

XÂY DỰNG MÔ HÌNH ĐIỀU KHIỂN VỊ TRÍ

Lê Văn Toán¹, Lê Hoàng Đăng¹ và Nguyễn Chí Ngôn¹

¹ Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

Thông tin chung:

Ngày nhận: 25/06/2015

Ngày chấp nhận: 27/10/2015

Title:

Implementation of a position control model

Từ khóa:

Bộ điều khiển PID, MATLAB, Simulink, Arduino

Keywords:

PID controller, MATLAB, Simulink, Arduino

ABSTRACT

This study presents a method of design and implementation of a position control model, which can be used to test different control algorithms. The system was built based on the Arduino Mega2560 kit and MATLAB/Simulink. Experimental results on the PID controller shows that the response of the model has suitable rise-time, settling time, and small steady-state error. The model satisfies the requirements for setting up an experimental device for laboratory experiments of control system.

TÓM TẮT

Nghiên cứu này trình bày phương pháp thiết kế và thi công mô hình điều khiển vị trí có thể dùng để kiểm nghiệm các giải thuật điều khiển khác nhau. Hệ thống được xây dựng dựa trên mô-đun Arduino Mega2560 và MATLAB/Simulink. Kết quả kiểm nghiệm trên bộ điều khiển PID cho thấy đáp ứng của mô hình có thời gian tăng và thời gian xác lập hợp lý, sai số xác lập nhỏ, hoàn toàn đạt yêu cầu thiết lập học cụ phục vụ thực hành, thi nghiệm về điều khiển hệ thống.

1 GIỚI THIỆU

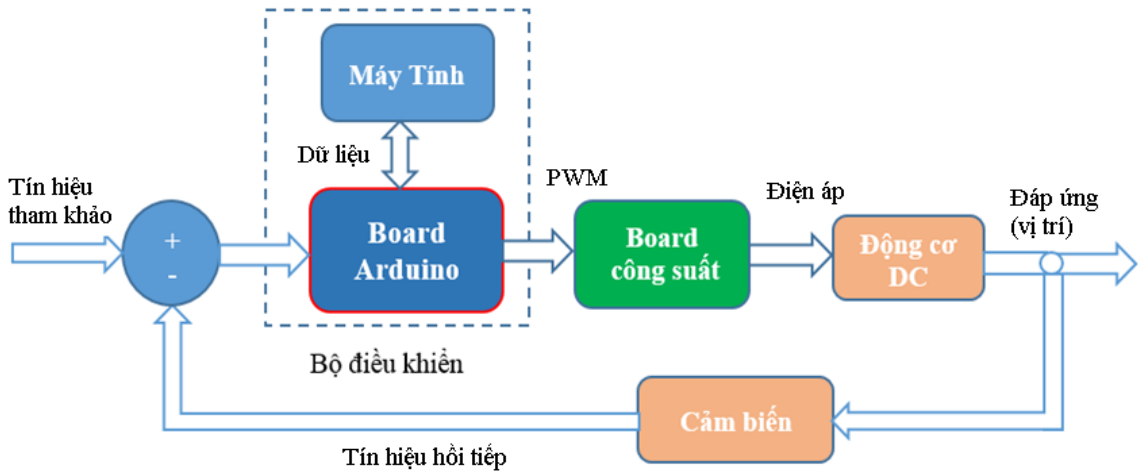
Phương pháp điều khiển vị trí được sử dụng rộng rãi trong đời sống nhất là trong các lĩnh vực kỹ thuật. Chúng ta có thể bắt gặp phương pháp này trong rất nhiều máy công cụ chính xác như: máy phay, máy tiện CNC, các máy cắt lazer (Vũ Thị Hạnh, 2007). Vì vậy, việc xây dựng các mô hình thí nghiệm điều khiển vị trí phục vụ giảng dạy được nhiều cơ sở đào tạo kỹ thuật quan tâm. Các mô hình thí nghiệm điều khiển vị trí được thương mại trên thị trường khá đa dạng. Tuy nhiên, giá thành của mỗi mô hình còn cao, một trong số đó là bộ điều khiển vị trí RT060 của hãng Gunt – Hamburg, CHLB Đức, được bán với giá gần 30.000 Euro (G.U.N.T. Gerätebau GmbH, 2004). Tuy vậy, phần lớn các phần mềm điều khiển này đều được đóng gói, làm hạn chế khả năng mở rộng các kiểu điều khiển khác.

Từ thực tế nêu trên, nghiên cứu này nhằm thiết kế và chế tạo một mô hình thí nghiệm điều khiển vị trí với giá thành thấp, vật tư, linh kiện dễ tìm để phục vụ cho việc đào tạo kỹ thuật. Mô hình thí nghiệm này có khả năng giao tiếp trực tiếp với MATLAB/Simulink, cho phép người dùng áp dụng, kiểm nghiệm nhiều kỹ thuật điều khiển khác nhau.

2 PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN

2.1 Tổng quan về mô hình

Nguyên lý điều khiển vị trí được thực hiện như Hình 1, nhằm kiểm soát vị trí của con trượt bằng động cơ DC. Ở đó, bộ điều khiển trung tâm nhận tín hiệu hồi tiếp trả về từ cảm biến hồng ngoại GP2D12, xác định được vị trí con trượt để điều xung PWM, kiểm soát động cơ DC. Khối công suất sẽ nhận tín hiệu điều xung PWM từ bộ điều khiển trung tâm, cũng như hướng chuyển động để tạo giá trị điện áp tương ứng, áp lên động cơ DC.



Hình 1: Sơ đồ điều khiển vị trí

2.2 Phần cứng của hệ thống

Phần cứng của hệ thống bao gồm hai khối chức năng quan trọng: (i) Bộ điều khiển và (ii) Bộ cảm biến vị trí. Cả hai khối này được xây dựng trên kit Arduino Mega 2560, với thông số kỹ thuật được hãng cung cấp trong Bảng 1 (Arduino, 2015).

Bảng 1: Một số thông số kỹ thuật kit Arduino Mega 2560

Vi điều khiển	ATMEGA 2560
Điện áp làm việc	5VDC
Số chân vào/ra số	54 (tích hợp bộ điều xung PWM)
Số chân vào tương tự	16
Dòng điện trên các chân vào/ra	40 mA
Bộ nhớ Flash	256 KB (8 KB dùng để khởi động)
Bộ nhớ SRAM	8 KB
Bộ nhớ EEPROM	4 KB
Tốc độ xung nhịp	16MHz

Để xác định vị trí đối tượng điều khiển, cảm

biến hồng ngoại GP2D12 được sử dụng. Đây là mô-đun đo khoảng cách bằng ánh sáng hồng ngoại thông dụng trên thị trường (Sharp Corporation, 2005). Việc giao tiếp giữa kit Arduino Mega 2560 với GP2D12 khá đơn giản, nhưng tín hiệu đầu ra tương tự của cảm biến không tuyến tính (Lê Văn Doanh, 2006), nên cần tuyến tính hóa dữ liệu từng đoạn để đạt được độ chính xác cao hơn. Công thức xác định khoảng cách cần đo được định nghĩa như (1):

