

THIẾT KẾ VÀ ỨNG DỤNG CARD ĐIỀU KHIỂN SỐ TRONG ĐIỀU KHIỂN THỜI GIAN THỰC

Đỗ Trung Hải^{1*}, Trần Đức Quân¹, Trần Gia Khánh², Nguyễn Thị Thu Hiền³

¹Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên,

²Đại học Sư phạm Kỹ thuật Nam Định,

³Cao đẳng phát thanh truyền hình 1

TÓM TẮT

Bài báo đề cập đến vấn đề thiết kế và ứng dụng Card điều khiển số trong điều khiển thời gian thực. Qua việc xây dựng một toolbox trong phần mềm Matlab, Card được thiết kế để có thể kết nối với đối tượng điều khiển một cách đơn giản, thuận lợi trong việc thực hiện các thuật toán điều khiển dùng phần mềm Matlab-Simulink.

Từ khóa: Card điều khiển số, điều khiển thời gian thực, Matlab – Simulink, vi xử lý, luật điều khiển.

Các ký hiệu viết tắt:

Ký hiệu	Diễn giải
ADC	Analog to Digital Converter
DAC	Digital to Analog Converter
DC	Direct current
PWM	Pulse-width modulation
DMA	Direct memory access
USB	Universal Serial Bus
	Universal
USARTs	Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter

ĐẶT VẤN ĐỀ

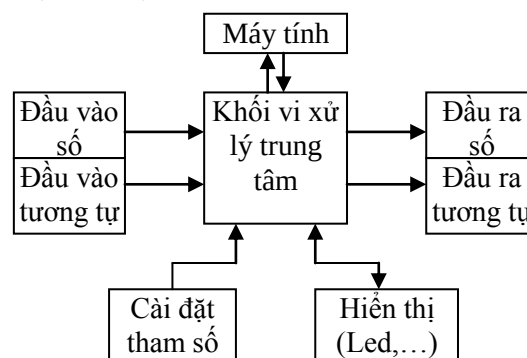
Khi xây dựng một bộ điều khiển phải thực hiện hai nhiệm vụ là tìm luật điều khiển và xác định thiết bị để thực hiện luật điều khiển đó. Trong các hệ điều khiển số khi sử dụng máy tính với phần mềm Matlab để thực hiện các luật điều khiển thì trong cấu trúc của hệ bắt buộc phải có một card ghép nối giữa máy tính và đối tượng điều khiển.

Matlab là một phần mềm có khả năng tính toán và thực hiện tốt các thuật toán điều khiển[3],[6]. Kết hợp Matlab và Card thu thập dữ liệu sẽ tạo ra bộ điều khiển rất linh hoạt, có khả năng thực hiện các thuật toán điều khiển [2], [8], [9], [10]. Trong thực tế Card điều khiển DSP 1103, DSP 1104 có giá thành rất cao. Bài báo trình bày CardTNUT được thiết kế, chế tạo có khả năng thu thập và xuất tín hiệu ra đối tượng điều khiển, tuy nhiên trong khuôn khổ cho phép bài báo không trình bày phần thiết kế mà tập trung vào việc xây

dựng toolbox của CardTNUT trong Matlab để thực hiện các thuật toán điều khiển bằng phần mềm Matlab. Kết quả được kiểm chứng bằng thực nghiệm trong điều khiển hệ truyền động động cơ một chiều.

CARD ĐIỀU KHIỂN SỐ CARDTNUT

Sơ đồ các khối chức năng của card điều khiển được thể hiện trên hình 1.



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc

CardTNUT được thiết kế có các thông số và đảm bảo các yêu cầu sau:

Có thể nhận, xuất các tín hiệu tương tự theo các chuẩn điện áp 0÷10VDC hoặc 0÷20mA;

Có thể nhận, xuất các tín hiệu số có mức điện áp 0/24VDC, cho phép thu thập các giá trị logic số, đếm xung, nhận tín hiệu ngắt từ bên ngoài và xuất tín hiệu báo trạng thái, tín hiệu điều khiển PWM (Pulse-width modulation);

Có chức năng giao tiếp với máy tính (phần mềm Matlab) và đối tượng điều khiển với tốc độ cao, ít xảy ra lỗi;

* E-mail: dotrunghai@tnut.edu.vn

Có chức năng cài đặt, thay đổi tham số và chế độ hoạt động;

Có khả năng mở rộng các chân vào/ra cho phép kết nối một số modul chức năng khác...

Phần cứng CardTNUT

Các khối chức năng chính bao gồm:

Khối vi xử lý trung tâm

Khối vi xử lý trung tâm sử dụng vi xử lý AT91SAM3X8E do hãng Atmel chế tạo. AT91SAM3X8E [4], [5] có lõi lõi 32-bit, cho phép thực hiện các phép toán có độ rộng 4 byte dữ liệu trong một xung nhịp CPU, các thông số kỹ thuật cơ bản như sau:

Điện áp hoạt động	3.3V (1.6 ÷ 3.6V)
Số đầu vào/ra	103
Đầu ra PWM	12 (12bits)
Đầu vào tương tự	12 (12bits)
Đầu ra tương tự	2(DAC, 12bits)
Dòng điện vào/ra số	130 mA
Bộ nhớ chương trình (Flash)	512 KB
Tần số xung hoạt động	84 MHz
Truyền thông	USB, USARTs

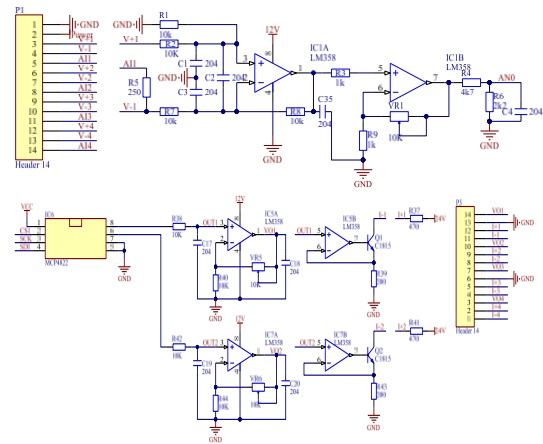
Khối xử lý tín hiệu tương tự

Khối xử lý tín hiệu tương tự gồm hai phần: mạch nhận tín hiệu tương tự và mạch xuất tín hiệu tương tự. Các tín hiệu tương tự này được xử lý bằng phương pháp số. Khối ADC của AT91SAM3X8E có độ phân giải 12bits, có khả năng nhận điện áp từ 0÷3.3V, đặc biệt hỗ trợ DMA (Direct memory access) giúp tăng tốc độ trích mẫu ADC lên đến 80Msps, có khả năng nhận tín hiệu tương tự lên đến 42Mhz.

Mạch nhận tín hiệu tương tự (thể hiện các đại lượng vật lý của hệ thống) có thể nhận được tín hiệu điện áp 0÷10VDC hoặc 0÷20mA rồi biến đổi thành điện áp 0÷3.3VDC để đưa vào bộ ADC của vi điều khiển AT91SAM3X8E.

Mạch xuất tín hiệu tương tự có thể xuất được tín hiệu điện áp 0÷10VDC hoặc 0÷20mA để đưa đến các cơ cấu chấp hành. Vi điều khiển AT91SAM3X8E có sẵn 02 bộ ngoại vi DAC bên trong nhưng trong hệ thống vẫn sử dụng IC DAC chuyên dụng MCP4822 [7].

Sơ đồ nguyên lý khối xử lý tín hiệu tương tự như hình 2.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý khối xử lý tín hiệu tương tự

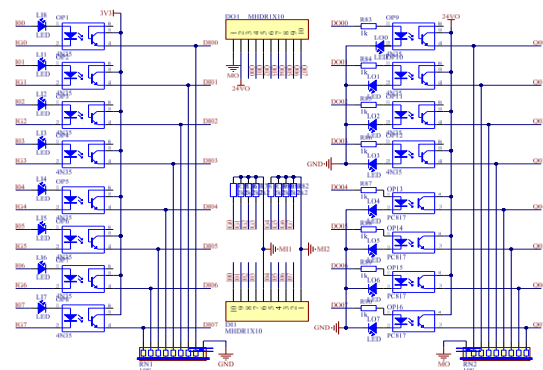
Khối xử lý tín hiệu số

Khối xử lý tín hiệu số gồm hai phần: mạch nhận tín hiệu số, và mạch xuất tín hiệu số, các đầu vào/ra số có đèn led báo hiệu mức logic.

Mạch nhận tín hiệu số có thể nhận được các tín hiệu logic 0/1 có mức điện áp 0/24VDC. Các tín hiệu đầu vào được cách ly với vi xử lý trung tâm qua các ly quang. Các đầu vào số này có thể đọc được các tín hiệu từ bộ mã hóa xung (encoder) loại tương đối.

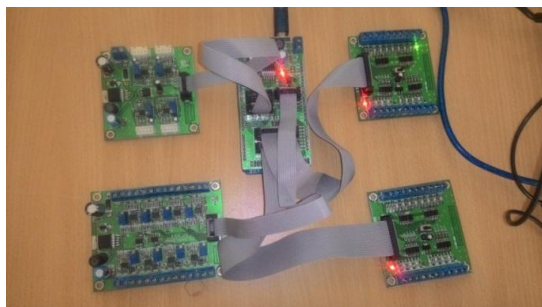
Mạch xuất tín hiệu số có thể xuất được các tín hiệu logic ra đầu ra số. Các đầu ra số cũng được cách ly với vi xử lý trung tâm qua các ly quang, các đầu ra số có thể cung cấp mức điện áp dưới 24VDC tùy theo người sử dụng. Các đầu ra số từ 0 đến 7 còn có thể xuất các tín hiệu điều chế độ rộng xung PWM (Pulse-width modulation) với độ phân giải 12 bit.

Sơ đồ nguyên lý khối xử lý tín hiệu số được thể hiện trên hình 3.

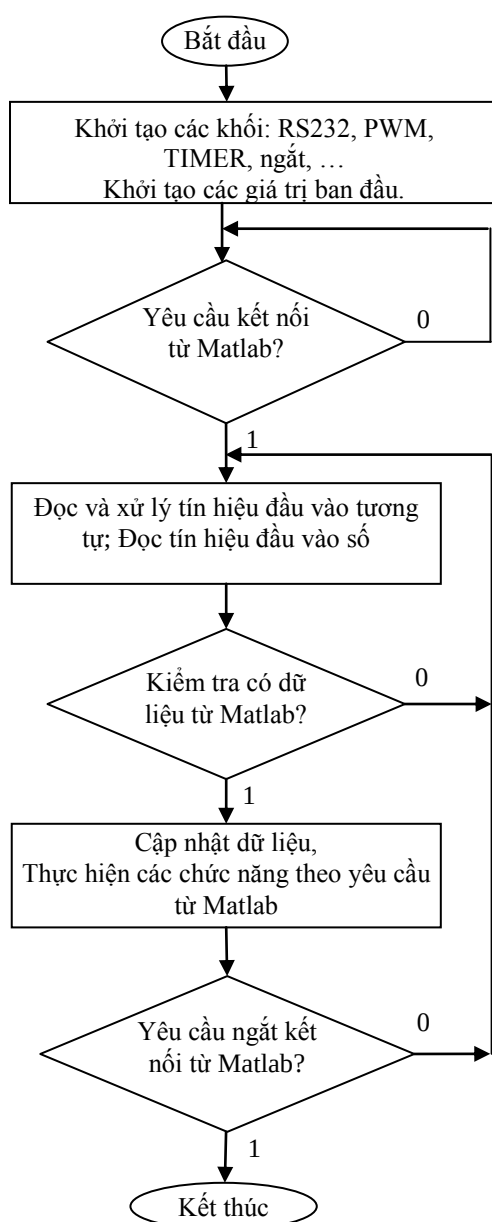


Hình 3. Sơ đồ nguyên lý khối xử lý tín hiệu số

CardTNUT sau khi được thiết kế, chế tạo có sơ đồ như hình 4.



Hình 4. Card điều khiển TNUT



Hình 5. Lưu đồ thuật toán chương trình chính

Lập trình cho vi xử lý trung tâm

Lưu đồ thuật toán

Chương trình phần mềm điều khiển cho vi xử lý AT91SAM3X8E được lập trình bằng ngôn ngữ C. Cấu trúc chương trình gồm chương trình chính và các chương trình con.

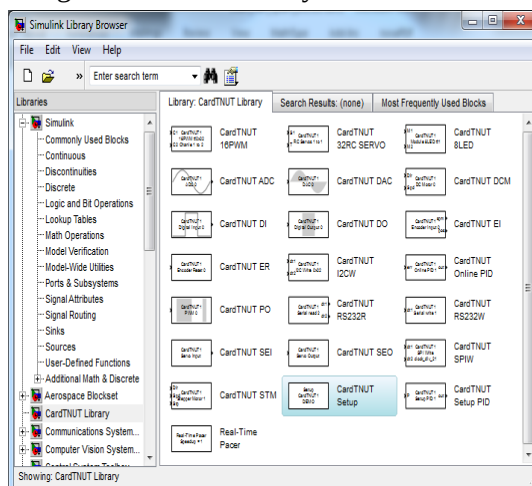
Thuật toán chương trình chính được thể hiện trên hình 5.

Chương trình

Chương trình lập trình điều khiển cho vi xử lý được viết bằng ngôn ngữ C. Do giới hạn của bài báo nhóm tác giả xin không trình bày chương trình ở đây.

Xây dựng ToolBox CardTNUT trong thư viện Matlab-Simulink [3], [6].

Để thực hiện các luật điều khiển bằng phần mềm Matlab-Simulink qua CardTNUT tác giả đã tạo một thư viện cho CardTNUT trong Simulink như hình 6, **CardTNUT Library**. CardTNUT_Library được xây dựng trên phần mềm Matlab 2012a. Để cài đặt CardTNUT_Library cài đặt thư viện này bằng lệnh `install_CardTNUT`. Một số khối chính trong CardTNUT_Library.



Hình 6. Tool box CardTNUT trong simulink

Khối CardTNUT_Setup: cài đặt thông số kết nối từ Simulink tới CardTNUT. Việc trao đổi dữ liệu giữa card và Simulink được thực hiện theo chuẩn giao tiếp nối tiếp không đồng bộ với tốc độ 1.152.000bits/s. Tốc độ trao đổi dữ liệu cao như vậy (>1Mb/s) do dữ liệu thực

chất trao đổi qua cổng USB của vi điều khiển AT91SAM3X8E, và vi điều khiển được lập trình tạo ra cổng giao tiếp nối tiếp ảo (Virtual terminal), trên Simulink thực hiện các giao tiếp với cổng ảo này theo phương thức như với cổng nối tiếp cứng thật nhưng tốc độ lại cao hơn.

Khối CardTNUT_ADC: khối đọc tín hiệu tương tự được chuyển đổi thành tín hiệu số 12bits (giá trị từ 0÷4095) trên CardTNUT.

Khối CardTNUT_DAC: khối xuất tín hiệu đầu ra tương tự trên CardTNUT, khi xuất giá trị số từ 0÷4095 thì đầu ra tương ứng có giá trị từ 0÷10VDC hoặc 0÷20mA.

Khối CardTNUT_DI: khối đọc tín hiệu số ở đầu vào trên CardTNUT.

Khối CardTNUT_DO: khối xuất tín hiệu số ra đầu ra số trên CardTNUT.

Khối CardTNUT_PO: khối xuất tín hiệu PWM (12bits) ra đầu ra số trên CardTNUT.

Khối CardTNUT_EI: khối đọc tín hiệu encoder trên đầu vào số trên CardTNUT. Trên CardTNUT có 06 đầu vào số được thiết kế để nhận tín hiệu xung từ encoder tương đối một pha hoặc hai pha, do đó CardTNUT có thể ghép nối được tối đa 03 encoder tương đối 2 pha hoặc tối đa 06 encoder 1 pha. Kết quả có thể được cài đặt là số xung đếm được, số xung trên 100ms hoặc thời gian (ms) của một xung, tức kết quả có thể trả về là vị trí hoặc tốc độ giúp người dùng có thể dễ dàng xử lý theo yêu cầu. Người dùng cũng có thể tùy chọn đếm theo xung hoặc đếm theo sườn (sườn lên, sườn xuống) giúp cho độ phân giải của encoder được tăng lên gấp đôi.

Khối CardTNUT_SEO: khối xuất xung tần số 50Hz ra đầu ra số của CardTNUT để điều khiển động cơ servo một chiều. Giá trị đầu vào là vị trí của servo ($0^\circ \div 180^\circ$), tín hiệu xung có độ rộng xung tương ứng từ 500÷2500ms.

Khối CardTNUT_16PWM: khối xuất tín hiệu điều khiển module 16PWM. Khối CardTNUT_16PWM có thể cài đặt chế độ chỉ xuất tín hiệu khi đầu vào có sự thay đổi giá trị nhằm giảm

lượng dữ liệu trao đổi giữa CardTNUT và Simulink.

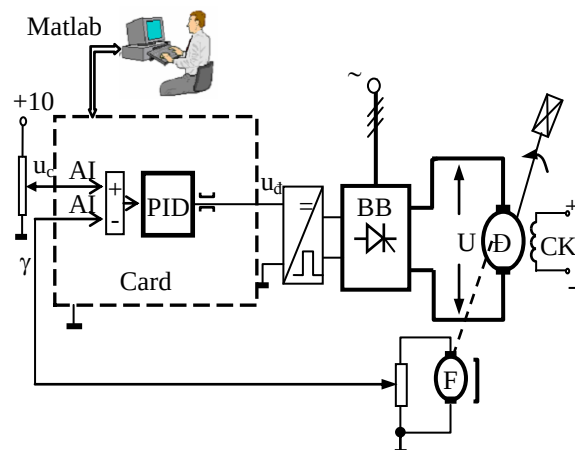
Khối CardTNUT_32RC_SERVO: khối xuất tín hiệu điều khiển module 32RC SERVO.

Khối CardTNUT_Online_PID: thực hiện thuật toán điều khiển PID với các giá trị cài đặt và đầu vào được nhận từ Matlab/Simulink, giá trị đầu ra được gửi trở lại máy tính. Với chức năng này, CardTNUT có thể được ứng dụng trong việc kiểm nghiệm bộ điều khiển PID trong điều khiển các đối tượng thực. CardTNUT có thể thực hiện cùng lúc 04 khối CardTNUT_Online_PID.

Khối CardTNUT_Setup_PID: khối cài đặt đầu vào, đầu ra và các tham số bộ điều khiển PID. Giá trị đặt có thể là hằng số hoặc từ các đầu vào tương tự, từ các bộ mã hóa xung; Giá trị phản hồi có thể từ các đầu vào tương tự hoặc từ các bộ mã hóa xung; Giá trị đầu ra có thể được xuất ra đầu ra tương tự, đầu ra PWM và được gửi lên Matlab/Simulink.

ỨNG DỤNG ĐIỀU KHIỂN HỆ TRUYỀN ĐỘNG BẰNG PHẦN MỀM MATLAB – SIMULINK QUA CARDTNUT

Để ứng dụng CardTNUT trong điều khiển thời gian thực qua thư viện CardTNUT_Library được xây dựng và cài đặt trong toolbox của Matlab, bài báo sử dụng hệ truyền động có cấu trúc điều khiển như hình 7.



