

REPORT

THIẾT KẾ VÀ THỰC HIỆN HỆ THỐNG KHÓA CỬA THÔNG MINH

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT DOOR LOCKING SYSTEM

Họ và tên sinh viên thực hiện: Trần Đình Nam - 20020697, Trần Đức
Mạnh - 20020230

Người hướng dẫn chính: Vi Duy Linh

1. Giới thiệu (Introduction)

(Introduction to the motivation, Objectives, and main Contents of the project)

Mục tiêu của dự án: Vận dụng các kiến thức, kỹ năng đã được học để thiết kế và thực thi một hệ thống khóa cửa thông minh. Hệ thống được thiết kế để có thể thực hiện bằng các module cảm biến vân tay, cảm biến thẻ từ, bàn phím, động cơ servo, board mạch ESP8266, màn hình Oled và board mạch STM32F103C8T6. Hệ thống có khả năng nhận dạng người dùng dựa trên mật khẩu, thẻ từ và dấu vân tay, dựa vào đó điều khiển Servo cho quá trình đóng/mở cửa, ngoài ra nó cũng có các chức năng phụ khác như chế độ tiết kiệm năng lượng, hay khả năng update firmware từ xa.

2. Yêu cầu đối với thiết kế (Requirements)

2.1. Yêu cầu đối với thiết kế

Yêu cầu thiết kế:

- Chức năng chính:

- Hệ thống kiểm tra danh tính của người dùng dựa trên mật khẩu, thẻ từ và vân tay, khi đã hoàn thành việc kiểm tra, hệ thống sẽ tự động đóng/mở khóa cửa bằng cách điều khiển động cơ Servo. Hệ thống cũng cung cấp các chức năng liên quan đến việc quản lý cơ sở dữ liệu chứa thông tin về các vân tay thông qua một giao diện người dùng đơn giản được hiển thị trên màn hình Oled.
- *Chức năng phụ:*
 - Hệ thống sẽ tự động đi vào chế độ tiết kiệm năng lượng khi không sử dụng, một khi có người dùng, nó chuyển sang chế độ hoạt động. Hệ thống cũng có khả năng cập nhật firmware từ xa dựa trên board mạch ESP8266 mà không cần trực tiếp nạp bằng mạch nạp, và khả năng cập nhật cơ sở dữ liệu trên WebServer mỗi khi có sự thay đổi trên cơ sở dữ liệu vân tay được lưu trực tiếp trên hệ thống.

