

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



THIẾT KẾ HỆ THỐNG NHÚNG

BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN SMART WATER BOTTLE

GVHD: Bùi Quốc Bảo

Lớp: TN01 - **Nhóm:** 11

SV thực hiện	MSSV
Huỳnh Nhật Huy	2311149
Bùi Nguyễn Quang Thương	2313401

TP Hồ Chí Minh, Tháng 12 Năm 2025



Mục lục

1	Requirement	2
1.1	REQ-1: Đo và hiển thị mức nước theo thời gian thực	2
1.2	REQ-2: Theo dõi lượng nước uống hằng ngày và hiển thị mục tiêu	2
1.3	REQ-3: Giao diện hiển thị qua màn hình LCD đạt chuẩn	2
1.4	REQ-4: Yêu cầu về nguồn và an toàn	2
1.5	REQ-5: Yêu cầu về giá thành và khả năng tiếp cận	3
1.6	REQ-6: Yêu cầu về độ bền và tuổi thọ sử dụng	3
1.7	REQ-7: Yêu cầu về thiết kế ngoại hình tiện lợi và thẩm mỹ	3
2	Architecture	4
3	Usecase	5
3.1	Use Case UC_0001 – Sensor (Measurement) (Cảm biến – Đo lường)	5
3.2	Use Case UC_0002 – Real-time Display (Hiển thị mức nước theo thời gian thực)	6
3.3	Use Case UC_0003 – Daily Intake Tracking (Theo dõi lượng uống trong ngày) .	7
3.4	Use Case UC_0004 – Daily Goal Management (Mục tiêu uống nước hằng ngày)	9
3.5	Use Case UC_0005 – Midnight Auto-Reset (Tự động đặt lại về 0 lúc 00:00) . . .	10
3.6	Use Case UC_0006 – Power & Display Budgeting (Quản lý nguồn & ngân sách hiển thị)	11
3.7	Use Case UC_0007 – Power Source Selection (Cấp nguồn & chuyển nguồn) . . .	12
3.8	Use Case UC_0008 – Safety Cut-off (Phát hiện rò rỉ/chập – tự ngắt)	13
4	Ma trận truy vết Requirement Use Case	15
5	Hardware Requirement	15
6	Hardware Traceability Matrix	16
7	Schematic	17
8	Layout	20
9	Software	21

1 Requirement

1.1 REQ-1: Đo và hiển thị mức nước theo thời gian thực

- REQ-1.1: Bình phải có cảm biến mức nước để phát hiện chính xác lượng nước trong bình
- REQ-1.2: Sai số đo của cảm biến không được vượt quá ± 5 ml trong dải 0 ml đến dung tích tối đa.
- REQ-1.3: Hệ thống phải cập nhật và hiển thị giá trị đo trên LCD trong vòng 5 giây sau khi mức nước thay đổi.
- REQ-1.4: Khi lượng nước trong bình bằng 0 ml, màn hình hiển thị cảnh báo “Hết nước”.
- REQ-1.5: Khi lượng nước đạt mức tối đa (đầy bình), màn hình hiển thị cảnh báo “Đầy bình”.

1.2 REQ-2: Theo dõi lượng nước uống hằng ngày và hiển thị mục tiêu

- REQ-2.1: Hệ thống phải có bộ nhớ để lưu trữ tổng lượng nước người dùng uống trong ngày
- REQ-2.2: Bình phải so sánh lượng nước uống được với mục tiêu hằng ngày. Có thể thay đổi theo cài đặt của người dùng (mặc định 2000ml)
- REQ-2.3: Màn hình LCD phải hiển thị tiến độ uống nước trong ngày dưới dạng số ml đã uống
- REQ-2.4: Hệ thống phải tự động đặt lại bộ đếm lượng nước về 0 ml lúc 0 giờ mỗi ngày.

1.3 REQ-3: Giao diện hiển thị qua màn hình LCD đạt chuẩn

- REQ-3.1: Màn hình phải rõ ràng, dễ đọc dưới điều kiện ánh sáng trong nhà và ánh sáng yếu.
- REQ-3.2: Màn hình LCD phải tiêu thụ công suất nhỏ hơn 0.2W trong chế độ hoạt động bình thường.
- REQ-3.3: Khi dung lượng pin yếu (dưới 10%), màn hình phải hiển thị cảnh báo pin yếu.
- REQ-3.4: Màn hình phải hiển thị các thông tin sau:
 - + Lượng nước hiện tại trong bình
 - + Lượng nước đã uống trong ngày
 - + Phần trăm dung lượng pin hiện tại

1.4 REQ-4: Yêu cầu về nguồn và an toàn

- REQ-4.1: Hệ thống phải được cấp nguồn bằng pin hoặc nguồn trực tiếp 9V
- REQ-4.2: Hệ thống phải hoạt động tối thiểu 1 tháng liên tục sau mỗi lần thay pin.
- REQ-4.3: Toàn bộ linh kiện điện tử phải được bọc cách điện và chống nước đạt chuẩn IPX4 trở lên.

- REQ-4.4: Khi phát hiện rò rỉ điện hoặc chập mạch, hệ thống phải tự động ngắt nguồn để đảm bảo an toàn.
- REQ-4.5: Vật liệu chế tạo vỏ bình phải an toàn thực phẩm, ví dụ:
 - + BPA-free
 - + Inox 304
 - + Nhựa Tritan

1.5 REQ-5: Yêu cầu về giá thành và khả năng tiếp cận

- REQ-5.1: Giá bán lẻ của bình nước thông minh phải dưới 500.000 VNĐ để phù hợp với sinh viên và cá nhân.
- REQ-5.2: Các linh kiện sử dụng trong bình phải phổ biến, dễ tìm, chi phí thấp để giảm giá thành sản phẩm.
- REQ-5.3: Chi phí bảo trì và thay thế linh kiện (pin, màn hình, cảm biến) phải thấp, không vượt quá 20% giá trị sản phẩm.
- REQ-5.4: Bình phải được sản xuất theo hướng quy mô nhỏ – trung bình, đảm bảo tính thương mại hóa và giá cả cạnh tranh.

1.6 REQ-6: Yêu cầu về độ bền và tuổi thọ sử dụng

- REQ-6.1: Vỏ bình phải được làm từ vật liệu an toàn thực phẩm (Inox 304, Tritan, hoặc nhựa BPA-free).
- REQ-6.2: Toàn bộ hệ thống điện tử phải hoạt động ổn định trong ít nhất 2 năm với điều kiện sử dụng bình thường.
- REQ-6.3: Bình phải chịu được va đập thông thường và chịu rơi từ độ cao 1 mét xuống nền cứng mà không hỏng hóc nghiêm trọng.
- REQ-6.4: Cảm biến mức nước và màn hình LCD phải có độ tin cậy cao, hoạt động ổn định trong ít nhất 10.000 giờ sử dụng.
- REQ-6.5: Bình phải chịu được nhiệt độ môi trường từ 0°C đến 50°C (điều kiện sinh hoạt bình thường) mà không ảnh hưởng đến chức năng đo và hiển thị.

1.7 REQ-7: Yêu cầu về thiết kế ngoại hình tiện lợi và thẩm mỹ

- REQ-7.1: Bình phải có dung tích tiêu chuẩn từ 700 ml – 1000 ml, phù hợp cho nhu cầu cá nhân thường ngày.
- REQ-7.2: Trọng lượng bình (chưa có nước) không được vượt quá 800 g để thuận tiện mang theo.
- REQ-7.3: Thiết kế vỏ ngoài phải dễ cầm nắm, chống trơn trượt, và có nắp chống tràn để sử dụng an toàn khi di chuyển.
- REQ-7.4: Màn hình LCD phải được bố trí ở vị trí dễ quan sát nhưng không gây cản trở thao tác uống nước.

- REQ-7.5: Bình phải có ít nhất hai lựa chọn màu sắc để phù hợp với nhiều đối tượng người dùng.
- REQ-7.6: Thiết kế tổng thể phải thanh lịch, hiện đại, phù hợp cho cả môi trường học tập, làm việc và thể thao.
- REQ-7.7: Bình phải có phụ kiện hỗ trợ như quai xách hoặc dây treo để tăng tính tiện lợi khi mang theo.

2 Architecture

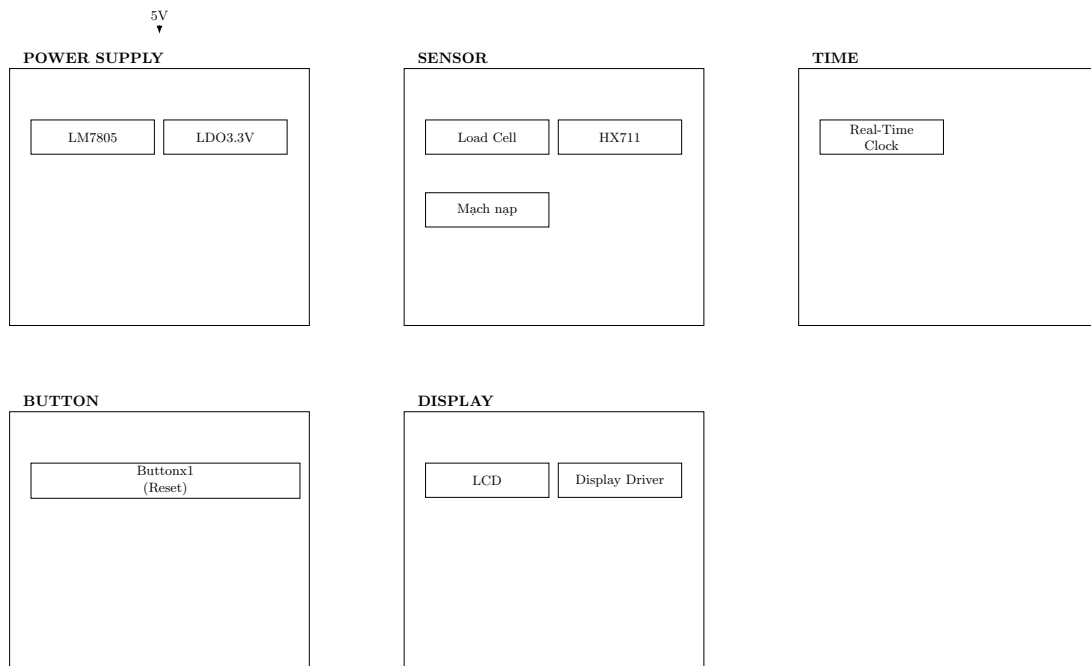


Figure 1: System Architecture

3 Usecase

3.1 Use Case UC_0001 – Sensor (Measurement) (Cảm biến – Đo lường)

Scope (Phạm vi)

Đo liên tục mực nước (mL) từ cảm biến xuất kết quả đo hợp lệ phục vụ hiển thị và tính tổng uống.

Actors

Primary: MCU (vi điều khiển)

Secondary:

- Cảm biến khối lượng (Loadcell)
- Sensor Driver (HX711)
- Time (RTC)

Stakeholders & Interests

- Người dùng: số đo chính xác, ổn định, nhanh.
- Hệ thống: điện năng thấp, dữ liệu có time stamp phục vụ tính “đã uống trong ngày”.

Preconditions

- Cảm biến lắp đúng; driver khởi tạo.
- Có hệ số hiệu chuẩn/tare.
- RTC hoạt động.

Postconditions

- Có volume_mL hợp lệ (đã lọc và trừ bì).
- Gửi kết quả kèm thời gian cho Display

Main Flow of Events

1. Đọc thời gian từ RTC
2. Đọc cảm biến load cell
3. MCU quy đổi sang ml \rightarrow volume_mL.
4. Hiển thị lên LCD

Alternative Flows

- A1 Adaptive filtering: động (nhanh khi biến động / dài khi tĩnh).
- A2 Geometry lookup: level \rightarrow mL theo bảng hình học.

Exception Flows

- E1 Sensor/ADC fault: mất tín hiệu, CRC/parity fail, timeout → **sensor_fault**, giữ giá trị cuối, cảnh báo nội bộ.
- E2 Out-of-range: kẹt biên, log sự kiện.
- E3 Time invalid: mất RTC → gán cờ **time_unsynced**.

Special Requirements

- Sai số $\leq \pm 5$ mL
- End-to-end đo → sẵn sàng hiển thị ≤ 5 s khi mức thay đổi
- Công suất đo trung bình tối ưu để đáp ứng yêu cầu 1 tháng pin

Assumptions

- Dùng load cell + HX711/ADC hoặc level sensor có bảng tra.
- RTC khả dụng.

Notes

Trì hoãn ngắn khi có nhiễu (LCD/backlight bật) trước khi lấy mẫu.

3.2 Use Case UC_0002 – Real-time Display (Hiển thị mức nước theo thời gian thực)

Scope

Cập nhật và hiển thị **volume_mL** trên LCD; sinh cảnh báo “Hết nước” và “Đầy bình”; hiển thị thông tin tổng hợp theo

Actors

Primary: Display/UI (LCD Controller)

Secondary: MCU, Measurement, Battery Monitor, Storage/Logger

Stakeholders & Interests

- Người dùng: số liệu rõ ràng, dễ đọc, phản hồi nhanh.
- Hệ thống: giao diện gọn, tiết kiệm năng lượng.

Preconditions

- LCD hoạt động.
- Có dữ liệu **volume_mL** hợp lệ.
- Có định dạng hiển thị.

Postconditions

- LCD hiển thị đúng: mực nước hiện tại, “đã uống”, % pin.
- Nếu rơi vào ngưỡng đặc biệt \rightarrow thông điệp cảnh báo tương ứng.

Main Flow

1. Nhận dữ liệu `volume_mL` mới (event từ UC_0001).
2. So sánh với giá trị trước \rightarrow quyết định cập nhật.
3. Cập nhật LCD trong ≤ 5 giây kể từ lúc thay đổi
4. Đồng thời hiển thị:
 - Lượng nước hiện tại (mL),
 - Lượng đã uống trong ngày (mL, từ UC_0003),
 - % pin hiện tại
5. Nếu `volume_mL == 0` \rightarrow hiện “Hết nước”
6. Nếu `volume_mL $\geq V_{full}$` \rightarrow hiện “Đầy bình”

Alternative Flows

- A1 Chế độ ánh sáng yếu: tăng độ tương phản/kí tự lớn
- A2 Tiết kiệm điện: giảm tần suất refresh khi không thay đổi.

Exception Flows

- E1 LCD fault: không cập nhật được \rightarrow log + thử lại theo backoff.
- E2 Dữ liệu đo không hợp lệ \rightarrow giữ hiển thị gần nhất, gắn cờ lỗi nhỏ.

Special Requirements

- Dễ đọc trong nhà/ánh sáng yếu
- Công suất LCD < 0.2 W trong chế độ thường

Assumptions

- Kích cỡ font và layout đã chuẩn hoá cho người dùng phổ thông.

3.3 Use Case UC_0003 – Daily Intake Tracking (Theo dõi lượng uống trong ngày)

Scope

Ghi log “uống” theo thời gian, tích lũy tổng `intake_today_mL`, cung cấp số liệu cho hiển thị và mục tiêu.



Actors

Primary: Storage/Logger

Secondary: MCU, Measurement, Display/UI, Reset Scheduler

Stakeholders & Interests

- Người dùng: theo dõi được tiến độ uống (mL).
- Hệ thống: lưu trữ bền vững, tin cậy.

Preconditions

- Bộ nhớ trống đủ.
- Cấu hình “nhận diện sự kiện uống/rót”.

Postconditions

- Cập nhật `intake_today_mL`; log mẫu có time stamp.
- Sẵn sàng xuất cho các mô-đun hiển thị hoặc tổng hợp.

Main Flow

1. Phát hiện “pour/drink event” từ tín hiệu đo (sườn giảm hoặc dao động đặc trưng).
2. Tính `delta_mL` hợp lệ \rightarrow cộng vào `intake_today_mL`.
3. Ghi bản ghi `{time stamp, delta, tổng mới}`.
4. Thông báo giao diện hiển thị để cập nhật phần “đã uống trong ngày”.

Alternative Flows

- A1 Debounce/merge: gộp các ngậm nhỏ liên tiếp trong cửa sổ thời gian.
- A2 Anti-cheat: bỏ các mẫu bất thường (ví dụ: đổ bỏ nước).

Exception Flows

- E1 Bộ nhớ đầy: xoay vòng hoặc dọn rác NVM; cảnh báo “bộ nhớ đầy”.
- E2 Mất điện giữa chừng: dùng write-ahead log để không mất tổng.

