สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หุ่นยนต์พลังงานแสงอาทิตย์

นายสรันย์ ศรีสมัย

2549

เล่มที่.....
เลขทะเบียน 62311
วัน,เดือน,ปี - 8 ส.ค. 2549

b 11b2016x
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Solar Powered Robot

Mr. Sarun Srisamai

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Physics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง หุ่นยนต์พลังงานแสงอาทิตย์

นักศึกษา นายสรันย์ ศรีสมัย

ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์
สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ วิชิต ศิริโชติ

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ อ.ภูมินทร์ จินดาจิธาวัฒน์ กรรมการ ดร.ปิติพร ถนอมงาม กรรมการ อ.เบญจพล ดันสู้ อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.วิชิต ศิริโชติ	ภูมินทร์ จินดาจิธาวัฒน์

(รองศาสตราจารย์ วิชาญ เตชิตธีระ)
หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษ เรื่อง/ปัญหาพิเศษ หุ่นยนต์พลังงานแสงอาทิตย์

นักศึกษา นาย สรันย์ ศรีสมัย

ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ **คณะวิทยาศาสตร์**

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ วิชิต ศิริโชติ

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ได้พัฒนาหุ่นยนต์อย่างง่าย ทำงานด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อศึกษาการใช้โซล่าเซลล์และตัวเก็บพลังงาน โครงสร้างของหุ่นยนต์ สร้างด้วยพลาสติก อะคริลิค แผงวงจรคอมพิวเตอร์สร้างขึ้นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดCMOS Motorola 68HC11 หุ่นยนต์มีตัวตรวจจับLDR 4 ช่อง โปรแกรมควบคุมได้เขียนขึ้นด้วย interactive c compiler ได้ทดลองเขียนโปรแกรมให้หุ่น วิ่งค้นหาแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Solar Powered Robot
Name	Mr. Sarun srisamai
Department	Applied Physics **Faculty of Science**
Program	Applied Physics
Academic Year	2005
Special Project Adviser	Associate Professor Wichit Sirichote

ABSTRACT

A simple robot powered by solar energy has been developed for studying the use of solar cell and energy storage. The robot plate form was built with acylic plastic. The onboard computer is base on the motorola 68HC11 CMOS microcontroller. The robot has 4 chanels LDR detector. The control program was written using Interactive C compiler. Experiment has been made for light seeking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบิดาผู้ล่วงลับ ผู้ซึ่งเป็นดั่งเข็มทิศในการทำงาน และมารดาผู้ให้กำลังใจเสมอมา

รศ. วิชิต ศิริโชติ **ผู้คอยให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับโครงงานพิเศษนี้ในทุกๆเรื่อง**

อ. เบญจพล ตันสู้ สำหรับคำปรึกษาและอุปกรณ์ในการทำงาน

ดร. จิติ หนูแก้ว ผู้อนุเคราะห์แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้งานสามารถดำเนินต่อไปได้

คณาจารย์ ทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ผู้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ในด้านต่างๆ

เพื่อนๆทุกคน ที่คอยช่วยเหลือตลอดมา

สรันย์ ศรีสมัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 ขอบเขตในการศึกษา	4
1.4 ระยะเวลาในการดำเนินการ	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ประวัติความเป็นมาของหุ่นยนต์	6
2.2 เซลล์แสงอาทิตย์	10
2.3 DC motor	15
2.4 Motorola 68HC11	18
2.5 โหมดการทำงานของ 68HC11	21
2.6 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11	22
2.7 รูปแบบคำสั่งของ 68HC11	23
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	
3.1 การออกแบบหุ่นยนต์	27
3.2 Body ส่วนประกอบต่างๆ ของหุ่นยนต์	30
3.3 ขั้นตอนการทดลอง	33
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	
4.1 ผลการทดลอง	34
4.2 อภิปรายผล	37
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่1.1 sojourner (1997)	2
รูปที่1.2 spirit & opportunity (2004)	2
รูปที่1.3 เปรียบเทียบขนาดของ spirit & opportunity และ sojourner	2
รูปที่1.4 ระบบการทำงานเบื้องต้นของหุ่นยนต์	3
รูปที่2.1 รายละเอียดของ Spirit และ Opportunity	8
รูปที่2.2 เซลล์แสงอาทิตย์	10
รูปที่ 2.3 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์	11
รูปที่2.4 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	13
รูปที่2.5 DC motor operation	15
รูปที่ 2.6 กระแส ใน DC motor	16
รูปที่ 2.7 สนามแม่เหล็ก ใน DC motor	16
รูปที่ 2.8 แรง ใน DC motor	17
รูปที่ 2.9 ทอร์ค ใน DC motor	17
รูปที่ 2.10 จำนวนขา/รูปร่างตัวถัง แบบ PLCC 52 ขา	20
รูปที่ 2.11 แสดงตำแหน่งของหน่วยความจำในโหมดการทำงานต่างๆ	22
รูปที่ 3.1 Schematic ของ Controller ที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์พลังงานแสงอาทิตย์	27
รูปที่ 3.2 controller ที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์พลังงานแสงอาทิตย์	28
รูปที่ 3.3 แสดงรูปของ Light - Dependent Resistor (LDR)	29
รูปที่ 3.4 การต่อ LDR แบบ voltage divider	30
รูปที่ 3.5 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 42 x 45 เซนติเมตร	30
รูปที่ 3.6 แบตเตอรี่ กระแสตรง ขนาด 12 โวลต์	31
รูปที่ 3.7 มอเตอร์ กระแสตรงขนาด 12 โวลต์	32
รูปที่ 3.8 แสดงรูปของหุ่นยนต์พลังงานแสงอาทิตย์	32
รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และ output LDR	36
รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และ output Solar Cell	36
รูปที่ 4.3 เมื่อแสงมีความเข้มสูงที่บริเวณด้านหน้า	37
รูปที่ 4.4 เมื่อแสงมีความเข้มสูงที่บริเวณด้านหลัง	37
รูปที่ 4.5 เมื่อแสงมีความเข้มสูงที่บริเวณด้านขวา	38
รูปที่ 4.6 เมื่อแสงมีความเข้มสูงที่บริเวณด้านซ้าย	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาในการดำเนินการ 5

ตารางที่ 4.1 การวัดเทียบ output ของ Pyranometer,LDR sensor และ Solar cell 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

ในปัจจุบันนี้ พลังงานเป็นสิ่งที่ขาดแคลนอย่างมากโดยอย่างยิ่งพลังงานน้ำมันเราจึงหาทางที่จะผลิตพลังงานทดแทนชนิดอื่นๆเข้ามาใช้งาน พลังงานแสงอาทิตย์ก็เป็นทางออกหนึ่ง

ในอดีตการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีราคาแพงมาก แต่เนื่องจากปัจจุบันราคาของ เซลล์แสงอาทิตย์ได้ลดลงมาอย่างมากและมีแนวโน้มว่าจะลดลงอีกเรื่อย ๆ เพราะประชาชนโดยทั่วไปได้ตระหนักถึงสภาวะแวดล้อมเป็นพิษเนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตพลังงาน จึงหันมาใช้ เซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีจุดเด่นที่สำคัญแตกต่างจากวิธีอื่น หลายประการดังต่อไปนี้

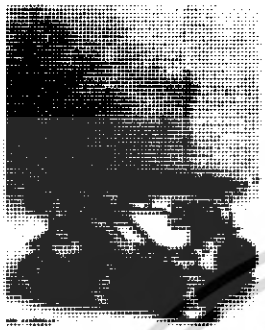
1. ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวในขณะที่ใช้งานจึงทำให้ไม่มีมลภาวะทางเสียง
2. ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษจากขบวนการผลิตไฟฟ้า
3. มีการบำรุงรักษาน้อยมากและใช้งานแบบอัตโนมัติได้ง่าย
4. ผลิตไฟฟ้าได้ทุกมุมโลกแม้บนเกาะเล็กๆกลางทะเลบนยอดเขาสูงและในอวกาศ
5. ได้พลังงานไฟฟ้าโดยตรงซึ่งเป็นพลังงานที่นำมาใช้ได้สะดวกที่สุด เพราะการส่งและการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า

ดังนั้นโครงงานนี้เราจึงเลือกศึกษาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานจริงโดยหุ่นยนต์พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งการศึกษาจะเป็นการออกแบบการทำงานโดยใช้พลังงานให้คุ้มค่า เนื่องจากพลังงานที่ได้จะขึ้นอยู่กับพื้นที่ของเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งมีพื้นที่ไม่มากนักจึงจำเป็นต้องออกแบบวงจรการทำงานให้ใช้พลังงานที่น้อย และสามารถทำงานได้แม้ไม่มีแสงอาทิตย์หรือที่ที่มีปริมาณความเข้มแสงที่น้อยได้

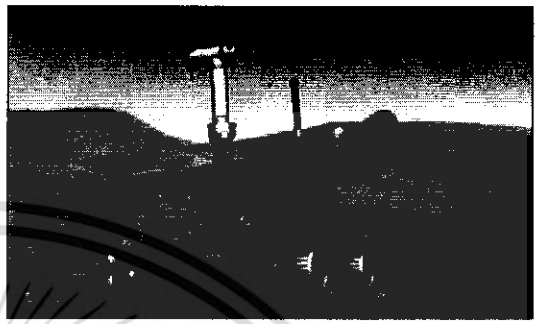
ในการสร้างหุ่นยนต์พลังงานแสงอาทิตย์นั้น ได้มีการสร้างขึ้นเพื่อการสำรวจในสถานที่ต่างๆโดยอย่างยิ่งในดวงดาวต่างๆ เช่น หุ่นยนต์สำรวจดาวอังคารของ NASA คือ sojourner ที่ส่งไปสำรวจดาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อังคารในปี ค.ศ. 1997 และ หุ่นยนต์แฝด ที่มีโครงสร้างเหมือนกันทุกอย่าง คือ spirit และ opportunity ในปี ค.ศ. 2004



รูปที่ 1.1 sojourner (1997)



รูปที่1.2 spirit & opportunity (2004)

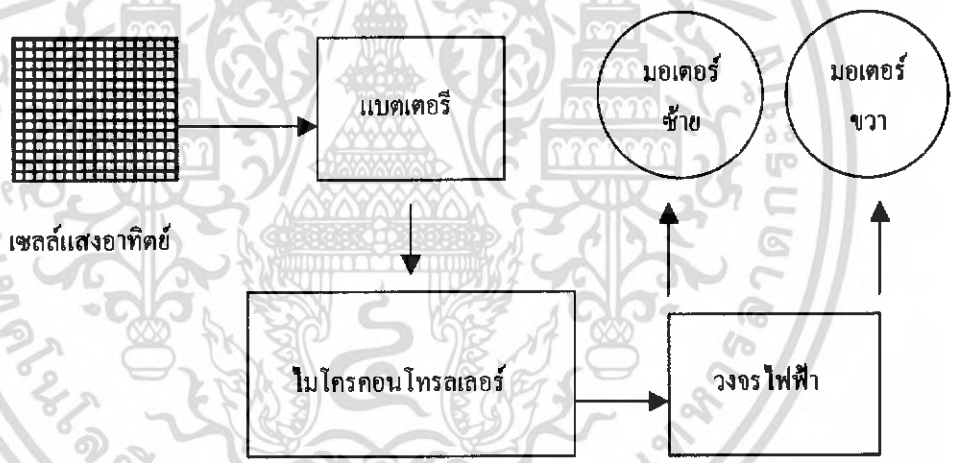
โดยตัวหุ่นยนต์จะใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ เพราะทำให้หุ่นยนต์ยังคงสามารถทำงานเป็นเวลานานได้ตราบเท่าที่ยังคงมีแสงอาทิตย์อยู่ การทำงานของหุ่นยนต์ เป็นการทำงานสำรวจพื้นผิวและแร่ธาตุต่างๆบนดาวอังคาร โดยผ่านทางกล้องถ่ายถ่ายภาพ และส่งข้อมูลโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งพื้นที่ของเซลล์แสงอาทิตย์ยิ่งมีบริเวณกว้างก็จะสามารถจ่ายพลังงานได้มากกว่าหุ่นยนต์ที่มีพื้นที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ที่น้อย

รูปที่1.3 เปรียบเทียบขนาดของ spirit & opportunity และ sojourner

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษนี้สนใจหลักการทำงานเบื้องต้นของหุ่นยนต์พลังงานแสงอาทิตย์นี้ เพราะเราสามารถ ทำให้ได้ความรู้ในหลายๆด้านไม่ว่าจะเป็น การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ หลักการทางกลศาสตร์ หลักการ ทางไฟฟ้า การออกแบบวงจรไฟฟ้า ความรู้ทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ การออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และในด้านอื่นๆอีกมาก

โดยเราจะทำการสร้างหุ่นยนต์โดยมีพื้นที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ไม่มากนักซึ่งจะทำให้พลังงาน ที่ได้น้อยจึงจำเป็นต้องออกแบบวงจรไฟฟ้าที่ใช้พลังงานที่น้อยที่สุดเพื่อที่จะทำให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้โดยพลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้อย่าง มีประสิทธิภาพ ซึ่งทางด้านการควบคุมจะใช้การโปรแกรมผ่านทางไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อที่จะทำการควบคุมมอเตอร์ในการทำให้หุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ และสามารถประยุกต์ใช้งานกับ การควบคุมสิ่งอื่นๆได้ ในภายหน้าต่อไป



