สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หุ่นยนต์ค้นหาแสงอินฟราเรด

นายปิติพร ถนอมงาม
นางสาวธัญพร สุรเกียรติ

เลขหมู่...2539
เลขทะเบียน.........
วัน.เดือน.ปี.........
61255263X

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INFRARED SEEKING ROBOT

Mr. Pitiporn Thanomngam
Miss.Tanyaporn Surakait

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 1996

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ **หุ่นยนต์ค้นหาแสงอินฟราเรด**

โดย **นายปิติพร ถนอมงาม**

นางสาวธัญพร สุรเกียรติ

อาจารย์ที่ปรึกษา **ผศ. วิชิต ศิริโชติ**

รศ. สุรพล รักวิจัย

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

-- **หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์**

(รองศาสตราจารย์ สุรพล รักวิจัย)

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ

-- **กรรมการ**

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชิต ศิริโชติ)

-- **กรรมการ**

(รองศาสตราจารย์ สุรพล รักวิจัย)

-- **กรรมการ**

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราวุฒิ เถาลัดดา)

-- **กรรมการ**

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีชา เทียนสมประสงค์)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ หุ่นยนต์ค้นหาแสงอินฟราเรด
ชื่อนักศึกษา นายปิติพร ถนอมงาม
นางสาวธัญพร สุรเกียรติ
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. วิชิต ศิริโชติ
รศ. สุรพล รักวิจัย
ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์
ปีการศึกษา 2539

บทคัดย่อ

หุ่นยนต์ค้นหาแหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรด ถูกออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อศึกษาระบบการควบคุมแบบอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนประกอบที่สำคัญของหุ่นยนต์คือ 1) ระบบขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ โดยเป็นระบบขับเคลื่อน 2 ล้อ 2) ระบบ sensors โดยใช้ระบบอินฟราเรด 3) ส่วนของการควบคุม DC Motor แบบ PWM และ 4) 8052AH Basic Single Board Microcomputer หุ่นยนต์จะค้นหาสัญญาณ IR ซึ่งสร้างขึ้นโดยตัวส่ง IR และรับสัญญาณโดยตัวรับ IR แบบ 2-channels โปรแกรมขนาด 4 KB ซึ่งเขียนขึ้นมาจากภาษาเบสิคจะนำมาใช้ควบคุมการตรวจจับ IR และปรับความเร็ว DC Motor การทดสอบการทำงานของโปรแกรมแสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์สามารถ ตรวจจับสิ่งกีดขวางและเคลื่อนที่ไปหาตัวส่งอินฟราเรด ได้ด้วยตัวเองการประยุกต์ใช้งานของหุ่นยนต์นั้นนอกจากจะใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมแล้วยังสามารถใช้ในพื้นที่ซึ่งมีสารพิษหรือในพื้นที่ที่มีการแผ่รังสีสูง โดยการเปลี่ยนแปลงวิธีการตรวจจับ หรือ โปรแกรมควบคุมเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Infrared Seeking Robot
Name	Mr. Pitiporn Thanomngam
	Miss Tanyaporn Surakait
Special Project Advisor	Asst. Prof. Wichit Sirichote
	Assoc. Prof. Surapol Rakvijai
Department	Applied Physics
Academic Year	1996

Abstract

An infrared seeking robot has been designed and built to study an automatic controlling system by using a microtroller. Main parts of the robot are 1) two wheels mobile type robot, 2) infrared sensor modules, 3) a PWM DC motor amplifier and 4) a 8025AH BASIC single board microcomputer. The robot seeks an IR pulse generated by IR transmitter by a two channel IR receiver module. A 4 kB program written in BASIC language was used to control the IR sensing and speeding the DC motors. Testing the operation of the program has shown that the robot can detect obstracles and move to the infrared transmitter by itself. Applications of the robot can be used not only in a factory but also in hazardous chemical or high radiation area by chaning , say the sensing methode , control program , etc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สามารถเสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลต่างๆ ดังนี้

บุพการี	ที่ให้ความอุปการะในทุกๆด้านจนสำเร็จการศึกษา
รศ.สุรพล รักวิจัย	ที่ให้คำแนะนำต่างๆในการทำโครงงานพิเศษนี้
ผศ.วิชิต ศิริโชติ	ที่ให้คำแนะนำต่างๆและให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ต่างๆในการทำโครงงานพิเศษนี้
คณะกรรมการทุกท่าน	ที่ตรวจรายงานโครงงานพิเศษฉบับนี้
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์	ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ
เพื่อนทุกๆ คน	ที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือต่างๆ
เจ้าหน้าที่ห้องสมุดสถาบันฯ	ที่ให้ความอนุเคราะห์หนังสือและช่วยค้นหา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญรูปภาพ		ช
บทที่ 1 บทนำ		
1.1	ความเป็นมาในการทำโครงงานพิเศษ	1
1.2	วัตถุประสงค์	1
1.3	ขอบเขตของการทำโครงงานพิเศษ	2
1.4	วิธีที่ใช้ในการดำเนินการ	2
บทที่ 2 หลักการของหุ่นยนต์		
2.1	ประวัติความเป็นมาของหุ่นยนต์	3
2.2	คำจำกัดความของหุ่นยนต์	4
2.3	ประเภทของหุ่นยนต์	4
บทที่ 3 หลักการของ Dc motor		
3.1	พื้นฐานของระบบควบคุม Dc motor	5
3.2	หลักการทำงานของ Dc motor	6
3.3	ประเภทของ Dc motor	8
3.4	ระบบเกียร์	15
3.5	ลิเนียร์เพาเวอร์แอมปลิไฟด์	16
3.6	พัลซ์วิดโมดูเลชั่นแอมปลิไฟด์	22
บทที่ 4 ระบบอินฟราเรด		
4.1	หลักการของอินฟราเรด	30
4.2	คุณสมบัติของอินฟราเรด	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 5 ทฤษฎีและหลักการทำงานของ 89C2051 และ Board Ant'32		
5.1	ทฤษฎีและหลักการทำงานของ 89C2051	36
5.2	ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม	38
5.3	หลักการของ Board Ant '32	39
5.4	คุณสมบัติของบอร์ด Ant '32	40
5.5	การอัดโปรแกรมลงชิพ NVRAM	41
บทที่ 6 หลักการทำงานของหุ่นยนต์		
6.1	ส่วนประกอบของหุ่นยนต์	43
6.2	หลักการทำงานของหุ่นยนต์ค้นหาอินฟราเรดอย่างง่าย	43
6.3	ลักษณะการหมุนตัวของหุ่นยนต์เพื่อตรวจเช็คแสงอินฟราเรด	44
6.4	หลักในการควบคุมดีซีมอเตอร์โดยวิธี Pulse Width Modulate	48
6.5	หลักการทำงานของวงจรบริดจ์	51
บทที่ 7 ผลการทดลอง		
7.1	Directivity ของตัวส่งและตัวรับแสงอินฟราเรด	53
7.2	ผลการทดลอง	57
สรุปผลการทดลอง		64
เอกสารอ้างอิง		65
ภาคผนวก		66
Data sheet		
Program การทำงานของหุ่นยนต์		
Program ควบคุมความเร็วของ dc motor		
Program ตรวจจับแสงอินฟราเรด		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตารางแสดงการทำงานของแอมปลิไฟด์แบบพัลซ์วิดท์โมดูเลชั่น 25
ตารางที่ 2 ตาราง 8255 MODE 0 CONFIGULATION 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1 แสดงถึงการเกิดแรงบิดในตัวดีซีมอเตอร์ 7

รูปที่ 2 ดีซีมอเตอร์ต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็ก 8

รูปที่ 3 กราฟระหว่างความเร็วและแรงบิดของดีซีมอเตอร์ อนุกรมภายใต้ภาวะโวลท์เตจคงที่ 9

รูปที่ 4 ดีซีมอเตอร์แบบแยกปรับสนามแม่เหล็กได้ 9

รูปที่ 5 กราฟระหว่างความเร็วและแรงบิดของชันท์มอเตอร์ภายใต้ภาวะ อาเมเจอร์โวลท์เตจคงที่และการกระตุ้นสนามแม่เหล็กคงที่ 10

รูปที่ 6 ดีซีมอเตอร์แบบฟิลด์เป็นแม่เหล็กถาวร 10

รูปที่ 7 แสดงหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นแกนเหล็ก ส่วนฟิลด์เป็นแม่เหล็ก 12

รูปที่ 8 แสดงหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบมีขดลวดบนพื้นผิว และ ฟิลด์เป็นแม่เหล็กถาวร 12

รูปที่ 9 แสดงหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบมีโรเตอร์เป็นขดลวดเคลื่อนที่ 13

รูปที่10 แสดงหน้าตัดซึ่งมองด้านข้างของดีซีมอเตอร์แบบมีโรเตอร์เป็นขดลวดเคลื่อนที่ 13

รูปที่11 แสดงหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่านและโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร 14

รูปที่12 ระบบการคัพปลิ้งของเกียร์ 15

รูปที่13 ระบบการคัพปลิ้งของเกียร์ที่มีแรงเฉื่อย 16

รูปที่14 ยูนิไดเร็คชั่นแนลแอมปลิไฟด์ - บังคับได้เพียงคว็อดรันท์เดียว 17

รูปที่15 ยูนิไดเร็คชั่นแนลแอมปลิไฟด์ที่มีไดนามิคเบรค - บังคับได้สองคว็อดคันท์ 17

รูปที่16 แสดงถึงรูปลักษณะของระบบการลดความเร็วลงของระบบยูนิไดเร็คชั่นแนลที่มี และไม่มีไดนามิคเบรค 18

รูปที่17 ไบไดเร็คชั่นแนลแอมปลิไฟด์แสดงการบังคับได้สี่คว็อดรันท์ 18

รูปที่18 ภาคเอาท์พุทของลิเนียร์ไบโพล่าร์ 19

รูปที่19 ภาคเอาท์พุทของลิเนียร์บริดจ์ 20

รูปที่20 แอมปลิไฟด์แบบ PWM และดีซีมอเตอร์ 23

รูปที่21 ค่าโวลท์เตจและกระแสของแอมปลิไฟด์แบบ PWM 26

รูปที่22 แสดงถึงแอมปลิไฟด์แบบ PWM 27

รูปที่23 แสดงถึงโวลท์เตจและกระแสแอมปลิไฟด์แบบ PWM 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่24 การเปล่งแสงของ LED แบบ GaAs และ AlGaAs 31
รูปที่25 แสดงวงจรสร้างสัญญาณอินฟราเรดอย่างง่าย 32
รูปที่26 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ไอซี 555 33
รูปที่27 วงจรรับแสงอินฟราเรด 34
รูปที่28 BLOCK CIRCUIT RECIVER IR 35
รูปที่29 ตัวถังและขาสัญญาณของชิป AT89C2051 37
รูปที่30 วงจรเบื้องต้นไมโครคอมพิวเตอร์จิ๋ว AT89C2051 38
รูปที่31 แผนผังการทำงานของหุ่นยนต์ 45
รูปที่32 แผนผังแสดงการหมุนตัวซ้ายและขวาในการตรวจจับ IR 46
รูปที่33 แผนผังแสดงการหมุนขวารอบตัวของหุ่นยนต์ 47
รูปที่34 แผนผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยวิธี PWM 49
รูปที่35 แผนผังแสดงโปรแกรมย่อยใน Timer Interrupts 50
รูปที่36 วงจรขับมอเตอร์แบบลิเนียร์บริดจ์ 52
รูปที่37 กราฟแสดงค่า Directivity ของภาครับอินฟราเรด 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาในการทำโครงงานพิเศษ

เนื่องจากในปัจจุบันมนุษย์เราทุกคนต่างแสวงหาความสะดวกสบาย และพยายามค้นหาเครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่จะสามารถสนองความต้องการเพื่อให้ได้มาซึ่งความสะดวกสบายอย่างที่ต้องการ ซึ่งหุ่นยนต์ก็เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่ง ซึ่งมนุษย์ได้สร้างและพัฒนาเพื่อให้หุ่นยนต์ทำกิจกรรมต่างๆ แทนมนุษย์ ซึ่งในโลกยุคปัจจุบันนี้เราจะเห็นได้ว่า หุ่นยนต์มีบทบาทกับมนุษย์มาก ไม่ว่าจะเป็นงานที่เกี่ยวกับกิจวัตรประจำวันหรืองานทางด้านอุตสาหกรรม ซึ่งก็เป็นที่ยอมรับว่าหุ่นยนต์มีความสามารถเฉพาะอย่างได้พอ ๆ กับมนุษย์เรา ดังนั้นมนุษย์นอกจากจะเลือกที่จะใช้หุ่นยนต์ทำกิจกรรมเพื่อความสะดวกสบายแล้วยังนำหุ่นยนต์มาใช้ในงานเสี่ยงภัยอันตรายแทนมนุษย์ ซึ่งในการเสี่ยงภัยอันตรายนี้ส่วนใหญ่จะพบมากในงานทางด้านอุตสาหกรรม ซึ่งจะทำให้ผลผลิตที่ออกมามีประสิทธิภาพที่แน่นอนรวมทั้งช่วยลดต้นทุนในด้านการผลิตทั้งในด้านแรงงานและทางด้านทรัพยากร ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงมีความคิดที่จะเรียนรู้ทางด้านพื้นฐานของหุ่นยนต์เพื่อที่จะนำมาสร้างหุ่นยนต์อย่างง่ายขึ้นมา ซึ่งหุ่นยนต์ที่ทางคณะผู้จัดทำได้สร้างขึ้นมานี้มีความสามารถในการที่จะวิ่งไปหาจุดหมายที่เราได้ทำสัญลักษณ์ไว้ได้เองโดยอัตโนมัติ ซึ่งสัญลักษณ์ในที่นี้ก็คือ ตัวส่งอินฟราเรดนั่นเอง

1.2 วัตถุประสงค์

1 เพื่อศึกษาทฤษฎีการเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาแอสแซมบลี้และภาษาเบสิค
2 เพื่อศึกษาทฤษฎีในการควบคุมความเร็วของ Dc motor ด้วยวิธี Pulse width modulate
3 เพื่อศึกษาทฤษฎีและการทำงานของวงจรรับและส่ง อินฟราเรด
4 เพื่อศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของ Dc motor
5 เพื่อนำความรู้ทั้งหมดมาประยุกต์รวมกันเพื่อสร้างเป็นหุ่นยนต์อย่างง่ายขึ้น
6 เพื่อให้ผู้ที่สนใจนำมาเป็นพื้นฐานและนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์รุ่นต่อๆ ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการทำโครงงานพิเศษ

1. เมื่อปล่อยหุ่นยนต์ในที่โล่ง หุ่นยนต์จะหมุนตัวเพื่อที่จะหาแสงอินฟราเรดที่ถูกส่งมา จาก ภายนอกด้วยความเร็วค่าหนึ่ง
2. เมื่อหุ่นยนต์ตรวจจับเจอแสงอินฟราเรด หุ่นยนต์จะทำการหยุดชั่วขณะและเดินตรงไป ยังแสงอินฟราเรดที่ตรวจจับได้ ด้วยความเร็วอีกค่าหนึ่ง
3. ขณะที่หุ่นยนต์วิ่งไปหาแสงอินฟราเรด แต่เมื่อหุ่นยนต์วิ่งออกนอกเส้นทางไม่ว่ากรณี ใดๆ หุ่นยนต์จะทำการหมุนตัวเพื่อตรวจจับแสงอินฟราเรดอีกครั้งจนพบ
4. หุ่นยนต์จะทำเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ จนถึงจุดหมาย

1.4 วิธีที่ใช้ในการดำเนินการ

1. เราจะใช้การเขียนโปรแกรมภาษาเบสิคในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์
2. เราจะใช้การเขียนโปรแกรมภาษาแอสแซมบลี้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์
3. เราจะใช้วงจร H - bridge เป็นตัวขยายสัญญาณและขับ dc motor
4. เราจะใช้แสงอินฟราเรดเป็นตัวตรวจจับและเป็นข้อมูลให้กับโปรแกรมในการควมคุม หุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ประวัติความเป็นมาของ หุ่นยนต์ (Robot)

2.1 ประวัติความเป็นมาของหุ่นยนต์

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

ในช่วงปลายปี 1940 ระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 งานวิจัยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้เริ่มเกิดขึ้น ซึ่งเป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องจักรกลควบคุมระยะไกลสำหรับการขนถ่ายวัสดุกัมมันตภาพรังสี

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 คำจำกัดความของหุ่นยนต์

คำจำกัดความของหุ่นยนต์มีอยู่หลายคำจำกัดความด้วยกันดังนี้

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

2 คำนิยามของ The Robot Institute of Anevican : " A robot is a reprogrammable , multifunctional manipulator designed to move meterial , parts , tools , or specialized device through various proformance of avarity 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 โดยที่ฐานอาจมีล้อหรือต้นระบบ

จากทั้งสองประเภทของหุ่นยนต์คือ Fixed Robots และ Mobile Robots หุ่นยนต์ประเภทที่สองค่อนข้างจะเป็นหุ่นยนต์ที่มีความยืดหยุ่นสูงกว่าประเภทแรกซึ่งในรายงานโครงงานพิเศษฉบับนี้จะเป็นเรื่องเกี่ยวกับ Mobile Robots ดังจะได้กล่าวต่อไป

การนำเอาหุ่นยนต์มาประยุกต์ใช้งานในปัจจุบันนั้น ไม่เพียงแต่จะใช้ในงานทางด้านอุตสาหกรรมเท่านั้นแต่ในหน่วยงานต่างๆ ก็ได้มีการนำหุ่นยนต์มาช่วยในการปฏิบัติงาน เช่น งานที่เสี่ยงอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ตัวอย่างเช่นงานกู้วัตถุระเบิดหรืองานสำรวจที่มนุษย์ไม่สามารถไปสำรวจด้วยตนเองได้ หรืองานที่อาจมีปัญหาทางด้านมลภาวะทางด้านสิ่งแวดล้อมเช่น อุณหภูมิ รังสี สารเคมี เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

หลักการของ DC MOTOR

3.1 พื้นฐานของระบบควบคุมดีซีมอเตอร์

ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบคอนโทรลดีซีมอเตอร์ซึ่งประกอบด้วย 4 ข้อหลัก

1) ตัวคอนโทรลเลอร์
2) วงจรไดรเวอร์หรือเพาเวอร์แอมปลิไฟ
3) ฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์หรือเอนโคดเดอร์
4) ดีซีมอเตอร์และโหลด

ตัวคอนโทรลเลอร์ เป็นส่วนของระบบที่ทำให้เกิดสัญญาณคอนโทรลไปบังคับดีซีมอเตอร์และโหลด คอนโทรลเลอร์ที่ให้สัญญาณคอนโทรลเป็นสัญญาณอนาลอกเราเรียกว่าอนาลอกคอนโทรลเลอร์ส่วนคอนโทรลเลอร์ที่ให้สัญญาณดิจิตอลเราเรียกว่าดิจิตอลคอนโทรลเลอร์

วงจรไดรเวอร์ เป็นส่วนประกอบของระบบที่อยู่ระหว่างตัวคอนโทรลเลอร์กับดีซีมอเตอร์และโหลดมีหน้าที่ปรับรูปและขยายสัญญาณให้เหมาะสมก่อนที่จะป้อนเข้าไปขับดีซีมอเตอร์และโหลด ซึ่งส่วนใหญ่วงจรไดรเวอร์จะเป็นเพาเวอร์แอมปลิไฟด์ซึ่งได้แก่เพาเวอร์แอมปลิไฟด์และพัลซ์วิดท์โมดูเลชั่น

ฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์หรือเอนโคดเดอร์ เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้รับรู้หรือดีเท็คสัญญาณเอาท์พุทที่ต้องการ โดยไม่มีผลของการโหลดดิ้ง (loading) สัญญาณที่ดีเท็คได้นี้จะป้อนกลับไปเปรียบกับสัญญาณอ้างอิงทำให้ได้สัญญาณ error ฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ อนาลอกทรานสดิวเซอร์ คือสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานรูปหนึ่งให้เป็นสัญญาณอนาลอกได้แก่พวก ทาโคเยนเนอเรเตอร์ ส่วนฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์อีกแบบหนึ่งคือ ดิจิตอลท รา นสดิวเซอร์ เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานรูปหนึ่งให้เป็นสัญญาณดิจิตอลได้แก่พวก อินคริเม้นท์เอนโคดเดอร์รีซีฟเวอร์

* แต่ในโครงงานพิเศษในครั้งนี้เราจะใช้ sensor แทน *

ดีซีมอเตอร์และโหลด คือระบบที่ถูกคอนโทรลหรือส่วนที่ออกแรงทำงานซึ่งจะเป็นเครื่องจักรกล (ดีซีมอเตอร์) หรืออะไรก็ตามที่ให้ตัวแปร ดีซีมอเตอร์ในที่นี้เป็นแบบแม่เหล็กถาวรที่มีคุณสมบัติการทำงานสูง

ลักษณะการควบคุมของระบบดีซีมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการคอนโทรลดีซีมอเตอร์สามรถที่จะจำแนกลักษณะการคอนโทรลออกได้เป็น 2 แบบ คือ

ระบบอนาลอกคอนโทรล คือ outputที่วัดได้จะเป็นสัดส่วนกับสัญญาณไฟฟ้าที่เป็นสัญญาณอนาลอก

ระบบดิจิตอลคอนโทรล คือ สัญญาณ output ที่วัดได้จะต้องออกมาในรูปสัญญาณ digital หรือในรูปสัญญาณ เอนโคดดิ้งของไบนารี่

<u>วิธีการควบคุมมอเตอร์</u>

การคอนโทรลมอเตอร์ด้วยดีซีโวลท์เตจ

- **เฟสคอนโทรลโดยใช้ ไทริสเตอร์ (SCR)**
- **โวลท์เตจคอนโทรลโดยใช้ทรานซิสเตอร์**
- **On - Off คอนโทรลโดยใช้ทรานซิสเตอร์และไทริสเตอร์**
- **ไทม์เรโชคอนโทรล**
- **เฟสล็อคลูปคอนโทรล**

การคอนโทรลมอเตอร์ด้วยเอซีโวลท์เตจ

- **เฟสคอนโทรลด้วยไทริสเตอร์ (TRIAC)**
- **อินทิเกรตคอนโทรลด้วยไทริสเตอร์**

การคอนโทรลมอเตอร์ด้วยการคอนโทรลความถี่

- **อินเวอร์เตอร์ด้วยทรานซิสเตอร์**
- **อินเวอร์เตอร์ด้วยไทรริสเตอร์**
- **เฟสล็อคลูปคอนโทรล**
- **ควบคุมโดยใช้ microcontroller**

<u>3.2 หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์</u>

ดีซีมอเตอร์เป็นทรานสดิวเซอร์แรงบิดซึ่งมีการออกแบบให้มีคุณสมบัติพิเศษของเพลาของดีซีมอเตอร์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาร์มาเจอร์ แรงบิดของเพลาของดีซีมอเตอร์จะได้จากผลระหว่างสนามแม่เหล็กและขดลวดตัวนำ หลักการนี้แสดงได้ในรูป 1 ในที่นี้กระแสที่ไหลในขดลวดตัวนำจะสร้างฟิลด์ที่ประกอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก $\varnothing$ และขดลวดตัวนำเหล่านั้นอยู่ห่างจากศูนย์กลางการหมุนเท่ากับ r ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเพลาและกระแสเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T = K\varnothing I$$

เมื่อ T คือ แรงบิดของเพลามีหน่วยเป็นนิวตัน - เมตร

K คือ ตัวคงที่

$\varnothing$ คือ เส้นแรงแม่เหล็กมีหน่วยเป็นเวเบอร์

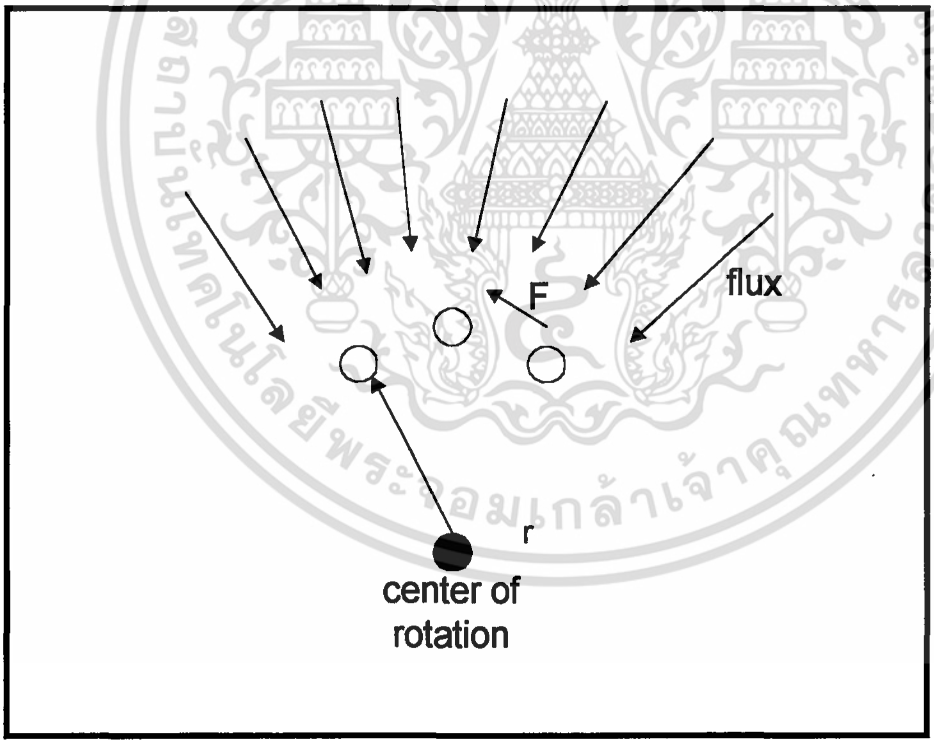
I คือ กระแส

ดังนั้นแรงบิดของเพลาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของเส้นแรงแม่เหล็กและกระแส เมื่อขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กก็จะทำให้เกิดโวลท์เตจตกคร่อมตัวมันเอง โวลท์เตจนี้จะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของเพลาของมอเตอร์ และต้านการไหลของกระแส ความสัมพันธ์ระหว่างโวลท์เตจย้อนกลับนี้และความเร็วของเพลามอเตอร์คือ

$$E = K\varnothing\omega$$

E = โวลท์เตจย้อนกลับ

ω = ความเร็วของมอเตอร์



รูปที่ 1 แสดงถึงการเกิดแรงบิดในตัวดีซีมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>3.3 การแยกประเภทของดีซีมอเตอร์</u>

ดีซีมอเตอร์สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับลักษณะวิธีการสร้างสนามแม่เหล็กของตัวมอเตอร์และขึ้นอยู่กับพื้นฐานการออกแบบโครงสร้างของอาร์เมเจอร์

<u>การแบ่งประเภทตามลักษณะการจ่ายสนามแม่เหล็กแยกออกได้เป็น 2 ประเภท</u>

ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้

ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่

<u>ถ้าเราจะพิจารณาแยกประเภทตามลักษณะการออกแบบโครงสร้างอาเมเจอร์สามารถแยกออกได้เป็น 3 แบบคือ</u>

ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์เป็นแกนเหล็ก

ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์ที่มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิว

ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์เป็นขดลวดหมุน

นอกจากนี้ยังมีดีซีมอเตอร์พิเศษอีกแบบหนึ่งคือ แบบไม่มีแปรงถ่าน ซึ่งหลักการทางเทคโนโลยีเหมือนกับดีซีมอเตอร์ชนิดมีแปรงถ่านยกเว้น การคอมมิวเทชั่น กระทำโดยเทคนิคทางอีเล็คตรอนิคส์แทนที่จะกระทำโดยวิธีการทางเชิงกล

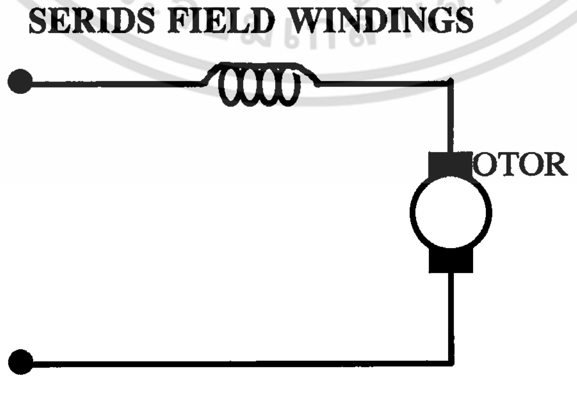
<u>ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้</u>

<u>ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้ยังแบ่งแยกได้เป็น 2 แบบคือ</u>

แบบขดลวดสนามแม่เหล็กต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์

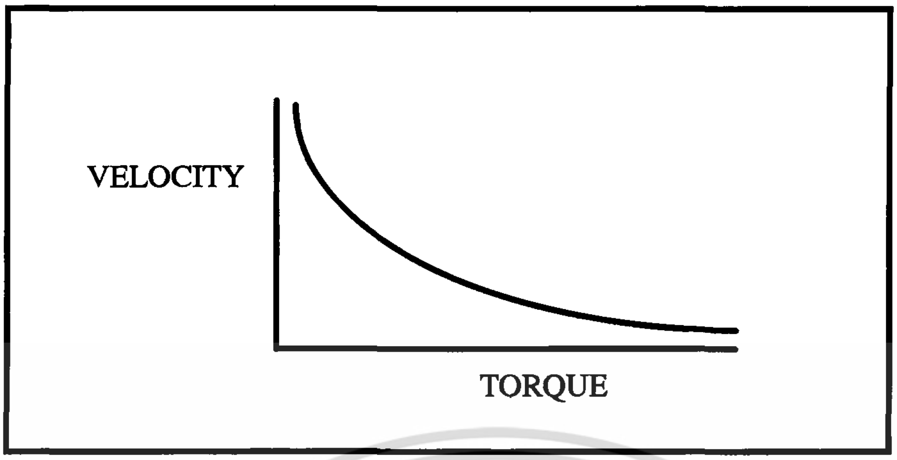
แบบขดลวดสนามแม่เหล็กแยกกระตุ้น

ตัวอย่างของมอเตอร์แบบขดลวดสนามแม่เหล็กต่ออนุกรมแสดงดังในรูป 2 มอเตอร์แบบนี้จะมีเส้นแรงแม่เหล็กเป็นสัดส่วนกับกระแสดังนั้นเส้นแรงของสนามแม่เหล็กจึงสามารถปรับค่าได้ และเราจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและแรงบิดดังแสดงในรูป 3



รูปที่ 2 ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์ต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็ก

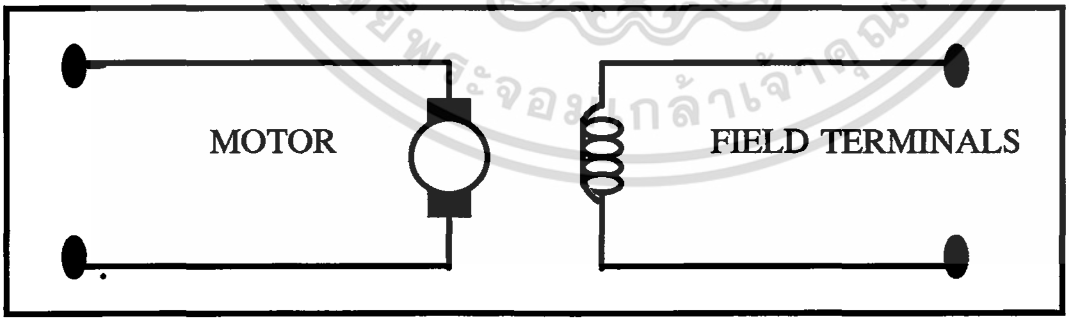
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 คุณสมบัติระหว่างความเร็วและแรงบิดของดีซีมอเตอร์อนุกรมภายใต้ภาวะโวลท์เตจคงที่

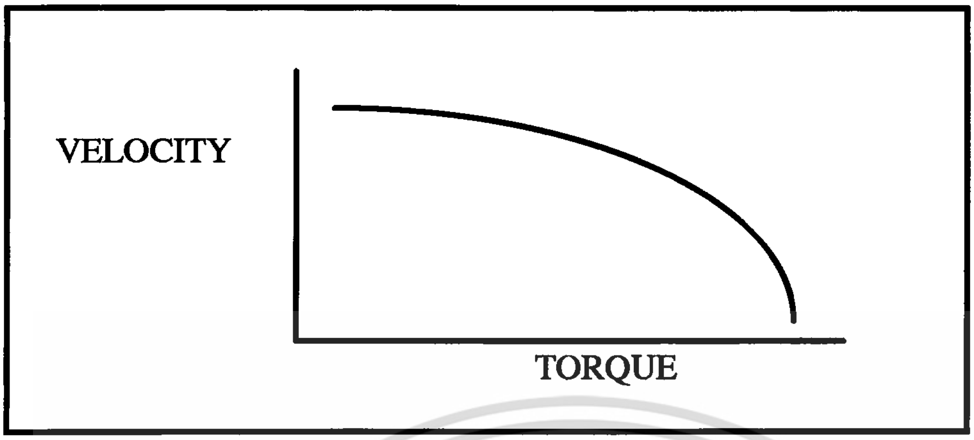
มอเตอร์ดังกล่าวจะใช้งานในภาวะเฉพาะเมื่อต้องการแรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำ และแรงบิดต่ำที่ความเร็วสูงเช่นระบบการขับเคลื่อนของรถลาก

ตัวอย่างของมอเตอร์แบบขดลวดสนามแม่เหล็กแยกกระตุ้นแสดงใน รูป 4 ดีซีมอเตอร์นี้มักนิยมเรียกกันว่ามอเตอร์ขนาน (shunt motor) มอเตอร์แบบนี้สามารถรับเส้นแรงแม่เหล็กได้อย่างอิสระต่อกระแสของอาร์เมเจอร์ยังผลให้สามารถควบคุมพารามิเตอร์ของมอเตอร์ให้มีค่าคงที่ได้ตลอดช่วงพิสัยที่กว้าง มอเตอร์นี้มักจะใช้งานในกรณีระบบบังคับการเคลื่อนที่ต้องการแรงบิดสูง ในรูปที่ 5 แสดงถึงคุณสมบัติระหว่างแรงบิดกับความเร็วของ shunt motor ภายใต้ภาวะการกระตุ้นสนามแม่เหล็กคงที่และอาร์มาเจอร์โวลท์เตจคงที่



รูปที่ 4 ดีซีมอเตอร์แบบแยกปรับสนามแม่เหล็กได้

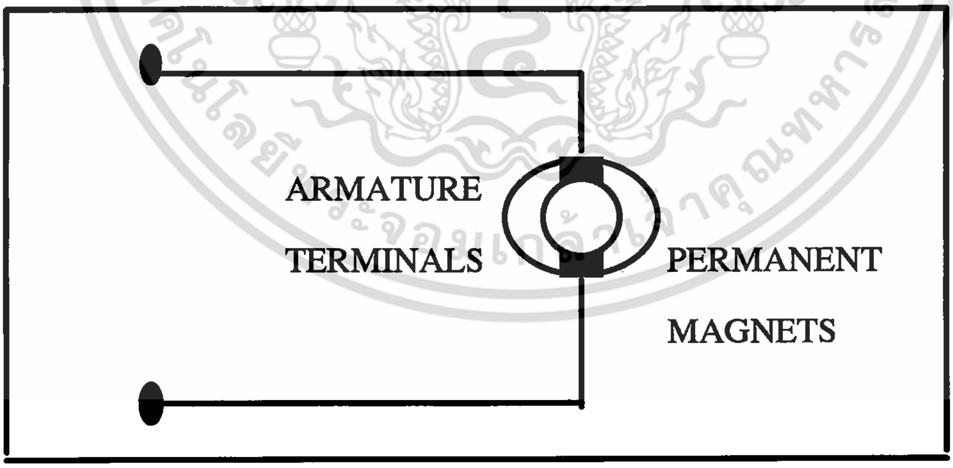
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 แสดงคุณสมบัติระหว่างความเร็วและแรงบิดของชันท์มอเตอร์ภายใต้ภาวะอาร์เมเจอร์โวลท์เตจคงที่และการกระตุ้นสนามแม่เหล็กคงที่