Special Requirements

- Lưu trữ tổng trong bộ nhớ không mất dữ liệu (NVM) để đảm bảo bền vững.
- Cung cấp thông tin tiến độ (mL) cho giao diện hiển thị.

Assumptions

- Thuật toán nhận diện sự kiện uống đã được hiệu chỉnh phù hợp với loại cảm biến sử dụng.

Notes

Có thể thêm thống kê: số lần uống, ngậm trung bình.

3.4 Use Case UC_0004 – Daily Goal Management (Mục tiêu uống nước hằng ngày)

Scope

Quản lý mục tiêu uống/ngày, mặc định 2000 mL; so sánh tiến độ và cung cấp thông tin cho UI.

Actors

Primary: User (qua nút/app)

Secondary: MCU, Storage, Display/UI

Stakeholders & Interests

- Người dùng: dễ đặt/chỉnh mục tiêu theo thể trạng.
- Hệ thống: lưu bền vững, đơn giản.

Preconditions

- Có giao diện đặt mục tiêu.
- Bộ nhớ cấu hình sẵn.

Postconditions

- Lưu `goal_mL` (mặc định 2000 mL).
- Cung cấp % tiến độ = $\text{intake_today_mL} / \text{goal_mL}$.

Main Flow

1. Người dùng xem mục tiêu hiện tại.
2. Người dùng thay đổi mục tiêu (nếu muốn).
3. Hệ thống lưu NVM và tính lại % tiến độ.
4. UI hiển thị số mL đã uống và có thể kèm % hoặc thanh tiến độ.

Alternative Flows

A1 Presets: 1500 / 2000 / 2500 mL theo gợi ý.

A2 Giới hạn: kẹp mục tiêu trong dải an toàn.

Exception Flows

E1 Lỗi ghi NVM: retry; nếu thất bại giữ giá trị cũ và cảnh báo.



Special Requirements

- Cho phép chỉnh mục tiêu; mặc định 2000 mL.

Assumptions

- Có ít nhất 1 phương thức nhập (nút, hoặc app cấu hình).

Notes

Có thể bổ sung mẹo nhắc uống theo tiến độ.

3.5 Use Case UC_0005 – Midnight Auto-Reset (Tự động đặt lại về 0 lúc 00:00)

Scope

Đặt lại `intake_today_mL` về 0 mL vào 00:00 mỗi ngày, không ảnh hưởng dữ liệu lịch sử khác.

Actors

Primary: Reset Scheduler (RTC)

Secondary: Storage/Logger, Display/UI

Stakeholders & Interests

- Người dùng: ngày mới có bộ đếm mới.
- Hệ thống: thao tác reset an toàn dữ liệu.

Preconditions

- RTC đúng giờ.
- Tổng hôm trước đã lưu an toàn.

Postconditions

- `intake_today_mL` = 0.
- Giao diện hiển thị phản ánh số liệu ngày mới.

Main Flow

1. Đến 00:00, hệ thống kích hoạt tác vụ đặt lại.
2. Ghi “kết sổ” dữ liệu ngày cũ (nếu có).
3. Đặt `intake_today_mL` = 0 và cập nhật giao diện hiển thị.

Alternative Flows

A1 Mất điện lúc 00:00: thực hiện reset ở lần bật kế tiếp nếu phát hiện ngày mới.

Exception Flows

E1 RTC lệch: đánh dấu `time_unsynced` và không reset cho đến khi đồng bộ lại.

Special Requirements

- Không gây gián đoạn thao tác người dùng.

Assumptions

- Có đồng hồ thời gian thực hoặc cơ chế tick ngày.

Notes

Tùy chọn lưu thống kê theo ngày, tuần hoặc tháng.

3.6 Use Case UC_0006 – Power & Display Budgeting (Quản lý nguồn & ngân sách hiển thị)

Scope

Giám sát pin, hiển thị phần trăm pin, tối ưu tiêu thụ LCD để đáp ứng ngân sách công suất và thời gian dùng pin.

Actors

Primary: Power Manager

Secondary: Battery Monitor, Display/UI, MCU

Stakeholders & Interests

- Người dùng: biết phần trăm pin, cảnh báo sớm khi yếu.
- Hệ thống: đạt thời lượng sử dụng pin khoảng 1 tháng (mục tiêu thiết kế).

Preconditions

- Có mạch đo pin hoặc PMIC.
- LCD hỗ trợ các chế độ tiết kiệm năng lượng.

Postconditions

- Phần trăm pin được hiển thị trên LCD.
- Khi pin dưới 10%, hiển thị thông báo “Pin yếu”.
- LCD duy trì công suất dưới 0.2 W ở chế độ thường.

Main Flow

1. Định kỳ đọc điện áp pin và ước lượng phần trăm pin.
2. Gửi giá trị phần trăm pin lên giao diện hiển thị; nếu dưới 10% thì bật cảnh báo.
3. Áp dụng chính sách giảm độ sáng, giảm tần suất làm mới, hoặc chuyển sang chế độ sleep khi rồi.

Alternative Flows

- A1 Khi cắm nguồn ngoài: vô hiệu cảnh báo pin yếu và chuyển sang cấu hình hiệu năng cao.
A2 Chế độ siêu tiết kiệm: tắt đèn nền khi không có thao tác.

Exception Flows

- E1 Cảm biến pin lỗi: sử dụng giá trị điện áp thô làm dự phòng và hiển thị cảnh báo.

Special Requirements

- Đạt thời lượng sử dụng pin khoảng 1 tháng cho mỗi chu kỳ.
- Công suất LCD dưới 0.2 W trong chế độ hoạt động thông thường.

