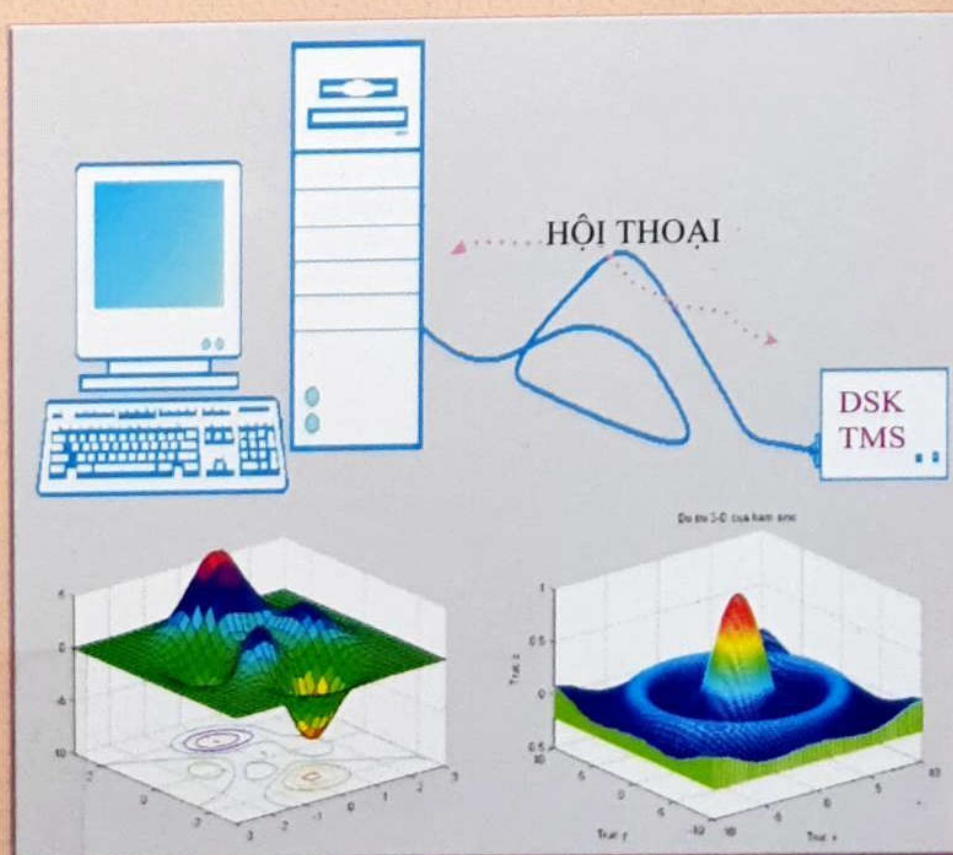


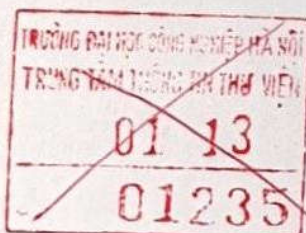
TS. HỒ VĂN SUNG

Thực hành
XỬ LÝ SỐ TÍN HIỆU
VỚI MATLAB

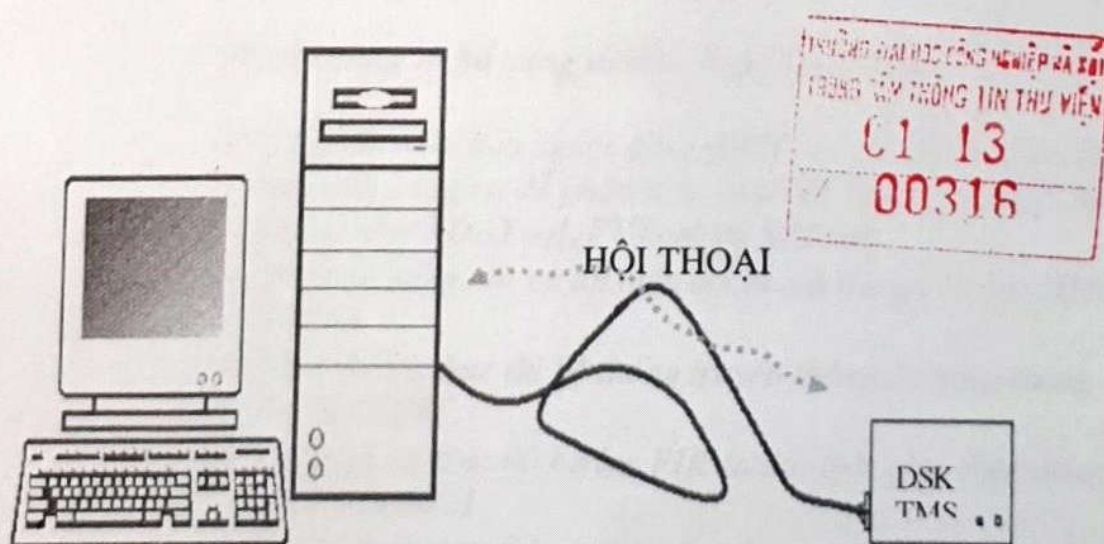


NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

TS. HỒ VĂN SUNG



Thực hành
XỬ LÝ SỐ TÍN HIỆU
VỚI MATLAB



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI

LỜI NÓI ĐẦU

Sau nhiều lần xuất bản, và tái bản, bộ sách "Xử lý số tín hiệu trên máy tính PC với MATLAB" đã được rất nhiều người sử dụng; từ sinh viên của các trường Đại học đến các công nhân và các kỹ sư thực hành; cả ngành Điện tử Viễn thông lẫn Công nghệ Thông tin. Trong số các cuốn sách đó, cuốn "Thực hành xử lý số tín hiệu trên máy tính PC với MATLAB" là cuốn được quan tâm nhiều hơn cả. Vì vậy, để đáp ứng nhu cầu học tập ngày càng cao của bạn đọc cũng như sự tăng trưởng mạnh mẽ của công nghệ xử lý tín hiệu, trong lần xuất bản này, tác giả nhận thấy cần đổi tên mới cho cô đọng hơn; đó là "Thực hành xử lý số tín hiệu với MATLAB"; đồng thời cần bổ sung và cập nhật thêm những kiến thức mới, cụ thể là:

1. Đưa thêm hai thí nghiệm mới là:

- Thí nghiệm thứ 12: Xử lý tín hiệu thống kê.
- Thí nghiệm thứ 14: Xử lý tín hiệu thời gian thực dùng TMS320C6711.

2. Tăng cường và bổ sung nhiều chuyên mục mới:

- Giao diện đồ họa người dùng (GUI) và các trình tiện ích cũng như các công cụ để phân tích, thiết kế mạch lọc, thiết kế hệ thống như FDATool, FVTool và SPTool.
- Mã hoá tiếng nói và tín hiệu âm thanh dùng dàn lọc QMF 5-kênh.
- Thiết kế và thực thi hệ thống truyền thông đa sóng mang OFDM/DMT.
- Thiết kế và thực thi bộ lọc FIR đa dải thời gian thực dùng DSK TMS320C6711.
- Thiết kế và thực thi các bộ cân bằng bậc cao dùng MATLAB và DSK TNMS320C6711.

3. Nhiều phụ lục mới cũng đã được đưa thêm vào:

- Mảng và các phép toán trên mảng
- Các phép tính số phức.

- Đồ thị và đồ họa 2-D, 3-D.

Với những phần bổ sung nói trên, nên lần xuất bản này cuốn sách cập nhật được một cách tương đối đầy đủ những kiến thức hiện đại nhất về "Xử lý số tín hiệu". Các kiến thức đó được trình bày một cách chặt chẽ, cô đọng trong 14 thí nghiệm; gồm cả các **thí nghiệm ảo** lẫn các thí nghiệm **thời gian thực** để người đọc dễ cảm nhận, dễ tiếp thu.

