**System Architecture**

**for**

**Ổ Cắm Điện Thông Minh**

**Version 1.0 approved**

**Prepared by Group 5**

**D16DT&KTMT2**

**02-2025**

**Mục Lục**

**Mục Lục 2**

**Lịch Sử Sửa Đổi**

**1. Giới Thiệu 3**

1.1 **Tổng Quan Tài Liệu 3**

1.2 **Viết Tắt Và Thuật Ngữ** **3**

1.2.1 Viết Tắt **3**

1.2.2 Thuật Ngữ **4**

1.3 **Tài Liệu Tham Khảo. 4**

1.3.1 Tài Liệu Tham Khảo Dự Án **4**

1.3.2 Tiêu Chuẩn Và Tài Liệu Tham Chiếu Quy Định **4**

1.4 **Quy Ước** **4**

**2. Kiến Trúc 5**

2.1 **Tổng Quan Kiến Trúc** **5**

2.2 **Kiến Trúc Logic** **5**

2.2.1 Mô Tả Thành Phần Phần Mềm **6**

2.3 **Tổng Quan Kiến Trúc Phần Cứng** **6**

2.3.1 Mô Tả Thành Phần Phần Cứng 1 **6**

2.3.2 Mô Tả Thành Phần Phần Cứng 2 **7**

2.4 **Phần Mềm Thương Mại (COTS)** **7**

**3. Hành Vi Động Của Kiến Trúc 7**

3.1 Khởi Động & Kết Nối **7**

3.2 Quy Trình Điều Khiển & Giám Sát **8**

**4. Cơ Sở Của Kiến Trúc 8**

4.1 Khả Năng Của Kiến Trúc Hệ Thống **9**

4.2 Khả Năng Của Kiến Trúc Mạng **9**

4.3 Kết Quả Phân Tích Rủi Ro **9**

4.4 Kết Quả Kỹ Thuật Nhân Tố Con Người **10**

**5. Truy Xuất Yêu Cầu 11**

| **System Architecture Description of Smart Plug** | | |
| --- | --- | --- |
|  | **Version: 2025** | **Page X/Y** |

# **1. Giới Thiệu**

## **1.1 Tổng Quan Tài Liệu**

Tài liệu này mô tả kiến trúc của hệ thống Ổ Cắm Điện Thông Minh (Smart Plug).

Bao gồm:

* Mô tả chung về hệ thống
* Kiến trúc logic của phần mềm, các lớp và các thành phần cấp cao.
* Kiến trúc vật lý của phần cứng chạy phần mềm.
* Cơ sở cho các lựa chọn kỹ thuật được đưa ra.
* Mối quan hệ truy xuất giữa kiến trúc và yêu cầu hệ thống.

## **1.2 Viết Tắt Và Thuật Ngữ**

### **1.2.1 Viết Tắt**

* **ESP** – Espressif (công ty phát triển ESP8266)
* **GPIO** – General Purpose Input/Output (cổng vào/ra đa năng)
* **PWM** – Pulse Width Modulation (điều chế độ rộng xung)
* **ADC** – Analog-to-Digital Converter (chuyển đổi tín hiệu analog sang digital)
* **I2C** – Inter-Integrated Circuit (giao tiếp giữa các vi mạch)
* **SPI** – Serial Peripheral Interface (giao tiếp ngoại vi nối tiếp)
* **UART** – Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (giao tiếp nối tiếp bất đồng bộ)
* **WiFi** – Wireless Fidelity (kết nối không dây)
* **SSID (Service Set Identifier)** – Tên mạng Wi-Fi
* **Firmware** – Phần mềm nhúng chạy trên ESP8266

### **1.2.2 Thuật Ngữ**

* **Microcontroller Unit (MCU)** – Vi điều khiển, bộ xử lý chính của ESP8266
* **Relay** – Rơ-le, công tắc điện tử dùng để bật/tắt thiết bị điện
* **Blynk** – Nền tảng điều khiển IoT qua ứng dụng di động

## 

| **System Architecture Description of Smart Plug** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Version: 2025** |  | **Page X/Y** |

## **1.3 Tài Liệu Tham Khảo**

**ESP8266 Datasheet** – Tài liệu kỹ thuật chính thức của ESP8266:  
 🔗 <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp8266>

