



ĐẠI HỌC
QUỐC GIA
TP. HỒ CHÍ MINH



THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN CHO CÁNH TAY ROBOT 5 BẬC TỰ DO

Hội đồng:

04

Giảng viên phản biện: TS. Nguyễn Hoàng Giáp

Giảng viên hướng dẫn: GS. TS. Hồ Phạm Huy Ánh

Sinh viên thực hiện: Trần Gia Tuấn - 2012357

TP. Hồ Chí Minh, 31/12/2024

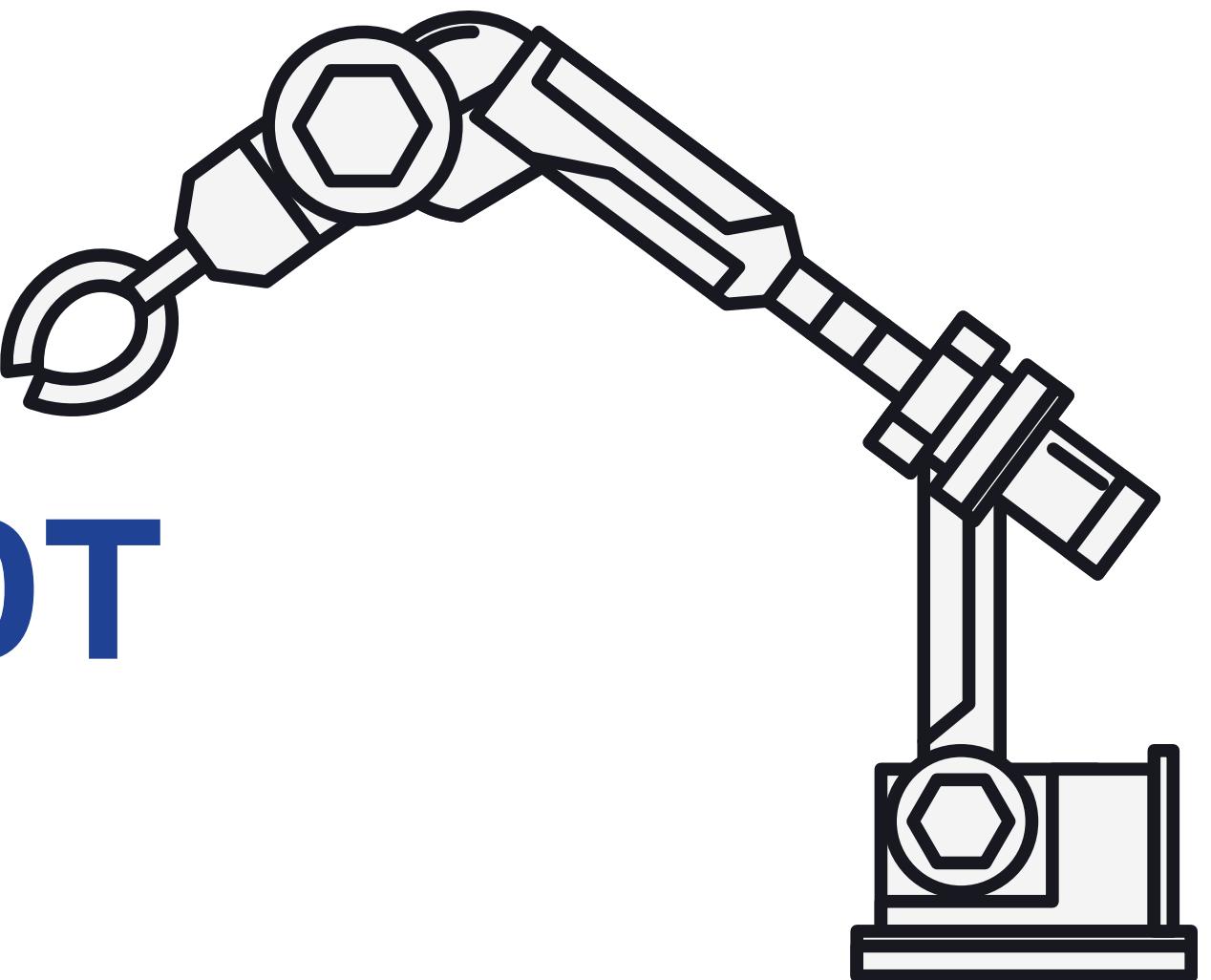
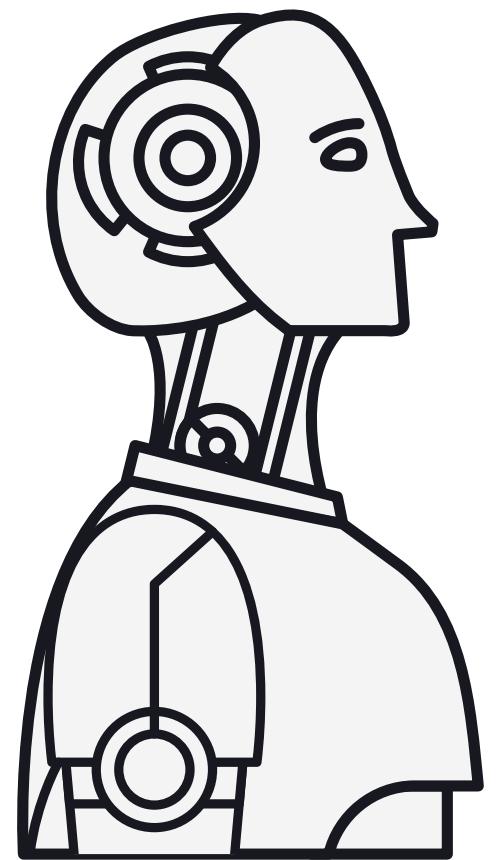
NỘI DUNG

- Giới thiệu tổng quan
- Nhiệm vụ đề tài
- Xây dựng hệ thống
- Thiết kế phần cứng
- Đánh giá kết quả
- Kết luận

I. Giới thiệu tổng quan

GIỚI THIỆU TỔNG QUAN

ROBOT



I. Giới thiệu tổng quan

GIỚI THIỆU TỔNG QUAN



STRETCH - Boston Dynamics



SWIFTI CRB 1300- ABB

I. Giới thiệu tổng quan

GIỚI THIỆU TỔNG QUAN

- Với tính dụng mạnh mẽ trong các lĩnh vực, đề tài thiết kế và điều khiển cánh tay robot 5 bậc tự do được chọn nhằm hiểu rõ lý thuyết và kết hợp với thuật toán nhận diện đặc trưng SURF phục vụ cho ứng dụng gấp vật dựa vào vật mẫu.



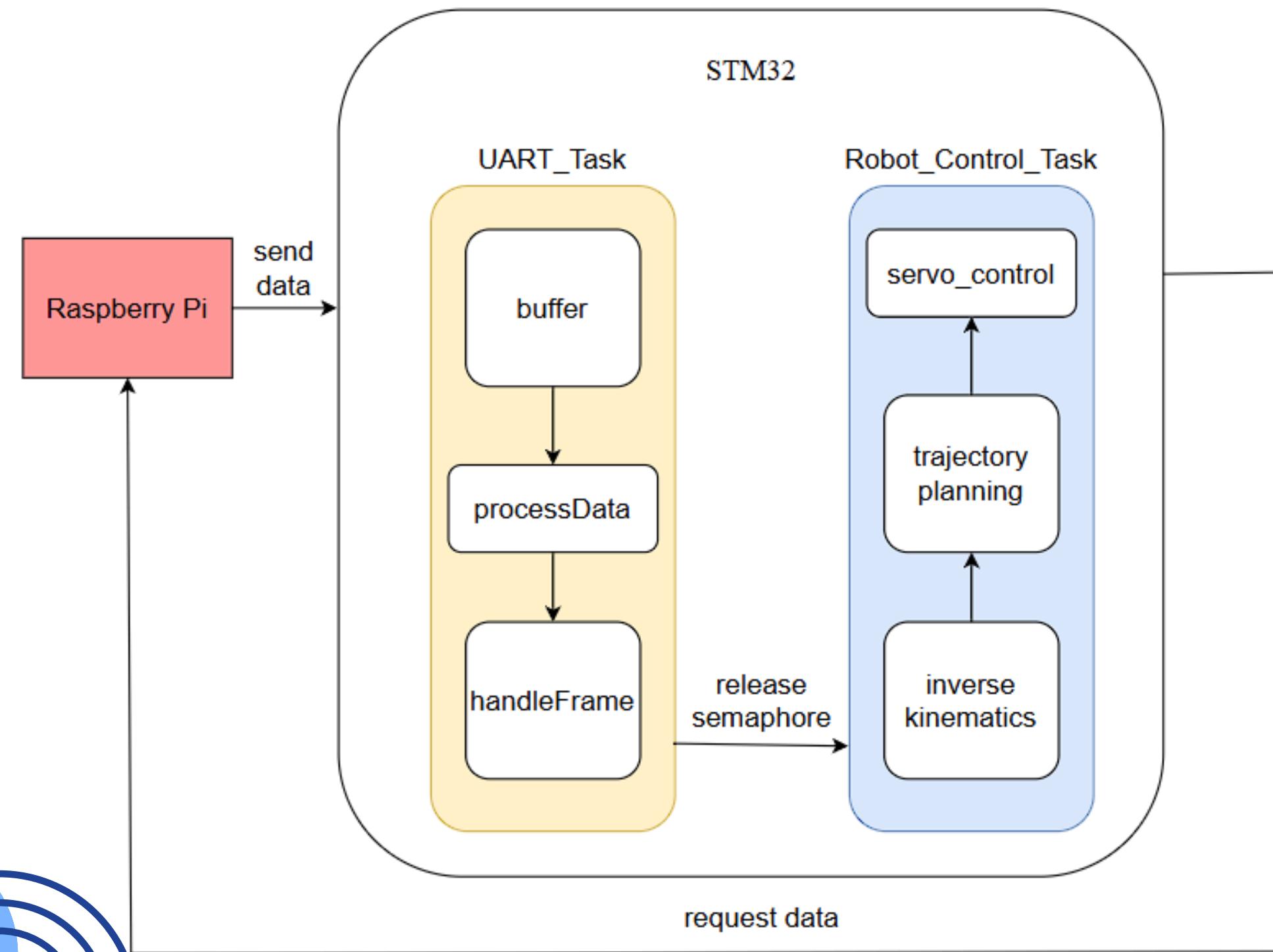
II. Nhiệm vụ đề tài

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI

- Xây dựng lý thuyết động học và hoạch định quỹ đạo cho cánh tay robot
- Xây dựng thuật toán để nhận diện đặc trưng nắp chai bằng SURF
- Kết nối và điều khiển hệ thống
- Đánh giá kết quả mô hình

