

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP HCM
KHOA ĐÀO TẠO QUỐC TẾ
MÔN: HỆ THỐNG NHÚNG**



HCMUTE

**ĐỀ TÀI: HỆ THỐNG GIÁM SÁT ÁP SUẤT TRONG MÔI
TRƯỜNG TRONG CABIN Ô TÔ SỬ DỤNG CẢM BIẾN BMP180**

GVHD: TS. BÙI HÀ ĐỨC

TÊN: NGUYỄN TRUNG NHÂN - 211460333

TRẦN TRƯỜNG HUY HOÀNG - 21146389

TP. Hồ Chí Minh, tháng 6 năm 2025

Mục lục

I. Giới thiệu dự án:	2
II. Phần cứng và sơ đồ khối:.....	2
III. Phương án thực hiện:	7
3.1. Giao tiếp với cảm biến:	7
3.2. Tính toán độ cao:	7
3.3. Lọc dữ liệu trung bình trượt (Moving Average):.....	7
3.4. Độ lệch chuẩn (Standard Deviation).....	7
3.5. Phân tích biến đổi:	8
IV. Kết luận:.....	11

I. Giới thiệu dự án:

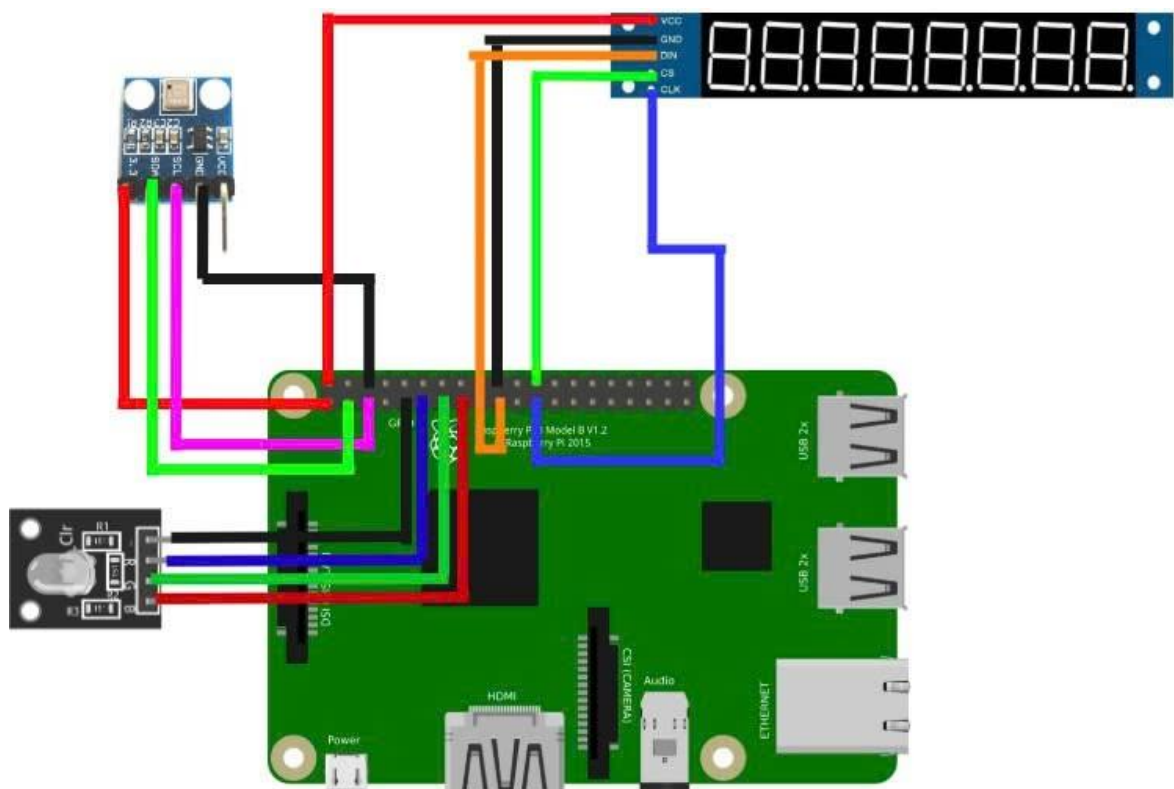
- Dự án này nhằm xây dựng một hệ thống giám sát và điều khiển môi trường trong buồng lái (cabin) hoặc hệ thống môi trường nhất định. Dữ liệu được thu thập từ cảm biến BMP180 thông qua giao tiếp I2C, sau đó xử lý để tính toán các thông số như nhiệt độ, áp suất, độ cao và tốc độ di chuyển.
- Ngoài ra, hệ thống còn có các tích hợp với các thiết bị ngoại vi như LED RGB, LED 7 đoạn MAX7219 và hệ thống treo khí nén để có khả năng:
 - Phát hiện và cảnh báo các bất thường về áp suất cabin (thấp, cao, dao động, không đổi...)
 - Tự động điều chỉnh áp suất cabin theo tốc độ xe
 - Tối ưu hệ thống lọc khí và phun nhiên liệu dựa vào độ cao
 - Nhận biết sự kiện như: vào/ra hầm, đóng/mở cửa cabin nhanh, xâm nhập khi đỗ xe
 - Dữ liệu được ghi lại liên tục vào file log để theo dõi và phân tích trong tương lai.

