1. GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI

1.1. Tổng quan

Đề tài "Xe tự động có kết nối Bluetooth nhận diện người và vật" là một dự án nghiên cứu và phát triển hệ thống xe tự hành thông minh với 2 chế độ hoạt động: tự động tránh vật cản và điều khiển thủ công qua Bluetooth. Xe sử dụng ESP32-CAM để thu thập hình ảnh/video và truyền về laptop để AI nhận diện người, khi phát hiện người sẽ kích hoạt cảnh báo bằng loa. Tất cả các chức năng của hệ thống đều được thiết kế để hoạt động ổn định ở nhiệt độ bình thường trong phòng (20-25°C), đảm bảo hiệu suất tối ưu trong môi trường kiểm soát.

1.2. Mục tiêu dự án

* Xây dựng xe tự động với 2 chế độ: tự động tránh vật cản và điều khiển Bluetooth
* Truyền hình ảnh/video real-time từ ESP32-CAM về laptop qua WiFi
* Sử dụng AI trên laptop để nhận diện người
* Phát cảnh báo qua loa khi phát hiện người
* Hỗ trợ cập nhật firmware từ xa qua OTA
* Đảm bảo tất cả chức năng hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C)

1.3. Ý nghĩa thực tiễn

* Ứng dụng trong robot tuần tra, giám sát an ninh
* Cảnh báo khi phát hiện người xâm nhập vào khu vực cấm
* Nền tảng nghiên cứu cho hệ thống IoT kết hợp AI
* Tối ưu chi phí bằng xử lý AI tập trung trên laptop
* Đảm bảo tính ổn định ở nhiệt độ phòng, phù hợp với môi trường trong nhà

2. MÔ TẢ HỆ THỐNG VÀ CÁC THÀNH PHẦN

2.1. Hệ thống phần cứng

2.1.1. ESP32-CAM Module

Mô tả: ESP32-CAM là bộ não của xe, tích hợp camera và kết nối không dây, chịu trách nhiệm thu thập video và điều khiển xe. Module hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Thông số kỹ thuật:

* Vi xử lý: Dual-core Tensilica LX6, 240MHz
* Camera: OV2640 2MP
* RAM: 520KB SRAM + 4MB PSRAM
* Flash: 4MB
* WiFi: 802.11 b/g/n (2.4GHz)
* Bluetooth: 4.2 BR/EDR và BLE
* GPIO: 9 pins khả dụng
* Điện áp: 5V

Chức năng:

* Streaming video về laptop qua WiFi
* Nhận lệnh điều khiển từ smartphone qua Bluetooth
* Nhận lệnh cảnh báo từ laptop khi phát hiện người
* Điều khiển động cơ và cảm biến
* Kích hoạt loa/buzzer cảnh báo
* Hỗ trợ OTA update

2.1.2. Hệ thống chuyển động

Mô tả: Hệ thống gồm 2 động cơ DC và driver, cho phép xe di chuyển linh hoạt. Các thành phần hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Cấu tạo:

* 2 động cơ DC giảm tốc (6V-12V)
* Driver động cơ L298N hoặc TB6612FNG
* 2-4 bánh xe
* Khung xe acrylic hoặc nhựa in 3D

Chức năng:

* Di chuyển tiến/lùi/rẽ trái/rẽ phải
* Điều chỉnh tốc độ qua PWM
* Dừng khẩn cấp

2.1.3. Cảm biến siêu âm HC-SR04

Mô tả: Cảm biến đo khoảng cách để xe tự động tránh vật cản. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Thông số:

* Khoảng cách đo: 2cm - 400cm
* Độ chính xác: ±3mm
* Góc phát hiện: 15 độ
* Điện áp: 5V

Chức năng:

* Đo khoảng cách đến vật cản phía trước
* Cung cấp dữ liệu cho chế độ tự động tránh vật cản
* Dừng khẩn cấp khi vật cản quá gần (<20cm)

2.1.4. Module cảnh báo (Loa/Buzzer)

Mô tả: Thiết bị phát âm thanh cảnh báo khi phát hiện người. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Cấu tạo:

* Buzzer chủ động 5V hoặc
* Module loa nhỏ + amplifier (PAM8403)
* Có thể phát âm thanh đơn giản hoặc file âm thanh

Chức năng:

* Phát tiếng beep cảnh báo khi nhận lệnh từ laptop
* Có thể phát âm thanh với nhiều mức độ (nhẹ/trung bình/mạnh)
* Tắt cảnh báo khi không còn phát hiện người

2.1.5. Nguồn điện

Mô tả: Hệ thống nguồn cung cấp điện cho toàn bộ thiết bị. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Cấu tạo:

* Pin Li-Po 2S (7.4V, 2200mAh) hoặc 18650
* Module giảm áp 5V cho ESP32-CAM
* Công tắc nguồn
* LED báo nguồn

Chức năng:

* Cung cấp 7.4V cho động cơ
* Cung cấp 5V cho ESP32-CAM, cảm biến, loa/buzzer
* Giám sát mức pin

2.2. Firmware ESP32-CAM

2.2.1. Module Camera Streaming

Mô tả: Module quản lý camera và streaming video về laptop. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Chức năng:

* Khởi tạo camera OV2640
* Capture frame liên tục (10-20 FPS)
* Encode frame thành JPEG
* Streaming qua HTTP server (MJPEG)
* Hỗ trợ resolution: QVGA (320x240), VGA (640x480)

2.2.2. Module WiFi Communication

Mô tả: Module quản lý kết nối WiFi với laptop. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Chức năng:

* Kết nối WiFi với router/laptop hotspot
* Thiết lập HTTP server để stream video
* Nhận lệnh cảnh báo từ laptop (JSON/HTTP request)
* Auto-reconnect khi mất kết nối
* Gửi telemetry data (battery, distance)

2.2.3. Module Bluetooth Communication

Mô tả: Module quản lý kết nối Bluetooth với smartphone để điều khiển thủ công. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Chức năng:

* Khởi tạo Bluetooth Serial
* Ghép nối với smartphone
* Nhận lệnh điều khiển: Forward, Backward, Left, Right, Stop
* Gửi trạng thái xe về app

2.2.4. Module Motor Control

Mô tả: Module điều khiển động cơ cho cả 2 chế độ. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Chức năng:

* Điều khiển 2 động cơ độc lập qua PWM
* Di chuyển theo lệnh Bluetooth (chế độ manual)
* Di chuyển theo logic tránh vật cản (chế độ auto)
* Dừng khẩn cấp khi có vật cản

2.2.5. Module Sensor Reading

Mô tả: Module đọc cảm biến siêu âm. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Chức năng:

* Đo khoảng cách liên tục
* Filtering noise
* Cung cấp dữ liệu cho logic tránh vật cản
* Trigger emergency stop

2.2.6. Module Auto Navigation (Tránh vật cản)

Mô tả: Module xử lý logic tự động tránh vật cản. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Chức năng:

* Đọc khoảng cách từ sensor
* Logic tránh vật cản:
  + Nếu distance > 50cm → Tiến tốc độ bình thường
  + Nếu 20cm < distance < 50cm → Giảm tốc
  + Nếu distance < 20cm → Dừng, quay đầu/rẽ tránh
* Tìm hướng không có vật cản để đi tiếp

2.2.7. Module Alert Control

Mô tả: Module điều khiển loa/buzzer cảnh báo. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Chức năng:

* Nhận lệnh cảnh báo từ laptop qua WiFi
* Kích hoạt buzzer/loa với pattern:
  + Beep ngắn liên tục khi phát hiện người
  + Beep dài khi người rất gần
  + Tắt khi không còn người
* Điều chỉnh âm lượng/tần số

2.2.8. Module Mode Manager

Mô tả: Module quản lý chuyển đổi giữa 2 chế độ. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Chức năng:

* Quản lý 2 chế độ:
  + Mode 1 - Manual: Điều khiển qua Bluetooth
  + Mode 2 - Auto: Tự động tránh vật cản
* Chuyển đổi chế độ qua lệnh Bluetooth hoặc button
* Đảm bảo chỉ 1 chế độ hoạt động tại 1 thời điểm

2.2.9. Module OTA Update

Mô tả: Module hỗ trợ cập nhật firmware từ xa qua WiFi. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Chức năng:

* Nhận file firmware (.bin) từ laptop qua HTTP
* Validate checksum
* Write firmware vào flash partition
* Reboot với firmware mới
* Rollback nếu update thất bại

2.3. Hệ thống AI trên Laptop

2.3.1. Module Video Receiver

Mô tả: Module nhận video stream từ ESP32-CAM. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Chức năng:

* Kết nối đến HTTP stream endpoint của ESP32-CAM
* Decode MJPEG stream thành frames
* Convert sang format OpenCV (BGR)
* Frame buffering
* Reconnection khi mất kết nối

2.3.2. Module Person Detection (AI)

Mô tả: Module sử dụng YOLO để nhận diện người trong video. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Chức năng:

* Load mô hình YOLO (YOLOv8/YOLOv5) pre-trained
* Inference trên từng frame
* Lọc chỉ class "person"
* Áp dụng NMS để loại bỏ duplicate
* Trả về:
  + Có người: True/False
  + Số lượng người
  + Vị trí người (bounding box)
  + Confidence score

2.3.3. Module Alert Manager

Mô tả: Module quản lý cảnh báo khi phát hiện người. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Chức năng:

* Nhận kết quả từ Person Detection
* Logic cảnh báo:
  + Nếu phát hiện người → Gửi lệnh cảnh báo đến ESP32-CAM
  + Nếu không còn người → Gửi lệnh tắt cảnh báo
* Phát âm thanh cảnh báo trên laptop (loa laptop)
* Gửi HTTP request đến ESP32-CAM

2.3.4. Module Audio Alert (Laptop)

Mô tả: Module phát âm thanh cảnh báo trên loa laptop. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Chức năng:

* Phát âm thanh beep hoặc file âm thanh (WAV/MP3)
* Có thể phát thông báo giọng nói: "Cảnh báo! Phát hiện người!"
* Điều chỉnh âm lượng
* Tắt khi không còn phát hiện người

2.3.5. Module Communication Manager

Mô tả: Module gửi lệnh cảnh báo từ laptop về ESP32-CAM. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Chức năng:

* Thiết lập HTTP client
* Gửi lệnh cảnh báo dạng JSON: {"alert": "on", "person\_count": 2}
* Retry logic khi gửi thất bại

2.3.6. Module Visualization & UI

Mô tả: Module hiển thị video và trạng thái trên laptop. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Chức năng:

* Hiển thị video stream real-time
* Vẽ bounding box màu đỏ quanh người phát hiện
* Hiển thị label: "Person - 89%"
* Dashboard: Số người, FPS, trạng thái cảnh báo, trạng thái xe
* Log console

2.4. Mobile Application

2.4.1. Module Bluetooth Connection

Mô tả: Module kết nối Bluetooth với ESP32-CAM. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Chức năng:

* Scan và hiển thị danh sách ESP32-CAM
* Ghép nối với ESP32-CAM
* Duy trì kết nối
* Hiển thị trạng thái kết nối

2.4.2. Module Control Interface

Mô tả: Giao diện điều khiển xe. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Chức năng:

* Virtual joystick hoặc nút điều khiển (↑↓←→)
* Slider tốc độ
* Button Emergency Stop
* Switch chuyển đổi chế độ Manual/Auto

2.4.3. Module Status Display

Mô tả: Hiển thị trạng thái xe. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Chức năng:

* Hiển thị % pin
* Hiển thị khoảng cách đến vật cản
* Hiển thị chế độ hiện tại (Manual/Auto)
* Hiển thị trạng thái cảnh báo

