

XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN THIẾT BỊ ĐIỆN ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ INTERNET OF THINGS BUILDING ELECTRICAL APPLIANCE CONTROL SYSTEM APPLYING INTERNET OF THINGS TECHNOLOGY

Trần Thanh Hà¹, Lê Ngọc Quý Văn¹, Trần Thanh²

¹Trường Cao đẳng Công nghệ - Đại học Đà Nẵng; thanhhadhn@gmail.com

²Công ty Cổ phần Tin học và Viễn thông T&H; thanhtnhdn@gmail.com

Tóm tắt - Hệ thống điều khiển thiết bị điện ứng dụng công nghệ Internet of Things được xây dựng gồm: Phần cứng sử dụng Module Wifi ESP-12E có khả năng lập trình và kết nối qua Internet để nhận lệnh điều khiển từ xa, đóng vai trò là thiết bị chấp hành, đồng thời đọc tín hiệu từ công tắc cảm ứng điện dung để thực hiện việc đóng/ngắt tải tiêu thụ nguồn trực tiếp từ lưới điện xoay chiều 220 VAC. Phần mềm điều khiển cài đặt trên thiết bị di động sử dụng ứng dụng Blynk và khai báo các thông số cổng xuất tín hiệu trong widget tương tác, đồng thời nhận chuỗi mã xác thực từ server để thành lập kênh truyền thông. Như vậy, người dùng có thể điều khiển và giám sát trạng thái hoạt động của thiết bị điện ở bất kỳ nơi nào có Internet.

Từ khóa - mạng lưới thiết bị kết nối Internet; công tắc thông minh; cảm ứng điện dung; môi trường phát triển tích hợp Arduino; mã xác thực; hệ thống điều khiển tự động hóa.

1. Đặt vấn đề

Internet of Things (viết tắt IoT) là mạng lưới thiết bị kết nối Internet, được điều khiển bởi các mạch điện tử, phần mềm, cảm biến, cơ cấu chấp hành, ..., cùng với khả năng kết nối mạng máy tính giúp cho các thiết bị này có thể thu thập và truyền tải dữ liệu, trong đó, mỗi thiết bị được nhận dạng và tích hợp vào mạng lưới truyền thông, đồng thời giữa các thiết bị có khả năng phối hợp với nhau trong cùng hạ tầng mạng. Hệ thống IoT là sự kết hợp giữa công nghệ kết nối không dây, thiết bị nhúng và Internet để có thể điều khiển các thiết bị từ xa thông qua địa chỉ IP (Internet Protocol) định danh, từ đó làm tăng hiệu quả, độ tin cậy của hệ thống thiết bị mà không cần đến sự tương tác trực tiếp của con người [1]. Ứng dụng của IoT rất đa dạng, trong các lĩnh vực như: quản lý hạ tầng, y tế, xây dựng và tự động hóa, giao thông ... Các hãng công nghệ lớn trên thế giới như Cisco, Intel, Microsoft, Google đã công bố những giải pháp khai thác và đang đẩy mạnh nguồn tài trợ cho các cuộc thi ý tưởng sáng tạo IoT vì nhận thấy tiềm năng phát triển của nó trong tương lai [2].

Tại Việt Nam, IoT đã được ứng dụng từ lâu dưới các hình thức tự động hóa như hệ thống điều khiển đèn giao thông, trạm thu phí không dừng, hệ thống tưới tiêu tự động, nhà thông minh... Về nguyên lý cơ bản, mỗi thiết bị ngoài việc đảm nhiệm chức năng hoạt động ban đầu và được tích hợp thêm khả năng kết nối truyền thông, để có thể tương tác linh hoạt hơn là tiêu chí xây dựng thành hệ thống thông minh. Trong phạm vi bài báo này, nhóm tác giả đã nghiên cứu thiết kế **thiết bị đóng ngắt phụ tải tiêu thụ nguồn điện lưới 220 VAC bằng công tắc cảm ứng cách ly, đồng thời có thể điều khiển từ xa bằng ứng dụng cài đặt trên thiết bị di động thông qua Internet**, nhằm thay thế loại công tắc cơ khí truyền thống mà vẫn giữ nguyên sự bố trí đường dây điện và hộp nối chôn ngầm trong tường sẵn có, tạo thuận tiện cho

