

INDICE

Prologo	XIII
1. Representación de señales	
1.1. Introducción	1
1.2. señales en tiempo continuo y señales en tiempo discreto	2
1.3. señales periódicas y aperiódicas	3
1.4. señales de energía finita y de potencia media finita	6
1.5. transformaciones de la variable independiente	
1.5.1. la operación de desplazamiento	10
1.5.2. la operación de reflexión	13
1.5.3. la operación de escalado temporal	16
1.6. Señales elementales	19
1.6.1. la función escalón unidad	20
1.6.2. la función rampa	21
1.6.3. la función de muestreo	22
1.6.4. la función impulso unidad	23
1.6.5. derivadas de la función impulso	30
1.7. Otros tipos de señales	33
1.8. Resumen	34
1.9. Lista de términos importantes	35
1.10. Problemas para computador	42
2. Sistemas en tiempo continuo	43
2.1. Introducción	44
2.2. clasificación de sistemas en tiempo continuo	
2.2.1. sistemas lineales y no lineales	44
2.2.2. sistemas variantes e invariantes con el tiempo	48
2.2.3. sistemas con memoria y sin memoria	50
2.2.4. sistemas causales	51
2.2.5. sistemas invertibles y sistema inverso	53
2.2.6. sistemas estables	54
2.3. Sistemas lineales e invariantes con el tiempo	
2.3.1. La convolución	55
2.3.2. Interacción grafica de la convolución	61
2.4. Propiedades de los sistemas lineales e invariantes con el tiempo	
2.4.1. Propiedad de memoria de los sistemas LTI	66
2.4.2. sistemas LTI causales	
2.4.3. sistemas LTI invertibles	67
2.4.4. sistemas LTI estables	68
2.5. Sistemas descritos por ecuaciones diferenciales	
2.5.1. ecuaciones diferenciales lineales con coeficientes constantes	69
2.5.2. componentes básicos de los sistemas	68
2.5.3. diagramas de simulación para sistemas en tiempo continuo	71
2.5.4. obtención de la respuesta al impulso	73
2.6. Representación mediante variables de estado	78
2.6.1. ecuaciones de estado	79
2.6.2. solución en el dominio del tiempo de las ecuaciones de estado	81
2.6.3. ecuaciones de estado en la primera forma canónica	89
2.6.4. ecuaciones de estado en la segunda forma canónica	90

2.6.5. consideraciones sobre estabilidad	94
2.7. Resumen	96
2.8. Lista de términos importantes	97
2.9. Problemas	98
2. Series de Fourier	
3.1. Introducción	109
3.2. representaciones ortogonales de señales	110
3.3. desarrollo en serie de Fourier mediante exponenciales complejas	115
3.4. condiciones de Dirichlet	125
3.5. propiedades de desarrollo en serie de Fourier	
3.5.1. propiedad de aproximación de mínimos cuadrados	127
3.5.2. efectos de la simetría	129
3.5.3. linealidad	
3.5.4. producto de dos señales	132
3.5.5. convolución de dos señales	133
3.5.6. teorema de Parseval	
3.5.7. desplazamiento en el tiempo	135
3.5.8. integración de señales periódicas	
3.6. Sistemas con entradas periódicas	137
3.7. El fenómeno de Gibbs	145
3.8. Resumen	148
3.9. Lista de términos importantes	
3.10. Problemas	151
3.11. Problemas para computador	164
4. La transformada de Fourier	167
4.1. Introducción	
4.2. La transformada de Fourier en tiempo continuo	168
4.2.1. desarrollo de la transformada de Fourier	
4.2.2. existencia de la transformada de Fourier en tiempo continuo	170
4.2.3. ejemplos de transformada de Fourier en tiempo continuo	171
4.3. Propiedades de la transformada de Fourier	176
4.3.1. linealidad	178
4.3.2. simetría	179
4.3.3. desplazamiento temporal	
4.3.4. escalado temporal	180
4.3.5. diferenciación	182
4.3.6. energía de señales no periódicas	184
4.3.7. convolución	186
4.3.8. dualidad	189
4.3.9. modulación	191
4.4. Aplicaciones de la transformada de Fourier	
4.4.1. modulación de amplitud	195
4.4.2. multiplexación	198
4.4.3. el teorema de muestreo	199
4.4.4. filtrado de señales	205
4.5. Relaciones entre duración y ancho de banda	
4.5.1. definiciones de duración y ancho de banda	209
4.5.2. El principio de incertidumbre	213
4.6. Resumen	216

4.7. Lista de términos importantes	217
4.8. Problemas	218
5. La transformada de Laplace	
5.1. Introducción	231
5.2. la transformada bilateral de Laplace	232
5.3. la transformada unilateral de Laplace	235
5.4. Calculo de transformadas bilaterales mediante transformadas unilaterales	237
5.5. propiedades de la transformada unilateral de Laplace	
5.5.1. linealidad	238
5.5.2. desplazamiento temporal	239
5.5.3. desplazamiento en el dominio	
5.5.4. escalado temporal	240
5.5.5. diferenciación en el dominio del tiempo	241
5.5.6. Integración en el dominio del tiempo	244
5.5.7. diferenciación en el dominio s	245
5.5.8. modulación	
5.5.9. convolución	246
5.5.10. teorema del valor inicial	250
5.5.11. teorema del valor final	251
5.6. La transformada de Laplace	253
5.7. Diagramas de simulación para sistemas en tiempo continuo	259
5.8. Aplicaciones de la transformada de Laplace	
5.8.1. Solución de ecuaciones diferenciales	263
5.8.2. aplicación al análisis de circuitos RLC	264
5.8.3. Aplicación en control	266
5.9. Ecuaciones de estado y transformada de Laplace	269
5.10. Estabilidad en el dominio s	272
5.11. Resumen	274
5.12. Lista de términos importantes	276
5.13. Problemas	277
6. Sistemas en tiempo discreto	
6.1. Introducción	285
6.1.1. Clasificación de señales en tiempo discreto	286
6.1.2. transformación de la variable independiente	288
6.2. Señales elementales en tiempo discreto	
6.2.1. funciones discretas impulso y escalón	290
6.2.2. secuencias exponenciales	291
6.3. Sistemas en tiempo discreto	294
6.4. convolución periódica	301
6.5. Representación de sistemas en tiempo discreto mediante ecuaciones en diferencias	305
6.5.1. solución homogénea de la ecuación en diferencias	307
6.5.2. la solución particular	309
6.5.3. determinación de la respuesta al impulso	312
6.6. Diagramas de simulación para sistemas en tiempo discreto	314
6.7. Representación sistemas discretos mediante variable de estado	319
6.7.1. Solución de las ecuaciones en el espacio de estados	321
6.7.2. Respuesta al impulso de sistemas de escritos por ecuaciones de	324

estado	
6.8. Estabilidad de sistemas en tiempo discreto	
6.9. Resumen	326
6.10. Lista de términos importantes	
6.11. Problemas	328
7. Análisis de Fourier de sistemas en tiempo discreto	
7.1. Introducción	339
7.2. Desarrollo en serie de Fourier de señales discretas periódicas	341
7.3. la transformada discreta de Fourier	350
7.4. Propiedades de la transformada de Fourier en tiempo discreto	355
7.4.1. Periodicidad	
7.4.2. linealidad	
7.4.3. desplazamiento en el tiempo y en la frecuencia	356
7.4.4. diferenciación en frecuencia	
7.4.5. convolución	359
7.4.6. modulación	360
7.4.7. transformada de Fourier de secuencias periódicas en tiempo discreto	361
7.5. Transformada de Fourier de señales en tiempo continuo muestreadas	362
7.5.1. Reconstrucción de la velocidad de muestreo	369
7.5.2. modificación de la velocidad de muestreo	370
7.5.3. conversión A/D y D/A	375
7.6. Resumen	379
7.7. Lista de términos importantes	
7.8. Problemas	381
8. La transformada Z	
8.1. Introducción	387
8.2. La transformada Z	388
8.3. Convergencia de la transformada Z	390
8.4. Propiedades de la transformada Z	395
8.4.1. linealidad	
8.4.2. desplazamiento temporal	398
8.4.3. escalado en frecuencia	400
8.4.4. diferenciación con respecto a z	401
8.4.5. Valor inicial	402
8.4.7. convolución	403
8.5. La transformada Z inversa	
8.5.1. Inversión por desarrollo en serie de potencias	406
8.5.2. Inversión por descomposición en fracciones simples	408
8.6. Transformadas Z de sistemas causales en tiempo discreto	411
8.7. Análisis de sistemas descritos mediante ecuaciones de estado utilizando la transformada Z	415
8.8. Relación entre la transformada Z y la transformada de Laplace	424
8.9. Resumen	425
8.10. Lista de términos importantes	
8.11. Problemas	427
9. La transformada discreta de Fourier	
9.1. introducción	433

9.2. La transformada discreta de Fourier y su inversa	435
9.3. propiedades de la DFT	
9.3.1 linealidad	436
9.3.2. desplazamiento temporal	
9.3.3. formula de inversión alternativa	437
9.3.4. convolución temporal	437
9.3.5. relación con la transformada de Fourier en tiempo discreto y con la transformada Z	438
9.3.6. representación matricial de la DFT	439
9.4. convolución lineal mediante la DFT	440
9.5. Transformadas rápidas de Fourier	442
9.5.1. Algoritmo de diezmado en el tiempo	443
9.5.2. Algoritmo de diezmado en frecuencia	447
9.6. estimación espectral de señales analógicas mediante la DFT	450
9.7. Resumen	458
9.8. Lista de términos importantes	
9.9. Problemas	461
10. Diseño de filtros analógicos y digitales	
10.1. Introducción	465
10.2. transformaciones de frecuencia	467
10.3. diseño de filtros analógicos	470
10.3.1. el filtro de Butterworth	476
10.3.2. el filtro de Chebyshev	480
10.4. Filtros digitales	481
10.4.2. Diseño de filtros digitales IIR por el método de invarianza al impulso	485
10.4.3. Diseño de filtros FIR	488
10.4.4. Diseño asistido por computador de filtros digitales	494
10.5. Resumen	495
10.6. Lista de términos importantes	
10.7. Problemas	496
Apéndice A. Números complejos	
A.1. Definición	499
A.2. Operaciones aritméticas	
A.2.1. Suma y diferencia	501
A.2.2. Producto	
A.2.3. División	
A.3. Potencias y raíces de números complejos	502
A. 4. Desigualdades	504
Apéndice B. Relaciones matemáticas	
B.1. Identidades trigonométricas	505
B.2. Funciones exponencial y logarítmica	506
B.3. Funciones especiales	507
B.3.1. Funciones gamma	
B.3.2. Funciones gamma incompleta	507
B.3.3. Funciones beta	
B.4. Desarrollos en serie de potencias	508
B.5. Sumas de potencias de números naturales	
B.5.1. Sumas de coeficientes binomiales	509

B.5.2. Series de exponenciales	510
B.6. Integrales definidas	512
B.7. Integrales indefinidas	512
Apéndice C. Teoría elemental de matrices	
C.1. Definiciones básicas	517
C.2. Operaciones básicas	518
C.2.1. Suma de matrices	
C.2.2. diferenciación e integración	
C.2.3. Producto de matrices	
C.3. Matrices especiales	519
C.4. Inversa de una matriz	521
C.5. Autovalores y autovectores	522
C.6. Funciones de una matriz	523
Apéndice D. Descomposición en fracciones simples	527
D.1. Caso 1: Factores lineales no repetidos	528
D.2. Caso 2: Factores lineales repetidos	529
D.3. Caso 3: Factores de segundo grado no repetidos e irreducibles	531
D.4. Caso 4. Factores se segundo grado repetidos e irreducibles	532
Bibliografía	535
Índice alfabético	537