



TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI

Giáo trình

# Tín hiệu và Hệ thống



NHÀ XUẤT BẢN THỐNG KÊ



TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI

Nguyễn Thị Diệu Linh (Chủ biên)

Lê Văn Thái - Phan Thị Thu Hằng - Bùi Thị Thu Hiền

Giáo trình

# Tín hiệu và Hệ thống



NHÀ XUẤT BẢN THỐNG KÊ - 2022

## LỜI NÓI ĐẦU

Ngày nay, các hệ thống xử lý tín hiệu số có mặt ở hầu hết các phương diện của cuộc sống. Đối với các sinh viên học ngành kỹ thuật như: Điện, Điện tử, Tự động hóa, Điều khiển, Viễn thông,... thì học phần Tín hiệu và Hệ thống là một học phần đặc biệt quan trọng. Với mục tiêu đưa kiến thức liên quan đến tín hiệu và hệ thống vào đào tạo, nhóm tác giả biên soạn giáo trình “**Tín hiệu và hệ thống**”.

Giáo trình gồm 5 chương. Chương 1 trình bày tổng quan về tín hiệu và hệ thống. Chương 2 biểu diễn hệ thống tuyến tính bất biến trong miền thời gian. Chương 3 trình bày về phép biến đổi Fourier trong miền thời gian và miền tần số. Chương 4, 5 trình bày về biến đổi Laplace và biến đổi Z.

Đây là tài liệu được biên soạn phục vụ cho sinh viên Đại học ngành Điện tử Viễn thông, ngành Mạng Máy tính và Truyền thông Dữ liệu, ngành Kỹ thuật Máy tính của Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, giúp sinh viên có được kiến thức cơ bản về tín hiệu và hệ thống. Sinh viên các ngành khác cũng có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo.

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn những đóng góp quý báu về mặt học thuật của các thầy cô giáo Khoa Điện tử - Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội cho cuốn giáo trình này. Mặc dù rất cố gắng nhưng giáo trình chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót, nhóm tác giả rất mong nhận được ý kiến phản hồi từ độc giả.

Trân trọng cảm ơn!

NHÓM TÁC GIẢ

# MỤC LỤC

|                                                                                                  |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Lời nói đầu</b>                                                                               | <b>3</b>  |
| <b>DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT</b>                                                                 | <b>11</b> |
| <b>Chương 1. TỔNG QUAN VỀ TÍN HIỆU VÀ HỆ THỐNG</b>                                               | <b>13</b> |
| <b>1.1. Tín hiệu</b>                                                                             | <b>13</b> |
| 1.1.1. Định nghĩa                                                                                | 13        |
| 1.1.2. Sự tạo thành tín hiệu                                                                     | 13        |
| 1.1.3. Phân loại tín hiệu                                                                        | 14        |
| 1.1.4. Các phép toán cơ sở trên tín hiệu                                                         | 16        |
| <b>1.2. Hệ thống</b>                                                                             | <b>20</b> |
| 1.2.1. Định nghĩa                                                                                | 20        |
| 1.2.2. Biểu diễn hệ thống                                                                        | 22        |
| 1.2.3. Phân loại hệ thống                                                                        | 24        |
| 1.2.4. Phân loại các hệ thống                                                                    | 26        |
| <b>1.3. Sử dụng Matlab để tạo ra các tín hiệu cơ bản</b>                                         | <b>27</b> |
| 1.3.1. Các tín hiệu có chu kỳ                                                                    | 28        |
| 1.3.2. Tín hiệu hàm mũ                                                                           | 31        |
| 1.3.3. Các tín hiệu hình sin                                                                     | 33        |
| 1.3.4. Các tín hiệu hình sin suy giảm dần                                                        | 35        |
| <b>1.4. Kết luận chương 1</b>                                                                    | <b>36</b> |
| Bài tập chương 1                                                                                 | 36        |
| <b>Chương 2. BIỂU DIỄN HỆ THỐNG TUYẾN TÍNH BẤT BIẾN TRONG MIỀN THỜI GIAN</b>                     | <b>37</b> |
| <b>2.1. Đáp ứng xung và đáp ứng tần số của hệ thống tuyến tính bất biến theo thời gian (LTI)</b> | <b>37</b> |
| 2.1.1. Các định nghĩa                                                                            | 37        |
| 2.1.2. Các hệ thống thành phần của đáp ứng xung hệ thống                                         | 42        |