3. CÁC CHỨC NĂNG CHI TIẾT

3.1. Chế độ Manual (Điều khiển Bluetooth)

Mô tả: Người dùng điều khiển xe thủ công từ smartphone qua Bluetooth. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Đầu vào:

* Lệnh từ app mobile: Forward/Backward/Left/Right/Stop
* Tốc độ (0-100%)

Xử lý:

* App gửi command qua Bluetooth Serial
* ESP32-CAM nhận và parse command
* Module Motor Control thực thi lệnh
* Cảm biến vẫn hoạt động để dừng khẩn cấp nếu có vật cản

Đầu ra:

* Xe di chuyển theo lệnh
* Dừng khẩn cấp nếu distance < 20cm
* Feedback trạng thái về app

Tiêu chí đánh giá:

* Độ trễ < 200ms
* Phản ứng chính xác
* An toàn với emergency stop
* Ổn định ở nhiệt độ phòng

3.2. Chế độ Auto (Tự động tránh vật cản)

Mô tả: Xe tự động di chuyển và tránh vật cản dựa trên cảm biến siêu âm. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Đầu vào:

* Khoảng cách từ cảm biến HC-SR04

Xử lý:

* ESP32-CAM đọc distance liên tục
* Logic tránh vật cản: if distance > 50cm: move\_forward(80%), elif 20cm < distance <= 50cm: move\_forward(40%), else: stop(), turn\_right(90°), check\_distance(), if clear: move\_forward()
* Ưu tiên hướng có khoảng cách xa hơn

Đầu ra:

* Xe tự động di chuyển
* Tránh va chạm với vật cản
* Có thể di chuyển trong môi trường có nhiều vật cản

Tiêu chí đánh giá:

* Không va chạm với vật cản
* Di chuyển mượt mà
* Tìm đường thoát khi bị kẹt
* Ổn định ở nhiệt độ phòng

3.3. Video Streaming

Mô tả: ESP32-CAM streaming video về laptop qua WiFi. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Đầu vào:

* Camera OV2640 capture video

Xử lý:

* ESP32-CAM: Capture frame → Encode JPEG → HTTP streaming
* Laptop: Receive MJPEG → Decode → Display

Đầu ra:

* Video hiển thị trên laptop với FPS 10-15

Tiêu chí đánh giá:

* Stream ổn định
* Độ trễ < 500ms
* Chất lượng hình ảnh rõ ràng
* Ổn định ở nhiệt độ phòng

3.4. Nhận diện người (Person Detection)

Mô tả: Sử dụng AI (YOLO) trên laptop để nhận diện người trong video. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Đầu vào:

* Video frames từ ESP32-CAM

Xử lý:

* YOLO inference trên từng frame
* Lọc class "person" với confidence > 70%
* Đếm số người
* Xác định vị trí người (bounding box)

Đầu ra:

* Detection result: person\_detected (True/False), count, persons (bbox, confidence)
* Bounding box hiển thị trên video

Tiêu chí đánh giá:

* Accuracy > 85%
* FPS xử lý > 10
* False positive < 10%
* Ổn định ở nhiệt độ phòng

3.5. Cảnh báo khi phát hiện người

Mô tả: Hệ thống phát cảnh báo âm thanh khi AI phát hiện người. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Đầu vào:

* Kết quả Person Detection

Xử lý: Trên Laptop: Nếu person\_detected = True thì phát âm thanh trên loa laptop (beep hoặc voice) và gửi lệnh cảnh báo đến ESP32-CAM. Nếu person\_detected = False thì tắt âm thanh và gửi lệnh tắt cảnh báo. Trên ESP32-CAM: Nhận lệnh cảnh báo qua WiFi, kích hoạt buzzer/loa với pattern beep, tắt buzzer khi nhận lệnh tắt.

Đầu ra:

* Âm thanh cảnh báo từ loa laptop
* Âm thanh cảnh báo từ buzzer/loa trên xe
* Visual indicator trên UI (màu đỏ, chữ "ALERT!")

Tiêu chí đánh giá:

* Cảnh báo kịp thời (độ trễ < 500ms)
* Âm thanh rõ ràng, dễ nghe
* Tắt đúng lúc khi không còn người
* Ổn định ở nhiệt độ phòng

3.6. Chuyển đổi chế độ Manual/Auto

Mô tả: Chuyển đổi giữa chế độ điều khiển thủ công và tự động. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Đầu vào:

* Lệnh chuyển chế độ từ app mobile
* Hoặc nhấn button trên xe (optional)

Xử lý:

* Nhận command: "MODE\_MANUAL" hoặc "MODE\_AUTO"
* ESP32-CAM chuyển đổi mode: Manual (lắng nghe lệnh Bluetooth, tắt auto navigation) hoặc Auto (bật auto navigation, vẫn lắng nghe lệnh dừng khẩn cấp)
* Update trạng thái và gửi về app

Đầu ra:

* Xe hoạt động ở chế độ mới
* Hiển thị chế độ hiện tại trên app
* LED indicator (optional)

Tiêu chí đánh giá:

* Chuyển đổi mượt mà, không giật
* Trạng thái rõ ràng
* An toàn khi chuyển đổi
* Ổn định ở nhiệt độ phòng

3.7. OTA Firmware Update

Mô tả: Cập nhật firmware cho ESP32-CAM từ xa qua WiFi. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Đầu vào:

* File firmware mới (.bin) từ laptop

Xử lý: Trên Laptop: Chọn file firmware .bin, upload lên ESP32-CAM qua HTTP POST, hiển thị progress bar. Trên ESP32-CAM: Nhận file qua HTTP, validate checksum, write vào flash partition, reboot, boot với firmware mới. Nếu boot fail thì rollback firmware cũ.

Đầu ra:

* Firmware được cập nhật thành công
* ESP32-CAM hoạt động với version mới
* Log update history

Tiêu chí đánh giá:

* Update thành công 100%
* Không brick device
* Rollback tự động nếu fail
* Ổn định ở nhiệt độ phòng

3.8. Hiển thị Telemetry

Mô tả: Hiển thị thông tin trạng thái xe trên app và laptop. Hoạt động ổn định ở nhiệt độ phòng bình thường (20-25°C).

Đầu vào:

* Dữ liệu từ ESP32-CAM: battery %, distance, speed, mode

Xử lý:

* ESP32-CAM gửi telemetry định kỳ (mỗi 1-2s)
* App/Laptop nhận và update UI

Đầu ra:

* Hiển thị Battery: 75%, Distance: 35cm, Speed: 60%, Mode: Auto, Alert: ON/OFF

Tiêu chí đánh giá:

* Cập nhật real-time
* Hiển thị chính xác
* Không miss data quan trọng
* Ổn định ở nhiệt độ phòng

**4. PHÂN CHIA CÔNG VIỆC VÀ KẾ HOẠCH TRIỂN KHAI**

* 4.1. Phân chia công việc trong nhóm (4 thành viên)
* Thành viên 1: Hardware & Firmware Core
* Trách nhiệm chính: Thiết kế và lắp ráp phần cứng, phát triển firmware ESP32-CAM core modules
* Công việc cụ thể: Thiết kế mạch và lắp ráp khung xe, kết nối ESP32-CAM với động cơ, cảm biến và loa/buzzer, lập trình module Camera Streaming, lập trình module WiFi Communication, lập trình module Motor Control, lập trình module Sensor Reading, test phần cứng.
* Chức năng đảm nhận: Video Streaming, WiFi Communication, Motor Control cơ bản, Sensor Reading
* Thành viên 2: Firmware Advanced & OTA
* Trách nhiệm chính: Phát triển các module firmware nâng cao, implement OTA update
* Công việc cụ thể: Lập trình module Bluetooth Communication, lập trình module Auto Navigation (tránh vật cản), lập trình module Alert Control (điều khiển loa/buzzer), lập trình module Mode Manager, lập trình module OTA Update, tích hợp và test các modules, debug và tối ưu firmware.
* Chức năng đảm nhận: Bluetooth Communication, Auto Navigation, Alert Control, Mode Manager, OTA Update
* Thành viên 3: AI & Computer Vision
* Trách nhiệm chính: Xây dựng hệ thống AI trên laptop, phát triển person detection
* Công việc cụ thể: Setup môi trường Python, OpenCV, YOLO, lập trình module Video Receiver, lập trình module Person Detection (YOLO), lập trình module Alert Manager, lập trình module Audio Alert (laptop), lập trình module Communication Manager (laptop → ESP32), tối ưu FPS và accuracy, test AI với nhiều điều kiện.
* Chức năng đảm nhận: Video Receiver, Person Detection (AI), Alert Manager, Audio Alert (Laptop), Communication Manager
* Thành viên 4: UI/UX & Testing
* Trách nhiệm chính: Phát triển mobile app và laptop UI, testing toàn hệ thống, viết tài liệu
* Công việc cụ thể: Phát triển mobile app (Flutter/React Native), thiết kế UI/UX cho app, lập trình Bluetooth connection trong app, lập trình Control Interface, lập trình Status Display, phát triển UI laptop (PyQt5/Tkinter), lập trình Visualization module, viết test cases, integration testing, viết báo cáo và documentation, quay video demo.
* Chức năng đảm nhận: Mobile App (toàn bộ), Laptop UI (Visualization), Testing & QA, Documentation
* 4.2. Kế hoạch triển khai
* Giai đoạn 1: Nghiên cứu và Chuẩn bị (Tuần 1-2)
* Tuần 1:
* Họp kickoff, thống nhất yêu cầu
* Nghiên cứu công nghệ và tài liệu
* Research ESP32-CAM, YOLO, server architecture, mobile framework
* Tuần 2:
* Lập danh sách linh kiện, đặt hàng
* Setup môi trường phát triển
* Thiết kế architecture hệ thống
* Thiết kế giao diện mockup
* Hoàn thành tài liệu kỹ thuật
* Deliverable: Tài liệu nghiên cứu, architecture, danh sách linh kiện, mockups
* Giai đoạn 2: Phát triển Module cơ bản (Tuần 3-5)
* Tuần 3:
* Lắp ráp khung xe cơ bản
* Kết nối ESP32-CAM với động cơ
* Viết code điều khiển động cơ cơ bản
* Setup server nhận video
* Tạo giao diện desktop cơ bản
* Phát triển màn hình kết nối Bluetooth
* Tuần 4:
* Implement camera streaming qua WiFi
* Implement Bluetooth communication
* Tích hợp cảm biến siêu âm
* Tích hợp YOLO model
* Implement person và object detection
* Implement gửi lệnh điều khiển
* Phát triển joystick trên app
* Tuần 5:
* Tối ưu firmware
* Implement telemetry
* Tối ưu tốc độ xử lý AI
* Tích hợp AI với giao diện
* Hoàn thiện app mobile
* Integration testing
* Milestone 1: Demo xe di chuyển + streaming + nhận diện + telemetry
* Giai đoạn 3: Tính năng nâng cao (Tuần 6-7)
* Tuần 6:
* Implement OTA update
* Tối ưu power management
* Test AI trong nhiều điều kiện
* Implement data logging
* System testing
* Tuần 7:
* Fix bugs
* Cải thiện stability
* Polish UI/UX
* Regression testing
* Chuẩn bị demo scenarios
* Milestone 2: Hệ thống hoàn chỉnh với OTA update
* Giai đoạn 4: Hoàn thiện và Báo cáo (Tuần 8)
* Viết documentation đầy đủ
* Tạo schematic mạch điện
* Đánh giá hiệu năng
* Viết báo cáo cuối kỳ
* Tạo slide thuyết trình
* Quay và edit video demo
* Rehearsal thuyết trình
* Final testing
* Deliverable: Báo cáo cuối kỳ, slide, video demo, source code, documentation