

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HCM
KHOA ĐÀO TẠO CHẤT LƯỢNG CAO
☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

NGHIÊN CỨU THUẬT TOÁN DI CHUYỂN MOBILE ROBOT

GVHD: Ths. Trần Thanh Lam

SVTH

Nguyễn Hoàng Danh

Nguyễn Tấn Duy

Đỗ Đình Long

MSSV

18146090

18146092

18146157

Tp. Hồ Chí Minh, 27 tháng 7 năm 2022

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ ĐỀ TÀI

1.1. Lý do chọn đề tài

Nhằm phục vụ giúp cho nền công nghiệp đang phát triển vô cùng năng động và đang là một trong những xu thế trên toàn thế giới, không thể thiếu đến Mobile Robot. Mobile Robot là một loại thiết bị điện tử có thể hiện thực hóa công việc một cách tự động bằng cách điều khiển, lập trình trên máy tính hoặc các bo mạch trên những máy tính nhúng vi điều khiển. Mobile Robot phải có một trong các đặc điểm sau đây: được sáng tạo ra bởi con người, có khả năng nhận biết môi trường xung quanh và tương tác với những vật thể được đặt ngẫu nhiên trong môi trường, có khả năng đưa ra các lựa chọn nhanh và chính xác, được điều khiển tự động theo trình tự lập trình sẵn, có thể điều khiển bằng các lệnh có thể thay đổi theo yêu cầu của người dùng, có thể tiến trên các bề mặt mà không cần cài đặt.

Để góp phần phát triển khoa học công nghệ nước nhà, nhóm chúng em đã chọn “**Mobile Robot, chuyển động đa hướng, bánh xe Omni**”. Từ những suy nghĩ đó chúng em sử dụng những kiến thức mình có để nghiên cứu chế tạo Mobile Robot trong phạm vi đồ án tốt nghiệp với ước mơ đóng góp vào sự phát triển của nước nhà chế tạo Robot của trong thời gian sắp tới giúp đất nước phát triển.

1.2. Mục tiêu của đề tài

- Nghiên cứu, thiết kế Mobile Robot có ngoại hình gần gũi phù hợp với các ứng dụng của doanh nghiệp, dễ dàng tương tác.
- Xác định được vị trí của Robot trong khu vực hoạt động.
- Phát hiện vật cản có thể dừng lại hoặc né tránh

1.3. Nội dung của đề tài

Với những mục tiêu đề ra và với những yêu cầu đặt ra của đồ án tốt nghiệp, nhóm sẽ hoàn thiện sản phẩm với các nội dung sau:

- Nghiên cứu, thiết kế Mobile Robot có ngoại hình gần gũi phù hợp với các ứng dụng của doanh nghiệp, dễ dàng tương tác.
- Xác định được vị trí của Robot trong khu vực hoạt động.
- Phát hiện vật cản có thể dừng lại hoặc né tránh

1.4. Phương pháp nghiên cứu

Để thực hiện đề tài này, nhóm thực hiện sử dụng phương pháp chủ yếu là kết hợp giữa nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm kết quả. Về nghiên cứu lý thuyết, nhóm đã tham khảo các tài liệu về cơ khí, lập trình, điện - điện tử, các tài liệu nghiên cứu trong và ngoài nước, các đề tài chế tạo Mobile Robot đã được làm ra. Về thực nghiệm, nhóm đã tiến hành thiết kế, lắp đặt thi công mô hình Mobile Robot, Ngoài ra, nhóm cũng kết hợp các kiến thức chuyên ngành cơ điện tử, kiến thức đa ngành, sử dụng các phần mềm máy tính để tính toán, thiết kế, mô phỏng, xây dựng mô hình thực nghiệm, qua đó có thể đáp ứng các đặc điểm của Mobile Robot cho phù hợp với yêu cầu.

CHƯƠNG 2: THIẾT KẾ CƠ KHÍ CHO MOBILE ROBOT

2.1 Tính toán động học cho robot

Gọi $v_x(t)$, $v_y(t)$, $\omega(t)$ là vận tốc tức thời của robot trên hệ trục tọa độ Oxy.

$$\begin{aligned} v_x(t) &= \frac{dx(t)}{dt} \\ v_y(t) &= \frac{dy(t)}{dt} \\ \omega(t) &= \frac{d\theta(t)}{dt} \end{aligned} \quad (4.1)$$

Chiếu các vận tốc trên lên hệ trục tọa độ $O_{x_1y_1}$ gắn với robot, ta có:

$$\begin{aligned} v(t) &= v_x(t) \cos(\theta(t)) + v_y(t) \sin(\theta(t)) \\ vn(t) &= -v_x(t) \sin(\theta(t)) + v_y(t) \cos(\theta(t)) \\ \omega_1(t) &= \omega(t) \end{aligned} \quad (4.2)$$

Viết lại các công thức trên dưới dạng ma trận, ta được công thức, ta nhận được công thức liên hệ giữa vận tốc theo 2 hệ trục tọa độ khác nhau:

$$\begin{bmatrix} v(t) \\ vn(t) \\ \omega_1(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta(t)) & \sin(\theta(t)) & 0 \\ -\sin(\theta(t)) & \cos(\theta(t)) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x(t) \\ v_y(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

Xét trong hệ trục gắn với robot, $O_{x_1y_1}$, giả sử robot chuyển động với các vận tốc là $v(t)$, $vn(t)$ và $\omega(t)$, ta có công thức tính vận tốc của các bánh là:

$$\begin{aligned} v_1(t) &= -v(t) \sin(\pi/3) + vn(t) \cos(\pi/3) + \omega_1(t) d \\ v_2 &= -vn(t) + \omega(t) d \\ v_3(t) &= v(t) \sin(\pi/3) + vn(t) \cos(\pi/3) + \omega_1(t) d \end{aligned} \quad (4.4)$$

Viết lại hệ phương trình (4.4) ta thu được dạng ma trận:

$$\begin{bmatrix} v_1(t) \\ v_2(t) \\ v_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin(\pi/3) & \cos(\pi/3) & d \\ 0 & -1 & d \\ \sin(\pi/3) & \cos(\pi/3) & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v(t) \\ vn(t) \\ \omega_1(t) \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

Giải hệ phương trình trên ta có:

$$\begin{aligned} v(t) &= \frac{\sqrt{3}}{3} (v_3(t) - v_1(t)) \\ vn(t) &= \frac{1}{3} (v_3(t) + v_1(t)) - \frac{2}{3} v_2(t) \\ \omega_1(t) &= \frac{1}{4d} (v_1(t) + v_2(t) + v_3(t)) \end{aligned} \quad (4.6)$$

Các công thức trên cho phép ta tính vận tốc của các robot(vận tốc theo các phương của trục tọa độ và vận tốc robot) khi đã biết vận tốc các bánh xe.

2.2 Tính toán động lực học cho robot

Theo phương trình các phương trình tính gia tốc và gia tốc góc cho một vật

$$M\dot{v} = F$$

$$J\dot{\omega} = T$$

Ta có:

$$\begin{aligned} m \frac{dv(t)}{dt} &= F_v(t) - F_{Bv}(t) - F_{Cv}(t) \\ m \frac{dvn(t)}{dt} &= F_{vn}(t) - F_{Bvn}(t) - F_{Cvn}(t) \\ J \cdot \frac{d\omega(t)}{dt} &= T(t) - T_{B\omega}(t) - T_{C\omega}(t) \end{aligned} \quad (4.7)$$

Trong đó:

$m[\text{kg}]$: Khối lượng robot

$J[\text{kgm}^2]$: Mô men quán tính của robot

$F_{Bv}, F_{Bvn}[\text{N}]$: Lực ma sát nhớt dọc theo phương Ox_1 và Oy_1 tác dụng lên robot

$T_{B\omega}[\text{Nm}]$: Mô men ma sát nhớt tác dụng lên robot

$F_{Cv}, F_{Cvn}[\text{N}]$: Lực ma sát khô dọc theo phương Ox_1 và Oy_1 tác dụng lên robot

$T_{C\omega}[\text{Nm}]$: Mô men ma sát khô tác dụng lên robot

Lực ma sát nhớt tỉ lệ với vận tốc của robot , xem hình 4.4.:

$$F_{Bv}(t) = B_v v(t)$$

$$F_{Bvn}(t) = B_{vn} vn(t)$$

$$F_{Bvn}(t) = B_{\omega} \omega(t)$$

$B_v, B_{vn}[\text{N}/(\text{m/s})]$: Hệ số ma sát nhớt

$B_{\omega}[\text{N}/(\text{rad/s})]$: Hệ số ma sát nhớt do vận tốc quay

Độ lớn của lực ma sát khô là hằng số, xem hình 4.4:

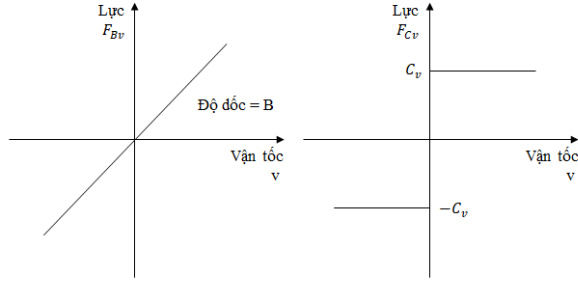
$$F_{Cv}(t) = C_v \text{sign}(v(t))$$

$$F_{Cvn}(t) = C_{vn} \text{sign}(vn(t)) \quad (4.8)$$

$$T_{C\omega}(t) = C_{\omega} \text{sign}(\omega(t))$$

$C_v, C_{vn}[\text{N}]$: Hệ số ma sát khô dọc theo phương Ox_1 và Oy_1

$C_{\omega}[\text{Nm}]$: Hệ số ma sát khô theo ω



Hình 2.1 Hệ số ma sát khô và hệ số ma sát ướt

Mối quan hệ giữ lực kéo của robot, mô men quay và lực quay trên mỗi bánh được đưa vào công thức sau:

$$F_v(t) = (f_3(t) - f_1(t)) \sin \frac{\pi}{3}$$

$$F_{vn}(t) = -f_2(t) + (f_3(t) + f_1(t)) \cos \frac{\pi}{3}$$

$$T(t) = (f_1(t) + f_2(t) + f_3(t))d$$

Lực tác dụng lên robot dọc theo phương O_{x_1} và O_{y_1} : $F_v, F_{vn}[\text{N}]$

Mô men robot (theo ω): $T[\text{Nm}]$

Lực kéo trên mỗi bánh được ước lượng theo mô men kéo có thể xác định được bằng cách sử dụng dòng điện của động cơ, được miêu tả bằng công thức dưới đây :

$$f(t) = \frac{T(t)}{r} \quad (4.11)$$

$$T(t) = K \cdot i(t)$$

r : bán kính bánh xe

l : Hệ số của hộp tốc độ

$r[\text{m}]$: Bán kính bánh xe

$K_t[\frac{\text{Nm}}{\text{A}}]$: Hằng số mô men động cơ

$i_j[\text{A}]$: Dòng động cơ

2.3 Tính toán cho động cơ

$$u_j(t) = L \frac{di_j(t)}{dt} + R i_j(t) + K_v \omega_{mj}(t) \quad (4.12)$$

$$T_j(t) = K_t i_j$$

$L[\text{H}]$: Độ tự cảm của động cơ

$R[\Omega]$: Điện trở của động cơ

$K_v[\text{V}/(\text{rad/s})]$: Hằng số suất điện động ngược

$u_j[\text{V}]$: Điện áp động cơ

ω_{mj} [rad/s]: Vận tốc quay của động cơ

T_{mj} : Mô men động cơ thứ j

Trong trạng thái ổn định, độ tự cảm L bằng 0, nên ta có thể viết lại công thức:

$$u_j(t) = Ri_j(t) + K_v\omega_{mj}(t)$$

$$\frac{u_j(t)}{i_j(t)} = R + \frac{K_v\omega_{mj}(t)}{i_j(t)} \quad (4.13)$$

Kết hợp công thức ở trên ta có công thức:

$$\frac{dx(t)}{dt} = Ax(t) + Bu(t) + Ksign(x) \quad (4.14)$$

$$x(t) = [v(t) \quad vn(t) \quad \omega(t)] \quad (4.15)$$

Công thức này trình bày cách tính gia tốc của robot theo phương v, vn và gia tốc góc cho robot.

Trong đó ta có:

$$A = diag(A_{11}, A_{22}, A_{33})$$

$$A_{11} = -\frac{3K_t^2 l^2}{2r^2 RM} - \frac{B_v}{M}$$

$$A_{22} = -\frac{3K_t^2 l^2}{2r^2 RM} - \frac{B_{vn}}{M}$$

$$A_{33} = -\frac{3dK_t^2 l^2}{r^2 RJ} - \frac{B_\omega}{J}$$

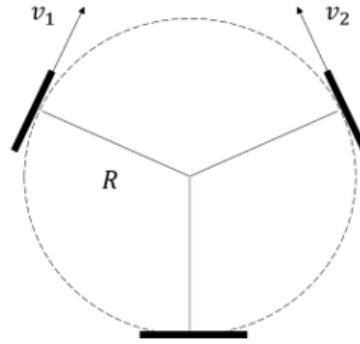
$$B = \frac{lK_t}{rR} \begin{bmatrix} -\frac{\sqrt{3}}{2M} & 0 & \frac{\sqrt{3}}{2M} \\ \frac{1}{2M} & \frac{1}{M} & \frac{1}{2M} \\ \frac{d}{J} & \frac{d}{J} & \frac{d}{J} \end{bmatrix}$$

$$K = diag(-\frac{C_v}{M}, -\frac{C_{vn}}{M}, -\frac{C_\omega}{M})$$

2.4 Tính toán động học cho một số chuyển động cơ bản

Các chuyển động dùng để lập trình cho robot gồm có:

Chuyển động tịnh tiến: Khi cho 2 bánh bất kỳ trong 3 bánh quay cùng lúc theo 1 phương nào đó (2 bánh đó quay ngược chiều nhau) thì sẽ làm cho robot chuyển động tịnh tiến.



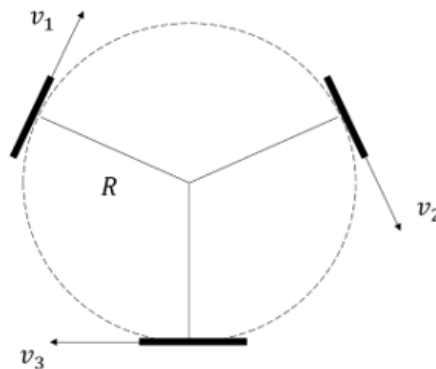
Hình 2.2 Chuyển động tịnh tiến

Ví dụ: Khi cho 2 bánh xe V1 và V 2 theo phương như hình vẽ 2.4 với r là bán kính của bánh xe Omni. Giả sử 2 bánh xe cùng quay với vận tốc ω (quay ngược chiều nhau) có vector vận tốc dài là V1 và V2 .

Tổng hợp 2 chuyển động trên ta có vector chuyển động tịnh tiến của robot:

$$v_{tt} = 2v_1 \cos \varphi = 2v_2 \cos \varphi = 2\omega r \cos 30^\circ = \sqrt{3}\omega r$$

Chuyển động quay: Khi cho 3 bánh xe quay cùng chiều thì sẽ làm cho robot quay quanh tâm của nó (hình 2.5). Tùy vào góc quay mà độ lớn vận tốc và hướng quay của các bánh sẽ khác nhau. Căn cứ vào vận tốc các bánh mà ta có thể điều khiển góc quay và vận tốc của robot.



Hình 2.3 Chuyển động quay

2.5 Tính toán lựa chọn động cơ

Khối lượng ước tính $m = 10\text{kg}$, vận tốc $v = 0.25\text{m/s}$, bán kính bánh xe chính $r = 50\text{mm}$, hệ số ma sát của bánh xe $\mu = 0.3$, $g = 9.8\text{m/s}^2$.

Theo định luật 2 Newton:

$$\Sigma F = F_w - F_f = ma$$

$$F_w = ma + F_f$$

$$F_w = ma + \mu mg$$

$$F_w = 31.9\text{ N}$$

Momen của động cơ

$$T = F_w r = 1.595\text{ N.m}$$

Số vòng quay của trục động cơ (vòng/phút)

$$N = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} \text{ (vòng/phút)}$$

$$N = \frac{15 \cdot 1000}{\pi \cdot 100} = 48 \text{ (vòng/phút)}$$

$$\omega = \frac{N \cdot 2\pi}{60} = 5.03 \text{ (rad/s)}$$

Công suất cần thiết:

$$P = T\omega = 10.2 \text{ W}$$

Hiệu suất của hộp số: $\eta_1 = 0.97$

Hiệu suất của động cơ: $\eta_2 = 0.85$

Hiệu suất của hệ thống: $\eta = \eta_1 \eta_2 = 0.8$

$$P_t = \frac{P}{\eta} = 12.75 \text{ W}$$

Với $T = 1.585 \text{ N.m}$, $P_t = 12.75 \text{ W}$, $N=48\text{v/p}$.

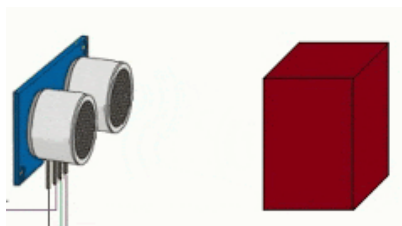
Ta chọn động cơ DC Servo JGB37-520 DC Geared Motor.

Thông tin sản phẩm: Động cơ DC Servo JGB37-520 DC Geared Motor



Hình 2.4 Động cơ DC Servo JGB37-520 DC Geared Motor

2.6 Tính toán chọn số cảm biến



Hình 2.5 Sử dụng cảm biến



Hình 2.6 Sử dụng xử lý ảnh

Cảm biến siêu âm US015 là một dạng cảm biến module. Cảm biến này thường chỉ là một bản mạch, hoạt động theo nguyên lý thu phát sóng siêu âm bởi 2 chiếc loa cao tần.

Tính toán chọn số lượng cảm biến:

Di chuyển cơ bản của robot là di chuyển tịnh tiến vì vậy ta gắn cảm biến vào hướng di chuyển thẳng của cảm biến như hình vẽ.

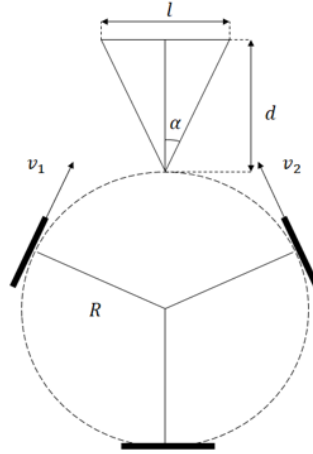
d (mm) khoảng cách phát hiện vật của US-015.

