

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
ĐẠI HỌC QUỐC GIA - THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
☼



BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN
MÔN: THIẾT KẾ HỆ THỐNG NHÚNG (EE3003)
ĐỀ TÀI: DIGITAL CLOCK WITH LCD DISPLAY
LỚP L01 --- NHÓM 07 --- HK 242

Giảng viên hướng dẫn: Bùi Quốc Bảo

STT	HỌ VÀ TÊN	MSSV
1	Võ Sơn Khoa	2211663
2	Trần Nguyễn Duy Khoa	2211652
3	Nguyễn Minh Quốc	2010562

MỤC LỤC

MỤC LỤC	2
MỞ ĐẦU	3
1. Yêu cầu thiết kế (Requirement)	4
2. Sơ đồ khối (Block Diagram)	7
3. Danh sách linh kiện sử dụng (Bill of Materials - BOM)	8
4. Schematic (Sơ đồ nguyên lý)	9
4.1. Nguồn	9
4.2. Loa	9
4.3. Nút nhấn	10
4.4. Vi xử lý	11
4.5. LCD	14
4.6. RTC	15
5. PCB Layout	16
6. Mạch thực tế (Ảnh chụp mạch thật)	17
7. Kết luận	18

MỞ ĐẦU

Hệ thống nhúng (Embedded System) là một lĩnh vực then chốt trong ngành kỹ thuật điện – điện tử và công nghệ thông tin. Với đặc điểm là sự tích hợp giữa phần cứng và phần mềm chuyên biệt, các hệ thống nhúng được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như thiết bị gia dụng, công nghiệp, y tế, ô tô, quốc phòng và đặc biệt là trong các thiết bị điện tử tiêu dùng. Sự phát triển của công nghệ vi mạch và vi điều khiển trong những năm gần đây đã góp phần làm cho hệ thống nhúng trở nên phổ biến, linh hoạt và hiệu quả hơn bao giờ hết.

Trong số các ứng dụng điển hình của hệ thống nhúng, đồng hồ số hiển thị thời gian thực là một đề tài cơ bản nhưng mang tính ứng dụng cao. Đề tài này không chỉ giúp sinh viên nắm vững kiến thức cốt lõi về lập trình vi điều khiển, mà còn tạo điều kiện thực hành các kỹ thuật như giao tiếp ngoại vi, xử lý thời gian thực và hiển thị dữ liệu. Việc thiết kế một đồng hồ số sử dụng màn hình LCD là bước đầu tiên giúp sinh viên tiếp cận quy trình thiết kế và triển khai một hệ thống nhúng hoàn chỉnh, từ khâu xây dựng phần cứng cho đến phát triển phần mềm điều khiển.

Về mặt kỹ thuật, đề tài yêu cầu người thực hiện thiết kế một hệ thống có khả năng hiển thị chính xác giờ, phút, giây, ngày và tháng. Hệ thống bao gồm các thành phần chính như vi điều khiển (ví dụ: Arduino Uno, STM32 hoặc ESP32), mô-đun thời gian thực RTC (Real-Time Clock – DS1307 hoặc DS3231), và màn hình LCD (16x2 hoặc 20x4). Ngoài ra, người thiết kế cần lập trình để vi điều khiển giao tiếp với RTC thông qua giao thức I2C, đọc dữ liệu thời gian và cập nhật lên màn hình theo chu kỳ. Việc lập trình có thể được thực hiện bằng ngôn ngữ C hoặc Arduino IDE tùy thuộc vào nền tảng phần cứng lựa chọn.

Bên cạnh đó, sinh viên cũng được rèn luyện kỹ năng kết nối phần cứng, phân tích sơ đồ nguyên lý, sử dụng các công cụ mô phỏng hoặc hàn mạch thực tế. Ngoài chức năng cơ bản, hệ thống có thể mở rộng với các tính năng nâng cao như hiển thị nhiệt độ (kết hợp cảm biến DS18B20 hoặc DHT11), cài đặt báo thức, hoặc đồng bộ thời gian qua mạng Internet thông qua giao thức NTP khi sử dụng các nền tảng hỗ trợ Wi-Fi như ESP8266/ESP32.

Về mặt ứng dụng, đồng hồ số là một sản phẩm thiết thực và gần gũi, có thể tích hợp vào nhiều thiết bị gia dụng như đồng hồ treo tường, báo thức, hệ thống đếm giờ, hoặc làm nền tảng cho các hệ thống tự động hóa yêu cầu thời gian chính xác. Việc thực hiện đề tài giúp sinh viên hình thành tư duy kỹ thuật, nâng cao khả năng giải quyết vấn đề và chuẩn bị tốt hơn cho các dự án thực tế trong tương lai.

1. Yêu cầu thiết kế (Requirement)

System Requirements of Digital clock with LCD display

1. The digital clock shall have time display

1.1 The digital clock shall display the current time in HH:MM:SS format.

1.1.1 The time shall be updated every second.

1.1.2 The time shall select the time zone that matches your location.

1.2 The digital clock shall support for 12-hour and 24-hour formats.

1.2.1 The time shall change between 2 formats easily.

2. The digital clock shall have date display

2.1 The clock shall display the current date in format DD/MM/YYYY or MM/DD/YYYY.

2.2 The clock shall automatically get the date information from the timer and update it on the LCD screen.

3. The digital clock shall have alarm functionality

3.1 The alarm shall be set, edit and delete by the user.

3.2 The alarm shall sound and/or vibrate at the set time.

3.3 The alarm shall be enabled to snooze mode with a configurable snooze duration by the user.

4. The digital clock shall have stopwatch mode

4.1 The clock shall have a stopwatch function with start, stop, and reset features.

4.2 The clock shall support lap timing.

4.3 The clock shall display hours, minutes, seconds, and milliseconds.

4.4 The clock shall allow users to record time at a specific time without stopping the timer.

5. The digital clock shall have timer mode

5.1 The timer mode shall allow users to set a countdown timer.

5.2 The timer mode shall have start, pause, and reset buttons.

5.3 The timer mode shall have an alert that is triggered when the timer reaches zero.

6. The digital clock shall support timezone

6.1 The timezone support shall be able to select different by the user.

6.2 The timezone support shall automatically adjust for Daylight Saving Time (DST).

6.3 The timezone support shall automatically synchronize the time with the user's smartphone.

7. The digital clock shall have user interface

- 7.1 The interface shall be clear and easy to read.
- 7.2 The interface shall have adjustable font size for better visibility.
- 7.3 The interface shall have two mode are dark mode or light mode.
- 8. The digital clock shall have highly performance**
 - 8.1 The digital clock shall update the time display with low latency.
 - 8.2 The digital clock shall have alarm and notifications should trigger accurately and without delay.
- 9. The digital clock shall have reliability**
 - 9.1 The digital clock shall have operate continuously without crashing.
 - 9.2 The digital clock shall have work even when the device is in sleep mode.
- 10. The digital clock shall have compatibility**
 - 10.1 The digital clock shall have be compatible with a variety of devices (mobile, tablet, desktop, smartwatch).
 - 10.2 The digital clock shall support multiple operating systems (Windows, macOS, Android, iOS).
- 11. The digital clock shall have quality security**
 - 11.1 User settings and alarm data should be securely stored.
 - 11.2 No unauthorized modifications should be allowed.
- 12. The digital clock shall have quality power efficiency**
 - 12.1 The digital clock shall consume minimal power, especially on battery-powered devices.
 - 12.2 The digital clock shall has features that help save energy.
 - 12.2.1 The digital clock shall help turn off some unnecessary features such as screen, sensors, or wireless connections (Sleep Mode).
 - 12.2.2 The digital clock shall automatically turn off after a period of no user interaction.
 - 12.2.3 The digital clock shall use ambient light sensors to automatically adjust the brightness of the screen to suit the environment.
 - 12.2.4 The digital clock shall reduce the frequency of updates, turn off unnecessary connections, and reduce the brightness of the screen (Power Saving Mode).
- 13. The digital clock shall have additional features (optional)**
 - 13.1 The digital clock shall have voice control.
 - 13.2 The digital clock shall have weather integration.
 - 13.2.1 The digital clock shall display current weather conditions.
 - 13.2.2 The digital clock shall integrate with weather services through APIs like OpenWeather, Weather.com, AccuWeather, ...
 - 13.2.3 The digital clock shall integrate basic climate sensors.
 - 13.3 The digital clock shall have custom skins or themes.

13.3.1 The digital clock shall allow users to personalize the clock's appearance.

13.3.2 The digital clock shall support features such as Simple Mode, Mode for people with poor vision.

14. The digital clock shall have Bluetooth or Wi-Fi Syncing

14.1 The digital clock shall have sync time with internet or other devices.

14.2 The digital clock shall be able to update software automatically via Wi-Fi or Bluetooth.

15. The digital clock shall have display on LCD

15.1 The digital clock shall show the current year, month, day, date (e., Monday) and temperature on the 7-segment LED or LCD display.

15.2 The digital clock shall use 16x2 or 20x4 LCD screens depending on the purpose.

16. The digital clock shall have GPS function

16.1 The digital clock shall have advanced GPS, accuracy and fast locating time.

16.2 The digital clock shall integrate distance and speed tracking features.

16.3 The digital clock shall feature GPS data synchronization.

17. The digital clock shall have feature mobile payments

17.1 The digital clock shall allow users to make payments directly from the smartwatch via NFC technology.

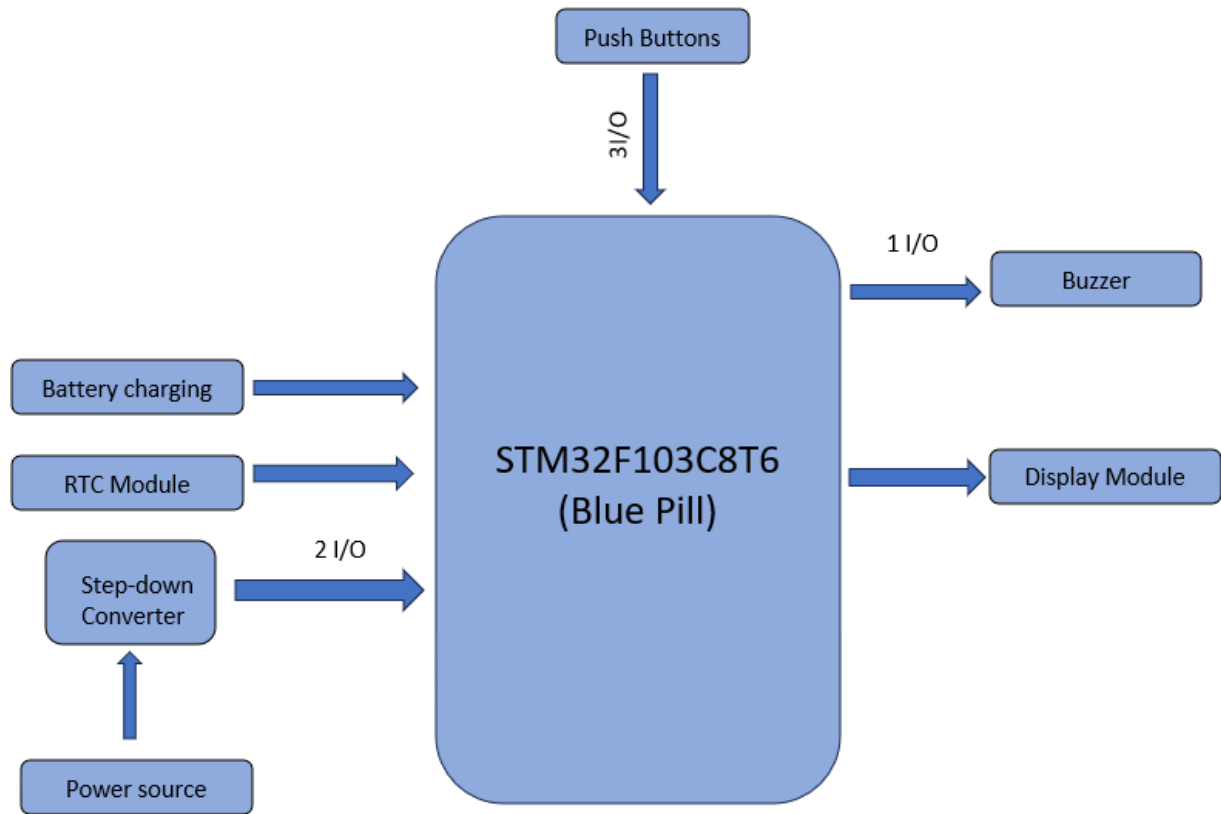
18. The digital clock shall have Air Quality Measurement function

18.1 The digital clock shall equip with sensors to measure air quality in the surrounding environment and issue warnings.

19. The digital clock shall have Water and Dust Resistant

19.1 The digital clock shall be water and dust resistant to MIL-STD-810G standards.

2. Sơ đồ khối (Block Diagram)



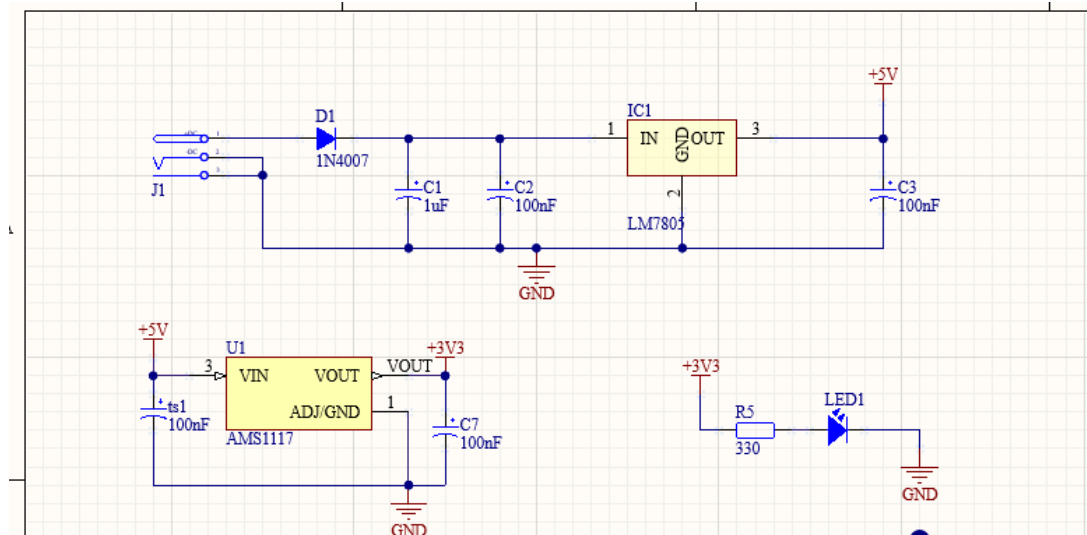
Hình 1: Sơ đồ khối tổng quát

3. Danh sách linh kiện sử dụng (Bill of Materials - BOM)

Component Type	Component Name	Quantity	Function
Microcontroller	STM32F103C8T6 (Blue Pill)	1	Main processing unit
RTC Module	DS3231	1	Real-time clock for accurate timekeeping
Display Module	LCD 16x2 (I2C)	1	Displays time and other information
Power source	18650 Li-ion Battery	2	Provides power to the circuit
Battery charging	TP4056	1	Battery charging and protection circuit
Step-down Converter	AMS1117-3.3V	1	Provides 3.3V for STM32
	LM7805	1	Provides stable 5V output
Push Buttons	Tactile Push Button	5	Time setting, alarm control, mode setting, reset,...
Buzzer	Passive Buzzer	1	Alarm sound output
Resistors	10k Ω , 100k Ω , ...		Pull-down resistors for push buttons
Protection Diode	1N4007	1	Reverse polarity protection
Capacitors	100nF, 1 μ F	2	Reduces power noise

