever Online.

Còn với Bluetooth việc tích hợp có ưu điểm về năng lượng tiêu thụ cũng như giá thành và khoảng cách truyền dẫn vừa đủ và đặc biệt là được hỗ trợ bởi các smartphone trên thị trường. Nhưng thay vào đó hệ thống smarthome IOT sử dụng wifi có thể

⇒ Vậy sử dụng Wifi là hợp lý nhất do có thể giao tiếp, hoạt động với hệ thống smarthome MQTT và có thể kết nối online và có thể phục vụ cho các chức năng quản lý smarthome.

### iii. Các linh kiện cấu thành đồng hồ

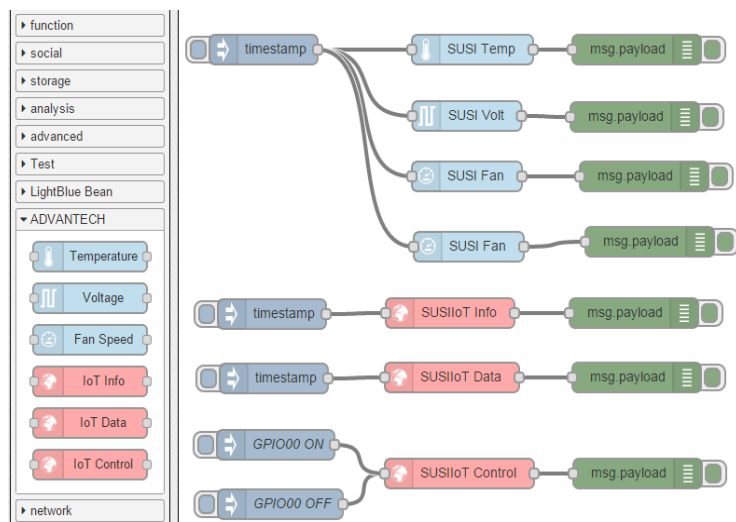
1. Vi điều khiển tích hợp Wifi ESP - 32
2. Màn hình hiển thị sh1106 1,3
3. IC thời gian thực Ds3231
4. Mắt thu phát hồng ngoại
5. MPU6050
6. Pin lithium-polymer

### iv. Hệ thống smarthome

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) là một giao thức gửi dạng publish/subscribe sử dụng cho các thiết bị Internet of Things với băng thông thấp, độ tin cậy cao và khả năng được sử dụng trong mạng lưới không ổn định. MQTT cũng là giao thức sử dụng trong Facebook Messenger)

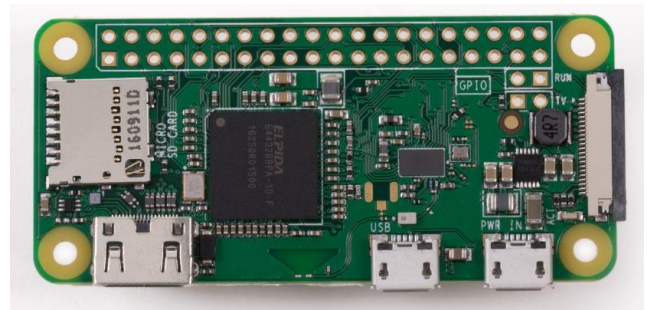
Đồng hồ điều khiển thông minh có thể hoạt động với các hệ thống smarthome sử dụng giao thức MQTT có mã nguồn mở, điển hình ở đây là một hệ thống smarthome đơn giản sử dụng mosquitto (MQTT server) và Node-red (công cụ phát triển IOT) chạy trên raspberry điều khiển các thiết bị thông qua module quản lý ESP8266.

