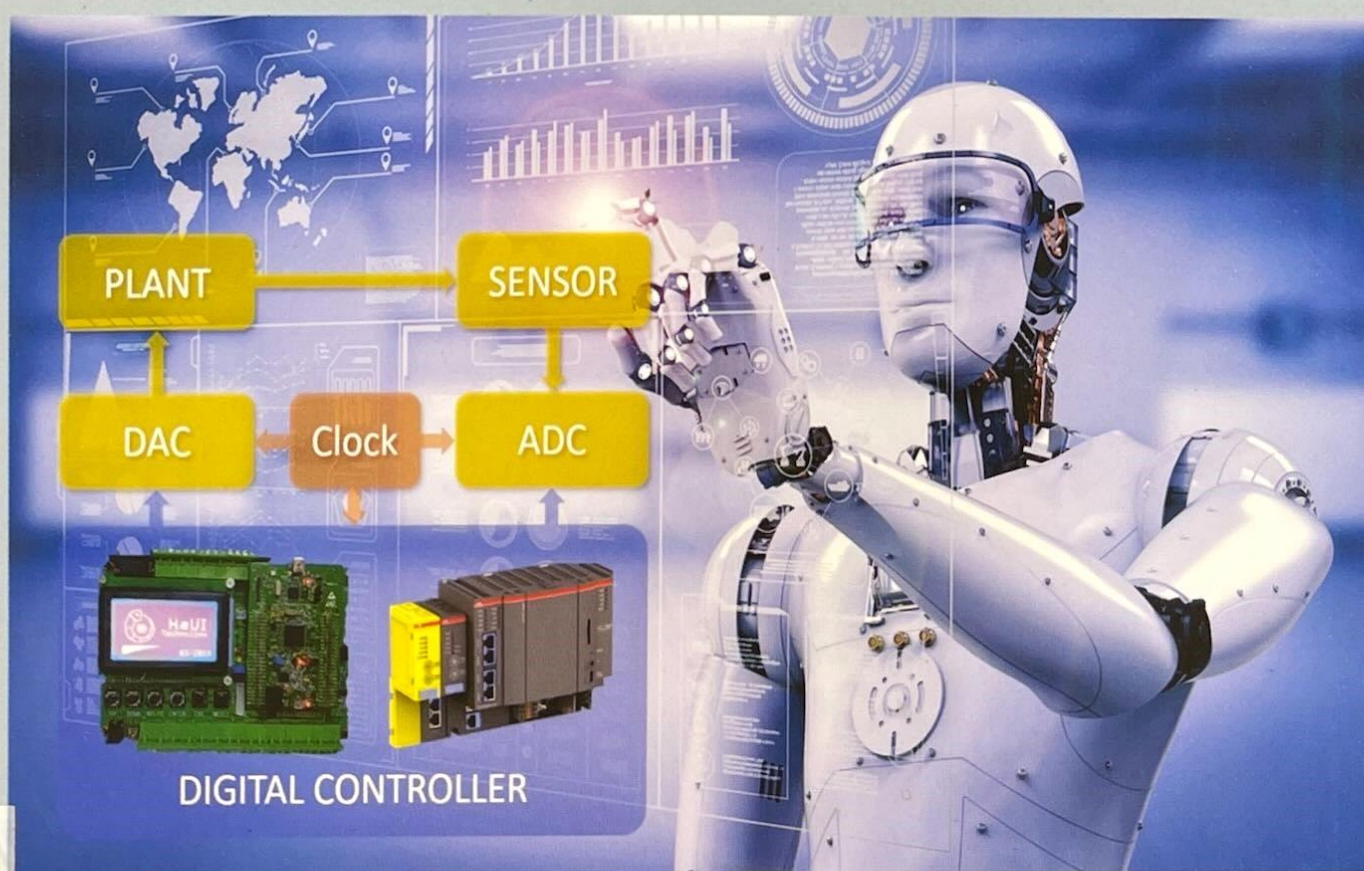


TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI

QUÁCH ĐỨC CƯỜNG (CHỦ BIÊN)
KIỀU XUÂN THỰC - NGUYỄN VĂN ĐOÀI

Giáo trình

ĐIỀU KHIỂN SỐ



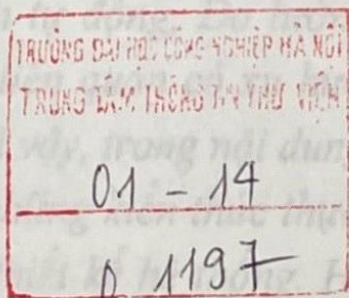
NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

