

THIẾT KẾ MẠCH HIỂN THỊ TÍN HIỆU CÁC CẢM BIẾN TRONG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG TRÊN MÀN HÌNH LCD

DESIGN CIRCUIT TO DISPLAY SIGNALS SENSOR IN COMBUSTION ENGINE CONTROL SYSTEMS ON LCD SCREEN

Lê Đức Hiếu^{1,*}, Vũ Ngọc Quỳnh¹, Thân Quốc Việt¹

TÓM TẮT

Động cơ đốt trong trang bị trên ô tô ngày càng đòi hỏi cao về tiêu chuẩn khí thải, nâng cao hiệu suất có ích, vì vậy các hệ thống trong động cơ phải được cải tiến để đáp ứng các yêu cầu đó. Ngày nay, khoa học công nghệ phát triển mạnh mẽ nên xu hướng điện tử hóa các hệ thống trên động cơ là một tất yếu. Các hệ thống này hoạt động được thông qua lấy các tín hiệu từ các cảm biến thông qua bộ điều khiển điện tử để tính toán và quyết định thời điểm làm việc tối ưu cho các cơ cấu chấp hành. Hơn nữa, để thuận tiện cho quá trình triển khai các bài thí nghiệm về xác định các thông số làm việc của các cảm biến trong các hệ thống điều khiển động cơ, trong bài báo này đã trình bày các bước thiết kế mạch hiển thị các tín hiệu cơ bản từ các cảm biến trong hệ thống điều khiển động cơ trên màn hình LCD để thuận tiện cho quá trình thực hành thí nghiệm đảm bảo độ chính xác và trực quan.

Từ khóa: Cảm biến, điều khiển động cơ, bộ điều khiển điện tử.

ABSTRACT

Vehicle combustion engines are increasingly demanding on emissions standards, improving utility efficiency, requiring engine systems to be improved to meet those requirements. Today, science and technology are developing strongly, so the trend of electronicization of systems on engines is an inevitable. These systems work by taking signals from the sensors via an electronic controller to calculate and determine the optimal working time for actuators. Moreover, in order to facilitate the process of deploying experiments on determining the working parameters of sensors in motor control systems, this paper presents the steps of designing display circuits. The basic signals from the sensors in the motor control system on the LCD screen to facilitate the practice of experiments ensure accuracy and visualization.

Keywords: Sensor, Engine Control, Electronic Control Unit.

¹Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: hieuld@hau.edu.vn

Ngày nhận bài: 30/11/2020

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 04/01/2021

Ngày chấp nhận đăng: 25/10/2021

1. GIỚI THIỆU

Ngày nay, ô tô được trang bị nhiều công nghệ hiện đại, các hệ thống trên ô tô được tích hợp các công nghệ liên

ngành như cơ khí, điện điện tử, thủy khí và công nghệ thông tin nhằm tăng các tính năng cũng như mức độ “thông minh” như: hệ thống kiểm soát lực kéo TRC, hệ thống cân bằng điện tử VSC, hệ thống tự động cảnh báo va chạm, hệ thống chiếu sáng thông minh AFS, kiểm soát mô men xoắn của động cơ, điều khiển hệ thống nhiên liệu, kiểm soát vấn đề khí thải động cơ, hệ thống phân phối khí thông minh VVT-i,... Những hệ thống này lấy các tín hiệu điều khiển thông qua các cảm biến được trang bị trên động cơ ô tô làm tín hiệu đầu vào cho bộ điều khiển điện tử ECU, từ đó ECU ra các quyết định điều khiển cơ cấu chấp hành sao cho các hệ thống hoạt động tối ưu nhất theo các chế độ hoạt động của động cơ ô tô.

Sự phát triển của khoa học công nghệ trong môi trường doanh nghiệp rất mạnh mẽ, vòng đời của một sản phẩm công nghệ rút ngắn lại, đây là áp lực rất lớn cho công tác đào tạo thuộc lĩnh vực kỹ thuật đặc biệt là trong lĩnh vực công nghệ kỹ thuật ô tô. Mong muốn của các chương trình đào tạo là thu hẹp khoảng cách giữa cơ sở đào tạo với doanh nghiệp, giúp cho người học sau khi tốt nghiệp tiếp cận nhanh chóng với công nghệ được trang bị trên các ô tô đời mới. Từ yêu cầu đó, việc chế tạo các mô hình học cụ phục vụ cho giảng dạy các học phần chuyên môn đang là vấn đề cấp bách.

