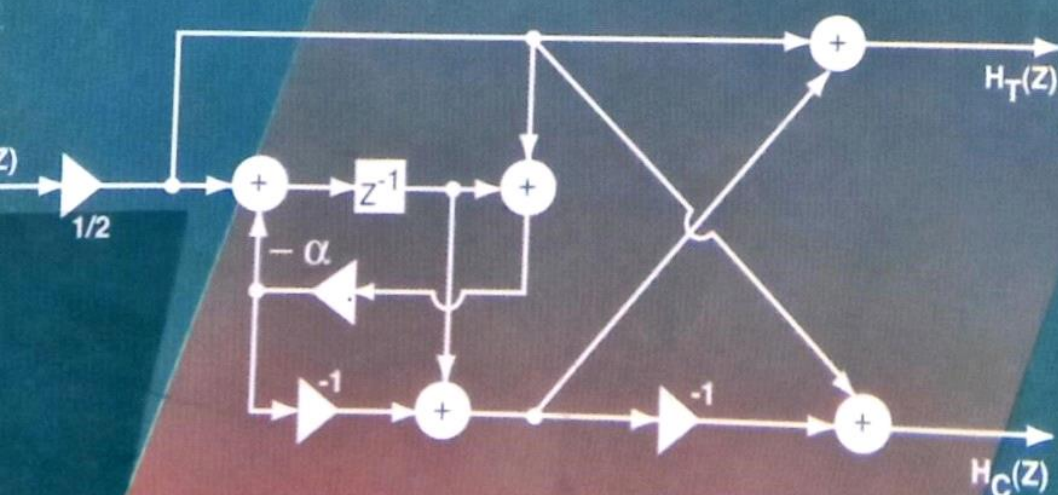


TS. HỒ VĂN SÙNG

XỬ LÝ SỐ TÍN HIỆU

Phương pháp truyền thống
kết hợp với phần mềm MATLAB

TẬP MỘT



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

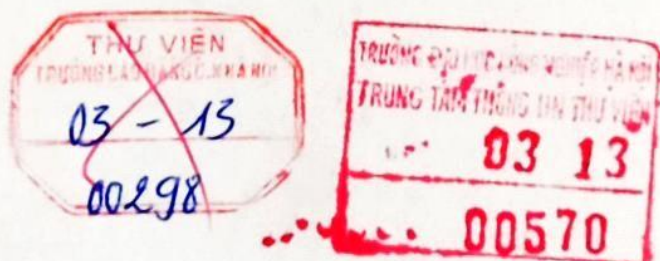


TS. HỒ VĂN SUNG

XỬ LÝ SỐ TÍN HIỆU

**Phương pháp truyền thống
kết hợp với phần mềm MATLAB**

TẬP MỘT



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

Cuốn sách này là nội dung chính của giáo trình "Xử lý số tín hiệu" (Tiếng Anh gọi là DSP : Digital Signal Processing) đang được dạy tại khoa Công Nghệ - ngành Công nghệ Điện tử & Viễn thông lần Công nghệ Thông tin của Đại học quốc gia Hà nội. Gần đây, nhu cầu học tập và nghiên cứu ứng dụng công nghệ "Xử lý số tín hiệu" ngày càng tăng trưởng mạnh mẽ ; Các công trình nghiên cứu cả trên lĩnh vực cơ bản lẫn trên lĩnh vực áp dụng công nghệ của DSP rất phong phú và đa dạng. Vì vậy, nội dung của giáo trình này cũng được bổ sung và sửa đổi cho phù hợp với nhu cầu của người học và cập nhật những kiến thức mới của công nghệ xử lý số tín hiệu.

Mặc dù có một số khái niệm mới, quan trọng đã được phát triển, nhưng các khái niệm cơ bản và đại cương hầu như vẫn giữ nguyên và được trình bày một cách tinh tế hơn, cô đọng hơn để nội dung trở nên dễ hiểu, dễ tiếp thu, có tính sư phạm và nhấn mạnh những khái niệm quan trọng. Vì những lý do đó, nên khi viết cuốn sách Xử lý số tín hiệu, chúng tôi muốn cập nhật những vấn đề gì để nó trở thành cơ bản cho DSP. Nguyên tắc chủ đạo xuyên suốt của một cuốn sách giáo khoa cơ sở là phải mở rộng chủ đề chứ không đóng kín nó lại. Chính vì thế, mục tiêu của chúng tôi trong khi biên soạn giáo trình là làm cho chủ đề của xử lý tín hiệu thời gian - rời rạc dễ dàng tiếp cận với đông đảo sinh viên và với các kỹ sư thực hành, mà không giảm nhẹ mặt nội dung rất phong phú và phức tạp của DSP; Có nghĩa là tất cả các khái niệm quan trọng và cơ bản của lĩnh vực DSP cần được trình bày đầy đủ. Để đạt mục tiêu này, chúng tôi đã mở rộng một cách đáng kể nội dung của nhiều chuyên mục; trong đó có xử lý tín hiệu đa tốc độ, bởi vì nó đóng vai trò rất quan trọng trong chuyển đổi A/D và D/A với tốc độ lấy mẫu cao, cũng như trong lĩnh vực thực thi các loại dàn lọc số. Chúng tôi đã bổ sung thêm phép biến đổi sin và cosin, vì phép biến đổi này đóng vai trò trung tâm trong các chuẩn nén số liệu và trong xử lý hình ảnh.

Chúng tôi cũng đưa thêm vào các bài tập có lời giải ngay ở cuối sách để sinh viên tham khảo và tăng mạnh số lượng các ví dụ bởi vì chúng đóng vai trò rất quan trọng trong việc minh họa và hiểu biết các khái niệm cơ sở. Để nắm được nội dung của cuốn sách cũng như để giải được tất cả các bài tập có trong sách, độc giả cần nắm được cơ sở về các phép tính cao cấp, cùng với sự hiểu biết căn cơ về cơ sở của các số và các biến số phức. Chúng tôi đã hạn chế đến mức tối thiểu các tính toán toán học phức tạp để bạn đọc dễ dàng nắm bắt được nội dung kỹ thuật và công nghệ của cuốn sách hơn. Với cơ sở này, thì cuốn sách là một tài liệu độc lập, chứa đầy đủ mọi cơ sở cần thiết cho việc phân tích thiết kế các hệ thống thông tin số. Nhất là đối với các tín hiệu thời gian-rời rạc, hay với các mục tiêu ứng dụng của DSP, thì phép biến đổi - z, phép biến đổi Fourier rời rạc DFT, hoặc các thuật toán biến đổi Fourier nhanh FFT hay Winograd là những công cụ hữu ích và tối cần thiết.

Chúng tôi cũng muốn áp dụng sức mạnh của các công cụ tính toán để thực thi các thuật toán đã được mô tả trong sách này. Chúng tôi có nhiều thiện cảm đối với MATLAB, bởi vì phần mềm này được ứng dụng mạnh mẽ trong công nghệ và được cập nhật thường xuyên. Công cụ phần mềm này cho phép sinh viên thực thi các hệ thống xử lý tín hiệu tình vì

trên các máy tính cá nhân của riêng họ, điều này rất lợi nếu sinh viên có kiến thức cơ bản chắc chắn và có khả năng chọn ra được các lỗi lập trình từ các lỗi về khái niệm. Vì lý do này, mà ngoài các tính toán lý thuyết trên phương diện giải tích truyền thống, chúng tôi còn hướng dẫn thực hành ngay trên phần mềm máy tính, với khoảng năm chục chương trình chi tiết, để sinh viên có thể củng cố thêm các khái niệm đã được chứng minh bằng các phương pháp giải tích truyền thống.

Toàn bộ các kiến thức cơ bản về DSP được trình bày thành hai tập, tập 1 gồm ba chương (từ chương 1 ÷ 3) : Chương 1 mô tả tín hiệu qua các đặc trưng và các phép toán trên các tín hiệu đó, đặc biệt nhấn mạnh các tín hiệu ngẫu nhiên, vì các tín hiệu này có vai trò quan trọng trong viễn thông; Các tính chất của các hệ thống LTI được trình bày trong chương 2; Còn chương 3 nghiên cứu biến đổi - z và các ứng dụng của nó trong phân tích các hệ thống LTI, nhất là các hệ thống có các thông số thay đổi và máy phát sin-cosine số. Tập 2 (từ chương 4 ÷ 6) : Chương 4 phân tích và thiết kế các loại cấu trúc mạng thời gian rời rạc từ các cấu trúc dạng trực tiếp, nối tiếp đến các cấu trúc tối ưu, cấu trúc mắt cáo của các mạng truyền qua đến các mạng có pha cực tiểu ; Chương 5 dùng để biểu diễn các hệ thống và tín hiệu trên lĩnh vực tần số. Trong chương này đặc biệt đề cập đến các thuật toán nhanh như FFT, Wingograd và các phép biến đổi như sin và cosin ; Chương 6 giành cho thiết kế các loại mạch lọc từ IIR đến FIR bằng các kỹ thuật khác nhau như bất biến xung, song tuyến và các hàm cửa sổ .

Mặc dù có nhiều năm giảng dạy và nghiên cứu DSP, song do hạn chế về thời gian của một cuốn giáo trình trong khi khối lượng kiến thức về DSP lại rất đồ sộ, gắn liền với sự phát triển và sự thâm nhập mạnh mẽ của DSP trong nhiều ngành khoa học, công nghệ, nên cuốn sách có thể còn có những khiếm khuyết, mong được độc giả đóng góp để lần tái bản sau được đầy đủ và hoàn thiện hơn.

Các ý kiến xin gửi về Ban biên tập sách Kỹ thuật Đại học – Hướng nghiệp dạy nghề, Nhà xuất bản Giáo dục Hà Nội, điện thoại 8222393 hoặc 8222394.

TÁC GIẢ

VAI TRÒ CỦA DSP TRONG KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

Ngày nay xử lý số tín hiệu đã trở thành một công nghệ tiên tiến và đang tạo nên diện mạo của khoa học và kỹ thuật của thế kỷ 21 – Thế kỷ của công nghệ thông tin số. DSP đã và đang làm thay đổi có tính cách mạng trong rất nhiều lĩnh vực như : viễn thông, radar và sonar (radar âm biển và tàu ngầm), trong địa chấn học, trong y sinh học, trong vô tuyến thiên văn vật lý, trong công nghiệp thăm dò và khai thác dầu mỏ, trong việc khôi phục hình ảnh và âm thanh có độ tin cậy cao.... Mỗi một lĩnh vực này đã phát triển một công nghệ DSP riêng cho mình với một thuật toán, một công cụ toán học và một kỹ thuật xử lý chuyên ngành hết sức sâu sắc. Do vậy, để giải quyết được các yêu cầu thực tế cả về dân sự cũng như quân sự cần phải có kiến thức về DSP vừa mang tính chất tổng thể để có thể áp dụng cho nhiều ngành, nhưng đồng thời lại phải có kiến thức chuyên sâu áp dụng cho chuyên ngành.

Tại sao DSP lại được áp dụng mạnh mẽ và sâu rộng như vậy ? Bởi vì DSP là công nghệ xử lý tín hiệu mà tín hiệu lại chuyên chở thông tin. Trong đại đa số trường hợp, các tín hiệu này bắt nguồn từ các số liệu do các biến tử vật lý cung cấp từ thế giới thực : Các chấn động địa chấn, hình ảnh hoặc các sóng âm thanh,.... DSP là toán học là thuật toán, là các kỹ thuật được sử dụng để biến đổi các tín hiệu đó thành dạng số phục vụ cho mục tiêu chủ yếu là thu nhận và lưu giữ thông tin. Vì thế, người ta ví vai trò của DSP trong thế kỷ 21 giống như cuộc cách mạng về điện tử ở những năm 80 của thế kỷ 20.

Cả công nghệ phần cứng lẫn công nghệ phần mềm DSP đã tiến bộ vượt bậc, nó đã thỏa mãn được các yêu cầu xử lý tín hiệu hết sức đa dạng và phức tạp. Đó là một công nghệ và là nhịp cầu nối liền rất nhiều lĩnh vực bao gồm công nghệ giải trí, thông tin liên lạc, khai thác thám hiểm không gian, y học và khảo cổ học, v.v... Các thuật toán và các phần cứng của xử lý tín hiệu tinh vi thường có mặt trong rất nhiều hệ thống, từ các hệ thống quân sự đặc biệt cao cấp đến các ứng dụng công nghiệp với diện tử tiêu thụ thể tích lớn, giá thành hạ. Mặc dù chúng ta thấy chất lượng của các hệ thống giải trí gia đình như tivi hoặc audio có độ tin cậy cao là chuyện bình thường, thế nhưng chất lượng của các hệ thống đó lại luôn luôn phụ thuộc vào các phương pháp xử lý tín hiệu tinh xảo. Hơn thế nữa, một khi mà các hệ thống thông tin liên lạc chuyển mạnh sang các kỹ thuật không dây, di động, và đa chức năng, thì tầm quan trọng của xử lý tín hiệu tinh vi linh hoạt trong các hệ thống đó tiếp tục được phát triển. Nói chung, khi chúng ta hướng tới tương lai, thì lại càng thấy rõ vai trò của xử lý tín hiệu trong xã hội của chúng ta đang được tăng nhanh, dẫn tới sự hội tụ của thông tin liên lạc, máy tính và xử lý tín hiệu trong cả hai lĩnh vực tiêu dùng cũng như trong lĩnh vực công nghiệp tiên tiến.

Lĩnh vực xử lý tín hiệu phát triển mạnh mẽ nhờ mối liên kết chặt chẽ giữa lý thuyết, các ứng dụng và các công nghệ để thực thi các hệ thống xử lý tín hiệu. Số lượng các ứng dụng

tăng trưởng ngày càng mạnh và đòi hỏi các thuật toán tinh vi và linh hoạt ngày càng tăng đi liền với các bước phát triển nhanh chóng của công nghệ thiết bị để thực thi các hệ thống xử lý tín hiệu. Bằng một số đánh giá, người ta cho rằng khả năng xử lý của các bộ vi xử lý tín hiệu sẽ tăng khoảng 200 lần hoặc nhiều hơn nữa trong vòng mười năm tiếp theo.

Xử lý tín hiệu liên quan với sự biểu diễn, biến đổi và sự vận hành tín hiệu và các thông tin mà chúng chứa đựng. Chẳng hạn, ta muốn tách hai hay nhiều tín hiệu mà do một lý do nào đấy chúng bị kết hợp lại với nhau, hoặc muốn tăng cường chất lượng một số thành phần hoặc một số các thông số của một mô hình tín hiệu nào đấy thì phải nhớ đến công nghệ xử lý số tín hiệu. Trong thông tin liên lạc, nói chung là phải tiến hành quá trình tiền – xử lý chẳng hạn như điều chế, định mức và điều kiện cho tín hiệu, nén trước khi truyền trên kênh và sau đó đưa đến bộ phận xử lý ở máy thu. Trước những năm 1960, công nghệ xử lý tín hiệu hầu như chỉ là công nghệ tương tự theo thời gian – liên tục. Sự phát triển nhanh chóng của các máy tính số và các bộ vi xử lý cùng với một số phát triển quan trọng về mặt lý thuyết chẳng hạn như thuật toán biến đổi Fourier nhanh (FFT) đã chuyển dịch chủ yếu sang các công nghệ số, mở rộng phạm vi của xử lý tín hiệu số. Một khía cạnh cơ bản của xử lý tín hiệu số chính là dựa trên sự xử lý các dãy mẫu. Bản chất thời gian – rời rạc của công nghệ xử lý tín hiệu số cũng là đặc tính chung của nhiều công nghệ xử lý tín hiệu khác chẳng hạn như các thiết bị sóng âm bề mặt (SAW), các thiết bị liên kết – điện tích (CCD), các thiết bị chuyển dời điện tích (CTD) và các công nghệ tụ điện chuyển mạch. Trong sự xử lý tín hiệu số, tín hiệu được biểu diễn bằng các dãy số có độ chính xác hữu hạn, còn sự xử lý được thực hiện bằng việc sử dụng phép tính toán số. Nói một cách tổng quát hơn : *Sự xử lý tín hiệu thời gian – rời rạc* bao gồm sự xử lý tín hiệu số như một trường hợp đặc biệt, nhưng cũng bao gồm cả các dãy mẫu (số liệu đã được lấy mẫu) được xử lý với các công nghệ thời gian – rời rạc khác. Thông thường, sự phân biệt giữa các thuật ngữ xử lý tín hiệu thời gian – rời rạc và xử lý tín hiệu số ít quan trọng, bởi vì cả hai đều liên quan tới các tín hiệu thời gian – rời rạc. Trong khi có rất nhiều ví dụ mà trong đó các tín hiệu được xử lý vốn dĩ đã là các dãy, tuy nhiên, phần lớn ứng dụng gắn liền với sự sử dụng công nghệ thời gian – rời rạc để xử lý các tín hiệu thời gian – liên tục. Trong trường hợp này, một tín hiệu thời gian – liên tục được chuyển đổi thành một dãy mẫu, tức là một tín hiệu thời gian – rời rạc. Sau khi xử lý thời gian – rời rạc, dãy lối ra lại được chuyển đổi ngược trở lại thành tín hiệu thời gian – liên tục. Hoạt động thời gian – thực thường mong muốn có các hệ thống như vậy, có nghĩa là hệ thống thời gian – rời rạc được thực thi như thế nào để các mẫu của lối ra được tính toán ở cùng một tốc độ tại nơi mà tín hiệu thời gian – liên tục đã được lấy mẫu. Sự xử lý thời gian – rời rạc của các tín hiệu thời gian – liên tục trong thời gian thực là chuyện thường tình trong các hệ thống thông tin liên lạc, trong radar và sonar, trong việc mã hóa và tăng cường chất lượng video và tiếng nói, trong kỹ thuật y sinh học,... Các bộ quay đĩa compact là một ví dụ hơi khác một chút ; Trong ví dụ này, dạng của tín hiệu lối vào đã xử lý được lưu trữ trên (đĩa compact) và sự xử lý cuối cùng được tiến hành trong thời gian thực khi muốn có tín hiệu lối ra. Hệ thống ghi và quay đĩa compact phụ thuộc rất nhiều vào các khái niệm xử lý tín hiệu mà ta sẽ nghiên cứu trong giáo trình này.

Phần lớn các hệ thống xử lý tín hiệu cổ điển nhằm xử lý một tín hiệu này để có được tín hiệu khác. Một lớp quan trọng khác của các vấn đề xử lý tín hiệu là *tìm hiểu nội dung của tín hiệu*. Trong các vấn đề như vậy, thì mục tiêu của xử lý không phải là để thu được một tín