$$Y = aX - b$$

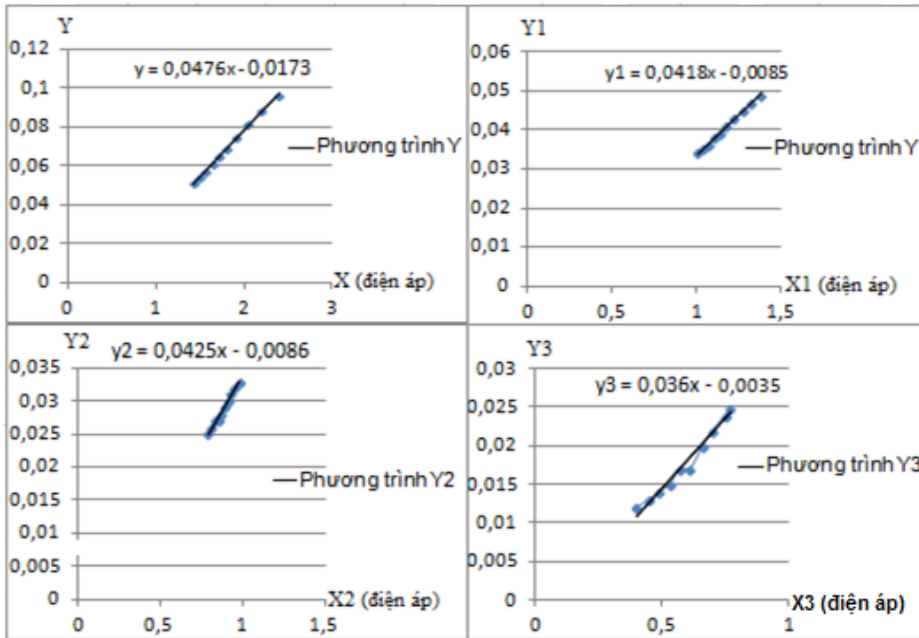
$$KC = \frac{1}{Y} - K \tag{1}$$

với, KC là khoảng cách cần đo; X là điện áp ra của cảm biến Vout; K=0.42 (Sharp Corporation, 2005); a và b là 2 hệ số cần tìm.

Để xác định các hệ số a và b trong (1), các thực hiện đo đặc với khoảng cách từ 10 cm đến 80 cm được thiết lập, với 4 đoạn dữ liệu (KC, X, Y), (KC1, X1, Y1), (KC2, X2, Y2) và (KC3, X3, Y3), cho trên Bảng 2.

Bảng 2: Giá trị đo từ 10 cm đến 80 cm

KC	X	Y	KC1	X1	Y1	KC2	X2	Y2	KC3	X3	Y3
10	2,4	0,096	20	1,38	0,049	30	0,98	0,033	40	0,77	0,025
11	2,2	0,088	21	1,32	0,047	31	0,95	0,032	41	0,75	0,024
12	2,06	0,081	22	1,28	0,045	32	0,93	0,031	45	0,7	0,022
13	1,93	0,075	23	1,22	0,043	33	0,91	0,03	50	0,66	0,02
14	1,81	0,069	24	1,18	0,041	34	0,89	0,029	60	0,61	0,017
15	1,72	0,065	25	1,14	0,039	35	0,87	0,028	60	0,57	0,017
16	1,65	0,061	26	1,11	0,038	36	0,85	0,027	65	0,53	0,015
17	1,57	0,057	27	1,07	0,036	37	0,83	0,027	70	0,49	0,014
18	1,51	0,054	28	1,04	0,035	38	0,81	0,026	75	0,45	0,013
19	1,43	0,051	29	1,01	0,034	39	0,79	0,025	80	0,4	0,012



Hình 2: Đồ thị khoảng cách cảm biến GP2D12 từ 10 cm – 80 cm

Từ mỗi đoạn dữ liệu trên Bảng 2, sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu bằng công cụ polyfit của MATLAB (Nguyễn Hoàng Hải và Nguyễn Việt Anh, 2006; Nguyễn Phùng Quang, 2006), ta dễ dàng xác định được a và b. Chẳng hạn, với đoạn dữ liệu (KC, X, Y), ta xác định được a=0.0476, b=0.0173. Từ đó, thay vào phương trình (1) ta được:

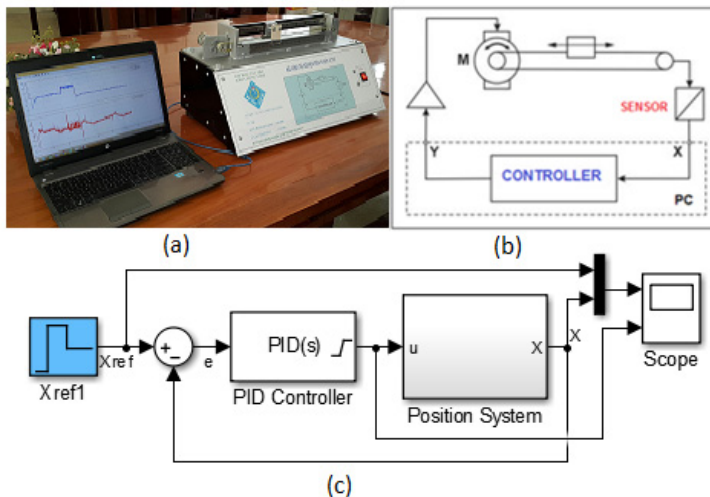
$$KC = \frac{1}{(0.0476X) - 0.0173} - 0.42 \quad (2)$$

Để kiểm chứng độ tin cậy của cảm biến, nghiên

cứu này đã tiến hành nhiều thực nghiệm. Mỗi thực nghiệm khoảng cách cần đo được đọc bằng cảm biến để so sánh với kết quả đo thủ công. Kết quả so sánh cho thấy công thức tính khoảng cách từ dữ liệu do cảm biến GP2D12 cung cấp là tin cậy được, với sai số tối đa là 0.4 cm.

