

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA ĐIỆN - ĐIỆN TỬ
BỘ MÔN ĐIỆN TỬ



THIẾT KẾ HỆ THỐNG NHÚNG

BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN
CALCULATOR WITH KEYPAD AND LCD

GVHD: NGUYỄN PHAN HẢI PHÚ

SV thực hiện:	Ve Samy	2212901
	Nguyễn Hoàng Sự	2212959
	Hoàng Sỹ Nhất	2111915

Thành phố Hồ Chí Minh, Tháng 12/2024



Mục lục

1 GIỚI THIỆU	2
1.1 Tổng quan	2
1.2 Nhiệm vụ đề tài	2
2 MÔ TẢ ĐỀ TÀI	3
2.1 Yêu cầu chức năng	3
2.2 Công cụ sử dụng	3
2.3 Đặc tả hệ thống	3
2.4 Kế hoạch thực hiện	5
3 THIẾT KẾ PHẦN CỨNG	6
3.1 Thiết kế	6
3.1.1 Tổng quan thiết kế	6
3.1.2 Khối nguồn	6
3.1.3 Khối vi xử lý	8
3.1.4 Khối hiển thị	9
3.1.5 Keypad ma trận	11
3.1.6 Sơ đồ layout	13
3.2 Gia công	14
3.2.1 In mạch PCB	14
3.2.2 Hàn các linh kiện lên bo	14
4 THIẾT KẾ PHẦN MỀM	16
4.1 Lưu đồ giải thuật	16
4.2 Code	17
4.2.1 Giao tiếp LCD	17
4.2.2 Giao tiếp keypad	18
4.2.3 Các biến được khai báo và các define	18
5 Đánh giá chung và kết luận	20
6 LINK REPOSITORY GITHUB	20
Tài liệu	20



1 GIỚI THIỆU

1.1 Tổng quan

Trong thời đại công nghệ phát triển vượt bậc, các thiết bị tính toán cầm tay đã trở thành công cụ không thể thiếu, hỗ trợ đắc lực cho học tập, công việc và đời sống hàng ngày. Mặc dù smartphone với các ứng dụng tính toán hiện đại có thể đáp ứng nhiều nhu cầu, nhưng máy tính bỏ túi chuyên dụng vẫn giữ vai trò quan trọng nhờ vào sự tiện lợi, độ tin cậy cao.

Đề tài này hướng đến việc thiết kế một máy tính bỏ túi cơ bản, có khả năng thực hiện các phép tính cơ bản như cộng, trừ, nhân, chia. Thiết bị sẽ sử dụng bàn phím Keypad ma trận để nhập liệu và màn hình LCD để hiển thị kết quả, đảm bảo tính hiệu quả và dễ sử dụng trong mọi tình huống.

1.2 Nhiệm vụ đề tài

Nhiệm vụ chính của đề tài là xây dựng hệ thống máy tính bỏ túi với các chức năng cơ bản, bao gồm:

- Nhập dữ liệu thông qua bàn phím Keypad ma trận.
- Hiển thị phép toán và kết quả trên màn hình LCD.
- Dảm bảo giao diện thân thiện, dễ sử dụng.
- Hệ thống vận hành ổn định, chính xác và có thể mở rộng thêm các chức năng toán học khác trong tương lai.



2 MÔ TẢ ĐỀ TÀI

2.1 Yêu cầu chức năng

- Thực hiện các phép tính cơ bản: cộng, trừ, nhân, chia.
- Hiển thị rõ ràng dữ liệu đầu vào và kết quả trên màn hình LCD.
- Nhập liệu dễ dàng thông qua Keypad ma trận.

2.2 Công cụ sử dụng

- Vi điều khiển STM32F030F4P6.
- Màn hình LCD 16x2.
- Keypad ma trận 4x4.
- Công cụ thiết kế mạch: Altium Designer.
- Phần mềm lập trình: STM32CubeIDE.

2.3 Đặc tả hệ thống

• Name

- Calculator with keypad and LCD

• Purpose

- Hệ thống được thiết kế để thực hiện các phép toán cơ bản (cộng, trừ, nhân, chia) và hiển thị kết quả trên màn hình LCD. Hệ thống giúp người dùng thực hiện các tính toán nhanh chóng và dễ dàng trong các môi trường như học tập, làm việc văn phòng.

• Inputs and Outputs

- Inputs: Bàn phím (*keypad*) 4x4 chứa các phím số (0-9), các phép toán (+, -, ×, ÷), phím "=" để thực hiện phép tính và phím "AC" để xóa màn hình.
- Outputs: Màn hình LCD 16x2 hiển thị phép tính, kết quả, hoặc thông báo lỗi (*ví dụ: "Error" khi chia cho 0*).

• Use Cases



- Học sinh, sinh viên sử dụng để tính toán trong học tập.
- Nhân viên văn phòng sử dụng để thực hiện các phép tính cơ bản.

• Functions

- Nhận đầu vào từ bàn phím và hiển thị phép tính trên màn hình LCD.
- Thực hiện các phép toán cơ bản: cộng, trừ, nhân, chia.
- Xóa dữ liệu và khởi động lại phép tính.
- Hiển thị lỗi trong trường hợp nhập sai hoặc chia cho 0.

• Performance

- Độ trễ tối đa trong xử lý và hiển thị kết quả: 0.5 giây.
- Độ chính xác: Tính toán với độ chính xác tối thiểu 3 chữ số thập phân.
- Tuổi thọ bàn phím và màn hình LCD: 2-3 năm sử dụng thông thường.

• Manufacturing Costs

- Chi phí sản xuất ước tính: (*đơn vị: nghìn VND*)

STT	Linh kiện	Số lượng	Giá (nghìn VND)
1	STM32F030F4P6	1	14
2	LCD 1602	1	24
3	74HC138D	1	3.5
4	AMS1117-3.3V	1	3.5
5	Keypad 4x4	1	10
6	Linh kiện khác (tụ, điện trở, vỏ hộp,...)	1	30

Tổng chi phí: ~ 85 nghìn VND cho mỗi sản phẩm

• Power

- Nguồn cấp: Pin 18650.
- Năng lượng tiêu thụ nhỏ.

