ปีการศึกษา 2530

INTELLIGENT MINI-ROBOT

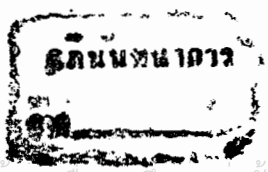
โดย

นาย วีรชัย พัชโรภาสวงศ์

นาย สมยศ เกิดวัฒนะ

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ กิตตินันท์ รัตนธำรงค์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2530

เรื่อง INTELLIGENT MINI-ROBOT

ผู้จัดทำ

1. วีรชัย พัชโรภาสวงศ์

2. สมยศ เกิดวัฒนะ

กิตตินันท์ รัตนธำรงค์ ..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(กิตตินันท์ รัตนธำรงค์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

INTELLIGENT MINI-ROBOT

วีรชัย พัชโรภาสวงศ์

สมยศ เกิดวัฒนะ

กิตตินันท์ รัตนธำรงค์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2530

บทคัดย่อ

โครงงาน "INTELLIGENT MINI-ROBOT" นี้เป็นโครงงานที่ศึกษาถึงหุ่นยนต์ในระดับพื้นฐาน โดยมีการประยุกต์นำเอาไมโครโปรเซสเซอร์มาควบคุมการทำงานต่าง ๆ ของตัวหุ่นยนต์ ส่วนสำคัญของโครงงานนี้คือ การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน ซึ่งโปรแกรมนี้จะเป็นลักษณะเงื่อนไขตัดสินใจ ที่ควบคุมหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่เข้าไปในช่องทางที่มีความซับซ้อนหรือเขาวงกต แล้วมีการตัดสินใจในการเคลื่อนที่ได้เองจากช่องทางเริ่มต้นไปยังช่องทางสุดท้าย ดังนั้นในโครงงานนี้จึงเป็นการทำส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ โดยรายละเอียดของส่วนทั้งสองได้กล่าวไว้ในปริญญานิพนธ์นี้ เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สนใจต่อไปสามารถที่จะนำเอาไปพัฒนาให้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INTELLIGENT MINI-ROBOT

WERACHAI PACHAROPATWONG

SOMYOT KERDWATTHANA

KITTINUN RATTANATUMRONG ADVISOR

ACADEMICS YEAR 1987

ABSTRACT

THIS "INTELLIGENT MINI-ROBOT" PROJECT IS A PROJECT WHICH STUDIES TO A BASIC OF ROBOT. THIS ROBOT APPLIES MICROPROCESSOR TO CONTROL PROGRAM WHICH MOVE ROBOT FROM A POINT TO ANOTHER AND DECIDE DIRECTION OF MOVING. THE ROBOT'S MOVING WILL MOVE IN COMPLEX WAYS FROM START POINT TO FINISH POINT. THIS PROJECT CONSISTS OF HARDWARE AND SOFTWARE PART. BOTH PARTS ARE DESCRIBED IN THIS THESIS FOR EVERYONE MAY DEVELOPS IT IN FUTURE.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	โดยทั่วไปของหุ่นยนต์	2
บทที่ 3	โครงสร้างและระบบส่งกำลังของตัวหุ่นยนต์	4
บทที่ 4	ส่วนขับเคลื่อน	8
	4.1 วงจรใช้งานและการออกแบบ	15
บทที่ 5	ส่วนตรวจสอบสภาวะรอบข้าง	21
	5.1.1 ส่วนส่งสัญญาณ	22
	5.1.2 วงจรใช้งานและการออกแบบ	26
	5.2.1 ส่วนรับสัญญาณ	27
	5.2.2 วงจรใช้งานและการออกแบบ	30
	5.3.1 ส่วนเปรียบเทียบและสร้างรหัส	31
	6.3.2 วงจรใช้งานและการออกแบบ	33
บทที่ 6	ส่วนควบคุมการทำงาน	36
บทที่ 7	โปรแกรมการทำงาน	42
บทที่ 8	การทดลองและผลการทดลอง	72
บทที่ 9	วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง	73

กิตติกรรมประกาศ

หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันยิ่งนับวันหุ่นยนต์ก็จะยิ่งเป็นส่วนสำคัญต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์ โดยหุ่นยนต์จะเข้ามาเกี่ยวข้องในส่วนต่าง ๆ เช่น ในการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม หรือในการทำงานที่อันตรายแทนมนุษย์ หุ่นยนต์ต่าง ๆ เหล่านี้จะทำงานด้วยโปรแกรมที่เก็บไว้ หรืออาจทำงานด้วยการควบคุมจากชุดควบคุมโดยมนุษย์

โครงงานนี้เป็นเรื่องเกี่ยวกับหุ่นยนต์ ซึ่งจะเน้นถึงการสร้างหุ่นยนต์ที่สามารถรับรู้สภาวะรอบ ๆ ตัว และสามารถที่จะตัดสินใจในทิศทางของการเคลื่อนที่เองได้ โดยหุ่นยนต์จะเป็นหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ในแนวราบ ที่ถูกขับเคลื่อนด้วยสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (STEPPING MOTOR) การรับรู้ การตัดสินใจ และการขับเคลื่อนจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ (MICROPROCESSOR) มาควบคุมทั้งหมด

การจำลองการทำงานของหุ่นยนต์จะทำโดยสร้างเขาวงกตขึ้นมาแล้วปล่อยให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าไปในเขาวงกต โดยให้หุ่นยนต์ตัดสินใจและเคลื่อนที่หาทางออกจากเขาวงกตนั้นเอง การทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ ตัดสินใจ และทำอะไรต่าง ๆ ได้เองนั้น ทำได้โดยอาศัยโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำมาควบคุม

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้กล่าวถึงหุ่นยนต์โดยทั่ว ๆ ไป ซึ่งจะกล่าวถึงความเป็นมา ลักษณะของหุ่นยนต์ที่ออกแบบ ซึ่งจะรวมถึงโครงสร้างของตัวหุ่นฮาร์ดแวร์ (HARDWARE) และซอฟแวร์ (SOFTWARE) ที่ได้สร้างขึ้นและได้กล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและการแก้ไข เพื่อเป็นต้นแบบของการสร้างและพัฒนาในคราวต่อไป

บทที่ 2

โดยทั่วไปของหุ่นยนต์

คำว่า "ROBOT" นั้น ได้ถูกตั้งขึ้นมาเมื่อปี 1921 โดย KAREL CAPEK คนเขียนบทละครชาวเชคโกสโลวาเกียในเรื่อง ROSSUM'S UNIVERSAL ROBOT โดยคำว่า ROBOT ย่อมาจากภาษาเชคโกซึ่งแปลว่า คนงาน โดยในเรื่องเป็นเรื่องเกี่ยวกับนักวิทยาศาสตร์สมองใสชื่อว่า ROSSUM ได้สร้างหุ่นยนต์จำนวนมากเพื่อช่วยมนุษย์ในการทำงาน หุ่นยนต์ของเขาทำงานได้อย่างมหัศจรรย์ในตอนแรก แต่ในตอนสุดท้ายหลังจากหุ่นยนต์มีความคิด มีอารมณ์ มีความรู้สึก หุ่นยนต์จึงเริ่มได้ถูกนำมาใช้ในสงครามเพื่อทำลายล้างมนุษย์

จากในอดีตที่ผ่านมา หุ่นยนต์ได้ถูกสร้างขึ้นมาแล้วมากมาย โดยที่หุ่นยนต์แต่ละตัวที่ได้สร้างขึ้นมานั้น มีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน เช่น ในสมัยโบราณหุ่นยนต์ส่วนมากจะถูกสร้างขึ้นเพื่อแสดงความสามารถ เช่น เล่นดนตรี หรือให้ทำงานง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน เช่น ใช้สำหรับเคาะนาฬิกาบอกเวลา หุ่นยนต์ต่าง ๆ เหล่านี้จะขับเคลื่อนด้วยลานสปริง ซึ่งกลไกต่าง ๆ จะซับซ้อนมาก

ในปัจจุบัน หุ่นยนต์ต่าง ๆ ที่ได้ถูกสร้างขึ้นมาส่วนมากจะมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรม หรือใช้ทำงานที่อันตรายแทนมนุษย์ การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะถูกควบคุมด้วยวงจรอิเลคทรอนิคส์ ซึ่งจะทำให้สามารถควบคุม และสร้างได้ง่าย ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ จะทำให้หุ่นยนต์เหล่านี้มีความจำ มีการตัดสินใจ และการยอมรับที่ดีกว่าคน แต่ก็ยังคงมีข้อยกเว้นในเรื่องความรู้สึกและระบบประสาท แต่ถึงอย่างไรก็ตามหุ่นยนต์เหล่านี้ก็ยังต้องถูกควบคุมโดยโปรแกรมที่อัดไว้ก่อน หรือใช้ควบคุมโดยรีโมทคอนโทรลนั่นเอง ในช่วงเวลาข้างหน้าอาจเป็นไปได้ว่างานในโรงงานอุตสาหกรรม และในร้านค้าทั้งหมดจะถูกกระทำโดยแรงงานของหุ่นยนต์ และในที่สุดหุ่นยนต์ก็จะปรากฏเป็นเครื่องมือประจำบ้านทั่ว ๆ ไป

โดยทั่วไปแล้วจะสามารถมองหุ่นยนต์ได้เป็น 2 พวก คือ หุ่นยนต์ทางอุตสาหกรรม และหุ่นยนต์ทางวิทยาศาสตร์ การศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์นั้นจะมีจุดมุ่งหมายเพื่อแก้ปัญหาพื้นฐานของการรับรู้ ความรู้สึก การควบคุมและการตัดสินใจของหุ่นยนต์ หุ่นยนต์ทางอุตสาหกรรมโดยส่วนมากจะทำงานเฉพาะอย่างที่ซ้ำ ๆ กัน เช่น การหยิบแล้ววาง ซึ่งเป็นความสามารถง่าย ๆ ของชนิดการเคลื่อนที่นี้ โดยหุ่นยนต์เหล่านี้จะไม่สามารถรับรู้สภาวะในรอบ ๆ ตัวมันเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเริ่มทำงานมันจะทำงานตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ และเมื่อโปรแกรมทำงานระบบควบคุมจะบังคับแต่ละข้อต่อให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่บันทึกไว้ในแต่ละขั้นตอน โดยหุ่นยนต์จะทำงานวนรอบซ้ำโปรแกรมไปเรื่อย ๆ โดยเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งด้วยเวลาที่คงที่ ซึ่งหุ่นยนต์พวกนี้ส่วนมากมีโปรแกรมตั้งไว้ไม่กี่ร้อยขั้นตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

โครงสร้างและระบบส่งกำลังของตัวหุ่นยนต์

โครงสร้าง

ลักษณะของตัวหุ่นยนต์จะต้องมีขนาดกระทัดรัด แข็งแรง น้ำหนักเบา และสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระคล่องตัว โครงสร้างทั้งหมดจึงทำด้วยอลูมิเนียม ซึ่งการเลือกใช้อลูมิเนียมนั้นมีข้อดีอยู่หลายอย่างคือ

- มีน้ำหนักเบา และมีความสวยงาม
- ไม่เป็นสนิม ทำให้ดูแลรักษาง่าย
- มีความทนทานต่อการกัดกร่อน
- สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ง่าย

ระบบส่งกำลังและการขับเคลื่อน

การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะใช้การส่งกำลังจากสเต็ปปิ้งมอเตอร์ผ่านเฟืองมายังล้อ การขับเคลื่อนจะขับเคลื่อนแบบ 2 ล้อ และมีล้อช่วยพยุงอีก 2 ล้อ โดยทุกล้อจะเป็นอิสระต่อกัน ที่แกนของล้อขับเคลื่อนจะมีแบริ่งรองรับอยู่เพื่อลดแรงเสียดทานทำให้สามารถหมุนได้คล่องตัวขึ้น

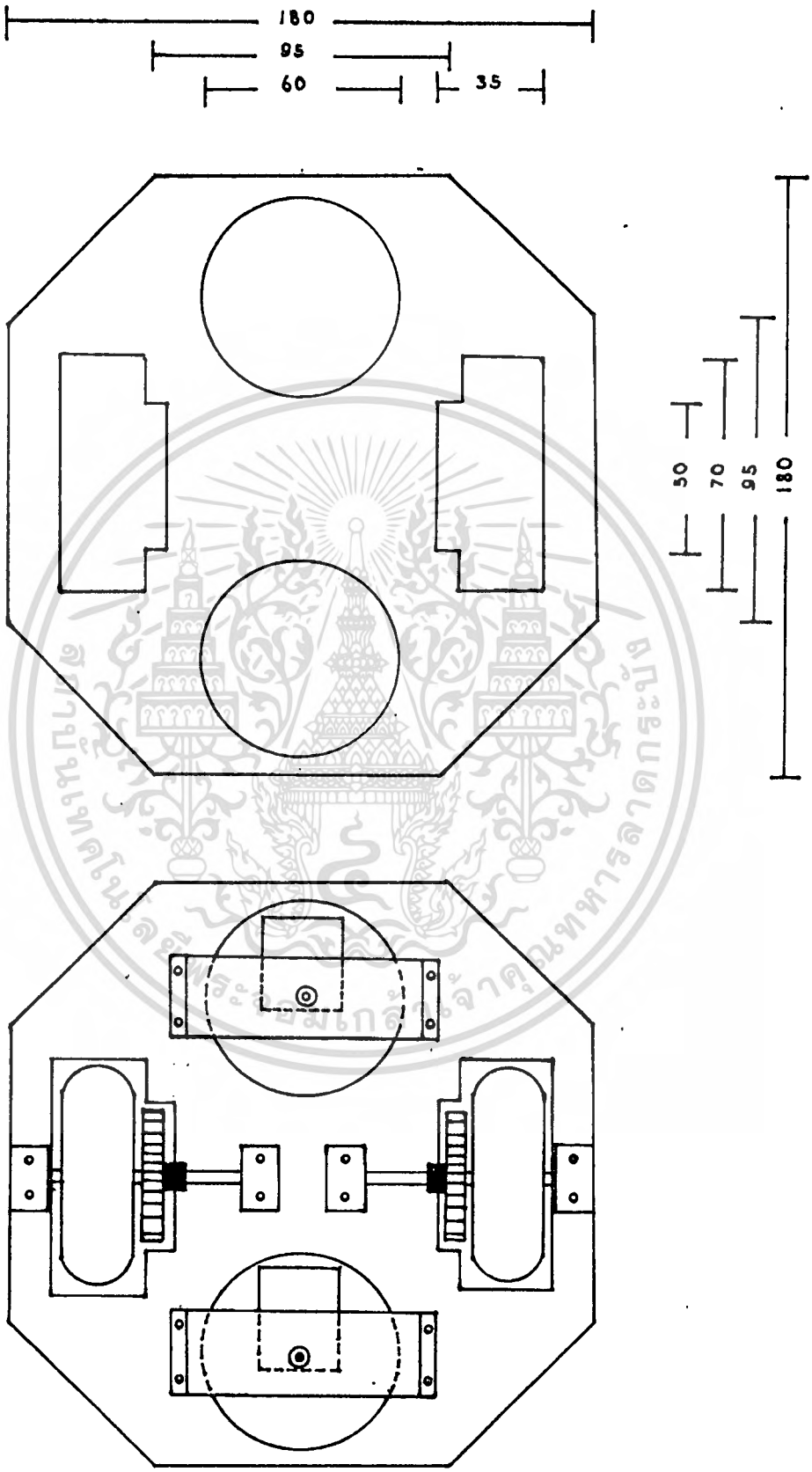
การเลือกใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์มาเป็นตัวส่งกำลังทำให้สามารถควบคุมระยะทางทิศทางเคลื่อนที่ตำแหน่งในการหยุด ได้แน่นอนกว่าการใช้ดีซีมอเตอร์ธรรมดา การให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ทำงานได้นั้นก็เพียงแต่จ่ายสัญญาณพัลส์ (PULSE) ให้แก่เฟสต่าง ๆ ของมอเตอร์ ซึ่งเราจะใช้จำนวนพัลส์และลำดับในการจ่ายพัลส์ให้แก่เฟสต่าง ๆ มาเป็นตัวกำหนดทิศทาง (DIRECTION) และจำนวนสเต็ป (STEP) ในการหมุนของมอเตอร์ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้เป็นแบบ 4 เฟส 3.6 $^{\circ}$ องศาต่อการหมุน 1 สเต็ป

ส่วนเฟืองจะเป็นเฟืองพลาสติกขบกันระหว่างแกนมอเตอร์กับแกนล้อ เฟืองพลาสติกจะช่วยลดเสียงดังที่เกิดจากการหมุนได้มากกว่าเฟืองโลหะ แต่ถึงอย่างไรก็ตามเฟืองก็ยังคงมีข้อเสียคือ การติดตั้งต้องมีความแม่นยำสูงมาก เพราะถ้าไม่ติดตั้งให้มีความแม่นยำแล้วจะมีการขัดกันเกิดขึ้นในเฟือง ซึ่งจะมีผลทำให้ระบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์มีปัญหาเกิดขึ้น และอีกประการหนึ่งก็คือ ความสะดวกในการติดตั้งนั้นมีน้อยและไม่สามารถเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขได้

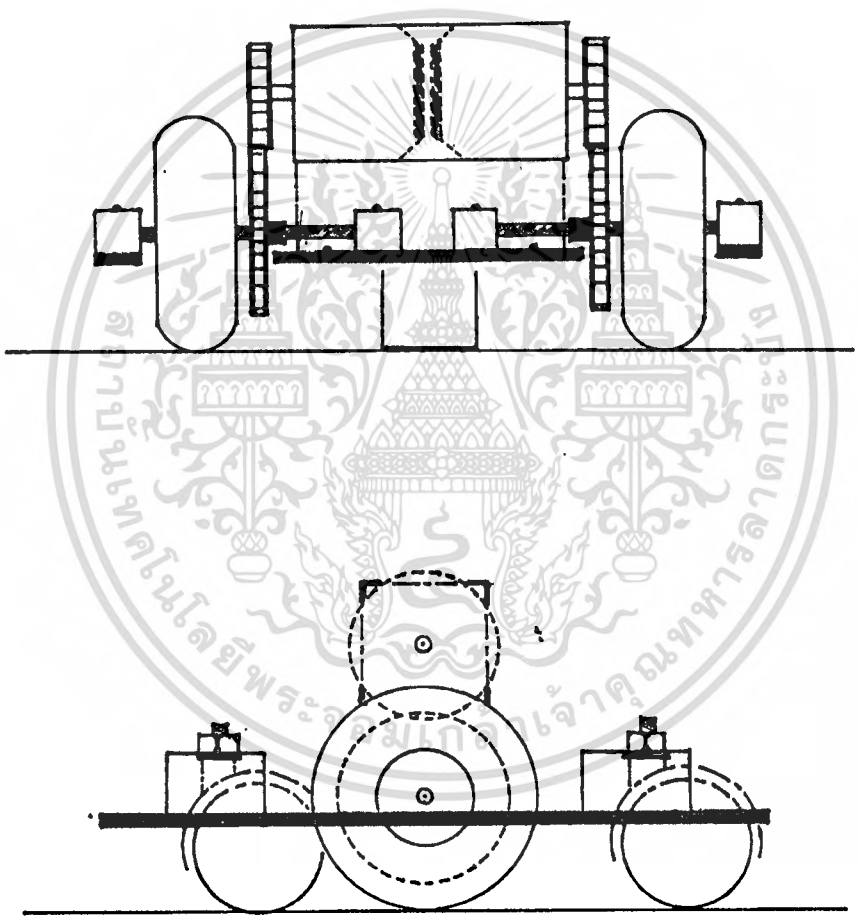
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบส่งกำลังและโครงสร้างของตัวหุ่นยนต์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างและระบบส่งกำลังของตัวหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ส่วนขับเคลื่อน

ในส่วนนี้จะมีอุปกรณ์ที่สำคัญต่อการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์คือ สเต็ปปิ้งมอเตอร์

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าแบบพิเศษซึ่งเมื่อป้อนไฟ DC. ให้กับขดสเตเตอร์ (STATOR) จะเกิดแรงผลักต่อโรเตอร์ (ROTOR) ด้วย อิเลคโตรแมกเนติกฟอสซ์ (ELECTRO-MAGNATIC FORCE) จะทำให้มอเตอร์หมุนด้วยค่าของสเต็ปแอ็งเกิล (STEP ANGLE) บางครั้งเราเรียกมอเตอร์แบบนี้ว่า พัลส์มอเตอร์ (PULSE MOTOR) โดยคุณสมบัติของสเต็ปปิ้งมอเตอร์มีดังนี้

1. การหมุนของมอเตอร์จะเป็นสเต็ป (เป็นขั้น ๆ) สเต็ปละกี่องศาขึ้นกับชนิดของมอเตอร์ ความเร็วในการหมุนขึ้นอยู่กับสัญญาณพัลส์ที่ให้เข้ามาทางอินพุทของมอเตอร์

2. ความผิดพลาดในการหมุน 1 สเต็ปมีค่าน้อยมาก

3. คุณสมบัติของการตอบสนองในขณะที่มอเตอร์เริ่มทำงานหรือหยุดทำงานดีมาก

4. เนื่องจากไม่มีแปลงถ่าน (คอมมิวเตเตอร์) เหมือนกับมอเตอร์ในระบบ DC. ดังนั้นจึงมีความแน่นอนในการทำงานสูง

5. แหล่งจ่ายแรงดันที่ใช้ขับมอเตอร์มีค่าไม่มาก

6. ไม่ทำให้เกิดเสียงรบกวนและการสั่นได้ง่ายนัก

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ แบบที่ใช้กันส่วนมากมีอยู่ 3 ชนิด คือ

1. แบบ VARIABLE RELUCTANCE (VR) ลักษณะของโรเตอร์เป็นแบบ GEAR-SHAPED และทำด้วยเหล็กอ่อน

2. แบบ PERMANENT MAGNET (PM) โรเตอร์จะทำจากเพอร์มาแนนท์ แมกเนท จึงทำให้เกิด โฮลดิ้งทอร์ค (HOLDING TORQUE) แม้ว่าไม่มีการเอ็กซิเตชั่น (EXCITATION)