4. Schematic (Sơ đồ nguyên lý)

4.1 Nguồn

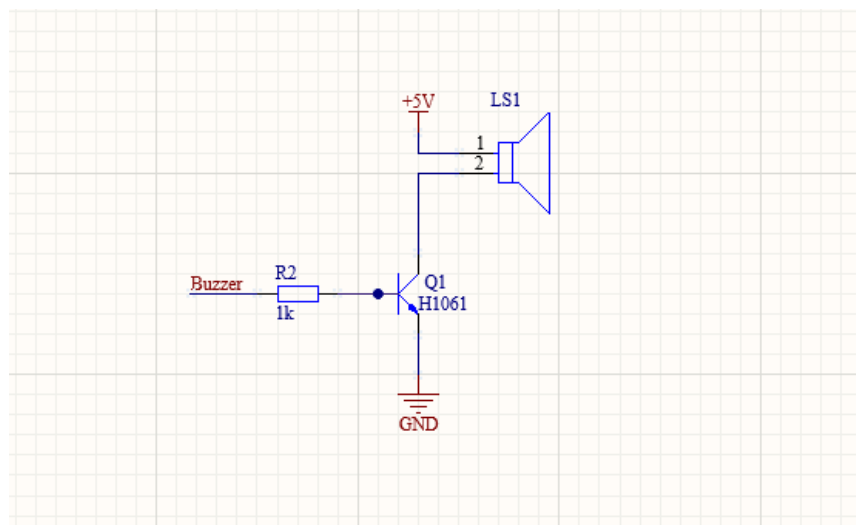


Hình 2: Sơ đồ nguồn

Nguyên lý hoạt động:

Sơ đồ mô tả một mạch nguồn có khả năng nhận một nguồn điện đầu vào (thông qua J1), chỉnh lưu và lọc (bởi D1, C1, C2), ổn áp xuống 5V (bởi LM7805) và sau đó tiếp tục ổn áp xuống 3.3V (bởi AMS1117). Điện áp 3.3V này sau đó được sử dụng để cấp nguồn cho một đèn LED (LED1) thông qua một điện trở hạn dòng (R5).

4.2. Loa



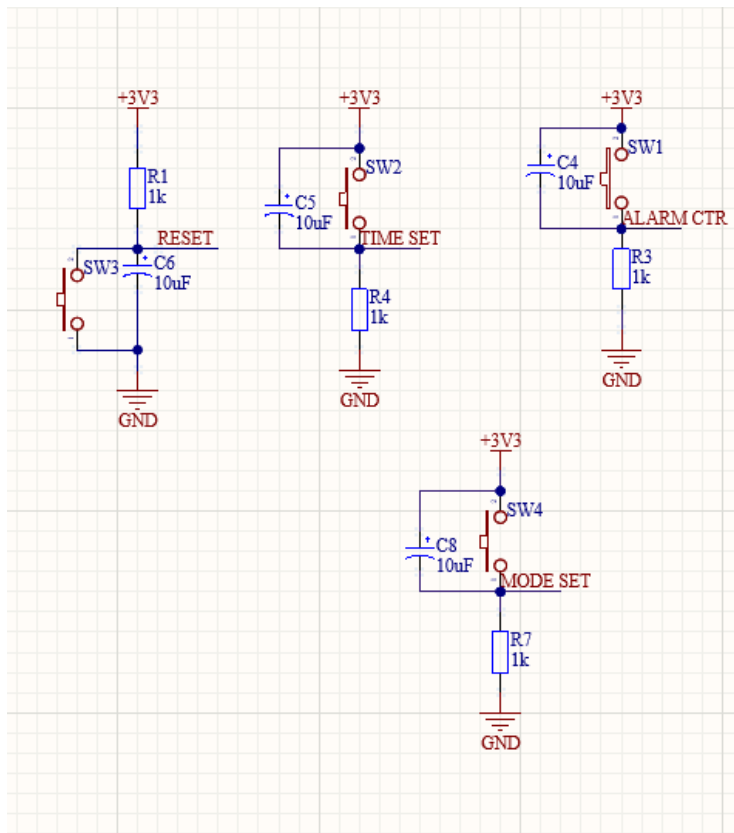
Hình 3: Sơ đồ loa

Nguyên lý hoạt động:

Khi tín hiệu Buzzer ở mức thấp (low) hoặc không có tín hiệu, transistor Q1 ở trạng thái ngắt (không dẫn điện). Do đó, không có dòng điện chạy qua loa LS1, và loa không phát ra âm thanh.