QUÁCH ĐỨC CƯỜNG (Chủ biên)
KIỀU XUÂN THỰC - NGUYỄN VĂN ĐOÀI

“Giáo trình Điều khiển số” đề cập đến các vấn đề mô tả, phân tích, thiết kế và cách thức thực hiện một hệ thống điều khiển rời rạc trên nền tảng máy tính số (Digital Computer). Hiện nay các máy tính số (bao gồm PC, IPC, MCU, PLC, DSP...) với giá thành rẻ, cấu hình mạnh, đa chức năng, được sản xuất đại trà đã góp phần thúc đẩy sự phát triển của hệ thống điều khiển số. Xu hướng sử dụng máy tính số để tổ chức và thực hiện hệ thống mang lại nhiều tiện lợi trong quá trình phát triển tích hợp hệ thống điều khiển như: tính linh hoạt, độ chính xác cao, dễ chỉnh định, dễ phát triển, thuận lợi cho việc điều khiển phức tạp...

GIÁO TRÌNH ĐIỀU KHIỂN SỐ

Cuốn sách Điều khiển số gồm 6 chương, được biên soạn theo đề cương học phần “Điều khiển số” của Khoa Điện Tử và Công nghệ Công nghiệp Hà Nội với nội dung cập nhật, bám sát thực tiễn và đáp ứng yêu cầu của người học. Đối tượng của cuốn sách là những sinh viên, học viên, cán bộ kỹ thuật thuộc lĩnh vực: Điều khiển số, Kỹ thuật điều khiển, Kỹ thuật điện hoặc những chuyên ngành liên quan đang phát triển và triển khai ứng dụng thực tiễn. Chính vì vậy, trong nội dung cuốn sách sẽ thể hiện các ví dụ thực tiễn và tổng hợp những kiến thức cần thiết phù hợp cho người làm công tác tra cứu thông tin, học tập và công tác. Hy vọng bạn đọc sẽ tìm thấy những điều hữu ích từ “Giáo trình Điều khiển số” trong quá trình học tập và công tác.



Trong lần đầu xuất bản cuốn sách, mặc dù nhóm tác giả đã hết sức cố gắng, tuy nhiên vẫn không thể tránh khỏi những thiếu sót nhất định. Nhóm tác giả mong nhận được những đóng góp chân thành từ phía bạn đọc để lần in bản tiếp theo nội dung cuốn giáo trình sẽ được hoàn chỉnh hơn.

Mọi ý kiến đóng góp về nội dung “Giáo trình Điều khiển số” của bạn đọc, xin gửi về địa chỉ e-mail: quacg304@gmail.com.



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

Nhóm tác giả

Lời nói đầu

“Giáo trình Điều khiển số” đề cập đến các vấn đề mô tả, phân tích, thiết kế và cách thức thực hiện một hệ thống điều khiển rời rạc trên nền tảng máy tính số (Digital Computer). Hiện nay các máy tính số (bao gồm PC, IPC, MCU, PLC, DSP...) với giá thành rẻ, cấu hình mạnh, đa chức năng được sản xuất đại trà đã góp phần thúc đẩy sự phát triển của hệ thống điều khiển số. Khuynh hướng sử dụng máy tính số để tổ chức và thực hiện hệ thống mang lại nhiều tiện lợi trong quá trình phát triển tích hợp hệ thống điều khiển như: tính linh hoạt, độ chính xác cao, dễ chỉnh định, dễ phát triển, thuận lợi cho việc thực hiện các giải thuật điều khiển phức tạp...

Cuốn sách Điều khiển số gồm 6 chương, được biên soạn theo đề cương học phần **“Điều khiển số”** của Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội với nội dung giới thiệu một cách ngắn gọn về lý thuyết điều khiển số và cách thức thực hiện một hệ thống điều khiển số trên nền tảng hệ thống nhúng. Đối tượng của cuốn sách là những sinh viên, học viên, cán bộ kỹ thuật thuộc lĩnh vực: Điều khiển tự động, Đo lường điều khiển, Kỹ thuật điện hoặc những chuyên ngành liên quan có xu hướng phát triển và triển khai ứng dụng thực tiễn. Chính vì vậy, trong nội dung cuốn sách sẽ thể hiện các ví dụ thực tiễn và tổng hợp những kiến thức thực tế phù hợp cho người làm công tác tra cứu thông tin, thiết kế hệ thống. Hy vọng bạn đọc sẽ tìm thấy những điều hữu ích từ **“Giáo trình Điều khiển số”** trong quá trình học tập và công tác.

Trong lần đầu xuất bản cuốn sách, mặc dù nhóm tác giả đã hết sức cố gắng, tuy nhiên vẫn không thể tránh khỏi những thiếu sót nhất định. Nhóm tác giả mong nhận được những đóng góp chân thành từ phía bạn đọc để lần tái bản tiếp theo nội dung cuốn giáo trình sẽ được hoàn chỉnh hơn.

Mọi ý kiến đóng góp về nội dung **“Giáo trình Điều khiển số”** của bạn đọc, xin gửi về địa chỉ e-mail: quachcuong304@gmail.com.

Nhóm tác giả

MỤC LỤC

	Trang
LỜI NÓI ĐẦU.....	3
BẢNG CÁC KÝ HIỆU VIẾT TẮT	10

Chương 1

CƠ SỞ TOÁN HỌC CỦA HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN SỐ

1.1. Tổng quan về hệ thống điều khiển số	13
1.1.1. Giới thiệu chung.....	13
1.1.2. Cấu trúc hệ thống điều khiển số.....	14
1.1.3. Đặc điểm hệ thống điều khiển số	18
1.2. Giới thiệu một số hệ thống Điều khiển số	18
1.2.1. Hệ thống điều khiển lò nhiệt.....	18
1.2.2. Hệ thống điều khiển tốc độ động cơ điện DC.....	19
1.2.3. Hệ thống điều khiển mức chất lỏng.....	20
1.3. Tín hiệu số và chuyển đổi tín hiệu Analog-Digital.....	21
1.3.1. Tín hiệu liên tục và tín hiệu rời rạc	21
1.3.2. Biến đổi A/D và quá trình lấy mẫu dữ liệu	23
1.3.3. Biến đổi D/A và quá trình lưu giữ dữ liệu	25
1.3.4. Lượng tử hóa và vấn đề sai số trong quá trình lượng tử hóa.....	26
1.4. Biến đổi Z	27
1.4.1. Phép biến đổi Z.....	27
1.4.2. Các tính chất và định lý trong biến đổi Z	28
1.4.3. Biến đổi Z của một số hàm đặc biệt	29
1.4.4. Phép biến đổi Z ngược.....	30
Tổng kết chương 1	31
Bài tập chương 1	31

Chương 2

MÔ HÌNH TOÁN HỌC HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN SỐ

2.1. Phương trình sai phân mô tả hệ thống rời rạc	33
2.1.1. Sai phân.....	33

2.1.2. Phương trình sai phân mô tả hệ rời rạc.....	34
2.2. Mô tả hệ thống số dưới dạng hàm truyền đạt rời rạc	35
2.2.1. Hàm truyền đạt rời rạc	35
2.2.2. Rời rạc hóa hàm truyền đạt liên tục.....	36
2.3. MÔ tả hệ thống số dưới dạng phương trình trạng thái rời rạc.....	38
2.3.1. Phương trình trạng thái rời rạc.....	38
2.3.2. Rời rạc hóa phương trình trạng thái liên tục.....	40
2.4. Mô tả hệ thống số từ cấu trúc sơ đồ khối liên tục	42
2.4.1. Xác định hàm truyền đạt rời rạc từ cấu trúc sơ đồ khối.....	42
2.4.2. Xây dựng phương trình trạng thái từ sơ đồ khối	44
2.5. Chuyển đổi giữa hàm truyền đạt rời rạc và phương trình trạng thái rời rạc.....	46
2.5.1. Chuyển từ phương trình trạng thái sang hàm truyền đạt.....	46
2.5.2. Chuyển từ hàm truyền đạt sang dạng phương trình trạng thái.....	47
2.6. Lượng tử hóa mô hình hệ thống rời rạc.....	47
2.7. Ví dụ xây dựng mô hình hệ thống điều khiển số	49
Tổng kết chương 2	53
Bài tập chương 2	55

