

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT MÁY TÍNH



BÁO CÁO ĐỒ ÁN THIẾT KẾ LUẬN LÝ

Đề tài

Ổ KHÓA ĐIỆN TỬ

GVHD: Nguyễn Thành Lộc

Thành phố Hồ Chí Minh, 12/2025



Danh sách thành viên và công việc

Họ và tên	MSSV	Nhiệm vụ	Hoàn thành
Dương Khôi Nguyên	2312333	Lên ý tưởng, cấu trúc báo cáo Tổng hợp, chỉnh sửa và hoàn thiện nội dung cuối Hiện thực thao tác và quy trình xử lý dữ liệu đầu vào	100%
Trần Hoàng Bá Huy	2311249	Nghiên cứu và lựa chọn các thiết bị phù hợp Hiện thực tính năng hiển thị và tương tác người dùng Hiện thực, điều chỉnh và sửa lỗi phần cứng	100%
Nguyễn Hảo Khang	2311444	Hiện thực quy trình luận lý Điều chỉnh, tổng hợp mã nguồn Quản lý quy trình làm việc và tiến độ các thành viên	100%



Mục lục

1	Giới thiệu	3
1.1	Tính năng của sản phẩm	3
1.2	Giới hạn của đề tài	4
2	Cấu tạo và Nguyên lý hoạt động	5
2.1	Nguyên lý hoạt động	5
2.2	Linh kiện phần cứng	5
2.3	Giải thuật Knutt-Morris-Pratt	10
3	Thiết kế	11
4	Tổng kết	15

1 Giới thiệu

Khóa cửa là công cụ hữu dụng nhất trong việc đảm bảo nơi cư trú của một cá nhân an toàn với thế giới bên ngoài. Từ thô sơ đến phức tạp, khóa cửa biến đổi từ những then gỗ đơn giản cho đến hiện tại, trong bối cảnh an ninh và tiện lợi được phép tồn tại song song, các giải pháp khóa cửa thông minh đang dần thay thế các loại khóa cơ truyền thống sử dụng chìa. Đây là lý do nhóm chọn đề tài "**Ổ khóa điện tử**"

Đề tài tập trung vào việc nghiên cứu và xây dựng một hệ thống khóa cửa tự động sử dụng vi điều khiển. Sản phẩm sử dụng bo mạch STM32F103C8T6, với họ vi điều khiển lõi Arm[®] Cortex[®]-M3 STM32F1 làm đơn vị xử lý trung tâm. Hệ thống được thiết kế để cung cấp một giải pháp an ninh linh hoạt, kết hợp giữa việc xác thực bằng mật khẩu số và khả năng dự phòng bằng chìa khóa cơ.

1.1 Tính năng của sản phẩm

- **Mở khóa bằng mật khẩu:** Người dùng nhập mật khẩu qua một bàn phím (keypad). Hệ thống cho phép nhập một lượng tối đa các ký tự và tìm mật khẩu dựa trên những ký tự nhập vào.
- **Mở khóa bằng chìa khóa cơ:** Hệ thống tích hợp một ổ khóa cơ học truyền thống. Khi sử dụng chìa khóa cơ, một cảm biến sẽ được kích hoạt để mở khóa và khởi động lại hệ thống nếu đang bị vô hiệu hóa tạm thời.
- **Quản lý mật khẩu:** Cho phép người dùng tạo lập và thay đổi mật khẩu bên trong ổ khóa theo các quy trình phổ biến hiện nay.
- **Cảnh báo an ninh:** Nhập sai mật khẩu nhiều lần liên tiếp, hệ thống sẽ phát cảnh báo và vô hiệu hóa bàn phím, trước khi vô hiệu hóa hoàn toàn bàn phím sau một số lần nhập cụ thể và phải sử dụng chìa khóa cơ để mở lại.
- **Giao diện người dùng:** Thông tin của ổ khóa và mật khẩu đang được nhập sẽ được hiển thị qua một màn hình LED 16×2 .
- **Các tính năng tiện ích:**

- Trang bị một nút bấm ở mặt trong ổ khóa để mở khóa cửa từ bên trong
- Do ổ khóa hoạt động trên một nguồn điện hữu hạn và cần cấp lại sau một thời gian hệ thống trang bị một mạch giám sát pin và đưa ra cảnh báo khi pin yếu.

1.2 Giới hạn của đề tài

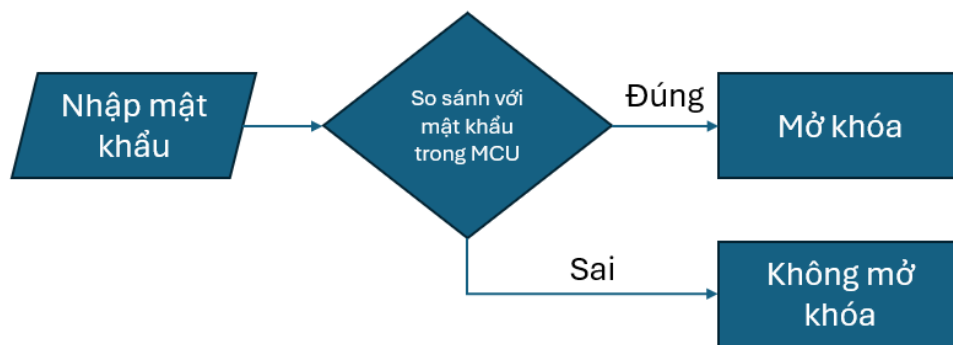
Phạm vi của đề tài được giới hạn trong các khía cạnh kỹ thuật sau:

- **Nền tảng phần cứng:** Thiết kế tập trung vào vi điều khiển STM32F103C8T6. Các linh kiện ngoại vi được lựa chọn cụ thể bao gồm LCD 16x2 (giao tiếp I²C) , khóa Solenoid 12V LY - 03 , và Keypad 4×4 .
- **Phạm vi xác thực mật khẩu:** Mật khẩu được lưu trong MCU có độ dài cố định là bốn ký tự. Mặc dù người dùng có thể nhập chuỗi dài hơn, cơ chế xác thực chỉ dựa trên việc tìm kiếm chuỗi bốn ký tự này bằng thuật toán Knuth – Morris – Pratt , không sử dụng các phương thức mã hóa phức tạp.
- **Nguồn cấp:** Hệ thống được thiết kế ưu tiên cho việc sử dụng bốn pin AA với mục tiêu hoạt động tối thiểu sáu ngày. Đề tài không tập trung vào các giải pháp sử dụng nguồn điện lưới hoặc pin sạc dung lượng cao.

2 Cấu tạo và Nguyên lý hoạt động

2.1 Nguyên lý hoạt động

Ổ khóa điện tử cho phép người dùng mở khóa cửa bằng cách sử dụng mật khẩu hoặc sử dụng chìa khóa cơ. Quy trình xử lý đơn giản của ổ khóa được mô tả trong sơ đồ sau:



Hình 1: Sơ đồ hoạt động của ổ khóa điện tử

Người dùng sẽ nhập một chuỗi hai mươi ký tự trong đó có chuỗi con bốn ký tự là mật khẩu của hệ số thập lục phân. Sau đó, vi xử lý trung tâm sẽ tìm kiếm mật khẩu trong chuỗi vừa nhập bằng thuật toán **Knutt - Morris - Pratt** và so sánh với dữ liệu được lưu trong bộ nhớ của vi. Nếu đúng, vi xử lý trung tâm sẽ gửi tín hiệu để mở chốt khóa và ngược lại. Để thao tác dễ dàng hơn, người sử dụng cũng sẽ được thấy và được cảnh báo các trạng thái của ổ khóa thông qua một màn hình LCD.

2.2 Linh kiện phần cứng

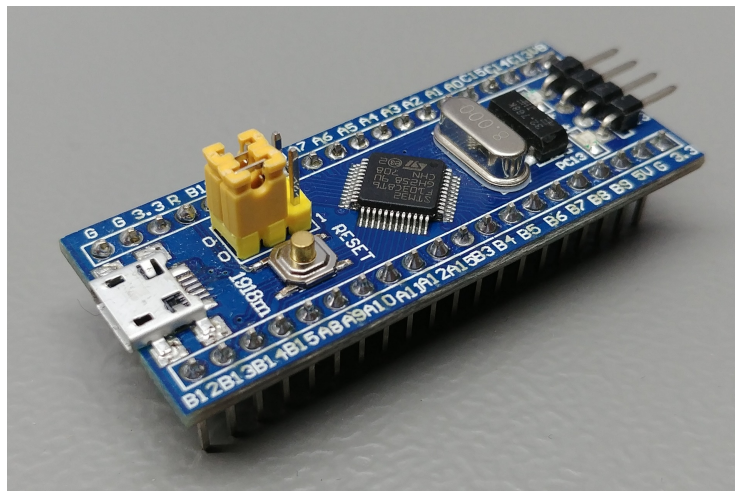
2.2.1 Vi điều khiển STM32F103C8T6

Vi điều khiển STM32F103C8T6 thuộc dòng STM32F1 của STMicroelectronics, là một lựa chọn phổ biến cho các dự án hệ thống nhúng đòi hỏi sự cân bằng giữa hiệu năng, bộ nhớ, và chi phí. Thiết bị được tích hợp lõi Arm[®] Cortex[®]-M3 32-bit RISC hiệu năng cao hoạt động ở tần số 72MHz, bộ nhớ nhúng tốc độ cao và có nhiều chân

I/O ngoại vi mở rộng, được kết nối qua hai bus APB. Vi điều khiển đóng vai trò chính trong việc nhận, xử lý và truyền dữ liệu thông qua giao thức GPIO và I²C.

Đặc điểm kỹ thuật:

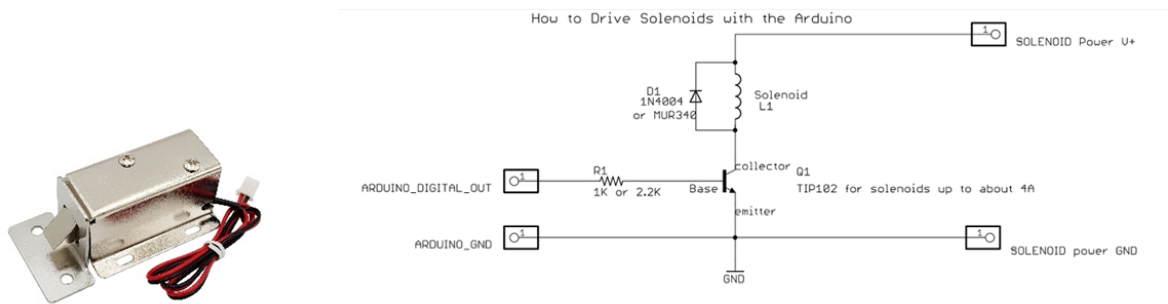
- Lõi xử lý trung tâm: Arm[®] Cortex[®]-M3
 - Tần số tối đa 72 MHz, hiệu suất truy cập bộ nhớ đạt 1.25 DMIPS/MHz (Dhrystone 2.1) khi không có chu kỳ đang chờ.
- Bộ nhớ:
 - Flash: 64KB
 - SRAM: 20KB
- Giao tiếp ngoại vi
 - Tối đa 2 giao diện I²C (hỗ trợ SMBus/PMBus).
 - Tối đa 3 bộ USART (hỗ trợ giao diện ISO 7816, LIN, hồng ngoại IrDA, điều khiển modem).
 - Tối đa 2 giao diện SPI (tốc độ lên đến 18 Mbit/s).
 - Giao diện CAN (chuẩn 2.0B Active).
 - Giao diện USB 2.0 tốc độ tối đa.
- 51 cổng giao tiếp I/O.



