

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ



Vương Thanh Tùng

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG THỊ GIÁC MÁY
TÍNH KẾT HỢP ROBOT GP7 ĐỂ KIỂM TRA
CHẤT LƯỢNG LINH KIỆN SMT

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY
Ngành: Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa

Hà Nội – 2025

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ

Vương Thanh Tùng

HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG PHÁT HIỆN VÀ
PHÂN LOẠI LỖI SẢN PHẨM SMT

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY
Ngành: Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa

Cán bộ hướng dẫn: TS. Hoàng Văn Mạnh

Hà Nội – 2025

LỜI CẢM ƠN

Quãng thời gian 4,5 năm học tập và nghiên cứu tại ngành Kỹ thuật Điều khiển và Tự động hóa, Trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội là một hành trình đáng nhớ đối với tôi. Tôi xin chân thành cảm ơn Ban Giám hiệu nhà trường, Ban Chủ nhiệm Khoa và toàn thể các thầy, cô giáo đã tận tình hướng dẫn, chia sẻ tri thức khoa học và kinh nghiệm thực tiễn, tạo nền tảng vững chắc cho sự phát triển của tôi.

Đặc biệt, tôi muốn bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến TS. Hoàng Văn Mạnh, người đã tận tình hướng dẫn, chỉ bảo kinh nghiệm quý báu và hỗ trợ vật tư trong suốt quá trình tìm hiểu và thực hiện đề tài.

Cuối cùng tôi cũng muốn gửi lời cảm ơn đến gia đình, các anh chị, bạn bè trong Khoa Cơ học kỹ thuật và Tự động hóa, đặc biệt là lớp K66M-AT. Mọi người đã luôn chia sẻ, động viên và tạo điều kiện cho tôi phát triển cả về kiến thức và kỹ năng thực tế.

Hà Nội, ngày 29 tháng 11 năm 2025

Sinh viên

Vương Thanh Tùng

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan rằng đồ án tốt nghiệp với đề tài “Hệ thống tự động phát hiện và phân loại lỗi sản phẩm SMT” là kết quả nghiên cứu do chính tôi thực hiện dưới sự hướng dẫn của TS. Hoàng Văn Mạnh. Các tài liệu tham khảo được sử dụng trong quá trình nghiên cứu đều đã được trích dẫn đầy đủ trong phần “Tài liệu tham khảo”. Toàn bộ số liệu, kết quả thử nghiệm và nội dung trình bày trong đồ án là trung thực và phản ánh đúng quá trình thực hiện đề tài. Tôi xin chịu hoàn toàn trách nhiệm trước nhà trường về mọi nội dung trong đồ án nếu phát sinh bất kỳ sai phạm nào.

Hà Nội, ngày 29 tháng 11 năm 2025

Sinh viên

Vương Thanh Tùng

HỆ THỐNG GIÁM SÁT VÀ PHÂN LOẠI LỖI PCB SỬ DỤNG YOLO VÀ ROBOT CÔNG NGHIỆP

Vương Thanh Tùng

Khóa QH 2021-I/CQ, Ngành Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa

Tóm tắt đồ án tốt nghiệp:

Trong sản xuất điện tử, kiểm tra ngoại quan linh kiện SMD trên bảng mạch PCB sau công đoạn SMT đóng vai trò quan trọng nhằm đảm bảo chất lượng sản phẩm và giảm thiểu lỗi phát sinh. Tuy nhiên, phương pháp kiểm tra thủ công vẫn tồn tại nhiều hạn chế như thời gian kiểm tra dài, chi phí nhân công lớn và độ chính xác phụ thuộc vào người vận hành.

Để khắc phục các vấn đề trên, đồ án đề xuất một hệ thống giám sát và phân loại lỗi PCB dựa trên mô hình học sâu YOLO kết hợp với quy trình tiền xử lý và tăng cường dữ liệu nhằm nâng cao khả năng nhận diện trong điều kiện thay đổi về ánh sáng và hình học. Hệ thống sử dụng camera thu nhận hình ảnh, mô hình YOLO để phát hiện và phân loại linh kiện lỗi, cùng với một trạm tự động hóa bao gồm cảm biến, cơ cấu chấp hành và robot công nghiệp để thực hiện thao tác phân loại sản phẩm lỗi theo thời gian thực.

Kết quả thử nghiệm cho thấy mô hình đạt độ chính xác cao trong phát hiện sai lệch linh kiện SMD và hệ thống tích hợp hoạt động ổn định, có khả năng áp dụng như một trạm kiểm tra tự động trong dây chuyền sản xuất SMT.

Từ khóa: YOLO, Computer Vision, PLC, Robot, Python

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1. Giới thiệu chung	4
CHƯƠNG 2. Cơ sở lý thuyết	5
2.1 PLC Mitsubishi và HMI PFXGP4501TAA	5
2.2 Mạng CC-Link và Module CC-Link QJ16BT11N	9
2.3 Servo motor và Module QD77MS16	13
2.4 Robot công nghiệp Yaskawa và Hyundai	17
2.5 Thị giác máy tính và mô hình YOLO	17
CHƯƠNG 3. Xây dựng hệ thống và chương trình điều khiển	21
3.1 Sơ đồ khái niệm hệ thống	21
3.2 Thuật toán điều khiển	21
3.3 Cấu hình hệ thống	22
3.3.1 Cấu hình hệ thống PLC và module	22
3.3.2 Cấu hình CC-Link giao tiếp giữa PLC và Station	24
3.3.3 Cấu hình KepserverEX làm server OPC UA	24
3.3.4 Cấu hình GigE Camera Basler ac2500	25
3.4 Pipeline xử lý ảnh AVI	25
3.4.1 Thu nhận hình ảnh	28
3.4.2 Xử lý và tiền xử lý hình ảnh	28
3.4.3 Phân tích ảnh và nhận diện lỗi	28
3.4.4 Ra quyết định	29
3.4.5 Phản hồi và lưu trữ dữ liệu	29
CHƯƠNG 4. Thực nghiệm và đánh giá	30
4.1 Giao diện hệ thống (nếu có)	30
4.2 Kết quả nhận diện và phân loại sản phẩm	30
4.3 Đánh giá hiệu suất: tốc độ, độ chính xác, độ ổn định	30

4.4 So sánh với phương pháp thủ công	30
KẾT LUẬN	31
CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ	32
TÀI LIỆU THAM KHẢO	33
PHỤ LỤC A.	P1
A.1 Mã nguồn thực hiện phép phân tích nhóm	P1

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Hình 2.1	PLC Mitsubishi Q13UDVCPU	5
Hình 2.2	Hệ thống PLC Q Series	6
Hình 2.3	HMI Mitsubishi PFXGP4501TAA	8
Hình 2.4	Mạng CC-Link	9
Hình 2.5	Cyclic Transmission	10
Hình 2.6	Transient Transmission	10
Hình 2.7	CC-Link Module Configuration	11
Hình 2.8	CC-Link Diagnostics	11
Hình 2.9	CC-Link Ver.2 vs CC-Link Ver.1	12
Hình 2.10	Prevention of a system failure	12
Hình 2.11	QJ61BT11N Master/Local Module	13
Hình 2.12	Động cơ servo HG-KR32	14
Hình 2.13	Bộ khuếch đại servo MR-J4-20B	14
Hình 2.14	Bộ điều khiển QD77MS16	15
Hình 2.15	YOLO Performance.	18
Hình 2.16	YOLOv11 Tasks	19
Hình 3.1	Sơ đồ khối hệ thống	21
Hình 3.2	Cấu hình New Project	22
Hình 3.3	Thiết lập phần cứng	23
Hình 3.4	IO Assignment	23
Hình 3.5	Thiết lập kết nối Ethernet	24
Hình 3.6	Kết nối CC-Link giữa Robot Yaskawa và PLC	25
Hình 3.7	Cấu hình Project Kepware	26
Hình 3.8	Cấu hình Channel	26
Hình 3.9	Cấu hình Device	26
Hình 3.10	Cấu hình IP camera	27
Hình 3.11	Cấu hình ảnh chụp	27

DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1	Thông số kỹ thuật của PLC Mitsubishi Q13UDVCPU	7
Bảng 2.2	Thông số kỹ thuật của HMI PFXGP4501TAA	8

DANH MỤC VIẾT TẮT

Viết tắt	Tiếng Anh	Tiếng Việt
SMT	Surface-Mount Technology	Công nghệ gắn linh kiện bề mặt
SMD	Surface-Mount Device	Linh kiện gắn bề mặt
PCB	Printed Circuit Board	Bảng mạch in
YOLO	You Only Look Once	Thuật toán phát hiện đối tượng YOLO
ORB	Oriented FAST and Rotated BRIEF	Thuật toán đặc trưng ORB
SIFT	Scale-Invariant Feature Transform	Thuật toán trích xuất đặc trưng SIFT
SURF	Speeded-Up Robust Features	Thuật toán đặc trưng SURF
SSIM	Structural Similarity Index Measure	Chỉ số đo độ tương đồng cấu trúc
PLC	Programmable Logic Controller	Bộ điều khiển logic khả trình

MỞ ĐẦU

Lý do chọn đề tài

Trong lĩnh vực sản xuất điện tử SMT, yêu cầu về chất lượng sản phẩm ngày càng khắt khe. Các lỗi nhỏ như lệch linh kiện, thiếu linh kiện, sai hướng, sai giá trị hay lỗi hàn đều có thể gây hỏng bo mạch và ảnh hưởng trực tiếp đến độ tin cậy của thiết bị. Hiện nay, nhiều dây chuyền vẫn kiểm tra thủ công hoặc sử dụng các hệ thống AOI thương mại có chi phí rất cao và khó tùy biến theo từng model sản phẩm.