3. Thực hiện hệ thống (Implementation)

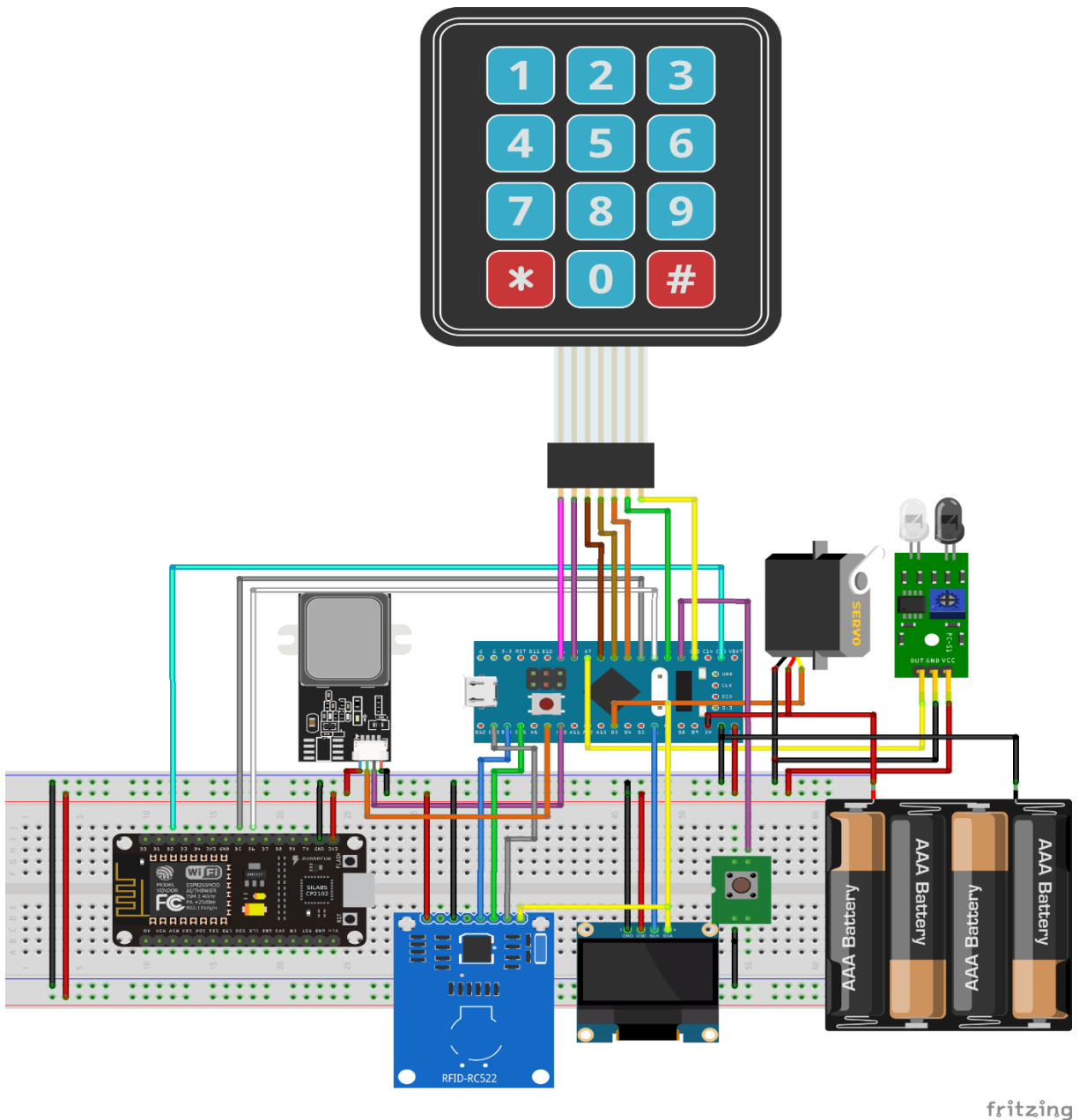
3.1. Tổng quan về hệ thống

- Ta sẽ chia hệ thống thành 2 hệ thống thành phần con:
 - Hệ thống chính: Bao gồm vi điều khiển STM32F103C8T6 và các ngoại vi sẽ sử dụng bao gồm: cảm biến vân tay AS608, cảm biến thẻ từ RFID RC 522, module bàn phím ma trận 3x4, màn hình oled 0.96 inch và động cơ Servo 5V. Hệ thống này sẽ thực hiện toàn bộ các chức năng chính, vi điều khiển STM32F103C8T6 có vai trò là bộ vi xử lý trung tâm điều khiển luồng hoạt động của hệ thống và sử dụng các cảm biến, ngoại vi thực hiện các chức năng mà hệ thống có thể cung cấp.
 - Hệ thống phụ: Chỉ bao gồm board mạch ESP8266, hệ thống này thực hiện các chức năng yêu cầu đến khả năng truy cập và sử dụng Internet như FOTA,.. Nó giao tiếp với vi điều khiển STM32 thông qua chuẩn giao tiếp UART, thực hiện các yêu cầu được gửi từ vi xử lý trung tâm

của toàn bộ hệ thống và gửi lại các kết quả mong muốn về hệ thống chính.

3.2. Kiến trúc chi tiết của hệ thống

3.2.1. Hệ thống chính



Hình ảnh: Các module của hệ thống chính.

Các module cần dùng để thực hiện được các chức năng chính của hệ thống sẽ bao gồm:

3.2.1.1. Cảm biến vân tay AS608.



Hình ảnh: Cảm biến vân tay AS608.

- Cảm biến vân tay AS608 đã được tích hợp sẵn khả năng chụp ảnh, các thuật toán xử lý và nhận dạng ảnh, để sử dụng module này, ta chỉ đơn giản là sử dụng giao tiếp UART để gửi các lệnh tới cảm biến theo format được định sẵn, cảm biến sẽ tự động thực hiện chúng và trả về kết quả tới vi điều khiển. Các lệnh cơ bản mà cảm biến cung cấp bao gồm: Đăng ký vân tay mới, xác thực dấu vân tay, xóa một dấu vân tay dựa trên giá trị ID, xóa toàn bộ các dấu vân tay, chế độ ngủ đông.

- Nguồn cấp cho cảm biến lấy từ board mạch ESP8266, các chân TX và RX được kết nối với các chân RX1 và TX1 của vi điều khiển STM32F103C8T6 cho giao tiếp UART, cảm biến chỉ hỗ trợ giao tiếp vi điều khiển với nhiều giá trị baudrate khác nhau, giá trị mặc định là 57600.

3.2.1.2. Cảm biến thẻ từ RFID RC552.



Hình ảnh: Cảm biến thẻ từ.RFID RC522.

- Cảm biến thẻ từ RFID RC552 sử dụng giao tiếp SPI để đọc các giá trị số, chính là các mã số được mã hóa trên thẻ từ dựa vào các nguyên tắc vật lý về sóng điện từ, sau đó so sánh các mã số này với các mã số được lưu trên bộ nhớ để cho phép quyền truy cập cho người dùng, ở trong project này, ta chỉ sử dụng duy nhất một thẻ từ dành cho xác thực quyền admin, vì vậy ta chỉ cần lưu một giá trị mã số duy nhất ở trên bộ nhớ ram của chương trình.
- Nguồn cấp cho cảm biến lấy từ board mạch STM32F103C8T6, các chân SPI của cảm biến được kết nối các chân SPI2 của board mạch.

3.2.1.3 Module bàn phím 3x4.



Hình ảnh: Bàn phím ma trận 3x4.

- Bàn phím 3x4 sử dụng các chân GPIO để báo các giá trị tọa độ của phím được bấm về vi điều khiển. Có tổng cộng 7 chân GPIO tương ứng với 4 chân cho giá trị hàng và 3 chân cho giá trị cột, khi người dùng nhấn 1 phím trên bàn phím, các chân GPIO tương ứng với các giá trị hàng và cột của phím đó được kéo xuống mức logic thấp, vi điều khiển đọc các giá trị này để biết được phím được bấm là phím nào.

- Các chân của module bàn phím được kết nối với các chân GPIO của board mạch STM32F103C8T6, cần lưu ý tránh các chân GPIO đã được sử dụng cho các chuẩn giao tiếp số khác.

