

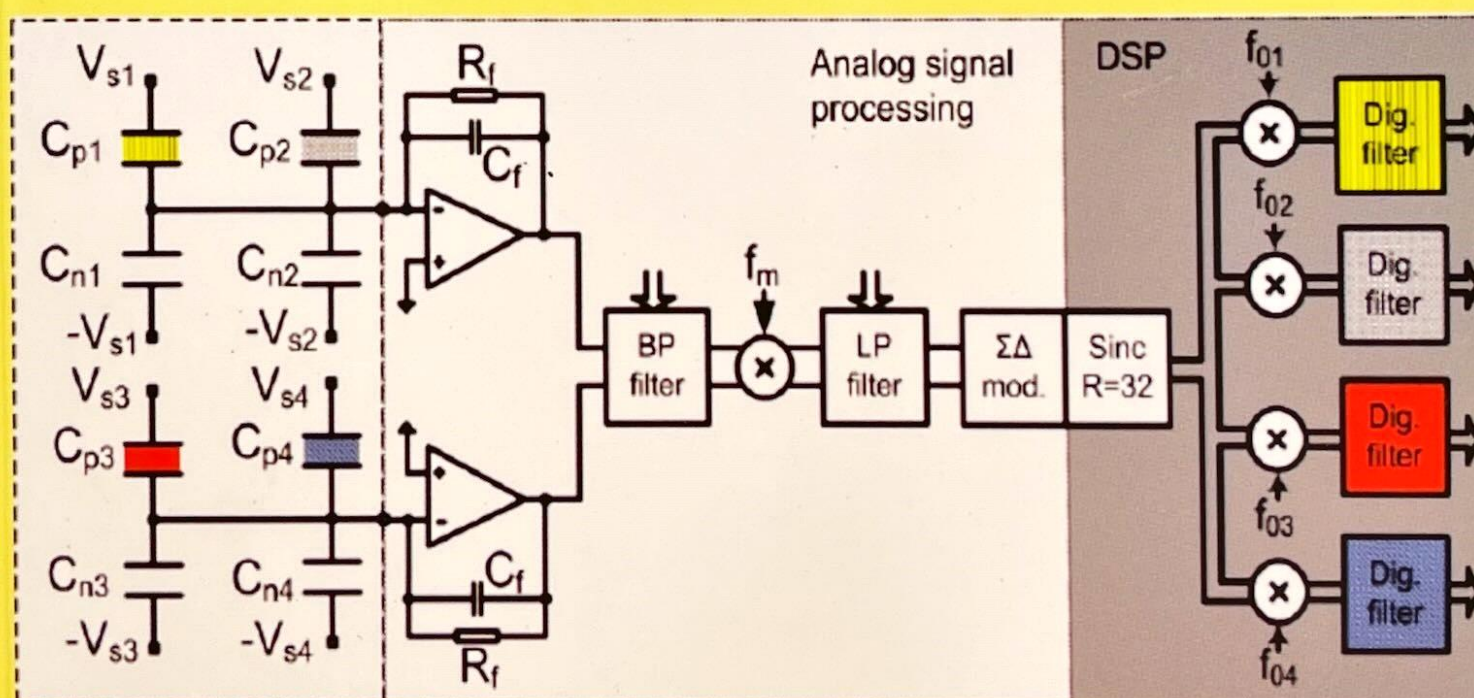


TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI

LÊ NGỌC DUY (CHỦ BIÊN)
NHỮ QUÝ THƠ - BÙI THANH LÂM

Giáo trình

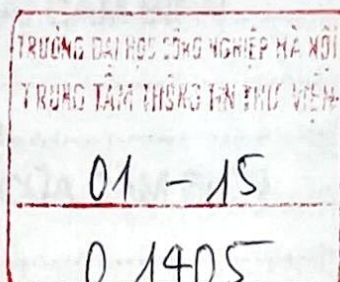
CẢM BIẾN VÀ HỆ THỐNG ĐO



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI

LÊ NGỌC DUY (Chủ biên)
NHỮ QUÝ THƠ - BÙI THANH LÂM



GIÁO TRÌNH

CẢM BIẾN VÀ HỆ THỐNG ĐO



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

MỤC LỤC

	Trang
LỜI NÓI ĐẦU	5
Chương 1. CÁC KHÁI NIỆM VÀ ĐẶC TRƯNG CƠ BẢN CỦA HỆ THỐNG ĐO ..	7
1.1. KHÁI NIỆM VÀ PHÂN LOẠI CẢM BIẾN	7
1.1.1. Khái niệm	7
1.1.2. Phân loại cảm biến	9
1.2. ĐƯỜNG CONG CHUẨN CỦA CẢM BIẾN	10
1.2.1. Khái niệm	10
1.2.2. Phương pháp chuẩn cảm biến	11
1.3. CÁC ĐẶC TRƯNG CƠ BẢN CỦA CẢM BIẾN	12
1.3.1. Độ nhạy	12
1.3.2. Độ nhanh – thời gian đáp ứng	13
1.3.3. Độ phân giải	14
1.3.4. Độ tuyến tính	15
1.3.5. Giới hạn và phạm vi đo	15
1.4. NGUYÊN LÝ CHẾ TẠO CẢM BIẾN	16
1.4.1. Nguyên lý chế tạo cảm biến tích cực	16
1.4.2. Nguyên lý chế tạo cảm biến thụ động	19
BÀI TẬP CHƯƠNG 1	20
Chương 2. CÁC LOẠI CẢM BIẾN ĐIỂN HÌNH	21
2.1. CẢM BIẾN QUANG	21
2.1.1. Các khái niệm cơ bản về ánh sáng	21
2.1.2. Các loại cảm biến quang	22
2.2. CẢM BIẾN ĐO NHIỆT ĐỘ	37
2.2.1. Các khái niệm cơ bản về nhiệt độ	37
2.2.2. Các loại cảm biến đo nhiệt độ	41
2.3. CẢM BIẾN ĐO VỊ TRÍ VÀ DỊCH CHUYỂN	60
2.3.1. khái niệm chung	60
2.3.2. Các loại cảm biến đo vị trí và dịch chuyển	61
2.4. CẢM BIẾN ĐO BIẾN DẠNG	76