2.3 Phần điều khiển

Để kiểm nghiệm mô hình điều khiển vị trí, bộ điều khiển PID truyền thống được thiết lập trên Simulink (Hình 3c) tương tác trực tiếp với mô hình thực nghiệm (Hình 3a), theo nguyên lý điều khiển vòng kín Hình 3b.



Hình 3: Mô hình thí nghiệm điều khiển vị trí

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Mô hình thí nghiệm điều khiển vị trí được xây dựng hoàn thiện như trên Hình 3a. Mô hình này giao tiếp trực tiếp với MATLAB thông qua cổng USB, với sự tham gia của kit Arduino Mega 2560. Kit này giữ vai trò truyền thông giữa bộ điều khiển trên máy tính và các cơ cấu chấp hành, cảm biến trên mô hình thực. Nó truyền tín hiệu điều khiển tạo bởi bộ điều khiển cho cơ cấu chấp hành và nhận tín hiệu hồi tiếp vị trí con trượt để trả về cho

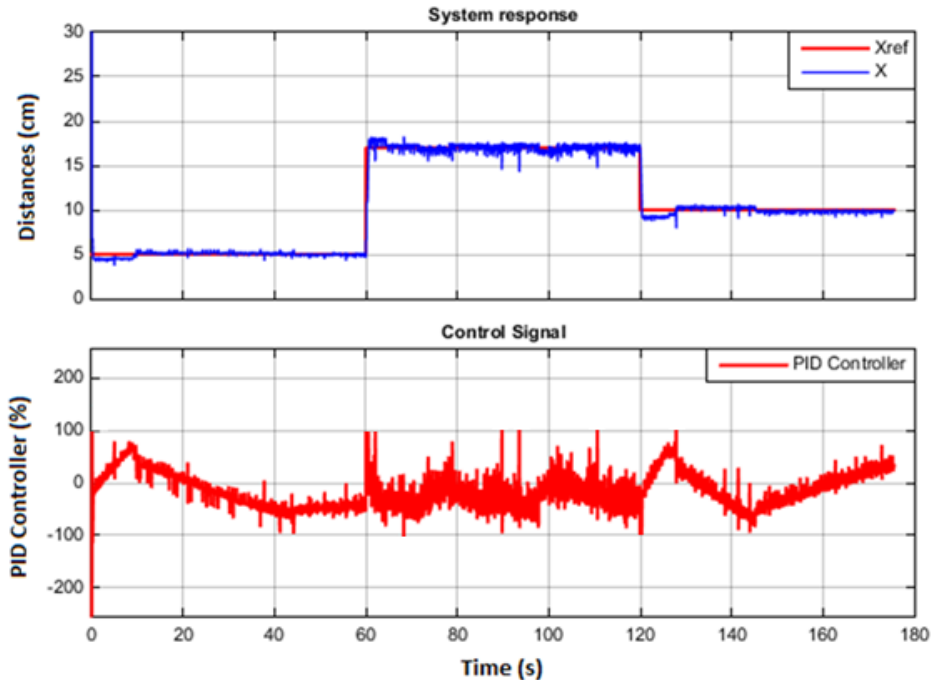
máy tính. Bộ điều khiển có thể được xây dựng bằng nhiều phương pháp khác nhau trên MATLAB/Simulink, có thể kiểm soát trực tiếp thiết bị bằng cách gửi tín hiệu điều khiển xuống kit Arduino Mega 2560. Vị trí con chạy được cảm biến GP2D12 xác định và được truyền ngược về máy tính để so sánh với tín hiệu tham khảo, tạo thành một vòng điều khiển kín. Thông số kỹ thuật của mô hình được cho trên Bảng 3.