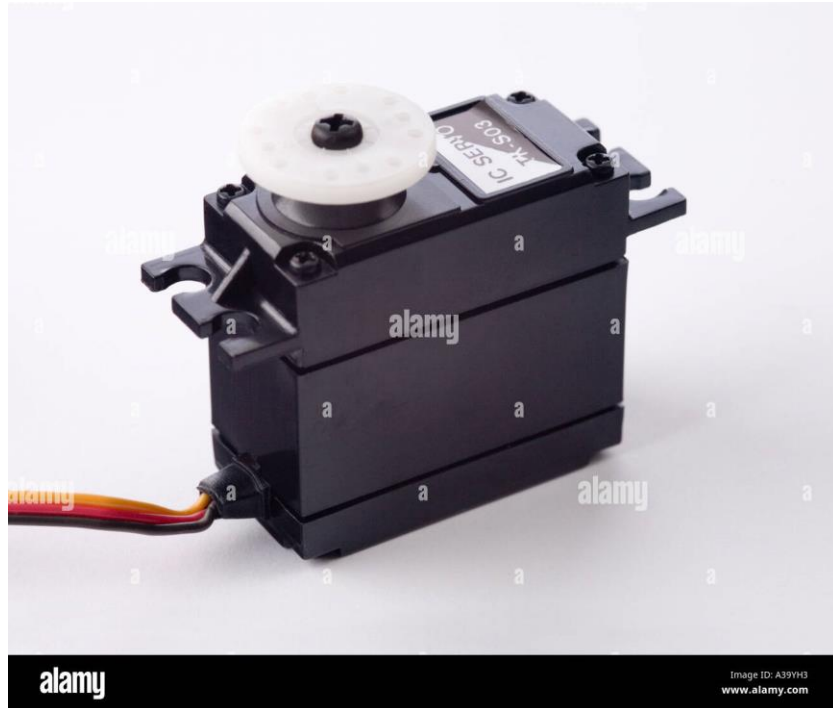
3.2.1.4. Màn hình Oled.



Hình ảnh: Màn hình Oled 0.96 inch.

- Màn hình Oled sử dụng giao tiếp I2C để điều khiển việc hiển thị các giá trị điểm ảnh trên màn hình để tạo ra giao diện người dùng, cũng giống như cảm biến vân tay, module màn hình oled cung cấp sẵn các tập lệnh để hiển thị chữ cái trong bảng chữ cái tiếng Anh nên các vị trí tọa độ mong muốn trên màn hình thông qua giao tiếp I2C với vi điều khiển thay vì việc phải trực tiếp điều khiển các giá trị điểm ảnh. Module này kết hợp với module bàn phím để giúp hệ thống nhận được các yêu cầu chức năng từ người dùng nhập vào và hiển thị các kết quả cho người dùng.
- Module được cấp nguồn từ board mạch STM32F103C8T6, các chân SCL và SDA được nối với các chân I2C1 của vi điều khiển.

3.2.1.5. Động cơ Servo.

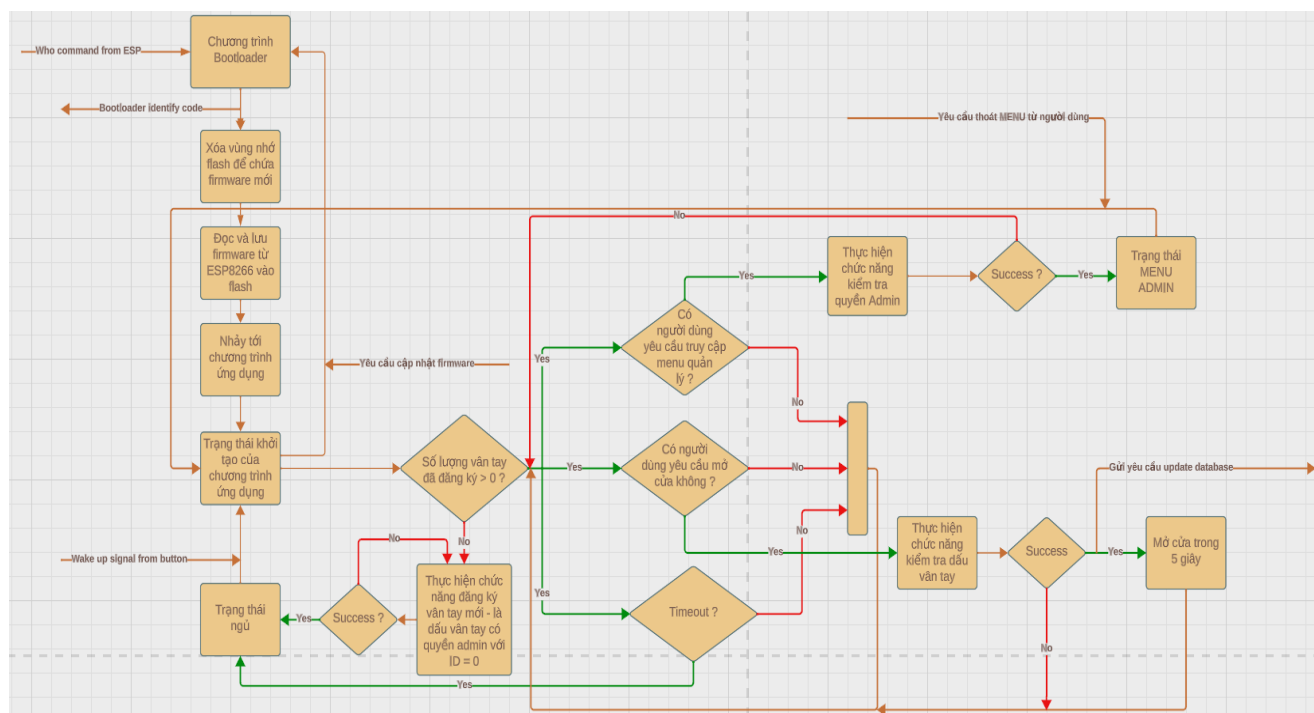


Hình ảnh: Động cơ Servo 5V.

- Động cơ Servo được điều khiển dựa trên nguyên tắc điều chế độ rộng xung PWM, vi điều khiển sử dụng một chân GPIO cùng với bộ định thời TIM2 để tạo ra xung PWM điều khiển góc quay của động cơ cho việc mở khóa cửa.
- Động cơ được cấp nguồn từ pin 5V, chân PWM được nối với một chân GPIO của board mạch STM32F103C8T6.

