

Digital Clock with LCD Display

1. Digital Clock with LCD Display

Là một hệ thống số phục vụ cho việc hiển thị thời gian thực, trên màn hình LCD 16x2. Ngoài chức năng đồng hồ cơ bản, hệ thống còn tích hợp báo thức, đếm ngược và bấm giờ nhằm mở rộng ứng dụng thực tế. Thiết bị được thiết kế nhỏ gọn, tiêu thụ năng lượng thấp, phù hợp triển khai trong các ứng dụng nhúng.

2. Functional Requirements

Number	Description	Note
FR1	Hiển thị thứ/ ngày / tháng / năm, giờ / phút / giây, trên màn hình LCD.	
FR1.1	Hệ thống phải hiển thị giờ, phút, giây, ngày, tháng, năm	
FR1.2	Cho phép lựa chọn chế độ hiển thị 12h hoặc 24h.	
FR1.3	LCD 16x2 hiển thị định dạng rõ ràng, cập nhật mỗi giây.	
FR1.4	Nếu RTC lỗi hoặc mất tín hiệu sẽ hiển thị thông báo lỗi.	
FR2	Cho phép điều chỉnh thủ công thời gian bằng nút.	

FR2.1	Người dùng có thể điều chỉnh giờ, phút, ngày, tháng, năm và báo thức bằng các nút nhấn.	
FR2.2	Các nút có chức năng: tăng/giảm giá trị, chọn chế độ cần chỉnh, lưu cài đặt.	
FR2.3	Cần cơ chế chống rung nút (debounce) để tránh nhập sai.	
FR3	Chuyển đổi giữa các chế độ: đồng hồ, báo thức, đếm ngược và bấm giờ.	
FR3.1	Thiết bị hỗ trợ 4 chế độ: Đồng hồ (hiển thị thời gian) Báo thức (alarm) Đếm ngược (countdown timer) Bấm giờ (stopwatch)	
FR3.2	Người dùng chuyển đổi chế độ bằng nút chức năng.	
FR3.3	LCD hiển thị rõ chế độ hiện tại.	
FR4	Có chức năng đếm ngược có thể cài đặt từ 1 giây đến 24 giờ.	
FR4.1	Người dùng có thể cài đặt thời gian đếm ngược từ 1 giây đến 24 giờ.	

