

HỆ THỐNG CẢM BIẾN HOẠT ĐỘNG TRÊN NỀN ARDUINO GIAO TIẾP VỚI MATLAB SIMULINK

A SENSOR SYSTEM ON ARDUINO MICROCONTROLLER WITH MATLAB SIMULINK INTERFACE

Võ Như Tiến¹, Võ Như Thành²

¹ Trường Cao đẳng Công nghệ, Đại học Đà Nẵng; Email: tienvonhu@yahoo.com

² Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; Email: thanhvous@gmail.com

Tóm tắt - Bài báo giới thiệu về hệ thống cảm biến hoạt động trên cơ sở được lập trình trên bảng mạch Arduino và giao tiếp thời gian thực trong môi trường Matlab Simulink để đo đạc và so sánh tín hiệu với các tính toán lý thuyết. Cho đến nay chưa có tác giả nào đề cập đến. Bộ thí nghiệm hệ thống cảm biến được xây dựng có kích thước nhỏ gọn, có khả năng giao tiếp thời gian thực bằng máy tính xách tay, dễ dàng trong việc tiến hành thí nghiệm, tạo điều kiện giúp sinh viên, học viên cao học có thể nắm bắt và ứng dụng các loại cảm biến được dễ dàng nhanh chóng. Bộ thí nghiệm nhỏ gọn nhưng bao gồm nhiều loại cảm biến khác nhau thường được sử dụng trong công nghiệp cũng như trong dân dụng như cảm biến nhiệt độ, cảm biến từ, cảm biến siêu âm, cảm biến hồng ngoại, cảm biến màu, encoder.... Ngoài ra bài báo cũng giới thiệu phương pháp lập trình đo đạc các tín hiệu của cảm biến trên vi điều khiển của Arduino bằng Matlab Simulink hiệu quả và tránh được sai sót trong quá trình lập trình vi điều khiển.

Từ khóa - Arduino; Matlab Simulink; cảm biến; giao tiếp thời gian thực; vi điều khiển.

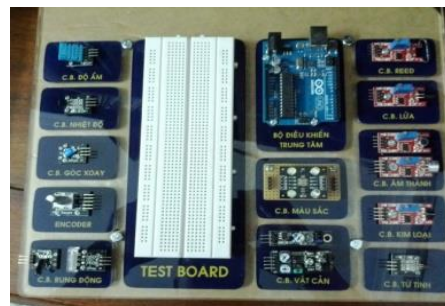
1. Đặt vấn đề

Thiết bị thí nghiệm là một trong những công cụ phục vụ công tác đào tạo rất hiệu quả nhất là đối với các sinh viên chuyên ngành kỹ thuật. Hiện nay có nhiều công ty cả trong và ngoài nước chuyên thiết kế, chế tạo, chuyên giao công nghệ các thiết bị thí nghiệm cho các trung tâm đào tạo như công ty Hitechnic, Amarino, Văn Lang, Tiến Đại Phát ... Các bộ thí nghiệm của các công ty này có ưu điểm là tương đối đầy đủ, có nhiều bài thực hành, dễ dàng vận hành tuy nhiên vẫn còn hạn chế đó là quá cồng kềnh không thể đem vào giảng dạy trên lớp mà phải để ở phòng thí nghiệm, giá thành đắt và chưa sử dụng các linh kiện mới hiện đại. Do vậy việc đề xuất nghiên cứu xây dựng bộ thí nghiệm cảm biến nhỏ gọn, có thể cơ động nhiều nơi, kể cả mang vào lớp học được đặt ra. Bộ thí nghiệm sử dụng những linh kiện, công nghệ hiện đại nhất được giới thiệu trong bài báo này. Bộ thí nghiệm gồm nhiều loại cảm biến thường gặp như cảm biến nhiệt độ, cảm biến màu sắc, cảm biến siêu âm, cảm biến từ, cảm biến hồng ngoại, ... kết hợp với bộ điều khiển Arduino có kích thước nhỏ gọn 20 cm x 30 cm, nặng khoảng 300 gr nên rất cơ động trong việc sử dụng (Hình 1).

Bộ điều khiển Arduino được lập trình bằng cả Arduino Software (ngôn ngữ C) và trực tiếp lập trình bằng Simulink để hiển thị tín hiệu của cảm biến lên máy tính cũng như xuất tín hiệu xử lý từ máy tính đến bộ điều khiển nhằm xử lý tín hiệu ở các ngõ ra - vào của vi điều khiển theo thời gian thực.

Abstract - This paper presents the experimental sensor system with real-time data acquisitions in the Matlab Simulink environment based on Arduino board to measure and compare the signal with theoretical calculations. So far no author has mentioned it yet. The experimental sensor system is very compact, with laptop real-time communication capability, and it is easy to conduct experiments, so it could help students and researchers fully understand and effectively apply the sensor principles. Although the experimental sensors system is compact, it did include many different types of sensors commonly used in industry as well as in reality such as temperature sensors, magnetic sensors, ultrasonic sensors, infrared sensors, color sensors, encoders The paper also introduces programming methods of calibrating the sensor signal on the Arduino microcontroller using the Matlab Simulink which is effective and it helps avoid errors during programming processes.

Key words - Arduino; Matlab Simulink; sensors; real-time communication; microcontroller.



Hình 1 : Bảng thí nghiệm Arduino Uno

2. Nguyên lý của một số loại cảm biến

2.1. Nguyên lý hoạt động của cảm biến quang

Cảm biến quang điện thực chất là các linh kiện quang điện, thay đổi trạng thái điện khi có ánh sáng thích hợp tác động vào bề mặt của nó. Ứng dụng nguyên lý này vào các loại cảm biến như cảm biến màu, cảm biến lửa được giới thiệu ở mục 3.1,3.2.

Hiệu ứng quang dẫn là hiện tượng giải phóng những hạt dẫn điện trong vật liệu dưới tác dụng của ánh sáng làm tăng độ dẫn điện của vật liệu.

Trong chất bán dẫn, các điện tử liên kết với hạt nhân, để giải phóng điện tử khỏi nguyên tử cần cung cấp một năng lượng tối thiểu bằng năng lượng liên kết W_{lk} . Khi điện tử tự do được giải phóng ra khỏi nguyên tử sẽ tạo thành hạt dẫn mới trong vật liệu [1].

Tế bào quang dẫn (TBQD):

+ Điện trở: điện trở trong tối (R_{co}) phụ thuộc vào hình

dạng, kích thước, nhiệt độ và bản chất lý hóa của vật liệu. R_{co} thường lớn (từ $10^4 \Omega$:- $10^9 \Omega$, ở 25°C đối với PbS, CdS, CdSe) và giảm nhanh khi độ rọi sáng tăng.

Tế bào quang điện có thể coi như một mạch tương đương gồm 2 điện trở tối (R_{co}) và điện trở sáng (R_{cp}) mắc song song :

$$R_c = \frac{R_{co}.R_{cp}}{R_{co} + R_{cp}} \quad (1)$$

Thông thường $R_{cp} \ll R_{co}$, nên có thể coi $R_c \approx R_{cp}$

+ Độ nhạy: Theo sơ đồ tương đương của tế bào quang dẫn, độ dẫn điện G_c của tế bào quang dẫn là tổng dẫn của độ dẫn trong tối và độ dẫn khi chiếu sáng:

$$G_c = G_{co} + G_{cp} \quad (2)$$

Trong đó :

- Độ dẫn trong tối $G_{co} = 1/R_{co}$.
- Độ dẫn khi chiếu sáng $G_{cp} = 1/R_{cp}$.

Khi đặt điện áp V vào tế bào quang dẫn, dòng điện đi qua mạch:

$$I = V.G_{co} + V.G_{cp} = I_o + I_p \quad (3)$$

Trong điều kiện sử dụng thông thường: $I_o \ll I_p$, do đó: $I_p \approx I$, dòng quang điện của tế bào quang dẫn được xác định bởi biểu thức :

$$I_p = \frac{V}{a} \Phi^\gamma \quad (4)$$

Trong đó:

a - Hệ số phụ thuộc vào bản chất vật liệu, nhiệt độ, phổ bức xạ.

γ - Hệ số chuyển đổi quang - điện có giá trị từ 0.5 :- 1.0,

Φ - Thông lượng ánh sáng.

Công thức xác định độ nhạy phổ của tế bào quang dẫn:

$$S(\lambda) = \frac{\Delta I_p}{\Delta \Phi(\lambda)} \quad (5)$$

2.2. Nguyên lý làm việc của cảm biến tự cảm

Nếu bỏ qua điện trở của cuộn dây và từ trở của lõi thép [1], ta có:

$$L = \frac{W^2}{R_\delta} = \frac{W^2 \mu_0 S}{\delta} \quad (6)$$

Trong đó:

W : số vòng dây

R_δ : từ trở của khe hở không khí

δ : chiều dài khe hở không khí

S : tiết diện thực của khe hở không khí

Độ nhạy của cảm biến tự cảm khi tiết diện thay đổi khe hở không khí $\delta = \text{const}$:

$$S_\delta = \frac{\Delta L}{\Delta \delta} = \frac{L_0}{S_0} \quad (7)$$

Độ nhạy của cảm biến tự cảm khi khe hở không khí thay đổi, tiết diện $S = \text{const}$:

$$S_\delta = \frac{\Delta L}{\Delta \delta} = - \frac{L_0}{\delta_0 [1 + (\frac{\Delta \delta}{\delta_0})]^2} \quad (8)$$

Tổng trở của cảm biến :

$$Z = \omega L = \frac{\omega W^2 \mu_0 S}{\delta} \quad (9)$$

Ứng dụng nguyên lý này vào các loại cảm biến từ tính, cảm biến kim loại và cảm biến reed trong kit thí nghiệm tuy nhiên các tác giả không giới thiệu trong bài báo vì cách lập trình để đo đặc và xuất tín hiệu tương tự như cảm biến lửa ở mục. 3.2 của bài báo này.

3. Một số loại cảm biến sử dụng trong bộ thí nghiệm

3.1. Cảm biến màu sắc TCS3200

IC TCS3200 trên cảm biến màu sắc của bộ thí nghiệm được dùng để phát hiện màu sắc, dựa vào chuyển đổi tần số kết hợp với diode tách sóng quang silicon tích hợp trên mô đun [2]. Đầu ra là một sóng vuông (50 % chu kỳ), tần số tỉ lệ trực tiếp với cường độ ánh sáng (bức xạ). Tần số đầu ra có thể được tỉ lệ hóa bởi một trong ba giá trị đặt trước thông qua hai chân đầu vào S0 và S1 (Bảng 1).

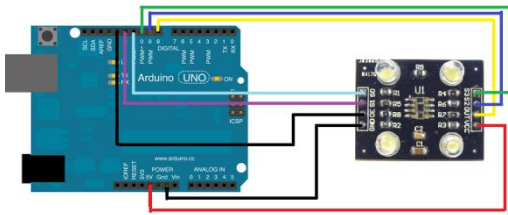
Bảng 1. Các giá trị S0, S1, S2, S3 và các chế độ

S1	S2	Output frequency scaling (f_0)	S3	S4	Photodiode type
L	L	Power down	L	L	Red
L	H	2%	L	H	Blue
H	L	20%	H	L	Clear
H	H	100%	H	H	Green

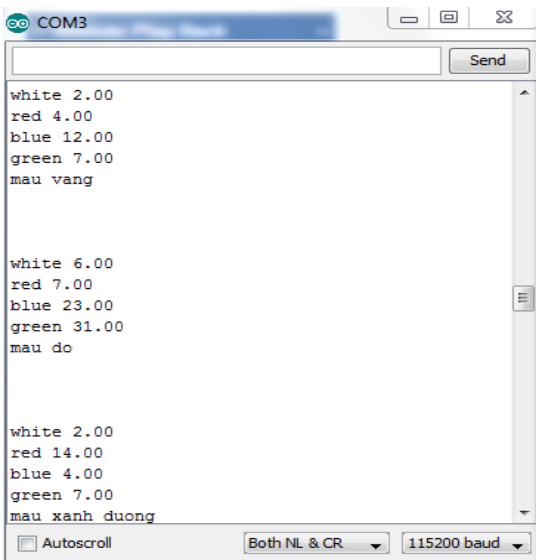
Trong IC TCS3200, bộ chuyển đổi ánh sáng - tần số gồm một ma trận 8×8 điốt tách sóng quang, trong đó 16 điốt tách sóng quang có bộ lọc màu xanh, 16 điốt có bộ lọc màu xanh lá cây, 16 điốt có bộ lọc màu đỏ, và 16 điốt không lọc (tất cả ánh sáng đều đi qua). Các chế độ lọc của

các điốt tách quang này được tùy chỉnh qua giá trị của hai chân đầu vào S2 và S3 (Bảng 1).

Khi lập trình để lựa chọn màu sắc thì kết hợp cả 4 chế độ lọc từ đó có thể cho được kết quả chính xác hơn rất nhiều so với các loại cảm biến màu chỉ sử dụng photo điốt hoặc không sử dụng chế độ lọc. Cảm biến này có thể đo đặc được nhiều màu sắc khác nhau tương đối chính xác, trong bài thí nghiệm được giới thiệu chỉ làm việc với 4 màu là vàng, đỏ, xanh lá và xanh dương.