Assumptions

- Mô hình tính toán trạng thái sạc (SOC) của pin đã được hiệu chỉnh theo loại cell sử dụng.

Notes

Hiển thị phần trăm pin cùng các thông tin khác trong giao diện hiển thị thời gian thực.

3.7 Use Case UC_0007 – Power Source Selection (Cấp nguồn & chuyển nguồn)

Scope

Hỗ trợ cấp nguồn từ pin hoặc nguồn trực tiếp 9 V; chuyển đổi an toàn; bảo vệ người dùng.

Actors

Primary: PMIC/Power Path Controller

Secondary: MCU, Battery, DC-in 9 V

Stakeholders & Interests

- Người dùng: cấm là chạy, đảm bảo an toàn.
- Hệ thống: không sụt áp, không quá nhiệt trong quá trình chuyển nguồn.

Preconditions

- Mạch cấp nguồn, đường sạc (nếu có) được thiết kế đúng tiêu chuẩn.



Postconditions

- Hệ thống hoạt động ổn định với nguồn được chọn.

Main Flow

1. Phát hiện đầu vào DC-in 9 V và chuyển sang sử dụng nguồn ngoài.
2. Khi tháo DC-in, hệ thống tự động chuyển mượt sang nguồn pin mà không khởi động lại.

Alternative Flows

A1 Tùy chọn ưu tiên: người dùng có thể cấu hình ưu tiên dùng nguồn ngoài hoặc nguồn pin.

Exception Flows

- E1 Quá áp hoặc quá dòng: ngắt đầu vào và hiển thị cảnh báo.
- E2 Nhiệt độ cao: giảm tải hoặc tắt tạm thời màn hình LCD.

Special Requirements

- Tuân thủ các tiêu chuẩn an toàn điện.
- Hỗ trợ tối ưu năng lượng để đạt mục tiêu thời lượng pin khoảng 1 tháng.

Assumptions

- Hệ thống có mạch bảo vệ và giám sát nguồn phù hợp.

Notes

Kết hợp với cơ chế quản lý năng lượng để tối ưu hiệu suất và thời lượng pin.

3.8 Use Case UC_0008 – Safety Cut-off (Phát hiện rò rỉ/chập – tự ngắt)

Scope

Giám sát rò rỉ điện/chập mạch; khi phát hiện, lập tức ngắt nguồn để đảm bảo an toàn; ghi log sự cố.

Actors

Primary: Safety Monitor

Secondary: PMIC/Protection IC, MCU, Logger, Display/UI

Stakeholders & Interests

- Người dùng: an toàn sinh mạng và tài sản.
- Hệ thống: giảm thiểu rủi ro hư hỏng.

Preconditions

- Mạch phát hiện rò/chập hoạt động; ngưỡng đã hiệu chỉnh.

Postconditions

- Nguồn bị ngắt.
- Sự cố được ghi log.
- UI hiển thị cảnh báo khi khởi động lại.

Main Flow

1. Giám sát liên tục các dấu hiệu rò/chập (dòng rò, ngắn mạch, nhiệt).
2. Khi vượt ngưỡng → phát lệnh ngắt nguồn ngay lập tức.
3. Lưu dấu sự kiện vào NVM (lý do/thời gian).
4. Khi khởi động lại → hiển thị cảnh báo và hướng dẫn kiểm tra.

Alternative Flows

A1 Tự kiểm tra định kỳ: kiểm tra mạch an toàn theo lịch.

Exception Flows

E1 Cảm biến an toàn lỗi: đặt thiết bị ở trạng thái an toàn (giới hạn chức năng).

Special Requirements

- Vỏ/bọc đạt IPX4 trở lên (REQ-4.3).

Assumptions

- Mạch bảo vệ có độ tin cậy cao, hoạt động độc lập với MCU (nếu có).

Notes

Nhãn cảnh báo và tài liệu hướng dẫn an toàn kèm theo sản phẩm.

4 Ma trận truy vết Requirement Use Case

Requirement	UC_0001	UC_0002	UC_0003	UC_0004	UC_0005	UC_0006	UC_0007	UC_0008
REQ-1.1	✓							
REQ-1.2	✓							
REQ-1.3	✓ (đầu vào)	✓						
REQ-1.4		✓						
REQ-1.5		✓						
REQ-2.1			✓					
REQ-2.2				✓				
REQ-2.3		✓	✓	✓				
REQ-2.4					✓			
REQ-3.1		✓						
REQ-3.2						✓		
REQ-3.3						✓		
REQ-3.4		✓	✓			✓		
REQ-4.1							✓	
REQ-4.2						✓	✓	
REQ-4.3								✓
REQ-4.4								✓
REQ-4.5								
REQ-5.x								
REQ-6.x								
REQ-7.x								

Table 1: Ma trận truy vết Requirement–Use Case

5 Hardware Requirement

- **Nguồn:** Sử dụng **pin Li-ion** (9V V, dung lượng $\geq 800\text{mAh}$), hoặc ADAPTER 9V trực tiếp Bảo vệ quá dòng/quá áp và **bộ ổn áp 3.3 V** (và 5 V nếu cần cho màn hình hoặc cảm biến). Hiệu suất chuyển đổi yêu cầu $\eta \geq 85\%$; điện áp ổn định trong khoảng $\pm 5\%$ để đảm bảo hoạt động của vi điều khiển và cảm biến.
- **MCU:** Vi điều khiển họ **STM32F1**, hỗ trợ **ADC 12-bit**, **I²C**, **GPIO**. Tốc độ xung nhịp từ 16–72 MHz; tiêu thụ dòng thấp ($< 10\mu\text{A}$ ở chế độ ngủ). Sai số dao động nội $\pm 1\%$; có khả năng lưu trữ dữ liệu trong bộ nhớ **Flash/NVM** để ghi lại thông tin hiệu chuẩn và nhật ký sử dụng.
- **Cảm biến:**
 - **Load cell** loại 4 dây, dải đo 0–1 kg, độ phân giải 1–2 g.
 - **Bộ ADC khuếch đại HX711**, độ phân giải 24-bit, tốc độ lấy mẫu 10–80 Hz, sai số tuyến tính $\pm 0.02\%$ FS.
 - Dữ liệu được lọc trung bình và gửi định kỳ về MCU qua giao tiếp số (DOUT, SCK). Độ chính xác khối lượng tổng thể đạt $\pm 5\text{ml}$ sau hiệu chuẩn.

- **Thời gian (RTC):** Sử dụng **DS1307** (I^2C). Độ chính xác ± 2 ppm (tương đương sai số khoảng ± 1 phút/năm); có pin dự phòng giữ thời gian khi mất nguồn chính. RTC cung cấp thời điểm cho các bản ghi và tự động **reset dữ liệu theo ngày** vào 00:00.
- **Hiển thị:** Màn hình **LCD/OLED 0.96 inch**, điện áp hoạt động 3.3 V, dòng tiêu thụ < 20 mA. Hiển thị các thông số: lượng nước trong ngày, mục tiêu (Goal), số ngày liên tiếp (Streak), và thời điểm uống cuối (Last sip). Sai số hiển thị không đáng kể (do tính toán nội MCU).
- **Nút nhấn:** Một nút nhấn đa chức năng RESET Nối GPIO có ngắt, xử lý **debounce** bằng phần mềm hoặc RC, thời gian phản hồi < 50 ms.
- **Cảnh báo :** Đèn LED nhỏ để thông báo tình trạng pin yếu, lỗi cảm biến hoặc nhắc hiệu chuẩn.
- **Cơ khí/Độ bền:** Vỏ chống trượt, bảo vệ cơ khí cho load cell, chịu rơi ở độ cao khoảng 1 m; hoạt động trong dải nhiệt độ $0-50^\circ C$; cấp bảo vệ nước tương đương **IPX4**.

6 Hardware Traceability Matrix

HW	UC_0001	UC_0002	UC_0003	UC_0004	UC_0005	UC_0006	UC_0007	UC_0008
POWER						✓	✓	✓
Load Cell	✓		✓					
HX711 (ADC)	✓		✓					
RTC	✓		✓		✓			
Button (Reset)				✓	✓			
LCD		✓	✓			✓		
LCD Driver		✓				✓		

Table 2: Hardware Traceability Matrix – Liên kết phần cứng và Use Case

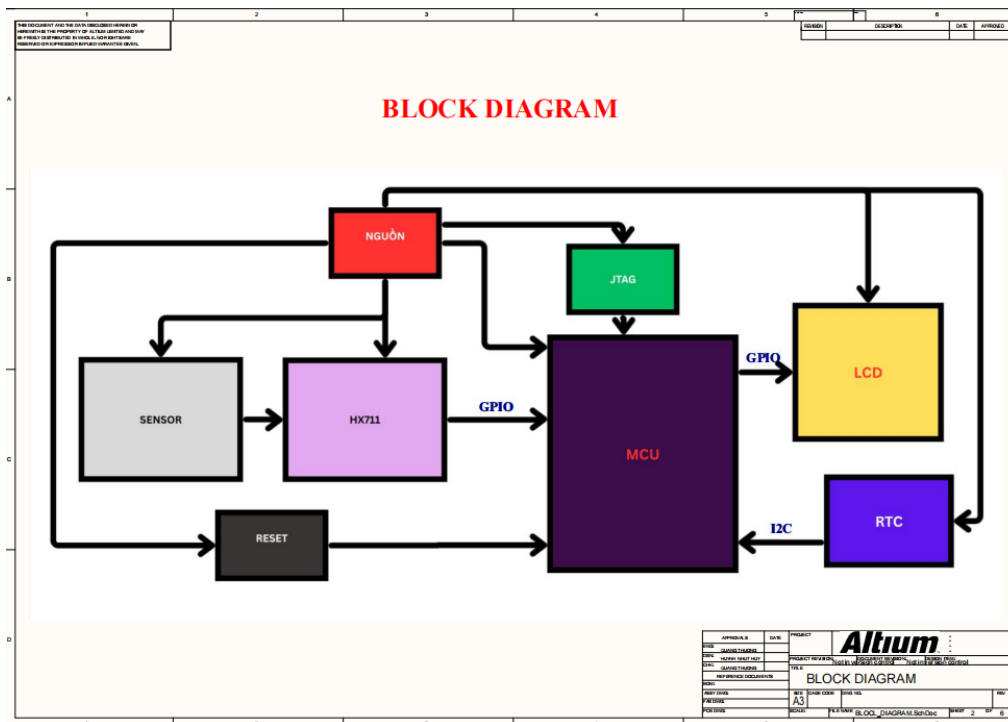


Figure 3: BLOCK DIAGRAM

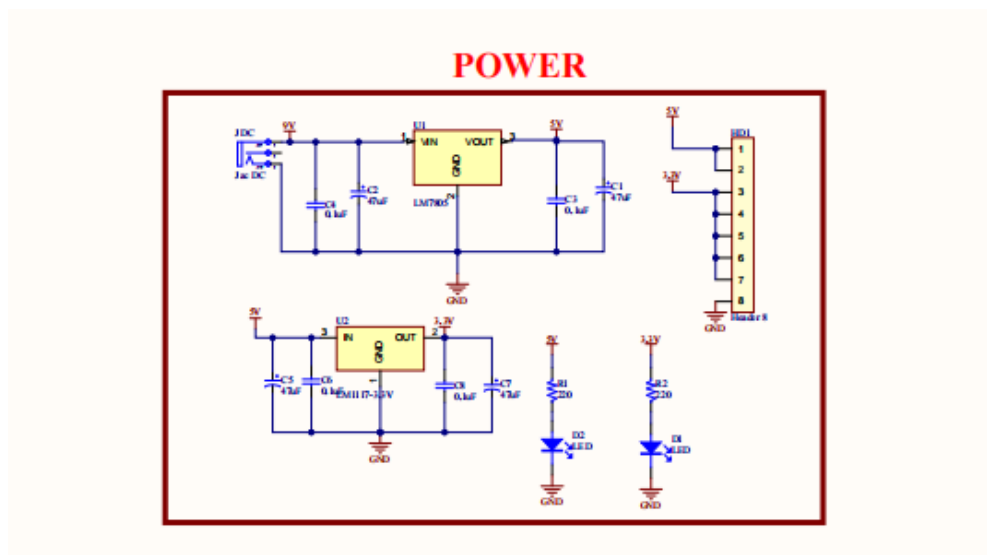


Figure 4: POWER

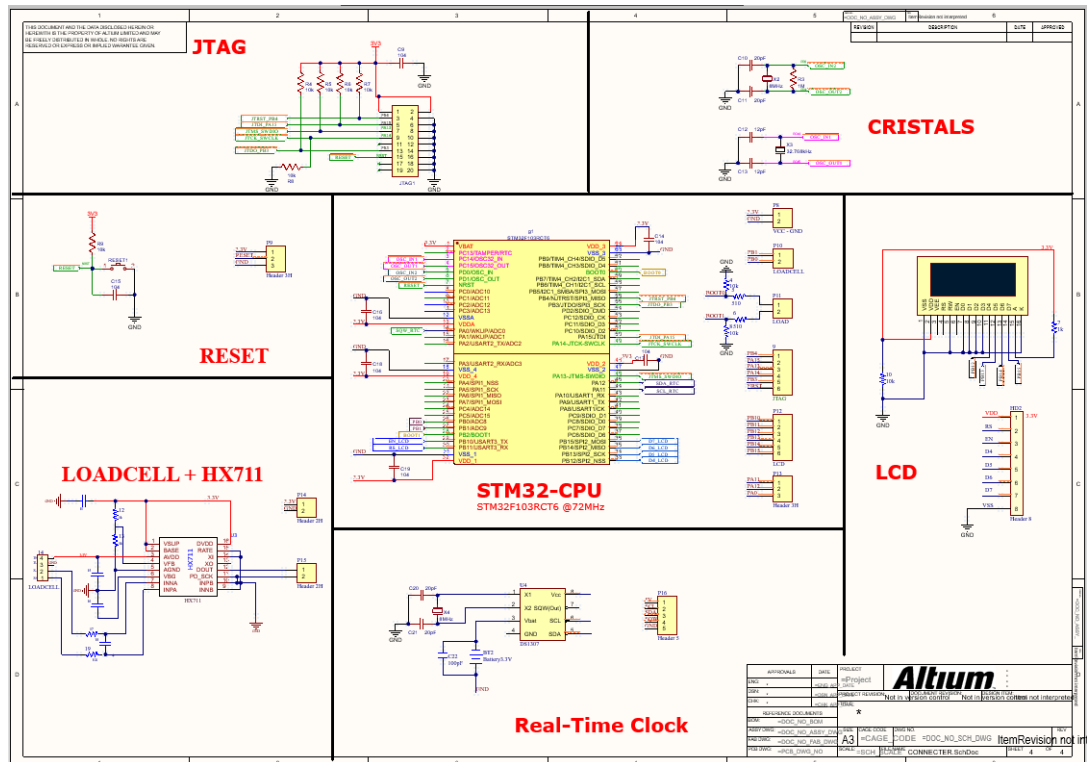


