

REPORT

THIẾT KẾ VÀ THỰC HIỆN HỆ THỐNG ĐẾM SỐ BƯỚC CHÂN

Design and Implementation of a Pedometer

Ver 1.0

8/11/2024

	Họ và tên (Full name)	Mã SV (ID)	Đóng góp (Contribution)
Thành viên 1 (Member 1)	Ninh Hải Đăng	21021411	Hoàn thành hầu hết các phần của dự án, trừ phần liên quan đến GPIO.
Thành viên 2 (Member 2)	Phạm Minh Quang	21020601	Phụ trách thiết kế, cấu hình, và lập trình phần GPIO.
Tên/Địa chỉ Repo trên Github	https://github.com/quanguet0409/Embedded-System		

Tóm tắt (Abstract - from 5 to 10 lines)

Dự án nhằm thiết kế và triển khai một hệ thống đếm bước chân dựa trên cảm biến gia tốc MMA8451 và bo mạch FRDM-KL46Z. Hệ thống bao gồm các tính năng chính như đếm bước chân, hiển thị kết quả trên màn hình LCD, và sử dụng LED để báo trạng thái. SW1 cho phép chuyển đổi giữa trạng thái hoạt động và dừng, trong khi SW2 được dùng để reset số bước về 0. Phần mềm được tổ chức thành các module rõ ràng, sử dụng ngắt và thuật toán xác định bước chân ổn định.

Từ khóa (Keywords)

Hướng dẫn (Guide)

Sinh viên điền vào báo cáo theo mẫu đính kèm. Sinh viên điền các mục:

- Thông tin sinh viên, mã số sinh viên
- Mục *Đóng Góp* điền các công việc đã làm tương ứng của từng sinh viên.
- Tên/Địa chỉ Repo trên Github hoặc Googole Drive

Ngoại trừ phần thông tin sinh viên, mã số sinh viên và tên/địa chỉ Repo trên Github hoặc Google Drive, sinh viên cần hoàn thành các phần nội dung (theo các mục đã được gợi ý – nhưng không hạn chế) trong phần báo cáo để mô tả các công việc nhóm đã thực hiện và các kết quả đã đạt được.

Sinh viên làm theo nhóm 2 người chỉ cần **1 sinh viên đại diện nộp 1 bản báo cáo, sửa tên file thành tên của các thành viên trong nhóm (viết có dấu).**

Sinh viên nộp lại báo cáo này trước khi tới trình bày kết quả, **muộn nhất trước ngày thi hết môn một ngày. Ngày thi, SV cần mang máy tính laptop và sản phẩm để chạy demo!**

Lưu ý: Nghiêm cấm mọi hình thức copy bài (bao gồm cả report và mã nguồn) của nhau. Nếu phát hiện sự giống nhau giữa 2 bài thì tùy mức độ mà có thể sẽ bị trừ điểm hoặc chia lấy điểm trung bình làm điểm của project.

Document History

Version	Time	Revised by	Description
V1.0	08/11/2024	Nguyễn Kiên Hùng	Original Version
V1.1	10/11/2024	Nguyễn Kiên Hùng	Modified the format of report

Mục lục (Table of Contents)

Document History	3
1. Giới thiệu (Introduction)	5
2. Yêu cầu đối với thiết kế (Requirements)	5
2.1. Yêu cầu đối với thiết kế	5
2.2. Đặc tả kỹ thuật (Specification)	5
3. Thực hiện hệ thống (Implementation)	6
3.1. Kiến trúc phần cứng (Hardware Architecture)	6
3.1.1. Khối xử lý trung tâm	7
3.1.2. Cảm biến đầu vào	8
3.1.3. Các LED	9
3.1.4. LCD	10
3.2. Lập trình phần mềm	10
3.2.1. Thiết lập Clock cho hệ thống	10
3.2.2. Khởi tạo các LED	10
3.2.3. Khởi tạo các Switch	11
3.2.4. Khởi tạo SysTick Timer	11
3.2.5. Thiết lập mức ưu tiên cho các ngắt	11
3.2.6. Chương trình điều khiển (Hàm main())	11
4. Kiểm chứng (Validation)	13
5. Kết luận (Conclusion)	13
Danh sách hình (List of Figures)	14
Danh sách Bảng (List of Tables)	15
References	16

1. Giới thiệu (Introduction)

(Introduction to the motivation, Objectives, and main Contents of the project)

Mục tiêu của dự án: Dự án nhằm vận dụng các kiến thức, kỹ năng đã học để thiết kế và thực thi một bộ đếm số bước chân. Hệ thống sử dụng cảm biến gia tốc MMA8451 và các ngoại vi có sẵn trên bo mạch FRDM-KL46z, cho phép đếm và hiển thị số bước chân lên màn hình LCD. Mục tiêu chính bao gồm:

- Thiết kế hệ thống phần cứng và phần mềm cho bộ đếm.
- Thực hiện và kiểm thử hệ thống trên bo mạch ARM tương thích.