Hình 2 : Sơ đồ nối dây với bảng mạch Arduino Uno



Hình 3 : Hiển thị thông tin trên màn hình máy tính

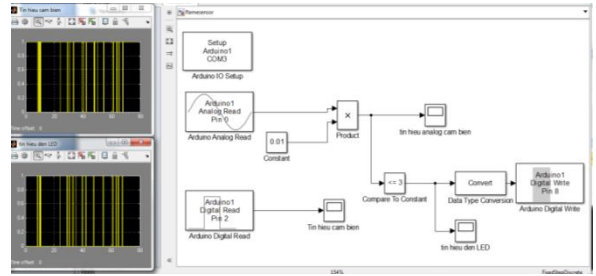
3.2. Cảm biến lửa

Cảm biến lửa dùng để phát hiện lửa dựa vào bước sóng nhận được của cảm biến từ 760nm đến 1100nm. Module cảm biến lửa có 2 ngõ xuất tín hiệu theo analog và digital để người sử dụng có thể tùy ý lựa chọn làm việc.



Hình 4: Sơ đồ giao tiếp

Chương trình dùng để đo tín hiệu của cảm biến và xuất lên màn hình máy tính được viết tích hợp vào trong Matlab Simulink với tín hiệu đo lường thời gian thực [3]. Trong đó tín hiệu vào của cảm biến sẽ qua vi điều khiển đến máy tính, máy tính xử lý rồi xuất tín hiệu vào vi điều khiển để làm sáng module LED (Hình 4).



Hình 5: Sơ đồ và tín hiệu của Simulink

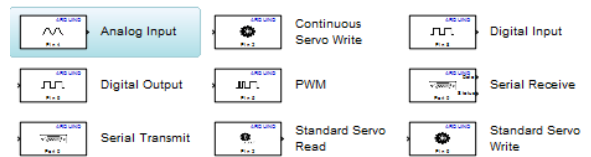
3.3. Cảm biến kim loại

Từ phân tích trong mục 2.2, chúng ta thấy rằng khi δ - chiều dài khe hở không khí trong mạch dẫn từ thay đổi sẽ làm thay đổi từ cảm L , từ đó sẽ làm thay đổi tổng trở Z , thay đổi dòng điện trong cuộn dây, ... Trên cơ sở ứng dụng nguyên lý này để chế tạo cảm biến kim loại (loại có từ tính). Phần lập trình cho module cảm biến kim loại hoạt động tương tự như cảm biến lửa. Cảm biến kim loại cũng có 2 ngõ xuất tín hiệu ra theo analog và digital, người sử dụng có thể tùy ý lựa chọn làm việc.

Chương trình dùng để đo tín hiệu của cảm biến và xuất lên màn hình máy tính được viết tích hợp vào trong Simulink với tín hiệu đo lường thời gian thực. Phần lập trình giao tiếp với máy tính và file Matlab Simulink như trên Hình 4 và Hình 5.

4. Lập trình cho mạch Arduino Uno R3 bằng Matlab Simulink

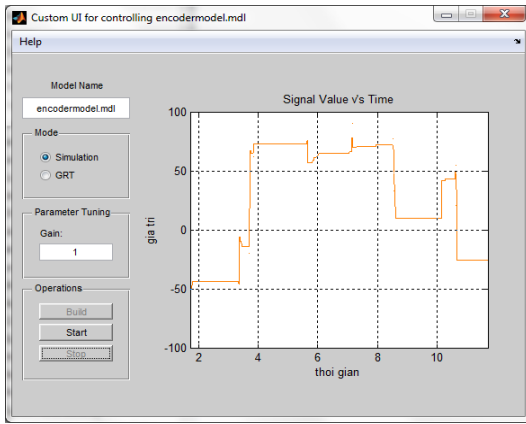
Hiện nay việc lập trình cho vi điều khiển thông thường bằng ngôn ngữ bậc thấp như Assembly hay tốt hơn là C, C++ do vậy đòi hỏi người lập trình ngoài kiến thức về vi điều khiển còn phải có kiến thức tương đối về ngôn ngữ lập trình. Tuy nhiên đến năm 2012 thì Matlab đã bước đầu xây dựng thư viện lập trình cho vi điều khiển ATM tích hợp với mạch của Arduino trên nền Simulink [2],[5].