2.4.1. Khái niệm và phương pháp đo biến dạng	76
2.4.2. Các loại cảm biến đo biến dạng	80

2.5. CẢM BIẾN ĐO LỰC.....	92
2.5.1. Nguyên lý đo lực	92
2.5.2. Các loại cảm biến đo lực.....	94
2.6. CẢM BIẾN VẬN TỐC GIA TỐC VÀ RUNG	107
2.6.1. Khái niệm chung.....	107
2.6.2. Các loại cảm biến đo vận tốc.....	108
2.6.3. Cảm biến đo gia tốc và rung.....	110
2.7. CẢM BIẾN ĐO LƯU LƯỢNG VÀ MỨC CHẤT LƯU	116
2.7.1. Khái niệm chung.....	116
2.7.2. Các loại cảm biến đo lưu lượng và vận tốc chất lưu.....	118
2.7.3. Cảm biến đo mức chất lưu	131
2.8. CẢM BIẾN ĐO ÁP SUẤT CHẤT LƯU	139
2.8.1. Khái niệm và nguyên lý đo áp suất.....	139
2.8.2. Các loại cảm biến đo áp suất chất lưu.....	142
BÀI TẬP CHƯƠNG 2	153
Chương 3. ĐO LƯỜNG VÀ XỬ LÝ TÍN HIỆU	155
3.1. KHÁI NIỆM VỀ ĐO LƯỜNG VÀ XỬ LÝ TÍN HIỆU.....	155
3.1.1. Khái niệm đo lường.....	155
3.1.2. Khái niệm xử lý tín hiệu.....	156
3.2. CÁC MẠCH XỬ LÝ TÍN HIỆU ĐO.....	158
3.2.1. Mạch khuếch đại thuật toán	158
3.2.2. Mạch lọc.....	161
3.2.3. Mạch so sánh.....	167
3.2.4. Bộ khử điện áp lệch	169
3.2.5. Mạch cầu.....	171
3.3. CHUYỂN ĐỔI TÍN HIỆU ĐO.....	175
3.3.1. Bộ chuyển đổi tương tự – số ADC.....	175
3.3.2. Bộ chuyển đổi số – tương tự DAC	179
3.4. THU THẬP VÀ TRUYỀN DỮ LIỆU	182
3.4.1. Ghép nối với vi xử lý	182
3.4.2. Ghép nối với máy tính	183
3.5. CÁC DỤNG CỤ ĐO ĐIỆN VẠN NĂNG.....	187
3.5.1. Đồng hồ đo vạn năng	187
3.5.2. Máy đo dao động.....	189
BÀI TẬP CHƯƠNG 3	190
TÀI LIỆU THAM KHẢO	191

Lời nói đầu

Cảm biến và hệ thống đo là một mảng kiến thức quan trọng trong việc sử dụng và khai thác hiệu quả các loại cảm biến và hệ thống đo lường trong các ứng dụng dân dụng và đặc biệt trong các quá trình điều khiển, giám sát hệ thống cơ điện tử và các dây chuyền công nghiệp. Việc tích hợp cảm biến vào các hệ thống là một phần tất yếu nhằm tự động hóa và thông minh hóa các sản phẩm và quy trình công nghệ. Cảm biến và hệ thống đo lường ngày nay là lĩnh vực đang phát triển vô cùng mạnh mẽ các kiến thức được cập nhật thường xuyên và các sản phẩm ngày càng tin cậy và mở rộng hơn.

Giáo trình Cảm biến và hệ thống đo được biên soạn theo Đề cương chi tiết học phần Cảm biến và hệ thống đo của Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội. Nội dung cuốn giáo trình được chia thành ba chương.

Chương 1 được biên soạn nhằm giới thiệu các khái niệm chung nhất về cảm biến, cách phân loại các đường đặc tính, các hiệu ứng sử dụng để chế tạo và thu nhận tín hiệu đo từ cảm biến, các sai số thường gặp và phương pháp chuẩn cảm biến...

Chương 2 giới thiệu các loại cảm biến điển hình với mỗi phần sẽ giới thiệu về đối tượng cần đo, phương pháp đo, các hiệu ứng và một số loại cảm biến điển hình áp dụng cho việc đo giá trị các đại lượng vật lý nói trên.

Chương 3 hướng dẫn việc hình thành một mạch đo hoàn chỉnh, các yếu tố quan trọng để xử lý tín hiệu sau khi thu nhận từ cảm biến, phương pháp giao tiếp máy tính hiển thị giá trị đo và cách sử dụng các dụng cụ đo để ghi nhận tín hiệu cảm biến.

Cuốn giáo trình Cảm biến và hệ thống đo được biên soạn dựa trên sự tổng hợp và chắt lọc các kiến thức từ các tài liệu về cảm biến, đo lường điện, xử lý tín hiệu trong và ngoài nước. Nhóm tác giả đặc biệt sử dụng rất nhiều các kiến thức từ cuốn sách *Sensor Technology Handbook* của tác giả Jon Wilson.

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn các đồng nghiệp trong Bộ môn Cơ điện tử – Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội về những đóng góp và giúp đỡ quý báu trong quá trình biên soạn giáo trình này.

Để cuốn giáo trình được hoàn thiện hơn trong lần tái bản sau nhóm tác giả mong nhận được những ý kiến đóng góp của các độc giả.

Mọi ý kiến xin gửi về Bộ môn Cơ điện tử - Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, Minh Khai, Bắc Từ Liêm, Hà Nội.