• Physical Size/Weight

- Kích thước: $8.2cm \times 9.3cm$
- Khối lượng: ~ 200g



• Installation

- Thiết bị di động, không cần lắp đặt cố định.
- Chỉ cần lắp pin.

2.4 Kế hoạch thực hiện

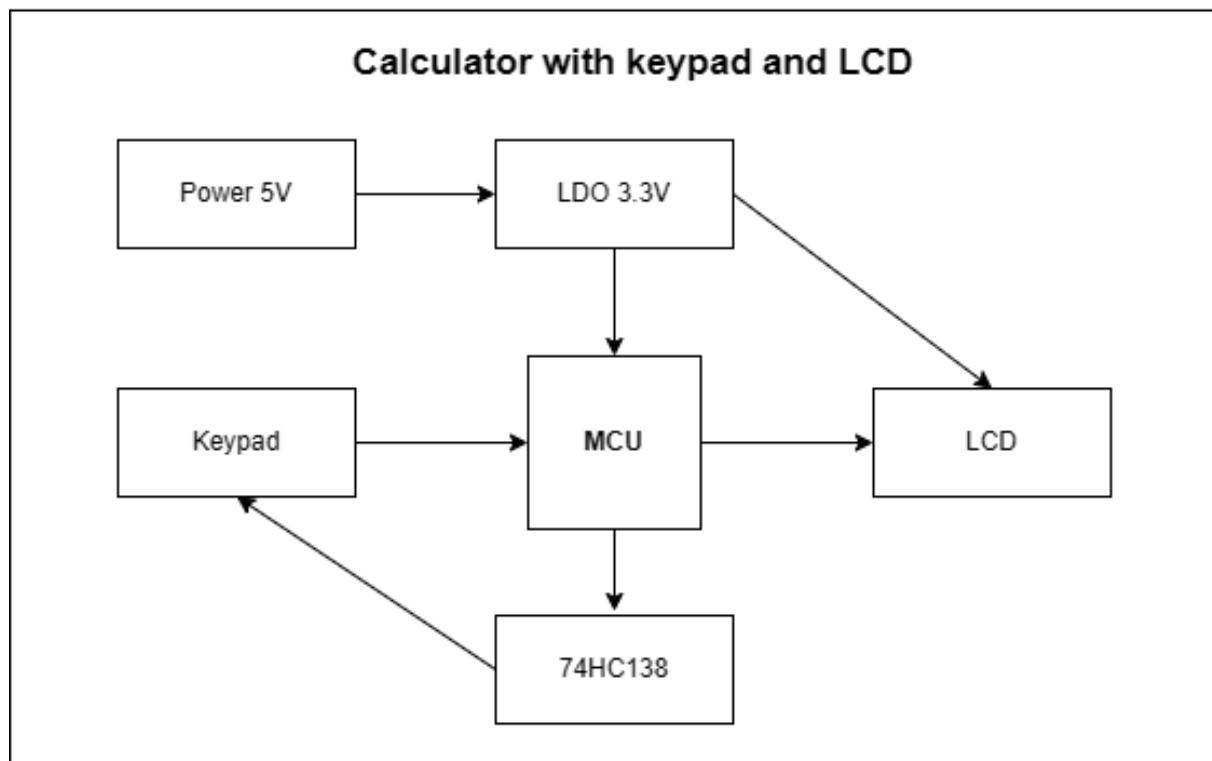
STT	Công việc thực hiện	Thời gian (ngày)
1	Tìm hiểu đề tài	1
2	Giao tiếp Keypad	1
3	Giao tiếp LCD	1
4	Xây dựng thuật toán tính toán	7
5	Mô phỏng và kiểm tra mạch	2
6	Thiết kế mạch in PCB	7
7	Test và hoàn thiện sản phẩm	7

Tổng thời gian dự kiến: 26 ngày

3 THIẾT KẾ PHẦN CỨNG

3.1 Thiết kế

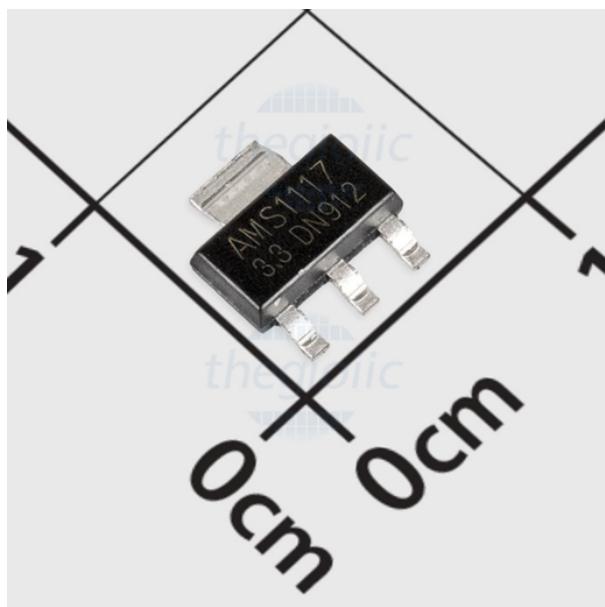
3.1.1 Tổng quan thiết kế



Hình 1: Sơ đồ khái niệm thiết kế

3.1.2 Khối nguồn

Sử dụng IC AMS1117-3.3 để chuyển đổi điện áp 5V sang 3.3V cung cấp cho vi điều khiển và các linh kiện khác.



Hình 2: AMS1117 3.3V

AMS1117-3.3 là một linear voltage regulator (bộ điều chỉnh điện áp tuyến tính) phô biến, cung cấp điện áp đầu ra cố định là 3.3V từ một điện áp đầu vào cao hơn (thường từ 4.5V đến 15V). Đây là một linh kiện quan trọng trong các mạch điện tử, đặc biệt là trong các ứng dụng nguồn cấp cho vi điều khiển, cảm biến, hoặc các thiết bị yêu cầu điện áp ổn định.