**ESP8266 SDK Documentation** – Hướng dẫn lập trình SDK cho ESP8266:  
 🔗 <https://docs.espressif.com/projects/esp8266-rtos-sdk/en/latest/>

**ESP8266 Pinout & Reference** – Thông tin về chân GPIO và cách sử dụng:  
 🔗 <https://randomnerdtutorials.com/esp8266-pinout-reference-gpios/>

### **1.3.1 Tài Liệu Tham Khảo Dự Án**

| # | Mã Tài Liệu | Tiêu Đề Tài Liệu |
| --- | --- | --- |
| 1 | 001 | Tạo Smart Plug với Blynk & ESP8266 |

### **1.3.2 Tài Liệu Tham Khảo Tiêu Chuẩn Và Quy Định**

| # | Mã Tài Liệu | Tiêu Đề Tài Liệu |
| --- | --- | --- |
| 2 | 002 | ESP8266 Community Forum |

## 

## **1.4 Quy Ước**

1. Quy ước đặt tên biến và hàm (Coding Conventions)

Tuân theo chuẩn **CamelCase** hoặc **snake\_case** để giúp mã dễ đọc và bảo trì

2. Quy ước về cấu trúc thư mục dự án

3. Quy ước về giao tiếp và truyền dữ liệu

| **System Architecture Description of Smart Plug** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Version: 2025** |  | **Page X/Y** |

# **2. Kiến Trúc**

## **2.1 Tổng Quan Kiến Trúc**

Cung cấp mô tả chung về hệ thống từ góc nhìn của người dùng:

* Môi trường hoạt động của hệ thống.
* Đối tượng người dùng.
* Mục đích sử dụng.
* Các chức năng chính.
* Các giao diện chính, đầu vào và đầu ra.

**2.2 Kiến Trúc Logic**

**2.2.1 Mô Tả Thành Phần Phần Mềm**

**Hệ điều hành (Firmware):**

Firmware chạy trên ESP8266 được lập trình bằng Arduino IDE và có các thành phần chính:

* Wifi Manager – Quản lý kết nối Wifi, hỗ trợ ESP8266 WiFiManager.
* MQTT Client / HTTP Server – Giao tiếp với máy chủ điều khiển (Cloud, Home Assistant, v.v.).
* Relay Controller – Điều khiển đóng/ngắt rơ-le.
* Power Monitoring – Đọc dữ liệu từ cảm biến điện áp/dòng điện.
* Data Logger – Lưu trữ dữ liệu vào SPIFFS/LittleST nếu cần.

**Ứng dụng di động (Mobile App):**

* Để kết nối và điều khiển ổ điện thông minh, ta sẽ sử dụng ứng dụng Blynk. Ứng dụng này cung cấp giao diện người dùng để bật/tắt, lập lịch, theo dõi mức tiêu thụ điện năng, và thậm chí điều khiển từ xa qua kết nối Wifi hoặc Bluetooth.

**Kết nối mạng (Network Communication):**

* Để giao tiếp với ứng dụng di động, ổ điện thông minh sử dụng các giao thức mạng như Wifi, Bluetooth. Điều này cho phép người dùng điều khiển ổ điện từ bất kỳ đâu qua mạng internet.

**Xử lý dữ liệu (Data Processing):**

| **System Architecture Description of Smart Plug** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Version: 2025** |  | **Page X/Y** |

* Các ổ điện thông minh có khả năng xử lý và theo dõi mức tiêu thụ điện năng (dựa trên dòng điện và điện áp). Phần mềm này có thể cung cấp thống kê về mức tiêu thụ điện, giúp người dùng tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng.

**Tính năng tự động hóa (Automation Features):**

* Một số ổ điện thông minh hỗ trợ tự động hóa, cho phép người dùng lập lịch bật/tắt thiết bị theo thời gian cụ thể hoặc dựa trên các điều kiện môi trường như cảm biến chuyển động, ánh sáng, hoặc mức độ điện năng tiêu thụ.

**Cập nhật phần mềm (Software Update):**

* Các ổ điện thông minh có thể nhận các bản cập nhật firmware từ nhà sản xuất, giúp cải thiện hiệu suất, bảo mật và thêm các tính năng mới.

**Bảo mật (Security Features):**

* Phần mềm của ổ điện thông minh cần đảm bảo các biện pháp bảo mật để tránh các cuộc tấn công từ xa. Điều này bao gồm mã hóa dữ liệu truyền tải và các phương thức xác thực để bảo vệ quyền riêng tư và thông tin của người dùng.

