

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

1.1. Tổng quan về đề tài

1.1.1. Đặt vấn đề

1.1.2. Lý do chọn đề tài

Robot Delta (hay còn gọi là robot song song) nói riêng và robot công nghiệp nói chung được sử dụng ngày càng nhiều trong các nhà máy, dây chuyền sản xuất tự động để thay thế con người. Robot song song được dùng cho ứng dụng trong môi trường có nhịp độ sản xuất cao, tốc độ làm việc với độ chính xác là tuyệt đối... Với các đặc tính vượt trội so với các robot khác:

- Robot song song có khả năng chịu được tải lớn

- Cấu tạo của robot đơn giản kết hợp với kết cấu hình học cho ra kết cấu vững chắc cũng như khối lượng của robot vừa phải.

- Trong khi vận hành, robot có thể tự do di chuyển linh hoạt trong vùng hoạt động cho phép

- Phù hợp tính chất công việc với độ chính xác cao trong môi trường làm việc có nhịp độ lớn có tính liên tục mà có thể đáp ứng được trong một dây chuyền sản xuất.

Chính vì vậy robot song song cho ra năng suất làm việc cao có thể đáp ứng được nhiều môi trường làm việc, tránh được rủi ro và chi phí nhân công.

Với tính ưu việt cao, các robot song song ngày càng thu hút được nhiều nhà khoa học nghiên

cứu, trong giảng dạy cũng như ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực.

Chính vì lý do đó nhóm quyết định chọn đề tài cho luận văn tốt nghiệp: **“Tính toán, thiết kế và chế tạo robot Delta ứng dụng xử lý ảnh giúp phân loại sản phẩm”** ứng dụng trong các dây chuyền sản xuất dùng để phân loại sản phẩm trong dây chuyền.

1.1.3. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

Đề tài mang nhiều ý nghĩa khoa học và thực tiễn:

- Tạo tiền đề cho việc chế tạo các robot Delta ứng dụng vào thực tế: thiết bị gia công các biên dạng bề mặt phức tạp, tạo biên dạng theo đường cong bất kỳ, robot lắp ráp sản phẩm trong các hệ thống sản xuất linh hoạt, robot nâng chuyển....
- Góp phần xây dựng mô hình dạy học về điều khiển tự động đối với Robot công nghiệp tại các trường Cao đẳng và Đại học.

1.1.4. Mục tiêu nghiên cứu của đề tài

Xây dựng được robot delta tự hành thông qua cái bài toán, mục tiêu được đề ra với độ chính xác là tuyệt đối.

Xây dựng được hệ thống tự động nhận diện màu và tính toán góc sản phẩm để cho ra được kết quả tốt nhất.

Xây dựng được mô hình mang tính tự động hóa ứng dụng trong các dây chuyền sản xuất, nhà máy có thể thay thế con người.

1.1.5. Phương pháp nghiên cứu

Đề tài kết hợp nghiên cứu giữa phương pháp lý thuyết và thực nghiệm:

- + Nghiên cứu lý thuyết:
 - Tổng hợp tài liệu về tính toán động học thuận và ngược của robot Delta, từ đó xây dựng thuật toán giải bài toán động học thuận và động học ngược
 - Tính toán thiết kế mô hình cơ khí cho robot đảm bảo độ chính xác và độ cứng vững cần thiết, đáp ứng nhu cầu điều khiển chính xác.
 - Tìm hiểu các phương pháp điều khiển, lựa chọn mạch điều khiển, xây dựng thuật toán và chương trình điều khiển.
- + Nghiên cứu thực nghiệm: Chế tạo mô hình thực nghiệm robot Delta và điều khiển thực hiện các công việc yêu cầu.

1.2. Tình hình phát triển trong và ngoài nước

1.2.1. Ngoài nước

CHƯƠNG 2. THIẾT KẾ CƠ KHÍ CHO ROBOT

2.1. Mô hình hóa Robot

2.2. Các phương án thiết kế

- 2.2.1. Phương án thiết kế 1
- 2.2.2. Phương án thiết kế 2

Qua phương án thiết kế 2 như hình 2.4, trong phạm vi đề tài với yêu cầu được đặt ra vùng hoạt động của robot Delta là hình trụ với kích thước:

Đáy $r_c = 30\text{ cm}$

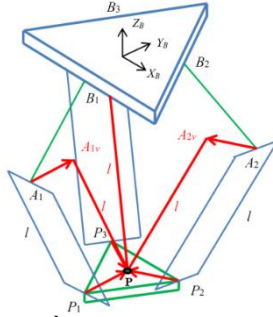
Chiều cao $h = 15\text{ cm}$

Qua thử nghiệm tính toán nhóm đi đến kết luận sử dụng phương án thiết kế 2 trong vùng III_b

Ý nghĩa	Ghi chú
Khoảng cách từ tâm O đến cạnh của tấm đế cố định R_3	85,7(mm)
Chiều dài cánh tay L	300(mm)
Chiều dài của mỗi cánh tay hình bình hành l	500(mm)
Đáy vùng hoạt động r_c	300(mm)
Chiều cao cùng hoạt động h	150(mm)

2.3. Động học robot Delta

2.3.1. Động học thuận



Hình 2.1: Sơ đồ robot Delta.

Phương trình động học thuận cung cấp cho chúng ta biết với góc quay 3 trục động cơ $(\theta_1, \theta_2, \theta_3)$ xác định được vị trí robot $\mathbf{P} = (x, y, z)$. Tâm của các mặt cầu ảo được xác định như sau [4]:

$$\begin{aligned} B_{A_1v} &= \begin{cases} 0 \\ -w_B - L\cos\theta_1 + u_p \\ -L\sin\theta_1 \end{cases} \\ B_{A_2v} &= \begin{cases} \frac{\sqrt{3}}{2}(w_B + L\cos\theta_2) - \frac{s_P}{2} \\ \frac{1}{2}(w_B + L\cos\theta_2) - w_P \\ -L\sin\theta_2 \end{cases} \\ B_{A_3v} &= \begin{cases} -\frac{\sqrt{3}}{2}(w_B + L\cos\theta_3) + \frac{s_P}{2} \\ \frac{1}{2}(w_B + L\cos\theta_3) - w_P \\ -L\sin\theta_3. \end{cases} \end{aligned} \quad (2.12)$$

Gọi ba mặt cầu ảo là (c_i, r_i) với tâm $c_i = (x_i, y_i, z_i)$ $z_1 = z_2 = z_3 = z_n$. Ta có phương trình ba mặt cầu như sau:

$$\begin{aligned}(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_n)^2 &= r_1^2 \\(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_n)^2 &= r_2^2\end{aligned}\quad (2.13)$$

$$(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 + (z - z_n)^2 = r_3^2$$

Gọi:

$$a = 2(x_3 - x_1)$$

$$b = 2(y_3 - y_1)$$

$$c = r_1^2 - r_3^2 - x_1^2 - y_1^2 + x_3^2 + y_3^2$$

$$d = 2(x_3 - x_2)$$

$$e = 2(y_3 - y_2)$$

$$f = r_2^2 - r_3^2 - x_2^2 - y_2^2 + x_3^2 + y_3^2$$

$$A = 1$$

$$B = -2z_n$$

$$C = z_n^2 - r_1^2 + (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2$$

Ta xác định được ba tọa độ x, y, z như sau:

$$x = \frac{ce - bf}{ae - bd}$$

$$y = \frac{af - cd}{ae - bd}$$

(2.14)

$$z = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4C}}{2}$$

Tọa độ z có 2 nghiệm vì có dấu \pm . Vì robot luôn nằm dưới tấm đế cố định vậy nên ta luôn lựa chọn nghiệm z âm.

2.3.2. Động học nghịch

Phương trình động học nghịch là phương trình cho biết ba góc quay cần thiết $(\theta_1, \theta_2, \theta_3)$ của 3 trục động cơ để robot di chuyển tới vị trí đặt trước $\mathbf{P} = (x,$

y, z). Theo L.Williams [4], để giải bài toán động học nghịch thì ta cần đi tìm nghiệm của phương trình:

$$E_i \cos \theta_i + F_i \sin \theta_i + G_i = 0 \quad i = 1, 2, 3 \quad (2.15)$$

Trong đó:

$$E_1 = 2L(y + a)$$

$$F_1 = 2zL$$

$$G_1 = x^2 + y^2 + z^2 + a^2 + L^2 + 2ya - l^2$$

$$E_2 = -L(\sqrt{3}(x + b) + y + c)$$

$$F_2 = 2zL$$

$$G_2 = x^2 + y^2 + z^2 + b^2 + c^2 + L^2 + 2(xb + yc) - l^2$$

$$E_3 = -L(\sqrt{3}(x - b) - y - c)$$

$$F_3 = 2zL$$

$$G_3 = x^2 + y^2 + z^2 + b^2 + c^2 + L^2 + 2(-xb + yc) - l^2$$

$$a = w_B - u_P$$

$$b = \frac{S_P}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} w_B$$

$$c = w_P - \frac{w_B}{2}$$

Nếu gọi: $t_i = \tan \frac{\theta_i}{2}$ ta có:

$$\cos \theta_i = \frac{1 - t_i^2}{1 + t_i^2} \quad \text{và} \quad \sin \theta_i = \frac{2t_i}{1 + t_i^2}$$

Ta có thể viết lại phương trình (2.15) như sau:

$$E_i \cdot \frac{1 - t_i^2}{1 + t_i^2} + F_i \cdot \frac{2t_i}{1 + t_i^2} + G_i = 0$$

$$(2.16)$$

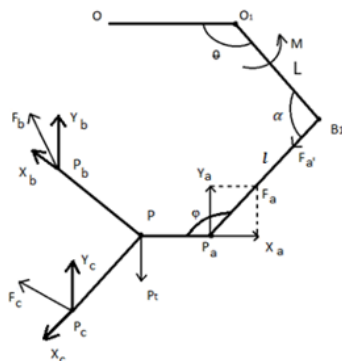
$$\Rightarrow t_i = \frac{-F_i \pm \sqrt{E_i^2 + F_i^2 - G_i^2}}{G_i - E_i}$$

$$(2.17)$$

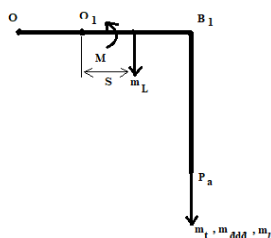
Phương trình (3.17) có 2 nghiệm vì có dấu \pm . Cả 2 nghiệm đều hợp lệ và từ (2.17) ta có thể xác định góc quay $\theta_i = 2 \tan^{-1}(t_i)$ với $i = 1, 2, 3$

2.4. Lựa chọn cơ cấu truyền động cho Robot

2.5. Tính toán chọn động cơ và thông số của bộ truyền



Hình 2.2: Lực do tải trọng tác dụng vào robot.



Hình 2.3: Trường hợp chịu tải lớn nhất trên mỗi cánh tay

Đặt vấn đề với bài toán khi cánh tay chịu một lực lớn nhất với tải trọng 1kg:

$$\begin{aligned}
 M &= (m_t + m_{dd} + m_l).g.L + m_l.g.S \\
 &= (1 + 0,2 + 0,3). 9,8. 0,3 + 0,3. 9,8. \\
 &0,13 = 4,79 \text{ N.m} \quad (2.19)
 \end{aligned}$$

Trong đó:

m_t là khối lượng tải. $m_t = 1\text{kg}$

$m_{\text{đđđ}}$ là khối lượng tấm để di động.

$m_{\text{đđđ}} = 200\text{g}$

g là gia tốc trọng trường. $g = 10\text{ m/s}^2$

m_l là khối lượng cánh tay l. $m_l = 300\text{g}$

m_L là khối lượng cánh tay L. $m_L = 300\text{g}$

S là khoảng cách từ trục động cơ tới trọng tâm cánh tay L.

$S = 130\text{mm}$

=> Tốc độ quay trung bình của động cơ là:

$$v = \frac{2\theta}{360.t} \cdot 60 = \frac{2.138}{360.1} \cdot 60 = 46\text{ RPM} \quad (2.20)$$

Vậy động cơ phải có momen tối thiểu là $M = 4,79\text{ N.m}$ và vận tốc tối thiểu là 46 RPM .

Công suất tối thiểu: $P = M \cdot \omega = M \cdot \frac{v}{60} \cdot 2\pi = 4,79 \cdot \frac{46}{60} \cdot 2\pi \approx 23\text{ W} \quad (2.21)$

=> Công suất cần thiết của động cơ là

$$P_{ct} = \frac{P}{0,9} = \frac{23}{0,9} \approx 26\text{ W} \quad (2.22)$$

Qua tìm hiểu các loại động cơ AC servo các hãng sản xuất, thì động cơ AC Servo Panasonic Minas A4 có công suất 100W , momen là $0,95\text{ N.m}$ và tốc độ 3000 RPM (Hình 2.11) là nhỏ nhất và đảm bảo thỏa mãn với thông số động cơ như đã tính.

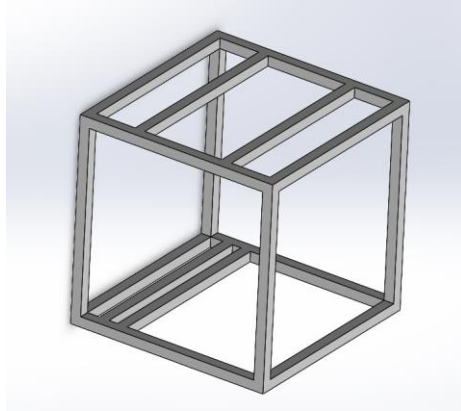


Hình 2.4: Động cơ AC Servo Panasonic Minas A4

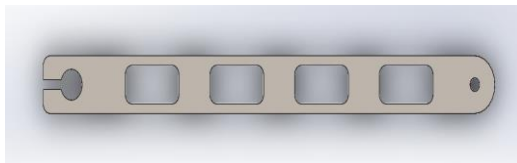
Với momen định mức của động cơ là 0,95 N.m và momen tính toán là 4,79 N.m thì ta cần hộp số có tỉ số truyền nhỏ nhất là $\frac{0,95}{4,79} \approx 5$. Qua khảo sát các loại hộp số trên thị trường, ta chọn được hộp số có tỉ số truyền 1:12.

2.6. Thiết kế cơ khí của robot

2.6.1. Khung Robot



Hình 2.5: Khung robot



Hình 2.6: Cánh tay L

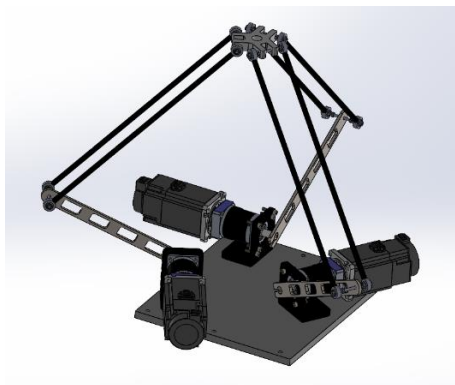


Hình 2.7: Bộ đỡ robot

2.1.1. Thiết kế cánh tay robot



Hình 2.8: Cánh tay 1

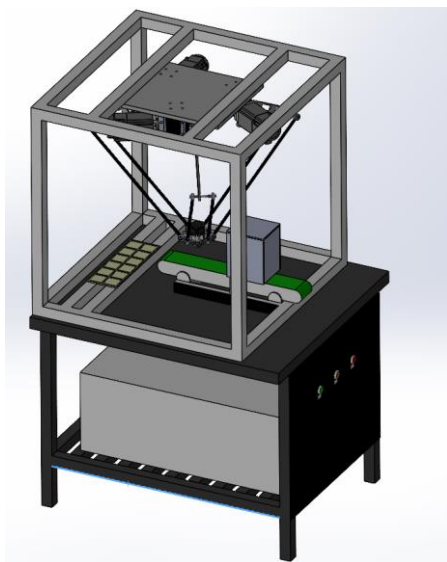


Hình 2.9: Khớp nối liên kết các cánh tay và đế di động

2.1.2. Cơ cấu gấp

2.1.3. Băng tải

2.1.4. Mô hình robot Delta hoàn chỉnh



Hình 2.10: Mô hình robot hoàn chỉnh

CHƯƠNG 3. XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐIỆN – ĐIỀU KHIỂN

3.1. Các linh kiện được sử dụng phục vụ đề tài.

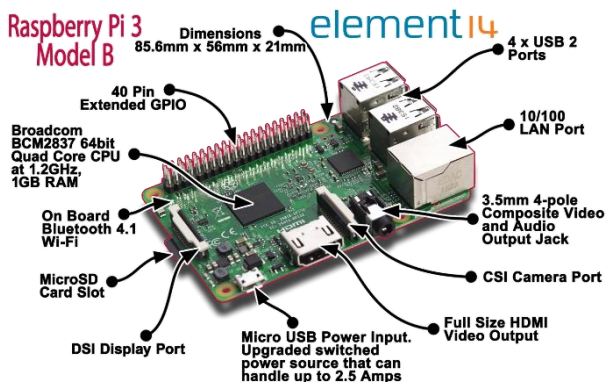
3.1.1. Kit Raspberry Pi 3 model B.

3.1.1.1. Giới thiệu chung về Raspberry Pi và Raspberry Pi 3 model B.



Hình 3.1: Raspberry Pi 3 Model B

3.1.1.2. Thông số kỹ thuật Raspberry Pi 3 Model B.



Hình 3.2: Thông số kỹ thuật Raspberry Pi 3 Model B

- 3.1.1. Module điều khiển động cơ bước DRV8825.
- 3.1.2. Động cơ bước Nema 17
- 3.1.3. Module điều khiển vị trí Mitsubishi QD75D4.



Hình 3.3: Module điều khiển vị trí Mitsubishi QD75D4.

- 3.1.1. Bộ động cơ AC Servo Panasonic A4 MSMD012P1 100W

3.1.1.1. Khái niệm động cơ servo

3.1.1.2. Bộ điều khiển Driver AC servo Panasonic Minas A4



Hình 3.4: Driver AC servo Panasonic Minas A4.

**3.1.1.1. Ứng dụng với ưu điểm của hệ thống
AC servo vào đề tài.**

3.1.2. Bảng tải

3.1.3. Động cơ bơm chân không ES-3910
24VDC.

3.1.4. Camera Logitech C270

3.2. Ngôn ngữ Python và thư viện OpenCV

3.2.1. Ngôn ngữ Python

3.2.2. Thư viện OpenCV

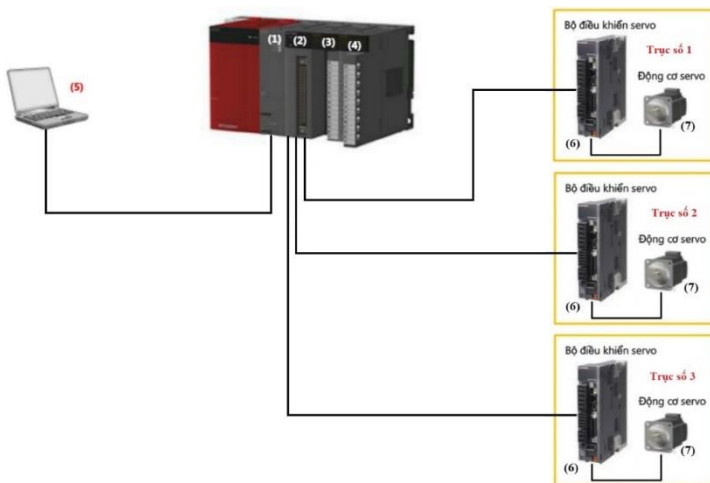
3.3. Phương pháp phân loại màu sắc

3.3.1. Hệ màu RGB

3.3.2. Hệ màu HSV

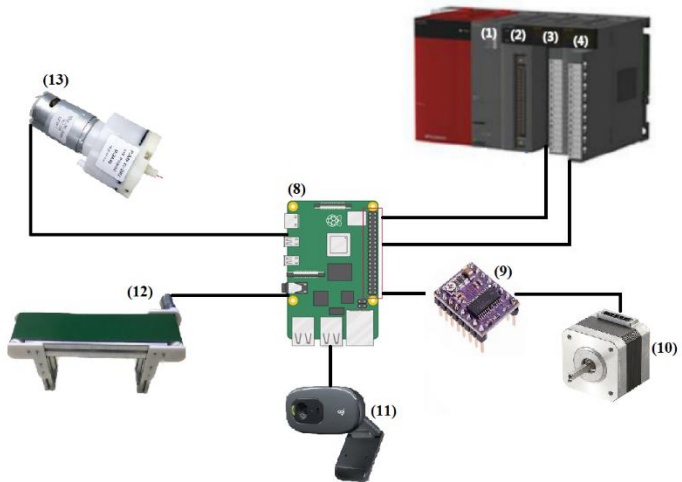
3.4. Sơ đồ nguyên lý

3.4.1. Khối xử lý



Hình 3.5: Mô hình khối xử lý

3.1.2. Khối toàn hệ thống

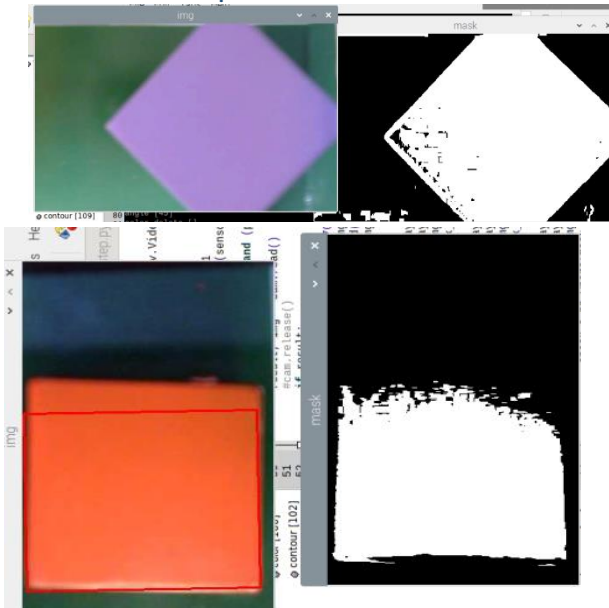


Hình 3.6: Mô hình toàn hệ thống

CHƯƠNG 4. XÂY DỰNG HỆ THỐNG PHÂN LOẠI MÀU VÀ XÁC ĐỊNH GÓC LỆCH VÀ ĐIỀU KHIỂN BẰNG RASBERRY PI

4.1. Phân loại màu

- 4.1.1. Xử lý ảnh
- 4.1.2. Các hệ màu
- 4.1.3. Lọc chổi



Hình 4.1: Lọc màu RGB

- 4.1.4. Phân loại màu
- 4.1.5. Lọc nhiễu

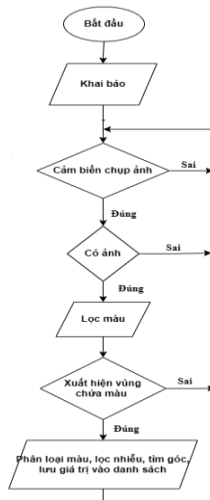
4.1.6. Xác định góc lệch vật thể



Hình 4.2: Ví dụ về xác định góc lệch vật thể

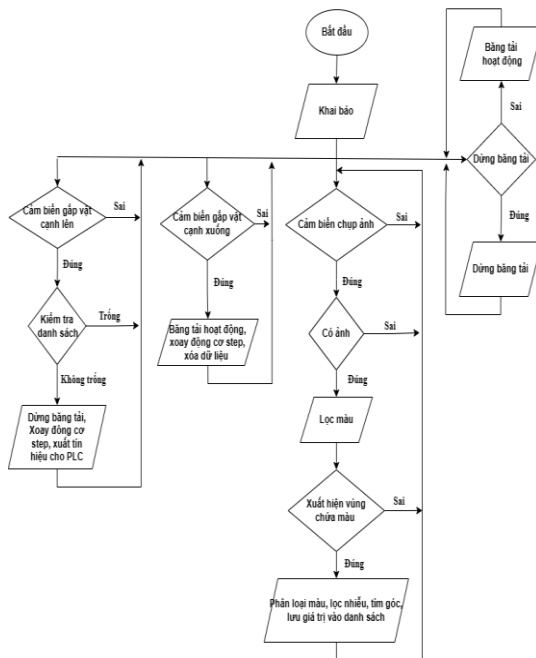
4.1.7. Lưu đồ thuật toán xử lý ảnh

Lưu đồ dưới đây thể hiện quá trình phân loại màu và xác định góc lệch



Hình 4.3: Lưu đồ xử lý ảnh

4.2.3. Lưu đồ tổng quát của hệ thống



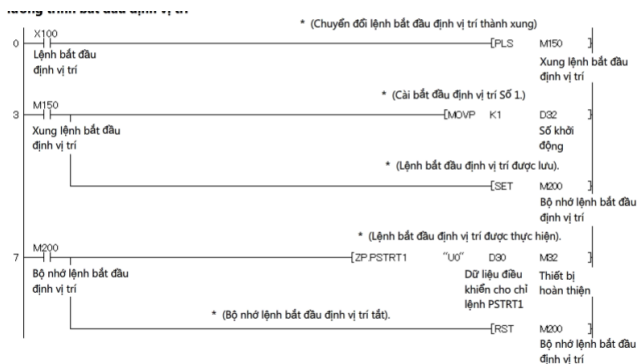
Hình 4.5: Lưu đồ xử lý ảnh và điều khiển hệ thống

CHƯƠNG 5: XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN PLC

- 5.1. Giới thiệu phần mềm giả lập GX Works 2
- 5.2. Quy trình cấu hình hệ thống
- 5.3. Cấu hình phần cứng
- 5.4. Tạo dự án
- 5.5. Chương trình điều khiển động cơ servo

Display Filter: [Display All] (1) (2) (3) (4) (5) (6)										
No.	Operation pattern	Control system	Axes to be interpolated	Acceleration time (s)	Deceleration time (s)	Positioning address	Arc address	Command speed	Dwell time	M code
1	2.END «Positioning Complete»	15A-ABS line 3	-	1.100	1.100	354 pulse	0 pulse	11000 pulse/s	0 ms	1
2	2.END «Positioning Complete»	15A-ABS line 3	-	1.100	1.100	1337 pulse	0 pulse	11000 pulse/s	0 ms	2
3	2.END «Positioning Complete»	15A-ABS line 3	-	1.100	1.100	1336 pulse	0 pulse	11000 pulse/s	0 ms	3

Hình 5.1: Cài đặt thông số vị trí



Hình 5.2: Chương trình bắt đầu định vị

- 5.6. Vận hành thử hệ thống

- 5.6.1. Vận hành thử chế độ chạy JOG
- 5.6.2. Vận hành thử chế độ chạy OPR

5.6.2.1. Thiết lập tham số OPR

5.6.2.2. Chạy thử OPR của máy

5.6.3. Vận hành thử chế độ định vị trí

5.7. Tiến hành nạp chương trình vào PLC

CHƯƠNG 6. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

6.1. Kết luận

Hiện tại, robot Delta đã hoàn thành các bước thiết kế, lựa chọn cầu hình robot và điều khiển. Robot được thiết kế vận hành theo tính lưu điểm và thông qua động học thuận vị trí đã lưu sẵn trên PLC đã được nhập vào.

Robot được thiết kế với kích thước vừa phải, phù hợp với một mô hình nhà máy thu nhỏ, đáp ứng được các yêu cầu về phần cơ khí, khả năng vận hành nhanh và chính xác. Lựa chọn và tổng hợp được tất cả các thiết bị và linh kiện điện tử cần thiết cho đề tài, phù hợp với yêu cầu thiết kế.

Nhóm đã thành công chế tạo **“Robot Delta phân loại sản phẩm”** phù hợp với các yêu cầu thiết kế ban đầu mà nhóm đã đề ra. Robot vận hành tốt, tốc độ ổn định, nhanh và chính xác. Phần mềm và phần cứng đều được hoàn thiện tương thích với mục tiêu nhiệm vụ của robot.

6.2. Hạn chế của đề tài

- Module PLC chỉ điều khiển qua lưu điểm thiết lập nên vẫn chưa thể vận hành 100% tự động hóa.
- Một số các bộ phận cánh tay song song khá phức tạp, chi phí gia công cnc 4 trục cũng như vật liệu tốt đắt đỏ, nhóm tác giả gia công bằng nhựa nên vẫn chưa chắc chắn.
- Mô hình điều khiển chưa được áp dụng PID nên trong quá trình hoạt động của robot chưa có sự thay đổi tốc độ đáp ứng theo từng tình huống.

- Chưa thể áp dụng động học vào PLC nên không thể điều khiển chế độ manual.

6.3. Hướng phát triển

- Tích hợp động học và PID vào quá trình điều khiển
- Các bộ phận cơ khí gia công bằng vật liệu nhẹ và chắc chắn hơn
- Điều khiển bằng xử lý ảnh để tự động bắt sản phẩm ở tất cả các vị trí trong vùng hoạt động của robot.
- Tự động hóa 100%.