3.2.1.6. Luồng hoạt động của hệ thống chính.

A. Lưu đồ thuật toán của hệ thống chính



Hình ảnh: Lưu đồ thuật toán của hệ thống chính.

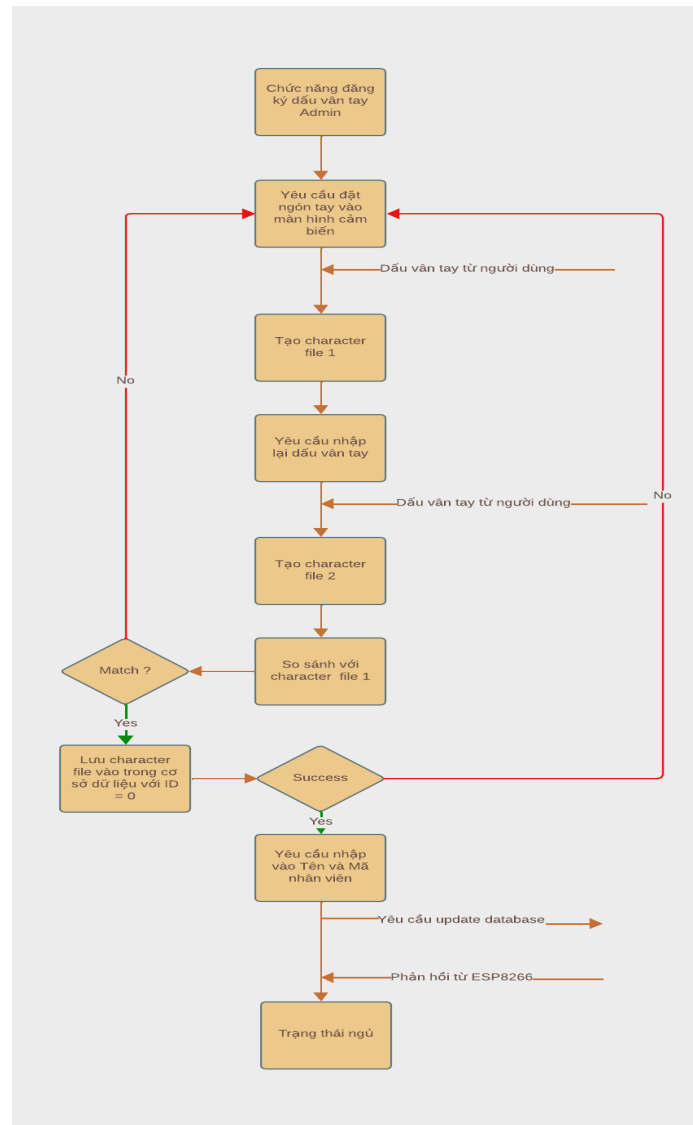
- Chương trình điều khiển chính bắt đầu ở trạng thái khởi tạo, khi này nó thực hiện thiết lập mode hoạt động và cấp clock cho các module giao tiếp số và các chân GPIO.
- Sau khi khởi tạo và thiết lập xong, nó kiểm tra số lượng vân tay đã được đăng ký được lưu trong bộ nhớ flash của vi điều khiển STM32.
- Nếu số lượng vân tay được đăng ký lớn hơn 0, hệ thống đi vào trạng thái hoạt động bình thường. Trong trường hợp ngược lại, hệ thống yêu cầu người dùng phải đăng ký tối thiểu một dấu vân tay – là dấu vân tay của người quản lý, các chức năng quản lý cơ sở dữ liệu vân tay chỉ hoạt động khi đã có dấu vân tay của người quản lý được đăng ký.
- Trong trạng thái hoạt động, khi có yêu cầu mở khóa cửa, hệ thống kiểm tra dấu vân tay của người dùng, nếu hợp lệ, nó điều khiển Servo quay để mở khóa cửa, đồng thời gửi một yêu cầu update database chứa thời gian ra/vào của nhân viên trên webserver, format của yêu cầu như sau:
“(Ký tự có giá trị 127)|ADDDTIME|(Giá trị ID)|(Ký tự newline)”.

- Khi có yêu cầu truy cập vào MENU ADMIN, hệ thống yêu cầu kiểm tra thẻ từ, mật khẩu và dấu vân tay của người dùng, chỉ khi pass qua cả 3, người dùng mới có thể sử dụng chức năng quản lý.
- Nếu quá một khoảng thời gian, hệ thống sẽ đi vào trạng thái ngủ và chỉ tỉnh dậy khi có ngắt xuất hiện ở chân A0 – khi mà người dùng nhấn nút, người dùng cũng sử dụng nút bấm này để yêu cầu việc xác thực quyền truy cập MENU ADMIN
- Hệ thống thực hiện chức năng FOTA bằng quá trình bắt tay với board mạch ESP8266 thông qua các chân giao tiếp UART1, cụ thể như sau:
 - Hệ thống nhận được yêu cầu Who từ ESP8266 thông qua ngắt từ module UART1.
 - Hệ thống gửi lại tin nhắn xác nhận chương trình ở STM32 đang là chương trình ứng dụng.
 - Nếu nó nhận được phản hồi ngược lại của ESP8266 rằng có phiên bản firmware mới và yêu cầu được update, hệ thống ngay lập tức reset về địa chỉ 0x0800000 để chuyển sang luồng hoạt động của chương trình Bootloader.
 - Chương trình Bootloader tiếp tục nhận được yêu cầu Who từ ESP8266 và phản hồi lại xác nhận STM32 đang ở chương trình Bootloader.
 - Hệ thống chờ cho đến khi nhận được phản hồi START từ ESP8266 và bắt đầu thực hiện việc nhận và ghi firmware vào trong bộ nhớ flash.
 - Firmware sẽ được truyền theo từng dòng dưới định dạng HEX, STM32 đọc từng dòng một và kiểm tra lỗi bằng 2 byte checksum cuối mỗi record, nếu phát hiện lỗi, nó sẽ yêu cầu truyền lại record đó, nếu phát hiện quá nhiều lỗi xảy ra ở một record, hệ thống xác nhận có lỗi trên đường truyền vật lý – bởi vì bản thân chương trình firmware đã được kiểm tra lỗi ở ESP8266 và chỉ được truyền đi khi xác nhận không có lỗi với bất kỳ record nào, khi này hệ thống sẽ lại được reset và quay trở lại trạng thái ban đầu của chương trình Bootloader.
 - Sau khi đã hoàn thành việc đọc và ghi firmware vào vùng nhớ flash dành cho chương trình ứng dụng, chương trình Bootloader sẽ thực hiện thủ tục để nhảy tới chương trình ứng dụng đã được ghi. Việc này bao gồm set lại con trỏ PC và vector table đến địa chỉ của chương trình mới,

