

# Contenido

Plataforma de contenidos interactivos	XV
---------------------------------------	----

Simbología e iconografía utilizada	XVI
------------------------------------	-----

Prólogo	XVIII
---------	-------

## Parte I Programación

1

Capítulo 1 Conceptos básicos	3
---------------------------------	---

1.1	Introducción	5
1.2	Componentes	7
1.2.1	Herramientas de escritorio y ambiente de desarrollo	9
1.2.2	Librerías	9
1.2.3	Lenguaje	10
1.2.4	Gráficos	10
1.2.5	Interfaces externas/API	10
1.3	Inicio	11
1.4	Lenguaje	15
1.4.1	Variables	15
1.4.2	Números	17

1.4.3	Formato numérico	18
1.4.4	Operadores	21
1.5	Matrices y arreglos	26
1.5.1	Arreglos	41
1.6	Gráficas	43
1.7	Funciones	49
1.7.1	Funciones archivo	51
1.8	Programación	58
1.8.1	if	59
1.8.2	if, else, elseif	60
1.8.3	for	61
1.8.4	while	71
1.8.5	switch, case	72
1.8.6	break	73
1.8.7	return	73
1.8.8	continue	74
1.9	Formato para datos experimentales	76
1.10	Resumen	80

**Capítulo 2****Métodos numéricos****81**

2.1	Consideraciones computacionales	83
2.2	Sistemas de ecuaciones lineales	84
2.2.1	Regla de Cramer	91

2.3	Diferenciación numérica	92
2.3.1	Función diff	97
2.4	Integración numérica	99
2.4.1	Regla trapezoidal	102
2.4.2	Regla de Simpson	108
2.4.3	Funciones de cuadratura	113
2.4.4	Método de Euler	114
2.5	Sistemas dinámicos de primer orden	117
2.5.1	Método de Runge-Kutta	118
2.5.2	Simulación de sistemas dinámicos $\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x})$	124
2.6	Resumen	133
	Parte I Referencias selectas	134
	Parte I Problemas propuestos	135

## Parte II Cinemática

139

### Capítulo 3

#### Preliminares matemáticos

141

3.1	Introducción	143
3.2	Producto interno	144
3.3	Matrices de rotación	148
3.3.1	Matriz de rotación alrededor del eje $z_0$	151
3.3.2	Matriz de rotación alrededor del eje $x_0$	161
3.3.3	Matriz de rotación alrededor del eje $y_0$	163

3.4 Reglas de rotación	164
3.5 Transformaciones de traslación	171
3.6 Transformaciones homogéneas	173
3.7 Librerías para matrices homogéneas	174
3.7.1 Matriz de transformación homogénea $HR_x(\theta)$	175
3.7.2 Matriz de transformación homogénea $HR_y(\theta)$	176
3.7.3 Matriz de transformación homogénea $HR_z(\theta)$	177
3.7.4 Matriz de transformación homogénea $HT_x(d)$	178
3.7.5 Matriz de transformación homogénea $HT_y(d)$	178
3.7.6 Matriz de transformación homogénea $HT_z(d)$	179
3.7.7 Matriz de transformación DH	180
3.8 Resumen	181

## Capítulo 4

### Cinemática directa

**183**

4.1 Introducción	185
4.2 Cinemática inversa	186
4.3 Cinemática diferencial	187
4.4 Clasificación de robots industriales	189
4.5 Convención Denavit-Hartenberg	192
4.5.1 Algoritmo Denavit-Hartenberg	196
4.6 Resumen	198

<b>Capítulo 5</b> <b>Cinemática directa cartesiana</b>	<b>199</b>
---	------------

5.1 Introducción	201
5.2 Brazo robot antropomórfico	202
5.3 Configuración SCARA (RRP)	234
5.4 Robot esférico (RRP)	245
5.5 Manipulador cilíndrico (RPP)	254
5.6 Configuración cartesiana (PPP)	264
5.7 Resumen	273
Parte II Referencias selectas	277
Parte II Problemas propuestos	278

<b>Parte III Dinámica</b>	<b>283</b>
---------------------------	------------

<b>Capítulo 6</b> <b>Dinámica</b>	<b>285</b>
--------------------------------------	------------

6.1 Introducción	287
6.2 Estructura matemática para simulación	288
6.3 Sistema masa-resorte-amortiguador	291
6.4 Sistema lineal escalar	295
6.4.1 Estimador de velocidad y filtrado	296
6.5 Centrífuga	301

6.6 Péndulo	305
6.7 Robot de 2 gdl	310
6.8 Robot de 3 gdl	315
6.9 Robot cartesiano	321
6.10 Resumen	327

**Capítulo 7****Identificación paramétrica****329**

7.1 Introducción	331
7.2 Método de mínimos cuadrados	332
7.2.1 Linealidad en los parámetros	332
7.3 Librería de mínimos cuadrados	334
7.3.1 Caso escalar	334
7.3.2 Caso multivariable	336
7.4 Ejemplos	338
7.5 Modelos de regresión del péndulo	346
7.5.1 Modelo dinámico del péndulo	346
7.5.2 Modelo dinámico filtrado del péndulo	350
7.5.3 Modelo de energía del péndulo	353
7.5.4 Modelo de potencia del péndulo	355
7.5.5 Modelo de potencia filtrada	356
7.5.6 Análisis comparativo de esquemas de regresión	359
7.6 Modelos de regresión del robot de 2 gdl	360
7.6.1 Modelo de regresión dinámico del robot de 2 gdl	361

7.6.2 Modelo de energía del robot de 2 gdl	366
7.6.3 Modelo de potencia del robot de 2 gdl	369
7.6.4 Análisis comparativo de resultados de regresión	372
7.7 Robot cartesiano de 3 gdl	373
7.7.1 Modelo de regresión dinámico del robot cartesiano	374
7.7.2 Modelo de potencia del robot cartesiano de 3 gdl	378
7.7.3 Análisis comparativo de identificación	381
7.8 Resumen	382
Parte III Referencias selectas	383
Parte III Problemas propuestos	385

## Parte IV Control

389

### Capítulo 8

#### Control de posición

391

8.1 Introducción	393
8.2 Control proporcional-derivativo (PD)	395
8.2.1 Control PD de un péndulo	397
8.2.2 Control PD de un brazo robot de 2 gdl	403
8.2.3 Control PD de un brazo robot de 3 gdl	408
8.2.4 Control PD de un robot cartesiano de 3 gdl	413
8.3 Control PID	417
8.3.1 Control PID de un robot de 2 gdl	418
8.4 Control punto a punto	422

8.4.1 Control tangente hiperbólico	422
8.4.2 Control arcotangente	426
8.5 Resumen	429
Parte IV Referencias selectas	430
Parte IV Problemas propuestos	431

<b>Índice analítico</b>	<b>433</b>
-------------------------	------------