Hình 2: Hình ảnh thực tế vi điều khiển STM32F103C8T6

2.2.2 Khóa chốt điện từ LY-03

Solenoid Lock LY-03, hoạt động như một ổ khóa cửa sử dụng Solenoid để kích đóng mở bằng dòng điện. Trong đề tài này, nhóm sử dụng biến áp và relay 5V để cấp, ổn áp dòng điện để truyền tín hiệu từ vi điều khiển tới khóa chốt.



Hình 3: Hình ảnh thực tế (trái) và nguyên lý hoạt động (phải) của Solenoid

Thông số	Giá trị
Điện áp sử dụng	12V DC
Dòng điện tiêu thụ	0.8A
Công suất tiêu thụ	9.6W
Loại Solenoid	Solenoid từ
Tốc độ phản ứng	dưới 1s
Thời gian kích liên tục	dưới 10s

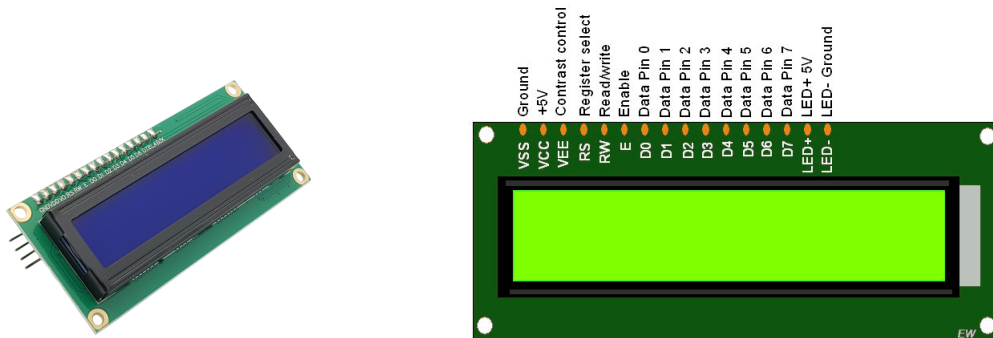
Bảng 1: Thông số khóa điện LY-03

2.2.3 Màn hình LED LCD 16 × 2

Màn hình với nền xanh dương sử dụng driver HD44780, có khả năng hiển thị 2 dòng với mỗi dòng 16 ký tự. Kết hợp với mạch chuyển giao tiếp I²C để dễ dàng truyền nhận dữ liệu với bộ xử lý trung tâm.

Thông số	Giá trị
Điện áp sử dụng	5V DC
Kích thước	$80 \times 36 \times 12.5 \text{ mm}$
Hiển thị	Chữ trắng, nền xanh dương