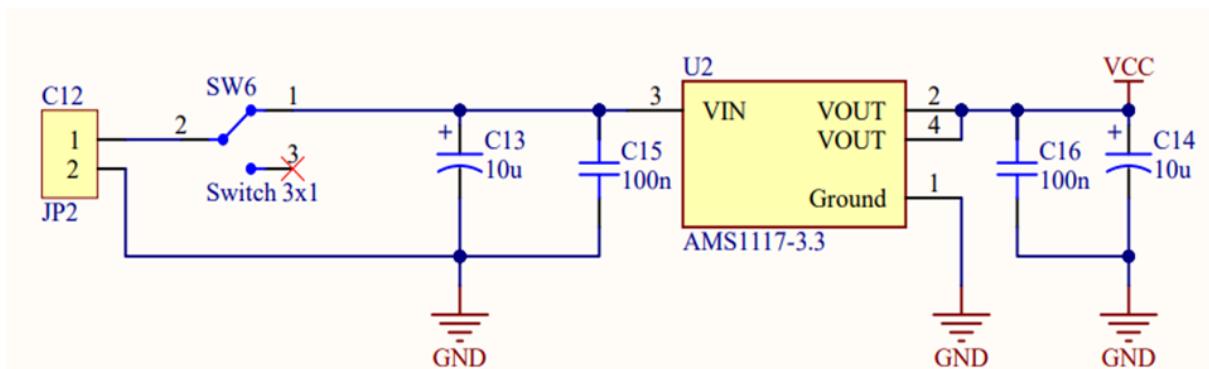
Đặc điểm chính:

- **Điện áp đầu vào (V_{in}):** 4.5V đến 15V.
- **Điện áp đầu ra (V_{out}):** 3.3V (định).
- **Dòng đầu ra (I_{out}):** Lên đến 1A.
- **Dropout Voltage:** $\sim 1V$ (khi dòng tải tối đa 1A).
- **Hiệu suất:** Không cao như các bộ chuyển đổi DC-DC vì là bộ tuyến tính, nhưng đủ tốt cho các ứng dụng yêu cầu dòng thấp.

Ứng dụng:

- Cấp nguồn cho vi điều khiển (Arduino, ESP8266, ESP32, v.v.).
- Ổn định điện áp cho cảm biến.
- Các mạch điện tử nhỏ yêu cầu 3.3V.

Thiết kế khối nguồn:

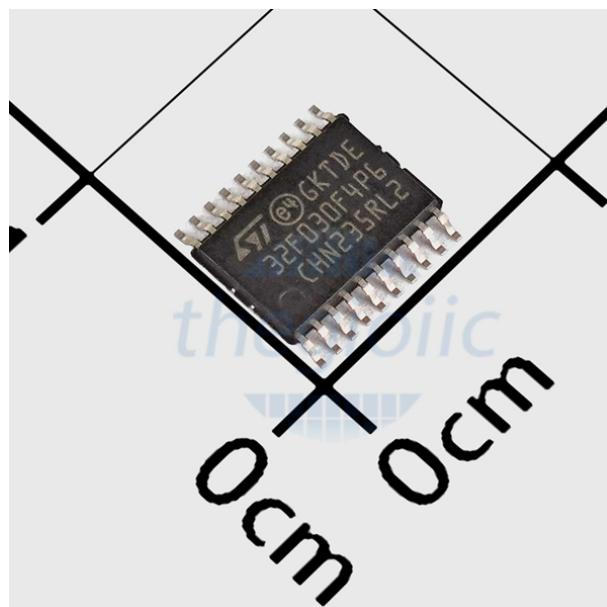


Hình 3: Mạch nguồn

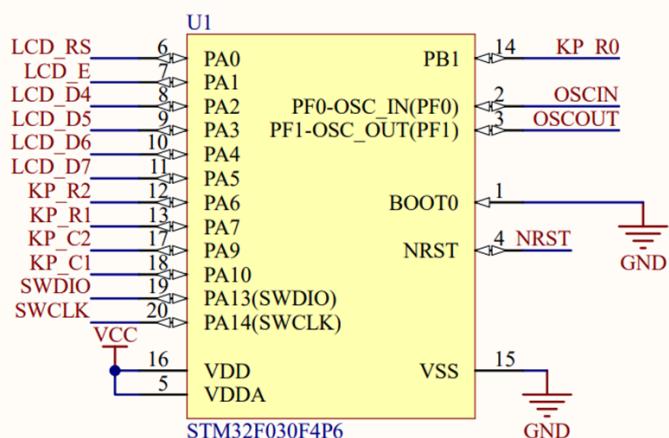
3.1.3 Khối vi xử lý

STM32F030F4P6 là một vi điều khiển thuộc dòng STM32 của hãng STMicroelectronics, sử dụng lõi ARM Cortex-M0 32-bit, phù hợp cho các ứng dụng nhúng nhỏ gọn. Dưới đây là các đặc điểm nổi bật:

- **Lõi xử lý:** ARM Cortex-M0, tốc độ tối đa 48 MHz.
- **Bộ nhớ:** 16 KB Flash, 4 KB RAM.
- **Số chân:** 20 chân (*gói TSSOP20*).
- **Giao tiếp ngoại vi:**
 - 1x I2C, 1x SPI, 1x UART.
 - 11 kênh ADC 12-bit.
 - 16-bit Timer và Watchdog.
- **Điện áp hoạt động:** 2.4V - 3.6V.
- **Ứng dụng:** Được sử dụng trong các thiết bị nhúng nhỏ gọn như điều khiển công nghiệp, cảm biến, thiết bị IoT, và hệ thống tự động hóa.