Hình 7. Cấu trúc điều khiển

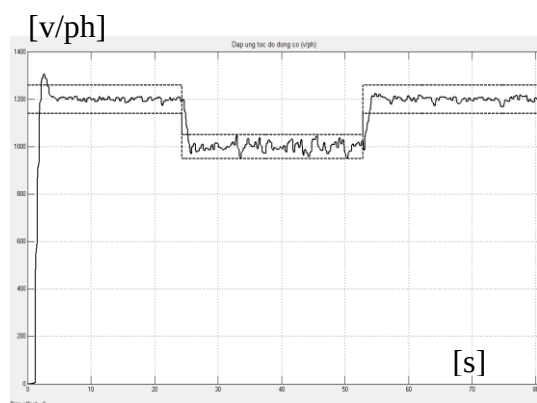
Động cơ một chiều kích từ độc lập có các thông số:

$$p_{dm} = 2,2Kw; u_{dm} = 220v;$$

$$I_{dm} = 12A; n_{dm} = 1500v / ph$$

Bộ điều khiển có giá trị: $K_p = 1.675 \cdot 10^{-3}$, $K_i = 3.868 \cdot 10^{-3}$.

Trên hình 8 thể hiện đáp ứng tốc độ của động cơ trong miền thời gian thực được lấy trực tiếp trên khối hiển thị của phần mềm Matlab. Với thông số đã chọn ta thấy thời gian quá độ khoảng 0.8s, lượng quá điều chỉnh khoảng 8.3% và hệ ổn định theo dạng tín hiệu đặt.



Hình 8. Đáp ứng tốc độ động cơ

KẾT LUẬN

Bài báo đã giới thiệu quá trình thiết kế card điều khiển số CardTNUT. Thiết bị này được xây dựng và cài đặt trong toolbox của Matlab để thuận lợi cho việc kiểm nghiệm các thuật toán điều khiển trong miền thời gian thực cũng như hiển thị kết quả dưới dạng đặc tính

bằng chính phần mềm Matlab-Simulink. Mở ra khả năng ứng dụng thiết bị này trong điều khiển các đối tượng công nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Xuân Minh, Nguyễn Như Hiền, (2011) “Giáo trình Tổng hợp hệ điện cơ”, Nxb Giáo dục
2. Đinh Văn Nghiệp, (2009) “Nghiên cứu và ứng dụng card điều khiển số DSP để thiết kế bộ điều khiển số trong điều khiển chuyển động”, Luận văn Thạc sỹ Tự động hoá, Đại học Thái Nguyên,
3. Nguyễn Phùng Quang, (2004) “Matlab & Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động”, Nxb Khoa học và kỹ thuật,
4. Atmel, <http://www.atmel.com/>
5. ARM, <http://www.arm.com/>
6. MathWorks, <http://www.mathworks.com/>
7. Microchip, <http://www.microchip.com/>
8. Ghani, Z.A.; Hannan, M.A.; Mohamed, A., “Development of three-phase photovoltaic inverter using dSPACE DS1104 board”, Research and Development (SCORED), 2009 IEEE Student Conference on, pp 242 - 245.
9. Ghani, Z.A.; Hannan, M.A.; Mohamed, A.; Subiyanto, “Three-phase photovoltaic grid-connected inverter using dSPACE DS1104 platform”, Power Electronics and Drive Systems (PEDS), 2011 IEEE Ninth International Conference on, pp 447 - 451.
10. Rios, J.D.; Alanis, A.Y.; Rivera, J.; Hernandez-Gonzalez, M., “Real-time discrete neural identifier for a linear induction motor using a dSPACE DS1104 board”, Neural Networks (IJCNN), The 2013 International Joint Conference on, pp 1-6.

ABSTRACT

DESIGN AND APPLICATION OF CARD CONTROL IN THE TIME CONTROL

Do Trung Hai^{1*}, Tran Duc Quan¹, Tran Gia Khanh², Nguyen Thi Thu Hien³

¹College of Technology - TNU,

²Hung Yen University of Technology and Education,

³Broadcasting College I

This paper purposes a design an applications of a controlling card in a real-time control system. By constructing a toolbox in Matlab, the card has been implemented to connect to objects easily in order to verify algorithms via Matlab-Simulink.

Keywords: digital control, real-time control, Matlab-Simulink, microprocessor, control rules

* E-mail: dotrunghai@tnut.edu.vn