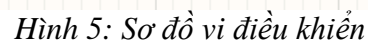
Khi tín hiệu Buzzer chuyển sang mức cao (high), một dòng điện nhỏ sẽ chạy qua điện trở R2 vào chân base của transistor Q1. Dòng điện base này sẽ kích hoạt transistor, làm cho nó dẫn điện mạnh giữa chân collector và chân emitter. Lúc này, một dòng điện sẽ chạy từ nguồn +5V qua loa LS1, qua chân collector và emitter của transistor Q1 xuống mass (GND). Dòng điện này sẽ làm cho loa LS1 phát ra âm thanh. Tóm lại, mạch này sử dụng một transistor NPN như một công tắc để bật/tắt loa hoặc còi dựa trên tín hiệu điều khiển "Buzzer". Khi tín hiệu điều khiển ở mức cao, transistor bật, cấp nguồn cho loa và tạo ra âm thanh.

4.3. Nút nhấn



Hình 4: Sơ đồ các nút nhấn

4.4. Vi điều khiển



- Đây là trái tim của mạch, thực hiện các chức năng xử lý và điều khiển.

- Các chân của vi điều khiển được kết nối với các thành phần khác nhau để thực hiện các chức năng cụ thể. Một số chân quan trọng được chú thích:
 - + **VBAT (Pin 1):** Chân kết nối với pin dự phòng (nếu có) để duy trì RTC (Real-Time Clock) và thanh ghi backup khi nguồn chính bị ngắt.
 - + **Buzzer (Pin 2):** Chân này được kết nối với một thiết bị phát âm thanh (còi buzzer).
 - + **OSC_IN (Pin 3) và OSC_OUT (Pin 4):** Các chân kết nối với bộ dao động thạch anh (Y1, C16, C17, R15) để cung cấp xung clock chính cho vi điều khiển.
 - + **RESET (Pin 8):** Chân reset, thường được kéo lên mức cao và khi xuống mức thấp sẽ khởi động lại vi điều khiển.
 - + **VDDA (Pin 9) và VSSA (Pin 10):** Chân cấp nguồn analog và mass analog (thường được nối với VDD và VSS tương ứng).
 - + **PA0, PA1, PA2,... PB15:** Các chân GPIO (General Purpose Input/Output) có thể được cấu hình làm đầu vào hoặc đầu ra cho nhiều mục đích khác nhau. Một số chân được chú thích cụ thể:
 - **MODE SET:** Kết nối với một nút nhấn để thiết lập chế độ hoạt động.
 - **TIME SET:** Kết nối với một nút nhấn để cài đặt thời gian.
 - **ALARM CTR:** Kết nối với một nút nhấn để điều khiển báo thức.
 - **SCL1, SDA1:** Các chân cho giao tiếp I²C (Inter-Integrated Circuit).
 - + **VDD (Pin 19, 36) và VSS (GND - Pin 22, 35, 48):** Các chân cấp nguồn chính (+3V3) và mass (GND) cho vi điều khiển.

b) Mạch nguồn lọc:

C9, C10, C11, C12, C13, C16 (100nF): Các tụ điện này được mắc song song với nguồn +3V3 và GND để lọc nhiễu và ổn định điện áp cấp cho vi điều khiển.

c) Mạch dao động thạch anh:

- **Y1 (8MHz):** Tinh thể thạch anh có tần số 8MHz, cung cấp xung clock chính xác cho vi điều khiển.

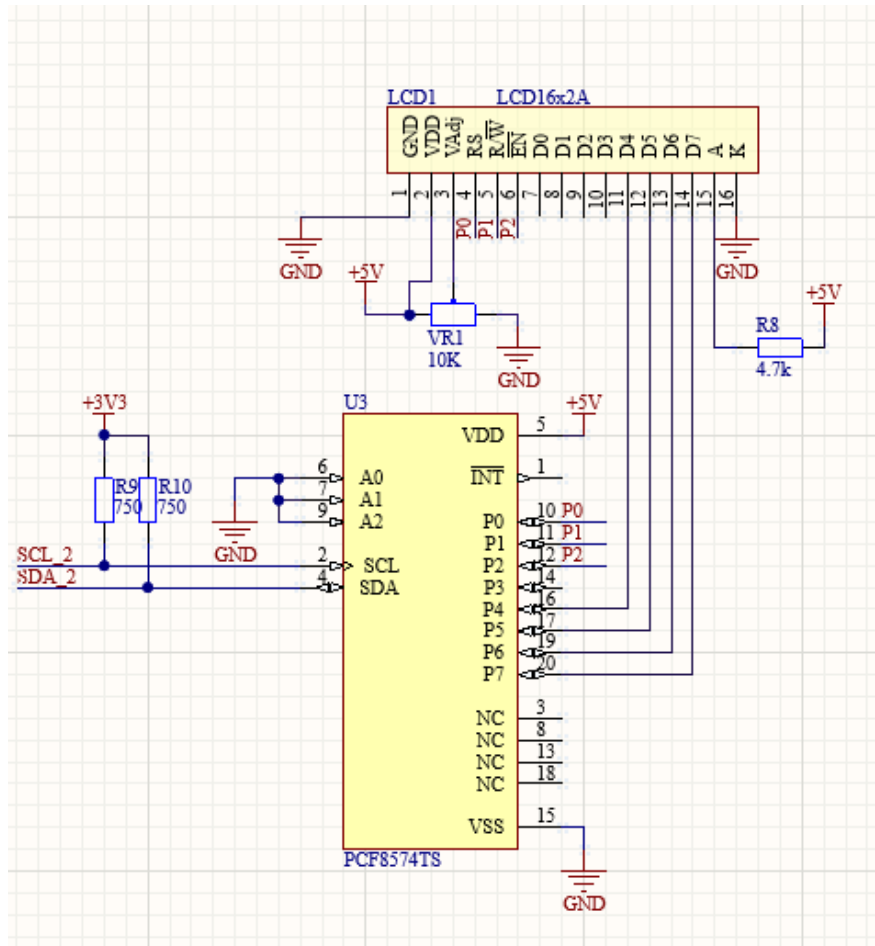
- **C15, C17 (30pF):** Các tụ điện tải cho tinh thể thạch anh, giá trị này thường được chọn theo datasheet của thạch anh để đảm bảo dao động ổn định ở tần số 8MHz.