disable nguồn clock của các ngoại vi, tạo một con trỏ hàm và gọi đến địa chỉ hàm main của chương trình mới.

B. Lưu đồ thuật toán của các chức năng

B.1. Chức năng đăng ký dấu vân tay quản lý

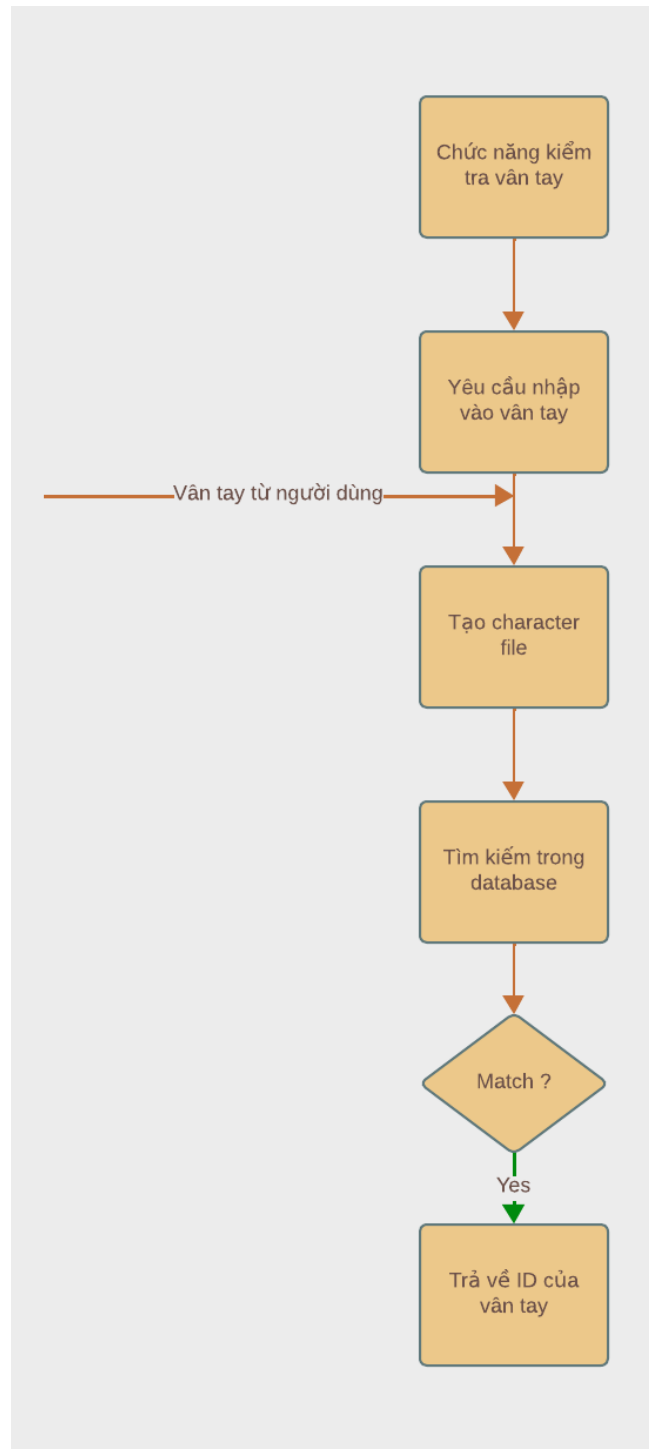


Hình ảnh: Lưu đồ thuật toán chức năng đăng ký vân tay quản lý

- Các quy trình thực hiện việc đăng ký dấu vân tay của người quản lý đều thực hiện bằng các chức năng sẵn có của cảm biến vân tay AS608.
- Vì hệ thống chỉ hoạt động khi đã có dấu vân tay của nhà quản lý nên quá trình đăng ký sẽ lặp lại cho đến khi thành công.

- Khi đăng ký thành công, dấu vân tay được lưu lại trên cơ sở dữ liệu của cảm biến, STM32 sẽ gửi request yêu cầu cập nhật thêm bản ghi chứa: Mã nhân viên – Tên nhân viên – ID vân tay tương ứng (với Admin sẽ mặc định là 0) vào cơ sở dữ liệu thông qua giao thức HTTP. Hệ thống sẽ chờ đến khi nhận được phản hồi báo kết quả từ ESP8266.
- Số lượng vân tay cũng sẽ được cập nhật và lưu lại trong bộ nhớ flash của STM32.

