

สารบัญภาพ

	หน้าที่
ภาพที่ 1-1 ระบบ AGV	2
ภาพที่ 2-1 แผนภาพจำลองศาสตร์การเคลื่อนของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	5
ภาพที่ 2-2 หลักการตรวจจับวัตถุโดยใช้สัญญาณความถี่เหนือเสียง หรือ อัลตราโซนิก	7
ภาพที่ 2-3 เวลาที่แสดงสัญญาณของชุดอัลตราโซนิก แบบติดต่อกัน 2 สัญญาณ	7
ภาพที่ 2-4 โครงสร้างและเอาต์พุตของเอนโค้ดเดอร์ ชนิด Incremental	8
ภาพที่ 2-5 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F4 Discovery	11
ภาพที่ 2-6 รูปแบบการสื่อสารของ UART	12
ภาพที่ 2-7 การเชื่อมต่อสายสัญญาณสื่อสาร แบบ UART	13
ภาพที่ 2-8 ลักษณะและการตั้งค่าการใช้งาน UART Setup Block	13
ภาพที่ 2-9 บอร์ด ET-MINI USB-TTL	14
ภาพที่ 2-10 สเตเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบใช้แม่เหล็กถาวร	15
ภาพที่ 2-11 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยก	16
ภาพที่ 2-12 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน	16
ภาพที่ 2-13 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม	17
ภาพที่ 2-14 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม	17
ภาพที่ 2-15 การเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นบริเวณรอบๆ ขดลวดโรเตอร์	18
ภาพที่ 2-16 แผนภาพการควบคุมแบบระบบเปิด	19
ภาพที่ 2-17 แผนภาพการควบคุมแบบระบบปิด	19
ภาพที่ 2-18 แผนภาพระบบควบคุมแบบปิด พีไอดี	20
ภาพที่ 2-19 แผนภาพเวลาของขั้นตอนการตอบสนอง (กระทำตามลำดับส่วน)	20
ภาพที่ 2-20 แผนภาพเวลาของขั้นตอนการตอบสนอง (ตัวกระทำปรีพังก์)	21
ภาพที่ 2-21 แผนภาพเวลาของขั้นตอนการตอบสนอง (การกระทำอนุพังก์)	22
ภาพที่ 2-22 ผลการตอบสนองของตัวควบคุมแบบต่างๆ	23
ภาพที่ 3-1 แผนภาพขั้นตอนการศึกษาค้นคว้าและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	28
ภาพที่ 3-2 แผนภาพอธิบายหลักการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	29
ภาพที่ 3-3 แผนภาพขั้นตอนการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ที่อยู่ในเส้นทางการเคลื่อนที่แบบทางตรง ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	30
ภาพที่ 3-4 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ กรณีที่ตรวจพบสิ่งกีดขวางในเส้นทางการเคลื่อนที่แบบทางตรง	31
ภาพที่ 3-5 โครงสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	32
ภาพที่ 3-6 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	32

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้าที่
ภาพที่ 3-7 แผนภาพระบบควบคุม ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	33
ภาพที่ 3-8 แผนภาพ FBD ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อแบบ 3 ล้อ	34
ภาพที่ 3-9 มอเตอร์ระบบล้อขับเคลื่อน	35
ภาพที่ 3-10 ระบบบังคับเลี้ยวของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	36
ภาพที่ 3-11 โมเมนต์ความเฉื่อยของระบบกลไกล้อบังคับเลี้ยว	37
ภาพที่ 3-12 มอเตอร์ระบบล้อบังคับเลี้ยว	38
ภาพที่ 3-13 แผนภาพขั้นตอนการประกอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	39
ภาพที่ 3-14 ชิ้นส่วนทางกลของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	40
ภาพที่ 3-15 ชิ้นส่วนทางกลของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ (ต่อ)	40
ภาพที่ 3-16 ชิ้นส่วนทางกลของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ (ต่อ)	41
ภาพที่ 3-17 ชิ้นส่วนทางกลของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ (ต่อ)	41
ภาพที่ 3-18 ประกอบกลไกระบบล้อขับเคลื่อนและล้อบังคับเลี้ยว	42
ภาพที่ 3-19 ประกอบโครงสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	42
ภาพที่ 3-20 ประกอบวงจรควบคุมลง Control box	43
ภาพที่ 3-21 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ ที่ทำการประกอบเสร็จสมบูรณ์	43
ภาพที่ 3-22 แผนภาพขั้นตอนการออกแบบหน้าต่างโปรแกรม GUI สำหรับควบคุมการทำงาน หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	44
ภาพที่ 3-23 หน้าต่างโปรแกรม GUI สำหรับควบคุมการทำงาน หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	45
ภาพที่ 3-24 ตัวอย่างโค้ดโปรแกรม LabVIEW ควบคุมการทำงาน หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	45
ภาพที่ 3-25 แผนภาพขั้นตอนการออกแบบเส้นทางการเคลื่อนที่ และวิธีการทดสอบ สำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	46
ภาพที่ 3-26 รูปแบบการทดสอบการเคลื่อนที่แบบทางตรงของ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	47
ภาพที่ 3-27 รูปแบบการทดสอบการเคลื่อนที่แบบเลี้ยวโค้งของ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	48
ภาพที่ 3-28 รูปแบบการทดสอบการเคลื่อนที่ตามเส้นทาง ที่มีสถานีจำลอง 4 สถานี ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	49
ภาพที่ 3-29 รูปแบบการทดสอบระยะหยุดจอดที่ 45 เซนติเมตร ก่อนการเคลื่อนที่ เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	50

