

**BUILD APP MODULE ON MINI BREAKOUT INTEL EDISON**

Nguyen Xuan Kien\*, Le Hong Thu

TNU - University of Information and Communication Technology

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><b>Received:</b> 09/11/2021</p> <p><b>Revised:</b> 30/11/2021</p> <p><b>Published:</b> 30/11/2021</p>	<p>Intel Edison is an embedded computer with compact size, fast processing speed, suitable for learning, research and development of designs in many fields such as Internet of Things (IoT), sensor networks, wireless networks (WSNs) are powerful enough to implement robotics projects in artificial intelligence (AI), computer vision, machine learning, deep learning, big data analysis. and the fields of electricity, electronics, information technology and embedded systems. To be able to work with hardware architecture, along with new software environment is a challenging barrier for beginners, as well as limited for those who want to explore technology. The authors present the results of the process of surveying and deploying to build application modules on the Intel Edison platform. The results contribute to being a tool to help newcomers quickly access and master technology, thereby developing products and applying them into practice.</p>
<p><b>KEYWORDS</b></p> <p>Embedded computer</p> <p>Microcontrollers</p> <p>Intel Edison</p> <p>Mini Breakout Edison</p> <p>Practice KIT Intel</p>	

**XÂY DỰNG CÁC MODULE ỨNG DỤNG TRÊN NỀN TẢNG MINI BREAKOUT INTEL EDISON**

Nguyễn Xuân Kiên\*, Lê Hồng Thu

Trường Đại học Công nghệ Thông tin và Truyền thông - ĐH Thái Nguyên

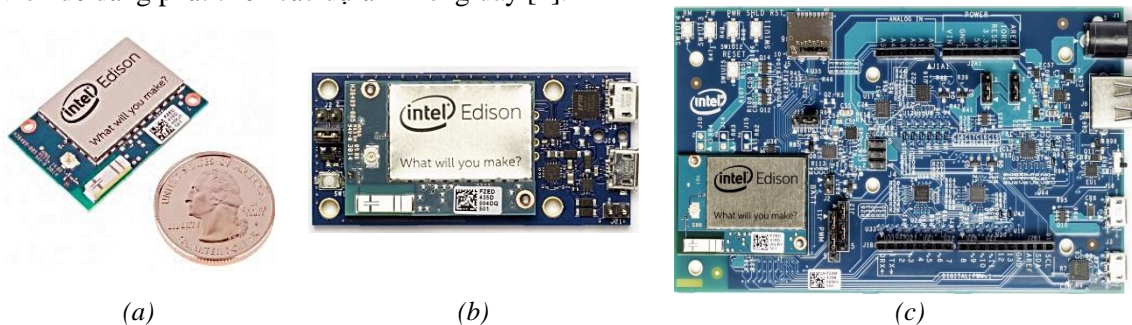
THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
<p><b>Ngày nhận bài:</b> 09/11/2021</p> <p><b>Ngày hoàn thiện:</b> 30/11/2021</p> <p><b>Ngày đăng:</b> 30/11/2021</p>	<p>Intel Edison là máy tính nhúng với kích thước nhỏ gọn, tốc độ xử lý nhanh, phù hợp với việc học tập, nghiên cứu, phát triển các thiết kế thuộc nhiều lĩnh vực như Internet kết nối vạn vật (IoT), mạng cảm biến không dây (WSNs) đủ mạnh để thực hiện các dự án robot trí tuệ nhân tạo (AI), thị giác máy tính, học máy (machine learning), học sâu (deep learning), phân tích dữ liệu lớn (big data) và các lĩnh vực thuộc ngành điện, điện tử, công nghệ thông tin và hệ thống nhúng. Để có thể làm việc với kiến trúc phần cứng, cùng với môi trường phần mềm mới là một rào cản thách thức đối với người bắt đầu tìm hiểu, cũng như là hạn chế với người muốn khám phá công nghệ. Nhóm tác giả đưa ra kết quả của quá trình khảo sát và triển khai xây dựng module ứng dụng trên nền tảng Intel Edison. Kết quả thực hiện góp phần là một công cụ hỗ trợ người mới có thể nhanh chóng tiếp cận, làm chủ công nghệ, từ đó phát triển lên các sản phẩm, ứng dụng vào thực tiễn.</p>
<p><b>TỪ KHÓA</b></p> <p>Máy tính nhúng</p> <p>Vi điều khiển</p> <p>Intel Edison</p> <p>Mini Breakout Edison</p> <p>KIT Intel</p>	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.5243>

\* Corresponding author. Email: nxkien@ictu.edu.vn

## 1. Giới thiệu

Intel Edison với kiến trúc máy tính có kích thước nhỏ như Hình 1 (a) là một thành tựu mà hãng Intel đang nỗ lực phát triển nhằm hướng đến một nền tảng thân thiện hơn với các nhà sáng chế kỹ thuật. Intel Edison sử dụng chip Intel Atom Dual-Core Processor 500MHz, vi xử lý 32-bit Intel Quark 100MHz, 1GB RAM DDR3 800 Mhz, 4GB eMMC bộ nhớ (gồm flash và một bộ điều khiển bộ nhớ), wifi (802.11a/b/g/n), bluetooth 4.0 BLE (Bluetooth Low Energy) giúp lập trình viên dễ dàng phát triển các dự án không dây [1].



