VIETNAM NATIONAL UNIVERSITY, HO CHI MINH CITY
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF COMPUTER SCIENCE AND ENGINEERING

ĐỒ ÁN MÔN HỌC THIẾT KẾ LUẬN LÝ (CO3091)

Đề tài

"Ổ KHÓA ĐIỆN TỬ"

Instructor(s): Huỳnh Phúc Nghị

Students: Nguyễn Xuân Hy - 2211409
Phạm Việt Hùng - 2211349
Nguyễn Trường Thái Khang - 2211458
Đỗ Ôn Trí Quân - 2212783
Huỳnh Minh Nhật - 2212390

HO CHI MINH CITY, DECEMBER 2024

Contents

Bảng phân công nhiệm vụ 2

1 Giới thiệu **3**
1.1 Đề tài 3
1.2 Công cụ sử dụng 3
1.3 Thiết bị sử dụng 4
1.4 Chức năng của sản phẩm 5

2 Lý thuyết sơ lược và những ứng dụng thực tế của sản phẩm **6**
2.1 Lý thuyết sơ lược về ổ khóa điện tử 6
2.1.1 Lý thuyết về động cơ servo 7
2.1.2 Lý thuyết về LCD 1602 9
2.2 Những ứng dụng thực tế của ổ khóa điện tử 11
2.3 Lý thuyết cách hoạt động 11
2.3.1 Về thiết kế hệ thông 11
2.3.2 Về chức năng của hệ thống 12

3 Thiết kế **13**
3.1 Sơ đồ khối 13
3.2 Các khối chức năng 13

4 Hiện thực **16**
4.1 Flowchart 16
4.2 Hiện thực các khối và cấu trúc mạch 17
4.2.1 Khối Pass getter 17
4.2.2 Khối Pass decoder - Led decoder 18
4.2.3 Khối FSM 21
4.2.4 Khối LCD Decoder và những khối liên quanquan 22
4.2.5 Khối Servo 24
4.2.6 Khối Buzzer 26
4.2.7 Khối Led Blinker 27
4.2.8 Khối Edge Detector 28
4.2.9 Khối Clk 1Hz 28
4.3 Cấu trúc mạch hoàn thiện và mô hình thiết kế 29

5 Kết luận **32**

Bảng phân công nhiệm vụ

STT	Họ tên	MSSV	Nhiệm vụ	% Hoàn thành
1	Nguyễn Xuân Hy	2211409	Code khối LCD	100%
2	Phạm Việt Hùng	22211349	Code khối Pass getter Code khối Led Blinker	100%
3	Nguyễn Trường Thái Khang	2211458	Code khối FSM	100%
4	Đỗ Ôn Trí Quân	2212783	Code khối Buzzer Code khối Servo Viết báo cáo	100%
5	Huỳnh Minh Nhật	2212390	Code Pass decoder Viết báo cáo	100%

Table 1: Bảng phân công nhiệm vụ

Chương 1

Giới thiệu

Trong phần này, nhóm sẽ giới thiệu về đề tài mà nhóm đã chọn, cũng như những thiết bị, những chức năng và công cụ sử dụng của sản phẩm trong đề tài.

1.1 Đề tài

Ổ khóa điện tử đang dần trở nên phổ biến và trở thành một phần quan trọng trong cuộc sống hiện đại nhờ sự tiện lợi và độ an toàn cao. Với khả năng ứng dụng linh hoạt, loại khóa này thường được lắp đặt tại các văn phòng, căn hộ, nhà ở, hoặc thậm chí là trong các cơ sở kinh doanh cần đảm bảo an ninh. Thay vì sử dụng chìa khóa truyền thống, ổ khóa điện tử sử dụng mật khẩu hoặc các công nghệ tiên tiến khác như thẻ từ, vân tay, hoặc ứng dụng di động để mở khóa. Điều này giúp giảm thiểu rủi ro bị mất chìa khóa hay bị làm giả chìa khóa.

Một trong những tính năng nổi bật của ổ khóa điện tử là khả năng xử lý thông minh khi phát hiện các hành vi xâm nhập không hợp lệ. Nếu kẻ gian nhập mật khẩu sai nhiều lần liên tiếp, hệ thống sẽ tự động tăng thời gian chờ trước khi cho phép thử lại, nhằm ngăn chặn các hành động đoán mật khẩu liên tục. Đồng thời, một thông báo cảnh báo sẽ được gửi ngay lập tức đến thiết bị di động của chủ nhà, giúp họ nhanh chóng phát hiện và ứng phó với nguy cơ tiềm ẩn. Những tính năng này không chỉ mang lại sự an tâm cho người sử dụng mà còn nâng cao tính hiệu quả trong việc bảo vệ tài sản và không gian sống của họ.

Ngoài ra, ổ khóa điện tử còn tích hợp nhiều chức năng tiện ích khác như quản lý từ xa, tạo mã tạm thời cho khách, và ghi lại lịch sử sử dụng, giúp người dùng kiểm soát tốt hơn mọi hoạt động liên quan đến việc ra vào. Với sự kết hợp giữa công nghệ hiện đại và thiết kế sang trọng, ổ khóa điện tử không chỉ là một giải pháp an ninh hiệu quả mà còn góp phần nâng tầm phong cách sống của người sử dụng.

1.2 Công cụ sử dụng

Trong quá trình thiết kế và triển khai các hoạt động chức năng của ổ khóa điện tử, các công cụ hỗ trợ chuyên dụng đóng vai trò quan trọng giúp tối ưu hóa quy trình làm việc, từ giai đoạn lên ý tưởng đến thực hiện. Vì vậy, nhóm đã lựa chọn và sử dụng một số công cụ sau để hỗ trợ trong quá trình hoàn thiện:

- Draw.io: là công cụ hữu ích để tạo sơ đồ và biểu đồ hệ thống, cho phép dễ dàng thiết kế các lưu đồ logic, cấu trúc phần cứng, và quy trình hoạt động của ổ khóa. Với giao diện trực quan và khả năng chỉnh sửa linh hoạt, Draw.io giúp minh họa rõ ràng cách các thành phần trong hệ thống tương tác với nhau.
- Vivado: là một phần mềm mạnh mẽ chuyên dùng để thiết kế và lập trình FPGA (Field-Programmable Gate Array). Trong dự án này, Vivado hỗ trợ tạo và kiểm tra mã Verilog cho các chức năng của ổ khóa điện tử, chẳng hạn như xử lý tín hiệu đầu vào từ bàn phím số, xác thực mật khẩu, và quản lý các cơ chế an ninh khi phát hiện hành vi xâm nhập. Khả năng mô phỏng và phân tích hiệu năng của Vivado giúp đảm bảo rằng hệ thống hoạt động chính xác và hiệu quả trước khi triển khai thực tế.
- Overleaf: là công cụ lý tưởng để lập tài liệu kỹ thuật và báo cáo dự án. Với khả năng xử lý ngôn ngữ LaTeX mạnh mẽ, Overleaf giúp trình bày các nội dung phức tạp như công thức toán học, biểu đồ, và giải thích chi tiết về thiết kế hệ thống một cách rõ ràng và chuyên nghiệp. Sự tích hợp của Overleaf cũng hỗ trợ làm việc nhóm hiệu quả, cho phép các thành viên cộng tác và chỉnh sửa tài liệu một cách dễ dàng.

Sự kết hợp của các công cụ này không chỉ nâng cao hiệu quả làm việc mà còn giúp đảm bảo tính chính xác và minh bạch trong từng giai đoạn của dự án ổ khóa điện tử.

1.3 Thiết bị sử dụng

Để hỗ trợ thiết kế và mô phỏng mạch cho ổ khóa điện tử, các thiết bị phần cứng đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm tra tính năng và đảm bảo hoạt động chính xác của hệ thống.

- Arty Z7-20: một bo mạch FPGA tích hợp bộ vi xử lý mạnh mẽ, là trung tâm điều khiển chính trong hệ thống. Bo mạch này cung cấp một môi trường lý tưởng để triển khai mã Verilog, thử nghiệm các thuật toán và điều khiển các tín hiệu đầu vào/đầu ra phức tạp, giúp đảm bảo tính linh hoạt và hiệu năng cao trong quá trình phát triển.
- Mạch mở rộng: được sử dụng để kết nối và mở rộng các cổng giao tiếp, cho phép tích hợp dễ dàng với các thiết bị ngoại vi như bàn phím số, cảm biến, và các thành phần điều khiển khác.
- LCD 16x2: là một thiết bị hiển thị nhỏ gọn nhưng hiệu quả, thường được sử dụng để cung cấp thông tin trực tiếp đến người dùng, chẳng hạn như trạng thái hoạt động của hệ thống hoặc các thông báo khi mật khẩu được nhập sai.
- Buzzer được tích hợp như một phần của hệ thống cảnh báo, đóng vai trò phát âm thanh thông báo khi phát hiện các hành vi xâm nhập hoặc lỗi trong quá trình nhập mật khẩu.
- Motor servo: là thành phần cơ khí quan trọng, chịu trách nhiệm thực hiện hành động khóa và mở khóa. Với khả năng điều khiển chính xác góc quay, motor servo đảm bảo hoạt động cơ học của ổ khóa diễn ra mượt mà và đáng tin cậy.

Sự kết hợp giữa các thiết bị này cho phép không chỉ mô phỏng mà còn thử nghiệm thực tế các chức năng của ổ khóa điện tử, giúp đánh giá và tối ưu hóa thiết kế trước khi đưa vào sản xuất.

1.4 Chức năng của sản phẩm

Ổ khóa điện tử được thiết kế với nhiều chức năng thông minh nhằm đáp ứng nhu cầu bảo mật và tiện ích trong đời sống hiện đại. Chức năng chính của hệ thống là mở khóa bằng mật khẩu, thay thế hoàn toàn cách sử dụng chìa khóa truyền thống. Ngoài ra, ổ khóa còn được trang bị tính năng chống xâm nhập thông minh. Khi phát hiện việc nhập sai mật khẩu liên tiếp vượt quá số lần cho phép, hệ thống sẽ tự động tăng thời gian chờ trước lần nhập tiếp theo, nhằm hạn chế các hành vi đoán mật khẩu tự động. Đồng thời, nó có thể gửi thông báo cảnh báo đến thiết bị di động của chủ nhà, giúp họ phát hiện và xử lý kịp thời các nguy cơ tiềm ẩn. Một chức năng tiện ích khác là quản lý mật khẩu linh hoạt, cho phép người dùng thay đổi mật khẩu theo nhu cầu. Trong trường hợp cần cấp quyền tạm thời cho người khác, hệ thống có thể tạo mã truy cập tạm thời mà không ảnh hưởng đến mật khẩu chính. Hơn nữa, lịch sử sử dụng của khóa cũng có thể được ghi lại, cho phép người dùng dễ dàng theo dõi các hoạt động ra vào.

Chương 2

Lý thuyết sơ lược và những ứng dụng thực tế của sản phẩm

Trong phần này, nhóm sẽ sơ lược về những lý thuyết liên quan về ổ khóa điện tử cũng như những ứng dụng tế của sản phẩm.

2.1 Lý thuyết sơ lược về ổ khóa điện tử

Ổ khóa điện tử là một giải pháp bảo mật thông minh kết hợp giữa công nghệ điện tử và cơ khí. Hệ thống này không chỉ cho phép mở khóa bằng mật khẩu, mà còn tích hợp các chức năng thông minh như cảnh báo, tự động ghi lại lịch sử ra vào, và quản lý từ xa. Để hoạt động hiệu quả, ổ khóa điện tử được thiết kế với các thành phần chính như bo mạch điều khiển, màn hình hiển thị, thiết bị cảnh báo âm thanh, và cơ chế khóa vật lý, tất cả đều liên kết chặt chẽ qua các giao thức giao tiếp điện tử.

- Arty Z7-20: là trái tim của hệ thống, sử dụng nền tảng FPGA để thực hiện các tác vụ xử lý tín hiệu và điều khiển logic. Nó quản lý giao tiếp giữa các thiết bị thông qua các cổng giao tiếp như GPIO (General Purpose Input/Output), UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter), và I2C (Inter-Integrated Circuit). Các tín hiệu từ bàn phím hoặc cảm biến được đưa vào bo mạch, nơi các thuật toán xác thực mật khẩu và quản lý thời gian chờ được thực hiện. Đồng thời, Arty Z7-20 điều khiển các thiết bị đầu ra như màn hình LCD, buzzer, và motor servo để phản hồi lại người dùng.

- Mạch mở rộng đóng vai trò là cầu nối, cung cấp thêm các cổng giao tiếp và giúp kết nối các thiết bị ngoại vi với bo mạch chính. Điều này đặc biệt hữu ích khi số lượng thiết bị đầu vào/đầu ra vượt quá khả năng hỗ trợ của Arty Z7-20. Thông qua mạch mở rộng, các tín hiệu từ bàn phím số, màn hình hiển thị, và các thiết bị khác được truyền tải một cách mượt mà, đảm bảo tính ổn định và hiệu quả.

- LCD 16x2 được kết nối với bo mạch chính thông qua giao tiếp I2C hoặc GPIO. Nó hiển thị thông tin cần thiết như trạng thái hệ thống, hướng dẫn nhập mật khẩu, và các thông báo cảnh báo. Dữ liệu hiển thị được cập nhật từ Arty Z7-20, nơi xử lý và gửi các lệnh điều khiển màn hình.

- Buzzer là một thiết bị phát âm thanh đơn giản nhưng hiệu quả, thường được sử dụng để cảnh báo người dùng khi phát hiện hành vi nhập mật khẩu sai hoặc xâm nhập bất hợp

pháp. Buzzer được điều khiển trực tiếp bởi tín hiệu PWM (Pulse Width Modulation) từ Arty Z7-20. Khi cần phát cảnh báo, bo mạch sẽ gửi tín hiệu kích hoạt với tần số và thời gian phù hợp để tạo ra âm thanh mong muốn.

- Motor servo đảm nhiệm vai trò chính trong cơ chế khóa vật lý, thực hiện thao tác khóa và mở khóa cửa. Nó được kết nối với bo mạch qua giao tiếp PWM, cho phép điều khiển chính xác góc quay của motor. Khi mật khẩu được xác thực thành công, bo mạch sẽ gửi tín hiệu điều khiển để motor servo xoay đến vị trí mở khóa, và ngược lại khi hệ thống yêu cầu khóa cửa.

2.1.1 Lý thuyết về động cơ servo

1. Động cơ servo là một loại động cơ có hộp số gắn liền không thể tháo rời, được thiết kế cho những hệ thống hồi tiếp vòng kín. Tín hiệu ra của động cơ được nối với một mạch điều khiển, như trong đồ án này là mạch FPGA Arty Z7 20. Nó là một động cơ vòng kín sử dụng phản hồi vị trí để điều khiển chuyển động và vị của nó. Đầu vào điều khiển của nó là tín hiệu (analog hay digital) đại diện cho vị trí được chỉ định quay cho trục đầu ra. Động cơ servo được sử dụng trong đồ án là động cơ servo SG90, là động cơ nhỏ bằng nhựa, nhận tín hiệu PWM để xác định góc quay.

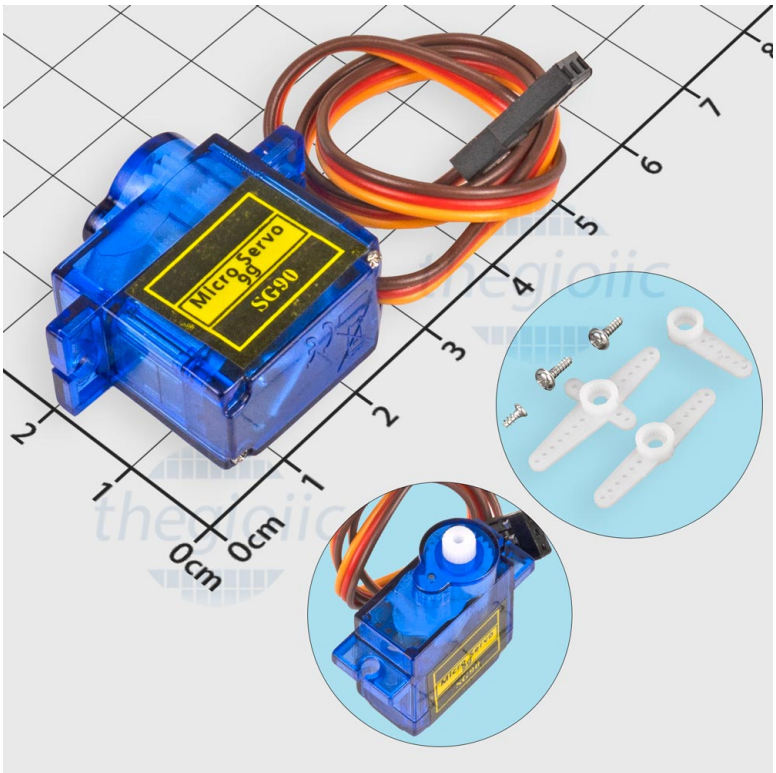

Figure 2.1: Động cơ servo

2. Thông số kỹ thuật của động cơ servo SG90:
   - Điện áp hoạt động: 4.8-5VDC.
   - Lực kéo: 1.6 Kg.cm.
   - Trọng lượng: 9g.
   - Kích thước: 21x12x22mm.
   - Độ rộng xung 0.5ms 2.5ms tương ứng 0-180 độ.
   - Tần số 50Hz, chu kỳ 20ms.
3. Xung PWM hoạt động của động cơ servo :

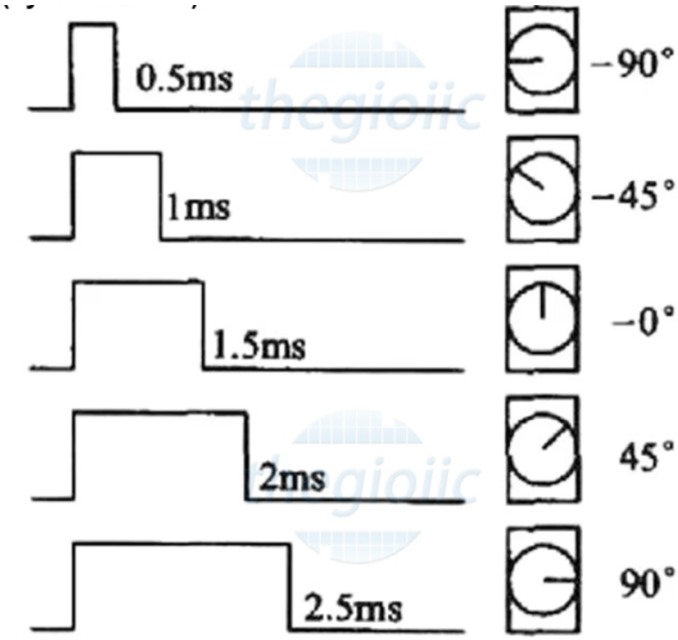

Figure 2.2: Xung hoạt động của động cơ servo

4. Sơ đồ dây của động cơ servo:

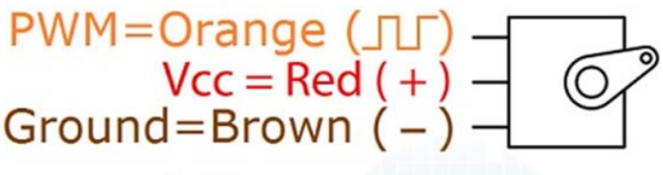

Figure 2.3: Sơ đồ dây của động cơ servo

2.1.2 Lý thuyết về LCD 1602

LCD-1602 sử dụng driver HD44780, có khả năng hiển thị 2 dòng với mỗi dòng 16 ký tự, màn hình có độ bền cao. Giao tiếp đơn giản với 4 bit hoặc 8 bit.

Đặc điểm:

- LCD STN độ tương phản cao 16x2
- Chữ đen nền vàng
- Điện áp hoạt động: +3.3VDC
- Đèn LED nền vàng
- Ký tự 5x8 dot
- IC điều khiển HD44780 hoặc tương đương
- Giao tiếp 4 or 8 bit

Sơ đồ chân:
1: VSS chân GND

2: VDD chân dương 3.3V

3: V0 là đầu điều chỉnh độ tương phản LCD. Khi kết nối công suất dương, độ tương phản là yếu nhất. Khi sử dụng công suất nối đất, độ tương phản là cao nhất. Khi độ tương phản quá cao, sẽ xảy ra hiện tượng tương phản thông qua chiết áp 10K.

4: RS là lựa chọn thanh ghi. Khi mức cao được chọn, thanh ghi dữ liệu được chọn và khi mức thấp được chọn, thanh ghi lệnh được chọn.

5: R/W là đường tín hiệu đọc/ghi. Khi ở mức cao, nó thực hiện thao tác đọc và khi ở mức thấp, nó sẽ thực hiện thao tác ghi. Khi RS và RW ở mức thấp cùng nhau, có thể ghi địa chỉ lệnh hoặc hiển thị. Khi RS thấp, RW có thể đọc tín hiệu bận và khi RS ở mức cao, RW có thể được ghi vào dữ liệu.

6: Thiết bị đầu cuối E là thiết bị đầu cuối cho phép. Khi thiết bị đầu cuối E thay đổi từ mức cao sang mức thấp, mô đun tinh thể lỏng thực hiện lệnh.

7 đến 14: D0 đến D7 là các đường dữ liệu hai chiều 8 bit.

