BUILDING A PRACTICE MODEL OF CENTRALIZED CONTROL WITH DISTRIBUTED I/O ON PLC S7.1500

Do Thi Mai[1*], Hoang Thi Thuong[1], Nguyen Thi Thanh Binh[2]
[1]TNU - University of Information and Communication Technology, [2]Thai Nguyen University

ARTICLE INFO

Received: 17/10/2022
Revised: 22/11/2022
Published: 22/11/2022

KEYWORDS

PLC S7.1500
Control
Centralized control
Distributed I/O
ET200SP

ABSTRACT

This paper presents the results of implementing and building a practice model of centralized control with distributed I/O based on PLC S7.1500 for students majoring in Automation. The central controller (PLC) and remote data acquisition device (Remote I/O) in the model are designed based on a modular structure, that allows flexible execution of various problems without causing changes too large on the hardware structure of the system. The flexible system scalability facilitates the development of practical content for different modules in the training program, as well as serves as a foundation for the implementation of further studies. Currently, based on the hardware model, there are 09 practical exercises were built to meet the requirements of providing knowledge and skills in connection, programming, control, monitoring and operation of distributed control systems. Experimental results on the model show that the system works well, the problem of data collection, processing and communication between the PLC controller - ET200SP - the board status LED system is done quickly and accurately.

XÂY DỰNG MÔ HÌNH THỰC HÀNH ĐIỀU KHIỂN TẬP TRUNG VỚI VÀO/RA PHÂN TÁN TRÊN NỀN PLC S7.1500

Đỗ Thị Mai[1*], Hoàng Thị Thương[1], Nguyễn Thị Thanh Bình[2]
[1]Trường Đại học Công nghệ Thông tin và Truyền thông – ĐH Thái Nguyên, [2]Đại học Thái Nguyên

THÔNG TIN BÀI BÁO

Ngày nhận bài: 17/10/2022
Ngày hoàn thiện: 22/11/2022
Ngày đăng: 22/11/2022

TỪ KHÓA

PLC S7.1500
Điều khiển
Điều khiển tập trung
Vào/ra phân tán
ET200SP

TÓM TẮT

Nội dung bài báo này trình bày kết quả về việc triển khai xây dựng mô hình thực hành điều khiển tập trung với vào/ra phân tán trên nền PLC S7.1500 cho sinh viên chuyên ngành Tự động hóa. Bộ điều khiển trung tâm PLC và thiết bị thu thập dữ liệu từ xa (Remote I/O) trong mô hình được thiết kế dựa trên cấu trúc mô đun cho phép thực hiện mềm dẻo các bài toán khác nhau mà không gây nên những biến đổi quá lớn về cấu trúc phần cứng của hệ thống. Khả năng mở rộng hệ thống linh hoạt tạo điều kiện thuận lợi cho việc xây dựng nội dung thực hành cho các học phần khác nhau trong chương trình đào tạo, cũng như làm nền tảng triển khai các nghiên cứu tiếp theo. Hiện tại dựa trên mô hình phần cứng đã xây dựng được 09 bài thực hành đáp ứng yêu cầu cung cấp kiến thức và kỹ năng về đấu nối, lập trình, điều khiển, giám sát và vận hành hệ thống điều khiển có yếu tố phân tán. Kết quả chạy thực nghiệm trên mô hình cho thấy hệ thống hoạt động tốt, vấn đề thu thập, xử lý dữ liệu và truyền thông giữa bộ điều khiển PLC - ET200SP – hệ thống đèn LED trên board trạng thái được thực hiện nhanh và chính xác.

DOI: https://doi.org/10.34238/tnu-jst.6711

[*] Corresponding author. *Email: dtmai@ictu.edu.vn*

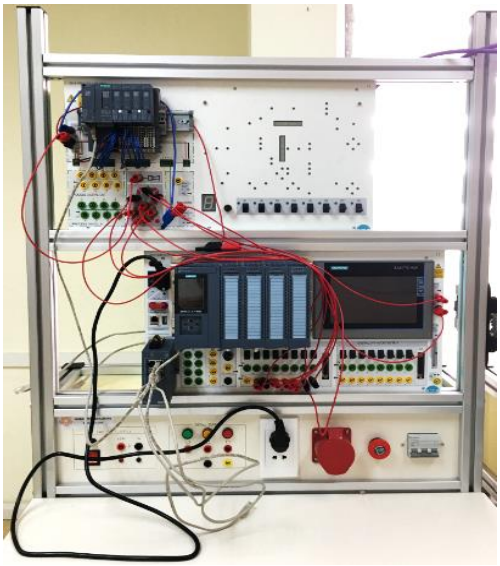
1. Giới thiệu

Bộ điều khiển logic khả trình PLC S7.1500 ra đời năm 2013 đánh dấu sự phát triển đỉnh cao của tự động hóa, mang đến những hiệu năng vượt trội trong mọi ứng dụng. Chúng có khả năng thay thế cho bộ điều khiển PLC S7.1200 xét về độ nhỏ gọn, linh hoạt, tiện lợi; cũng như PLC S7.300 xét về tính năng xử lý thông tin, chức năng điều khiển và khả năng truyền thông mạnh mẽ dựa trên nền giao thức mạng PROFIBUS và PROFINET. Ngày càng nhiều các nghiên cứu thuộc các lĩnh vực khác nhau được thực hiện trên bộ điều khiển PLC S7.1500 cho thấy mức độ phổ biến của bộ điều khiển này [1] – [3]. Cùng với sự phát triển của khoa học và công nghệ, việc ứng dụng thành tựu của tự động hóa vào trong sản xuất đã trở thành xu hướng tất yếu [4], [5]. PLC đã và đang thể hiện được những ưu điểm vượt trội của mình trong các ứng dụng công nghiệp.

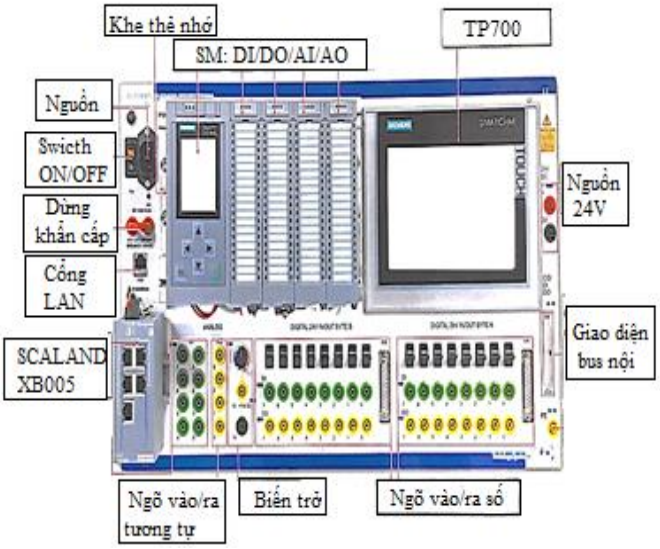
Điều khiển tập trung là cấu trúc điều khiển được ưu tiên lựa chọn thiết kế đối với các hệ thống nhỏ và vừa. Tuy nhiên, tự động hóa ngày nay có xu hướng thay thế các hệ thống điều khiển tập trung truyền thống bởi các hệ thống điều khiển phân tán dựa trên các yếu tố cơ bản của hệ thống tự động hóa: PLC, mạng truyền thông công nghiệp, các thiết bị theo dõi giám sát quá trình và thuật toán làm việc với những hệ thống phức tạp [6]. Sự phổ biến của các hệ thống điều khiển có yếu tố phân tán hiện đại đòi hỏi sinh viên chuyên ngành kỹ thuật nói chung và tự động hóa nói riêng cần phải có những kiến thức và kỹ năng thực hành liên quan. Vì vậy mà cơ sở vật chất trang thiết bị phòng thực hành thí nghiệm là một trong những yếu tố đặc biệt quan trọng quyết định rất lớn đến chất lượng đào tạo. Các cơ sở giáo dục đào tạo chuyên nghiệp luôn chú trọng đầu tư xây dựng các trung tâm thực hành/thí nghiệm [7] – [9]. Bên cạnh đó, sự phát triển của cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 và chương trình chuyển đổi số toàn cầu cũng đã dẫn đến nhiều nghiên cứu mới tập trung vào việc xây dựng các trung tâm/phòng thí nghiệm chuyên về PLC nhằm phục vụ các dự án công nghiệp [10], [11]. Hiện nay Trường Đại học Công nghệ thông tin và Truyền thông (ĐHCNTT&TT) đã đầu tư cho Khoa một số mô hình thực hành lập trình PLC, nhưng trong số đó có đến 90% các mô hình xây dựng dựa trên cấu trúc hệ thống điều khiển tập trung không có các yếu tố phân tán.

Xuất phát từ những yếu tố thực tiễn nêu trên, kết hợp với sự thiếu hụt mô hình thực hành liên quan đến cấu trúc điều khiển phân tán trên nền PLC thúc đẩy nhóm tác giả nghiên cứu, đề xuất, xây dựng mô hình thực hành được trình bày cụ thể trong các mục tiếp theo của bài báo này.

2. Mô hình phần cứng

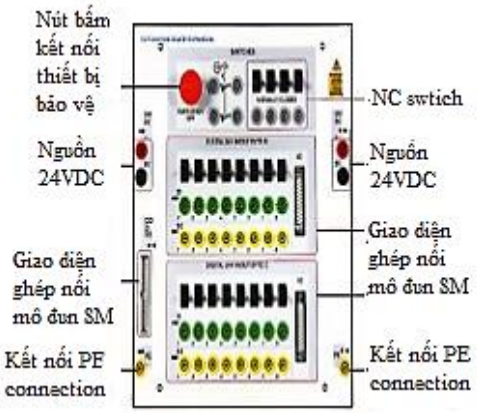


Hình 1. *Mô hình thực hành*

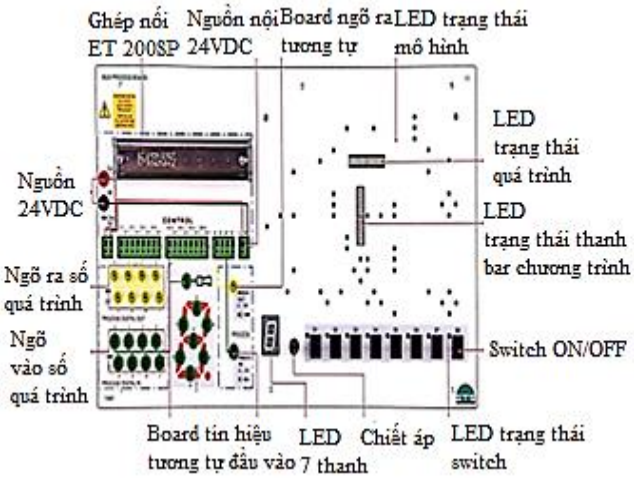


Hình 2. *Bộ điều khiển trung tâm PLC S7.1500*

Mô hình thực hành được xây dựng theo cấu trúc mô đun và được lắp đặt như trong Hình 1. Các mô đun chính bao gồm bộ điều khiển trung tâm PLC S7.1500 (Hình 2); mô đun mở rộng (Hình 3); Board remote (Hình 4).



Hình 3. *Hình ảnh mô đun mở rộng*



Hình 4. *Board remote ET200 SP*

3. Xây dựng bài thực hành/thí nghiệm

Các thiết bị trong hệ thống được ghép nối và trao đổi thông tin qua giao thức mạng PROFINET. Địa chỉ phần cứng của các mô đun SM trên PLC và trên ET200SP được quy định phù hợp với vị trí sắp xếp vật lý thực tế của thiết bị; địa chỉ IP của các thiết bị PC, PLC, ET200SP đều phải được quy định rõ ràng, không trùng lặp, và phải được ghép nối vào cùng một lớp Subnet mạng; Thông tin chi tiết về địa chỉ phần cứng và địa chỉ IP của từng thiết bị được đề cập tại Bảng 1.

Bảng 1. *Địa chỉ quy định của thiết bị trên mô hình thực hành*

Thiết bị	Mô đun	Địa chỉ phần cứng/địa chỉ IP
PLC S7.1500	CPU 1516-3PN/DP AI8/AQ4/DI32/DQ32	Địa chỉ ngõ vào số: I0.0 đến I3.7; Địa chỉ ngõ ra số: Q0.0 đến Q3.7; Địa chỉ ngõ vào tương tự: IW0 đến IW14; Địa chỉ ngõ ra tương tự: QW0 đến QW6; Địa chỉ IP: 192.168.0.11
ET200SP	IM155-6PN/2 HF DI8/DQ8 x24VDC	Địa chỉ ngõ vào số: I20.0 đến I21.7; Địa chỉ ngõ ra số: Q8.0 đến Q9.7; Địa chỉ IP: 192.168.0.1
PC		Địa chỉ IP: 192.168.0.100

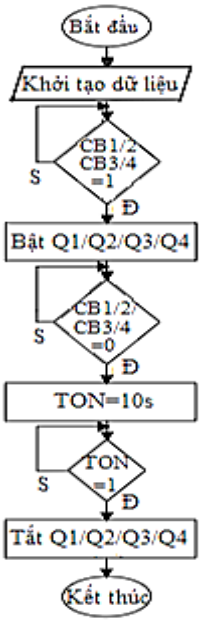
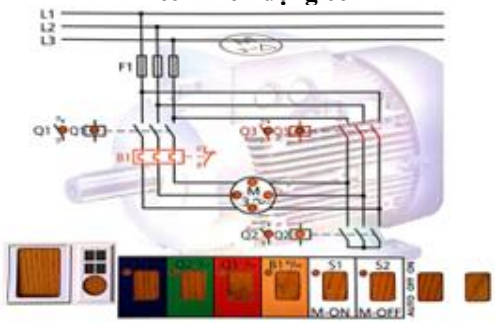
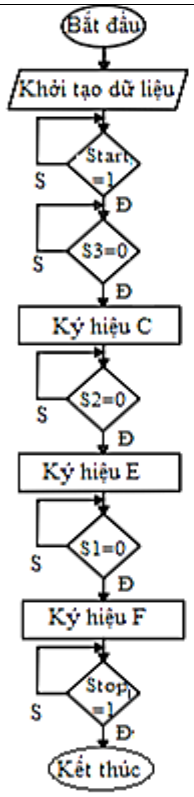
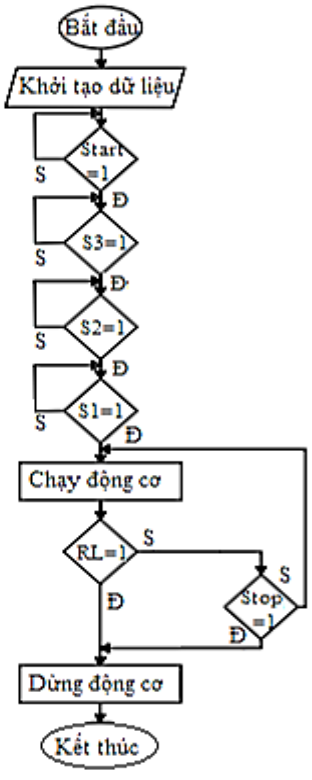
Danh sách nội dung các bài thực hành được liệt kê trong bảng 2.

Bảng 2. *Danh sách các bài thực hành*

STT	Hệ điều khiển	Ngôn ngữ lập trình	Bài thực hành
1	Lập trình điều khiển với vào ra số	LAD	Điều khiển động cơ
2			Điều khiển hệ thống điện trong nhà
3		FBD	Điều khiển hệ thống báo động cửa
4			Điều khiển hệ thống đèn giao thông
5			Điều khiển hệ thống băng chuyền đếm sản phẩm
6			Điều khiển hệ thống cửa cổng ra vào của công ty
7			Điều khiển hệ thống khoan chi tiết
8	Lập trình điều khiển với vào ra tương tự	LAD	Điều khiển chiết rót dung dịch
9		FBD	Điều khiển khuấy trộn

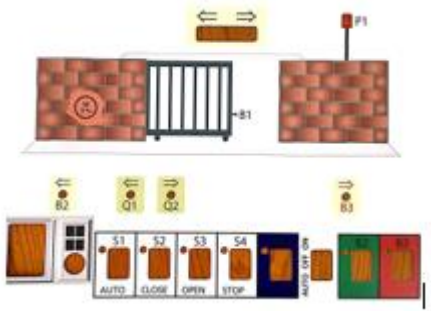
Nội dung, mô hình và thuật toán từng bài thực hành được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3. *Mô hình và thuật toán các bài thực hành*

Bài thực hành/ Mô hình thực hành	Thuật toán
Điều khiển hệ thống điện trong nhà Hình ảnh mô hình Chú thích tín hiệu vào/ra: Ký tự | Chức năng | Chân tín hiệu S1, S2, S3 | Cảm biến trong nhà | I20.0/I20.1/I20.2 B1 | Cảm biến cửa | I20.3 E1, E2, E3 | Đèn chiếu sáng trong nhà | Q12.0 E4 | Đèn chiếu sáng bên ngoài | Q12.1	
Điều khiển động cơ  Hình ảnh mô hình Chú thích tín hiệu vào/ra: Ký tự | Chức năng | Chân tín hiệu Q1, Q2, Q3 | Công tắc báo lỗi hệ thống | I20.0/I20.1/I20.2 B1 | Công tắc báo role nhiệt | I20.3 S1 | Công tắc bật hệ thống | I20.4 S2 | Công tắc dừng hệ thống | I20.5 F1 | Câu chì nguồn đầu vào | M3 ~ | Động cơ không đồng bộ 3 pha | Q12.0 Led 7 thanh | Hiển thị mã lỗi | Q9.0 đến Q9.6 a) Thuật toán điều khiển động cơ trên mô hình b) Thuật toán hiển thị mã lỗi trên LED 7 thanh	 a)  b)

Bài thực hành/ Mô hình thực hành	Thuật toán

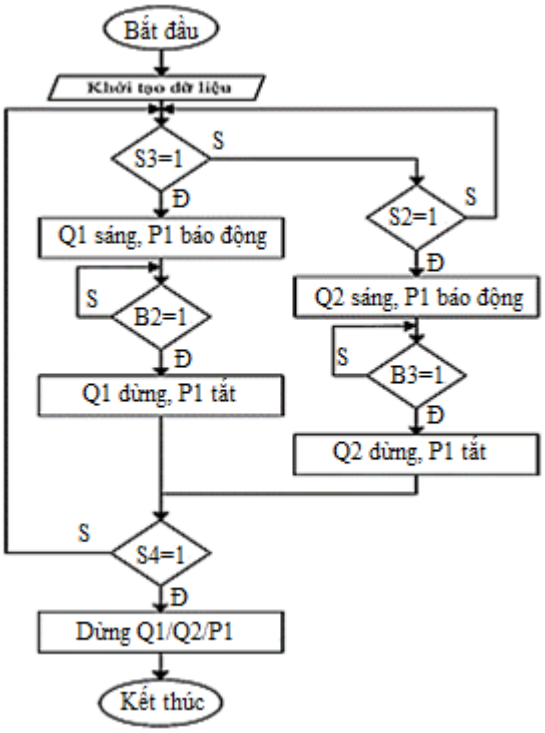
Điều khiển cửa cổng ra vào công ty



Hình ảnh mô hình

Chú thích tín hiệu vào/ra:

Ký tự	Chức năng	Chân tín hiệu
S1	Nút nhấn tự động	Q20.0
S2	Nút đóng cửa	Q20.1
S3	Nút mở cửa	Q20.2
S4	Dừng hệ thống	Q20.3
B1	Chuyển chế độ tự động	Q20.4
B2	Cảm biến hành trình mở cửa	Q20.6
B3	Cảm biến hành trình đóng cửa	Q20.7
Q2	Động cơ đóng cửa	Q12.0
Q1	Động cơ mở cửa	Q12.1
P1	Chuông báo hiệu	Q12.2

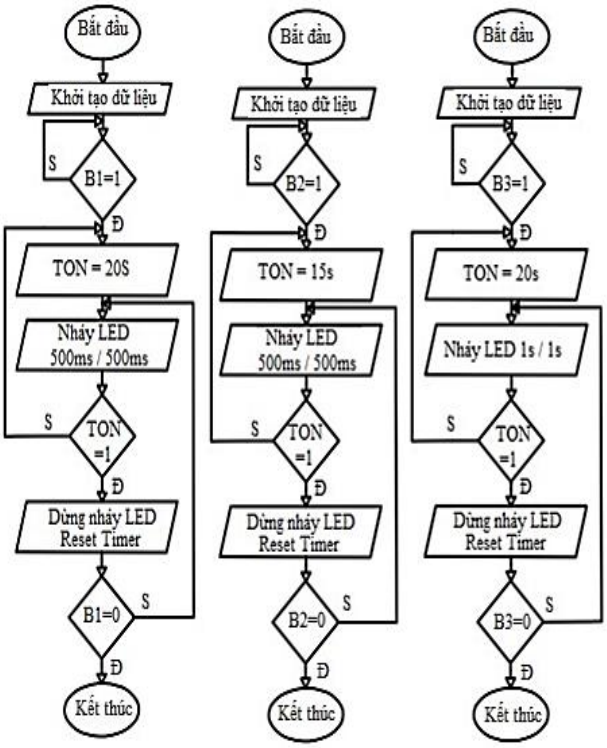


Điều khiển hệ thống báo động cửa

Hình ảnh mô hình

Chú thích tín hiệu vào/ra:

Ký tự	Chức năng	Chân tín hiệu
B1, B2 , B3	Công tắc hành trình của cửa	I20.0/ i20.1/ i20.2
S1	Công tắc bật hệ thống	I20.3
S2	Công tắc dừng hệ thống	I20.4
P1	Chuông báo hiệu	Q20.0



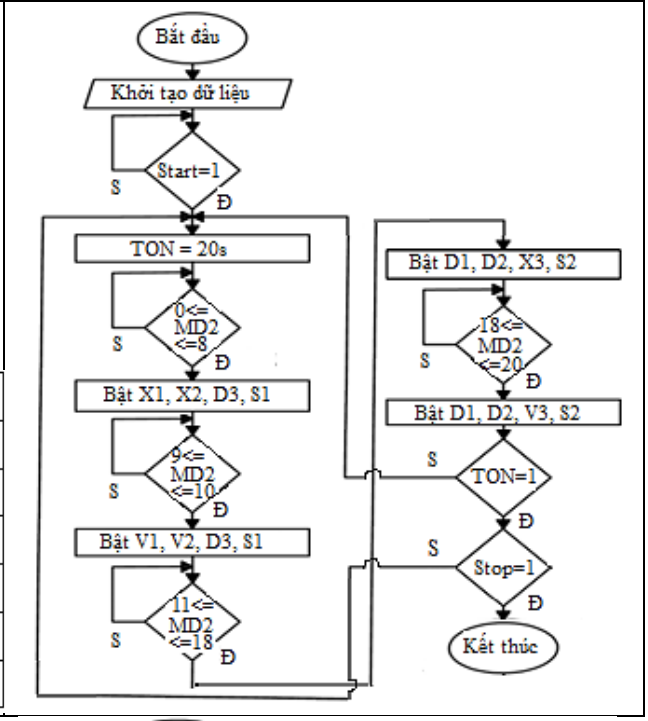
Bài thực hành/ Mô hình thực hành	Thuật toán

Điều khiển hệ thống đèn giao thông

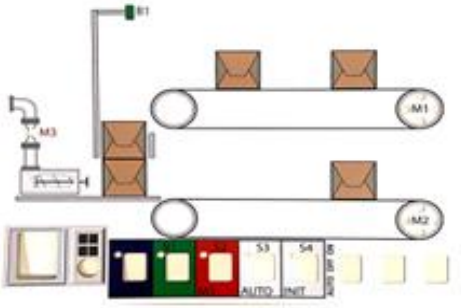
Hình ảnh mô hình

Chú thích tín hiệu vào/ra:

Ký tự	Chức năng	Chân tín hiệu
B1, B2, B3	Công tắc điều khiển đèn cho oto	I20.0/ i20.1/ i20.2
S1	Điều khiển đèn cho người đi bộ 1	I20.3
S2	Điều khiển đèn cho người đi bộ 2	I20.4
P1/P2/P3	Đèn đỏ/vàng/xanh	Q12.0-Q12.2
P4/P5/P6	Đèn đỏ B1/vàng B1/ xanh B1	Q12.3/Q12.4/Q12.5
P7/P8	Đèn đỏ/xanh đi bộ	Q12.6/Q12.7



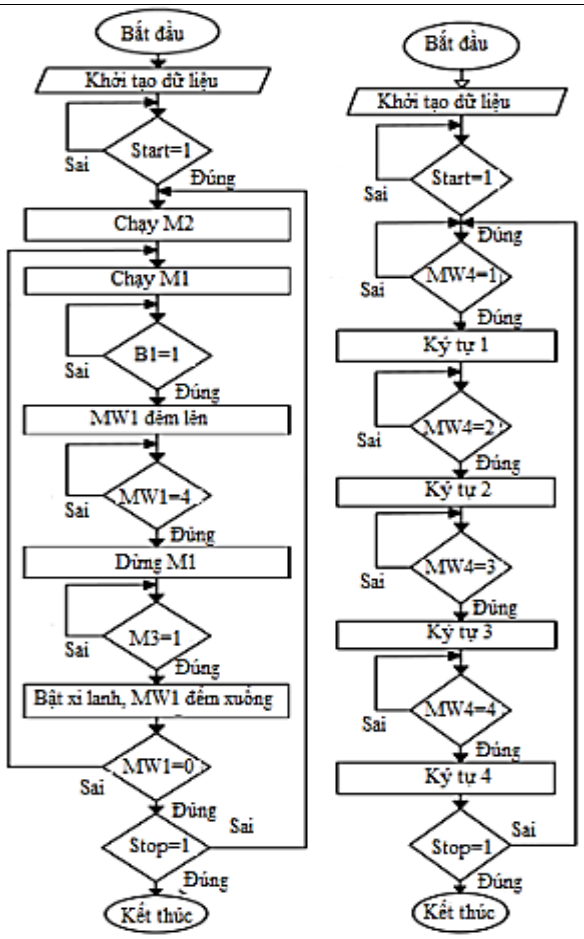
Điều khiển hệ thống băng chuyền đếm sản phẩm



Hình ảnh mô hình

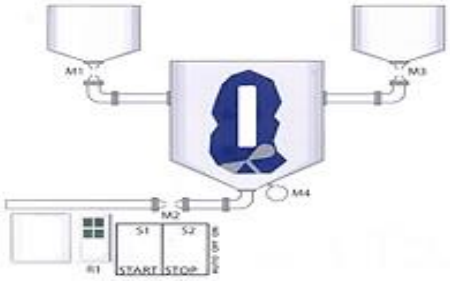
Chú thích tín hiệu vào/ra:

Ký tự	Chức năng	Chân tín hiệu
B1	Cảm biến hồng ngoại vật cản	I20.0
S1	Cảm biến nhận diện	I20.1
S2	Nút nhấn điều khiển xi lanh đẩy	I20.2
S3	Nút nhấn chuyển chế độ	I20.3
S4	Khởi động chế độ tự động	I20.4
M1	Động cơ đẩy vào	Q12.0
M2	Động cơ đẩy ra	Q12.1
M3	Xi lanh đẩy	Q12.2



Bài thực hành/ Mô hình thực hành	Thuật toán

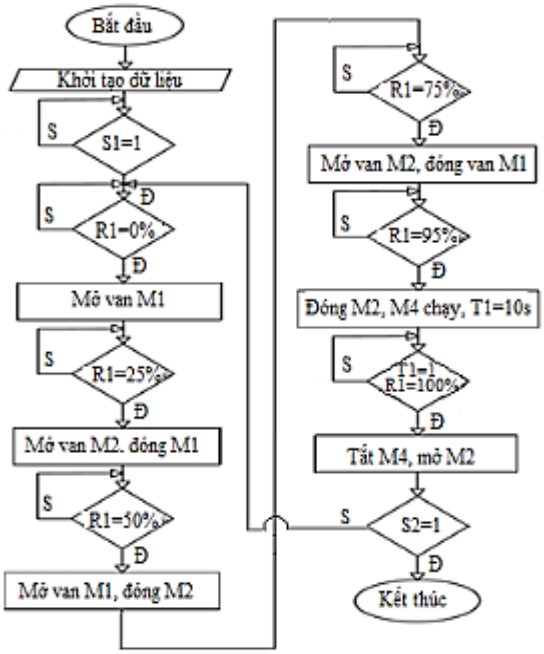
Điều khiển khuấy trộn



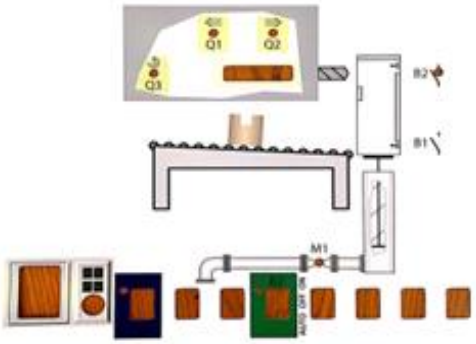
Hình ảnh mô hình

Chú thích tín hiệu vào/ra:

Ký tự	Chức năng	Chân tín hiệu
R1	Cảm biến nguyên liệu trong bình	AI0
S1	Nút nhấn khởi động	I20.0
S2	Nút nhấn dừng hệ thống	I20.1
M1	Van cấp nguyên liệu 1	Q12.0
M2	Van xả nguyên liệu	Q12.1
M3	Van cấp nguyên liệu 2	Q12.2
M4	Động cơ khuấy trộn	Q12.3



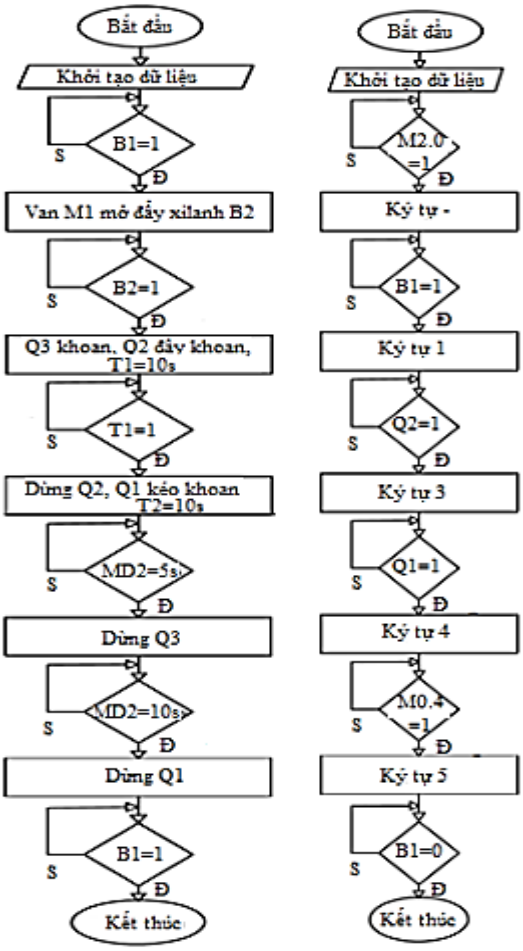
Điều khiển hệ thống khoan chi tiết



Hình ảnh mô hình

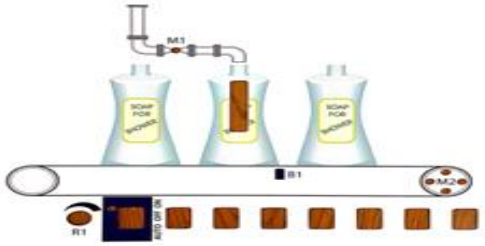
Chú thích tín hiệu vào/ra:

Ký tự	Chức năng	Chân tín hiệu
B1	Nút nhấn bật xi lanh	I20.0
B2	Nút nhấn khởi động hệ thống khoan	I20.3
Q1	Báo hiệu thu khoan	Q12.0
Q2	Báo hiệu đẩy khoan	Q12.1
Q3	Báo hiệu trạng thái hoạt động khoan	Q12.2



Bài thực hành/ Mô hình thực hành	Thuật toán

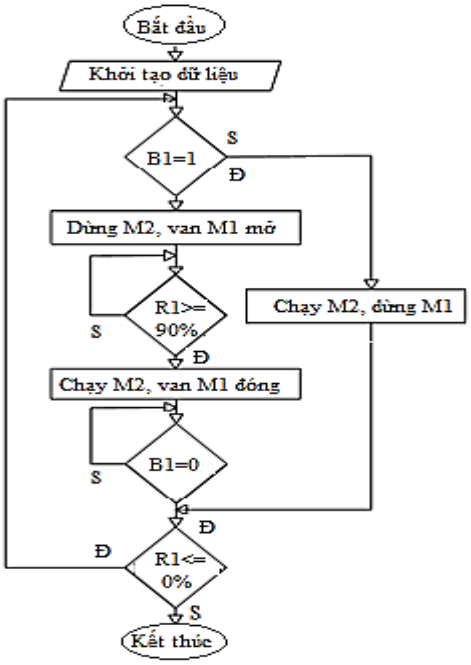
Điều khiển chiết rót dung dịch



Hình ảnh mô hình

Chú thích tín hiệu vào/ra:

Ký tự	Chức năng	Chân tín hiệu
R1	Cảm biến lưu lượng đầu vào	AI0
B1	Cảm biến tiệm cận	I20.0
M1	Van rót nguyên liệu	Q12.1
M2	Động cơ điều khiển vận chuyển	Q12.0



4. Kết luận

Mô hình thực hành điều khiển tập trung với vào/ra phân tán được xây dựng theo hướng mở, linh hoạt, đáp ứng yêu cầu xây dựng các bài thực hành cho nhiều học phần đào tạo khác nhau từ mô phỏng đến đấu nối điều khiển giám sát thiết bị/ hệ thống thực. Dựa trên kiến trúc phần cứng sẵn có của mô hình có thể xây dựng được một hệ thống đào tạo từ xa thông qua web giúp sinh viên có thể thực hành trực tuyến qua mạng mà không cần tham gia học trực tiếp, đồng thời kích thích việc học của sinh viên thông qua một số thiết bị công nghệ yêu thích ngoài máy tính như điện thoại, máy tính bảng...

Mô hình đồng thời cũng là nền tảng góp phần mở rộng thêm nhiều đề tài nghiên cứu khoa học nhằm tiếp cận cuộc cách mạng công nghiệp 4.0, tạo điều kiện xây dựng các hệ thống tự động hóa hiện đại mang tính chất liên ngành, đặc biệt là sự kết hợp của công nghệ thông tin và tự động hóa giúp sinh viên, giảng viên, nhà nghiên cứu và các đối tượng quan tâm khác có thể hiểu sâu sắc hơn về vai trò của hệ thống điều khiển phân tán kết hợp với công nghệ hiện đại giống như một số nước trong khu vực Đông Nam Á đã làm [10], [11].

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

[1] Q. Yin, M. Shreka, R. Gao, and Y.Zhu, "Design of ship exhaust gas desulfurization control system based on S7-1500 PLC," *2nd International Conference on Computer Information Science and Application Technology (CISAT 2019)*, vol. 1345, no. 03, November, 2019. [Online serial]. Available: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1345/3/032083/pdf. [Accessed Sep. 12, 2022].

[2] F. Yang and H. Li, "Design and Realization of Automatic Warehouse based on PLC S7-1500," *Electrical Science & Engineering*, vol. 03, no. 01, 2021. [Online serial]. Available: https://ojs.bilpublishing.com/index.php/ese/article/view/2914. [Accessed Sep. 15, 2022].

[3] Z. Wang, "Design of Gas Drainage Monitoring System Based on Siemens S7-1500 PLC and WinCC," in *2022 International Conference on Intelligent Dynamics and Control Technology (IDC 2022)*, vol. 2283, 2022. [Online serial]. Available: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2283/1/012002. [Accessed Sep. 13, 2022].

[4] A. Jadhav and M. Patil, "PLC Based Industrial Automation System," in *International Conference on Recent Trends in Engineering and Management Science (RTEM 2014)*, Nagpur, 2014, pp. 19-23.

[5] R. Pawar and N. R. Bhasme, "Application of PLC's for Automation of Processes in Industries," *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, vol. 6, no. 6, (Part - 3), pp. 53-59, June 2016.

[6] A. Hulewwicz, Z. Krawwiecki, and K. Dziarski, "Distrubuted control system DCS using a PLC controller," in *ITM Web of Conference 28*, 2019. [Online]. Available: https://www.itm-conferences.org/articles/itmconf/abs/2019/05/itmconf_zkwe2019_01041/itmconf_zkwe2019_01041.html. [Accessed Sep. 25, 2022].

[7] R. A. Santos, J. E. Normey-Rico, A. M. Gomez, and C. P. Moraga, "EDUSCA (educational SCADA): Features and Application," *IFAC Automated System Based on Human Skill*, vol. 39, no. 6, pp. 614-619, 2006.

[8] N. B. Ngoc and T. H. Hiep, "A Study on building PLC cabinets," (in Vietnamese), *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 195, no. 02: Natural Sciences - Engineering - Technology, pp. 139-143, 2019.

[9] D. H. Diep and N. H. Quan, "Design connection device and controlling system in the training set for hydraulics WS200 using PLC," (in Vietnamese), *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 227, no. 11: Natural Sciences - Engineering - Technology, pp. 160-168, 2022.

[10] T. Georgieva, H. Yahoui, N. Bencheva, and P. Daskalov, "Innovative PLC Training laboratory for developing industry 4.0 skills," in *Proc. 2022 International ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications Engineering (ECTI DAMT & NCON)*, 01, 2022, pp. 505-509.

[11] T. Georgieva, N. Bencheva, P. Daskalov, and H. Yahoui, "Capacity development by implementation of PLC trainings towards Industry 4.0," in *31st Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEEIE)*, 06-07, 2022, pp. 1-4.