Hiện nay, đã có các công trình nghiên cứu về xây dựng các bài thí nghiệm trong giảng dạy môn Vật lý [1, 2]. Các nghiên cứu này tập trung vào xây dựng một bài thí nghiệm trên cơ sở một loại cảm biến, phù hợp với từng bài học đơn lẻ. Đối với các học phần thí nghiệm chuyên sâu trong lĩnh vực ô tô, cần thấy được tổng thể các tín hiệu của các cảm biến trên một hệ thống bất kỳ thì được tiếp cận trên xe thật là tốt nhất. Bên cạnh ưu thế thì hình thức tiếp cận trên ô tô thật có những yếu điểm như: giá thành đắt, cần diện tích phòng học lớn,... từ những nhược điểm đó, việc xây dựng các mô hình thí nghiệm về các cảm biến dùng trên động cơ ô tô đã được nghiên cứu, chế tạo trong nước cũng như ở nước ngoài [1, 3, 4]. Các nghiên cứu này đã xây dựng các mô hình bằng các phần mềm điều khiển khác nhau Labview, Matlab nhưng khó khăn cho việc tiếp cận của sinh viên.

Từ thực tiễn trong giảng dạy các học phần thực hành thí nghiệm về điện - điện tử ô tô, nhóm tác giả nhận thấy xây dựng mô hình phục vụ học phần thí nghiệm là cần thiết và cấp bách. Trong bài báo này, nhóm tác giả đưa ra mô hình thí nghiệm về các cảm biến thường dùng trên ô tô, thiết lập các tín hiệu đầu vào cho các cảm biến, các tín hiệu này được mô phỏng như các tín hiệu trên động cơ ô tô như tín hiệu từ trục cam, trục khuỷu, vị trí bàn đạp ga, lưu lượng không khí, nhiệt độ nước làm mát, tiếng gõ ở trong động cơ. Tín hiệu đầu ra của các cảm biến được hiển thị trên màn hình LCD thông qua vi điều khiển STM32F103C8T6, giúp cho người học dễ tiếp cận hơn, chi phí tiếp kiệm hơn và hiệu quả hơn so với các mô hình điều khiển khác.