(a) STM32F030F4P6 TSSOP20



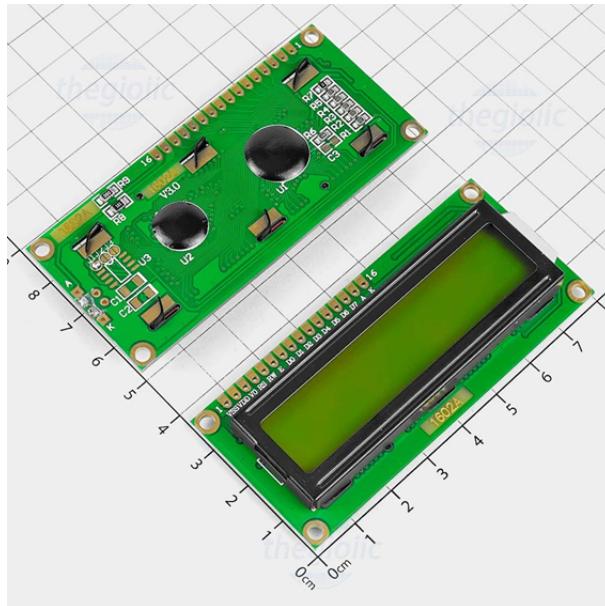
(b) STM32F030F4P6 pinout
Hình 4: STM32F030F4P6

3.1.4 Khối hiển thị

Sử dụng màn hình LCD 16x2 giao tiếp với vi điều khiển qua các chân GPIO.

LCD 16x2 là một loại màn hình hiển thị phổ biến, thường được sử dụng trong các dự án nhúng và điện tử. Con số 16x2 biểu thị rằng màn hình có 16 cột và 2 hàng, nghĩa là có thể hiển thị tối đa 32 ký tự cùng lúc. Dưới đây là một tóm tắt về đặc điểm và tính năng:

- **Kích thước hiển thị:** 16 ký tự mỗi hàng, 2 hàng.
- **Loại màn hình:** LCD (Liquid Crystal Display), thường dùng chuẩn ký tự ASCII.
- **Điều khiển:** Sử dụng bộ điều khiển HD44780 hoặc tương thích, dễ dàng giao tiếp



Hình 5: LCD 1602 3.3V

với vi điều khiển.

- **Giao tiếp:**

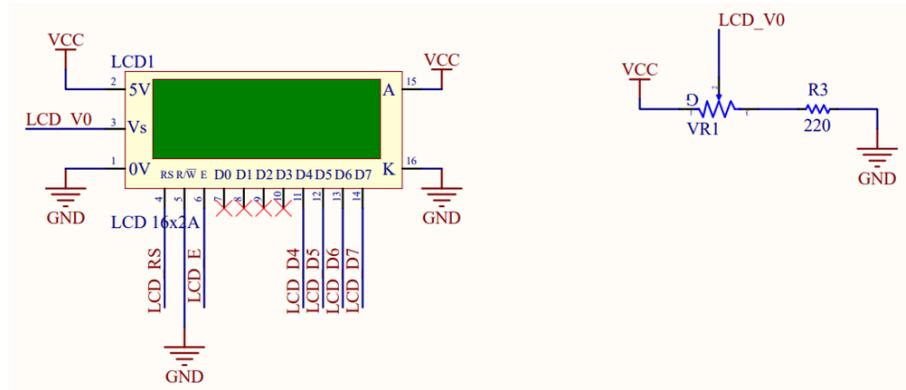
- 4-bit mode: Sử dụng 4 chân dữ liệu để tiết kiệm chân kết nối.
- 8-bit mode: Sử dụng đầy đủ 8 chân dữ liệu để tăng tốc độ giao tiếp.

- **Nguồn cấp:**

- Điện áp hoạt động: 5V (có thể hoạt động ở 3.3V với một số module).
- Dòng tiêu thụ thấp, phù hợp với các ứng dụng tiết kiệm năng lượng.

- **Điều chỉnh độ tương phản:** Thông qua một biến trở (*kết nối với chân VO*).

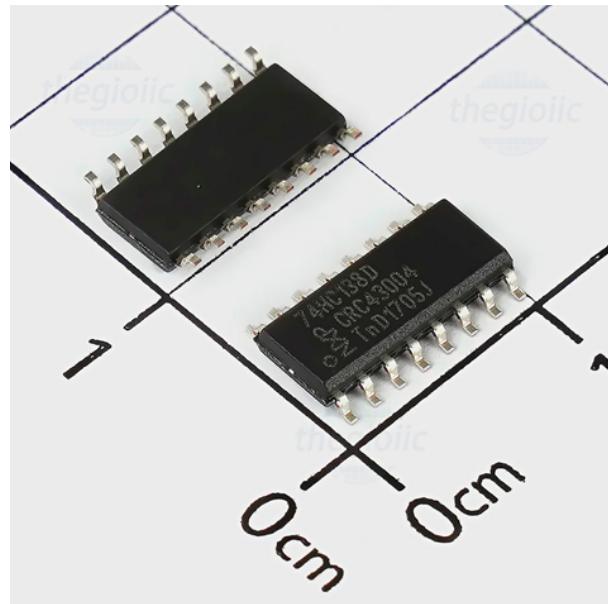
- **Đèn nền:** Có thể bật/tắt hoặc điều chỉnh độ sáng bằng cách điều khiển chân LED+ và LED-.