α ($^{\circ}$) góc cảm biến.

l (mm) khoảng quét vật của cảm biến

R (mm) bán kính của robot

v_1, v_2 (m/s) vận tốc của hai bánh trước



Hình 2.7 Mô phỏng cách một cảm biến quét trong không gian

Theo thông số của cảm biến US-015 ta có:

$$d_{max} = 4\text{m} = 4000\text{mm}$$

$$\alpha = 15^{\circ}$$

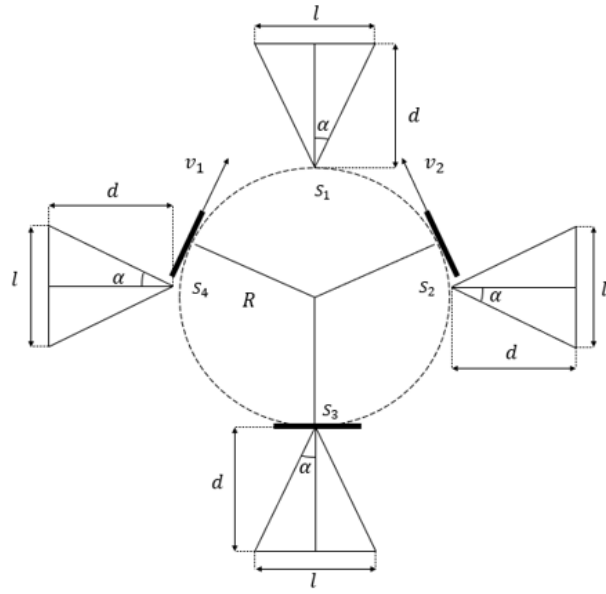
$$\frac{l_{max}}{2} = \sin(\alpha) \times d_{max} = \sin(15^{\circ}) \times 4000 = 1035.3 \text{ (mm)}$$

$$\Rightarrow l_{max} = 2070.55 \text{ (mm)}$$

Ví dụ: Chọn $d = 100\text{mm}$ ta tìm được khoảng quét :

$$\frac{l}{2} = \sin(\alpha) \times d = \sin(15^{\circ}) \times 100 = 26 \text{ mm} \Rightarrow l = 52 \text{ mm}$$

Tránh trường hợp 2 cảm biến quét cùng một khoảng quét ta chọn 4 cảm biến phân bố như hình:

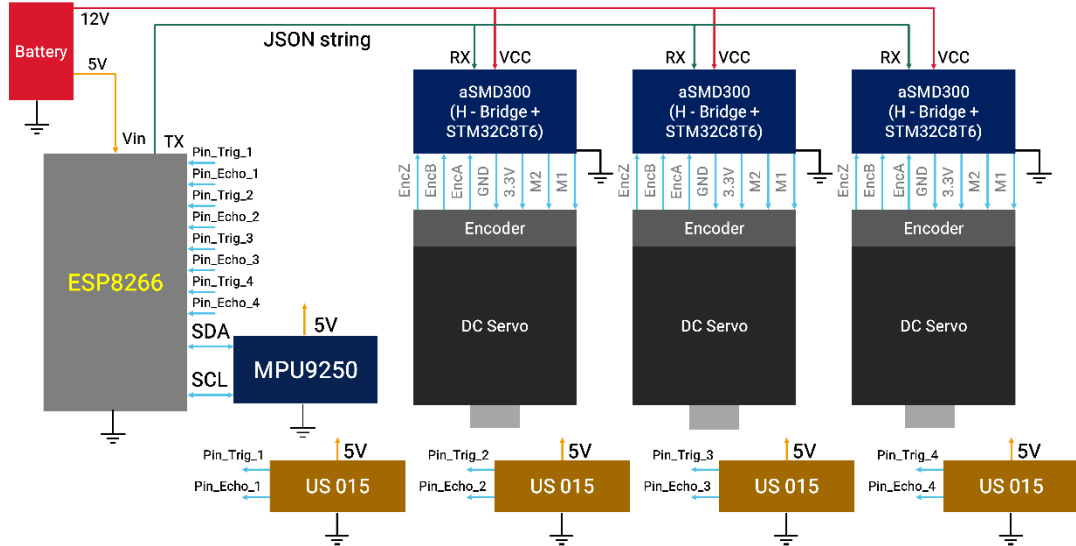


Hình 2.8 Cách phân bố cảm biến trên Mobile Robot

CHƯƠNG 3: XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐIỆN – ĐIỀU KHIỂN

3.1 Hệ thống điều khiển Mobile Robot

Mạch điều khiển robot có nhiệm vụ điều khiển động cơ, đọc tín hiệu từ encoder và MPU6050 để xác định vị trí Robot, đọc tín hiệu cảm biến siêu âm để phát hiện vật cản.



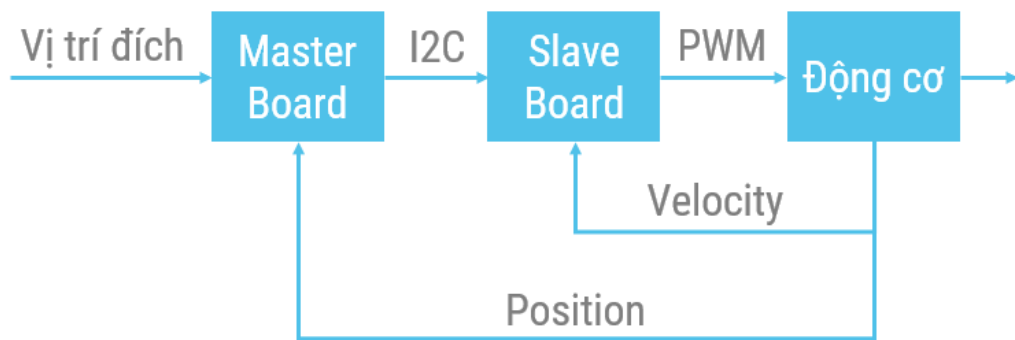
Hình 3.1 Sơ đồ khối hệ thống điều khiển Mobile Robot

Trong đó:

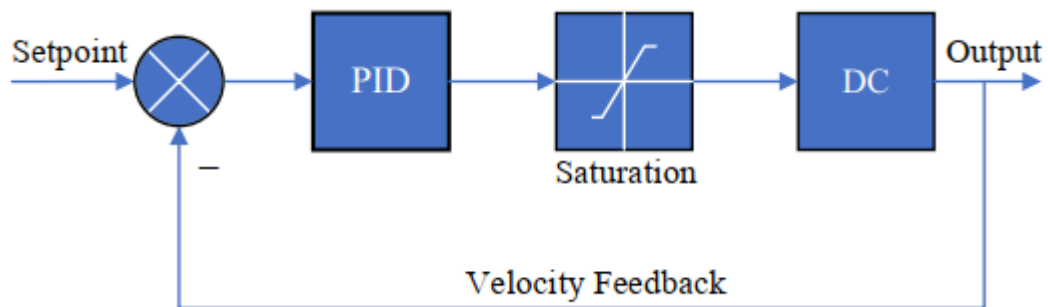
- aSMD350 Driver là khối xử lý trung tâm H-Brigde và STM32F103C8T6, giúp điều khiển động cơ cũng như xử lý các tín hiệu cảm biến.
- MPU6050(GY-521) xác định góc xoay.
- Encoder xác định vận tốc xe.
- Cảm biến siêu âm US-015.

3.1.1 Điều khiển động cơ

Để điều khiển động cơ ổn định ở tốc độ mong muốn, nhóm sử dụng một aSMD350 cho mỗi động cơ. Các Driver giao tiếp với nhau qua giao thức I2C. Bộ điều khiển sẽ tính toán ra các giá trị vận tốc. Mạch điều khiển gửi giá trị của vận tốc về bộ Master. Driver nhận được dữ liệu vận tốc tiến hành điều khiển tốc độ động cơ và đọc giá trị encoder để phản hồi vận tốc. Driver sử dụng bộ điều khiển PID để điều khiển động cơ. Giá trị vận tốc tính được từ encoder sẽ được đưa về mạch Master để tính toán vị trí của Robot và Driver đọc để điều khiển PID cho động cơ.



