

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

PHẠM ANH ĐỨC

NGHIÊN CỨU VÀ CHẾ TẠO
MÔ HÌNH ROBOT SONG SONG

Chuyên ngành : Công nghệ Chế tạo máy

Mã số : 60.52.04

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Đà Nẵng - Năm 2013

Công trình được hoàn thành tại
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

Người hướng dẫn khoa học: PGS.TS. LÊ CUNG

Phản biện 1: PGS.TS. TRẦN XUÂN TÙY

Phản biện 2: PGS.TS. LÊ VIỆT NGƯỜU

Luận văn được bảo vệ trước Hội đồng chấm Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ Kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 14 tháng 12 năm 2013.

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

- Trung tâm Thông tin - Học liệu, Đại Học Đà Nẵng

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Trong quá trình công nghiệp hóa hiện hóa, các nhà khoa học đã nghiên cứu chế tạo các loại robot để phục vụ sản xuất. Cùng với quá trình phát triển các robot công nghiệp, một loại robot mới ra đời, thay thế dần các loại robot trước đây, đó là robot song song, với các đặc tính nổi trội so với robot cổ điển như:

- Khả năng chịu được tải lớn.
- Các thành phần cấu tạo nhỏ hơn nên tổng trọng lượng của robot cũng nhỏ.
- Độ cứng vững cao do kết cấu hình học của chúng hợp lý.
- Tất cả các lực tác động đồng thời được phân bố đều cho các chân, đồng thời lực tác động lên các chân của robot đều là lực kéo (hay nén) nhờ các cấu trúc của robot.
- Có thể thực hiện các thao tác phức tạp với độ chính xác cao trong công việc nhờ vào cấu trúc song song; các sai số chỉ phụ thuộc vào sai số dọc trục và sai số không bị tích lũy.
- Các cơ cấu chấp hành đều có thể định vị trên tám nền.
- Các robot song song không cần làm việc trên bề đỡ và có thể di chuyển tới mọi nơi trong môi trường sản xuất do có khối lượng và kích thước tương đối nhỏ.
- Robot song song có phạm vi sử dụng khá rộng, từ việc dùng lắp ráp các chi tiết tinh vi cho đến việc tạo các chuyển động phức tạp trong tạo hình, gia công các biên dạng phức tạp.
- Năng suất làm việc rất cao.

- Giá thành của robot song song sử dụng trong gia công cơ rẻ hơn nhiều so với các máy CNC có tính năng tương đương.

Với tính ưu việt cao, các robot song song ngày càng thu hút được nhiều nhà khoa học nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi các loại robot trong nhiều lĩnh vực.

Chính vì lý do đó, tôi quyết định chọn đề tài cho luận văn tốt nghiệp: “Nghiên cứu và chế tạo mô hình robot song song” ứng dụng trong các dây chuyền sản xuất, dùng để vận chuyển các sản phẩm trong dây chuyền.

2. Mục đích của đề tài

Đề tài nhằm nghiên cứu, thiết kế và chế tạo robot song song nhằm ứng dụng vào các dây chuyền sản xuất.

Qua đó, ta sẽ phát triển thành sản phẩm ứng dụng trong gia công tạo hình, lắp ghép và vận chuyển sản phẩm trong các quá trình sản xuất.

3. Phạm vi và nội dung nghiên cứu

Đề tài được thực hiện với nội dung chủ yếu sau:

- Nghiên cứu tổng quan về robot song song.
- Nghiên cứu lý thuyết và giải bài toán động học của robot song song.
- Nghiên cứu thiết kế và chế tạo mô hình cơ khí của robot song song. Nghiên cứu lựa chọn và chế tạo các mạch điện sử dụng để điều khiển robot.
- Nghiên cứu thuật toán điều khiển và xây dựng chương trình điều khiển vị trí đối với robot song song.

Đề tài giới hạn ở việc nghiên cứu robot Delta, điều khiển theo vị trí, trên cơ sở đó điều khiển theo quỹ đạo bất kỳ.

4. 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/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.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

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.

6. Cấu trúc luận văn

Nội dung thuyết minh luận văn bao gồm:

Mở đầu

Chương 1: Tổng quan về Robot song song.

Chương 2: Nghiên cứu động học robot Delta

Chương 3: Thiết kế, chế tạo mô hình robot Delta

Chương 4: Thiết kế mạch điều khiển robot Delta

Kết luận và hướng phát triển đề tài

CHƯƠNG 1.

TỔNG QUAN VỀ ROBOT SONG SONG

1.1. GIỚI THIỆU

1.2. MỘT SỐ MẪU ROBOT SONG SONG

1.3. ƯU ĐIỂM CỦA ROBOT DELTA

1.4. CÁC NGHIÊN CỨU TRÊN THẾ GIỚI VÀ TRONG NƯỚC LIÊN QUAN ĐẾN ĐỀ TÀI

1.5. KẾT LUẬN

Trong chương này, ta đã khái quát tổng quan về robot song song, trình bày một số mẫu robot song song thông dụng. Đồng thời, ta cũng đã nêu bật các tính năng khác biệt, cải tiến vượt trội của robot Delta so với các robot song song thông thường khác, tạo tiền đề cho sự thành công rực rỡ trong hơn 20 năm. Trên cơ sở tham khảo các đề tài nghiên cứu liên quan về đề tài robot Delta trên thế, ta đề ra hướng nghiên cứu cho đề tài như sau: nghiên cứu động học, xây dựng mô hình robot song song dựa trên các kích thước khâu động đã xác lập và cuối cùng thiết kế một hệ thống điều khiển robot Delta.

CHƯƠNG 2.