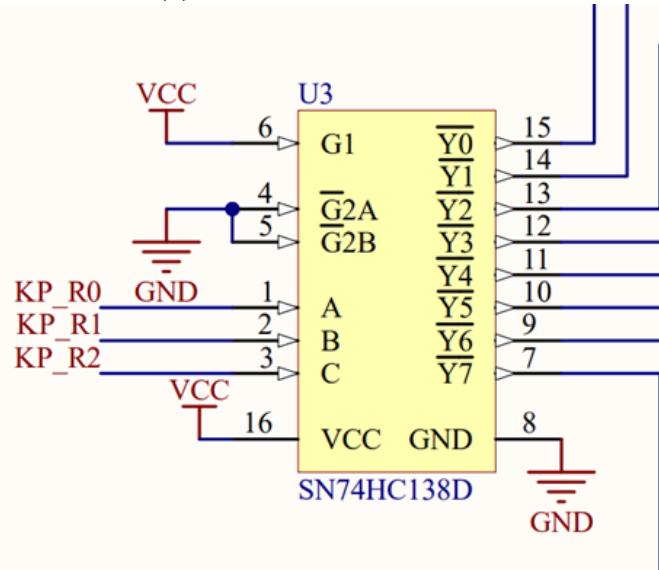
Hình 6: Khối LCD

3.1.5 Keypad ma trận

Sử dụng ma trận 4x4 để nhập dữ liệu chữ số và phép tính sẽ cần 8 chân GPIO từ MCU nhưng để tiết kiệm GPIO cho MCU nhóm quyết định sử dụng ic decoder 74HC138 để điều khiển 8 hàng của ma trận phím chỉ cần dùng 3 GPIO.



(a) 74HC138 PDIP8

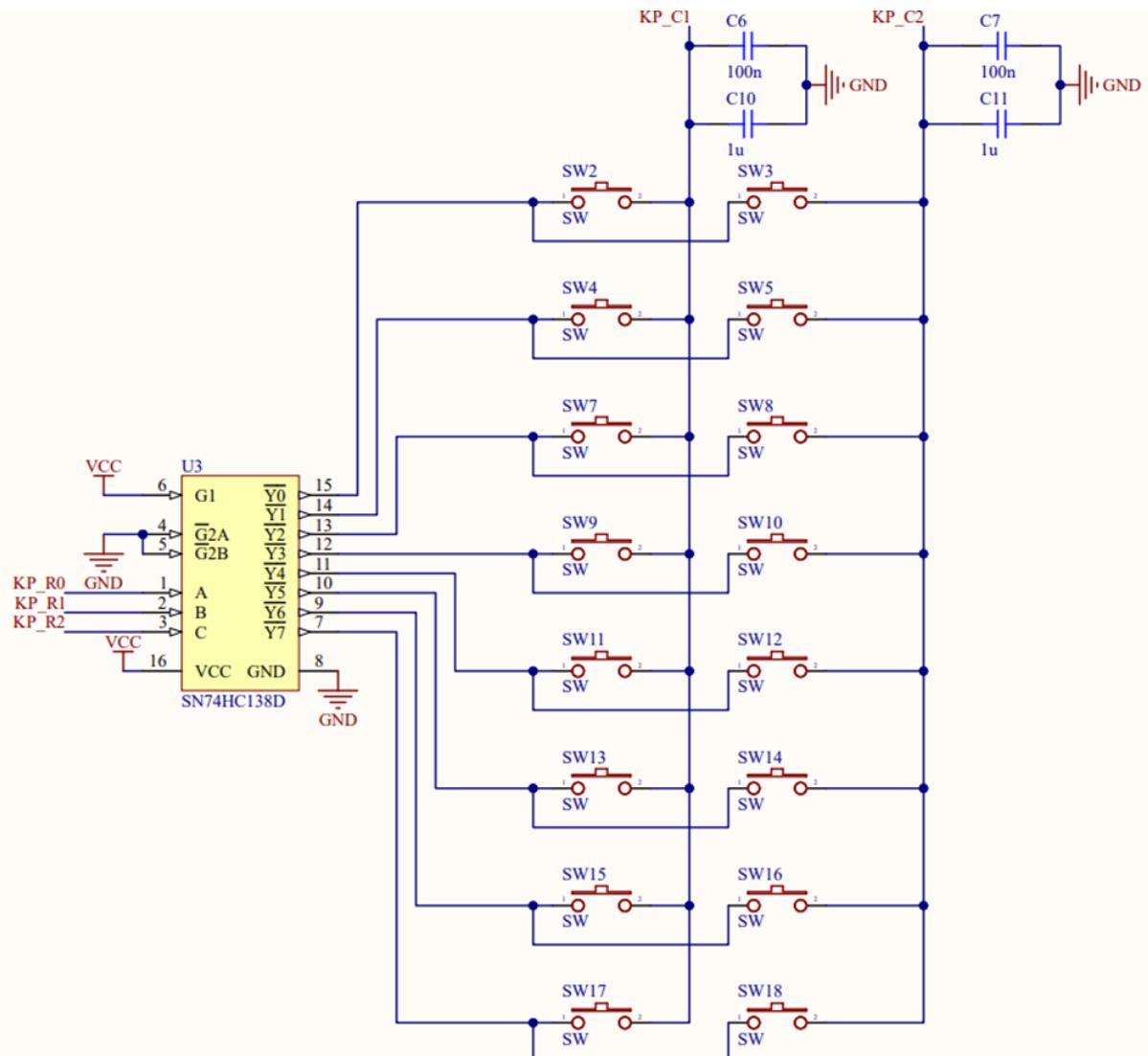


(b) 74HC138 pinout
Hình 7: STM32F030F4P6

Control			Input			Output								
\bar{E}_1	\bar{E}_2	E_3	A_2	A_1	A_0	\bar{Y}_7	\bar{Y}_6	\bar{Y}_5	\bar{Y}_4	\bar{Y}_3	\bar{Y}_2	\bar{Y}_1	\bar{Y}_0	
H	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H
X	H	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X	X	L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L	L	H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	
-	-	-	L	L	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
-	-	-	L	H	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H
-	-	-	L	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
-	-	-	H	L	L	H	H	H	L	H	H	H	H	H
-	-	-	H	L	H	L	H	L	H	H	H	H	H	H
-	-	-	H	H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H
-	-	-	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H
-	-	-	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H