III. Xây dựng hệ thống

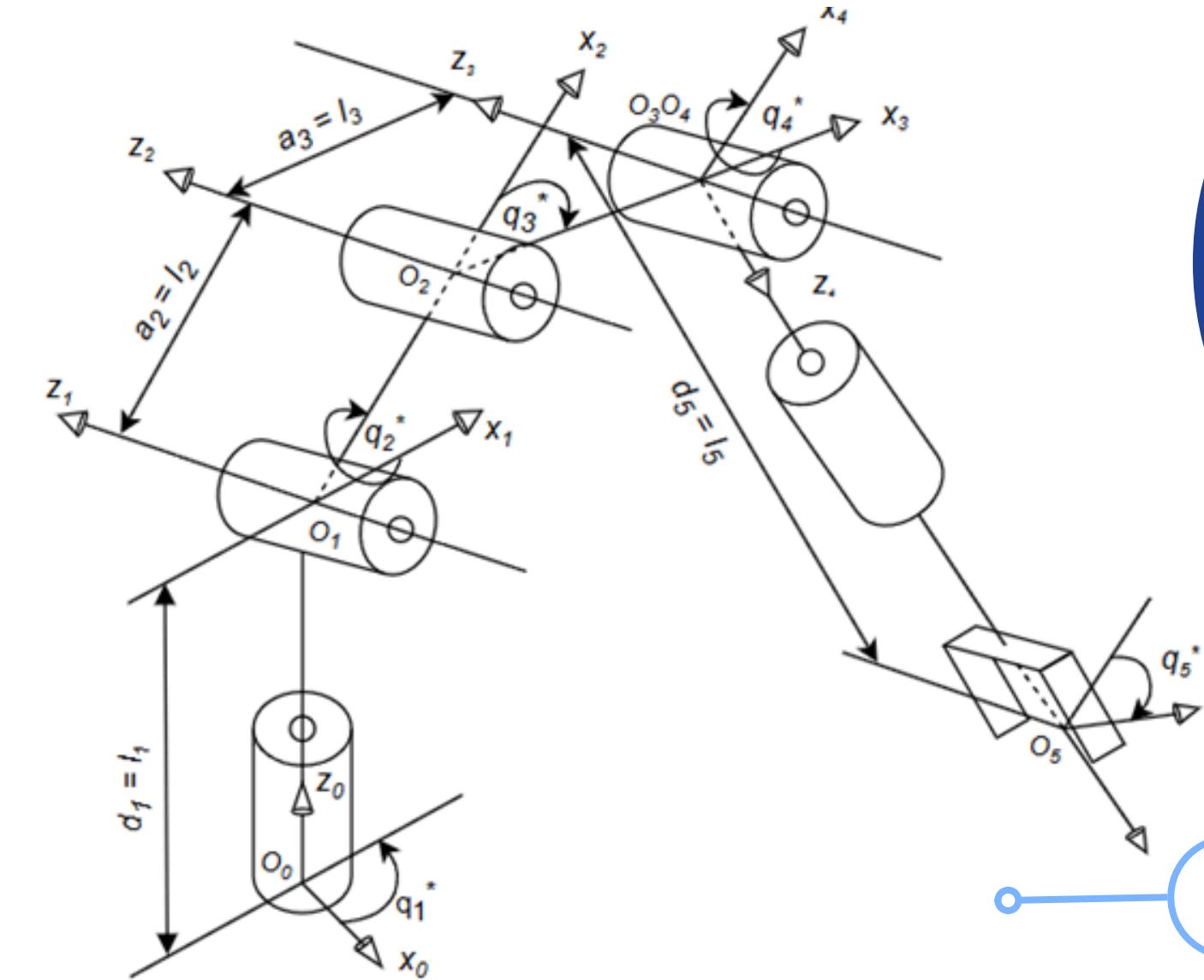
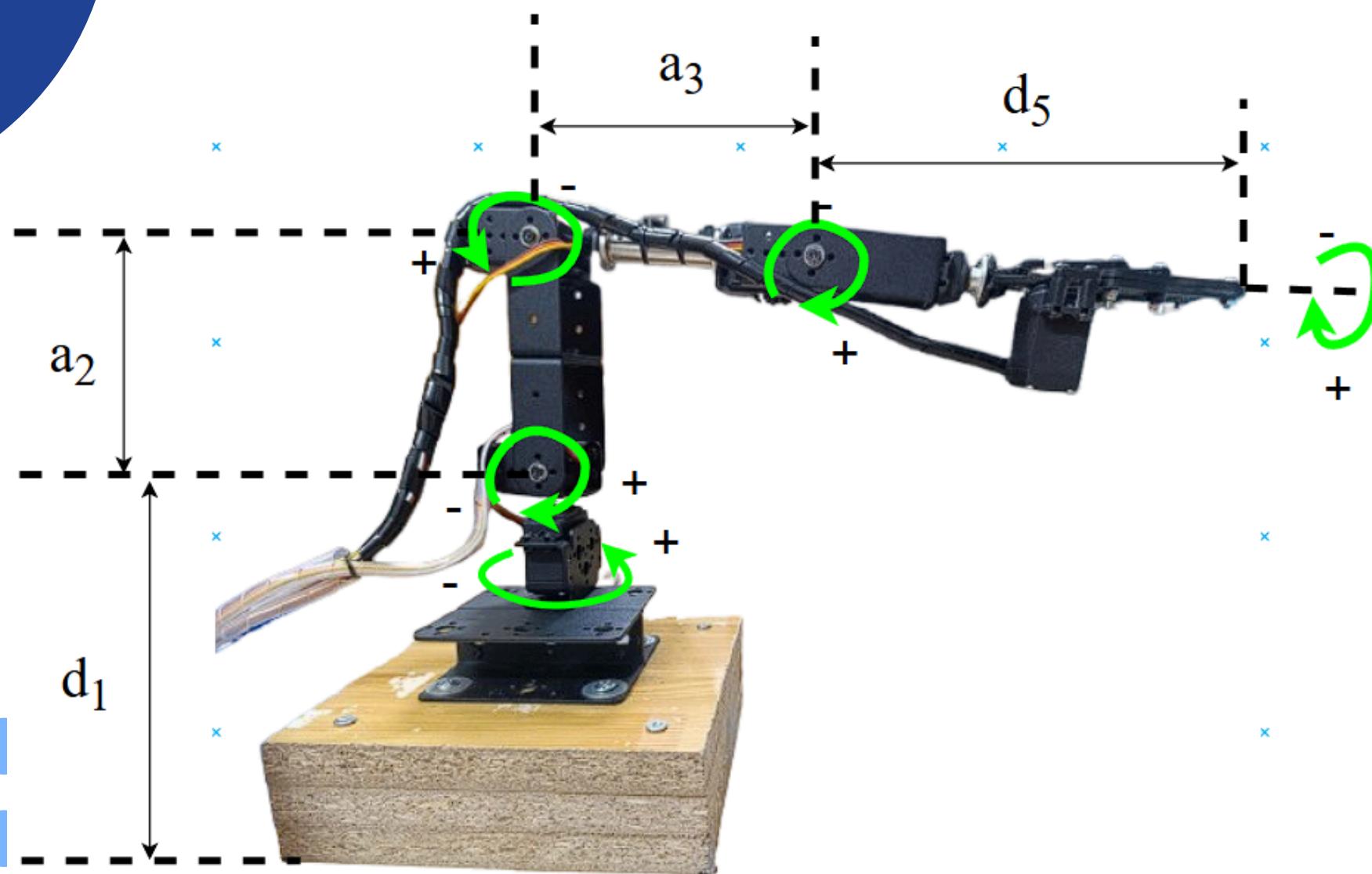
SƠ LƯỢC HỆ THỐNG



III. Xây dựng hệ thống

ROBOT

θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5
θ_1^*	$\theta_2^* - 180^\circ$	$180^\circ - \theta_3^*$	$\theta_4^* - 180^\circ$	θ_5^*



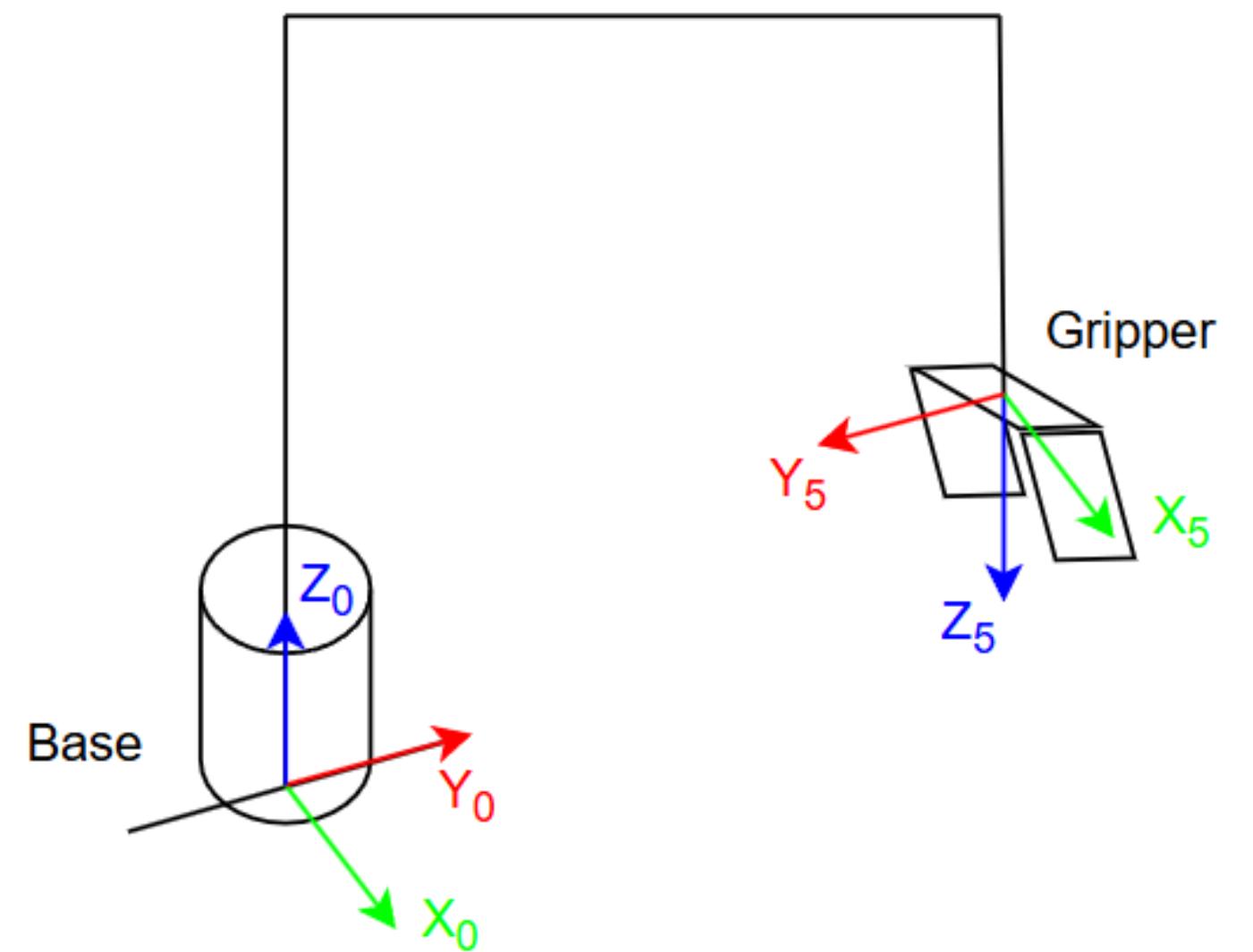
III. Xây dựng hệ thống

TÍNH TOÁN ĐỘNG HỌC

Hướng gấp

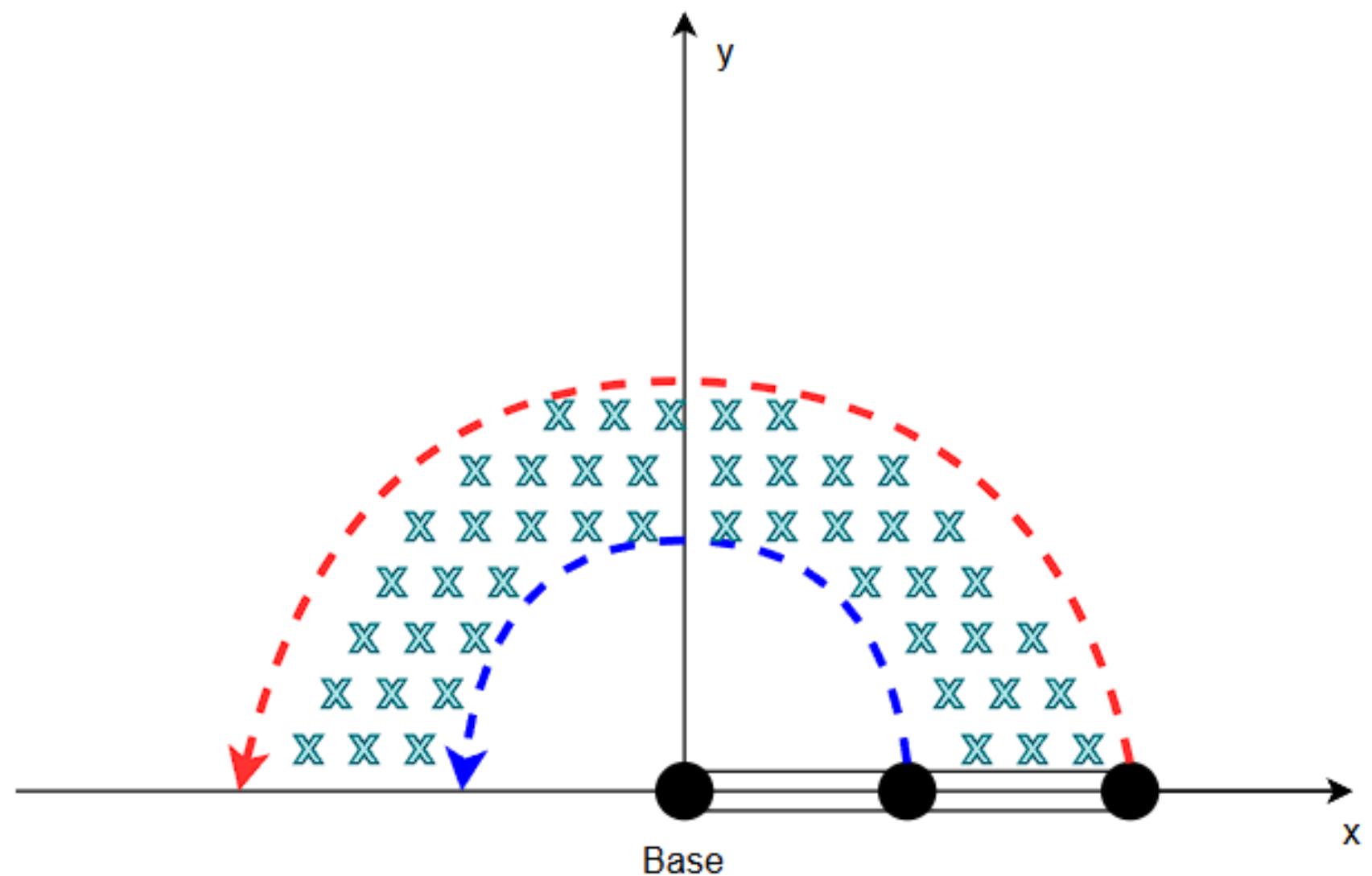
Ma trận xoay

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$



III. Xây dựng hệ thống

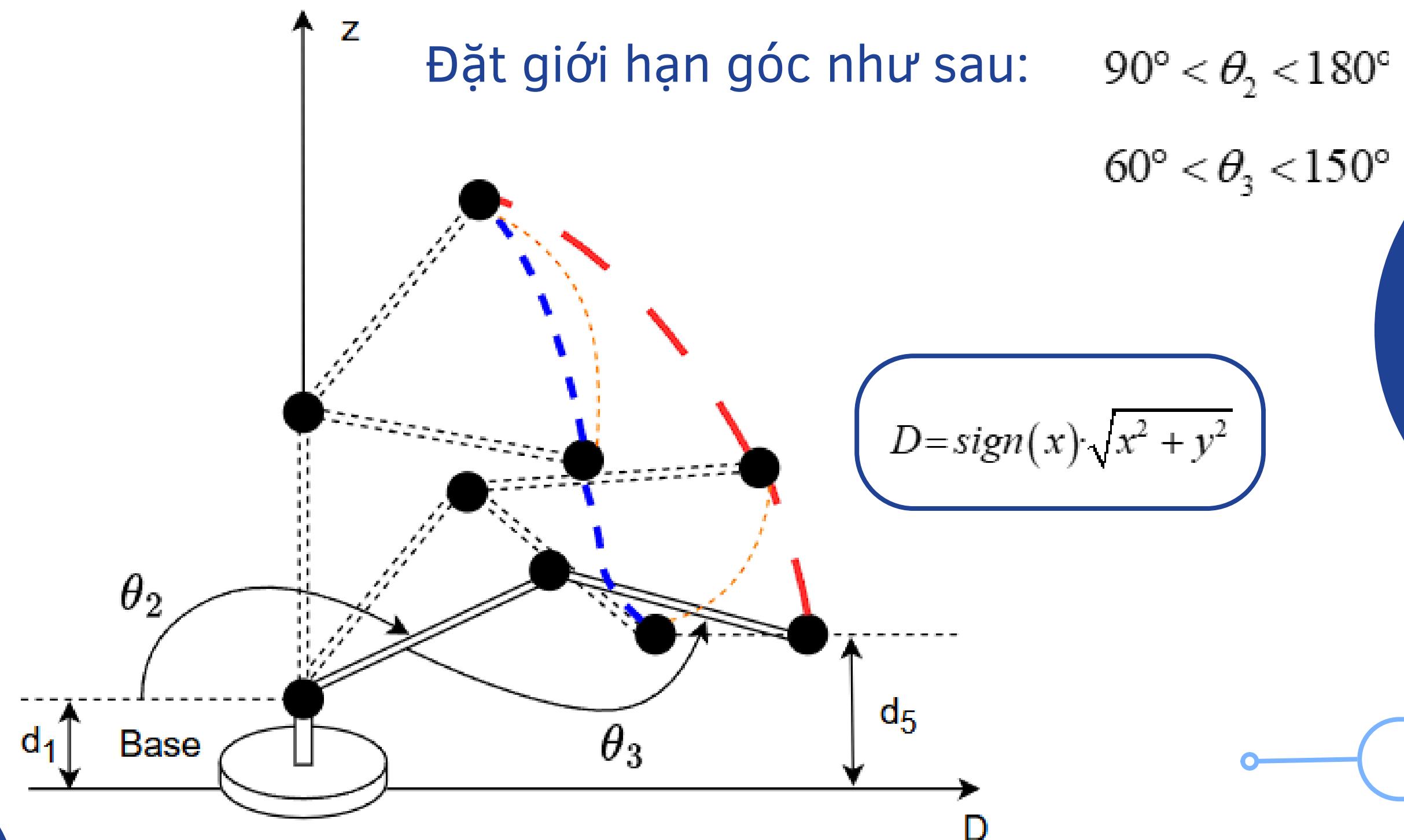
KHÔNG GIAN LÀM VIỆC ROBOT



$$0^\circ < \theta_1 < 180^\circ$$

III. Xây dựng hệ thống

KHÔNG GIAN LÀM VIỆC ROBOT



III. Xây dựng hệ thống

KHÔNG GIAN LÀM VIỆC ROBOT

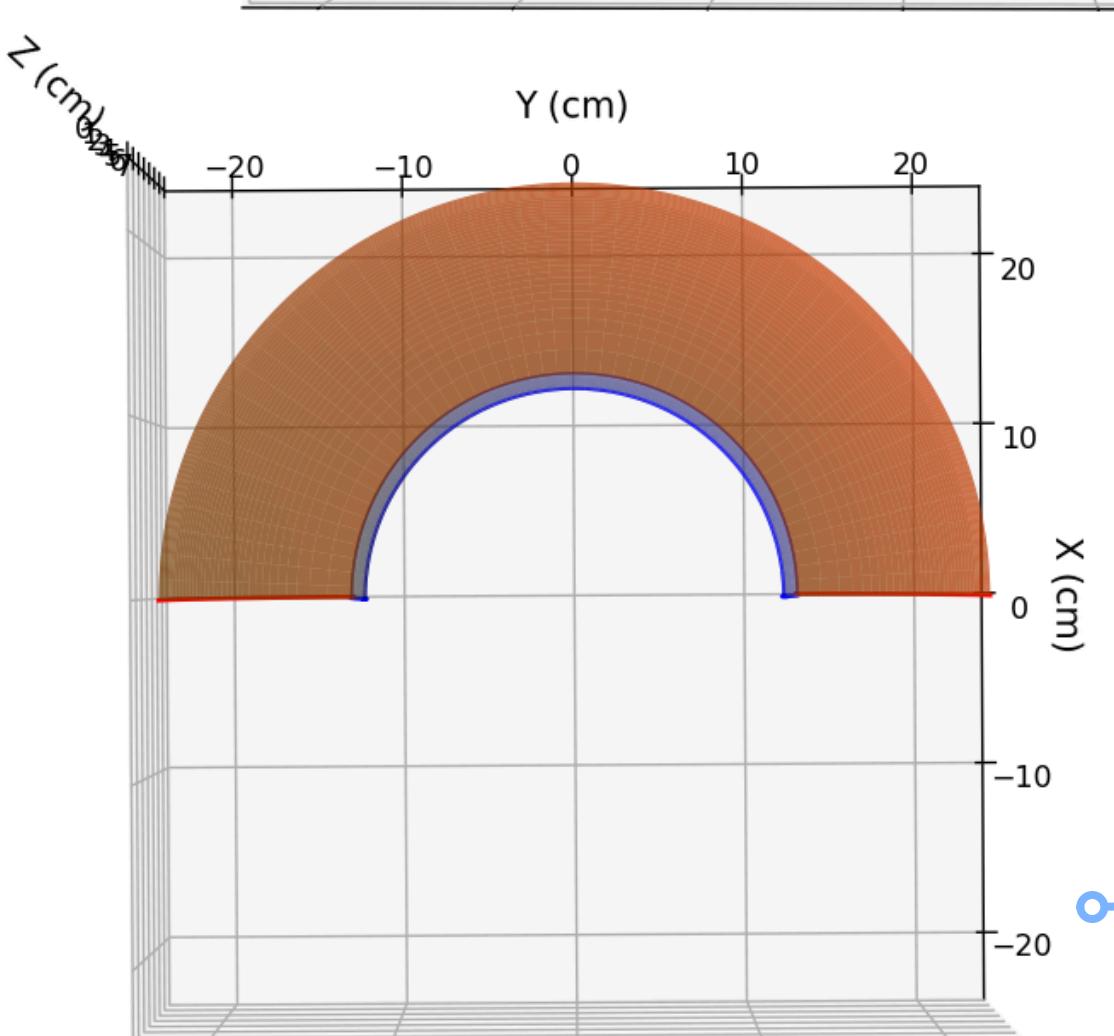
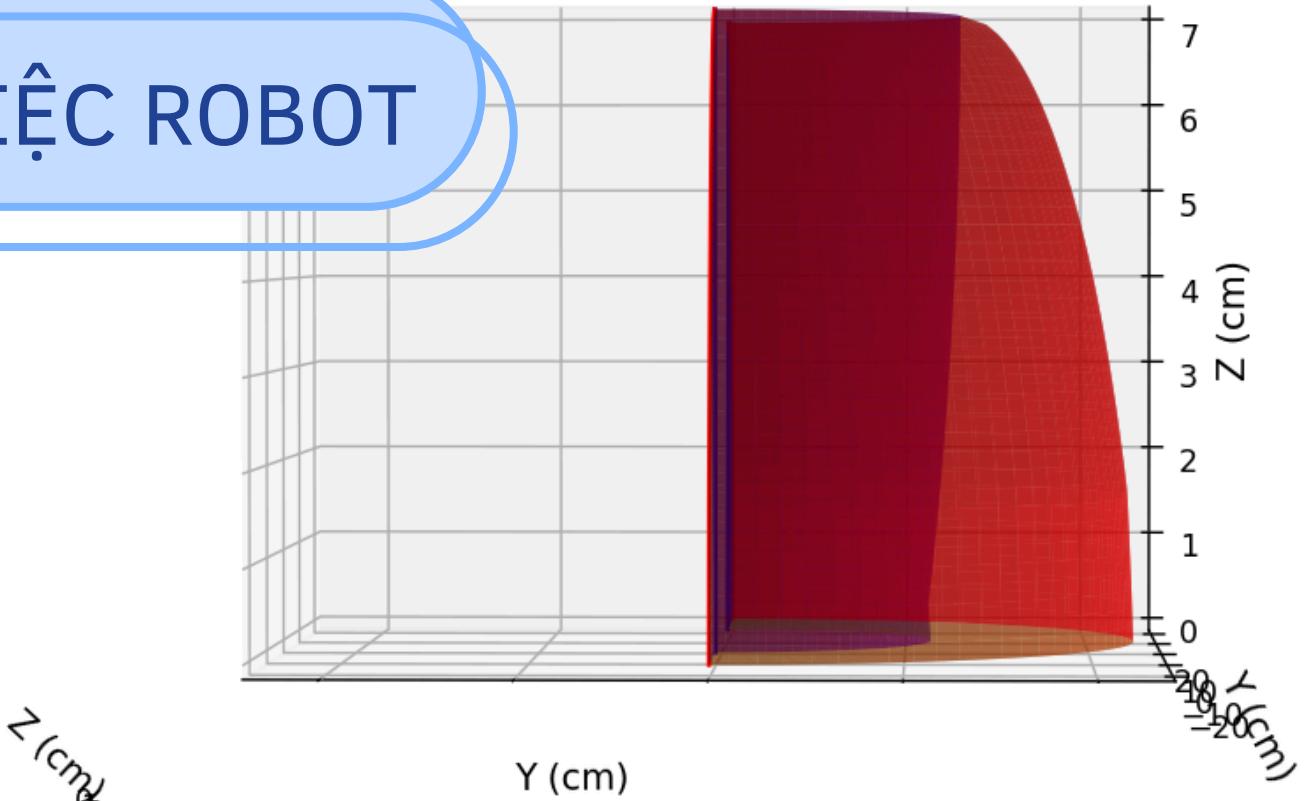
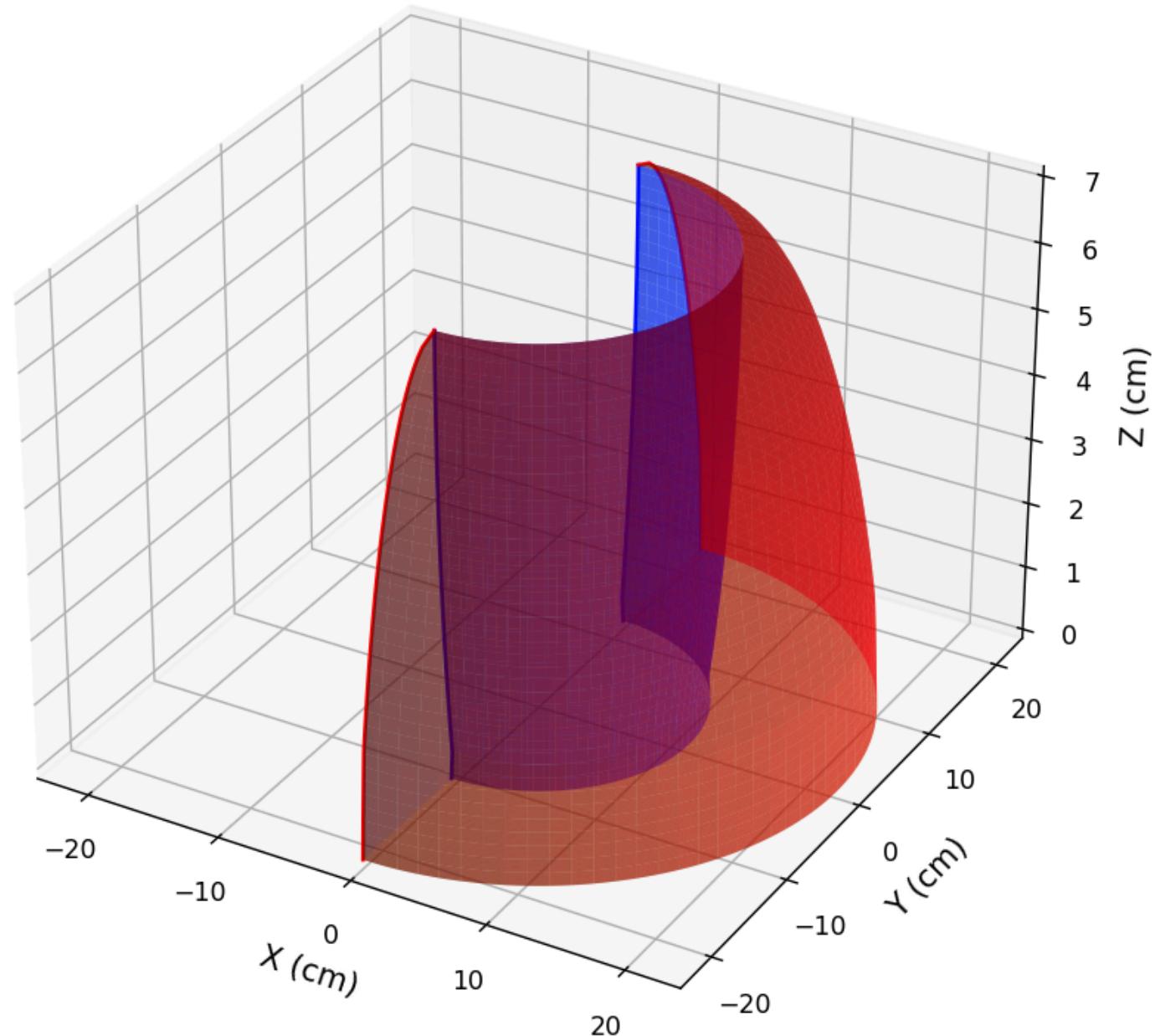
Bảng các góc khi gripper đạt z = 0

