

NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG TẮT MÁY LẠNH TRONG TRƯỜNG HỢP KHÔNG CÓ NGƯỜI TRONG KHÔNG GIAN ĐIỀU HÒA

RESEARCH AND DESIGN OF A SYSTEM TO AUTOMATICALLY TURN OFF THE AIR CONDITIONER IN CASE THERE IS NO ONE IN THE CONDITIONED SPACE

Phan Đình Kiệt, Nguyễn Thế Bảo

Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Hệ thống tự động tắt máy lạnh dựa trên cảm biến CO₂ và cảm biến chuyển động nhằm phát triển một giải pháp tiết kiệm năng lượng cho không gian điều hòa. Hệ thống này sử dụng cảm biến CO₂ và cảm biến chuyển động để xác định sự hiện diện của người trong phòng. Nếu không có chuyển động trong một thời gian dài và chỉ số CO₂ dưới ngưỡng cho phép, hệ thống sẽ tự động ngắt máy lạnh, tránh lãng phí điện khi phòng trống. Giải pháp này không chỉ giúp giảm chi phí năng lượng mà còn góp phần bảo vệ môi trường.

Từ khóa: Hệ thống tự ngắt máy lạnh; Giải pháp giảm thiểu năng lượng cho điều hòa; Cảm biến CO₂ MH-Z19C; Cảm biến chuyển động PIR HC-SR501.

ABSTRACT

Automated Air Conditioner Shut-Off System Based on CO₂ and Motion Sensors aims to develop an energy-saving solution for air-conditioned spaces. This system uses a CO₂ sensor and a motion sensor to detect the presence of people in the room. If no motion is detected for an extended period and the CO₂ level falls below a set threshold, the system automatically turns off the air conditioner, preventing unnecessary energy use when the room is empty. This solution not only helps reduce energy costs but also contributes to environmental protection.

Keywords: Automatic air conditioner shut-off system; An energy-saving solution for air conditioning; CO₂ sensor MH-Z19C; PIR motion sensor HC-SR501.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh công nghệ phát triển mạnh mẽ, nhu cầu về các giải pháp tiết kiệm năng lượng và giảm chi phí sinh hoạt ngày càng trở nên quan trọng, đặc biệt trong các gia đình,

văn phòng, và không gian công cộng. Máy lạnh (điều hòa không khí) là một thiết bị tiêu thụ nhiều điện năng nhất trong một tòa nhà [1]. Tuy nhiên, việc quên tắt máy lạnh khi không có người trong phòng là tình trạng phổ biến, gây ra sự lãng phí điện năng nghiêm trọng. 

Hệ thống “tắt máy lạnh tự động khi không có người trong không gian điều hòa” được xây dựng dựa trên việc ứng dụng cảm biến chuyển động và cảm biến nồng độ CO₂ cho phép thiết bị tự động nhận biết thực tế đang có hoặc không có người trong không gian điều hòa và tự động tắt máy lạnh.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Lý thuyết

Hệ thống tự động tắt máy lạnh khi không có người được thiết kế để tối ưu hóa việc sử dụng máy lạnh trong phòng, bao gồm các thành phần chính là cảm biến chuyển động (PIR), cảm biến CO₂, vi điều khiển và relay để điều khiển nguồn máy lạnh. Mục tiêu là tiết kiệm năng lượng bằng cách tắt máy lạnh khi không có người và đảm bảo máy lạnh vẫn hoạt động khi có người trong phòng, ngay cả khi họ không di chuyển, ví dụ như trong trường hợp khi đang ngủ.

Cảm biến PIR sẽ phát hiện chuyển động trong phòng. Khi có chuyển động, cảm biến gửi tín hiệu đến Arduino để xác nhận có người và duy trì trạng thái bật cho máy lạnh. Nếu không phát hiện chuyển động trong một khoảng thời gian nhất định (ví dụ, 10 phút), hệ thống sẽ kiểm tra nồng độ CO₂. Cảm biến CO₂ sẽ đo nồng độ khí CO₂ trong không khí. Nếu nồng độ CO₂ vượt một ngưỡng nhất định (thường từ 400-1000 ppm khi có người, dựa trên giá trị thực tế đo được), hệ thống xác định vẫn có người trong phòng và giữ máy lạnh hoạt động. Nếu cả hai cảm biến không phát hiện có người trong phòng (không có chuyển động và nồng độ CO₂ dưới ngưỡng), Arduino sẽ gửi lệnh tắt máy lạnh.



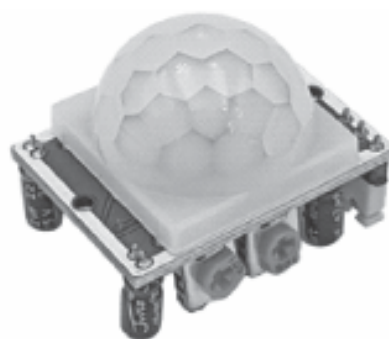
Hình 1. Sơ đồ nguyên lý cơ bản

Arduino sẽ đóng vai trò điều khiển, nhận tín hiệu từ cả hai cảm biến và xử lý điều kiện để điều khiển Relay (hoặc thiết bị điều khiển khác) kết nối với máy lạnh, thực hiện việc bật hoặc tắt máy lạnh dựa trên đầu vào từ các cảm biến.

2.2. Thực nghiệm

2.2.1. Lựa chọn thiết bị

Để thiết kế cho hệ thống này, ngoài việc chọn vi xử lý thì việc phải sử dụng cảm biến để phát hiện sự hiện diện của con người trong khu vực điều hòa là tất yếu. Để làm được điều này, ta chọn cảm biến chuyển động HC-SR501 với các tiêu chí như dễ dàng tìm kiếm, hoạt động đơn giản, giá cả phù hợp với hệ thống chỉ cần báo cáo có trạng thái chuyển động và tương thích với vi điều khiển được lựa chọn.

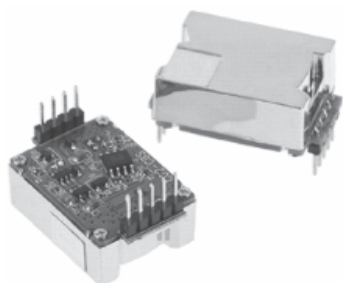


Hình 2. Cảm biến HC-SR501

Tuy nhiên, cảm biến chuyển động này có nhược điểm chỉ phát hiện được chuyển động mà không trực tiếp phát hiện sự hiện diện của con người, do đó trong trường hợp có người nhưng không có chuyển động trong một thời gian (như lúc ngủ vào buổi tối) thì cảm biến này sẽ không còn hữu dụng.

Để khắc phục nhược điểm này, ta chọn thêm cho hệ thống cảm biến đo nồng độ CO₂.

MH-Z19C. Con người thải ra khoảng 900g (hoặc 0.9kg) CO₂ mỗi ngày thông qua quá trình thở. Cụ thể, mỗi lần thở ra, không khí thải chứa khoảng 4.6-5.9% CO₂ so với khoảng 0.038% trong không khí mà chúng ta hít vào. Đây là ước tính trung bình cho một người trưởng thành không hoạt động mạnh [2].

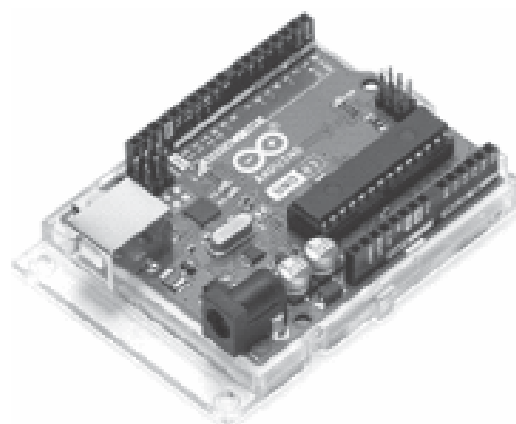


Hình 3. Cảm biến MH-Z19C

Bảng 1. Thông số cảm biến nồng độ CO₂ MH-Z19C [3].

Model	MH-Z19C
Khí phát hiện	CO ₂
Điện áp hoạt động	5.0 ± 0.1V DC
Dòng điện trung bình	< 40mA (@ nguồn cấp 5V)
Dòng điện cực đại	125mA (@ nguồn cấp 5V)
Mức giao diện	3.3V (tương thích với 5V)
Phạm vi phát hiện	400 ~ 5000 ppm (tùy chọn)
Tín hiệu đầu ra	Serial Port (UART) (mức TTL 3.3V)
PWM	Có
Thời gian khởi động	1 phút
Thời gian phản hồi	T90 < 120 giây
Nhiệt độ làm việc	-10 ~ 50 °C
Độ ẩm làm việc	0 ~ 95% RH (không ngưng tụ)
Trọng lượng	5g
Tuổi thọ	> 5 năm

Chọn vi xử lý là Arduino Uno R3 và Relay JQC- 3FF- S -Z kèm điện trở 10k và diode 1N4007. Ngoài ra, hệ thống còn có led báo hiệu khi có người trong không gian điều hòa.



Hình 4. Arduino Uno R3



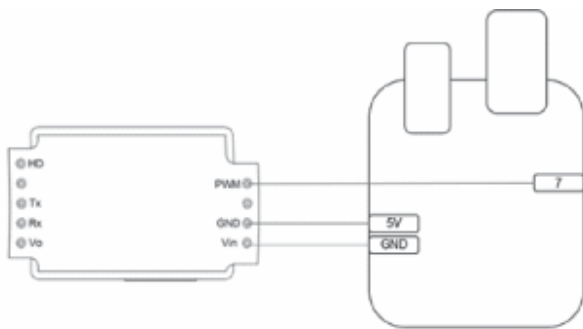
Hình 5. Relay JQC- 3FF- S -Z

2.2.2. Thiết kế sơ đồ lắp đặt

Dựa trên catalogue của từng thiết bị [3], [4], [5], ta thiết kế được sơ đồ lắp đặt cho các thiết bị đã lựa chọn.

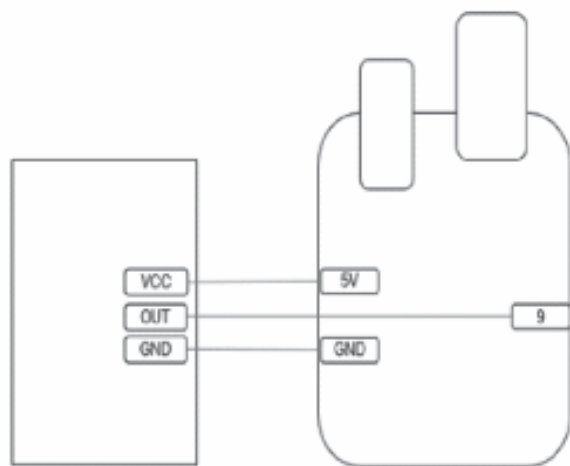
Kết nối cảm biến CO₂ MH - Z19C: chân PWM kết nối với chân số 7 trên Arduino (sử dụng chân này để truyền tín hiệu). Chân Vin và chân GND kết nối với chân 5V và GND trên Arduino.





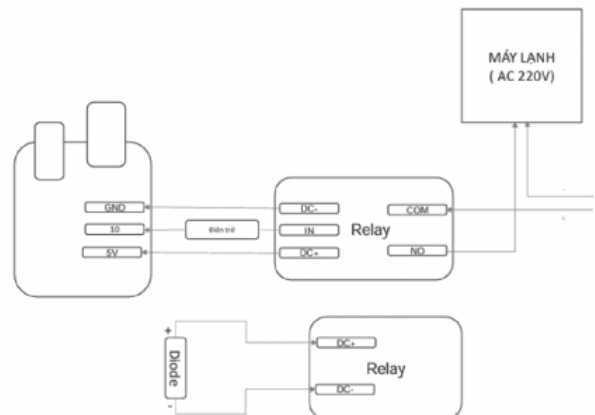
Hình 6. Sơ đồ kết nối cảm biến CO_2

Kết nối cảm biến chuyển động HC-SR501: Chân VCC và chân GND kết nối chân 5V và chân GND trên Arduino. Kết nối chân tín hiệu với chân số 9 của vi xử lý.



Hình 7. Sơ đồ kết nối cảm biến chuyển động HC-SR501

Kết nối Relay, diode và điện trở 10k vào vi xử lý Arduino: Chân DC+ và DC- của Relay được nối với chân 5V và GND của Arduino, đồng thời hai chân này cũng kết nối với 1 diode 1N4007. Chân In của Relay sẽ kết nối với một điện trở 10K và kết nối tới chân số 10 của Arduino. Chân COM của rơ-le nối với một trong hai dây cấp nguồn cho máy lạnh (thường là dây nóng hoặc dây lửa). Chân NO nối với đầu còn lại của dây dẫn đến máy lạnh.



Hình 8. Sơ đồ kết nối Relay

Led 5mm được kết nối điện trở 220R và kết nối với chân 13 của Arduino.

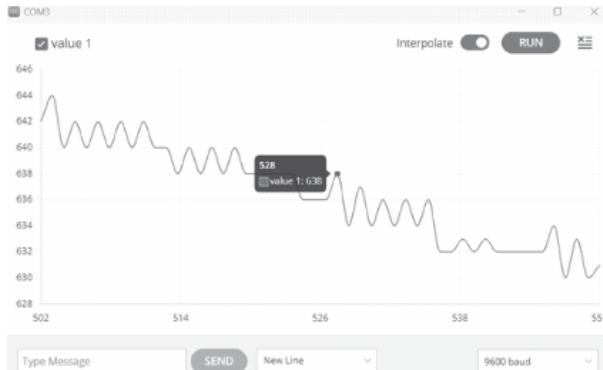
2.2.3. Hiệu chỉnh cảm biến CO_2 và viết code cho vi xử lý

Cảm biến CO_2 dễ bị ảnh hưởng bởi các yếu tố của môi trường. Hiệu chỉnh cho phép nó đo chính xác nồng độ CO_2 trong môi trường thực tế mà nó sẽ được sử dụng. Sau khi kết nối cảm biến, để cảm biến hoạt động trong 20 phút để cảm biến đo nồng độ ổn định. Để kiểm tra lựa chọn thông số nồng độ CO_2 tối thiểu khi có người, ta cho cảm biến chạy trong các trường hợp có người và không có người trong không gian điều hòa.



Hình 9. Hình ảnh kiểm tra nồng độ CO_2 ở ngoài trời

Kết quả cho thấy nồng độ CO₂ ở mức không có người, không gian thoáng dao động dưới mức 400ppm. Mức này là phù hợp với các nghiên cứu khi chỉ ra mức ppm trong môi trường ngoài nhà là từ 350 đến 450ppm [7].



Hình 10. Nồng độ CO₂ trong phòng kín khi có 2 người

Kết quả kiểm tra cho thấy nồng độ CO₂ trong phòng kín 12m² khi có 1 người dao động từ 600-650 ppm. Kết quả kiểm tra này là phù hợp với không gian sinh hoạt bình thường của con người [6], do đó chứng minh được cảm biến đang hoạt động ổn định.

Bảng 2. Bảng giá trị thông số cảm biến CO₂ trích từ nhà sản xuất [3]

Ví dụ lấy CO ₂ trong khoảng	400~2000ppm
Dải đầu ra CO ₂	400~2000ppm
Chu kỳ	1004ms ±5%
Xung cao ở đầu chu kỳ	2ms (giá trị lý thuyết)
Giữa chu kỳ	1000ms ±5%
Xung thấp ở cuối chu kỳ	2ms (giá trị lý thuyết)

Công thức:

$$C_{ppm} = 2000 \times \frac{(TH - 2ms)}{(TH + TL - 4ms)} \quad [3]$$

C_{ppm} : (CO₂ concentration could be calculated by PWM output)

Nồng độ CO₂ được tính bằng đầu ra PWM.

TH: (High level output time during cycle) Thời gian mức cao trong chu kỳ.

TL: (Low level output time during cycle) Thời gian mức thấp trong chu kỳ.

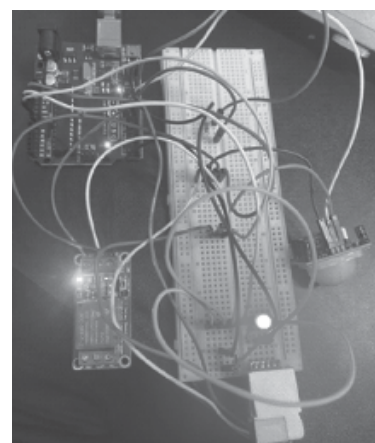
***Viết code cho hệ thống:**

Để chính xác nhất cho thời gian chờ từ lúc cảm biến chuyển động phát hiện có chuyển động lần cuối tới lúc tắt Relay là 10 phút, ở đây ta kiểm tra nhanh bằng cách đổi thời gian chờ thành 10 giây. Dựa trên phân tích nồng độ CO₂ ở trên, ta lấy giá trị 600ppm là mức thấp nhất phát hiện có người.

Nếu cảm biến chuyển động phát hiện trong 10 giây không có chuyển động, Arduino sẽ kiểm tra cảm biến nồng độ CO₂ trong không gian điều hòa. Nếu giá trị ppm đọc được dưới 600ppm thì tắt máy lạnh và đèn led tắt.

Từ những ý tưởng đó, ta viết được code cho hệ thống.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN



Hình 11. Kết nối cảm biến và Arduino

Sử dụng BreakBoard để tăng số lượng chân cắm 5V và GND của Arduino. Kết nối cảm biến vào vi xử lý theo mô hình lý thuyết ở trên.

Kết quả thực nghiệm cho thấy khi có chuyển động mặc định là máy lạnh sẽ được mở mà không cần đến kết quả từ cảm biến CO₂. Trên màn hình sẽ xuất hiện các thông báo “Có chuyển động” và hệ thống sẽ giữ cho Relay mở, máy lạnh vẫn duy trì trạng thái hoạt động.

Khi có người trong không gian điều hòa (căn phòng đang lấy ví dụ với diện tích khoảng 12m² và có 2 người trong không gian điều hòa). Nồng độ CO₂ sẽ phụ thuộc vào không gian và mật độ người trong phòng. Khi không có chuyển động nhưng chỉ số ppm từ cảm biến CO₂ vẫn ở mức cao > 600 thì Relay vẫn được mở. Sau một khoảng thời gian không có chuyển động và chỉ số ppm < 600 thì Relay tắt. Relay sẽ tự động được bật lại sau khi có người nhưng máy lạnh vẫn giữ trạng thái tắt.

```
Serial Monitor x Output
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM3')

19:01:43.626 -> Có chuyển động, bật rơ-le
19:01:43.658 -> Có chuyển động, bật rơ-le
19:01:43.692 -> Có chuyển động, bật rơ-le
19:01:43.862 -> PPM = 654 - Có người trong không gian điều hòa
19:01:44.375 -> PPM = 654 - Có người trong không gian điều hòa
19:01:44.884 -> PPM = 665 - Có người trong không gian điều hòa
19:01:45.366 -> PPM = 665 - Có người trong không gian điều hòa
19:01:45.895 -> PPM = 662 - Có người trong không gian điều hòa
19:01:46.374 -> PPM = 662 - Có người trong không gian điều hòa
19:01:46.890 -> PPM = 661 - Có người trong không gian điều hòa
```

Hình 12. Hình ảnh kết quả khi có người trong không gian điều hòa

4. KẾT LUẬN

Dự án hệ thống tắt máy lạnh tự động đã cung cấp một giải pháp hiệu quả để tiết kiệm năng lượng trong không gian điều hòa. Bằng cách kết hợp cảm biến CO₂ MH-Z19C và cảm biến chuyển động PIR HC-SR501, hệ thống có thể xác định chính xác sự hiện diện của con người trong phòng. Khi không có chuyển động

hoặc nồng độ CO₂ dưới ngưỡng quy định, máy lạnh sẽ được tắt tự động, giảm lãng phí điện năng. Hệ thống không chỉ giúp tiết kiệm chi phí mà còn góp phần bảo vệ môi trường bằng cách giảm lượng khí thải carbon. Đây là một giải pháp thông minh và thực tế để áp dụng vào các hộ gia đình và doanh nghiệp hiện nay, đặc biệt là các không gian văn phòng hoặc phòng họp nơi mà rất dễ quên tắt máy lạnh. ❖

Ngày nhận bài: **18/11/2024**

Ngày phản biện: **06/12/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Điều hòa là thiết bị tiêu thụ điện nhiều nhất trong gia đình, <https://vnexpress.net/dieu-hoa-la-thiet-bi-tieu-thu-dien-nhieu-nhat-trong-gia-dinh-3928638.html>
- [2]. Release of carbon dioxide by individual humans, <https://www.globe.gov/explore-science/scientists-blog/archived-posts/sciblog/2008/08/11/release-of-carbon-dioxide-by-individual-humans/comment-page-1/index.html>
- [3]. Infrared CO₂ Sensor Module (Model: MH-Z19C) MH-Z19C datasheet (1/7 Pages) WINSSEN | Infrared CO₂ Sensor Module.
- [4]. Catalogue của Arduino Uno R3, <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>
- [5]. Catalogue của cảm biến chuyển động HC-SR501, <https://www.mpja.com/download/31227sc.pdf>
- [6]. Acceptable Levels of CO₂ in Your Home: What Is Safe? <https://youriaq.com/acceptable-levels-of-co2-in-home/>
- [7]. Residential indoor air quality guidelines: Carbon dioxide, <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/residential-indoor-air-quality-guidelines-carbon-dioxide.html>