สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หุ่นยนต์อัตโนมัติเพื่อการขนถ่ายวัสดุ

AUTOMATED GUIDED VEHICLE

FOR MATERIAL HANDLING

T119480

น.ส. สุจิตรา พรรัตนชัย

MS. SUJITRA PORNRATTANACHAI

น.ส. อธิติยา วจนาภรณ์

MS. ATITIYA WAJANAPORN

น.ส. รัมภารมณ์ เมยประโคน

MS. RAMPHAROM MOEIPRAKONE

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119480
วัน,เดือน,ปี - 8 ส.ค. 2554

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATED GUIDED VEHICLE

FOR MATERIAL HANDLING

MS. SUJITRA PORNRATTANACHAI

MS. ATITIYA WAJANAPORN

MS. RAMPHAROM MOEIPRAKONE

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEER IN INDUSTRIAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEER

KING MONGKUT'S INDTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ หุ่นยนต์อัตโนมัติเพื่อการขนถ่ายวัสดุ

AUTOMATED GUIDED VEHICLE FOR MATERIAL HANDLING

นักศึกษา

น.ส. สุจิตรา พรรัตนชัย	รหัสประจำตัว 50011699
น.ส. อธิติยา วจนาภรณ์	รหัสประจำตัว 50011824
น.ส. รัมภารมณ์ เมยประโคน	รหัสประจำตัว 50011897

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(ดร. อุดม จันทร์จรัสสุข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	หุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติเพื่อการขนถ่ายวัสดุ
นักศึกษา	นางสาวสุจิตรา พรรัตนชัย
	นางสาวอธิติยา วจนาภรณ์
	นางสาวรัมภารมณ์ เมยประโคน
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ดร.อุดม จันทร์จรัสสุข

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์อัตโนมัติเพื่อการขนถ่ายวัสดุ โดยหุ่นยนต์จะทำงานด้วยการรับคำสั่งจากผู้ปฏิบัติงานที่อยู่ที่สถานีส่งหรือสถานีใดๆ ให้เคลื่อนที่ไปส่งวัสดุยังสถานีเป้าหมาย หลักการทำงานของหุ่นยนต์จะเคลื่อนไปบนเส้นสีดำโดยใช้เซนเซอร์อินฟราเรด 3 ตัว เพื่อตรวจจับให้หุ่นยนต์อยู่ในเส้นทางและสามารถหยุดที่สถานีต่างๆ โดยใช้เซนเซอร์อินฟราเรดอีก 1 ตัวในการอ่านแถบสีดำแสดงตำแหน่งของแต่ละสถานี เลขที่สถานีเป้าหมายจะถูกแสดงจากแผงไฟบนตัวหุ่นยนต์ หุ่นยนต์อัตโนมัติเพื่อการขนถ่ายวัสดุนี้ประกอบด้วยโครงสร้างและชุดขับเคลื่อน วงจรอิเล็กทรอนิกส์ และโปรแกรมควบคุมการทำงาน โดยส่วนโครงสร้างด้านล่างทำจากเหล็กกล่อง ด้านข้างทำจากอลูมิเนียมฉาก ส่วนชุดขับเคลื่อนใช้มอเตอร์ขนาด 12 โวลต์ 30 รอบต่อนาที 2 ตัว และล้อขับเคลื่อนเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.8 เซนติเมตร 2 ล้อ ส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วย วงจรเซนเซอร์ตรวจจับเส้นทาง วงจรเซนเซอร์อ่านโค้ดสถานี วงจรสวิตซ์สถานี วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ และวงจรไฟแสดงสถานีซึ่งวงจรเหล่านี้จะถูกเชื่อมต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ และควบคุมการทำงานจากโปรแกรมควบคุมซึ่งใช้โปรแกรม CCS ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานทั้งหมด

การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์อัตโนมัติเพื่อการขนส่งชิ้นส่วน แบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ การทดสอบความสามารถในการสะท้อนของเซนเซอร์ การทดสอบความเร็ว การทดสอบการเคลื่อนตามเส้นทาง การทดสอบการรับน้ำหนักของหุ่นยนต์ และการทดสอบการตอบสนองต่อคำสั่งของหุ่นยนต์ โดยผลการทดสอบการสะท้อนของเซนเซอร์จากผลการทดลองพบว่า เซนเซอร์จะมีการสะท้อนสีขาวได้ดีที่สุด และมีการสะท้อนสีดำน้อยที่สุด หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุด 6.20 เมตรต่อนาที และสามารถเคลื่อนที่ไปบนทางโค้งที่มีรัศมีความโค้งตั้งแต่ 30 เซนติเมตรขึ้นไปได้ดี เมื่อหุ่นยนต์บรรทุกวัสดุที่มีน้ำหนัก 1-5 กิโลกรัม หุ่นยนต์จะยังมีความเร็วมากกว่า 6 เมตรต่อนาที และหุ่นยนต์สามารถรับคำสั่งไม่ว่าจะอยู่ที่สถานีใดๆ ให้ไปส่งชิ้นส่วนยังสถานีเป้าหมายได้ถูกต้องแม่นยำทุกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Automated Guided Vehicle (AGV) for Material Handling
Student	Ms. Sujitra Pornrattanachai
	Ms. Atitiya Wajanaporn
	Ms. Rampharom Moeiprakone
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2010
Thesis Advisor	Dr. Udom Janjarassuk

ABSTRACT

In this thesis, we presented design and construction of an automated guided vehicle for material handling. The vehicle is capable of receiving commands from the operators and carrying material to the given station. The vehicle is guided by the black tape on the floor using 3 infrared sensors. An additional infrared sensor is used to count the number of tags to identify the station. The target station will be displayed on a LED display board. This vehicle is composed of metal frame, propelling set, electronic circuits and control program. The propelling set uses 2 DC motors and 2 driving wheels. The electronic circuits are connected to a microcontroller and controlled by the program which is written in CCS.

We performed 5 experiments to test the sensors reflection, moving speed, tracking ability, carrying ability and responding ability. The results showed that white color is most sensitive to infrared reflection and black color is least sensitive to infrared reflection, The top moving speed was 6.20 m/min when driving with 100% duty cycle. The narrowed turning radius is 30 centimeters. The vehicle can carry 5 kilograms of material while maintaining speed at 6 m/min and it responds to the user commands correctly.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สามารถผ่านลุล่วงไปได้ด้วยดี หากขาดการสนับสนุนและความช่วยเหลือ ในทุกๆ ด้าน ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณบุคคลทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ดร.อุดม จันทร์จรัสสุข ที่กรุณาให้โอกาสในการทำปริญญานิพนธ์ ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือ ตลอดจนเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และทรัพยากรต่างๆที่ใช้ในการทำโครงการตลอดมา ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่านที่ให้ความรู้ คำปรึกษาและคำสอนต่างๆตลอดปีการศึกษา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณครอบครัว และเพื่อนทุกคนที่เป็นกำลังใจ ให้ความสนับสนุนในทุกๆด้านมาโดยตลอด

น.ส. สุจิตรา พรรัตนชัย
น.ส. อธิติยา วจนาภรณ์
น.ส. รัมภารมณ์ เมยประโคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ข

กิตติกรรมประกาศ.....ค

สารบัญ.....ง

สารบัญตาราง.....ฉ

สารบัญรูป.....ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1. ความสำคัญของโครงงาน.....1

1.2. วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1

1.3. ขอบเขตของโครงงาน.....1

1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1. Automated Guided Vehicle (AGVs).....3

2.1.1. การนำทางของ AGVs.....3

2.1.2. ประเภทของ AGVs.....4

2.2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....4

2.2.1. โครงสร้างการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....4

2.2.2. การขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....5

2.2.3. การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง.....6

2.2.4. ประเภทการต่อวงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....7

2.3. เซนเซอร์.....12

2.3.1. ส่วนประกอบของเซนเซอร์.....13

2.3.2. เซนเซอร์แสง (Optical Sensor).....13

2.3.3. ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์แสง.....18

2.4. วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Voltage Comparators).....20

2.5. ไมโครคอนโทรเลอร์.....21

2.5.1. โครงสร้างภายในไมโครคอนโทรลเลอร์.....21

2.5.2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877A.....22

2.5.3. การทำงานในโหมด PWM.....28

2.6. บทความที่เกี่ยวข้อง.....29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบและวิธีการดำเนินงาน

3.1. การออกแบบโครงสร้างและชุดขับเคลื่อน.....31

3.1.1. การออกแบบโครงสร้าง.....31

3.1.2. การออกแบบชุดขับเคลื่อน.....32

3.2. ส่วนฮาร์ดแวร์หรืออุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิค.....33

3.2.1. เซนเซอร์.....34

3.2.2. วงจรเปรียบเทียบแรงดัน.....37

3.2.3. ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877A.....37

3.2.4. วงจรขับมอเตอร์ (Motor Driver).....40

3.2.5. แผงไฟแสดงสถานะของหุ่นยนต์.....41

3.2.6. วงจรปุ่มสถานี..... 42

3.3. การออกแบบส่วนโปรแกรมควบคุมการทำงาน..... 43

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

4.1. การทดสอบความสามารถในการสะท้อนของเซนเซอร์.....46

4.2. การทดสอบความเร็ว.....47

4.3. การทดสอบการเคลื่อนตามเส้นทาง.....48

4.4. การทดสอบการรับน้ำหนักของชิ้นส่วน.....49

4.5. การทดสอบการตอบสนองต่อคำสั่งของหุ่นยนต์.....51

บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

5.1. สรุปการดำเนินงาน.....53

5.2. ปัญหาที่พบและแนวทางในการแก้ไข.....53

5.2.1. ปัญหาในการออกแบบ.....53

5.2.2. ปัญหาในการดำเนินการ.....54

5.2.3. ปัญหาในการทดลอง.....55

5.3. ข้อเสนอแนะ.....55

เอกสารอ้างอิง.....56

ภาคผนวก.....ผ1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1. แสดงค่า PCLATH<4:3> ในการเลือก Page ของ PIC 16F877A.....26
ตารางที่ 2.2. การจัดสรรพื้นที่ Bank.....27
ตารางที่ 2.3. แสดงค่า RP0 และ RP1 ในการเลือก Bank ของ PIC 16F877A.....27
ตารางที่ 4.1. แสดงค่าลอจิกของการสะท้อนของเซนเซอร์บนแถบสีและระยะห่างต่าง ๆ.....46
ตารางที่ 4.2. แสดงค่าความเร็วที่ค่า % duty cycle ต่างๆ.....47
ตารางที่ 4.3. แสดงความสามารถในการเคลื่อนที่ตามเส้นทางโค้งที่มีรัศมีความโค้งต่างๆ.,.....49
ตารางที่ 4.4. แสดงความเร็วของหุ่นยนต์ขณะบรรทุกชิ้นส่วนที่น้ำหนักต่างๆ กัน.....50
ตารางที่ 4.5. แสดงประสิทธิภาพการตอบสนองและการทำตามคำสั่งของหุ่นยนต์.....52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1. โครงสร้างการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....4
รูปที่ 2.2. การกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้รีเลย์.....5
รูปที่ 2.3. การใช้ทรานซิสเตอร์เพื่อขับรีเลย์ให้ทำงาน.....6
รูปที่ 2.4. การใช้ทรานซิสเตอร์เป็นวงจรขับและกำหนดทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง.....6
รูปที่ 2.5. ความกว้างของพัลส์ขนาดต่างๆของสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่คงที่.....7
รูปที่ 2.6. วงจรโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยก.....8
รูปที่ 2.7. วงจรเทียบเคียงของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยก.....8
รูปที่ 2.8. วงจรโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม.....9
รูปที่ 2.9. วงจรเทียบเคียงของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม.....9
รูปที่ 2.10. ลักษณะการต่อวงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมชนิดชุดขดลวดขนานสั้น.....10
รูปที่ 2.11. วงจรเทียบเคียงของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม.....10
รูปที่ 2.12. วงจรเทียบเคียงของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมชนิดชุดขดลวดขนานสั้นแบบต่าง.....11
รูปที่ 2.13. ลักษณะการต่อวงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมชนิดชุดขดลวดขนานยาว.....11
รูปที่ 2.14. วงจรเทียบเคียงของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมชนิดชุดขดลวดขนานสั้น.....12
รูปที่ 2.15. วงจรเทียบเคียงของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมชนิดชุดขดลวดขนานยาวแบบต่างๆ.....12
รูปที่ 2.16. ระบบการเซนเซอร์.....13
รูปที่ 2.17. ลักษณะและสัญลักษณ์ของแอลอีดี.....14
รูปที่ 2.18. ลักษณะและสัญลักษณ์ของแอลดีอาร์.....15
รูปที่ 2.19. ลักษณะและสัญลักษณ์ของโฟโต้ไดโอด.....16
รูปที่ 2.20. ลักษณะโครงสร้างและวงจรสมมูล.....17
รูปที่ 2.21. โครงสร้างของโมดูลตัวรับอินฟราเรด.....17
รูปที่ 2.22. การเซนเซอร์แบบภาครับและภาคส่งอยู่ด้านเดียวกัน.....18
รูปที่ 2.23. เซนเซอร์แบบใช้วัตถุสะท้อนแสง.....19
รูปที่ 2.24. โครงสร้างภายในของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ.....20
รูปที่ 2.25. ลักษณะโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์.....21
รูปที่ 2.26. โครงสร้างการทำงานภายใน PIC 16F877A 24
รูปที่ 2.27. Pin Diagram 25
รูปที่ 2.28. การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของ PIC 16F877A 26
รูปที่ 3.1. ลักษณะหุ่นยนต์อัตโนมัติเพื่อการขนถ่ายวัสดุ.....32
รูปที่ 3.2. ลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์อัตโนมัติเพื่อการขนถ่ายวัสดุ.....34
รูปที่ 3.3. schematic ของวงจรเซนเซอร์ตรวจจับเส้นทาง.....35
รูปที่ 3.4. วงจรเซนเซอร์ตรวจจับเส้นทาง.....35

เอกสารนี้มีไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.5. schematic ของวงจรเซนเซอร์อ่านโค้ดสถานี.....36
รูปที่ 3.6. วงจรเซนเซอร์อ่านโค้ดสถานี.....36
รูปที่ 3.7. ไอซี LM 311.....37
รูปที่ 3.8. ลักษณะการใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์.....38
รูปที่ 3.9. schematic ของไมโครคอนโทรลเลอร์.....39
รูปที่ 3.10.วงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์.....39
รูปที่ 3.11. schematic ของวงจรขับมอเตอร์.....40
รูปที่ 3.12. วงจรขับมอเตอร์.....40
รูปที่ 3.13. schematic ของวงจรแผงไฟแสดงสถานะของหุ่นยนต์.....41
รูปที่ 3.14. วงจรแผงไฟแสดงสถานะของหุ่นยนต์.....42
รูปที่ 3.15. schematic ของวงจร keyboard.....42
รูปที่ 3.16. วงจร keyboard.....42
รูปที่ 3.17. หลักการทำงานของหุ่นยนต์.....43
รูปที่ 3.18. หลักการทำงานของหุ่นยนต์เมื่อเคลื่อนที่ทางตรง.....44
รูปที่ 3.19. หลักการทำงานของหุ่นยนต์เมื่อเคลื่อนที่ออกจากเส้นทางไปทางขวา-ซ้าย.....44
รูปที่ 3.20. หลักการทำงานของหุ่นยนต์เมื่อหุ่นยนต์ได้รับคำสั่งไปยังสถานีใดๆ.....45
รูปที่ 4.1. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณ PWM กับความเร็วหุ่นยนต์.....47
รูปที่ 4.2. รัศมีทางโค้งต่างๆที่ใช้ทดสอบความสามารถในการเคลื่อนที่ตามทางโค้ง.....48
รูปที่ 4.3. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของวัสดุที่ขนถ่ายกับความเร็วของหุ่นยนต์.....50
รูปที่ 4.4. เส้นทางในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์.....51
รูปที่ ผ1. ลายวงจรของเซนเซอร์ตรวจจับเส้นทางส่วนด้านบน.....ผ9
รูปที่ ผ2. ลายวงจรของเซนเซอร์ตรวจจับเส้นทางส่วนด้านล่าง.....ผ9
รูปที่ ผ3. ลายวงจรเซนเซอร์อ่านโค้ดสถานี.....ผ9
รูปที่ ผ4. ลายวงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์.....ผ10
รูปที่ ผ5. ลายวงจรของชุดขับมอเตอร์ส่วนด้านบน.....ผ10
รูปที่ ผ6. ลายวงจรของชุดขับมอเตอร์ส่วนด้านล่าง.....ผ11
รูปที่ ผ7. ลายวงจรของแผงไฟแสดงสถานะของหุ่นยนต์ส่วนด้านบน.....ผ11
รูปที่ ผ8. ลายวงจรของแผงไฟแสดงสถานะของหุ่นยนต์ส่วนด้านล่าง.....ผ12
รูปที่ ผ9. ลายวงจรของ keyboard.....ผ12
รูปที่ ผ10. isomatic ของหุ่นยนต์.....ผ13
รูปที่ ผ11. โครงสร้างหุ่นยนต์.....ผ14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาใช้กันกว้างขวางขึ้น เนื่องจากเทคโนโลยีมีความสำคัญต่อการพัฒนาทางด้านต่าง ๆ ได้แก่ อุตสาหกรรม การสื่อสาร การคมนาคม การรักษาความปลอดภัย เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีนี้มีมากมายหลายรูปแบบ แต่ในโครงงานนี้จะศึกษาเกี่ยวกับหุ่นยนต์ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ได้รับความสนใจในปัจจุบันโดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรม

ในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มีการวางสถานีผลิตที่ตายตัวโดยมีสายพานเป็นตัวขนถ่ายชิ้นส่วนระหว่างสถานีมีการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการผลิต จึงทำได้ยากเนื่องจากต้องปรับเปลี่ยนสถานีผลิต ซึ่งมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนสูง ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์เพื่อ จึงมีความจำเป็นทั้งทางด้านการลดทั้งค่าใช้จ่าย ลดเวลาในการทำงานของสถานีผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งระหว่างสถานี

หุ่นยนต์อัตโนมัติเพื่อการขนถ่านวัสดุ สามารถนำไปใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมได้ในส่วนการขนถ่ายวัสดุภายในโรงงานส่วนการผลิตและภายในคลังสินค้า เพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงลำดับสถานีงาน และเพื่อเพิ่มความคล่องตัวในการขนส่งในทางแคบหรือเส้นทางซับซ้อน หุ่นยนต์ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงเส้นทางการขนถ่ายวัสดุของสายพานการผลิตเพื่อลำดับสถานีงานใหม่ และช่วยลดค่าใช้จ่ายในส่วนที่ต้องใช้คนในการขนส่งชิ้นส่วนได้อีกด้วย

1.2. วัตถุประสงค์

1.2.1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้น

1.2.2. เพื่อออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุในโรงงานอุตสาหกรรม

1.3. ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1. หุ่นยนต์ขนส่งเคลื่อนที่ตามเส้นสีดำ โดยใช้เซนเซอร์อินฟราเรด

1.3.2. หุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นจะสามารถบรรทุกวัสดุได้ไม่เกิน 5 กิโลกรัม

1.3.3. หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดไม่เกิน 7 เมตรต่อนาที

1.3.4. หุ่นยนต์มีขนาด กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 35 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร

1.3.5. หุ่นยนต์สามารถรับคำสั่งจากผู้ปฏิบัติงาน เพื่อขนถ่ายวัสดุไปยังสถานีที่กำหนด

1.3.6. หุ่นยนต์มีไฟแสดงสถานีเป้าหมายที่ได้รับคำสั่งจากผู้ปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1. ได้ความรู้เพิ่มเติมในเรื่องของการออกแบบวงจรต่าง ๆ การวิเคราะห์วงจร การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ด้วยไมโครคอนโทลเลอร์ PIC และการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี ซึ่งเป็นการศึกษาด้วยตนเอง

1.4.2. สามารถนำหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นไปพัฒนาและประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมได้จริง

1.4.3. สามารถลดปัญหาค่าใช้จ่ายในกรณีที่มีการเปลี่ยนขั้นตอนกระบวนการผลิต

1.4.4. สามารถลดการใช้แรงงานในกระบวนการขนส่งชิ้นส่วนระหว่างสถานีผลิต

1.4.5. สามารถลดจำนวนพนักงานโดยการประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ขนถ่ายวัสดุแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติเพื่อการขนถ่ายวัสดุ ต้องอาศัยการศึกษาทฤษฎีของอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการสร้างและออกแบบตัวหุ่นยนต์ ได้แก่ มอเตอร์ เซนเซอร์ วงจรเปรียบเทียบแรงดัน ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการศึกษาทฤษฎีเป็นตัวช่วยในการสร้างและการออกแบบหุ่นยนต์ให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมโดยทฤษฎี ที่ได้ทำการศึกษามีดังต่อไปนี้

2.1. Automated Guided Vehicle (AGVs)

AGVs เป็นเทคโนโลยีทางด้านการขนส่ง สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดค่าใช้จ่ายในส่วยต่างๆได้ โดยการทำงานของ AGVs ลากจูงวัตถุ หรือพ่วงวัตถุดิบไปกับรถพ่วง เพื่อเคลื่อนย้ายวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปไปยังที่ต่างๆได้ AGVs ยังสามารถเก็บวัตถุที่อยู่ชั้นวางของ โดยวัตถุที่สามารถวางในชุดของลูกกลิ้งมอเตอร์ (ลำเลียง) AGVs สามารถนำไปใช้ได้เกือบทุกภาคอุตสาหกรรมรวมทั้งเยื่อกระดาษ, โลหะ, หนังสือพิมพ์และการผลิตทั่วไป

AGVs ถูกนำออกสู่ตลาดในปี 1950 ซึ่งในสมัยนั้น AGVs เป็นเพียงรถบรรทุกพ่วงที่ขนส่งวัตถุดิบตามสายในชั้นแทนการใช้แรงงาน หลายปีที่ผ่านเทคโนโลยีที่มีความซับซ้อนมากขึ้นและในปัจจุบัน โรงงานอุตสาหกรรมได้ใช้ AGVs ประเภทต่างๆ สามารถแบ่งประเภทของ AGVs ตาม ลักษณะการนำทาง และลักษณะการขนถ่ายวัสดุ ซึ่งกล่าวได้ดังต่อไปนี้

2.1.1. การนำทางของ AGVs

1. Wired Navigation เป็นการนำทางโดยใช้เซนเซอร์จับเส้นลวดติดอยู่ที่ด้านล่างของ AGVs และวางเส้นลวดลงไปบนพื้นที่ทำให้เป็นร่องลึก 1 นิ้ว โดยเซนเซอร์จะตรวจจับไปตามเส้นลวดที่วางไว้
2. Guide Tape Navigation แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ เทปแม่เหล็กและเทปสี โดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับที่อยู่ด้านล่างของหุ่นยนต์ การใช้เทปสะดวกกับการเปลี่ยนแปลงเส้นทางและการใช้เทปสีมีราคาถูกแต่เทปแม่เหล็กมีราคาแพง
3. Laser Target Navigation เป็นการนำทางโดยใช้การสะท้อนของที่เลเซอร์ส่งออกไปเป็นระยะๆ โดยตัวรับและส่งเลเซอร์จะถูกติดตั้งไว้บนตัวของ AGVs และติดเทปที่ใช้สำหรับสะท้อนแสงเลเซอร์บนผนัง
4. Gyroscopic Navigation เป็นการควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ โดยฝังเครื่องส่งเรด้าไว้บนพื้นและตรวจสอบทิศทางของ AGVs ด้วยเครื่อง gyroscope
5. Natural Features Navigation เป็นการนำทางโดยไม่ใช้ตัวสะท้อนส่งสัญญาณใดๆ จะใช้ตัวนำทางที่อยู่บนตัวของ AGVs เอง เช่น gyroscope ซึ่งวิธีนี้มีข้อดีคือ สามารถเคลื่อนย้ายไปใช้ในที่ต่างๆ ได้สะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Steering control เป็นการนำทางโดยระบบควบคุมการทำงานของระบบขับเคลื่อน 2 ล้อ ที่ใช้ความเร็วต่างกันในการเลี้ยวและความเร็วเท่ากันในการเดินหน้าถอยหลัง วิธีนี้สะดวกกับการเคลื่อนที่ในสถานีทำงานที่ไม่กว้างมากนัก

2.1.2. ประเภทของ AGVs

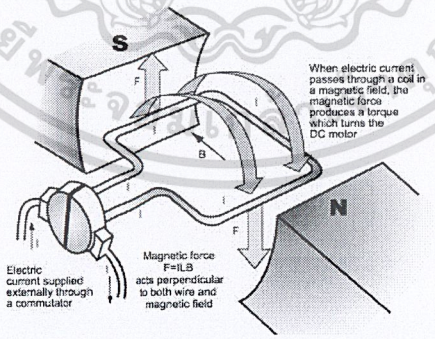
1. AGVs Towing Vehicles ลักษณะการทำงานเป็นแบบลากจูง เป็นประเภทแรกที่ใช้และยังนิยมใช้อยู่ มีลักษณะคล้ายกับรถไฟ ส่วน AGVs อยู่ด้านหน้าและลากจูงส่วนบรรทุกด้านหลัง
2. AGVs Unit Load Vehicles ใช้บรรทุกมีลักษณะเป็นชั้นเพื่อส่งผ่านวัสดุจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง
3. AGVs Pallet Trucks ออกแบบมาเพื่อใช้บรรทุกและส่งวัสดุที่อยู่บนพื้นไปวางบนพาเลตหรือจากพาเลตวางลงบนพื้น
4. AGVs Fork Truck สามารถใช้ยกของขึ้นมาจากที่พื้นได้
5. Light Load AGVs ใช้ส่งชิ้นงานที่มีน้ำหนักเบา ขนาดเล็ก เหมาะกับโรงงานที่มีขนาดเล็กและมีพื้นที่จำกัด
6. AGVs Assembly Line Vehicles เป็นการประยุกต์ใช้ของ Light Load AGVS เพื่อใช้สำหรับกระบวนการประกอบ

2.2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง คือ เครื่องจักรกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่รับกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอกเข้ามาแล้วเปลี่ยนเป็นกำลังงานกลเพื่อส่งออกไป

2.2.1. โครงสร้างการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์จะหมุนก็ต่อเมื่อ ได้รับแรงดันไฟฟ้า ซึ่งเมื่อป้อนแรงดันไฟตรงเข้าที่แปรงถ่าน ก็จะเกิดกระแสไหลผ่านขดลวดตัดสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงผลักให้ขดลวดหมุน



รูปที่ 2.1. โครงสร้างการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของแรงที่เกิดขึ้นนี้หาได้จาก

$$F = BIl$$

เมื่อ F = แรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำหนึ่งตัว (นิวตัน)

B = ความหนาแน่นสนามแม่เหล็ก (เทสลา)

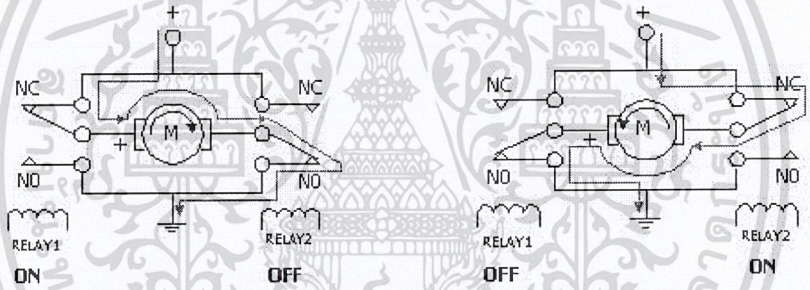
I = กระแสที่ไหลในตัวนำ (แอมแปร์)

l = ความยาวของตัวนำ (เมตร)

แรง F ที่เกิดขึ้นนี้ จะอยู่ในแนวที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก และกระแสที่ผ่านในตัวนำนั้นๆ โดยคอมมิวเตอร์ เป็นตัวทำให้กระแสไหลผ่านตัวนำไปในทิศทางเดียวตลอกเวลาภายใต้ขั้วแม่เหล็กแต่ละขั้ว ซึ่งช่วยทำให้เกิดแรงบิดไปในทิศทางเดียวกันอย่างต่อเนื่อง

2.2.2. การขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

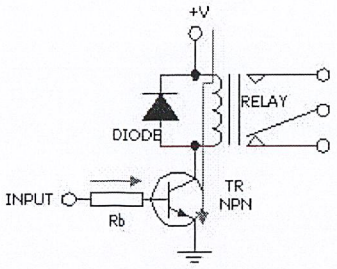
ในการใช้ Microcontroller เป็นตัวควบคุมการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นจะต้องมีส่วนของวงจร ที่เรียกว่าวงจรขับมอเตอร์ (Driver) ในส่วนของวงจรกลับทิศทางของมอเตอร์นั้นสามารถที่จะใช้ รีเลย์ต่อวงจร สวิตช์เพื่อกลับทิศทางของขั้วไฟกระแสตรง หรืออาจใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เป็นวงจรขับกำลัง เช่น ทรานซิสเตอร์ มอสเฟต



รูปที่ 2.2. การกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้รีเลย์

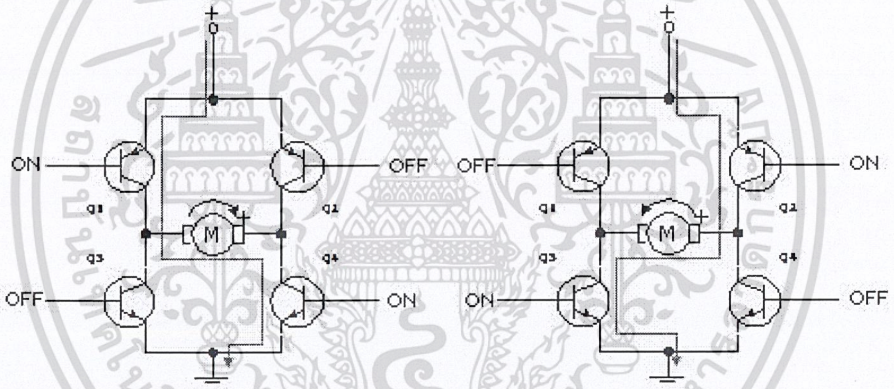
จากรูปที่ 2.2. เป็นการใช้รีเลย์ควบคุมการเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์ โดยการควบคุมการปิดเปิด ที่รีเลย์ 2 ตัว ซึ่งจะทำหน้าที่กลับทิศทางของขั้วไฟที่ป้อนให้กับมอเตอร์ โดยการสลับการทำงานของรีเลย์ เช่นให้รีเลย์ตัวที่หนึ่งทำงาน (On) และรีเลย์ตัวที่สองหยุดทำงาน (Off) จะทำให้มอเตอร์หมุนไปทางซ้าย และในทำนองเดียวกันถ้าหากรีเลย์ตัวที่หนึ่งหยุดทำงาน (Off) และรีเลย์ตัวที่สองทำงาน (On) ก็จะทำให้มอเตอร์หมุนไปทางขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3. การใช้ทรานซิสเตอร์เพื่อขับรีเลย์ให้ทำงาน

จากรูปที่ 2.3. เป็นวงจรขับรีเลย์โดยใช้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายกระแส โดยเหตุผลเพราะไม่สามารถจะใช้ขาเอาต์พุทของไมโครคอนโทรลเลอร์ป้อนกระแสไฟที่ขดลวดของรีเลย์โดยตรงได้ เนื่องจากว่ากระแสที่จ่ายออกมาจากขาเอาต์พุทของไมโครคอนโทรลเลอร์มีค่าน้อยเกินไป ดังนั้นจึงต้องมีส่วนของวงจรทรานซิสเตอร์เพื่อที่จะทำการขยายกระแสให้เพียงพอในการป้อนให้กับขดลวดของรีเลย์ ส่วนไดโอดนำมาต่อไว้สำหรับป้องกันแรงดันย้อนกลับที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กในขณะเกิดการยุบตัว ซึ่งอาจจะทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหายได้



รูปที่ 2.4. การใช้ทรานซิสเตอร์เป็นวงจรขับและกำหนดทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง

จากรูปที่ 2.4. เป็นวงจร Full Bridge ซึ่งจะประกอบไปด้วยทรานซิสเตอร์กำลังสี่ ตัวที่ทำหน้าที่ขับ และควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ถ้าหากกำหนดให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 อยู่ในสภาวะทำงาน (Active) กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านมอเตอร์จากซ้ายไปขวา ทำให้มอเตอร์หมุนไปทางขวา ในทำนองเดียวกันถ้าหากเราทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 อยู่ในสภาวะทำงาน (Active) กระแสไฟฟ้าก็จะไหลจากทางขวาไปทางซ้าย ซึ่งจะส่งผลให้มอเตอร์กลับทิศทางการหมุนจากทางขวาไปทางซ้าย

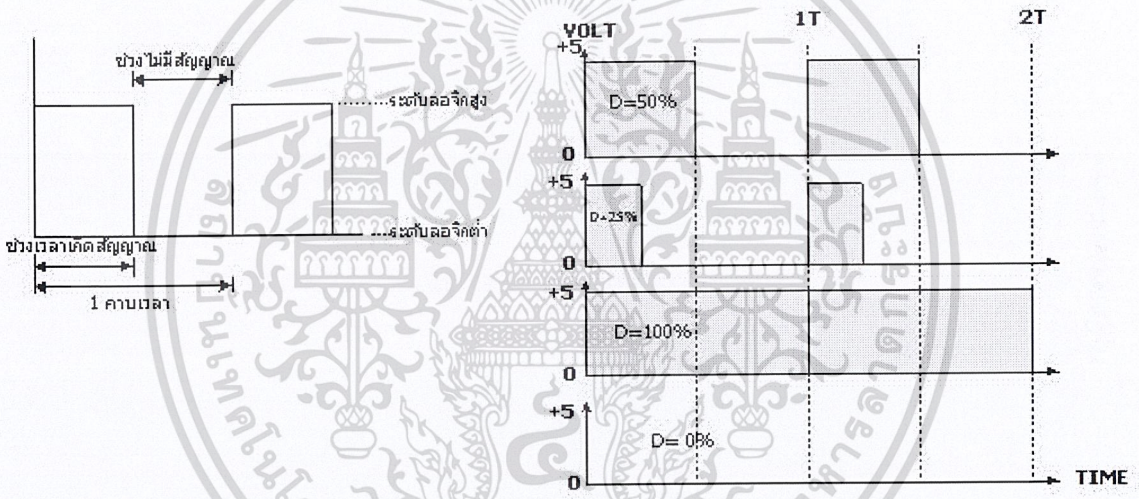
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3. การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งอาจจะใช้วิธีการควบคุมแบบพื้นฐาน เช่นการควบคุมด้วยวิธีการใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ต่ออนุกรมอับมอเตอร์เพื่อลดแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับมอเตอร์ หรือใช้วิธีการ Modulation ทางความกว้างของพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation)

การ Modulation ทางความกว้างพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation) จะเป็นการปรับเปลี่ยนความกว้างของสัญญาณพัลส์ โดยความถี่ของสัญญาณพัลส์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือเป็นการเปลี่ยนที่ค่าของ Duty Cycle นั้นเอง ซึ่งค่าของ Duty Cycle คือช่วงความกว้างของพัลส์ที่มีสถานะลอจิกสูง โดยคิดสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์จากความของพัลส์ทั้งหมด ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหากค่า Duty Cycle มีค่าเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ก็หมายถึง ในหนึ่งรูปสัญญาณพัลส์จะมีช่วงของสัญญาณที่เป็นสถานะลอจิกสูงอยู่ครึ่งหนึ่ง แล้วสถานะลอจิดกต่ำอยู่อีกครึ่งหนึ่ง และในทำนองเดียวกันถ้าหากค่า Duty Cycle มีค่ามากหมายความว่ากว้างของพัลส์ที่เป็นสถานะลอจิกสูงจะมีความกว้างมากขึ้น หากค่า Duty Cycle มีค่าเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ก็หมายความว่าจะไม่มีสถานะลอจิกต่ำเลย ซึ่งค่า Duty Cycle สามารถจะหาได้จากค่าความสัมพันธ์ดังนี้

ค่า Duty Cycle = (ช่วงของสัญญาณพัลส์ / ค่าเวลาทั้งหมดของสัญญาณ) ×100 %



รูปที่ 2.5 ความกว้างของพัลส์ขนาดต่างๆของสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่คงที่

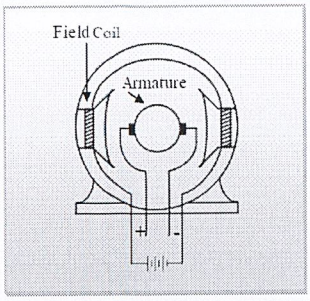
2.2.4. ประเภทการต่อวงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.2.4.1. <u>วงจรการต่อมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยก (Separately Excited)</u>

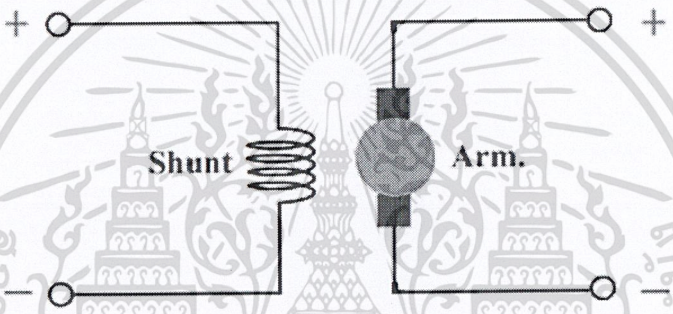
วงจรเทียบเคียงทางไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยก สามารถแยกออกเป็น 2 วงจร คือวงจรฟิลด์ (Field Circuit) ซึ่งทาหน้าที่ในการสร้างสนามแม่เหล็กหลัก และวงจรอาร์เมเจอร์ (Armature circuit) ที่ทาหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กรอบๆ อาร์เมเจอร์ Separately excited dc motor แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับวงจรฟิลด์ และวงจรอาร์เมเจอร์ จะแยกเป็นอิสระซึ่งกันและกัน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชนิดกระตุ้นแยก เป็นการต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขดลวดสนามแม่เหล็ก(Shunt Field) แยกออกจากขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) โดยต้องมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจานวน 2 ชุด ดังรูปที่ 2.6. และ 2.7. ตามลำดับ



รูปที่ 2.6. วงจรโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยก

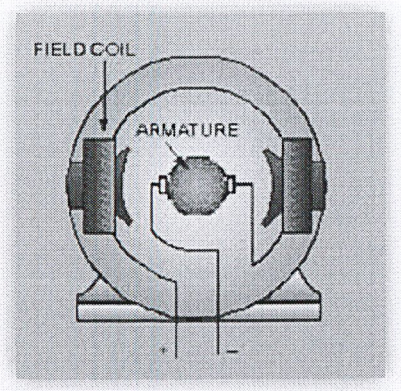


รูปที่ 2.7. วงจรเทียบเคียงของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยก

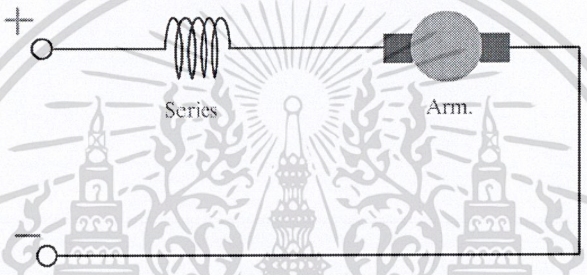
2.2.4.2. <u>วงจรการต่อมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม (Series Motor)</u>

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสแบบอนุกรม หรือซีรีส์มอเตอร์ คือ วงจรที่มีซีรีสฟิลด์ต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์ วงจรการต่อดังแสดงในรูปที่ 2.8 และ 2.9 ตามลาดับ โดยจากวงจรเมื่อจ่ายไฟให้กับวงจรนี้ จะมีกระแสไฟฟ้าไหลจากขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟผ่านซีรีสฟิลด์ ไหลผ่านขดลวดอาร์เมเจอร์ และกระแสไฟฟ้าจะไหลไปยังขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟ เมื่อครบวงจรเช่นนี้แล้ว มอเตอร์จะเริ่มหมุนทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8. วงจรโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม



รูปที่ 2.9. วงจรเทียบเคียงของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

จากวงจรจะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านซีรีส์ฟิลด์เป็นกระแสไฟฟ้าค่าเดียวกันกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดอาร์เมเจอร์ เนื่องจากต่อในลักษณะอนุกรมกัน โดยที่ซีรีส์ฟิลด์จะเป็นตัวสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาเพื่อทำปฏิกิริยากับสนามแม่เหล็กของขดลวดอาร์เมเจอร์ โดยขดลวดฟิลด์ของมอเตอร์แบบอนุกรมจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่พันขั้วแม่เหล็กไว้ในจำนวนน้อยรอบ และจากการที่ขดลวดมีค่าความต้านทานต่ำ ดังนั้นในขณะเริ่มหมุน (start) จะกินกระแสไฟฟ้ามากทำให้เกิดแรงบิดขณะเริ่มหมุนสูงและความเร็วรอบของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับโหลดของมอเตอร์ ถ้าโหลดของมอเตอร์เปลี่ยนแปลงจะทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์เปลี่ยนแปลงด้วย

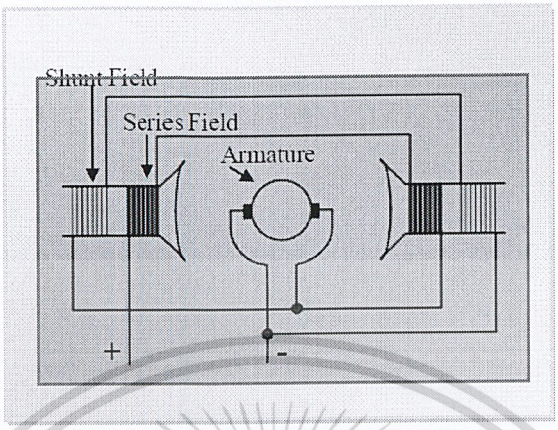
2.2.4.3. <u>วงจรการต่อมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม</u>

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม หรือเรียกว่าคอมปาวด์มอเตอร์ คือมอเตอร์ที่มีขดลวดฟิลด์ 2 ชุด ๆ หนึ่งจะต่ออนุกรมและอีกชุดหนึ่งต่อขนานกับชุดขดลวดอาร์เมเจอร์ ขดลวดฟิลด์ซึ่งต่อขนานเป็นลวดตัวนาขนาดเล็กพันไว้จานวนมากรอบ ส่วนขดลวดฟิลด์ที่ต่ออนุกรมอยู่จะเป็นลวดตัวนาขนาดใหญ่พันไว้จานวนน้อยรอบ

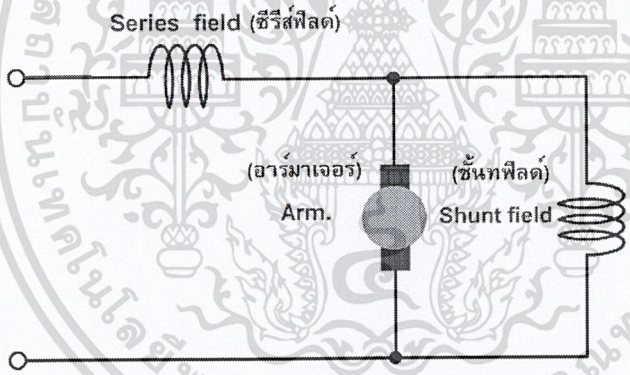
มอเตอร์แบบผสมมีวิธีการต่อขดลวดขนานหรือขดลวดชันท์อยู่ 2 วิธี วิธีหนึ่งใช้ต่อขดลวดแบบชันท์ขนานกับอาเมเจอร์เรียกว่า การต่อแบบชุดขดลวดขนานสั้น หรือการต่อแบบช็อทชันท์คอมปาวด์มอเตอร์ (Short Shunt Compound Motor) ดังรูปวงจรที่ 2.10. และ 2.11. ตามลาดับ จากวงจรจะพบว่าเมื่อจ่ายไฟให้กับวงจรนี้ จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านซีรีส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิลด์ จากนั้นกระแสไฟฟ้าจะแยกไหลออกเป็น 2 ทาง คือทางหนึ่งไหลผ่านขดลวดอาร์เมเจอร์ และอีกทางหนึ่งกระแสไหลผ่านขดลวดชั้นท์ฟิลด์ จากนั้นกระแสไฟฟ้าทั้งสองไหลกลับมารวมกันอีกครั้ง และไหลไปยังขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟเป็นอันครบวงจร ซึ่งจะส่งผลให้มอเตอร์จะเริ่มหมุนทันที



รูปที่ 2.10. ลักษณะการต่อวงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม ชนิดชุดขดลวดขนานสั้น (Short Shunt Compound Motor)



รูปที่ 2.11. วงจรเทียบเคียงของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม

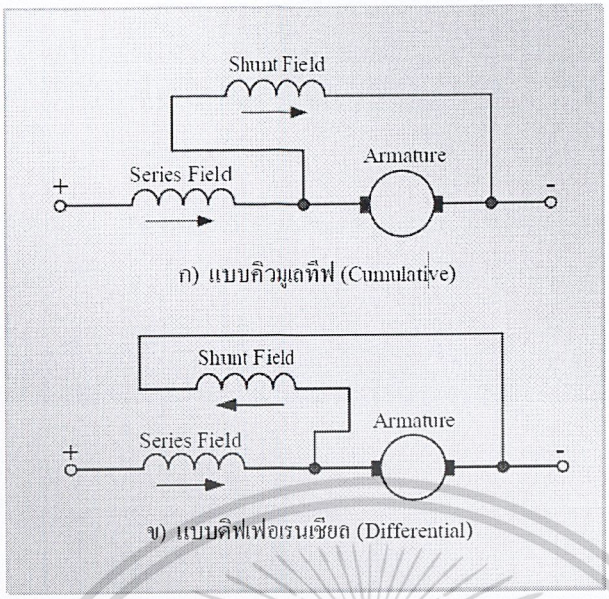
2.2.4.4. <u>ชนิดชุดขดลวดขนานสั้น (Short Shunt Compound Motor)</u>

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมชนิดชุดขดลวดขนานสั้น (Short Shunt Compound Motor) ยังสามารถแบ่งชนิดตามทิศทางการไหลของกระแสในขดลวดสนามแม่เหล็ก ได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. แบบคิวมูเลทีฟ (Cumulative) การต่อลักษณะนี้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากชันท์ฟิลด์จะเสริมกับสนามแม่เหล็กจากซีรีสฟิลด์ วงจรการต่อแสดงในรูปที่ 2.12. (ก)

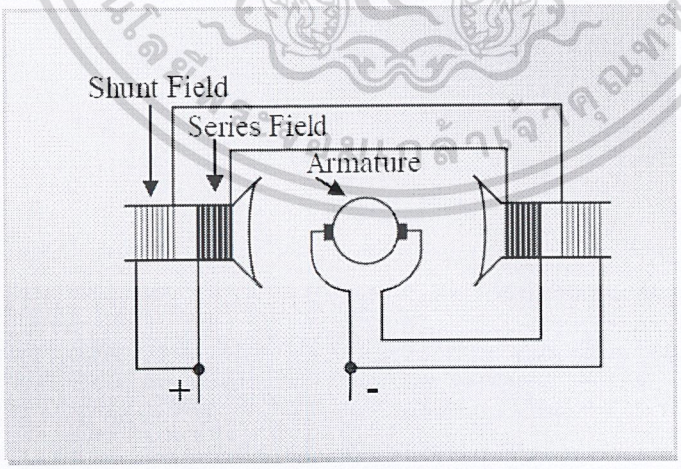
2. แบบดิฟเฟอเรนเชียล (Differential) การต่อลักษณะนี้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากชันท์ฟิลด์จะหักล้างกับสนามแม่เหล็กจากซีรีสฟิลด์ วงจรการต่อแสดงในรูปที่ 2.12. (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



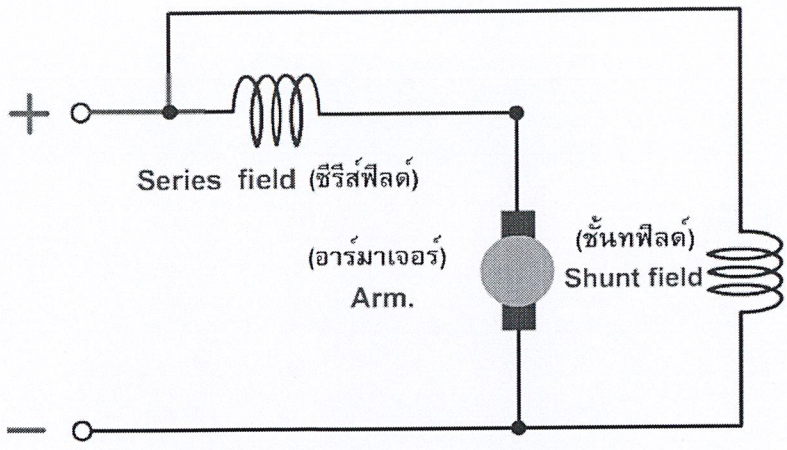
รูปที่ 2.12. วงจรเทียบเคียงของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมชนิดชุดขดลวดขนานสั้นแบบต่าง

อีกวิธีคือต่อขดลวดขนานคร่อมระหว่างขดลวดอนุกรมและขดลวดอาเมเจอร์ เรียกว่า การต่อแบบชุดขดลวดขนานยาว หรือลองชั้นท์คอมเปาวด์มอเตอร์ (Long shunt motor) ดังรูปวงจรที่ 10 และ 11 ตามลาดับ จากวงจรเมื่อจ่ายไฟให้กับวงจรนี้ กระแสไฟฟ้าแยกไหลออกเป็น 2 ทาง คือทางหนึ่งไหลผ่านขดลวดชั้นฟิลด์ และอีกทางหนึ่งกระแสไหลผ่านซีรีสฟิลด์และไหลผ่านขดลวดอาเมเจอร์ (เนื่องจากต่ออนุกรมกัน) จากนั้นกระแสไฟฟ้าทั้งสองไหลกลับมารวมกันอีกครั้ง และไหลไปยังขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟ เป็นอันครบวงจร จึงส่งผลให้มอเตอร์จะเริ่มหมุนทันที



รูปที่ 2.13. ลักษณะการต่อวงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม
ชนิดชุดขดลวดขนานยาว (Long Shunt Compound Motor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

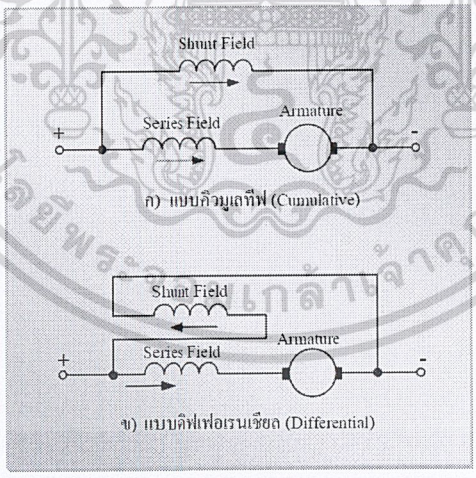


รูปที่ 2.14. วงจรเทียบเคียงของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม
ชนิดชุดขดลวดขนานสั้น (Short Shunt Compound Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมชนิดชุดขดลวดขนานยาว (Long Shunt Compound Motor) ยังสามารถแบ่งชนิดตามทิศทางการไหลของกระแสในขดลวดสนามแม่เหล็ก ได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. แบบคิวมูเลทีฟ (Cumulative) การต่อลักษณะนี้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากชันท์ฟิลด์จะเสริมกับสนามแม่เหล็กจากซีรีสฟิลด์ วงจรการต่อแสดงในรูปที่ 2.15. (ก)

2. แบบดิฟเฟอเรนเชียล (Differential) การต่อลักษณะนี้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากชันท์ฟิลด์จะหักล้างกับสนามแม่เหล็กจากซีรีสฟิลด์ วงจรการต่อแสดงในรูปที่ 2.15. (ข)



รูปที่ 2.15. วงจรเทียบเคียงของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมชนิดชุดขดลวดขนานยาวแบบต่างๆ

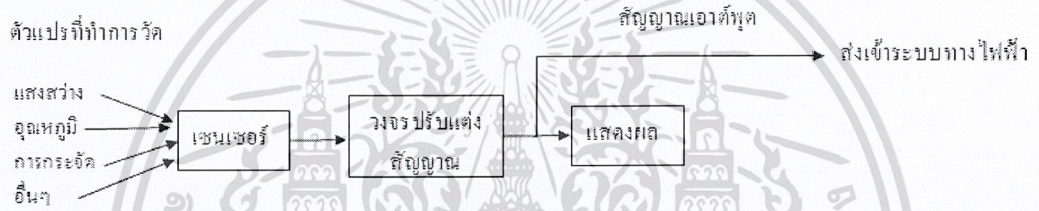
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3. เซนเซอร์

เซนเซอร์ คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับปริมาณของตัวแปรต่าง ๆ ที่เราต้องการทราบค่า เช่น อุณหภูมิ การเคลื่อนที่ แสงสว่าง เป็นต้น แต่เซนเซอร์เพียงอย่างเดียวไม่สามารถบอกค่าที่เราต้องการวัดได้เพราะเซนเซอร์จะไม่สามารถบอกปริมาณของตัวแปรที่เราวัดได้เพราะเซนเซอร์จะไม่สามารถบอกปริมาณของตัวแปรที่วัดให้เราเข้าใจได้จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ได้จากการตรวจจับมาเป็นปริมาณที่เราสามารถเข้าใจได้ ซึ่งอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่นั้นเรียกว่า ทรานสดิวเซอร์

ทรานสดิวเซอร์ คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงพลังงานจากรูปหนึ่งให้อยู่ในอีกรูปแบบหนึ่ง เช่นแปลงพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อให้เรานำสัญญาณที่แปลงไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายขึ้น ส่วนประกอบของทรานสดิวเซอร์มี 2 ส่วน คือ ส่วนรับรู้ (Sensing Part) และส่วนแปลงพลังงาน (Transduction Part) จะเห็นว่าถ้ากล่าวถึงทรานสดิวเซอร์ก็จะรวมถึงเซนเซอร์ด้วยเพราะเซนเซอร์เป็นส่วนประกอบหนึ่งของทรานสดิวเซอร์นั่นเองจนบางครั้งมีการใช้สองคำนี้แทนกันไปเลย

2.3.1. ส่วนประกอบของเซนเซอร์



รูปที่ 2.16. ระบบการเซนเซอร์

จากรูปเป็นระบบของเซนเซอร์ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนเซนเซอร์ วงจรปรับแต่งสัญญาณ และส่วนแสดงผล

1. ส่วนเซนเซอร์ทำหน้าที่รับรู้ปริมาณตัวแปรที่เราต้องการทราบค่า เช่น แสงสว่าง อุณหภูมิ การกระจัด ความชื้น ความดัน เป็นต้น แล้วแปลงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าส่งไปยังภาควงจรปรับแต่งสัญญาณต่อไป
2. วงจรปรับแต่งสัญญาณ สัญญาณจากส่วนเซนเซอร์อาจเบาเกินไปไม่เพียงพอสำหรับส่วนแสดงผลหรือส่งเข้ากระบวนการทางไฟฟ้า หรือมีสัญญาณรบกวนมากจึงต้องมีการปรับแต่งสัญญาณให้ดีขึ้นก่อน
3. อุปกรณ์แสดงผลทำหน้าที่แสดงค่าที่ได้จากการวัดว่าตัวแปรที่เราต้องการทราบค่าในลักษณะต่าง ๆ เช่น มิเตอร์แบบเข็ม หลอดLED ลำโพง เป็นต้น

2.3.2. เซนเซอร์แสง (Optical Sensor)

เซนเซอร์แสงมีการใช้งานกันเป็นอย่างมากโดยมีลักษณะการทำงาน คือ ตรวจจับปริมาณหรือความเข้มแสงรอบ ๆ ตัวแล้วเปลี่ยนค่าความต้านทานหรือแรงดันจากตัวมันตามแสงที่รับได้ เราจะนำสัญญาณนี้ไปเข้ากระบวนการแล้วแสดงผลออกมาหรือนำไปควบคุมอุปกรณ์อื่น ๆ ต่อไป ส่วนแสงที่ทำการตรวจจับมีทั้งแสงที่มีแหล่งกำเนิดจากภายนอก เช่น แสงอาทิตย์ และแสงที่เราส่งออกไปเพื่อทำงานร่วมกับตัวเซนเซอร์โดยใช้อุปกรณ์กำเนิดแสงต่าง ๆ

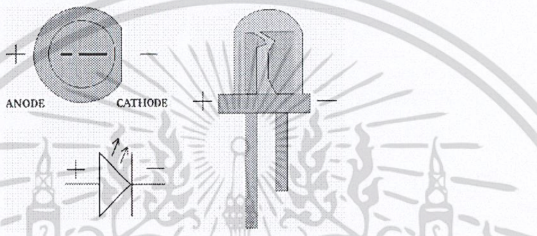
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.1. อุปกรณ์ให้กำเนิดแสง (Transmitter Devices)

อุปกรณ์ให้กำเนิดแสงเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานรูปอื่นให้เป็นพลังงานแสงซึ่งในทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่พบบ่อย ๆ คืออุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแสง ซึ่งแสงที่กำเนิดออกมาจากอุปกรณ์เหล่านี้ยังแบ่งเป็นแสงที่กำเนิดมาทางอ้อม เช่น หลอดไส้ ส่วนอุปกรณ์อีกประเภทหนึ่งจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงโดยตรง เช่น แอลอีดี (LED) แอลอีดีอินฟราเรด (IRED) ซึ่งเป็นที่นิยมทางด้านอิเล็กทรอนิกส์มากกว่า

1. แอลอีดี (LED)

แอลอีดีหรือไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ให้กำเนิดแสงออกมาเมื่อป้อนแรงดัน 1.6-3 โวลต์ อุปกรณ์นี้จะมี 2 ขาคือขั้วแอโนด (Anode: A) และขาขั้วแคโทด (Cathode: K)



รูปที่ 2.17. ลักษณะและสัญลักษณ์ของแอลอีดี

แอลอีดีเป็นไดโอดที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำชนิด P และชนิด N ต่อชนกัน แอลอีดีจะเปล่งออกมาเมื่อมีการจ่ายแรงดันให้กับขั้ว A และ K อย่างถูกต้อง ซึ่งแสงที่เปล่งออกมานี้จะประกอบด้วยคลื่นความถี่เดียวและมีเฟสต่อเนื่อง โดยแสงงที่เปล่งออกมานี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ แสงที่ตาคนมองเห็น และแสงที่ตาคนมองไม่เห็น

แอลอีดีอินฟราเรด (LED Infrared) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ให้กำเนิดแสงอินฟราเรดออกมาเมื่อป้อนแรงดัน 1.6-3 โวลต์ นิยมนำมาใช้งานร่วมกับโฟโต้ทรานซิสเตอร์และโมดูลตัวรับอินฟราเรดซึ่งเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นตัวรับแสง

การป้อนแรงดันให้กับแอลอีดีนั้นจะต้องมีขนาดพอเหมาะและมีขั้วแรงดันที่ถูกต้อง แอลอีดีจึงจะสามารถเปล่งแสงออกมาได้ แต่ถ้าป้อนแรงดันมากเกินไปจะทำให้แอลอีดีชำรุดเสียหายได้ แรงดันที่เหมาะสมที่จะทำให้แอลอีดีเปล่งแสงออกมาได้โยไม่ชำรุดนั้นจะอยู่ระหว่าง 1.6-3 V และจะมีกระแสประมาณ 20-50 mA ถ้าป้อนแรงดันมากกว่า 3 โวลต์ แอลอีดีอาจพังได้

2. เลเซอร์ (Laser)

อุปกรณ์ประเภทแอลอีดีเป็นอุปกรณ์ที่ให้กำเนิดแสงสีเดียวหรือมีความถี่เดียว ซึ่งจะดีกว่าหลอดไฟทั่วไปที่ส่องแสงออกมาทุกแสง แต่แสงที่แอลอีดีเปล่งออกมาจะกระจายไปทุกทิศทางจึงเกิดการสสูญเสียพลังงานเร็ว แสงเลเซอร์จะมีคุณสมบัติที่เหนือกว่าแสงที่ได้กล่าวมา แสงเลเซอร์จะมีทั้งเฟสและทิศทางเดียวกันและเป็นแสงสีเดียวกันอีกด้วย จึงเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

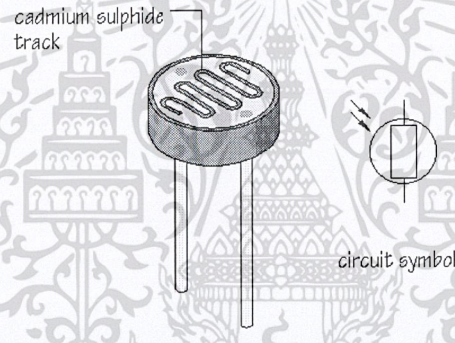
แสงที่มีความเข้มสูงมากขนาดทำให้ตาบอดได้หากมองโดยตรงหรือในระดับอุตสาหกรรมสามารถใช้เจาะเหล็กได้เลยทีเดียว และถ้านำไปใช้เพื่อการเซ็นเซอร์ก็จะทำให้ระยะของการเซนเซอร์ได้ไกลมากขึ้น

2.3.2.2. อุปกรณ์รับแสง (Receiver Device)

เป็นอุปกรณ์ที่รับแสงแล้วเปลี่ยนกลับมาเป็นพลังงานทางไฟฟ้า มีทั้งอุปกรณ์ที่เป็นทรานสดิวเซอร์แบบแอคทีฟที่สามารถแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยไม่ต้องจ่ายแหล่งจ่ายจากภายนอก ได้แก่ โซล่าร์เซลล์ และอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์แบบพาสซีฟ ที่ต้องจ่ายแหล่งจ่ายจากภายนอกให้ตัวมันจึงจะทำงานได้ได้แก่ โฟโต้ไดโอด โฟโต้ทรานซิสเตอร์ แอลดีอาร์ เป็นต้น

1. แอลดีอาร์ (LDR : Light Dependent Resistor)

แอลดีอาร์หรือตัวต้านทานแปรค่าตามแสงหรือโฟโต้คอนดัคทีฟเซลล์ (Photo Conductive Cell) หริอ โฟโต้รีซิสเตอร์ (Photo Resistor) เป็นอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์แบบพาสซีฟ เป็นตัวต้านทานชนิดหนึ่งทำจากสารแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) หรือแคดเมียมซีนิไนด์ (CdSe) ค่าความต้านทานของตัวมันจะเปลี่ยนตามแสงที่ตกกระทบ เป็นเซนเซอร์แสงชนิดแรกๆ ที่ใช้งานกัน ปัจจุบันก็ยังมีใช้กันอยู่ เพราะมีราคาถูก หาซื้อง่าย และยังมีหลักการทำงานที่ง่ายอีกด้วย



รูปที่ 2.18. ลักษณะและสัญลักษณ์ของแอลดีอาร์

ในสภาวะปกติที่ยังไม่มีแสงมาตกกระทบตัวแอลดีอาร์ ค่าความต้านทานของมันจะสูง แต่เมื่อมีแสงมาตกกระทบจะทำให้ค่าความต้านทานของแอลดีอาร์ต่ำลง

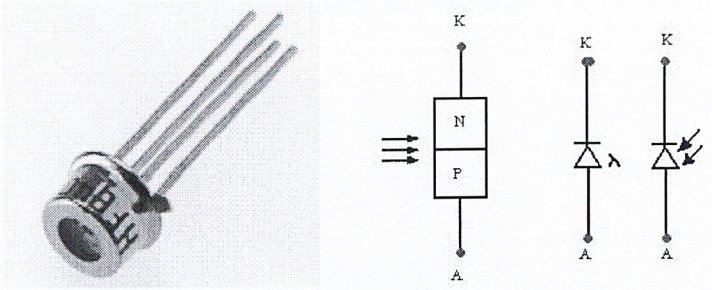
2. โฟโต้ไดโอด (Photo Diode)

โฟโต้ไดโอด หรือไดโอดทำงานด้วยแสง จัดอยู่ในเซนเซอร์พร็อกซิมิตี้ชนิดพาสซีฟ เป็นไดโอดที่จะทำงานเมื่อมีแสงมาตกกระทบ ซึ่งความต้านทานภายในตัวไดโอดจะเปลี่ยนแปลงตามแสงที่มาตกกระทบรอยต่อของโฟโต้ไดโอด โฟโต้ไดโอดจะมีขา 2 ข้างคือ ขาขั้วแอโนด (Anode : A) และขาขั้วแคโทด (Cathode :K)

โครงสร้างของโฟโต้ไดโอดจะประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด N และชนิด P ต่อชนเหมือนไดโอดธรรมดา แต่แตกต่างกันที่สารกึ่งตัวนำที่ใช้ในการผลิต สำหรับการทำงานของโฟโต้ไดโอดนั้นจะต้องต่อในลักษณะไบอัสกลับคือ ต่อแอโนดเข้ากับไฟลบ และแคโทดต่อเข้ากับไฟบวก ดังรูป ซึ่งเมื่อมีแสงมาตกกระทบโฟโต้ไดโอดจึงสามารถนำกระแสได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนในกรณีที่ไม่มีแสงมาตกกระทบนั้นก็จะมีกระแสรั่วไหลอยู่ค่าหนึ่งประมาณ 10 ไมโครแอมป์ซึ่งถือว่าน้อยมาก แต่เมื่อมีแสงมาตกกระทบกระแสจะไหลเพิ่มประมาณ 100 ไมโครแอมป์



รูปที่ 2.19. ลักษณะและสัญลักษณ์ของโฟโต้ไดโอด

โฟโต้ไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่มีกำลังไฟฟ้าต่ำ อิมพีแดนซ์สูง แต่สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับแสงได้เร็ว ซึ่งการประยุกต์ใช้งานโฟโต้ไดโอดนั้นมักจะนิยมนำไปใช้ในวงจรรีโมตคอนโทรล วงจรสื่อสาร วงจรสัญญาณเตือนต่างๆ ที่ใช้แสงอินฟราเรดในการควบคุม

ข้อดีของโฟโต้ได้โอด คือ มีความเร็วในการทำงานสูงสามารถนำไปใช้งานในวงจรความถี่สูงได้ขนาดเล็ก แต่มีข้อเสียคือ กระแสในขณะทำงานต่ำ จะต้องมีการจัดวงจรขยายโดยใช้อุปกรณ์ต่อรวมจึงได้มีการพัฒนาเป็นอุปกรณ์อีกตัวหนึ่ง นั่นคือโฟโต้ทรานซิสเตอร์

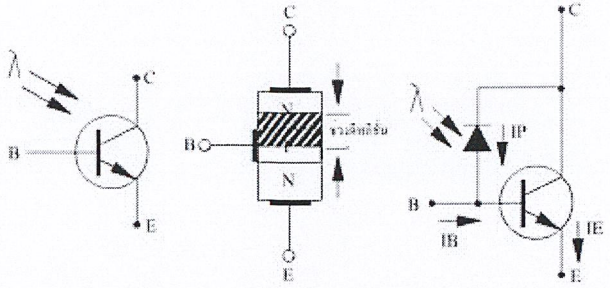
3. โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor)

อุปกรณ์เซนเซอร์แบบพร็อกซิมิตี้ชนิดพาสซีฟ โดยวงจรเทียบเคียงของโฟโต้ทรานซิสเตอร์นั้นมีการนำทรานซิสเตอร์มารวมกับโฟโต้ไดโอดไว้ภายในตัวถังเดียวกัน ดังแสดงในรูป โดยโฟโต้ไดโอดทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวไบอัสให้แก่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ เมื่อมีแสงมาตกกระทบโฟโต้ไดโอดจะนำกระแส ทำให้กระแสไหลที่ขาเบสทรานซิสเตอร์จึงสามารถนำกระแสได้

ถึงแม้ว่าโฟโต้ทรานซิสเตอร์จนะได้รับการชดเชยเรื่องของกระแสให้สูงกว่าโฟโต้ไดโอดโดยการเพิ่มทรานซิสเตอร์เป็นตัวขยายกระแสให้โฟโต้ไดโอดแล้วก็ตาม แต่ก็ทำให้มีข้อเสียตามมาก็คือก็คือ โฟโต้ทรานซิสเตอร์จะมีความเร็วในการทำงานช้ากว่าโฟโต้ไดโอดแต่ก็ยังถือว่าเร็วกว่าแอลดีอาร์ จึงทำให้การตอบสนองความถี่สูงของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ไม่ดีนัก สามารถนำไปใช้งานกับความถี่ในช่วงไม่เกิน 250 kHz การทำงานโฟดต้ทรานซิสเตอร์มีการทำงานในลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้นและมีความไวต่ออุณหภูมิซึ่งไม่เป็นผลดีนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



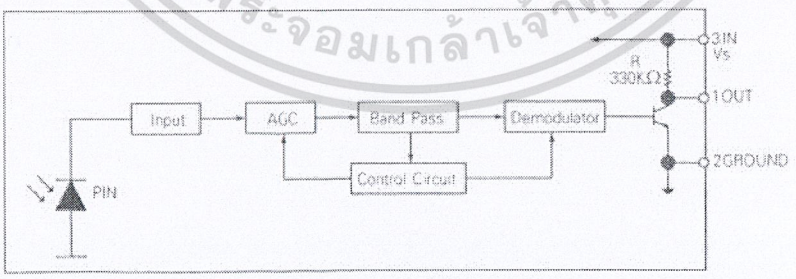
รูปที่ 2.20. ลักษณะโครงสร้างและวงจรสมมูล

ขาต่อใช้งานของโฟโต้ทรานซิสเตอร์อาจมีขา 2 ขา หรือ 3 ขาก็ได้ สำหรับแบบ 2 ขาก็จะมีการทำงานคล้ายกลับทรานซิสเตอร์ธรรมดา ต่างกันที่ขาเบสจะใช้แสงเป็นตัวควบคุมแทนกระแสเบสเท่านั้น ส่วนแบบ 3 ขา จะสามารถปรับความไวในการรับแสงได้โดยการจัดวงจรไบอัสเพิ่มเข้าไปที่ขาเบส (Base : B) หรือทำงานแบบสัญญาณควบคุม 2 ทาง คือ ควบคุมด้วยแสงควบคุมด้วยกระแสเบสด้วยก็ได้

ในขณะที่ไม่มีแสงมาตกกระทบโฟโต้ทรานซิสเตอร์เหมือนกับทรานซิสเตอร์ที่ไม่มีกระแสไบอัสที่ขาเบส ทรานซิสเตอร์จึงไม่นำกระแส (ในทางปฏิบัติมีกระแสรั่วไหลอยู่นิดหน่อยเรียกว่า Dark Current : I_d) แต่เมื่อแสงที่ตกกระทบโฟโต้ทรานซิสเตอร์เพิ่มขึ้นทำให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสเหมือนการที่ทรานซิสเตอร์ได้รับการไบอัสที่ขาเบสในการทำงานของทรานซิสเตอร์แบ่งการทำงานเป็น 2 โหมดคือ โหมดขยาย สัญญาณทางด้านเอาต์พุทจะถูกขยายให้แรงขึ้นเป็นสัดส่วนต่อสัญญาณแสงอินพุท และการทำงานอีกโหมดหนึ่งเรียกว่าโหมดสวิตช์ สัญญาณเอาต์พุทจะมีแค่ 2 สถานะคือ โฟโต้ทรานซิสเตอร์เปิดวงจร และโฟโต้ทรานซิสเตอร์ปิดวงจรเหมือนสวิตช์ทั่วไป

4. โมดูลตัวรับอินฟราเรด (Infrared Receiver Module)

เป็นอุปกรณ์ตัวรับแสงอินฟราเรดที่มีการทำงานคล้ายกับโฟโต้ไดโอดและโฟโต้ทรานซิสเตอร์โครงสร้างเป็นโมดูลที่ภายในประกอบด้วยตัวรับแสงเป็นโฟโต้ไดโอดหรือโฟโต้ทรานซิสเตอร์และวงจรเสริมอื่นๆ ทำให้ประสิทธิภาพในการรับดีกว่าโฟโต้ไดโอดและโฟโต้ทรานซิสเตอร์ แต่ราคาจะแพงตามไปด้วย



รูปที่ 2.21. โครงสร้างของโมดูลตัวรับอินฟราเรด

ลักษณะตัวถังมักมีขาต่อใช้งาน 3 ขา คือ กราวน์ (Ground) อิน (In) เอาต์ (Out) ในการต่อใช้งานแสงที่ใช้ในการรับส่งจะต้องส่งแสงอินฟราเรดในลักษณะเป็นพัลส์ที่มีความถี่ตรงกับความถี่ของโมดูลซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ระหว่าง 30 kHz – 56 kHz คุณภาพการรับส่งจึงจะมีโอกาสได้คุณภาพสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

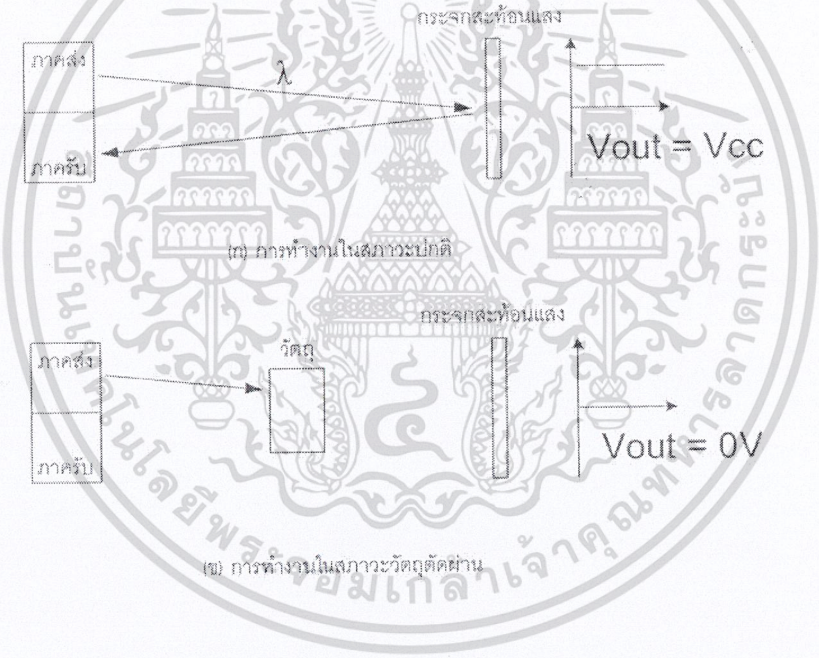
119480

2.3.3. ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์แสง

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า การเซนเซอร์แสงมีทั้งแสงที่กำเนิดจากภายนอก เช่น ดวงอาทิตย์ เป็นต้น ส่วนอีกแบบเป็นแสงที่เราส่งออกไปเพื่อเซนเซอร์วัตถุ ในหัวข้อนี้เราจะพูดถึงแสงที่เราส่งออกไปเท่านั้น เพราะเป็นแสงทีเราสามารถควบคุมได้และใช้สำหรับการเซนเซอร์โดยเฉพาะ ซึ่งพอจะแยกการติดตั้งภาคส่งและภาครับแสงได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

2.3.3.1. <u>การเซนเซอร์แบบวัตถุตัดลำแสง</u>

การติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์แบบนี้ แสงจากภาคส่งจะถูกส่งไปยังภาครับตลอดเวลา สัญญาณเอาต์พุทของภาครับจะมีค่าระดับหนึ่งเช่น Vout = Vcc แต่เมื่อมีวัตถุมาตัดผ่านลำแสงจะทำให้ภาครับสัญญาณไม่สามารถรับสัญญาณแสงจากภาคส่งได้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสัญญาณเอาต์พุตที่ภาครับ เช่น ตกมาอยู่ที่ 0V ลักษณะการติดตั้งแบบนี้อาจแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ แบบที่ภาคส่งและภาครับอยู่ด้านเดียวกันและใช้กระจกสะท้อนแสงกลับเข้ามาช่วยดังรูป และแบบภาครับและภาคส่งอยู่คนละด้านดังรูป



รูปที่ 2.22. เซนเซอร์แบบภาครับและภาคส่งอยู่ด้านเดียวกัน

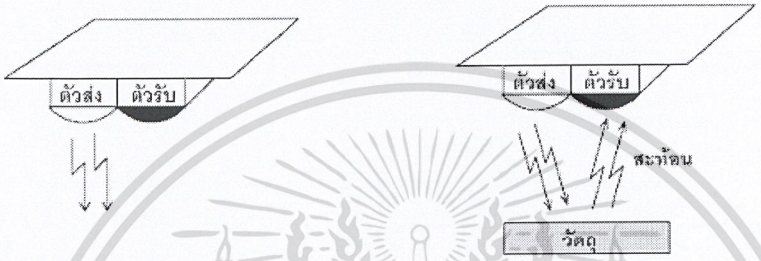
เมื่อมีวัตถุมาตัดผ่านลำแสงจะทำให้ไม่มีแสงส่งมายังโฟโต้ทรานซิสเตอร์ PH1 ดังนั้น PH1 จึงไม่นำกระแสแรงดันตกคร่อม PH1 เป็นไฟบวก ขาเบสของ Q1 จึงได้รับการกระตุ้นอย่างถูกต้อง ทรานซิสเตอร์ Q1 จึงทำงาน เสมือนสวิตช์ต่อขาเบสของ Q2 ลง Ground ทรานซิสเตอร์ Q2 จึงนำกระแส เอาต์พุตของวงจรแล็ตช์ที่ขาอีมิเตอร์ของ Q2 จึงมีแรงดันต่ำใกล้ๆ 0V หรือ Ground ส่งไปยังขา 1 ของ IC2 ได้รับแรงดันไฟเลี้ยงที่ขา 2 และ Ground ที่ขา 1 อย่างถูกต้องจึงทำงาน กำเนิดเสียงเพลงออกมาทางขา 3 ส่งไปขยายที่ทรานซิสเตอร์ Q3 ให้แรงขึ้นก่อนส่งไปเปลี่ยนเป็นเสียงเพลงให้เราได้ยินที่ลำโพงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรทรานซิสเตอร์แลตช์ที่เราใช้เทียบเท่าได้กับ SCR กำลังต่ำตัวหนึ่ง เมื่อทริกที่ Trigger ถูกต้องเพียงชั่วขณะเดียววงจรจะทำงานเรื่อยๆ ไม่ว่าจะมีสัญญาณทริกอยู่หรือไม่ก็ตาม และวงจรจะหยุดทำงานก็ต่อเมื่อเรารีเซ็ตวงจรด้วยการลดกระแสในวงจรให้ต่ำมากๆ

2.3.3.2. <u>การเซนเซอร์แบบใช้วัตถุเป็นตัวสะท้อนแสง</u>

การเซนเซอร์แบบนี้จะติดตั้งภาคส่งและภาครับอยู่ด้านเดียวกันคล้ายกับแบบวัตถุตัดผ่าน ที่ใช้กระจกสะท้อนแสง แต่แบบนี้จะไม่ใช้กระจกสะท้อนแสง จะใช้วัตถุเป็นตัวสะท้อนแสงโดยตรง ทำให้มีระยะการเซนเซอร์ที่ใกล้กว่าแบบแรก ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการสะท้อนแสงของผิววัตถุที่เซนเซอร์



รูปที่ 2.23. เซนเซอร์แบบใช้วัตถุสะท้อนแสง

การทำงานของวงจรในสภาวะที่ไม่มีวัตถุมาสะท้อนแสงกลับ ภาครับไม่สามารถรับแสงได้ สัญญาณเอาต์พุตของภาครับอยู่ที่ระดับ 0V เมื่อมีวัตถุมาสะท้อนแสงจากภาคส่งกลับมายังภาครับ ทำให้สัญญาณเอาต์พุตของภาครับเปลี่ยนแปลงมาอยู่ที่ระดับ Vcc

ในการออกแบบวงจรใช้งานจริง สัญญาณทางด้านเอาต์พุตของวงจรสามารถออกแบบให้ต่างจากนี้ได้ขึ้นอยู่กับความต้องการในการนำไปใช้งาน

2.4. วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Voltage Comparators)

วงจรเปรียบเทียบแรงดัน เป็นวงจรออปแอมป์ที่มีอัตราขยายแรงดันสูง ใช้งานในลักษณะ Open Loop ดังนั้น แรงดันเอาต์พุต (V_{out}) ที่ป้อนให้กับวงจรกับแรงดันอ้างอิง (V_{ref}) ที่ตั้งไว้แล้ว ทำให้เกิดแรงดันเอาต์พุตของวงจรเปลี่ยนแปลงอยู่ 2 สถานะ คือ สถานะสูง (V_{DD}) และสถานะต่ำ (V_{ss}) ซึ่งแรงดันเอาต์พุต (V_{out}) จะเป็นผลที่ได้จากการเปรียบเทียบแรงดันอินพุต (V_{in}) โดยมีเงื่อนไขดังนี้

$V_{out} = V_{DD}$ เมื่อ $V_{in} \geq V_{ref}$

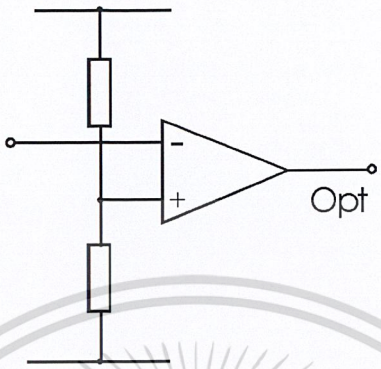
$V_{out} = V_{ss}$ เมื่อ $V_{in} < V_{ref}$

วงจรเปรียบเทียบสัญญาณจะมีประโยชน์มากในงานประเภทงานต่อไปนี้

1. วงจรชนิดทริกเกอร์ (Schmitt trigger) หรือวงจรสัญญาณสี่เหลี่ยม (Squaring circuit) ซึ่งทำหน้าที่จัดรูปจัดรูปลักษณะสัญญาณต่างๆ ให้อยู่ในลักษณะของสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (Square wave signal)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรดักสัญญาณข้ามระดับศูนย์ (Zero crossing detector) ซึ่งทำหน้าที่แจ้งว่าสัญญาณได้ข้ามระดับศูนย์เมื่อใด และกำลังไปในทิศทางใด
3. วงจรดักระดับแรงดันของสัญญาณ (Voltage level detector) ซึ่งจะทำหน้าที่แจ้งว่าสัญญาณเข้ามีระดับสูงถึงระดับแรงดันมาต้องการเปรียบเทียบเมื่อใด
4. วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator circuit) ทำหน้าที่กำเนิดรูปสัญญาณรูปสัญญาณรูปสามเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยม



รูป 2.24. โครงสร้างภายในของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ

2.5. ไมโครคอนโทรเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่รวบรวมฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆ ไว้ภายในตัวของมันเองและหน้าที่ของไมโครคอนโทรลเลอร์คือเป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมดของระบบ

2.5.1. โครงสร้างภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างภายในไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ดังนี้

2.5.1.1. <u>หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processor Unit : CPU)</u>

เป็นวงจรอิเลคทรอนิคส์ที่ทำงานหรือประมวลผล ตามชุดของคำสั่งเครื่องจากซอฟต์แวร์ คำนี้เริ่มใช้ในอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ต้นศตวรรษ 1960s หน่วยประมวลผลเปรียบเสมือนเป็นสมองของคอมพิวเตอร์ ในการทำหน้าที่ตัดสินใจหรือคำนวณ จากคำสั่งที่ได้รับมา เช่น การเปรียบเทียบ การกระทำการทางคณิตศาสตร์ ฯลฯ โดยมีกระบวนการพื้นฐานคือ

1. อ่านชุดคำสั่ง (fetch)
2. ตีความชุดคำสั่ง (decode)
3. ประมวลผลชุดคำสั่ง (execute)
4. อ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ (memory)
5. เขียนข้อมูล/ส่งผลการประมวลกลับ (write back)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.2 หน่วยความจำ (Memory)

เป็นส่วนที่ใช้ในการเก็บข้อมูลต่างๆ เอาไว้ เพื่อรอการส่งให้กับหน่วยประมวลผลกลางการประมวลผลอีกทีหนึ่ง โดยภายในไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ จะมีหน่วยความจำอยู่ 3 แบบ คือ

1. หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) จะเป็นหน่วยความจำที่ใช้ในการเก็บรักษาคำสั่งควบคุมต่างๆ ที่เขียนขึ้น โดยหน่วยประมวลผลกลางจะทำการติดต่อกับส่วนนี้ เพื่อดึงไปประมวลผลและส่งคำสั่งไปควบคุมส่วนอื่นๆ ต่อไป โดยหน่วยความจำโปรแกรมนี้จะคงอยู่ ถึงแม้ว่าจะไม่มีไฟเลี้ยงให้กับตัวไอซีก็ตาม

2. หน่วยความจำข้อมูลแรม (RAM data Memory) จะเป็นหน่วยความจำที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกตัวต้องมีเลยทีเดียว เพราะจะใช้ในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการประมวลผลทั้งในระหว่างและหลังการประมวลผล แต่ข้อมูลต่างๆจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยงให้กับไอซี

3. หน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม (EEPROM data memory) จะเป็นหน่วยความจำพิเศษ ซึ่งไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์บางตัวมีและบางตัวไม่มี มีไว้สำหรับเก็บข้อมูลที่ต้องการเก็บรักษาเป็นพิเศษ เมื่อไม่มีไฟเลี้ยงตัวไอซี ข้อมูลเหล่านี้ก็จะยังคงอยู่จนกว่าจะมีการเขียนทับลงไปใหม่

2.5.1.3. ส่วนเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก (Interface Unit)

จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก โดยการสั่งงานมาจากหน่วยประมวลผลกลางอีกทีหนึ่ง ซึ่งในส่วนนี้เราสามารถที่จะกำหนดให้เป็นแบบอินพุต (รับข้อมูล) หรือแบบเอาต์พุต (ส่งข้อมูล) ก็ได้

รูปที่ 2.25. ลักษณะโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.5.2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877A

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ซึ่ง PIC (Peripheral Interface Controller) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์อีกชนิดหนึ่งโดยมีการพัฒนาและผลิตออกมาหลายเบอร์ โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น3 แบบ

1. สถาปัตยกรรมแบบ 12-Bit Core (Base-Line) เป็นกลุ่มไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีขนาดเล็กมีโครงสร้างของคำสั่ง 12 bits และค่อนข้างมีข้อจำกัดในการใช้งาน เนื่องจากมีหน่วยความจำ RAM และ STACK ค่อนข้างจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สถาปัตยกรรมแบบ 14-Bit Core (Mid-Range) เป็นกลุ่มไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีขนาดกลางมีโครงสร้างของคำสั่ง 14 bit มีทั้งแบบที่โปรแกรมได้ครั้งเดียว (One time Programmable : OTP) และแบบแฟลช (Flash Memory)
3. สถาปัตยกรรมแบบ 16-Bit Core (High-End)) เป็นกลุ่มไมโครคอนโทรลเลอร์ที่อยู่ในกลุ่มระดับสูงซึ่งได้มีการพัฒนาโครงสถาปัตยกรรม ทั้งในเรื่องหน่วยความจำ ความเร็ว และคุณสมบัติอื่นๆที่เหนือกว่าสองกลุ่มที่ผ่านมามาก มีการจัดวางหน่วยความจำโปรแกรมอยู่ในเพจ (Page) เดียวกัน ทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องรอยต่อของหน่วยความจำ

นอกจากนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC สามารถแบ่งประเภทของหน่วยความจำ โดยมีการจำแนกเป็น 3 ประเภท

1. C เช่น PIC16CXXX คือ มีโครงสร้างหน่วยความจำเป็น EPROM จัดอยู่ในจำพวกอุปกรณ์ OTP แต่สามารถลบออกได้ด้วยแสง UV
2. CR เช่น PIC16CRXXX คือ มีโครงสร้างหน่วยความจำเป็น ROM จัดอยู่ในจำพวกอุปกรณ์ OTP ไม่สามารถลบได้
3. F เช่น PICFXXX คือ มีโครงสร้างหน่วยความจำเป็น Flash Memory สามารถทำการโปรแกรมลบแล้วโปรแกรมซ้ำได้หลายครั้ง

2.5.2.1. แรงดันในการทำงาน

ช่วงแรงดันการทำงานของ PIC อยู่ในช่วงระหว่าง 4.5-6.0 V แต่ในบางเอ้สามารถทำงานในช่วงแรงดันต่ำประมาณ 2.50-6.0 V ได้ ซึ่งจะมีการระบุโค้ดให้ทราบ โดยมีการเพิ่มรหัสตัว L เข้าไปในอุปกรณ์

2.5.2.2. สัญญานาฬิกา

PIC จะใช้สัญญานาฬิกา เป็นในลักษณะของวงรอบ (Cycle) โดยที่

- 1 คำสั่งจะประกอบด้วย 1-2 cycle
- 1 cycle มี 4 ส่วน (Q1,Q2,Q3,Q4)
- ความเร็วโดยรวมของ PIC เท่ากับ ค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกา หารด้วย 4

2.5.2.3. คุณสมบัติ PIC 16F877A

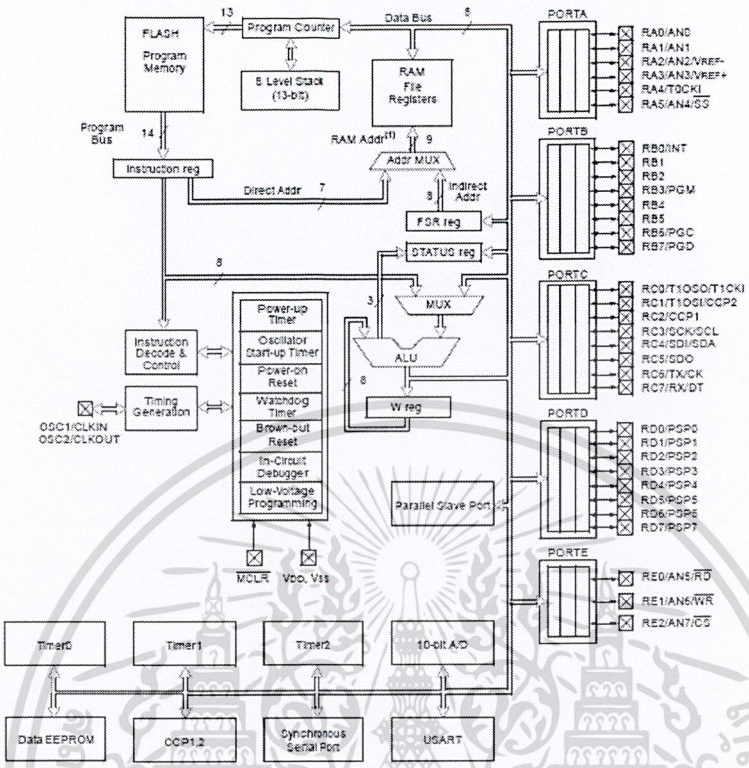
- ซีพียูเป็นแบบ RISC (Reduced Instruction-Set) มีคำสั่งให้ใช้งาน 35 คำสั่ง
- ปฏิบัติคำสั่งทั่วไปใน1-2Cycle
- ทำงานที่ความถี่สูงสุด 20MHz (16F877-20/P)
- หน่วยความจำโปรแกรม 8K(14 Bit Words)
- หน่วยความจำข้อมูล (RAM) 368Byte
- EEPROM 256 Byte
- สามารถตอบสนองอินเตอร์รัพท์14 แหล่ง
- STACK 8 ระดับ(POR, BOR, PWRT, Oscillator Start-Up Timer และWatchdog Timer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Code Protection และสามารถเลือกระดับการป้องกันได้
- Sleep Mode
- สามารถเลือกโหมดของสัญญาณนาฬิกาได้
    1. โหมด RC ใช้วงจรภายในไมโครคอนโทรลเลอร์กำเนิดสัญญาณนาฬิกา
    2. โหมด LP ใช้คริสตอลพลังงานต่ำ ความถี่สูงสุดไม่เกิน 200 KHz
    3. โหมด XT ใช้คริสตอลความถี่ตั้งแต่ 100 KHz – 4MHz
    4. โหมด HS ใช้คริสตอลความถี่สูง สูงสุดได้ไม่เกิน 20 MHz
- In-Circuit Serial Programming (ICSP)
- สามารถโปรแกรมได้ ด้วยแรงดัน +5V
- ทำงานได้ที่ไฟเลี้ยง 2.0 V-5.5 V
- กระแสทั้งซิงก์และซอร์สของพอร์ต คือ 25mA
- Timer/Counter 3 ตัว
- โมดูล Capture/Compare/PWM จำนวน 2 ชุด
- USART สำหรับการสื่อสารแบบอนุกรม
- Analog to Digital Converter 10 Bit 8Channel
- พอร์ตI/O จำนวน5 [PORT A(6 bits), PORT B(8 bits), PORT C(8 bits), PORT D(8 bits), PORT E(3 bits)]
- มีระบบตรวจระดับไฟเลี้ยง BODEN (Brown-Out Detection) เพื่อสร้างสัญญาณรีเซตซีพียู BOR (Brown-Out Reset)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

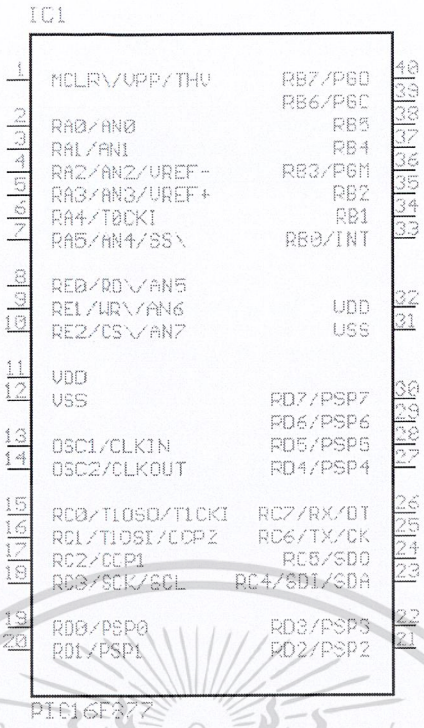
2.5.2.4. โครงสร้างการทำงานภายในของ PIC 16F877A



รูปที่ 2.26. โครงสร้างการทำงานภายใน PIC 16F877A

จากผังจะมีรีจิสเตอร์สำคัญๆ คือ W ซึ่ง เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการทำเป็นอินพุทให้กับ ALU และเป็นตัว เก็บผลลัพธ์จากการทำงานของ ALU, STATUS เป็นรีจิสเตอร์ที่ ใช้เก็บสถานะ การทำงานของคำสั่งว่าเมื่อคำสั่งทำงานเสร็จแล้วเกิดอะไรขึ้นมาบ้าง ซึ่งมีประโยชน์ในการเขียนโปรแกรมแบบมีเงื่อนไข, PC หรือ Program Counter เป็นรีจิสเตอร์อีกตัวหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากใช้สำหรับเป็นตัวชี้ว่า คำสั่งที่จะนำมาประมวลผลนั้นอยู่ ณ ตำแหน่งใดในหน่วยความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27. Pin Diagram

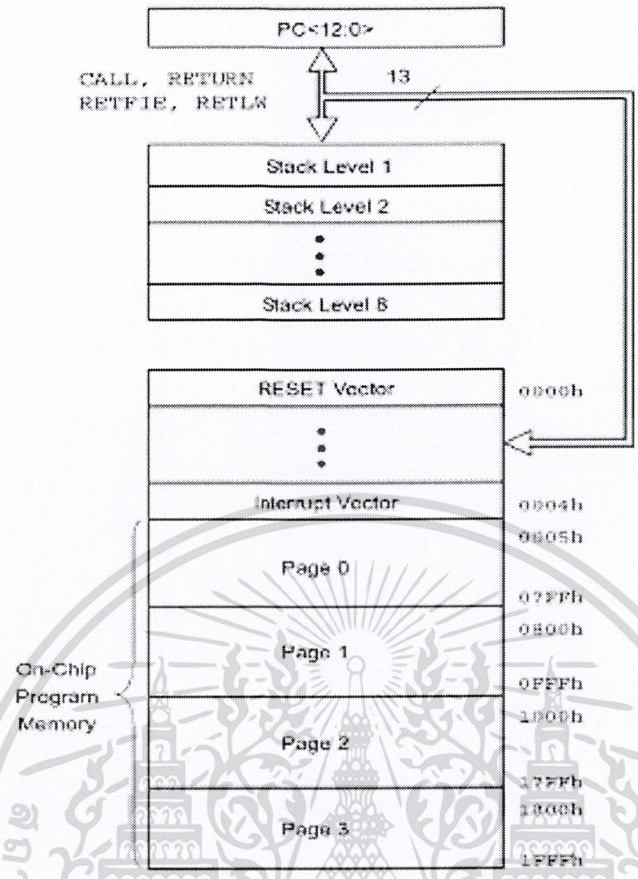
2.5.2.5. <u>ชนิดของขาต่างๆของ PIC 16F877A</u>

- RA0 – RA5 : พอร์ต A มีจำนวน 6 ขา เป็นพอร์ตแบบสองทิศทาง (Bi-directional I/O Port) คือ เป็นได้ทั้งพอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุต ใช้ในการส่งและรับข้อมูล
- RB0 – RB7 : พอร์ต B มีจำนวน 8 ขา ขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบสองทิศทาง ใช้ในการส่งและรับข้อมูล นอกจากนี้บางขายังทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุตจากการ Interrupt จากภายนอกด้วย
- RC0 – RC7 : พอร์ต C มีจำนวน 8 ขา ขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบสองทิศทาง ใช้ในการส่งและรับข้อมูล
- RD0 – RD7 : พอร์ต A มีจำนวน 8 ขา ขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบสองทิศทาง ใช้ในการส่งและรับข้อมูล
- RE0 – RE2 : พอร์ต E มีจำนวน 3 ขา เป็นพอร์ตแบบสองทิศทาง ใช้ในการส่งและรับข้อมูล

2.5.2.6. <u>การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของ PIC 16F877A</u>

- มีขนาดของ Program Memory 8K byte
- ขนาดหน่วยความจำ เท่ากับ 8K byte × 14 bits
- ตำแหน่ง Reset Vector อยู่ที่ 0000h
- ตำแหน่ง Interrupt Vector อยู่ที่ตำแหน่ง 0004h
- PIC จะแบ่ง Program Memory ออกเป็น Page
- แต่ละ Page มีขนาดมีขนาด 2K byte

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28. การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของ PIC 16F877A

ในการเลือก Page ของหน่วยความจำโปรแกรม จะต้องเลือกในรีจิสเตอร์ PCLATH โดยการระบุตำแหน่งที่บิต 3 และบิต 4

ตารางที่ 2.1. แสดงค่า PCLATH<4:3> ในการเลือก Page ของ PIC 16F877A

PCLATH<4:3>	Page
00	0
01	1
10	2
11	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.7. การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูล RAM ของ PIC 16F877A

- หน่วยความจำของ RAM 368 byte
- มีรีจิสเตอร์ไฟล์ 8 bits 57 ตัว
- Bank มีขนาด 128 bytes

ตารางที่ 2.2. การจัดสรรพื้นที่ Bank

Bank	Address
0	0×00 - 0×7F
1	0×80 - 0×FF
2	0×100 - 0×17F
3	0×180 - 0×1FF

การเลือก Bank ของหน่วยความจำ RAM จะต้องเลือกในรีจิสเตอร์ STATUS โดยการระบุตำแหน่งที่บิต 5 และบิต 6 (RP0,RP1)

ตารางที่ 2.3. แสดงค่า RP0 และ RP1 ในการเลือก Bank ของ PIC 16F877A

RP0 : RP1	Bank
00	0
01	1
10	2
11	3

2.5.2.8. รีจิสเตอร์หลักของ PIC 16F877A

1. รีจิสเตอร์ Configuration world
   - มีขนาด 14 bits
   - อยู่ที่ Address 2007h ใน Program Memory
   - ในการทำงานเบื้องต้นจะต้องมีการกำหนดในขณะทำการเขียนโปรแกรมลงสู่ Flash Memory ของ PIC
2. รีจิสเตอร์ STATUS
   - ใช้เก็บข้อมูลแสดงสถานการณ์ทำงานของ PIN 16F877
3. รีจิสเตอร์ W
   - ในการประมวลผลทางคณิตศาสตร์ จะต้องผ่านรีจิสเตอร์ W
   - เป็นตัวกลางในการส่งผ่านสถานะของเอาท์พุท ไปยัง I/O PORT
4. Program Counter (PC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เป็นรีจิสเตอร์พิเศษที่ใช้ในการระบุ Address ของ Program Memory ที่ทำการประมวลผล
- Counter มีขนาด 13 bits
- Counter จะเพิ่มขึ้น 1 ทุกๆครั้งเมื่อมีการประมวลผลคำสั่งเกิดขึ้น 1 ครั้ง
- ค่าที่แสดง คือ ตำแหน่งของคำสั่งต่อไปที่จะทำการประมวลผล

5. Stack
   - หน่วยความจำสำรองสำหรับเก็บค่าของ PC
   - มีขนาด 13 bits
   - เก็บข้อมูลได้ 8 ระดับ
6. PORTA,PORTB,PORTC,PORTD,PORTE
   - เก็บค่าสถานะของ PORT นั้นๆ
7. TRISA,TRISB,TRISC,TRISD,TRISE
   - ใช้กำหนดทิศทางของขาของ PORT นั้นๆ ว่าขาใดเป็นอินพุทหรือว่าเอาท์พุท
8. ริจิสเตอร์ CCP1CON และ CCP2CON
   - เป็นตัวที่ควบคุมโมดูล CC1 และ CC2

2.5.3. การทำงานในโหมด PWM

โมดูล CCPx จะกำเนิดสัญญาณมอดูชั่นทางความกว้างพัลซ์ (Pulse Width Modulation : PWM) ความละเอียด 10 bit สัญญาณ PWM ที่สร้างขึ้นจะส่งออกทางขา RC2/CCP1 หรือ RC1/T1OSI/CCP2

หลักการสร้างสัญญาณ PWM

1. กำหนดค่ารีจิสเตอร์ PR2 เพื่อกำหนดคาบเวลาของสัญญาณ PWM
2. กำหนดค่าดิวตี้ไซเกิ้ล โดยเขียนข้อมูลลงในรีจิสเตอร์ CCPRxL ร่วมกับบิต 5-4 ของรีจิสเตอร์ CCPxCON
3. กำหนดให้ขาพอร์ต RC2/CCP1 หรือ RC1/T1OSI/CCP2 เป็นเอาต์พุตเพื่อเป็นทางออกของสัญญาณ PWM โดยการเคลียร์บิตที่ 2 หรือ 1 ของรีจิสเตอร์ TRISC
4. กำหนดค่าปรีสเกลร์ของ TMR2 และเอ็นเนเบิลการทำงานของไทเมอร์2
5. กำหนดให้โมดูล CCPx ทำงานในโหมด PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6. บทความที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของบทความที่เกี่ยวข้องนี้ได้รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ จากงานวิจัย วารสาร และบทความทางอินเทอร์เน็ต ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและทดลองของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้น เพื่อนำมาศึกษาประกอบความรู้ในการทำโครงงานหุ่นยนต์เคลื่อนที่ในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อการขนถ่ายวัสดุดังต่อไปนี้

จิรพันธ์ สอนเจริญ และ ดำรงศักดิ์ ประคองกิจ [3] ได้ศึกษาการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นและสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ โดยอาศัยหลักการสะท้อนของอินฟราเรด นอกจากนี้ได้ทำการทดลองออกแบบส่วนอ่าน input ของ sensor ซึ่งในการออกแบบตำแหน่งการวาง sensor ที่ตัวหุ่นยนต์มีผลต่อการเคลื่อนที่ตามเส้นสีดำของหุ่นยนต์ นั้นคือsensorที่ตรวจจับอินฟราเรดอยู่บนเส้นสีดำหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ตามเส้นไปเรื่อย ๆ แต่ถ้า sensor ที่ตรวจจับอินฟราเรดไม่ได้อยู่บนเส้นหุ่นยนต์จะเดินถอยหลังเพื่อตามหาเส้นทางในการเคลื่อนที่ จากการทดลองในกรณีที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่เจอสิ่งกีดขวาง ผลหุ่นยนต์จะเลี้ยวหลบไปทางซ้ายหรือขวาเมื่อหลบพ้นแล้วหุ่นยนต์จะพยายามเคลื่อนที่เลี้ยวหาเส้นการเคลื่อนที่ แต่ถ้าวัตถุที่มากีดขวางมีสีดำหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่เข้าชนวัตถุเลยเนื่องจาก sensor ไม่สามารถตรวจจับสัญญาณได้ และถ้ามีการกีดขวางของวัตถุที่ซับซ้อนหุ่นยนต์ก็จะเคลื่อนที่หลบหลีกได้ลำบาก

เด่นกวี เอกบรม , ศิริวิทย์ อยู่คล้าย และ สราวุธ อินทรวงศ์ [6] ได้ร่วมกันศึกษาและสร้างหุ่นยนต์ส่งเอกสารเคลื่อนที่ โดยใช้ล้อขับเคลื่อน 2 ล้อ มีต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟตรง (DC motor) 2 ตัว เพื่อขับล้อทั้งสองข้าง แล้วอาศัยการหมุนล้อไปข้างหน้าหรือย้อนหลังเพื่อควบคุมทิศทางในการเคลื่อนที่ของตัวหุ่นยนต์ หุ่นยนต์จะสามารถเคลื่อนไปในที่ต่าง ๆ โดยอาศัยเส้นสีที่ทำไว้สำหรับนำทางเป็นเส้นสีดำหรือสีเข้ม ที่หุ่นยนต์จะมี sensor ที่อยู่ใต้ตัวหุ่นยนต์โดยอาศัยหลักการสะท้อนของแสง ส่วนของตัว sensor จะประกอบด้วย LED Infrared และโฟโต้ทรานซิสเตอร์ซึ่งจัดวางในทิศทางเดียวกัน ส่วนวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ใช้ microcontroller MCS-51 แล้วเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยภาษาเบสิก ในการทำงานของหุ่นยนต์ส่งเอกสารนี้จะรับส่งเอกสารในเส้นทางที่กำหนดไว้เท่านั้น ไม่สามารถรับส่งเอกสารระหว่างทางได้

ดำรงฤทธิ์ ภัณฑารักษ์สกุล , สิทธิชัย เดชพร และ สุทัศน์ พริ้งสกุลชัย [7] ได้ร่วมกันศึกษาและนำเสนอการสร้างหุ่นยนต์รับส่งเอกสารชนิดเคลื่อนที่ตามเส้นขึ้นมา โดยหุ่นยนต์มี 4 ล้อ ใช้สองล้อหลังในการขับเคลื่อนและใช้สองล้อหน้าในการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ มีต้นกำเนิดกำลังงานเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 2 ตัวในการขับเคลื่อนล้อหลังทั้งสอง แล้วอาศัยสเต็ปปิ้งมอเตอร์ในการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ภายใต้ตัวของหุ่นยนต์มี sensor ติดตั้งไว้เพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการได้โดยอาศัยเส้นสีดำสำหรับนำทางตามทฤษฎีการสะท้อนของแสง ส่วนของการควบคุมการทำงานใช้ microcontroller MCS-51 สามารถสั่งงานได้โดยตรงผ่านสวิตซ์ควบคุมบนตัวหุ่นยนต์ และมีจอ LCD เป็นตัวแสดงผลในการสั่งงาน

Patil [19] ได้ศึกษาการทฤษฎีต่างๆของการสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นและศึกษาและการเขียนวงจรของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการสร้าง คือ microcontroller AVR IR sensor และการ algorithm เพื่อการขับเคลื่อนของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ว่าจะเคลื่อนที่ตรงไปข้างหน้า หรือจะเลี้ยวซ้ายหรือจะเลี้ยวขวา โดยอาศัยการป้อนคำสั่งลงไปในตัว microcontroller แล้วให้ตัว comparator ทำการเปรียบเทียบว่าเป็น 0 หรือ 1 เมื่อ sensor อยู่บนเส้นการเคลื่อนที่ อ่านค่าได้เป็น 1 แต่ถ้า sensor ไม่อยู่บนเส้นทางการเคลื่อนที่ อ่านค่าเป็น 0 ตัว microcontroller จะประมวลผล ถ้า IR sensor ฝังซ้ายมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่า IR sensor ข้างขวา หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปทางซ้าย แต่ถ้า IR sensor ฝั่งขวามีค่ามากกว่า หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปทางขวา และค่า IR sensor ทั้งสองฝั่งมีค่าเท่ากันหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ตรงไป

Ucaroglu [21] ได้ทำการศึกษาและพัฒนาส่วนฮาร์ดแวร์ในการสร้างหุ่นที่เคลื่อนที่ตามเส้นสีดำและมีพื้นสีขาว ส่วนฮาร์ดแวร์ได้ศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีพื้นฐานต่างๆ การเขียนวงจร และหลักการทำงานของฮาร์ดแวร์ส่วนต่างๆที่ใช้ในการสร้าง ซึ่งได้แก่ ส่วนเซ็นเซอร์ CNY70 ส่วน Compare LM324 ส่วน microcontroller PIC16F877 , ส่วน Motor Driver L293D และส่วนแบตเตอร์รี่ นอกจากนี้ได้ Ucaroglu ได้พยายามทำการแก้ไขปัญหาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นเมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปเจอเส้นทางที่ที่มีทางแยก มีแนวคิด 2 ทาง คือ หนึ่งใช้ algorithm ในการเปรียบเทียบหาทิศทางที่เหมาะสมที่สุดในการเคลื่อนที่ และอีกวิธีหนึ่งใช้ IR LED ในการหาทางออก เป็นการใช้ตัว opto transistor ในการสังเกตดูเมื่อหุ่นยนต์ได้เคลื่อนที่เจอทางแยก

Huy [15] ได้เสนอโครงงานเกี่ยวกับการสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้น ซึ่งหุ่นยนต์เคลื่อนที่นี้จะใช้ PIC 18F เป็นตัวควบคุมระบบการทำงานต่าง ๆ และใช้ IR sensor เป็นตัวจับสัญญาณ ซึ่งสัญญาณที่ได้มาจะเป็นสัญญาณอนาล็อก จะใช้ MCP comparator มาแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อส่งไปที่ PIC microcontroller ซึ่งตัว PIC จะแปลงว่าหุ่นยนต์ควรจะมีการเคลื่อนที่แบบไหน แบ่งได้เป็น 2 กรณี คือ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นสีดำ และอีกกรณีหนึ่งคือ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นสีขาว ซึ่ง Huy ได้ทำศึกษาวิธี algorithm เพื่อดูความน่าจะเป็นที่เกิดจากการส่งสัญญาณของเซ็นเซอร์ที่ตรวจจับได้แล้วป้อนคำสั่งให้กับ PIC microcontroller เพื่อเกิดการขับเคลื่อนของมอเตอร์ของหุ่นยนต์ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ได้ 3 ลักษณะ คือ เคลื่อนที่ตรงไป เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและวิธีการดำเนินงาน

จากการที่ได้ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ของหุ่นยนต์ขนส่งอัตโนมัติ ทางคณะผู้วิจัยจึงนำทฤษฎีที่ได้ศึกษามาออกแบบและดำเนินการสร้างหุ่นยนต์ขนส่งอัตโนมัติโดยแบ่งวิธีการดำเนินงานได้ดังต่อไปนี้

1. การออกแบบโครงสร้างและชุดขับเคลื่อน
2. การออกแบบส่วนของอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์
3. การออกแบบส่วนโปรแกรมควบคุมการทำงาน

3.1. การออกแบบโครงสร้างและชุดขับเคลื่อน

3.1.1. การออกแบบโครงสร้าง

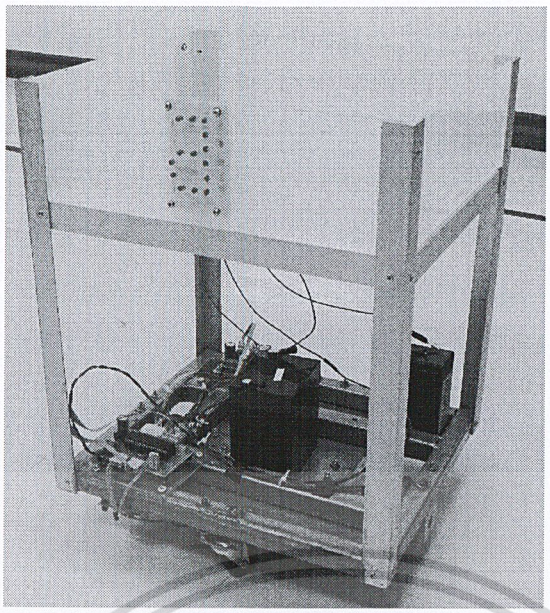
ในส่วนของการออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์ขนส่งอัตโนมัตินี้ทางคณะผู้วิจัยออกแบบให้มีขนาดเล็กเพื่อเป็นหุ่นยนต์ต้นแบบโดยประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ส่วนฐาน มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 30×35 เซนติเมตร โดยเลือกใช้เหล็กกล่องขนาด 1×1 นิ้ว เพราะส่วนฐานเป็นส่วนที่ต้องการความแข็งแรงมากต้องรับน้ำหนักของหุ่นยนต์ทั้งหมดและต้องเป็นส่วนที่ยึดกับชุดขับเคลื่อน

2. ส่วนโครงด้านข้าง ใช้อลูมิเนียมฉากขนาด 1×1 นิ้ว ยาว 40 เซนติเมตร ยึดติดกับส่วนฐานทำให้ความสูงของหุ่นยนต์ไม่รวมความสูงของล้อเป็น 40 เซนติเมตร

3. ส่วนบรรทุกของ ส่วนนี้จะอยู่ด้านบนของหุ่นยนต์มีลักษณะเป็นกล่องเปิดด้านบนโดยใช้แผ่นอะคริลิคขนาด 30×10 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น และขนาด 35×10 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น เพื่อสร้างกล่องด้านข้างและขนาด 30×35 เซนติเมตร เพื่อสร้างกล่องด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1. ลักษณะหุ่นยนต์อัตโนมัติเพื่อการขนถ่ายวัสดุ

3.1.2. การออกแบบชุดขับเคลื่อน

ในการออกแบบชุดขับเคลื่อนเริ่มต้นที่การพิจารณาความเร็วการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ น้ำหนักทั้งหมด และขนาดของล้อ แล้วจึงนำข้อมูลเหล่านี้มาพิจารณาหาความเร็วของมอเตอร์และแรงบิดของมอเตอร์

3.1.2.1. <u>การคำนวณหาความเร็วของมอเตอร์</u>

หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 7 เมตรต่อนาที

ล้อขับเคลื่อนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.8 เซนติเมตร

ดังนั้น การหมุนของล้อ 1 รอบ ได้ระยะทาง = π × เส้นผ่านศูนย์กลางล้อ

= π × 0.078 เมตร

= 0.245 เมตร

จากความเร็วของหุ่นยนต์จะต้องมีความเร็วรอบ = $\frac{7}{0.245}$ รอบต่อนาที

= 28.57 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.2. <u>การคำนวณหาแรงบิดของมอเตอร์</u>

น้ำหนักหุ่นยนต์รวมน้ำหนักบรรทุก 10 กิโลกรัม

เส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 0.078 เมตร

แรงกดทั้งหมด (F_{total}) = น้ำหนักวัสดุ(M) × ความเร่ง(a)

= 10×9.8 นิวตัน

= 98 นิวตัน

แรงกดรวมที่ความต้องการ คือ 98 นิวตัน เนื่องจากกำหนดให้หุ่นยนต์มี 2 มอเตอร์ ซึ่งทำการขับเคลื่อนด้วย 2 ล้อ ดังนั้นแรงที่แต่ละล้อจะได้รับ (F_{wheel})ต้องเป็นครึ่งหนึ่งของแรงรวมทั้งหมด คือ 49 นิวตัน

จาก แรงบิด (T) = แรง (F_{wheel}) × รัศมีของล้อ (r)

= 49 × 0.039 นิวตันเมตร

= 1.1911 นิวตันเมตร

จากการคำนวณเลือกใช้มอเตอร์ที่มีขนาด 12 V ที่มีความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที และมอเตอร์ที่มีแรงบิดมากกว่า 2 นิวตันเมตร

3.2. ส่วนอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิค

การสร้างในส่วนฮาร์ดแวร์และส่วนวงจรของตัวหุ่นยนต์ มีการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคมา เป็นองค์ประกอบในการสร้างหุ่นยนต์ โดยมีการอินพุทข้อมูล 2 ส่วน คือ

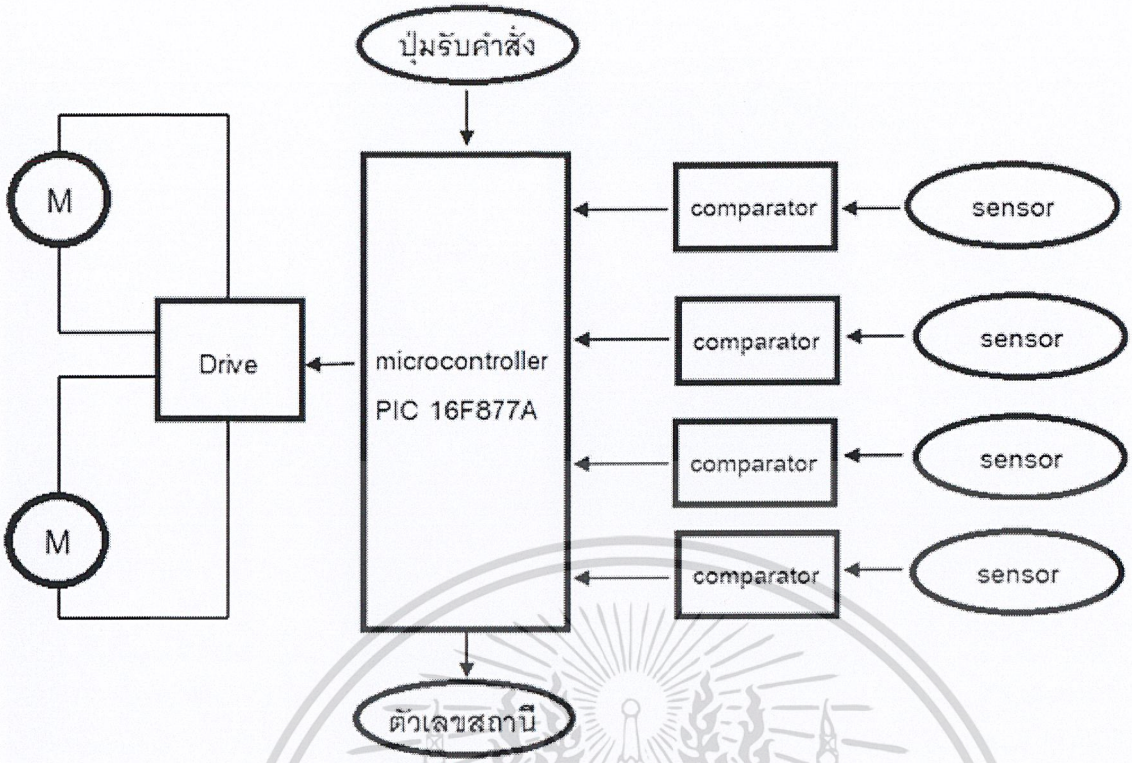
1. การรับสัญญาณจากเซนเซอร์ (Sensor)

ข้อมูลอินพุทที่ได้มาจากเซนเซอร์ (Sensor) ทั้งหมด 4 ตัว โดยที่เซนเซอร์ 3 ตัวจะอินพุทที่ได้จากการ ตรวจจับเส้น และเซนเซอร์อีก 1 ตัว มีอินพุทข้อมูลที่ได้มาจากการอ่านโค้ดของแต่ละสถานีงาน ซึ่งเซนเซอร์ทั้ง 4 ตัว จะส่งค่าสัญญาณไปยังวงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Voltage comparator) เพื่อให้สัญญาณที่ได้เป็นสัญญาณดิจิตอล หลังจากนั้นส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เพื่อทำการประมวลสัญญาณข้อมูลที่ได้ออกแบบโปรแกรมไว้ โดยจะประมวลผลว่าตรงกับโปรแกรมการควบคุมแบบคำสั่งใด จากนั้นส่งสัญญาณข้อมูล ไปยังไดร์ฟมอเตอร์ (Drive motor) สั่งให้มอเตอร์ทำงานเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ต่อไปได้

2. การรับข้อมูลจากปุ่มสถานี

การป้อนข้อมูลอินพุตผ่านปุ่มกดที่อยู่บนตัวของหุ่นยนต์โดยมีปุ่มเลือกสถานีอยู่ 4 ปุ่ม ซึ่งประกอบด้วย ปุ่มกดสำหรับสถานีส่งชิ้นส่วน 1 สถานีและปุ่มกดสำหรับสถานีรับชิ้นส่วนหรือสถานีปฏิบัติงาน 3 สถานี โดยผู้ปฏิบัติงานจะกดปุ่ม เพื่อสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังสถานีใด หลังจากที่เลือกสถานีข้อมูลจะถูกส่งไปที่ไมโครคอนโทรเลอร์ เพื่อทำการประมวลสัญญาณว่าหุ่นยนต์ต้องไปรับและส่งวัสดุที่สถานีที่กำหนด โดยที่ตัวหุ่นยนต์จะแสดงสถานีเป้าหมายโดยแสดงผลจากแผงไฟที่ตัวหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



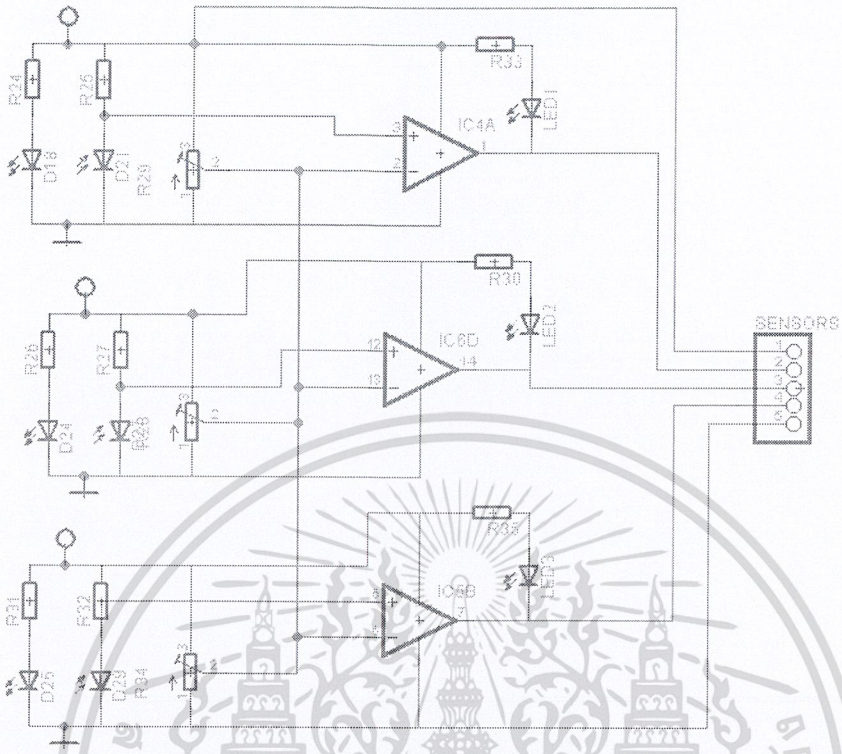
รูปที่ 3.2. ลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์อัตโนมัติเพื่อการขนถ่ายวัสดุ

3.2.1. เซนเซอร์

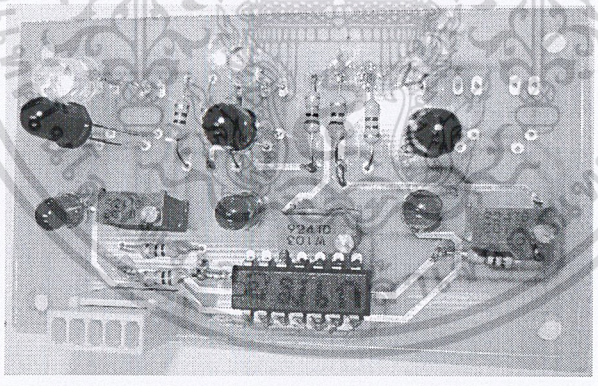
การตรวจจับเส้นจะใช้หลักการส่งและสะท้อนกลับของแสงอินฟราเรดซึ่งคุณสมบัติของแสงอินฟราเรดนี้จะไม่มีการสะท้อนกลับในวัตถุหรือพื้นผิวที่เป็นสีดำ ซึ่งสามารถทำการตรวจสอบหรือแยกความแตกต่างระหว่างวัตถุหรือพื้นผิวที่เป็นสีขาวและสีดำได้ ในการสร้างหุ่นยนต์อัตโนมัติเพื่อการขนส่งได้เลือกใช้เซนเซอร์แบบโฟโต้ไดโอด (Photodiode) ชนิด LTH1550-01 เนื่องมีตัวรับและตัวส่งสัญญาณอินฟราเรดภายในตัวเดียว เซนเซอร์ที่ใช้มีทั้งหมด 4 ตัว โดยจะแบ่งการใช้งานเป็น 2 ส่วน โดยแบ่งได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เซนเซอร์ 3 ตัว มีหน้าที่ ตรวจจับเส้นสีดำ ซึ่งเป็นเส้นทางในการขนถ่ายวัสดุของหุ่นยนต์



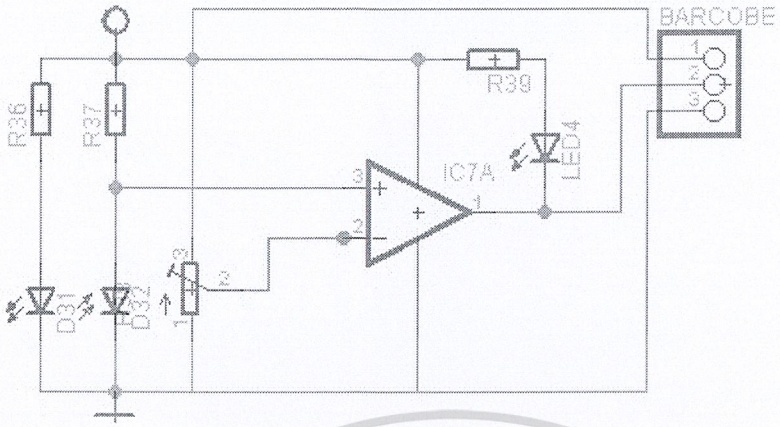
รูปที่ 3.3. schematic ของวงจรเซนเซอร์ตรวจจับเส้นทาง



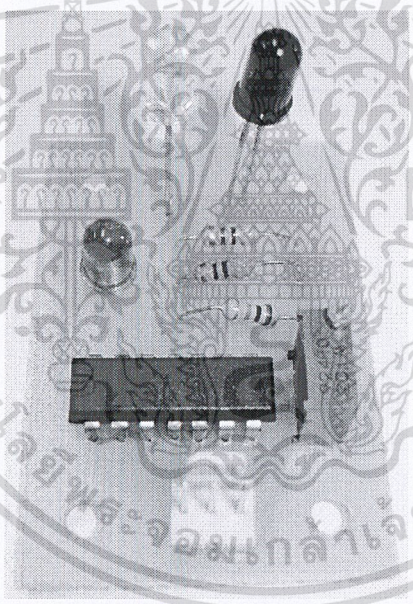
รูปที่ 3.4. วงจรเซนเซอร์ตรวจจับเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เซนเซอร์ 1 ตัว มีหน้าที่ อ่านรหัสของสถานีเพื่อไปรับส่งวัสดุตามสถานีงาน



รูปที่ 3.5. schematic ของวงจรเซนเซอร์อ่านรหัสสถานี



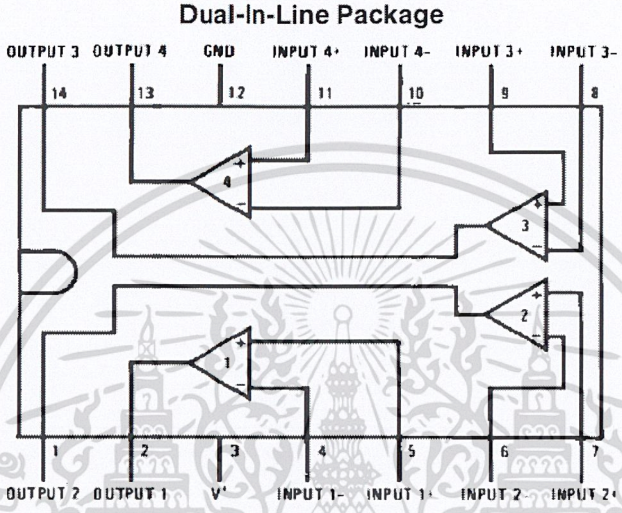
รูปที่ 3.6. วงจรเซนเซอร์อ่านรหัสสถานี

สัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากเซนเซอร์ สามารถวัดได้ออกมาเป็นค่าแรงดัน พบว่าถ้าเซนเซอร์ตรวจจับพบเส้น สีดำ การสะท้อนของคลื่นอินฟราเรดได้ต่ำระดับแรงดันจะมีค่าต่ำ โลจิก คือ 1 ถ้าเซนเซอร์เจอพื้นสีขาวหรือหุ่นยนต์เคลื่อนที่ออกนอกเส้นสีดำ โลจิก คือ 0 การสะท้อนของคลื่นอินฟราเรดจะสูง ระดับแรงดันจะมีค่าสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2. วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

ได้นำ OP-AMP เป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดัน โดยใช้ไอซี LM 311 ในการตรวจจับเป็นการนำแรงดันสัญญาณอินพุตที่ได้มาจากการสะท้อนกลับของแสงอินฟราเรดไปเปรียบเทียบกับสัญญาณแรงดันอ้างอิง จะได้ค่าเอาท์พุทเป็นสัญญาณแรงดันซึ่งมี 2 สถานะ คือสถานะต่ำ มีขนาดแรงดัน 0V. และสถานะสูง มีขนาดแรงดัน +5V. เมื่อค่าอินพุทที่เข้ามามีค่ามากกว่าหรือเท่ากับแรงดันที่ได้อ้างอิง จะได้เอาท์พุทอยู่ในสถานะแรงดันสูง คือ 5V. ในทางกลับกันถ้าค่าอินพุทที่เข้ามาในคอมพาเรเตอร์มีค่าน้อยกว่าแรงดันอ้างอิง จะได้เอาท์พุทอยู่ในสถานะแรงดันต่ำ คือ 0V. และเอาท์พุทที่ได้มานำไปประมวลต่อที่ไมโครคอนโทรลเลอร์

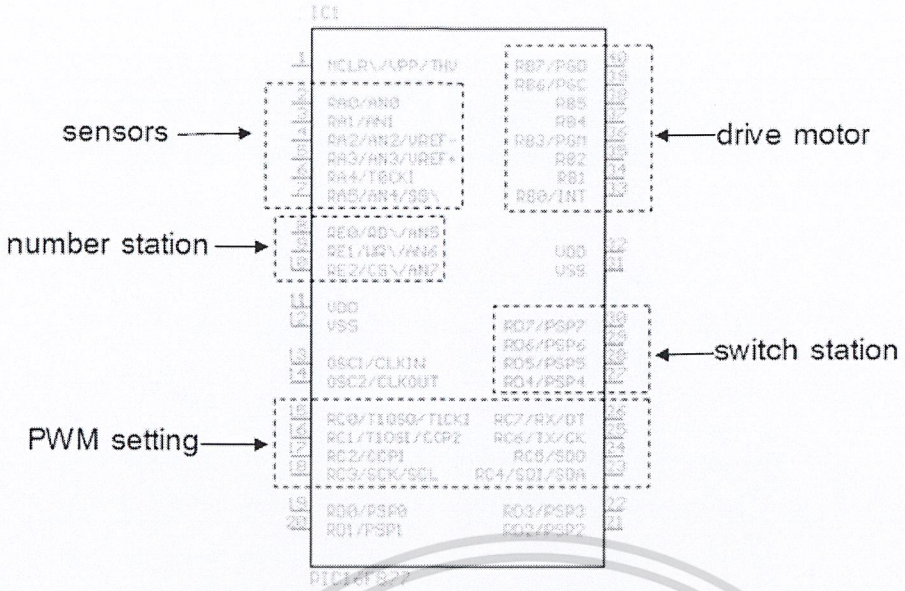


รูปที่ 3.7. ไอซี LM 311

3.2.3. ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877A

ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะรับข้อมูลอินพุทมาเพื่อทำการประมวลคำสั่งต่างๆเพื่อทำให้หุ่นยนต์มีการเคลื่อนที่ ไปรับส่งของในแต่ละสถานีงาน โดยการเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ PIC 16F877A เนื่องจากมีจำนวนขาอินพุทและคุณสมบัติเหมาะกับความต้องการที่ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์อัตโนมัติเพื่อการขนถ่ายวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8. ลักษณะการกำหนดอินพุทและเอาท์พุทของไมโครคอนโทรลเลอร์

หน้าที่ของแต่ละ PORT ที่ได้กำหนด

-PORT A รับข้อมูลของเซนเซอร์ตรวจจับเส้นทางและเซนเซอร์อ่านรหัสสถานี หลักการทำงานของ PIC รับข้อมูลมาจากคอมพาเรเตอร์ ซึ่งจะทำการส่งสัญญาณออกเป็นสัญญาณดิจิตอล และหลังจากที่ได้รับค่าอินพุทจะทำการตรวจสอบค่าแรงดันได้เป็นโลจิก 0 หรือ 1 โดยที่จะกำหนดให้ โลจิกเป็น 0 เมื่อมีการสะท้อน (พื้นผิวสีขาว) กลับของอินฟราเรด หลอด LED จะติด ถ้าโลจิกเป็น 1 เมื่อไม่มีการสะท้อน (พื้นผิวสีดำ) กลับของอินฟราเรด หลอด LED จะดับ

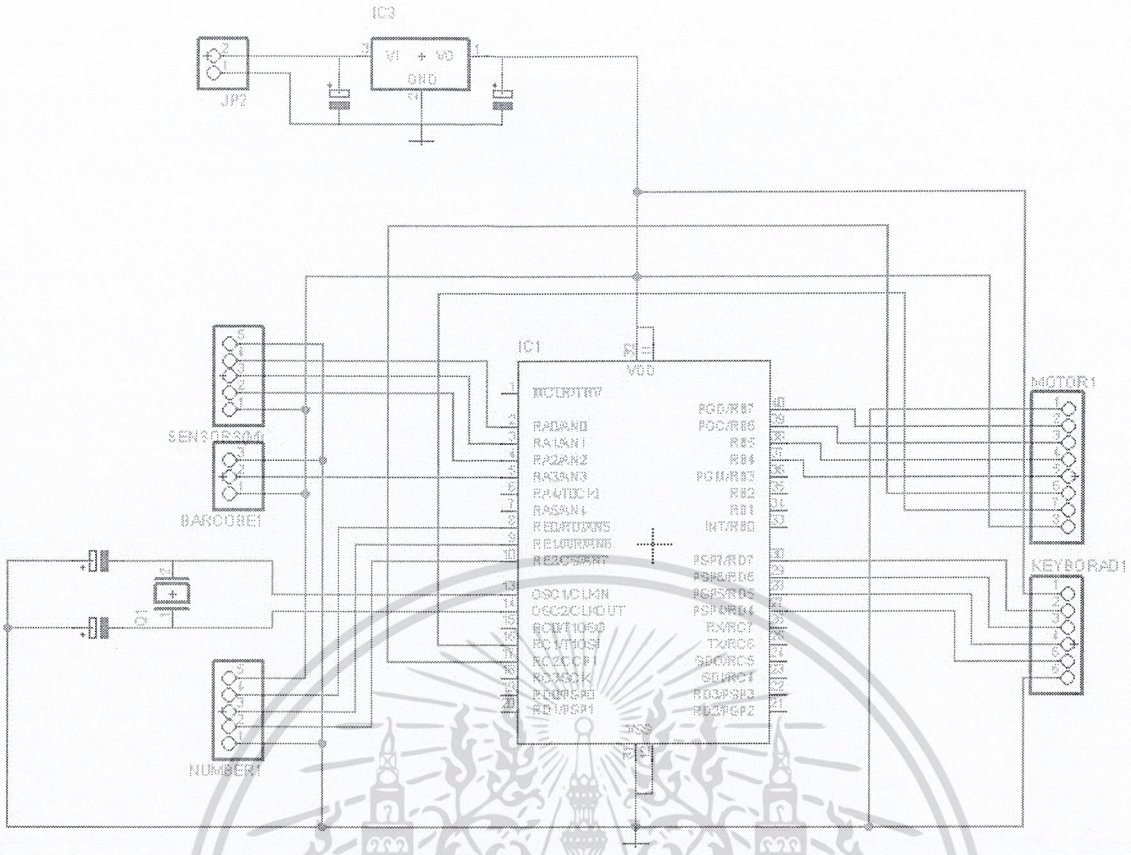
-PORT B ส่งออกข้อมูลให้กับวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ โดยให้มีการขับเคลื่อนแบบ H-bridge

-PORT C ส่งออกข้อมูลของ PWM setting ไปยังวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ เพื่อปรับระดับความเร็วของมอเตอร์ทั้ง 2 ข้าง

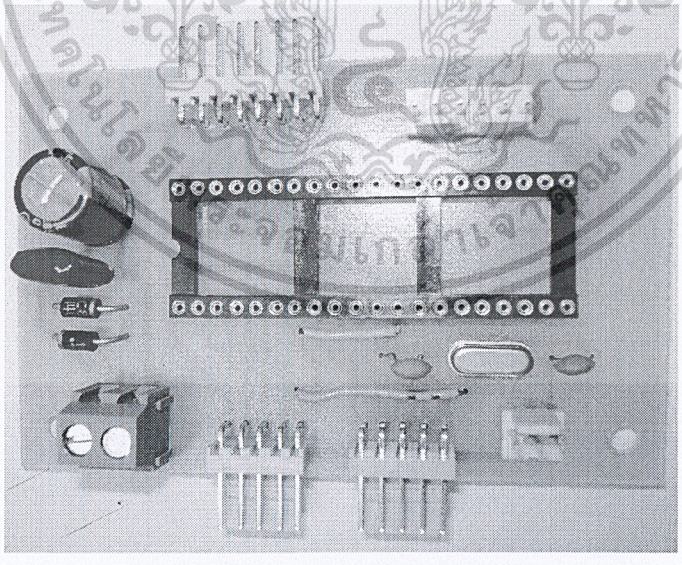
-PORT D รับข้อมูลจากปุ่มกดสถานี เมื่อมีการกดปุ่มสถานี แสดงว่าโลจิกเป็น 0 นั้นคือมีไฟเข้า และปุ่มที่ไม่ถูกกดจะมีค่าโลจิกเป็น 1 นั้นคือไม่มีไฟเข้าที่ขานั้น

-PORT E ส่งออกข้อมูลวงจรแผงไฟแสดงสถานี มีทั้งหมด 3 ขา ถ้าขาไหนไฟเข้า หรือมีโลจิกเป็น 0 ชุดหลอดไฟที่ต่อเข้ากับขานั้นไฟจะติด ส่วนชุดแผงไฟไหนที่ต่อกับขาที่มีโลจิกเป็น 1 ชุดหลอดไฟจะไม่มีกระแสไฟเข้าที่ชุดหลอดไฟนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9. schematic ของไมโครคอนโทรลเลอร์

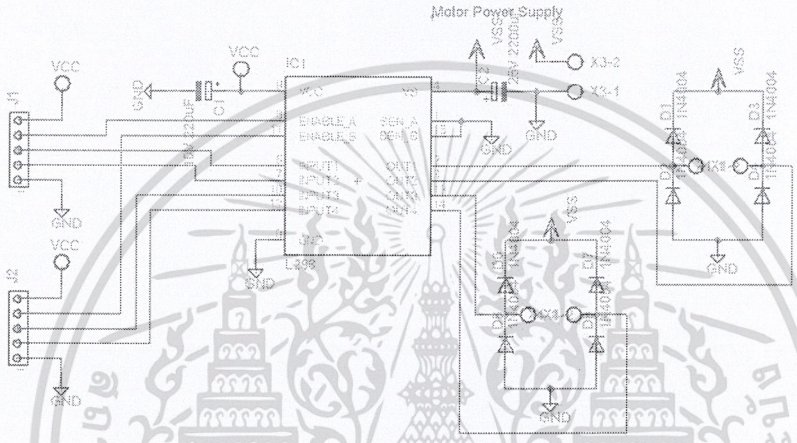


รูปที่ 3.10. วงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์

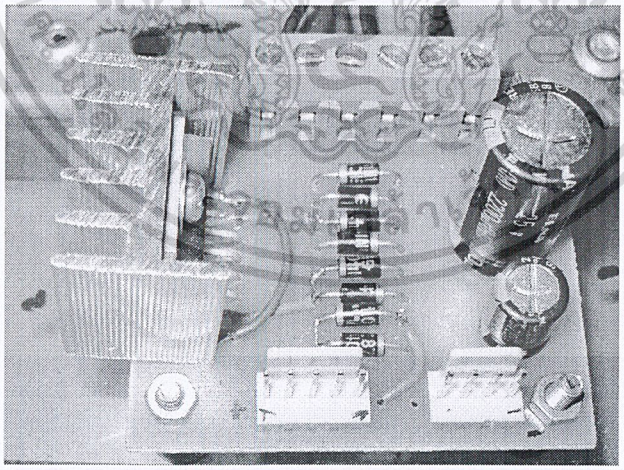
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4. วงจรขับมอเตอร์ (Motor Driver)

การขับเคลื่อนของหุ่นยนต์อัตโนมัติเพื่อการขนส่ง จะขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ 2 ตัว และใช้ L298 เป็นตัวควบคุมขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ โดยให้มอเตอร์มีการขับเคลื่อนแบบ H-bridge โดยรับสัญญาณต่อมาจากไมโครคอนโทรเลอร์ เข้าที่ขาที่ 5, 7, 10, 12 โดยกำหนดค่าโลจิก คือ ถ้า ขาที่ 5 มีโลจิกเป็น 1 (V_{high}) ขาที่ 7 มีโลจิกเป็น 0 (V_{low}) เอาท์พุทออกขาที่ 2,3 ผลให้มอเตอร์ด้านซ้ายหมุนไป ส่วนค่าสัญญาณที่เข้าขาที่ 10 มีโลจิกเป็น 1 ขาที่ 12 มีโลจิกเป็น 0 เอาท์พุทออกขาที่ 13,14 มีผลให้มอเตอร์ด้านขวาหมุนไปข้างหน้า ในการปรับค่ารอบสัญญาณมอเตอร์ (PWM) เพื่อเป็นการปรับระดับความเร็วของมอเตอร์ ประมวลผลมาจากไมโครคอนโทรเลอร์ แล้วอินพุทสัญญาณเข้าขาที่ 6 (enable A),11 (enable B) โดยขาที่ 6 ปรับค่าความเร็วให้กับมอเตอร์ด้านซ้าย ส่วนขาที่ 11 ปรับค่าความเร็วให้กับมอเตอร์ด้านขวา



รูปที่ 3.11. schematic ของวงจรขับมอเตอร์

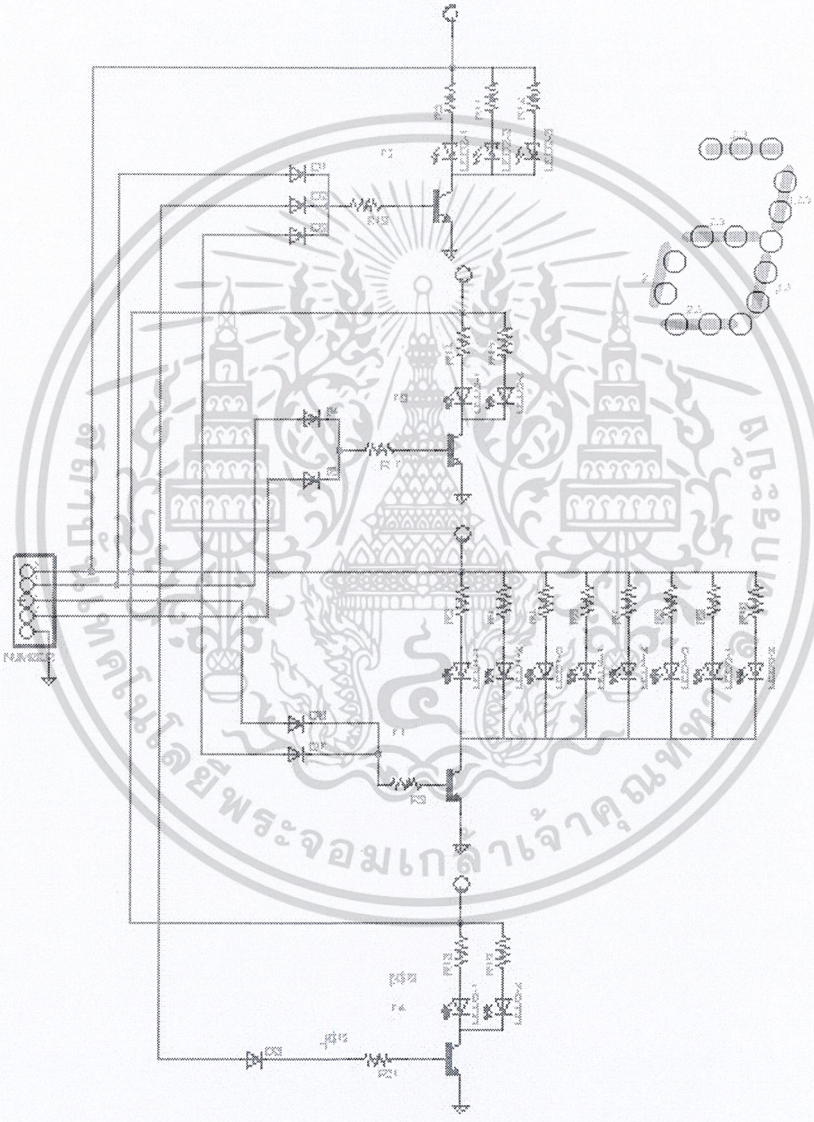


รูปที่ 3.12. วงจรขับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

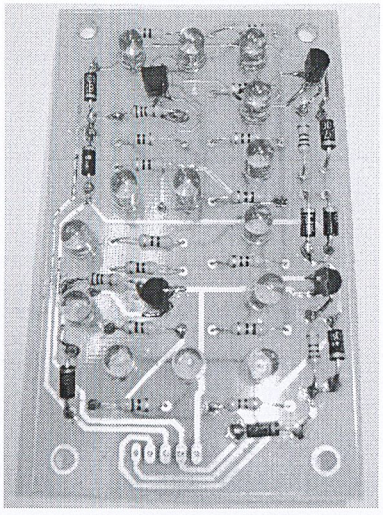
3.2.5. แผงไฟแสดงสถานะของหุ่นยนต์

ในส่วนวงจรนี้รับสัญญาณคำสั่งมาจากการประมวลของไมโครคอนทรอเลอร์ ซึ่งแผงไฟแสดงสถานะมีชุดแผงไฟทั้งหมด 3 ชุด คือ หมายเลข 1, 2, 3 ตามลำดับ เมื่อกดปุ่มสถานีปลายทางหมายเลยใด เมื่อกดปุ่มสถานีเป้าหมาย เช่น กดปุ่มสถานีที่ 1 ส่งสัญญาณเข้าไมโครคอนทรอเลอร์ จากรูปที่ 3.13. ไมโครคอนทรอเลอร์ส่งสัญญาณเข้าไปที่พอร์ทของวงจรนี้โดยจะเข้าไปที่ขา 4 (โลจิก คือ 0) ชุดแผงไฟหมายเลข 1 ทำงาน ซึ่งลักษณะการทำงานของชุดหมายเลข 2และ3 มีลักษะเดียวกันกับที่กล่าวข้างต้น โดยถ้าชุดหมายเลข 2 ทำงาน นั้นคือมีการรับคำสั่งจากการกดปุ่มสถานีที่ 2 แต่ในกรณีที่กดปุ่มสถานีจ่ายวัสดุ (ปุ่มที่ 4) ไมโครคอนทรอเลอร์ส่งสัญญาณเข้าไปทุกขาของพอร์ทวงจรนี้ นั้นคือ ทุกชุดหมายเลขไฟติด ซึ่งมีลักษณะเป็นอักษรภาษาอังกฤษ คือ a



รูปที่ 3.13. schematic ของวงจรแผงไฟแสดงสถานะของหุ่นยนต์

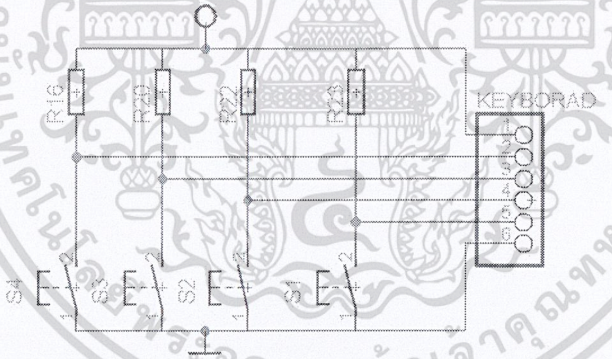
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



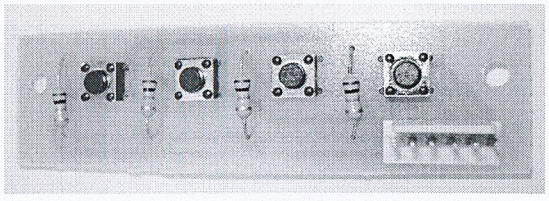
รูปที่ 3.14. วงจรแผงไฟแสดงสถานะของหุ่นยนต์

3.2.6. วงจรปุ่มสถานี

การรับสั่งคำสั่งสถานีปลายทาง ต้องป้อนคำสั่งที่ปุ่มกดสถานีซึ่งจะอยู่บนตัวของหุ่นยนต์ มีทั้งหมด 4 ปุ่มกด โดยกำหนดให้ปุ่มกด 3 ปุ่มแรกแทนสถานีที่ 1, 2, 3 ตามลำดับ ส่วนปุ่มกดที่ 4 แทนสถานีจ่ายวัสดุ กำหนดให้ปุ่มที่ถูกกดมีค่าโลจิกเป็น 0 นั้นคือมีกระแสไฟเข้าที่ขานั้น ทำให้มีการเอาท์พุทข้อมูลไปยังไมโครคอนทรอเลอร์ นั้นคือหุ่นยนต์ได้รับคำสั่งหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังสถานีที่ถูกกด และแสดงตัวเลขสถานีปลายทาง ส่วนปุ่มที่ไม่ถูกกดมีค่าโลจิกเป็น 1 นั้นคือไม่มีกระแสไฟเข้าที่ขานั้น



รูปที่ 3.15. schematic ของวงจรปุ่มสถานี



รูปที่ 3.16. วงจรปุ่มสถานี

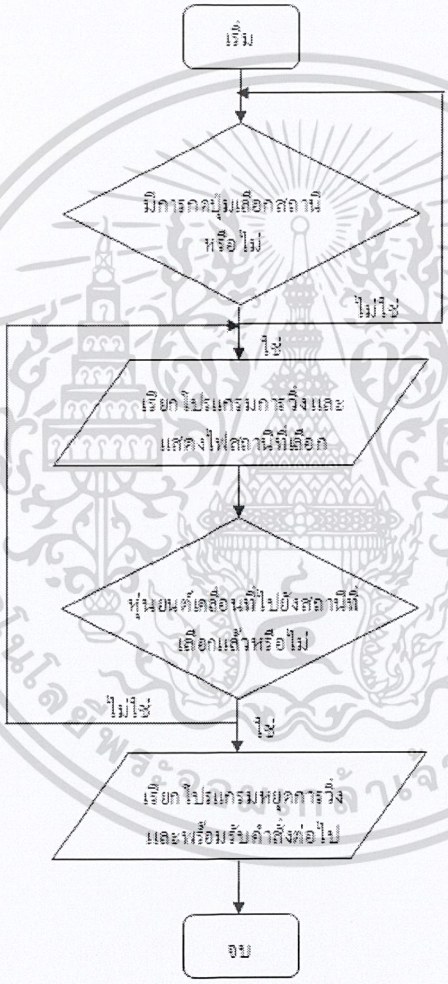
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3. การออกแบบส่วนโปรแกรมควบคุมการทำงาน

ในส่วนการออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานนี้สามารถแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่คือ โปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ และโปรแกรมควบคุมการทำงานของสถานี เพื่อง่ายต่อความเข้าใจในหัวข้อนี้จะอธิบายขั้นตอนการทำงานออกมาในรูปแบบของผังการทำงานของโปรแกรม

3.3.1. หลักการทำงานของหุ่นยนต์

การทำงานของหุ่นยนต์จะเริ่มทำงานเมื่อมีการกดปุ่มสถานีปลายทาง หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังสถานีที่ได้รับคำสั่งและแผงไฟที่อยู่บนตัวหุ่นยนต์แสดงสถานีที่กำหนด ซึ่งจะแสดงไปจนกว่าจะได้รับการกดปุ่มสถานีปลายทางใหม่

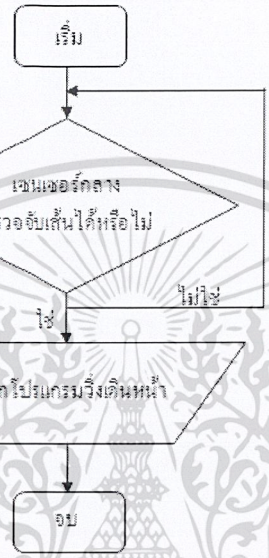


รูปที่ 3.17. หลักการทำงานของหุ่นยนต์

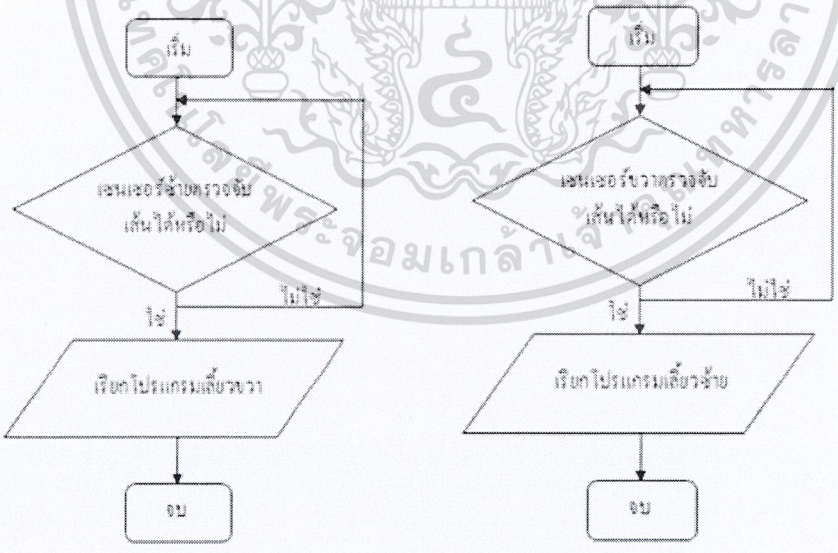
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2. หลักการทำงานของหุ่นยนต์เมื่อเคลื่อนที่ในเส้นทางลักษณะต่างๆ

ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ใช้เซนเซอร์ทั้งหมด 3 ตัว โดยเซนเซอร์ตรวจจับเส้นตัวกลาง สามารถตรวจพบเส้นสีดำ โปรแกรมจะสั่งให้ค่า PWM ของมอเตอร์ทั้ง 2 ข้างหมุนที่ความเร็วเท่ากัน หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า แต่ถ้าหากเซนเซอร์ด้านขวาตรวจจับพบเส้นสีดำ โปรแกรมจะสั่งให้ค่า PWM ของมอเตอร์ซ้ายหมุนด้วยความเร็วกว่ามอเตอร์ด้านขวา หุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย ในทางกลับกันถ้าเซนเซอร์ทางด้านซ้ายตรวจพบเส้น โปรแกรมจะสั่งให้ค่า PWM ของมอเตอร์ด้านขวาหมุนด้วยความเร็วที่มากกว่ามอเตอร์ด้านซ้าย หุ่นยนต์เลี้ยวขวา



รูปที่ 3.18. หลักการทำงานของหุ่นยนต์เมื่อเคลื่อนที่ทางตรง



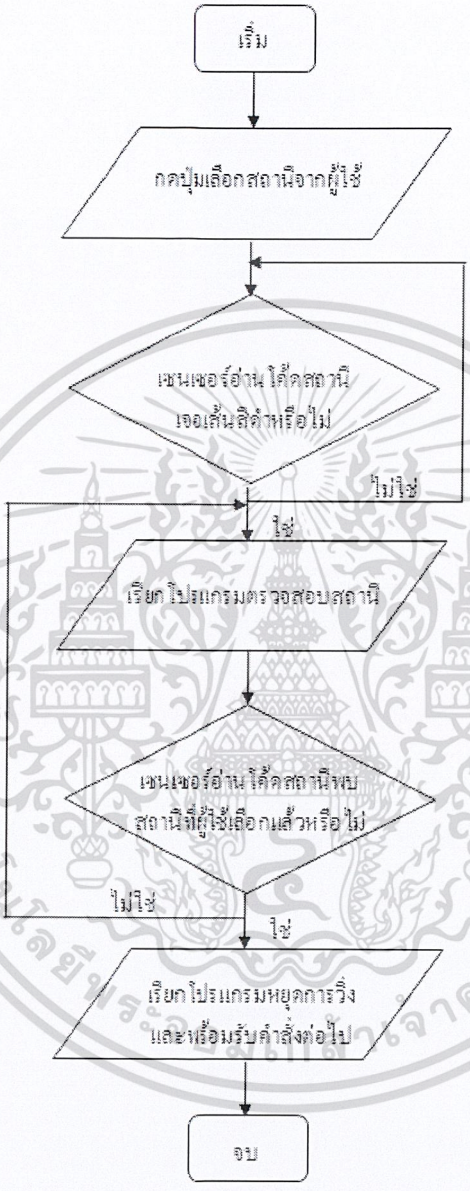
รูปที่ 3.19. a). หลักการทำงานของหุ่นยนต์เมื่อเคลื่อนที่ออกจากเส้นทางไปทางขวา

b). หลักการทำงานของหุ่นยนต์เมื่อเคลื่อนที่ออกจากเส้นทางไปทางซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2. หลักการทำงานของหุ่นยนต์เมื่อหุ่นยนต์ได้รับคำสั่งไปยังสถานีกำหนด

เมื่อหุ่นยนต์ได้รับคำสั่งจากการกดปุ่มสถานีเป้าหมาย หุ่นยนต์ใช้เซนเซอร์อ่านรหัสสถานีในการตรวจจับเส้นสีดำ ซึ่งแต่ละสถานีจะมีจำนวนแถบสีดำที่ต่างกันออกไป โปรแกรมนี้จะทำการประมวลผล จำนวนแถบเส้นดำที่พบตรงกับคำสั่งที่ได้รับมาจากผู้ปฏิบัติงานหรือไม่ หากว่าผลที่ประมวลตรงกับคำสั่งที่หุ่นยนต์ได้รับ หุ่นยนต์จะหยุด ณ สถานีนั้น



รูปที่ 3.20. หลักการทำงานของหุ่นยนต์เมื่อหุ่นยนต์ได้รับคำสั่งไปยังสถานีใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

จากการออกแบบและดำเนินการสร้าง หุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติเพื่อการขนส่งชิ้นส่วน ในบทนี้ได้ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ ได้แก่ การทดสอบความสามารถในการสะท้อนของเซนเซอร์ การทดสอบความเร็ว การทดสอบการเคลื่อนตามทางโค้ง การทดสอบการรับน้ำหนักของวัสดุ และการทดสอบการตอบสนองต่อคำสั่งของหุ่นยนต์

4.1. การทดสอบความสามารถในการสะท้อนของเซนเซอร์

การทดสอบความสามารถในการสะท้อนของเซนเซอร์นี้เป็นการทดสอบการสะท้อนของเซนเซอร์บนแถบสีต่างๆ และระยะห่างระหว่างเซนเซอร์และแถบสีโดยใช้สีและปรับระยะห่างจากเซนเซอร์ดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยการทดสอบจะตรวจสอบจากการติด ดับ ของ LED และบันทึกค่าเป็นลอจิก คือ ถ้า LED ติดแสดงว่าเซนเซอร์มีการสะท้อนกับสีนั้นได้ดี (ลอจิก = 0) แต่ถ้า LED ไม่ติดแสดงว่าเซนเซอร์มีการสะท้อนกับสีนั้นน้อยหรือไม่มีการสะท้อนเลย (ลอจิก = 1) ซึ่งผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.1.

ตารางที่ 4.1. แสดงค่าลอจิกของการสะท้อนของเซนเซอร์บนแถบสีและระยะห่างต่าง ๆ

สี	LED ติด/ดับ (0/1)					
	ระยะห่าง 0.5 cm.	ระยะห่าง 1.0 cm.	ระยะห่าง 1.5 cm.	ระยะห่าง 2.0 cm.	ระยะห่าง 2.5 cm.	ระยะห่าง 3.0 cm.
ขาว	0	0	0	0	0	0
เหลือง	0	0	0	0	0	0
ส้ม	0	0	0	0	1	1
เขียว	0	0	0	0	0	1
น้ำเงิน	0	0	0	1	1	1
ดำ	1	1	1	1	1	1

จากการทดลอง เมื่อนำแถบสีต่างๆมาทดลองที่ระยะที่ต่างๆกัน สีที่โทนสีสว่าง คือ สีขาว สีเหลือง สีส้ม จะมีการสะท้อนของแสงอินฟราเรดได้ดีไม่ว่าจะมีระยะห่างใกล้หรือไกล แต่ในการทดลองอาจจะเกิดความคลาดเคลื่อนเนื่องแสงจากภายนอก ส่วนแถบสีที่เป็นโทนสีเข้ม เช่น สีเขียว สีน้ำเงินและสีดำ ความสามารถในการสะท้อนของแสงอินฟราเรดลดลงเมื่อระยะห่างระหว่างเซนเซอร์และแถบสียิ่งเพิ่มขึ้น แต่ระยะห่างจะไม่มีผลต่อสีดำซึ่งจากตาราง 4.1 จะเห็นว่าสีดำไม่สามารถสะท้อนแสงของอิฟราเรดกลับได้ในระยะห่างที่กำหนด ดังนั้นจึงสามารถเลือกใช้แถบสีดำเป็นเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

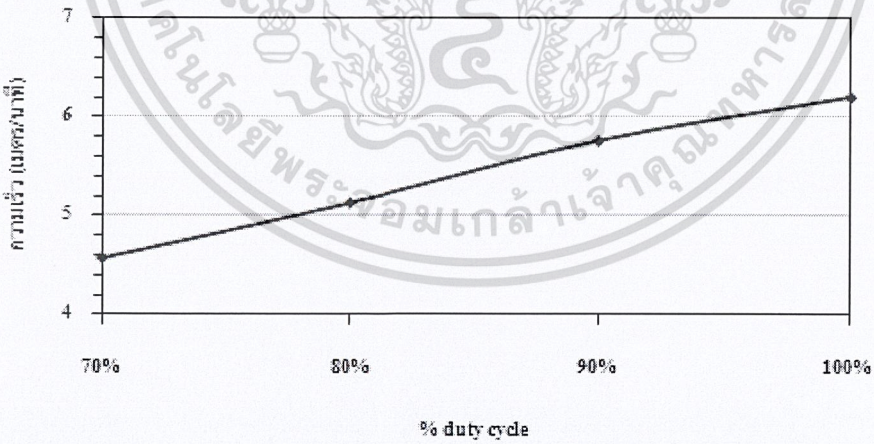
เ พื่อให้เซนเซอร์สามารถตรวจจับเส้นทางและใช้สีเหลืองหรือสีขาวเป็นพื้นเพราะมีความแตกต่างของการสะท้อนแสงอินฟราเรดมากที่สุด

4.2. การทดสอบความเร็ว

การทดสอบความเร็วนี้เป็นการทดสอบหาค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เมื่อปรับ duty cycle ของสัญญาณ PWM ที่ใช้ควบคุมมอเตอร์ทั้งซ้ายและขวา โดยการทดสอบจะวัดผลจากเวลาการวิ่งของหุ่นยนต์ในเส้นทางตรงระยะทาง 1.5 เมตร และไม่มีการบรรทุกชิ้นส่วนใดๆ ซึ่งได้ทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง ต่อค่าสัญญาณ PWM หนึ่งค่า แล้วนำค่าเวลา ที่หุ่นยนต์วิ่งได้ทั้ง 3 ครั้งมาหาเวลาการเคลื่อนที่เฉลี่ย และนำผลที่ได้มาคำนวณหาความเร็วเฉลี่ยของหุ่นยนต์ เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณ PWM ที่ควบคุมมอเตอร์กับความเร็วของ หุ่นยนต์ที่ได้ ซึ่งค่าสัญญาณ PWM มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255 หรือเท่ากับ % duty cycle 0 – 100%

ตารางที่ 4.2. แสดงค่าความเร็วที่ค่า % duty cycle ต่างๆ

% duty cycle (0 – 100%)	เวลาเคลื่อนที่ (วินาที)				ความเร็วเฉลี่ย (เมตร/นาที)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
70%	19.90	19.88	19.29	19.69	4.57
80%	17.93	17.56	17.16	17.55	5.13
90%	15.28	15.79	15.79	15.62	5.76
100%	14.58	14.31	14.64	14.51	6.20



รูปที่ 4.1. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณ PWM กับความเร็วหุ่นยนต์

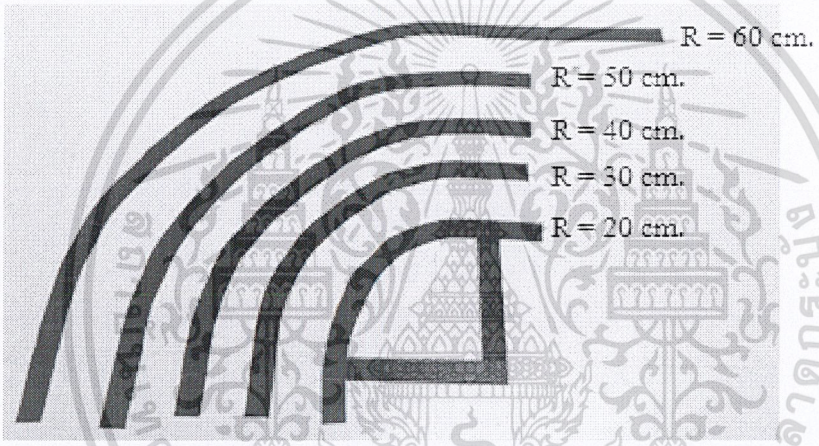
จากกราฟดังรูปที่ 4.1. พบว่า เมื่อค่า % duty cycle สูงขึ้นความเร็วของหุ่นยนต์จะสูงขึ้นตามไปด้วย และเมื่อปรับค่า % duty cycle ให้เป็น 100% พบว่าหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 6.20 เมตรต่อนาที ซึ่งความเร็วที่ทดสอบได้นี้น้อยกว่าขอบเขตของความเร็วที่ตั้งไว้ คือ 7 เมตรต่อนาที ซึ่งอาจมีสาเหตุจากในขั้นตอนการคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ไม่ได้มีการคำนวณเผื่อความเร็วที่อาจสูญเสียไปเนื่องจากแรงเสียดทานต่างๆ เช่น แรงเสียดทานระหว่างล้อกับพื้น แรงเสียดทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างเพลากับแบริ่ง เป็นต้น มีผลให้ความเร็วไม่เป็นไปตามขอบเขตที่กำหนด ดังนั้นจึงใช้ % duty cycle ที่ 100% เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 6.20 เมตรต่อนาที ในระหว่างที่เคลื่อนที่ตามแนวเส้นตรงซึ่งใกล้เคียงกับขอบเขตมากที่สุด

4.3. การทดสอบการเคลื่อนตามทางโค้ง

การทดสอบการเคลื่อนที่ตามทางโค้งนี้เป็นการทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตามทางโค้งที่มีรัศมี - ความโค้งต่างๆ เพื่อทดสอบว่าหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่บนเส้นทางโค้งที่มีรัศมีความโค้งน้อยที่สุดเท่าใดโดยให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ทั้งทวนเข็มและตามเข็มนาฬิกา ซึ่งการวิ่งทวนเข็มนาฬิกาจะปรับค่า % duty cycle ที่มอเตอร์ขวา 80% และมอเตอร์ซ้าย 30% ในส่วนของการวิ่งตามเข็มนาฬิกาจะปรับค่า % duty cycle ที่มอเตอร์ขวา 30% และมอเตอร์ซ้าย 80% หลังจากทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แล้วได้ผลดังตารางที่ 4.3.



รูปที่ 4.2. รัศมีทางโค้งต่างๆที่ใช้ทดสอบความสามารถในการเคลื่อนที่ตามทางโค้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3. แสดงความสามารถในการเคลื่อนที่ตามเส้นทางโค้งที่มีรัศมีความโค้งต่างๆ

รัศมีความโค้ง (cm.)	ความสามารถในการเคลื่อนที่					
	ทวนเข็มนาฬิกา			ตามเข็มนาฬิกา		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
60	Y	Y	Y	Y	Y	Y
50	Y	Y	Y	Y	Y	Y
40	Y	Y	Y	Y	Y	Y
30	Y	Y	Y	Y	Y	Y
20	N	N	N	N	N	N

หมายเหตุ Y คือ หุ่นยนต์สามารถทำงานตามคำสั่งได้

N คือ หุ่นยนต์ไม่สามารถทำงานตามคำสั่งได้

จากการทดลองพบว่า หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้บนรัศมีความโค้งตั้งแต่ 30 เซนติเมตร ขึ้นไป ทั้งในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา แต่เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่บนทางโค้งที่มีรัศมี 20 เซนติเมตร หุ่นยนต์ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่กำหนดไว้ได้ ทั้งในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา ดังนั้นหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่บนเส้นโค้งที่มีรัศมีที่แคบที่สุด คือ 30 เซนติเมตร ซึ่งจะไม่ทำให้หุ่นยนต์หลุดออกจากเส้นทาง สามารถเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่กำหนดได้ดี

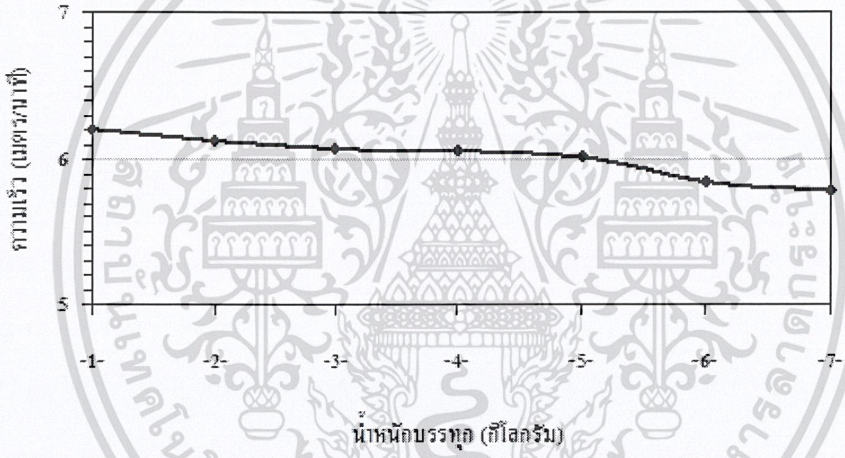
4.4. การทดสอบการรับน้ำหนักของวัสดุ

การทดสอบการรับน้ำหนักของวัสดุนี้เป็นการทดสอบว่าหุ่นยนต์สามารถขนถ่ายวัสดุได้ตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ ซึ่งการทดลองพิจารณาจากน้ำหนักที่บรรทุกกับความเร็วของหุ่นยนต์ที่เปลี่ยนไป โดยกำหนดค่าความเร็วเริ่มต้นของหุ่นยนต์ไว้ที่ 6.20 เมตรต่อนาที และให้หุ่นยนต์บรรทุกชิ้นส่วนที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 1 ถึง 7 กิโลกรัม การทดสอบนี้จะบันทึกเวลาการเคลื่อนของหุ่นยนต์ 3 ครั้ง ต่อการบรรทุกน้ำหนักชิ้นส่วน 1 ค่า โดยเคลื่อนที่บนเส้นทางตรงระยะทาง 1.5 เมตร แล้วจึงนำค่าเวลาเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทั้ง 3 ครั้งมาเฉลี่ย และนำค่าเวลาเฉลี่ยมาคำนวณหาความเร็วเฉลี่ย เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของวัสดุที่ขนถ่ายกับความเร็วของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4. แสดงความเร็วของหุ่นยนต์ขณะบรรทุกชิ้นส่วนที่น้ำหนักต่างๆ กัน

น้ำหนักชิ้นส่วน (kg.)	เวลาเคลื่อน (วินาที)				ความเร็วเฉลี่ย (เมตร/นาที)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
1	14.49	14.49	14.54	14.51	6.20
2	14.56	14.99	14.56	14.70	6.12
3	14.88	15.06	14.51	14.82	6.07
4	14.56	14.99	14.56	14.85	6.06
5	14.98	15.07	14.86	14.97	6.01
6	15.41	15.52	15.29	15.41	5.84
7	15.63	15.33	15.77	15.57	5.78



รูปที่ 4.3. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของวัสดุที่ขนถ่ายกับความเร็วของหุ่นยนต์

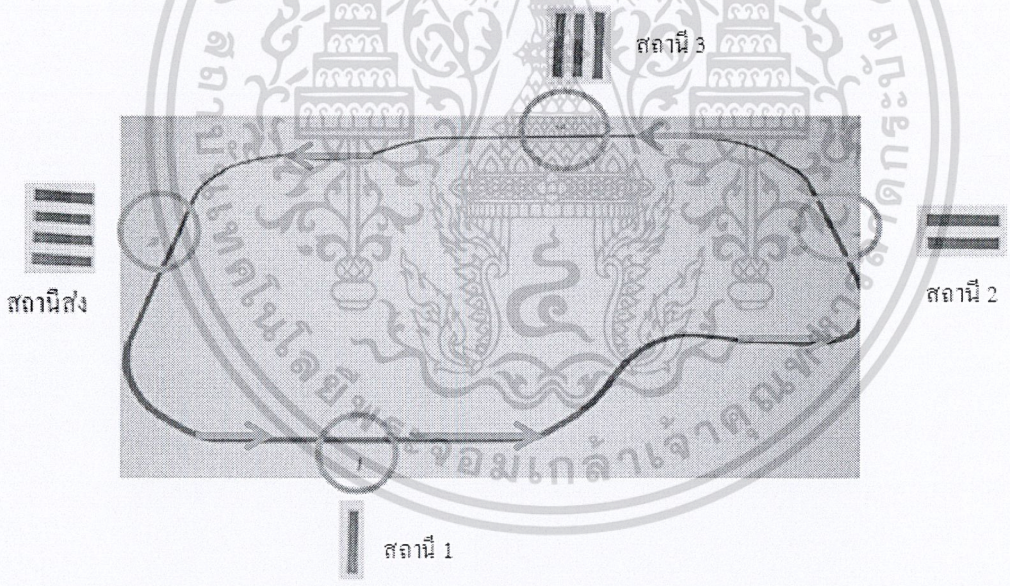
จากการทดลอง เมื่อหุ่นยนต์บรรทุกชิ้นส่วนที่มีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ความเร็วของหุ่นยนต์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่เมื่อเพิ่มน้ำหนักขึ้นไปเรื่อย ๆ พบว่า ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์นั้นลดลงไปด้วย โดยที่ช่วงน้ำหนัก 2-5 กิโลกรัม ทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ไม่ต่ำกว่า 6 เมตรต่อนาที แต่เมื่อให้น้ำหนัก 6 กิโลกรัมขึ้นไปนั้น หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ต่ำกว่า 6 เมตรต่อนาที ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากกราฟดังรูปที่ 4.3. จึงสรุปได้ว่าหุ่นยนต์จะสามารับน้ำหนักของชิ้นส่วนได้ไม่เกิน 5 กิโลกรัม จึงจะทำให้ความเร็วของหุ่นยนต์นั้นมีความเร็วที่ใกล้เคียงกับความเร็วที่กำหนดไว้นั้นคือ 6.20 เมตรต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5. การทดสอบการตอบสนองต่อคำสั่งของหุ่นยนต์

การทดสอบการตอบสนองต่อคำสั่งนี้เป็นการทดสอบโดยการสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังสถานีต่างๆ เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการรับคำสั่งหรือการอ่านแถบรหัสของสถานีที่ติดอยู่บนพื้น โดยการทดสอบแต่ละกรณีนั้นหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนไปข้างหน้าได้ทิศทางเดียวไม่สามารถถอยหลังกลับได้และทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.5. และระยะห่างระหว่าง แต่ละสถานี ดังต่อไปนี้

ระยะห่างระหว่างสถานีที่ 1 และ 2 คือ	3.35 เมตร
ระยะห่างระหว่างสถานีที่ 1 และ 3 คือ	5.45 เมตร
ระยะห่างระหว่างสถานีที่ 1 และ สถานีส่ง คือ	8.59 เมตร
ระยะห่างระหว่างสถานีที่ 2 และ 3 คือ	2.10 เมตร
ระยะห่างระหว่างสถานีที่ 2 และ สถานีส่ง คือ	5.24 เมตร
ระยะห่างระหว่างสถานีที่ 3 และ สถานีส่ง คือ	3.14 เมตร



รูปที่ 4.4. เส้นทางในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5. แสดงประสิทธิภาพการตอบสนองและการทำตามคำสั่งของหุ่นยนต์

คำสั่ง	การตอบสนองและการทำตามคำสั่ง			ประสิทธิภาพ
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
สถานีส่ง ---> 1	Y	Y	Y	100%
สถานีส่ง ---> 2	Y	Y	Y	100%
สถานีส่ง ---> 3	Y	Y	Y	100%
1 ---> 2	Y	Y	Y	100%
1 ---> 3	Y	Y	Y	100%
1 ---> สถานีส่ง	Y	Y	Y	100%
2 ---> 1	Y	Y	Y	100%
2 ---> 3	Y	Y	Y	100%
2 ---> สถานีส่ง	Y	Y	Y	100%
3 ---> 1	Y	Y	Y	100%
3 ---> 2	Y	Y	Y	100%
3 ---> สถานีส่ง	Y	Y	Y	100%

หมายเหตุ Y คือ หุ่นยนต์สามารถทำงานตามคำสั่งได้

N คือ หุ่นยนต์ไม่สามารถทำงานตามคำสั่งได้

จากการทดลองพบว่า หุ่นยนต์สามารถตอบสนองคำสั่งให้เคลื่อนที่ไปยังสถานีต่างๆได้อย่างแม่นยำ โดยไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้นเลย ดังนั้นประสิทธิภาพในการตอบสนองต่อคำสั่งของหุ่นยนต์ คือ 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

5.1. สรุปการดำเนินงาน

จากการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์อัตโนมัติเพื่อการขนถ่ายวัสดุนี้ประกอบด้วย โครงสร้างและชุดขับเคลื่อน วงจรอิเล็กทรอนิกส์ และโปรแกรมควบคุมการทำงาน โดยส่วนโครงสร้างด้านล่างทำจากเหล็กกล่อง ด้านข้างทำจากอลูมิเนียมฉาก ส่วนชุดขับเคลื่อนใช้มอเตอร์ขนาด 12 โวลต์ 30 รอบต่อนาที 2 ตัว และล้อขับเคลื่อนเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.8 เซนติเมตร 2 ล้อ ส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วย วงจรเซนเซอร์ตรวจจับเส้นทาง วงจรเซนเซอร์อ่านรหัสสถานี วงจรสวิตช์สถานี วงจรขับเคลื่อน มอเตอร์และวงจรไฟแสดงสถานีซึ่ง วงจรเหล่านี้จะถูกเชื่อมต่อเข้ากับ ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลการทำงานโดยการควบคุมจากส่วนโปรแกรมควบคุมซึ่งใช้โปรแกรมCCSในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานทั้งหมด

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 6.20 เมตรต่อนาที โดยมีการตั้งค่า % duty cycle ของมอเตอร์ไว้ที่ 100 % หุ่นยนต์สามารถรับน้ำหนักของชิ้นส่วนได้ไม่เกิน 5 กิโลกรัม จึงจะไม่มีผลต่อความเร็วของหุ่นยนต์ นอกจากนี้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่กำหนดได้โดยไม่หลุดออกนอกเส้นทางที่มีรัศมีความโค้งต่ำที่สุด 30 เซนติเมตร และสามารถหยุดตามสถานีใดๆที่รับคำสั่งจากผู้ปฏิบัติงานได้อย่างแม่นยำ ซึ่งผลที่ได้เป็นไปตามขอบเขตและวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้

5.2. ปัญหาที่พบและแนวทางในการแก้ไข

5.2.1. ปัญหาในการออกแบบ

5.2.1.1. <u>ด้านฮาร์ดแวร์ของโครงสร้างและชุดวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์</u>

ปัญหาในการออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ของโครงสร้างและชุดวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ก็คือการออกแบบโครงสร้างไม่ได้มาตรฐาน เนื่องมาจากมีการออกแบบโครงสร้างและอุปกรณ์ที่ต้องติดตั้งภายหลังไม่สอดคล้องกัน จึงต้องมีการออกแบบโครงสร้างใหม่เพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งาน ซึ่งทำให้เสียเวลาในการทำส่วนโครงสร้างมากเกินไป และยังทำให้ส่วนของแผงวงจรตรวจจับเส้นทางไม่สามารถติดไว้ตรงกลางของตัวหุ่นยนต์ได้จึงส่งผลให้หุ่นยนต์ไม่สามารถวิ่งได้สองทิศทาง เมื่อพิจารณาในส่วนของวงจรพบว่า การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานนั้น มีการเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ต้องใช้เพื่อให้ได้อุปกรณ์ที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น วงจรตรวจจับแถบเส้นสีดำ จะต้องคอยปรับค่าความต้านทาน ให้เหมาะสมเพื่อให้เซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับเส้นสามารถตรวจจับเส้นได้ และอีกปัญหาหนึ่งในการออกแบบ คือ มีอุปกรณ์จำนวนมาก ทำให้การออกแบบลายของวงจรมีความซับซ้อน

จากปัญหาที่พบ มีแนวทางในการแก้ปัญหาก็คือ ในส่วนของโครงสร้างนั้นควรคำนึงอุปกรณ์และส่วนต่างๆที่จำเป็นต้องติดตั้งกับตัวหุ่นยนต์และควรทำการวัดขนาดของอุปกรณ์ที่นำมาติดตั้งพร้อมทั้งจดบันทึก เพื่อการออกแบบพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการติดตั้งอุปกรณ์ได้แน่นอน ส่วนในการแก้ปัญหาเรื่องของวงจรนั้น พบว่า ปัญหาที่เกิดจากการออกแบบวงจรควบคุมนั้น ควรที่จะแก้ไขโดย ทดลองต่อวงจรลงบนโปรโตบอร์ดก่อนการออกแบบวงจรจริง ในการออกแบบลายวงจรนั้น ควรออกแบบให้มีสองหน้า เพื่อลดความซับซ้อนของลายวงจร และที่สำคัญ ควรที่จะศึกษาสมบัติของอุปกรณ์ให้ละเอียดก่อน

5.2.1.2. ด้านโปรแกรมควบคุมระบบการทำงานของหุ่นยนต์

ปัญหาในด้านโปรแกรมควบคุมระบบการทำงานที่พบ คือ เป็นการออกแบบขั้นตอนการทำงานไม่ครอบคลุมกับลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์ที่ได้ออกแบบไว้ จึงเป็นอุปสรรคในการออกแบบชุดคำสั่ง อีกทั้งยังทำให้สูญเสียเวลาในการแก้ไขอีกด้วย

การแก้ไขปัญหาข้างต้นนั้น ควรที่จะศึกษาลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์ให้ละเอียดก่อน ออกแบบขั้นตอนการทำงานให้แน่นอนเพื่อให้ง่ายต่อการเขียนโปรแกรมในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ และควรที่จะศึกษาวิธีการใช้โปรแกรม CCS ให้มีความเข้าใจก่อนลงมือเขียนจริง เป็นต้น

5.2.2. ปัญหาในการดำเนินการ

5.2.2.1. ด้านฮาร์ดแวร์ของโครงสร้างและชุดวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

ปัญหาในการดำเนินการทางด้านฮาร์ดแวร์ของโครงสร้างและชุดวงจรควบคุมนั้น จะเกิดจาก อุปกรณ์บางชนิดหาซื้อยาก อีกทั้งยังเกิดจากการขาดความชำนาญในการใช้เครื่องมือ ทำให้ต้องมีการปรับปรุงโครงสร้างหลายครั้ง ในด้านของวงจรนั้นจะเป็นเกี่ยวกับการออกแบบลายวงจร โดยไม่ได้คำนึงถึงการต่อวงจร ทำให้เส้นทองแดงมีความใกล้มากเกินไป เมื่อต่อจริงจึงเกิดปัญหาการบัดกรีทับเส้นทองแดงทำให้เกิดการลัดวงจรได้

แนวทางแก้ไข ควรที่จะสำรวจจำนวนของอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการสร้างทั้งหมดหลังจากการออกแบบแล้ว เพื่อที่จะได้เดินทางไปแหล่งของอุปกรณ์ในคราวเดียว ในเรื่องของการใช้เครื่องมือควรที่จะศึกษาวิธีการใช้เครื่องมือจากผู้ชำนาญ ก่อนลงมือปฏิบัติจริง เพื่อจะได้ไม่เกิดการเสียหายต่อโครงสร้างของงาน พร้อมทั้งยังไม่เสียเวลาในการแก้ไขอีกด้วย ในส่วนของวงจรจะมีแนวทางแก้ปัญหา คือ ในขณะต่อวงจรควรมีความระมัดระวังในการบัดกรีอุปกรณ์ต่างๆ ถ้าหากมีการบัดกรีนานเกินไป วงจรอาจเสียหายได้

5.2.2.2. ด้านโปรแกรมควบคุมระบบการทำงานของหุ่นยนต์

ปัญหาในด้านโปรแกรมควบคุมการทำงานก็คือ การเขียนโปรแกรมควบคุมใช้ภาษาซี ซึ่งเป็นภาษาที่ค่อนข้างซับซ้อน จำเป็นต้องใช้เวลามากในการเขียนโปรแกรม ในการแก้ปัญหาด้านนี้ ควรที่จะศึกษาโครงสร้างการเขียนโปรแกรมภาษาซี และเริ่มจากการเขียนโปรแกรมควบคุมแบบง่ายๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจและคุ้นเคย ส่วนอีกปัญหาหนึ่ง คือ การเขียนโปรแกรมควบคุมทั้งหมดทีเดียว ซึ่งอาจเกิดความผิดพลาด ทำให้เสียเวลาในการแก้ไข เนื่องจากไม่ทราบสาเหตุของปัญหาที่แน่นอน เพราะฉะนั้นจึงควรที่จะแบ่งการทำงานของโปรแกรมออกเป็นส่วนย่อยๆ และทดลองการทำงานของวงจรทีละส่วนก่อนที่จะนำโปรแกรมทั้งหมดมารวมกัน

5.2.3. ปัญหาในการทดลอง

5.2.3.1. ด้านฮาร์ดแวร์ของโครงสร้างและชุดวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

ปัญหาที่พบในการทดลอง คือ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไม่เป็นตามที่ออกแบบไว้ซึ่งมีสาเหตุมาจากพื้นของเส้นทางมีความไม่สม่ำเสมอ จึงทำให้ต้องมีการแก้ไขโดย ปรับโครงสร้างบางส่วนของหุ่นยนต์ใหม่ คือ เสริมสปริงให้มีหน้าที่รับแรง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแทกบริเวณล้อฟรีด้านหน้าของหุ่นยนต์เพื่อทำให้ล้อทุกล้อสัมผัสพื้นตลอด ในเรื่องของวงจรเซนเซอร์จะเป็นปัญหาเกี่ยวกับ วงจรเซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับแถบเส้นสีดำไม่สามารถตรวจจับเส้นได้ ทำให้ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่ได้ออกแบบไว้ จึงต้องมีการแก้ปัญหาโดยปรับระยะห่างระหว่างเซนเซอร์กับพื้นให้มีความเหมาะสมกับระยะสะท้อนของแสงและควรที่จะปรับค่าความต้านทานที่เหมาะสมแก่เซนเซอร์ด้วย ปัญหาในเรื่องกำลังการขับเคลื่อนของแบตเตอรี่จะลดลงเรื่อยๆ เมื่อทำการทดลองผลการทดลองอาจคลาดเคลื่อน จึงควรที่จะทำการชาร์จแบตเตอรี่ก่อน เพื่อการใช้แบตเตอรี่ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

5.2.3.2. <u>ด้านโปรแกรมควบคุมระบบการทำงานของหุ่นยนต์</u>

ในการทดลองในด้านของโปรแกรม ปัญหาที่พบ คือ โปรแกรมที่ได้เขียนเสร็จแล้ว ไม่สามารถนำมาใช้ควบคุมได้จริงตามที่ได้ออกแบบไว้ ทำให้ต้องนำมาปรับแก้ใหม่ ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองเวลา เพราะฉะนั้นจึงต้องมีการเขียนทีละส่วนแล้วนำไปทดลองควบคุมในตัวของหุ่นยนต์ จะทำให้สามารถรู้ถึงปัญหาในแต่ละส่วนของโปรแกรมได้ เป็นต้น

5.3. ข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นสามารถที่จะนำปัญหาเหล่านั้นมาพัฒนาให้หุ่นยนต์อัตโนมัติเพื่อการขนส่งชิ้นส่วน มีความเร็วในการขนส่งเพิ่มขึ้น เพื่อให้สามารถส่งชิ้นส่วนได้รวดเร็วยิ่งขึ้น โดยการเปลี่ยนขนาดของมอเตอร์ให้มีความเร็วรอบเพิ่มขึ้น เพื่อรองรับกำลังการขับเคลื่อนที่มีความเร็วสูงขึ้น พร้อมทั้งสามารถที่จะพัฒนาให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ในเส้นทางที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น ทางแยก และเลี้ยวเป็นมุมฉากได้ เป็นต้น นอกจากนี้สามารถพัฒนาให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ถอยหลังได้ เพื่อลดระยะทางในการเคลื่อนที่ในกรณีที่มีการส่งชิ้นส่วนระหว่างสถานีที่ใกล้กัน ในส่วนทางด้านโปรแกรมสามารถที่จะพัฒนาเพื่อควบคุมหุ่นยนต์ให้ทำงานตอบสนองความต้องการได้ดีที่สุด ซึ่งอาจจะใช้โปรแกรมอื่นๆ เช่น Visual Basic, AVR, Assembly ในการเขียนโปรแกรม อีกทั้งสามารถพัฒนาเพื่อเพิ่มความแม่นยำให้เซนเซอร์ในการเคลื่อนที่ให้ตรงเส้นทางที่ได้กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและสามารถร้องเตือนเมื่อหุ่นยนต์เจอสิ่งกีดขวาง พร้อมกับหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรกมล โรจน์วิรุฬห์, คณิตตา ใฝ่กระโทก, และจรัญญา เศรษฐศุภร. **"เครื่องต้นแบบสำหรับตรวจสอบจุดบกพร่องอัตโนมัติในอุตสาหกรรมกระดาษ"** ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2552.

[2] กานต์ ทองศิริ และศักดิ์ชัย นารี. **"หุ่นยนต์สำรวจ."** ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2549.

[3] จิรพันธ์ สอนเจริญ และดำรงศักดิ์ ประคองกิจ. **"หุ่นยนต์หลบหลีกสิ่งกีดขวางอัตโนมัติชนิดเคลื่อนที่ตามเส้น."** ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอม เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2549.

[4] เฉลิมพล ชัยศักดิ์เลิศ และชินวร ลิมาวัฒนชัย. **"รถวิ่งตามแสงอินฟราเรด."** ปริญญานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรม - อิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2543.

[5] ชวลิต ขุนราม. **"นาฬิกาบอกเวลาวันเดือนปี แสดงผลบน LCD."** เซมิคอนดักเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์. กันยายน 2543: 144-148.

[6] เด่นกวี เอกบรม, ศิริวิทย์ อยู่คล้าย, และสราวุธ อินทรวงศ์. **"หุ่นยนต์รับส่งเอกสาร."** ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2541.

[7] ดำรงฤทธิ์ ภัณฑารักษ์สกุล, สิทธิชัย เดชพร, และสุทัศน์ พริ้งสกุลชัย. **"หุ่นยนต์รับส่งเอกสารชนิดเคลื่อนที่ตามเส้น."** ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2543.

[8] เทพ จารุรัตน์มงคล และประทีป วงศ์จิรชยา. **"ระบบควบคุมโดยใช้ PIC ไมโครคอนโทรลเลอร์."** ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า - เจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2547.

[9] ประจิน พลังสันติกุล. All About CCS C PIC C Programming with CCS C Compiler. กรุงเทพฯ: แอพซอฟต์เทค จำกัด, 2551"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[10] ภัทรพันธ์ ภัสสรศิริ และพีระพล เย่าตัก. "**หุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอมพิวเตอร์.**" ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร - ลาดกระบัง. 2543.

[11] เมธี นิลภารักษ์ และวันลาภ พฤทธิ์กิตติวงศ์. **"ชุดพัฒนาระบบหุ่นยนต์."** ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2545.

[12] ยอดยิ่ง ชาวพงษ์, อภิรักษ์ ลอยแก้ว, และรัชชัช นัทธี. **"ผลของความร้อนต่อการทำงานของจอ LCD."** กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. 2549.

[13] วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, อรรถพล บุญยะโภคา, และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. เรียนรู้การตรวจจับเส้น - โดยใช้หลักการของการสะท้อนแสง Pathfinder : หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้น. กรุงเทพฯ: บริษัท อินโนเวตีฟ - เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, 2546.

[14] A.Gray, Jonathan. "**Toeing the line: Experiment with line-following Algorithms.**" 27 Dec 2009 <www.fll-freak.com/misc/01-jgray_report.pdf.>

[15] Cao Quoc Huy. **"Line Follower Robot."** 2009. University UPG din Ploiesti, Ploiesti. 26 Dec 2009 < http://ac.upg-ploiesti.ro/spc2009/spc_junior/cao_quoc_huy.pdf>

[16] Collins, David & Wyeth, Gordon. **"Cerebellar Control of a Line Fallowing Robot."** Proceedings of the Australian conference (1999): 74-79

[17] Goyal, Rajat & Gupta, Karan M. **"A Line Following Robot**." Department of Computer Science Texas Tech University. 26 Dec 2009 <www.karanmg.com/Computers/.../LineFollowing Report.pdf>

[18] Jaseung Ku. "**A Line-follower Robot**." 2005. 26 Dec 2009 <http://online.physics.uiuc.

edu/courses/phys405/ P405_Projects/Fall2005/Robot_project_jaseung_.pdf,2005>

[19] Patil, Priyank . **"Line Following Robot."** Department of Information Technology K. J. Somaiya College of Engineering Mumbai, India. 26 Dec 2009 <http:// www.kmitl.ac.th/~kswichit/ ROBOT/Follower.pdf>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[20] Stanek, Ondrej. "**Line following robots**." 10 Jan 2010
<http://www.ostan.cz/robot/ line_following_robots.doc>

[21] Ucaroglu, Hakan . "**Line – Maze Solving Robot." 2005.** Report of Introduction to Robotics Project. 26 Dec 2009 <http://www.eee.deu.edu.tr/~ozkurt/robotics2005/1/Report.pdf>

[22] William Dubel. "**Reliable Line Robot."** 2004. 15 Nov 2009 <http://dubel.org/robots/lt.pdf, 2004.>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์อัตโนมัติเพื่อการขนส่งชิ้นส่วน

```
#include<16F877A.h>
#fuses hs,nowdt,noprotect,nolvp
#use delay(clock=8000000)
#use rs232(baud=9600,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7)

#define sensor_right  pin_A2
#define sensor_center pin_A1
#define sensor_left   pin_A0
#define sensor_bar    pin_A3
#define led1 PIN_E0
#define led2 PIN_E1
#define led3 PIN_E2
#define sw_1 PIN_D7
#define sw_2 PIN_D6
#define sw_3 PIN_D5
#define sw_4 PIN_D4
#define motor_R_EN pin_B4
#define motor_L_D  pin_B5
#define motor_R_D  pin_B6
#define motor_L_EN pin_B7
#define motor_L_C  pin_C1
#define motor_R_C  pin_C2
#define min_pwm 0
#define max_pwm 255

int16 seconds = 0;
int int_count=0;
int tts=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#INT_TIMER0
void clock_isr()
{
   if(int_count++>38)
 {
     ++seconds;
     int_count = 0;
  }
}

void forward(unsigned char speedR,unsigned char speedL);
void right(unsigned char speedR,unsigned char speedL);
void left(unsigned char speedR,unsigned char speedL);
void backward(unsigned char speedR,unsigned char speedL);
void stop(void);

/************************************
* Forward
************************************/
void forward(unsigned char speedR,unsigned char speedL)
{
  set_pwm1_duty(min_pwm);
  output_bit(motor_R_EN,1);
  output_bit(motor_R_C,1);
  output_bit(motor_R_D,0);

  set_pwm2_duty(min_pwm);
  output_bit(motor_L_EN,1);
  output_bit(motor_L_C,1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    output_bit(motor_L_D,0);


    set_pwm1_duty(speedR);
    set_pwm2_duty(speedL);
}
/*******************************
* Stop
*******************************/
void stop(void)
{
    set_pwm1_duty(min_pwm);
    output_bit(motor_R_EN,0);
    output_bit(motor_R_C,0);
    output_bit(motor_R_D,0);

    set_pwm2_duty(min_pwm);
    output_bit(motor_L_EN,0);
    output_bit(motor_L_C,0);
    output_bit(motor_L_D,0);
    set_pwm1_duty(0);
    set_pwm2_duty(0);
}
/*******************************
* main program
*******************************/
void main(void) {
    int16 start=0;
    int   get_line=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int   x=0;
int check=0;
int y=0 ;

enable_interrupts(GLOBAL);
enable_interrupts(INT_TIMER0);

setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_256);
set_timer0(0);

set_tris_A(0b11111111);
set_tris_B(0b00000000);
set_tris_C(0b00000000);
Set_tris_E(0b00000000);
Set_tris_D(0b11111111);

setup_timer_2(T2_DIV_BY_16,255,1);
setup_ccp1(ccp_pwm);
setup_ccp2(ccp_pwm);

stop();
while(TRUE){
  while(x==0){
    if(input(sw_1)==0)
    {
      x=1;
      if (x==y)
      {
      x=0;
       }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    output_bit(led1,1);
    output_bit(led2,0);
    output_bit(led3,0);
  }
  else if(input(sw_2)==0){
    x=2;
    if (x==y)
    {
    x=0;
     }
    output_bit(led1,0);
    output_bit(led2,1);
    output_bit(led3,0);
  }
  else if(input(sw_3)==0){
    x=3;
    if (x==y)
    {
    x=0;
     }
    output_bit(led1,0);
    output_bit(led2,0);
    output_bit(led3,1);
  }
  else if(input(sw_4)==0){
    x=4;
    if (x==y)
    {
    x=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        }
        output_bit(led1,1);
        output_bit(led2,1);
        output_bit(led3,1);
      }
      else
      {
        x=0;
      }
    }

    while (TRUE) {

      if(start!=0)
      {
        if(seconds-start>1)
        {
if(x==get_line)
          {
            stop();
            y= get_line;
            get_line=0;
            start=0;
            x=0;
            break;
}
          get_line=0;
          start=0;
        }
      }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if(input(sensor_bar)==1)
{
  if(check==0)
  {
    start=seconds;
     get_line++;
    check=1;
  }
 }
if(input(sensor_bar)!=1)
{
    check=0;
}
if((input(sensor_center)==1)&&(input(sensor_left)==0)&&(input(sensor_right)==0))
{
  forward(255,255);
  delay_ms(5);
}
else if((input(sensor_left)==1)&&(input(sensor_right)==0))
{
  forward(200,120);
  delay_ms(5);
}

else if((input(sensor_left)==0)&&(input(sensor_right)==1))
{
  forward(120,200);
  delay_ms(5);
}
else
```

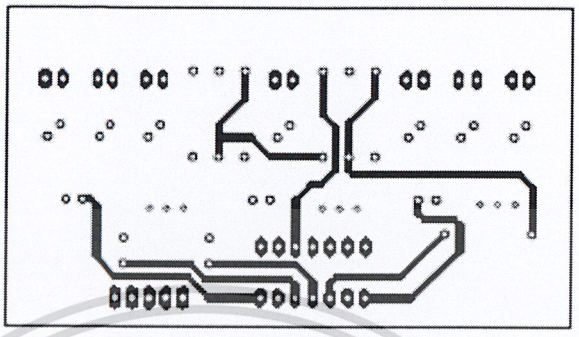
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        {
          forward(75,75);
          delay_ms(5);
        }
      }
    }
  }
```

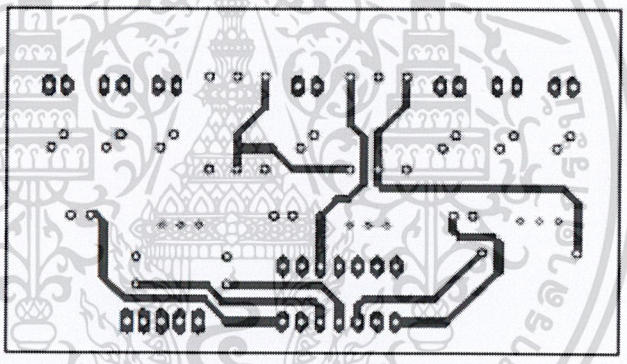

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ลายวงจรต่างๆของหุ่นยนต์อัตโนมัติเพื่อการขนส่งชิ้นส่วน

2.1. ลายวงจรเซนเซอร์ตรวจจับเส้นทาง

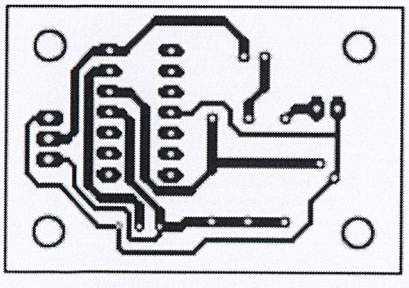


รูปที่ ผ1 ลายวงจรของเซนเซอร์ตรวจจับเส้นทางส่วนด้านบน



รูปที่ ผ2 ลายวงจรของเซนเซอร์ตรวจจับเส้นทางส่วนด้านล่าง

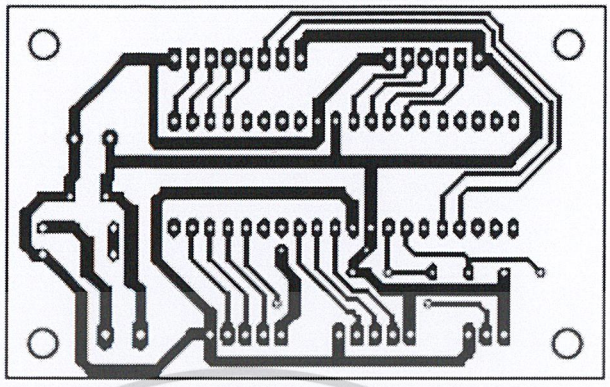
2.2. ลายวงจรเซนเซอร์อ่านโค้ดสถานี



รูปที่ ผ3 ลายวงจรเซนเซอร์อ่านโค้ดสถานี

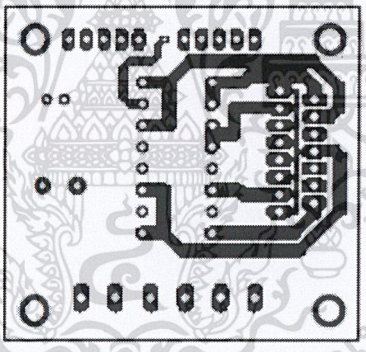
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3. ลายวงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์



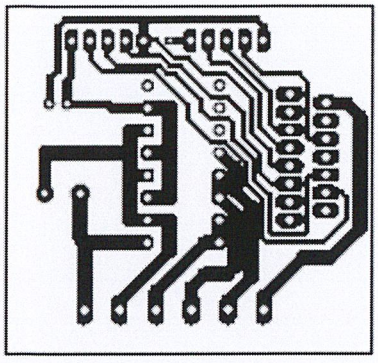
รูปที่ ผ4 ลายวงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.4. ลายวงจรของชุดขับมอเตอร์



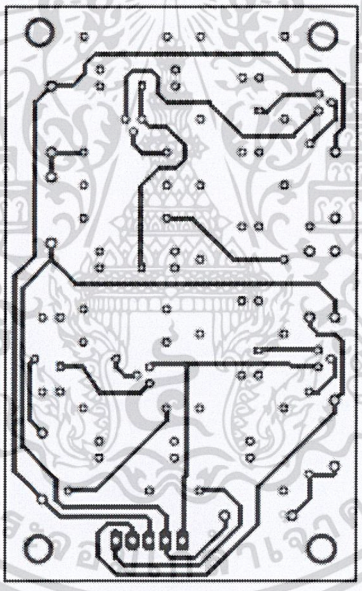
รูปที่ ผ5 ลายวงจรของชุดขับมอเตอร์ส่วนด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



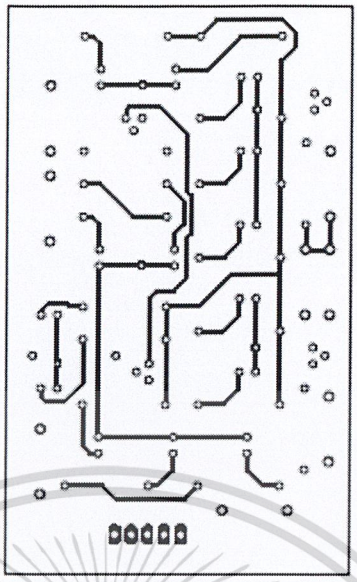
รูปที่ ผ6 ลายวงจรของชุดขับมอเตอร์ส่วนด้านล่าง

2.5. ลายวงจรของแผงไฟแสดงสถานะของหุ่นยนต์



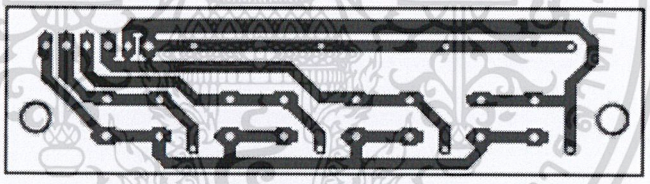
รูปที่ ผ7 ลายวงจรของแผงไฟแสดงสถานะของหุ่นยนต์ส่วนด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ8 ลายวงจรของแผงไฟแสดงสถานะของหุ่นยนต์ส่วนด้านล่าง

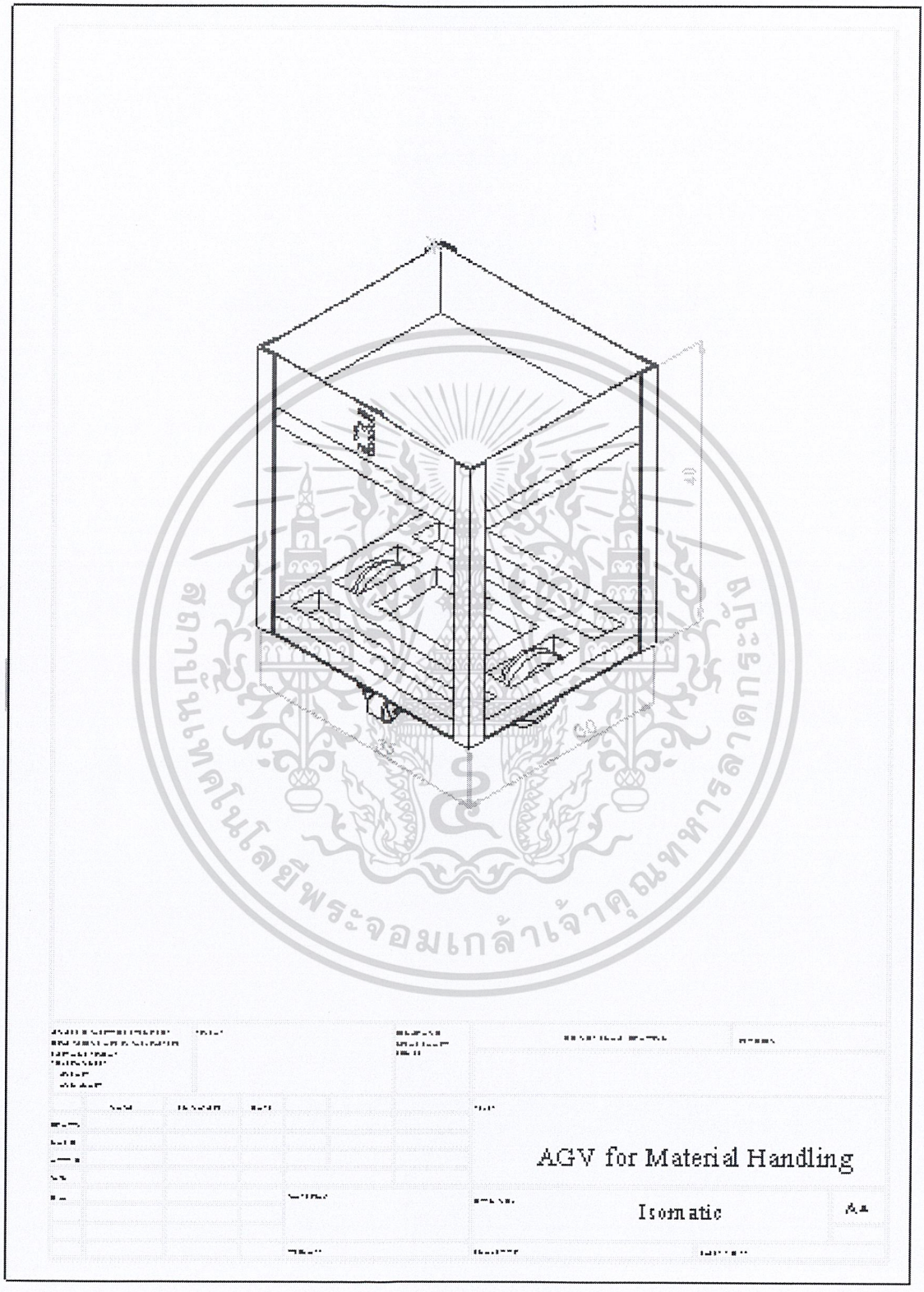
2.6. ลายวงจรของ keyboard



รูปที่ ผ9 ลายวงจรของ keyboard

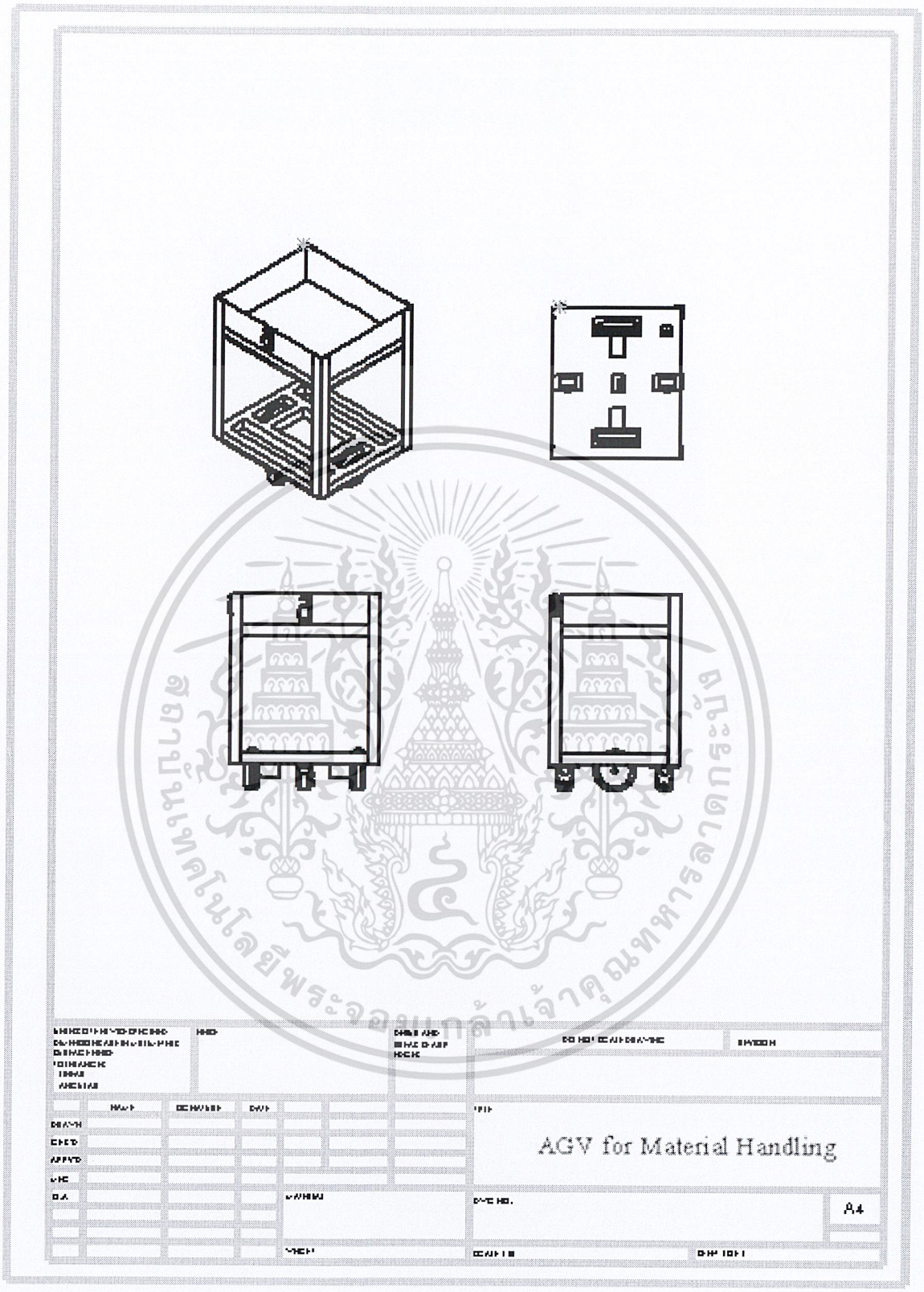
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แบบโครงสร้างหุ่นยนต์อัตโนมัติเพื่อการขนส่งชิ้นส่วน



รูปที่ ผ10 isomatic ของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ11 โครงสร้างหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้