x	y	z	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5
7	21.3	0	71.8075°	154.2395°	149.9895°	175.75°	71.8075°

$$\longrightarrow 90^\circ < \theta_2 < 154.2395^\circ$$

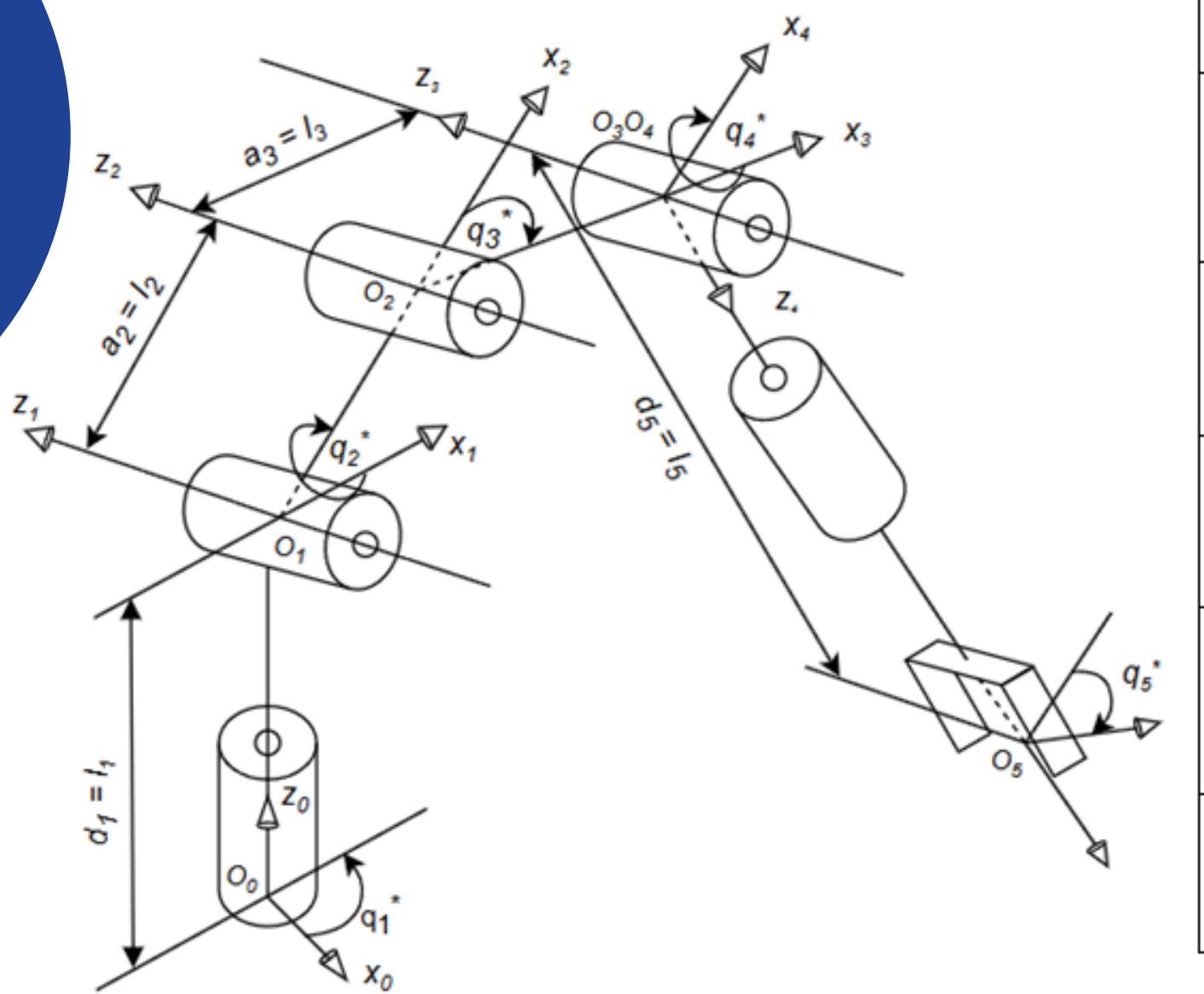
III. Xây dựng hệ thống

KHÔNG GIAN LÀM VIỆC ROBOT



III. Xây dựng hệ thống

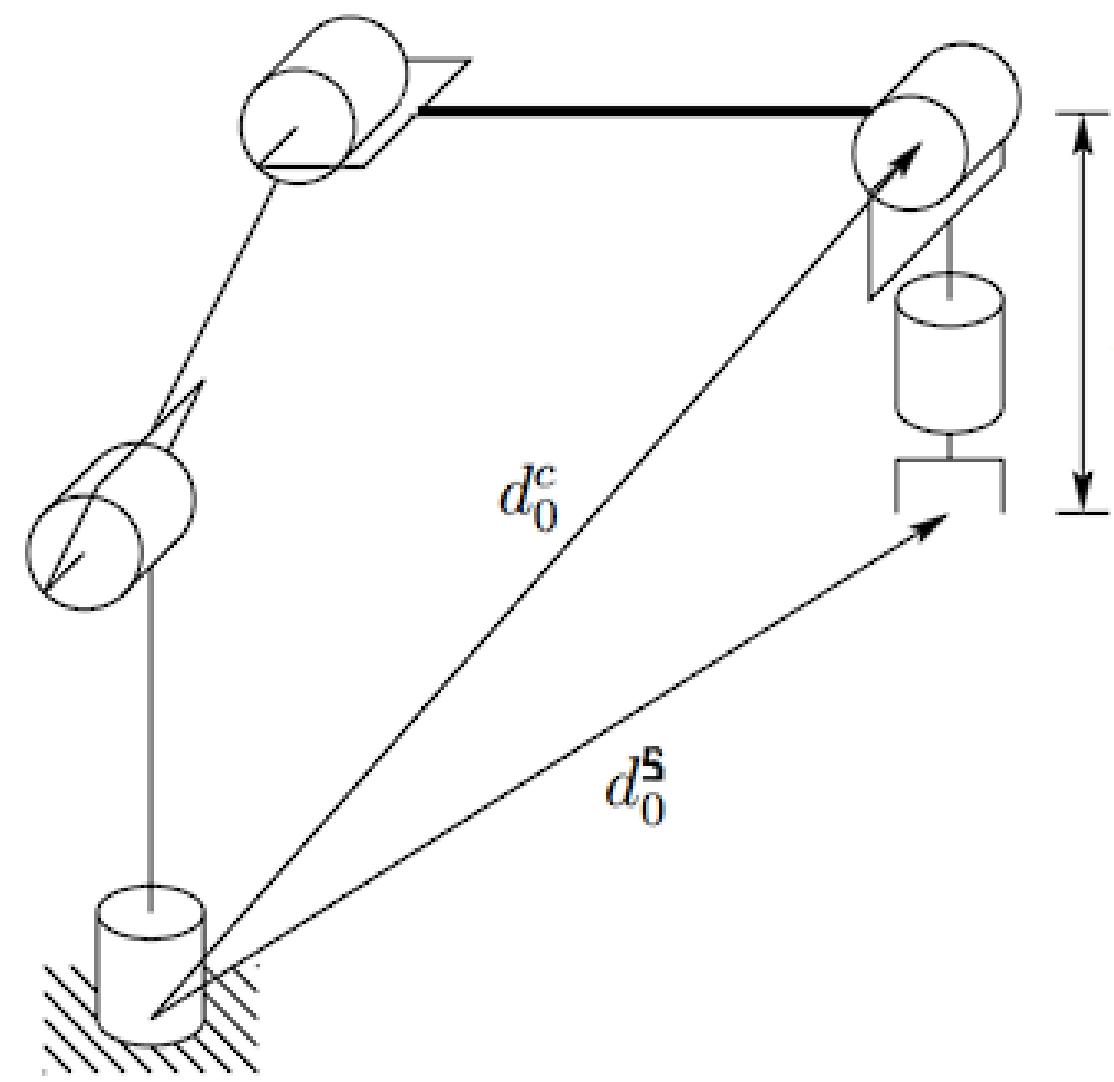
TÍNH TOÁN ĐỘNG HỌC



Khâu	a_i	α_i	d_i	θ_i
1	0	$-\frac{\pi}{2}$	d_1	θ_1^*
2	a_2	0	0	θ_2^*
3	a_3	0	0	θ_3^*
4	0	$-\frac{\pi}{2}$	0	θ_4^*
5	0	0	d_5	θ_5^*

