PHƯƠNG XUÂN NHÀN - HỒ ANH TÚY

LÝ THUYẾT MẠCH

TẬP 1

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

PHƯƠNG XUÂN NHÀN - HỒ ANH TÚY

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI
TRUNG TÂM THÔNG TIN THƯ VIỆN
01 13
00579

LÝ THUYẾT MẠCH

Tập 1

Tái bản có sửa chữa bổ sung

Đã được hội đồng xét duyệt sách giáo trình Trường đại học Bách khoa Hà Nội thông qua

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI
TRUNG TÂM THÔNG TIN THƯ VIỆN
01 13
00631

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI

MỤC LỤC

	Trang
Mở đầu	5
Mục lục	
Chương 1. **Những khái niệm cơ bản về mạch điện**	10
Mở đầu	10
1-1. Các thông số tác động của mạch điện	11
1-2. Quá trình năng lượng trong mạch điện	13
1-3. Các thông số thụ động của mạch điện	15
1-4. Định nghĩa các thông số thụ động theo quan điểm năng lượng	17
1-5. Thông số của nhiều phần tử mắc nối tiếp và song song	18
1-6. Trở kháng và dẫn nạp. Cách biểu diễn phức cho các tác động điều hòa	20
1-7. Cách biểu diễn mạch điện bằng sơ đồ	23
1-8. Mạch tuyến tính và không tuyến tính	25
1-9. Nguồn tác động tuyến tính và các sơ đồ tương đương của nó	27
1-10. Bài tập giải mẫu	29
1-11. Bài tập	37
Chương 2. **Những định luật và phương pháp cơ bản phân tích mạch điện**	40
2-1. Các định luật Kirchhoff trong mạch điện	40
2-2. Hệ phương trình tổng quát của mạch điện	41
2-3. Những nhận xét tổng quát về cách giải hệ phương trình của mạch tuyến tính	45
2-4. Phân tích mạch điện bằng phương pháp tần số	48
2-5. Phân tích mạch điện bằng phép tính toán tử	54
2-6. Công thức Heaviside	56
2-7. Phương pháp xếp chồng phân tích các mạch điện tuyến tính	58
2-8. Tính tương hỗ trong mạch điện	61
2-9. Định lý Thevenin và Norton về nguồn tương đương	62
2-10. Tính đối ngẫu của mạch điện	64
2-11. Bài tập giải mẫu	66
2-12. Bài tập	84
Chương 3. **Một số mạch đơn giản dưới tác động điều hòa và một chiều**	87
3-1. Mở đầu	87
3-2. Mạch dao động đơn	87
3-3. Chế độ xác lập điều hòa trong mạch dao động đơn	93
3-4. Một số dạng khác thường gặp của mạch dao động đơn song song	97
3-5. Các mạch *rC* và *rL*	101
3-6. Mạch có tác dụng hỗ cảm	105
3-7. Khái niệm về công suất trong các mạch làm việc với nguồn tác động điều hòa	109
3-8. Bài tập giải mẫu	111
3-9. Bài tập	

Chương 4. **Các mô hình cơ bản của mạch tuyến tính, bất biến** 127
4-1. Các mô hình cơ bản của mạch tuyến tính, bất biến 128
4-2. Một số định lý và định nghĩa tổng quát đối với mạch điện có thông số tập trung 132
4-3. Tính thụ động và tích cực 133

Chương 5. **Phân tích mạch tuyến tính, có thông số tập trung, bất biến, tích cực bằng máy tính** 134
5-1. Các khái niệm và các định lý tôpô cơ bản 134
5-2. Các ma trận tôpô 136
5-3. Các định luật Kirchhoff với ma trận tôpô 138
5-4. Phân tích mạch tuyến tính, một chiều, xoay chiều theo phương pháp điện áp nút bằng máy tính 141
5-5. Cách thành lập các ma trận *A, B, Q* bằng máy tính 156
5-6. Phân tích mạch điện tuyến tính bằng phương pháp dòng điện vòng và phương pháp vết cắt 158
Thuật toán đưa ma trận về dạng bậc thang 161

Chương 6. **Phân tích mạch điện không tuyến tính theo phương pháp điện áp nút bằng máy tính. Các thuật toán và phương pháp tính** 163
6-1. Cách thành lập phương trình 163
6-2. Cách giải phương trình theo thuật toán Newton-Raphson 166