Hình 8: Bảng chân tri 74HC138

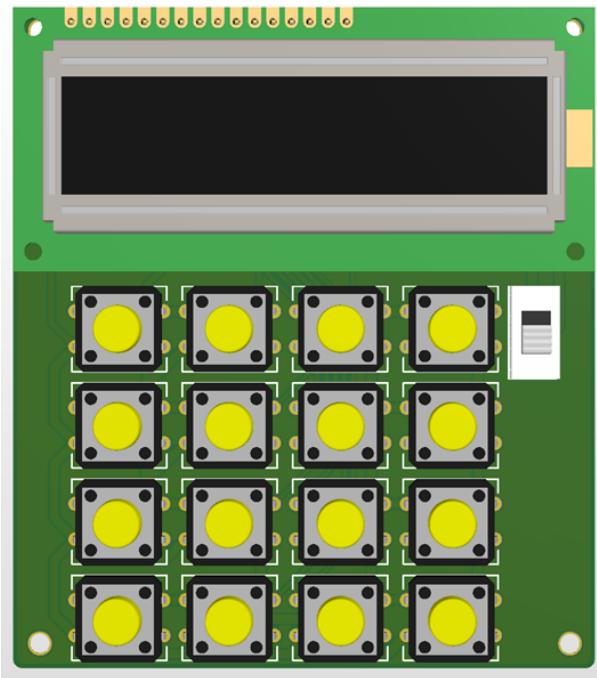
Từ đó ta thiết kế được khối ma trận phím 4x4 chỉ cần dùng 5 GPIO với 3 output để quét hàng và 2 input để quét cột và có chống rung phần cứng cho bàn phím.



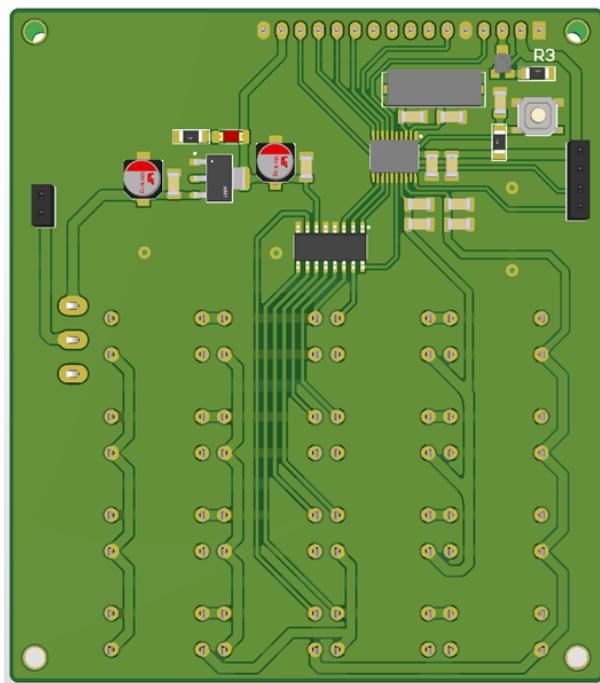
Hình 9: Ma trận bàn phím

3.1.6 Sơ đồ layout

Dùng phần mềm Alitum để layout PCB, sau khi đặt linh kiện và routing ta có kết quả sau:



Hình 10: Mặt trước



Hình 11: Mặt sau

3.2 Gia công

3.2.1 In mạch PCB

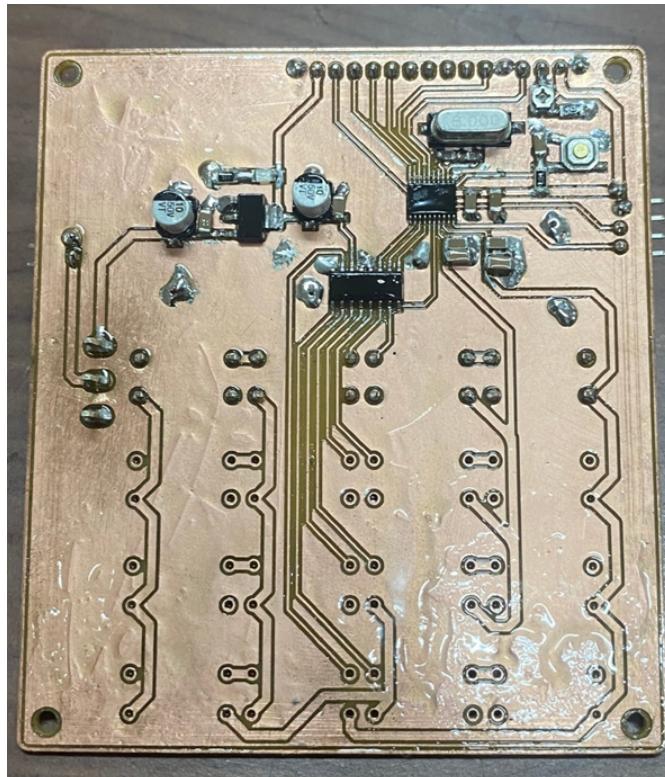
Sau khi hoàn tất thiết kế nhóm tiến hành phay mạch bằng máy cnc.