NGHIÊN CỨU ĐỘNG HỌC ROBOT DELTA

2.1. GIỚI THIỆU VỀ ROBOT DELTA

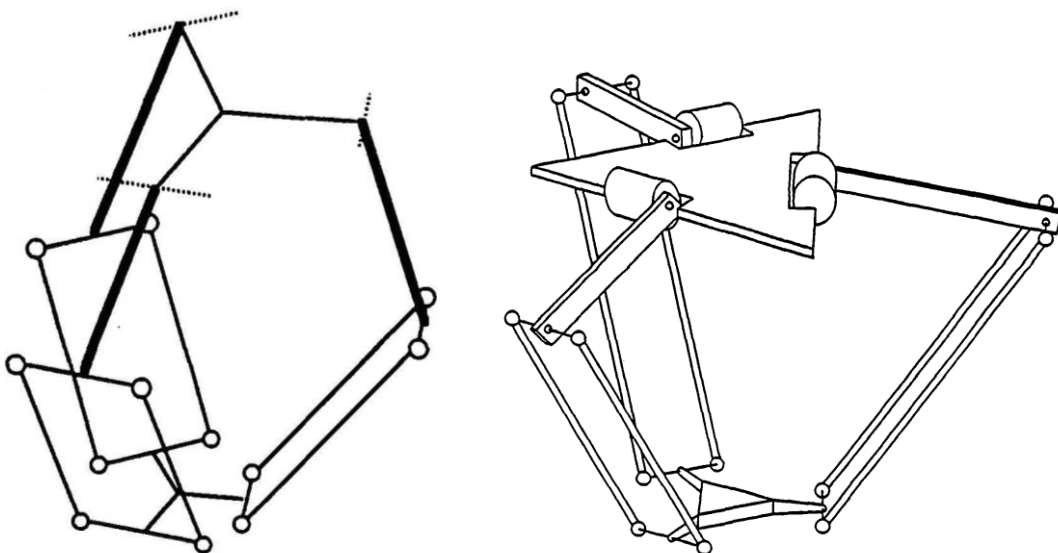
2.1.1. Phân loại robot Delta

2.1.2. Nguyên lý hoạt động

2.1.3. Các suy biến của robot DELTA

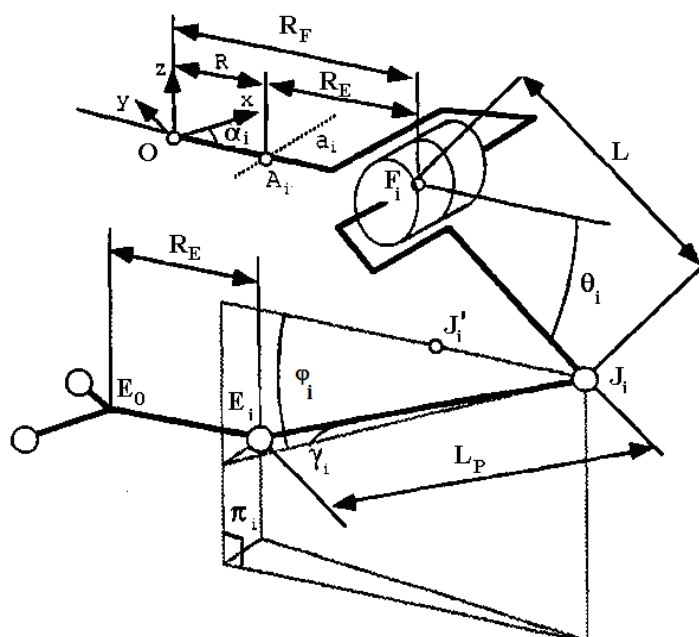
2.2. CHỌN PHƯƠNG ÁN SƠ ĐỒ ĐỘNG HỌC ĐỂ THIẾT KẾ ROBOT DELTA

Trong phạm vi của luận án này, ta sẽ chọn sơ đồ động học như hình 2.4a để thiết kế, đây là loại sơ đồ động học theo giống với nguyên bản ban đầu của loại robot Delta nhất, với các động cơ quay quay gắn trực tiếp với các cơ cấu hình bình hành, hay nói cách khác ta sẽ đi sâu tìm hiểu và thiết kế loại robot Delta 3 bậc tự do với sơ đồ động học và kết cấu như hình 2.5.



Hình 2.1 Sơ đồ động học và kết cấu của robot Delta 3 bậc tự do [7]

2.3. CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA ROBOT DELTA



Hình 2.2 Thông số chiều dài và các góc đặc trưng của robot Delta [7]

2.4. PHẠM VI HOẠT ĐỘNG

2.4.1. Giới hạn hình học

Giới hạn 1 : $-\gamma_{\max} \leq \gamma_i \leq \gamma_{\max}$ [7]

Giới hạn 2 : $30^\circ \leq \theta_i + \phi_i \leq 180^\circ$ [7]

2.4.2. Vùng làm việc của tay máy robot Delta

Bảng 2.1 Thông số hình học robot song song Delta thiết kế

Thông số	Giá trị
Bán kính tấm phẳng cố định R_F	180 (mm)
Bán kính tấm phẳng di động R_E	47 (mm)
Chiều dài cánh tay trên L	160 (mm)
Chiều dài cơ cấu hình bình hành L_P	620 (mm)
Góc lắc lớn nhất của khớp cầu γ_{\max}	23^0
Tỷ lệ r	0,74

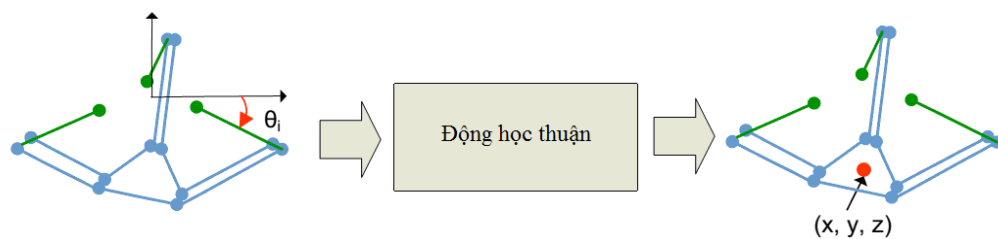
Tỷ lệ b	4
Đường kính mặt cầu vùng hoạt động của robot ΔD_G	780 (mm)
Đường kính phần hình trụ vùng làm việc D	488 (mm)
Độ cao vùng làm việc robot	187 (mm)
Độ cao lớn nhất có thể đạt được của tay máy H_{\max}	274 (mm)
Diện tích bề mặt làm việc S	$5,29.10^5(\text{mm}^2)$
Thể tích vùng làm việc $V = S.H$	$9,89.10^7(\text{mm}^3)$

2.4.3. Các ràng buộc về kích thước để tránh các điểm suy biến

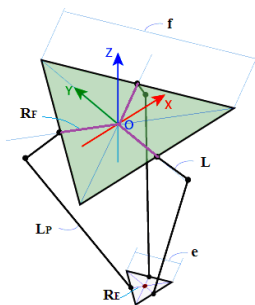
2.5. BÀI TOÁN ĐỘNG HỌC ROBOT DELTA

2.5.1. Xác định vấn đề

2.5.2. Bài toán động học thuận robot Delta



Hình 2.3 Sơ đồ mô tả nguyên tắc xây dựng bài toán động học thuận



Hình 2.4 Các kích thước cơ bản của robot Delta [19]

Ở bài toán này ta đã có các góc quay $\theta_1, \theta_2, \theta_3$, và ta cần tìm ra tọa độ $E_0 (x_0, y_0, z_0)$ của khâu chấp hành cuối.

Với: $a_1 = \frac{1}{d}[(z_2 - z_1)(y_3 - y_1) - (z_3 - z_1)(y_2 - y_1)]$ (2.21) [19]

$$a_2 = -\frac{1}{d}[(z_2 - z_1)x_3 - (z_3 - z_1)x_2] \quad (2.22) [19]$$

$$b_1 = -\frac{1}{2d}[(w_2 - w_1)(y_3 - y_1) - (w_3 - w_1)(y_2 - y_1)] \quad (2.23) [19]$$

$$a_2 = \frac{1}{2d}[(w_2 - w_1)x_3 - (w_3 - w_1)x_2] \quad (2.24) [19]$$

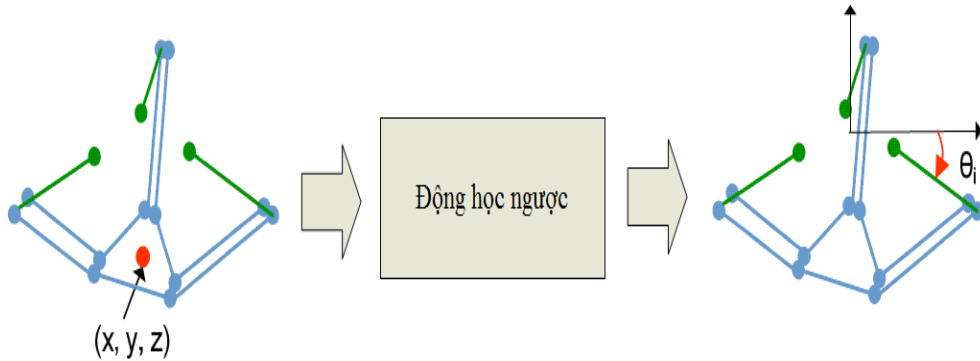
$$d = (y_2 - y_1)x_3 - (y_3 - y_1)x_2 \quad (2.25) [19]$$

Thay (7) và (8) vào (1), ta được:

$$(a_1^2 + a_2^2 + 1)z^2 + 2[a_1 + a_2(b_2 - y_1) - z_1]z + [b_1^2 + (b_2 - y_1)^2 + z_1^2 - L_p^2] = 0 \quad (2.26) [19]$$

Tọa độ tam chấp hành cuối là nghiệm của phương trình (2.26)

2.5.3. Bài toán động học ngược robot Delta



Hình 2.5 Nguyên lý xác định bài toán động học ngược

Mặt giao của khối cầu này với mặt phẳng YZ là một đường tròn với tâm là điểm E'_1 và bán kính là E'_1J_1 , với E'_1 là hình chiếu của E_1 lên mặt phẳng YZ. Bây giờ điểm J_1 có thể được xác định như là giao điểm của các đường tròn có bán kính xác định với tâm là E'_1 và F_1

(hình 2.23). Ta chỉ chọn giao điểm với giá trị tọa độ Y nhỏ. Và nếu ta biết J_1 , ta sẽ tính được giá trị θ_1 .

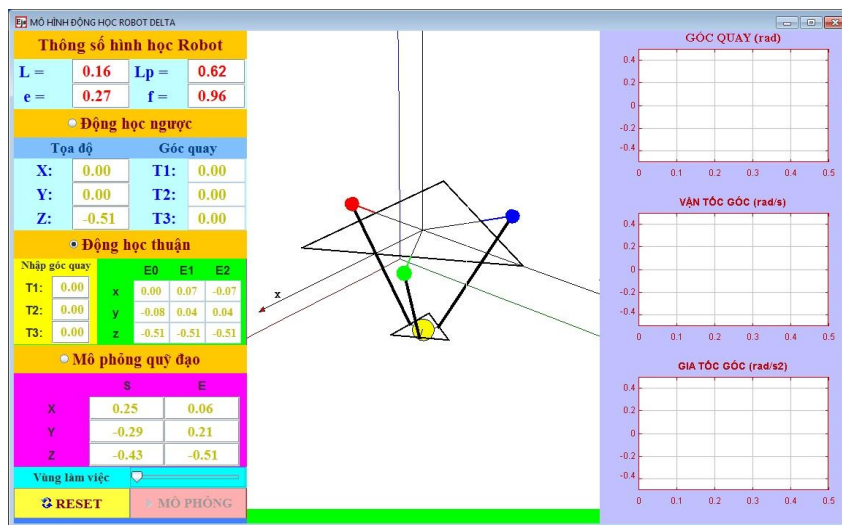
E_1' là hình chiếu của E_1 theo phương x lên mặt phẳng Oyz, khi đó ta sẽ có tọa độ $E_1'(0, y_0 - \frac{e}{2\sqrt{3}}, z_0)$ được xác định.

Từ hệ phương trình ta xác định được tọa độ điểm $J_1(0, y_{J1}, z_{J1})$

$$\theta_1 = \arctan\left(\frac{z_{J1}}{y_{J1} - y_{J1}}\right) \quad (2.29) [19]$$

2.6. MÔ PHỎNG ĐỘNG HỌC ROBOT SONG SONG DELTA

Nhằm xác định tốt khả năng vận hành của tay máy, ta cần mô phỏng động học thuận và ngược của loại robot này. Dựa trên nền phần mềm Java ta xây dựng chương trình mô phỏng với giao diện như hình 2.26:



Hình 2.6 Mô phỏng các bài toán động học Delta

2.6.1. Mô phỏng Động học thuận

2.6.2. Mô phỏng Động học ngược

2.6.3. Mô phỏng quỹ đạo chuyển động

2.6.4. Kết quả mô phỏng

a) Kết quả mô phỏng đối với bài toán động học ngược và thuận

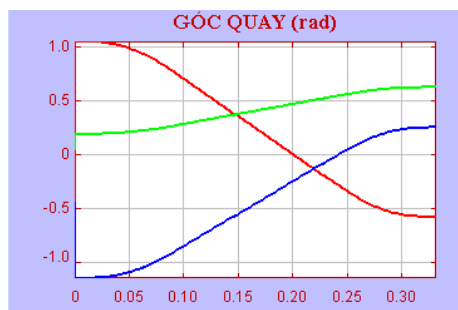
Bảng 2.2 Bảng kết quả tính toán động học ngược trên chương trình mô phỏng

STT	Giá trị nhập: tọa độ tâm tấm phẳng di động (x, y, z)	Giá trị cần xác định : góc quay ($\theta_1, \theta_2, \theta_3$)
1	(0.15, -0.20, -0.56)	(0.26, -0.26, -0.95)
2	(-0.10, 0.15, -0.56)	(-0.60, -0.22, 0.31)