Bảng 2: Thông số của màn hình LED 16×2

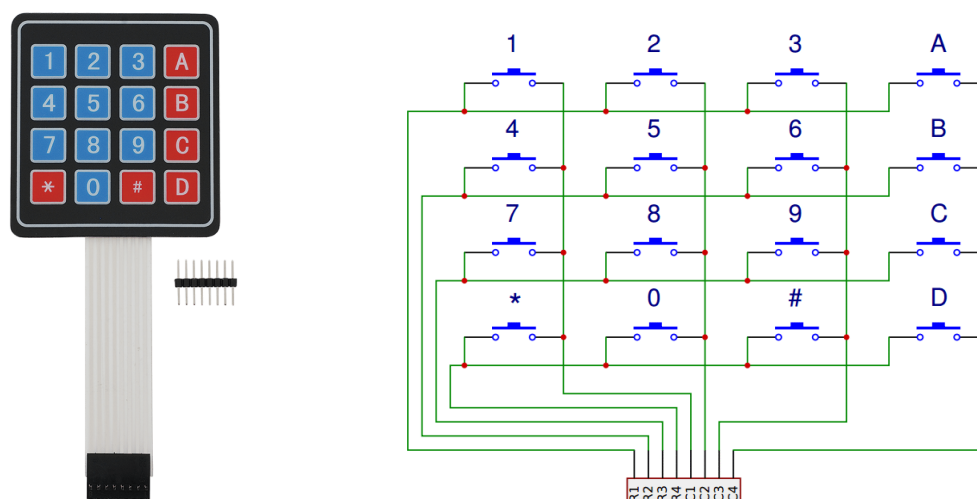


Hình 4: Hình ảnh thực tế (trái) và sơ đồ chân cắm (phải) của màn hình LED

2.2.4 Bàn phím ma trận 4×4

Bàn phím ma trận (Matrix Keypad) 4×4 là một giải pháp nhập liệu rời rạc phổ biến, cung cấp khả năng nhập dữ liệu số và lệnh điều khiển thông qua mười sáu phím bấm vật lý, được sắp xếp theo cấu trúc lưới không gian hai chiều. Ưu điểm cốt lõi của kiến trúc này là khả năng tối ưu hóa tài nguyên phần cứng (GPIO Optimization), cho phép quản lý mười sáu trạng thái logic độc lập với số đường tín hiệu chỉ bằng một nửa số trạng thái.

Các phím bấm không có nguồn điện riêng và chia sẻ đường tín hiệu chung, vì điều khiển không thể đọc trực tiếp trạng thái của tất cả mười sáu phím cùng một lúc. Thay vào đó, hệ thống phải sử dụng kỹ thuật quét lên toàn bộ bàn phím, với mỗi lần quét được thực thi cách nhau một khoảng thời gian rất ngắn cố định để đảm bảo ghi nhận được mọi dữ liệu mà người dùng đưa vào từ bàn phím.



Hình 5: Hình ảnh thực tế và sơ đồ nút (từ trái qua phải) của bàn phím

Thông số	Giá trị
Độ dài dây cắm	88mm
Số đầu nối	8 chân
Kích thước bàn phím	77 × 69 mm
Nhiệt độ hoạt động	0 °C đến 70 °C

Bảng 3: Thông số của bàn phím ma trận

2.2.5 Các thành phần khác

Tên linh kiện	Công dụng
Jumper đực-đực, đực-cái, cái-cái	Kết nối các linh kiện
Relay 5V	Ổn định điện áp cho Solenoid, nhận tín hiệu từ vi điều khiển
Mạch giao tiếp I ² C	Hiện thực giao tiếp giữa màn hình LCD và vi điều khiển

Bảng 4: Các thành phần khác của ổ khóa

2.3 Giải thuật Knutt-Morris-Pratt

Thuật toán **Knuth-Morris-Pratt** (KMP) được phát triển bởi Donald Knuth, Vaughan Pratt, và James Morris vào năm 1977. Nó được ứng dụng rộng rãi trong các công cụ tìm kiếm, trình biên dịch, và trình soạn thảo văn bản. Đây là một thuật toán tìm kiếm chuỗi hiệu quả, được dùng để tìm một mẫu trong một đoạn văn bản. Thuật toán này sử dụng bước tiền xử lý để xử lý các trường hợp không khớp, nhờ đó đạt được độ phức tạp thời gian tuyến tính $O(n)$.

Thuật toán được triển khai với hai bước như sau:

Bước 1: Tiền xử lý - Xây dựng mảng LPS (Longest Prefix Suffix)