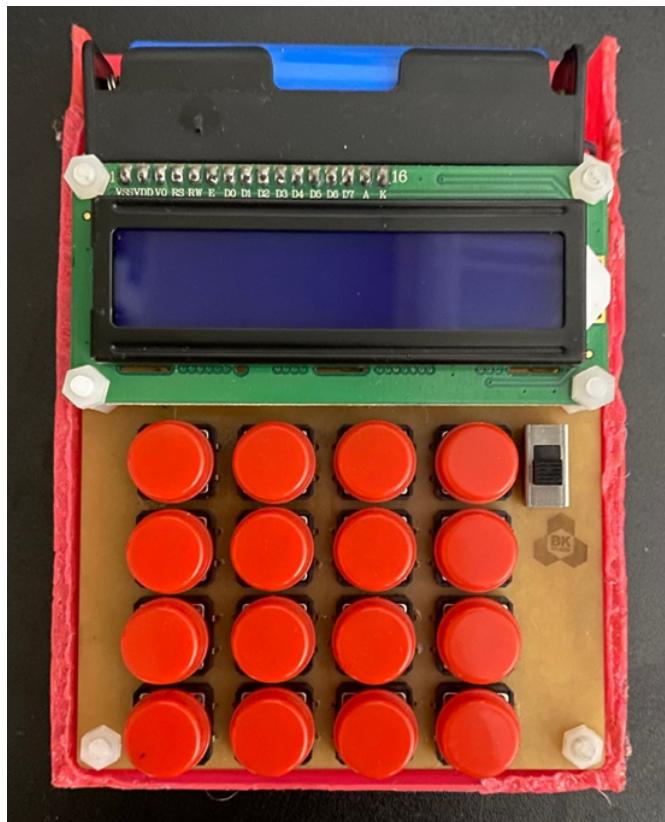
Hình 12: Phay mạch bằng máy CNC

3.2.2 Hàn các linh kiện lên bo

Sử dụng các dụng cụ như mỏ hàn, hot air và các dụng cụ hàn khác, sau vài giờ nhóm cũng hàn hết các linh kiện lên bo và phết nhựa thông để bảo vệ PCB khỏi bị oxi hóa và ăn mòn.



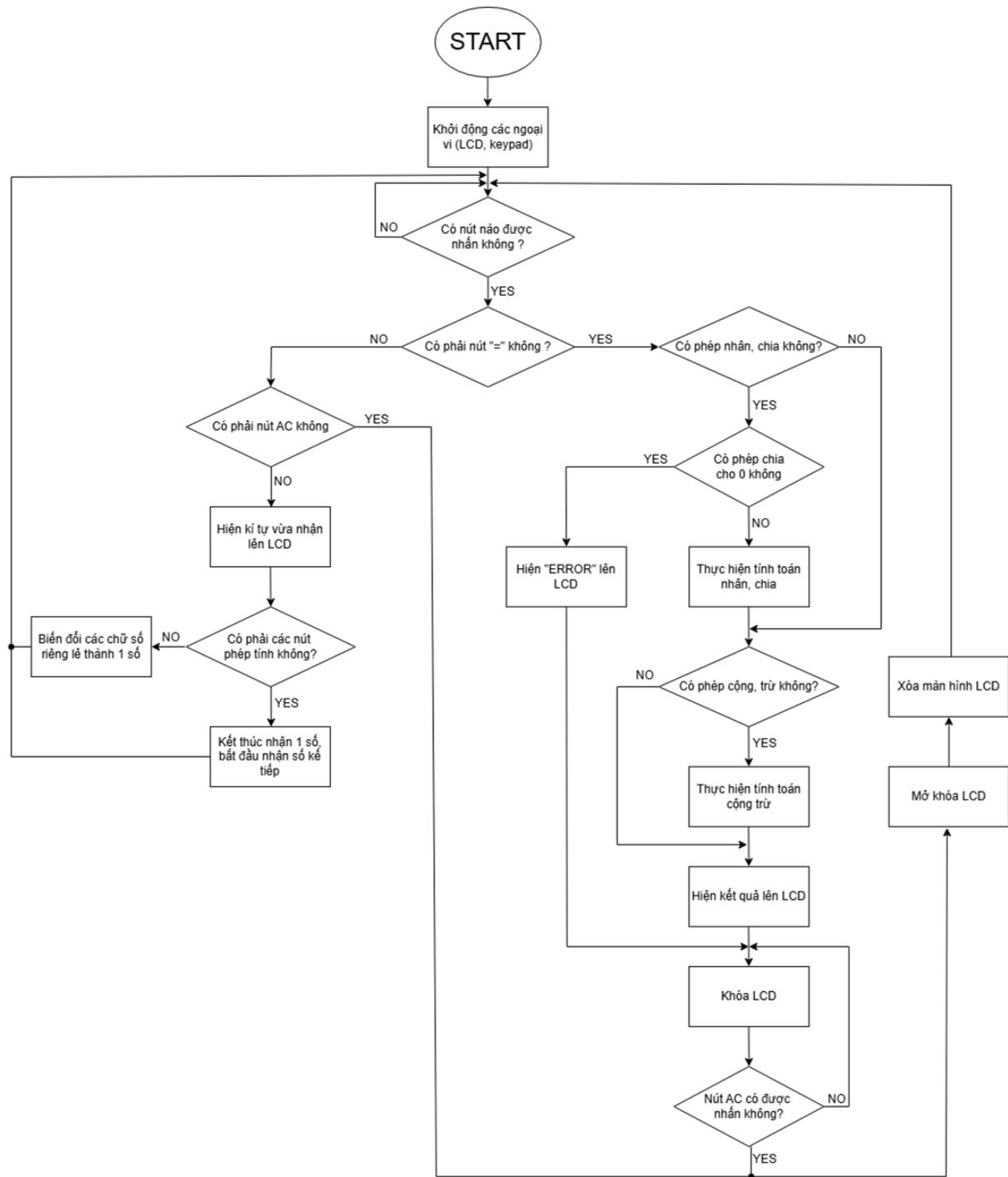
Hình 13: Mặt sau



Hình 14: Mặt trước

4 THIẾT KẾ PHẦN MỀM

4.1 Lưu đồ giải thuật



Hình 15: Lưu đồ giải thuật



4.2 Code

4.2.1 Giao tiếp LCD

```
1 // Khai bao GPIO giao tiep LCD 4-wire
2 #define LCD_PORT      GPIOA
3 #define LCD_RS        GPIO_PIN_0
4 #define LCD_E         GPIO_PIN_1
5 #define LCD_D4        GPIO_PIN_2
6 #define LCD_D5        GPIO_PIN_3
7 #define LCD_D6        GPIO_PIN_4
8 #define LCD_D7        GPIO_PIN_5
9
10 // cac ham
11 void LCD_Write(uint8_t data);
12 void LCD_Send(uint8_t Reg, uint8_t data);
13 void LCD_Init();
14 void LCD_Clear();
15 void LCD_Location(uint8_t x, uint8_t y);
16 void LCD_Write_String(char* string);
17 void LCD_Write_Number(int8_t number);
18 void LCD_Write_Float(float number) ;
19 void floatToStr(float num, char *str, int8_t precision
    );
```