Bảng 2.3 Bảng kết quả tính toán động học thuận trên chương trình mô phỏng

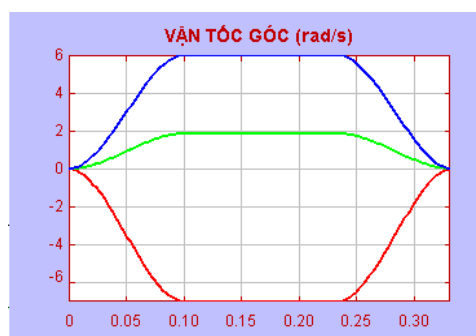
STT	Giá trị nhập: góc quay ($\theta_1, \theta_2, \theta_3$)	Giá trị cần xác định : tọa độ các điểm trên tấm phẳng di động (x, y, z)		
		E_0	E_1	E_2
1	(0.26, -0.26, -0.95)	(0.15, -0.20, -0.56)	(0.19, -0.18, 0.56)	(0.11, -0.18, -0.56)
2	(-0.60, -0.22, 0.31)	(-0.10, 0.15, 0.56)	(-0.6, 0.17, -0.56)	(-0.14, 0.17, -0.56)

b) Kết quả mô phỏng quỹ đạo chuyển động của robot delta



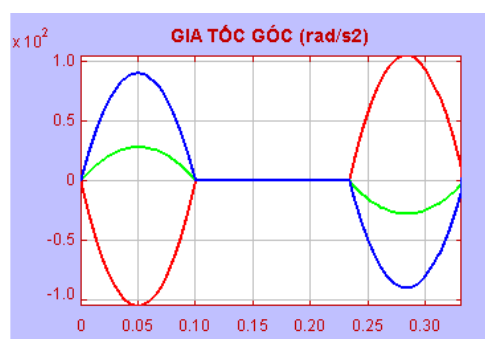
Hình 2.7 Đồ thị mô tả góc quay của 3 động cơ

Đồ thị vận tốc góc (rad/s)



Hình 2.8 Đồ thị mô tả vận tốc góc của 3 động cơ

Đồ thị gia tốc góc (rad/s²)



Hình 2.9 Đồ thị mô tả gia tốc của 3 động cơ

2.7. KẾT LUẬN

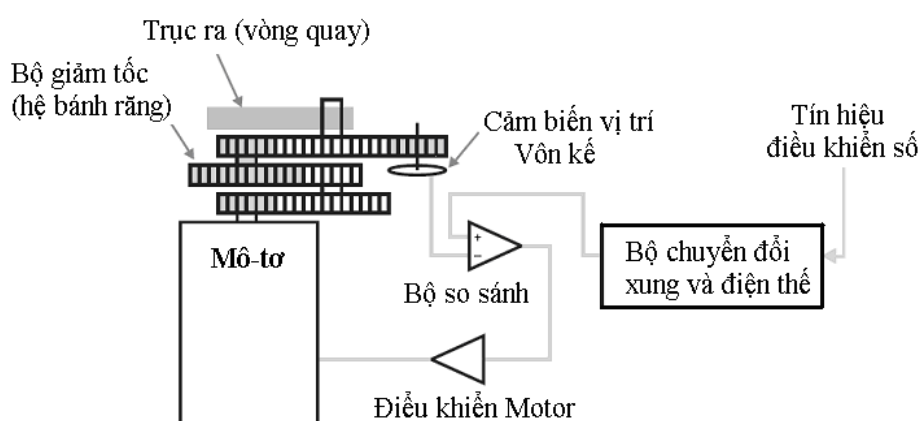
Nghiên cứu động học robot song song Delta, xác định kích thước các khâu trong chuỗi động, xây dựng chương trình mô phỏng bài toán động học robot song song Delta sẽ tạo tiền đề cho việc thiết kế hệ dẫn động robot.

CHƯƠNG 3.

THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÔ HÌNH ROBOT DELTA

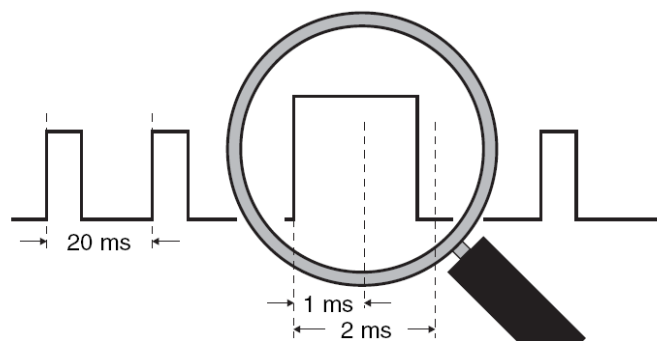
3.1. ĐỘNG CƠ

3.1.1. Hoạt động của RC servo



Hình 3.1 Cấu tạo động cơ Servo R/C [17]

3.1.2. Servo và điều biến độ rộng xung



Hình 3.2 Mỗi 20ms, một xung có thể điều chỉnh biến thiên từ 1ms đến 2ms để

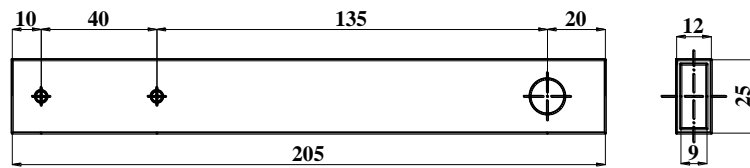
3.1.3. Vai trò của Vôn kế

3.1.4. Các giới hạn quay

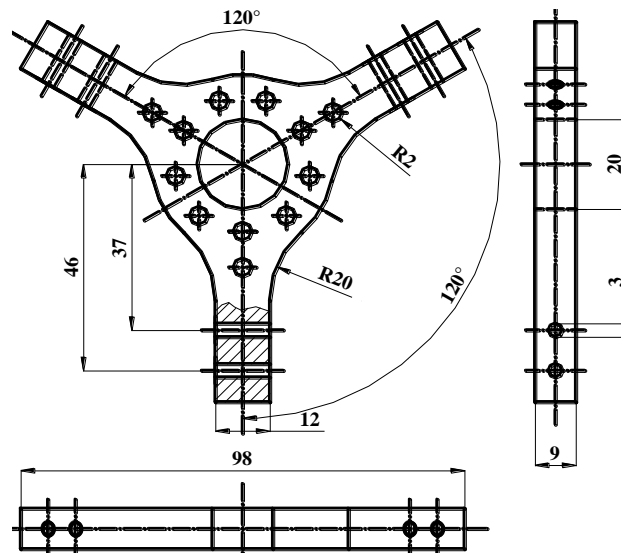
3.1.5. Hệ thống truyền động bánh răng và truyền công suất

3.1.6. Thông số động cơ ServoR/C

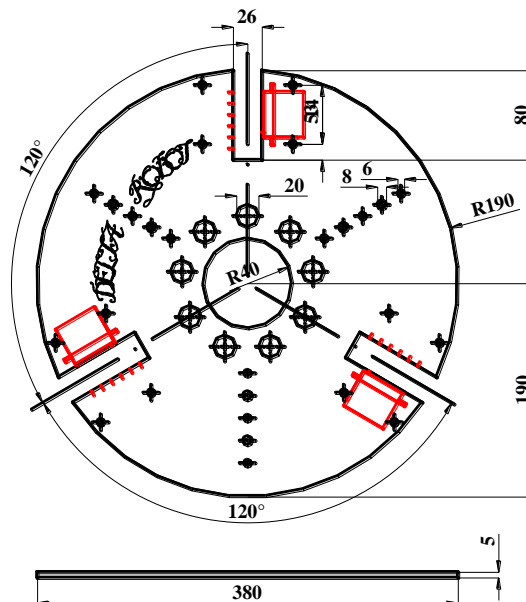
3.2. CÁC THÀNH PHẦN CƠ KHÍ



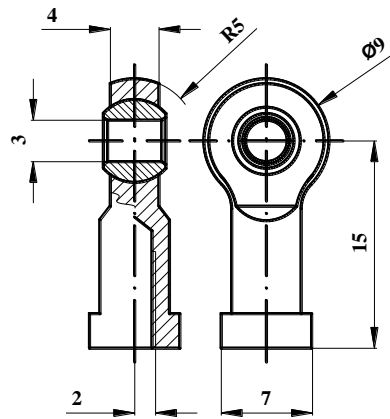
Hình 3.3 Chi tiết cánh tay trên



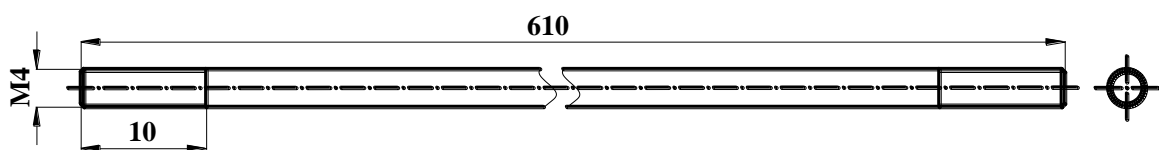
Hình 3.4 Chi tiết tâm phẳng di động



Hình 3.5 Chi tiết tâm phẳng cố định

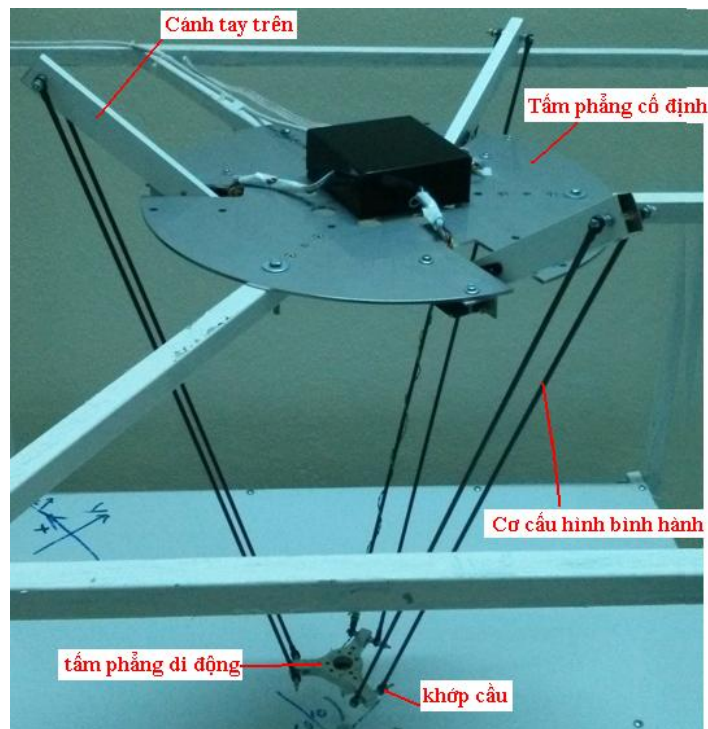


Hình 3.6 Khớp cầu



Hình 3.7 Đoạn nối giữa hai khớp cầu

3.3. ẢNH THỰC ROBOT SAU KHI CHẾ TẠO



Hình 3.8 Sơ đồ mô hình robot Delta lắp ráp

3.4. KẾT LUẬN

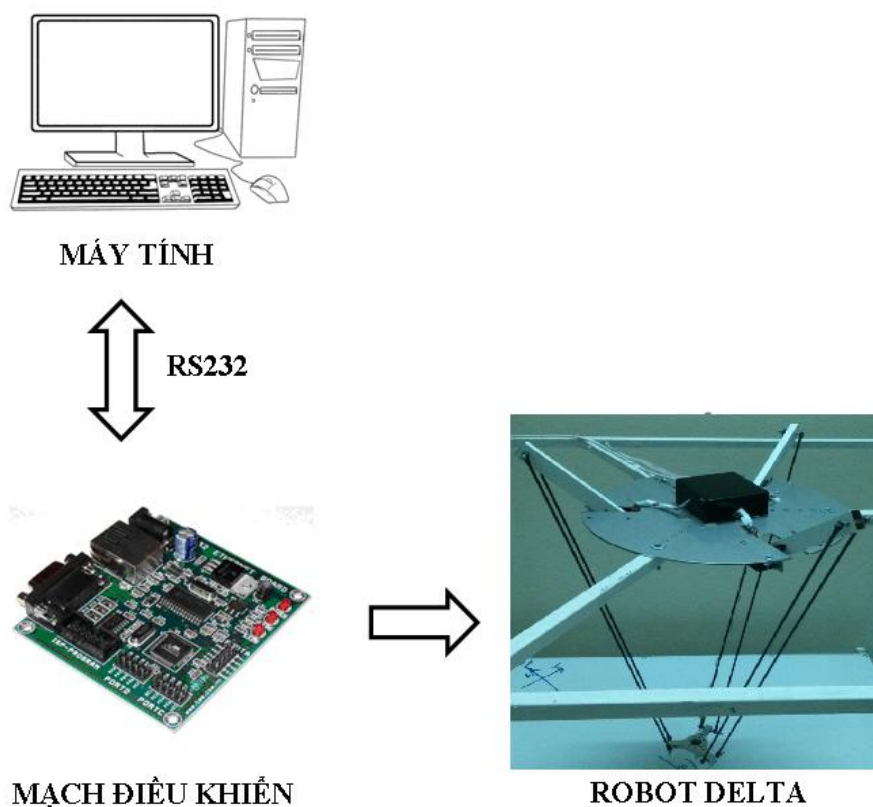
Nội dung chương 3 đi sâu vào thiết kế, chế tạo mô hình robot Delta dựa trên các kích thước kết cấu sẵn có trong chương 2. Việc hoàn thiện kết cấu cơ khí, lựa chọn động cơ hợp lý sẽ tạo tiền đề tốt cho việc xây dựng hệ điều khiển robot Delta

CHƯƠNG 4.