Chương 7. **Thuật toán thành lập hệ phương trình hỗn hợp cho mạch *n* của tuyến tính thuần trở** 170
7-1. Thành lập phương trình cho mạch *n* cửa tuyến tính, thuần trở 170
7-2. Mạch *n* cửa tuyến tính thuần trở không có các nguồn điều khiển 172
7-3. Mạch *n* cửa tuyến tính thuần trở có các nguồn điều khiển 177

Chương 8. **Phân tích mạch điện tuyến tính, bất biến theo hệ phương trình trạng thái** 182
8-1. Bậc và sự chính qui của mạch điện 183
8-2. Các biến trạng thái 188
8-3. Các mạch điện tuyến tính, bất biến, tựa chính qui 188
8-4. Thành lập các phương trình trạng thái của mạch điện RLCM bằng máy tính 190
8-5. Thành lập phương trình trạng thái của mạch tuyến tính tích cực 195
8-6. Thành lập các phương trình đầu ra bằng máy tính 200

Chương 9. **Giải các phương trình trạng thái bằng phương pháp số** 203
9-1. Giải phương trình trạng thái trong miền thời gian 203
9-2. Giải các phương trình trạng thái trong miền tần số 207

Chương 10. **Sự thành lập phương trình trạng thái của mạch điện không tuyến tính và mạch điện biến đổi theo thời gian** 210
10-1. Các biến chuẩn tắc 210
10-2 Giải các phương trình chuẩn tắc của mạch điện phi tuyến và mạch điện thay đổi theo thời gian 214

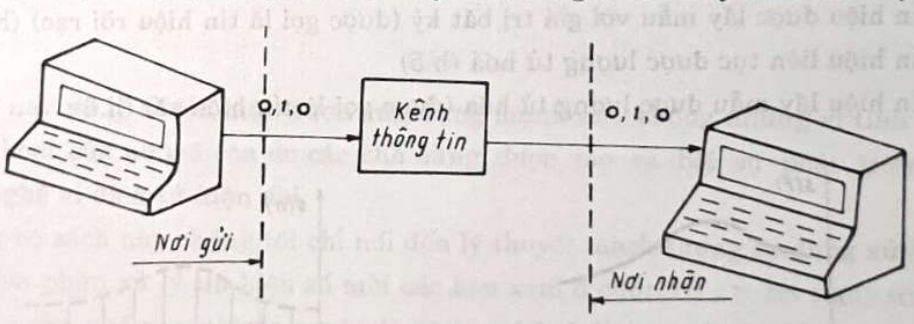
Phụ lục. **Phân tích mạch điện tủ bằng phương pháp điện áp nút dùng máy tính** 224

MỞ ĐẦU

Kỹ thuật vô tuyến điện hiện đại thâm nhập vào tất cả các ngành khoa học, kinh tế quốc dân, văn hóa và đời sống hàng ngày, là công cụ đắc lực thúc đẩy sự tiến bộ của khoa học và kỹ thuật.

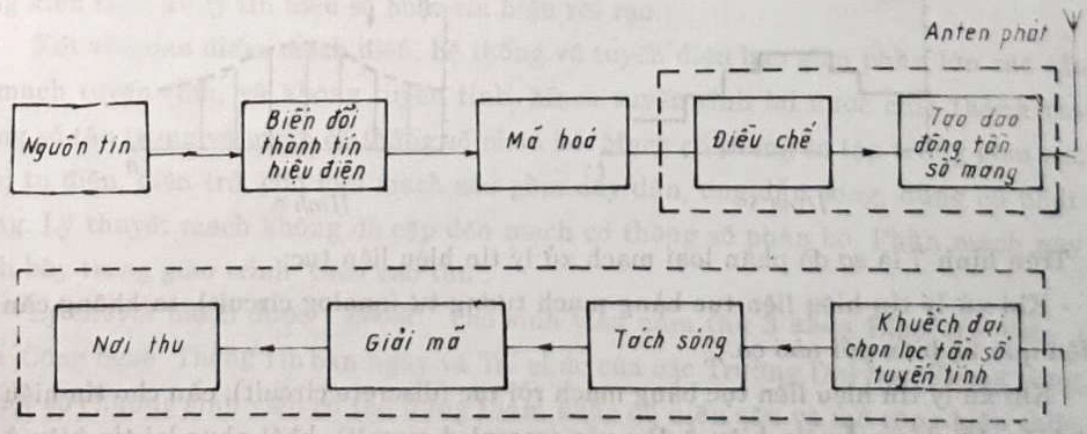
Một trong các ứng dụng quan trọng nhất của kỹ thuật vô tuyến điện là truyền tin tức bởi sóng điện từ dùng trong quảng bá và thông tin. Nhờ các thiết bị vô tuyến điện, chúng ta có thể liên lạc giữa mặt đất với các tàu thuyền, máy bay, tàu vũ trụ, hoặc giữa các hành tinh.