Hình 9 Giao diện node-red (nguồn: npmjs.com)



### Máy tính nhúng Raspberry Pi zero W

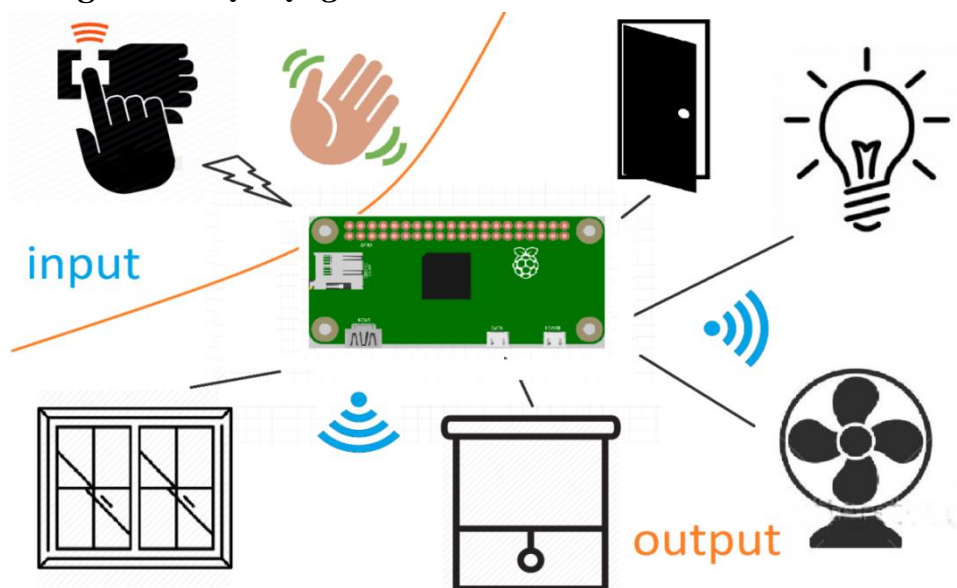
Raspberry Pi zero là dòng máy tính nhúng giá rẻ (khoảng hơn 220.000vnd) có kích thước nhỏ chạy HĐH Linux, có điện năng tiêu thụ thấp (5-10w), đơn giản dễ sử dụng phù hợp để làm server MQTT



Hình 10 Máy tính nhúng Raspberry pi zero W (nguồn: raspberry foundation)

## v. Nguyên lý hoạt động

### 1. Phương thức hoạt động

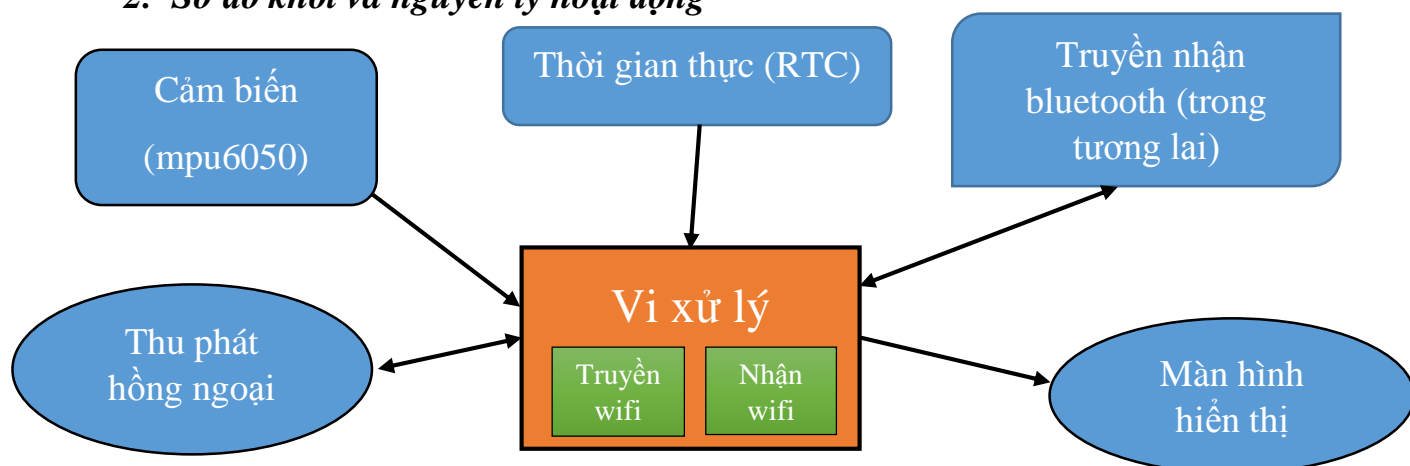


Hình 11: Kết nối hoạt động giữa các thiết bị

Khi đồng hồ hoạt động với chức năng chính là điều khiển các thiết bị:

- Input:
  - Khi người dùng bật chế độ điều khiển, đồng hồ sẽ gửi thông báo đến MQTT sever (raspberry pi) và từ đó server gửi thông báo đến tất cả các thiết bị trong nhà phát tín hiệu hồng ngoại ( mỗi thiết bị có tín hiệu riêng)
  - Người dùng chỉ tay vào các thiết bị, sóng hồng ngoại giúp đồng hồ nhận biết đâu là bị cần điều khiển và phân biệt chúng với nhau
  - Người dùng thực hiện cử chỉ đồng hồ sẽ nhận biết cử chỉ và gửi thông báo đến thiết bị cần điều khiển qua MQTT sever.
- Output:
  - Sau khi thông báo đến thiết bị sẽ thực hiện tác vụ người dùng mong muốn (vd: bật tắt đèn/quạt, mở đóng cửa/rèm cửa ,...v.v..)
  - Các thiết bị cũng có thể gửi về thông tin tình trạng hoạt động hoặc các số liệu từ cảm biến.

### 2. Sơ đồ khối và nguyên lý hoạt động





- ❖ Vi xử lý ESP32 là vi xử lý chính của hệ thống và phục vụ cho các chức năng: đồng hồ, xử lý từ các cảm biến và xuất thông tin qua các chuẩn kết nối và màn hình. Cụ thể:
  - Hiện giờ: VXL sẽ đọc giá trị thời gian từ chip thời gian thực (RTC) chuyển đổi cơ số và in ra thời gian sau mỗi giây
  - Điều khiển trong hệ thống smarhome: VXL sau khi nhận được lệnh của người dùng VXL sẽ truyền thông tin qua wifi khi đó trên mỗi thiết bị thông minh sẽ phát ra sóng hồng ngoại từ đó giúp VXL nhận biết được thiết bị cần điều khiển sau đó sẽ đọc các giá trị từ cảm biến và khi có các giá trị bất thường VXL sẽ lọc và nhận diện cử chỉ và gửi lại thông tin điều khiển về các thiết bị đó
  - Điều khiển đối với các thiết bị hồng ngoại phổ thông: VXL sau khi nhận được lệnh của người dùng VXL sẽ đọc các giá trị từ cảm biến và khi có các giá trị bất thường VXL sẽ lọc và nhận diện cử chỉ và gửi đi mã hồng ngoại tương ứng.
- ❖ Cảm biến góc gia tốc Mpu-6050 gồm 6 trục tự do trong đó:
  - Trục AcX,Y,Z: nhận biết chuyển động và gia tốc (tượng trưng 3 trục x,y,z trong không gian 3 chiều)
  - Trục GyX,Y,Z: nhận biết góc chuyển động và định hướng được người dùng dựa trên con quay hồi chuyển (tượng trưng 3 trục x,y,z trong không gian 3 chiều)
- ❖ Cảm biến gia tốc sau khi nhận được thay đổi về gia tốc, góc của các cử chỉ, chuyển động sẽ gửi về vi xử lý để xử lý dữ liệu
  - Màn hình chức năng chính để hiển thị giờ của đồng hồ hiển thị giờ, các thông tin để phục vụ các chức năng khác như Bluetooth, học và gán mã hồng ngoại hay các cử chỉ để điều khiển, ... được xuất ra từ vi xử lý
  - Mắt thu hồng ngoại 1838T nhận và giải mã dữ liệu để lưu vào bộ nhớ vi xử lý và nhận biết thiết bị trong nhà thông minh
  - Pin nguồn cung cấp năng lượng chính cho mọi linh kiện với pin đồng lithium có kích thước nhỏ và dung lượng lớn

## **vi. Trình tự và phương pháp nghiên cứu**

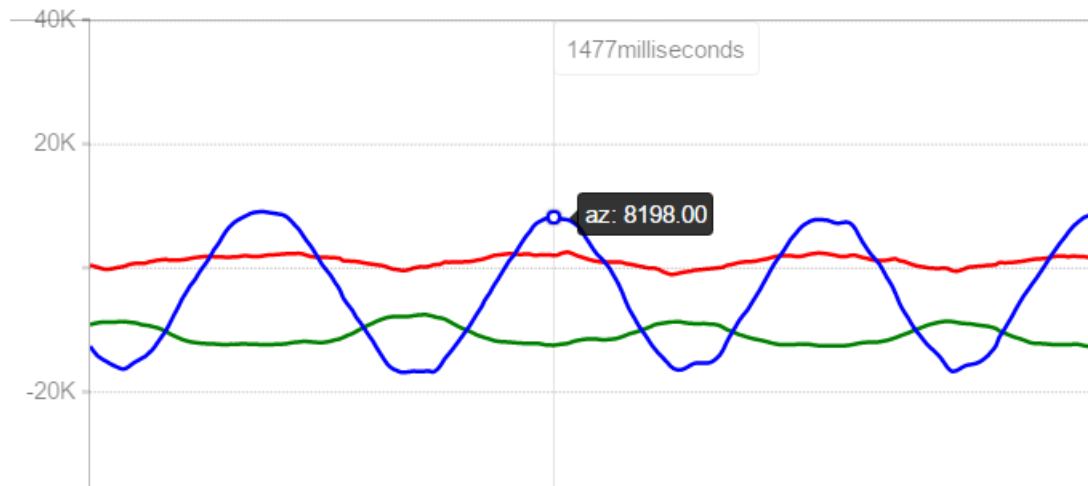
### **1. Phương pháp nghiên cứu**

#### **a. Giải pháp Arduino với ESP32**

Vi xử lý ESP 32 được nhà sx phá hành lỗi dành cho arduino giúp người dùng có thể sử dụng như một trình dịch (compiler) cho vi xử lý ESP32 từ đó ta có thể tận dụng được những đóng góp trong cộng đồng sinh thái arduino như các thư viện, phần mềm mã nguồn mở.

#### **b. Xử lý và nhận biết cử chỉ**

Như đã nêu ở trên, cộng đồng Arduino có rất nhiều thư viện mã nguồn mở, ở đây sử dụng thư viện mã nguồn mở i2cdevlib của tác giả jrowberg với cảm biến mpu6050, thư viện này sử dụng công nghệ DMP (Digital Motion Process) giúp cho tín hiệu ra bớt bởi các yếu tố bên ngoài. Các giá trị xuất ra từ cảm biến dưới dạng số nguyên (integer), các giá trị Ax-Ay-Az-Gx-Gy-Gz sẽ thay đổi khi thực hiện cử chỉ.



