

## INDICE

<b>Prefacio</b>	11
<b>1 Introducción</b>	
1.1. sistemas de control	15
1.2. ¿Qué es la realimentación y cuales son sus efectos?	21
1.3. tipos de sistemas de control realimentados	27
<b>2 Bases matemáticas</b>	
2.1. Introducción	33
2.2. concepto de variable compleja	
2.3. ecuaciones diferenciales	36
2.4. transformada de Laplace	39
2.5. transformada inversa de Laplace por expansión en fracciones parciales	46
2.6. aplicación de la transformada de Laplace en la resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias	51
2.7. teoría elemental de las matrices	53
2.8. algebra matricial	60
2.9. forma matricial de las ecuaciones de estado	67
2.10. ecuaciones en diferencias	68
2.11. transformada	70
2.12. aplicación de la transformada z en la resolución de ecuaciones en diferencias lineales	80
<b>3 Función de transferencias, diagramas de bloques y graficas de flujo esenciales</b>	89
3.1. Introducción	
3.2. respuesta, impulso y función de transferencia sistemas lineales	90
3.3. diagramas de bloques	96
3.4. graficas de flujo de señales	104
3.5. resumen de propiedades básicas de las graficas de flujo de señales	
3.6. definiciones para las graficas de flujo de señales	107
3.7. algebra de graficas de flujo de señales	111
3.8. ejemplos de construcción de graficas de flujo de señales	113
3.9. formula general para la ganancia de graficas de flujo de señales	117
3.10. aplicación de la formula general para la ganancia de los diagramas de bloques	123
3.11. diagrama de estado	124
3.12. funciones de transferencia de sistemas discretos	136
<b>4 Modelos matemáticos de sistemas físicos</b>	
4.1. Introducción	159
4.2. ecuaciones de redes eléctricas	161
4.3. modelado de elementos de sistemas mecánicos	163
4.4. ecuaciones de sistemas mecánicos	178
4.5. sensores y codificadores en sistemas de control	185
4.6. motores de cd en los sistemas de control	203
4.7. motores de inducción de dos fases	214
4.8. linealización de sistemas no lineales	ó
4.9. sistemas con retardos de transporte	224
<b>5 Análisis de variables de estado en sistemas dinámicos lineales</b>	243

5.1. Introducción	
5.2. representación matricial de las ecuaciones de estado	244
5.3. matriz de transición de estado	247
5.4. ecuación de transición de estado	252
5.5. relación entre las ecuaciones de estado y las ecuaciones diferenciales de orden superior	259
5.6. transformación a la forma canónica de las variables de estado	262
5.7. relación entre las ecuaciones de estado y las funciones de transferencias	269
5.8. ecuación característica, valores y vectores características	272
5.9. diagonalización de la matriz A (transformación de similitud)	275
5.10. forma canónica de Jordan	280
5.11. descomposición de funciones de transferencia	284
5.12. controlabilidad de sistemas lineales	291
5.13. observabilidad de sistemas lineales	300
5.14. teoremas invariantes sobre controlabilidad y observabilidad	303
5.15. relación entre controlabilidad, observabilidad y funciones de transferencia	306
5.16. ecuaciones de estado de sistemas discretos lineales	310
5.17. solución mediante la transformada z de ecuaciones de estado discretas	315
5.18. diagramas de estado para sistemas discretos	318
5.19. diagramas de estado para sistemas de datos muestreados	321
<b>6 Análisis de sistemas de control en el dominio del tiempo</b>	
6.1. Introducción	351
6.2. señales de prueba típicas para la respuesta en el tiempo de los sistemas de control	352
6.3. desempeño de sistemas de control en el dominio del tiempo-error en estado estable	355
6.4. desempeño de sistemas de control en el dominio del tiempo-respuesta transitoria	371
6.5. respuesta transitoria de un sistema de segundo orden	372
6.6. análisis del sistema de control de la margarita de impresión en el dominio del tiempo	385
6.7. efectos de la adición de polos y ceros a funciones de transferencia	402
6.8. polos dominantes de funciones de transferencia	409
6.9. estabilidad de sistemas de control-introducción	417
6.10. estabilidad, ecuación característica y matriz de transición de estado	418
6.11. métodos para determinar la estabilidad de sistemas de control lineales	423
6.12. criterio de Routh-Hurwitz	424
<b>7 Técnicas del lugar geométrico de las raíces</b>	
7.1. Introducción	449
7.2. propiedades básicas del lugar geométrico de las raíces	451
7.3. construcción del lugar geométrico de las raíces completo	457
7.4. algunos aspectos importantes de la construcción del lugar geométrico de las raíces	491
7.5. contorno de las raíces-variación múltiple de parámetros	500
7.6. lugar geométrico de las raíces de sistemas con tiempo de retardo	510

