

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 หุ่นยนต์เคลื่อนตัว 3 แกน	2
2-1 แผนภาพการหาจลนศาสตร์การเคลื่อนที่ไปข้างหน้า	5
2-2 ภาพสามมิติของการหาจลนศาสตร์การเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ของชุดสารถีหุ่นยนต์เคลื่อนตัว 3 แกน	6
2-3 แผนภาพการหาจลนศาสตร์การเคลื่อนที่ผกผัน	9
2-4 ภาพสามมิติของการหาจลนศาสตร์การเคลื่อนที่ผกผัน ของชุดสารถีหุ่นยนต์เคลื่อนตัว 3 แกน	9
2-5 วัสดุผสม	11
2-6 ท่อคาร์บอนไฟเบอร์ (Fiber Carbon)	13
2-7 เอซีเซอร์โวมอเตอร์	14
2-8 ชนิดของเซอร์โวมอเตอร์	15
2-9 ชุดขับเคลื่อนเอซีเซอร์โวมอเตอร์	16
2-10 เอ็นโค้ดเดอร์แบบเพิ่มค่าด้านซ้ายแบบหมุน ด้านขวาแบบเคลื่อนที่เชิงเส้น	17
2-11 เอ็นโค้ดเดอร์แบบสัมบูรณ์แบบเลื่อนแนวตรงขนาด 4 บิต	18
2-12 แผนผังการเลือกขนาดสายไฟ	19
2-13 พีแอลซี	21
2-14 ลักษณะโครงสร้างของพีแอลซี	23
2-15 อุปกรณ์อินพุต	23
2-16 อุปกรณ์เอาต์พุตแบบต่างๆ	24
2-17 ตารางโปรแกรมสำหรับเขียนคำสั่งบูลิन	26
2-18 รูปแบบการส่งข้อมูลโดย RS-232 ผ่านโมเด็มอนาล็อก	27
2-19 รูปแบบการเคลื่อนที่ของแสงในสายใยแก้วนำแสง	28
2-20 การเชื่อมต่อแบบบัส	28
2-21 เครือข่ายแบบบัส	30
2-22 การติดต่อสื่อสารแบบ Master/Slave	32
2-23 ลักษณะเฟรมข้อมูลของ Modbus RTU	33
2-24 ลักษณะข้อมูลแต่ละไบต์ของ Modbus RTU	33
2-25 ลักษณะเฟรมข้อมูลของ Modbus ASCII	34
2-26 ลักษณะข้อมูลแต่ละไบต์ของ Modbus ASCII	34
2-27 Modbus TCP/IP	35
2-28 Modbus ASCII/RTU	36
2-29 หน้าจอขณะเตรียมพร้อมโปรแกรม Visual Studio	38

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2-30 หน้าจอขณะการใช้งานโปรแกรม Visual Studio	38
2-31 แถบเครื่องมือ Toolbox	39
2-32 แท็บ Common Controls	39
2-33 แท็บ Containers	40
2-34 ตัวอย่างการใช้อุปกรณ์ในแท็บ Containers	40
2-35 แท็บ Menus & Toolbars	41
2-36 ตัวอย่างการใช้อุปกรณ์ในแท็บ Menus & Toolbars	41
2-37 แท็บ Data	42
2-38 แท็บ Components	42
2-39 แท็บ Printing	43
2-40 ตัวอย่างการใช้อุปกรณ์ในแท็บ Printing : PrintDialog	43
2-41 แท็บ Dialogs	44
2-42 ตัวอย่างการใช้อุปกรณ์ในแท็บ Dialogs : OpenFileDialog	44
2-43 ตัวอย่างการใช้อุปกรณ์ในแท็บ Dialogs : ColorDialog	45
2-44 แท็บ Reporting	45
2-45 แท็บ WPF Interoperability	45
2-46 แถบ Solution Explorer	46
2-47 แถบ Properties แสดงถึงคุณสมบัติของ Form	46
2-48 แถบ Properties แสดงถึงเหตุการณ์ของ Form	47
2-49 แถบ Editor แสดงตัวอย่างโค้ดโปรแกรม	48
2-50 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล	49
3-1 แผนภูมิขั้นตอนการทำงาน	54
3-2 แผนภูมิการศึกษาและรวบรวมทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการปริญญาโท	57
3-3 แผนภูมิการนำเสนอหัวข้อโครงการปริญญาโท	58
3-4 แผนผังแนวคิดในการสร้างชุดสถิติหุ่นยนต์เดลด้า 3 แกน	59
3-5 การหาขนาดความยาวของแขน โดยใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบ	60
3-6 การออกแบบแผ่นฐานบน โดยใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบ	60
3-7 ความยาวด้านข้างของฐานบน	61
3-8 การออกแบบแขนบน โดยใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบ	61
3-9 ความยาวของแขนบน	61
3-10 การออกแบบแขนล่าง โดยใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบ	61
3-11 ความยาวของแขนล่าง	62

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-12 การออกแบบแผ่นเคลื่อนที่ โดยโปรแกรมช่วยในการออกแบบ	62
3-13 ความยาวด้านข้างของแผ่นเคลื่อนที่	62
3-14 การจำลองหาแรงบิด เพื่อหาขนาดของมอเตอร์	63
3-15 มอเตอร์ที่เลือกใช้งาน	63
3-16 ชุดขับเคลื่อนเอซีเซอร์โวมอเตอร์	64
3-17 หน้าแปลนยึดเอซีเซอร์โวมอเตอร์	64
3-18 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของคาร์บอนไฟเบอร์	65
3-19 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของอลูมิเนียม	66
3-20 การประกอบชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน โดยโปรแกรมช่วยในการออกแบบ	66
3-21 การวิเคราะห์แรงบิดของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ของแขนที่ 1 ไม่มีภาระ แบบที่ 1	67
3-22 การวิเคราะห์แรงบิดของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ ของแขนที่ 1 ไม่มีภาระแบบที่ 2	67
3-23 การวิเคราะห์แรงบิดของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ของแขนที่ 1 มีภาระ 300 กรัม แบบที่ 1	68
3-24 การวิเคราะห์แรงบิดของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ ของแขนที่ 1 มีภาระ 300 กรัม แบบที่ 2	68
3-25 การวิเคราะห์แรงบิดของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 3 แขน ไม่มีภาระ แบบที่ 1	69
3-26 การวิเคราะห์แรงบิดของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 3 แขน ไม่มีภาระ แบบที่ 2	69
3-27 การวิเคราะห์แรงบิดของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 3 แขน มีภาระ 300 กรัม แบบที่ 1	70
3-28 การวิเคราะห์แรงบิดของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 3 แขน มีภาระ 300 กรัม แบบที่ 2	70
3-29 การกีดขึ้นส่วนแผ่นฐานบน	71
3-30 การกีดขึ้นส่วนแผ่นฐานบนพร้อมชุดเคลือบสี	72
3-31 วัสดุที่นำมาทำชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน	72
3-32 การกีดขึ้นส่วนแขนบนพร้อมชุดเคลือบสีอลูมิเนียม	73
3-33 Fixture สำหรับการประกอบแขนบน	73
3-34 การประกอบแขนบน	73

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-35 การปรับแนว (Alignment) ของแขนบน	74
3-36 ท่อคาร์บอนไฟเบอร์ที่นำมาทำแขนล่าง	74
3-37 Rod End Bearing	74
3-38 Epoxy Resin	75
3-39 ตัวทำแข็ง (Hardener)	75
3-40 อุปกรณ์ผสมสาร	76
3-41 Fixture สำหรับการประกอบแขนล่าง	76
3-42 การทำ Epoxy Resin บนอลูมิเนียม	76
3-43 การทำ Epoxy Resin บนท่อคาร์บอนไฟเบอร์	77
3-44 การประกอบแขนล่างลงบน Fixture	77
3-45 การทึบชิ้นงานลงบน Fixture	78
3-46 การกัดชิ้นส่วนของแผ่นเคลื่อนที่พร้อมชุดเคลือบสีย้อม	78
3-47 การประกอบแผ่นเคลื่อนที่	78
3-48 การกัดชิ้นส่วนหน้าแปลนยึดเอซีเซอร์ไวเซอร์	79
3-49 ชิ้นส่วนเครื่องกลของชุดลำเลียงหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน	79
3-50 การประกอบชุดลำเลียงหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน	80
3-51 การชั่งน้ำหนักชุดลำเลียงหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน	80
3-52 การทดสอบการเคลื่อนที่ของชุดลำเลียงหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน ตำแหน่งที่ 1	81
3-53 การทดสอบการเคลื่อนที่ของชุดลำเลียงหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน ตำแหน่งที่ 2	81
3-54 ข้อมูลพื้นฐานของชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ รุ่น LXM32A U90M2	82
3-55 ข้อมูลพื้นฐานของพีแอลซี รุ่น TM258LF42DT4L	83
3-56 Switching Power Supply	83
3-57 อุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งระบบ	84
3-58 อุปกรณ์ไฟฟ้า	84
3-59 ตำแหน่งการติดตั้งพัฒนาระบายอากาศ	85
3-60 ประกอบอุปกรณ์ลงใน Control Box พร้อมเดินสายไฟ	85
3-61 การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าบน Control Box	86
3-62 การชั่งน้ำหนัก Control Box	87
3-63 การแสดงไฟสถานะขณะเครื่องทำงาน	87
3-64 การทดสอบการทำงานของพีแอลซี	88
3-65 การทดสอบการทำงานของชุดขับเคลื่อนเอซีเซอร์ไวเซอร์	88
3-66 แผนผังการออกแบบการควบคุมชุดลำเลียง	89

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-67 แผนผังการออกแบบการควบคุมชุดสาธิตโดยผ่านหน้าจอแสดงผล	90
3-68 การเชื่อมต่อสาย LAN (Local Area Network) เพื่อใช้งาน Modbus TCP/IP	91
3-69 การเริ่มต้นการตรวจสอบการเชื่อมต่อสาย LAN	91
3-70 การตรวจสอบหา IP Address	92
3-71 การเชื่อมต่อสาย LAN สำเร็จ	92
3-72 การเชื่อมต่อสาย LAN ไม่สำเร็จ	92
3-73 การเชื่อมต่อสาย CANOpen	93
3-74 แผนผังแสดงการออกแบบหน้าจอแสดงผลผ่านโปรแกรม Microsoft Visual Studio	94
3-75 แผนผังแสดงการออกแบบโปรแกรมย่อย IP Setting	95
3-76 แผนผังแสดงการออกแบบโปรแกรมย่อย Change Parameter	96
3-77 แผนผังแสดงการออกแบบโปรแกรมย่อย Forward/Inverse	97
3-78 แผนผังแสดงการออกแบบโปรแกรมย่อย Jog X,Y,Z	98
3-79 แผนผังแสดงการออกแบบโปรแกรมย่อย Linear Motion	100
3-80 แผนผังแสดงการออกแบบโปรแกรมย่อย Position 1	101
3-81 แผนผังแสดงการออกแบบโปรแกรมย่อย Position 2	102
3-82 เริ่มเปิดโปรแกรม Visual Studio	103
3-83 การเขียนโปรแกรม Microsoft Visual Studio	103
3-84 การสร้างหน้าจอแสดงผล	104
3-85 หน้าต่างการเชื่อมต่อ IP Address กับพีแอลซี	104
3-86 หน้าต่างการใส่ค่าพารามิเตอร์	104
3-87 หน้าต่างฟังก์ชัน Forward and Inverse	105
3-88 หน้าต่างของฟังก์ชัน Jog X,Y,Z	105
3-89 หน้าต่างฟังก์ชัน Linear Motion	106
3-90 หน้าต่างของฟังก์ชัน Position 1	106
3-91 หน้าต่างของฟังก์ชัน Position 2	107
3-92 ภาพรวมชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน	107
3-93 ทดสอบระบบการทำงานทั้งหมด	108
3-94 การประยุกต์ใช้งานชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน	108
3-95 แผนผังแสดงการจัดทำเอกสารประกอบชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน	109
3-96 แผนผังแสดงการจัดทำเอกสารประกอบชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน	110

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-97 แผนผังแสดงขั้นตอนการประเมินความเหมาะสม	114
3-98 แผนผังแสดงขั้นตอนการจัดทำรูปเล่มปฏิญานิพนธ์	116
3-99 ระยะเวลาในการดำเนินงานตั้งแต่เดือนสิงหาคม-เดือนธันวาคม 2557	117
3-100 ระยะเวลาในการดำเนินงานตั้งแต่เดือนมกราคม-เดือนมิถุนายน 2558	117
4-1 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ตามแนวแกน X,Y,Z แบบไม่มีภาระ	120
4-2 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ตามแนวแกน X,Y,Z แบบมีภาระ	121
ก-1 ภาพประกอบชิ้นส่วนของเอซีเซอร์โวมอเตอร์	138
ก-2 ภาพประกอบชิ้นส่วนของแขนบน	139
ก-3 ภาพประกอบชิ้นส่วนของแขนล่าง	140
ก-4 ภาพประกอบชิ้นส่วนของแผ่นเคลื่อนที่	141
ก-5 ภาพประกอบชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน	142
ก-6 ตำแหน่งของการวางอุปกรณ์ใน Control Box	159
ก-7 ตำแหน่งของการวางอุปกรณ์หน้า Control Box	159
ก-8 แบบเดินสายไฟใน Control Box	160
ง-1 ภาพโดยรวมของชุดสาธิตจากโปรแกรมช่วยในงานออกแบบ	228
ง-2 โครงสร้างทั่วไปด้านเครื่องกลของชุดสาธิตของหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน	228
ง-3 โครงสร้างทั่วไปด้านไฟฟ้าของชุดสาธิตของหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน	229
ง-4 โครงสร้างทั่วไปของหน้าจอแสดงผลของชุดสาธิตของหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน	229
ง-5 ตำแหน่งของสาย Power และสาย Encoder ที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ทั้งสามตัว	230
ง-6 ตำแหน่งของขั้วตัวผู้	230
ง-7 ตำแหน่งของสวิตช์ปิด/เปิด	231
ง-8 แสดงสถานะพร้อมใช้งานของชุดขับเคลื่อนมอเตอร์	231
ง-9 แสดงสถานะพร้อมใช้งานของพีแอลซี	231
ง-10 ไฟแสดงสถานะหน้า Control box	231
ง-11 การเชื่อมต่อสาย LAN เข้าเครื่องคอมพิวเตอร์	232
ง-12 หน้าจอแสดงผลเริ่มต้น	232
ง-13 การเชื่อมต่อ IP Address กับพีแอลซี	235
ง-14 กดปุ่ม Change Parameter Robot	235
ง-15 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของชุดสาธิต	235
ง-16 พารามิเตอร์ต่างๆของชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน	236
ง-17 ฟังก์ชัน Forward and Inverse	236
ง-18 หน้าต่างฟังก์ชัน Forward and Inverse	237

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ง-19 ฟังก์ชัน Jog X,Y,Z	237
ง-20 หน้าต่างของฟังก์ชัน Jog X,Y,Z	237
ง-21 หน้าต่างของฟังก์ชัน Jog X,Y,Z ขณะกดให้เซอร์โวมอเตอร์ทำงาน	238
ง-22 หน้าต่างของฟังก์ชัน Jog X,Y,Z ขณะกดเข้าใช้งานการ Jog	238
ง-23 ฟังก์ชัน Linear Motion	239
ง-24 หน้าต่างฟังก์ชัน Linear Motion	239
ง-25 หน้าต่างฟังก์ชัน Linear Motion ขณะกดให้เซอร์โวมอเตอร์ทำงาน	239
ง-26 หน้าต่างฟังก์ชัน Linear Motion ขณะกดให้ Run Linear Motion	240
ง-27 ฟังก์ชัน Position 1	240
ง-28 การเชื่อมต่อระหว่างชุดลำโพงหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกนกับ หุ่นยนต์ Articulated Arm IRB 140	241
ง-29 หน้าต่างของฟังก์ชัน Position 1	241
ง-30 การกดให้เซอร์โวมอเตอร์ทำงาน	241
ง-31 ฟังก์ชัน Position 2	242
ง-32 หน้าต่างฟังก์ชัน Position 2	243
ง-33 ภาพประกอบชิ้นส่วนของเอซีเซอร์โวมอเตอร์	243
ง-34 ภาพประกอบชิ้นส่วนของแขนบน	244
ง-35 ภาพประกอบชิ้นส่วนของแขนล่าง	245
ง-36 ภาพประกอบชิ้นส่วนของแผ่นเคลื่อนที่	246
ง-37 ภาพประกอบชุดลำโพงหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน	247
ง-38 ตำแหน่งของการวางอุปกรณ์ใน Control Box	248
ง-39 ตำแหน่งของการวางอุปกรณ์หน้า Control Box	248
ง-40 แบบเดินสายไฟใน Control Box	249