Vì vậy, việc nghiên cứu một hệ thống tự động phát hiện và phân loại lỗi sản phẩm SMT có tính ứng dụng linh hoạt, chi phí hợp lý và dễ triển khai thực tế là hoàn toàn cần thiết.

Tính cấp thiết

Kiểm tra thủ công không còn đáp ứng được yêu cầu về tốc độ và độ chính xác của dây chuyền sản xuất hiện đại. Bên cạnh đó, chi phí đầu tư cho các máy AOI thương mại cao khiến doanh nghiệp khó chủ động công nghệ.

Xu hướng công nghiệp 4.0 thúc đẩy việc ứng dụng thị giác máy và trí tuệ nhân tạo vào kiểm tra chất lượng, vì vậy một hệ thống phát hiện lỗi SMT do chính người dùng tự phát triển sẽ giúp nâng cao năng lực công nghệ và tiết kiệm chi phí. Đây chính là lý do đề tài mang tính cấp thiết cả về mặt công nghệ và thực tiễn.

Mục tiêu và nội dung nghiên cứu

Mục tiêu:

- Xây dựng hệ thống tự động thu thập hình ảnh và phát hiện lỗi sản phẩm SMT.

- Ứng dụng thuật toán thị giác máy và AI để phát hiện, phân loại và đánh giá lỗi.
- Đảm bảo hệ thống có tốc độ xử lý nhanh, chính xác và dễ mở rộng.

Nội dung nghiên cứu:

- Phân tích các dạng lỗi phổ biến trong công nghệ gắn linh kiện SMT.
- Thiết kế mô hình phần cứng: camera, ánh sáng, fixture/băng tải.
- Xử lý ảnh: căn chỉnh, tăng cường ảnh, tách vùng ROI.
- Áp dụng các thuật toán như SIFT/ORB (căn chỉnh), SSIM/diff (so sánh ảnh), YOLO (phát hiện linh kiện).
- Xây dựng phần mềm kiểm tra và giao diện hiển thị.
- Đánh giá hiệu năng và độ chính xác của hệ thống.

Phương pháp nghiên cứu

- Nghiên cứu lý thuyết: thị giác máy, xử lý ảnh, AI, các thuật toán đối sánh và phân loại lỗi.
- Thực nghiệm: thu thập dữ liệu, chụp mẫu, huấn luyện mô hình và kiểm thử với nhiều trường hợp lỗi.
- Phân tích – so sánh: đánh giá hiệu năng các thuật toán để chọn phương pháp tối ưu.
- Xây dựng và kiểm chứng mô hình: triển khai thực tế trên fixture hoặc dây chuyền SMT (nếu có).

Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Ý nghĩa khoa học:

- Đề tài áp dụng kết hợp thuật toán thị giác máy truyền thông và mô hình AI vào bài toán kiểm tra SMT.
- Đưa ra quy trình kiểm tra tối ưu.

Ý nghĩa thực tiễn:

- Cung cấp giải pháp chi phí thấp, dễ tùy biến theo từng sản phẩm.
- Giảm lỗi con người, tăng năng suất và nâng cao chất lượng sản phẩm.
- Giúp doanh nghiệp chủ động công nghệ, giảm phụ thuộc vào hệ thống ngoại nhập.

CHƯƠNG 1. Giới thiệu chung

CHƯƠNG 2. Cơ sở lý thuyết

2.1. PLC Mitsubishi và HMI PFXGP4501TAA

2.1.1. PLC Mitsubishi

Bộ điều khiển logic khả trình (PLC) Mitsubishi Q13UDVCPU (Hình 2.1) thuộc dòng MELSEC-Q Series, là loại CPU đa năng (Universal CPU) có hiệu suất xử lý cao và khả năng mở rộng linh hoạt. Với tốc độ thực thi lệnh cơ bản chỉ 1,9 ns, bộ nhớ chương trình 130K steps và khả năng quản lý tới 8.192 điểm I/O, Q13UDVCPU đáp ứng tốt các hệ thống sản xuất yêu cầu xử lý nhanh và ổn định. CPU này tích hợp sẵn cổng Ethernet, USB và khe cắm thẻ SD, giúp kết nối dễ dàng với các thiết bị ngoại vi, mạng công nghiệp cũng như hệ thống SCADA. Nhờ đó, PLC Mitsubishi Q13UDVCPU thường được sử dụng trong các dây chuyền tự động hóa, kết hợp cùng màn hình HMI để giám sát và vận hành thuận tiện.



Figure 2.1: PLC Mitsubishi Q13UDVCPU

Một hệ thống PLC Mitsubishi Q Series cơ bản như Hình 2.2 bao gồm các thành phần: module nguồn (Power Supply), base unit, CPU Q13UDVCPU, và các module mở rộng I/O hoặc truyền thông. Module nguồn thường được lắp ở vị trí



Figure 2.2: Hệ thống PLC Q Series

ngoài cùng bên trái để cung cấp điện cho toàn bộ rack. CPU Q13UDVCPU được lắp trực tiếp lên base unit, bên cạnh module nguồn. Các module I/O số, I/O tương tự, truyền thông (ví dụ CC-Link) hoặc điều khiển chuyển động (motion) sẽ được lắp nối tiếp sang bên phải CPU. Việc lắp đặt cần đảm bảo các connector tiếp xúc chắc chắn, không để bụi bẩn hoặc rung động mạnh.

Sau khi hoàn tất lắp đặt, hệ thống cần được cấu hình phần cứng trên phần mềm GX Works2 hoặc GX Developer. Quá trình này bao gồm việc khai báo CPU, module nguồn, các module I/O theo đúng vị trí trên base unit. Nếu có sử dụng module mở rộng ở remote rack, cần khai báo địa chỉ truyền thông tương ứng. Việc cấu hình chính xác giúp hệ thống vận hành ổn định và tránh lỗi khi chạy chương trình điều khiển.

Để lập trình và cấu hình PLC Mitsubishi Q13UDVCPU, phần mềm được sử dụng phổ biến là GX Works2. Đây là môi trường phát triển tích hợp (IDE) của Mitsubishi Electric, cho phép thiết kế, viết chương trình, cấu hình phần cứng, giám sát trạng thái và chẩn đoán lỗi. GX Works2 hỗ trợ nhiều ngôn ngữ lập trình chuẩn IEC 61131-3 như Ladder Diagram (LD), Structured Text (ST), và Function Block Diagram (FBD), giúp kỹ sư có thể lựa chọn phong cách lập trình phù hợp với ứng dụng thực tế.

Trong quá trình cấu hình, người dùng khai báo loại CPU, module nguồn, vị trí các module I/O, module truyền thông hoặc motion tương ứng trên base unit. Ngoài ra, GX Works2 cũng cho phép thiết lập tham số mạng (Ethernet, CC-Link,

Table 2.1: Thông số kỹ thuật của PLC Mitsubishi Q13UDVCPU

Thông số	Giá trị
Tốc độ xử lý lệnh (LD)	1,9 ns
Dung lượng chương trình	130K steps (520 kB)
Bộ nhớ RAM tích hợp	1.024 kB
Thẻ nhớ hỗ trợ	SD/SDHC tối đa 32 GB
I/O tối đa (cục bộ)	4.096 điểm
I/O tối đa (tổn hệ thống)	8.192 điểm
Giao tiếp tích hợp	Ethernet 10/100 Mbps, USB
Nguồn tiêu thụ nội bộ	0,58 A
Kích thước	98 × 27,4 × 115 mm
Khối lượng	0,20 kg
Nhiệt độ làm việc	0 ... 55 °C
Độ ẩm làm việc	5 ... 95 % RH (không ngưng tụ)
Chuẩn chống rung/sốc	JIS B 3502, IEC 61131-2

v.v.), quản lý bộ nhớ và tải chương trình xuống CPU thông qua cổng USB hoặc Ethernet. Phần mềm còn cung cấp chức năng monitoring online, giúp quan sát trạng thái hoạt động của các bit, thanh ghi, timer/counter theo thời gian thực, từ đó hỗ trợ quá trình kiểm tra và gỡ lỗi nhanh chóng.