III. Xây dựng hệ thống

TÍNH TOÁN ĐỘNG HỌC



Ma trận xoay $R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$

$$x = p_x - d_5 \cdot r_{13},$$

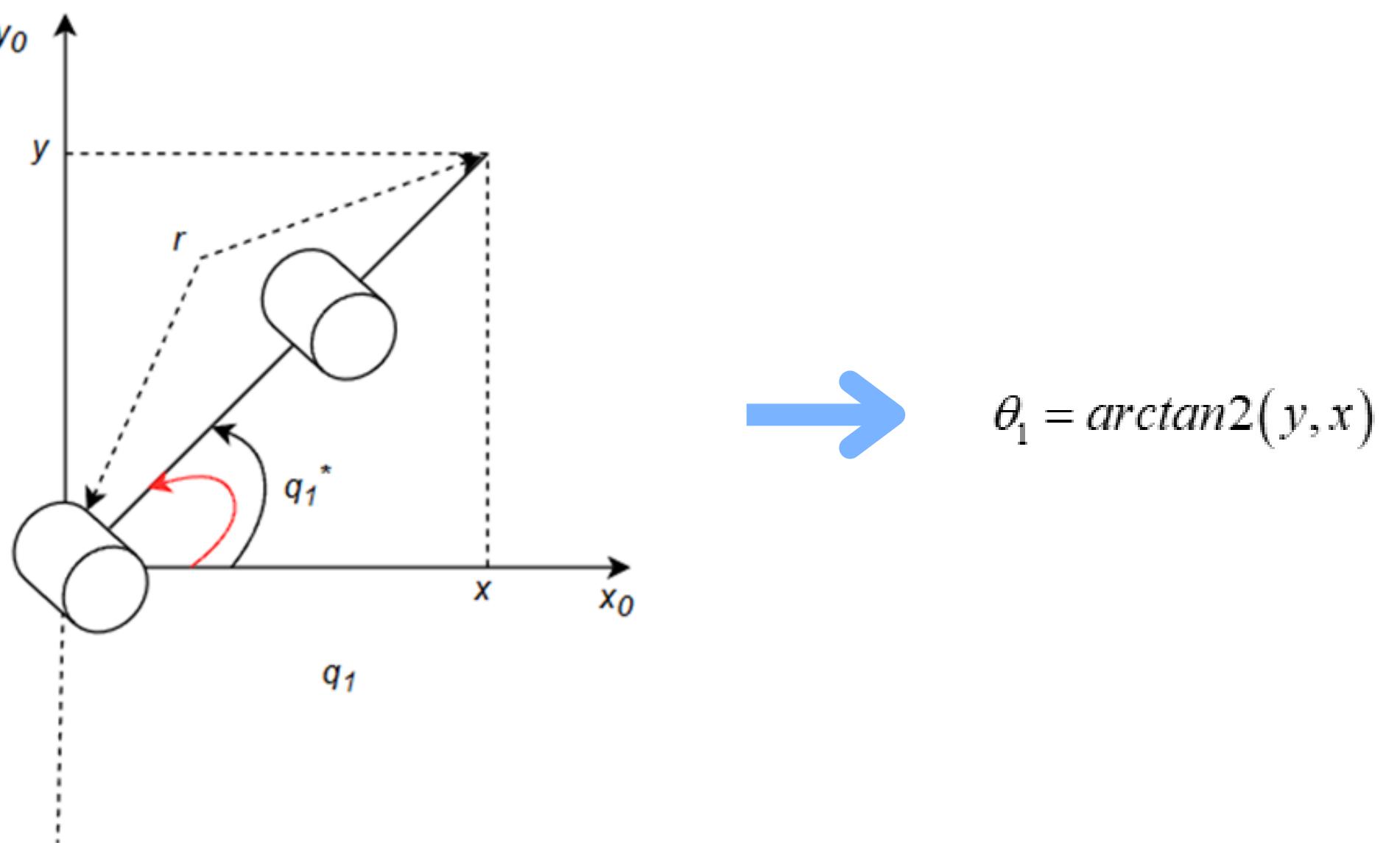
$$y = p_y - d_5 \cdot r_{23},$$

$$z = p_z - d_5 \cdot r_{33}.$$

$$\rightarrow \begin{cases} x = p_x \\ y = p_y \\ z = p_z + d_5 \end{cases}$$

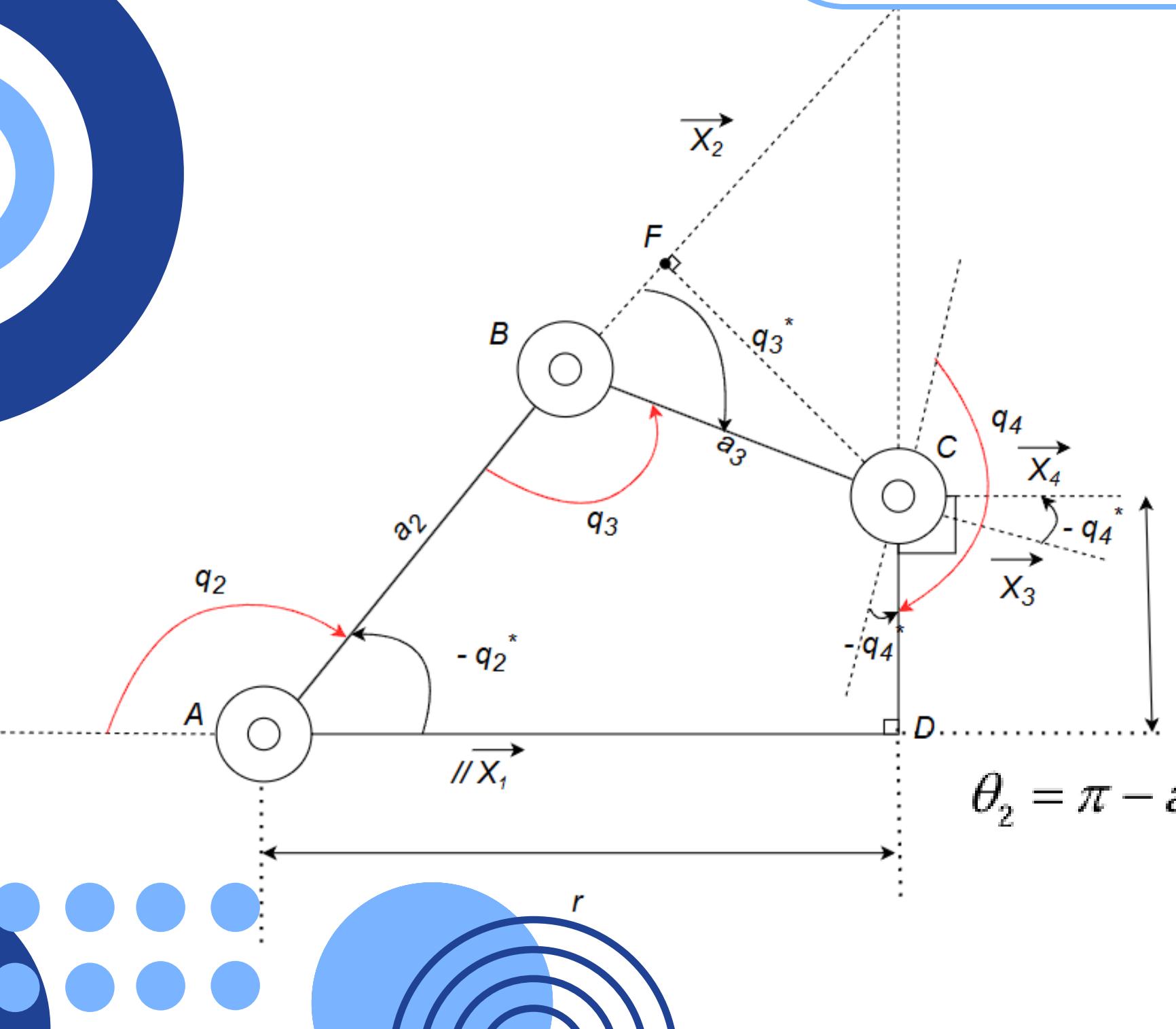
III. Xây dựng hệ thống

TÍNH TOÁN ĐỘNG HỌC



III. Xây dựng hệ thống

TÍNH TOÁN ĐỘNG HỌC



$$\cos(\angle ABC) = \frac{r^2 + s^2 - a_2^2 - a_3^2}{-2 \cdot a_2 \cdot a_3} := D$$

