

## ỨNG DỤNG IOT TRONG GIÁM SÁT VÀ ĐIỀU KHIỂN NHIỆT ĐỘ TỦ LẠNH

### Application of IoT in Supervision and Control for Temperature of Refrigerator

Nguyễn Cát Tường<sup>1</sup>, Tô Tấn Phát<sup>1</sup>, Lê Thị Thanh Hoàng<sup>2,\*</sup>, Hồ Quang Thịnh<sup>1</sup>, Nguyễn Tuấn Kiệt<sup>1</sup>, Nguyễn Viết Cường<sup>1</sup>, Phan Tấn Huy<sup>1</sup>, Võ Bình An<sup>1</sup>, Bùi Minh Tâm<sup>1</sup>, Nguyễn Thiên Phúc<sup>1</sup>

<sup>1,2</sup> Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP HCM

\* hoangltht@hcmute.edu.vn

Ngày nhận bài:

17/7/2023

Ngày chấp nhận đăng:

26/9/2023

**Keywords:** IoT, RS485 communication, temperature control, refrigerator.

#### ABSTRACT

In this paper, we research a design and application of IoT with Android and website which can supervise and control refrigerator system from distance. We used temperature controller Hanyoung VX4 to collect signals from sensor and controlled a 45-litres refrigerator. Signals were shown in LCD screen of controller. For digital transmission, these signals were read and processed through RS485 communication with Modbus protocol by an ESP32 module, with a Firebase as a database helping users follow and control temperature through application and website. Results show that temperature in refrigerator is stabilized well at set point. Data is sent and received continuously and properly through the Internet.

#### TÓM TẮT

Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu thiết kế và áp dụng hệ thống Internet of Things (IoT) với ứng dụng Android và Website để có thể giám sát và điều khiển hệ thống kho lạnh từ xa. Mô hình sử dụng bộ điều khiển (BĐK) nhiệt độ Hanyoung VX4 để thu thập giá trị từ cảm biến và điều khiển nhiệt độ cho một tủ lạnh 45 lít. Dữ liệu đo được hiển thị trên màn hình LCD của BĐK. Để có thể truyền dữ liệu lên Internet, dữ liệu này được đọc và xử lý tín hiệu truyền thông RS485 theo giao thức Modbus RTU bởi một module ESP32, với Firebase là nền tảng cơ sở dữ liệu, giúp người dùng có thể theo dõi và điều khiển nhiệt độ qua ứng dụng và website. Kết quả cho thấy nhiệt độ trong kho lạnh đã được điều khiển ổn định. Dữ liệu được truyền nhận liên tục và chính xác qua Internet.

**Từ khóa:** IoT, truyền thông RS485, điều khiển nhiệt độ, tủ lạnh.

### 1. Giới thiệu

Trong chế biến và lưu trữ thực phẩm, hàng hóa, việc bảo quản thực phẩm đóng vai trò thiết yếu. Phương pháp bảo quản với nhiệt độ thấp (Trạm y tế phường 14, 2022) là phương pháp phổ biến nhất. Vì thế, điều chỉnh nhiệt độ bảo quản một cách nhanh chóng và chính xác nhất là mục tiêu quan trọng trong đề tài của nhóm. Công nghệ

ngày càng phát triển, các hệ thống bảo quản lạnh cũng cần được cải tiến tính năng để tận dụng tối đa lợi thế của chúng. IoT là giải pháp công nghệ hữu hiệu trong việc giám sát và điều khiển từ xa trong mọi lĩnh vực. Nhiều đề tài đã nghiên cứu áp dụng IoT vào điều khiển nhiệt độ và độ ẩm (Nguyễn Huy Toàn, 2020), điều khiển kho mát (Nguyễn Minh Chương, Phan Nhật Hào, 2019) có tính ứng

dụng cao. Con người không cần phải thao tác trực tiếp tại hệ thống thực mà vẫn có thể điều khiển và giám sát với ứng dụng và website được thiết kế chuyên biệt.

Bên cạnh sự tiện lợi, sự ổn định của nhiệt độ bảo quản chính là yếu tố quyết định đến chất lượng của quá trình bảo quản thực phẩm, hàng hóa. Được thiết kế với chức năng thu thập, điều khiển ổn định nhiệt độ, BDK nhiệt độ Hanyoung VX4 (Hanyoung Nux Co., 2023) được sử dụng trong đề tài. Để có thể đọc dữ liệu cũng như cài đặt BDK này, một module ESP32 được sử dụng để xử lý tín hiệu RS485 theo chuẩn Modbus RTU (Witte Software, 2023) và truyền dữ liệu lên Firebase. Để giao tiếp với người dùng, một ứng dụng Android đã được lập trình trên phần mềm Android Studio (Nguyễn Văn Hiệp và cộng sự, 2022) và một website được thiết kế với ngôn ngữ HTML-CSS-JavaScript (Phạm Thị Nhung, 2008) trên phần mềm VSCode. Các thông số được hiển thị và cập nhật liên tục, chính xác qua các giao diện này.