Link code: <https://github.com/jeremynguyenn/Embedded-FinalProject.git>

Link video demo:

II. Phần cứng và sơ đồ khối:

- Phần cứng

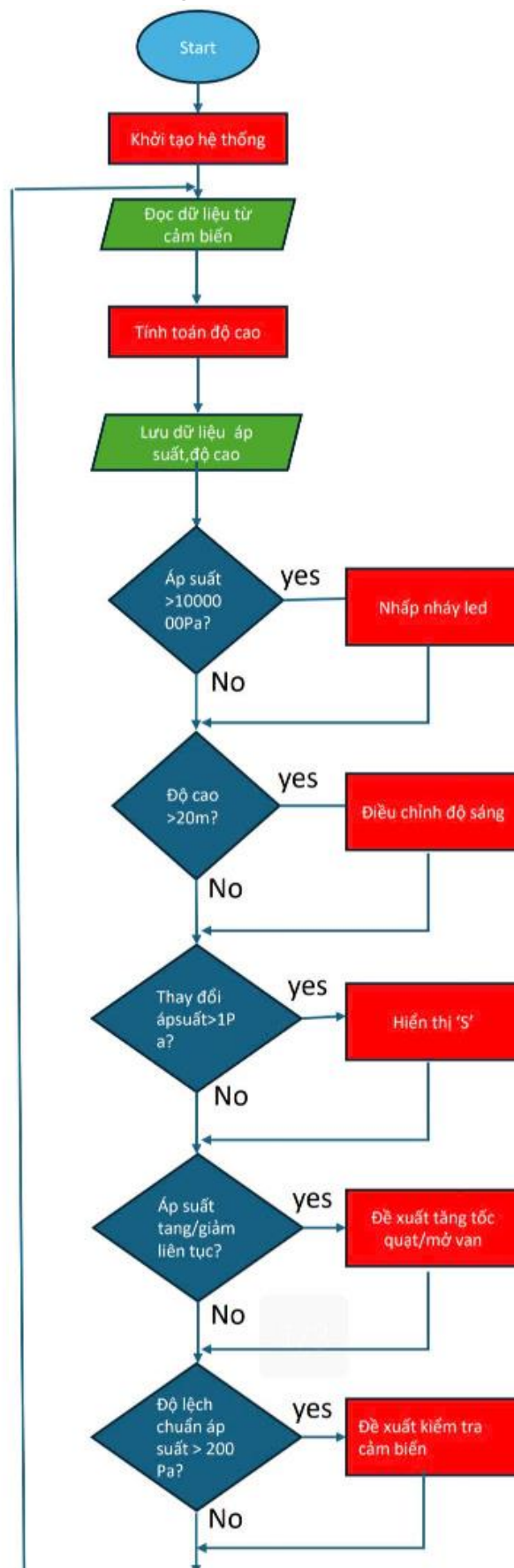


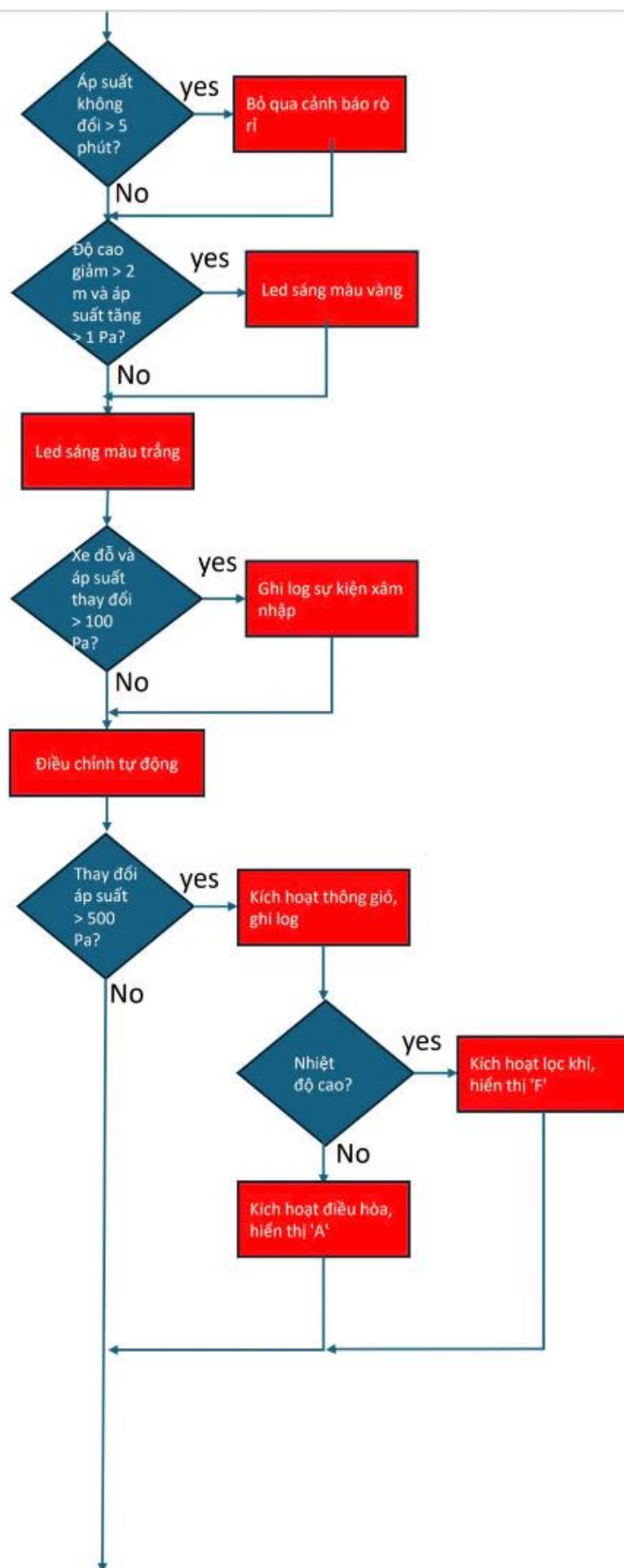
- Các khối xử lý chương trình

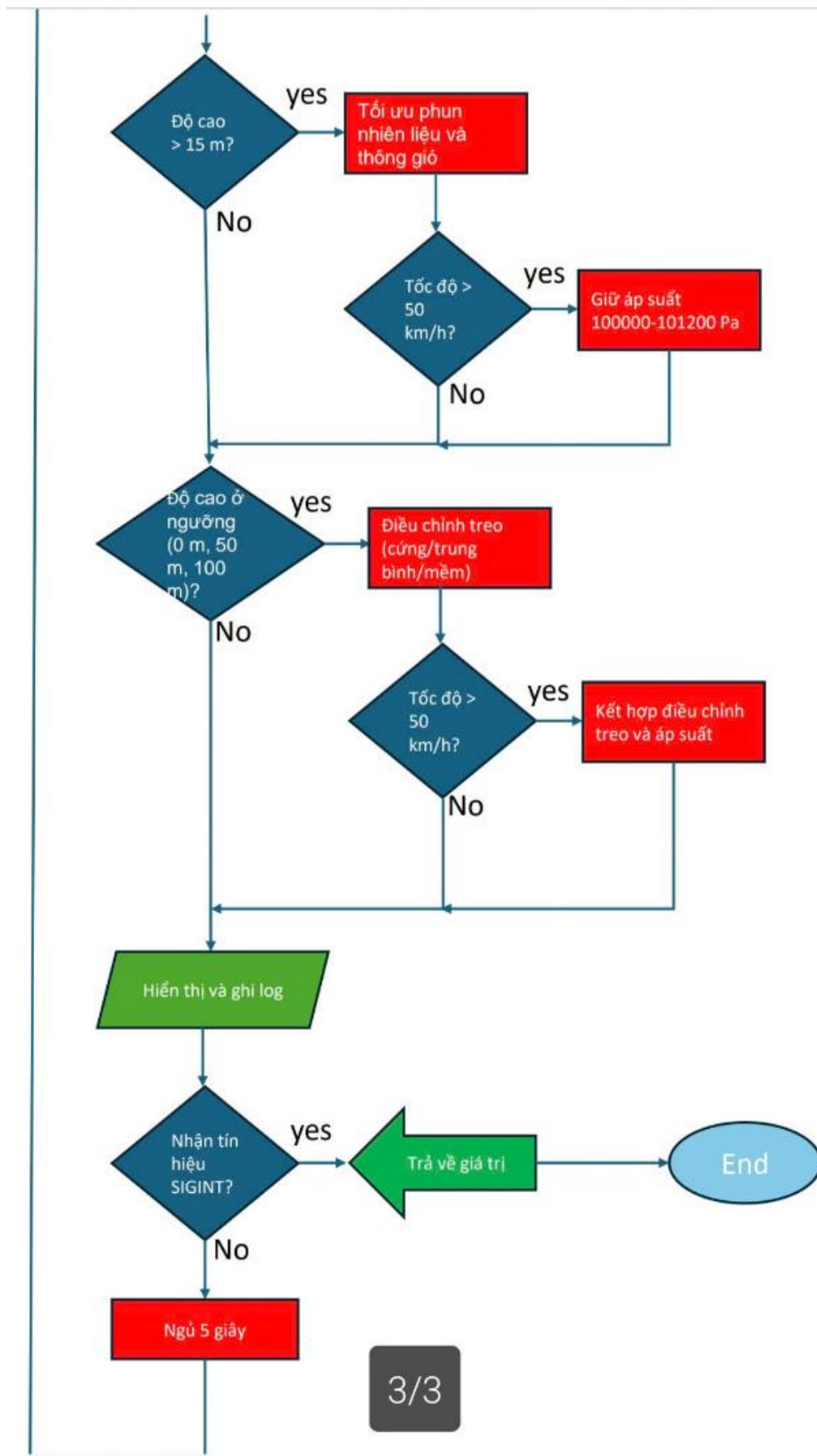
```
[Khởi tạo]
├── Khởi tạo WiringPi (GPIO, LED RGB)
├── Khởi tạo SPI và MAX7219
├── Mở thiết bị I2C (/dev/i2c-bmp180)
└── Thiết lập tín hiệu SIGINT

[Main Loop]
├── Đọc dữ liệu cảm biến BMP180
│   ├── Nhiệt độ (tempC)
│   ├── Áp suất (pres)
│   ├── OSS (mức lấy mẫu)
│   └── Tính độ cao (altitude) từ pres và sea_level_pressure
├── Xử lý dữ liệu
│   ├── Cập nhật áp suất tham chiếu (get_sea_level_pressure)