รูปที่1.4 ระบบการทำงานเบื้องต้นของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. **เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้าง คุณสมบัติ และพลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้**
2. **เพื่อศึกษาการออกแบบวงจรไฟฟ้าที่สามารถใช้พลังงานต่ำได้**

1.3 ขอบเขตในการศึกษา

1.3.1 ส่วนทฤษฎี จะเป็นการศึกษา คุณสมบัติต่างๆของโซล่าเซลล์ที่นำมาใช้

1.3.2 ส่วนการวัดความต้องการพลังงานรวมของอุปกรณ์ทั้งหมด

1.3.3 ส่วนการออกแบบวงจร ซึ่งจะเป็นการออกแบบวงจรไฟฟ้าและ ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่จะนำมาใช้

1.3.4 ส่วนของการ โปรแกรม เป็นการโปรแกรมคำสั่งให้กับหุ่นยนต์ในการทำงานภาคสนาม

1.3.5 ส่วนการสรุปผล จะเป็นการรวบรวมผลการทำงานที่ได้ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ระยะเวลาในการดำเนินการ

ขั้นตอนวิธีการดำเนินการ	2548							2549		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษาขอบเขต										
2. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง										
3. วัดพลังงานของระบบ										
4. สร้างหุ่นยนต์										
5. วัดคุณสมบัติต่างๆ										
6. วัดข้อมูลการทำงาน										
7. จัดทำเอกสาร										
8. ตรวจสอบความถูกต้อง										

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาในการดำเนินการ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการศึกษาโครงงานพิเศษนี้จะเห็นได้ว่าเป็นงานที่เราสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้ศึกษามา ในทุกทุกด้านโดยจะแบ่งย่อยดังนี้

1.5.1 ทางด้าน โซลิดสเตท จะเป็นการศึกษาโครงสร้างการทำงานของโซล่าเซลล์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆได้จริง

1.5.2 ทางด้างอิเล็กทรอนิค จะเป็นการศึกษาวงจรที่ใช้พลังงานที่น้อยเพื่อที่จะนำมาใช้กับตัวเซลล์แสงอาทิตย์ และยังสามรถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในงานด้านอิเล็กทรอนิค อื่นๆได้

1.5.3 ทางด้าน ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะเป็นการนำความรู้ทางด้าน ไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้งานจริงและสามารถประยุกต์ใช้ความรู้จากโครงงานพิเศษนี้ในงานด้านอื่นๆต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ประวัติความเป็นมาของหุ่นยนต์

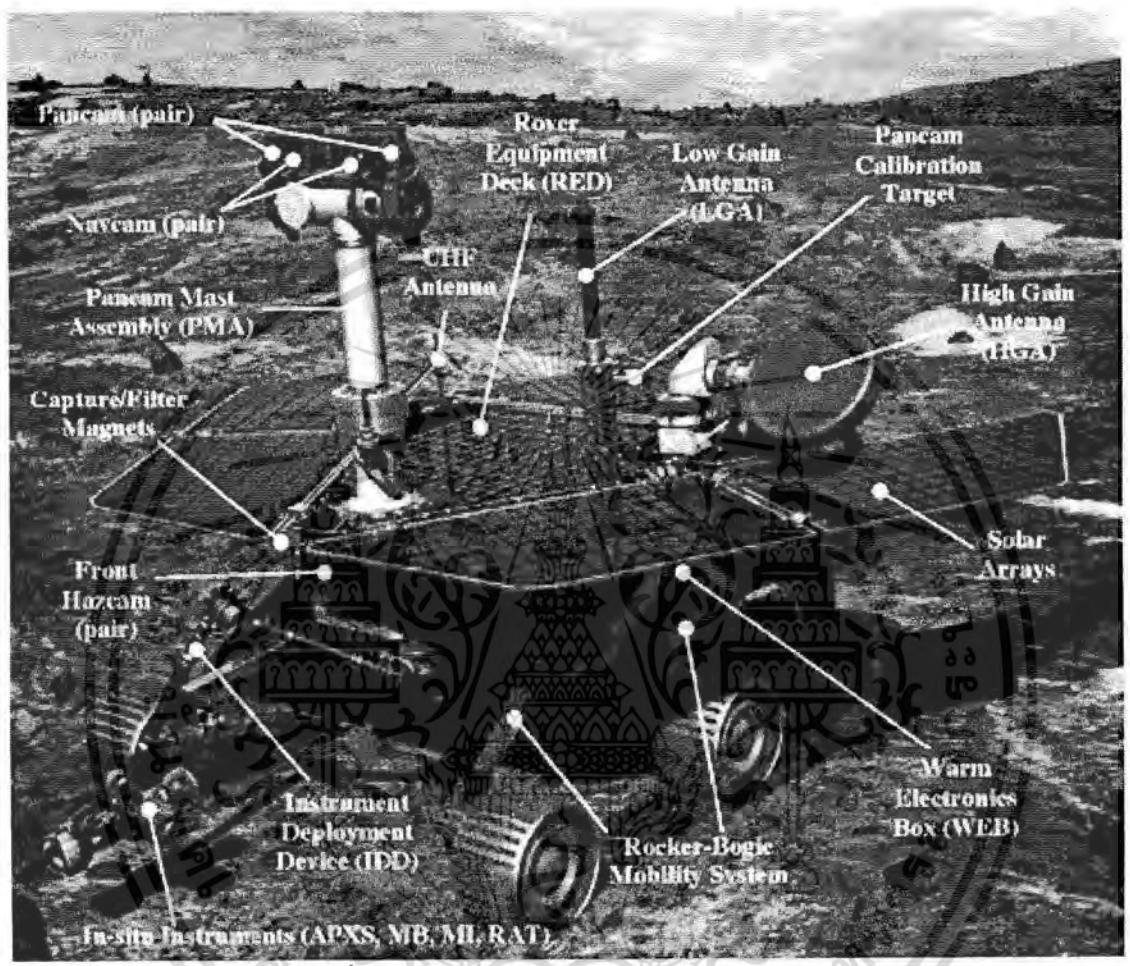
ปี 1921 นักประพันธ์ชาวเชกส์ Karel Acpek ได้ทำละครล้อเลียน โดยมีคำว่า Robot หรือคำว่า Robota ซึ่งแปลว่า ทาส หรือผู้ใช้แรงงาน Robot ในความหมายของCapek หมายถึง หุ่นยนต์ที่มีลักษณะเหมือนมนุษย์ มีแขน มีขา สามารถทำงานได้มากกว่ามนุษย์ 2 เท่า มีพลังมากกว่ามนุษย์ 2 เท่า หลังจากนั้น 21 ปี ก็มีนักประพันธ์ทางด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี ชื่อ Isaac Asimov เป็นคนที่สร้างแรงดึงดูดให้กับเด็กรุ่นต่อมาสนใจเรื่องหุ่นยนต์ อย่างมาก ในบทประพันธ์เรื่อง (Runaround) ซึ่งได้บัญญัติกฎ 3 ข้อของหุ่นยนต์ คือ 1.หุ่นยนต์ห้ามทำร้ายมนุษย์ 2.หุ่นยนต์ต้องเชื่อฟังมนุษย์ 3.หุ่นยนต์ต้องป้องกันตัวเอง ซึ่งในความเป็นจริงในยุคสมัยนั้นยังไม่มีหุ่นยนต์จริง เป็นเพียงแค่จินตนาการและความช่างฝันเท่านั้น และแล้วหุ่นยนต์ตัวแรกของโลก ก็เกิดขึ้นเมื่อปี 1954 โดย George Devol วิศวกรชาวสหรัฐอเมริกา ที่สามารถค้นคิดประดิษฐ์แขนของหุ่นยนต์ อย่างง่ายที่สามารถเคลื่อนไหวทำงานตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ใช้ประโยชน์ในงานอุตสาหกรรม จากจุดนี้เองที่ทำให้การพัฒนาหุ่นยนต์เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในระยะเวลากว่ากึ่งศตวรรษจนมาถึงวันนี้มีหลายประเทศ ที่เป็นประเทศมหาอำนาจทางด้านเทคโนโลยีการผลิตหุ่นยนต์ สหรัฐอเมริกา หนึ่งในมหาอำนาจของโลก ในเรื่องของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีถือเป็นต้นกำเนิดของหุ่นยนต์บนโลก มีความหลากหลายของหุ่นยนต์เน้นในการที่จะนำไปใช้งานได้จริง อย่างในปี 1959 บริษัท Planet Corporation ได้สร้างหุ่นยนต์ที่เป็น First Commercial Robot ขึ้นมาเพื่อวัตถุประสงค์ทางงานด้านอุตสาหกรรมตามมาติดๆ ในปี 1962 ด้วยบริษัทยักษ์ใหญ่ผู้ผลิตรถยนต์อย่าง GM general motor ก็ใช้หุ่นยนต์ แต่ที่สร้างชื่อเสียงมากที่สุดก็คงเป็นหุ่นยนต์ขององค์การ NASA ที่ไปสำรวจดาวอังคาร ที่ชื่อ Mars Sojourner เป็นหุ่นยนต์ที่ส่งไปสำรวจดาวอังคาร ในปี 1997 และหุ่นยนต์ Spirit กับ Opportunity ที่ถูกส่งตามไปสำรวจดาวอังคาร ซึ่งถือว่าเป็นสุดยอดของเทคโนโลยีในโลกของหุ่นยนต์เลยทีเดียวหรือแม้แต่เยอรมัน เป็นประเทศที่มีขีดความสามารถทางด้านอุตสาหกรรมสูง ดังนั้นการผลิตหุ่นยนต์ของประเทศเยอรมัน จึงเน้นไปในเรื่องของหุ่นยนต์เพื่อการผลิต โดยลักษณะของหุ่นยนต์เป็นหุ่นยนต์ในโรงงานอุตสาหกรรม โครงสร้างจะเป็นลักษณะของแขนหุ่นยนต์ในโรงงานประกอบรถยนต์ ซึ่งในประเทศเยอรมนี มีบริษัทผู้ผลิตหุ่นยนต์เพื่ออุตสาหกรรมที่มีชื่อเสียงในโลกอยู่หลายแห่ง เช่น บริษัท KUKA และ บริษัท ABB ดังนั้นจึงไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สงสัยเลยว่าทำไมประเทศเยอรมัน ถึงมีความเป็นมหาอำนาจในการผลิตรถยนต์ที่โด่งดังของโลก หรือแม้แต่งานที่เกี่ยวกับการผลิตเครื่องจักรกล ซึ่งมีความทันสมัยที่สุดแห่งหนึ่งของโลก ด้านเอเชีย ญี่ปุ่น เป็นประเทศที่เกิดการพัฒนาทางด้านการผลิตหุ่นยนต์ จากจินตนาการที่ได้รับอิทธิพลมาจากการ์ตูน ลักษณะของหุ่นยนต์หลายตัวจึงเป็นลักษณะ Humanoid หรือหุ่นยนต์ที่มีลักษณะทางกายภาพเหมือนคน ลักษณะของหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นมาอาจจะไม่ได้นำไปใช้งานแต่การเป็นการคิดเพื่ออนาคต มีลักษณะเหมือนคนมากที่สุด ทั้งในเรื่องของการเคลื่อนไหวที่สมบูรณ์แบบ ซึ่งต้องใช้เทคโนโลยีชั้นสูง และยังมีหุ่นยนต์ที่โดดเด่นอย่าง AIBO หุ่นยนต์สุนัข ที่สามารถโต้ตอบกับคนได้ ซึ่งมีการนำ AIBO มาใช้ในห้องทดลองวิจัยหลายมหาวิทยาลัยด้วยกัน สามารถติดต่อสื่อสารผ่านคลื่นอินฟราเรดได้ ซึ่งในอนาคตจะมีการพัฒนาไปสู่หุ่นยนต์บริการในบ้าน และยังมีหุ่นยนต์ในลักษณะ Humanoid อีกตัว SDR-4X, หุ่นยนต์ R100 ที่กำลังพัฒนาให้เป็นหุ่นยนต์บริการที่ใช้ในบ้าน และสามารถพูดคุยโต้ตอบกันได้ เป็นไปในรูปแบบของ Partner Robot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 Spirit และ Opportunity



รูปที่2.1 รายละเอียดของ Spirit และ Opportunity

รถหุ่นยนต์โรเวอร์สร้างโดยมหาวิทยาลัยคอร์แนลล์ พัฒนามาจากรถหุ่นยนต์โซเจิร์นเนอร์ ของยานมาร์ส พาธไฟน์เดอร์ มีชื่อว่า Spirit และ Opportunity ซึ่งเป็นผลงานชนะเลิศการแข่งขันตั้งชื่อ โดย โซฟี คอลลิส หนูน้อยชาวอเมริกัน วัย 9 ขวบ จากรัฐอะริโซนามันมีหกล้อ หนัก 180 กิโลกรัม กล้องอยู่สูง 1.5 เมตรหมุนรอบตัว 360 องศา มีแขนกลที่ทำงาน ได้ใกล้เคียงกับแขนของมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือหลักมี 7 ชนิด ได้แก่

- กล้อง Panoramic Camera [Pancam] สำหรับค้นหาแร่ธาตุและถ่ายภาพภูมิประเทศ หลังจากรถหุ่นยนต์เคลื่อนที่ออกจากยาน กล้องจะกวาดไปรอบๆ นักวิทยาศาสตร์ของศูนย์ควบคุมจะวิเคราะห์พื้นที่จากภาพที่ส่งมาและสั่งการให้รถหุ่นยนต์ไปยังพื้นที่เป้าหมาย

- Maniature Themal Emission Spectrometer [Mini-TES] ใช้สำหรับการระบุหินและดิน ที่จะทำการทดสอบ และหากระบวนการในการก่อตัวของหินบนดาวอังคาร นอกจากนั้นมันยังวัดอุณหภูมิในชั้นบรรยากาศอีกด้วย

- Mossbauer Spectrometer [MB] เครื่องมือหาแร่เหล็กในดินและหิน Alpha Particle X-Ray

- Spectrometer [APXS] สำหรับหาวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุของดินและหิน

- Magnets เครื่องมือเก็บอนุภาคฝุ่น MB และ APXS จะวิเคราะห์หาสัดส่วนระหว่างอนุภาคแม่เหล็กและอนุภาคที่ไม่มีแม่เหล็ก

- Microscopic Imager [MI] ใช้ถ่ายภาพดินและหินระยะใกล้ที่มีความละเอียดสูง

- Rock Abration Tool [RAT] ใช้สำหรับกวาดฝุ่นและขูดผิวของวัตถุที่จะทำการวิเคราะห์ รถหุ่นยนต์จะปฏิบัติการได้ไกลวันละ 100 เมตร มากกว่าระยะทางที่รถหุ่นยนต์โซเจิร์นเนอร์ทำได้ทั้งหมด และจะใช้เวลา สำรวจประมาณ 90 วันดาวอังคาร แต่นักวิทยาศาสตร์ก็หวังว่ามันน่าจะปฏิบัติงานได้นานกว่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เซลล์แสงอาทิตย์

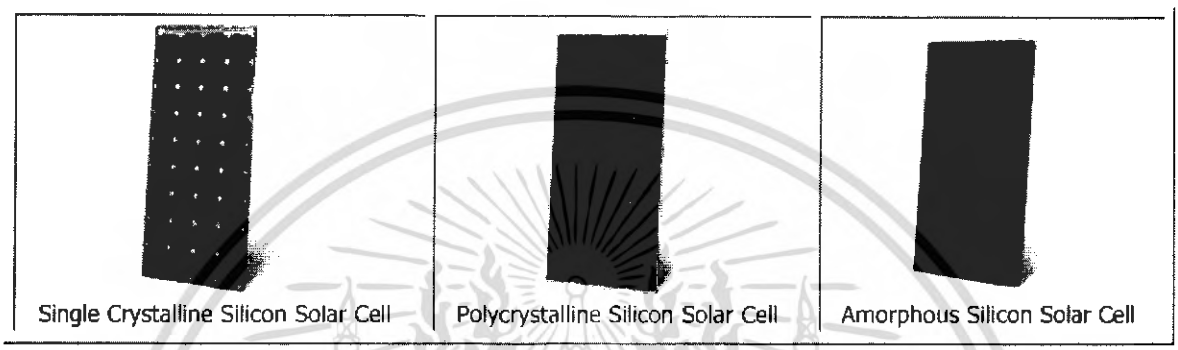
รูปที่2.2 เซลล์แสงอาทิตย์

Solar Cell หรือ PV มีชื่อเรียกกันไปหลายอย่าง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะ หรือเซลล์ photovoltaic ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคำว่า Photovoltaic โดยแยกออกเป็น photo หมายถึง แสง และ volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แนวความคิดนี้ได้ถูกค้นพบมาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1839 แต่เซลล์แสงอาทิตย์ก็ยังไม่ถูกสร้างขึ้นมา จนกระทั่งใน ปี ค.ศ. 1954 จึงมีการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ และได้ถูกนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับดาวเทียมในอวกาศ เมื่อ ปี ค.ศ. 1959 ดังนั้น สรุปได้ว่า เซลล์แสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลเลอไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงกระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้นทำให้สามารถทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

แบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็น 3 ชนิดหลักๆ คือ



รูปที่ 2.3 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

1. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Monocrystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก

2. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มม.) น้ำหนักเบามาก และประสิทธิภาพเพียง 5-10%

3. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ เช่น แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์, แคดเมียม เทลเลอไรด์ และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20-25%

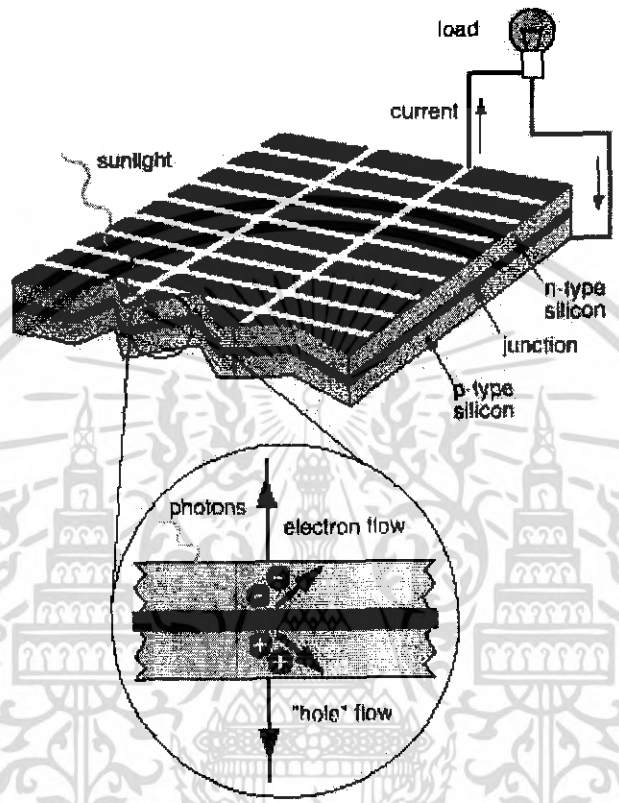
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้างที่นิยมมากที่สุด ได้แก่ รอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ สารกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนโลก คือ ซิลิคอน จึงถูกนำมาสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำซิลิคอนมาถลุง และผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ จนกระทั่งทำให้เป็นผลึก จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็น โดยเมื่อเติมสารเจือฟอสฟอรัส จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ) และเมื่อเติมสารเจือโบรอน จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี (เพราะนำไฟฟ้าด้วยโฮล ซึ่งมีประจุบวก) ดังนั้น เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นมาต่อกัน จะเกิดรอยต่อพีเอ็นขึ้น โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน อาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความหนา 200-400 ไมครอน (0.2-0.4 มม.) ผิวด้านรับแสงจะมีชั้นแพร่ซึมที่มีการนำไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าด้านหน้าที่รับแสงจะมีลักษณะคล้ายก้างปลาเพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุด ส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นขั้วโลหะเต็มพื้นผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่2.4 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอนและโฮล โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์เพื่อแยกพาหะ นำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก (ปกติที่ฐาน จะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวก ส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

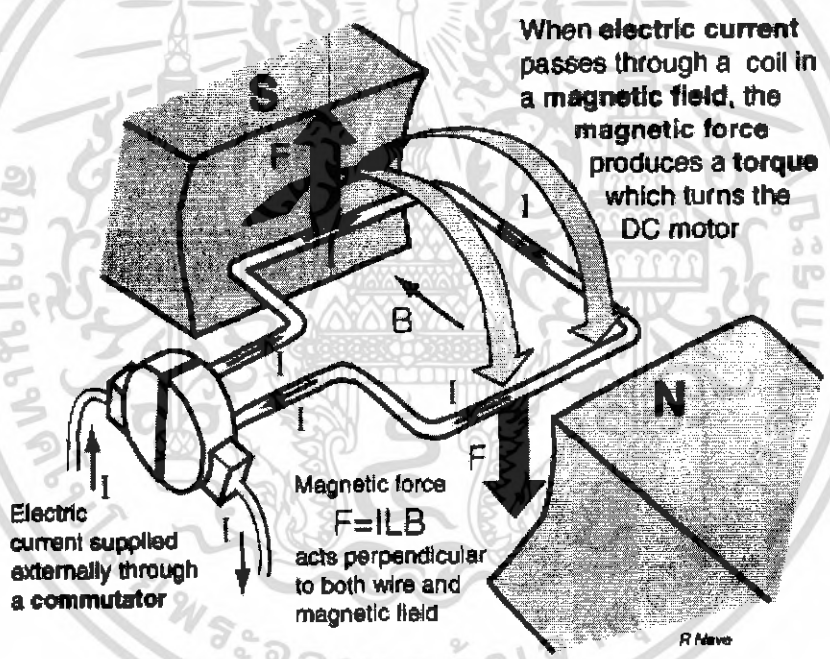
ตัวอย่างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว จะให้กระแสไฟฟ้าประมาณ 2-3 แอมแปร์ และให้แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดประมาณ 0.6 โวลต์ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไม่มากนัก ดังนั้นเพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้ามากเพียงพอสำหรับใช้งาน จึงมีการนำเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์มาต่อกันเป็น เรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Modules) ลักษณะการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นอยู่ว่าต้องการกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้า

- การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนาน จะทำให้ได้กระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น
- การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม จะทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

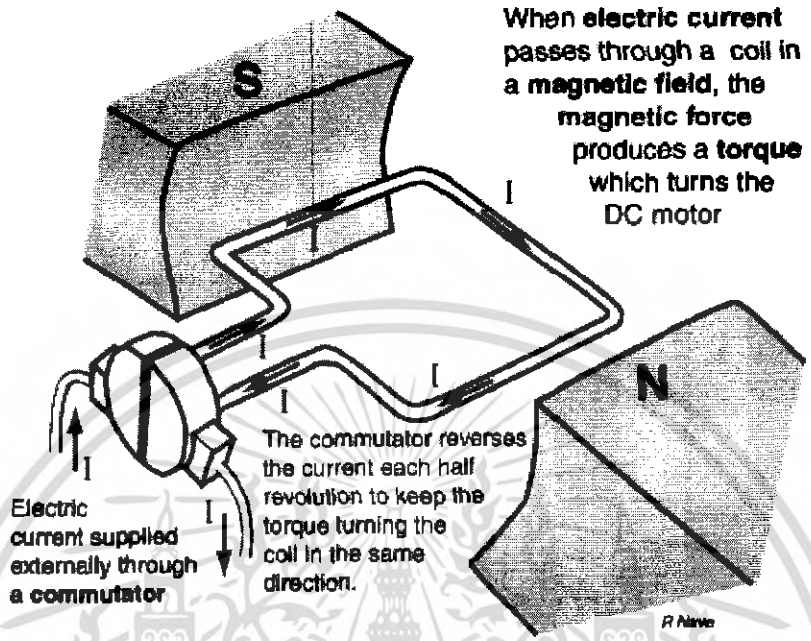
2.3 DC motor

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current, D.C. Motor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล หรือจะกล่าวว่าเป็นระบบที่มีสัญญาณไฟฟ้าเป็นอินพุท และ มีเอาท์พุทเป็นพลังงานกล ก็ได้ โดยทั่วไปมอเตอร์จะประกอบด้วยขดลวดที่ส่วนหมุน หรือ armature coil ซึ่งสามารถที่จะหมุนไปได้อย่างอิสระ ขดลวดนี้จะวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก ซึ่งอาจจะเป็นแม่เหล็กถาวร หรือส่วนมากจะเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สร้างจากกระแสไฟฟ้าผ่าน field coils. เมื่อมีกระแสไฟฟ้า i_a ไหลผ่าน armature coil ซึ่งวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก ก็จะทำให้เกิดแรงผลักทำให้ armature นี้เกิดการหมุน

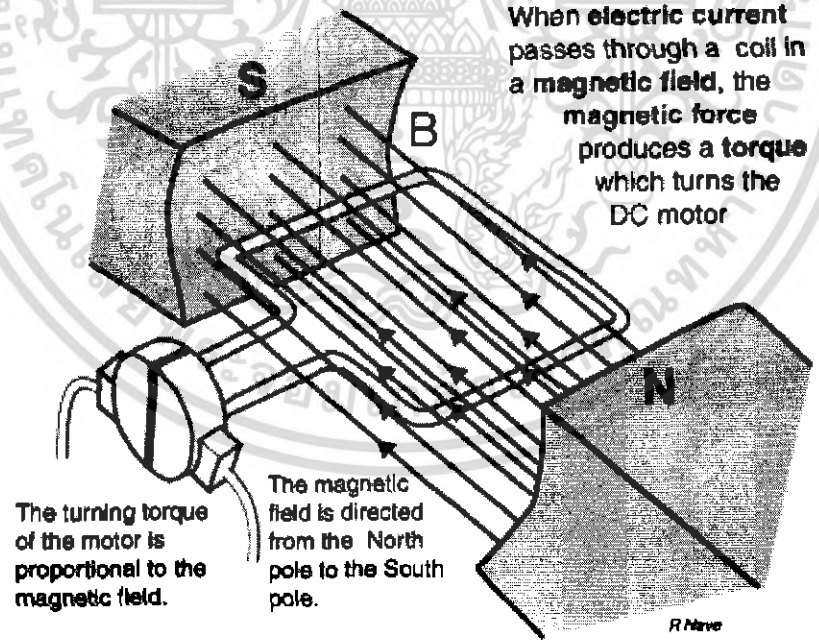


รูปที่ 2.5 DC motor operation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

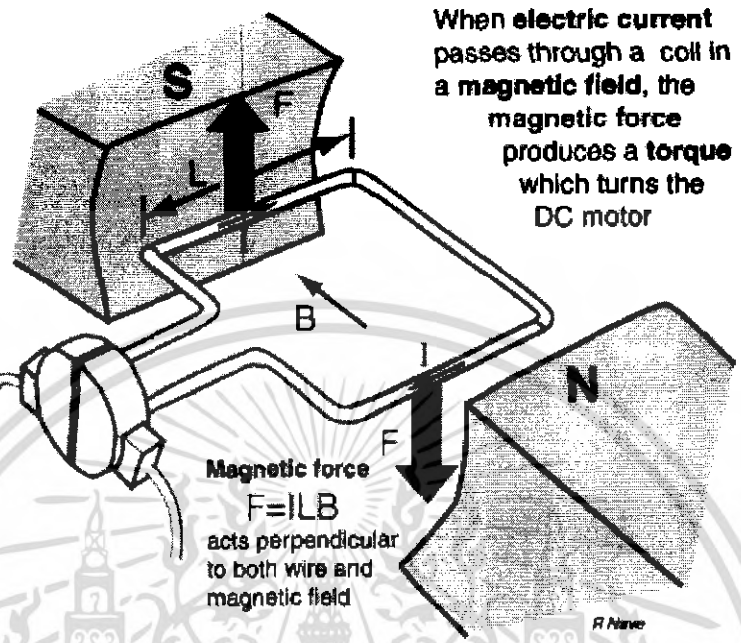


รูปที่ 2.6 กระแส ใน DC motor

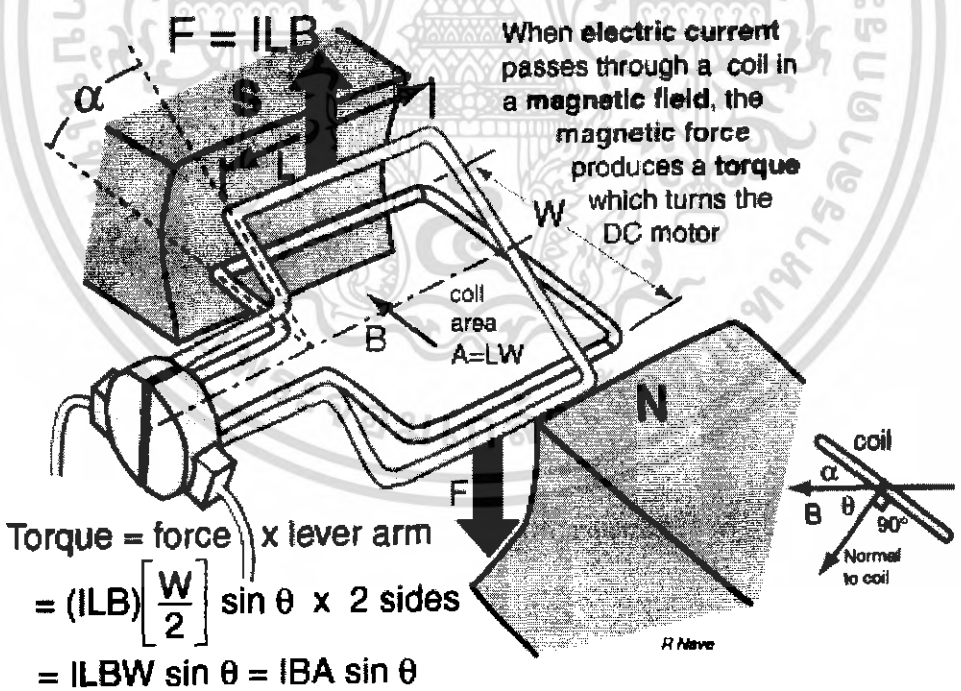


รูปที่ 2.7 สนามแม่เหล็ก ใน DC motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แรง ใน DC motor



รูปที่ 2.9 ทอร์ค ใน DC motor

62311
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายถึง รายละเอียดของส่วนต่างๆในขั้นตอนการดำเนินงานโครงงานนี้ โดยเริ่มจากส่วนของไมโครคอนโทรเลอร์ที่ใช้ คือ Motorola 68HC11

2.4 Motorola 68HC11

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตที่มีความสามารถในการจัดการกับข้อมูลขนาด 16 บิตได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 ผลิตด้วยเทคโนโลยี HCMOS (High – density CMOS) จึงสามารถใช้งานที่ความถี่ 3 เมกกะเฮริส์ท (Megahertz) ถึงความถี่ของสัญญาณตรง (DC) และใช้พลังงานต่ำ นอกจากนี้ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ยังมีตัวแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D converter) ,ตัวนับเวลา, หน่วยความจำ, ระบบป้องกันความผิดพลาด และส่วนติดต่อสื่อสารทั้งแบบขนาน และอนุกรม

2.4.1 คุณสมบัติทางด้านฮาร์ดแวร์

- ติดต่อกับรอมได้สูงสุด 32 กิโลไบต์
- มีอีอีพรอมภายในสูงสุด 640 ไบต์
- มีแรมภายในสูงสุด 1.2 กิโลไบต์
- วงจรตั้งเวลาขนาด 16 บิต ประกอบด้วย
- ปรีสเกลเลอร์ที่สามารถโปรแกรมให้ทำงานได้ 4 ระดับ
- อินพุตสำหรับตรวจจับสัญญาณ 3 อินพุต
- เอาท์พุตสำหรับวงจรเปรียบเทียบ 5 เอาต์พุต
- วงจรพัลส์แอกคิวมูเลเตอร์ขนาด 8 บิต
- ส่วนติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม(SCI) ในรูปแบบสัญญาณ NRZ
- ส่วนเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบอนุกรม(SPI)
- วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลขนาด 8 บิต จำนวน 8ช่อง
- วงจรขัดจังหวะแบบรีลไทม์ (Real-time)
- ระบบป้องกันความผิดพลาด (COP) วอตช์ด็อก(Watchdog)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

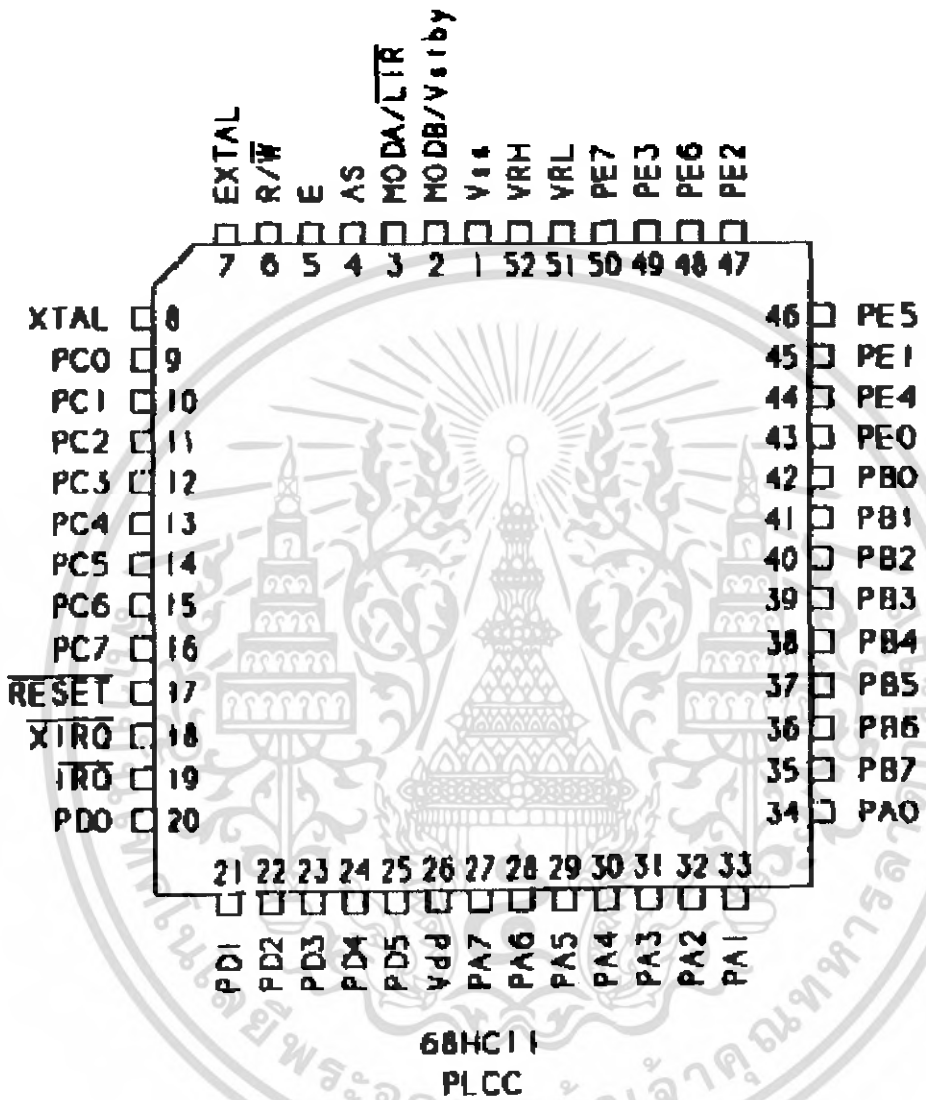
2.4.2 คุณสมบัติทางซอฟต์แวร์

- มีชุดคำสั่งเพิ่มเติมมากกว่าไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 6800 และ 6801 จึงสามารถใช้ชุดคำสั่งเดียวกับ 6800 หรือ 6801 ได้
- สามารถทำการหารเลข 16 บิตได้ผลลัพธ์เป็นตัวเลข 16 บิต และเศษการหารขนาด 16 บิต
- สามารถประมวลผลข้อมูลละเอียดถึงระดับบิต
- มีโหมดการทำงาน WAIT และ STOP เพื่อประหยัดพลังงาน

ตระกูลของ 68HC11 68HC11A1 ไม่มีรอมภายใน มีแรม 250 ไบต์ อีอีพรอม 512 ไบต์ 68HC11A8 มีรอม 8 กิโลไบต์ แรม 250 ไบต์ อีอีพรอม 512 ไบต์ 68HC711D3 มีอีพรอม 4 กิโลไบต์ แรม 192 ไบต์ 68HC811E2 มีอีอีพรอม 2 กิโลไบต์ แรม 256 ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนขา/รูปร่างตัวถัง มี 3 แบบ คือ DIP 48 ขา, PLCC 52 ขา, QFP 64 ขา



รูปที่ 2.10 จำนวนขา/รูปร่างตัวถัง แบบ PLCC 52 ขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 โหมดการทำงานของ 68HC11

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 มีการทำงานอยู่ด้วยกัน 4 โหมด ดังนี้

1.) โหมดซิงเกิลชิป (Single chip mode)

ในโหมดนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานโดยใช้ทรัพยากรบนตัวชิปเท่านั้น หรือทำงานลำพังตัวเอง โดยไม่ใช้บัสข้อมูล (Data bus) และบัสตำแหน่ง (Address bus) พอร์ตบี ,ซี และสโตรบ(Strobe)เอ ,บี จะทำหน้าที่เป็นพอร์ตอินพุตเอาท์พุต และสายสัญญาณแฮนด์เชค (Hand shake) ตามลำดับ

2.) โหมดมัลติเพล็กซ์ขยาย (Expanded Multiplexed mode)

ในโหมดนี้สามารถต่ออุปกรณ์ภายนอกเพื่อใช้หน่วยความจำได้ทั้งหมด 64 กิโลไบต์ ตำแหน่งของหน่วยความจำทั้งหมดจะรวมทั้งตำแหน่งหน่วยความจำบนชิบที่ใช้ในโหมดซิงเกิลชิบ รวมกับหน่วยความจำที่ได้จากการต่ออุปกรณ์ภายนอก

3.) โหมดบูตสแตร็ปพิเศษ (Special Bootstrap mode)

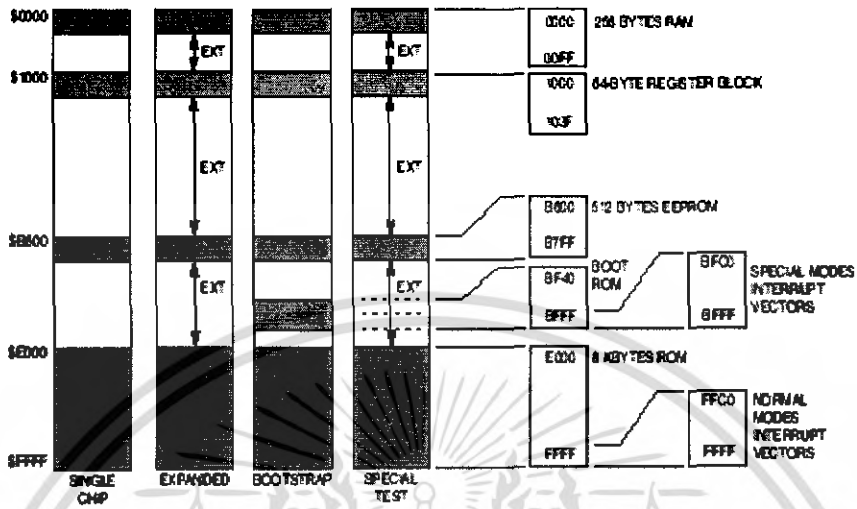
เป็นโหมดการทำงานที่มีความคล้ายคลึงกับโหมดซิงเกิลชิป กล่าวคือสามารถไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้โดยลำพัง แต่จะมีข้อพิเศษกว่าที่สามารถทำการเขียนโปรแกรมลงในหน่วยความจำแรมของชิปได้ ส่วนโปรแกรมที่ใช้ในการบูต (Boot) เพื่อทำงานในโหมดบูตสแตร็ปพิเศษ จะอยู่ในรอมขนาด 192 ไบต์ ซึ่งจะทำงานเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ถูก รีเซต (Reset) ให้ทำงานในโหมดนี้

ข้อดีของการทำงานในโหมดนี้ คือมีความสามารถในการป้องกันการคัดลอก โดยจะมีบิตที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อป้องกัน (Security bit) นอกจากนี้ยังสามารถเข้าไปใช้งานรอมโดยไม่ต้องผ่านการดาวน์โหลด (Download)

4.) โหมดทดสอบพิเศษ (Special test mode)

ใช้สำหรับการทดสอบโดยโรงงาน มีลักษณะคล้ายการทำงานในโหมดมัลติเพล็กซ์ขยาย แต่การรีเซตและเวกเตอร์การขัดจังหวะ (Interrupt vector) จะดึงมาจากหน่วยความจำภายนอกที่ตำแหน่ง $BFC0 - $BFFF แทนที่จะเป็นตำแหน่ง $FF00 - $FFFF เพราะฉะนั้นจะไม่สามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงรีจิสเตอร์ (Register) ที่สำคัญได้ จึงไม่ขอแนะนำในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ในโหมดการทำงานนี้ เพราะอาจทำให้เกิดความเสียหายแก่ระบบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงตำแหน่งของหน่วยความจำในโหมดการทำงานต่างๆ

2.6 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11

โครงสร้างของ 68HC11 สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 อย่างดังนี้

2.6.1 การเชื่อมต่อแบบขนาน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 มีขาสำหรับต่อกับอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตอยู่ 8 พอร์ต 40 ขา ขาทุกขาสามารถใช้งานได้หลายงานขึ้นอยู่กับการเลือกโหมดการทำงานและการกำหนดทิศทางของข้อมูลในรีจิสเตอร์ควบคุม

พอร์ตซี และดีจะนำมาใช้เป็นขารับอินพุต และ/หรือขาเอาท์พุตทั่วไป ซึ่งจะถูกกำหนดการทำงานไว้ที่รีจิสเตอร์ควบคุมทิศทาง พอร์ตเอ, บี และอี ยกเว้นพอร์ตเอขาที่ 7 จะสามารถใช้เป็นขาเอาท์พุต หรืออินพุตได้อย่างเดียว เพราะฉะนั้นจึงไม่มีรีจิสเตอร์ควบคุมทิศทาง พอร์ตบี, ซี, ขา STRA และSTRB จะนำมาใช้ในการสโตรบ (Strobe) และ/หรือ ใช้ทำแฮนด์เชคกับอุปกรณ์สื่อสารแบบขนาน

2.6.2 การเชื่อมต่อแบบอนุกรม

การเชื่อมต่อแบอนุกรมสามารถแบ่งการใช้งานได้ 2ส่วน คือ ส่วนสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Communication Interface: SCI) และส่วนเชื่อมต่ออุปกรณอนุกรม (Serial Peripheral Interface: SPI) ทั้งสองส่วนจะใช้พอร์ตดีของ 68HC11เป็นขาสำหรับส่งผ่านข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.1 ส่วนสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

ส่วนสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมทำงานเป็นแบบอซิงโครนัส (Asynchronous) สามารถรับและส่งข้อมูลได้ทันที และเป็นอิสระต่อกันหรือฟูลดูเพลีกซ์ (Full – duplex) การส่งสัญญาณจะอยู่ในรูปแบบสัญญาณ NRZ การสื่อสารแบบอนุกรมนี้สามารถเลือกอัตราบอดได้หลายอัตรา ถึงแม้ว่าการรับส่งข้อมูลจะเป็นอิสระต่อกันแล้ว แต่การกำหนดอัตราบอดของการรับและส่งก็ยังจะต้องเท่ากัน

2.6.2.2 ส่วนเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบอนุกรม

เป็นการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกแบบซิงโครนัส (Synchronous) ซึ่งทำให้สามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ในแบบSPI ได้ การเชื่อมต่อจะแยกขาสัญญาณนาฬิกาและขาข้อมูลออกจากกัน นอกจากนี้ยังต้องใช้ตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก

2.7 รูปแบบคำสั่งของ 68HC11

2.7.1 การอ้างตำแหน่ง

การอ้างถึงตำแหน่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 มีการอ้างถึงอยู่ 6 แบบดังนี้

1.) การอ้างตำแหน่งแบบขยาย (Extended addressing)

เป็นการอ้างถึงตำแหน่งขนาด 16 บิต ตั้งแต่ $0000 – $FFFF รูปแบบของคำสั่งที่ใช้การอ้างถึงแบบนี้จะประกอบด้วยส่วนของออปโค้ด (Op – code) และส่วนของตำแหน่งในหน่วยความจำ เพราะฉะนั้นจะใช้หน่วยความจำ 3 – 4 ไบต์

2.) การอ้างตำแหน่งแบบโดยตรง (Direct addressing)

การอ้างถึงแบบขยายที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จำเป็นที่จะต้องใช้เนื้อที่ในหน่วยความจำถึงสองไบต์ในการเก็บค่าตำแหน่ง แต่การอ้างถึงในแบบโดยตรงจะเป็นการอ้างถึงหน่วยความจำตั้งแต่ $0000 – $00FF การอ้างถึงตำแหน่งในช่วงนี้ จะใช้เนื้อที่ในหน่วยความจำเพียง 1 ไบต์เท่านั้น

จะเห็นว่าการใช้การอ้างถึงแบบโดยตรง จะใช้ช่วงเวลาในการดึงข้อมูลน้อยกว่า บางคนอาจเรียกการอ้างถึงแบบนี้ว่าการอ้างถึงในหน้าศูนย์ (Zero page addressing)

3.) การอ้างตำแหน่งแบบอินฮีเรนต์ (Inherent addressing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นรูปแบบของการอ้างถึงการทำงานภายในตัวของแอคคิวมูเลเตอร์ (Accumulator) ไม่มีการยุ่งเกี่ยวกับข้อมูลในหน่วยความจำแต่อย่างใด เพราะฉะนั้นการอ้างถึงแบบนี้จะมีเพียงส่วนที่เป็น op code เท่านั้น

4.) การอ้างตำแหน่งแบบทันที (Immediate addressing)

นอกจากการอ้างถึงตำแหน่ง แล้วให้ทำงานตามคำสั่งโดยการดึงค่าที่ได้มีการอ้างถึงในตำแหน่งนั้นแล้ว เรายังสามารถทำการดึงเอาค่าที่ต้องการนำไปใช้ได้เลยโดยไม่ต้องมีการอ้างถึงตำแหน่ง เพราะฉะนั้น รูปแบบของคำสั่งจะประกอบด้วยออปโค้ด และตัวเลขข้อมูล

การใช้การอ้างถึงแบบทันที ต้องการเนื้อที่ในหน่วยความจำ และจำนวนสัญญาณนาฬิกาน้อยกว่า เนื่องจากไม่ต้องมีการดึงเอาข้อมูลของตำแหน่งและทำการดึงข้อมูลที่ตำแหน่งนั้นอีกทีให้เสียเวลา

รูปแบบของคำสั่งสามารถเป็นการอ้างถึงข้อมูลทั้งที่มีขนาด 1 หรือ 2 ไบต์ได้ เช่น คำสั่ง LDAA เป็นการโหลดข้อมูลขนาด 1 ไบต์ และ LDX จะต้องตามด้วยข้อมูลขนาด 2 ไบต์

ข้อเสียของการอ้างถึงแบบนี้ก็คือ ในโปรแกรมที่ต้องมีการปรับปรุงบ่อยๆ การปรับปรุงในตัวโปรแกรมจะนำความยุ่งยากมาสู่ผู้ใช้ ทางที่ดีควรจะใช้การอ้างถึงข้อมูลแบบนี้ในส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อย หรือไม่มี

5.) การอ้างตำแหน่งแบบดัชนี (Indexed addressing)

เป็นการอ้างถึงโดยใช้ตัวของรีจิสเตอร์ดัชนี (Index register) รูปแบบของคำสั่งจะประกอบด้วยออปโค้ดแล้วตามด้วยค่าออฟเซ็ต (Offset) หรือระยะห่างจากตำแหน่งขณะที่ รีจิสเตอร์ดัชนีชี้อยู่ ค่าออฟเซ็ตนี้เป็นค่าแบบไม่มีเครื่องหมาย เพราะฉะนั้นจะสามารถอ้างถึงตำแหน่งถัดจากที่ที่รีจิสเตอร์ดัชนีชี้อยู่เท่านั้น และมีค่าได้ตั้งแต่ $00 - $FF

6.) การอ้างถึงแบบสัมพัทธ์ (Relative addressing)

การอ้างถึงแบบสัมพัทธ์เป็นการอ้างถึงที่ใช้ในคำสั่งประเภทการกระโดดหรือแบรนช์(Branch) ร่วมกับการใช้ PC (Program counter) ดังนั้นจะมีการใช้งานร่วมกับรีจิสเตอร์สถานะ รูปแบบของคำสั่งจะเหมือนกับการอ้างถึงแบบดัชนี เพียงแต่ว่า ค่าออฟเซ็ต นั้นมีได้หลายแบบ กล่าวคือ เป็นค่าที่มีเครื่องหมาย (Two's complement) จะทำให้ช่วงที่สามารถทำการอ้างถึงได้มีตั้งแต่ +127 ตำแหน่ง ถึง –128 ตำแหน่ง

นอกจากนี้ยังมีคำสั่งที่ไม่ต้องทำงานร่วมกันกับรีจิสเตอร์สถานะ เช่น JMP และ BRA ซึ่งมีการอ้างถึงในแบบสัมพัทธ์เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 ชุดคำสั่ง

ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 สามารถแยกออกได้เป็น 7 กลุ่ม คือ

1.) กลุ่มคำสั่งจัดการเกี่ยวกับข้อมูล (Data handling instructions)

กลุ่มชุดคำสั่งนี้สามารถแยกย่อยออกได้เป็น กลุ่มคำสั่งที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายข้อมูล เช่น BSET (Bit set), BCLR (Bit clear), LDAA (Load accumulator A), STAA (Store accumulator A), TAB (Transfer A to B), PSHA (Push A onto stack), LDD (Load accumulator D) กลุ่มคำสั่งที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อมูล เช่น INCA (Increment A), DECA (Decrement A), DECX (Decrement X), DES (Decrement stack pointer), COM (1's complement memory byte) และกลุ่มคำสั่งในการเลื่อนและหมุนข้อมูล เช่น ROLA (Rotate left A)

2.) กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic instructions)

กลุ่มชุดคำสั่งนี้สามารถแยกย่อยออกได้เป็น กลุ่มคำสั่งการบวก เช่น ADDA (Add memory to A), ABA (Add B to A), ADD (Add 16 bit memory to D) กลุ่มคำสั่งการลบ เช่น SUBA (Subtract memory from A) SBA (Subtract B from A) SUBD (Subtract memory from D) และกลุ่มคำสั่งการคูณและหาร เช่น MUL (Multiply 8 by 8), IDIV (Integer divide 16 by 16)

3.) กลุ่มคำสั่งทางลอจิก (Logic instructions)

กระบวนการทางลอจิกมีด้วยกัน 3 กระบวนการ คือ การและ/หรือ และเอ็กซ์คลูซีฟออร์ เช่น ANDA (AND A with memory), ORA (Or A with memory), EORA (Exclusive OR A with memory)

4.) กลุ่มคำสั่งเปรียบเทียบและตรวจสอบข้อมูล (Data test instructions)

การทำงานของกลุ่มคำสั่งนี้จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของแฟลก (Flag) แบ่งเป็นกลุ่มคำสั่งเปรียบเทียบและตรวจสอบข้อมูลขนาด 8 บิต เช่น CMPA (Compare A to memory), BITA (Bit test A with memory) และกลุ่มคำสั่งเปรียบเทียบและตรวจสอบข้อมูลขนาด 16 บิต เช่น CPD (Compare D to memory 16 bit), CPX (Compare X to memory 16 bit)

5.) กลุ่มคำสั่งที่เกี่ยวกับการกระโดด (Jump and branch instructions)