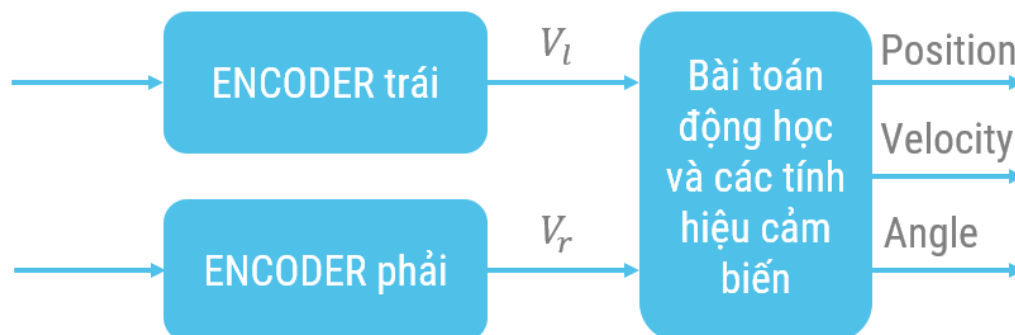
Hình 3.2 Sơ đồ khối điều khiển động cơ



Hình 3.3 Giải thuật điều khiển động cơ PID

3.1.2 Xác định tọa độ và góc quay của Mobile Robot

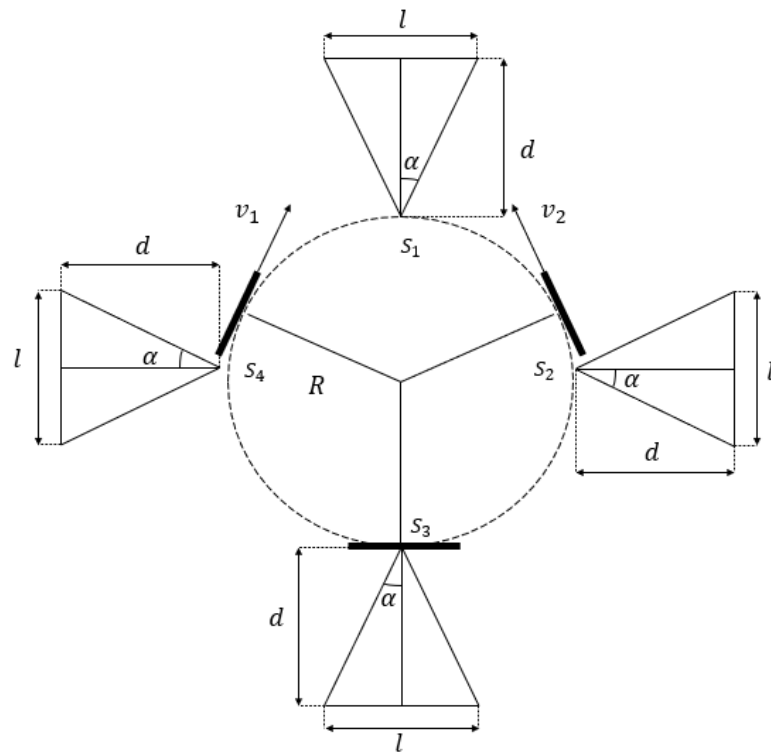
Sử dụng bộ mã hóa số vòng quay bánh xe (encoder).



Hình 3.4 Sơ đồ khối xác định vị trí của Mobile Robot trong không gian

3.1.3 Phát hiện vật cản

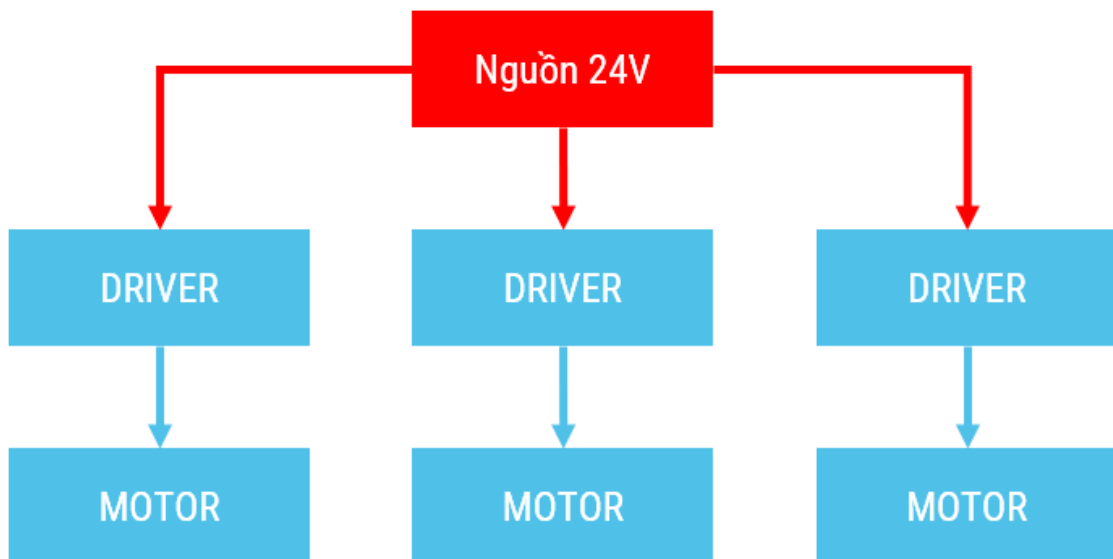
Trong đề tài này nhóm sử dụng cảm biến siêu âm để phát hiện vật cản. Cảm biến siêu âm có đặc điểm ít bị nhiễu bởi môi trường, độ chính xác ở mức độ vừa phải, dễ lập trình điều khiển.



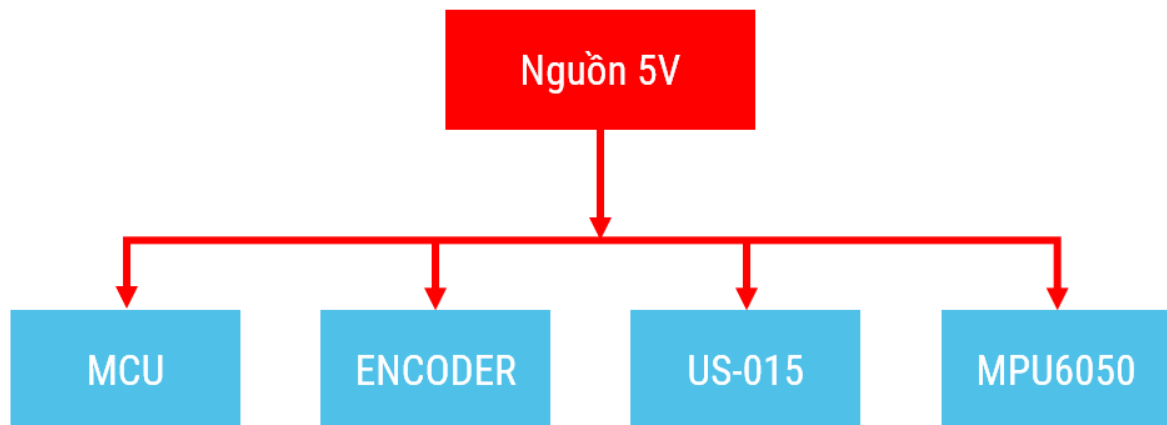
Hình 3.5 Các góc quét của cảm biến siêu âm

3.2 Hệ thống điện Mobile Robot

3.2.1 Tổng quan hệ thống điện



Hình 3.6 Sơ đồ cấp nguồn 24V



Hình 3.7 Sơ đồ cấp nguồn 5V

3.2.2 Các thiết bị được sử dụng trên Mobile Robot

3.2.2.1. Automotive 300W Single Motor Driver



aSMD300

automotive 300W Single Motor Driver

Specifications

Dimension	64x53x12 (mm)
Voltage range	12-30VDC
Rated Current	12A*
Peak Current	20A*
MCU	STM32 open source PID control
Protection	Fast fuse/over current/ over

Hình 3.8 Đặc tính của aSMD300

aSMD300 là một bộ Driver được tích hợp MCU STM32. Dễ dàng sử dụng lắp ráp để điều khiển nhiều động cơ một lúc. Gồm nhiều cách giao tiếp như: I2C, Uart, CAN.

3.2.2.2. Động cơ

Động cơ DC Servo JGB37-520 DC Geared Motor



Hình 4.9 Động cơ DC Servo JGB37-520 DC Geared Motor

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp sử dụng: 12VDC

- Đường kính: 37mm

3.2.2.3. Cảm biến gia tốc MPU9250



Hình 4. 10 MPU9250

Thông tin kỹ thuật:

- Điện áp sử dụng: 3~5VDC
- Điện áp giao tiếp: 3~5VDC
- Chuẩn giao tiếp: I2C
- Giá trị Gyroscopes trong khoảng: +/- 250 500 1000 2000 degree/sec
- Giá trị Acceleration trong khoảng: +/- 2g, +/- 4g, +/- 8g, +/- 16g
- Giá trị Magnetometer trong khoảng: +/- 4800 μ T
- Board mạch mạ vàng, linh kiện hàn tự động bằng máy chất lượng tốt nhất.

3.2.2.4. Cảm biến siêu âm đo khoảng cách vật cản



Hình 3.11 US-015

Thông số kỹ thuật:

- Điện thế hoạt động: DC 5V
- Dòng tiêu thụ: 2.2mA
- Khoảng nhiệt độ hoạt động: 0 - 70°C
- Chuẩn tín hiệu: TTL
- Góc quét: < 15 độ
- Khoảng cách nhận: 2 ~ 400cm

- Độ chính xác: $0.3\text{cm} + 1\%$.

3.2.2.5. *Acquy*

- Bình Acquy GS GTZ5S được sản xuất tại tập đoàn sản xuất ắc quy GS Nhật Bản nổi tiếng thế giới.

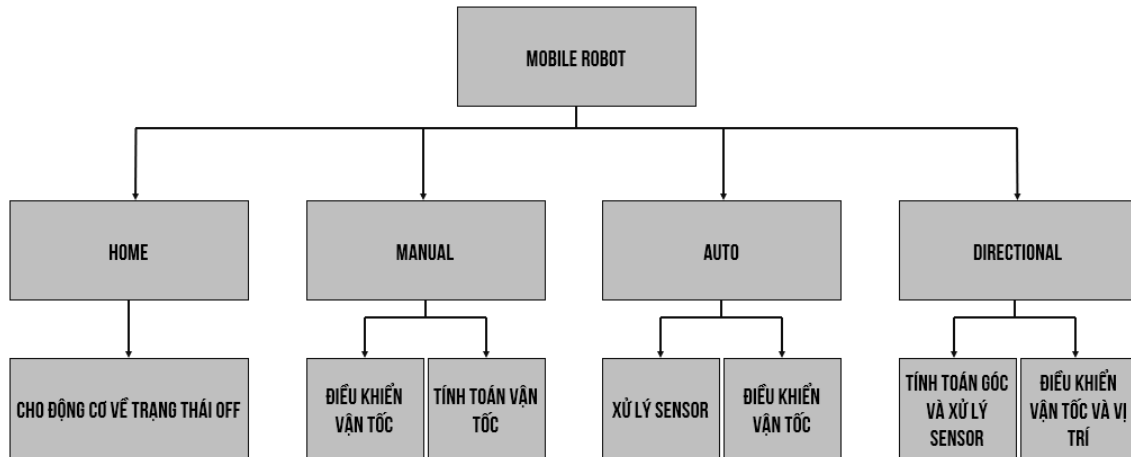
- Loại bình: VRLA, siêu kín siêu bền, miễn bảo dưỡng.

- Ưu điểm Acquy GS: tuổi thọ lâu dài, chất lượng ổn định, thiết kế phù hợp với điều kiện khí hậu tại Việt Nam.

- Dung lượng: 12V – 3.5Ah (10 hours). - Kích thước (mm): 112 x 70 x 85 (dài x rộng x cao).

CHƯƠNG 4: XÂY DỰNG GIAO DIỆN APP TƯƠNG TÁC VỚI NGƯỜI DÙNG

4.1 Giới thiệu về tổng quan giao diện

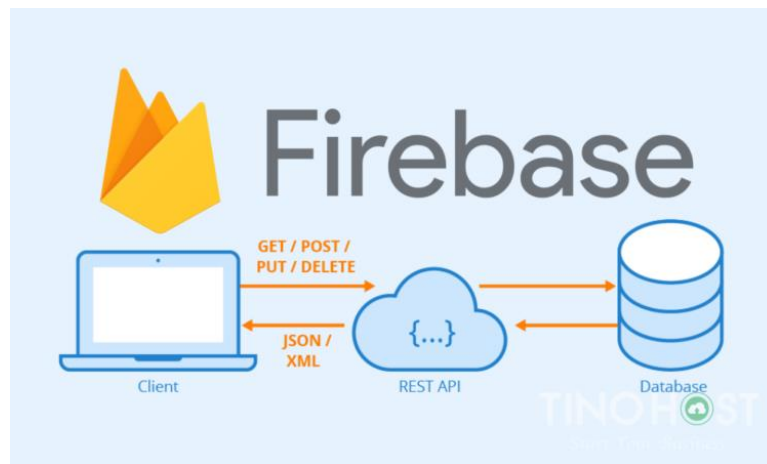


Hình 4. 1 Sơ đồ khối tổng quát giao diện điều khiển

4.2 Cơ sở dữ liệu – Firebase RealTime Database

Firebase chính là một dịch vụ cơ sở dữ liệu được hoạt động ở trên nền tảng đám mây (Cloud). Đi kèm với đó là một hệ thống máy chủ mạnh mẽ của Google. Hệ thống có chức năng chính là giúp cho người dùng có thể lập trình ứng dụng thông qua cách đơn giản hóa những thao tác với các cơ sở dữ liệu.

Firebase Realtime Database có dạng một JSON đã được đồng bộ thời gian đến với tất cả các kết nối client. Để có được hoạt động này thì các lập trình viên cần phải đăng ký tài khoản ở trên Firebase. Dữ liệu ở trong database sẽ tự động cập nhật một cách liên tục khi phát triển ứng dụng. Sau khi đã được cập nhật thì những dữ liệu này sẽ được truyền tải thông qua các kết nối SSL có 2048 bit.



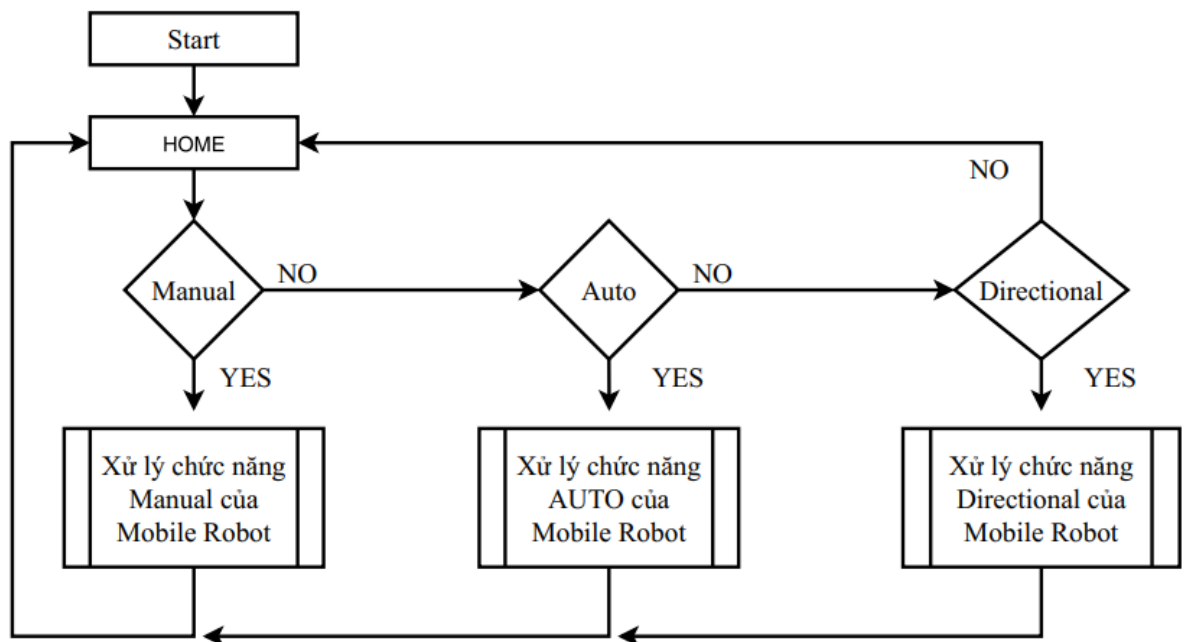
Hình 4.2 Nguyên lý hoạt động của Firebase

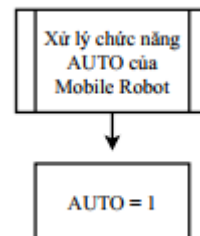
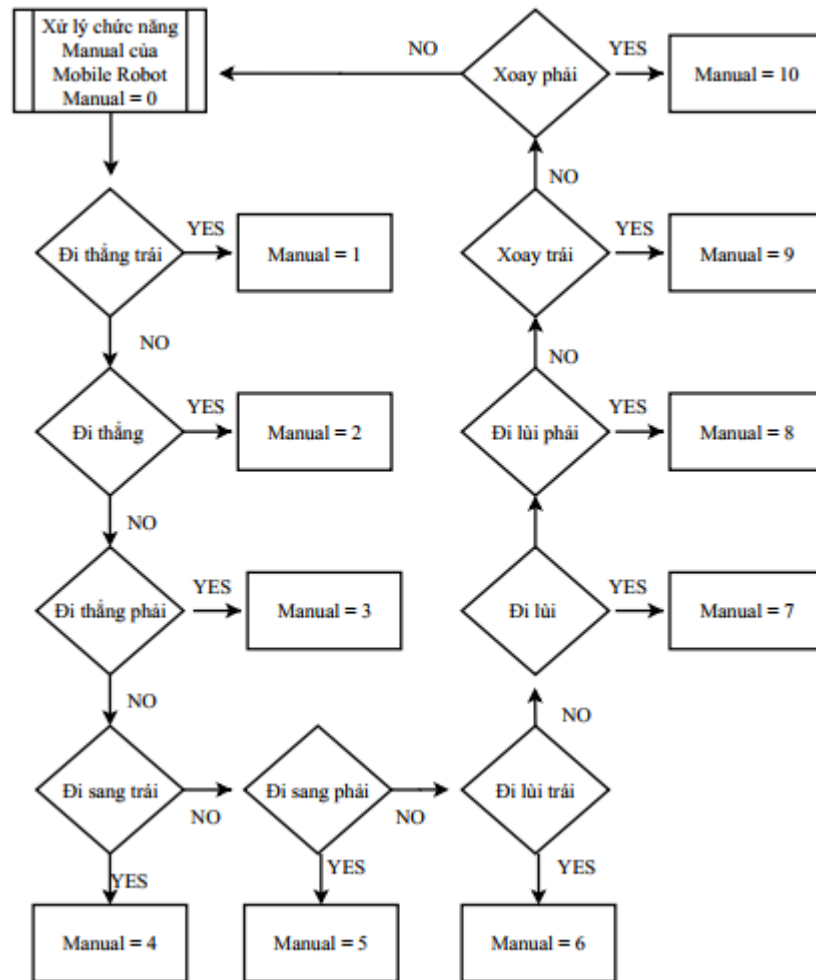
4.3 Thiết kế App điều khiển

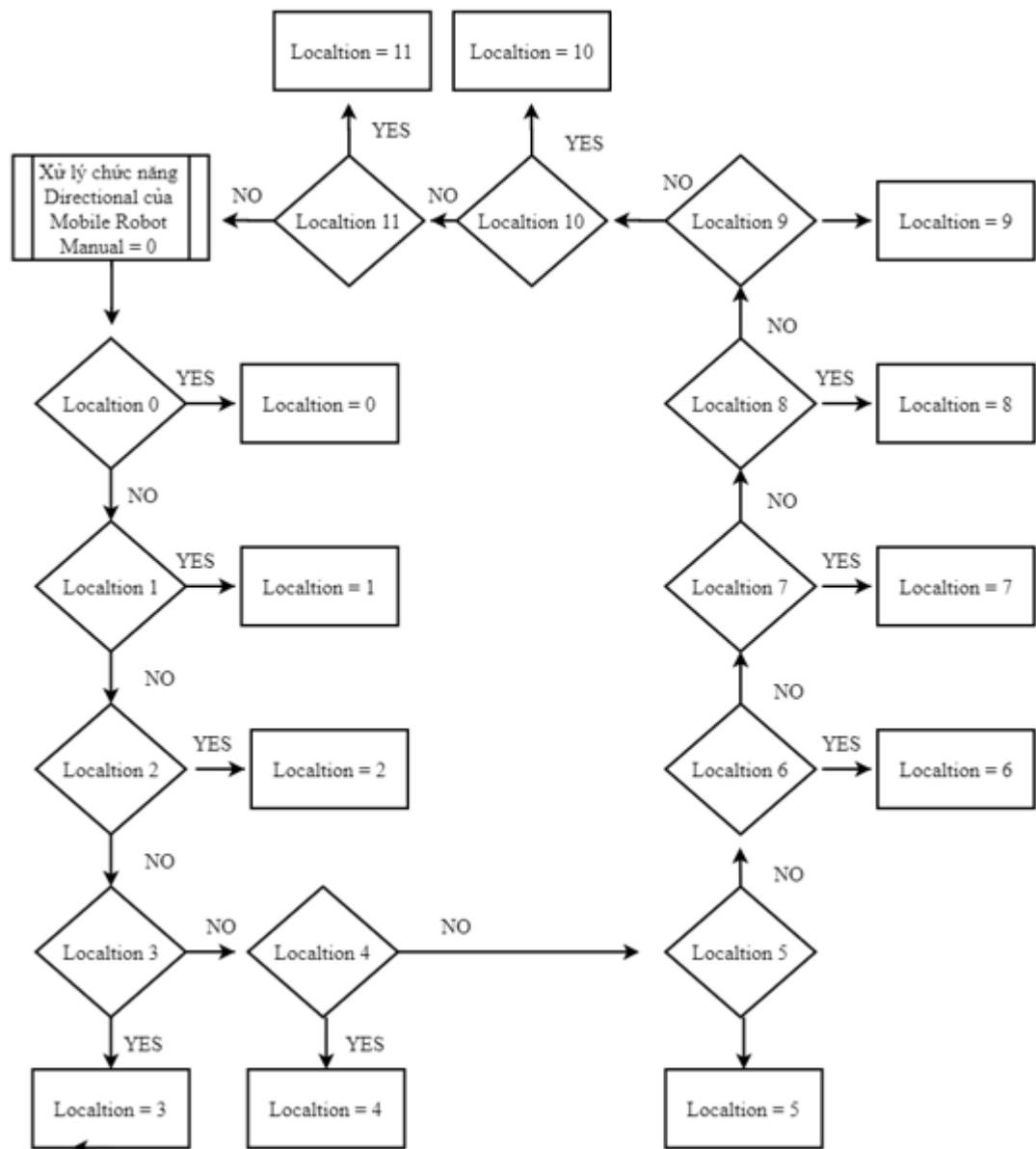


Hình 4.3 Thiết kế App điều khiển

- Sử dụng thunkable để xây dựng một App điều khiển có thể đưa tín hiệu lên Firebase.
- Sau khi dữ liệu đã được đưa lên trên Firebase thì đồng thời ESP8266 sẽ GET data từ “key” của Firebase mà lấy được data. Giải thích về “key” bởi vì cấu trúc dữ liệu của Firebase là JSON vì vậy sẽ có “key” và “value” ví dụ như {“ManualControl”: “0”} thì Manual là key và 0 là value. Sau đó ESP8266 sẽ dùng UART truyền một chuỗi JSON về ba bộ cầu H và mỗi bộ cầu H sẽ có một STM32F103 để xử lý PID và điều khiển động cơ.