│   ├── Lưu lịch sử áp suất/độ cao
│   ├── Tính trung bình trượt (smoothed_pressure, smoothed_altitude)
│   └── Tính thời gian trôi qua (duration)
├── Phân tích và cảnh báo
│   ├── Cảnh báo áp suất (thấp/cao, hiển thị '8' trên MAX7219)
│   ├── Cảnh báo độ cao (> 20 m, hiển thị '6' trên MAX7219)
│   ├── Cảnh báo nhiệt độ (thấp/cao khi xe đỗ)
│   ├── Phát hiện thay đổi áp suất đột ngột (hiển thị '5')
│   ├── Phát hiện xu hướng áp suất (tăng/giảm liên tục)
│   ├── Phát hiện dao động bất thường (độ lệch chuẩn > 200 Pa)
│   ├── Phát hiện áp suất không đổi (> 5 phút)
│   ├── Phát hiện vào/ra hầm (LED RGB: vàng/trắng)
│   └── Phát hiện xâm nhập khi xe đỗ (> 100 Pa)
├── Điều khiển hệ thống
│   ├── Điều hòa/lọc khí (HVAC: làm mát, sưởi, tắt)
│   ├── Hệ thống treo khí nén (cứng, trung bình, mềm)
│   ├── Kiểm soát áp suất tốc độ cao (> 50 km/h)
│   └── Tối ưu phun nhiên liệu/lọc khí (> 15 m)
├── Hiển thị và ghi log
│   ├── Hiển thị nhiệt độ trên MAX7219
│   ├── Ghi log (nhiệt độ, áp suất, độ cao, sự kiện) vào cabin_log.txt
│   └── Điều khiển LED RGB (trạng thái hầm)
├── Cập nhật dữ liệu trước đó
│   ├── previous_pres = smoothed_pressure
│   └── previous_alti = smoothed_altitude
├── Đọc lại áp suất với OSS cao hơn (OSS=3)
│   └── Tính lại độ cao
├── Ghi log và chờ 5 giây
└── [Kết thúc nếu nhận SIGINT]
```

