

Contenido

Prólogo.....	XIX	2.4.2 Sensores fotoeléctricos.....	32
Prefacio.....	XXI	2.4.3 Sensores detectores de color.....	34
Capítulo 1		2.4.4 Sensores de proximidad inductivos.....	34
Introducción a los sistemas de control y su relación con los sistemas de información	1	2.4.5 Sensores de proximidad capacitivos	34
1.1 Evolución histórica de los sistemas de control	2	2.5 Introducción al concepto de modelos matemáticos de sistemas	35
1.2 Los sistemas de control y la Teoría General de Sistemas	7	2.5.1 Bloques funcionales del sistema eléctrico	35
1.3 Los sistemas de control y la Cibernética	9	2.5.2 Modelos matemáticos basados en la combinación de los bloques funcionales eléctricos	37
1.4 Clasificación de los sistemas de control	12	2.5.3 Bloques funcionales del sistema térmico.....	41
1.4.1 De acuerdo con el tipo de función matemática que describe su comportamiento.....	12	2.5.4 Modelos matemáticos basados en la combinación de los bloques funcionales térmicos.....	42
1.4.2 De acuerdo con el tipo de respuesta del sistema de control.....	12	2.6 Resumen	44
1.4.3 En función de la presencia o no del lazo de realimentación.....	12	2.7 Problemas resueltos	45
1.5 Modelo de capas de un sistema de control	14	2.8 Problemas propuestos	46
1.6 La ingeniería de control y los sistemas de información	15	2.9 Temas de investigación	47
1.7 Resumen	18	2.10 Contenido de la página Web de apoyo	47
1.8 Temas de investigación	18	Capítulo 3	
1.9 Contenido de la página Web de apoyo	18	Modelos matemáticos para sistemas de lazo abierto y cerrado	49
Capítulo 2		3.1 Introducción	50
Componentes básicos de los sistemas de control.....	19	3.2 Modelos matemáticos aplicados a sistemas	50
2.1 Introducción	20	3.3 Modelos matemáticos para sistemas en lazo abierto	51
2.2 Elementos de medición	20	3.4 Modelos matemáticos para sistemas en lazo cerrado	53
2.2.1 El potenciómetro.....	20	3.5 Sistemas en lazo cerrado con elementos múltiples en el trayecto directo	54
2.2.2 Detector de temperatura.....	21	3.6 Las perturbaciones en los sistemas de control	56
2.2.3 Tacómetros.....	21	3.6.1 Perturbaciones en sistemas de lazo abierto	56
2.2.4 Extensómetro de resistencia eléctrica.....	22	3.6.2 Perturbaciones en sistemas de lazo cerrado	57
2.2.5 Codificador incremental	22	3.7 Sensibilidad a los cambios de los componentes en un sistema de control	59
2.2.6 Sincros	22	3.8 Resumen	60
2.3 Elementos de corrección: Motores de Corriente Continua y Alterna, Relevadores	24	3.9 Problemas resueltos	61
2.3.1 Motores de corriente continua.....	25	Resolución de los ejercicios 3, 4 y 5 usando MATLAB	63
2.3.2 Motores de corriente alterna.....	29	w Resolución de un ejercicio mediante un programa ejecutable con interfaz gráfica.....	65
2.3.3 El relevador o “relé”	30	3.10 Problemas propuestos	68
2.4 Sensores para automatización	31	3.11 Temas de investigación	68
2.4.1 Sensores ultrasónicos	31	3.12 Contenido de la página Web de apoyo	68