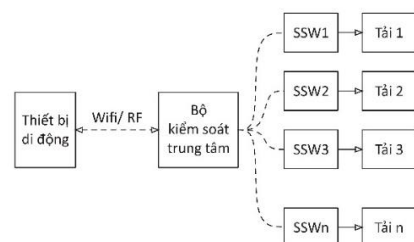
Abstract - The Internet of Things appliance control system consists of a hardware that uses the ESP-12E programmable wifi module and connects via the Internet to receive remote control commands as the actuator and read the signal from the capacitance sensing switch to perform the power off/on of the power supply directly from the 220 VAC mains. The other part of the system is a software installed on the mobile device that uses the Blynk application and declares the output port of the signal in the interactive widget, as well as receives the authentication code from the server to establish the communication channel. Thus, users can control and monitor the operation status of electrical equipment anywhere there is Internet.

Key words - Internet of Things; smart switch; capacitive sensor; Arduino IDE (Integrated Development Environment); authentication code; automatic control system.

việc lắp đặt thiết bị mới nhanh chóng mà không cần can thiệp nhiều vào kết cấu xây dựng. Đây là giải pháp điều khiển thiết bị thông minh và tiết kiệm chi phí đầu tư, phù hợp với đa số căn hộ sinh hoạt trong giai đoạn hiện nay.

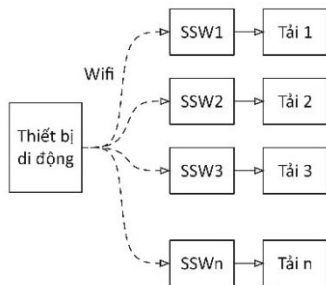
2. Giải quyết vấn đề

Qua khảo sát về chức năng kỹ thuật của những sản phẩm tương tự đã xuất hiện trên thị trường hiện nay, có 2 loại nổi bật đó là: công tắc điện thông minh điều khiển từ xa qua Internet của Broadlink TC2 [3] chuẩn US, và công tắc cảm ứng LM-S1 [4] của Công ty Lumi Việt Nam. Mỗi loại đều có ưu, nhược điểm riêng nhưng đều sử dụng công nghệ kết nối không dây Zigbee, và ngoài việc lắp đặt công tắc thông minh còn phải trang bị thêm bộ kiểm soát trung tâm để quản lý các thiết bị đã khai báo kết nối với hệ thống. Như vậy, khi người sử dụng thực hiện việc điều khiển từ xa thông qua ứng dụng trên thiết bị di động để bật/tắt phụ tải trong lưới điện, thực chất là gửi một lệnh đến bộ kiểm soát trung tâm, tiếp theo trung tâm sẽ phân luồng và chuyển tiếp lệnh đó đến địa chỉ của công tắc tương ứng để đóng/ngắt thiết bị. Phương pháp gián tiếp (Hình 1) này có ưu điểm là: dễ dàng quản lý tất cả các thiết bị điện, có thể mở rộng phần cứng hệ thống bằng cách khai báo trên bộ kiểm soát trung tâm, phù hợp với mô hình điều khiển có số lượng thiết bị lớn.



Hình 1. Phương pháp điều khiển gián tiếp

Phương pháp mà nhóm tác giả lựa chọn thực hiện là tạo sự kết nối trực tiếp từ thiết bị di động đến từng phần tử công tắc thông minh (Hình 2) để điều khiển việc đóng/ngắt tải. Việc phân luồng tín hiệu được thực hiện bằng cách thiết kế phần mềm ứng dụng cài đặt trên thiết bị di động, sao cho người sử dụng có thể tùy biến linh hoạt theo từng trường hợp áp dụng thực tế tại vị trí lắp đặt thiết bị. Nghĩa là, trên phần mềm được chia thành từng trang riêng biệt, mỗi trang tương ứng sẽ kết nối với một công tắc thông minh qua địa chỉ IP độc lập, và số kênh điều khiển trong các trang này có thể được thay đổi bởi người sử dụng như: thêm vào phần tử điều khiển, hoặc loại bỏ phần tử đang có để phù hợp với từng mục đích khác nhau.