- Sơ đồ khối hoạt động:







III. Phương án thực hiện:

3.1. Giao tiếp với cảm biến:

Hệ thống sử dụng giao tiếp I2C với thiết bị /dev/i2c-bmp180 để kết nối với cảm biến BMP180. Giao tiếp này được điều khiển thông qua các lệnh ioctl tùy chỉnh để lấy, cụ thể:

Nhiệt độ (IOCTL_BMP180_GET_TEMP)

Áp suất (IOCTL_BMP180_GET_PRES)

Hệ số hiệu chỉnh OSS (IOCTL_BMP180_GET_OSS)

Dựa vào Restricted datasheet của bmp180 để thực hiện đọc dữ liệu nhiệt độ, áp suất và thông số hiệu chỉnh (OSS) từ cảm biến BMP180.

3.2. Tính toán độ cao:

Sau khi đọc được giá trị áp suất từ cảm biến, hệ thống tính độ cao theo công thức chuẩn barometric (quốc tế):

$$h = 44330 \times \left(1 - \left(\frac{P}{P_0} \right)^{0,1903} \right)$$

với:

- P_0 : áp suất tại mực nước biển (thường mặc định là 101325 Pa)
- P : áp suất hiện tại đo được
- h : độ cao tính theo mét

3.3. Lọc dữ liệu trung bình trượt (Moving Average):

Để giảm nhiễu và ổn định đầu ra, hệ thống sử dụng kỹ thuật trung bình trượt (moving average) cho cả áp suất và độ cao. Các giá trị lịch sử được lưu vào mảng tròn (circular buffer) và cập nhật liên tục.

$$smoothedvalue = \frac{1}{count} \sum_{i=size-count}^{size-1} values[i]$$

Với size: số lượng mẫu hiện có trong mảng

values: Mảng chứa lịch sử áp suất(pressure_history) hoặc h

Count: số lượng mẫu(window size) được sử dụng để tính

trung bình với MOVING_AVERAGE_WINDOW = 5.

3.4. Độ lệch chuẩn (Standard Deviation)

Phát hiện dao động bất thường của áp suất bằng cách tính độ lệch chuẩn của các mẫu trong cửa sổ trung bình trượt.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{count} \sum_{i=size-count}^{size-1} (values[i] - mean)^2}$$

Với:

σ : Độ lệch chuẩn kết quả

values: Mảng lịch sử áp suất (pressure_history) thể hiện giá trị mẫu thứ i.

mean: Giá trị trung bình trượt áp suất(smoothed_pressure) của các mẫu.

count: Số mẫu dữ liệu trong cửa sổ, tương tự như trung bình trượt.

3.5. Phân tích biến đổi:

Dữ liệu áp suất được phân tích bằng các thuật toán phát hiện xu hướng, dao động bất thường, rò rỉ khí (áp suất không đổi), và cảnh báo độ cao vượt ngưỡng. Các thuật toán này được triển khai qua các hàm tùy chỉnh để đánh giá các tình huống nguy hiểm trong cabin.