2. Yêu cầu đối với thiết kế (Requirements)

2.1. Yêu cầu đối với thiết kế

Yêu cầu thiết kế:

- Chức năng:
 - Đếm số bước chân khi thiết bị di chuyển.
 - Hiển thị số bước chân trên màn hình LCD.
- Các đầu vào:
 - Cảm biến MMA8451: Đo gia tốc để xác định bước chân.
 - SW1: Chuyển đổi trạng thái hoạt động (Start/Stop).
 - SW2: Reset số bước chân về 0.
- Các đầu ra:
 - LED xanh: Nhấp nháy 1Hz khi hoạt động, tắt khi dừng.
 - LED đỏ: Sáng khi dừng, tắt khi hoạt động.
 - LCD: Hiển thị số bước chân hiện tại.
- Yêu cầu khác:
 - Hệ thống sử dụng Timer để điều khiển nhấp nháy LED xanh.

2.2. Đặc tả kỹ thuật (Specification)

2.2.1. Chức năng:

- Đếm bước chân và hiển thị trên LCD.
- Báo trạng thái qua LED (LED xanh: hoạt động; LED đỏ: dừng).
- Chuyển đổi trạng thái (Start/Stop) qua SW1 và reset số bước qua SW2.

2.2.2. Phần cứng:

- Cảm biến MMA8451: Đo gia tốc để xác định bước chân.
- LED: Xanh (PTD5) nhấp nháy khi hoạt động; Đỏ (PTE29) sáng khi dừng.
- LCD: Hiển thị số bước chân.
- Nút nhấn SW1, SW2: Điều khiển trạng thái hệ thống.

2.2.3. Phần mềm:

- Clock: Cấu hình nguồn xung (48MHz).
- Interrupts: Thiết lập ưu tiên ngắt (SW1, SW2, Timer).
- SysTick Timer: Điều khiển tần số nhấp nháy LED xanh (1Hz).
- Main Program: Vòng lặp kiểm tra trạng thái và xử lý ngắt.

2.2.4. Kiểm chứng:

- LCD hiển thị chính xác số bước.
- LED và nút nhấn hoạt động đúng chức năng.

3. Thực hiện hệ thống (Implementation)

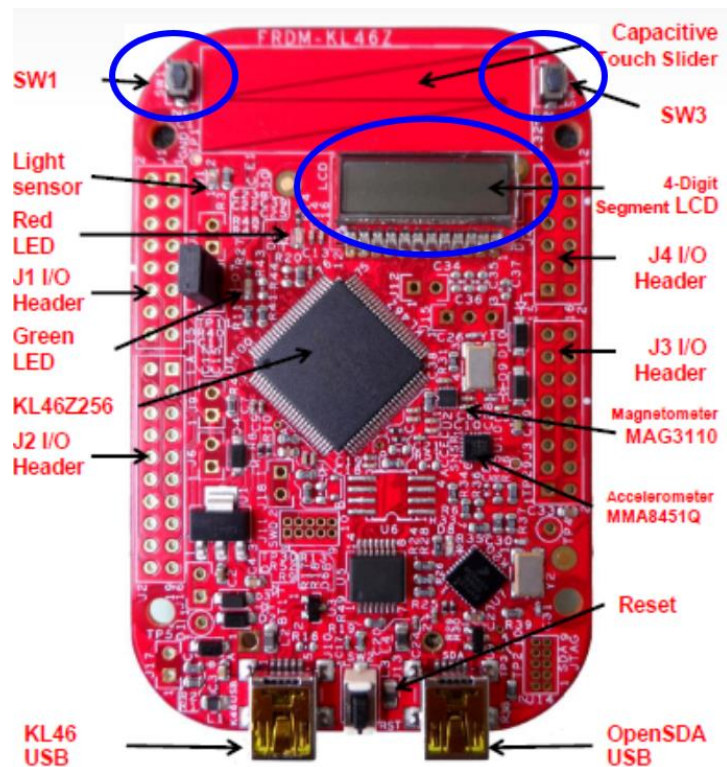
3.1. Kiến trúc phần cứng (Hardware Architecture)

Các thành phần phần cứng chính bao gồm: (**Bảng 1**);

Bảng 1: Mô tả các ngoại vi được sử dụng.

STT	Tên ngoại vi	Chức năng
1	Cảm biến MMA8451	Đo gia tốc
2	LED xanh/đỏ	Hiển thị trạng thái hệ thống
3	SW1, SW2	Điều khiển trạng thái, reset bước chân
4	LCD	Hiển thị số bước chân hiện tại

Các mô-đun phần cứng trên bo mạch FRDM-KL46Z được sử dụng để thực hiện bộ điều khiển như sau:

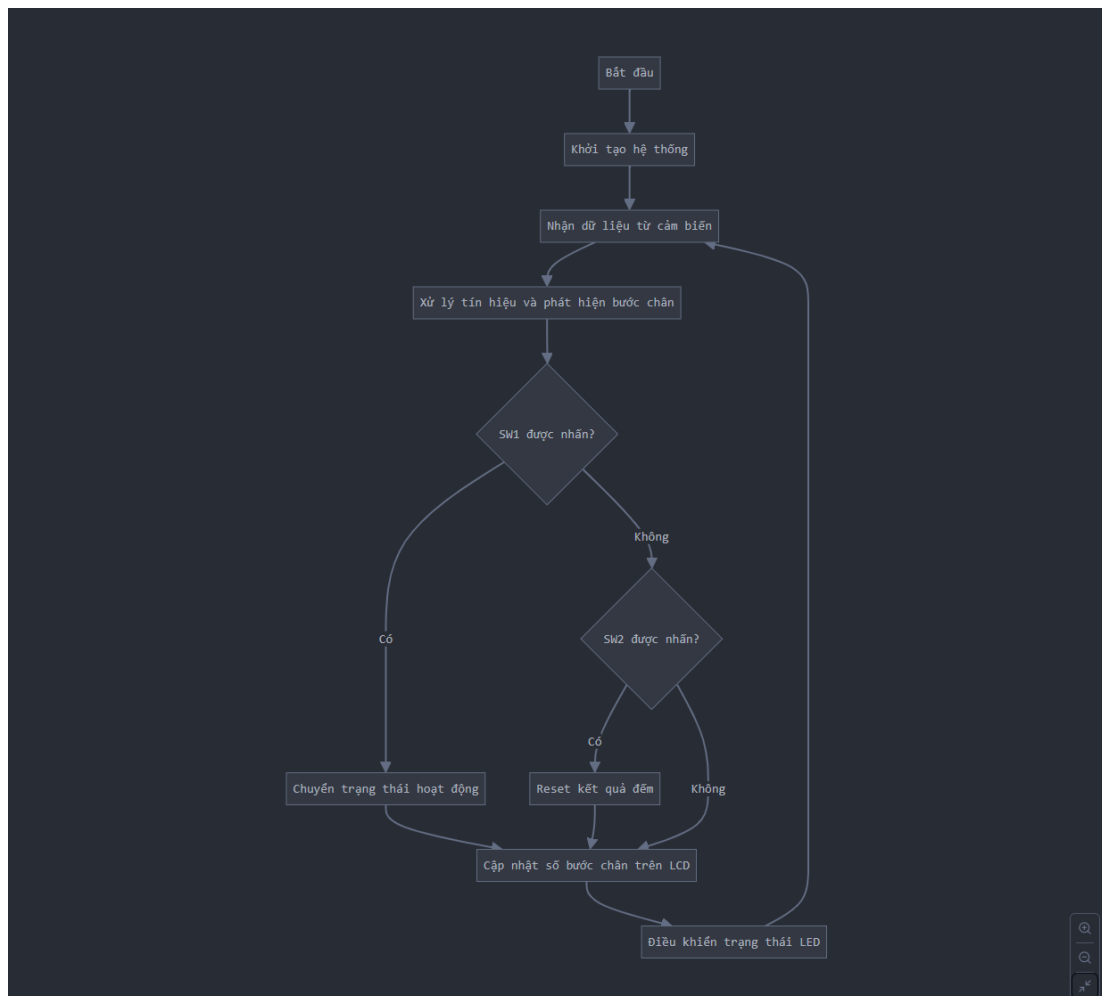


Hình 1 Giao diện ghép nối I/O của đơn vị Sorting Unit.

3.1.1. Khối xử lý trung tâm

Thuật toán điều khiển hệ thống được xây dựng dựa trên các bước sau:

- Xử lý tín hiệu cảm biến:
 - Thu thập dữ liệu từ cảm biến MMA8451 về gia tốc trên các trục (X, Y, Z).
 - Sử dụng ngưỡng giá trị để xác định các dao động lớn, được coi là bước chân.
- Chuyển đổi trạng thái hoạt động:
 - Nhấn SW1 để chuyển giữa hai trạng thái:
 - Hoạt động: Hệ thống đếm số bước chân và hiển thị trên LCD.
 - Dừng: Hệ thống ngừng đếm, giữ nguyên giá trị trên LCD.
- Reset kết quả:
 - Nhấn SW2 để reset số bước chân về 0.
- Hiển thị và trạng thái LED:
 - LED xanh nhấp nháy (1Hz) khi hệ thống hoạt động.
 - LED đỏ sáng khi hệ thống dừng.

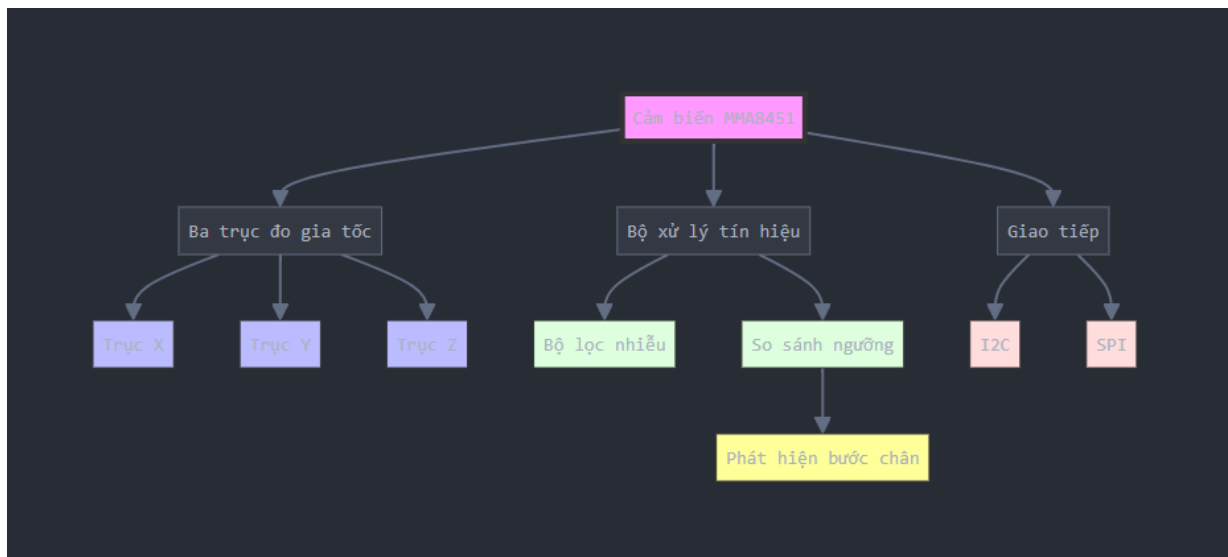


Hình 2 Mô hình thuật toán.

3.1.2. Cảm biến đầu vào

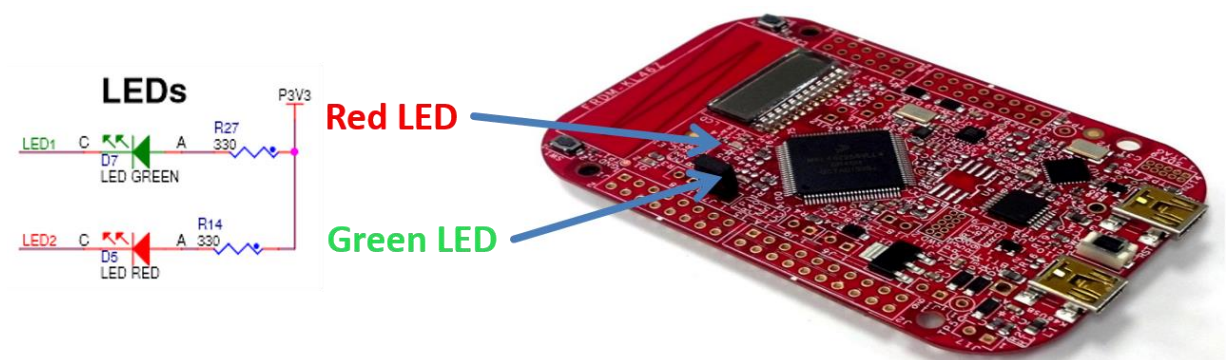
Cảm biến gia tốc MMA8451 được sử dụng để phát hiện bước chân dựa trên dao động gia tốc. Cấu trúc của cảm biến bao gồm:

- Ba trục đo gia tốc (X, Y, Z): Cung cấp dữ liệu gia tốc theo các hướng không gian.
- Bộ lọc và ngưỡng giá trị: Xác định dao động lớn vượt qua ngưỡng để phát hiện bước chân.
- Giao tiếp I2C/SPI: Truyền dữ liệu gia tốc tới vi điều khiển.