## **2.2. Phương trình vi phân của hệ thống LTI**

## **2.3. Sơ đồ khối của hệ thống LTI**

## **2.4. Kết luận chương 2**

Bài tập chương 2

# **Chương 3. CHUỖI FOURIER VÀ PHÉP BIẾN ĐỔI FOURIER**

## **3.1. Miền thời gian và miền tần số**

## **3.2. Phép phân tích Fourier**

## **3.3. Biến đổi Fourier trong miền thời gian**

3.3.1. Chuỗi Fourier cho các tín hiệu tuần hoàn rời rạc trong miền thời gian

3.3.2. Chuỗi Fourier cho các tín hiệu tuần hoàn liên tục theo miền thời gian

3.3.3. Biến đổi Fourier rời rạc DTFT (Discrete Time Fourier Transform) trong miền thời gian cho các tín hiệu không tuần hoàn, rời rạc trong miền thời gian

3.3.4. Biến đổi Fourier cho các tín hiệu không tuần hoàn, liên tục trong miền thời gian

3.3.5. Một số biến đổi Fourier thông dụng

## **3.4. Các tính chất của biến đổi Fourier**

3.4.1. Tính tuyến tính

3.4.2. Tính chất dịch thời gian

3.4.3. Tính chất dịch tần số

3.4.4. Tính chất co giãn tần số/thời gian

3.4.5. Tính chất đạo hàm và tích phân

3.4.6. Tích chập

3.4.7. Tính nhân

3.4.8. Tính đối xứng

3.4.9. Định lý Parseval

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>3.5. Một số ứng dụng của biểu diễn Fourier cho các tín hiệu</b>          | 61 |
| 3.5.1. Điều chế biên độ                                                     | 61 |
| 3.5.2. Lấy mẫu                                                              | 63 |
| 3.5.3. Bộ lọc thông thấp lý tưởng LPF                                       | 65 |
| 3.5.4. Bộ lọc thông cao lý tưởng HPF                                        | 66 |
| 3.5.5. Bộ lọc chắn dải lý tưởng BPF                                         | 67 |
| <b>3.6. Ứng dụng Matlab để giải các bài toán dùng phép biến đổi Fourier</b> | 68 |
| <b>3.7. Kết luận chương 3</b>                                               | 84 |
| Bài tập chương 3                                                            | 85 |
| <b>Chương 4. BIẾN ĐỔI LAPLACE</b>                                           | 87 |
| <b>4.1. Biến đổi Laplace</b>                                                | 87 |
| <b>4.2. Biến đổi Laplace ngược</b>                                          | 92 |
| <b>4.3. Các tính chất của biến đổi Laplace</b>                              | 93 |
| 4.3.1. Tuyến tính                                                           | 93 |
| 4.3.2. Dịch thời gian                                                       | 93 |
| 4.3.3. Dịch tần số                                                          | 93 |
| 4.3.4. Đạo hàm theo thời gian                                               | 94 |
| 4.3.5. Tích phân trên miền thời gian                                        | 94 |
| 4.3.6. Tính co giãn thời gian                                               | 95 |
| 4.3.7. Tích chập                                                            | 95 |
| 4.3.8. Nhân với t                                                           | 96 |
| 4.3.9. Giá trị ban đầu                                                      | 97 |
| 4.3.10. Giá trị cuối cùng                                                   | 97 |
| <b>4.4. Các ứng dụng của biến đổi Laplace</b>                               | 99 |
| 4.4.1. Chức năng chuyển giao và đáp ứng hệ thống                            | 99 |
| 4.4.2. Đặc tính của một hệ thống bằng các cực và số không                   | 99 |

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.4.3. Ổn định hệ thống                                                     | 101 |
| 4.4.4. Biểu diễn trên miền tần số                                           | 104 |
| 4.4.5. Hệ thống phản hồi                                                    | 107 |
| <b>4.5. Ứng dụng Matlab để giải các bài toán dùng phép biến đổi Laplace</b> | 114 |
| 4.5.1. Matlab cho phép biến đổi Laplace thuận                               | 114 |
| 4.5.2 Matlab cho biến đổi ngược Laplace                                     | 116 |
| <b>4.6. Kết luận chương 4</b>                                               | 118 |
| Bài tập chương 4                                                            | 119 |
| <b>Chương 5. BIẾN ĐỔI Z</b>                                                 | 121 |
| <b>5.1. Phân tích Fourier và biến đổi z</b>                                 | 121 |
| <b>5.2. Biến đổi z</b>                                                      | 122 |
| <b>5.3. Các tính chất của biến đổi z</b>                                    | 127 |
| 5.3.1. Tuyến tính                                                           | 127 |
| 5.3.2. Dịch trái của chuỗi                                                  | 127 |
| 5.3.3. Dịch phải của chuỗi                                                  | 128 |
| 5.3.4. Nhân với n                                                           | 130 |
| 5.3.5. Nhân với $a^n$                                                       | 131 |
| 5.3.6. Giá trị ban đầu                                                      | 132 |
| 5.3.7. Giá trị cuối cùng                                                    | 132 |
| 5.3.8. Chuyển đổi các hàm Semiperiodic                                      | 133 |
| <b>5.4. Biến đổi z ngược</b>                                                | 133 |
| 5.4.1. Phương pháp phân tách từng phần                                      | 134 |
| 5.4.2. Phương pháp chia                                                     | 136 |
| <b>5.5. Ứng dụng của biến đổi z</b>                                         | 136 |
| 5.5.1. Chức năng chuyển giao và đáp ứng hệ thống                            | 136 |
| 5.5.2. Đặc tính của một hệ thống bằng các điểm cực và không                 | 138 |

|                                                                       |     |                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------|
| 5.5.3. Ổn định hệ thống                                               | 142 |                                                              |
| 5.5.4. Hiện thực hóa hệ thống                                         | 143 |                                                              |
| 5.5.5. Hệ thống phản hồi                                              | 145 |                                                              |
| <b>5.6. Ứng dụng Matlab để giải các bài toán dùng phép biến đổi Z</b> | 147 |                                                              |
| 5.6.1. Matlab cho biến đổi Z thuận                                    | 147 |                                                              |
| 5.6.2. Matlab cho phép biến đổi z ngược                               | 149 |                                                              |
| <b>5.7. Kết luận chương 5</b>                                         | 152 |                                                              |
| Bài tập chương 5                                                      | 153 |                                                              |
| <b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b>                                             | 155 |                                                              |
| 5                                                                     | FS  | Fourier Series - Chuỗi Fourier                               |
| 6                                                                     | FT  | Fourier Transform - Biến đổi Fourier                         |
| 7                                                                     | HPF | High pass filter - Bộ lọc thông cao                          |
| 8                                                                     | LPF | Low pass filter - Bộ lọc thông thấp                          |
| 9                                                                     | LTI | Linear Time-Invariant Systems - Hệ thống tuyến tính bất biến |
| 10                                                                    | LW  | Long wave - Băng sóng dài                                    |
| 11                                                                    | MW  | Middle wave - Băng sóng trung                                |
| 12                                                                    | SW  | Short wave - Băng sóng ngắn                                  |

Giáo trình

# Tín hiệu và Hệ thống

**Chịu trách nhiệm xuất bản:**

Q. Giám đốc

NGUYỄN VIỆT QUÂN

**Chịu trách nhiệm nội dung:**

Tổng Biên tập

NGUYỄN THỊ THÚY HẰNG

**Biên tập và sửa bản in:**

LÊ TUYẾT MAI

**Trình bày sách:** TRẦN KIÊN

**Thiết kế bìa, minh họa:** DŨNG THẮNG

Sách được xuất bản tại:

**NHÀ XUẤT BẢN THỐNG KÊ**

Địa chỉ: 98 Thụy Khuê, Tây Hồ, Hà Nội \* Điện thoại: (024) 38 474 185

Website: nhaxuatbanthongke.vn \* Email: xuatbanthongke.kd@gmail.com

## **ĐỐI TÁC LIÊN KẾT:**

Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

Địa chỉ: Phường Minh Khai, Quận Bắc Từ Liêm, TP. Hà Nội.

- In 3.000 cuốn, khổ 16 x 24 cm tại NXB Thống kê - Công ty CP Khoa học và Công nghệ Hoàng Quốc Việt. Địa chỉ: Số 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội.
- Số xác nhận đăng ký xuất bản: 1907- 2022/CXBIPH/12-15/TK do Cục Xuất bản, In và Phát hành cấp ngày 06/6/2022.
- QĐXB số 55/QĐ-NXBTK ngày 20/6/2022 của Q. Giám đốc NXB Thống kê
- In xong và nộp lưu chiểu quý III năm 2022.
- ISBN: 978-604-75-2239-2