2.1.2. Giao diện người máy HMI

Giao diện Người – Máy (Human-Machine Interface, HMI) là thiết bị cho phép người vận hành tương tác trực tiếp với hệ thống điều khiển thông qua màn hình trực quan. Trong hệ thống này, HMI được sử dụng để giám sát trạng thái hoạt động, hiển thị dữ liệu sản xuất, theo dõi cảnh báo và cho phép người dùng nhập các lệnh điều khiển. Thiết bị HMI giúp đơn giản hóa việc vận hành, giảm sai sót và tăng tính trực quan khi quản lý dây chuyền tự động hóa.

Màn hình HMI PFXGP4501TAA thuộc dòng GP4000 Series của hãng Profibus (Schneider Electric), là một trong những thiết bị giao diện phổ biến, được thiết kế nhỏ gọn nhưng mạnh mẽ, thích hợp kết nối với PLC Mitsubishi Q Series (Hình 2.3).



Figure 2.3: HMI Mitsubishi PFXGP4501TAA

Table 2.2: Thông số kỹ thuật của HMI PFXGP4501TAA

Thông số	Giá trị
Kích thước màn hình	10,4 inch TFT LCD
Độ phân giải	640 × 480 (VGA)
Màu hiển thị	65.536 màu
Độ sáng	300 cd/m ²
Cổng giao tiếp	Ethernet, USB (Host/Device), Serial (RS-232C/422/485)
Bộ nhớ ứng dụng	16 MB (Flash)
Nguồn cấp	24 VDC
Nhiệt độ hoạt động	0 ... 50 °C
Kích thước ngoài	271 × 213 × 56 mm
Trọng lượng	Khoảng 2,2 kg
Chuẩn bảo vệ	IP65 (mặt trước)

Nhờ tích hợp nhiều cổng giao tiếp và hỗ trợ cấu hình qua phần mềm Pro-face GP-Pro EX, PFXGP4501TAA có khả năng kết nối linh hoạt với PLC, biến nó thành công cụ trực quan hóa dữ liệu và điều khiển sản xuất hiệu quả trên dây chuyền.

2.2. Mạng CC-Link và Module CC-Link QJ16BT11N

2.2.1. CC-Link

CC-Link (Control & Communication Link) là một mạng truyền thông công nghiệp do Mitsubishi Electric phát triển, được sử dụng rộng rãi để kết nối các thiết bị điều khiển trong hệ thống tự động hóa. CC-Link cho phép truyền tải cả tín hiệu ON/OFF và dữ liệu số giữa PLC và các module phân tán thông qua cáp chuyên dụng, đảm bảo tốc độ cao và độ tin cậy trong vận hành. Ưu điểm chính của CC-Link:

- Tăng hiệu quả đi dây nhờ khả năng phân tán module tới các thiết bị tại chỗ (ví dụ: băng chuyền, máy công cụ).
- Hỗ trợ truyền nhận thông tin I/O và dữ liệu số với tốc độ cao, giảm độ trễ trong điều khiển.
- Cho phép kết nối nhiều CPU PLC để xây dựng hệ thống phân tán đơn giản.
- Có khả năng tích hợp với nhiều thiết bị từ các nhà sản xuất đối tác của Mitsubishi, mang lại giải pháp linh hoạt.

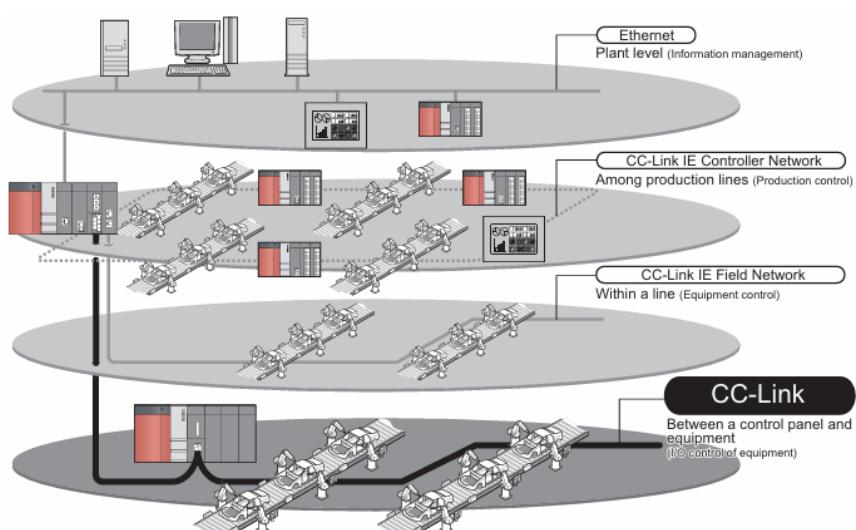


Figure 2.4: Mạng CC-Link

2.2.2. Master/Local Modules

Bằng cách sử dụng Master/Local Modules, các PLC thuộc dòng MELSEC-Q có thể kết nối với nhau qua hệ thống CC-Link. Các trạm PLC ở xa trong hệ thống CC-Link có thể được điều khiển như khi ở cùng base unit. Module hoạt động như một trạm Master hoặc một trạm Local trong hệ thống CC-Link. Các đặc điểm/tính năng chính của hệ thống CC-Link:

1. Truyền thông dữ liệu: Master/Local Modules có thể trao đổi dữ liệu liên tục theo chu kỳ quét (Hình 2.5) hoặc có thể chỉ truyền dữ liệu khi có yêu cầu (Hình 2.6).

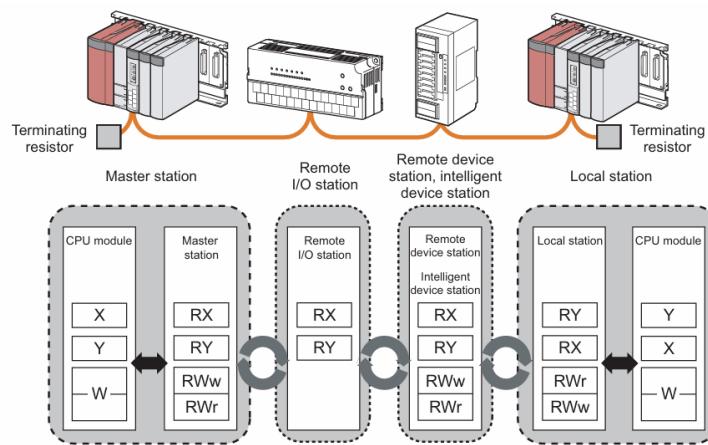


Figure 2.5: Cyclic Transmission

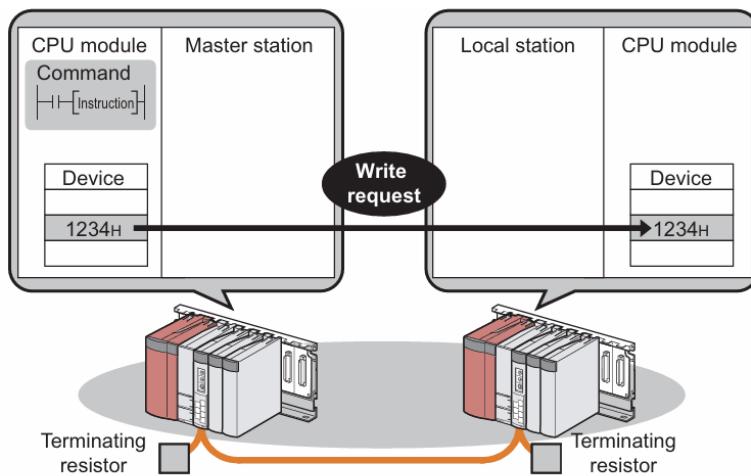


Figure 2.6: Transient Transmission

2. Thiết lập tham số và chuẩn đoán sử dụng công cụ lập trình: Các tham số của Master/Local Modules có thể được thiết lập bằng công cụ lập trình hoặc chương trình của PLC. Khi các tham số được thiết lập bằng chương trình của PLC, có thể thay đổi tham số của module Master mà không cần reset module CPU (Hình 2.7). Trạng thái của hệ thống CC-Link có thể được kiểm tra bằng công cụ lập trình. Vị trí lỗi và nguyên nhân lỗi sẽ được hiển thị trên công cụ lập trình, giúp người dùng nhanh chóng xử lý sự cố (Hình 2.8).