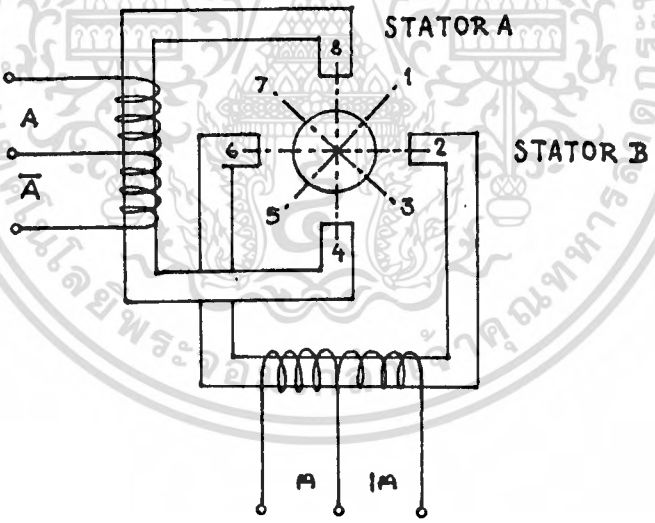
3. แบบ HYBRID เป็นแบบที่เกิดจากการนำสองแบบแรกมารวมกัน บางครั้งจะเรียกแบบนี้ว่า STEY-SYN

สเต็ปปิ้งมอเตอร์เปรียบเสมือน ELECTROMACHANICAL TRANSDUCER ที่มีอินพุทเป็นกลุ่มของ ไบนารี่โวลเตจ (BINARY VOLTAGE) และเอาท์พุทเป็นลักษณะของการเคลื่อนที่ในเชิงมุมเป็นสเต็ป ด้วยลักษณะการเคลื่อนที่ดังกล่าวสเต็ปปิ้งมอเตอร์จึงได้รับการนำมาประยุกต์ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่าง ๆ เช่น เป็นตัว CARRIAGE FEED และ SPACE FEED ในเครื่องพิมพ์ X-Y พลอต-เตอร์ จนกระทั่งถึงหุ่นยนต์ โดยขนาดของสเต็ปจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.1 องศา ถึง 30 องศา ซึ่งโครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ยังมีลักษณะแตกต่างกันออกไปหลายชนิดดังนี้คือ

1. แบบ SOLINOID - RACHET
2. แบบ VARIABLE RELUCTANCE (VR)
3. แบบ PERMANENT MAGNET (PM)
4. แบบ HYBRID (SYNCHRONOUS INDUCTOR)
5. แบบ ELECTROMECHANICAL
6. แบบ ELECTROHYDROLIC



รูปที่ 4.1 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ 4 เฟส

UNIPOLAR PERMANENT MAGNET

<u>ระบบการเกิดสนามแม่เหล็ก</u>

จากคุณสมบัติพื้นฐานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ คุณสมบัติทางด้านสเตติกส์ (STATIC) ของตัวมอเตอร์ ส่วนคุณสมบัติของการหมุน คุณสมบัติของทรานเซียน (TRANSIENT) จะเปลี่ยนแปลงอย่างมากตามระบบการเกิดสนามแม่เหล็ก ระบบการขับและโครงสร้างของวงจรที่เอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการเกิดสนามแม่เหล็กของสเต็ปปิ้งมอเตอร์มีอยู่ด้วยกัน 3 ระบบ คือ

1. ระบบการให้เกิดสนามแม่เหล็กเฟสเดียว (1-EXCITATION)
2. ระบบการให้เกิดสนามแม่เหล็ก 2 เฟส (2-EXCITATION)
3. ระบบการให้เกิดสนามแม่เหล็ก 1-2 เฟส (1-2 EXCITATION)

ระบบการเกิดสนามแม่เหล็ก 1 เฟส ตามธรรมดาเป็นระบบที่ให้กระแสไหลผ่านเพียงเฟสเดียว ระบบนี้จะมีประสิทธิภาพมากแต่เนื่องจากคุณสมบัติของการแดมปิ้ง (DAMPING) ไม่ค่อยดี ดังนั้นจะใช้งานในย่านความถี่ที่เหมาะสมได้ดีเท่านั้น ในกรณีที่ใช้ในช่วงพัลส์เรต (PULSE RATE) ที่กว้าง จะต้องพิจารณาบริเวณที่จะเกิดการออสซิเลท (OSCILATE)

ระบบการเกิดสนามแม่เหล็ก 2 เฟส ระบบนี้จะให้กระแสไหลผ่าน 2 เฟส เป็นระบบที่ใช้กันอย่างกว้างขวางเมื่อเปรียบเทียบกับแบบแรกแล้ว จะใช้อินพุท 2 เท่า คุณสมบัติทางด้านแดมปิ้งจะดีกว่าแบบแรก

ระบบการเกิดสนามแม่เหล็ก 1-2 เฟส แบบนี้จะให้กระแสไหลผ่านเฟสเดียวและ 2 เฟส สลับกันไป คุณสมบัติพิเศษของระบบนี้ก็คือ จะให้จำนวนการสเต็ปของมอเตอร์ลดลงครึ่งหนึ่งของในระบบ 1 เฟส และ 2 เฟส ด้วยเหตุนี้จำนวนรีโซลูชั่น (RESOLUTION) ของการสเต็ปจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า และในกรณีของระบบ 1 เฟสกับ 2 เฟส ที่ความถี่หนึ่งซึ่งให้การทำงานที่เกิดการออสซิเลทและเกิดเสียงดัง ในระบบนี้จะลดข้อเสียที่เกิดขึ้นนี้ แต่ข้อเสียของระบบนี้คือความหนาแน่นของการสเต็ปจะไม่ค่อยดี

STEP / PHASE	1	2	3	4	1
Ø1	0	0	0	1	0
Ø2	1	0	0	0	1
Ø3	0	1	0	0	0
Ø4	0	0	1	0	0
ทวนเข็ม	→	→	→	→	→
ตามเข็ม	←	←	←	←	←

ตารางที่ 4.1 การให้เกิดสนามแม่เหล็กแบบ 1 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STEP / PHASE	1	2	3	4	1
Ø1	1	0	0	1	1
Ø2	1	1	0	0	1.
Ø3	0	1	1	0	0
Ø4	0	0	1	1	0
ทวนเข็ม	→	→	→	→	→
ตามเข็ม	←	←	←	←	←

ตารางที่ 4.2 การให้เกิดสนามแม่เหล็กแบบ 2 เฟส

STEP / PHASE	1	2	3	4	5	6	7	8	1
Ø1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
Ø2	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Ø3	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Ø4	0	0	0	0	0	1	1	1	0
ทวนเข็ม	→	→	→	→	→	→	→	→	→
ตามเข็ม	←	←	←	←	←	←	←	←	←

ตารางที่ 4.3 การให้เกิดสนามแม่เหล็กแบบ 1-2 เฟส

<u>โหมดการทำงาน</u>

โดยทั่วไปจะสามารถแบ่งโหมดการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์จากลักษณะการหมุนได้ 2 แบบ คือ

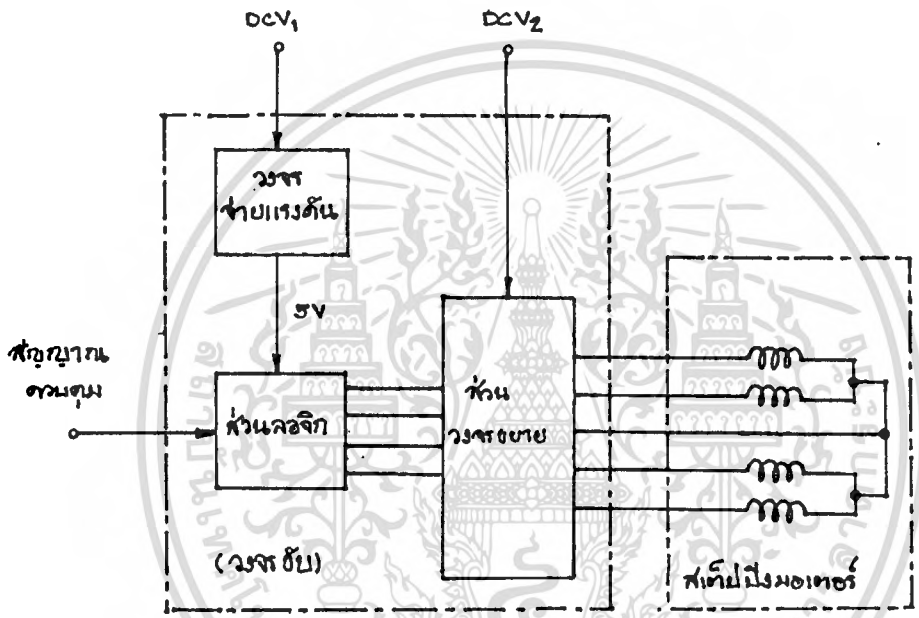
1. <u>ฟูลสเต็ป</u> (FULL STEP MODE) แบบนี้ 1 เฟส บนแต่ละขดของสเตเตอร์จะถูกกระตุ้น (ENERGISED) ที่เวลาหนึ่ง ๆ โรเตอร์จะหมุน "ฟูลสเต็ป" นั่นคือจากรูป 4.1 จะหมุนจากตำแหน่งที่ 1 ไปยังตำแหน่งที่ 3, 5, 7 และกับไปทวนซ้ำตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 อีก

2. <u>ฮาฟสเต็ป</u> (HALF STEP MODE) แบบนี้ทุก ๆ สเต็ปที่ 2 จะมีเพียงเฟสเดียวที่ถูกกระตุ้น (ENERGISED) และระหว่างสเต็ปอื่น ๆ จะเป็น 2 เฟสบนขดสเตเตอร์ โรเตอร์จะหมุน "ฮาฟสเต็ป" นั่นคือหมุนจากตำแหน่งที่ 1 ไปยังตำแหน่งที่ 2, 3, 4, 5 และกลับไปทวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซ้ำอีก การขับเคลื่อนแบบฮาฟสเต็ป จะมี " WEAKER STEP " ทุก ๆ ตำแหน่งที่ 2 (2, 4, 6, 8) เพราะว่ามีเพียงเฟสเดียวที่ถูกกระตุ้น

วงจรขับ (DRIVER CIRCUIT)



รูปที่ 4.2 บล็อกไดอะแกรมของวงจรขับมอเตอร์

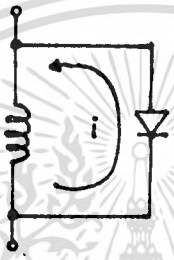
บล็อกไดอะแกรมของวงจรขับดังแสดงในรูป เมื่อได้รับสัญญาณ CLK แล้ว ก็จะถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณลอจิกเพื่อให้ได้ตามที่ระบบการเกิดสนามแม่เหล็กตามที่ต้องการที่ส่วนของวงจรลอจิก วงจรส่วนออสซิเลเตอร์แรงดัน (VOLTAGE OSCILATOR) จะทำการควบคุมให้ได้ค่าของแรงดันไฟอยู่ในช่วง 5 โวลท์ ไปทำการควบคุมส่วนลอจิก ส่วนของสัญญาณลอจิกจะถูกขยายขึ้นเพื่อทำให้เป็นสวิทช์ไปขับมอเตอร์

เพื่อต้องการลักษณะการทำงานที่ดีจากสเต็ปปิ้งมอเตอร์ เฟสจะต้องได้รับการกระตุ้นอย่างรวดเร็วเมื่อจ่ายไฟให้ และจะต้องหยุดสภาวะการกระตุ้น (DEENERGISED) อย่างรวดเร็วเมื่อหยุดจ่ายไฟให้ นั่นคือกระแสเฟสจะต้องเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็วในขณะที่ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

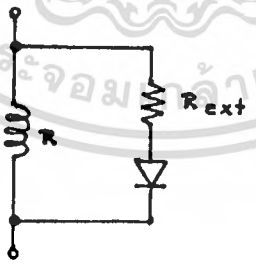
เมื่อหยุดป้อนกระแสเฟสจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำ (INDUCE HIGH VOLTAGE SPIKE) ซึ่งจะสร้างความเสียหายให้กับวงจรขับได้ถ้าไม่ได้รับการป้องกันที่ถูกต้อง มีวงจรป้องกัน (TURN OFF CIRCUIT T.O.C.) ต่าง ๆ ที่สามารถนำมาใช้ได้ดังนี้

1. DIODE TURN OFF CIRCUIT



รูปที่ 4.3 วงจร DIODE TURN OFF CIRCUIT

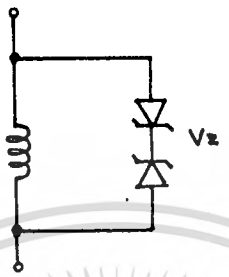
2. RESISTANCE TURN OFF CIRCUIT



รูปที่ 4.4 วงจร RESISTANCE TURN OFF CIRCUIT

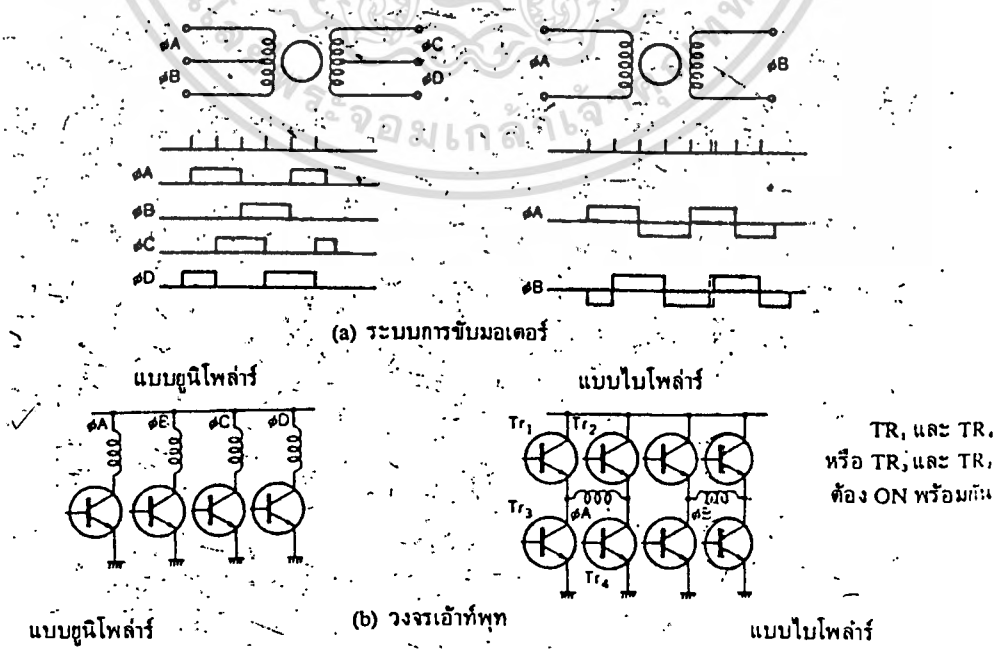
3. ZENER DIODE TURN OFF CIRCUIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 วงจร ZENER DIODE TURN OFF CIRCUIT

วิธีขับมอเตอร์นั้นมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิดคือ แบบไบโพล่าร์ (BIPOLAR DRIVE) และแบบยูนิโพล่าร์ (UNIPOLAR DRIVE) แบบไบโพล่าร์จะไม่มีจุดกึ่งกลางที่คอยล์ ให้กระแสไหลกลับไปกลับมาที่คอยล์ ส่วนแบบยูนิโพล่าร์จะมีจุดกึ่งกลางที่คอยล์ของขดลวดมอเตอร์จะให้ทิศทางการไหลของกระแสทางเดียว วิธีทั้งสองและข้อแตกต่างแสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงความแตกต่างระหว่างวงจรขับแบบยูนิโพล่าร์และแบบไบโพล่าร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

4.1 วงจรใช้งานและการออกแบบ

วงจรที่ใช้ควบคุมการให้กำเนิดสนามแม่เหล็กของหุ่นยนต์นี้เป็นแบบ 2 เฟส (2-EXCITATION) วงจรจะประกอบไปด้วย JK FLIP-FLOP และ X-OR GATE โดยที่ JK FLIP-FLOP จะเป็นตัวสร้างสัญญาณและส่งไปยังภาคขับเพื่อเป็นการสวิทช์ ให้มีกระแสไหลจากแหล่งจ่ายไปยังขดสเตเตอร์ของมอเตอร์ ส่วน X-OR GATE นั้น จะเป็นตัวจัดสภาวะอินพุทให้กับ JK FLIP-FLOP โดย X-OR GATE นี้ จะได้รับสัญญาณป้อนกลับมาจากเอาท์พุทของ JK FLIP-FLOP และสัญญาณควบคุมทิศทางการหมุน

วงจรขับจะใช้เป็นแบบยูนิโพล่าร์ โดยใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ BC 337 และวงจร TURN OFF CIRCUIT เป็นแบบ DIODE TURN OFF CIRCUIT

รายละเอียดของการออกแบบเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจร EXCITATION

NO.	P1	P2	P3	P4
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

ตารางที่ 4.4 สภาวะลอจิกของการให้เกิดสนามแม่เหล็กแบบ 2-EXCITATION

รายละเอียดของมอเตอร์ที่ใช้มีดังนี้

ขนาดของแรงดัน 12 V

ขนาดของกระแส 160 mA/เฟส

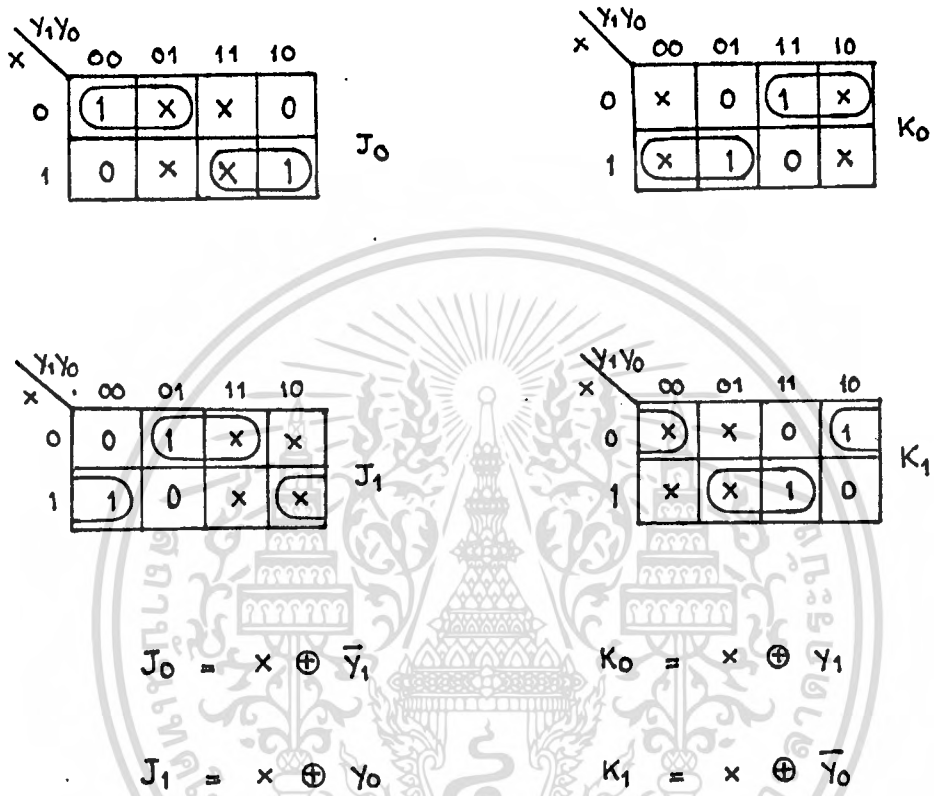
จำนวนองศาต่อสเต็ป 3.6 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศทาง	เอาท์พุท			
X	Y_1	Y_0	Y_1^{m+1}	Y_0^{m+1}
0	0	0	0	1
0	0	1	1	1
0	1	1	1	0
0	1	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	1	0	1
1	1	0	1	1

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงสภาวะต่าง ๆ ของ JK FLIP-FLOP ที่จะเกิดขึ้น

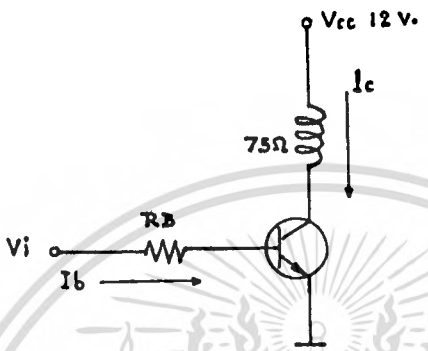
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงการแมพ (MAP) แต่ละอินพุทของฟลิปฟลอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>วงจรขับ</u>



รูปที่ 4.8 วงจรขับ

กระแส Ic = 160 mA

HFE ของทรานซิสเตอร์ = 100

HFE = Ic / Ib

100 = 160 mA / Ib

Ib = 1.6 mA

2 mA

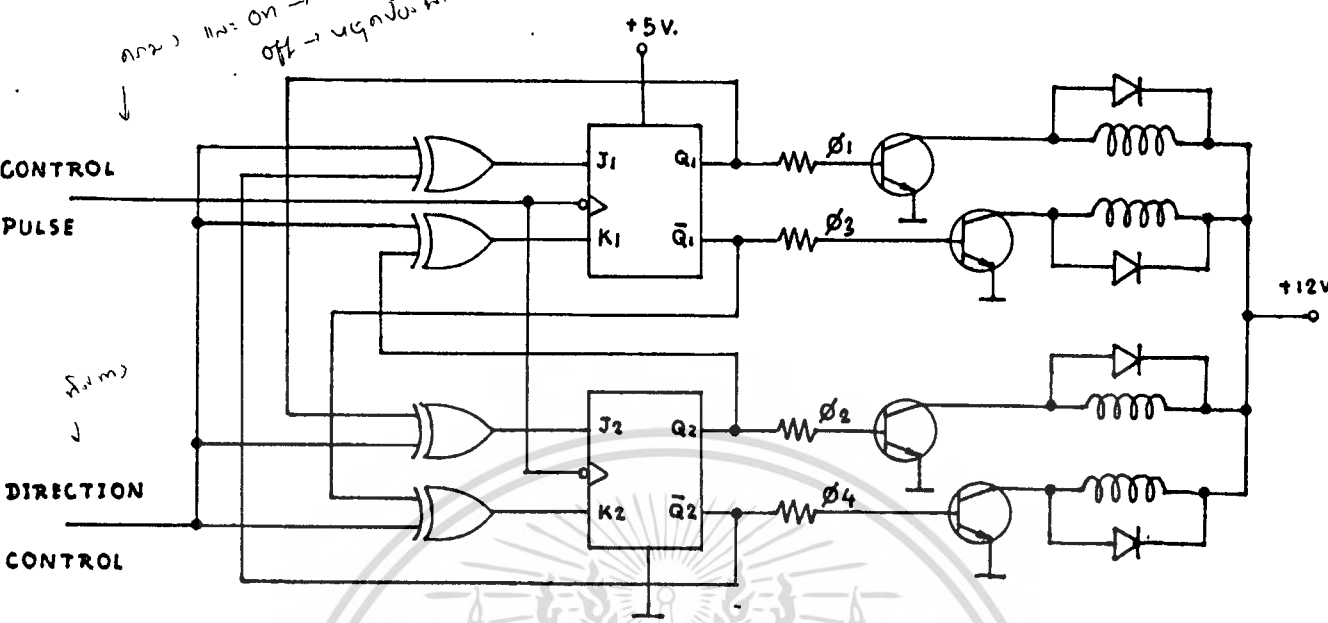
RB ≅ (Vi - Vbe) / Ib

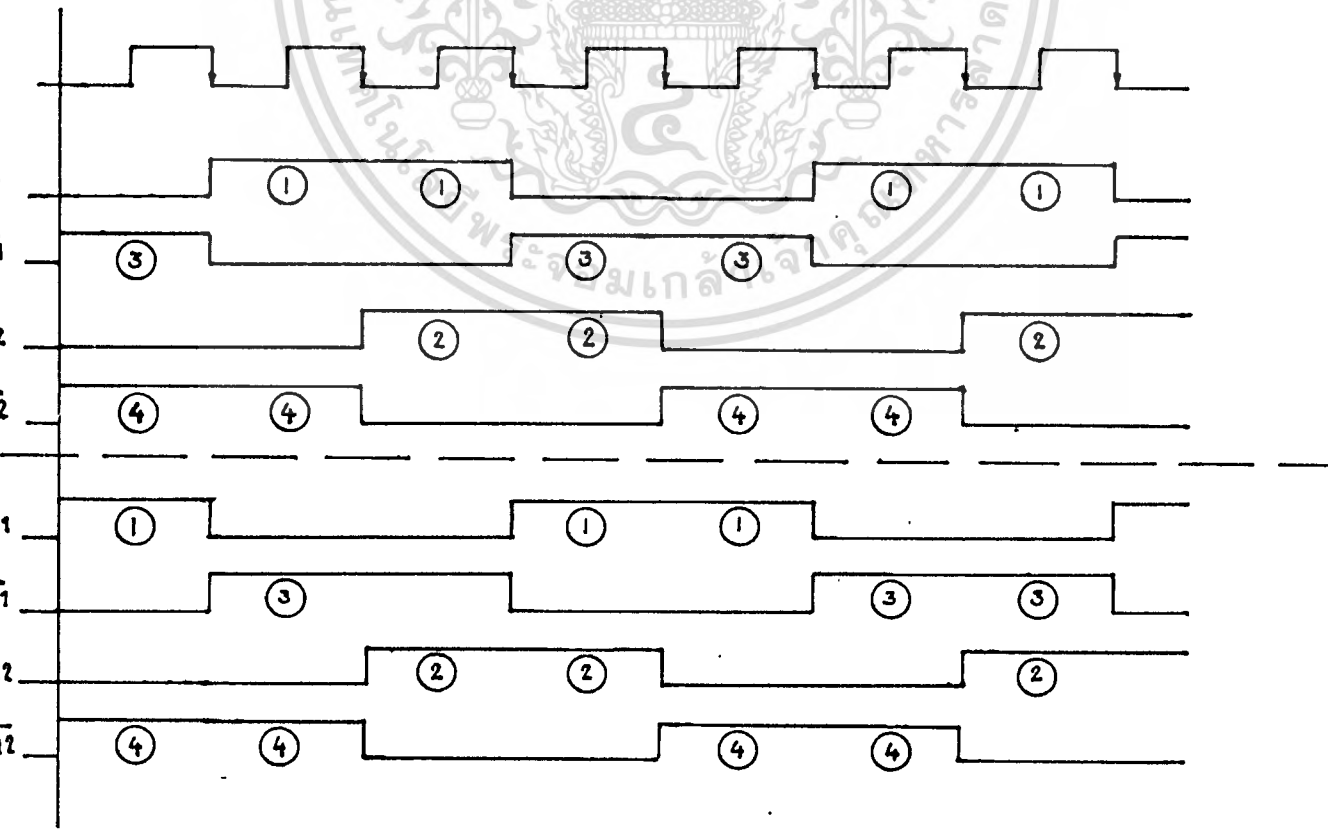
(3.4 V - 0.7 V) / 2 mA

1.35 K ohm

RB 1 K ohm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

ส่วนตรวจสอบสภาวะรอบข้าง (SENSOR)

ในส่วนนี้จะ เป็นส่วนที่สำคัญต่อการตัดสินใจ เคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ซึ่งหุ่นยนต์จะ เคลื่อนที่ไปโดยอาศัยข้อมูลจากสภาวะของผนัง คือ จะส่งสัญญาณไปตรวจสอบหาผนังช่องว่างที่จะ เคลื่อนที่ หากพบว่า เป็นช่องว่างก็จะ เคลื่อนที่ไปตามช่องว่างนั้นตามโปรแกรมตัดสินใจที่ เขียนไว้ ส่วนตรวจสอบสภาวะรอบข้างนี้จะวางไว้เพื่อตรวจสอบหาช่องว่างในทิศทางข้างหน้า ข้างซ้าย และข้างขวาของตัวหุ่นยนต์ วงจรจะประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- ส่วนส่งสัญญาณ
- ส่วนรับสัญญาณ
- ส่วน เปรียบ เทียบและสร้างรหัสข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.1 <u>ส่วนส่งสัญญาณ</u>

การส่งสัญญาณจำเป็นจะต้องอาศัยสัญญาณที่ส่งไปแล้วสามารถสะท้อนกลับมายังตัวรับสัญญาณ ดังนั้นวงจรส่วนนี้จะต้องสามารถส่งสัญญาณที่คงที่แน่นอนตลอดเวลาที่มีการตรวจสอบสภาวะรอบข้างของหุ่นยนต์ อุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติดังกล่าวมี 2 แบบ คือ

1. การใช้อุลตร้าโซนิค (ULTRASONIC)
2. การใช้อินฟราเรด (INFRARED)

<u>การใช้อุลตร้าโซนิค</u>

อุลตร้าโซนิค คือ คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิตซ์ อันเป็นย่านที่หูของมนุษย์ไม่ได้ยิน และมีระดับพลังงานต่ำมากเพียงไม่กี่มิลลิวัตต์เท่านั้น ความเร็วของคลื่นเสียงในตัวกลางจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของคลื่น ความหนาแน่น และคุณสมบัติการยืดหยุ่นของตัวกลางที่คลื่นเสียงนั้นผ่าน

ความเข้มของเสียง และระดับความดันของคลื่นเสียงจะถูกวัดในรูปของเดซิเบลล์ (DB) ตามสูตรดังนี้

$$i = 10 \log (I/Io)$$

เมื่อ i คือความเข้มของเสียงมีหน่วยเป็นเดซิเบลล์ (DB)

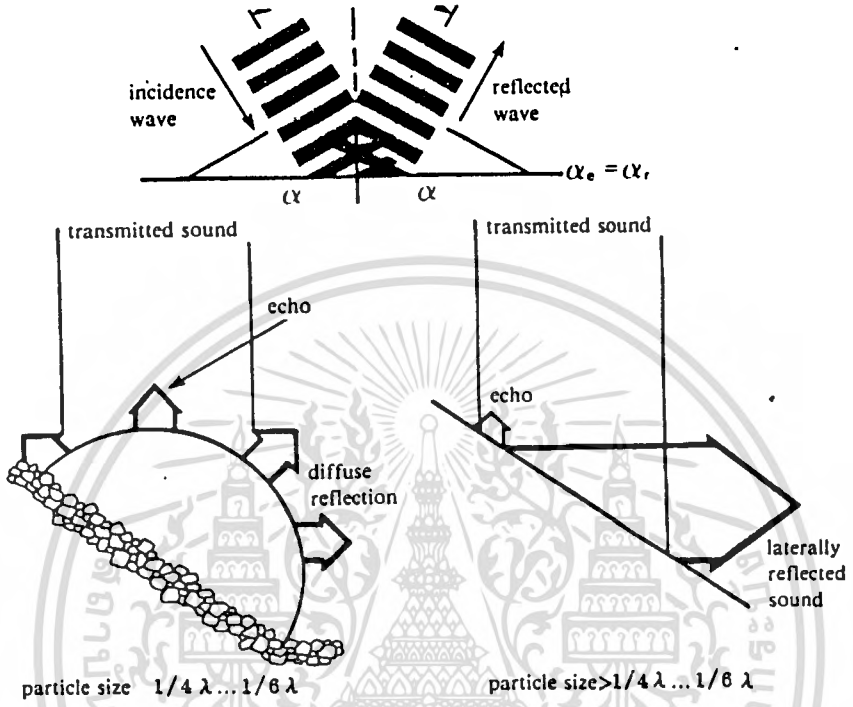
I คือความเข้มของเสียงที่วัดได้มีหน่วยเป็นวัตต์/ตารางเซนติเมตร

Io คือค่าความเข้มของเสียงอ้างอิงที่ความถี่ 1000 เฮิตซ์

เมื่อคลื่นเสียงวิ่งอยู่ในตัวกลางไปกระทบของแข็งเช่น กำแพง หรือผิวของของเหลว บางส่วนของคลื่นเสียงนั้นจะแทรกผ่านเข้าไปในสารนั้น ๆ ส่วนใหญ่จะสะท้อนกลับที่เรียกว่าเอคโค่ (ECHO) การสะท้อนของเสียงเหมือนกับการสะท้อนของแสง คือจะมีมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

ลักษณะของการสะท้อนของเสียงดังรูป 5.1 เมื่อเสียงกระทบกับของแข็งทรงกลม ทิศทางการสะท้อนก็จะขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบทำให้เสียงกระจายไปในทิศทางต่าง ๆ แต่สำหรับวัตถุผิวเรียบคลื่นเสียงที่มาตกกระทบส่วนใหญ่จะสะท้อนออกจากกระนาบนั้นอย่างมีระเบียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 การสะท้อนของคลื่นเสียง

ความเข้มของเสียงที่ออกจากแหล่งกำเนิด จะมีค่าลดลงไปตามระยะทางที่เสียงเดินผ่านและตัวกลางในการเดินทาง เช่น ฝุ่นละออง ไอน้ำ พลังงานเหล่านี้จะสูญเสียไปในรูปของพลังงานความร้อน อัตราการดูดซึมจะขึ้นกับสภาพของตัวกลางและความถี่ของคลื่นเสียงนั้น

<u>การใช้อินฟราเรด</u>

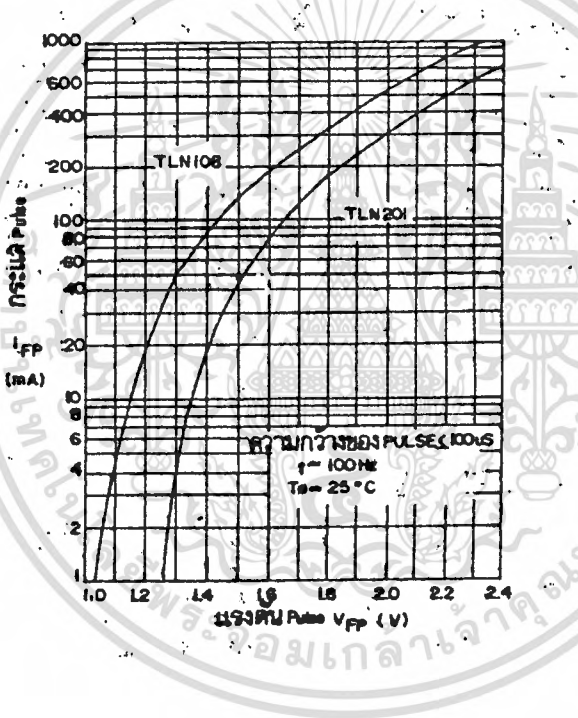
นอกเหนือจากไดโอดเปล่งแสง (LIGH EMITTING DIODE LED) ที่ใช้ประโยชน์ในการเปล่งแสงที่ตามนุษย์สามารถมองเห็น เพื่อใช้เตือนหรือแสดงผลของวงจรอิเลคทรอนิคส์แล้ว ไดโอดเปล่งแสงอีกชนิดหนึ่งซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างจากไดโอดเปล่งแสงธรรมดา คือ จะเปล่งแสงในย่านความถี่ที่ต่ำกว่าแสงสีแดง หรืออินฟราเรดซึ่งมองไม่เห็น

ไดโอดเปล่งแสงชนิดนี้ทำจาก GaAs หรือ GaAlAs ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดที่ทำจาก GaAs จะให้แสงที่มีความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร ในขณะที่ถ้าทำจาก GaAlAs แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้แสงที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่าเล็กน้อย คือ 880 นาโนเมตร

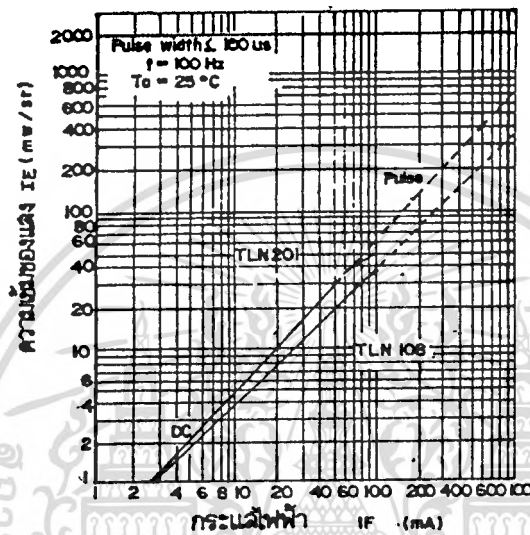
ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดมีคุณสมบัติคล้ายไดโอดเปล่งแสงธรรมดามาก แต่คุณสมบัติเมื่อถูกไบอัส (BIAS) ตรงนั้น ในขณะที่ไดโอดเปล่งแสงธรรมดาทนแรงดันไฟฟ้าในการไบอัสตรงได้ในช่วง 1.7 ถึงประมาณ 2 โวลท์ ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดทนแรงดันไฟฟ้าได้ในช่วงที่ต่ำกว่าเล็กน้อย คือ 1 ถึง 1.6 โวลท์เท่านั้นดังแสดงในรูป 5.2



รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ IFP และ VFP

ในขณะที่ถูกไบอัสกลับไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด จะทนแรงดันไฟฟ้าที่มาไบอัสกลับได้เพียงไม่กี่โวลท์เท่านั้น จุดเด่นของไดโอดแบบนี้อยู่ที่คุณสมบัติในการแพร่กระจายของแสงนี่เอง เมื่อเปรียบเทียบกับไดโอดเปล่งแสงธรรมดา ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดจะกระจายแสงที่มีความเข้มมากน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของกระแสที่ไหลผ่าน ถ้ากระแสไหลผ่านมากก็จะให้แสงอินฟราเรดที่มีความเข้มมาก ดังแสดงความสัมพันธ์ในรูป 5.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ Ie และ If

คุณสมบัติอีกอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญได้แก่ ความสัมพันธ์กับอุณหภูมิไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิเช่นเดียวกับไดโอดเปล่งแสงธรรมดาคือ จะมีค่าเปลี่ยนแปลงประมาณ -1% ต่อองศาเซนติเกรดจึงต้องพิจารณาส่วนนี้ประกอบด้วย

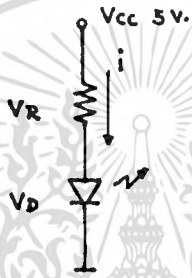
สำหรับในโครงงานนี้ได้เลือกใช้ส่วนส่งสัญญาณแบบอินฟราเรด ตัวอินฟราเรดนั้นจะเป็น LED ที่ต้องการไปเลี้ยงประมาณ 1.5 โวลท์ ซึ่งเมื่อจ่ายแรงดันไบอัสตรงให้แล้ว LED ก็จะส่งคลื่นอินฟราเรดออกไปเหมือนกับการใช้งาน LED ธรรมดา การใช้อินฟราเรดจะมีข้อดีกว่าการใช้อุลตร้าโซนิค คือ

- ป้องกันการรบกวนจากสัญญาณรบกวนต่าง ๆ ได้ดีกว่า เช่น จากมอเตอร์
- สามารถป้องกันการสอดแทรกต่าง ๆ (HARMONIC) ได้ดี
- วงจรสร้างได้ง่าย
- ใช้กับแรงดันต่ำ
- ขนาดกระทัดรัด ติดตั้งง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 <u>วงจรใช้งานและการออกแบบ</u>

การใช้งานจะให้ตัวอินฟราเรด LED ทำงานอยู่ตลอดเวลา แต่การตรวจสอบสภาวะจะทำเป็นช่วง ๆ ดังนั้น วงจรในส่วนนี้จะสามารถทำได้ง่าย ๆ เพียงต่ออินฟราเรด LED กับแหล่งจ่ายไฟไว้เท่านั้น ดังแสดงในรูป 5.4 พร้อมกับการคำนวณต่าง ๆ จะเป็นดังนี้



รูปที่ 5.4 วงจรส่วนส่งสัญญาณ

Vcc	=	5 V
Vd	=	1.5 V
i	=	20 mA
VR	=	Vcc-Vd
	=	5 V-1.5 V
	=	3.5 V
R	=	VR/i
	=	3.5 V/20 mA
	=	175 ohm
R		180 ohm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

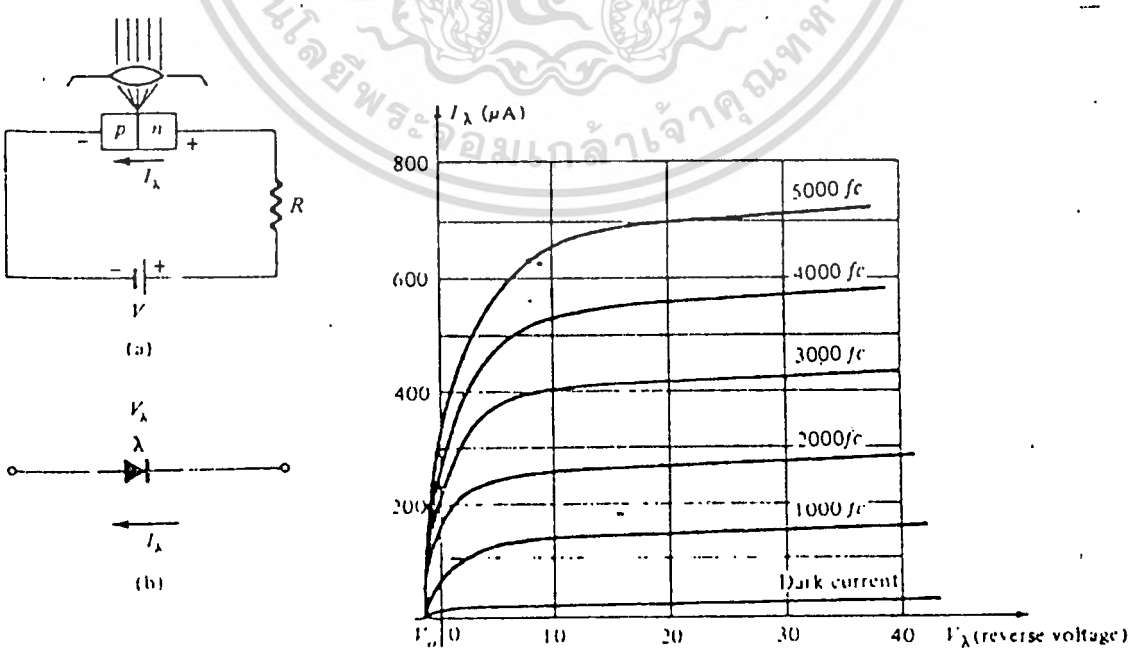
5.2.1 <u>ส่วนรับสัญญาณ</u>

ในส่วนรับสัญญาณจะต้องสามารถรับสัญญาณอินฟราเรดที่สะท้อนมาได้อุปกรณ์ที่สามารถรับสัญญาณอินฟราเรดได้นั้นมีดังนี้

1. โฟโต้ไดโอด (PHOTO DIODE)
2. โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (PHOTO TRANSISTOR)

<u>โฟโต้ไดโอด</u> (PHOTO DIODE)

โฟโต้ไดโอด เป็นอุปกรณ์ที่งตัวนำทำจาก P-N JUNCTION เช่นเดียวกับไดโอดธรรมดา โฟโต้ไดโอดนี้จะทำงานก็ต่อเมื่อได้รับแสงสว่างมาตกกระทบตรงบริเวณรอยต่อ แม้จะเพียงเล็กน้อยก็ตามก็จะทำให้โฟโต้ไดโอดทำงานได้ ปกติรอยต่อจะมีพื้นที่รับแสงน้อยมาก ดังนั้นจึงมีโครงสร้างด้านหน้าที่ทำเป็นเลนซ์ เพื่อที่จะรวมแสงให้มาตกกระทบที่บริเวณรอยต่อ P-N JUNCTION เริ่มแรกโฟโต้ไดโอดจะทำจากสารเยอรมันเนี่ยม (GERMANIUM) แต่ในปัจจุบันทำจากสารซิลิคอน (SILICON) คุณลักษณะจะแสดงดังรูป 5.5

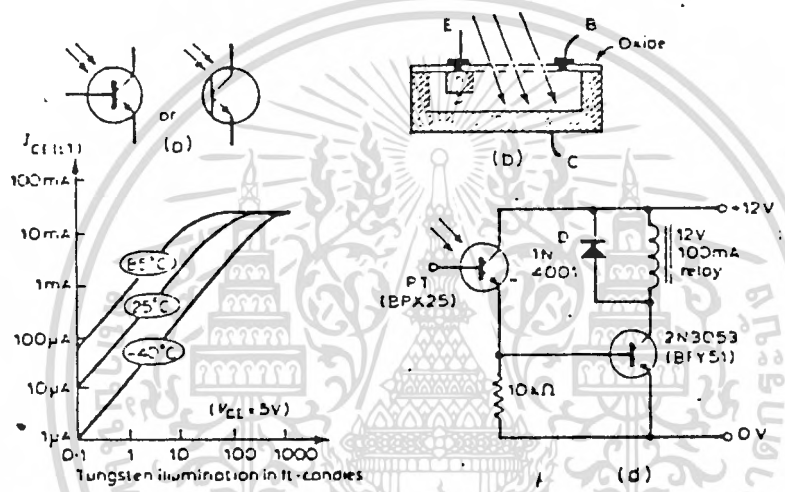


รูปที่ 5.5 คุณลักษณะของโฟโต้ไดโอด

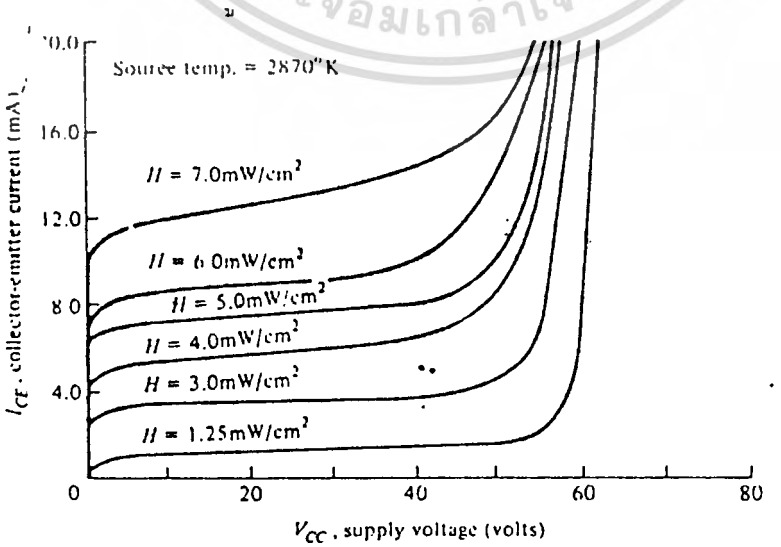
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ไฟโต้ทรานซีสเตอร์</u> (PHOTO TRANSISTOR)

โฟโต้ทรานซีสเตอร์จะมีความไวกว่าไฟโต้ไดโอด และมีคุณลักษณะที่แตกต่างไปจากทรานซีสเตอร์ธรรมดา คือ คุณสมบัติทางด้านคอลเลคเตอร์ (COLLECTOR) จะขึ้นกับความเข้มของแสงที่มาตกกระทบบนขาเบส (BASE) ดังแสดงในรูป 5.6



รูปที่ 5.6 โครงสร้างของโฟโต้ทรานซีสเตอร์



รูปที่ 5.7 กราฟแสดงกระแสคอลเลคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

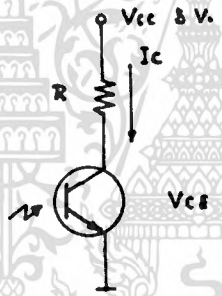
การปรับปรุงให้โฟโต้ทรานซิสเตอร์ให้มีความไวต่อการรับแสงดียิ่งขึ้นทำได้โดยการจัดวงจรในลักษณะของดาร์ลิงตัน (DARLINTON)

ในวงจรจะใช้โฟโต้ทรานซิสเตอร์เบอร์ TIL 81 โดยจะให้ทำงานเป็นลักษณะของสวิทช์ ซึ่งจะคอยรับแสงที่ส่งจากอินฟราเรด LED ไปสะท้อนผนังกลับมายังโฟโต้ทรานซิสเตอร์ โฟโต้ทรานซิสเตอร์จะนำกระแสเสมือนกับ CLOSE สวิทช์ หากหุ่นยนต์อยู่ตรงช่องว่างก็จะไม่มีแสงสะท้อนมายังโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ซึ่งเหมือนกับ OPEN สวิทช์ การนำกระแสของโฟโต้ทรานซิสเตอร์นั้นจะแปรไปตามความเข้มของแสงที่มากกระทบหรืออีกนัยหนึ่งก็คือจะแปรไปตามระยะทางระหว่างผนังที่สะท้อนกับตัวโฟโต้ทรานซิสเตอร์นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 วงจรใช้งานและการออกแบบ

การใช้งานจะใช้แรงดันที่ขาคอลเลคเตอร์ของไฟโต้ทรานซิสเตอร์ (VCE) ซึ่งแรงดันที่จุดนี้จะเปลี่ยนไปตามสภาวะการนำกระแส หากหุ่นยนต์ไม่มีผนังมาขวางก็จะทำให้ไฟโต้ทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแสแรงดันที่ขาคอลเลคเตอร์จะประมาณแรงดันจากแหล่งจ่าย หากหุ่นยนต์มีผนังมาขวางไฟโต้ทรานซิสเตอร์ก็จะนำกระแสตามระยะห่างระหว่างตัวหุ่นยนต์กับผนัง คือ หากอยู่ชิดผนัง ก็จะทำให้นำกระแสมาก แรงดันที่ขาคอลเลคเตอร์ต่ำ (VCE 0) หากอยู่ห่างผนัง (ปกติ) ก็จะนำกระแสน้อยลง แรงดันที่ขาคอลเลคเตอร์ก็จะอยู่ที่ค่าหนึ่ง



รูปที่ 5.8 วงจรส่วนรับสัญญาณ

VCE OFF		5 V
VCE ON		0 V
IC	=	1 mA
R	=	VCC/IC
	=	5 V/1mA
	=	5 Kohm
R		4.7 Kohm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๓.๓.๑ ส่วนเปรียบเทียบและสร้างรหัส

ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ทำให้ไมโครโปรเซสเซอร์อ่านข้อมูลสภาวะของผนังได้ และจะสามารถบอกให้รู้ถึงระยะห่างระหว่างตัวหุ่นยนต์กับผนังว่าห่างเป็นระยะปกติหรือไม่ หากอยู่ใกล้ผนังเกินไป ก็จะมีข้อมูลส่งไปยังไมโครโปรเซสเซอร์อีกอย่างหนึ่ง ซึ่งจะทำให้มีการปรับระยะของหุ่นยนต์ขึ้น

วงจรเปรียบเทียบ (COMPARATOR)

วงจรเปรียบเทียบที่เห็นได้บ่อย คือ การนำออปแอมป์ (OP-AMP) มาประยุกต์ใช้โดยนำมาใช้ในกรณีที่เป็นวงจรขยายเปิดลูป (OPEN LOOP) นั่นเอง

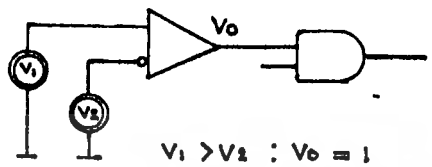
โดยปกติ แรงดันไปเลี้ยงที่ให้กับออปแอมป์จะเป็นแรงดัน +VCC และ -VCC ที่มีค่าตั้งแต่ $\pm$ 3 โวลท์ จนถึง $\pm$ 18 โวลท์เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นเอาท์พุทของออปแอมป์เมื่อเป็นวงจรขยายเปิดลูปจะอิ่มตัวอยู่ที่ +VCC หรือ -VCC เท่านั้น นั่นคือ ถ้าแรงดันที่ขาอินเวอร์ติ้ง (INVERTING) ของออปแอมป์มีค่ามากกว่าขานอนอินเวอร์ติ้ง (NON-INVERTING) เพียงเล็กน้อย แรงดันเอาท์พุทก็จะอิ่มตัวอยู่ที่ -VCC และถ้าแรงดันที่ขาอินเวอร์ติ้งมีค่าน้อยกว่าขานอนอินเวอร์ติ้ง แรงดันเอาท์พุทก็จะอยู่ที่ +VCC

วงจรเปรียบเทียบมีลักษณะเป็นวงจรขยายความแตกต่าง (DIFFERENTIAL AMP) ในลักษณะของวงขรขยายเปิดลูป หรือไม่มีการป้อนกลับ ดังนั้นวงจรขยายนี้จึงมีอัตราขยาย (GAIN) ที่ค่อนข้างสูงมาก และเอาท์พุทก็จะอิ่มตัวอยู่ที่ระดับแรงดันสองระดับ คือสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับค่าระดับแรงดันอินพุทที่ขาทั้งสอง

วงจรเปรียบเทียบในอุดมคติควรจะมีคุณสมบัติของวงจรดังต่อไปนี้

- อัตราขยายแรงดันของผลต่างที่อินพุทมีค่าเป็นอนันต์
- อัตราขยายแรงดันเมื่ออินพุททั้งสองมีเฟสร่วมหรืออยู่ในโหมดเดียวกันเป็นศูนย์
- อินพุทอิมพีแดนซ์ (IMPEDANCE) เป็นอนันต์
- เอาท์พุทอิมพีแดนซ์เป็นศูนย์
- แถบขยายทางด้านความถี่เป็นอนันต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



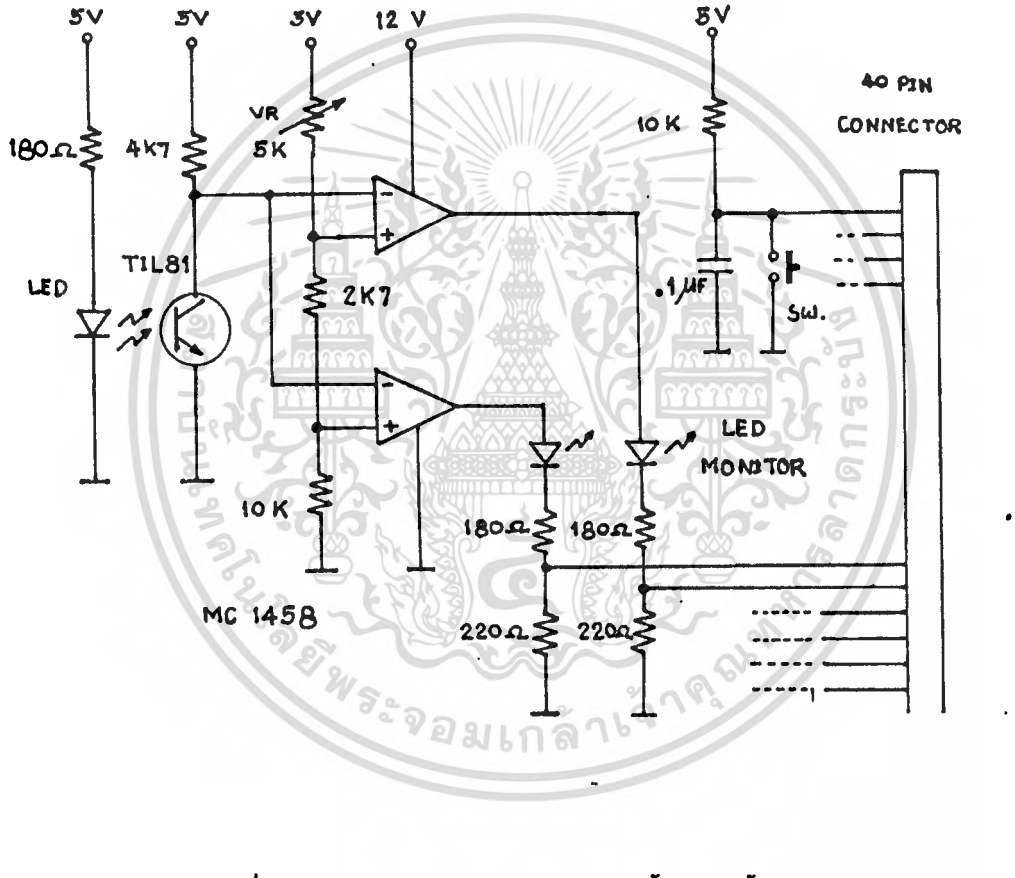
รูปที่ 5.9 วงจรเปรียบเทียบเบื้องต้น

นอกจากนี้แล้วยังมีสวิทช์อีก 4 ตัว ที่ต่อไปยังไอซ์ 8255 เพื่อใช้เป็นการกำหนดการเริ่มและการหยุดการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 วงจรใช้งานและการออกแบบ

ในวงจรจะใช้ไอซ์ออปแอมป์เบอร์ MC 1458 ซึ่งจะมีออปแอมป์อยู่ 2 ตัว การเปรียบเทียบจะจัดไว้เพื่อเปรียบเทียบ 2 ระดับ วงจรจะเป็นดังรูป 5.10



รูปที่ 5.10 วงจรเปรียบเทียบและสร้างรหัสข้อมูล

เนื่องจากความสะดวกในการใช้แหล่งจ่ายแรงดัน จึงจัดให้ออปแอมป์ทำงานด้วยแรงดัน +VCC และ GND แทนแรงดัน +VCC และ -VCC จึงทำให้เอาท์พุทของออปแอมป์เปลี่ยนแปลงในย่านประมาณ +VCC และ GND เอาท์พุทของออปแอมป์จะมีวงจรแบ่งแรงดัน เพื่อจัดแรงดันให้เหมาะสมที่จะส่งไปยังไอซ์ 8255 PIO ที่ขาอินเวอร์ติ้งของออปแอมป์ทั้งสองจะต่ออยู่กับขาคอลเลคเตอร์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ส่วนขานอนอินเวอร์ติ้งจะได้รับแรงดันจากวงจรแบ่งแรงดันเพื่อใช้เป็นแรงดันอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงาน เมื่อโฟโต้ทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแส (ไม่มีผนัง) จะทำให้ขาอินเวอร์ติ้งทั้งสองได้รับแรงดัน +6 โวลท์ ซึ่งมากกว่าแรงดันอ้างอิงที่ขานอนอินเวอร์ติ้งที่เอาท์พุทของออปแอมป์ทั้งสองจะเป็น 0 โวลท์

เมื่อโฟโต้ทรานซิสเตอร์นำกระแส (มีผนังในระยะปกติ) ที่ขาอินเวอร์ติ้งจะได้รับแรงดันค่าหนึ่ง ซึ่งระดับแรงดันนี้จะมากกว่าขานอนอินเวอร์ติ้งของออปแอมป์ตัวล่าง แต่จะน้อยกว่าที่ขานอนอินเวอร์ติ้งของออปแอมป์ตัวบน ทำให้เอาท์พุทของออปแอมป์ตัวล่างเป็น 0 โวลท์ และของออปแอมป์ตัวบนจะได้ประมาณแหล่งจ่าย (12 โวลท์)

เมื่อโฟโต้ทรานซิสเตอร์นำกระแสมากขึ้น (อยู่ใกล้ผนังเกินไป) ที่ขาอินเวอร์ติ้งทั้งสองจะมีแรงดันต่ำกว่าระดับแรงดันอ้างอิงที่ขานอนอินเวอร์ติ้งมาก เอาท์พุทของออปแอมป์ทั้งสองจึงได้ประมาณแหล่งจ่าย

วงจรแบ่งแรงดันในส่วนเอาท์พุท

	แรงดันเอาท์พุทของออปแอมป์	=	10.5 V
	แรงดันที่ LED	=	1.5 V
	i	=	20 mA
	VR12	=	10.5 V - 1.5 V
		=	9 V
ต้องการ	VR2	=	5 V
	VR1	=	4 V
นั่นคือ	R1	=	VR1/i
		=	4 V/20 mA
		=	200 ohm
	R2	=	VR2/i
		=	5 V/20 mA
		=	250 ohm
	R1	=	180 ohm
	R2	=	220 ohm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรแบ่งแรงดันในส่วนอินพุท

กระแสในวงจร	=	Vcc/Rt
R + สูงสุด	=	14.5 Kohm
R + ต่ำสุด	=	9.5 Kohm
i สูงสุด	=	0.52 mA
i ต่ำสุด	=	0.34 mA

ดังนั้นที่ขานอนอินเวอร์ติ้งจะได้รับแรงดันดังนี้

ที่ออปแอมป์ตัวล่าง = (R x i min) ถึง (R x i max)

= (5.6 Kohm x 0.3 + mA) ถึง (5.6 Kohm x 0.52 mA)

= 1.9 V ถึง 2.9 V

ที่ออปแอมป์ตัวบน = (R x i min) ถึง (R x i max)

= (3.9 Kohm + 5.6 Kohm) x 0.34 mA ถึง (3.9 Kohm + 5.6 Kohm) x 0.52 mA

= 3.23 V ถึง 4.95 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ ๖

ส่วนควบคุมการทำงาน

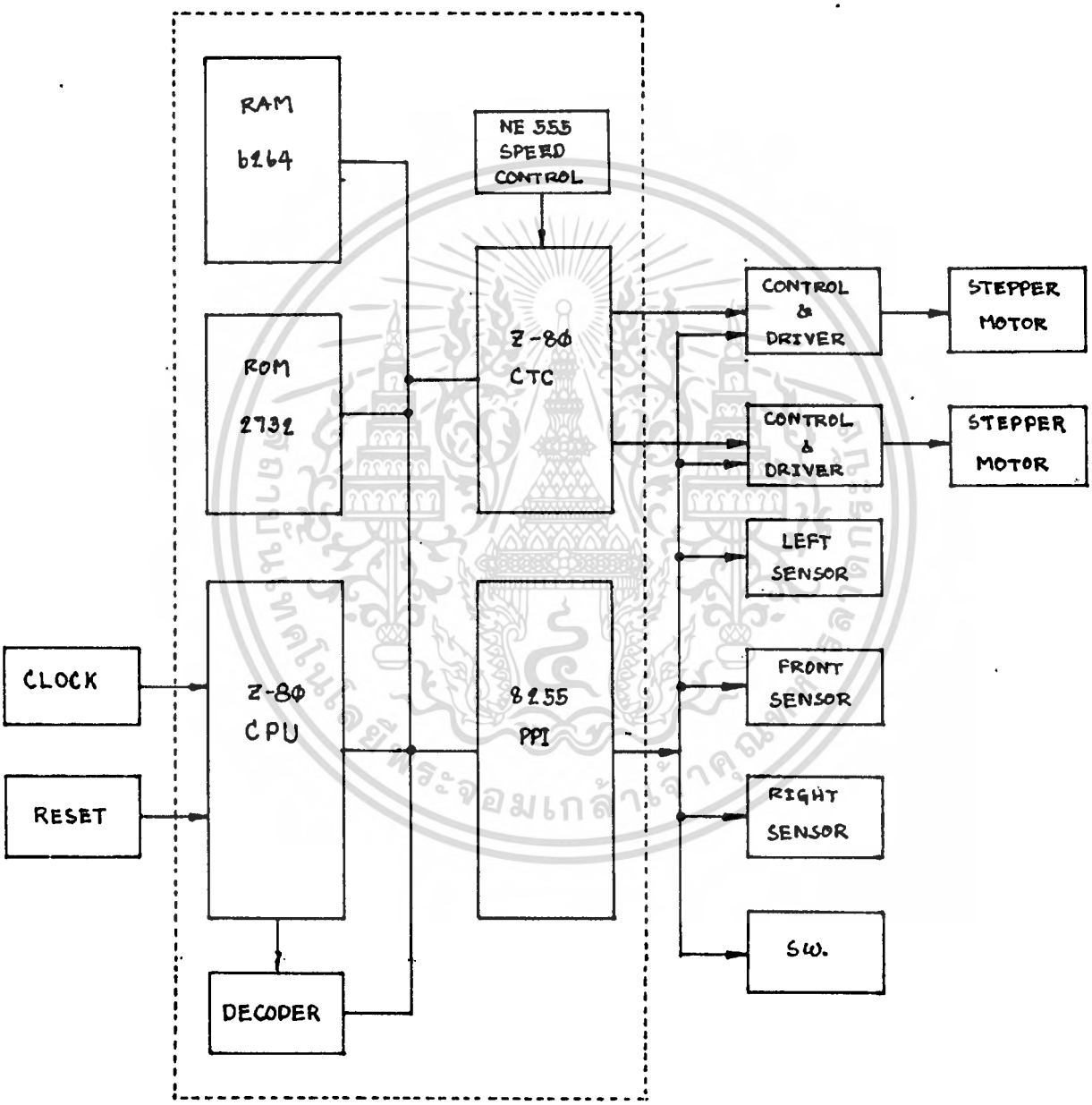
ส่วนควบคุมการทำงานนี้เป็นส่วนที่เก็บโปรแกรมการทำงานทั้งหมดของหุ่นยนต์ไว้ โดยจะรับข้อมูลมาจากส่วนตรวจสอบสภาวะรอบข้างมาทำการตัดสินใจ และส่งผลไปควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ให้หมุน เพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปตามการตัดสินใจนั้น ข้อมูลสภาวะของผนังแต่ละตำแหน่งที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปก็จะถูกบันทึกไว้ในส่วนนี้ด้วย การบันทึกตำแหน่งที่เคลื่อนที่ไปนั้นก็เพื่อที่จะนำมาเป็นข้อมูลอ้างอิงในการเคลื่อนที่ครั้งต่อไปให้ได้ ระยะทางที่สั้นลงกว่าการเคลื่อนที่ในครั้งแรก

ในส่วนควบคุมนี้จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักที่สำคัญดังนี้คือ

- ไมโครโปรเซสเซอร์ (MICROPROCESSOR)
- หน่วยความจำถาวร (EPROM)
- หน่วยความจำชั่วคราว (RAM)
- อุปกรณ์ไอโอ (I/O PORT)
- วงจรนับ/ตั้งเวลา (CTC)

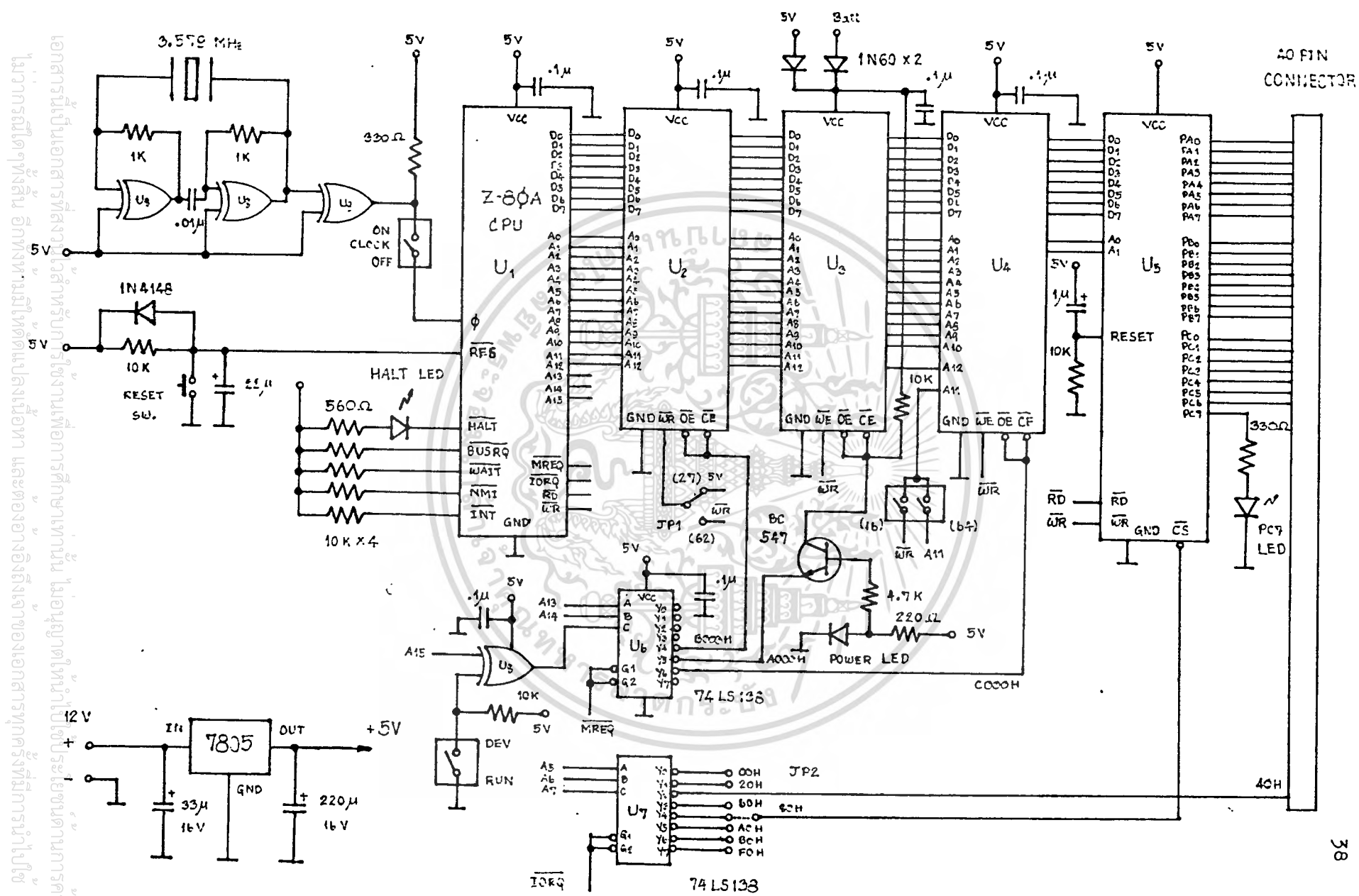
อุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้จะมีโครงสร้างของวงจรดังบล็อกไดอะแกรมในรูป ๖.๑

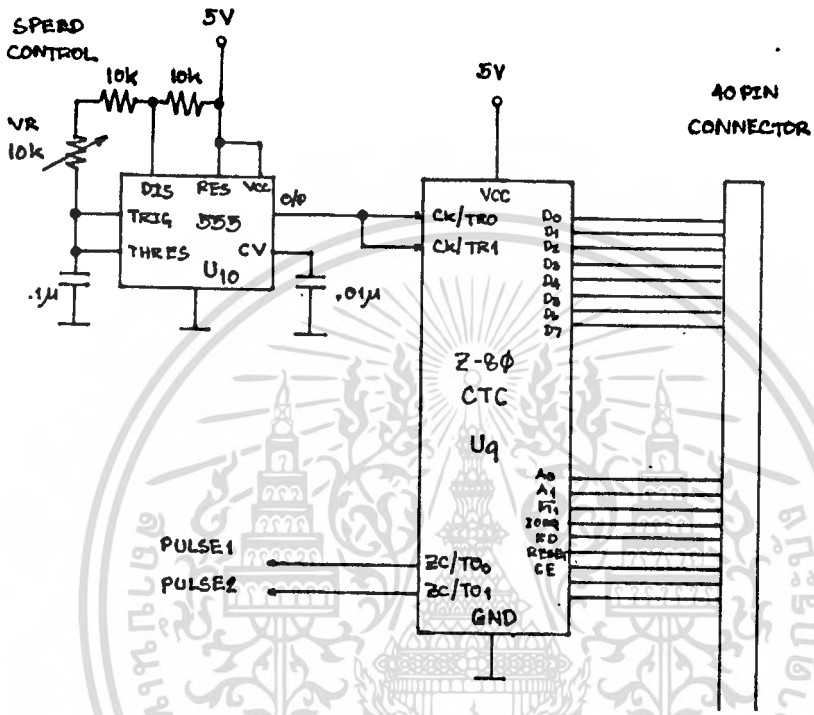
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.1 โครงสร้างของวงจรส่วนควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


3.579 MHz
1K
1K
.01μ
330Ω
ON
CLOCK
OFF
IN4148
10K
RESET
SW.
22μ
HALT LED
560Ω
10K x 4
Z-80A
CPU
U1
U2
U3
U4
U5
1N60 x 2
.1μ
1μ
10K
A0 PIN
CONNECTOR
330Ω
PC7
LED
RESET
HALT
BUSRQ
WAIT
NMI
INT
MREQ
IORQ
RD
WR
GND
(27) 5V
JP1
(62)
BC
547
(16)
(64)
WR A11
4.7K
220Ω
POWER LED
C000H
A000H
74LS138
U6
U7
A13
A14
A15
G1
G2
10K
DEV
RUN
MREQ
IORQ
00H
20H
40H
60H
80H
A0H
C0H
E0H
JP2
12V
7805
IN
OUT
GND
+5V
33μ
16V
220μ
16V



รูปที่ 6.2.2 ส่วนวงจรนับ/ตั้งเวลา

ไมโครโปรเซสเซอร์ (U1) เป็นไอซีเบอร์ Z-80A โดยมีคริสตอล (CRYSTAL) 3.579545 เม็กกะเฮิตซ์ ร่วมกับวงจรเกทเป็นวงจรออสซิเลเตอร์ (OSCILATOR) ผลิตสัญญาณนาฬิกา (CLOCK) ให้กับตัวไมโครโปรเซสเซอร์ ที่ขา Ø ของไมโครโปรเซสเซอร์นี้ จะมีดิปสวิทซ์ (DIP SWITCH) สำหรับเปิดปิด (ON - OFF) สัญญาณนาฬิกานี้อยู่ด้วยสัญญาณควบคุมที่นำไปใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นก็คือ $\overline{\text{MREQ}}$ $\overline{\text{IORQ}}$ $\overline{\text{RD}}$ และ $\overline{\text{WR}}$

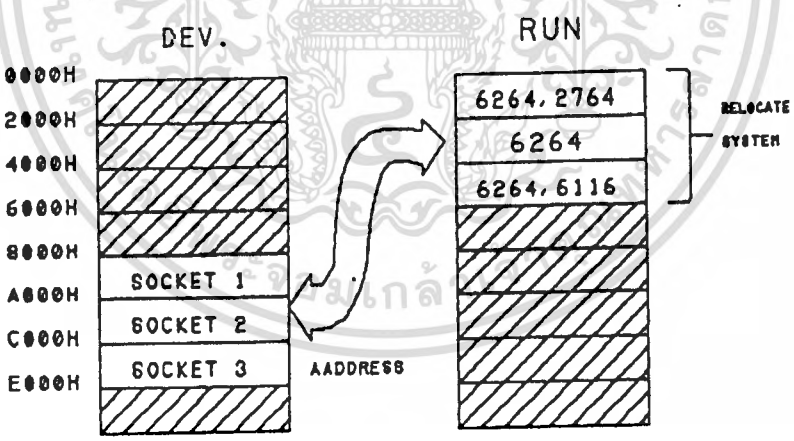
หน่วยความจำ (MEMORY)

- EPROM (U2) จะสามารถใช้กับไอซีเบอร์ 2764 และ 2732 และยังสามารถใช้เป็นหน่วยความจำ แบบสแตติก (STATIC RAM) เบอร์ 6264 ได้อีกด้วยโดยการเลือกต่อ JP1 ระหว่าง +5 โวลท์กับ $\overline{\text{WR}}$ ถ้า JP1 ต่อกับ $\overline{\text{WR}}$ จะใช้ได้กับเฉพาะเบอร์ 2764 เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- STATIC RAM (U3, U4) จะใช้ได้กับไอซีเบอร์ 6264 (U3) และเบอร์ 6116 หรือ 6264 (U4) ได้ โดยที่ U3 จะสามารถแบคอัพ (BACK UP) ข้อมูลไว้ได้ สำหรับ U4 จะเลือกเบอร์ได้จากดิปสวิทช์ 3 และ 4 (ดิปสวิทช์ 3 เลือกเบอร์ 6264 ดิปสวิทช์ 4 สำหรับเลือกเบอร์ 6116)

การถอดรหัส (DECODE) หน่วยความจำจะมีไอซีเบอร์ 74LS138 (U6) ทำหน้าที่เป็นตัวถอดรหัส โดยจะกำหนดให้ EPROM (U2) เป็นหน่วยความจำตั้งแต่ตำแหน่ง (ADDRESS) 8000H ถึง 9FFFH ส่วน STATIC RAM (U3) อยู่ในช่วงตำแหน่ง A000H ถึง BFFFH ส่วน STATIC RAM อีกตัวหนึ่ง (U4) จะมีตำแหน่งอยู่ในช่วง C000H ถึง DFFFH ตำแหน่งต่าง ๆ ของหน่วยความจำนี้ยังสามารถที่จะเคลื่อนย้าย (RELOCATE) ไปเริ่มต้นที่ตำแหน่ง 0000H ได้ โดยการปรับดิปสวิทช์ 1 ไปอยู่ที่ตำแหน่ง RUN การจัดหน่วยความจำดังที่กล่าวมาแล้วจะแสดงดังรูป 6.3



รูปที่ 6.3 การจัดหน่วยความจำ

อุปกรณ์ไอโอ ในวงจรจะใช้ PROGRAMABLE I/O PORT เบอร์ 8255 (U5) ระบบพอร์ท (PORT) จะทำการถอดรหัสไว้ทั้งหมด 8 ช่วง โดยใช้ไอซี 74LS138 (U7) เป็นตัวถอดรหัส และจะสามารถเลือกเบอร์ได้ 7 ตำแหน่ง ซึ่งมีเบอร์พอร์ทดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่ง	เบอร์พอร์ท
1	00-1F
2	20-3F
3	60-7F
4	80-9F
5	AO-BF
6	CO-DF
7	EO-FF

ส่วนเบอร์พอร์ท 40-5F นั้น จะใช้ต่อวงจรนับ/ตั้งเวลา โดยผ่านไปทางคอนเนคเตอร์ (40 PIN CONNECTER)

วงจรนับ/ตั้งเวลา ส่วนนี้จะถูกควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อจ่ายสัญญาณพัลส์ไปยังวงจรกำเนิดสนามแม่เหล็กเพื่อให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุน ซึ่งวงจรจะใช้ไอซี Z-80 CTC (U9) เป็นตัวควบคุมการกำเนิดและขนาดของสัญญาณพัลส์ที่จ่ายออกไป โดยที่สัญญาณพัลส์หลัก (ฐานเวลาหลัก) ของสัญญาณพัลส์ที่จ่ายออกไปนั้น จะได้มาจากวงจรกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมอะสเตเบิล (ASTABLE MULTIVIBRATER) ซึ่งจะใช้ไอซีเบอร์ NE555 (U10) โดยค่าความถี่ของสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่สร้างได้จะเป็นดังนี้

$$f = 1.44/((Ra + 2Rb)(C))$$

$$= 1.44/((10K + 20K)(0.1\mu))$$

$$= 480 \text{ Hz}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

โปรแกรมการทำงาน

โปรแกรม เปรียบ เสมือนส่วนสมองของคน หุ่นยนต์จะมีความฉลาดมากน้อย เพียงไร ก็ขึ้นอยู่กับโปรแกรมนี้ เอง กลไกของหุ่นยนต์ก็ เปรียบ เหมือน แขน ขา และ ร่างกายของมนุษย์ ถ้ากลไกของหุ่นยนต์มีความสามารถและประสิทธิภาพอยู่ที่ระดับหนึ่ง แม้ว่าจะมีโปรแกรที่ดี เยี่ยม เพียงไร หุ่นยนต์ก็ไม่สามารถที่จะมีประสิทธิภาพ เกินกว่าระดับนั้นไปได้ แต่โปรแกรมที่ดีจะทำให้หุ่นยนต์ใช้งานได้ เต็มกำลังความสามารถของมัน

เขาวงกตที่ใช้ในการทดลองนี้ ต้องมีช่องทางที่ เป็นมาตรฐาน เป็นสี่ เหลี่ยมจตุรัส ตามลักษณะของตัวหุ่นยนต์ หุ่นยนต์จะ เคลื่อนที่ไปครั้งละ 1 ช่อง จนกว่าจะพบทางออก ซึ่งใน การ เคลื่อนที่แต่ละครั้ง มีลำดับขั้นการทำงานดังนี้

เริ่มต้น

ตั้งระบบ และ เตรียมอุปกรณ์อินพุท เอ้าท์พุท

รอจนกว่าจะกดสวิทช์เริ่มต้น

ทำซ้ำ

อ่านสถานะของกำแพงรอบตัว

บันทึกข้อมูลลงในแผนที่หน่วยความจำ

ตัดสินใจ เลือกช่องทางที่จะ เคลื่อนที่ 1 ครั้ง

เคลื่อนที่ 1 ครั้ง และตรวจสอบสวิทช์หยุด

ปรับสถานะ และทิศทางให้ถูกต้อง

จนกระทั่ง พบทางออก สวิทช์หยุดโดนกด

รอรับการกดคีย์ จนกว่าจะโดนกดคีย์ใดคีย์หนึ่ง

กรณี 1 : เป็น เขาวงกตอันใหม่

เคลื่อนที่หาทางออก

กรณี 2 : เป็น เขาวงกตอัน เดิม

คำนวณหาทางออกจากข้อมูลในแผนที่หน่วยความจำ

เคลื่อนที่หาทางออกใน เส้นทางที่สั้นที่สุด เท่าที่พบ

จบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ่านสถานะของกำแพงรอบตัว

READ.STATUS (FRONT, LEFT, RIGHT)

อ่านเข้ามาเก็บไว้ในตัวแปรทั้ง 3 ตัว โดยมีความหมายดังนี้ คือ

00000000B = ยังไม่สำรวจ

00000001B = มีกำแพง

00000010B = ไม่มีกำแพง

00000011B = มีกำแพง

บันทึกข้อมูลลงในแผนที่หน่วยความจำ

POSITION.RECORD (CURRENT.I.J, FRONT, LEFT, RIGHT)

(CURRENT.I.J) จะเป็นตัวบอกว่า ขณะนี้หุ่นยนต์อยู่ตรงส่วนไหนของแผนที่ จากนั้นจะบันทึกสถานะของกำแพง และสภาพการเดินลงในแผนที่ โดยมีความหมายดังนี้

00000000B = ยังไม่เคยเดิน

00000001B = จุดเริ่ม

00000010B = ทางออก

00000011B = เคยเดินแล้ว

ตัดสินใจเลือกช่องทางที่จะเคลื่อนที่ 1 ครั้ง

DECISION (DIRECTION)

มีลักษณะการตัดสินใจดังนี้

CASE

ซ้ายว่าง และไม่เคยเดิน : (DIRECTION) = LEFT

หน้าว่าง และไม่เคยเดิน : (DIRECTION) = FRONT

ขวาว่าง และไม่เคยเดิน : (DIRECTION) = RIGHT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อื่น ๆ : (DIRECTION) = X

END CASE

ถ้า ซ้าย, ขวา, หน้า มีกำแพงแล้ว (DIRECTION) = BACK

ถ้า (DIRECTION) = X แล้ว

CASE

ซ้ายว่าง และเคยเดิน : (DIRECTION) = LEFT

หน้าว่าง และเคยเดิน : (DIRECTION) = FRONT

ขวาว่าง และเคยเดิน : (DIRECTION) = RIGHT

END CASE

DIRECTION มีความหมายดังนี้

00000000B = X

00000001B = FRONT

00000010B = LEFT

00000011B = RIGHT

00000100B = BACK

<u>เคลื่อนที่ 1 ครั้ง และตรวจสอบสวิทช์หยุด</u>

MOVING (DIRECTION, KEY.FLAG)

นอกจากจะเคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่ได้รับแล้ว ยังต้องตรวจสอบการกดคีย์ด้วย

<u>ปรับสถานะและทิศทางให้ถูกต้อง</u>

SET.STATUS (CURRENT.I.J)

หลังจากเคลื่อนที่ไปแล้ว ก็ต้องปรับตัวในแผนที่ให้เป็นไปตามนั้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การหาทางใน เส้นทางที่สั้นที่สุด เท่าที่พบ</u>

สภาพของเขาวงกตได้ถูก เก็บบันทึกไว้ในแผนที่หน่วยความจำตั้งแต่การ เดินในครั้งแรก แล้ว ซึ่งครั้งแรก--หุ่นยนต์อาจจะสำรวจได้จน เกือบจะทั่ว เขาวงกตแล้วก็ได้ การสำรวจได้มาก ๆ ยิ่ง เป็นผลดี ทำให้มีโอกาสที่จะค้นพบ เส้นทางที่สั้นที่สุดมีมากขึ้น

วิธีค้นหา ก็คือการให้ตัวแทนหุ่นยนต์ซึ่งถูกกำหนดขึ้นในโปรแกรม ทดลอง เดินออกไป แบบซุ่มหถาย ๆ ครั้ง โดยแต่ละครั้งให้มีลำดับขั้นการตัดสินใจที่แตกต่างกันออกไป ขณะที่ทดลอง เคลื่อนที่ไปนั้น ก็จะมีการบันทึก เส้นทางการ เดินไปด้วยจนกว่าจะพบทางออก การทดลอง เดิน ๕๐ ครั้ง ก็จะมี เส้นทางถูกบันทึกไว้ ๕๐ เส้นทางด้วยกัน ต่อมา เส้นทางทั้ง ๕๐ เส้นทางนี้ก็จะนำมาคำนวณหา เส้นทางที่สั้นที่สุด เท่าที่จะพบได้ ซึ่งบางครั้งอาจจะได้ เส้นทางที่สั้นแต่ไม่สั้นที่สุดก็ เป็นได้ การคำนวณทำได้โดยการนับจำนวนครั้งในการ เคลื่อนที่ เส้นทางที่มีจำนวนครั้งในการ เคลื่อนที่น้อยที่สุด ก็คือ เส้นทางที่ดีที่สุดที่หุ่นยนต์จะ เริ่ม เคลื่อนที่ออกไปจริง ๆ

รายละ เอียดของโปรแกรมทั้งหมดที่กล่าวมามีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    0002          .OR   0000H
                    0003          .TA   4000H
0000- 0E 00         0004          LD    C,0
0002- 06 00         0005 S        LD    B,0
0004- 10 FE         0006 .1       DJNZ  .1
0006- 0D            0007          DEC   C
0007- 20 F9         0008          JR    NZ,S      ; Power up delay
0009- 31 00 40      0009          LD    SP,4000H  ; Stack pointer
000C- 3E 91         0010          LD    A,91H
000E- D3 03         0011          OUT   (3),A     ; 8255 CTRL-PORT
                    0012 *
                    0013 *Set interrupt vecter
0010- 3E 0F         0014          LD    A,0FH
0012- ED 47         0015          LD    I,A
0014- 3E F0         0016          LD    A,0F0H
0016- D3 40         0017          OUT   (40H),A
0018- ED 5E         0018          IM2
                    0019 *CTC
001A- 3E D7         0020          LD    A,0D7H
001C- D3 40         0021          OUT   (40H),A
001E- 3E D7         0022          LD    A,0D7H
0020- D3 41         0023          OUT   (41H),A
                    0024 *
0022- C3 E0 05      0025          JP    START
                    0026 *
                    0027 CHANNEL0
0025- 04            0028          INC   B
0026- FB            0029          EI
0027- ED 4D         0030          RETI
                    0031 *
                    0032 CHANNEL1
0029- 0C            0033          INC   C
002A- FB            0034          EI
002B- ED 4D         0035          RETI
                    0036 *
                    0037 LOR
002D- 16 64         0038          LD    D,100
                    0039 LOR1
002F- 1E 00         0040          LD    E,0
0031- 1D            0041 .1       DEC   E
0032- 20 FD         0042          JR    NZ,.1
0034- 15            0043          DEC   D
0035- 20 F8         0044          JR    NZ,LOR1
0037- C9            0045          RET
                    0046 *
                    0047 WAIT.START.KEY
                    0048 *        I/P : NONE
                    0049 *        O/P : NONE
                    0050 WA1
0038- 3E FF         0051          LD    A,0FFH    ; LED ON
003A- D3 02         0052          OUT   (2),A
003C- CD 4B 00      0053          CALL  DELAY.CHECK.START.KEY
003F- 30 09         0054          JR    NC,ENDWA  ; Start key was pressed
0041- 3E 00         0055          LD    A,0       ;LED OFF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การแสวงหากำไร หรือการอื่น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    INTELLIGENT MINI-ROBOT                    PAGE 0003
0043- D3 02     0056            OUT   (2),A
0045- CD 4B 00  0057            CALL  DELAY.CHECK.START.KEY
0048- 38 EE     0058            JR    C,WA1
                0059 ENDWA
004A- C9        0060            RET
                0061 *
                0062 DELAY.CHECK.START.KEY
                0063 *          I/P : NONE
                0064 *          O/P : CY = 0 : Start key was pressed
                0065 *              : CY = 1 : No key was pressed
004B- C5        0066            PUSH BC
004C- 0E 00     0067            LD    C,0
004E- 06 00     0068 .2         LD    B,0
0050- DB 02     0069 .1         IN    A,(2)     ; KEY PORT
0052- 0F        0070            RRCA
0053- 0F        0071            RRCA              ; into carry flag
0054- 30 06     0072            JR    NC,ENDDE4
0056- 10 F8     0073            DJNZ  .1
0058- 0D        0074            DEC   C
0059- 20 F3     0075            JR    NZ,.2
005B- 37        0076            SCF               ; Set carry flag
                0077 ENDDE4
005C- C1        0078            POP   BC
005D- C9        0079            RET
                0080 *
                0081 STOP.KEY
005E- DB 02     0082            IN    A,(2)     ; KEY PORT
0060- CB 5F     0083            BIT   3,A
0062- C0        0084            RET   NZ
0063- 97        0085            SUB   A
0064- 32 1D 20  0086            LD    (KEY.FLAG),A
0067- C9        0087            RET
                0088 *
                0089 WAIT.KEY
0068- DB 02     0090            IN    A,(2)
006A- CB 4F     0091            BIT   1,A
006C- 20 04     0092            JR    NZ,WKY1
006E- 3E 01     0093            LD    A,1       ; NEW WAY CODE
0070- 18 06     0094            JR    ENDWKY
                0095 WKY1
0072- CB 57     0096            BIT   2,A       ; OLD WAY
0074- 20 F2     0097            JR    NZ,WAIT.KEY
0076- 3E 02     0098            LD    A,2
                0099 ENDWKY
0078- C9        0100            RET
                0101 *
                0102 CLEAR.RAM
0079- 21 00 20  0103            LD    HL,2000H
007C- 11 01 20  0104            LD    DE,2001H
007F- 01 00 10  0105            LD    BC,1000H      ; 4 KB
0082- AF        0106            XOR   A
0083- 77        0107            LD    (HL),A
0084- ED B0     0108            LDIR
                0109 *
0086- 3E 35     0110            LD    A,35H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        INTELLIGENT MINI-ROBOT                          PAGE 0004
0088- 32 01 20 0111             LD    (FRONT+1),A
008B- 3E 17    0112             LD    A,17H
008D- 32 03 20 0113             LD    (LEFT+1),A
0090- 3E 71    0114             LD    A,71H
0092- 32 05 20 0115             LD    (RIGHT+1),A
0095- 3E 53    0116             LD    A,53H
0097- 32 07 20 0117             LD    (BACK+1),A
                0118 *
009A- 21 05 05 0119             LD    HL,0505H
009D- 22 08 20 0120             LD    (CURRENT.I.J),HL
00A0- C9       0121             RET
                0122 READ.STATUS
                0123 *          INPUT : NONE
                0124 *         OUTPUT : (FRONT)
                0125 *                : (LEFT)
                0126 *                : (RIGHT)
                0127 *
00A1- C5       0128             PUSH BC
00A2- DB 00    0129             IN    A,(0)     ; Sensor port
00A4- 4F       0130             LD    C,A       ; Store status
00A5- C6 02    0131             ADD   A,2
00A7- E6 03    0132             AND   3         ; 00000011B
00A9- 32 00 20 0133             LD    (FRONT),A
                0134 *
00AC- 79       0135             LD    A,C
00AD- 0F       0136             RRCA
00AE- 0F       0137             RRCA
00AF- C6 02    0138             ADD   A,2
00B1- E6 03    0139             AND   3
00B3- 32 02 20 0140             LD    (LEFT),A
                0141 *
00B6- 79       0142             LD    A,C
00B7- 0F       0143             RRCA
00B8- 0F       0144             RRCA
00B9- 0F       0145             RRCA
00BA- 0F       0146             RRCA
00BB- C6 02    0147             ADD   A,2
00BD- E6 03    0148             AND   3
00BF- 32 04 20 0149             LD    (RIGHT),A
                0150 *
00C2- C1       0151             POP   BC
00C3- C9       0152             RET
                0153 POSITION.RECORD
                0154 *I/P : (FRONT),(LEFT),(RIGHT)
00C4- 2A 08 20 0155             LD    HL,(CURRENT.I.J)
00C7- 22 0A 20 0156             LD    (I.J),HL
00CA- CD 77 01 0157             CALL  READ.ARRAY
00CD- 3A 11 20 0158             LD    A,(VALUE+1)
00D0- FE 00    0159             CP    0
00D2- 20 64    0160             JR    NZ,RETPO
                0161 *
00D4- 2A 00 20 0162             LD    HL,(FRONT)
00D7- 7C       0163             LD    A,H
00D8- E6 0F    0164             AND   0FH       ; 00001111B COUNTER 4 LSB
00DA- 67       0165             LD    H,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การแสวงหากำไร
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
00DB- 7D        0166          LD    A,L
00DC- 25        0167 .1       DEC   H
00DD- 28 03     0168          JR    Z,P01
00DF- 07        0169          RLCA
00E0- 18 FA     0170          JR    .1
00E2- 5F        0171 P01      LD    E,A
                0172 *
00E3- 2A 02 20  0173          LD    HL,(LEFT)
00E6- 7C        0174          LD    A,H
00E7- E6 0F     0175          AND   0FH
00E9- 67        0176          LD    H,A
00EA- 7D        0177          LD    A,L
00EB- 25        0178 .1       DEC   H
00EC- 28 03     0179          JR    Z,P02
00EE- 07        0180          RLCA
00EF- 18 FA     0181          JR    .1
00F1- B3        0182 P02      OR    E
00F2- 5F        0183          LD    E,A
                0184 *
00F3- 2A 04 20  0185          LD    HL,(RIGHT)
00F6- 7C        0186          LD    A,H
00F7- E6 0F     0187          AND   0FH
00F9- 67        0188          LD    H,A
00FA- 7D        0189          LD    A,L
00FB- 25        0190 .1       DEC   H
00FC- 28 03     0191          JR    Z,P03
00FE- 07        0192          RLCA
00FF- 18 FA     0193          JR    .1
0101- B3        0194 P03      OR    E
0102- F5        0195          PUSH  AF
                0196 *
0103- 2A 08 20  0197          LD    HL,(CURRENT.I.J)
0106- 22 0A 20  0198          LD    (I.J),HL
0109- CD 77 01  0199          CALL  READ.ARRAY
                0200 *
010C- 3A 10 20  0201          LD    A,(VALUE)
010F- 5F        0202          LD    E,A
0110- F1        0203          POP   AF
0111- B3        0204          OR    E
                0205 *
0112- 32 10 20  0206          LD    (VALUE),A
0115- 3E 03     0207          LD    A,03
0117- 32 11 20  0208          LD    (VALUE+1),A
011A- CD 67 01  0209          CALL  WRITE.ARRAY
                0210 *
011D- 2A 02 20  0211          LD    HL,(LEFT)
0120- 22 12 20  0212          LD    (AROUND),HL
0123- CD 39 01  0213          CALL  AROUND.RECORD
                0214 *
0126- 2A 04 20  0215          LD    HL,(RIGHT)
0129- 22 12 20  0216          LD    (AROUND),HL
012C- CD 39 01  0217          CALL  AROUND.RECORD
                0218 *
012F- 2A 00 20  0219          LD    HL,(FRONT)
0132- 22 12 20  0220          LD    (AROUND),HL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    INTELLIGENT MINI-ROBOT                          PAGE 0006
0135- CD 39 01  0221            CALL  AROUND.RECORD
0138- C9        0222 RETPO      RET
                0223 AROUND.RECORD
                0224 * I/P : (AROUND)
0139- 3A 13 20  0225            LD    A,(AROUND+1)
013C- CD 9A 01  0226            CALL  ADJUST.I.J.1
013F- CD 77 01  0227            CALL  READ.ARRAY
0142- 3A 11 20  0228            LD    A,(VALUE+1)
0145- FE 00     0229            CP    0
0147- 20 1D     0230            JR    NZ,ARORET
                0231 *
0149- 2A 12 20  0232            LD    HL,(AROUND)
014C- 7D        0233            LD    A,L
014D- CB 3C     0234            SRL   H
014F- CB 3C     0235            SRL   H
0151- CB 3C     0236            SRL   H
0153- CB 3C     0237            SRL   H
0155- 25        0238 .2         DEC   H
0156- 20 03     0239            JR    NZ,ARO1
0158- 07        0240            RLCA
0159- 18 FA     0241            JR    .2
                0242 ARO1
015B- 6F        0243            LD    L,A
015C- 3A 10 20  0244            LD    A,(VALUE)
015F- B5        0245            OR    L
0160- 32 10 20  0246            LD    (VALUE),A
0163- CD 67 01  0247            CALL  WRITE.ARRAY
                0248 ARORET
0166- C9        0249            RET
                0250 WRITE.ARRAY
                0251 * I/P : (I) = ROW#
                0252 *       : (J) = COL#
                0253 *       : (VALUE)
                0254 *       : (VALUE+1)
                0255 * O/P : NONE
0167- 2A 0A 20  0256            LD    HL,(I.J)
016A- 45        0257            LD    B,L       ; B = ROW#
016B- 4C        0258            LD    C,H       ; C = COL#
016C- CD 87 01  0259            CALL  ACCESS.ARRAY
016F- ED 4B 10
0172- 20        0260            LD    BC,(VALUE)
0173- 71        0261            LD    (HL),C    ; (VALUE)
0174- 23        0262            INC   HL
0175- 70        0263            LD    (HL),B    ; (VALUE+1)
0176- C9        0264            RET
                0265 READ.ARRAY
                0266 * I/P : (I) = ROW#
                0267 *       : (J) = COL#
                0268 * O/P : (VALUE)
                0269 *       : (VALUE+1)
0177- 2A 0A 20  0270            LD    HL,(I.J)
017A- 45        0271            LD    B,L       ; B = ROW#
017B- 4C        0272            LD    C,H       ; C = COL#
017C- CD 87 01  0273            CALL  ACCESS.ARRAY
017F- 4E        0274            LD    C,(HL)    ; (VALUE)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    INTELLIGENT MINI-ROBOT                    PAGE 0007
0180- 23            0275            INC   HL
0181- 46            0276            LD    B,(HL)   ; (VALUE+1)
0182- ED 43 10
0185- 20            0277            LD    (VALUE),BC
0186- C9            0278            RET
                    0279 ACCESS.ARRAY
                    0280 * I/P : B = ROW#
                    0281 *       C = COL#
                    0282 * O/P : (HL) --> LOW BYTE OF ARRAY
                    0283 * ELEMENT# = COL# + (ROW# * TOTAL OF COL)
0187- AF            0284            XOR   A          ; A = 0
0188- 04            0285            INC   B
0189- 05            0286 MUL        DEC   B
018A- 28 04         0287            JR    Z,SUM
018C- C6 07         0288            ADD   A,7        ; TOTAL OF COL
018E- 18 F9         0289            JR    MUL
0190- 81            0290 SUM        ADD   A,C        ; COL# + (ROW# * TOTAL OF (
#
0191- 87            0291            ADD   A,A        ; ELEMENT# * 2
0192- 21 2C 21      0292            LD    HL,ARRAY ; INDEX
0195- 4F            0293            LD    C,A
0196- 06 00         0294            LD    B,0
0198- 09            0295            ADD   HL,BC
0199- C9            0296            RET
                    0297 ADJUST.I.J.1
                    0298 * I/P : A
019A- 21 69 08      0299            LD    HL,TABLE1
019D- 01 04 00      0300            LD    BC,4
                    0301 *
01A0- ED B1         0302            CPIR
01A2- 21 6D 08      0303            LD    HL,TABLE2
01A5- 09            0304            ADD   HL,BC
01A6- 3A 08 20      0305            LD    A,(CURRENT.I.J)
01A9- 86            0306            ADD   A,(HL)
01AA- 32 0A 20      0307            LD    (I.J),A
                    0308 *
01AD- 01 04 00      0309            LD    BC,4
01B0- 09            0310            ADD   HL,BC
01B1- 3A 09 20      0311            LD    A,(CURRENT.I.J+1)
01B4- 86            0312            ADD   A,(HL)
01B5- 32 0B 20      0313            LD    (I.J+1),A
01B8- C9            0314            RET
                    0315 DECISION
                    0316 * I/P : (FRONT),(LEFT),(RIGHT)
                    0317 * O/P : (DIRECTION)
01B9- AF            0318            XOR   A
01BA- 32 14 20      0319            LD    (DIRECTION),A
01BD- 3A 02 20      0320            LD    A,(LEFT)
01C0- FE 02         0321            CP    02
01C2- 20 17         0322            JR    NZ,DE1
01C4- 3A 03 20      0323            LD    A,(LEFT+1)
01C7- CD 9A 01      0324            CALL  ADJUST.I.J.1
01CA- CD 77 01      0325            CALL  READ.ARRAY
01CD- 3A 11 20      0326            LD    A,(VALUE+1)
01D0- FE 00         0327            CP    0
```

ที่นี่มีการอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ทั้งนี้ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    INTELLIGENT MINI-ROBOT                    PAGE 0008
01D4- 3E 02     0329            LD    A,2
01D6- 32 14 20  0330            LD    (DIRECTION),A
01D9- 18 3A     0331            JR    ENDCASE
                0332 DE1
01DB- 3A 00 20  0333            LD    A,(FRONT)
01DE- FE 02     0334            CP    02
01E0- 20 17     0335            JR    NZ,DE2
01E2- 3A 01 20  0336            LD    A,(FRONT+1)
01E5- CD 9A 01  0337            CALL  ADJUST.I.J.1
01E8- CD 77 01  0338            CALL  READ.ARRAY
01EB- 3A 11 20  0339            LD    A,(VALUE+1)
01EE- FE 00     0340            CP    0
01F0- 20 07     0341            JR    NZ,DE2
01F2- 3E 01     0342            LD    A,1
01F4- 32 14 20  0343            LD    (DIRECTION),A
01F7- 18 1C     0344            JR    ENDCASE
                0345 DE2
01F9- 3A 04 20  0346            LD    A,(RIGHT)
01FC- FE 02     0347            CP    02
01FE- 20 15     0348            JR    NZ,ENDCASE
0200- 3A 05 20  0349            LD    A,(RIGHT+1)
02Q3- CD 9A 01  0350            CALL  ADJUST.I.J.1
0206- CD 77 01  0351            CALL  READ.ARRAY
0209- 3A 11 20  0352            LD    A,(VALUE+1)
020C- FE 00     0353            CP    0
020E- 20 05     0354            JR    NZ,ENDCASE
0210- 3E 03     0355            LD    A,3
0212- 32 14 20  0356            LD    (DIRECTION),A
                0357 ENDCASE
0215- 3A 02 20  0358            LD    A,(LEFT)
0218- 67        0359            LD    H,A
0219- 3A 00 20  0360            LD    A,(FRONT)
021C- 6F        0361            LD    L,A
021D- 3A 04 20  0362            LD    A,(RIGHT)
0220- A4        0363            AND   H
0221- A5        0364            AND   L
0222- E6 01     0365            AND   1
0224- 28 05     0366            JR    Z,DE3
0226- 3E 04     0367            LD    A,4
0228- 32 14 20  0368            LD    (DIRECTION),A
                0369 DE3
022B- 3A 14 20  0370            LD    A,(DIRECTION)
022E- FE 00     0371            CP    0
0230- 20 28     0372            JR    NZ,ENDDE1
                0373 * CASE1
0232- 3A 02 20  0374            LD    A,(LEFT)
0235- FE 02     0375            CP    2
0237- 20 07     0376            JR    NZ,DE4
0239- 3E 02     0377            LD    A,2
023B- 32 14 20  0378            LD    (DIRECTION),A
023E- 18 1A     0379            JR    ENDDE1
                0380 DE4
0240- 3A 00 20  0381            LD    A,(FRONT)
0243- FE 02     0382            CP    2
0245- 20 07     0383            JR    NZ,DE5
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved
ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        INTELLIGENT MINI-ROBOT                          PAGE 0009
0247- 3E 01      0384           LD    A,1
0249- 32 14 20   0385           LD    (DIRECTION),A
024C- 18 0C      0386           JR    ENDDE1
                 0387 DE5
024E- 3A 04 20   0388           LD    A,(RIGHT)
0251- FE 02      0389           CP    2
0253- 20 05      0390           JR    NZ,ENDDE1
0255- 3E 03      0391           LD    A,3
0257- 32 14 20   0392           LD    (DIRECTION),A
                 0393 ENDDE1
025A- C9         0394           RET
                 0395 *
                 0396 MOVING
                 0397 *         I/P : (DIRECTION)
                 0398 *         O/P : NONE
                 0399 *
025D- 3A 14 20   0400           LD    A,(DIRECTION)
025E- FE 01      0401           CP    1          ; Front
0260- 20 05      0402           JR    NZ,MO1
0262- CD 7D 02   0403           CALL  FRONT.MOVING
0265- 18 15      0404           JR    ENDMO
                 0405 MO1
0267- FE 02      0406           CP    2          ; Left
0269- 20 05      0407           JR    NZ,MO2
026B- CD 80 03   0408           CALL  LEFT.MOVING
026E- 18 0C      0409           JR    ENDMO
                 0410 MO2
0270- FE 03      0411           CP    3          ; Right
0272- 20 05      0412           JR    NZ,MO3
0274- CD A5 03   0413           CALL  RIGHT.MOVING
0277- 18 03      0414           JR    ENDMO
                 0415 MO3
0279- CD CA 03   0416           CALL  BACK.MOVING
                 0417 ENDMO
027C- C9         0418           RET
                 0419 FRONT.MOVING
                 0420 *
027D- 01 00 00   0421           LD    BC,0
0280- 3E 01      0422           LD    A,1
0282- D3 01      0423           OUT   (1),A
0284- FB         0424           EI
0285- 3E 0B      0425           LD    A,SPEED
0287- D3 40      0426           OUT   (40H),A
0289- D3 41      0427           OUT   (41H),A
                 0428 FRO1
028B- CD 5E 00   0429           CALL  STOP.KEY
028E- 79         0430           LD    A,C
028F- FE 1E      0431           CP    30
0291- 38 F8      0432           JR    C,FRO1   ; < 30
                 0433 *
0293- DB 00      0434           IN    A,(0)    ; Sensor port
0295- E6 0C      0435           AND   0CH      ; 00001100B L
0297- FE 0C      0436           CP    0CH
0299- 28 12      0437           JR    Z,FRR
                 0438 *
```

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    INTELLIGENT MINI-ROBOT                    PAGE 0010
029B- DB 00     0439            IN    A,(0)
029D- E6 30     0440            AND   30H
029F- FE 30     0441            CP    30H
02A1- 28 2E     0442            JR    Z,FRL
                0443 FRF
02A3- CD 5E 00  0444            CALL  STOP.KEY
02A6- 79        0445            LD    A,C
02A7- FE 5A     0446            CP    90
02A9- 38 F8     0447            JR    C,FRF
02AB- 18 48     0448            JR    FRO2
                0449 FRR
02AD- CD 5E 00  0450            CALL  STOP.KEY
02B0- 78        0451            LD    A,B
02B1- FE 5A     0452            CP    90
02B3- 30 40     0453            JR    NC,FRO2
                0454 *
02B5- FE 23     0455            CP    35
02B7- 38 F4     0456            JR    C,FRR
02B9- FE 25     0457            CP    37
02BB- 30 F0     0458            JR    NC,FRR
02BD- FE 24     0459            CP    36
02BF- 30 06     0460            JR    NC,FRR1
                0461 *
02C1- 3E D3     0462            LD    A,0D3H
02C3- D3 41     0463            OUT   (41H),A
02C5- 18 E6     0464            JR    FRR
                0465 FRR1
02C7- 3E D7     0466            LD    A,0D7H
02C9- D3 41     0467            OUT   (41H),A
02CB- 3E 0B     0468            LD    A,SPEED
02CD- D3 41     0469            OUT   (41H),A
02CF- 18 DC     0470            JR    FRR
                0471 FRL
02D1- CD 5E 00  0472            CALL  STOP.KEY
02D4- 79        0473            LD    A,C
02D5- FE 5A     0474            CP    90
02D7- 30 1C     0475            JR    NC,FRO2
                0476 *
02D9- FE 23     0477            CP    35
02DB- 38 F4     0478            JR    C,FRL
02DD- FE 25     0479            CP    37
02DF- 30 F0     0480            JR    NC,FRL
02E1- FE 24     0481            CP    36
02E3- 30 06     0482            JR    NC,FRL1
                0483 *
02E5- 3E D3     0484            LD    A,0D3H
02E7- D3 40     0485            OUT   (40H),A
02E9- 18 E6     0486            JR    FRL
                0487 FRL1
02EB- 3E D7     0488            LD    A,0D7H
02ED- D3 40     0489            OUT   (40H),A
02EF- 3E 0B     0490            LD    A,SPEED
02F1- D3 40     0491            OUT   (40H),A
02F3- 18 DC     0492            JR    FRL
                0493 *
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    INTELLIGENT MINI-ROBOT                    PAGE 0011
                    0494 FRO2
02F5- 01 5A 5A      0495          LD    BC,5A5AH ; B = C = 90
                    0496 FRO3
02F8- CD 5E 00      0497          CALL  STOP.KEY
02FB- 79            0498          LD    A,C
02FC- FE 64         0499          CP    100
02FE- 38 F8         0500          JR    C,FRO3   ; < 100
                    0501 *
0300- DB 00         0502          IN    A,(0)    ; Sensor port
0302- E6 0C         0503          AND   0CH      ; 00001100B L
0304- FE 0C         0504          CP    0CH
0306- 28 12         0505          JR    Z,FRRR
                    0506 *
0308- DB 00         0507          IN    A,(0)
030A- E6 30         0508          AND   30H
030C- FE 30         0509          CP    30H
030E- 28 2E         0510          JR    Z,FRLL
                    0511 FRFF
0310- CD 5E 00      0512          CALL  STOP.KEY
0313- 79            0513          LD    A,C
0314- FE 74         0514          CP    LENGHT*2+0 ; <= 140
0316- 38 F8         0515          JR    C,FRFF
0318- 18 48         0516          JR    ENDFRO
                    0517 FRRR
031A- CD 5E 00      0518          CALL  STOP.KEY
031D- 78            0519          LD    A,B
031E- FE 74         0520          CP    LENGHT*2+0
0320- 30 40         0521          JR    NC,ENDFRO
                    0522 *
0322- FE 69         0523          CP    105
0324- 38 F4         0524          JR    C,FRRR
0326- FE 6B         0525          CP    107
0328- 30 F0         0526          JR    NC,FRRR
032A- FE 6A         0527          CP    106
032C- 30 06         0528          JR    NC,FRRR1
                    0529 *
032E- 3E D3         0530          LD    A,0D3H
0330- D3 41         0531          OUT   (41H),A
0332- 18 E6         0532          JR    FRRR
                    0533 FRRR1
0334- 3E D7         0534          LD    A,0D7H
0336- D3 41         0535          OUT   (41H),A
0338- 3E 0B         0536          LD    A,SPEED
033A- D3 41         0537          OUT   (41H),A
033C- 18 DC         0538          JR    FRRR
                    0539 FRLL
033E- CD 5E 00      0540          CALL  STOP.KEY
0341- 79            0541          LD    A,C
0342- FE 74         0542          CP    LENGHT*2+0
0344- 30 1C         0543          JR    NC,ENDFRO
                    0544 *
0346- FE 69         0545          CP    105
0348- 38 F4         0546          JR    C,FRLL
034A- FE 6B         0547          CP    107
034C- 30 F0         0548          JR    NC,FRLL
```

เอกสารนี้มีไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    INTELLIGENT MINI-ROBOT                    PAGE 0012
034E- FE 6A     0549            CP    106
0350- 30 06     0550            JR    NC,FRLL1
                0551 *
0352- 3E D3     0552            LD    A,0D3H
0354- D3 40     0553            OUT   (40H),A
0356- 18 E6     0554            JR    FRLL
                0555 FRLL1
0358- 3E D7     0556            LD    A,0D7H
035A- D3 40     0557            OUT   (40H),A
035C- 3E 0B     0558            LD    A,SPEED
035E- D3 40     0559            OUT   (40H),A
0360- 18 DC     0560            JR    FRLL
                0561 ENDFRO
0362- 01 76 76  0562            LD    BC,7676H ; 118,1188
                0563 ENDFRO1
0365- DB 00     0564            IN    A,(0)
0367- E6 03     0565            AND   3          ;00000011B F
0369- FE 03     0566            CP    3
036B- 20 03     0567            JR    NZ,ENDFRO2
036D- 01 8E 8E  0568            LD    BC,8E8EH
                0569 ENDFRO2
0370- CD 5E 00  0570            CALL  STOP.KEY
0373- 79        0571            LD    A,C
0374- FE 8D     0572            CP    LENGHT*2+25
0376- 38 ED     0573            JR    C,ENDFRO1
                0574 *
0378- 3E D7     0575            LD    A,0D7H
037A- D3 40     0576            OUT   (40H),A
037C- D3 41     0577            OUT   (41H),A
037E- F3        0578            DI
037F- C9        0579            RET
                0580 LEFT.MOVING
0380- CD 2D 00  0581            CALL  LOR
0383- 0E 00     0582            LD    C,0
0385- 3E 00     0583            LD    A,0
0387- D3 01     0584            OUT   (1),A
0389- FB        0585            EI
                0586 *SPEED
038A- 3E 0B     0587            LD    A,SPEED
038C- D3 40     0588            OUT   (40H),A
038E- D3 41     0589            OUT   (41H),A
                0590 *
                0591 LC
0390- 79        0592            LD    A,C
0391- FE 3A     0593            CP    LENGHT
0393- 38 FB     0594            JR    C,LC
0395- 3E D7     0595            LD    A,0D7H
0397- D3 40     0596            OUT   (40H),A
0399- 3E D7     0597            LD    A,0D7H
039B- D3 41     0598            OUT   (41H),A
039D- F3        0599            DI
                0600 *
039E- CD 2D 00  0601            CALL  LOR
03A1- CD 7D 02  0602            CALL  FRONT.MOVING
03A4- C9        0603            RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    0604 RIGHT.MOVING
03A5- CD 2D 00      0605          CALL  LOR
03A8- 0E 00         0606          LD    C,0
03AA- 3E 03         0607          LD    A,3
03AC- D3 01         0608          OUT   (1),A
03AE- FB            0609          EI
                    0610 *SPEED
03AF- 3E 0B         0611          LD    A,SPEED
03B1- D3 40         0612          OUT   (40H),A
03B3- D3 41         0613          OUT   (41H),A
                    0614 *
                    0615 RC
03B5- 79            0616          LD    A,C
03B6- FE 3A         0617          CP    LENGHT
03B8- 38 FB         0618          JR    C,RC
03BA- 3E D7         0619          LD    A,0D7H
03BC- D3 40         0620          OUT   (40H),A
03BE- 3E D7         0621          LD    A,0D7H
03C0- D3 41         0622          OUT   (41H),A
03C2- F3            0623          DI
                    0624 *
03C3- CD 2D 00      0625          CALL  LOR
03C6- CD 7D 02      0626          CALL  FRONT.MOVING
03C9- C9            0627          RET
                    0628 BACK.MOVING
03CA- CD 2D 00      0629          CALL  LOR
03CD- 0E 00         0630          LD    C,0
03CF- 3E 03         0631          LD    A,3
03D1- D3 01         0632          OUT   (1),A
03D3- FB            0633          EI
                    0634 *SPEED
03D4- 3E 0B         0635          LD    A,SPEED
03D6- D3 40         0636          OUT   (40H),A
03D8- D3 41         0637          OUT   (41H),A
                    0638 *
                    0639 BA
03DA- 79            0640          LD    A,C
03DB- FE 74         0641          CP    LENGHT*2-0
03DD- 38 FB         0642          JR    C,BA
03DF- 3E D7         0643          LD    A,0D7H
03E1- D3 40         0644          OUT   (40H),A
03E3- 3E D7         0645          LD    A,0D7H
03E5- D3 41         0646          OUT   (41H),A
03E7- F3            0647          DI
                    0648 *
03E8- CD 2D 00      0649          CALL  LOR
03EB- CD 7D 02      0650          CALL  FRONT.MOVING
03EE- C9            0651          RET
                    0652 SET.STATUS
                    0653 * I/P : (DIRECTION)
03EF- 3A 14 20      0654          LD    A,(DIRECTION)
03F2- FE 01         0655          CP    1         ; FRONT
03F4- 20 08         0656          JR    NZ,SE1
03F6- 3A 01 20      0657          LD    A,(FRONT+1)
03F9- 21 49 08      0658          LD    HL,TABLE.F
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
03FC- 18 1E     0659          JR    ENDSE
                0660 SE1
03FE- FE 02     0661          CP    2
0400- 20 08     0662          JR    NZ,SE2
0402- 3A 03 20  0663          LD    A,(LEFT+1)
0405- 21 51 08  0664          LD    HL,TABLE.L
0408- 18 12     0665          JR    ENDSE
                0666 SE2
040A- FE 03     0667          CP    3         ; RIGHT
040C- 20 08     0668          JR    NZ,SE3
040E- 3A 05 20  0669          LD    A,(RIGHT+1)
0411- 21 59 08  0670          LD    HL,TABLE.R
0414- 18 06     0671          JR    ENDSE
                0672 SE3
0416- 3A 07 20  0673          LD    A,(BACK+1)
0419- 21 61 08  0674          LD    HL,TABLE.B
                0675 ENDSE
041C- E5        0676          PUSH  HL
041D- CD 9A 01  0677          CALL  ADJUST.I.J.1
0420- 2A 0A 20  0678          LD    HL,(I.J)
0423- 22 08 20  0679          LD    (CURRENT.I.J),HL
0426- E1        0680          POP   HL
                0681 *
0427- E5        0682          PUSH  HL
0428- 3A 01 20  0683          LD    A,(FRONT+1)
042B- 01 08 00  0684          LD    BC,8
042E- ED B1     0685          CPIR
0430- 7E        0686          LD    A,(HL)
0431- 32 01 20  0687          LD    (FRONT+1),A
0434- E1        0688          POP   HL
                0689 *
0435- E5        0690          PUSH  HL
0436- 3A 03 20  0691          LD    A,(LEFT+1)
0439- 01 08 00  0692          LD    BC,8
043C- ED B1     0693          CPIR
043E- 7E        0694          LD    A,(HL)
043F- 32 03 20  0695          LD    (LEFT+1),A
0442- E1        0696          POP   HL
                0697 *
0443- E5        0698          PUSH  HL
0444- 3A 05 20  0699          LD    A,(RIGHT+1)
0447- 01 08 00  0700          LD    BC,8
044A- ED B1     0701          CPIR
044C- 7E        0702          LD    A,(HL)
044D- 32 05 20  0703          LD    (RIGHT+1),A
0450- E1        0704          POP   HL
                0705 *
0451- E5        0706          PUSH  HL
0452- 3A 07 20  0707          LD    A,(BACK+1)
0455- 01 08 00  0708          LD    BC,8
0458- ED B1     0709          CPIR
045A- 7E        0710          LD    A,(HL)
045B- 32 07 20  0711          LD    (BACK+1),A
045E- E1        0712          POP   HL
                0713 *
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
045F- C9          0714          RET
                  0715 CALCULATE.SHORT.WAY
0460- AF          0716          XOR   A
0461- 32 1A 20    0717          LD    (WAY.COUNT),A
0464- DD 21 69
0467- 06          0718          LD    IX,DECISION.LINE
0468- FD 21 1E
046B- 20          0719          LD    IY,DIRECTION.LINE
                  0720 CSW1
046C- DD E5       0721          PUSH  IX
046E- FD E5       0722          PUSH  IY
0470- CD C1 04    0723          CALL  SHORT.WAY
0473- FD E1       0724          POP   IY
0475- DD E1       0725          POP   IX
0477- 11 20 00    0726          LD    DE,16*2
047A- DD 19       0727          ADD   IX,DE
047C- 11 12 00    0728          LD    DE,16+2
047F- FD 19       0729          ADD   IY,DE
0481- 3A 1A 20    0730          LD    A,(WAY.COUNT)
0484- 3C          0731          INC   A
0485- 32 1A 20    0732          LD    (WAY.COUNT),A
0488- FE 0F       0733          CP    15
048A- 20 E0       0734          JR    NZ,CSW1
                  0735 *
048C- 3E 64       0736          LD    A,100
048E- 32 1C 20    0737          LD    (NUMBER),A
0491- AF          0738          XOR   A
0492- 32 1A 20    0739          LD    (WAY.COUNT),A
0495- FD 21 1E
0498- 20          0740          LD    IY,DIRECTION.LINE
                  0741 CSW3
0499- FD E5       0742          PUSH  IY
049B- E1          0743          POP   HL
049C- AF          0744          XOR   A
049D- 01 11 00    0745          LD    BC,16+1
04A0- ED B1       0746          CPIR
04A2- 3A 1C 20    0747          LD    A,(NUMBER)
04A5- BE          0748          CP    (HL)
04A6- 38 08       0749          JR    C,CSW2
                  0750 *
04A8- FD 22 18
04AB- 20          0751          LD    (CORRECT.DIRECTION),IY
04AC- 7E          0752          LD    A,(HL)
04AD- 32 1C 20    0753          LD    (NUMBER),A
                  0754 CSW2
04B0- 11 12 00    0755          LD    DE,16+2
04B3- FD 19       0756          ADD   IY,DE
04B5- 3A 1A 20    0757          LD    A,(WAY.COUNT)
04B8- 3C          0758          INC   A
04B9- 32 1A 20    0759          LD    (WAY.COUNT),A
04BC- FE 0F       0760          CP    15
04BE- 20 D9       0761          JR    NZ,CSW3
                  0762 *
04C0- C9          0763          RET
                  0764 *
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        0765 SHORT.WAY
04C1- 21 05 05          0766          LD    HL,0505H
04C4- 22 08 20          0767          LD    (CURRENT.I.J),HL
04C7- 3E 35             0768          LD    A,35H    ; N
04C9- 32 01 20          0769          LD    (FRONT+1),A
04CC- 3E 17             0770          LD    A,17H
04CE- 32 03 20          0771          LD    (LEFT+1),A
04D1- 3E 71             0772          LD    A,71H
04D3- 32 05 20          0773          LD    (RIGHT+1),A
04D6- 3E 53             0774          LD    A,53H
04D8- 32 07 20          0775          LD    (BACK+1),A
                        0776 *
04DB- 3E 01             0777          LD    A,1
04DD- 32 1B 20          0778          LD    (SHORT.COUNT),A
                        0779 SW2
04E0- 2A 08 20          0780          LD    HL,(CURRENT.I.J)
04E3- 22 0A 20          0781          LD    (I.J),HL
04E6- CD 77 01          0782          CALL  READ.ARRAY
                        0783 *
04E9- CD 20 05          0784          CALL  STORE
04EC- CD 4B 05          0785          CALL  SHORT.DECISION
04EF- CD EF 03          0786          CALL  SET.STATUS
04F2- 3A 14 20          0787          LD    A,(DIRECTION)
04F5- FD 77 00          0788          LD    (IY+0),A
                        0789 *
04F8- FD 23             0790          INC   IY
04FA- DD 23             0791          INC   IX
04FC- DD 23             0792          INC   IX
                        0793 *
04FE- 2A 08 20          0794          LD    HL,(CURRENT.I.J)
0501- ED 5B 0E
0504- 20                0795          LD    DE,(FINISH.I.J)
0505- B7                0796          OR    A
0506- ED 52             0797          SBC   HL,DE
0508- 28 0B             0798          JR    Z,SW1
050A- 3A 1B 20          0799          LD    A,(SHORT.COUNT)
050D- 3C                0800          INC   A
050E- 32 1B 20          0801          LD    (SHORT.COUNT),A
0511- FE 11             0802          CP    17
0513- 20 CB             0803          JR    NZ,SW2
                        0804 SW1
0515- FD 36 00
0518- 00                0805          LD    (IY+0),0
0519- 3A 1B 20          0806          LD    A,(SHORT.COUNT)
051C- FD 77 01          0807          LD    (IY+1),A
051F- C9                0808          RET
                        0809 *
                        0810 STORE
0520- 3A 03 20          0811          LD    A,(LEFT+1)
0523- CD 3C 05          0812          CALL  STORE.SHIFT
0526- 32 02 20          0813          LD    (LEFT),A
0529- 3A 01 20          0814          LD    A,(FRONT+1)
052C- CD 3C 05          0815          CALL  STORE.SHIFT
052F- 32 00 20          0816          LD    (FRONT),A
0532- 3A 05 20          0817          LD    A,(RIGHT+1)
```