hiệu lối ra mà để có được các đặc trưng của tín hiệu lối vào. Chẳng hạn, trong một hệ thống nhận dạng và hiểu tiếng nói, mục tiêu là giải thích tín hiệu lối vào hoặc trích các thông tin chứa đựng trong tín hiệu lối vào đó. Thông thường, một hệ thống như vậy sẽ quyết định phương pháp tiền – xử lý số (như việc lọc, sự ước lượng thông số,...) nối tiếp với một hệ thống ghi nhận mẫu hình để tạo ra sự biểu diễn biểu tượng như là một bản sao âm vị của tiếng nói. Lối ra biểu tượng này có thể trở thành lối vào cho một hệ thống xử lý biểu tượng, như là một hệ thống chuyên gia, để cung cấp sự giải thích tín hiệu cuối cùng. Một loại xử lý tín hiệu khác, liên quan tới việc vận hành biểu tượng của các biểu thức xử lý tín hiệu. Loại xử lý này đặc biệt hữu ích trong các trạm công tác xử lý tín hiệu và để thiết kế các hệ thống xử lý tín hiệu có sự trợ giúp của máy tính. Trong lớp xử lý này, các tín hiệu và các hệ thống được biểu diễn và trình bày như các đối tượng số liệu trừu tượng. Các ngôn ngữ lập trình định hướng – đối tượng cung cấp một môi trường thuận lợi để vận hành tín hiệu, hệ thống, các công thức xử lý tín hiệu mà không cần có sự đánh giá tường minh các dãy số liệu và cung cấp các cơ sở cho loại xử lý này. Sự tinh vi và mềm dẻo của các hệ thống đã thiết kế để làm nên sự xử lý biểu thị tín hiệu bị ảnh hưởng trực tiếp bởi sự kết hợp các khái niệm xử lý tín hiệu cơ bản, các định lý và các tính chất mà phần lớn chính là cơ sở của cuốn sách này. Chẳng hạn, một môi trường xử lý tín hiệu kết hợp phép nhân chập trong lĩnh vực thời gian tương ứng với phép nhân thường trong lĩnh vực tần số có thể mở ra nhiều cách sắp xếp các cấu trúc của mạch lọc, trong đó có sự liên quan trực tiếp tới việc sử dụng phép biến đổi Fourier rời rạc và thuật toán biến đổi Fourier nhanh. Cũng hoàn toàn tương tự, môi trường kết hợp mối quan hệ giữa tốc độ lấy mẫu và sự chồng phổ có thể sử dụng một cách có hiệu quả các phương pháp tăng hay giảm tốc độ lấy mẫu trong khi thực hiện mạch lọc. Những tư tưởng tương tự như vậy cũng đang được thường xuyên khai thác để thực hiện sự xử lý tín hiệu trong các môi trường liên kết mạng. Trong loại môi trường này số liệu có thể được gắn liền với một mô tả ở cấp cao của mục tiêu xử lý, các chi tiết của sự thực hiện có thể dựa một cách năng động trên các nguồn tài nguyên có ở trên mạng.

Sự phát triển của các môi trường định hướng – đối tượng nhằm thiết kế hệ thống bằng máy tính và nhằm xử lý tín hiệu trên các mạng có cấu trúc thay đổi thường xuyên vẫn còn đang ở những giai đoạn ban đầu. Tuy nhiên, không nên xem các khái niệm cơ bản chủ yếu là thuần túy lý thuyết ; chúng chắc chắn là cơ sở và sẽ trở thành một phần tổng thể hiển nhiên của các môi trường, các trạm công tác và các mạng xử lý tín hiệu bằng máy tính.

Nhiều khái niệm và các kỹ thuật thiết kế được xét đến trong cuốn giáo trình này đã được thu vào trong cấu trúc của các hệ thống phần mềm tinh vi chẳng hạn như MATLAB. Trong nhiều trường hợp, các tín hiệu thời gian – rời rạc đã được thu nhận và lưu trữ trong các máy tính, các công cụ này cho phép thực hiện các chức năng xử lý tín hiệu cực kỳ tinh vi bằng cách sử dụng các hàm số cơ sở của hệ thống. Trong các trường hợp như thế, không cần thiết phải biết các chi tiết của thuật toán cơ sở thực hiện sự tính toán của một phép toán như FFT, nhưng điều chủ yếu là phải hiểu cái gì đã được tính toán và nó phải được giải thích như thế nào. Nói cách khác các khái niệm đã được khảo sát trong giáo trình này có ý nghĩa cho việc sử dụng một cách thông minh các công cụ phần mềm xử lý tín hiệu hiện đang được sử dụng rộng rãi.

Các vấn đề về xử lý tín hiệu không bị giới hạn vào các tín hiệu một chiều. Mặc dù có một số sự khác nhau trong lý thuyết đối với sự xử lý tín hiệu một chiều và nhiều chiều, tuy nhiên nhiều nội dung được đề cập ở đây có phần tương ứng cho các hệ thống nhiều chiều. Nhiều ứng dụng xử lý ảnh đòi hỏi các kỹ thuật xử lý tín hiệu hai chiều, như trong các lĩnh vực mã hóa video, chụp ảnh y học, nâng cao chất lượng và phân tích hình ảnh chụp từ không gian, phân tích các bức ảnh thời tiết của vệ tinh, cải tiến chất lượng của sự truyền video từ mặt trăng và từ các mẫu thử trong không gian vũ trụ bao la. Sự phân tích các số liệu địa chấn như trong khai thác dầu khí, đo lường động đất, giám sát các cuộc thử hạt nhân cũng đã sử dụng các kỹ thuật xử lý tín hiệu nhiều chiều.

Xử lý tín hiệu nhiều chiều chỉ là một trong những đề tài chuyên sâu được xây dựng trên các cơ sở đã được đề cập trong cuốn giáo trình này. Sự phân tích phổ dựa trên việc sử dụng phép biến đổi Fourier rời rạc và việc sử dụng mô hình hóa tín hiệu là một hướng đặc biệt quan trọng và phong phú của xử lý tín hiệu. Chúng tôi đề cập nhiều khía cạnh khác nhau của chủ đề này, tập trung trên các khái niệm và các kỹ thuật cơ sở liên quan tới việc sử dụng phép biến đổi Fourier rời rạc. Cùng với các kỹ thuật đó, nhiều phương pháp phân tích phổ, theo cách này hay cách khác, gắn với các mô hình tín hiệu đặc biệt. Chẳng hạn, một lớp các phương pháp phân tích phổ có độ phân giải cao như các phương pháp entropy cực đại (phân tích phổ MEM) được xây dựng bằng cách biểu diễn tín hiệu được phân tích như là đáp ứng của một mạch lọc thời gian – rời rạc tuyến tính và bất biến với thời gian được kích thích bởi một xung hoặc tạp âm trắng. Phân tích phổ đã thành bài toán xác định các thông số của hệ thống (chẳng hạn như các hệ số của phương trình sai phân) và sau đó đánh giá bình phương biên độ của đáp ứng của mạch lọc. Phương pháp xây dựng các kỹ thuật liên hệ đến vấn đề mô hình hóa và phân tích tín hiệu đều dựa trên nội dung của cuốn sách này. Mô hình hóa tín hiệu cũng đóng vai trò quan trọng trong việc nén và mã hóa số liệu, và một lần nữa các khái niệm cơ bản của phương trình sai phân giúp ta hiểu thấu đáo các kỹ thuật này. Chẳng hạn, một lớp các kỹ thuật mã hóa tín hiệu, được gọi là mã hóa tiên đoán tuyến tính (LPC), khai thác khái niệm sau đây: Nếu một tín hiệu là đáp ứng của một lớp các mạch lọc thời gian – rời rạc, thì giá trị của tín hiệu tại một chỉ số thời gian bất kỳ là một hàm tuyến tính của các giá trị trước đó (và vì thế có thể tiên đoán một cách tuyến tính từ các giá trị trước đó). Do đó, ta có thể xác định các phép biểu diễn bằng cách ước lượng các tham số dự báo và dùng các tham số này cùng với các tham số dự báo để mô hình hóa tín hiệu. Các kỹ thuật mã hóa tín hiệu loại này đặc biệt có hiệu quả trong việc mã hóa tiếng nói.

Một chủ đề cao cấp khác có tầm quan trọng rất lớn đó là sự xử lý tín hiệu thích nghi. Các hệ thống thích nghi là một lớp đặc biệt của các hệ thống thay đổi với thời gian, và theo một nghĩa nào đó, thì đó là các hệ thống phi tuyến có ứng dụng rộng rãi những kỹ thuật thích hợp để phân tích và thiết kế chúng.

Những điều đã nói ở trên chỉ là một ít trong nhiều các đề tài tiên tiến và cao cấp mà đã được mở rộng từ các đề tài đã được đề cập trong cuốn sách này. Các đề tài khác bao gồm các thủ tục thiết kế mạch lọc đặc biệt cấp cao, nhiều thuật toán đặc biệt chuyên ngành để đánh giá phép biến đổi Fourier, các cấu trúc mạch lọc đặc biệt và các kỹ thuật xử lý tín hiệu đa tốc độ tiên tiến bao gồm các dàn lọc và các phép biến đổi sóng con (wavelet).

SỰ PHÁT TRIỂN VÀ NHỮNG HỨA HEN TRONG TƯƠNG LAI

Mãi đến đầu những năm 1950, xử lý tín hiệu được thực hiện chủ yếu bằng các hệ thống tương tự ; các hệ thống này được thực thi với các mạch điện tử hoặc thậm chí với các thiết bị cơ học. Mặc dù thời bấy giờ, các máy tính số đã được sử dụng trong các môi trường thương mại và trong các phòng thí nghiệm khoa học, nhưng chúng còn rất đắt tiền và khả năng cũng còn rất hạn chế. Vào khoảng thời gian đó, sự cần thiết để có được sự xử lý tín hiệu tinh vi hơn trong một số các lĩnh vực ứng dụng đã tạo nên sự quan tâm đáng kể về sự xử lý tín hiệu thời gian – rời rạc. Một trong những sự sử dụng đầu tiên của các máy tính số trong xử lý tín hiệu số là trong thăm dò dầu khí, ở đây số liệu địa chấn có thể ghi được trên các băng từ để xử lý sau này. Xử lý tín hiệu theo kiểu này, nói chung không được tiến hành trong thời gian thực ; phải cần hàng phút hoặc thậm chí hàng giờ của thời gian máy tính chỉ để xử lý một vài giây số liệu. Ngay cả là như vậy đi nữa, thì độ mềm dẻo và đỉnh cao tiềm lực của máy tính số đã làm cho sự lựa chọn này trở nên cực kỳ hấp dẫn.

Cũng vào những năm 1950, việc sử dụng của các máy tính số trong xử lý tín hiệu đã phát triển theo một hướng khác. Do sự linh hoạt của các máy tính số, thông thường thì đó là điều rất hữu ích cho việc mô phỏng các hệ thống xử lý tín hiệu trên một máy tính số trước khi thực hiện nó trong phần cứng tương tự. Theo cách làm này, thì một thuật toán hoặc một hệ thống xử lý tín hiệu mới có thể được kiểm nghiệm chi li trong một môi trường thực nghiệm để đánh giá kết quả trước khi giao nguồn tài chính và vật tư kỹ thuật để thực thi thực tế. Các ví dụ điển hình về phương pháp mô phỏng như vậy là các mô phỏng về mã hóa âm thanh đã được tiến hành ở phòng thí nghiệm Lincoln Laboratory và ở các Trung tâm nghiên cứu Bell Laboratories. Trong quá trình mã hóa kênh tương tự, chẳng hạn các đặc trưng của mạch lọc đã ảnh hưởng đến chất lượng khi nghe lại tín hiệu tiếng nói đã được mã hóa, tuy nhiên khó định lượng một cách khách quan những ảnh hưởng này. Qua các mô phỏng bằng máy tính, các đặc trưng của mạch lọc này có thể được điều chỉnh, nên chất lượng thu nhận của hệ thống mã hóa tiếng nói đã được đánh giá trước khi xây dựng thiết bị tương tự.

Trong tất cả các ví dụ về xử lý tín hiệu bằng cách sử dụng các máy tính số này, thì máy tính đã cho những ưu điểm rất lớn ; đó là độ mềm dẻo và linh hoạt. Tuy nhiên, sự xử lý không thể được thực hiện trong khoảng thời gian thực. Chính vì vậy, quan điểm thịnh hành là máy tính số đã được sử dụng để *làm gần đúng, hoặc để mô phỏng* một hệ thống xử lý tín hiệu tương tự. Theo cách làm này, những công trình đầu tiên về lọc tín hiệu số thường là tìm cách lập trình trên các máy tính số để thực thi mạch lọc sao cho tập hợp gồm bộ chuyển đổi tương tự – số của tín hiệu, tiếp đến bộ lọc số, sau mạch lọc số là sự chuyển đổi số – tương tự, và toàn bộ hệ thống được làm gần đúng với một mạch lọc tương tự có chất lượng tốt. Trên thực tế, nghĩ rằng các hệ thống số thích hợp để xử lý theo thời gian thực trong thông tin tiếng nói, trong xử lý radar, hoặc bất kỳ loại ứng dụng khác, ngay cả những thời kỳ lạc quan nhất cũng có vẻ như là sự suy đoán. Tốc độ, giá thành, và kích thước, là ba nhân tố quan trọng cho việc sử dụng các thành phần tương tự.

Khi các tín hiệu đang được xử lý trên các máy tính số, thì các nhà nghiên cứu đã có khuynh hướng tự nhiên tiến hành thí nghiệm với các thuật toán xử lý tín hiệu ngày càng tinh vi hơn. Một số các thuật toán này đã phát triển vượt ra ngoài độ linh hoạt của các máy tính số và không có tác động thực tế rõ ràng trên các thiết bị tương tự. Vì thế, nhiều các thuật toán đó được xem là hay về mặt ý tưởng, nhưng lại hơi thiếu tính thực tế một ít. Sự phát triển của các thuật toán xử lý tín hiệu như vậy đã làm cho khái niệm thực hiện toàn – số của các hệ thống xử lý tín hiệu trở nên hấp dẫn hơn. Người ta bắt đầu tích cực nghiên cứu mã hóa âm thanh, các bộ phân tích phổ số, và các hệ thống toàn – số khác, với hy vọng cuối cùng thì các hệ thống như thế có thể sẽ trở thành thực tiễn.

Một quan điểm mới theo hướng xử lý tín hiệu thời gian – rời rạc đã hình thành và phát triển sau khi Cooley và Tukey (1965) công bố một thuật toán rất hiệu dụng để tính các phép biến đổi Fourier. Lớp các thuật toán này như đã được biết là phép biến đổi Fourier nhanh, hoặc FFT thuật toán FFT có vai trò rất quan trọng. Nhiều thuật toán xử lý tín hiệu đã được phát triển trên các máy tính số lại cần rất nhiều thời gian xử lý vượt quá xa so với thời gian thực. Thông thường, phương pháp phân tích phổ đã là một thành phần quan trọng của sự xử lý tín hiệu nhưng lại không có các phương pháp có hiệu lực để thực thi nó. Thuật toán biến đổi Fourier nhanh rút gọn thời gian tính toán biến đổi Fourier được rất nhiều lần, cho phép thực thi các thuật toán xử lý tín hiệu tín hiệu ngày càng tinh vi hơn với thời gian xử lý cho phép tiến hành thí nghiệm liên quan với các hệ thống. Hơn thế nữa, trên thực tế với sự thực hiện mà các thuật toán biến đổi Fourier nhanh có thể thực thi trong các phần cứng chuyên dụng, nhiều thuật toán xử lý tín hiệu đã xuất hiện trước đó có vẻ thiếu thực tiễn thì nay đã trở thành hiện thực.

Một khía cạnh quan trọng khác của phép biến đổi Fourier nhanh chính là tính chất rời rạc vốn dĩ của nó. Nó hướng trực tiếp tới sự tính toán phép biến đổi Fourier của một tín hiệu thời gian – rời rạc hoặc một dãy dựa trên nhiều tính chất và toán học chính xác ở trong lĩnh vực thời gian – rời rạc. Nó không đơn thuần là một phép gần đúng của phép biến đổi Fourier thời gian – liên tục. Điều này có tác dụng kích thích xây dựng lại các công thức của nhiều khái niệm về xử lý tín hiệu và các thuật toán theo ngôn ngữ của toán học thời gian – rời rạc và các kỹ thuật này, sau đó đã tạo nên nhiều mối quan hệ chính xác trong lĩnh vực thời gian – rời rạc. Từ đây, người ta từ bỏ khái niệm xử lý tín hiệu trên một máy tính số chỉ đơn thuần là một phép gần đúng cho các kỹ thuật xử lý tín hiệu tương tự, ở đây xử lý tín hiệu thời gian – rời rạc tự nó đã trở thành một lĩnh vực nghiên cứu có những đặc tính riêng. Một phát triển chính yếu khác trong lịch sử xử lý tín hiệu thời gian – rời rạc đã xảy ra trong lĩnh vực vi, điện tử. Sự sáng chế và tăng trưởng nhanh chóng của các bộ vi xử lý đã mở đường cho việc thực hiện các hệ thống xử lý tín hiệu thời gian – rời rạc với giá thành hạ. Mặc dù các bộ vi xử lý đầu tiên còn quá chậm để thực hiện hầu hết các hệ thống thời gian – rời rạc trong khoảng thời gian thực, nhưng khoảng giữa những năm 1980 công nghệ vi mạch đã tiên tiến đến mức cho phép thực hiện các máy vi tính dấu phẩy động và cố định hoạt động rất nhanh với các kiến trúc đã được thiết kế một cách đặc biệt để thực thi các thuật toán xử lý tín hiệu thời gian – rời rạc. Công nghệ này, lần đầu tiên, đã đưa đến khả năng ứng dụng rộng rãi của các kỹ thuật xử lý tín hiệu thời gian – rời rạc.

Hiện nay, các kỹ sư vi điện tử cố gắng phấn đấu tăng mật độ mạch và năng suất, kết quả là sự phức tạp và độ tinh vi của các hệ thống vi điện tử được tiếp tục tăng lên. Thực vậy, độ phức tạp và dung lượng của một chip DSP đã tăng lên theo hàm số mũ từ những năm 1980 và cho thấy không có dấu hiệu chậm lại. Khi các kỹ thuật tích hợp đã được phát triển đến mức độ rất cao, thì rất nhiều hệ thống xử lý tín hiệu thời gian – rời rạc phức tạp sẽ được thực hiện với giá thành hạ, kích thước nhỏ, tiêu thụ năng lượng thấp. Chính vì thế, tầm quan trọng của sự xử lý tín hiệu thời gian – rời rạc sẽ tiếp tục tăng trưởng là một điều hoàn toàn chắc chắn và sự phát triển tương lai của lĩnh vực này sẽ còn nhiều bất ngờ hơn quá trình phát triển mà chúng ta đã mô tả. Các kỹ thuật xử lý tín hiệu thời gian – rời rạc luôn luôn thúc đẩy sự tiến bộ có tính chất cách mạng trong một số lĩnh vực ứng dụng. Tiêu biểu là trong lĩnh vực viễn thông, ở đây các kỹ thuật xử lý tín hiệu thời gian – rời rạc, công nghệ vi điện tử, và thông tin quang sợi kết hợp với nhau để thay đổi bản chất của các hệ thống thông tin một cách cách mạng thực sự. Chúng ta có thể trông đợi tác động tương tự trong nhiều lĩnh vực khác nữa của công nghệ.

Xử lý tín hiệu thời gian – rời rạc là một lĩnh vực năng động, lĩnh vực được phát triển một cách nhanh chóng, các cơ sở của nó đã được trình bày thành công thức một cách rất đẹp dễ và rõ ràng. Trong giáo trình này, mục đích của chúng tôi là trình bày chặt chẽ về lý thuyết các hệ thống thời gian – rời rạc, lọc và phép phân tích Fourier rời rạc. Các chủ đề được đưa ra sẽ cung cấp cho độc giả các kiến thức cần thiết để hiểu rõ giá trị, phạm vi rộng lớn các ứng dụng của xử lý tín hiệu thời gian – rời rạc và đặt nền móng cho sự phát triển tương lai lĩnh vực công nghệ đầy hứa hẹn này.