THIẾT KẾ MẠCH ĐIỀU KHIỂN ROBOT DELTA

4.1. HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN ROBOT SONG SONG DELTA

4.1.1. Sơ đồ khối

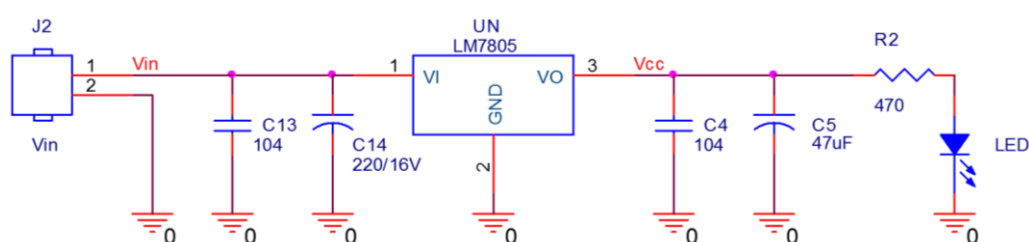


Hình 4.1 Mô hình hệ thống điều khiển robot

4.1.2. Nguyên lý hoạt động

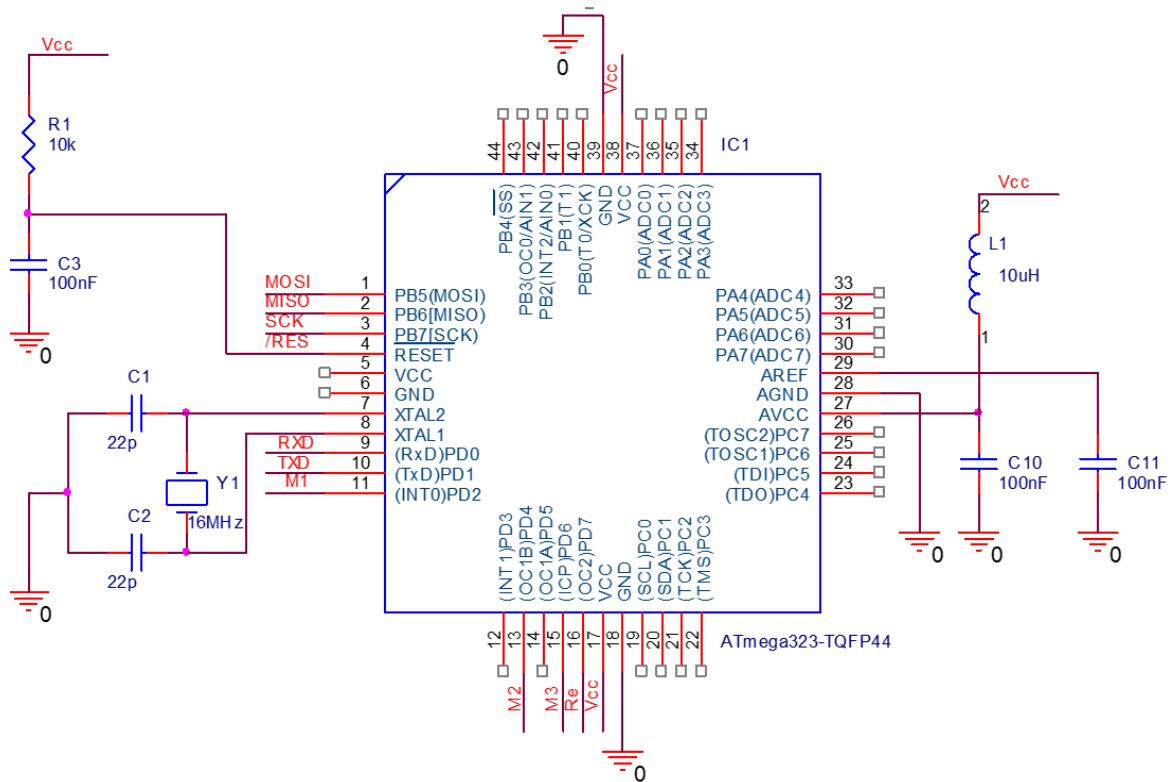
4.2. THIẾT KẾ MẠCH ĐIỀU KHIỂN

4.2.1. Khối nguồn



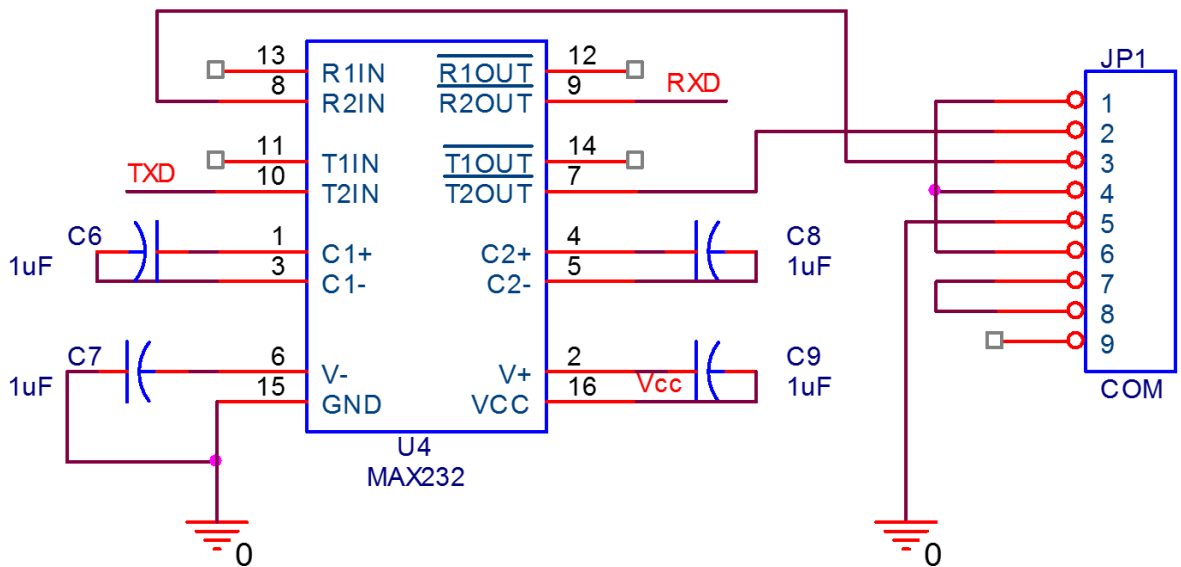
Hình 4.2 Sơ đồ khối nguồn mạch điều khiển

