**TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH**

**KHOA: CÔNG NGHỆ THÔNG TIN**





**ĐỒ ÁN CUỐI KỲ**

**Môn học: VẠN VẬT KẾT NỐI**

**HOME SECURITY SYSTEM WITH IOT-BASED CAMERAS**

Giảng viên: **Ths. Đinh Công Đoan**

**MÃ HỌC PHẦN VÀ MÃ LỚP: INOT231780**

**NHÓM THỰC HIỆN: 04**

**Danh sách sinh viên thực hiện**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Mã số SV** | **Họ và tên** | **Mức độ**  **đóng góp (%)** |
| 23110186 | Tôn Hoàng Cầm | 100% |
| 23110285 | Nguyễn Thuận Phú | 100% |
| 23110352 | Võ Chí Trung | 100% |

*TP. Hồ Chí Minh, tháng 4 năm 2025*

Nhận xét của giảng viên:

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

**.......................................................................................................................................**

TP. Hồ Chí Minh, ngày .... tháng .... năm 2025

Giảng viên ký tên

[**LỜI CẢM ƠN** 4](#_Toc196439622)

[**PHẦN 1 : MỞ ĐẦU** 5](#_Toc196439623)

[**1.1 Tóm tắt ý tưởng nội dung báo cáo** 5](#_Toc196439624)

[**1.2 Đặt vấn đề** 5](#_Toc196439625)

[**PHẦN 2: PHẦN NỘI DUNG** 12](#_Toc196439626)

[**CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU** 12](#_Toc196439627)

[**2.1.1 Giới thiệu khái quát về dự án camera an ninh** 12](#_Toc196439628)

[**CHƯƠNG 2 : PHÂN TÍCH YÊU CẦU** 13](#_Toc196439629)

[**2.2.1 Giới thiệu yêu cầu** 13](#_Toc196439630)

[**2.2.2 Sơ đồ nguyên lí** 13](#_Toc196439631)

[**2.2.3. Nguyên tắc làm việc** 13](#_Toc196439632)

[**2.2.4. Lựa chọn giải pháp** 14](#_Toc196439633)

[**CHƯƠNG 3 : NHỮNG KIẾN THỨC LIÊN QUAN** 15](#_Toc196439634)

[**2.3.1. Chi tiết các kiến thức liên quan** 15](#_Toc196439635)

[**CHƯƠNG 4 : ỨNG DỤNG** 16](#_Toc196439636)

[**2.4.1. Sơ đồ khối ứng dụng** 16](#_Toc196439637)

[**2.4.2. Mô tả ứng dụng** 17](#_Toc196439638)

[**2.4.3. Sơ đồ kết nối** 17](#_Toc196439639)

[**2.4.4. Các bước xây dựng ứng dụng** 18](#_Toc196439640)

[**2.4.5. Phân tích khó khăn và cách khắc phục** 20](#_Toc196439641)

[**PHẦN 3: PHẦN KẾT LUẬN** 22](#_Toc196439642)

[**3.3.1 Kết quả đạt được** 22](#_Toc196439643)

[**3.3.2 Ưu điểm** 22](#_Toc196439644)

[**3.3.3 Nhược điểm** 23](#_Toc196439645)

[**3.3.4 Hướng phát triển đề tài** 23](#_Toc196439646)

[**TÀI LIỆU THAM KHẢO** 25](#_Toc196439647)

# **LỜI CẢM ƠN**

Hoàn thành đồ án này là một chặng đường ý nghĩa, đầy thách thức khi thực hiện camera an ninh ESP32. Quá trình thực hiện không chỉ là sự áp dụng kiến thức đã học mà còn là cơ hội quý báu để đối diện và giải quyết những thách thức thực tế.

Trước hết, chúng em xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới thầy Đinh Công Đoan giảng viên bộ môn Vạn vật kết nối ( IoT ), thầy đã cũng chúng em đồng hành, truyền đạt cho chúng em những kiến thức giá trị và bổ ích trong suốt cuộc hành trình.

Đề tài camera an ninh sử dụng mạch ESP 32 camera chính là một thử thách đầy ý nghĩa và giá trị đối với chúng em. Chính vì thế, chúng em luôn cố gắng hết mình để hoàn thiện đề tài. Mặc dù đã dồn hết tâm sức và trí tuệ, song do thời gian và năng lực còn hạn chế, đồ án chắc chắn không thể tránh khỏi những thiếu sót nhất định. Chúng em rất mong nhận được những ý kiến đóng góp chân thành và quý báu từ thầy và các bạn để báo cáo đồ án này được hoàn thiện hơn về mọi mặt.

Chúng em xin trân trọng cảm ơn!

# **PHẦN 1 : MỞ ĐẦU**

### **1.1 Tóm tắt ý tưởng nội dung báo cáo**

Đề tài "IoT Camera Security" hướng đến xây dựng một hệ thống giám sát an ninh thông minh sử dụng vi điều khiển ESP32-CAM. Hệ thống có khả năng ghi nhận hình ảnh/video theo thời gian thực, phát hiện chuyển động bằng cách so sánh các khung hình liên tiếp, sau đó gửi cảnh báo đến người dùng qua Telegram khi có sự thay đổi bất thường. Dữ liệu ảnh sẽ được lưu trữ trên thẻ nhớ SD 4 GB. Hệ thống còn tích hợp tính năng nhận diện khuôn mặt, đồng thời cung cấp giao diện web để theo dõi trực tiếp hình ảnh từ camera. Ảnh được lưu trữ trên web có xem lại lại hoặc xóa đi. Dự án yêu cầu kiến thức về vi điều khiển, xử lý ảnh, kết nối mạng và bảo mật, đồng thời có thể mở rộng với chức năng xác thực người dùng để tăng cường an ninh.

### **1.2 Đặt vấn đề**

#### **1.2.1 Tóm lược những nghiên cứu trong và ngoài nước liên quan đến đề tài**

Hệ thống giám sát IoT giá rẻ: Nhiều nghiên cứu và dự án tập trung vào việc xây dựng các hệ thống giám sát video từ xa với chi phí thấp. Các nền tảng như Raspberry Pi và đặc biệt là ESP32 đã nổi lên như những lựa chọn phổ biến nhờ giá thành hợp lý, kích thước nhỏ gọn và khả năng kết nối mạng. Các hệ thống này thường kết hợp camera, cảm biến và khả năng truyền dữ liệu qua Wi-Fi hoặc các giao thức IoT khác. Các dự án mã nguồn mở trên GitHub và các cộng đồng trực tuyến là nguồn tài liệu phong phú về các triển khai thực tế sử dụng ESP32-CAM cho mục đích giám sát cơ bản.

Phát hiện chuyển động trên thiết bị nhúng: Phát hiện chuyển động là chức năng cốt lõi của camera an ninh. Các nghiên cứu trong và ngoài nước đã khám phá nhiều thuật toán phát hiện chuyển động phù hợp cho các bộ xử lý nhúng có tài nguyên hạn chế. Phương pháp so sánh khung hình đơn giản (frame differencing) hoặc so sánh với ảnh nền (background subtraction - mặc dù tốn tài nguyên hơn) là những kỹ thuật phổ biến. Các nghiên cứu gần đây cũng đề cập đến việc tối ưu hóa thuật toán để giảm tải tính toán, cho phép chạy trên các chip như ESP32 ở tốc độ gần thời gian thực. Tuy nhiên, độ chính xác và khả năng chống nhiễu của các thuật toán đơn giản vẫn là một thách thức, thúc đẩy nghiên cứu về giải pháp cho vấn đề này.