- **R15 (1M Ω):** Điện trở này có thể được sử dụng để hạn chế dòng khởi động và cải thiện độ ổn định của mạch dao động.

d) Điện trở kéo lên cho chân Reset:

R6 (100k Ω): Điện trở này được mắc giữa chân RESET và nguồn +3V3, đảm bảo chân RESET ở mức cao khi không có tác động bên ngoài, giữ cho vi điều khiển hoạt động bình thường. Khi chân RESET bị kéo xuống GND (thường thông qua một nút nhấn reset không được hiển thị ở đây), vi điều khiển sẽ được khởi động lại.

4.5. LCD



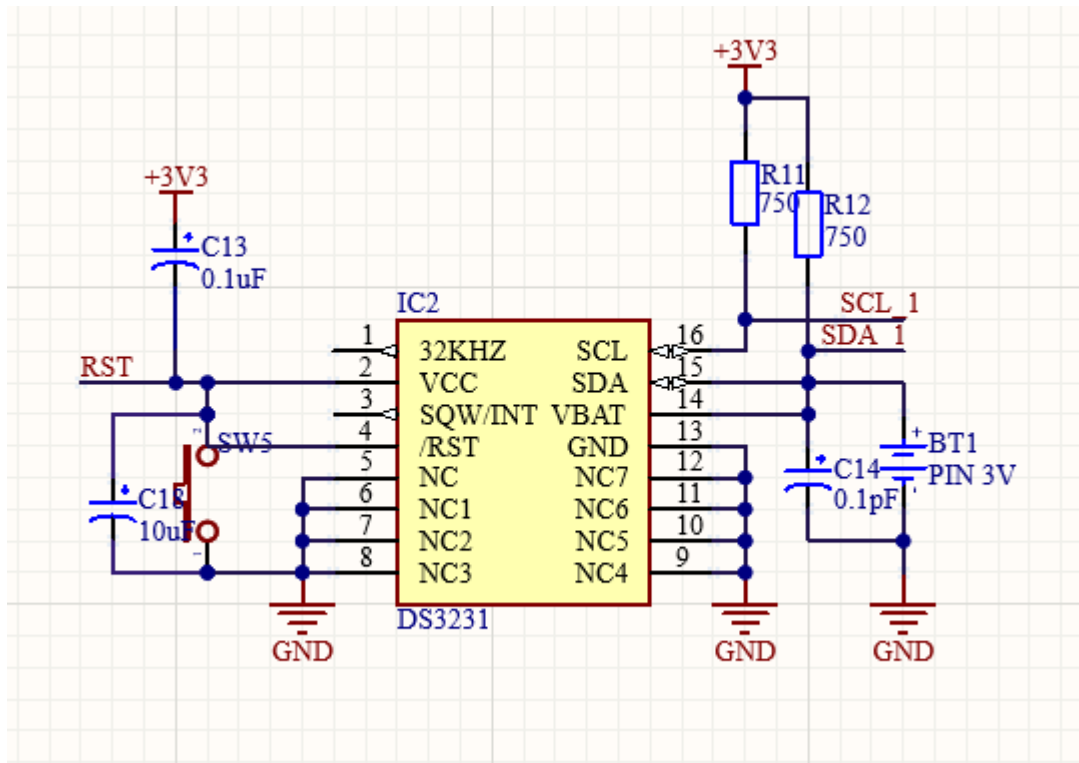
Hình 6: Sơ đồ giao tiếp LCD

Nguyên lý hoạt động:

Vi điều khiển (không hiển thị trực tiếp trong sơ đồ này, nhưng được ngầm hiểu là nguồn của tín hiệu SCL_2 và SDA_2) giao tiếp với IC PCF8574 thông qua giao thức I²C. Vi điều khiển sẽ gửi các lệnh và dữ liệu đến PCF8574 thông qua bus I²C. PCF8574 sau đó sẽ điều khiển các chân P0-P7 để giao tiếp với màn hình LCD, hiển thị thông tin theo yêu cầu của vi điều khiển.

Tóm lại, đây là mạch giao tiếp LCD I²C. Thay vì kết nối trực tiếp các chân điều khiển và dữ liệu của LCD với vi điều khiển, mạch này sử dụng một IC PCF8574 làm trung gian, giúp giảm số lượng chân I/O cần thiết trên vi điều khiển để điều khiển màn hình LCD.