Truyền tin tức qua khoảng cách là nhiệm vụ chủ yếu của kỹ thuật vô tuyến điện - Đó là khoảng cách giữa nguồn tin và nơi nhận tin. Khoảng cách để gửi tín hiệu có thể không đáng kể như truyền các lệnh từ khối này đến khối nọ của máy tính hoặc có thể rất lớn như giữa các lục địa, hoặc thông tin vũ trụ. Tin tức có thể gửi đi bằng cáp, dây dẫn sóng hoặc trên không trung. Tín hiệu mang tin tức có thể truyền dưới dạng tương tự hoặc số, như trên hình 1, tín hiệu số được truyền đi từ máy tính nơi gửi đến máy tính nơi nhận.



Hình 1.

Hệ thống thông tin vô tuyến điện nói chung gồm các khối như trong hình 2.



Hình 2

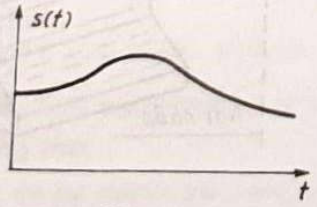
Cơ sở lý thuyết cũng như chức năng của từng khối trong hệ thống thông tin trên được trình bày trong giáo trình Cơ sở truyền tin, giáo trình Lý thuyết mạch (phần: Mạch không tuyến tính) và trong giáo trình Kỹ thuật mạch điện tử của Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Một ứng dụng rộng rãi của các phương pháp vô tuyến điện không dùng bức xạ sóng điện từ dẫn đến một ngành khoa học mới là vô tuyến điện tử (radioelectronics). Việc phát triển rộng rãi các máy tính điện tử tốc độ cao để tính toán, điều khiển, ghi giữ số liệu là thành tựu lớn của ngành vô tuyến điện tử. Các hệ thống xybecnêtic giữ vai trò quyết định trong quá trình điều khiển và tự động hóa là một trong các lĩnh vực phát triển của vô tuyến điện tử. Các thiết bị vô tuyến điện tử được dùng rộng rãi trong nghiên cứu y học: phục vụ việc chẩn đoán bệnh và trong việc sản xuất các bộ phận nhân tạo hoặc dụng cụ dùng để bù từng phần, hoặc toàn bộ các chức năng bị mất trong cơ thể con người.

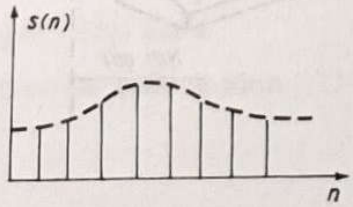
Tóm lại, ứng dụng của vô tuyến điện tử rất đa dạng nó đóng vai trò quan trọng trong sự tiến bộ của con người trong hiện tại cũng như tương lai.

Trong kỹ thuật vô tuyến điện hiện đại, xét về mặt tín hiệu, để truyền tín hiệu trên kênh thông tin, các tín hiệu được chia thành các loại như sau:

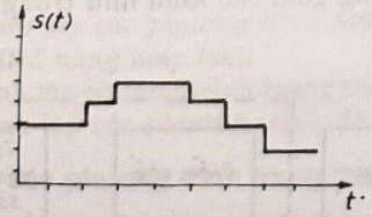
- tín hiệu liên tục có biên độ bất kỳ (h.3)
- tín hiệu được lấy mẫu với giá trị bất kỳ (được gọi là tín hiệu rời rạc) (h.4).
- tín hiệu liên tục được lượng tử hóa (h.5)
- tín hiệu lấy mẫu được lượng tử hóa (được gọi là tín hiệu số) (h.6).



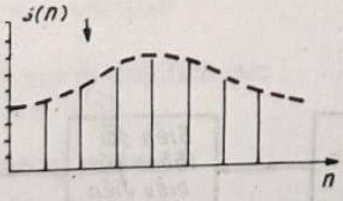
Hình 3.



Hình 4.



Hình 5.



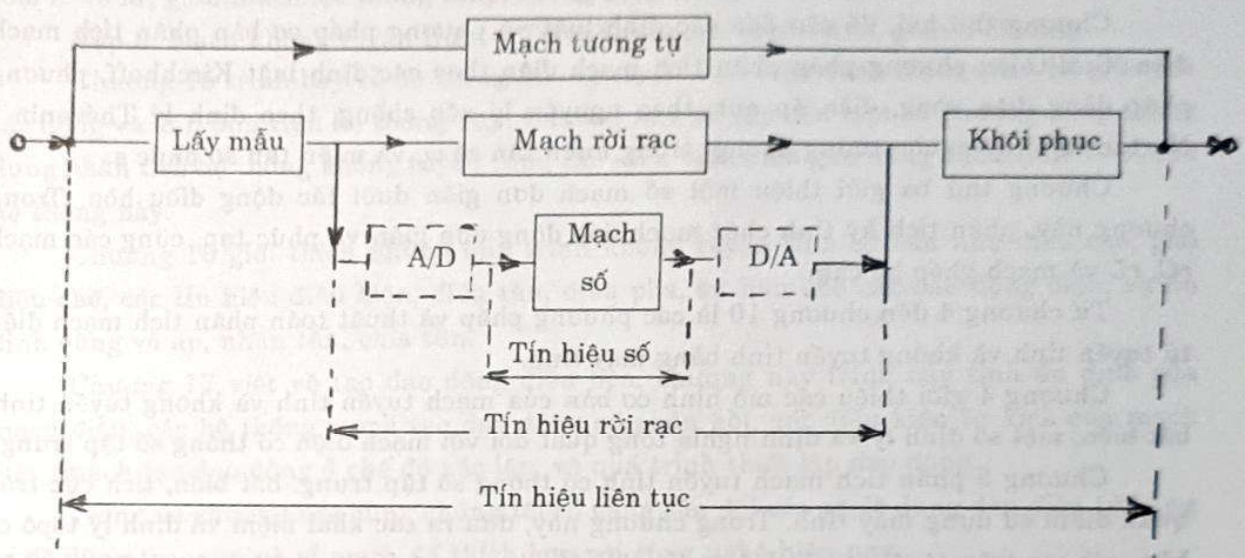
Hình 6.

Trên hình 7 là sơ đồ phân loại mạch xử lý tín hiệu liên tục:

- Khi xử lý tín hiệu liên tục bằng mạch tương tự (analog circuit), ta không cần cho tín hiệu qua bộ biến đổi nào cả.

- Khi xử lý tín hiệu liên tục bằng mạch rời rạc (discrete circuit), cần cho tín hiệu qua hai bộ biến đổi: lấy mẫu tín hiệu ở đầu vào (sampled circuit), khôi phục lại tín hiệu ở đầu ra (synthesizing filter).

- Khi xử lý tín hiệu liên tục bằng mạch số (digital circuit), so với cách xử lý trên, cần làm thêm hai bước nữa: biến đổi tín hiệu tương tự – số (A/D converter), có nghĩa là lượng tử hóa và số hóa ở đầu vào của mạch số; ở đầu ra của mạch số, ta thực hiện biến đổi số – tương tự (D/A converter), tức là giải mã.



Hình 7.

Ngày nay xử lý số tín hiệu được ứng dụng mạnh mẽ, không những vì tính chính xác cao và linh hoạt của nó mà còn do các khả năng được tạo ra bởi sự phát triển vũ bão của công nghệ vi điện tử hiện đại.

Trong bộ sách này chúng tôi chỉ nói đến lý thuyết mạch tương tự dùng xử lý tín hiệu tương tự. Còn phần xử lý tín hiệu số mời các bạn xem ở cuốn XỬ LÝ TÍN HIỆU SỐ của cùng tác giả. Cũng cần nhấn mạnh rằng mặc dù công nghệ vi điện tử phát triển mạnh mẽ mở ra các khả năng số hóa toàn bộ các thiết bị thông tin vô tuyến điện, nhưng lý thuyết mạch tương tự kinh điển vẫn là lý thuyết cơ sở mà sinh viên cần nắm chắc để có thể tiếp thu dễ dàng kiến thức xử lý tín hiệu số hoặc tín hiệu rời rạc.