Hình 6 : Các khối lập trình cho vi điều khiển Arduino

Việc lập trình vi điều khiển bằng đồ họa là nền tảng đầu tiên giúp cho việc lập trình cho vi điều khiển trở nên thuận tiện, tránh được sai sót và dễ dàng trong việc lập trình cho vi điều khiển (Hình 5). Các khối hàm của Simulink dùng trong việc lập trình vi điều khiển này tương đối đơn giản, thuận tiện cho các ứng dụng (Hình 6.), tuy nhiên người lập trình có thể viết thêm các khối hàm riêng để lập trình cho vi điều khiển với mức độ phức tạp hơn.

Ngoài ra đối với bảng mạch Arduino thì đã có thư viện giao tiếp thời gian thực, trực tiếp giữa vi điều khiển và máy tính, do đó rất khả thi cho việc khảo sát đáp ứng của các cảm biến và cơ cấu chấp hành bằng việc hiển thị thông tin tín hiệu trên màn hình máy tính [4].



Hình 7 : Giao diện GUI của cảm biến encoder

Từ khả năng giao tiếp thời gian thực với máy tính ta có thể ứng dụng vào lập trình cho giao diện người dùng nhằm hiển thị thông tin cần thiết lên màn hình máy tính. Trong hình 7 là một giao diện người dùng đã được các tác giả lập trình trên máy tính để lấy tín hiệu của cảm biến encoders đo góc quay của cảm biến, tín hiệu trên giao diện GUI (graphic user interface) cho biết được góc lệch của cảm biến và chiều lệch của cảm biến là về bên phải hay bên trái. Ngoài ra trên giao diện GUI tác giả có lập trình thêm phần khuếch đại tín hiệu "Gain" mà người dùng có thể thay đổi độ khuếch đại và hiển thị trên giao diện. Sử dụng giao diện GUI cho phép thiết kế giao diện hiển thị nhiều thông tin cùng lúc và có thể lập trình tính toán giúp cho người sử dụng biết được các thông số phức tạp hơn.

5. Kết luận

Tác giả đã hoàn thành việc xây dựng bộ thí nghiệm cảm biến gồm nhiều loại cảm biến khác nhau, với kích thước nhỏ gọn (20 cm x 30 cm), nặng khoảng 300 gr nên

rất cơ động trong việc sử dụng phục vụ đào tạo, chưa một đơn vị nào trong nước thực hiện. Nhóm nghiên cứu đã lập trình lấy và xuất tín hiệu cảm biến lên màn hình, thực hiện bằng ngôn ngữ C trong phần mềm Arduino, bằng Matlab Simulink và cả bằng Matlab Simulink kết hợp với giao diện Matlab GUI.

Việc lập trình bằng Matlab Simulink cho vi điều khiển được thực hiện đơn giản, tuy nhiên bộ thư viện của Simulink cho việc lập trình Arduino mới được phát triển, do vậy vẫn còn một số hạn chế, số hàm chưa nhiều. Đối với các loại cảm biến phức tạp như cảm biến màu được đề cập ở mục 3.1, cần các hàm lấy mẫu để đo tần số của tín hiệu thì trong Matlab Simulink vẫn chưa thực hiện được. Đây cũng là hướng phát triển của nghiên cứu nhằm xây dựng một thư viện phong phú hơn cho việc lập trình bằng mạch Arduino nói chung và xa hơn nữa là tạo thư viện Matlab Simulink lập trình cho các bảng mạch loại khác như MCU430 hay LM4F120 của Texas Instrument.

Tài liệu tham khảo

- [1] Lê Văn Doanh, Phạm Thượng Hàn,..., (2001), "Các bộ cảm biến trong kỹ thuật đo lường và điều khiển", Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, H.
- [2] Anuja Apte, "Set up and Blink - Simulink with Arduino", Adafruit learning system, updated 27/2/2014.
- [3] Pravallika Vinnakota, "Motor Control with Arduino: A Case Study in Data-Driven Modeling and Control Design", ECE digital edition, April 2013.
- [4] Sebastian Groß, "Low-Cost hardware connectivity with Simulink", MATLAB-Day RWTH Aachen, October 24th, 2013.
- [5] Arjun Shekar Sadahalli, "Arduino Platform for PMDC Motor Modeling & Control using MATLAB/Simulink, Arduino Target Blockset, & Other Mathworks Tools", Southern Illinois University, 2013.

(BBT nhận bài: 20/4/2014, phản biện xong: 05/5/2014)