<u>ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่</u>

ระบบการกระตุ้นฟิลด์ของมอเตอร์โดยทั่วไปในปัจจุบันมักใช้เป็นแบบ แม่เหล็กถาวร แม่เหล็กถาวรดังในรูปที่ 6 ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้คือมีโครงสร้างของฟิลด์ด้วยการพันของขดลวด คือ ไม่มีกำลังสูญเสียในฟิลด์ มีประสิทธิภาพสูงกว่าและมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับมอเตอร์ที่มีขนาดของกำลังม้าเท่ากันนอกจากนั้นยังให้ค่ากระแสอาร์เมเจอร์ที่สูงกว่าดีซีมอเตอร์แบบฟิลด์เป็นขดลวด การประยุกต์ใช้งานเหมาะกับระบบที่ต้องการแรงบิดของโหลดสูง



รูปที่ 6 ดีซีมอเตอร์แบบฟิลด์เป็นแม่เหล็กถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์เป็นแกนเหล็ก</u>

โครงสร้างของโรเตอร์และสเตเตอร์ของมอเตอร์แบบแกนแม่เหล็กแสดงดังในรูปที่ 7 โครงสร้างของมอเตอร์แบบนี้มีโมเมนต์ของแรงเฉื่อยสูงที่สุดและมีค่าอินดัคแต้นซ์ของโรเตอร์สูงที่สุดด้วยดังนั้นมอเตอร์นี้จึงมีปริมาณการจุความร้อนได้สูง และสามารถจะทน OVER LOAD ได้ในระยะเวลาที่ยาวนานโดยไม่ทำให้มอเตอร์เสียหาย

<u>ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิว</u>

ในรูปที่ 8 แสดงถึงการออกแบบของมอเตอร์ที่มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิดโดยไม่มีสบ็อท ทำให้ได้อินดัคแต้นซ์ ของโรเตอร์ต่ำกว่าแบบแกนเหล็ก ข้อเสียคือ ทำให้ขนาดของมอเตอร์แบบนี้มีขนาดใหญ่ขึ้นและราคาแพงกว่าแบบแกนเหล็กด้วย

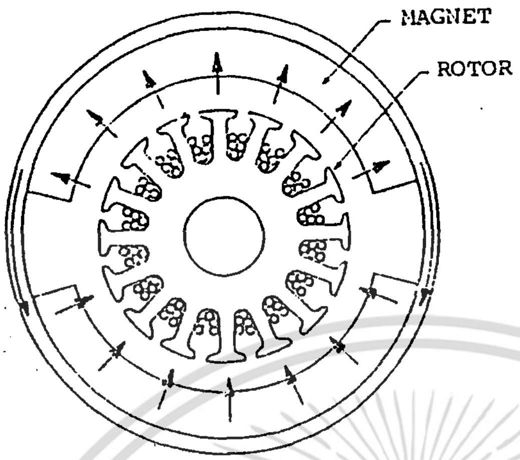
<u>ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์เป็นขดลวดหมุน</u>

มอเตอร์แบบขดลวดหมุนนี้ได้รับการออกแบบเพื่อให้มี moment ของแรงเฉื่อยน้อยมากดังแสดงในรูปที่ 9 และรูปหน้าตัดซึ่งมองด้านข้างของมอเตอร์ดังกล่าวแสดงในรูป 10 รูปลักษณะโครงสร้างภายนอกและโครงสร้างของแม่เหล็กมอเตอร์แบบนี้มีช่องว่างอากาศ ระหว่างแม่เหล็กมากกว่ามอเตอร์ทั้งสองแบบที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นจำเป็นต้องออกแบบให้โครงสร้างของแม่เหล็กให้ใหญ่ขึ้นเพื่อให้ได้ช่องว่างของอากาศระหว่างเส้นแรงแม่เหล็กที่เท่ากันกับของมอเตอร์ทั้งสองแบบดังกล่าว ดังนั้นราคาของมอเตอร์แบบนี้จึงมีราคาแพง นอกจากนั้นโครงสร้างของมอเตอร์มีความจุความร้อนต่ำมากถ้าหากเกิด over load มีความจุความร้อนต่ำมากถ้าหากเกิด over load ก็จะทำให้มอเตอร์เสียได้ง่ายและ โรเตอร์ลักษณะนี้จะมีค่าอินดัคแต้นซ์ต่ำมากคือน้อยกว่า 10 ไมโครเฮนรี่

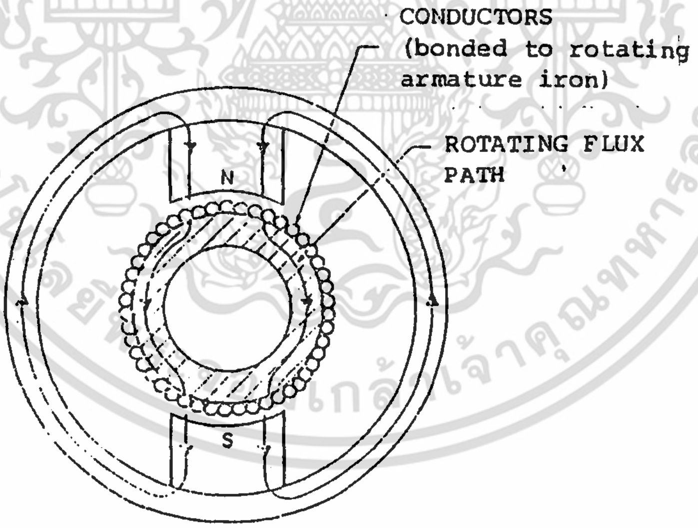
<u>ดีซีมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่าน</u>

ดีซีมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่านต่างจากดีซีมอเตอร์ที่กล่าวมาแล้วคือ การคอมมิวเทชั่นกระแสอาร์เมเจอร์จะใช้วิธีทางอีเลคทรอนิคส์ โครงสร้างของมอเตอร์แบบนี้จะมีโรเตอร์เป็นแม่เหล็กหยึด “ back iron “ และขดลวดคอมมิวเตทจะอยู่ภายนอกส่วนของตัวโรเตอร์ดังแสดงในรูป 11 (เปรียบเทียบกับดีซีมอเตอร์โดยทั่วไปแล้วจะมีโครงสร้างที่มีส่วนประกอบกลับกัน) การประยุกต์ใช้งานของดีซีมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่านนี้มักจะใช้ในระบบที่ต้องการโมเมนต์ของแรงเฉื่อยต่ำเนื่องด้วยโครงสร้างโรเตอร์ของมอเตอร์แบบนี้สร้างขึ้นด้วยสารแม่เหล็กชนิดพิเศษเพื่อให้เป็นมอเตอร์ชนิดที่มีโมเมนต์ของแรงเฉื่อยต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

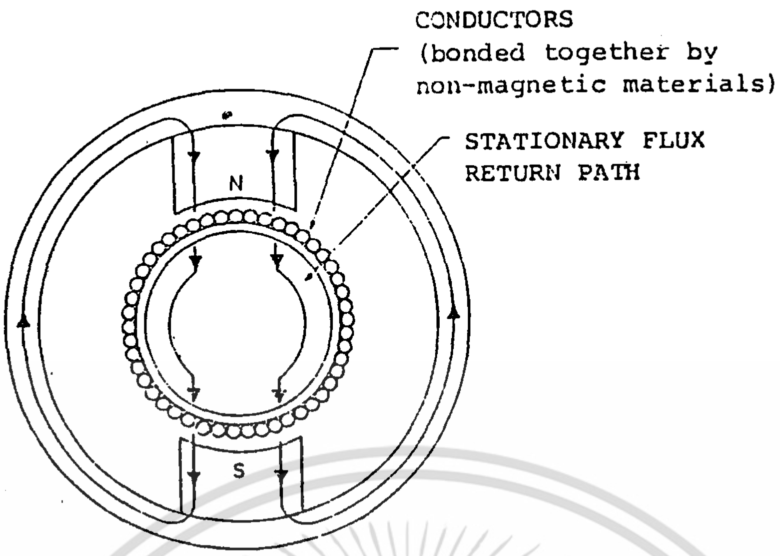


รูปที่ 7 แสดงหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นแกนเหล็กส่วนฟีลด์เป็นแม่เหล็ก

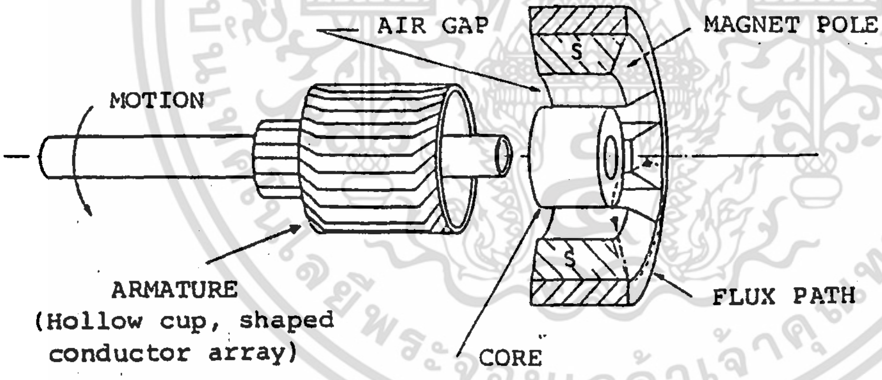


รูปที่ 8 แสดงหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบมีขดลวดบนพื้นผิวและฟีลด์เป็นแม่เหล็กถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

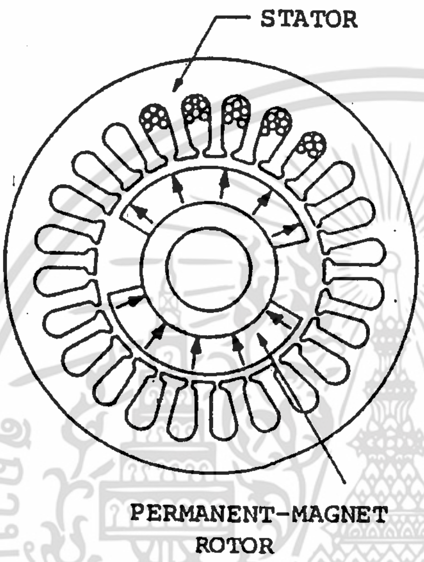


รูปที่ 9 แสดงหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบมีโรเตอร์เป็นขดลวดเคลื่อนที่



รูปที่ 10 แสดงหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบมีโรเตอร์เป็นขดลวดเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



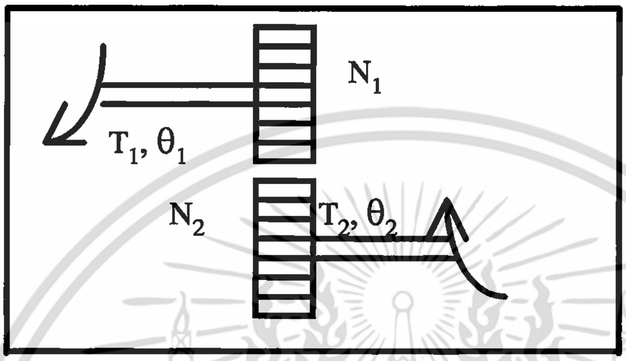
รูปที่ 11 แสดงหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่านและโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ระบบเกียร์

เป็นอุปกรณ์เครื่องกลซึ่งสามารถส่งพลังงานจากส่วนหนึ่งของระบบไปยังส่วนอื่นๆ ในรูปของแรงงานแรงบิด ความเร็ว และการเคลื่อนที่ นอกจากนั้นอุปกรณ์เหล่านี้ยังเป็นเสมือนอุปกรณ์สำหรับประสาน (matching) ที่สามารถใช้ส่งผ่านกำลังงานให้ได้ค่าสูงสุด

รูปที่ 12 แสดงถึงการคัพปลิ้งเกียร์ 2 ตัวเข้าด้วยกัน แรงเฉื่อยและแรงเสียดทานของเกียร์จะไม่นำมาคิดในเมื่อพิจารณาถึงเกียร์ในอุดมคติ



รูปที่ 12 ระบบการคัพปลิ้งของเกียร์

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

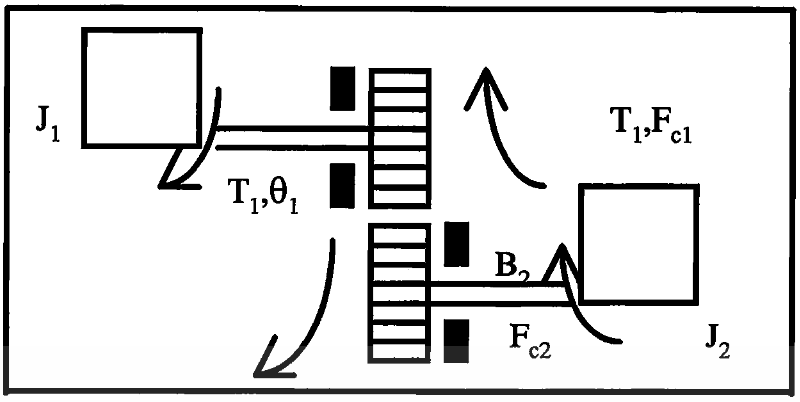
$$T_1\theta_1 = T_2\theta_2$$

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 จะต้องมีแรงเฉื่อยและแรงเสียดทานเกิดขึ้นเนื่องจากการคัพปลิ้งระหว่างซี่ฟันของเกียร์ซึ่งไม่สามารถจะตัดทิ้งได้ ระบบสมมูลย์ของเกียร์ที่มีวิสคอสฟริคชั่น คูลอมป์ฟิคชั่น และแรงเฉื่อยพิจารณาเป็นส่วนประกอบของระบบดังแสดงดังรูปที่ 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 ระบบการคัพปลิ้งเกียร์ที่มีแรงเฉื่อย

เมื่อ T คือ แรงบิดที่ป้อนให้กับระบบเกียร์

θ_1 และ θ_2	=	ระยะทางการเคลื่อนที่เป็นแบบเชิงมุม
T_1 และ T_2	=	แรงบิดที่ส่งผ่านมายังเกียร์
J_1 และ J_2	=	แรงเฉื่อยของเกียร์
N_1 และ N_2	=	จำนวนซี่ฟัน
F_{C1} และ F_{C2}	=	ตัวสัมประสิทธิของคูว์ลอมบ์ฟริคชั่น
B_1 และ B_2	=	ตัวสัมประสิทธิของวิสคอสฟริคชั่น

3.5 ลิเนียร์เพาเวอร์แอมปลิไฟด์

ลิเนียร์แอมปลิไฟด์โดยปกติสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ขยายแบบลิเนียร์เช่นเดียวกันกับ op - amp หรือ ดิฟเฟอเรนเชียลแอมปลิไฟด์ที่ใช้ไปกระตุ้นภาคเพาเวอร์ให้ไปขับมอเตอร์

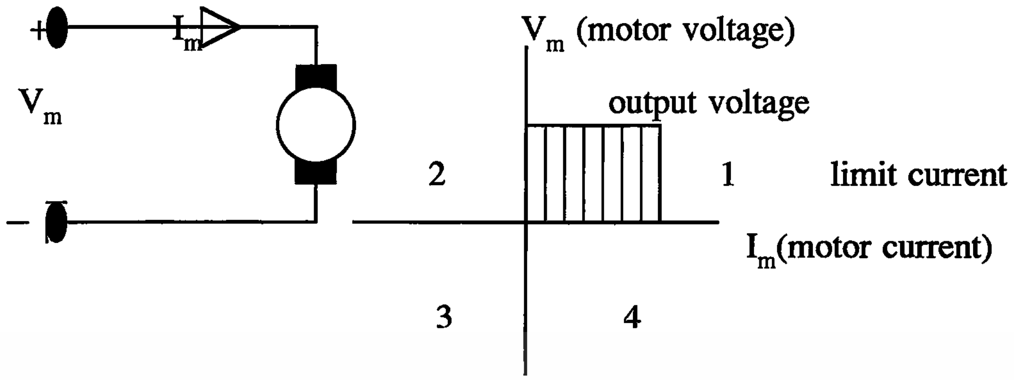
ลิเนียร์แอมปลิไฟด์แบ่งเป็น 2 รูปแบบคือ

1. ยูนิไดเรคชั่นแนลแอมปลิไฟด์

เป็นเครื่องขยายแบบง่ายที่สุดของลิเนียร์แอมปลิไฟด์และใ ช้ในระบบที่มิเตอร์ถูกขับให้หมุนได้ในทิศทางเดียว นั่นคือลิเนียร์ transfermer function ของแอมปลิไฟด์แบบนี้จะทำงานอยู่ในควอดรันท์แรกเท่านั้น และไม่สามารถให้โวลท์เตจหรือกระแสไหลกลับทิศทางได้ดังแสดงใน รูปที่ 14

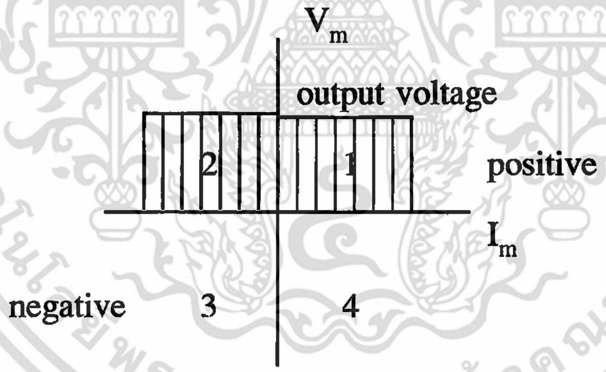
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 14 ยูนิไดเร็คชั่นแนลแอมปลิไฟด์ - บังคับได้เพียงคว็อดรันท์เดียว

ระบบดังกล่าวแสดงคุณสมบัติการทำงานโดยสามารถเพิ่มอัตราเร่งได้อย่างรวดเร็วแต่สามารถลดความเร็วลงได้อย่างเชื่องช้าเนื่องจากมอเตอร์จะลดความเร็วลงได้อย่างเชื่องช้าเนื่องจากมอเตอร์จะลดความเร็วลงได้ด้วยแรงเสียดทานและ viscous samping ของระบบเพียงเท่านั้น การเพิ่มไดนามิคเบรคเข้าในระบบสามารถทำให้ยูนิไดเร็คชั่นแนลแอมปลิไฟด์ทำงานได้สองควอดรันท์ ดังแสดงในรูปที่ 15



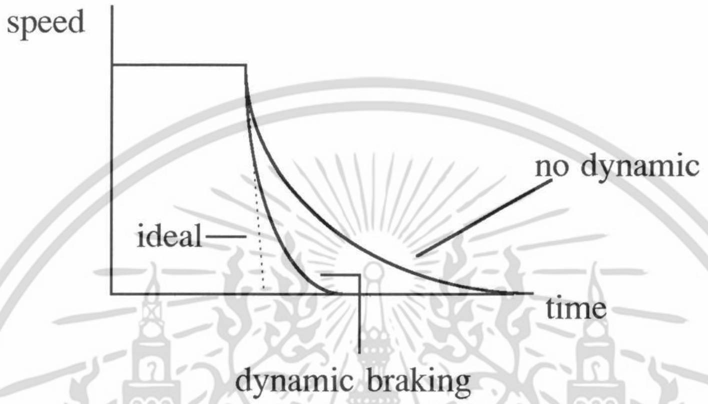
รูปที่ 15 ยูนิไดเร็คชั่นแนลแอมปลิไฟด์ที่มีไดนามิคเบรค-บังคับได้สองคว็อดรันท์

การหมุนของมอเตอร์ยังคงเป็นทิศทางเดียวแต่สามารถกลับทิศทางการไหลของกระแสของมอเตอร์โดยตัดกระแสขับเคลื่อนมอเตอร์และให้ทางเดินของกระแสซึ่งเกิดจากโวลท์เตจย้อนกลับของมอเตอร์ ในทิศทางตรงกันข้ามกระแสที่ใช้สำหรับลดความเร็วลงเป็นฟังก์ชั่นกับโวลท์เตจย้อนกลับ ดังนั้นมันจึงเป็นฟังก์ชั่นกับความเร็วและให้คุณสมบัติสามารถลดความเร็วลงได้อย่างมาก เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์หมุนอยู่ที่ความเร็วสูงและความสามารถในการหน่วงความเร็วลงนี้จะลดลงเป็น ศูนย์ เมื่อมอเตอร์มีความเร็วเข้าใกล้ศูนย์

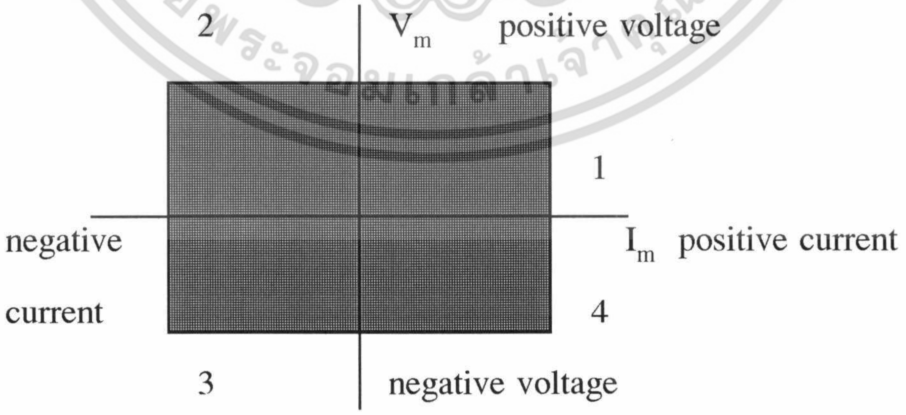
การทำงานในควอดรันท์ที่ 2 นี่เป็นลักษณะของการทำงานเพียงชั่วขณะเท่านั้นและใช้งานได้เฉพาะขณะที่ระบบต้องการลดความเร็วลงจากความเร็วที่เป็นอยู่ เพื่อทำให้เกิดกระแสหน่วงหรือกระแสต้านทานการหมุนของมอเตอร์ตามที่
ต้องการ



รูปที่ 16 แสดงถึงรูปลักษณะของระบบการลดความเร็วลงของระบบยูนิไดเร็คชั่นแนลที่มีและไม่มีไดนามิคเบรคสังเกตได้ว่าประสิทธิภาพของไดนามิคเบรคลดลงที่ความเร็วต่ำๆ

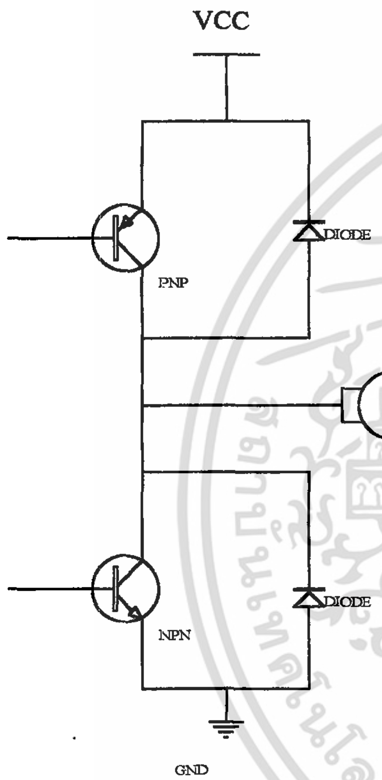
<u>2. ไบไดเร็คชั่นแนลแอมปลิไฟด์</u>

เป็นเครื่องขยายที่สามารถทำให้มอเตอร์ทำงานได้ทั้งสองทิศทาง และมีลิเนียร์ transformer function ตลอดถึงช่วงความเร็วเป็นศูนย์ แอมปลิไฟด์แบบนี้สามารถบังคับได้เต็มทั้ง 4 ควอดรันท์ ดังในรูปที่ 17 และสามารถป้อนโวลท์เตจและกระแสทั้งขั้วบวกหรือลบให้กับมอเตอร์ได้

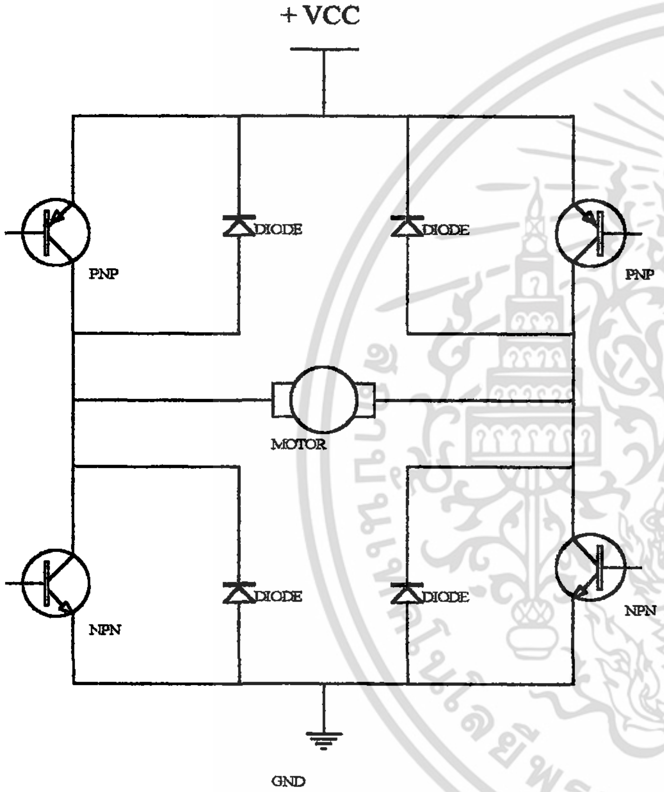


รูปที่ 17 ไบไดเร็คชั่นแนลแอมปลิไฟด์แสดงการบังคับได้สี่ควอดรันท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 18 ภาคเอาท์พุทของลิเนียร์ไบโพล่าร์



รูปที่ 19 ภาคเอาท์พุทของลิเนียร์บริดจ์

ไบไดเร็คชั่นแนลแอมปลิไฟด์แบบพื้นฐาน 2 แบบได้แก่ลิเนียร์ไบโพล่าร์และลิเนียร์บริคจ์ ซึ่งแบ่งออกตามลักษณะโครงสร้างของ output ดังแสดงในรูป 18 และ 19 ตามลำดับ

ไบโพล่าร์แอมปลิไฟด์ จะใช้เพาเวอร์ซัพพลายถึงสองลักษณะสำหรับการทำงานแบบ forward และ reverse โวลต์เตจที่ป้อนให้มอเตอร์ เท่ากับผลต่างระหว่าง ซัพพลายโวลต์เตจตกคร่อมคอบเบคเตอร์ - อิมิเตอร์ ของ Q_1 หรือ Q_2 ในขณะที่ตัวหนึ่งตัวใดนำกระแส เนื่องด้วยลิเนียร์แอมปลิไฟด์โดยทั่วไปมีประสิทธิภาพไม่ค่อยดีนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ภาวะความเร็วต่ำแรงบิดสูง ซึ่งในภาวะนี้กระแสจะไหลสูงและโวลต์เตจตกคร่อม output transister สูงด้วย ดังนั้นในระบบใหญ่จำเป็นต้องใช้ตัวระบายความร้อนขนาดใหญ่ หรือใช้พัดลมสำหรับระบายความร้อนด้วย

ลิเนียร์ไบโพล่าร์แอมปลิไฟด์เป็นแอมปลิไฟด์ที่ออกแบบได้ง่ายกว่าลิเนียร์บริดจ์แต่การออกแบบไฟโพล่าร์มีข้อเสียที่สำคัญหลายข้อซึ่งควรจะได้ประเมินข้อดีข้อเสีย ของระบบเสียก่อน

1. เพาเวอร์ซัพพลายเป็นแบบไบโพล่าร์คือมีสองขั้ว บวกและลบ
2. **ค่า V_{ceo} ของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ต้องสูงกว่าผลบวกของซัพพลายโวลต์เตจทั้งสอง**
3. **ลิเนียร์ไบโพล่าร์แอมปลิไฟด์จะต้องทนต่อ forward and reverse breakdown ที่สอง output power transister อาจจะเสียได้ในช่วงการลดความเร็วลงของโหลดที่มีความเฉื่อยสูงลงจากความเร็วสูงๆ**

ลิเนียร์บริดจ์ ใช้เพาเวอร์ซัพพลายเพียงขั้วเดียวคือ บวกหรือลบเพื่อป้อนให้กับมอเตอร์ ซึ่งโวลต์เตจที่ป้อนให้มอเตอร์นี้จะมีขนาดเกือบเท่ากับโวลต์เตจของเพาเวอร์ซัพพลาย ในวงจรบริดจ์ Q_1 และ Q_4 จะนำกระแสเมื่อมอเตอร์ได้รับโวลต์เตจให้หมุนไปในทิศทางหนึ่ง และ Q_2 และ Q_3 จะนำกระแสเมื่อมอเตอร์ได้รับโวลต์เตจให้หมุนไปในทิศทางตรงข้ามดังนนั้น โวลต์เตจตกคร่อม transister แต่ละตัวที่นำกระแสจะเท่ากับ 1 / 2 (ซัพพลายโวลต์เตจ - โวลต์เตจตกคร่อมมอเตอร์) โครงสร้างของลิเนียร์บริดจ์ต้องการให้ V_{ceo} ของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีค่าสูงกว่า V_s ตามรูป ไดโอดจะเป็นตัวกดให้เอาท์พุทโวลต์เตจลอลงเท่ากับโวลต์เตจตกคร่อมไดโอดที่เป็นบวกหรือลบมากกว่า $\pm V_s$ สำหรับไบโพล่าร์ สำหรับบริดจ์ไดโอดจะกดโวลต์เตจแต่ละขาของบริดจ์เพื่อให้โวลต์เตจตกคร่อมไดโอดตัวหนึ่งเป็นบวกมากกว่า V_s กับให้โวลต์เตจตกคร่อมไดโอดอีกตัวหนึ่งมีค่าต่ำกว่ากราวด์ ดังนั้น output transister จะไม่ขึ้นกับ โวลต์เตจผลักดันที่ค่ามากกว่า V_s หลายเท่าสำหรับบริดจ์และเท่ากับ 2 V_s สำหรับไบโพล่าร์ ข้อดีอีกอันหนึ่งของบริดจ์ คือ ช่วงลดโวลต์เตจผลักดันบนตัวทรานซิสเตอร์ที่นำกระแส ถ้าบริดจ์ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมความแตก

ต่างระหว่างซัพพลายโวลต์เตจและโวลต์เตจที่มอเตอร์ต้องการจะถูกแบ่งเท่าๆ กันระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานซิสเตอร์ที่นำกระแสทั้ง 2 ตัวนั้น จากผลอันนี้ช่วงเพิ่มกระแสของ output transister ก่อนที่จะเกิดความเสียหายจาก forward and reverse breakdown ครั้งที่สอง การเพิ่มกระแส output อย่างปลอดภัย

<u>3.6 พัลซ์วิดท์โมดูเลชั่นแอมปลีไฟด์</u>

แอมปลิไฟด์แบบ PWM สามารถทำงานได้ 3 แบบ คือ ไบโพล่าร์ และ ลิมิตยูนิโพล่าร์ ซึ่งในหัวข้อนี้เราจะได้อธิบายรายละเอียดในแต่ละแบบ เราจะได้ศึกษาปัญหาการสูญเสียในแอมปลิไฟด์ตลอดจนปัญหาการรักษาความถี่ใน การสวิทซ์ให้ถูกต้อง

จากการศึกษาปัญหาการใช้งานกับดีซีมอเตอร์นี้เราสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสเตปมอเตอร์ และใช้เป็นแอมปลิไฟด์ของลิเนียร์มอเตอร์ได้อีกด้วย

<u>การทำงานของ แอมปลิฟด์แบบพัลซ์วิดท์โมดูเลชั่น</u>

แอมปลิไฟด์แบบ PWM สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ตามลักษณะของการทำงานคือไบโพล่าร์ ยูนิโพล่าร์และลิมิตยูนิโพล่าร์สำหรับแบบไบโพล่าร์ ซึ่งง่ายที่สุดจะดูการทำงานได้ตามรูปที่ 20

โดยที่เราจกำหนดให้มีความถี่การสวิทซ์เป็น f_s t_{on} ที่เกิดขึ้นในส่วนแรกและ t_{off} เกิดในส่วนหลังโดยไบโพล่าร์จะมี T_1 และ T_4 นำกระแสระหว่างเฟส on ส่วน T_3 และ T_2 จะนำกระแสขณะเฟส off จะได้ฟังก์ชั่นตกคร่อมมอเตอร์เป็น

$$V_m = V_{AB} = \begin{cases} V_s & 0 \le t < t_1 \\ -V_s & t_1 \le t < t_f \end{cases}$$

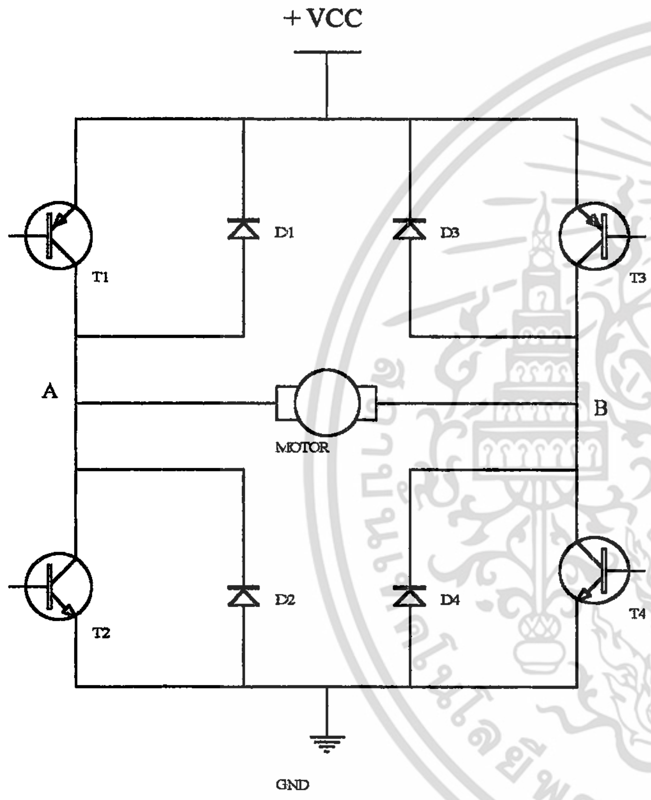
แบบยูนิโพล่าร์ จะลดจำนวนทรานซิสเตอร์ในการสวิทซ์ลงการสวิทซ์ขึ้นกับ V_{in} เป็นบวกหรือลบ เมื่อ V_{in} เป็นบวก T_4 จะนำกระแสตลอดคาบ ในขณะT_1 ที่ นำกระแสในช่วงเฟส 0n และ T_2 จะนำกระแสในช่วงเฟส off เมื่อ V_{in} เป็นลบ T_2 จะนำกระแสตลอดโดยมี T_3 และ T_4 สลับกันทำงานเมื่อ V_{in} เป็นบวกได้

$$V_{in} = \begin{cases} V_s & 0 \le t < t_1 \\ 0 & t_1 \le t < t_f \end{cases}$$

การแสดงค่า V_{in} ในทางลบจะเหมือนกันเพียงแต่ V_{in} เป็นลบเท่านั้น

จากลักษณะของ 2 แบบดังที่กล่าวมานั้นมีประโยชน์เหมือนกัน ซึ่งในแต่ละกรณีจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 20 แอมปลิไฟด์แบบ PWM และดีซีมอเตอร์

ทรานซิสเตอร์คู่หนึ่ง (T_1, T_2) หรือ (T_3, T_4) จะหยุดนำกระแสขณะที่อีกคู่นำกระแส ซึ่งมีเวบาเก็บสะสมและเวลาที่ปล่อยออกของทรานซิสเตอร์เกิดขึ้นแบะมันอาจเป็นไปได้ที่ทรานซิสเตอร์ทั้งหมดนำกระแสในเวลาเดียวกันซึ่งจะทำให้เกิดการลัดวงจรของซัพพลาย เราจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงภาวะดังกล่าว ซึ่งสามารถทำได้โดยการสร้างช่วง delay time ระหว่างการหยุดและการนำกระแสของทรานซิสเตอร์และด้วยเหตุผลดังกล่าว ความถี่ของการสวิทซ์จะถูกจำกัดในวงที่แคบลง

แบบที่ 3 ของการทำงานคือแบบ ลิมิตยูนิโพล่าร์จะแสดงให้เห็นคือมีความจำเป็นต้องมีช่วง delay ซึ่งการสวิทซ์ขึ้นกับค่า V_{in} เมื่อ V_{in} เป็นบวก T_4 จะนำกระแสตลอด T_1 จะสวิทซ์ เป็น on ในช่วงเฟส on ดังนั้นในช่วงเฟส on ทั้ง T_1 และ T_4 จะ on ยังผลแก่ โวลต์เตจของมอเตอร์ V_m คือ

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

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

$$V_m = V_{AB} = 0 \text{ เมื่อ } t_1 \leq t < t_f,\ I_{AB} > 0$$

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

$$V_m = V_{AB} = V_s \text{ เมื่อ } t_1 \leq t < t_f,\ I_{AB} < 0$$

ซึ่งเกิดขึ้นภายหลังเปลี่ยนขั้ว V_{in}

ในที่สุดถ้าเราสามารถทำให้ $I_{AB} = 0$ (เข้าใกล้ศูนย์จนถือว่าเป็นศูนย์) จะทำให้ทั้ง D_1 และ D_4 ไม่นำกระแสและโวลต์เตจ V_{in} จะอยู่ระหว่างค่าศูนย์และ

$$0 < V_m < V_s \text{ เมื่อ } t_1 \leq t < t_f,\ I_{AB} = 0$$

อย่างไรก็ตามถ้า I_{AB} เป็นสภาวะปกติเมื่อ $V_{in} > 0$ แบบยูนิโพล่าร์และแบบลิมิตยูนิโพล่าร์ จะแสดงคุณสมบัติคล้ายกันมาก ซึ่งเราสามารถสรุป Mode การทำงานและผลของโวลท์เตจ ดังตารางที่1

สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับแบบต่างๆ จะได้กล่าวโดยละเอียดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงการทำงานของแอมปลิไฟด์แบบพัลซ์วิดท์โมดูเลชั่น

ลักษณะการทำงานและอินพุทโวลท์เตจ	ภาวะของทรานซิสเตอร์และโวลท์เตจของมอเตอร์	
	เฟส on	เฟส off
ไบโพล่าร์โหมด	T_1,T_4 on T_2,T_3 off $V_m = V_s$	T_2,T_3 on T_1,T_4 off $V_m = -V_s$
ยูนิโพล่าร์โหมด $V_{in} > 0$	T_1,T_4 on T_2,T_3 off $V_m = V_s$	T_2,T_4 on T_1,T_3 off $V_m = 0$
ยูนิโพล่าร์โหมด $V_{in} < 0$	T_2,T_3 on T_1,T_4 off $V_m = -V_s$	T_2,T_4 on T_1,T_3 off $V_m = 0$
ลิมิตยูนิโพล่าร์โหมด $V_{in} > 0$	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 $I_{AB} = 0$
ลิมิตยูนิโพล่าร์โหมด $V_{in} < 0$	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 $I_{AB} = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>แอมปลิไฟด์แบบพัลซ์วิดท์โม ดูเลชั่นไบโพล่าร์</u>

อินพุทโวลท์เตจ ของแอมปลิไฟด์ สมมุติว่าแปรไปอย่างช้า ๆ ดังนั้นเราอาจพิจารณาได้ว่ามันมีค่าคงที่ตลอดช่วงของการสวิทซ์ อินพุทโวลท์เตจนี้ใช้สำหรับพิจารณาโหลดแฟคเตอร์ ได้ดังต่อไปนี้

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

โดยที่ V_{max} **เป็นค่าสูงสุดของ** $|V_{in}|$ **ดังนั้นจึงได้ว่า**

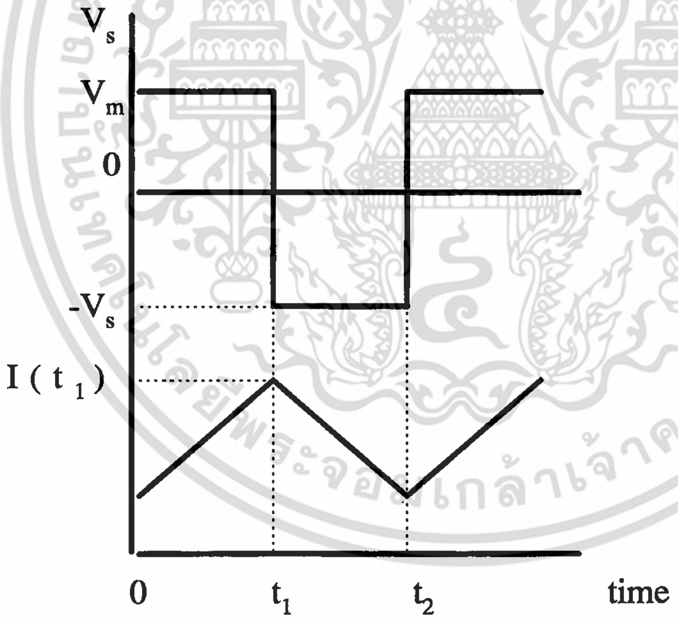
$$-1 \leq \rho \leq 1$$

ความยาวของเฟส on คือ t_1 **เราสามารถเลือกได้ ดังนั้นเมื่อ** $\rho = 1$, $t_1 = t_f$ **ตัวแอมปลิไฟด์จะ on อย่างต่อเนื่องและเช่นเดียวกันเมื่อให้** $\rho = -1$ t_1 **จะถูกกำหนดเป็น ศูนย์ เป็นผลทำให้เกิดโวลท์เตจลบอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นความสัมพันธ์ของ** ρ **และ** t_1 **สามารถเขียนได้ดังนี้**

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

และจะได้ว่า $t_1 = t_f / 2$ **เมื่อ** $\rho = 0$

ถ้าเราไม่คิดถึง delay (สมมุติว่าเป็นช่วงเวลาที่สั้นมาก) ศักดาของมอเตอร์ V_{in} **จะเป็นดังรูปที่ 21**

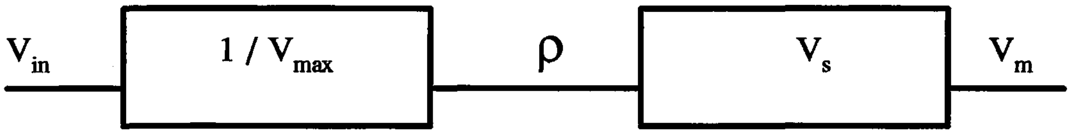


รูปที่ 21 ค่าโวลต์เตจและกระแสของแอมปลิไฟด์แบบ PWM

ดังนั้นศักดาของมอเตอร์ประกอบไปด้วย ค่าของส่วนที่แปรค่าอย่างช้า ๆ ρV_s **และส่วนประกอบของความถี่สูงแต่เราจะพิจารณาเฉพาะผลจากส่วนที่แปรค่าอย่างช้า ๆ นั้น เพราะว่า** f_s **ถูกเลือกมาให้มีค่าสูงมากพอที่จะไม่มีผลต่อ แบนด์วิดท์ของมอเตอร์หรือการรีโซแนนท์ ภายใต้**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมุติฐานนี้ทำให้ได้ว่า แอมปลิไฟด์แบบ PWM ไบโพล่าร์สามารถแทนได้ด้วยบล็อคไดอะแกรม รูปที่ 22



รูปที่ 22 แสดงถึงแอมปลิไฟด์แบบ PWM

และค่าอัตราขยายโวลท์เตจของแอมปลิไฟด์

$$A_v = V_m / V_{in} = V_s / V_{max}$$

$$V_m = L\,dI/dt + RI + K_e\omega$$

เมื่อ V_m = ศักดาของมอเตอร์

I = กระแสของมอเตอร์

ω = ความเร็วของมอเตอร์

L = อินดัคแตนซ์ของอาร์เมเจอร์

R = ความต้านทานของอาร์เมเจอร์

K_e = เป็นค่าคงที่ของโวลท์เตจย้อนกลับของมอเตอร์

<u>**แอมปลิไฟด์แบบพัลซ์วิดท์โมดูเลชั่นยูนิโพล่าร์**</u>

เราให้ V_{in} เป็นอินพุทโวลท์เตจและตัวโหลดแฟคเตอร์ ρ กำหนดเป็น

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

เมื่อ V_{max} เหมือนกับผลที่ได้จากสมการ ช่วงเฟส on t_1 จะถูกเลือกให้ $t_1 = t_f$ สำหรับ $\rho = 1$ เป็นผลให้ได้ช่วง on ของแอมปลิไฟด์และสำหรับ $\rho = 0 , t_1 = 0$ จะเป็นช่วง off ของแอมปลิไฟด์และเมื่อ $\rho = -1$ จะทำให้ แอมปลิไฟด์ทำงาน on ด้วยค่าศักดาที่เป็นลบ โดย $t_1 = t_f$ ความสัมพันธ์ระหว่าง t_1 และ ρ เป็น

$$t_1 = |\rho|\, t_f$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตัวทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ปิดเปิดการทำงานจะถูกพิจารณาโดยมีคุณสมบัติดังนี้</u>

กรณี 1 $(V_{in} > 0)$

T_4 **ทำงานตลอด**

T_1 **ทำงานช่วง** $0 \leq t < t_1$

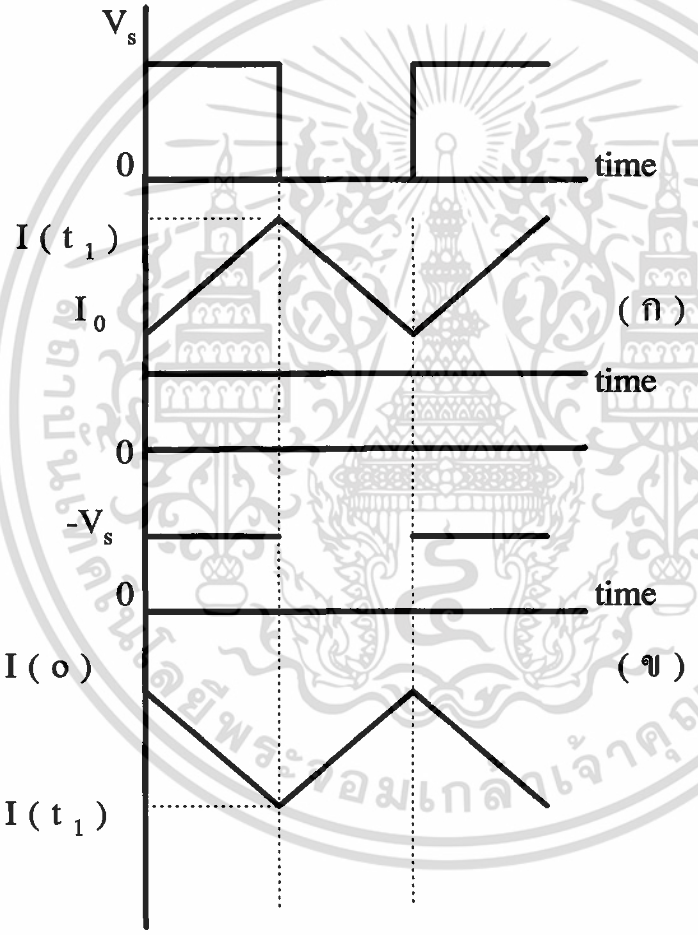
T_4 **ทำงานช่วง** $t_1 \leq t < t_f$

กรณี 2 $(V_{in} < 0)$

T_2 **ทำงานตลอด**

T_3**ทำงานช่วง** $0 \leq t < t_1$

T_4**ทำงานช่วง** $t_1 \leq t < t_f$



รูปที่ 23 แสดงถึงโวลท์เตจและกระแสแอมปลิไฟด์แบบ PWM

(ก) โวลท์เตจและกระแสเมื่อ $\rho > 0$

(ข) โวลท์เตจและกระแสเมื่อ $\rho < 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>แอมปลิไฟด์แบบพัลซ์วิดท์โมดูเลชั่นลิมิตยูนิโพล่าร์</u>

การทำงานของแอมปลิไฟด์แบบ PWM ลิมิตยูนิโพล่าร์เหมือนกันกับแอมปลิไฟด์แบบยูนิโพล่าร์ ถ้าหากว่าขั้วของอินพุทโวลท์เตจ V_{in} และขั้วของกระแสมอเตอร์ I_{AB} เหมือนกัน กรณีแบบนี้สามารถเขียนได้เป็น

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

ถ้าสมการไม่เป็นจริง การทำงานของ 2 แบบ ที่กล่าวนี้จะแตกต่างกันซึ่งสามารถอธิบายได้จากตัวอย่างนี้

ดีซีมอเตอร์ขับด้านแอมปลิไฟด์แบบ PWM ที่ความเร็วคงที่ พารามิเตอร์ของมอเตอร์และแอมปลิไฟด์มีค่าดังต่อไปนี้

V_s	=	40	Volts
V_a	=	30	Volts
I_a	=	1	Ampere
f_s	=	2000	Hertz

พิจารณารูปร่างของกระแสภายใต้การทำงาน 3 แบบเมื่อให้ค่ากระแสเฉลี่ย 1 ampere

<u>กรณีที่1</u> แอมปลิไฟด์แบบไบโพล่าร์

รูปร่างของกระแสจะต้องเป็นสามเหลี่ยมที่มีค่าสูงสุด 3.19 Amperes และค่าต่ำสุด - 1.19 Amperes

<u>กรณีที่2</u> แอมปลิไฟด์แบบยูนิโพล่าร์

รูปร่างของกระแสจะต้องเป็นสามเหลี่ยมที่มีค่าสูงสุด 2.875 Amperes และค่าต่ำสุด - 0.875 Amperes

<u>กรณีที่3</u> แอมปลิไฟด์แบบลิมิตยูนิโพล่าร์

รูปร่างของกระแสจะต้องเป็นสามเหลี่ยมที่มีค่าสูงสุด 2.74 Amperes และค่าต่ำสุด 0 Ampere

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ระบบอินฟราเรด

ระบบอินฟราเรด

การใช้แสงอินฟราเรดเป็นสัญญาณสามารถตัดปัญหาการรบกวนของแสงภายนอกอื่นๆ (ที่มองเห็น) ลงไปได้โดยเด็ดขาดยิ่งไปกว่านั้นวงจรใช้งานของระบบอินฟราเรดยังเป็นวงจรที่ง่ายและไม่ซับซ้อน แถมยังมีความเชื่อถือได้สูงในการใช้งานอีกด้วย

4.1 หลักการของอินฟราเรด

รอยต่อ P-N ของ LED เป็นแหล่งกำเนิดโฟตอนที่ยอดเยี่ยมมากสมัยแรก ๆ ได้มีการค้นพบว่ารอยต่อของแกลเลียมอาร์เซไนด์ (GaAs) ซึ่งให้แสงย่านใกล้อินฟราเรด ทำให้เกิดโฟตอน 88 ตัว ต่ออิเลคตรอน 100 ตัว เป็นประสิทธิภาพควอนตัมที่น่าทึ่งมากที่เดียว

แต่อุปสรรคก็มีเนื่องจากโฟตอนที่ถูกปล่อยมาจากรอยต่อ ส่วนหนึ่งถูกสกัดกั้นโดยกรอบของชิ้นสาร output ที่ได้จึงน้อยกว่า 88 %

อีกส่วนหนึ่งของการแผ่รังสีจากรอยต่อ ก็ถูกดูดกลืนไปโดยตัวไดโอดเองและยังมีการแผ่รังสีบางส่วนที่กระทบผิวไดโอดด้วยมุมที่มากกว่ามุมวิกฤติ (critical angle) จึงถูกสะท้อนกลับไปยังไดโอดทำให้เกิดการสูญเสียเช่นกัน

ในระยะต่อมาของการพัฒนา LED ได้มีการค้นพบว่าสามารถสร้าง LED ที่ให้แสงย่านใกล้อินฟราเรดที่มีประสิทธิภาพสูงได้ โดยการใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า เฮตเทอโรจังก์ชั่น (Heterojunction)

เทคโนโลยีแบบนี้ไดโอดจะมีสภาพเหมือนแซนด์วิชของสารกึ่งตัวนำที่มีคุณสมบัติทางแสงและทางไฟฟ้าต่างกันอยู่เล็กน้อย การทำชั้นสารหลาย ๆ ชั้นในรูปแบบของเฮตเทอโรจังก์ชั่นเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเปล่งแสงของไดโอดเนื่องจากการใช้เทคโนโลยีแบบนี้ทำให้ลดพื้นที่บริเวณรอยต่อ P-N ลงด้วยเทคโนโลยีแบบเฮตเทอโรจังก์ชั่นทำให้สามารถผลิตเลเซอร์ไดโอดที่ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ณ. อุณหภูมิห้องและผลิตเลเซอร์ไดโอดที่ให้แสงในย่านที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้

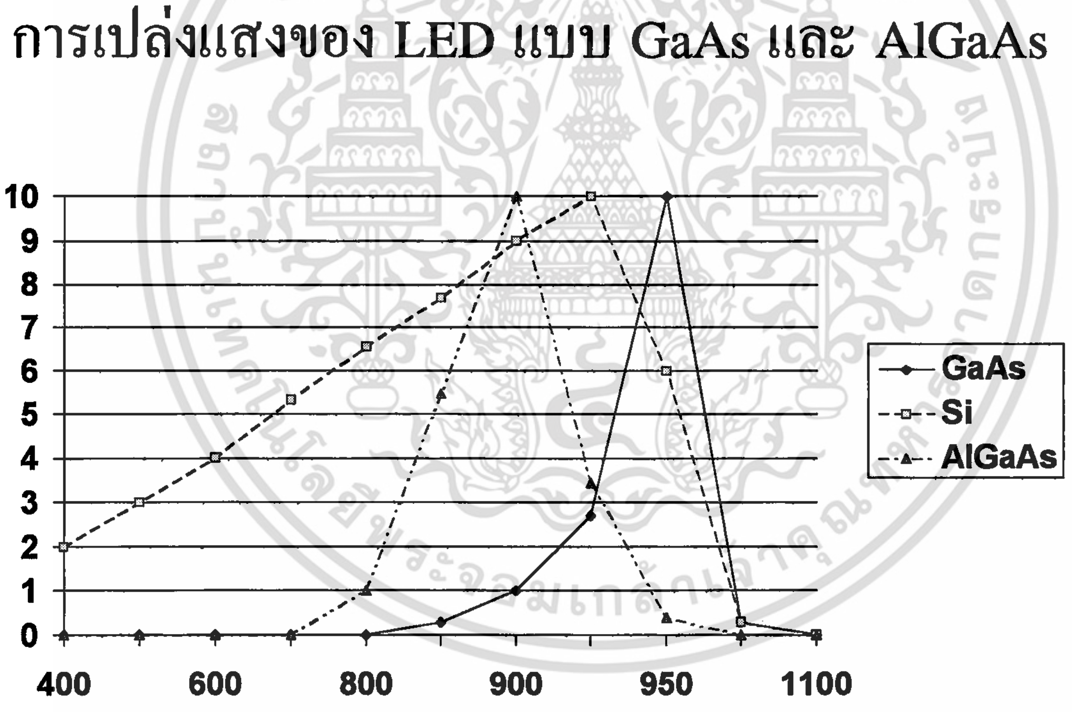
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 คุณสมบัติของ LED

แรงดันตกคร่อมที่รอยต่อ P-N ของไดโอด ต้องมีค่ามากกว่าแรงดัน เทรชโฮลด์จึงจะสามารถทำให้ไดโอดนำกระแสได้ สำหรับซิลิคอนไดโอดแรงดันทำงานมีค่าประมาณ 0.6 โวลต์ ส่วน LED ที่ให้แสงในย่านมองเห็นได้ ถ้าทำจากสาร GaP ซึ่งให้แสงสีเขียวจะมีค่าแรงดันทำงานประมาณ 2.1 และ 2.8 โวลต์ถ้าเป็น LED ที่ทำจาก AlGaAs ให้แสงสีแดงมีแรงดันทำงาน 1.75 และ 2.5 โวลต์ส่วน LED ที่ให้แสงใกล้ย่านอินฟราเรดทำจากสาร GaAs มีแรงดันทำงาน 1.5 โวลต์ โดยให้แสงที่มีความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร

พลังงานที่ได้จากการเปล่งแสงของ LED หาได้จากกระแสไบแอสตรงของไดโอด และต้องระมัดระวังไม่ให้กระแสส่วนนี้มีค่าสูงจนเกิดความร้อนอันจะทำอันตรายต่อชิ้นไดโอด

สิ่งที่สำคัญที่สุดของ LED อินฟราเรดกำลังงานสูงคือ ชิ้นสาร AlGaAs ที่ให้ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร และสาร GaAs ที่ให้แสงความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร ดังแสดงดังรูปที่ 25



ข้อดีของการเปล่งแสงของ LED ที่ให้ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตรคือจะมีค่าใกล้เคียงกับความยาวคลื่นของซิลิกอนโฟโตทรานซิสเตอร์ที่สามารถรับแสงได้ไวที่สุดจึงเป็นการเหมาะสมกันมาก ส่วนข้อดีอีกประการคือ ที่ความยาวคลื่นค่านี้จะไม่ถูกดูดกลืนโดยละอองน้ำเหมือน LED ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

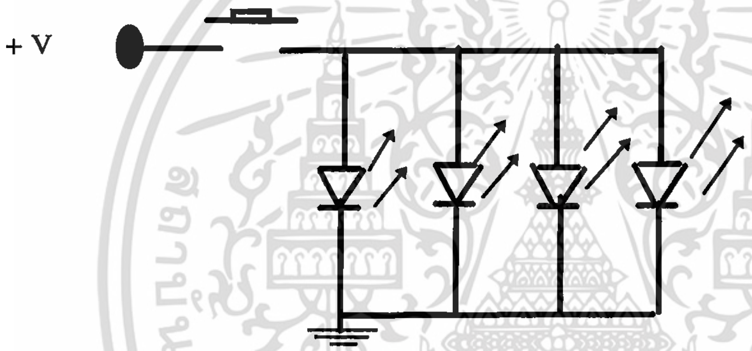
ให้ความยาวคลื่นอื่นๆ ที่จะถูกดูดกลืนด้วยไอน้ำ ดังนั้นจึงสามารถนำแสงที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตรมาใช้วัดในการตรวจจับไอน้ำในอากาศ

การแผ่รังสีจาก LED อินฟราเรด

การใช้งาน LED อินฟราเรดกำลังสูงอาจพบความยุ่งยากที่ไม่อาจเห็นการแผ่รังสีในย่านที่ตาสามารถมองเห็นได้ของอุปกรณ์ชนิดนี้จึงเป็นการยากที่จะจัดเลนส์โฟกัส และยากต่อการทำแพตเทิร์นการกระจายของรังสี

ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการนำการ์ดเคลือบฟอสเฟอร์ชนิดพิเศษมาใช้ในการเปลี่ยนรังสีย่านใกล้อินฟราเรดเป็นแพตเทิร์นของแสงที่มองเห็นได้ ตอนแรกก็จะนำการ์ดนี้ไปถูกแสงสว่างก่อน เช่น แสงในห้อง ก็จะทำให้ผิวพื้นของการ์ดกลายเป็นสีเข้ม เมื่อการ์ดรับแสงจาก LED อินฟราเรดก็จะเปลี่ยนเป็นสีส้มหรือสีเขียว

การส่งสัญญาณแสงย่านอินฟราเรดสามารถกระทำได้ด้วยวงจรง่ายๆ ดังรูปที่ 26



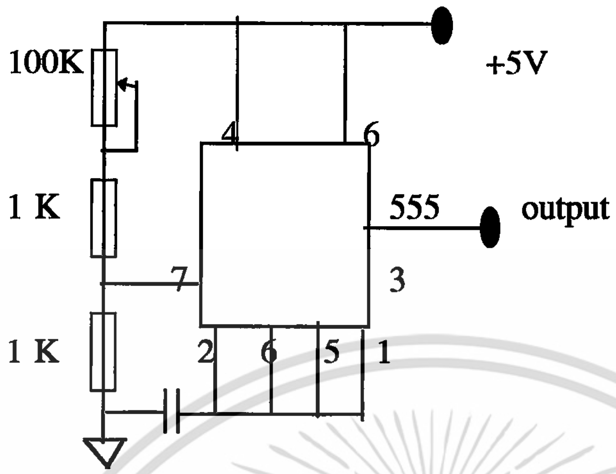
รูปที่ 26 แสดงวงจรสร้างสัญญาณอินฟราเรดอย่างง่าย

ซึ่งประกอบด้วย LED ที่เปล่งแสงในย่านอินฟราเรด ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ โดยมีตัวต้านทาน R ทำหน้าที่จำกัดกระแส ตัวอย่างเช่น สำหรับ LED ที่กินกระแสได้สูงสุดประมาณ 150 มิลลิแอมป์ หากใช้แหล่งจ่ายไฟขนาด 5 โวลต์ R จะมีค่าประมาณ 22 โอห์ม แต่ในทางปฏิบัติเราไม่ควรออกแบบให้ LED กินกระแสสูงสุด R ที่ใช้จึงควรมีค่ามากกว่านี้

สัญญาณที่ส่งออกโดย LED เพียงตัวเดียว จะเหมาะกับการใช้งานในระยะเพียงไม่กี่เมตรเท่านั้น การเพิ่มกำลังส่งของแสงอินฟราเรดให้ไปได้ไกลขึ้นทำได้โดยใช้ LED หลายตัวต่อขนานกันหรือถ้าเราจะใช้ LED เพียงตัวเดียวเราก็สามารถที่จะเพิ่มกำลังส่งของ LED ได้โดยเพิ่มกระแสขับให้แก่ LED ให้สูงขึ้นโดยที่ LED จะไม่เสียหาย ซึ่งสามารถกระทำได้โดยการจำกัดช่วงเวลาการทำงานของ LED ให้สั้นลง ด้วยการใช้พัลส์เป็นตัวขับกระแสให้แก่ LED
ซึ่งสามารถสร้างวงจรอย่างง่ายได้แสดงดังรูปที่ 27 หรือเราจะใช้ไอซีเบอร์ 555 ต่อเป็นวงจรชนิดอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ส่วนการปรับค่าความถี่ของสัญญาณทำได้โดยการปรับค่าของ VR ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรสัญญาณเอาต์พุตความถี่สูงจากไอซี 555สามารถนำไปขับ LED ชนิดอินฟราเรด เพื่อส่งเป็นสัญญาณควบคุมได้เลย

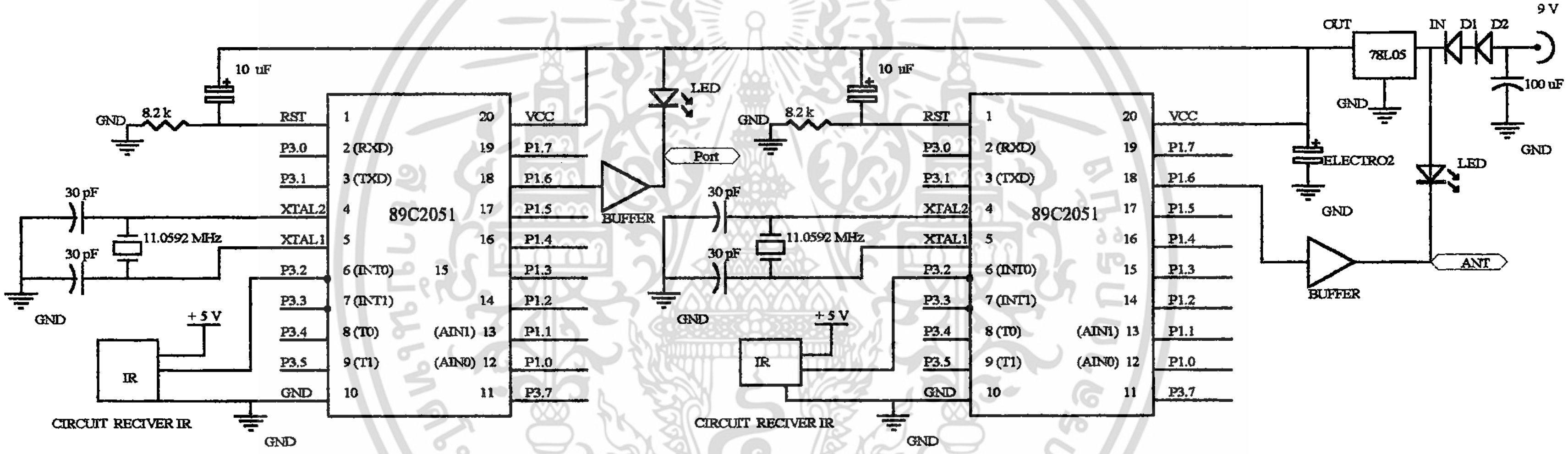


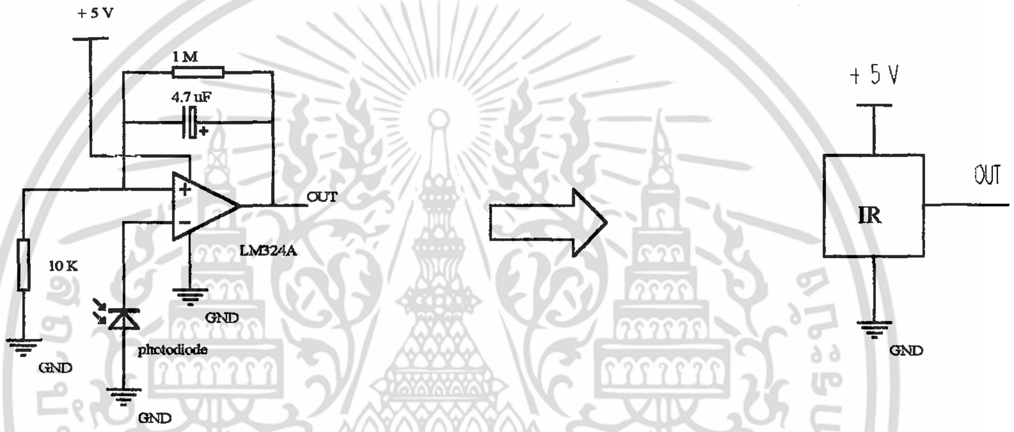
รูปที่ 27 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ไอซี 555

แต่ในปัจจุบันมี LED ย่านอินฟราเรดรุ่นใหม่ที่ให้กำลังส่งหรือความเข้มแสงสูง ช่วยให้ส่งสัญญาณไปได้ไกลกว่าเดิมมาก ดังนั้นหากเราต้องเลือก LED ตัวส่งสำหรับใช้งานแล้ว ควรจะศึกษาถึงคุณสมบัติทางเทคนิคของมันให้ละเอียดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 27 วงจรรับแสงอินฟราเรด





รูปที่ 28 BLOCK CIRCUIT RECIVER IR

บทที่ 5

ทฤษฎีและหลักการทำงานของ 89c2051 และ Board Ant'32

5.1 ทฤษฎีและหลักการทำงานของ 89C2051

AT89c2051 เป็นชิพไมโครคอนพิมเตอร์ขนาดจิ๋ว ผลิตโดย ATMELชุดคำสั่งและสถาปัตยกรรมภายใน จะเหมือนกับไมโครคอมพิวเตอร์ตระกูล MCS -51 ™ ซึ่งผลิตโดยอินเทลมีหน่วยความจำภายใน เป็น PROM หรือเรียกว่า Flash memory ขนาด 2 KB สามารถเขียนและลบใหม่ได้ไม่น้อยกว่า 1000 ครั้ง โปรแกรมที่บันทึกไว้ในภายในชิพสามารถเก็บไว้ได้นานถึง 10 ปี ซึ่งเป็นระยะเวลาใกล้เคียงกับชิป 8751 ของตระกูล MCS - 51 ™ ซึ่งหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบ EPROM จะใช้แสง UV ในการล้างข้อมูล จุดเด่นของชิป 89c2051 มีดังต่อไปนี้

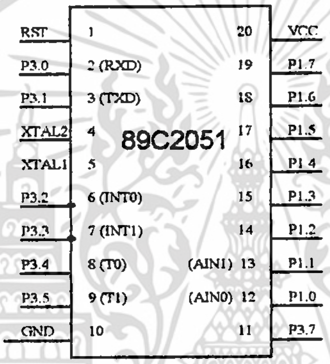
1. สามารถใช้แทนไมโครคอมพิวเตอร์ ตระกูล MCS - 51 ™
2. หน่วยความจำโปรแกรมเป็น Flash memory ขนาด 2 KB
3. ใช้ไฟเลี้ยงได้ตั้งแต่ 2.7 - 6 V
4. ออสซิลเลเตอร์สามารถป้อนได้ตั้งแต่ 0 - 24MHz
5. สามารถล็อคโปรแกรมได้สองระดับ
6. มีอินพุทและเอาท์พุทพอท 15 บิต
7. หน่วยความจำข้อมูล 128 บิต
8. มีตัวนับและตั้งเวลาขนาด 16 บิต 2 ตัว
9. แหล่งอินเทอรัพมี 5 แหล่ง
10. พอทอนุกรมแบบ UART โปรแกรมความเร็วในการส่งข้อมูลได้
11. เอาท์พุทพอทสามารถขับ LED ได้โดยตรง ด้วยกระแส sink 20mA
12. มีอนาลอกคอมพาราเตอร์
13. มีโหมด Idea และ Power

ชิพ 89c2051 สร้างด้วยเทคโนโลยี Atmel's High Density Nonvolatile Memory Technology หน่วยความจำโปรแกรมภายใน ขนาด 2KB ดังกล่าวเป็นแบบ Flash Programmable And Erasable Read Only Memory (PEROM) จากความสามารถและจุดเด่น กล่าวคือ เมื่อเปรียบเทียบกับชิพไมโครคอมพิวเตอร์จิ๋วของ Philips เช่นเบอร์ 87c750 มีโปรแกรมภายในเป็นแบบ EPROM ในแง่ของการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมขนาดเล็กสำหรับงานควบคุมขนาดเล็กเราอาจใช้ชิป 89c2051 ได้สะดวกกว่าเพราะขณะพัฒนาโปรแกรมเราสามารถล้างโปรแกรมด้วยสัญญาณไฟฟ้าจะกินเวลาไม่เกิน 5 วินาที ในขณะที่ ชิป 87c750 เป็น EPROM เวลาล้างโปรแกรมจะใช้เวลามากกว่า 5 วินาที และที่สำคัญการพัฒนากระทำได้ลำบาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตัวถังและขาสัญญาณของชิป AT89c2051</u>

ลักษณะตัวถังเป็นแบบบ PDIP(Plastic Dual-Inline-Package) ขนาด 20 ขา เปรียบเทียบตัวถังของ 87c51 แบบเซรามิก 40 ขา กับชิป 89c2051 หากเราจำได้กับระบบ 8051 จะทำความเข้าใจได้ไม่ยาก ขาที่แตกต่างสำคัญที่เราสังเกตได้ชัดเจนคือ I/O พอท มีเพียงพอท 1 จำนวน 8 บิต ระบุด้วย p.1.0 -P1.7 ข้อสังเกตจะพบว่า P1.0 และ P1.1 มีฟังก์ชั่นเสริมคือ AINO และ AIN1 เป็นอนาลอกอินพุทของวงจรคอมพาราเตอร์ แสดงผังวงจรภายในดังรูป

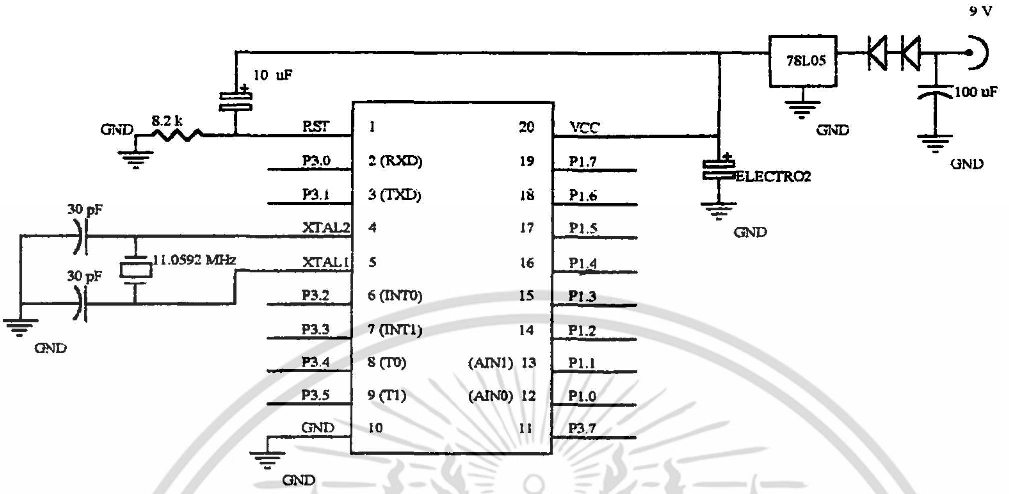


รูปที่ 29 ตัวถังและขาสัญญาณของชิป AT89C2051

จะเห็นว่าเราสามารถใช้วงจรเปรียบเทียบศักดาป้อนเข้ามาที่ขา P1.0 และ P1.1 ได้โดยเอาท์พุทจะต่อกับ P3.6 ซึ่งสามารถอ่านค่าด้วยโปรแกรม ดังนั้นพอท P3.6 จึงมิได้ต่อกับขาภายนอก พอท 3 จึงมีเพียง P3.1 -P3.5 และ P3.7 สำหรับฟังก์ชั่นเผื่อเลือก ยังคงใช้งานได้เหมือนกับชิปตระกูล 8051 ของอินเทล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเบื้องต้นไมโครคอมพิวเตอร์จิ๋ว AT89c2051



รูปที่ 30 วงจรเบื้องต้นไมโครคอนคอมพิวเตอร์จิ๋ว AT89C2051

จะเห็นว่าเดี๋ยวนี้เราสามารถสร้างไมโครคอมพิวเตอร์ได้ง่ายกว่าต่อวงจร555 เสียอีกในขณะที่ในอดีตเราใช้วงจรแยกส่วน (discrete logic) จำนวนมากต่อกันเป็นวงจรต่าง ๆ ขณะนี้เราสามารถใช้วิธีการเขียนโปรแกรมแทน เราสามารถสร้างสัญญาณแทนการต่อวงจรในอดีต เกือบทั้งหมดของงวงจรโดยเฉพาะวงจรดิจิตอลไม่ว่าจะเป็นวงจรลอจิกเกท หรือวงจรฟลิปฟลอป วงจรนับ และตั้งเวลาอย่างไรก็ตามในแอพพลิเคชั่นที่จำเป็นต้องเชื่อมต่อกับสัญญาณอนาลอกอาจจะต้องใช้ชิพเชื่อมต่อเพิ่มขึ้น

5.2 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม

ปกติแล้วชิพที่เราซื้อมาจะได้รับการล้างโปรแกรมภายในเรียบร้อยแล้วกล่าวคือ ภายในหน่วยความจำโปรแกรมจะมีค่าเป็น FFH ทั้งหมดการเขียนโปรแกรมคือการทำให้บิทที่ต้องการโปรแกรมมีค่าเป็นลอจิก 0 อัลกอริทึมที่ใช้สำหรับการโปรแกรมศึกษาเพิ่มเติมรายละเอียดได้ในภาคผนวก เนื่องจากกระบวนการเขียนโปรแกรมลงบนชิป อาจทำได้ลำบาก สำหรับการทดลองนี้ดังนั้นเราจะใช้เครื่องโปรแกรมสำเร็จรูปของบริษัทศิลา PRO-100 V1.0 สามารถโปรแกรมชิปในตระกูลของ Atmel ได้หลายเบอร์ เช่น 89c1051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

89c2051 89c51 89c52 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมด้วยชิป 89c2051 มีดังต่อไปนี้

1. เขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี้ text file ด้วย editor มีสกุลเป็น .ASM เช่น mono.asm

2. ใช้แอสเซมเบลอร์แปลง source file ให้เป็นมาตรฐาน intel hex file สกุล .HEX เช่น mono.hex

3. Power on PRO-100 เลือกชิป 89c2051 ด้วยคำสั่ง TYPE เสียบชิป 89c2051 ลงใน ZIF ชิดด้านบน

4. download hex ไฟล์ลงไปบนหน่วยความจำบัพเฟอร์ของ PRO - 100 ด้วยคำสั่ง LOAD ขนาดความเร็ว 9600bps 8N1

5.เขียนโปรแกรมลงบนชิป 89c2051 ด้วยคำสั่ง write

6. นำชิพออกจาก ZIF(Zero Insertion Force) ไปเสียบบนวงจรแอพลิเคชั่น

7. หากโปรแกรมไม่ถูกต้องต้องการเขียนโปรแกรมใหม่ ให้ทำการล้างด้วยคำสั่ง Erase ก่อนจึงทำการโปรแกรมใหม่ได้

ข้อควรระวัง

1. ZIF ของ PRO - 100 เป็นแบบ40 ขาชิป 89c2051 มี เพียง 20 ขา เวลาเสียบลงบน PRO - 100 ต้องเสียบชิด ด้านบน

2. ก่อนเสียบชิปลงบน ZIFต้องแน่ใจว่ากระเดื่องล็อกตั้งขึ้น

3. ตำแหน่งชิป ขา1 ต้องอยู่ชิดด้านบนโดยสังเกตุรอยบุ๋มกลม

4.เมื่อแน่ใจว่าตำแหน่งก่อนเสียบถูกต้องจึงค่อยใส่ลงใน ZIF socket และกดกระเดื่องลงเพื่อล็อกชิพที่จะโปรแกรมให้แน่นหนา

5.3 หลักการของ board Ant '32

ชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานกับระบบควบคุมอัตโนมัติในระดับ 8 บิตที่โดดเด่นมากตัวหนึ่งก็คือ ชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ของ INTEL ซึ่งประกอบไปด้วย CPU เบอร์ต่าง ๆได้แก่ 8031 , 8051, 8032 , 8052 , 8751 , 8752 และ 8052 AHBASIC

ANT'32 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์นำไปใช้งานในลักษณะ EMBEDDED CONTROLLER กล่าวคือเป็นบอร์ดที่ถูกออกแบบมาเพื่องานควบคุมโดยเฉพาะ โดยถูกติดตั้งอยู่ในเครื่องมือเครื่องจักรกล เครื่องใช้ไฟฟ้า รวมทั้งระบบอัตโนมัติต่างๆ บอร์ดนี้สามารถใช้กับ CPU เบอร์ดังที่กล่าวมาแล้วได้ทั้งสิ้น ANT'32 ได้ถูกออกแบบและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นานพอสมควรจนปัจจุบันเป็นเวอร์ชั่นที่ 3 ซึ่งเพียบพร้อมไปด้วยวงจรในส่วนของ Watchdog Timer , Battery Backup และ Power fail Detector โดยใช้ชิพ MAX691 วงจร Real Time Clock ใช้ชิพ DS1202 และได้ปรับปรุงวงจรในส่วนอื่นๆ ให้ดียิ่งขึ้นแต่ยังคงคุณสมบัติของเวอร์ชั่นแรก ๆ ไว้ครบถ้วนทุกประการ

5.4 คุณสมบัติของบอร์ด ANT'32

- เป็นบอร์ดคอนโทรลใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS 51 โดยใช้ CPU เบอร์ 80c32 ทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 11.0592 Mhz

- ใช้หน่วยความจำบนบอร์ดได้ 3ตำแหน่งด้วยกัน คือ

หน่วยความจำโปรแกรม (PROGRAM MEMORY)ใช้กับ EPROM ขนาด 8 - 32 Kbyte เบอร์ 2764 , 27128 หรือ 27256

หน่วยความจำข้อมูล (DATA MEMORY) ใช้กับ RAM ขนาด 8 Kbyteเบอร์ 6264 หรือ 32 KByte เบอร์ 62256 สามารถแบคอัพข้อมูลได้โดยใช้แบตเตอรี่ลิเธี่ยม

หน่วยความจำโปรแกรมและข้อมูล (PROGRAM AND DATA MEMORY) ใช้กับ EPROM , RAM หรือ EEPROM ขนาด 8 - 32 Kbyte โดยใช้ EPROM เบอร์ 1764 , 27256 ใช กับ RAM เบอร์ 6264 , 62256 หรือ EEPROM เบอร์ 2864(A) ,28256(A)

- มีพอร์ต I/O เบอร์ 8255 จำนวน 2 ตัว (48 บิต) สำหรับต่อไปใช้งานภายนอก

- มีพอร์ต LCD สำหรับการต่อใช้งานกับ LCD แบบ DOT MATRIX

- มีวงจร SERIAL INTERFACE DRIVER RS232 ด้วยชิพเบอร์ MAX 232 สำหรับการต่อเข้ากับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

- มีวงจร Watchdog Timer , Powerup /down Reset ด้วยชิพเบอร์ MAX 691

- มีวงจร RTC(Real Time Clock) ใช้ชิพเบอร์ DS1202

- มีคอนเน็คเตอร์สำหรับ PORT 1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยเฉพาะ

- มีคอนเน็คเตอร์สำหรับ SYSTEM BUS ทำให้ขยายระบบได้ง่าย และสามารถใช้กับบอร์ดขยายต่างๆ ที่จะมีขึ้นในอนาคต

- สามารถเลือกเบอร์และชนิดหน่วยความจำ หรือกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ของบอร์ดได้ด้วยจัมพ์เปอร์

- สามารถพัฒนาโปรแกรมได้ทั้งภาษาเบสิค และแอสแซมบลี้ โดยใช้ซอท์ฟพรอม BASIC32 และ REM31

การใช้งานบอร์ด ANT'32 ผู้ใช้จำเป็นต้องเขียนโปรแกรมควบคุมที่เรียกกันว่า มอนิเตอร์โปรแกรมขึ้นมาโดยเฉพาะเพื่อทำให้งานที่ต้องการพัฒนาสำเร็จได้ ในขั้นตอนการพัฒนานี้เองที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นจุดเด่นของ ANT'32 โดยมีโปรแกรมให้เลือก 2 ลักษณะด้วยกันคือ REM31 และ BASIC32 หลักการของทั้งสองโปรแกรมก็คือให้ผู้ใช้นำ EPROM ที่บรรจุโปรแกรมนี้ไปเสียบลงบนบอร์ด ANT'32 ที่ตำแหน่งหน่วยความจำ EPROM แล้วทำการต่อสาย SERIAL PORT ระหว่างบอร์ด ANT'32 กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ จากนั้นให้ใช้โปรแกรมสำหรับการสื่อสารข้อมูลอนุกรม ซึ่งผู้ใช้สามารถติดต่อกับบอร์ด ANT'32ได้ตามลักษณะ ของโปรแกรมที่ใช้ดังนี้

REM31 (8031 REMOTE MONITOR) ใช้พัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาแอสแซมบลี้ด้วย REM31 ผู้ใช้จะมีชุดคำสั่งในการพัฒนาโปรแกรมถึง 19 คำสั่ง ลักษณะคำสั่งจะคล้ายคลึงกับคำสั่ง DEBUG ของ DOS ทำให้ผู้ที่คุ้นเคยอยู่ก่อนแล้วจะใช้งานได้ง่ายขึ้น REM31 ใช้กับ CPU ได้ทั้งเบอร์ 8031และ 8032

GASIC32 (8032 BASIC INTERPRETER)ใช้พัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาเบสิคกับ CPU 8032 ภาษาเบสิคตัวนี้ก็คือตัวเดียวกับ BASIC-52 ของ INTEL นั่นเอง โดย BASIC32 นี้ยังได้เปลี่ยนแปลงและเพิ่มเติมคำสั่งใหม่เข้าไปเพื่อให้เหมาะกับบอร์ด ANT'32 ยิ่งขึ้น

และในกรณีที่ผู้ใช้มี EPROM EMULATOR (EE-232) ก็สามารถใช้พัฒนาโปรแกรมได้ทั้งภาษาแอสแซมบลี้โดยใช้โปรแกรม 8051 ASSEMBLER หรือภาษาซีโดยใช้โปรแกรม 8051 (COMPILER ซึ่งทั้งสองโปรแกรมจำเป็นต้องใช้เครื่อง PC ช่วยในการพัฒนาโปรแกรมด้วยเช่นกัน)

5.5 การอัดโปรแกรมลงชิพ NVRAM

คำสั่งที่ใช้

FBLANK	**คือ**	**คำสั่งที่ใช้ในการล้างโปรแกรมที่อยู่ใน NVRAM**
FPROG	**คือ**	**คำสั่งที่ใช้ในการอัดโปรแกรมลงบน NVRAM**
FPROG2	**คือ**	**คำสั่งที่ใช้ในการสั่งให้โปรแกรมทำงานแบบ AUTORUN**

ขั้นตอนในการอัดโปรแกรมเพื่อใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์

1 ใช้คำสั่ง FBLANK เพื่อทำการล้างโปรแกรมที่อาจค้างอยู่ใน NVRAM

2 ใช้คำสั่ง FPROG เพื่อทำการอัดโปรแกรมลงบน NVRAM

3 ใช้คำสั่ง FPROG2 เพื่อทำการสั่งให้โปรแกรมทำงานแบบ AUTORUN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 8255 MODE 0 CONFIGULATION

Port A (PA0-PA7)	Port C บน (PC4-PC7)	Port B (PB0-PB7)	Port C ล่าง (PC0-PC3)	Control code (hex)
OUTPUT	OUTPUT	OUTPUT	OUTPUT	80H
OUTPUT	OUTPUT	OUTPUT	INPUT	81H
OUTPUT	OUTPUT	INPUT	OUTPUT	82H
OUTPUT	OUTPUT	INPUT	INPUT	83H
OUTPUT	INPUT	OUTPUT	OUTPUT	88H
OUTPUT	INPUT	OUTPUT	INPUT	89H
OUTPUT	INPUT	INPUT	OUTPUT	8AH
OUTPUT	INPUT	INPUT	INPUT	8BH
INPUT	OUTPUT	OUTPUT	OUTPUT	90H
INPUT	OUTPUT	OUTPUT	INPUT	91H
INPUT	OUTPUT	INPUT	OUTPUT	92H
INPUT	OUTPUT	INPUT	INPUT	93H
INPUT	INPUT	OUTPUT	OUTPUT	98H
INPUT	INPUT	OUTPUT	INPUT	99H
INPUT	INPUT	INPUT	OUTPUT	9AH
INPUT	INPUT	INPUT	INPUT	9BH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

หลักการทำงานของหุ่นยนต์

6.1 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์

1 บอร์ด Ant' 32 ใช้ในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

2 วงจรแอมปลิไฟด์แบบบริดจ์ ใช้ขับและควบคุมความเร็ว dc motor

3 วงจร sensor โดยใช้แสงอินฟราเรด มีทั้งหมด 2 จุด

- ตัวแรกใช้รับแสงอินฟราเรดจากภายนอกเพื่อให้ทราบถึงจุดหมาย
- ตัวที่สองใช้ตรวจจับว่ามีวัตถุขวางทางข้างหน้าอยู่หรือเปล่า

4 ไมโครสวิทซ์ 2 ตัว

4 แกนล้อและล้อ (ทั้งแบบ fix and free)

5 โครงสร้างที่ทำจากพลาสติก

6 แบตเตอร์รี่ dc +12 V

6.2 หลักการทำงานของหุ่นยนต์ค้นหาอินฟราเรดอย่างง่าย

หุ่นยนต์มีการติด sensors ตรวจจับสิ่งกีดขวาง หรือ จุดหมายไว้ด้วยกัน 4 จุดคือ sensor ตัวแรก และตัวที่ สองเป็นsensor ตรวจจับแสงอินฟราเรดแต่sensor ตัวแรกใช้ตรวจหรือค้นหาจุดหมายเพื่อให้หุ่นยนต์เดินไปยังจุดที่เราต้องการส่วน sensor ตัวที่สองจะใช้ตรวจจับสิ่งกีดขวางที่อยู่ข้างหน้า ส่วนsensors อีกสองตัวคือ limit switch ซึ่งจะใช้ตรวจสิ่งกีดขวางที่อยู่ข้างหลังหุ่นยนต์เมื่อ sensors ทั้ง 4 พบสัญญาณ จะส่งสัญญาณนั้นมายัง หน่วยควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ (Board Ant'32) เพื่อสั่งให้หุ่นยนต์ทำงานตามที่ได้โปรแกรมไว้

เมื่อเราเริ่มสั่งให้หุ่นยนต์เริ่มทำงานหุ่นยนต์จะทำงานดังต่อไปนี้

Main หุ่นยนต์จะหยุดเพื่อตรวจเช็คค่าข้อมูลจาก sensors (ตรวจจับสิ่งกีดขวางและ ตรวจหาจุดหมาย) และ ลิมิตสวิทซ์ (เช็คสิ่งกีดขวางที่อยู่ข้างหลัง) ซึ่งมีการเรียงลำดับการตรวจเช็คตามลำดับดังนี้

1. หุ่นยนต์ตรวจจับสิ่งกีดขวางที่กั้นอยู่ข้างหน้าและข้างหลังถ้าหุ่นยนต์ตรวจจับพบสิ่งกีดขวางอยู่ข้างหน้าจะทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ถอยหลัง (ประมาณ 20 cm.) แต่เมื่อหุ่นยนต์ตรวจจับพบสิ่งกีดขวางอยู่ข้างหลัง ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า (ประมาณ 20 cm.) หลังจากตรวจไม่พบสิ่งกีดขวางแล้วหุ่นยนต์จะทำการหมุนขวาไปรอบๆ ตัว และทำการตรวจจับสัญญาณจาก sensors ไปด้วย (run around) กลับไปที่ main

2. เมื่อหุ่นยนต์ตรวจไม่พบแสงอินฟราเรด (จุดหมาย) จะทำการตรวจเช็คว่าเคยพบแสงอินฟราเรดมาก่อนหรือไม่ถ้าเคยพบมาก่อนหุ่นยนต์จะทำการหมุนขวา (ประมาณ30 องศา) และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมุนซ้าย (ประมาณ 60 องศา) ขณะหมุนหุ่นยนต์จะตรวจเช็คสัญญาณจาก sensors ไปพร้อมๆ กันด้วย (left and right scan) แต่ถ้าหุ่นยนต์ไม่เคยพบมาก่อน หุ่นยนต์จะทำการหมุนรอบ ๆตัว และทำการตรวจเช็คสัญญาณจาก sensors ไปพร้อมๆกันด้วยเช่นกัน (scan around) กลับไปที่ main

3. เมื่อหุ่นยนต์ตรวจพบแสงอินฟราเรดอยู่ด้านขวา (ภาครับแสงอินฟราเรดของหุ่นยนต์ทางด้านขวาสามารถรับแสงอินฟราเรดได้ข้างเดียว) หุ่นยนต์จะทำการหมุนขวา และทำการตรวจเช็คสัญญาณ จาก sensors ไปพร้อมๆ กันด้วย กลับไปที่ main

4. เมื่อหุ่นยนต์ตรวจพบแสงอินฟราเรดอยู่ด้านซ้าย (ภาครับแสงอินฟราเรดของหุ่นยนต์ทางด้านซ้ายสามารถรับแสงอินฟราเรดได้ข้างเดียว) หุ่นยนต์จะทำการหมุนซ้าย และทำการตรวจเช็คสัญญาณ จาก sensors ไปพร้อมๆ กันด้วย กลับไปที่ main

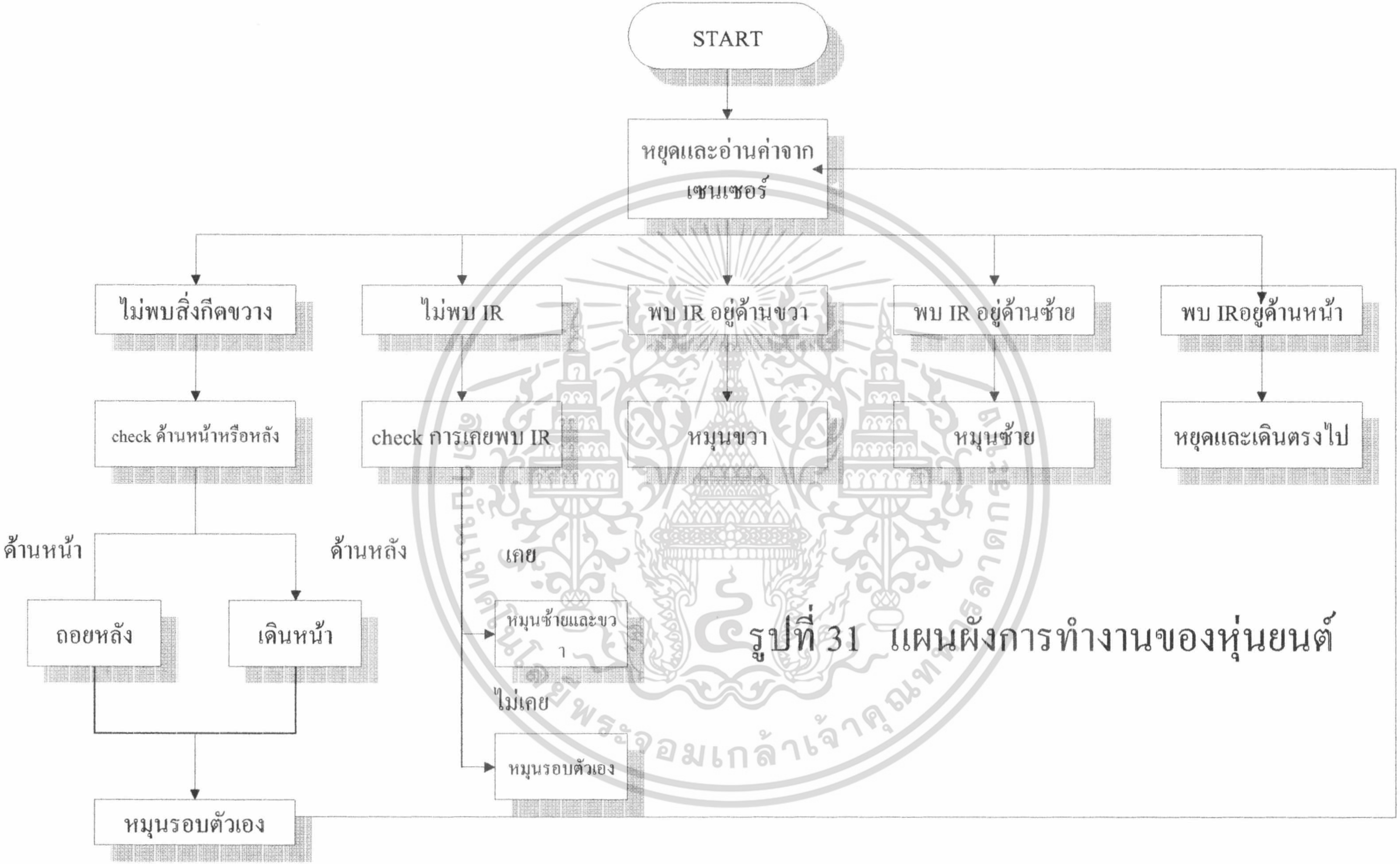
5. เมื่อหุ่นยนต์ตรวจพบแสงอินฟราเรดอยู่ข้างหน้า (ภาครับแสงอินฟราเรดของหุ่นยนต์ทั้งด้านซ้ายและด้านขวาสามารถรับแสงอินฟราเรดได้) หุ่นยนต์จะทำการหยุดและเดินตรงไป กลับไปที่ main

6.3 ลักษณะการหมุนตัวของหุ่นยนต์ เพื่อตรวจเช็คแสงอินฟราเรด (จุดหมาย)

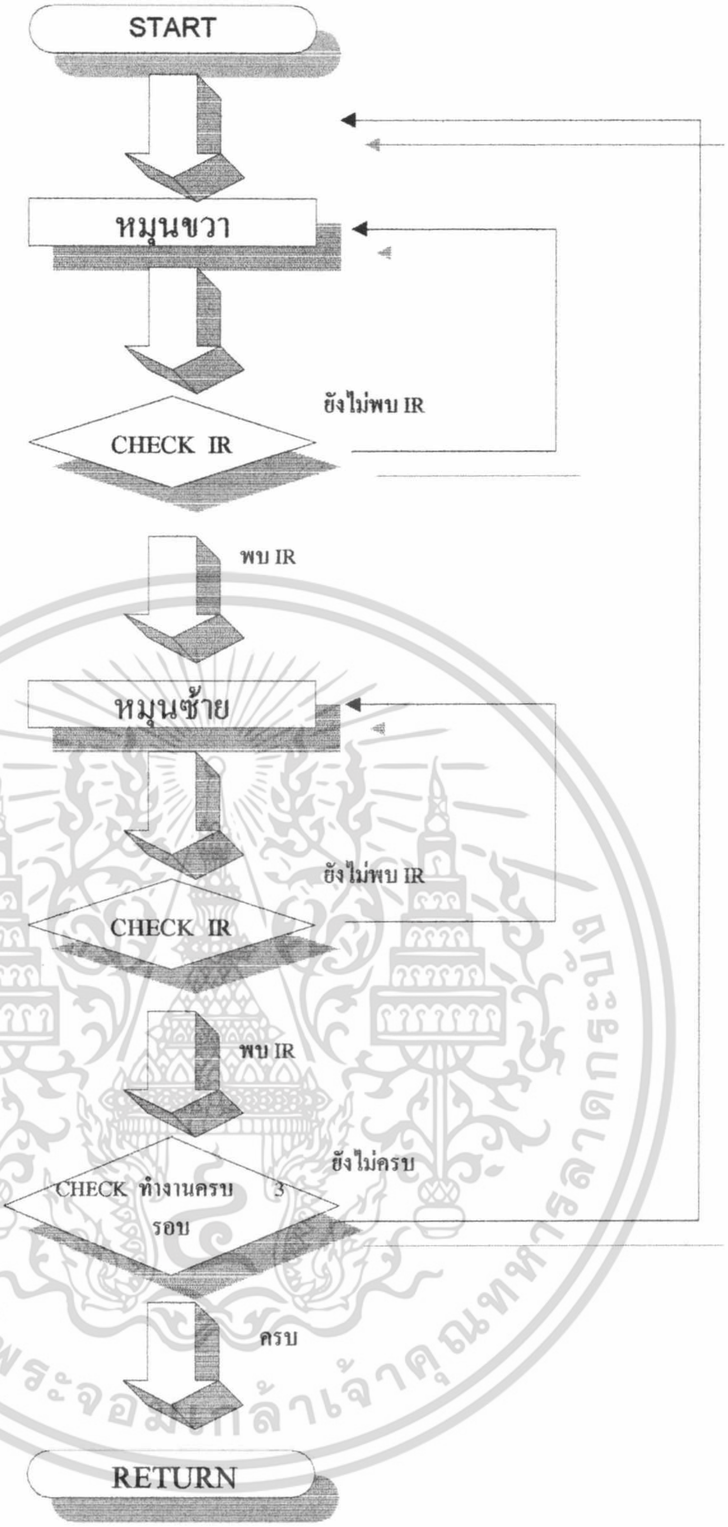
1. left and right scan เป็นการหมุนตัวของหุ่นยนต์เมื่อหุ่นยนต์เคยพบแสงอินฟราเรดมาก่อนหน้านี้แต่สัญญาณได้หายไป ดังนั้นหุ่นยนต์จะทำการหมุนตัวไปทางด้านขวาก่อน และทำการอ่านค่าสัญญาณว่าพบแสงอินฟราเรดหรือยัง ถ้ายังไม่พบให้หมุนขวาไปเรื่อยๆ จนครบประมาณ 30 องศา เมื่อยังไม่พบแสงอินฟราเรดอีก หุ่นยนต์จะทำการหมุนซ้าย และทำการอ่านค่าสัญญาณว่าพบแสงอินฟราเรดหรือยัง ถ้ายังไม่พบให้หมุนซ้ายไปเรื่อยจนครบประมาณ 60 องศา ถ้ายังไม่พบอีกให้กลับไปทำการหมุนขวา และ หมุนซ้ายอีกจนครบ 3 ครั้ง ถ้ายังไม่พบให้กลับไปเริ่มต้นที่ main อีก แต่ถ้าขณะที่หมุนซ้ายหรือหมุนขวาอยู่นั้น ภาครับสามารถตรวจจับแสงอินฟราเรดได้หุ่นยนต์จะหยุดและเดินตรงไปยังจุดหมายนั้น แล้วหุ่นยนต์จะกลับไปเริ่มต้นที่ main ใหม่

2 scan around เป็นการหมุนตัวของหุ่นยนต์เมื่อหุ่นยนต์ไม่เคยพบแสงอินฟราเรดมาก่อนเลย หุ่นยนต์จะทำการหมุนขวาและทำการอ่านค่าสัญญาณว่าพบแสงอินฟราเรดหรือยัง ถ้าภาครับแสงอินฟราเรดยังไม่สามารถรับสัญญาณได้หุ่นยนต์จะทำการหมุนขวา (360 องศา)ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะพบแสงอินฟราเรด ถ้าหมุนขวาไปจนครบ 2 รอบแล้วยังไม่พบแสงอินฟราเรด ให้หุ่นยนต์กลับไปเริ่มต้นที่ main ใหม่อีกครั้ง แต่ถ้าขณะที่หุ่นยนต์ทำการหมุนตัวแล้วภาครรับแสงอินฟราเรดสามารถรับแสงอินฟราเรดได้ หุ่นยนต์จะเดินตรงไปยังจุดหมายนั้นและกลับไปเริ่มต้นที่ main ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 31 แผนผังการทำงานของหุ่นยนต์



รูปที่32 แผนผังแสดงการหมุนตัวซ้ายและขวาในการตรวจจับ IR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 33 แผนผังแสดงการหมุนขวารอบตัวของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 หลักการในการควบคุม ดีซีมอเตอร์โดยวิธี Pulse Width Modulate

Board Ant'32 เป็นตัวควบคุมว่าให้หุ่นยนต์วิ่งด้วยความเร็วเท่าใดแล้วส่งค่ามาที่บอร์ดควบคุมความเร็วมอเตอร์ (วงจรบริดจ์) โดยมีchip 89C2051 เป็นตัวควบคุมอีกที ซึ่งวงจรบริดจ์นี้จะเป็นตัวขยายสัญญาณให้กับ ดีซีมอเตอร์ และเป็นวงจรที่สามารถควบคุมทิศทางการหมุนไปและกลับของดีซีมอเตอร์ โดยใช้ ทรานซิสเตอร์เป็นตัวเปิดปิดกระแสหรือควบคุมทิศทางของกระแสที่ไหลผ่านตัวมอเตอร์ ซึ่งการไหลของกระแสที่ผ่านดีซีมอเตอร์นั้นถ้ากระแสไหลไปทางหนึ่งการหมุนของมอเตอร์ก็จะหมุนไปในทิศทางหนึ่งแต่เมื่อ ให้ทิศทางของกระแสไหลสวนทิศกับทิศทางเดิมการหมุนของมอเตอร์ก็จะหมุนกลับทิศกับทิศทางการหมุนของดีซีมอเตอร์เดิมโดยหลักการทำงานของ Pulse Width Modulate มีดังนี้

1. บอร์ด Ant ' 32 ส่งค่ามาที่ Chip 89C2051 โดยชิพ 89C2051 จะทำงานโดยใช้โหมด Timer Interrupt ช่วยในการประมวลผล

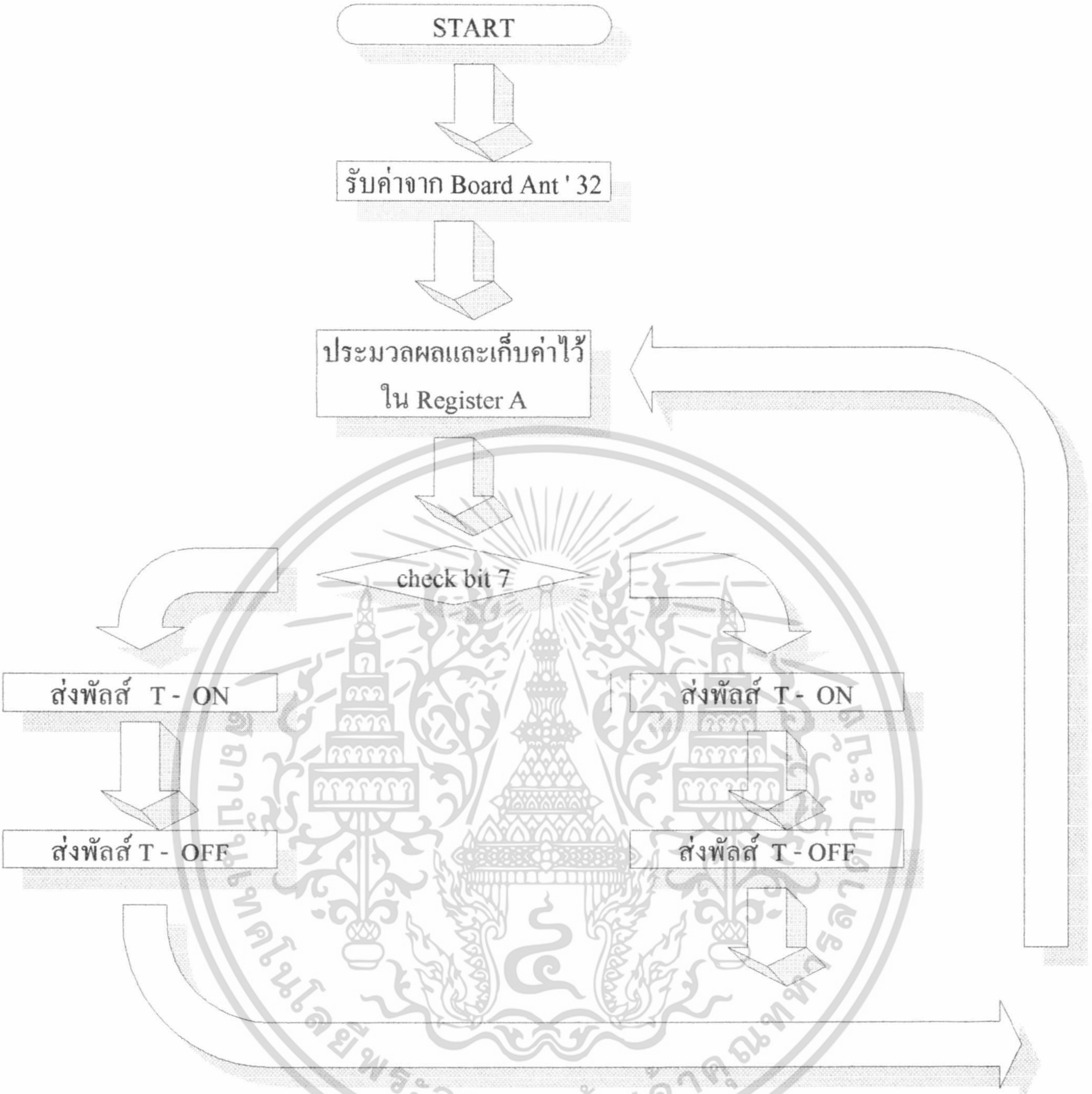
2. เมื่อรับค่ามาแล้วจะนำค่านั้นมาประมวลผลว่าค่าที่ส่งมานั้นจะสั่งให้ดีซีมอเตอร์หมุนไปข้างหน้าหรือข้างหลัง

3. เมื่อทราบว่าเป็นการสั่งให้ดีซีมอเตอร์หมุนซ้ายหรือหมุนขวาก็จะทำการส่งค่าไปที่ Port 3.0 และ P3.1 โดยที่ Port 3.0 เป็นการสั่งให้ ดีซีมอเตอร์หมุนไปข้างหน้า ส่วนที่ Port 3.1 เป็นการสั่งให้ดีซีมอเตอร์หมุนไปข้างหลัง

ในการประมวลผลของ Chip 89C2051 นั้นคือเมื่อเราประมวลผลค่าที่ส่งมาจาก Port 1 ของ Board Ant '32 ว่ามีค่าเท่าใด โดยเก็บค่าที่ประมวลผลมาแล้วไว้ใน รีจิสเตอร์ A และเรานำค่าที่ได้นั้นมาเทียบกับค่าต่างๆ ที่กำหนดไว้ในตารางซึ่งแต่ละค่านั้นจะมีการกำหนดค่าความกว้างของ Pulse ทั้งทางด้าน High และ Low ให้เป็นค่าต่างๆกัน ดังตางรางต่อไปนี้

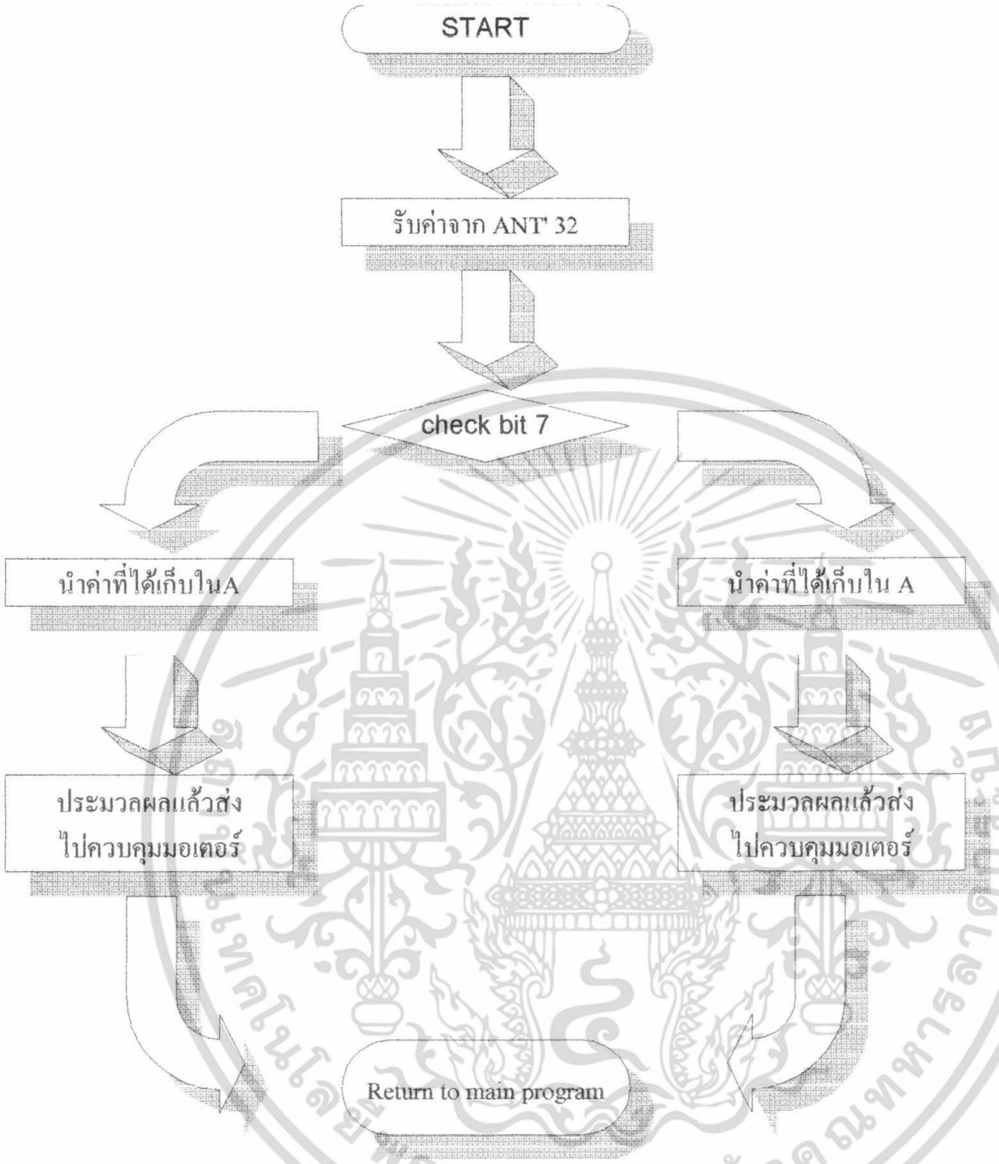
ค่าในรีจิสเตอร์ A	T - ON	T - OFF
7F	1	17
6F	3	15
5F	6	12
4F	9	9
3F	11	7
2F	13	5
1F	15	3
0F	17	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 34 แผนผังการทำงานของ โปรแกรมควบคุมความเร็วมอเตอร์ โดยวิธี PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 35 แผนผังแสดงโปรแกรมย่อยใน

Timer Interrupts

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

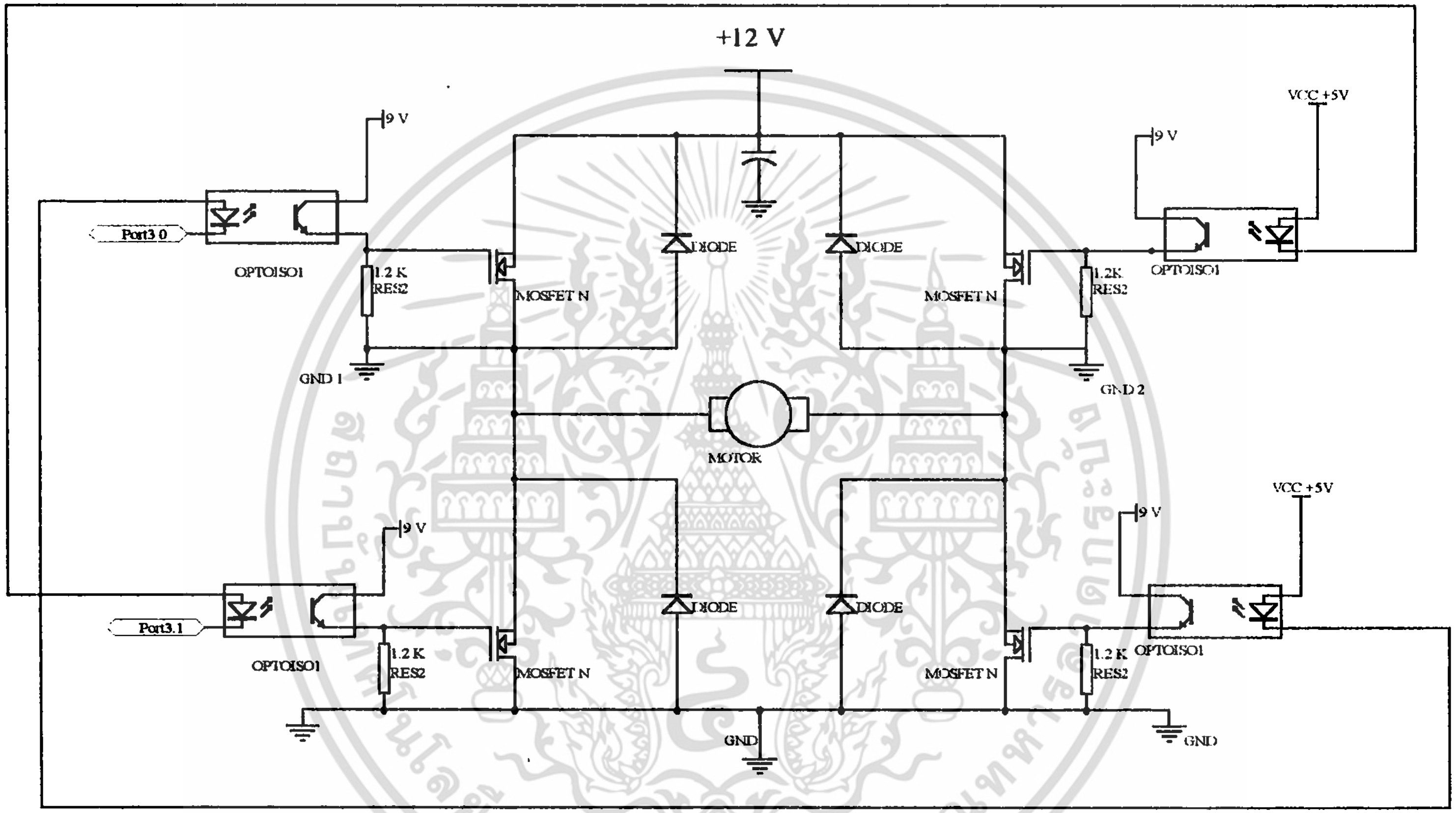
6.5 หลักการทำงานของวงจรบริดจ์

วงจรบริดจ์ทำงานโดยรับข้อมูลมาจาก port 3.0 และ port 3.1 ของ Chip 89C2051 โดยที่ port 3.0 และ port 3.1 จะส่งค่าเป็น Pulse (High and Low) ซึ่ง Pulse ที่ส่งมาจะมีความกว้างเท่าใดนั้นจะขึ้นอยู่กับการประมวลผลของ 89C2051 ว่าการที่จะสั่งให้มอเตอร์หมุนด้วยค่าใดค่าหนึ่งจะต้องสั่งให้ pulse มีค่าความกว้างเป็นค่าเท่าใด ซึ่งความกว้างของ Pulse จะเป็นตัวควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ที่ใช้ในการขับล้อให้เดินหน้าหรือถอยหลัง ในการเขียนโปรแกรมบน Chip 89C2051 โดยใช้ภาษาแอสแซมบลี้นี้จะกำหนดให้ Port 3.0 เป็นขาที่จะส่งข้อมูลเพื่อให้ดีซีมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วค่าต่าง ๆ เพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ส่วน Port 3.1 เป็นขาที่จะส่งข้อมูลเพื่อให้ดีซีมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วต่าง ๆเช่นกัน แต่เพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหลัง

ในการเดินหน้าของล้อหุ่นยนต์นี้ Port 3.0 จะทำงานโดยส่งเป็น Pulse ออกมาด้วยค่าต่างๆ ดังนั้นขณะที่ Port 3.0 เป็น High จะทำให้มี กระแสไหล และ มีVolt ตกคร่อมที่ขา Base ของทรานซิสเตอร์ (T_1 , T_4) ดังนั้นจะทำให้ทรานซิสเตอร์ (T_1 , T_4) ทำงานดั้งนั้นจะทำให้ดีซีมอเตอร์หมุนไปทางด้านหนึ่ง (ซึ่งเรากำหนดให้เป็นการเดินหน้าของหุ่นยนต์)

ในการเดินถอยหลังของล้อหุ่นยนต์นี้ Port 3.1 จะทำงานโดยส่งเป็น Pulse ออกมาด้วยค่าต่างๆ ดังนั้นขณะที่ Port 3.1 เป็น High จะทำให้มี กระแสไหล และ มีVolt ตกคร่อมที่ขา Base ของทรานซิสเตอร์ (T_2 , T_3) ดังนั้นจะทำให้ทรานซิสเตอร์ (T_2 , T_3) ทำงานดั้งนั้นจะทำให้ดีซีมอเตอร์หมุนไปอีกทางด้านหนึ่งซึ่งตรงกันข้ามกับด้านเดิม (ซึ่งเรากำหนดให้เป็นการเดินถอยหลังของล้อหุ่นยนต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 36 วงจรขับมอเตอร์แบบรลิเนียร์บริดจ์

บทที่ 7

ผลการทดลอง

7.1 Directivity ของตัวส่งและตัวรับแสงอินฟราเรด

ในการทดลองเราจะให้ตัวรับแสงอินฟราเรดอยู่กับที่โดยให้อยู่ที่จุด (0 , 0)และตัวส่งอินฟราเรดจะเป็นตัวเคลื่อนที่ไปตามแกน A และ B

ระยะทางแกน A (เมตร)	ระยะทางแกน B (เมตร)	การรับได้ของภาครับอินฟราเรด
1	0.15	ได้
2	0.18	ได้
3	0.18	ได้
4	0.19	ได้
5	0.20	ได้
6	0.20	ได้
7	0.21	ได้
8	0.21	ได้
9	0.22	ได้
10	0.22	ได้
11	0.22	ได้
12	0.22	ได้
13	0.22	ได้
14	0.22	ได้
15	0.23	ได้
16	0.23	ได้
17	0.23	ได้
18	0.23	ได้
19	0.23	ได้
20	0.23	ได้
21	0.23	ได้
22	0.20	ได้
23	0.15	ได้

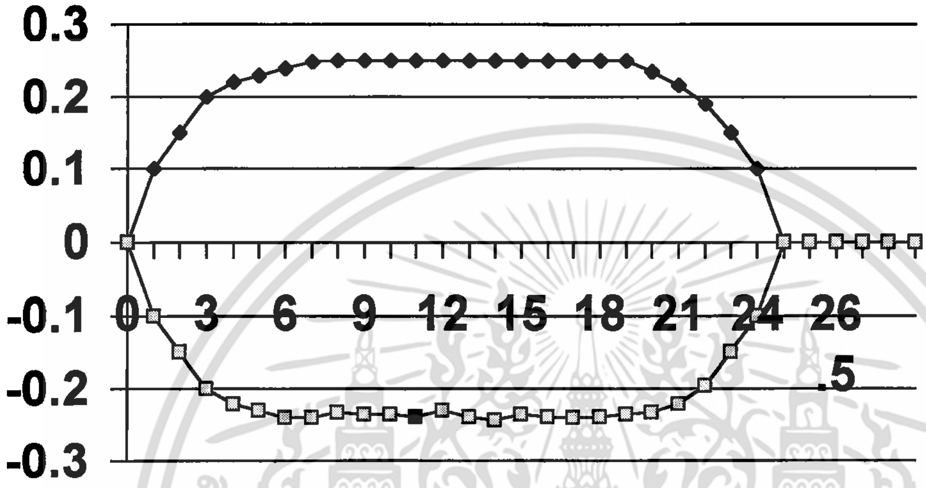
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

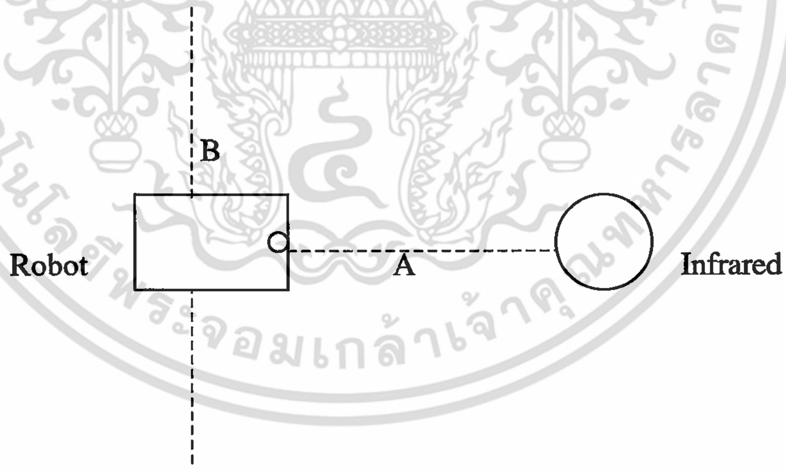
ระยะทางแกน A (เมตร)	ระยะทางแกน B (เมตร)	การรับได้ของภาครับอินฟราเรด
24	0.10	ได้
25	0	ได้
26	0	ได้
27	0	ไม่ได้

ระยะทางแกน A (เมตร)	ระยะทางแกน B (เมตร)	การรับได้ของภาครับอินฟราเรด
1	-0.15	ได้
2	-0.15	ได้
3	-0.16	ได้
4	-0.18	ได้
5	-0.18	ได้
6	-0.20	ได้
7	-0.20	ได้
8	-0.20	ได้
9	-0.21	ได้
10	-0.21	ได้
11	-0.21	ได้
12	-0.21	ได้
13	-0.21	ได้
14	-0.23	ได้
15	-0.23	ได้
16	-0.23	ได้
17	-0.23	ได้
18	-0.23	ได้
19	-0.23	ได้
20	-0.23	ได้
21	-0.19	ได้
22	-0.15	ได้
23	-0.10	ได้
24	0	ได้
25	0	ได้
26	0	ได้
27	0	ไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

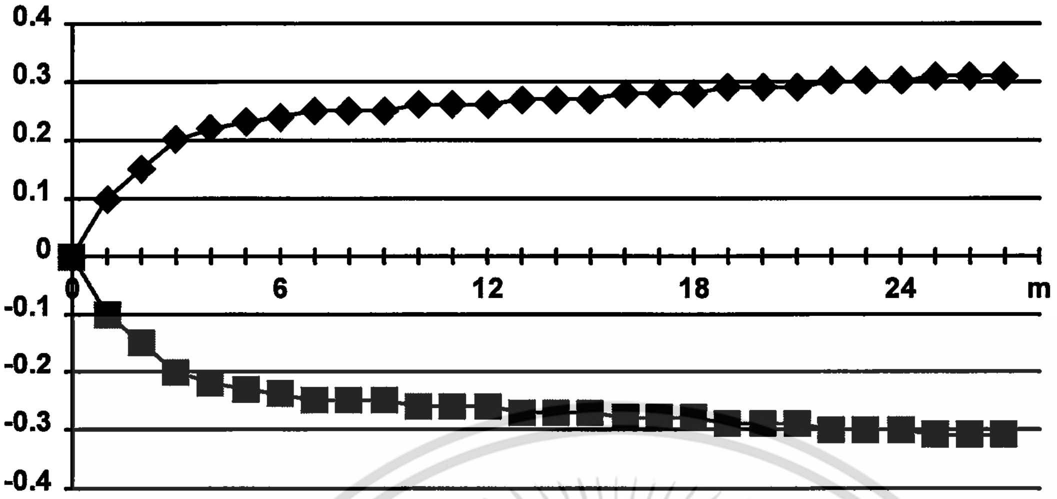
กราฟแสดงค่า Directivity ของภาครับอินฟราเรด



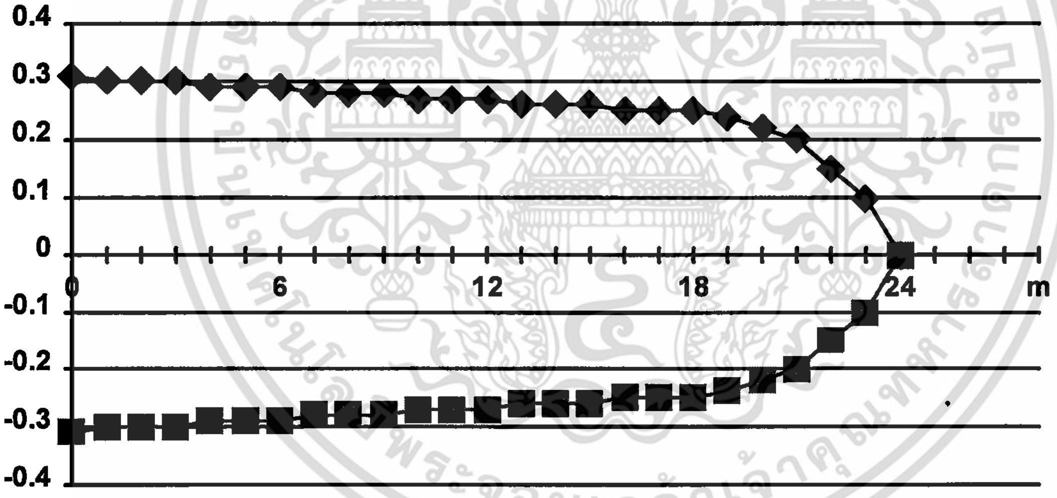


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงค่า Directivity ของตัวส่ง IR



กราฟแสดงค่า Directivity ของตัวรับ IR (ในขณะที่ใส่ Filter แล้ว)



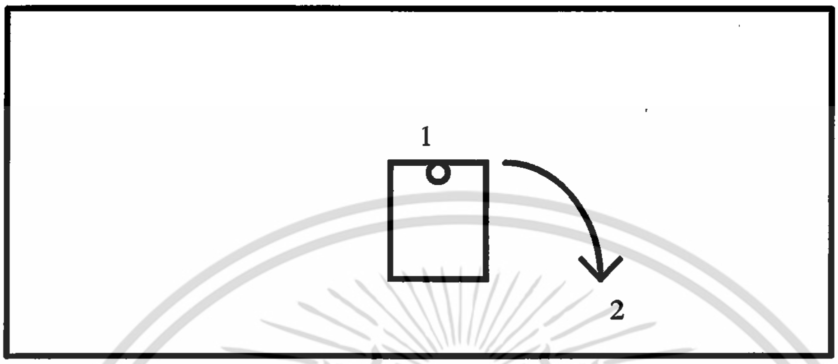
เมื่อนำทั้งตัวส่งและตัวรับมาใช้ร่วมกันจะทำให้ได้ Directivity รวมของทั้งสองเป็นดังกราฟในหน้า 55 ซึ่งก็คือพื้นที่ที่เกิดจากการตัดกันของกราฟตัวส่งและตัวรับนั่นเอง กราฟในหน้า 55 จะเป็น Directivity จริงๆของหุ่นที่จะสามารถตรวจหาแสงอินฟราเรดพบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

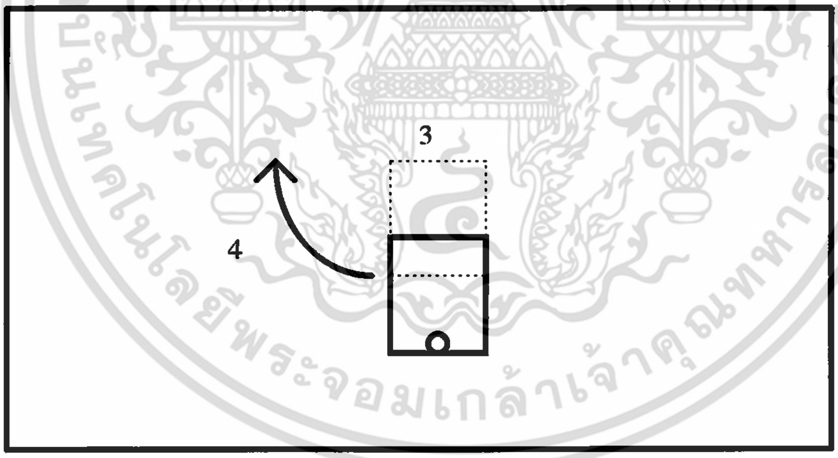
7.2 ผลการทดลอง

โดยในการทดลองแบ่งเป็น 3 รูปแบบ

รูปแบบที่ 1 ปล่อยหุ่นยนต์ไว้ในที่โล่งไม่มีแสงอินฟราเรด (ชิดกำแพง)

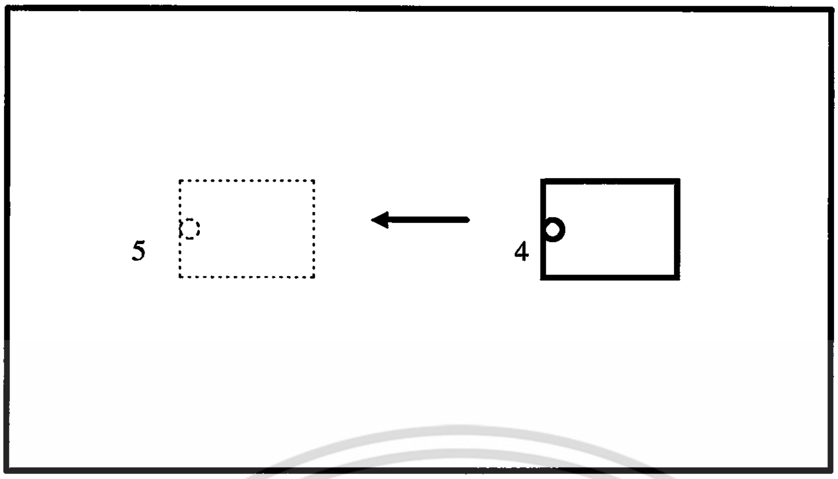


1.1 **หุ่นยนต์หยุดเพื่อตรวจแสงอินฟราเรดเมื่อไม่พบจะทำการหมุนขวา (ขณะที่หมุนจะทำการตรวจแสงอินฟราเรดตลอดเวลา เริ่มตั้งแต่จุดที่ 1)**



1.2 **เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ถึงจุดที่ 2 หุ่นยนต์จะตรวจพบสิ่งกีดขวางทำให้หุ่นยนต์ถอยหลังไปอยู่ที่ตำแหน่งที่ 3 และทำการหมุนตัวทางด้านขวาและตรวจแสงอินฟราเรดต่อไป**

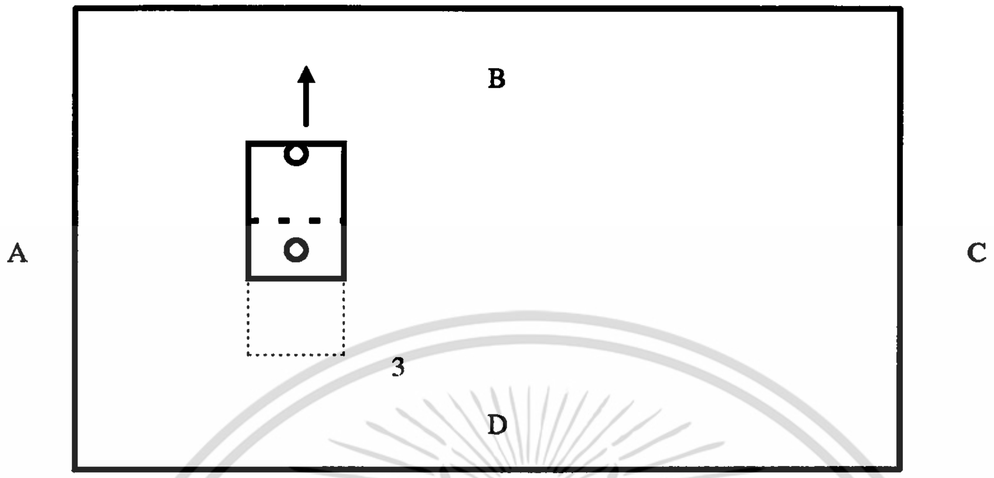
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1.3 เมื่อหุ่นยนต์หมุนขวาครบประมาณ 2 รอบ ครึ่ง (จุดที่ 4) แล้วยังไม่พบแสงอินฟราเรด หุ่นยนต์จะเดินตรงไปสู่ตำแหน่งที่ 5

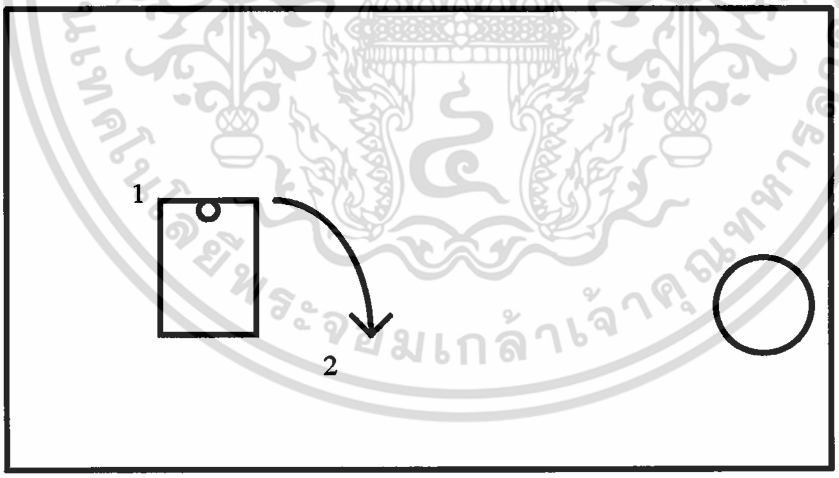
1.4 เมื่อมาถึงตำแหน่งที่ 5 แล้วจะทำการตรวจสอบแสงอินฟราเรดเช่นเดิมโดยทำการหมุนขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



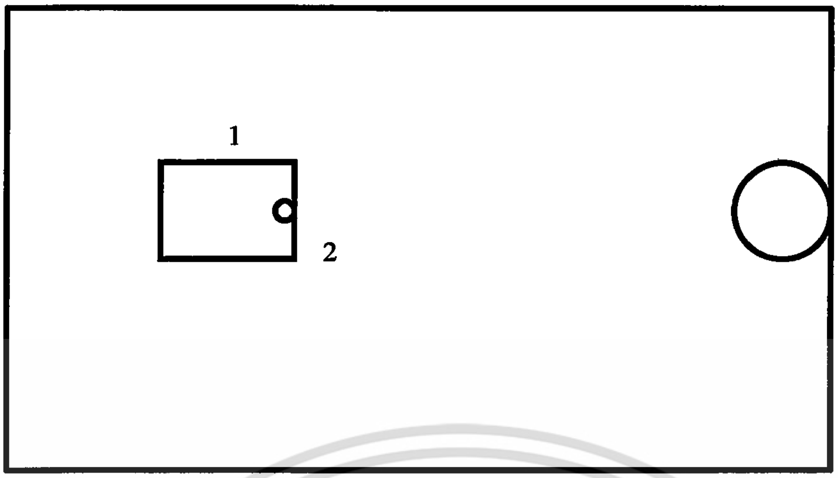
1.5 เมื่อหุ่นยนต์หมุนตัวครบประมาณ 2 รอบครึ่งแล้วยังไม่พบแสงอินฟราเรด หุ่นยนต์จะเดินตรงไป เมื่อพบสิ่งกีดขวางก็จะถอยหลังมาอยู่ที่จุดที่ 6 และทำการหมุนขวาและตรวจเช็คแสงอินฟราเรดไปเรื่อยๆ

<u>รูปแบบที่ 2</u> วางหุ่นยนต์ในห้องที่มีอินฟราเรดหนึ่งจุด

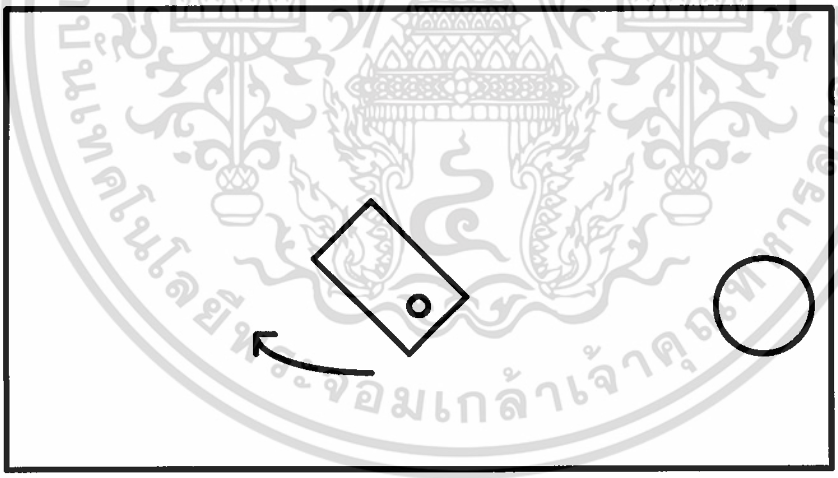


2.1 หุ่นยนต์หยุดตรวจแสงอินฟราเรดและตรวจจับสิ่งกีดขวางเมื่อไม่พบหุ่นยนต์จะทำการหมุนขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



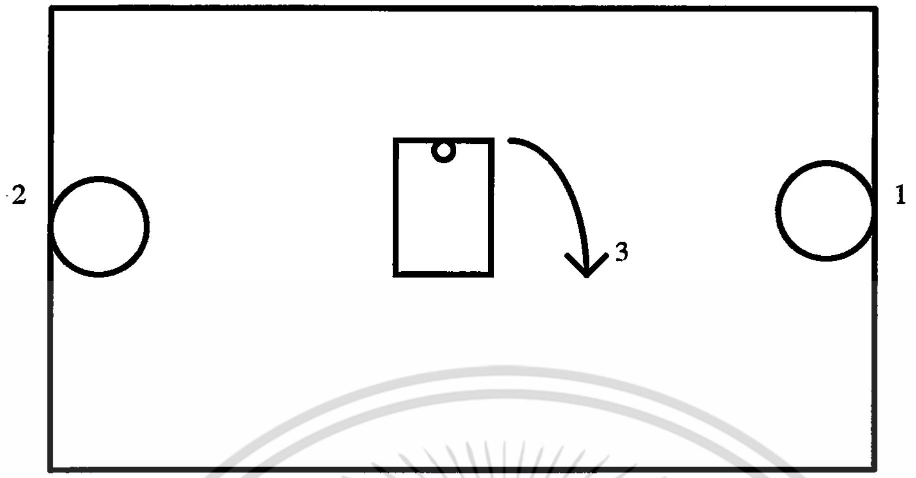
2.2 เมื่อหุ่นยนต์หมุนมาถึงจุดที่ 2 หุ่นยนต์ตรวจจับพบแสงอินฟราเรด (ภาครับแสงอินฟราเรดของหุ่นยนต์ตรวจรจับแสงอินฟราเรดได้ทั้งซ้ายและขวา หุ่นยนต์จะหยุดหมุนและเดินตรงไปยังจุดหมาย (ตัวส่งแสงอินฟราเรด)



2.3 เมื่อหุ่นยนต์เดินมาได้ระยะหนึ่งแล้วภาครับของหุ่นยนต์ไม่สามารถรับแสงอินฟราเรดได้ หุ่นยนต์จะทำการหมุนขวา 30 องศา และหมุนซ้าย เกือบ 50 องศา (เพราะอยู่ในกรณีที่เคยพบแสงอินฟราเรดมาแล้ว) ขณะหุ่นยนต์หมุนหุ่นยนต์ทำการตรวจจับแสงอินฟราเรดไปด้วย เมื่อภาครับแสงอินฟราเรดพบแสงอินฟราเรดทั้งซ้ายและขวา แล้วจะทำการตรงไปสู่จุดหมาย

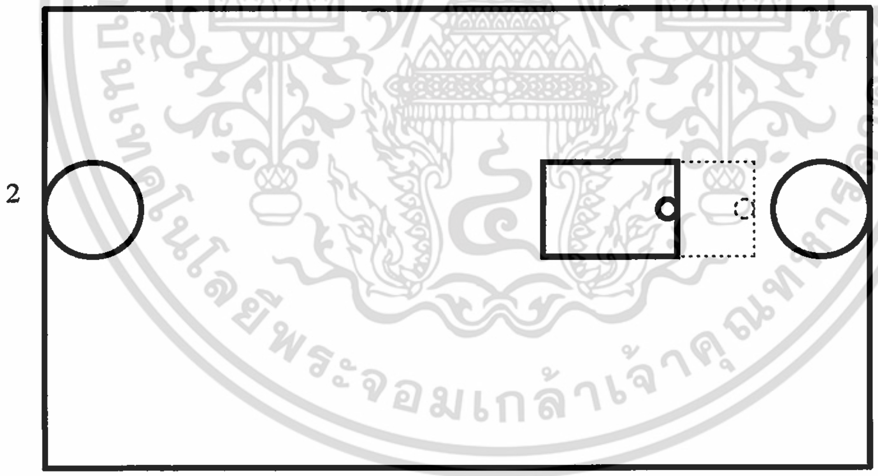
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>แบบที่ 3</u> วางหุ่นยนต์ในห้องที่มีอินฟราเรด 2 จุด (แต่ละจุดเปิดไม่พร้อมกัน)



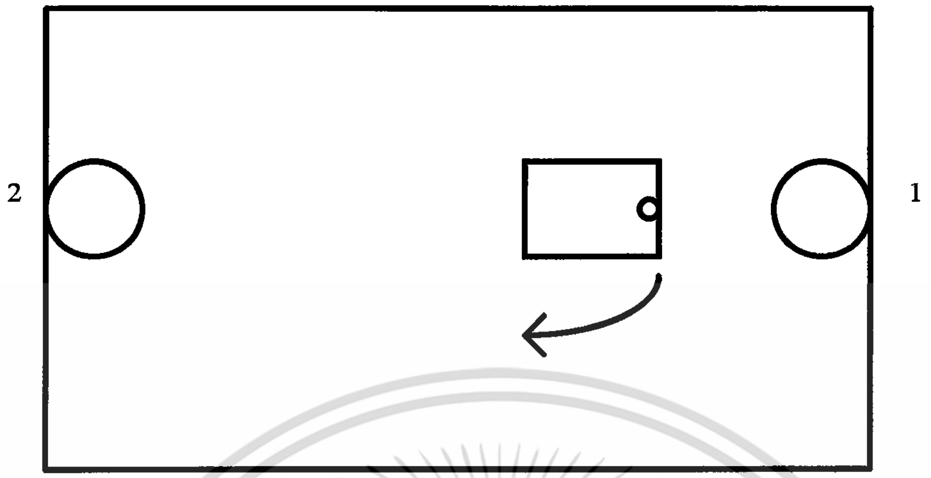
3.1 หุ่นยนต์หยุดตรวจแสงอินฟราเรดและสิ่งกีดขวาง เมื่อไม่พบหุ่นยนต์จะหมุนขวา เมื่อหุ่ นยนต์พบแสงอินฟราเรดจากภาคส่งตัวที่ 1 หุ่นยนต์จะหยุดและเดินตรงไป สู่จุดหมายนั้น

1

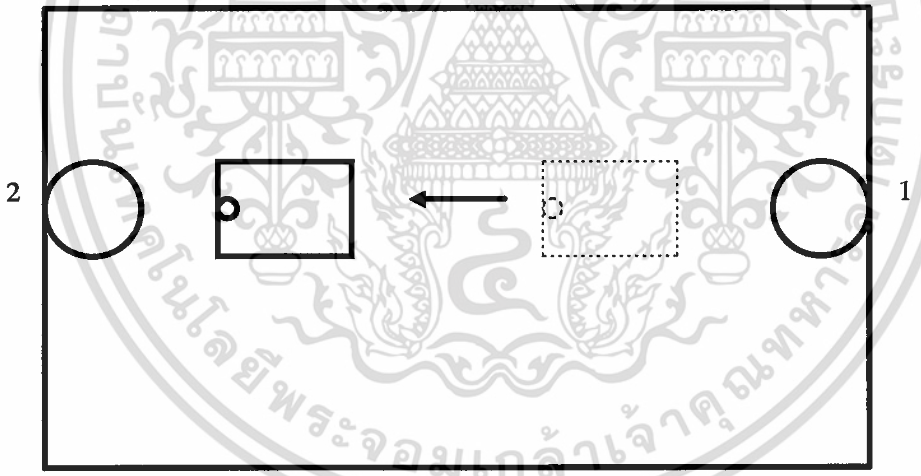


3.2 เมื่อหุ่นยนต์ถึงจุดหมายแรกแล้ว จะถอยหลังออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3.3 หุ่นยนต์จะทำการหมุนขวา และทำการตรวจจับแสงอินฟราเรดไปพร้อมกันด้วย



3.4 เมื่อหุ่นยนต์พบภาคส่งอินฟราเรดตัวที่สอง หุ่นยนต์หยุดหมุนและวิ่งตรงไปสู่จุดหมายจุดที่สอง หุ่นยนต์จะเดินอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับหุ่นยนต์</u>

หุ่นยนต์เมื่อวิ่งตรงไปเรื่อย ๆ จะวิ่งไม่ตรง เนื่องมาจาก ประสิทธิภาพของมอเตอร์ในแต่ละตัวไม่เท่ากัน เพราะเป็นมอเตอร์ที่ใช้แล้วแต่ทางผู้จัดทำได้แก้ไขโดยปรับความเร็วมอเตอร์ในการเดินในแต่ละล้อให้ต่างกันเพื่อให้หุ่นยนต์เดินได้ตรงโดยใช้โปรแกรมช่วย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

ในการทำโครงงานพิเศษในครั้งนี้ได้ทำการจัดสร้างหุ่นยนต์ที่สามารถค้นหาแสงอินฟราเรดได้เองโดยอัตโนมัติ ซึ่งการสร้างหุ่นยนต์ในครั้งนี้ได้นำเอาภาครับและภาคส่งแสงอินฟราเรดมาใช้ในการตรวจจับสิ่งกีดขวางและจุดหมายที่ให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไป โดยใช้ Board Ant' 32 โดยที่ Board Ant'32 ได้รับสัญญาณจาก sensors ที่ใช้ตรวจจับสิ่งกีดขวางหรือ จุดหมาย เพื่อนำสัญญาณที่ได้นั้นมาประมวลผลซึ่งผลที่ประมวลได้นั้นคือค่าที่นำมากำหนดความเร็วและทิศทางการหมุนของดีซีมอเตอร์ทั้งทางด้านซ้ายและขวาและได้นำ chip microcontroller เบอร์ AT89C2051 มาใช้ในการรับสัญญาณจาก Board Ant'32 เพื่อนำสัญญาณที่ได้นี้มาประมวลผลและส่งสัญญาณไปสู่วงจรขยายสัญญาณแบบบริดจ์ ซึ่งสัญญาณที่ได้นี้เป็นสัญญาณที่ไปควบคุมความเร็วและทิศทางของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ โดยสัญญาณนี้จะไปควบคุมโวลท์เตจที่ให้กับดีซีมอเตอร์ที่ใช้ขับล้อของหุ่นยนต์ ในการเขียนโปรแกรมกำหนดการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์นี้ได้ใช้ภาษาเบสิค และในส่วนการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมความเร็วและทิศทางของมอเตอร์ได้ใช้ภาษาแอสแซมบลี้

จากการทดลอง พบว่าเมื่อ ปล่อยหุ่นยนต์ให้หุ่นยนต์ค้นหาอินฟราเรดเองโดยอัตโนมัติในห้องที่ไม่มีอินฟราเรดและมีอินฟราเรดอยู่ในอต่ละจุดต่างๆ กันทำให้หุ่นยนต์มีการเดินในลักษณะต่างๆ กันต่อยู่ในหลักการเดียวกันคือ เมื่อพบจุดหมายหุ่นยนต์จะวิ่งไปสู่จุดหมายนั้นแต่เมื่อไม่พบจุดหมายหุ่นยนต์จะทำการหมุนตัวเพื่อค้นหา แต่ขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่แล้วพบสิ่งกีดขวาง หุ่นยนต์จะทำการหลบสิ่งกีดขวางนั้น และทำการค้นหาจุดหมายต่อไป

ในการทำหุ่นยนต์ค้นหาแสงอินฟราเรดอย่างง่ายนี้ได้พบจุดบกพร่องคือ หุ่นยนต์เมื่อสั่งให้หุ่นยนต์เดินตรงไปหุ่นยนต์จะดินได้ครงในระยะสั้นๆ เนื่องมาจากดีซีมอเตอร์ที่ใช้ในการขับล้อมีประสิทธิภาพที่ไม่เท่ากัน เนื่องมาจากดีซีมอเตอร์ที่ใช้นี่เป็นดีซีมอเตอร์ที่ใช้แล้ว แต่ได้แก้ปัญหาตรงนี้โดยใช้โปรแกรมช่วยในการกำหนดความเร็วของดีซีมอเตอร์ในแต่ละตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Benjamin C. Kuo. Automatic Control Systems, 3 rd edn, Prentice Hall 1982
2. AT89C2051 Single Chip Microcomputer Interpacing by Wichit Sirichote
3. Electro Craft Corpn, Dc motor Speed Control and Ser o Systems, Engineering Handbook, 3 rd edn.,1975
4. SILA Ant' 32 version 3.0 Embedded control board ; SILA RESEARCH CO., LTD
5. วิเคราะห์และออกแบบระบบการควบคุมมอเตอร์ โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โยธิน เปรมปราณีรัชต์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

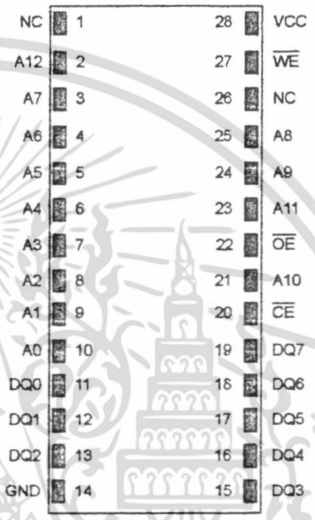
DALLAS
SEMICONDUCTOR

DS1225Y
64K Nonvolatile SRAM

FEATURES

- 10 years minimum data retention in the absence of external power
- Data is automatically protected during power loss
- Directly replaces 8K x 8 volatile static RAM or EEPROM
- Unlimited write cycles
- Low-power CMOS
- JEDEC standard 28–pin DIP package
- Read and write access times as fast as 150 ns
- Full ±10% operating range
- Optional industrial temperature range of -40°C to +85°C, designated IND

PIN ASSIGNMENT



28-PIN ENCAPSULATED PACKAGE
720 MIL EXTENDED

PIN DESCRIPTION

A_0 - A_{12}	–	Address Inputs
DQ_0-DQ_7	–	Data In/Data Out
$\overline{CE}$	–	Chip Enable
$\overline{WE}$	–	Write Enable
$\overline{OE}$	–	Output Enable
V_{CC}	–	Power (+5V)
GND	–	Ground
NC	–	No Connect

DESCRIPTION

The DS1225Y 64K Nonvolatile SRAM is a 65,536-bit, fully static, nonvolatile RAM organized as 8192 words by 8 bits. Each NV SRAM has a self-contained lithium energy source and control circuitry which constantly monitors V_{CC} for an out-of-tolerance condition. When such a condition occurs, the lithium energy source is automatically switched on and write protection is unconditionally enabled to prevent data corruption. The NV SRAM can be used in place of existing 8K x 8 SRAMs directly conforming to the popular bytewide 28-pin DIP standard. The DS1225Y also matches the pinout of the 2764 EPROM or the 2864 EEPROM, allowing direct substitution while enhancing performance. There is no limit on the number of write cycles that can be executed and no additional support circuitry is required for microprocessor interfacing.

©Copyright 1995 by Dallas Semiconductor Corporation.
All Rights Reserved. For important information regarding patents and other intellectual property rights, please refer to Dallas Semiconductor data books.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

READ MODE

The DS1225Y executes a read cycle whenever $\overline{WE}$ (Write Enable) is inactive (high) and $\overline{CE}$ (Chip Enable) and $\overline{OE}$ (Output Enable) are active (low). The unique address specified by the 13 address inputs (A_0-A_{12}) defines which of the 8192 bytes of data is to be accessed. Valid data will be available to the eight data output drivers within t_{ACC} (Access Time) after the last address input signal is stable, providing that $\overline{CE}$ and $\overline{OE}$ access times are also satisfied. If $\overline{OE}$ and $\overline{CE}$ access times are not satisfied, then data access must be measured from the later occurring signal ($\overline{CE}$ or $\overline{OE}$) and the limiting parameter is either t_{CO} for $\overline{CE}$ or t_{OE} for $\overline{OE}$ rather than address access.

WRITE MODE

The DS1225Y executes a write cycle whenever the $\overline{WE}$ and $\overline{CE}$ signals are active (low) after address inputs are stable. The latter occurring falling edge of $\overline{CE}$ or $\overline{WE}$ will determine the start of the write cycle. The write cycle is terminated by the earlier rising edge of $\overline{CE}$ or $\overline{WE}$. All address inputs must be kept valid throughout the write cycle. $\overline{WE}$ must return to the high state for a minimum recovery time (t_{WR}) before another cycle can be initiated. The $\overline{OE}$ control signal should be kept inactive (high) during write cycles to avoid bus contention. However, if the output drivers are enabled ($\overline{CE}$ and $\overline{OE}$ active) then $\overline{WE}$ will disable the outputs in t_{ODW} from its falling edge.

DATA RETENTION MODE

The DS1225Y provides full functional capability for V_{CC} greater than 4.5 volts and write protects at 4.25 nominal. Data is maintained in the absence of V_{CC} without any additional support circuitry. The DS1225Y constantly monitors V_{CC}. Should the supply voltage decay, the NV SRAM automatically write protects itself, all inputs become "don't care," and all outputs become high impedance. As V_{CC} falls below approximately 3.0 volts, a power switching circuit connects the lithium energy source to RAM to retain data. During power-up, when V_{CC} rises above approximately 3.0 volts, the power switching circuit connects external V_{CC} to RAM and disconnects the lithium energy source. Normal RAM operation can resume after V_{CC} exceeds 4.5 volts.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Voltage on Any Pin Relative to Ground	-0.3V to +7.0V
Operating Temperature	0°C to 70°C; -40°C to +85°C for IND parts
Storage Temperature	-40°C to +70°C; -40°C to +85°C for IND parts
Soldering Temperature	260°C for 10 seconds

* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS (0°C to 70°C)

PARAMETER	SYM	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Power Supply Voltage	V_{CC}	4.5	5.0	5.5	V	
Input Logic 1	V_{IH}	2.2		V_{CC}	V	
Input Logic 0	V_{IL}	0.0		+0.8	V	

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (0°C to 70°C; V_{CC} = 5V ± 10%)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Leakage Current	I_{IL}	-1.0		+1.0	µA	
I/O Leakage Current $\overline{CE} \geq V_{IH} \leq V_{CC}$	I_{IO}	-1.0		+1.0	µA	
Output Current @ 2.4V	I_{OH}	-1.0			mA	
Output Current @ 0.4V	I_{OL}	2.0			mA	
Standby Current $\overline{CE}$ = 2.2V	I_{CCS1}		5	10	mA	
Standby Current $\overline{CE}$ = V_{CC}-0.5V	I_{CCS2}		3	5	mA	
Operating Current t_{CYC}=200ns (Commercial)	I_{CCO1}			75	mA	
Operating Current t_{CYC}=200ns (Industrial)	I_{CCO1}			85	mA	
Write Protection Voltage	V_{TP}		4.25		V	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(0°C to 70°C; V_{CC}=5.0V ± 10%)

PARAMETER	SYMBOL	DS1225Y-150		DS1225Y-170		DS1225Y-200		UNITS	NOTES
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX		
Read Cycle Time	t_{RC}	150		170		200		ns	
Access Time	t_{ACC}		150		170		200	ns	
$\overline{OE}$ to Output Valid	t_{OE}		70		80		100	ns	
$\overline{CE}$ to Output Valid	t_{CO}		150		170		200	ns	
$\overline{OE}$ or $\overline{CE}$ to Output Active	t_{COE}	5		5		5		ns	5
Output High Z from De-selection	t_{OD}		35		35		35	ns	5
Output Hold from Address Change	t_{OH}	5		5		5		ns	
Write Cycle Time	t_{WC}	150		170		200		ns	
Write Pulse Width	t_{WP}	100		120		150		ns	3
Address Setup Time	t_{AW}	0		0		0		ns	
Write Recovery Time	t_{WR1} t_{WR2}	0 10		0 10		0 10		ns ns	11 12
Output High Z from $\overline{WE}$	t_{ODW}		35		35		35	ns	5
Output Active from $\overline{WE}$	t_{OEW}	5		5		5		ns	5
Data Setup Time	t_{DS}	60		70		80		ns	4
Data Hold Time	t_{DH1} t_{DH2}	0 10		0 10		0 10		ns ns	11 12

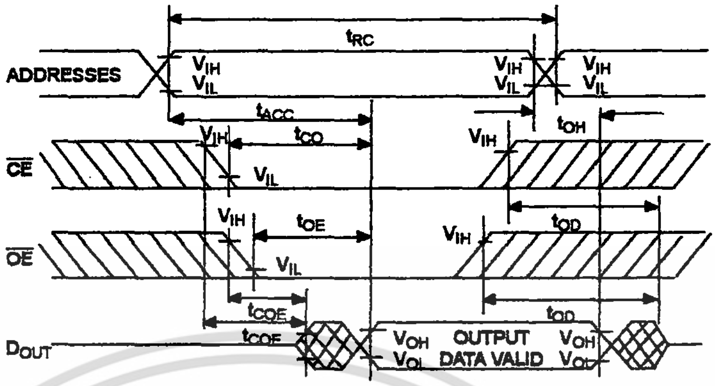
CAPACITANCE

(t_A = 25°C)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Capacitance	C_{IN}			10	pF	
Input/Output Capacitance	$C_{I/O}$			10	pF	

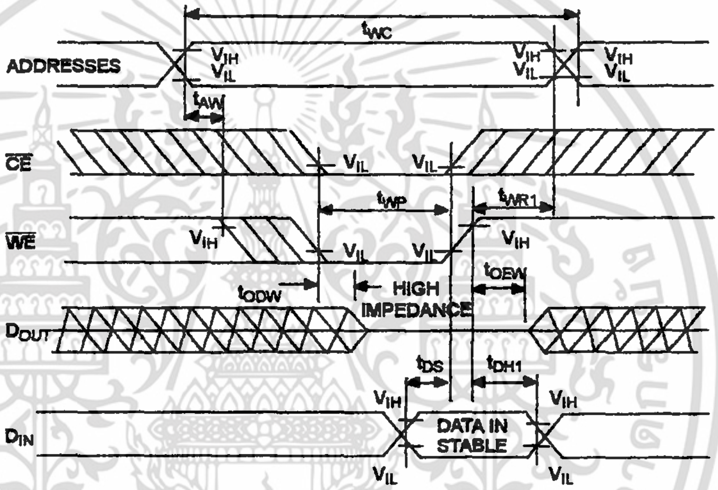
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

READ CYCLE



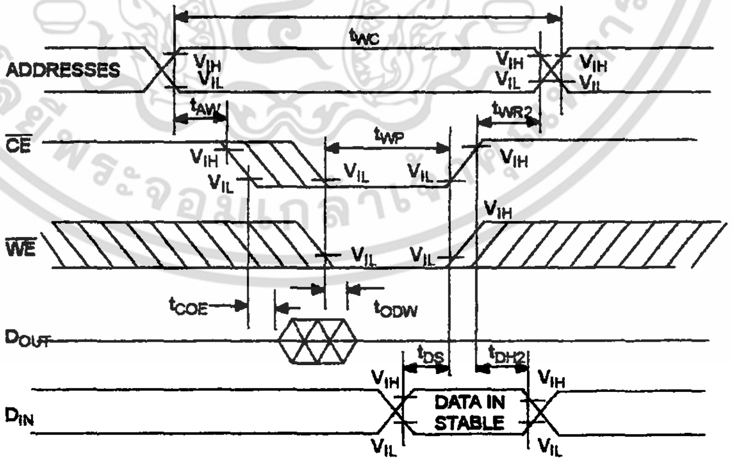
SEE NOTE 1

WRITE CYCLE 1



SEE NOTE 2, 3, 4, 6, 7 AND 8

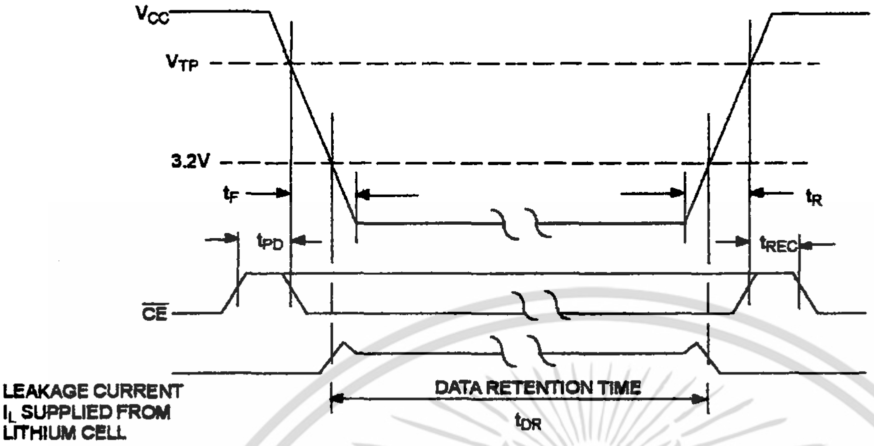
WRITE CYCLE 2



SEE NOTE 2, 3, 4, 6, 7 AND 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

POWER-DOWN/POWER-UP CONDITION



POWER-DOWN/POWER-UP TIMING

PARAMETER	SYM	MIN	MAX	UNITS	NOTES
$\overline{CE}$ at V_{IH} before Power-Down	t_{PD}	0		µs	10
V_{CC} Slew from V_{TP} to 0V ($\overline{CE}$ at V_{IH})	t_F	100		µs	
V_{CC} Slew from 0V to V_{TP} ($\overline{CE}$ at V_{IH})	t_R	0		µs	
$\overline{CE}$ at V_{IH} after Power-Up	t_{REC}		2	ms	

(t_A = 25°C)

PARAMETER	SYM	MIN	MAX	UNITS	NOTES
Expected Data Retention Time	t_{DR}	10		years	9

WARNING:
Under no circumstance are negative undershoots, of any amplitude, allowed when device is in battery backup mode.

NOTES:

1. $\overline{WE}$ is high for a read cycle.
2. $\overline{OE}$ = V_{IH} or V_{IL}. If $\overline{OE}$ = V_{IH} during a write cycle, the output buffers remain in a high impedance state.
3. t_{WP} is specified as the logical AND of $\overline{CE}$ and $\overline{WE}$. t_{WP} is measured from the latter of $\overline{CE}$ or $\overline{WE}$ going low to the earlier of $\overline{CE}$ or $\overline{WE}$ going high.
4. t_{DS} is measured from the earlier of $\overline{CE}$ or $\overline{WE}$ going high.
5. These parameters are sampled with a 5 pF load and are not 100% tested.
6. If the $\overline{CE}$ low transition occurs simultaneously with or later than the $\overline{WE}$ low transition in Write Cycle 1, the output buffers remain in a high impedance state during this period.
7. If the $\overline{CE}$ high transition occurs prior to or simultaneously with the $\overline{WE}$ high transition, the output buffers remain in a high impedance state during this period.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. If $\overline{WE}$ is low or the $\overline{WE}$ low transition occurs prior to or simultaneously with the $\overline{CE}$ low transition, the output buffers remain in a high impedance state during this period.

9. Each DS1225Y is marked with a 4-digit date code AABB. AA designates the year of manufacture. BB designates the week of manufacture. The expected t_{DR} is defined as starting at the date of manufacture.

10. In a power down condition the voltage on any pin may not exceed the voltage on V_{CC}.

11. t_{WR1}, t_{DH1} are measured from $\overline{WE}$ going high.

12. t_{WR2}, t_{DH2} are measured from $\overline{CE}$ going high.

13. DS1225Y modules are recongnized by Underwriters Laboratory (U.L.®) under file E99151 (R).

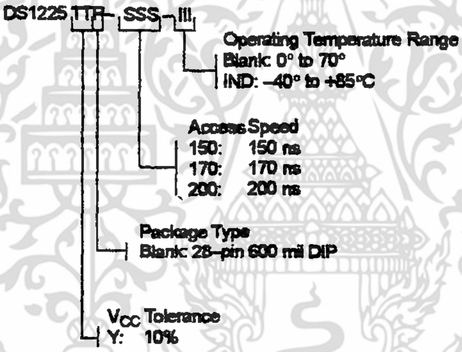
DC TEST CONDITIONS

Outputs open.
All voltages are referenced to ground.

AC TEST CONDITIONS

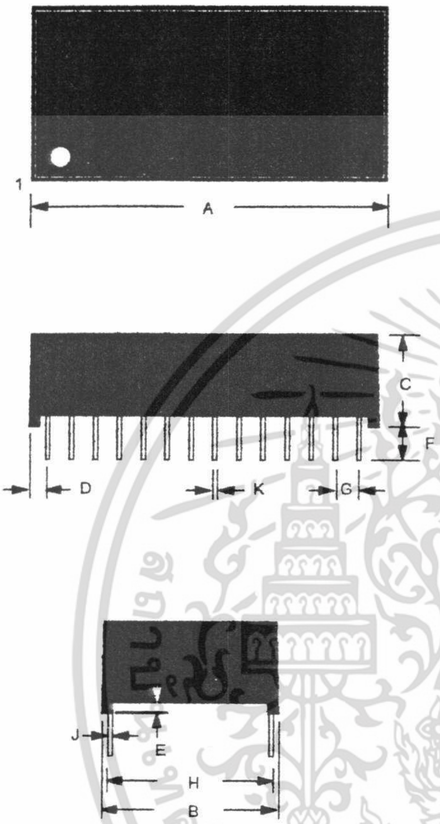
Output Load: 100pF + 1TTL Gate
Input Pulse Levels: 0-3.0V
Timing Measurement Reference Levels
Input:1.5V Output: 1.5V
Input Pulse Rise and Fall Times: 5ns

ORDERING INFORMATION



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS1225Y NONVOLATILE SRAM, 28-PIN 720 MIL EXTENDED MODULE



PKG	28-PIN	
DIM	MIN	MAX
A IN. MM	1.520 38.61	1.540 39.12
B IN. MM	0.695 17.65	0.720 18.29
C IN. MM	0.395 10.03	0.415 10.54
D IN. MM	0.100 2.54	0.130 3.30
E IN. MM	0.017 0.43	0.030 0.76
F IN. MM	0.120 3.05	0.160 4.06
G IN. MM	0.090 2.29	0.110 2.79
H IN. MM	0.590 14.99	0.630 16.00
J IN. MM	0.008 0.20	0.012 0.30
K IN. MM	0.015 0.38	0.021 0.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-Bit Microcontroller with 2 Kbytes Flash

eatures

- Compatible with MCS-51™ Products
- 2 Kbytes of Reprogrammable Flash Memory
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- 2.7 V to 6 V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Two-Level Program Memory Lock
- 128 x 8-Bit Internal RAM
- 15 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial UART Channel
- Direct LED Drive Outputs
- On-Chip Analog Comparator
- Low Power Idle and Power Down Modes

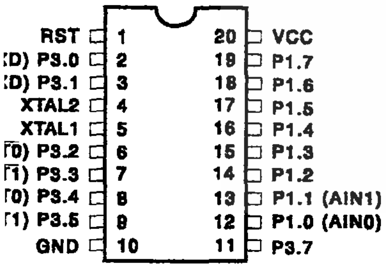
escription

e AT89C2051 is a low-voltage, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with
(bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The
vice is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology
d is compatible with the industry standard MCS-51™ instruction set and pinout.
combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel
89C2051 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost
ective solution to many embedded control applications.

e AT89C2051 provides the following standard features: 2 Kbytes of Flash, 128
es of RAM, 15 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt
hitecture, a full duplex serial port, a precision analog comparator, on-chip oscilla-
and clock circuitry. In addition, the AT89C2051 is designed with static logic for
eration down to zero frequency and supports two software selectable power sav-
modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters,
ial port and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode
es the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions
il the next hardware reset.

n Configuration

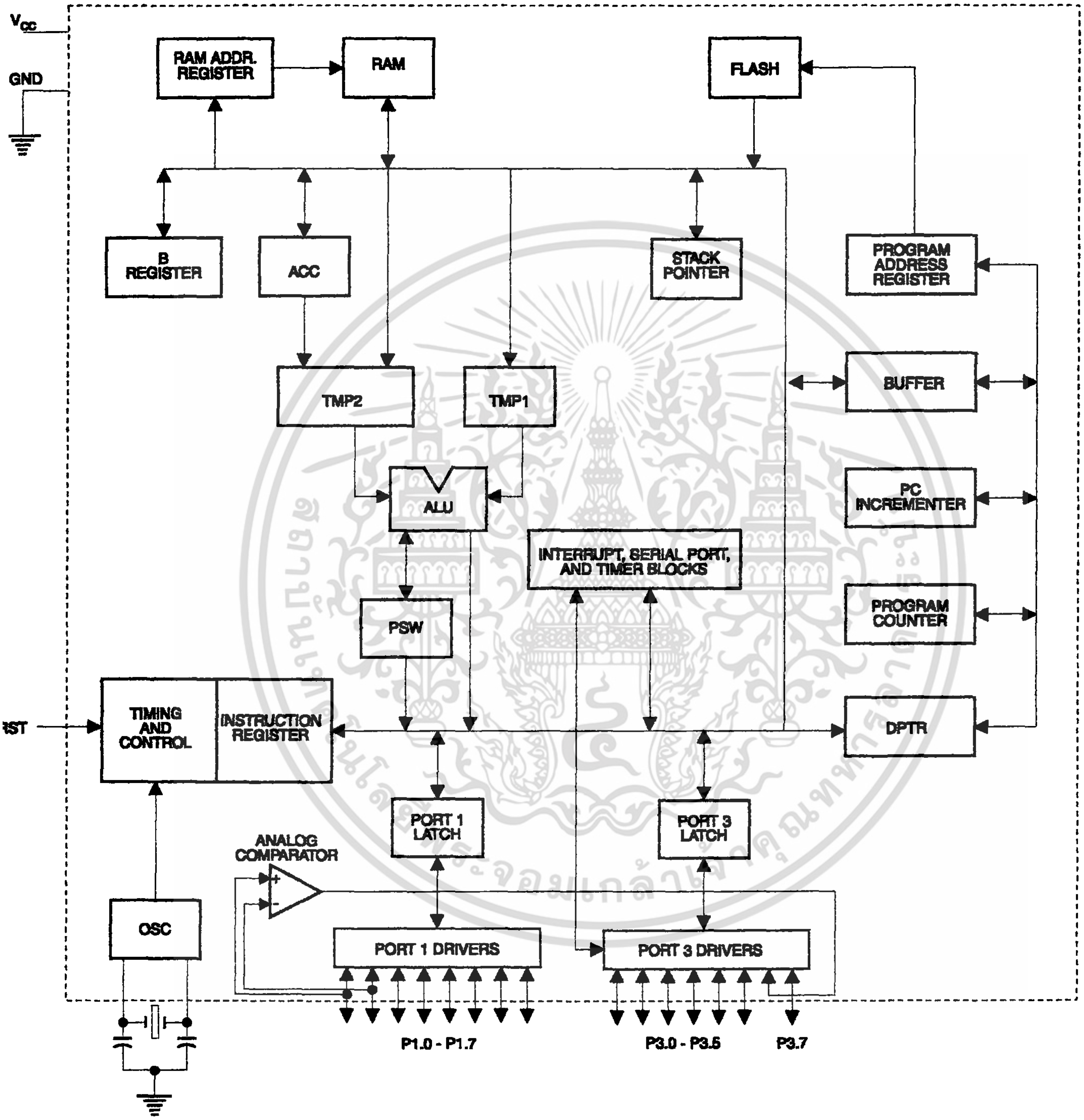
PDIP/SOIC



0368C

รับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้าน
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ock Diagram



ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Description

Vcc

Supply voltage.

GND

Ground.

Port 1

Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port. Port pins P1.2 to ᴾ1.7 provide internal pullups. P1.0 and P1.1 require exterıal pullups. P1.0 and P1.1 also serve as the positive input 'AIN0) and the negative input (AIN1), respectively, of the ɔn-chip precision analog comparator. The Port 1 output ɔuffers can sink 20 mA and can drive LED displays di·ectly. When 1s are written to Port 1 pins, they can be ısed as inputs. When pins P1.2 to P1.7 are used as inputs ınd are externally pulled low, they will source current (IIL) ɔecause of the internal pullups.

ᴾort 1 also receives code data during Flash programming ınd program verification.

ᴾort 3

ᴾort 3 pins P3.0 to P3.5, P3.7 are seven bidirectional I/O ɔins with internal pullups. P3.6 is hard-wired as an input to he output of the on-chip comparator and is not accessible ıs a general purpose I/O pin. The Port 3 output buffers :an sink 20 mA. When 1s are written to Port 3 pins they ıre pulled high by the internal pullups and can be used as ıputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being ɔulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

ᴾort 3 also serves the functions of various special features 'f the AT89C2051 as listed below:

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)

ort 3 also receives some control signals for Flash proramming and programming verification.

ST

eset input. All I/O pins are reset to 1s as soon as RST ɔes high. Holding the RST pin high for two machine cyes while the oscillator is running resets the device.

ach machine cycle takes 12 oscillator or clock cycles.

TAL1

put to the inverting oscillator amplifier and input to the ternal clock operating circuit.

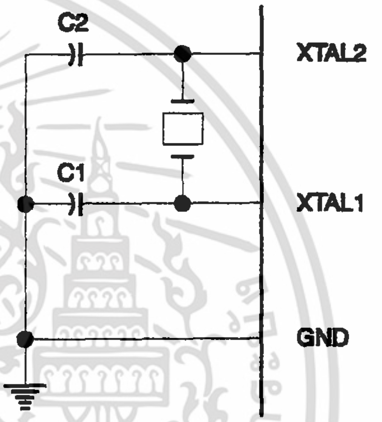
TAL2

utput from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

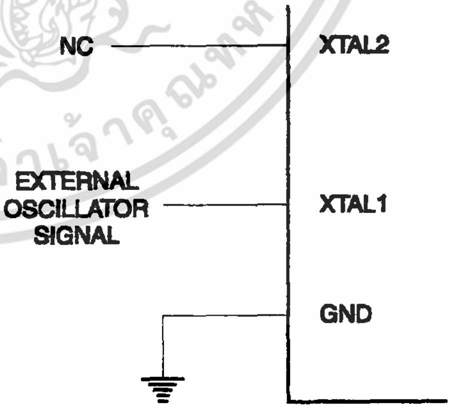
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Figure 1. Oscillator Connections



Notes: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 2. External Clock Drive Configuration



ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in the table below.

Note that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

User software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

Table 1. AT89C2051 SFR Map and Reset Values

0F8H									0FFH
0F0H	B 00000000								0F7H
0E8H									0EFH
0E0H	ACC 00000000								0E7H
0D8H									0DFH
0D0H	PSW 00000000								0D7H
0C8H									0CFH
0C0H									0C7H
0B8H	IP XXX00000								0BFH
0B0H	P3 11111111								0B7H
0A8H	IE 0XX00000								0AFH
0A0H									0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX							9FH
90H	P1 11111111								97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000			8FH
80H		SP 00000111	DPL 00000000	DPH 00000000				PCON 0XXX0000	87H

เอกสาร ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ʀestrictions on Certain Instructions

ʼhe AT89C2051 and is an economical and cost-effective nember of Atmel's growing family of microcontrollers. It ;ontains 2 Kbytes of flash program memory. It is fully com›atible with the MCS-51 architecture, and can be pro|rammed using the MCS-51 instruction set. However, here are a few considerations one must keep in mind vhen utilizing certain instructions to program this device.

ll the instructions related to jumping or branching should ›e restricted such that the destination address falls within he physical program memory space of the device, which ; 2K for the AT89C2051. This should be the responsibil;y of the software programmer. For example, LJMP 7E0H vould be a valid instruction for the AT89C2051 (with 2K of nemory), whereas LJMP 900H would not.

. Branching instructions:

.CALL, LJMP, ACALL, AJMP, SJMP, JMP @A+DPTR

ʼhese unconditional branching instructions will execute ›orrectly as long as the programmer keeps in mind that he destination branching address must fall within the ›hysical boundaries of the program memory size (locaions 00H to 7FFH for the 89C2051). Violating the physi;al space limits may cause unknown program behavior.

;JNE [...], DJNZ [...], JB, JNB, JC, JNC, JBC, JZ, JNZ Vith these conditional branching instructions the same ule above applies. Again, violating the memory boundaies may cause erratic execution.

For applications involving interrupts the normal interrupt service routine address locations of the 80C51 family architecture have been preserved.

2. MOVX-related instructions, Data Memory:

The AT89C2051 contains 128 bytes of internal data memory. Thus, in the AT89C2051 the stack depth is limited to 128 bytes, the amount of available RAM. External DATA memory access is not supported in this device, nor is external PROGRAM memory execution. Therefore, no MOVX [...] instructions should be included in the program.

A typical 80C51 assembler will still assemble instructions, even if they are written in violation of the restrictions mentioned above. It is the responsibility of the controller user to know the physical features and limitations of the device being used and adjust the instructions used correspondingly.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้...ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแ...ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program Memory Lock Bits

On the chip are two lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below:

Lock Bit Protection Modes[1]

Program Lock Bits	LB1	LB2	Protection Type
1	U	U	No program lock features.
2	P	U	Further programming of the Flash is disabled.
3	P	P	Same as mode 2, also verify is disabled.

Note: 1. The Lock Bits can only be erased with the Chip Erase operation

Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

P1.0 and P1.1 should be set to '0' if no external pullups are used, or set to '1' if external pullups are used.

It should be noted that when idle is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

Power Down Mode

In the power down mode the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power down mode is terminated. The only exit from power down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before Vcc is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

P1.0 and P1.1 should be set to '0' if no external pullups are used, or set to '1' if external pullups are used.

Programming The Flash

The AT89C2051 is shipped with the 2 Kbytes of on-chip PEROM code memory array in the erased state (i.e., contents = FFH) and ready to be programmed. The code memory array is programmed one byte at a time. *Once the array is programmed, to re-program any non-blank byte, the entire memory array needs to be erased electrically.*

Internal Address Counter: The AT89C2051 contains an internal PEROM address counter which is always reset to 000H on the rising edge of RST and is advanced by applying a positive going pulse to pin XTAL1.

Programming Algorithm: To program the AT89C2051, the following sequence is recommended.

1. Power-up sequence:
   Apply power between V_{CC} and GND pins
   Set RST and XTAL1 to GND
   With all other pins floating, wait for greater than 10 milliseconds
2. Set pin RST to 'H'
   Set pin P3.2 to 'H'
3. Apply the appropriate combination of 'H' or 'L' logic levels to pins P3.3, P3.4, P3.5, P3.7 to select one of the programming operations shown in the PEROM Programming Modes table.

To Program and Verify the Array:

4. Apply data for Code byte at location 000H to P1.0 to P1.7.
5. Raise RST to 12V to enable programming.
6. Pulse P3.2 once to program a byte in the PEROM array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes 1.2 ms.
7. To verify the programmed data, lower RST from 12V to logic 'H' level and set pins P3.3 to P3.7 to the appropiate levels. Output data can be read at the port P1 pins.
8. To program a byte at the next address location, pulse XTAL1 pin once to advance the internal address counter. Apply new data to the port P1 pins.
9. Repeat steps 5 through 8, changing data and advancing the address counter for the entire 2 Kbytes array or until the end of the object file is reached.
10. Power-off sequence:
    set XTAL1 to 'L'
    set RST to 'L'
    Float all other I/O pins
    Turn Vcc power off

เอกสารนี้...ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ata Polling: The AT89C2051 features $\overline{\text{Data}}$ Polling to ndicate the end of a write cycle. During a write cycle, an ttempted read of the last byte written will result in the omplement of the written data on P1.7. Once the write ycle has been completed, true data is valid on all outputs, nd the next cycle may begin. $\overline{\text{Data}}$ Polling may begin any me after a write cycle has been initiated.

eady/Busy: The Progress of byte programming can lso be monitored by the RDY/BSY output signal. Pin 3.1 is pulled low after P3.2 goes High during programing to indicate BUSY. P3.1 is pulled High again when rogramming is done to indicate READY.

rogram Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been rogrammed code data can be read back via the data nes for verification:

. Reset the internal address counter to 000H by bringing RST from 'L' to 'H'.
. Apply the appropriate control signals for Read Code data and read the output data at the port P1 pins.
. Pulse pin XTAL1 once to advance the internal address counter.
. Read the next code data byte at the port P1 pins.
. Repeat steps 3 and 4 until the entire array is read.

he lock bits cannot be verified directly. Verification of the ck bits is achieved by observing that their features are nabled.

Chip Erase: The entire PEROM array (2 Kbytes) and the two Lock Bits are erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding P3.2 low for 10 ms. The code array is written with all "1"s in the Chip Erase operation and must be executed before any non-blank memory byte can be re-programmed.

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 000H, 001H, and 002H, except that P3.5 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(000H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
(001H) = 21H indicates 89C2051

Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written and the entire array can be erased by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

lash Programming Modes

Mode		RST	P3.2/ $\overline{\text{PROG}}$	P3.3	P3.4	P3.5	P3.7
Write Code Data(1,3)		12V	‾_/‾	L	H	H	H
Read Code Data(1)		H	H	L	L	H	H
Write Lock	Bit - 1	12V	‾_/‾	H	H	H	H
	Bit - 2	12V	‾_/‾	H	H	L	L
Chip Erase		12V	‾_/‾(2)	H	L	L	L
Read Signature Byte		H	H	L	L	L	L

otes: 1. The internal PEROM address counter is reset to 000H on the rising edge of RST and is advanced by a positive pulse at XTAL1 pin.
2. Chip Erase requires a 10 ms $\overline{\text{PROG}}$ pulse.
3. P3.1 is pulled Low during programming to indicate RDY/BSY\.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
...จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3. Programming the Flash Memory

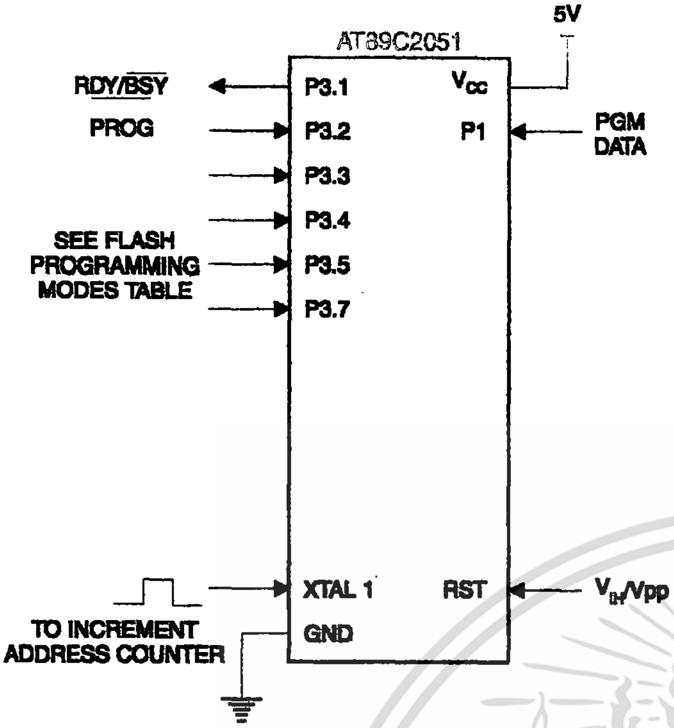
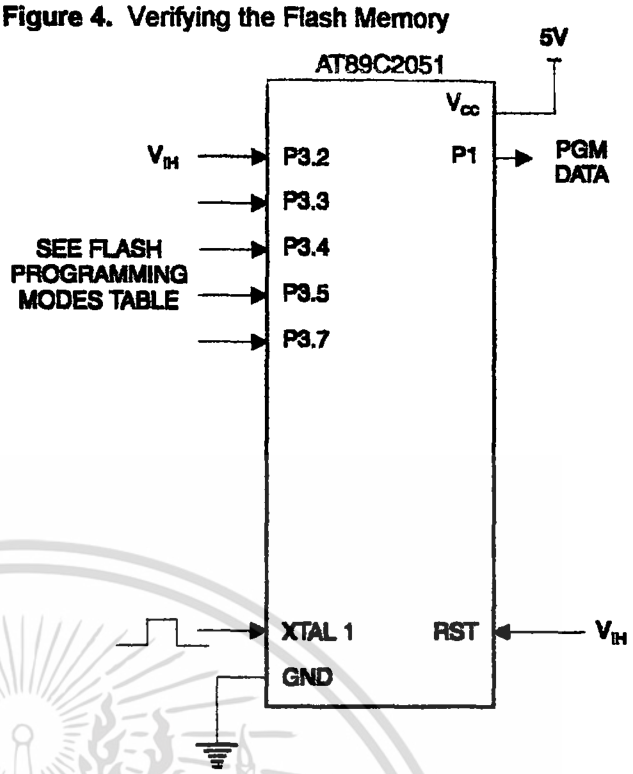


Figure 4. Verifying the Flash Memory



Flash Programming and Verification Characteristics

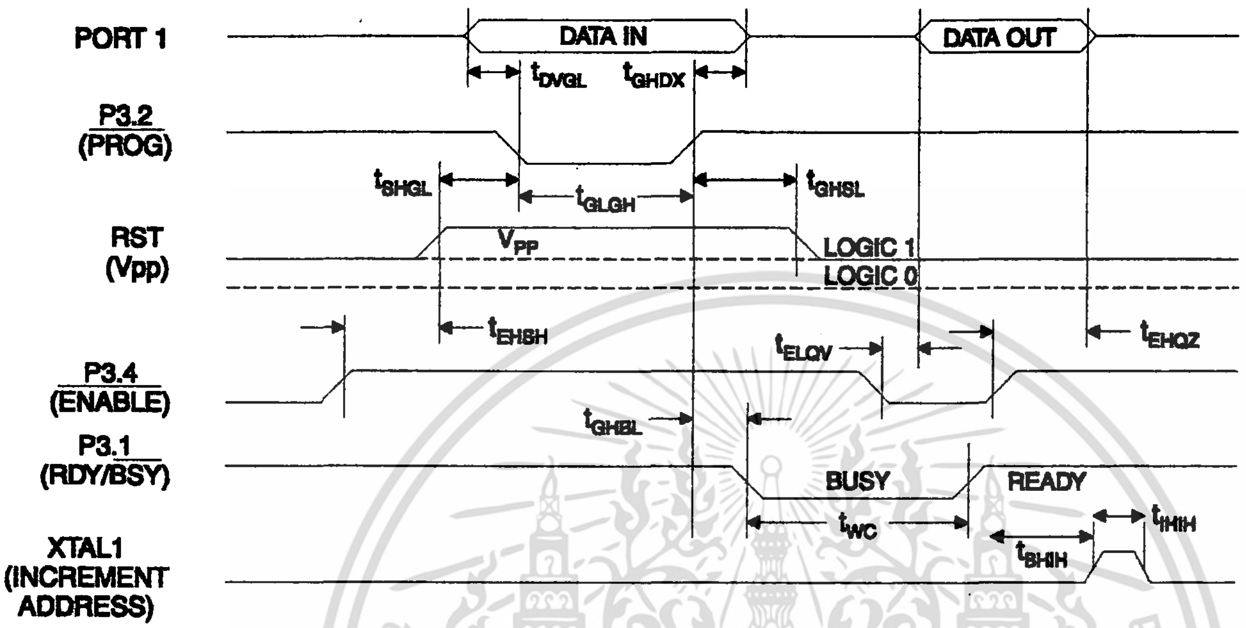
T_A = 21°C to 27°C, V_{CC} = 5.0 ± 10%

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}	Programming Enable Current		250	µA
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{PROG}$ Low	1.0		µs
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{PROG}$	1.0		µs
t_{EHSH}	P3.4 ($\overline{ENABLE}$) High to V_{PP}	1.0		µs
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{PROG}$ Low	10		µs
t_{GHSL}	V_{PP} Hold After $\overline{PROG}$	10		µs
t_{GLGH}	$\overline{PROG}$ Width	1	110	µs
t_{ELQV}	$\overline{ENABLE}$ Low to Data Valid		1.0	µs
t_{EHQZ}	Data Float After $\overline{ENABLE}$	0	1.0	µs
t_{GHBL}	$\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low		50	ns
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms
t_{BHIH}	RDY/$\overline{BSY}$\ to Increment Clock Delay	1.0		µs
t_{IHIL}	Increment Clock High	200		ns

Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flash Programming and Verification Waveforms



Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground	-1.0 V to +7.0 V
Maximum Operating Voltage	6.6 V
DC Output Current	25.0 mA

*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D.C. Characteristics

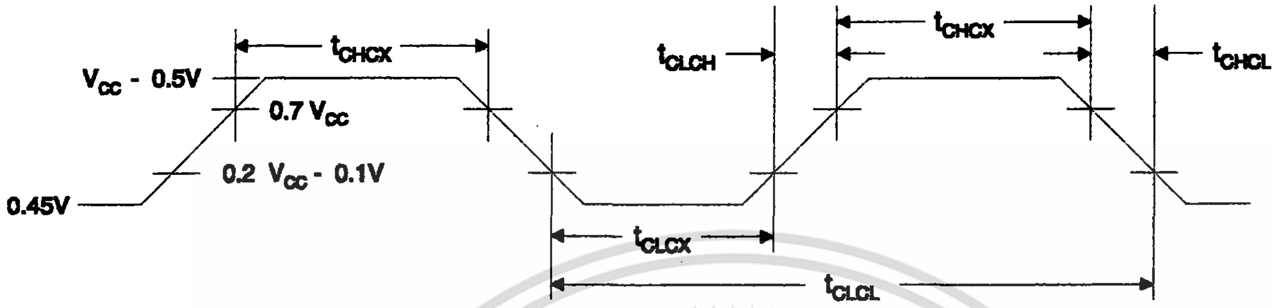
T_A = -40°C to 85°C, V_{CC} = 2.7 V to 6.0 V (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low Voltage		-0.5	0.2 V_{CC}-0.1	V
V_{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V_{CC}+0.9	V_{CC}+0.5	V
V_{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V_{CC}	V_{CC}+0.5	V
V_{OL}	Output Low Voltage(1) (Ports 1, 3)	I_{OL} = 20 mA, V_{CC} = 5 V I_{OL} = 10 mA, V_{CC} = 2.7 V		0.5	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1, 3)	I_{OH} = -80 µA, V_{CC} = 5 V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -30 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -12 µA	0.9 V_{CC}		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1, 2, 3)	V_{IN} = 0.45 V		-50	µA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1, 2, 3)	V_{IN} = 2 V		-750	µA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port P1.0, P1.1)	0 < V_{IN} < V_{CC}		±10	µA
V_{OS}	Comparator Input Offset Voltage	V_{CC} = 5 V		20	mV
V_{CM}	Comparator Input Common Mode Voltage		0	V_{CC}	V
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T_A = 25°C		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz, V_{CC} = 6 V/3 V		15/5.5	mA
		Idle Mode, 12 MHz, V_{CC} = 6 V/3 V P1.0 & P1.1 = 0V or V_{CC}		5/1	mA
	Power Down Mode(2)	V_{CC} = 6 V P1.0 & P1.1 = 0V or V_{CC}		100	µA
		V_{CC} = 3 V P1.0 & P1.1 = 0V or V_{CC}		20	µA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
Maximum I_{OL} per port pin: 20 mA
Maximum total IOL for all output pins: 80 mA
If IOL exceeds the test condition, VOL may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
2. Minimum V_{CC} for Power Down is 2 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	VCC = 2.7 V to 6.0 V		VCC = 4.0 V to 6.0 V		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	12	0	24	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	83.3		41.6		ns
t_{CHCX}	High Time	30		15		ns
t_{CLCX}	Low Time	30		15		ns
t_{CLCH}	Rise Time		20		20	ns
t_{CHCL}	Fall Time		20		20	ns

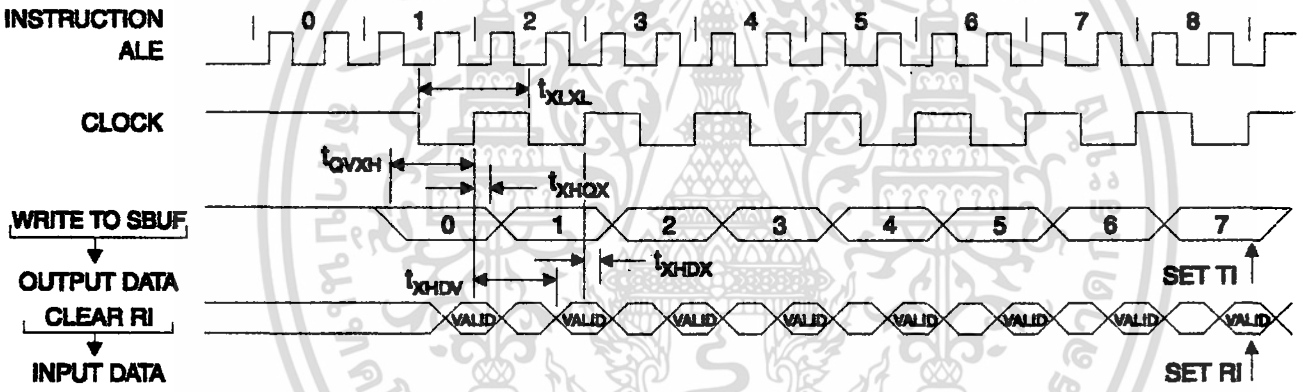
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
...ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

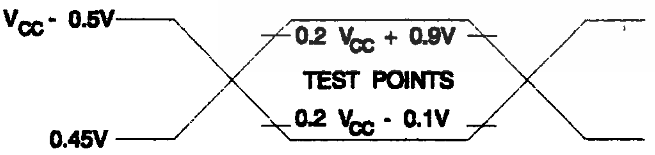
(V_{CC} = 5.0 V ± 20%; Load Capacitance = 80 pF)

Symbol	Parameter	12 MHz Osc Min	12 MHz Osc Max	Variable Oscillator Min	Variable Oscillator Max	Units
t_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		µs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}$-133		ns
t_{XHQX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}$-33		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		10tCLCL-133	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms

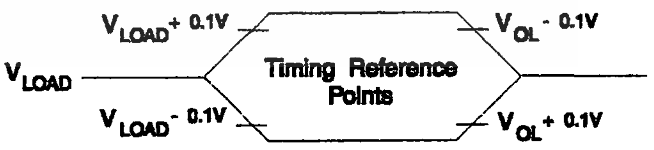


AC Testing Input/Output Waveforms[1]



Note: 1. AC Inputs during testing are driven at V_{CC} - 0.5 V for a logic 1 and 0.45 V for a logic 0. Timing measurements are made at V_{IH} min. for a logic 1 and V_{IL} max. for a logic 0.

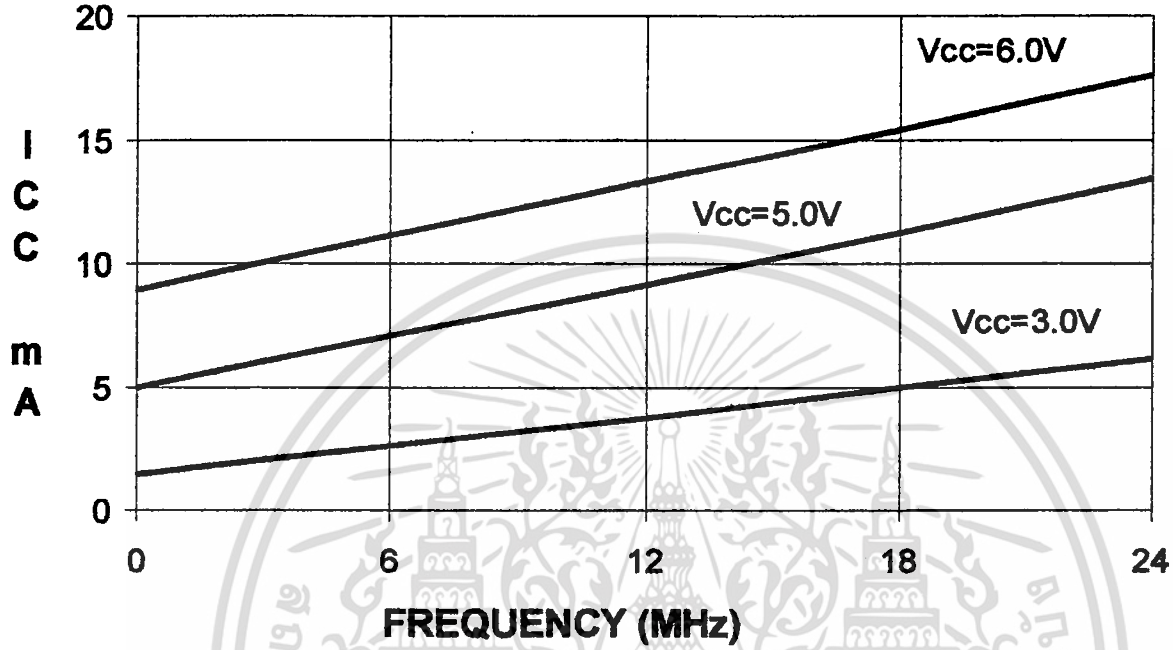
Float Waveforms[1]



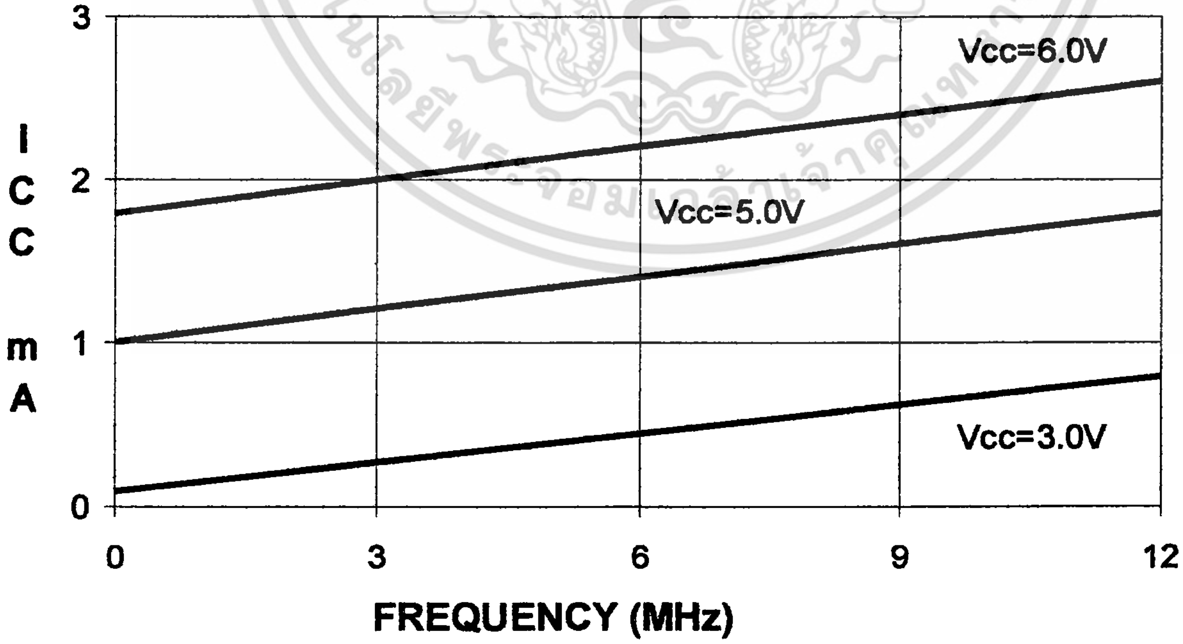
Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when a 100 mV change from the loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

AT89C2051
TYPICAL ICC - ACTIVE (85°C)



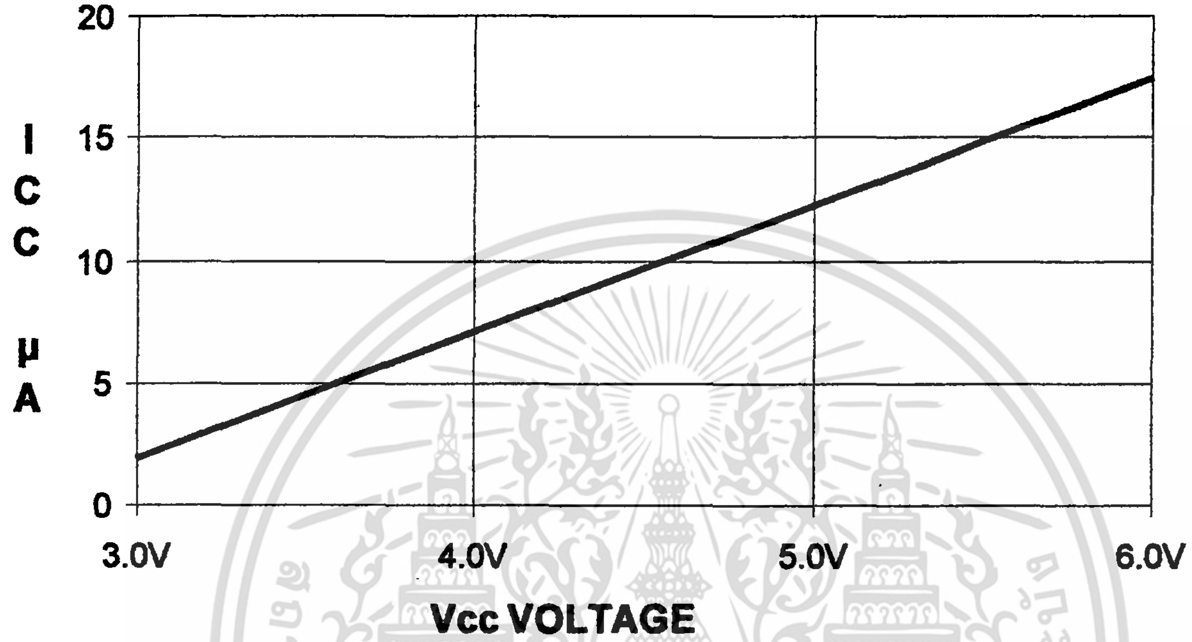
AT89C2051
TYPICAL ICC - IDLE (85°C)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใ ... รศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแ ... และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT89C2051

TYPICAL ICC vs. VOLTAGE- POWER DOWN (85°C)



lote: 1. XTAL1 tied to GND for Icc (power down).
2. P.1.0 and P1.1 = Vcc or GND.
3. Lock bits programmed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

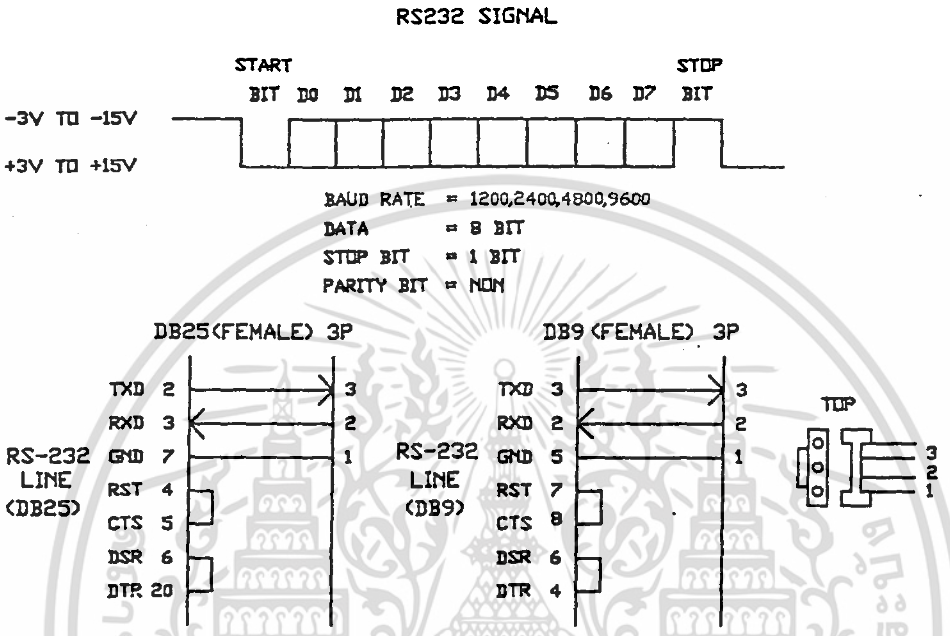
Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	2.7 V to 6.0 V	AT89C2051-12PC AT89C2051-12SC	20P3 20S	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C2051-12PI AT89C2051-12SI	20P3 20S	Industrial (-40°C to 85°C)
24	4.0 V to 6.0 V	AT89C2051-24PC AT89C2051-24SC	20P3 20S	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C2051-24PI AT89C2051-24SI	20P3 20S	Industrial (-40°C to 85°C)

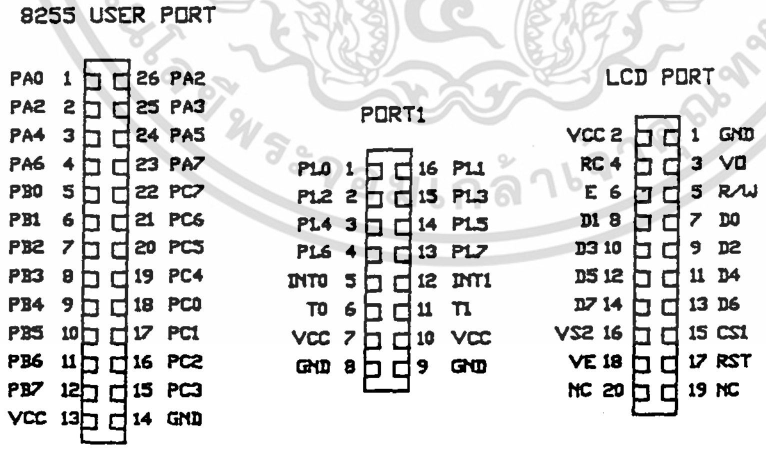
Package Type	
20P3	20 Lead, 0.300" Wide, Plastic Dual In-line Package (PDIP)
20S	20 Lead, 0.300" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (SOIC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพแสดงลักษณะสัญญาณ RS232 และการต่อสาย

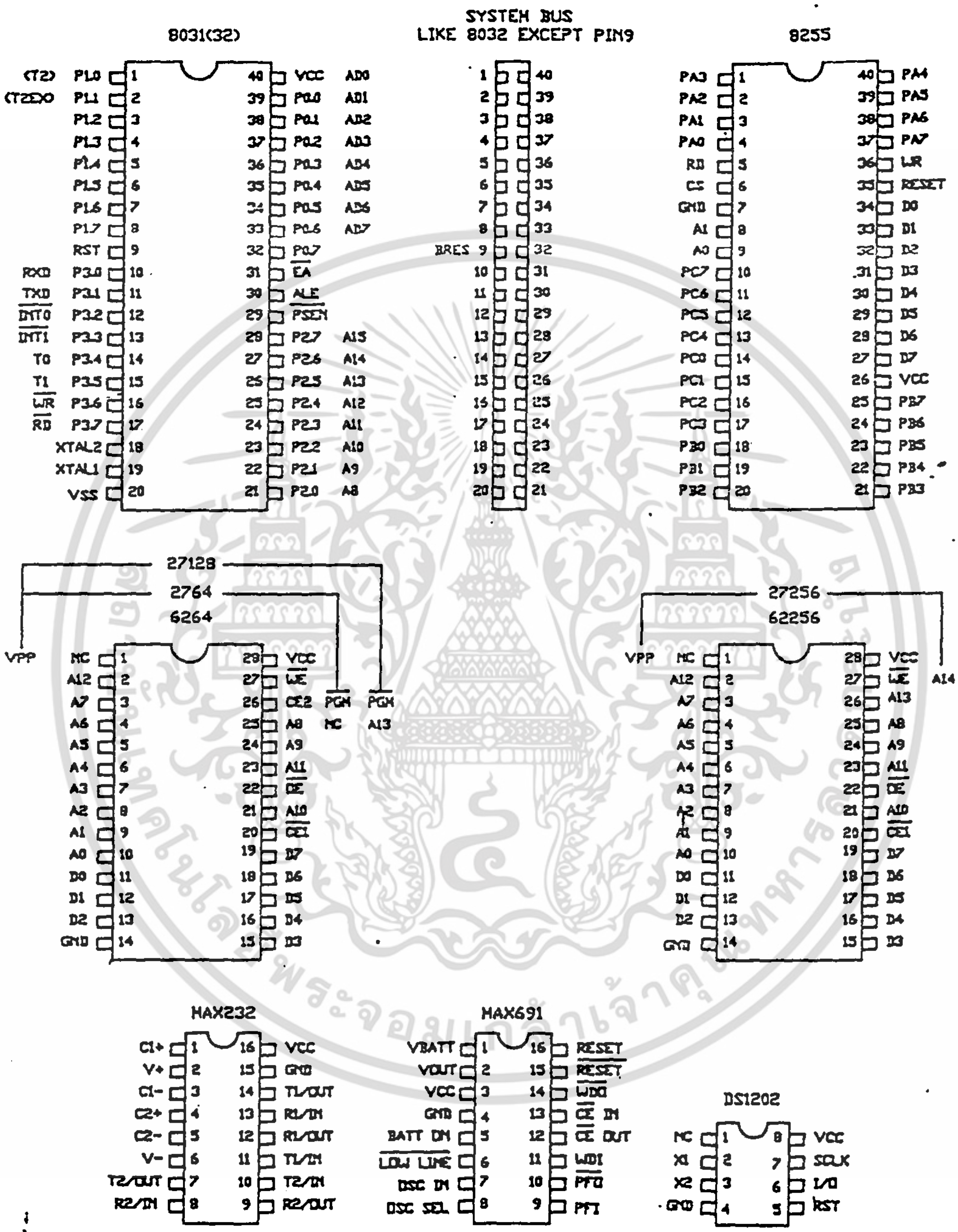


ภาพแสดงรายละเอียด CONNECTOR และ CHIP

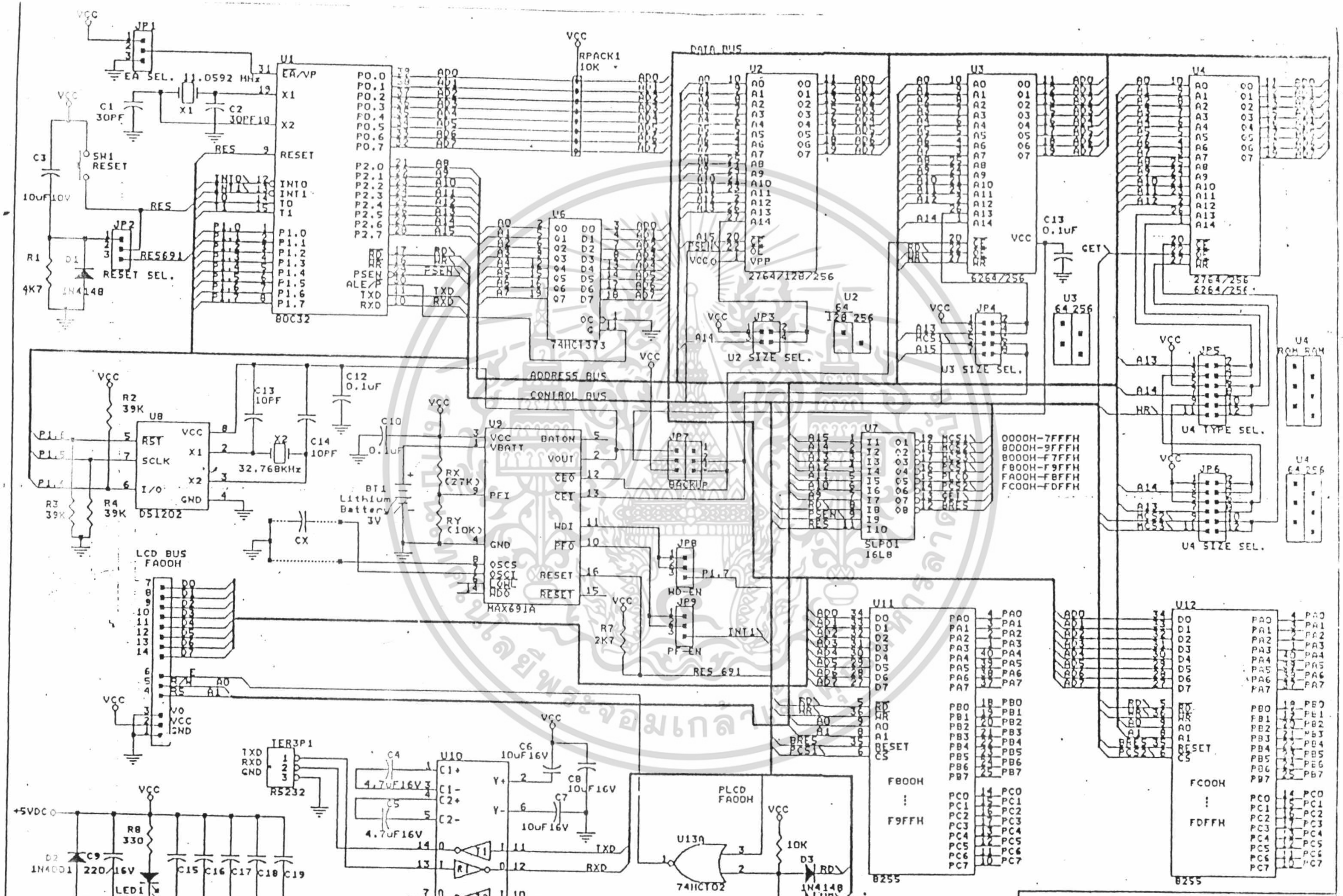


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพแสดงรายละเอียดของ CONNECTOR และ CHIP (ต่อ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ANT-32 VERSION 3.0

Size	Document Number	REV
B	EMBEDDED CONTROLLER BOARD	

Date: August 17, 1994 Sheet 1 of 1

Program การทำงานของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
10 XBY(0F803H)=89H : XBY(0FC03H)=89H
20 GOSUB 570
30 DELAY=600
40 GOSUB 500
50 GOSUB 515
60 DELAY=1200
70 GOSUB 500
80 GOSUB 570
90 GOSUB 535
100 GOSUB 570
110 GOSUB 525
120 GOSUB 570
130 GOSUB 545
140 GOSUB 570
150 END
500 FOR I=0 TO DELAY
505 NEXT I
510 RETURN
515 XBY(0F800H)=0FH : XBY(0FC00H)=1FH
520 RETURN
525 XBY(0F800H)=0FH : XBY(0FC00H)=90H
527 DELAY=840
528 GOSUB 500
530 RETURN
535 XBY(0F800H)=0D0H : XBY(0FC00H)=0FH
537 DELAY=840
538 GOSUB 500
540 RETURN
545 XBY(0F800H)=0D0H : XBY(0FC00H)=0FH
550 DELAY=1450
552 GOSUB 500
555 RETURN
560 XBY(0F800H)=0F0H : XBY(0FC00H)=0E0H
565 RETURN
570 XBY(0F800H)=7FH : XBY(0FC00H)=7FH
572 DELAY=600
573 GOSUB 500
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

575 RETURN

Program stop

```
10 XBY(0F803H)=80H : XBY(0FC03H)=80H
20 XBY(0F802H)=01FH
30 XBY(0F803H)=89H : XBY(0FC03H)=89H
40 XBY(0F800H)=7FH : XBY(0FC00H)=7FH
50 A=XBY(0F802H)
60 A=A.AND.03H
65 PRINT A
70 END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
05 PA1=0F800H : PA2=0FC00H : CP1=0F803H : CP2=0FC03H
30 XBY(CP1)=89H : XBY(CP2)=89H
40 AFLAG=0
41 D1=60 : D2=0
42 GOSUB 590
43 GOSUB 525
45 D2=300 : D1=0
46 GOSUB 500
47 GOSUB 525
48 D1=60 : D2=0
49 GOSUB 590
50 GOSUB 525
51 GOSUB 675
52 D2=360 : D1=0
53 GOSUB 525
54 D1=60 : D2=0
55 GOSUB 590
56 GOSUB 525
57 GOTO 755
58 GOSUB 590
59 D2=100 : D1=2
60 GOSUB 525
65 GOSUB 610
70 D2=100 : D1=2
75 GOSUB 525
80 GOSUB 635
85 D2=100 : D1=2
90 GOSUB 525
93 GOSUB 660
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
94 GOSUB 500
95 D2=255 : D1=255
96 GOSUB 525
97 GOSUB 590
98 GOTO 755
500 XBY(PA1)=0FH : XBY(PA2)=0DH
520 RETURN
525 FOR I=0 TO D2
530 FOR J=0 TO D1
535 NEXT J
540 NEXT I
545 RETURN
550 DT=80H
555 FOR A=0 TO 7
560 XBY(PA1)=DT : XBY(PA2)=DT
565 DT=DT+10H
570 D1=10 : D2=0
575 GOSUB 525
580 NEXT A : ST=0
585 RETURN
590 XBY(PA1)=7FH : XBY(PA2)=7FH
595 RETURN
600 GOSUB 590
605 GOSUB 670
610 XBY(PA1)=0C0H : XBY(PA2)=4FH
613 D1=100 : D2=0
615 GOSUB 525 : AFLAG=AFLAG+1
618 GOSUB 590
620 RETURN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
625 GOSUB 590
630 GOSUB 670
635 XBY(PA1)=4FH : XBY(PA2)=0C0H
638 D1=100 : D2=0
640 GOSUB 525 : AFLAG=AFLAG+1
643 GOSUB 590
645 RETURN
650 GOSUB 590
655 GOSUB 670
660 XBY(PA1)=0C0H : XBY(PA2)=4FH
663 D1=200 : D2=0
665 GOSUB 525
670 RETURN
675 XBY(PA1)=0F0H : XBY(PA2)=0D0H
690 RETURN
695 SIGNAL=XBY(0FC02H)
700 SIGNAL=SIGNAL.AND.07H
705 IF SIGNAL=7 THEN  GOSUB 650
710 IF SIGNAL=6.OR.SIGNAL=4 THEN  GOSUB 625
715 IF SIGNAL=5 THEN  GOSUB 600
720 RETURN
725 SIGNAL=XBY(0FC02H)
730 SIGNAL=SIGNAL.AND.07H
735 IF SIGNAL=0.OR.SIGNAL=3 THEN  GOSUB 500
740 IF SIGNAL=1 THEN  GOSUB 600
745 IF SIGNAL=2 THEN  GOSUB 625
750 RETURN
755 END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
10 XBY(0F803H)=89H : XBY(0FC03H)=89H : A=0 : B=0
20 DELAY=600 :  GOSUB 160
30 GOSUB 260
35 IF DETECT>=04H THEN  GOSUB 555
40 IF DETECT=03H.AND.A>100 THEN DELAY=5 :  GOSUB 160 :  GOTO 150
50 IF DETECT=03H.AND.B=0 THEN A=0 :  GOSUB 460
60 IF DETECT=03H.AND.B=1 THEN A=0 :  GOSUB 280
70 GOSUB 260
80 IF DETECT=02H THEN A=0 :  GOSUB 220
90 GOSUB 260
100 IF DETECT=01H THEN A=0 :  GOSUB 200
110 GOSUB 260
120 IF DETECT=00H.AND.A>0 THEN A=A+1 :  GOSUB 240
130 IF DETECT=00H.AND.A=0 THEN A=1 : B=1 : DELAY=300 :  GOSUB 160
140 GOTO 30
150 END
160 XBY(0F800H)=7FH : XBY(0FC00H)=7FH
170 FOR I=0 TO DELAY
180 NEXT I
190 RETURN
200 XBY(0F800H)=3FH : XBY(0FC00H)=0C0H
210 RETURN
220 XBY(0F800H)=0D0H : XBY(0FC00H)=2FH
230 RETURN
240 XBY(0F800H)=0FH : XBY(0FC00H)=0FH
250 RETURN
260 DETECT=XBY(0F802H).AND.0FH
270 RETURN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
280 S=0 : R=0
290 DO
300 GOSUB 220
310 DO
320 GOSUB 260
330 R=R+1
340 WHILE R<50.AND.DETECT=03H
350 DELAY=250 :  GOSUB 160
360 GOSUB 200
370 DO
380 GOSUB 260
390 R=R-1
400 WHILE R>-50.AND.DETECT=03H
410 S=S+1
420 DELAY=250 :  GOSUB 160
430 UNTIL S>3.OR.DETECT<>03H
440 IF S>3 THEN B=0
450 RETURN
460 GOSUB 220 : R=0
470 DO
480 GOSUB 260
490 R=R+1
500 WHILE DETECT=03H.AND.R<600
510 DELAY=1 :  GOSUB 160
520 IF DETECT=03H THEN  GOSUB 630
530 RETURN
540 XBY(0F800H)=0F0H : XBY(0FC00H)=0F0H
550 RETURN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
555 IF DETECT<08H THEN  GOTO 560 ELSE  GOTO 590
560 DETECT=03H : A=0 : B=0
565 GOSUB 220 : DELAY=200 :  GOSUB 170
570 GOSUB 540 : DELAY=600 :  GOSUB 170
580 DELAY=100 :  GOSUB 160
585 RETURN
590 DETECT=DETECT-08H
600 GOSUB 240 : DELAY=600 :  GOSUB 170
610 DELAY=100 :  GOSUB 160
620 RETURN
630 GOSUB 240 : R=0
640 DO
650 GOSUB 260
660 R=R+1
670 WHILE R<200.AND.DETECT<04H
680 DELAY=2 : GOSUB 160
690 RETURN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program ควบคุมความเร็ว dc motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CPU        "8051.TBL"
            HOF        "INT8"
ACC:      EQU       0E0H      ;ACCUMULATOR
PSW:      EQU       0D0H      ;PROGRAM STATUS WORD
IPC:      EQU       0B8H      ;INTERRUPT PRIORITY
P3:       EQU       0B0H      ;PORT 3
IEC:      EQU       0A8H      ;INTERRUPT ENABLE
P2:       EQU       0A0H      ;PORT 2
SBUF:     EQU       99H       ;SEND BUFFER
SCON:     EQU       98H       ;SERIAL CONTROL
P1:       EQU       90H       ;PORT 1
TH1:      EQU       8DH       ;TIMER 1 HIGH
TH0:      EQU       8CH       ;TIMER 0 HIGH
TL1:      EQU       8BH       ;TIMER 1 LOW
TL0:      EQU       8AH       ;TIMER 0 LOW
TMOD:     EQU       89H       ;TIMER MODE
TCON:     EQU       88H       ;TIMER CONTROL
PCON:     EQU       87H       ;POWER CONTROL REGISTER
DPH:      EQU       83H       ;DATA POINTER HIGH
DPL:      EQU       82H       ;DATA POINTER LOW
SP:       EQU       81H       ;STACK POINTER
P0:       EQU       80H       ;PORT 0
;
;MCS-51 INTERNAL BIT ADDRESSES
;
CY:       EQU       0D7H      ;CARRY FLAG
AC:       EQU       0D6H      ;AUXILIARY-CARRY FLAG
F0:       EQU       0D5H      ;USER FLAG 0
RS1:      EQU       0D4H      ;REGISTER SELECT MSB
RS0:      EQU       0D3H      ;REGISTER SELECT LSB
OV:       EQU       0D2H      ;OVERFLOW FLAG
P:        EQU       0D0H      ;PARITY FLAG
PS:       EQU       0BCH      ;PRIORITY SERIAL PORT
PT1:      EQU       0BBH      ;PRIORITY TIMER 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PX1:   EQU   0BAH   ;PRIORITY EXTERNAL 1
PT0:   EQU   0B9H   ;PRIORITY TIMER 0
PX0:   EQU   0B8H   ;PRIORITY EXTERNAL 0
EA:    EQU   0AFH   ;ENABLE ALL INTERRUPT
ES:    EQU   0ACH   ;ENABLE SERIAL INTERRUPT
ET1:   EQU   0ABH   ;ENABLE TIMER 1 INTERRUPT
EX1:   EQU   0AAH   ;ENABLE EXTERNAL 1 INTERR
ET0:   EQU   0A9H   ;ENABLE TIMER 0 INTERRUPT
EX0:   EQU   0A8H   ;ENABLE EXTERNAL 0 INTERR
SM0:   EQU   09FH   ;SERIAL MODE 0
SM1:   EQU   09EH   ;SERIAL MODE 1
SM2:   EQU   09DH   ;SERIAL MODE 2
REN:   EQU   09CH   ;SERIAL RECEPTION ENABLE
TB8:   EQU   09BH   ;TRANSMITT BIT 8
RB8:   EQU   09AH   ;RECEIVE BIT 8
TI:    EQU   099H   ;TRANSMIT INTERRUPT FLAG
RI:    EQU   098H   ;RECEIVE INTERRUPT FLAG
TF1:   EQU   08FH   ;TIMER 1 OVERFLOW FLAG
TR1:   EQU   08EH   ;TIMER 1 RUN CONTROL BIT
TF0:   EQU   08DH   ;TIMER 0 OVERFLOW FLAG
TR0:   EQU   08CH   ;TIMER 0 RUN CONTROL BIT
IE1:   EQU   08BH   ;EXT INTERR. 1 EDGE FLAG
IT1:   EQU   08AH   ;EXT INTERR. 1 TYPE FLAG
IE0:   EQU   089H   ;EXT INTERR. 0 EDGE FLAG
IT0:   EQU   088H   ;EXT INTERR. 0 TYPE FLAG
                                                ; PORT 1 BIT
ADDRESS
P1.0:  EQU   090H   ;
P1.1:  EQU   091H   ;
P1.2:  EQU   092H   ;
P1.3:  EQU   093H   ;
P1.4:  EQU   094H   ;
P1.5:  EQU   095H   ;
P1.6:  EQU   096H   ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
P1.7:   EQU     097H    ;

p3.0:   equ     0b0h
p3.1:   equ     0b1h
p3.2:   equ     0b2h
p3.3:   equ     0b3h
p3.4:   equ     0b4h
p3.5:   equ     0b5h
p3.6:   equ     0b6h
p3.7:   equ     0b7h


t_on:   equ     030h
t_off:  equ     031h

                org     0000h
                ljmp    main_timer

                org     000bh
                ljmp    timer
;***********************************
;   M A I N   P R O G R A M   *
;***********************************

                org     0100h
main_timer:     mov     r7,#00h
power_delay:    djnz    r7,power_delay

                setb    ea
                mov     tmod,#00000001b
                setb    et0
                mov     th0,#0ffh
                mov     tl0,#053h
                setb    tr0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                setb    p3.1
                setb    p3.0
                mov     20h,#7fh
                mov     t_on,#1d
                mov     t_off,#17d
test:       mov     a,20h
                jnb     0e7h,right
left:       clr     p3.1
                mov     r7,t_on
                lcall   delay
                setb    p3.1
                mov     r7,t_off
                lcall   delay
                sjmp    test
right:      clr     p3.0
                mov     r7,t_on
                lcall   delay
                setb    p3.0
                mov     r7,t_off
                lcall   delay
                sjmp    test

delay:      djnz    r7,$
                ret

;INTERRUPT ROUTINE
;================

timer:      push    acc
                push    dph
                push    dpl
                push    psw

chk_key:    mov     20h,p1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        jnb   07h,cw
ccw:    mov   a,20h
        anl   a,#0f0h
        cpl   a
        ljmp  chk
cw:     mov   a,20h
        cpl   a
        anl   a,#0f0h
        cpl   a
chk:    cjne  a,#7fh,chk1
        mov   t_on,#1d
        mov   t_off,#17d
chk1:   cjne  a,#6fh,chk2
        mov   t_on,#3d
        mov   t_off,#15d
        ljmp  loop1
chk2:   cjne  a,#5fh,chk3
        mov   t_on,#6d
        mov   t_off,#12d
        ljmp  loop1
chk3:   cjne  a,#4fh,chk4
        mov   t_on,#9d
        mov   t_off,#9d
        ljmp  loop1
chk4:   cjne  a,#3fh,chk5
        mov   t_on,#11d
        mov   t_off,#7d
        ljmp  loop1
chk5:   cjne  a,#2fh,chk6
        mov   t_on,#13
        mov   t_off,#5
        ljmp  loop1
chk6:   cjne  a,#1fh,chk7
        mov   t_on,#15
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mov     t_off,#3
                ljmp    loop1
chk7:       cjne    a,#0fh,loop1
                mov     t_on,#17
                mov     t_off,#1

loop1:      pop     psw
                pop     dpl
                pop     dph
                pop     acc
                reti

                end

        CPU     "8051.TBL"
        HOF     "INT8"
;
;
;MCS-51 INTERNAL REGISTERS
;
B:      EQU     0F0H    ;B REGISTER
ACC:    EQU     0E0H    ;ACCUMULATOR
PSW:    EQU     0D0H    ;PROGRAM STATUS WORD
IPC:    EQU     0B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

program ตรวจจับแสงอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*************************************************************************
;                   IR SEEKING SENSOR
;**************************************************
        CPU     "8051.TBL"
        HOF     "INT8"
;
;MCS-51 INTERNAL REGISTERS
;
B:      EQU     0F0H    ;B REGISTER
ACC:    EQU     0E0H    ;ACCUMULATOR
PSW:    EQU     0D0H    ;PROGRAM STATUS WORD
IPC:    EQU     0B8H    ;INTERRUPT PRIORITY
P3:     EQU     0B0H    ;PORT 3
IEC:    EQU     0A8H    ;INTERRUPT ENABLE
P2:     EQU     0A0H    ;PORT 2
SBUF:   EQU     99H     ;SEND BUFFER
SCON:   EQU     98H     ;SERIAL CONTROL
P1:     EQU     90H     ;PORT 1
TH1:    EQU     8DH     ;TIMER 1 HIGH
TH0:    EQU     8CH     ;TIMER 0 HIGH
TL1:    EQU     8BH     ;TIMER 1 LOW
TL0:    EQU     8AH     ;TIMER 0 LOW
TMOD:   EQU     89H     ;TIMER MODE
TCON:   EQU     88H     ;TIMER CONTROL
PCON:   EQU     87H     ;POWER CONTROL REGISTER
DPH:    EQU     83H     ;DATA POINTER HIGH
DPL:    EQU     82H     ;DATA POINTER LOW
SP:     EQU     81H     ;STACK POINTER
P0:     EQU     80H     ;PORT 0
;
;MCS-51 INTERNAL BIT ADDRESSES
;
CY:     EQU     0D7H    ;CARRY FLAG
AC:     EQU     0D6H    ;AUXILIARY-CARRY FLAG
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
F0:     EQU   0D5H   ;USER FLAG 0
RS1:    EQU   0D4H   ;REGISTER SELECT MSB
RS0:    EQU   0D3H   ;REGISTER SELECT LSB
OV:     EQU   0D2H   ;OVERFLOW FLAG
P:      EQU   0D0H   ;PARITY FLAG
PS:     EQU   0BCH   ;PRIORITY SERIAL PORT
PT1:    EQU   0BBH   ;PRIORITY TIMER 1
PX1:    EQU   0BAH   ;PRIORITY EXTERNAL 1
PT0:    EQU   0B9H   ;PRIORITY TIMER 0
PX0:    EQU   0B8H   ;PRIORITY EXTERNAL 0
EA:     EQU   0AFH   ;ENABLE ALL INTERRUPT
ES:     EQU   0ACH   ;ENABLE SERIAL INTERRUPT
ET1:    EQU   0ABH   ;ENABLE TIMER 1 INTERRUPT
EX1:    EQU   0AAH   ;ENABLE EXTERNAL 1 INTERR
ET0:    EQU   0A9H   ;ENABLE TIMER 0 INTERRUPT
EX0:    EQU   0A8H   ;ENABLE EXTERNAL 0 INTERR
SM0:    EQU   09FH   ;SERIAL MODE 0
SM1:    EQU   09EH   ;SERIAL MODE 1
SM2:    EQU   09DH   ;SERIAL MODE 2
REN:    EQU   09CH   ;SERIAL RECEPTION ENABLE
TB8:    EQU   09BH   ;TRANSMITT BIT 8
RB8:    EQU   09AH   ;RECEIVE BIT 8
TI:     EQU   099H   ;TRANSMIT INTERRUPT FLAG
RI:     EQU   098H   ;RECEIVE INTERRUPT FLAG
TF1:    EQU   08FH   ;TIMER 1 OVERFLOW FLAG
TR1:    EQU   08EH   ;TIMER 1 RUN CONTROL BIT
TF0:    EQU   08DH   ;TIMER 0 OVERFLOW FLAG
TR0:    EQU   08CH   ;TIMER 0 RUN CONTROL BIT
IE1:    EQU   08BH   ;EXT INTERR. 1 EDGE FLAG
IT1:    EQU   08AH   ;EXT INTERR. 1 TYPE FLAG
IE0:    EQU   089H   ;EXT INTERR. 0 EDGE FLAG
IT0:    EQU   088H   ;EXT INTERR. 0 TYPE FLAG

                                                         ; PORT 1 BIT
ADDRESS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
P1.0:   EQU   090H   ;  START COMMAND
P1.1:   EQU   091H   ;  select A-B only or A-B-C-D
P1.2:   EQU   092H   ;
P1.3:   EQU   093H   ;
P1.4:   EQU   094H   ; output soleniod #4  option
P1.5:   EQU   095H   ; output solenoid #3  option
P1.6:   EQU   096H   ; output solenoid #2 ---> A-C
P1.7:   EQU   097H   ; output solenoid #1 ---> A-B

p2.0:   equ   0a0h   ; time base indicator
p2.1:   equ   0a1h   ; clock out 50.000 Hz for calibration !
p2.2:   equ   0a2h   ; tone output

p3.0:   equ   0b0h
p3.1:   equ   0b1h
p3.2:   equ   0b2h
p3.3:   equ   0b3h
p3.4:   equ   0b4h
p3.5:   equ   0b5h
p3.6:   equ   0b6h
p3.7:   equ   0b7h

SAVE_L:  EQU   048H   ; SAVE POINTER USE IN INTERRUPT SERVICE
SAVE_H:  EQU   049H   ; ROUTINE
STATE:   EQU   038H   ; STATE BYTE 1 = TIME
                                                   ;        2 =
PROGRAM

                      ; RAM BIT ADDRESS

serial:  equ   18h    ; on/off send data
sim:     equ   19h    ; simulate mode (speed-up test)
blink:   equ   1Ah
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
output:   equ      21h      ; 16 bit output control 21h 22h

KEY:      EQU      0BH
LED:      EQU      08H      ; INTERRUPT BLINK
XOFF_FLAG:EQU      0AH
ZEROING:  EQU      0DH
VALVE:    EQU      0EH
CYCLE_COUNT: EQU   0FH


;current time storage

sec100:   equu     25h
sec:      equ      26h
min:      equ      27h
hour:     equ      28h
day:      equ      29h
MONTH:    EQU      2AH
YEAR:     EQU      2BH
warm_code: equ     2Eh
light:    equ      2dh
econo:    equ      2ch
tl0adj:   equ      2fh
pgm_buffer: equ    30h


RECEIVE_BUFFER: EQU  4AH

TOP_FIFO: EQU      1000H    ; TOP OF FIFO BUFFER

CR:       EQU      0DH
LF:       EQU      0AH
EOS:      EQU      10H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
BELL:   EQU     07H


;*****************************************************
;

    ORG     000H
                LJMP    MAIN_TIMER

    org     003h
    ljmp    service_int0

    ORG     00BH
                LJMP    SERVICE_T0 ; TIMER COUNTER 0 INTERRUPT

    ORG     01BH
    LJMP    SERVICE_T1

                ORG     0100H

;##########################################################################
;       TIMER 0 INTERRUPT SERVICE ROUTINE                          #
;         off p1.6 when overflowed                        #

SERVICE_T0:clr  tr0
        jb    p3.2,not_trigger
        mov    th1,#count_h
        mov    tl1,#count_l
        setb   tr1
        clr    p1.6

not_trigger: RETI

SERVICE_T1: clr tr1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SETB    P1.6            ; off p1.6 when
        RETI

;*********************************************************************
;service_int0 start timer 0 and activates p1.6
;               retriggerable

service_int0:
                mov  th0,#trigger_h
                mov  tl0,#trigger_l
                setb tr0
                reti

;*********************************************************************
;service_int1 start timer 1 and acivates p1.7

service_int1: clr  p1.7
                mov  th1,#count_h
                mov  tl1,#count_l
                setb tr1
                reti

;
;##########################################################################
;#                          MAIN PROGRAM                              #
;##########################################################################

CURRENT_TIME_L: EQU 40H
CURRENT_TIME_H: EQU 41H
CURRENT_PROG_L: EQU 42H
CURRENT_PROG_H: EQU 43H

COUNT_L:        EQU 38h    ;7AH       ; <--- find adjust in case of oscillation
                           ; frequency is not a 3.579545 MHz
```

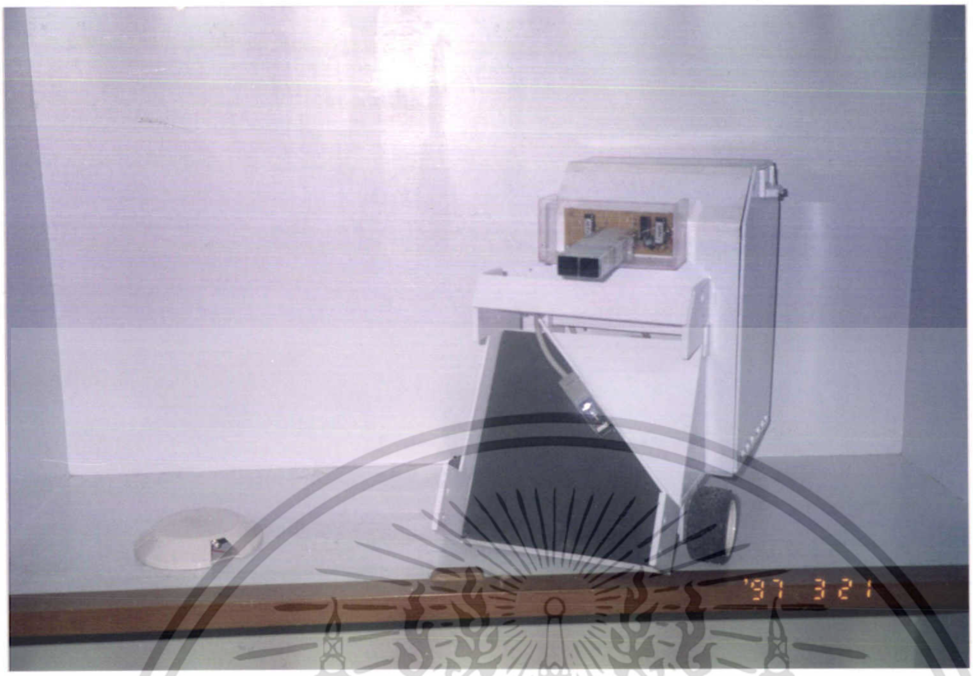
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
COUNT_H:        EQU 51H   ; time-out for T0 is 1/[3.579545 MHz/12*(65536-44744)]
                          ; = 150 ms
TRIGGER_L:      EQU 57H
TRIGGER_H:      EQU 0FBH   ; time-out 4 ms (250Hz)
MAIN_TIMER:
        MOV SP,#60H              ;  stack area start $60-$7F
        mov   light,#00h
        mov   p1,#11111111b       ; off output
        CLR   P1.6
        LCALL DELAY_BLINK
        CLR   P1.7
        LCALL DELAY_BLINK
        SETB  P1.6               ; START UP INDICATOR
        SETB  P1.7
        LCALL DELAY_BLINK
        CLR   P1.6
        CLR   P1.7
        LCALL DELAY_BLINK
        SETB  P1.6
        SETB  P1.7


        clr   serial             ;
        clr   blink
        mov   sec100,#00h
        mov   econo,#00h
        mov   tl0adj,#92h        ; for adjustment later via user calibrate
        mov   a,warm_code
        cjne a,#"%",cold_boot
        sjmp  warm_boot

cold_boot:
        mov  warm_code,#"%"
        mov  pgm_buffer,#eof        ; blank pgm at power up
```

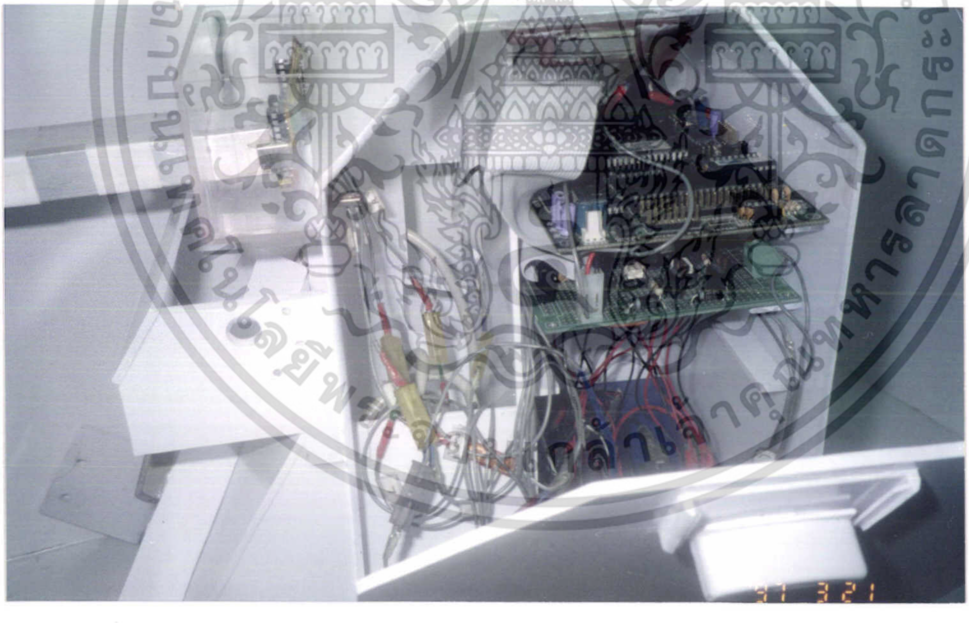
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV  SEC,#00D
        MOV  MIN,#30H
        MOV  HOUR,#12H
        MOV  DAY,#29H
        MOV  MONTH,#04H
        MOV  YEAR,#37H
        mov  output,#00h
warm_boot:
                SETB  EA            ; ENABLE ALL INTERRUPT
                SETB  ET0           ; ENABLE TIMER 0 INTERRUPT
        SETB  ET1           ; ENABLE TIMER 1 INTERRUPT
        SETB  EX0           ; enable external interrupt  0, 1
       ; SETB  EX1          ; with negative going trigger
        SETB  IT0
       ; SETB  IT1
        MOV   TMOD,#00010001B   ; SET MODE 1 T0 and T1 (16 BIT DIVIDER)
        SETB  PT0           ; TIMER 0 HIGHEST PIORITY

TEST10: sjmp  test10

;%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

DELAY_BLINK: MOV     R7,#01
DELAY1:  MOV      R6,#90H
DELAY2:  MOV      R5,#00H
         DJNZ     R5,$
         DJNZ     R6,DELAY2
         DJNZ     R7,DELAY1
         RET
  END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

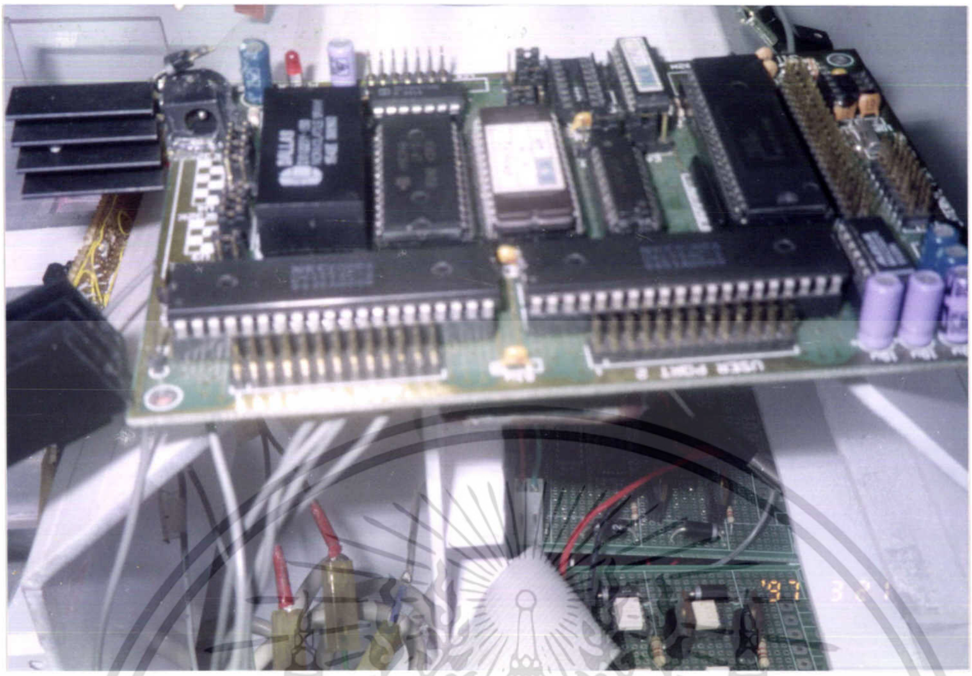


แสดงแหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรดและตัวหุ่นยนต์ค้นหาแสงอินฟราเรด

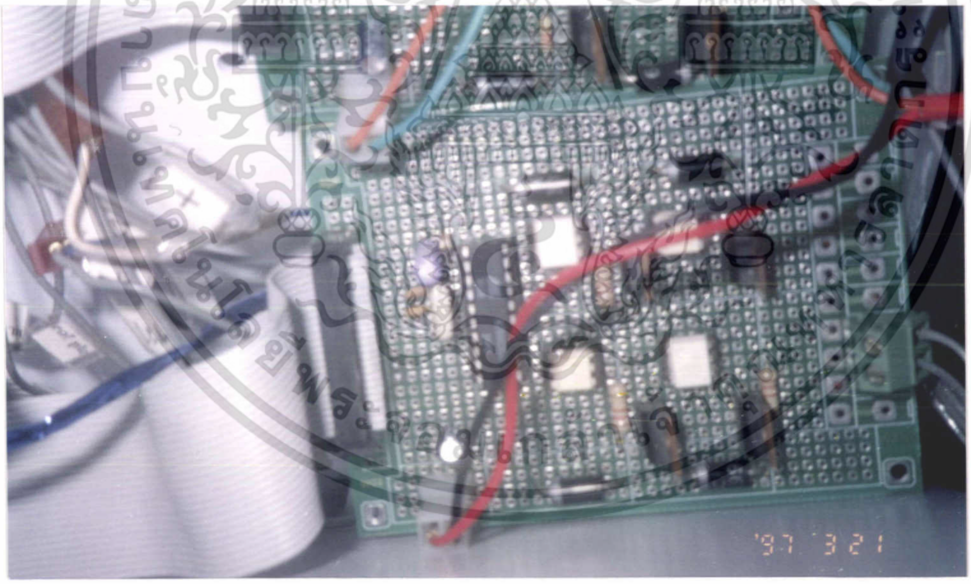


แสดงอุปกรณ์ภายในตัวหุ่นยนต์ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงBoard Ant' 32 สำหรับควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์



แสดงวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ โดย chip 89c2051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายปิติพร ถนอมงาม

- สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่โรงเรียนพรตพิทยพยัต เมื่อปี 2533

- สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนพรตพิทยพยัต เมื่อปี 2536

- เร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี 2540

- ปัจจุบันได้รับการบรรจุเข้าเป็นอาจารย์ประจำ คณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี 2540

นางสาวธัญพร สุรเกียรติ

- สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่โรงเรียนผดุงดรุณี เมื่อปี 2534

- สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี เมื่อปี 2536

-สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้