Xét về quan điểm mạch điện, hệ thống vô tuyến điện bao gồm phần lớn các cấu kiện và mạch tuyến tính, và không tuyến tính. Mạch tuyến tính lại được chia thành mạch có thông số tập trung và mạch có thông số phân bố. Mạch có thông số tập trung gồm các cuộn cảm, tụ điện, điện trở, còn loại mạch sau gồm dây dẫn, ống dẫn sóng, dụng cụ phát năng lượng. Lý thuyết mạch không đề cập đến mạch có thông số phân bố. Phần mạch này được trình bày trong giáo trình "Siêu cao tần".

Lý thuyết mạch được giảng cho sinh viên năm thứ 3 khoa Điện tử– Viễn thông khoa Công nghệ Thông Tin ban ngày và Tại chức của các Trường Dại học. Trong từng phần có một số chương sinh viên có thể dùng tham khảo để hiểu sâu và mở rộng kiến thức. Cuối mỗi chương có bổ sung bài tập giải mẫu và bài tập.

Bộ sách này được chia làm 3 tập.

Tập 1: Phân tích mạch điện tử, gồm 10 chương.

Chương thứ nhất gồm những khái niệm cơ bản về mạch điện. Trong chương này, đưa ra định nghĩa các thông số thụ động, tác động của mạch điện: định nghĩa và biểu diễn trở kháng và dẫn nạp của mạch điện theo hàm phức cho các tác động điều hòa; định nghĩa mạch tuyến tính, không tuyến tính, cũng như định nghĩa mạch tương hỗ, không tương hỗ; đưa ra các sơ đồ tương đương của nguồn tuyến tính.

Chương thứ hai, đề cập đến các định luật và phương pháp cơ bản phân tích mạch điện. Giới thiệu phương pháp phân tích mạch điện theo các định luật Kirchhoff, phương pháp dòng điện vòng, điện áp nút, theo nguyên lý xếp chồng, theo định lý Thévenin - Norton (định lý nguồn tương đương) trong miền tần số ω, và miền tần số phức s.

Chương thứ ba giới thiệu một số mạch đơn giản dưới tác động điều hòa. Trong chương này, phân tích kỹ tính chất mạch dao động đơn giản và phức tạp, cùng các mạch *rC, rL* và mạch ghép hỗ cảm.

Từ chương 4 đến chương 10 là các phương pháp và thuật toán phân tích mạch điện tử tuyến tính và không tuyến tính bằng máy tính.

Chương 4 giới thiệu các mô hình cơ bản của mạch tuyến tính và không tuyến tính, bất biến, một số định lý và định nghĩa tổng quát đối với mạch điện có thông số tập trung.

Chương 5 phân tích mạch tuyến tính có thông số tập trung, bất biến, tích cực trên quan điểm sử dụng máy tính. Trong chương này, đưa ra các khái niệm và định lý tôpô cơ bản, các ma trận tôpô, các định luật Kirchhoff, phương pháp dòng điện vòng, điện áp nút, vết cắt sử dụng ma trận tôpô.

Chương 6 đề cập đến phương pháp điện áp nút dùng phân tích mạch điện không tuyến tính (tự động thành lập và giải phương trình trên máy tính dùng thuật toán Newton – Raphson).

Chương 7 giới thiệu thuật toán thành lập hệ phương trình hỗn hợp cho mạch *n* cửa tuyến tính, thuần trở trong trường hợp không có và có nguồn điều khiển.

Chương 8 nói về vấn đề phân tích mạch tuyến tính, bất biến theo hệ phương trình trạng thái. Trong chương này, đề cập đến sự thành lập phương trình trạng thái của mạch *RLCM*, mạch tuyến tính tích cực và các phương trình đầu ra bằng máy tính.

Chương 9 nói đến cách giải các phương trình trạng thái bằng phương pháp số.

Chương 10 giới thiệu cách thành lập phương trình trạng thái của mạch không tuyến tính và mạch biến đổi theo thời gian.

Tập 2: Lý thuyết bốn cực và ứng dụng, gồm 4 chương.

