



# NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ BO MẠCH THỰC HÀNH VI ĐIỀU KHIỂN PIC THEO HƯỚNG THIẾT KẾ MÔ ĐUN VÀ ĐỀ XUẤT MỘT ỨNG DỤNG VỀ CÂN ĐIỆN TỬ THÔNG MINH TRONG THU THẬP DỮ LIỆU SẢN XUẤT TỰ ĐỘNG

Lại Phước Sơn, Lê Đình Hiếu\*, Hoàng Trọng Lợi, Nguyễn Thị Hải Lê

Khoa Kỹ thuật và Công nghệ - Đại học Huế, Việt Nam

**Tóm tắt.** Vi điều khiển PIC hiện đang được sử dụng rộng rãi trong các trường học cũng như trong các công ty về giải pháp công nghệ. Việc định hướng giảng dạy thực hành gắn với thực tiễn đang được coi trọng. Bài báo này đề xuất một thiết kế phần cứng cho bo mạch thực hành theo thiết kế mô đun tương thích với nhiều bộ thực hành có sẵn tại đơn vị. Đồng thời bài báo cũng đưa ra một ứng dụng về cân điện tử thông minh trong thu thập dữ liệu sản xuất được xây dựng từ bo mạch thực hành được đề xuất. Dữ liệu này sẽ tự động được gửi đến cơ sở dữ liệu trên máy tính thay cho quá trình nhập liệu thủ công truyền thống, và nó cũng được lưu trữ trên đám mây để có thể theo dõi và giám sát từ xa.

**Từ khóa:** Vi điều khiển PIC, LoadCell, thiết kế dạng mô đun, cân điện tử thông minh, bộ thực hành vi điều khiển

## Research and design practical PIC microcontroller boards towards modular design and propose an application of smart electronic scales in automatically collecting production data

Lai Phuoc Son, Le Dinh Hieu\*, Hoang Trong Loi, Nguyen Thi Hai Le

School of Engineering and Technology - Hue University, Vietnam

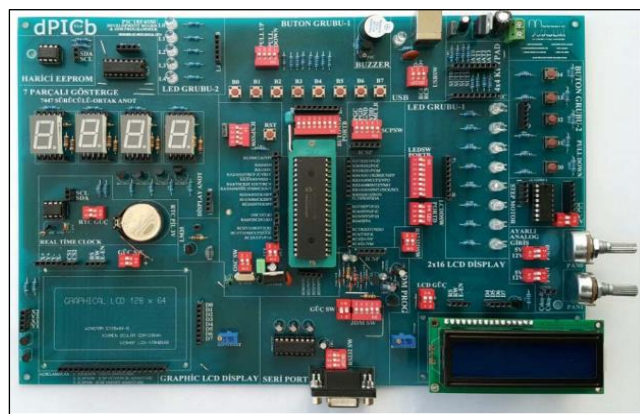
**Abstract.** PIC microcontrollers are now widely used in universities as well as in technology solutions companies. The orientation of teaching practice in association with practice is being valued. This paper proposes a hardware design for a modular practice board compatible with many of the practice sets available at our university. At the same time, the paper also presents an application of smart electronic scales in production data collection built from the proposed practice board. This data is automatically sent to the database on the computer instead of the traditional manual data entry process, and it is also stored in the cloud for remote monitoring.

\* Liên hệ: ledinhhieuh@hueuni.edu.vn

**Keywords:** PIC microcontroller, LoadCell, modular design, smart electronic scale, microcontroller practice set.

## 1 Giới thiệu chung

Hoạt động thực hành bên cạnh các giờ học lý thuyết hết sức quan trọng nhằm củng cố lại kiến thức cũng như giúp người học trải nghiệm thực tế. Trong các học phần liên quan đến vi điều khiển, việc nghiên cứu và chế tạo ra các bo mạch thực hành hết sức cần thiết. Chính vì vậy đã có nhiều nghiên cứu liên quan đến vấn đề này. Trong nghiên cứu [1] đã đề cập đến một bảng thực hành với thao tác cắm dây phức tạp và nghiên cứu cũng đã đề xuất một thiết kế tích hợp. Tuy nhiên thiết kế vẫn cho thấy một số hạn chế nhất định như khả năng ứng dụng giới hạn trong một phạm vi hẹp và mang tính độc lập. Một bảng mạch thí nghiệm khá đầy đủ ngoại vi được đưa ra trong nghiên cứu [2] bao gồm màn hình, các nút bấm và đặc biệt có hỗ trợ giao tiếp với máy tính là một bo mạch thực hành hữu ích cho người mới học lập trình vi điều khiển. Một nghiên cứu của nhóm tác giả trường Đại học Notre Dame [3] đã phát triển bo mạch thực hành vi điều khiển dùng PIC16F877A để dạy thực hành lập trình và thiết kế mạch vi điều khiển với nhiều ngoại vi tích hợp trong đó như: khối nhập liệu (bàn phím, công tắc), khối hiển thị (LED, LCD), khối giao tiếp máy tính (RS232), khối điều khiển công suất với ro le. Hình 1 minh họa cho nghiên cứu này. Hay của nhóm tác giả ở Thổ Nhĩ Kỳ [4] cũng đã đưa ra một thiết kế phức tạp hơn với giao tiếp USB, đo đặc tính hiệu tương tự, điều khiển động cơ bước, và tất cả được tích hợp trên một bo mạch lớn khá cồng kềnh.



Hình 1. Nhiều khối mạch thực hành được tích hợp trong một bo mạch lớn

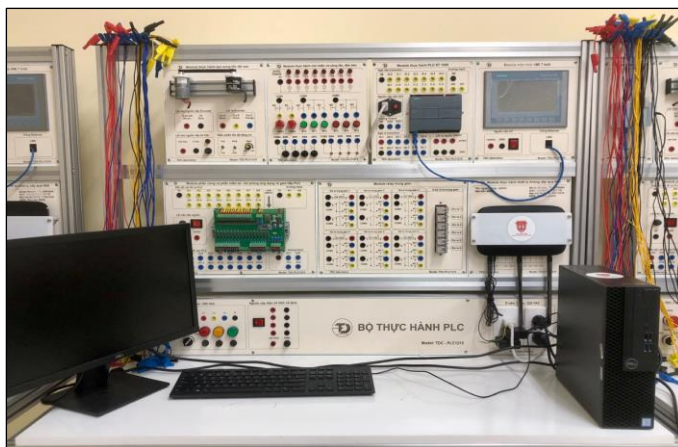
Mặc dù với thiết kế tích hợp khá tiện lợi, nhưng nó lại khá to, cồng kềnh, hạn chế nhiều khối mạch chức năng có linh kiện và thiết bị lớn, dẫn đến khó khăn trong quá trình thiết kế và sử dụng. Việc triển khai nhân rộng công cụ học thực hành này cũng trở nên khó hơn.

Với suy nghĩ về sự tiện dụng trong quá trình thiết kế, sử dụng, cũng như dễ dàng chuyển giao nhân rộng cho các trường đại học khác, nhóm tác giả đã nghiên cứu thiết kế bo mạch thực hành theo hướng dạng mô đun lắp ghép nhiều khối mạch với nhau. Các khối mô đun sẽ tuân theo một chuẩn cắm kết nối phổ biến mà các bo mạch thực hành hay dùng. Nhờ vậy sản phẩm của đề tài có thể tương thích với rất nhiều bộ thực hành khác trong đó có bộ thực hành PLC có sẵn tại đơn vị.

Một ứng dụng thực tế về cân điện tử thông minh phục vụ thu thập dữ liệu sản xuất tự động và lưu trữ đám mây, được xây dựng từ bo mạch thực hành cũng sẽ được xem xét đến.

## 2 Đề xuất thiết kế

Để tận dụng các mô đun trong bộ thực hành PLC có sẵn tại đơn vị (Hình 2), cũng như một số bộ thực hành khác với chuẩn kết nối đầu cắm thông dụng. Bo mạch thực hành của đề tài sẽ được thiết kế sao cho có thể lắp ráp dễ dàng vào khung của bộ thực hành PLC, có các khối mạch giao tiếp, cách ly và công suất để có thể kết nối và điều khiển qua lại.

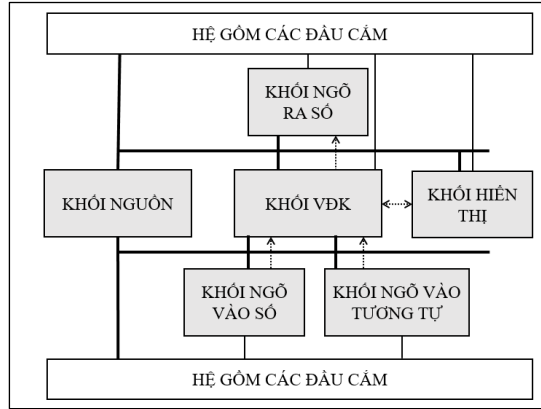


Hình 2. Bộ thực hành PLC có sẵn với nhiều khối mạch chức năng được thiết kế theo dạng mô đun

### 2.1 Đề xuất thiết kế bo mạch thực hành

#### a) Đề xuất sơ đồ hệ thống

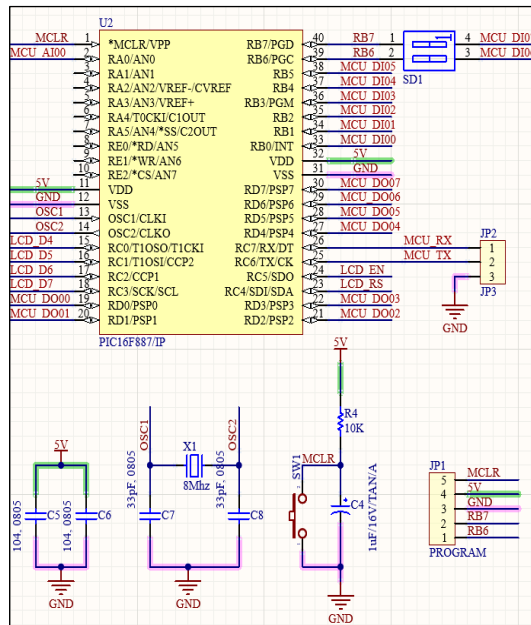
Bo mạch thực hành của đề tài cần có bộ điều khiển cùng với các khối mạch cách ly và giao tiếp vào và ra để có thể đọc và điều khiển với các tín hiệu từ các khối mạch ngoại vi khác mà các bộ thực hành đang sẵn có. Hệ các đầu cắm sẽ giúp kết nối giao tiếp giữa mô đun thiết bị của đề tài với các mô đun thực hành khác. Một sơ đồ hệ thống gồm các khối mạch chức năng của bo mạch thực hành được đề xuất như trong Hình 3.



Hình 3. Đề xuất sơ đồ hệ thống cho bộ mạch thực hành của đề tài.

**b) Khối vi điều khiển**

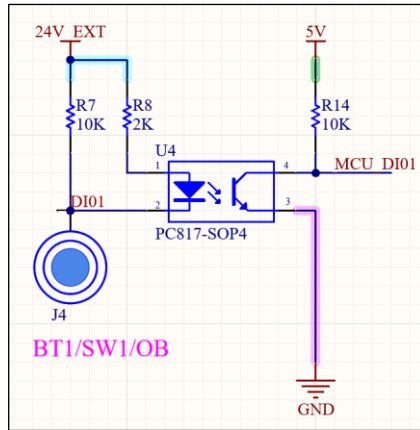
Hình 4 mô tả khối điều khiển và xử lý, nhận hoặc điều khiển tín hiệu từ các khối mạch chức năng của các bộ thực hành (như là bộ thực hành PLC) thông qua các đầu cắm. Thành phần chính của khối này là chip vi điều khiển PIC16F887 với giá thành thấp, cấu hình cao thường hay được dùng rộng rãi trong các trường đại học cũng như trong thực tiễn. Chip sở hữu một số đặc tính kỹ thuật nổi trội như tích hợp bộ chuyển đổi AD 10 bit với 11 kênh đo ngoài và 01 kênh đo bên trong phục vụ cho cảm biến nhiệt độ được tích hợp bên trong, 03 bộ định thời, cùng với nhiều chuẩn giao tiếp phổ thông như I2C, SPI, UART v.v..



Hình 4. Trích dẫn khối mạch vi điều khiển PIC.

**c) Khối ngõ vào số**

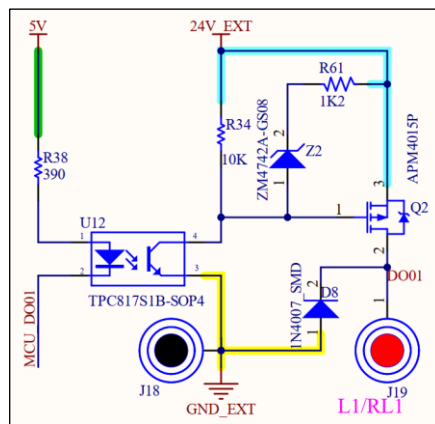
Hình 5 mô tả khối mạch nhận tín hiệu vào số từ các khối mạch của các mô đun thiết bị khác như là khối mạch công tắc, nút bấm. Để đảm bảo an toàn với tín hiệu vào, một opto cách ly quang được sử dụng để tránh hư hỏng cho các khối mạch phía sau nó. Tín hiệu vào tương thích với chuẩn công nghiệp từ 12 đến 24VDC.



**Hình 5.** Trích dẫn khối mạch ngõ vào số

**d) Khối ngõ ra số**

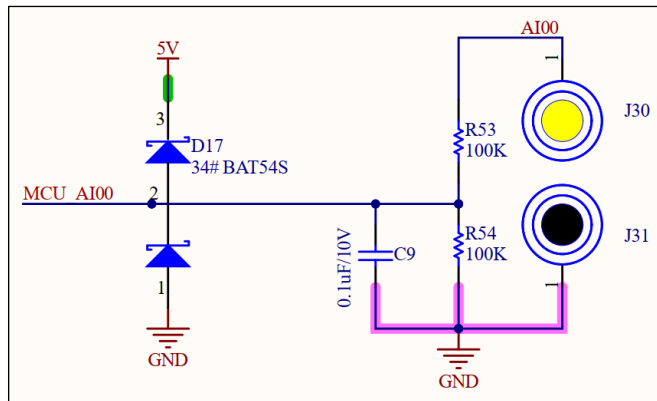
Đây là khối mạch điều khiển ngõ ra số, phù hợp để dùng bật tắt đèn, rơ le v.v.. Khối mạch này cũng có opto quang cách ly, tránh những hư hỏng cho các khối mạch sau nó do phía tải gây ra. Cặp diode zener Z2 và điện trở R61 giúp bảo vệ quá áp cho P-MOSFET Q2, theo lý thuyết Q2 có thể chịu được một điện áp VDSS đến -40V, dòng ID lên tới -45A. Diode D8 giúp triệt tiêu dòng cảm ứng ngược một cách nhanh chóng trong quá trình đóng ngắt với tải là cuộn dây như rơ le (xem Hình 6).



**Hình 6.** Trích dẫn khối mạch ngõ ra số

**e) Khối ngõ vào tương tự**

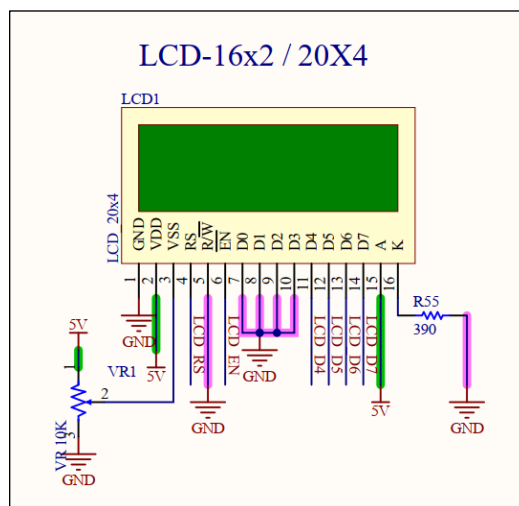
Đây là khối nhận tín hiệu tương tự ngõ vào từ 0V đến 10V được đưa qua cầu phân áp còn 0V đến 5V phù hợp với mức điện áp tham chiếu từ 0V đến 5V của vi điều khiển. Tụ C9 cùng với diode D17 tham gia vào việc lọc tín hiệu cao tần và bảo vệ với tín hiệu quá áp (xem Hình 7).



Hình 7. Trích dẫn khối mạch ngõ vào tương tự

**f) Khối hiển thị**

Đây là khối mạch giúp hiển thị những thông tin cần thiết đến người dùng, như là điện áp đo được, thông báo v.v.. Biến trở VR giúp điều chỉnh được độ tương phản của màn hình, trong khi điện trở R55 giúp giảm cường độ sáng của đèn nền ở mức cần thiết (xem Hình 8).



Hình 8. Trích dẫn khối mạch hiển thị

### g) Khối nguồn

Mô đun của thiết bị đề tài tương thích với nhiều mô đun thực hành sẵn có theo chuẩn điện áp công nghiệp với mức cao 24VDC, do đó điện áp cấp nguồn vào được chọn là 24VDC. Để hệ vi điều khiển 5V hoạt động, một IC giảm và ổn áp 5V nhỏ gọn XL4015 được chọn với dòng tải ngõ ra cho phép tối đa lên tới 5A.

## 2.2 Đề xuất ứng dụng cân điện tử thông minh xây dựng trên bo mạch thực hành của đề tài

Cân điện tử được sử dụng rất nhiều trong các công đoạn của các quy trình sản xuất, có thể dẫn chứng như là kiểm tra độ đồng đều về khối lượng của các mẫu bánh trong nhà máy làm bánh, hoặc khối lượng các quả sợi tạo ra bởi các máy công nghệ trong nhà máy sợi (dệt may), từ đó có sự điều chỉnh các thông số công nghệ trên các máy để cho sản phẩm có độ đồng đều ổn định hơn. Bảng 1 minh họa một bảng dữ liệu về trọng lượng của các thành phẩm tạo ra từ một máy ghép trong một nhà máy sợi.

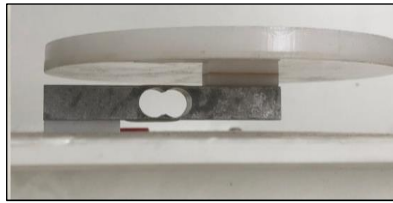
**Bảng 1.** Biểu mẫu định lượng máy ghép trong một nhà máy sợi

Nhà máy Sợi Máy ghép A1	Trọng lượng (g) / độ dài (5m)			
	Mẫu số	Lần 1	Lần 2	Lần 3
1	25.15	25.11	25.12	25.13
2	25.25	25.24	25.2	25.23
3	25.25	25.22	25.23	25.23
4	24.6	24.55	24.58	24.58
5	24.6	24.57	24.6	24.59
6	24.6	24.58	24.59	24.59
7	24.6	24.6	24.58	24.59
8	24.6	24.61	24.6	24.6
9	25.25	25.26	25.25	25.25
10	25.25	25.25	25.25	25.25

Việc nhập liệu thủ công như ghi chép hay đánh máy sẽ mất thời gian khi mà số lượng mẫu là rất lớn. Mô hình cân điện tử thông minh xây dựng trên bo mạch thực hành của đề tài sẽ có khả năng gửi giá trị trọng lượng đo được lên máy vi tính một cách tự động, và dữ liệu này được lưu trữ trên đám mây nhờ vào các ứng dụng như Google Drive, OneDrive v.v.. để có thể dễ giám sát từ xa, cho dù là ở bất kỳ ở đâu với một thiết bị nhỏ gọn có kết nối internet như điện thoại thông minh.

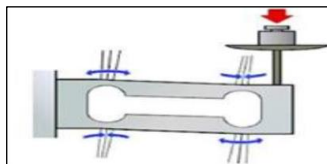
#### a) Các thành phần cơ bản

Cân điện tử sử dụng cảm biến trọng lực là thanh cảm biến lực (thường được gọi là Loadcell) để chuyển thành tín hiệu điện [5,6] được mô tả như hình 9.



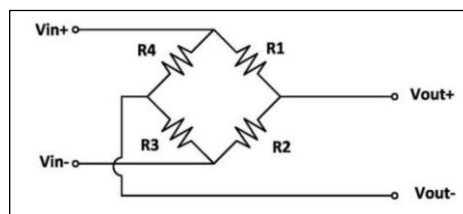
**Hình 9.** Thanh cảm biến lực (Loadcell)

Thanh cảm biến lực (loadcell) là một vật liệu có tính uốn cong được theo cách mà sức căng tỷ lệ thuận với trọng lượng của vật được đặt lên, một nội lực sẽ xuất hiện để chống lại trọng lực áp lên nó [7]. Đo sức căng này dựa trên sự thay đổi điện trở của kim loại khi chúng bị kéo dài ra hoặc co lại. Vì điện trở phụ thuộc vào điện trở suất, chiều dài và diện tích mặt cắt ngang của vật liệu [8].



**Hình 10.** LoadCell bị co giãn khi có trọng lực tác động lên [7]

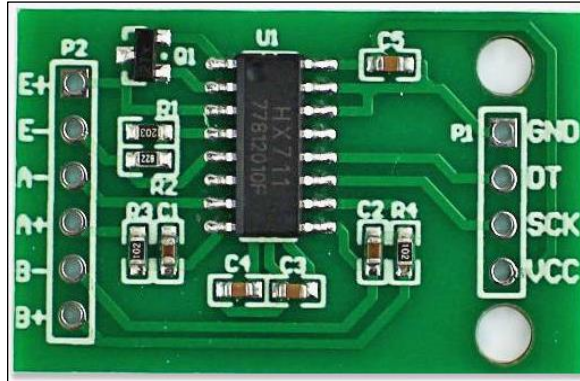
Sử dụng mạch cầu Wheatstone để đo sự thay đổi giá trị điện trở rất nhỏ ở trên (cỡ vài milli-ohm) [7,9] và được mô tả như hình 11.



**Hình 11.** Mô tả mạch cầu Wheatstone



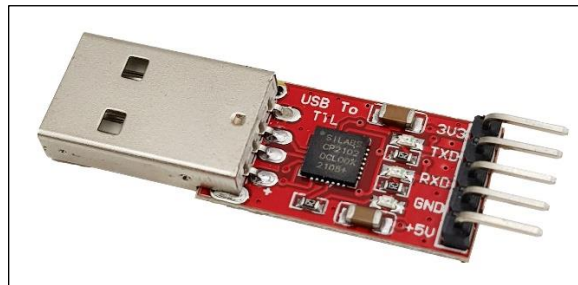
Ở mạch cầu trên, khi sự thay đổi điện trở cỡ vài mili-ohm thì điện áp ngõ ra cũng thay đổi rất bé (cỡ micro-volts) nếu đưa thẳng vào bộ vi điều khiển để đọc thì chưa được. Do đó một bộ khuếch đại sử dụng IC HX711 (hình 12) với 24 bit khuếch đại và chuyển đổi tín hiệu tương tự (điện áp) sang tín hiệu số để đưa tới vi điều khiển có thể đọc dễ dàng [10].



Hình 12. Mô đun giao tiếp IC HX711

Theo cách đó, thanh cảm biến lực đi cùng với IC HX711 được ứng dụng rất nhiều trong thực tế, có thể kể đến như là bộ giám sát mức gas còn trong bình từ đó tự động gửi tin nhắn tới nhà cung cấp gas báo thay mới [11,12,13]. Hay kể đến những thùng rác thông minh có thể nhận biết khi nào thùng rác đầy và báo về khu điều hành trung tâm để xử lý[14,15].

Và cuối cùng, để gửi dữ liệu mà cân điện tử đo được lên máy tính để số hóa số liệu sản xuất thay vì phải đánh máy hoặc ghi vào sổ như cách truyền thống thì mô đun chuyển đổi USB-UART được sử dụng đến.

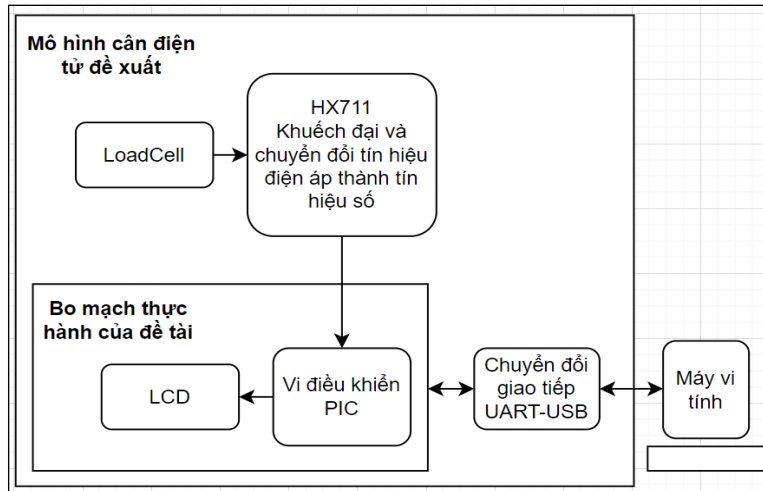


Hình 13. Mô đun chuyển đổi USB-UART

## b) Đề xuất thiết kế phần cứng

Thiết kế phần cứng của mô hình cân điện tử thông minh được đề xuất bao gồm bo mạch thực hành của đề tài làm trung tâm điều khiển và xử lý các tín hiệu nhận được từ IC HX711 được kết nối trực tiếp với thanh cảm biến lực, và một mô đun chuyển đổi giao tiếp UART của vi

điều khiển thành USB có sẵn trên máy vi tính. Phần hiển thị giá trị đo được sử dụng LCD trên bo mạch thực hành của đề tài. Sơ đồ khối phần cứng được minh họa trong Hình 14.

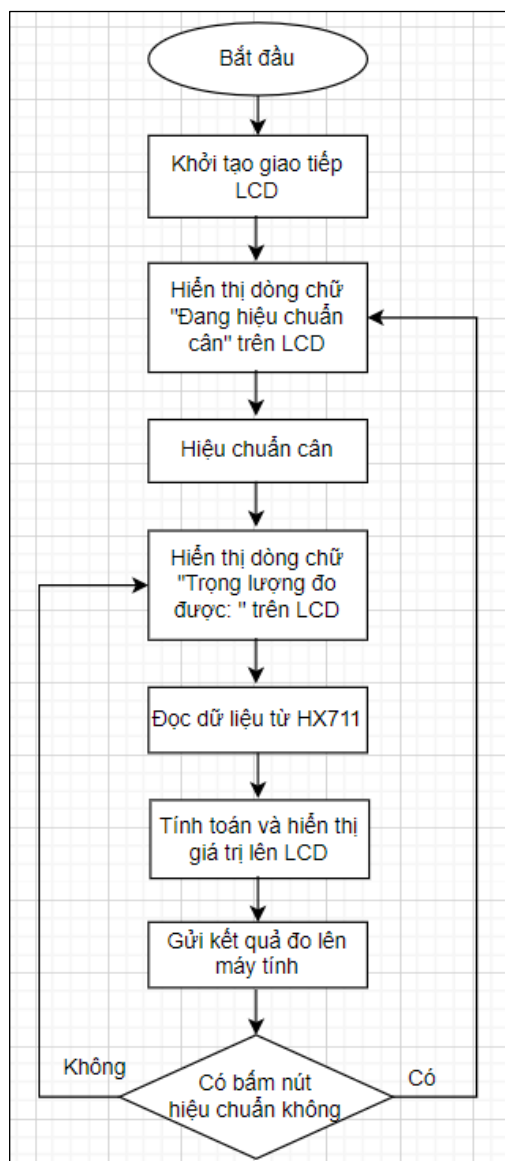


**Hình 14.** Đề xuất phần cứng cho mô hình cân điện tử thông minh xây dựng từ bo mạch thực hành.

Sau khi IC HX711 xử lý tín hiệu của Loadcell chuyển về dạng tín hiệu số, vi điều khiển PIC sẽ đọc tín hiệu này và tính toán thành giá trị trọng lượng. Giá trị này sẽ được hiển thị trên LCD đồng thời cũng sẽ gửi lên máy tính để lưu vào các bảng dữ liệu tạo sẵn. Nhờ vậy mà công đoạn nhập liệu thủ công được bỏ qua, thay vào đó hệ thống cân điện tử thông minh sẽ làm tự động.

### c) Đề xuất thiết kế phần mềm cho khối vi điều khiển

Nhiệm vụ chính của khối vi điều khiển là đọc dữ liệu từ HX711 từ đó tính toán ra trọng lượng đo được. Giá trị trọng lượng này sẽ được hiển thị lên màn hình LCD và đồng thời sẽ cũng được gửi lên máy tính tự động nhập liệu vào các bảng ghi tạo sẵn. Bên cạnh đó cân điện tử cũng cần có khả năng hiệu chuẩn, tức là đặt lại giá trị 0g. Tính năng hiệu chuẩn này tự động thực thi khi hệ thống được cấp nguồn (bật công tắc) hoặc khi người dùng bấm nút hiệu chuẩn. Lưu đồ thuật toán chương trình của cân điện tử được trình bày trong Hình 15.



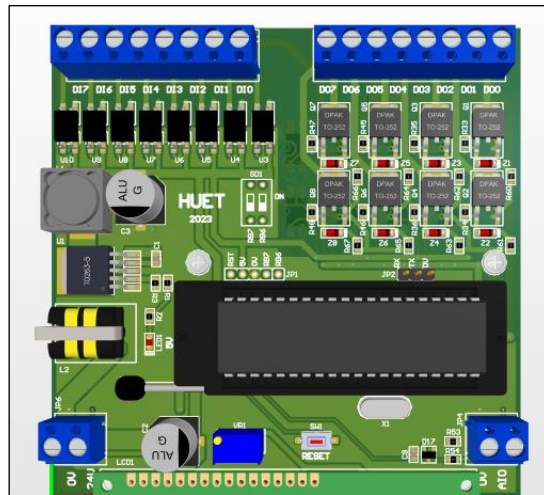
Hình 15. Lưu đồ thuật toán hệ thống

### 3 Thực hiện và kết quả

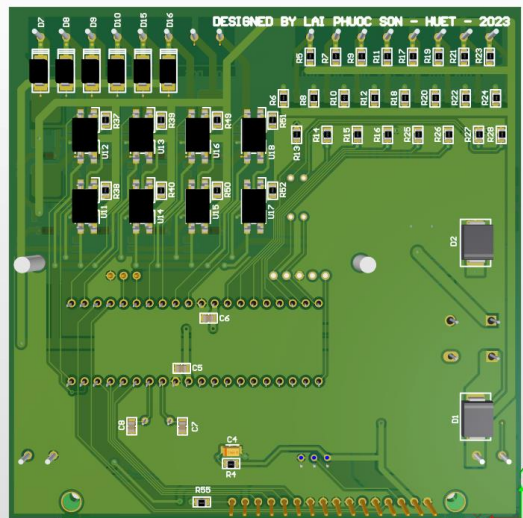
#### 3.1 Bo mạch điều khiển

Sau quá trình thiết kế và gia công, một bo mạch 2 lớp với nhiều linh kiện dán tích hợp đã giúp bo mạch điều khiển của mô đun thiết bị đề tài trở nên nhỏ gọn với kích thước 10x10cm. Chíp vi điều khiển có thể được tháo ra dễ dàng và thay bằng vi điều khiển khác hoặc một mô đun (tích hợp trên nó một chíp khác) có đóng gói chân giống nhau. Nhờ vậy không chỉ với

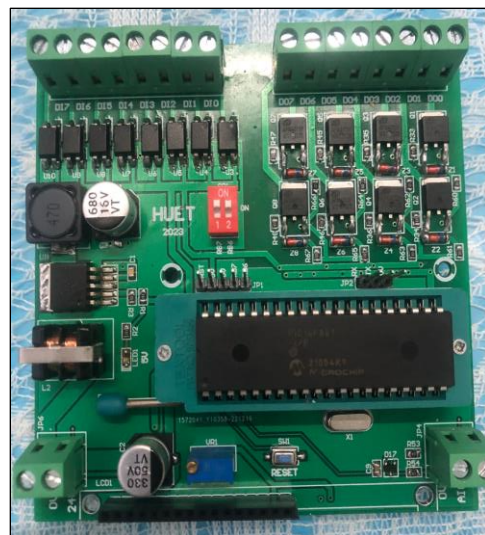
dòng vi điều khiển PIC16F887 hiện tại đang dùng, người học có thể dễ dàng thay đổi dòng vi điều khác phù hợp với các nhu cầu khác nhau. Thiết kế trong hình dạng 3D và bo mạch thật được đưa ra trong Hình 16.



a) Bo mạch trong thiết kế 3D, mặt trước với các linh kiện chính



b) Bo mạch trong thiết kế 3D, mặt sau với một số opto, diode và điện trở không đặt được ở mặt trước.



c) Mạch sau khi được gia công.

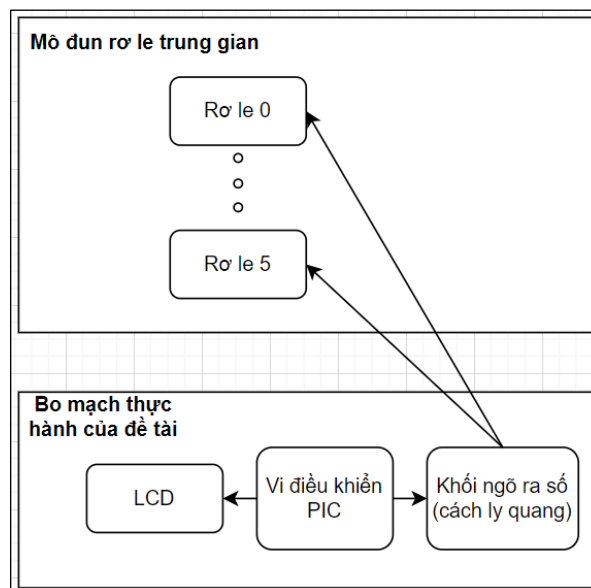
**Hình 16.** Bo mạch điều khiển trong thiết kế 3D (hình a, b) và sau khi được gia công (hình c)

Để dễ dàng đấu nối với các mô đun của các thiết bị thực hành khác, bo mạch được gá lên một tấm nền mica có khắc laze tên các đầu kết nối tạo thành một mô đun thiết bị của đề tài như Hình 17.



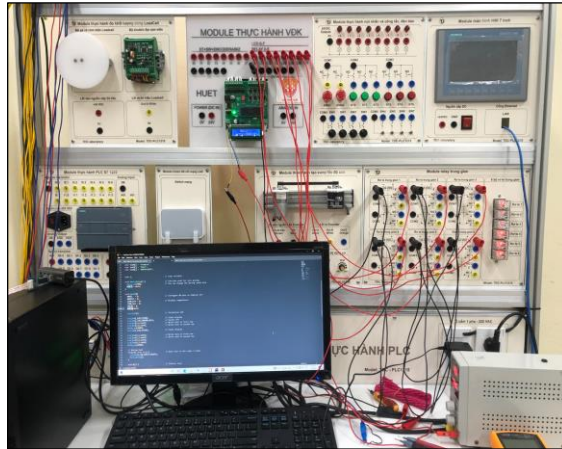
Hình 17. Mô đun thiết bị của đề tài trong bộ thực hành PLC có sẵn

Mô đun thiết bị của đề tài sau khi được lắp ráp xong, tương thích với hệ thực hành PLC sẵn có. Nhờ vào các đầu kết nối mà mô đun thiết bị của đề tài dễ dàng kết nối và giao tiếp với các mô đun khác của bộ thực hành PLC. Hình 18 mô tả sơ đồ khối kết nối từ 06 rơ le của mô đun rơ le trung gian đến khối ngõ ra số của mô đun đề tài.



Hình 18. Hình 18: Mô tả sơ đồ khối kết nối

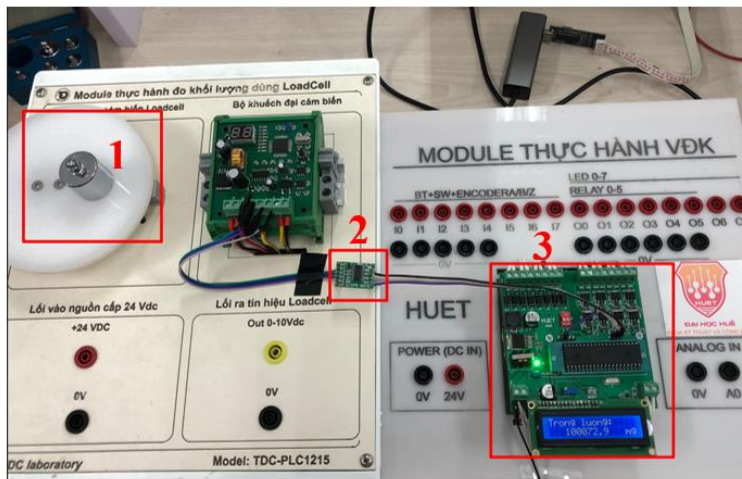
Hình 19 được ghi lại trong quá trình thực hành giao tiếp với mô đun ro le trung gian.



Hình 19. Thực hiện bài thực hành giao tiếp với mô đun ro le trung gian

### 3.2 Thực nghiệm đo đặc trên mô hình cân điện tử được đề xuất

Nhóm tác giả thực hiện đo đặc trọng lượng trên mô hình cân điện tử đề xuất của đề tài (Hình 20), đồng thời cũng thực hiện trên mô đun cân điện tử có sẵn (hình 21) để so sánh một số thông số quan trọng được trình bày ở bảng 2. Thanh cảm biến lực và các quả tạ mẫu được dùng chung cho cả hai mô hình.

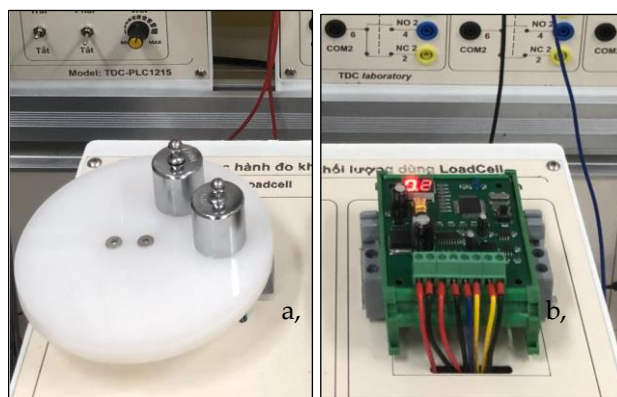


Hình 20. Đo trọng lượng theo mô hình được đề xuất, sử dụng Loadcell (1), HX711 (2) và bo mạch đề tài (3)

Các dây tín hiệu của thanh cảm biến lực (Loadcell) được kết nối đến IC HX711 khuếch đại và chuyển đổi tín hiệu tương tự sang tín hiệu số rồi gửi đến vi điều khiển PIC trên bo mạch

thực hành của đề tài. Tại đây vi điều khiển đọc dữ liệu, tính toán và hiển thị trọng lượng lên màn hình LCD như minh họa trong Hình 20.

Nhằm so sánh sự chính xác của mô hình cân điện tử đề xuất ở trên so với mô đun cân điện tử có sẵn. Nhóm tác giả cũng đã thực hiện đo đạc với cùng một thanh cảm biến lực và các quả tạ mẫu như được mô tả trong hình 21.



**Hình 21.** Đo trọng lượng 200g dùng chung thanh cảm biến lực và các quả tạ mẫu (a), trên mô đun cân điện tử có sẵn (b)

Thực hiện cân 10 mức trọng lượng, mỗi mức được thực hiện 10 lần đo trên mô hình được đề xuất và trên mô đun cân điện tử có sẵn, kết quả đo được trình bày trong bảng 2.

**Bảng 2.** Kết quả đo trung bình của các mẫu đo chuẩn thực hiện trên mô hình cân điện tử được đề xuất và thực hiện trên mô đun cân điện tử có sẵn

Mẫu đo chuẩn (gam)	Kết quả đo trung bình của 10 lần, sử dụng mô hình đề xuất (gam)	Sai số (%)	Kết quả đo trung bình của 10 lần, sử dụng mô đun có sẵn (gam)	Sai số (%)
100	100.11	0.11	100	0
200	200.28	0.14	200	0
300	300.09	0.03	300	0
500	500.08	0.016	500	0
700	700.01	0.0014	700	0
1000	1000	0	1000	0
1500	1500	0	1500	0
3000	3000	0	3000	0
4000	4000	0	4000	0
4500	4500	0	4500	0

Vì mô đun cân điện tử có sẵn chỉ có 2 con số để hiển thị và một đơn vị đo mặc định là hg (1hg=100g) nên mô đun này chỉ hiển thị chính xác các giá trị là bội số của 100g (ví dụ 100g, 200g, 300g v.v..). Đó cũng chính là lý do tại sao nhóm tác giả chỉ thực hiện trên các mẫu đo chuẩn với các quả cân có tổng trọng lượng là bội số của 100g. Trong khi đó mô hình cân điện tử được đề xuất hiển thị kết quả đo trên LCD với nhiều con số hơn nên thực tế có thể dùng đo được cả các mẫu nhỏ tính bằng vài gam như mẫu 5g với sai số rất bé 0.6%, đây cũng là mức sai số cao nhất của các phép đo. Với ưu điểm cho những phép đo lẻ với đơn vị gam, mô hình cân của đề tài giúp cho người sử dụng thực hiện các phép đo với khả năng đo cao hơn.

Bên cạnh sai số phép đo, các thông số khác của cân điện tử cũng được xem xét đến như là thời gian hiệu chuẩn, khả năng hiển thị kết quả đo, bước nhảy và khoảng thời gian xác minh kết quả cũng được xem xét đến và được trình bày trong bảng 3.

**Bảng 3.** So sánh một số thông số quan trọng của cân điện tử

Thông số	Mô hình cân điện tử đề xuất	Mô đun cân điện tử có sẵn	Cân điện tử đã thương mại có cùng mức đo 5kg
Mức cân tối đa (theo Loadcell)	5 kg	5 kg	5 kg
Thời gian hiệu chuẩn	5 giây	2 giây	2 giây
Khả năng hiển thị kết quả đo	Sử dụng màn hình LCD 16 chữ số với khả năng hiển thị giá trị đo 0.000001, có hiển thị đơn vị đo.	Bị giới hạn bởi 2 LED 7 đoạn cho 2 con số, nên khả năng hiển thị giá trị đo 0.1, không hiển thị đơn vị đo.	Sử dụng màn hình LCD với 6 chữ số, khả năng hiển thị giá trị đo 0.1, có hiển thị đơn vị đo.
Bước nhảy	1 g	100 g	0.5 g
Khoảng thời gian xác minh kết quả đo	100 ms	100 ms	100 ms
Giao tiếp máy tính	Có	Không	Không

#### 4 Kết luận và kiến nghị

Bo mạch thực hành của đề tài đã cho thấy sự linh động và hoạt động tốt trong việc kết nối giao tiếp với nhiều phần thiết bị ngoại vi của các bộ thực hành khác. Những nội dung thực hành với bộ điều khiển PLC đều có thể thực hành với bo mạch vi điều khiển PIC đã thiết kế của đề tài.

Với thiết kế của đế cắm chân vi điều khiển theo hướng mở rộng linh hoạt có thể tháo lắp vi điều khiển dễ dàng, bo mạch thực hành của đề tài không chỉ dừng lại ở một loại vi điều khiển PIC đang được sử dụng mà nó có thể được thay bởi các họ vi điều khiển khác như AVR,



STM32, MSP430 v.v thông qua một bo mạch chuyển đổi chân cắm vào để cắm chân vi điều khiển trên bo mạch của đề tài. Với các dòng hoạt động ở điện áp Vcc là 3V3 như STM32 cần thêm tích hợp vào trong đó khối mạch hạ áp từ 5V về 3V3 và khối mạch chuyển đổi giao tiếp mức logic giữa 5V với 3V3. Sự đa dạng trong lựa chọn loại vi điều khiển càng làm tăng thêm khả năng ứng dụng và đáp ứng được sự đa dạng về thị hiếu của người học.

Với thiết kế chân dán của các opto, trong trường hợp TPC817 không đáp ứng được các yêu cầu về giao tiếp tốc độ cao như điều xung PWM tốc độ cao, đọc tín hiệu từ encoder v.v.. thì có thể dễ dàng thay thế bởi các opto có tốc độ cao hơn như 6N137.

Việc đưa thiết kế thiết bị thực hành theo hướng mô đun giúp bộ điều khiển tương thích với nhiều bộ thực hành sẵn có làm tăng khả năng thực hành với nhiều ngoại vi khác nhau, giảm chi phí đầu tư mới, tăng hiệu quả sử dụng của các bộ thực hành sẵn có. Thông qua thực hành kết nối giữa bo mạch điều khiển với IC HX711 cùng với thanh cảm biến lực, người học nắm bắt được công nghệ phần cứng và phần mềm của quá trình từ đọc cảm biến đến hiển thị trọng lượng đo được. Đây là nền tảng cho những thiết kế cân điện tử cũng như các hệ thống điện tử sau này cho người học.

### Tài liệu tham khảo

1. Robert B. Reese, Bryan A. Jones, "Improving the effectiveness of microcontroller education", Proceedings of the IEEE SoutheastCon 2010. DOI: 10.1109/SECON.2010.5453894.
2. Dimosthenis E. Bolanakis, "A Survey of Research in Microcontroller Education", IEEE Journal of Latin-American Learning Technologies, Volume: 14, Issue: 2, 2019. DOI: 10.1109/RITA.2019.2922856.
3. Abdallah Kassem, Mustapha Hamad, "An Educational Board for Teaching Microcontroller System Design Laboratory, International Journal of Computing & Information Sciences", Vol. 12, No. 1, Sep 2016. DOI: 10.21700/ijcis.2016.101.
4. Fatih Alpaslan Kazan, Hakan Terzioglu, Abdullah Cem Agacayak, "The Design of a Test & Development Board for the Training of PIC18F4550 Microcontroller", 2nd International Conference on Information Science and Control Engineering, 2015. DOI 10.1109/ICISCE.2015.215.
5. Dongil Lee, Hyun Pyo Honb, "A prototype high sensitivity load cell using single walled carbon nano tube strain gauges", Sensors and Actuators Elsevier A 180 (2012) 120– 126. DOI: 10.1016/j.sna.2012.04.015.
6. A. Karaus, H. Paul, "Load cells with small nominal load based on strain gauges using thin-film techniques", Measurement 10 (1992) 133–139.
7. Aravind, Arun Kumar, Harisudhan, "Load Cell based Fuel Level Measurement using Arduino Uno Microcontroller", International Journal of Advance Research and Development, Vol.3, Iss.3, 2018.
8. Navvab Kashiri, Jörn Malzahn, "On the Sensor Design of Torque Controlled Actuators: A Comparison Study of Strain Gauge and Encoder Based Principles" IEEE Robotics And Automation Letters, VOL. 2, NO. 2, APRIL 2017

9. Hernandez, "Improving the Response of a Load Cell by Using Optimal Filtering", *Sensors*, 6(7), 697–711. DOI:10.3390/s6070697.
10. Snehashis Das, Avijit Karmakar, "Manufacture of Electronic Weighing Machine Using Load Cell", *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE)*, Volume 14, Issue 4, 2019.
11. K. Sudar, D. Lokesh, V. Sihmareddy, Y. Chowdary, "Gas Level Detection and Automatic Booking Notification Using IOT", 2021 International Conference on Computer Communication and Informatics. DOI:10.1109/iccci50826.2021.9402380.
12. Suma, Shekar, Akshay, "Gas Leakage Detection Based on IOT", 2019 3rd International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology. DOI:10.1109/iceca.2019.8822055.
13. Keshamoni, K.Hemanth, "Smart Gas Level Monitoring, Booking & Gas Leakage Detector over IoT", 2017 IEEE 7th International Advance Computing Conference (IACC). DOI:10.1109/iacc.2017.0078.
14. Krishna Nirde, Prashant Mulay, Uttam Chaskar, "IoT based solid waste management system for smart city", 2017 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS). DOI:10.1109/iccons.2017.8250546.
15. Kellow Pardini, Joel Rodrigues, "Smart Waste Bin: A New Approach for Waste Management in Large Urban Centers", 2018 IEEE 88th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall).