สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ฝูงหุ่นยนต์แมลง

A COLONY OF INSECT-LIKE ROBOTS

T 0 4 2 2 6 7

โดย

นายไพโรจน์ อ่ำหลี

นายสัจญาณ กล่อมเอี่ยม

นายอัตถพร ทรงต่อศรีสกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

อุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เลขหมู่.................
เลขทะเบียน 42267
วัน, เดือน, ปี 16 พ.ค. 2545

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A COLONY OF INSECT-LIKE ROBOTS

Mr.Piroj Amlee

Mr.Sadjayan Klomeiam

Mr.Attaporn Srongtohsrisakul

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

ACHELOR OF THE TECHNOLOGY ELECTRONIC

FACULTY OF ENGINEERINGKING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ฝูงหุ่นยนต์แมลง
ชื่อโครงงานภาษาอังกฤษ	A COLONY OF INSECT-LIKE ROBOTS
ผู้จัดทำ	นายไพโรจน์ อ่ำหลี
	นายสัจญาณ กล่อมเอี่ยม
	นายอัตถพร ทรงต่อศรีสกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ปิติเขต สู้รักษา
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2544

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

ลงชื่อ..............................อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร.ปิติเขต สู้รักษา)

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..............................กรรมการ
( )
..............................กรรมการ
( )
..............................กรรมการ
( )
..............................กรรมการ
( )
..............................กรรมการ
( )

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝูงหุ่นยนต์แมลง

จัดทำโดย	นายไพโรจน์	อ่ำหลี	42015518
	นายสัจญาณ	กล่อมเอี่ยม	42015533
	นายอัตถพร	ทรงต่อศรีสกุล	42015542
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร.ปิติเขต	สู้รักษา	
ปีการศึกษา	2544		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้กล่าวถึงการออกแบบ สร้าง และควบคุมฝูงหุ่นยนต์แมลงซึ่งหุ่นยนต์แต่ละตัวจะทำงานด้วยระบบอัตโนมัติ โดยหุ่นยนต์จะหลบหลีกและจับสิ่งของได้ ลักษณะเด่นของฝูงหุ่นยนต์แมลงคือสามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยใช้อินฟาเรดเป็นตัวสื่อสาร ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์89C52เป็นตัวควบคุมตามโปรแกรมที่บันทึกลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A COLONY OF INSECT-LIKE ROBOTS

By	Mr.Piroj	Amlee	42015518
	Mr.Sadjayan	Klomeiam	42015533
	Mr.Attaporn	Shongtosrisakul	42015542
Advisors	Asst. Prof. Dr. pitikhate Sooraksa		

Abstract

This thesis is about design and implementation of a colony of insect-like robots. Each of them works automatically. Each robot has built-in collision avoidance to an obstacle and has a gripper and tools for performing a given task. The remarkable characteristics of a colony of the proposed insect-like robots is that they can communicate to each other by using the infared system via a microcontroller 89C52.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ทางคณะผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ ผศ.ดร.ปิติเขต สู้รักษา ซึ่งได้ให้คำแนะนำ และคำปรึกษาที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์ ไม่ว่าจะเป็นด้าน แมคคานิกส์ และด้านวงจรต่างๆซึ่งอาจารย์เป็นผู้ควบคุมและเป็นที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ รวมทั้ง เงินสนับสนุนต่างๆที่อาจารย์หามาให้ ซึ่งทำให้ฝูงหุ่นยนต์แมลงสำเร็จลงได้ด้วยดี และขอขอบคุณ พี่ๆทุกคนในห้องE12-913ที่ให้คำปรึกษาต่างๆ

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำขอขอบคุณ บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้การ สนับสนุนด้านต่างๆ และเพื่อนๆพี่ๆ น้องๆที่ให้คำปรึกษา และกำลังใจในการทำงานให้ลุล่วงไป ด้วยดี

นายไพโรจน์ อ่ำหลี
นายสัจญาณ กล่อมเอี่ยม
นายอัตถพร ทรงต่อศรีสกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาของโครงงาน	1
1.2 จุดประสงค์	2
1.3 ขอบเขตและผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ส่วนแมคคานิกส์	
2.1 โครงสร้างส่วนขา	3
2.2 โครงสร้างส่วนลำตัว	6
2.3 การออกแบบรูปแบบการเดิน	9
2.4 โครงสร้างส่วนปากและหัว	13
บทที่ 3 ส่วนทฤษฎีและการทำงาน	
3.1 หลักการทำงานของเซอร์โว	15
3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล	24
บทที่ 4 ส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์และการทำงาน	
4.1 ส่วนขับเคลื่อน	36
4.2 ส่วนตรวจจับสัญญาณเซนเซอร์	39
4.3 ส่วนการสื่อสาร	41
4.4 ส่วนควบคุมส่วนปาก	43
4.5 ส่วนแหล่งจ่ายไฟ	44
4.6 ส่วนควบคุมการทำงาน	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลองโครงการ
5.1 การเดินของหุ่นยนต์ 47
5.2 การสื่อสาร 48
5.3 ส่วนวงจรสร้างพัลส์ 51
5.4 ส่วนการขับเคลื่อน 52

บทที่ 6 วิจารณ์และบทสรุปผลการทดลอง 56

ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุม
ภาคผนวก ข Data Sheet AT89C52
ภาคผนวก ค Data Sheet LM567
ภาคผนวก ง รูปถ่ายของหุ่นยนต์
บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงการก้าวเดินของขาแบบเสมือนสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	3
รูปที่ 2.2 แสดงการดัดแปลง Pantagraph เพื่อใช้งานเป็นขาหุ่น	4
รูปที่ 2.3 แสดงขาที่ใช้งานจริง	5
รูปที่ 2.4 มุมสูง	6
รูปที่ 2.5 แสดงขนาดเฟือง เฟืองใหญ่ 25 มม. เฟืองเล็ก 12 มม.	7
รูปที่ 2.6 แสดงการวางตำแหน่งเฟือง	7
รูปที่ 2.7 โครงสร้างโดยรวม	8
รูปที่ 2.8 ด้านข้าง	8
รูปที่ 2.9 ด้านหน้า	9
รูปที่ 2.10 แสดงองศาการก้าวเดิน	10
รูปที่ 2.11 แสดงขณะก้าวเดิน	10
รูปที่ 2.12 แสดงการวางตำแหน่งการวางขา	11
รูปที่ 2.13 แสดงการเดินหน้า	12
รูปที่ 2.14 แสดงการเลี้ยวซ้าย	12
รูปที่ 2.15 แสดงการเลี้ยวขวา	12
รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะการอ้าออกของปาก	13
รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะเมื่อปากหุบ	14
รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะด้านข้างของส่วนปาก	14
รูปที่ 3.1 แสดงภาคการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์	17
รูปที่ 3.2 แสดงส่วนประกอบภายในเซอร์โวมอเตอร์	18
รูปที่ 3.3 แสดงตำแหน่งที่ยื่นออกมาจะต้องตัดออก	19
รูปที่ 3.4 แสดงโครงสร้างของดีซีมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร	22
รูปที่ 3.5 แสดงภาคเอาท์พุตแบบ "H"	24
รูปที่ 3.6 แสดงวงจรสำหรับรีเซตชิปไมโครคอนโทรลเลอร์	25
รูปที่ 3.7 แสดงโครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C52	27
รูปที่ 3.8 แสดงแผนภาพหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 3.9 แสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปทั้งสองส่วน 29

รูปที่ 3.10 แสดงการเลือกใช้รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป (R0-R7) แต่ละกลุ่ม 30

รูปที่ 4.1 แสดงวงจรผลิตสัญญาณพัลส์ 37

รูปที่ 4.2 แสดงวงจรส่งอินฟราเรด 40

รูปที่ 4.3 แสดงภาครับ 40

รูปที่ 4.4 แสดงวงจรภาคส่ง 42

รูปที่ 4.5 แสดงภาครับสัญญาณ 43

รูปที่ 5.1 แสดงการวางตำแหน่งขาต่างกัน 90 องศา 47

รูปที่ 5.2 แสดงการวางตำแหน่งขาต่างกัน 180 องศา 48

รูปที่ 5.3 แสดงสัญญาณโทนความถี่ช่องที่ 1 49

รูปที่ 5.4 แสดงสัญญาณโทนความถี่ช่องที่ 2 49

รูปที่ 5.5 แสดงรูปคลื่นเมื่อสัญญาณ โทนช่องที่ 1 ผสมกับ ความถี่พาหะ 50

รูปที่ 5.6 แสดงรูปคลื่นเมื่อสัญญาณ โทนช่องที่ 2 ผสมกับความถี่พาหะ 50

รูปที่ 5.7 แสดงสัญญาณพัลส์ที่จะนำไปขับเซอร์โวขนาด 1 ms 51

รูปที่ 5.8 แสดงสัญญาณพัลส์ที่จะนำไปขับเซอร์โวขนาด 2 ms 52

รูปที่ 5.9 แสดงสัญญาณของไฟที่ป้อนเข้าไปขับให้มอเตอร์ของหุ่นยนต์ หมุนตามเข็ม 53

รูปที่ 5.10 แสดงสัญญาณของไฟที่ป้อนเข้าไปขับให้มอเตอร์ของหุ่นยนต์ หมุนทวนเข็ม 53

รูปที่ 5.11 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ไปขับเซอร์โวมอเตอร์ในขณะขับเคลื่อน ในทิศทางเดินหน้า 54

รูปที่ 5.12 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ไปขับเซอร์โวมอเตอร์ในขณะขับเคลื่อน ในทิศทางถอยหลัง 54

รูปที่ 5.13 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ไปขับเซอร์โวมอเตอร์ในขณะขับเคลื่อน ในทิศทางเลี้ยวขวา 55

รูปที่ 5.14 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ไปขับเซอร์โวมอเตอร์ในขณะขับเคลื่อน ในทิศทางเลี้ยวซ้าย 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของโครงงาน

ในปัจจุบันนี้ ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของงานทางด้านอุตสาหกรรม หรือไม่เว้นแม้แต่ในชีวิตประจำวันของมนุษย์จะมีการสร้างเครื่องอำนวยความสะดวกขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ หุ่นยนต์ก็เป็นหนึ่งในจำนวนสิ่งอำนวยความสะดวก หรือสิ่งที่จะทำให้มนุษย์ได้ไปถึงยังเป้าหมายและเมื่อพิจารณาถึงภาวะปัจจุบันก็จะเห็นได้ว่าวิทยาการทางด้านหุ่นยนต์ได้มีการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อพิจารณาจากจำนวนของหุ่นยนต์ที่ใช้ขาในการเคลื่อนที่นั้น จะมีจำนวนน้อยมากเมื่อเทียบกับหุ่นยนต์ที่ใช้ล้อในการขับเคลื่อน เหตุผลก็สืบเนื่องมาจาก หุ่นยนต์ที่ใช้ล้อในการขับเคลื่อนนั้นจะสามารถควบคุมได้ง่ายกว่าการใช้ขาในการเคลื่อนที่ แต่การใช้ล้อในการขับเคลื่อนก็มีข้อด้อยคือ มีข้อจำกัดในการเคลื่อนในพื้นที่ที่เป็นพื้นผิวขรุขระ ซึ่งการเคลื่อนที่ด้วยขาน่าจะมีความเหมาะและแก้ไขปัญหาได้ดีกว่า

เมื่อพิจารณาจากส่วนประกอบหลักๆของหุ่นยนต์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ถือว่าเป็นหัวใจของหุ่นยนต์เลยก็ว่าได้ ซึ่งไม่โครคอนโทรลเลอร์นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานควบคุมต่างๆได้มาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT 89C52 ของบริษัท ATMEL เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์

เบอร์หนึ่งที่นิยมใช้ในงานควบคุมหุ่นยนต์ โดยได้ถูกออกแบบมาโดยรวมอุปกรณ์ที่จำเป็นในการใช้งานไว้ภายในตัวของมันเอง ไม่ว่าจะเป็น Input Port หรือ Output Port วงจรตั้งเวลา ตัวนับระบบการอินเตอร์รัปต์ หน่วยความจำ รอม แรม และ อีอีพรอม วงจรแปลงสัญญาณอนาลอก เป็น ดิจิตอล ระบบป้องกันความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากโปรแกรม ซึ่งรายละเอียดต่างๆ สามารถศึกษาได้จาก คู่มือการใช้งาน MCS 51 และหนังสือเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 จุดประสงค์

จุดประสงค์ของปริญญานิพนธ์นี้ คือ การสร้างและการควบคุมหุ่นยนต์ 8 ขา และศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 ซึ่งในส่วน Hardware ของหุ่นยนต์ จะเน้นการออกแบบโครงสร้างที่ง่ายต่อการสร้าง ราคาถูกและสามารถเคลื่อนที่ได้ในระดับที่ต้องการ โดยจะแบ่งโครงงานออกเป็น ส่วนประกอบทางแมคคานิกส์ ที่จะกล่าวถึง โครงสร้างและส่วนประกอบทางแมคคานิกส์ทั้งหมดของหุ่นยนต์ เช่น ส่วนขา ตัวหุ่นยนต์ ซึ่งจะมีภาพประกอบการอธิบายอย่างระเอียด

1.3 ขอบเขตและผลที่คาดว่าจะได้รับ

โครงงานหุ่นยนต์ 8 ขา ที่ทางคณะผู้จัดทำได้สร้างขึ้นนี้ ในความต้องการเบื้องต้นคือ การสร้างหุ่นยนต์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่และเหตุที่ใช้ 8 ขาในการเคลื่อนที่ เพราะว่าจะมีการทรงตัวที่ดี และต้องการให้จำลองการเลียนแบบลักษณะการเดินของแมลง และลักษณะนิสัยของแมลง เช่นการช่วยเหลือซึ่งกันและกันของแมลงด้วยกัน การอยู่ร่วมกันเป็นฝูง การที่ต้องการให้มีขา ที่ยาวต่างกันเพื่อศึกษาลักษณะการเดิน เมื่อพื้นที่ขรุขระหรือมีสิ่งกีดขวาง

หลักการควบคุมการเดินของหุ่นยนต์ คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมและผลิตพัลส์ออกมาขับ เซอร์โวมอเตอร์ เพื่อเคลื่อนที่ตามต้องการ โดยในบทที่ 2 จะกล่าวถึง โครงสร้างของขา และลักษณะขาแบบต่างๆที่นิยมใช้ในโครงงานทางด้านหุ่นยนต์ โครงสร้างของ ลำตัว การวางตำแหน่งเฟือง รวมไปถึงขนาดของแต่ละชิ้นส่วนที่นำมาประกอบเป็นตัวหุ่นยนต์ และ ในบทที่ 3 จะเป็นส่วนของการทดลอง และผลที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

โครงสร้างส่วนแมคคานิกส์

2.1 โครงสร้างส่วนขา

ปัจจุบันได้มีการออกแบบขาหุ่นยนต์หลายชนิด ซึ่งแต่ละแบบก็มีทั้งข้อดี ข้อเสียต่างกันไป ดังจะได้กล่าวต่อไปนี้

Mammalian Leg

เป็นขาที่เลียนแบบมาจากขาของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ที่มีรูปแบบการเดินดังรูป

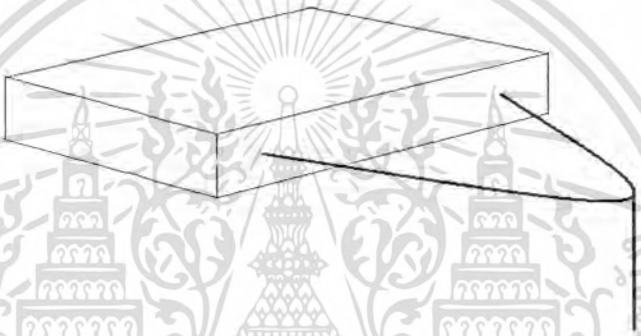
รูปที่ 2.1 แสดงการก้าวเดินของขาแบบเสมือนสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Mammalian)

จากรูปที่ 2.1 ขาทั้งขาจะแกว่งกวาดไปตามแนวข้อต่อของสะโพกเพื่อก้าวไปข้างหน้า พร้อมกับหดขา ในขณะที่มุมของข้อต่อเข่าจะควบคุมการยกปลายขาให้พ้นจากพื้นในระหว่างการก้าวไปข้างหน้า จากโครงสร้างของขาจะเห็นว่าไม่สามารถเคลื่อนที่ในระยะที่กว้างได้อย่างชัดเจน อีกทั้งน้ำหนักของหุ่นยนต์ทั้งหมดจะลงไปที่ข้อต่อสะโพก ทำให้ต้องใช้มอเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีกำลังสูงและแพง จึงไม่เหมาะกับการสร้างหุ่นยนต์ขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพ็นทากราฟ (Pantograph)

Pantograph หรือระบบทางแมคคานิกส์ที่มี 5 แกนซึ่งใช้ในงานด้าน Robotics ต่างๆที่สามารถมองเห็นโครงสร้างได้อย่างชัดเจน โดยการติดตั้งตัวขับเคลื่อน (actuator) ที่ศูนย์กลางของฐานและใช้ส่วนประกอบที่มีน้ำหนักเบา จะทำให้ลดผลกระทบทางไดนามิคของระบบ แต่ยังคงความแข็งแรงของโครงสร้างอยู่

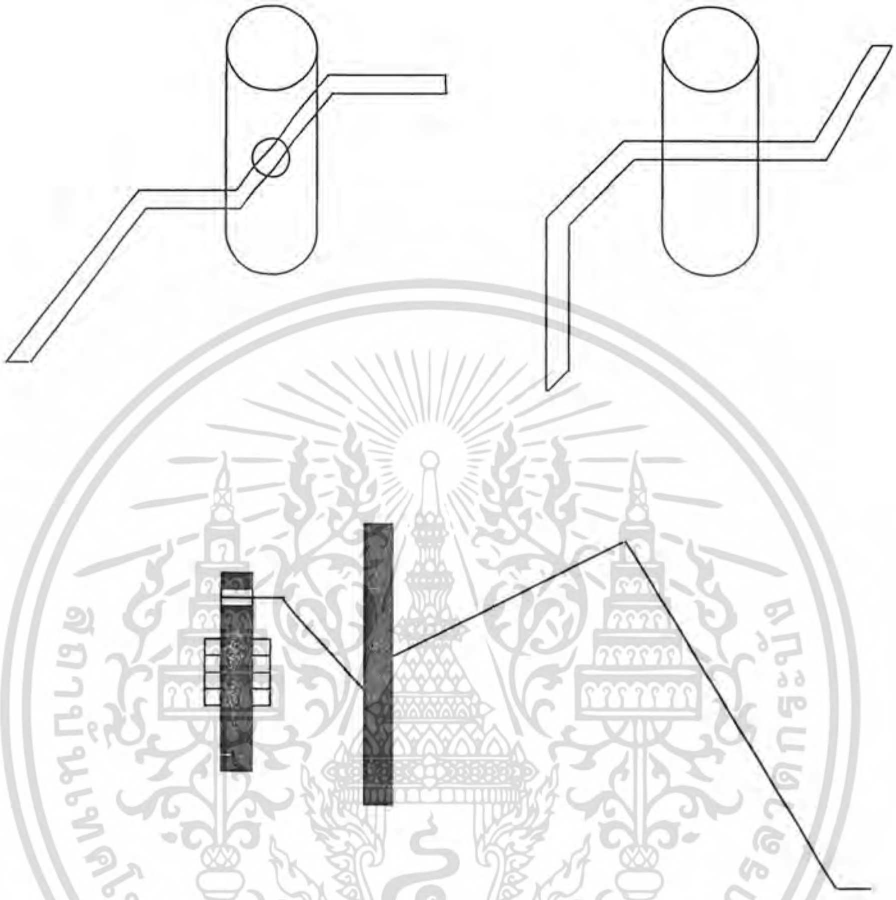


รูปที่ 2.2 แสดงการดัดแปลง Pentagraph เพื่อใช้เป็นขาหุ่นยนต์

สำหรับขาหุ่นยนต์แบบนี้เราสามารถกำหนดตำแหน่งของขาในระนาบได้ โดยการควบคุมการเคลื่อนไหวในระนาบ 3 แกน ข้อเสียของขาแบบนี้ คือ เกิดการคัปปลิ้งของข้อต่อมากกว่าแบบอื่น เพราะการเคลื่อนตำแหน่งของปลายขาในทิศทางใดๆก็ตาม จะต้องใช้มอเตอร์อย่างน้อย 2 ตัวทำงานพร้อมกัน

ซึ่งเราได้เลือกใช้แบบที่มีความเป็นไปได้ในการสร้างและมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน มีระยะการเคลื่อนที่ของขาได้ไกล และนอกจากนั้น ต้องทำจากวัสดุที่หาง่าย ราคาถูกและมีความแข็งแรงดังแสดงดังรูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



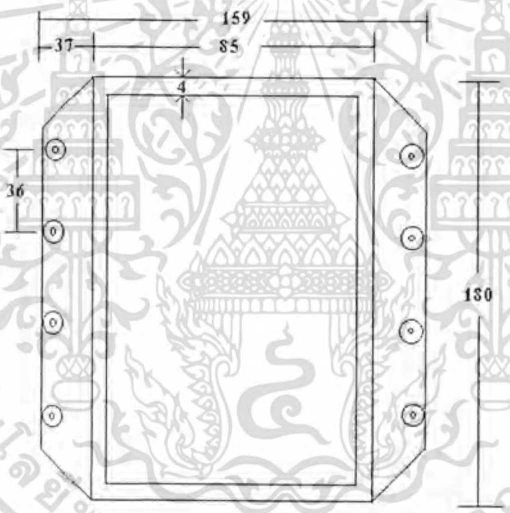
รูปที่ 2.3 แสดงขาที่ใช้งานจริง

รูปที่ 2.3 ตัวรูปทรงกระบอกนั้นจะทำมาจากไม้ ในส่วนของขาจะทำมาจากเหล็กเส้น เพื่อรับน้ำหนักของตัวหุ่นยนต์ซึ่งขนาดของทั้งสองส่วนนั้นจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งาน ซึ่งขาในลักษณะนี้จะมีข้อดี ในส่วนที่สามารถรับน้ำหนักได้มากและมีความคล่องตัวในขณะที่เดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 โครงสร้างส่วนลำตัว

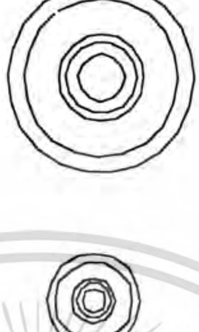
อย่างแรกที่ควรพิจารณาก็คือวัสดุที่ใช้ทำ ซึ่งเราเลือกใช้พลาสติก เพราะง่ายต่อการเปลี่ยนแปลง มีราคาถูกและมีน้ำหนักเบาซึ่งเป็นเรื่องสำคัญ เพราะยิ่งมีน้ำหนักเบาก็จะยิ่งสามารถควบคุมได้ง่าย แต่ก็ต้องไม่มองข้ามความแข็งแรงด้วย เพื่อให้หุ่นยนต์มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจากขนาดของชิ้นส่วนตลอดจนโครงสร้างของหุ่นยนต์แต่ละชิ้น ยังต้องมีการปรับปรุงอีก เพื่อให้หุ่นยนต์มีประสิทธิภาพและความแข็งแรงที่ดีกว่าที่เป็นอยู่ การออกแบบเบื้องต้นนั้นทางคณะผู้จัดทำได้พยายามวางตำแหน่งมอเตอร์ที่จุดศูนย์กลางเพื่อจะลดผลทางไดนามิค เพราะถ้ามอเตอร์ไม่อยู่ที่จุดศูนย์กลาง จะทำให้มอเตอร์ต้องใช้แรงบิดสูงกว่าเดิมเพื่อทำการขับเคลื่อน ซึ่งจะทำให้กำลังงานส่วนนี้เสีย ไปกับการเสียดทานของส่วนประกอบทางแมคคานิกส์ต่างๆ



รูปที่ 2.4 มุมสูง

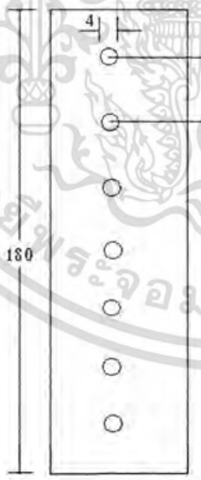
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.5 เป็นรูปเฟืองใหญ่และเฟืองเล็กที่ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์ โดยเฟืองใหญ่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มม. เฟืองเล็กมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มม.



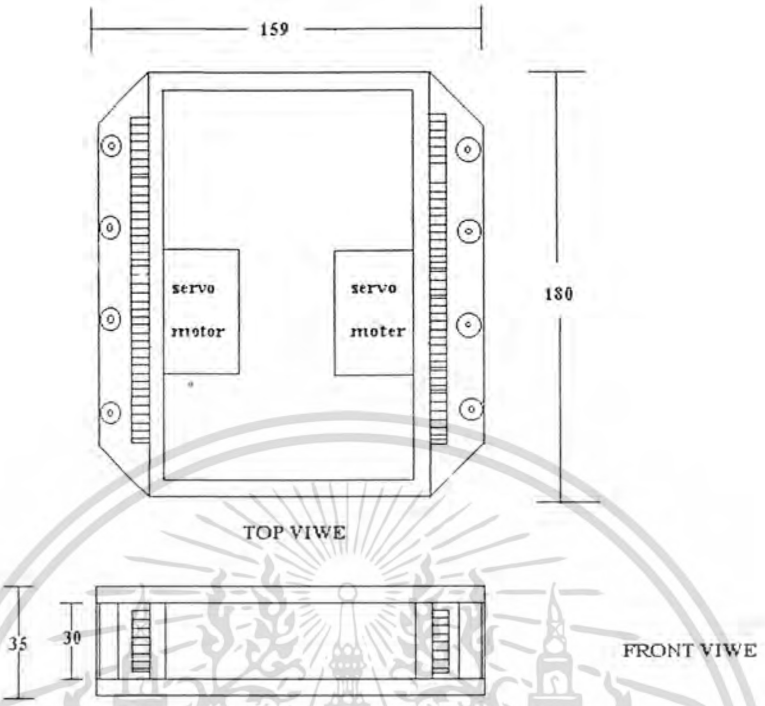
รูปที่ 2.5 แสดงขนาดเฟือง เฟืองใหญ่ 25 มม. เฟืองเล็ก 12 มม.

จากรูปที่ 2.6 แสดงการวางตำแหน่งเฟือง โดยจะวางเฟืองใหญ่สลับกับเฟืองเล็ก โดยเริ่มติดตั้งที่เฟืองใหญ่ก่อน รูปที่ 2.7 และ 2.8 เป็นภาพโดยรวมเมื่อทำการติดตั้งเฟืองเสร็จแล้ว

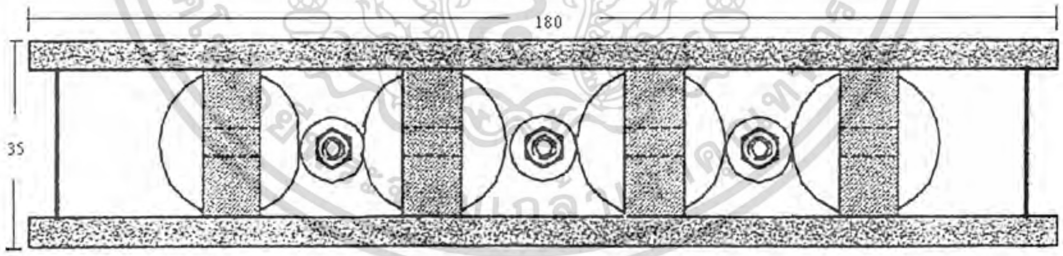


รูปที่ 2.6 แสดงการวางตำแหน่งเฟือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



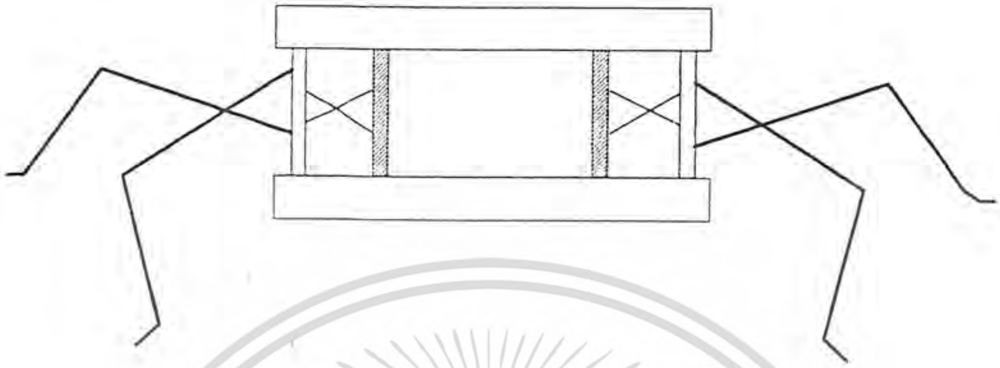
รูปที่ 2.7 โครงสร้างโดยรวม



รูปที่ 2.8 ด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.9 เป็นการแสดงด้านหน้าของหุ่นยนต์ในขณะที่กำลังเคลื่อนที่



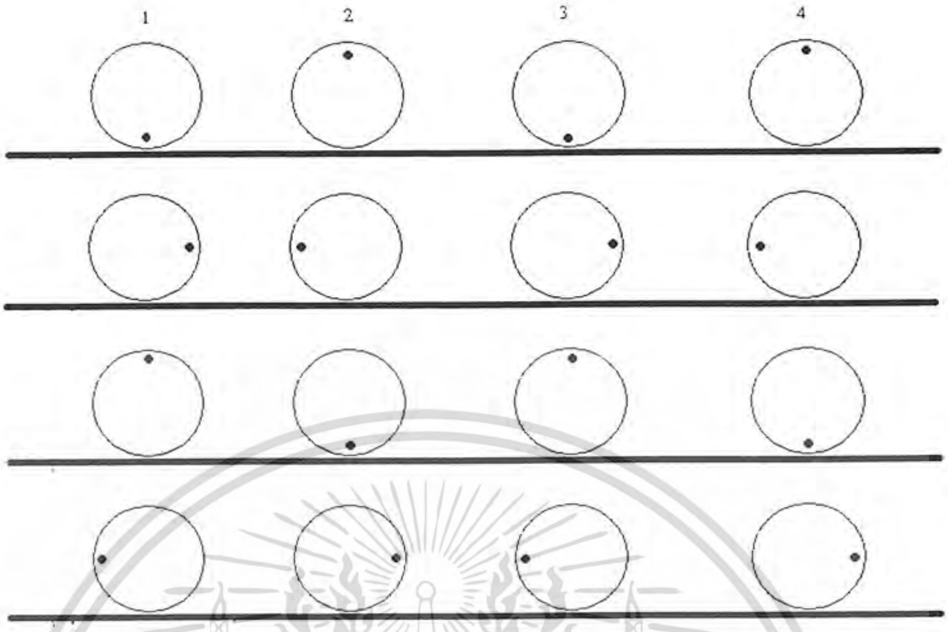
รูปที่ 2.9 ด้านหน้า

2.3 การออกแบบรูปแบบการเดิน (Walking Gait Design)

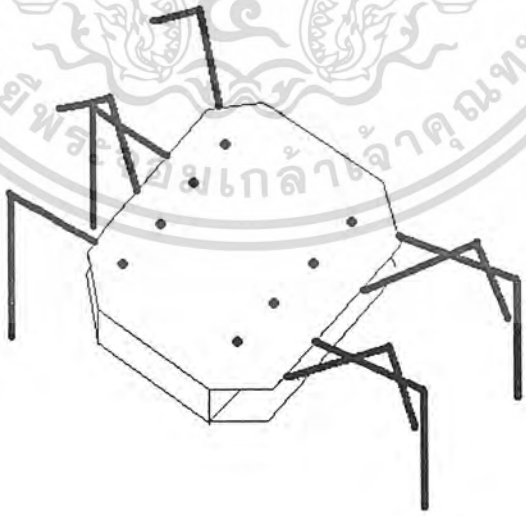
ในการออกแบบรูปแบบการเดินของหุ่นยนต์ คือ แบบแผน (Pattern) ในการบังคับขาให้เคลื่อนที่เพื่อให้ลำตัวสามารถเคลื่อนที่ตามไปด้วยนั้นมีอยู่หลายลักษณะ เช่น การเดินทีละขา ซึ่งการเดินในลักษณะนี้ หุ่นยนต์จะมีการทรงตัวที่ดีแต่ความเร็วจะลดลง คณะผู้จัดทำจะใช้รูปแบบการก้าวเดินที่ละ 4 ขา (fourpod gait) ซึ่งจะมีความเร็วในการเคลื่อนที่สูงกว่าแบบเดินทีละขา และง่ายต่อการควบคุม ซึ่งวิธีการนี้เหมาะกับการเคลื่อนที่ทั้งพื้นที่ที่ราบเรียบ และพื้นที่ที่ขรุขระ โดยจะแบ่งขาที่จะก้าวเดินออกเป็น 2 กลุ่มคือ ด้านซ้าย และ ด้านขวา ซึ่งจะแยกอิสระต่อกัน แต่ละชุดจะก้าวสัมพันธ์กัน ไปเรื่อยๆ มีลักษณะคล้ายแมลง ดังจะได้อธิบายต่อไป ดังนี้

จากรูปที่ 2.10 จะเห็นว่าทุกสเต็ปที่ก้าวย่าง จะมีขาที่ยก 4 ขา และมีขาที่วางกับพื้น 4 ขา ซึ่งจะทำให้ มีการทรงตัวที่ดี รูปที่ 2.11 แสดงมุมสูงในขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า รูปที่ 2.12 เป็นตำแหน่งที่ติดตั้งขาเข้ากับเฟือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

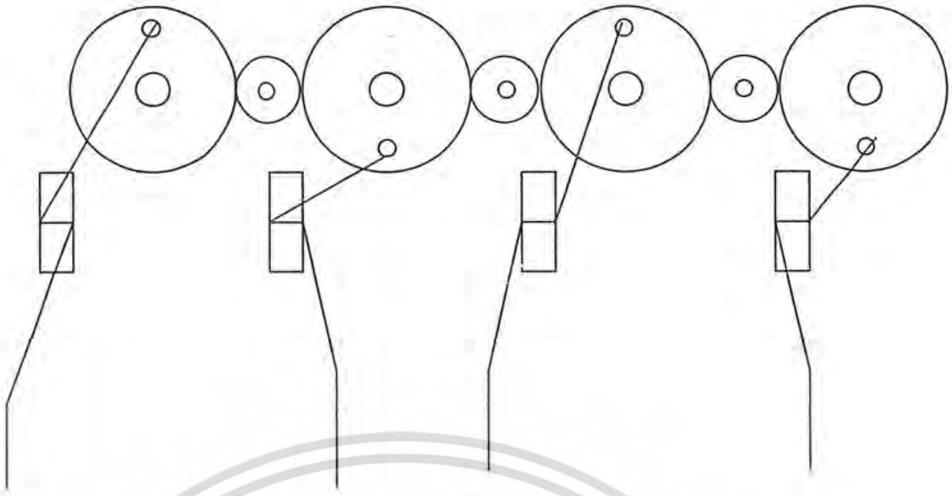


รูปที่ 2.10 แสดงองศาการก้าวเดิน



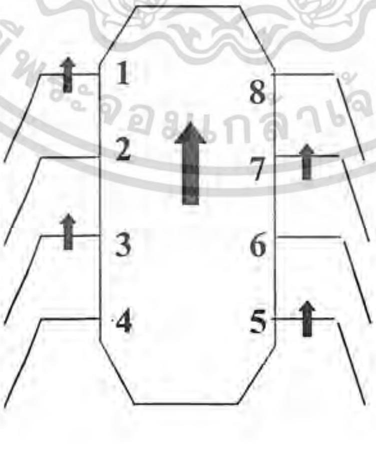
รูปที่ 2.11 แสดงขณะก้าวเดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงตำแหน่งการวางขา

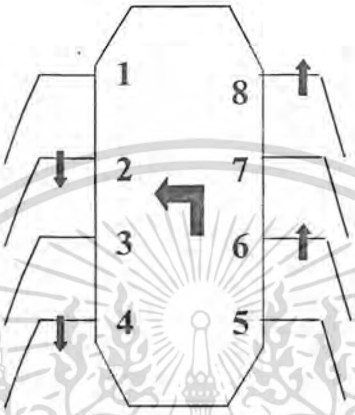
1) เดินหน้า (Forward) การเดินหน้าของหุ่นยนต์จะมีการควบคุมให้ขาทั้งด้านซ้ายและด้านขวาก้าวไปข้างหน้าโดยมีการยกขาด้านละ 2 ขาแต่จะให้ก้าวไปทีละ 4 ขาคือจากรูปที่ 2.13 สเต็ปแรก สมมติให้ขาที่ 2 ,4 ,6 ,8 วางกับพื้น และขาที่ 1 , 3 , 5 , 7 อยู่ที่สเต็ปการยกขา เมื่อมีการเดินหน้านั้น ขาทั้ง 2 ชุด จะสลับกันยก และวางขาในขณะที่มอเตอร์จะเป็นตัวขับเคลื่อน ให้เกิดการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า และให้ความเร็วในการเดินทั้งด้านซ้าย และด้านขวามีความเร็วในการเดินเท่ากัน



รูปที่ 2.13 แสดงการเดินหน้า

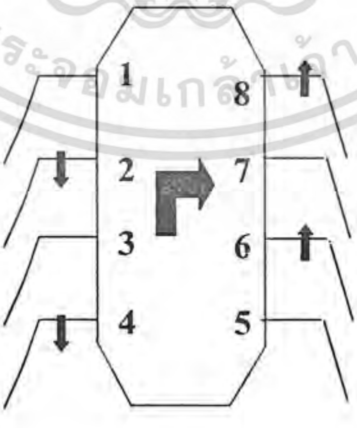
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เลี้ยวซ้าย (Turn Left) การเลี้ยวซ้ายจะมีการควบคุมให้ชุดขวาทางด้ายซ้ายและขวาเดิน ในทิศทางตรงกันข้าม โดยให้ชุดขาทางซ้ายก้าวถอยหลัง และชุดขาทางขวาก้าวไปข้างหน้า ซึ่งจะควบคุมได้โดยการให้มอเตอร์หมุนกลับข้างกัน โดยการจะเลี้ยวไปกี่องศานั้นขึ้นอยู่กับเซ็นเซอร์ที่รับเข้ามา ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ที่โปรแกรมควบคุม



รูปที่ 2.14 แสดงการเลี้ยวซ้าย

3) เลี้ยวขวา (Turn Right) การเลี้ยวขวาจะมีการให้ชุดขาทางด้านซ้ายและด้านขวาเดิน ในทิศทางตรงกันข้าม โดยให้ ชุดขาทางซ้ายก้าวไปข้างหน้า และชุดขวาทางขวาก้าวถอยหลังซึ่ง ควบคุมได้ โดยการให้มอเตอร์หมุนกลับข้างกัน โดยการจะเลี้ยวไปกี่องศานั้นขึ้นอยู่กับเซ็นเซอร์ ที่รับเข้ามา

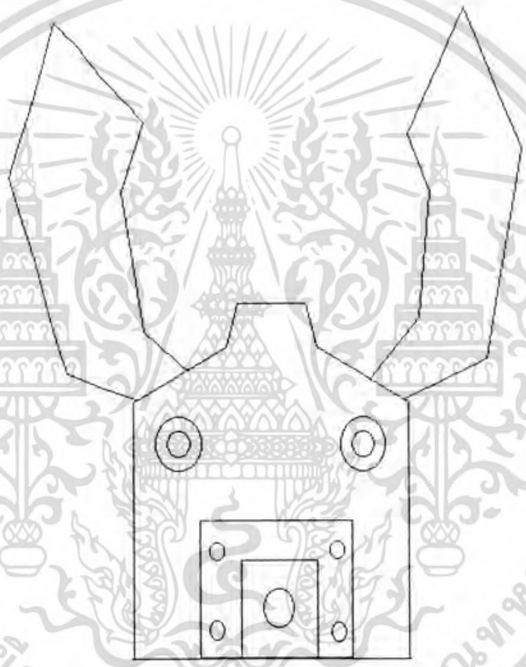


รูปที่ 2.15 แสดงการเลี้ยวขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

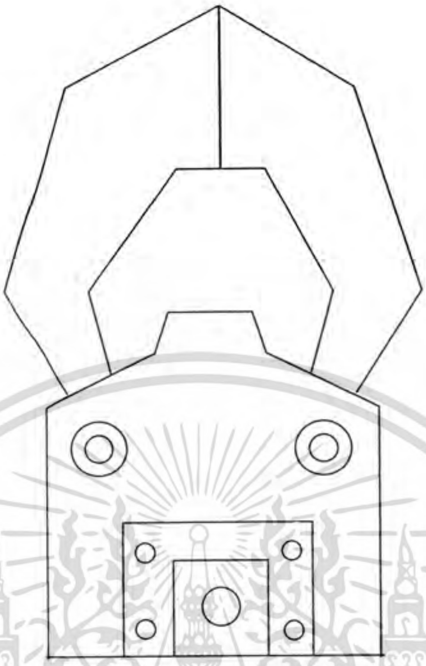
2.4 โครสร้างส่วนปากและหัว

วัสดุที่ใช้สร้างประกอบด้วยพลาสติกแผ่น PVC ซึ่งในส่วนของ PVC แผ่นจะนำมาสร้าง ซึ่งมีคุณสมบัติที่เหนียวและทนทาน น้ำหนักเบา และตกแต่งได้ง่าย ซึ่งเราจะใช้ DC MOTOR มาขับการเคลื่อนที่ของปาก เพื่อให้สามารถจับสิ่งของได้ และใช้ DC MOTOR มาขับเคลื่อนให้หัวของหุ่นยนต์ ซึ่งติดอยู่กับปากให้เคลื่อนที่ขึ้น ลง โดยใช้แกนน็อตเป็นตัวแกนหมุน



รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะการอ้าออกของส่วนปาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะเมื่อส่วนปากหุบ

รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะด้านข้างของส่วนปาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ทฤษฎีและการทำงาน

3.1 การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ ประกอบไปด้วย มอเตอร์ความเร็วสูง ภายในมีเฟืองทดรอบ ให้หมุนช้าลง เพื่อจะได้มีกำลัง แรงบิดให้สูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีวงจรควบคุมมอเตอร์ ซึ่งวงจรนี้จะนำค่าแรงดันเฉลี่ยของพัลส์รูปสี่เหลี่ยม เข้าไปเปรียบเทียบกับค่าแรงดันค่าหนึ่งที่มีอยู่ในวงจร ถ้าค่าต่างกัน วงจรควบคุมจะสั่งให้มอเตอร์หมุนไปตามทิศทาง ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดความกว้างพัลส์ โดยที่เฟืองแกนทดรอบจะถูกพ่วงไปขับแกนของ VR. (ตัวต้านทานปรับค่าได้) ซึ่งอยู่ในวงจรควบคุมมอเตอร์ ในขณะที่มอเตอร์หมุน VR จะถูกปรับค่า ทำให้ค่าแรงดันเปรียบเทียบของวงจรควบคุมมอเตอร์ เปลี่ยนไปด้วย จนกระทั่งค่าเฉลี่ยของพัลส์ในวงจรควบคุมมอเตอร์ เท่ากับค่าเฉลี่ยของพัลส์ที่เข้ามา จึงทำให้มอเตอร์หยุดหมุนได้

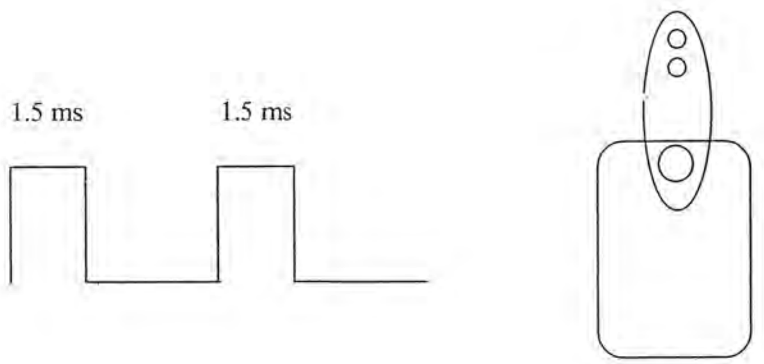
เซอร์โวมอเตอร์ จะมีสายไฟ 3 เส้น คือ สายไฟเลี้ยง สายกราวด์ และสายสัญญาณพัลส์ควบคุมซึ่งลักษณะของสัญญาณ พัลส์ที่ใช้ควบคุมตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ จะเป็นการส่งพัลส์ที่มีความกว้างต่างกัน เพื่อควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์ หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยที่ความกว้างของพัลส์ จะเป็นตัวกำหนดขนาด และทิศทางของการหมุนแกนเซอร์โวมอเตอร์ สำหรับคาบเวลา หรือระยะห่างระหว่างพัลส์แต่ละลูก จะเป็นตัวกำหนดแรงบิดของมอเตอร์

ถ้ากำหนดให้สภาวะปกติ เมื่อป้อนพัลส์สี่เหลี่ยม ที่มีความกว้างขนาด 1.5 ms ให้กับเซอร์โวมอเตอร์ แขนของเซอร์โวมอเตอร์จะอยู่ตำแหน่งกลาง

ถ้าป้อนพัลส์สี่เหลี่ยม ทีมีความกว้างขนาด 1 ms ให้กับเซอร์โวมอเตอร์ แขนของ เซอร์โวมอเตอร์จะหมุนตามเข็มนาฬิกา

เมื่อป้อนพัลส์สี่เหลี่ยม ที่มีความกว้างขนาด 2 ms ให้กับเซอร์โวมอเตอร์ แขนของเซอร์โวมอเตอร์จะหมุนทวนเข็มนาฬิกา ตามที่แสดงไว้ดังรูปทางด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก) แสดงการตอบสนองของเซอร์โวมอเตอร์ เมื่อจ่ายพัลส์ขนาด 1.5 ms

ข) แสดงการตอบสนองของเซอร์โวมอเตอร์ เมื่อจ่ายพัลส์ขนาด 1 ms

ค) แสดงการตอบสนองของเซอร์โวมอเตอร์ เมื่อจ่ายพัลส์ขนาด 2 ms

ดังนั้น ถ้าจ่ายพัลส์ที่มีความกว้างมากหรือ น้อยกว่าความกว้างของพัลส์ 1.5 ms ก็จะทำให้เซอร์โวหมุนต่างทิศกัน ทั้งตามเข็มและทวนเข็มนาฬิกา โดยตำแหน่งของแขนหมุนเซอร์โวมอเตอร์ จะเบี่ยงเบน ออกจากจุดกึ่งกลาง เป็นสัดส่วนกับความกว้างของพัลส์ที่จ่ายให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

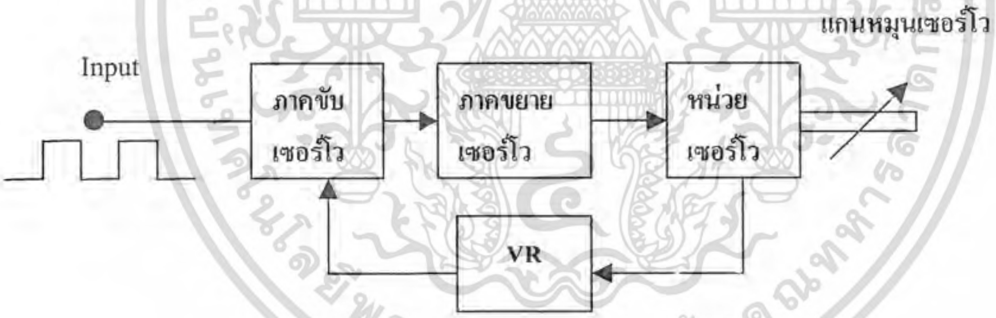
ในเซอร์โวมอเตอร์ หนึ่งตัวจะประกอบไปด้วย 3 ภาค การทำงานแต่ละภาคมีหน้าที่และการทำงานดังนี้

ภาคขับเซอร์โว ประกอบไปด้วย วงจรสร้างสัญญาณพัลส์ และวงจรเปรียบเทียบสัญญาณพัลส์ที่สร้างมา กับสัญญาณพัลส์ INPUT ที่รับเข้ามา

ภาคขยายเซอร์โว ประกอบไปด้วย วงจร RC NETWORK ที่ช่วยหน่วงสัญญาณให้เซอร์โวสามารถทำงานได้ตลอดช่วงคาบเวลา จนกระทั่งมีสัญญาณลูกต่อไปมา รวมถึง วงจรกลับขั้ว แรงดันไฟฟ้าควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

หน่วยเซอร์โว ประกอบด้วย มอเตอร์ความเร็วสูง เฟืองทดรอบ แกนหมุน อุปกรณ์ต่างๆ และ VR (ตัวต้านทานปรับค่าได้)ทำหน้าที่ป้อนกลับตำแหน่ง (Position Feedback)

ซึ่งในขณะที่มอเตอร์หมุน VR จะถูกปรับค่า Feedback กลับมาปรับและเปรียบเทียบค่าความกว้างของพัลส์ที่ภาคขับเซอร์โว เมื่อขนาดความกว้างของพัลส์ มีค่าเฉลี่ยของค่าแรงดันเท่ากัน มอเตอร์จะหยุดหมุนทันที ซึ่งรูปทางด้านล่าง ได้แสดงภาคการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตามที่ได้กล่าวมาในข้างต้น

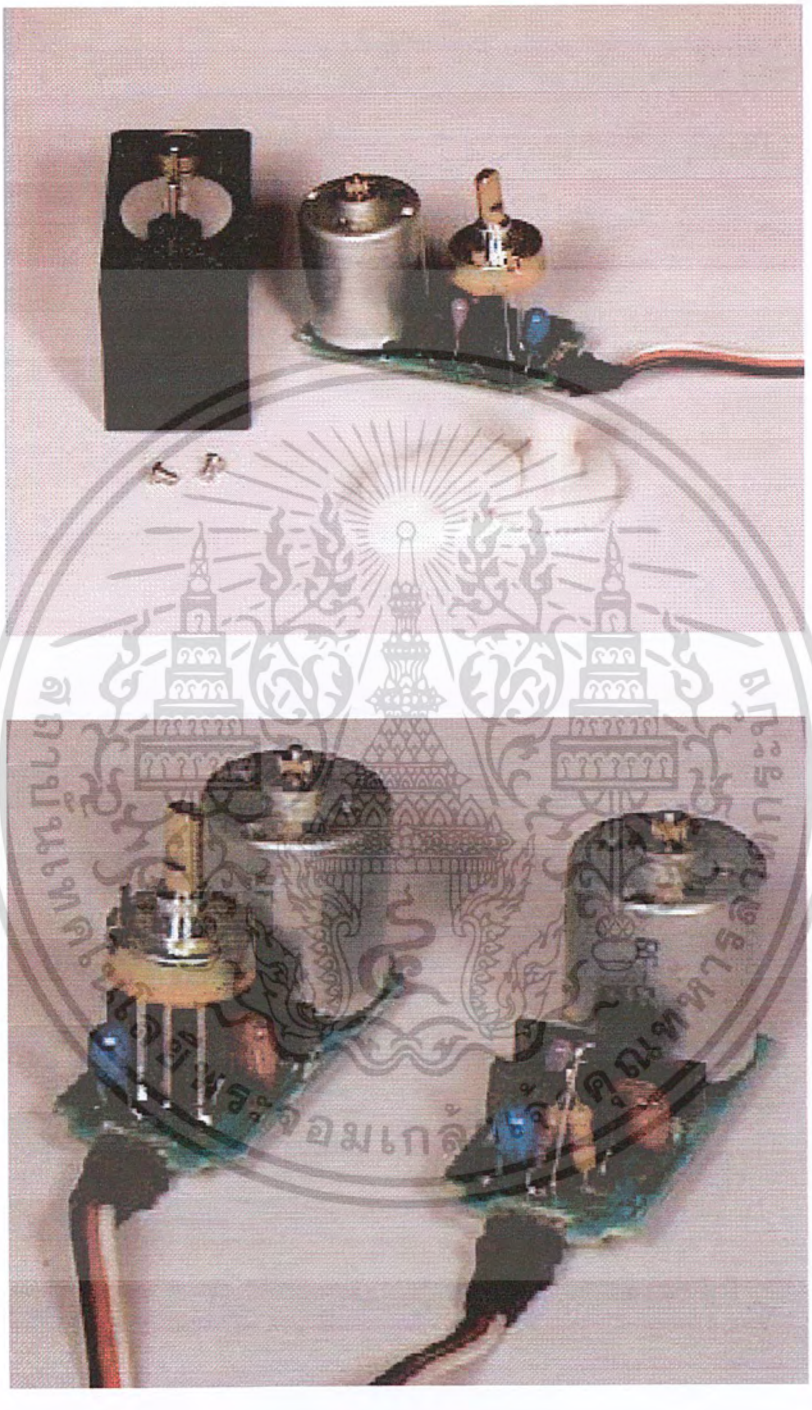


รูปที่ 3.1 แสดงภาคการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

โครงสร้างและส่วนประกอบ ชุดมอเตอร์ความเร็วสูง และชุดเฟืองทดรอบ จะทำให้มอเตอร์มีแรงบิดมากขึ้น ซึ่งส่วนประกอบต่างๆ ได้แสดงไว้ที่รูปดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42267

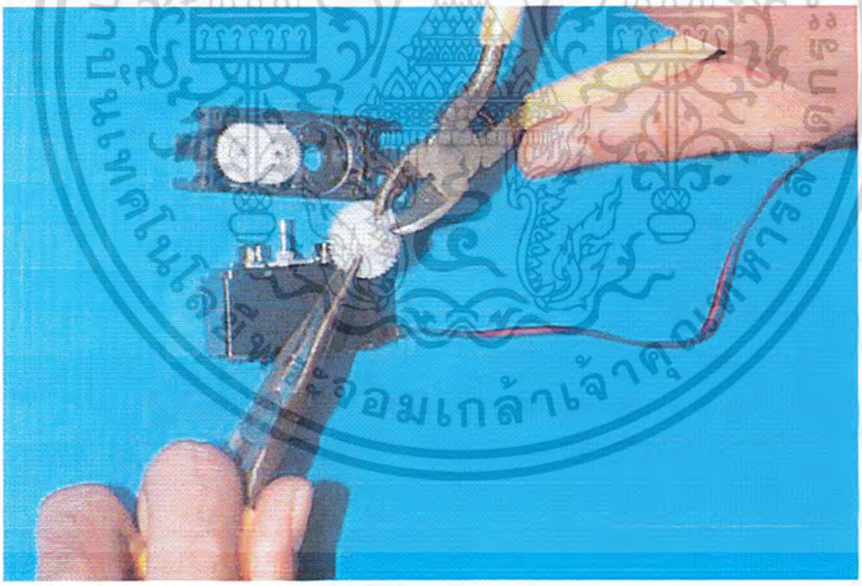


รูปที่ 3.2 แสดงส่วนประกอบภายในเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับแต่งเซอร์โวเพื่อใช้งาน

เนื่องจากเซอร์โวหมุนได้เพียง 180 องศาเท่านั้น (แกนหมุนติดอยู่กับ VR) แต่ในโครงงานนี้ต้องการให้เซอร์โวหมุนตลอดไม่ติดขัด ดังนั้นจึงเป็นจะต้องทำการปรับแต่งคุณสมบัติเดิมของเซอร์โว การปรับแต่งเซอร์โวก็ไม่ยุ่งยากอะไร เครื่องมือที่ใช้ในการปรับแต่งก็มีเพียงไขควง 4 แฉกขนาดเล็กกับคัตเตอร์ แล้วก็ตัวต้านทานค่า 2.2 กิโลโอห์ม 2 ตัว ต่ออนุกรมกัน บวกกับความระมัดระวังอีกนิดหน่อยก็พอแล้ว เอาล่ะครับการปรับแต่งเซอร์โวมีอยู่ 2 จุด คือ ประการแรกให้ปรับแต่งส่วนของชุดเฟือง ประการที่สองให้เปลี่ยนโวลุ่มเป็นตัวต้านทานคงที่ เรามาเริ่มวิธีแรกกันก่อน คือ ประกอบแต่งชุดเกียร์ วิธีทำคือให้ขันน็อตฝาครอบใต้ท้องของเซอร์โวออก จากนั้นให้ค่อยๆ ถอดฝาครอบชุดเฟืองเกียร์ด้านบนออก ระวังเฟืองภายในจะหลุดออกจากตำแหน่งด้วย เมื่อเอาฝาครอบชุดเฟืองเกียร์ออกแล้ว สิ่งที่จะต้องทำคือ ตัดพลาสติกส่วนของแกนหมุนออกดังรูปที่จะแสดงดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.3 แสดงตำแหน่งที่ยื่นออกมาจะต้องตัดออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประการที่สอง คือ เปลี่ยนตัวต้านทานปรับค่าได้หรือ VR เป็นตัวต้านทานแบบคงที่ค่า 2.2 – 2.7 กิโลโอห์ม แทนโดยที่หลังจากการนำชุดเฟืองเกียร์ออกแล้วเรียงไว้ก่อนกันลืม จากนั้นให้ขันน็อตยึดมอเตอร์ตัวเล็กๆ ออก 2 ตัว แล้วให้ทำการดูดตะกั่วที่เชื่อม ที่เชื่อม VR ออกก่อน เนื่องจากตัว VR ถูกยึดไว้กลับสลัก ไม่สามารถดึงออกได้โดยตรง เมื่อดูดตะกั่ว ออกทั้ง 3 ค่าขั้วแล้ว ก็ให้ค่อยๆ แกะแผ่นวงจรออกมา แล้วทำการต่อวงจรตัวต้านทานคงที่ เลียนแบบ VR เข้าแทนที่

เมื่อทำการรันโปรแกรม ถ้าทุกอย่างถูกต้องเซอร์ควรจะไม่หมุน เนื่องจากเป็นค่ากลาง (1.5 ms) แต่ถ้าเซอร์โวของคุณยังหมุนอยู่ ก็ให้เปลี่ยนค่า 750 ใหม่ โดยการเพิ่มหรือ ลดทีละ 5 แล้วทำการรันโปรแกรมใหม่ทุกครั้งที่เปลี่ยนค่า เมื่อได้ค่ากึ่งกลางแล้วเซอร์โวจะหยุดสนิท ทีนี้ก็ให้เปลี่ยนค่าจากเดิม เป็น 850 เพื่อทดสอบว่าเซอร์โวหมุนได้จริง และให้ลองเปลี่ยนค่า โดยให้เซอร์โวหมุนตามเข็มนาฬิกาโดยใส่ค่าให้มากกว่า 1.5 ms (> 750) ส่วนทวนเข็มนาฬิกาใส่ค่าให้น้อยกว่า 1.5 ms (< 750) แล้วจดบันทึกค่าไว้ จากนั้นให้เปลี่ยนไปทดสอบเซอร์โวอีกตัวบ้าง โดยเปลี่ยนเลข 3 ที่คำสั่ง Pulsout 3,750 เป็นเลข 4 แล้วรันโปรแกรม และสังเกตการหมุนของเซอร์โวตัวที่สอง (ค่าที่ได้ควรจะเท่ากัน) พร้อมจดบันทึกไว้กันลืม ทีนี้เราก็ได้รู้จักเซอร์โวมอเตอร์กันพอสมควรแล้ว แล้วได้ทำการปรับแต่งเซอร์โวให้พร้อมใช้งานได้อย่างเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ต่อไปก็มาดูวิธีการสร้างตัวหุ่นกันเลยครับ

ดีซีเซอร์โวมอเตอร์ (DC.motor)

ดีซีเซอร์โวมอเตอร์เป็นตัวทรานสดิวเซอร์ (transducer) แรงบิดซึ่งมีการออกแบบให้มีคุณลักษณะพิเศษ คือ แรงบิดของเพลาของดีซีมอเตอร์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาร์มาเจอร์ (Armature) แรงบิดของเพลาของดีซีมอเตอร์จะได้จากผลสนามแม่เหล็กและขดลวดตัวนำ ในที่นี้กระแสที่ไหลในขดลวดตัวนำจะสร้างฟิวส์ (Field) ที่ประกอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก Φ และขดลวดตัวนำเหล่านั้นอยู่ห่างจากศูนย์กลางการหมุนเท่ากับ r ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเพลาและกระแสเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T = K\Phi I$$

เมื่อ T คือแรงบิดของเพลามีหน่วยเป็นนิวตัน-เมตร

Φ คือเส้นแรงแม่เหล็กมีหน่วยเป็นเวเบอร์ (wb)

I คือกระแสเป็นแอมแปร์ (A)

K คือค่าคงที่

ดังนั้นแรงบิดของเพลาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของเส้นแรงแม่เหล็ก และกระแสเมื่อขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ก็จะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมตัวมันเอง แรงดันตกคร่อมนี้จะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของเพลาของมอเตอร์ และต้านการไหลของกระแส ความสัมพันธ์ระหว่างโวลท์เตจย้อนกลับ (back emf) นี้และความเร็วของเพลามอเตอร์ คือ

$$E = K\Phi \omega$$

เมื่อ E คือ แรงดันย้อนกลับมีหน่วยเป็นโวลท์ (V)

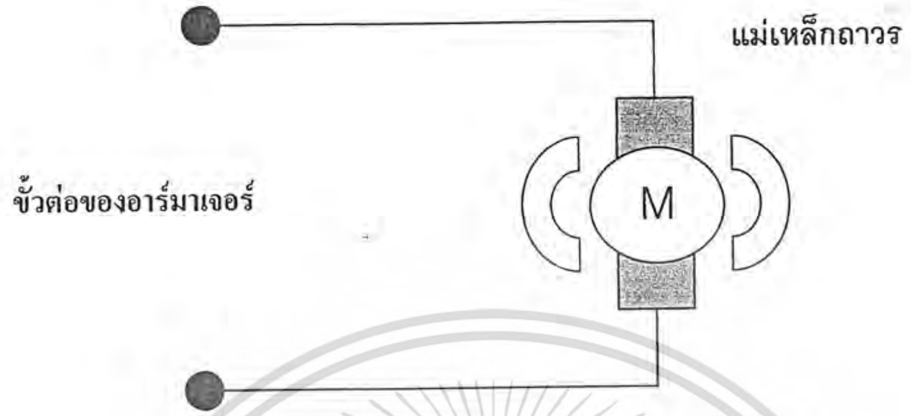
Φ คือ เส้นแรงแม่เหล็กมีหน่วยเป็นเวเบอร์ (wb)

ω คือความเร็วของมอเตอร์มีหน่วยเป็นเรเดียนต่อวินาที (radian/sec)

ดีซีมอเตอร์นั้นสามารถจำแนกออกไปได้หลายประเภท ซึ่งจะขึ้นอยู่กับวิธีในการสร้าง จึงขอกล่าวรวมๆ เฉพาะที่รู้จักกันเป็นส่วนใหญ่ในปัจจุบันนั่นคือ ดีซีมอเตอร์แบบขนาน (Shunt DC.motor) , แบบอนุกรม (Series) , แบบผสม (compound) และแบบแม่เหล็กถาวร (permanent magnet motor)

ในโครงงานนี้ดีซีมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรได้ถูกนำมาใช้ ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างดังรูปต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงโครงสร้างของดีซีมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร

มอเตอร์แบบนี้จะใช้การกระตุ้นฟิลด์ของมอเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวรซึ่งต่างจากแบบอื่นที่ใช้ขดลวด ซึ่งแบบนี้จะให้เส้นแรงของฟิลด์มีค่าคงที่ ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างกระแสอาร์มาเจอร์และแรงบิดจะมีค่าคงที่ด้วย ซึ่งจะมีข้อดีคือ ไม่มีการสูญเสียในฟิลด์ ทำให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าและมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับมอเตอร์แบบใช้ขดลวดในการกระตุ้น ที่มีขนาดกำลังม้าเท่ากันจึงเหมาะที่จะนำไปใช้งานที่ต้องการแรงบิดของโหลดสูงๆ

เซอร์โวแอมปลิไฟเออร์ (Servo Amplifier)

เซอร์โวแอมปลิไฟล์เออร์ เป็นการเรียกวงจรเพาเวอร์อิเลกทรอนิกส์ที่ออกแบบขึ้นมาเพื่อใช้ขับเซอร์โวมอเตอร์ โดยการควบคุมความเร็วหรือ ตำแหน่ง และถูกนำมาใช้มากในโรงงานอุตสาหกรรมและการประดิษฐ์หุ่นยนต์

เซอร์โวแอมปลิไฟล์เออร์ เป็นส่วนของตัวไดร์ (Drive) ทำหน้าที่ปรับปรุงและขยายสัญญาณให้เหมาะสมก่อนที่จะป้อนไปขับดีซีมอเตอร์ โดยทั่วไปเซอร์โวแอมปลิไฟล์เออร์จะถูกแบ่งออกเป็น ลิเนียร์แอมปลิไฟล์เออร์ (Linear Amplifier)และพัลส์วิดท์มอดูเลชั่น (Pules Width Modulation) ซึ่งเป็นแบบสวิตช์ ซึ่งแอมปลิไฟล์เออร์ (Switching Amplifier) โดยในโครงงานนี้ได้เลือกใช้แบบลิเนียร์แอมปลิไฟล์เออร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

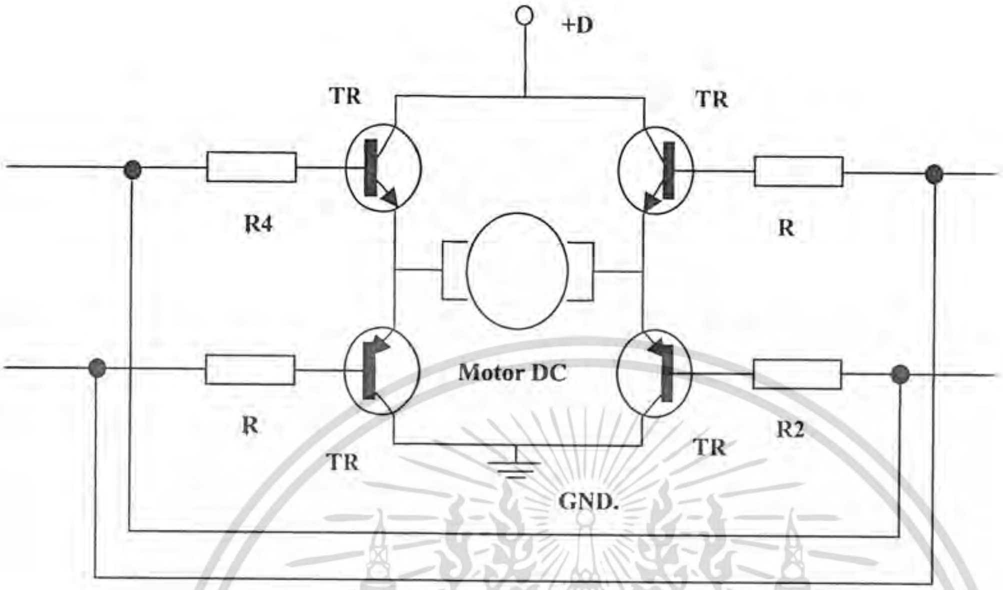
ลิเนียร์แอมปลิไฟล์เออร์

เป็นการควบคุมดีซีมอเตอร์แบบต่อเนื่อง ซึ่งจะทำงานโดยการขับให้ทรานซิสเตอร์ทำงานอยู่ในย่านที่เป็นเชิงเส้น โดยจะมีลิเนียร์แอมปลิไฟล์เออร์เป็นตัวจ่ายแรงดันหรือ กระแสในอัตราที่เปลี่ยนแปลงตามแรงดันการควบคุม ลิเนียร์แอมปลิไฟล์เออร์สามารถให้การควบคุมที่เที่ยงตรง และปราศจากปัญหาที่เกิดจากสวิตชิ่ง เช่น การรบกวนทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Interference) จึงทำให้การควบคุมแบบนี้เป็นที่น่าสนใจ ซึ่งนับว่าเป็นข้อดีประการหนึ่ง แต่ข้อเสียที่เกิดขึ้นก็คือ มีการสูญเสียทางกำลังไฟฟ้าสูง เนื่องจากกำลังงานส่วนใหญ่จะสูญเสียในเอาท์พุททรานซิสเตอร์เป็นจำนวนมาก เพราะในขณะที่มอเตอร์ไม่ทำงาน ทรานซิสเตอร์ส่วนนี้ก็ต้องแบกภาระเนื่องจากว่า มีกระแสไหลผ่านตัวมัน

เซอร โวแอมปลิไฟล์เออร์แบบทรานซิสเตอร์ จัดออกได้ตามหลักการออกแบบภาคเอาท์พุทออกได้เป็น 2 แบบ คือ แบบ "H" และแบบ "T" ซึ่งทั้งสองแบบนี้สามารถที่นำมาควบคุมดีซีมอเตอร์ให้ทำงานใน 2 ทิศทางได้ ในที่นี้เราได้เลือกใช้แบบ "H" หรือ แบบบริดจ์ ซึ่งประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ 4 ตัว ใช้ดีซีเพาเวอร์ซัพพลายเพียงตัวเดียว ภาคเอาท์พุทแบบนี้มีข้อดีคือ ง่าย เพาเวอร์ซัพพลายใช้เพียงขั้วเดียว (+DC) และการป้องกัน โวลท์เตจย้อนกลับจะมีการแบ่งส่วนกันระหว่างทรานซิสเตอร์ อย่างไรก็ตามเป็นการยากที่จะให้วงจรภาคเอาท์พุทแบบนี้ทำงานเป็น ลิเนียร์ และกระทำการป้อนกลับของกระแสและ โวลท์เตจจากมอเตอร์ กระทำได้ยากเนื่องจากมอเตอร์อยู่ในสภาวะลอยตัว (หรือไม่ได้ต่ออยู่กับกราวด์)

การทำงานของวงจรบริดจ์ คือ Q1 และ Q4 จะนำกระแสเมื่อมอเตอร์ได้รับโวลท์เตจให้หมุนไปในทิศทางหนึ่ง และ Q2 กับ Q3 จะนำกระแสเมื่อมอเตอร์ได้รับโวลท์เตจให้หมุนไปในทิศทางตรงกันข้าม ดังนั้นโวลท์เตจที่ตกคร่อมทรานซิสเตอร์แต่ละตัวที่นำกระแสจะเท่ากับผลต่างของแหล่งจ่ายโวลท์เตจและโวลท์เตจที่มอเตอร์ใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงภาคเอาท์พุทแบบ "H" (ใช้เพาเวอร์ซัพพลายตัวเดียว)

ในวงจรใช้งานจริงของลิเนียร์แอมปลิไฟล์เออร์ที่ใช้นี้เราจะใช้ไอซีทำหน้าที่นี้ โดยต่อร่วมกับอุปกรณ์ภายนอกเพียงเล็กน้อย

3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051 (MCS-51)

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ประเภทหนึ่งที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้งานกับระบบควบคุมที่มีขนาดเล็ก โดยที่ภายในไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์หนึ่งตัวจะประกอบไปด้วยหน่วยการทำงานหลัก ของระบบคอมพิวเตอร์ครบถ้วน เช่น หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) หน่วยความจำ (RAM , ROM) พอร์ตในการติดต่อหรืออุปกรณ์ต่างๆ (I/O PORT) เป็นต้น หากเป็นการใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไปก็จะต้องใช้ IC ภายนอกมาประกอบเพื่อทำหน้าที่เหล่านี้ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นระบบคอมพิวเตอร์เพื่องานควบคุมที่สมบูรณ์แบบ โดยบรรจุอยู่ภายใน IC เพียงหนึ่งตัวเท่านั้นจึงมีการเรียกไมโครคอนโทรลเลอร์ว่าไมโครคอมพิวเตอร์ชิปเดี่ยว (Single Chip Microcomputer)

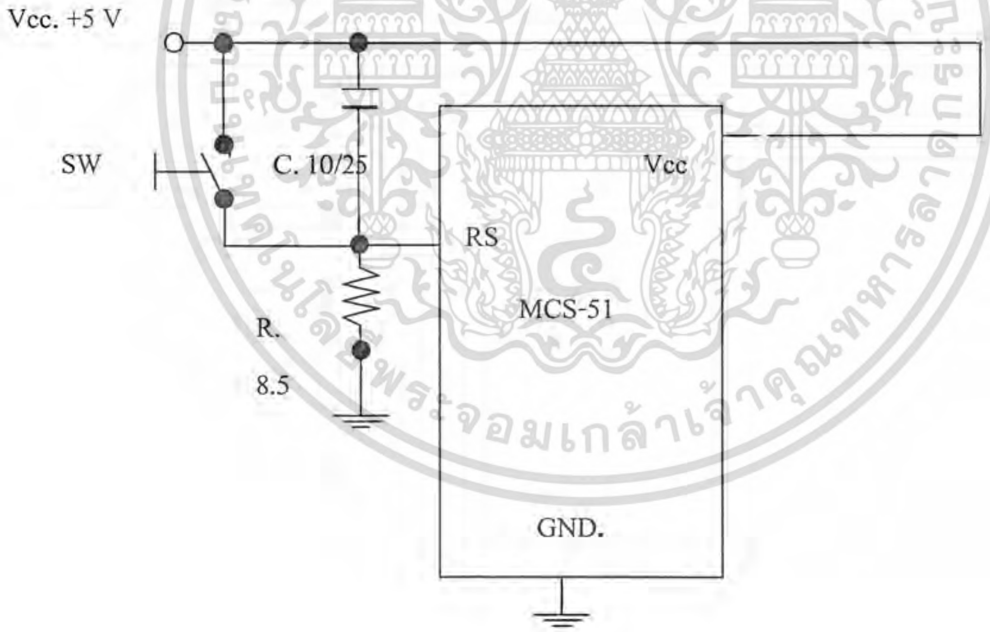
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051 (MCS-51) ประกอบไปด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์หลายรุ่น ซึ่งมีสถาปัตยกรรมพื้นฐานที่เหมือนกัน เพียงแต่มีขนาดหรือจำนวนของหน่วยทำงานภายในที่ต่างกันออกไป เพื่อความเหมาะสมในการประยุกต์ต่างๆตามความต้องการ โดยจะมีทั้งลักษณะที่ใช้เทคโนโลยีในการผลิตไอซีวงจรรวมความจุสูงมาก แบบเอ็ชมอส (HMOS) หรือซีเอ็ชมอส (CHMOS) ซึ่งมีคุณลักษณะความจุสูงมากขึ้น และสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าน้อยกว่า

โครงสร้างภายในของ 89C52 (MCS-52)

โครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล 89C52 มีดังแสดงในรูปดังต่อไปนี้ โครงสุร้างหน่วยความจำภายใน 89C52 (MCS-52) ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล 89C52 (MCS-52) ทุกเบอร์จะแบ่งหน่วยความจำออกเป็น 2 ส่วน คือ

- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory)
- หน่วยความจำสำหรับข้อมูล (Data Memory)



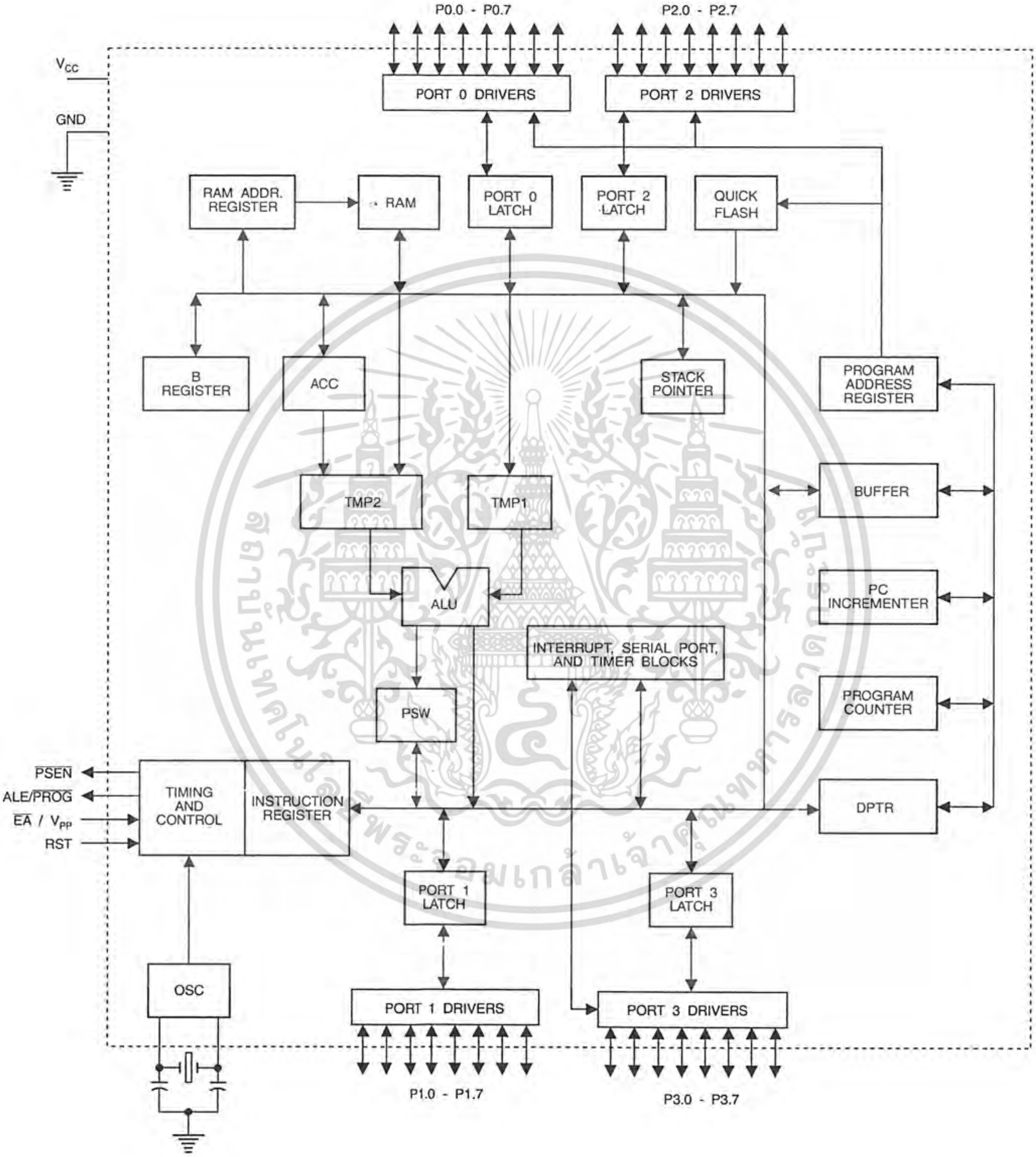
รูปที่ 3.6 แสดงวงจรสำหรับรีเซตชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 (MCS-51)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมจะใช้เก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานของชิป 89C52 (MCS-52) บางเบอร์จะมีหน่วยความจำส่วนนี้อยู่ในชิป แต่บางเบอร์จะไม่มี ทำให้ต้องเก็บโปรแกรมไว้ในหน่วยความจำภายนอกทั้งหมด ส่วนหน่วยความหน่วยที่สองคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล ซึ่งใช้สำหรับเก็บข้อมูลระหว่างการทำงาน 89C52 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำส่วนนี้อยู่ภายในชิปจำนวนหนึ่ง แต่จะมีจำนวนมากน้อยเพียงใดขึ้นกับเบอร์ของชิป

89C52 (MCS-52) เป็นตระกูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาจากตระกูล 48 (MCS-48) ดังนั้นจึงมีความสามารถเหนือกว่าหลายอย่างจะเปรียบเทียบข้อดีของ 8051 (MCS-52) เมื่อเทียบกับตระกูล 48 (MCS-48) ให้เห็นเป็นบางช่วง เช่น ความเร็วในการประมวลผลของ 89C52 สามารถใช้ความถี่ได้ถึง 12 MHz หรือ สำหรับบางเบอร์ในตระกูลสามารถใช้ได้ถึง 16 MHz ทำให้ช่วงเวลาการทำงานแต่ละคำสั่งใช้น้อยมาก เมื่อใช้ความถี่ 12 MHz คำสั่งที่ใช้เวลาน้อยที่สุดจะใช้เวลาเพียง 1 ไมโครวินาที ส่วนคำสั่งที่ใช้เวลามากที่สุด จะใช้เวลาเพียง 4 ไมโครวินาทีเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงโครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์89C52(MCS-52)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม

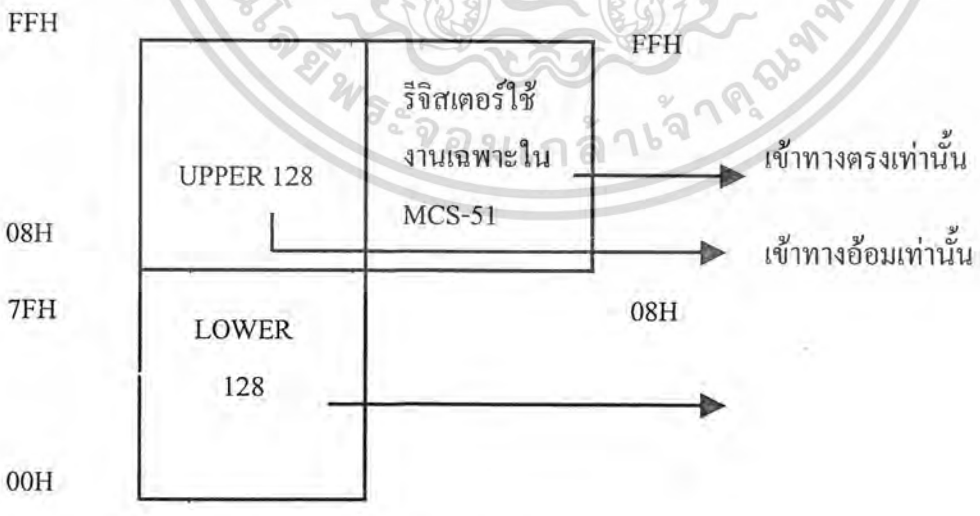
จะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป (Internal Program Memory) และหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกชิป (External Program Memory) ขนาดของหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมภายในชิปมีได้ตั้งแต่ 0,4,8,16 กิโลไบต์ ขึ้นอยู่กับเบอร์ของชิป

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลของ 89C52 (MCS-52)

จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปของ 89C52 ยังแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อยดังนี้

- ส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไป (Internal Ram)
- ส่วนที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (Special Function register)

หน่วยความจำส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปเป็นหน่วยความชิปเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่มีอยู่ภายใน 89C52 (MCS-52) หน่วยความจำส่วนนี้มีไว้สำหรับเก็บข้อมูลในขณะการทำงาน ส่วนหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายใน 89C52 (MCS-52) ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะเพื่อควบคุมการทำงานและบอกสถานะของ CPU แผนภาพแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปทั้งสองบริเวณมีดังในรูปต่อไปนี้



รูปที่ 3.8 แสดงแผนภาพหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

89C52 (MCS-52) ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำ สำหรับเก็บข้อมูลโดยทั่วไป ภายในชิปอย่างน้อย 256 ไบต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเบอร์ของชิป หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปบริเวณ 128 ไบต์แรกชื่อเรียกว่า โลเลอร์ (Lower 128) และในบริเวณ 128 ไบต์หลังที่มีเพิ่มบางเบอร์มีชื่อเรียกว่า อัป-เปอร์ (upper 128) ดังแสดงในรูปดังต่อไปนี้

FFH 80H	หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายใน ส่วนนี้มี MCS – 51 บางเบอร์เท่านั้น
7FH	
0FH	บริเวณหน่วยความจำที่ใช้ได้ถึงระดับบิต จำนวน 16 ไบต์ *8 – 128
20H	รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0 – R7 กลุ่มที่ 4
08H	รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0 – R7 กลุ่มที่ 3
10H	รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0 – R7 กลุ่มที่ 2
08H	รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0 – R7 กลุ่มที่ 1
00H	

รูปที่ 3.9 แสดงหน่วยความสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายชิปทั้งสองส่วน

รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ

เนื่องจาก 89C52 (MCS-52) ถูกออกแบบไว้ใช้สำหรับใช้ควบคุมโดยเฉพาะ จึงให้มีความสามารถเฉพาะหลายๆอย่าง ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยวงจรวงจรภายในชิปที่มีเพิ่มขึ้นจากไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป การควบคุมการทำงานของวงจรภายในไมโครโปรเซสเซอร์จะกระทำผ่านรีจิสเตอร์ที่ถูกกำหนดหน้าที่ไว้แล้ว ดังนั้นหากต้องการใช้ 8052 ให้มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องทราบหน้าที่การทำงาน ของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะแต่ละตัวให้ละเอียด รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะทั้งหมดจะอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปบริเวณที่ใช้นีจิสเตอร์ใช้งานดังได้กล่าวมาแล้ว รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะทั้งหมดใน 89C52 (MCS-52)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิป จะเป็นหน่วยความจำส่วนที่อยู่ภายนอกชิป 89C52 (MCS-52) ซึ่งผู้ใช้ต้องติดตั้งเพิ่งเองการติดต่อระหว่าง 89C52 กับหน่วยความจำทั้ง 2 ส่วน จะใช้ขา 32 ขา ถึง 39 (PORT 0) เป็นตัวส่งค่าแอสเดรสไบต์ต่ำ (A0-A7) และใช้รับส่งข้อมูลกับหน่วยความจำด้วย (ใช้เป็น ดาต้าบัส) ส่วนค่าแอสเดรสไบต์สูง (A8-A15) จะใช้ขา 21-28 (PORT 2) ดังนั้นเมื่อ PORT 0 กับ PORT 2 ถูกใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก (ทั้งหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล) จะทำให้เหลือพอร์ตสำหรับใช้งานอื่นน้อยลง

รีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไป

8052 จะมีรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่ผู้เขียนเขียนโปรแกรมสามารถนำมาใช้งานได้คือ รีจิสเตอร์ A , B (อยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะแต่นับเป็นรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปเพราะไม่ถูกกำหนดหน้าที่ที่ใช้งานโดยตรง) และรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป (R0-R7) มีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วยรีจิสเตอร์จำนวน 8 ตัว(R0-R7) ซึ่งมีชื่อเรียกเหมือนกัน ดังนั้นจำนวนรีจิสเตอร์ทั่วไป กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งใน 4 กลุ่มกระทำโดยการเซตหรือเคลียร์บิต (RS0, RS1) ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (PSW) ดังแสดงในรูปนี้

รูป 3.10 แสดงการเลือกรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป (R0-R7) แต่ละกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป (R0-R7) จะมีอยู่ในกลุ่มรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปทั้ง 4 กลุ่ม ซึ่งจะถูกเลือกใช้งานเพียงกลุ่มเดียวในขณะใดขณะหนึ่ง ค่าที่เปลี่ยนแปลงไปภายในรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่มีชื่อเดียวกันแต่อยู่คนละกลุ่มเลย โครงสร้างเช่นนี้ทำให้ความสะดวกในการเขียนโปรแกรมเป็นอันมาก โดยเฉพาะการเขียนโปรแกรมที่มีการเขียนโปรแกรมย่อย ดังจะได้กล่าวถึงในเรื่องการเขียนโปรแกรมต่อไป

รายละเอียดของ พอร์ตใน 89C52 (MCS-52)

จะกล่าวถึงโครงสร้างรวมทั้งรายละเอียดของการทำงานของวงจรที่อยู่ภายใน 89C5 (MCS-52) ซึ่งประกอบไปด้วย

- โครงสร้างและการทำงานของ พอร์ตใน 89C52 (port structure)
- โครงสร้างและการทำงานของไทม์เมอร์ / เคาน์เตอร์
- โครงสร้างและการทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม
- โครงสร้างอินเตอร์รัปต์ใน 89C52 (Interrupt Structure)

เนื่องจาก 8051 แต่ละเบอร์มีลักษณะโครงไม่เหมือนกันทีเดียว การอธิบายโดยกล่าวแต่ละเบอร์เฉพาะเจาะจงลงไปจะทำให้เกิดความสับสนและความยากในการอ้างชื่อ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเหล่านี้ จำเป็นต้องกล่าวถึง 8051 เบอร์ที่มีลักษณะคล้ายกันโดยรวม ดังนั้นเราจะแทนชื่อ 8051s และ 8052s ด้วยเบอร์ที่มีลักษณะคล้ายกันจนกว่าจะมีการกล่าวถึงตัวใดตัวหนึ่งเฉพาะลงไป

8051s จะประกอบด้วยเบอร์ 8051 , 8051AH และ 80C51BH (เป็น MCS-51 เบอร์ที่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป) และหน่วยความจำ (EPROM version) คือ เบอร์ 8751 (เป็น MCS-51 เบอร์ที่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมเป็น EPROM อยู่ภายในชิป)

8052s ประกอบด้วย 8052AH , 8032AH และ 8752BH

โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต

โครงสร้างภายใน 89C52 ที่เราจะศึกษาเป็นอันดับแรกคือ พอร์ตใน 89C52 ซึ่งมีพอร์ตขนาด 8 บิต รวมทั้งสิ้น 4 พอร์ต พอร์ตแต่ละพอร์ตมีหน้าที่ติดต่อกับวงจรภายนอกได้ กล่าวคือทั้ง 4 พอร์ต จะเป็นพอร์ต 2 ทิศทาง (Bidirectional Port) โครงสร้างของแต่ละพอร์ตประกอบไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วงจรแลตช์ ซึ่งสถานะของเอาต์พุตของวงจรแลตช์จะปรากฏที่รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ P0-P7

2. วงจรเอาต์พุตไดรเวอร์

3. วงจรอินพุตบัฟเฟอร์

เอาต์พุตไดรเวอร์ของพอร์ต 0 และพอร์ต 2 กับอินพุตบัฟเฟอร์ของพอร์ต0 จะถูกใช้ติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกชิป โดยมีการทำงานดังนี้

พอร์ต 0 จะใช้ส่งค่าแอสเดรสไบต์ต่ำ (Low byte – [A00-A7]) ของตำแหน่งหน่วยความจำภายนอก (หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมหรือข้อมูลภายนอกชิป) และยังถูกใช้เป็น DATA BUS ซึ่งจะใช้ในการรับส่งข้อมูลกับหน่วยความจำภายนอก โดยจะผลัดกันใช้คนละเวลา (Time Multiplex)

พอร์ต 2 ใช้ส่งค่า แอดเดรสไบต์สูง (High byte – [A8-A15]) ของตำแหน่งหน่วยความจำภายนอก (หน่วยความสำหรับเก็บโปรแกรมหรือข้อมูลภายนอกชิป) เมื่อมีการใช้แอสเดรสขนาด 16 บิต และถ้า พอร์ต 2 ไม่ถูกใช้งาน (ติดต่อหน่วยความจำภายนอกน้อยกว่า 256 ไบต์) คือถูกใช้ไม่ครบ 16 บิต (ใช้หน่วยความจำภายนอกไม่ครบ 64 กิโลไบต์) พอร์ต 2 บิต ที่มีไม่ได้ใช้ก็จะส่งค่าภายในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ พอร์ต 2 (P2) ออกมาที่แต่ละขา

พอร์ต 3 ทั้งหมดรวมถึงพอร์ต 1 ของ 8052 อีก 2 ขา แต่ไม่เพียงจะใช้เป็น พอร์ตอินพุตเอาต์พุตเท่านั้น เพราะแต่ละบิตของพอร์ต 3 และพอร์ต 1 บางบิตอาจมีหน้าที่พิเศษอย่างอื่นอีก ดังแสดงที่ตารางนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต	หน้าที่
P1.0 (T2)	ใช้เป็นอินพุตให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์
P1.1 (T2EX)	ใช้เป็นสัญญาณการควบคุมการทำงานของไทม์เมอร์ 2 รายละเอียดจะกล่าวต่อไป
P3.0 (RXD)	ใช้เป็นอินพุทของพอร์ตสื่อสารอนุกรม
P3.1(TXD)	ใช้เป็นเอาท์พุตของพอร์ตสื่อสารอนุกรม
P3.2(INTO)	ใช้เป็นอินพุตของอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0
P3.3(INT1)	ใช้เป็นอินพุตของอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 1
P3.4 (TO)	ใช้เป็นอินพุตของเคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 0
P3.5(T1)	ใช้เป็นอินพุตให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 1
P3.6	ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอก
P3.7 เข้ามา	ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก

หน้าที่พิเศษเหล่านี้จะใช้ได้ก็ต่อเมื่อ ค่าในบิตแลตช์ของพอร์ตในบิตนั้นๆ มีค่าเป็น 1 มิฉะนั้นที่ของพอร์ตภายนอกชิปจะมีค่าเป็น 0

กลุ่มคำสั่ง

ก่อนที่จะเริ่มศึกษากลุ่มคำสั่งของ 8150 จำเป็นต้องทราบถึงวิธีการเข้าถึงข้อมูลใน 8051 ก่อน เพราะ คำสั่งส่วนใหญ่ต้องการข้อมูลประกอบการทำงาน และ 8051 เองก็มีวิธีการเข้าถึงข้อมูลได้หลายวิธี ดังนั้นสิ่งแรกที่ต้องการทราบก่อน จะเริ่มศึกษากลุ่มคำสั่งของ 8051 คือ วิธีการเข้าถึงข้อมูลดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

คำสั่งต่างๆที่มีใน 8051 ส่วนใหญ่จะเป็นคำสั่งที่ต้องการข้อมูลมาประมวลผล เพื่อต้องการให้ได้ผลลัพธ์ แต่ยังมีคำสั่งอีกประเภทหนึ่งซึ่งไม่จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลที่มาประมวลผล คำสั่งประเภทนี้จะเป็นคำสั่งที่ซีพียูสามารถปฏิบัติงานได้ด้วยตนเอง กลุ่มคำสั่งทั้งหมดนั้นจึงสามารถแยกออกเป็นประเภท ตามจำนวนข้อมูลที่ต้องการนำมาประกอบคำสั่งดังนี้

- คำสั่งที่ไม่ต้องการข้อมูลประกอบการทำงาน เช่น RET , RETI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คำสั่งที่ต้องการข้อมูลเพื่อประมูลผล 1 ตัว เช่น INC Rn
- คำสั่งที่ต้องการข้อมูลเพื่อประมวลผล 2 ตัว เช่น MUL AB , DIV AB , ADD A , Rn
- คำสั่งที่ต้องการข้อมูลเพื่อประมวลผล 3 ตัว เช่น CJNE A , #data , rel

กลุ่มคำสั่งทั้งหมดใน 8051 (MCS-51) สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 กลุ่มย่อยตามลักษณะของการทำงานดังนี้

- กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic Instructions)
- กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์ (Logical Instruction)
- กลุ่มคำสั่งเคลื่อนย้ายข้อมูล (Data Transfer Instructions)
- กลุ่มคำสั่งควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรม (Program Control Instruction)
- กลุ่มคำสั่งประมวลผลแบบบูลีน (Boolean Instruction)

ข้อมูลที่ถูกนำมาประมวลผลในคำสั่งที่ต้องการนำมาโอเปอร์แรนด์มีด้วยกันหลายชนิด แต่ละชนิดก็มีวิธีการเข้าถึงข้อมูลแตกต่างกันออกไป วิธีการในการเข้าถึงข้อมูล (Addressing Mode) เพื่อนำมาประกอบคำสั่งมีด้วยกันหลายวิธีดังนี้

วิธีเข้าถึงข้อมูลในคำสั่ง

1) วิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยตรง วิธีนี้จะระบุค่าตำแหน่งหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลโดยตรงในคำสั่ง ข้อมูลที่จะประมวลผล โดยวิธีนี้จะเป็นค่าของข้อมูลในหน่วยความจำ สำหรับเก็บข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปที่ใช้บริเวณ 128 ไบต์ล่าง และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะเท่านั้น และเนื่องด้วยหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปที่ใช้บริเวณ128 ไบต์ล่างกับหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะมีขนาดรวมทั้งสิ้น 256 ไบต์

สิ่งที่ควรระวังในการเข้าถึงข้อมูลวิธีนี้คือ หน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปบริเวณ 128 ไบต์บน ไม่สามารถใช้วิธีการเข้าถึงแบบนี้ได้

2) วิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อม ค่าตำแหน่งหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อจะเก็บไว้ในรีจิสเตอร์เฉพาะของคำสั่ง ดังนั้นวิธีนี้จึงถือเป็นวิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อม นั่นคือ แทนที่ผู้เขียนโปรแกรมจะระบุค่าตำแหน่งของข้อมูลโดยตรง วิธีนี้จะใช้ค่าที่เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ที่ระบุในรหัสคำสั่งให้ชี้ไปยังรหัสตำแหน่งของหน่วยความจำแทน รีจิสเตอร์ที่สามารถนำมาใช้เป็นตัวชี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป (R0 , R1) ของแต่ละกลุ่มรีจิสเตอร์ ทั้ง 4
- รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (SP:strack point)
- รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ DPTR (data point)

รีจิสเตอร์แต่ละตัวจะมีที่ใช้ในแต่ละคำสั่งไม่เหมือนกันดังจะได้กล่าวดังต่อไปนี้

รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป (R0 , R1)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ดังนั้นรีจิสเตอร์ทั้งสองสามารถชี้ตำแหน่งหน่วยความจำได้เพียง 256 ตำแหน่งเท่านั้น ส่วนหน่วยความจำสำหรับ เก็บข้อมูลที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะไม่สามารถใช้รีจิสเตอร์ทั้งสองชี้ตำแหน่งได้ และต้องมีเครื่องหมาย @ นำหน้ารีจิสเตอร์ R0 หรือ R1 ด้วย

ตัวอย่างคำสั่งที่ใช้ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะทั่วไป R0 , R1 แต่รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (SP) ไม่สามารถชี้ตำแหน่งหน่วยความสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิป 8051 ได้ ในสภาวะถูกรีเซต หรือ เริ่มจ่ายพลังงานให้แก่ 8051 ค่าในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (SP) มีค่าเท่ากับ 07H เสมอ

บริเวณของหน่วยความจำในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (SP) ชี้อยู่จะมีชื่อเรียกว่า สแตก ตัวรหัสคำสั่งของคำสั่งที่ใช้รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (SP) เป็นตัวชี้ข้อมูลไม่จำเป็นต้องระบุตำแหน่งของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (SP) เพราะ 8051 ทราบเองจากรหัสคำสั่งจากตัวอย่าง

PUSH ACC นำค่าในรีจิสเตอร์ A ไปเก็บไว้ในสแตก สมมติในขณะนั้น รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (SP) มีค่า 15H

รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (DPTR)

เป็นรีจิสเตอร์ใช้งาน 16 บิต ดังนั้นรีจิสเตอร์ตัวนี้สามารถชี้ตำแหน่งหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิปได้มากถึง 64 กิโลไบต์

MOVX A , @DPTR นำค่าในหน่วยความจำตำแหน่งที่เท่ากับค่าในรีจิสเตอร์ (DPTR) ในขณะนั้นมาไว้ในรีจิสเตอร์ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์และการทำงาน

วงจรและส่วนการทำงานเป็นหัวใจสำคัญของ โครงงานนี้สามารถแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆคือมี ส่วนของวงจรขับเคลื่อน ส่วนของเซนเซอร์ ส่วนของการสื่อสาร ส่วนของปากและหัว ส่วนของแหล่งจ่ายไฟ และส่วนควบคุมการทำงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ส่วนขับเคลื่อน

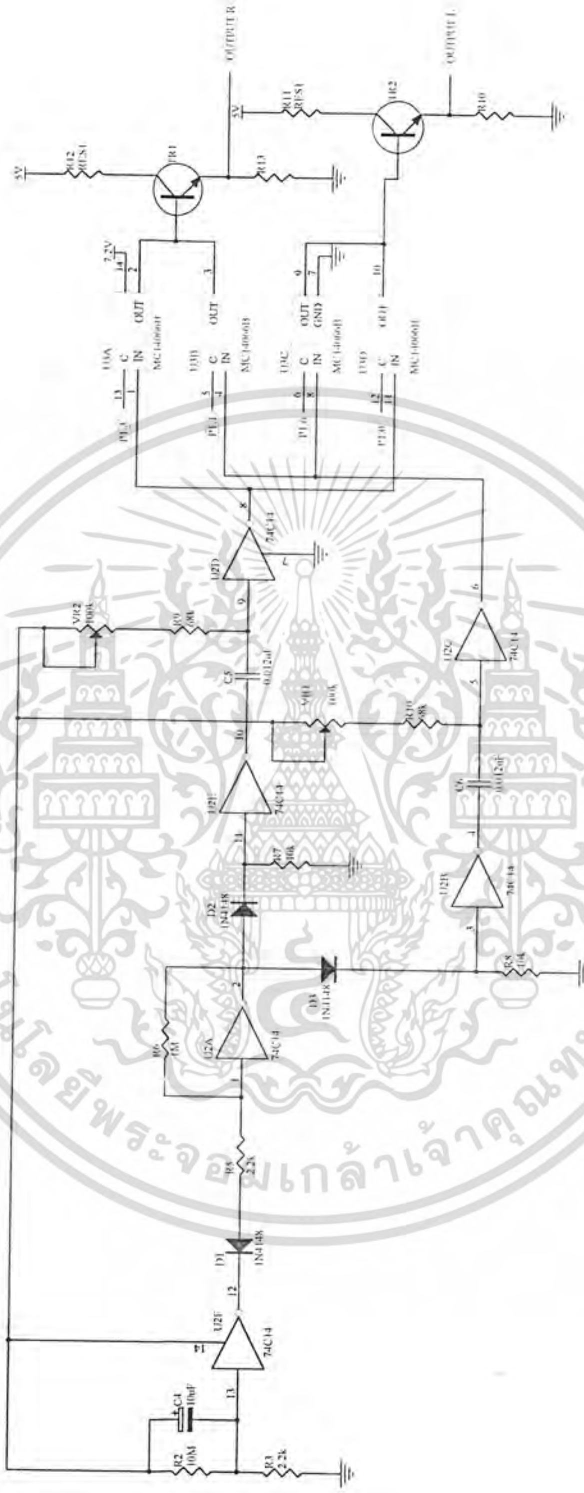
สำหรับการทำงานของภาคขับเคลื่อนนั้น จะมีเซอร์โวมอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน เนื่องจากเซอร์โวมอเตอร์ มีกำลังขับค่อนข้างสูง ซึ่งการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์นั้น จำเป็นจะต้องใช้แหล่งจ่าย +7.2 V , GND. และ สัญญาณพัลส์เพื่อนำไปขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ ดังนั้น เราจะต้องมีภาคป้อนสัญญาณพัลส์ให้กับเซอร์โวมอเตอร์ โดยที่สัญญาณพัลส์ต้องมีคาบเวลาเท่ากับ 20 ms

ถ้าค่าเวลาเท่ากับ 1 ms เซอร์โวมอเตอร์จะถูกขับเคลื่อนหมุนทวนเข็มนาฬิกา แต่ถ้าคาบเวลาเท่ากับ 2 ms เซอร์โวจะถูกขับเคลื่อนให้หมุนตามเข็มนาฬิกา จากหลักการดังกล่าว สามารถนำมาใช้เป็นหลักในการขับเคลื่อนได้ โดยป้อนค่าพัลส์ดังนี้

ค่าพัลส์ทางซ้าย	ค่าพัลส์ทางขวา	ผลที่ได้
1 ms	1 ms	เลี้ยวขวา
1 ms	2 ms	ถอยหลัง
2 ms	1 ms	เดินหน้า
2 ms	2 ms	เลี้ยวซ้าย

การที่ป้อนค่าทั้ง 2 ค่าในการเดินหน้าหรือ ถอยหลังนั้น เนื่องด้วยเซอร์โวมอเตอร์ วางกลับด้านกัน การสร้างสัญญาณพัลส์ให้กับเซอร์โวมอเตอร์ จึงจำเป็นจะต้องผลิตวงจรสร้างสัญญาณพัลส์ออกมา 2 ค่าดังที่ได้แสดงไว้ทางด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงวงจรการผลิตสัญญาณพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจร IC 1/3 , IC1/4 ควบคุมเซอร์โวตัวที่ 1 และ IC1/5 , IC1/6 ควบคุมเซอร์โวตัวที่ 2 ซึ่งทั้ง 2 ส่วน จะถูกขับเคลื่อนด้วยออสซิลเลเตอร์ แบบ FREE RUNNING โดย ICC1/2

การทำงานของวงจร เมื่อมีการป้อนแหล่งจ่ายไฟเข้ามาเลี้ยงวงจร จึงเป็นผลทำให้ IC1/2 นี้ต่อเป็นวงจร Free Running Oscillator สามารถกำหนดค่าความถี่ออสซิลเลเตอร์ได้ด้วยการกำหนดค่าของ C4 และ R5 ที่ต่ออยู่ทางขา 1 ของ ไอซี ซึ่งค่าที่ระบุไว้ในวงจรนี้จะทำให้วงจรกำเนิดความถี่ขึ้นมาประมาณ 60 Hz เป็นสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยม

ส่วนกำเนิดพัลส์ควบคุมเซอร์โวนั้นประกอบด้วย IC1/3 , IC1/4 มีลักษณะการทำงานเป็นช่วงสั้นต่อครั้ง เพื่อทำการกำเนิดพัลส์บวกหนึ่งลูกคลื่นออกมา และสามารถเซตคาบเวลาของพัลส์ได้ด้วยวอลลุ่ม VR1 สำหรับการควบคุมเซอร์โวตัวที่ 1 ทุกๆครั้งที่เอาต์พุตของ IC1/2 มีสถานะลอจิก High ก็จะเกิดการดึงให้ INPUT ขา 11 ของ IC1/3 ก็จะกลับมาเป็น Low และสถานะลอจิก Low ตรงนี้จะผ่านตัวเก็บประจุ C5 เข้าไปยังขา 9 ของ IC1/4 กลับมาเป็น High และจะคงสถานะอยู่เช่นนั้นจนกว่าตัวเก็บประจุ C5 ที่ขา 9 จะ Charge ประจุผ่าน VR1 และ R8 จนเต็มก่อน หลังจากนั้นก็จะทำให้ระดับลอจิกที่ขา 9 ของ IC1/4 ถูกยกระดับให้เป็น High ผลคือเอาต์พุต ขา 8 จะตกลงมาเป็น Low

จากผลการทำงานดังข้างต้นนี้เองระดับแรงดันพัลส์ + 7.2V ที่ขา 8 จะมีการเปลี่ยนแปลงคาบเวลาของพัลส์อยู่ระหว่าง 1 ms และ 2 ms ซึ่งก็จะขึ้นอยู่กับการเซตที่วอลลุ่ม VR1 และพัลส์ที่ได้รับการปรับคาบเวลาด้วย VR1 และสำหรับเซอร์โวตัวที่ 2 นั้นก็จะมีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกันกับในวงจรควบคุมตัวที่ 1 โดยการทำงานกำเนิดพัลส์ควบคุมเซอร์โวจะประกอบไปด้วย IC1/5 , IC1/6 , VR2 และ Q4 โดยปรับค่า VR1 จนเอาต์พุตขา 8 มีค่า 1 ms และปรับค่า VR2 จนค่าเอาต์พุตเท่ากับ 2 ms เมื่อได้พัลส์ออกมาแล้วก็นำไปเข้า IC 4066 เพื่อที่ส่วนควบคุมสามารถเลือกค่า 1 ms หรือ 2 ms ไปจ่ายให้เซอร์โวมอเตอร์ทางซ้าย และเซอร์โวมอเตอร์ทางขวาได้ เอาต์พุตจาก IC 4066 จะส่งให้ขาเบสของ BD139

BD139 ทำหน้าที่ในลักษณะการส่งผ่านแรงดัน และเป็นบัฟเฟอร์ในตัว และทำการเปลี่ยนแรงดันพัลส์ + 7.2 V ไปเป็นระดับแรงดัน + 5 V ซึ่งเป็นระดับแรงดันพัลส์ปกติที่สามารถใช้ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ได้

ส่วนการเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับส่วนควบคุมจะเลือกพัลส์ใดเข้าไปที่เซอร์โวมอเตอร์ โดยส่วนควบคุมสามารถเลือกโดย ป้อนค่าให้กับ IC 4066โดย IC 4066 ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ เลือกค่าพัลส์ ซึ่งการป้อนของค่า IC 4066 มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา 13	ขา 5	ขา 6	ขา 12	ค่าพัลส์ทางขวา	ค่าพัลส์ทางซ้าย	ผล
1	0	1	0	1 ms	2 ms	เดินหน้า
0	1	0	1	2 ms	1 ms	ถ อยหลัง
1	0	0	1	1 ms	1 ms	เลี้ยวซ้าย
0	1	1	0	2 ms	2 ms	เลี้ยวขวา

4.2 ส่วนตรวจรับสัญญาณเซนเซอร์

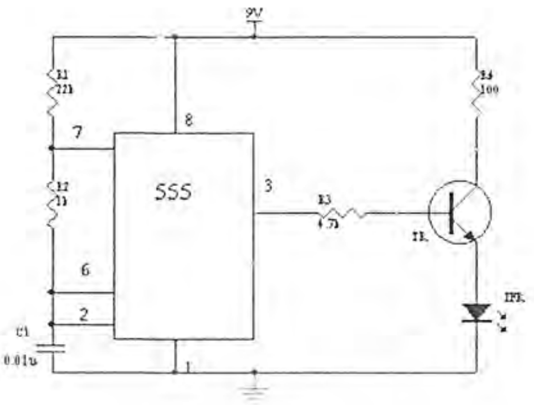
ทำหน้าที่อยู่ 2 อย่างด้วยกัน อย่างแรกคือการตรวจจับ บาร์โค้ด บนพื้นและการตรวจจับวัตถุที่ต้องการจะเก็บ เนื่องด้วยงานทั้ง 2 อย่างจำเป็นต้องใช้การส่งแบบอินฟราเรด เพราะสามารถอ่านบาร์โค้ด ข้างล่าง และยังสามารถตรวจจับวัตถุได้โดยง่ายกว่าเซนเซอร์ชนิดอื่นๆ ซ้ำยังมีราคาประหยัด ทั้งสองอย่างต้องอาศัยลักษณะวงจรเดียวกัน ก่อนอื่นจะอธิบายถึงงานทั้งสองอย่างก่อน

การตรวจจับบาร์โค้ด คือเป็นงานที่ทำให้หุ่นยนต์ทราบถึงบริเวณที่มีสิ่งของตั้งไว้ หรือสิ่งของที่ต้องการจะเก็บ และบริเวณที่ต้องการจะวางสิ่งของการตรวจจับวัตถุที่ต้องการจะเก็บโดยใช้เซนเซอร์อื่นๆ จะมีราคาสูงกว่ามาก แต่สามารถนำไปประยุกต์ นำเซนเซอร์ตรวจจับแบบอื่นๆ มาติดเพิ่มเติมได้ภายหลัง การตรวจจับบาร์โค้ด เนื่องจากมี 2 บริเวณ เราจึงต้องใช้ บาร์โค้ดที่แตกต่างกันออกไป โดยบริเวณที่ต้องการเก็บ ให้มีบาร์โค้ด 2 เส้น และบริเวณที่ต้องการวางของให้มี 3 เส้น โดยอ่านจาก แถบบาร์โค้ด หรือแถบสีดำบนพื้น

การตรวจจับวัตถุ เวลาที่หุ่นยนต์เดินไปเจอบาร์โค้ดข้างล่าง 2 เส้น ก็สามารถทราบถึงบริเวณที่สิ่งของวางไว้ จึงทำการเลื่อนส่วนของปากลง และเปิดปากออกโดยมี ดีซีมอเตอร์ทำการขับเคลื่อน เพื่อที่จะเก็บของ จึงจำเป็นที่ต้องติดเซนเซอร์เพื่อให้ทราบตำแหน่งของวัตถุที่เราต้องการจะเก็บ และทราบเมื่อมีของเข้ามาใกล้บริเวณปากของหุ่นยนต์แล้ว เพื่อให้ภาคควบคุมสั่งให้ทำการเก็บสิ่งของนั้นขึ้นมา

ลักษณะของภาคส่ง การตรวจจับของเซนเซอร์ การส่งแบบอินฟราเรด ต้องระวังถึงแสงภายนอกมารบกวนตัวตัวรับอินฟราเรด จึงทำการมอดูเลตกับความถี่พาหะขนาด 40KHz โดยใช้ IC 555 สร้างพัลส์ออกมา ซึ่งมีวงจรดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

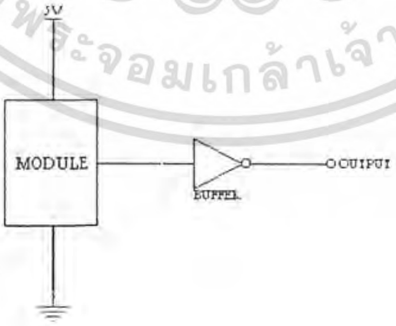


รูปที่ 4.2 แสดงวงจรส่งอินฟราเรด

จากวงจร IC 555 มีหน้าที่ผลิตความถี่พาหะ และส่งไปยังบัฟเฟอร์ เพื่อให้มีสัญญาณแรงพอที่จะนำไปให้ ทรานซิสเตอร์ นำไปขับให้กับ LED อินฟราเรด ภาคส่งของการตรวจจับบาร์โค้ดและการตรวจจับวัตถุมีลักษณะเหมือนกัน

ลักษณะของภาครับ ของการตรวจจับวัตถุ และการตรวจบาร์โค้ด มีลักษณะต่างกัน โดยการตรวจจับวัตถุ เมื่อเจอวัตถุ ตัวรับจะรับสัญญาณอินฟราเรดได้ แต่การตรวจบาร์โค้ด เมื่อเจอบาร์โค้ด ตัวรับจะไม่ได้รับสัญญาณอินฟราเรด เนื่องจาก บาร์โค้ดเป็นแถบสีดำ จึงมีวงจรต่างกันเล็กน้อย

จากวงจรตัว Module ทำหน้าที่ถอดความถี่พาหะออก และนำสัญญาณที่ได้ ไปเข้าตัวขยายให้มีสัญญาณแรงพอที่จะส่งไปให้กับส่วนควบคุมการทำงานต่อไป



รูปที่ 4.3 แสดงภาครับ

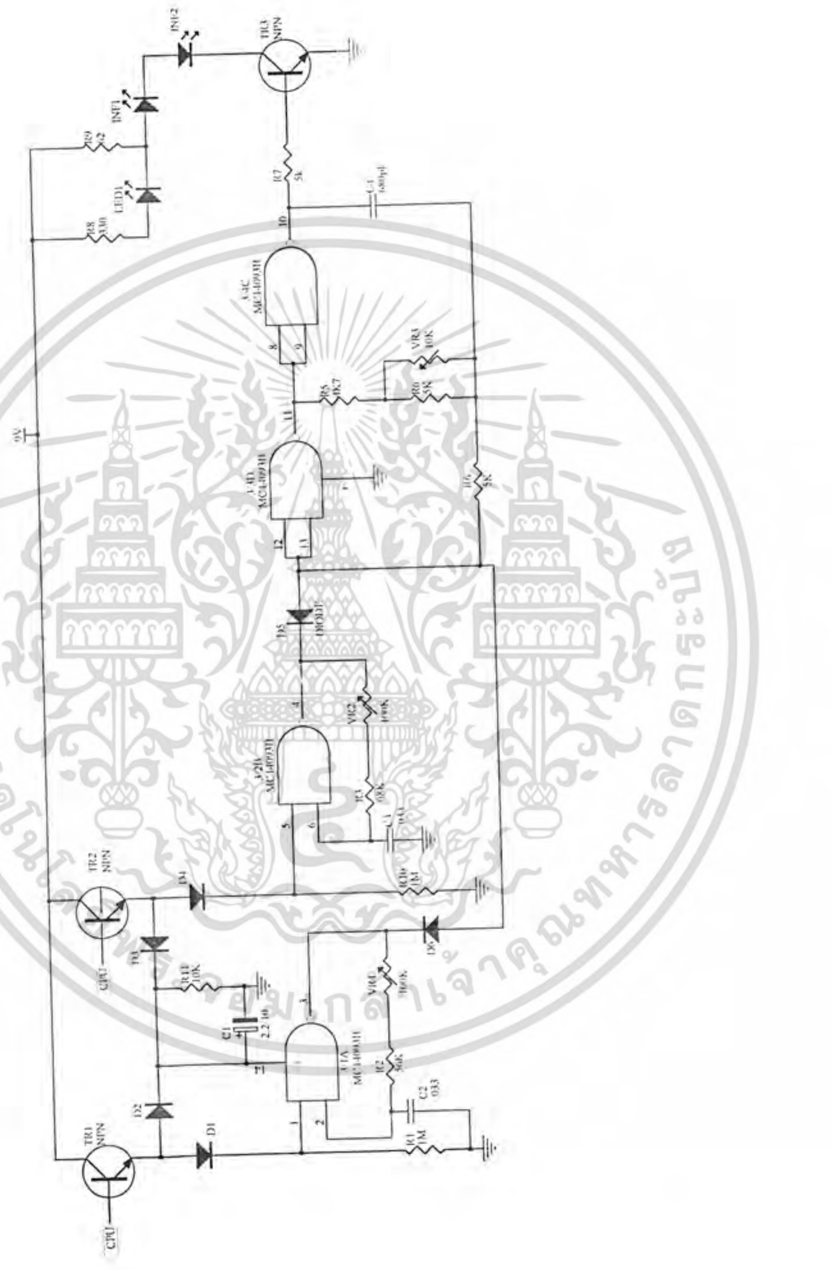
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ส่วนการสื่อสาร

ทำหน้าที่รับค่าข้อมูล และทิศทางที่ส่งว่ามาจากที่ใด โดยได้ออกแบบให้ใช้การส่งแบบอินฟราเรดเพราะง่ายต่อการออกแบบ ราคาถูก และมีประสิทธิภาพที่ดี ซึ่งง่ายต่อการจับทิศทางของเครื่องส่ง แต่การส่งก็มีข้อจำกัดเรื่องของแสงภายนอกมารบกวน และต้องการให้สามารถส่งได้ 2 ข้อมูล จึงทำการสร้างชุดผลิตสัญญาณโทนแล้วนำมามอดูเลต กับความถี่พาหะ โดยความถี่พาหะมีค่า 40 KHz

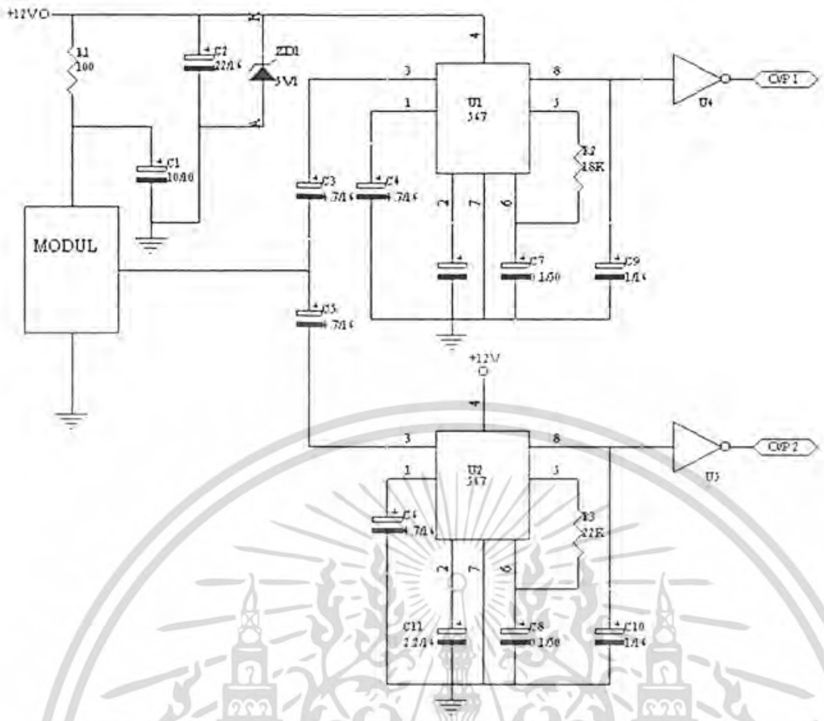
จากวงจรได้ใช้ IC 4093 เป็นตัวสร้างสัญญาณโทนและความถี่พาหะ IC3/1 มีหน้าที่กำเนิดสัญญาณโทนช่องที่ 1 IC3/2 มีหน้าที่กำเนิดสัญญาณโทนช่องที่ 2 และ IC3/3 , IC3/4 ทำหน้าที่กำเนิดความถี่ 40 KHz โดยเมื่อ ส่วนควบคุมการทำงานส่งสัญญาณเข้าขาเบสของ TR1 จะทำให้ IC3/1 ทำการผลิตสัญญาณโทน และไปกระตุ้นให้ IC3/3 และ IC3/4 ทำงาน ส่งความถี่พาหะและสัญญาณโทนออกไป ให้กับค่าเบสของ TR3 ซึ่ง TR3 มีหน้าที่ขับ LED อินฟราเรด เพื่อส่งสัญญาณช่องที่ 1 ออกไป ส่วนช่องที่ 2 มีลักษณะเหมือนกัน โดยสัญญาณโทนมีความถี่คนละความถี่กับสัญญาณโทนช่องที่ 1 โดยมี VR1 ใช้ปรับสัญญาณโทนช่องที่ 1 และ VR2 ใช้ปรับสัญญาณโทนช่องที่ 2 เมื่อมีสัญญาณจากส่วนควบคุมการทำงานให้ส่งช่อง 2 สัญญาณจะเข้าที่ขาเบสของ TR2 ทำให้ IC3/2 ทำงานและผลิตสัญญาณโทนช่องที่ 2 ออกมา และทำให้ IC3/3 และ IC3/4 ทำงานและผลิตความถี่พาหะออกมาและนำสัญญาณโทนและความถี่พาหะไปยังขาเบสของ TR3 เพื่อขับ LED อินฟราเรด ทั้ง 2 ช่องจะถูกส่งไม่พร้อมกัน โดยหุ่นยนต์แต่ละตัวจะมีภาครับและภาคส่ง ซึ่งภาครับของหุ่นยนต์มีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงวงจรภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงภาครับสัญญาณ

ภาครับจะแยกการทำงานได้ 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 Module จะทำหน้าที่รับสัญญาณอินฟราเรด แล้วทำการ Detect ความถี่พาหะทิ้งไปให้เหลือแต่สัญญาณโทน แล้วส่งไปให้ส่วนที่ 2 มี IC1 และ IC2 เป็น IC เบอร์ 567 IC1 จะทำงานเมื่อมีสัญญาณโทนช่องที่ 1 เข้ามา IC2 จะทำงานเมื่อมีสัญญาณโทนช่องที่ 2 เข้ามา เมื่อออกจาก IC1 หรือ IC2 จะเข้าไปส่วน ที่ 3 เป็นส่วนของบัฟเฟอร์เพื่อนำข้อมูลไปยังส่วนควบคุมการทำงาน

4.4 ส่วนควบคุมส่วนปาก

ส่วนปากจะสามารถเลื่อนขึ้น – ลงได้ และ เปิด – ปิดปาก โดยใช้ LM293 เป็นตัวขับให้ดีซีมอเตอร์ทำงาน โดยทางส่วนควบคุมการทำงานเป็นตัวส่งสัญญาณมาให้ LM293 ขับ ดีซีมอเตอร์ ไปในทิศทางใด และมีลิมิตสวิตช์ 4 ตัว ทำหน้าที่กำหนดขอบเขตการทำงานของการเลื่อนขึ้น – ลง และการเปิด – ปิดปาก การสั่งการทำงานของ LM293 เพียงส่งสัญญาณเป็น “0” หรือ “1” จำนวน 2 บิต LM293 ก็จะทำการขับดีซีมอเตอร์ ให้หมุนในทิศทางใด หรือ ต้องการให้ดีซีมอเตอร์หยุดก็สามารถที่จะกระทำได้โดยง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ส่วนแหล่งจ่ายไฟ

วงจรต่างๆต้องการใช้แรงดันหลายขนาดจึงจำเป็นต้องมีแหล่งจ่ายไฟขนาดต่างๆ โดยขนาดแรงดันดังนี้ 12V , 9V , 7.2V , 5V และ 0V จึงใช้แบตเตอรี่แห้ง จ่ายแรงดันไฟตรงขนาด 12V 2A แหล่งจ่ายไฟ ถือเป็นหัวใจหลักอย่างหนึ่ง หากขาดไปวงจรต่างๆ ก็ไม่สามารถที่จะทำงานได้ จากการออกแบบได้อาศัย IC สำเร็จรูปเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งง่ายต่อการออกแบบ ทั้งยังมีประสิทธิภาพดี ราคาถูกด้วย

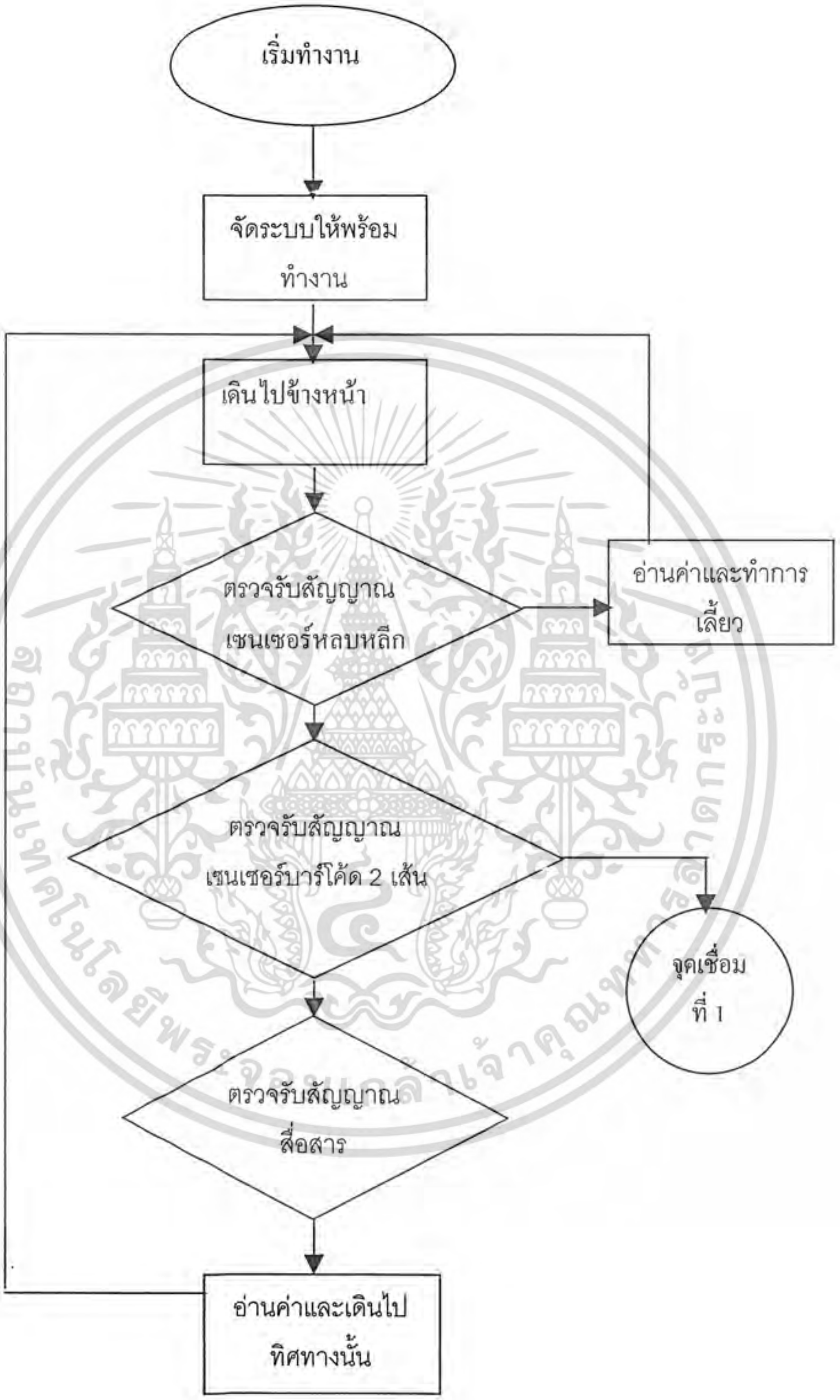
4.6 ส่วนควบคุมการทำงาน

การทำงานมีหัวใจหลักคือ 89C52 ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมด โดยทำหน้าที่รับค่าและส่งค่าต่างๆ เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงาน ตามที่ได้โปรแกรมไว้ โดย MCS จะต่อกับภาคต่างๆทั้งหมด เพื่อควบคุมการทำงานของภาคต่างๆ รวมถึงการสื่อสารต่างๆ ด้วย โดยจะแสดง Flow Chart การทำงานคร่าวๆ ดังนี้

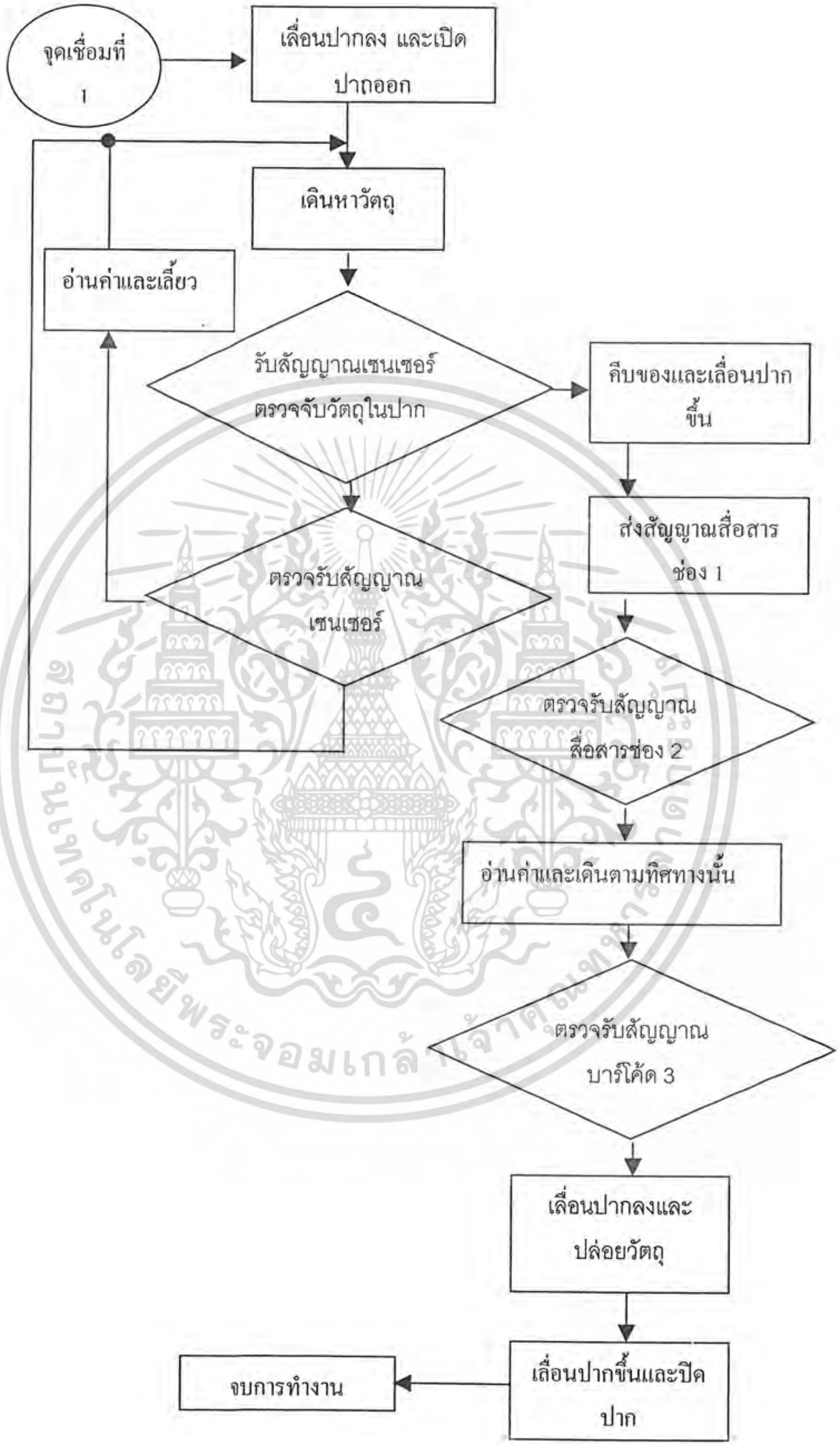
ส่วนควบคุมการทำงานบริเวณฐาน เป็นจุดที่มีเส้นบาร์โค้ด 3 เส้น ล้อมรอบ เป็นบริเวณที่จำนำสิ่งของไปวางไว้ โดยส่วนนี้จะต้องบอกทิศทางเมื่อหุ่นยนต์ส่งสัญญาณสื่อสารช่องที่ 1 เข้ามา เสร็จสิ้น ส่วนควบคุมบริเวณฐานต้องส่งสัญญาณบริเวณฐานเพื่อบอกทิศทางให้หุ่นยนต์เดินมาในทิศทางที่จะวางของได้ถูกต้อง โดยส่วนนี้จะควบคุมด้วย MCS-52 หรือ 89C52 และ มีวงจรรับส่งอินฟราเรด 2 ช่อง อยู่ด้วย

การทำงานของโปรแกรมหุ่นยนต์ แต่ละตัวได้แสดงการทำงานโดยจะแสดง Flow Chart การทำงานคร่าวๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดลองและผลการทดลองของโครงการ

ในการทดลองการทำงานของโครงงาน เราได้ทำการทดลองในส่วนของ ฮาร์ดแวร์ ซึ่งแบ่งเป็น 4 แบบ

5.1 การเดินของหุ่นยนต์

การทดลองรูปแบบการเดิน

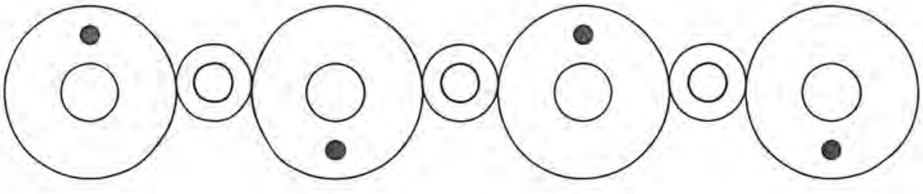
จากการทดลองให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ ครั้งแรกทางคณะผู้จัดทำได้ทดลองวางตำแหน่งให้แต่ละขาต่างกัน 90 องศาดังรูปที่ 1

รูปที่ 5.1 ภาพแสดงการวางตำแหน่งขาต่างกัน 90 องศา

จากการทดลองให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ จะพบว่าหุ่นยนต์สามารถทำความเร็วได้ดี แต่มีข้อเสียที่การทรงตัว คือคณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่นั้นจะเกิดอาการโครงเครงมากเหตุเพราะทุกสเต็ป ที่หุ่นยนต์ก้าวเดินจะมีขาที่วางกับพื้นเพียงข้างละขาเดียวเท่านั้น จึงทำให้การรักษาความสมดุลย์ขณะหุ่นยนต์เคลื่อนที่นั้นไม่ค่อยดี และในขณะที่เลี้ยวนั้นยิ่งทำให้การทรงตัวแย่กว่าเดิม

การทดลองให้แต่ละขามีตำแหน่งต่างกัน 180 องศา ดังรูปที่ 2 นั้น จะให้ผลที่ดีกว่าแบบ 90 องศา คือ จะให้การทรงตัวที่ดีในขณะที่หุ่นยนต์เดินตรงและเลี้ยวเพราะทุกสเต็ปที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ จะมีขาที่วางกับพื้น 4 ขา และขณะที่หุ่นยนต์ทำการหมุนตัวนั้นจะใช้พื้นที่น้อยมาก คือขณะที่หุ่นยนต์หมุนตัวนั้น ตัวหุ่นยนต์จะหมุนตัวอยู่กับที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 ภาพแสดงการวางตำแหน่งขาต่างกัน 180 องศา

หุ่นยนต์แปดขา ได้สร้างมีจำนวน 3 ตัว เพื่อเป็นการศึกษาลักษณะการเดินของหุ่นยนต์แมลงแปดขา ได้มีการทดลองจับเวลาการเดินในระยะทาง 1 เมตร ผลสรุปว่า

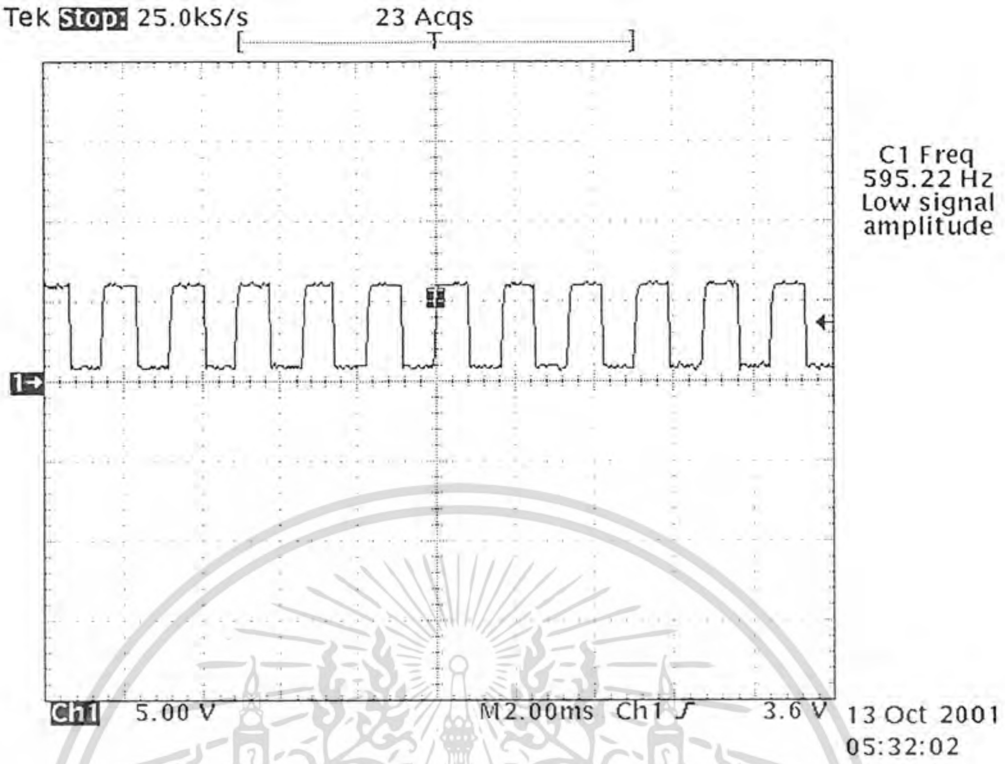
หุ่นยนต์เดินในระยะทาง 1 เมตร ใช้เวลา 30 วินาที

นำหุ่นยนต์มาเดินในพื้นที่ขรุขระ ผลปรากฏกว่า หุ่นยนต์จะเดินในพื้นที่ขรุขระได้ดีกว่าพวกหุ่นยนต์ชนิดที่มีล้อเป็นตัวขับเคลื่อน

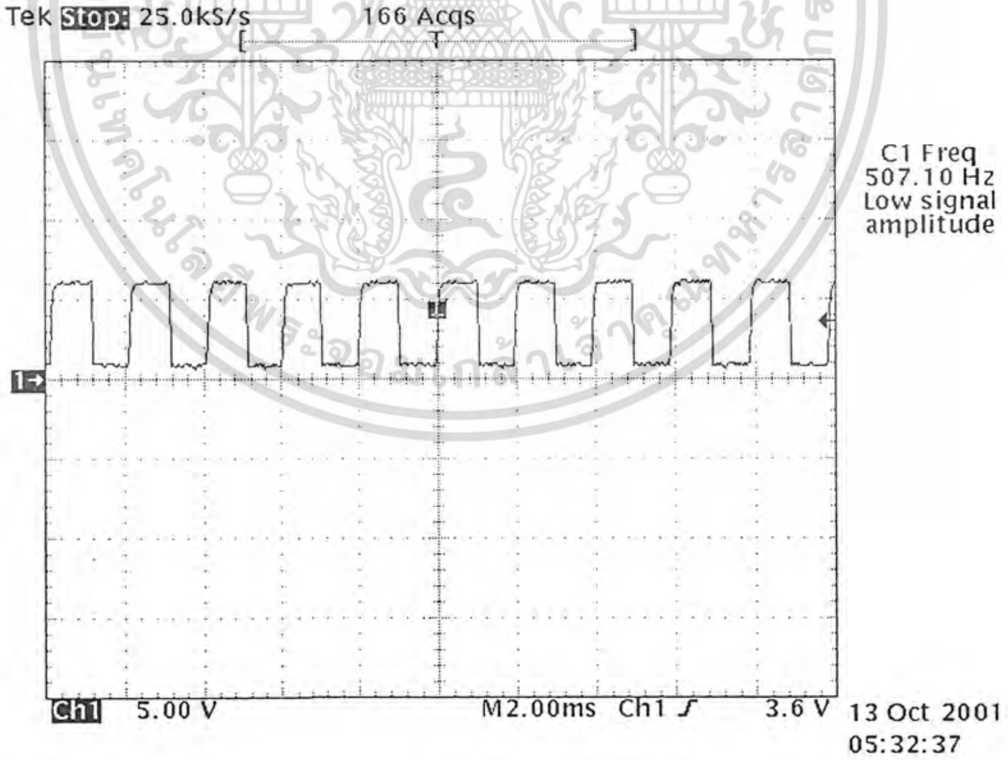
5.2 ภาคการสื่อสาร

ซึ่งได้ใช้สโคปจับในขณะที่ผลิตแต่ความถี่โทนทั้งช่องที่ 1 และช่องที่ 2 และได้ใช้สโคปจับเมื่อรวมกับ ความถี่พาหะผลเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

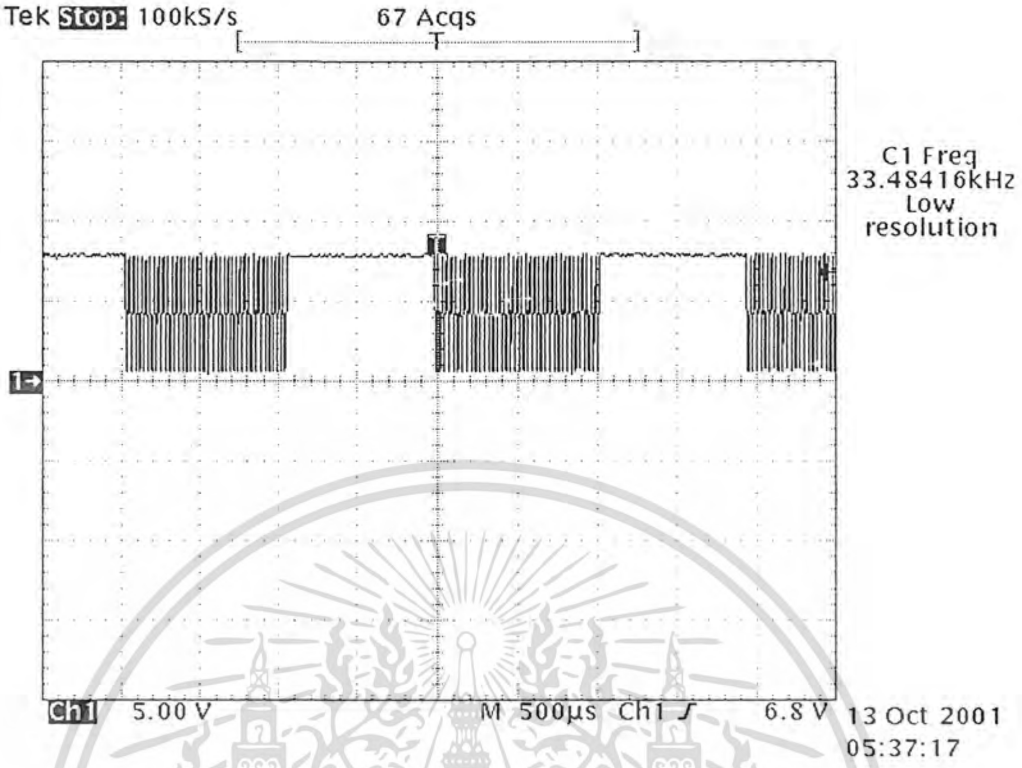


รูปที่ 5.3 แสดงสัญญาณโทนความถี่ช่องที่ 1

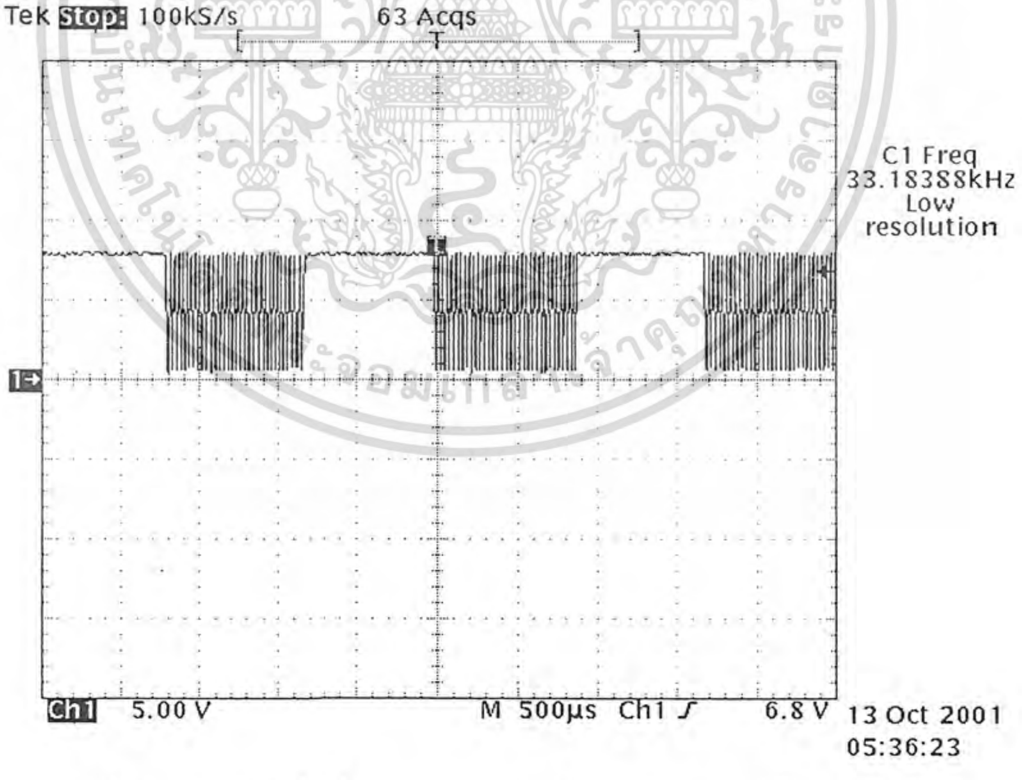


รูปที่ 5.4 แสดงสัญญาณโทนความถี่ช่องที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 แสดงรูปคลื่นเมื่อสัญญาณโทนช่องที่ 1 ผสมกับความถี่พาหะ

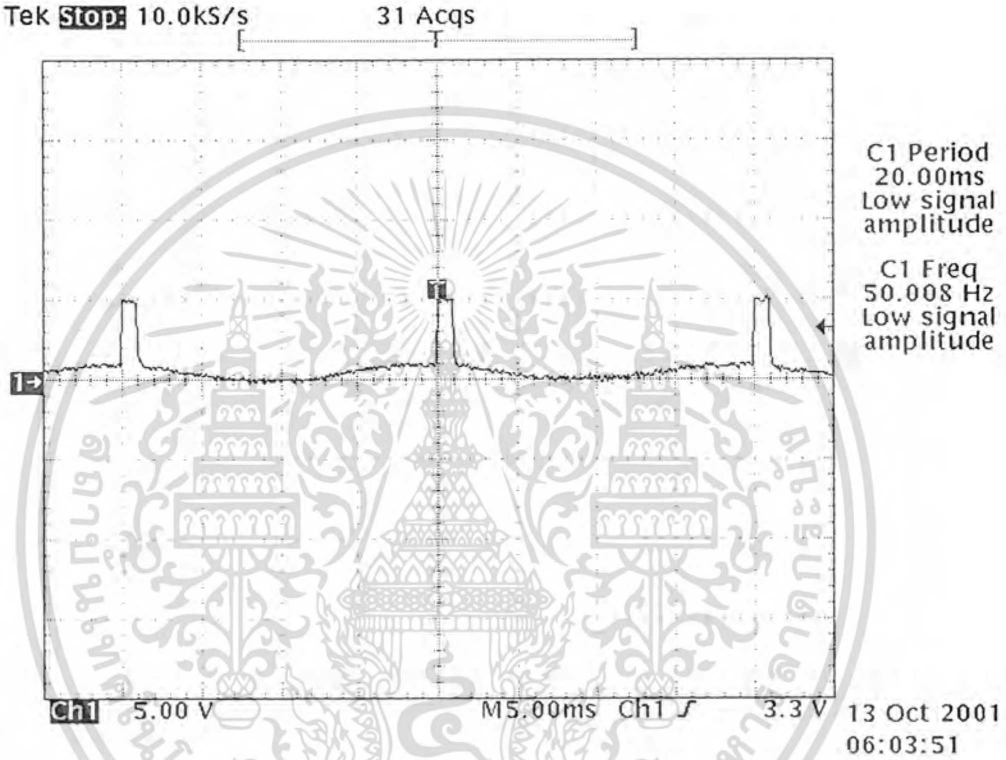


รูปที่ 5.6 แสดงรูปคลื่นเมื่อสัญญาณโทนช่องที่ 2 ผสมกับความถี่พาหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

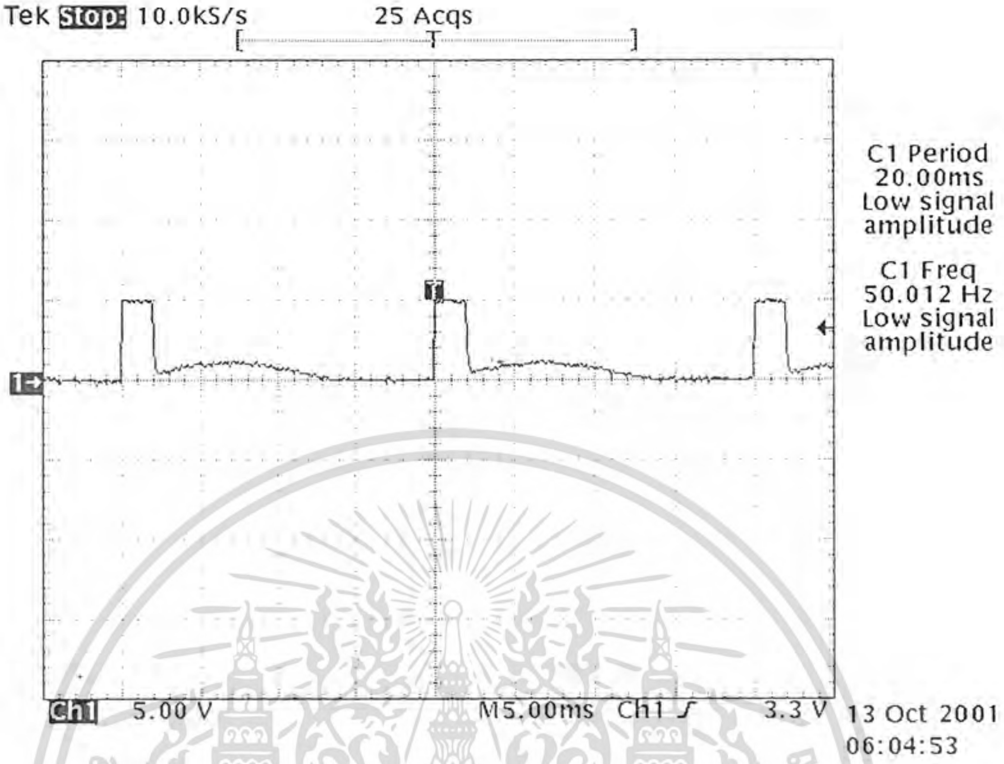
5.3 ส่วนวงจรสร้างพัลส์

ได้ทำวงจรและทำการทดลองโดยใช้สโคปจับสัญญาณออกมาโดยวงจรได้ผลิต ค่าความถี่ออกมา 2 ค่าคือมี Ton = 1 mSec และ Ton = 2 mSec เพื่อนำพัลส์ที่ได้ไปขับเซอร์โวสัญญาณออกมาดังนี้



รูปที่ 5.7 แสดงสัญญาณพัลส์ที่จะนำไปขับเซอร์โวขนาด 1 mSec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

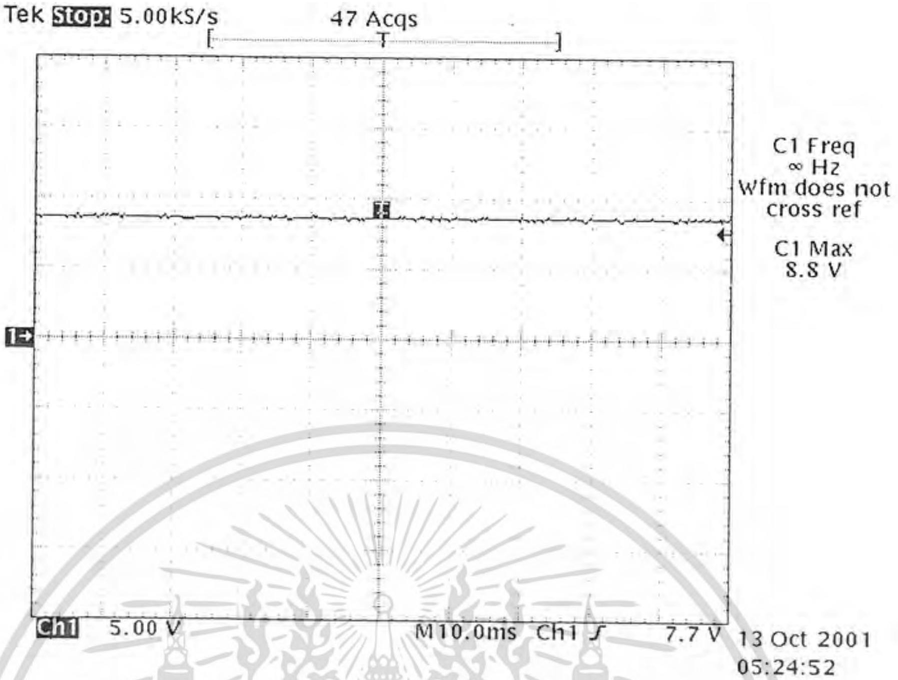


รูปที่ 5.8 แสดงสัญญาณพัลส์ที่จะนำไปขับเซอร์โวขนาด 2 mSec

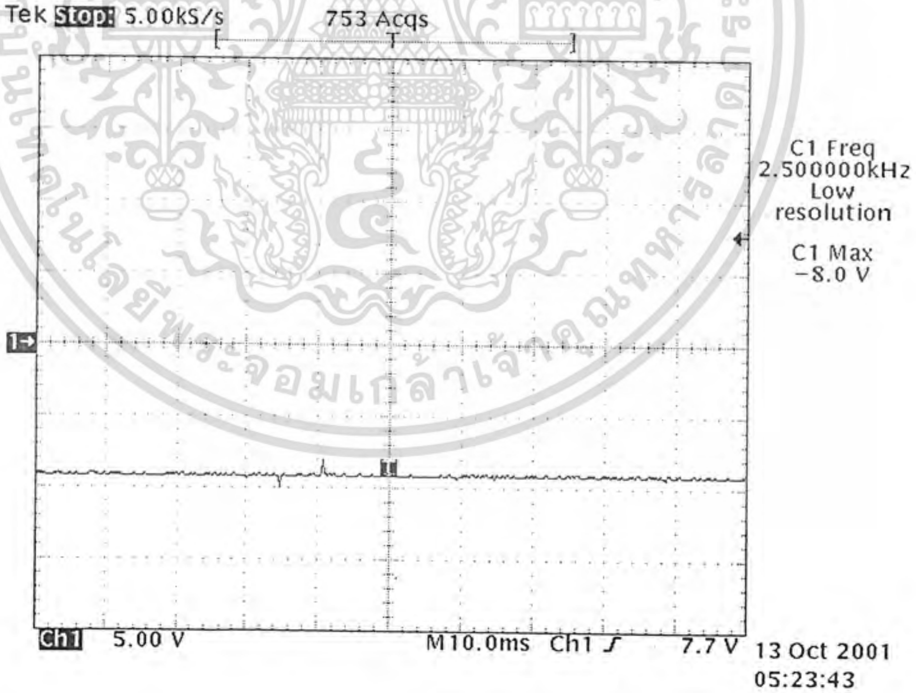
5.4 ส่วนการขับเคลื่อน

ทำการจับสัญญาณในขณะที่ป้อนไฟให้กับมอเตอร์ส่วนของปากในทิศทางทวนเข็มและตามเข็ม และทำการจับสัญญาณพัลส์ที่ป้อนให้กับเซอร์โวในขณะขับเคลื่อนจริง ในทิศทางเดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวา โดยสัญญาณข้างบนเป็นพัลส์ ที่ป้อนให้กับเซอร์โวมอเตอร์ด้านซ้าย และพัลส์ทางด้านล่างเป็นพัลส์ที่ป้อนให้กับเซอร์โวมอเตอร์ทางด้านขวา ซึ่งมีสัญญาณดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

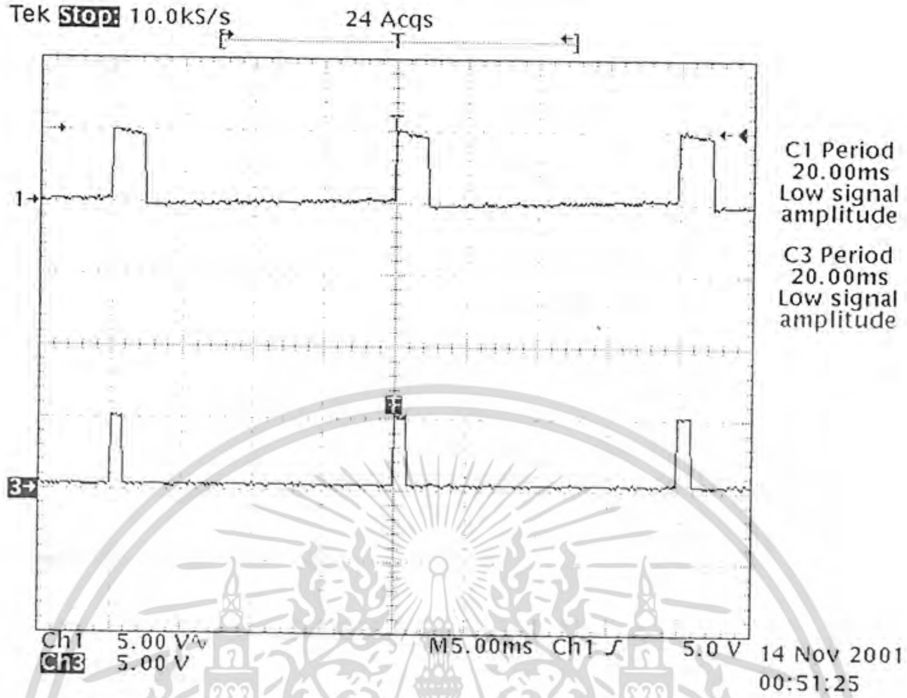


รูปที่ 5.9 แสดงสัญญาณของไฟที่เข้าไปขับให้มอเตอร์หุ่นยนต์ตามเข็ม

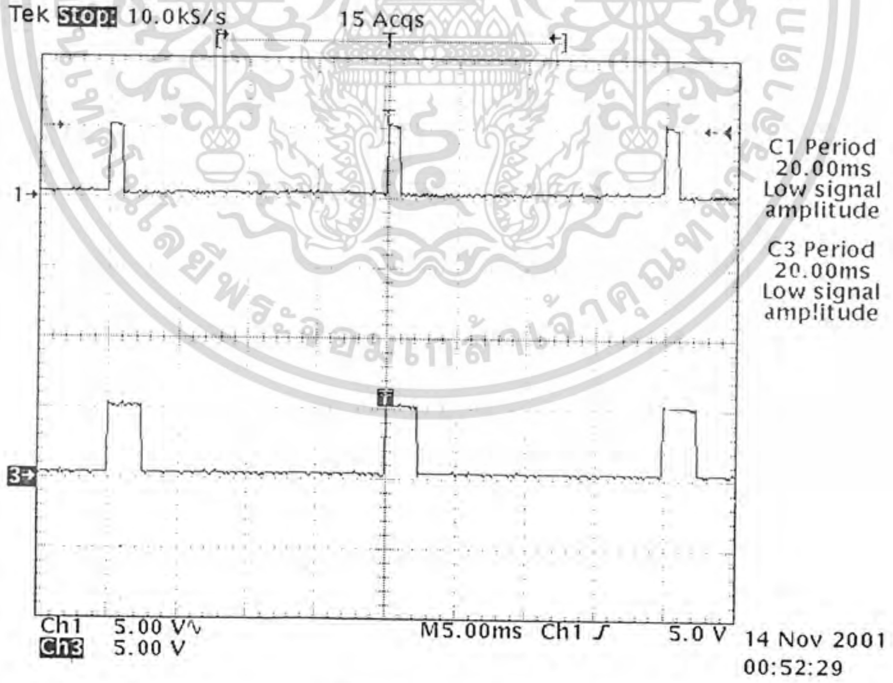


รูปที่ 5.10 แสดงสัญญาณของไฟที่เข้าไปขับให้มอเตอร์หุ่นยนต์ทวนเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

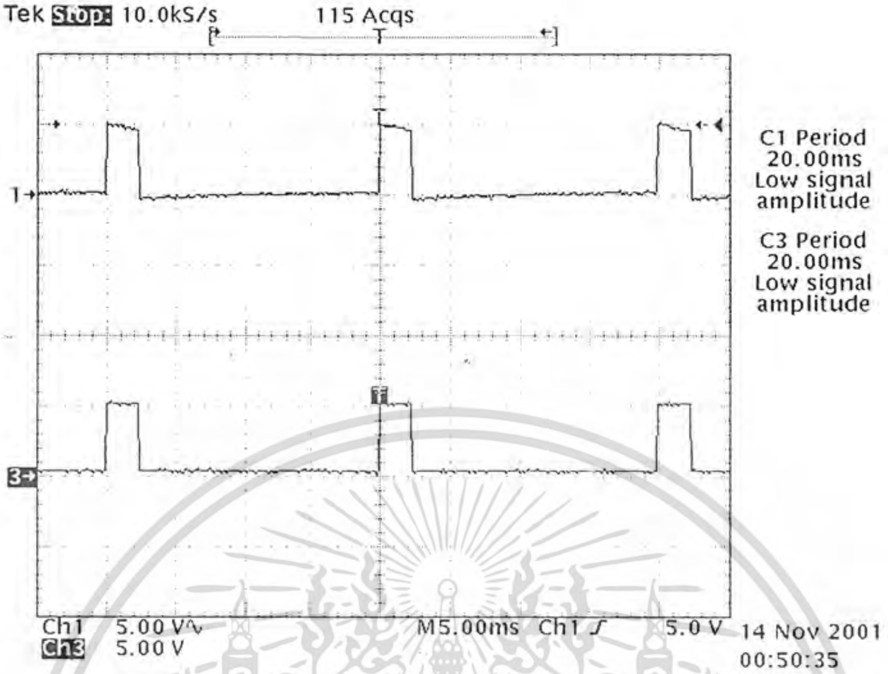


รูปที่ 5.11 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ไปขับเซอร์โวในขณะขับเคลื่อน ในทิศทางเดินหน้า

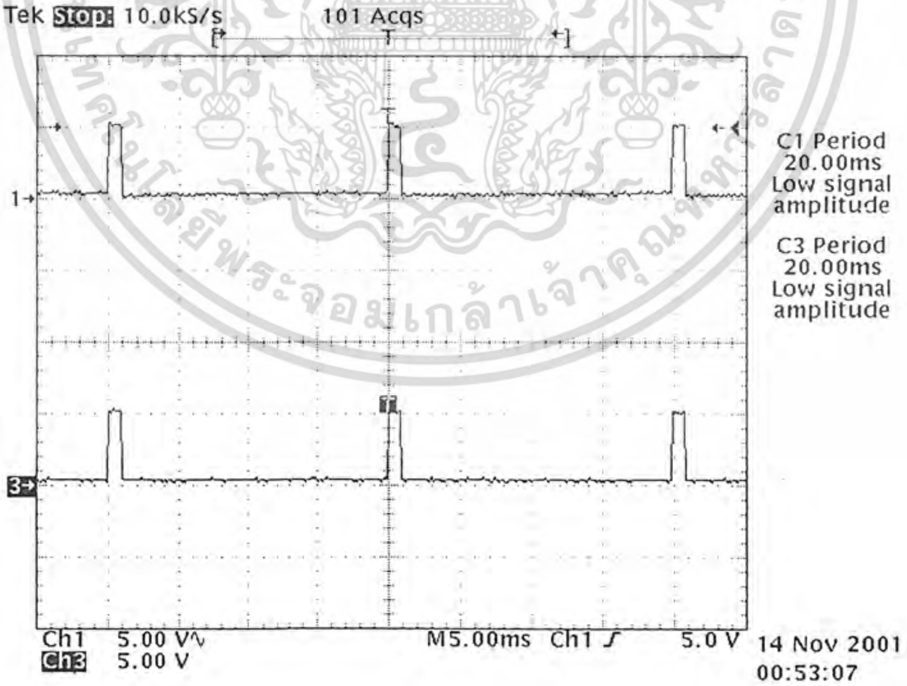


รูปที่ 5.12 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ไปขับเซอร์โวในขณะขับเคลื่อน ในทิศทางถอยหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.13 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ไปขับเซอร์โวในขณะขับเคลื่อน ในทิศทางเลี้ยวขวา



รูปที่ 5.14 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ไปขับเซอร์โวในขณะขับเคลื่อน ในทิศทางเลี้ยวซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

วิจารณ์และบทสรุป

จุดมุ่งหมายของปริญญานิพนธ์นี้เพื่อสร้างหุ่นยนต์ที่มีความสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยขา และสามารถติดต่อสื่อสารกันได้

ซึ่งในส่วนของชิ้นส่วนและโครงสร้างของหุ่นยนต์นั้น มีโครงสร้างที่สามารถรับน้ำหนักได้ดี แต่การนำชิ้นส่วนอุปกรณ์แต่ละชิ้นมาประกอบกันนั้นยังมีเสถียรภาพไม่ค่อยดีนัก ซึ่งในความเป็นจริงแล้วควรที่จะมีการคำนวณและมีทฤษฎีมารองรับทุกขั้นตอนในการออกแบบและสร้างเช่น การวางตำแหน่งขาเพื่อรองรับน้ำหนักน้ำหนัก และ แรงบิดของ เซอร์โวมอเตอร์ เป็นต้น ในส่วนของฮาร์ดแวร์ของหุ่นยนต์นี้จะเน้นการออกแบบที่ทำให้หุ่นยนต์สามารถแยกออกเป็นชิ้นส่วนได้ ซึ่งจะทำให้สะดวกต่อการเพิ่มเติม ปรับเปลี่ยน และ ซ่อมแซม และจากโครงสร้างชิ้นส่วนของหุ่นยนต์ จะเห็นว่า ขนาดของชิ้นส่วนประกอบหลักๆ เช่น เซอร์โว มอเตอร์ เฟือง จะเป็นตัวกำหนดขนาดของหุ่นยนต์ ดังนั้นถ้าสามารถหา เซอร์โวมอเตอร์ เฟือง ที่มีขนาดเล็กเท่าไร ก็จะยิ่งทำให้ขนาดของหุ่นยนต์มีขนาดเล็กลงตามไปด้วยเท่านั้น ในส่วนของวัสดุที่ใช้ทำเท้าของหุ่นยนต์ ถ้าเปลี่ยนเป็นวัสดุที่มีความสามารถในการเกาะพื้นที่ดี ก็จะทำให้หุ่นยนต์สามารถปีนป่ายพื้นที่ลาดชันได้ดีกว่าที่เป็นอยู่ด้วย และเนื่องจากเป็นงานที่ต้องออกแบบและสร้างฮาร์ดแวร์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน และทางคณะผู้จัดทำก็ไม่ค่อยมีประสบการณ์ทางด้านแมคคานิกส์ด้วย ดังนั้นเวลาส่วนใหญ่ของการทำโครงงานนี้จึงถูกใช้ไปในการออกแบบ และจัดหาอุปกรณ์เพื่อสร้างหุ่นยนต์

ในส่วนของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ เราก็ใช้ MCS 52 เป็นตัวควบคุม แต่ในปริญญานิพนธ์ได้ทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ ซึ่งมีการเดินโดยมีเซอร์โวมอเตอร์เป็นกำลังหลักเพื่อใช้ในการหมุนเฟืองเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า หรือ หลัง

การสื่อสารและระบบเซนเซอร์ ยังมีความผิดพลาดอยู่บ้าง เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้อยู่ยังไม่มีประสิทธิภาพไม่พอเพียงแก่ความต้องการ หากนำอุปกรณ์ที่มีคุณภาพมาใช้ จะทำให้มีประสิทธิภาพที่ดีมากขึ้น ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ ติดตั้งได้ภายหลัง ซึ่งอุปกรณ์จำพวกนี้จะมีราคาค่อนข้างสูง เพื่อเป็นการประหยัดงบประมาณ จึงใช้อุปกรณ์ที่มีคุณภาพพอสมควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ORG         0000H
        FORWARD     EQU     05H
        BLACK       EQU     0AH
        RIGHT       EQU     06H
        LEFT        EQU     09H
        STOP        EQU     00H
        MOV         P0,#0F7H
        MOV         P1,#00H
        MOV         P2,#0F4H
        MOV         P3,#80H
        MOV         R7,#00H
        MOV         R6,#00H
        MOV         R5,#00H
        MOV         R4,#00H
        MOV         R3,#00H
        MOV         R2,#00H
        MOV         R1,#00H
MAIN:   LCALL       UP
        LCALL       CLOSE
        MOV         P1,#STOP
        LCALL       DELAY_2S
MAIN2:  MOV         P1,#FORWARD
        LCALL       SENSER
        SJMP        MAIN2
GOBAR:  LCALL       BAR
SENSER: MOV         P1,#FORWARD
        LCALL       SENBIG
        JNB         P0.7,GOBAR
        CJNE        R2,#01,M1
        AJMP        GND
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
M1:            CJNE     R2,#02,SENSER
               LCALL    UTURN
               SJMP     SENSEROUT
M2:            LCALL    LOOP13
SENSEROUT:     NOP
               RET

    ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;    GND    ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

GND:           MOV      P1,#STOP
               LCALL    DOWN
               LCALL    OPEN
               SETB     P0.3
LOOP1:         MOV      P1,#FORWARD
               MOV      R4,#6
               LCALL    SENKEEP
               LCALL    BLACK_2S
               LCALL    TURNLEFT_90
               MOV      R4,#12
               LCALL    SENKEEP
               LCALL    BLACK_2S
               LCALL    TURNRIGHT_90
               MOV      R4,#6
               LCALL    SENKEEP
               LCALL    BLACK_2S
               LCALL    TURNRIGHT_90
               MOV      R4,#12
               LCALL    SENKEEP
               LCALL    BLACK_2S
               LCALL    TURNRIGHT_90
               SJMP     LOOP1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
KEEP:   MOV     P1,#STOP
        CLR     P0.3
        LCALL   CLOSE
        LCALL   UP
        SETB    P2.0
        LCALL   DELAY_1S
        CLR     P2.0
        CLR     P2.2
        SETB    P2.3
K2:     MOV     P1,#FORWARD
        LCALL   SENBIG
        LCALL   LOOP13
        JNB     P0.7,BAR
        CJNE    R2,#01,K1
        MOV     P1,#FORWARD
K1:     CJNE    R2,#02,K2
        MOV     P1,#FORWARD
        LCALL   DELAY_4S
        MOV     P1,#STOP
        LCALL   DOWN
        LCALL   OPEN
        LCALL   UP
        LCALL   CLOSE
        LCALL   BLACK_4S
        LCALL   TURNLEFT_90
        MOV     R3,#20
K3:     MOV     P1,#FORWARD
        LCALL   DELAY_1S
        LCALL   SENBIG
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DJNZ    R3,K3
                LJMP    THE_END
OUT:            LCALL   UTURN
                LCALL   DELAY_4S
                LJMP    MAIN

    ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;      BAR     ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

BAR:            MOV     R7,#200
BDELAY_10mS:    MOV     R6,#10
BDELAY_10mS1:   MOV     R5,#0E6H
BDELAY_10mS2:   JB      P0.7,BAR1
                DJNZ    R5,BDELAY_10mS2
                DJNZ    R6,BDELAY_10mS1
                DJNZ    R7,BDELAY_10mS
                SJMP    OUT

BAR1:           MOV     R7,#200
BBDELAY_10mS:   MOV     R6,#10
BBDELAY_10mS1:  MOV     R5,#0E6H
BBDELAY_10mS2:  JNB     P0.7,BAR2
                DJNZ    R5,BBDELAY_10mS2
                DJNZ    R6,BBDELAY_10mS1
                DJNZ    R7,BBDELAY_10mS
                MOV     R2,#01H
                SJMP    BAROUT
BAR2:           MOV     R2,#02H
BAROUT:         NOP
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;          RECEIVER          ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

LOOP13:     MOV     A,P2
            ANL     A,#0F0H
            MOV     R1,A
            CJNE    R1,#10H,LOOP2
            LCALL   UTURN
            SJMP    LOOPOUT
LOOP2:      CJNE    R1,#20H,LOOP3
            LCALL   TURNRIGHT_90
            SJMP    LOOPOUT
LOOP3:      CJNE    R1,#30H,LOOP4
            LCALL   TURNRIGHT_90
            LCALL   TURNRIGHT_45
            SJMP    LOOPOUT
LOOP4:      CJNE    R1,#40H,LOOP5
            MOV     P1,#FORWARD
            SJMP    LOOPOUT
LOOP5:      CJNE    R1,#60H,LOOP6
            LCALL   TURNRIGHT_45
            SJMP    LOOPOUT
LOOP6:      CJNE    R1,#70H,LOOP7
            LCALL   TURNRIGHT_90
            SJMP    LOOPOUT
LOOP7:      CJNE    R1,#80H,LOOP8
            LCALL   TURNLEFT_90
            SJMP    LOOPOUT
LOOP8:      CJNE    R1,#90H,LOOP9
            LCALL   TURNLEFT_90
            LCALL   TURNLEFT_45
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
         SJMP    LOOPOUT
LOOP9:   CJNE    R1,#0B0H,LOOP10
         LCALL   UTURN
         SJMP    LOOPOUT
LOOP10:  CJNE    R1,#0C0H,LOOP11
         LCALL   TURNLEFT_45
         SJMP    LOOPOUT
LOOP11:  CJNE    R1,#0D0H,LOOP12
         LCALL   TURNLEFT_90
         SJMP    LOOPOUT
LOOP12:  CJNE    R1,#0E0H,LOOPOUT
         MOV     P1,#FORWARD
LOOPOUT: NOP
         RET

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;   SENKEEP   ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

SENKEEP:   MOV    A,P0
           ANL    A,#50H
           MOV    R1,A
           LCALL  DELAY
SENKEEPR:  CJNE   R1,#40H,SENKEEPL
           MOV    P1,#RIGHT
           SJMP   SENKEEP
SENKEEPL:  CJNE   R1,#10H,SENKEEPC
           MOV    P1,#LEFT
           SJMP   SENKEEP
SENKEEPC:  JNB    P0.5,KEEP1
KEEP1:     LJMP   KEEP
           JB     P0.7,SENKEEP2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL       BLACK_2S
                SJMP        SENKEEP3
SENKEEP2:       LCALL       SENBIG
                MOV         P1,#FORWARD
                DJNZ        R4,SENKEEP
SENKEEP3:       NOP
                RET

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;    TURNRIGHT    ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

TURNRIGHT_90:   MOV         P1,#RIGHT
                MOV         R1,#09
RRR1:           LCALL       DELAY_1S
                DJNZ        R1,RRR1
                MOV         P1,#STOP
                MOV         P1,#FORWARD
                RET
TURNRIGHT_45:   MOV         P1,#RIGHT
                MOV         R1,#04
     RRR2:      LCALL       DELAY_1S
                DJNZ        R1,RRR2
                MOV         P1,#STOP
                MOV         P1,#FORWARD
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;          TURNLEFT          ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
TURNLEFT_90:        MOV         P1,#LEFT
                    MOV         R1,#09
LLL1:               LCALL       DELAY_1S
                    DJNZ        R1,LLL1
                    MOV         P1,#STOP
                    MOV         P1,#FORWARD
                    RET
TURNLEFT_45:        MOV         P1,#LEFT
                    MOV         R1,#04
LLL2:               LCALL       DELAY_1S
                    DJNZ        R1,LLL2
                    MOV         P1.#STOP
                    MOV         P1,#FORWARD
                    RET

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;          BLACK          ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
UTURN:              MOV         P1,#RIGHT
                    MOV         R1,#18
UUU1:               LCALL       DELAY_1S
                    DJNZ        R1,UUU1
                    MOV         P1,#STOP
                    MOV         P1,#FORWARD
                    RET
BLACK_2S:           MOV         P1,#BLACK
                    MOV         R1,#02
BBB2:               LCALL       DELAY_1S
                    DJNZ        R1,BBB2
                    MOV         P1,#STOP
                    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
BLACK_4S:       MOV     P1,#BLACK
                MOV     R1,#04
BBB4:           LCALL   DELAY_4S
                DJNZ    R1,BBB4
                MOV     P1,#STOP
                RET

    ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;   SETBIT   ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
SSETBIT:        MOV     P0,#0F7H
                MOV     P1,#00H
                MOV     P2,#0F4H
                MOV     P3,#80H
                MOV     R7,#00H
                MOV     R6,#00H
                MOV     R5,#00H
                MOV     R4,#00H
                MOV     R3,#00H
                MOV     R2,#00H
                MOV     R1,#00H
                LCALL   UP
                LCALL   CLOSE
                MOV     P1,#STOP
                RET

    ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;   DELAY   ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

DELAY_4S:       MOV     R4,#04
DELAY_4S1:      ACALL   DELAY_1S
                DJNZ    R4.DELAY_4S1
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY_1S:       MOV     R5,#100
DELAY_10mS:     MOV     R7,#10
DELAY_10mS1:    MOV     R6,#0E6H
DELAY_10mS2:    NOP
                NOP
                DJNZ    R6,DELAY_10mS2
                DJNZ    R7,DELAY_10mS1
                DJNZ    R5,DELAY_10mS
                RET
DELAY:          MOV     R5,#50
DELAY3:         MOV     R7,#10
DELAY1:         MOV     R6,#0E6H
DELAY2:         NOP
                NOP
                DJNZ    R6,DELAY2
                DJNZ    R7,DELAY1
                DJNZ    R5,DELAY3
                RET
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;    SENBIG    ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

SENBIG:         MOV     A,P0
                ANL     A,#05H
                MOV     R1,A
                CJNE    R1,#01H,SENLEFT
                MOV     P1,#LEFT
                SJMP    SENBIG
SENLEFT:        CJNE    R1,#04H,SENRIGHTLEFT
                MOV     P1,#RIGHT
                SJMP    SENBIG
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SENRIGHTLEFT:     CJNE     R1,#05H,SENOUT
                  LCALL    BLACK_2S
                  LCALL    TURNLEFT_45
                  SJMP     SENBIG
SENOUT:           NOP
                  RET

      ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;      MOUSE      ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

OPEN:             MOV      P1,#20H
                  JB       P3.3,OPEN
                  MOV      P1,#STOP
                  RET
CLOSE:            MOV      P1,#10H
                  JB       P3.2,CLOSE
                  MOV      P1,#STOP
                  RET
UP:               MOV      P1,#80H
                  JB       P3.0,UP
                  MOV      P1,#STOP
                  RET
DOWN:             MOV      P1,#40H
                  JB       P3.1,DOWN
                  MOV      P1,#STOP
                  RET
THE_END:          LCALL    SSETBIT
END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

Data Sheet AT89C52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 8K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
- Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Eight Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes

8-bit Microcontroller with 8K Bytes Flash

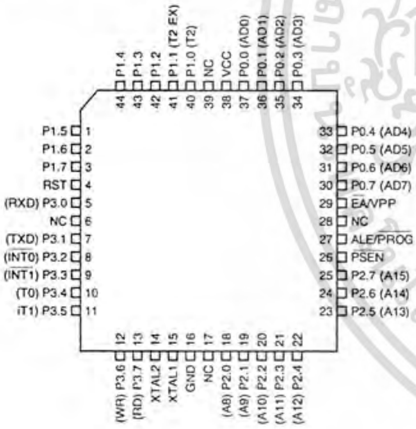
AT89C52

Description

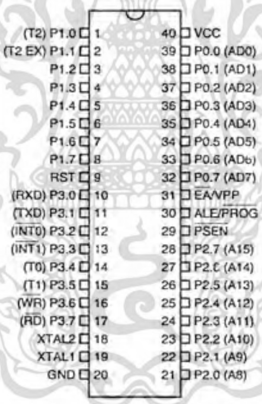
The AT89C52 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 8K bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 and 80C52 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C52 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

Pin Configurations

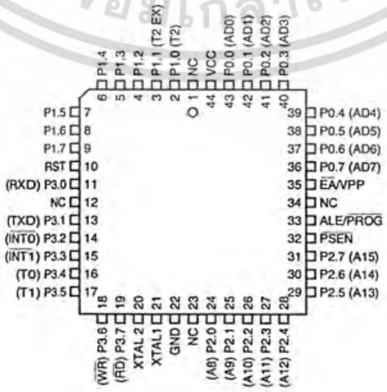
PQFP/TQFP



PDIP



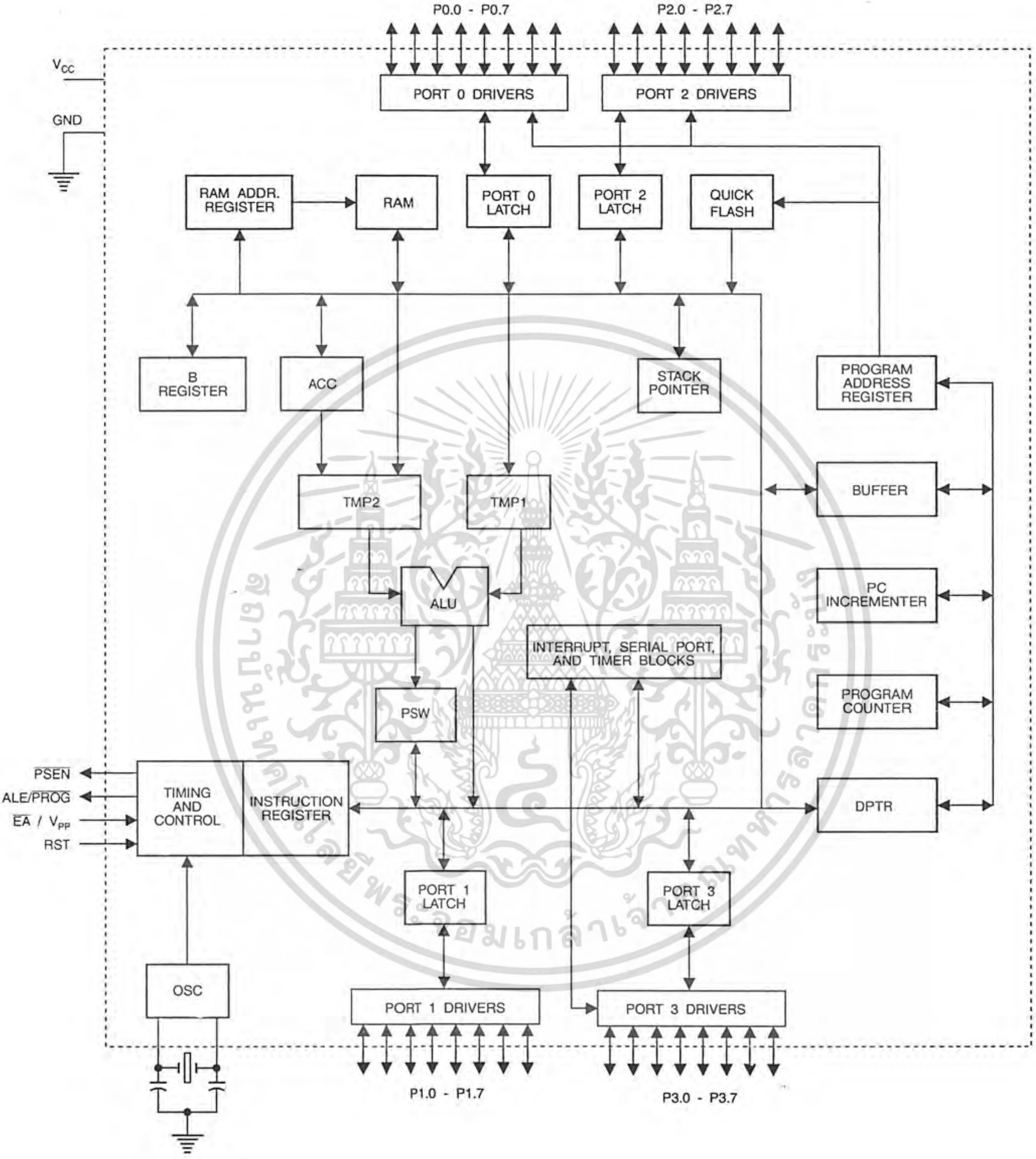
PLCC



Rev. 0313H–02/00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The AT89C52 provides the following standard features: 8K bytes of Flash, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full-duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89C52 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Description

VCC

Supply voltage.

GND

Ground.

Port 0

Port 0 is an 8-bit open drain bi-directional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1

Port 1 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

In addition, P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively, as shown in the following table.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P1.0	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)

Port 2

Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3

Port 3 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51, as shown in the following table.

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

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)
P3.6	$\overline{\text{WR}}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{\text{RD}}$ (external data memory read strobe)

RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/$\overline{\text{PROG}}$

Address Latch Enable is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input ($\overline{\text{PROG}}$) during Flash programming.

In normal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency and may be used for external

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external data memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

$\overline{\text{PSEN}}$

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

When the AT89C52 is executing code from external program memory, $\overline{\text{PSEN}}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{\text{PSEN}}$ activations are skipped during each access to external data memory.

$\overline{\text{EA}}$/VPP

External Access Enable. $\overline{\text{EA}}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{\text{EA}}$ will be internally latched on reset.

$\overline{\text{EA}}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming when 12-volt programming is selected.

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Table 1. AT89C52 SFR Map and Reset Values

0F8H									0FFH
0F0H	B 00000000								0F7H
0E8H									0EFH
0E0H	ACC 00000000								0E7H
0D8H									0DFH
0D0H	PSW 00000000								0D7H
0C8H	T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000			0CFH
0C0H									0C7H
0B8H	IP XX000000								0BFH
0B0H	P3 11111111								0B7H
0A8H	IE 0X000000								0AFH
0A0H	P2 11111111								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	P0 11111111	SP 00000111	DPL 00000000	DPH 00000000				PCON 0XXX0000	87H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า 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 Table 1.

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.

Timer 2 Registers Control and status bits are contained in registers T2CON (shown in Table 2) and T2MOD (shown in Table 4) for Timer 2. The register pair (RCAP2H, RCAP2L) are the Capture/Reload registers for Timer 2 in 16-bit capture mode or 16-bit auto-reload mode.

Interrupt Registers The individual interrupt enable bits are in the IE register. Two priorities can be set for each of the six interrupt sources in the IP register.r

Table 2. T2CON – Timer/Counter 2 Control Registe

T2CON Address = 0C8H | Reset Value = 0000 0000B

Bit Addressable

Bit	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	$C/\overline{T2}$	$CP/\overline{RL2}$
	7	6	5	4	3	2	1	0

Symbol	Function
TF2	Timer 2 overflow flag set by a Timer 2 overflow and must be cleared by software. TF2 will not be set when either RCLK = 1 or TCLK = 1.
EXF2	Timer 2 external flag set when either a capture or reload is caused by a negative transition on T2EX and EXEN2 = 1. When Timer 2 interrupt is enabled, EXF2 = 1 will cause the CPU to vector to the Timer 2 interrupt routine. EXF2 must be cleared by software. EXF2 does not cause an interrupt in up/down counter mode (DCEN = 1).
RCLK	Receive clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its receive clock in serial port Modes 1 and 3. RCLK = 0 causes Timer 1 overflow to be used for the receive clock.
TCLK	Transmit clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its transmit clock in serial port Modes 1 and 3. TCLK = 0 causes Timer 1 overflows to be used for the transmit clock.
EXEN2	Timer 2 external enable. When set, allows a capture or reload to occur as a result of a negative transition on T2EX if Timer 2 is not being used to clock the serial port. EXEN2 = 0 causes Timer 2 to ignore events at T2EX.
TR2	Start/Stop control for Timer 2. TR2 = 1 starts the timer.
$C/\overline{T2}$	Timer or counter select for Timer 2. $C/\overline{T2}$ = 0 for timer function. $C/\overline{T2}$ = 1 for external event counter (falling edge triggered).
$CP/\overline{RL2}$	Capture/Reload select. $CP/\overline{RL2}$ = 1 causes captures to occur on negative transitions at T2EX if EXEN2 = 1. $CP/\overline{RL2}$ = 0 causes automatic reloads to occur when Timer 2 overflows or negative transitions occur at T2EX when EXEN2 = 1. When either RCLK or TCLK = 1, this bit is ignored and the timer is forced to auto-reload on Timer 2 overflow.

Data Memory

The AT89C52 implements 256 bytes of on-chip RAM. The upper 128 bytes occupy a parallel address space to the Special Function Registers. That means the upper 128 bytes have the same addresses as the SFR space but are physically separate from SFR space.

When an instruction accesses an internal location above address 7FH, the address mode used in the instruction specifies whether the CPU accesses the upper 128 bytes of RAM or the SFR space. Instructions that use direct addressing access SFR space.

For example, the following direct addressing instruction accesses the SFR at location 0A0H (which is P2).

```
MOV 0A0H, #data
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Instructions that use indirect addressing access the upper 128 bytes of RAM. For example, the following indirect addressing instruction, where R0 contains 0A0H, accesses the data byte at address 0A0H, rather than P2 (whose address is 0A0H).

```
MOV @R0, #data
```

Note that stack operations are examples of indirect addressing, so the upper 128 bytes of data RAM are available as stack space.

Timer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89C52 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51.

Timer 2

Timer 2 is a 16-bit Timer/Counter that can operate as either a timer or an event counter. The type of operation is selected by bit C/$\overline{T2}$ in the SFR T2CON (shown in Table 2). Timer 2 has three operating modes: capture, auto-reload (up or down counting), and baud rate generator. The modes are selected by bits in T2CON, as shown in Table 3.

Timer 2 consists of two 8-bit registers, TH2 and TL2. In the Timer function, the TL2 register is incremented every machine cycle. Since a machine cycle consists of 12 oscillator periods, the count rate is 1/12 of the oscillator frequency.

Table 3. Timer 2 Operating Modes

RCLK +TCLK	CP/$\overline{RL2}$	TR2	MODE
0	0	1	16-bit Auto-reload
0	1	1	16-bit Capture
1	X	1	Baud Rate Generator
X	X	0	(Off)

In the Counter function, the register is incremented in response to a 1-to-0 transition at its corresponding external input pin, T2. In this function, the external input is sampled during S5P2 of every machine cycle. When the samples show a high in one cycle and a low in the next cycle, the count is incremented. The new count value appears in the register during S3P1 of the cycle following the one in which the transition was detected. Since two machine cycles (24 oscillator periods) are required to recognize a 1-to-0 transition, the maximum count rate is 1/24 of the oscillator frequency. To ensure that a given level is sampled at least once before it changes, the level should be held for at least one full machine cycle.

Capture Mode

In the capture mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 is a 16-bit timer or counter which upon overflow sets bit TF2 in T2CON. This bit can then be used to generate an interrupt. If EXEN2 = 1, Timer 2 performs the same operation, but a 1-to-0 transition at external input T2EX also causes the current value in TH2 and TL2 to be captured into RCAP2H and RCAP2L, respectively. In addition, the transition at T2EX causes bit EXF2 in T2CON to be set. The EXF2 bit, like TF2, can generate an interrupt. The capture mode is illustrated in Figure 1.

Auto-reload (Up or Down Counter)

Timer 2 can be programmed to count up or down when configured in its 16-bit auto-reload mode. This feature is invoked by the DCEN (Down Counter Enable) bit located in the SFR T2MOD (see Table 4). Upon reset, the DCEN bit is set to 0 so that timer 2 will default to count up. When DCEN is set, Timer 2 can count up or down, depending on the value of the T2EX pin.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 1. Timer in Capture Mode

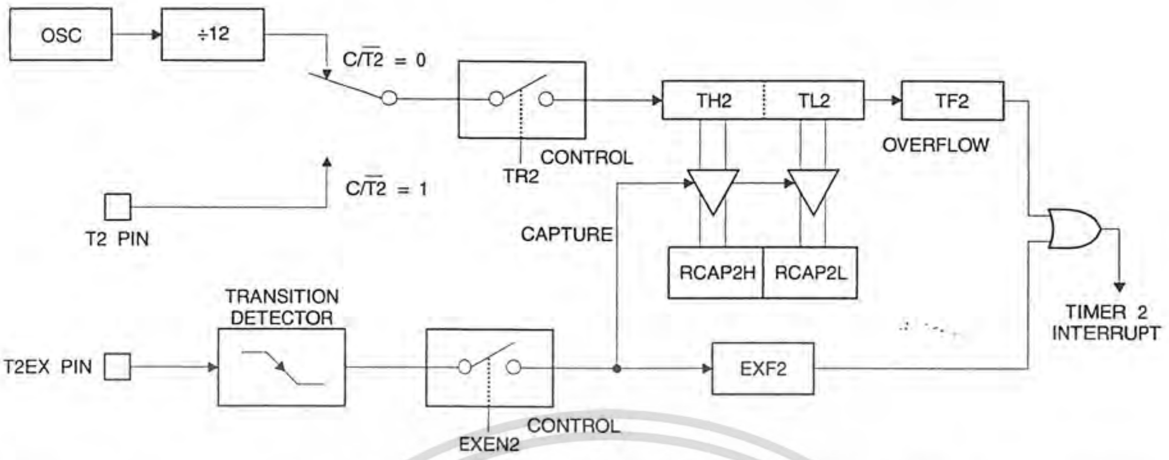


Figure 2 shows Timer 2 automatically counting up when DCEN = 0. In this mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 counts up to 0FFFFH and then sets the TF2 bit upon overflow. The overflow also causes the timer registers to be reloaded with the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L. The values in Timer in Capture ModeRCAP2H and RCAP2L are preset by software. If EXEN2 = 1, a 16-bit reload can be triggered either by an overflow or by a 1-to-0 transition at external input T2EX. This transition also sets the EXF2 bit. Both the TF2 and EXF2 bits can generate an interrupt if enabled.

Setting the DCEN bit enables Timer 2 to count up or down, as shown in Figure 3. In this mode, the T2EX pin controls the direction of the count. A logic 1 at T2EX makes Timer 2 count up. The timer will overflow at 0FFFFH and set the TF2 bit. This overflow also causes the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L to be reloaded into the timer registers, TH2 and TL2, respectively.

A logic 0 at T2EX makes Timer 2 count down. The timer underflows when TH2 and TL2 equal the values stored in RCAP2H and RCAP2L. The underflow sets the TF2 bit and causes 0FFFFH to be reloaded into the timer registers.

The EXF2 bit toggles whenever Timer 2 overflows or underflows and can be used as a 17th bit of resolution. In this operating mode, EXF2 does not flag an interrupt.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 2. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 0)

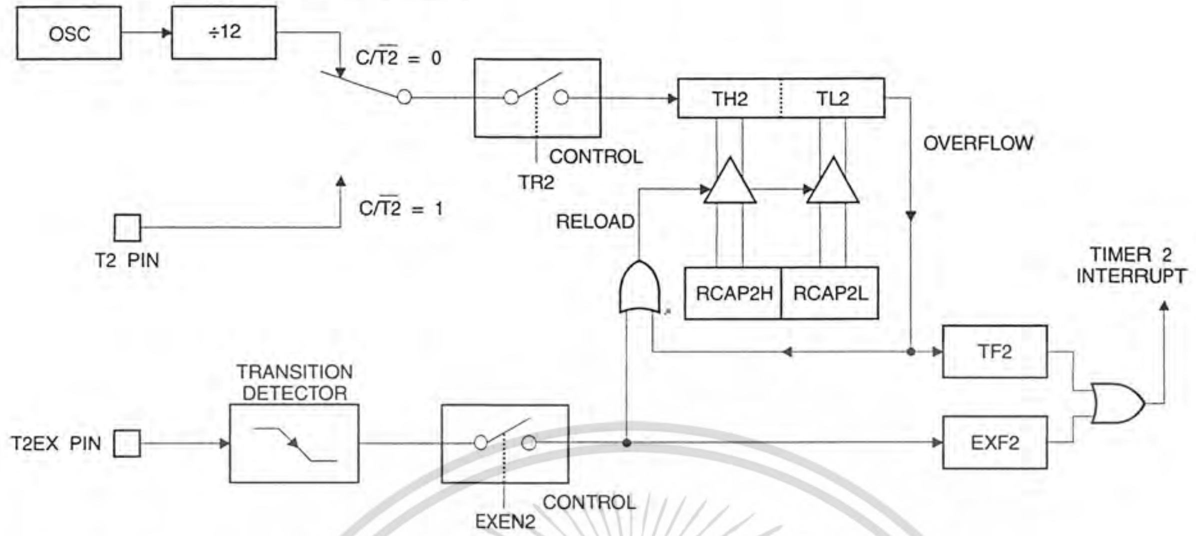


Table 4. T2MOD – Timer 2 Mode Control Register

T2MOD Address = 0C9H Reset Value = XXXX XX00B

Not Bit Addressable

	–	–	–	–	–	–	T2OE	DCEN
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0

Symbol	Function
–	Not implemented, reserved for future
T2OE	Timer 2 Output Enable bit.
DCEN	When set, this bit allows Timer 2 to be configured as an up/down counter.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 1)

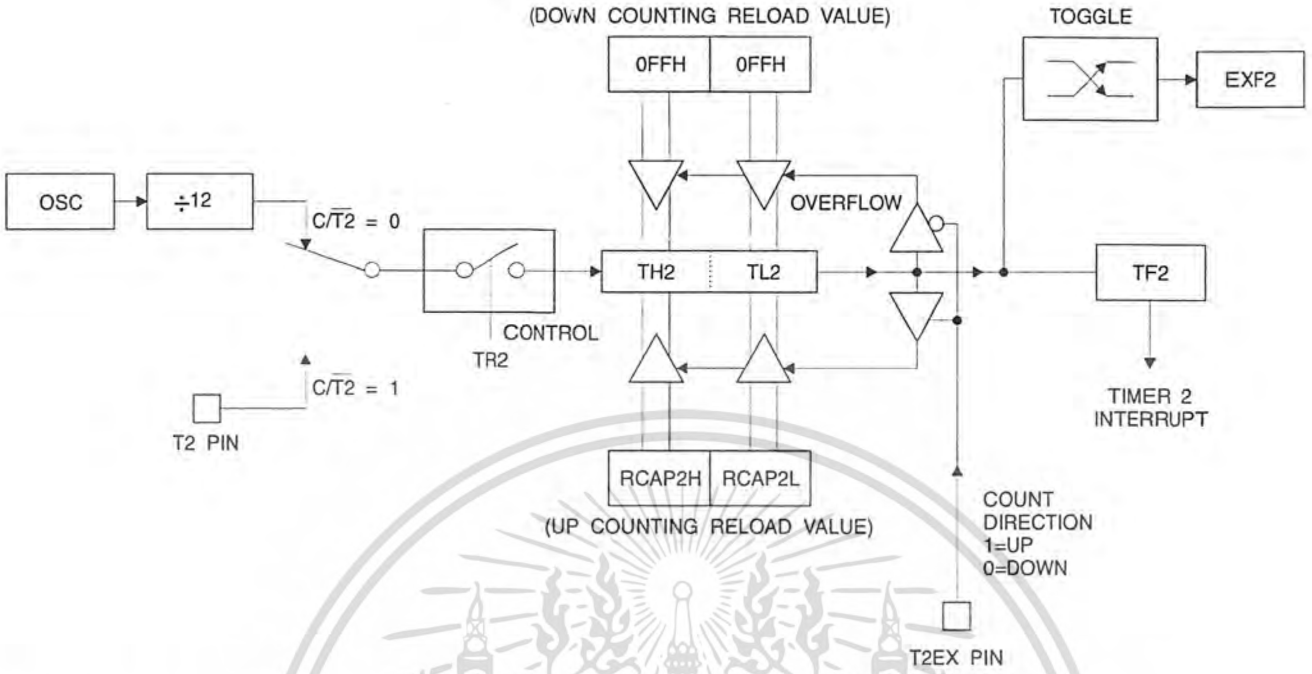
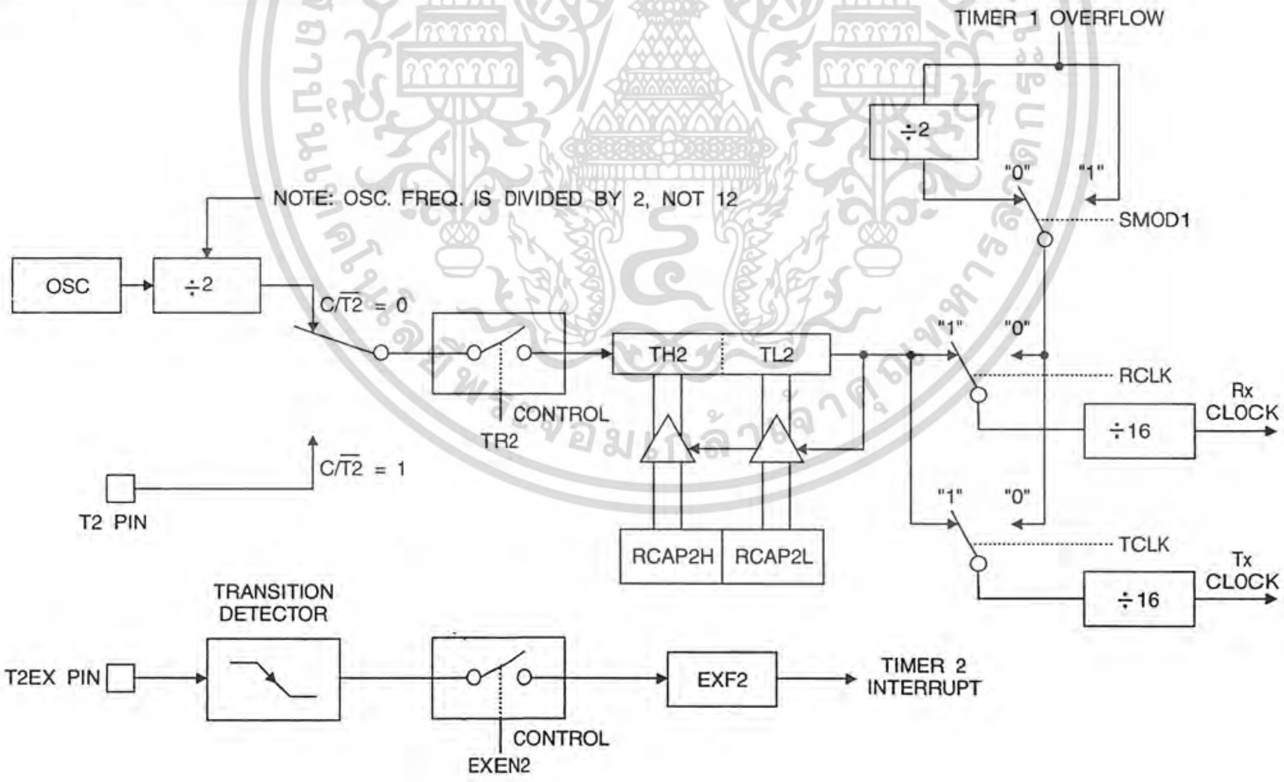


Figure 4. Timer 2 in Baud Rate Generator Mode



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Baud Rate Generator

Timer 2 is selected as the baud rate generator by setting TCLK and/or RCLK in T2CON (Table 2). Note that the baud rates for transmit and receive can be different if Timer 2 is used for the receiver or transmitter and Timer 1 is used for the other function. Setting RCLK and/or TCLK puts Timer 2 into its baud rate generator mode, as shown in Figure 4.

The baud rate generator mode is similar to the auto-reload mode, in that a rollover in TH2 causes the Timer 2 registers to be reloaded with the 16-bit value in registers RCAP2H and RCAP2L, which are preset by software.

The baud rates in Modes 1 and 3 are determined by Timer 2's overflow rate according to the following equation.

$$\text{Modes 1 and 3 Baud Rates} = \frac{\text{Timer 2 Overflow Rate}}{16}$$

The Timer can be configured for either timer or counter operation. In most applications, it is configured for timer operation ($C/\overline{T2}$ = 0). The timer operation is different for Timer 2 when it is used as a baud rate generator. Normally, as a timer, it increments every machine cycle (at 1/12 the oscillator frequency). As a baud rate generator, however, it increments every state time (at 1/2 the oscillator frequency). The baud rate formula is given below.

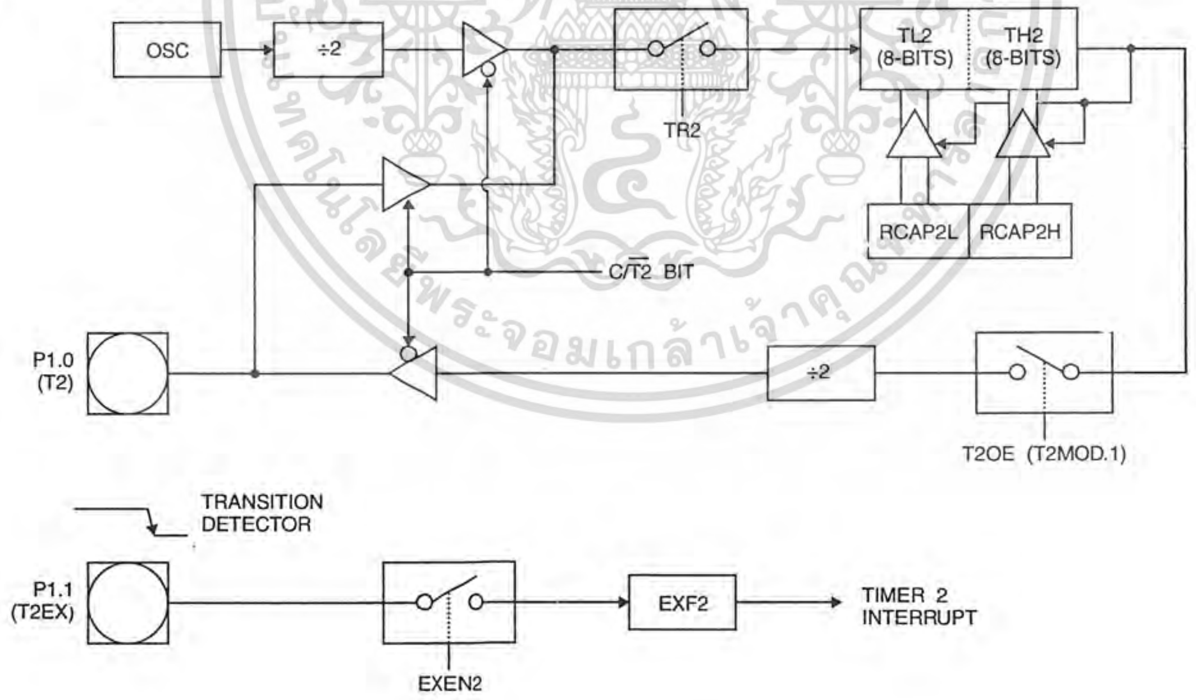
$$\frac{\text{Modes 1 and 3}}{\text{Baud Rate}} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{32 \times [65536 - (\text{RCAP2H,RCAP2L})]}$$

where (RCAP2H, RCAP2L) is the content of RCAP2H and RCAP2L taken as a 16-bit unsigned integer.

Timer 2 as a baud rate generator is shown in Figure 4. This figure is valid only if RCLK or TCLK = 1 in T2CON. Note that a rollover in TH2 does not set TF2 and will not generate an interrupt. Note too, that if EXEN2 is set, a 1-to-0 transition in T2EX will set EXF2 but will not cause a reload from (RCAP2H, RCAP2L) to (TH2, TL2). Thus when Timer 2 is in use as a baud rate generator, T2EX can be used as an extra external interrupt.

Note that when Timer 2 is running (TR2 = 1) as a timer in the baud rate generator mode, TH2 or TL2 should not be read from or written to. Under these conditions, the Timer is incremented every state time, and the results of a read or write may not be accurate. The RCAP2 registers may be read but should not be written to, because a write might overlap a reload and cause write and/or reload errors. The timer should be turned off (clear TR2) before accessing the Timer 2 or RCAP2 registers.

Figure 5. Timer 2 in Clock-out Mode



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Programmable Clock Out

A 50% duty cycle clock can be programmed to come out on P1.0, as shown in Figure 5. This pin, besides being a regular I/O pin, has two alternate functions. It can be programmed to input the external clock for Timer/Counter 2 or to output a 50% duty cycle clock ranging from 61 Hz to 4 MHz at a 16 MHz operating frequency.

To configure the Timer/Counter 2 as a clock generator, bit C/$\overline{T2}$ (T2CON.1) must be cleared and bit T2OE (T2MOD.1) must be set. Bit TR2 (T2CON.2) starts and stops the timer.

The clock-out frequency depends on the oscillator frequency and the reload value of Timer 2 capture registers (RCAP2H, RCAP2L), as shown in the following equation.

$$\text{Clock-Out Frequency} = \frac{\text{Oscillator Fequency}}{4 \times [65536 - (\text{RCAP2H,RCAP2L})]}$$

In the clock-out mode, Timer 2 roll-overs will not generate an interrupt. This behavior is similar to when Timer 2 is used as a baud-rate generator. It is possible to use Timer 2 as a baud-rate generator and a clock generator simultaneously. Note, however, that the baud-rate and clock-out frequencies cannot be determined independently from one another since they both use RCAP2H and RCAP2L.

UART

The UART in the AT89C52 operates the same way as the UART in the AT89C51.

Interrupts

The AT89C52 has a total of six interrupt vectors: two external interrupts ($\overline{INT0}$ and $\overline{INT1}$), three timer interrupts (Timers 0, 1, and 2), and the serial port interrupt. These interrupts are all shown in Figure 6.

Each of these interrupt sources can be individually enabled or disabled by setting or clearing a bit in Special Function Register IE. IE also contains a global disable bit, EA, which disables all interrupts at once.

Note that Table shows that bit position IE.6 is unimplemented. In the AT89C51, bit position IE.5 is also unimplemented. User software should not write 1s to these bit positions, since they may be used in future AT89 products.

Timer 2 interrupt is generated by the logical OR of bits TF2 and EXF2 in register T2CON. Neither of these flags is cleared by hardware when the service routine is vectored to. In fact, the service routine may have to determine whether it was TF2 or EXF2 that generated the interrupt, and that bit will have to be cleared in software.

The Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at S5P2 of the cycle in which the timers overflow. The values are then polled by the circuitry in the next cycle. However, the Timer 2 flag, TF2, is set at S2P2 and is polled in the same cycle in which the timer overflows.

Table 5. Interrupt Enable (IE) Register

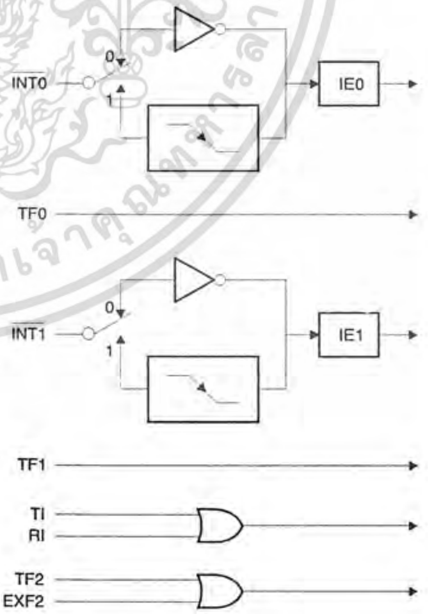
(MSB)							(LSB)
EA	–	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

Enable Bit = 1 enables the interrupt.

Enable Bit = 0 disables the interrupt.

Symbol	Position	Function
EA	IE.7	Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt is acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.
–	IE.6	Reserved.
ET2	IE.5	Timer 2 interrupt enable bit.
ES	IE.4	Serial Port interrupt enable bit.
ET1	IE.3	Timer 1 interrupt enable bit.
EX1	IE.2	External interrupt 1 enable bit.
ET0	IE.1	Timer 0 interrupt enable bit.
EX0	IE.0	External interrupt 0 enable bit.
User software should never write 1s to unimplemented bits, because they may be used in future AT89 products.		

Figure 6. Interrupt Sources



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 7. 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 8. 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.

Idle Mode

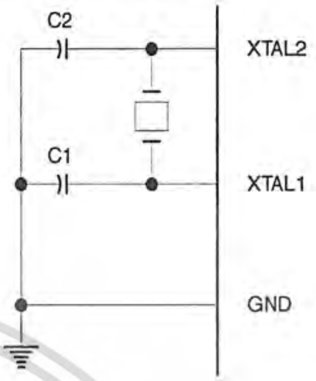
In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware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

Note that when idle mode 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 mode is terminated by a reset, the instruction following the one that invokes idle mode should not write to a port pin or to external memory.

Power-down Mode

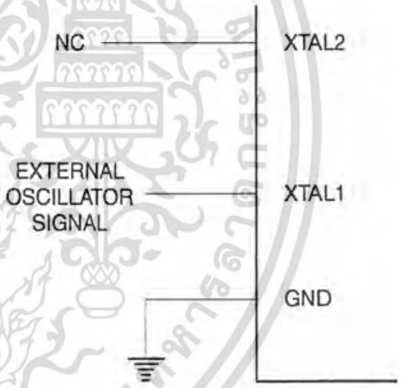
In the power-down mode, the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power-down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power-down mode is terminated. The only exit from power-down is a hardware reset. Reset redefines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

Figure 7. Oscillator Connections



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

Figure 8. External Clock Drive Configuration



Status of External Pins During Idle and Powe-down Modes

Mode	Program Memory	ALE	$\overline{PSEN}$	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power-down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power-down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program Memory Lock Bits

The AT89C52 has three lock bits that can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the following table.

Lock Bit Protection Modes

	Program Lock Bits			
	LB1	LB2	LB3	Protection Type
1	U	U	U	No program lock features.
2	P	U	U	MOVC instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, $\overline{\text{EA}}$ is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash memory is disabled.
3	P	P	U	Same as mode 2, but verify is also disabled.
4	P	P	P	Same as mode 3, but external execution is also disabled.

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the $\overline{\text{EA}}$ pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value and holds that value until reset is activated. The latched value of $\overline{\text{EA}}$ must agree with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

Programming the Flash

The AT89C52 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage (V_{CC}) program enable signal. The Low-voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C52 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third-party Flash or EPROM programmers.

The AT89C52 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

	V_{PP} = 12V	V_{PP} = 5V
Top-side Mark	AT89C52 xxxx yyww	AT89C52 xxxx - 5 yyww
Signature	(030H) = 1EH (031H) = 52H (032H) = FFH	(030H) = 1EH (031H) = 52H (032H) = 05H

The AT89C52 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. *To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.*

Programming Algorithm Before programming the AT89C52, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figure 9 and Figure 10. To program the AT89C52, take the following steps.

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise $\overline{\text{EA}}/V_{PP}$ to 12V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse ALE/$\overline{\text{PROG}}$ once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

$\overline{\text{Data}}$ Polling The AT89C52 features $\overline{\text{Data}}$ Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written data on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data is valid on all outputs, and the next cycle may begin. $\overline{\text{Data}}$ Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/$\overline{\text{Busy}}$ The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/$\overline{\text{BSY}}$ output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate $\overline{\text{BUSY}}$. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

Program Verify If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

Chip Erase The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/$\overline{\text{PROG}}$ low for 10 ms. The code array is written with all 1s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be reprogrammed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reading the Signature Bytes The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H, 031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
(031H) = 52H indicates 89C52
(032H) = FFH indicates 12V programming
(032H) = 05H indicates 5V programming

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.

Flash Programming Modes

Mode		RST	$\overline{PSEN}$	ALE/$\overline{PROG}$	$\overline{EA}/V_{PP}$	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
Write Code Data		H	L		H/12V	L	H	H	H
Read Code Data		H	L	H	H	L	L	H	H
Write Lock	Bit - 1	H	L		H/12V	H	H	H	H
	Bit - 2	H	L		H/12V	H	H	L	L
	Bit - 3	H	L		H/12V	H	L	H	L
Chip Erase		H	L	(1)	H/12V	H	L	L	L
Read Signature Byte		H	L	H	H	L	L	L	L

Note: 1. Chip Erase requires a 10 ms $\overline{PROG}$ pulse.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 9. Programming the Flash Memory

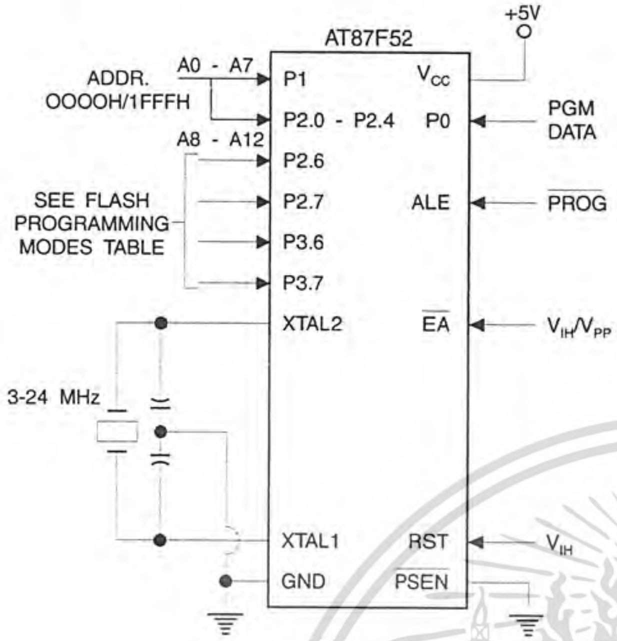
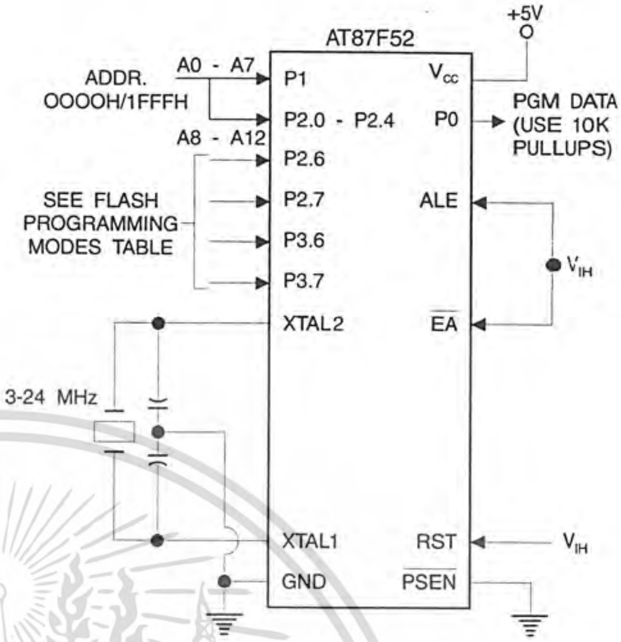


Figure 10. Verifying the Flash Memory



Flash Programming and Verification Characteristics

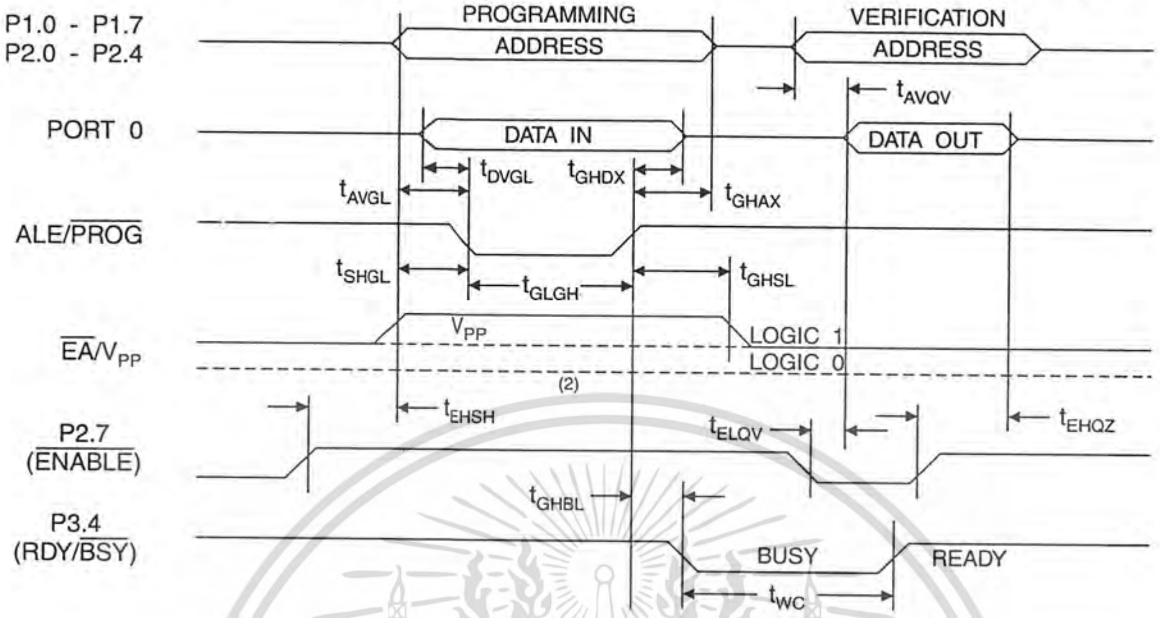
T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = 5.0 ± 10%

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}[1]	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}[1]	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold after $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
t_{EHSH}	P2.7 ($\overline{ENABLE}$) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{PROG}$ Low	10		µs
t_{GHSL}[1]	V_{PP} Hold after $\overline{PROG}$	10		µs
t_{GLGH}	$\overline{PROG}$ Width	1	110	µs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELQV}	$\overline{ENABLE}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHQZ}	Data Float after $\overline{ENABLE}$	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	$\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low		1.0	µs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

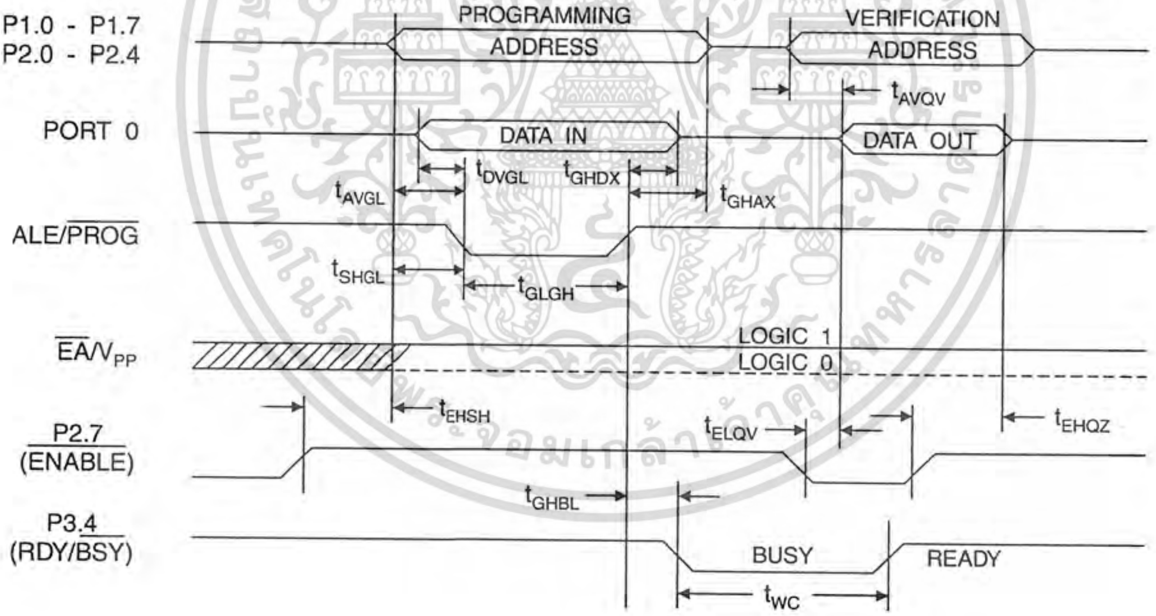
Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flash Programming and Verification Waveforms - High-voltage Mode (V_{PP}=12V)



Flash Programming and Verification Waveforms - Low-voltage Mode (V_{PP}=5V)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage	6.6V
DC Output Current	15.0 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.

DC Characteristics

The values shown in this table are valid for T_A = -40°C to 85°C and V_{CC} = 5.0V ± 20%, unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low-voltage	(Except $\overline{EA}$)	-0.5	0.2 V_{CC}-0.1	V
V_{IL1}	Input Low-voltage ($\overline{EA}$)		-0.5	0.2 V_{CC}-0.3	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 1,2,3)	I_{OL} = 1.6 mA		0.45	V
V_{OL1}	Output Low-voltage[1] (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OL} = 3.2 mA		0.45	V
V_{OH}	Output High-voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OH} = -60 μA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -25 μA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -10 μA	0.9 V_{CC}		V
V_{OH1}	Output High-voltage (Port 0 in External Bus Mode)	I_{OH} = -800 μA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -300 μA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -80 μA	0.9 V_{CC}		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 0.45V		-50	μA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 2V, V_{CC} = 5V ± 10%		-650	μA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$)	0.45 < V_{IN} < V_{CC}		±10	μA
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		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
	Power-down Mode[1]	V_{CC} = 6V		100	μA
		V_{CC} = 3V		40	μA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
Maximum I_{OL} per 8-bit port:
Port 0: 26 mA Ports 1, 2, 3: 15 mA
Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA
If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} 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 2V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Characteristics

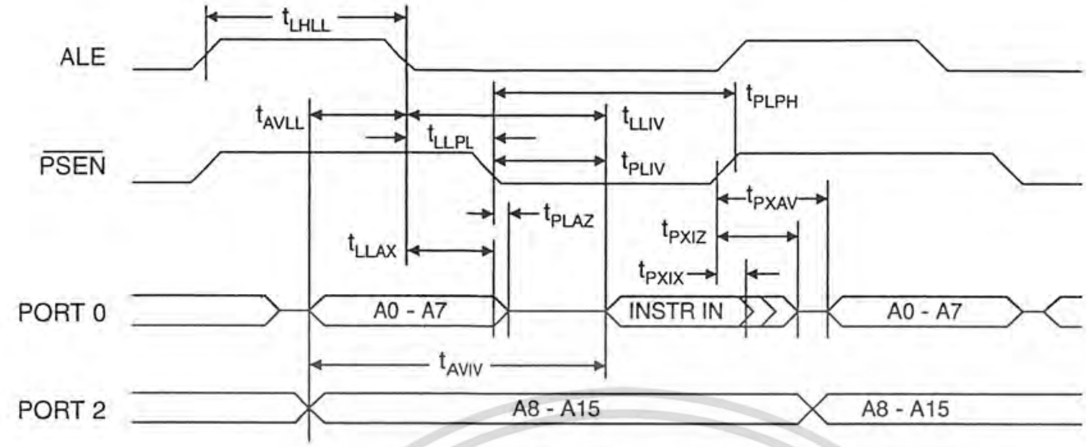
Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/$\overline{PROG}$, and $\overline{PSEN}$ = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

External Program and Data Memory Characteristics

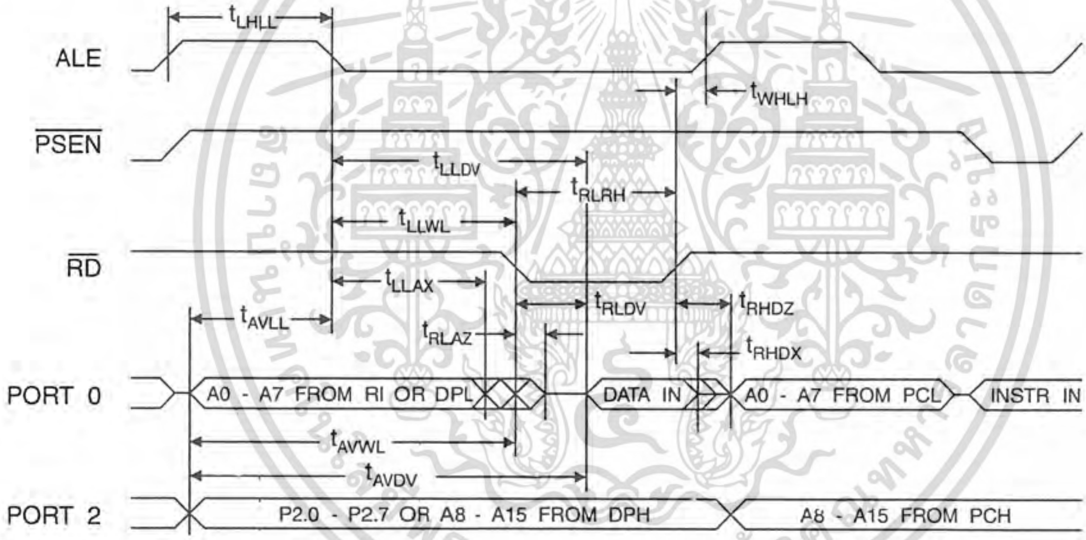
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}$-40		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		t_{CLCL}-13		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		t_{CLCL}-20		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{CLCL}$-65	ns
t_{LLPL}	ALE Low to $\overline{PSEN}$ Low	43		t_{CLCL}-13		ns
t_{PLPH}	$\overline{PSEN}$ Pulse Width	205		$3t_{CLCL}$-20		ns
t_{PLIV}	$\overline{PSEN}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{CLCL}$-45	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold after $\overline{PSEN}$	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float after $\overline{PSEN}$		59		t_{CLCL}-10	ns
t_{PXAV}	$\overline{PSEN}$ to Address Valid	75		t_{CLCL}-8		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLCL}$-55	ns
t_{PLAZ}	$\overline{PSEN}$ Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	$\overline{RD}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}$-100		ns
t_{WLWH}	$\overline{WR}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}$-100		ns
t_{RLDV}	$\overline{RD}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{CLCL}$-90	ns
t_{RHDX}	Data Hold After $\overline{RD}$	0		0		ns
t_{RHDZ}	Data Float After $\overline{RD}$		97		$2t_{CLCL}$-28	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{CLCL}$-150	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		$9t_{CLCL}$-165	ns
t_{LLWL}	ALE Low to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	200	300	$3t_{CLCL}$-50	$3t_{CLCL}$+50	ns
t_{AVWL}	Address to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	203		$4t_{CLCL}$-75		ns
t_{QVWX}	Data Valid to $\overline{WR}$ Transition	23		t_{CLCL}-20		ns
t_{QVWH}	Data Valid to $\overline{WR}$ High	433		$7t_{CLCL}$-120		ns
t_{WHQX}	Data Hold After $\overline{WR}$	33		t_{CLCL}-20		ns
t_{RLAZ}	$\overline{RD}$ Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	$\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ High to ALE High	43	123	t_{CLCL}-20	t_{CLCL}+25	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Program Memory Read Cycle

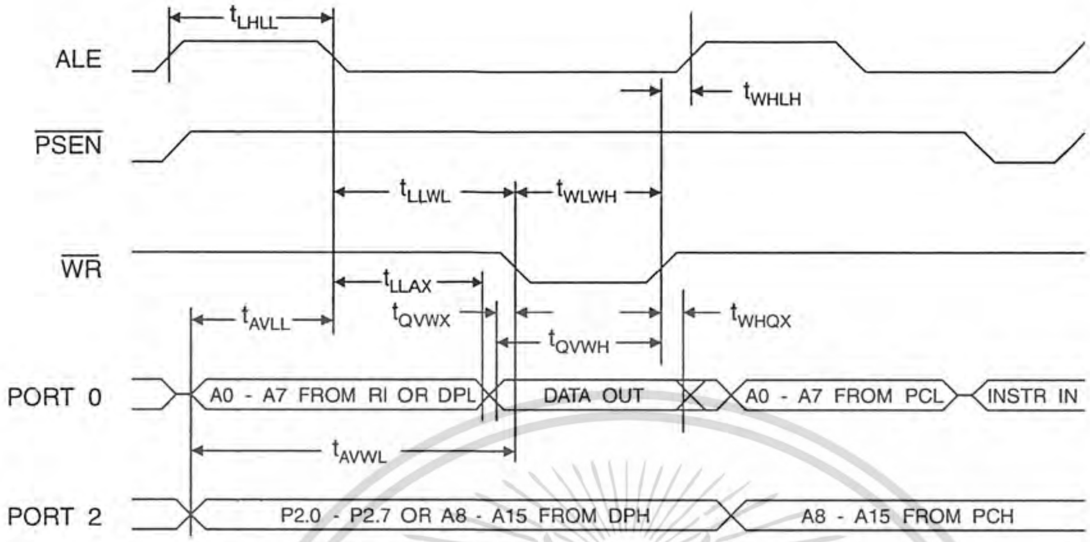


External Data Memory Read Cycle

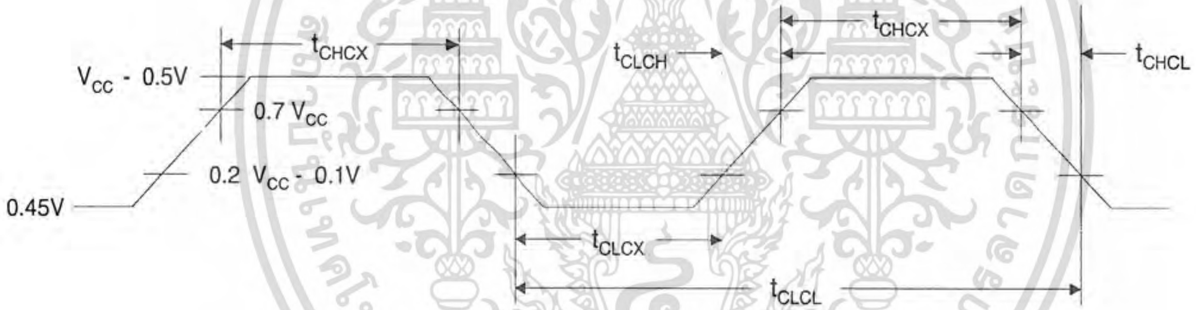


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	41.6		ns
t_{CHCX}	High Time	15		ns
t_{CLCX}	Low Time	15		ns
t_{CLCH}	Rise Time		20	ns
t_{CHCL}	Fall Time		20	ns

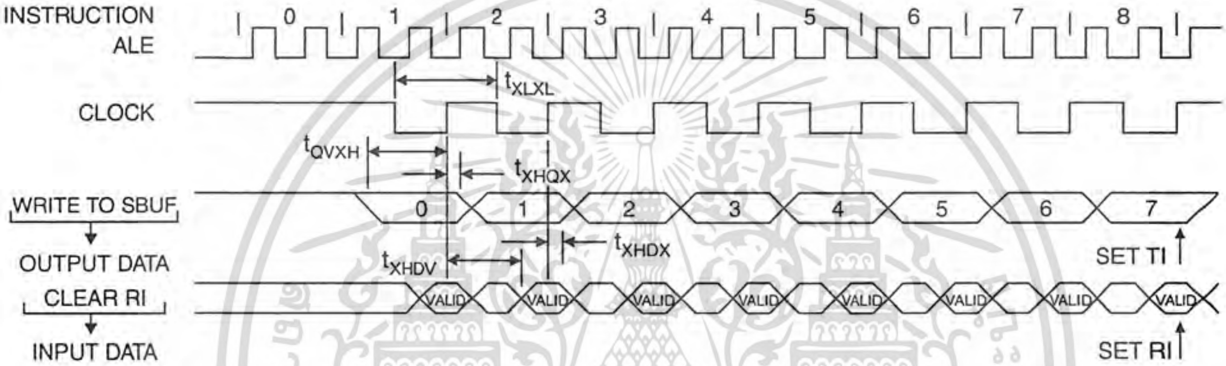
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

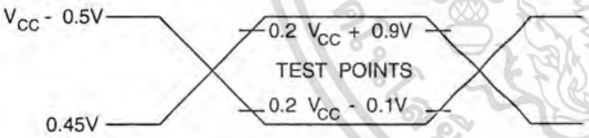
The values in this table are valid for V_{CC} = 5.0V ± 20% and Load Capacitance = 80 pF.

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
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		$2t_{CLCL}$-117		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}$-133	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms

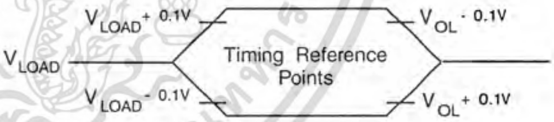


AC Testing Input/Output Waveforms(1)



Note: 1. AC Inputs during testing are driven at V_{CC} - 0.5V for a logic 1 and 0.45V 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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	5V ± 20%	AT89C52-12AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C52-12JC	44J	
		AT89C52-12PC	40P6	
		AT89C52-12QC	44Q	
		AT89C52-12AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C52-12JI	44J	
		AT89C52-12PI	40P6	
		AT89C52-12QI	44Q	
16	5V ± 20%	AT89C52-16AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C52-16JC	44J	
		AT89C52-16PC	40P6	
		AT89C52-16QC	44Q	
		AT89C52-16AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C52-16JI	44J	
		AT89C52-16PI	40P6	
		AT89C52-16QI	44Q	
20	5V ± 20%	AT89C52-20AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C52-20JC	44J	
		AT89C52-20PC	40P6	
		AT89C52-20QC	44Q	
		AT89C52-20AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C52-20JI	44J	
		AT89C52-20PI	40P6	
		AT89C52-20QI	44Q	
24	5V ± 20%	AT89C52-24AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C52-24JC	44J	
		AT89C52-24PC	40P6	
		AT89C52-24QC	44Q	
		AT89C52-24AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C52-24JI	44J	
		AT89C52-24PI	40P6	
		AT89C52-24QI	44Q	

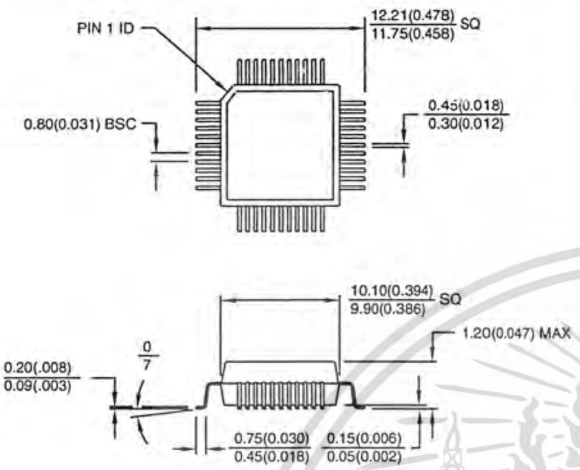
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Package Type	
44A	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44Q	44-lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

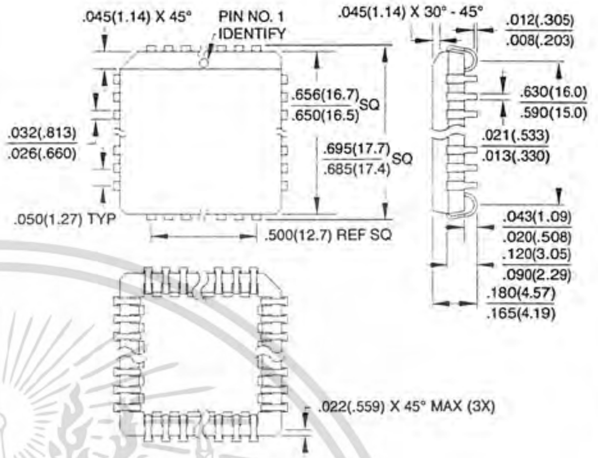
Packaging Information

44A, 44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
Dimensions in Millimeters and (Inches)*
JEDEC STANDARD MS-026 ACB

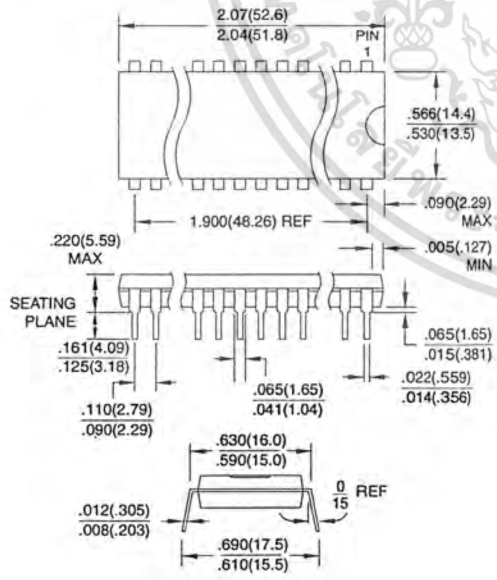


Controlling dimension: millimeters

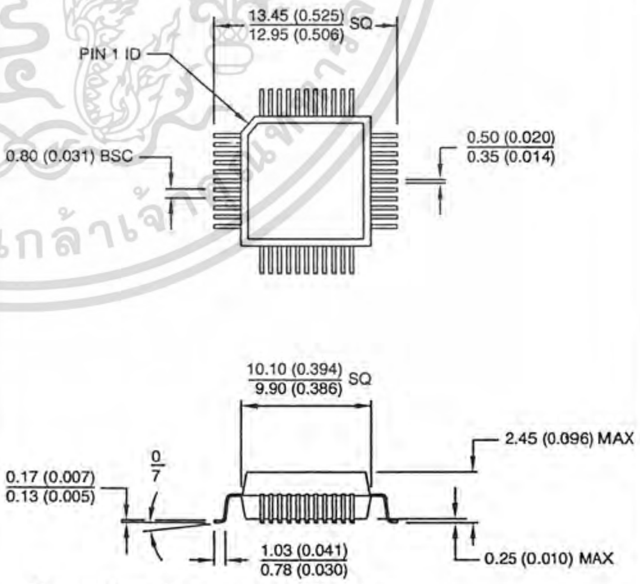
44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
Dimensions in Inches and (Millimeters)
JEDEC STANDARD MS-018 AC



40P6, 40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
Dimensions in Inches and (Millimeters)



44Q, 44-lead, Plastic Quad Flat Package (PQFP)
Dimensions in Millimeters and (Inches)*
JEDEC STANDARD MS-022 AB



Controlling dimension: millimeters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Atmel Headquarters

Corporate Headquarters
2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131
TEL (408) 441-0311
FAX (408) 487-2600

Europe
Atmel U.K., Ltd.
Coliseum Business Centre
Riverside Way
Camberley, Surrey GU15 3YL
England
TEL (44) 1276-686-677
FAX (44) 1276-686-697

Asia
Atmel Asia, Ltd.
Room 1219
Chinachem Golden Plaza
77 Mody Road Tsimhatsui
East Kowloon
Hong Kong
TEL (852) 2721-9778
FAX (852) 2722-1369

Japan
Atmel Japan K.K.
9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.
1-24-8 Shinkawa
Chuo-ku, Tokyo 104-0033
Japan
TEL (81) 3-3523-3551
FAX (81) 3-3523-7581

Atmel Operations

Atmel Colorado Springs
1150 E. Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906
TEL (719) 576-3300
FAX (719) 540-1759

Atmel Rousset
Zone Industrielle
13106 Rousset Cedex
France
TEL (33) 4-4253-6000
FAX (33) 4-4253-6001

Fax-on-Demand
North America:
1-(800) 292-8635
International:
1-(408) 441-0732

e-mail
literature@atmel.com

Web Site
http://www.atmel.com

BBS
1-(408) 436-4309

© Atmel Corporation 1999.
Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

Marks bearing ® and/or ™ are registered trademarks and trademarks of Atmel Corporation.

Terms and product names in this document may be trademarks of others.

Printed on recycled paper.

0313H–02/00/xM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

Data Sheet LM567

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

May 1999

LM567/LM567C
Tone Decoder

General Description

The LM567 and LM567C are general purpose tone decoders designed to provide a saturated transistor switch to ground when an input signal is present within the passband. The circuit consists of an I and Q detector driven by a voltage controlled oscillator which determines the center frequency of the decoder. External components are used to independently set center frequency, bandwidth and output delay.

Features

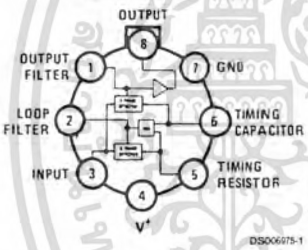
- 20 to 1 frequency range with an external resistor
- Logic compatible output with 100 mA current sinking capability
- Bandwidth adjustable from 0 to 14%
- High rejection of out of band signals and noise
- Immunity to false signals
- Highly stable center frequency
- Center frequency adjustable from 0.01 Hz to 500 kHz

Applications

- Touch tone decoding
- Precision oscillator
- Frequency monitoring and control
- Wide band FSK demodulation
- Ultrasonic controls
- Carrier current remote controls
- Communications paging decoders

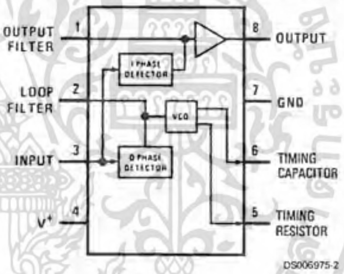
Connection Diagrams

Metal Can Package



Top View
Order Number LM567H or LM567CH
See NS Package Number H08C

Dual-In-Line and Small Outline Packages



Top View
Order Number LM567CM
See NS Package Number M08A
Order Number LM567CN
See NS Package Number N08E

© 1999 National Semiconductor Corporation DS006975

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage Pin	9V
Power Dissipation (Note 2)	1100 mW
V_8	15V
V_3	−10V
V_3	V_4 + 0.5V
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C

Operating Temperature Range	
LM567H	−55°C to +125°C
LM567CH, LM567CM, LM567CN	0°C to +70°C
Soldering Information	
Dual-In-Line Package	
Soldering (10 sec.)	260°C
Small Outline Package	
Vapor Phase (60 sec.)	215°C
Infrared (15 sec.)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics

AC Test Circuit, T_A = 25°C, V^+ = 5V

Parameters	Conditions	LM567			LM567C/LM567CM			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Power Supply Voltage Range		4.75	5.0	9.0	4.75	5.0	9.0	V
Power Supply Current Quiescent	R_L = 20k		6	8		7	10	mA
Power Supply Current Activated	R_L = 20k		11	13		12	15	mA
Input Resistance		18	20		15	20		kΩ
Smallest Detectable Input Voltage	I_L = 100 mA, $f_i = f_o$		20	25		20	25	mVrms
Largest No Output Input Voltage	I_C = 100 mA, $f_i = f_o$	10	15		10	15		mVrms
Largest Simultaneous Outband Signal to Inband Signal Ratio			6			6		dB
Minimum Input Signal to Wideband Noise Ratio	B_n = 140 kHz		−6			−6		dB
Largest Detection Bandwidth		12	14	16	10	14	18	% of f_o
Largest Detection Bandwidth Skew			1	2		2	3	% of f_o
Largest Detection Bandwidth Variation with Temperature			±0.1			±0.1		%/°C
Largest Detection Bandwidth Variation with Supply Voltage	4.75–6.75V		±1	±2		±1	±5	%V
Highest Center Frequency		100	500		100	500		kHz
Center Frequency Stability (4.75–5.75V)	$0 < T_A < 70$ $-55 < T_A < +125$		35 ± 60 35 ± 140			35 ± 60 35 ± 140		ppm/°C ppm/°C
Center Frequency Shift with Supply Voltage	4.75V–6.75V 4.75V–9V		0.5	1.0 2.0		0.4	2.0 2.0	%/V %/V
Fastest ON-OFF Cycling Rate			f_o/20			f_o/20		
Output Leakage Current	V_8 = 15V		0.01	25		0.01	25	µA
Output Saturation Voltage	e_i = 25 mV, I_8 = 30 mA e_i = 25 mV, I_8 = 100 mA		0.2 0.6	0.4 1.0		0.2 0.6	0.4 1.0	V
Output Fall Time			30			30		ns
Output Rise Time			150			150		ns

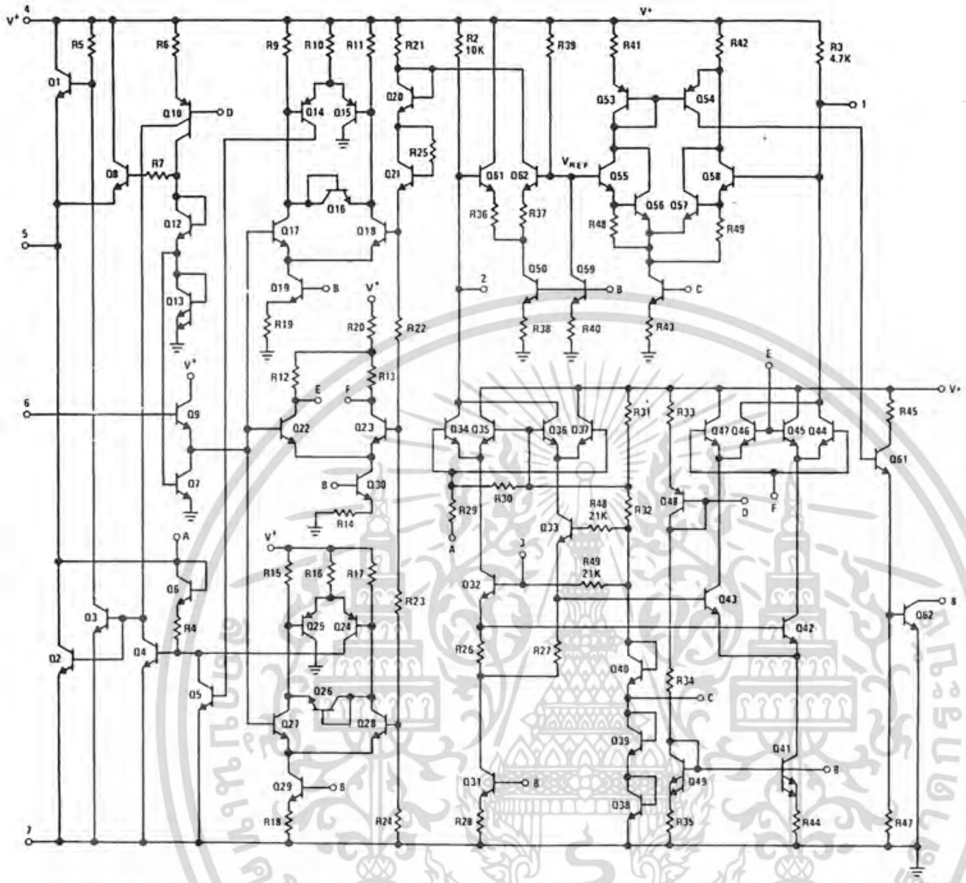
Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which guarantee specific performance limits. This assumes that the device is within the Operating Ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no limit is given, however, the typical value is a good indication of device performance.

Note 2: The maximum junction temperature of the LM567 and LM567C is 150°C. For operating at elevated temperatures, devices in the TO-5 package must be derated based on a thermal resistance of 150°C/W, junction to ambient or 45°C/W, junction to case. For the DIP the device must be derated based on a thermal resistance of 110°C/W, junction to ambient. For the Small Outline package, the device must be derated based on a thermal resistance of 160°C/W, junction to ambient.

Note 3: Refer to RETS567X drawing for specifications of military LM567H version.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

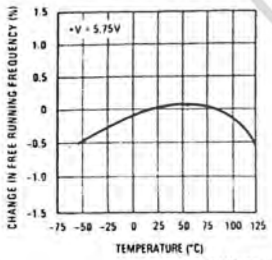
Schematic Diagram



DS006975-3

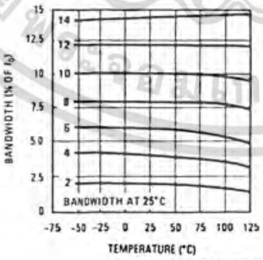
Typical Performance Characteristics

Typical Frequency Drift



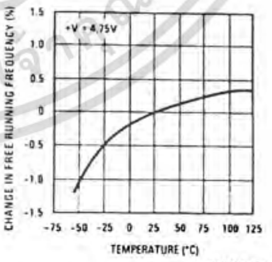
DS006975-10

Typical Bandwidth Variation



DS006975-11

Typical Frequency Drift

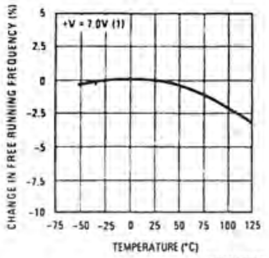


DS006975-12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

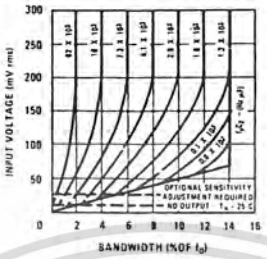
Typical Performance Characteristics (Continued)

Typical Frequency Drift



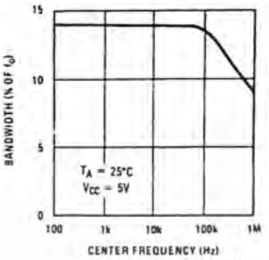
DS006975-13

Bandwidth vs Input Signal Amplitude



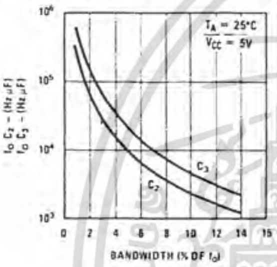
DS006975-14

Largest Detection Bandwidth



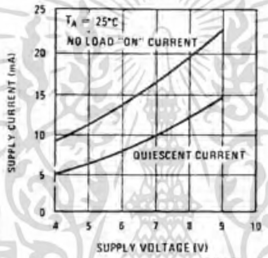
DS006975-15

Detection Bandwidth as a Function of C_2 and C_3



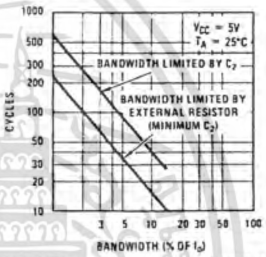
DS006975-16

Typical Supply Current vs Supply Voltage



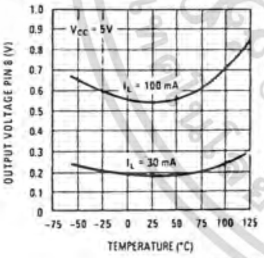
DS006975-17

Greatest Number of Cycles Before Output



DS006975-18

Typical Output Voltage vs Temperature

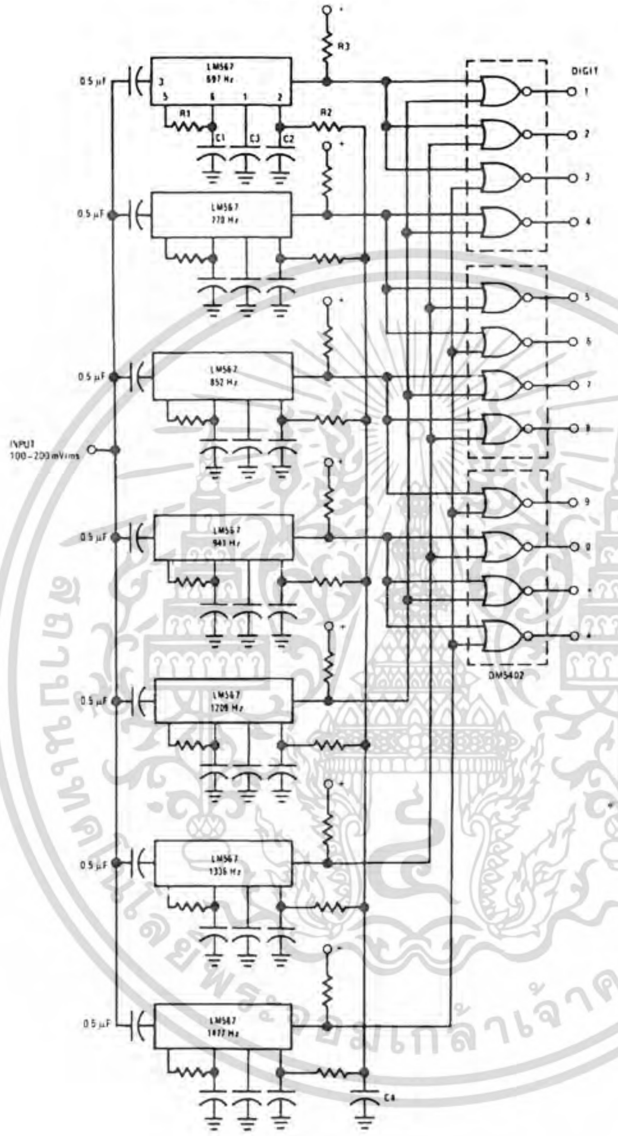


DS006975-19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications

Touch-Tone Decoder



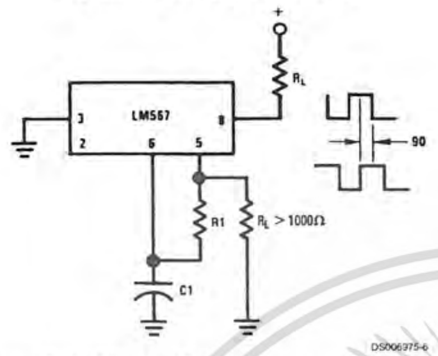
DS006975-5

Component values (typ)
R1 6.8 to 15k
R2 4.7k
R3 20k
C1 0.10 mfd
C2 1.0 mfd 6V
C3 2.2 mfd 6V
C4 250 mfd 6V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

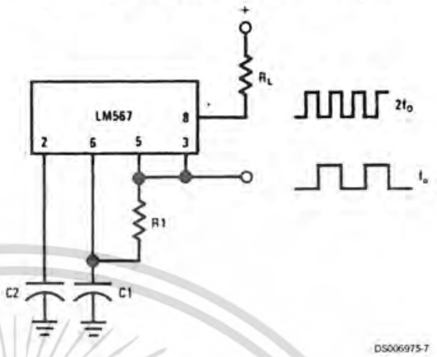
Typical Applications (Continued)

Oscillator with Quadrature Output

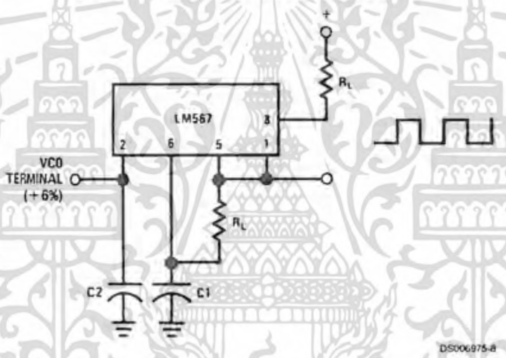


Connect Pin 3 to 2.8V to Invert Output

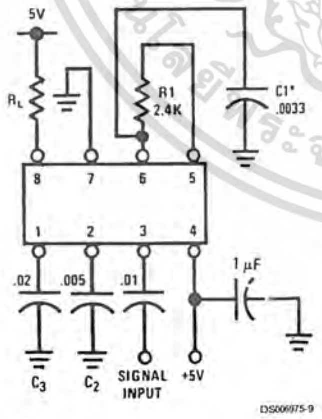
Oscillator with Double Frequency Output



Precision Oscillator Drive 100 mA Loads



AC Test Circuit



f_i = 100 kHz + 5V

***Note:** Adjust for f_o = 100 kHz.

Applications Information

The center frequency of the tone decoder is equal to the free running frequency of the VCO. This is given by

$$f_o \cong \frac{1}{1.1\ R_1 C_1}$$

The bandwidth of the filter may be found from the approximation

$$BW = 1070 \sqrt{\frac{V_i}{f_o C_2}} \text{ in \% of } f_o$$

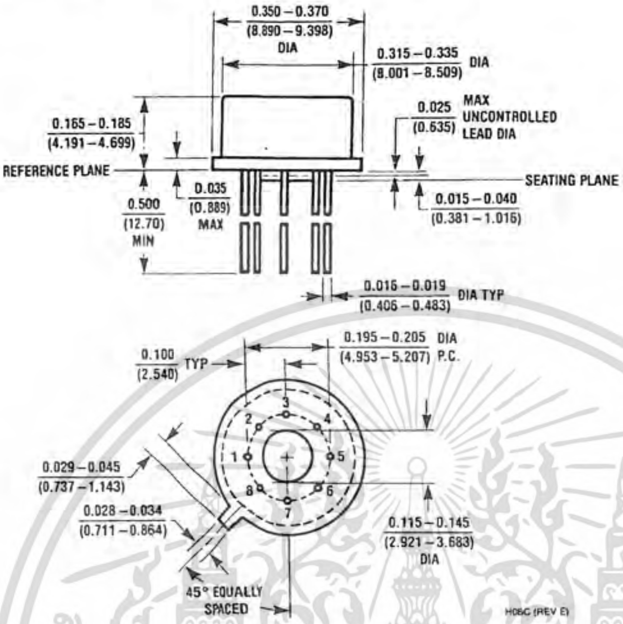
Where:

V_i = Input voltage (volts rms), $V_i \leq 200$ mV

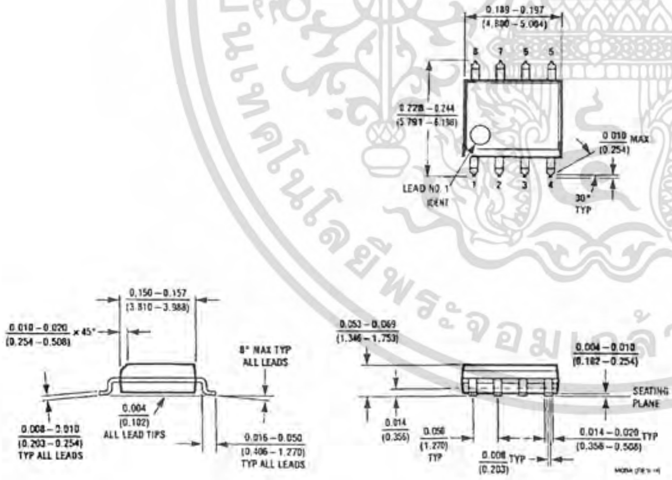
C_2 = Capacitance at Pin 2 (µF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



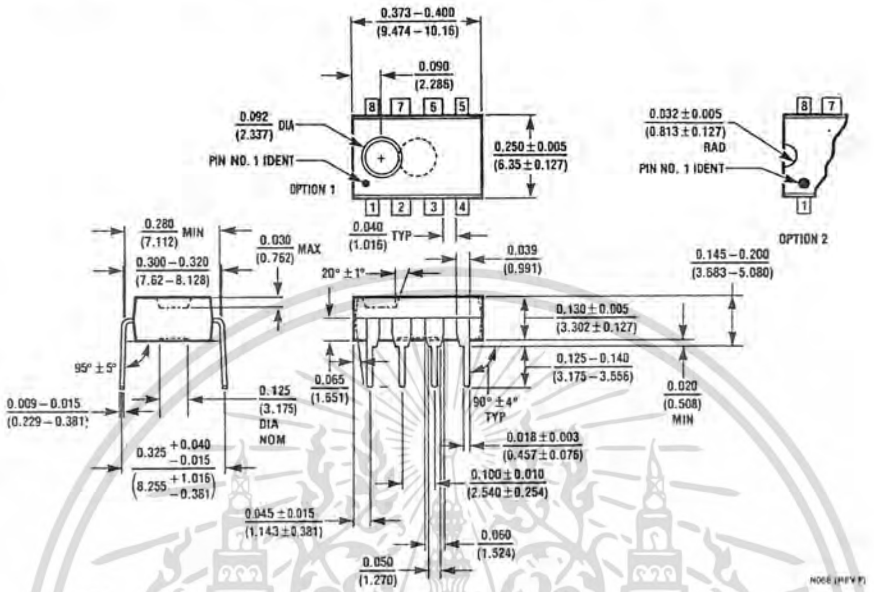
Metal Can Package (H)
Order Number LM567H or LM567CH
NS Package Number H08C



Small Outline Package (M)
Order Number LM567CM
NS Package Number M08A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Molded Dual-In-Line Package (N)
Order Number LM567CN
NS Package Number N08E

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
Americas
Tel: 1-800-272-9959
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com

www.national.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85
English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32
Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58
Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: sea.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-5639-7560
Fax: 81-3-5639-7507

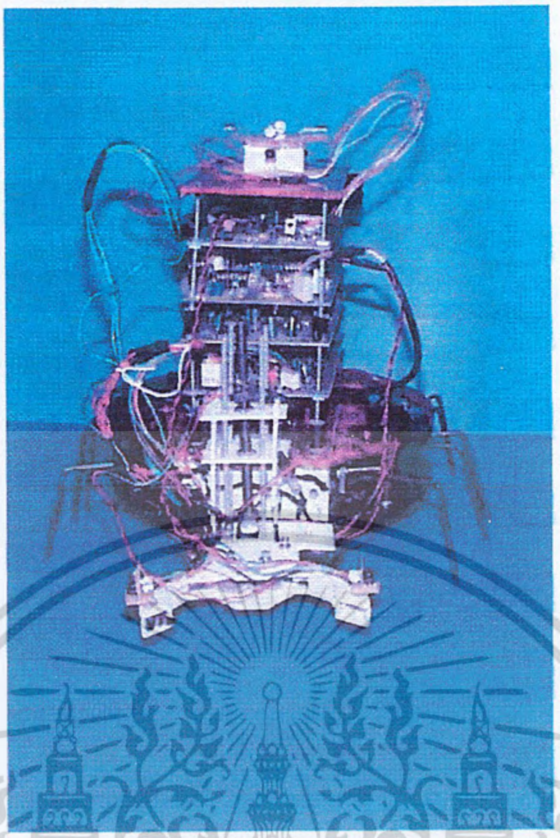
National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

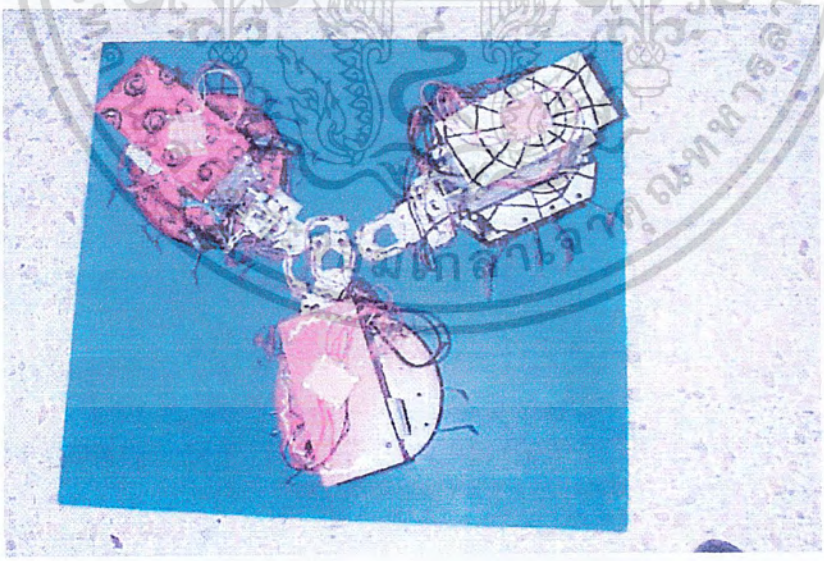
ภาคผนวก ง

รูปถ่ายของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

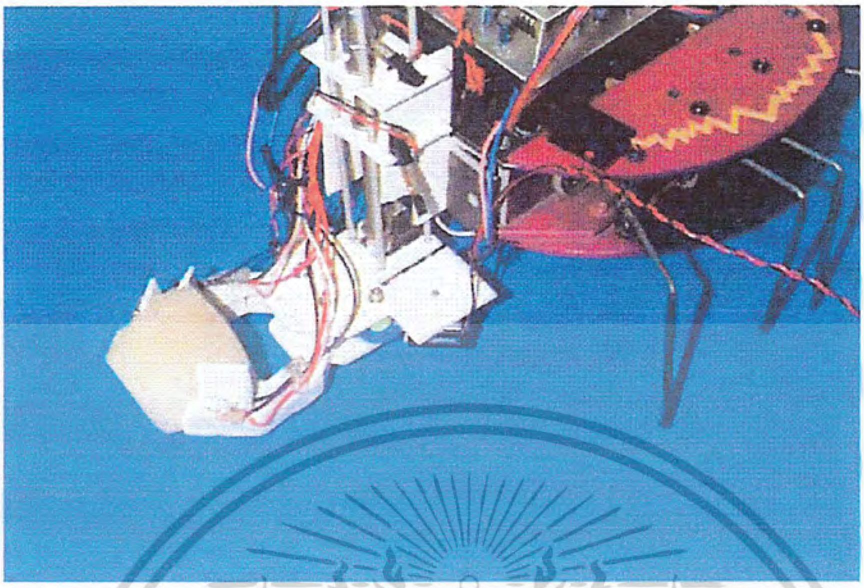


ภาพแสดงด้านหน้าของหุ่นยนต์

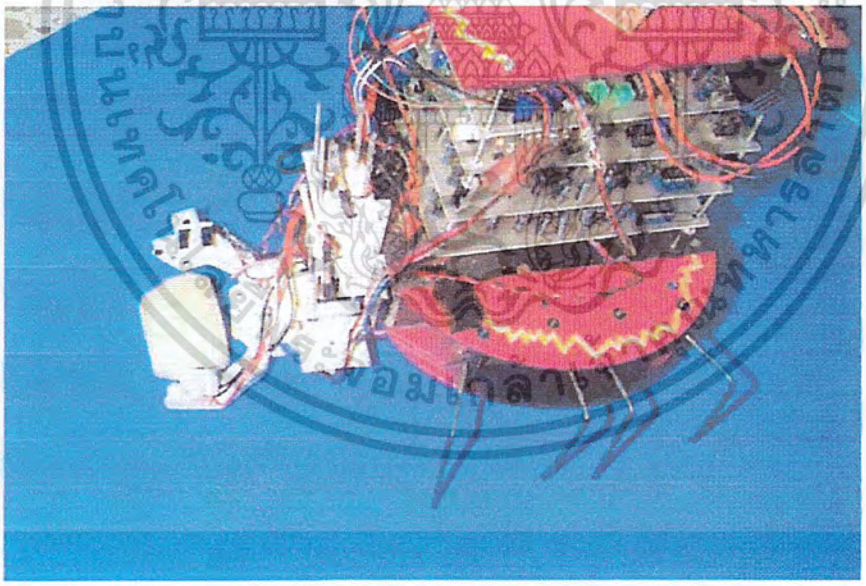


ภาพแสดงด้านบนของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

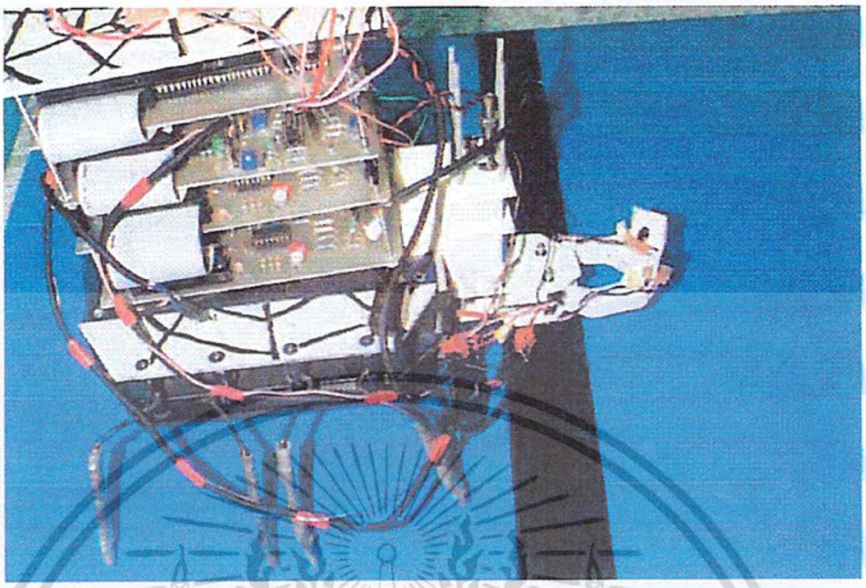


ภาพแสดงการคีบสิ่งของ

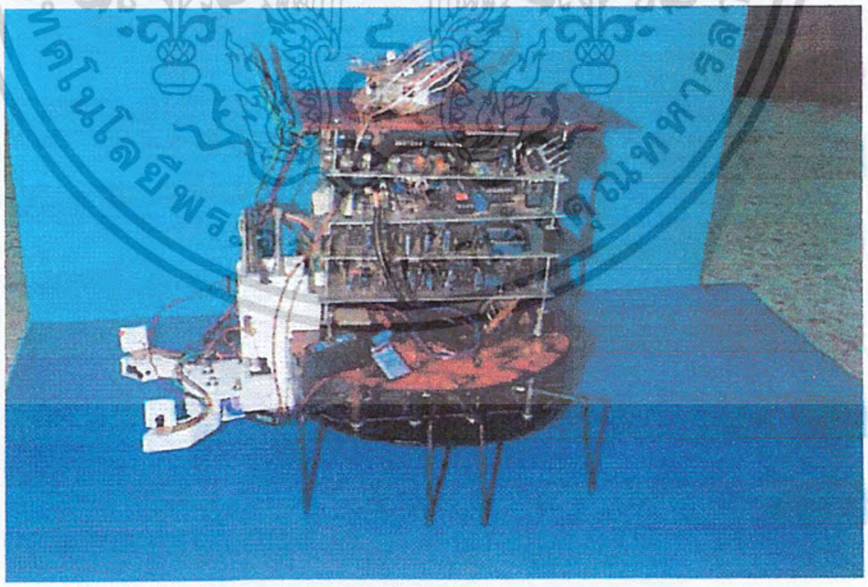


ภาพแสดงการตรวจเจอสิ่งของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพแสดงการตรวจเช็คบาร์โค้ด



ภาพแสดงด้านข้างของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1) สมยศ จุณณะปิยะ , การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2541

2) โยธิน เปรมปราณีรัชต์ , ระบบเซอร์โวและอิเล็กทรอนิกส์คอนโทรลมอเตอร์ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2533

3) ปรเมษฐ์ ประนยานันทน์ , ปิยพงศ์ เผ่าวาณิช , คู่มือประยุกต์การใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

4) Arrick Robot , " Walking Robot " , Update 19 November 2000 , www.robotic.com

5) Πtronic Robots , "SPIDER" , Update 20 Mmay 2000 , www.xs4all.nl/~sbolt/e~spider.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้