Chương 11 giới thiệu cách biểu diễn hàm mạch trong miền tần số phức: sự phân bố điểm cực và điểm không của hàm mạch và đồ thị Bode – một công cụ tiện lợi để vẽ đặc tuyến biên độ và đặc tuyến pha của hàm mạch.

Chương 12 giới thiệu lý thuyết bốn cực dùng phân tích mạch hai cửa và trên cơ sở đó có thể tổng quát hóa cho mạch *n* cửa. Chương này đề cập đến bốn cực tuyến tính, tương hỗ: các hệ phương trình đặc tính của bốn cực, các cách nối ghép nhiều bốn cực với nhau, bốn cực đối xứng, bốn cực có tải, các thông số sóng, ma trận tán xạ của mạch hai cửa và nhiều cửa.

Chương 13 giới thiệu bốn cực tuyến tính, không tương hỗ. Trong chương này chúng

tôi nhắc lại các nguồn điều khiển, các sơ đồ tương đương của bốn cực tuyến tính, không tương hỗ. Các mạch không tương hỗ được bàn đến trong chương này là mạch girator, mạch biến đổi trở kháng âm (NIC), mạch khuếch đại tranzito, mạch khuếch đại thuật toán.

Chương 14 nêu ứng dụng của bốn cực: dùng để làm bốn cực suy giảm, bốn cực phối hợp trở kháng, và mạch lọc tần số – các mạch lọc tần số được nêu ở đây là các mạch lọc loại *K* và *M*, gồm mạch lọc thông thấp, thông cao, thông dải và chắn dải.

Tập 3: Mạch không tuyến tính – Tổng hợp mạch tuyến tính, gồm 5 chương.

Chương 15 trình bày về hệ thống không tuyến tính trên quan điểm quan hệ giữa các tác động và đáp ứng trên hệ thống này. Chương này đề cập đến một số phương pháp thông dụng phân tích hệ thống không tuyến tính, các cách biểu diễn gần đúng đặc tuyến V–A của hệ thống này.

Chương 16 giới thiệu những quá trình không tuyến tính cơ bản như điều chế, giải điều chế, các tín hiệu điều biên, điều tần, điều pha, sự hạn chế các dao động điện, sự ổn định dòng và áp, nhân tần, chia tần.

Chương 17 viết về tạo dao động điều hòa, chương này trình bày tính ổn định của mạch điện, các hệ thống mạch tạo dao động có phản hồi, xét điều kiện tự kích của mạch điện, mạch tạo dao động ở chế độ xác lập, và quá trình thiết lập dao động.

Trong ba chương sau cùng chúng tôi cố gắng sửa đổi các sơ đồ dùng đèn điện tử bằng sơ đồ dùng tranzito và vi mạch để thích hợp với công nghệ hiện nay.

Chương 18 trình bày vấn đề tổng hợp mạch tuyến tính, thụ động. Chương này đề cập đến vấn đề tổng hợp mạch 2 cực *LC, RC, GL* và vấn đề tổng hợp hàm truyền đạt của bốn cực, trong đó bàn nhiều đến các phương pháp xấp xỉ hàm truyền đạt, và các phương pháp thực hiện mạch *LC, RC*.

Chương 19 giới thiệu phương pháp tổng quát tổng hợp mạch tích cực *RC*

Trong bộ sách này, chương 1, 2, 3, 14, 15, 16 được giữ nội dung chủ yếu theo các chương trong hai tập sách "Tín hiệu – Mạch và hệ thống VTD" do PGS Phương Xuân Nhàn biên soạn – Để thích hợp với bài giảng, chủ biên đã thêm bớt một vài chỗ trong chương 1, 2, 3 và thay thế các sơ đồ dùng mạch điện tử bằng sơ đồ dùng tranzito và mạch khuếch đại thuật toán trong chương 16. Các chương còn lại do PTS Hồ Anh Túy biên soạn.

Mặc dù đã có nhiều cố gắng trong việc hoàn chỉnh bản thảo cho lần xuất bản này, nhưng chắc không tránh khỏi còn nhiều thiếu sót. Rất mong bạn đọc góp ý kiến để chúng tôi tiếp tục sửa chữa, bổ sung.

Chúng tôi xin bày tỏ lời cảm ơn PTS Phạm Minh Hà đã phản biện, và động viên chúng tôi hoàn thành bộ sách này.

Tác giả