CÁC TÁC GIẢ

Chương 1

CÁC KHÁI NIỆM VÀ ĐẶC TRƯNG CƠ BẢN CỦA HỆ THỐNG ĐO

1.1. KHÁI NIỆM VÀ PHÂN LOẠI CẢM BIẾN

1.1.1. Khái niệm

Các đại lượng vật lý như nhiệt độ, vận tốc, áp suất, mômen... là đối tượng đo lường, được gọi là đại lượng cần đo hoặc biến trạng thái m . Các biến trạng thái này thường là các đại lượng không điện.

Trong các hệ thống đo lường – điều khiển, các bộ cảm biến thực hiện chức năng thu thập thông tin, đo đạc, đáp ứng các tín hiệu và kích thích, theo dõi sự biến thiên của các đại lượng cần đo trong suốt quá trình. Hay nói cách khác, là một thiết bị chịu tác động của đại lượng cần đo m không có tính chất điện và cho ta một đặc trưng mang bản chất điện (điện tích, điện áp, dòng điện hoặc trở kháng...) ký hiệu là s . Đại lượng điện s là hàm của đại lượng cần đo m :

$$s = f(m) \quad (1.1)$$

Với mỗi loại cảm biến thì mỗi quan hệ hàm số này sẽ có một dạng biểu thức hàm khác nhau, phụ thuộc vào các yếu tố cấu thành của cảm biến như: cấu trúc, vật liệu, môi trường... Để đơn giản trong quá trình đo lường và xử lý tín hiệu, người ta thường cố gắng chế tạo các cảm biến sao cho các quan hệ hàm đó là một hàm tuyến tính tức là có hằng số tỷ lệ và đơn vị. Hệ số đó được gọi là độ nhạy của cảm biến, ký hiệu là S .

$$S = \frac{ds}{dm} = \frac{\Delta s}{\Delta m} \quad (1.2)$$

Hệ số S thường phụ thuộc vào các yếu tố:

- Sự biến thiên giá trị của đại lượng cần đo và tần số thay đổi của nó;
- Thời gian sử dụng của cảm biến;
- Ảnh hưởng của các đại lượng vật lý khác.

Quan hệ giữa đáp ứng và kích thích của bộ cảm biến có thể cho dưới dạng bảng giá trị, đồ thị hoặc biểu thức toán học. Hàm truyền của cảm biến là biểu thức toán học của mối quan hệ này. Đó có thể là quan hệ tuyến tính:

$$S = a.m + b \quad (1.3)$$

Với: a - độ nhạy của cảm biến;

b - hằng số bằng tín hiệu ra của cảm biến khi kích thích vào bằng 0.

Hoặc dạng hàm mũ, hàm loga, hàm lũy thừa...

$$S = a.e^{km}$$

$$S = 1 + a.lnm$$

$$S = a_0 + a_1.m^k$$

Các dạng hàm phi tuyến thường không có dạng hàm toán học sơ cấp nhưng có thể gần đúng bằng các hàm đa thức bậc cao. Ở các hàm phi tuyến, độ nhạy của cảm biến phụ thuộc từng điểm làm việc và có giá trị bằng giá trị của đạo hàm hàm truyền tại điểm làm việc:

$$a = \left. \frac{ds}{dm} \right|_{m_0} \quad (1.4)$$

Độ lớn của tín hiệu vào là giá trị lớn nhất của tín hiệu vào đặt vào bộ cảm biến mà sai số không vượt quá ngưỡng cho phép. Đối với các bộ cảm biến có đáp ứng phi tuyến, ngưỡng động của kích thích thường được biểu diễn bằng dexibel (bằng hàm logarit của tỷ số công suất hoặc điện áp của tín hiệu ra và tín hiệu vào):

$$1dB = 10.lg \frac{P_{out}}{P_{in}} = 20.lg \frac{U_{out}}{U_{in}} \quad (1.5)$$

Bảng 1.1. Quan hệ giữa tỷ số điện áp và tỷ số công suất tính theo dexibel

Dexibel	0,1	1,0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Tỷ số công suất	1,023	1,26	10	100	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^{10}
Tỷ số điện áp	1,012	1,12	3,16	10	31,6	100	316	10^3	316^2	10^4	3.10^4	10^{10}