$$\theta_3 = \text{arctan2}\left(\sqrt{1-D^2}, D\right)$$

$$\theta_4 = \pi - \theta_2 + \theta_3$$

$$\theta_5 = \theta_1$$

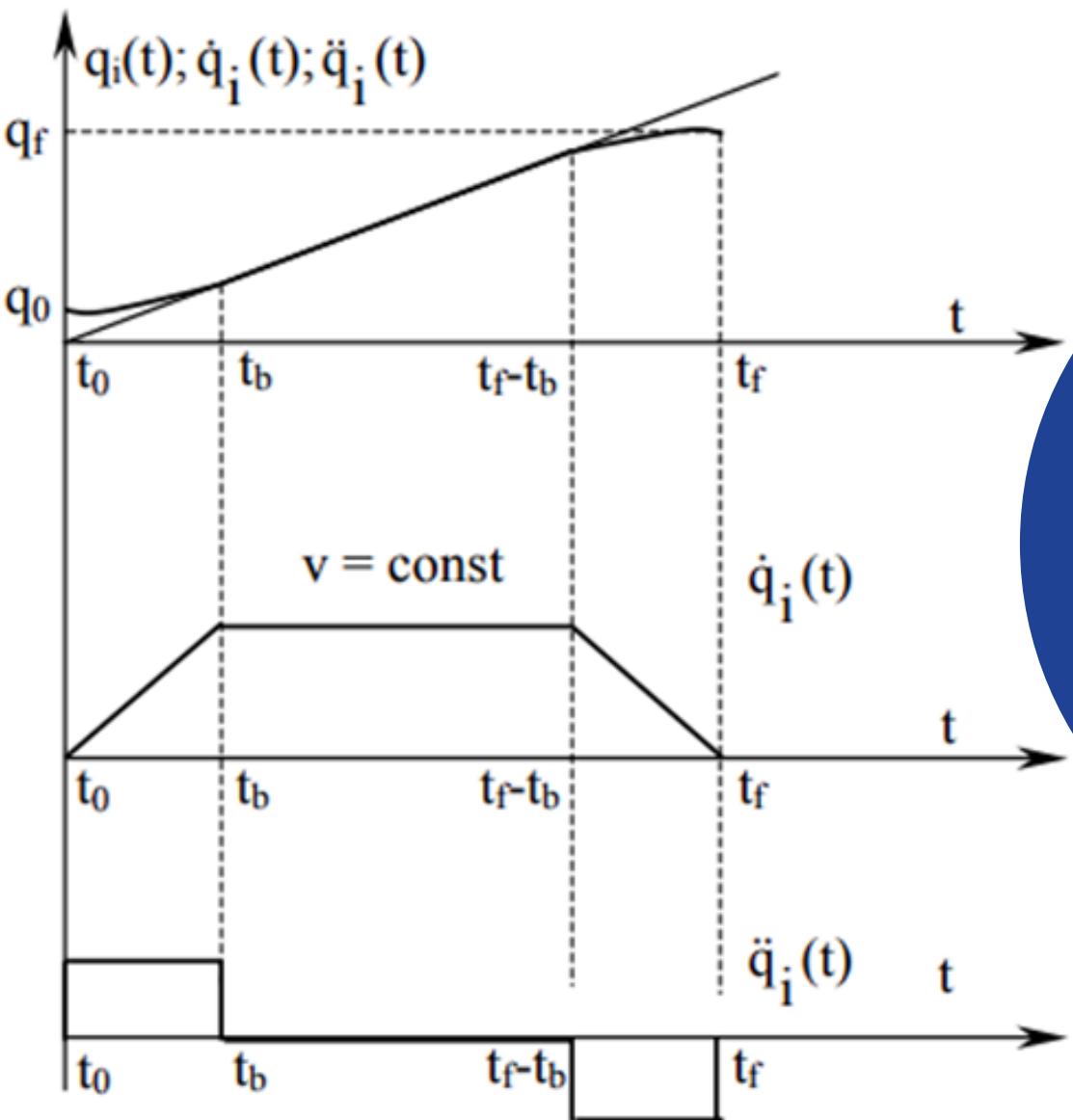
$$\theta_2 = \pi - \text{arctan2}(s, r) - \text{arctan2}(a_3 \cdot \sin(\pi - \theta_3), a_2 + a_3 \cdot \cos(\pi - \theta_3))$$

III. Xây dựng hệ thống

HOẠCH ĐỊNH QUÝ ĐẠO

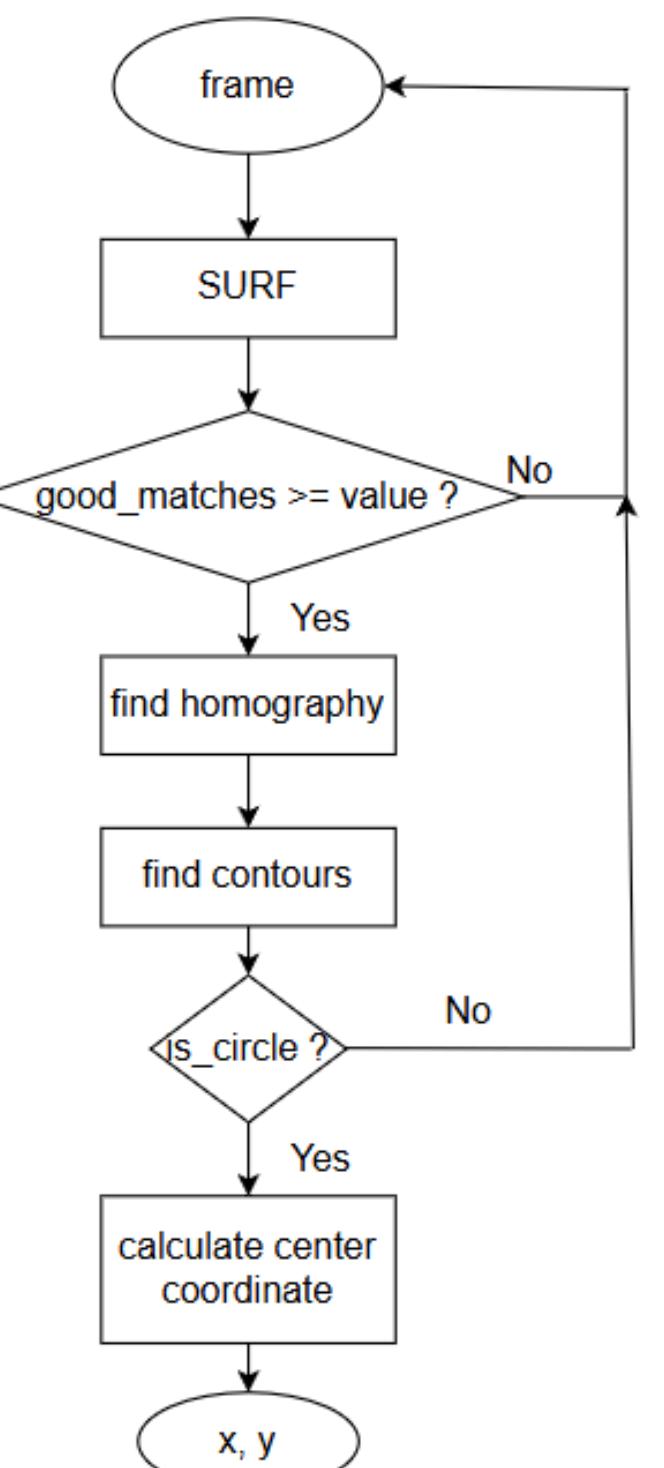
$$q(t) = \begin{cases} q_0 + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2, & 0 < t \leq t_b \\ q(t_b) + v_{\max} \cdot (t - t_b), & t_b < t \leq t_b + t_{const} \\ q(t_b) + v_{\max} \cdot (t_{const}) + v_{\max} \cdot (t - t_2) - \frac{1}{2} \cdot a_{\max} \cdot (t - t_2)^2, & t_b + t_{const} < t \leq t_f \end{cases}$$

$0 < t \leq t_b$
 $t_b < t \leq t_b + t_{const}$
 $t_b + t_{const} < t \leq t_f$



III. Xây dựng hệ thống

GIẢI THUẬT XỬ LÝ ẢNH

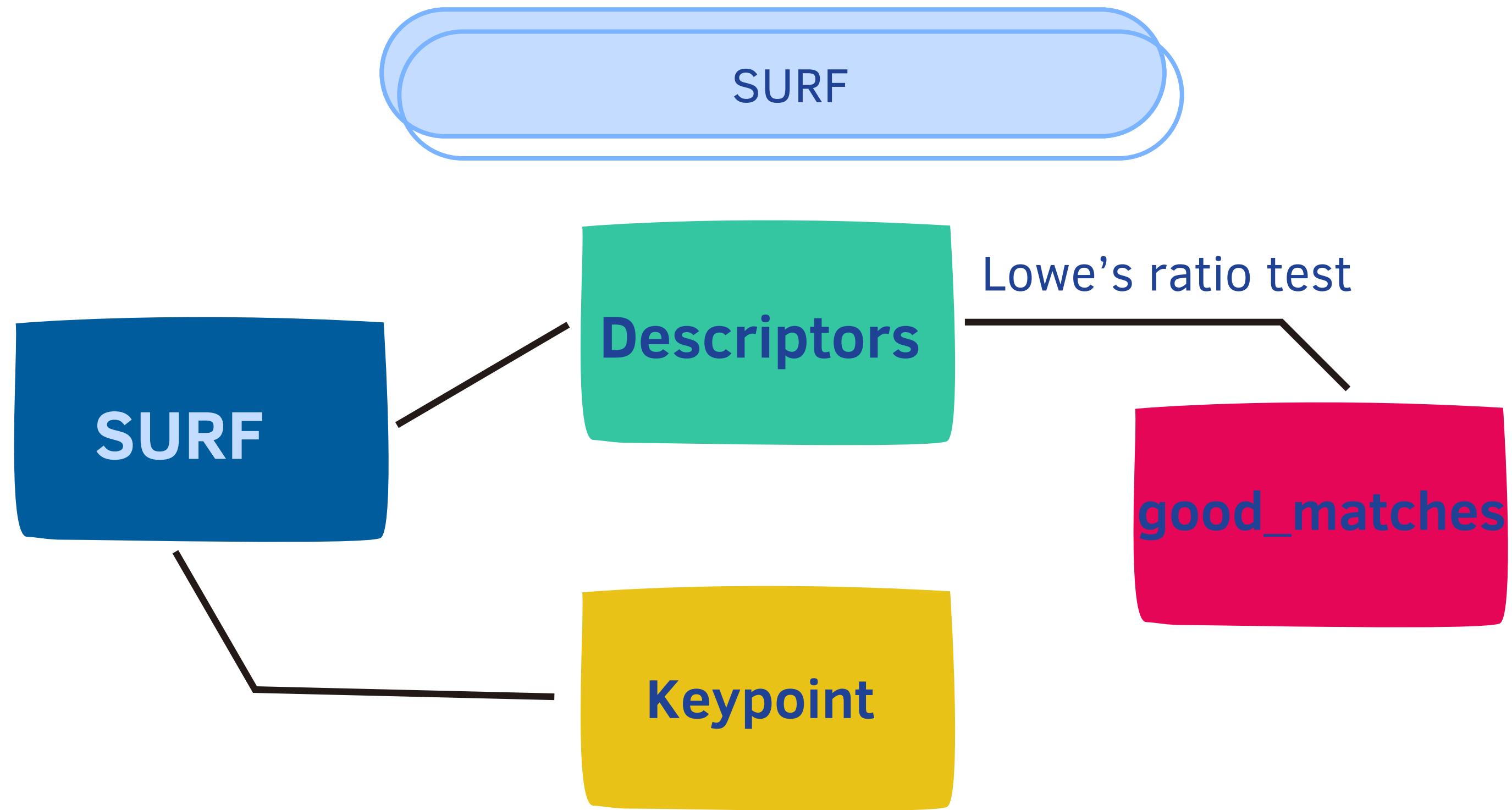


III. Xây dựng hệ thống

SURF

SURF (Speeded-Up Robust Features) được đề xuất bởi **Herbert Bay, Tinne Tuytelaars, và Luc Van Gool** vào năm 2006

III. Xây dựng hệ thống



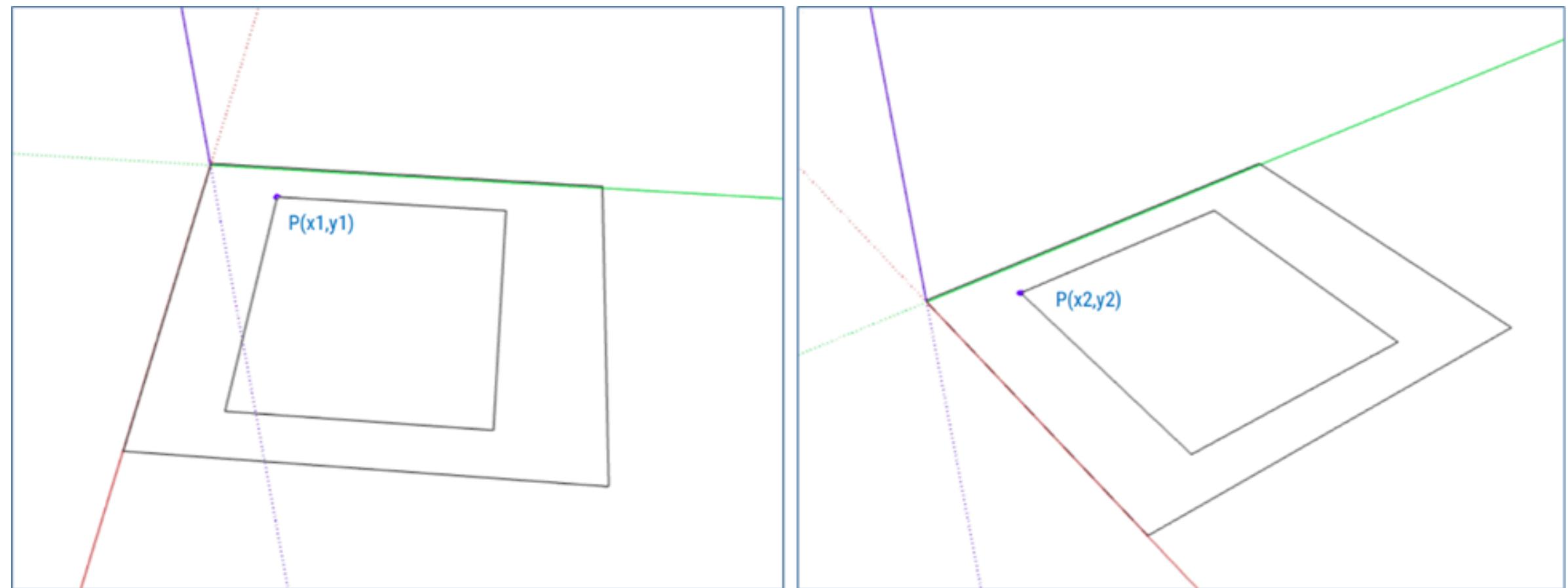
III. Xây dựng hệ thống

SURF



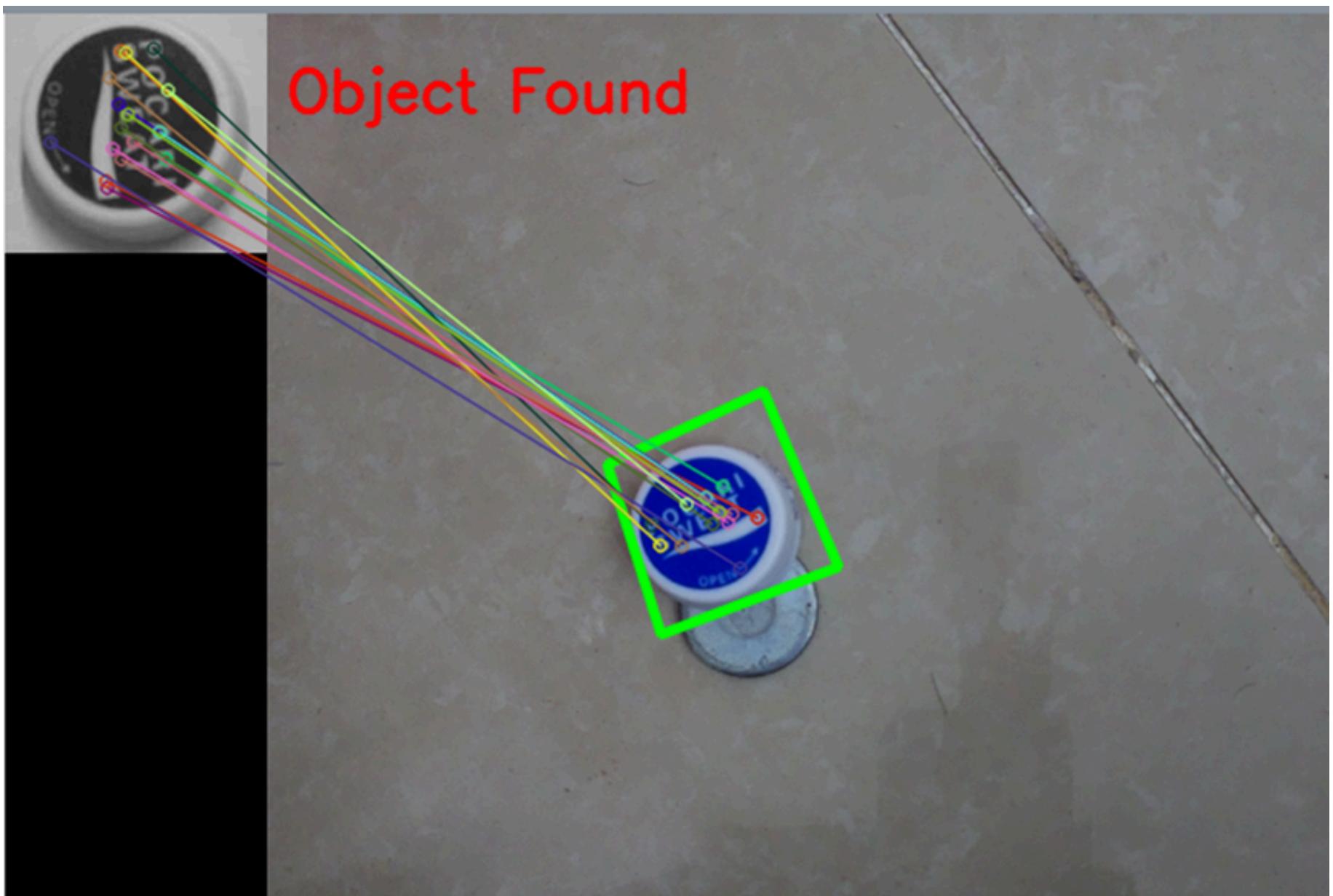
III. Xây dựng hệ thống

HOMOGRAPHY



III. Xây dựng hệ thống

HOMOGRAPHY



III. Xây dựng hệ thống

XÁC ĐỊNH TỌA ĐỘ TÂM



III. Xây dựng hệ thống

XÁC ĐỊNH TỌA ĐỘ TÂM

$$center(x, y) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=0}^{n-1} pixel_i(x, y)$$

$$r = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} norm(center(x, y) - contour(x, y))$$

III. Xây dựng hệ thống

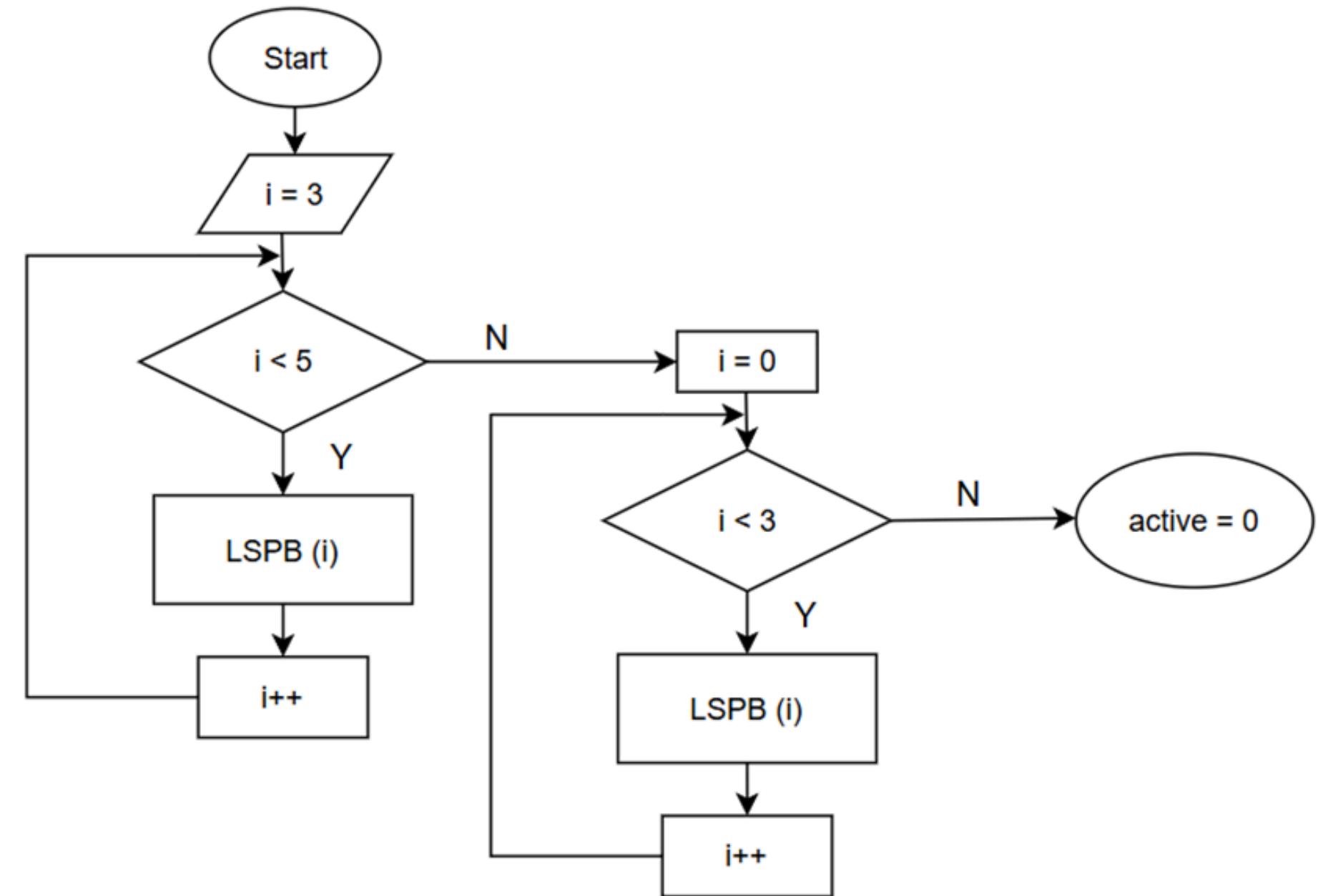
XÁC ĐỊNH TỌA ĐỘ TÂM



III. Xây dựng hệ thống

ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ

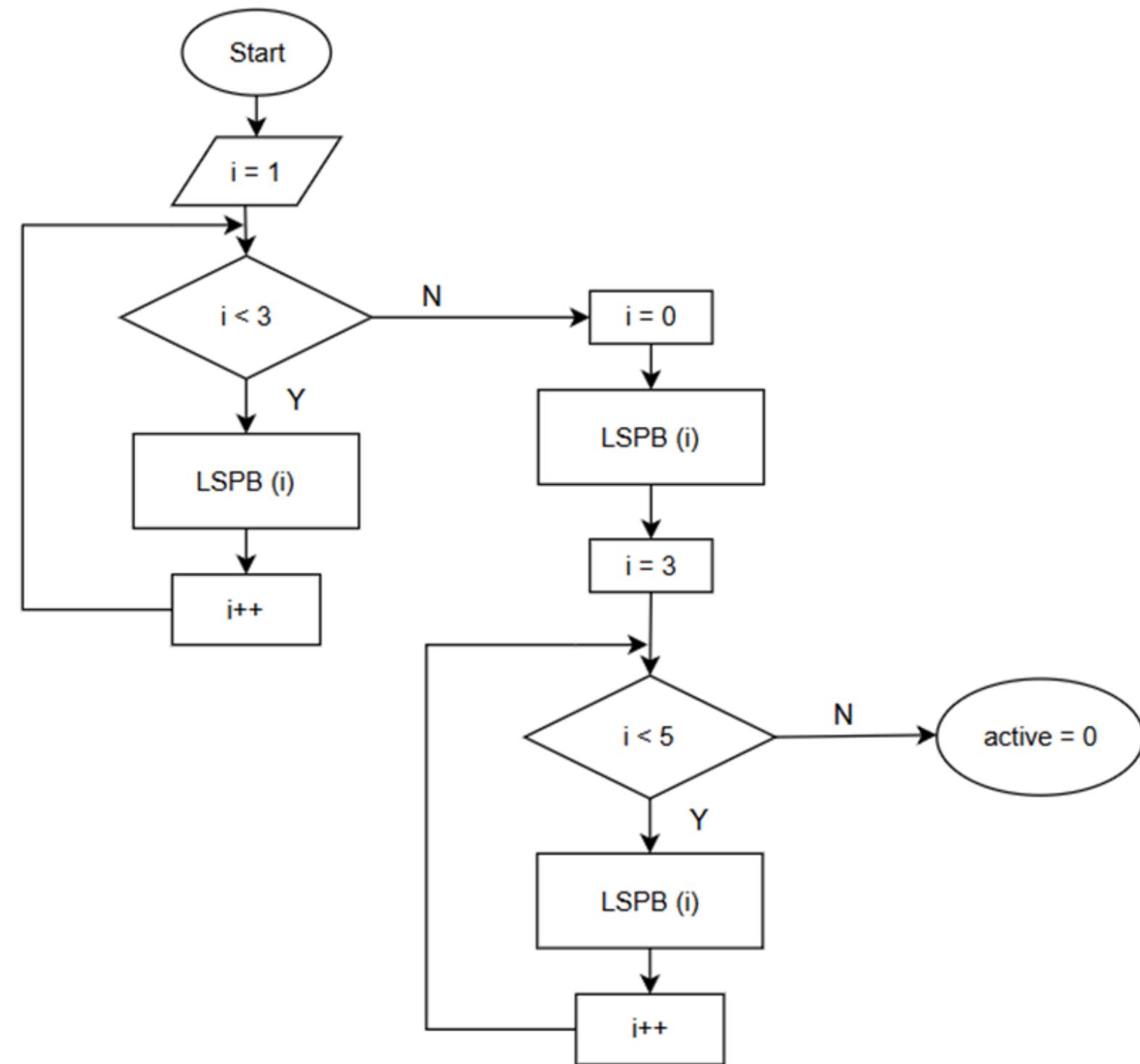
Điều khiển đến vị trí mong muốn (với i là số thứ tự của khớp)



