

# Contenido



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ENTRE RÍOS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CENTRO DE MEDIOS  
BIBLIOTECA

3505

**Prefacio**    *xiii*

## 1

**Introducción**    *1*

## 2

**Señales y sistemas**    *7*

- 2.0    Introducción    *7*
- 2.1    Señales    *7*
- 2.2    Transformaciones de la variable independiente    *14*
- 2.3    Señales básicas de tiempo continuo    *17*
- 2.4    Señales básicas de tiempo discreto    *27*
- 2.5    Sistemas    *37*
- 2.6    Propiedades de los sistemas    *41*
- 2.7    Resumen    *47*
- Problemas    *48*

# 3

## Sistemas lineales invariantes en el tiempo 73

- 3.0 Introducción 73
- 3.1 Representación de señales en términos de impulsos 74
- 3.2 Sistemas LTI de tiempo discreto: la sumatoria de convolución 79
- 3.3 Sistemas LTI de tiempo continuo: la integral de convolución 94
- 3.4 Propiedades de los sistemas lineales invariantes en el tiempo 99
- 3.5 Sistemas descritos por ecuaciones diferenciales y ecuaciones en diferencias 108
- 3.6 Representaciones en diagramas de bloques de sistemas LTI descritos por ecuaciones diferenciales y en diferencias 120
- 3.7 Funciones singulares 128
- 3.8 Resumen 135
- Problemas 135

# 4

## Análisis de Fourier para señales y sistemas de tiempo continuo 173

- 4.0 Introducción 173
- 4.1 Respuesta de sistemas LTI de tiempo continuo a exponenciales complejas 179
- 4.2 Representación de señales periódicas: la serie de Fourier de tiempo continuo 181
- 4.3 Aproximación de señales periódicas usando series de Fourier y convergencia de las series de Fourier 193
- 4.4 Representación de señales no periódicas: la transformada de Fourier de tiempo continuo 200
- 4.5 Señales periódicas y la transformada de Fourier de tiempo continuo 210
- 4.6 Propiedades de la transformada de Fourier de tiempo continuo 218
- 4.7 La propiedad de convolución 230
- 4.8 La propiedad de modulación 237
- 4.9 Tablas de la propiedad de Fourier y de los pares básicos de transformadas y series de Fourier 242
- 4.10 Representación polar de las transformadas de Fourier de tiempo continuo 245
- 4.11 Respuesta en frecuencia de sistemas caracterizados por ecuaciones diferenciales lineales con coeficientes constantes 251

- 4.12 Sistemas de primero y segundo orden 260
- 4.13 Resumen 270
- Problemas 272

## 5

### Análisis de Fourier para señales y sistemas de tiempo discreto 315

- 5.0 Introducción 315
- 5.1 La respuesta de los sistemas LTI de tiempo discreto a las exponenciales complejas 317
- 5.2 Representación de señales periódicas: la serie de Fourier de tiempo discreto 318
- 5.3 Representación de señales aperiódicas: la transformada de Fourier de tiempo discreto 331
- 5.4 Las señales periódicas y la transformada de Fourier de tiempo discreto 339
- 5.5 Propiedades de la transformada de Fourier de tiempo discreto 347
- 5.6 La propiedad de convolución 353
- 5.7 La propiedad de modulación 360
- 5.8 Tablas de las propiedades de Fourier, de las transformadas básicas y de los pares de la serie de Fourier 362
- 5.9 Dualidad 362
- 5.10 La representación polar de las transformadas de Fourier para tiempo discreto 369
- 5.11 La respuesta en frecuencia de sistemas caracterizados por ecuaciones de diferencias lineales con coeficientes constantes 373
- 5.12 Sistemas de primero y segundo orden 379
- 5.13 Resumen 391
- Problemas 393

## 6

### Filtrado 427

- 6.0 Introducción 427
- 6.1 Filtros ideales selectivos en frecuencia 431
- 6.2 Filtros selectivos en frecuencia no ideales 435
- 6.3 Ejemplos de filtros selectivos en frecuencia de tiempo continuo descritos por ecuaciones diferenciales 439
- 6.4 Ejemplos de filtros selectivos en frecuencia de tiempo discreto descritos por ecuaciones en diferencias 445

- 6.5 Filtros Butterworth de frecuencia selectiva 454
- 6.6 Resumen 460
- Problemas 460

# 7

## Modulación 479

- 7.0 Introducción 479
- 7.1 Modulación de amplitud en tiempo continuo 481
- 7.2 Algunas aplicaciones de la modulación de amplitud senoidal 492
- 7.3 Modulación de amplitud de banda lateral única 499
- 7.4 Modulación de amplitud de pulsos y multiplexaje por división de tiempo 503
- 7.5 Modulación de amplitud de tiempo discreto 507
- 7.6 Modulación de frecuencia de tiempo continuo 513
- 7.7 Resumen 522
- Problemas 522

# 8

## Muestreo 549

- 8.0 Introducción 549
- 8.1 Representación de una señal de tiempo continuo mediante sus muestras: el teorema de muestreo 550
- 8.2 Reconstrucción de una señal a partir de sus muestras usando interpolación 558
- 8.3 El efecto del submuestreo: traslape 562
- 8.4 Procesamiento en tiempo discreto de señales de tiempo continuo 568
- 8.5 Muestreo en el dominio de la frecuencia 578
- 8.6 Muestreo de señales de tiempo discreto 581
- 8.7 Interpolación y diezmo de tiempo discreto 587
- 8.8 Resumen 592
- Problemas 594

# 9

## La transformada de Laplace 613

- 9.0 Introducción 613
- 9.1 La transformada de Laplace 613

- 9.2 La región de convergencia para las transformadas de Laplace 620
- 9.3 La transformada inversa de Laplace 629
- 9.4 Evaluación geométrica de la transformada de Fourier a partir del diagrama de polos y ceros 632
- 9.5 Propiedades de la transformada de Laplace 638
- 9.6 Algunos pares de la transformada de Laplace 646
- 9.7 Análisis y caracterización de los sistemas LTI mediante la transformada de Laplace 647
- 9.8 La transformada de Laplace unilateral 658
- 9.9 Resumen 661
- Problemas 661

# 10

## La transformada $z$ 675

- 10.0 Introducción 675
- 10.1 La transformada  $z$  676
- 10.2 La región de convergencia de la transformada  $z$  681
- 10.3 La transformada  $z$  inversa 690
- 10.4 Evaluación geométrica de la transformada de Fourier a partir del diagrama de polos y ceros 694
- 10.5 Propiedades de la transformada  $z$  696
- 10.6 Algunos pares comunes transformadas  $z$  703
- 10.7 Análisis y caracterización de los sistemas LTI usando la transformada  $z$  704
- 10.8 Transformaciones entre sistemas de tiempo continuo y de tiempo discreto 707
- 10.9 La transformada  $z$  unilateral 717
- 10.10 Resumen 720
- Problemas 720

# 11

## Sistemas lineales retroalimentados 737

- 11.0 Introducción 737
- 11.1 Sistemas lineales retroalimentados 741
- 11.2 Algunas aplicaciones y consecuencias de la retroalimentación 742
- 11.3 Análisis del lugar geométrico de las raíces de los sistemas lineales retroalimentados 754
- 11.4 El criterio de estabilidad de Nyquist 768

11.5	Márgenes de ganancia y fase	781
11.6	Resumen	790
	Problemas	791

# Apéndice

## Expansión en fracciones parciales 829

A.0	Introducción	829
A.1	Expansión en fracciones parciales y señales y sistemas de tiempo continuo y discreto	831
A.2	Expansión por fracciones parciales y señales y sistemas de tiempo discreto	836

## Bibliografía 841

## Índice 847