4.2.2. Khối vi điều khiển



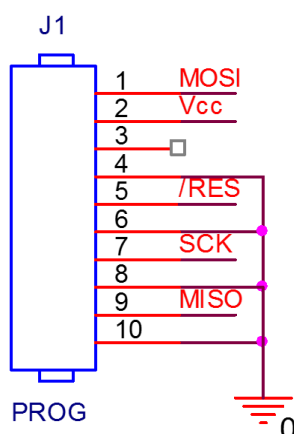
Hình 4.3 Sơ đồ khối vi điều khiển trong mạch

4.2.3. Khối giao tiếp máy tính



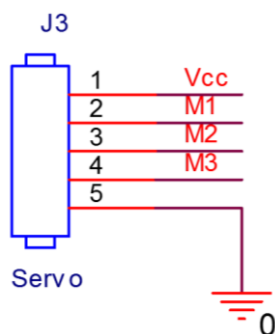
Hình 4.4 Sơ đồ khối giao tiếp máy tính qua cổng RS232

4.2.4. Ngõ nạp chương trình cho vi điều khiển



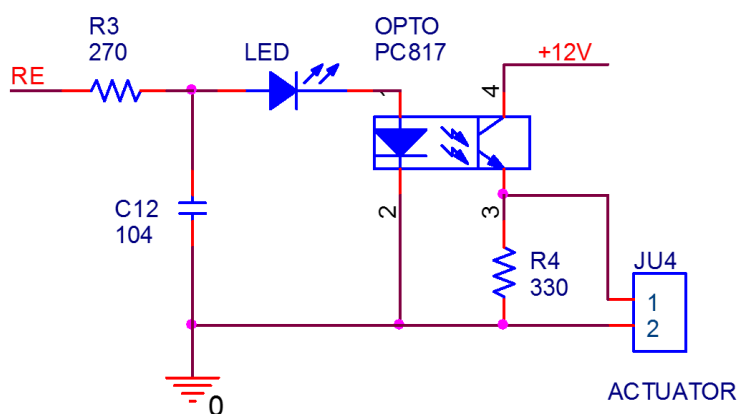
Hình 4.5 Sơ đồ ngõ nạp chương trình cho vi điều khiển ATmega32

4.2.5. Ngõ cấp nguồn và xung điều khiển các động cơ servo



Hình 4.6 Ngõ cấp nguồn và xung điều khiển các động cơ servo

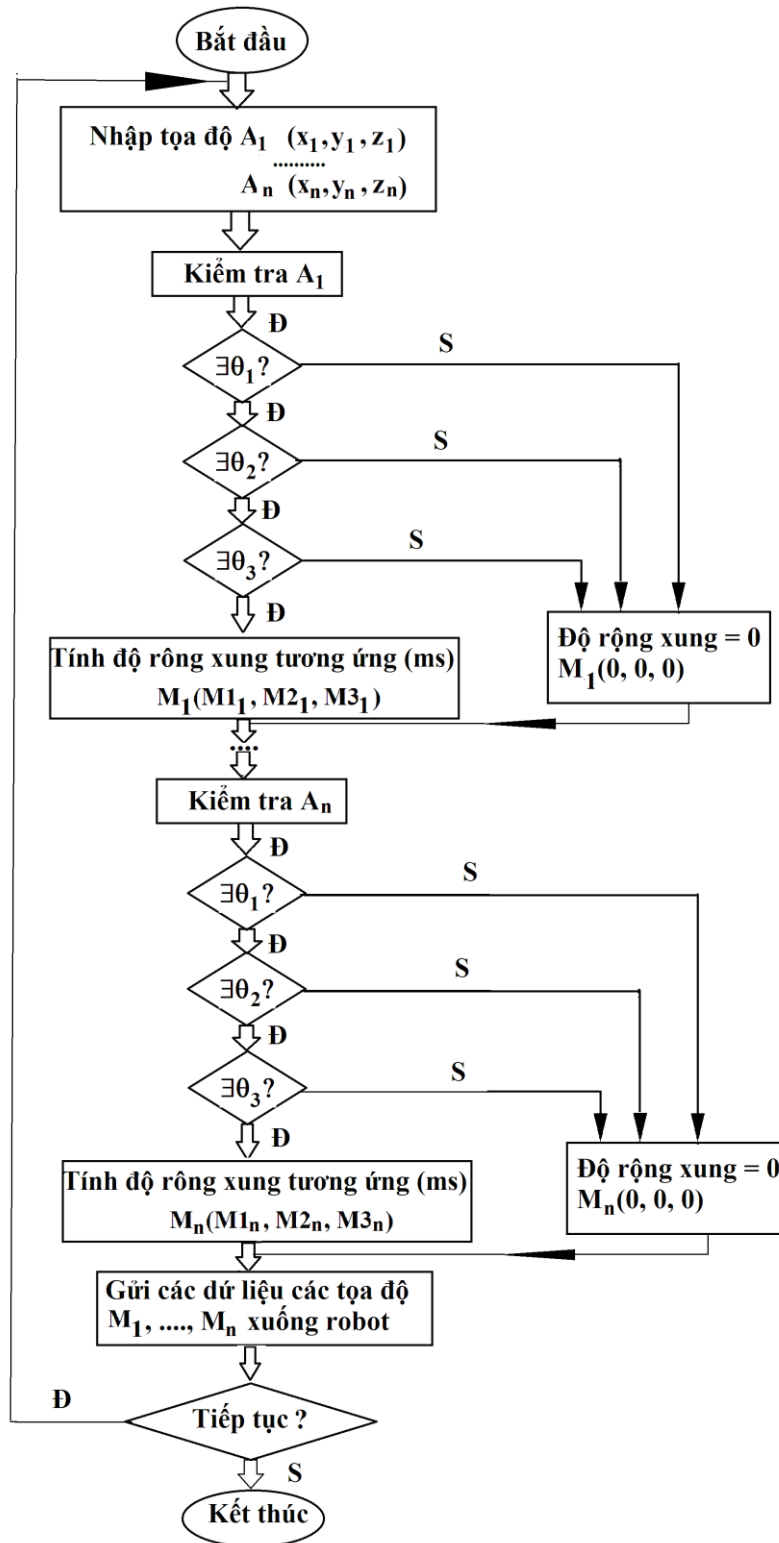
4.2.6. Khối điều khiển cơ cấu chấp hành cuối