Chương 3

KHẢO SÁT TÍNH ỔN ĐỊNH VÀ CHẤT LƯỢNG CỦA HỆ THỐNG

3.1. Ổn định của hệ thống điều khiển số.....	58
3.1.1. Khái niệm ổn định	58
3.1.2. Ảnh hưởng của phép rời rạc hóa gần đúng với vấn đề phân tích ổn định	60
3.2. Tương quan bản đồ nghiệm giữa mặt phẳng s và mặt phẳng z.....	61
3.3. Tiêu chuẩn ổn định đại số.....	63
3.3.1. Tiêu chuẩn ổn định Routh-Hurwitz mở rộng	63
3.3.2. Tiêu chuẩn ổn định Jury	64
3.4. Tiêu chuẩn ổn định tần số và độ ổn định tương đối	65
3.4.1. Tiêu chuẩn Nyquist	66
3.4.2. Biểu đồ Bode và lượng dự trữ ổn định.....	67
3.5. Chất lượng hệ thống điều khiển số.....	70

3.5.1. Khái niệm chất lượng hệ thống	70
3.5.2. Khảo sát chất lượng tĩnh.....	70
3.5.3. Khảo sát chất lượng động.....	73
3.5.4. Dự báo đáp ứng quá độ của hệ thống điều khiển số.....	74
3.5.5. Chất lượng hỗn hợp.....	82
3.5.6. Nhiễu và khả năng kháng nhiễu của hệ thống.....	83
3.6. Ví dụ phân tích ổn định và khảo sát chất lượng hệ thống điều khiển số	84
Tổng kết chương 3	88
Bài tập chương 3.....	90

Chương 4

THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN PHẢN HỒI ĐẦU RA

4.1. Bộ điều khiển số SISO.....	94
4.1.1. Giải thuật điều khiển số với cấu trúc SISO.....	94
4.1.2. Thiết kế gián tiếp bộ điều khiển rời rạc trên miền s	96
4.1.3. Thiết kế trực tiếp bộ điều khiển rời rạc trên miền z.....	101
4.2. Thiết kế bộ điều khiển siso rời rạc theo phương pháp áp đặt điểm cực	101
4.3. Thiết kế bộ điều khiển PID rời rạc.....	105
4.3.1. Giải thuật điều khiển PID rời rạc	105
4.3.2. Thiết kế bộ điều khiển PID theo phương pháp áp đặt cực	107
4.3.3. Thiết kế bộ điều khiển PID theo nguyên tắc giảm bậc hệ thống ..	107
4.3.4. Thiết kế bộ điều khiển PID dựa trên biểu đồ Bode	113
4.3.5. Thiết kế bộ điều khiển PID theo phương pháp thực nghiệm Ziegler-Nichols	116
4.3.6. Vấn đề anti-Windup trong bộ điều khiển PID.....	123
4.3.7. Bộ điều khiển Fuzzy-PID.....	128
4.4. Thiết kế hệ thống điều khiển đa mạch vòng phản hồi	130
4.4.1. Cấu trúc điều khiển	130
4.4.2. Thiết kế hệ thống	131
Tổng kết chương 4	132
Bài tập chương 4.....	133