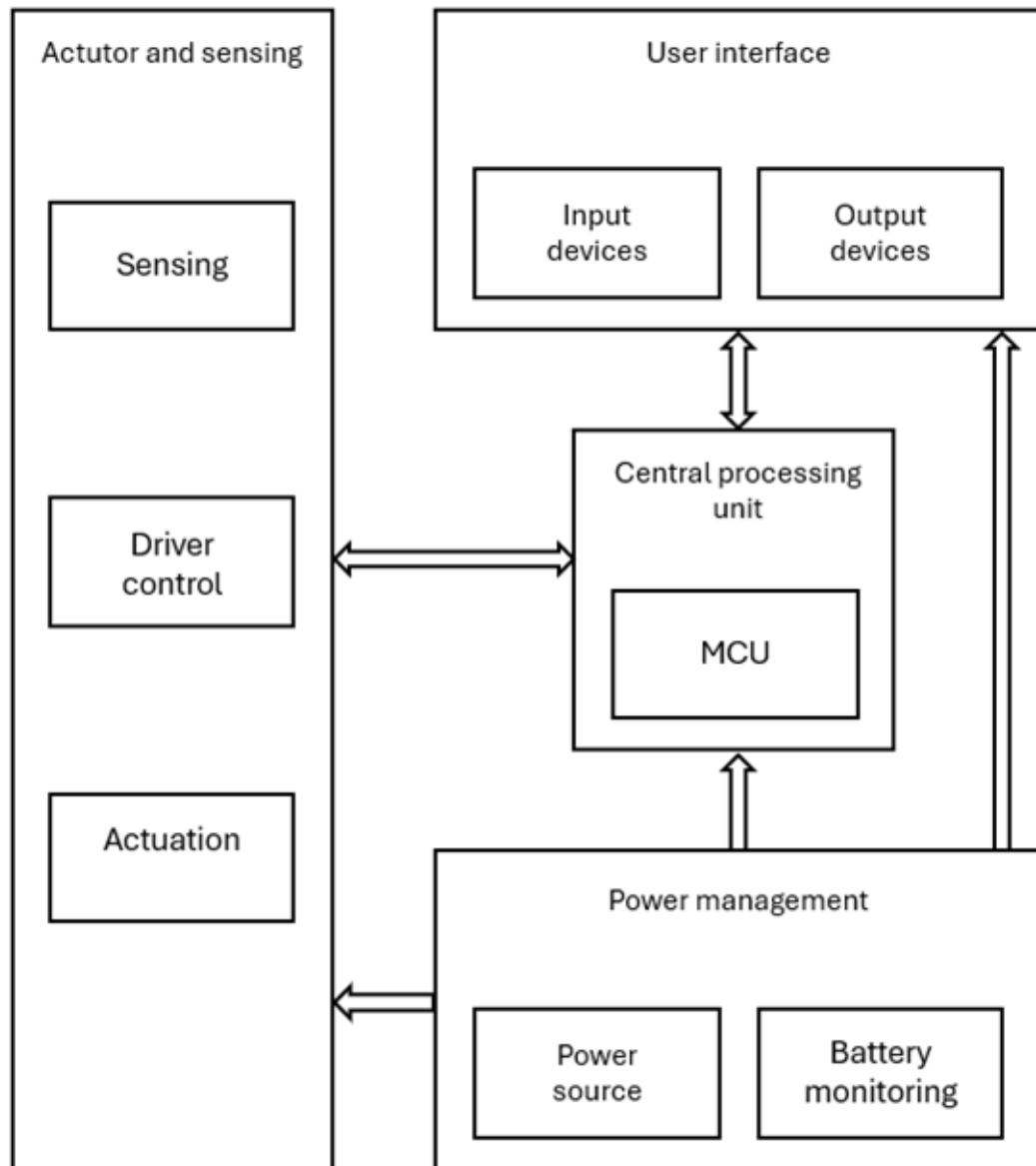
Ta xử lý chuỗi mẫu để tạo ra một mảng LPS. Mảng có ý nghĩa là: “Nếu ký tự không khớp tại vị trí này, ta có thể lùi lại bao nhiêu ký tự trong mẫu mà vẫn không bỏ lỡ khả năng khớp nào?” Nhờ đó, ta không cần phải quay lại đầu mẫu mỗi khi gặp lỗi không khớp. Bước này chỉ được thực hiện một lần duy nhất, trước khi bắt đầu tìm kiếm trong chuỗi văn bản.