III. Xây dựng hệ thống

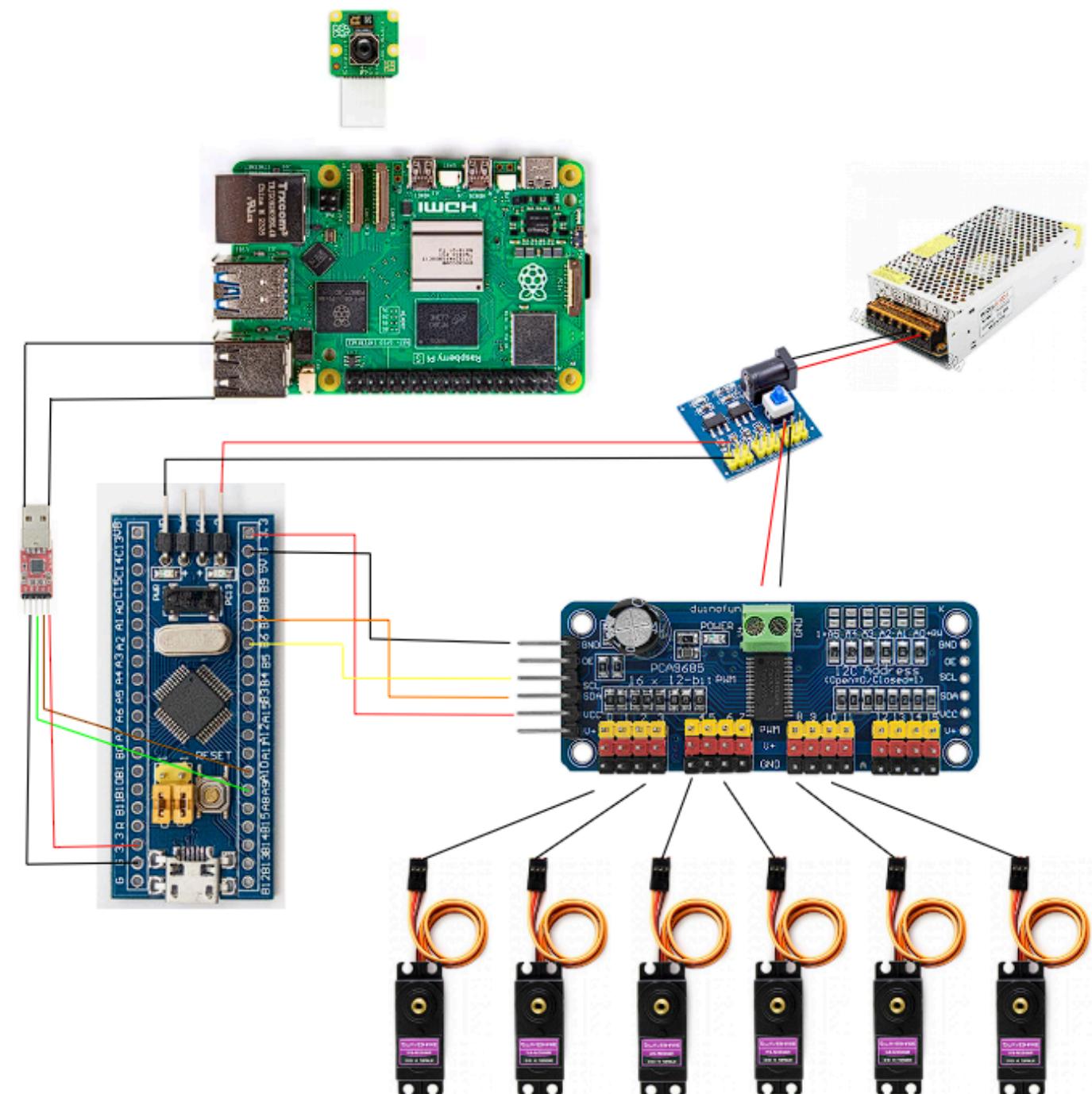
ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ

Điều khiển đến vị trí home (với i là số thứ tự của khớp)



IV. Thiết kế phần cứng

THIẾT KẾ PHẦN CỨNG



IV. Thiết kế phần cứng

THIẾT KẾ PHẦN CỨNG



V. Đánh giá kết quả

ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ



V. Đánh giá kết quả

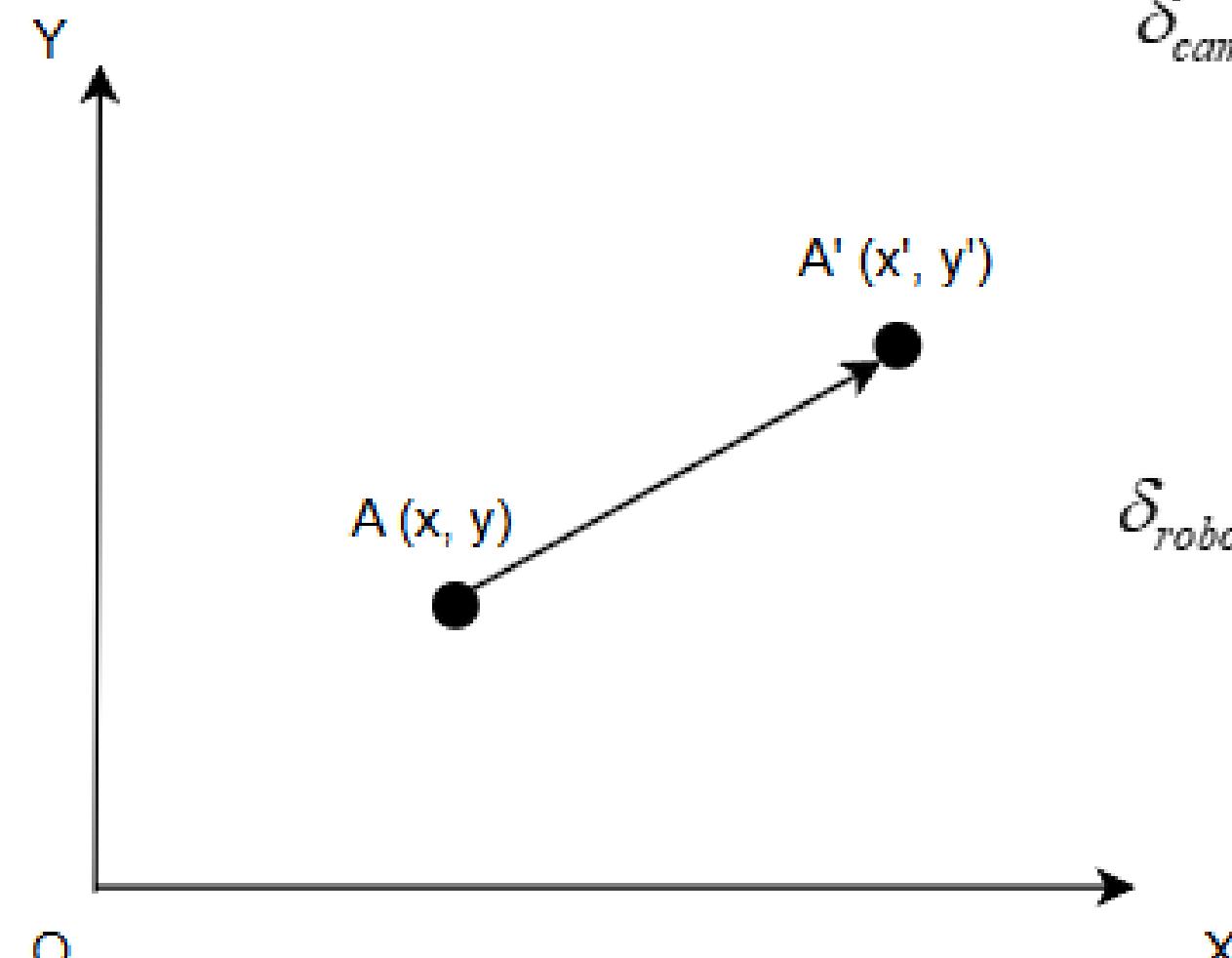
ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Tiến trình thực hiện đánh giá kết quả: (tọa độ - đơn vị cm)

- Dùng thước đo tọa độ thực của nắp chai và ghi vào cột tọa độ mong muốn.
- Thực hiện đọc tọa độ nắp chai từ camera và ghi lại tọa độ vào cột tọa độ camera.
- Tiến hành cho cánh tay robot di chuyển đến tọa độ mong muốn, đo vị trí của end-effector so với gốc tọa độ và ghi vào cột tọa độ robot.
- Đánh giá sai số của camera và cánh tay robot dựa trên công thức tính độ lệch trung bình.

V. Đánh giá kết quả

ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ



$$\delta_{camera} = \sum_{n=1}^{n=50} \frac{\sqrt{(x_{desired_n} - x_n)^2 + (y_{desired_n} - y_n)^2}}{n} = 0.5026(cm)$$

$$\delta_{robot} = \sum_{n=1}^{n=50} \frac{\sqrt{(x_{desired_n} - x_n)^2 + (y_{desired_n} - y_n)^2}}{n} = 0.8346(cm)$$

V. Đánh giá kết quả

ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Phương pháp hiệu chỉnh:

- **Đối với camera:** Điều chỉnh tripod để căn chỉnh lại góc nhìn camera, đo lại vùng quan sát (FOV) của camera
- **Đối với cánh tay robot:** Bù góc cho servo, bù tọa độ tương ứng với sai số

V. Đánh giá kết quả

ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Sau hiệu chỉnh:

$$\delta_{camera} = \sum_1^{n=50} \frac{\sqrt{(x_{desired_n} - x_n)^2 + (y_{desired_n} - y_n)^2}}{n} = 0.0777 \text{ (cm)}$$

$$\delta_{robot} = \sum_1^{n=50} \frac{\sqrt{(x_{desired_n} - x_n)^2 + (y_{desired_n} - y_n)^2}}{n} = 0.2218 \text{ (cm)}$$

Tỉ lệ gắp trúng: 78%

KẾT LUẬN

- Đề xuất được mô hình thực hiện gấp tịnh với vật giống với vật mẫu đã định sẵn.
- Nắm được kiến thức nền tảng của thiết kế cánh tay robot.
- Hiểu và vận dụng được thuật toán SURF vào trong ứng dụng của đề tài cùng với các thuật toán xử lý ảnh khác.

VI. Kết luận

KẾT LUẬN

- Động cơ chỉ đang được vận hành theo vòng hở, dẫn đến chưa kiểm soát đúng về sai số và tỉ lệ gấp thấp.

PHÁT TRIỂN ĐỀ TÀI

- Thay thế phương pháp điều khiển động cơ tối ưu hơn.
- Phát triển thêm camera để đọc chiều cao vật, nhằm hướng đến đề tài cánh tay robot kết hợp thị giác máy đọc hình dạng 3D vật để gấp.

**THANK
YOU FOR
LISTENING**

GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ

Giải thuật điều khiển **VÒNG HỒ, KHÔNG FEEDBACK**, vì thế dẫn đến góc quay của servo sinh ra sai số ảnh hưởng đến tỷ lệ gấp trúng.