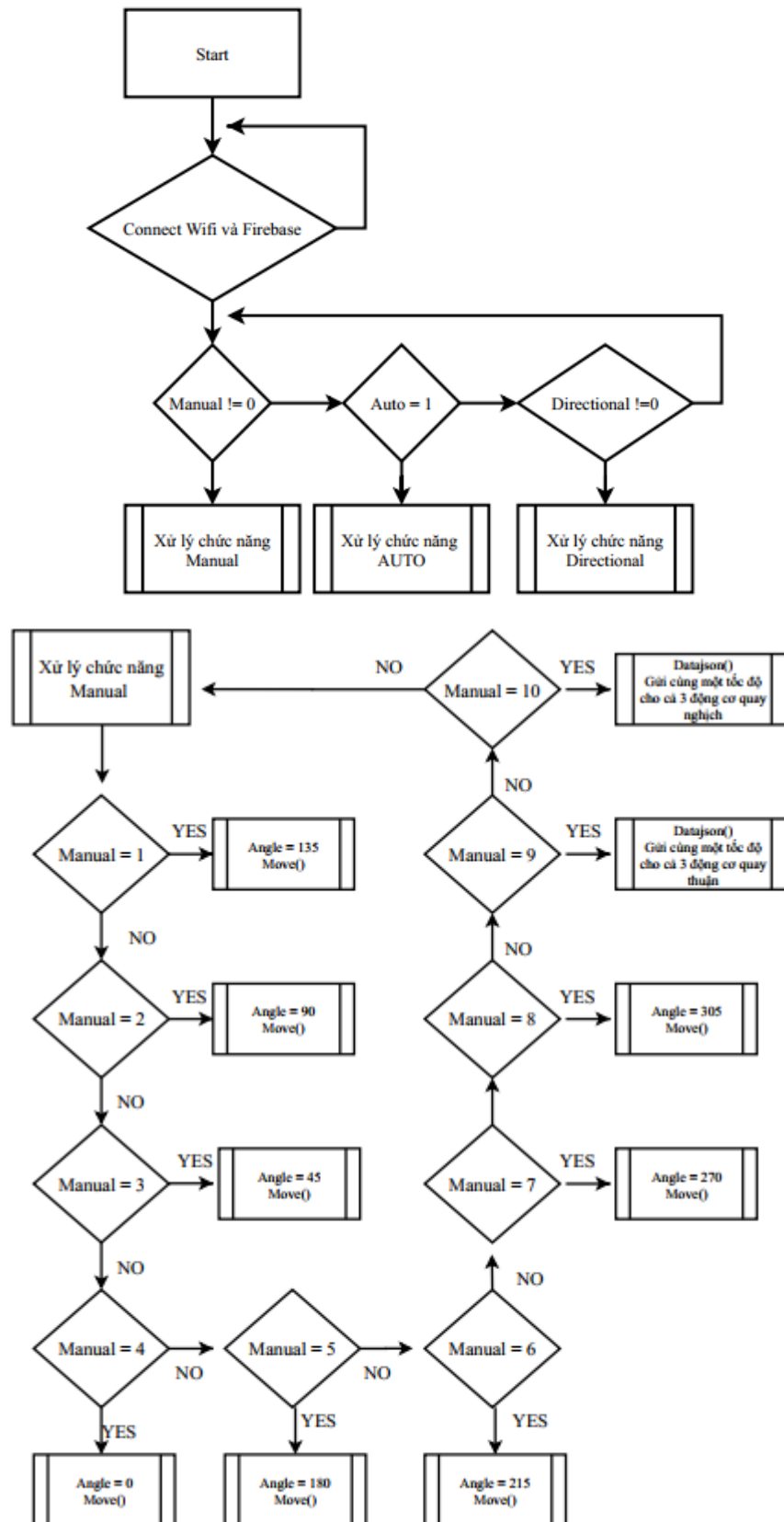


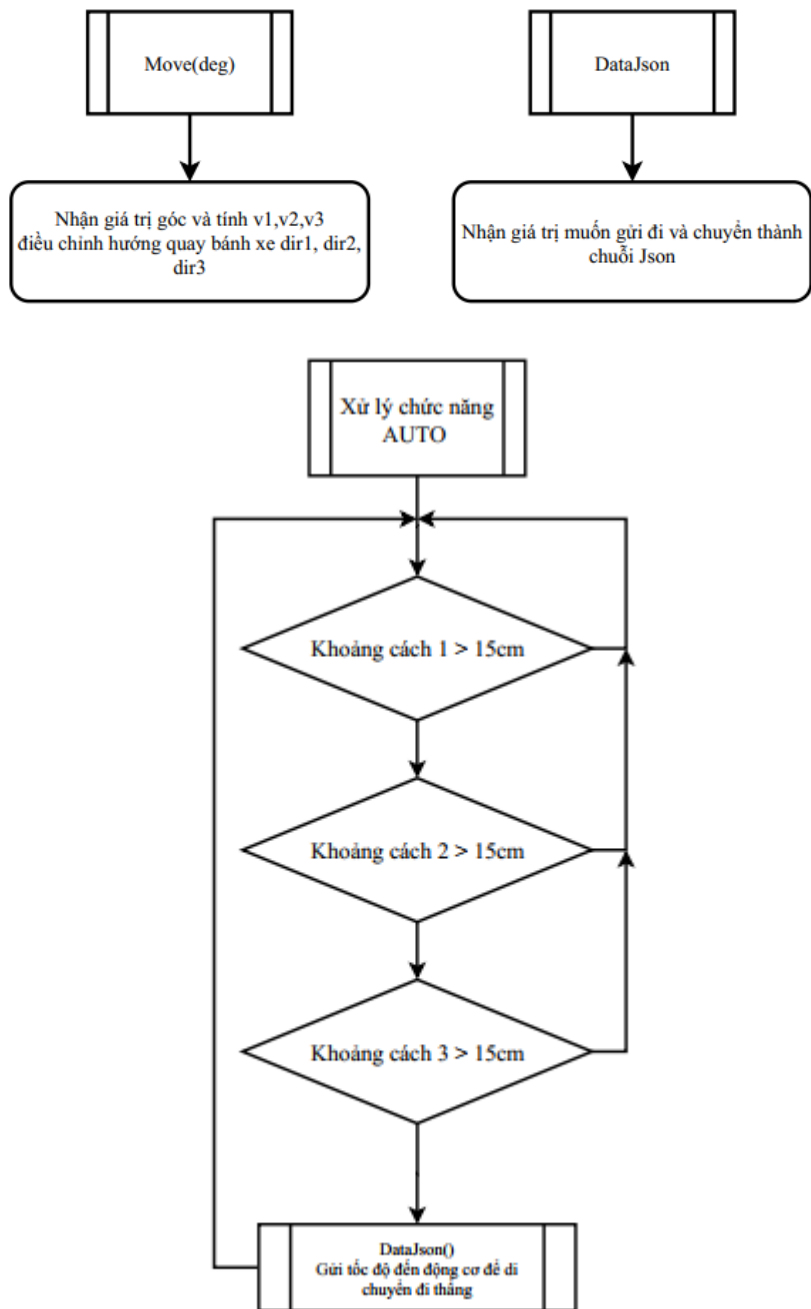




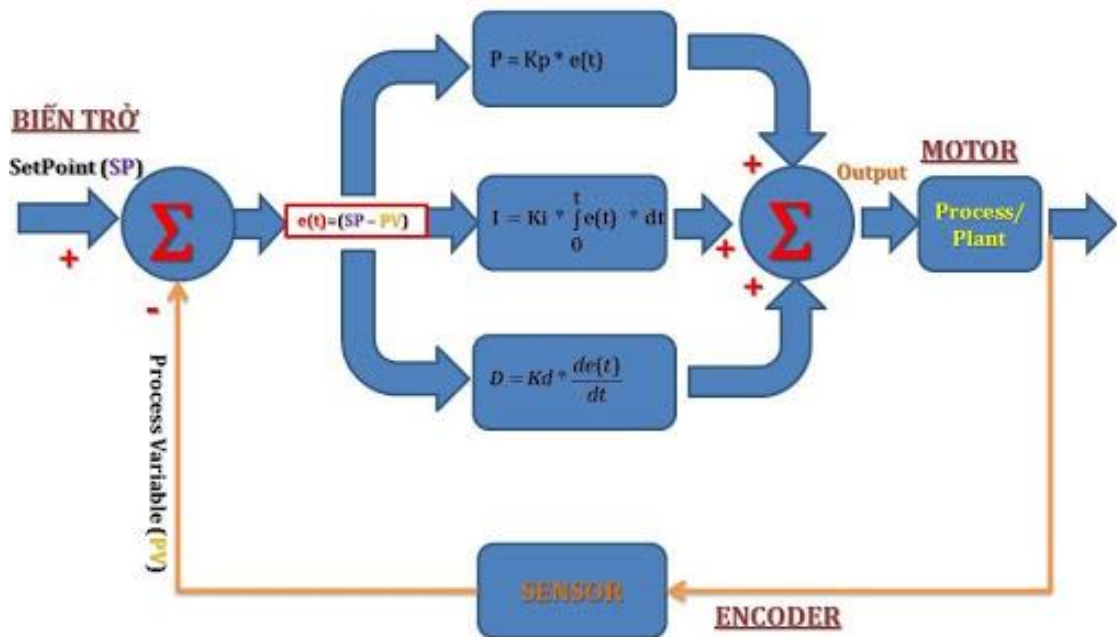
CHƯƠNG 5: XÂY DỰNG GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN

5.1 Tổng quan sơ đồ điều khiển





hiển ở ngõ ra Output sao cho sai lệch Error $e(t) = (SP - PV)$ giữa giá trị đo được của hệ thống PV (Process Variable) với giá trị cài đặt SP (SetPoint) nhỏ nhất có thể (~ 0), đạt được sự ổn định và có đáp ứng nhanh.



5.2.2 Giải thuật PID số

$$u_k = u_k^P + u_k^D + u_k^I$$

Khâu P : $u_k^P = K_p e_k$

Khâu D : $u_k^D = K_D \left(\frac{e_k - e_{k-1}}{T} \right)$ với T : Thời gian lấy mẫu.

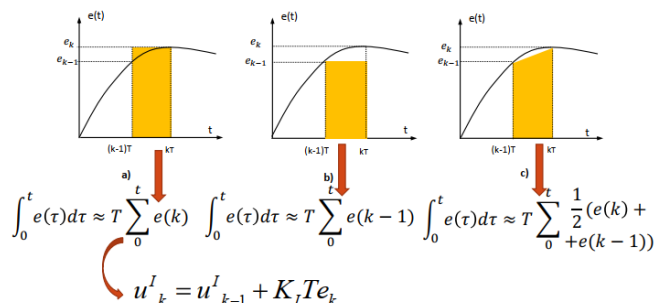
Khâu I:

Có 3 cách:

Tích phân lùi: Dùng e_k kéo về tính hình chữ nhật.

Tích phân tiến: Dùng e_{k-1} kéo về tính hình chữ nhật.

Tích phân hình thang: Nối e_k và e_{k-1} lại với nhau và tính hình thang.



5.3 Giải thuật di chuyển đa hướng Mobile Robot

$$\begin{aligned}v_1(t) &= -v(t)\sin(\pi/3) + vn(t)\cos(\pi/3) + \omega_1(t)d \\v_2(t) &= -vn(t) + \omega_1(t)d\end{aligned}\quad (4.4)$$

$$v_3(t) = v(t)\sin(\pi/3) + vn(t)\cos(\pi/3) + \omega_1(t)d$$

Theo như công thức (4.4) ta đã thu được 3 hệ số $v_1(t)$, $v_2(t)$, $v_3(t)$ với $v(t) = \cos(\alpha)$ và $vn(t) = \sin(\alpha)$, α là góc mà Mobile Robot đi chuyển và $\omega_1(t) = 0$ ta suy ra được công thức:

$$v_1(t) = -\cos(\alpha)\sin(\pi/3) + \sin(\alpha)\cos(\pi/3)$$

$$v_2(t) = -\sin(\alpha)$$

$$v_3(t) = \cos(\alpha)\sin(\pi/3) + \sin(\alpha)\cos(\pi/3)$$

Sau khi tính được hệ số vận tốc ta cần thêm một vận tốc tiếp tuyến và truyền vào thuật toán một góc α .

Về hướng quay của bánh xe thì ta chỉ cần xét dấu của hệ số nếu dương thì quay thuận và ngược lại.

```
void Move(int deg)
{
    vx = cos(deg * PI / 180);
    vy = sin(deg * PI / 180);

    v1 = vx;
    v2 = sqrt(3) / 2 * vy - 0.5 * vx;
    v3 = -(sqrt(3) / 2 * vy + 0.5 * vx);

    DIR1 = v1 < 0 ? 1 : 0;
    DIR2 = v2 < 0 ? 1 : 0;
    DIR3 = v3 < 0 ? 1 : 0;

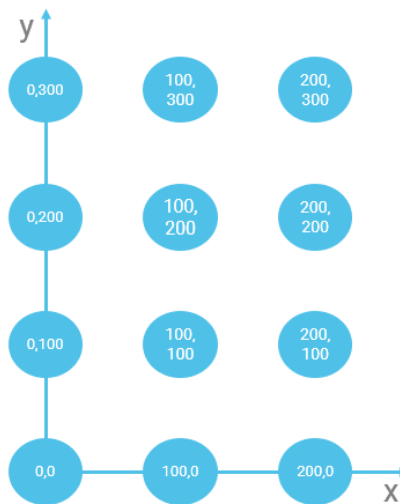
    v1 = Vtt * abs(v1);
    v2 = Vtt * abs(v2);
    v3 = Vtt * abs(v3);

    DC1 = v1;
    DC2 = v2;
    DC3 = v3;
}
```

5.4 Giải thuật di chuyển đến vị trí cố định của Mobile Robot



Xây dựng thuật toán:



Hình 5. 1 Mô phỏng vị trí trên khu vực cố định

Gọi x_n , y_n , x_o và y_o là tọa độ điểm x di chuyển tới, y di chuyển tới, x hiện tại và y hiện tại.

Trình tự di chuyển như sau: Di chuyển theo trục y -> Quay ngược hoặc thuận 90 độ -> Di chuyển theo trục x.

Với quãng đường trục y được tính như sau: $y = y_n - y_o$ nếu $y > 0$ thì đi thẳng và ngược lại.

Góc quay được tính như sau nếu: $x_n - x_o > 0$ thì quay thuận 90 độ và ngược lại.

Quãng đường di chuyển trục x được tính như sau: $x = x_n - x_o$

Ví dụ: Mobile Robot đang ở vị trí Home (0,0) và muốn di chuyển đến vị trí (200,100):

Ta tính được

- Quãng đường trục y $y = y_n - y_o = 100 - 0 = 100$ (cm)
- Quãng đường trục x $x = x_n - x_o = 200 - 0 = 200$ (cm)
- Vì $x > 0$ nên Robot sẽ quay thuận 90 độ.

Robot di chuyển như sau : Quay thuận theo trục y 100 cm sau đó quay thuận 90 độ và cuối cùng là quay thuận 200 cm để đến vị trí (200,100).

CHƯƠNG 6: KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

6.1 Thi công mô hình

Mô hình sản phẩm hoàn thành:



6.2 Kết quả thu được cảm biến gia tốc MPU9250

Kết quả góc X:

Hình 6.1 Mobile Robot

Watch 1			
Name	Value	Type	
Angle_X	45	uint	
Angle_Y	0	uint	
<Enter expression>			

Hình 6.2 Kết quả góc X

Kết quả góc Y:

Watch 1			
Name	Value	Type	
Angle_X	0	uint	
Angle_Y	35	uint	
<Enter expression>			

Hình 6.3 Kết quả góc Y

Kết quả này thu được khi nghiêng góc $X = 45^\circ$ – $Y = 0$ và $X = 0$ – $Y = 35^\circ$.

6.3 Kết quả thu được từ cảm biến khoảng cách US-015



Hình 6.4 Thực nghiệm US-015

- Kết quả cảm biến 1

Name	Value	Type
Distance	8.4829998	float
Distance1	0	float
Distance2	0	float

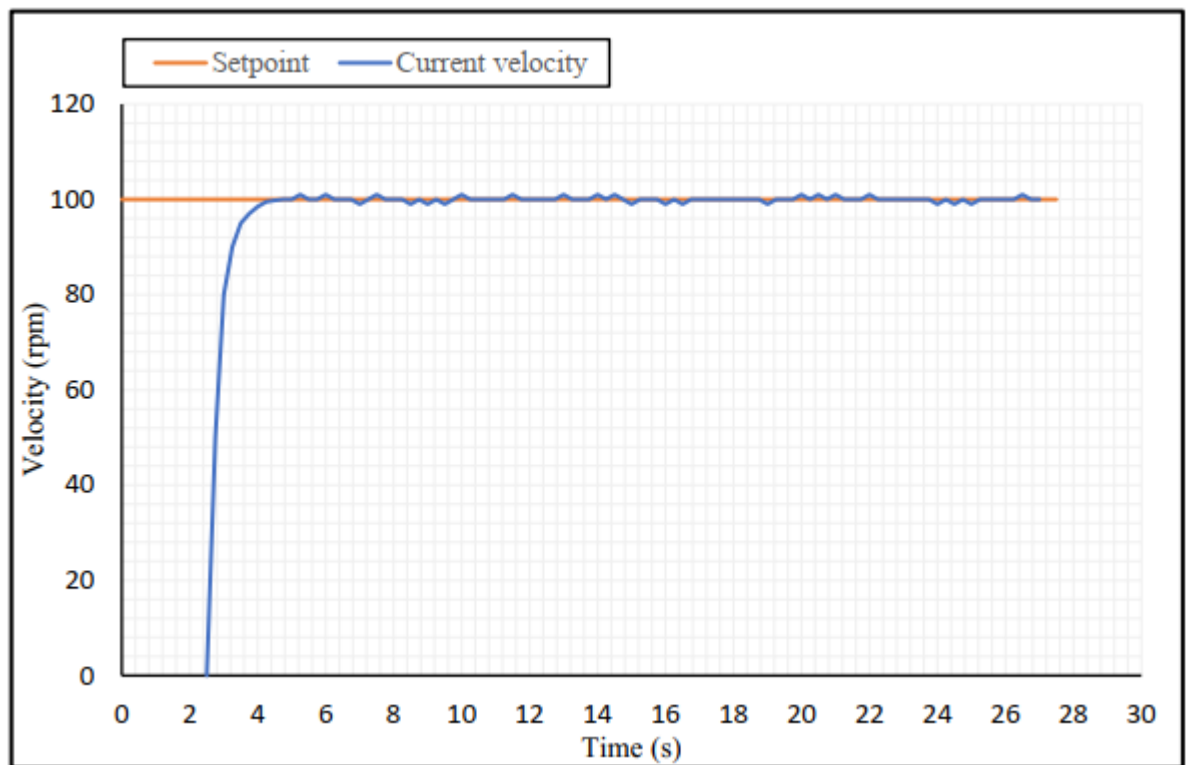
- Kết quả cảm biến 2

Distance	0	float
Distance1	8.15999985	float
Distance2	0	float

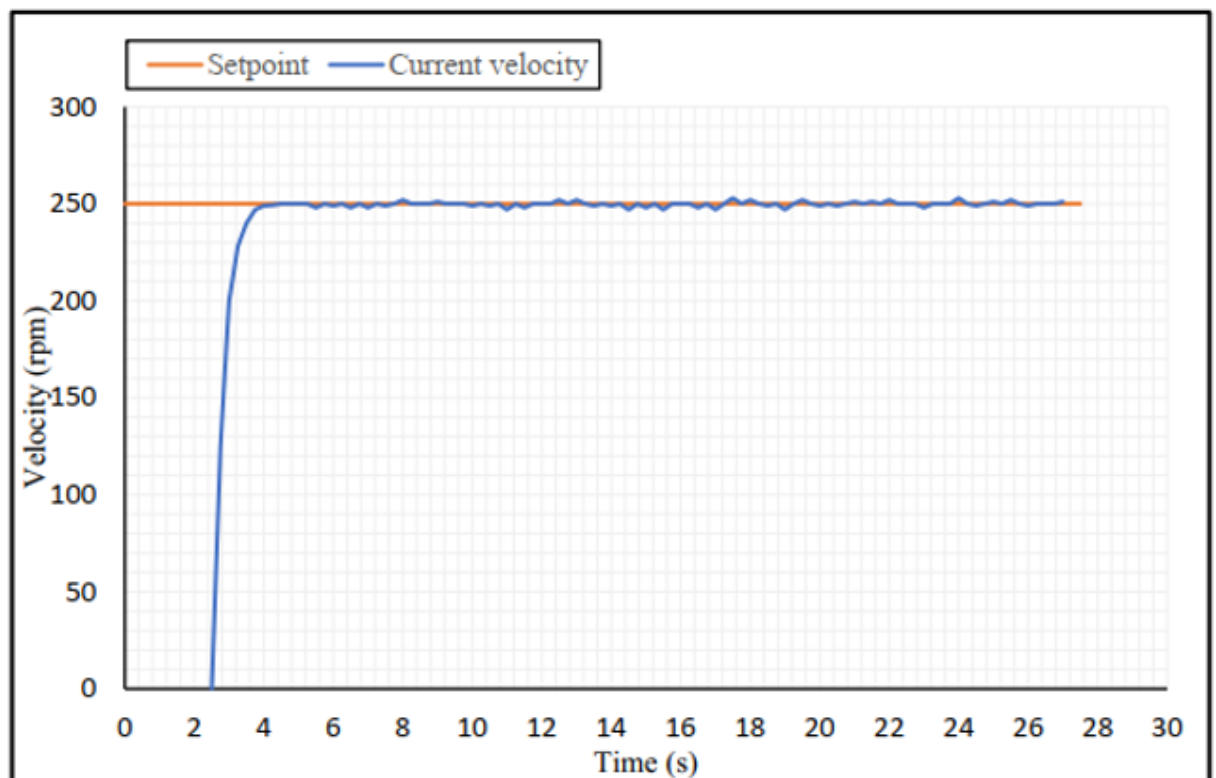
- Kết quả cảm biến 3

Watch 1		
Name	Value	Type
Distance	0	float
Distance1	0	float
Distance2	8.14299965	float

6.4 Kiểm tra tính ổn định của bộ PID



Hình 6.5 Đồ thị hiển thị vận tốc theo thời gian khi Setpoint là 100rpm



Hình 6.6 Đồ thị hiển thị vận tốc theo thời gian khi Setpoint là 250rpm

CHƯƠNG 7: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

7.1 Về lý thuyết

Về cơ bản, chúng em đã hoàn thành việc lựa chọn cấu hình robot, cơ cấu truyền động, cơ cấu tác động. Thiết kế được robot trên phần mềm Inventer.

Giải được bài toán động học của robot.

Viết được code điều khiển chuyển động robot, đọc các cảm biến hoạt động trên Robot.

7.2 Về thực nghiệm

Hoàn thành việc gia công các chi tiết và lắp ráp hoàn thiện robot.

Thu được các giá trị mong muốn từ các ngoại vi.

Chưa thực nghiệm điều khiển trên robot.

7.3 Ưu điểm, nhược điểm

Ưu điểm:

- Cơ cấu cứng vững, di chuyển tốt, đổi hướng ổn định.
- Hoạt động êm.
- Robot nhỏ gọn.

Nhược điểm:

- Độ chính xác chưa cao, trong quá trình di chuyển còn rung lắc
- Độ thẩm mỹ chưa cao.

7.4 Hướng phát triển

Đề tài có tính mở, có thể tiếp tục nghiên cứu phát triển để áp dụng vào thực tế, ứng dụng trong các môn khác khó hơn như phục vụ, chuyển hàng, ...

Có thể thiết kế gọn và đẹp hơn nữa.

Có thể trang bị thêm cho robot các cảm biến khác, hệ thống quan sát,.. để robot chạy tự động. Tối ưu hóa code điều khiển hoặc bộ vi xử lý, để robot hoạt động nhanh nhạy và linh hoạt hơn.