puro	
7.7. lugar geométrico de las raíces de sistemas de control discreto	522
7.8. sensibilidad de las raíces-Robustez de un sistema	527
<b>8 Diseño de sistemas de control en e dominio de tiempo</b>	
8.1. Introducción	541
8.2. diseño del controlador PID e el dominio del tiempo	544
8.3. diseño del controladores de adelanto y de atraso de fase en el dominio del tiempo	558
8.4. control para cancelación de polos y ceros	584
8.5. compensación de alimentación directa y de prealimentación	595
8.6. control con realimentación en lazos secundarios	599
8.7. control con realimentación de estado	605
8.8. diseño por asignación de polos a través de la realimentación del estado	606
8.9. realimentación del estado con control integral	612
8.10. realizaron o implantación digital de controladores	620
<b>9 Análisis de sistemas de control en el dominio de la frecuencia</b>	
9.1. Introducción	641
9.2. criterio de estabilidad de Nyquist	644
9.3. aplicación del criterio de Nyquist	660
9.4. efectos de polos y ceros adicionales de $G(s)H(s)$ sobre la forma del lugar geométrico de Nyquist	671
9.5. estabilidad de sistemas con lazos múltiples	676
9.6. estabilidad de sistemas de control lineales con tiempos de retardo	680
9.7. características en el dominio de la frecuencia	684
9.8. $M_p$ , $w_p$ y ancho de banda de un sistema de segundo orden	685
9.9. efectos de la adición de un cero a la función de transferencia de lazo abierto	690
9.10. efectos de la adición de un polo a la función de transferencia de lazo abierto	694
9.11. estabilidad relativa-margen de ganancia, margen de fase y $M_p$	696
9.12. estabilidad relativa relacionada con la pendiente de la curva de magnitud de la traza de Bode	707
9.13. lugares geométrico de $M$ constante en el plano $G(j\omega)$	709
9.14. lugares geométrico de fase constante en el plano $G(j\omega)$	713
9.15. lugares geométrico de $M$ y $N$ constante en el plano de magnitud con respecto a la fase-traza de Nichols	714
9.16. análisis de la respuesta en frecuencia de lazo cerrado en los sistemas con realimentación no unitaria	720
9.17. estudios de sensibilidad en el dominio de la frecuencia	721
9.18. respuesta de frecuencia de los sistemas de control digital	724
<b>10 Diseño en el dominio de la frecuencia de sistemas de control</b>	
10.1. Introducción	745
10.2. controlador de adelanto de fase	749
10.3. controlador de atraso de fase	762
10.4. controlador de atraso-adelanto	774
10.5. controlador puenteado en $T$	778
<b>Apéndices</b>	
<b>A graficas en el dominio de frecuencia</b>	789

<b>A.1 trazas polares de funciones de transferencia</b>	<b>790</b>
<b>A.2. trazas de borde (traza asintótica) de una función de transferencia</b>	<b>797</b>
<b>A.3. grafica de magnitud contar fase</b>	<b>811</b>
<b>B tablas de transformadas de Laplace</b>	<b>815</b>