Hình 2. Phương pháp điều khiển trực tiếp

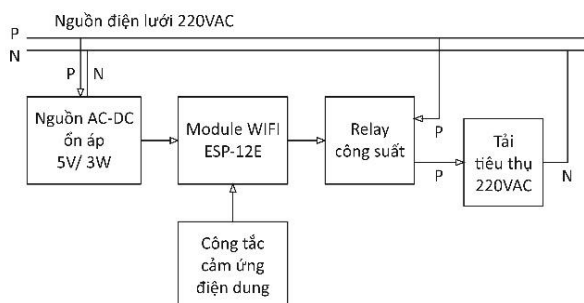
Như vậy, sự khác biệt rõ nét giữa 2 phương pháp điều khiển là:

- Phương pháp điều khiển gián tiếp cần phải qua bộ kiểm soát trung tâm, và thiết bị di động đóng vai trò là thành phần phát lệnh từ người sử dụng, chỉ cần kết nối đến một địa chỉ IP duy nhất.
- Trong khi đó, với phương pháp điều khiển trực tiếp thì thiết bị di động cần kết nối đến nhiều địa chỉ IP riêng biệt tương ứng với từng công tắc, nhiệm vụ phân luồng tín hiệu được khai báo trực tiếp ngay trong phần mềm.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Sơ đồ khối hệ thống

Từ yêu cầu sử dụng đối với thiết bị công tắc thông minh trong điều kiện thực tế đặt ra như sau: mạch điều khiển cần được tích hợp bộ phận chuyển đổi mức nguồn từ điện lưới 220 VAC trở thành mức 5 VDC ổn định để cung cấp cho các thành phần trong mạch; có chức năng truyền thông qua Internet để điều khiển từ xa; có thể tác động trực tiếp bằng cách chạm tay để thay đổi trạng thái đóng/ngắt của tải tiêu thụ, đảm bảo sự an toàn và độ bền trong quá trình sử dụng. Nhóm tác giả đã nghiên cứu và xây dựng bộ cục phần cứng cho thiết bị công tắc điều khiển thông minh gồm các khối chức năng như Hình 3.



Hình 3. Sơ đồ khối cấu tạo phần cứng của công tắc thông minh

Nguyên lý hoạt động tổng quát của thiết bị như sau: Khi sử dụng trong mục đích đóng/ngắt tải, hai khối “Module Wifi ESP-12E” và “Công tắc cảm ứng điện dung” có tác dụng điều khiển tương đương, tức là nếu người dùng chạm tay trực tiếp vào vùng cảm ứng của công tắc điện dung, khối này sẽ gửi 1 tín hiệu đến “Relay công suất” (thông qua khối trung gian ESP-12E) để làm thay đổi trạng thái hiện tại của Relay từ tắt sang dẫn, hoặc ngược lại nếu đang dẫn sẽ chuyển thành tắt, và điều này dẫn đến sự thay đổi trạng thái của “Tải tiêu thụ”. Tương tự như vậy, thông tin về trạng thái hiện tại được lưu trong vùng nhớ SRAM của “Module ESP-12E” và nó được lập trình sao cho khi khối này nhận được 1 lệnh gửi đến từ phần mềm điều khiển thích hợp đã cài đặt trên thiết bị di động thông qua kết nối wifi, sẽ thực hiện việc đảo ngược trạng thái trước đó.

Ngoài ra, kích thước tổng thể của mạch được thiết kế lắp đặt vừa trong hộp nối dây chôn tường 7cm × 12cm tiêu chuẩn, để công tác đấu nối thay thế trên bảng điện không làm ảnh hưởng đến hệ thống dây điện hiện tại và đạt yêu cầu về tính thẩm mỹ.

