

Contenido

Plataforma de contenidos interactivos	XXI
Página Web del libro	XXII
Prólogo	XXVII
Capítulo 1 Mecatrónica	1
1.1 Introducción	3
1.2 Origen de la mecatrónica	5
1.2.1 ¿Qué es mecatrónica?	9
 Mecatrónica como área de investigación (Recurso Web: archivos PDF)	11
1.2.2 Elementos fundamentales de la mecatrónica	12
1.3 Sistemas mecatrónicos	16
1.3.1 El automóvil como un sistema mecatrónico	19
1.3.2 Aparatos electrodomésticos como sistemas mecatrónicos	24
 Aplicaciones de mecatrónica (Recurso Web: archivos PDF)	25
1.4 Sensores y transductores	26
 Sensores y transductores (Recurso Web: archivos PDF)	28
 Aplicaciones de sensores y transductores (Recurso Web: archivos PDF)	28
1.5 Actuadores	29

● Web	Actuadores (Recurso Web: archivos PDF)	29
1.6	Sistemas de control	30
● Web	Aplicaciones de sistemas de control (Recurso Web: archivos PDF y videos)	32
● Web	Sistemas de control (Recurso Web: archivos PDF)	32
1.7	Sistemas neumáticos	32
● Web	Neumática (Recurso Web: archivos PDF)	33
1.8	Sistemas hidráulicos	34
● Web	Hidráulica (Recurso Web: archivos PDF)	34
1.9	Electrónica e informática	35
● Web	Electrónica e informática (Recurso Web: archivos PDF)	36
● Web	Aplicaciones de electrónica e informática (Recurso Web: archivos PDF y videos)	36
1.10	Resumen	37
1.11	Referencias selectas	38
1.12	Problemas propuestos	40
Capítulo 2		
Matlab para mecatrónica		41
2.1	Introducción	43
2.2	Programación en MATLAB	44
2.2.1	Variables	45
2.2.2	Números	46
2.2.3	Operadores	49
2.2.4	Matrices	53
2.2.5	Arreglos	58

2.2.6 Funciones importantes para matrices y arreglos	61
2.2.7 Gráficas	62
2.2.8 Funciones	68
2.2.9 Funciones archivo	69
2.2.10 Instrucciones de control de flujo	74
2.2.11 Instrucciones condicionales	84
 Simulink (Recurso Web: archivos PDF)	95
 Guide (Recurso Web: archivos PDF)	95
2.3 Resumen	95
2.4 Referencias selectas	96
2.5 Problemas propuestos	97

Capítulo 3	99
Sensores y transductores	

3.1 Introducción	101
3.1.1 Clasificación de sensores	103
3.1.2 Características de los sensores	104
3.2 Sensores de temperatura	106
3.2.1 Termopares	106
 Arduino (Recurso Web: archivos PDF)	116
 Electrónica en arquitectura abierta (Recurso Web: archivos PDF)	122
3.2.2 Termistor	123
3.2.3 Dispositivo térmico resistivo	124
3.3 Sensores de posición	126
3.3.1 Resolvers	126

3.3.2 Potenciómetros	127
3.3.3 Encoders	129
3.3.4 Encoder Absoluto	132
3.3.5 Encoder magnético	133
3.4 Sensores de propósito general	134
3.4.1 Sensores de fuerza/par	134
3.4.2 Sensores generales	137
3.5 Resumen	141
3.6 Referencias selectas	143
3.7 Problemas propuestos	144

Capítulo 4

Actuadores eléctricos

147

4.1 Introducción	149
4.2 Funcionamiento básico de los motores eléctricos	150
4.3 Servomotores	155
4.3.1 Motor eléctrico	156
4.3.2 Servoamplificador	157
4.3.3 Modos de operación del servomotor	158
4.3.4 Servomotores de transmisión directa	160
4.3.5 Aspectos prácticos del servomotor de transmisión directa	166
4.3.6 Regiones de operación del servoamplificador	169
4.3.7 Diagrama a bloques de control para sistemas mecatrónicos	172
 Transmisión directa (Recurso Web: archivos PDF)	175
 Actuadores neumáticos e hidráulicos (Recurso Web: archivos PDF)	175

4.4 Motores a pasos	177
4.4.1 Motores a pasos unipolares	181
4.4.2 Motores a pasos bipolares	187
4.4.3 Terminología técnica de motores a pasos	189
 Control de un motor a pasos bipolar (Recurso Web: archivos PDF)	189
 Arduino para control de motores a pasos (Recurso Web: archivos PDF)	189
4.5 Resumen	190
4.6 Referencias selectas	191
4.7 Problemas propuestos	192