2. PHẦN CỨNG BỘ ĐIỀU KHIỂN

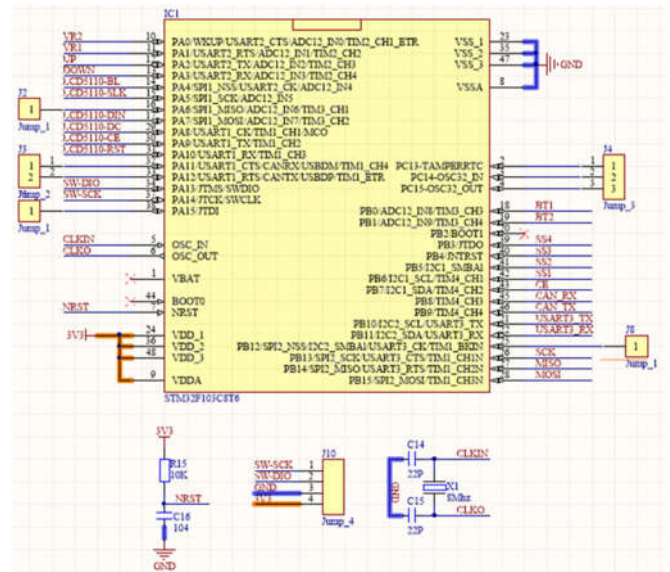
2.1. Bộ điều khiển

Hiện nay, trong công nghệ điều khiển có nhiều giải pháp công nghệ khác nhau. Có thể dùng các bo mạch được thiết kế sẵn như các bo mạch arduino, arduino chính thức thường sử dụng các dòng chip megaAVR, đặc biệt là ATmega8, ATmega168, ATmega328, ATmega1280 và ATmega2560. Một vài các bộ vi xử lý khác cũng được sử dụng bởi các mạch Aquino tương thích. Hầu hết các mạch gồm một bộ điều chỉnh tuyến tính 5V và một thạch anh dao động 16MHz (hoặc bộ cộng hưởng ceramic trong một vài biến thể), mặc dù một vài thiết kế như LilyPad chạy tại 8MHz và bỏ qua bộ điều chỉnh điện áp onboard do hạn chế về kích cỡ thiết bị. Một vi điều khiển Arduino cũng có thể được lập trình sẵn với một boot loader cho phép đơn giản là upload chương trình vào bộ nhớ flash on-chip, so với các thiết bị khác thường phải cần một bộ nạp bên ngoài. Điều này giúp cho việc sử dụng Arduino được trực tiếp hơn bằng cách cho phép sử dụng một máy tính gốc như bộ nạp chương trình [5]. Tuy có nhiều ưu điểm song bên cạnh còn có những nhược điểm như: cùng giá thành thì tốc độ xử lý của Arduino thấp hơn vi điều khiển STM32.

STM32 là một trong những dòng chip phổ biến của ST với nhiều họ thông dụng như F0, F1, F2, F3, F4... STM32F103C8T6 thuộc họ F1 với lõi là ARM COTEX M3, là vi điều khiển 32 bit, tốc độ tối đa 72MHz, giá thành khá rẻ so với các loại vi điều khiển có chức năng tương tự, mạch nạp cũng như ngôn ngữ lập trình đa dạng và dễ sử dụng. Cấu trúc của vi điều khiển STM32F103C8T6 như hình 1. Trong bài báo này, nhóm tác giả sử dụng vi điều khiển STM32F103C8T6, có thông số kỹ thuật như bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của vi điều khiển STM32F103C8T6

STT	Tên thông số	Giá trị
1	CPU	32 bit-Cortex M3
2	Bộ nhớ	64 Kb (Flash) + 20 Kb (SRAM)
3	Clock _{max}	72MHz
4	ADC _{max}	12 kênh (12 bit)
5	Timer _{max}	7 bộ Timer
6	Giao tiếp	UART (3), SPI (2), I2C (2), CAN (1), USB (1)
7	Điện áp hoạt động	2,0 - 3,6V

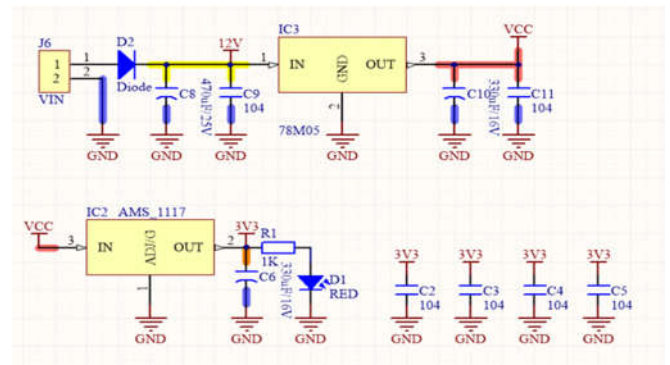


Hình 1. Vi điều khiển STM32F103C8T6

Ngôn ngữ lập trình viết cho boarduino thương dùng là ngôn ngữ C, C++ đây là các ngôn ngữ thường dùng cho lập trình vi xử lý.

2.2. Mạch nguồn cho vi điều khiển và màn hình LCD

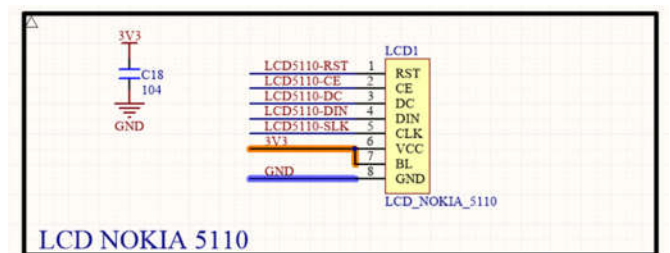
Khối nguồn sử dụng điện áp 12V được hạ áp bởi IC3 78M05 hạ áp từ 12V xuống 5V cấp cho các ngoại vi, IC2 AMS1117-3.3V hạ từ 5V xuống 3,3V cung cấp cho vi điều khiển và màn hình. Mạch nguyên lý của khối nguồn như hình 2.



Hình 2. Mạch nguyên lý khối nguồn

2.3. Bộ hiển thị LCD NOKIA 5110

Trong bài báo này sử dụng màn hình LCD NOKIA 5110 để hiển thị các thông số của cảm biến, cấu tạo của màn hình LCD NOKIA 5110 như hình 3.



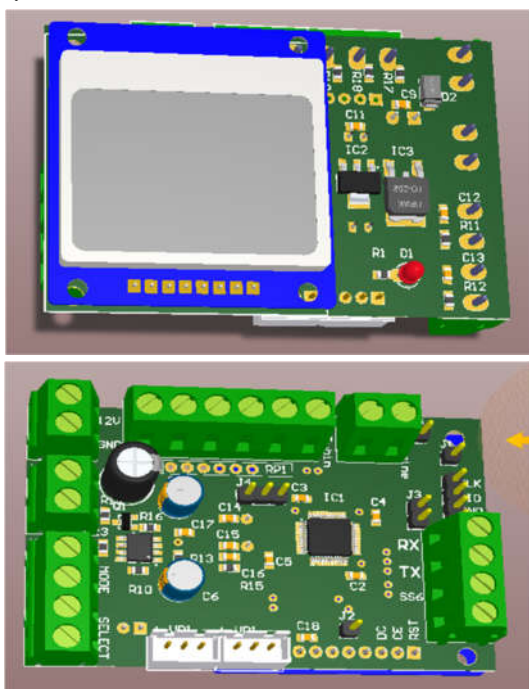
Hình 3. Sơ đồ màn hình LCD NOKIA 5110

Thông số kỹ thuật của LCD NOKIA5110 như bảng 2.

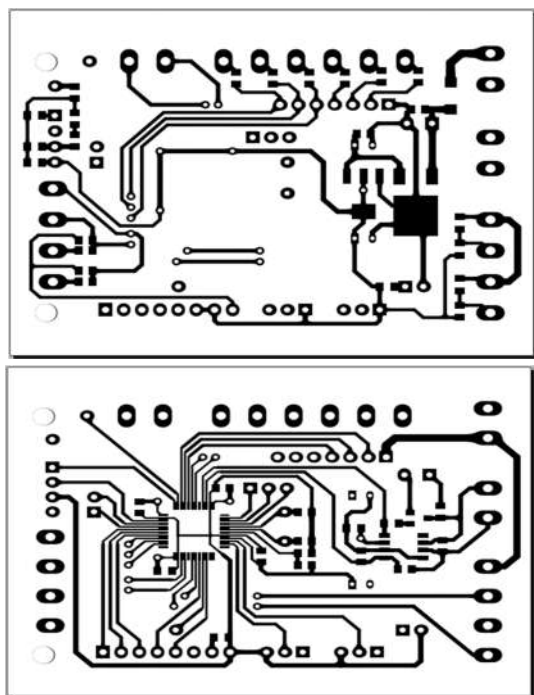
Bảng 2. Thông số kỹ thuật của LCD NOKIA5110

STT	Tên thông số	Giá trị
1	Kích thước màn hình	43,25mm x 43,25mm
2	Độ phân giải	84 x 84 pixel
3	IC điều khiển PCD	8544
4	Chuẩn giao tiếp	SPI
5	Điện áp nguồn	3,3V

2.4. Mạch in



Hình 4. Hình ảnh 3D lớp trên và lớp dưới



Hình 5. Đường mạch lớp trên và dưới

Mạch được thiết kế trên phần mềm Altium Designer phiên bản 17.1.5 là phần mềm chuyên nghiệp dành cho thiết kế mạch điện tử được nhiều kỹ sư và nhà máy trên thế giới sử dụng. Mạch in có thông số sau: píp FR4, độ dày đường mạch 1 oz, mạch đi dây hai lớp phủ xanh, một số hình ảnh về mạch in như hình 4, 5.

3. THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN

Để xây dựng thuật toán điều khiển hiển thị các thông số cơ bản của một số cảm biến chính cần biết được mối liên hệ giữa các đại lượng vật lý với nhau.