Hình 12: đồ thị các giá trị gia tốc theo thời gian

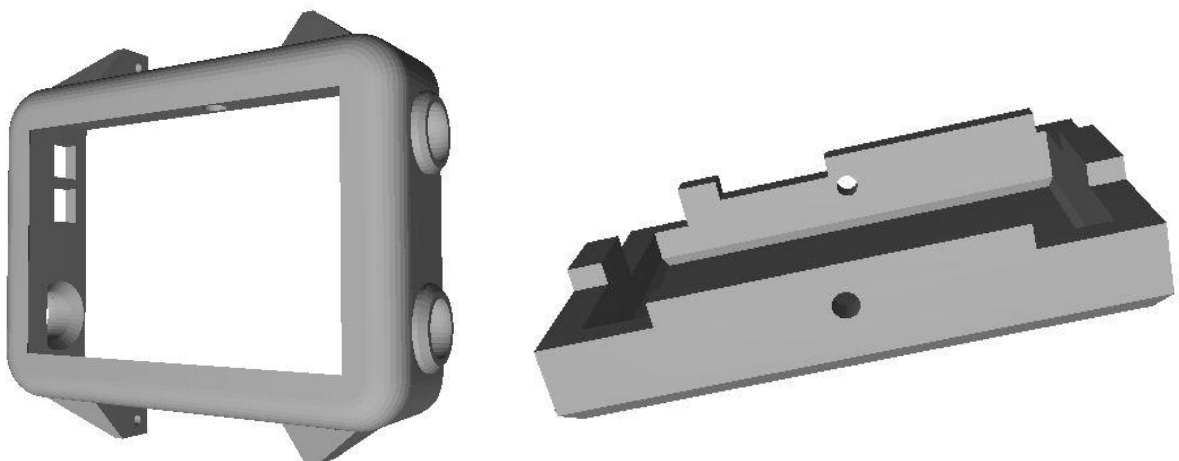
### Thuật toán xử lý

Trên một trục giá trị, khi có sự thay đổi đột ngột ở trục giá trị ấy (tăng hoặc giảm), vi xử lý sẽ nhận biết và ghi lại độ biến thiên lớn nhất (so với giá khi không thực hiện cử chỉ) và khoảng thời gian để biến thiên lớn nhất từ đó nhận biết được cử chỉ cụ thể.

Tương tự như trên, kết hợp với các trục giá trị và xử lý đồng thời với nhau ta có thể nhận biết được nhiều cử chỉ và cả những cử chỉ tương đối phức tạp.

### c. Sử dụng công nghệ in 3D để chế tạo vỏ sản phẩm

Công nghệ in 3D là công nghệ mới tiện dụng giúp ta gia công những sản phẩm bằng nhiều chất lượng khác nhau một cách dễ dàng với độ chi tiết và chính xác cao.