Chương 5

THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN CÓ PHẢN HỒI TRẠNG THÁI

5.1. Hệ thống điều khiển phản hồi trạng thái.....	137
---	-----

5.1.1. Cấu trúc điều khiển phản hồi trạng thái.....	137
5.1.2. Tính điều khiển được.....	139
5.1.3. Tính quan sát được.....	139
5.2. Thiết kế hệ thống điều khiển phản hồi trạng thái.....	140
5.2.1. Phương pháp áp đặt điểm cực.....	140
5.2.2. Phương pháp Ackermann.....	145
5.2.3. Thiết lập hệ số khuếch đại của hệ thống.....	146
5.3. Thiết kế bộ quan sát trạng thái.....	148
5.4. Hệ thống quan sát điều khiển phản hồi trạng thái.....	153
5.5. Hệ thống điều khiển phản hồi trạng thái mở rộng.....	155
5.5.1. Hệ thống điều khiển phản hồi trạng thái kết hợp với khâu lọc tại ngõ vào.....	155
5.5.2. Hệ thống điều khiển phản hồi trạng thái kết hợp với bộ điều khiển I/PI.....	157
5.5.3. Hệ thống điều khiển phản hồi trạng thái tối ưu LQR.....	159
Tổng kết chương 5.....	162
Bài tập chương 5.....	164

CHƯƠNG 6

THỰC HIỆN HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN SỐ

6.1. Hệ thống điều khiển số sử dụng vi xử lý/vi điều khiển.....	166
6.2. Một số vấn đề kỹ thuật khi thực hiện hệ điều khiển số.....	167
6.3. Quy trình thực hiện hệ thống điều khiển số.....	168
6.4. Phỏng thực hệ thống trên Matlab&Simulink.....	169
6.4.1. Giới thiệu chung.....	169
6.4.2. Kỹ thuật phỏng thực.....	170
6.4.3. Phỏng thực trên Matlab&Simulink.....	172
6.5. Thiết kế hệ thống trên nền hệ nhúng.....	173
6.5.1. Tổ chức phần mềm hệ thống.....	174
6.5.2. Lưu đồ thuật toán.....	175
6.5.3. Khe thời gian xử lý của hệ thống.....	176
6.5.4. Thực hiện giải thuật điều khiển số.....	179
6.5.5. Kỹ thuật lập trình hệ nhúng.....	183

BẢNG CÁC KÝ HIỆU VIẾT TẮT

Ký hiệu	Ý nghĩa
DSP	Bộ xử lý tín hiệu số
MCU	Vi điều khiển
DCU	Máy tính số
FPGA	Mảng ma trận logic lập trình được
A/D	Biến đổi tương tự sang số
D/A	Bộ biến đổi số sang tương tự
PC	Máy tính cá nhân
IPC	Máy tính công nghiệp
EPC	Máy tính nhúng
μ P	Vi xử lý
μ C	Vi điều khiển
PSoC	Thiết bị lập trình tích hợp trên 1 chip
PLC	Bộ điều khiển logic lập trình được
QEI	Môđun encoder
ASM	Hợp ngữ
VHDL	Ngôn ngữ mô tả phần cứng
RS232	Chuẩn giao tiếp nối tiếp RS232
RS485	Chuẩn giao tiếp nối tiếp RS485
I/O	Các cổng vào/ra trên DCU, MCU
SPI	Chuẩn giao tiếp nối tiếp SPI
DC	Một chiều
IGBT	Van bán dẫn công suất IGBT
MOSFET	Van bán dẫn công suất MOSFET

Ký hiệu	Ý nghĩa
PWM	Điều chế độ rộng xung
ROM	Bộ nhớ chương trình
RAM	Bộ nhớ dữ liệu
EEPROM	Bộ nhớ lưu/xóa bằng điện
ZOH	Bộ lưu giữ dữ liệu bậc 0
ROC	Miền hội tụ
SISO	Hệ thống một đầu vào/một đầu ra
MIMO	Hệ thống nhiều đầu vào/nhiều đầu ra
dsPIC	Bộ điều khiển số của Microchip
MLCS	Cấu trúc đa mạch vòng phản hồi
FSR	Miền giá trị có thứ nguyên của tín hiệu
BW	Băng thông
f	Tần số
PM	Lượng dự trữ pha
GM	Lượng dự trữ biên độ
POT	Lượng quá điều chỉnh
t_s	Thời gian quá độ
PID	Bộ điều khiển PID
TAW-PID	Bộ PID có chức năng anti-windup