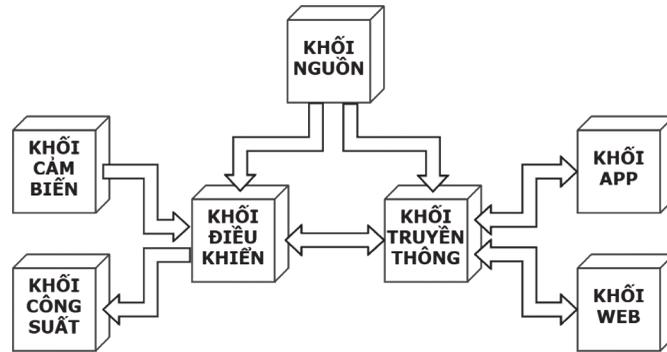
Để nghiên cứu chuyên sâu về một hệ thống làm lạnh, nghiên cứu (Duong Chính Cường, Nguyễn Đức Trung, 2019) đã tiến hành mô phỏng hệ thống trên phần mềm Matlab Simulink. Tuy nhiên, việc áp dụng thực nghiệm là chưa được trình bày. Ở nghiên cứu (Đoàn Hữu Chức, 2022,

trang 61-67), cấu trúc phần cứng IoT được áp dụng để đo đặc nhiệt độ từ xa ở thực tế. Tuy vậy, trong nghiên cứu đó, phần điều khiển chưa được quan tâm. Bên cạnh đó, nghiên cứu trên đi sâu vào trình bày cấu trúc phần cứng và ít trình bày về quá trình hoạt động thực nghiệm. Nghiên cứu (Nguyễn Thị Thủy, 2021, trang 81-90) cũng đề cập chi tiết đến quá trình giám sát và trình bày kết quả chi tiết ở thực nghiệm, nhưng trong nghiên cứu đó, tác giả đề cập việc đo và cảnh báo nhiệt độ người bệnh. Việc điều khiển bằng giải thuật theo hướng điều khiển học kỹ thuật là chưa được đề cập. Như vậy, việc áp dụng IoT để điều khiển nhiệt độ có áp dụng giải thuật điều khiển là vấn đề mới, cần được nghiên cứu thêm. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã chọn phương pháp thu thập dữ liệu để xác định hàm truyền của hệ thống với 1 khâu quán tính bậc nhất, được khái quát trong trang 107 của giáo trình (Nguyễn Thị Thủy, 2021), từ đó khảo sát nhanh đáp ứng của hệ thống. Bên cạnh đó, nhóm cũng xây dựng một mô hình IoT để giám sát và điều khiển nhiệt độ. Đối tượng được áp dụng trong nghiên cứu này để điều khiển nhiệt độ là tủ lạnh mini.

## 2. Xây dựng mô hình

### 2.1. Sơ đồ khối hệ thống

Hình 1. Sơ đồ khối của hệ thống



**Khối nguồn:** có nhiệm vụ nhận điện áp 220V đầu vào để cung cấp cho các thiết bị điện sử dụng điện áp 220V và biến đổi điện áp 220V thành điện áp 1 chiều cung cấp cho các thiết bị sử dụng điện áp 1 chiều.

**Khối cảm biến:** bao gồm 1 cảm biến nhiệt độ, có nhiệm vụ đo nhiệt độ của môi trường cần đo và truyền giá trị cho khối điều khiển.

**Khối công suất:** bao gồm 1 tủ lạnh, có nhiệm vụ hoạt động để tạo ra nhiệt độ lạnh theo

yêu cầu từ khối điều khiển.

**Khối điều khiển:** nhận tín hiệu từ khối cảm biến và truyền lệnh đến khối công suất, khối điều khiển ở đây chính là BDK nhiệt độ Hanyoung VX4. Đồng thời, khối điều khiển cũng thực hiện giao tiếp 2 chiều với khối truyền thông để truyền và nhận dữ liệu tương tác với người dùng.

**Khối truyền thông:** có nhiệm vụ đọc và gửi tín hiệu đến khối điều khiển để truyền dữ liệu lên Internet. Khối truyền thông bao gồm 1 module

UART TTL-RS485 để chuyển đổi tín hiệu giữa khối điều khiển và 1 module ESP32, module ESP32 có nhiệm vụ đọc và gửi dữ liệu này lên Firebase-nền tảng lưu dữ liệu thời gian thực trên Internet.

**Khối App:** là một ứng dụng Android, có nhiệm vụ hiển thị dữ liệu và tương tác trực tiếp với người dùng để tạo ra tín hiệu điều khiển đến thiết bị.

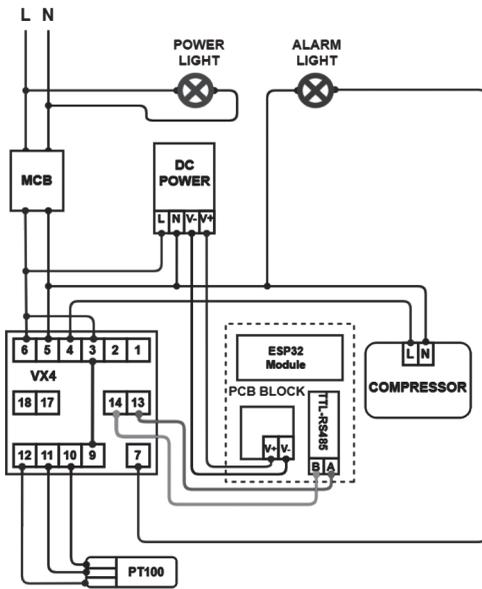
**Khối Web:** hiển thị thông tin ở dạng một

trang web, cũng có nhiệm vụ giống Khối App, đồng thời thêm một vài chức năng để tăng khả năng tương tác với dữ liệu.

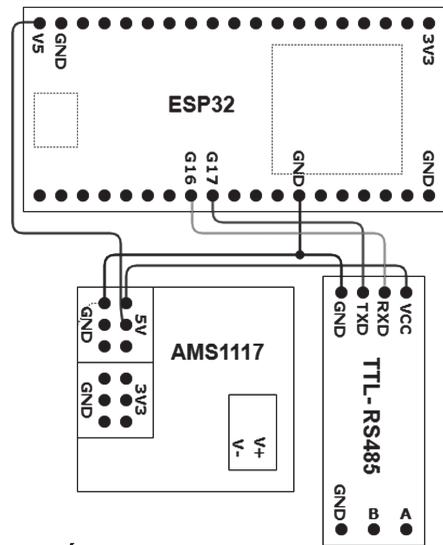
## 2.2 Kết nối phần cứng

Hệ thống phần cứng gồm 1 tủ lạnh 45l chứa đầu dò cảm biến và 1 tủ điện được kết nối với nhau. Bên trong tủ điện gồm 1 MCB, 1 nguồn tổ ong 220VAC-12VDC 5A, 1 BDK nhiệt độ Hanyoung VX4, 1 module ESP32, 1 module TTL-RS485, 1 module nguồn AMS1117 5V+3V3 và 2 đèn báo.

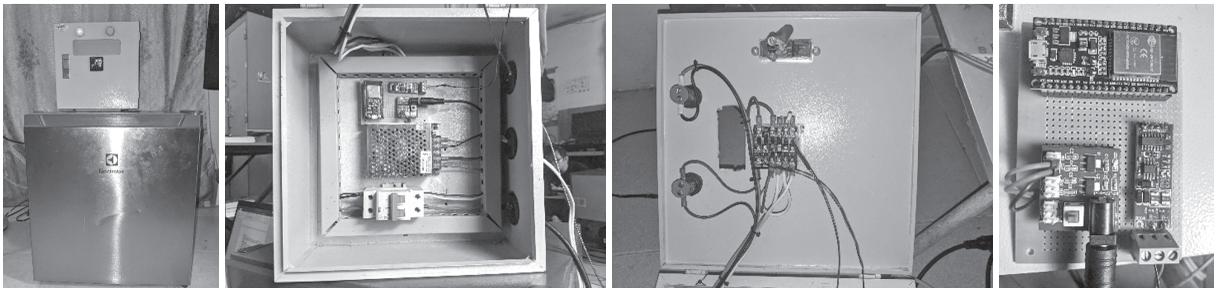
Hình 2. Kết nối mạch điện hệ thống



Hình 3. Kết nối khối PCB



Hình 4. Mô hình thực tế

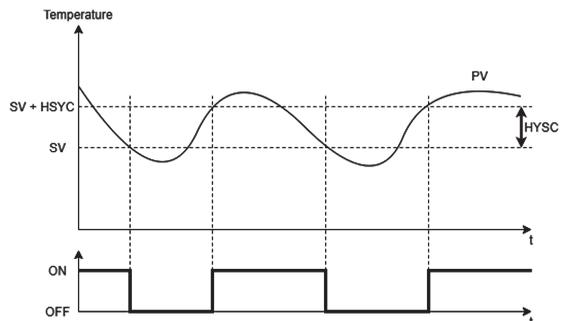


## 3. Thuật toán chương trình

### Nguyên lý điều khiển nhiệt độ

OUT2 là ngõ ra điều khiển quá trình làm lạnh của BDK Hanyoung VX4. Khi nhiệt độ vượt qua ngưỡng của tổng giá trị SV (set value) và HYS (hysteresis coolant), OUT2 sẽ được bật để khởi động tủ lạnh. Khi nhiệt độ PV (present value) chạm mốc SV thì OUT2 sẽ ngắt.

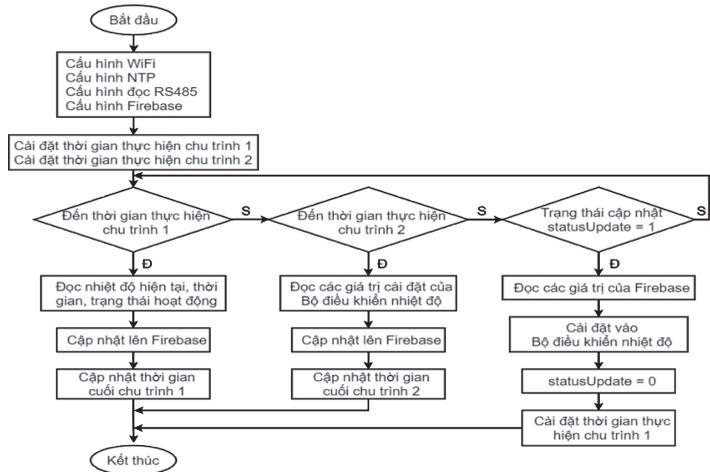
Hình 5. Nguyên lý hoạt động của OUT2



➤ **Thuật toán truyền thông của module ESP32**

Khi bắt đầu hệ thống sẽ cấu hình các chức năng cần thiết, sau đó kiểm tra từng chu trình xem có đến thời gian hoạt động không. Nếu đến thì hệ thống sẽ thực hiện các chức năng trong chu trình đó. Khi kiểm tra đến chu trình thứ 2, nếu người dùng bấm cập nhật thì hệ thống mới thực hiện chu trình 2, không thì sẽ bỏ qua.

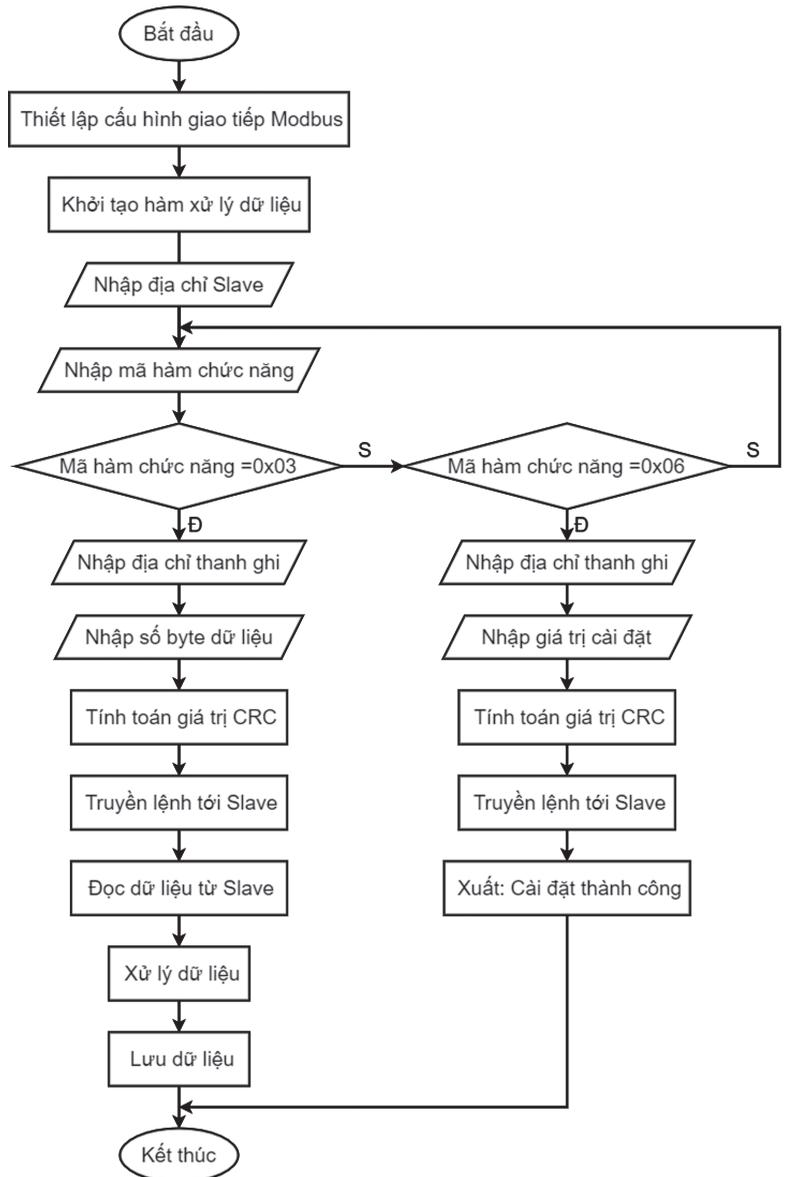
**Hình 6. Lưu đồ thuật toán truyền thông của ESP32**



**Hình 7. Lưu đồ xử lý dữ liệu Modbus**

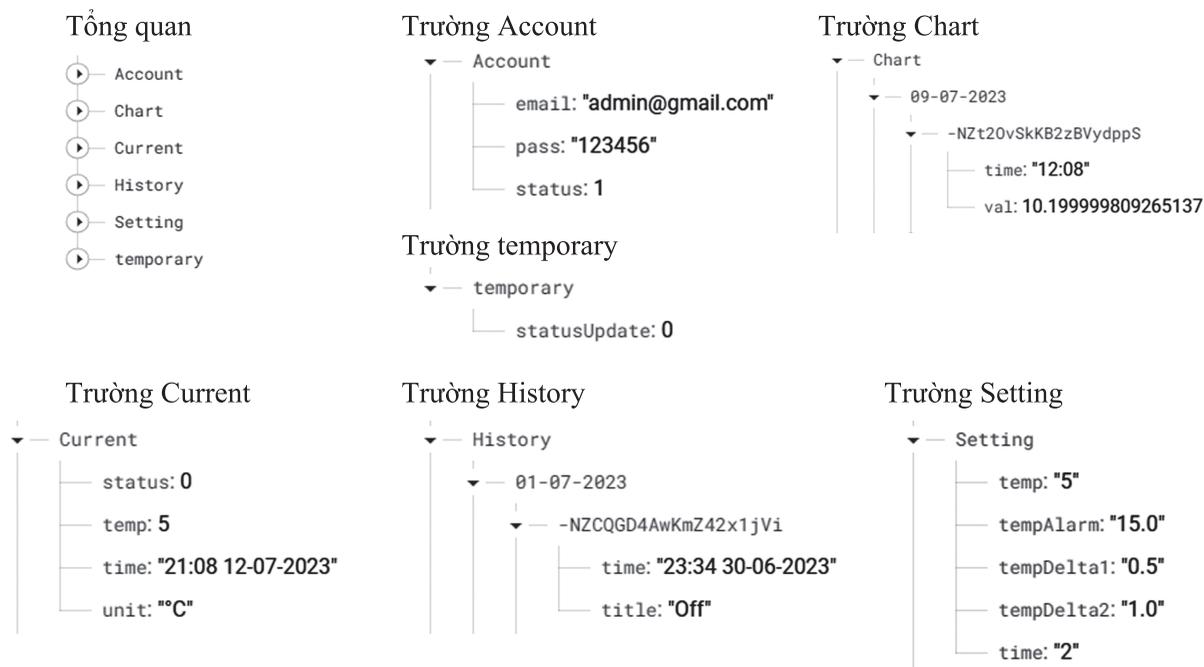
➤ **Lưu đồ xử lý dữ liệu Modbus**

Ban đầu, module ESP32 cần thiết lập cấu hình giao tiếp Modbus, ở đây gồm baudrate và timeout. Sau đó khởi tạo các hàm xử lý dữ liệu tùy thuộc vào mục đích và dữ liệu của thanh ghi hiện có. Dữ liệu gửi đi đều giống nhau về địa chỉ Slave, nhưng khác nhau về mã hàm chức năng và địa chỉ thanh ghi, cũng như dữ liệu của thanh ghi đó. Đối với mã hàm chức năng 0x03 (đọc giá trị thanh ghi), hệ thống sẽ tạo tin nhắn Modbus và gửi đến Slave, ngay sau đó đọc giá trị mà thiết bị Slave này gửi về và tiến hành xử lý dữ liệu. Đối với mã hàm chức năng 0x06 (đặt giá trị thanh ghi), hệ thống cũng sẽ tạo tin nhắn Modbus và gửi đến Slave, sau khi gửi xong thì in ra màn hình dòng chữ “Cai dat thanh cong” để người dùng nhận biết. Dữ liệu sau khi xử lý sẽ được lưu lại vào đối tượng mVX4.



## ➤ Cấu trúc hệ thống dữ liệu trên Firebase

Toàn bộ dữ liệu được cập nhật và lưu trữ lên Firebase Realtime Database theo dạng JSON, đây là nền tảng cơ sở dữ liệu thời gian thực của Google, dữ liệu được lưu tại đây để sử dụng cho việc giao tiếp qua Internet giữa module ESP32 và các giao diện người dùng như app và website.



## 4. Thiết kế giao diện người dùng

Để người dùng nắm được tổng quan thông tin hoạt động của hệ thống, theo dõi cũng như điều khiển, việc thiết kế ứng dụng hay website cần đạt được một số yêu cầu cơ bản như: dữ liệu cần được hiển thị rõ ràng và đầy đủ, cập nhật liên tục và chính xác, có khả năng lưu trữ dữ liệu hoạt động

trong thời gian dài.

Các dữ liệu mà người dùng có thể theo dõi và điều khiển thông qua ứng dụng và website chính là: nhiệt độ hiện tại của tủ lạnh, nhiệt độ cài đặt, độ trễ nhiệt độ cài đặt, nhiệt độ cảnh báo, độ trễ nhiệt độ cảnh báo, thời gian cập nhật dữ liệu.