**2.3 Tổng Quan Kiến Trúc Phần Cứng**

**2.3.1 Mô Tả Thành Phần Phần Cứng 1**

**Bộ điều khiển chính & Kết nối**

1. **Vi điều khiển ESP8266**

* Loại: ESP-12E / ESP-12F hoặc NodeMCU (tùy thiết kế).
* Chức năng:
  + Kết nối Wi-Fi và giao tiếp với server hoặc ứng dụng.
  + Điều khiển đóng/ngắt rơ-le.
  + Đọc dữ liệu từ cảm biến dòng điện/điện áp (nếu có).
  + Hỗ trợ cập nhật OTA (Over-the-Air).
* Lý do chọn ESP8266:
  + Có Wifi tích hợp.
  + Tiêu thụ điện năng thấp.
  + Giá thành rẻ, dễ lập trình.

1. **Bộ nguồn (AC-DC Converter 220V → 5V/3.3V)**

* Loại: HLK-PM01 hoặc AMS1117-3.3V (nếu cần thêm bộ chuyển đổi).

| **System Architecture Description of Smart Plug** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Version: 2025** |  | **Page X/Y** |

* Chức năng:
* Chuyển đổi điện áp từ 220V AC xuống 5V DC (cấp nguồn cho ESP8266).
* Cung cấp điện áp 3.3V cho vi điều khiển.

**2.3.2 Mô Tả Thành Phần Phần Cứng 2**

**Mạch công suất (Điều khiển dòng điện & Bảo vệ mạch)**

1. **Rơ-le (Relay) / Solid State Relay (SSR)**

* Loại: Relay 5V (ví dụ: SRD-05VDC-SL-C) hoặc Solid State Relay.
* Chức năng: Điều khiển bật/tắt nguồn 220VAC cho thiết bị điện.
* Cách điều khiển: ESP8266 điều khiển relay thông qua transistor hoặc optocoupler.

1. **Cảm biến đo dòng điện & điện áp (Tùy chọn)**

* Loại:
* ACS712 (5A/20A/30A) → Đo dòng điện.
* PZEM-004T → Đo điện áp, dòng điện, công suất.
* Chức năng:
* Theo dõi mức tiêu thụ điện năng của thiết bị cắm vào Smart Plug.
* Gửi dữ liệu về server để hiển thị hoặc giám sát.

# **3. Hành Vi Động Của Kiến Trúc**

## **3.1 Khởi Động & Kết Nối**

Khi thiết bị khởi động, ESP8266 cần thiết lập kết nối Wifi, kiểm tra trạng thái relay và đăng ký với hệ thống điều khiển từ xa (MQTT / HTTP Server).

**Tình huống đặc biệt**

* Nếu Wifi mất kết nối → Tự động thử lại hoặc chuyển sang chế độ Offline Mode.
* Nếu MQTT Broker bị lỗi → Lưu lệnh cục bộ và gửi lại khi có kết nối.

| **System Architecture Description of Smart Plug** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Version: 2025** |  | **Page X/Y** |

## **3.2 Quy Trình Điều Khiển & Giám Sát**

Khi thiết bị đang chạy, ESP8266 cần phản hồi các lệnh điều khiển từ xa, cập nhật trạng thái relay và giám sát công suất tiêu thụ của thiết bị cắm vào ổ cắm.

**Tình huống đặc biệt**

* Nếu cảm biến phát hiện quá tải → Tắt relay ngay lập tức để bảo vệ thiết bị.
* Nếu mất kết nối MQTT → Lưu lệnh cục bộ và thử lại sau.

## **4. Cơ Sở Của Kiến Trúc**

## **4.1 Khả Năng Của Kiến Trúc Hệ Thống**

**Khả năng điều khiển từ xa**

* Hỗ trợ MQTT / HTTP API để điều khiển thiết bị qua Wifi.
* Điều khiển bằng ứng dụng di động hoặc nền tảng cloud như Home Assistant, Tuya, Blynk.
* Tích hợp với trợ lý ảo (Google Assistant, Alexa) để ra lệnh bằng giọng nói.

**Khả năng giám sát và thu thập dữ liệu**

* Cảm biến đo dòng điện, công suất tiêu thụ.
* Gửi dữ liệu về server để hiển thị, lưu trữ hoặc phân tích.
* Cảnh báo khi có quá tải, đoản mạch, mất kết nối.

**Khả năng hoạt động cục bộ và độc lập**

* Vẫn có thể bật/tắt bằng nút nhấn vật lý ngay cả khi mất Wi-Fi.
* Nếu mất kết nối MQTT, thiết bị vẫn ghi nhớ lệnh gần nhất và tự động thử kết nối lại.
* Tự động khởi động lại khi gặp lỗi (watchdog reset).

**Khả năng bảo mật & cập nhật**

* Mã hóa giao tiếp MQTT/TLS để tránh bị tấn công trung gian.

| **System Architecture Description of Smart Plug** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Version: 2025** |  | **Page X/Y** |

* Hỗ trợ **cập nhật OTA (Over-The-Air)** giúp nâng cấp firmware từ xa.
* Hạn chế truy cập trái phép bằng xác thực API Key hoặc MQTT authentication.

## **4.2 Khả Năng Của Kiến Trúc Mạng**

Hệ thống Smart Plug ESP8266 sử dụng kiến trúc mạng WiFi & MQTT với các đặc điểm sau:

**Mô hình giao tiếp mạng**

* Giao tiếp Wi-Fi (802.11 b/g/n) – Kết nối với router để giao tiếp với server.
* MQTT Protocol – Giao tiếp với cloud hoặc broker nội bộ.
* HTTP API (RESTful) – Điều khiển qua web server nếu không dùng MQTT.

**Cách thức giao tiếp với hệ thống điều khiển**

1. Ứng dụng gửi lệnh điều khiển → MQTT Broker → Smart Plug ESP8266
2. ESP8266 gửi phản hồi về trạng thái relay → MQTT Broker → Ứng dụng
3. ESP8266 gửi dữ liệu cảm biến (công suất, dòng điện) → MQTT → Server

## **4.3 Kết Quả Phân Tích Rủi Ro**

**Rủi ro phần cứng**

| **Nguyên nhân** | **Hậu quả** | **Cách khắc phục** |
| --- | --- | --- |
| Nguồn 5V bị lỗi | Esp8266 không hoạt động | Dùng nguồn chất lượng cao, có bảo vệ quá áp |
| Relay bị hỏng | Không thể bật/tắt thiết bị | Chọn relay chất lượng tốt |
| Quá nhiệt | Thiết bị có thể cháy nổ | Thêm cảm biến nhiệt, tự động tắt khi quá nhiệt |

| **System Architecture Description of Smart Plug** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Version: 2025** |  | **Page X/Y** |

**Rủi ro phần mềm**

| **Lỗi** | **Hậu quả** | **Cách khắc phục** |
| --- | --- | --- |
| Mất kết nối Wifi | Không điều khiển từ xa | Chuyển sang chế độ offline, thử lại nhiều lần |
| Firmware lỗi | Thiết bị treo, không hoạt động | Hỗ trợ cập nhật OTA, watchdog reset |

**Rủi ro bảo mật**

| **Mối đe dọa** | **Hậu quả** | **Cách khắc phục** |
| --- | --- | --- |
| Tấn công trung gian | Hacker có thể xâm nhập | Dùng MQTT/TLS, xác thực API Key |
| Truy cập trái phép vào Wifi | Esp8266 bị điều khiển ngoài ý muốn | Bật WPA2, dùng mật khẩu mạnh |
| Firmware bị thay đổi trái phép | Hacker chiếm quyền điều khiển | Ký số firmware, chỉ chấp nhận OTA từ nguồn tin cậy |

## **4.4 Kết Quả Kỹ Thuật Nhân Tố Con Người**

| **Hành động sai** | **Hậu quả** | **Cách khắc phục** |
| --- | --- | --- |
| Cấu hình sai Wifi | Không thể kết nối internet | Cung cấp giao diện cài đặt đơn giản |
| Không cập nhật firmware | Thiết bị dễ bị lỗi hoặc bị tấn công | Tự động thông báo khi có bản cập nhật |
| Cắm thiết bị quá tải | Có thể gây cháy nổ | Thêm giới hạn công suất |

| **System Architecture Description of Smart Plug** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Version: 2025** |  | **Page X/Y** |

# **5. Truy Xuất Yêu Cầu**

| Yêu Cầu | Linh Kiện | Bình Luận |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |