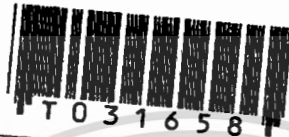


สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามสนามแม่เหล็กโลก



นายกมล ไพโรพัฒนานุพันธ์
นายพรณศักดิ์ เอี่ยมรักษา
นายมนตรี สกุดจากรุทธิ

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ป.พ.

ปีการศึกษา 2540

ท 133 49

REAC

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... **31658**

วัน, เดือน, ปี **19** **ธ.ค.** 2541

รับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Earth's Magnatic Field Tracking Robot



Mr. Kamol Pripattananupan

Mr. Phansak Iamraksa

Mr. Montree Saguljarusutti

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for

the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Physics Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang 1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามสนามแม่เหล็กโลก

โดย

นายกมล ไพรพัฒนานุพันธ์

นายพรรณศักดิ์ เอี่ยมรักษา

นายมนตรี สกุดจรรุสุทธิ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชิต ศิริโชติ

รองศาสตราจารย์สุรพล รักวิจัย

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นำโครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

(รองศาสตราจารย์สุรพล รักวิจัย)

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ

ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชิต ศิริโชติ)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราวุฒิ เถาดีดดา)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริศักดิ์ เทชะทวีกุล)

กรรมการ

(อาจารย์ปิติพร ถนอมงาม)

อธิการบดีของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามสนามแม่เหล็กโลก
ชื่อนักศึกษา	นายกมล ไพรพัฒนานุพันธ์ นายพรรณศักดิ์ เอี่ยมรักษา นายมนตรี สกุดจาร์สุทธิ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชิต สิริโชติ รองศาสตราจารย์สุรพล รักวิจิย์
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์
ปีการศึกษา	2540

บทคัดย่อ

หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามสนามแม่เหล็กโลก ได้ออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อศึกษา ระบบการนำทิศทางโดยอ้างอิงสนามแม่เหล็กโลก ซึ่งมีส่วนประกอบหลักดังนี้ 1) โครงหุ่นยนต์แบบเคลื่อนที่ได้สองล้อ 2) ไมโครตรววจวัดทิศทางจากสนามแม่เหล็กโลก 3) วงจรขยายแบบพัลส์วีดิโมดูละชันเพื่อไปขับมอเตอร์กระแสตรง 4) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวเบอร์ 8052AH BASIC การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เกิดจากการโปรแกรมที่อ้างอิงทิศทางต่างๆ ไว้ กับสนามแม่เหล็กโลก ภาษาที่ใช้ในการบังคับการเคลื่อนที่ และควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง คือภาษาเบสิก และ ภาษาแอสแซมบลีตามลำดับ ทั้งนี้ได้ทดสอบการทำงานของโปรแกรมที่ออกคำสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ในทิศทางเป็นรูปสี่เหลี่ยมและวงกลม ซึ่งได้ผลการทดลองออกมาแสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ถูกต้องโดยตัวของมันเอง การที่หุ่นยนต์สามารถตรวจสอบ ทิศทางได้โดยอาศัยตัวของมันเองจึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในทันที ที่การตรวจสอบแบบอื่นไม่สามารถทำได้หรือเป็นอันตราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Earth's Magnetic Field Tracking Robot
Name	Mr.Kamol Pripattananupan Mr.Phansak Iamraksa Mr.Montree Saguljarusutti
Special Project Advisers	Asst. Prof.Wichit Sirichote Assoc. Prof. Surapol Rakvijai
Department	Applied Physics
Acedemic Year	1997

Abstract

An Earth's magnetic field tracking robot has been designed and built for studying a navigation system by the Earth's magnetic field. Main parts of the robot are 1) two wheels mobile type robot, 2) an Earth's magnetic field sensing module, 3) PWM amplifiers for driving DC motors, and 4) a 8052AH BASIC single chip microcomputer board. Moving of the robot can be performed with preprogrammed referencing to the earth's magnetic field. The BASIC and Assembly languages are used to control the movement and the speed of DC motors respectively. Testing of the program operation, by commanding the robot to move in a square and circle direction, has shown that the robot can correctly move by itself. The robot has shown an alternative direction sensing method which is suitable for the hazardous area where another sensing could not work or danger.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถเสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลต่างๆดังนี้

บิดา มารดา ผู้ปกครอง ที่ให้ความอุปการะในทุกๆด้านจนสำเร็จการศึกษา
 รองศาสตราจารย์สุรพล รักวิชัย ที่ให้คำแนะนำต่างๆในการทำโครงการพิเศษนี้
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชิต สิริโชติ ที่ให้คำแนะนำต่างๆและให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ต่างๆในการทำโครงการพิเศษนี้
 อาจารย์รัชชัช ขาวประเสริฐ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ
 และอาจารย์ประจำภาควิชา
 ฟิสิกส์ประยุกต์
 คณะกรรมการทุกท่าน ที่ตรวจรายงาน โครงการพิเศษฉบับนี้
 เพื่อนทุกๆ คน ที่คอยเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือต่างๆ
 เจ้าหน้าที่ห้องสมุดสถาบันฯ ที่ให้ความอนุเคราะห์หนังสือและช่วยค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาในการทำโครงการพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน	1
1.4 วิธีที่ใช้ในการดำเนินการ	2
บทที่ 2 ประวัติความเป็นมาของหุ่นยนต์	
2.1 ประวัติความเป็นมาของหุ่นยนต์	3
2.2 คำจำกัดความของหุ่นยนต์	4
2.3 ประเภทต่างๆของหุ่นยนต์	4
บทที่ 3 หลักการของดีซีมอเตอร์	
3.1 หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์	5
3.2 การแยกประเภทของดีซีมอเตอร์	7
3.3 ระบบเกียร์	14
3.4 ดีเอ็นเอเพาเวอร์แอมพลิไฟค์	15
3.5 พัลส์วิดท์โมดูเลชันแอมพลิไฟค์	21
3.6 วงจรควบคุมดีซีมอเตอร์	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 4 ตัวนำร่องอ้างอิงสนามแม่เหล็กโลก	
4.1 สนามแม่เหล็กโลก	44
4.2 การตรวจจับทิศทาง	45
4.3 ตัวนำร่อง	54
บทที่ 5 หลักการทำงานของหุ่นยนต์	
5.1 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์	57
5.2 หลักการทำงานของหุ่นยนต์ค้นหาทิศทางจากสนามแม่เหล็กโลก	57
บทที่ 6	
- ผลการทดลอง	71
- สรุปผลการทดลอง	77
- วิเคราะห์ผลการทดลอง	77
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	
Data sheet	
Program การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบสี่เหลี่ยม	
Program การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบสามเหลี่ยม	
Program การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบวงกลม	
Program ควบคุมความเร็วดีซีมอเตอร์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงการทำงานของแอมพลิไฟค์แบบพัลส์วิดท์โมดูเลชัน	24
ตารางที่ 2 แสดงรายการอุปกรณ์รีเลย์แบบเปิด-ปิด	32
ตารางที่ 3 แสดงรายการอุปกรณ์รีเลย์ทิศทาง	32
ตารางที่ 4 แสดงรายการอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมมอเตอร์	36
ตารางที่ 5 แสดงรายการอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ 4 ตัวที่ใช้ควบคุมมอเตอร์	36
ตารางที่ 6 แสดงรายการอุปกรณ์มอสเฟตที่ใช้ควบคุมมอเตอร์	38



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

บทที่ 3		
รูปที่ 3.1	แสดงถึงการเกิดแรงบิดในตัวคีมอเตอร์	6
รูปที่ 3.2	คีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์ต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็ก	7
รูปที่ 3.3	คุณสมบัติระหว่างความเร็วและแรงบิดของคีมอเตอร์อนุกรมภายใต้ภาวะแรงดันคงที่	8
รูปที่ 3.4	คีมอเตอร์แบบแยกปรับสนามแม่เหล็กได้	8
รูปที่ 3.5	แสดงคุณสมบัติระหว่างความเร็วและแรงบิดของซันท์มอเตอร์ที่ภาวะอาร์เมเจอร์แรงดันคงที่และการกระตุ้นสนามแม่เหล็กคงที่	9
รูปที่ 3.6	คีมอเตอร์แบบพัลซ์เป็นแม่เหล็กถาวร	9
รูปที่ 3.7	แสดงหน้าตัดของคีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นแกนแม่เหล็ก ส่วนฟิลด์ในแม่เหล็ก	11
รูปที่ 3.8	แสดงหน้าตัดของคีมอเตอร์แบบมีขดลวดบนพื้นผิวและฟิลด์เป็นแม่เหล็กถาวร	11
รูปที่ 3.9	แสดงหน้าตัดของคีมอเตอร์แบบมีโรเตอร์เป็นขดลวดเคลื่อนที่	12
รูปที่ 3.10	แสดงหน้าตัดของคีมอเตอร์แบบมีโรเตอร์เป็นขดลวดเคลื่อนที่	12
รูปที่ 3.11	แสดงหน้าตัดของคีมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่านและโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร	13
รูปที่ 3.12	ระบบการค้ำปัดของเกียร์	14
รูปที่ 3.13	ระบบการค้ำปัดเกียร์ที่มีแรงเฉื่อย	15
รูปที่ 3.14	ยูนิโคเรกชันแนลแอมพลิไฟค์-บังคับได้เพียงควอเตอร์หนึ่ง	16
รูปที่ 3.15	ยูนิโคเรกชันแนลแอมพลิไฟค์ที่มีไดนามิกเบรก-บังคับได้สองควอเตอร์	16
รูปที่ 3.16	แสดงถึงรูปลักษณะของระบบการลดความเร็วลงของระบบยูนิโคเรกชันแนลที่มีและไม่มีไดนามิกเบรก	17
รูปที่ 3.17	ไบโคเรกชันแนลแอมพลิไฟค์แสดงการบังคับได้ 4 ควอเตอร์	17
รูปที่ 3.18	ภาคเอาต์พุตของลิเนียร์ไบโพลาร์	18
รูปที่ 3.19	ภาคเอาต์พุตของลิเนียร์บริดจ์	19
รูปที่ 3.20	แอมพลิไฟค์แบบ PWM และคีมอเตอร์	22
รูปที่ 3.21	ค่าโวลต์เตจและกระแสของแอมพลิไฟค์แบบ PWM	25
รูปที่ 3.22	แสดงถึงแอมพลิไฟค์แบบ PWM	26
รูปที่ 3.23	แสดงถึงแรงดันและกระแสแอมพลิไฟค์แบบ PWM ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการคำนวณการคำนวณแรงดันและกระแสเมื่อ $P > 0$ นี้อาจหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้	27
	ข) แรงดันและกระแสเมื่อ $P < 0$	

รูปที่ 3.24	แสดงมอเตอร์และล้อทั้งสอง อ้างอิงทั้งสองข้างของหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและถอยหลัง, ซ้ายหรือขวา	30
รูปที่ 3.25	แสดงล้อเสริมอีกสองล้อภายใต้หุ่นยนต์	30
รูปที่ 3.26	ไดอะแกรมแสดงการควบคุมมอเตอร์, สวิตช์ที่ใช้คือ DPDT เป็นแบบกดตัดปล่อยดับ	31
รูปที่ 3.27	แสดงการใช้รีเลย์เปิด-ปิดมอเตอร์ สัญญาณเข้ามาจาก TTL (transistor-transistor-logic) ในไมโครโปรเซสเซอร์หรือคอมพิวเตอร์	31
รูปที่ 3.28	แสดงการใช้รีเลย์ควบคุมทิศทางของมอเตอร์ สัญญาณเข้ามาจาก TTL (transistor-transistor-logic) ในไมโครโปรเซสเซอร์หรือคอมพิวเตอร์	33
รูปที่ 3.29	แสดงรีเลย์ควบคุมทิศทางและสภาวะเปิด-ปิดในวงจรเดียวกัน	33
รูปที่ 3.30	แสดงการใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว ควบคุมทิศทางมอเตอร์พาวเวอร์ซัพพลายที่ใช้มีทั้งบวกและลบ	34
รูปที่ 3.31	แสดงทรานซิสเตอร์แบบ npn 4 ตัวในวงจร H-bridge เพื่อใช้ควบคุมทิศทางของมอเตอร์พาวเวอร์ซัพพลายที่ใช้เป็นแบบไฟบวกอย่างเดียว	35
รูปที่ 3.32	แสดงพาวเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่ต่ออยู่บนแผ่นระบายความร้อนคูมินิก	36
รูปที่ 3.33	แสดงพาวเวอร์มอสเฟตทรานซิสเตอร์ชนิด n แชนแนล 4 ตัว ในวงจร H-bridge ซึ่งใช้ควบคุมทิศทางของมอเตอร์	37
รูปที่ 3.34	แสดงรูปของจานหมุน (encoder disc)	38
รูปที่ 3.35	แสดงวงจรแปลงสัญญาณ 2 ลักษณะ สัญญาณขาออกของฟลิปฟลอปบอกความเร็ว (สัญญาณนาฬิกา 1 ลูกมาจาก 1 ช่องในจานหมุน) และทิศทางการหมุน	39
รูปที่ 3.36	ภาพ A แสดงหลอด LED และ โฟโตทรานซิสเตอร์ต่อผ่านช่องในจานหมุน (encoder disc) ภาพ B แสดงหลอด LED และ โฟโตทรานซิสเตอร์สามารถเคลื่อนที่ได้ตลอดเส้นรอบวง ของล้อ หลอด LED และ โฟโตทรานซิสเตอร์ ทั้ง 2 คู่ จะต้องมีเฟสต่างกัน 90 องศา	39
รูปที่ 3.37	แสดงไดอะแกรมของไอซี 4040 ซิมอส	40
รูปที่ 3.38	แสดงขาของไอซีเบอร์ 7485	41
รูปที่ 3.39	แสดงไดอะแกรมของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณขาเข้าและให้สัญญาณขาออกต่างๆ กัน	41

บทที่ 4

รูปที่ 4.1	แสดงสนามแม่เหล็กโลก	44
รูปที่ 4.2	แสดงมุมลัด (Angle of Dip)	45
รูปที่ 4.3	แสดงผลของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแส	46
รูปที่ 4.4	แสดงกระแสภายใต้การเบี่ยงเบนของเข็มทิศ	46
รูปที่ 4.5	แสดงแรงเนื่องมาจากกระแส	46
รูปที่ 4.6	แสดงสนามแม่เหล็กกรอบเส้นลวด	47
รูปที่ 4.7	แสดงกฎสกรูของแมกซ์เวลล์	47
รูปที่ 4.8	แสดงกฎมือขวา	48
รูปที่ 4.9	แสดงกระแสที่เกิดจากปรากฏการณ์ฮอลล์	48
รูปที่ 4.10	แสดงแผนภาพเซ็นเซอร์ฮอลล์	49
รูปที่ 4.11	แสดงกราฟ V_o กับ B	50
รูปที่ 4.12	แสดงบล็อกไดอะแกรมของอุปกรณ์ฮอลล์แบบสวิทช์	50
รูปที่ 4.13	แสดงกราฟ V_o กับ B	51
รูปที่ 4.14	แสดงบล็อกไดอะแกรมของ TL3103	52
รูปที่ 4.15	แสดงกราฟ V_o กับความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กของ TL3103	53
รูปที่ 4.16	แสดงเข็มทิศแบบลิเนียร์ฮอลล์เอฟเฟ็ค (linear-hall-effect)	53
รูปที่ 4.17	แสดงเข็มทิศแบบลิเนียร์ฮอลล์เอฟเฟ็ค (linear-hall-effect) โดยใช้ TL173	55
รูปที่ 4.18	แสดงวงจรนาร์่องในหนึ่งทิศ	55
รูปที่ 4.19	บล็อกไดอะแกรมแสดงหลักการการทำงานของตัวนาร์่อง	56

บทที่ 5

รูปที่ 5.1	แผนผังการทำงานของโปรแกรมการเคลื่อนที่แบบสี่เหลี่ยม	59
รูปที่ 5.2	แผนผังการทำงานของโปรแกรมการเคลื่อนที่แบบสามเหลี่ยม	62
รูปที่ 5.3	แผนผังการทำงานของโปรแกรมการเคลื่อนที่แบบวงกลม	65
รูปที่ 5.4	แผนผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมระยะทาง	67
รูปที่ 5.5	แผนผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมทิศทาง	68
รูปที่ 5.6	แผนผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมองศา	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาในการทำโครงการพิเศษ

มนุษย์ได้ใช้ความรู้ความสามารถ ของตนในการพัฒนาสร้างสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้การปฏิบัติงาน ของมนุษย์ มีความสะดวกและรวดเร็วกว่า จึงมีการคิดค้นเครื่องมือ เครื่องใช้ ต่างๆ ขึ้นมาตามยุคสมัยต่างๆ ตามแต่กำลัง ความรู้ความสามารถของมนุษย์ในแต่ละสมัย จนมาถึงในยุคปัจจุบันที่มีวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว การประดิษฐ์สิ่งต่างๆ จึงพัฒนาขึ้นไปด้วย จนทำให้มีความคิดที่จะพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ที่ทำงาน ได้เหมือนมนุษย์ นั่นคือหุ่นยนต์ซึ่งถือว่ามี ความจำเป็นมาก ไม่ว่าจะในวงการอุตสาหกรรม , วงการวิทยาศาสตร์ , หรือแม้แต่วงด้านภูมิศาสตร์ จึงทำให้มีการประยุกต์ใช้หุ่นยนต์กันอย่างแพร่หลาย ในแง่ทาง อุตสาหกรรมหุ่นยนต์ ถูกใช้ในการเพิ่มผลผลิตและการควบคุมให้สินค้าที่ผลิตมีคุณภาพที่เหมือนกันทั้งหมด ส่วนในแง่ทางวิทยาศาสตร์ใช้ในการเข้าไปสำรวจเก็บข้อมูลในพื้นที่ที่มนุษย์ ไม่สามารถเข้าไปถึงได้ ซึ่งทางคณะผู้จัดทำมีความสนใจที่จะศึกษาหุ่นยนต์ในด้านการเป็นหุ่นยนต์สำรวจ จึงได้พัฒนาโดยอาศัยความรู้พื้นฐานทางฟิสิกส์เกี่ยวกับสนามแม่เหล็ก มาพัฒนาเป็นส่วน การนำทางให้แก่หุ่นยนต์ และสร้างหุ่นยนต์อย่างง่ายขึ้นมาเพื่อทำการทดลอง โดยทางคณะผู้จัดทำ เชื่อว่าการศึกษาในเรื่องนี้ จะสามารถอำนวยความสะดวกแก่ผู้สนใจ และเป็นพื้นฐานในการพัฒนา หุ่นยนต์สำรวจต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาทฤษฎีการเขียนโปรแกรม โดยใช้ภาษาแอสเซมบลีและภาษาเบสิก
2. เพื่อศึกษาทฤษฎีในการควบคุมความเร็วของ dc motor ด้วยวิธี Pulse Width modulation
3. เพื่อศึกษาทฤษฎีและการทำงานของตัวนำร่อง โดยอ้างอิงสนามแม่เหล็กโลก
4. เพื่อศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของ DC motor
5. เพื่อนำความรู้ที่ได้มาสร้างหุ่นยนต์อย่างง่าย
6. เพื่อให้ผู้สนใจนำมาเป็นพื้นฐานในการพัฒนาหุ่นยนต์รุ่นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

1. เมื่อทำการโปรแกรมรูปแบบการเคลื่อนที่แล้ว จากนั้นปล่อยหุ่นยนต์ในพื้นที่โล่ง หุ่นยนต์จะหมุนตัวเองเพื่อหาทิศทางที่กำหนดใน โปรแกรม โดยหุ่นยนต์จะหมุนตัวด้วยความเร็วค่าหนึ่ง
2. เมื่อพบทิศทางที่ถูกต้องแล้ว หุ่นยนต์จะหยุดแล้วทำการเดินเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้งตามโปรแกรม และไปเป็นระยะทางที่โปรแกรมกำหนด ด้วยความเร็วกงที่
3. จากนั้นหุ่นยนต์จะหยุดแล้วหมุนตัวเพื่อหาทิศทางที่โปรแกรมกำหนดให้ในทิศอื่นต่อไป และเมื่อหาทิศทางได้แล้วหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงเป็นระยะทางที่โปรแกรมกำหนด ต่อไป
4. หุ่นยนต์จะทำงานในลักษณะนี้ไปเรื่อยๆจนกว่า จะเสร็จสิ้นตามที่โปรแกรมกำหนด

1.4 วิธีที่ใช้ในการดำเนินงาน

1. เขียนโปรแกรมภาษาเบสิกในการ ควบคุมการทำงานทั้งหมดของหุ่นยนต์ (เป็นโปรแกรมหลัก)
2. เขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีในการควบคุมวงจรขับ ดิซีมอเตอร์ซึ่งเป็นแบบ Pulse Width Modulation
3. ใช้วงจร H - bridge เป็นตัวขยายสัญญาณและขับ ดิซีมอเตอร์
4. ใช้ชุดนาร่องที่ทำมาจากเซมิคอนดักเตอร์ในการอ้างอิงสนามแม่เหล็กโลก และให้ข้อมูลกับโปรแกรมควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์

บทที่ 2

ประวัติความเป็นมาของ หุ่นยนต์ (Robot)

2.1 ประวัติความเป็นมาของหุ่นยนต์

Robot มาจากคำว่า CRECK ซึ่งหมายถึงทาสหรือคนรับใช้ และเข้ามาในศัพท์ภาษาอังกฤษในปี ค.ศ. 1921 โดยนักเขียนบทละครชื่อ KAREL KAPEK ในบทละครแนวล้อเลียน โดยละครเรื่องนี้หุ่นยนต์ก็คือ จักรกลที่คล้ายคลึงกับมนุษย์ และนำมาทำงานที่น่าเบื่อแทนมนุษย์ หุ่นยนต์ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อให้ทำงานแทนมนุษย์ แต่ในตอนหลังพวกหุ่นยนต์รวมตัวกันต่อต้านและทำลายล้างมนุษย์

ในช่วงปลายปี 1940 ระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 งานวิจัยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้เริ่มเกิดขึ้น ซึ่งเป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องจักรกลควบคุมระยะไกลสำหรับการขนถ่ายวัสดุกับมันดภาพรังสี

ในกลางปี 1950 George C. Devol ได้พัฒนาอุปกรณ์ที่เขาเรียกว่า “Programed Articulated Transfer Device” ซึ่งเป็น มานิปิวเลเตอร์ (manipulator) ที่การทำงานของมันเป็นโปรแกรมได้ ซึ่งแนวความคิดนี้ต่อมาได้ถูกนำเข้าสู่อุตสาหกรรม โดยบริษัท Unimation Inc ในปี 1959 หัวใจสำคัญของอุปกรณ์ชนิดนี้ คือ การใช้ประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ร่วมกับมานิปิวเลเตอร์ เพื่อผลิตเครื่องจักรกลที่ซึ่งสามารถถูกสั่งให้ทำงานที่หลากหลายอย่างอัตโนมัติ โดยการโปรแกรม

ในปี 1968 Mcorty และผู้ร่วมงานของเขาที่ The Stanford Artificial Intelligence Laboratory ได้รายงานการพัฒนาคอมพิวเตอร์กับมือ, ตา, หู (Manipulators, TV cameras, Microphones) โดยระบบนี้สามารถที่จะจดจำข่าวสารในรูปแบบของเสียงและมองเห็นวัตถุที่ถูกรางอย่างกระจัดกระจายอยู่บนโต๊ะเพื่อโยกย้ายสิ่งของเหล่านั้นตามคำสั่ง

ในปี 1995 บริษัท IBM ได้พัฒนามานิปิวเลเตอร์ ซึ่งควบคุมโดยคอมพิวเตอร์กับเซ็นเซอร์ และในปัจจุบันเราจะพบว่าหุ่นยนต์เป็นสาขาที่มีขอบเขตกว้างมากซึ่งประกอบไปด้วย Kinematics, dynamics, planning system, control, programming languages, machine intelligence

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 คำจำกัดความของหุ่นยนต์

คำจำกัดความของหุ่นยนต์มีอยู่หลายคำจำกัดความด้วยกันดังนี้

1 นิยามตาม Webster's dictionary: "A robot is an automatic device that performs functions ordinarily ascribed to human beings" จากนิยามนี้จะเห็นว่าเครื่องจักรนี้อาจจะถูกพิจารณาเป็นหุ่นยนต์ด้วย

2 คำนิยามของ The Robot Institute of America: "A robot is a reprogrammable, multifunctional manipulator designed to move material, parts, tools, or specialized device through various performance of variety of tasks"

2.3 ประเภทต่างๆ ของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. Fixed Robots
2. Mobile Robots

Fixed Robots คือ หุ่นยนต์ที่ถูกตรึงกับฐานที่ถูกยึดคงที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้อิสระ

Mobile Robots คือ หุ่นยนต์ที่ถูกตรึงกับฐานที่สามารถเคลื่อนที่ได้โดยอิสระ โดยที่ฐานอาจมีล้อ โดยที่ฐานอาจมีล้อหรือคันระบบ

จากทั้งสองประเภทของหุ่นยนต์คือ Fixed Robots และ Mobile Robots หุ่นยนต์ประเภทที่สองค่อนข้างจะเป็นหุ่นยนต์ที่มีความยืดหยุ่นสูงกว่าประเภทแรกซึ่งในรายงานโครงการพิเศษฉบับนี้จะเป็นเรื่องเกี่ยวกับ Mobile Robots ดังจะได้กล่าวต่อไป

การนำเอาหุ่นยนต์มาประยุกต์ใช้งานในปัจจุบันนั้น ไม่เพียงแต่จะใช้งานทางด้านอุตสาหกรรมเท่านั้นแต่ในหน่วยงานต่างๆ ก็ได้มีการนำหุ่นยนต์มาช่วยในการปฏิบัติงาน เช่น งานที่เสี่ยงอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ตัวอย่างเช่นงานกู้วัตถุระเบิดหรืองานสำรวจที่มนุษย์ไม่สามารถไปสำรวจด้วยตนเองได้ หรืองานที่อาจมีปัญหาทางด้านมลภาวะทางด้านสิ่งแวดล้อมเช่น อุทกวิทยารังสี สารเคมี เป็นต้น

บทที่ 3

หลักการของ DC MOTOR

3.1 หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์

ดีซีมอเตอร์เป็นทรานส์คิวเซอร์แรงบิดซึ่งมีการออกแบบให้มีคุณสมบัติพิเศษของเพลลาของดีซีมอเตอร์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาร์มาเจอร์ แรงบิดของเพลลาของดีซีมอเตอร์จะได้จากผลระหว่างสนามแม่เหล็กและขดลวดตัวนำ หลักการนี้แสดงได้ในรูป 3.1 ในที่นี้กระแสที่ไหลในขดลวดตัวนำจะสร้างฟิลด์ที่ประกอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก ϕ และขดลวดตัวนำเหล่านั้นอยู่ห่างจากศูนย์กลางการหมุนเท่ากับ r ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเพลลาและกระแสเท่ากับ

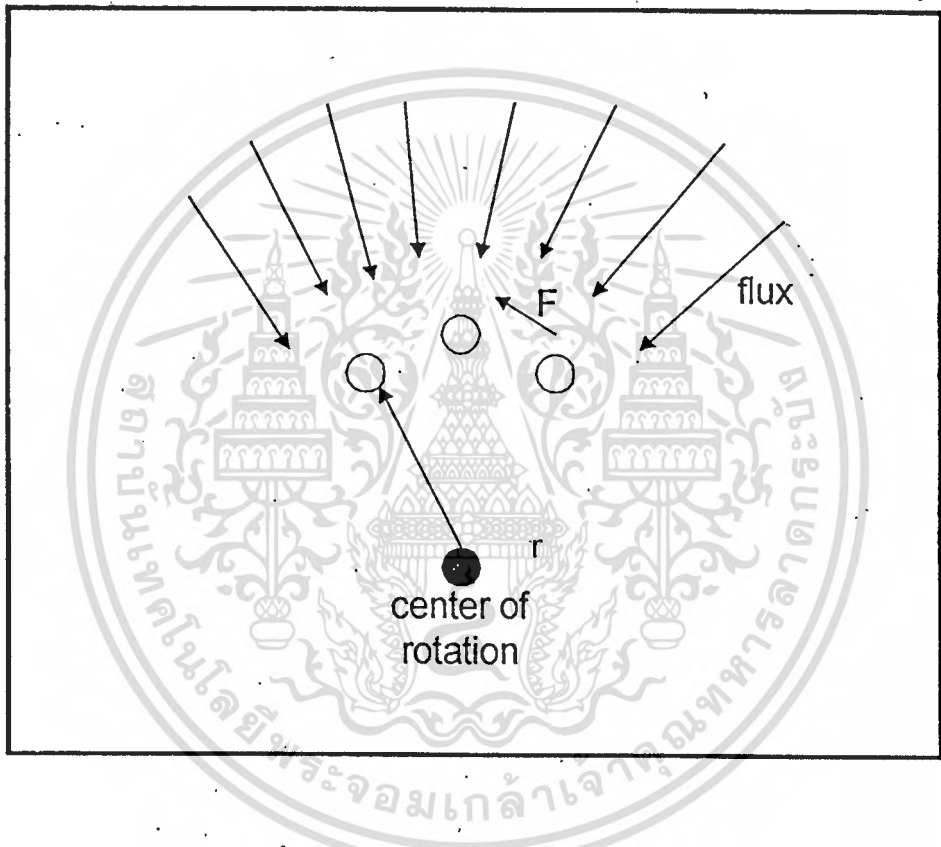
$$T = K\phi I$$

เมื่อ	T	คือ แรงบิดของเพลลา มีหน่วยเป็นนิวตัน - เมตร
	K	คือ ตัวคงที่
	ϕ	คือ เส้นแรงแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเวเบอร์
	I	คือ กระแส

ดังนั้นแรงบิดของเพลลาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของเส้นแรงแม่เหล็กและกระแส เมื่อขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กก็จะทำให้เกิดโวลต์เตจตกคร่อมตัวมันเอง โวลต์เตจนี้จะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของเพลลาของมอเตอร์ และด้านการไหลของกระแส ความสัมพันธ์ระหว่างโวลต์เตจย้อนกลับนี้และความเร็วของเพลลาของมอเตอร์คือ

$$E = K\phi\omega$$

E	=	โวลต์เตจย้อนกลับ
ω	=	ความเร็วของมอเตอร์



รูปที่ 3.1 แสดงถึงการเกิดแรงบิดในตัวคีมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การแยกประเภทของดีซีมอเตอร์

ดีซีมอเตอร์สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับลักษณะวิธีการสร้างสนามแม่เหล็กของตัวมอเตอร์และขึ้นอยู่กับพื้นฐานการออกแบบโครงสร้างของอาร์มาเจอร์

การแบ่งประเภทตามลักษณะการจ่ายสนามแม่เหล็กแยกออกได้เป็น 2 ประเภท

ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้

ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่

ถ้าเราจะพิจารณาแยกประเภทตามลักษณะการออกแบบโครงสร้างอาร์มาเจอร์สามารถแยกออกได้เป็น 3 แบบคือ

ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์เป็นแกนเหล็ก

ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์ที่มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิว

ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์เป็นขดลวดหมุน

นอกจากนี้ยังมีดีซีมอเตอร์พิเศษอีกแบบหนึ่งคือ แบบไม่มีแปรงถ่าน ซึ่งหลักการทางเทคโนโลยีเหมือนกับดีซีมอเตอร์ชนิดมีแปรงถ่านยกเว้น การคอมมิวเทชัน กระทำโดยเทคนิคทางอิเล็กทรอนิกส์แทนที่จะกระทำโดยวิธีการทางเชิงกล

ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้

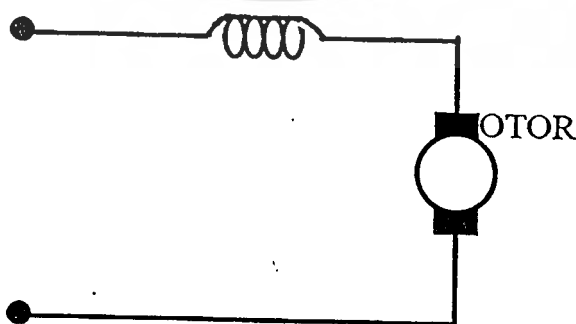
ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้ยังแบ่งแยกได้เป็น 2 แบบคือ

แบบขดลวดสนามแม่เหล็กต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์มาเจอร์

แบบขดลวดสนามแม่เหล็กแยกกระตุ้น

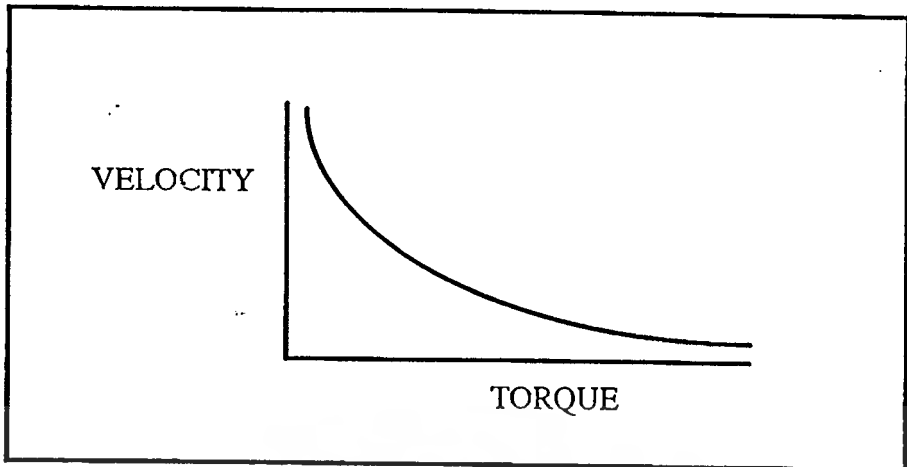
ตัวอย่างของมอเตอร์แบบขดลวดสนามแม่เหล็กต่ออนุกรมแสดงดังในรูป 3.2 มอเตอร์แบบนี้จะมีเส้นแรงแม่เหล็กเป็นสัดส่วนกับกระแสที่นั่นเส้นแรงของสนามแม่เหล็กจึงสามารถปรับค่าได้ และเราจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและแรงบิดดังแสดงในรูป 3.3

SERIES FIELD WINDINGS



รูปที่ 3.2 ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์ต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็ก

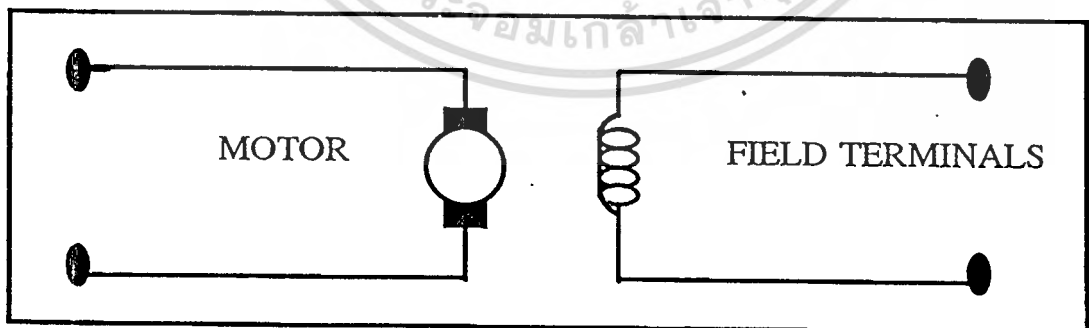
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 คุณสมบัติระหว่างความเร็วและแรงบิดของดีซีมอเตอร์อนุกรมภายใต้ภาวะโวลต์เตจคงที่

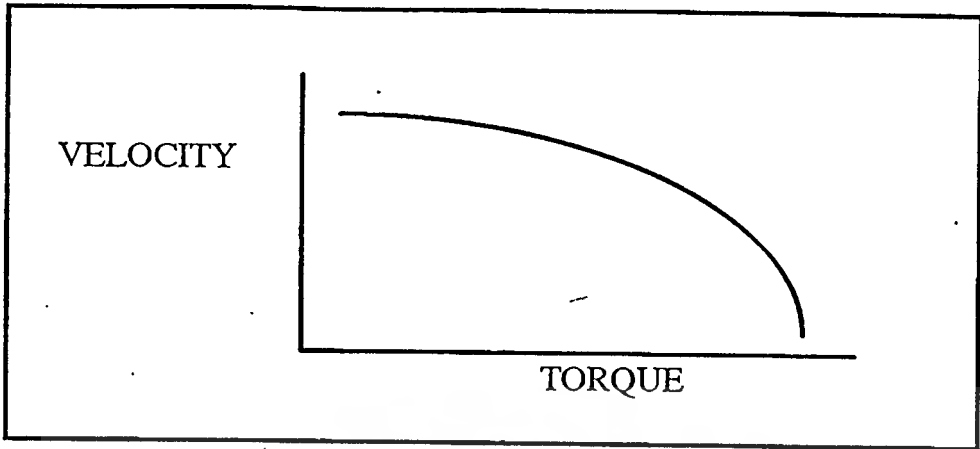
มอเตอร์ดังกล่าวจะใช้งานในภาวะเฉพาะเมื่อต้องการแรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำ และแรงบิดต่ำที่ความเร็วสูงเช่นระบบการขับเคลื่อนของรถลาก

ตัวอย่างของมอเตอร์แบบขดลวดสนามแม่เหล็กแยกกระตุ้นแสดงในรูป 3.4 ดีซีมอเตอร์นี้มักนิยมเรียกกันว่ามอเตอร์ขนาน (shunt motor) มอเตอร์แบบนี้สามารถรับเส้นแรงแม่เหล็กได้อย่างอิสระต่อกระแสของอาร์มเจอร์ยังผลให้สามารถควบคุมพารามิเตอร์ของมอเตอร์ให้มีค่าคงที่ได้ตลอดช่วงพิสัยที่กว้าง มอเตอร์นี้มักจะใช้งานในกรณีระบบบังคับการเคลื่อนที่ต้องการแรงบิดสูง ในรูปที่ 3.5 แสดงถึงคุณสมบัติระหว่างแรงบิดกับความเร็วของ shunt motor ภายใต้ภาวะการกระตุ้นสนามแม่เหล็กคงที่และอาร์มาเจอร์โวลต์เตจคงที่



รูปที่ 3.4 ดีซีมอเตอร์แบบแยกปรับสนามแม่เหล็กได้

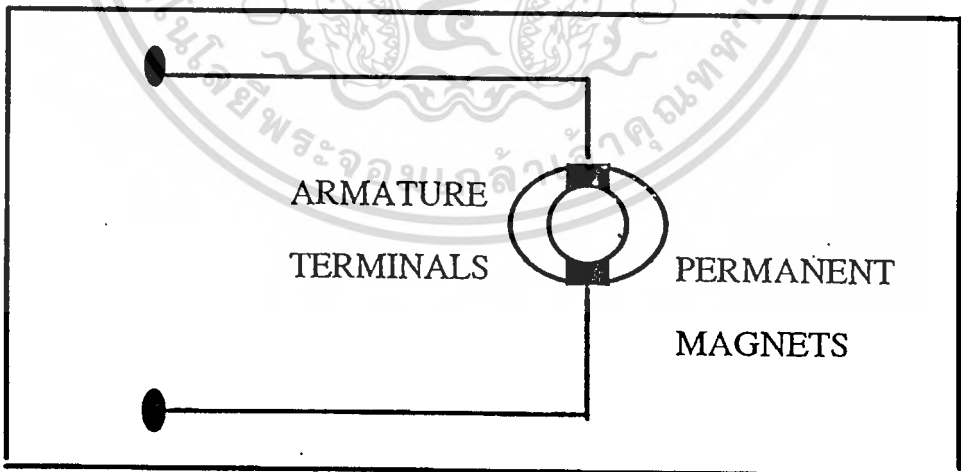
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงคุณสมบัติระหว่างความเร็วและแรงบิดของซันท์มอเตอร์ภายใต้ภาวะอาร์เมเจอร์ โวลต์เดจคงที่และการกระตุ้นสนามแม่เหล็กคงที่

ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่

ระบบการกระตุ้นฟิวด์ของมอเตอร์โดยทั่วไปในปัจจุบันมักใช้เป็นแบบ แม่เหล็กถาวร แม่เหล็กถาวรดังในรูปที่ 3.6 ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้คือมีโครงสร้างของฟิวด์ด้วยการพันของขดลวดคือ ไม่มีกำลังสูญเสียในฟิวด์ มีประสิทธิภาพสูงกว่าและมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับมอเตอร์ที่มีขนาดของกำลังม้าเท่ากันนอกจากนั้นยังให้ค่ากระแสอาร์เมเจอร์ที่สูงกว่าดีซีมอเตอร์แบบฟิวด์เป็นขดลวด การประยุกต์ใช้งานเหมาะกับระบบที่ต้องการแรงบิดของโหลดสูง



รูปที่ 3.6 ดีซีมอเตอร์แบบฟิวด์เป็นแม่เหล็กถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์เป็นแกนเหล็ก

โครงสร้างของโรเตอร์และสเตเตอร์ของมอเตอร์แบบแกนแม่เหล็กแสดงดังในรูปที่ 3.7 โครงสร้างของมอเตอร์แบบนี้มีโมเมนต์ของแรงเฉื่อยสูงที่สุดและมีค่าอินดักแตนซ์ของโรเตอร์สูงที่สุดด้วยดังนั้นมอเตอร์นี้จึงมีปริมาณการจุกความร้อนได้สูง และสามารถทน OVER LOAD ได้ในระยะเวลาที่ยาวนานโดยไม่ทำให้มอเตอร์เสียหาย

ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิว

ในรูปที่ 3.8 แสดงถึงการออกแบบของมอเตอร์ที่มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิวโดยไม่มีสปีธทำให้ได้อินดักแตนซ์ของโรเตอร์ต่ำกว่าแบบแกนเหล็ก ข้อเสียคือ ทำให้ขนาดของมอเตอร์แบบนี้มีขนาดใหญ่ขึ้นและราคาแพงกว่าแบบแกนเหล็กด้วย

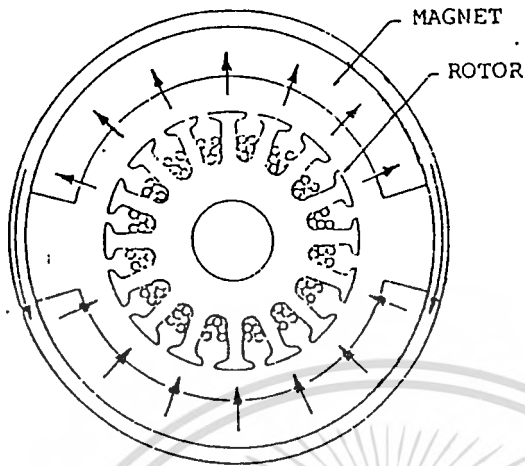
ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์เป็นขดลวดหมุน

มอเตอร์แบบขดลวดหมุนนี้ได้รับการออกแบบเพื่อให้มี moment ของแรงเฉื่อยน้อยมากดังแสดงในรูปที่ 3.9 และรูปหน้าตัดซึ่งมองด้านข้างของมอเตอร์ดังกล่าวแสดงในรูป 3.10 รูปลักษณะโครงสร้างภายนอกและโครงสร้างของแม่เหล็กมอเตอร์แบบนี้มีช่องว่างอากาศ ระหว่างแม่เหล็กมากกว่ามอเตอร์ทั้งสองแบบที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นจำเป็นต้องออกแบบให้โครงสร้างของแม่เหล็กให้ใหญ่ขึ้นเพื่อให้ได้ช่องว่างของอากาศระหว่างเส้นแรงแม่เหล็กที่เท่ากันกับของมอเตอร์ทั้งสองแบบดังกล่าว ดังนั้นราคาของมอเตอร์แบบนี้จึงมีราคาแพง นอกจากนั้นโครงสร้างของมอเตอร์มีความจุกความร้อนต่ำมากถ้าหากเกิด over load มีความจุกความร้อนต่ำมากถ้าหากเกิด over load ก็จะทำให้มอเตอร์เสียหายได้ง่ายและ โรเตอร์ลักษณะนี้จะมีค่าอินดักแตนซ์ต่ำมากคือน้อยกว่า 3.10 ไมโครเฮนรี่

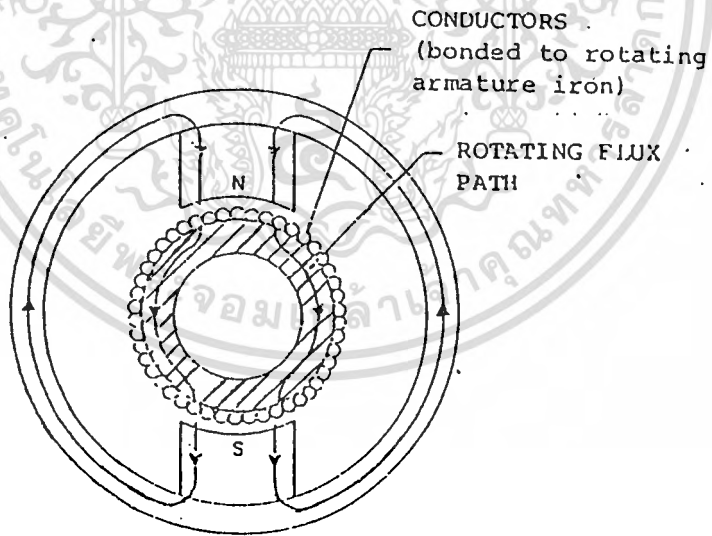
ดีซีมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่าน

ดีซีมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่านต่างจากดีซีมอเตอร์ที่กล่าวมาแล้วคือ การคอมมิวเทชันกระแสอาร์เมเจอร์จะใช้วิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ โครงสร้างของมอเตอร์แบบนี้จะมีโรเตอร์เป็นแม่เหล็กหยึด " back iron " และขดลวดคอมมิวเตทจะอยู่ภายนอกส่วนของตัวโรเตอร์ดังแสดงในรูป 3.11 (เปรียบเทียบกับดีซีมอเตอร์โดยทั่วไปแล้วจะมีโครงสร้างที่มีส่วนประกอบกลับกัน) การประยุกต์ใช้งานของดีซีมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่านนี้มักจะใช้ในระบบที่ต้องการโมเมนต์ของแรงเฉื่อยต่ำ เนื่องจากโครงสร้างโรเตอร์ของมอเตอร์แบบนี้สร้างขึ้นด้วยสารแม่เหล็กชนิดพิเศษเพื่อให้เป็นมอเตอร์ชนิดที่มีโมเมนต์ของแรงเฉื่อยต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

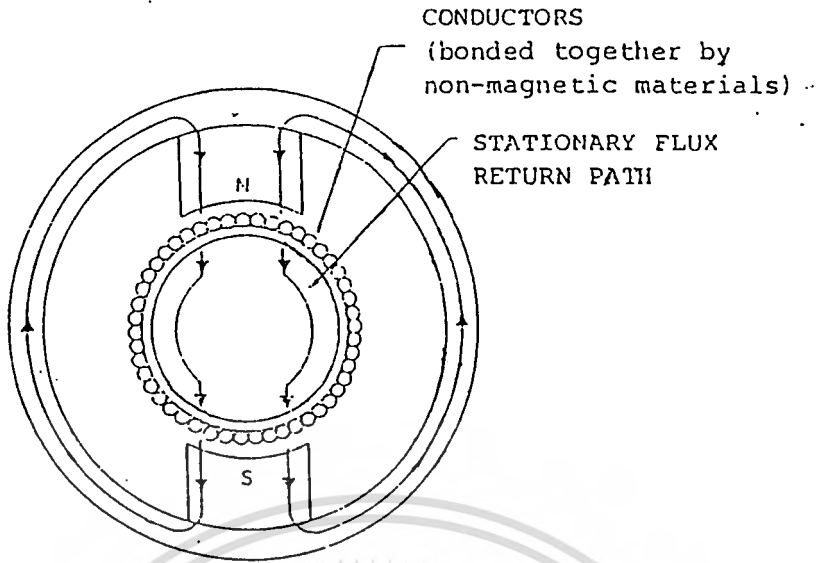


รูปที่ 3.7 แสดงหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นแกนเหล็กส่วนฟิลด์เป็นแม่เหล็ก

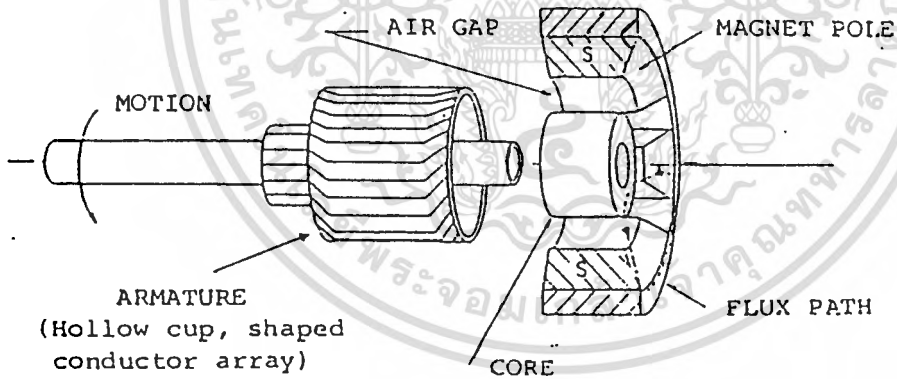


รูปที่ 3.8 แสดงหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบมีขดลวดบนพื้นผิวและฟิลด์เป็นแม่เหล็กถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

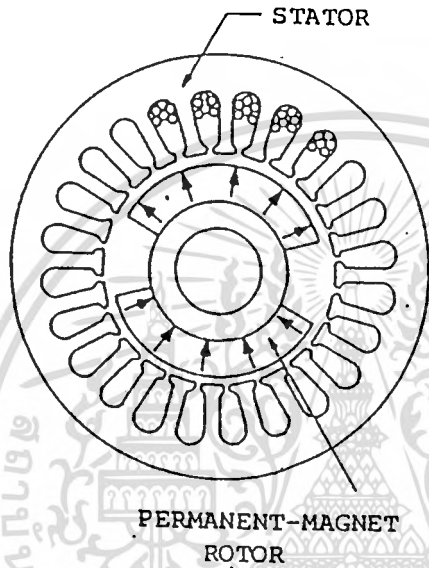


รูปที่ 3.9 แสดงหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบมีโรเตอร์เป็นขดลวดเคลื่อนที่



รูปที่ 3.10 แสดงหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบมีโรเตอร์เป็นขดลวดเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



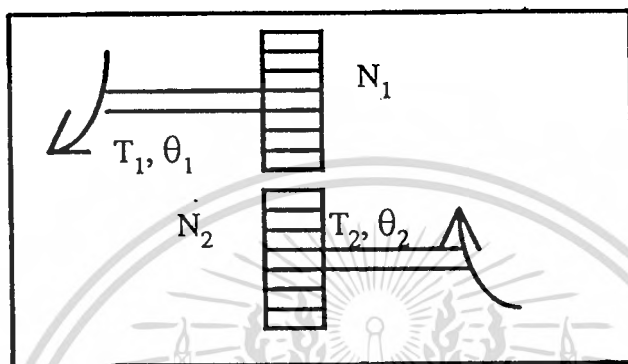
รูปที่ 3.11 แสดงหน้าตัดของมอเตอร์แบบ ไม่มีแปรงถ่านและ โรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ระบบเกียร์

เป็นอุปกรณ์เครื่องกลซึ่งสามารถส่งพลังงานจากส่วนหนึ่งของระบบไปยังส่วนอื่นๆ ได้ในรูปของแรงงานแรงบิด ความเร็ว และการเคลื่อนที่ นอกจากนั้นอุปกรณ์เหล่านี้ยังเป็นเสมือนอุปกรณ์สำหรับประสาน (matching) ที่สามารถใช้ส่งผ่านกำลังงานให้ได้ค่าสูงสุด

รูปที่ 3.12 แสดงถึงการคัปปลิงเกียร์ 2 ตัวเข้าด้วยกัน แรงเฉื่อยและแรงเสียดทานของเกียร์จะไม่นำมาคิดในเมื่อพิจารณาถึงเกียร์ในอุดมคติ



รูปที่ 3.12 ระบบการคัปปลิงของเกียร์

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด T_1 และ T_2 การเคลื่อนที่เชิงมุม θ_1 และ θ_2 และจำนวนซี่ฟัน N_1 และ N_2 ของระบบเกียร์สามารถหาได้จากหลักเกณฑ์

1. จำนวนซี่ฟันของเกียร์จะเป็นสัดส่วนกับรัศมี r_1 และ r_2 ของเกียร์ นั่นคือ

$$r_1 N_2 = r_2 N_1$$

2. ระยะทางการเคลื่อนที่ไปของเกียร์แต่ละตัวจะมีค่าเท่ากันดังนั้น

$$\theta_1 r_1 = \theta_2 r_2$$

3. แรงงานที่ได้จากเกียร์ตัวหนึ่งจะเท่ากับแรงงานที่ได้จากเกียร์อีกตัวหนึ่ง เนื่องจากสมมติให้ว่าไม่มีการสูญเสียแรงงานดังนั้น

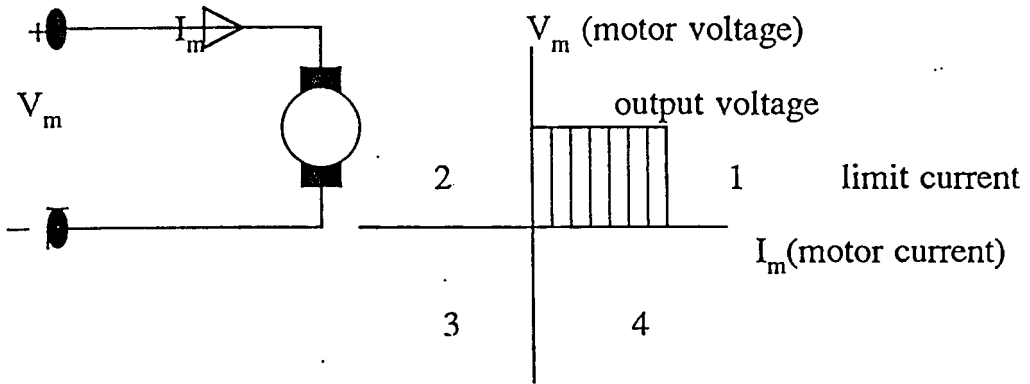
$$T_1 \theta_1 = T_2 \theta_2$$

ถ้าความเร็วเชิงมุมของเกียร์ทั้งสองคือ ω_1 และ ω_2 ในรูป จะได้ว่า

$$\theta_2 / \theta_1 = \omega_2 / \omega_1 = T_1 / T_2 = N_1 / N_2 = r_1 / r_2$$

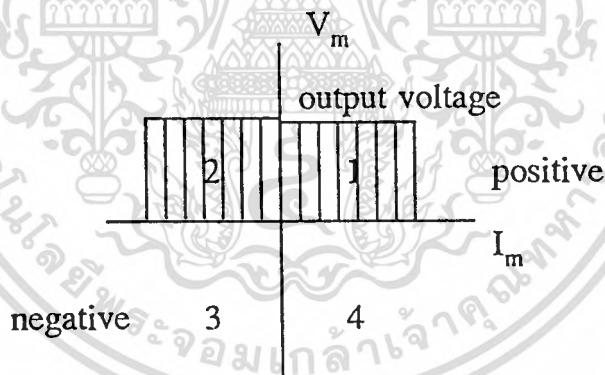
ในการปฏิบัติตัวเกียร์จริงๆ จะต้องมีแรงเฉื่อยและแรงเสียดทานเกิดขึ้นเนื่องจากการคัปปลิงระหว่างซี่ฟันของเกียร์ซึ่งไม่สามารถจะตัดทิ้งได้ ระบบสมมูลของเกียร์ที่มีวิสคอสฟริกชัน คู ลอมบ์ฟริกชัน และแรงเฉื่อยพิจารณาเป็นส่วนประกอบของระบบดังแสดงดังรูปที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 ยูนิโคเร็คชั่นแนลแอมพลิไฟด์ - บังคับได้เพียงควอเตอร์หนึ่งเดียว

ระบบดังกล่าวแสดงคุณสมบัติการทำงาน โดยสามารถเพิ่มอัตราเร่งได้อย่างรวดเร็วแต่สามารถลดความเร็วลงได้อย่างเชิงซ้ำเนื่องจากมอเตอร์จะลดความเร็วลงได้อย่างเชิงซ้ำเนื่องจากมอเตอร์จะลดความเร็วลงได้ด้วยแรงเสียดทานและ viscous damping ของระบบเพียงเท่านั้น การเพิ่มไดนามิกเบรคเข้าในระบบสามารถทำให้ยูนิโคเร็คชั่นแนลแอมพลิไฟด์ทำงานได้สองควอเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.15



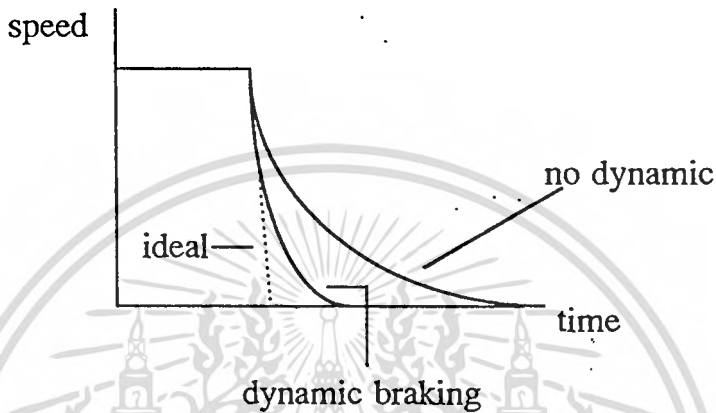
รูปที่ 3.15 ยูนิโคเร็คชั่นแนลแอมพลิไฟด์ที่มีไดนามิกเบรค-บังคับได้สองควอเตอร์

การหมุนของมอเตอร์ยังคงเป็นทิศทางเดียวแต่สามารถกลับทิศทาง การไหลของกระแสของมอเตอร์โดยตัดกระแสขับเคลื่อนมอเตอร์และให้ทางเดินของกระแสซึ่งเกิดจาก โวลต์เตจย้อนกลับของมอเตอร์ ในทิศทางตรงกันข้ามกระแสที่ใช้สำหรับลดความเร็วลงเป็นฟังก์ชันกับ โวลต์เตจย้อนกลับ ดังนั้นมันจึงเป็นฟังก์ชันกับความเร็วและให้คุณสมบัติสามารถลดความเร็วลงได้อย่างมาก เมื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์หมุนอยู่ที่ความเร็วสูงและความสามารถในการหน่วงความเร็วลงนี้จะลดลงเป็น ศูนย์ เมื่อมอเตอร์มีความเร็วเข้าใกล้ศูนย์

การทำงานในควอเตอร์ที่ 2 นี้เป็นลักษณะของการทำงานเพียงชั่วขณะเท่านั้นและใช้งานได้เฉพาะขณะที่ระบบต้องการลดความเร็วลงจากความเร็วที่เป็นอยู่ เพื่อทำให้เกิดกระแสหน่วงหรือกระแสต้านทานการหมุนของมอเตอร์ตามที่

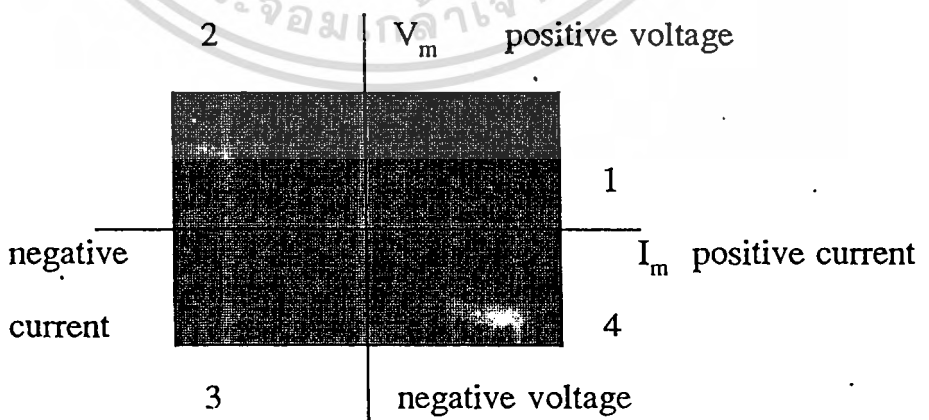
ต้องการ



รูปที่ 3.16 แสดงถึงรูปลักษณะของระบบการลดความเร็วลงของระบบยูนิโคเร็กซ์แนลที่มีและไม่มีไดนามิกเบรกสังเกตได้ว่าประสิทธิภาพของไดนามิกเบรกลดลงที่ความเร็วต่ำๆ

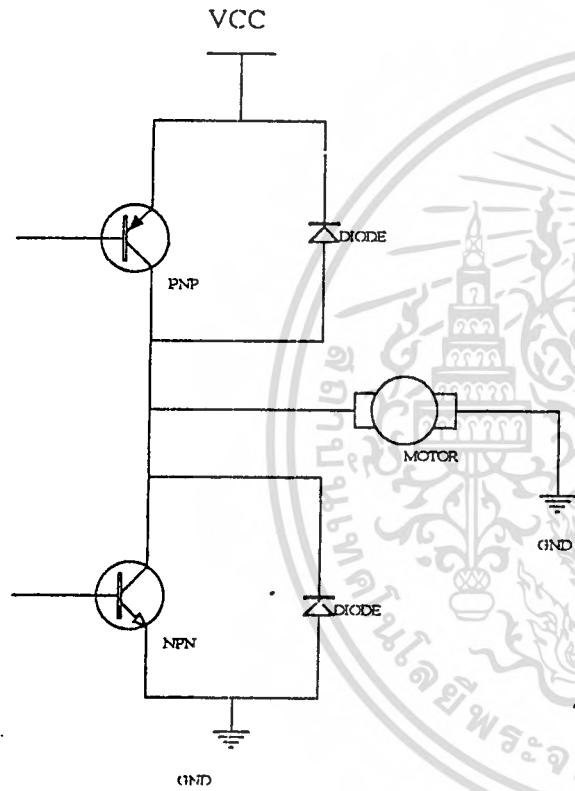
2. ไบโคเร็กซ์แนลแอมพลิไฟเออร์

เป็นเครื่องขยายที่สามารถทำให้มอเตอร์ทำงานได้ทั้งสองทิศทาง และมีลิเนียร์ transformer function ตลอดถึงช่วงความเร็วเป็นศูนย์ แอมพลิไฟด์แบบนี้สามารถบังคับได้เต็มทั้ง 4 ควอเตอร์ดังในรูปที่ 17 และสามารถป้อนโวลต์เตจและกระแสทั้งชั่ววอกหรือลบให้กับมอเตอร์ได้

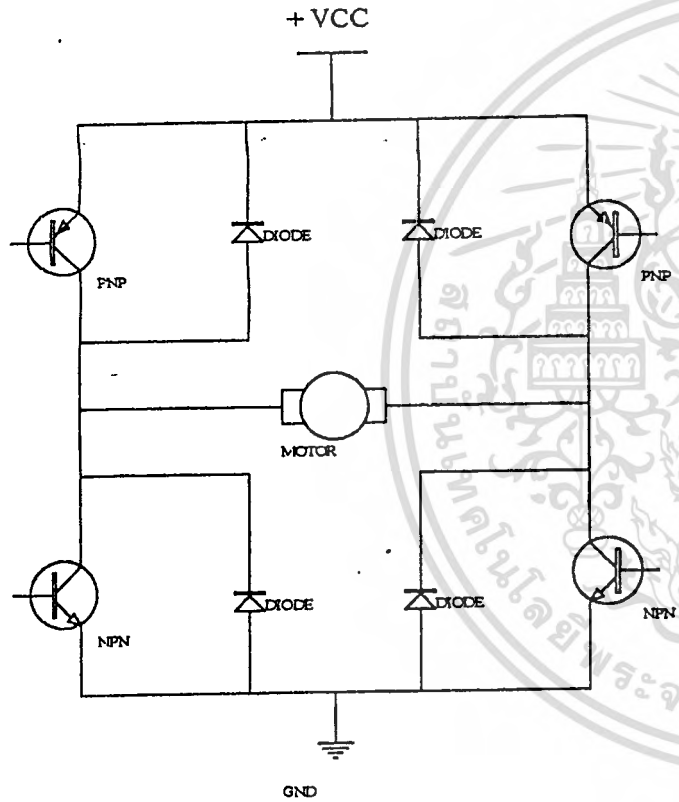


รูปที่ 3.17 ไบโคเร็กซ์แนลแอมพลิไฟด์แสดงการบังคับได้สี่ควอเตอร์

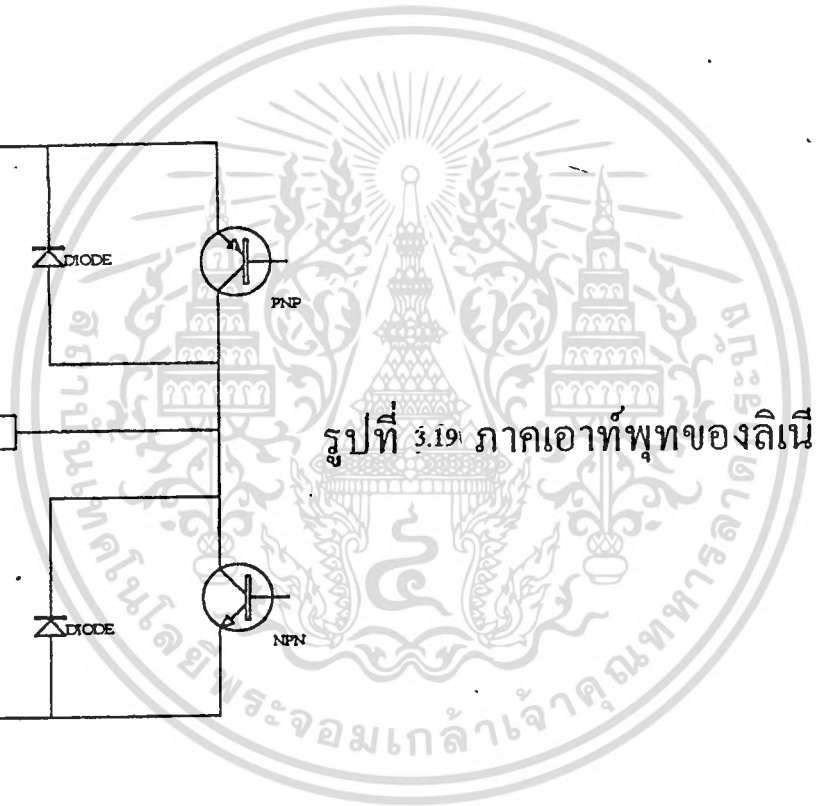
เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับใช้ภายในห้องเรียนเท่านั้น เมื่อผู้ใดนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 ภาคเอาต์พุตของลิเนียร์ไบโพลาร์



รูปที่ 3.19 ภาคเอาต์พุตของลิเนียร์บริดจ์



ไบโพลาร์ชั้นแอมพลิไฟด์แบบพื้นฐาน 2 แบบได้แก่ลิเนียร์ไบโพลาร์และลิเนียร์บริดจ์ ซึ่งแบ่งออกตามลักษณะโครงสร้างของ output ดังแสดงในรูป 3.18 และ 3.19 ตามลำดับ

ไบโพลาร์แอมพลิไฟด์ จะใช้เพาเวอร์ซัพพลายถึงสองลักษณะสำหรับการทำงานแบบ forward และ reverse โวลต์เตจที่ป้อนให้มอเตอร์ เท่ากับผลต่างระหว่าง ซัพพลายโวลต์เตจตกคร่อมคอบเบคเตอร์ - อิมิเตอร์ ของ Q_1 หรือ Q_2 ในขณะที่ตัวหนึ่งตัวใดนำกระแส เนื่องจากลิเนียร์แอมพลิไฟด์โดยทั่วไปมีประสิทธิภาพไม่ค่อยดีนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ภาวะความเร็วต่ำแรงบิดสูง ซึ่งในภาวะนี้กระแสจะไหลสูงและโวลต์เตจตกคร่อม output transistor สูงด้วย ดังนั้นในระบบใหญ่จำเป็นต้องใช้ตัวระบายความร้อนขนาดใหญ่ หรือใช้พัดลมสำหรับระบายความร้อนด้วย

ลิเนียร์ไบโพลาร์แอมพลิไฟด์เป็นแอมพลิไฟด์ที่ออกแบบได้ง่ายกว่าลิเนียร์บริดจ์แต่การออกแบบไฟโพลาร์มีข้อเสียที่สำคัญหลายข้อซึ่งควรจะได้ประเมินข้อดีข้อเสีย ของระบบเสียก่อน

1. เพาเวอร์ซัพพลายเป็นแบบ ไบโพลาร์คือมีสองขั้ว บวกและลบ
2. ค่า V_{∞} ของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ต้องสูงกว่าผลบวกของซัพพลายโวลต์เตจทั้งสอง
3. ลิเนียร์ไบโพลาร์แอมพลิไฟด์จะต้องทนต่อ forward and reverse breakdown ที่สอง output power transistor อาจจะเสียได้ในช่วงการลดความเร็วลงของโหลดที่มีความเฉื่อยสูงลงจากความเร็วสูงๆ

ลิเนียร์บริดจ์ ใช้เพาเวอร์ซัพพลายเพียงขั้วเดียวคือ บวกหรือลบเพื่อป้อนให้กับมอเตอร์ ซึ่งโวลต์เตจที่ป้อนให้มอเตอร์นี้จะมีขนาดเกือบเท่ากับโวลต์เตจของเพาเวอร์ซัพพลาย ในวงจรบริดจ์ Q_1 และ Q_4 จะนำกระแสเมื่อมอเตอร์ได้รับโวลต์เตจให้หมุนไปในทิศทางหนึ่ง และ Q_2 และ Q_3 จะนำกระแสเมื่อมอเตอร์ได้รับโวลต์เตจให้หมุนไปในทิศทางตรงข้าม ดังนั้น โวลต์เตจตกคร่อม transistor แต่ละตัวที่นำกระแสจะเท่ากับ $1/2$ (ซัพพลายโวลต์เตจ - โวลต์เตจตกคร่อมมอเตอร์) โครงสร้างของลิเนียร์บริดจ์ต้องการให้ V_{∞} ของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีค่าสูงกว่า V_s ตามรูป ไดโอดจะเป็นตัวคกให้เอาที่ทุกโวลต์เตจลดลงเท่ากับโวลต์เตจตกคร่อมไดโอดที่เป็นบวกหรือลบมากกว่า $\pm V_s$ สำหรับไบโพลาร์ สำหรับบริดจ์ไดโอดจะกดโวลต์เตจแต่ละขาของบริดจ์เพื่อให้โวลต์เตจตกคร่อมไดโอดตัวหนึ่งเป็นบวกมากกว่า V_s กับให้โวลต์เตจตกคร่อมไดโอดอีกตัวหนึ่งมีค่าต่ำกว่ากราวด์ ดังนั้น output transistor จะไม่ขึ้นกับ โวลต์เตจผลึกคั่นที่ค่ามากกว่า V_s หลายเท่าสำหรับบริดจ์และเท่ากับ $2 V_s$ สำหรับไบโพลาร์ ข้อดีอีกอันหนึ่งของบริดจ์คือ ช่วงลดโวลต์เตจผลึกคั่นบนตัวทรานซิสเตอร์ที่นำกระแส ถ้าบริดจ์ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมความแตก

ต่างระหว่างซัพพลายโวลต์เตจและโวลต์เตจที่มอเตอร์ต้องการจะถูกแบ่งเท่าๆ กันระหว่าง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งหาบ่ให้ลดบ่ลงเนื้อหาและต้องอู้งอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ทรานซิสเตอร์ที่นำกระแสทั้ง 2 ตัวนั้น จากผลอันนี้ช่วงเพิ่มกระแสของ output transistor ก่อนที่
จะเกิดความเสียหายจาก forward and reverse breakdown ครั้งที่สอง การเพิ่มกระแส output อย่าง
ปลอดภัย

3.5 พัลส์วิดท์โมดูเลชันแอมพลิไฟด์

แอมพลิไฟด์แบบ PWM สามารถทำงานได้ 3 แบบ คือ ไบโพลาร์ และ ลิมิตยูนิโพลาร์ ซึ่งในหัวข้อนี้เราจะได้อธิบายรายละเอียดในแต่ละแบบ เราจะได้ศึกษาปัญหาการสูญเสียในแอมพลิไฟด์ตลอดจนปัญหาการรักษาความถี่ในการสวิตช์ให้ถูกต้อง

จากการศึกษาปัญหาการใช้งานกับคิซิมอเตอร์นี้เราสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสเตปมอเตอร์ และใช้เป็นแอมพลิไฟด์ของลิเนียร์มอเตอร์ได้อีกด้วย

การทำงานของ แอมพลิไฟด์แบบพัลส์วิดท์โมดูเลชัน

แอมพลิไฟด์แบบ PWM สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ตามลักษณะของการทำงานคือ ไบโพลาร์ ยูนิโพลาร์และลิมิตยูนิโพลาร์สำหรับแบบไบโพลาร์ ซึ่งง่ายที่สุดจะดูการทำงานได้ตามรูปที่ 3.20

โดยที่เรากำหนดให้มีความถี่การสวิตช์เป็น f_s t_{on} ที่เกิดขึ้นในส่วนแรกและ t_{off} เกิดในส่วนหลังโดยไบโพลาร์จะมี T_1 และ T_4 นำกระแสระหว่างเฟส on ส่วน T_3 และ T_2 จะนำกระแสขณะเฟส off จะได้ฟังก์ชันตกคร่อมมอเตอร์เป็น

$$V_s = \begin{cases} V_m & 0 \leq t < t_1 \\ -V_m & t_1 \leq t < t_r \end{cases}$$

แบบยูนิโพลาร์ จะลดจำนวนทรานซิสเตอร์ในการสวิตช์ลงการสวิตช์ขึ้นกับ V_{in} เป็นบวกหรือลบ เมื่อ V_{in} เป็นบวก T_4 จะนำกระแสตลอดคาบ ในขณะที่ T_1 ที่ นำกระแสในช่วงเฟส on และ T_2 จะนำกระแสในช่วงเฟส off เมื่อ V_{in} เป็นลบ T_2 จะนำกระแสตลอดโดยมี T_3 และ T_4 สลับกันทำงานเมื่อ V_{in} เป็นบวกได้

$$V_s = \begin{cases} V_m & 0 \leq t < t_1 \\ 0 & t_1 \leq t < t_r \end{cases}$$

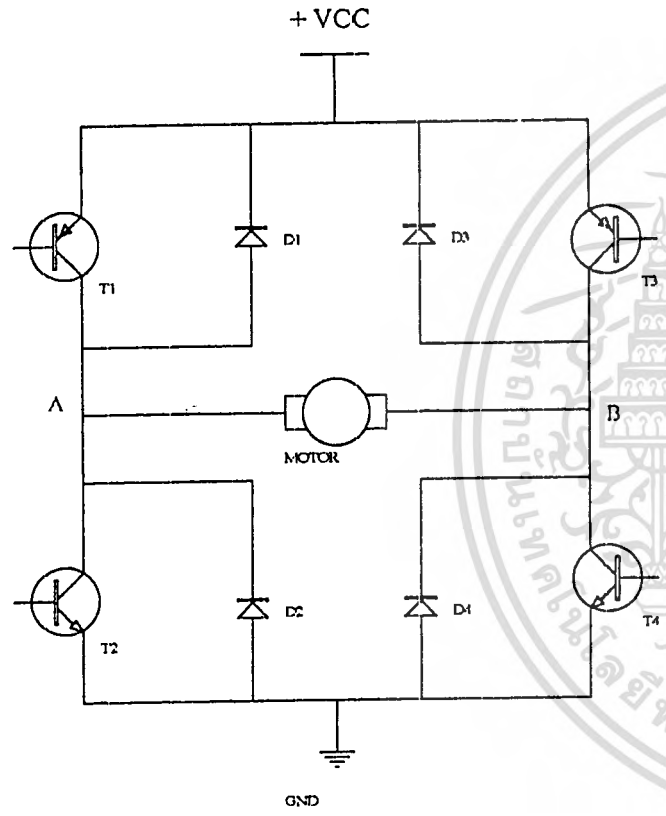
$$V_{in}$$

$$0 \leq t < t_r$$

การแสดงค่า V_{in} ในทางลบจะเหมือนกันเพียงแต่ V_{in} เป็นลบเท่านั้น

จากลักษณะของ 2 แบบดังที่กล่าวมานั้นมีประโยชน์เหมือนกัน ซึ่งในแต่ละกรณีจะมีทรานซิสเตอร์คู่หนึ่ง (T_1, T_2) หรือ (T_3, T_4) จะหยุดนำกระแสขณะที่อีกคู่นำกระแส ซึ่งมีเวลาเก็บสะสมและเวลาที่ปล่อยออกของทรานซิสเตอร์เกิดขึ้นแะมันอาจเป็นไปได้ที่

ทรานซิสเตอร์ทั้งหมดนำกระแสในเวลาเดียวกันซึ่งจะทำให้เกิดการลัดวงจรของซัพพลาย เราจำเป็นต้องระวังเรื่องนี้ให้ดี หวังว่าคงมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20. แอมพลิไฟด์แบบ PWM และดีซีมอเตอร์

คือหลีกเลี่ยงภาวะดังกล่าว ซึ่งสามารถทำได้โดยการสร้างช่วง delay time ระหว่างการหยุดและการนำกระแสของทรานซิสเตอร์และด้วยเหตุผลดังกล่าว ความถี่ของการสวิตช์จะถูกจำกัดในวงที่แคบลง

แบบที่ 3 ของการทำงานคือแบบ ลิมิตยูนิโพลาร์จะแสดงให้เห็นคือมีความจำเป็นต้องมีช่วง delay ซึ่งการสวิตช์ขึ้นกับค่า V_{in} เมื่อ V_{in} เป็นบวก T_4 จะนำกระแสตลอด T_1 จะสวิตช์ เป็น on ในช่วงเฟส on ดังนั้นในช่วงเฟส on ทั้ง T_1 และ T_4 จะ on ยังผลแก่ โวลต์เดจของมอเตอร์ V_m คือ

$$V_m = V_s \quad 0 \leq t < t_1$$

ระหว่างเฟส off จะมี T_4 นำกระแสเพียงตัวเดียวเป็นผลให้ V_{in} ขึ้นกับ I_{AB} ราบใดที่ I_{AB} ซึ่งเป็นสถานะปกติ เมื่อ $V_{AB} > 0$ กระแส I_{AB} จะไหลผ่าน D_2 และ T_4 เป็นผลให้ $V_A = 0$ และ

$$t_1 \leq t < t_r$$

$$V_m = V_{AB} = 0 \text{ เมื่อ}$$

$$I_{AB} > 0$$

ในกรณีที่ I_{AB} เป็นลบ กระแสจะไหลผ่าน D_1 และ D_4 เป็นผลให้ $V_A = V_s$

$$t_1 \leq t < t_r$$

$$V_m = V_{AB} = V_s \text{ เมื่อ}$$

$$I_{AB} < 0$$

ซึ่งเกิดขึ้นภายหลังเปลี่ยนขั้ว V_{in}

ในที่สุดถ้าเราสามารถทำให้ $I_{AB} = 0$ (เข้าใกล้ศูนย์จนถือว่าเป็นศูนย์) จะทำให้ทั้ง D_1 และ D_4 ไม่นำกระแสและโวลต์เดจ V_m จะอยู่ระหว่างค่าศูนย์และ

$$t_1 \leq t < t_r$$

$$0 < V_m < V_s \quad \text{เมื่อ}$$

$$I_{AB} = 0$$

อย่างไรก็ตามถ้า I_{AB} เป็นสถานะปกติเมื่อ $V_{in} > 0$ แบบยูนิโพลาร์และแบบลิมิตยูนิโพลาร์ จะแสดงคุณสมบัติคล้ายกันมาก ซึ่งเราสามารถสรุป Mode การทำงานและผลของโวลต์เดจ ดังตารางที่ 1

สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับแบบต่างๆ จะได้อีกโดยละเอียดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงการทำงานของแอมพลิไฟด์แบบพัลส์วิดท์โมดูเลชัน

ลักษณะการทำงานและอินพุตโวลต์เตจ	ภาวะของทรานซิสเตอร์และโวลต์เตจของมอเตอร์	
	เฟส on	เฟส off
ไบโพลาร์โหมค	T_1, T_4 on T_2, T_3 off $V_m = V_s$	T_2, T_3 on T_1, T_4 off $V_m = -V_s$
ยูนิโพลาร์โหมค $V_{in} > 0$	T_1, T_4 on T_2, T_3 off $V_m = V_s$	T_2, T_4 on T_1, T_3 off $V_m = 0$
ยูนิโพลาร์โหมค $V_{in} < 0$	T_2, T_3 on T_1, T_4 off $V_m = -V_s$	T_2, T_4 on T_1, T_3 off $V_m = 0$
ลิมิตยูนิโพลาร์โหมค $V_{in} > 0$	T_1, T_4 on T_2, T_3 off $V_m = V_s$	T_4 on T_1, T_2, T_3 off $V_m = 0$, if $I_{AB} > 0$ $V_m = V_s$, if $I_{AB} < 0$ $0 < V_m < V_s$, if $I_{AB} = 0$
ลิมิตยูนิโพลาร์โหมค $V_{in} < 0$	T_2, T_3 on T_1, T_4 off $V_m = -V_s$	T_2 on T_1, T_3, T_4 off $V_m = 0$, if $I_{AB} < 0$ $V_m = -V_s$, if $I_{AB} > 0$ $-V_s < V_m < 0$, if $I_{AB} = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งขอเป็นข้อควรระวังของเอกสารชุดนี้ที่มีการนำไปใช้

แอมพลิไฟด์แบบพัลส์วิดท์โมดูเลชันไบโพลาร์

อินพุทโวลต์เตจ ของแอมพลิไฟด์ สมมุติว่าแปรไปอย่างช้า ๆ ดังนั้นเราอาจพิจารณาได้ว่ามันมีค่าคงที่ตลอดช่วงของการสวิทช์ อินพุทโวลต์เตจนี้ใช้สำหรับพิจารณาโหลดแฟกเตอร์ ได้ดังต่อไปนี้

$$\rho = v_{in} / v_{max}$$

โดยที่ v_{max} เป็นค่าสูงสุดของ $|v_{in}|$ ดังนั้นจึงได้ว่า

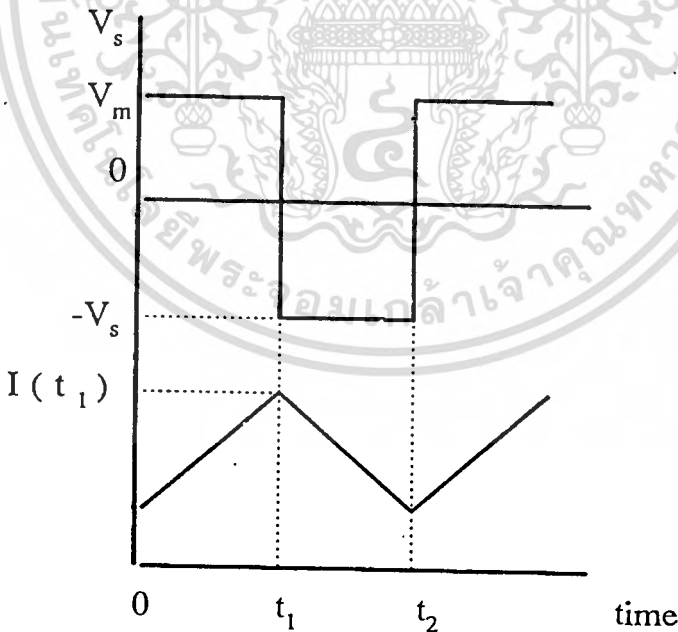
$$-1 \leq \rho \leq 1$$

ความยาวของเฟส on คือ t_1 เราสามารถเลือกได้ ดังนั้นเมื่อ $\rho = 1$, $t_1 = t_r$ ตัวแอมพลิไฟด์จะ on อย่างต่อเนื่องและเช่นเดียวกันเมื่อให้ $\rho = -1$ t_1 จะถูกกำหนดเป็น ศูนย์ เป็นผลทำให้เกิดโวลต์เตจลบอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นความสัมพันธ์ของ ρ และ t_1 สามารถเขียนได้ดังนี้

$$t_1 = ((1 + \rho) / 2) * t_r$$

และจะได้ว่า $t_1 = t_r / 2$ เมื่อ $\rho = 0$

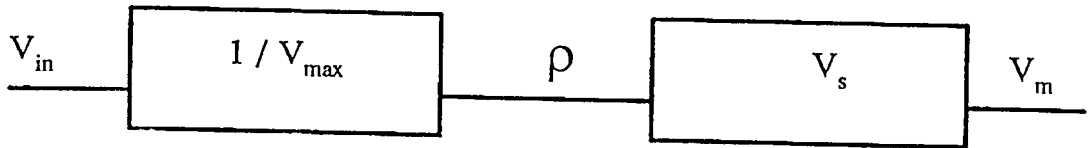
ถ้าเราไม่คิดถึง delay (สมมุติว่าเป็นช่วงเวลาที่สั้นมาก) สักคาของมอเตอร์ V_{in} จะเป็นดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 ค่าโวลต์เตจและกระแสของแอมพลิไฟด์แบบ PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ดังนั้นสักคาของมอเตอร์ประกอบไปด้วย ค่าของส่วนที่แปรค่าอย่างช้า ๆ ρv_r และส่วนกรนำไบใช้
 ประกอบของความถี่สูงแต่เราจะไม่พิจารณาเฉพาะผลจากส่วนที่แปรค่าอย่างช้า ๆ นั้น เพราะว่า f_r
 ถูกเลือกมาให้มีค่าสูงมากพอที่จะ ไม่มีผลต่อ แบนด์วิดท์ของมอเตอร์หรือการรีไซเคิล ภายใต

สมมุติฐานนี้ทำให้ได้ว่า แอมพลิไฟด์แบบ PWM ไบโพลาร์สามารถแทนได้ด้วยบล็อกไดอะแกรม รูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 แสดงถึงแอมพลิไฟด์แบบ PWM

และค่าอัตราขยายโวลต์แดงของแอมพลิไฟด์

เมื่อ

$$A_v = \frac{V_m}{V_{in}} = \frac{V_s}{V_{max}}$$

$$V_m = L \frac{dI}{dt} + RI + K_e \omega$$

V_m = ศักคาของมอเตอร์

I = กระแสของมอเตอร์

ω = ความเร็วของมอเตอร์

L = อินดักเตนซ์ของอาร์เมเจอร์

R = ความต้านทานของอาร์เมเจอร์

K_e = เป็นค่าคงที่ของโวลต์แดงย้อนกลับของมอเตอร์

แอมพลิไฟด์แบบพัลส์วิดท์โมดูเลชันยูนิโพลาร์

เราให้ V_{in} เป็นอินพุตโวลต์แดงและตัวโพลดแฟกเตอร์ ρ กำหนดเป็น

$$\rho = \frac{V_{in}}{V_{max}}$$

เมื่อ V_{max} เหมือนกับผลที่ได้จากสมการ ช่วงเฟส on t_1 จะถูกเลือกให้

$t_1 = t_r$ สำหรับ $\rho = 1$ เป็นผลให้ได้ช่วง on ของแอมพลิไฟด์และสำหรับ

$\rho = 0, t_1 = 0$ จะเป็นช่วง off ของแอมพลิไฟด์และเมื่อ $\rho = -1$ จะทำให้ แอมพลิไฟด์

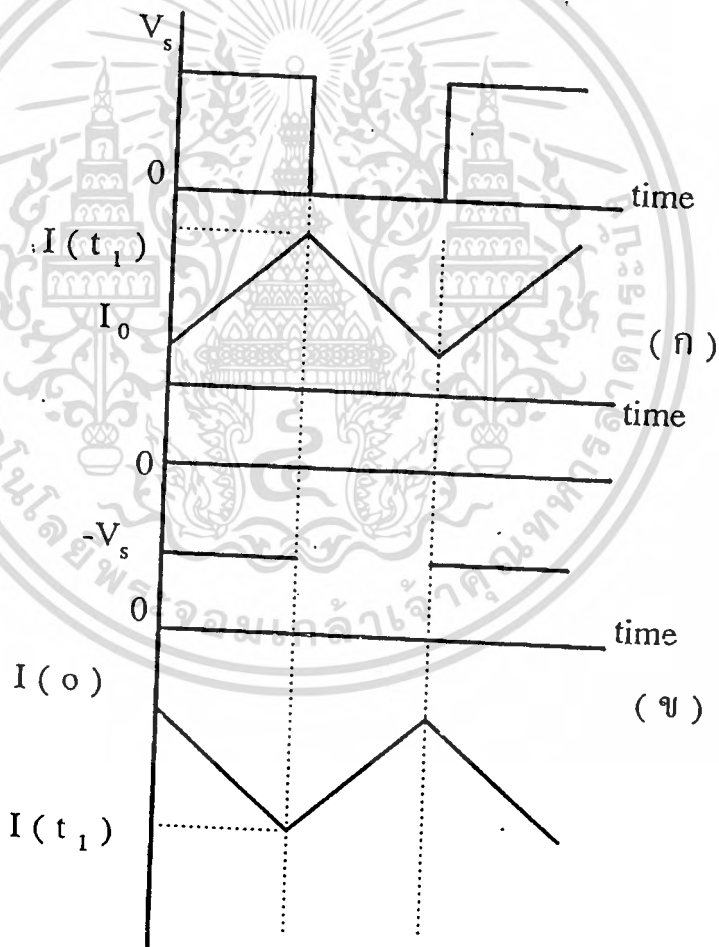
ทำงาน on ด้วยค่าศักคาที่เป็นลบ โดย $t_1 = t_r$ ความสัมพันธ์ระหว่าง t_1 และ ρ เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับกิจการ | P | ๕๖ ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ปิดเปิดการทำงานจะถูกพิจารณาโดยมีคุณสมบัติดังนี้

- กรณี 1 $(V_{in} > 0)$
 T_4 ทำงานตลอด
 T_1 ทำงานช่วง $0 \leq t < t_1$
 T_4 ทำงานช่วง $t_1 \leq t < t_r$

- กรณี 2 $(V_{in} < 0)$
 T_2 ทำงานตลอด
 T_3 ทำงานช่วง $0 \leq t < t_1$
 T_4 ทำงานช่วง $t_1 \leq t < t_r$



รูปที่ 3.23 แสดงถึงโวลต์เตจและกระแสแอมพลิไฟด์แบบ PWM

(ก) โวลต์เตจและกระแสเมื่อ $p > 0$

(ข) โวลต์เตจและกระแสเมื่อ $p < 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอมป์ลิไฟด์แบบพัลส์วิดท์โมดูเลชันลิมิตยูนิโพลาร์

การทำงานของแอมป์ลิไฟด์แบบ PWM ลิมิตยูนิโพลาร์เหมือนกันกับแอมป์ลิไฟด์แบบยูนิโพลาร์ ถ้าหากว่าขั้วของอินพุทโวลต์แดง V_{in} และขั้วของกระแสมอเตอร์ I_{AB} เหมือนกัน กรณีแบบนี้สามารถเขียนได้เป็น

$$V_{in} * I_{AB} > 0$$

ถ้าสมการไม่เป็นจริง การทำงานของ 2 แบบ ที่กล่าวนี้จะแตกต่างกันซึ่งสามารถอธิบายได้จากตัวอย่างนี้

ดีซีมอเตอร์ขับเคลื่อนแอมป์ลิไฟด์แบบ PWM ที่ความเร็วคงที่ พารามิเตอร์ของมอเตอร์และแอมป์ลิไฟด์มีค่าดังต่อไปนี้

$$V_s = 40 \text{ Volts}$$

$$V_a = 30 \text{ Volts}$$

$$I_a = 1 \text{ Ampere}$$

$$f_s = 2000 \text{ Hertz}$$

พิจารณารูปร่างของกระแสภายใต้การทำงาน 3 แบบเมื่อให้ค่ากระแสเฉลี่ย 1 ampere

กรณีที่ 1 แอมป์ลิไฟด์แบบไบโพลาร์

รูปร่างของกระแสจะต้องเป็นสามเหลี่ยมที่มีค่าสูงสุด 3.19 Amperes และค่าต่ำสุด - 1.19 Amperes

กรณีที่ 2 แอมป์ลิไฟด์แบบยูนิโพลาร์

รูปร่างของกระแสจะต้องเป็นสามเหลี่ยมที่มีค่าสูงสุด 2.875 Amperes และค่าต่ำสุด - 0.875 Amperes

กรณีที่ 3 แอมป์ลิไฟด์แบบลิมิตยูนิโพลาร์

รูปร่างของกระแสจะต้องเป็นสามเหลี่ยมที่มีค่าสูงสุด 2.74 Amperes และค่าต่ำสุด 0 Ampere

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วงจรควบคุม ดิซีมอเตอร์

บทนำ

เพื่อที่จะให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้จึงต้องมีการหาอุปกรณ์ ที่สามารถขับเคลื่อนหุ่นยนต์ได้ซึ่งอย่างง่ายเราจะใช้มอเตอร์ติดกับล้อ เพื่อให้หมุนเคลื่อนหุ่นยนต์ แต่เพื่อให้มีประสิทธิภาพจึงต้องคำนึงหลายอย่าง เช่น ตำแหน่งที่ตั้งมอเตอร์ และคู่มือการกระจายน้ำหนักของตัวหุ่นยนต์ โดยส่วนมากจะใช้มอเตอร์หมุนล้อสองตัว แต่ละตัวต่อเข้ากับล้ออย่างละอันดังรูป 3.24 ซึ่งจะแสดงการเคลื่อนที่เคลื่อนหน้าถอยหลังและเลี้ยวซ้ายขวา ในการเลี้ยวจะทำโดยให้มอเตอร์ข้างหนึ่งหยุดแล้วอีกข้างหนึ่งวิ่ง หรือให้มอเตอร์ทั้งสองวิ่งสวนทางกัน

การวางล้อและมอเตอร์ จะสามารถเลือกวางตรงไหนก็ได้ เช่นตรงกลางของฐานล่างดังรูป 3.25 จะเห็นว่าล้อถูกกลิ้งสองอัน ค่อยอยู่กับฐานล่างด้วยเพื่อความสมดุลย์ เมื่อวางมอเตอร์ไว้ตรงกลาง การกระจายน้ำหนักก็จะตกที่ตัวมัน ซึ่งเราสามารถที่จะวางเบคเตอร์อยู่เหนือเส้นผ่าศูนย์กลางได้ และแกนล้อที่เราจะใช้จะต้องวางอยู่ในแนวเส้นผ่าศูนย์กลางด้วย

การวางตำแหน่งของมอเตอร์และล้อดังกล่าว ก็เพื่อช่วยให้การกระจายน้ำหนักได้สม่ำเสมอยิ่งขึ้น แต่บางครั้งเราสามารถที่จะออกแบบ ให้แตกต่างจากนี้ได้แต่จะต้องคำนึงถึงการกระจายน้ำหนักให้ดีด้วย

ความเร็ว

ความเร็วเป็นส่วนที่สำคัญของมอเตอร์ขับเคลื่อน เพื่อไว้พิจารณาความเร็วของหุ่นยนต์ นอกจากนั้นก็มีเส้นผ่าศูนย์กลางของล้อ ในการใช้งานส่วนใหญ่ ความเร็วของมอเตอร์อยู่ที่ต่ำกว่า 130 rpm ที่ขนาดของล้อโดยเฉลี่ย จะได้ความเร็วประมาณ 4 ฟุตต่อวินาที ซึ่งนับว่าเร็วทีเดียว แต่ถ้าต้องการให้ความเร็วเป็น 1 ถึง 2 ฟุตต่อวินาที จะต้องให้เส้นผ่าศูนย์กลางล้อน้อยลงหรือให้มอเตอร์ช้าลง หรือทั้งคู่

เราจะทำการคำนวณความเร็วของหุ่นยนต์ได้อย่างไร

1. หาค่าความเร็ว rpm ของมอเตอร์ด้วย 60 จะได้ค่ารอบของมอเตอร์ต่อวินาที
2. คูณค่าเส้นผ่าศูนย์กลางล้อด้วย 3.14 จะได้เส้นรอบวงล้อ
3. เอาค่าในข้อ 1 และ 2 มาคูณกัน จะได้ระยะทางในหนึ่งวินาที

ตัวอย่างเช่น ที่ค่า 100 rpm ของมอเตอร์และล้อมีเส้นรอบวง 7 นิ้ว หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุด 35.168 นิ้วต่อวินาทีหรือ 3 ฟุต

จะเห็นว่าเราสามารถจะให้หุ่นยนต์ ช้าลงโดยการลดขนาดล้อ เช่นล้อจาก 8 นิ้วเป็น 5 นิ้วเส้นรอบวงในขณะที่มอเตอร์ยังคงเป็น 100 rpm จะทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 25 นิ้วต่อวินาที หรือจะเลือกค่ามอเตอร์ที่มีค่า rpm น้อยกว่าก็ได้

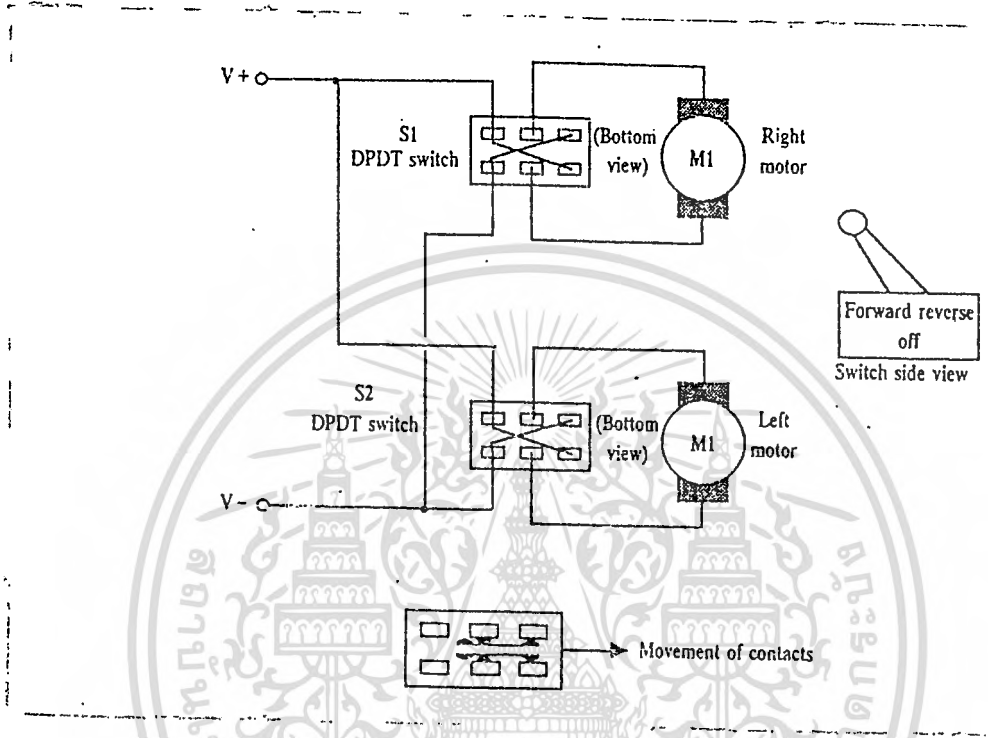
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.24 แสดงมอเตอร์และถ้อยทั้งสอง, อ่างอิงทั้ง 2 ข้างของหุ่นยนต์, สามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและถอยหลัง,ซ้ายหรือขวา

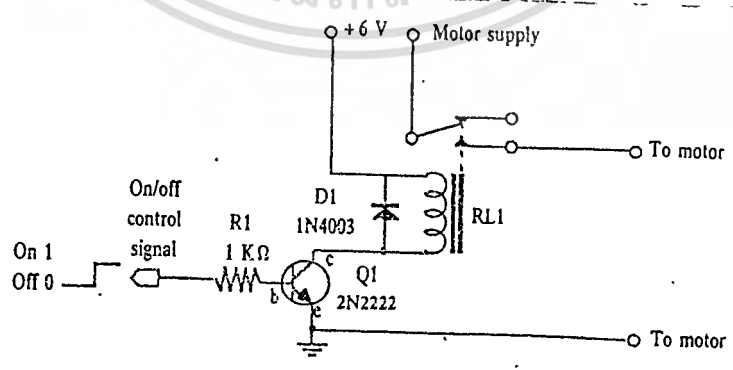
การบังคับทิศทาง

เป็นเรื่องที่ง่ายมากในการบังคับทิศทางของคีมอเตอร์ ตัวอย่างเช่น กลีบขั้วของเบคเตอร์ เพื่อให้มอเตอร์หมุนกลับ ซึ่งเราจะได้คู่ตัวอย่างเป็นแบบ “ double-pole double-throw “ (DPDT) เป็นการใช้สวิทช์ควบคุมทิศทางของมอเตอร์ดังรูป 3.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.25 แสดงล้อเสริมอีกสองล้อภายใต้หุ่นยนต์
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 ไคอะแกรมแสดงการควบคุมมอเตอร์, สวิตช์ที่ใช้คือ DPDT เป็นแบบกดติดปล่อยดับ



รูปที่ 3.27 แสดงการใช้รีเลย์เปิด-ปิด มอเตอร์สัญญาณเข้ามาจาก TTL (transistor transistor logic) ในไมโครโปรเซสเซอร์ หรือคอมพิวเตอร์ที่ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสวิตช์อยู่ที่ตรงกลาง มอเตอร์จะไม่ได้รับพลังงานหุ่นยนต์จะไม่เคลื่อนที่ ในการควบคุมทิศทาง นอกจากวิธีข้างต้นยังมีวิธี อื่นอีกมากซึ่งจะอาศัยวงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้าช่วย ซึ่งเราสามารถเลือกใช้

การบังคับด้วยรีเลย์

เป็นวิธีที่ค่อนข้างเก่าแต่ถือเป็นวิธีที่ประหยัด ง่าย และใช้พื้นที่น้อย หลักการเปิดปิดมอเตอร์เราใช้รีเลย์แบบ single-pole ตัวรีเลย์ชนิดนี้สามารถใช้กับสัญญาณคิิจิตอลได้ ในรูป 3.27 จะแสดงวงจรขับของรีเลย์ที่ใช้ควบคุมมอเตอร์ เมื่ออยู่ที่ลอจิก 0 รีเลย์จะปิดและเมื่อเป็นลอจิก 1 จะเปิด รีเลย์สามารถทำงานร่วมกับคิิจิตอลเกจรวมไปถึงคอมพิวเตอร์ หรือพอร์ตไมโครโปรเซสเซอร์

สำหรับการบังคับทิศทางเราจะใช้ DPDT Relay ดังวงจรรูป 3.28 เมื่อหน้าสัมผัสของรีเลย์อยู่ที่ตำแหน่งหนึ่งมอเตอร์จะหมุนตามเข็มนาฬิกา และเมื่อหน้าสัมผัสรีเลย์ไปสัมผัสอีกตำแหน่งหนึ่งมอเตอร์จะหมุนทวนเข็มนาฬิกา

พิจารณาอีกครั้งโดยใช้สัญญาณคิิจิตอล ถ้าเป็นลอจิก 0 มอเตอร์จะหมุนไปทิศทางหนึ่ง (เดินหน้า) ถ้าเป็นลอจิก 1 มอเตอร์จะหมุนไปอีกทาง ทั้งการเปิด/ปิดและการควบคุมทิศทางของรีเลย์จะแสดงดังรูป 3.29

เราจะเห็น การควบคุมการทำงาน และทิศทางของมอเตอร์นั้น จะใช้ข้อมูลเพียง 2 บิตจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งหุ่นยนต์ส่วนใหญ่จะใช้ มอเตอร์ขับเคลื่อน 2 ตัวดังนั้นเราสามารถควบคุมการเคลื่อนที่และทิศทางโดยใช้ข้อมูล 4 บิต

เมื่อเราเลือกใช้รีเลย์ ควรจะแน่ใจว่าหน้าสัมผัสมีอัตราสัมพันธ์กับมอเตอร์ที่จะใช้ รีเลย์ทั้งหมดจะมีค่าอัตราหน้าสัมผัสตั้งแต่ต่ำกว่า 0.5 A ไปถึงมากกว่า 10 A ที่ 125 V สำหรับรีเลย์ที่ความจุสูงกว่าอาจจะต้องใช้ ทรานซิสเตอร์ตัวใหญ่ๆในการทริก ในการใช้งานเราไม่จำเป็นต้องใช้รีเลย์ที่อัตราสูงกว่า 2 หรือ 3 A ซึ่งชิ้นส่วนต่างๆจะอยู่ในตาราง 2 และ 3

RL1	SPDT relay, contacts rated 2 amps or more
Q1	2N2222 npn transistor
R1	1K Ω resistor
D1	1N4003 diode

ตารางที่ 2 แสดงรายการอุปกรณ์รีเลย์แบบเปิด-ปิด

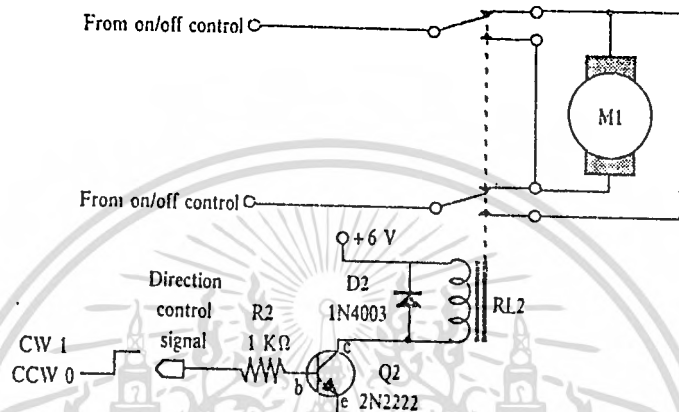
RL2	DPDT relay, contacts rated 2 amps or more
Q2	2N2222 npn transistor
R1	1K Ω resistor
D1	1N4003 diode

ตารางที่ 3 แสดงรายการอุปกรณ์รีเลย์ทิศทาง

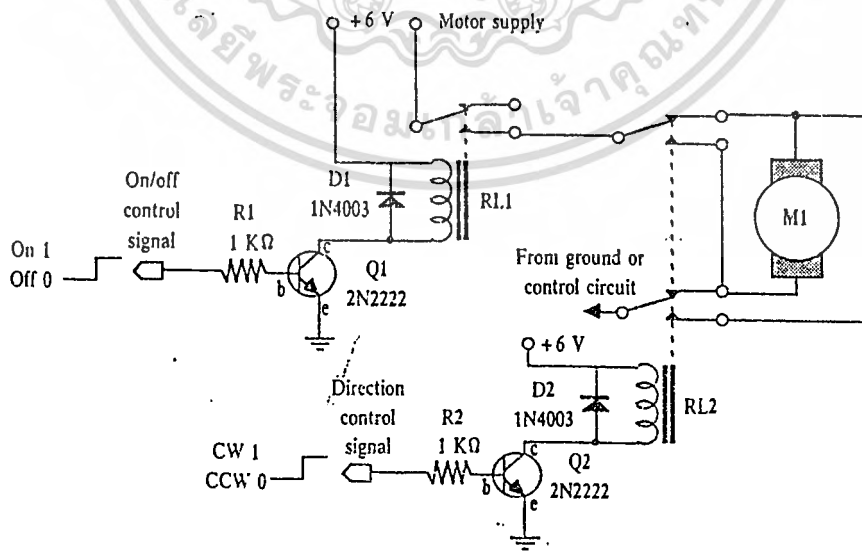
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

All resistors 5 or 10 percent tolerance, 1/4-watt.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขเพิ่มเติมและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.28 แสดงการใช้รีเลย์ควบคุมทิศทางมอเตอร์สัญญาณเข้ามาจาก TTL (transistor transistor logic) ในไมโครโปรเซสเซอร์ หรือคอมพิวเตอร์

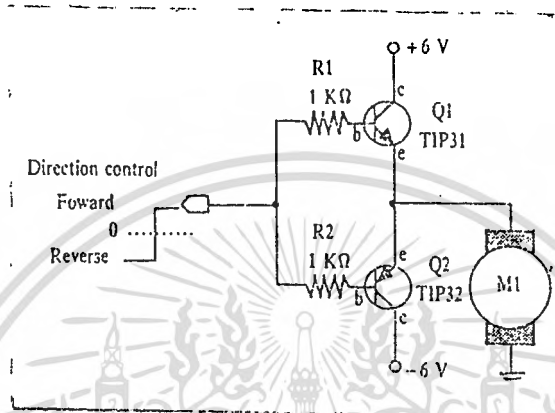


รูปที่ 3.29 แสดงรีเลย์ควบคุมทิศทางและสถานะเปิด-ปิด ในวงจรเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบังคับด้วยทรานซิสเตอร์

มี 2 ทางในการใช้ทรานซิสเตอร์ในการควบคุมมอเตอร์ ทางแรกแสดงในรูป 3.30 จะมีทรานซิสเตอร์ 2 ตัวที่จะทำงาน และมีมอเตอร์ต่อไว้ เมื่อทรานซิสเตอร์ตัวหนึ่งเปิดก็จะหมุนตามเข็มนาฬิกา และเมื่อทรานซิสเตอร์เปิดอีกตัวจะหมุนทวนเข็มนาฬิกา เมื่อทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 ตัวปิดมอเตอร์จะหยุดหมุน จะสังเกตว่าต้องใช้แหล่งจ่ายไฟแบบ 2 ขั้ว ในรูปจะใช้ถ่าน 6 V ให้มอเตอร์และแหล่งจ่ายไฟบวก, ลบ 6 V



รูปที่ 3.30 แสดงการใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว ควบคุมทิศทางของมอเตอร์ ทาวเวอร์ซ์หลายที่ใช้ทั้งขั้วบวกและลบ

เช่นเดียวกับรีเลย์ เราสามารถใช้สัญญาณคิซิจคอลสวิดซ์ทรานซิสเตอร์ได้ และจำไว้ว่า ทรานซิสเตอร์ทั้งคู่จะไม่มีทางเปิดพร้อมกัน ซึ่งถ้าเกิดเหตุการณ์นี้ จะทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหาย จะเห็นว่าทรานซิสเตอร์ที่ใช้ เราจะทำการไบอัสที่เบสของแต่ละตัว ซึ่งจำเป็นมากเพื่อ ป้องกันกระแสที่เกินมาจากการควบคุมของเกท (คอมพิวเตอรื, ลอจิก เกท) และถ้าไม่มีตัวต้านทาน ต่อเกท ก็จะทำให้ทรานซิสเตอร์ร้อนและถูกทำลายได้

ค่าของตัวต้านทานที่ใช้ จะขึ้นกับค่า โวลต์และกระแสที่มอเตอร์ดึง ไปซึ่งเท่ากับคุณสมบัติ ของทรานซิสเตอร์ แต่ละตัวที่ใช้ สำหรับการคำนวณแบบ ballpark จะได้ค่าทั่วไปในช่วง 1 KΩ ถึง 3 KΩ ซึ่งจะคำนวณค่าที่แน่นอนของทรานซิสเตอร์ โดยใช้กฎของโอห์ม ไปพิจารณา ค่าเกนและกระแสขาออกของทรานซิสเตอร์ หรือจะทดลองจนกว่าจะได้ค่าความต้านทานที่พอใจ แต่อย่าให้ต่ำกว่า 1KΩ เพราะจะทำให้ร้อนเกินไป

อีกทางหนึ่งในการใช้ทรานซิสเตอร์จะเป็นวงจรดังรูป 3.31 เราเรียกว่าแบบ H ซึ่งจะมีเพียง ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวที่เปิดพร้อมกัน เมื่อทรานซิสเตอร์ 1 และ 4 เปิด มอเตอร์จะหมุนไปทิศทางหนึ่ง และเมื่อทรานซิสเตอร์ 2 และ 3 เปิด มอเตอร์ก็จะหมุนไปอีกทาง และเมื่อทรานซิสเตอร์ทั้งหมดปิด

มอเตอร์ก็จะหยุดนิ่ง และควรป้องกันการอยู่ในสภาวะเปิดของทรานซิสเตอร์ทั้งหมด เพราะจะทำให้

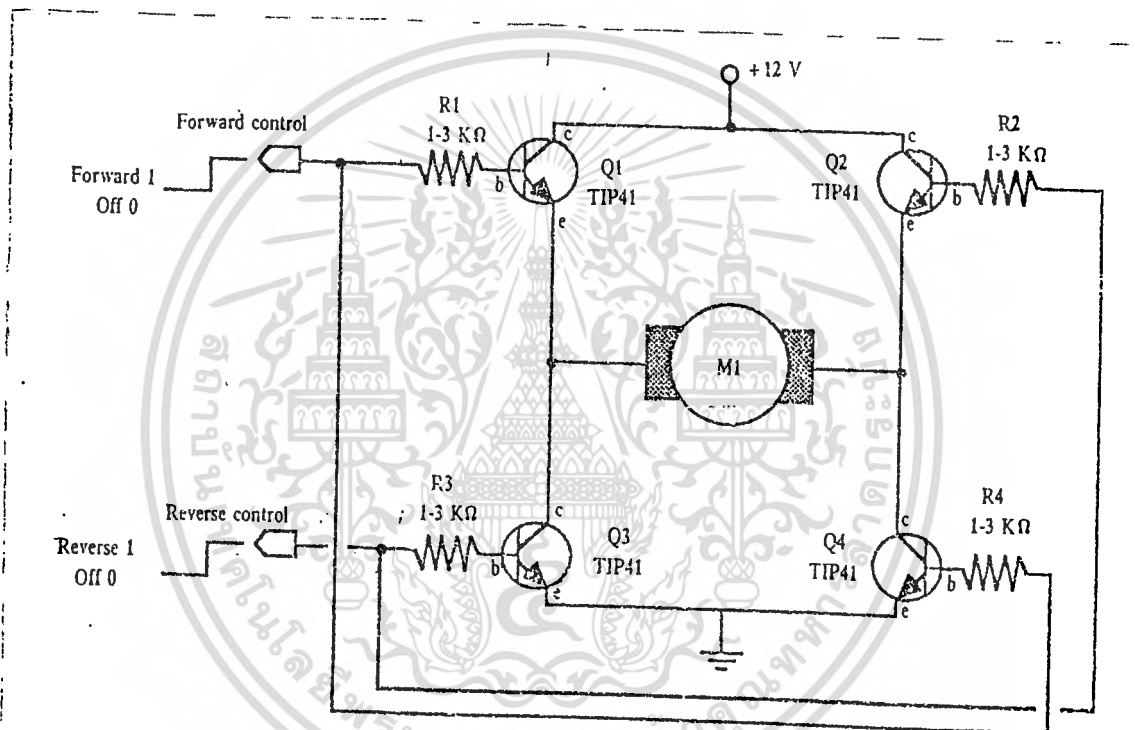
เสียหายได้

เอกสารนี้ที่ออกสารที่ส่งงานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเลือกทรานซิสเตอร์ อันดับแรกจะต้องดูว่ามีความสามารถให้กระแสที่มอเตอร์ต้องการได้หรือไม่ ซึ่งมอเตอร์ส่วนใหญ่จะให้กระแสประมาณ 1 ถึง 3 แอมป์ ดังนั้นจึงควรเลือกทรานซิสเตอร์ให้เหมาะสม เราจึงไม่ใช้ทรานซิสเตอร์แบบ small signal ซึ่งมีอัตราไม่มากกว่า 500 ถึง 600 mA

ทรานซิสเตอร์ที่ควรเลือกใช้เช่น TIP31 ซึ่งมีตัวถังแบบ TO-220 และอีกแบบคือ TIP32 เป็นแบบ pnp ซึ่งทรานซิสเตอร์เหล่านี้มีขายทั่วไป และควรใช้คู่กับแผ่นระบายความร้อน สำหรับงานที่ใช้กำลังสูง นอกจากนั้นยังมี ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N3055 และแบบ pnp MJ2955 (2N2955) ซึ่งทรานซิสเตอร์ทั้งสองสามารถให้กระแสได้มากถึง 10 A เมื่อใช้กับแผ่นระบายความร้อนดังรูป



รูปที่ 3.31 แสดงทรานซิสเตอร์ชนิด pnp 4 ตัว ในวงจร H บริดจ์ เพื่อใช้ควบคุมทิศทางของมอเตอร์ พาวเวอร์ซีทหลายที่ใช้เป็นแบบไฟบวกอย่างเดียว

ตัวขับทรานซิสเตอร์ควรตั้งห่างจากบอร์ดวงจรหลัก มีฮีท-ซิงค์ (heat sink) ขนาดใหญ่ติดกับทรานซิสเตอร์ พาวเวอร์ทรานซิสเตอร์ (power transistor) ส่วนใหญ่มีปลายที่คอลเลคเตอร์ (collector) เป็นส่วนสำคัญเมื่อมีทรานซิสเตอร์มากกว่า 1 ตัว บน 1 ฮีทซิงค์ (heat sink)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q1	TIP31 npn power transistor
Q2	TIP32 pnp power transistor
R1,R2	1K transistor
Misc.	Heat sinks for transistors

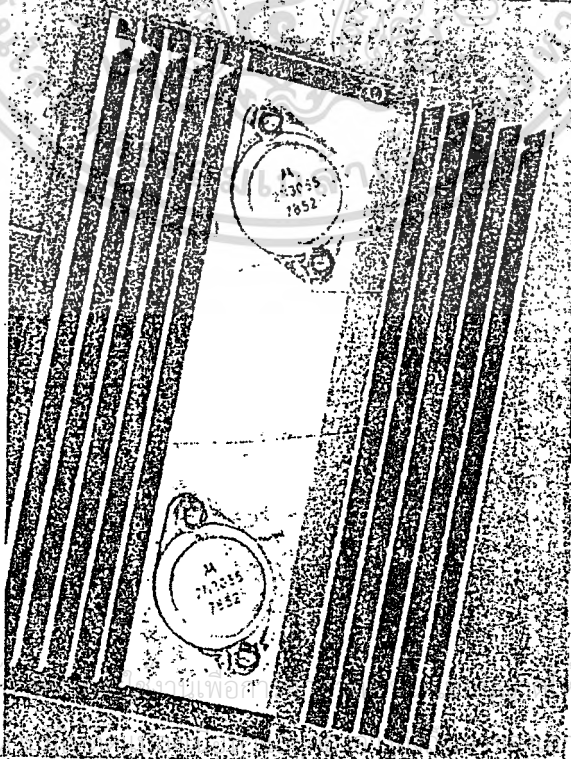
All resistors 5 or 10 percent tolerance, 1/4-watt.

ตารางที่ 4 แสดงรายการอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมมอเตอร์

Q1-Q4	TIP41 npn power transistor
R1-R4	1K transistor
Misc.	Heat sinks for transistors

All resistors 5 or 10 percent tolerance, 1/4-watt.

ตารางที่ 5 แสดงรายการอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ 4 ตัว ที่ใช้ควบคุมมอเตอร์



รูปที่ 3.32 แสดงทาวเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่ต่ออยู่บนแผ่นระบายความร้อนชนิดอลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากฝ่ายที่เกี่ยวข้อง

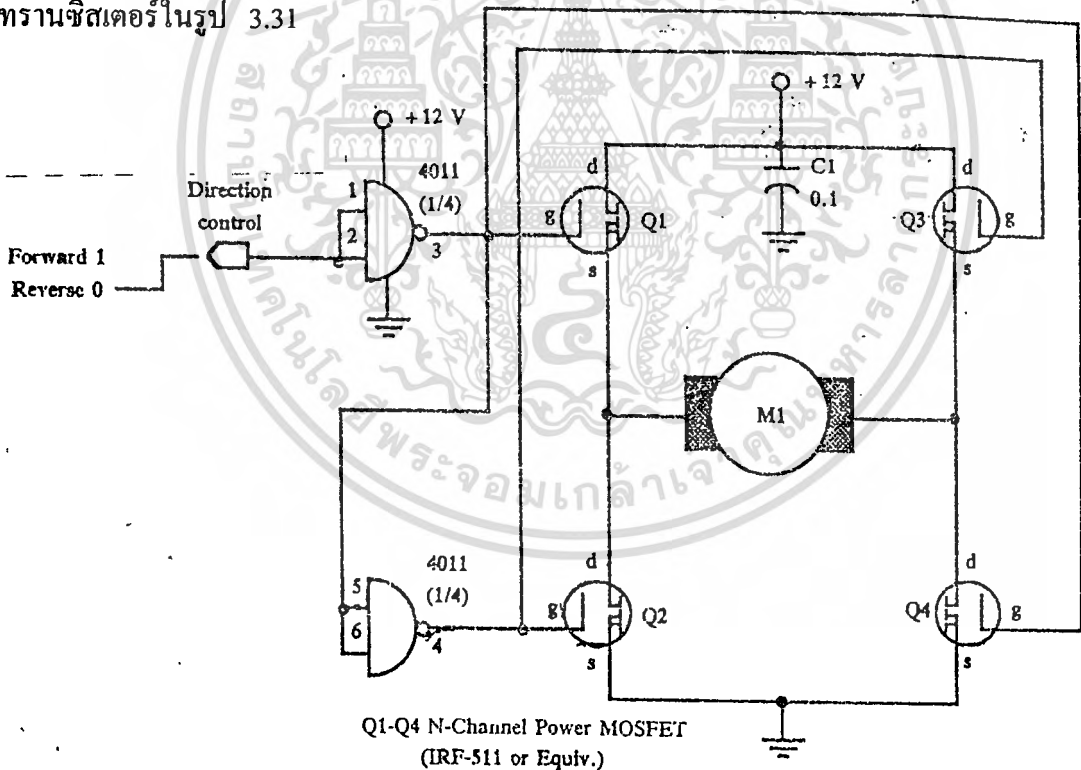
Power MOSFET

MOSFET มาจาก metal oxide semiconductor field effect transistor ใช้ควบคุมมอเตอร์ โดยไม่ต้องกังวลในเรื่องการเผาไหม้

MOSFET คล้ายทรานซิสเตอร์ มีส่วนแตกต่างเล็กน้อย MOSFET อาจเสียหายได้ ซึ่งเกิดจากไฟฟ้าสถิตเมื่อจับต้อง ดังนั้นควรป้องกันโดยวางไว้บนโฟม

อีกอย่างคือมันจะแทนที่ของขาเบส (base) ขาอีมิเตอร์ (emitter) และขาคอลเลกเตอร์ (collector) MOSFET มีขาเกต (gate) ขาซอร์ส (source) และ ขาเดรน (drain) ซึ่งขาเกต (gate) เหมือนกับขาเบส (base) ของทรานซิสเตอร์ และขาซอร์ส (source) และขาเดรน (drain) เหมือนกับขาอีมิเตอร์ (emitter) และขาคอลเลกเตอร์ (collector) ตามลำดับ การเสียหายของ MOSFET จะเกิดจากการเชื่อมต่อวงจร ดังนั้นการต่อวงจรควรวางอุปกรณ์ก่อนเชื่อมต่อสายไฟและตรวจสอบวงจรอย่างละเอียด

MOSFET ทั่วไปอยู่ใน IRF-511 เป็นทรานซิสเตอร์ TO-220 และสามารถควบคุมกระแส (เมื่อมีฮีตซิงค์ที่เหมาะสม) วงจรที่เหมาะสมของ MOSFET แสดงในรูป 3.33 มีความคล้ายกับวงจรทรานซิสเตอร์ในรูป 3.31



รูปที่ 3.33 แสดงพาวเวอร์มอสเฟตทรานซิสเตอร์ชนิด n แชนแนล 4 ตัว ในวงจร H บริดจ์ ซึ่งใช้ควบคุมทิศทางของมอเตอร์ ในวงจรอุปกรณ์มอสเฟตไม่ต้องการตัวต้านทานในการไบอัส, มันมีลักษณะเหมือนทรานซิสเตอร์ทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

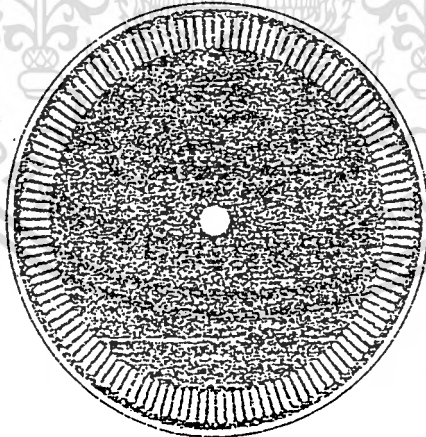
มีแชนเกท (NAND GATE) CMOS 4011 ต่อในส่วนควบคุมการทำงาน เมื่อจ่าย สัญญาณ LOW มอเตอร์จะหมุนตามเข็มนาฬิกา เมื่อจ่ายสัญญาณ HIGH มอเตอร์จะหมุนทวนเข็มนาฬิกา ทางด้านปัญหาที่เกิดขึ้นกับราคาของ MOSFET ราคาของพาวเวอร์ทรานซิสเตอร์ (power transistor) 2N3055 จะต่ำกว่า 75 เซ็นต์ แต่สำหรับ พาวเวอร์ MOSFET จะหายากที่ราคาต่ำกว่า \$2.00 ซึ่งขึ้นอยู่กับการทำงานว่าจะใช้ชนิดใด ในส่วนควบคุมทิศทางมีแสดง MOSFET ตามตาราง 6

Q1-Q4	IRF511 (or equiv) power MOSFET
U1	4011 CMOS Quad NAND Gate IC

ตารางที่ 6 แสดงรายการอุปกรณ์มอเตอร์ที่ใช้ควบคุมมอเตอร์

วิธีวัดระยะทางที่เคลื่อนที่

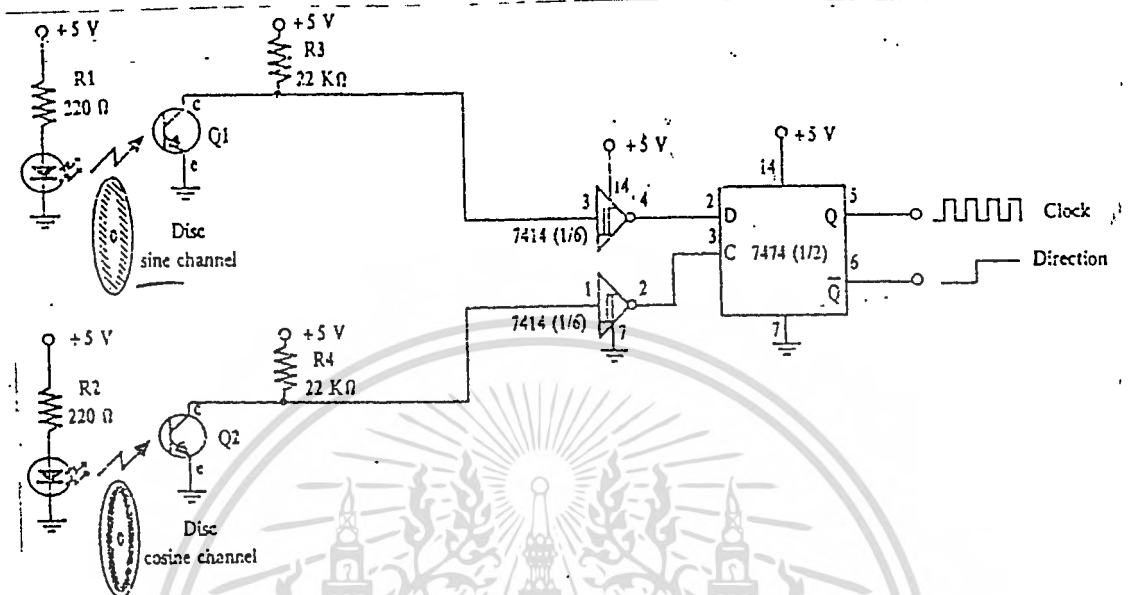
ช่องขงาๆ ในจานหมุนสามารถใช้ในการวัดระยะทางที่มอเตอร์เคลื่อนที่ โดยการนับ สัญญาณ ON/OFF, ซึ่งวงจรควบคุมหุ่นยนต์จะรับสัญญาณจากจานหมุนนี้เอง จำนวนช่องบน จานหมุนมีผลมากที่สุดต่อความถูกต้องของระยะทางที่ได้ ยิ่งช่องมีมาก, ความถูกต้องจะมากขึ้น ค้วย



รูปที่ 3.34 แสดงรูปของจานหมุน (encoder disc)

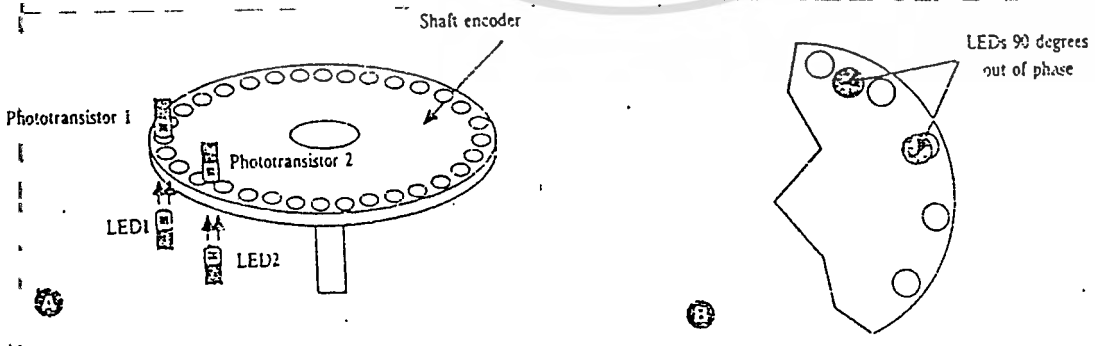
ถ้ากำหนด encoder disc มี 50 ช่องในหนึ่งวงรอบ และมีค่าองศาอย่างน้อยที่สุดในแต่ละ ช่อง 7.2 องศา เมื่อล้อหมุนจะจ่ายสัญญาณให้วงจรทุกๆ 7.2 องศา ถ้า มีเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 7 นิ้ว (เส้นรอบวง = 21.98 นิ้ว), ค่าความละเอียดในการเคลื่อนที่สูงสุดได้ 0.44 นิ้ว เราสามารถ คำนวณโดยอาศัยเส้นรอบวงของล้อ และจำนวนของ encoder ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่วารณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 3.35 มีโฟโตทรานซิสเตอร์ 2 ตัว ถูกใช้บอกความเร็วและทิศทางของ encoder wheel LED 2 ตัว และโฟโตทรานซิสเตอร์ในรูป 3.36 จะถูกวางในตำแหน่งซึ่งทรานซิสเตอร์ตัวหนึ่งรับแสง อีกตัวจะไม่รับแสง (cut off)



รูปที่ 3.35 แสดงวงจรแปลงสัญญาณ 2 ลักษณะขาออกของฟลิปฟลอป บอกความเร็ว (สัญญาณนาฬิกา 1 ลูก มาจาก 1 ช่องในจานหมุน) และทิศทางการหมุน

output ของโฟโตทรานซิสเตอร์ จะผ่านขมิททริกเกอร์ สัญญาณที่ได้นี้จะมีความเร็วมากขึ้นและจ่ายเข้าสู่ "D" เป็นสัญญาณนาฬิกา input ให้แก่ 7474 ฟลิปฟลอป สัญญาณ output ของ 7474 จะจ่ายเป็น pulse, ซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วของ encoder disc, รวมทั้งการบอกทิศทางด้วย
 ตัวควบคุมทิศทางนี้จะบอกได้ว่าหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือข้างหลัง, โดยใช้พลังงานเท่าเดิม เราพบว่าจานหมุน encoder จะทำงานทันทีเมื่อหุ่นยนต์มีการเคลื่อนที่



เอกสรูปที่ 3.36 ภาพ A แสดงหลอด LED และโฟโตทรานซิสเตอร์ ต่อผ่านช่องในจานหมุน (encoder disc) โดยชนด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใด ภาพ B แสดงหลอด LED และโฟโตทรานซิสเตอร์ สามารถเคลื่อนที่ได้ตลอดเส้นรอบวงของล้อ หลอด LED และโฟโตทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 คู่จะต้องมีเฟสต่างกัน 90 องศา

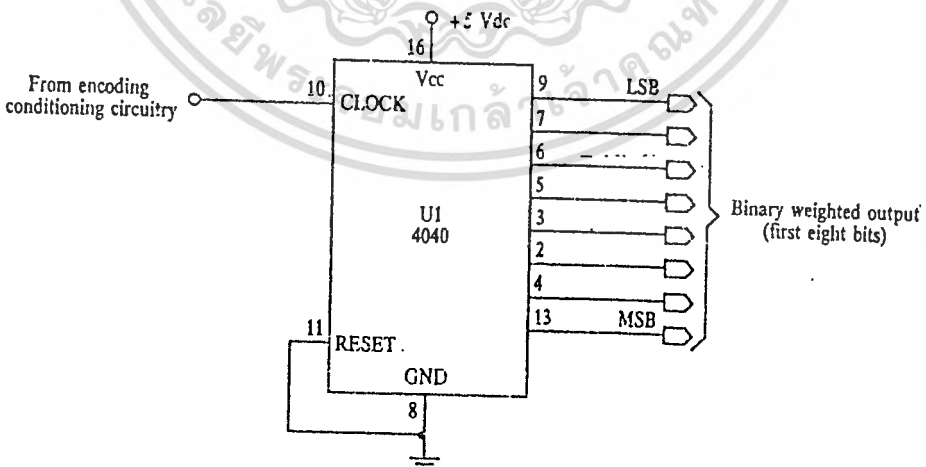
การนับระยะทาง

pulse ที่เข้ามาจะมีการถูกนับและแปลงเป็นระยะทาง การนับและแปลงสัญญาณนี้เป็นปัจจัยหลักของคอมพิวเตอร์ ซึ่งได้แก่คอมพิวเตอร์ชิพเกือบทั้งหมด, ไมโครโปรเซสเซอร์, อุปกรณ์ interface อุปกรณ์เหล่านี้อาศัยการนับทั้งสิ้น เราทำการต่อ pulse เข้าสู่ตัวนับของไมโครโปรเซสเซอร์และมันจะบอกระยะทางแก่เราได้

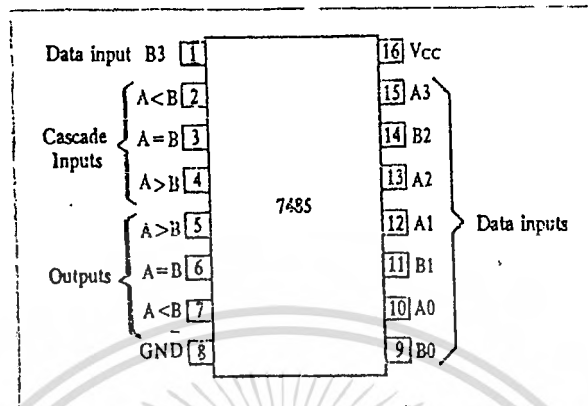
ถ้าหุ่นยนต์ของเราไม่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์, หรือไมโครโปรเซสเซอร์ไม่ติดต่อกับตัวนับ, เราสามารถใช้วงจรพื้นฐานดังรูป 3.37 ศูนย์กลางตัวนับ pulse จะจ่ายเข้าสู่ 4040 ซึ่งชิพตัวนี้เป็น CMOS มี output 12 ค่าไบนารีและนับได้ถึง 4096 ค่า เราใช้แค่ 8 ค่า output, ได้ 256 ค่า เมื่อเริ่มนับนำขาริเซ็ท (ขา 11) ทำให้เป็นสถานะ HIGH, เมื่อเคลียร์ค่า output, แล้วนำกลับไปไว้ที่ LOW ดังเดิม pulse จากจานหมุนจะเข้าสู่ขานาฬิกา (ขา 10)

การนับด้วยไบนารีหรือ BCD output สามารถใช้กับชิพเบอร์ 7485 ขาดังๆแสดงได้ดังรูป 3.38 ชิพจะเปรียบเทียบค่าของไบนารีที่ "A" และ "B" input หนึ่งในสามของ LED จะสว่าง, ซึ่งเป็นผลลัพธ์ระหว่างความแตกต่างของค่า 2 ค่า ในวงจรนี้, เราใช้ ดิฟสวิทช์กับคอมพิวเตอร์พอร์ต

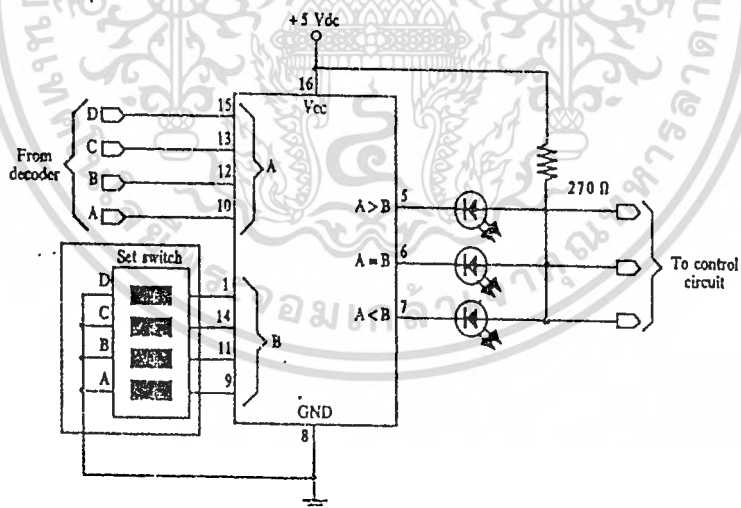
เราสามารถกำหนดค่าในการได้, เช่นในการนับ BCD, สามารถนับได้ถึง 999 ค่า, ซึ่งเพียงพอสำหรับระยะทางทั้งหมดที่นับ หากใช้ล้อที่มี 25 ช่อง, เส้นผ่านศูนย์กลาง 7 นิ้ว ค่าความละเอียดในการเคลื่อนที่คือ 0.84 นิ้วในทางตรง ระยะการนับจะหยุดหุ่นยนต์ในระยะความละเอียดไม่เกิน 0.84 นิ้ว โดยมีระยะทางมากที่สุดไม่เกิน 69.93 ฟุต เราสามารถเพิ่มระยะทางโดยสร้างตัวนับให้มีค่า BCD ได้มากขึ้น หรือลดจำนวน slot ใน encoder disc.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.37 แสดงโคอะแกรมของไอซี 4040 ซิมอส
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



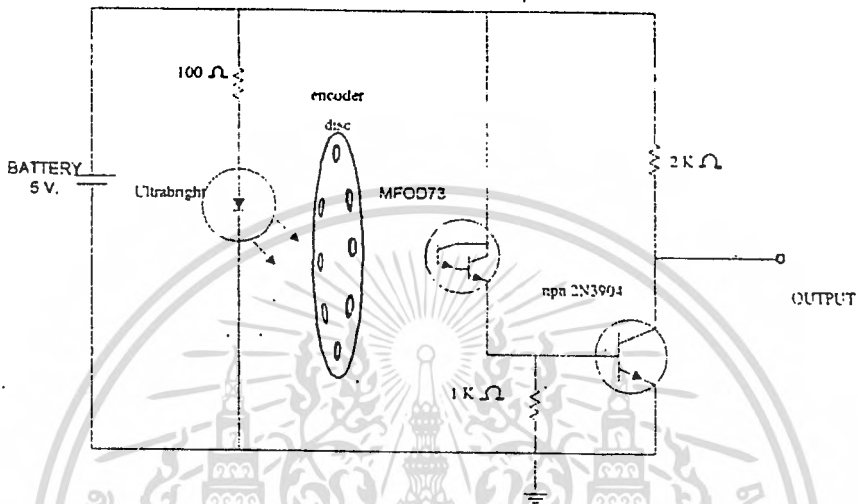
รูปที่ 3.38 แสดงขาของไอซีเบอร์ 7485



รูปที่ 3.39 แสดงไอซีแอมพลีฟายเออร์เปรียบเทียบสัญญาณขาเข้า และให้สัญญาณขาออกต่างๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ในการทดลอง ยังมีวงจรที่สามารถวัดระยะทางที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เป็นวงจรที่รับพัลส์จากภายนอก แล้วนำสัญญาณที่ได้นี้เข้าสู่บอร์ด Ant'32 เพื่อทำการประมวลผลต่อไป ซึ่งส่วนประกอบของวงจรแสดงได้ดังรูป



วงจรภายในประกอบด้วย ชุดตรวจวัดทางแสง ซึ่งมีทั้งตัวรับแสงและตัวกำเนิดแสง

ตัวกำเนิดแสง

1. LED Ultrabright 1 หลอด
2. ตัวต้านทาน 100Ω 1 ตัว

ตัวรับแสง

1. โฟโตทรานซิสเตอร์ MFOD73 1 ตัว
2. ทรานซิสเตอร์ npn เบอร์ 2N3904 1 ตัว
3. ตัวต้านทาน $2 K\Omega$, $1 K\Omega$ 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายการทำงานของวงจร

1. หลักการทำงานของวงจรส่งสัญญาณแสง

ไดโอดเปล่งแสงใช้ชนิดอัลตราไบรท์ (Ultrabright) ซึ่งจะให้ความสว่างมากเมื่อทำการไบอัสตรง (forward bias) ด้วยแรงดันไฟฟ้าประมาณ 2 โวลต์ และกระแสประมาณ 30 มิลลิแอมป์ แต่สำหรับในชุดสาธิตนี้การไบอัสทำให้ไดโอดเปล่งแสงมีความสว่างอยู่ที่ระดับเฉลี่ยค่าหนึ่ง (ต่ำกว่า 2 โวลต์)

2. หลักการทำงานของวงจรรับสัญญาณแสง

วงจรรักษาแสงทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ส่งมา (แสง) ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า สัญญาณแสงนี้มาจากหลอด LED Ultrabright ที่ฉายแสงผ่านตัวกลางคืออากาศ โดยใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ MFOD73 เป็นตัวรับแสง ซึ่งมีการตอบสนองต่อสัญญาณแสงได้ดี

เนื่องจากสัญญาณไฟฟ้าที่ได้มีขนาดเล็กเราจึงต่อผ่านทรานซิสเตอร์ npn เบอร์ 2N3904 เพื่อทำการขยายแรงดันดังนี้ นำสัญญาณไฟฟ้าจากโฟโตทรานซิสเตอร์เข้าสู่ขาเบส ทำให้กระแสที่ขาเบสมีการเปลี่ยนแปลงตามจังหวะการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุท ซึ่งมีผลทำให้ค่าความต่างศักย์ที่คอลเลกเตอร์ที่ผ่านตัวต้านทาน $2\text{ K}\Omega$ เปลี่ยนแปลง จากนั้นนำสัญญาณไปผ่านขมิททริกเกอร์ เพื่อให้สัญญาณมีความเรียบมากขึ้น ค่าความต่างศักย์นี้จะใช้เป็น output ของวงจรตรวจนับระยะทาง แล้วนำไปจ่ายสู่บอร์ด Anr'32

การเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์ดังกล่าว เกิดจากการที่แสงและตัวรับทำงานในลักษณะดิค-ดับ เพราะระหว่างกลางของตัวรับแสงและส่งแสง จะมีจานหมุน (เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.8 เซนติเมตร เส้นรอบวง 15 เซนติเมตร) ที่เจาะช่องไว้โดยรอบ มีทั้งหมด 8 ช่อง ค่าความละเอียดในการเคลื่อนที่คือ 1.9 เซนติเมตร

ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์นั้นพบว่า เมื่อจานหมุนๆ ครบ 1 รอบ จะมีพัลส์จากวงจรตรวจสอบระยะทางทั้งหมด 8 ลูก ซึ่งล้อของหุ่นยนต์จะหมุนไป 1 รอบเช่นกัน ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปได้ประมาณ 30 เซนติเมตร

บทที่ 4

ตัวนำร่องอ้างอิงสนามแม่เหล็กโลก

สนามแม่เหล็กโลก

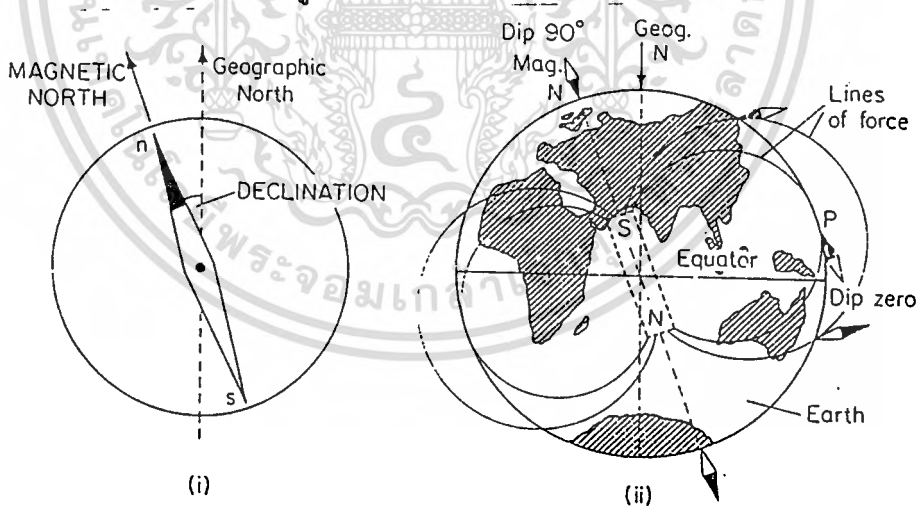
จากที่เราเคยรู้จักแม่เหล็กแบบขั้วหรือแบบแท่งนั้นเราสามารถที่จะบอกทิศเหนือ ได้อย่างหายบ ๆ ได้ แม่เหล็กขั้วนั้นไว้ ซึ่งเป็นเพราะสนามแม่เหล็กโลกนั่นเอง

ในที่ต่าง ๆ บนผิวโลกนั้น ทิศเหนือแม่เหล็ก จะไม่ได้อยู่ในทิศทางเดียวกันเหมือนกันในแผนที่ภูมิศาสตร์ซึ่งความแตกต่างของมุมทั้งสองเราเรียกว่า การลาดเอียง หรือการเบี่ยงเบนค่าการลาดเอียงนี้จะเปลี่ยนทิศไปทั่วทั้งโลก นักเดินเรือจะต้องรู้ถึงสิ่งเหล่านี้ เมื่อต้องอาศัยเข็มทิศแม่เหล็กนำทาง

ขั้วแม่เหล็กของโลก

เมื่อใช้อธิบายพฤติกรรมของแม่เหล็กโลก เราอาจจะคิดถึงแม่เหล็กดังในรูป 4.1 ซึ่งตรงนั้นจะต้องเป็นขั้วได้แม่เหล็กที่ใกล้กับขั้วเหนือทางภูมิศาสตร์เมื่อขั้วเหนือแท่งแม่เหล็กชี้ที่จุดนี้

จุดกำเนิดของสนามแม่เหล็กนี้ เราเชื่อว่ามาจากของเหลวที่แกนของโลก และเราสามารถจินตนาการถึงสนามแม่เหล็กโลกได้ ดังรูปที่ 4.1

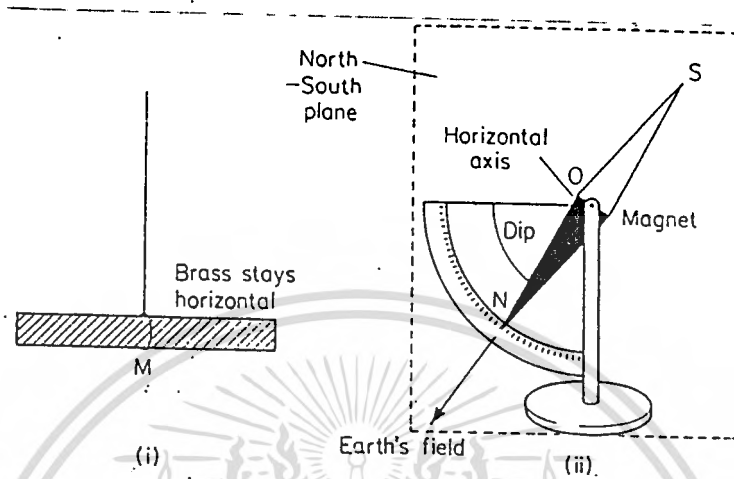


รูปที่ 4.1 แสดงสนามแม่เหล็กโลก

มุลด

ให้แท่งทองเหลือง M ซึ่งไม่เป็นแม่เหล็กซึ่งแขวนอยู่ในแนวราบ โดยแขวนที่จุดกึ่งกลาง ดังรูป 4.2 จะทำให้ได้ผลต่างคือถ้าเข็มแม่เหล็กมีจุดหมุนอยู่ที่กึ่งกลางของแรงโน้มถ่วง O ดังนั้นมันจะชี้ในแนวตั้งของระนาบแม่เหล็กเหนือใต้ ที่สหราชอาณาจักรจะพบว่าเข็มชี้ลงประมาณ 70 ไม่วากรณ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มันจะชี้ในแนวตั้งของระนาบแม่เหล็กเหนือได้ ที่สหราชอาณาจักรจะพบว่าเข็มชี้ลงประมาณ 70 องศา ดังรูป 4.2 แสดงให้เห็นว่าผลของสนามแม่เหล็กโลกทำมุม 70 องศากับแนวราบในระนาบแม่เหล็กเหนือได้เราเรียกว่ามุมลด (angle of dip)



รูปที่ 4.2 แสดงมุมลด (Angle of dip)

ในออสเตรเลียและที่อื่นๆ ในโลก ขั้วใต้เข็มจะชี้ลงเสมอ

การเปลี่ยนมุมลด

มุมลดจะเปลี่ยนไปทั่วผิวโลก ที่ 90 องศา ใกล้กับขั้วภูมิศาสตร์และ 0 องศา ใกล้กับเส้นศูนย์สูตร ซึ่งอธิบายได้โดยการพิจารณาสนามแม่เหล็กในรูป 4.1 ที่ขั้วแม่เหล็กเหนือและใต้ เส้นของแรงจะเป็นเส้นตั้ง ดังนั้นมุมลดเป็น 90 องศา ที่เส้นศูนย์สูตร แม่เหล็กเป็นเส้นสัมผัสกับผิวโลกคือขนานกับผิวดังนั้นจึงมีมุมลดเป็น 0 องศา ที่ P และค่ามุมลดที่จุดอื่นจะแสดงดังรูป 4.1

ที่ๆ มุมลดเป็น 90 องศา จะวัดเป็นตำแหน่งจริงได้ห่างออกไปประมาณ 1500 กิโลเมตร จากขั้วภูมิศาสตร์และเส้นที่มุมลดเป็น 0 ก็ไม่ได้เป็นวงกลมแน่นอน แต่จะเป็นเส้นที่ไม่เป็นระเบียบเหมือนเส้นศูนย์สูตรทางภูมิศาสตร์

แม่เหล็กที่เกิดจากผลของกระแส (magnetic effect of current)

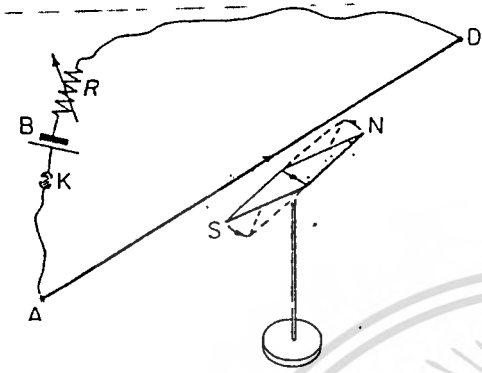
การค้นพบของ เออร์สเตด

กระแสไฟฟ้าจะมีผลของความร้อนและผลทางเคมี ส่วนผลทางแม่เหล็กจะต้องอธิบายด้วยทฤษฎีและการทดลองโดยการต่อลวดจนวนยาว AD ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ B มีตัวต้านทานปรับค่าได้ R และกุญแจ K ดังรูป 4.3 เมื่อ AD ขนาบและอยู่เหนือจุดหมุนของแม่เหล็กเข็ม NS (เส้นลวดจะต้องวางในแนวเหนือใต้) จะทำให้เข็มเบี่ยงเบนไป เมื่อกระแสเพิ่มขึ้นโดยการปรับ R ก็

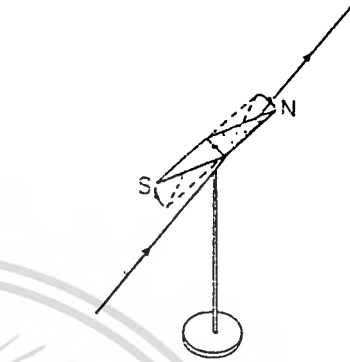
จะยังทำให้เบี่ยงเบนมากขึ้น ที่กระแสมากขึ้นจะเบี่ยงเบนเป็นมุมเกือบ 90 องศา คือเข็มจะตั้งฉากไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุผลแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่พิมพ์ไปใช้

จากที่เข็มหมุนเมื่อมีกระแสไหลในสายมีทิศทางกัน เราจะเห็นว่าแรงที่ขั้วตั้งฉากกับทิศทางของกระแสตั้งรูปทั้งสอง จึงสรุปได้ว่า

1. กระแสมีสนามแม่เหล็กรอบตัวมัน
2. สนามแม่เหล็กอยู่ในทิศตั้งฉากกับกระแส



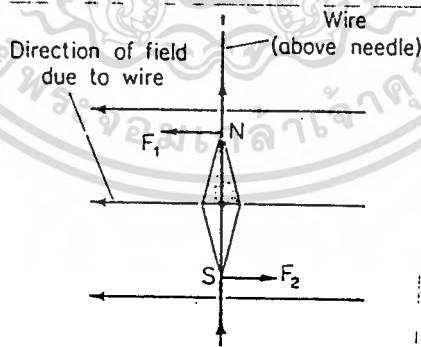
รูปที่ 4.3 แสดงผลของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแส



รูปที่ 4.4 แสดงกระแสภายใต้การเบี่ยงเบนของเข็ม

แรงเนื่องจากสนามแม่เหล็ก

ทิศทางของสนามแม่เหล็ก ที่มีทิศทางที่ขั้วเหนือจะมีแนวโน้มเคลื่อนที่ถ้าอยู่ในสนามดังรูป 4.5 ซึ่งแสดงทิศทางของสนามแม่เหล็ก เมื่อกระแสไหลในทิศทางของเข็มแม่เหล็กที่ขนานกัน สนามจะมีทิศตั้งฉากกับทิศทางกระแสและถูกศรหมายถึงการเคลื่อนที่ของขั้วเหนือในระนาบ ขั้วเหนือจะเคลื่อนโดย F_1 และขั้วใต้จะเคลื่อนที่โดย F_2 จึงทำให้เข็มหมุน



รูปที่ 4.5 แสดงแรงเนื่องจากกระแส

สนาม แม่เหล็กรอบขดลวด

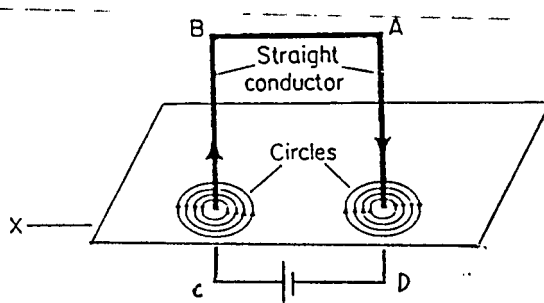
การเกิดสนามแม่เหล็กรอบสายที่มีกระแสไหลจะสามารถทดสอบโดยใช้พื้นที่สี่เหลี่ยมขนาดใหญ่ ABCD มีด้านประมาณ 50 เซนติเมตร กับสายที่มีลวดพัน 10 รอบ ดังรูป 4.6

ระนาบขดลวดวางตั้งและบอร์ด X จะอยู่ที่ตำแหน่งที่ผ่านเส้นผ่าศูนย์กลางของขดลวด

ให้กระแสค่าน้อย ๆ เมื่อผ่านไปทีลวด โรยผงตะไบเหล็กรอบ ๆ ระหว่าง AD และ BC

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มาไปใช้

พิจารณาว่า AD และ BC อยู่ห่างกัน เราจึงได้ว่า AD มีกระแสสวน BC มีกระแสขึ้น เป็นอิสระต่อกัน



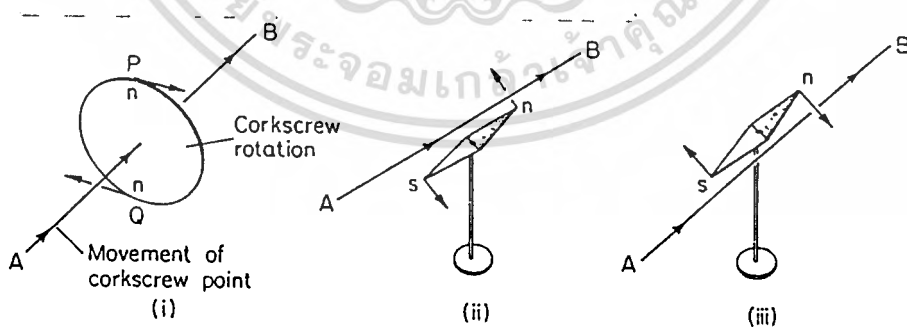
รูปที่ 4.6 แสดงสนามแม่เหล็กรอบเส้นลวด

รูปแบบของสนามแม่เหล็กจะประกอบด้วยวงกลมซึ่งจะศูนย์กลางที่ลวด หมายความว่าสนามจะมีลักษณะสมมาตรรอบสาย เมื่อปราศจากการรบกวนจากแม่เหล็กภายนอก อีกแบบหนึ่งได้ผลอย่างเดียวกันคือวงเส้นทึบไว้รอบ ๆ และใกล้กับสาย ในลำดับแรกเมื่อไม่มีกระแสไหล เส้นทึบทั้งหมดจะชี้เหนือได้เมื่อให้กระแสไหล จะทำให้เป็นสั้นและวางตัวในรูปวงกลม ทิศทางของสนามรอบ AD จะตรงข้ามกับที่รอบ BC เพราะกระแสที่ไหลมีทิศทางตรงข้ามกัน แน่แน่นอนว่าสนามของสายทุกระนาบจะตั้งฉากกับตัวมันเอง

กฎทิศทางของสนามแม่เหล็ก

1. กฎของ แมกซ์เวลล์

ถ้าเราหมุนมือขวา จุดที่ขั้วนิ้วไปตามทิศของกระแส และทิศทางของการหมุน จะเป็นทิศทางของสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 4.7 แสดงกฎสกรูของแมกซ์เวลล์

รูป 4.7 แสดงสายที่มีกระแสผ่าน AB ที่จุด P เหนือขั้วเหนือจะเคลื่อนที่จากซ้ายไปขวา

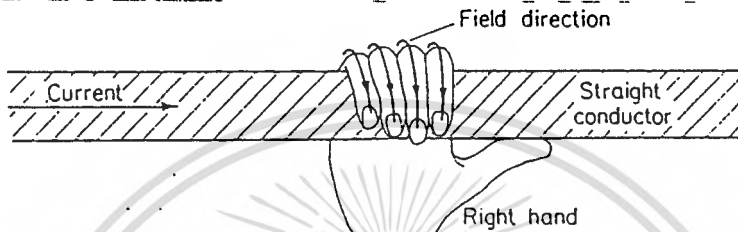
เป็นไปตามกฎของแมกซ์เวลล์ที่

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุด Q ได้ขั้วเหนือจะเคลื่อนที่จากขวาไปซ้ายในทิศทางตรงกันข้าม ถ้ากฎนี้นำไปใช้กับสาย AB รูป 4.7 ขั้วเหนือของเข็มที่อยู่ใต้สายจะเคลื่อนไปทางซ้ายเหมือนจุด Q ในรูป 4.7 ขั้วใต้เคลื่อนในทิศทางตรงข้าม ถ้าเข็มแม่เหล็กที่งานเหนือสาย AB รูป 4.7 ขั้วเหนือเคลื่อนที่ไปทางขวาเหมือนที่ P ในรูป 4.7 และขั้วใต้เคลื่อนไปทางซ้าย

2. clenched fist rule

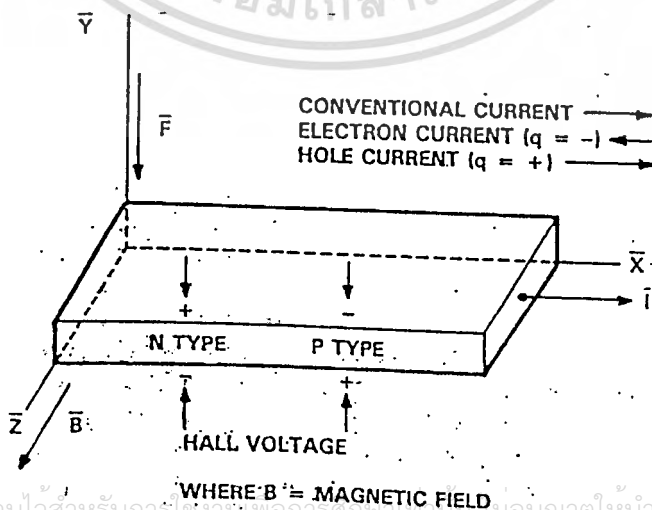
กำสายด้วยมือขวา จุดที่นิ้วโป้งชี้เป็นทิศทางของกระแส ทิศทางของนิ้วทั้งสี่ เป็นทิศของสนามแม่เหล็กและนำไปพิจารณาในกรณีที่เพิ่งจะกล่าวไปไม่นานนี้



รูปที่ 4.8 แสดงกฎมือขวา

Hall effect in silicon

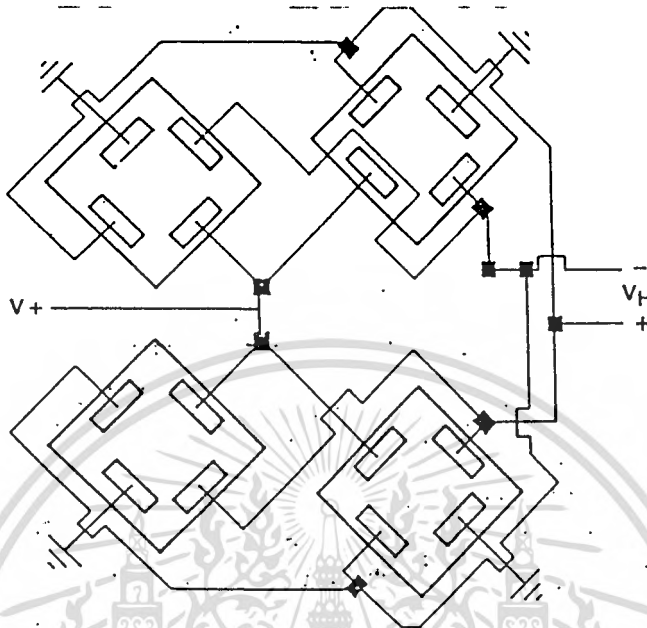
Hall effect จะเกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไหลผ่านวัสดุสารกึ่งตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กอิดเลคตรอนและโฮลจะไหลผ่านวัสดุแต่ละส่วนจะขึ้นกับความหนาแน่นประจุและความเร็วของพาหะข้างมากรวมถึงฟลักซ์ของสนามแม่เหล็ก ในรูปที่ 4.9 ถ้ากระแสมีค่า I ไหลจากซ้ายไปขวา อยู่ภายในฟลักซ์แม่เหล็กค่าแรงจะกระทำในทิศทางลง (ทำกับพาหะข้างมาก) ไม่ว่าโฮลหรืออิเล็กตรอน ประจุจะสะสมอยู่ที่ผิวด้านล่างของสารกึ่งตัวนำและจะทำให้เกิด Hall Voltage ในสารชนิดอื่นจะมีพาหะข้างมากเป็นอิเล็กตรอนและค่า Hall Voltage จะเป็นลบ ที่ผิวด้านล่างเทียบกับด้านบน ส่วนในกรณีสารชนิดที่ จะกลับกัน



WHERE 'B' = MAGNETIC FIELD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 รูปที่ 4.9 แสดงกระแสที่เกิดจากปรากฏการณ์ฮอลล์

การแพร่ของสารเจือในซิลิกอนจะพิจารณาจากค่าความคล่องตัวของพาหะของพาหะข้างมากและความหนาแน่นประจุปรากฏการณ์ Hall effect ในอุดมคติจะทำให้เกิด Hall Voltage มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับสนามแม่เหล็กภายนอก



รูปที่ 4.10 แสดงแผนภาพฮอลล์เซลล์เซ็นเซอร์

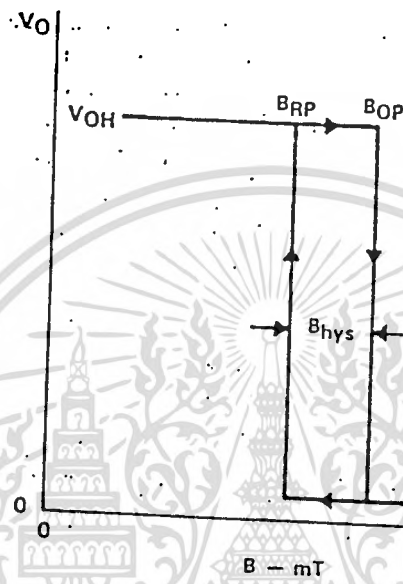
อย่างไรก็ตามยังมีองค์ประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับ Hall Voltage นอกจากความเข้มข้นสนามแล้วยังมีอุณหภูมิ ความเค้น และกระแส ทั้งความเค้นและอุณหภูมิจะไปเปลี่ยนผลของพาหะข้างมากในแง่ของความคล่องตัว ดังนั้นเมื่อเปลี่ยนค่ากระแสที่ไหลจะทำให้เกิดความไม่เชิงเส้นเป็นแบบขึ้น ๆ ลง ๆ แก่ Hall Voltage ดังนั้นจึงต้องแก้ไขโดยใช้แหล่งกำเนิดกระแสคงที่และวงจรชดเชยอุณหภูมิ ส่วนการเกิดไม่เชิงเส้นซึ่งมาจากความเค้นจะแก้ไขได้โดยการออกแบบสถาปัตยกรรมวงจร ดังรูป 4.10 แสดงรูปร่างของ orthogonal cross-couple Hall cell จะมี 4 เซลล์ต่อในลักษณะ orthogonal เพื่อลดผลของความเค้นและยังปรับปรุงให้มีความไวต่อสนามแม่เหล็กขึ้น

อุปกรณ์ Hall Effect

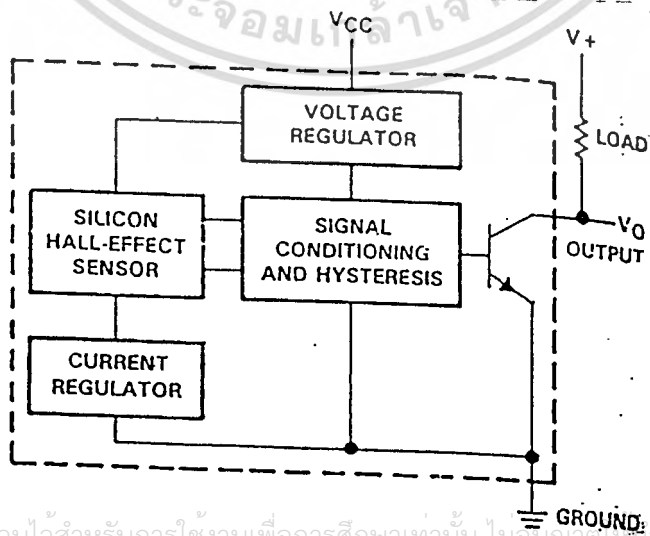
อุปกรณ์ Hall Effect เป็นวงจรที่ประกอบด้วย Hall Effect cell ส่วน signal condition ซึ่งอาจจะรวม hysteresis และทรานซิสเตอร์ ซึ่งจะรวมกันเป็นชิพเดี่ยว รูปแบบพื้นฐานของอุปกรณ์ Hall effect จะมี 3 แบบคือ แบบ switch , แบบ latch , และแบบ linear ใน

แบบ switch และ latch เป็นอุปกรณ์ดิจิทัลขณะที่อุปกรณ์แบบ linear จะให้ voltage output เป็นเชิงเส้นสัมพันธ์กับสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนไป หน่วยของความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กตามหน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รวบรวมไว้สำหรับครูผู้สอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แสดงกราฟ V_o กับ B



รูปที่ 4.12 แสดงบล็อกโคะแกรมของอุปกรณ์ฮอลล์แบบสวิตซ์

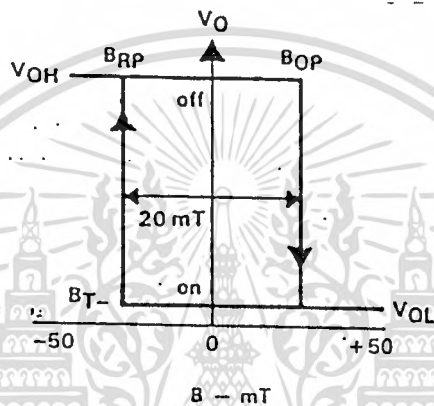
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต่อวงจรเชิงไฟฟ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซิลิกอนจะเป็น เทสลา ค่า เทสลามีค่าเท่ากับ 1 เวเบอร์ / ตารางเมตร ค่าที่เป็นมิลลิเทสลาอาจเปลี่ยนเป็น เกาส์ ได้โดยคูณ 10 เช่น 50 มิลลิเทสลา = 500 เกาส์

อุปกรณ์ switching

อุปกรณ์ชนิดนี้ทั้งไปจะใช้ในลักษณะที่เรียกว่า normally of Hall Effect switch อุปกรณ์นี้จะ on ในสถานะที่ค่าสนามแม่เหล็กเป็นบวกและ off เมื่อสนามถูกเลื่อนออกไป รูป 4.12 จะแสดงไคอะแกรมของอุปกรณ์ชนิดนี้



รูปที่ 4.13 แสดงกราฟ V_o กับ B

หมายเหตุ ที่จุดที่พาหะทั้งสอง (B_{op}) และจุดปล่อย (B_{rp}) มีค่าเป็นบวก hysteresis จะทำให้การสวิตช์มีความคงที่ดี ค่า operating และ release และความกว้างของ hysteresis เป็นพารามิเตอร์ที่จำเป็นต้องพิจารณาเมื่อเลือกอุปกรณ์ และแม่เหล็กในการใช้งาน รูป 4.13 จะแสดง block diagram หน้าที่ของส่วนต่างๆ ภายในอุปกรณ์แบบ switch

อุปกรณ์ latching

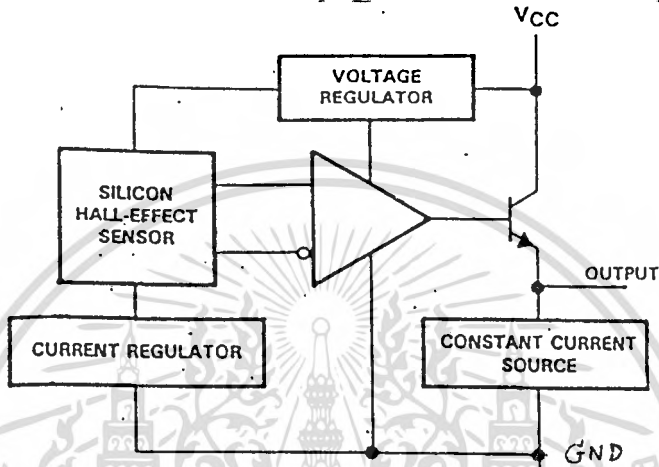
Hall effect latch เป็น switch ที่เปิดเมื่อมีสนามแม่เหล็กเข้ามา มีค่าเป็นบวกและปิดเมื่อค่าสนามแม่เหล็กเป็นลบ ค่าสนามแม่เหล็กสูงสุดที่จะเปิดคือ 25 มิลลิเทสลา โดยทั่วไปและค่าต่ำสุดที่จะปิดเป็น -25 มิลลิเทสลา เมื่อสนามมีค่าเป็นบวกพอและยังคงที่จนกระทั่งสนามมีค่าเป็นลบที่มีขนาดพอ

อุปกรณ์ linear Hall

อาจเรียกอุปกรณ์ที่ว่าเป็นตัวตรวจจับสนามแม่เหล็กที่ออกแบบให้ output มีค่า volt ที่ไม่มีการสวิตช์ นั่นคือ อีกรูปแบบเป็นค่าคงที่ของค่าสนามแม่เหล็กคงที่ซึ่งจะออกมาจากสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ เปลี่ยนเป็นเชิงเส้นกับสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนไป ซึ่งไม่ได้จำกัดจะต้องไปใช้งานแบบ switch เปิด-

ปิด บางครั้งเราต้องการรู้ความแรงของสนามแม่เหล็กและขั้วของมัน อุปกรณ์ linear นี้จะไม่มี วงจร hysteresis แต่ความไวของมัน (ประมาณ 16 มิลลิโวลต์ / มิลลิเทสลา) ก็จะช่วยให้การวัด ความแรงของสนามได้ง่ายขึ้น

เราอาจนำไปใช้ เช่น linear sensor เพื่อพิจารณาขั้วสนามแม่เหล็กถ้าคุณรู้ค่าจุดตัด (จุด ที่ V output ตัดกับจุดที่ความแรงสนามแม่ 0) ที่ค่า V output มากกว่าค่าจุดตัดจะแสดงให้เห็น ว่าเป็นขั้วเหนือแม่เหล็กขณะที่ค่า output ต่ำกว่าจะได้ขั้วใต้



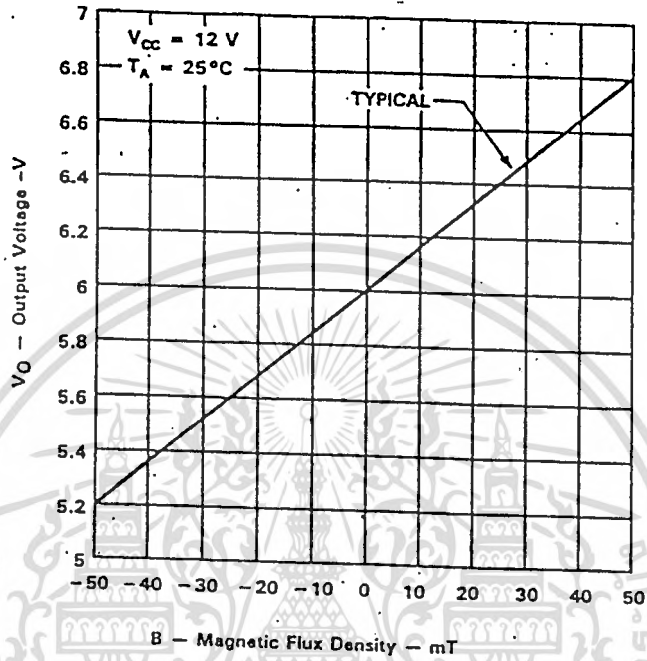
รูปที่ 4.14 แสดงบล็อกโคอะแกรมของ TL3103

รูป 4.14 แสดง block diagram ของ TL 173 linear Hall-effect วงจรนี้ได้รวมส่วน Hall เป็น sensor เบื้องต้นกับ Volt อังอิงและ amplifier ที่มีความแม่นยำที่อุณหภูมิคงที่และวงจรลบบน ภายในจะทำให้อุปกรณ์นี้มีลักษณะ ความไวได้อย่างดีซึ่งค่าผิดพลาดน้อยกว่า 5% ในช่วง อุณหภูมิทำงาน ค่า Hall Voltage ที่ถูกขยายจะได้ระดับ Volt ที่เป็นสัดส่วนกับสนามแม่เหล็กค่า output ปกติที่สนามแม่เหล็กเป็นศูนย์ จะเป็น 60 V output จะเพิ่ม 16 มิลลิโวลต์ / มิลลิเทสลา ที่ค่าสนามแม่เหล็กเป็นบวกและลด 16 มิลลิโวลต์ / มิลลิเทสลา กับสนามแม่เหล็กเป็นลบดังรูป 4.15

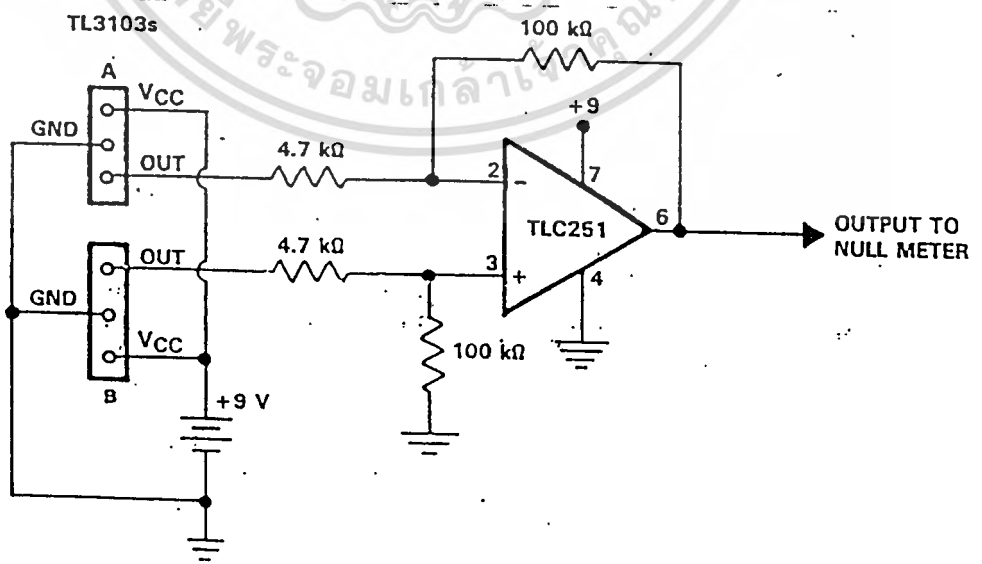
การประยุกต์ใช้อุปกรณ์ linear Hall ทำเข็มทิศ

อุปกรณ์ TL 3103 เป็นอุปกรณ์ linear Hall ซึ่งอาจเป็นเข็มทิศได้โดยการกำหนดให้ขั้ว เหนือของแม่เหล็กเป็นขั้วที่ถูก ดึงดูดโดยขั้วแม่เหล็กเหนือของโลกขั้วเหนือของแม่เหล็กจะผลิตขั้ว ที่ค้นหาทิศเหนือของเข็มทิศ และโดยหลักการแล้วเส้นของฟลักซ์ที่กระจายขั้วเหนือของแม่เหล็ก และเข้าสู่ขั้วใต้ (รูป 4.15) วงจรเข็มทิศจะแสดงดังรูป 4.16 โดยใช้ TL 3103 2 ตัว ซึ่งเราจะได้ เหมือนมีความไว 2 ครั้ง แต่ละอุปกรณ์จะหันหน้าสลับทิศหากัน อุปกรณ์ A จะให้ output เป็นบวก และที่ output B เป็นลบ เทียบกับที่สนามแม่เหล็กเป็นศูนย์ ซึ่งจะให้เห็นขั้วเหนือที่ต่าง ไม่วารณใดๆ ทั้งสน อีกทั้งห้ามมีเหตุดบังแสงเงาและต้องอ้างอิงถึงขั้วของเอกสารทุกครั้งห้ามทำซ้ำ

กันเพื่อนำไปที่ TLC251 opamp โดยต่อในลักษณะ differential amp ที่มี gain 20 จากนั้นเอา output ที่ได้ไปต่อกับ null meter หรือวงจรวัดรีจิสต์สมดุล



รูปที่ 4.15 แสดงกราฟ Vo กับความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กของ TL3103



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ 4.16 แสดงเข็มทิศแบบลิเนียร์ฮอลล์เอฟเฟค (linear hall effect)

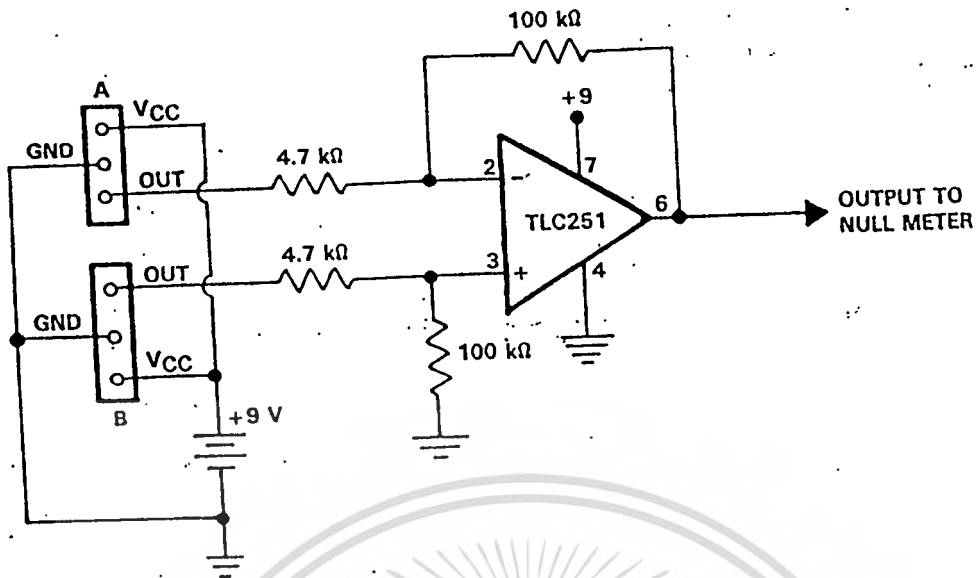
4.3 ตัวนำร่อง

จากทฤษฎีที่กล่าวไปและวงจรตัวอย่าง เราสามารถนำมาใช้เป็นตัวนำร่องได้โดยอาศัยอุปกรณ์ที่เป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ ในที่นี้เราใช้ linear hall sensor เบอร์ TL173 ซึ่งจะให้ผลที่ได้ต่างกัน คือตัว TL173 จะให้โวลต์ขาออกเป็นช่วง 5 - 7 โวลต์ แทนที่จะให้ตั้งแต่ค่าลบไปจนบวก เหมือนเบอร์ TL3103 จึงมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย จากวงจรที่เราได้จะนำค่าโวลต์เข้าคัทพุดมาต่อเข้ากับอินพุตของตัวอนาลอกเป็นดิจิตอลเบอร์ 0804 เพื่อให้สัญญาณออกมาเป็น 8 บิต

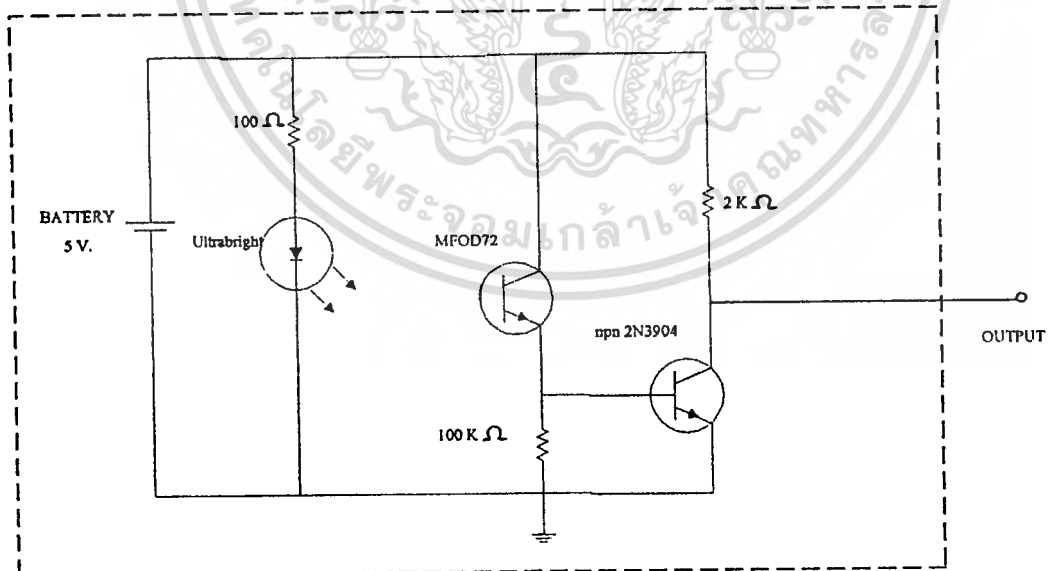
แต่ทั้งนี้และทั้งนั้นในระหว่างการทดลองได้เกิดปัญหาขึ้น คือข้อมูลที่ออกมาจากตัวอนาลอกเป็นดิจิตอลไม่สามารถที่จะนำมาอ้างอิงได้ เพราะข้อมูลที่ได้นั้นออกมาไม่แน่นอนมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งสันนิษฐานว่าเกิดมาจากสัญญาณรบกวนที่มากจนไม่สามารถแก้ไขได้ ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการเปลี่ยน ตัวนำร่องโดยใช้วงจรใหม่

ตัวนำร่องตัวใหม่นี้เราได้อาศัยหลักการของเข็มทิศที่หันไปในทิศทาง ต่างๆเนื่องจากสนามแม่เหล็กโลก (ดังที่ได้อธิบายไปแล้วในส่วนของทฤษฎีข้างต้น) ดังนั้นเราจึงใช้ตัวเข็มทิศมาทำการเจาะรูทั้งหมด 4 รูที่ทิศ เหนือ , ใต้ , ตะวันออก และ ตะวันตก และใช้อุปกรณ์โฟโต้ทรานซิสเตอร์ กับ LEDกำลังสูงทำเป็นชุดคัดแสงที่รูทั้ง 4 ที่ได้เจาะไว้ชุดนำร่องแบบใหม่จะเป็น ดังรูป 4.18| 4.19

จากข้อมูลที่ได้จากตัวนำร่องนี้ จะได้เป็นข้อมูลดิจิตอล 4 บิตเลยโดยจะใช้แต่ละบิตอย่างที่สมแต่ละทิศโดยเรียงกันตั้งแต่ บิต 0 ไปบิต 4 เป็น เหนือ , ใต้ , ออก , ตก แล้วจึงเข้าสู่หน่วยประมวลผลของ ไมโครคอนโทรลเลอร์



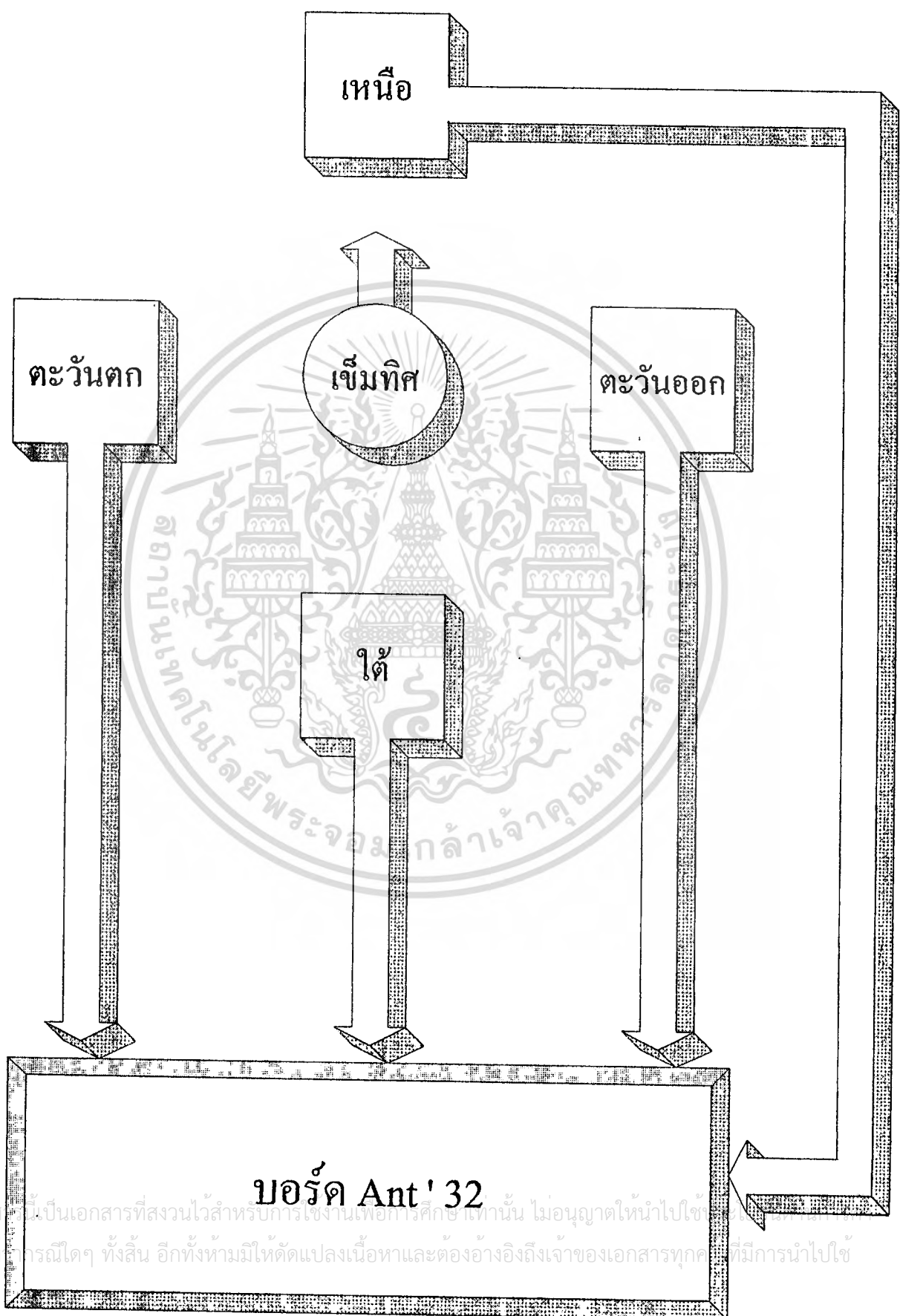
รูปที่ 4.17 แสดงเข็มทิศ แบบ ลิเนียร์ฮอลล์เอฟเฟกต์ (linear-hall-effect) โดยใช้ TL173



รูปที่ 4.18 แสดงวงจรของตัวนำร่องในหนึ่งทิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.19 บล็อกโคอะแกรมแสดงหลักการทำงานของตัวนำร่อง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้
โดยไม่ขออนุญาตใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

หลักการทํางานของหุ่นยนต์

5.1 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์

1. บอร์ด Ant'32 ใช้ในการควบคุมการทํางานของหุ่นยนต์
2. วงจรแอมพลิไฟค์แบบบริดจ์ ใช้ขับและควบคุมความเร็ว dc moter
3. วงจรเซ็นเซอร์อ้างอิงสนามแม่เหล็กโลก ประกอบด้วย
 - เซ็มทิส
 - ตัวรับแสง(phototransistor) และตัวส่งแสง(LED Ultrabright)
4. ชุดตรวจวัดระยะทาง
5. แกนล้อและล้อ
6. โครงสร้างทำจากเหล็ก
7. แบตเตอรี่ dc +5 , dc +12 โวลต์

5.2 หลักการทํางานของหุ่นยนต์ค้นหาทิศจากสนามแม่เหล็กโลก

ตัวเซ็นเซอร์สนามแม่เหล็กโลก ประกอบด้วย เซ็มทิส, เซ็นเซอร์ตรวจจับแสง ประกอบด้วย ตัวรับและตัวส่งแสง, วงจรแอมพลิไฟเออร์ ขยายสัญญาณที่ออกมาจากเซ็นเซอร์สนามแม่เหล็กโลก

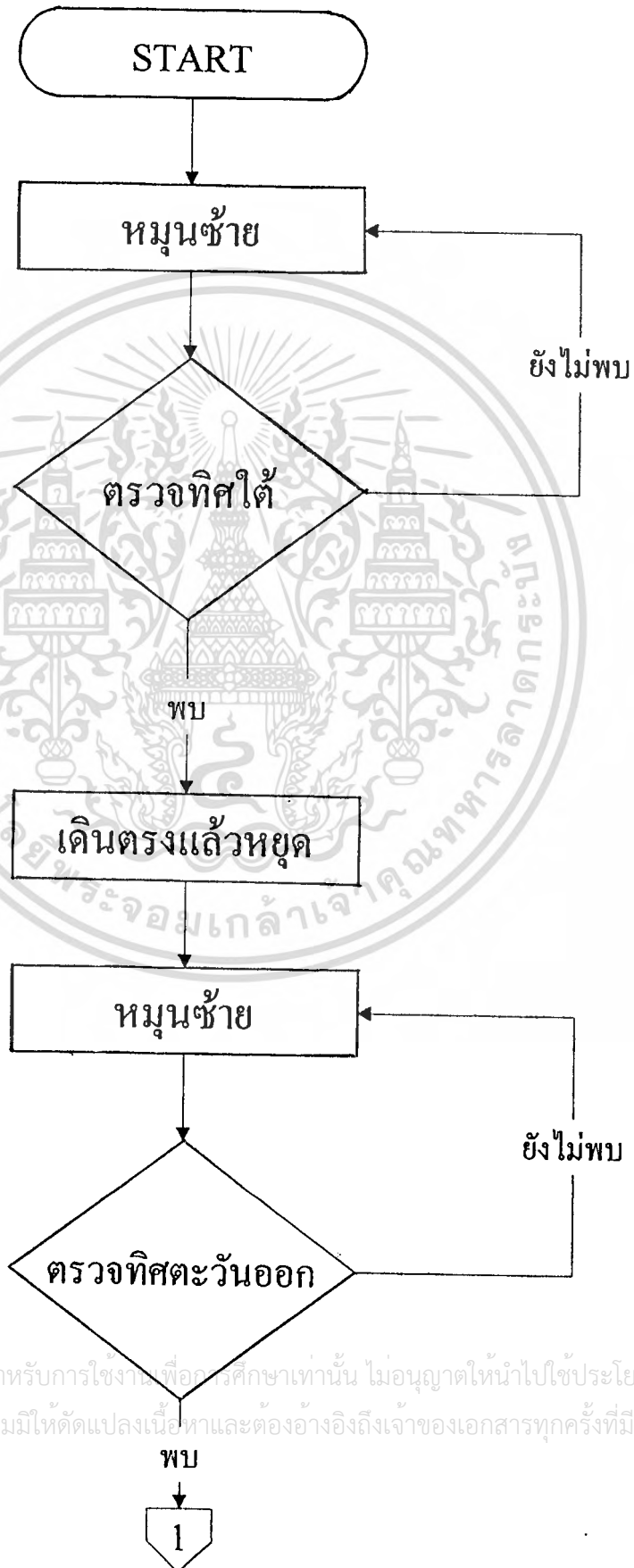
ในการค้นหาทิศ จะอาศัยเซ็มทิสที่เซ็มทิสไปตัดแสงที่อิงผ่านระหว่างตัวรับแสงและตัวส่งแสง ในสภาวะปกติ นั้น คือ ไม่มีเซ็มของเซ็มทิสมาตัดแสง สัญญาณที่ได้จากเซ็นเซอร์สนามแม่เหล็กโลก จะมีสภาวะเป็นโล (LOW) ทั้งหมด แต่เมื่อมีการตัดแสงที่เซ็มของเซ็มทิส สัญญาณที่ได้จะมีสภาวะเป็นไฮ (HIGH) ผลของสภาวะที่กล่าวมานี้จะถูกส่งเข้าส่วนควบคุมการทํางานของหุ่นยนต์ (บอร์ด Ant'32) ทำให้หุ่นยนต์สามารถรู้ทิศทางของสนามแม่เหล็กโลกได้

ลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์ มีดังนี้

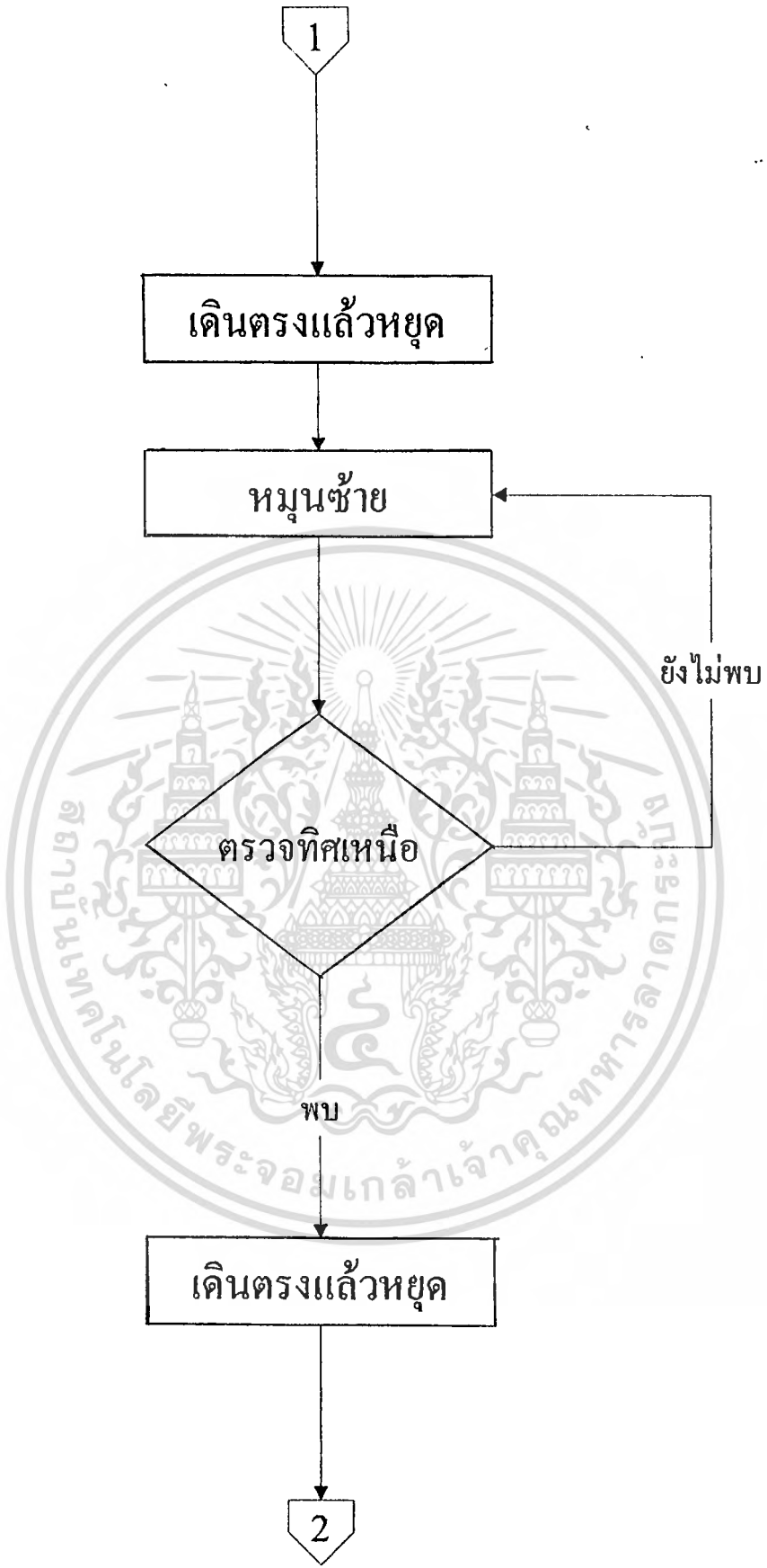
1. การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทุกรูปแบบที่นำเสนอ จะถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าโดยการเขียนโปรแกรม ในการหาทิศทาง หุ่นยนต์จะอาศัยการเคลื่อนที่หมุนตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกา (ขึ้นอยู่กับรูปแบบการเคลื่อนที่นั้น) ทำให้ภายในเซ็นเซอร์ทั้ง 4 มีการเปลี่ยนแปลงสถานะ (LOW, HIGH) ไปเรื่อยๆ เมื่อเซ็นเซอร์ตัวใดตัวหนึ่งที่อ้างอิงแทนทิศทางที่ต้องการมีการเปลี่ยนแปลงจากโล (LOW) เป็นไฮ (HIGH) สัญญาณจะถูกส่งเข้าสู่บอร์ด Ant'32 ทางพอร์ตใช้งาน (user port)
2. เมื่อหุ่นยนต์หยุดค้นหาทิศ คำสั่งต่อมาที่โปรแกรมให้หุ่นยนต์คือ การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็วค่าหนึ่ง ความเร็วนี้สามารถควบคุมได้โดยอาศัยคุณสมบัติของวงจรพัลส์วิตท์มอดูเลชัน (pulse width modulation) ถ้าต้องการให้วิ่งด้วยความเร็วสูงสุดของมอเตอร์ที่ใช้ เราจะจ่ายสัญญาณ โล (LOW) จากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้แก่ วงจรพัลส์วิตท์มอดูเลชัน (pulse width modulation) ถ้าต้องการให้ความเร็วลดลง ทำการจ่ายสัญญาณ ไฮ (HIGH) เป็นช่วงๆ และหุ่นยนต์จะหยุดนิ่ง เมื่อทำการจ่ายสัญญาณ ไฮ (HIGH) เพียงอย่างเดียว
3. ในส่วนของการควบคุมระยะทาง จะมีเซ็นเซอร์แสงอีกชุดหนึ่งติดอยู่กับแกนล้อข้างซ้าย และมี encoder disc มีลักษณะเป็นจานที่มีการเจาะรูโดยรอบ เมื่อล้อหมุน encoder disc นี้จะมีการตัดแสงในลักษณะติด-ดับ ทำให้เกิดพัลส์ขนาด 5 โวลต์ ส่งไปไมโครคอนโทรลเลอร์ที่พอร์ตภายใน (internal port) สัญญาณจะเข้าที่ขา Timer 0 แต่ในการใช้งาน เราเซตให้เป็น counter 0 เพื่อทำการตรวจนับพัลส์ที่เข้ามา ซึ่ง encoder disc หมุน 1 รอบ สามารถจ่ายพัลส์ได้ทั้งหมด 8 ลูก ขณะเดียวกัน ล้อของหุ่นยนต์ก็จะหมุนไป 1 รอบ เป็นระยะทาง 30 เซนติเมตร

ในการทดลองจะตั้งระยะทางไว้ที่ 90 เซนติเมตร เมื่อเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง หลังจากนั้นหุ่นยนต์จะหยุดเพื่อทำการค้นหาทิศทางที่ได้โปรแกรมไว้ จนสิ้นสุดโปรแกรม

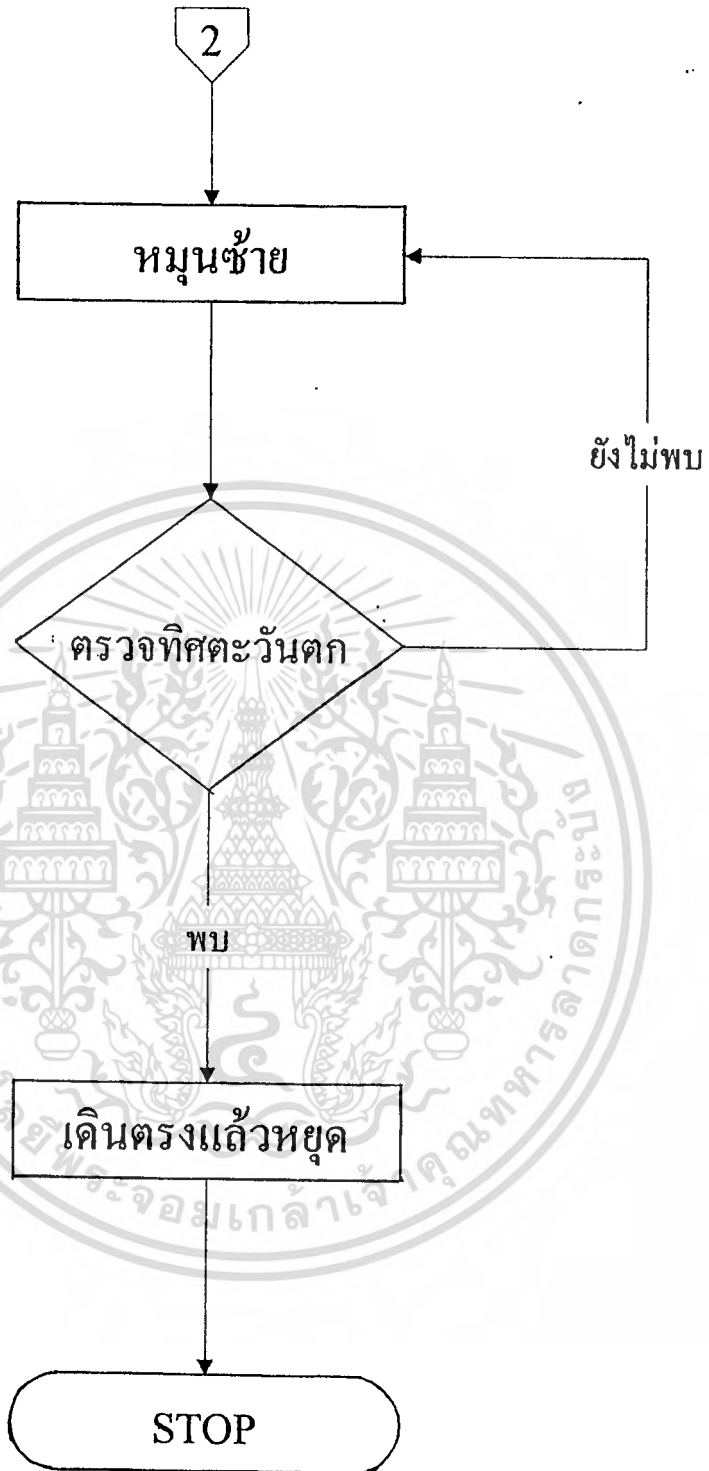
รูปที่ 5.1 แผนผังการทำงานของโปรแกรม
การเคลื่อนที่แบบสี่เหลี่ยม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

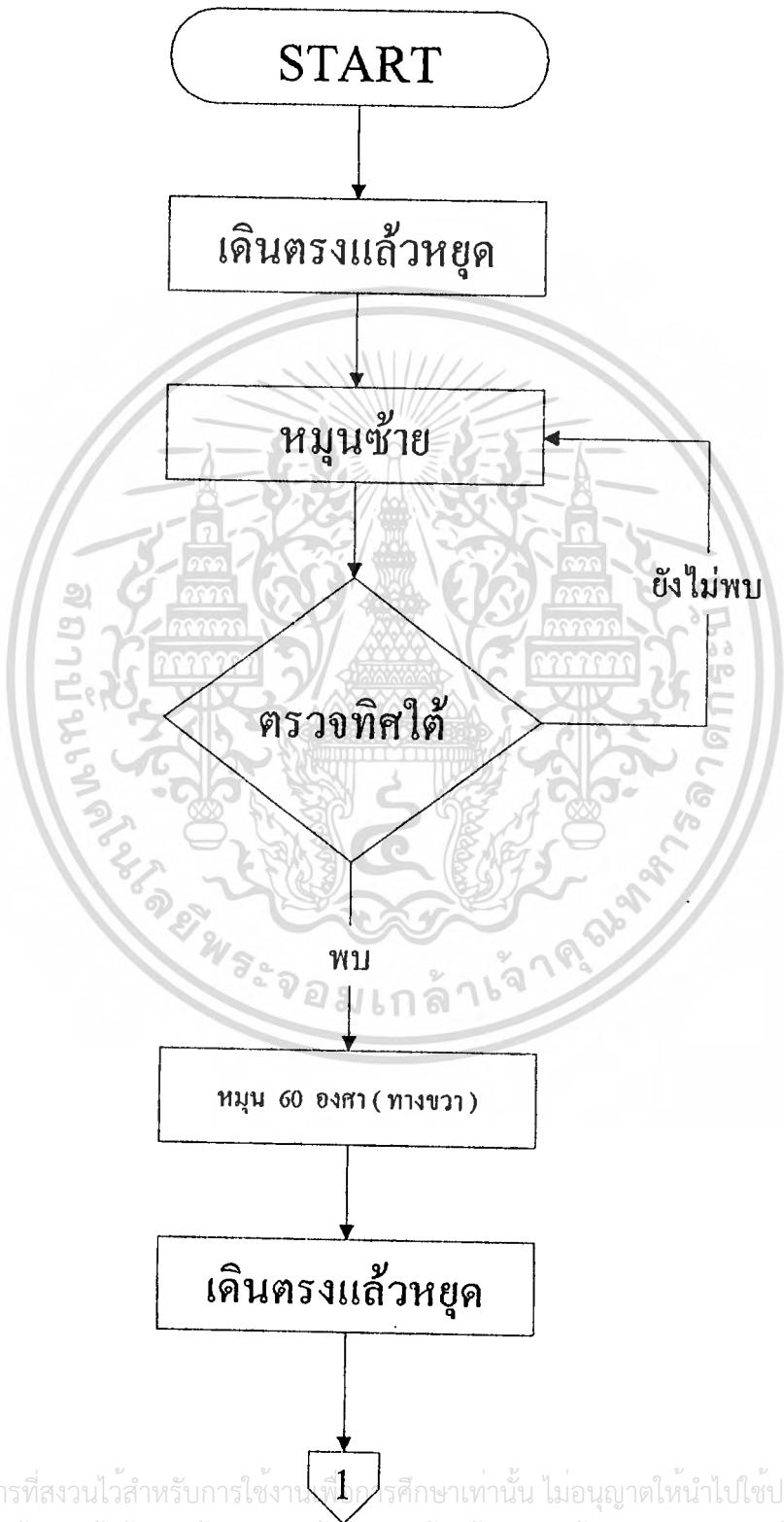


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

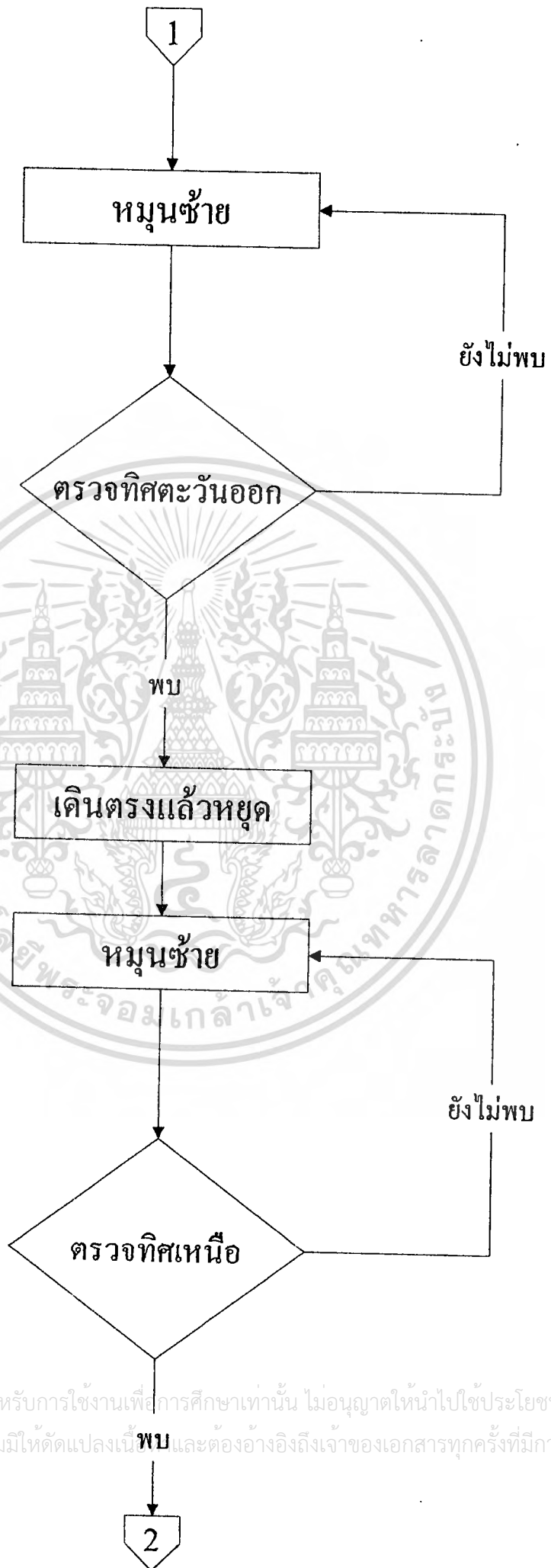


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.2 แผนผังการทำงานของโปรแกรม การเคลื่อนที่แบบสามเหลี่ยม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในกิจกรรมการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2

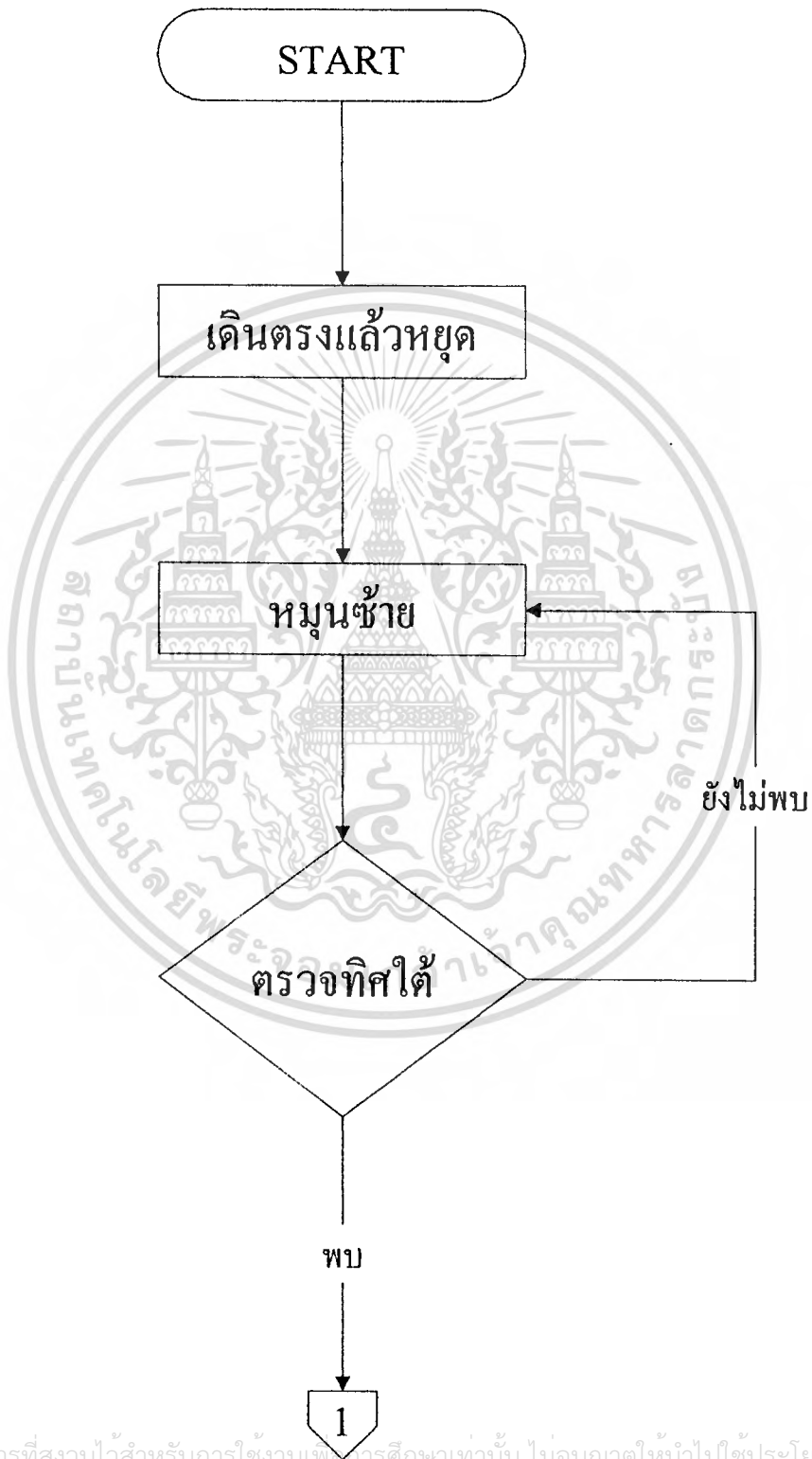
หมุน 60 องศา (ทางซ้าย)

เดินตรงแล้วหยุด

STOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

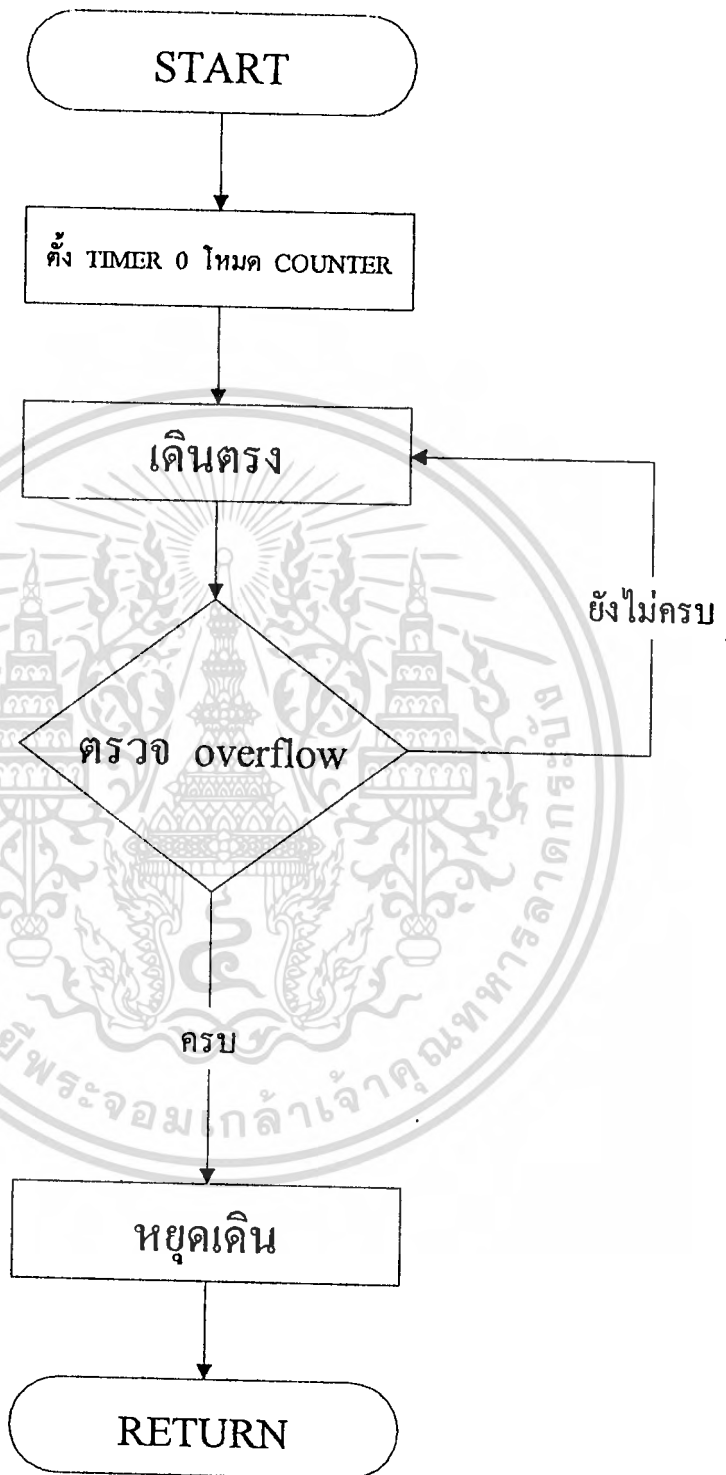
รูปที่ 5.3 แผนผังการทำงานของโปรแกรม
การเคลื่อนที่แบบวงกลม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

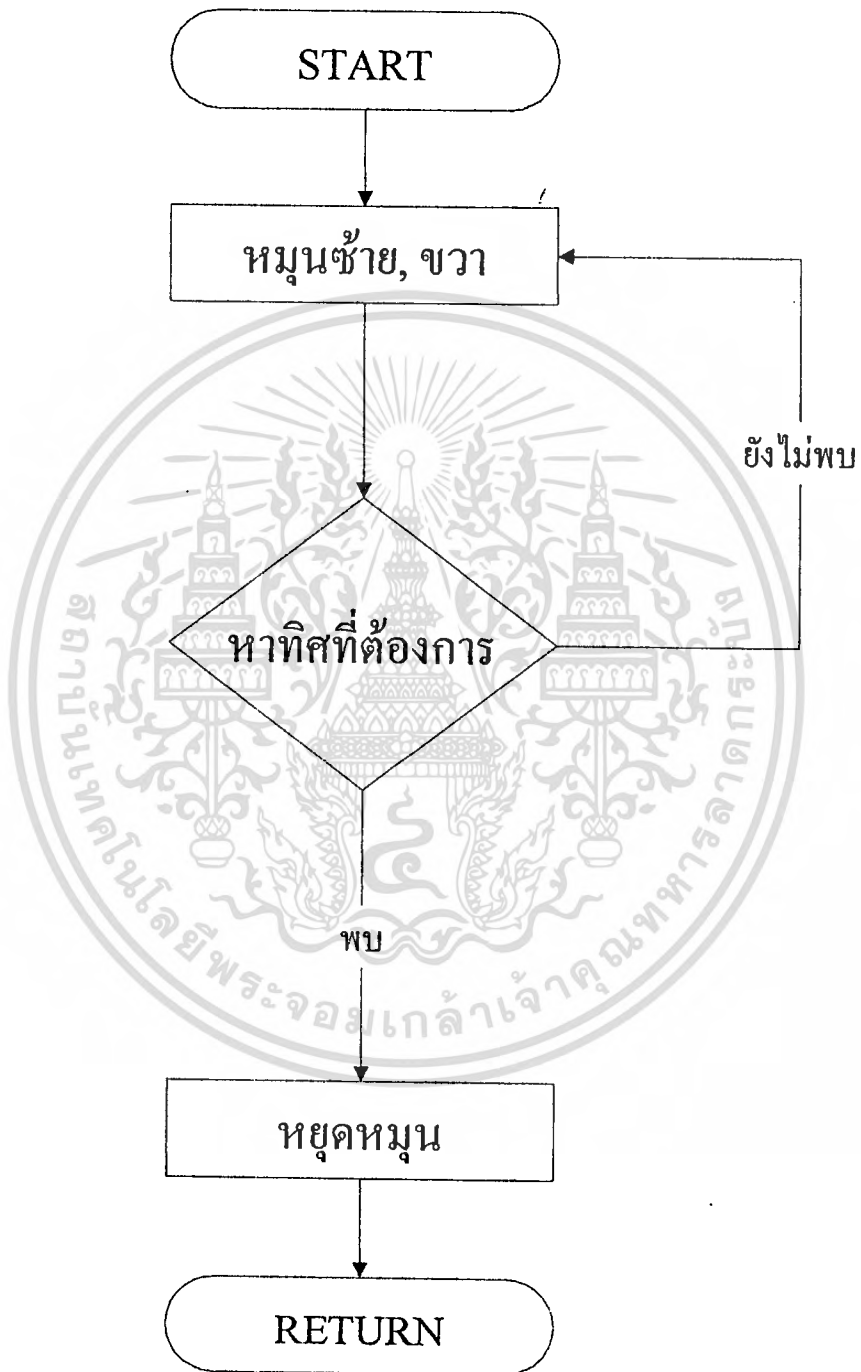


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



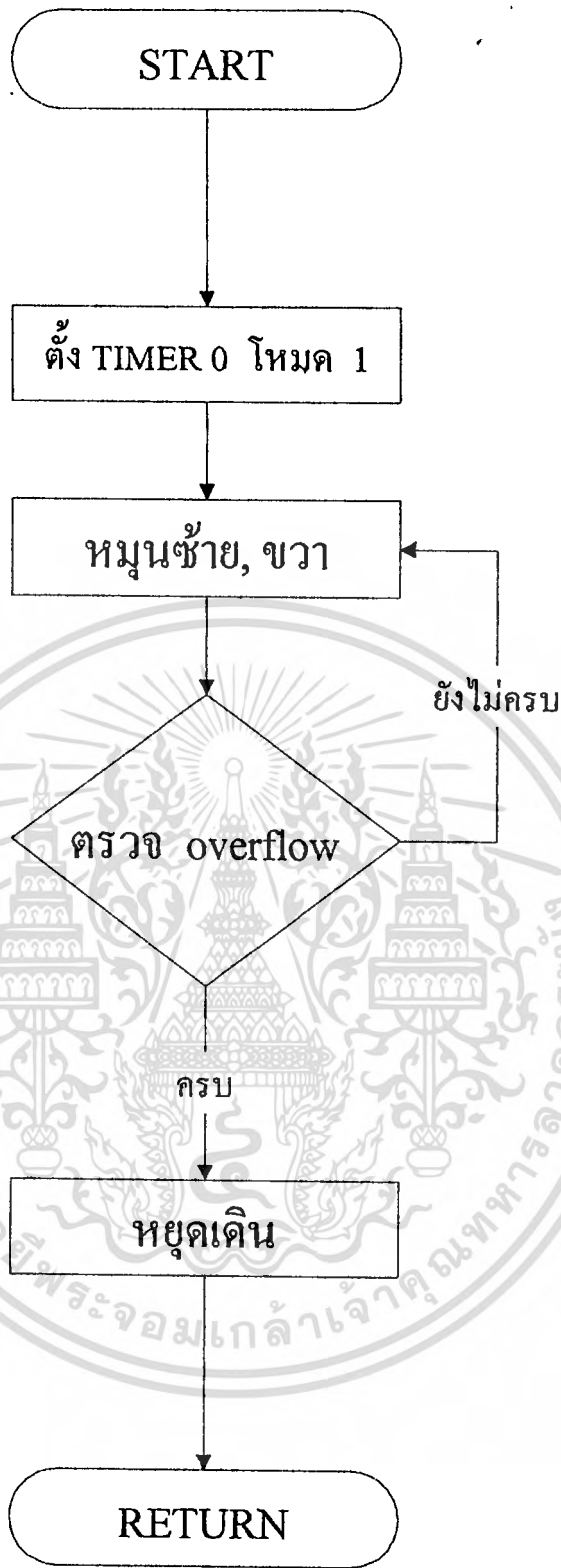
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.4 แผนผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมระยะเวลาทาง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.5 แผนผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมทิศทาง

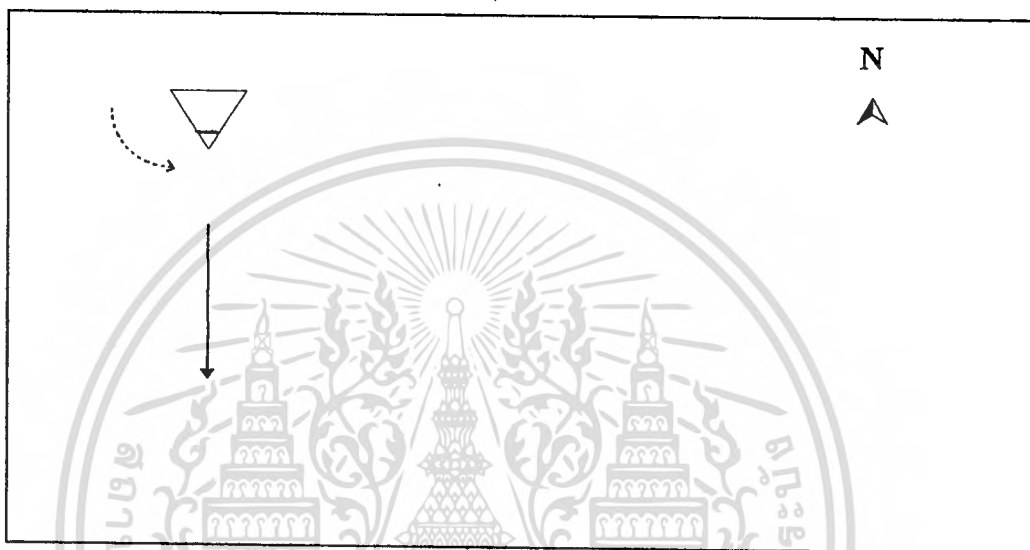


เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับใช้ในการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 5.6 แผนผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมองศา
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

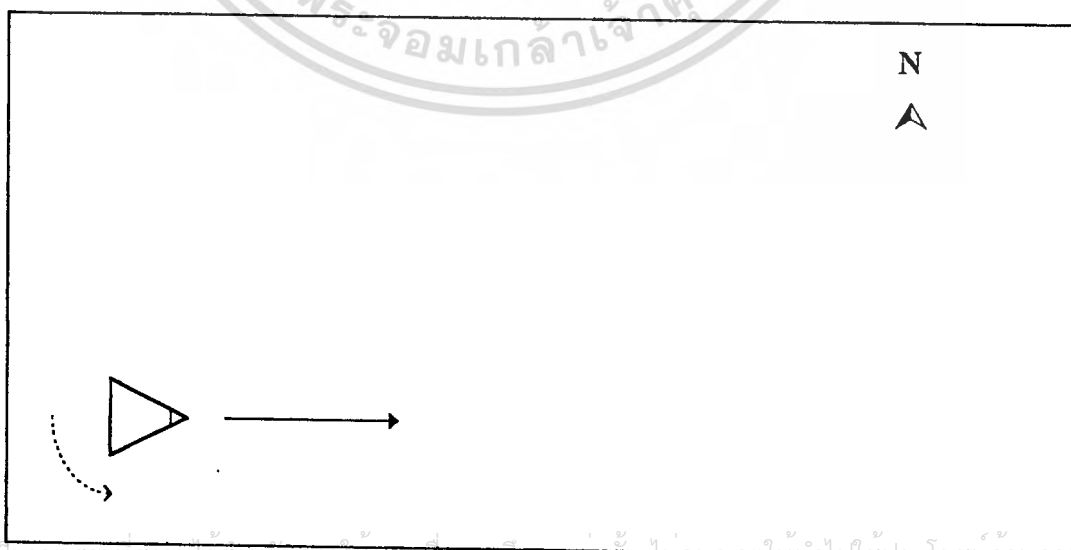
ผลการทดลอง

การเคลื่อนที่แบบสี่เหลี่ยม

1. ทำการกำหนดให้หุ่นยนต์หมุนทวนเข็มนาฬิกา เพื่อให้ภายในเซ็นเซอร์ตรวจพบทิศใต้ (ด้านหน้าของหุ่นยนต์จะหันไปทางทิศใต้) เมื่อค้นพบแล้วหุ่นยนต์จะทำการหยุด
 - จากนั้นหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็นระยะทาง 90 ซม. แล้วหยุด

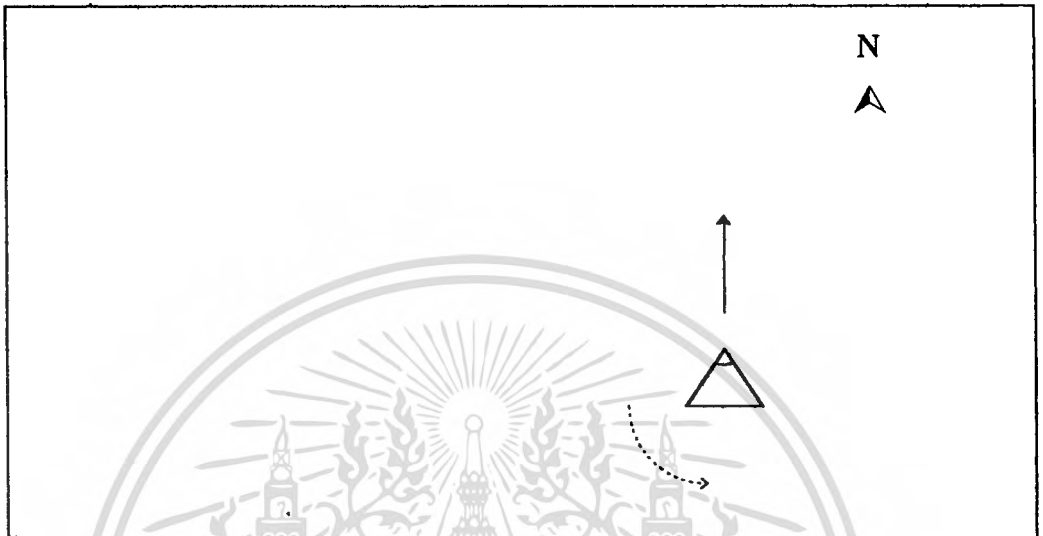


2. ทำการกำหนดให้หุ่นยนต์หมุนทวนเข็มนาฬิกา เพื่อให้ภายในเซ็นเซอร์ตรวจพบทิศตะวันตก (ด้านหน้าของหุ่นยนต์จะหันไปทางทิศตะวันตก) เมื่อค้นพบแล้วหุ่นยนต์จะทำการหยุด
 - จากนั้นหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็นระยะทาง 90 ซม. แล้วหยุด

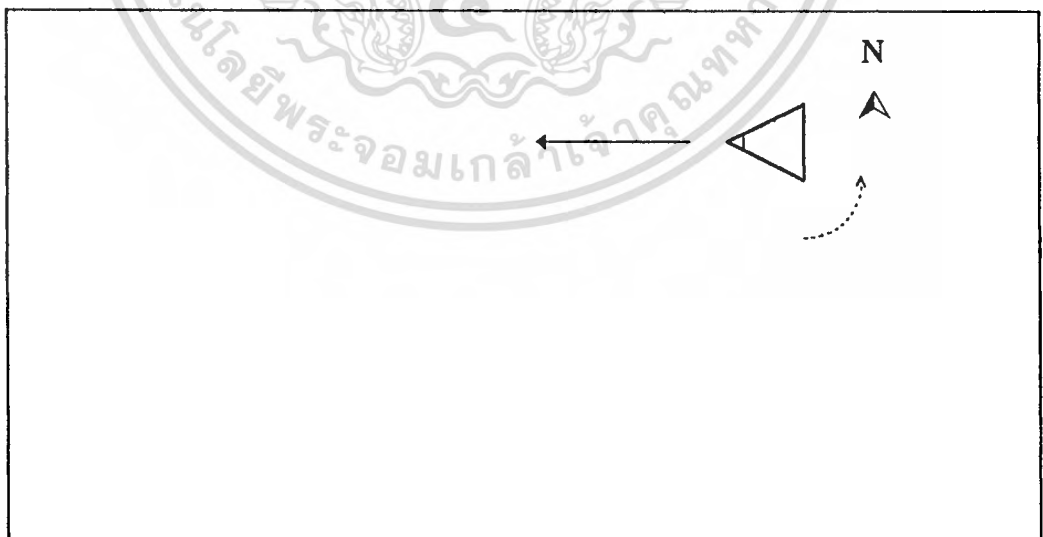


เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ตามการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการกำหนดให้หุ่นยนต์หมุนทวนเข็มนาฬิกา เพื่อให้ภายในเซ็นเซอร์ตรวจพบทิศเหนือ (ด้านหน้าของหุ่นยนต์จะหันไปทางทิศเหนือ) เมื่อค้นพบแล้วหุ่นยนต์จะทำการหยุด
- จากนั้นหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็นระยะทาง 90 ซม. แล้วหยุด



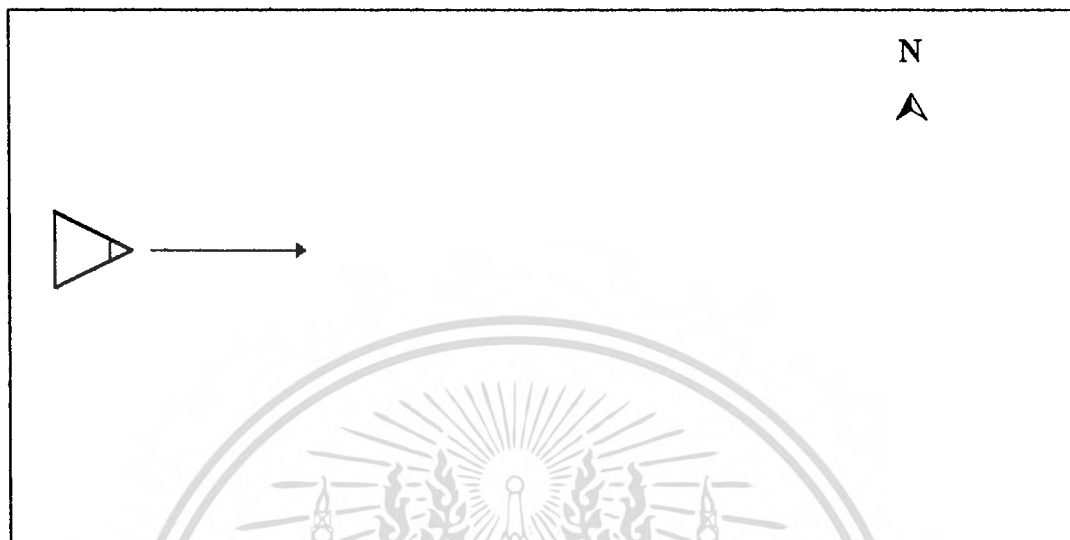
4. ทำการกำหนดให้หุ่นยนต์หมุนทวนเข็มนาฬิกา เพื่อให้ภายในเซ็นเซอร์ตรวจพบทิศตะวันออก (ด้านหน้าของหุ่นยนต์จะหันไปทางทิศตะวันตก) เมื่อค้นพบแล้วหุ่นยนต์จะทำการหยุด
- จากนั้นหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็นระยะทาง 90 ซม. แล้วหยุด



5. เมื่อหุ่นยนต์มีการเคลื่อนที่ครบทั้ง 4 ชั้นตอนนี้แล้ว พบว่าหุ่นยนต์จะมีการเคลื่อนที่เป็นรูป
สี่เหลี่ยมจัตุรัส
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนที่รูปสามเหลี่ยม

1. กำหนดให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็นระยะทาง 90 ซม.



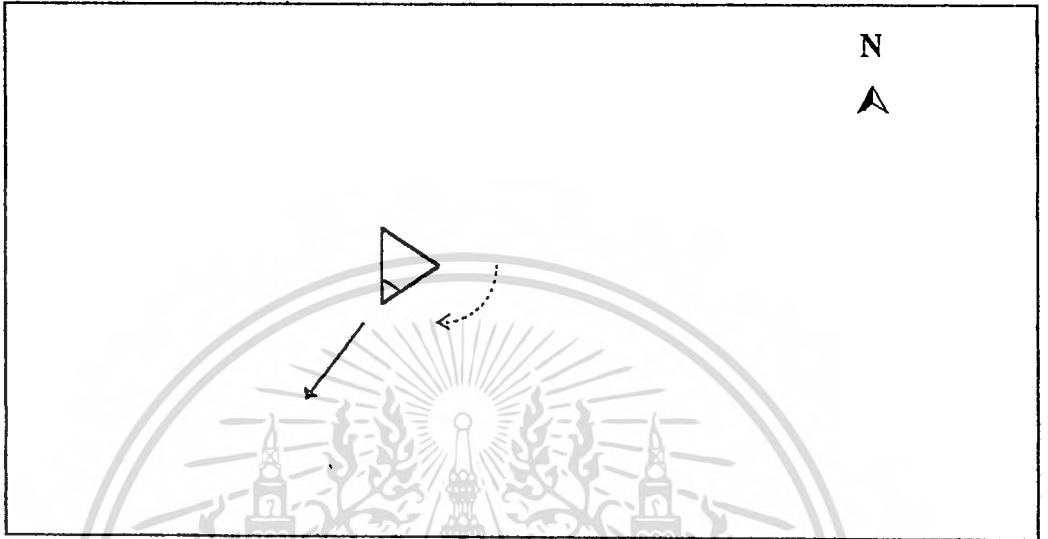
2. ทำการกำหนดให้หุ่นยนต์หมุนทวนเข็มนาฬิกา เพื่อให้ภายในเซ็นเซอร์ตรวจจับทิศได้ (ด้านหน้าของหุ่นยนต์จะหันไปทางทิศใต้) เมื่อกันพบแล้วหุ่นยนต์จะทำการหยุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

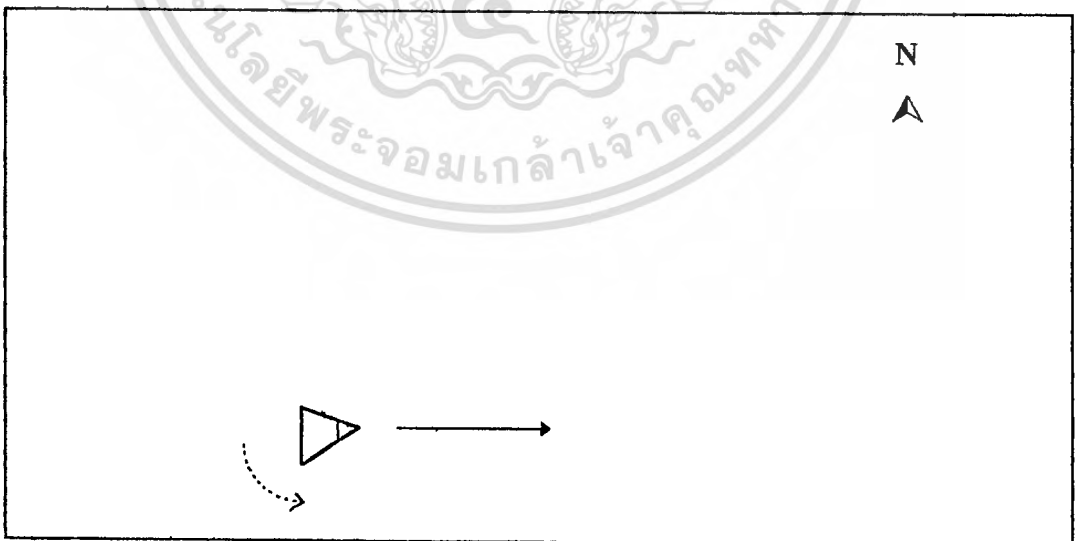
3. กำหนดให้ล้อขวามุมนอทยหลัง, ล้อซ้ายมุมหน้า ไปข้างหน้า ทำให้หุ่นยนต์หันหน้าไปจากระนาบเดิม เป็นมุม 60 องศา

- จากนั้นหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็นระยะทาง 90 ซม. แล้วหยุด



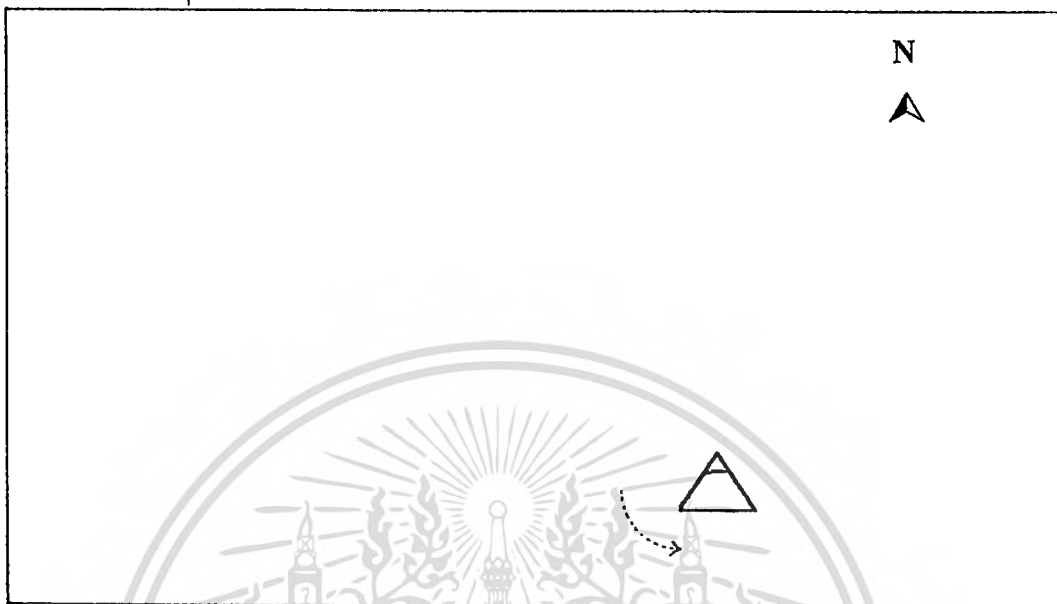
4. กำหนดให้หุ่นยนต์หมุนทวนเข็มนาฬิกา เพื่อให้ภายในเซ็นเซอร์ตรวจพบทิศตะวันตก (ด้านหน้าของหุ่นยนต์จะหันไปทางทิศตะวันออก) เมื่อค้นพบแล้วหุ่นยนต์จะทำการหยุด

- จากนั้นหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็นระยะทาง 90 ซม. แล้วหยุด

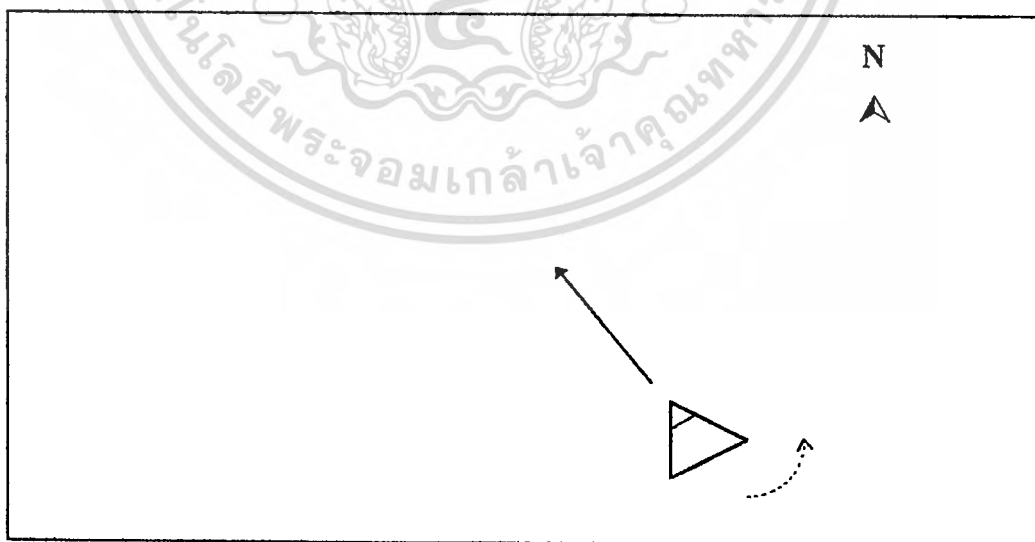


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำการกำหนดให้หุ่นยนต์หมุนทวนเข็มนาฬิกา เพื่อให้ภายในเซ็นเซอร์ตรวจจับทิศเหนือ (ด้านหน้าของหุ่นยนต์จะหันไปทางทิศเหนือ) เมื่อค้นพบแล้วหุ่นยนต์จะทำการหยุด



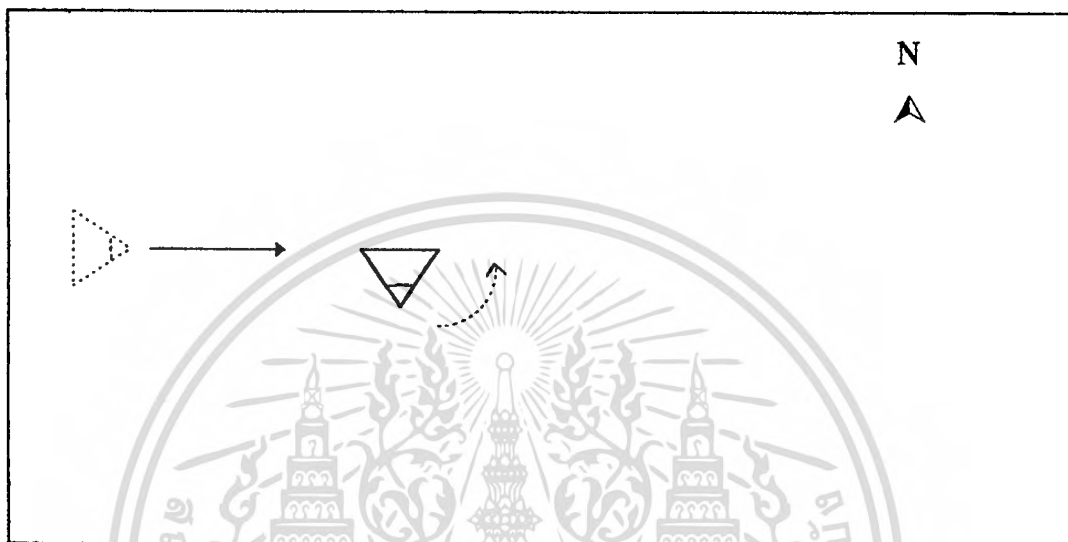
6. กำหนดให้ล้อซ้ายหมุนถอยหลัง, ล้อขวาหมุนไปข้างหน้า ทำให้หุ่นยนต์หันหน้าไปจากระนาบเดิมเป็นมุม 60 องศา
- จากนั้นหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็นระยะทาง 90 ซม. แล้วหยุด



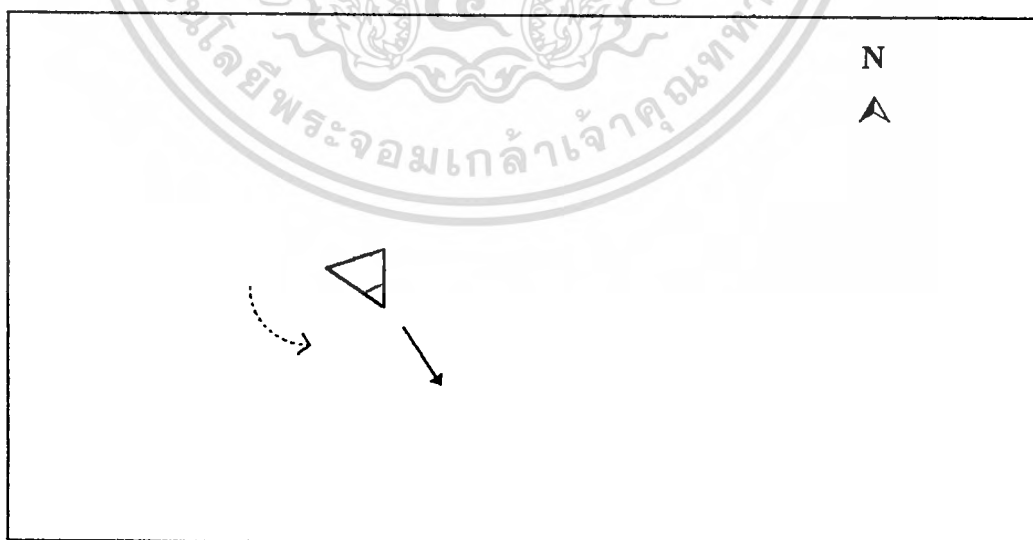
7. เมื่อหุ่นยนต์มีการเคลื่อนที่ครบทั้ง 6 ชั้นตอนนี้แล้ว พบว่าหุ่นยนต์จะมีการเคลื่อนที่เป็นรูปสามเหลี่ยมด้านหน้าจั๊วที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนที่รูปวงกลม

1. กำหนดให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็นระยะทาง 90 ซม.
2. ทำการกำหนดให้หุ่นยนต์หมุนทวนเข็มนาฬิกา เพื่อให้ภายในเซ็นเซอร์ตรวจพบทิศได้ (ด้านหน้าของหุ่นยนต์จะหันไปทางทิศใต้) เมื่อค้นพบแล้วหุ่นยนต์จะทำการหยุด

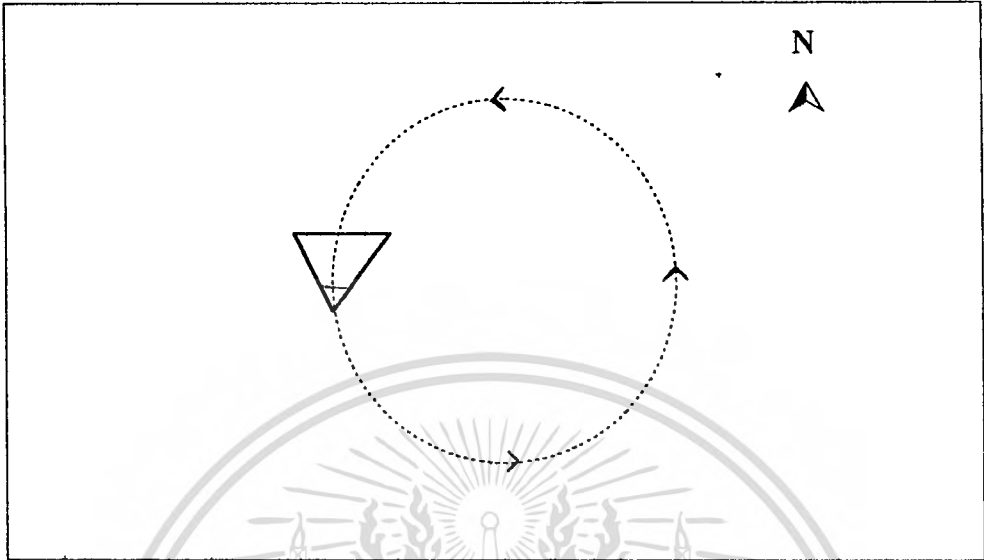


3. กำหนดให้ล้อขวาหมุนไปข้างหน้า ทำให้หุ่นยนต์หันหน้าไปจากระนาบเดิมเป็นมุม 10 องศา - จากนั้นหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็นระยะทาง 4 ซม.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ให้หุ่นยนต์ทำซ้ำข้อ 3 เป็นจำนวนทั้งสิ้น 30 ครั้ง ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เป็นรูปวงกลม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

1. PWM (pulse width modulation) เราสามารถกำหนดความเร็วรอบของ ดี.ซี. มอเตอร์ ได้ตามทฤษฎี (สามารถควบคุมความยาวสั้นของ ช่วงเวลาการจ่ายความต่างศักย์ให้มอเตอร์)
2. เราสามารถตรวจสอบระยะทางการเคลื่อนที่ เพื่อนำไปร่วมประมวลผลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนกลางได้ โดยอาศัยจำนวนครั้งของการคิดแสงแล้วแปลงสัญญาณที่ได้จากอนาล็อกเป็นดิจิตอล
3. อาศัยคุณสมบัติของเข็มทิศ เพื่อช่วยในการหาทิศทาง โดยจะมีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจสอบทางแสงที่ทิศทั้ง 4 ทิศ แล้วประมวลผลจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล ส่งเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์
4. จากคุณสมบัติของโครงงานชิ้นนี้ทำให้ สามารถรับรู้ทิศทางได้เอง โดยอาศัยปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เข้ามาช่วยในการออกแบบเซ็นเซอร์ตรวจจับทิศทางของสนามแม่เหล็กโลก

ในที่นี้เราใช้เข็มทิศเป็นตัวตรวจสอบสนามแม่เหล็กและอ้างอิงทิศทาง และทำการประมวลผลผ่านโปรแกรมภาษาเบสิกและมีโปรแกรมแอสเซมบลีเป็นโปรแกรมย่อยให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆ โดยอ้างอิงกับเซ็นเซอร์นั้น

เราสามารถนำไปใช้เป็นหุ่นยนต์สำรวจสภาพและบ่งบอกสภาพทางภูมิศาสตร์ได้ โดยอาศัยเส้นแรงแม่เหล็กโลกตามสถานที่ต่างๆ ที่ไม่เหมือนกัน สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานด้านการสำรวจอื่นๆ ที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าไปได้เป็นอย่างดี

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. เนื่องจากการติดตั้งเซ็นเซอร์เพื่อตรวจวัดระยะทาง มีการติดตั้งเพียงล้อเดียว (ล้อขวา) เมื่อทำการเคลื่อนที่ หากล้อขวามีการขีดเกาะพื้น ไม่ค่อยดี ส่งผลให้ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์มีค่าคลาดเคลื่อน

แนวทางแก้ไข ควรเปลี่ยนขนาดล้อให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. มอเตอร์ในการขับเคลื่อนที่ จำเป็นจะต้องมีชุดเฟืองทด เพื่อช่วยเสริมกำลังขับให้ตัวหุ่นยนต์ และลดภาระให้กับชุดขับมอเตอร์ (PWM)

ในหุ่นยนต์ มอเตอร์ที่ใช้มีชุดเฟืองคนละชุดกัน ทำให้การทดกำลังแตกต่างกัน ดังนั้นการใช้ PWM (pulse width modulation) จึงเป็นวิธีแก้ไขที่เหมาะสม เพราะเราสามารถควบคุมความเร็วให้ 2 ล้อ มีความเร็วที่แตกต่างกัน แต่หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็นเส้นตรงได้

3. จากการใช้ตัวนำร่องหาทิศเป็นแบบสารกึ่งตัวนำไม่สามารถให้ค่าที่แน่นอน หลังจากทำการทดลองศึกษาอยู่เป็นเวลาหนึ่ง และไม่สามารถนำมาแก้ไขให้ใช้ได้

แนวทางแก้ไข เปลี่ยนชุดตัวนำร่องจากอุปกรณ์ทางสารกึ่งตัวนำ เป็นแบบเข็มทิศธรรมดา ที่มีการติดตั้งชุดตรวจจับทางแสง ที่ทิศทั้ง 4 ทิศ และจากผลการทดลองที่ได้ ตัวนำร่องนี้ทำงานได้เป็นที่พอใจในระดับหนึ่ง ยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่ เนื่องจากในการหาทิศแต่ละครั้ง เข็มทิศที่ต้องการให้ตัดแสงเคลื่อนที่ช้าหรือเร็วเกินไป ทำให้เกิดการตรวจจับทิศได้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงเล็กน้อย เช่น จากการเคลื่อนที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส กลายเป็นสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า แก้ไขได้โดยการสั่งให้ในขณะที่มีการหมุนหาทิศทางของหุ่นยนต์ ต้องปรับความเร็วของ PWM (pulse width modulation) ให้ความเร็วล้อมีความเร็วสัมพันธ์ กับความเร็วของเข็มทิศ

เอกสารอ้างอิง

1. Benjamin C. Kuo. Automatic Control System , 3 rd edn , Prentice Hall 1982
2. Electro Craft Corpn , Dc motor Speed Control and Ser o System , Engineering Handbook , 3rd edn , 1975
3. Principle of Physics , 1 st edn , Prentice Hall 1976
4. SILA Ant'32 version 3.0 Embedded control board ; SILA RESEARCH CO., LTD
5. วิเคราะห์และออกแบบระบบการควบคุมมอเตอร์ โดย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โยชิน เปรมปราณีรัชต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL173I, TL173C LINEAR HALL-EFFECT SENSORS

recommended operating conditions

	TL173I			TL173C			UNIT		
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX			
Supply voltage, V_{CC}	10.8	12	13.2	10.8	12	13.2	V		
Magnetic flux density, B	± 50			± 50			mT		
Output current, I_O	Sink			0.5			mA		
	Source			-2					
Operating free-air temperature, T_A	-20			85			0	70	$^{\circ}\text{C}$

electrical characteristics over full range of recommended operating conditions (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_O Output voltage	$I_O = -2 \text{ mA to } 0.5 \text{ mA}$	5.8	6	6.2	V
k_{SVS} Supply voltage sensitivity ($\Delta V_O / \Delta V_{CC}$)	$B = 0 \text{ mT}^{\S}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	18			mV/V
S Magnetic sensitivity ($\Delta V_O / \Delta B$)	$B = -50 \text{ to } 50 \text{ mT}^{\S}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	13.5	15	18	V/T [§]
ΔS Magnetic sensitivity change with temperature	$\Delta T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to MIN or MAX	± 5			%
I_{CC} Supply current	$B = 0 \text{ mT}^{\S}$, $I_O = 0$	8		12	mA
f_{max} Maximum operating frequency		100			kHz

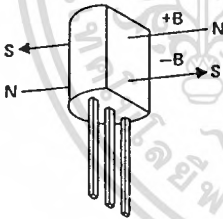
† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ Typical values are at $V_{CC} = 12 \text{ V}$ and $T_A = 25^{\circ}\text{C}$.

§ The unit of magnetic flux density in the International System of Units (SI) is the tesla (T). The tesla is equal to one weber per square meter. Values expressed in milliteslas may be converted to gauss by multiplying by ten, e.g., 50 millitesla = 500 gauss.

4

Special Functions



The north pole of a magnet is the pole that is attracted by the geographical north pole. The north pole of a magnet repels the north-seeking pole of a compass. By accepted magnetic convention, lines of flux emanate from the north pole of a magnet and enter the south pole.

FIGURE 1. DEFINITION OF MAGNETIC FLUX POLARITY

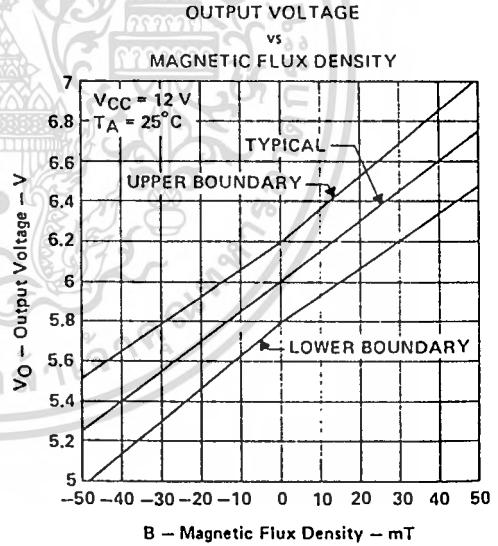


FIGURE 2

TYPICAL APPLICATION DATA

The circuit in Figure 3 may be used to set the output voltage at zero field strength to exactly 6 V (using R1), and to set the sensitivity to exactly -15 V/T (using R2), as depicted in Figure 4.

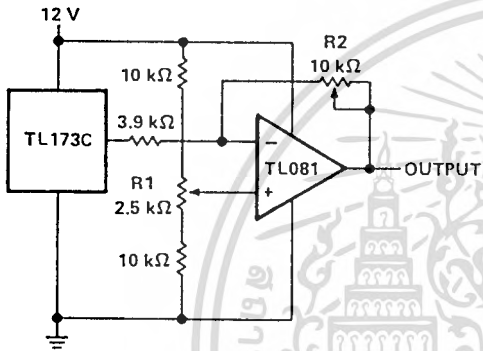


FIGURE 3. COMPENSATION CIRCUIT

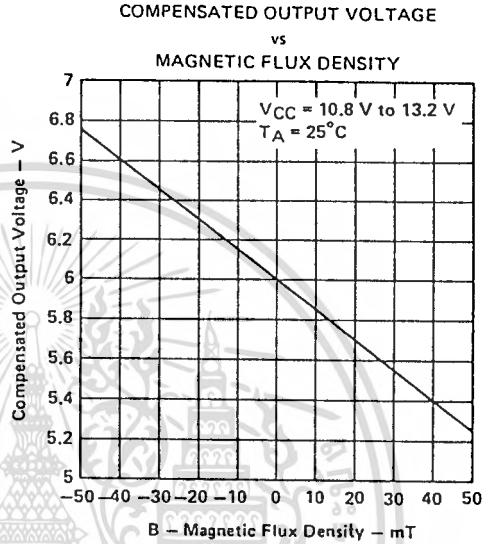


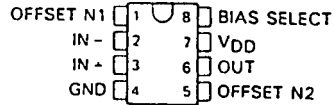
FIGURE 4

TLC251C, TLC251AC, TLC251BC PROGRAMMABLE LOW-POWER LinCMOS™ OPERATIONAL AMPLIFIERS

D2751, JULY 1983—REVISED SEPTEMBER 1988

- Wide Range of Supply Voltages
1.4 V to 16 V
- True Single-Supply Operation
- Common-Mode Input Voltage Range
Includes the Negative Rail
- Low Noise . . . 30 nV $\sqrt{\text{Hz}}$ Typ at 1 kHz
(High Bias)

D, JG, OR P PACKAGE
(TOP VIEW)



description

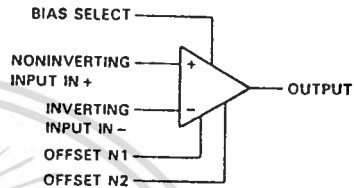
The TLC251C, TLC251AC, and TLC251BC are low-cost, low-power programmable operational amplifiers designed to operate with single or dual supplies. Unlike traditional metal-gate CMOS op amps, these devices utilize Texas Instruments silicon-gate LinCMOS™ process, giving them stable input offset voltages without sacrificing the advantages of metal-gate CMOS. This series of parts is available in selected grades of input offset voltage and can be nulled with one external potentiometer. Because the input common-mode range extends to the negative rail and the power consumption is extremely low, this family is ideally suited for battery-powered or energy-conserving applications. A bias-select pin can be used to program one of three ac performance and power-dissipation levels to suit the application. The series features operation down to a 1.4-V supply and is stable at unity gain.

The TLC251C series is characterized for operation from 0°C to 70°C.

These devices have internal electrostatic discharge (ESD) protection circuits that will prevent catastrophic failures at voltages up to 2000 V as tested under MIL-STD-883C, Method 3015.1. However, care should be exercised in handling these devices as exposure to ESD may result in a degradation of the device parametric performance.

Because of the extremely high input impedance and low input bias and offset currents, applications for the TLC251C series include many areas that have previously been limited to BIFET and NFET product types. Any circuit using high-impedance elements and requiring small offset errors is a good candidate for cost-effective use of these devices. Many features associated with bipolar technology are available with LinCMOS™ operational amplifiers without the power penalties of traditional bipolar devices. Remote and

symbol



AVAILABLE OPTIONS

T _A	V _{IO} MAX AT 25°C	PACKAGE		
		SMALL-OUTLINE (D)	PLASTIC DIP (P)	CERAMIC DIP (JG)
0°C	10 mV	TLC251CD	TLC251CP	TLC251CJG
to	5 mV	TLC251ACD	TLC251ACP	TLC251ACJG
70°C	2 mV	TLC251BCD	TLC251BCP	TLC251BCJG

D packages are available taped-and-reeled. Add "R" suffix to device type when ordering (e.g., TLC251CDR).

LinCMOS is a trademark of Texas Instruments Incorporated.

PRODUCTION DATA documents contain information current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 1983, Texas Instruments Incorporated

TEXAS
INSTRUMENTS

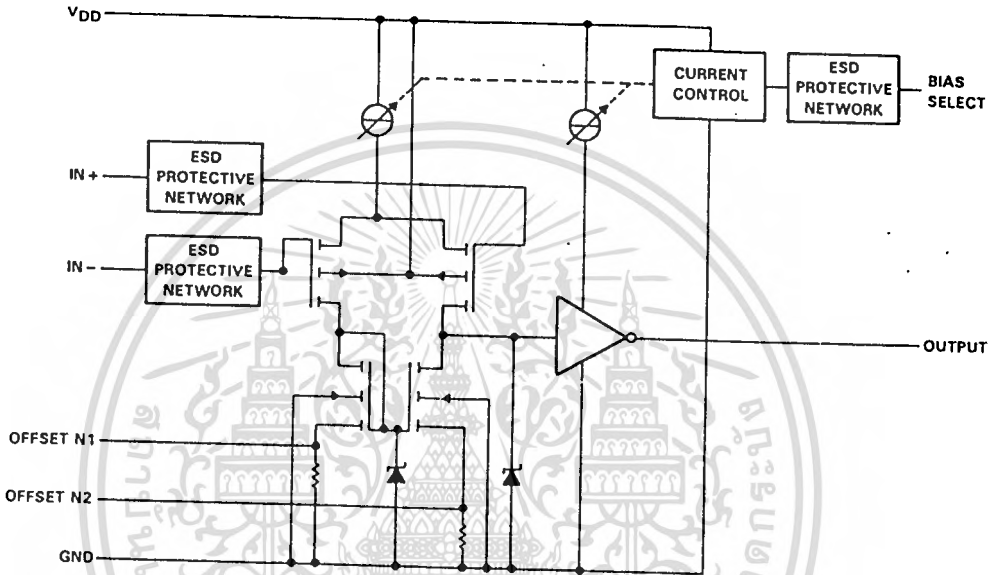
POST OFFICE BOX 655012 • DALLAS, TEXAS 75265

2-4E

description (continued)

inaccessible equipment applications are possible using the low-voltage and low-power capabilities of the TLC251C series. In addition, by driving the bias-select input with a logic signal from a microprocessor, these operational amplifiers can have software-controlled performance and power consumption. The TLC251C series is well suited to solve the difficult problems associated with single battery and solar cell-powered applications.

schematic



2

Operational Amplifiers

TLC251C, TLC251AC, TLC251B
PROGRAMMABLE LOW-POWER LinCMOS™ OPERATIONAL AMPLIFIER

absolute maximum ratings over operating free-air temperature (unless otherwise noted)

Supply voltage, V_{DD} (see Note 1)	18 V
Differential input voltage (see Note 2)	± 18 V
Input voltage range (any input)	-0.3 V to 18 V
Duration of short-circuit at (or below) 25°C free-air temperature (see Note 3)	unlimited
Continuous total dissipation	See Dissipation Rating Table
Operating free-air temperature range	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16) inch from the case for 60 seconds: JG package	300°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16) inch from case for 10 seconds: D or P package	260°C

- NOTES: 1. All voltage values, except differential voltages, are with respect to network ground terminal.
 2. Differential voltages are at the noninverting input terminal, with respect to the inverting input terminal.
 3. The output may be shorted to either supply. Temperature and/or supply voltages must be limited to ensure the maximum dissipation rating is not exceeded.

DISSIPATION RATING TABLE

PACKAGE	$T_A = 25^\circ\text{C}$	DERATING FACTOR	$T_A = 70^\circ\text{C}$
	POWER RATING	ABOVE $T_A = 25^\circ\text{C}$	POWER RATING
D	725 mW	5.8 mW/°C	464 mW
JG	825 mW	6.6 mW/°C	528 mW
P	1000 mW	8.0 mW/°C	640 mW

recommended operating conditions

	MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{DD}	1.4		16	V
Common-mode input voltage, V_{IC}	$V_{DD} = 1.4$ V	0	0.2	V
	$V_{DD} = 5$ V	-0.2	4	
	$V_{DD} = 10$ V	-0.2	9	
	$V_{DD} = 16$ V	-0.2	14	
Operating free-air temperature, T_A	0		70	°C
Bias Select pin voltage	See Application Information			

TEXAS 
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655012 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROGRAMMABLE LOW-POWER LinCMOS™ OPERATIONAL AMPLIFIERS

operating characteristics, $V_{DD} = 10\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	BIAS	MIN	TYP	MAX	UNIT
B_1 Unity-gain bandwidth	$A_V = 40\text{ dB}$, $C_L = 100\text{ pF}$, $R_S = 50\ \Omega$	Low		0.1		MHz
		Medium		0.7		
		High		2.3		
SR Slew rate at unity gain	See Figure 1	Low		0.04		V/ μs
		Medium		0.6		
		High		4.5		
Overshoot factor	See Figure 1	Low		30%		
		Medium		35%		
		High		35%		
ϕ_m Phase margin at unity gain	$A_V = 40\text{ dB}$, $R_S = 100\ \Omega$, $C_L = 100\text{ pF}$	Low		43°		
		Medium		43°		
		High		50°		
V_n Equivalent input noise voltage	$f = 1\text{ kHz}$, $R_S = 100\ \Omega$	Low		70		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
		Medium		38		
		High		30		

2

Operational Amplifiers

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

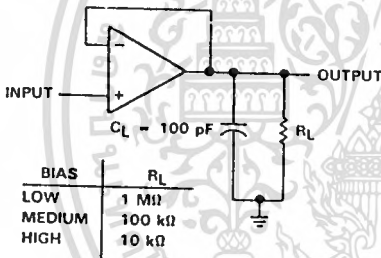


FIGURE 1. UNITY-GAIN AMPLIFIER

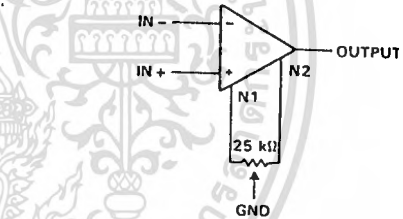


FIGURE 2. INPUT OFFSET VOLTAGE NULL CIRCUIT

TLC251C, TLC251AC, TLC251BC
PROGRAMMABLE LOW-POWER LinCMOS™ OPERATIONAL AMPLIFIERS

TYPICAL CHARACTERISTICS

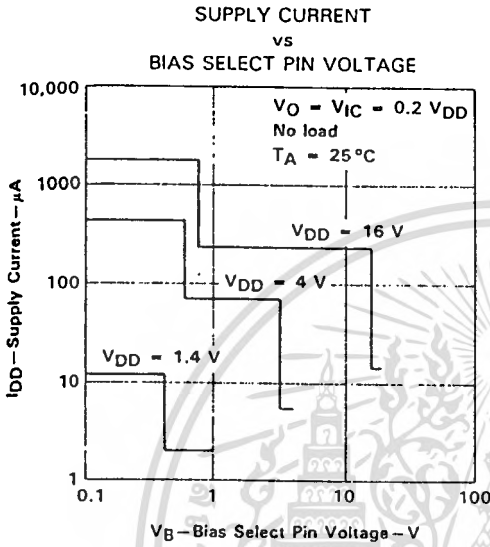


FIGURE 3

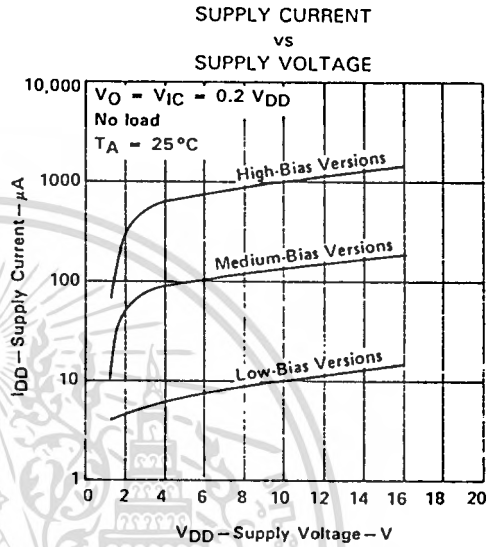


FIGURE 4

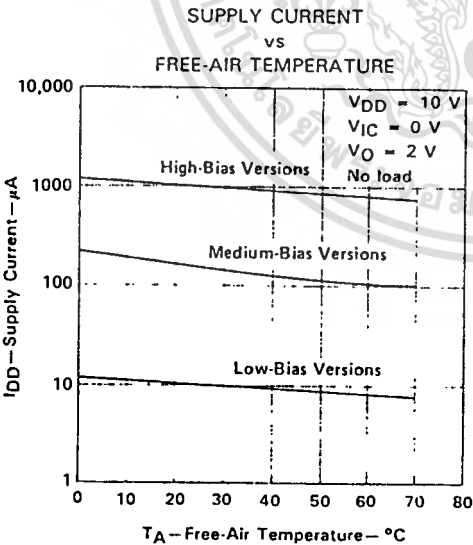


FIGURE 5

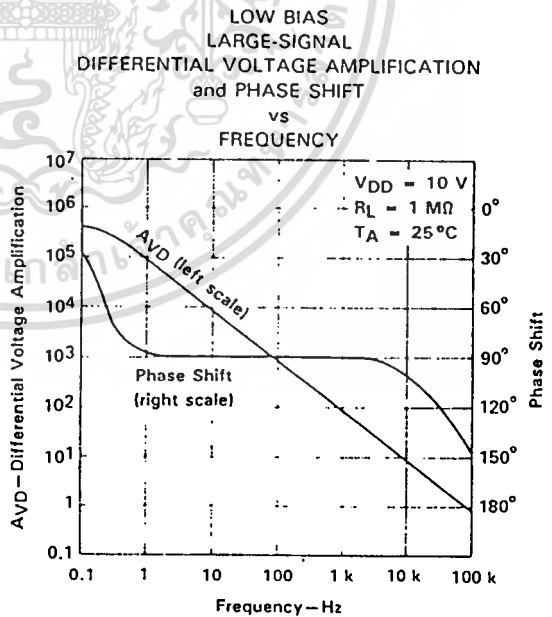


FIGURE 6

Operational Amplifiers

TLC251C, TLC251AC, TLC251BC
 PROGRAMMABLE LOW-POWER LinCMOS™ OPERATIONAL AMPLIFIERS

TYPICAL CHARACTERISTICS
 MEDIUM BIAS
 LARGE-SIGNAL
 DIFFERENTIAL VOLTAGE AMPLIFICATION
 and PHASE SHIFT
 vs
 FREQUENCY

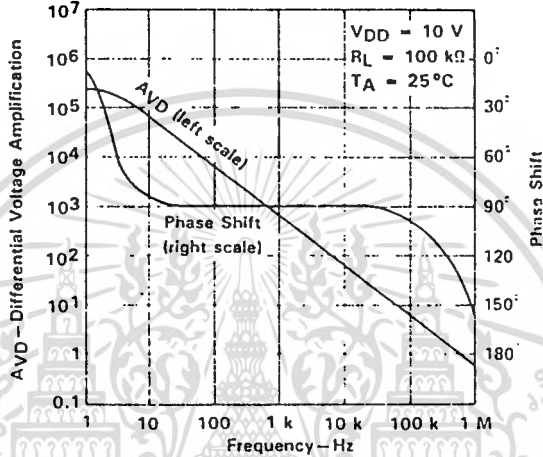


FIGURE 7

HIGH BIAS
 LARGE-SIGNAL
 DIFFERENTIAL VOLTAGE AMPLIFICATION
 and PHASE SHIFT
 vs
 FREQUENCY

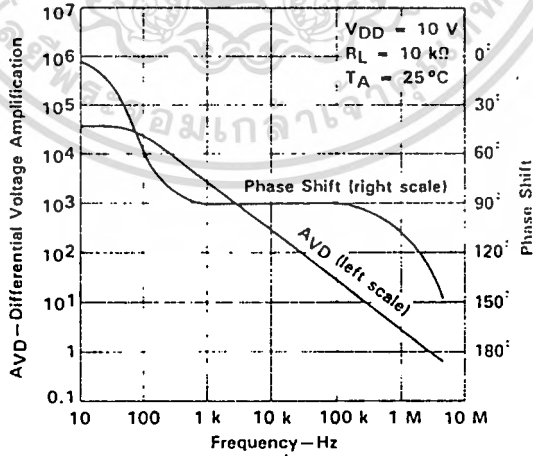


FIGURE 8

TLC251C, TLC251AC, TLC251BC PROGRAMMABLE LOW-POWER LinCMOS™ OPERATIONAL AMPLIFIERS

TYPICAL APPLICATION INFORMATION

latchup avoidance

Junction-isolated CMOS circuits have an inherent parasitic PNP structure that can function as an SCR. Under certain conditions, this SCR may be triggered into a low-impedance state, resulting in excessive supply current. To avoid such conditions, no voltage greater than 0.3 V beyond the supply rails should be applied to any pin. In general, the op amp supplies should be applied simultaneously with, or before, application of any input signals.

using the bias select pin

The TLC251C series has a bias select pin that allows the selection of one of three I_{DD} conditions (10, 150, and 1000 μA typical). This allows the user to trade-off power and ac performance. As shown in the typical supply current (I_{DD}) versus supply voltage (V_{DD}) curves (Figure 4), the I_{DD} varies only slightly from 4 V to 16 V. Below 4 V, the I_{DD} varies more significantly. Note that the I_{DD} values in the medium and low-bias modes at $V_{DD} = 1.4$ V are typically 2 μA , and in the high mode are typically 12 μA . The following table shows the recommended bias select pin connections at $V_{DD} = 10$ V:

BIAS MODE	AC PERFORMANCE	BIAS SELECT CONNECTION [†]	TYPICAL I_{DD} [†]
Low	Low	V_{DD}	10 μA
Medium	Medium	0.8 V to 9.2 V	150 μA
High	High	Ground pin	1000 μA

[†]The Bias Select pin may also be controlled by external circuitry to conserve power, etc. For information regarding the bias select pin, see Figure 3 in the typical characteristics curves.

[†]For I_{DD} characteristics at voltages other than 10 V, see Figure 4 in the typical characteristics curves.

output stage considerations

The amplifier's output stage consists of a source-follower-connected pullup transistor and an open-drain pulldown transistor. The high-level output voltage (V_{OH}) is virtually independent of the I_{DD} selection, and increases with higher values of V_{DD} and reduced output loading. The low-level output voltage (V_{OL}) decreases with reduced output current and higher input common-mode voltage. With no load, V_{OL} is essentially equal to the GND pin potential.

input offset nulling

The TLC251C series offers external offset null control. Nulling may be achieved by adjusting a 25-k Ω potentiometer connected between the offset null terminals with the wiper connected to the device GND pin as shown in Figure 2. The amount of nulling range varies with the bias selection. At an I_{DD} setting of 1000 μA (high bias), the nulling range will allow the maximum offset specified to be trimmed to zero. In low or medium bias or when the amplifier is used below 4 V, total nulling may not be possible for all units.

supply configurations

Even though the TLC251C series is characterized for single-supply operation, it can be used effectively in a split-supply configuration when the input common-mode voltage (V_{ICR}), output swing (V_{OL} and V_{OH}), and supply voltage limits are not exceeded.

circuit layout precautions

The user is cautioned that when ever extremely high circuit impedances are used, care must be exercised in layout, construction, board cleanliness, and supply filtering to avoid hum and noise pickup, as well as excessive dc leakages.

LITEON

High Transfer Efficiency General Purpose Type Photocoupler LTV4N32/LTV4N33

FEATURES

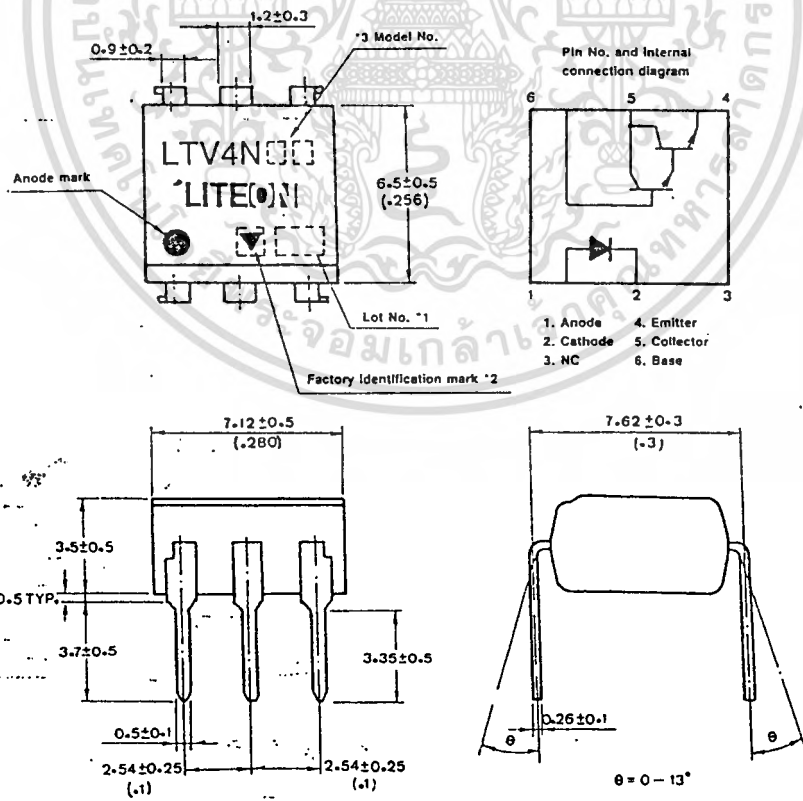
1. High current transfer ratio
LTV4N32; LTV4N33
(CTR:MIN. 500% at $I_F = 10\text{mA}$, $V_{CE} = 10\text{V}$)
2. Response time t_{on} :MAX. $5\mu\text{s}$ at $I_F = 200\text{mA}$
 $V_{CC} = 10\text{V}$; $I_C = 50\text{mA}$
3. UL approved (No E113898 (S))

APPLICATIONS

1. I/O interfaces for computers
2. System appliances, measuring instruments
3. Signal transmission between circuits of different potentials and impedances



OUTLINE DIMENSIONS (UNIT: mm)



A-11 26 45

1 2-digit number marked according to DIN standard
 *2 Factory Identification mark shall be or shall not be marked.

*3 Model No.
 LTV4N32
 LTV4N33

สารนี้เป็นเอกสารที่... อนุญาตให้... ใช้ประโยชน์ด้านการค้า...
 ณาการนี้ได้... ึ่งสิ้น... อกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SUPPLEMENT

- **Isolation voltage shall be measured in the following method.**

- (1) Short between anode and cathode on the primary side and between collector, emitter and base on the secondary side.
- (2) The isolation voltage tester with a zero-cross circuit shall be used.
- (3) The waveform of applied voltage shall be a sine wave.

- **Inspection standard**

Outgoing inspection standard for LITON products are shown below.

- (1) A single sampling plan, normal inspection level II based on MIL-STD-105D is applied. The AQL according to the inspection items are shown below.

Defect	Inspection item	AQL(%)	Judgement criterion
Major defect	<ul style="list-style-type: none">• Electrical characteristics• Unreadable marking• Open, short	0.25	Depend on the specification
Minor defect	<ul style="list-style-type: none">• Appearance• Dimension	0.4	

■ RATINGS AND CHARACTERISTICS

• Absolute maximum ratings

(Ta=25°C)

Parameter		Symbol	Rating	Unit
Input	Forward current	I_F	80	mA
	*1 Peak forward current	I_{FM}	3	A
	Reverse voltage	V_R	6	V
	Power dissipation	P	150	mW
Output	Collector-emitter voltage	V_{CEO}	30	V
	Collector-base voltage	V_{CBO}	30	V
	Emitter-collector voltage	V_{ECO}	5	V
	Collector current	I_C	100	mA
	Collector power dissipation	P_C	150	mW
Total power dissipation		P_{tot}	250	mW
* 2 Isolation voltage	LTV4N32	V_{iso}	2500	V_{rms}
	LTV4N33		1500	
Operating temperature		T_{opr}	-55 ~ +100	°C
Storage temperature		T_{stg}	-55 ~ +150	°C
* 3 Soldering temperature		T_{sol}	260	°C

*1 Pulse width $\leq 1 \mu s$ Duty ratio:0.001

*2 AC for 1 minute 40~60% R.H.:

*3 For 10 seconds

• Electro-optical characteristics

(Ta=25°C)

Parameter		Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Conditions
Input	Forward voltage	V_F	—	1.2	1.5	V	$I_F = 10\text{mA}$
	Reverse current	I_R	—	—	10	μA	$V_R = 4\text{V}$
	Terminal capacitance	C_t	—	50	—	pF	$V = 0, f = 1\text{ kHz}$
Output	Collector dark current	I_{CEO}	—	—	100	nA	$V_{CE} = 10\text{V}, I_F = 0$
	Collector-emitter breakdown voltage	BV_{CEO}	30	—	—	V	$I_C = 0.1\text{mA}$ $I_F = 0$
	Emitter-collector breakdown voltage	BV_{ECO}	5	—	—	V	$I_E = 10\mu\text{A}$ $I_F = 0$
	Collector-base breakdown voltage	BV_{CBO}	30	—	—	V	$I_C = 0.1\text{mA}$ $I_F = 0$
Transfer characteristics	*1 Collector current	I_C	50	—	—	mA	$I_F = 10\text{mA}$ $V_{CE} = 10\text{V}$
	Collector-emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$	—	—	1.0	V	$I_F = 8\text{mA}$ $I_C = 2\text{mA}$
	Isolation resistance	R_{iso}	5×10^{10}	1×10^{11}	—	Ω	DC500V 40~60% R.H.
	Floating capacitance	C_f	—	1.0	—	pF	$V = 0, f = 1\text{MHz}$
	Response time (Turn-on time)	t_{on}	—	—	5	μs	$I_F = 200\text{mA} (t_w = 1.0\text{ms})$ $V_{CC} = 10\text{V} \quad I_C = 50\text{mA}$
	Response time (Turn-off time)	t_{off}	—	—	100	μs	

*1 Pulse test: Input pulse width = 300 μs Duty ratio ≤ 0.02 , $CTR = \frac{I_C}{I_F} \times 100\%$

Program การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบสี่เหลี่ยม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

////////////////////////////////////
//////////////////// SQUARE MOVEMENT //////////////////////
////////////////////////////////////

```
10 PA=0F800H : PB=0F801H : PC=0F802H : PP=0F803H
20 QA=0FC00H : QB=0FC01H : QC=0FC02H : QP=0FC03H
30 XBY(PP)=90H : XBY(QP)=80H : REM SET CONTROL CODE
31 CALL 9150H
32 XBY(QA)=XBY(PA) : REM SCAN N-W-E-S
33 A=XBY(PA)
34 IF A=0F4H THEN GOTO36 : REM RECEIVES SOUTH'
35 GOTO31
36 PORT1=0FFH : REM STOP

37 CALL 9000H
38 FOR I = 1 TO 500 STEP 1
39 PORT1=0FFH
40 NEXT
41 CALL 9150H
42 XBY(QA)=XBY(PA) : REM SCAN N-W-E-S
43 A=XBY(PA)
44 IF A=0F2H THEN GOTO46 : REM RECEIVES WEST'
45 GOTO41
46 PORT1=0FFH : REM STOP

47 CALL 9000H
48 FOR I = 1 TO 500 STEP 1
49 PORT1=0FFH
50 NEXT
60 CALL 9500H
65 XBY(QA)=XBY(PA) : REM SCAN N-W-E-S
66 A=XBY(PA)
70 IF A=0F1H THEN GOTO80 : REM RECEIVES NORTH'
75 GOTO60
80 PORT1=0FFH : REM STOP

85 CALL 9000H
86 FOR I = 1 TO 500 STEP 1
87 PORT1=0FFH
88 NEXT
90 CALL 9550H
95 XBY(QA)=XBY(PA) : REM SCAN N-W-E-S
100 A=XBY(PA)
110 IF A=0F8H THEN GOTO130 : REM RECEIVES EAST'
120 GOTO90
130 PORT1=0FFH : REM STOP
140 CALL 9000H

150 END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบสามเหลี่ยม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

////////////////////////////////////
//////////////////////////////////// TRIANGLE MOVEMENT //////////////////////////////////////
////////////////////////////////////

30 PA=0F800H : PB=0F801H : PC=0F802H : PP=0F803H
40 QA=0FC00H : QB=0FC01H : QC=0FC02H : QP=0FC03H
50 XBY(PP)=90H : XBY(QP)=80H : REM SET CONTROL CODE

51 FOR I=1 TO 700 STEP 1
52 PORT1=0FFH
53 NEXT

55 CALL 9000H
56 FOR I = 1 TO 450 STEP 1
57 PORT1=0FFH
58 NEXT

61 CALL 9150H
65 XBY(QA)=XBY(PA) : REM SCAN RIGHT N-W-E-S
66 A=XBY(PA)
70 IF A=0F4H THEN GOTO80 : REM RECEIVES SOUTH'
75 GOTO61
80 PORT1=0FFH : REM STOP
81 FOR I=1 TO 500 STEP 1
82 PORT1=0FFH
83 NEXT

85 FOR I=1 TO 20 STEP 1
90 CALL 9200H
95 NEXT : REM TURN_60 DEGREE

100 CALL 9000H
101 FOR I = 1 TO 450 STEP 1
102 PORT1=0FFH
103 NEXT
110 CALL 9150H
120 XBY(QA)=XBY(PA) : REM SCAN LEFT N-W-E-S
130 A=XBY(PA)
140 IF A=0F2H THEN GOTO160 : REM RECEIVES WEST'
150 GOTO110
160 PORT1=0FFH : REM STOP

165 CALL 9000H
166 FOR I = 1 TO 450 STEP 1
167 PORT1=0FFH
168 NEXT

170 CALL 9150H
180 XBY(QA)=XBY(PA) : REM SCAN N-W-E-S
190 A=XBY(PA)
200 IF A=0F1H THEN GOTO215 : REM RECEIVES NORTH'
210 GOTO170
215 PORT1=0FFH : REM STOP

216 FOR I=1 TO 500 STEP 1
217 PORT1=0FFH

218 NEXT

220 FOR I=1 TO 20 STEP 1

230 CALL 9250H

240 NEXT

: REM TURN_60 DEGREE

260 CALL 9000H

270 END



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบวงกลม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

////////////////////////////////////
CIRCLE MOVEMENT
////////////////////////////////////

30 PA=0F800H : PB=0F801H : PC=0F802H : PP=0F803H
40 QA=0FC00H : QB=0FC01H : QC=0FC02H : QP=0FC03H
50 XBY(PP)=90H : XBY(QP)=80H : REM SET CONTROL CODE

51 FOR I=1 TO 700 STEP 1
52 PORT1=0FFH
53 NEXT

55 CALL 9000H
61 CALL 9150H
65 XBY(QA)=XBY(PA) : REM SCAN RIGHT N-W-E-S
66 A=XBY(PA)
70 IF A=0F4H THEN GOTO80 : REM RECEIVES SOUTH'
75 GOTO61
80 PORT1=0FFH : REM STOP

90 FOR J=1 TO 25 STEP 1 : REM LOOP
100 FOR I=1 TO 15 STEP 1 : REM DEGREE
110 CALL 9400H
120 NEXT I
130 CALL 9300H : REM DISTANCE
140 NEXT J
150 END

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program ควบคุมความเร็วดีซีมอเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/
//          SQUARE          //
;/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/
```

```
;FILENAME      SQ.R.BAS
;DESCRIPTION   SUBROUTINE FOR BASIC CALL
;HARDWARE      ANT-32 VERTION 1.5 BOARD
```

```
*****
***** LONG DISTANCE *****
*****
```

```
ORG 9000H
```

```
MAIN:  MOV    TMOD,#00000110B
        MOV    TH0,#0FFH
        MOV    TL0,#0E7H
        CLR    TF0
        SETB   TR0
GO:     JNB    TF0,DRIVE
        LCALL  STOP
        LJMP  DE
DRIVE:  SETB   P1.3
        MOV    R7,#80D
        DJNZ  R7,$
        CLR    P1.3           ;left
        SETB   P1.4           ;right
        MOV    R0,#1D
        DJNZ  R0,$           ; **** CONTROL MOTOR ****
        CLR    P1.4
        MOV    R1,#5D
        DJNZ  R1,$
        SJMP  GO
STOP:   SETB   P1.4
        SETB   P1.3
        RET                        ; RETURN LCALL STOP
DE:     SETB   P1.3
        RET                        ; RETURN BASIC_PROGRAM
```

```
*****
***** 1 WHEEL - TRN RIGHT *****
*****
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ORG 9100H
```

```
LP: SETB P1.2
MOV R1,#10D
MOV R2,#0FFH ; **** CONTROL MOTOR ****
DJNZ R2,$
DJNZ R1,LP
CLR P1.2
```

```
SETB P1.3
MOV R3,#0FFH ; **** CONTROL MOTOR ****
DJNZ R3,$
CLR P1.3
```

```
RET
```

ORG 9500H

```
CLR P1.1
CLR P1.4
RET
```

ORG 9550H

```
CLR P1.4
RET
```

```
;////////////////////////////////////
;////// TRIANGLE //////////////////////////////////
;////////////////////////////////////
```

;FILENAME TRI.BAS

```
;*****
;***** 1 WHEEL - TRN LEFT *****
;*****
```

ORG 9150H

```
CLR P1.1
SETB P1.4 ; LEFT
MOV R0,#0FFH ; **** CONTROL MOTOR ****
DJNZ R0,$
```

```
CLR P1.4
MOV R1,#50D
DJNZ R1,$
RET
```

```
;*****
;***** DEGREE TIMER LE *****
;*****
```

ORG 9200H

```
MOV TMOD,#01H
MOV TH0,#00H
MOV TLO,#00H
CLR TFO
```

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของสำนักงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ผลิตขึ้นด้วยโปรแกรมที่ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SETB TR0
CLR P1.2
CLR P1.3 ; PORT 1.4 TURN LEFT

WAIT: JNB TF0, WAIT
      CLR TR0
      CLR TF0
      CPL P1.2
      CPL P1.3
      RET

      ORG 9250H

      MOV TMOD, #01H
      MOV TH0, #00H
      MOV TL0, #00H
      CLR TF0
      SETB TR0
      CLR P1.1
      CLR P1.4 ; PORT 1.4 TURN LEFT

WAIT3: JNB TF0, WAIT3
       CLR TR0
       CLR TF0
       CPL P1.1
       CPL P1.4

       RET

; FILENAME CIR.BAS

; //////////////////////////////////////
; CIRCLE //////////////////////////////////////
; //////////////////////////////////////

*****
***** SHORT DISTANCE *****
*****

      ORG 9300H

BEGIN: MOV TMOD, #00000110B
      MOV TH0, #0FFH
      MOV TL0, #254D
      CLR TF0
      SETB TR0
GO2: JNB TF0, DRIVES
     LCALL STOP2
     LJMP CRS

DRIVES: CLR P1.4 ; LEFT
        ; **** CONTROL MOTOR ****
        CLR P1.3 ; RIGHT
        SJMP GO2

STOP2: SETB P1.3
       SETB P1.4

       RET ; RETURN LCALL STOP

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องสงวนลิขสิทธิ์ไว้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CRS: SETB P1.3

RET ; RETURN BASIC_PROGRAM

***** DEGREE TIMER RI *****

ORG 9400H

MOV TMOD,#01H
MOV TH0,#00H
MOV TL0,#00H
CLR TFO
SETB TR0

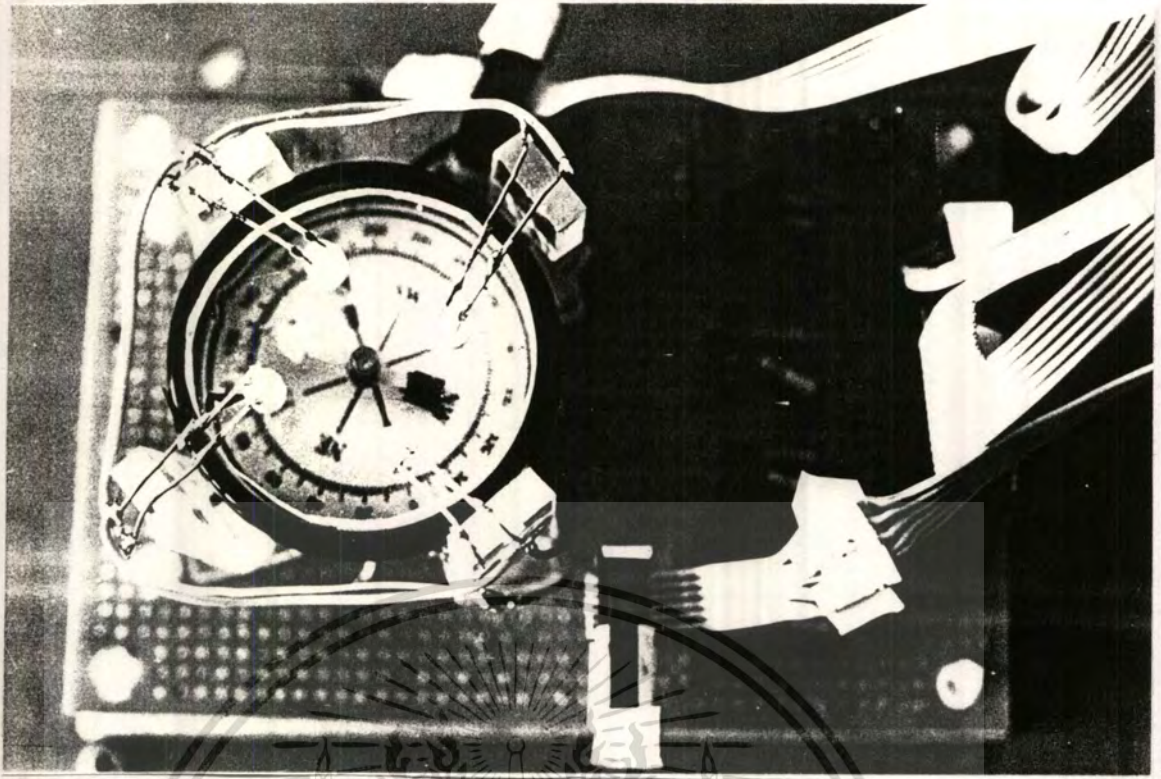
CLR P1.4 ; PORT 1.2 TURN RIGHT

WAIT2: JNB TFO, WAIT2
CLR TR0
CLR TFO
CPL P1.4

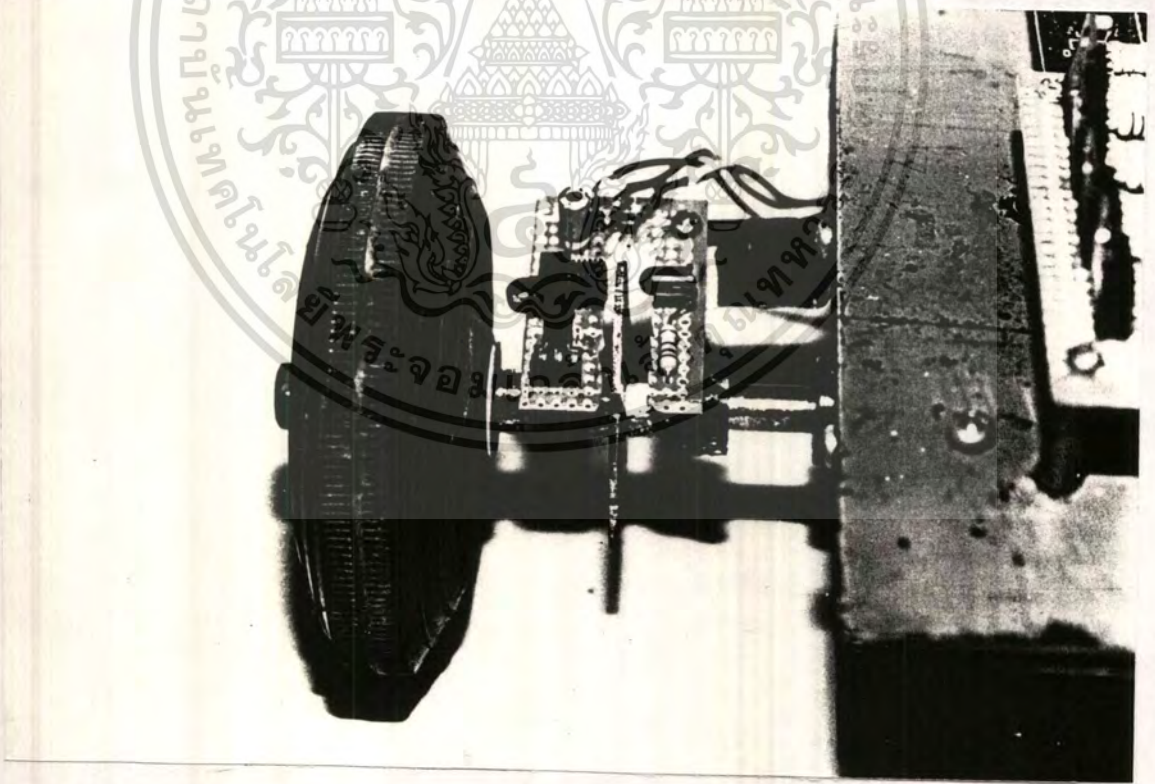
RET



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

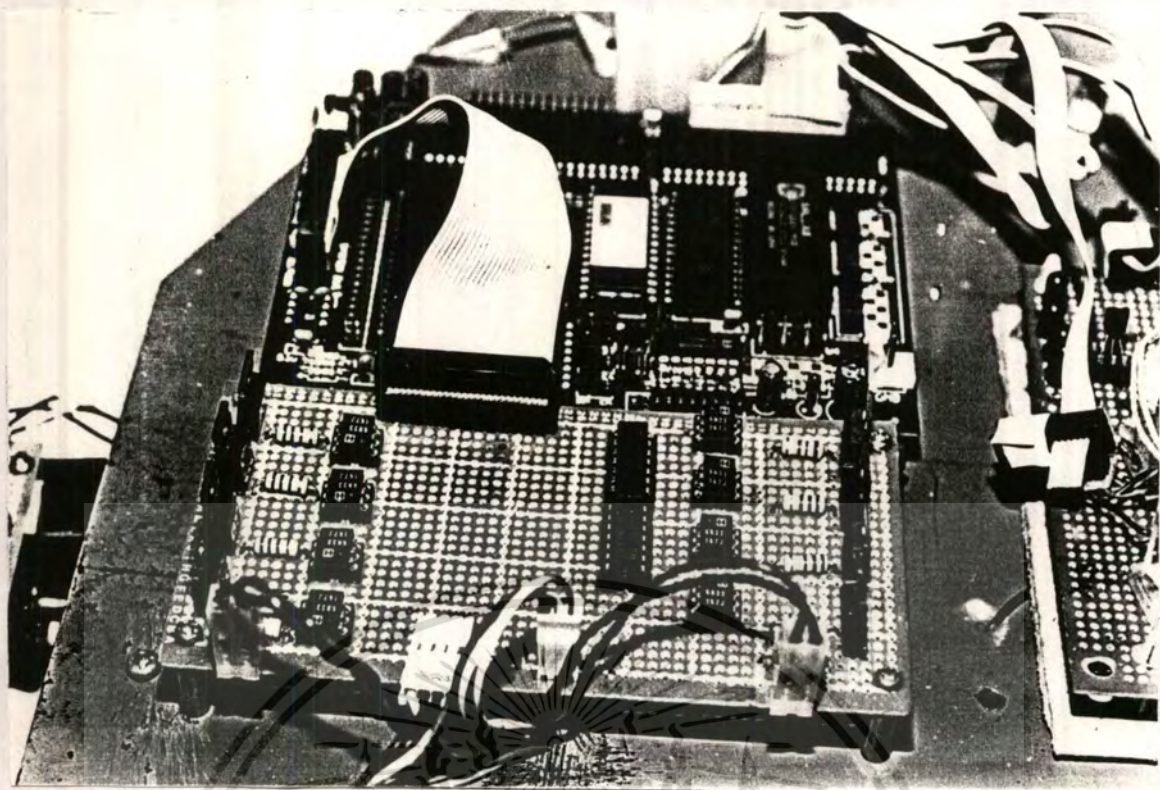


แสดงอุปกรณ์ตัวนำร่องแบบอ้างอิงสนามแม่เหล็กโลก

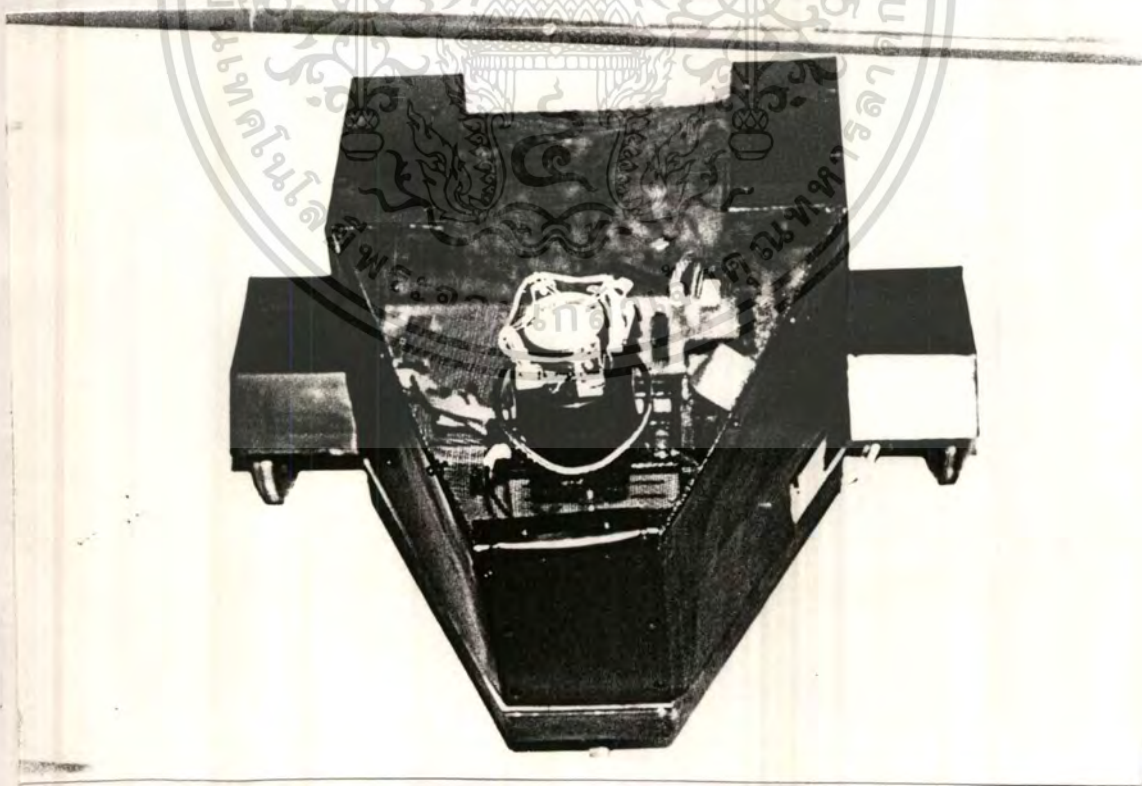


แสดงอุปกรณ์ตรวจจับระยะทางโดยอาศัยหลักการตัดแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงบอร์ด Ant' 32 และวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบ H-bridge สำหรับควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงโครงสร้างภายนอกโดยรวมของหุ่นยนต์

ประวัติผู้เขียน

นายกมล ไพรพัฒนานุพันธ์

- สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่โรงเรียนปทุมคงคา เมื่อปี 2535
- สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนปทุมคงคา เมื่อปี 2537
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี 2541

นายพรณศักดิ์ เอี่ยมรักษา

- สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่โรงเรียนเซนต์คอมมิทิก เมื่อปี 2534
- สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนเซนต์คอมมิทิก เมื่อปี 2537
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี 2541

นายมนตรี สกุลจารุสุทธิ

- สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย เมื่อปี 2534
- สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย เมื่อปี 2537
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้