Truyền dữ liệu video và hình ảnh qua mạng: Việc truyền video stream và ảnh từ thiết bị nhúng lên mạng là một chủ đề nghiên cứu quan trọng. Các phương pháp nén dữ liệu (như JPEG cho ảnh và MJPEG cho video stream) và các giao thức truyền tải hiệu quả được nghiên cứu và ứng dụng để đảm bảo dữ liệu được truyền đi nhanh chóng và ổn định trong điều kiện băng thông và tài nguyên hạn chế. Việc tối ưu hóa buffer và xử lý đa nhiệm là cần thiết để duy trì hiệu suất.

Tích hợp với các nền tảng IoT và dịch vụ đám mây: Các camera an ninh IoT thường không hoạt động độc lập mà được tích hợp vào các hệ sinh thái lớn hơn. Các nghiên cứu và sản phẩm thương mại đã khám phá việc tích hợp với các nền tảng nhà thông minh (như Google Home, Alexa), các dịch vụ lưu trữ đám mây (như Dropbox, Google Drive) hoặc các nền tảng nhắn tin (như Telegram, MQTT broker) để cảnh báo và quản lý từ xa. Telegram Bot là một phương pháp phổ biến cho các dự án DIY nhờ API mở và dễ sử dụng.

Thách thức về tài nguyên và sự ổn định: Các nghiên cứu về ESP32-CAM thường chỉ ra những hạn chế về bộ nhớ RAM (đặc biệt là Heap) và công suất xử lý khi thực hiện các tác vụ đồng thời như stream video chất lượng cao, phát hiện chuyển động phức tạp và giao tiếp mạng. Vấn đề phân mảnh bộ nhớ và rò rỉ tài nguyên là những thách thức kỹ thuật cần được giải quyết để đảm bảo sự ổn định và hoạt động lâu dài của thiết bị. Các giải pháp bao gồm tối ưu hóa code, quản lý bộ nhớ cẩn thận. Tuy nhiên vẫn chưa hoàn toàn hiệu quả và giải quyết hoàn toàn nhược điểm này, gây ra nhiều khó khăn.

#### **1.2.2 Tính cấp thiết cần nghiên cứu của đề tài**

Trong bối cảnh nhu cầu về an ninh và giám sát ngày càng tăng, các giải pháp camera an ninh truyền thống thường có chi phí đầu tư ban đầu cao, yêu cầu cơ sở hạ tầng phức tạp và đôi khi đi kèm với chi phí dịch vụ hàng tháng. Điều này đặt ra nhu cầu cấp thiết cho các giải pháp giám sát giá rẻ, linh hoạt và dễ triển khai cho cá nhân, gia đình hoặc các không gian nhỏ.

Đề tài nghiên cứu về camera an ninh sử dụng ESP32-CAM thể hiện tính cấp thiết ở các điểm sau:

Giải quyết nhu cầu giám sát chi phí thấp: ESP32-CAM cung cấp một nền tảng phần cứng cực kỳ hiệu quả về chi phí nhưng vẫn đủ mạnh để thực hiện các chức năng giám sát cơ bản. Việc nghiên cứu và phát triển giải pháp trên nền tảng này mở ra khả năng tiếp cận hệ thống an ninh cho nhiều đối tượng người dùng hơn.

Tính linh hoạt và tùy chỉnh cao: Không giống các sản phẩm thương mại đóng gói sẵn, việc tự xây dựng hệ thống trên ESP32 cho phép tùy chỉnh cao về chức năng, cấu hình và tích hợp với các hệ thống khác (ví dụ: tích hợp Telegram theo nhu cầu cụ thể, thay đổi logic phát hiện chuyển động). Điều này phù hợp với các ứng dụng chuyên biệt hoặc mục đích học tập, nghiên cứu.

Thách thức kỹ thuật thực tế: Việc triển khai các chức năng phức tạp (stream video, xử lý ảnh, kết nối mạng, quản lý bộ nhớ) trên một vi điều khiển có tài nguyên hạn chế như ESP32-CAM đặt ra những thách thức kỹ thuật thực tế (đặc biệt về quản lý bộ nhớ Heap và đồng bộ hóa các tác vụ). Nghiên cứu này là cơ hội để tìm hiểu sâu hơn về cách tối ưu hóa mã nguồn, sử dụng hiệu quả tài nguyên phần cứng và đảm bảo sự ổn định của hệ thống nhúng trong môi trường thực.

Tiềm năng ứng dụng rộng rãi: Ngoài an ninh gia đình, các hệ thống giám sát giá rẻ và linh hoạt có tiềm năng ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác như giám sát môi trường, theo dõi vật nuôi, giám sát sản xuất quy mô nhỏ, hoặc làm nền tảng cho các dự án IoT phức tạp hơn.

Vì những lý do trên, việc nghiên cứu và triển khai một hệ thống camera an ninh trên nền tảng ESP32-CAM không chỉ đáp ứng nhu cầu thực tế về một giải pháp giám sát giá rẻ mà còn là cơ hội để khám phá và giải quyết các thách thức kỹ thuật đặc trưng của hệ thống IoT nhúng. Là một cơ hội để trải nghiệm, thử thách bản thân.

#### **1.2.3 Một số tài liệu có liên quan**

Nhóm đã tham khảo một số tài liệu và công trình liên quan để xây dựng cơ sở lý thuyết và định hình hướng tiếp cận. Dưới đây là một số tài liệu tham khảo chính:

* Bharwad, R., & Dangarwala, K. (2020). Motion detection for intelligent video rveillance system: A survey. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*, *4*(2), 1–5.
* Elmir, Y., Touati, H., & Melizou, O. (2024). Intelligent video recording optimization using activity detection for surveillance systems. *arXiv preprint arXiv:2411.02632*.
* Ibrahim, S. W. (2016). A comprehensive review on intelligent surveillance systems. *CST Journal*, *1*(1), 1–8.
* Meduri, S., Nandal, N., & Reddy, B. P. (2023). Intelligent surveillance support system. *Discover Internet of Things*, *3*(1), Article 39.
* Qian, H., Wu, X., & Xu, Y. (2011). Intelligent surveillance systems. Springer.
* Yu, R., Wang, H., & Davis, L. S. (2018). ReMotENet: Efficient relevant motion event detection for large-scale home surveillance videos. *arXiv preprint arXiv:1801.02031*.

#### **1.2.4 Lý do chọn đề tài**

Trong bối cảnh xã hội hiện đại, vấn đề đảm bảo an toàn và an ninh cho cá nhân, gia đình và tài sản ngày càng trở nên quan trọng. Việc sử dụng công nghệ hiện đại để hỗ trợ giám sát và bảo vệ là cần thiết để đối phó với tình hình tội phạm, đặc biệt là trộm cắp tài sản. Hệ thống camera an ninh đóng vai trò thiết yếu trong công tác này, góp phần phòng ngừa tội phạm và hỗ trợ điều tra khi cần thiết. Nhu cầu lắp đặt camera an ninh đang tăng cao không chỉ ở các hộ gia đình mà còn tại trường học, bệnh viện, chung cư, cơ quan, doanh nghiệp nhằm mục đích giám sát và bảo vệ tài sản.