Hình 4.7 Sơ đồ khối điều khiển cơ cấu chấp hành cuối

4.3. THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN

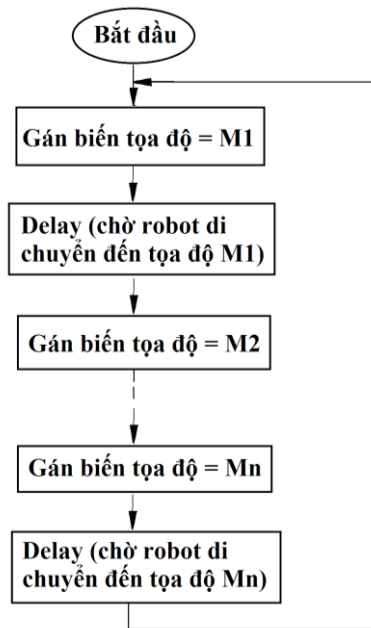
4.3.1. Thuật toán điều khiển trên máy tính



Hình 4.8 Sơ đồ thuật toán điều khiển giải bài toán động học ngược

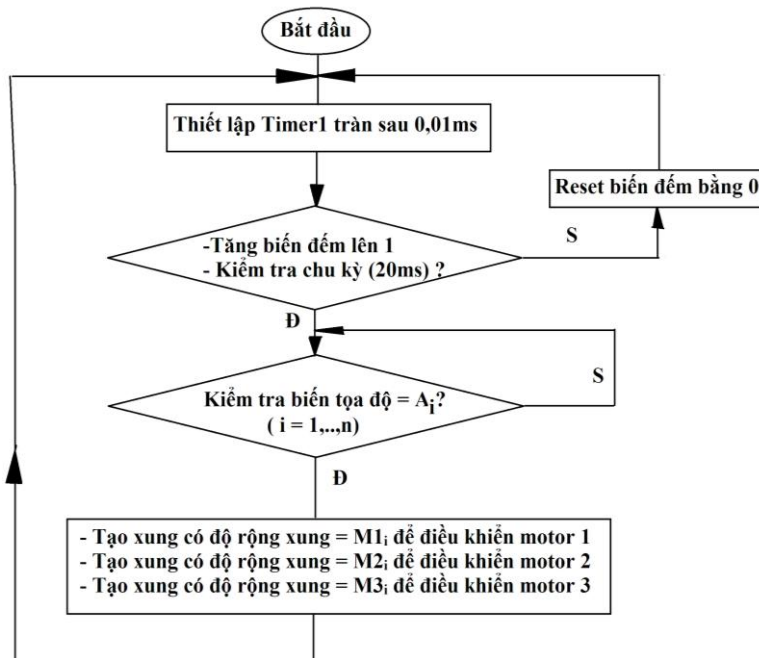
4.3.2. Thuật toán lập trình vi điều khiển

a) Hàm main



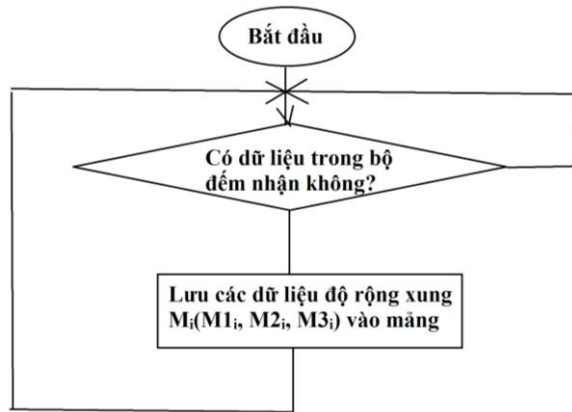
Hình 4.9 Thuật toán hàm chính (Main)

b) Ngắt Timer 1



Hình 4.10 Sơ đồ thuật toán ngắt Timer 1

c) Ngắt UART



Hình 4.11 Sơ đồ thuật toán ngắt UART

4.4. KẾT LUẬN

Chương 4 đã đề cập đến việc thiết kế một hệ thống điều khiển robot Delta, xây dựng sơ đồ khối điều khiển, chế tạo các mạch điều khiển cũng như đưa ra các sơ đồ thuật toán điều khiển một cách hợp lý nhất.

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN ĐỀ TÀI

Qua quá trình thực hiện, đề tài đã đạt được các kết quả sau:

- Đề xuất mô hình tính toán động học robot Delta một cách đơn giản nhất. Từ đó, xây dựng chương trình mô phỏng dựa trên nền Java để khảo sát động học robot.

- Xây dựng mô hình hoàn chỉnh robot song song Delta với kích thước cụ thể.

- Đưa ra phương thức điều khiển cũng như sử dụng các thành phần tối ưu để điều khiển hoạt động mô hình robot Delta thực tế. Bước đầu xây dựng được mô hình robot Delta với khả năng chuyển động theo vị trí cho trước, sai lệch trong phạm vi $\pm 5\text{mm}$.

- Đã xây dựng chương trình điều khiển với giao diện đơn giản. Việc xác lập các tọa độ cần di chuyển đến của robot có thể sử dụng bằng cách nhập tọa độ chính xác hoặc điều khiển theo thời gian thực bằng con trỏ chuột.

Tuy vậy, đề tài vẫn còn một số tồn tại sau:

- Nội dung luận văn vẫn chưa đề cập đến bài toán động lực cơ cấu, giải quyết các nhiệm vụ đề ra để tính toán các lực quán tính, ứng suất tác động lên các khâu trong suốt quá trình chuyển động của robot.

- Mô hình chuyển động theo các nhiệm vụ đơn giản, chuyển động thẳng, chưa xây dựng được các bài toán chuyển động theo các đường cong bất kỳ.

Để khắc phục các hạn chế này, cần có thêm các nghiên cứu cụ thể hơn về mô hình bài toán động lực học; nâng cao khả năng lập trình chuyển động theo các quỹ đạo bất kỳ dựa trên cơ sở nội suy từ các

chuyển động thẳng; nghiên cứu nhận dạng vị trí và hướng chi tiết, từ đó xoay và đưa chi tiết về vị trí và hướng theo yêu cầu.

Từ kết quả đạt được trong nghiên cứu, đề tài đã bước đầu tạo tiền đề cho việc nghiên cứu và ứng dụng robot Delta tại Việt Nam. Khi kết hợp với kỹ thuật xử lý ảnh cùng với giải quyết tốt các bài toán động lực học, mô hình xây dựng robot Delta đã được chế tạo sẽ có triển vọng tốt để ứng dụng vào thực tế sản xuất.