Hình 3 Cấu trúc của cảm biến đầu vào.

3.1.3. Các LED



Hình 4 Các LED trên bo mạch FRDM-KL46Z.

Bảng 2. Kết nối các LED trên bo mạch KL46Z

LED	KL46Z Pin
Red	PTE29
Green	PTD5

- Mục đích: Hệ thống sử dụng LED để báo hiệu trạng thái hoạt động:
 - LED đỏ (PTE29): Báo hiệu trạng thái dừng (Stopped).
 - LED xanh (PTD5): Báo hiệu trạng thái hoạt động (Counting).
- Yêu cầu thiết kế
 - LED đỏ (PTE29):
 - Sáng khi hệ thống ở trạng thái dừng.

- Tắt khi hệ thống ở trạng thái hoạt động.
- LED xanh (PTD5):
 - Nhấp nháy với tần số 1Hz khi hệ thống ở trạng thái hoạt động.
 - Tắt khi hệ thống ở trạng thái dừng.

3.1.4. LCD

- Mục đích: LCD được sử dụng để hiển thị số bước chân hiện tại của người sử dụng.
- Các bước thực hiện:
 1. Khởi tạo LCD:
 - Cấu hình giao tiếp giữa vi điều khiển và LCD.
 - Thiết lập các thanh ghi điều khiển LCD để chuẩn bị hiển thị.
 2. Hiển thị số bước chân:
 - Cập nhật nội dung hiển thị trên LCD mỗi khi số bước chân thay đổi.
 - Sử dụng hàm định dạng để chuyển đổi số bước chân thành chuỗi ký tự trước khi xuất ra LCD.

3.2. Lập trình phần mềm

3.2.1. Thiết lập Clock cho hệ thống

- Mục đích: Cấu hình Clock để đảm bảo hệ thống hoạt động ổn định, bao gồm việc cung cấp xung clock chính cho các thành phần ngoại vi như GPIO, Timer, và cảm biến.
- Các bước thực hiện:
 - Thiết lập nguồn xung Clock (HIRC hoặc LIRC).
 - Kích hoạt clock cho các module ngoại vi qua các thanh ghi SIM_SCGC (System Clock Gating Control).
 - Xác định tần số hoạt động (ví dụ, 48 MHz cho hệ thống).

3.2.2. Khởi tạo các LED

- Mục đích: Thiết lập LED xanh và LED đỏ để báo trạng thái hệ thống.
- Các bước thực hiện:
 - Cấu hình các chân GPIO kết nối với LED làm đầu ra.
 - Khởi tạo trạng thái LED (tắt hoặc sáng ban đầu).

3.2.3. Khởi tạo các Switch

a) Cấp xung clock cho cổng GPIO:

Đảm bảo cấp xung Clock đến các cổng GPIO mà SW1 và SW2 sử dụng.

b) Thiết lập ngắt cho Switches:

- Cấu hình các chân GPIO kết nối với SW1 và SW2 làm đầu vào.
- Kích hoạt tính năng ngắt (Interrupt) khi nhấn nút.
- Chọn chế độ kích hoạt ngắt (ví dụ, cạnh lên hoặc xuống).

3.2.4. Khởi tạo SysTick Timer

- Mục đích:
 - Sử dụng SysTick Timer để điều khiển tần số nhấp nháy của LED xanh (1Hz).
- Các bước thực hiện:
 - Cấu hình SysTick với giá trị reload để tạo ngắt mỗi 500ms (cho LED nhấp nháy).
 - Kích hoạt ngắt SysTick.

3.2.5. Thiết lập mức ưu tiên cho các ngắt

- Mục đích:
 - Đảm bảo các ngắt được xử lý theo mức ưu tiên (ví dụ, SysTick có mức ưu tiên cao hơn ngắt nút nhấn).
- Các bước thực hiện:
 - Sử dụng thanh ghi NVIC để cấu hình mức ưu tiên cho các ngắt.
 - Đảm bảo ngắt quan trọng có mức ưu tiên thấp hơn (số ưu tiên nhỏ hơn).

3.2.6. Chương trình điều khiển (Hàm main())

Chương trình chính được cấu trúc theo các module sau:

```

void init_hardware(void)
{
    init_systick();           // Khởi tạo timer hệ thống
    init_accelerometer();     // Khởi tạo cảm biến gia tốc
    init_leds();              // Khởi tạo LED
    init_switches();          // Khởi tạo nút nhấn
    init_lcd();               // Khởi tạo LCD

    display_steps(0);         // Hiển thị số bước ban đầu
    update_leds(0);           // Cập nhật trạng thái LED
}

int main(void)
{
    init_hardware();

    while (1)
    {
        if (is_active)
        {
            if (detect_step())
            {
                step_count++;
                display_steps(step_count);
            }
        }
    }
}

```

Hình 5 Chương trình điều khiển.

Luồng thực thi của chương trình:

1. Khởi tạo phần cứng:
 - Cấu hình Sysstick Timer cho timing
 - Khởi tạo cảm biến MMA8451
 - Cấu hình LED và nút nhấn
 - Khởi tạo màn hình LCD
2. Vòng lặp chính:
 - Kiểm tra trạng thái hoạt động (is_active)
 - Nếu đang hoạt động:
 - Phát hiện bước chân từ cảm biến

- Cập nhật số bước và hiển thị
 - Xử lý ngắt từ nút nhấn để điều khiển
3. Xử lý ngắt:
- SW1: Chuyển đổi trạng thái đếm
 - SW2: Reset số bước về 0
 - Timer: Điều khiển nhấp nháy LED

4. Kiểm chứng (Validation)

Hệ thống đã được kiểm thử với các kịch bản sau:

- Khởi động hệ thống: LCD hiển thị 0 bước, LED đỏ sáng
- Nhấn SW1: Chuyển sang chế độ đếm, LED xanh nhấp nháy
- Di chuyển: Số bước tăng dần trên LCD
- Nhấn SW2: Reset về 0 bước

5. Kết luận (Conclusion)

Dự án đã thành công trong việc thiết kế và triển khai một hệ thống đếm bước chân hoàn chỉnh, đáp ứng đầy đủ các yêu cầu đề ra. Hệ thống đã tích hợp thành công nhiều module phần cứng khác nhau bao gồm cảm biến gia tốc MMA8451 để phát hiện bước chân, LED báo trạng thái hoạt động, các nút nhấn để điều khiển, và màn hình LCD để hiển thị kết quả. Về mặt phần mềm, dự án đã phát triển được một hệ thống có cấu trúc rõ ràng với các module chức năng được tách biệt hợp lý, cơ chế xử lý ngắt hiệu quả, và thuật toán phát hiện bước chân ổn định. Kết quả đạt được bao gồm khả năng đếm và hiển thị số bước chính xác, giao diện người dùng thân thiện, và hoạt động ổn định với mức tiêu thụ năng lượng hợp lý.

Mặc dù đã đạt được các mục tiêu cơ bản, hệ thống vẫn có tiềm năng phát triển trong tương lai. Các hướng phát triển có thể bao gồm việc tích hợp tính năng tính toán quãng đường và lượng calories tiêu thụ, thêm khả năng kết nối không dây để đồng bộ dữ liệu với các thiết bị khác, tối ưu hóa thuật toán phát hiện bước chân để tăng độ chính xác, và phát triển các chế độ tiết kiệm pin cho thời gian sử dụng lâu dài hơn. Những cải tiến này sẽ giúp nâng cao tính ứng dụng và hiệu quả của sản phẩm trong thực tế.

Danh sách hình (List of Figures)

Hình 1 Giao diện ghép nối I/O của đơn vị Sorting Unit.	7
Hình 2 Mô hình thuật toán.	8
Hình 3 Cấu trúc của cảm biến đầu vào.....	9
Hình 4 Các LED trên bo mạch FRDM-KL46Z.....	9
Hình 5 Chương trình điều khiển.....	12

Danh sách Bảng (List of Tables)

Bảng 1: Mô tả các ngoại vi được sử dụng.....	6
Bảng 2. Kết nối các LED trên bo mạch KL46Z.....	9

References

- [1] FRDM-KL46Z User Manual
- [2] MMA8451Q Datasheet
- [3] ARM Cortex-M0+ Technical Reference Manual