B.2. Chức năng kiểm tra dấu vân tay

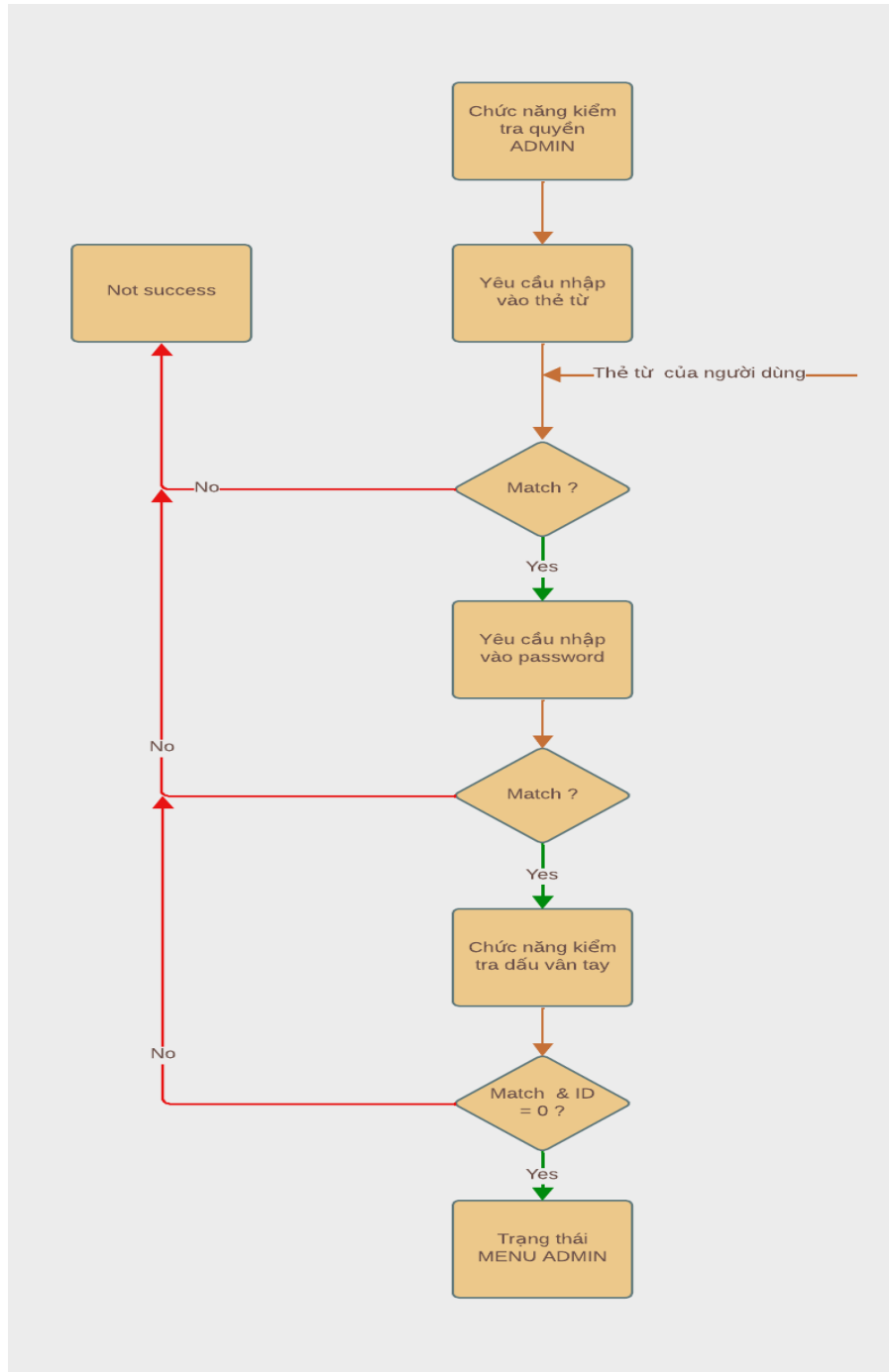


Hình ảnh: Chức năng kiểm tra dấu vân tay người dùng

- Chức năng này được sử dụng để kiểm tra người dùng khi có yêu cầu mở khóa hoặc yêu cầu truy cập MENU quản lý.

- Đối với việc truy cập MENU, dấu vân tay phải là của người quản lý – tức là có ID = 0 thì mới có quyền sử dụng các chức năng của MENU.