Đối với cảm biến MAP và MAF mối liên hệ giữa các đại lượng theo công thức sau:

$$p = a * U + b \tag{1}$$

$$Q = k * U - d \tag{2}$$

Trong đó:

p là áp suất khí nạp, đơn vị bar;

U là điện áp đo được, đơn vị V;

a, b, k, d là các hệ số thực nghiệm, phụ thuộc vào các loại cảm biến.

Đối với cảm biến nhiệt độ, giá trị nhiệt độ có mối liên hệ với giá trị điện trở thu được như sau:

$$R = R_0 [1 + \alpha .(t - t_0)] \tag{3}$$

Trong đó: R₀ là điện trở suất ở 20°C;

α là hệ số nhiệt điện trở.

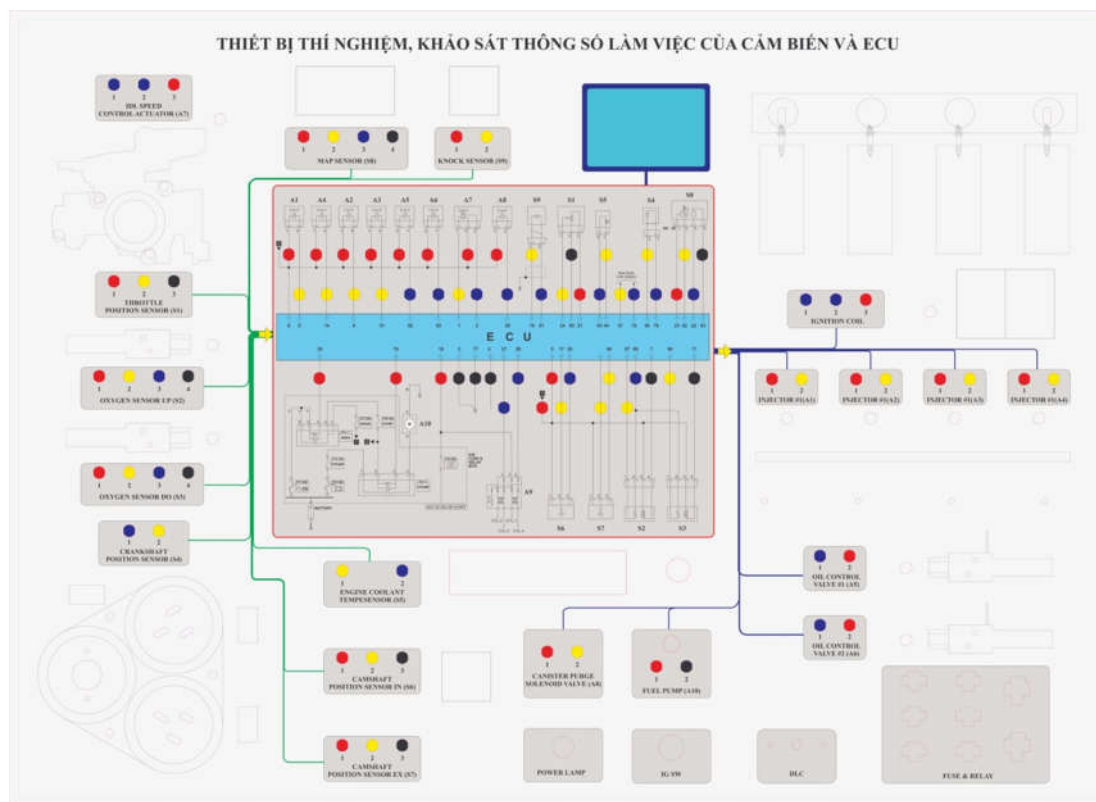
4. MÔ HÌNH BỘ THÍ NGHIỆM

Mô hình của bộ thí nghiệm được mô tả như hình 6. Trên mô hình thể hiện các cảm biến, ECU động cơ, màn hình hiển thị thông tin cảm biến. Khi các cảm biến, ECU động cơ được cấp nguồn 1 chiều với các điện thế 5V, 12V thông qua bộ biến đổi nguồn từ điện thế xoay chiều sang điện thế 1 chiều có dải từ 5V đến 12V. Các tín hiệu đầu vào của cảm biến được tích hợp trên mô đun cảm biến, thông qua triết áp có thể điều chỉnh được thông số đầu vào của cảm biến như thay đổi tốc độ, lưu lượng, nhiệt độ.