Figure 5: CONNECTER

8 Layout

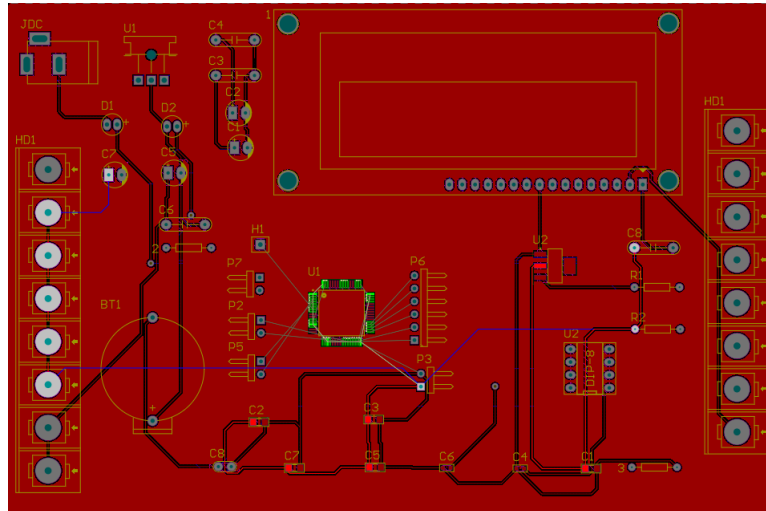


Figure 6: PCB 2D

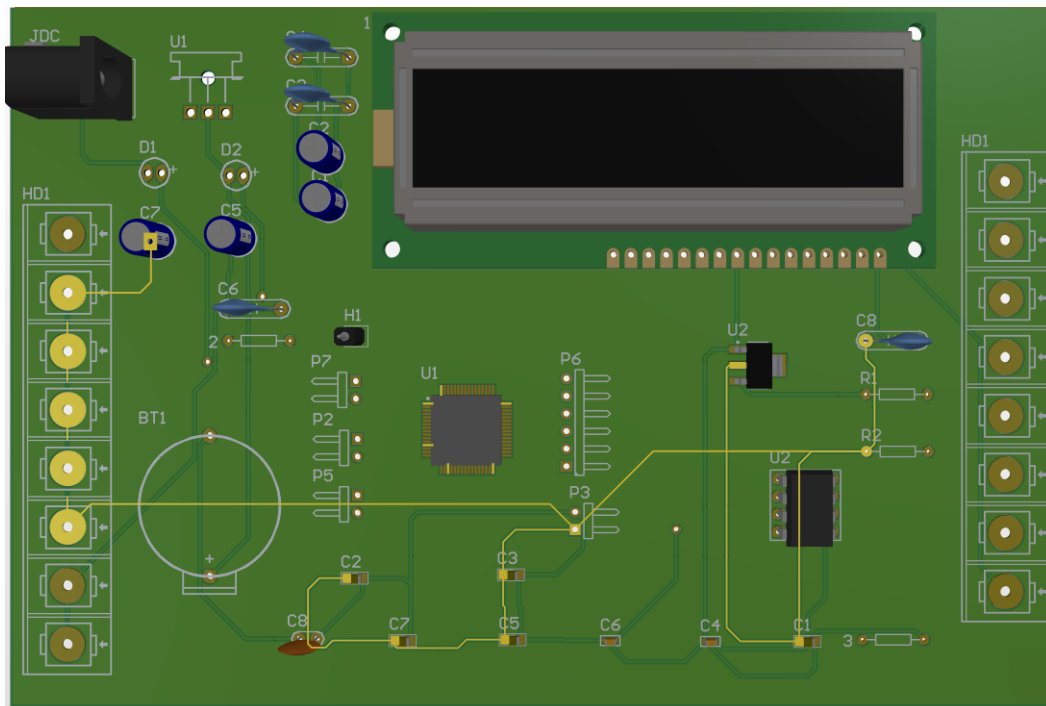


Figure 7: PCB 3D

9 Software

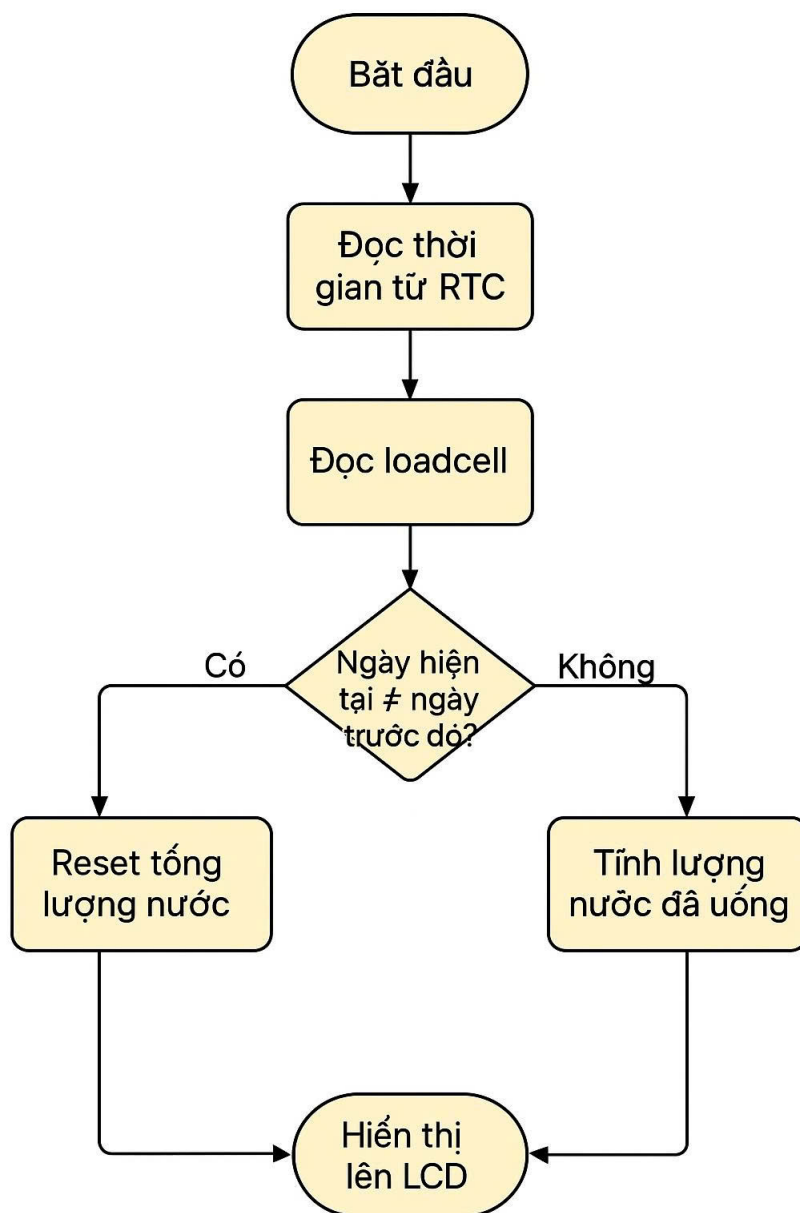


Figure 8: Lưu đồ giải thuật