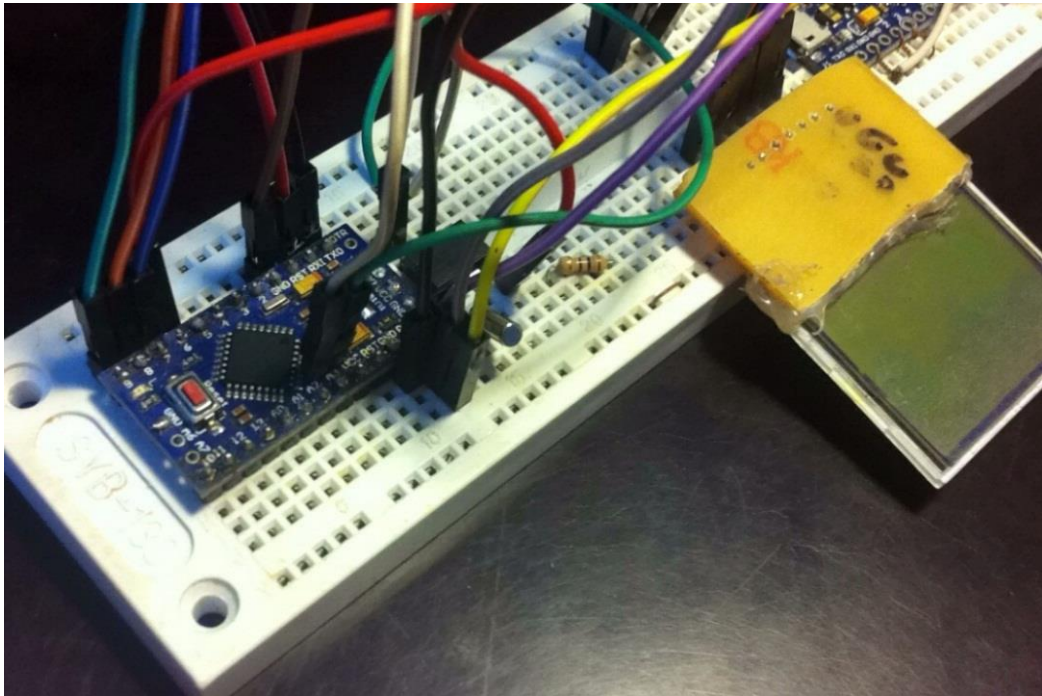


Hình 13: Vỏ đồng hồ điều khiển thông minh (dựa theo thiết kế của Bill Seiler)

## 2. Các nguyên mẫu của sản phẩm

### Phiên bản thử nghiệm đầu tiên (v0.1)

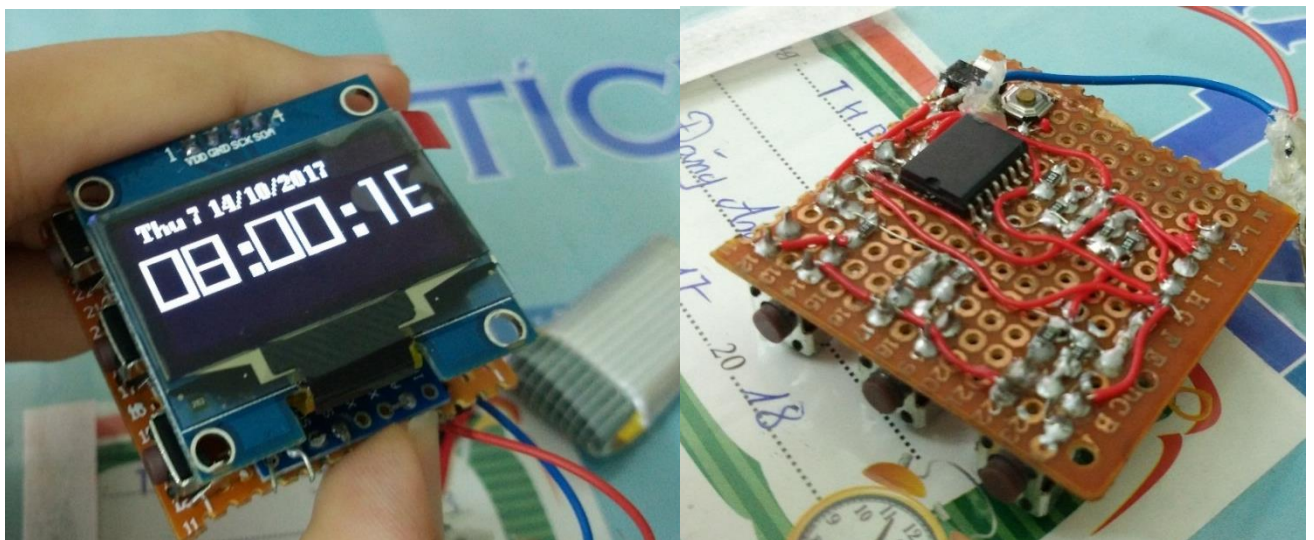
Đây là phiên bản nguyên mẫu đầu tiên của sản phẩm mới chỉ được xây dựng trên breadboard để chạy thử nghiệm cứu nên kích thước khá cồng kềnh. Phiên bản này sử dụng màn hình lcd 1202, vi xử lí 8 bit Atmega328p và chỉ có kết nối bằng hồng ngoại. Tuy nhiên nhận thấy có nhiều bất cập như dung lượng bộ nhớ (ram) thấp, chất lượng hiển thị chưa tốt và giá thành chưa tối ưu nên phiên bản này không được phát triển tiếp



Hình 19 phiên bản thử nghiệm v0.1

### Phiên bản thứ hai (v1.0)

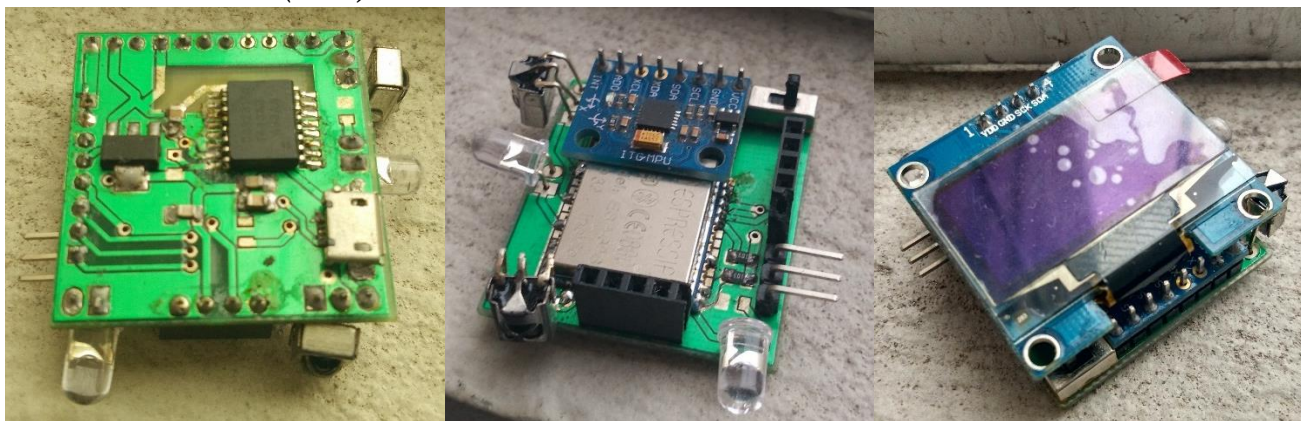
Phiên bản này khắc phục được hầu hết được yếu điểm của phiên bản kia với giá thành hợp lý, sức mạnh phần cứng được nâng lên cpu esp8266 32-bit và màn hình oled, hơn nữa con chip còn tích hợp sẵn wifi. Tuy nhiên phiên bản này vẫn còn là mạch câu dây nên thẩm mỹ chưa được bắt mắt



Hình 20: Nguyên mẫu phiên bản thứ hai (v1.0)



### ***Phiên bản thứ ba (v2.0)***



*Hình 21: Nguyên mẫu đồng hồ điều khiển thông minh (v2.0)*

Phiên bản này là một bản nâng cấp so với phiên bản thứ hai, phiên bản v2.0 được trang bị chip 2 nhân tích hợp Ble và Wifi tạo ra sự tối ưu về kích thước và chi phí, ngoài ra phiên bản này sử dụng mạch in giúp sản phẩm có tính thẩm mỹ cao hơn

### **Phiên bản thứ tư (v2.1)**

Đây là phiên bản nâng cấp nhẹ và tối ưu về mặt kích thước phần cứng của phiên bản v2.0 tích hợp thêm ic quản lý nguồn và 1 số linh kiện khác giúp nâng cao tính ổn định của sản phẩm. Tuy nhiên đây là phiên bản đang trong quá trình phát triển nên chưa hoàn thiện và đây cũng là phiên bản sử dụng vỏ in 3d như ở hình 13



*Hình 22: Nguyên mẫu đồng hồ điều khiển thông minh phiên bản v2.1 (không vỏ)*

### 3.Kết luận:

Sau quá trình nghiên cứu và thiết kế, chế tạo ra sản phẩm nhóm nghiên cứu đã rút ra được rất nhiều những kinh nghiệm và bài học:

#### a. Những điều đã đạt được

- Thiết bị được chế tạo đã bước đầu đáp ứng được yêu cầu đề ra, có được những chức năng điều khiển đầu tiên qua hồng ngoại và Wifi
- Có thể học mã hồng ngoại
- Thiết bị hoạt động tương đối chính xác, có độ nhạy tốt, có thời gian đáp ứng cử chỉ ngắn.
- Thiết bị hoạt động ổn định bước đầu
- Giá thành của thiết bị không cao
- Thiết kế và thử nghiệm sản phẩm nguyên mẫu

#### b. Những điểm còn hạn chế

- Mức tiêu thụ năng lượng lớn
- Chưa nhận diện tự động được các thiết bị smarthome
- Phát sinh thêm linh kiện trên mỗi thiết bị smart home
- Thiết bị có ngoại hình chưa bắt mắt
- Chưa thiết kế và phát triển được phần cứng ổn định
- Chưa gắn thêm được các cảm biến mở rộng
- Còn một số lỗi và độ chính xác chưa hoàn toàn và tính ổn định chưa cao

#### c. Kế hoạch hoàn thiện và phát triển

- Hoàn thiện các chức năng điều khiển wifi và hồng ngoại
- Hoàn thiện công nghệ nhận diện các thiết bị trong smarthome: sử dụng ngắt (interrupt) với mắt thu hồng ngoại để giúp nhận biết tín hiệu hồng ngoại (đặc trưng của mỗi thiết bị/đối tượng cần điều khiển) khi chương trình chính đang chạy từ đó nhận diện được thiết bị cần điều khiển.
- Phát triển các chức năng giúp mở rộng phần cứng và phần mềm
- Tìm ra giải pháp khắc phục tiêu hao năng lượng
- Phát triển thêm các chức năng chăm sóc sức khỏe
- Tìm ra loại màn hình tốt hơn phục vụ cho việc đọc thông báo dễ dàng hơn và có thể thay thế dễ dàng, tiết kiệm năng lượng hơn.
- Thu nhỏ và giảm thiểu tối đa các chi phí tối ưu phần mềm và phần cứng
- Thiết kế dây đeo và vỏ đồng hồ hoàn chỉnh, đảm bảo tính thẩm mỹ và phù hợp với nhiều đối tượng sử dụng

## **Phần IV: Kết luận**

Với những nỗ lực tìm tòi, học hỏi và đam mê sáng tạo của bản thân, chúng tôi đã thực hiện được các công việc sau:

- Nghiên cứu cơ sở lí thuyết về các chuẩn giao tiếp không dây
- Nghiên cứu chuẩn giao tiếp giữa các vi điều khiển.
- Nghiên cứu về các phần mềm cần thiết để điều khiển các vi mạch.
- Nghiên cứu chức năng, cấu tạo và nguyên lí hoạt động của các linh kiện cần thiết cho một chiếc đồng hồ thông minh
- Thiết kế sơ đồ khối, sơ đồ nguyên lí của đồng hồ thông minh
- Tiến hành các thí nghiệm và thực nghiệm
- Tiến hành chế tạo thiết bị nguyên mẫu, hoạt động tương đối ổn định
- Biết cách thiết kế mạch in (PCB) cho sản phẩm
- Đánh giá những ưu, nhược điểm của thiết bị và đề ra những định hướng nghiên cứu trong thời gian tiếp theo.

Có thể nói, dù còn những hạn chế nhưng nhìn chung, chúng tôi đã đạt được những mục tiêu ban đầu đặt ra đó là vừa thỏa mãn niềm đam mê tìm hiểu, đam mê sáng tạo vừa chế tạo ra được một thiết bị mà theo chúng tôi, nó có thể mang lại lợi ích lớn cho xã hội khi hoàn thiện. Thiết bị của chúng tôi tạo ra nếu được phát triển tiếp, được đầu tư bài bản hơn và nhất là được sự quan tâm của các nhà nghiên cứu, các kĩ sư thiết kế, chế tạo thì chắc chắn có thể áp dụng một cách rộng rãi trong kĩ thuật và cuộc sống. Nó sẽ góp phần thúc đẩy sự phát triển của xã hội đặc biệt là khi Việt Nam đang đứng trước làn sóng mới của cuộc cách mạng công nghiệp 4.0

Hà Nội, 03/2018