15: Đèn nền dương

16: Đèn nền âm

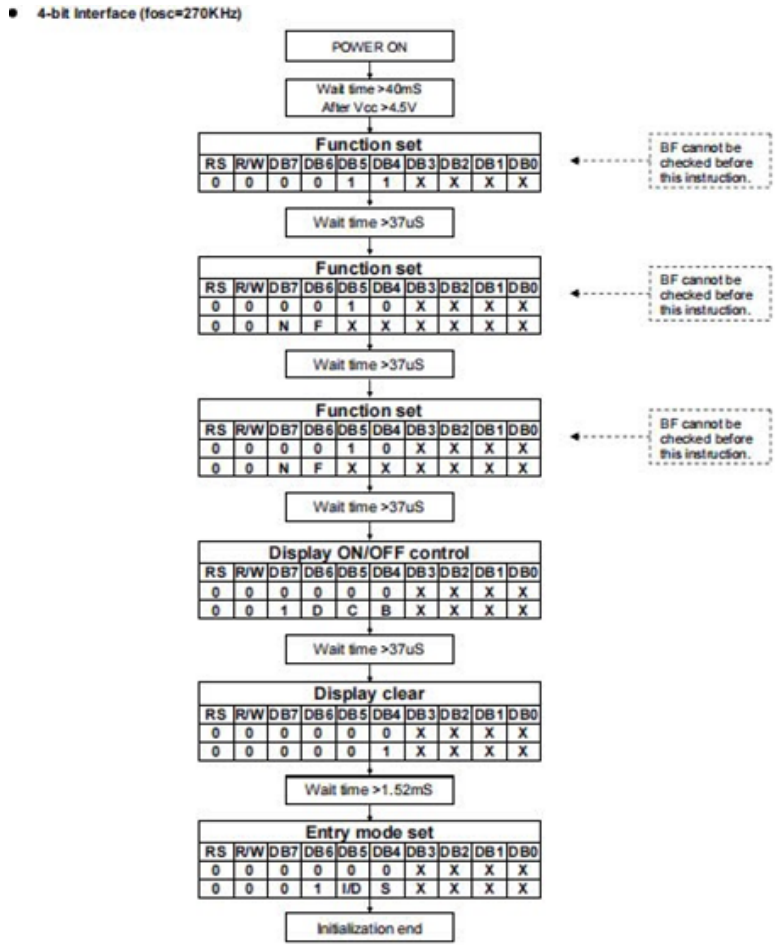

Figure 2.4: Trình tự giao tiếp 4bit cho LCD-1602

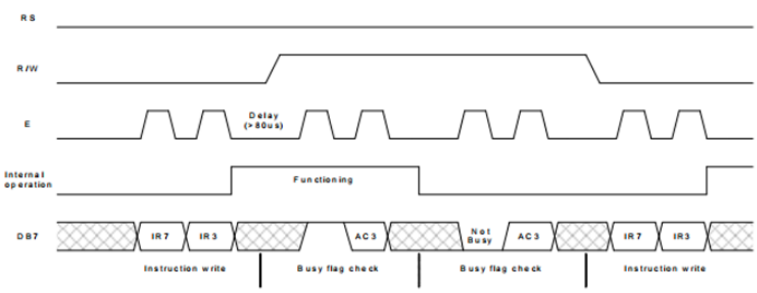

Figure 2.5: Ví dụ về trình tự thời gian kiểm tra busy flag

2.2 Những ứng dụng thực tế của ổ khóa điện tử

Ổ khóa điện tử đang ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực nhờ vào sự linh hoạt, an toàn và tính năng thông minh mà nó mang lại. Một số ứng dụng thực tế của ổ khóa điện tử như:

- Khu dân cư và căn hộ
  Trong môi trường nhà ở, ổ khóa điện tử mang lại sự tiện lợi và an ninh vượt trội. Người dùng có thể mở cửa bằng mật khẩu, vân tay, thẻ từ, hoặc ứng dụng di động mà không cần mang theo chìa khóa truyền thống. Trong gia đình cha mẹ có thể cấp quyền truy cập cho con cái hoặc người giúp việc thông qua mã tạm thời. Các thành viên trong gia đình cũng có thể theo dõi lịch sử ra vào để đảm bảo mọi hoạt động trong nhà được kiểm soát. Với căn hộ chung cư ổ khóa điện tử giúp tích hợp vào hệ thống an ninh tổng thể, phối hợp với camera giám sát và cảm biến chuyển động để tạo ra một hệ sinh thái bảo vệ toàn diện.

- Văn phòng và doanh nghiệp
  Trong các công ty và tổ chức, ổ khóa điện tử thường được sử dụng tại các khu vực yêu cầu kiểm soát nghiêm ngặt. Như trong phòng máy chủ ổ khóa điện tử với tính năng ghi lại lịch sử ra vào giúp quản lý dễ dàng theo dõi thời gian và danh tính của người truy cập phòng máy chủ, giảm thiểu rủi ro rò rỉ dữ liệu. Đối với các doanh nghiệp thương mại, khóa điện tử giúp đảm bảo an toàn cho hàng hóa và kiểm soát chặt chẽ nhân viên, hạn chế các trường hợp truy cập trái phép.

- Khách sạn và khu nghỉ dưỡng
  Trong ngành dịch vụ lưu trú, ổ khóa điện tử đóng vai trò nâng cao trải nghiệm khách hàng và hiệu quả quản lý. Trong các phòng nghỉ, hầu hết các khách sạn hiện đại sử dụng thẻ từ hoặc mã PIN để khách mở khóa phòng, đồng thời tự động vô hiệu hóa quyền truy cập sau khi khách trả phòng. Nhân viên lễ tân hoặc quản lý khách sạn có thể cấp quyền truy cập từ xa cho khách hàng mà không cần giao chìa khóa trực tiếp.

- Trường học và bệnh viện
  Trong các tổ chức giáo dục và y tế, ổ khóa điện tử được triển khai để quản lý và bảo vệ các khu vực đặc thù. Với các phòng thí nghiệm và phòng thiết bị, chỉ các nhân viên hoặc sinh viên được cấp phép mới có thể truy cập. Với tủ thuốc và phòng lưu trữ hồ sơ y tế, ổ khóa điện tử giúp bảo vệ các loại thuốc quan trọng hoặc thông tin nhạy cảm của bệnh nhân, đảm bảo chỉ những người có thẩm quyền mới được phép mở khóa.

2.3 Lý thuyết cách hoạt động

2.3.1 Về thiết kế hệ thông

- Sử dụng các Switch để nhập giá trị đầu vào cho hệ thống.
- Sử dụng các LED đơn và LED 7-Segment để hiển thị thông tin đầu ra của hệ thống.
- Sử dụng các Button để thực hiện các tác vụ bỗ trợ tính toán, hiển thị kết quả.
- Sử dụng động cơ servo để mô phỏng cửa đóng/mở.

2.3.2 Về chức năng của hệ thống

- Sử dụng các Switch để nhập mật khẩu.
- Sử dụng 1 Button để đóng/mở cửa.
- Màn hình LCD 16x2 sẽ hiển thị các thông tin như mật khẩu, số lần thử còn lại...
- Hệ thống sử dụng 4 LED 7-Segment và 4 Switch để mô phỏng quá trình nhập mật khẩu. Độ dài mật khẩu là 4 kí tự (0-9 và A-F). Mật khẩu được nhập theo từng kí tự, kí tự mới nhất nhập vào sẽ được hiển thị ở LED 7-Segment ngoài cùng bên phải, khi đó các kí tự được nhập trước sẽ tự động dịch sang trái 1 đơn vị LED 7-Segment. Kết thúc quá trình nhập, hệ thống sẽ kiểm tra mật khẩu đúng hay sai. Nếu đúng, hệ thống tiếp tục chuyển qua bước tiếp theo, ngược lại, nếu sai hệ thống sẽ yêu cầu nhập lại.
- Sau khi nhập mật khẩu đúng, hệ thống thông báo cho người dùng mở cửa (nhấn Button) và động cơ servo sẽ quay để mô phỏng cửa khi nhấn Button.
- Khi người dùng đóng cửa bằng cách nhấn Button, động cơ servo sẽ quay về vị trí ban đầu, mô phỏng cửa đóng.
- Sau khi người dùng mở cửa, nếu người dùng không tự đóng cửa, hệ thống phát cảnh báo sau 30 giây bằng các gửi tín hiệu đến còi (buzzer) để cho nó kêu. Có Switch cho người dùng dừng cảnh báo này, bật xuống vào thì còi sẽ ngừng kêu.
- Nếu người dùng nhập sai mật khẩu, hệ thống yêu cầu người dùng nhập lại không quá 3 lần. Nếu quá 3 lần, hệ thống phát cảnh báo, máu trạng thái của hệ thống cửa vào chế độ FREEZE, người dùng được phép nhập lại sau 1 phút, thời gian này tăng lên nếu người dùng tiếp tục nhận sai.

Chương 3

Thiết kế

Trong phần này, nhóm sẽ trình bày về thiết kế của sản phẩm ổ khóa điện tử, bao gồm sơ đồ khối, các khối chức năng và cũng như chức năng của từng khối.

3.1 Sơ đồ khối

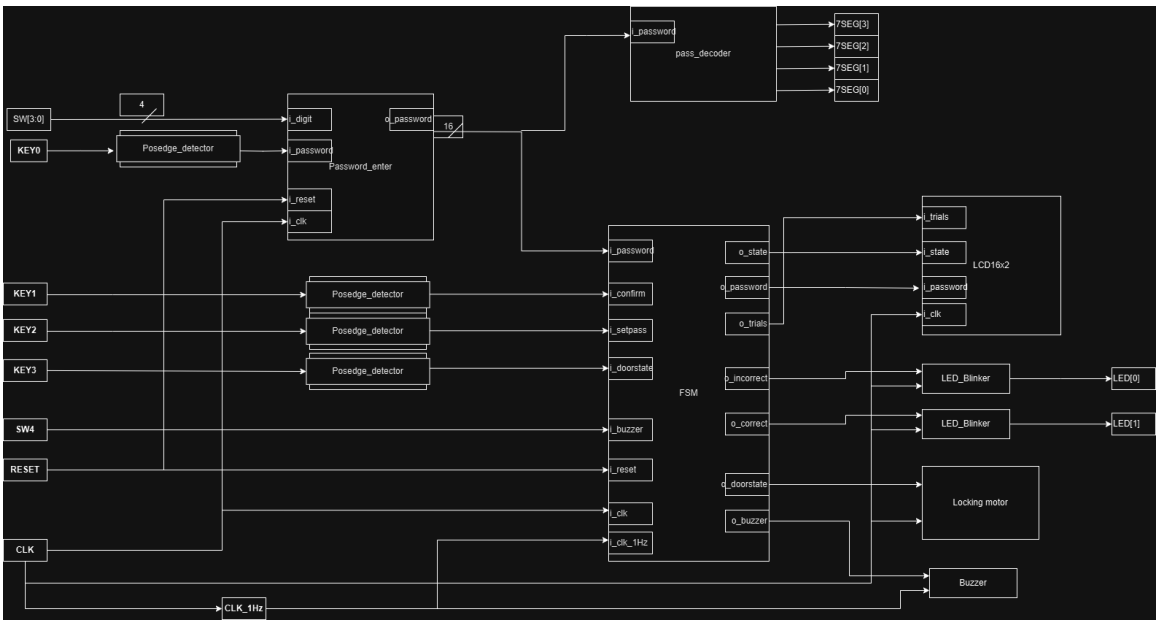

Figure 3.1: Sơ đồ khối tổng thể

3.2 Các khối chức năng

- **Khối Pass getter**
  Chức năng: Khối Pass Getter là thành phần chính để nhận và xử lý thông tin mật khẩu từ

người dùng. Nó chịu trách nhiệm thu thập các đầu vào từ người dùng (có thể thông qua bàn phím, nút bấm hoặc cảm biến), sau đó lưu trữ và xử lý thông tin này để so sánh với mật khẩu đúng đã được thiết lập trước.

- **Pass decoder**
  Chức năng: Khối Pass Decoder thực hiện giải mã tín hiệu mật khẩu đầu vào dạng 16-bit thành bốn nhóm tín hiệu 4-bit để sử dụng hoặc hiển thị trong các thành phần khác của hệ thống, chẳng hạn như màn hình LCD hoặc LED. Khối này hoạt động bằng cách chia nhỏ tín hiệu mật khẩu và sử dụng các khối con Led Decoder để chuyển đổi dữ liệu.

- **Khối LCD Decoder**
  Chức năng: Khối này có chức năng giải mã password và trial thành dạng có thể hiển thị được trên màn hình LCD. Nó sẽ chuyển 4-bits password và 2-bits trial thành dạng 6-bits, sau đó gửi tín hiệu tương ứng đến khối khác để điều khiển (drive) LCD.

- **Khối Servo**
  Chức năng: Khối này đảm nhận nhiệm vụ điều khiển động cơ servo quay mỗi lần nhấn Button. Nó tạo ra xung PWM tương ứng để cho trục của động cơ quay đến vị trí thích hợp. Biến "counter" sẽ được đếm liên tục từ 0 đến 999999, mô phỏng chu kỳ xung. Biến "servo_reg" sẽ ở trạng thái cao (1) trong một khoảng giá trị đếm nhất định của "counter" và ở trạng thái thấp (0) trong khoảng giá trị còn lại, tạo thành xung PWM tương ứng.

- **Khối Buzzer**
  Chức năng: Khối này sẽ điều khiển còi để cho nó phát ra âm thanh. Khi trường hợp cần báo động còi xảy ra (như mở cửa quá 30 giây mà không đóng), một tín hiệu từ khối khác sẽ được gửi đến khối Buzzer, nhằm khởi động còi. Khi bặt Switch thì còi sẽ ngừng kêu.

- **Khối Edge Detector**
  Chức năng: Khối Edge Detector là một khối phát hiện cạnh lên, thường xuất hiện trong các dự án FPGA. Tín hiệu thay đổi từ 0 lên 1, cụ thể là biến "sig_in" đang là 1 và biến "sig_in_delay" bằng 0. Nghĩa là trước đó tín hiệu là 0, chu kỳ sau nó là 1. Lúc đó xung clock sẽ được tạo ra, và lặp lại mỗi khi có phát hiện cạnh lên. Khối này chủ yếu quản lý trạng thái thay đổi và đồng bộ hóa, cho nên mới phổ biến trong các dự án FPGA.

- **Khối Led Blinker**
  Chức năng: Khối này có nhiệm cụ đơn giản là nhấp nháy đèn LED. Khi password đúng hoặc sai, sẽ có tín hiệu "enable" gửi đến module này để bắt đầu quá trình nhấp nháy LED.

- **Khối FSM**
  Chức năng: Đây là module chính của cả hệ thống ổ khóa điện tử, đảm nhận phần lớn công việc và xử lý tất cả input, ouput. Khối này hoạt động dựa theo một máy trạng thái, giống như khối LCD nhưng những trạng thái đó được xử lý ở bên trong code, thay vì dùng để hiển thị ra màn hình. Đầu vào của khối FSM là mật khẩu độ dài 16-bits, các tín hiệu Button cho các chức năng như xác nhận mật khẩu. Đầu ra là mật khẩu đúng/sai, tín hiệu cho các khối khác là LED, Buzzer, Servo và LCD. Ngoài ra, bên trong module cũng lưu trữ các biến như mật khẩu đã thiết lập, mật khẩu đã nhập, số lần thử, thời gian đếm khi chưa đóng cửa để còi hú bắt đầu hú. Các trạng thái của module này là:

  - **INITIAL:** Trạng thái khởi tạo của ổ khóa điện tử. Ở trạng thái này, tất cả biến và tham số đều bằng 0, và người dùng nhấn Button tương ứng để vào chế độ thiết lập mật khẩu.

- **SET_PASS:** Ở trạng thái này, mật khẩu sẽ được nhập vào bởi người dùng để thiết lập, là sẽ được lưu vào trong module. Nhấn Button sẽ lưu mật khẩu và chuyển đến trạng thái ENTER_PASS.
- **ENTER_PASS:** Nhập lại mật khẩu ở trạng thái này. Nhấn Button thì mật khẩu đã nhập sẽ được lưu. Khi nhấn Button khác tương ứng thì sẽ chuyển sang trạng thái CHECK_PASS.
- **CHECK_PASS:** Trạng thái này so sánh xem mật khẩu đã nhập có giống với mật khẩu đã thiết lập không. Khi nhấn Button tương ứng, nếu mật khẩu đúng thì sẽ chuyển sang trạng thái SUCCESS, nếu không thì sang trạng thái FAIL.
- **FAIL:** Khi nhập sai mật khẩu thì module sẽ chuyển đến trạng thái này. Số lần thử (trial) sẽ tăng thêm 1 và nhấn Button sẽ quay lại ENTER_PASS. Nếu số lần thử đạt đến 3, chuyển sang trạng thái FREEZE.
- **SUCCESS:** Khi mật khẩu đúng, người dùng có thể thực hiện tiếp 2 thao tác khác. Một là người dùng có thể đặt lại mật khẩu, hai là người dùng có thể mở cửa. Khi nhấn Button tương ứng để đặt lại mật khẩu, trạng thái hiện tại sẽ thành SET_PASS. Nếu nhấn Button khác để mở cửa, trạng thái tiếp theo là OPEN_DOOR và servo sẽ quay để mô phỏng cửa mở. Ngoài ra, sau khi nhập xong mà đã 10 giây trong khi không có thao tác nào khác, chuyển sang trạng thái ENTER_PASS để người dùng phải nhập lại.
- **FREEZE:** Đây là trạng thái khi người dùng nhập sai mật khẩu 3 lần trở lên. Lúc này, người dùng phải chờ 60 giây để máy trạng thái quay lại ENTER_PASS để có thể nhập lại mật khẩu.
- **OPEN_DOOR:** Ở trạng thái này, cửa được xem như là đang mở. Khi cửa mở quá 30 giây mà không đóng thì còi sẽ kêu. Nhấn Button tương ứng để đóng cửa, qua trạng thái LOCK_DOOR và servo sẽ quay để mô phỏng cửa đóng.
- **LOCK_DOOR:** Ở trạng thái này, cửa được xem như là đang đóng. Nếu quá 10 giầy mà không có thao tác gì thì sẽ chuyển sang trạng thái ENTER_PASS, là người dùng phải nhập lại mật khẩu. Nhấn cùng Button với thao tác đóng cửa thì cửa sẽ mở và servo sẽ quay, với điều kiện là 10 giây chưa trôi qua.

- **Khối Clk 1Hz**
  Chức năng: Khối này được dùng cho khối Buzzer, nhằm tạo ra xung clock chậm hơn so với xung clock của hệ thống. Với xung clock chậm hơn, còi sẽ kêu với tần số thấp hơn, nghĩa là kêu có gián đoạn, không phải kêu liên tục. Kêu liên tục tạo ra âm thanh rất lớn, mặc dù dùng để cảnh báo nhưng vẫn cần tránh gây khó chịu và ảnh hưởng đến thính giác của người nhập mật khẩu.

Chương 4

Hiện thực

Trong phần, nhóm sẽ hiện thực các khối đã nêu trên phần 3, cũng như cách thức thực hiện để thiết kế các cấu trúc mạch, mô hình thiết kế,...

4.1 Flowchart

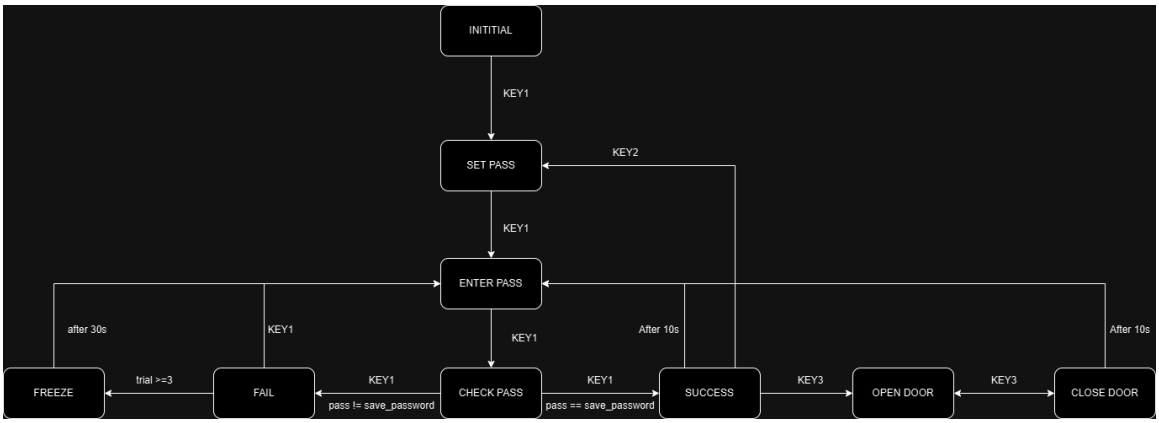

Figure 4.1: Flowchart của ổ khóa điện tử

Mô tả về dòng hoạt động của hệ thống:

1. Khi khởi động ổ khóa, người dùng sẽ thiết lập mật khẩu. Sau đó mật khẩu đã thiết lập sẽ được lưu và sang trạng thái nhập mật khẩu chính thức.
2. Người dùng nhập mật khẩu chính thức rồi hệ thống sẽ kiểm tra xem có giống với mật khẩu đã thiết lập. Nếu giống, mật khẩu xem như là đúng và người dùng có thể mở cửa. Người dùng cũng có thể thiết lập mật khẩu khác ở trạng thái này.
3. Nếu sai, người dùng phải nhập lại và số lần thử tăng thêm 1. Sai quá 3 lần thì phải chờ 60 giây để nhập lại.

4. Khi cửa mở quá 30 giây mà không đóng, còi sẽ phát ra âm thanh. Người dùng có thể tắt còi bằng Switch tương ứng. Người dùng có thể đóng cửa bằng cách nhấn Button tương ứng.

5. Khi cửa đang đóng, người dùng có thể nhấn Button để cửa mở lại. Nếu sau 10 giây, trong khi cửa đang đóng mà người dùng không có thao tác gì thì người dùng phải nhập lại mật khẩu để mở cửa.

4.2 Hiện thực các khối và cấu trúc mạch

4.2.1 Khối Pass getter

- **Wave-form**

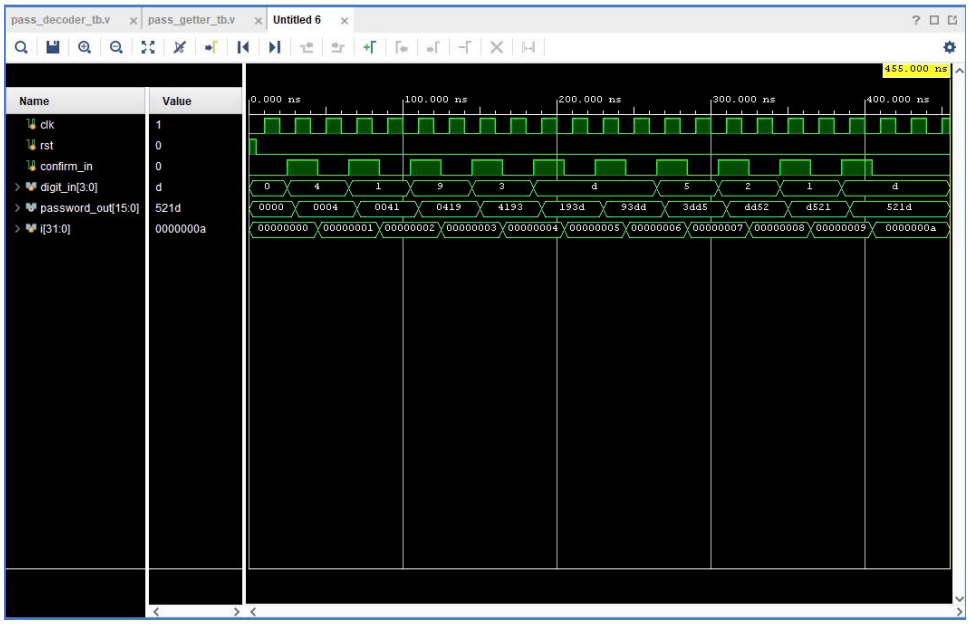

Figure 4.2: Test Wave-form khối Pass getter

- **Mô tả**
  Đầu vào: Khối này nhận các tín hiệu điều khiển từ các nút trên bàn phím, ví dụ như confirm0, confirm1, confirm2, confirm3. Các tín hiệu này dùng để điều khiển quá trình nhập mật khẩu và thực hiện các chức năng khác như xác nhận mật khẩu.

  Đầu ra: Sau khi người dùng nhập mật khẩu, pass_getter chuyển mật khẩu 16-bit này qua password_out để cung cấp cho khối door_lock_fsm (khối quản lý khóa cửa) để tiếp tục kiểm tra và xử lý.

- **Coverage**

```
Coverage Report Summary Data by instance

================================================================================
=== Instance: /test_bench/dut
=== Design Unit: work.pass_getter
================================================================================
    Enabled Coverage              Bins      Hits    Misses  Coverage
    ----------------              ----      ----    ------  --------
    Branches                         4         4         0   100.00%
    Statements                       3         3         0   100.00%
    Toggles                         32        32         0   100.00%

================================================================================
=== Instance: /test_bench
=== Design Unit: work.test_bench
================================================================================
    Enabled Coverage              Bins      Hits    Misses  Coverage
    ----------------              ----      ----    ------  --------
    Statements                      30        30         0   100.00%
    Toggles                        110       110         0   100.00%


Total Coverage By Instance (filtered view): 100.00%

```

Figure 4.3: Coverage khối Pass getter

4.2.2 Khối Pass decoder - Led decoder

- **Wave-form**

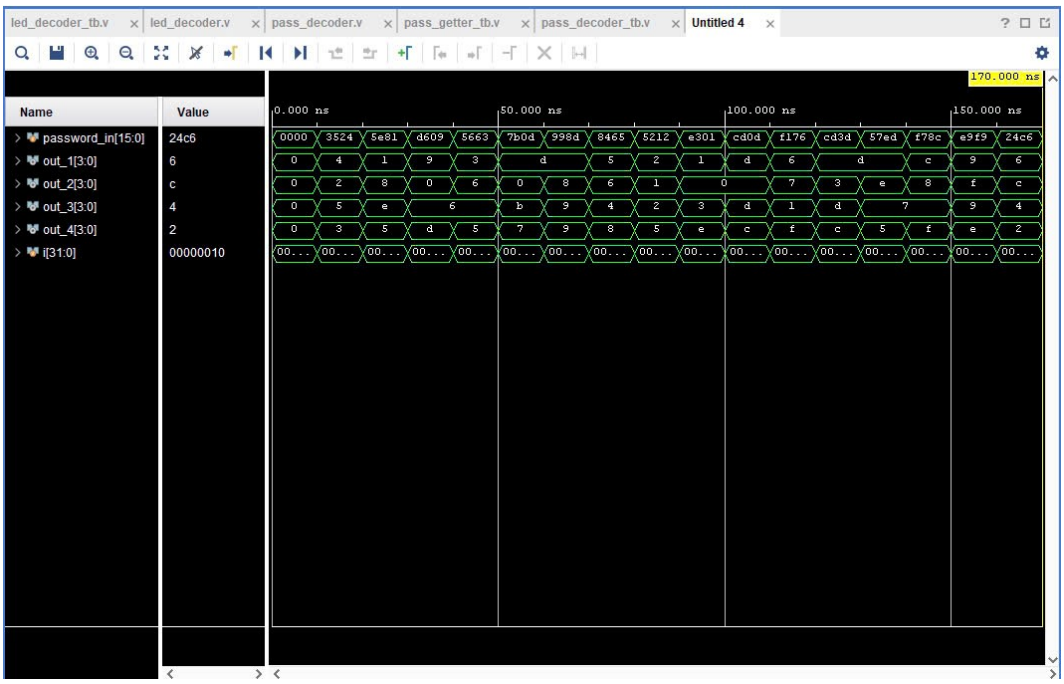

Figure 4.4: Test Wave-form khối Pass decoder

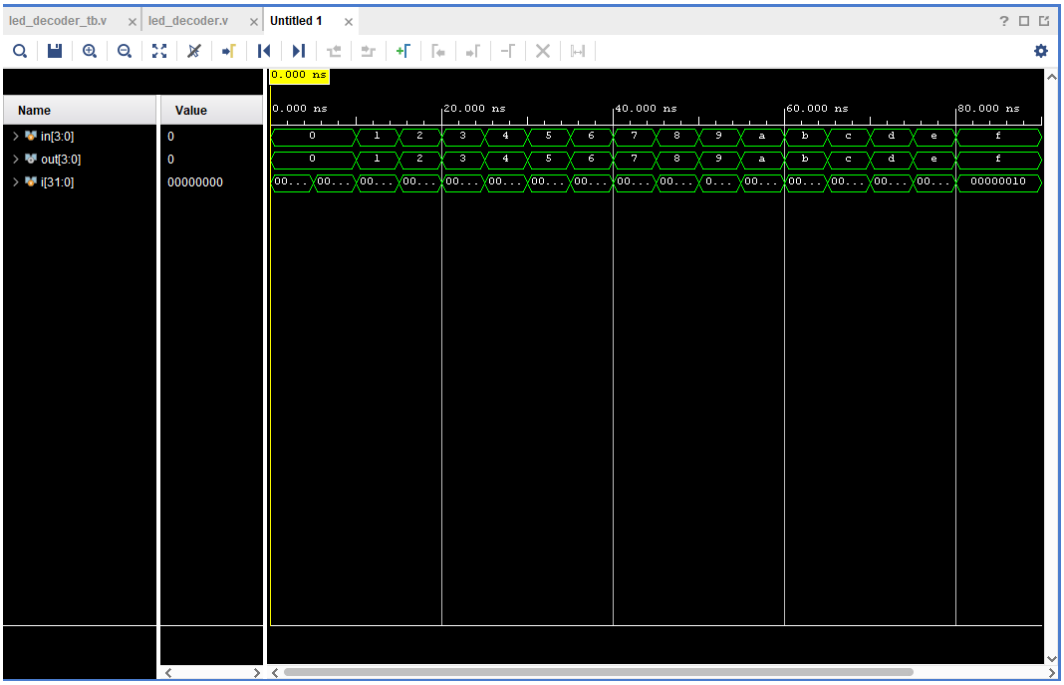

Figure 4.5: Test Wave-form khối Led decoder

- **Coverage**

```
Coverage Report Summary Data by instance

================================================================================
=== Instance: /test_bench/dut
=== Design Unit: work.led_decoder
================================================================================
    Enabled Coverage              Bins      Hits    Misses  Coverage
    ----------------              ----      ----    ------  --------
    Branches                        17        17         0   100.00%
    Statements                      18        18         0   100.00%
    Toggles                          8         8         0   100.00%

================================================================================
=== Instance: /test_bench
=== Design Unit: work.test_bench
================================================================================
    Enabled Coverage              Bins      Hits    Misses  Coverage
    ----------------              ----      ----    ------  --------
    Statements                      58        58         0   100.00%
    Toggles                         16        16         0   100.00%


Total Coverage By Instance (filtered view): 100.00%

```

Figure 4.6: Coverage khối Led decoder

```
Coverage Report Summary Data by instance

================================================================================
=== Instance: /test_bench/dut/dut_1
=== Design Unit: work.led_decoder
================================================================================
    Enabled Coverage              Bins      Hits    Misses  Coverage
    ----------------              ----      ----    ------  --------
    Branches                        17        17         0   100.00%
    Statements                      18        18         0   100.00%
    Toggles                         14        14         0   100.00%

================================================================================
=== Instance: /test_bench/dut/dut_2
=== Design Unit: work.led_decoder
================================================================================
    Enabled Coverage              Bins      Hits    Misses  Coverage
    ----------------              ----      ----    ------  --------
    Branches                        17        17         0   100.00%
    Statements                      18        18         0   100.00%
    Toggles                         14        14         0   100.00%

================================================================================
=== Instance: /test_bench/dut/dut_3
=== Design Unit: work.led_decoder
================================================================================
    Enabled Coverage              Bins      Hits    Misses  Coverage
    ----------------              ----      ----    ------  --------
    Branches                        17        17         0   100.00%
    Statements                      18        18         0   100.00%
    Toggles                         14        14         0   100.00%

================================================================================
=== Instance: /test_bench/dut/dut_4
=== Design Unit: work.led_decoder
================================================================================
    Enabled Coverage              Bins      Hits    Misses  Coverage
    ----------------              ----      ----    ------  --------
    Branches                        17        17         0   100.00%
    Statements                      18        18         0   100.00%
    Toggles                         14        14         0   100.00%

================================================================================
=== Instance: /test_bench
=== Design Unit: work.test_bench
================================================================================
    Enabled Coverage              Bins      Hits    Misses  Coverage
    ----------------              ----      ----    ------  --------
    Statements                      16        16         0   100.00%
    Toggles                        152       152         0   100.00%


Total Coverage By Instance (filtered view): 100.00%

```

Figure 4.7: Coverage khối Pass decoder

- **Mô tả**
  Khối Pass Decoder sử dụng bốn khối con Led Decoder để giải mã lần lượt từng nhóm 4-bit của tín hiệu password_in. Mỗi khối Led Decoder nhận một nhóm 4-bit, giải mã thành tín hiệu dễ hiểu hoặc phù hợp để hiển thị.

  Đầu vào:
  password_in: Tín hiệu mật khẩu đầu vào dạng 16-bit, do người dùng nhập qua các nút nhấn.

  Đầu ra:
  out_1: Nhóm 4-bit thấp nhất (password_in[3:0]), biểu diễn ký tự đầu tiên của mật khẩu.
  out_2: Nhóm 4-bit tiếp theo (password_in[7:4]), biểu diễn ký tự thứ hai của mật khẩu.
  out_3: Nhóm 4-bit kế tiếp (password_in[11:8]), biểu diễn ký tự thứ ba của mật khẩu.
  out_4: Nhóm 4-bit cao nhất (password_in[15:12]), biểu diễn ký tự cuối cùng của mật khẩu.

4.2.3 Khối FSM

- **Wave-form**

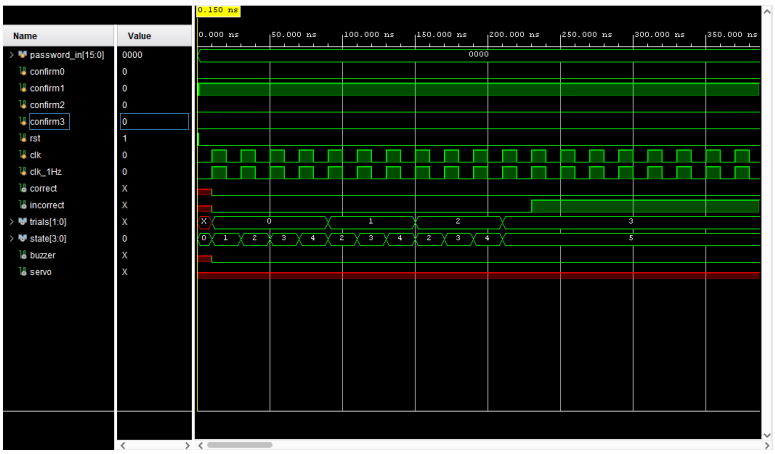

Figure 4.8: Test Wave-form 1

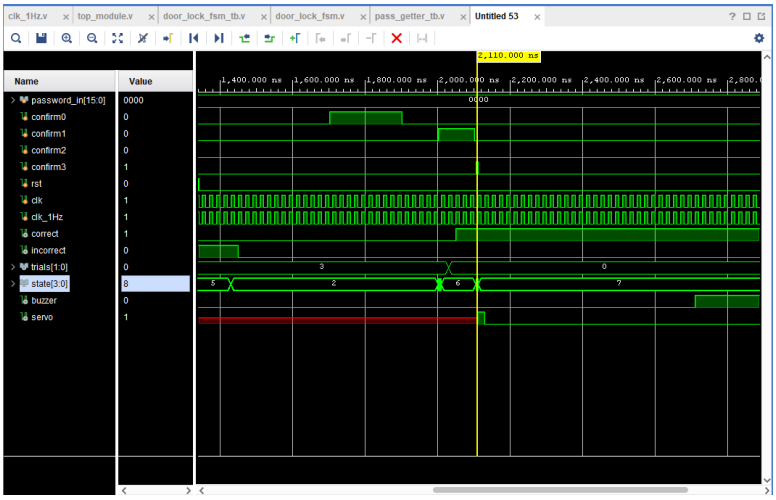

Figure 4.9: Test Wave-form 2

- **Mô tả**
  Khối door_lock_fsm sử dụng mật khẩu từ pass_getter và kiểm tra tính chính xác. Nếu mật khẩu đúng, hệ thống sẽ chuyển sang trạng thái "Mở cửa" và điều khiển servo để mở cửa. Nếu mật khẩu sai, hệ thống sẽ bật buzzer và cho phép người dùng thử lại một số lần nhất định.

  Đầu vào:
  - password_in: Mật khẩu nhập vào từ pass_getter.
  - confirm0, confirm1, confirm2, confirm3: Các tín hiệu xác nhận được sử dụng để điều khiển

các bước trong quá trình nhập mật khẩu, xác minh và thực hiện các thao tác như thay đổi mật khẩu, mở cửa, hoặc khóa cửa.
- rst: Tín hiệu reset, nếu được kích hoạt sẽ đưa hệ thống về trạng thái ban đầu.
- clk và clk_1Hz: Các xung nhịp đồng bộ giúp kiểm soát thời gian trong các trạng thái của hệ thống.

Đầu ra:
- correct và incorrect: Tín hiệu xác nhận kết quả kiểm tra mật khẩu, giúp hiển thị thông báo về mật khẩu đúng hay sai.
- trials: Số lần thử mật khẩu sai, dùng để điều khiển các hành động như thông báo sai, tạm thời khóa hệ thống khi nhập sai quá nhiều lần.
- state: Trạng thái của hệ thống, ví dụ: trạng thái "Nhập mật khẩu", "Kiểm tra mật khẩu", "Mở cửa",....
- buzzer: Tín hiệu điều khiển còi báo động khi mật khẩu sai hoặc khi hệ thống yêu cầu phát tín hiệu báo động.
- servo: Tín hiệu điều khiển động cơ servo để mở hoặc khóa cửa khi mật khẩu đúng được nhập.

4.2.4 Khối LCD Decoder và những khối liên quanquan

- **Wave-form**

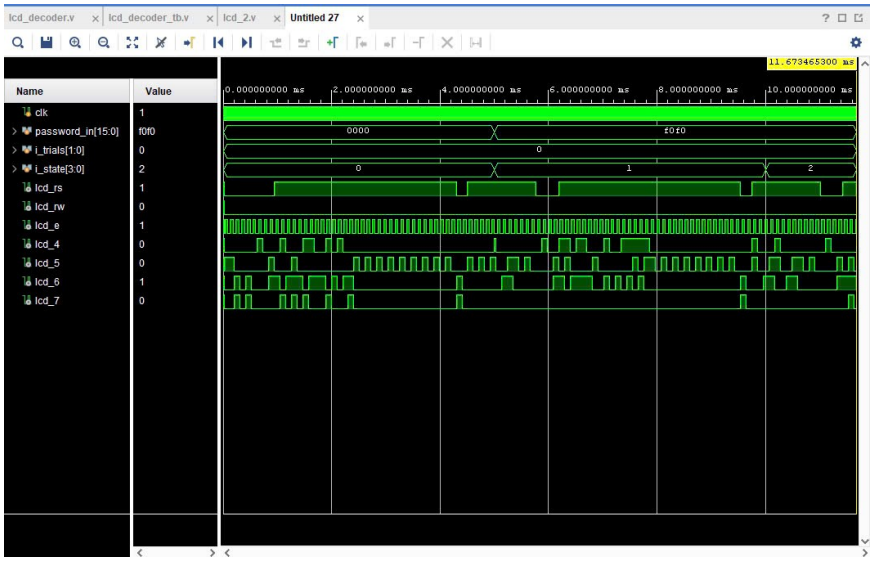

Figure 4.10: Test Wave-form khối LCD decoder

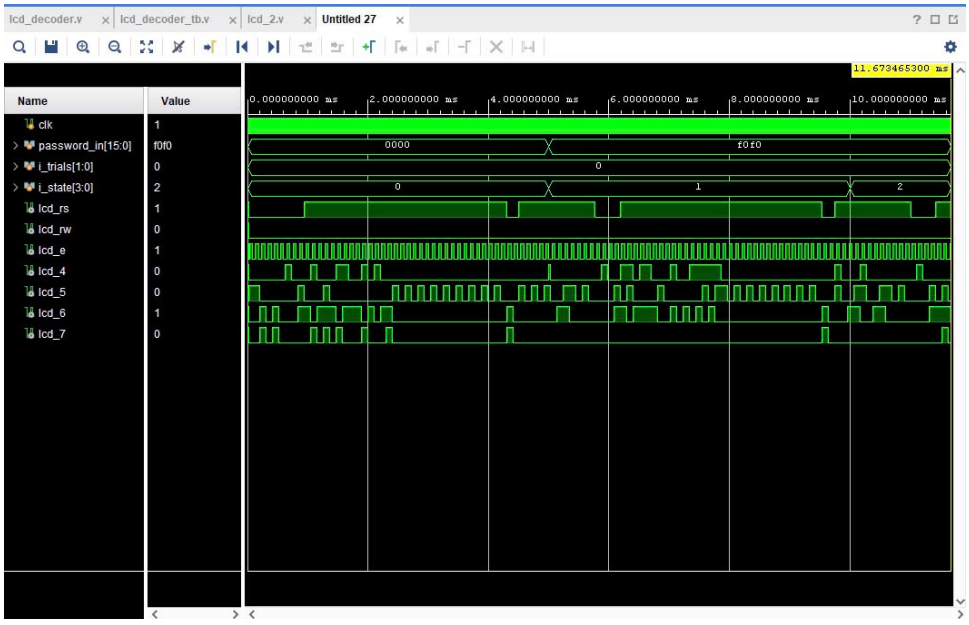

Figure 4.11: Test Wave-form khối LCD_2

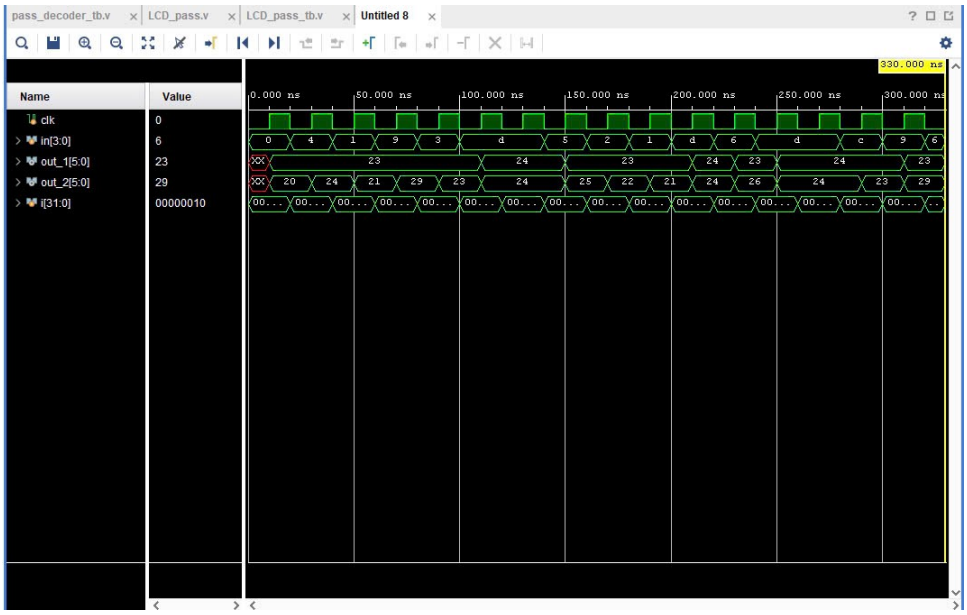

Figure 4.12: Test Wave-form khối LCD pass

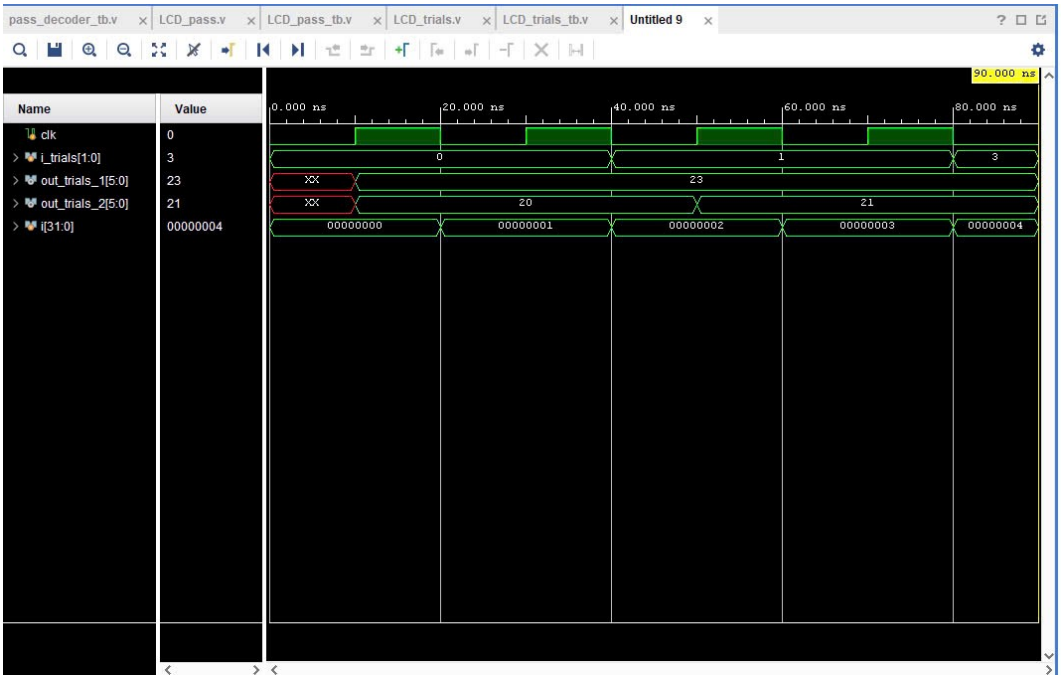

Figure 4.13: Test Wave-form khối LCD trials

- **Mô tả**
  Khối LCD Decoder chịu trách nhiệm tổng hợp và điều khiển thông tin hiển thị lên màn hình LCD, bao gồm hiển thị mật khẩu (password), số lần thử (trials), và trạng thái của hệ thống. Khối này tích hợp các khối con LCD_pass, LCD_trials, và LCD_2 để xử lý tín hiệu tương ứng, sau đó xuất ra các tín hiệu điều khiển màn hình LCD.

  Đầu vào: Các tín hiệu từ door_lock_fsm (trạng thái hệ thống), pass_getter (mật khẩu nhập vào), và số lần thử mật khẩu (i_trials_1, i_trials_2).

  Đầu ra: Tín hiệu điều khiển màn hình LCD gồm lcd_rs, lcd_rw, lcd_e, và các chân dữ liệu lcd_4, lcd_5, lcd_6, lcd_7.

4.2.5 Khối Servo

- **Wave-form**

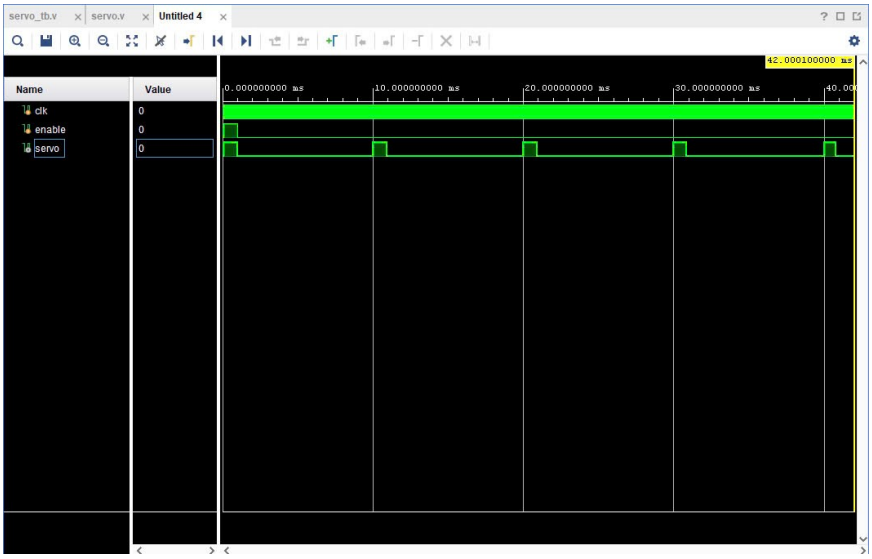

Figure 4.14: Test Wave-form khối Servo

- **Wave-form**

```
Coverage Report Summary Data by instance

================================================================================
=== Instance: /test_bench/dut
=== Design Unit: work.servo
================================================================================
    Enabled Coverage              Bins      Hits    Misses  Coverage
    ----------------              ----      ----    ------  --------
    Branches                        10        10         0   100.00%
    Conditions                       3         3         0   100.00%
    Statements                      10        10         0   100.00%
    Toggles                         74        74         0   100.00%

================================================================================
=== Instance: /test_bench
=== Design Unit: work.test_bench
================================================================================
    Enabled Coverage              Bins      Hits    Misses  Coverage
    ----------------              ----      ----    ------  --------
    Statements                      21        21         0   100.00%
    Toggles                          6         6         0   100.00%


Total Coverage By Instance (filtered view): 100.00%

```

Figure 4.15: Coverage khối Servo

- **Mô tả**
  Khi người dùng nhập mật khẩu đúng và door_lock_fsm chuyển sang trạng thái "Mở cửa", khối servo sẽ nhận tín hiệu và điều khiển servo để mở cửa.

  Đầu vào: Nhận tín hiệu điều khiển từ door_lock_fsm (tín hiệu servo) khi mật khẩu đúng được nhập và hệ thống yêu cầu mở cửa.

  Đầu ra: servo: Tín hiệu điều khiển servo để thực hiện việc mở hoặc đóng cửa.

4.2.6 Khối Buzzer

- **Wave-form**

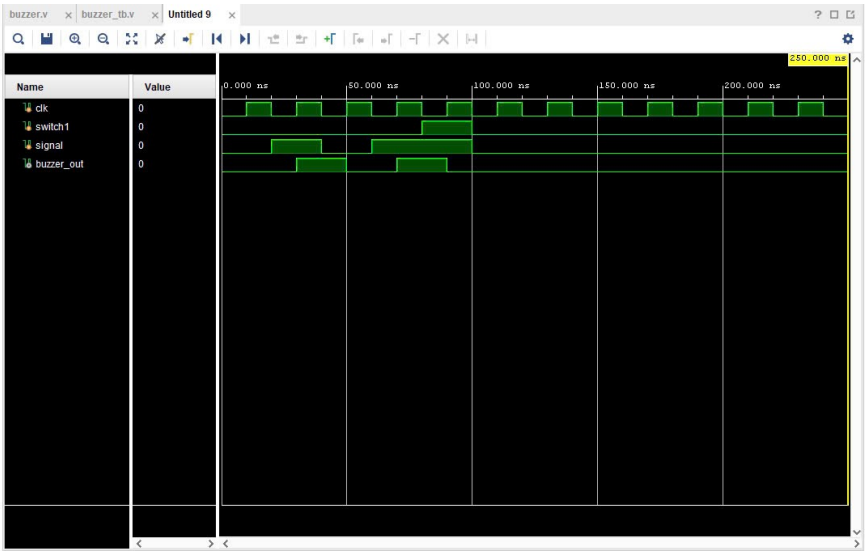

Figure 4.16: Test Wave-form khối Buzzer

- **Coverage**

```
Coverage Report Summary Data by instance

================================================================================
=== Instance: /test_bench/dut
=== Design Unit: work.buzzer
================================================================================
    Enabled Coverage              Bins      Hits    Misses  Coverage
    ----------------              ----      ----    ------  --------
    Branches                         2         2         0   100.00%
    Conditions                       2         2         0   100.00%
    Statements                       4         4         0   100.00%
    Toggles                          2         2         0   100.00%

================================================================================
=== Instance: /test_bench
=== Design Unit: work.test_bench
================================================================================
    Enabled Coverage              Bins      Hits    Misses  Coverage
    ----------------              ----      ----    ------  --------
    Statements                      20        20         0   100.00%
    Toggles                          8         8         0   100.00%


Total Coverage By Instance (filtered view): 100.00%

```

Figure 4.17: Coverage khối Buzzer

- **Mô tả**
  Nếu người dùng nhập mật khẩu sai hoặc sau khi mở cửa, người dùng không đóng cửa lại quá 30 giây, khối door_lock_fsm sẽ điều khiển buzzer phát ra âm thanh báo động.

Đầu vào: signal và switch1 từ các khối điều khiển khác (ví dụ từ door_lock_fsm).
Đầu ra: buzzer_out: Tín hiệu điều khiển còi báo động.

4.2.7 Khối Led Blinker

- **Wave-form**

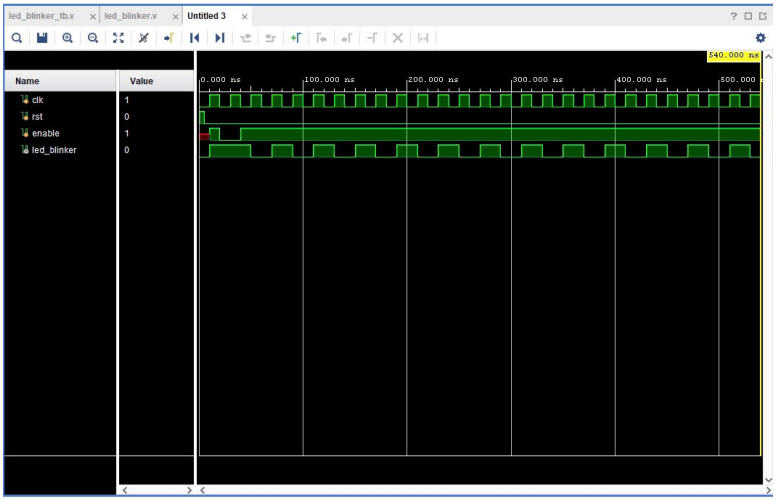

Figure 4.18: Test Wave-form khối Led Blinker

- **Coverage**

```
Coverage Report Summary Data by instance

================================================================================
=== Instance: /test_bench/dut
=== Design Unit: work.led_blinky
================================================================================
    Enabled Coverage              Bins      Hits    Misses  Coverage
    ----------------              ----      ----    ------  --------
    Branches                         4         4         0   100.00%
    Statements                       4         4         0   100.00%
    Toggles                          2         2         0   100.00%

================================================================================
=== Instance: /test_bench
=== Design Unit: work.test_bench
================================================================================
    Enabled Coverage              Bins      Hits    Misses  Coverage
    ----------------              ----      ----    ------  --------
    Statements                      15        15         0   100.00%
    Toggles                          8         8         0   100.00%


Total Coverage By Instance (filtered view): 100.00%

~
```

Figure 4.19: Coverage khối Led Blinker

- **Mô tả**
  Khi hệ thống đang trong trạng thái chờ hoặc báo hiệu lỗi (ví dụ: khi người dùng nhập sai mật khẩu quá nhiều lần), led_blinker sẽ điều khiển LED nhấp nháy để cảnh báo người dùng.

Đầu vào: clk, rst, và enable.
Đầu ra: led_blinker: Tín hiệu điều khiển các LED nhấp nháy.

4.2.8 Khối Edge Detector

- **Wave-form**

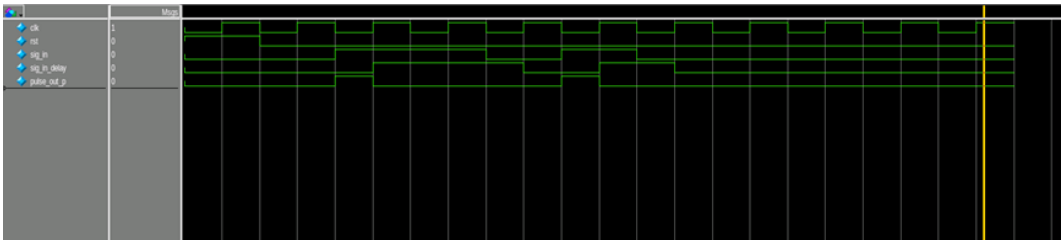

Figure 4.20: Test Wave-form khối Edge dectector

- **Coverage**

```
Coverage Report Summary Data by instance

================================================================================
=== Instance: /test_bench/dut
=== Design Unit: work.edge_detector
================================================================================
    Enabled Coverage              Bins      Hits    Misses  Coverage
    ----------------              ----      ----    ------  --------
    Branches                         2         2         0   100.00%
    Expressions                      2         2         0   100.00%
    Statements                       5         5         0   100.00%
    Toggles                          2         2         0   100.00%

================================================================================
=== Instance: /test_bench
=== Design Unit: work.test_bench
================================================================================
    Enabled Coverage              Bins      Hits    Misses  Coverage
    ----------------              ----      ----    ------  --------
    Statements                      20        20         0   100.00%
    Toggles                          8         8         0   100.00%


Total Coverage By Instance (filtered view): 100.00%
```

Figure 4.21: Coverage khối Edge dectector

- **Mô tả** edge_detector sẽ phát hiện sự thay đổi từ các nút nhấn, giúp hệ thống biết khi nào người dùng nhấn nút để nhập mật khẩu hoặc thực hiện các thao tác khác.

  Đầu vào: clk, rst, và sig_in (tín hiệu từ các nút nhấn).
  Đầu ra: pulse_out_p: Tín hiệu phát hiện cạnh.

4.2.9 Khối Clk 1Hz

- **Wave-form**

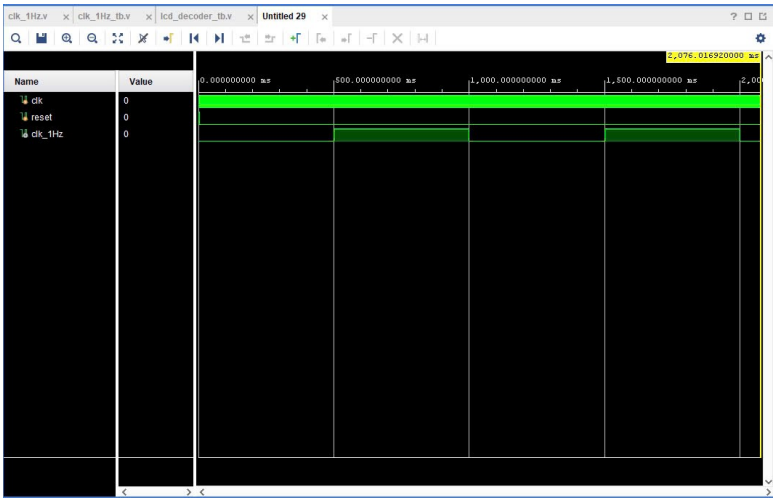

Figure 4.22: Test Wave-form khối Clk 1Hz

- **Coverage**

```
Coverage Report Summary Data by instance

================================================================================
=== Instance: /test_bench/dut
=== Design Unit: work.clk_1Hz
================================================================================
    Enabled Coverage              Bins      Hits    Misses  Coverage
    ----------------              ----      ----    ------  --------
    Branches                         3         3         0   100.00%
    Conditions                       1         1         0   100.00%
    Statements                       7         7         0   100.00%
    Toggles                         58        58         0   100.00%

================================================================================
=== Instance: /test_bench
=== Design Unit: work.test_bench
================================================================================
    Enabled Coverage              Bins      Hits    Misses  Coverage
    ----------------              ----      ----    ------  --------
    Statements                      19        19         0   100.00%
    Toggles                          6         6         0   100.00%


Total Coverage By Instance (filtered view): 100.00%

```

Figure 4.23: Coverage khối Clk 1Hz

- **Mô tả** clk_1Hz sẽ tạo xung nhịp 1Hz từ xung nhịp chính để cung cấp cho các khối như door_lock_fsm và lcd_2 nhằm đồng bộ thời gian.

  Đầu vào: clk (xung nhịp chính), reset.
  Đầu ra: clk_1Hz: Xung nhịp 1Hz.

4.3 Cấu trúc mạch hoàn thiện và mô hình thiết kế

Sau khoảng thời gian nghiên cứu, thiết kế cũng như quá trình hiện thực các khối, các module bằng code cùng với sự hỗ trợ từ các thiết bị và dụng cụ. Nhóm đã xây dựng nên cấu trúc mạch

và hoàn thành mô hình thiết kế một cách hoàn thiện nhất. Sản phẩm cuối cùng sau khi hoàn thành (hình 4.2).

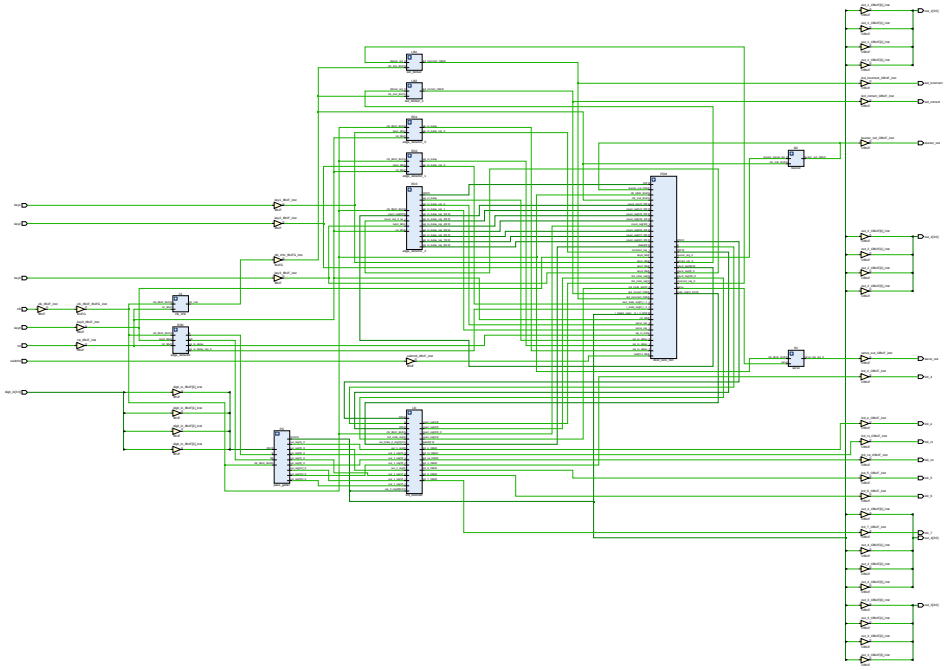

Figure 4.24: Cấu trúc mạch

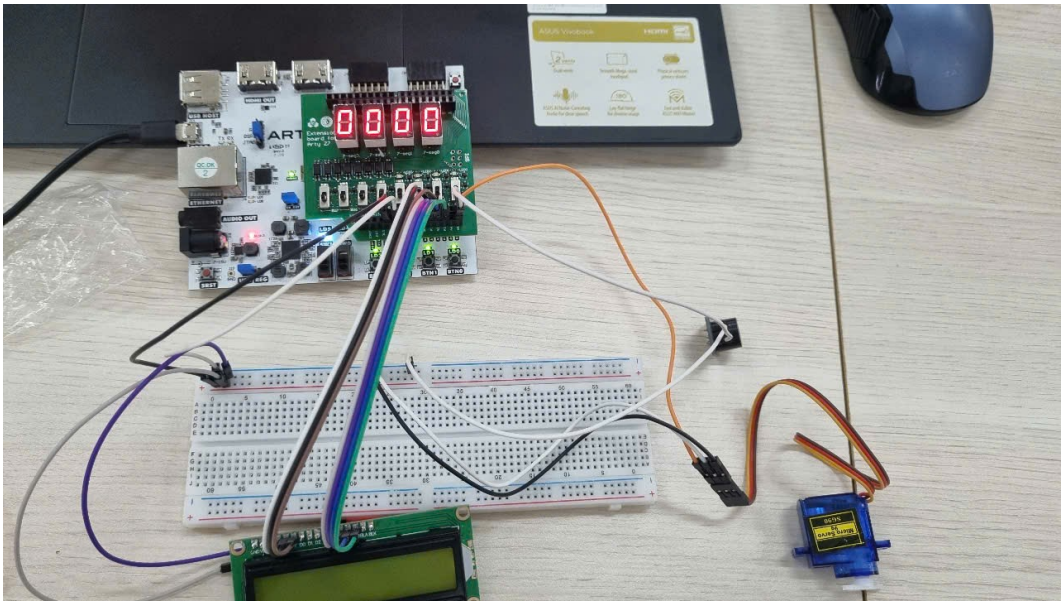

Figure 4.25: Mô hình thiết kế

Chương 5

Kết luận

Kế hoạch trong tương lai:
Việc hiện thực đề tài khóa điện tử, là ý tưởng đầu cho việc hiện thực một đề tài có tính ứng dụng cao hơn như nhà thông minh, bao gồm hệ thống bảo mật cao cấp, và các hệ thống khác cũng như phục vụ người sử dụng, mang lại sự tiện lợi, hiểu quả cho người dùng.

Hiện thực LCD driver để dễ dàng sử dụng.
Hiện thực Servo driver để dễ dàng sử dụng.

Tìm hiểu thêm về hệ thống đo nhiệt độ, đổ ẩm và cảnh báo cháy hoặc hệ thống camera giám sát.

Khó khăn:
Vì hạn chế về mặc thời gian, nhóm vẫn chưa tập trung để hoàn thiện đề tài một cách tốt hơn.