Capítulo 5

Instrumentación electrónica

5.1 Introducción	197
5.2 Amplificadores operacionales	199
5.2.1 Amplificador inversor	202
5.2.2 Amplificador sumador inversor	208
5.2.3 Amplificador no inversor	210
5.2.4 Integrador	211
5.2.5 Diferenciador	213
5.2.6 Amplificador diferencial	214
5.2.7 Amplificador de instrumentación	215
5.2.8 Filtro pasa bajas	217
 Amplificadores operacionales (Recurso Web: archivos PDF)	218
5.3 Sistema Arduino para instrumentación electrónica	219
5.3.1 Modelos de tarjetas Arduino	220

4.4 Motores a pasos	177
4.4.1 Motores a pasos unipolares	181
4.4.2 Motores a pasos bipolares	187
4.4.3 Terminología técnica de motores a pasos	189
 Control de un motor a pasos bipolar (Recurso Web: archivos PDF)	189
 Arduino para control de motores a pasos (Recurso Web: archivos PDF)	189
4.5 Resumen	190
4.6 Referencias selectas	191
4.7 Problemas propuestos	192

Capítulo 5

Instrumentación electrónica

195

5.1 Introducción	197
5.2 Amplificadores operacionales	199
5.2.1 Amplificador inversor	202
5.2.2 Amplificador sumador inversor	208
5.2.3 Amplificador no inversor	210
5.2.4 Integrador	211
5.2.5 Diferenciador	213
5.2.6 Amplificador diferencial	214
5.2.7 Amplificador de instrumentación	215
5.2.8 Filtro pasa bajas	217
 Amplificadores operacionales (Recurso Web: archivos PDF)	218
5.3 Sistema Arduino para instrumentación electrónica	219
5.3.1 Modelos de tarjetas Arduino	220

5.2.2 Plataforma electrónica de las tarjetas Arduino	222
5.2.3 Entorno de desarrollo Arduino	228
5.2.4 Programación Arduino	234
5.3.3 Instrucciones condicionales	244
5.3.6 for(; ;){...}	246
5.3.7 Instrucción while(){...}	247
5.3.8 Instrucción do{...}while()	248
5.3.9 Funciones Arduino	248
5.4 Comunicación USB del sistema Arduino y MATLAB	255
5.4.1 Configuración en MATLAB	256
5.4.2 Configuración con Simulink	258
5.5 Resumen	262
5.6 Referencias selectas	263
5.7 Problemas propuestos	263

Capítulo 6

Dinámica

267

6.1 Introducción	269
6.2 Simulación del modelo dinámico con MATLAB	270
6.2.1 Sistema lineal escalar	270
6.2.2 Sistema lineal vectorial	273
6.2.3 Sistemas dinámicos no lineales	276
6.3 Modelo dinámico de sistemas mecánicos	281
6.3.1 Cinemática	282
6.3.2 Cinemática diferencial	282

6.3.3 Modelo de energía	283
6.3.4 Ecuaciones de movimiento de Euler-Lagrange	283
6.3.5 Algoritmo para la obtención del modelo dinámico	284
6.4 Sistema masa resorte amortiguador	285
6.4.1 Sistema masa resorte amortiguador vertical	290
 Sistema masa resorte amortiguador (Recurso Web: archivos PDF, Simuladores)	295
 Simulación de sistemas mecánicos (Recurso Web: código fuente en PDF)	295
6.5 Centrífuga	296
6.6 Péndulo	302
6.7 Robot de 2 grados de libertad	309
 Videos de péndulos	318
 Diseño de sistemas mecatrónicos (Recurso Web: archivos PDF)	318
 Videos de robots de transmisión directa	318
6.7.1 Modelo dinámico de un robot manipulador de n gdl	319
6.8 Resumen	320
6.9 Referencias selectas	321
6.10 Problemas propuestos	321

Capítulo 7

Control clásico

325

7.1 Introducción	327
7.2 Funciones de transferencia	331
7.3 Diagrama de bloques	333
7.3.1 Sistema en lazo cerrado con retroalimentación unitaria	333

7.3.2	Sistema con bloque $G_1(s)$ en el lazo de retroalimentación	335
7.3.3	Sistema en configuración paralelo	337
7.3.4	Sistema en cascada o en serie	338
7.3.5	Programación MATLAB para diagramas de bloques	338
7.4	Polos y ceros	344
7.5	Gráficas de Bode	352
	 Ejemplos prácticos con Bode (Recurso Web: simuladores y código fuente PDF)	356
7.6	Gráficas de Nyquist	372
7.7	Interfaces gráficas de usuario para sistemas lineales	375
	7.7.1 LTI Viewer	375
	7.7.2 Sisotool	377
7.8	Resumen	378
7.9	Referencias selectas	380
7.10	Problemas propuestos	380

Capítulo 8

Análisis de sistemas con variables de estado

385

8.1	Introducción	387
8.2	Representación de sistemas en variables de estados	389
	 Laplace: teoría y práctica (Recurso Web: archivos PDF)	392
	8.2.1 Forma general de variables fase	396
	8.2.2 Variables canónicas del modelo de espacio de estados	396
	8.2.3 Forma canónica diagonal	400
	8.2.4 Representación de Jordan	401

8.3	Análisis en el dominio del tiempo	403
8.3.1	Caso escalar	404
8.3.2	Simulación MATLAB para sistemas lineales con entrada escalón	412
8.3.3	Simulación MATLAB para sistemas lineales con entrada rampa	420
8.3.4	Simulación MATLAB para sistemas lineales con entrada impulso	421
8.3.5	Sistemas de segundo orden	426
8.3.6	Respuesta a un escalón	426
8.3.7	Especificaciones de la respuesta temporal	431
8.4	Controlabilidad y observabilidad	437
8.4.1	Controlabilidad	438
8.4.2	Observabilidad	444
8.5	Funciones MATLAB para espacio de estados	448
8.5.1	Interconexión entre espacio de estados y funciones de transferencia	455
8.6	Resumen	466
8.7	Referencias selectas	467
8.8	Problemas propuestos	467

Capítulo 9

Sistemas discretos

471

9.1	Introducción	473
9.2	Sistemas discretos	474
9.2.1	Muestreo	475
9.2.2	Retenedor y muestreador de orden cero	476
9.3	Modelo de espacio de estados en tiempo discreto	484

9.3.1	Funciones MATLAB para sistemas discretos	488
9.3.2	Versión recursiva del modelo de espacio de estados discreto	505
9.3.3	Conversión de sistemas discretos a sistemas continuos	506
9.3.4	Observabilidad	506
9.3.5	Controlabilidad	507
9.3.6	Transformada Z	509
	Ejemplos con transformada Z (Recurso Web: archivos PDF)	510
9.4	Función de transferencia discreta $G(z)$	511
9.4.1	Relación entre las funciones de transferencia pulso $G(q)$ y $G(z)$	512
9.4.2	Polos y ceros discretos	516
9.5	Métodos de aproximación de sistemas discretos	517
9.6	Resumen	520
9.7	Referencias selectas	521
9.8	Problemas propuestos	521

Capítulo 10

Control por variables de estado

525

10.1	Introducción	527
10.2	Control proporcional-derivativo PD	528
10.2.1	Aspectos prácticos y cualitativo del control PD	530
10.2.2	Sintonización de las ganancias	536
10.2.3	Control PD de un robot de 2 gdl	547
	Simulación del regulador PD (Recurso Web: código fuente PDF)	555
	Videos experimentales del PD	555
	Herramienta de MATLAB pidtool (Recurso Web: código fuente PDF)	555

 Simulación con servomecanismos (Recurso Web: código fuente PDF)	555
10.3 Control proporcional integral derivativo PID	556
10.3.1 Control PID de un robot de 2 gdl	558
10.4 Control punto a punto	563
10.5 Resumen	570
10.6 Referencias selectas	571
10.7 Problemas propuestos	571

Capítulo 11**MEMS (recurso  : capítulo adicional)****573**

11.1 Introducción	
11.2 Principios de MEMS	
11.3 Importancia de los MEMS	
11.4 Microtransducción	
11.5 Tecnologías de micromaquinado	
11.6 BioMEMS	
11.7 Motor Combo con MEMS	
11.8 Resumen	
11.9 Referencias Selectas	
11.10 Problemas propuestos	

Capítulo 12**Administración de proyectos (recurso  : capítulo adicional)****575**

12.1 Trato al cliente

12.2 Métodos de diagnóstico tecnológico

12.3 Estimación de propuestas

12.4 Gestión del proyecto

12.5 Metodología de desarrollo

12.6 Técnicas de entrega y liberación

12.7 Servicio posventa

12.8 Resumen

12.9 Referencias Selectas

12.10 Problemas propuestos

Índice analítico**577**