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้าที่
ภาพที่ 3-30 รูปแบบการทดสอบการเคลื่อนที่เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ในเส้นทาง การเคลื่อนที่ แบบทางตรง ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	51
ภาพที่ 3-31 พื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	52
ภาพที่ 3-32 จุดติดตั้งปากกาไวท์บอร์ด ณ จุดอ้างอิงของหุ่นยนต์	52
ภาพที่ 3-33 ภาระโหลดสำหรับการทดสอบ น้ำหนัก 25 กิโลกรัม กระบะที่ 1	53
ภาพที่ 3-34 ภาระโหลดสำหรับการทดสอบ น้ำหนัก 25 กิโลกรัม กระบะที่ 2	53
ภาพที่ 3-35 การบรรจุทุกภาระโหลดน้ำหนัก 25 กิโลกรัม	54
ภาพที่ 3-36 การบรรจุทุกภาระโหลดน้ำหนัก 50 กิโลกรัม	52
ภาพที่ 3-37 สิ่งกีดขวางจำลอง ที่ใช้ในการทดสอบการเคลื่อนที่เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง	55
ภาพที่ 4-1 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่เป็นทางตรง ระยะทาง 100 เซนติเมตร	58
ภาพที่ 4-2 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่เป็นทางตรง ระยะทาง 200 เซนติเมตร	59
ภาพที่ 4-3 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่เป็นทางตรง ระยะทาง 300 เซนติเมตร	60
ภาพที่ 4-4 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่แบบเลี้ยวโค้ง ทิศทางตามเข็มนาฬิกา รัศมี 50.6400 เซนติเมตร	61
ภาพที่ 4-5 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่แบบเลี้ยวโค้ง ทิศทางตามเข็มนาฬิกา รัศมี 74.7440 เซนติเมตร	62
ภาพที่ 4-6 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่แบบเลี้ยวโค้ง ทิศทางตามเข็มนาฬิกา รัศมี 99.5419 เซนติเมตร	63
ภาพที่ 4-7 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่แบบเลี้ยวโค้ง ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา รัศมี 50.6400 เซนติเมตร	64
ภาพที่ 4-8 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่แบบเลี้ยวโค้ง ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา รัศมี 74.7440 เซนติเมตร	65
ภาพที่ 4-9 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่แบบเลี้ยวโค้ง ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา รัศมี 99.5419 เซนติเมตร	66
ภาพที่ 4-10 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ตามเส้นทาง ที่มีสถานีจำลอง 4 สถานี โดยใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.1 เมตร/วินาที	67
ภาพที่ 4-11 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ตามเส้นทาง ที่มีสถานีจำลอง 4 สถานี โดยใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.3 เมตร/วินาที	68
ภาพที่ 4-12 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ตามเส้นทาง ที่มีสถานีจำลอง 4 สถานี โดยใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.5 เมตร/วินาที	69

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้าที่

ภาพที่ 4-13 ผลการทดสอบระยะหยุดจุดที่ 45 เซนติเมตร ก่อนการเคลื่อนที่เพื่อหลบหลีก สิ่งกีดขวาง โดยใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.1 เมตร/วินาที	70
ภาพที่ 4-14 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง (หลบหลีกโดยการเลี้ยว ทิศทางตามเข็มนาฬิกา) โดยใช้ ความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.1 เมตร/วินาที	71
ภาพที่ 4-15 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง (หลบหลีกโดยการเลี้ยว ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา) โดยใช้ ความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.1 เมตร/วินาที	72
ภาพที่ ก-1 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	82
ภาพที่ ก-2 ขนาดของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	84
ภาพที่ ก-3 ส่วนประกอบทั่วไปของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	85
ภาพที่ ก-4 ส่วนประกอบทั่วไปของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ (ต่อ)	85
ภาพที่ ก-4 ส่วนประกอบ Cover ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	87
ภาพที่ ก-5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการบังคับเลี้ยว ที่ติดตั้งเข้ากับโครงสร้าง ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	88
ภาพที่ ก-6 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการบังคับเลี้ยว ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	88
ภาพที่ ก-7 ภาพรวมการแยกส่วนประกอบ ระบบกลไกการขับเคลื่อน และการบังคับเลี้ยว ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	89
ภาพที่ ก-8 ส่วนประกอบของระบบกลไกการขับเคลื่อน และการบังคับเลี้ยว ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ (ส่วนที่ 1)	90
ภาพที่ ก-9 ส่วนประกอบของระบบกลไกการขับเคลื่อน และการบังคับเลี้ยว ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ (ส่วนที่ 2)	92
ภาพที่ ก-10 ส่วนประกอบของระบบกลไกการขับเคลื่อน และการบังคับเลี้ยว ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ (ส่วนที่ 3)	94
ภาพที่ ก-11 ส่วนประกอบของล้อตาม ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	96
ภาพที่ ก-12 โครงสร้างของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	98
ภาพที่ ก-13 เส้นทางการเคลื่อนที่จำลอง เพื่อใช้ในการยกตัวอย่างการป้อนโค้ดคำสั่ง สำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	102
ภาพที่ ก-14 ส่วนประกอบของหน้าต่างโปรแกรม GUI สำหรับควบคุมการทำงาน หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	104
ภาพที่ ก-15 เสียบสาย USB 1 และ USB 2 เข้ากับคอมพิวเตอร์โน้ตบุค	105

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้าที่
ภาพที่ ก-16 คลิ๊กเปิดไฟล์ Tricycle Mobile Robot Program .exe	105
ภาพที่ ก-17 หน้าต่างโปรแกรม GUI สำหรับควบคุมการทำงาน หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	106
ภาพที่ ก-18 เลือก COM PORT 4 เพื่อเชื่อมต่อกับ บอร์ด Motion control SDC2130	106
ภาพที่ ก-19 เลือก COM PORT 3 เพื่อเชื่อมต่อกับ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F4 Discovery	107
ภาพที่ ก-20 การป้อนโค้ดคำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	107
ภาพที่ ก-21 ปุ่ม RUN	108
ภาพที่ ก-22 ไฟแสดงสถานะ การเชื่อมต่อระหว่างหน้าต่างโปรแกรม GUI กับบอร์ด Motion control SDC2130 และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F4 Discovery	108
ภาพที่ ก-23 ปุ่ม START/STOP	109
ภาพที่ ข-1 โค้ดโปรแกรม LabVIEW ที่ใช้สร้างหน้าต่างโปรแกรม GUI ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ	112
ภาพที่ ข-2 โค้ดโปรแกรม LabVIEW ที่ใช้สร้างหน้าต่างโปรแกรม GUI ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ (ต่อ)	113
ภาพที่ ข-3 โค้ดโปรแกรม ที่อัปโหลดลงไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F4 Discovery	114
ภาพที่ ง-1 บอร์ด Motion controller	164
ภาพที่ ง-2 ชื่อของขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อ	167
ภาพที่ ง-3 การต่อมอเตอร์แบบสองช่อง	167
ภาพที่ ง-4 แผนภาพการเชื่อมต่อ	168
ภาพที่ ง-5 เชื่อมต่อมอเตอร์แบบตัวเดียว	169
ภาพที่ ง-6 หัวต่อแบบ DB 16	169
ภาพที่ ง-7 การเชื่อมต่อแบบที่มีการตั้งค่ามาจากโรงงาน	170
ภาพที่ ง-8 ไฟแสดงสถานะ การทำงาน	171
ภาพที่ ง-9 ไฟแสดงสถานะ การทำงาน (ต่อ)	172
ภาพที่ ง-10 รายละเอียดทางกล	176
ภาพที่ ง-11 รายละเอียดทางกล (ต่อ)	176
ภาพที่ ง-12 การอธิบายตำแหน่งการต่อ	177
ภาพที่ ง-13 หัวต่อแบบ DB 16	178