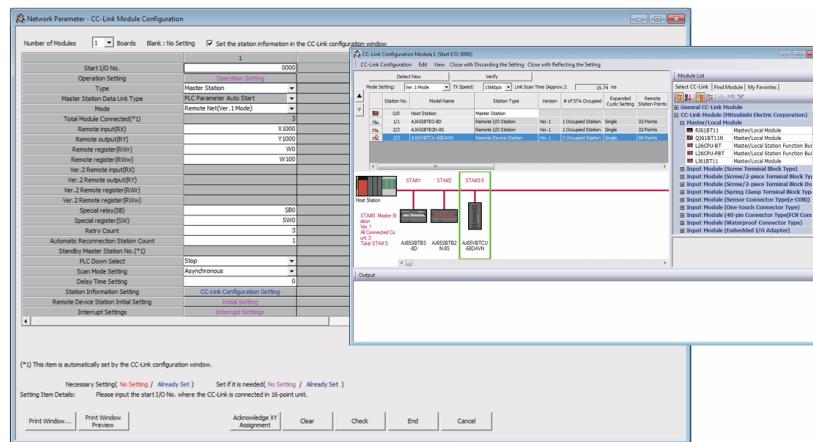


Figure 2.7: CC-Link Module Configuration

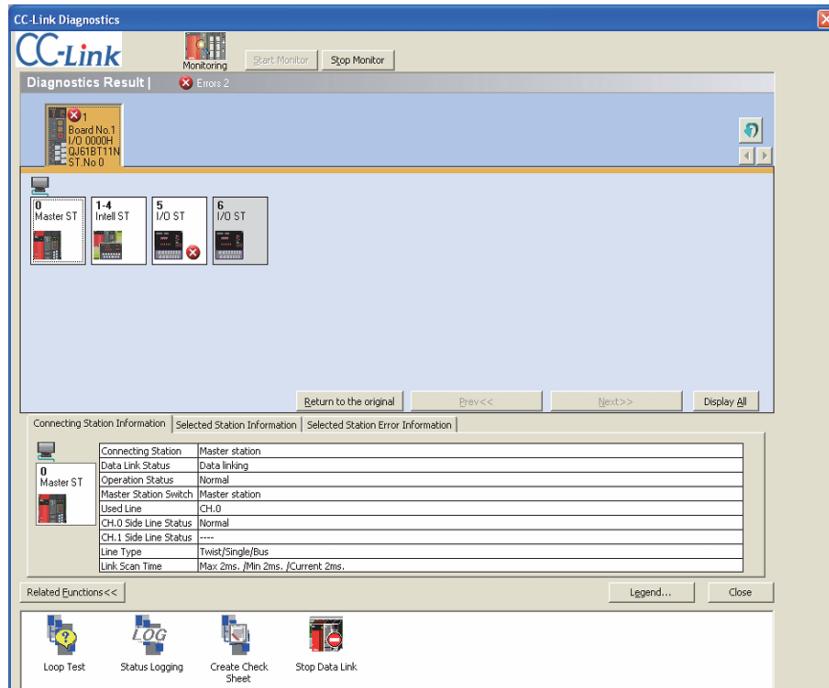


Figure 2.8: CC-Link Diagnostics

3. Module tương thích với CC-Link Ver.2: Vì master/local module là module tương thích CC-Link Ver.2, nên số điểm (points) trong mỗi hệ thống có thể tăng lên đến 8192 cho RX/RY và số word có thể tăng lên đến 2048 cho RWr/RWw. Trên cơ sở từng trạm, số điểm có thể tăng lên đến 896 cho RX/RY và số word là 128 cho RWr/RWw. Một hệ thống tương thích CC-Link Ver.2 có thể lớn hơn hệ thống tương thích CC-Link Ver.1 (Hình 2.9).

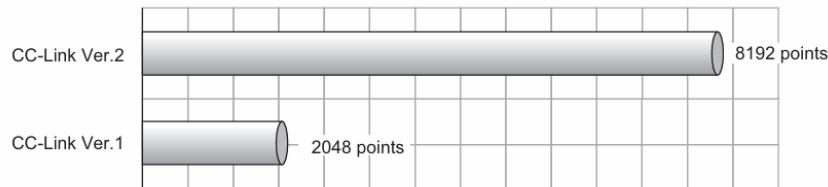


Figure 2.9: CC-Link Ver.2 vs CC-Link Ver.1

4. Phòng ngừa sự cố hệ thống: Vì sử dụng topology dạng bus nên việc truyền thông giữa các module bình thường vẫn được tiếp tục ngay cả khi có một module gặp sự cố. Sau khi thay thế/sửa chữa module gặp sự cố, hệ thống sẽ hoạt động bình thường trở lại mà không cần phải thiết lập lại (Hình 2.10).

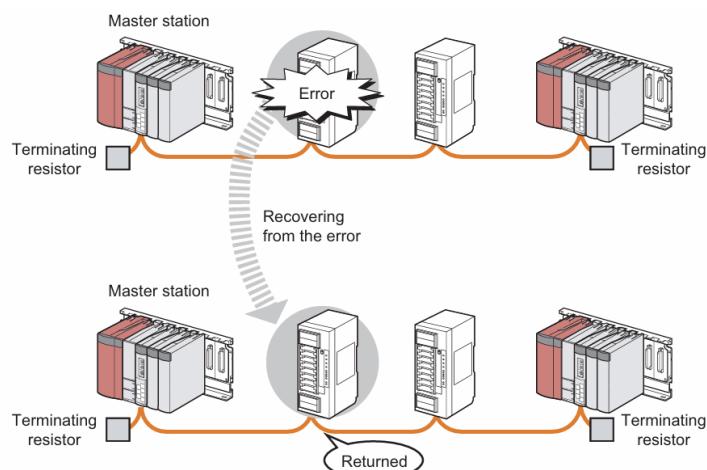


Figure 2.10: Prevention of a system failure

2.2.3. Module QJ61BT11N

QJ61BT11N là module Master/Local CC-Link dùng cho dòng PLC MELSEC-Q của Mitsubishi.

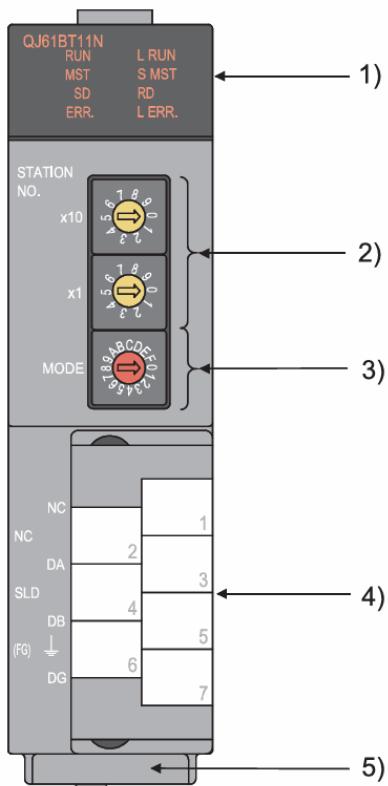


Figure 2.11: QJ61BT11N Master/Local Module

Giao diện mặt trước của module gồm các phần: Led thông báo/hiển thị trạng thái (1); thiết lập thứ tự trạm (2); thiết lập tốc độ truyền thông (3); giao diện kết nối cáp CC-Link (4); Serial Number (5).

2.3. Servo motor và Module QD77MS16

2.3.1. Servo và Servo Amplifier

Servo (servo motor và bộ khuếch đại điều khiển) là thiết bị truyền động được sử dụng rộng rãi trong tự động hóa công nghiệp để điều khiển vị trí, tốc độ và mô-men xoắn một cách chính xác. Khác với động cơ thường, servo được trang bị encoder hoặc cảm biến hồi tiếp, giúp hệ thống biết chính xác trạng thái của trục motor và thực hiện điều khiển vòng kín (closed-loop control). Nhờ vậy, servo có khả năng đáp ứng nhanh, sai số nhỏ, ổn định cao và phù hợp cho các ứng dụng yêu cầu độ chính xác như máy CNC, robot công nghiệp, dây chuyền sản xuất điện tử, đóng gói và in ấn. Một hệ thống servo thường bao gồm servo motor (động cơ),

servo amplifier/driver (bộ khuếch đại) và bộ điều khiển (PLC, motion controller), trong đó bộ khuếch đại đóng vai trò nhận lệnh từ bộ điều khiển, điều chỉnh dòng điện cấp cho motor theo tín hiệu phản hồi từ encoder. Nhờ ưu điểm gọn nhẹ, hiệu suất cao và khả năng đồng bộ nhiều trục, servo ngày nay đã trở thành phần không thể thiếu trong các giải pháp tự động hóa hiện đại.

Servo được sử dụng là HG-KR32 (Hình 2.12) kết hợp cùng với Servo Amplifier MR-J4-20B (Hình 2.13). Ngoài ra Mitsubishi cũng có rất nhiều loại động cơ servo và bộ khuếch đại khác.

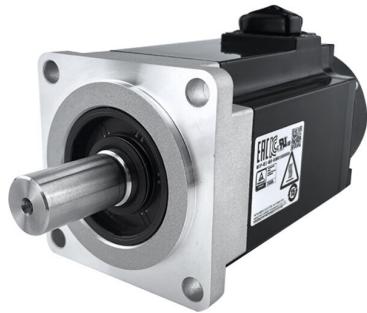


Figure 2.12: Động cơ servo HG-KR32



Figure 2.13: Bộ khuếch đại servo MR-J4-20B

2.3.2. Module QD77MS16

QD77MS16 (Hình 2.14) là module điều khiển chuyển động (Simple Motion Module) thuộc dòng MELSEC-Q series của Mitsubishi Electric. Module này được thiết kế để thực hiện các bài toán điều khiển vị trí, tốc độ và mô-men xoắn với độ chính xác cao, đồng bộ nhiều trục trong hệ thống tự động hóa.



Figure 2.14: Bộ điều khiển QD77MS16

Đặc điểm chính của QD77MS16:

- **Thời gian khởi động nhanh:** Đạt 0.88 ms (với QD77MS4) trong chế độ định vị.
- **Nhiều chức năng điều khiển định vị:** Hỗ trợ điều khiển HPR, điều khiển vị trí, điều khiển tốc độ, chuyển đổi vị trí-tốc độ, và điều khiển bằng tay.
 - 6 phương pháp HPR khác nhau, kèm chức năng HPR retry.
 - Điều khiển độc lập từng trục hoặc nội suy nhiều trục (2–4 trục).
 - Điều khiển tốc độ-mô-men không qua vòng vị trí.
 - Tối đa 600 bộ dữ liệu định vị cho mỗi trục.
 - Xử lý liên tục nhiều khối dữ liệu định vị.
 - Hai dạng gia tốc/giảm tốc: tuyến tính (trapezoidal) và cong S.
- **Điều khiển đồng bộ và cam điện tử (E-Cam).**

- **Chức năng phát hiện mark:** Có thể latch dữ liệu theo tín hiệu ngoài DI1–DI4.
- **Khả năng bảo trì cao:** Lưu dữ liệu trong flash ROM (không cần pin); thông tin lỗi được lưu và truy xuất từ PLC CPU.
- **Hỗ trợ lệnh chuyên dụng:** Như Positioning Start, Teaching, tương thích với LD77MH/QD75MH.
- **Thiết lập và giám sát qua GX Works2:** Dễ dàng cấu hình tham số, kiểm tra wiring, chạy thử, giám sát và debug. Có thể kết hợp với MR Configurator2 để thiết lập tham số servo.
- **Tương thích với LD77MH/QD75MH:** Cho phép tái sử dụng chương trình cũ.
- **Chức năng dừng cưỡng bức (Forced stop):** Có thể dừng toàn bộ trực qua tín hiệu stop.
- **Kết nối tốc độ cao với servo amplifier qua SSCNET III/H:** Hỗ trợ MR-J5-B, MR-J4-B, MR-J3-B, MR-JE-B(F); truyền quang giảm nhiễu; cho phép đọc/ghi tham số servo trực tiếp từ QD77MS.
- **Hệ thống vị trí tuyệt đối (Absolute Position System):** Dùng với servo MR-J5/J4/J3; chỉ cần gắn pin absolute vào amplifier, không cần proximity dog; khi bật nguồn lại không cần HPR.

2.4. Robot công nghiệp

2.4.1. Hệ thống Robot Yaskawa

2.4.2. Hệ thống robot Hyundai

2.5. Thị giác máy tính và mô hình YOLO

2.5.1. Thị giác máy tính

Thị giác máy tính (*Computer Vision – CV*) là lĩnh vực nghiên cứu cách máy tính hiểu và diễn giải hình ảnh hoặc video, tương tự như cách con người nhận thức thị giác. Trong công nghiệp, thị giác máy đóng vai trò quan trọng trong tự động hóa các tác vụ kiểm tra, giám sát và điều khiển chất lượng.

Một trong những ứng dụng phổ biến nhất của thị giác máy tính là kiểm tra sản phẩm trên dây chuyền sản xuất. Hệ thống camera thu thập hình ảnh sản phẩm, sau đó sử dụng thuật toán xử lý ảnh để phát hiện lỗi như thiếu linh kiện, lắp sai hướng, sai vị trí hoặc khuyết tật bề mặt. So với kiểm tra thủ công, thị giác máy có ưu thế vượt trội về tốc độ, độ chính xác và khả năng hoạt động liên tục.

Ngoài kiểm tra chất lượng, thị giác máy còn được ứng dụng trong các nhiệm vụ như:

- **Dẫn đường robot:** Nhận diện vị trí đối tượng hoặc xác định tọa độ để robot thực hiện thao tác.
- **Đọc mã vạch, OCR:** Tự động đọc nhãn sản phẩm, mã QR, số serial...
- **Giám sát an toàn:** Theo dõi khu vực nguy hiểm, phát hiện người xâm nhập vùng cấm.

Trong sản xuất điện tử SMT, thị giác máy đặc biệt quan trọng ở khâu kiểm tra AOI. Các mô hình học sâu hiện đại như CNN, YOLO giúp hệ thống phân loại và phát hiện linh kiện nhanh, chính xác hơn, giảm đáng kể tỷ lệ lỗi do con người.

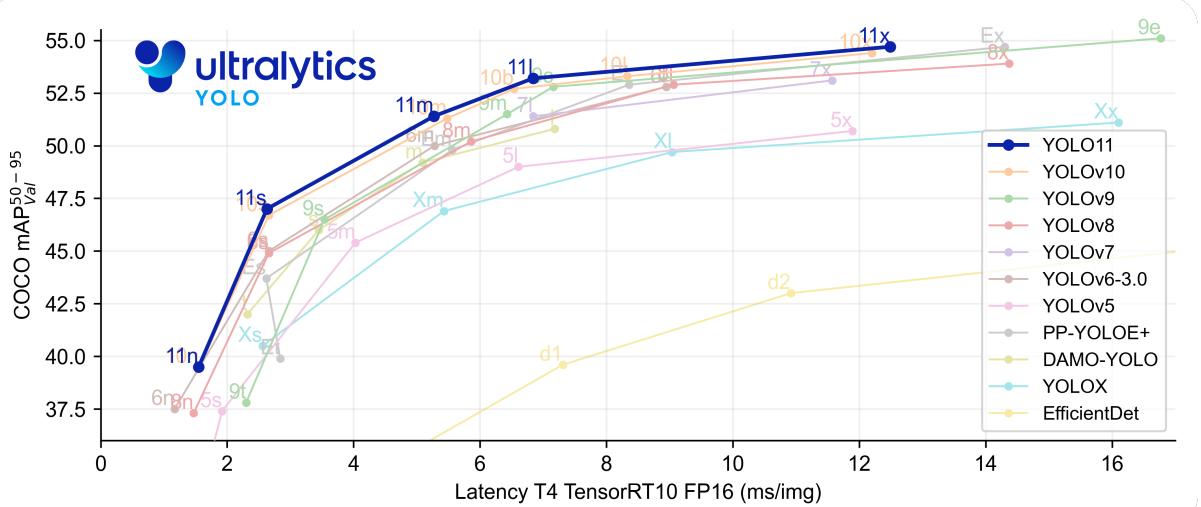


Figure 2.15: YOLO Performance.

2.5.2. Mạng YOLO - Lược sử phát triển

YOLO (You Only Look Once) là một mô hình nổi tiếng trong lĩnh vực phát hiện đối tượng và phân đoạn ảnh, được phát triển bởi Joseph Redmon và Ali Farhadi tại Đại học Washington. Ra mắt vào năm 2015, YOLO nhanh chóng được ưa chuộng nhờ tốc độ cao và độ chính xác vượt trội.

- **YOLOv2 (2016):** Cải tiến so với bản gốc bằng cách bổ sung *batch normalization*, *anchor boxes* và *dimension clusters*.
- **YOLOv3 (2018):** Nâng cao hiệu năng với *backbone* hiệu quả hơn, nhiều *anchors* hơn và *spatial pyramid pooling*.
- **YOLOv4 (2020):** Giới thiệu các cải tiến như *Mosaic data augmentation*, *anchor-free detection head* và *loss function* mới.
- **YOLOv5:** Tiếp tục cải thiện hiệu năng và bổ sung tính năng mới như tối ưu siêu tham số (*hyperparameter optimization*), theo dõi thí nghiệm tích hợp, và tự động xuất ra các định dạng phổ biến.
- **YOLOv6 (2022):** Được Meituan phát hành mã nguồn mở, ứng dụng nhiều trong các robot giao hàng tự động.
- **YOLOv7:** Mở rộng thêm các tác vụ như ước lượng tư thế (*pose estimation*) trên tập dữ liệu *COCO keypoints*.

- **YOLOv8 (2023, Ultralytics):** Bổ sung nhiều tính năng và cải tiến mới, tăng hiệu suất, tính linh hoạt và hiệu quả, đồng thời hỗ trợ đầy đủ các tác vụ thị giác máy tính (*vision AI*).
- **YOLOv9:** Giới thiệu phương pháp mới như *Programmable Gradient Information (PGI)* và *Generalized Efficient Layer Aggregation Network (GELAN)*.
- **YOLOv10:** Do các nhà nghiên cứu Đại học Thanh Hoa phát triển bằng gói Python của Ultralytics, mang lại tiến bộ trong phát hiện đối tượng thời gian thực nhờ *End-to-End head* loại bỏ nhu cầu sử dụng *Non-Maximum Suppression (NMS)*.
- **YOLOv11 (Mới nhất):** Dòng mô hình mới nhất của Ultralytics, đạt hiệu suất tiên tiến (*state-of-the-art*) trên nhiều tác vụ như phát hiện đối tượng, phân đoạn, ước lượng tư thế, theo dõi và phân loại, với khả năng ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực AI.

2.5.3. Ultralytics YOLOv11



Figure 2.16: YOLOv11 Tasks

Ultralytics YOLOv11 là một khung AI linh hoạt, hỗ trợ nhiều tác vụ thị giác máy tính khác nhau. Khung này có thể được sử dụng để thực hiện phát hiện đối tượng (detection), phân đoạn ảnh (segmentation), OBB (Oriented Bounding Box), phân loại (classification), và ước lượng tư thế (pose estimation). Mỗi tác vụ có mục tiêu và ứng dụng riêng, cho phép giải quyết nhiều thách thức trong thị giác máy tính chỉ với một framework duy nhất (Hình 2.16).

1. **Detection (Phát hiện đối tượng):** Phát hiện là tác vụ chính được hỗ trợ bởi YOLOv11. Nó bao gồm việc xác định các đối tượng trong ảnh hoặc video

và vẽ hộp bao quanh (bounding box) chúng. Các đối tượng được phân loại dựa trên đặc trưng. YOLO11 có thể phát hiện nhiều đối tượng trong một ảnh với độ chính xác và tốc độ cao, phù hợp cho các ứng dụng thời gian thực như giám sát an ninh và xe tự hành.

2. **Segmentation (Phân đoạn ảnh):** Phân đoạn chia ảnh thành nhiều vùng dựa trên nội dung, với độ chính xác đến từng pixel. Ứng dụng điển hình gồm chẩn đoán y tế, phân tích nông nghiệp, và kiểm soát chất lượng. YOLO11 triển khai một biến thể của kiến trúc U-Net để đạt hiệu quả cao.
3. **Classification (Phân loại ảnh):** Phân loại gán nhãn cho toàn bộ ảnh dựa trên nội dung. YOLO11 sử dụng biến thể của EfficientNet để đạt hiệu năng cao. Tác vụ này quan trọng trong thương mại điện tử, kiểm duyệt nội dung, và theo dõi động vật hoang dã.
4. **Pose Estimation (Ước lượng tư thế):** Ước lượng tư thế phát hiện các điểm mốc (keypoints) trong ảnh hoặc video để theo dõi chuyển động hoặc ước lượng dáng điệu. Các điểm mốc có thể là khớp cơ thể, đặc điểm khuôn mặt, hoặc các điểm quan trọng khác. YOLO11 cho độ chính xác cao, ứng dụng trong thể dục, phân tích thể thao, và tương tác người-máy.
5. **OBB (Oriented Bounding Box – Hộp bao định hướng):** OBB mở rộng phát hiện đối tượng bằng cách thêm thông tin góc xoay, giúp định vị chính xác các vật thể bị nghiêng hoặc xoay. Điều này đặc biệt hữu ích trong phân tích ảnh hàng không, xử lý tài liệu, và các ứng dụng công nghiệp. YOLO11 hỗ trợ OBB với tốc độ và độ chính xác cao.

CHƯƠNG 3. Xây dựng hệ thống và chương trình điều khiển

3.1. Sơ đồ khái niệm hệ thống

Thành phần hệ thống bao gồm một bộ PLC bao gồm nguồn, CPU, Module QJ61BT11N, Module QD77MS16; một màn hình HMI; các remote IO và các trạm Robot; các động cơ servo cùng bộ khuếch đại; cuối cùng là một máy tính sử dụng để triển khai hệ thống thị giác máy tính. Sơ đồ khái niệm hệ thống như Hình 3.1:

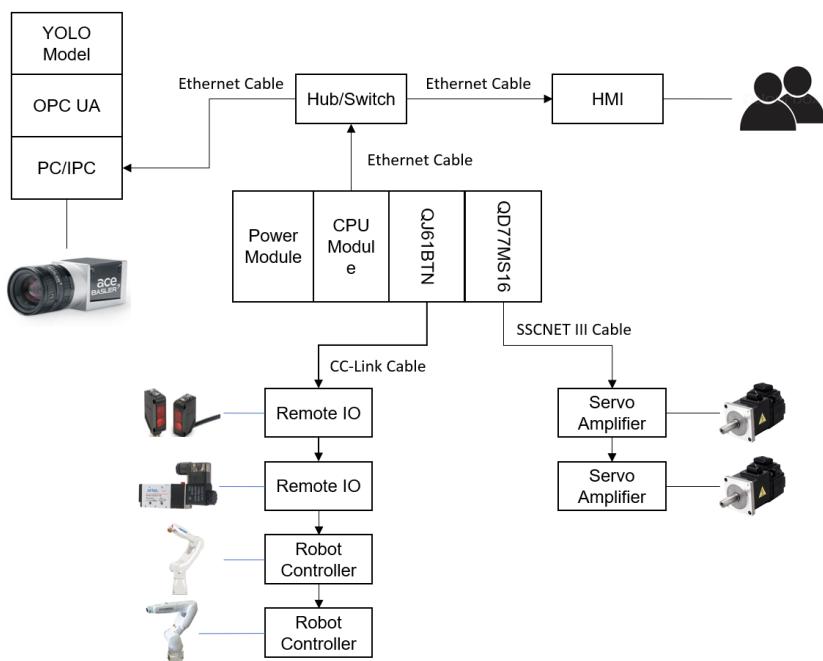


Figure 3.1: Sơ đồ khái niệm hệ thống

3.2. Thuật toán điều khiển

Giải thích chi tiết cách điều khiển của hệ thống.

3.3. Cấu hình hệ thống

3.3.1. Cấu hình hệ thống PLC và module

Công cụ lập trình dùng cho PLC Mitsubishi Q Series là phần mềm GX Works2. Khi khởi tạo project cần chọn dòng PLC (Q mode); loại CPU (Q13UDV); loại project (Simple Project) và ngôn ngữ lập trình sử dụng trong project (Ladder). Cấu hình như Hình 3.2.

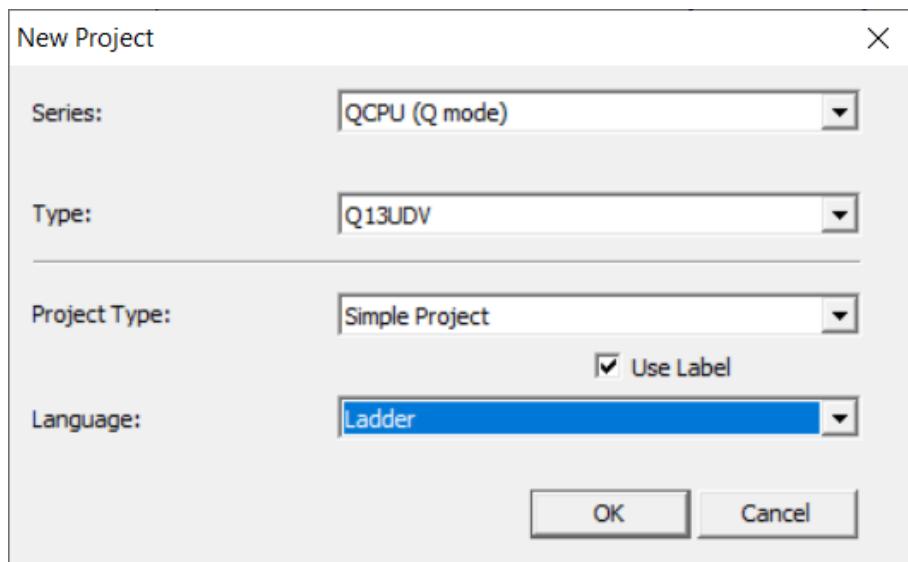


Figure 3.2: Cấu hình New Project

Sau khi đã tạo thành công project mới, cần cấu hình hệ thống PLC tương ứng với phần cứng sử dụng.

1. Cấu hình base unit và các module giống với thiết lập phần cứng như Hình 3.3. Thiết lập thông tin của base unit và vị trí module trong GX Works2 như Hình 3.4 tại *Parameter → PLC Parameter → I/O Assignment*.
2. Cấu hình giao tiếp/kết nối giữa PLC với GX Works2 như Hình 3.5. Bao gồm thiết lập IP cho PLC, giao thức MC Protocol.

Sau khi kết thúc thiết lập, bấm End để lưu thiết lập.



Figure 3.3: Thiết lập phần cứng

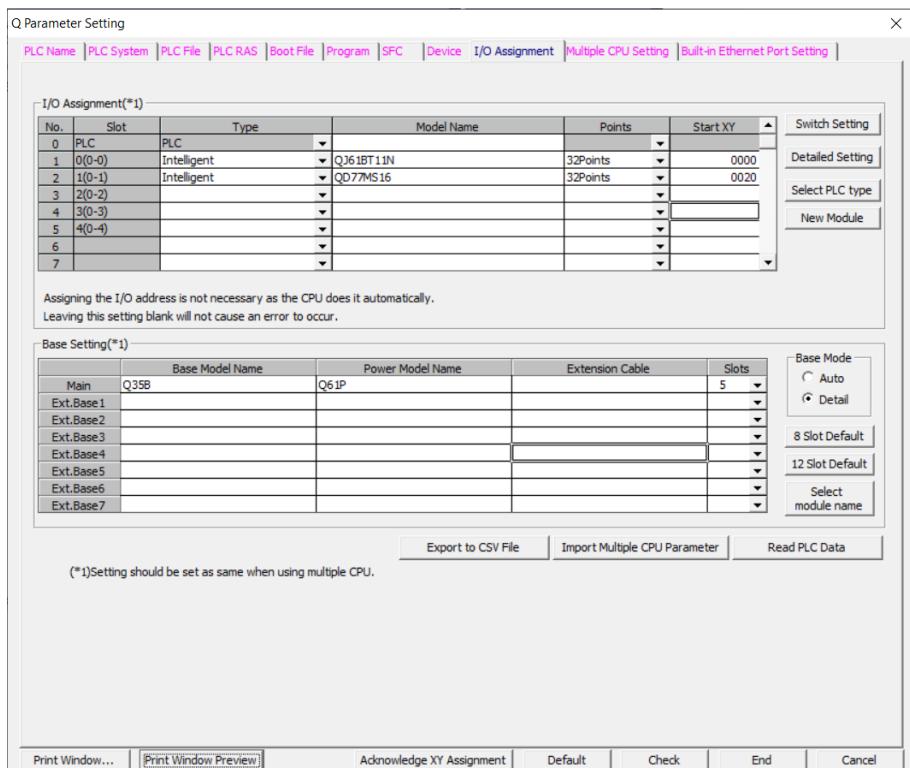


Figure 3.4: IO Assignment

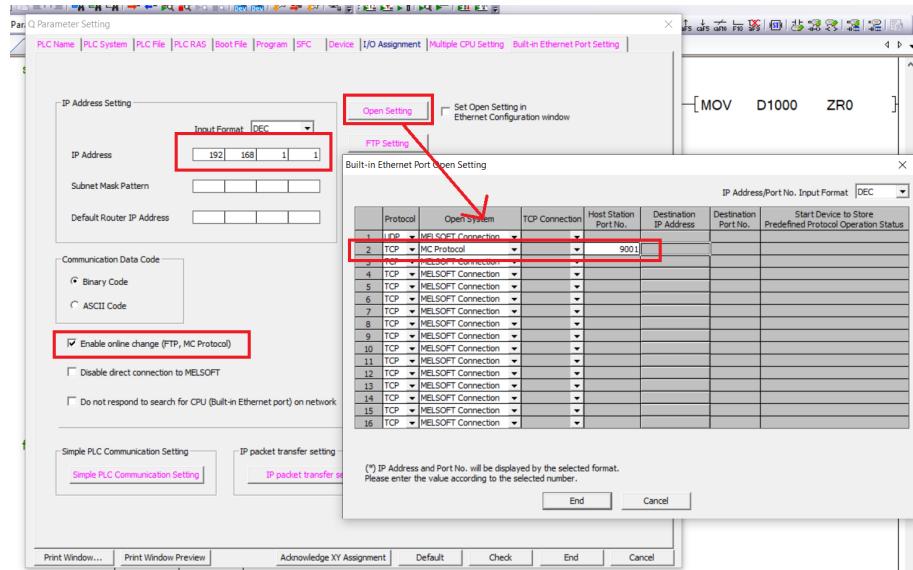


Figure 3.5: Thiết lập kết nối Ethernet

3.3.2. Cấu hình CC-Link giao tiếp giữa PLC và Station

Để có thể kết nối các Stations với PLC qua CC-Link cần thiết lập cả phần cứng và phần mềm.

1. Trạm I/O: Cấu hình các trạm IO là Remote IO Station.
2. Robot Hyundai: Cấu hình robot là Remote Device Station.
3. Robot Yaskawa: Để có thể kết nối Robot với PLC qua CC-Link giúp truyền nhận tín hiệu In/Out và Register, cần phải lắp đặt phần cứng là CCS-PCIE Board vào bộ điều khiển của Robot (YRC1000micro), kết nối dây theo tiêu chuẩn của CC-Link và cấu hình Robot như một Remote Device Station. Minh họa như Hình 3.6
4. Cấu hình PLC là Master: Sau khi đã cấu hình xong các trạm Remote I/O và Remote Device Station, tiếp đến là cấu hình giao tiếp CC-Link tại trạm Master (module QJ16BT11N).

3.3.3. Cấu hình KepserverEX làm server OPC UA

Kết nối KepserverEX với PLC qua card mạng của máy tính. Giao thức được chọn và sử dụng trong phần mềm GX-Works2 và phần mềm KepserverEX phải

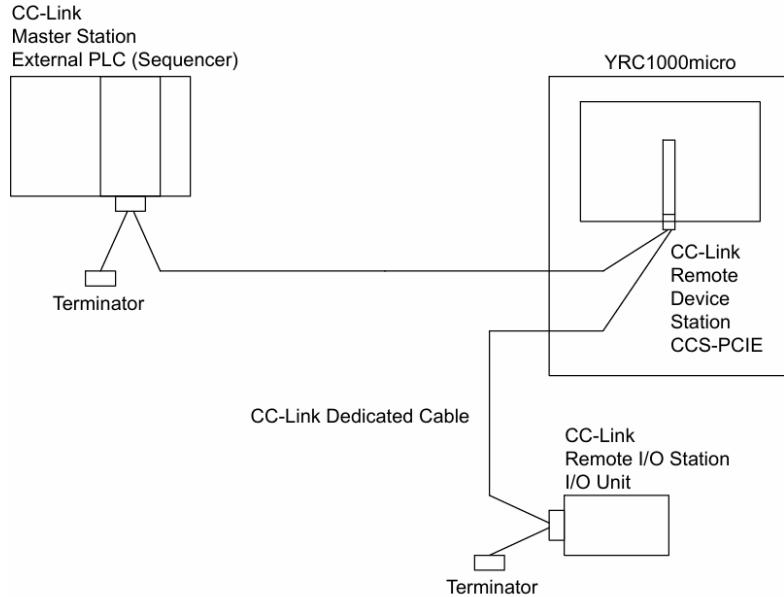


Figure 3.6: Kết nối CC-Link giữa Robot Yaskawa và PLC

giống nhau để đảm bảo giao tiếp giữa OPC UA Server với PLC.

3.3.4. Cấu hình GigE Camera Basler ac2500

Kết nối Camera với máy tính qua cổng mạng IP, cần cấu hình IP của camera với IP của máy tính trong cùng lớp mạng.

Tiếp theo là cấu hình thông số ảnh chụp như Gain, Gamma, Exposure time. Có thể sử dụng chức năng Automatic Image Adjustment.

3.4. Pipeline xử lý ảnh AVI

Hệ thống kiểm tra ngoại quan tự động (Automated Visual Inspection – AVI) vận hành thông qua một chuỗi các bước xử lý ảnh được tổ chức theo dạng pipeline nhằm đảm bảo quá trình kiểm tra diễn ra chính xác, ổn định và nhất quán. Pipeline xử lý ảnh của hệ thống có thể được mô tả qua các giai đoạn chính như sau:

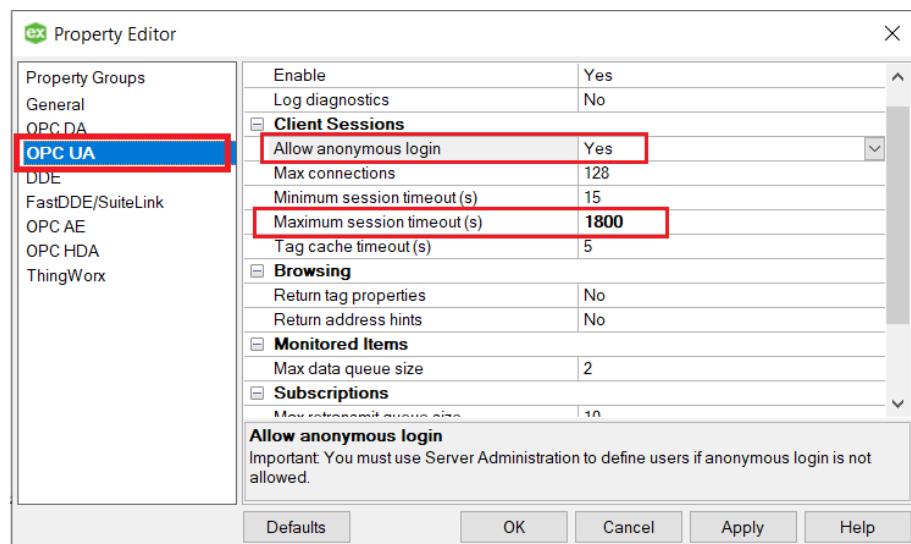


Figure 3.7: Cấu hình Project Kepware

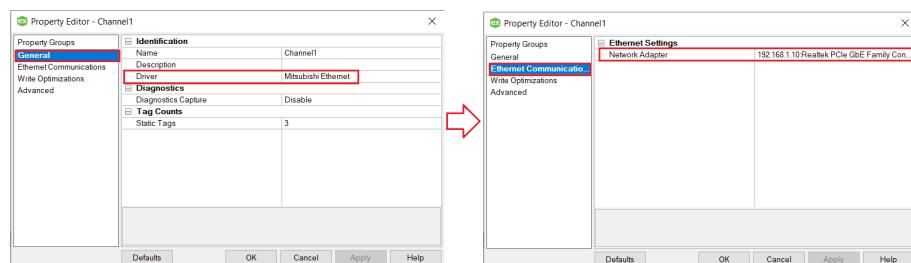


Figure 3.8: Cấu hình Channel

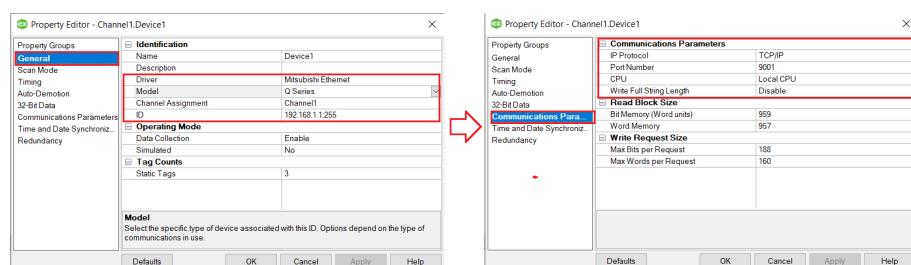


Figure 3.9: Cấu hình Device

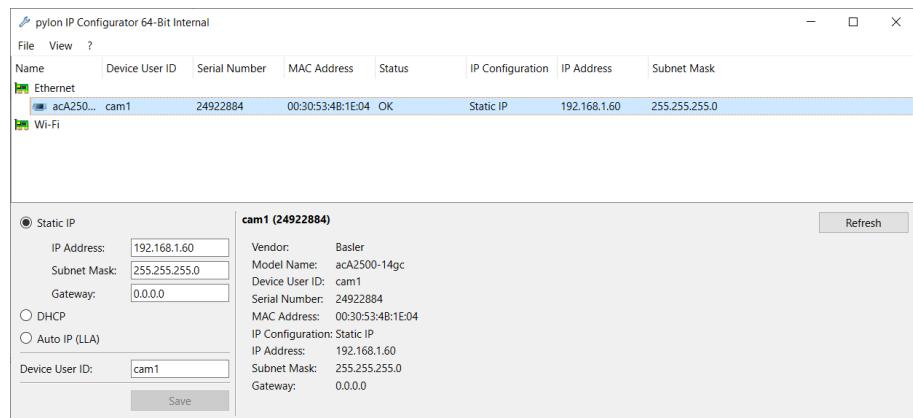


Figure 3.10: Cấu hình IP camera

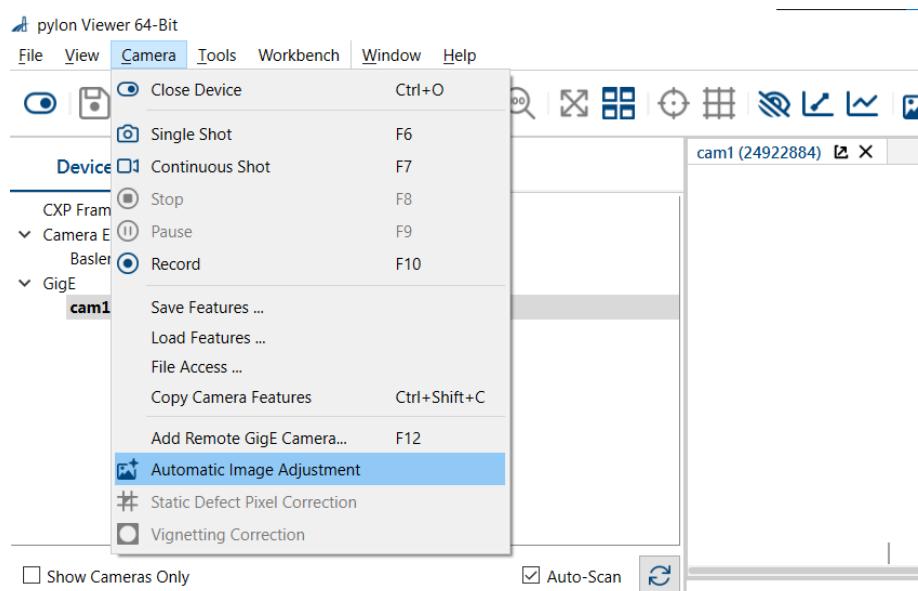


Figure 3.11: Cấu hình ảnh chụp

3.4.1. Thu nhận hình ảnh

Ở giai đoạn đầu tiên, camera độ phân giải cao hoặc thiết bị ghi hình chuyên dụng được sử dụng để thu nhận ảnh hoặc video của sản phẩm. Chất lượng ảnh đầu vào phụ thuộc vào loại camera, ống kính, khoảng cách chụp và cấu hình hệ thống chiếu sáng. Đây là nguồn dữ liệu cơ bản phục vụ toàn bộ quá trình xử lý phía sau.

3.4.2. Xử lý và tiền xử lý hình ảnh

Sau khi thu nhận, hình ảnh được đưa vào các thuật toán xử lý nhằm tăng cường chất lượng, làm nổi bật đặc trưng quan trọng và giảm nhiễu. Các bước thường bao gồm:

- Cân bằng sáng, tăng tương phản hoặc hiệu chỉnh màu.
- Lọc nhiễu và cải thiện độ nét.
- Chuẩn hóa kích thước, góc xoay hoặc cắt vùng quan tâm (ROI).

Giai đoạn này đảm bảo rằng hình ảnh đầu vào luôn đạt chất lượng ổn định để phục vụ nhận diện lối.

3.4.3. Phân tích ảnh và nhận diện lối

Ở bước này, hệ thống áp dụng các thuật toán xử lý ảnh nâng cao và mô hình học máy để:

- Trích xuất đặc trưng của sản phẩm.
- Phát hiện các bất thường hoặc khuyết tật như vết nứt, thiếu linh kiện, sai lệch vị trí, biến dạng hình học.
- So sánh với hình mẫu hoặc tiêu chuẩn kỹ thuật đã thiết lập.

Thuật toán AI và machine learning giúp hệ thống thích nghi với biến động trong môi trường sản xuất, từ đó cải thiện độ chính xác theo thời gian.

3.4.4. Ra quyết định

Dựa trên các tiêu chí chất lượng đã định nghĩa trước, hệ thống phân loại sản phẩm thành hai nhóm: đạt yêu cầu (OK) hoặc không đạt (NG). Việc ra quyết định được tự động hóa và đảm bảo tính khách quan, loại bỏ hoàn toàn yếu tố chủ quan của con người.

3.4.5. Phản hồi và lưu trữ dữ liệu

Kết quả kiểm tra được ghi nhận và phản hồi trực tiếp đến hệ thống sản xuất để thực hiện các hành động kịp thời như loại bỏ sản phẩm lỗi hoặc điều chỉnh quy trình. Đồng thời, dữ liệu hình ảnh, log lỗi và thống kê được lưu trữ trên cơ sở dữ liệu cục bộ hoặc đám mây để phục vụ phân tích chất lượng, tối ưu hóa dây chuyền và truy vết trong sản xuất.

Pipeline trên giúp hệ thống AVI hoạt động mạch lạc, hiệu quả và có khả năng mở rộng theo yêu cầu thực tế của từng dây chuyền sản xuất.

CHƯƠNG 4. Thực nghiệm và đánh giá

4.1. Giao diện hệ thống (nếu có)

4.2. Kết quả nhận diện và phân loại sản phẩm

4.3. Đánh giá hiệu suất: tốc độ, độ chính xác, độ ổn định

4.4. So sánh với phương pháp thủ công

KẾT LUẬN

CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ

[CT1] Hoang Van Manh, Ngoc-Viet Nguyen, Pham Manh Thang (2021), “An innovative method based on Shannon energy envelope and summit navigation for detecting R peaks of noise stress test signals”, *Journal of Electrocardiology*, ISSN: 0022-0736, Elsevier, Vol. 65, pp. 8-17.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

PHỤ LỤC

MỘT SỐ ĐOẠN MÃ NGUỒN

A.1. Mã nguồn thực hiện phép phân tích nhóm

```
1 function cluster_output = cluster_analysis(QRSm, threshold)
2     m = sort(cell2mat(QRSm));
3
4     if length(m)>=2
5         Y = pdist(m');
6         Z = linkage(Y);
7
8         T = cluster(Z, 'cutoff', threshold, 'criterion', 'distance')
9             ;
10
11    [uT,oT] = unique(T, 'first');
12    [~,pos] = sort(oT);
13    cluster_output = cell(1,length(uT));
14
15    for i = uT
16        cluster_output{i} = sort(m(T==pos(i)));
17    end
18
19    else
20        cluster_output = {m};
21    end
22
23 end
```