Bước 2: So sánh - Tìm chuỗi con trong đoạn chuỗi

Ta sẽ bắt đầu so sánh các ký tự trong chuỗi nhập vào lần lượt một ký tự:

- Nếu ký tự khớp: di chuyển tiếp đến vị trí tiếp theo của cả chuỗi mẫu và chuỗi nhập vào.
- Nếu ký tự không khớp, sẽ có hai trường hợp:
 - Nếu không bắt đầu ở ký tự đầu tiên ở ký tự mẫu, ta dùng giá trị mảng LPS ở vị trí trước để đưa con trỏ chuỗi mẫu về vị trí đó. Điều đó có nghĩa là: nhảy về đến tiền tố dài nhất đồng thời cũng là hậu tố - không phải kiểm tra lại các ký tự đó.
 - Nếu đó là ký tự đầu, ta chỉ cần chuyển tới vị trí tiếp theo của chuỗi vào để kiểm tra.
- Nếu tới cuối chuỗi mẫu, thì ta đã tìm thấy chuỗi đó. Ta sẽ ghi nhận lại vị trí bắt đầu và tiếp tục kiểm tra.

3 Thiết kế



Hình 6: Sơ đồ khối tổng quát

Sơ đồ bao gồm bốn khối: *Khối xử lý trung tâm, khối giao diện người dùng, khối truyền động và cảm biến và quản lý năng lượng.*

1. Khối xử lý trung tâm:

- Đây là đầu não hành vi của toàn bộ ổ khóa. Vi điều khiển thực hiện nhiệm vụ tiếp nhận tín hiệu đầu vào, xử lý thuật toán xác thực và phát lệnh điều

khởi đến các thiết bị ngoại vi.

- Khi nhập mật khẩu, MCU nhận chuỗi ký tự từ bàn phím, sau đó thực hiện tìm kiếm mật khẩu thực liên tục trong chuỗi dữ liệu nhập vào bằng thuật toán xác thực và kích hoạt cơ cấu mở khóa nếu nội dung được kiểm tra là chính xác.
- Trong trường hợp người dùng sử dụng phương thức mở khóa bằng chìa cơ, MCU sẽ đọc trạng thái từ microswitch gắn với ổ khóa cơ học để thực hiện hành động tương ứng để mở khóa.
- Sau khi nhập mật khẩu, MCU sẽ phát lệnh điều khiển đến các thiết bị đầu ra như màn hình hiển thị, còi báo động và relay kích hoạt solenoid ứng với từng trạng thái hoạt động của hệ thống như: tiến hành mở khóa khi đã nhập đúng; sai mật khẩu nhiều lần; hiển thị trực quan và bảo mật nội dung đang nhập...
- Song song với việc xử lý mở khóa, MCU đảm nhận cả việc giám sát và quản lý các thông số vận hành quan trọng bao gồm: hiển thị trực quan trạng thái khóa; hiển thị thông báo người dùng khi điện áp nguồn không ổn định...

2. Khối giao diện người dùng:

- **Về thiết bị đầu vào:** bàn phím ma trận kích thước 4×3 cho phép người dùng nhập mật khẩu và các lệnh điều khiển thông qua các phím số từ "0" đến "9", phím "Enter" để xác nhận, phím "Delete" để xóa ký tự gần nhất, đồng thời các ký tự chữ cái từ "A" đến "F" được tích hợp trên các phím số từ "1" đến "6".
- Một microswitch cơ học được lắp đặt tại vị trí ổ khóa cơ có chức năng phát hiện và thông báo cho MCU khi người dùng thực hiện thao tác mở khóa bằng chìa khóa truyền thống.
- Nút bấm có ký hiệu "Open" được gắn ở mặt trong của cửa, khi được kích hoạt sẽ truyền tín hiệu mở khóa đến MCU.

