

# NGHIÊN CỨU HỆ THỐNG MÁY LẮP RÁP LINH KIỆN ĐIỆN TỬ (SMT-P&P) CỖ NHỎ ĐIỀU KHIỂN BẰNG BỘ VI XỬ LÝ STM32F103

## A STUDY ON SYSTEM FOR A SMALL SMT- PICK&PLACE MACHINE CONTROLLED BY MICROCONTROLLER STM32F103

Phạm Anh Đức<sup>1\*</sup>, Mai Hồng Sơn<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng, Việt Nam

<sup>2</sup>Công ty LG Electronics, Việt Nam

\*Tác giả liên hệ / Corresponding author: ducpham@dut.udn.vn

(Nhận bài / Received: 25/4/2023; Sửa bài / Revised: 18/7/2023; Chấp nhận đăng / Accepted: 20/7/2023)

**Tóm tắt** - Công nghệ dán bề mặt (SMT) là một công nghệ tiên tiến giúp gắn kết nhanh và chính xác các linh kiện điện tử lên các bảng mạch điện. Về cơ bản, trong một dây chuyền tự động hóa hoàn toàn, mỗi công đoạn cần một cơ cấu máy với các vai trò riêng. Tuy nhiên, chất lượng mạch điện tử được tạo ra phụ thuộc nhiều vào độ chính xác hoạt động của máy lắp ráp linh kiện điện tử (máy SMT-P&P). Do vậy, thiết kế chính xác và quy trình công nghệ tạo ra một hệ thống máy SMT-P&P hoàn chỉnh là cần thiết. Bài báo này mô tả cách tạo ra hệ thống máy SMT-P&P cỡ nhỏ sử dụng trong dây chuyền SMT. Trước tiên, quy trình hoạt động và các yêu cầu cụ thể đối với máy SMT-P&P được mô tả cụ thể. Cấu trúc cơ khí, mạch điều khiển sử dụng vi xử lý STM32F103, và cách thiết lập chương trình điều khiển máy sẽ được thảo luận. Dựa trên các đặc điểm hệ thống, các kết quả đạt được từ mô hình vận hành thực tế của máy SMT-P&P được đánh giá cụ thể.

**Từ khóa** - Công nghệ dán bề mặt (SMT); thiết kế hệ thống; máy lắp ráp linh kiện; cách mạng công nghiệp 4.0.

### 1. Giới thiệu

Công nghệ dán bề mặt (Surface Mount technology - SMT) là một công nghệ tiên tiến giúp gắn kết nhanh và chính xác các linh kiện điện tử hay vi xử lý lên các bảng mạch điện - điều khiển [1]. Cách mạng công nghiệp 4.0 đòi hỏi lượng lớn nhu cầu về các hệ thống tự động được kiểm soát bởi các bộ điều khiển với các mạch điện tử tinh xảo bên trong [2]. Ngày nay, các mạch điện tử như vậy thông thường được tạo ra bởi các dây chuyền thuộc SMT. Đây là công nghệ thay thế kỹ thuật đục lỗ trên bảng mạch điện tử truyền thống, cải thiện năng suất sản xuất và nâng cao tính tự động hóa cho quy trình sản xuất mạch điện tử [3]. Một dây chuyền lắp ráp mạch điện tử hoàn chỉnh theo công nghệ SMT cơ bản cần có bốn công đoạn chính: Quét hợp kim hàn dạng kem lên bảng mạch; gắp thả các linh kiện điện tử và mạch; gia nhiệt giúp chảy kem hàn; và kiểm tra chất lượng mạch sau gia công [4]. Về cơ bản, trong một dây chuyền tự động hóa hoàn toàn, mỗi công đoạn cần một cơ cấu máy khác nhau, tuy nhiên, độ chính xác của các mạch điện tử khi gia công phụ thuộc nhiều vào độ chính xác của cơ cấu gắp thả và đặt linh kiện điện tử trên bảng mạch [1].

Máy lắp ráp linh kiện điện tử (máy SMT-P&P) là hệ thống quan trọng và cần thiết nhất trong giai đoạn gắp thả và định vị các linh kiện điện - điện tử trong dây chuyền SMT [5]. Tốc độ lắp ráp mạch hoàn chỉnh, định vị chính

**Abstract** - Surface Mount technology (SMT) is the advance technology to attach quickly and accurately electronics components to a board. Basically, in a fully automated line, each stage needs one machine with a special role. However, the quality of the electronic circuit produced is highly dependent on the accurate performance of the SMT- P&P machine. Therefore, an exact design and the technological process to make a high-precision electronic component assembly machine system are necessary. This paper describes the manufacturing process of a small SMT Pick-and-Place machine. Firstly, the working process and all requirements of SMT P&P machine will be described. Moreover, the mechanical model, the control system with the internal STM32F103 microcontroller and the algorithm to control machine will be discussed. Based on this concept of system, all performance results of SMT P&P machine will be analyzed and discussed.

**Key words** - Surface Mount technology (SMT); system design; SMT-P&P machine; Industry 4.0.

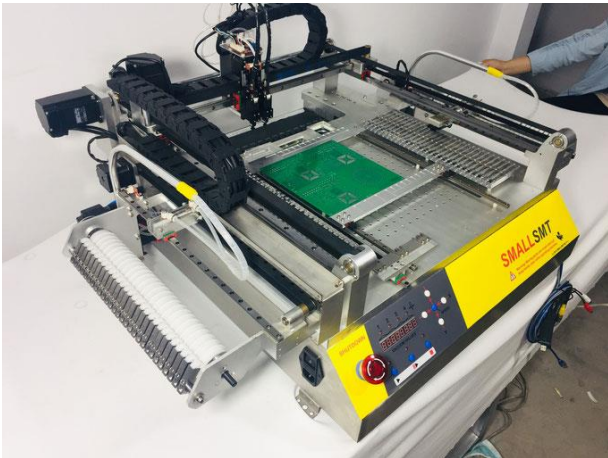
xác vị trí các linh kiện trên bản mạch phụ thuộc nhiều nhất vào công đoạn gắp và thả, và đây là công việc của máy SMT-P&P. Một quy trình làm việc của máy SMT-P&P cần thực hiện gồm có 3 công đoạn chính: Nhận dữ liệu thiết kế, lựa chọn linh kiện, gắp và thả các linh kiện vào các vị trí tương ứng để tạo mạch điện - điện tử cần thiết kế. Đầu tiên, một thiết kế mạch được tạo ra bởi phần mềm vẽ mạch chuyên dụng, thiết kế này sẽ được chuyển hóa thành dữ liệu về tọa độ vị trí của các linh kiện cần đặt trên mạch in và nhập vào máy. Sau đó, máy sẽ thực hiện việc di chuyển đầu hút đến các khay cung cấp, lựa chọn các linh kiện ứng với vị trí cần gắp và gắp thả các linh kiện đó trên mạch thiết kế. Thông thường, quá trình gắp và thả linh kiện của máy cần kiểm tra và điều chỉnh độ lệch, xoay chỉnh các linh kiện nếu cần thiết, nhằm lắp đặt linh kiện đó thẳng hàng và chính xác tại các vị trí có yêu cầu sai số nhỏ trong không gian hạn hẹp của mạch điện tử. Do vậy, hệ máy này cần có thêm các tính năng giám sát quá trình lắp ráp linh kiện bằng công nghệ xử lý ảnh có thuật toán chính xác cao [6], [7].

Việc phát triển các hệ thống máy SMT-P&P cỡ nhỏ sử dụng trong điều kiện sản xuất ở Việt Nam là cần thiết. Hiện nay, trong sản xuất công nghiệp hiện đại, các nhà máy sản xuất sản phẩm điện tử đầu tư nhiều vào các dây chuyền SMT có quy mô lớn và năng suất cao [8], [9], [10]. Các hệ thống này có ưu điểm năng suất và khả năng tự động hóa

<sup>1</sup> The University of Danang – University of Science and Technology, Vietnam (Anh-Duc Pham)

<sup>2</sup> LG Electronics Company, Vietnam (Hong Son Mai)

cao, độ chính xác rất cao. Tuy nhiên, chúng thường đòi hỏi lượng lớn chi phí đầu tư ban đầu, điều này lại là trở ngại lớn cho nền công nghiệp sản xuất vừa và nhỏ như ở Việt Nam [11]. Chính vì vậy, các mô hình máy có kích thước nhỏ, chi phí thấp là điều phù hợp hơn trong các mục đích sử dụng để sản xuất đơn chiếc hoặc số lượng nhỏ cũng như dùng cho sản xuất mạch điện – điện tử phục vụ cho công việc nghiên cứu. Tại Việt Nam, máy SMT-P&P chủ yếu là nhập khẩu như Hình 1. Các doanh nghiệp nhỏ thường chọn giải pháp đặt hàng yêu cầu gia công mạch ở nước ngoài với số lượng nhất định để giảm thiểu chi phí. Vì vậy việc hiểu được quy trình thiết kế và tạo ra máy SMT-P&P trong điều kiện của nước ta với giá thành hợp lý sẽ tiết kiệm đáng kể chi phí và thời gian.



Hình 1. Máy SMT-P&P dán cỡ nhỏ thông dụng [12]

**2. Yêu cầu hệ thống máy P&P**

Về cơ bản, một hệ máy SMT-P&P cần đảm bảo các vấn đề về năng suất, độ chính xác, tính ổn định, khả năng sử dụng linh hoạt, chi phí chế tạo phù hợp với quy mô sản xuất của máy và khả năng thay thế dễ dàng các thành phần. Đầu tiên, nguyên lý động học máy và đặc điểm chuyển động máy cần lựa chọn đơn giản, hiệu quả nhằm mục đích giảm sai số vận hành, tăng hiệu suất và dễ dàng thay thế các thành phần khi hỏng hóc. Bên cạnh các yêu cầu chính xác về khoảng cách giữa các bộ phận, kết cấu máy cần đảm bảo cứng vững và hạn chế tối đa các tác nhân gây rung động không muốn do đặc điểm thiết kế thực tế [13], [14]. Hơn nữa, hệ thống mạch điện và thuật toán điều khiển [14] cũng cần được quan tâm; chúng phải đủ khả năng điều khiển đồng bộ nhiều hệ thống cùng lúc, phối hợp tốt để gắp và thả các linh kiện một cách chính xác, đúng lúc. Việc gắp và thả nhanh chóng các linh kiện với các kích thước linh hoạt cũng phụ thuộc nhiều vào độ nhạy của cơ cấu chấp hành cuối – đầu hút chân không của máy. Ngoài ra, các hệ máy SMT-P&P cỡ nhỏ và chi phí thấp thường không đi kèm với các hệ thống giám sát hình ảnh, điều này dẫn đến việc phải căn chỉnh thủ công máy trong mỗi lần chạy máy. Do đó, trong máy SMT-P&P, hệ thống giám sát hoạt động là cần thiết để tăng độ chính xác khi hoạt động máy. Tương quan các yêu cầu hoạt động và khả năng đáp ứng của các bộ phận máy SMT-P&P được giới thiệu ở Bảng 1, khả năng làm việc linh hoạt của máy với các linh kiện khác nhau được giới thiệu ở Bảng 2.

**Bảng 1.** Tương quan đặc điểm hoạt động của máy SMT-P&P và tác động của các thành phần tạo nên máy

Đặc điểm	Nguyên nhân	Thành phần máy
Độ chính xác máy	- Dao động hệ thống - Sai số cấu trúc - Sai số điều khiển - Sai số góc và vị trí của linh kiện được lắp ráp trên mạch	- Cấu trúc khung máy - Động học/ động lực học máy - Động cơ điện và cơ cấu truyền động - Hệ thống giám sát sai số
Năng suất máy	- Tốc độ chạy máy - Thời gian và số lượt di chuyển - Tốc độ gắp và thả linh kiện - Tốc độ điều khiển và xử lý hình ảnh	- Hệ thống cung cấp khí nén & đầu hút - Động cơ điện - Hệ thống mạch điện và điều khiển - Hệ thống camera giám sát
Chi phí vận hành và sửa chữa	- Cấu trúc đơn giản hay phức tạp. - Nguồn cung cấp linh kiện cho máy	- Cấu trúc tổng thể máy - Hệ thống phần mềm quản lý chung của máy

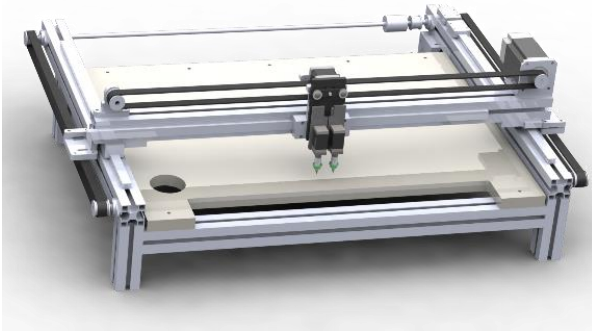
**Bảng 2.** Một số loại linh kiện có thể thao tác được với máy

Mã hiệu	Loại	Kích thước (Dài x Rộng)
0402	Tụ dán	1,0 x 0,5 (mm)
0603		1,6 x 0,8 (mm)
0805		2,0 x 1,2 (mm)
1206		3,2 x 1,6 (mm)
2512		6,4 x 3,2 (mm)
SOIC-8-N	Chip dán (Surface mount IC package)	4,8 x 3,8 (mm)
TSOP6		1,5 x 2,9 (mm)
SSOP8		5,3 x 12 (mm)
32 pins -LQFP		5 x 5 (mm)
Microstar 64 pins - BGA		8 x 8 (mm)

**3. Thiết kế và chế tạo**

**3.1. Cấu trúc cơ khí**

Kết cấu máy được thiết kế và chế tạo như Hình 2. Máy được dựng trong hệ trục Cartesian, có phần khung chính được biểu diễn theo hệ tọa độ Oxyz. Cơ cấu chấp hành cuối được gắn vào khung máy, chuyển động tịnh tiến theo 2 phương Ox và Oy, và có đầu hút chuyển động lên xuống theo nhờ phương Oz để gắp và thả linh kiện. Hai động cơ bước được sử dụng để tạo chuyển động ban đầu, thông qua bộ truyền đai để mang cơ cấu chấp hành cuối của máy di chuyển và thao tác linh hoạt trong không gian làm việc (550 x 400 (mm)). Đây là cấu trúc hoạt động đơn giản, hiệu quả và ít sai số chuyển động khi quy trình chế tạo và lắp ráp chi tiết được tuân thủ. Ngoài ra, một động cơ bước thứ 3 được gắn liền ở khâu chấp hành cuối nhằm mục đích di chuyển lên xuống (phương Oz) các đầu hút. Toàn bộ khung chính định hình tổng thể máy được tạo nên bởi hệ khung nhôm định hình 4040 vững chắc và có thể tháo lắp dễ dàng nếu muốn điều chỉnh kích thước vùng làm việc máy. Kích thước bao ngoài của máy SMT-P&P theo chiều dài và rộng lần lượt là 800 (mm) và 680 (mm).



Hình 2. Tổng thể cấu trúc máy SMT P&P

Bảng 3. Thông số động cơ bước Nema 23

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Kích thước (Dài x Rộng)	mm	58,5 x 58,5
Moment xoắn	Nm	2,2
Vi bước tối đa		1: 51200
Điện áp sử dụng	V	16 - 70
Dòng điện tối đa	A	4

Để tạo các chuyển động ban đầu cần thiết trong các hệ tọa độ, hệ máy được thiết kế trong nghiên cứu sử dụng động cơ bước có tích hợp sẵn cảm biến góc (encoder) để hỗ trợ các hệ thống điều khiển có phản hồi. Việc lựa chọn động cơ phụ thuộc (đặc biệt đối với các chuyển động theo phương  $O_x$  và  $O_y$ ) được xác định dựa trên lực kéo cần thiết cho hệ thống chuyển động khi có tải, theo công thức (1). Sau khi tính toán, động cơ NEMA 23 (Bảng 3) đã được sử dụng trong hệ máy SMT-P&P này.

$$M_{dc} = F.d.n = m.a.d.n \quad (1)$$

Trong đó:

$F$ : Lực kéo cần thiết để mang tải chuyển động (N).

$m$ : Khối lượng tải trọng cần dịch chuyển.

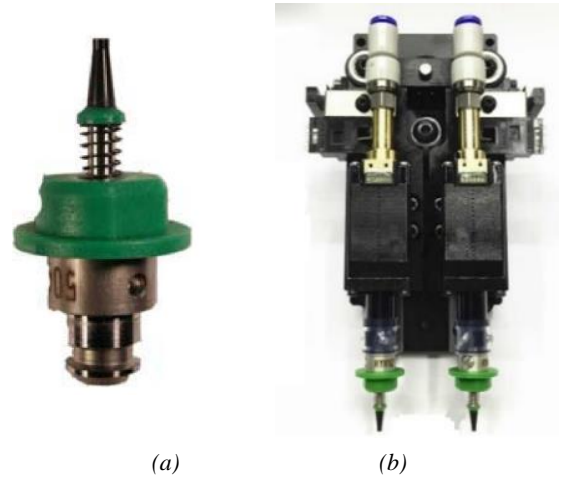
$d$ : Bán kính của Pulley bộ truyền đai.

$n$ : Hệ số an toàn ( $n = 2$ ).

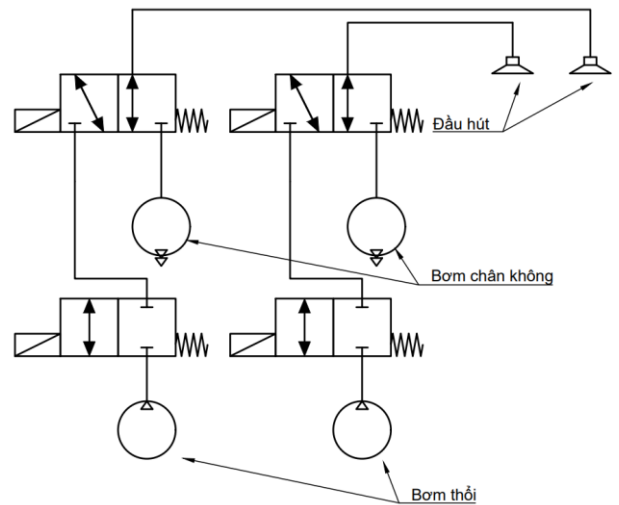
### 3.2. Hệ thống gấp và thả linh kiện

Cơ cấu gấp và thả linh kiện là bộ đầu hút đôi, giúp thao tác nhanh, tăng năng suất và giảm rung động máy. Trong thiết kế này, máy SMT-P&P sử dụng loại đầu hút Juki có kết cấu như Hình 3 [15]. Đây là loại đầu hút có khả năng thay thế dễ dàng, kích thước đa dạng và có thể thao tác với nhiều loại linh kiện có các kích cỡ khác nhau.

Hệ thống kiểm soát khí nén vào - ra tại các đầu hút được mô tả trong Hình 4. Mỗi đầu hút được gắn với các bộ bơm chân không thông qua hai van solenoid 3/2 để đưa hệ thống khí đến các đầu hút một cách riêng biệt, tránh ảnh hưởng lẫn nhau. Hơn nữa, trong thiết kế này, loại bơm hút mini lắp trực tiếp dưới chân máy và không cần hệ thống cấp khí nén phụ trợ bên ngoài được sử dụng; điều này giúp máy dễ dàng di chuyển và tiện lợi cho việc sử dụng. Ngược lại, loại bơm thổi được sử dụng ở thao tác thả linh kiện là loại có lưu lượng và áp lực nhỏ hơn để không làm bay linh kiện khỏi đầu hút quá nhanh. Trong một chu trình hoạt động gấp và thả linh kiện, khi cần thả linh kiện, các van hút sẽ đóng, đồng thời mở van thổi trong thời gian ngắn để xả chân không tạo lực đẩy nhẹ giúp linh kiện rời khỏi đầu hút.



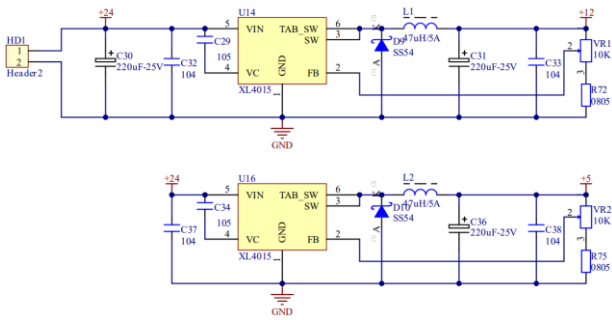
Hình 3. Cơ cấu đầu hút đôi Juki [15]: (a) đầu hút; (b) cơ cấu chấp hành cuối của máy thực tế sử dụng 2 đầu hút



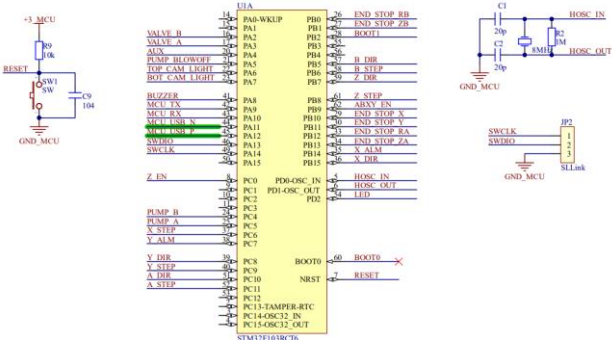
Hình 4. Sơ đồ nguyên lý hệ thống khí nén

### 3.3. Hệ thống mạch điện - điện tử

Hệ thống mạch điện - điện tử có nhiệm vụ làm đầu não trung tâm, kết nối với máy tính, nhận và truyền tín hiệu điều khiển đến các cơ cấu chấp hành. Một sơ đồ mạch như vậy có thể gồm 5 phần chính: Khối nguồn, khối giao tiếp, khối vi điều khiển, khối tín hiệu cảm biến, và khối công suất động cơ. Ở đây, khối nguồn tạo ra các điện áp đầu vào cho vi điều khiển, cảm biến và cơ cấu chấp hành của hệ thống. Sơ đồ nguyên lý mạch nguồn công suất chính dành cho cảm biến và các cơ cấu chấp hành được giới thiệu trong Hình 5. Nguồn 24V sử dụng IC XL4015 để tạo ra hai cấp điện áp 12V và 5V cấp cho thiết bị với dòng điện tối đa 5A. Trong khi khối giao tiếp trong mạch có nhiệm vụ kết nối mạch điều khiển với máy tính; thì khối vi điều khiển có nhiệm vụ xử lý tín hiệu cảm biến, nhận và xuất tín hiệu điều khiển các cơ cấu chấp hành. Sơ đồ nguyên lý mạch khối vi điều khiển được thể hiện ở Hình 6. Trong đó, thành phần chính của khối vi điều khiển là chip xử lý STM32F103 của hãng ST Electronics, cho tốc độ xử lý cao và ổn định. Cuối cùng, khối cảm biến và khối công suất động cơ có nhiệm vụ hỗ trợ thuận lợi quá trình kết nối giữa tín hiệu cảm biến hay tín hiệu điều khiển các động cơ đến với khối vi điều khiển.

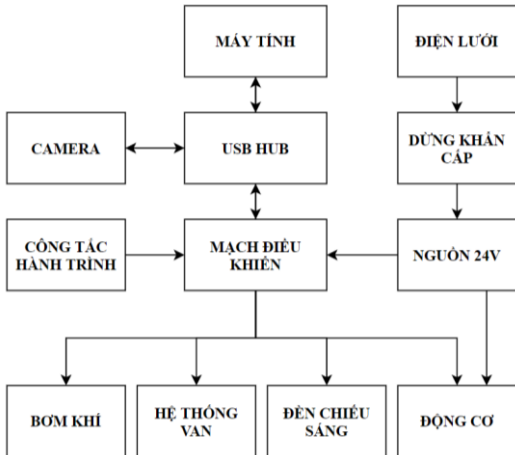


Hình 5. Sơ đồ nguyên lý mạch nguồn công suất



Hình 6. Sơ đồ nguyên lý vi điều khiển

Sơ đồ kết nối mạch điều khiển với các bộ phận khác trong sơ đồ mạch điện tổng thể của máy được mô tả trong Hình 7. Hệ thống kết nối này có nhiệm vụ cung cấp nguồn điện cho các cơ cấu và hỗ trợ truyền tải tín hiệu điều khiển các bộ phận khác nhau của máy SMT-P&P. Mạch điều khiển của máy được kết nối với máy tính qua cổng giao tiếp USB, truyền tải tín hiệu điều khiển đến các hệ thống kiểm soát khí nén, đèn chiếu sáng và động cơ. Một nguồn điện 24V được sử dụng để cung cấp năng lượng cho cả mạch điều khiển và động cơ, nguồn này được nối với điện lưới và có cơ cấu ngắt khẩn cấp trong các trường hợp gặp sự cố. Ngoài ra, hệ thống giám sát (camera) có nhiệm vụ thu thập dữ liệu hoạt động trong quá trình vận hành máy cũng được kết nối với máy tính qua cổng giao tiếp USB.

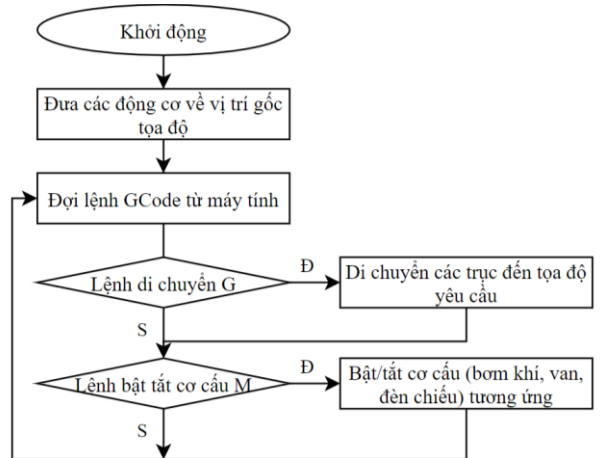


Hình 7. Sơ đồ kết nối các bộ phận máy

3.4. Cấu trúc điều khiển

Cấu trúc điều khiển máy SMT-P&P được mô tả như Hình 8. Cách điều khiển hệ thống máy SMT-P&P được thiết kế vận hành theo ngôn ngữ lập trình G-code của máy

gia công CNC. Đầu tiên, các nhóm lệnh G-code, cấu hình camera, lệnh thiết lập động cơ... được hỗ trợ cài đặt trong chương trình điều khiển thông qua phần mềm ‘Mach3’. Đây là một phần mềm hỗ trợ thiết lập các tính năng chương trình cho hệ thống có cấu trúc như kiểu máy CNC, hỗ trợ đọc file tọa độ, thiết lập các cấu hình máy theo yêu cầu của người dùng (đặc điểm câu lệnh), gửi Gcode cho máy để thực hiện các yêu cầu cần thiết. Bảng mô tả tóm tắt đặc điểm các nhóm lệnh G-code cần thiết đã thiết lập cho hệ máy SMT-P&P được mô tả ở Bảng 4. Các lệnh G được sử dụng làm lệnh dịch chuyển, trong khi các lệnh M được quy định cho các nhóm lệnh chức năng (bật/tắt cơ cấu) như: Điều khiển bơm khí, van, đèn chiếu... Vị trí nhận linh kiện trong kho linh kiện và vị trí cần lắp ráp nó trên mạch điện được khai báo và thiết lập từ trước trong chương trình điều khiển máy. Khi được khởi động, máy sẽ chủ động đưa khâu chấp hành cuối (đầu hút) về vị trí tọa độ gốc. Sau khi nhận lệnh di chuyển các cơ cấu đến vị trí mong muốn (như vị trí chọn và lấy linh kiện trong kho linh kiện, vị trí thả linh kiện trên mạch điện). Tùy vào vị trí và trạng thái dừng lại của cơ cấu chấp hành cuối (gấp hay thả linh kiện, vị trí cần soi và kiểm tra góc lệch linh kiện trước khi ráp), mà các lệnh M thuộc nhóm lệnh thực thi chức năng được sử dụng. Cứ như vậy, máy sẽ thực thi các nhóm lệnh G và M theo các quy tắc yêu cầu từ máy, cho đến khi toàn bộ linh kiện cần thiết được hoàn thành lắp ráp trên máy.



Hình 8. Sơ đồ nguyên lý điều khiển máy

Bảng 4. Nhóm lệnh G-Code sử dụng với máy SMT-P&P

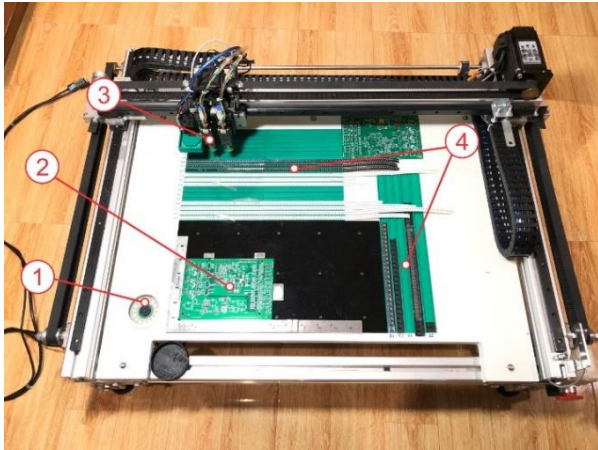
Ký hiệu	Chức năng
X, Y, Z,	Di chuyển tịnh tiến các trục X, Y, Z quay trục A, B, C (quanh các trục X, Y, Z)
F	Điều chỉnh tốc độ di chuyển máy
G	Xác định kiểu di chuyển (di chuyển nhanh, đường thẳng, đường tròn), hoặc chuyển đổi đơn vị, hệ tọa độ, độ dời góc tọa độ...
M	Lệnh hỗ trợ, thường dùng để điều khiển cơ cấu chấp hành như van, bơm...
T	Thay đầu hút

4. Kết quả

Mô hình máy SMT-P&P hoàn chỉnh được thể hiện ở Hình 9. Mạch điện tổng thể hoàn thiện của máy như Hình 10 được đặt trong một hộp kín đặt phía dưới chân máy.



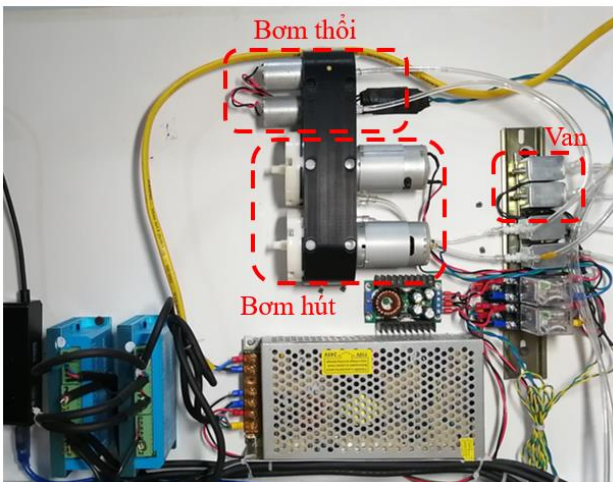
Đồng thời, cũng tại vị trí này, hệ thống kiểm soát được bố trí gọn theo cụm chức năng gồm các bơm thổi, hút và các van điều khiển khí nén như Hình 11.



Hình 9. Hệ thống máy SMT-P&P sau khi chế tạo



Hình 10. Hệ thống mạch điện hoàn chỉnh của máy SMT-P&P



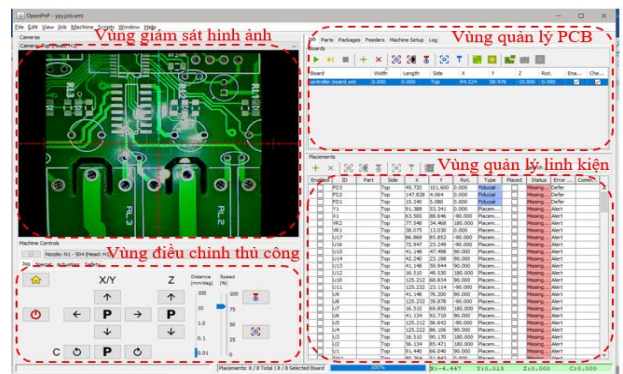
Hình 11. Sơ đồ thực tế hệ thống khí nén của máy SMT-P&P

Để vận hành được hệ thống, một chương trình điều khiển máy SMT-P&P được biên soạn trong nền tảng phần mềm mã nguồn mở OpenPnP. Giao diện chính của chương trình được mô tả trong Hình 12, gồm 4 phân vùng chính: vùng giám sát hình ảnh, vùng quản lý PCB, vùng quản lý linh kiện, và vùng phím điều chỉnh thủ công máy. Thêm vào đó, trong chương trình điều khiển, các tín hiệu

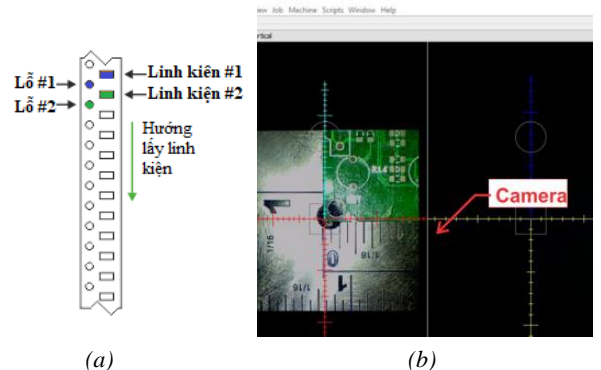
hình ảnh từ camera được thể hiện trực tiếp trong “vùng giám sát hình ảnh”, trong khi các tín hiệu các cảm biến khác và các khâu chấp hành được giám sát bởi chương trình thông qua mạch điều khiển trung tâm. Khi máy hoạt động, cơ cấu chấp hành – đầu hút của máy (3) sẽ tiến hành lựa chọn các linh kiện (4) cần thiết theo yêu cầu lắp ráp mạch điện thiết kế, căn chỉnh hướng và góc nghiêng của linh kiện tại vùng đèn soi (1) trước khi thả linh kiện đó lên trên bảng mạch đang thao tác.

Để đảm bảo độ chính xác, các linh kiện lắp đặt lên mạch in sẽ được phân loại và xếp thành chuỗi (dây linh kiện) trong vùng lấy linh kiện (4), đồng thời quá trình gấp thả được giám sát bằng hệ thống camera. Các dây linh kiện có dây các lỗ định vị cách đều nhau như Hình 13(a). Người dùng khai báo tọa độ lỗ bắt đầu của dây linh kiện và loại linh kiện của dây đó, máy sẽ thực hiện chọn từng linh kiện theo thứ tự công việc tùy thuộc vào yêu cầu cần thiết của từng nhiệm vụ thực thi. Bên cạnh đó, độ chính xác của các linh kiện khi lắp đặt vào mạch được giám sát bằng hệ thống camera để soi chiếu góc và vị trí cần lắp đặt linh kiện như Hình 13(b).

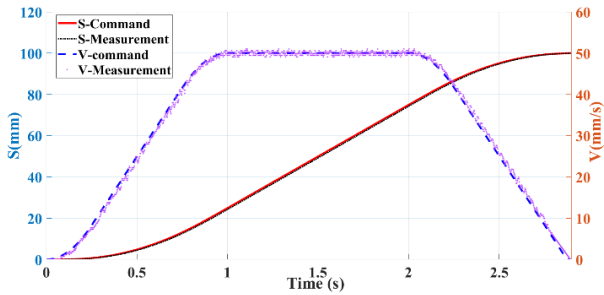
Để giảm dao động hệ thống trong suốt quá trình hoạt động máy, dạng tín hiệu đầu vào của các động cơ theo trục X và Y của máy sẽ được kiểm soát theo dạng S-curve, đáp ứng vận tốc và vị trí động cơ so với tín hiệu điều khiển đầu vào được mô tả trong đồ thị Hình 14. Cuối cùng, kết quả mạch điện sau lắp ráp đủ các linh kiện được thực hiện tự động và hoàn chỉnh với mẫu máy SMT-P&P đã thiết kế được thể hiện như Hình 15. Kết quả này cho thấy, mô hình máy SMT-P&P được điều khiển với vi xử lý STM32F103 có thể tạo ra các mạch in chất lượng và thẩm mỹ.



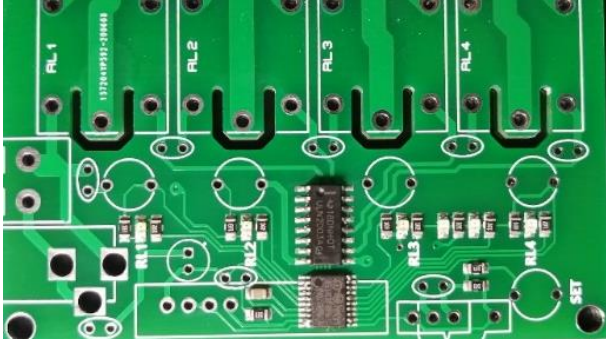
Hình 12. Chương trình điều khiển máy SMT-P&P



Hình 13. Cách thức nhận dạng vị trí linh kiện (a) và vị trí lắp đặt linh kiện trên bảng mạch (b)



Hình 14. Đáp ứng của động cơ theo tín hiệu điều khiển



Hình 15. Kết quả mạch sau khi thực hiện lắp ráp trên máy SMT-P&P

## 5. Kết luận

Bài báo này mô tả cách thức tạo ra hệ thống máy lắp ráp linh kiện điện tử cỡ nhỏ (máy SMT P&P) sử dụng trong dây chuyền SMT. Trước tiên, quy trình hoạt động và các yêu cầu cụ thể đối với máy SMT P&P được mô tả cụ thể. Thêm vào đó, cấu trúc hệ thống, mạch điều khiển sử dụng vi điều khiển STM32F103 và chương trình điều khiển máy đã được mô tả. Dựa trên các đặc điểm hệ thống đó, các kết quả đạt được từ mô hình vận hành thực tế của máy SMT P&P được thể hiện và đánh giá.

Để vận hành được hệ thống, một chương trình điều khiển máy SMT-P&P được biên soạn trong nền tảng phần mềm mã nguồn mở OpenPnP. Giao diện chính của chương trình gồm 4 phân vùng chính: Vùng giám sát hình ảnh, vùng quản lý PCB, vùng quản lý linh kiện, và vùng phím điều chỉnh thủ công máy. Ngoài ra, để giảm dao động hệ thống trong suốt quá trình hoạt động máy, dạng tín hiệu đầu vào của các động cơ theo trục X và Y của máy sẽ được kiểm soát theo dạng S-curve, đáp ứng vận tốc và vị trí động cơ so với tín hiệu điều khiển đầu vào.

**Lời cảm ơn:** Nhóm tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ kinh phí thực hiện nghiên cứu trong bài báo từ Công ty IMWI Technology.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] R. P. Prasad, *Surface Mount Technology – Principle and practice*, Springer, Boston, MA, 1997.
- [2] A-D. Pham and H-J. Ahn, “High precision reducers for industrial robots driving 4th industrial revolution: state of arts, analysis, design, performance evaluation and perspective”, *Int. J. of Precision Eng. and Manu.-Green Technology*, vol. 5, no. 4, pp. 519-533, 2018.
- [3] T. Hakuta and M. Ishikawa, “The Application of Surface Mount Technology in Consumer Products”. *MRS Online Proceedings Library*, vol. 264, pp. 297–304, 1992.
- [4] J. L. Turino, “*Design to Test*”, Springer, Dordrecht, 1990. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-6044-5\\_12](https://doi.org/10.1007/978-94-011-6044-5_12).
- [5] C. Y. Huang, “Applying multivariate analysis to analyze and improve component rejection by pick and place machines”. *Int. J. Adv. Manuf. Tech.*, vol. 96, pp. 1265–1281, 2018.
- [6] H. Y. Lin, C. J. Lin and M. L. Huang, “Optimization of printed circuit board component placement using an efficient hybrid genetic algorithm”. *Applied Intelligence*, vol. 45, pp. 622–637, 2016.
- [7] M. Vellanki and C. H. Dagli, “A Hybrid Intelligent Architecture for Automated PCB Assembly”. *Proceedings of a Joint US/German Conference*, USA, 1991, pp. 346-368.
- [8] S. Reinhardt *et al.*, “Development and validation of a digital twin framework for SMT manufacturing”, *Computers in industry*, vol. 145, pp. 103831, 2023.
- [9] D. Glenda, “The impact of surface mount technology on electronics manufacturing”, *Microelectronics Journal*, vol. 17, no. 2, pp. 5-11, 1986.
- [10] I. Balázs, K. Olivér, and G. Attila, “*Reflow Soldering*”, Elsevier, 2020, pp. 1-62.
- [11] K. Na and Y-H. Kang, “Relations between Innovation and Firm Performance of Manufacturing Firms in Southeast Asian Emerging Markets: Empirical Evidence from Indonesia, Malaysia, and Vietnam”, *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, vol. 5, no. 4, pp. 98, 2019.
- [12] SmallSMT, “Vision Placer VP-2500D-CL22 double head CL and Push feeder machine”, *smallsmt.biz*, 2023, [Online] Available: <https://www.smallsmt.biz/vision-placer-budget-pick-and-place-machine/>, [Accessed: August 04, 2023].
- [13] H.N. Le et.al. “System identifications of a 2DOF pendulum controlled by QUBE-servo and its unwanted oscillation factors”, *Archive Mechanical Engineering*, vol. 67, no. 4, pp. 435-450, 2020.
- [14] A. D. Pham and H.J. Ahn, “Evaluation of input shaping methods for the nonlinear vibration system using a Furuta pendulum”, *J. of the Korean Society for Precision Eng.*, vol. 37, no. 11, pp. 827-833, 2020.
- [15] Juki Automation systems, *Nozzle application catalogue*, Juki systems AG, 2004.