

ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

TRƯỜNG CƠ KHÍ



BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN

Cảm biến và xử lý tín hiệu

**ĐỀ TÀI: Xây dựng bản đồ cho xe tự hành bằng Encoder
và cảm biến khoảng cách Laser**

Giáo viên hướng dẫn: Ts. Phạm Đức An

Ts. Bùi Đăng Quang

Nhóm số 1:

Trần Văn Huỳnh - 20195053

Hà Nội, 2022

MỤC LỤC

Trang

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI.....	1
1.2. Lý do chọn đề tài.....	1
1.3. Mục tiêu đề tài.....	1
CHƯƠNG 2. THIẾT KẾ VÀ TRIỂN KHAI SẢN PHẨM.....	2
2.1. Thiết kế sản phẩm.....	2
2.2. Triển khai sản phẩm.....	3
2.3. Sơ đồ thuật toán.....	8
CHƯƠNG 3. CẢM BIẾN VÀ XỬ LÝ TÍN HIỆU.....	9
3.1. Cảm Biến Khoảng Cách ToF Laser Radar VL53L0X V2.....	9
3.1.1. Thông số và nguyên lý hoạt động.....	9
3.1.2. Giao tiếp I2C.....	11
3.1.3. Kết nối thử nghiệm.....	12
3.1.4. Hiệu chỉnh bằng bộ lọc thông thấp.....	17
3.3. Encoder tương đối.....	21
3.2.1. Thông số và nguyên lý hoạt động	21
3.2.2. Kết nối thử nghiệm.....	24
3.2.3. Hiệu chỉnh bằng bộ lọc Kalman.....	26
3.2. Động cơ RC Servo.....	29
3.3.1. Thông số và cấu tạo	29
3.2.2. Biến trở phản hồi trong RC Servo.....	30
CHƯƠNG 4. KIỂM NGHIỆM VÀ ỨNG DỤNG.....	31
4.1. Kết quả.....	31
4.2. Phân tích đánh giá kết quả.....	33
CHƯƠNG 5. TỔNG KẾT.....	33
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	34

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN ĐỀ TÀI

1.1. Lý do chọn đề tài

Đề tài "Mô hình nhà vườn thông minh" xây dựng dựa trên kiến thức lập trình trong môn học Kỹ thuật lập trình trong cơ điện tử. Bài tập là cơ hội để áp dụng các kiến thức, kỹ năng đã học của ngành cơ điện tử. Nhằm tạo ra một hệ thống nhà vườn có sự hỗ trợ điều khiển tự động máy móc từ xa qua mạng không dây giúp năng cao năng suất, giảm công sức lao động

Qua bài tập lớn này em xin gửi lời cảm ơn trân thành, sâu sắc tới các thầy đã tận tình hướng dẫn, giúp đỡ em trong quá trình làm đề tài này. Trong quá trình làm việc nhóm đã rất cố gắng nhưng do trình độ chuyên môn và kỹ năng cũng như thời gian có giới hạn nên đề tài còn nhiều thiếu sót chưa đi sâu và có nhiều đột phá. Rất mong nhận được sự chỉ bảo, đóng góp ý kiến từ các thầy, cô để nhóm có thể hoàn thiện và phát triển thêm đề tài cũng như nâng cao kỹ năng chuyên ngành.

1.2. Mục tiêu đề tài

Chế tạo thiết bị có tính năng tương tự Lidar giá rẻ

Mô phỏng lại cách hoạt động của Lidar 2D

Ứng dụng kết quả đạt được vào mô hình xe tự hành

Trong phạm vi môn học về cảm biến và xử lý tín hiệu, em tập trung vào nghiên cứu các vấn đề về cảm biến và các thuật toán xử lý liên quan.



Link google drive source code và video mô phỏng

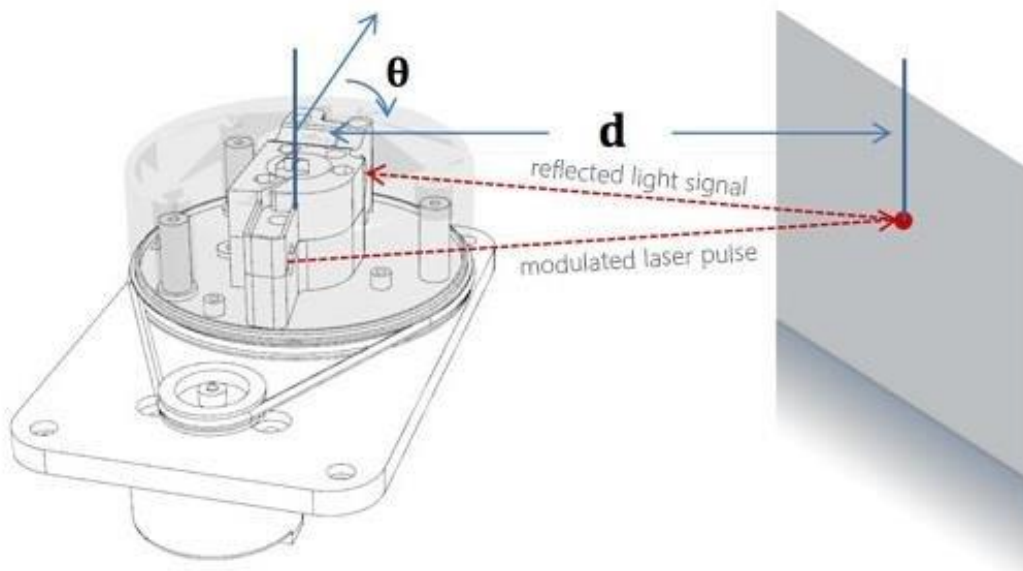
CHƯƠNG 2. THIẾT KẾ VÀ TRIỂN KHAI SẢN PHẨM

2.1. Thiết kế sản phẩm

Yêu cầu đề tài: Thiết kế mô hình xe tự hành có khả năng xây dựng bản đồ xung quanh trong quá trình di chuyển, phát hiện vị trí các vật cản.

❖ Tham khảo nguyên lý của Lidar

Lidar là tên viết tắt của cụm từ Light Detection And Ranging. Bằng cách phát đi đi một chùm tia laser rồi thu nhận lại tín hiệu phản hồi. Tốc độ ánh sáng đã biết trước, độ trễ phản hồi được ghi nhận, từ đó tính được khoảng cách giữa máy phát và vật thể một cách tương đối chính xác. Sự khác biệt về thời gian và bước sóng laser sau đó có thể được sử dụng để tạo mô hình số 3 chiều của đối tượng.



Hình 1. Cấu tạo Lidar 2D

$$d = \frac{c \cdot t}{2}$$

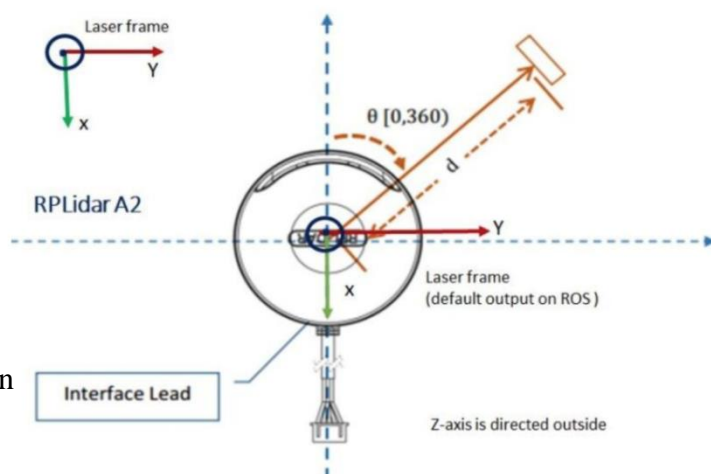
$$x = d \cdot \cos(\theta)$$

$$y = d \cdot \sin(\theta)$$

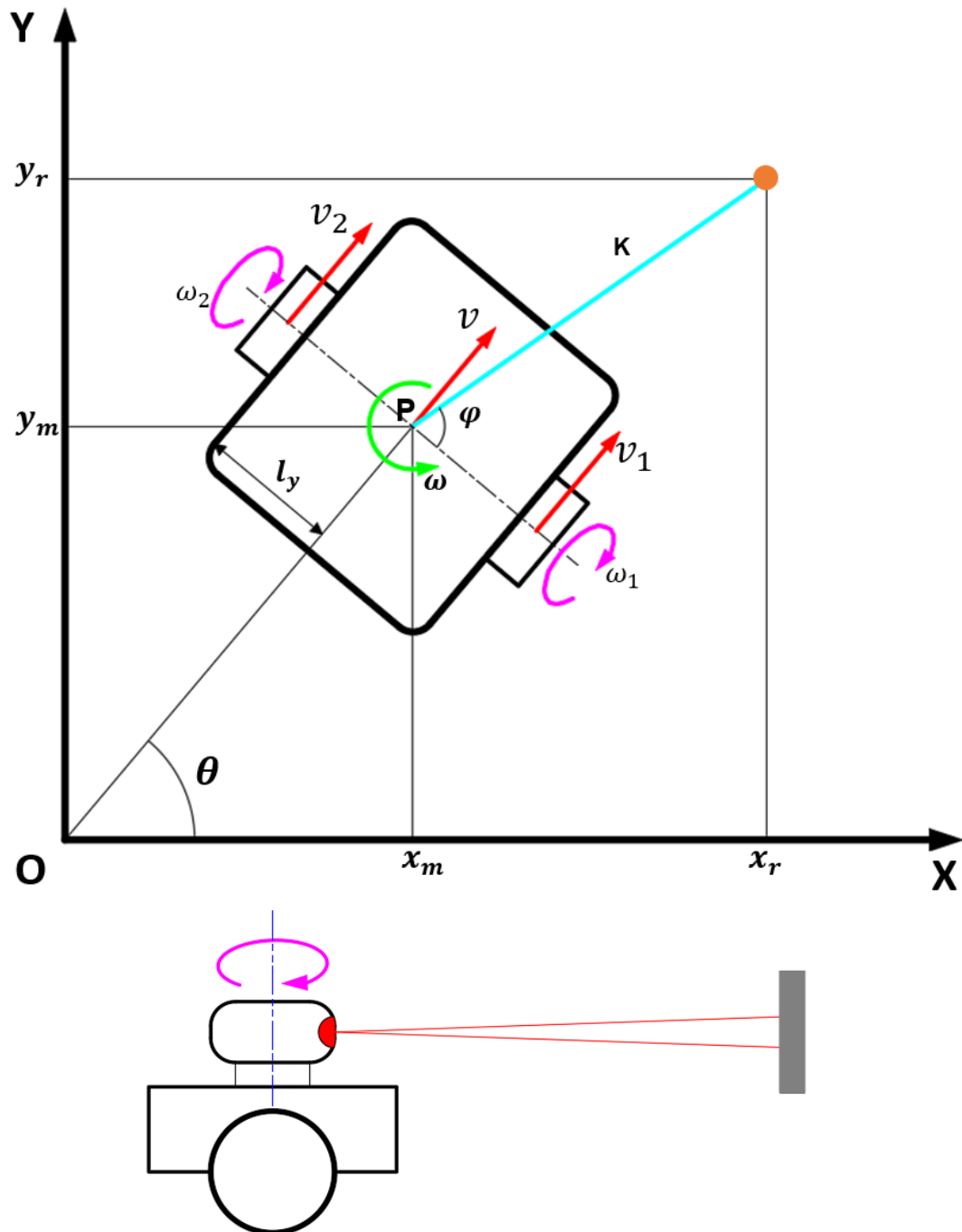
c – vận tốc tia laser

t – độ trễ thời gian truyền và nhận

θ – góc quay động cơ



Thông qua việc tham khảo nguyên lý hoạt động của lidar, kết hợp kiến thức trong môn học cảm biến và xử lý tín hiệu. Em quyết định tự mình xây dựng một mô hình có tính năng tương tự có khả năng xây dựng bản đồ vật cản.



Hình 2. Bản vẽ sơ bộ nguyên lý mô hình.

❑ Ma trận động học mobile robot

$$\begin{bmatrix} \dot{S}_{OP} \\ \dot{\omega} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{r}{2} & \frac{r}{2} \\ \frac{r}{2l_y} & \frac{-r}{2l_y} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \end{bmatrix}$$

❑ Tọa độ trọng tâm robot:

$$\begin{cases} x_m = OP.\cos(\theta) \\ y_m = OP.\sin(\theta) \end{cases}$$

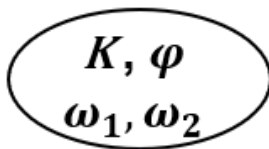
❑ Tọa độ độ vật cản

$$\begin{cases} x = K.\cos\left(\theta + \varphi - \frac{\pi}{2}\right) + x_m \\ y = K.\sin\left(\theta + \varphi - \frac{\pi}{2}\right) + y_m \end{cases}$$

φ – góc quét của tia Laser

❖ Tổng quan bài toán:

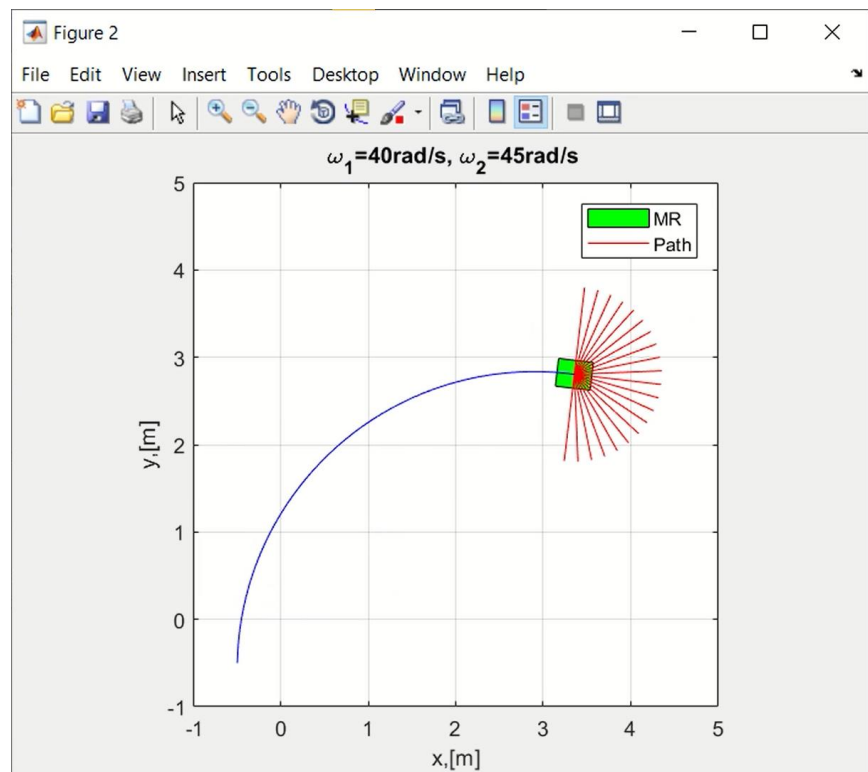
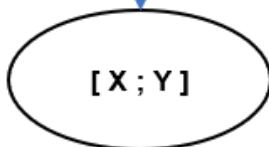
INPUT



MAIN



OUTPUT



Hình 3. Mô phỏng động học trên Matlab.

2.2. Triển khai sản phẩm

❖ Mô hình xe tự hành

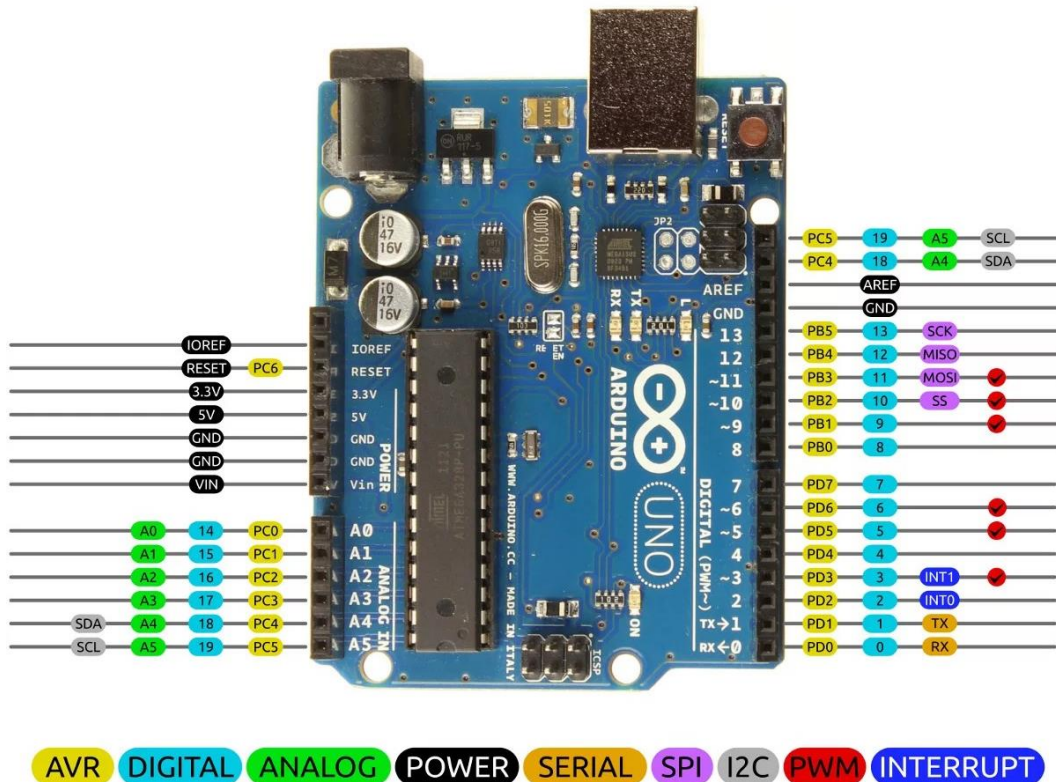
Xử dụng khung xe STEM, có:

- Khung nhôm
- Kích thước 13 x 7 cm.
- 2 bánh chủ động, $r = 3$ cm.
- Một bánh mắ trâu



Hình 4. Khung xe tự hành

❖ Vi xử lý – Board Arduino Uno R3



Hình 5. Board Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 là một board mạch vi xử lý tích hợp, nhằm xây dựng các ứng dụng tương tác với nhau hoặc với môi trường được thuận lợi hơn. Phần cứng bao gồm một board mạch nguồn mở được thiết kế trên nền tảng vi xử lý AVR Atmel 8 bit. Model hiện tại được trang bị gồm 1 cổng giao tiếp USB, 6 chân đầu vào analog, 14 chân I/O kỹ thuật số tương thích với nhiều board mở rộng khác nhau.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của Board Arduino Uno R3

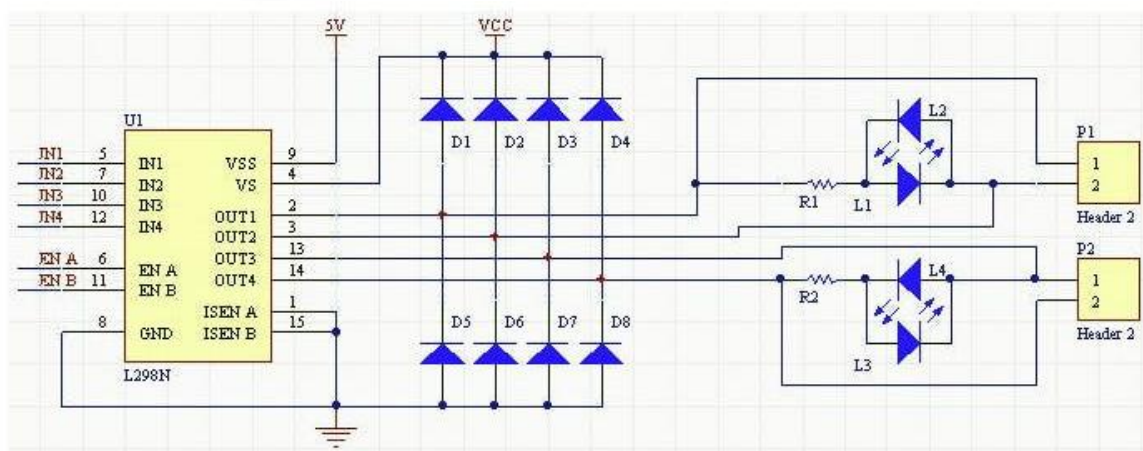
Vi điều khiển	Atmega328 họ 8bit
Điện áp hoạt động	5V DC
Tần số hoạt động	16 MHz
Dòng tiêu thụ	30mA
Điện áp vào khuyến dùng	7-12V DC
Số chân Digital I/O	14 (6 chân PWM)
Số chân Analog	6 (độ phân giải 10 bit)
Bộ nhớ flash	32KB (ATmega328) với 0.5KB dùng bởi bootloader
SRAM	2KB (Atmega328)
EEPROM	1KB (Atmega328)

❖ Drive L298N – Mạch cầu H

Module L298 là một mạch điều khiển động cơ một chiều DC cùng lúc. L298 là IC điều khiển cầu kép toàn kỳ có dải điện áp hoạt động rộng, xử lý dòng tải có mức tối đa 3A. Bao gồm điện áp bảo hòa thấp và bảo vệ quá nhiệt. Có cấu tạo từ hai mạch cầu H transistor.



- Driver: L298N tích hợp hai mạch cầu H.
- Điện áp điều khiển: +5 V ~ +12 V
- Dòng tối đa cho mỗi cầu H là: 2A
- Điện áp của tín hiệu điều khiển: 5V ~ 7V
- Dòng của tín hiệu điều khiển: 0 ~ 36mA
- Công suất tối đa: 25W (T = 75 °C)
- Kích thước: 43 x 43 x 27mm



Hình 6. Mạch cầu đôi của L298N

❖ Tính toán và chọn cảm biến.

Miền làm việc: 4x5m => Bán kính quét 1m

Robot (13x7mm)

An toàn +10mm

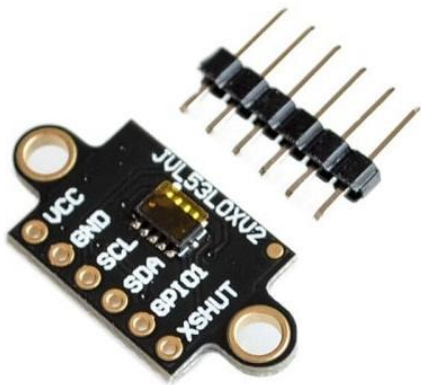
Độ chính xác vị trí [x;y] là: $\pm 10 \text{ mm}$

Sai số cho phép của bản đồ $\pm 10 \text{ mm}$

Từ các thông số trên ta lựa chọn các thiết bị sau.

RC SERVO 180°

- Điều khiển dễ dàng
- Mômen lớn
- Giữ vị trí ổn định



Cảm biến khoảng cách laser

- Khoảng đo xa 2m
- Thời gian đáp ứng nhanh
- Nhỏ gọn



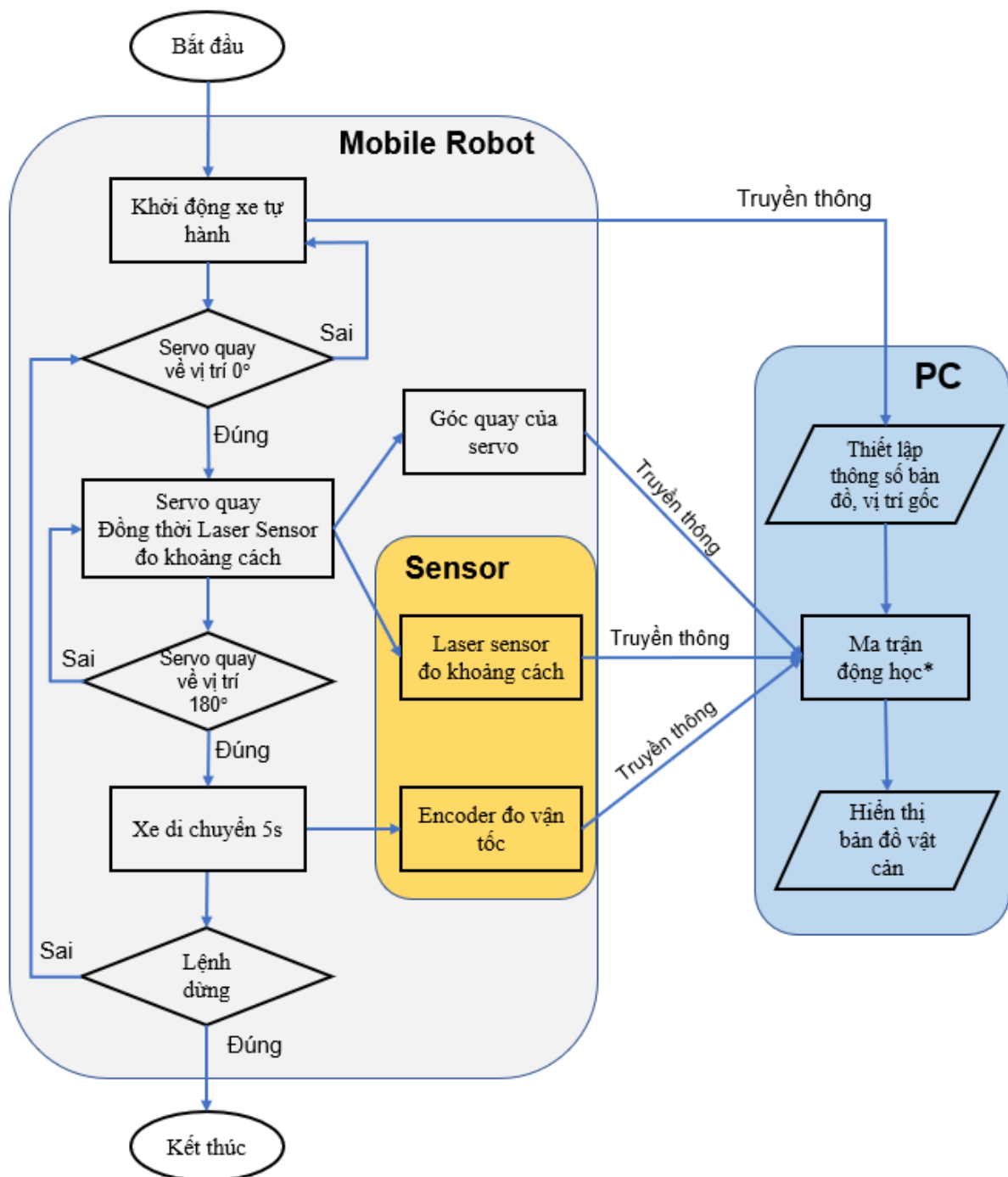
Encoder tương đối 334 xung

- Độ phân giải cao
- Tốc độ phù hợp với mô hình

2.3. Sơ đồ thuật toán

Sơ đồ thuật toán thể hiện thể hiện các tính năng và quá trình hoạt động của mô hình.

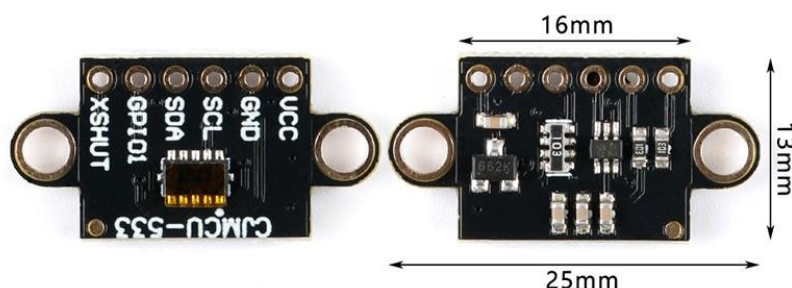
- Gồm có 2 phần phần:
- Chương trình điều khiển dành cho vi điều khiển (ngôn ngữ C++)
 - Giao diện đồ họa để thể hiện bản đồ trên PC (ngôn ngữ Python)



CHƯƠNG 3. CẢM BIẾN VÀ XỬ LÝ TÍN HIỆU

3.1. Cảm Biến Khoảng Cách ToF Laser Radar VL53L0X V2

3.1.1. Thông số và nguyên lý hoạt động

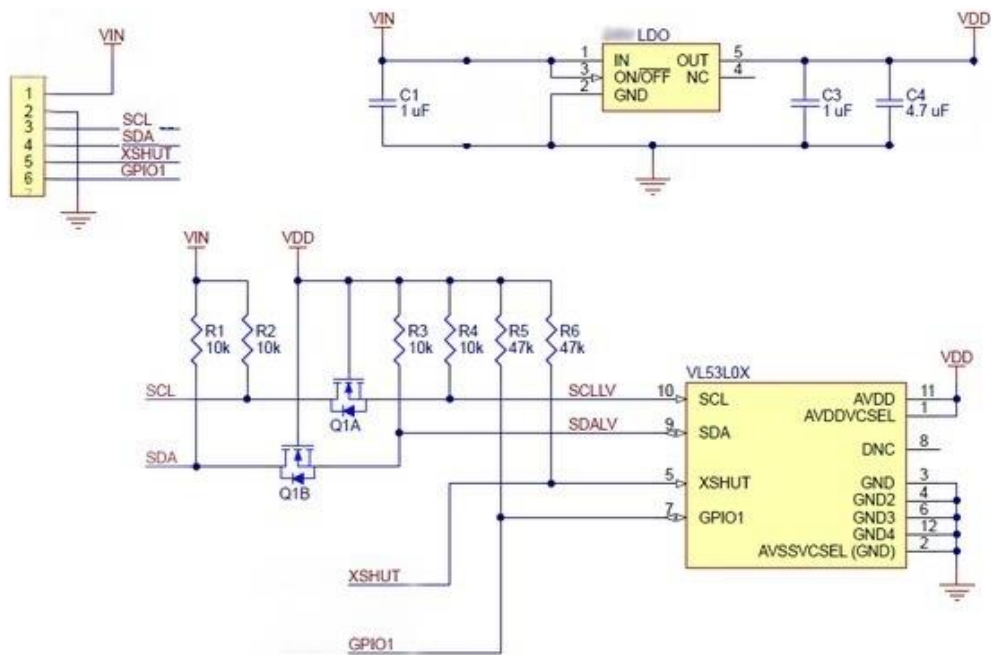


Hình 8. Cảm biến VL53L0X V2

Cảm biến khoảng cách VL53L0X Laser Distance ToF Sensor sử dụng tia Laser để đo khoảng cách đến vật thể với độ chính xác và độ ổn định cao, thích hợp cho các ứng dụng Robot tránh vật cản, đo khoảng cách, đặc biệt là các ứng dụng Radar bằng tia Laser (Lidar) trong các xe tự hành, Smart Car,...

Bảng 2. Thông số kỹ thuật

Model	ToF Laser Radar VL53L0X V2
Điện áp sử dụng	2.8~5VDC
Dòng trung bình	20mA, lúc nghỉ 6uA
Phương pháp đo khoảng cách	Tia Laser.
Khoảng cách tuyệt đối	Trong nhà: nền trắng: 200m, màu khác: 80cm Ngoài trời: nền trắng: 80cm, màu khác: 50cm
Khoảng đo tối thiểu	2 cm
Giao tiếp chuẩn	I2C
Dạng tín hiệu trả về: I2C mức TTL	3.3~5VDC.
Kích thước	10.5 x 16mm
Trọng lượng	1g



Nguyên lý hoạt động:

Đo khoảng cách laser hoạt động dựa trên nguyên lý sự phản xạ tia laser. Cụ thể, tia laser sẽ chiếu từ điểm này đến điểm khác với một bật cản sẽ đem lại sự phản hồi từ đó thời gian phát đi tín hiệu được nhân với vận tốc lan truyền để tính khoảng cách.



Dựa trên tính phản xạ của chùm tia laser $K = \frac{c \cdot t}{2}$

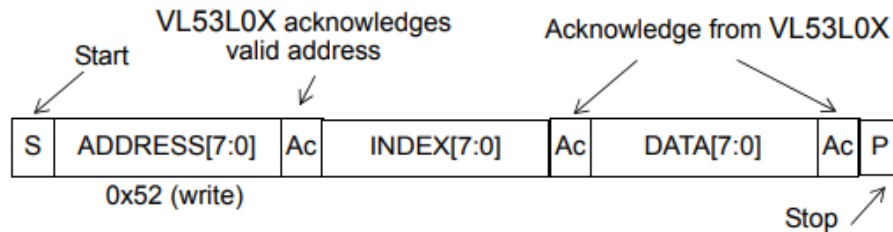
K – Khoảng cách đến vật cản;

c – vận tốc tia laser;

t – thời gian phản xạ tia laser;

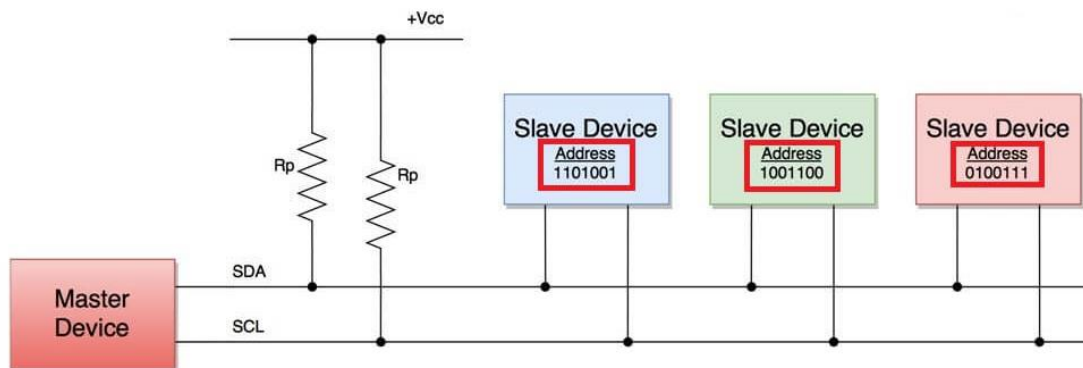
3.1.2. Giao tiếp I2C

I2C (Inter – Integrated Circuit) là 1 giao thức giao tiếp nối tiếp đồng bộ được phát triển bởi Philips Semiconductors, sử dụng để truyền nhận dữ liệu giữa các IC với nhau chỉ sử dụng hai đường truyền tín hiệu. Các bit dữ liệu sẽ được truyền từng bit một theo các khoảng thời gian đều đặn được thiết lập bởi 1 tín hiệu đồng hồ. Bus I2C thường được sử dụng để giao tiếp ngoại vi cho rất nhiều loại IC khác nhau như các loại vi điều khiển, cảm biến, EEPROM.



Cấu tạo I2C sử dụng 2 đường truyền tín hiệu:

- SCL - Serial Clock Line : Tạo xung nhịp đồng hồ do Master phát đi
- SDA - Serial Data Line : Đường truyền nhận dữ liệu.



Ưu điểm:

- Chỉ sử dụng hai dây
- Hỗ trợ nhiều master và nhiều slave
- Bit ACK / NACK xác nhận mỗi khung được chuyển thành công
- Phần cứng ít phức tạp hơn so với UART
- Giao thức nổi tiếng và được sử dụng rộng rãi

Nhược điểm:

- Tốc độ truyền dữ liệu chậm hơn SPI
- Kích thước của khung dữ liệu bị giới hạn ở 8 bit
- Cần phần cứng phức tạp hơn để triển khai so với SPI

3.1.3. Kết nối thử nghiệm

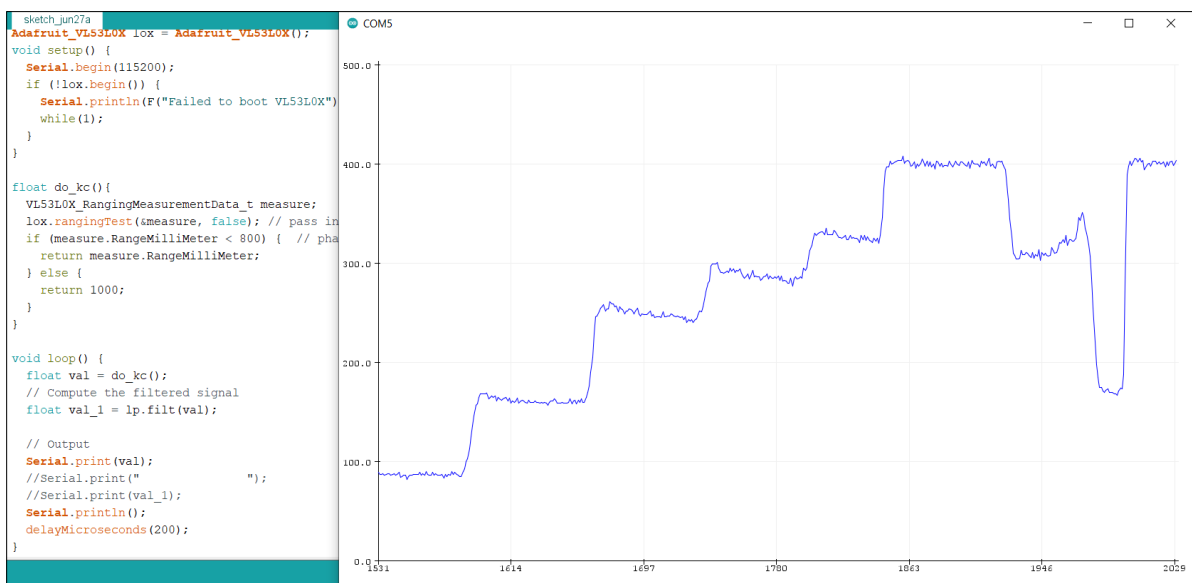


Hình . Mô hình đo và lấy chuẩn so sánh

Thực hiện kết nối modul cảm biến ToF Laser Radar VL53L0X V2 với mạch arduino theo đúng sơ đồ. Xây dựng mô hình đồ gá cho phép đo kiểm thử như hình ảnh trên. Sử dụng thước dây có độ chia nhỏ nhất là 1mm làm chuẩn đo kiểm thử cho phép đo của cảm biến. Bố trí mô hình đo sao cho mặt trước cảm biến song song với bề mặt vật cần. Đồng thời mặt trước cảm biến vuông góc với bề mặt của thước đo. Khi đó tia laser sẽ đi song song với thước vạch.

Thực hiện phép đo trong điều kiện cảm biến hoạt động bình thường. Trong môi trường phòng có ánh sáng trắng, trên nền trắng. Vật cần có kích thước (100x100x20mm), vật bìa giấy.

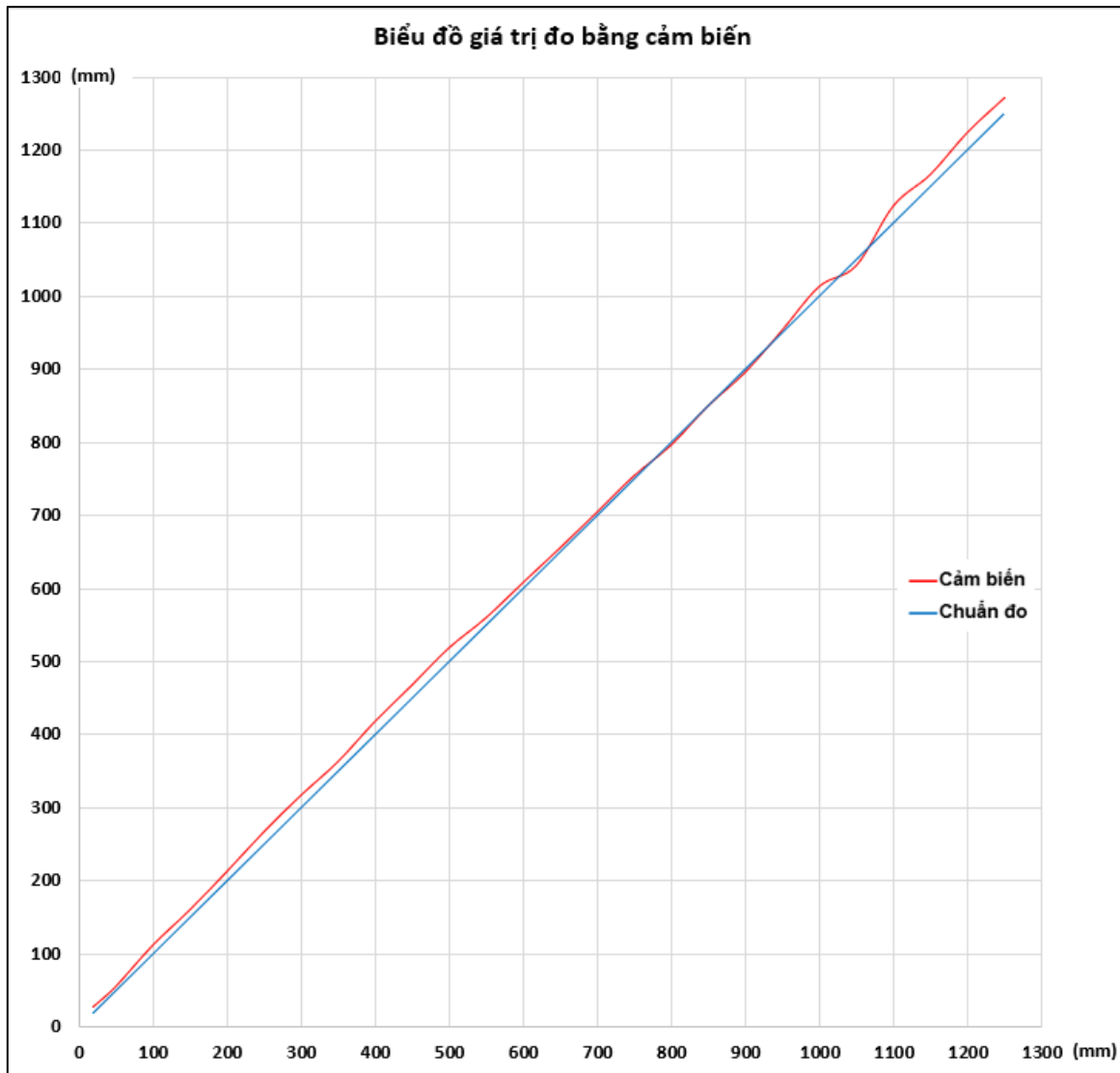
Lần lượt thực hiện phép đo ở các vạch 20, 50, 100... , 1250mm. Với mỗi giá trị đo ta thực hiện 5 lần liên tiếp sau đó lấy giá trị trung bình để đánh giá.



Hình .Nhận giá trị đo cảm biến laser bằng Arduino

Bảng . Số liệu đo bằng cảm biến

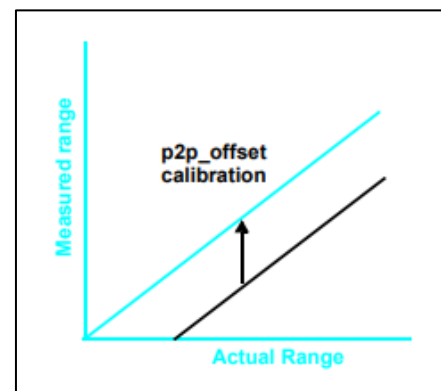
Value	Times					Average	Errorr
	1	2	3	4	5		
20	29	27	27	28	30	28.2	8.2
50	54	52	51	49	51	51.4	1.4
100	110	113	113	111	110	111.4	11.4
150	158	159	161	159	162	159.8	9.8
200	213	212	212	213	211	212.2	12.2
250	265	270	266	268	264	266.6	16.6
300	319	315	316	320	313	316.6	16.6
350	359	366	364	363	361	362.6	12.6
400	416	419	417	421	415	417.6	17.6
450	466	468	470	468	465	467.4	17.4
500	518	521	517	520	516	518.4	18.4
550	547	568	564	559	560	559.6	9.6
600	612	605	610	609	603	607.8	7.8
650	658	651	656	656	655	655.2	5.2
700	708	700	706	702	705	704.2	4.2
750	751	759	744	765	751	754	4
800	796	802	801	791	790	796	-4
850	853	848	853	850	844	849.6	-0.4
900	894	892	895	901	896	895.6	-4.4
950	944	965	949	958	950	953.2	3.2
1000	999	1004	1030	1023	1009	1013	13
1050	1034	1040	1044	1042	1048	1041.6	-8.4
1100	1192	1103	1114	1100	1107	1123.2	23.2
1150	1160	1170	1169	1160	1172	1166.2	16.2
1200	1222	1199	1221	1247	1230	1223.8	23.8
1250	1279	1280	1273	1256	1267	1271	21



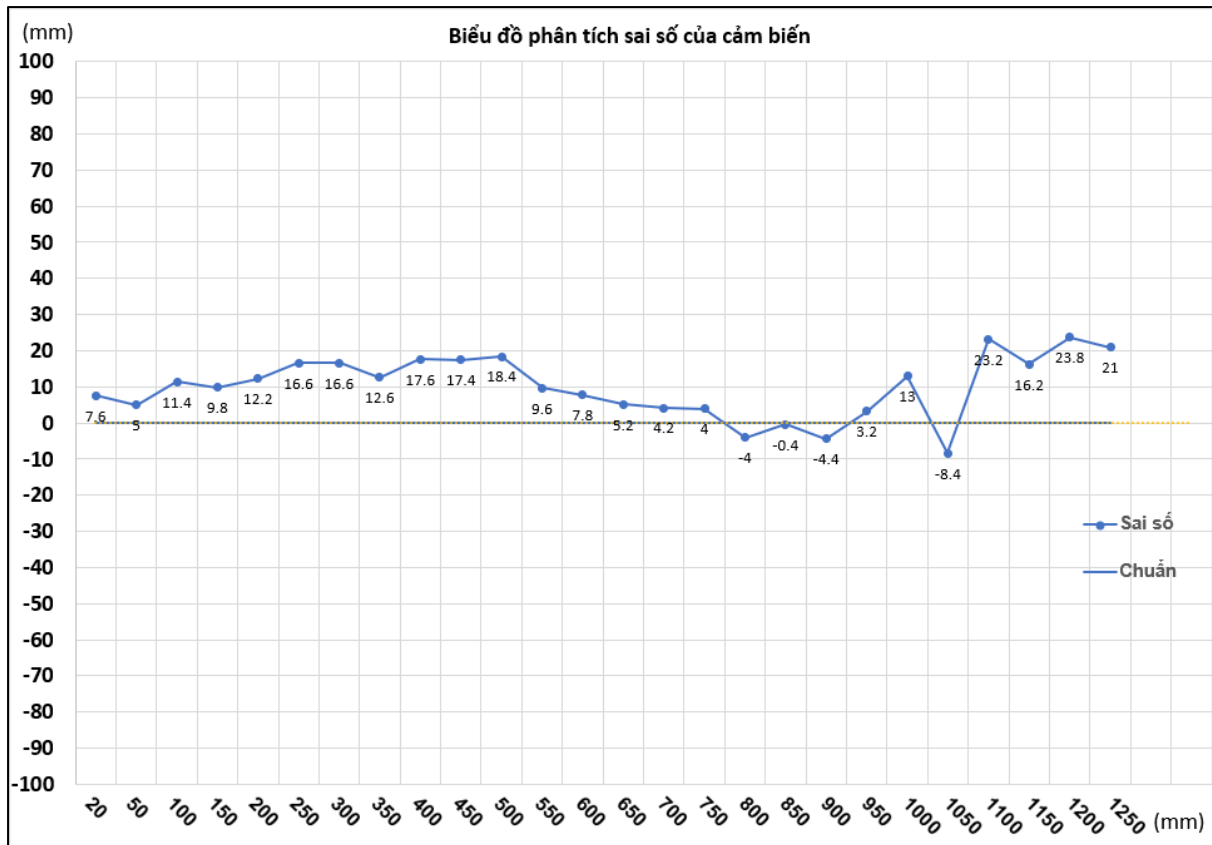
Từ bảng số liệu, ta có biểu đồ so sánh giá trị đo của cảm biến và giá trị chuẩn.

Nhận xét:

- Hai đường số liệu có dạng tương tự bám sát nhau, nhưng không trùng nhau hoàn toàn
- Từ 20mm đến 600mm đường giá trị của cảm biến gần như song song và cách đều đường chuẩn.
- Từ 600mm đến 950mm giá trị hai đường dao động xung quanh sát nhau
- Từ 950mm đến 1250mm giá trị sai lệch nhiều, hai đường số liệu bắt đầu xa nhau
- Từ 1250mm cảm biến không phát hiện được vật cản



Kết luận: Xuất hiện hiện tượng offset theo đúng như trong Datasheet.



Nhận xét:

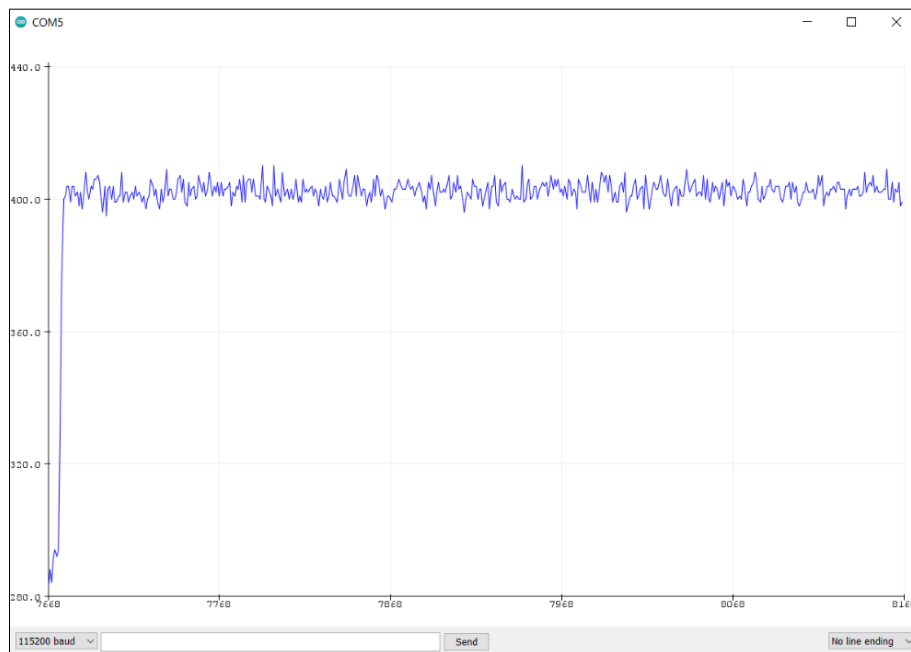
Với dạng biểu đồ sai số ta nhận thấy:

- Sai số nhỏ nhất là (-0.4mm) tại phép đo của giá trị 850mm
- Sai số lớn nhất (23.2mm) tại phép đo 1100mm
- Sai số lớn hơn sai số cho phép của đề bài (10mm). Vậy cần phải có sự hiệu chỉnh cảm biến.

Giải thích nguyên nhân dẫn đến sai số:

- Do vật liệu chế tạo cảm biến không đồng đều.
- Do nguồn của cảm biến không ổn định, chân cắm không chắc chắn
- Do ảnh hưởng của môi trường xung quanh đến đường đi của tia laser như: bụi, ánh sáng, hơi nước,...
- Do ảnh hưởng của bề mặt phản xạ vật chắn.

Thực hiện liên tục phép đo ở mốc 400mm.



```
COM5
21:13:17.411 -> 408.00
21:13:17.445 -> 411.00
21:13:17.514 -> 404.00
21:13:17.548 -> 408.00
21:13:17.583 -> 412.00
21:13:17.617 -> 408.00
21:13:17.685 -> 412.00
21:13:17.720 -> 417.00
21:13:17.755 -> 412.00
21:13:17.787 -> 410.00
21:13:17.857 -> 407.00
21:13:17.891 -> 405.00
21:13:17.926 -> 412.00
21:13:17.960 -> 409.00
21:13:17.994 -> 402.00
21:13:18.062 -> 407.00
21:13:18.097 -> 412.00
21:13:18.131 -> 407.00
21:13:18.164 -> 406.00
21:13:18.199 -> 409.00
21:13:18.267 -> 410.00
21:13:18.301 -> 407.00
21:13:18.335 -> 409.00
21:13:18.368 -> 407.00
21:13:18.438 -> 408.00
21:13:18.473 -> 409.00
21:13:18.508 -> 406.00
21:13:18.542 -> 404.00
21:13:18.576 -> 408.00
21:13:18.646 -> 409.00
```

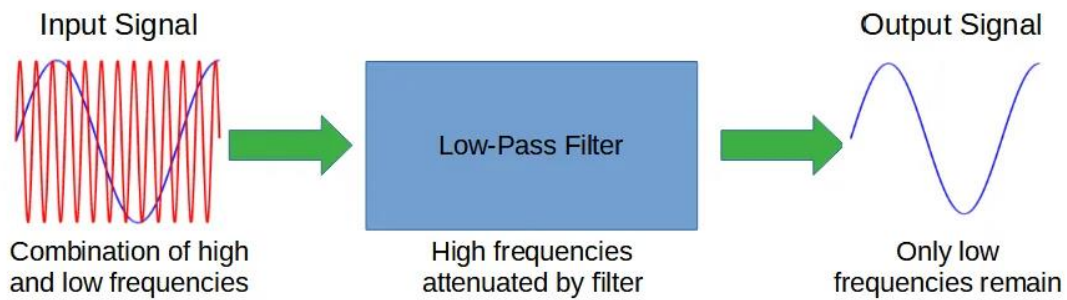
Nhận xét:

- Đường biểu thị giá trị đo bị nhiễu loạn không ổn định
- Các giá trị trả về dao động xung quanh giá trị 400
- Sai số lớn nhất hơn 10mm

3.1.4. Hiệu chỉnh bằng bộ lọc thông thấp

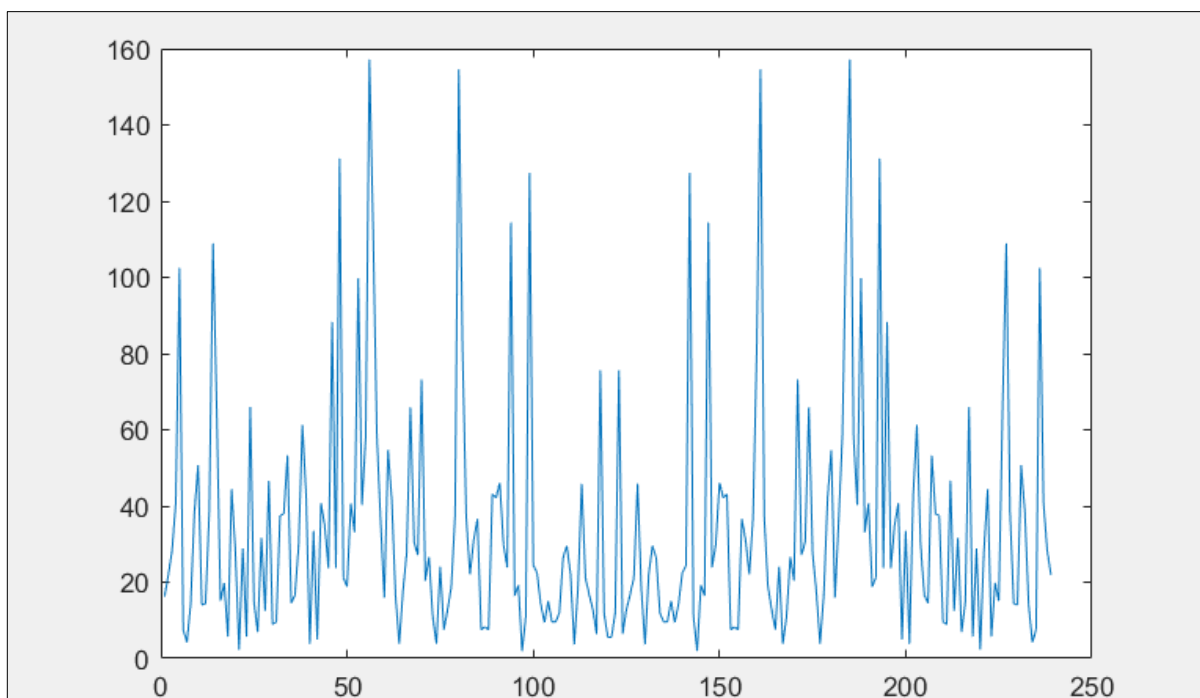
❖ Bộ lọc thông thấp

Bộ lọc thông thấp (gọi là bộ lọc cắt cao) là bộ lọc cho tín hiệu có tần số thấp hơn tần số cắt đã chọn đi qua và làm suy giảm tín hiệu có tần số cao hơn tần số cắt. Đáp ứng tần số chính xác của bộ lọc phụ thuộc vào thiết kế bộ lọc .



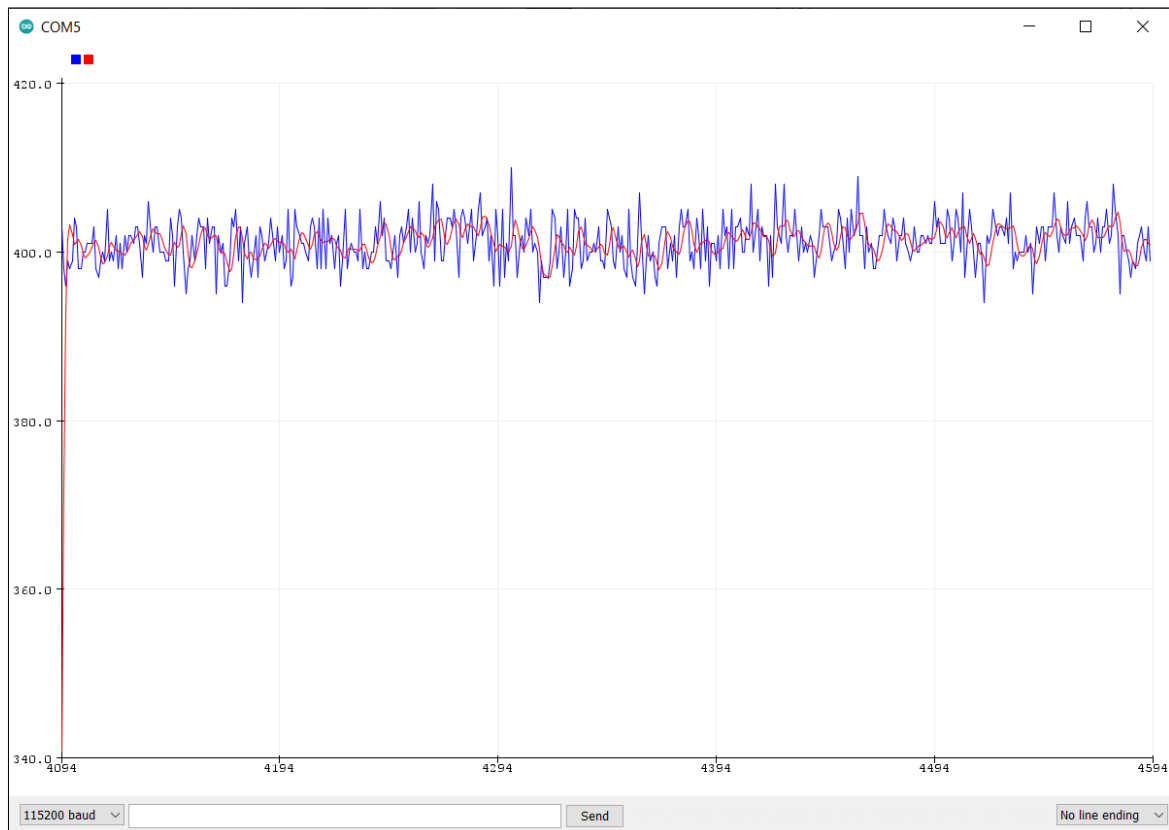
Bộ lọc thông thấp tồn tại ở nhiều dạng khác nhau, bao gồm các mạch điện tử, thuật toán, được sử dụng trong âm thanh , bộ lọc khử răng cưa để điều hòa tín hiệu trước khi chuyển đổi tương tự sang kỹ thuật số , bộ lọc kỹ thuật số để làm mịn tập hợp dữ liệu, rào cản âm thanh, làm mờ hình ảnh,...

Sử dụng FFT(Fast Fourier transform) để biến đổi tín hiệu từ miền biên độ sang miền tần số. Để xác định tần số của tín hiệu. Thường các tần số dao động nhanh sẽ là các tín hiệu nhiễu vì chúng kém ổn định và biến đổi liên tục. Sau đó tiến hành loại bỏ các tần số cao.



Hình . Miền tần số của tín hiệu

❖ Hiệu chỉnh cảm biến



Hình . Giá trị đo sau khi hiệu chỉnh bằng bộ lọc thông thấp

Đường màu xanh là giá trị thô của cảm biến trả về

Đường màu đỏ là giá trị nhận được sau khi sử dụng bộ lọc thông thấp.

Sau khi sử dụng bộ lọc thông thấp ta nhận thấy biên độ dao động của tín hiệu nhỏ hơn(sai số nhỏ hơn)

Các giá trị nằm trong khoảng 395 đến 405mm

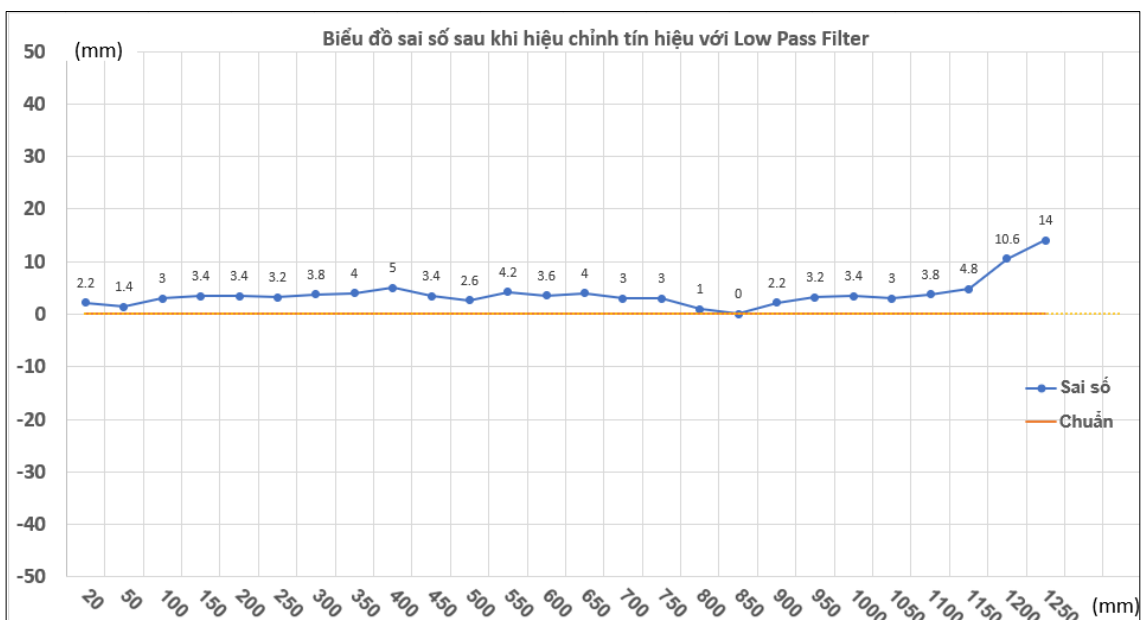
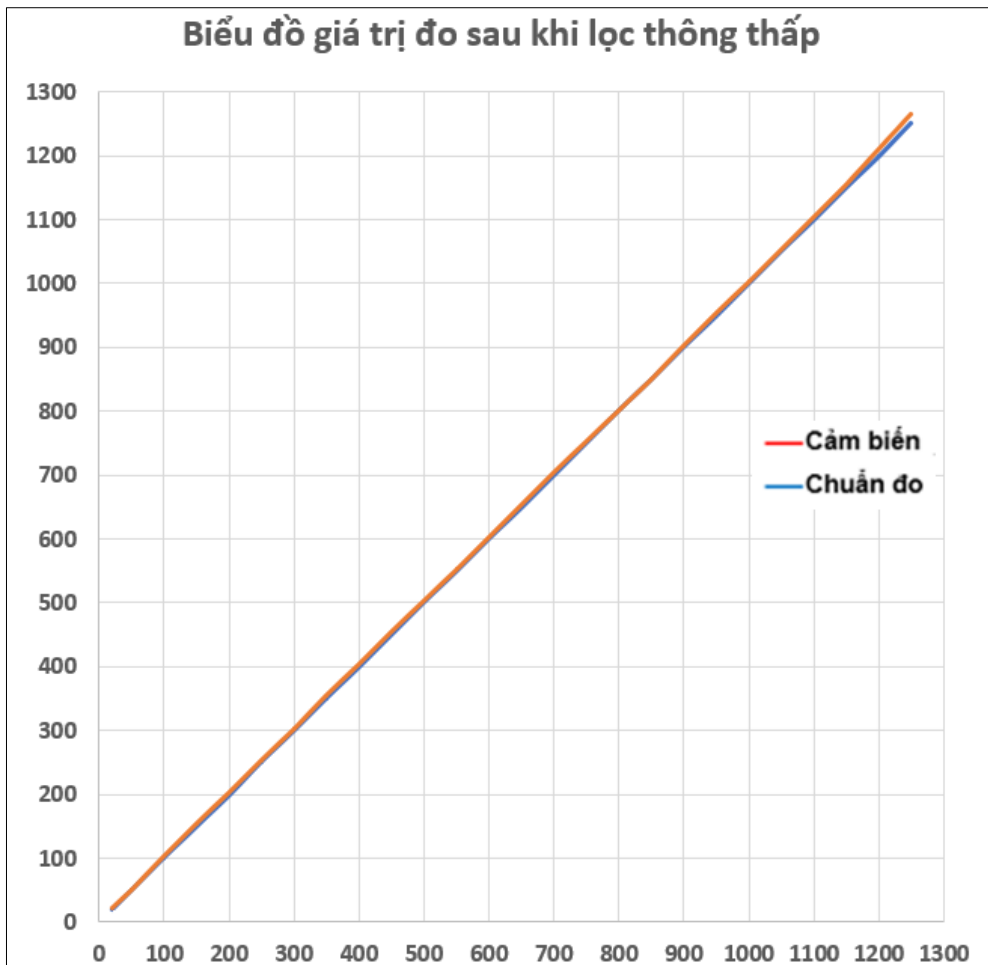
Sai số chỉ vào khoảng $\pm 5 \text{ mm}$

Tín hiệu đo ổn định và sai số lặp lại giảm.

COM5		
20:19:33.944	->	398.00
20:19:33.978	->	406.00
20:19:34.012	->	407.00
20:19:34.046	->	406.00
20:19:34.114	->	401.00
20:19:34.147	->	399.00
20:19:34.182	->	395.00
20:19:34.217	->	403.00
20:19:34.285	->	402.00
20:19:34.319	->	394.00
20:19:34.354	->	401.00
20:19:34.389	->	402.00
20:19:34.456	->	403.00
20:19:34.490	->	399.00
20:19:34.525	->	402.00
20:19:34.561	->	401.00
20:19:34.628	->	404.00
20:19:34.663	->	403.00
20:19:34.697	->	400.00
20:19:34.731	->	401.00
20:19:34.799	->	397.00
20:19:34.833	->	405.00
20:19:34.867	->	400.00
20:19:34.902	->	405.00
20:19:34.970	->	403.00
20:19:35.005	->	400.00
20:19:35.040	->	405.00

Đánh giá bộ lọc thông thấp bằng cách thực hiện lại phép đo kiểm thử các mốc đo

Value	Times					Average	Errorr
	1	2	3	4	5		
20	22	23	22	21	23	22.2	2.2
50	54	52	51	49	51	51.4	1.4
100	104	106	99	101	105	103	3
150	155	152	151	154	155	153.4	3.4
200	206	202	201	203	205	203.4	3.4
250	255	253	250	251	257	253.2	3.2
300	302	302	308	302	305	303.8	3.8
350	356	356	351	352	355	354	4
400	406	409	403	401	406	405	5
450	456	453	451	453	454	453.4	3.4
500	502	501	503	501	506	502.6	2.6
550	547	558	552	554	560	554.2	4.2
600	602	605	602	606	603	603.6	3.6
650	652	651	656	656	655	654	4
700	702	700	706	702	705	703	3
750	751	754	744	765	751	753	3
800	800	802	801	802	800	801	1
850	852	849	851	850	848	850	0
900	903	902	900	905	901	902.2	2.2
950	944	965	949	958	950	953.2	3.2
1000	999	1004	1007	1006	1001	1003.4	3.4
1050	1052	1055	1050	1052	1056	1053	3
1100	1105	1103	1104	1100	1107	1103.8	3.8
1150	1160	1155	1150	1155	1154	1154.8	4.8
1200	1211	1199	1221	1205	1217	1210.6	10.6
1250	1267	1274	1263	1256	1260	1264	14



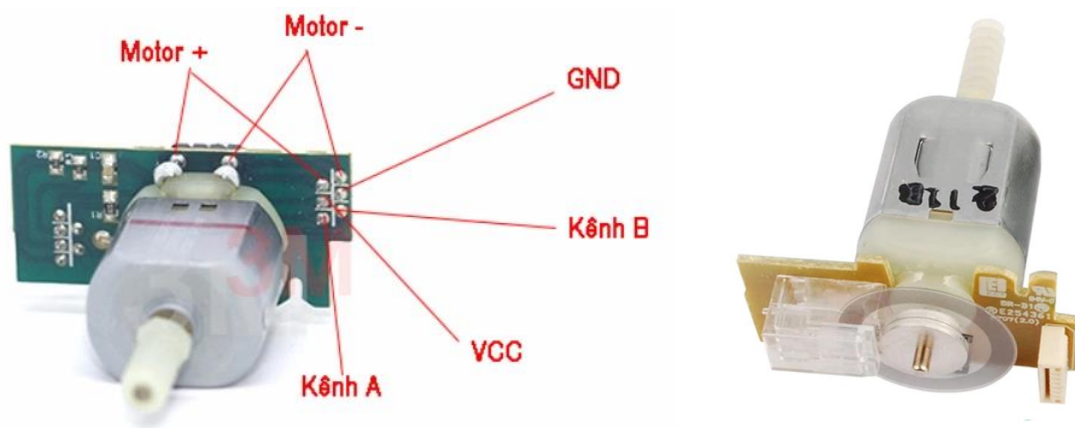
Nhận xét: Tín hiệu đo ổn định hơn, giá trị đo chính xác hơn,

- Sai số trong khoảng 20 đến 1200 nhỏ hơn 10mm => lấy
- Sai số trong khoảng 1200 trở đi lớn hơn 10mm => bỏ

3.3. Encoder tương đối

3.2.1. Thông số và nguyên lý hoạt động

Encoder tương đối là một loại thiết bị mã hóa chuyển đổi chuyển động góc hoặc vị trí của trục thành mã tương tự hoặc kỹ thuật số để xác định vị trí hoặc chuyển động. Đây là một trong những bộ mã hóa quay được sử dụng phổ biến nhất.

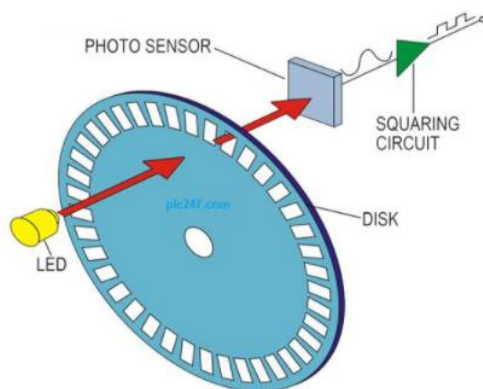


Hình . Động cơ có tích hợp Encoder

Thiết bị này có thể được sử dụng trong các ứng dụng định vị và phản hồi tốc độ động cơ bao gồm các ứng dụng servo/nhẹ, công nghiệp hoặc các công việc hạng nặng.

Một encoder tương đối cung cấp cho chúng ta khả năng phản hồi khoảng cách và tốc độ tuyệt vời. Ngoài ra, vì có ít cảm biến liên quan nên các hệ thống trở nên đơn giản và tiết kiệm chi phí hơn. Loại encoder này bị giới hạn bởi chỉ cung cấp thông tin thay đổi, vì vậy bộ mã hóa yêu cầu thiết bị tham chiếu để tính toán chuyển động.

Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của Encoder tương đối

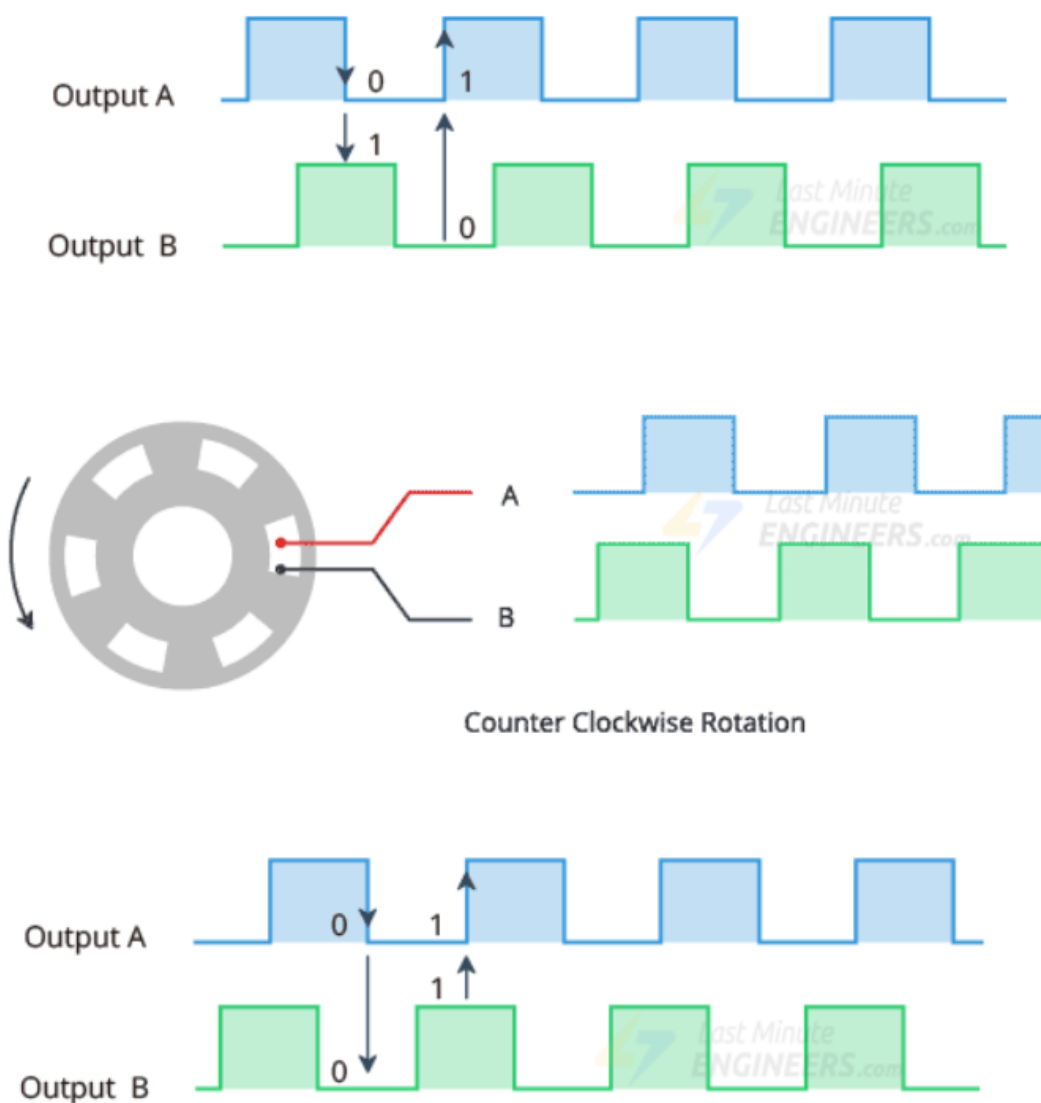


Cấu tạo của một encoder tương đối bao gồm:

- Một bộ thu phát quang (LED phát – LED thu).
- Một hệ thống lỗ (rãnh) được bố trí trên một đĩa tròn hoặc một thanh thẳng theo một quy tắc nào đó.

Encoder tương đối cung cấp một lượng xung xác định trong một vòng quay. Đầu ra có thể là một dòng xung duy nhất (kênh A) hoặc hai dòng xung (kênh A và kênh B) được bù để xác định xoay. Pha này giữa hai tín hiệu được gọi là cầu phương.

❖ Xác định chiều quay



Khi cảm biến A bắt đầu bị che thì cảm biến B hoàn toàn nhận được hồng ngoại xuyên qua, và ngược lại. Hình trên là dạng xung ngõ ra trên 2 kênh. Xét trường hợp motor quay cùng chiều kim đồng hồ, tín hiệu “đi” từ trái sang phải. Bạn hãy quan sát lúc tín hiệu A chuyển từ mức cao xuống thấp (cạnh xuống) thì kênh B đang ở mức thấp. Ngược lại, nếu động cơ quay ngược chiều kim đồng hồ, tín hiệu “đi” từ phải qua trái. Lúc này, tại cạnh xuống của kênh A thì kênh B đang ở mức cao. Như vậy, bằng cách phối hợp 2 kênh A và B chúng ta không những xác định được góc quay (thông qua số xung) mà còn biết được chiều quay của động cơ (thông qua mức của kênh B ở cạnh xuống của kênh A).

❖ Xác định tốc độ

Vòng quay của động cơ dưới dạng xung dựa vào sự đồng ngắn của tín hiệu qua khoảng trống của đĩa xung.

$$\omega = \frac{x}{P} \times \frac{1}{N} \times 60 \text{ (vòng /phút)}$$

Trong đó:

- ω vận tốc quay (vòng/phút)
- x là số xung thu được
- P độ phân giải của Encoder (số xung trên đĩa)
- N thời gian lấy mẫu (giây)

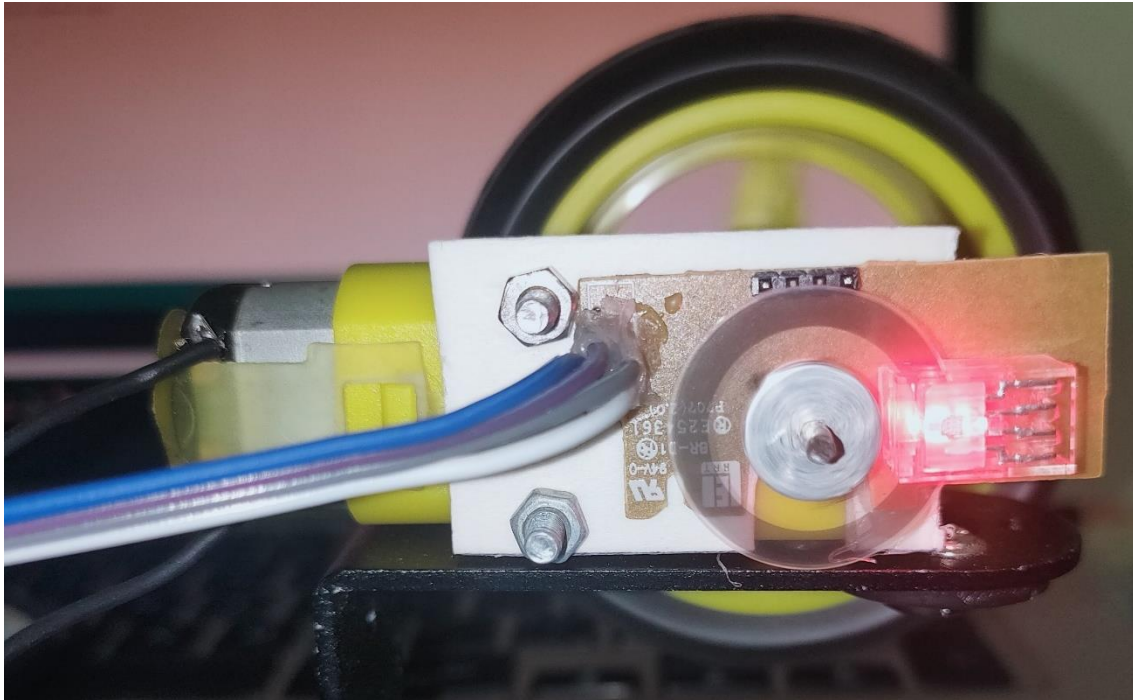
❖ Thông số của Encoder sử dụng trong đề tài

Điện áp	5 - 12 VDC
Dòng điện	20mA
Số xung	334, với 2 kênh A, B lệch pha nhau góc 90 độ
Độ phân giải	334x4=1336
Tốc độ động cơ:	5VDC: 1000rpm; 12VDC: 4300rpm

Giải thích: do 2 kênh A và B lệch pha nhau 90° nên thay vì 1 vạch tương ứng với 1 xung lên xuống, ta có tương ứng với 4 trạng thái AB: 00, 01, 10, 11. Nên độ phân giải tối đa là 334x4.

Tuy nhiên với đề tài này tốc độ động cơ là khá thấp và để hạn chế mất xung y chỉ sử dụng phương pháp đọc xung lên xuống (334 xung). Và các định chiều quay bằng 2 kênh A B.

Đồng thời để giảm sai số của bộ truyền hộp giảm tốc (sai số do độ hở bánh răng, độ đảo trục). Tiến hành cải tiến lại mạch Encoder, sao cho đĩa xung được đặt trực tiếp trên trục của bánh xe.



Hình . Kết nối thử nghiệm Encoder

3.2.2. Kết nối thử nghiệm

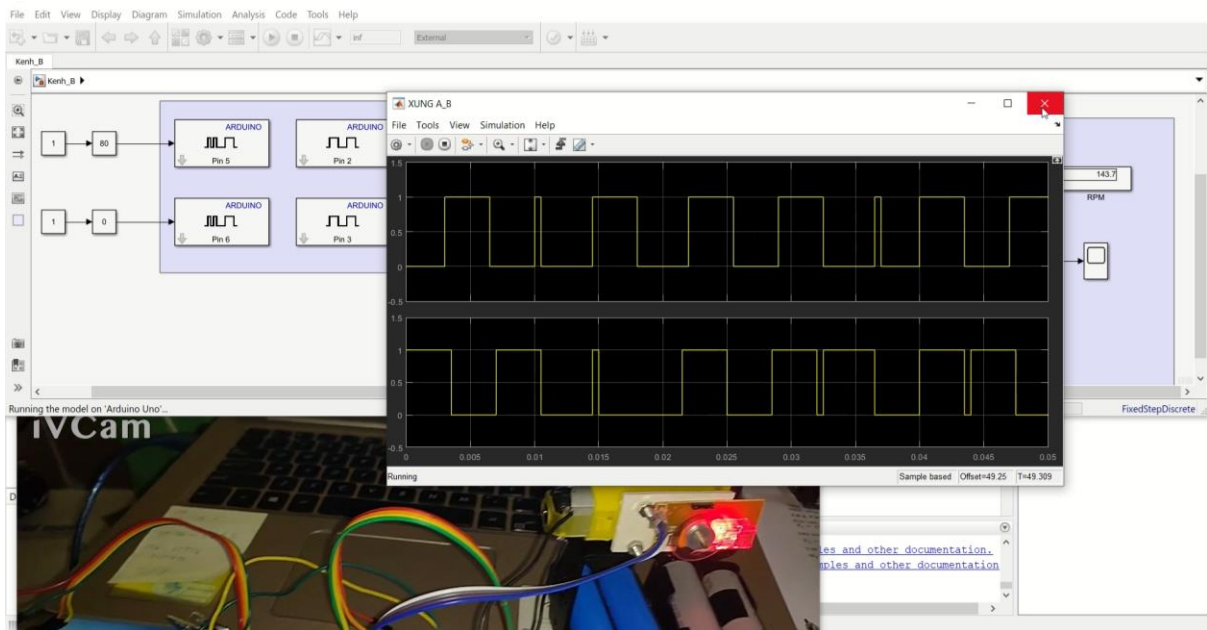
❖ Kết nối và đọc encoder bằng Arduino IDE



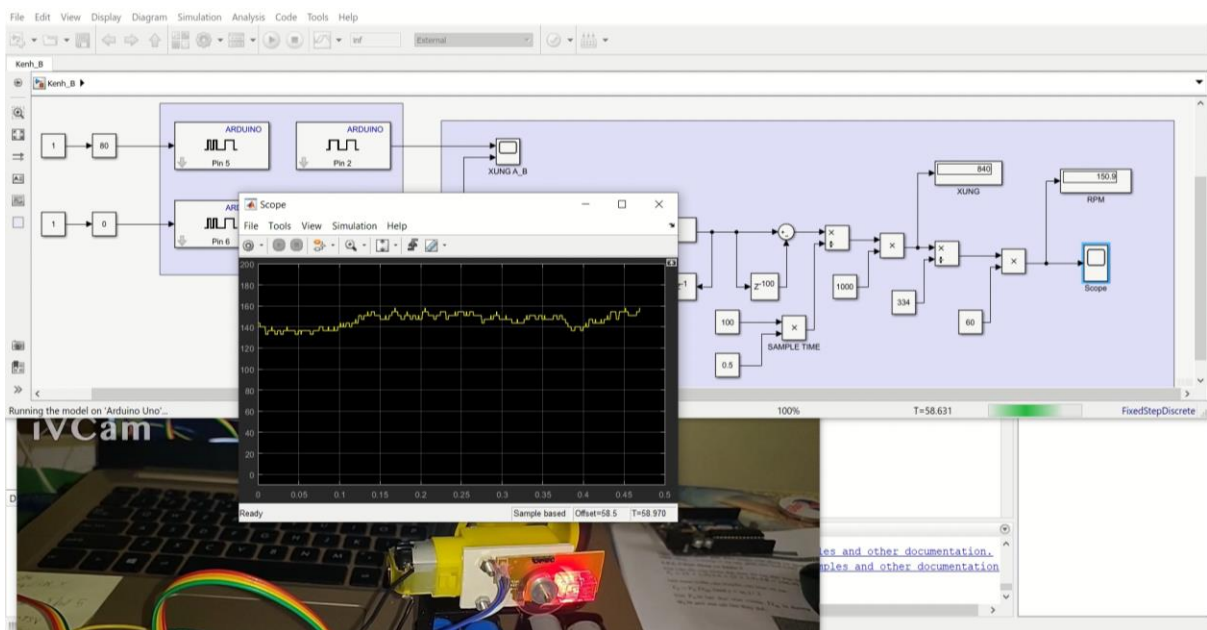
Nhân xét: Các nhịp xung có sự rộng hẹp khác nhau

Hai kênh xung có dạng biến đổi tương tự nhau.

❖ Kết nối và đọc xung encoder bằng Matlab



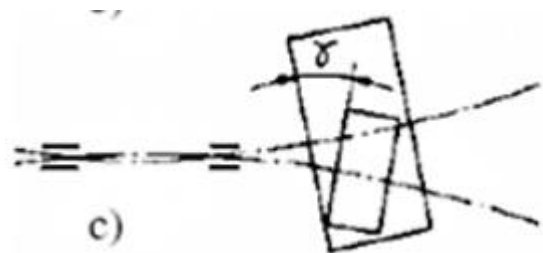
Hình . Đọc encoder 2 kênh bằng Matlab



Hình . Đo tốc độ động cơ bằng encoder với Matlab

Nhận xét:

Xuất hiện sự kỳ dị của tín hiệu xung là do kết cấu cơ khí. Cụ thể là độ đảo trục của động cơ dẫn đến độ đảo của đĩa xung, làm cho xung bị dài ngắn khác nhau.

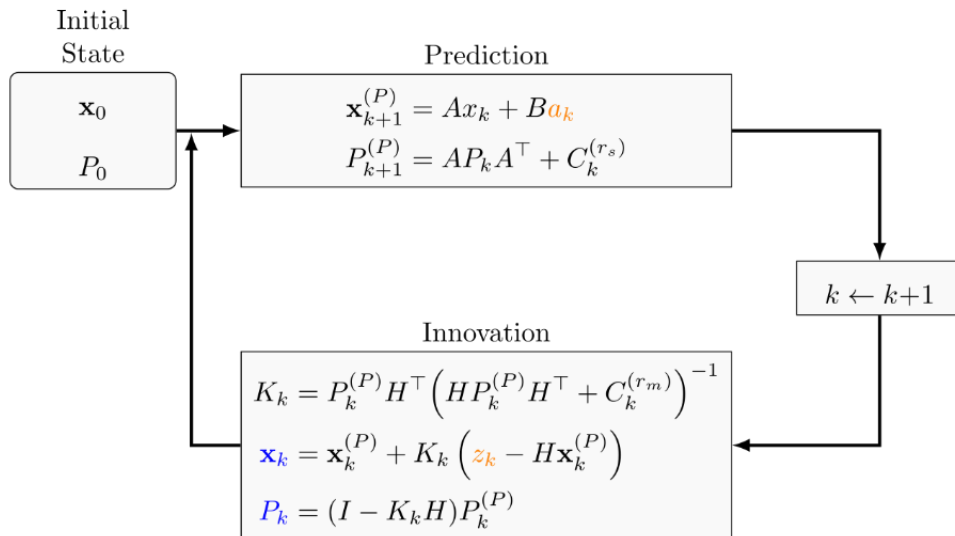


3.2.3. Hiệu chỉnh bằng bộ lọc Kalman

❖ Bộ lọc Kalman

Kalman Filter kết hợp thông tin không chắc chắn ở thời điểm hiện tại cùng với thông tin đầy nhiễu loạn của môi trường sang một dạng thông tin mới đáng tin cậy hơn để phục vụ dự đoán tương lai.

Điểm mạnh của Kalman Filter là chạy rất nhanh và tính ổn định cao.



Hình . Sơ đồ bộ lọc Kalman

```
#include <SimpleKalmanFilter.h>
```

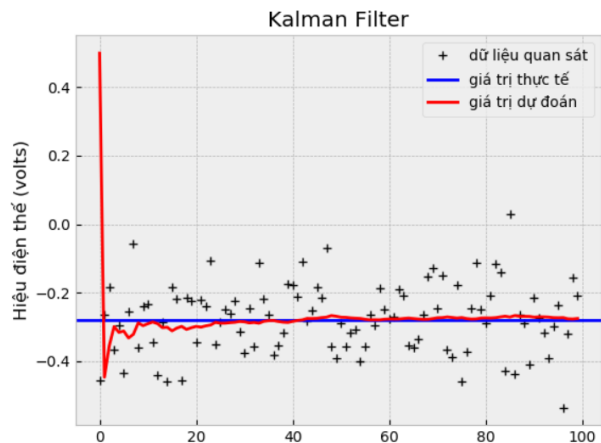
```
SimpleKalmanFilter bo_loc(2, 2, 0.001);
```

```
u_kalman = bo_loc.updateEstimate(rpm1);
```

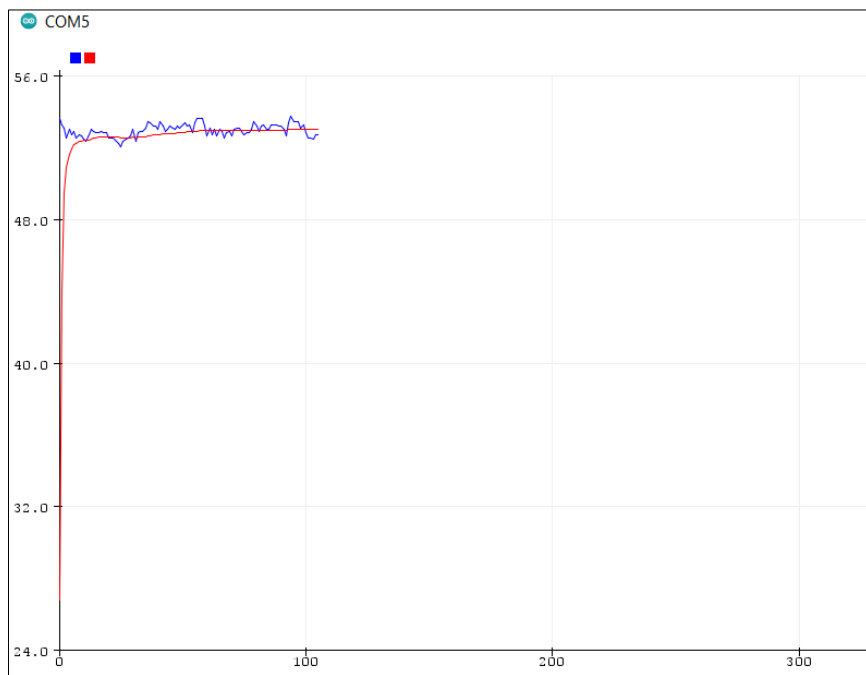
```
SimpleKalmanFilter (e_mea, e_est, q);
```

Trong đó

- e_mea: Độ không chắc chắn của phép đo
- e_est: Ước tính không chắc chắn
- q: Phương sai Quá trình - phép đo di chuyển nhanh như thế nào.



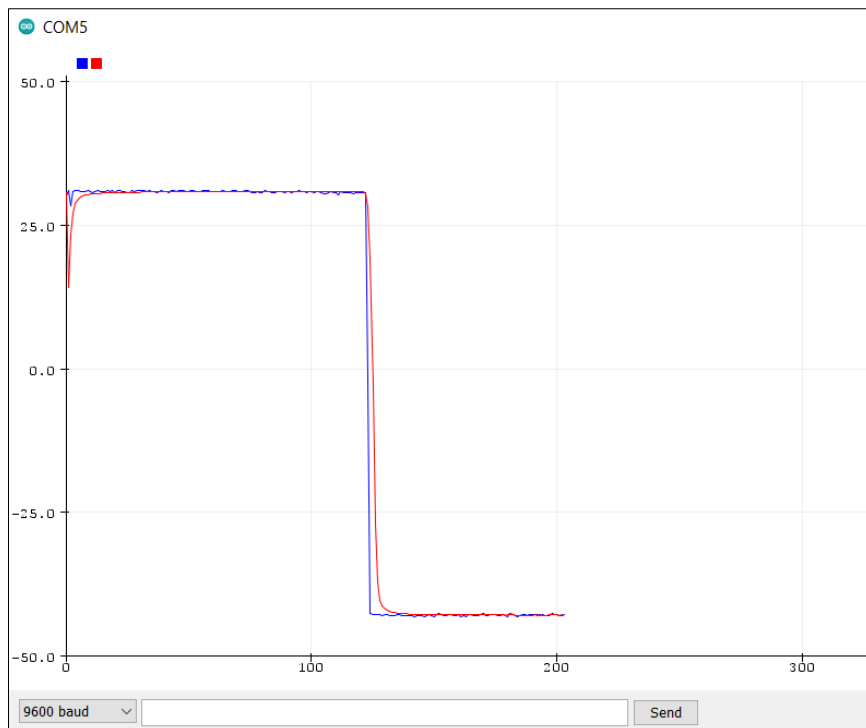
❖ Hiệu chỉnh



Hình . Hiệu chỉnh với Kalman Filter

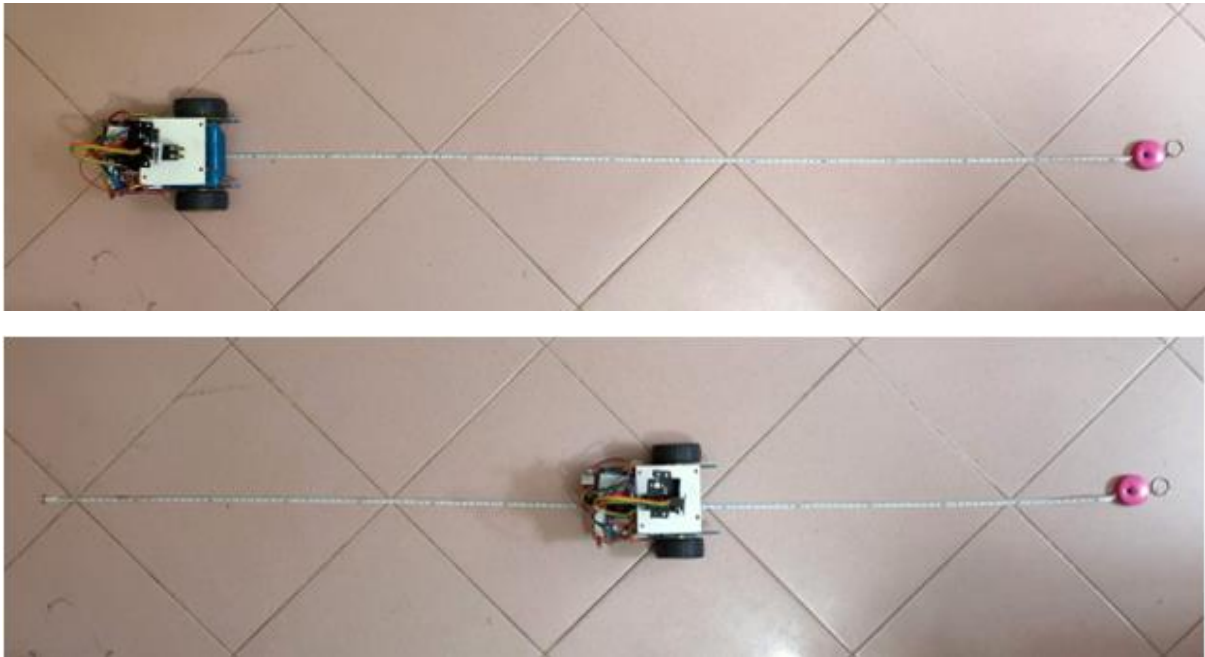
Đường màu xanh là giá trị vận tốc thô đo bằng encoder

Đường màu đỏ là giá trị nhận được sau khi sử dụng bộ lọc kalman



Hình . Đảo chiều động cơ

❖ Đo tốc độ của mô hình



Hình . Mô hình đo vận tốc

Tính toán lý thuyết

$$r = 0.03 \text{ m}$$

$$\omega = 100 \text{ (vòng / phút)} \quad \text{Suy ra:} \quad v = \frac{100 \times 2\pi \times r}{60} = 0.31 \text{ (m/s)}$$

$$t = 3 \text{ s} \quad \text{.Suy ra} \quad S_{lt} = v \cdot t = 0.031 \times 3 = 0.93 \text{ m}$$

Thực nghiệm

Quãng đường đo được thực tế là: $S = 0.86 \text{ m}$

Phân tích

Có sự sai khác này là do động cơ chịu tải từ mô hình nên tốc độ bị giảm đi

Ngoài ra còn có sự tác động của ma sát giữa bánh xe với mặt nền nên nên trượt hoặc hãm tốc

Cũng có thể phỏng đoán hai bánh xe không đồng bộ làm cho xe di chuyển dích dắc nên quãng đường theo phương thẳng sẽ ngắn hơn

Khắc phục hiện tượng này bằng cách sử dụng hệ số tỷ lệ

$$U = \frac{S}{S_{lt}} = \frac{0.86}{0.93} = 0.925$$

3.3. Động cơ RC Servo

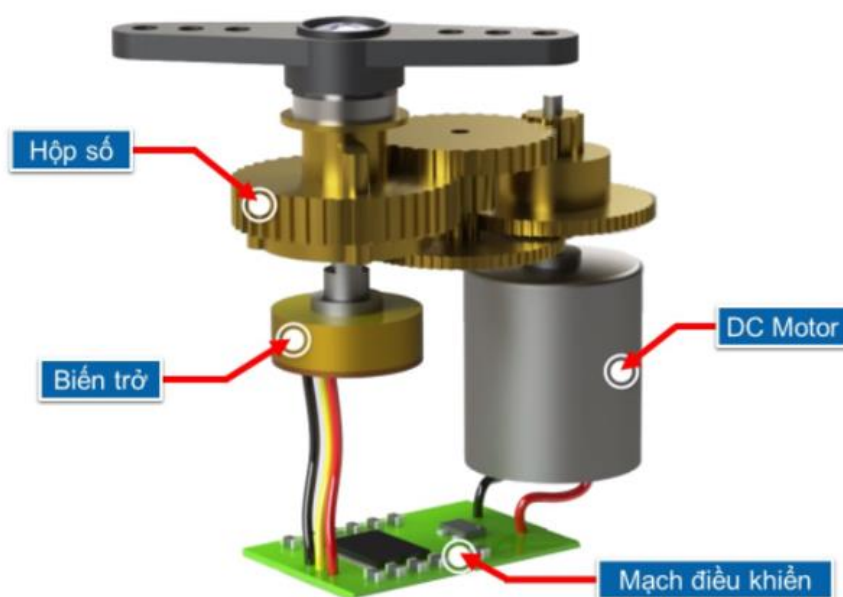
3.3.1. Cấu tạo RC Servo

Khác với những loại động cơ DC, AC servo trong công nghiệp sử dụng encoder để phản hồi vị trí. Động cơ RC Servo là loại động cơ một chiều đơn thuần có cảm ứng phản hồi vị trí là một biến trở. Vị trí thực tiễn được so sánh với vị trí tiềm năng, bộ điều khiển sẽ dựa vào sai số này để biến hóa vị trí thực tiễn đúng với nhu yếu.

Bảng thông số kỹ thuật MG996

Chủng loại:	Analog RC Servo.
Điện áp hoạt động:	4.8-6.6VDC
Kích thước:	40mm x 19mm x 43mm
Trọng lượng:	55g
Lực kéo:	3.5 kg-cm (180.5 ozin) at 4.8V 5.5 kg-cm (208.3 ozin) at 6V
Tốc độ quay:	0.17sec / 60 degrees (4.8V no load) 0.13sec / 60 degrees (6.0V no load)

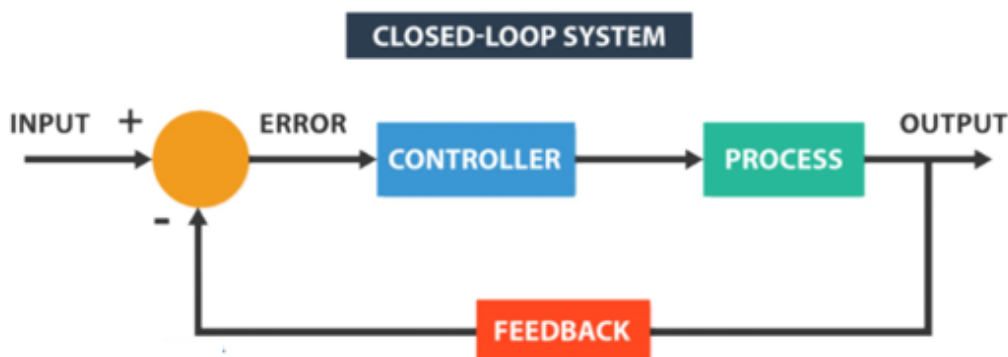
Động cơ servo gồm có 4 bộ phận : động cơ một chiều, hộp số, biến trở và mạch điều khiển .



Hình . Cấu tạo RC Servo

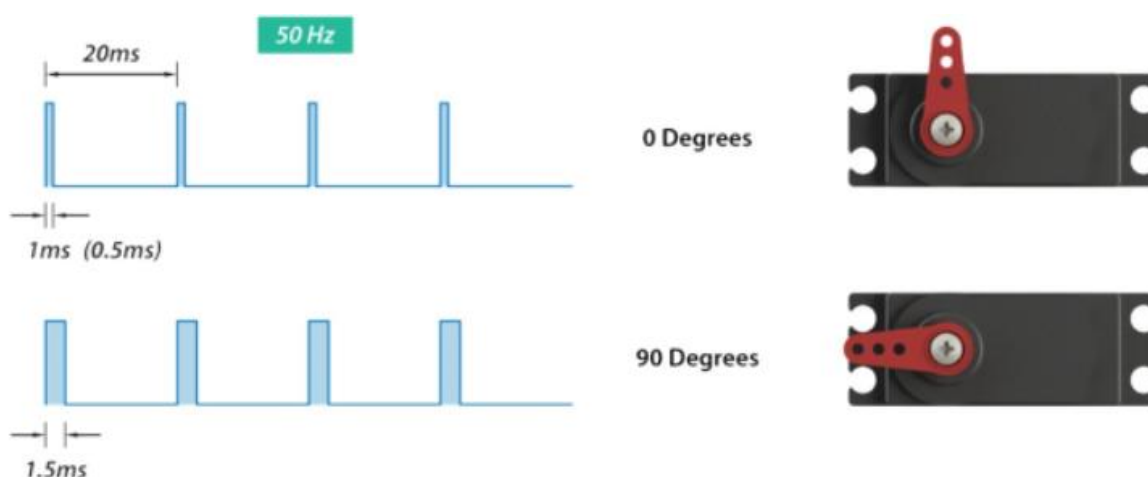
3.3.2. Biến trở phản hồi trong RC Servo

- Động cơ DC có vận tốc cao và moment thấp nên cần hộp số để giảm vận tốc và tăng moment giúp điều khiển tốt vị trí. Tốc độ sau khi qua hộp giảm tốc khoảng 60 vòng/phút.



Hình . Sơ đồ mạch điều khiển phản hồi của RC Servo

- Biến trở được nối với hộp số hoặc trục của động cơ, nên khi động cơ quay thì biến trở cũng đồng thời quay theo. Biến trở quay sẽ ứng với động cơ quay theo một góc tuyệt đối so với vị trí ban đầu. Mạch điều khiển đọc điện áp từ biến trở và so sánh với điện áp của tín hiệu điều khiển. Ở một số động cơ rc servo có tích hợp thêm mạch cầu H để điều chỉnh động cơ quay theo chiều ngược lại khi động cơ quay qua vị trí mong muốn. Cho đến khi sai số giữa hai tín hiệu điện áp này bằng 0.

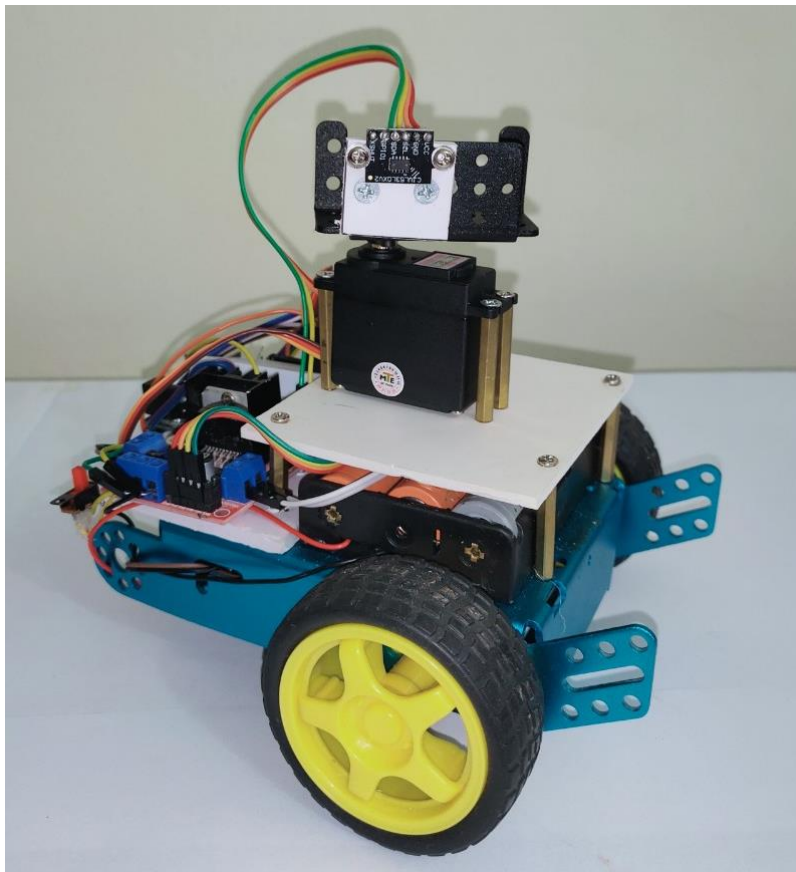


Động cơ RC servo được điều khiển bằng cách cấp một chuỗi xung PWM. Tần số của xung điều khiển nên là 50 Hz, góc quay của động cơ nhờ vào vào độ rộng của xung điều khiển. Loại động cơ này có số lượng giới hạn về góc quay, góc quay tối đa là 180 độ.

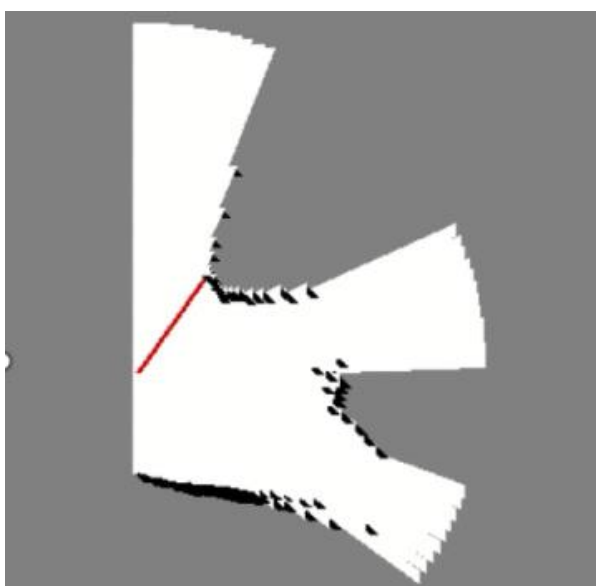
Cho ví dụ độ rộng xung 1 ms ứng với góc quay động cơ là 0 độ, độ rộng 1,5 ms ứng với góc quay là 90 độ và 2 ms ứng với góc quay 180 độ. Góc quay hoàn toàn có thể khác nhau so với những loại động cơ của những thương hiệu khác nhau .

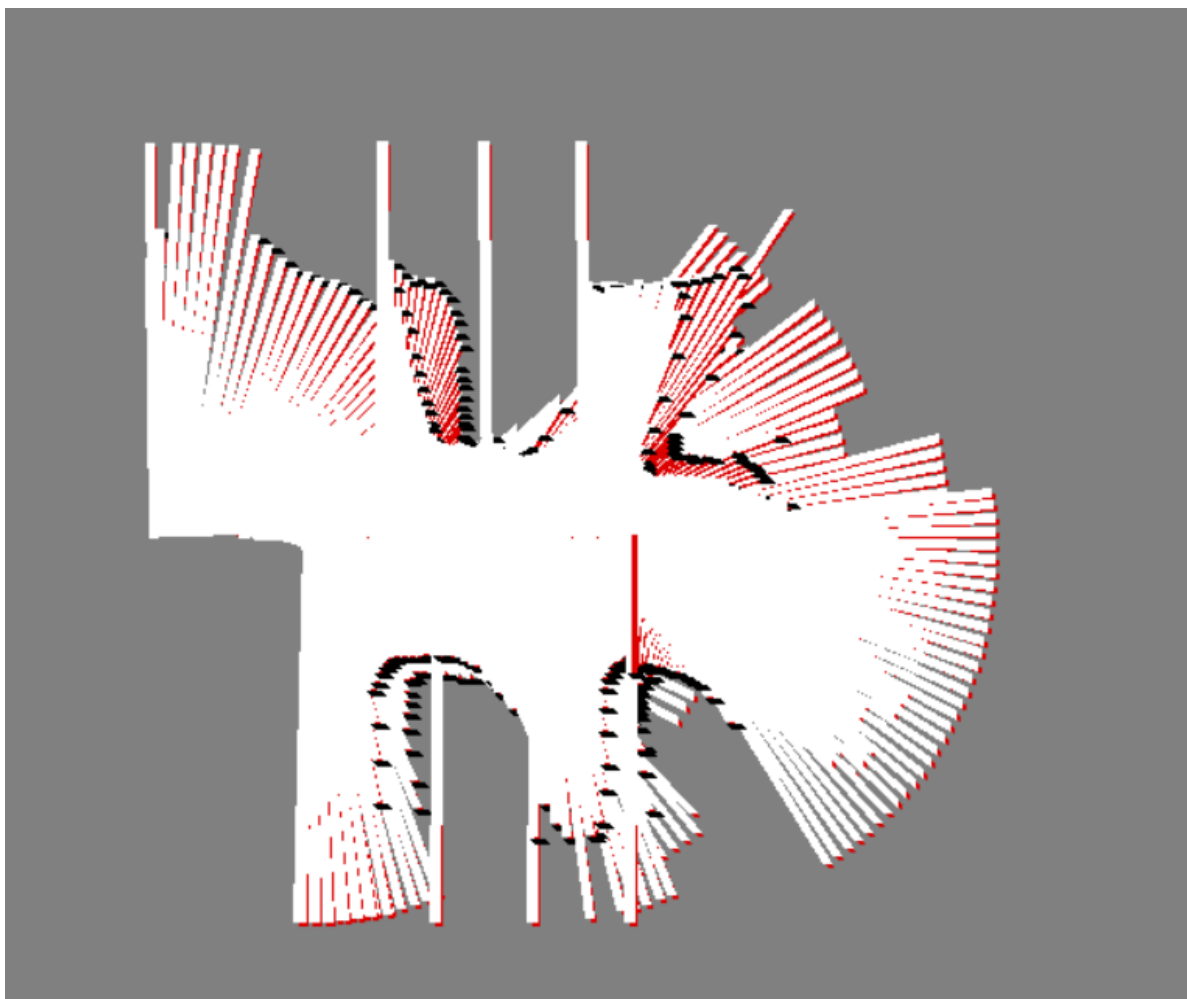
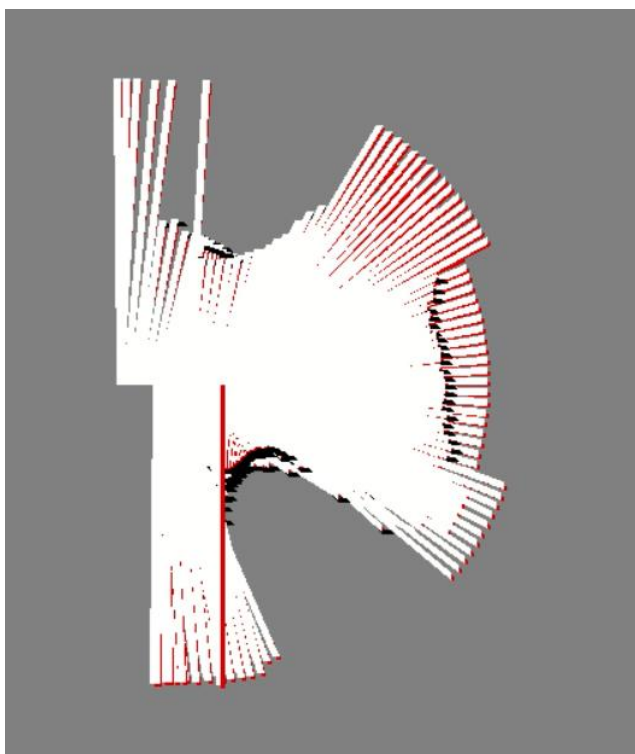
CHƯƠNG 4. KIỂM NGHIỆM VÀ ỨNG DỤNG

4.1. Kết quả



Hình . Mô hình xe tự hành và bản đồ vật cản





Hình .Các bản đồ được xây dựng bằng mô hình

4.2. Phân tích đánh giá kết quả

Đạt được:

- Mô hình xe chạy ổn định theo quỹ đạo
- Các cảm biến trả về giá trị đo tốt sau khi được hiệu chỉnh
- Thông qua các lần thực nghiệm, ta thu được một số bản đồ vật cản như trên
- Đánh giá bản đồ có hình dạng khá tương đồng với thực tế, vị trí các vật cản tương đối chính xác.

Hạn chế:

- Tốc độ quét còn khá chậm 9s cho một lượt quét bản đồ
- Tốc độ di chuyển của xe thấp
- Phù hợp với môi trường bản đồ tĩnh.

CHƯƠNG 5. TỔNG KẾT

Mô hình được phát triển trên nền tảng kiến thức tổng hợp của các môn học trong ngành cơ điện tử. Tạo ra một sản phẩm có tính ứng dụng trong học tập và nghiên cứu.

Sau khi quá trình nghiêm cứu và triển khai nghiêm túc đề tài, bên cạnh việc củng cố kiến thức của học phần còn có sự mở rộng khai phá thêm nhiều kiến thức chuyên ngành mới. Hiểu rõ về định nghĩa, cách phân loại cảm biến, cách sử dụng một số bộ lọc tín hiệu cơ bản. Đề tài đã đạt được thành quả nhất định, xong vẫn có khả năng phát triển thêm. Là cơ sở tham khảo cho các đề tài sau này.

Đề xuất hướng phát triển

Kết hợp với các công nghệ 4.0 như xử lý ảnh để theo dõi quan sát các đối tượng di chuyển. Phát hiện được đối tượng động đưa ra các giải thuật di chuyển tối ưu hơn.

Sử dụng các thiết bị cảm biến có tốc độ xử lý nhanh hơn để tăng công suất cho mô hình. Lúc đó có thể áp dụng thành các đề tài thực tế..

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Datasheet VL53L0X: [https://www.smart-prototyping.com/image/data/ 2_components/sensors/101768%20GY-530/VL53L0X.pdf](https://www.smart-prototyping.com/image/data/2_components/sensors/101768%20GY-530/VL53L0X.pdf)
2. Kalman Filter: <https://www.kalmanfilter.net/default.aspx>
3. Design of a 2D Laser Mapping System for Substation Inspection Robot - Peng Xiao
State Grid Shandong Electric Power Research Institute Jinan, China, 2016
4. F. Pomerleau , F. Colas , R. Siegwart , and S. Magnenat, “ Comparing ICP Variants on Real-World Data Sets”, Autonomous Robots, vol.34, pp. 133-148, 2013.
5. Error correction in mobile robot map learning [10.1109/ROBOT.1992.220057](https://doi.org/10.1109/ROBOT.1992.220057)
6. Adapted Error Map Based Mobile Robot UWB Indoor Positioning - Xiaomin Zhu, Jianjun Yi, Junyi Cheng, Liang He - 17 January 2020.