4.6. RTC



Hình 7: Sơ đồ RTC

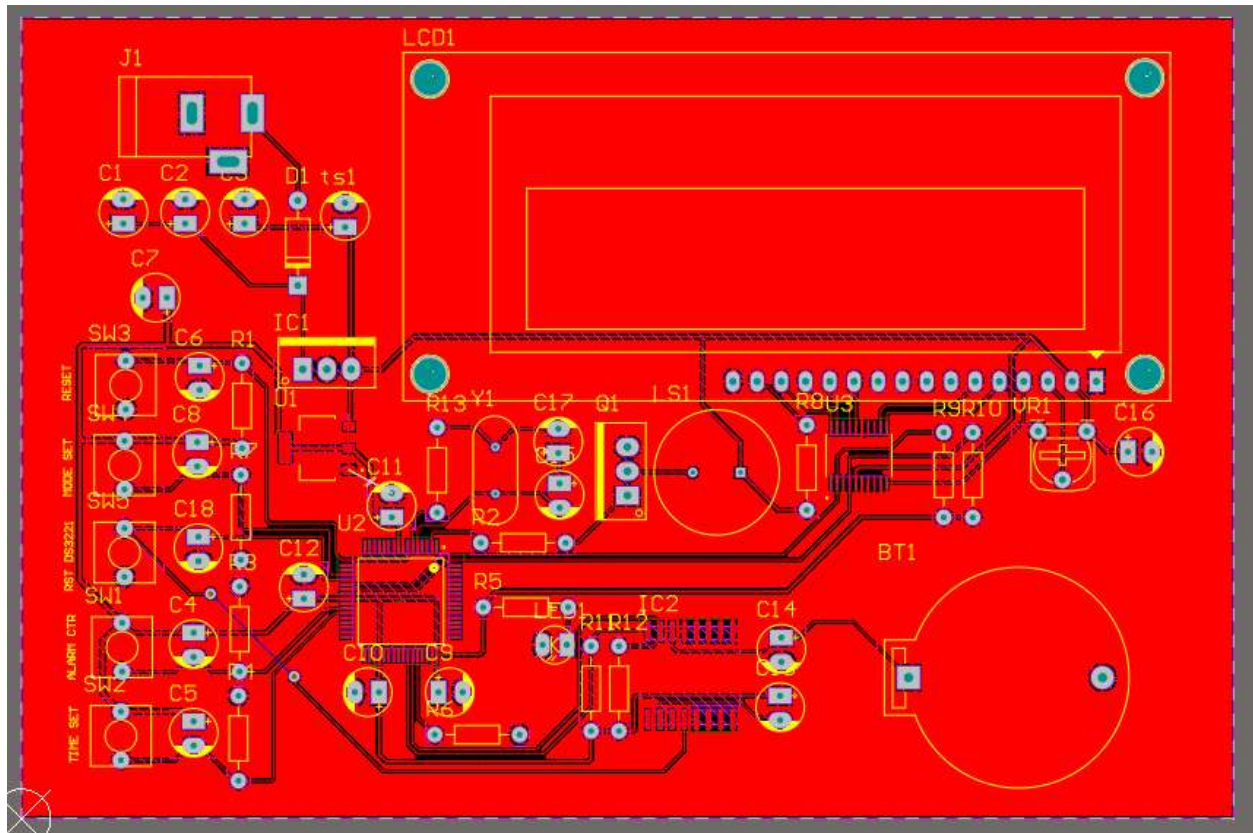
Nguyên lý hoạt động:

IC DS3231 là một đồng hồ thời gian thực, nó duy trì thời gian và lịch ngay cả khi không có nguồn điện chính nhờ pin dự phòng BT1. Vi điều khiển (không hiển thị trực tiếp ở đây) có thể giao tiếp với DS3231 thông qua giao thức I²C (qua các chân SCL_1 và SDA_1) để đọc thời gian hiện tại, cài đặt thời gian hoặc cấu hình các chức năng khác như ngắt báo thức.

Nút nhấn SW5 và tụ điện C18 tạo thành một mạch reset bằng tay cho IC DS3231. Khi nhấn SW5, chân /RST sẽ bị kéo xuống GND, khởi động lại IC RTC. Tụ điện C18 giúp tạo ra một xung reset có độ rộng phù hợp.