Cuốn sách này là phần quan trọng nhất của bộ sách "Xử lý số tín hiệu". Biên soạn cuốn sách này, chúng tôi muốn thể hiện các nguyên tắc, tính chất, các phép biến đổi và các ứng dụng của xử lý số tín hiệu bằng phần mềm máy tính PC. Toàn bộ nội dung của **xử lý số tín hiệu** từ phần cơ sở đến nâng cao, từ việc mô tả và biểu diễn tín hiệu đến các quá trình xử lý đa tốc độ và dàn lọc, cũng như các hệ thống xử lý tín hiệu thời gian thực trên "chíp" xử lý số **TMS320C6711** cũng như các ứng dụng thực tế của DSP như phân tích phổ, lọc số, biến đổi A/D và D/A **nhANH**, từ kỹ thuật điều chế đến các **máy phát quét tần số** đã được thể hiện trên 14 bài thí nghiệm mô phỏng và mô hình hoá bằng ngôn ngữ **MATLAB** kết hợp với **C**.

Các thí nghiệm tiến hành trên phần mềm máy tính được gọi là các **thí nghiệm ảo**. Với phần mềm **MATLAB**, các thí nghiệm này được thực hiện một cách hết sức mềm dẻo và linh hoạt. Các tính chất và các thông số của hệ thống xử lý được thay đổi, thử nghiệm và tính toán hết sức nhanh chóng và chính xác. Do vậy hệ thống xử lý được đánh giá, xem xét dưới nhiều góc độ trước khi đưa vào thực thi thực tế. Về phương diện này thì phần mềm **MATLAB** là một công cụ hàng đầu. Phần mềm bậc cao này được các bộ chuyển đổi dữ liệu thời gian thực (RTDX) sử dụng để cung cấp các giao diện giữa máy tính PC với các bộ xử lý số DSK như C6711, C6713, hay C6701EVM để thực hiện các thí nghiệm và các hệ thống **thông tin thời gian thực**.

Mỗi thí nghiệm, đều có phần tóm tắt lý thuyết, hướng dẫn viết chương trình điều hành và hướng dẫn thực hiện, cuối cùng là kết quả thể hiện trên màn hình máy tính hoặc trên máy hiện sóng. Với khoảng 100 **chương trình gốc**, hàng vài trăm hàm **MATLAB** và hàng trăm bài tập thực hành, bạn đọc có thể tự mình biến hoá, phát triển thành hàng trăm các chương trình khác, hoặc vận dụng các chương trình đó để giải quyết các bài toán do chính nghề nghiệp của các bạn đề ra. Đây chính là sức hấp dẫn và ý nghĩa quan trọng mà chúng tôi muốn đề cập khi soạn thảo cuốn sách này.

Toàn bộ nội dung của chương trình xử lý số tín hiệu từ cơ sở đến nâng cao được tóm gọn trong 14 thí nghiệm; trong đó thí nghiệm 1 và 2 giành để nghiên cứu tín hiệu và các hệ thống LTI trên lĩnh vực thời gian; thí nghiệm 3, 4, 5 và 6 dùng để nghiên cứu, phân tích và biểu diễn tín hiệu cũng như hệ thống LTI trên lĩnh vực tần số; thí nghiệm 8, 9 và 10 dùng riêng cho thiết kế các loại mạch lọc số; nhiều công cụ thiết kế mạch lọc mới đã được đưa vào chương 10, chẳng hạn như Giao diện đồ họa người dùng (GUI) và các trình tiện ích cũng như các công cụ để phân tích, thiết kế mạch lọc, thiết kế hệ thống như **FDATool**, **FVTool** và **SPTool**. Thí nghiệm 13 dùng để nghiên cứu các hệ thống xử lý số đa tốc độ và dàn lọc. Thí nghiệm 14 dùng để xử lý tín hiệu thời gian thực trên DSK TMS320C6711. Chúng tôi giành trọn thí nghiệm 7 để nghiên cứu, xử lý số các tín hiệu thời gian liên tục; trong đó nghiên cứu kỹ càng các kỹ thuật chuyển đổi A/D và D/A tốc độ cao cũng như các hệ thống lấy mẫu quá áp dụng cho các hệ thống xử lý tín hiệu thời gian thực. Toàn bộ thí nghiệm 11 dùng để nghiên cứu và thực thi các loại cấu trúc khác nhau cho các mạch lọc số IIR và FIR. Toàn bộ thí nghiệm 12 dùng để xử lý các tín hiệu thống kê và tín hiệu hình ảnh.

Với 14 bài thí nghiệm trên phần mềm MATLAB và trên DSK 320C6711 này, bạn đọc sẽ thấy sức hấp dẫn và hiệu quả tuyệt vời mà ngôn ngữ lập trình kỹ thuật phần mềm bậc cao này mang lại. Các kết quả thực tế cũng như những kiến thức mà bạn thu nhận trong quá trình tiến hành thí nghiệm sẽ kích thích sự say mê hiểu biết và khả năng sáng tạo, giúp bạn nhận thức rõ hơn tầm quan trọng cũng như tính cần thiết và sức mạnh của công nghệ xử lý số tín hiệu tiên tiến này.

Chúng tôi mong muốn cuốn sách cập nhật được những kiến thức cũng như những phiên bản mới nhất về xử lý số tín hiệu và về phần mềm MATLAB, đồng thời lại muốn cuốn sách nhanh chóng đến tay người đọc, nên trong quá trình soạn thảo khó tránh được những khiếm khuyết. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn và mong được quý độc giả góp ý để lần tái bản sau cuốn sách được hoàn thiện hơn. Các ý kiến đóng góp xin gửi theo địa chỉ: Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật 70 Trần Hưng Đạo Hà Nội.

Tác giả

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
LỜI GIỚI THIỆU	3
Các ứng dụng điển hình của Xử lý số tín hiệu	6
Thí nghiệm 1	
TÍN HIỆU VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP BIẾN ĐỔI TÍN HIỆU	
1.0. Tóm tắt lý thuyết	7
1.1. Các tín hiệu cơ sở	10
1.1.1. Dãy xung đơn vị $\delta(n)$	10
1.1.2. Biểu diễn tín hiệu sin phức và sin thực	12
1.1.3. Các tín hiệu thời gian rời rạc dạng sin thực	15
1.2. Các phép biến đổi tín hiệu	18
1.2.1. Làm nhẵn một tín hiệu	18
1.2.2. Tín hiệu bị điều chế biên độ	21
1.2.3. Máy phát tín hiệu số hình sin	22
1.2.4. Phát ra một tín hiệu sin quét tần số	25
Thí nghiệm 2	
NGHIÊN CỨU	
CÁC TÍNH CHẤT CỦA CÁC HỆ THỐNG LTI	
2.1. Tóm tắt lý thuyết	27
2.2. Hệ thống trung bình động	31
2.3. Các hệ thống tuyến tính và phi tuyến	33
2.4. Xác định đáp ứng xung đơn vị của hệ thống LTI	34
2.5. Các hệ thống bất biến với thời gian	36
2.6. Ghép nối tiếp các hệ thống LTI	38
2.7. Tính ổn định của các hệ thống LTI	41
Thí nghiệm 3	
PHỔ TẦN SỐ CỦA TÍN HIỆU- BIẾN ĐỔI FOURIER	
THỜI GIAN RỜI RẠC (DTFT)	
3.1. Tóm tắt lý thuyết	44
3.1.1. Biến đổi Fourier thời gian rời rạc	44
3.1.2. Biến đổi Fourier thời gian rời rạc nghịch đảo(IDTFT)	45
3.1.3. Các tính chất của DTFT	45
3.2. Tính DTFT	46
3.3. Nghiên cứu các tính chất của DTFT	49
3.3.1. Tính chất dịch chuyển về thời gian	49
3.3.2. Tính chất dịch chuyển về tần số	51

3.3.3.	Tính chất điều chế	52
3.3.4.	Tính chất ngược thời gian	54

Thí nghiệm 4

BIẾN ĐỔI Z

4.1.	Tóm tắt lý thuyết	56
4.2.	Phân tích biến đổi z	57
4.3.	Giản đồ điểm cực/điểm không	59
4.4.	Xác định các điểm cực và điểm không	59
4.5.	Khai triển biến đổi z thành thừa số	60
4.6.	Biến đổi z ngược	62
4.7.	Biểu diễn hàm truyền theo biến số trạng thái	64

Thí nghiệm 5

BIỂU DIỄN HỆ THỐNG LTI TRÊN LĨNH VỰC TẦN SỐ

5.1.	Tóm tắt lý thuyết	67
5.2.	Hàm truyền và đáp ứng tần số	73
5.3.	Tính hệ số khuếch đại của mạch lọc số	77
5.4.	Mạch lọc răng lược	79

Thí nghiệm 6

DFT, FFT VÀ PHÂN TÍCH PHỔ

6.1.	Tính DFT $X[k]$ của dãy thời gian rời rạc $x[n]$	82
6.2.	Các tính chất của DFT	84
6.3.	Tính nhân chập thẳng dùng DFT	89
6.4.	Nhân chập khối dùng DFT	91
6.4.1.	Phương pháp cộng chồng phủ	91
6.4.2.	Phương pháp loại bỏ chồng phủ	93
6.5.	Nhân chập nhanh dùng FFT	95
6.6.	Phân tích phổ dùng DFT	97
6.7.	Phân tích phổ dùng sơ đồ simulink	99
6.7.1	Khởi động máy	100
6.7.2.	Tạo sơ đồ mô phỏng	100

Thí nghiệm 7

XỬ LÝ SỐ TÍN HIỆU THỜI GIAN LIÊN TỤC

7.1.	Quá trình lấy mẫu tín hiệu	104
7.2.	Các sơ đồ lấy mẫu	105
7.3.	Lấy mẫu một tín hiệu hình sin	106
7.4.	Khảo sát hiện tượng chồng phổ	108
7.4.1.	Hiện tượng chồng phổ trong lĩnh vực thời gian	108

7.4.2.	Chồng phổ trong lĩnh vực tần số	109
7.5.	Chuyển đổi A/D và D/A	111
7.5.1.	Bộ chuyển đổi A/D tốc độ cao (flash A/D Converter)	112
7.5.2.	Bộ chuyển đổi A/D Sigma-delta lấy mẫu quá	113
7.5.3.	Điều chế Sigma-delta đa bit	118
7.6.	Chuyển đổi D/A lấy mẫu quá	120

Thí nghiệm 8

THIẾT KẾ CÁC MẠCH LỌC SỐ IIR

8.1.	Tổng quan các kỹ thuật thiết kế	125
8.2.	Một số qui định đối với mạch lọc tương tự	126
8.3.	Thiết kế mạch lọc số bằng sự bất biến xung	129
8.4.	Thiết kế mạch lọc số từ mạch lọc Butterworth thông thấp	133
8.4.1.	Các đặc trưng của mạch lọc Butterworth thông thấp tương tự	133
8.4.2.	Thiết kế mạch lọc tương tự Butterworth thông thấp	135
8.5.	Biến đổi song tuyến	141
8.6.	Thiết kế mạch lọc số thông thấp từ mạch lọc Butterworth tương tự dùng biến đổi song tuyến	147
8.7.	Thiết kế mạch lọc số IIR có đáp ứng hình chữ V	152
8.8.	Thiết kế mạch lọc số IIR thông cao, thông dải và chặn dải bằng phép biến đổi dải tần	155
8.9.	Thiết kế mạch lọc số IIR dùng MATLAB	157
8.9.1.	Xác định bậc	157
8.9.2.	Thiết kế mạch lọc	158
8.10.	Thiết kế mạch lọc số thông dải Yulewalk, Butterworth và Chebyshev I	161
8.11.	Mô phỏng quá trình lọc số dùng mạch lọc IIR	163

Thí nghiệm 9

THIẾT KẾ MẠCH LỌC SỐ FIR

9.1.	Phương pháp Fourier	165
9.2.	Thiết kế mạch lọc số FIR dùng các hàm cửa sổ	167
9.3.	Cửa sổ có thể điều chỉnh được: Hàm cửa sổ Kaiser	167
9.4.	Thiết kế các mạch lọc số FIR dùng MATLAB	171
9.5.	Thiết kế mạch lọc số FIR thông thấp và thông dải	173
9.6.	Thiết kế các mạch số FIR dùng các hàm cửa sổ	174
9.7.	Thiết kế các mạch lọc số FIR bán dải	178

Thí nghiệm 10

THIẾT KẾ VÀ MÔ PHỎNG CÁC MẠCH LỌC NYQUIST

10.1.	Mạch lọc Nyquist	182
10.2.	Thiết kế mạch lọc Nyquist pha cực tiểu	185
10.3.	Giảm thừa số cuộn	186
10.4.	Thiết kế mạch lọc Nyquist với đáp ứng xung được lấy cửa sổ Kaiser	187
10.5.	Tiêu chuẩn Nyquist	188
10.6.	Các mạch lọc Nyquist dùng để nội suy	189
10.7.	Thiết kế các bộ vi phân số FIR dùng MATLAB	191
10.8.	Thiết kế các bộ biến đổi Hilbert số FIR dùng MATLAB	194
10.9.	Thiết kế các mạch lọc số đa mức	196
10.10	Thiết kế mạch lọc số dùng công cụ giao diện đồ họa người dùng(GUI)	200
10.10.1.	Công cụ FDATool	200
10.10.2.	Công cụ SPTool	203

Thí nghiệm 11

CẤU TRÚC VÀ THỰC THI CÁC MẠCH LỌC SỐ

11.1.	Tóm tắt lý thuyết	208
11.1.1.	Cấu trúc của các mạch lọc IIR	208
11.1.2.	Cấu trúc của các mạch lọc FIR	215
11.2.	Thực hiện các hàm truyền FIR	218
11.2.1.	Thực hiện ghép nối tiếp	218
11.2.2.	Thực hiện cấu trúc FIR dạng mắt cáo	221
11.3.	Thực hiện các hàm truyền IIR	223
11.3.1.	Thực hiện các cấu trúc dạng nối tiếp	223
11.3.2.	Thực hiện các cấu trúc dạng song song	224
11.3.3.	Thực hiện các cấu trúc dạng thang-mắt cáo (lattice-ladder)	227

Thí nghiệm 12

XỬ LÝ CÁC TÍN HIỆU THỐNG KÊ

12.1.	Tính cần thiết mô tả thống kê các tín hiệu	231
12.2.	Các khái niệm cơ bản của các biến số ngẫu nhiên rời rạc	232
12.2.1.	Các tín hiệu ngẫu nhiên một chiều	232
12.2.2.	Các tín hiệu ngẫu nhiên rời rạc 2 chiều	236
12.2.3.	Hàm phân bố mật độ xác suất của một ảnh	238

12.2.4.	Các hàm phân bố mật độ xác suất thông dụng	238
12.3.	Khái niệm hoành đồ của một ảnh	241
12.3.1.	Cân bằng hoành đồ của một ảnh	244
12.3.2.	Cân bằng hoành đồ thích nghi có độ tương phản hạn chế	246
12.4.	Phép biến đổi Karhunen-Loevre	249
12.5.	Xác định phổ của quá trình ngẫu nhiên	251
12.5.1.	Các phương pháp xác định phổ của tín hiệu thống kê	252
12.5.2.	Xác định bởi giản đồ tuần hoàn	254
12.5.3.	Xác định phổ của tín hiệu ngẫu nhiên nhị phân	255
12.5.4.	Giản đồ tuần hoàn cải tiến	257
12.5.5.	Phương pháp Burg	258
12.5.6.	Thuật toán MUSIC	259
12.6.	Phân tích thời gian-tần số	263
12.7.	Biến đổi Fourier ngắn hạn: spetogram	263

Thí nghiệm 13

XỬ LÝ TÍN HIỆU ĐA TỐC ĐỘ VÀ DÀN LỌC

13.1.	Bộ giảm tốc độ mẫu	272
13.2.	Bộ tăng tốc độ mẫu	274
13.3.	Thay đổi tốc độ mẫu bằng thừa số không nguyên	276
13.4.	Khai triển đa pha	277
13.5.	Dàn lọc số	279
13.6.	Dàn lọc DFT đồng nhất đa pha	281
13.7.	Thiết kế dàn lọc DFT phân tích và tổng hợp đồng nhất	283
13.8.	Ứng dụng của dàn lọc	286
13.8.1.	Dàn lọc cấu trúc cây	287
13.8.2.	Hệ thống truyền dẫn dồn kênh sóng con	290
13.9	Mã hoá tiếng nói và tín hiệu âm thanh	291

Chương 14

XỬ LÝ TÍN HIỆU THỜI GIAN THỰC DÙNG TMS 320C6711

14.1.	Hệ thống truyền thông đa sóng mang OFDM/DMT	298
14.1.1.	Nhập đề	298
14.1.2.	Nguyên tắc của hệ thống truyền thông OFDM/DMT	299
14.1.3.	Quan hệ giữa các tín hiệu trên lĩnh vực biến đổi Z	301
14.1.4.	Thực hiện IFFT/FFT MODEM dùng ngôn ngữ C và DSK TMS320C6711	302
14.2.	Thiết kế và thực thi bộ lọc FIR đa dải thời gian thực dùng DSK TMS320C6711	306
14.2.1.	Mục đích của thí nghiệm	306

14.2.2.	Thiết kế bộ lọc số "Notch" đa dải	307
14.2.3.	Lọc tín hiệu âm thanh nhiễu tạp âm đa tần dùng bộ lọc "Notch" đa dải trên DSK TMS320C6711	309
14.3.	Thiết kế và thực thi các bộ cân bằng kênh bậc cao cho tín hiệu dùng MATLAB và DSK TMS320C6711	311
14.3.1.	Nhập đề	311
14.3.2.	Cấu trúc của bộ cân bằng bậc cao	312
14.3.3.	Kết quả thiết kế	314
14.3.4.	Thực thi bộ cân bằng thời gian thực dùng DSK TMS320C6711	318

PHỤ LỤC

M1	GIỚI THIỆU CHUNG VỀ MATLAB	
M1.1.	MATLAB là gì	319
M1.2.	Các chế độ làm việc	321
M1.3.	Các phép toán số học	322
M1.4.	Hằng và biến trong MATLAB	326
M1.5.	Định dạng	327
M1.6.	Mảng và các phép toán trên mảng	328
M1.7.	Lệnh đồ họa 2D đơn giản	333
M1.8.	Các ví dụ áp dụng	335
M1.9.	Lập trình với MATLAB	339
M2	CÁC PHÉP TÍNH SỐ PHỨC	
M2.1.	Biểu diễn số phức	346
M2.2.	Các phép tính với số phức	349
M2.3.	Biểu diễn phức các tín hiệu tuần hoàn	355
M3	ĐỒ THỊ VÀ ĐỒ HỌA	
M3.1.	Các lệnh vẽ đồ thị 2D	360
M3.2.	Tạo các hình vẽ đặc biệt	372
M3.3.	Hoàn chỉnh đồ	380
M3.4.	Đồ thị các dữ liệu rời rạc	386
M3.5.	Vẽ hình trong không gian 3D	386
M3.6.	Vẽ các đường hình bậc thang	388
M3.7.	Đồ họa 3 chiều (3D)	391
M4	CÁC HÀM MATLAB ĐÃ ĐƯỢC SỬ DỤNG TRONG SÁCH	409
	TÀI LIỆU THAM KHẢO	414