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    INTELLIGENT MINI-ROBOT                    PAGE 0017
0535- CD 3C 05 0818          CALL STORE.SHIFT
0538- 32 04 20 0819          LD   (RIGHT),A
053B- C9       0820          RET
               0821 *
               0822 STORE.SHIFT
053C- E6 0F    0823          AND  0FH
053E- 67       0824          LD   H,A
053F- 3A 10 20 0825          LD   A,(VALUE)
0542- 25       0826 .2       DEC  H
0543- 28 03    0827          JR   Z,.1
0545- 0F       0828          RRCA
0546- 18 FA    0829          JR   .2
0548- E6 03    0830 .1       AND  3
054A- C9       0831          RET
               0832 *
               0833 SHORT.DECISION
054B- DD 6E 00 0834          LD   L,(IX+0)
054E- DD 66 01 0835          LD   H,(IX+1)
0551- 22 16 20 0836          LD   (TEM.HL),HL
               0837 *
0554- 5E       0838          LD   E,(HL)
0555- 23       0839          INC  HL
0556- 56       0840          LD   D,(HL)
0557- 1A       0841          LD   A,(DE)
0558- FE 02    0842          CP   2
055A- 20 16    0843          JR   NZ,SD1
055C- D5       0844          PUSH DE
               0845 *
055D- 13       0846          INC  DE
055E- 1A       0847          LD   A,(DE)
055F- CD 9A 01 0848          CALL ADJUST.I.J.1
0562- CD 77 01 0849          CALL READ.ARRAY
               0850 *
0565- D1       0851          POP  DE
0566- 3A 11 20 0852          LD   A,(VALUE+1)
0569- FE 03    0853          CP   3
056B- 20 05    0854          JR   NZ,SD1
               0855 *
056D- CD C2 05 0856          CALL FIND.DI
0570- 18 4F    0857          JR   ENDSD
               0858 SD1
0572- 2A 16 20 0859          LD   HL,(TEM.HL)
0575- 11 02 00 0860          LD   DE,2
0578- 19       0861          ADD  HL,DE
               0862 *
0579- 5E       0863          LD   E,(HL)
057A- 23       0864          INC  HL
057B- 56       0865          LD   D,(HL)
057C- 1A       0866          LD   A,(DE)
057D- FE 02    0867          CP   2
057F- 20 16    0868          JR   NZ,SD2
               0869 *
0581- D5       0870          PUSH DE
0582- 13       0871          INC  DE
0583- 1A       0872          LD   A,(DE)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การแสวงหากำไรในรูปแบบใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0584- CD 9A 01 0873          CALL  ADJUST.I.J.1
0587- CD 77 01 0874          CALL  READ.ARRAY
058A- D1       0875          POP   DE
               0876 *
058B- 3A 11 20 0877          LD    A,(VALUE+1)
058E- FE 03    0878          CP    3
0590- 20 05    0879          JR    NZ,SD2
0592- CD C2 05 0880          CALL  FIND.DI
0595- 18 2A    0881          JR    ENDSD
               0882 SD2
0597- 2A 16 20 0883          LD    HL,(TEM.HL)
059A- 11 04 00 0884          LD    DE,4
059D- 19       0885          ADD   HL,DE
               0886 *
059E- 5E       0887          LD    E,(HL)
059F- 23       0888          INC   HL
05A0- 56       0889          LD    D,(HL)
05A1- 1A       0890          LD    A,(DE)
05A2- FE 02    0891          CP    2
05A4- 20 16    0892          JR    NZ,SD3
               0893 *
05A6- D5       0894          PUSH  DE
05A7- 13       0895          INC   DE
05A8- 1A       0896          LD    A,(DE)
05A9- CD 9A 01 0897          CALL  ADJUST.I.J.1
05AC- CD 77 01 0898          CALL  READ.ARRAY
05AF- D1       0899          POP   DE
               0900 *
05B0- 3A 11 20 0901          LD    A,(VALUE+1)
05B3- FE 03    0902          CP    3
05B5- 20 05    0903          JR    NZ,SD3
05B7- CD C2 05 0904          CALL  FIND.DI
05BA- 18 05    0905          JR    ENDSD
               0906 SD3
05BC- 3E 04    0907          LD    A,4
05BE- 32 14 20 0908          LD    (DIRECTION),A
               0909 ENDSD
05C1- C9       0910          RET
               0911 *
               0912 FIND.DI
05C2- 21 02 20 0913          LD    HL,LEFT
05C5- B7       0914          OR    A
05C6- ED 52    0915          SBC   HL,DE
05C8- 20 04    0916          JR    NZ,FDI1
05CA- 3E 02    0917          LD    A,2
05CC- 18 0E    0918          JR    ENDFDI
               0919 FDI1
05CE- 21 00 20 0920          LD    HL,FRONT
05D1- B7       0921          OR    A
05D2- ED 52    0922          SBC   HL,DE
05D4- 20 04    0923          JR    NZ,FDI2
05D6- 3E 01    0924          LD    A,1
05D8- 18 02    0925          JR    ENDFDI
               0926 FDI2
05DA- 3E 03    0927          LD    A,3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        0928 ENDFDI
05DC- 32 14 20          0929          LD    (DIRECTION),A
05DF- C9                0930          RET
                        0931 START
05E0- CD 38 00          0932          CALL  WAIT.START.KEY
                        0933 START2
05E3- CD 79 00          0934          CALL  CLEAR.RAM
05E6- 3E FF             0935          LD    A,0FFH
05E8- 32 1D 20          0936          LD    (KEY.FLAG),A
                        0937 START1
05EB- CD A1 00          0938          CALL  READ.STATUS
05EE- CD C4 00          0939          CALL  POSITION.RECORD
05F1- CD B9 01          0940          CALL  DECISION
05F4- CD 5B 02          0941          CALL  MOVING
05F7- CD EF 03          0942          CALL  SET.STATUS
05FA- 3A 1D 20          0943          LD    A,(KEY.FLAG)
05FD- B7                0944          OR    A
05FE- 20 EB             0945          JR    NZ,START1
                        0946 *
0600- CD A1 00          0947          CALL  READ.STATUS
0603- CD C4 00          0948          CALL  POSITION.RECORD
0606- 2A 08 20          0949          LD    HL,(CURRENT.I.J)
0609- 22 0E 20          0950          LD    (FINISH.I.J),HL
                        0951 START5
060C- CD 68 00          0952          CALL  WAIT.KEY
060F- FE 01             0953          CP    1
0611- 28 D0             0954          JR    Z,START2
0613- 3E FF             0955          LD    A,0FFH
0615- 32 1D 20          0956          LD    (KEY.FLAG),A
                        0957 *
0618- 2A 0E 20          0958          LD    HL,(FINISH.I.J)
061B- 11 05 05          0959          LD    DE,0505H
061E- B7                0960          OR    A
061F- ED 52             0961          SBC   HL,DE
0621- 28 E9             0962          JR    Z,START5
0623- CD 60 04          0963          CALL  CALCULATE.SHORT.WAY
                        0964 *
0626- 2A 18 20          0965          LD    HL,(CORRECT.DIRECTION)
0629- 7E                0966          LD    A,(HL)
                        0967 START3
062A- 32 14 20          0968          LD    (DIRECTION),A
062D- CD 5B 02          0969          CALL  MOVING
0630- 3A 1D 20          0970          LD    A,(KEY.FLAG)
0633- FE 00             0971          CP    0
0635- 28 06             0972          JR    Z,START4
0637- 23                0973          INC   HL
0638- 7E                0974          LD    A,(HL)
0639- FE 00             0975          CP    0
063B- 20 ED             0976          JR    NZ,START3
                        0977 START4
063D- 18 CD             0978          JR    START5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        0980 *DEFINE
063F- 02 20             0981 D1       .DA  LEFT
0641- 00 20             0982          .DA  FRONT
0643- 04 20             0983          .DA  RIGHT
0645- 04 20             0984 D2       .DA  RIGHT
0647- 00 20             0985          .DA  FRONT
0649- 02 20             0986          .DA  LEFT
064B- 00 20             0987 D3       .DA  FRONT
064D- 02 20             0988          .DA  LEFT
064F- 04 20             0989          .DA  RIGHT
0651- 00 20             0990 D4       .DA  FRONT
0653- 04 20             0991          .DA  RIGHT
0655- 02 20             0992          .DA  LEFT
0657- 02 20             0993 D5       .DA  LEFT
0659- 04 20             0994          .DA  RIGHT
065B- 00 20             0995          .DA  FRONT
065D- 04 20             0996 D6       .DA  RIGHT
065F- 02 20             0997          .DA  LEFT
0661- 00 20             0998          .DA  FRONT
0663- 06 20             0999 D7       .DA  BACK
0665- 06 20             1000          .DA  BACK
0667- 06 20             1001          .DA  BACK
                        1002 DECISION.LINE
0669- 3F 06 3F
066C- 06 3F 06
066F- 3F 06 3F
0672- 06 3F 06
0675- 3F 06 3F
0678- 06                1003          .DA  D1,D1,D1,D1,D1,D1,D1,D1
0679- 3F 06 3F
067C- 06 3F 06
067F- 3F 06 3F
0682- 06 3F 06
0685- 3F 06 3F
0688- 06                1004          .DA  D1,D1,D1,D1,D1,D1,D1,D1
0689- 45 06 45
068C- 06 45 06
068F- 45 06 45
0692- 06 45 06
0695- 45 06 45
0698- 06                1005          .DA  D2,D2,D2,D2,D2,D2,D2,D2
0699- 45 06 45
069C- 06 45 06
069F- 45 06 45
06A2- 06 45 06
06A5- 45 06 45
06A8- 06                1006          .DA  D2,D2,D2,D2,D2,D2,D2,D2
06A9- 3F 06 3F
06AC- 06 45 06
06AF- 45 06 3F
06B2- 06 3F 06
06B5- 45 06 45
06B8- 06                1007          .DA  D1,D1,D2,D2,D1,D1,D2,D2
06B9- 3F 06 3F
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การจัดพิมพ์ จำหน่าย หรือดัดแปลงทั้งหมดให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
06BC- 06 45 06
06BF- 45 06 3F
06C2- 06 3F 06
06C5- 45 06 45
06C8- 06        1008        .DA  D1,D1,D2,D2,D1,D1,D2,D2
06C9- 3F 06 3F
06CC- 06 4B 06
06CF- 45 06 45
06D2- 06 51 06
06D5- 3F 06 3F
06D8- 06        1009        .DA  D1,D1,D3,D2,D2,D4,D1,D1
06D9- 4B 06 45
06DC- 06 45 06
06DF- 51 06 3F
06E2- 06 3F 06
06E5- 4B 06 45
06E8- 06        1010        .DA  D3,D2,D2,D4,D1,D1,D3,D2
06E9- 3F 06 3F
06EC- 06 3F 06
06EF- 45 06 45
06F2- 06 45 06
06F5- 3F 06 3F
06F8- 06        1011        .DA  D1,D1,D1,D2,D2,D2;D1,D1
06F9- 3F 06 45
06FC- 06 45 06
06FF- 45 06 3F
0702- 06 3F 06
0705- 3F 06 45
0708- 06        1012        .DA  D1,D2,D2,D2,D1,D1,D1,D2
0709- 45 06 45
070C- 06 45 06
070F- 3F 06 3F
0712- 06 3F 06
0715- 45 06 45
0718- 06        1013        .DA  D2,D2,D2,D1,D1,D1,D2,D2
0719- 45 06 3F
071C- 06 3F 06
071F- 3F 06 45
0722- 06 45 06
0725- 45 06 3F
0728- 06        1014        .DA  D2,D1,D1,D1,D2,D2,D2,D1
0729- 3F 06 45
072C- 06 4B 06
072F- 51 06 57
0732- 06 5D 06
0735- 3F 06 45
0738- 06        1015        .DA  D1,D2,D3,D4,D5,D6,D1,D2
0739- 4B 06 51
073C- 06 57 06
073F- 5D 06 3F
0742- 06 45 06
0745- 4B 06 51
0748- 06        1016        .DA  D3,D4,D5,D6,D1,D2,D3,D4
0749- 3F 06 3F
074C- 06 45 06
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        INTELLIGENT MINI-ROBOT                    PAGE 0022
074F- 45 06 4B
0752- 06 4B 06
0755- 51 06 51
0758- 06          1017          .DA   D1,D1,D2,D2,D3,D3,D4,D4
0759- 57 06 57
075C- 06 5D 06
075F- 5D 06 3F
0762- 06 3F 06
0765- 45 06 45
0768- 06          1018          .DA   D5,D5,D6,D6,D1,D1,D2,D2
0769- 3F 06 3F
076C- 06 3F 06
076F- 3F 06 45
0772- 06 45 06
0775- 45 06 45
0778- 06          1019          .DA   D1,D1,D1,D1,D2,D2,D2,D2
0779- 3F 06 3F
077C- 06 3F 06
077F- 3F 06 45
0782- 06 45 06
0785- 45 06 45
0788- 06          1020          .DA   D1,D1,D1,D1,D2,D2,D2,D2
0789- 45 06 45
078C- 06 45 06
078F- 45 06 3F
0792- 06 3F 06
0795- 3F 06 3F
0798- 06          1021          .DA   D2,D2,D2,D2,D1,D1,D1,D1
0799- 45 06 45
079C- 06 45 06
079F- 45 06 3F
07A2- 06 3F 06
07A5- 3F 06 3F
07A8- 06          1022          .DA   D2,D2,D2,D2,D1,D1,D1,D1
07A9- 3F 06 45
07AC- 06 3F 06
07AF- 45 06 3F
07B2- 06 45 06
07B5- 3F 06 45
07B8- 06          1023          .DA   D1,D2,D1,D2,D1,D2,D1,D2
07B9- 3F 06 45
07BC- 06 3F 06
07BF- 45 06 3F
07C2- 06 45 06
07C5- 3F 06 45
07C8- 06          1024          .DA   D1,D2,D1,D2,D1,D2,D1,D2
07C9- 45 06 3F
07CC- 06 45 06
07CF- 3F 06 45
07D2- 06 3F 06
07D5- 45 06 3F
07D8- 06          1025          .DA   D2,D1,D2,D1,D2,D1,D2,D1
07D9- 45 06 3F
07DC- 06 45 06
07DF- 3F 06 45
```

ที่นี่มีการเผยแพร่ผลงานที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
07E2- 06 3F 06
07E5- 45 06 3F
07E8- 06          1026          .DA  D2,D1,D2,D1,D2,D1,D2,D1
07E9- 3F 06 45
07EC- 06 4B 06
07EF- 3F 06 45
07F2- 06 4B 06
07F5- 3F 06 45
07F8- 06          1027          .DA  D1,D2,D3,D1,D2,D3,D1,D2
07F9- 4B 06 3F
07FC- 06 45 06
07FF- 4B 06 3F
0802- 06 45 06
0805- 4B 06 3F
0808- 06          1028          .DA  D3,D1,D2,D3,D1,D2,D3,D1
0809- 3F 06 3F
080C- 06 4B 06
080F- 3F 06 3F
0812- 06 4B 06
0815- 3F 06 3F
0818- 06          1029          .DA  D1,D1,D3,D1,D1,D3,D1,D1
0819- 4B 06 3F
081C- 06 3F 06
081F- 4B 06 3F
0822- 06 3F 06
0825- 4B 06 3F
0828- 06          1030          .DA  D3,D1,D1,D3,D1,D1,D3,D1
0829- 63 06 3F
082C- 06 45 06
082F- 3F 06 45
0832- 06 3F 06
0835- 45 06 3F
0838- 06          1031          .DA  D7,D1,D2,D1,D2,D1,D2,D1
0839- 45 06 3F
083C- 06 45 06
083F- 3F 06 45
0842- 06 3F 06
0845- 45 06 3F
0848- 06          1032          .DA  D2,D1,D2,D1,D2,D1,D2,D1
                  1033 *DEFINE
0849- 35 35       1034 TABLE.F  .HS  3535
084B- 53 53       1035          .HS  5353
084D- 17 17       1036          .HS  1717
084F- 71 71       1037          .HS  7171
0851- 35 17 53    1038 TABLE.L  .HS  351753
0854- 71 35       1039          .HS  7135
0856- 00 00 00    1040          .HS  000000
0859- 35 71 53    1041 TABLE.R  .HS  357153
085C- 17 35       1042          .HS  1735
085E- 00 00 00    1043          .HS  000000
0861- 35 53 35    1044 TABLE.B  .HS  355335
0864- 17 71 17    1045          .HS  177117
0867- 00 00       1046          .HS  0000
0869- 71          1047 TABLE1   .HS  71
086A- 53          1048          .HS  53
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
086B- 35          1049                .HS     35
086C- 17          1050                .HS     17
086D- 00 01       1051 TABLE2         .HS     0001
086F- FF 00       1052                .HS     FF00
0871- FF 00       1053                .HS     FF00
0873- 00 01       1054                .HS     0001
                  1055          .OR   OFF0H
                  1056          .TA   4FF0H
OFF0- 25 00       1057          .DA   CHANNEL0
OFF2- 29 00       1058          .DA   CHANNEL1
                  1059 *
                  1060          .OR   2000H
2000-             1061 FRONT          .BS     2
2002-             1062 LEFT           .BS     2
2004-             1063 RIGHT          .BS     2
2006-             1064 BACK           .BS     2
2008-             1065 CURRENT.I.J    .BS     2
200A-             1066 I.J            .BS     2
200C-             1067 SHORT.I.J      .BS     2
200E-             1068 FINISH.I.J     .BS     2
2010-             1069 VALUE          .BS     2
2012-             1070 AROUND         .BS     2
2014-             1071 DIRECTION      .BS     2
2016-             1072 TEM.HL         .BS     2
2018-             1073 CORRECT.DIRECTION    .BS  2
201A-             1074 WAY.COUNT      .BS     1
201B-             1075 SHORT.COUNT    .BS     1
201C-             1076 NUMBER         .BS     1
201D-             1077 KEY.FLAG       .BS     1
201E-             1078 DIRECTION.LINE   .BS 18*15
212C-             1079 ARRAY          .BS     12*12*2
003A-             1080 LENGHT         .EQ     58
000B-             1081 SPEED          .EQ     11
                  1082
```

SYMBOL TABLE

```
0187- ACCESS.ARRAY
019A- ADJUST.I.J.1
015B- ARO1
0166- ARORET
2012- AROUND
0139- AROUND.RECORD
.02=0155
212C- ARRAY
03DA- BA
2006- BACK
03CA- BACK.MOVING
0460- CALCULATE.SHORT.WAY
0025- CHANNEL0
0029- CHANNEL1
0079- CLEAR.RAM
2018- CORRECT.DIRECTION
046C- CSW1
```

เอกสารนี้จัดทำขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การแสวงหากำไรทางการค้า อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
064B- D3
0651- D4
0657- D5
065D- D6
0663- D7
01DB- DE1
01F9- DE2
022B- DE3
0240- DE4
024E- DE5
01B9- DECISION
0669- DECISION.LINE
004B- DELAY.CHECK.START.KEY
.02=004E, .01=0050
2014- DIRECTION
201E- DIRECTION.LINE
0215- ENDCASE
025A- ENDDE1
005C- ENDDE4
05DC- ENDFDI
0362- ENDFRO
0365- ENDFRO1
0370- ENDFRO2
027C- ENDMO
05C1- ENDSD
041C- ENDSE
004A- ENDWA
0078- ENDWKY
05CE- FDI1
05DA- FDI2
05C2- FIND.DI
200E- FINISH.I.J
02A3- FRF
0310- FRFF
02D1- FRL
02EB- FRL1
053E- FRLL
0358- FRLL1
028B- FRO1
02F5- FRO2
02F8- FRO3
2000- FRONT
027D- FRONT.MOVING
02AD- FRR
02C7- FRR1
031A- FRRR
0334- FRRR1
200A- I.J
201D- KEY.FLAG
0390- LC
2002- LEFT
0380- LEFT.MOVING
003A- LENGHT
002D- LOR
002F- LOR1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การแสวงหากำไรทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
.01=0031
0267- MD1
0270- MD2
0279- MD3
025B- MOVING
0189- MUL
201C- NUMBER
00E2- PD1
.01=00EB
00F1- PD2
.01=00FB
0101- PD3
00C4- POSITION.RECORD
.01=00DC
03B5- RC
0177- READ.ARRAY
00A1- READ.STATUS
0138- RETPO
2004- RIGHT
03A5- RIGHT.MOVING
0002- S
.01=0004
0572- SD1
0597- SD2
05BC- SD3
03FE- SE1
040A- SE2
0416- SE3
03EF- SET.STATUS
201B- SHORT.COUNT
054B- SHORT.DECISION
200C- SHORT.I.J
04C1- SHORT.WAY
000B- SPEED
05E0- START
05EB- START1
05E3- START2
062A- START3
063D- START4
060C- START5
005E- STOP.KEY
0520- STORE
053C- STORE.SHIFT
.02=0542, .01=0548
0190- SUM
0515- SW1
04E0- SW2
0861- TABLE.B
0849- TABLE.F
0851- TABLE.L
0859- TABLE.R
0869- TABLE1
086D- TABLE2
2016- TEM.HL
2010- VALUE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การแสวงหาผลกำไร อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0038- WA1
0068- WAIT.KEY
0038- WAIT.START.KEY
201A- WAY.COUNT
0072- WKY1
0167- WRITE.ARRAY

0000 ERRORS IN ASSEMBLY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ ๑

การทดลองและผลการทดลอง

ในการทำโครงงานนี้ เนื่องจากว่าผู้สร้างไม่ได้มีความชำนาญใน เรื่องแมคแคนิคส์ (MACHANIC) จึงทำให้ส่วนของแมคแคนิคส์ที่สร้างขึ้นมานั้นไม่ค่อยจะสมบูรณ์นักและที่สำคัญคือ ส่วนประกอบจะหาซื้อได้ยาก จึงไม่สามารถ เลือกชิ้นส่วนที่ เหมาะสมที่สุดได้

และในส่วนของช่องทาง เดินได้นำ เอาไม้มาสร้าง เป็นส่วน ๆ เพื่อให้ เปลี่ยนแปลงรูปแบบของช่องทางได้ทุกรูปแบบ และสีของตัวช่องทาง เดินนี้จะมีผลต่อระบบตรวจสอบสภาวะอย่างมาก คือตัวช่องทาง เดินที่ดีนั้นจะต้อง เป็นลักษณะที่ผิว เรียบ และมีสีที่สว่าง เป็นมัน จึงสามารถจะตรวจสอบได้ดี

สำหรับในส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงานนั้นได้มีการนำ เอาวงจร "DOWN LOAD" มาใช้ เพื่อความสะดวกในการ เขียนและพัฒนาโปรแกรม โดยการ เขียนโปรแกรมนั้นจะ เขียนบน เครื่อง APPLE COMPUTER ก่อน แล้วจึงนำโปรแกรมที่ เขียนขึ้นนั้น LOAD ลงมาในชุดควบคุม แทนที่จะ เขียนลงบน EPROM โดยตรง เนื่องจากว่าความล่าช้าในการจัดทาอุปกรณ์ทางอิ เลคทรอ-นิคส์จึงทำให้โปรแกรมที่ เขียนขึ้นมานั้น ไม่ค่อยจะ เป็นลักษณะที่ฉลาด เท่าไรนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

หุ่นยนต์ที่สร้างสำเร็จแล้วในโครงงานนี้ มีขีดความสามารถทางกลไกอยู่ที่ระดับหนึ่ง ซึ่งเป็นผลมาจากการสร้างที่ไม่สมบูรณ์เนื่องจาก จัดหาอุปกรณ์บางอย่างได้ไม่ตรงตามความต้องการ เครื่องมือและเทคนิคการสร้างยังไม่ดีพอ ส่วนทางด้านวงจรอิเลคทรอนิคส์ก็มีขีดจำกัดทางกำลังของมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อน และประสิทธิภาพของส่วนตรวจสอบผนังกำแพง สาเหตุเหล่านี้เป็นตัวกำหนดความสามารถของหุ่นยนต์ดังต่อไปนี้

- เคลื่อนที่ด้วยความเร็วจำกัดระดับหนึ่ง ถ้าเร็วกว่านี้จะเกิดข้อผิดพลาดจนไม่สามารถเคลื่อนที่ต่อไปได้ สาเหตุจากประสิทธิภาพของมอเตอร์

- ความเที่ยงตรงในการเคลื่อนที่ให้ตรงช่องทาง บางครั้งจะมีข้อผิดพลาดสะสม จนแก้ไขให้เคลื่อนที่ให้ตรงไม่ได้ และจะชนกำแพงไปในที่สุด สาเหตุจากประสิทธิภาพของวงจรตรวจสอบผนัง ซึ่งขณะนี้ใช้หลักการส่งคลื่นอินฟราเรดออกไปสะท้อนผนังออกมา ฉะนั้นถ้าพื้นผิวของผนังกำแพงไม่มีคุณสมบัติของการสะท้อนกลับที่ดี คลื่นส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืน ส่วนที่เหลือจะสะท้อนกลับมาจะไม่มากพอที่จะแก้ไขให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ตรงช่องทางได้ทันท่วงที

- ความฉลาดของหุ่นยนต์ ขณะนี้หุ่นยนต์สามารถหาทางออกได้เอง ไม่ว่าทางออกนั้นจะอยู่ที่ไหนก็ตาม ถ้าให้เคลื่อนที่ซ้ำเขาวงกตเดิมอีกครั้งหุ่นยนต์จะเลือกเคลื่อนที่ไปในทางที่สั้นที่สุดเท่าที่ค้นพบ แต่อาจจะไม่สั้นที่สุดสำหรับเขาวงกตนั้นก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการเคลื่อนที่ครั้งแรกว่าจะสำรวจเขาวงกตนั้นได้มากน้อยเพียงไร ซอฟท์แวร์นี้สามารถพัฒนาต่อไปได้โดยไม่จำกัด แต่ถึงจะมีซอฟท์แวร์ที่ดีเยี่ยมเพียงไร หุ่นยนต์ก็จะมีความสามารถอยู่ที่ระดับหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านกลไก

- หุ่นยนต์นี้มีความจำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายจากภายนอก เนื่องจากจัดหาแบตเตอรี่ไม่ได้ แต่ได้จัดเตรียมพื้นที่สำหรับการนี้ไว้แล้ว

จากที่กล่าวมา หุ่นยนต์จะสามารถมีประสิทธิภาพที่ดีกว่านี้ถ้าได้รับการพัฒนาปรับปรุงสิ่งต่างๆที่กล่าวมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำปรึกษาแนะแนวทางการออกแบบ เทคนิคการทำงานต่าง ๆ ตลอดจนการหาอุปกรณ์บางตัวมาให้ทดลองใช้ เพื่อให้โครงงานดำเนินไปและสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ชาญวิทย์ อิทธิพงษ์, "ควบคุมการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์", วารสารคอมพิวเตอร์อิเลคทรอนิคส์เวิลด์, ปีที่ 7, ฉบับที่ 80, หน้า 72-80, 2528

2. มนัส สังวรศิลป์, "การทำงานและการใช้งานสเต็ปมอเตอร์", วารสารอิเลคทรอนิคส์เวิลด์, ปีที่ 7, ฉบับที่ 78, หน้า 91-98, 2528

3. ก้องเกียรติ ณ สีมา, "ทฤษฎีและการใช้งาน ไทม์เมอร์ไอซี 555", นำอักษรการพิมพ์, 2528

4. ยืน ภู่วรวรรณ และ วัฒนา เชียงกูล, "ไมโครโปรเซสเซอร์ ไมโครคอมพิวเตอร์", ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2527

5. BARBARA KRASNOFT., "THE TRUTH ABOUT ROBOTS", POPULAR MECHANICS., VOL 158, SEPTEMBER 1982.

6. KENJO TAKASHI., "STEPPING MOTOR AND THEIR MICROPROCESSOR CONTROL.", OXFORD CLARENDON PRESS 1984.

7. FRANK P. TEDESCHI & ROBERT COLON, "101 PROJECTS FOR THE Z80", TAB BOOKS INC., 1983.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้