

Contenido

	Prefacio	xi
1	Sistemas de control	
	Introducción	1
	Sistemas	1
	Modelos	3
	Sistemas en lazo abierto y cerrado	4
	Elementos básicos de un sistema en lazo abierto	6
	Elementos básicos de un sistema en lazo cerrado	8
	Ejemplos de sistemas de control en lazo cerrado	11
	Estrategias de control	15
	Control digital	17
	Modelos matemáticos para sistemas	18
	Modelos matemáticos para sistemas en lazo abierto	20
	Modelos matemáticos para sistemas en lazo cerrado	21
	Modelos matemáticos para sistemas en lazo cerrado con elementos múltiples	23
	Error en estado estable	24
	Efectos de las perturbaciones	27
	Sensibilidad a cambios en los componentes	30
	Estabilidad de los sistemas de control	31
	Lazo cerrado contra lazo abierto	33
	Problemas	33
2	Modelos de sistemas	
	Introducción	36
	Bloques funcionales de sistemas mecánicos	36
	Formación de un modelo para un sistema mecánico	40
	Bloques funcionales de sistemas eléctricos	43
	Formación de un modelo para un sistema eléctrico	45
	Analogías eléctricas y mecánicas	51
	Bloques funcionales de sistemas fluidicos	54
	Formación de un modelo para un sistema fluidoico	59
	Bloques funcionales de sistemas térmicos	63

	Formación de un modelo para un sistema térmico	65
	Elementos electromecánicos	66
	Linealidad	70
	Elementos hidromecánicos	72
	Problemas	75
3	Respuesta del sistema	
	Introducción	78
	Ejemplos de sistemas de primer orden	79
	La ecuación diferencial de primer orden	80
	Solución de una ecuación diferencial de primer orden	81
	La constante de tiempo	83
	El operador D	85
	El operador D y la ecuación diferencial de primer orden	86
	Ejemplos de sistemas de segundo orden	89
	La ecuación diferencial de segundo orden	90
	Solución de una ecuación diferencial de segundo orden	91
	Medidas de desempeño para sistemas de segundo orden	99
	El operador D y los sistemas de segundo orden	103
	Problemas	104
4	Transformadas de Laplace	
	Introducción	106
	La transformación de Laplace	107
	La transformada de Laplace para una función escalón	108
	Empleando transformadas de Laplace	109
	Empleo de la transformada de Laplace para resolver ecuaciones diferenciales	115
	Fracciones parciales	118
	Teoremas del valor inicial y del valor final	121
	Problemas	122
5	Modelos de sistemas dinámicos	
	Introducción	125
	Funciones de transferencia de elementos dinámicos	125
	Elementos de primero y segundo orden	128
	Respuesta escalón de un sistema de primer orden	130
	Respuesta rampa de un sistema de primer orden	131
	Respuesta impulso de un sistema de primer orden	133
	Respuesta escalón de un sistema de segundo orden	134
	Respuesta rampa de un sistema de segundo orden	138
	Respuesta impulso de un sistema de segundo orden	140
	Problemas	143
6	Modelos mediante diagramas de bloques	
	Introducción	145
	El diagrama de bloques	145
	Bloques en serie	146

	Bloques con lazos de realimentación	147
	Bloques en serie y con un lazo de realimentación	148
	Bloques en paralelo	149
	Simplificación de diagramas de bloques	152
	Entradas múltiples	155
	Ejemplos de sistemas	158
	Problemas	164
7	El error en estado estable	
	Introducción	167
	Error en estado estable	167
	Clasificación de sistemas	169
	Error en estado estable para una entrada escalón	170
	Error en estado estable para una entrada rampa	172
	Error en estado estable para una entrada parabólica	174
	Errores en estado estable para diferentes entradas	176
	Error en estado estable debido a perturbaciones	178
	Problemas	180
8	Polos, ceros y estabilidad	
	Introducción	182
	Definiendo la estabilidad	182
	Polos y ceros	183
	Patrón de polos y ceros	186
	Estabilidad y polos	187
	El criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz	190
	Estabilidad relativa	196
	Problemas	198
9	Análisis del lugar geométrico de las raíces	
	Introducción	200
	Lugares geométricos de las raíces de sistemas de primer orden	200
	Lugares geométricos de las raíces de sistemas de segundo orden	202
	Lugares geométricos de las raíces de sistemas en lazo cerrado	204
	Representación polar de números complejos	206
	Construcción de lugares geométricos de las raíces	207
	Interpretación de los diagramas del lugar geométrico de las raíces	215
	Problemas	223
10	Controladores	
	Introducción	225
	Control proporcional	225
	Control integral	227
	Control proporcional integral	229
	Control derivativo	232
	Control proporcional derivativo	233
	Control PID	234

	Ajuste de las ganancias del controlador	236
	Realimentación de velocidad	239
	Compensación	242
	Implantación de las leyes de control	244
	Problemas	249
11	Respuesta en frecuencia	
	Introducción	252
	Respuesta en frecuencia	252
	Función de transferencia	252
	Respuesta en frecuencia de un sistema de primer orden	256
	Respuesta en frecuencia para un sistema de segundo orden	257
	Respuesta en frecuencia a partir del patrón de polos y ceros	258
	Respuesta en frecuencia para elementos en serie	260
	Trazas de Bode	261
	Especificaciones de desempeño	272
	Uso de datos experimentales de la respuesta en frecuencia	273
	Diseño mediante compensación	275
	Diagramas de Nyquist	276
	Criterio de estabilidad de Nyquist	281
	Margen de ganancia y margen de fase	282
	Problemas	285
12	Equipo básico de un sistema de control	
	Introducción	288
	Elementos de medición	288
	Elementos eléctricos de corrección	297
	Elementos de corrección electroneumáticos o hidráulicos	300
	Ejemplos de sistemas de control	303
	Problemas	307
13	Control de procesos discretos	
	Introducción	309
	Procesos discretos	309
	Secuenciado mediante cilindros neumáticos	313
	Microprocesadores como controladores	318
	Controladores lógicos programables	318
	Programación de PLC	321
	Problemas	327
14	Control digital directo	
	Introducción	329
	Computadoras en control	329
	Ejemplos de control digital directo	332
	Problemas	334
15	La transformada z	
	Introducción	335
	Sistemas de datos muestreados	335

Procesamiento de señales en tiempo discreto	338
Retén de orden cero	341
La transformada z	342
Uso de la transformada z	345
Transformada z inversa	349
Función de transferencia pulso	352
Sistemas de datos muestreados	354
Conversión de las leyes de control analógicas	358
Implementación de un algoritmo	359
Periodo de muestreo	360
Estabilidad	361
Pruebas para la estabilidad	365
Respuesta en frecuencia	368
Problemas	370
Apéndice: MATLAB	
Introducción	374
Inicio y terminación de sesión	374
Ingreso de comandos	374
Ayuda	375
Matrices	375
Operaciones aritméticas	376
Funciones matemáticas	377
Operaciones con matrices	377
Archivo de función	377
Graficación	378
Ejemplos de control	379
Diagramas de bloques	381
SIMULINK	382
Respuestas a los problemas	384
Índice	395