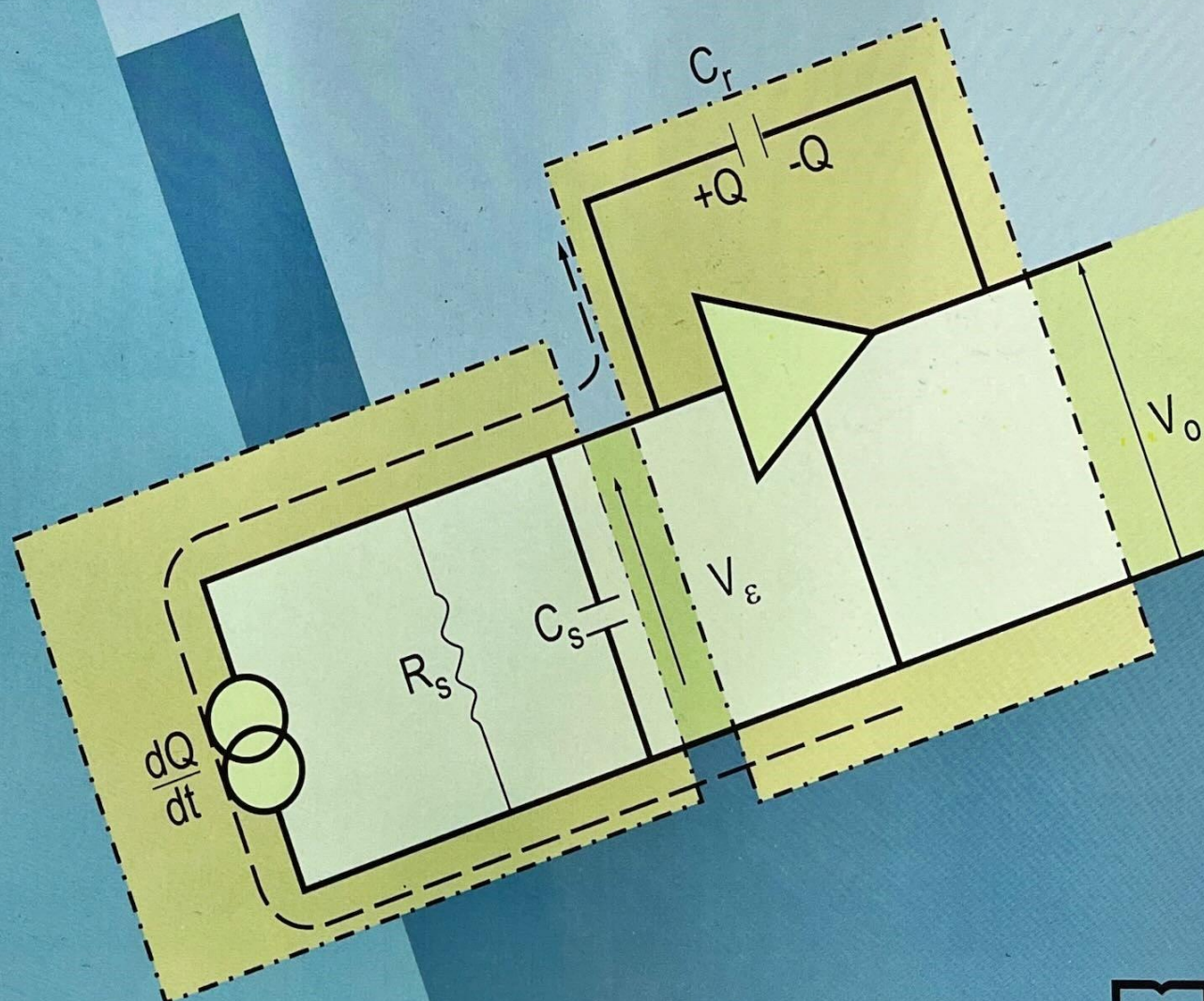


TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA ĐÀ NẴNG  
HOÀNG MINH CÔNG

# GIÁO TRÌNH CẢM BIẾN CÔNG NGHIỆP



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG





TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA ĐÀ NẴNG  
HOÀNG MINH CÔNG



# GIÁO TRÌNH CẢM BIẾN CÔNG NGHIỆP

(Tái bản)



Tác giả

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG  
HÀ NỘI - 2020



## LỜI MỞ ĐẦU

Cảm biến được định nghĩa như một thiết bị dùng để cảm nhận và biến đổi các đại lượng vật lý mang tính chất điện hoặc không mang tính chất điện thành các đại lượng điện có thể đo được. Nó là thành phần quan trọng trong một thiết bị đo hay trong một hệ điều khiển tự động.

Đã từ lâu các bộ cảm biến được sử dụng như những bộ phận để cảm nhận và phát hiện, nhưng chỉ từ vài ba chục năm trở lại đây chúng mới thể hiện vai trò quan trọng trong kỹ thuật và công nghiệp đặc biệt là trong lĩnh vực đo lường, kiểm tra và điều khiển tự động. Nhờ các tiến bộ của khoa học và công nghệ trong lĩnh vực vật liệu, thiết bị điện tử và tin học, các cảm biến đã được giảm thiểu kích thước, cải thiện tính năng và ngày càng mở rộng phạm vi ứng dụng. Giờ đây không có một lĩnh vực nào mà ở đó không sử dụng cảm biến. Chúng có mặt trong các hệ thống tự động phức tạp, người máy, kiểm tra chất lượng sản phẩm, tiết kiệm năng lượng, chống ô nhiễm môi trường. Cảm biến cũng được ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực giao thông vận tải, sản xuất hàng tiêu dùng, bảo quản thực phẩm, sản xuất ô tô... Bởi vậy trang bị những kiến thức cơ bản về cảm biến trở thành một yêu cầu quan trọng đối với các cán bộ kỹ thuật.

Đối với sinh viên ngành cơ điện tử cũng như các ngành tự động hoá trong các trường đại học kỹ thuật, môn học cảm biến công nghiệp là một môn học bắt buộc trong chương trình đào tạo, nhằm trang bị những kiến thức cơ bản về cảm biến để học tốt các môn học chuyên ngành. Giáo trình Cảm biến công nghiệp được viết cho chuyên ngành cơ điện tử gồm 12 chương, giới thiệu những kiến thức cơ bản về cảm biến, cấu tạo, nguyên lý hoạt động, các đặc trưng cơ bản và sơ đồ mạch đo của những cảm biến được sử dụng phổ biến trong công nghiệp cũng như trong thí nghiệm, nghiên cứu và được sắp xếp theo công dụng của các bộ cảm biến.

Do nội dung giáo trình bao quát rộng, tài liệu tham khảo hạn chế và trình độ có hạn của người biên soạn nên chắc chắn giáo trình không tránh khỏi sai sót. Tác giả mong muốn nhận được sự góp ý của bạn đọc và đồng nghiệp để giáo trình được hoàn thiện hơn. Các nhận xét, góp ý xin gửi về Khoa Cơ khí - Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Đà Nẵng.

Tác giả



## MỤC LỤC

Lời nói đầu	3
<b>Chương 1. Các khái niệm và đặc trưng cơ bản</b>	<b>5</b>
1.1. Khái niệm và phân loại cảm biến	5
1.1.1. Khái niệm	5
1.1.2. Phân loại	7
1.2. Các đặc trưng cơ bản của cảm biến	7
1.2.1. Đường cong chuẩn	8
1.2.2. Độ nhạy của cảm biến	10
1.2.3. Độ tuyến tính	11
1.2.4. Sai số và độ chính xác	14
1.2.5. Độ nhanh và thời gian hồi đáp	15
1.2.6. Giới hạn sử dụng của cảm biến	15
1.3. Nguyên lý chung chế tạo cảm biến	16
1.3.1. Nguyên lý chế tạo các cảm biến tích cực	18
1.3.2. Nguyên chế tạo cảm biến thụ động	19
1.4. Mạch đo	19
1.4.1. Sơ đồ mạch đo	20
1.4.2. Một số phân tử cơ bản của mạch đo	20
<b>Chương II. Cảm biến quang</b>	<b>22</b>
2.1. Tính chất và đơn vị đo ánh sáng	22
2.1.1. Tính chất của ánh sáng	24
2.2.1. Các đơn vị đo quang	24
2.2. Cảm biến quang dẫn	24
2.2.1. Hiệu ứng quang dẫn	27
2.2.2. Tế bào quang dẫn	30
2.2.3. Photodiode	36
2.2.4. Phototranzito	38
2.2.5. Phototranzito hiệu ứng trường	39
2.3. Cảm biến quang điện phát xạ	39
2.3.1. Hiệu ứng quang điện phát xạ	40
2.3.2. Tế bào quang điện chân không	40