Bảng 3: Thông số kỹ thuật mô hình

Mạch điều khiển trung tâm	Arduino Mega 2560
Mạch công suất	Mạch cầu H (HB-300W)
Cảm biến khoảng cách	GP2D12
Động cơ	DC 24V
Thanh trượt vuông	40x1.5x1 (cm)
Dây đai	50x1x0.1 (cm)
Phạm vi hành trình	0 – 30 (cm)
Kích thước (dài x rộng x cao)	60x35x28 (cm)
Trọng lượng	15.5 (kg)

Sơ đồ thực nghiệm Hình 3 cho kết quả điều khiển như Hình 4. Ở thực nghiệm này, vị trí con trượt được điều khiển bám theo vị trí tham khảo X_{ref} . Trong 60 giây đầu tiên tín hiệu tham khảo $X_{ref}= 5$ cm; ở 60 giây tiếp theo $X_{ref}=17$ cm và 60 giây cuối cùng $X_{ref}= 10$ cm. Đáp ứng vị trí trên Hình 4 cho thấy con chạy bám theo tín hiệu tham khảo rất tốt. Khảo sát và thống kê trên nhiều thực

thực nghiệm cho thấy chất lượng điều khiển vị trí với bộ điều khiển PID được xác định trên Bảng 4. Lưu ý rằng, bộ điều khiển PID được thiết kế trong thí nghiệm này chỉ đóng vai trò kiểm chứng hoạt động của mô hình. Thực tế triển khai, người dùng hoàn toàn có thể thiết kế các giải thuật điều khiển khác, có chất lượng điều khiển tốt hơn.



Hình 4: Đáp ứng của mô hình thí nghiệm điều khiển vị trí

Bảng 4: Kết quả mô hình thí nghiệm điều khiển vị trí

Thời gian tăng	$0.346 \pm 0.01(s)$
Thời gian xác lập	$0.852 \pm 0.01(s)$
Sai số xác lập	$0.358 \pm 0.05(cm)$
Độ vọt lố	$11.67 \pm 0.1(\%)$
Sai số cảm biến	$0.3 \pm 0.05(cm)$

Kết quả này cho thấy mô hình hoàn toàn đáp ứng được vai trò một học cụ hỗ trợ công tác đào tạo kỹ thuật. Một số ưu điểm nổi bật của mô hình có thể liệt kê như sau:

- Thiết kế mô hình cơ khí vững chắc, có độ bền cơ học cao, phù hợp cho việc bố trí thực hành, thực tập.

Mô hình giao tiếp trực tiếp với MATLAB/Simulink thông qua kit Arduino Mega 2560, cho phép người dùng có thể kiểm nghiệm nhiều kiểu điều khiển khác ngoài PID.

4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

Bài báo mô tả phương pháp thiết kế mô hình thí nghiệm điều khiển vị trí thông qua truyền thông nối tiếp giữa MATLAB và kit Arduino Mega 2560. Bộ điều khiển có thể được xây dựng với nhiều kiểu điều khiển khác nhau trên MATLAB/Simulink để kiểm nghiệm trên thiết bị, bằng cách gửi tín hiệu điều khiển xuống kit Arduino Mega 2560. Vị trí con chạy được cảm biến GP2D12 xác định và được truyền ngược về

máy tính để so sánh với tín hiệu tham khảo, tạo thành một vòng điều khiển kín. Kết quả kiểm nghiệm bằng phương pháp điều khiển PID truyền thống cho thấy mô hình hoạt động tốt, hoàn toàn có thể dùng làm một học cụ thí nghiệm điều khiển vị trí.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Arduino, 2015. Getting Started with Arduino on Windows.
 URL: <http://www.arduino.cc/en/Guide/Windows> (truy cập: 05/2015)

G.U.N.T. Gerätebau GmbH, 2004. Experiment Instructions - RT 010 - RT 060 Principles of Control Engineering. Barsbüttel Germany, Publication-no.: 918.000 00 A 0X0 02 (A).

Lê Văn Doanh, 2006. Các bộ cảm biến trong kỹ thuật đo lường và điều khiển. NXB Khoa học và Kỹ thuật. 506 trang.

Nguyễn Hoàng Hải và Nguyễn Việt Anh, 2006. Lập Trình MATLAB và ứng dụng. NXB Khoa học và Kỹ thuật. 371 trang.

Nguyễn Phùng Quang, 2006. MATLAB & Simulink dành cho Kỹ sư Điều khiển tự động. NXB Khoa học và Kỹ thuật. 485 trang.

Vũ Thị Hạnh, 2007. Máy và Lập Trình CNC. NXB Hà Nội. 104 trang.

Sharp Corporation, 2005. GP2D12 Electronic Device - Data Sheet, Reference code SMA05006.