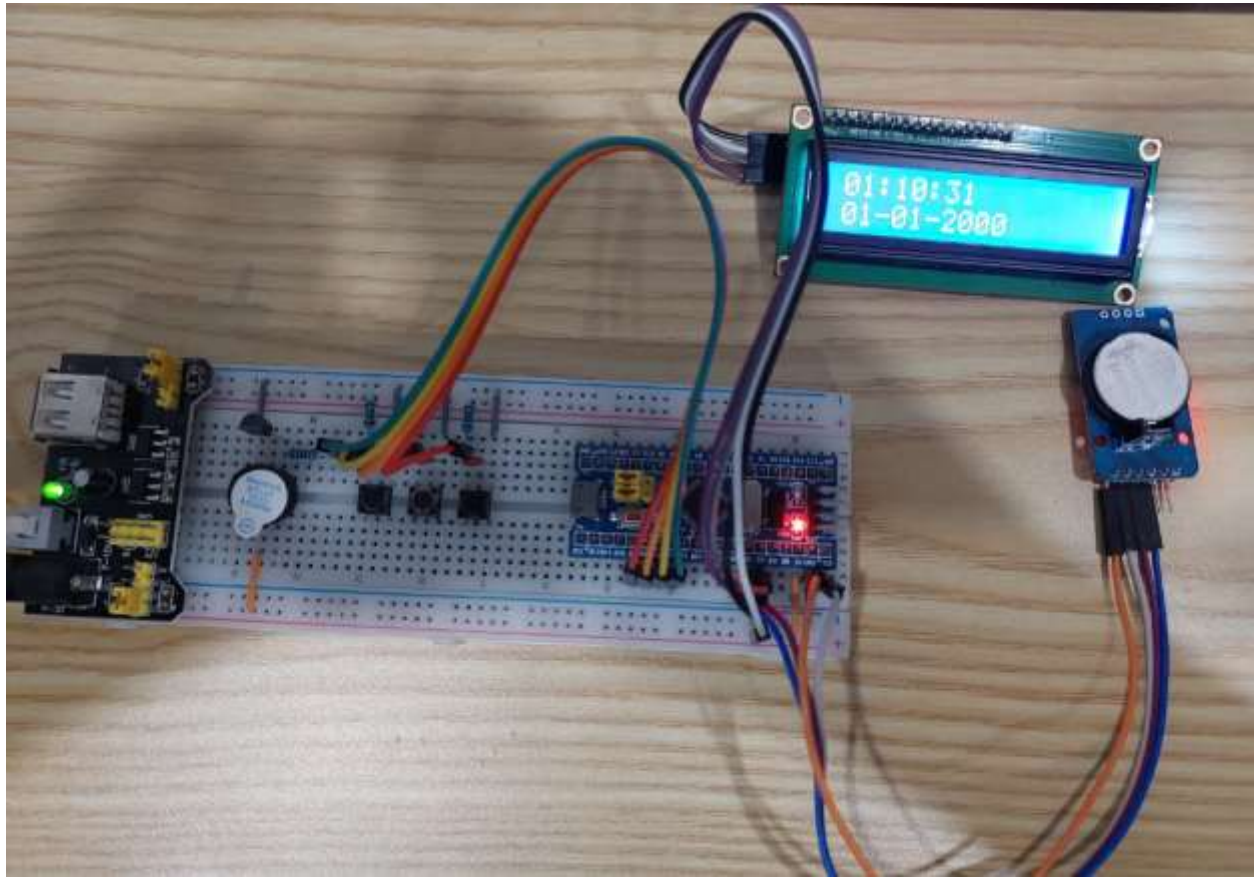
Tóm lại, đây là mạch RTC sử dụng IC DS3231 để cung cấp chức năng thời gian thực cho một hệ thống điện tử. Nó bao gồm nguồn điện chính, nguồn pin dự phòng, giao tiếp I²C để tương tác với vi điều khiển và mạch reset bằng tay.

5. PCB Layout:



Hình 8: PCB layout

6. Mạch thực tế (Ảnh chụp mạch thật)



Hình 9: Mạch thực tế

7. Kết luận

Bài tập lớn về thiết kế hệ thống nhúng đồng hồ số hiển thị trên LCD đã được hoàn thành, đạt được các mục tiêu đề ra ban đầu. Nhóm đã nghiên cứu, thiết kế và xây dựng thành công một hệ thống có khả năng hiển thị thời gian (giờ, phút, giây) một cách chính xác trên màn hình LCD.

Quá trình thực hiện bài tập đã mang lại những kiến thức và kinh nghiệm quý báu trong lĩnh vực thiết kế hệ thống nhúng, bao gồm:

- + Hiểu sâu sắc hơn về nguyên lý hoạt động và cách lập trình cho vi điều khiển: Nhóm đã làm việc trực tiếp với vi điều khiển, nắm vững các thao tác cấu hình, điều khiển các port I/O và các module ngoại vi cơ bản.
- + Nắm vững giao tiếp với màn hình LCD: Nhóm đã tìm hiểu về giao thức giao tiếp với màn hình LCD và triển khai thành công việc hiển thị thông tin thời gian.
- + Rèn luyện kỹ năng thiết kế mạch điện tử: Nhóm đã thiết kế mạch nguồn, mạch kết nối vi điều khiển với LCD và các thành phần ngoại vi khác, đảm bảo tính ổn định và hoạt động đúng chức năng của hệ thống.
- + Phát triển kỹ năng lập trình nhúng: Nhóm đã viết chương trình điều khiển cho vi điều khiển bằng ngôn ngữ C/C++ bao gồm các chức năng cập nhật thời gian.
- + Nâng cao kỹ năng làm việc nhóm, quản lý thời gian và giải quyết vấn đề: Trong quá trình thực hiện, nhóm đã phối hợp làm việc, phân chia công việc và cùng nhau vượt qua các khó khăn kỹ thuật phát sinh.

Bài tập lớn này đã cung cấp một nền tảng vững chắc cho nhóm trong việc tiếp cận và phát triển các hệ thống nhúng phức tạp hơn trong tương lai. Nhóm tin rằng những kiến thức và kỹ năng thu được sẽ rất hữu ích cho sự nghiệp học tập và làm việc sau này.