3.5.1. Phát hiện xu hướng áp suất(liên tục tăng/giảm):

Phân tích xu hướng bằng chuỗi hiệu sai liên tiếp. Nếu tất cả hiệu sai đều dương hoặc âm, chúng ta có xu hướng tăng hoặc giảm đều

Tính chênh lệch áp suất giữa các mẫu liên tiếp:

$$diff = pressure_history[i + 1] - pressure_history[i]$$

Tính tổng thay đổi áp suất trong cửa sổ:

$$total_change = \sum_{i=size-window}^{size-2} diff$$

Kiểm tra xu hướng:

- Nếu tất cả $diff \geq TREND_THRESHOLD$ (50 Pa), xu hướng là tăng.
- Nếu tất cả $diff \leq -TREND_THRESHOLD$, xu hướng là giảm.
- Nếu $|total_change| > TREND_THRESHOLD$, kích hoạt cảnh báo và đề xuất hành động (tăng tốc quạt hoặc mở van tuần hoàn).

3.5.2. Phát hiện áp suất không đổi:

Kiểm tra nếu dãy dữ liệu có sai biệt < ngưỡng nhỏ trong thời gian dài. Áp dụng kiểm định sự biến thiên thấp → phát hiện cảm biến “treo” hoặc cabin quá kín không trao đổi khí.

Kiểm tra chênh lệch giữa các mẫu liên tiếp:

$$|pressure_history[i + 1] - pressure_history[i]| \leq NO_CHANGE_THRESHOLD$$

Nếu tất cả chênh lệch nhỏ hơn ngưỡng và thời gian vượt quá no_change_duration, cảnh báo cảm biến hỏng hoặc cabin quá kín.

3.5.3. Điều chỉnh hệ thống điều hòa không khí (HVAC).

Bật/tắt hệ thống làm mát, sưởi hoặc thông gió dựa trên nhiệt độ và áp suất, sử dụng cơ chế hysteresis để tránh dao động. Với 4 điều kiện:

- Nếu $\text{tempC} > \text{HVAC_TEMP_COOL_THRESHOLD}$ (32.0°C): Bật làm mát (IOCTL_BMP180_ACTIVATE_COOLING).
- Nếu $\text{tempC} < \text{HVAC_TEMP_HEAT_THRESHOLD}$ (18.0°C): Bật sưởi (IOCTL_BMP180_ACTIVATE_HEATING).
- Nếu $\text{HVAC_TEMP_OPTIMAL_MIN} \leq \text{tempC} \leq \text{HVAC_TEMP_OPTIMAL_MAX}$ (23.0°C đến 25.0°C) và ổn định trong $\text{OPTIMAL_STABLE_TIME}$ (0.1 giây): Tắt là tắt HVAC (IOCTL_BMP180_DEACTIVATE_HVAC).
- Nếu $|\text{pressure_diff}| > \text{PRESSURE_CHANGE_THRESHOLD}$ (10 Pa): Bật thông gió (IOCTL_BMP180_ACTIVATE_VENTILATION).

3.5.4. Cân bằng áp suất khi đóng/mở cửa nhanh, thay đổi áp suất đột ngột.

Kích hoạt hệ thống cân bằng áp suất khi phát hiện thay đổi áp suất lớn, kích hoạt cảnh báo và hiển thị trạng thái để hỗ trợ giám sát môi trường cabin.

Tính chênh lệch áp suất:

$$\Delta P = |P_{cur} - P_{prev}|$$

Với:

curr_pres: Áp suất hiện tại (thường là smoothed_pressure từ trung bình trượt).

prev_pres: Áp suất trước đó (previous_pres).

Nếu $\text{pressure_change} > \text{RAPID_PRESSURE_CHANGE_THRESHOLD}$, kích hoạt thông gió trong $\text{COMPENSATION_DURATION}$ (2 giây).

3.5.5. Phát hiện xâm nhập cabin

Phát hiện hành vi xâm nhập trái phép vào cabin khi xe đỗ (ví dụ: mở cửa hoặc phá hoại), dựa trên thay đổi áp suất bất thường trong trạng thái xe không di chuyển.

Điều kiện cảnh báo xâm nhập

$\text{Pressure_change} > \text{TAMPERING_THRESHOLD}$ và $\text{vehicle_is_parked} = \text{true}$

3.5.6. Phát hiện dao động áp suất bất thường

Phát hiện dao động áp suất bất thường (có thể do lỗi cảm biến BMP180 hoặc điều kiện bất thường trong cabin) bằng cách tính độ lệch chuẩn (standard deviation) của các mẫu áp suất trong một cửa sổ thời gian. Phát hiện các dao động

áp suất bất thường trong cabin, có thể do lỗi cảm biến BMP180 hoặc điều kiện môi trường không ổn định (ví dụ: rung lắc mạnh, hỏng thiết bị)

Hàm liên quan: `detect_pressure_fluctuation` và `calculate_stdev`

Nếu `stdev > STDEV_THRESHOLD` (200 Pa), in cảnh báo trên console và đề xuất kiểm tra cảm biến.

3.5.7. Hiện thị trên LED MAX7219 và ghi log

Sử dụng LED MAX7219 để hiển thị trạng thái môi trường cabin (nhiệt độ, cảnh báo áp suất, thay đổi áp suất, trạng thái HVAC, độ cao) trên LED 7 đoạn, cung cấp thông tin trực quan cho hành khách hoặc kỹ thuật viên.

Các trạng thái được hiển thị bao gồm:

- Nhiệt độ cabin (số, ví dụ: 25°C).
- Thay đổi áp suất đột ngột (ký tự 'S').
- Trạng thái HVAC: 'A' (kích hoạt), 'F' (không hoạt động), 'O' (nhiệt độ tối ưu).
- Cảnh báo áp suất cao/thấp (ký tự '8' nhấp nháy).
- Cảnh báo độ cao (ký tự '6' nhấp nháy với độ sáng thay đổi).

Lưu trữ dữ liệu môi trường (nhiệt độ, áp suất, độ cao) và các sự kiện (cảnh báo, điều chỉnh hệ thống, vào/ra hầm) vào file `cabin_log.txt` để theo dõi và phân tích sau này.

Mở file `cabin_log.txt` ở chế độ append ("a") để ghi thêm dữ liệu mà không xóa nội dung cũ. Ghi các thông tin như:

- Nhiệt độ, áp suất, độ cao tại thời điểm hiện tại.
- Các sự kiện như cảnh báo nhiệt độ/áp suất, thay đổi áp suất nhanh, vào/ra hầm, điều chỉnh HVAC hoặc treo khí nén.

Sử dụng `fprintf` để định dạng và ghi dữ liệu, kèm thời gian thực (`current_time`).

3.5.8. Tự động điều chỉnh áp suất khi tốc độ cao:

Khi xe di chuyển nhanh, có hiện tượng giảm áp suất bên ngoài, gây chênh lệch áp suất giữa cabin và môi trường → cần bù trừ để ổn định cảm giác người ngồi trong xe.

Nếu `speed > HIGH_SPEED_THRESHOLD` (50 km/h):

- Tăng áp suất nếu `smoothed_pressure < TARGET_PRESSURE_MIN` (100000 Pa).
- Giảm áp suất nếu `smoothed_pressure > TARGET_PRESSURE_MAX` (101100 Pa).

IV. Kết luận:

Hệ thống đo và giám sát áp suất, nhiệt độ và độ cao sử dụng cảm biến BMP180 của tụi em đã được triển khai thành công, cung cấp dữ liệu ổn định, chính xác và có khả năng phát hiện các biến động bất thường trong cabin. Việc sử dụng các kỹ thuật lọc trung bình trượt giúp giảm nhiễu và cải thiện độ tin cậy của dữ liệu.

Ngoài ra, hệ thống của tụi em còn có khả năng điều khiển LED RGB báo hiệu trạng thái hoạt động và hiển thị thông tin nhiệt độ trực quan qua màn hình MAX7219, góp phần nâng cao trải nghiệm người dùng.

Việc ghi log dữ liệu giúp tụi em lưu trữ thông tin để phân tích sau này hoặc phục vụ công tác bảo trì. Hệ thống có thể mở rộng thêm các tính năng tự động điều chỉnh áp suất và cảnh báo khi phát hiện sự cố.

Tổng thể, dự án của tụi em là một giải pháp giám sát môi trường cabin hiệu quả, có thể áp dụng trong nhiều lĩnh vực như hàng không, ô tô hoặc các hệ thống khí nén khác.