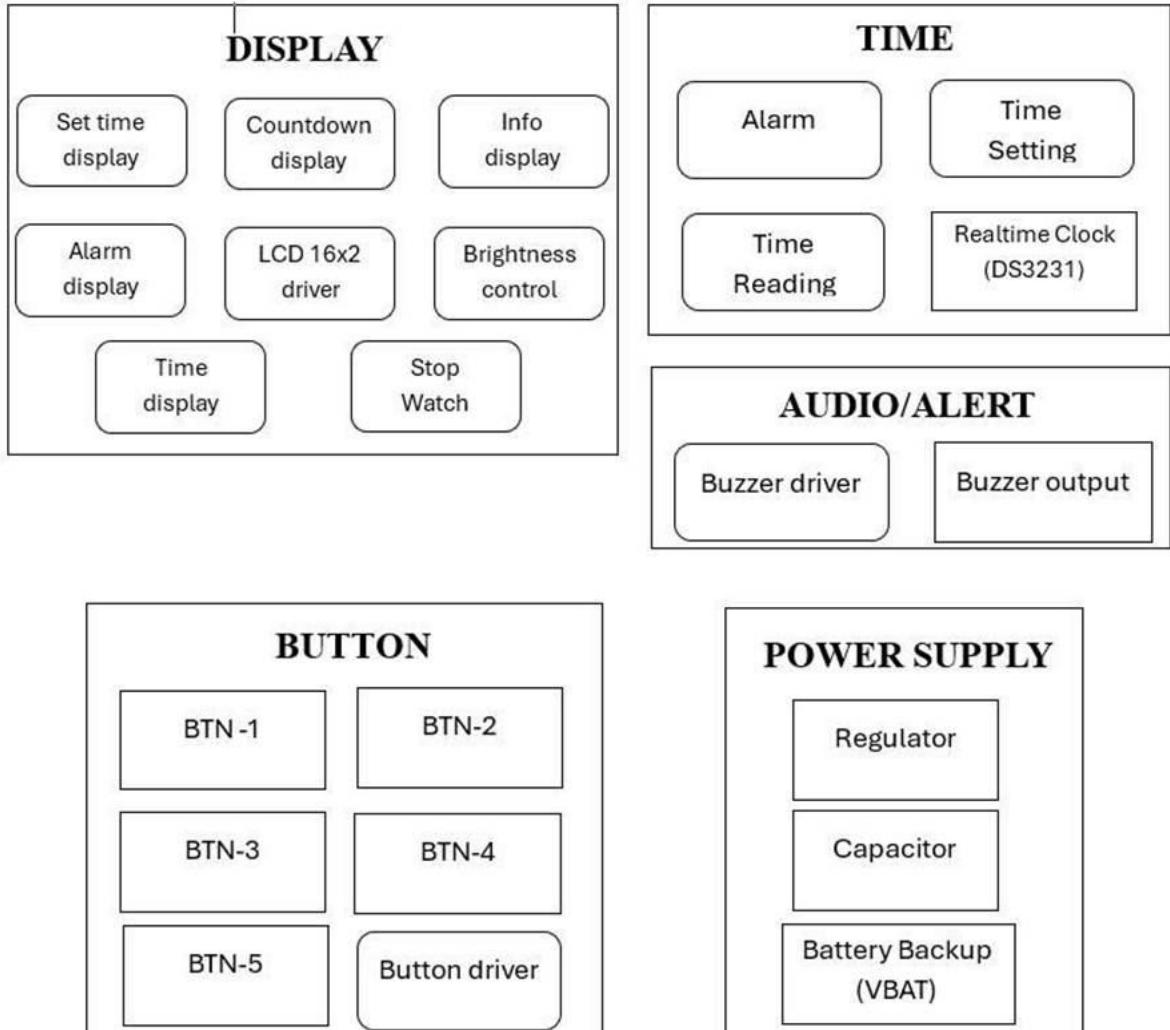
FR4.2	LCD hiển thị thời gian còn lại, cập nhật theo từng giây.	
FR4.3	Khi hết thời gian buzzer phát âm báo.	
FR4.4	Có các nút điều khiển: bắt đầu, tạm dừng, đặt lại	
FR5	Thực hiện chức năng bấm giờ với các thao tác bắt đầu, dừng và đặt lại.	
FR5.1	LCD hiển thị thời gian theo định dạng hh:mm:ss.	
FR6	buzzer cho alarm, countdown và thao tác nút (tùy chọn).	
FR6.1	Buzzer dùng để phát âm báo khi: Báo thức kêu Đếm ngược kết thúc Thao tác nút (tùy chọn beep nhẹ)	
FR6.2	Có thể bật/tắt âm báo trong cài đặt	

3. Non-Functional Requirements

Number	Description	Note

N-FR 1	Độ chính xác giữ thời gian sai số không vượt quá ± 1 phút/năm.	
N-FR 2	Giao diện LCD hiển thị ký tự rõ ràng	
N-FR 3	Hệ thống phải vận hành liên tục trong ít nhất 500 giờ mà không cần khởi động lại.	
N-FR 4	Màn hình LCD phải phản hồi trong thời gian khoảng 200 ms sau khi nhấn nút.	
N-FR 5	Thiết bị phải hoạt động với dòng tiêu thụ ≤ 50 mA ở mức điện áp 5 V.	
N-FR 6	Chi phí sản xuất ít hơn 400.000VNĐ	
N-FR 7	Mạch in PCB phải có kích thước 14x8 cm.	
N-FR 8	Thiết bị hoạt động ổn định trong dải nhiệt độ 0 - 50 °C	
N-FR 9	Nút nhấn tuổi thọ ≥ 50.000 lần bấm	

4. System architecture



5. Use case modelling

Use Case Name	Set time
Use case ID	UC01
Scope	Digital Clock with LCD Display
Primary Actor	User

Stakeholder and Interest	User: muốn chỉnh thời gian chính xác. System Owner: đảm bảo đồng hồ chạy đúng với thời gian thực, giữ giá trị ngay cả khi mất nguồn.
Precondition	Hệ thống đang hoạt động bình thường. Người dùng có thể truy cập chế độ set time.
Postconditions	Thời gian mới được lưu vào RTC DS3231 và hiển thị trên LCD. Thời gian sẽ duy trì kể cả khi mất nguồn nhờ pin backup.
Main Flow of Events	<ol style="list-style-type: none"> 1. Người dùng nhấn nút B1 để vào chế độ set time. 2. LCD hiển thị cần chỉnh (giờ, phút, giây, ngày, tháng, năm, thứ). 3. Người dùng dùng nút B3/B4 để tăng/giảm giá trị. 4. Người dùng nhấn nút B2 để xác nhận lưu giá trị và hiển thị thời gian mới
Alternative Flow	none

Exception Flows	Nếu RTC không phản hồi thì hiển thị thông báo lỗi “RTC Error” trên LCD, giữ giá trị cũ.
Includes	UC05 (Control LCD Display).
Extends	none
Special Requirements	Thời gian phản hồi khi nhấn nút ≤ 100 ms.
Assumptions	RTC DS3231 hoạt động bình thường và có pin backup CR2032.
Notes	none
Author	Vũ Hoàng Nam Huỳnh Minh Hoàng Trần Văn Thắng
Date	23/09/2025

Use Case Name	Set alarm
----------------------	-----------

Use case ID	UC02
Scope	Digital Clock with LCD Display
Primary Actor	User
Stakeholder and Interest	<p>User: muốn đồng hồ báo giờ theo lịch cá nhân.</p> <p>System Owner: đảm bảo báo thức hoạt động đúng và đáng tin cậy.</p>
Precondition	<p>Đồng hồ đã hiển thị đúng thời gian.</p> <p>Người dùng truy cập chế độ báo thức.</p>
Postconditions	<p>Thời gian báo thức được lưu trong RTC DS3231.</p> <p>Khi đến giờ, buzzer sẽ phát âm báo cho đến khi tắt bằng nút.</p>
Main Flow of Events	<ol style="list-style-type: none"> Người dùng nhấn nút B5 lần thứ 4 để vào chế độ báo thức. LCD hiển thị giờ:phút Người dùng dùng nút B1 để set giờ và phút. Người dùng dùng nút B3/B4 để tăng/giảm giá trị.

	<p>5. Nhấn nút B2 để lưu báo thức.</p> <p>6. Báo thức hiển thị trên LCD.</p>
Alternative Flow	Người dùng có thể chọn bật/tắt báo thức thay vì cài mới.
Exception Flows	Nếu RTC không ghi nhận sẽ hiển thị “Alarm Error” và hủy thao tác.
Includes	UC05 (Control LCD Display), UC06 (Buzzer)
Extends	none
Special Requirements	Báo thức phải phát ít nhất 10 giây nếu không bị tắt.
Assumptions	RTC DS3231 hoạt động bình thường.
Notes	none

Author	Vũ Hoàng Nam Huỳnh Minh Hoàng Trần Văn Thắng
Date	23/09/2025

Use Case Name	Use countdown timer
Use case ID	UC03
Scope	Digital Clock with LCD Display
Primary Actor	User
Stakeholder and Interest	User: cần đồng hồ nhắc khi hết thời gian (ví dụ: nấu ăn, học tập).
Precondition	Đồng hồ đang hoạt động bình thường.
Postconditions	Khi đếm ngược về 0, buzzer phát âm báo.

Main Flow of Events	<ol style="list-style-type: none"> 1. Người dùng nhấn nút B5 lần 2 để vào chế độ countdown. 2. Nhấn nút B3/B4 để tăng/giảm giá trị thời gian (giây). 3. Nhấn nút B2 để bắt đầu đếm ngược. 4. LCD hiển thị thời gian giảm dần. 5. Khi về 0 thì buzzer phát âm báo.
Alternative Flow	Người dùng có thể nhấn nút để tạm dừng hoặc nút để hủy đếm ngược.
Exception Flows	Nếu nhập sai giá trị ($> 24h$) thì hiển thị “Invalid Input”.
Includes	UC05 (Control LCD Display), UC06 (Buzzer Alarm).
Extends	None
Special Requirements	Sai số hiển thị ≤ 1 giây.
Assumptions	Người dùng thao tác đúng trình tự.

Notes	None
Author	Vũ Hoàng Nam Huỳnh Minh Hoàng Trần Văn Thắng
Date	23/09/2025

Use Case Name	Use stopwatch
Use case ID	UC04
Scope	Digital Clock with LCD Display
Primary Actor	User
Stakeholder and Interest	User: cần đo khoảng thời gian sự kiện (ví dụ: thi đấu, thí nghiệm).
Precondition	Đồng hồ đang hoạt động.
Postconditions	Thời gian đo được hiển thị và có thể reset về 0.

Main Flow of Events	<ol style="list-style-type: none"> 1. Người dùng nhấn nút B5 lần 3 để vào chế độ Stopwatch. 2. Nhấn nút B1 để bắt đầu bấm giờ. 3. LCD hiển thị thời gian trôi (giây, phút, giờ). 4. Nhấn nút B2 để dừng. 5. Nhấn nút B3 để reset đưa về 0.
Alternative Flow	Người dùng có thể nhấn nút để tạm dừng hoặc nút reset để hủy đếm.
Exception Flows	Nếu LCD lỗi thì hiển thị “LCD Error” và hủy thao tác.
Includes	UC05 (Control LCD Display).
Extends	None
Special Requirements	Độ chính xác 1 giây hoặc 1/100 giây (tùy cấu hình).

Assumptions	Người dùng thao tác đúng với các nút điều khiển.
Notes	None
Author	Vũ Hoàng Nam Huỳnh Minh Hoàng Trần Văn Thắng
Date	23/09/2025

Use Case Name	Control LCD Display
Use case ID	UC05
Scope	Digital Clock with LCD Display (LCD driver)
Primary Actor	Hệ thống (firmware trên PIC16F877A) có tương tác từ user khi thay đổi cài đặt hiển thị
Stakeholder and Interest	User: muốn thời gian hiển thị rõ ràng, kịp thời.

	System Owner: muốn giao diện ổn định, tiêu tốn ít tài nguyên.
Precondition	LCD 16x2 được kết nối và khởi tạo thành công (I2C backpack). Bus I2C/GPIO hoạt động bình thường.
Postconditions	Nội dung hiển thị (thứ/ngày/giờ/thông báo lỗi) được cập nhật đúng theo trạng thái hệ thống; cài đặt độ sáng/backlight bằng biến trỏ
Main Flow of Events	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hệ thống khởi tạo LCD khi bật nguồn. 2. Mỗi giây, firmware đọc thời gian từ RTC và format chuỗi hiển thị. 3. Firmware gọi LCD driver để cập nhật dòng 1 (thứ/ngày/tháng/năm) và dòng 2 (giờ/phút/giây). 4. Khi có thông báo (alarm, error), LCD hiển thị thông báo phù hợp.
Alternative Flow	- Nếu người dùng bật chế độ hiển thị khác (ví dụ: hiển thị countdown), LCD hiển thị nội dung tương ứng.

Exception Flows	Nếu LCD không phản hồi (bus lỗi hoặc module hỏng) thì firmware ghi log lỗi, hiển thị LED trạng thái.
Includes	None
Extends	Icon Display
Special Requirements	<p>Thời gian phản hồi cập nhật hiển thị ≤ 200 ms.</p> <p>Ký tự hiển thị rõ ràng ở khoảng cách 0.5 m</p>
Assumptions	LCD 16x2 đúng chuẩn HD44780, MCU có đủ RAM/FLASH để buffer chuỗi hiển thị.
Notes	none
Author	Vũ Hoàng Nam Huỳnh Minh Hoàng Trần Văn Thắng
Date	23/09/2025

Use Case Name	UC06
Use case ID	Digital Clock with LCD Display
Scope	User
Primary Actor	User: muốn có tín hiệu âm thanh để biết báo thức, đếm ngược hoặc thao tác nút. Chủ hệ thống: đảm bảo buzzer hoạt động đúng thời điểm, âm lượng vừa đủ.
Stakeholder and Interest	User: muốn có tín hiệu âm thanh để biết báo thức, đếm ngược hoặc thao tác nút. System Owner: đảm bảo buzzer hoạt động đúng thời điểm, âm lượng vừa đủ.
Precondition	Đồng hồ đang hoạt động bình thường. Buzzer đã được kết nối với MCU qua GPIO.
Postconditions	Buzzer phát âm báo theo đúng sự kiện được kích hoạt (báo thức, hết giờ đếm ngược, phản hồi nút).

Main Flow of Events	<ol style="list-style-type: none"> 1. Khi đến giờ báo thức, hệ thống kích hoạt buzzer trong ≥ 30 giây. 2. Khi bộ đếm ngược về 0, buzzer phát tín hiệu cảnh báo. 3. Khi người dùng nhấn nút (tùy chọn), buzzer phát tiếng “beep” ngắn. 4. Người dùng có thể tắt âm báo bằng nút nhấn.
Alternative Flow	Người dùng có thể tắt chức năng beep khi nhấn nút. Buzzer có thể được cấu hình với nhiều kiểu âm báo khác nhau (liên tục, ngắt quãng).
Exception Flows	Nếu buzzer bị hỏng hoặc không phản hồi thì hệ thống hiển thị “Buzzer Error” trên LCD.
Includes	UC02 (Set Alarm), UC03 (Countdown Timer).
Extends	None
Special Requirements	Âm báo phải nghe rõ trong phạm vi 3m. Âm lượng ≤ 70 dB để không gây khó chịu.

Assumptions	Người dùng ở trong phạm vi nghe được buzzer.
Notes	None
Author	Vũ Hoàng Nam Huỳnh Minh Hoàng Trần Văn Thắng
Date	23/09/2025

6. Use case-Requirement Traceability Matrix

	UC01	UC02	UC03	UC04	UC05	UC06
R1.1	X				X	
R1.2	X	X	X	X		
R1.3	X	X	X	X		
R1.4			X	X		

R1.5			X		X	X
R1.6				X		
R1.7		X	X			X
R2.1	X	X				
R2.2	X	X	X	X	X	
R2.3	X	X	X	X	X	X
R2.4	X	X	X	X	X	X
R2.5	X	X	X	X	X	X
R2.6					X	X
R2.7	X	X	X	X		
R2.8					X	X

7. Hardware Requirements

Vi điều khiển (PIC16F877A)

- MCU 16-bit PIC16F877A có đủ: GPIO, I2C/UART/SPI, timers (PWM), ADC nếu cần, low-power modes.

- Số chân: ít nhất đủ cho LCD (nếu dùng I²C backpack thì 2 chân I²C), 2–4 nút, buzzer, lập trình/debug.

RTC (DS3231)

- Kết nối qua I²C (SCL, SDA).
- Pin backup CR2032, chắc chắn đường diode hoặc switchover muộn để DS3231 được cấp từ pin backup khi main off.

LCD 16x2

- Dùng LCD chuẩn HD44780: chế độ 4-bit hoặc 8-bit

Button

- Thiết kế chống rung phần mềm (debounce 10–50 ms).

Buzzer

- Nếu chỉ cần beep: dùng active buzzer (cấp điện là kêu) đơn giản.
- Lưu ý trở kháng và công suất; thêm transistor driver nếu cần công suất lớn hơn GPIO có thể cấp.

8. Software Requirements

- Firmware trên PIC16F877A:
 - Ngôn ngữ C
 - Thư viện I²C để giao tiếp với DS3231.
 - Module quản lý thời gian thực, báo thức, countdown, stopwatch.
 - Trình điều khiển buzzer và xử lý nút nhấn (debounce).
- Cấu trúc phần mềm:
 - RTC Driver: đọc/ghi thời gian từ DS3231.

- LCD Driver: hiển thị dữ liệu lên LCD 16x2.
- Application Logic: báo thức, đếm ngược, bấm giờ.

9. Communication Interface

I2C: giữa PIC16F877A ↔ RTC DS3231 và LCD.

GPIO: cho buttons và buzzer.