**Hình 1.** Hình ảnh của (a): Intel Edison, (b): Mini breakout Edison, (c): Arduino breakout Edison

Máy tính nhúng (Compute Module) Intel Edison tương thích với các công cụ được cộng đồng phát triển sử dụng phổ biến như Arduino IDE, Wolfram Language, cài đặt sẵn Yocto Linux, hỗ trợ Node.js và Python. Mã nguồn BlueZ cho phép người dùng tùy biến các thông số bluetooth dễ dàng [2]. Edison hứa hẹn sẽ là bộ não cho những thiết bị gia dụng hay thiết bị đeo tay thông minh. Intel còn cung cấp hệ thống phân tích phát triển trên nền điện toán đám mây, thực hiện thu thập dữ liệu từ các cảm biến kết nối với Edison gửi đến, điều này rất hữu ích người dùng, thuận lợi khi sử dụng, tiết kiệm được chi phí về đầu tư cơ sở phần cứng và phần mềm.

Intel Edison có 70 pin (chân giao tiếp siêu nhỏ), nên cần có mạch breakout để thuận lợi cho việc giao tiếp với các thiết bị ngoại vi. Có 2 loại breakout cho KIT này đó là mini breakout như Hình 1 (b) và arduino breakout như Hình 1 (c).

Intel Edison có tốc độ xử lý cao, đủ linh hoạt để có thể quản lý các ứng dụng Internet kết nối vạn vật (IoT), mạng cảm biến không dây WSNs (Wireless Sensor Networks) đủ mạnh để thực hiện các dự án robot trí tuệ nhân tạo (AI), thị giác máy tính, học máy machine learning, học sâu deep learning, phân tích dữ liệu lớn (big data) [3]-[7],...

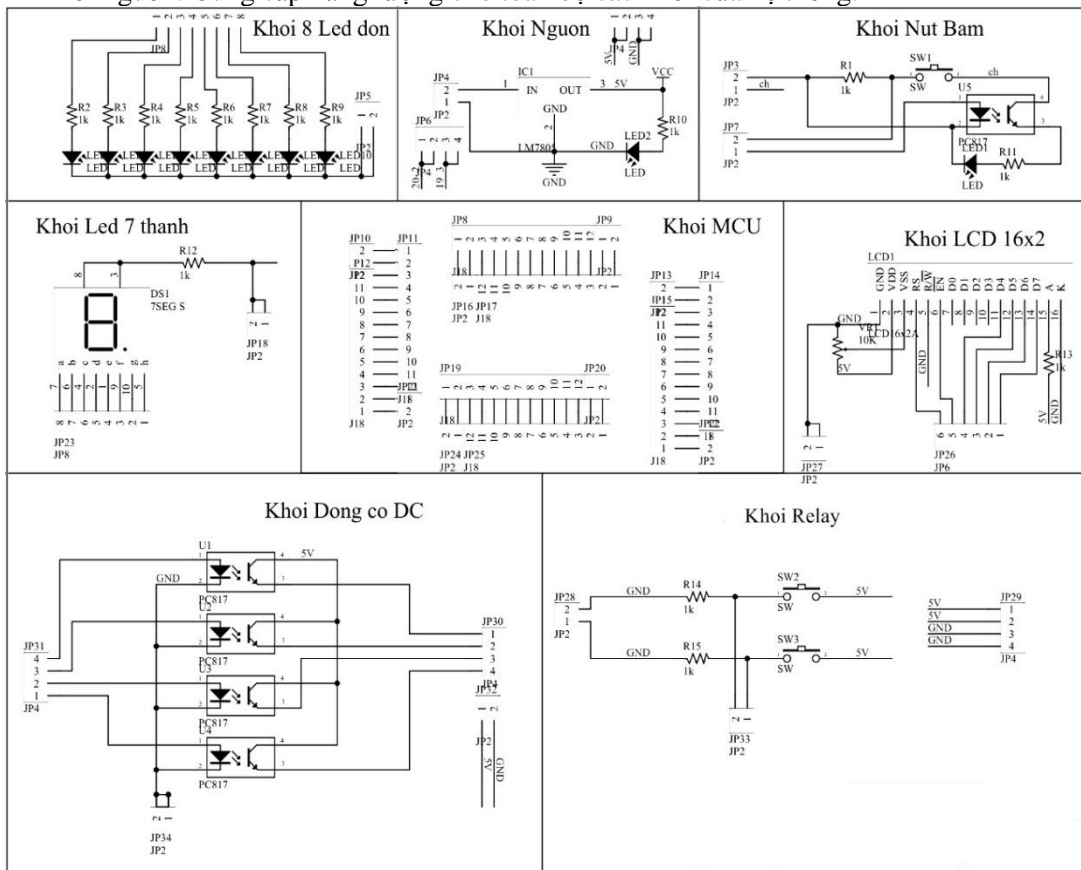
Trong sự nghiệp xây dựng đất nước công nghiệp hoá, hiện đại hoá đất nước ngày nay, xã hội ngày một phát triển, cùng với đó là sự hiểu biết về trình độ thì khả năng chuyên môn, tay nghề thực tế là điều không thể thiếu của mỗi người. Xuất phát từ nguyên tắc đó, mỗi trường học đều có những phòng lab để người học có thể vận dụng những kiến thức học được vào thực hành, và cũng là nơi sinh viên có thể nghiên cứu và thực tập.

Để có thể thiết kế được những dự án phức tạp với Intel Edison cần có nền tảng kiến thức chắc chắn, thời gian nghiên cứu tập trung nghiêm túc, gian nan, đòi hỏi người làm phải kiên trì, cố gắng và liên tục cập nhật thông tin. Thực tế thì điều này không phù hợp trong đào tạo người học, thợ và kỹ sư đang chạy công trình, vì yêu cầu công việc cùng tiến độ không cho phép kéo dài. Bên cạnh đó, với kiến trúc phần cứng, cùng với môi trường phần mềm mới là một rào cản thách thức đối với người bắt đầu tìm hiểu, cũng như là hạn chế với người muốn khám phá công nghệ. Xuất phát từ thực tế trên, cùng với công năng, phạm vi ứng dụng của Intel Edison, nhóm tác giả đưa ra kết quả của quá trình khảo sát và triển khai xây dựng module ứng dụng trên nền tảng Intel Edison cùng tài liệu hướng dẫn học tập. Kết quả thực hiện góp phần là một công cụ hỗ trợ người học nhanh chóng tiếp cận, làm chủ công nghệ, từ đó phát triển lên các sản phẩm, ứng dụng vào thực tiễn.

**2. Phân tích công nghệ**

Mục tiêu mà nhóm tác giả hướng đến là xây dựng các module ngoại vi giao tiếp với khối xử lý MCU Intel Edison như Hình 2. Để thuận lợi cho truyền thông dữ liệu từ Intel Edison tới các linh kiện, khối MCU được đặt ở giữa hệ thống, và sử dụng mini breakout như Hình 1 (b) để gắn KIT. Khi cần sử dụng module nào để làm việc, chỉ việc cắm dây nối MCU tới các khối mạch điện. Các module ngoại vi gồm có:

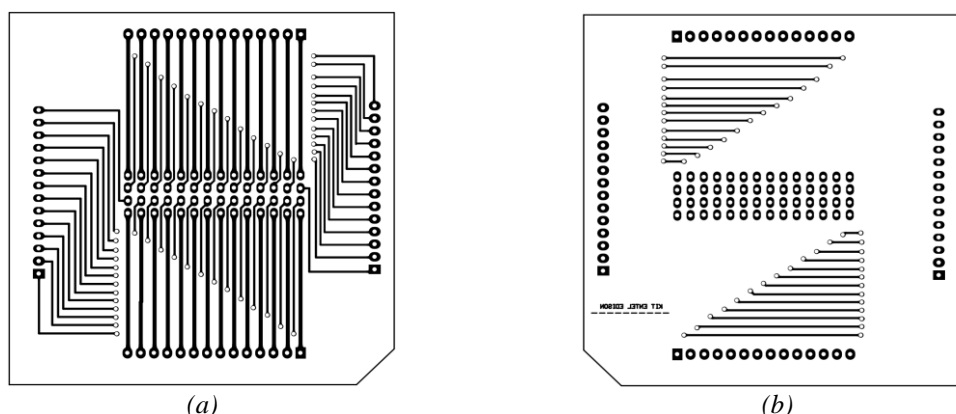
- Khối LED đơn: Được lập trình để điều khiển hiệu ứng sáng, tắt LED.
- Khối nút bấm: Được sử dụng để đọc trạng thái đầu vào MCU.
- Khối LED 7 thanh: Có chức năng hiện thị các giá trị gồm con số:  $0 \div 9$  và chữ:  $A \div F$ .
- Khối LCD 16x2: Màn hình tinh thể lỏng để hiện thị thông tin lên trên 2 hàng, mỗi hàng 16 điểm ảnh.
- Khối động cơ DC: Điều khiển động cơ 1 chiều.
- Khối Relay: Tác động của MCU tới đầu ra.
- Khối nguồn: Cung cấp năng lượng cho toàn bộ các khối của hệ thống.