Tuy nhiên, các hệ thống camera an ninh truyền thống thường có chi phí đầu tư ban đầu cao, yêu cầu hạ tầng lắp đặt và cấu hình phức tạp. Điều này tạo ra một nhu cầu lớn cho các giải pháp giám sát an ninh hiệu quả về chi phí, linh hoạt và dễ triển khai, phù hợp với điều kiện của nhiều đối tượng người dùng.

Việc thực hiện đề tài "Hệ thống camera an ninh sử dụng ESP32-CAM" xuất phát từ những lý do trên, nhằm khám phá và xây dựng một giải pháp giám sát giá rẻ, hiệu quả dựa trên nền tảng vi điều khiển ESP32-CAM. Đề tài không chỉ hướng đến việc tạo ra một sản phẩm có tính ứng dụng thực tiễn cao mà còn là cơ hội để bản thân người thực hiện tiếp cận, tìm hiểu sâu hơn về việc ứng dụng công nghệ IoT vào lĩnh vực an ninh, nâng cao kiến thức chuyên môn về lập trình nhúng, xử lý ảnh cơ bản và giao tiếp mạng trên các thiết bị tài nguyên hạn chế.

#### **1.2.5 Mục tiêu đề tài**

Mục tiêu hướng đến của đề tài “Hệ thống camera an ninh” là tạo ra một hệ thống camera an ninh đơn giản có khả năng phát hiện được chuyển động, nhận diện khuôn mặt để cảnh báo đột nhập và lưu ảnh về thẻ SD. Có được giao diện điều khiển chính bằng http. Hướng đến một hệ thống có tính thực tiễn sử dụng được trong các không gian phù hợp.

#### **1.2.6 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu**

Đối tượng nghiên cứu chính của đề tài này là hệ thống camera an ninh hoạt động trên nền tảng vi điều khiển ESP32-CAM, bao gồm cả phần cứng và phần mềm.

Phạm vi nghiên cứu: Đề tài tập trung vào các khía cạnh sau của hệ thống:

* Chức năng giám sát cơ bản: Nghiên cứu và triển khai các chức năng cốt lõi như chụp ảnh, truyền video stream (MJPEG) qua mạng Wi-Fi.
* Lưu trữ dữ liệu cục bộ: Khả năng lưu trữ ảnh chụp trực tiếp lên thẻ nhớ Micro SD gắn trên board.
* Phát hiện và cảnh báo sớm: Triển khai một thuật toán phát hiện chuyển động đơn giản và kích hoạt cơ chế chụp ảnh tự động khi phát hiện chuyển động.
* Quản lý tài nguyên và sự ổn định: Nghiên cứu và áp dụng các kỹ thuật để tối ưu hóa việc sử dụng bộ nhớ Heap và quản lý tài nguyên camera nhằm cải thiện sự ổn định và độ tin cậy của hệ thống khi hoạt động liên tục.

Giới hạn phạm vi: Vẫn còn nhiều hạn chế và khó khăn khiến phạm vi bị giới hạn.

* Thuật toán phát hiện chuyển động: Để phù hợp với tài nguyên hạn chế của ESP32 nên sẽ không đi sâu vào các kỹ thuật xử lý ảnh phức tạp hơn hoặc các mô hình học máy yêu cầu nhiều tài nguyên hơn.
* Tính năng an ninh nâng cao: Không triển khai các tính năng bảo mật mạng nâng cao (như mã hóa stream video, xác thực người dùng mạnh mẽ cho giao diện web) hoặc các tính năng phân tích hình ảnh phức tạp .
* Nguồn cấp năng lượng: Không nghiên cứu sâu về các giải pháp nguồn cấp năng lượng cho hoạt động độc lập dài hạn (ví dụ: sử dụng pin, năng lượng mặt trời).
* Môi trường hoạt động: Tập trung vào hoạt động trong môi trường có sẵn kết nối Wi-Fi và nguồn điện ổn định.

#### **1.2.7 Phương pháp nghiên cứu**

Nghiên cứu tài liệu:

* Tìm hiểu và tổng hợp kiến thức về ESP 32 camera, đặc biệt là về các chức năng của camera…
* Nghiên cứu các thư viện phần mềm cần thiết cho đồ án (driver camera, thư viện Wi-Fi, thư viện SD card, thư viện HTTP server, thư viện Telegram Bot)
* Tìm hiểu các phương pháp và thuật toán phát hiện chuyển động cơ bản phù hợp cho các thiết bị nhúng.
* Tham khảo các đồ án, dự án mã nguồn mở và tài liệu kỹ thuật, video liên quan đến việc xây dựng camera an ninh sử dụng ESP32-CAM để học hỏi.

Thiết kế hệ thống :

* Xác định kiến trúc tổng thể của hệ thống, bao gồm các module phần cứng và phần mềm chính.
* Thiết kế luồng dữ liệu và luồng điều khiển giữa các module.
* Thiết kế cấu trúc mã nguồn, phân chia thành các file (.ino, .cpp, .h) theo chức năng để dễ quản lý và phát triển.

Triển khai và lập trình :

* Cài đặt và cấu hình môi trường phát triển Arduino IDE cho board ESP32.
* Tiến hành lập trình mã nguồn nhúng trên ESP32 bằng ngôn ngữ C/C++, sử dụng các thư viện đã nghiên cứu.
* Triển khai các module chức năng

Kiểm thử và debugging:

* Tiến hành kiểm thử từng module chức năng riêng lẻ
* Kiểm thử tích hợp các module để đảm bảo chúng hoạt động đồng nhất chính xác
* Sử dụng Serial Monitor để theo dõi quá trình thực thi, debug lỗi và kiểm tra trạng thái hệ thống.
* Kiểm thử hiệu suất hoạt động và đánh giá mức độ ổn định khi hệ thống chạy liên tục.

Đánh giá và tối ưu hóa:

* Dựa trên kết quả kiểm thử, đánh giá mức độ hoàn thành và hiệu quả của các chức năng đã triển khai.
* Xác định các vấn đề, lỗi còn tồn tại
* Tìm biện pháp tối ưu để giải quyết
* Lặp lại quá trình kiểm thử sau khi tối ưu hóa.
* Đây là phương pháp có sự kết hợp giữa nghiên cứu lý thuyết, phát triển phần mềm nhúng và kiểm thử thực nghiệm, giúp đảm bảo đồ án được xây dựng một cách có hệ thống và các vấn đề kỹ thuật được giải quyết hiệu quả.

#### **1.2.8 Nội dung đề tài**

Đề tài tập trung vào việc xây dựng một hệ thống camera an ninh thông minh với khả năng phát hiện chuyển động và nhận diện khuôn mặt để phục vụ mục đích cảnh báo đột nhập. Khi phát hiện có người lạ hoặc chuyển động bất thường trong khu vực giám sát, hệ thống sẽ tự động chụp ảnh và lưu vào thẻ nhớ SD. Đồng thời, một cảnh báo sẽ được gửi trực tiếp đến người dùng thông qua ứng dụng Telegram, bao gồm hình ảnh ghi nhận được và thời gian sự kiện xảy ra. Hệ thống được xây dựng trên nền tảng phần cứng chi phí thấp như ESP32-CAM và sử dụng phần mềm tích hợp các thư viện xử lý hình ảnh, nhằm cung cấp giải pháp giám sát hiệu quả, kịp thời và tiện lợi cho cá nhân hoặc hộ gia đình trong việc đảm bảo an ninh.

# **PHẦN 2: PHẦN NỘI DUNG**

## **CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU**

## **2.1.1 Giới thiệu khái quát về dự án camera an ninh**

Trong đồ án này nhóm tập trung vào việc nghiên cứu và xây dựng một hệ thống camera an ninh thông minh sử dụng module ESP32-CAM. Đây là một module nhỏ gọn, tích hợp sẵn camera, khả năng xử lý tương đối mạnh mẽ và kết nối Wi-Fi, rất phù hợp cho các ứng dụng IoT liên quan đến hình ảnh. Mục tiêu chính của đồ án là phát triển một thiết bị giám sát có khả năng hoạt động độc lập, không chỉ ghi lại hình ảnh mà còn tích hợp các tính năng an ninh cốt lõi.

Điểm đặc biệt của hệ thống này là việc ứng dụng các thuật toán xử lý ảnh trực tiếp trên vi điều khiển để thực hiện các chức năng quan trọng, thay vì phụ thuộc hoàn toàn vào các cảm biến ngoại vi. Cụ thể, hệ thống sẽ có khả năng tự động phát hiện chuyển động trong khung hình bằng cách phân tích sự thay đổi giữa các ảnh liên tiếp. Khi phát hiện chuyển động, hình ảnh sẽ được chụp lại và lưu trữ vào thẻ nhớ SD cắm trực tiếp trên module. Hơn thế nữa, đồ án còn hướng đến việc tích hợp khả năng nhận diện khuôn mặt cơ bản ngay trên thiết bị, cho phép phân loại các đối tượng xuất hiện trong tầm quan sát. Khi có sự kiện bất thường (chuyển động hoặc nhận diện khuôn mặt không mong muốn), hệ thống sẽ gửi cảnh báo tức thời đến người dùng thông qua kết nối mạng.

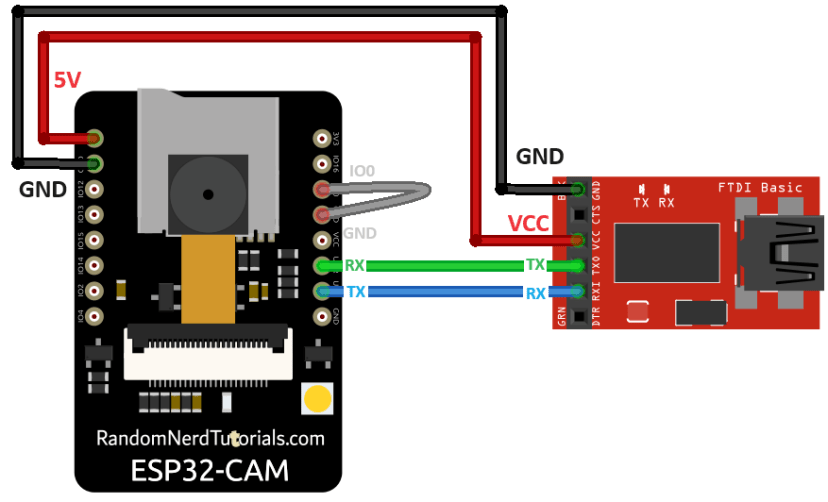
Bằng việc khai thác sức mạnh xử lý của ESP32 và các thư viện xử lý ảnh có sẵn, đồ án không chỉ hướng đến việc tạo ra một sản phẩm camera an ninh giá rẻ, hiệu quả mà còn là một minh chứng cho tiềm năng ứng dụng kỹ thuật thị giác máy tính trên các nền tảng nhúng hạn chế về tài nguyên. Hệ thống hứa hẹn mang lại giải pháp giám sát linh hoạt, dễ dàng triển khai và tùy biến cho nhiều nhu cầu thực tế khác nhau.

## **CHƯƠNG 2 : PHÂN TÍCH YÊU CẦU**

### **2.2.1 Giới thiệu yêu cầu**

Nhóm chúng em thực hiện đề tài "IoT Camera Security" với mục tiêu xây dựng một giải pháp giám sát an ninh thông minh, ứng dụng công nghệ Internet of Things. Thiết bị sử dụng ESP32-CAM AI THINKER để ghi nhận hình ảnh và video theo thời gian thực. Thiết bị có khả năng kết nối mạng Wi-Fi để truyền dữ liệu đến một ứng dụng giám sát trên web, cho phép người dùng theo dõi từ xa. Khi phát hiện chuyển động, hệ thống sẽ tự động gửi cảnh báo đến người dùng thông qua telegram. Dữ liệu hình ảnh có thể được lưu trữ cục bộ trên thẻ nhớ . Ngoài ra, camera còn tích hợp chức năng nhận diện khuôn mặt nhằm tăng cường khả năng bảo mật.

### **2.2.2 Sơ đồ nguyên lí**



Sơ đồ nguyên lý kết nối ESP32-CAM với FTDI programmer

### **2.2.3. Nguyên tắc làm việc**

Dự án Camera Security hoạt động dựa trên nguyên tắc thu thập – xử lý – phản hồi theo thời gian thực. Camera ESP32-CAM liên tục ghi nhận các khung hình từ môi trường xung quanh và xử lý hình ảnh ngay tại thiết bị. Sau đó lưu trữ và so sánh các khung hình liên tiếp, hệ thống phát hiện sự khác biệt, từ đó xác định có chuyển động. Khi phát hiện có chuyển động hệ thộng lập tức ghi lại ảnh và gửi cảnh báo đến người dùng qua telegram. Hình ảnh được lưu trữ cục bộ vào thẻ nhớ SD để đảm bảo không mất dữ liệu. Ngoài ra còn có chức năng chụp ảnh trực tiếp theo thời gian thực, xem lại các ảnh đã chụp và có thể xóa. Sau khi ghi nhận hình ảnh, hệ thống sử dụng thư viện AI tích hợp để xem đối tượng có quen thuộc không và sẽ gửi cảnh báo qua telegram nếu phát hiện có người lạ xâm nhập. Toàn bộ quá trình ghi nhận và giám sát được đồng bộ và hiển thị trực quan trên giao diện Web để người dùng có thể theo dõi từ xa.

### **2.2.4. Lựa chọn giải pháp**

Để đáp ứng yêu cầu về một hệ thống giám sát an ninh thông minh, nhóm quyết định lựa chọn giải pháp sử dụng ESP32-CAM AI Thinker làm trung tâm xử lý và thu nhận hình ảnh nhờ vào các lý do sau:

* Tích hợp camera và Wi-Fi: ESP32-CAM có sẵn camera OV2640 cùng khả năng kết nối mạng không dây, giúp tiết kiệm phần cứng và dễ triển khai trong môi trường IoT.
* Chi phí thấp, hiệu quả cao: Thiết bị có giá thành rẻ nhưng hỗ trợ xử lý hình ảnh, truyền dữ liệu và giao tiếp với các dịch vụ như Telegram và FTP.
* Phát hiện chuyển động không cần cảm biến rời: Nhóm áp dụng thuật toán so sánh khung hình để phát hiện chuyển động, giảm chi phí và tăng tính linh hoạt.
* Gửi cảnh báo thông minh qua Telegram: Telegram được lựa chọn do dễ cài đặt, bảo mật tốt, và hỗ trợ đa nền tảng.
* Lưu trữ kép: Hình ảnh và video được lưu trên thẻ nhớ SD (cục bộ) và FTP server (từ xa), đảm bảo an toàn dữ liệu và khả năng truy xuất linh hoạt.
* Tích hợp AI nhận diện khuôn mặt: giúp tăng cường bảo mật và ứng dụng vào thực tế như nhận diện người quen/lạ.
* Giao diện Web trực quan: Hệ thống có thể truy cập giám sát từ xa thông qua trình duyệt mà không cần phần mềm riêng.

## **CHƯƠNG 3 : NHỮNG KIẾN THỨC LIÊN QUAN**

### **2.3.1. Chi tiết các kiến thức liên quan**

Trong quá trình xây dựng dự án Camera Security dựa trên nền tảng IoT, nhóm chúng em đã vận dụng nhiều kiến thức và công nghệ cơ bản từ các lĩnh vực điện tử, lập trình nhúng và bảo mật. Một số kiến thức và linh kiện tiêu biểu được sử dụng bao gồm:

ESP32-CAM AI Thinker: Đây là một board vi điều khiển tích hợp cả Wi-Fi, Bluetooth và camera OV2640, cho phép xử lý hình ảnh và truyền dữ liệu qua mạng. Kiến thức về vi điều khiển, cấu hình Wi-Fi là rất cần thiết để sử dụng thiết bị này hiệu quả.

Xử lý ảnh và phát hiện chuyển động: Ứng dụng các thuật toán cơ bản trong xử lý ảnh như so sánh hai khung hình liên tiếp để phát hiện thay đổi. Đây là phần quan trọng trong việc nhận biết có người hay vật di chuyển trong vùng quan sát.

Nhận diện khuôn mặt: Sử dụng thư viện tích hợp trong ESP32-CAM để thực hiện nhận diện khuôn mặt. Kiến thức liên quan đến trí tuệ nhân tạo, học máy và xử lý ảnh số được áp dụng.

Lưu trữ dữ liệu: Dữ liệu hình ảnh được lưu vào thẻ nhớ SD hoặc gửi lên FTP Server, yêu cầu hiểu về giao tiếp SPI (với thẻ nhớ) và giao thức FTP.

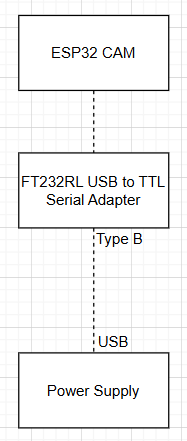
Giao tiếp mạng và truyền thông IoT: Hệ thống sử dụng kết nối Wi-Fi để truyền dữ liệu và gửi cảnh báo qua Telegram Bot API. Kiến thức về giao thức HTTP, token xác thực, RESTful API rất quan trọng.

Bảo mật và xác thực người dùng: Hệ thống yêu cầu xác thực người dùng trước khi truy cập giao diện web. Kiến thức về bảo mật web, mã hóa mật khẩu, phiên truy cập (session) được áp dụng.

Giao diện Web giám sát: Phát triển giao diện đơn giản để hiển thị hình ảnh từ camera theo thời gian thực. Sử dụng HTML/CSS, JavaScript để kết nối với ESP32-CAM.

## **CHƯƠNG 4 : ỨNG DỤNG**

### **2.4.1. Sơ đồ khối ứng dụng**



*Sơ đồ khối hệ thống*

Hệ thống ESP32-CAM sử dụng mạch chuyển đổi FT232RL USB to TTL để thực hiện việc giao tiếp và nạp chương trình qua máy tính.

Nguồn điện được cấp từ máy tính hoặc bộ sạc thông qua cổng USB và đi vào mạch FT232RL. Mạch này có khả năng xuất ra điện áp 3.3V hoặc 5V để cấp nguồn trực tiếp cho module ESP32-CAM. Điều quan trọng là phải đảm bảo điện áp phù hợp với ESP32-CAM, vì nếu cấp sai điện áp (ví dụ cấp 5V vào chân 3.3V) có thể gây hư hỏng thiết bị.

FT232RL hoạt động như một cầu nối giữa giao tiếp UART (TTL) của ESP32-CAM và giao tiếp USB của máy tính. Khi được kết nối với máy tính, FT232RL sẽ tạo ra một cổng COM ảo (Virtual COM Port). Qua cổng COM này, máy tính có thể truyền dữ liệu hoặc nhận dữ liệu từ ESP32-CAM bằng phần mềm Arduino IDE.

Toàn bộ quá trình giao tiếp, lập trình và cấp nguồn đều diễn ra thông qua mạch FT232RL USB to TTL. Đây là giải pháp đơn giản và hiệu quả giúp kết nối giữa máy tính và ESP32-CAM, đặc biệt hữu ích trong giai đoạn phát triển và thử nghiệm chương trình.

### **2.4.2. Mô tả ứng dụng**

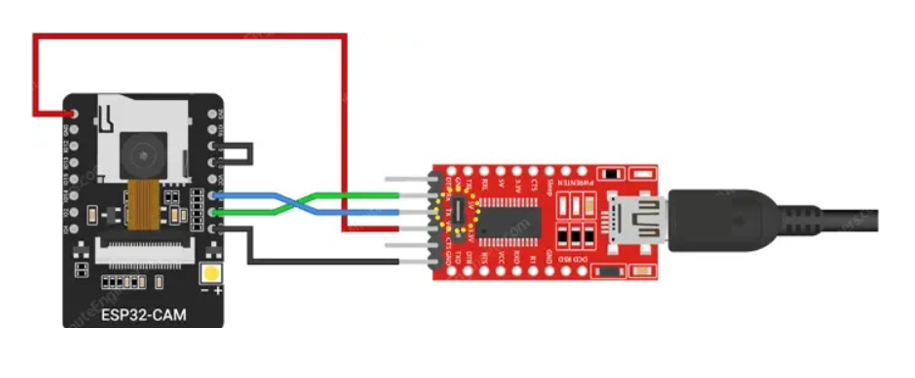
Hệ thống được xây dựng với mục đích tạo ra một camera an ninh thông minh giá rẻ, sử dụng module ESP32-CAM kết hợp với các dịch vụ Internet để giám sát hình ảnh từ xa. Khi phát hiện có chuyển động tại khu vực được giám sát, hệ thống sẽ tự động chụp lại hình ảnh, sau đó gửi cảnh báo kèm theo hình ảnh về tài khoản Telegram của người dùng thông qua Telegram Bot API.

Ứng dụng này đặc biệt phù hợp cho việc theo dõi an ninh trong gia đình, cửa hàng, kho bãi, hoặc văn phòng nhỏ. Với chi phí đầu tư thấp, cấu hình đơn giản và hoạt động ổn định, giải pháp này giúp người dùng chủ động theo dõi và nhận biết các tình huống đột nhập hoặc chuyển động bất thường, dù đang ở bất cứ đâu có kết nối Internet.

Ngoài chức năng gửi cảnh báo, hệ thống cũng có thể được mở rộng thêm các tính năng như: ghi lại ảnh/video vào thẻ nhớ SD, phát trực tiếp hình ảnh thời gian thực qua Wi-Fi.

Toàn bộ hệ thống hoạt động dựa trên ESP32-CAM, một vi điều khiển tích hợp camera, kết nối Wi-Fi, và có thể lập trình trực tiếp bằng Arduino IDE. Với việc tận dụng dịch vụ Telegram – một nền tảng nhắn tin phổ biến, mạnh mẽ và miễn phí – hệ thống có khả năng gửi thông báo gần như tức thời mà không cần đầu tư thêm chi phí máy chủ hoặc ứng dụng trung gian.

### **2.4.3. Sơ đồ kết nối**



Các kết nối cụ thể được thể hiện bằng các đường dây màu như sau:

* Kết nối Nguồn (Power Supply):
* Dây màu đỏ: Kết nối chân cấp nguồn dương (thường là 5V) từ mạch chuyển USB-to-Serial đến chân nhận nguồn 5V trên module ESP32-CAM (thường được ký hiệu là 5V hoặc VCC). Đường kết nối này cung cấp điện áp hoạt động chính cho module ESP32-CAM.
* Dây màu đen: Kết nối chân GND (Ground - Mass) từ mạch chuyển USB-to-Serial đến chân GND trên module ESP32-CAM. Đây là kết nối chung mass, cần thiết để hoàn thiện mạch điện và đảm bảo sự ổn định của tín hiệu.

Kết nối Giao tiếp Nối tiếp (Serial Communication - UART):

* Dây màu xanh lá (Green): Kết nối chân Truyền dữ liệu (Transmit - TX hoặc TXD) của module ESP32-CAM (cụ thể là chân U0T) đến chân Nhận dữ liệu (Receive - RX hoặc RXD) của mạch chuyển USB-to-Serial. Qua đường này, dữ liệu từ ESP32-CAM sẽ được gửi đến máy tính.
* Dây màu xanh dương (Blue): Kết nối chân Nhận dữ liệu (Receive - RX hoặc RXD) của module ESP32-CAM (cụ thể là chân U0R) đến chân Truyền dữ liệu (Transmit - TX hoặc TXD) của mạch chuyển USB-to-Serial. Qua đường này, dữ liệu (lệnh, code) từ máy tính sẽ được gửi đến ESP32-CAM.

### **2.4.4. Các bước xây dựng ứng dụng**

Bước 1: Kết nối phần cứng (dùng nguồn 5V)

* Thiết bị chính: ESP32-CAM (tích hợp camera OV2640 và khe cắm thẻ nhớ SD).
* Mạch nạp/chuyển USB–UART: sử dụng FT232RL USB to TTL Serial Adapter.
* Kết nối các chân như sau:
* GND (FT232RL) ↔ GND (ESP32-CAM)
* TX (FT232RL) ↔ U0R (ESP32-CAM) (RX của ESP32)
* RX (FT232RL) ↔ U0T (ESP32-CAM) (TX của ESP32)
* 5V (FT232RL) ↔ 5V (ESP32-CAM)
* IO0 ↔ GND: để đưa ESP32-CAM vào chế độ flash (nạp chương trình).
* RESET (EN): dùng để reset thiết bị sau khi nạp.
* Thẻ nhớ microSD: gắn trực tiếp vào khe thẻ nhớ trên ESP32-CAM

Bước 2: Cấu hình Wi-Fi và giao diện stream

* Cài đặt thư viện:
* Thêm ESP32 vào Arduino IDE qua link: https://raw.githubusercontent.com/espressif/arduino-esp32/gh-pages/package\_esp32\_index.json
* Cài đặt board: ESP32 Wrover Module hoặc AI Thinker ESP32-CAM
* Mở ví dụ có sẵn: File → Examples → ESP32 → Camera → CameraWebServer
* Cấu hình các thông số:
* Thêm SSID và mật khẩu Wi-Fi của bạn vào file CameraWebServer.ino
* Chọn đúng loại camera: #define CAMERA\_MODEL\_AI\_THINKER
* Giao diện web stream sẽ hiển thị khi truy cập địa chỉ IP của ESP32-CAM trong cùng mạng.

Bước 3: Nạp code qua Arduino IDE

* Trong Arduino IDE:
* Chọn board: AI Thinker ESP32-CAM
* Chọn đúng cổng COM của FT232RL
* Tốc độ nạp: 115200 baud
* Nhấn giữ nút IO0 (nối GND), sau đó nhấn nút RESET (EN) → Nhả IO0.
* Nhấn Upload trong Arduino IDE để nạp chương trình.
* Khi nạp xong, ngắt IO0 khỏi GND, nhấn lại nút RESET để khởi động thiết bị.

Bước 4: Phát triển chức năng thông minh và cảnh báo Telegram

* Web stream:
  + Có thể thay đổi kích thước màn hình stream.
  + Có các nút lật khung hình theo hướng mong muốn.
  + Điều chỉnh độ sáng tối khung hình.
  + Điều chỉnh độ phân giải.
  + Nút tự động chụp màn hình.
  + Trang xem danh sách các ảnh đã chụp, và xóa ảnh theo mong muốn.
* Tích hợp phát hiện chuyển động:
* Sử dụng thuật toán so sánh khung hình.
* Lưu ảnh vào thẻ nhớ SD:
* Nhận diện khuôn mặt:
* Khi phát hiện khuôn mặt, đánh dấu và lưu ảnh.
* Cảnh báo qua Telegram:
* Tạo bot qua BotFather trên Telegram để lấy token.
* Lấy chat ID từ @userinfobot hoặc qua API Telegram.
* Gửi ảnh và tin nhắn bằng HTTP POST tới Telegram Bot API

Bước 5: Nạp chương trình chính thức (có đầy đủ chức năng)

* Sau khi kiểm tra ổn định từng module (stream, nhận diện, lưu ảnh, gửi Telegram), tích hợp toàn bộ vào một chương trình chính.
* Dùng Arduino IDE hoặc PlatformIO để biên dịch và nạp.
* Đảm bảo IO0 được kéo xuống GND để nạp, sau đó rút ra và reset để khởi động.
* Bước 6: Kiểm tra và hiệu chỉnh hệ thống
* Truy cập địa chỉ IP để kiểm tra hình ảnh stream từ camera.
* Gây chuyển động hoặc đưa mặt người vào khung → kiểm tra ảnh có được lưu và gửi Telegram không.

### **2.4.5. Phân tích khó khăn và cách khắc phục**

Trong quá trình thực hiện chức năng phát hiện chuyển động, ban đầu lựa chọn phương pháp so sánh từng pixel của hai khung hình kế tiếp nhưng phát sinh một lỗi là chuyển động được phát hiện liên tục, do độ nhiễu của hình ảnh gây ảnh hưởng đến số lượng pixel khác nhau của mỗi khung hình. Phương án khắc phục đầu tiên là tăng giới hạn pixel khác nhau lên nhưng vẫn chưa khả thi, phương án cuối cùng là chia khung hình thành nhiều block pixel để so sánh, hiệu quả chức năng đã được cải thiện rõ. Các chuyển động bậy giờ đã được phát hiện chính xác hơn nhưng vẫn còn khoảng 20% sai lệch do độ nhiễu khung ảnh và tốc độ camera còn hạn chế.

Các khó khăn trong thực hiện đồ án :

Hạn chế về tài nguyên phần cứng: Dù ESP32-CAM là một board mạnh mẽ trong phân khúc giá rẻ, bộ nhớ RAM (đặc biệt là Heap) có giới hạn đáng kể so với các nền tảng máy tính thông thường. Việc xử lý dữ liệu hình ảnh có kích thước lớn (frame buffer), chạy đồng thời nhiều tác vụ (web server, stream, motion detection, Telegram) và cấp phát bộ nhớ động liên tục thường dẫn đến tình trạng hết bộ nhớ hoặc phân mảnh bộ nhớ (heap fragmentation). Đây là một thách thức lớn, gây ra các lỗi không mong muốn như treo chương trình hoặc ESP32 tự khởi động lại. Đây là một khó khăn lớn, thách thức lớn khiến nhóm tốn rất nhiều thời gian, công sức vào đó, gây ra áp lực cũng như ảnh hưởng tới các ý tưởng ban đầu của nhóm ( ý tưởng sẽ thực hiện một camera chuẩn chỉnh và có nhiều chức năng nâng cao )

Tích hợp đa chức năng và xử lý đa nhiệm: Dự án yêu cầu tích hợp nhiều thành phần hoạt động song song: nhận yêu cầu từ web server, kiểm tra tin nhắn Telegram, chạy logic phát hiện chuyển động trong khi vẫn duy trì stream video….. Việc này đòi hỏi kiến thức cao và giải pháp giải quyết hiệu quả nhưng cũng rất khó. Nhóm đã mất nhiều thời gian để tìm kiếm giải pháp, ảnh hưởng tiến độ thực hiện đồ án rất nhiều.

Phát hiện và sửa lỗi : Gỡ lỗi trên hệ thống nhúng phức tạp hơn nhiều so với lập trình ứng dụng thông thường. Các lỗi thường không hiển thị nguyên nhân rõ ràng mà chỉ qua thông báo lỗi trên Serial Monitor gây ra nhiều cản trở, khó khăn trong việc sửa lỗi.

Chưa đủ kiến thức chuyên môn : Những kiến thức cơ bản chưa đủ để có thể thực hiện đồ án, vì thế đã làm mất khá nhiều thời gian để có thể lần mò, tìm hiểu các kiến thức liên quan đến chủ đề, gây ra nhiều sai sót.

Dù gặp phải nhiều thử thách kỹ thuật, nhóm chúng em đã không ngừng cố gắng tìm hiểu thông qua tài liệu, web và video. Chúng em nhận thức được rằng đồ án có thể chưa đạt đến mức độ hoàn hảo, vẫn còn tiềm năng cải tiến về hiệu suất, sự ổn định lâu dài và các tính năng nâng cao. Tuy nhiên, bằng sự nỗ lực hết mình, chúng em đã cố gắng xây dựng một hệ thống camera an ninh hoạt động được các chức năng cốt lõi đã đề ra. Quá trình này đã mang lại cho chúng em những kinh nghiệm quý báu trong việc phát triển hệ thống IoT nhúng trên các nền tảng có tài nguyên hạn chế.

# **PHẦN 3: PHẦN KẾT LUẬN**

Sau quá trình nghiên cứu và triển khai, nhóm cũng đã đạt được những kết quả nhất định, thể hiện tiềm năng của nền tảng nhúng giá rẻ trong các ứng dụng giám sát. Tuy nhiên, bên cạnh những ưu điểm, dự án cũng còn những hạn chế và mở ra nhiều hướng phát triển trong tương lai.

### **3.3.1 Kết quả đạt được**

Nhóm đã hoàn thành việc xây dựng một hệ thống camera an ninh cơ bản dựa trên board ESP32-CAM. Những kết quả chính đã đạt được bao gồm:

* Xây dựng hệ thống giám sát video qua mạng: Triển khai thành công web server trên ESP32, cho phép truyền video stream đến trình duyệt web, giúp người dùng có thể giám sát trực tiếp từ xa qua mạng Wi-Fi.
* Phát triển chức năng chụp ảnh và lưu trữ: Hệ thống có khả năng chụp ảnh tĩnh theo yêu cầu (từ web hoặc Telegram) và tự động lưu các ảnh này vào thẻ nhớ Micro SD gắn trên board, với tên file được đặt theo thời gian để dễ dàng quản lý.
* Triển khai Web Gallery: Xây dựng giao diện web cho phép người dùng duyệt xem danh sách các ảnh đã lưu trên thẻ SD, xem ảnh chi tiết và thực hiện các thao tác quản lý file cơ bản như xóa ảnh.
* Tích hợp tính năng phát hiện chuyển động cơ bản: Áp dụng một thuật để thực hiện khả năng nhận diện khi có chuyển động trong khu vực giám sát.
* Kết nối và cảnh báo qua Telegram Bot: Tích hợp Telegram Bot, cho phép hệ thống tự động chụp ảnh và gửi cảnh báo kèm ảnh đến Telegram khi phát hiện chuyển động.
* Áp dụng các biện pháp cải thiện ổn định ban đầu: Nghiên cứu và áp dụng các kỹ thuật quản lý tài nguyên như sử dụng cờ busy để đồng bộ hóa truy cập camera, triển khai bộ quản lý frame buffer tập trung với Semaphore, và thực hiện kiểm tra, báo cáo tình trạng bộ nhớ Heap định kỳ, giúp cải thiện đáng kể sự ổn định hoạt động của hệ thống so với các triển khai cơ bản.

### **3.3.2 Ưu điểm**

* Chi phí thấp: Đây là ưu điểm lớn nhất. Việc sử dụng ESP32-CAM và các cảm biến/phụ kiện đi kèm có chi phí đầu tư ban đầu rất thấp so với các giải pháp camera an ninh thương mại, làm cho hệ thống trở nên dễ tiếp cận với nhiều người dùng.
* Kích thước nhỏ gọn và tính di động: Board ESP32-CAM có kích thước nhỏ gọn, dễ dàng lắp đặt ở nhiều vị trí khác nhau.
* Tính linh hoạt và khả năng tùy chỉnh cao: Là một nền tảng mã nguồn mở, ESP32 cho phép người phát triển hoàn toàn kiểm soát mã nguồn và tùy chỉnh chức năng theo nhu cầu cụ thể, cũng như dễ dàng tích hợp với các hệ thống hoặc dịch vụ IoT khác.
* Tích hợp đầy đủ kết nối: ESP32-CAM tích hợp sẵn Wi-Fi, giảm thiểu nhu cầu về các module kết nối ngoài.
* Giao diện thuận tiện
* Học hỏi và nghiên cứu: Quá trình thực hiện đề tài cung cấp một nền tảng thực hành tốt để học về lập trình hệ thống nhúng, xử lý ảnh cơ bản, giao tiếp mạng, quản lý bộ nhớ và làm việc với hệ điều hành thời gian thực (FreeRTOS) trên thiết bị tài nguyên hạn chế.

### **3.3.3 Nhược điểm**

Hạn chế về tài nguyên xử lý và bộ nhớ: ESP32, dù mạnh mẽ so với các vi điều khiển truyền thống, vẫn có giới hạn về công suất xử lý và đặc biệt là bộ nhớ RAM. Điều này ảnh hưởng đến:

* Độ ổn định lâu dài: Dù đã áp dụng các biện pháp quản lý bộ nhớ, vấn đề phân mảnh Heap vẫn có thể xảy ra khi hệ thống chạy liên tục trong thời gian rất dài, dẫn đến giảm hiệu năng hoặc cần khởi động lại.
* Khả năng xử lý ảnh phức tạp: Các thuật toán phát hiện chuyển động phức tạp hơn hoặc các tác vụ xử lý ảnh nâng cao (như giảm nhiễu mạnh, nhận diện đối tượng) khó có thể chạy hiệu quả ở tốc độ cao trên ESP32.
* Tốc độ khung hình và chất lượng stream: Việc duy trì tốc độ khung hình cao và chất lượng stream tốt đồng thời với các tác vụ khác là một thách thức.
* Thuật toán phát hiện chuyển động đơn giản: Vì những hạn chế về tài nguyên xử lý và bộ nhớ ở trên cũng có ảnh hưởng lớn đến thuật toán phát hiện chuyển động.
* Tính năng chưa đầy đủ: So với camera an ninh thương mại, hệ thống còn thiếu nhiều tính năng như ghi video liên tục, lưu trữ đám mây, giao tiếp âm thanh hai chiều, vùng phát hiện chuyển động tùy chỉnh, ….

### **3.3.4 Hướng phát triển đề tài**

Từ những kết quả đạt được và các nhược điểm còn tồn tại, có nhiều hướng để phát triển và cải thiện đề tài trong tương lai:

* Cải thiện thuật toán phát hiện chuyển động: Nghiên cứu và áp dụng các thuật toán phát hiện chuyển động tốt hơn, ít bị ảnh hưởng bởi thay đổi ánh sáng và nhiễu (ví dụ: Background Subtraction nâng cao như MOG2, kỹ thuật dựa trên Optical Flow..)
* Khám phá khả năng sử dụng các mô hình học máy nhẹ (TinyML) để phân biệt chuyển động của con người/phương tiện với các chuyển động khác, giảm thiểu cảnh báo giả.
* Tăng cường sự ổn định và quản lý tài nguyên: Áp dụng các kỹ thuật quản lý bộ nhớ nâng cao hơn và tự động khởi động lại hệ thống khi bị treo.
* Nghiên cứu cách sử dụng hiệu quả hơn các tài nguyên, có thể phân chia các chức năng thành các task riêng biệt với độ ưu tiên phù hợp.
* Tìm hiểu về các biến thể ESP32 mạnh hơn.
* Nâng cao bảo mật:
  + Triển khai xác thực bảo mật cao người dùng.
  + Nghiên cứu và áp dụng mã hóa cho việc truyền dữ liệu nhạy cảm.
* Mở rộng tính năng giám sát:
  + Bổ sung hỗ trợ đèn hồng ngoại (IR LED) và cảm biến ánh sáng (LDR) để quan sát trong điều kiện thiếu sáng/bóng đêm.
  + Tích hợp các loại cảm biến khác (ví dụ: cảm biến PIR, cảm biến cửa/cửa sổ) để tăng cường khả năng phát hiện đột nhập.
  + Triển khai chức năng ghi và lưu trữ video clip ngắn khi phát hiện sự kiện.
  + Nghiên cứu các giải pháp lưu trữ đám mây hoặc FTP để sao lưu ảnh/video.
* Cải thiện giao diện người dùng và trải nghiệm:
  + Phát triển ứng dụng di động (Android/iOS) thay vì chỉ dựa vào web browser.
  + Nâng cấp giao diện web, thêm các tùy chọn cấu hình chi tiết hơn, xem log hệ thống trực tiếp trên web.
* Nghiên cứu về nguồn năng lượng độc lập: Khám phá các giải pháp sử dụng pin, năng lượng mặt trời để thiết bị có thể hoạt động ở những nơi không có sẵn nguồn điện lưới.

Kết luận, có thể khẳng định tính khả thi của việc xây dựng một hệ thống camera an ninh cơ bản trên nền tảng ESP32-CAM với chi phí thấp và nhiều chức năng hữu ích. Tuy nhiên, để trở thành một giải pháp hoàn chỉnh và đáng tin cậy hơn, cần tiếp tục nghiên cứu và phát triển, đặc biệt tập trung vào việc giải quyết các thách thức về tài nguyên phần cứng, nâng cao độ thông minh của thuật toán phát hiện chuyển động và tăng cường các biện pháp bảo mật.

# **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Bharwad, R., & Dangarwala, K. (2020). Motion detection for intelligent video surveillance system: A survey. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*, *4*(2), 1–5. Truy cập từ <https://www.semanticscholar.org/paper/Motion-Detection-for-Intelligent-Video-Surveillance-Bharwad-Dangarwala/02430074aeb0893b9a569fd862544b27774fa83e>
2. Elmir, Y., Touati, H., & Melizou, O. (2024). Intelligent video recording optimization using activity detection for surveillance systems. *arXiv preprint arXiv:2411.02632*. Truy cập từ <https://arxiv.org/abs/2411.02632>
3. Gaikwad, V., Gawai, S., Gulhane, V., Lobo, E., & Dubla, M. (2024). Motion sensing security camera. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, *13*(5), 9631–9636. Truy cập từ <https://www.ijirset.com/upload/2024/may/513_Motion.pdf>
4. He, Y., Ma, X., Luo, X., Li, J., Zhao, M., An, B., & Guan, X. (2017). Vehicle traffic driven camera placement for better metropolis security surveillance. *arXiv preprint arXiv:1705.08508*. Truy cập từ <https://arxiv.org/abs/1705.08508>
5. Ibrahim, S. W. (2016). A comprehensive review on intelligent surveillance systems. *CST Journal*, *1*(1), 1–8. Truy cập từ <https://cst.kipmi.or.id/journal/article/view/7>
6. Meduri, S., Nandal, N., & Reddy, B. P. (2023). Intelligent surveillance support system. *Discover Internet of Things*, *3*(1), Article 39. Truy cập từ <https://link.springer.com/article/10.1007/s43926-023-00039-0>
7. Qian, H., Wu, X., & Xu, Y. (2011). Intelligent surveillance systems. Springer. Truy cập từ <https://www.springer.com/gp/book/9789400711365>
8. Yu, R., Wang, H., & Davis, L. S. (2018). ReMotENet: Efficient relevant motion event detection for large-scale home surveillance videos. *arXiv preprint arXiv:1801.02031*. Truy cập từ <https://arxiv.org/abs/1801.02031>
9. Ansari, A., Manjunath, T. C., & Ardil, C. (2008). Implementation of a Motion Detection System. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, *45*.
10. Yokote, T., Fujii, Y., Maru, K., Yoshiura, N., Ohta, N., & Ueda, H. (2010). Introduction of security camera system with privacy protection into a residential area. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *2*, 105–110. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.04.013>
11. Hangzhou Hikvision Digital Technology Co., Ltd. (2018). *Network Camera Security Guide* (Version 1.1)
12. Prashyanusorn, V., Prashyanusorn, P., Kaviya, S., Fujii, Y., & Yupapin, P. P. (2011). The Use of Security Cameras with Privacy Protecting Ability. *Procedia Engineering*, *8*, 301–307. 1 <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.03.056>