การกระโดดจะมีทั้งการกระโดดที่ไม่มีเงื่อนไข เช่น JMP (Jump), JSR (Jump to subroutine) และการกระโดดแบบมีเงื่อนไข เช่น BRSET (Branch if bit set), BEQ (Branch if zero) ซึ่งการทำงานจะใช้ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงและตรวจสอบแฟลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.) กลุ่มคำสั่งจัดการกับรีจิสเตอร์รหัสเงื่อนไข (CCR instructions)

กลุ่มคำสั่งนี้เป็นคำสั่งที่ทำการเซตหรือเคลียร์ (Clear) บิตต่างๆ ในรีจิสเตอร์รหัสเงื่อนไข เช่น SET (Set carry), CLC (Clear carry)

7.) กลุ่มคำสั่งควบคุม (Control instructions)

เป็นคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมการทำงานหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการอนุญาตให้มีการขัดจังหวะ เช่น CLI (Clear interrupt mask), SWI (Software interrupt) และโหมดการประหยัดพลังงาน เช่น NOP (No operation), WAI (Wait for interrupt), STOP (Stop internal clock)

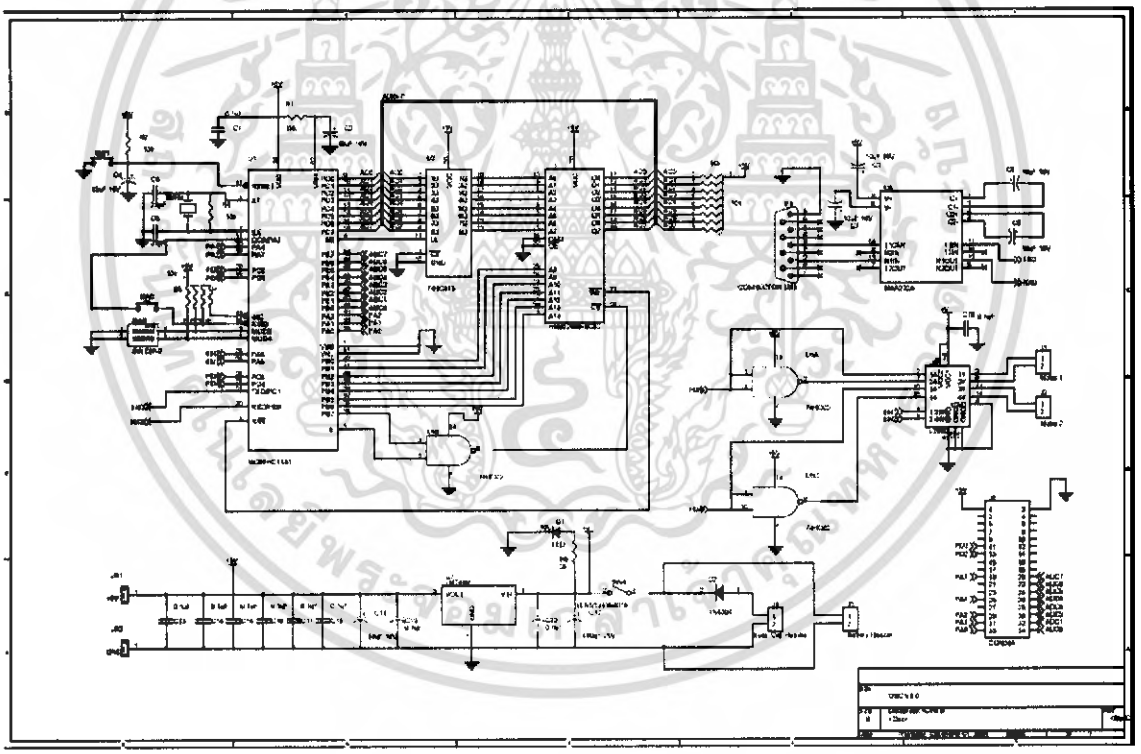
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในส่วนนี้จะอธิบายถึงรายละเอียดของส่วนต่างๆในขั้นตอนการดำเนินงานโครงงานนี้ โดยเริ่มจากการออกแบบตัวหุ่นยนต์ และขั้นตอนการทดลอง

3.1 คอนโทรลเลอร์และเซ็นเซอร์

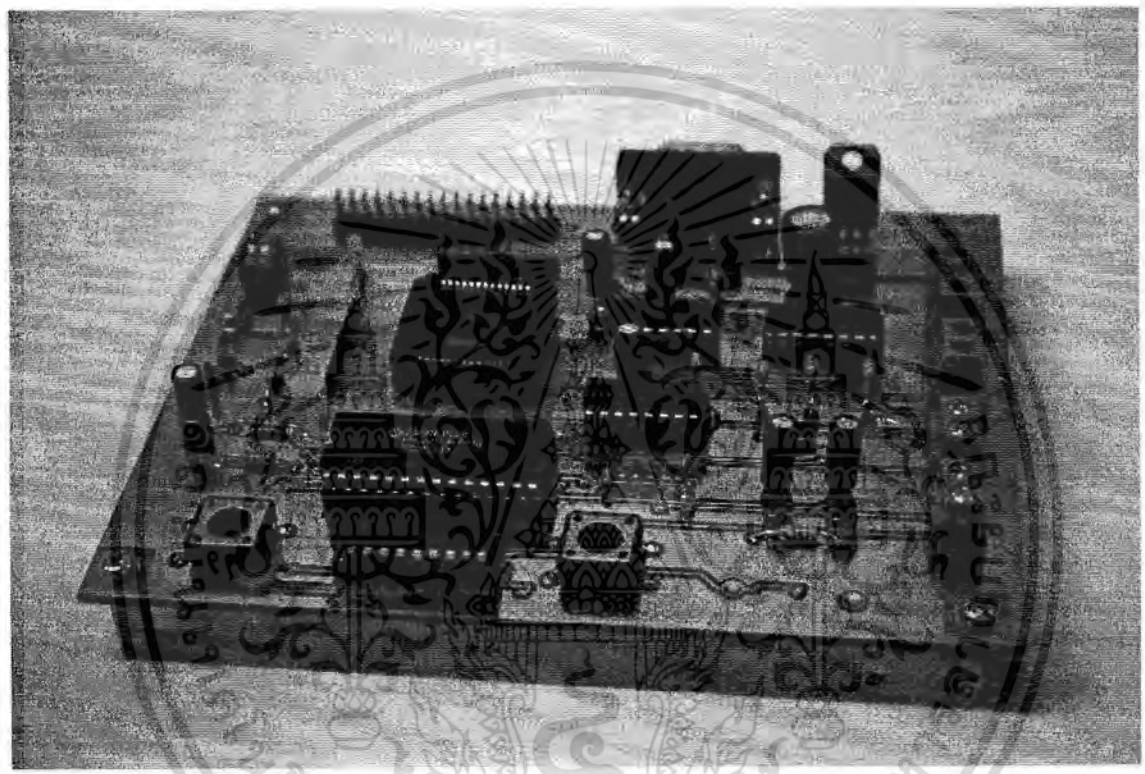
จากการที่ได้ศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์ เบอร์ 68hc11 มาแล้วจึงได้ทำการออกแบบชุดทดลองขึ้นโดยแสดงดังนี้



รูปที่ 3.1 Schematic ของ Controller ที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์พลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 จะเป็นการใช้งานแบบเพิ่มหน่วยความจำภายนอกเข้าไป โดยใช้งานในโหมดมัลติเพล็กซ์ ขยาย โดยควบคุมผ่านขา MODA และ MODB ขาของพอร์ท B จะทำหน้าที่เป็นแอดแดรสไบต์สูง ขณะที่ขาของพอร์ท C ทำหน้าที่เป็นไบต์ต่ำและสัญญาณข้อมูลโดยทำงานร่วมกับสัญญาณ AS ในส่วนการสื่อสารข้อมูลทางพอร์ทอนุกรมกับคอมพิวเตอร์จะใช้ max232 chip โดยต่อวงจรดังรูป



รูปที่ 3.2 controller ที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์พลังงานแสงอาทิตย์

เซ็นเซอร์ชนิด Light - Dependent Resistor (LDR) คือ

ตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้โดยใช้แสงต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้โดยใช้แสง เป็นอุปกรณ์โฟโตริซิสเตอร์ มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Light - Dependent Resistor (LDR) ซึ่งเป็นตัวต้านทานที่ทำงานโดยอาศัยแสงที่มาตกกระทบ นั่นคือ วัสดุที่ใช้ทำโฟโตริซิสเตอร์ เมื่อถูกแสงจะมีค่าความนำมากขึ้น หรือทำให้ค่าความต้านทานลดลงนั่นเอง โฟโตริซิสเตอร์สร้างจากวัสดุนำแสงที่มีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ ซึ่งค่าความต้านทานของวัสดุนี้ลดลงเมื่อมีแสงมาตกกระทบ โดยพลังงานแสงจะถูกดูดซึมจาก

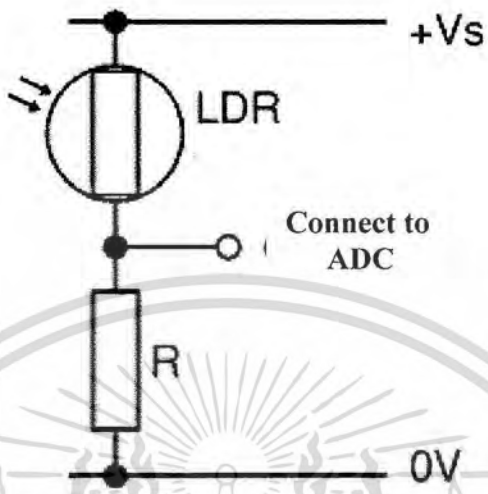
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อะตอมที่มีอยู่มากมายในวัสดุนำแสงนี้และทำให้เกิดการปลดปล่อยอิเล็กตรอนที่อยู่วงนอกสุด (Valence Electron) ออกมา ด้วยเหตุผลของจำนวนอิเล็กตรอนอิสระมากขึ้น จึงทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านโฟโตริซิสเตอร์ได้มาก ดังนั้นจึงทำให้ความต้านทานมีค่าลดลงด้วยการนำอุปกรณ์โฟโตริซิสเตอร์ไปใช้งาน เช่น การนำไปใช้ในอุปกรณ์ปิดเปิด ไฟส่องสว่างภายนอกอาคาร โดยใช้เวลาช่วงกลางวัน แสงสว่างจากดวงอาทิตย์จะทำให้ค่าความต้านทานของโฟโตริซิสเตอร์ไปลดลง และค่าความต้านทานที่ลดลงนี้จะถูกนำไปใช้ในการปิดไฟส่องสว่าง ส่วนในช่วงเวลากลางคืนค่าความต้านทานของโฟโตริซิสเตอร์จะเพิ่มขึ้น ไฟส่องสว่างจะเปิดอีกครั้ง

รูปที่ 3.3 แสดงรูปของ Light - Dependent Resistor (LDR)

การเชื่อมต่อกับบอร์ดคอนโทรเลอร์จะทำการเชื่อมต่อผ่านทางพอร์ท E ซึ่งมี analog to digital converter ขนาด 8บิท อยู่ภายใน ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 การต่อ LDR แบบ voltage divider

3.2 Body ส่วนประกอบต่างๆ ของหุ่นยนต์

3.2.1 Solar cell (PV)

รูปที่ 3.5 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 42 x 45 เซนติเมตร

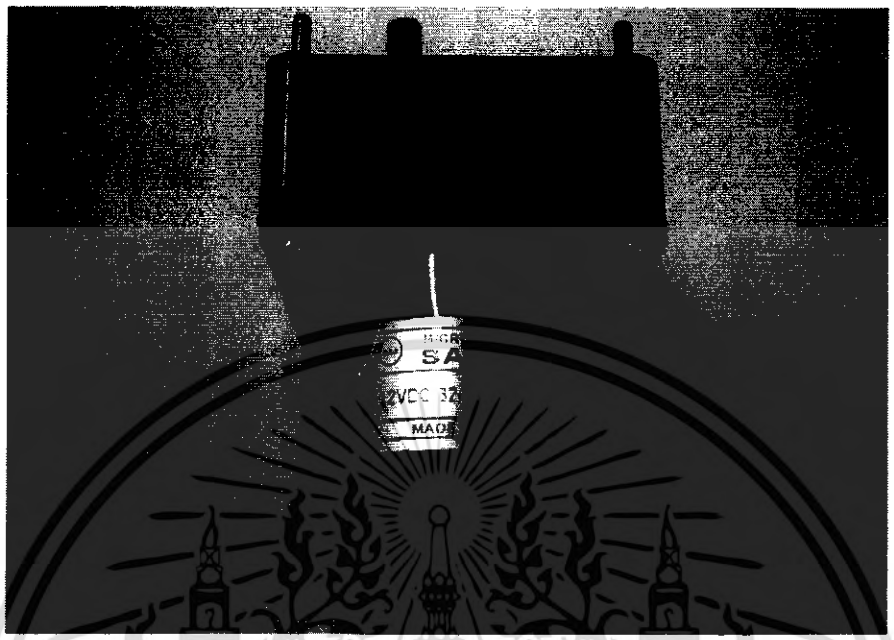
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 แบตเตอรี่ กระแสตรง ขนาด 12 โวลต์

รูปที่ 3.6 แบตเตอรี่ กระแสตรง ขนาด 12 โวลต์

3.2.3 มอเตอร์ กระแสตรงขนาด 12 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 มอเตอร์ กระแสตรงขนาด 12 โวลต์

รูปที่ 3.8 แสดงรูปของหุ่นยนต์พลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของหุ่นยนต์ที่ออกแบบมานี้ เพื่อให้สามารถรองรับแบตเตอรี่ที่มีน้ำหนักมาก มอเตอร์ขนาดใหญ่ และสามารถรองรับแผ่นโซล่าเซลล์ โครงรถที่ออกแบบมาเพื่อให้สามารถใช้งานและขับเคลื่อนไปยังพื้นที่เรียบและพื้นที่ขรุขระได้

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

3.3.1 วัดคุณสมบัติของแผ่น เซลล์แสงอาทิตย์

3.3.2 วัดความต้องการของระบบ คือ วัดพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนของ มอเตอร์

3.3.3 การควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์พลังงานแสงอาทิตย์ด้วย Light - Dependent Resistor (LDR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 รายละเอียดของหุ่นยนต์

สูง	14.5	cm.
กว้าง	46.5	cm.
ยาว	42.5	cm.
หนัก	7.5	k.g.

4.1.2 พลังงานของระบบ

พลังงานรวมของระบบโดยรวมอุปกรณ์หลักๆเข้าไว้ด้วยกันดังนี้

รายละเอียดของแต่ละส่วน

- Solar cell (PV)

Voc	=	16.00	volt
Vpm	=	12.02	volt
Ipm	=	754	mA
Pmax	=	9.06	Watt

- Battery

V	=	12	volt
I	=	36	Watt

- Motor

V	=	12	volt
I	=	46	mA (no load)
I	=	330	mA (จุดทำงานที่น้ำหนักของรถ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Controller board

V = 5 volt

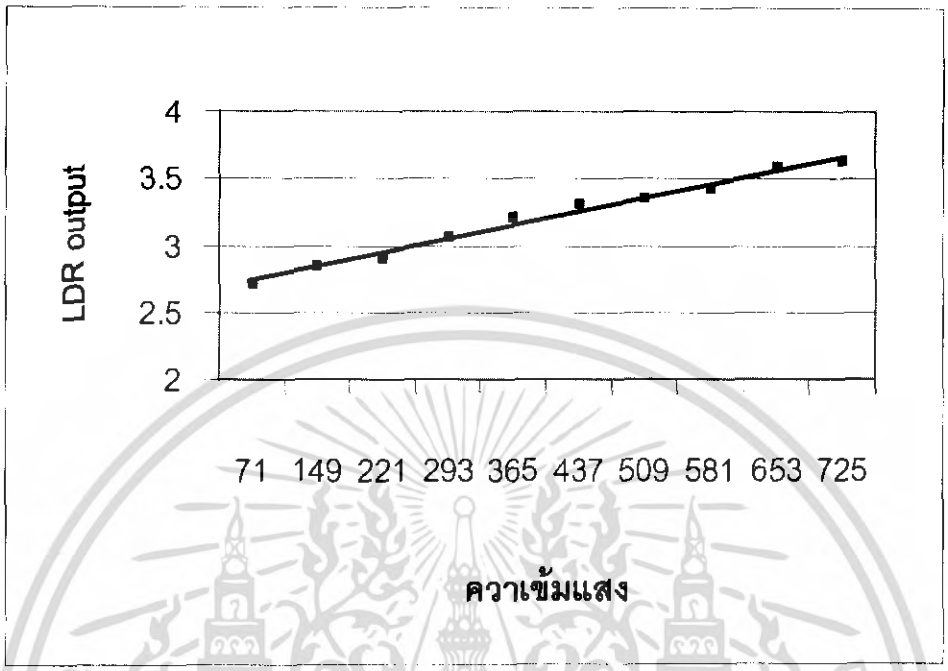
I = 48.7mA

4.1.3 ผลการวัดเทียบ output ของ Pyranometer,LDR sensor และ Solar cell

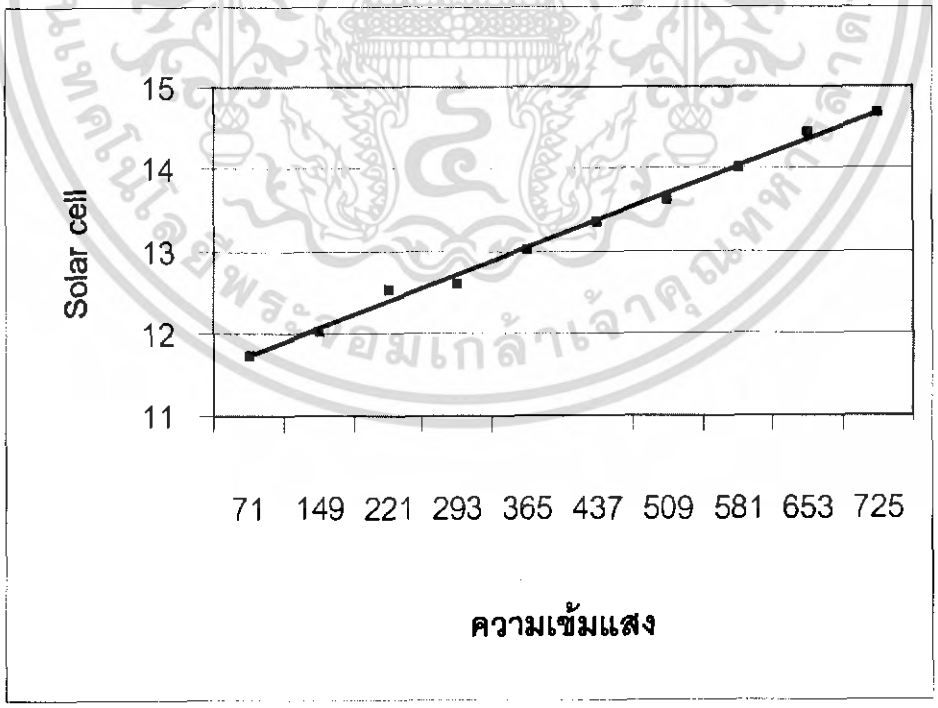
Solar cell (Volt)	ความเข้มแสง (W/m^2)	LDR output (Volt)
11.72	71	2.71
12.03	149	2.85
12.53	221	2.91
12.6	293	3.06
13.01	365	3.21
13.35	437	3.31
13.62	509	3.36
14.01	581	3.43
14.45	653	3.59
14.69	725	3.63

ตารางที่ 4.1 การวัดเทียบ output ของ Pyranometer,LDR sensor และ Solar cell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และ output LDR

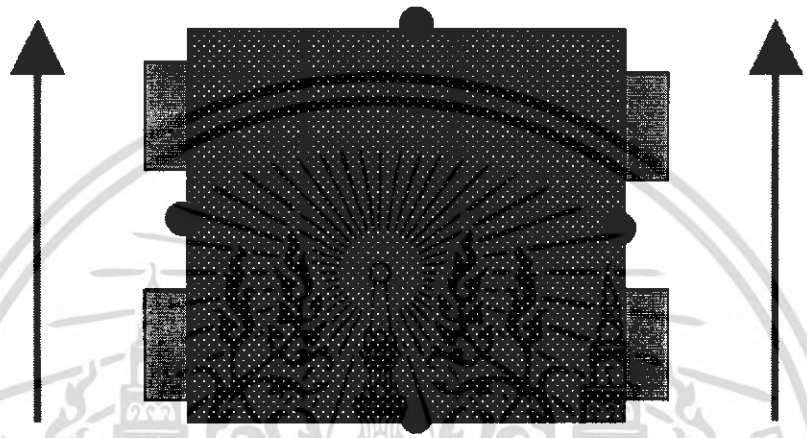


รูปที่4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และ output Solar Cell

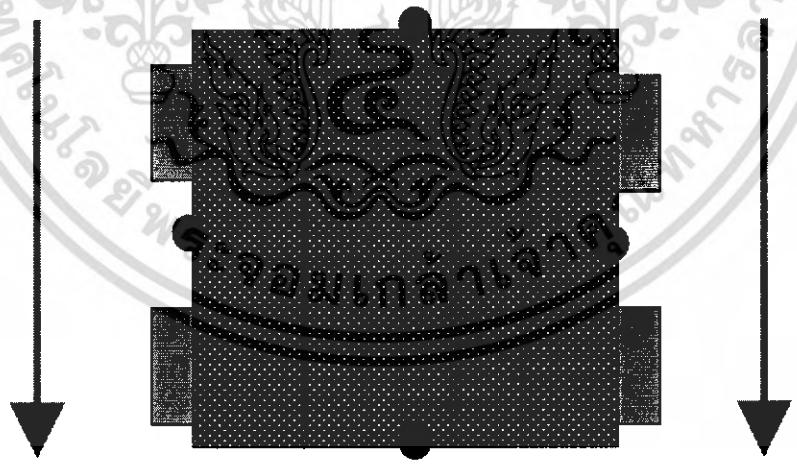
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 อภิปรายผล

หลักการทำงานของหุ่นยนต์จะเป็นไปตามความเข้มแสงที่ตกกระทบ LDR ที่แตกต่างกันดังรูป

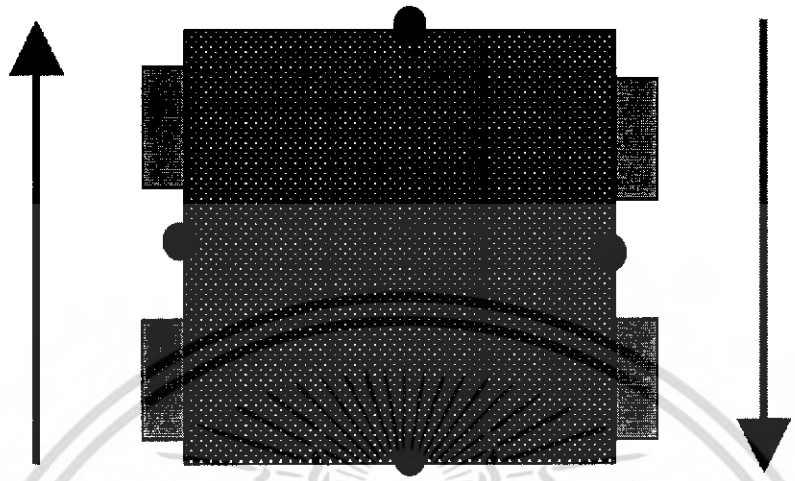


รูปที่ 4.3 เมื่อแสงมีความเข้มสูงที่บริเวณด้านหน้า

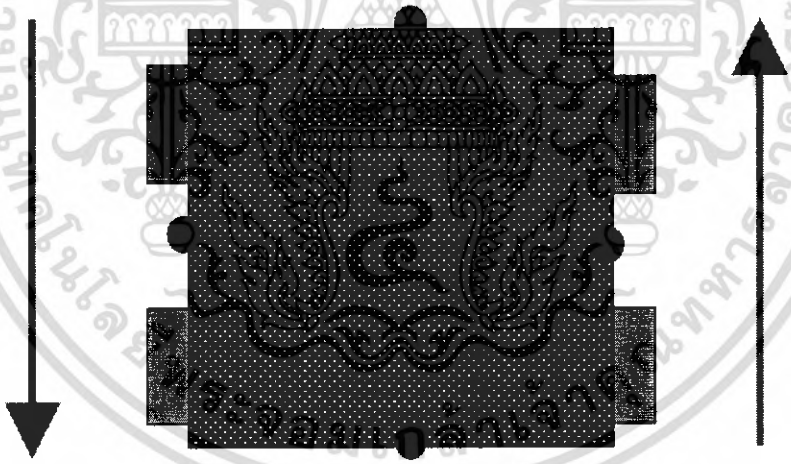


รูปที่ 4.4 เมื่อแสงมีความเข้มสูงที่บริเวณด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 เมื่อแสงมีความเข้มสูงที่บริเวณด้านขวา



รูปที่ 4.6 เมื่อแสงมีความเข้มสูงที่บริเวณด้านซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1สรุปผลการทดลอง

ในโครงงานพิเศษชิ้นนี้ เราสามารถสร้างหุ่นยนต์ที่ทำการค้นหาแสงได้โดยการตรวจจับความเข้มแสงที่แตกต่างกัน โดยใช้เซนเซอร์ชนิด LDR 4 ตัว โดยจะทำงานตามที่ได้โปรแกรมไว้

แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่า ,Voc = 16.00 volt,Vpm = 12.02 volt,Ipm = 754 mA, Pmax = 9.06 watt โดยชาร์ตประจุ เข้าไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ขนาด 12Volt, 36W ซึ่งในขณะที่ แสงมีความเข้มประมาณ 140 วัตต์ต่อตารางเมตรจะทำให้มีพลังงานเพียงพอสำหรับความต้องการชาร์ตเก็บไว้ในแบตเตอรี่เพื่อใช้ในการทำงานเวลาไม่มีแสงอาทิตย์ได้ต่อไป

5.2 ปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะ

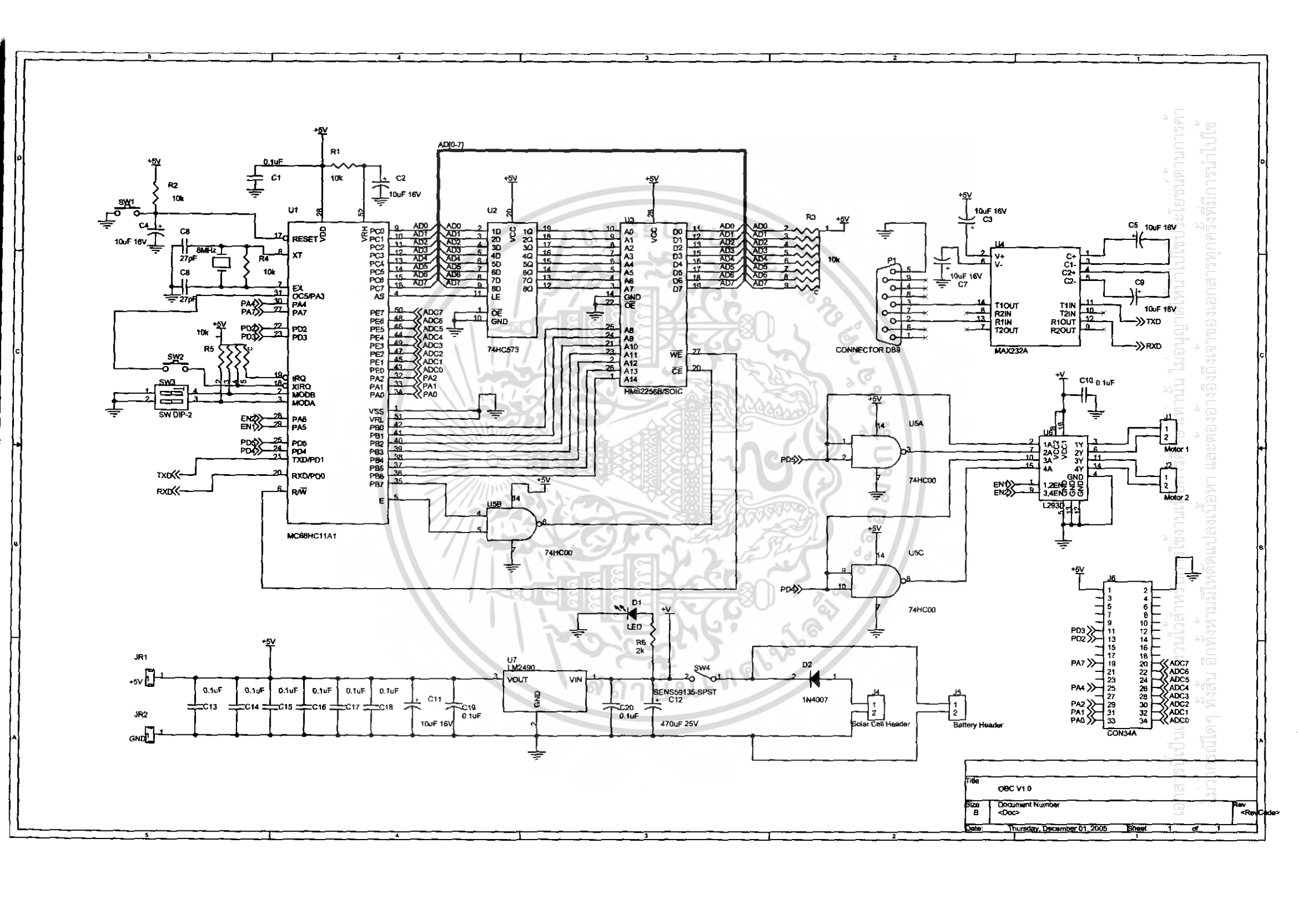
จากการดำเนินงานในงานวิจัยนี้พบว่ามีปัญหาบางประการที่ต้องการการแก้ไขและปรับปรุงได้ แก่

1. ในส่วนของมอเตอร์ ซึ่งมีความเร็วรอบไม่เท่ากัน เนื่องจากเฟืองทดภายในมีความสามารถต่างกันเล็กน้อยจึงทำให้ความสามารรถในการเคลื่อนที่ในขณะที่ต้องการความพร้อมของมอเตอร์ทั้งสองข้างพร้อมกันเป็นไปได้ยาก จึงจำเป็นต้องปรับแต่งค่าความเร็วของมอเตอร์ทั้งสองข้างให้เท่ากันบ่อยครั้ง
2. เซนเซอร์ที่นำมาทำเป็นตัววัดความเข้มแสง คือ LDR หรือ Light Dependent Resistor มีค่าความแปรผันระหว่างแสงกับความต้านทาน ของแต่ละตัวไม่เท่ากันเราจึงต้องทำการวัดและเปรียบเทียบเป็นตัวต่อตัวไปไม่ สามารถวัดเพียงตัวเดียวแล้วนำมาใช้กับทุกตัวได้
3. สามารถพัฒนา บอร์ดควบคุมให้แสดงผลผ่านจอ LCD เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการแสดงผลมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


U1
MC68HC11A1
U2
74HC573
U3
HM62256B/SOIC
U4
MAX232A
U5
74HC00
U6
L293D
U7
LM2490
CON34A
CONNECTOR DB9
SW DIP-2
Motor 1
Motor 2
Solar Cell Header
Battery Header
1N4007
LED
SENS59135-SPST
OBC V1.0
Thursday, December 01, 2005

```
/* lib_rw11.c */

/*
   VERSION HISTORY FOR lib_rw11.c

   V2.81          Jun 11 1994
   Created library for Rug Warrior from an earlier
   library by jsr and fgm

*/

persistent int test_number;

/********************/
/* TIME PRIMITIVES */
/********************/

/************************************/
/* location of various time stuff: */
/* 0x14: time in milliseconds     */
/************************************/

void reset_system_time()
{
 pokeword(0x14, 0);
 pokeword(0x12, 0);
}

/*  returns valid time from 0 to 32,767 minutes (approx)  */
float seconds()
{
 return ((float) mseconds()) / 1000.;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}

void sleep(float seconds)
{
   msleep((long)(seconds * 1000.));
}

void msleep(long msec)
{
   long end_time= mseconds() + msec;

   while (1) {
         /* if the following test doesn't execute at least once a second,
           msleep may not halt */
         long done= mseconds()-end_time;
         if (done >= 0L && done <= 1000L) break;
   }
}

void beep()
{  tone(500., .3);
 }

/*  1/2 cycle delay in .5us goes in 0x26 and 0x27  */
void tone(float frequency, float length)
{
   pokeword(0x26, (int)(1E6 / frequency));
   bit_set(0x1020, 0b00000001);
   sleep(length);
   bit_clear(0x1020, 0b00000001);

   /*  following is important to reduce # of interrupts
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            when tone is off  */
    pokeword(0x26, 0);

    bit_clear(0x1000, 8);
}

void beeper_on()
{
    bit_set(0x1020, 0b00000001);
    bit_set(0x1022, 0b00001000);
}

void beeper_off()
{
    bit_clear(0x1022, 0b00001000);
    bit_clear(0x1020, 0b00000001);
    pokeword(0x26, 0);
    bit_clear(0x1000, 0b00001000);          /* turn power to spkr off */
}

void set_beeper_pitch(float frequency)
{
    pokeword(0x26, (int)(1E6 / frequency));
}

long timer_create_mseconds(long timeout)
{
    return mseconds() + timeout;
}

long timer_create_seconds(float timeout)
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   return mseconds() + (long) (timeout * 1000.);
}

int timer_done(long timer)
{
   return timer < mseconds();
}

/* Rug Warrior's analog ports 6 and 7 are unassigned */

int analog(int port)
{  poke(0x1039, 0b10000000);
   poke(0x1030, port);
   return peek(0x1031);
}

/*****************************/
/*** Multi-Tasking Support ***/
/*****************************/

/*  gives process that calls it 256 ticks (over 1/4 sec)
    more to run before being swapped out

    call repeatedly to hog processor indefinitely  */
 void hog_processor()
 {
    poke(0x0a, 0);
 }

 /* Debugging utilities */

 /* Dump 8 bytes to the LCD screen, starting at addr */
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void dump(int addr)
{ printf("%x: %x %x ", addr, peekword(addr), peekword(addr + 2));
 printf("     %x %x\n",  peekword(addr + 4), peekword(addr + 6));
}

/*****************************************************************************/
/* Rug Warrior specific functions and constants                              */
/*****************************************************************************/

/* Digital ports 1 and 2 are unassigned */

int digital(int port)                   /* Return 1 bit from PA1 or PA2 (or PA0) */
{ return 1 & (peek(0x1000) >> (port & 3));
}

/* Indices for accessing sensors connected to the A/D converter.
   e.g. to read value of right photo cells use analog(photo_right) */

int photo_right = 0;
int photo_left = 1;
int microphone = 2;
int pyro = 5;

/*****************************************************************************
/
/*
/* Motor Control Primitives
/*
/*   init_motors()                - Must be called to enable motors
/*   motor(index, speed)  - Control velocity of motor 0 (left) or 1 (right)
/*   drive(trans_vel, rot_vel)    - Control robot translation and rotation
/*   stop()                       - Stop both motors
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 */

/* Setup two PWM channels for motor control */

/*            Left      Right        */
int TOCx[2]    = {0x1018,    0x101A};            /* Index for timer register */
int dir_mask[2] = {0b00010000, 0b00100000};     /* Port D direction bits */
int pwm_mask[2] = {0b01000000, 0b00100000}; /* Port A PWM bits */

int init_motors()
{ bit_set(0x1009,0b110000);       /* Set PD4,5 as outputs for motor direction */
  poke(0x100C,0b01100000);       /* OC1M Output compare 1 affects PA5,6 */
  bit_set(  0x1020,0b10100000); /* TCTL1 OC3 turns off PA5, OC2 PA6 */
  bit_clear(0x1020,0b01010000); /* Use set and clear to avoid other bits */
  pokeword(0x1018,0);            /* When TCNT = 0, OC1 fires */
}

/* Make sure init_motors is called after a reset */

int init_motors_dummy = init_motors();

void stop()                          /* Stop both drive motors */
{ bit_clear(0x100D,pwm_mask[0]);       /* Let OC1 turn off motors rather */
  bit_clear(0x100D,pwm_mask[1]);       /* than turn them on */
}

/* Vel is in the range [-100, +100], index = 0 => Left, = 1 => Right */

void motor(int index, float vel)
{ float avel       ;          /* Absolute value of velocity */
  if (vel > 0.0)
    { bit_set(0x1008, dir_mask[index]);    /* Forward rotation */
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    avel = vel; }
  else
    { bit_clear(0x1008, dir_mask[index]); /* Backward rotation */
      avel = (- vel); }
  if (avel < 1.0)              /* If we are going real slow */
    bit_clear(0x100D,pwm_mask[index]);  /* then just have OC1 turn off the motor */
  else
    bit_set(0x100D,pwm_mask[index]);    /* Otherwise let OC1 control the motors */
  if (avel > 99.0)             /* If we are gong real fast */
    avel = 99.0;               /* don't let the following multiply overflow */
  pokeword(TOCx[index], (int) (655.56 * avel));   /* Compute TOCx value */
}

/* Use drive to control motion of the robot.  A positive rot_vel makes the robot
   turn left. */

void drive(float trans_vel, float rot_vel)
{ motor(0,trans_vel - rot_vel);
  motor(1,trans_vel + rot_vel);
}

/* Enable and activate debugging LEDs. */
void leds(int val)
{ poke(0x1009,0b111100);          /* Set port D for output */
  poke(0x1008,val << 2); /* Shift number over */
}

/* Return a 3-bit value representing which of the bumper switches are closed */
int bumper()
{ int bmpr;
  bmpr = analog(3);                    /* Switch closure: */
  if    (bmpr <  11) return 0b000; /* none */
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  else if (bmpr <  32) return 0b001;          /* A   */
  else if (bmpr <  53) return 0b010;          /*  B  */
  else if (bmpr <  74) return 0b011;          /* AB  */
  else if (bmpr <  96) return 0b100;          /*  C  */
  else if (bmpr < 117) return 0b101;          /* A C */
  else if (bmpr < 132) return 0b110;          /*  BC */
  else                 return 0b111;      /* ABC - (mechanically impossible) */
}

/* ir_detect returns:
    0b00 => no reflection, 0b01 => reflection on right,
    0b10 => reflection on left, 0b11 => reflection on both sides */

int ir_detect()
{ int val1, val2, val3;
  val1 = peek(0x100A) & 0b10000;          /* IR Detector connected to PE4 */
  bit_set(0x1008,0b1000);                 /* Turn on Left emitter, PD3 */
  msleep(1L);                             /* Wait 1 millisecond */
  val2 = peek(0x100A) & 0b10000;          /* Should be Low if signal detected */
  bit_clear(0x1008,0b1000);               /* Turn off Left emitter */
  bit_set(0x1008,0b0100);                 /* Turn on Right emitter, PD2 */
  msleep(1L);                             /* Wait 1 millisecond */
  val3 = peek(0x100A) & 0b10000;
  bit_clear(0x1008,0b1100);               /* Turn emitters off */
  /* For detection, detector must be high when emitter is off, low when on */
  return ((val1 & ~val2) >> 3)      | ((val1 & ~val3) >> 4); /* HI -> LOW */
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้