- Về thiết bị đầu ra: màn hình hiển thị dạng LCD 16×2 hoặc màn hình TFT đảm nhiệm việc trình bày các giao diện người dùng và các thông báo hệ thống như chuỗi đang nhập, kết quả xác thực, thiết lập mật khẩu mới, cảnh báo mức pin thấp,...
- Còi báo động phát ra các tín hiệu âm thanh trong các tình huống như phát hiện nhập sai mật khẩu liên tiếp nhiều lần hoặc nhắc nhở người dùng đóng cửa sau khi ra vào.
- Hệ thống đèn LED chỉ thị trạng thái được đặt ở cả hai mặt trước và sau của khóa, giúp người dùng quan sát trực quan trạng thái khóa của cửa.

3. Khối truyền động và cảm biến:

- Khóa điện từ kiểu solenoid đóng vai trò là cơ cấu chấp hành chính, thực hiện động tác đóng và mở chốt khóa theo chỉ thị từ vi điều khiển.
- Do solenoid yêu cầu nguồn cấp có công suất lớn hơn khả năng cung cấp trực tiếp của MCU, vi điều khiển sẽ điều khiển solenoid gián tiếp thông qua một relay trung gian, tín hiệu điều khiển mức logic 5V từ chân GPIO của MCU kích hoạt cuộn dây relay, khi relay đóng tiếp điểm sẽ cho phép dòng điện 12V hoặc điện áp định mức phù hợp chạy qua solenoid để kích hoạt cơ chế khóa.
- Về phần cảm biến, hệ thống sử dụng một microswitch cảm biến trạng thái cửa nhận biết vị trí đóng hoặc mở của cánh cửa và gửi về MCU, phục vụ cho thao tác cảnh báo người dùng.

4. Khối quản lý năng lượng:

- Nguồn điện chính được cấp từ bộ pin kiểu AA gồm bốn viên mắc nối tiếp tạo ra điện áp khoảng 6V, đáp ứng nhu cầu năng lượng cho tất cả các module trong thiết bị. Nguồn pin này được đưa vào mạch nguồn của bo mạch và qua các mạch điều chỉnh điện áp để tạo ra các mức điện áp ổn định 5V hoặc 3.3V cung cấp cho vi điều khiển cùng các linh kiện điện tử khác.

- Để đảm bảo hệ thống hoạt động ổn định, khóa cần được trang bị mạch giám sát điện áp nguồn hoạt động trên nguyên tắc đo điện áp bộ nguồn và chuyển đổi thành tín hiệu số gửi về MCU. Từ đó, đưa ra các thông báo pin yếu đến người dùng khi điện áp pin thấp hơn định mức.

4 Tổng kết

Trong quá trình thực hiện đồ án, nhóm đã gặp phải nhiều thách thức liên quan đến cả khía cạnh quản lý dự án lẫn thiết kế kỹ thuật. Các thách thức này đòi hỏi phải áp dụng phương pháp phù hợp và nghiên cứu kỹ lưỡng để đảm bảo tính khả thi và hiệu quả của hệ thống, cụ thể như sau:

- **Phân tích và làm rõ yêu cầu hệ thống:** Đề tài được đưa ra ở mức độ tổng quát. Để có được chi tiết hóa đầy đủ các chức năng, ràng buộc và kịch bản hoạt động của hệ thống khóa điện tử, nhóm đã tiến hành phân tích hành vi người dùng thực tế thông qua phương pháp quan sát và đặt giả thuyết, từ đó xác định các trường hợp sử dụng cụ thể.
- **Phối hợp và quản lý tiến độ nhóm:** Nhóm sử dụng các nền tảng họp trực tuyến và duy trì kênh giao tiếp liên tục nhằm đảm bảo tiến độ dự án, cập nhật và giải quyết các vấn đề phát sinh kịp thời. Việc này giải quyết được vấn đề di chuyển của các thành viên khi sự khác biệt về khoảng cách địa lý giữa các thành viên là rất lớn.
- **Thiết kế nguồn ngoại vi cho các thiết bị**
- **Quản lý trạng thái phức tạp:** Thiết kế máy trạng thái ban đầu có quá nhiều trạng thái dư thừa. Việc triển khai logic này bằng cấu trúc if - else lồng nhau truyền thống dễ dẫn đến lỗi luận lý và vô cùng khó bảo trì.