Giải thích:

- LCD_Write(uint8_t data): dùng để truyền dữ liệu.
- LCD_Send(uint8_t Reg, uint8_t data): dùng để gửi dữ liệu vào các thanh ghi ($Reg = 0$ là thanh ghi data, $Reg = 1$ là thanh ghi lệnh)
- LCD_Init() : khởi động LCD
- LCD_Clear() : xóa màn hình LCD
- LCD_Location(uint8_t x, uint8_t y): chọn vị trí con trỏ



- LCD_Write_String(char* string): hiện chuỗi lên màn hình LCD
- LCD_Write_Number(int8_t number): hiện số kiểu số nguyên lên LCD
- LCD_Write_Float(float number): hiện số kiểu thập phân lên LCD
- floatToStr(float num, char *str, int8_t precision): chuyển số thập phân thành chuỗi kí tự (*được dùng trong hàm LCD_Write_Float*)

4.2.2 Giao tiếp keypad

```
1 void selectRow(uint8_t row);  
2 void Press (uint8_t key);  
3 //void Release (uint8_t key);  
4 void Keypad_handle();  
5 uint8_t Keypad_Getkey();
```

Giải thích:

- selectRow(uint8_t row): chọn lần lượt các hàng để quét ma trận phím.
- Keypad_Getkey(): dùng hàm selectRow để quét cột keypad và trả về giá trị được nhấn.
- Keypad_Handle(): sẽ gọi các hàm Press và Release để xử lý khi nút nhấn được nhấn xuống và thả ra. Điều này có nghĩa để phần mềm xử lý đúng thì nút nhấn cần phải có 2 hành trình nhấn và thả. Tuy nhiên trong quá trình thử nghiệm có trường hợp khi thao tác nhanh khiến 2 hành trình nhấn và thả không rõ ràng (*tức 1 nút chưa được thả hết thì có nút khác được nhấn*) làm ảnh hưởng đến vận hành của hệ thống. Vì thế nhóm đã comment hàm Release và xử lý hàm Press khi nút được nhấn.

4.2.3 Các biến được khai báo và các define

```
1 #define AC 10  
2 #define cong 11  
3 #define tru 12  
4 #define nhan 13
```



```
5 #define chia 14
6 #define bang 15
7 #define ko 16
8 float num[10] = {0,0,0,0,0,0,0,0,0,0}; //luu so
9 uint8_t equaltion[9] = {0,0,0,0,0,0,0,0,0}; // luu dau
10 uint8_t pos = 0; //vi tri
11 uint8_t key_current=0; // gia tri hien tai cua nut
    nhan
12 uint8_t key_last=0; // gia tri sau cung cua nut nhan
13 float kq=0; // ket qua cua phep tinh
14 int64_t num1=0; // so duoc bien doi tu cac so rieng le
15 uint8_t row=0; // hang
16 uint8_t check=0; // check loi chia 0
17 uint8_t lock=0; // khoa LCD
18 const uint8_t key_code [8][2] =
19 {
20     {7,8},
21     {9,cong},
22     {4,5},
23     {6,tru},
24     {1,2},
25     {3,nhan},
26     {ko,bang},
27     {AC,chia},
28 };
```



5 Đánh giá chung và kết luận

Sau thời gian thực hiện bài tập lớn môn Thiết kế hệ thống nhúng, nhóm có những đánh giá và kết luận chung sau khi hoàn thành bài tập lớn này như sau :

- Về những kết quả thu được:
 - Hoàn thành hệ thống máy tính cầm tay với các chức năng cơ bản.
 - Hệ thống hoạt động ổn định và chính xác.
 - Hiểu được cấu trúc và những thành phần cơ bản của hệ thống nhúng để từ đó xây dựng được mạch từ các yêu cầu đặt ra.
 - Cải thiện được khả năng lập trình bằng ngôn ngữ C, học được cách viết thư viện giao tiếp ngoại vi.
 - Nâng cao khả năng làm việc theo nhóm cũng như khả năng hoàn thành công việc độc lập và đúng thời gian của từng thành viên trong nhóm.
- Về những hạn chế còn tồn đọng:
 - Thiết kế còn nhiều điểm chưa tối ưu do còn thiếu kinh nghiệm thực tế.
 - Còn tồn khá nhiều thời gian để nghiên cứu và thực hiện.
- Hướng phát triển & cải tiến cho sản phẩm
 - Mở rộng thêm các phép tính phức tạp như đạo hàm, nguyên hàm.
 - Tích hợp thêm tính năng lưu lịch sử các phép tính.
 - Sử dụng màn hình OLED để hiển thị rõ ràng hơn.

Qua những đánh giá và kết luận chung như trên, các thành viên của nhóm đều nhận thấy rằng bản thân đã học thêm được khá nhiều điều mới lạ và đã rèn dũa thêm được những kỹ năng săn sóc. Tuy vậy thì nhóm cũng nhận ra được vẫn còn khá nhiều khuyết điểm quan trọng cần được khắc phục ngay để có thể thực hiện những dự án khác trong tương lai một cách đầy đủ và hoàn thiện hơn.

6 LINK REPOSITORY GITHUB

Source code, schematic và layout của dự án [Github repo](#)

Hoặc sử dụng đường link: https://github.com/vesamy1234/ESD_Nhom18



Tài liệu

- [1] Sedra, A. S., & Smith, K. C. (n.d.). Microelectronic circuits. Oxford Series in Electrical and Computer Engineering
- [2] Bùi Quốc Bảo (2014). Lập trình hệ thống nhúng. NXB Đại Học Quốc Gia
- [3] STMicroelectronics. STM32F030F4P6 Datasheet & Guide book