Capítulo 4

La Transformada de Laplace aplicada a los sistemas de control..	69
4.1 Introducción	70
4.2 Definición de la Transformada de Laplace	70
4.3 Reglas básicas para la utilización de la Transformada de Laplace	70
4.4 Funciones especiales: impulso unitario, escalón y rampa	71
4.4.1 Función impulso unitario	71
4.4.2 Función escalón.....	72
4.4.3 Función rampa.....	72
4.4.4 Función exponencial: e^{at}	73
4.4.5 Función algebraica: $f(t) = t^n$	73
4.5 La Transformada inversa de Laplace	74
4.6 Aplicación de la Transformada de Laplace a los sistemas de control	75
4.6.1 Circuito RC al que se le aplica una tensión V de entrada	75
4.6.2 Circuito RC al que se le aplica una tensión rampa de entrada	76
4.7 Resumen	78
4.8 Problemas resueltos	78
w Resolución de un ejercicio mediante un programa ejecutable ..	79
w Resolución de un ejercicio mediante un programa ejecutable ..	80
4.9 Problemas propuestos	81
4.10 Temas de investigación	81
4.11 Contenido de la página Web de apoyo	82

Capítulo 5

Modelos de sistemas de control mediante bloques funcionales...	83
5.1 Introducción	84
5.2 Elementos de un diagrama en bloques	84
5.3 Bloques en un sistema de lazo abierto y en un sistema de lazo cerrado	85
5.3.1 Sistema de lazo abierto	85
5.3.2 Bloques en serie y paralelo	86
5.3.3 Operaciones básicas con bloques funcionales	88
5.3.4 Simplificación de diagramas de bloques	94
5.3.5 Sistemas con entradas múltiples	95
5.4 Resumen	97
5.5 Problemas resueltos	97
w Resolución de un ejercicio mediante un programa ejecutable con resultado analítico y gráfico	101
5.6 Problemas propuestos	105
5.7 Temas de investigación	106
5.8 Contenido de la página Web de apoyo	106

Capítulo 6

Análisis de la estabilidad y del error en estado estable en los sistemas de control	107
6.1 Introducción	108
6.2 Error en los sistemas de control	108
6.3 Respuestas del sistema: transitoria y estable	108
6.3.1 Respuesta transitoria	108
6.3.2 Respuesta en estado estable o respuesta permanente.....	109
6.4 Cálculo del error cuando la señal de entrada es escalón y la función transferencia es tipo cero	113
6.5 Cálculo del error cuando la señal de entrada es rampa y la función transferencia es tipo uno	114
6.6 Error en estado estable debido a perturbaciones	115
6.7 Estabilidad de los sistemas de control	116
6.7.1 Determinación de la estabilidad de un sistema mediante el método de polos y ceros	117
6.8 Determinación de la estabilidad de un sistema mediante el método de Routh-Hürwitz	120
6.8.1 Casos especiales del método de Routh Hürwitz.....	123
6.9 Resumen	124
6.10 Problemas resueltos	125
w Resolución de un ejercicio mediante un programa ejecutable con interfaz gráfica y resultado gráfico	131
6.11 Problemas propuestos	132
6.12 Temas de investigación	133
6.13 Contenido de la página Web de apoyo	133

Capítulo 7

Controladores lógicos programables	135
7.1 Introducción	136
7.2 Diferentes tipos de controladores	136
7.2.1 Controlador proporcional.....	136
7.2.2 Controlador integral.....	138
7.2.3 Controlador derivativo	139
7.2.4 Controlador proporcional integral.....	140
7.2.5 Controlador proporcional derivativo	141
7.2.6 Controlador proporcional integral derivativo PID	141
7.3 Procesos discretos secuenciales	142
7.3.1 Métodos empleados para describir los procesos discretos secuenciales	142
7.3.2 Diagrama de flujo (flujograma).....	143
7.3.3 Diagrama de funciones secuenciales	144
7.3.4 Diagrama escalera.....	146
7.3.5 Diagrama de tiempo	147
7.3.6 Lista de instrucciones	148

7.3.7 Gráfico de orden (etapa transición) 148

7.3.8 Plano de funciones lógicas 148

7.4 Tecnología PLC (controladores lógicos programables) 149

7.4.1 Introducción a la tecnología PLC 149

7.4.2 Características técnicas de los PLC..... 150

7.4.3 ¿Qué es un PLC?..... 151

7.5 Campos de aplicación del PLC 152

7.6 Ventajas comparativas relativas al empleo de PLC 153

7.7 Clasificación de los PLC 154

7.8 Componentes de un autómatas programable 155

7.8.1 Estructura básica..... 155

7.8.2 Fuente de alimentación 155

7.8.3 CPU 155

7.8.4 Módulo de entrada 157

7.8.5 Módulo de salida 158

7.8.6 Ejemplo de conexión de salida..... 159

7.8.7 Terminal de programación 160

7.8.8 Periféricos 161

7.9 Ejemplo de autómatas programable - Controlador Industrial Siemens 161

7.9.1 Características técnicas..... 162

7.9.2 Modo programación 165

7.10 Resumen 169

7.11 Problemas resueltos 169

7.12 Problemas propuestos 175

7.13 Temas de investigación 175

7.14 Contenido de la página Web de apoyo 175

Capítulo 8

Transformada Z aplicada a los sistemas de control..... 177

8.1 Introducción 178

8.2 Clasificación de los sistemas de control discretos 179

8.3 Introducción a la Transformada Z 181

8.4 Propiedades básicas de la Transformada Z 181

8.4.1 Linealidad de la Transformada Z..... 182

8.4.2 Teoremas de desplazamiento 182

8.4.3 Teorema de traslación real 182

8.4.4 Teorema de traslación compleja..... 183

8.4.5 Teorema del valor inicial..... 183

8.4.6 Teorema del valor final..... 183

8.5 Transformada Z de funciones básicas: escalón unitario y rampa 183

8.5.1 Transformada Z de la función escalón unitario 183

8.5.2 Transformada Z de la función rampa..... 184

8.6 La Transformada Z inversa (antitransformada) 184

8.7 Aplicación de la Transformada Z a los sistemas de control 188

8.8 Resumen 189

8.9 Problemas resueltos 190

8.10 Problemas propuestos 196

8.11 Temas de investigación 197

8.12 Contenido de la página Web de apoyo 197

Capítulo 9

Ejemplos de aplicación de sistemas de control..... 199

9.1 Introducción 200

9.2 Descripción del sistema GPS 200

9.2.1 Los GPS y su empleo en los sistemas de control 200

9.2.2 Sistemas de posicionamiento basados en satélites..... 201

9.2.3 Aplicaciones del sistema GPS..... 206

9.3 Caso de estudio N°1 207

9.3.1 Aplicación del GPS en un sistema empresarial de distribución de efectos 207

9.3.2 Arquitectura del sistema de control 208

9.3.3 Señales presentes en el sistema de control..... 208

9.4 Caso de estudio N°2 209

9.4.1 Conceptos básicos de domótica 209

9.4.2 Análisis de un caso práctico de domótica en los sistemas de control 210

9.4.3 Control de la iluminación..... 210

9.4.4 Control indirecto (sensores de presencia y sensores de luminosidad) 211

9.4.5 Control directo (pulsadores y control variable)..... 212

9.4.6 Control de motorización 212

9.4.7 Control de intrusión 214

9.4.8 Control de humo 215

9.4.9 Sistema de riego automático 216

9.5 Introducción al sistema SCADA 220

9.5.1 Unidad Terminal Remota (UTR) 221

9.5.2 Estación maestra 221

9.5.3 Infraestructura y Métodos de Comunicación..... 222

9.6 Resumen 224

9.7 Contenido de la página Web de apoyo 225

Apéndice A

Buses de campo 227

A.1 Introducción a los buses de campo 228

A.2 Clasificación de los buses de campo 231

A.2.1 Buses de campo con funcionalidad reducida 231

A.2.2 Buses de campo con funcionalidad media 231

A.2.3 Buses de campo con funcionalidad alta..... 233

A.2.4 Otro tipo de conectividad empleada en algunos sistemas de control: Ethernet Industrial..... 235

Apéndice B

Introducción y uso básico de MATLAB	237
B.1 Fundamentos de MATLAB	238
B.1.1 Usos de variables	239
B.1.2 Guardando y recuperando variables.....	241
B.1.3 Representación de números	243
B.1.4 Números complejos	244
B.2 Manipulación de matrices o arreglos de más de un elemento	245
B.2.1 Introduciendo matrices	245
B.2.2 Operaciones con matrices	247
B.3 Funciones internas destacadas	250
B.3.1 Funciones matemáticas básicas	250
B.3.2 Funciones trigonométricas	253
B.4 Funciones básicas aplicadas al análisis de los sistemas realimentados	254
B.4.1 Operaciones con polinomios.....	254
B.4.2 Funciones transferencias SISO (<i>Single Input Single Output</i>)	258

Apéndice C

Análisis de datos en forma matricial. Usos del Simulink.....	265
C.1 Análisis de datos con funciones MATLAB	266
C.1.1 Discriminación de valores extremos (máximos y mínimos).....	266
C.1.2 Valores intermedios y promedios.....	267
C.1.3 Importar datos	268
C.1.4 Analizando datos importados	270
C.2 Simulink y su uso en controladores PID	271
C.2.1 Armado de un sistema de control en Simulink.....	273
C.2.2 Control proporcional.....	276
C.2.3 Control proporcional + integral	280
C.2.4 Control proporcional + derivativo.....	281
C.2.5 Control proporcional + control integral + control derivativo	283
w Resolución de un ejercicio mediante un programa ejecutable con interfaz gráfica y resultado gráfico	283
Glosario	285
Índice analítico	289

Información del contenido de la página Web

El material marcado con asterisco (*) solo está disponible para docentes.

Capítulo 1.**Introducción a los sistemas de control y su relación con los sistemas de información**

- Mapa conceptual
- Autoevaluación
- Presentaciones*

Capítulo 2.**Componentes básicos de los sistemas de control**

Mapa conceptual

- Lecturas complementarias:
Máquinas de corriente directa y Motor de inducción polifásico de Pedro Ponce Cruz y Javier Sampé López, ambos capítulos son parte de *Máquinas eléctricas y técnicas modernas de control* de Alfaomega Grupo Editor.

Agradecemos a sus autores por permitir que su escrito sea parte de las lecturas complementarias de esta obra.

- Autoevaluación
- Presentaciones*

Capítulo 3.**Modelos matemáticos para sistemas de lazo abierto y cerrado**

- Mapa conceptual
- Autoevaluación
- Presentaciones*

Capítulo 4.**La Transformada de Laplace aplicada a los sistemas de control**

- Mapa conceptual
- Autoevaluación
- Presentaciones*

Capítulo 5.**Modelos de sistemas de control mediante bloques funcionales**

- Mapa conceptual
- Autoevaluación
- Presentaciones*

Capítulo 6.**Análisis de la estabilidad y del error en estado estable en los sistemas de control**

- Mapa conceptual
- Autoevaluación
- Presentaciones*

Capítulo 7.**Controladores lógicos programables**

- Mapa conceptual
- Autoevaluación
- Presentaciones*

Capítulo 8.**Transformada Z aplicada a los sistemas de control**

- Mapa conceptual
- Autoevaluación
- Presentaciones*

Capítulo 9.**Ejemplos de aplicación de sistemas de control**

- Mapa conceptual
- Autoevaluación
- Presentaciones*

Apéndice C.**Análisis de datos en forma matricial. Usos del Simulink**

Vínculos a páginas especialmente seleccionadas sobre Teoría de Control.

Registro en la Web de apoyo

Para tener acceso al material de la página Web de apoyo del libro:

1. Ir a la página <http://virtual.alfaomega.com.mx>
2. Registrarse como usuario del sitio y propietario del libro.
3. Ingresar al apartado de inscripción de libros y registrar la siguiente clave de acceso

4. Para navegar en la plataforma virtual de recursos del libro, usar los nombres de Usuario y Contraseña definidos en el punto número dos. El acceso a estos recursos es limitado. Si quiere un número extra de accesos envíe un correo electrónico a webmaster@alfaomega.com.mx

Estimado profesor: Si desea acceder a los contenidos exclusivos para docentes por favor contacte al representante de la editorial que lo suele visitar o envíenos un correo electrónico a webmaster@alfaomega.com.mx