2.3.3. Tế bào quang điện dạng khí	41
2.3.4. Thiết bị nhân quang	42
<b>Chương 3. Cảm biến đo nhiệt độ</b>	
3.1. Khái niệm chung	43
3.1.1. Thang đo nhiệt độ	43
3.1.2. Nhiệt độ đo được và nhiệt độ cần đo	44
3.1.3. Phương pháp đo nhiệt độ	45
3.2. Nhiệt kế giãn nở	46
3.2.1. Nguyên lý đo	46
3.2.2. Các loại nhiệt kế giãn nở	46
3.3. Nhiệt kế điện trở	47
3.3.1. Nguyên lý đo	47
3.3.2. Các loại nhiệt kế điện trở	49
3.3.3. Mạch đo và dụng cụ thứ cấp	52
3.4. Cặp nhiệt ngẫu	55
3.4.1. Hiệu ứng nhiệt điện	55
3.4.2. Vật liệu chế tạo	57
3.4.3. Cấu tạo của cặp nhiệt	59
3.4.4. Mạch đo và dụng cụ thứ cấp	59
3.5. Hoả kế	64
3.5.1. Hoả kế bức xạ toàn phần	64
3.5.2. Hoả kế quang	65
3.6. Các loại cảm biến đo nhiệt độ khác	66
<b>Chương 4. Cảm biến đo vị trí và dịch chuyển</b>	
4.1. Nguyên lý đo vị trí và dịch chuyển	68
4.2. Điện thế kế điện trở	68
4.2.1. Điện thế kế dùng con chạy cơ học	68
4.2.2. Điện thế kế không dùng con chạy cơ học	68
4.3. Cảm biến điện cảm	70
4.3.1. Cảm biến tự cảm	72
4.3.2. Cảm biến hồ cảm	72
4.4. Cảm biến điện dung	74
4.4.1. Cảm biến tụ điện đơn	77
4.4.2. Cảm biến tụ kép vi sai	79
4.4.3. Mạch đo	80



4.5. Cảm biến quang	80
4.5.1. Cảm biến quang phản xạ	80
4.5.2. Cảm biến quang soi thấu	81
4.6. Cảm biến đo dịch chuyển bằng sóng đàn hồi	81
4.6.1. Nguyên lý đo dịch chuyển bằng sóng đàn hồi	81
4.6.2. Cảm biến sử dụng phần tử áp điện	82
4.6.3. Cảm biến âm từ	83
<b>Chương 5. Cảm biến đo biến dạng</b>	
5.1. Biến dạng và phương pháp đo	85
5.1.1. Khái niệm cơ bản	85
5.1.2. Phương pháp đo biến dạng	86
5.2. Đầu đo điện trở kim loại	86
5.2.1. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động	86
5.2.2. Các đặc trưng chủ yếu	88
5.3. Cảm biến áp trở silic	88
5.3.1. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động	88
5.3.2. Các đặc trưng chủ yếu	89
5.4. Đầu đo trong chế độ động	90
5.4.1. Tần số sử dụng tối đa	91
5.4.2. Giới hạn mỏi	91
5.5. Ứng suất kế dây rung	91
<b>Chương 6. Cảm biến đo lực</b>	
6.1. Nguyên lý đo lực	93
6.2. Cảm biến áp điện	94
6.2.1. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động	94
6.2.2. Cảm biến thạch anh kiểu vòng đệm	95
6.2.3. Cảm biến thạch anh nhiều thành phần	95
6.2.4. Mạch đo	96
6.3. Cảm biến từ giảo	98
6.3.1. Hiệu ứng từ giảo	98
6.3.2. Cảm biến từ thẩm biến thiên	99
6.3.3. Cảm biến từ dư biến thiên	99
6.4. Cảm biến đo lực dựa trên phép đo dịch chuyển	100
6.5. Cảm biến xúc giác	100



## Chương 7. Cảm biến đo vận tốc, gia tốc và rung

7.1. Cảm biến đo vận tốc	101
7.1.1. Nguyên lý đo vận tốc	101
7.1.2. Tốc độ kế điện từ	102
7.1.3. Tốc độ kế xung	105
7.1.4. Máy đo góc tuyệt đối	107
7.1.5. Đổi hướng kế	108
7.2. Cảm biến đo rung và gia tốc	109
7.2.1. Khái niệm cơ bản	109
7.2.2. Cảm biến đo tốc độ rung	112
7.2.3. Gia tốc kế áp điện	113
7.2.4. Gia tốc kế áp trở	114