**Hình 2.** Sơ đồ capture của module ứng dụng với Intel Edison

Để có thể thiết kế mạch điện, có thể sử dụng các phần mềm như Orcad, Proteus, Altium designer [8],... Đồng thời để làm việc với phần mềm, nhóm tác giả sử dụng Arduino IDE [9] được cộng đồng mã nguồn mở hỗ trợ phát triển, giúp người học nhanh chóng làm chủ được công nghệ.

Với thiết kế như Hình 2, ta có thể thi công mạch điện từ theo sơ đồ mạch in PCB ở Hình 3 hoặc dựa trên phân cứng mà tập trung vào việc phát triển phần mềm. Người dùng sẽ được cung cấp công cụ cho việc học tập, nghiên cứu về Intel Edison, từ đó dễ dàng hơn trong thực hành, kiểm tra và đánh giá khả năng của dòng máy tính nhúng mạnh mẽ này.



**Hình 3.** Sơ đồ mạch in PCB cho hệ thống ứng dụng Intel Edison: (a) Mặt trên, (b) Mặt dưới

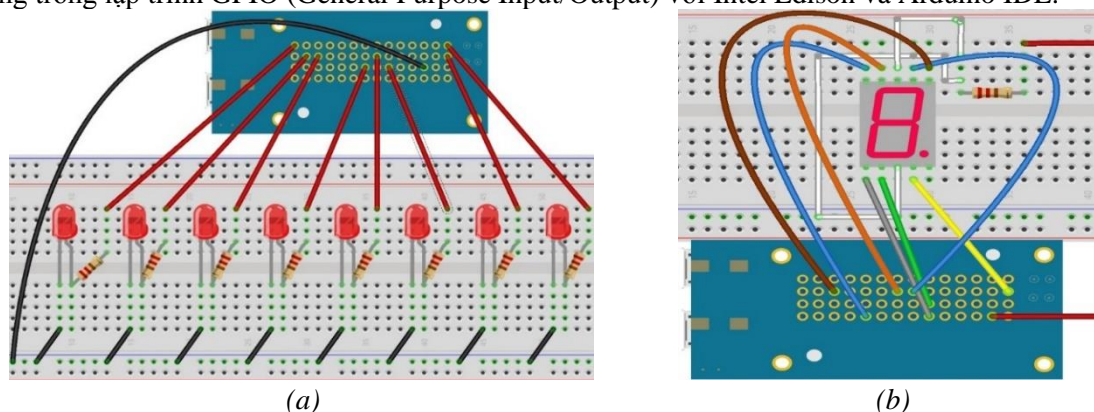
### 3. Thiết kế các bài toán ứng dụng

Nhóm tác giả sẽ xây dựng 7 bài toán ứng dụng tương đương với 6 module ngoại vi, từ nền tảng cơ bản này, người học có thể phát triển thêm các ứng dụng khác, theo nguyên lý điều khiển và thuật toán đặt ra.

#### 3.1. Điều khiển LED đơn

Bài toán: Tiến hành kết nối phần cứng Khối LED đơn gồm 8 LED (từ LED1 đến LED8) với các chân 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 của mini breakout Intel Edison như Hình 4 (a). Lập trình điều khiển 8 LED hoạt động với hiệu ứng sáng dần, sau khi sáng hết sẽ tắt dần các LED.

Mục đích của bài toán: Giúp người học nắm được cấu tạo, hoạt động của LED đơn, cách cấu hình các chân cho Intel Edison làm đầu ra, biết được các lệnh xuất tín hiệu, có kinh nghiệm và kỹ năng trong lập trình GPIO (General Purpose Input/Output) với Intel Edison và Arduino IDE.



**Hình 4.** Sơ đồ kết nối của Intel Edison với (a): 8 LED đơn, (b): LED 7 thanh Anode chung

Thuật toán điều khiển MCU được đề xuất như sau: Toàn bộ chương trình điều khiển cho MCU được lập vô hạn, gồm các bước:

- Bước 1: Cấu hình công, định các chân 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 của Intel Edison làm đầu ra.
- Bước 2: Lần lượt xuất tín hiệu điều khiển các LED sáng lần lượt từ LED 1 đến LED 8.
- Bước 3: Khi 8 LED đều sáng, tín hiệu điều khiển được gửi tới để tắt dần các LED từ LED 8 về LED 1.
- Bước 4: Quay lại Bước 2.

#### 3.2. Điều khiển LED 7 thanh

Bài toán: Tiến hành kết nối phần cứng các chân (a, b, c, d, e, f, g) của LED 7 thanh (loại Anode chung) với các chân 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 của mini breakout Intel Edison như Hình 4 (b). Lập trình cho MCU hiện thị lên LED 7 thanh các số đếm tiến từ 0 ÷ 9, các chữ từ A ÷ F.

Mục đích của bài toán: Giúp người học nắm được cấu tạo, phân loại, hoạt động, các mã tương ứng với giá trị cần hiện thị của LED 7 thanh, cách cấu hình các chân cho Intel Edison làm đầu ra, biết được các lệnh xuất tín hiệu, có kinh nghiệm và kỹ năng trong lập trình GPIO (General Purpose Input/Output) với Intel Edison và Arduino IDE.

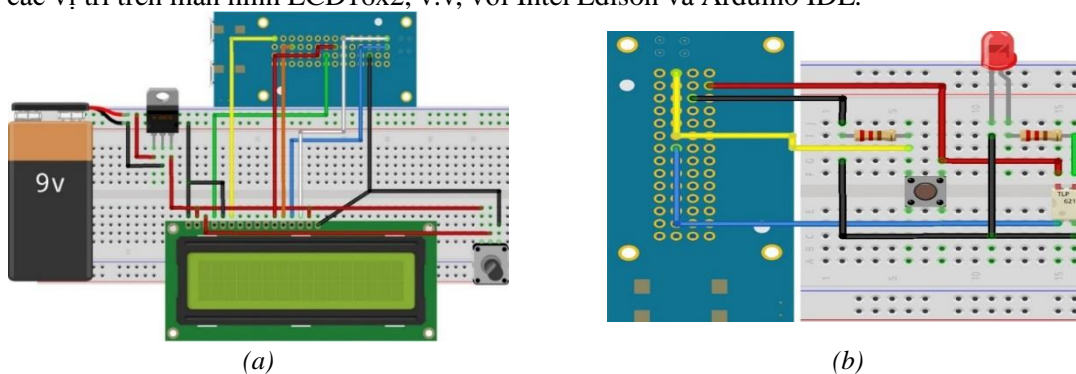
Thuật toán điều khiển MCU được đề xuất như sau: Toàn bộ chương trình điều khiển cho MCU được lập vô hạn, gồm các bước:

- Bước 1: Cấu hình cổng, định các chân 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 của Intel Edison làm đầu ra.
- Bước 2: Khai báo 1 mảng tên là Ma7Seg[15] có 15 phần tử gồm các mã LED 7 thanh (Anode chung) ở hệ 16, tương ứng với các số từ 0 ÷ 9, các chữ từ A ÷ F: C0, F9, A4, B0, 99, 92, 82, F8, 80, 90, 88, 83, C6, A1, 86, 8E, BF.
- Bước 3: Xuất mã C0 ra LED 7 thanh tương ứng với Ma7Seg[0] (hiện thị số 0).
- Bước 4: Cho biến i (thuộc kiểu số nguyên) tăng từ 0 ÷ 15.
- Bước 5: Kiểm tra điều kiện  $i \leq 15$ :
  - + Nếu đúng, xuất các mã LED 7 thanh trong mảng Ma7Seg[i] tương ứng với các giá trị thứ i sau đó quay lại Bước 4.
  - + Nếu sai, quay lại Bước 3.

### 3.3. Giao tiếp với LCD 16x2

Bài toán: Tiến hành kết nối phần cứng các chân (RS, E, D4, D5, D6, D7) của LCD16x2 (giao tiếp 4 bit) với các chân 1, 2, 3, 4, 5, 6 của mini breakout Intel Edison như Hình 5 (a). Lập trình cho MCU hiện thị lên LED 7 thanh các số đếm tiến từ 0 ÷ 9.

Mục đích của bài toán: Giúp người học nắm được cấu tạo, phân loại, hoạt động của LCD16x2, có kiến thức, kinh nghiệm và kỹ năng trong lập trình, xây dựng các hàm khởi tạo, hiện thị, xoá ký tự tại các vị trí trên màn hình LCD16x2, v.v, với Intel Edison và Arduino IDE.



Hình 5. Sơ đồ kết nối của Intel Edison với (a): LCD16x2, (b): LED đơn và nút bấm

Thuật toán điều khiển MCU được đề xuất như sau: Toàn bộ chương trình điều khiển cho MCU được lập vô hạn, gồm các bước:

- Bước 1: Khởi tạo thư viện *LiquidCrystal.h* chứa các hàm như: xác định vị trí con trỏ, hiện thị ký tự, xoá ký tự, v.v.
- Bước 2: Cấu hình cổng, khai báo các kết nối của Intel Edison với LCD16x2.
- Bước 3: Sử dụng các hàm trong thư viện *LiquidCrystal.h* để thực hiện các công việc hiện thị ký tự, chuỗi ở vị trí bất kỳ trên mỗi hàng của LCD16x2.
- Bước 4: Quay lại Bước 3.

### 3.4. Đọc trạng thái phím bấm

Bài toán: Tiến hành kết nối phần cứng nút bấm với chân số 5 và LED đơn nối với chân số 3 của mini breakout Intel Edison như Hình 5 (b). Lập trình cho MCU để khi nhấn nút thì LED sáng và ngược lại khi nhả nút thì LED tắt.

Mục đích của bài toán: Giúp người học nắm được cấu tạo, phân loại, hoạt động của LED đơn, nút bấm, cách cấu hình các chân cho Intel Edison làm đầu vào, đầu ra, biết được các lệnh đọc, ghi tín hiệu, có kinh nghiệm và kỹ năng trong lập trình GPIO (General Purpose Input/Output) với Intel Edison và Arduino IDE.

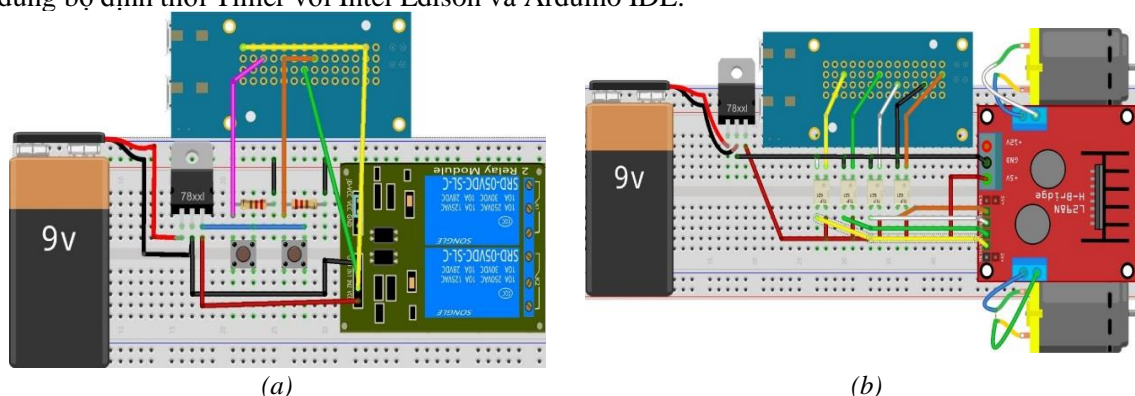
Thuật toán điều khiển MCU được đề xuất như sau: Toàn bộ chương trình điều khiển cho MCU được lập vô hạn, gồm các bước:

- Bước 1: Cấu hình công, định các chân 3 của Intel Edison làm đầu ra, chân 5 làm đầu vào.
- Bước 2: Kiểm tra điều kiện nút bấm có nhấn hay không:
  - + Nếu đúng: Xuất tín hiệu điều khiển LED sáng.
  - + Nếu sai: Xuất tín hiệu điều khiển LED tắt.
- Bước 3: Quay lại Bước 2 tiếp tục kiểm tra trạng thái nút bấm.

### 3.5. Điều khiển Relay chấp hành

Bài toán: Tiến hành kết nối phần cứng 2 nút bấm với chân 3, 4 và chân IN1, IN2 của Relay 2 kênh nối với chân 1, 2 của mini breakout Intel Edison như Hình 6 (a). Lập trình cho MCU để khi nhấn nút 1 thì Relay 1 tác động, nhấn nút 2 thì Relay 2 tác động và ngược lại khi nhả 2 nút thì 2 Relay sẽ mất điện.

Mục đích của bài toán: Giúp người học nắm được cấu tạo, phân loại, hoạt động của Relay, nút bấm, cách cấu hình các chân cho Intel Edison làm đầu vào, đầu ra, biết được các lệnh đọc, ghi tín hiệu, có kinh nghiệm và kỹ năng trong lập trình GPIO (General Purpose Input/Output), tạo trễ dùng bộ định thời Timer với Intel Edison và Arduino IDE.



Hình 6. Sơ đồ kết nối của Intel Edison với (a): Relay 2 kênh, (b): Động cơ DC và module L298

Thuật toán điều khiển MCU được đề xuất như sau: Toàn bộ chương trình điều khiển cho MCU được lập vô hạn, gồm các bước:

- Bước 1: Cấu hình công, định các chân 3, 4 của Intel Edison làm đầu ra, chân 1, 2 làm đầu vào.
- Bước 2: Kiểm tra điều kiện nút bấm 1 có nhấn hay không:
  - + Nếu đúng: Xuất tín hiệu điều khiển Relay 1 tác động.
  - + Nếu sai: Xuất tín hiệu điều khiển Relay 1 tắt.
- Bước 3: Kiểm tra điều kiện nút bấm 2 có nhấn hay không:
  - + Nếu đúng: Xuất tín hiệu điều khiển Relay 2 tác động.
  - + Nếu sai: Xuất tín hiệu điều khiển Relay 2 tắt.
- Bước 4: Quay lại Bước 2 tiếp tục kiểm tra trạng thái nút bấm.

### 3.6. Điều khiển động cơ một chiều

Bài toán: Tiến hành kết nối phân cứng các chân IN1, IN2, IN3, IN4 của module L298N với chân 5, 7, 9, 4 của mini breakout Intel Edison như Hình 6 (b). Lập trình cho MCU điều khiển cho cả 2 động cơ cùng quay thuận 1, sau đó cùng quay ngược, rồi dừng.

Mục đích của bài toán: Giúp người học nắm được cấu tạo, phân loại, hoạt động của động cơ 1 chiều, module L298N, cách cấu hình các chân cho Intel Edison làm đầu ra, biết được các lệnh đọc, ghi tín hiệu số, tín hiệu tương tự, có kinh nghiệm và kỹ năng trong lập trình điều chế độ rộng xung PWM với Intel Edison và Arduino IDE.

Thuật toán điều khiển MCU được đề xuất như sau: Toàn bộ chương trình điều khiển cho MCU được lập vô hạn, gồm các bước:

- Bước 1: Cấu hình công, định các chân 5, 7, 9, 4 của Intel Edison làm đầu ra.
- Bước 2: Xây dựng 3 chương trình con thực hiện các công việc: Quay thuận, quay ngược và dừng 2 động cơ.
- Bước 3: Trong chương trình chính tiến hành: Gọi hàm thực hiện công việc quay thuận, quay ngược và dừng 2 động cơ, giữa các trạng thái gọi hàm trả về để kéo dài thời gian thực hiện, tốc độ động cơ được điều khiển tăng dần theo phương pháp điều chế PWM.
- Bước 4: Quay lại Bước 3.

### 3.7. Điều khiển thiết bị điện thông minh qua internet

Bài toán: Tiến hành kết nối phân cứng như Hình 5 (b). Lập trình cho MCU và thiết kế ứng dụng trên Smartphone Android có giao diện như Hình 7 (a), để có thể điều khiển đóng, ngắt relay (thiết bị điện) qua internet theo 1 trong 3 cách: nút bấm trên phần cứng (giống mục 3.5), công tắc cảm ứng trên ứng dụng, sử dụng giọng nói tiếng Việt.

Mục đích của bài toán: Giúp người học nắm được cấu tạo, phân loại, hoạt động của Relay, nút bấm, cách cấu hình các chân cho Intel Edison làm đầu vào, đầu ra, biết được các lệnh đọc, ghi tín hiệu, có kinh nghiệm và kỹ năng trong lập trình GPIO (General Purpose Input/Output), tạo trễ dùng bộ định thời Timer với Intel Edison và Arduino IDE, thiết kế ứng dụng trên smartphone Android.

Thuật toán điều khiển MCU được đề xuất như sau: Toàn bộ chương trình điều khiển cho MCU được lập vô hạn, gồm các bước:

- Bước 1: Cấu hình công, định các chân 3, 4 của Intel Edison làm đầu ra, chân 1, 2 làm đầu vào.
- Bước 2: Kiểm tra điều kiện nút bấm 1 hoặc nút bấm 2 có nhấn hay không: Nếu đúng hoặc sai sẽ xuất tín hiệu điều khiển Relay 1 và Relay 2 bật hoặc tắt tương ứng.
- Bước 3: Kiểm tra điều kiện công tắc cảm ứng 1 và 2 có nhấn hay không: Nếu đúng hoặc sai sẽ xuất tín hiệu điều khiển Relay 1 và Relay 2 bật hoặc tắt tương ứng.
- Bước 4: Kiểm tra điều kiện có lệnh giọng nói (cú pháp: Bật hoặc Tắt Relay 1, Bật hoặc Tắt Relay 2): Nếu đúng hoặc sai sẽ xuất tín hiệu điều khiển Relay 1 và Relay 2 bật hoặc tắt tương ứng.

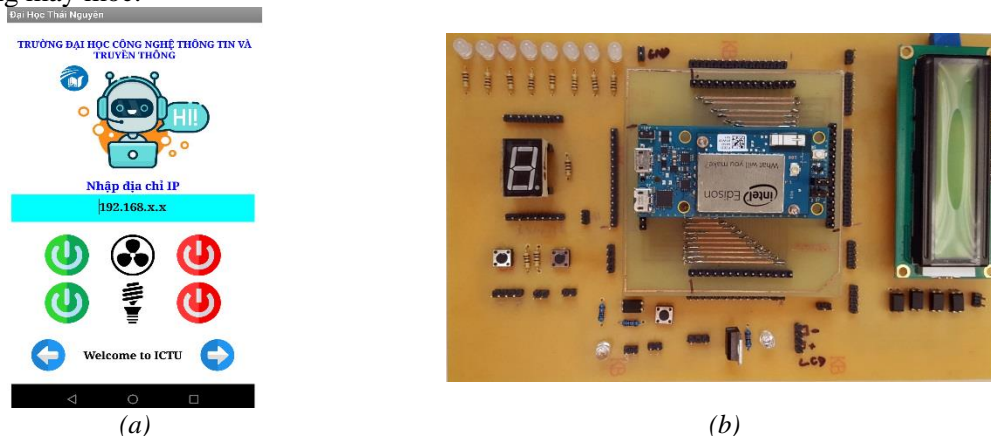
## 4. Kết quả và đánh giá

Sau khi thực thi các công đoạn làm mạch PCB [10], từ mạch in ở Hình 3, nhóm tác giả tiến hành gắn các linh kiện, module ngoại vi và hàn mạch, đưa ra kết quả sản phẩm như Hình 7 (b). Quy trình kiểm tra phần cứng, phần mềm, thuật toán, mã nguồn được triển khai như sau:

- Bước 1: Soạn thảo, gỡ lỗi và biên dịch chương trình cho Intel Edison trên Arduino IDE.
- Bước 2: Cắm dây nối mạch mini breakout Intel Edison với khối ngoại vi cần làm việc.
- Bước 3: Kết nối cable giữa máy tính và mini breakout để nạp chương trình từ Arduino IDE vào board Intel Edison.
- Bước 4: Cấp nguồn cho hệ thống và kiểm tra lại kết quả thực hiện.

Đánh giá kết quả đạt được: Sản phẩm đạt được mục tiêu thiết kế đặt ra khi tiến hành xây dựng các ứng dụng trên nền tảng mini breakout Intel Edison, tuy nhiên các bài toán còn ở mức nền tảng cơ bản, dành cho đối tượng người mới tiếp cận, tuy nhiên điều này có thể được khắc phục, khi làm chủ được công nghệ, người học hoàn toàn có thể cải tiến và phát triển cả về phần cứng và

phần mềm, hướng tới phạm vi ứng dụng rộng. Sản phẩm được thử nghiệm thử công nên độ thẩm mỹ chưa cao, có thể sử dụng phương pháp làm mạch cảm quang hoặc gửi bản thiết kế cho đơn vị gia công bằng máy móc.



Hình 8. (a): Giao diện của ứng dụng trên Smartphone, (b): Module thực hành mini breakout Intel Edison

## 5. Kết luận

Được Intel sản xuất, với cấu hình phần cứng mạnh mẽ, phạm vi ứng dụng rộng, tiềm năng phát triển lớn, Intel Edison dần trở thành máy tính nhúng được sử dụng phổ biến trong nhiều lĩnh vực và phục vụ nhiều đối tượng. Nhằm giúp người học, nhanh chóng tiếp cận, làm chủ về công nghệ phần cứng, phần mềm và ngôn ngữ lập trình, nhóm tác giả đã tiến hành thiết kế và thực thi module thực hành trên nền tảng mini breakout Edison gồm các bài: Điều khiển LED đơn, Điều khiển LED 7 thanh, Giao tiếp với LCD 16x2, Đọc trạng thái phím bấm, Điều khiển Relay chấp hành, Điều khiển động cơ một chiều, Điều khiển thiết bị điện thông minh qua internet. Từ các thuật toán đề xuất cho mỗi khối ngoại vi, người học có thể xây dựng thêm các thuật toán khác, hoặc kết hợp giữa module này với nhau hay chế tạo thêm các mạch điện tử khác để mở rộng phát triển tính năng hoặc vận dụng vào thực tế.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] Intel, *Intel® Edison Development Platform*, Product Brief Intel® Edison, 2015.
- [2] Intel, *Hardware Guide*, Intel® Edison Compute Module, 2016.
- [3] A. Alongi *et al.*, “An Empirical Set of Metrics for Embedded Systems Testing,” *IEEE Design & Test*, vol. 35, no. 5, pp. 45-53, 2018.
- [4] U. Chatterjee *et al.*, “Building PUF Based Authentication and Key Exchange Protocol for IoT Without Explicit CRPs in Verifier Database,” *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, vol. 16, no. 3, pp. 424-437, 2019.
- [5] Z. H. Che Soh *et al.*, “Energy Consumption Monitoring and Alert System via IoT,” in *International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud)*, 2019, pp. 26-28.
- [6] Z. Wang, “Blind Batch Encryption-Based Protocol for Secure and Privacy-Preserving Medical Services in Smart Connected Health,” in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 6, pp. 9555-9562, 2019.
- [7] Z. Wang, “Identity-Based Verifiable Aggregator Oblivious Encryption and Its Applications in Smart Grids,” *IEEE Transactions on Sustainable Computing*, vol. 6, no. 1, pp. 80-89, 2021.
- [8] C. Medrano *et al.*, “A review of electronic engineering design free software tools”, in *IEEE EDUCON 2010 Conference*, 2010, pp. 1867-1871.
- [9] M. Margolis, B. Jepson, and N. R. Weldin, *Arduino Cookbook, 3rd Edition*. O'Reilly Media, Inc., 2020.
- [10] TINA, *PCB Design Manual*, DesignSoft, 2020.