3.2. Cấu trúc phần cứng

3.2.1. Công tắc cảm ứng

Thành phần chính tạo nên module cảm ứng điện dung (Hình 4) có tác dụng phát hiện trạng thái khi chạm tay là IC AT42QT1010, đây là bộ cảm biến số hoạt động theo cơ chế nạp điện tích vào bản cực tụ để mô phỏng trường cảm ứng, sử dụng các chu kỳ chuyển đổi điện áp để thu tín hiệu, có thời gian đáp ứng nhanh, đạt khoảng cách vài cm cảm ứng xuyên thấu qua bề mặt vật liệu cách điện như: thủy tinh, nhựa, đá, gốm hay gỗ.



Hình 4. Cảm ứng điện dung AT42QT1010

Các tín hiệu sau khi nhận được phải trải qua giai đoạn xử lý số để loại bỏ nhiễu xung, bằng cách sử dụng bộ lọc “đồng thuận” đòi hỏi 4 lần xác nhận liên tiếp của 1 phát hiện trước khi đầu ra được kích hoạt lên mức logic cao. Sau đó bộ đếm xung đầu vào được đặt lại về 0 (trạng thái chờ) cho đến khi có sự tác động tiếp theo [5].

3.2.2. Module Wifi ESP-12E

Là module UART-Wifi tiêu thụ điện năng thấp, được thiết kế đặc biệt cho các thiết bị di động và ứng dụng IoT, với chức năng kết nối Internet và mạng nội bộ bằng sóng không dây wifi chuẩn IEEE802.11b/g/n, giao thức TCP/IP hoàn chỉnh. Phần lõi là bộ xử lý 32bit ESP8266 [6] với kích thước nhỏ, có thể lập trình để khởi động trực tiếp từ vùng nhớ Flash có dung lượng 4 MB, hỗ trợ tốc độ xung đồng bộ 80 MHz cho phép đạt mức tối đa 16 MHz.



Hình 5. Module Wifi ESP-12E

X₁ dao động thạch anh ngoài tần số được hỗ trợ bao gồm 40 MHz, 26 MHz và 24 MHz, độ chính xác áp dụng là $\pm 10\text{PPM}$, phạm vi nhiệt độ hoạt động từ -20°C đến 85°C .

3.2.3. Nguồn AC-DC

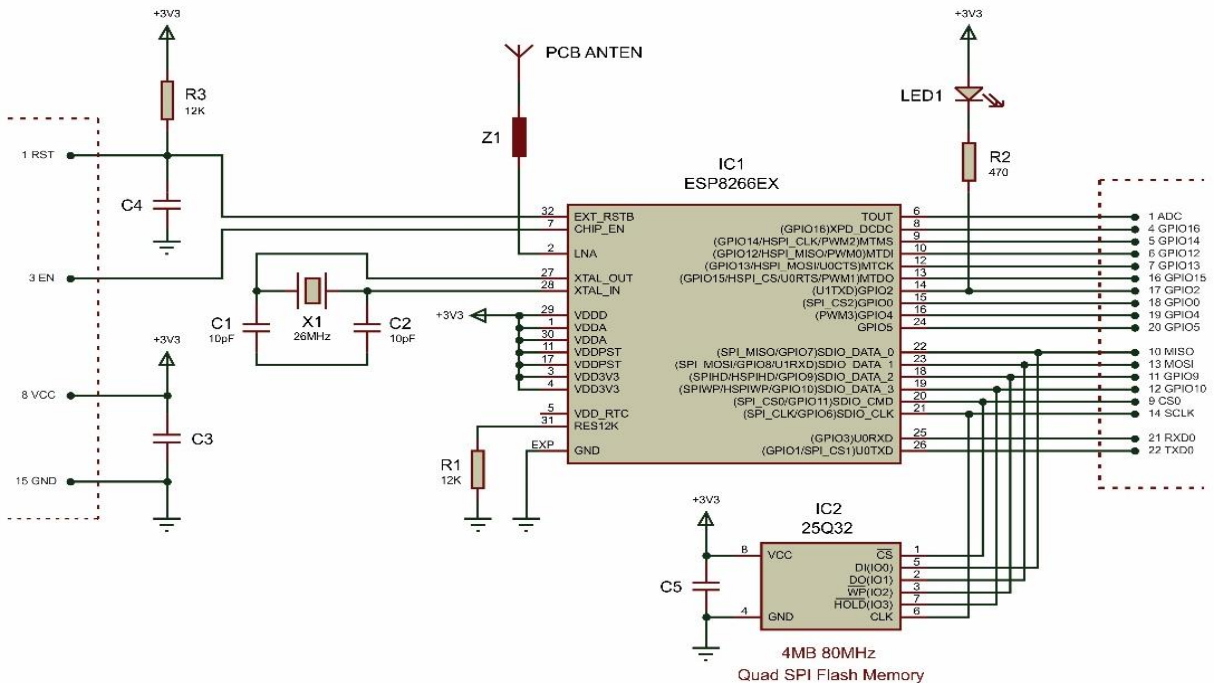
Mạch nguồn xung chuyển đổi mức điện áp xoay chiều AC thành mức 5 VDC ổn áp, công suất tối đa 3 W, có thành phần hồi tiếp âm giữ cho điện áp ngõ ra luôn ổn định, tự bảo vệ khi ngắn mạch, độ gợn điện áp và nhiễu thấp [9].



Hình 6. Module AC-DC HLK-PM01

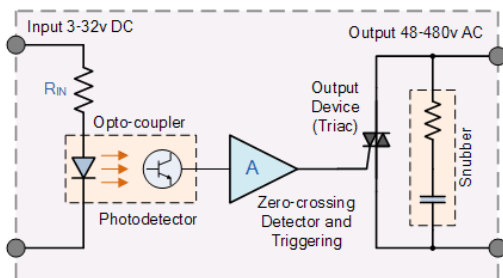
Thông số kỹ thuật:

Điện áp vào: 100 V ~ 270 V (AC);



Hình 7. Sơ đồ nguyên lý của Module ESP-12E

3.2.4. Mạch Relay



Hình 8. Cấu tạo relay thể rắn

Solid State Relay -SSR (hay còn gọi là relay bán dẫn)

Điện áp ngõ ra: 5 VDC;

Dòng ra lớn nhất: 600 mA;

Nhiệt độ hoạt động: $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$;

Thời gian sử dụng tối đa: MTBF ≥ 100.000 h.

Kích thước tổng thể bên ngoài của module là: 16 mm × 24 mm × 3 mm (Hình 5) dạng SOP-210mil, thành phần antenna 3dB được tích hợp trực tiếp trên board mạch. Các thông số kỹ thuật chi tiết của ESP-12E tham khảo thêm từ datasheet tại địa chỉ: <http://www.ai-thinker.com>

IC₁ ESP8266 là dạng chip SoC (system on chip) [7] được nhúng với bộ điều khiển bao gồm SRAM và ROM. MCU (microcontroller unit) [8] có thể truy cập bộ nhớ đơn vị thông qua giao diện iBus, dBus, và AHB theo yêu cầu, trong khi bộ xử lý sẽ quyết định trình tự thực thi theo thời gian khi tiếp nhận các yêu cầu.

IC₂ là bộ nhớ Flash ngoài, truyền thông tốc độ cao theo chuẩn nối tiếp SPI (serial peripheral bus), có tác dụng lưu trữ các đoạn mã của người lập trình.

Sơ đồ nguyên lý, Hình 7.

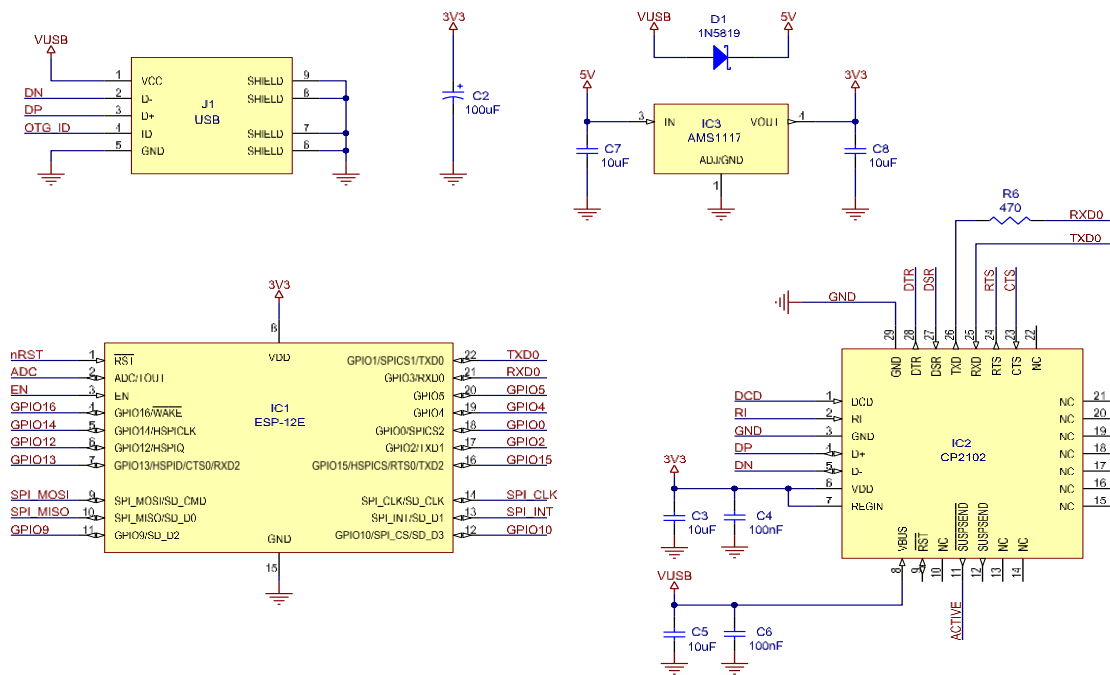
là loại relay sử dụng linh kiện bán dẫn Thyristor (SCR) để thay thế cho tiếp điểm cơ khí, làm nhiệm vụ dẫn dòng điện có cường độ lớn đi qua trên phụ tải khi nó nhận được tín hiệu điều khiển ở ngõ vào, việc bảo vệ giữa mạch điều khiển và điện áp cao ở tải đầu ra được thực hiện bởi thành phần Opto cách ly quang [10].

Ưu điểm chính của SSR là độ tin cậy cao, giảm nhiễu điện từ EMI, không phóng hồ quang điện và thời gian đáp ứng nhanh.

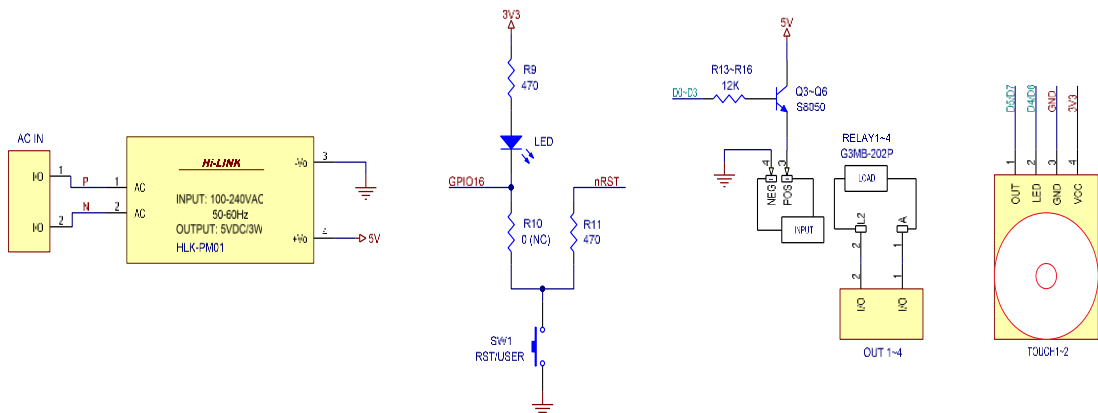
Nhược điểm: phát sinh nhiệt nên cần được tản nhiệt thích hợp, tuổi thọ ngắn.

3.3. Mô hình sản phẩm

3.3.1. Sơ đồ nguyên lý chi tiết



Hình 9. Sơ đồ nguyên lý mạch xử lý tín hiệu



Hình 10. Sơ đồ nguyên lý mạch công suất

Chức năng hoạt động của các thành phần linh kiện trong sơ đồ mạch (Hình 9 và 10) như sau:

IC₁ ESP-12E: là mạch tích hợp vi xử lý ESP8266 và Module Wifi, đóng vai trò điều khiển trung tâm.

Tụ C₂ lọc nguồn 3V3.

IC₂ CP2102: giao tiếp với máy tính kiểu UART (Universal Asynchronous Receiver/ Transmitter) truyền thông tin nối tiếp không đồng bộ.

IC₃ AMS1117 mạch ổn áp nguồn 3V3.

SW₁ nút nhấn reset trực tiếp.

Q₃ ÷ Q₆ S8050 các transistor đệm dòng cho relay.

Relay G3MB đóng/ngắt tải công suất.

HLK-PM01 mạch nguồn xung chuyển đổi mức điện áp 220 VAC thành 5 VDC ổn áp.

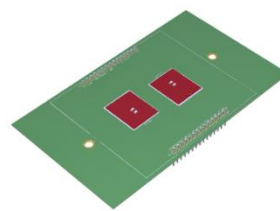
D₁ 1N5819 diode schottky bảo vệ điện áp ngược cho cổng USB.

J₁ cổng USB 2.0 kết nối với máy tính.

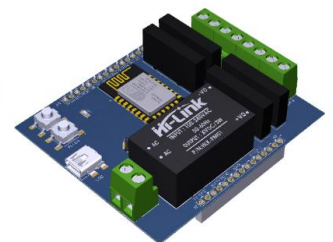
Touch₁ và Touch₂ là các công tắc cảm ứng chạm tay.

3.3.2. Mạch in sản phẩm

Khi kết hợp các module thành phần lại thành mạch điều khiển thống nhất sẽ có dạng như Hình 11 và 12.



Hình 11. Mạch công tắc cảm ứng



Hình 12. Mạch xử lý tín hiệu và điều khiển công suất

Mạch công tắc có thể thay đổi từ 1 đến tối đa 4 vị trí cảm ứng tùy theo nhu cầu về số lượng thiết bị sử dụng trong thực tế, và được ghép nối với phần board điều khiển bởi 2 hàng chân cắm Header 15 để tách rời, hoặc thay thế khi cần.

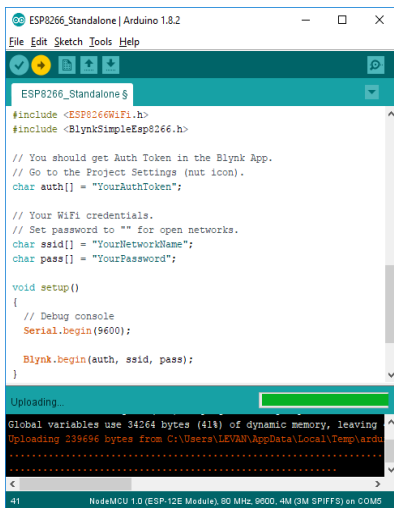
Thành phần trung tâm của mạch này là Module ESP-12E với chức năng kết nối Internet để nhận lệnh điều

hiện đóng/ngắt tải thông qua các relay được tách thành 4 kênh riêng biệt, mạch công suất hoàn toàn có thể hoạt động độc lập hoặc kết hợp với phần công tắc cảm ứng.

3.4. Phần mềm điều khiển

3.4.1. Cài đặt Firmware cho Module Wifi ESP-12E

Là mã nguồn được lập trình bằng ngôn ngữ C++ và thông qua trình biên dịch Arduino IDE [11] để nạp vào vùng nhớ Flash của ESP-12E, có tác dụng khởi động cho phần cứng khi được cấp nguồn sẽ hoạt động theo kế hoạch định sẵn. Trong đó, trường “YourAuthToken” là một dãy ký tự có dạng “c7a204c5e06b4f0282f6cce10ab275e5”. Đây là mã xác thực bảo mật riêng đối với từng dự án, nó tự sinh theo quy luật ngẫu nhiên bởi Blynk sever trong giai đoạn tạo ứng dụng điều khiển trên thiết bị di động, có tác dụng đối chiếu giữa ứng dụng trên thiết bị di động và phần cứng ESP-12E để kết nối chúng lại với nhau, sẵn sàng cho việc truyền thông.



Hình 13. Quá trình upload mã nguồn cho ESP-12E

Trường “YourNetworkName” và “YourPassword” là tên mạng và mật khẩu của điểm phát wifi, trong phạm vi kết nối của ESP-12E. Cả 3 trường này đều được khai báo trong mã nguồn. Như vậy, khi hoạt động ESP-12E sẽ trở thành một trạm chấp hành trong mạng và có thể truy cập để điều khiển từ xa qua Internet.

3.4.2. Tạo ứng dụng điều khiển trên thiết bị di động

Blynk [12] là một ứng dụng nền hoạt động trên thiết bị di động, nó chứa thư viện các trạng thái như: nút nhấn, thanh trượt, hẹn giờ, cần gạt đa chiều, một số widget hiển thị thông tin và thu thập dữ liệu từ cảm biến ... Ban đầu, khi gọi ứng dụng khởi chạy, người dùng cần tạo tài khoản đăng nhập hệ thống để tạo một dự án mới, và lựa chọn từ thư viện những widget phù hợp cho mục đích điều khiển. Tiếp theo, khai báo thông số tương ứng với phần cứng đang sử dụng (trong trường hợp này là các chân xuất tín hiệu trên Module

ESP-12E. Ứng dụng Blynk sẽ truy cập dữ liệu từ Blynk server để tìm kiếm mã xác thực trùng khớp đã được cài đặt trên phần cứng, sau đó thành lập kênh kết nối truyền thông giữa hai đầu. Như vậy, người dùng hoàn toàn có thể gửi đi những lệnh cần thực hiện từ ứng dụng này đến phần cứng chấp hành để chỉ định trạng thái đóng/ngắt thiết bị từ xa.



Hình 14. Giao diện điều khiển trên thiết bị di động

4. Kết luận

Nội dung bài báo đã phân tích được ưu, nhược điểm của phương pháp điều khiển gián tiếp đang được áp dụng trên các sản phẩm công tắc thông minh lưu hành phổ biến trên thị trường hiện nay. Từ đó đưa ra phương pháp giải quyết vấn đề mới, bằng cách thiết kế bố cục phần cứng chấp hành gọn và có thể tùy biến linh hoạt hơn, đáp ứng được yêu cầu đặt ra. Hệ thống điều khiển và giám sát thiết bị qua Internet là giải pháp điều khiển thông minh và tiết kiệm chi phí đầu tư, các chức năng cơ bản đã đáp ứng được nhu cầu của đa số hộ gia đình trong giai đoạn hiện nay. Nhóm nghiên cứu đang tiếp tục hoàn thiện sản phẩm và nâng cấp chức năng để đưa vào sử dụng thực tế trong mục đích quản lý thiết bị đào tạo. Đây là hướng phát triển tất yếu trên thế giới mà các hãng công nghệ đang đầu tư.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things
- [2] <http://iot.dtt.vn/InternetofThings.html>
- [3] <http://www.broadlink.vn/>
- [4] <http://lumi.vn/san-pham>
- [5] Atmel AT42QT1010 sensor IC datasheet
- [6] ESP-12E Specs datasheet
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/System_on_a_chip
- [8] <https://en.wikipedia.org/wiki/Microcontroller>
- [9] Ultra-compact power module HLK-PM01 datasheet
- [10] Solid state relay G3MB datasheet
- [11] https://en.wikipedia.org/wiki/Software_development_kit
- [12] Getting Started With The Blynk App

(BBT nhận bài: 02/10/2017, phản biện xong: 09/11/2017)