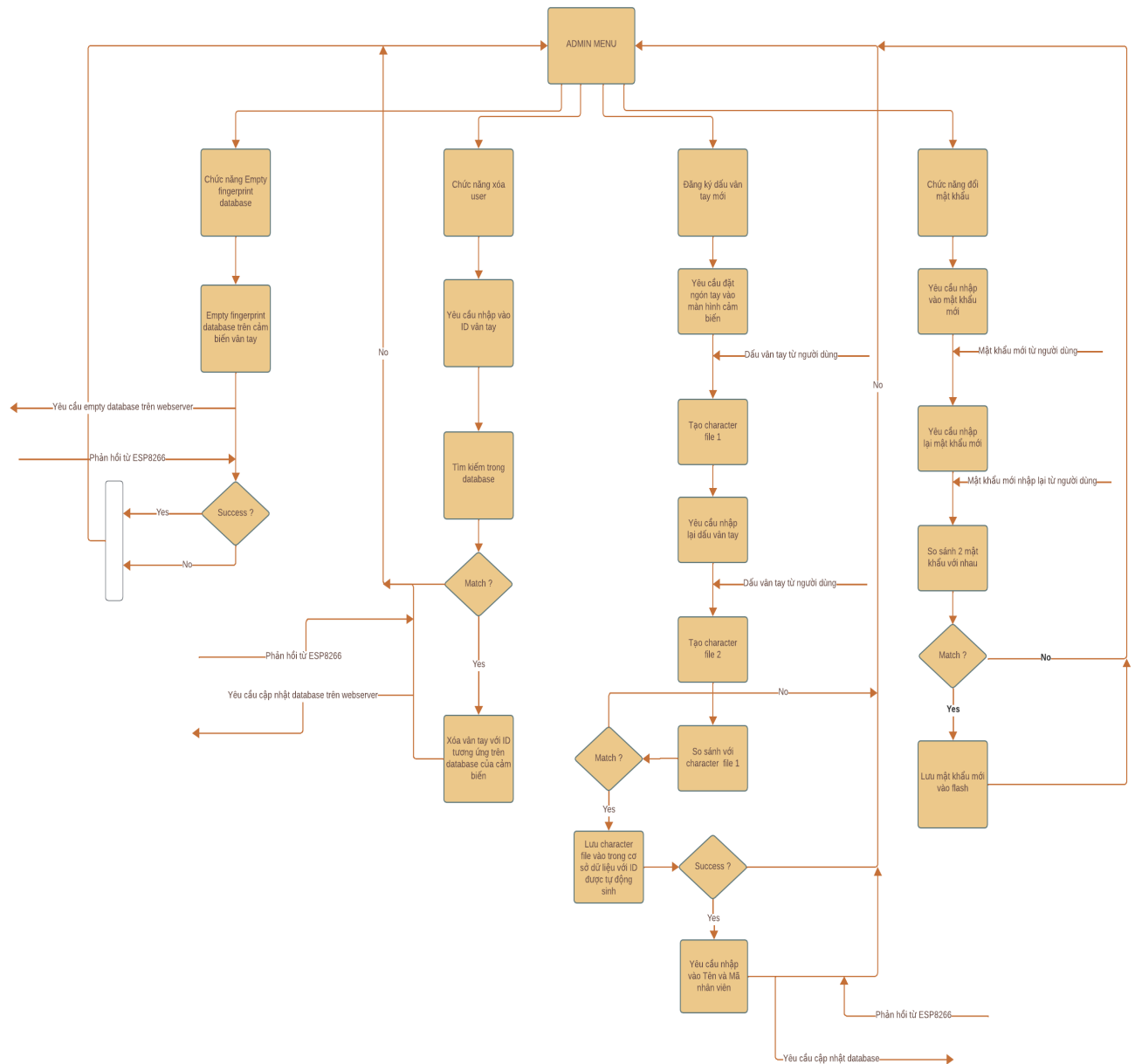
B.3. Chức năng kiểm tra quyền quản lý



Hình ảnh: Chức năng kiểm tra quyền ADMIN

- Hệ thống hiện tại chỉ sử dụng một thẻ từ duy nhất nên giá trị mã số dùng để so sánh được lưu trực tiếp trong RAM.
- Giá trị password mặc định là 111111.
- Giá trị mật khẩu được lưu trên bộ nhớ flash của STM32 để phục vụ cho chức năng đổi mật khẩu của hệ thống.
- Người dùng được phép nhập sai tối đa mật khẩu 5 lần, nếu vượt quá hệ thống sẽ từ chối việc cấp quyền sử dụng MENU ADMIN

B.4. Các chức năng của MENU ADMIN



Hình ảnh: Lưu đồ thuật toán các chức năng của MENU ADMIN

- Chức năng XÓA CƠ SỞ DỮ LIỆU:

- Thực hiện việc xóa toàn bộ các dấu vân tay đã lưu trong cơ sở dữ liệu trên vân tay và cơ sở dữ liệu trên webservice.

- Đồng thời reset lại giá trị mật khẩu về giá trị mặc định: 111111.
 - Số lượng vân tay đã đăng ký lưu trong bộ nhớ flash của STM32 cũng được đặt lại bằng 0.
 - Câu lệnh yêu cầu xóa sạch cơ sở dữ liệu được gửi từ STM32 đến ESP8266 có format: “(Ký tự có giá trị 127)|EM|(Ký tự newline)”.
 - Hệ thống nhận phản hồi từ ESP8266 và hiển thị kết quả cập nhật lên màn hình Oled.
- Chức năng XÓA NGƯỜI DÙNG:
- Thực hiện xóa dấu vân tay tương ứng với ID được nhập vào.
 - Câu lệnh yêu cầu xóa record tương ứng với ID vân tay trên cơ sở dữ liệu của webserver là: “(Ký tự có giá trị 127)|RE|(Giá trị ID)|(2 byte giá trị checksum)|(Ký tự newline)”.
 - Giá trị checksum dùng để kiểm tra lỗi khi nhận được yêu cầu, tránh trường hợp xóa nhầm bản record, được tính bằng 2 byte trong giá trị tổng các ký tự trong trường giá trị ID.
 - Hệ thống nhận phản hồi từ ESP8266 và hiển thị kết quả cập nhật lên màn hình Oled.
- Chức năng ĐĂNG KÝ DẤU VÂN TAY MỚI:
- Chức năng này về cơ bản cũng giống với đăng ký dấu vân tay Admin. Điểm khác là giá trị ID sẽ được tự động tìm kiếm dựa trên những ID chưa được sử dụng.
 - Câu lệnh yêu cầu thêm vào bản ghi mới chứa thông tin nhân viên được gửi từ STM32 đến ESP8266 là: “(Ký tự có giá trị 127)|ADD|(độ dài trường ID + MaxNV + Tên nhân viên)|(Tên nhân viên)|(Mã nhân viên)|(ID)|(2 byte checksum)|(Ký tự newline)”.
 - 2 byte checksum được tính và sử dụng tương tự như ở chức năng xóa người dùng.
 - Hệ thống nhận phản hồi từ ESP8266 và hiển thị kết quả cập nhật lên màn hình Oled.
- Chức năng ĐỔI MẬT KHẨU:
- Chức năng này yêu cầu nhập mật khẩu vào 2 lần để kiểm tra và sẽ cập nhật khi chúng trùng nhau

- Mật khẩu mới sẽ được lưu vào trong bộ nhớ flash của STM32.