Chương 1

TÍN HIỆU RỜI RẠC VÀ CÁC PHÉP TOÁN TRÊN TÍN HIỆU

1.1. CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA TÍN HIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH

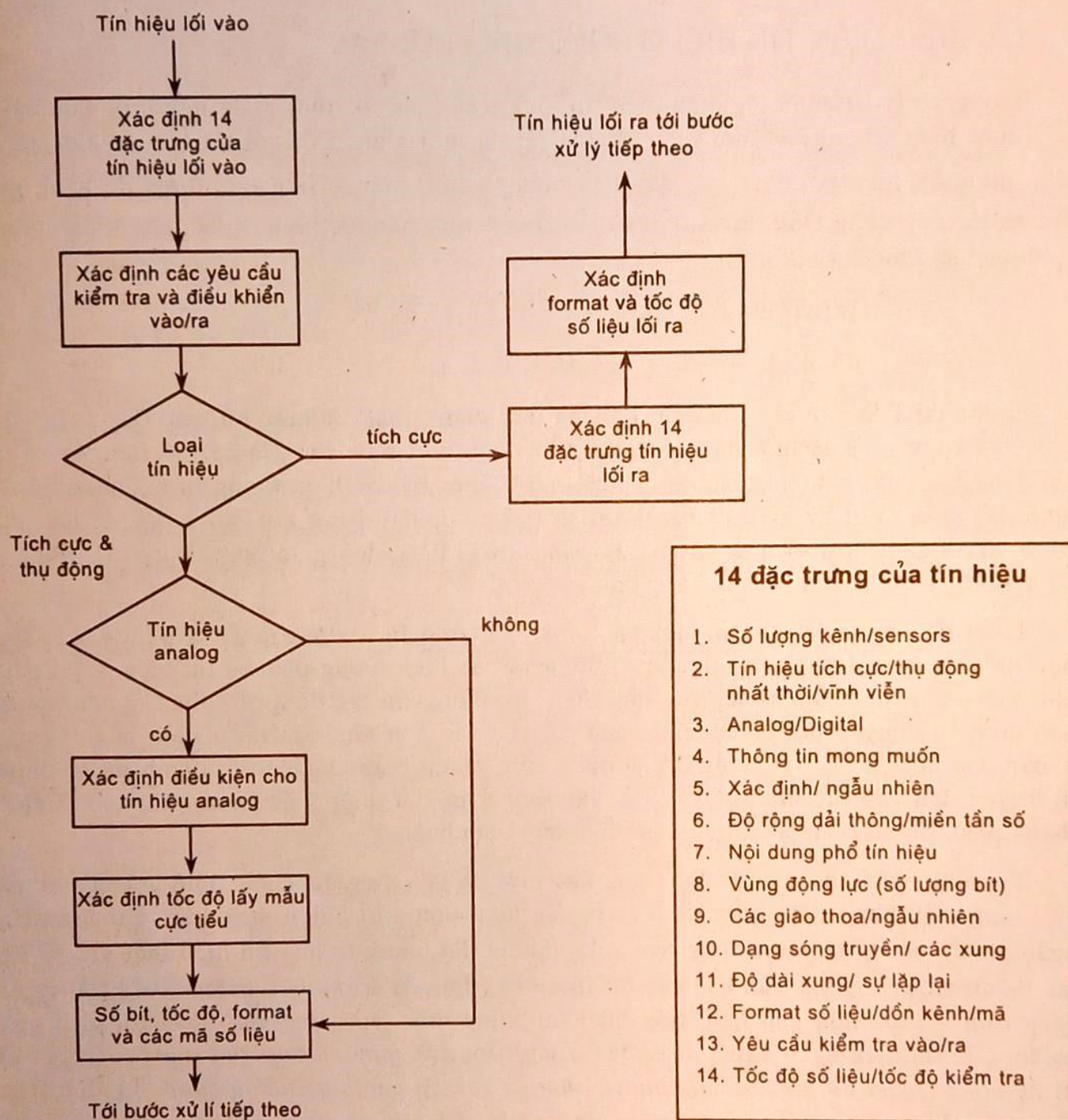
Tín hiệu đóng vai trò quan trọng trong cuộc sống hàng ngày của chúng ta. Những loại tín hiệu như tiếng nói, hình ảnh, âm thanh, âm nhạc, tín hiệu phát thanh truyền hình... gắn liền với cuộc sống tinh thần của mỗi chúng ta. Nói chung, tín hiệu chứa đựng những thông tin riêng biệt mà một hệ thống xử lý tín hiệu số DSP cố gắng làm sáng tỏ và phát hiện. Mục tiêu của một hệ thống DSP là cung cấp phương pháp tiếp cận tốt nhất để phân tích và đánh giá nội dung thông tin chứa trong tín hiệu.

Tín hiệu có thể bắt nguồn từ bản chất tự nhiên hoặc cũng có thể được tổng hợp hay bằng mô phỏng từ máy tính. Phụ thuộc vào bản chất tự nhiên của biến số độc lập và giá trị của hàm số xác lập nên tín hiệu mà có nhiều loại tín hiệu đã được định nghĩa. Tín hiệu có thể được phát ra từ một nguồn hoặc nhiều nguồn. Trong trường hợp đầu thì đó là tín hiệu vô hướng còn trường hợp sau thì được gọi là tín hiệu véc tơ hay còn gọi là tín hiệu nhiều kênh. Tín hiệu một chiều (1 - D) là một hàm số của một biến số độc lập duy nhất, trong khi tín hiệu hai chiều (2 - D) là một hàm số của hai biến số độc lập. Tín hiệu nhiều chiều (M - D) là một hàm số của nhiều biến số độc lập. Tín hiệu tiếng nói là một ví dụ của tín hiệu một chiều (1 - D) ; ở đây biến số độc lập là thời gian. Tín hiệu hình ảnh là tín hiệu hai chiều (2 - D) ở đây hai biến số độc lập là hai biến số không gian. Mỗi khung (frame) của tín hiệu hình ảnh video đen trắng là một tín hiệu 2 - D. Đó là một hàm số của hai biến số không gian rời rạc, với mỗi khung xuất hiện tại những thời điểm rời rạc. Vì vậy có thể coi tín hiệu hình ảnh video đen trắng như một ví dụ của tín hiệu ba chiều (3 - D), ở đây ba biến số độc lập là 2 biến số không gian và biến số thời gian. Tín hiệu hình ảnh video màu là một tín hiệu ba kênh chứa ba tín hiệu 3 - D biểu thị ba màu cơ bản : đỏ, xanh lá cây và xanh nước biển (RGB). Để truyền dẫn, tín hiệu truyền hình RGB được biến đổi thành loại tín hiệu ba kênh khác chứa một thành phần độ sáng và hai thành phần màu.