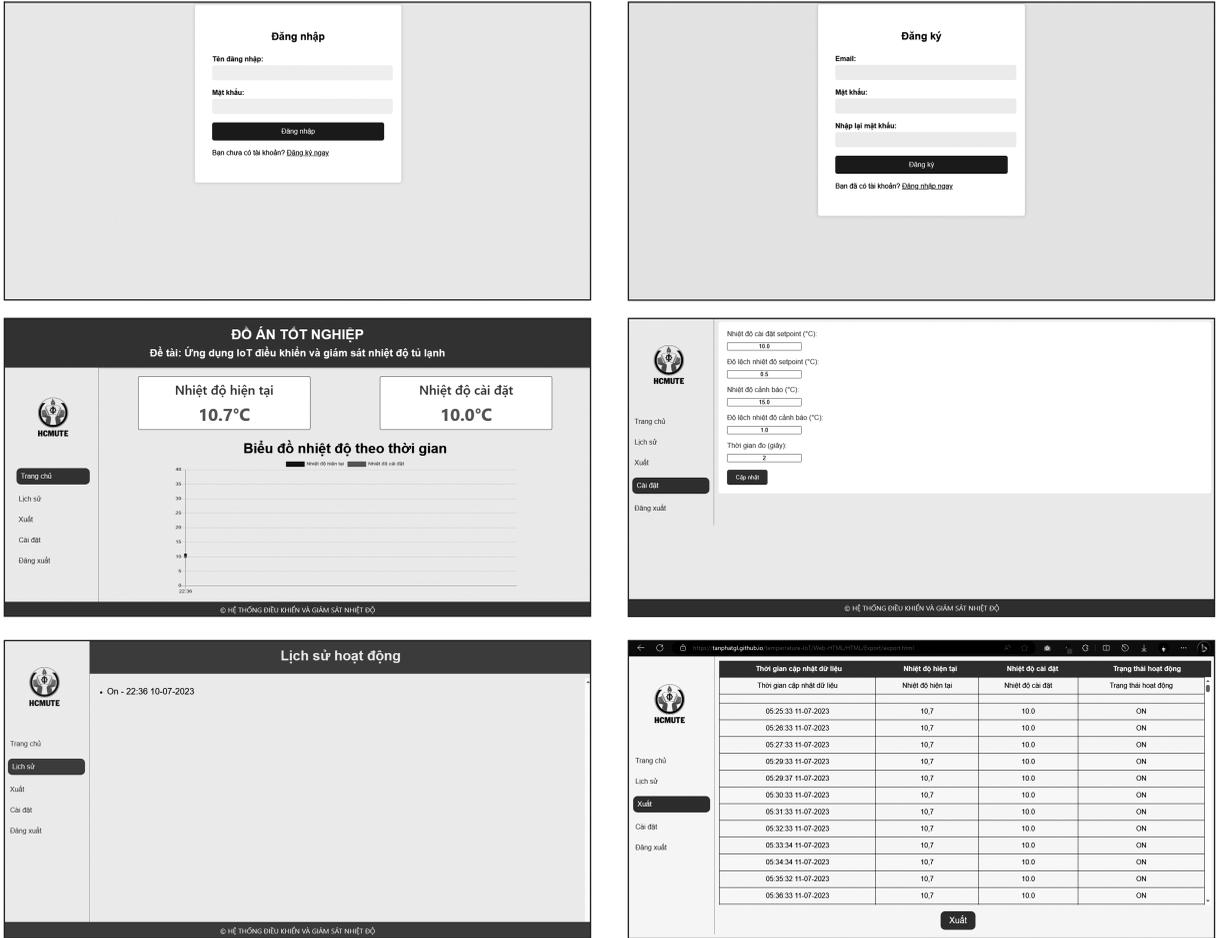
## ➤ Ứng dụng Android

Hình 8. Các màn hình của giao diện ứng dụng android



➤ Website

Hình 9. Các màn hình của giao diện website



➤ Lưu trữ dữ liệu

Dữ liệu được cập nhật liên tục và lưu trữ vào 1 trang tính (Google Sheet) nhờ liên kết trực tiếp tới Firebase. Đồng thời, dữ liệu tại đây cũng được nhúng đến giao diện Xuất của trang web. Người dùng có thể tùy chọn nơi để xem và xuất dữ liệu.

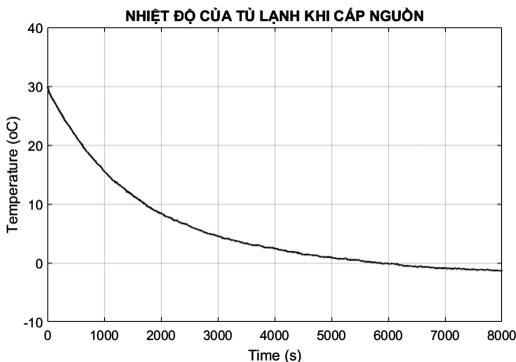
Hình 10. Dữ liệu cập nhật và lưu trữ tại trang tính

Data				
Tệp   Chỉnh sửa   Xem   Chèn   Định dạng   Dữ liệu   Công cụ   Tiện ích mở rộng   Trợ giúp				
100%   123   Arial   10   B   I   U				
D77	fx			
	A	B	C	D
1	Thời gian cập nhật dữ liệu	Nhiệt độ hiện tại	Nhiệt độ cài đặt	Trạng thái hoạt động
57	19:41:33 12-07-2023	5,4	5	OFF
58	19:42:33 12-07-2023	5,8	5	OFF
59	19:43:33 12-07-2023	6	5	ON
60	19:44:33 12-07-2023	6	5	ON
61	19:45:33 12-07-2023	5,9	5	ON
62	19:46:33 12-07-2023	5,7	5	ON
63	19:47:32 12-07-2023	5,6	5	ON
64	19:48:33 12-07-2023	5,4	5	OFF
65	19:49:33 12-07-2023	5,5	5	OFF
66	19:50:33 12-07-2023	5,8	5	OFF
67	19:51:34 12-07-2023	6,1	5	ON
68	19:52:33 12-07-2023	6	5	ON
69	19:53:33 12-07-2023	5,7	5	ON
70	19:54:33 12-07-2023	5,5	5	ON
71	19:55:33 12-07-2023	5,3	5	OFF
72	19:56:33 12-07-2023	5,6	5	OFF
73	19:57:33 12-07-2023	5,9	5	OFF
74	19:58:34 12-07-2023	6,1	5	ON
75	19:59:33 12-07-2023	5,9	5	ON

## 5. Mô phỏng hệ thống trên Matlab Simulink

Nhằm phục vụ công tác nghiên cứu các BDK, việc mô phỏng là cần thiết để giả định tín hiệu đáp ứng thực tế sẽ làm tăng độ tin cậy của BDK được lựa chọn, lường trước được một số khả năng có thể xảy ra để ngăn chặn trước. Quá trình mô phỏng cũng đảm bảo sự hoạt động thực nghiệm của việc điều khiển. Để mô phỏng được hệ thống, cần tìm được mô hình toán hay hàm truyền của chúng. Ở đây, chúng tôi chọn phương pháp

**Hình 11. Đồ thị thu thập dữ liệu**



Từ đồ thị hình 12, ta nhận thấy đồ thị có dạng khâu quán tính bậc nhất. Gọi  $G_2(s)$  là hàm truyền của phương trình  $T_2(t)$ . Hàm truyền của  $G_2(s)$  có dạng như sau:

$$G_2(s) = \frac{K}{Ts + 1} \quad (1)$$

Trong đó :

$K=31.4$  là hằng số khuếch đại của khâu, được xác định từ đồ thị,

$T$  là hằng số thời gian quán tính.

Vì tín hiệu vào là hàm xung nên đáp ứng xung của đối tượng là:

$$n(p) = \frac{K}{(Ts + 1)s} \quad (2)$$

Biến đổi Laplace ngược ta được như sau:

$$n = K(1 - e^{-\frac{t}{T}}) \quad (3)$$

Thay  $t=T$  và  $K=31.4$  vào (3) ta được:

$$n = K(1 - e^{-1}) = 31,4 \times 0,632 = 19,8448 \quad (4)$$

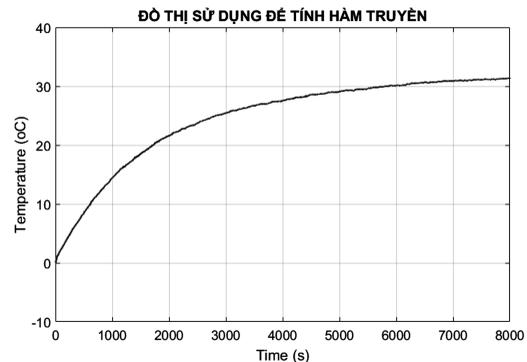
Với  $n=19.8448$ , ta tìm được giá trị  $T$  tương ứng 28 phút 20 giây, tức  $T=1700s$ .

tìm hàm truyền của hệ thống. Hàm truyền được tìm thông qua phương pháp thu thập dữ liệu nhiệt độ khi cấp điện từ nhiệt độ ban đầu là  $30^\circ\text{C}$ , thực hiện thu thập 4000 mẫu dữ liệu với thời gian lấy mẫu là 2s.

Gọi  $T_0$  là nhiệt độ ban đầu của tủ lạnh,  $T_1(t)$  là phương trình nhiệt độ của tủ lạnh theo thời gian.

Đặt  $T_2(t) = T_0 - T_1(t)$ , đây là phương trình nhiệt độ của tủ lạnh theo thời gian sau khi xử lý. Đồ thị của  $T_2(t)$  có dạng như sau:

**Hình 12. Đồ thị tín hiệu sau khi xử lý**



**Hình 13. Giá trị T của hàm truyền**

Time	Temp (oC)	Power	REV
0:28:10	10.20	1	19.80
0:28:12	10.10	1	19.90
0:28:14	10.10	1	19.90
0:28:16	10.20	1	19.80
0:28:18	10.20	1	19.80
0:28:20	10.00	1	20.00
0:28:22	10.10	1	19.90
0:28:24	10.10	1	19.90
0:28:26	9.90	1	20.10
0:28:28	10.10	1	19.90
0:28:30	10.00	1	20.00
0:28:32	10.10	1	19.90

Thay  $K$  và  $T$  tìm được vào (1), ta được hàm truyền của  $T_2(t)$ :

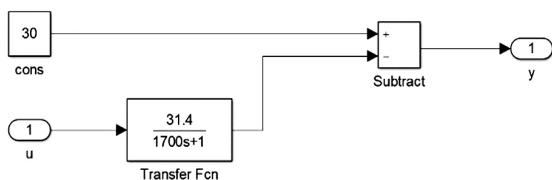
$$G(s) = \frac{31.4}{1700s + 1} \quad (5)$$

Hàm truyền của hệ thống cần tìm sẽ là:

$$Go(s) = T_0 - G(s) = T_0 - \frac{31.4}{1700s + 1} \quad (6)$$

Dưới đây là mô tả hệ thống và kết quả so sánh trên phần mềm Matlab Simulink:

**Hình 14. Mô tả hệ thống trên Matlab Simulink**

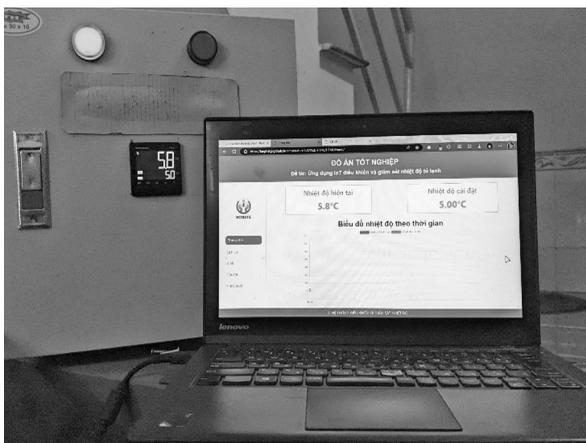


Kết quả so sánh giữa tín hiệu đáp ứng của hàm truyền gần như tương đồng với tín hiệu đáp ứng của quá trình thu thập dữ liệu hoạt động thực tế, chứng tỏ hàm truyền đã thể hiện được đặc tính làm lạnh của tủ lạnh và có thể sử dụng vào quá trình nghiên cứu BDK.

### 6. Kết quả hoạt động thực tế

Đối với mô hình thực, hệ thống hoạt động

**Hình 16. Kết quả mô hình thực tế**

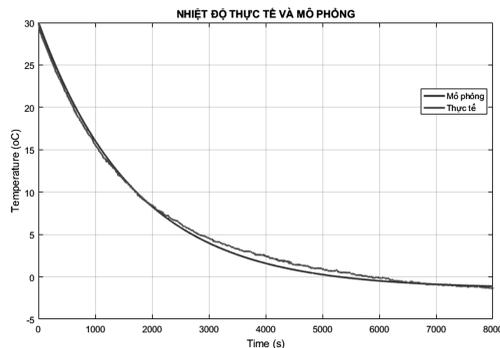


Đối với giao diện ứng dụng/website, người dùng cần thực hiện đăng ký/đăng nhập tài khoản để truy cập vào hệ thống. Dữ liệu được cập nhật liên tục, chính xác, hiển thị rõ ràng và trực quan.

### 7. Kết luận

Qua bài báo này, chúng tôi đã trình bày cách áp dụng IoT vào hoạt động giám sát/điều khiển nhiệt độ của tủ lạnh, với phần cứng là một module WiFi, thực hiện việc đọc và xử lý tín hiệu truyền thông RS485 với một BDK nhiệt độ. Nền tảng quan trọng của hệ thống chính là thực

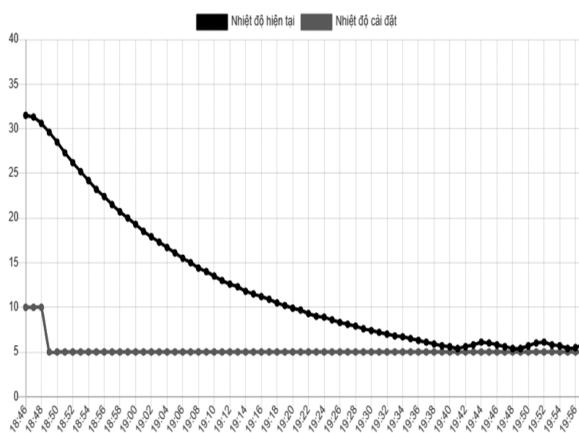
**Hình 15. So sánh kết quả giữa dữ liệu thực tế và mô phỏng**



ổn định, đáp ứng tốt với tín hiệu điều khiển từ ứng dụng/website, thời gian đáp ứng nhanh và gần như không có độ trễ.

Với nhiệt độ cài đặt là 5°C và độ lệch cho phép là 1°C, hệ thống đã hoạt động ổn định sau gần 50 phút, nhiệt độ dao động trong phạm vi cài đặt. Khi thay đổi nhiệt độ cài đặt hay có tác động từ bên ngoài, hệ thống sẽ tự động cập nhật và hoạt động để đạt tới nhiệt độ yêu cầu.

**Hình 17. Kết quả hiển thị biểu đồ nhiệt độ trên website**



hiện việc truyền dữ liệu không dây lên Internet, cập nhật và lưu trữ dữ liệu với Firebase Realtime Database, xuất dữ liệu ra một trang tính. Với phần cứng đơn giản, dễ tìm, hệ thống hoàn toàn có thể áp dụng vào thực tế đối với các cơ sở sản xuất, doanh nghiệp vừa và nhỏ.

### Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin cảm ơn PGS. TS. Nguyễn Minh Tâm và TS. Nguyễn Văn Đông Hải (khoa Điện-Điện tử - HCMUTE) đã sửa chữa và hỗ trợ để bài báo này được hoàn thiện.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Trạm y tế phường 14. (2022). *7 phương pháp bảo quản thực phẩm tốt nhất hiện nay*. Công thông tin Sở y tế TP. HCM.
- Nguyễn Huy Toàn. (2020). *Nghiên cứu phương pháp giám sát nhiệt độ, độ ẩm của kho lạnh qua mạng Internet*. Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, Đại học Thái Nguyên.
- Nguyễn Minh Chương, Phan Nhật Hào. (2019). *Thiết kế và thi công thiết bị giám sát, điều khiển kho mát từ xa thông qua IoT*. Đồ án tốt nghiệp, Trường ĐHSPTK TPHCM.
- Hanyoung Nux Co., “USER’S MANUAL VX Series”, [http://hanyoungnux.com/sub02\\_02.php?down=1108.pdf&file\\_name=VX\\_Series\\_eng.pdf&size=4067618&board\\_name=Bdatafile/Board](http://hanyoungnux.com/sub02_02.php?down=1108.pdf&file_name=VX_Series_eng.pdf&size=4067618&board_name=Bdatafile/Board) (cập nhật ngày 01/09/2023)
- Witte Software, “Modbus Protocol Description”, <https://www.modbustools.com/modbus.html> (cập nhật ngày 05/09/2023)
- Nguyễn Văn Hiệp và cộng sự. (2022). *Lập trình Android và ứng dụng trong các hệ thống IoTs*. TP. HCM, Việt Nam: Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
- Phạm Thị Nhung. (2008). *Lập trình web với HTML và JavaScript*. NXB ĐHQG TPHCM.
- Dương Chính Cường, Nguyễn Đức Trung. (2019). *Mô phỏng hệ thống lạnh bảo quản thực phẩm trên Simscape của Matlab&Simulink*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Thái Nguyên. T.195, S.02, pp 61-67.
- Đoàn Hữu Chức. (2022). *Thiết kế ứng dụng Internet of Things đo, giám sát các thông số môi trường và điều khiển thiết bị điện qua nền tảng Blynk*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, mục Khoa học – công nghệ, số 71, số 43-46.
- Nguyễn Thị Thủy. (2021). *Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thiết bị đo nhiệt độ, xác định vị trí bệnh nhân có cảnh báo và giám sát từ xa*, tạp chí Khoa học và Công nghệ Năng lượng – Trường Đại học điện Lực, số 26, trang 81-90.