## Chương 8. Cảm biến đo áp suất chất lưu

8.1. Áp suất và nguyên lý đo áp suất	116
8.1.1. Áp suất và đơn vị đo	116
8.1.2. Nguyên lý đo áp suất	117
8.2. Áp kế dùng dịch thể	118
8.2.1. Vi áp kế kiểu phao	118
8.2.2. Vi áp kế kiểu chuông	119
8.2.3. Vi áp kế bù	120
8.2.4. Áp kế vành khuyên	121
8.3. Áp kế đàn hồi	122
8.3.1. Áp kế lò xo	122
8.3.2. Áp kế màng	123
8.3.3. Áp kế ống trụ	125
8.3.4. Áp kế kiểu đèn xếp	125
8.4. Áp kế điện	125
8.4.1. Áp kế áp trở	126
8.4.2. Áp kế áp điện	127
8.4.3. Áp kế điện dung	128
8.4.4. Áp kế điện cảm	129

## Chương 9. Cảm biến đo lưu lượng

9.1. Cảm biến đo lưu lượng	132
9.1.1. Lưu lượng và đơn vị đo	132



9.1.2.	Cảm biến đo lưu lượng theo thể tích	132
9.1.3.	Cảm biến đo lưu lượng theo tốc độ	134
9.1.4.	Cảm biến đo lưu lượng theo độ giảm áp biến đổi	136
9.1.5.	Cảm biến đo lưu lượng theo độ giảm áp không đổi	141
9.1.6.	Cảm biến điện từ	142
9.2.	Cảm biến đo và phát hiện mức chất lưu	143
9.2.1.	Khái niệm và phương pháp đo	143
9.2.2.	Cảm biến đo mức theo phương pháp thủy tĩnh	143
9.2.3.	Cảm biến đo mức theo phương pháp điện	144
9.2.4.	Cảm biến đo mức theo phương pháp bức xạ	145

## Chương 10. Cảm biến đo một số chỉ tiêu công nghệ

10.1.	Cảm biến đo thành phần khí	147
10.1.1.	Khái niệm	147
10.1.2.	Đo thành phần khí theo độ dẫn nhiệt của chất khí	147
10.1.3.	Đo nồng độ khí theo sự cháy của cấu tử cần phân tích	149
10.1.4.	Đo nồng độ khí theo độ từ thẩm của khí	149
10.1.5.	Đo nồng độ khí theo khả năng hấp thụ bức xạ	151
10.1.6.	Đo nồng độ khí bằng quang phổ định lượng	152
10.2.	Cảm biến đo độ pH	152
10.2.1.	Nguyên lý đo	152
10.2.2.	Cấu tạo của cảm biến	153
10.2.3.	Sơ đồ mạch đo	154
10.3.	Cảm biến đo nồng độ chất điện ly	156
10.3.1.	Nguyên lý đo	156
10.3.2.	Cảm biến đo	156
10.4.	Cảm biến đo tỉ trọng	157
10.4.1.	Cảm biến đo theo áp suất	157
10.4.2.	Cảm biến đo dùng đồng vị phóng xạ	158
10.5.	Cảm biến đo độ ẩm	159
10.5.1.	Cảm biến đo độ ẩm vật liệu rời	159
10.5.2.	Cảm biến đo độ ẩm của khí	160

## Chương 11. Truyền kết quả đi xa

11.1.	Truyền xa kiểu điện trở	164
11.1.1.	Phương pháp dùng biến đổi điện trở	164



11.1.2. Phương pháp dùng logomet	165
11.2. Truyền xa kiểu từ cảm	165
11.2.1. Dùng cầu cân bằng cảm ứng	165
11.2.2. Dùng biến thế vi sai	166
11.3. Truyền xa kiểu đồng bộ	167
<b>Chương 12. Cảm biến thông minh</b>	
12.1. Khái niệm về cảm biến thông minh	168
12.2. Cấu trúc của một cảm biến thông minh	169
12.3. Các khâu chức năng của cảm biến thông minh	170
12.3.1. Bộ chuyển đổi chuẩn hoá	170
12.3.2. Bộ dồn kênh MUX (multiplexer)	172
12.3.3. Bộ chuyển đổi tương tự số A/D	173
12.4. Các thuật toán xử lý trong cảm biến thông minh	175
12.4.1. Tự động khắc độ	175
12.4.2. Xử lý tuyến tính hoá từng đoạn	175
12.4.3. Gia công kết quả đo	177
12.4.4. Sai số của kết quả các phép đo gián tiếp	181
12.4.5. Bù sai số	183
<b>Tài liệu tham khảo</b>	185