3.2.2. Hệ thống phụ.

A. Lưu đồ thuật toán của hệ thống phụ



Hình ảnh: Boad mạch ESP8266.

không, nếu không nó sẽ được ghi lại vào backup file và sau đó hệ thống sẽ thực hiện các thủ tục bắt tay cho quá trình truyền firmware. Sau khi hoàn thành quá trình truyền, hệ thống phụ đi vào trạng thái ngủ.

- Ở trạng thái ngủ, các module Wifi và Bluetooth của hệ thống ngừng hoạt động, hoạt động của CPU cũng tạm thời bị block. Hệ thống sẽ chỉ thức dậy khi có xung tín hiệu sườn âm trên chân GPIO4 được gửi từ STM32 hoặc khi thời gian ngủ đã hết. CPU sẽ bắt đầu hoạt động trở lại từ câu lệnh phía sau function sleep.
- Khi có tín hiệu đánh thức, hệ thống sẽ kiểm tra UART receive buffer để đọc và xử lý các câu lệnh update database được gửi từ STM32. Các câu lệnh mà nó không xử lý được – nếu nguyên nhân không phải đến từ sai cú pháp hoặc thông tin bị lỗi, sẽ được lưu vào trong Stored file để nó có thể tái thực hiện ở lần thức dậy tiếp theo.
- Sau khi xử lý xong các yêu cầu hiện tại, nó mở lại Stored file để thực hiện lần lượt lại các yêu cầu đã không thực hiện được, các yêu cầu được xử lý thành công sẽ được xóa.
- Cuối cùng, hệ thống sẽ kiểm tra lại UART receive buffer lần nữa để xem liệu có yêu cầu nào đến trong quá trình nó xử lý Stored file hay không. Nếu không, nó đi lại vào trạng thái ngủ.
- Hệ thống sẽ kiểm tra phiên bản firmware mỗi khi được reset hoặc khi tỉnh dậy vì hết thời gian ngủ.

4. Kiểm chứng hoạt động của hệ thống.

<https://github.com/manhkamui0502/SmartLock>

https://drive.google.com/drive/folders/1zW82_Uiqv2ecAW56uEgCMErQht5_0-on?usp=drive_link

5. Đánh giá kết quả sản phẩm.

- So với đề cương ban đầu, hệ thống không thiếu bất cứ chức năng gì.
- Hệ thống có thể hoạt động tương đối ổn định.
- Chức năng FOTA đã được chuyển sang thực hiện bằng module ESP8266 với khả năng kết nối Internet bằng WIFI thuận tiện hơn và phù hợp với sự phát

triển của Internet hiện nay thay vì sử dụng module SIM800L chỉ hỗ trợ kết nối Internet theo chuẩn 2G. Sử dụng ESP8266 cũng có thể chứa các phiên bản Firmware back up bằng cách lưu trong bộ nhớ FLASH có kích cỡ tới 4MB.

- Hệ thống có thêm khả năng cập nhật Database chứa thông tin về người dùng với số ID vân tay tương ứng trên Webserver theo giao thức HTTP.
- Hệ thống có thể ghi lại thời gian ra/vào cửa nên Database trên Server thông qua giao thức NTP và HTTP.

6. Phân công các nhiệm vụ đã thực hiện

✓ Sinh viên Trần Đình Nam:

- Chức năng FOTA của hệ thống, bao gồm:
 1. Chương trình Bootloader cho việc đọc/ghi và nhảy tới chương trình ứng dụng.
 2. Chương trình download, kiểm tra lỗi và truyền firmware trên ESP8266.
- Chức năng UPDATE cơ sở dữ liệu trên Webserver thông qua ESP8266, bao gồm:
 1. Xây dựng bộ thư viện dùng để giao tiếp UART với ESP8266 cho việc truyền tải các yêu cầu cập nhật.
 2. Xây dựng các chương trình trên ESP8266 cho việc đọc và xử lý các request từ STM32.
 3. Xây dựng chương trình PHP trên Webserver cho việc nhận và xử lý các yêu cầu cập nhật database đến từ ESP8266.
- Chức năng xác thực dấu vân tay: Xây dựng bộ thư viện để sử dụng được các chức năng cần thiết của cảm biến vân tay AS608 thông qua giao tiếp UART.
- Chức năng light_sleep trên board mạch ESP8266.

✓ Sinh viên Trần Đức Mạnh:

- Chức năng nhập bàn phím:
 1. Nhập mật khẩu.
 2. Nhập thông tin người dùng.
- Chức năng kiểm tra thẻ từ: Xây dựng thư viện để sử dụng được các chức năng cần thiết của cảm biến RFID RC522 thông qua giao tiếp SPI.
- Chế độ ngủ cho STM32.

- Chức năng mở khóa, đóng khóa:
 1. Điều khiển servo mở khóa cửa sử dụng timer².
 2. Sử dụng cảm biến hồng ngoại để tự động đóng cửa.
- Chức năng xác thực người dùng: Kiểm tra vân tay.
- Chức năng quản lý:
 1. Thay đổi mật khẩu.
 2. Thêm người dùng.
 3. Xóa người dùng.
- Ghi mật khẩu, dữ liệu vào bộ nhớ flash.