Để tách được các thông tin cần thiết chứa đựng trong tín hiệu thì bước đầu tiên là phải phân tích tín hiệu đó. Phân tích tín hiệu là bước quan trọng nhất của một thủ tục thiết kế DSP nhằm xác định toàn diện các loại cũng như các đặc trưng của tín hiệu lối vào. Vì hầu hết các ứng dụng gắn với tín hiệu ngẫu nhiên, nên một mô hình gần đúng thích hợp nhất cần phải được phát triển và hoàn thiện. Tất cả các đặc trưng liên quan đến sự truyền dẫn tín hiệu và các dạng sóng cần phải được định rõ. Độ rộng dải thông tần số của tín hiệu cũng phải được xác định và đặc trưng hoá. Tỷ số tín hiệu / tạp âm giới hạn và các mức tín hiệu lối vào

cực đại và cực tiểu phải được xác định. Các nguồn giao thoa lớn nhất nào đó cũng phải được đặc trưng. Kết quả của bước phân tích tín hiệu được sử dụng như là một cơ sở cho việc quyết định các thuật toán xử lý tín hiệu số trong bước tiếp theo.

Phương pháp phân tích tín hiệu bắt đầu bằng việc xác định tất cả các thông số cũng như các đặc trưng khả dĩ của tín hiệu nhờ việc xem xét 14 đề mục cho trên sơ đồ hình 1.1. Nhiều đề mục xuất phát từ các yêu cầu, đòi hỏi của thực tế ứng dụng. Trong một số trường hợp, các yêu cầu này thường ở mức độ cao, nên cần phải được triển khai cho phù hợp với các đặc trưng của tín hiệu. Trên quan điểm này, thì phương pháp phân tích dùng phần cứng máy tính có thể được sử dụng khi mà số liệu của tín hiệu thực có thể có được. Tín hiệu có thể được lưu trữ trên băng ghi và được phân tích để xác định các đặc tính của nó.



Hình 1.1. Phương pháp phân tích tín hiệu

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
Lời nói đầu	3
Phần mở đầu	5
Chương 1. TÍN HIỆU RỜI RẠC VÀ CÁC PHÉP TOÁN TRÊN TÍN HIỆU	
1.1. Các đặc trưng của tín hiệu và phương pháp phân tích	12
1.2. Biểu diễn tín hiệu thời gian–rời rạc	14
1.3. Quá trình lấy mẫu tín hiệu	15
1.4. Các số đo của tín hiệu	18
1.5. Phổ tần số của tín hiệu	19
1.5.1. Định nghĩa	19
1.5.2. Định lý Parseval	21
1.6. Các tín hiệu thời gian–rời rạc cơ sở	22
1.6.1. Dãy xung đơn vị	22
1.6.2. Dãy nhảy bậc – đơn vị	23
1.6.3. Dãy tín hiệu hình sin	25
1.6.4. Dãy e–mũ phức	26
1.6.5. Các dãy tuần hoàn	28
1.7. Các phép toán trên tín hiệu	32
1.7.1. Phép dịch chuyển	32
1.7.2. Phép chuyển vị	32
1.7.3. Phép nhân tín hiệu	33
1.7.4. Phép nhân tín hiệu với hằng số (định mức tín hiệu)	34
1.7.5. Phép cộng tín hiệu với tín hiệu	34
1.7.6. Một số kết quả hữu ích	36
1.7.7. Sự thay đổi tốc độ lấy mẫu	38

1.8. Tín hiệu ngẫu nhiên thời gian – rời rạc	41
1.8.1. Đại cương về tín hiệu ngẫu nhiên	41
1.8.2. Sự tương quan giữa các tín hiệu	41
1.8.3. Các tính chất thống kê của tín hiệu ngẫu nhiên	44
1.8.4. Tín hiệu ngẫu nhiên dừng theo nghĩa rộng	46
1.8.5. Tín hiệu ergodic	48
1.8.6. Tập âm trắng	48
1.9. Tín hiệu năng lượng và tín hiệu công suất	50
Bài tập	52

Chương 2. CÁC HỆ THỐNG RỜI RẠC TUYẾN TÍNH VÀ BẤT BIẾN VỚI THỜI GIAN

2.1. Nhập đề	54
2.2. Các hệ thống thời gian rời rạc	55
2.3. Hệ thống tuyến tính và bất biến với thời gian	57
2.3.1. Tính chất tuyến tính	57
2.3.2. Tính chất bất biến với thời gian	59
2.3.3. Tính chất nhân quả	60
2.3.4. Tính chất ổn định	61
2.4. Đáp ứng xung đơn vị của hệ thống tuyến tính và bất biến với thời gian (LTI)	62
2.5. Nhân chập và các phương pháp xác định tổng nhân chập	63
2.5.1. Tính tổng nhân chập	64
2.5.2. Tính tổng nhân chập bằng giải tích	66
2.6. Một số tính chất của các hệ thống LTI	70
2.6.1. Tính chất ổn định	71
2.6.2. Tính chất nhân quả	72
2.7. Các phương trình sai phân tuyến tính hệ số hằng số	76
2.7.1. Biểu diễn phương trình sai phân của bộ tích lũy	76
2.7.2. Biểu diễn phương trình sai phân hệ thống trung bình động	77
2.7.3. Tính toán đệ quy các phương trình sai phân	80
2.7.4. Xác định nghiệm tổng quát của phương trình sai phân	82
2.7.5. Thực hiện các phương trình sai phân	84

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Giám đốc NGÔ TRẦN ÁI
Tổng biên tập VŨ DƯƠNG THỤY

Biên tập nội dung:

THANH BÌNH

Trình bày bìa:

THUÝ HẠNH

Sửa bản in:

BÌNH MINH

Chế bản:

MINH CHÂU

XỬ LÝ SỐ TÍN HIỆU - TẬP MỘT

In 2.000 bản (01ĐH) khổ 19 x 27 cm, tại Xí nghiệp in Hà Tay.

Số in: 06/ĐH; Số XB: 1443/115-02. In xong và nộp lưu chiểu tháng 6 năm 2003.