Sau khi chạy mô hình, có kết quả thể hiện trong bảng 3, 4, 5.

Bảng 3. Kết quả đo ở chế độ không tải

Loại cảm biến	Thông số đo	Giá trị hiển thị trên LCD	Giá trị đọc trên máy GSCAN 3	Sai số
Cảm biến vị trí trục khuỷu	Vòng tua máy	607 RPM	620 RPM	2,04%
Cảm biến lưu lượng	Điện áp ra	3,9V	4,05V	3,7%
Cảm biến vị trí bướm ga	Độ mở bướm ga	6,45%	6,59%	2,2%
Cảm biến nhiệt độ nước làm mát	Nhiệt độ	73,9°C	75,5°C	2,18%



Hình 6. Mô hình sản phẩm

Bảng 4. Kết quả đo ở chế độ 50% tải

Loại cảm biến	Thông số đo	Giá trị hiển thị trên LCD	Giá trị đọc trên máy GSCAN 3	Sai số
Cảm biến vị trí trục khuỷu	Vòng tua máy	1342 RPM	1370 RPM	2,04%
Cảm biến lưu lượng	Điện áp ra	3,9V	4,05V	3,7%
Cảm biến vị trí bướm ga	Độ mở bướm ga	48,9%	50%	2,2%
Cảm biến nhiệt độ nước làm mát	Nhiệt độ	80,7°C	82,5°C	2,18%

Bảng 5. Kết quả đo ở chế độ toàn tải

Loại cảm biến	Thông số đo	Giá trị hiển thị trên LCD	Giá trị đọc trên máy GSCAN 3	Sai số
Cảm biến vị trí trục khuỷu	Vòng tua máy	2165 RPM	2210 RPM	2,04%
Cảm biến lưu lượng	Điện áp ra	3,9V	4,05V	3,7%
Cảm biến vị trí bướm ga	Độ mở bướm ga	97,41%	99,6%	2,2%
Cảm biến nhiệt độ nước làm mát	Nhiệt độ	80,7°C	82,5°C	2,18%

5. KẾT LUẬN

Nội dung bài báo này đã trình bày mô hình thí nghiệm để đo được các thông số của cảm biến trên động cơ ô tô, hiện thị đồng thời 04 thông số trên màn hình LCD thông

qua vi điều khiển STM32F103C8T6. Đảm bảo tính trực quan và có độ chính xác cao với sai số trung bình 2,53%.

Hướng phát triển tiếp theo của báo cáo là liên kết mô đun các cảm biến, ECU với các hệ thống điện - điện tử trên ô tô phục vụ cho các học phần mô phỏng và điều khiển giám sát các hệ thống đánh lửa, phun nhiên liệu, kiểm soát mô men xoắn của động cơ, cải tiến thuật toán điều khiển hiển thị để nâng cao chất lượng hình ảnh, giảm sai số trong

quá trình đo, có thể kết nối và điều chỉnh được các thông số đầu vào của mô hình trên máy tính.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi trường Đại học Công nghiệp Hà Nội trong đề tài mã số 13-2019-RD/HĐ-ĐHCN

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Ngo Minh Nhat, Mai Hoang Phuong, 2015. *Constructing some experiments using ultrasonic sensors with Labview software to teach Kinetics in grade 10 Physics*. Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science, Vol 8 (74), 60-69.

[2]. D. S. Hien, L. H. Phuc, L. Q. Dung. *Research and manufacture sensor KIT with NI DAQ PCI 6024E*. 2nd National Conference on Applied Physics, Ho Chi Minh City.

[3]. W. Tsai, Z. Wu, P. Yu, S. Chang, 2011. *Design of Electrical Driving Circuits for a High-pressure Fuel Injector and Control of Fuel Injection Quantities by using the Polynomial Curve Fitting Method*. International Journal of Intelligent Information Processing, 2, 60-73.

[4]. B. Ashok, S. Denis Ashok, C. Ramesh Kumar, 2016. *A review on control system architecture of a SI engine management system*. Annual Reviews in Control, 41, 94-118.

[5]. *Arduino*, 2020.

AUTHORS INFORMATION

Le Duc Hieu Vu Ngoc Quynh, Than Quoc Viet

Faculty of Automobile Technology, Hanoi University of Industry