หุ่นยนต์พลังงานแสงอาทิตย์

นายสิทัธ ใจมั่น
นางสาวกาญจนา เฟื่องชูนุช

ม/พ
ส 723 ส
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....76623
วัน,เดือน,ปี.....-3 ส.ค. 2550

b.....11850590.....
i.....

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Solar Powered Robot

Mr.Sithat Chaiman

Miss Kanjana Fuangchoonuch

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 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง	หุ่นยนต์พลังงานแสงอาทิตย์
นักศึกษา	นายสิทัธ ใจมั่น
	นางสาวกาญจนา เฟื่องชูนุช
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์
ปีการศึกษา	2549
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.วิชิต ศิริโชติ

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ อ. ธนภรณ์ ลีลาวัฒนานนท์	
กรรมการ อ. ภูมินทร์ จินดาจิธาวัฒน์	
กรรมการ อ. ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง	
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.วิชิต ศิริโชติ	

(รศ. วิชาญ เตชิตธีระ)
หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษ เรื่อง/ปัญหาพิเศษ หุ่นยนต์พลังงานแสงอาทิตย์

นักศึกษา	นายสิทัธ ใจมั่น
	นางสาวกาญจนา เฟื่องชูนุช
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์
ปีการศึกษา	2549
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์วิชิต ศิริโชติ

บทคัดย่อ

หุ่นยนต์ 2 ล้อ ซึ่งใช้พลังงานจากพลังงานของแสงอาทิตย์ได้ถูกพัฒนาขึ้น หุ่นยนต์ถูกควบคุมโดยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โมโตโรล่า 68HC11 โปรแกรมเขียนโดยใช้ภาษา Interactive C หุ่นยนต์มีเซ็นเซอร์ LDR 4 ตัว โปรแกรมถูกทดสอบสำหรับปฏิบัติการค้นหาแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title Solar Powered Robot

Name Mr. Sithat Chaiman

Miss Kanjana Fuangchoonuch

Department Applied Physics

Program Applied Physics

Academic Year 2006

Special Project Adviser Associate Professor Wichit Sirichote

Abstract

A two-wheel robot powered by solar energy has been developed. The robot is controlled by the Motorola 68HC11 microcontroller board. The program was developed with the Interactive c compiler. The robot has 4-channel LDR sensor. The program is tested for light seeking behavior.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความกรุณาของ

รศ. วิชิต ศิริโชติ ผู้คอยให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับโครงงานพิเศษนี้ในทุกๆเรื่อง

ดร. จิติ หนูแก้ว ผู้อนุเคราะห์แผงเซลล์แสงอาทิตย์

คณาจารย์ทุกท่านผู้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ในด้านต่างๆ

บิดาและมารดาผู้ให้กำลังใจและค่าใช้จ่ายระหว่างดำเนินงาน

เพื่อนๆทุกคนที่คอยช่วยเหลือตลอดมา

สิทัช ใจมั่น

กาญจนา เฟื่องชูนุช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตในการวิจัย	3
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 หุ่นยนต์คืออะไร	5
2.2 เซลล์แสงอาทิตย์	7
2.3 DC motor	18
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11	21
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	
3.1 AX-11 บอร์ดเรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11	50
3.2 การติดตั้งซอร์ฟแวร์ Interactive C	52
3.3 การเตรียมการเบื้องต้นเพื่อใช้งาน Interactive C ร่วมกับบอร์ต AX-11	52
3.4 Light Dependent Resistor (LDR)	52
3.5 แผงวงจรตรวจจับแสง	60
3.6 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์	61
3.7 ขั้นตอนการทดลอง	63
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	
4.1 ผลการทดลอง	64
4.2 การอภิปรายผล	70
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 สรุปผลการทดลอง 72
5.2 ปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะ 72
เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 sojourner	2
รูปที่ 1.2 spirit&opportunity	2
รูปที่ 1.3 ระบบการทำงานเบื้องต้นของหุ่นยนต์	3
รูปที่ 2.1 การแบ่งประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์	8
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์	9
รูปที่ 2.3 ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว	10
รูปที่ 2.4 ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวม	11
รูปที่ 2.5 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ	14
รูปที่ 2.6 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย	15
รูปที่ 2.7 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน	16
รูปที่ 2.8 DC motor operation	18
รูปที่ 2.9 กระแสใน DC motor	18
รูปที่ 2.10 สนามแม่เหล็กใน DC motor	19
รูปที่ 2.11 แรงใน DC motor	19
รูปที่ 2.12 ทอร์คใน DC motor	20
รูปที่ 2.13 บล็อกไดอะแกรมภายในของ 68HC11	24
รูปที่ 2.14 การทำงานของซีพียูภายใน 68HC11	26
รูปที่ 2.15 การทำงานที่เกิดขึ้นภายในซีพียู	27
รูปที่ 2.16 การทำงานของซีพียูเมื่อทำการเอ็กซีคิวต์	28
รูปที่ 2.17 การทำงานของซีพียูเมื่อทำการเฟตช์ข้อมูล	29
รูปที่ 2.18 หลังจากที่ซีพียูเอ็กซีคิวต์	29
รูปที่ 2.19 การต่อวงจรในโหมดซิงเกิลชิพ	31
รูปที่ 2.20 วงจรมัลติเพล็กซ์ขยาย	32
รูปที่ 2.21 ตัวอย่างวงจรการต่อ 68HC11	32
รูปที่ 2.22 การจัดขาของ 68HC11 ในแบบต่างๆ	36
รูปที่ 2.23 การต่อ MAX690	40
รูปที่ 2.24 การจัดจำนวนบิตและความหมายของรีจิสเตอร์	45
รูปที่ 3.1 AX-11 บอร์ดเรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์	50
รูปที่ 3.2 schematic ของบอร์ด AX-11	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 การเกิดภาวะระดับแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำเกินกว่าที่บอร์ดจะทำงาน 53
รูปที่ 3.4 การจ่ายไฟเลี้ยงจากภายนอกเพื่อประจุแรงดันให้แก่แบตเตอรี่ในบอร์ด 53
รูปที่ 3.5 การเชื่อมต่อสายจากพอร์ตอนุกรมกับบอร์ด 54
รูปที่ 3.6 ไดเดิลแสดงลิขสิทธิ์ในโปรแกรม 54
รูปที่ 3.7 หน้าต่างเลือกฮาร์ดแวร์ 55
รูปที่ 3.8 หน้าต่างเลือกพอร์ตอนุกรม 55
รูปที่ 3.9 ปุ่ม Download Firmware ปรากฏขึ้น 56
รูปที่ 3.10 หน้าต่างแสดงขั้นตอนการดาวน์โหลดโปรแกรมควบคุมหลัก 56
รูปที่ 3.11 หน้าต่างแสดงการตรวจสอบการเชื่อมต่อ 57
รูปที่ 3.12 หน้าต่างแสดงให้ปิดสวิตช์ POWER 57
รูปที่ 3.13 หน้าต่างแสตงการเข้าสู่โหมดดาวน์โหลดโปรแกรมควบคุมหลัก 58
รูปที่ 3.14 LED ในตำแหน่ง PWR และ BATT 58
รูปที่ 3.15 แสดงสถานการณ์ดาวน์โหลดโปรแกรมควบคุมหลักและแสดงข้อความ 59
รูปที่ 3.16 LDR 60
รูปที่ 3.17 แผงวงจรตรวจจับแสง 60
รูปที่ 3.18 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 61
รูปที่ 3.19 มอเตอร์ 61
รูปที่ 3.20 แผงวงจรตรวจจับแสง 62
รูปที่ 3.21 บอร์ด AX-11 62
รูปที่ 3.22 รูปหุ่นยนต์ 63
รูปที่ 4.1 แสงมีความเข้มสูงที่บริเวณด้านหน้า 70
รูปที่ 4.2 แสงมีความเข้มสูงที่บริเวณด้านหลัง 70
รูปที่ 4.3 แสงมีความเข้มสูงที่บริเวณด้านขวา 71
รูปที่ 4.4 แสงมีความเข้มสูงที่บริเวณด้านซ้าย 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 อินเตอร์รัปต์เวกเตอร์ของ 68HC11 34

ตารางที่ 2.2 การเลือกโหมดการทำงานของ 68HC11 39

ตารางที่ 2.3 สรุปลักษณะหน้าที่ของขาสัญญาณพอร์ตของ 68HC11 41

ตารางที่ 2.4 ตระกูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

แหล่งพลังงานที่สำคัญของโลกส่วนใหญ่ได้มาจากฟอสซิลได้แก่ น้ำมัน ก๊าซ และ ถ่านหิน เมื่อมีการเติบโตทางเทคโนโลยี และ ทางเศรษฐกิจ การบริโภคพลังงานเป็นไปอย่างมหาศาล ซึ่งคาดว่าแหล่งพลังงานของโลกที่ได้มาจากฟอสซิลดังกล่าวจะมีสำรองให้ใช้ได้อีกไม่เกิน 50 ปี

กระบวนการผลิตและใช้พลังงานจากฟอสซิลนั้น ล้วนก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมติดตามมาอย่างมากมาย เช่น มลพิษทางอากาศ ฝนกรด และ สภาวะเรือนกระจก ซึ่งมีผลกระทบเป็นลูกโซ่ต่อทั้งระบบนิเวศน์ และความเป็นอยู่ของมนุษย์ การนำพลังงานในรูปแบบอื่นมาใช้ เช่น พลังงานไฟฟ้าจากนิวเคลียร์มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนในการก่อสร้าง และ ถอดทิ้ง ทำลายเคาปฏิกรณ์สูงมาก และยังไม่สามารถสร้างความเชื่อมั่นในความปลอดภัยที่ประชาชนทั่วไปยอมรับได้

การส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนให้มากขึ้น ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานชีวมวล และ การแปรรูปจากมูลฝอย ด้วยเทคโนโลยีที่พัฒนาสู่ปัจจุบัน กระบวนการแปรรูปพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้านับเป็นกระบวนการที่สะอาดไร้มลภาวะ และเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทั้งในด้านการลงทุนเพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงาน โดยรวมถึงผลกระทบที่อาจมีต่อสิ่งแวดล้อมด้วยแล้วจะเห็นได้ว่า ต้นทุนพลังงานที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์มีราคาถูกกว่าแหล่งพลังงานประเภทอื่น และประการสำคัญก็คือ พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นหนึ่งในพลังงานที่มีความยั่งยืน ไม่มีที่สิ้นสุด

การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีจุดเด่นที่สำคัญหลายประการดังต่อไปนี้

1.ใช้พลังงานจากธรรมชาติ คือ แสงอาทิตย์ ซึ่งสะอาดและบริสุทธิ์ ไม่ก่อปฏิกิริยาที่จะทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ

2.เป็นการนำพลังงานจากแหล่งธรรมชาติมาใช้อย่างคุ้มค่าและไม่มีวันหมดไปจากโลกนี้

3.สามารถนำไปใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ทุกพื้นที่บนโลก และได้พลังงานไฟฟ้าใช้โดยตรง

4.ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงอื่นใดนอกจากแสงอาทิตย์ รวมถึงไม่มีการเผาไหม้ จึงไม่ก่อให้เกิดมลภาวะด้านอากาศและน้ำ

5.ไม่เกิดของเสียขณะใช้งาน จึงไม่มีการปล่อยมลพิษทำลายสิ่งแวดล้อม

6.ไม่เกิดเสียงและไม่มีการเคลื่อนไหวขณะใช้งาน จึงไม่เกิดมลภาวะด้านเสียง

7.อายุการใช้งานยืนยาวและประสิทธิภาพคงที่

8.ช่วยลดปัญหาการสะสมของก๊าซต่างๆในบรรยากาศ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ซึ่งเป็นผลจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำพวกน้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ ล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก ทำให้โลกร้อนขึ้น เกิดฝนกรด และอากาศเป็นพิษ

ในการศึกษาโครงงานพิเศษนี้จะเป็นการออกแบบการทำงานโดยใช้พลังงานให้คุ้มค่า เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ได้จะขึ้นอยู่กับพื้นที่ของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งมีพื้นที่น้อย จึงต้องออกแบบวงจรไฟฟ้าให้ใช้พลังงานน้อยที่สุดและสามารถทำให้หุ่นยนต์ทำงานได้แม้ไม่มีแสงอาทิตย์หรือที่ที่มีปริมาณความเข้มแสงน้อยๆได้

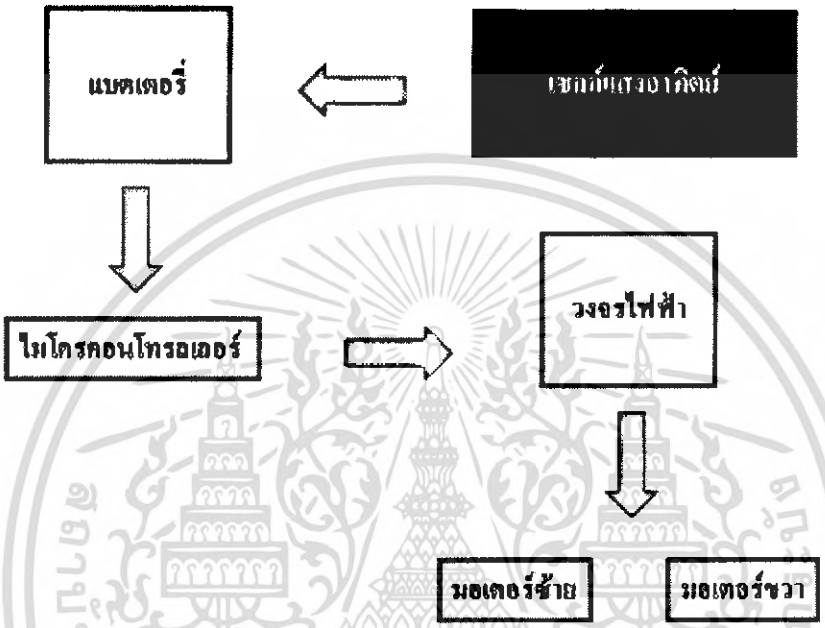
ตัวอย่างหุ่นยนต์ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่มีชื่อเสียงอันดับต้นๆของโลกได้แก่ หุ่นยนต์สำรวจดาวอังคารขององค์การนาซาที่มีชื่อว่า Sojourner(ปี 1997) และ Spirit & Opportunity(ปี 2004)

รูปที่1.1 Sojourner

รูปที่1.2 Spirit & Opportunity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโครงงานพิเศษเรื่องหุ่นยนต์พลังงานแสงอาทิตย์นี้เราใช้ความรู้หลายๆด้านในการวิจัย ทั้งด้านคุณสมบัติและการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ การออกแบบวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า หลักกลศาสตร์ ความรู้ทางไมโครคอนโทรลเลอร์ และการโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยระบบการทำงานเบื้องต้นของหุ่นยนต์มีดังรูป



รูปที่1.3 ระบบการทำงานเบื้องต้นของหุ่นยนต์

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติ หลักการทำงาน และพลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้

1.2.2 เพื่อศึกษาการออกแบบวงจรไฟฟ้าให้สามารถใช้พลังงานต่ำๆได้

1.2.3 สามารถทำให้หุ่นยนต์ทำงานได้แม้อยู่ในที่ที่มีปริมาณความเข้มแสงน้อย หรือไม่มีแสงอาทิตย์

1.3 ขอบเขตในการวิจัย

1.3.1 ส่วนของทฤษฎีจะเป็นการศึกษาคุณสมบัติ หลักการทำงาน และพลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะนำมาใช้งาน

1.3.2 ส่วนของการคำนวณความต้องการพลังงานรวมของอุปกรณ์ทั้งหมด

1.3.3 ส่วนของการออกแบบวงจรไฟฟ้า และไมโครคอนโทรลเลอร์

1.3.4 ส่วนของการโปรแกรมคำสั่งให้กับตัวหุ่นยนต์ให้ทำงานได้ตามวัตถุประสงค์

1.3.5 ส่วนของการสรุปผลการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนวิธีการดำเนินการ	2549							2550		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษาขอบเขตงานวิจัย										
2. ศึกษาทฤษฎี										
3. คำนวณพลังงานของระบบ										
4. สร้างตัวหุ่นยนต์										
5. วัดคุณสมบัติต่างๆ										
6. วัดข้อมูลการทำงาน										
7. จัดทำรายงาน										
8. ตรวจสอบความถูกต้อง										

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทางด้านโซลิดสเตท ได้ศึกษาคุณสมบัติ และหลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานกับโครงงานพิเศษนี้ได้จริง

1.5.2 ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ได้ศึกษาการออกแบบวงจรไฟฟ้าที่สามารถทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ทำงานได้แม้ในบริเวณที่ที่มีปริมาณความเข้มแสงน้อย

1.5.3 ทางด้านไมโครคอนโทรเลอร์และการโปรแกรม ได้โปรแกรมคำสั่งให้หุ่นยนต์ใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 หุ่นยนต์คืออะไร

ปัจจุบันเทคโนโลยีของหุ่นยนต์นั้นได้เจริญก้าวหน้าไปมาก ต่างจากเมื่อก่อนที่หุ่นยนต์จะถูกนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ แต่ปัจจุบันมีการนำมาใช้มากขึ้นไม่ว่าจะเป็นหุ่นยนต์ที่ใช้ในทางการแพทย์ หุ่นยนต์สำหรับงานสำรวจ หุ่นยนต์ที่ใช้งานในอวกาศ หรือแม้แต่หุ่นยนต์ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องเล่นของมนุษย์ จนกระทั่งในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาให้หุ่นยนต์นั้นมีลักษณะที่คล้ายมนุษย์เพื่อให้อาศัยอยู่ร่วมกันกับมนุษย์ให้ได้ในชีวิตประจำวัน

"หุ่นยนต์คืออะไร?" หุ่นยนต์ คือ เครื่องจักรกลชนิดหนึ่งที่มีลักษณะการทำงานแบบอัตโนมัติ(Automatics Machine) หรือกึ่งอัตโนมัติ(Semi automatics Machine) และสามารถโปรแกรมให้ทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างได้ อย่างไรก็ดี RIA(Robotics Industries Association) ได้ให้คำจำกัดความของหุ่นยนต์ที่ใช้ในอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันในที่ประชุมระดับนานาชาติของบริษัทอุตสาหกรรมที่ใช้หุ่นยนต์ 11 แห่ง เมื่อปี ค.ศ.1981(พ.ศ.2524) เอาไว้ว่า

An industrial robot is a reprogrammable, multifunction manipulator designed to move materials, part, tools or special devices through variable programmed motion for the performance of a variety of tasks.

หรือแปลเป็นภาษาไทยได้ว่า หุ่นยนต์อุตสาหกรรม คือ เครื่องจักรกลที่สามารถทำการโปรแกรมใหม่ได้หลายครั้ง สามารถทำงานได้หลายๆหน้าที่ ซึ่งมันได้รับการออกแบบมาเพื่อให้สามารถหยิบ จับ เคลื่อนย้าย วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ หรืออุปกรณ์พิเศษต่างๆ โดยการตั้งโปรแกรมเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของมันให้ทำงานได้ตามต้องการ

หุ่นยนต์แบ่งออกเป็นสองประเภทใหญ่ๆได้ดังนี้

1. คือหุ่นยนต์ชนิดที่ติดตั้งอยู่กับที่(Fixed Robot) ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปไหนได้ด้วยตัวเอง หุ่นยนต์ประเภทนี้จะมีลักษณะเป็นแขนกล สามารถเคลื่อนไหวได้เฉพาะแต่ละข้อต่อภายในตัวเองเท่านั้น ส่วนมากมักถูกนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่นโรงงานประกอบรถยนต์ เป็นต้น
2. คือหุ่นยนต์ชนิดที่เคลื่อนที่ได้(Mobile Robot) หุ่นยนต์ประเภทนี้จะสามารเคลื่อนที่ไปไหนมาไหนได้ด้วยตัวเอง บ้างก็เคลื่อนที่โดยการใช้ล้อ หรือบางแบบก็เคลื่อนที่โดยการใช้ขา ซึ่งหุ่นยนต์ประเภทนี้ส่วนใหญ่ยังเป็นงานวิจัยที่อยู่ในห้องทดลองเพื่อพัฒนาออกมาใช้งานในรูปแบบต่างๆ เช่นหุ่นยนต์สำรวจดาวอังคารขององค์การนาซ่า แต่ปัจจุบันก็ได้มีการพัฒนาให้มีลักษณะเป็นสัตว์เลี้ยงอย่างสุนัขเพื่อให้มาเป็นเพื่อนเล่นกับคน หรือแม้กระทั่งมีการพัฒนาหุ่นยนต์ให้สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลื่อนที่แบบสองขาได้อย่างมนุษย์เพื่ออนาคตจะสามารถนำไปใช้ในงานที่มีความเสี่ยงต่ออันตรายแทนมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์(Solar Cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์กรรมทางอิเลคทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำเช่น ซิลิกอน ซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลกมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และทันทีที่แสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่า โปรตอน(Proton) จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน(Electron) ในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม(atom) และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น เมื่อพิจารณาลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งสอดคล้องและเหมาะสมในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้าเพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน

การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีจุดเด่นที่สำคัญ แตกต่างจากวิธีอื่นหลายประการดังต่อไปนี้

1.ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวในขณะใช้งาน จึงทำให้ไม่มีมลภาวะทางเสียง
2.ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษจากขบวนการผลิตไฟฟ้า
3.มีการบำรุงรักษาน้อยมากและใช้งานแบบอัตโนมัติได้ง่าย
4.ประสิทธิภาพคงที่ไม่ขึ้นกับขนาด
5.สามารถผลิตเป็นแผงขนาดต่างๆได้ง่าย ทำให้สามารถผลิตได้ปริมาณมาก
6.ผลิตไฟฟ้าได้แม้มีแสงแดดอ่อนหรือมีเมฆ
7.เป็นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้มาฟรีและมีไม่สิ้นสุด
8.ผลิตไฟฟ้าได้ทุกมุมโลกแม้บนเกาะเล็กๆ กลางทะเล บนยอดเขาสูง และในอวกาศ
9.ได้พลังงานไฟฟ้าโดยตรงซึ่งเป็นพลังงานที่นำมาใช้ได้สะดวกที่สุด

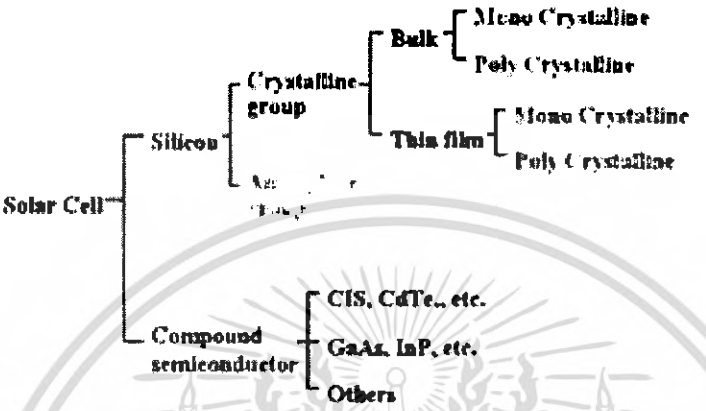
2.2.1 ประวัติความเป็นมาของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ถูกสร้างขึ้นมาครั้งแรกในปี ค.ศ.1954(พ.ศ. 2497) โดยแชปปิน(Chapin) ฟูลเลอร์(Fuller) และเพียสัน(Pearson)แห่งเบลล์เทลเลโฟน(Bell Telephon) โดยทั้ง 3 ท่านนี้ได้ค้นพบเทคโนโลยีการสร้างรอยต่อ พี-เอ็น(P-N) แบบใหม่ โดยวิธีการแพร่สารเข้าไปในผลึกของซิลิกอน จนได้เซลล์แสงอาทิตย์อันแรกของโลก ซึ่งมีประสิทธิภาพเพียง 6% ซึ่งปัจจุบันนี้เซลล์แสงอาทิตย์ได้ถูกพัฒนาขึ้นจนมีประสิทธิภาพสูงกว่า 15% แล้ว ในระยะแรกเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่จะใช้สำหรับโครงการด้านอวกาศ ดาวเทียมหรือยานอวกาศที่ส่งจากพื้นโลกไปโคจรในอวกาศก็ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังไฟฟ้า ต่อมาจึงได้มีการนำเอาแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้บนพื้นโลกเช่นในปัจจุบันนี้ เซลล์แสงอาทิตย์ในยุคแรกๆส่วนใหญ่จะมีสีเทาดำ แต่ในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้ได้มีการพัฒนาให้เซลล์แสงอาทิตย์มีสีต่างๆ กันไป เช่น แดง น้ำเงิน เขียว ทอง เป็นต้น เพื่อความสวยงาม

2.2.2 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์



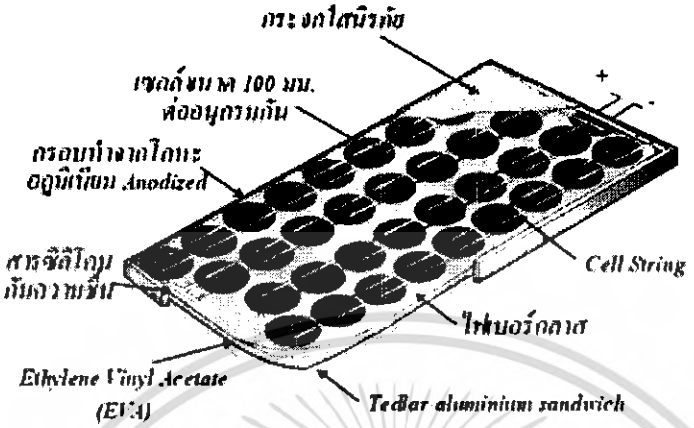
รูปที่ 2.1 การแบ่งประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน จะแบ่งตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้น คือ แบบที่เป็น รูปผลึก(Crystal) และแบบที่ไม่เป็นรูปผลึก(Amorphous) แบบที่เป็นรูปผลึกจะแบ่งออกเป็น2 ชนิด คือ ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน(Single Crystalline Silicon Solar Cell) และชนิดผลึกรวมซิลิคอน(Poly Crystalline Silicon Solar Cell) แบบที่ไม่เป็นรูปผลึก คือ ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน(Amorphous Silicon Solar Cell)
2. กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบที่ไม่ใช่ซิลิคอน ซึ่งประเภทนี้จะเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 25% ขึ้นไป แต่มีราคาสูงมาก ไม่นิยมนำมาใช้บนพื้นโลก จึงใช้งานสำหรับดาวเทียมและระบบรวมแสงเป็นส่วนใหญ่ แต่การพัฒนาขบวนการผลิตสมัยใหม่จะทำให้มีราคาถูกลงและนำมาใช้มากขึ้นในอนาคต(ปัจจุบันนำมาใช้เพียง 7 % ของปริมาณที่มีใช้ทั้งหมด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลายๆเซลล์มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสง อาทิตย์(Solar Module หรือ Solar Panel)

การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นแผงก็เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ด้านหน้าของแผงเซลล์ ประกอบด้วยแผ่นกระจกที่มีส่วนผสมของเหล็กต่ำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย แผงเซลล์จะต้องมีการป้องกันความชื้นที่ดีมาก เพราะจะต้องอยู่กลางแดดกลางฝนเป็นเวลายาวนาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้องกันความชื้นที่ดีเช่น ซิลิโคน และอีวีเอ(Ethelele Vinyl Acetate) เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์จึงต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง แต่บางครั้งก็ไม่มีความจำเป็นถ้ามีการเสริมความแข็งแรงของแผ่นกระจกให้เพียงพอ ซึ่งก็สามารถทดแทนการทำกรอบได้เช่นกัน ดังนั้นแผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ(laminate) ซึ่งสะดวกในการติดตั้ง

2.2.4 ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์

2.2.4.1วัสดุที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์

วัสดุสำคัญที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้มากที่สุดในปัจจุบันได้แก่ สารซิลิคอน(Si) ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกับที่ใช้ทำชิพในคอมพิวเตอร์และเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ ซิลิคอนเป็นสารซึ่งไม่เป็นพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะมีราคาถูก คงทน และเชื่อถือได้ นอกจากนี้ยังมีวัสดุชนิดอื่นที่สามารถนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้เช่น แกลเลียมอาเซไนด์ CIS และ แคดเมียมเทลเลอไรด์ แต่ยังมีราคาสูง และบางชนิดยังไม่มีการพิสูจน์เรื่องอายุการใช้งานว่าสามารถใช้งานได้นาน

ข้อเสียของ Si : การทำให้บริสุทธิ์และอยู่ในรูปสารที่พร้อมจะทำเซลล์ฯ มีราคาแพง และ แตกหักง่ายในขบวนการผลิต

2.2.4.2 ขั้นตอนการผลิตสารซิลิคอนบริสุทธิ์

1) การผลิต MG-Si จากหินควอทไซด์หรือทราย

SiO_2+ 2C ----> Si + 2CO (ปฏิกิริยาภายในเตาหลอม)

ความบริสุทธิของ Si 98 - 99%

2) การผลิต SeG-Si จาก MG-Si

2.1) เปลี่ยนสถานะ Si เป็นแก๊ส โดยวิธี Fractional Distillation

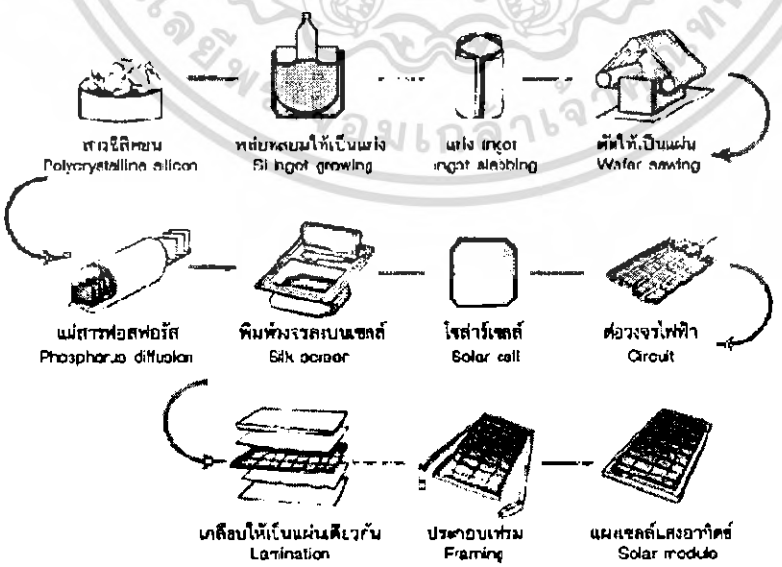
Si + 3 HCl -------> $SiHCl_3$+ H_2

2.2) SiHCl3 ทำปฏิกริยากับ H2 ได้ Si บริสุทธิ์ 99.999%

$SiHCl_3$ + H_2 -------> Si + HCl

เป็นการทำ Si ให้บริสุทธิ์ ขั้นตอนนี้ได้ Polycrystal

2.2.4.3 ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว(Single Crystalline)



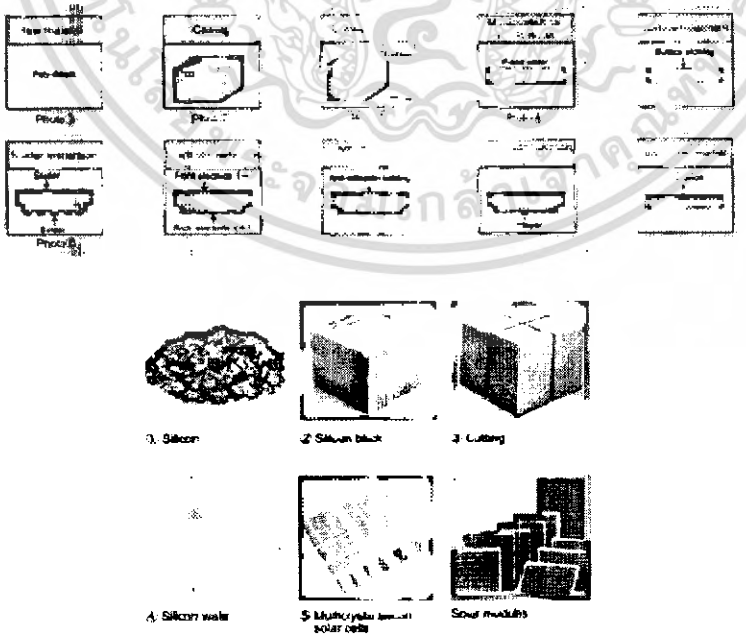
รูปที่ 2.3 ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว(Single Crystalline) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Mono-Crystalline

การเตรียมสารซิลิคอนชนิดนี้ เริ่มต้นจากนำสารซิลิคอนซึ่งผ่านการทำให้เป็นก้อนที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก(99.999%) มาหลอมละลายในเตา Induction Furnace ที่อุณหภูมิสูงถึง 1,500 องศาเซลเซียส เพื่อทำการสร้างแท่งผลึกเดี่ยวขนาดใหญ่(เส้นผ่านศูนย์กลาง 6-8 นิ้ว) พร้อมกับใส่สารเจือปน Boron เพื่อทำให้เกิด P-type แล้วทำให้เกิดการเย็นตัวจับตัวกันเป็นผลึกด้วย Seed ซึ่งจะตกผลึกมีขนาดหน้าตัดใหญ่ แล้วค่อยๆดึงแท่งผลึกนี้ขึ้นจากเตาหลอม ด้วยเทคโนโลยีการดึงผลึก จะได้แท่งผลึกยาวเป็นรูปทรงกระบอก คุณภาพของผลึกเดี่ยวจะสำคัญมากต่อคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ จากนั้นนำแท่งผลึกมาตัดให้เป็นแผ่นบางๆด้วยลวดตัดเพชร(Wire Cut) เรียกว่า เวเฟอร์ ซึ่งจะได้แผ่นผลึกมีความหนาประมาณ 300 ไมโครเมตร และขัดความเรียบของผิว จากนั้นก็จะนำไปเจือสารที่จำเป็นในการทำให้เกิดเป็น p-n junction ขึ้นบนแผ่นเวเฟอร์ด้วยวิธีการ Diffusion ที่อุณหภูมิระดับ 1,000 องศาเซลเซียสจากนั้นนำไปทำขั้วไฟฟ้าเพื่อนำกระแสไฟออกใช้ ที่ผิวบนจะเป็นขั้วลบ ส่วนผิวล่างเป็นขั้วบวก ขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการเคลือบฟิล์มผิวหน้าเพื่อป้องกันการสะท้อนแสงให้น้อยที่สุด ตอนนี้จะได้เซลล์ที่พร้อมใช้งาน หลังจากนั้นก็นำไปประกอบเข้าแผง โดยใช้กระจกเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์ และใช้ซิลิโคน และอีวีเอ(Ethelele Vinyl Acetate)ช่วยป้องกันความชื้น ในการใช้งานจริงเราจะนำเซลล์แต่ละเซลล์มาต่ออนุกรมกันเพื่อเพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้ได้ตามต้องการ

2.2.4.4 ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวม(Poly Crystalline)



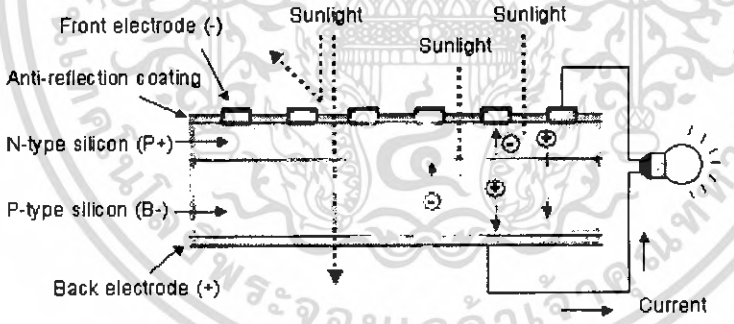
รูปที่ 2.4 ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวม

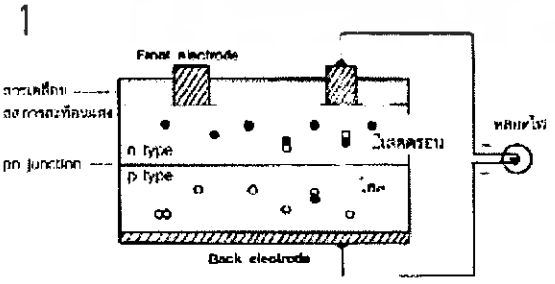
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์โดยวิธีนี้จะมีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่าวิธีแรก คือการทำแผ่นเซลล์ จะใช้วิธีการหลอมสารซิลิคอนให้ละลายพร้อมกับใส่สารเจือปน Boron เพื่อทำให้เกิด P-type แล้วเทลงในแบบพิมพ์ เมื่อสารละลายซิลิคอนแข็งตัวก็จะได้เป็นแท่งซิลิคอนแบบผลึกรวม(ตกผลึกไม่พร้อมกัน) จากนั้นนำไปตัดเป็นแผ่นเช่นเดียวกับแบบผลึกเดี่ยว ความแตกต่างระหว่างแบบผลึกเดี่ยวและแบบผลึกรวมสังเกตได้จากผิวผลึก ถ้ามีโทนสีที่แตกต่างกันซึ่งเกิดจากผลึกเล็ก q หลายผลึกในแผ่นเซลล์จะเป็นแบบผลึกรวม ในขณะที่แบบผลึกเดี่ยวจะเห็นเป็นผลึกเนื้อเดียว คือ มีสีเดียวตลอดทั้งแผ่น ส่วนกรรมวิธีการผลิตเซลล์ที่เหลือจะเหมือนกัน เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวม(Poly Crystalline) จะให้ประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบผลึกเดี่ยว ประมาณ 2-3 % อย่างไรก็ตามเซลล์ทั้ง 2 ชนิด มีข้อเสียในการผลิต คือ แตกหักง่ายเช่นกัน

2.2.5 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานได้(ตามรูป)

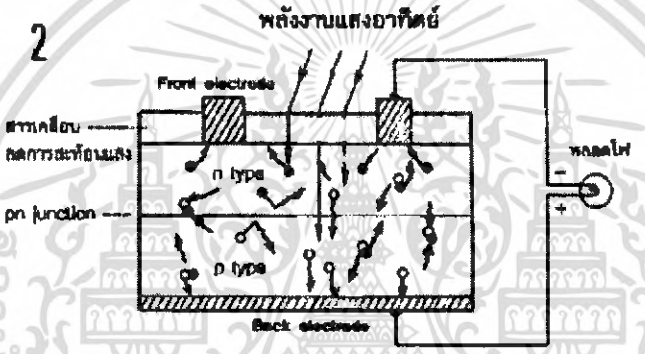




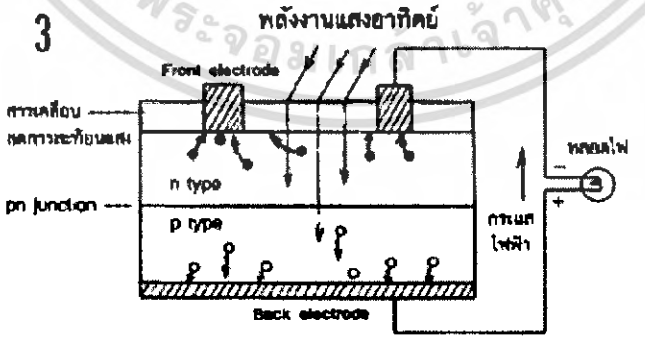
1. n – type ซิลิคอน ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้การโดปปิ้งด้วยสารฟอสฟอรัส มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

p – type ซิลิคอน คือสารกึ่งตัวนำที่ได้การโดปปิ้งด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน(โฮล) เมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำซิลิคอนทั้ง 2 ชนิด มาประกบต่อกันด้วย p – n junction จึงทำให้เกิดเป็น " เซลล์แสงอาทิตย์ " ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด n – type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ด้านหน้าของ n – type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วน p – type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหลังของเซลล์โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮล แต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อย ด้านหลังของ p – type ซิลิคอนจะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮล



2. เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n – type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น p type



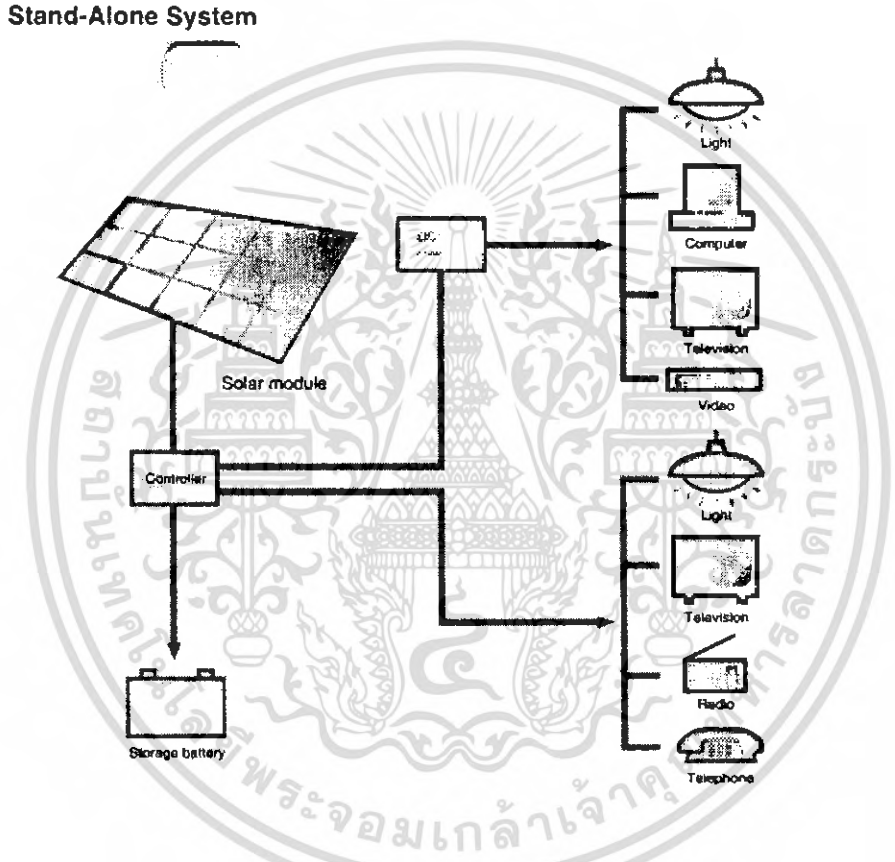
3. อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจร ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ

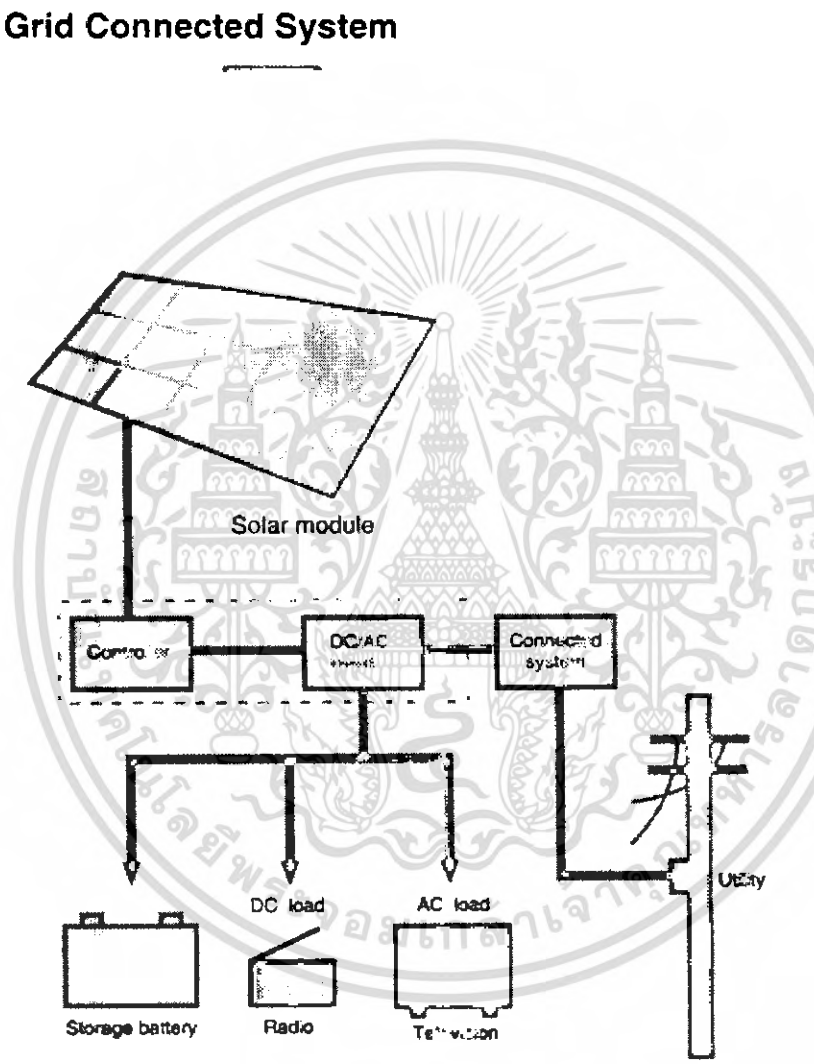
1.การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ(PV Stand alone system)
เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ



รูปที่ 2.5 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

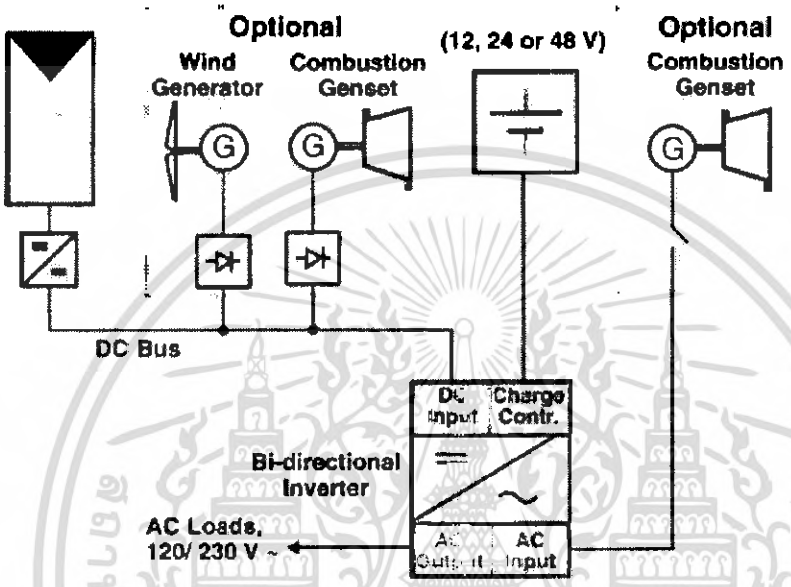
2.การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย(PV Grid connected system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรงใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมือง หรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึงอุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า



รูปที่ 2.6 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน(PV Hybrid system)
เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่นๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และเครื่องยนต์ดีเซล ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบตามวัตถุประสงค์โครงการเป็นกรณีเฉพาะ



รูปที่ 2.7 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่มีดังนี้

1. ความเข้มของแสง

กระแสไฟ(Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้ม ของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100 mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 1,000 W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5(Air Mass 1.5) และถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม 60 องศากับพื้นโลกความเข้มของแสง จะมีค่าเท่ากับประมาณ 75 mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 750 W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM2 กรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง

2. อุณหภูมิ

กระแสไฟ(Current) จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า(โวลท์) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศา C เช่น กำหนดไว้ว่าแผงแสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage หรือ V oc) ที่ 21 V ณ อุณหภูมิ 25 องศา C ก็จะหมายความว่า แรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงแสงอาทิตย์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 องศา C จะเท่ากับ 21 V ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศา C เช่น อุณหภูมิ 30 องศา C จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์ลดลง 2.5%(0.5% x 5 องศา C) นั่นคือ แรงดันของแผงแสงอาทิตย์ที่ V oc จะลดลง 0.525 V(21 V x 2.5%) เหลือเพียง 20.475 V(21V – 0.525V) สรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลงด้วย

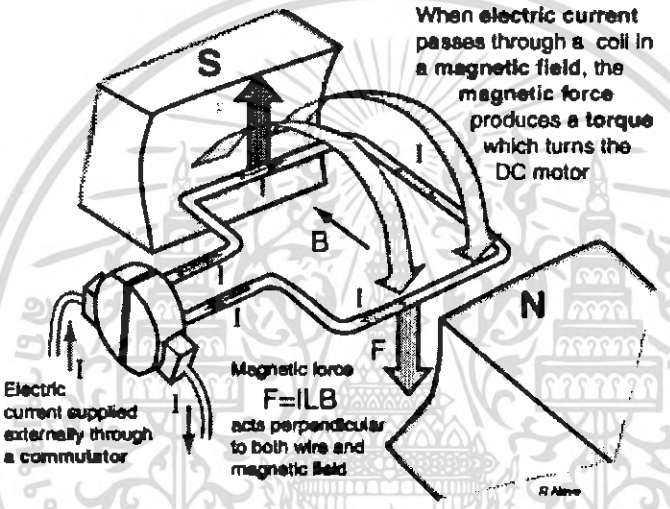
จากข้อกำหนดดังกล่าวข้างต้น ก่อนที่ผู้ใช้จะเลือกใช้แผงแสงอาทิตย์ จะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของแผงที่ระบุไว้ในแผงแต่ละชนิดด้วยว่า ใช้มาตรฐานอะไร หรือมาตรฐานที่ใช้วัดแตกต่างกันหรือไม่ เช่นแผงชนิดหนึ่งระบุว่า ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 80 วัตต์ ที่ความเข้มแสง 1,200 W ต่อ ตร.เมตร ณ อุณหภูมิ 20 องศา C ขณะที่อีกชนิดหนึ่งระบุว่า ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 75 วัตต์ ที่ความเข้มแสง 1,000 W ต่อ ตร.เมตร และอุณหภูมิมาตรฐาน 25 องศา C แล้ว จะพบว่าแผงที่ระบุว่าให้กำลังไฟฟ้า 80 W จะให้กำลังไฟฟ้าต่ำกว่า จากสาเหตุดังกล่าว ผู้ที่จะใช้แผงจึงต้องคำนึงถึงข้อกำหนดเหล่านี้ในการเลือกใช้แผงแต่ละชนิดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

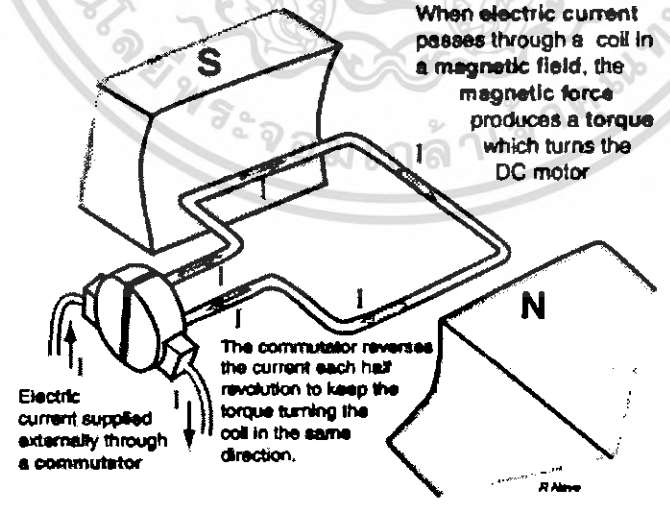
76623

2.3 DC motor

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

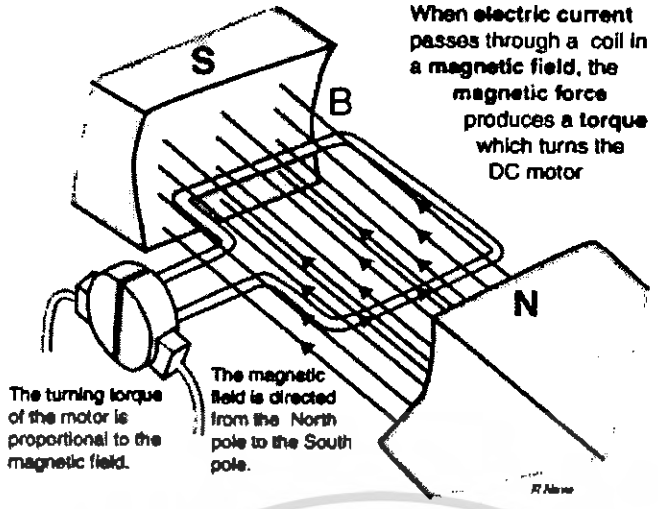


รูปที่ 2.8 DC motor operation

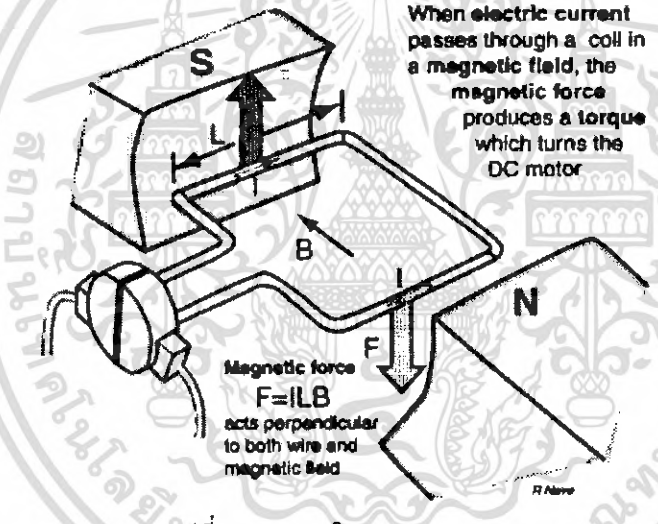


รูปที่ 2.9 กระแส ใน DC motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

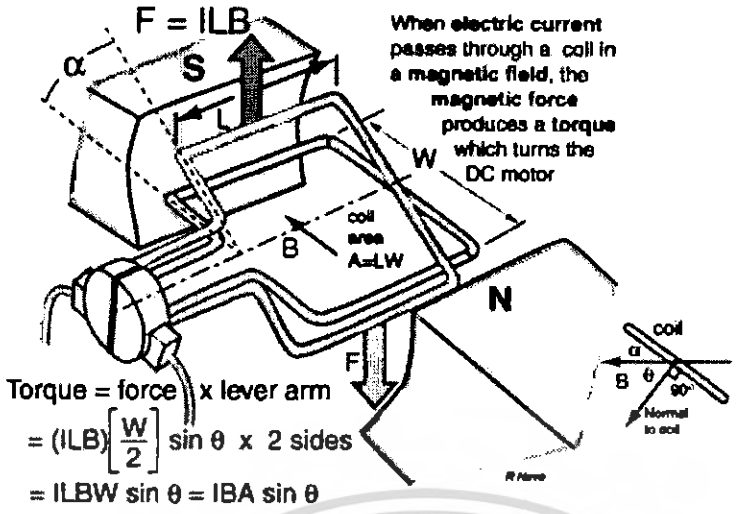


รูปที่ 2.10 สนามแม่เหล็ก ใน DC motor



รูปที่ 2.11 แรง ใน DC motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 ทอร์ค ใน DC motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 เป็นชิพไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์หนึ่งของโมโตโรลาที่มีขนาดเล็กและความเร็วสูง ได้ถูกออกแบบมาโดยรวมอุปกรณ์ที่จำเป็นในการใช้งานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ไว้ภายในตัวของมันเอง ไม่ว่าจะเป็นพอร์ตอินพุต - เอาต์พุต วงจรตั้งเวลาตัวนับ ระบบการอินเตอร์รัปท์ หน่วยความจำ ROM RAM และ EEPROM วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ระบบป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นจากโปรแกรม และส่วนติดต่อสื่อสารข้อมูลอ่านทางพอร์ตอนุกรม ชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 ได้รับการผลิตโดยใช้เทคโนโลยี HCMOS(High-Density CMOS) จึงทำให้มีความเร็วในการทำงานสูง มีความถี่ได้สูงถึง 4 MHz ในขณะที่กินกำลังงาน ไฟฟ้าต่ำ สามารถบรรจุได้ในตัวถังหลายแบบ คือ DIP ขนาด 48 ขา PLCC ขนาด 52 ขา หรือ QFP ขนาด 64 ขา

2.4.1 ส่วนประกอบหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ M68HC11

หน่วยประมวลผลกลาง (CENTRAL PROCESSING UNIT)

M68HC11 CPU เป็น CPU ขนาด 8 บิต โดยมีคุณสมบัติต่อไปนี้

1.มี ACCUMULATOR ขนาด 8 บิต 2 ตัว และ 16 บิต 1 ตัว

2.มี INDEX REGISTER 16 บิต 2 ตัว

3.มีคำสั่ง ประมวลผลข้อมูลระดับบิต ที่มีประสิทธิภาพ

4.มีโหมดในการอ้างแอดเดรส 6 แบบ คือ แบบทันทีทันใด(Immediate), แบบโดยตรง(Direct), แบบขยาย(Extended), แบบอินเด็กซ์(Indexed), แบบอินฮีเรนต์(Inherent) และ แบบสัมพัทธ์(Relative)

5.มีโหมดการทำงาน WAIT และ STOP เพื่อประหยัดพลังงาน

6.มี Memory mapped I/O และฟังก์ชั่นพิเศษ

7.สามารถทำการหารเลข 16 บิต โดยได้ผลลัพธ์ขนาด 16 บิต และเศษ 16 บิต

8.สามารถทำการคูณเลข 8x8 บิตได้

9.สามารถใช้ชุดคำสั่งเดียวกับไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 6800 และ 6801 ได้ โดยมีชุดคำสั่งเพิ่มเติมอีก 91 คำสั่ง

หน่วยความจำ (MEMORY)

ตระกูลของ 68HC11 แตกต่างกันโดยเทคโนโลยีของหน่วยความจำ เช่น 68HC711E9 เป็นตัวแรก ที่รวม EPROM และ EEPROM อยู่ภายใน เทคโนโลยีของหน่วยความจำมีดังต่อไปนี้

1.มีหน่วยความจำ ROM ภายในสำหรับเก็บโปรแกรมขนาด 4 , 8 หรือ 12 กิโลไบต์(บางเบอร์ไม่มี)

2.มีหน่วยความจำ EEPROM ภายในขนาด 512 ไบต์ หรือ 2 กิโลไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.มีหน่วยความจำ RAM ภายในขนาด 192 , 256 หรือ 512 ไบต์

4.สามารถติดต่อหน่วยความจำภายนอกได้ 64 กิโลไบต์

5.มี Direct Memory Access(DMA) Unit ทำให้เพิ่มความเร็วในการ ส่งข้อมูลระหว่างหน่วยความจำ 2 บล็อก ระหว่างรีจีสเตอร์ หรือระหว่างรีจีสเตอร์กับหน่วยความจำ

การสื่อสารแบบอนุกรม (SERIAL COMMUNICATIONS)

มีส่วนของการติดต่อสื่อสารข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม 2 ส่วนคือ ส่วนสื่อสารข้อมูลอนุกรม(Serial Communication Interface : SCI) และส่วนเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรม(Serial Peripheral Interface : SPI) โดย SCI จะมีรูปแบบในลักษณะฟูลดูเพลกซ์ แบบอะซิงโครนัสตามมาตรฐาน NRZ ส่วน SPI เป็นการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในลักษณะฟูลดูเพลกซ์แบบซิงโครนัส โดยมีการแยกกันระหว่างสายสัญญาณข้อมูล และสายสัญญาณนาฬิกา อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อเช่น

- วงจรเปลี่ยนสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล
  - Liquid Crystal Display (LCD) Drivers
  - ไมโครโปรเซสเซอร์ตัวอื่นๆ

LOW POWER OPERATION

ปกติระบบไมโครคอนโทรเลอร์จะต้องใช้กำลังไฟฟ้าสูงพอสมควร แต่ก็มีบางครั้งที่ ตัวชิพไมโครคอนโทรเลอร์ไม่จำเป็นต้องทำงานมาก แต่การจ่ายกำลังไฟฟ้ายังคงจ่ายเต็มที่ ก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน ใน 68HC11 จึงเกิดโหมดการทำงานแบบประหยัดพลังงาน เพื่อให้ระบบกินกำลังไฟฟ้าลดลงในภาวะที่ไม่ได้ทำงาน หรือทำงานน้อยลง

การทำให้ทำงานในโหมดประหยัดพลังงาน จะมีคำสั่งอยู่ 2 คำสั่งที่ควบคุมให้ทำงานคือ

WAIT : เมื่อทำคำสั่งนี้ จะทำงานในโหมดประหยัดพลังงาน ภาวะของการทำงานที่ค้างอยู่จะถูกเก็บ ไว้ในสแต็กและส่วนการ เอ็กซีคิวต์โปรแกรมจะหยุดการทำงาน เรียกภาวะที่เกิดใหม่นี้ว่าภาวะรอคอย (Wait State)

STOP : สัญญาณนาฬิกาทั้งหมด ตลองจนวงจรออสซิลเลเตอร์ภายในชิพจะหยุดการทำงาน ทำให้กระบวนการทำงานต่างๆหยุดตามไปด้วย

เราสามารถออกจากโหมดประหยัดพลังงานนี้ได้โดยการ อินเตอร์รัปต์ หรือการรีเซตระบบ

ตัวตั้งเวลาที่มีประสิทธิภาพสูง (HIGH PERFORMANCE TIMER)

1.ตัวตั้งเวลาโปรแกรมได้ (Programmable Timer) มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Free Running Counter มีรีจีสเตอร์ 16 บิต เป็นตัวนับเวลา
- Input Capture มี 3 อินพุตสำหรับทำการบันทึกหรือเก็บค่าเมื่ออินพุตเกิดการเปลี่ยนแปลง
- Output Compare มี 5 เอาท์พุตสำหรับทำหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณ Output

2.Real Time Interrupt เป็นระบบการอินเตอร์รัปต์ที่มีช่วงเวลาการเกิดที่คงที่แน่นอน แล้วแต่ว่าจะให้เกิดการอินเตอร์รัปต์ในช่วงเวลาไหนสามารถ ที่จะกำหนดอัตราเวลาที่ให้เกิดการอินเตอร์รัปต์ได้

3.Pulse Accumulator คือตัวนับที่สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ขนาด 8 บิต

4.Watch Dog เพื่อป้องกันความผิดพลาดของ Software

วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D SYSTEM)

มีวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ขนาด 8 บิต และ12บิต จำนวน 8-12ช่อง ซึ่งสามารถ โปรแกรมเพื่อทำงานได้ทั้งการเปลี่ยนใน Single Mode และ Continuous Mode ในปัจจุบันนี้สามารถเพิ่มวงจร แปลงสัญญาณจากดิจิตอลเป็นอนาล็อกด้วย

PULSE WIDTH MODULATION

มี PLUSE WIDTH MODULATION (PWM) เพื่อใช้สำหรับการประยุกต์ใช้อย่างมาก โดยมีถึง 6 ช่องซึ่ง สามารถเลือกใช้ในการสร้าง waveforms ที่ต่อเนื่อง สามารถโปรแกรม rate ได้ และมี software ที่สามารถ เลือก duty cycle ได้ตั้งแต่ 0 ถึง 100%

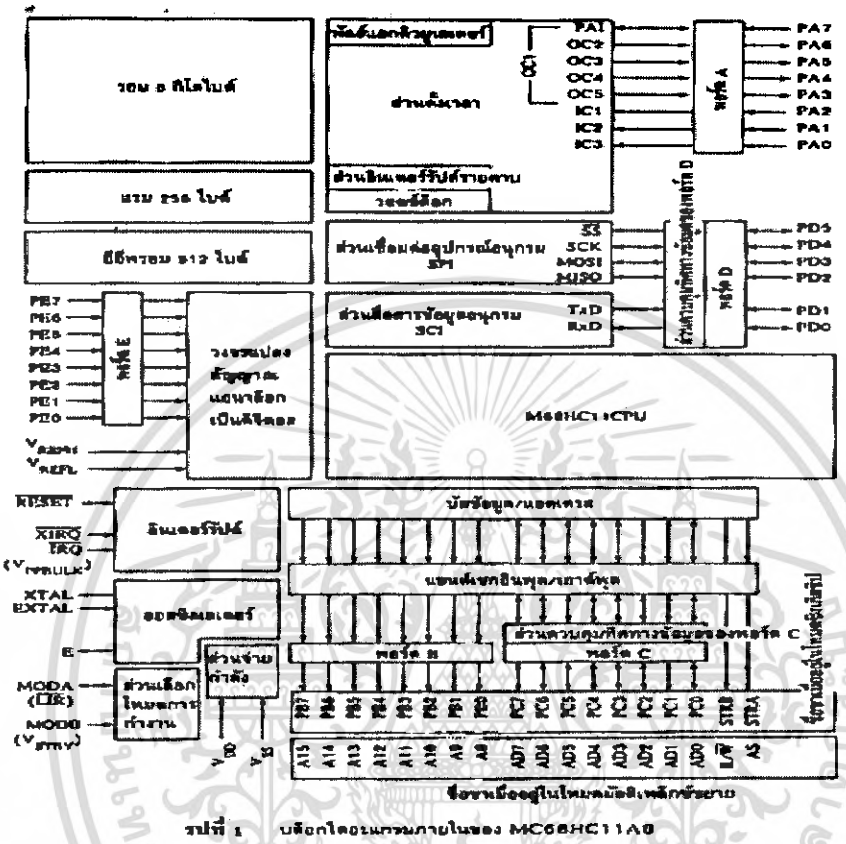
MEMORY MANAGEMENT AND CHIP SELECTS

68HC11K4 และ 68HC11CO เป็นสองตัวที่มี Memory Expansion Logic มี Memory Management Units (MMU) ที่สร้าง address lines เพิ่มซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อ CPU ต้องการเท่านั้น Chip Select Block จะให้ สัญญาณ ที่ทำให้ เชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 บล็อกไดอะแกรมภายในของ 68HC11

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 ที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้คือ เบอร์ MC68HC11A8 โดยมีบล็อกไดอะแกรมส่วนประกอบภายใน รวมถึงความสัมพันธ์ของแต่ละขาในชิพ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 2.13 บล็อกไดอะแกรมภายในของ 68HC11

ภายในชิพ เบอร์ MC68HC11A8 ประกอบด้วยส่วนหลัก 6 ส่วนคือ

1.ซีพียู

2.หน่วยความจำ

3.แอกคิวมูเลเตอร์-วอตช์ด็อก- ตัวตั้งเวลาหลัก

4.พอร์ตอินพุต เอาต์พุต

5.วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

6.สโตรบ/แฮนด์เชก

ซีพียู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนนี้มีส่วนประกอบย่อยอีก 3 ส่วนคือ ส่วนควบคุมโหมดการทำงานของชิพ(MODE) ส่วนกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (CLK) และส่วนลอจิกอินเตอร์รัปต์ (INT) โดยทั้งสามส่วนนี้จะได้รับการควบคุมการทำงาน จากแก่นซีพียู

หน่วยความจำ

ภายในชิพ MC68HC11A8 จะมีหน่วยความจำครบทั้ง 3 แบบ คือ รอม แรม และอีอีพรอม ซึ่งการต่อ และเรียกใช้หน่วยความจำเบอร์นี้ ขึ้นอยู่กับส่วนซีพียูเป็นหลัก

แอกคิวมูเลเตอร์-วอตช์ด็อก-ตัวตั้งเวลา

ในส่วนนี้จะมีการติดต่อกับพอร์ต A โดยใช้พอร์ต A เป็นทางผ่านข้อมูล พัลส์แอกคิวมูเลเตอร์ จะใช้พอร์ต PA7 ในขณะที่ส่วนตัวตั้งเวลาหลักจะใช้ PA3-PA6 ในชิพยังมีวงจรวอตช์ด็อกเพื่อช่วยให้ชิพสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง แม้ว่าจะมีการรีเซตระบบอยู่บ่อยๆก็ตาม

พอร์ตอินพุตเอาต์พุต

ใน MC68HC11A8 จะมีพอร์ตอินพุตเอาต์พุตด้วยกัน 5 พอร์ตดังนี้ พอร์ต A เป็นทั้งพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต โดยมีการทำงานแยกกันคือ PA7 เป็นพอร์ตที่สามารถส่งผ่านข้อมูลได้สองทิศทาง ในขณะที่ PA3-PA6 เป็นพอร์ตเอาต์พุตของตัวตั้งเวลาหลักและ PA0-PA2 เป็นพอร์ตอินพุต

พอร์ต B

เป็นพอร์ตเอาต์พุต ในขณะที่พอร์ต C เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุต สามารถส่งข้อมูลได้ 2 ทิศทาง โดยที่พอร์ต C นี้จะทำหน้าที่เป็นบัสแอดเดรสไบต์ต่ำและบัสข้อมูลด้วย โดยได้รับการควบคุมการทำงานแบบมัลติเพล็กซ์ จึงไม่เกิดความสับสน

พอร์ต D

เป็นพอร์ตที่ใช้ในการถ่ายทอดสัญญาณ จากส่วนเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมและส่วนสื่อสารข้อมูลอนุกรม จึงมีลักษณะเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตที่สามารถส่งผ่านข้อมูลได้ 2 ทิศทาง ในขณะที่พอร์ต E เป็นพอร์ตอินพุตสำหรับวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (Analog Digital Converter)

วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (ADC)

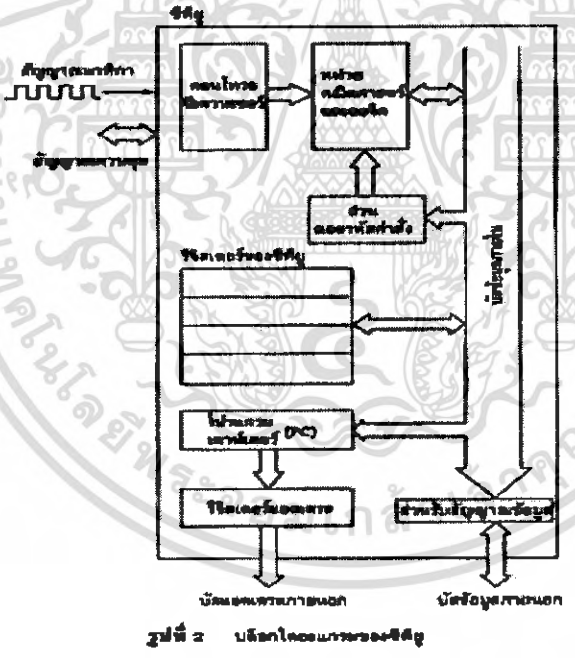
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นวงจรที่ช่วยเสริมให้ชิพไมโครคอนโทรลเลอร์มีประสิทธิภาพมากขึ้น ปกติแล้ว 68HC11 จะมีวงจร ADC นี้ 8 ช่อง แต่ในเบอร์ MC68HC11A8 ซึ่งเป็นรูปแบบ 48 ขานั้น จะทีวงจร ADC นี้เพียง 4 ช่อง แต่ถ้าเป็นรูปแบบ 52 ขาคือเบอร์ MC68HC11A8CFN1 ก็จะทีวงจร ADC ครบ 8 ช่อง การเรียกใช้งานวงจรส่วนนี้ จะได้รับการควบคุมจาก CPU

สโตรบ/แฮนด์เชก

ในส่วนนี้จะทำงานร่วมกับส่วนขยายบัสด้วย ทั้งนี้เพื่อให้ซีพียูสามารถทำงานได้กับแอดเดรส ถึง 16 บิต ที่ส่วนนี้จะมีสัญญาณที่สำคัญๆอยู่ 2 สัญญาณ คือ STRB/R/W และ STRA/AS โดยทั้งสองสัญญาณคือ สัญญาณสโตรบเพื่อให้ชิพทำการอ่านเขียนข้อมูลได้และที่ส่วนนี้ยังมีวงจรแฮนด์เชก เพื่อตรวจสอบความพร้อมในการรับส่งข้อมูลของชิพกับอุปกรณ์ภายนอก

2.4.3 การทำงานของซีพียูภายใน 68HC11



รูปที่ 2.14 การทำงานของซีพียูภายใน 68HC11

บล็อกไดอะแกรมการทำงานของซีพียูแสดงได้ดังรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่า ซีพียูจะมีรีจิสเตอร์ไว้ใช้งานเป็นของตนเองอยู่หลายตัว รีจิสเตอร์โปรแกรมเคาน์เตอร์(Program Counter Register : PC) จะเป็นตัวบอกกับซีพียูให้ทราบว่าขณะนี้กำลังจัดการกับคำสั่งหรือข้อมูลใดที่ตำแหน่งไหน ส่วนรีจิสเตอร์ตัวอื่นๆก็มีหน้าที่จัดการและเก็บข้อมูลหรือแอดเดรสแตกต่างกันออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

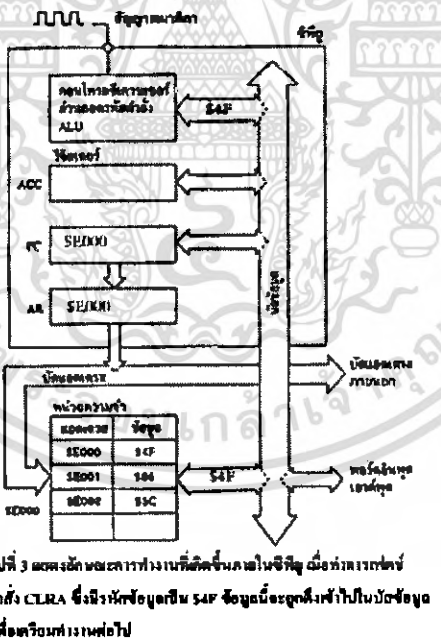
ส่วนถอดรหัสคำสั่งจะทำหน้าที่ถอดรหัสคำสั่งที่ได้รับจากบัสข้อมูล เพื่อกำหนดให้ส่วนคณิตศาสตร์ และลอจิก (ALU) จัดการกับข้อมูล ขณะที่ส่วนคอนโทรลซีเควนเซอร์ จะทำหน้าที่กำหนดจังหวะในการถ่ายทอดคำสั่ง และข้อมูลไปยังบัสข้อมูลภายในซีพียู ส่วนรีจิสเตอร์แอดเดรสทำหน้าที่กำหนดสภาวะของบัสแอดเดรส

บัสแอดเดรสภายนอกจะเป็นตัวเลือกตำแหน่งของหน่วยความจำเพื่อเรียกหรือถ่ายทอดข้อมูล ส่วนรับสัญญาณข้อมูลจะเป็นตัวกำหนดสภาวะของสัญญาณข้อมูลที่ขับเข้าหรือส่งออกไปยังหน่วยความจำหรือรีจิสเตอร์เอาต์พุต

ลักษณะการทำงานของซีพียูสามารถอธิบาย โดยใช้ตัวอย่างประกอบดังนี้ สมมติเขียนโปรแกรมลงใน หน่วยความจำแอดเดรส $E000-$E002 ดังนี้

```
CLRA      ; เป็นการเคลียร์ค่าในแอกคิวมูเลเตอร์ให้เป็น $00
LDAA $5C ; นำค่า $5C ไปเก็บไว้ในแอกคิวมูเลเตอร์
```

ดังนั้นที่แอดเดรส $E000 จะเก็บออปโค้ดของคำสั่ง CLRA คือ $4F ในขณะที่แอดเดรส $E001 เก็บออปโค้ด ของคำสั่ง LDAA คือ $86 ส่วนแอดเดรส $E002 เก็บค่าโอเปอแรนด์ของคำสั่ง LDAA คือ $5C

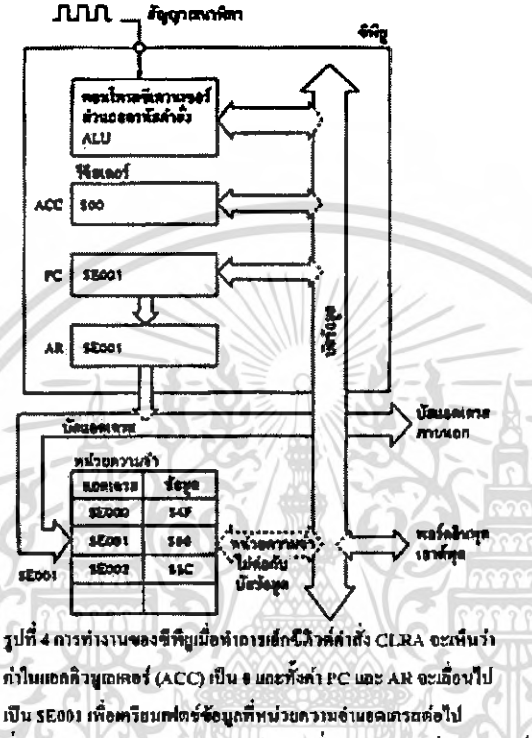


รูปที่ 2.15 การทำงานที่เกิดขึ้นภายในซีพียู

ในกระบวนการทำงานของซีพียูจะแบ่งเป็นช่วงเฟตช์และเอ็กซีคิวต์ ช่วงเฟตช์คือช่วงที่ซีพียูทำการถอดรหัส คำสั่งที่รับเข้ามาเพื่อเตรียมปฏิบัติ และช่วงเอ็กซีคิวต์คือ ช่วงที่ซีพียูทำงานตามคำสั่งนั้นๆ ในรูปที่ 3 แสดงการทำงานในช่วงเฟตช์ข้อมูล $4F ซึ่งเป็นออปโค้ดของคำสั่ง CLRA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ PC จะเป็นคำสั่ง $E000 นั่นคือ ตำแหน่งที่ซีพียูไปทำงานและค่า $E000 นี้จะถูกส่งต่อไปยังรีจิสเตอร์แอดเดรสด้วย เพื่อกำหนดแอดเดรส ของหน่วยความจำที่จะไปติดต่อด้วย ถึงตอนนี้ส่วนคอนโทรลซีเควนซ์จะทำการดึงข้อมูล $4F เข้าไปใน ส่วนถอดรหัสคำสั่งจะรู้ว่าเป็นคำสั่งให้เคลียร์ค่าในแอกคิวมูเลเตอร์ นั่นก็คือทำให้ค่าแอกคิวมูเลเตอร์เป็น $00

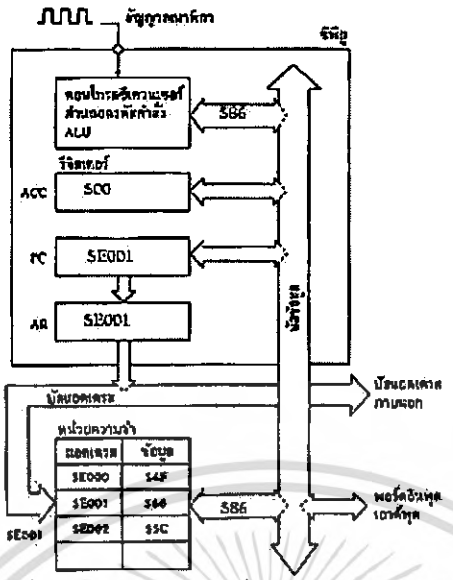


รูปที่ 4 การทำงานของซีพียูเมื่อทำการเอ็กซีคิวต์คำสั่ง CLRA จะเห็นว่า ค่าในแอกคิวมูเลเตอร์ (ACC) เป็น 0 และทั้งค่า PC และ AR จะเลื่อนไป เป็น $E001 เพื่อเตรียมเฟตช์ข้อมูลที่หน่วยความจำแอดเดรสต่อไป

รูปที่ 2.16 การทำงานของซีพียูเมื่อทำการเอ็กซีคิวต์

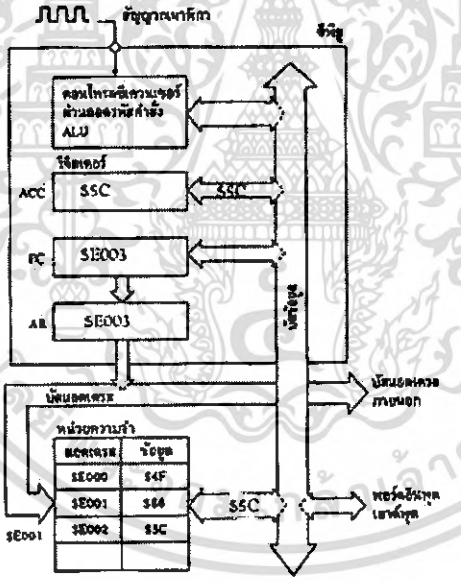
แสดงสภาวะหลังจากที่ซีพียูเอ็กซีคิวต์คำสั่ง CLRA แล้ว จะเห็นว่าค่าในแอกคิวมูเลเตอร์จะเป็น $00 ในขณะที่ PC เพิ่มค่าไปเป็น $E001 ซึ่งก็คือ แอดเดรสต่อไปที่ซีพียูจะไปทำงาน เช่นเดียวกันค่า $E001 จะถูกเก็บไว้ในรีจิสเตอร์แอดเดรสด้วย เพื่อเตรียมกำหนดค่าแอดเดรสต่อไป หลังจากเอ็กซีคิวต์คำสั่งไปแล้วหน่วยความจำ ก็จะไม่เชื่อมต่อเข้ากับบัสข้อมูลอีก จนกว่าจะมีการเฟตช์คำสั่งใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 แสดงการทำงานของซีพียู เมื่อทำการเฟตช์ข้อมูลของ
รหัสคำสั่ง LDAA ซึ่งมีค่าเท่ากับ $86

รูปที่ 2.17 การทำงานของซีพียูเมื่อทำการเฟตช์ข้อมูล



รูปที่ 6 หลังจากที่ซีพียูเอ็กซีคิวต์คำสั่ง LDAA #$5C
นั่นคือ เป็นคำสั่งให้นำค่า $5C มาเก็บไว้ในแอกคิวมูเลเตอร์

รูปที่ 2.18 หลังจากที่ซีพียูเอ็กซีคิวต์

จากนั้นซีพียูจะทำงานในคำสั่งต่อไปคือ คำสั่ง LDAA #$5C ก็เริ่มจากเฟตช์ข้อมูล $86 ก็คือ ออปโค้ดของคำสั่ง LDAA จากหน่วยความจำแอดเดรส $E001 ดังในรูปที่ 5 เมื่อเอ็กซีคิวต์แล้วก็จะไปอ่านค่าข้อมูลโอเปอแรนด์ของคำสั่ง LDAA คือ $5C ที่แอดเดรส $E002 ต่อด้วยคำสั่ง LDAA #$5C คือ การนำค่า $5C เข้าไปเก็บในแอกคิวมูเลเตอร์ จากรูปที่ 6 เป็นการแสดงสภาวะข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในซีพียู ค่า $5C จะถูกเก็บเข้าไปในแอกคิวมูเลเตอร์ หลังจากที่เอ็กซีคิวต์คำสั่งแล้ว ค่า PC จะเพิ่มเป็น $E003 เพื่อเตรียมทำงานที่แอดเดรสต่อไป

2.4.4 โหมดการทำงานของ 68HC11

68HC11 มีโหมดการทำงาน 4 โหมด ดังนี้

1. โหมดซิงเกิลชิพ (Single-chip Operating Mode)
2. โหมดมัลติเพล็กซ์ขยาย (Expanded Multiplexed Operating Mode)
3. โหมดบูตสแตร็ปพิเศษ (Special Bootstrap Operating Mode)
4. โหมดทดสอบพิเศษ (Special test Operating Mode)

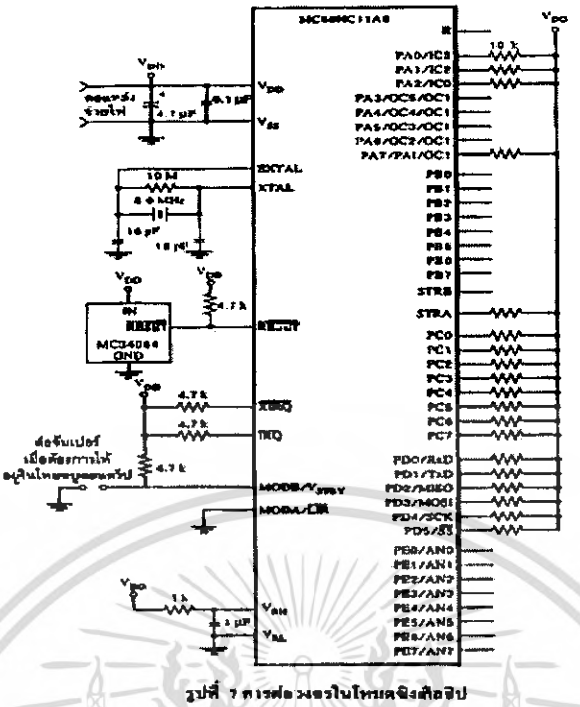
โหมดซิงเกิลชิพ

ในโหมดนี้ 68HC11 จะทำงานโดยลำพังตัวเดียว จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ภายใน 68HC11 มีหน่วยความจำและพอร์ตถึง 5 พอร์ต ดังนั้นเมื่อทำงานโหมดซิงเกิลชิพตัวซีพียูก็จะทำการเรียกข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำภายในออกมาใช้งาน และใช้พอร์ตที่มีอยู่รับหรือส่งค่าออกไป

ดังนั้นในโหมดนี้ 68HC11 จะไม่ต้องการหน่วยความจำภายนอก หรือชิพพอร์ตอินพุตเอาต์พุตภายนอก เมื่อใช้งานในโหมดนี้จะช่วยลดค่าใช้จ่ายลงได้มากเพราะไม่ต้องมีชิพอื่นๆ ภายนอกมาสนับสนุนเลย และนอกจากนั้นยังมีความเชื่อถือได้สูงเพราะแทบจะไม่มีจุดต่อสัญญาณภายนอกเลย ทำให้โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดลดลง

แต่อย่างไรก็ตาม ในโหมดนี้ 68HC11 จะใช้หน่วยความจำและพอร์ตภายในชิพ ทำให้ไม่สามารถเพิ่มหน่วยความจำหรือพอร์ตเพื่อขยายระบบได้ การต่อวงจรของ 68HC11 เมื่อทำงานในโหมดนี้ แสดงดังในรูปที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



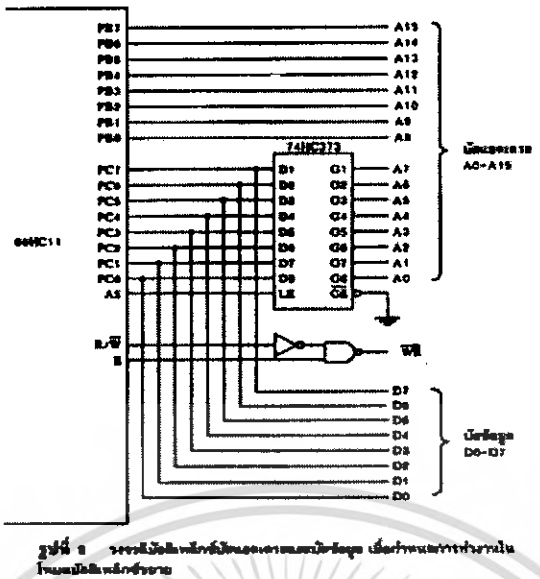
รูปที่ 2.19 การต่อวงจรในโหมดซิงเกิลชิพ

โหมดมัลติเพล็กซ์ขยาย

การทำงานของ 68HC11 ในโหมดนี้ จะแตกต่างกับโหมดซิงเกิลชิพ โดยโปรแกรมควบคุมการทำงานของซีพียูจะอยู่ในหน่วยความจำภายนอก โดยที่พอร์ต B และ C ของ 68HC11 ทำหน้าที่เป็นบัสแอดเดรสและข้อมูล สังเกตจากบล็อกไดอะแกรมภายในของ 68HC11 ในรูปที่ 1 พอร์ต B ทำหน้าที่เป็นบัสแอดเดรสไบต์สูง ส่วนพอร์ต C ทำหน้าที่เป็นบัสแอดเดรสไบต์ต่ำและบัสข้อมูล

การที่พอร์ต C จะสามารถเป็นทั้งบัสแอดเดรสและบัสข้อมูลได้นั้น ต้องใช้กระบวนการที่เรียกว่า การมัลติเพล็กซ์(Multiplexed) การแยกสัญญาณแอดเดรสและข้อมูลมาใช้งานจะต้องต่อวงจรเพื่อทำการดีมัลติเพล็กซ์ภายนอก ดังมีตัวอย่างวงจรตามรูปที่ 8

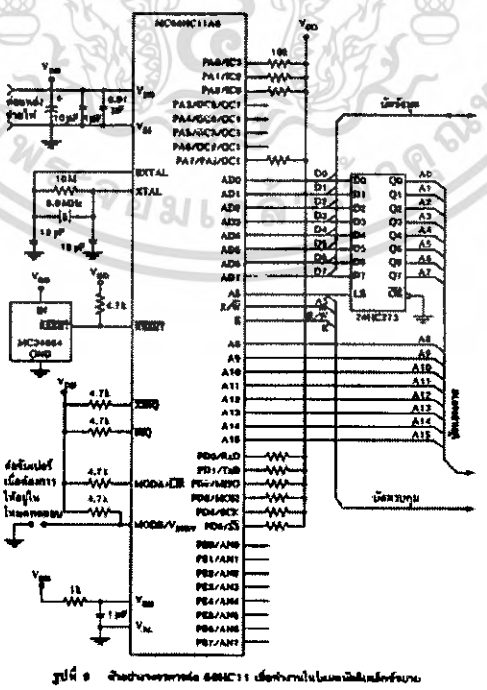
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 วงจรมัลติเพล็กซ์ขยาย

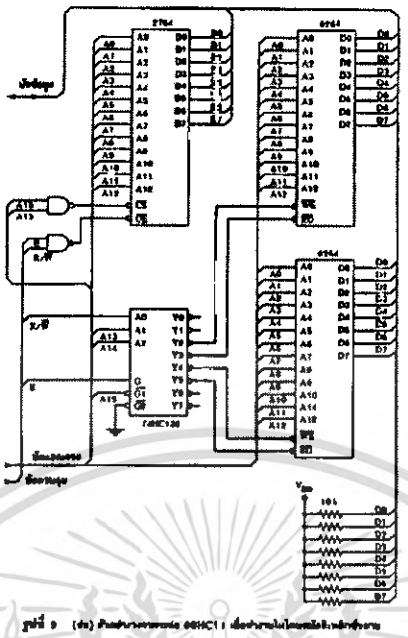
สัญญาณควบคุมที่นำมาใช้ดีมัลติเพล็กซ์สัญญาณแอดเดรสและข้อมูล ได้แก่ สัญญาณ STROBE B/R/W (STRB/R/W) และสัญญาณ STROBE A/ADDRESS STROBE (STRA/AS)

ในโหมดนี้ชิพ 68HC11 จะสามารถติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกเพิ่มได้สูงสุดถึง 64 กิโลไบต์ แต่ก็มีข้อเสีย คือ ต้องใช้อุปกรณ์ต่อเพิ่มมากไม่ว่าจะเป็นหน่วยความจำชิพพอร์ตอินพุต เอาต์พุต ทำให้ค่าใช้จ่ายของระบบสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม โหมดนี้เป็นโหมดที่นิยมใช้งานมากที่สุด เพราะสามารถต่อขยายหน่วยความจำและพอร์ตได้มากมายนั่นเอง ในรูปที่ 9 เป็นการต่อ 68HC11 ในโหมดมัลติเพล็กซ์ขยาย



รูปที่ 2.21 ก) ตัวอย่างวงจรการต่อ 68HC11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข) ตัวอย่างวงจรการต่อ 68HC11

โหมดบูตสแตร็ปพิเศษ

เป็นโหมดการทำงานที่คล้ายกับแบบซิงเกิลชิพคือ ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้โดยลำพัง แต่จะมี ข้อพิเศษกว่าแบบซิงเกิลชิพอยู่หลายประการ สามารถเขียนโปรแกรมแล้วโหลดเข้าไปในแรมภายในชิพได้เลย โปรแกรมที่ใช้ในการบูตจะถูกบรรจุไว้ในบูตสแตร็ปรอมจำนวน 192 ไบต์ รอมนี้จะสามารถเรียกข้อมูลออกมาใช้งานได้ก็ต่อเมื่อ 68HC11 ทำงานในโหมดบูตสแตร็ปนี้เท่านั้น โดยโปรแกรมบูตนี้จะเก็บไว้ที่แอดเดรส $BF40-$BFFF

เมื่อเรียกใช้งานโปรแกรมบูต ส่วน SCI (Serial Communication Interfacc) จะส่งข้อมูลโปรแกรมไปยังแรม ภายในชิพที่แอดเดรส $0000-$00FF หลังจากที่ส่งข้อมูลที่แอดเดรส $00FF เรียบร้อยแล้ว ซีพียูจะเริ่มมาทำงานที่แอดเดรส $0000 ต่อไป

ในโหมดการทำงานแบบนี้ 68HC11 จะส่งผ่านข้อมูลผ่านพอร์ต SCI หลังจากที่ทำการรีเซตซีพียูแล้ว ส่วน SCI จะทำงานที่สัญญาณนาฬิกา E/16(หรือมีอัตราบอดเท่ากับ 7,812 สำหรับสัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่ 2 เมกะเฮิรตซ์)

ในโหมดนี้ยังมีลักษณะการทำงานที่ค่อนข้างพิเศษอีกประการหนึ่งคือ การป้องกันการคัดลอก โดยจะมี บิตป้องกัน(Security Bit)เข้ามาเกี่ยวข้อง ถ้าหากบิตป้องกันนี้ถูกเซตเป็น "1" ที่เอาต์พุตของส่วน SCI(ดูได้จากรูปที่ 1) จะส่งค่า $FF ออกไป ทำให้ข้อมูลในอีอีพรอมถูกลบ และจะทำเช่นนี้จนกว่าข้อมูลในอีอีพรอมภายในชิพหมด ในทางตรงกันข้ามถ้าไม่มีการเซตบิตป้องกัน ข้อมูลที่เป็นการหยุดการทำงานวงจรชิพจะถูกส่งออกไปภายนอกโดยผ่านส่วน SCI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ใช้งานต้องทำการดาวน์โหลดข้อมูลโปรแกรม 256 ไบต์ ไปยังแรมภายในโดยให้เริ่มทำงานที่แอดเดรส $0000 ถ้าทุกอย่างเรียบร้อยก็จะไปเริ่มทำงานที่แอดเดรส $0000 เพื่อเตรียมทำงาน

อินเตอร์รัปต์เวกเตอร์ของ 68HC11 เมื่อถูกใช้งานในโหมดนี้ สามารถเข้าถึงหน่วยความจำแรมได้เร็วขึ้น การใช้อินเตอร์รัปต์จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถกระโดดไปทำงานในส่วนอื่นได้ อินเตอร์รัปต์เวกเตอร์ที่มีใน 68HC11 สรุปได้ดังตารางที่ 2.1

แอดเดรส	เวกเตอร์
$00C4	SCI
$00C7	SPI
$00CA	Pulse Accumulator Input Edge
$00CD	Pulse Accumulator Overflow
$00D0	Timer Overflow
$00D3	Timer Output Compare 5
$00D6	Timer Output Compare 4
$00D9	Timer Output Compare 3
$00DC	Timer Output Compare 2
$00DF	Timer Output Compare 1
$00E2	Timer Input Capture 3
$00E5	Timer Input Capture 2
$00E8	Timer Input Capture 1
$00EB	Real Time Interrupt
$00EE	IRQ
$00F1	XIRQ
$00F4	SWI
$00F7	Illegal Opcode
$00FA	COP Fail
$00FD	Clock Monitor
$BF40	Reset

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าหากต้องการใช้งานอินเตอร์รัปต์ SWI ก็ต้องระบุคำสั่งกระโดดเพื่อให้ซีพียูสามารถเรียกใช้งานได้ในแรมที่ ตำแหน่ง $00F4, $00F5 และ $00F6 เมื่อเกิดอินเตอร์รัปต์ SWI ขึ้น ค่าเวกเตอร์นี้จะเป็นตัวบอกให้ซีพียูทำการอ่านข้อมูลเพื่อประมวลผลที่ $00F4 ในแรม และที่นั่นก็จะมีคำสั่ง JUMP เพื่อให้ซีพียูสามารถดอบสนองการอินเตอร์รัปต์ได้

โหมดนี้ยังสามารถเข้าไปทำงานที่รอมแอดเดรส $0000 ได้โดยไม่ต้องทำการดาวน์โหลดก่อน วิธีการนี้จะใช้ได้ เมื่อใช้สัญญาณนาฬิกา E/16 เริ่มด้วยการส่ง $55 ไปแทนค่า $FF ด้วยคำสั่งดังกล่าวนี้จะทำให้ซีพียูกระโดดไปทำงานที่แอดเดรส $0000 โดยไม่ต้องผ่านการดาวน์โหลดได้

โหมดทดสอบพิเศษ

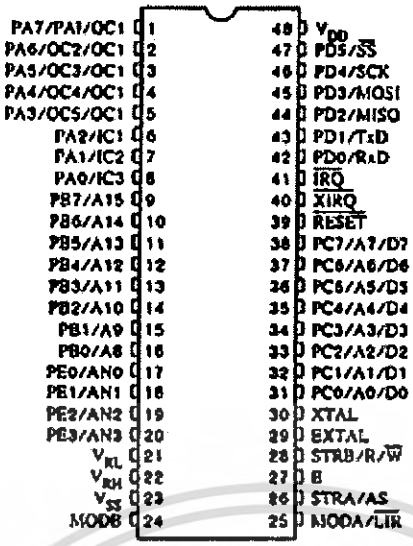
เป็นโหมดการทำงานที่โรงงานผู้ผลิตเป็นผู้กำหนด การทำงานโหมดนี้จะคล้ายคลึงกับโหมดมัลติเพล็กซ์ขยาย การรีเซตและอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์จะได้รับการเฟตช์ จากหน่วยความจำภายนอกที่แอดเดรส $BFC0-$BFFF มากกว่าที่แอดเดรส $FFC0-$FFFF รีจิสเตอร์ TEST1 จะได้รับการอีนาเบิลเพื่อเป็นการบ่งบอกให้ทราบว่าขณะนี้ซีพียูพร้อมรับการตรวจสอบแล้ว

โหมดการทำงานนี้เป็นโหมดที่ผู้ใช้งานปกติไม่ควรเลือกใช้ เพราะจะทำให้ระบบป้องกันข้อมูลภายในชิพด้อยลงไป

2.4.5 รายละเอียดสัญญาณและการจัดขาของ 68HC11

ในรูปที่ 11 แสดงการจัดขาของ 68HC11 โดยรูปที่ 11(ก) เป็นตัวถังแบบ DIP ขนาด 48 ขา ส่วนรูปที่ 11(ข) เป็นตัวถังแบบ PLCC ขนาด 52 ขา โดยแตกต่างกันตรงที่จำนวนช่องของวงจรอนาล็อกเป็นดิจิตอลในแบบ 48 ขา จะน้อยกว่าแบบ 52 ขาอยู่ 4 ช่อง และรูปที่ 11(ค) เป็นแบบ QFP ขนาด 64 ขา

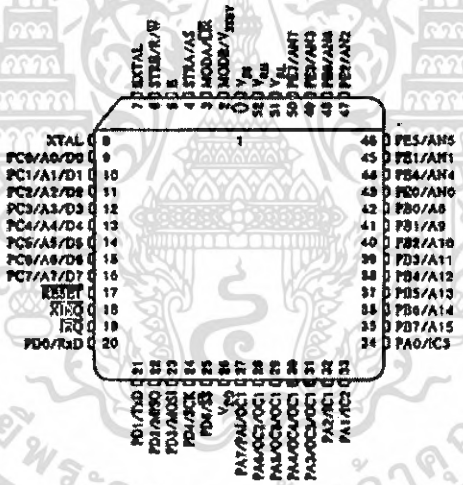
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) แบบ DIP 48 ขา

รูปที่ 11 แสดงการจัดขาของ 68HC11 ในแบบต่างๆ

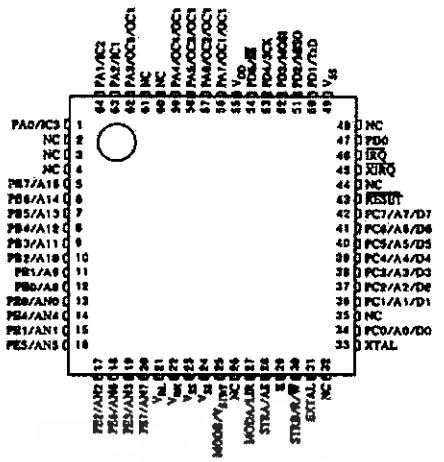
รูปที่ 2.22 การจัดขาของ 68HC11 ในแบบต่างๆ



(ข) แบบ PLCC 52 ขา

รูปที่ 11 (ต่อ) แสดงการจัดขาของ 68HC11 ในแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) แบบ QFP ๔๔ ขา

รูปที่ ๑๑ (ต่อ) แสดงการจัดขาของ 68HC11 ในแบบต่างๆ

ขาไฟเลี้ยงและกราวด์ (V dd, V ss)

เป็นขาที่ใช้สำหรับจ่ายแรงดันเพื่อให้ 68HC11 ทำงาน โดยขา Vdd ต้องป้อนแรงดัน +5 โวลต์ ในขณะที่ขา Vss เป็นกราวด์ และเนื่องจาก 68HC11 มีโครงสร้างมาจากอุปกรณ์จำพวกซีมอส ดังนั้นจะต้องระมัดระวังอย่างมาก ในการจ่ายแรงดันไฟเลี้ยง แหล่งจ่ายไฟต้องมีคุณภาพค่อนข้างดี แรงดันคงที่และต้องต่อตัวเก็บประจุแบบเซรามิก ค่า 0.1 ไมโครฟารัดคร่อมระหว่างขา Vdd และ Vss และต้องติดตั้งตัวเก็บประจุนี้ให้ใกล้ขาใดขาหนึ่งมากที่สุด

ขา RESET

เป็นขาอินพุตรับสัญญาณเพื่อให้ 68HC11 เริ่มต้นทำงานใหม่อันอาจเกิดจากสภาวะที่ซีพียูเพิ่งได้รับไฟเลี้ยงให้เริ่มทำงาน หรือเกิดจากการทำงานภายในวงจรเกิดความผิดพลาด แล้วถูกตรวจจับได้โดยวงจรวอตช์ด็อก จากนั้น วงจรวอตช์ด็อกก็จะป้อนสัญญาณมาที่ขานี้ เพื่อกระตุ้นให้ซีพียูเริ่มทำงานใหม่หมดโดยสัญญาณที่ป้อนเข้าขานี้ ต้องมีสภาวะลอจิก "0"

ขา XTAL,EXTAL

ทั้ง 2 ขานี้ถูกจัดไว้ให้ต่อกับคริสตอล หรือวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา เพื่อควบคุมวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ในชิพ ความถี่ที่ปรากฏอยู่ที่ขานี้มีค่าสูงกว่าที่ขา E อยู่ประมาณ 4 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา E

เป็นขาเอาต์พุตของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายในชิพ สามารถใช้เป็นฐานเวลาอ้างอิงได้ โดยความถี่ที่ออกจากขานี้จะมีค่า 1/4 เท่าของความถี่อินพุตที่ขา XTAL และ EXTAL เมื่อใดที่ขา E นี้มีสภาวะลอจิกเป็น "0" หมายความว่า ขณะนี้ซีพียูกำลังทำการประมวลผลภายในอยู่ ถ้าหากเป็น "1" หมายถึง ขณะนี้ข้อมูลได้รับการเรียกใช้จากซีพียู ถ้าหากไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ในโหมด STOP สัญญาณที่ขา E จะไม่มีออกมาหรือเกิดสภาวะ High Impedance นั่นเอง

ขา IRQ (Interrupt Request)

เป็นขาอินพุตสำหรับเรียกการอินเตอร์รัปต์แบบอะซิงโครนัสของชิพ 68HC11 โดยการรับสัญญาณเพื่อ อินเตอร์รัปต์นี้สามารถจะเลือกได้ว่า จะรับสัญญาณขอบขาลง (Negative Edge) หรือจะรับการทริกเป็นแบบระดับ สัญญาณ โดยปกติจะกำหนดให้รับการอินเตอร์รัปต์ด้วยการทริกแบบระดับสัญญาณ นั่นคือ ทำงานที่ระดับลอจิก "0" เมื่อต่อใช้งานปกติต้องต่อตัวต้านทานค่า 4.7 กิโลโอห์มขึ้นไป เข้ากับไฟเลี้ยง

ขา XIRQ (Non-Maskable Interrupt)

เป็นขาอินพุตสำหรับตอบรับการอินเตอร์รัปต์แบบนอน-มาสเคเบิล หลังจากที่มีการรีเซตซีพียูสามารถรับ การอินเตอร์รัปต์ ด้วยการทริกแบบระดับสัญญาณ โดยทำงานที่ลอจิก "0" และต้องต่อตัวต้านทานกับไฟเลี้ยง เข้าที่ขา XIRQ นี้ด้วย ในขณะที่ไม่มีการส่งสัญญาณอินเตอร์รัปต์

ขา MODA/LIR และ MODB/Vstby (Mode A/load instruction register และ Mode B/Standby voltage)

หลังจากที่มีการรีเซตไมโครคอนโทรลเลอร์ ขานี้(ทั้ง MODA และ MODB) จะถูกใช้ให้เป็นขาสำหรับเลือก โหมดการทำงานของ 68HC11 ซึ่งเลือกได้เพียง 1 โหมด จาก 4 โหมดที่ได้อธิบายไปแล้ว โดยแสดงการเลือก โหมดตามตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

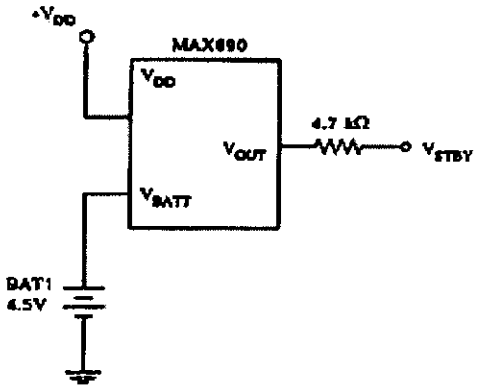
ตารางที่ 2.2 การเลือกโหมดการทำงานของ 68HC11

MODB	MODA	โหมดการทำงาน
1	0	ซิงเกิลชิพ (Single chip)
1	1	มัลติเพล็กซ์ขยาย (Extended multiplexed)
0	0	บูตสแตร์ปพิเศษ (Special bootstrap)
0	1	ทดสอบพิเศษ (Special test)

หลังจากเลือกโหมดการทำงานแล้ว ขา MODA จะเปลี่ยนลักษณะการทำงานเป็นขา LIR แทน ซึ่งจะมีลักษณะเป็นขาเอาต์พุต ใช้ในการแสดงสภาวะว่าขณะนี้ได้เริ่มจัดการกับคำสั่งแล้ว โดยจะแอกทีฟเป็นลอจิก "0" ในทันทีที่ขา E เริ่มส่งสัญญาณนาฬิกาพัลส์แรกของแต่ละคำสั่งออกมา ซึ่งก็คือเมื่อซีพียูเริ่มเฟตช์ข้อมูลคำสั่ง ขา LIR นี้จะแอกทีฟทันที สัญญาณที่ขา LIR จะมีไว้ช่วยในการแก้ไขโปรแกรม (Program debugging)

เช่นเดียวกับขา MODA เมื่อขา MODB ถูกใช้ในการเลือกโหมดการทำงานไปแล้ว ที่ขา MODB นี้จะเปลี่ยนหน้าที่เป็นขาอินพุต Vstby แทน โดยอินพุต Vstby นี้เป็นอินพุตสำหรับจ่ายแรงดันเพื่อสแตนด์บายให้แก่แรมภายในชิพ ถ้าหากแรงดันที่ขานี้มากกว่าแรงดันไฟเลี้ยงชิพประมาณ 0.7 โวลต์แล้ว หน่วยความจำแรมภายในชิพ ทั้ง 256 ไบต์และส่วนลอจิกรีเซตจะรับแรงดันจากขานี้แทนแรงดันที่จ่ายเข้าที่ขา Vdd นั่นคือใช้เป็นขาที่จ่าย แรงดันเพื่อเลี้ยงหน่วยความจำแรมเพื่อป้องกันข้อมูลภายในชิพสูญหายเมื่อไม่มีการจ่ายแรงดันไฟเลี้ยงปกติ สำหรับส่วนลอจิกรีเซตจะต้องกำหนดให้มีสภาวะ "0" ก่อนที่จะปลดแรงดันออกจากขา Vdd และต้องรักษา สภาวะลอจิก "0" นี้ไปจนกว่าที่ขา Vdd จะได้รับแรงดันไฟเลี้ยงในระดับปกติ ในรูปที่ 15 เป็นวงจรที่ใช้ในการเก็บรักษาข้อมูลในแรมของ 68HC11 โดยการใช้ชิพ MAX690 และแบตเตอรี่ 4.5 โวลต์ เมื่อ Vdd หายไป MAX690 จะส่งแรงดันจากแบตเตอรี่ผ่านตัวต้านทาน 4.7 กิโลโอห์ม ป้อนเข้าที่ขา MODB/Vstby ของ 68HC11 ก็จะสามารถเก็บรักษาข้อมูลในแรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 15 การต่อ MAX690 เพื่อสร้างสัญญาณให้แก่ขา MODB/V_{STBY} เพื่อใช้เก็บข้อมูลในแรมไม่ให้สูญหาย เมื่อปลดไฟเลี้ยง

รูปที่ 2.23 การต่อ MAX690

ขา V rl และ V rh (A/D Converter Reference Voltages)

เป็นขาที่ใช้สำหรับต่อแรงดันอ้างอิงสำหรับวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลภายในชิพ

ขา STRB/R/W (Strobe B และ Read/Write)

เป็นขาที่สามารถทำงานได้หลายหน้าที่ ขึ้นอยู่กับโหมดการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหาก 68HC11 อยู่ในโหมดซิงเกิลชิพ ขานี้จะเป็นขาเอาต์พุต STRB หรือเรียกว่า ขาสโตรบสำหรับการแนินด์เชกกับอุปกรณ์ ภายนอกที่ต่อเข้าที่พอร์ตขนานอินพุตเอาต์พุต ถ้าอยู่ในโหมดมัลติเพล็กซ์ขยาย ขานี้จะแสดงตนเป็นขา R/W ใช้ในการควบคุมทิศทางของการถ่ายเทข้อมูลกับบัสข้อมูลภายนอกชิพ ถ้าขานี้เป็นลอจิก "0" จะหมายความว่า ขณะนี้ซีพียูกำลังทำการเขียนข้อมูลลงไปในบัสข้อมูลภายนอก แต่ถ้าเป็นลอจิก "1" จะเป็นการแสดงว่า ขณะนี้กำลังอ่านข้อมูลเข้ามาเพื่อทำการประมวลผล ถ้าหากมีการเขียนข้อมูลอย่างต่อเนื่อง ขา R/W ก็จะเป็นลอจิก "0" ตลอดเวลา จนกว่าจะทำการเขียนข้อมูลเสร็จ

นอกจากนี้เมื่อใช้งานขา R/W ร่วมกับขา E จะสามารถใช้เป็นสัญญาณอีนาเบิลสำหรับหน่วยความจำสแตติกแรม ภายนอก

ขา STRA/AS (Strobe A และ Address Strobe)

เป็นขาอินพุตโดยรับสัญญาณเป็นแบบขอบขาของสัญญาณ ลักษณะการใช้งานขานี้ จะขึ้นอยู่กับการกำหนดโหมด การทำงานของ 68HC11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับโหมดซิงเกิลชิพขานี้จะเป็นขา STRA คือ เป็นขาสโตรบสำหรับการแฮนด์เชกกับอุปกรณ์ภายนอกที่ต่อเข้า กับพอร์ตขนานอินพุตเอาต์พุต

ในโหมดมัลติเพล็กซ์ขยาย ขานี้จะเปลี่ยนลักษณะการทำงานเป็นขาเอาต์พุต AS โดยใช้ในวงจรดีมัลติเพล็กซ์ สัญญาณข้อมูลกับสัญญาณแอดเดรสที่พอร์ต C

ขาสัญญาณของพอร์ต

พอร์ต A, D และ E จะเป็นพอร์ตที่ไม่ขึ้นกับโหมดการทำงานของ 68HC11 นั่นคือ ไม่ว่า 68HC11 จะทำงานในโหมดใดก็ตาม พอร์ตทั้ง 3 ยังคงมีลักษณะสัญญาณและการทำงานเช่นเดิม ในขณะที่พอร์ต B จะถูกกำหนดให้เป็นพอร์ตเอาต์พุต หาก 68HC11 ทำงานในโหมดซิงเกิลชิพ แต่ถ้าเป็นโหมดมัลติเพล็กซ์ขยายจะกลายเป็นขาแอดเดรสไบต์สูง ส่วนพอร์ต C จะเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุต ถ้า 68HC11 ทำงานในโหมดซิงเกิลชิพ ถ้าหากทำงานในโหมดมัลติเพล็กซ์ขยาย พอร์ต C นี้จะใช้เป็นบัสมัลติเพล็กซ์ระหว่างแอดเดรส 8 บิตต่ำกับบัสข้อมูล ในตารางที่ 3 เป็นตารางสรุปลักษณะของสัญญาณของพอร์ตทั้ง 5 พอร์ตของ 68HC11

ตารางที่ 2.3 สรุปลักษณะหน้าที่ของขาสัญญาณพอร์ตของ 68HC11

พอร์ต-บิต	เมื่อทำงานในโหมดซิงเกิลชิพและบูตสแตร็ป	เมื่อทำงานในโหมดมัลติเพล็กซ์ขยายและทดสอบพิเศษ
A-0	PA0/IC3	PA0/IC3
A-1	PA1/IC2	PA1/IC2
A-2	PA2/IC1	PA2/IC1
A-3	PA3/OC5 และ-หรือ OC1	PA3/OC5/และ-หรือ OC1
A-4	PA4/OC4 และ-หรือ OC1	PA4/OC4 และ-หรือ OC1
A-5	PA5/OC3 และ-หรือ OC1	PA5/OC3 และ-หรือ OC1
A-6	PA6/OC2 และ-หรือ OC1	PA6/OC2 และ-หรือ OC1
A-7	PA7/PAI และ-หรือ OC1	PA7/PAI และ-หรือ OC1
B-0	PB0	A8
B-1	PB1	A9
B-2	PB2	A10
B-3	PB3	A11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B-4	PB4	A12
B-5	PB5	A13
B-6	PB6	A14
B-7	PB7	A15
C-0	PC0	A0/D0
C-1	PC1	A1/D1
C-2	PC2	A2/D2
C-3	PC3	A3/D3
C-4	PC4	A4/D4
C-5	PC5	A5/D5
C-6	PC6	A6/D6
C-7	PC7	A7/D7
	PD0/RxD	PD0/RxD
D-0	PD1/TxD	PD1/TxD
D-1	PD2/MISO	PD2/MISO
D-2	PD3/MOSI	PD3/MOSI
D-3	PD4/SCK	PD4/SCK
D-4	PD5/SS	PD5/SS
D-5	STRA	AS
	STRB	R/W
E-0	PE0/AN0	PE0/AN0
E-1	PE1/AN1	PE1/AN1
E-2	PE2/AN2	PE2/AN2
E-3	PE3/AN3	PE3/AN3
E-4	PE4/AN4 ##	PE4/AN4 ##
E-5	PE5/AN5 ##	PE5/AN5 ##
E-6	PE6/AN6 ##	PE6/AN6 ##
E-7	PE7/AN7 ##	PE7/AN7 ##

ไม่มีในตัวถังแบบ 48 ขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต A (PA0 - PA7)

ถ้าสังเกตจากตารางที่ 3 จะเห็นว่า พอร์ต A นี้ แต่ละสัญญาณสามารถทำงานได้ตั้งแต่ 2-3 ฟังก์ชัน โดยสามารถ เป็นได้ทั้งอินพุตแคปเจอร์ (Input capture) 3 อินพุต คือ IC1, IC2 และ IC3 เป็นเอาต์พุตของฟังก์ชันเปรียบเทียบ (Output compare) 4 ช่อง คือ OC2, OC3, OC4 และ OC5 หรือจะเป็นเอาต์พุตของฟังก์ชันเปรียบเทียบ ลำดับที่ 5 (OC1)

อีกลักษณะหนึ่งคือ เป็นอินพุตของพัลส์แอกคิวมูเลเตอร์ ถ้าหากขาสัญญาณของพอร์ต A ไม่ได้ถูกใช้งานในฟังก์ชันการตั้งเวลา สามารถใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตเพื่อเชื่อมต่อในงานทั่วๆไปได้

พอร์ต B (PB0 - PB7)

เมื่อ 68HC11 ทำงานในโหมดซิงเกิลชิพ ขาสัญญาณทั้งหมดจะเป็นขาเอาต์พุตของพอร์ตเอาต์พุต และใช้งานร่วมกับสัญญาณสโตรปเอาต์พุต จะมีพัลส์เอาต์พุตมาปรากฏที่ขา STRB ในทุกๆช่วงเวลาที่มีการเขียนข้อมูลออกมาที่พอร์ต B

ถ้าหากทำงานในโหมดมัลติเพล็กซ์ขยายขาสัญญาณทั้งหมดของพอร์ต B จะทำหน้าที่เป็นขาแอดเดรส 8 บิตสูง (A8 - A15)

พอร์ต C (PC0 - PC7)

ถ้า 68HC11 ทำงานในโหมดซิงเกิลชิพ ขาของพอร์ต C ทั้งหมดจะเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุต ถ้าเป็นพอร์ตอินพุต พอร์ต C สามารถที่จะแลตช์สัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้ามานี้ได้ โดยการป้อนสัญญาณเข้าที่ขา STRA สัญญาณพอร์ต C มักใช้ในการแฮนด์เชกของการเชื่อมต่อพอร์ตขนาน โดยในขณะเดียวกันขา STRB จะต้องถูกใช้เป็นสายควบคุมการแฮนด์เชก

แต่ถ้าทำงานในโหมดมัลติเพล็กซ์ขยาย ขาสัญญาณพอร์ด C จะสามารถเป็นได้ทั้งขาของแอดเดรสและข้อมูลโดยการมัลติเพล็กซ์ ปกติขานี้จะเป็นสัญญาณแอดเดรส A0 - A7 ในแต่ละไซเคิลการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ถ้าหากขา E แอกทีฟเป็น "1" สัญญาณที่ขานี้จะกลับเป็นขาสัญญาณข้อมูล D0 - D7 โดยทิศทางการเข้าออกของข้อมูลที่พอร์ต C จะแสดงออกมาที่ขาสัญญาณ R/W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต D (PD0 - PD5)

ขาสัญญาณพอร์ต D ทั้ง 6 ขา ปกติจะใช้เป็นขาสัญญาณอินพุตเอาต์พุต และสามารถรองรับในการใช้งาน เชื่อมต่อสื่อสารข้อมูลอนุกรม (SCI) และเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรม (SPI) ด้วย ถ้าหากมีการอีนาเบิลในส่วนนี้ให้ ทำงาน

ขา PD0 เป็นขาอินพุตรับข้อมูล (RxD) เมื่อใช้ในการเชื่อมต่อสื่อสารข้อมูลอนุกรม (SCI)

ขา PD1 เป็นเอาต์พุตส่งข้อมูล (TxD) เมื่อใช้ในการเชื่อมต่อสื่อสารข้อมูลอนุกรม (SCI)

ขา PD2 - PD5 ใช้สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรม (SPI) โดย PD2 เป็นขาสัญญาณมาสเตอร์อินสเลฟเอาต์ (Master In Slave Out : MISO) PD3 เป็นขาสัญญาณมาสเตอร์เอาต์สเลฟอิน (Master Out Slave In : MOSI)

PD4 เป็นขาสัญญาณนาฬิกาอนุกรม (SCK) และ ขา PD5 เป็นขาอินพุตเลือกสเลฟ (SS)

พอร์ต E (PE0-PE7)

พอร์ต E เป็นพอร์ตอินพุต และเป็นขาอินพุตสำหรับวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ใน 68HC11 แบบ 48 ขา พอร์ต E จะมีเพียง 4 ขา แต่ถ้าเป็นแบบ 52 ขาจะมีครบ 8 ขา สัญญาณอินพุตที่จะป้อนเข้ามาที่พอร์ต E นี้ ต้องมีความแน่นอนของสัญญาณสูงพอสมควร เพราะความแม่นยำ ของการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล จะขึ้นอยู่กับความเที่ยงตรงของสัญญาณอินพุตเป็นหลัก

2.4.6 รีจิสเตอร์ของซีพียู

ซีพียูของไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 จะมีรีจิสเตอร์ใช้งานอยู่ 7 ตัว อันได้แก่

1.แอกคิวมูเลเตอร์ A และ B

2.แอกคิวมูเลเตอร์ D

3.รีจิสเตอร์อินเด็กซ์ IX

4.รีจิสเตอร์อินเด็กซ์ IY

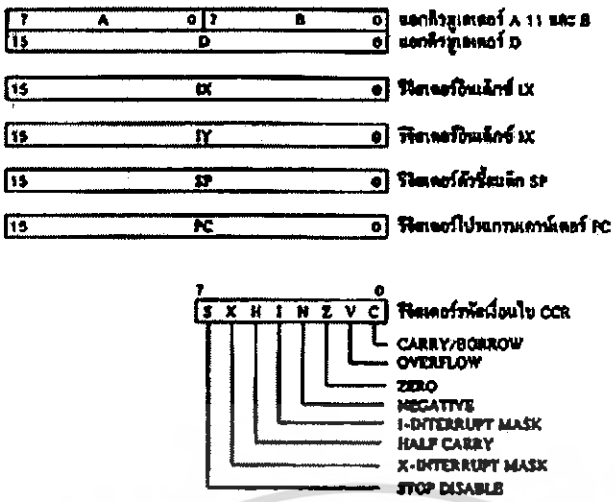
5.รีจิสเตอร์ตัวชี้สแต็ก (Stack Pointer : SP)

6.รีจิสเตอร์โปรแกรมเคาน์เตอร์ (Program Counter : PC)

7.รีจิสเตอร์รหัสเงื่อนไข (Condition Code Register : CCR)

โดยมีลักษณะของรูปแบบการจัดจำนวนบิต และความหมายดังในรูปที่ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 16 รูปแบบการจัดจำนวนบิตและความหมายของรีจิสเตอร์ของซีพียู

รูปที่ 2.24 การจัดจำนวนบิตและความหมายของรีจิสเตอร์

แอกคิวมูเลเตอร์ A และ B

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ที่ใช้ในการเก็บค่าโอเปอแรนด์และผลของการคำนวณทางคณิตศาสตร์ หรือผลจากการจัดการข้อมูลโดยตัวซีพียูในการประมวลผลทางคณิตศาสตร์หรือลอจิก จะต้องนำข้อมูลเหล่านั้นมาเก็บในรีจิสเตอร์ทั้งสองตัวนี้จึงจะสามารถประมวลผลได้

แอกคิวมูเลเตอร์ D

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ใช้ในการประมวลผลและเก็บค่าจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก แอกคิวมูเลเตอร์ D ก็เกิดมาจากการรวมกันของแอกคิวมูเลเตอร์ A และ B จึงทำให้มีขนาด 16 บิต

รีจิสเตอร์อินเด็กซ์ IX

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ใช้ในการชี้ตำแหน่งแอดเดรส เพื่อเข้าไปจัดการประมวลผลกับข้อมูลใน แอดเดรสนั้นๆ นอกจากนั้น IX สามารถใช้เป็นตัวนับหรือรีจิสเตอร์เก็บข้อมูลชั่วคราวได้ด้วย

รีจิสเตอร์อินเด็กซ์ IY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต มีหน้าที่เหมือนกับ IX แต่จะแตกต่างกันตรงที่ ในทุกคำสั่งที่ต้องเกี่ยวข้องกับ IY จะต้องมีข้อมูลไบต์พิเศษของรหัสแมชชีน และมีไซเกิลพิเศษของช่วงเวลาในการเอ็กซีคิวต์คำสั่งด้วย จึงทำให้คำสั่งที่มี IY ไปเกี่ยวข้องต้องมีขนาดเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 2 ไบต์ขึ้นไปหรือที่เรียกว่า พรีไบต์(Prebyte)

รีจิสเตอร์ตัวชี้สแต็ก : SP

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ใช้เก็บแอดเดรสบนสแต็ก(Stack) โดยสแต็กใน 68HC11 นี้จะมีลักษณะการเก็บ ข้อมูลเข้าและข้อมูลออกมาเป็นแบบ LIFO (Last-In-First-Out) หรือข้อมูลที่เข้าไปเก็บในสแต็กหลังสุด เมื่อจะ เรียกออกมาจะถูกเรียกออกมาก่อน สแต็กใช้เก็บข้อมูลของรีจิสเตอร์เมื่อต้องมีการนำรีจิสเตอร์ตัวนั้นไปทำงาน ในโปรแกรมย่อยอื่น หรือต้องไปใช้ในการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ เพื่อเป็นการป้องกันข้อมูลเดิมสูญหาย จึงต้องเก็บข้อมูลนั้นไว้ในหน่วยความจำสำรองแห่งหนึ่ง ซึ่งก็คือสแต็กนั่นเอง
ทุกครั้งที่มีการเก็บข้อมูลลงสแต็กค่าของ SP จะลดลง ในทางตรงข้าม ถ้าเรียกข้อมูลออกจากสแต็กค่าของ SP ก็จะเพิ่มขึ้น

รีจิสเตอร์โปรแกรมเคาน์เตอร์ : PC

เป็นรีจิสเตอร์ 16 บิต ใช้เก็บค่าของแอดเดรสของคำสั่งถัดไปที่ซีพียูจะไปทำการเอ็กซีคิวต์

รีจิสเตอร์รหัสเงื่อนไข : CCR(Condition Code Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ในแต่ละบิตจะแสดงความหมายของผลจากการกระทำคำสั่งที่เพิ่งจะเอ็กซีคิวต์ไป ของซีพียู ดังแสดงในรูปที่ 16 แต่ละบิตของ CCR เป็นอิสระต่อกัน จึงสามารถตรวจสอบสถานะได้โดยใช้โปรแกรมและยังสามารถนำผลการตรวจสอบนั้นไปดำเนินการต่อได้ด้วย
รายละเอียดของแต่ละบิตใน CCR มีดังนี้
บิต Carry/Borrow(C) : บิตนี้จะเซตเมื่อซีพียูทำการประมวลผลทางคณิตศาสตร์แล้วเกิดการทดค่า(Carry) หรือยืมค่า(Borrow) บิตนี้สามารถที่จะใช้งานร่วมกับคำสั่งการหมุน(Rotate) และเลื่อน(Shift) ข้อมูลได้ หรือที่เรียกว่า บิตทด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิด Over Flow(V) : บิตนี้จะเซตเป็น "1" เมื่อซีพียูกระทำคำสั่งคณิตศาสตร์ แล้วเกิดค่าที่เกินออกมานอกเหนือ จากเงื่อนไขดังกล่าว บิดนี้จะเป็น "0"

บิต Zero(Z) : บิตนี้จะเซตเมื่อผลของการกระทำทางคณิตศาสตร์ หรือลอจิก หรือการประมวลผลข้อมูลแล้วทำให้เกิดเป็นค่าศูนย์ขึ้นมา

บิต Negative(N) : ถ้าหากผลของการกระทำทางคณิตศาสตร์ หรือลอจิก หรือการประมวลผลข้อมูลแล้ว ทำให้เกิดค่าเป็นลบ บิตนี้จะเซตผลลัพธ์ที่เป็นลบสามารถสังเกตได้จากบิดที่มีนัยสำคัญสูงสุด (MSB)
มีค่าเป็น "1"

บิด I-Interrupt Mask(I) : สามารถเซตบิตนี้ให้เป็น "1" ได้ 2 วิธีคือ โดยวิธีการทางฮาร์ดแวร์ และโดยการใช้ คำสั่งที่ใช้ในการดิสเอเบิลการอินเตอร์รัปต์ แบบมาสเคเบิลทั้งภายในและภายนอก
บิต Half Carry(H) : จะเซตเป็น "1" เมื่อซีพียูกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์ เช่น ADD, ABA หรือ ADC แล้ว เกิดการทดข้ามจากบิดที่ 3 มายังบิดที่ 4

บิต X-Interrupt Mask(X) : บิตนี้จะถูกเซตด้วยวิธีการทางฮาร์ดแวร์เท่านั้น โดยการป้อนสัญญาณเข้าที่ขา RESET และ XIRQ และจะรีเซตบิตนี้ด้วยการใช้คำสั่ง TAP หรือ RTI เท่านั้น

บิต Stop Disable(S) : บิตนี้จะเซตเมื่อต้องการดิสเอเบิลคำสั่ง STOP และถ้ารีเซตบิตนี้ก็จะเป็นการอีนาเบิล คำสั่ง STOP บิตนี้ถูกควบคุมโดยโปรแกรม และเมื่อบิตนี้ถูกเซตจะทำให้คำสั่ง STOP มีผลเช่นเดียวกับคำสั่ง NOP

2.4.7 ตระกูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11

โมโตโรลาได้ผลิตชิพ 68HC11 ออกมาหลายเวอร์ชัน โดยแต่ละเวอร์ชันจะมีความแตกต่างกันไปในด้านการรวมอุปกรณ์ภายนอกเข้าไปไว้ในชิพ เช่น ขนาดและชนิดของหน่วยความจำ จำนวนวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ตัวตั้งเวลา ตัวนับ เป็นต้น โดยผู้ใช้สามารถสังเกตได้จากรหัสเบอร์ที่ต่อท้ายเบอร์ 68HC11 ในตารางที่ 4 เป็นตารางสรุปตระกูลของ 68HC11

ตารางที่ 2.4 ตระกูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 ทั้งแบบ 48, 52 และ 64 ขา

รูปร่างตัวถัง	เบอร์	คำอธิบาย	CONFIG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบ DIP (Dual-in-line Package) 48 ขา	MC68HC11AOCP	ไม่มีรอมและอีอีพรอม ทำงานที่ 3 เมกะเฮิร์ตซ์ ไม่มีรอม และอีอีพรอม	$0C
	MC68HC11AOCP3	ไม่มีรอม ทำงานที่ 3 เมกะเฮิร์ตซ์ ไม่มีรอม	$0C
	MC68HC11A1CP	ไม่มีรอม	$0D
	MC68HC11A1CP3	ไม่มีรอม	$0D
	MC68HC11A1VP	มีวงจรวอตช์ด็อก ไม่มีรอม	$0D
	MC68HC11A1MP	ทำงานที่ 3 เมกะเฮิร์ตซ์ มีวงจรวอตช์ตอก	$0D
	MC68HC11A1CP	ไม่มีรอม	$09
	MC68HC11A1CP3	มีวงจรวอตช์ด็อก ไม่มีรอม	$09
	MC68HC11A1VP	มีวงจรวอตช์ด็อก ไม่มีรอม	$09
	MC68HC11A1MP	มีบัฟฟาโลรอม**	$09
	MC68HC1148CP1	มีบัฟฟาโลรอม**	$0F
	MC68HC11A8VP1	มีบัฟฟาโลรอม**	$0F
	MC68HC11A8MP1	มีรอม 8 กิโลไบต์ เป็นเวอร์ชันที่พัฒนาเป็นรุ่นแรก	$0F
	XC68HC11B8***	ไม่มีรอม	$0F
	XC68HC11B1***	ไม่มีรอมและอีอีพรอม	$0D
	XC68HC11B0	มีรอม 12 กิโลไบต์ แรม 512 ไบต์ และอินพุตแคปเจอร์ 4 ช่อง	$0C
	PLC68HC11E9	ไม่มีรอม	$0F
	MC68HC11E1	ไม่มีรอมและอีอีพรอม	$0D
	MC68HC11E0	มีอีอีพรอม 2 กิโลไบต์ ****	$0C
	MC68HC811E2	มีรอม 4 กิโลไบต์ เป็นรุ่นประหยัด ไม่มีวงจร ADC	$FF
	MC68HC11D3		N/A
แบบ PLCC (Plastic Leaded Chip Carrie)	MC68HC11A0CFN	ไม่มีรอมและอีอีพรอม	$0C
	MC68HC11A0CFN3	ทำงานที่ 3 เมกะเฮิร์ตซ์ ไม่มีรอม และอีอีพรอม	$0C
	MC68HC11A1CEN	ไม่มีรอม	$0D
	MC68HC11A1CFN3	ทำงานที่ 3 เมกะเฮิร์ตซ์ ไม่มีรอม	$0D
	MC68HC11A1VFN		$0D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

52 ขา	MC68HC11A1MFN	ไม่มีรอม	$0D
	MC68HC11A1CFN	ไม่มีรอม	$09
	MC68HC11A1CFN3	มีวงจรวอตช์ด็อก ไม่มีรอม	$09
	MC68HC11A1VFN	ทำงานที่ 3 เมกะเฮิร์ตซ์ มีวงจรวอตช์ด็อก	$09
	MC68HC11A1MFN	ไม่มีรอม	$09
	MC68HC11A8CFN1	มีวงจรวอดช์ด็อก ไม่มีรอม	$0F
	MC68HC11A8VFN1	มีวงจรวอดช์ด็อก ไม่มีรอม	$0F
	MC68HC11A8MFN1	มีบัฟฟาโลรอม**	$0F
		มีบัฟฟาโลรอม**	
		มีบัฟฟาโลรอม**	
แบบ QFP (Quad Flat Pack) 64 ขา	MC68HC11A0CFU	ไม่มีรอมและอีอีพรอม	$0C
	MC68HC11A0CFU3	ทำงานที่ 3 เมกะเฮิร์ตซ์ ไม่มีรอม และอีอีพรอม	$0C
	MC68HC11A1CFU	ไม่มีรอม	$0D
	MC68HC11A1CFU3	ทำงานที่ 3 เมกะเฮิร์ตซ์ ไม่มีรอม	$0D
	MC68HC11A1VPU	ไม่มีรอม	$0D
	MC68HC11A1MFU	ไม่มีรอม	$0D
	MC68HC11A8CFU1	มีบัฟฟาโลรอม **	$0F
	MC68HC11A8VFU1	มีบัฟฟาโลรอม **	$0F

* CONFIG หมายถึง ค่าในรีจิสเตอร์ CONFIG เป็นค่าที่บ่งบอกถึงลำดับก่อนหลังของการผลิตออกมาจากโมโตโรลา

** บัฟฟาโลรอม คือ โปรแกรมมอนิเตอร์ของบอร์ดพัฒนาชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11(Evaluationboard) ซึ่งทางโมโตโรลาเขียนขึ้น แล้วบรรจุลงในหน่วยความจำรอมภายในชิพ

*** ใน 68HC11 เวอร์ชันนี้ การโปรแกรมอีอีพรอมต้องใช้แรงดันภายนอก 19 โวลต์

**** สามารถเปลี่ยนแอดเดรสได้ภายในขอบเขต 4 กิโลไบต์ โดยการกำหนดที่บิตภายในรีจิสเตอร์ CONFIG

จากตารางที่ 2.4 สามารถสรุปตระกูลของ 68HC11 เป็นอนุกรมได้ดังนี้

อนุกรม A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะปรากฏรหัสอักษร A แล้วตามด้วยตัวเลขต่อท้ายเบอร์ 68HC11 เป็นการบ่งบอกว่า 68HC11 ในเวอร์ชันนี้มีรอมหรืออีอีพรอมอยู่หรือไม่ ถ้ามีขนาดเท่าไร ในอนุกรมนี้มีด้วยกัน 3 เบอร์ คือ 68HC11A8, 68HC11A1 และ 68HC11A0

อนุกรม B

จะมีอักษร B และตัวเลขต่อท้ายเบอร์ 68HC11 ส่วนรหัสอักษร 2 ตัวหน้า คือ XC 68HC11 อนุกรมนี้ เป็นเวอร์ชันทดลองใช้งานรุ่นแรก ดังนั้นในการโปรแกรมอีอีพรอมในชิพต้องจ่ายแรงดัน 19 โวลต์ จากแหล่งจ่ายไฟภายนอกให้แก่ชิพด้วย

อนุกรม E

จะมีอักษร E และตัวเลขต่อท้ายเบอร์ 68HC11 ในอนุกรมนี้มีด้วยกัน 4 เบอร์คือ 68HC11E9, 68HC11E2, 68HC11E1 และ 68HC11E0 โดย 68HC11 ในอนุกรมนี้ได้รับการพัฒนาขีดความสามารถเพิ่มมากขึ้นได้แก่ มีอินพุตสำหรับตรวจจับสัญญาณสำหรับตัวตั้งเวลา 4 ชุด มีขนาดของหน่วยความจำรอม และแรมภายในมากกว่า โดยมีขนาดของรอมสูงถึง 12 กิโลไบต์ ในเบอร์ 68HC11E9 และขนาดของแรม 512 ไบต์ เสริมด้วยเอาต์พุตของฟังก์ชันการเปรียบเทียบอีก 5 ชุด

อนุกรม D

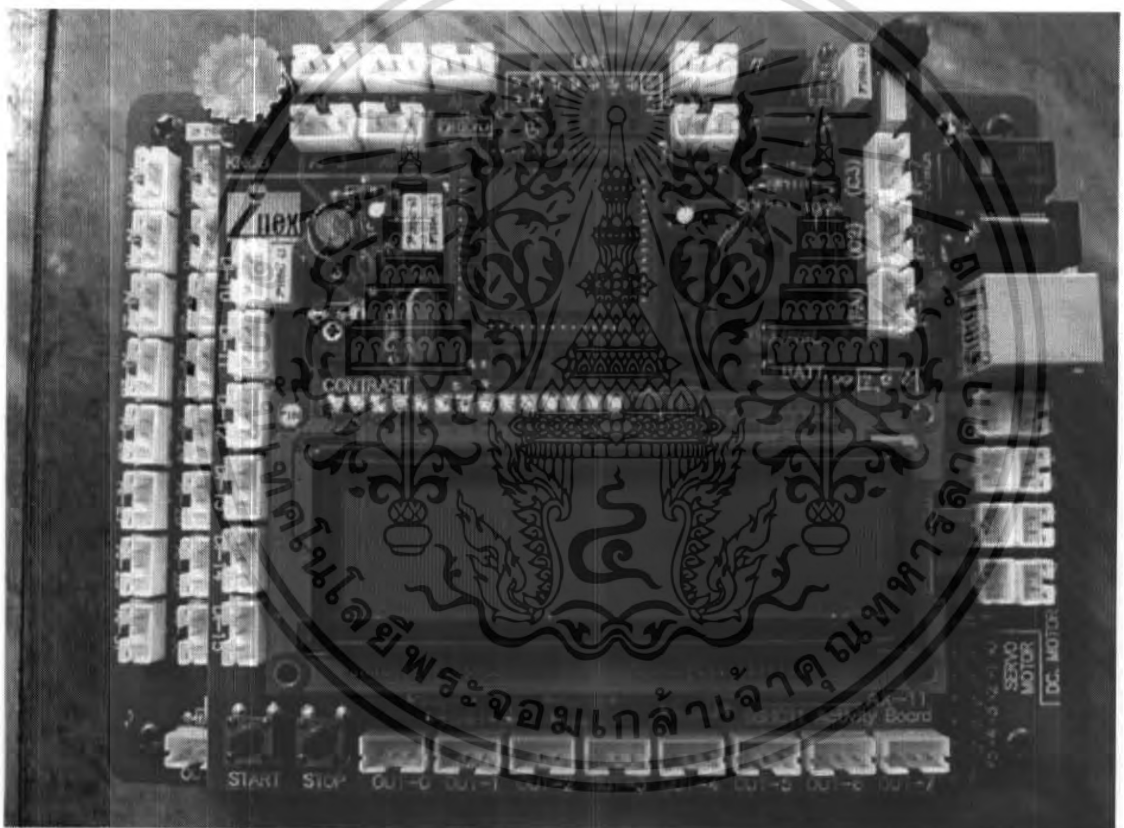
68HC11 ในอนุกรมนี้เป็นรุ่นราคาถูก จะไม่มีวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ทำให้ 68HC11 อนุกรมนี้มีเพียง 40 ขา และขนาดของหน่วยความจำภายในก็น้อยกว่าในอนุกรมอื่นๆ โดยมีเพียง 4 กิโลไบต์สำหรับรอม และ 192 ไบต์ สำหรับแรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในส่วนนี้จะอธิบายถึงรายละเอียดของส่วนต่างๆในขั้นตอนการดำเนินงานโครงงานนี้ โดยในการทดลองนี้เราใช้ AX-11 บอร์ดเรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 ซึ่งใช้ซอร์ฟแวร์ Interactive C ในการเขียนโปรแกรม

3.1 AX-11 บอร์ดเรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11



รูปที่3.1 AX-11 บอร์ดเรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11

คุณสมบัติทางเทคนิคของ AX-11

1.ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 สัญญาณนาฬิกา 8MHz

2.หน่วยความจำนอนโวลาไทล์แรม 32 กิโลไบต์

3.ลำโพงเปียโซขับเสียง

4.เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.ซอร์ฟแวร์ Interactive C รันบนวินโดวส์ 98/ME/XP

6.ไฟเลี้ยง +9.6V 1700mA จากแบตเตอรี่ มีวงจรควบคุมไฟเลี้ยงคงที่ +5V สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ พร้อมวงจรประจุแบตเตอรี่

7.อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล 8 บิต 21 ช่อง

8.อินพุตดิจิตอล 9 ช่อง

9.เอาต์พุตดิจิตอล 9 ช่อง

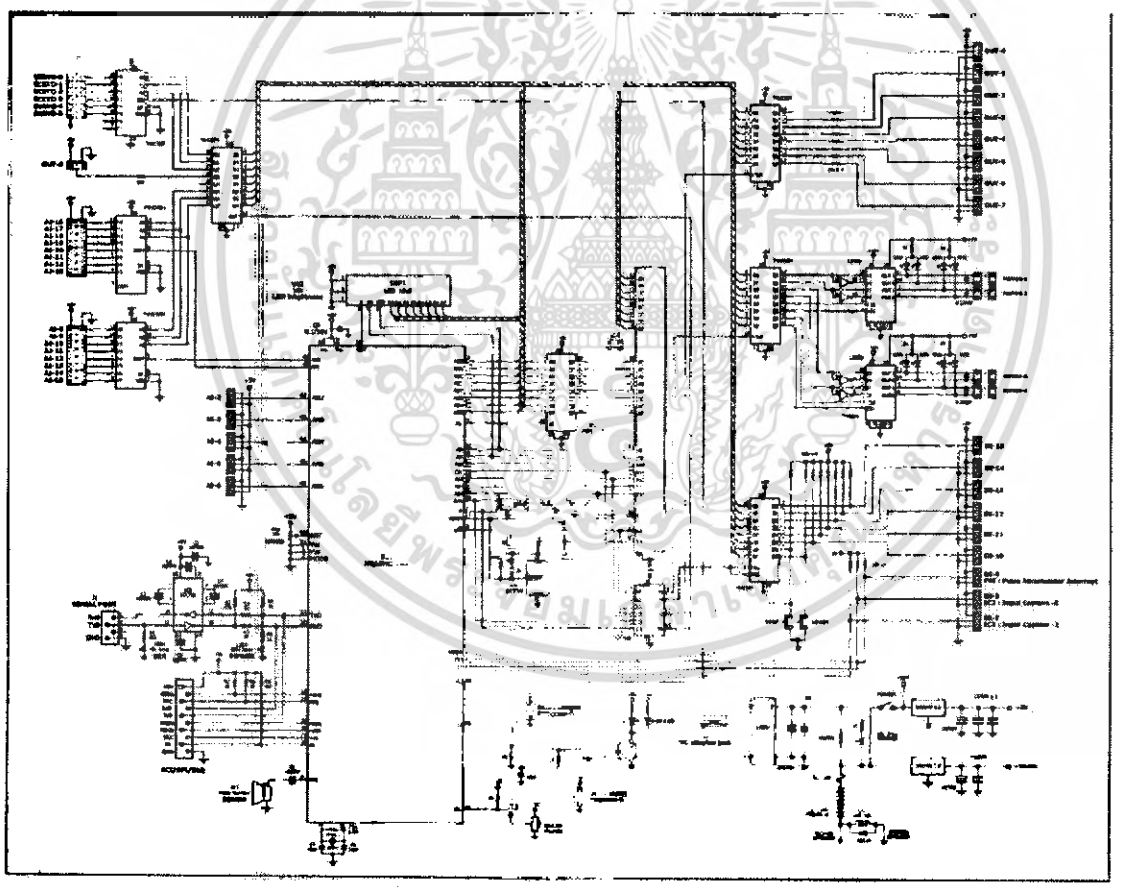
10.วงจรขับ LED อินฟราเรดและโมดูลรับแสงอินฟราเรด 38kHz

11.วงจรขับมอเตอร์ไฟตรง 6V 200mA 4 ชุด พร้อมไฟแสดงการทำงาน

12.วงจรขับเซอร์โวมอเตอร์ 4.8-6V 200mA ได้ 6 ตัว

13.สวิตช์ START และ STOP สำหรับควบคุมการทำงาน

14.โมดูล LCD 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด แสดงผลการทำงาน



รูปที่3.2 Schematic ของบอร์ด AX-11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การติดตั้งซอร์ฟแวร์ Interactive C

ระบบคอมพิวเตอร์ที่ต้องการ

1.ซีพียู Celeron 300MHz หรือเทียบเท่าขึ้นไป

2.เนื้อที่ว่างของฮาร์ดดิสก์ 10MB

3.หน่วยความจำแรมไม่น้อยกว่า 32MB

4.มีซีดีรอมไดร์ฟเพื่อติดตั้งโปรแกรม

5.มีพอร์ตอนุกรมว่างอย่างน้อย 1 พอร์ต

6.ติดตั้งระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 98 เป็นอย่างน้อย

7.ตัวแปลงพอร์ต USB เป็นพอร์ตอนุกรม RS-232 ในกรณีที่เครื่องคอมพิวเตอร์ไม่มีพอร์ตอนุกรม

ขั้นตอนการติดตั้ง

1.นำแผ่นซีดีรอมที่มาพร้อมกับบอร์ด AX-11 ใส่ลงในซีดีรอมไดร์ฟหรือดาวน์โหลดได้ที่ http://www.inex.co.th/softwares/software.html#motorola (Interactive C 4.30axV2)

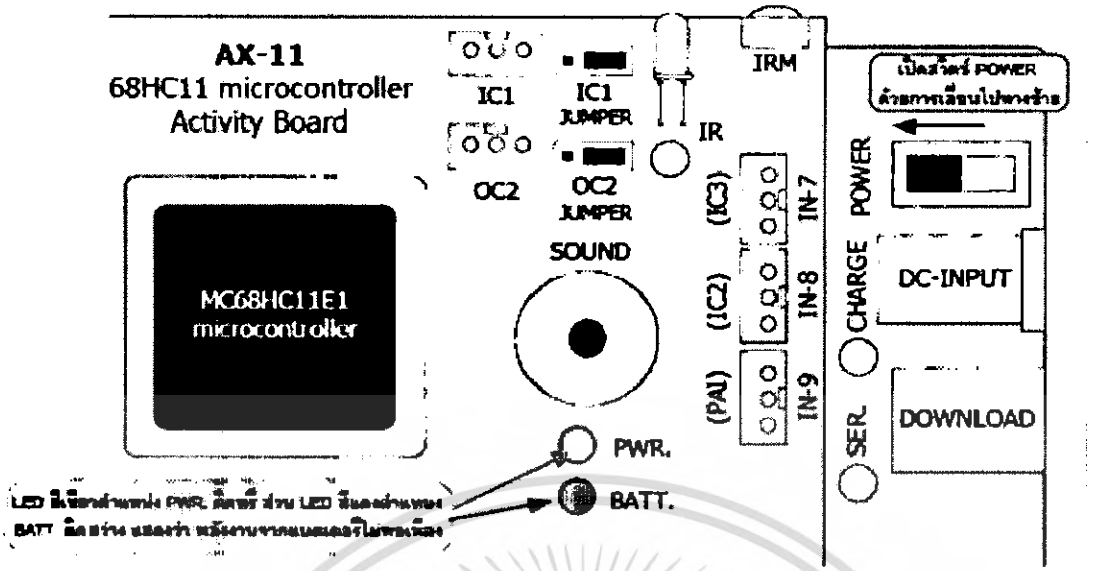
2.เข้าไปในโฟลเดอร์ AX-11 Interactive C ดับเบิ้ลคลิกไฟล์ Setup IC4.30axV2.exe จากนั้นให้ดับเบิ้ลคลิกตอบสนองทุกขั้นตอนจนกระทั่งเสร็จสิ้นการติดตั้งโปรแกรม

3.3 การเตรียมการเบื้องต้นเพื่อใช้งาน Interactive C ร่วมกับบอร์ด AX-11

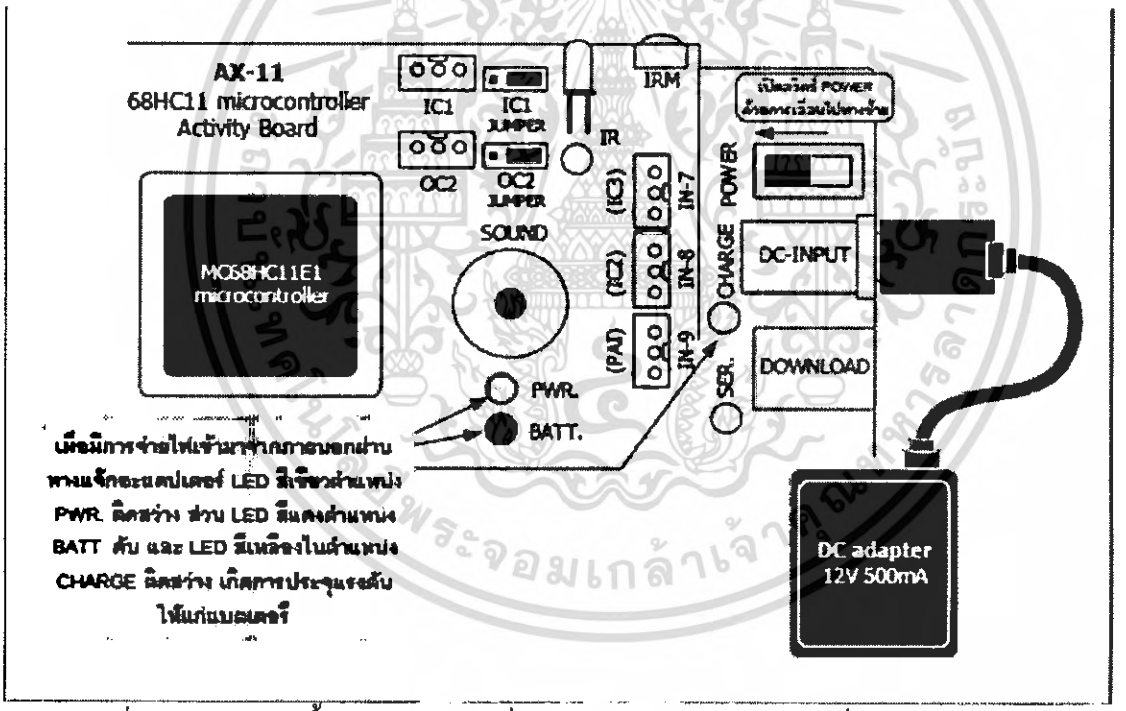
การเตรียมการต่อไปนี้ เป็นการเขียนข้อมูลโปรแกรมควบคุมหลักหรือที่เรียกว่า Firmware ลงในหน่วยความจำของบอร์ด AX-11 ซึ่งจะดำเนินการเพียงครั้งแรกครั้งเดียว หรือเมื่อบอร์ด AX-11 ไม่สามารถรับข้อมูลของโปรแกรมทำงานจากผู้เขียนโปรแกรมได้

1.เปิดสวิตซ์ Power บนบอร์ด AX-11 หากระดับแรงดันของแบตเตอรี่ภายในบอร์ด AX-11 มากเพียงพอ LED สีเขียวในตำแหน่ง PWR. จะติดสว่างเต็มที่ ถ้าไม่เพียงพอจะติดหรี่ และ LED สีแดงในตำแหน่ง BATT จะติดสว่างขึ้นมาแจ้งระดับแรงดันแบตเตอรี่อ่อนดังรูปที่3.3 ให้ใช้อะแดปเตอร์ไฟตรง +12V ที่จัดมาพร้อมกับบอร์ด AX-11 เป็นแหล่งจ่ายไฟภายนอกแทน โดยเสียบปลั๊กอะแดปเตอร์เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงเข้าที่แจ็กอะแดปเตอร์บนบอร์ด AX-11 ทันทีที่จ่ายไฟ LED สีเหลืองในตำแหน่ง CHARGE จะติดสว่างพร้อมๆกับการดับลงของ LED สีแดงดังรูปที่3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



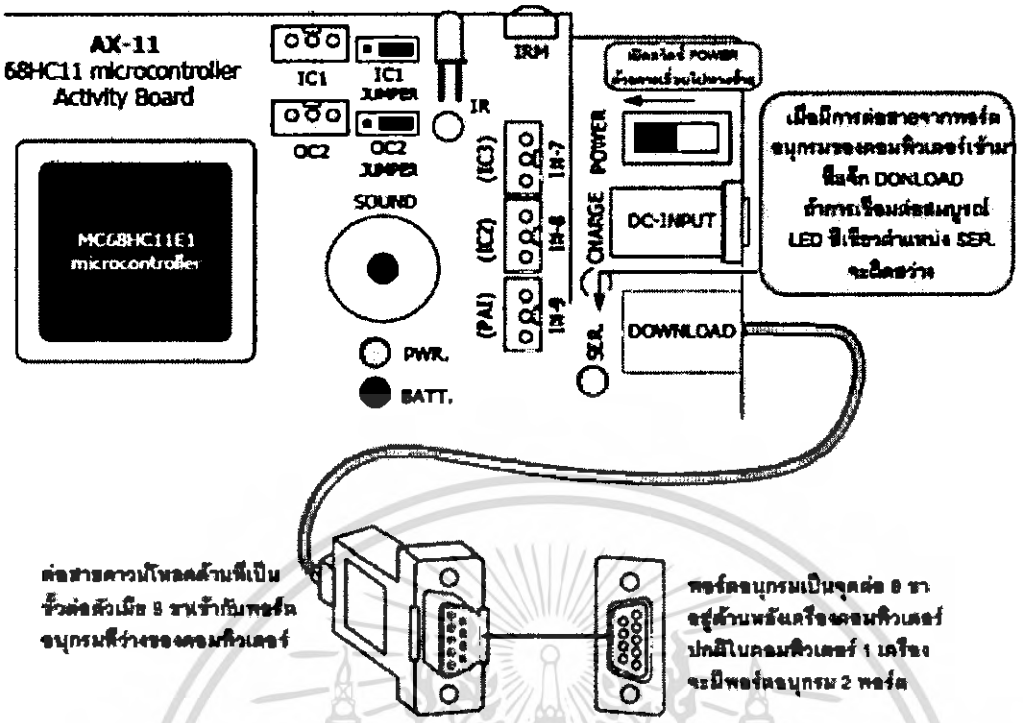
รูปที่3.3 แสดงการเกิดภาวะระดับแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำเกินกว่าที่บอร์ด AX-11 จะทำงานได้



รูปที่3.4 การจ่ายไฟเลี้ยงจากภายนอกเพื่อประจุแรงดันให้แก่แบตเตอรี่ในบอร์ด AX-11

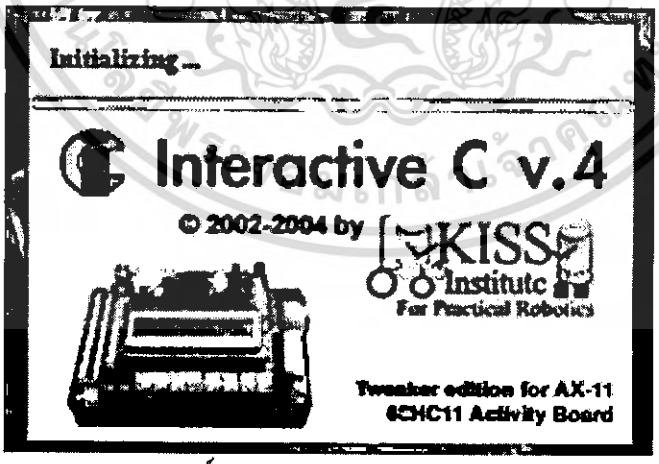
2.นำบอร์ด AX-11 มาเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ตามรูปที่3.5 จะเห็น LED สีเขียวที่ตำแหน่ง SER ติดสว่างเป็นการแจ้งให้ทราบสายและการเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ของบอร์ด AX-11 สมบูรณ์พร้อมใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



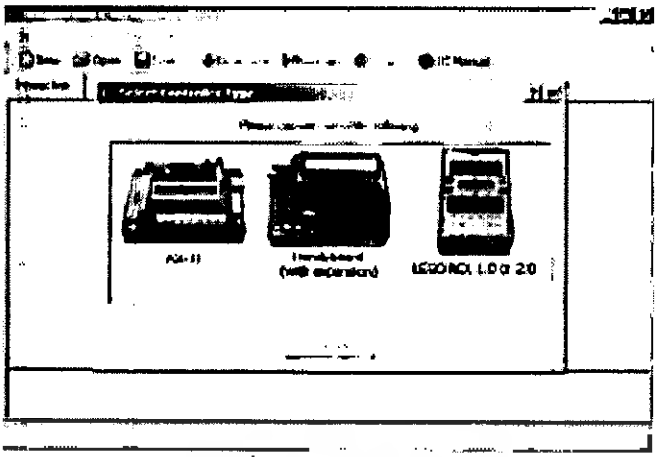
รูปที่3.5 แสดงการเชื่อมต่อสายจากพอร์ตอนุกรมกับบอร์ด AX-11

3.เปิดโปรแกรม Interactive C โดยเข้าไปที่ Start → Program → Interactive C 4.xx → Interactive C for AX-11 จะปรากฏหน้าต่างตามรูปที่3.6 ขึ้นมาครู่หนึ่ง แล้วเปลี่ยนเป็นหน้าต่างเลือกชนิดของฮาร์ดแวร์ที่ต้องการดังรูปที่3.7 ให้เลือก AX-11



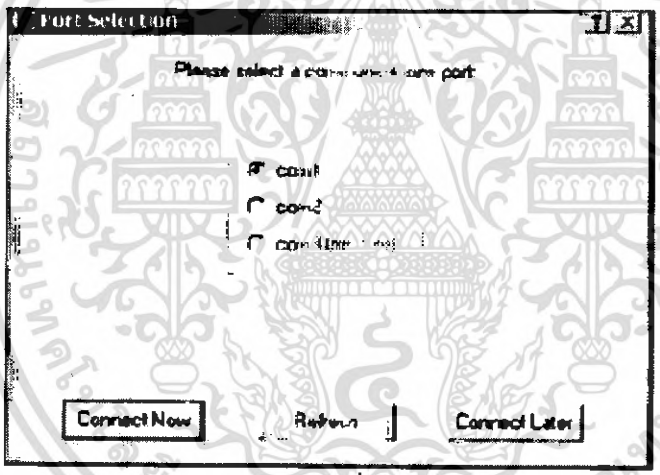
รูปที่3.6 ไดเดิลแสดงลิขสิทธิ์ในโปรแกรม Interactive C V.4 ของสถาบัน KISS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.7 หน้าต่างเลือกฮาร์ดแวร์ที่ต้องการติดต่อกับโปรแกรม Interactive C V.4

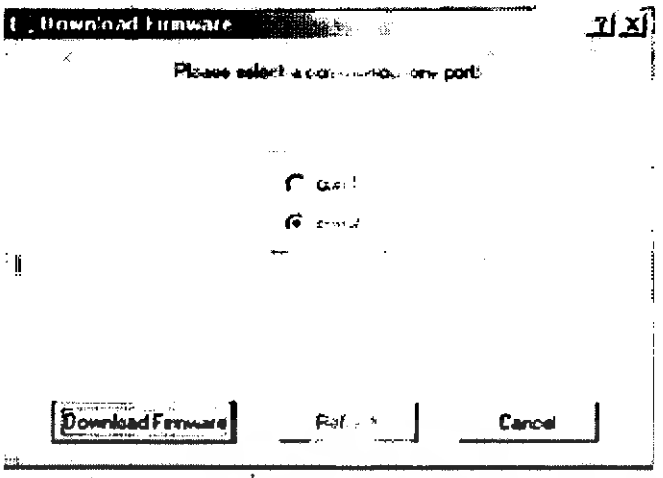
4.จะปรากฏหน้าต่าง Port selection ดังรูปที่3.8 เพื่อเลือกพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ติดต่อกับบอร์ด AX-11 ใช้เมาส์คลิกเลือกพอร์ตที่ต้องการแล้วกดปุ่ม Connect now



รูปที่3.8 หน้าต่างเลือกพอร์ตอนุกรมที่ต้องการติดต่อกับบอร์ด AX-11

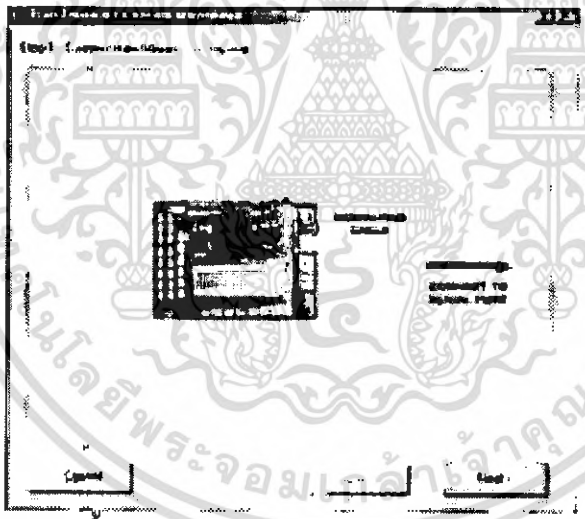
5.ไปที่เมนู Tools เลือก Download Firmware ดังรูปที่3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.9 เมื่อเลือกพอร์ตและทำการเชื่อมต่อแล้ว ปุ่ม Download Firmware จะปรากฏขึ้น

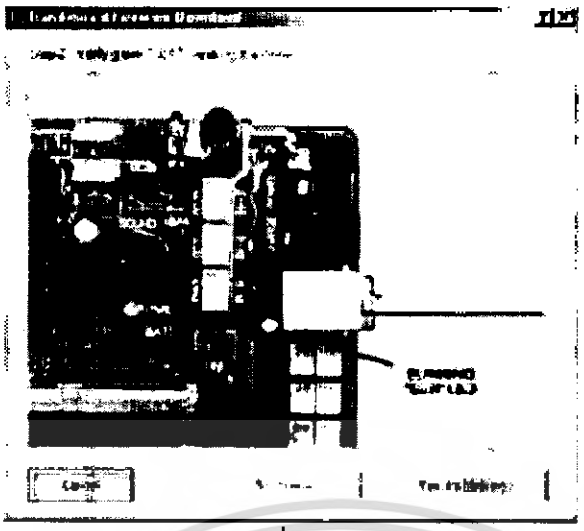
6.จะปรากฏรูปแสดงขั้นตอนการเตรียมการดาวน์โหลดโปรแกรมควบคุมหลักลงในบอร์ด AX-11 เริ่มจากให้ต่อสายดาวน์โหลดเข้ากับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์กับบอร์ด AX-11 ดังรูป3.10 ถ้าต่อสายไว้แล้วให้กดปุ่ม Next



รูปที่3.10 หน้าต่างแสดงขั้นตอนการดาวน์โหลดโปรแกรมควบคุมหลักหรือ Firmware

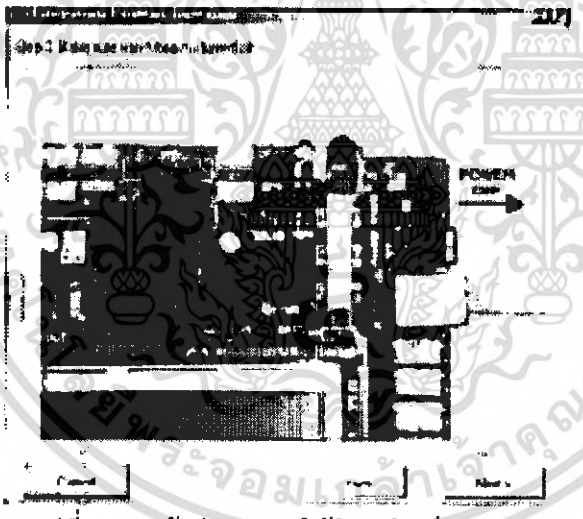
7.LED สีเขียวที่ตำแหน่ง SER. ติดกระพริบเช่นเดียวกับรูปที่3.11 หากได้ผลตามนี้ให้กดปุ่ม Yes, it's blinking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.11 หน้าต่างแสดงการตรวจสอบการเชื่อมต่อระหว่างพอร์ตอนุกรมกับบอร์ด AX-11

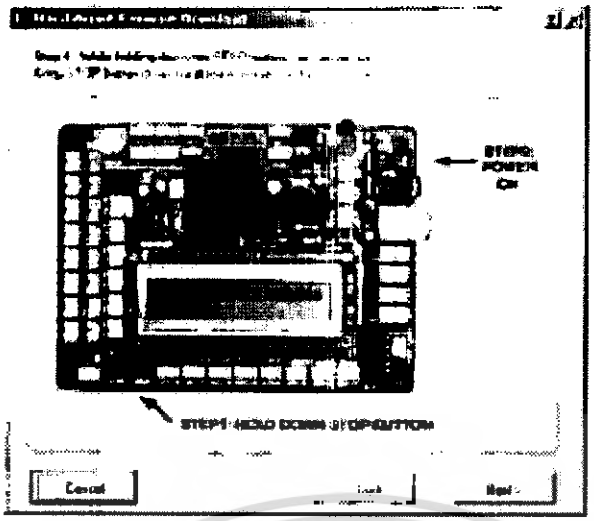
8.จะปรากฏหน้าต่างแจ้งให้ปิดสวิทซ์จ่ายไฟเลี้ยงของบอร์ด AX-11 ดังรูปที่3.12 ให้เลื่อนสวิตซ์ POWER ไปทางขวาเพื่อปิดไฟเลี้ยง แล้วกดปุ่ม Next



รูปที่3.12 หน้าต่างแสดงให้ปิดสวิตซ์ POWER

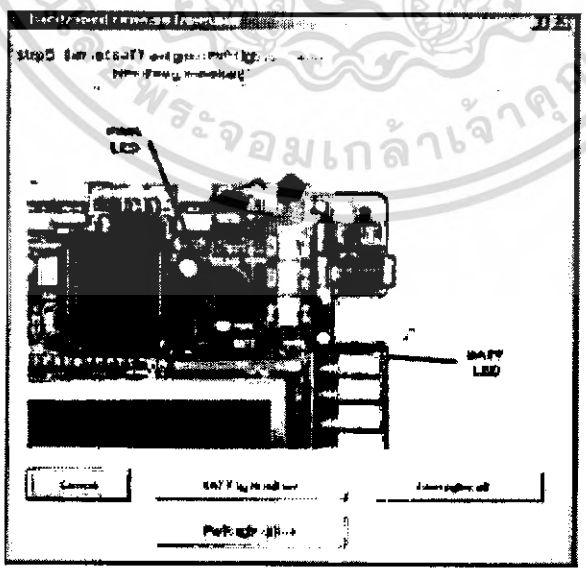
9.จะปรากฏหน้าต่างแจ้งให้กดสวิตซ์ STOP บนบอร์ด AX-11 ค้างไว้ จากนั้นเปิดสวิทซ์จ่ายไฟเลี้ยง ดังรูปที่3.13 แล้วกด Next

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.13 หน้าต่างแสดงการเข้าสู่โหมดดาวน์โหลดโปรแกรมควบคุมหลักหรือ Firmware

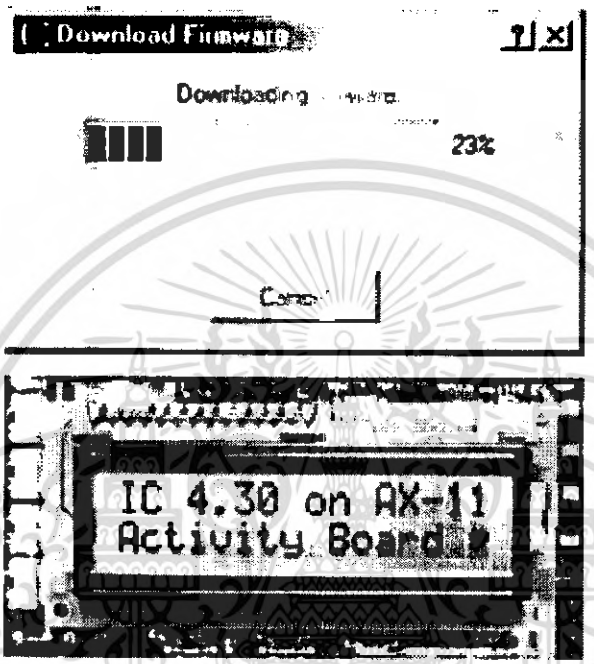
10.ปรากฏหน้าต่างแจ้งสถานการณ์ทำงานของบอร์ด AX-11 ให้ทราบเพื่อตรวจสอบดังรูปที่3.14 ถึงตอนนี้ LED ในตำแหน่ง PWR. และ BATT. ต้องดับลงทั้งคู่ จากนั้นกดปุ่ม Both lights off> แต่ถ้า LED ในตำแหน่ง PWR. ติด ให้กดปุ่ม PWR light still on! จะปรากฏกรอบข้อความแจ้งสาเหตุในการติดของ LED ตำแหน่ง PWR ว่าขังไม่สามารถเข้าสู่โหมดการทำงานเพื่อดาวน์โหลดโปรแกรม ให้ตรวจสอบสายและกลับไปเข้าสู่ขั้นตอนการดาวน์โหลดอีกครั้ง ในกรณีที่ LED ตำแหน่ง BATT. ติดให้กดปุ่ม BATT light still on! จะปรากฏกรอบข้อความแจ้งสาเหตุในการติดของ LED ตำแหน่ง BATT ว่าระดับแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำเกินไป จะต้องประจุแบตเตอรี่อีกอย่างน้อย 30 นาทีจึงนำกลับมาทำงานใหม่ได้



รูปที่3.14 LED ในตำแหน่ง PWR. และ BATT. ดับ กดปุ่ม Both lights off>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.ถ้าทุกอย่างเรียบร้อย จะปรากฏหน้าแจ้งสถานการณ์ดาวน์โหลด Firmware เมื่อดาวน์โหลดเรียบร้อยจะได้ยินเสียง "ติ๊ด" จากลำโพงของบอร์ด AX-11 ส่วนที่แถบแสดงสถานะที่หน้าต่างของโปรแกรม Interactive C จะปรากฏข้อความ Download successful ส่วนที่จอแสดงผลของบอร์ด AX-11 จะแสดงข้อความ IC 4.30 on AX-11 Activity Board และปิดท้ายข้อความด้วยรูปหัวใจกระพริบดังรูปที่ 3.15

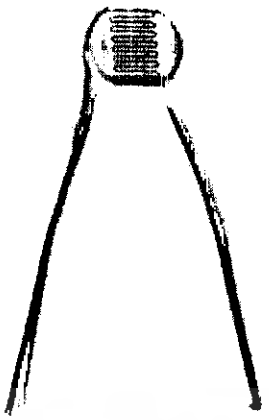


รูปที่3.15 แสดงสถานะการดาวน์โหลดโปรแกรมควบคุมหลักและแสดงข้อความเมื่อดาวน์โหลดโปรแกรมควบคุมหลักเสร็จเรียบร้อยแล้ว

3.4 Light Dependent Resistor (LDR)

ตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้โดยใช้แสงเป็นอุปกรณ์โฟโตริซิสเตอร์ มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Light Dependent Resistor (LDR) ซึ่งเป็นตัวต้านทานที่ทำงานโดยอาศัยแสงที่มาตกกระทบนั่นคือ วัสดุที่ใช้ทำโฟโตริซิสเตอร์เมื่อถูกแสงจะมีค่าความนำมากขึ้น หรือทำให้ค่าความต้านทานลดลงนั่นเอง โฟโตริซิสเตอร์สร้างจากวัสดุนำแสงที่มีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ ซึ่งค่าความต้านทานของวัสดุนี้ลดลงเมื่อมีแสงมาตกกระทบ โดยพลังงานแสงจะถูกดูดซึมจากอะตอมที่มีอยู่มากมายในวัสดุนำแสงนี้และทำให้เกิดการปลดปล่อยอิเล็กตรอนที่อยู่วงนอกสุด (Valence Electron) ออกมา ด้วยเหตุผลของจำนวนอิเล็กตรอนอิสระมากขึ้น จึงทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านโฟโตริซิสเตอร์ได้มาก ดังนั้นจึงทำให้ความต้านทานมีค่าลดลงด้วย

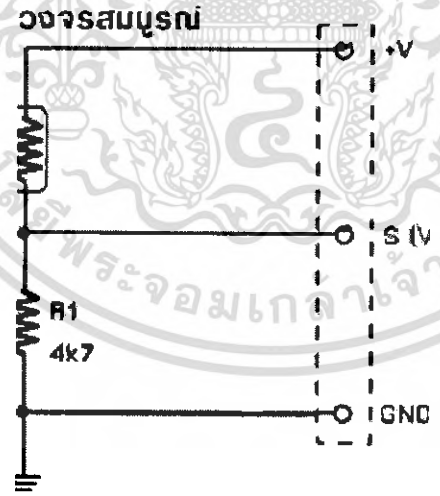
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.16 LDR

3.5 แผงวงจรตรวจจับแสง

นำ LDR มาต่อเข้ากับตัวต้านทานในลักษณะวงจรแบ่งแรงดัน ในภาวะที่แสงปกติ LDR จะมีค่าความต้านทานค่าหนึ่งทำให้แรงดันตกคร่อมที่ R1 มีค่าค่าหนึ่ง เมื่อมีแสงมาตกกระทบ LDR ทำให้ค่าความต้านทานของ LDR ลดลง แรงดันตกคร่อมที่ R1 ก็จะเพิ่มมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามหาก LDR ถูกบังแสงไว้ให้ได้รับแสงน้อยลง ค่าความต้านทานของ LDR ก็จะเพิ่มขึ้น ทำให้แรงดันที่ตกคร่อม R1 ลดลง

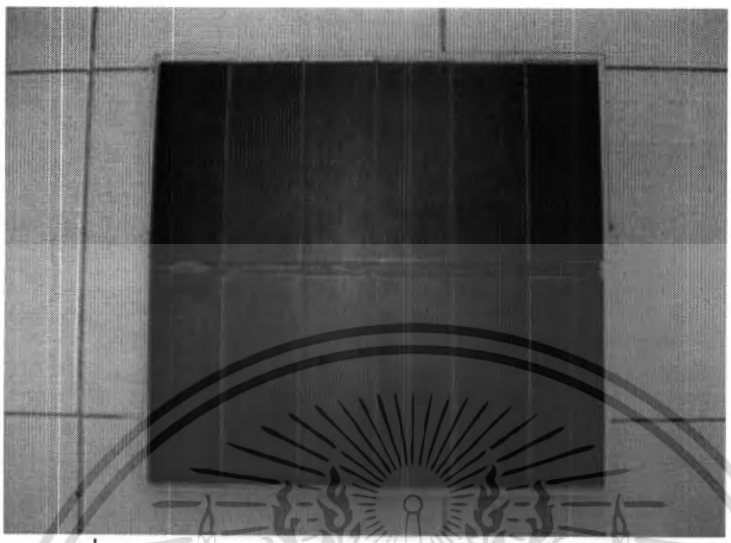


รูป3.17 แผงวงจรตรวจจับแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์

1. Solar cell (PV)



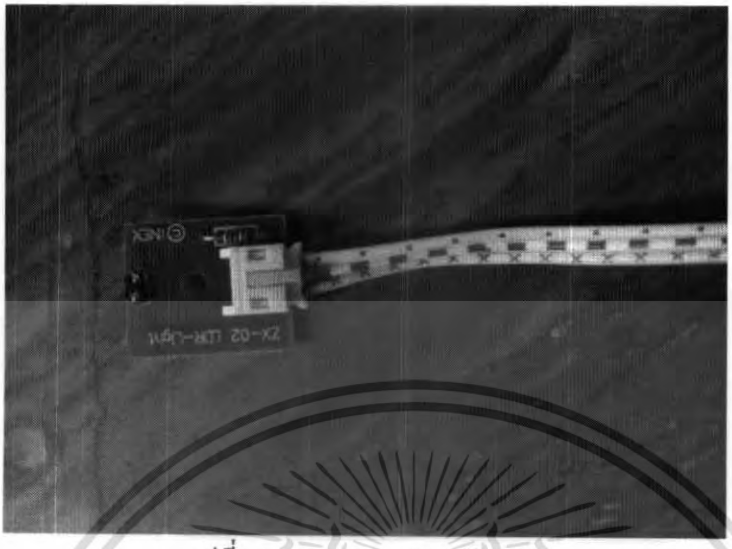
รูปที่3.18 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 42 x 45 เซนติเมตร

2.มอเตอร์กระแสตรง

รูปที่3.19 มอเตอร์ กระแสตรงขนาด 12 โวลต์

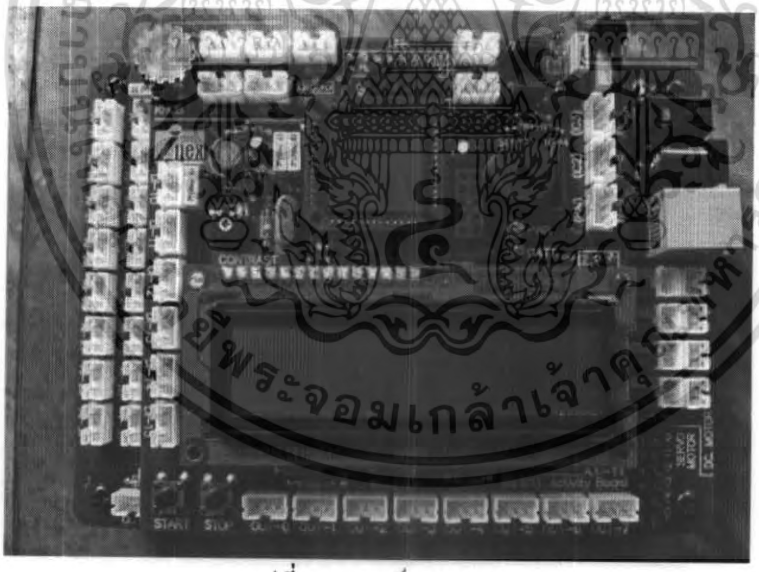
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.แผงวงจรตรวจจับแสง



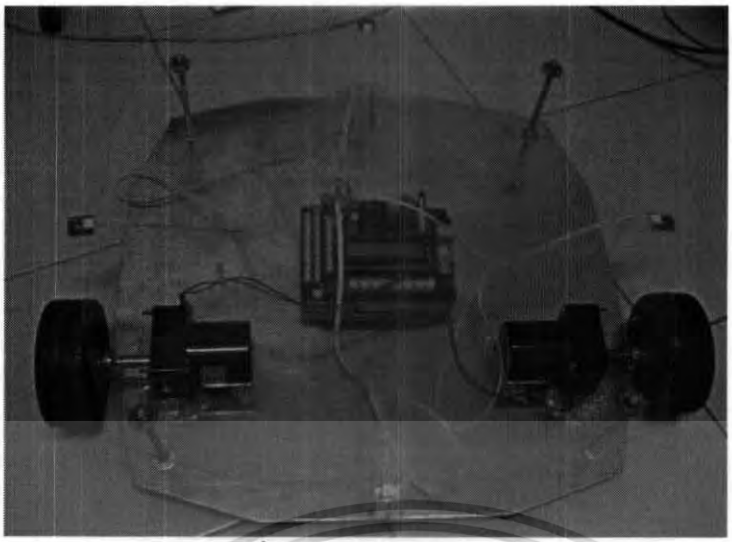
รูปที่3.20 แผงวงจรตรวจจับแสง

4.บอร์ด AX-11



รูปที่3.21 บอร์ด AX-11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.22 แสดงรูปหุ่นยนต์

3.7 ขั้นตอนการทดลอง

3.7.1 วัดคุณสมบัติของแผ่น เซลล์แสงอาทิตย์

3.7.2 ประกอบตัวหุ่นยนต์

3.7.3 เขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ในคำสั่งต่างๆ

3.7.4 เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์พลังงานแสงอาทิตย์ด้วย LDR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 การแสดงผลตัวอักขระคงที่บนโมดูล LCD

1.เขียนโปรแกรมต่อไปนี้แล้วดาวน์โหลด จากนั้นกดปุ่ม Run main

```
void main(void)
{
   printf("Hello world\n");
}
```

ผลลัพธ์ ที่จอ LCD แสดงข้อความ Hello World

2.ทดลองกดปุ่ม Run main อีก 2-3 ครั้ง

ผลลัพธ์ ปรากฏข้อความ Hello World ต่อเนื่องกันไปจนล้นจอ

4.1.2 การใช้งานฟังก์ชันสร้างสัญญาณเสียงเบื้องต้น

1.เขียนโปรแกรมต่อไปนี้แล้วดาวน์โหลด จากนั้นกดปุ่ม Run main

```
void main(void)
{
   while(1)    // Do loop
     {
      printf("Sound test\n"); // Show message on screen
      beep();   // Generat the default beep
      sleep(1.0);  // Delay 1 second
   }
}
```

ผลลัพธ์ ที่จอ LCD แสดงข้อความ Sound test และมีสัญญาณเสียง “ดิ๊ด” ดังเป็นช่วงๆ โดยดังนาน 0.3 วินาที สลับกับเงียบ 1 วินาที ต่อเนื่องกันไปตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การขับมอเตอร์ไฟตรง

1.เขียนโปรแกรมต่อไปนี้แล้วดาวน์โหลด

```
void main(void)
{
  printf("Motor test1\n"); // Show title on screen.
  while(1)  // Do loop continue
    {
     fd(0);  // Drive motor channel 0
     sleep(3.0); // Delay 3 seconds
     beep();  // Beep on
     bk(0);  // Drive motor reverse direction
     sleep(3.0); // Delay 3 seconds
     beep();  // Beep on before change direction
  }
}
```

2.ต่อมอเตอร์เข้าที่ช่อง M0 แล้วกดปุ่ม Run main

ผลลัพธ์ ที่จอ LCD แสดงข้อความ "Motor test" LED สีเขียวในส่วนขับมอเดอร์ติดสว่าง มอเตอร์จะหมุนไปในทิศทางหนึ่งเป็นเวลา 3 วินาที จากนั้นได้ยินเสียง "ติ๊ด" 1 ครั้ง แล้ว LED สีแดงในส่วนขับมอเตอร์จะติดสว่างแทนสีเขียว พร้อมกันนั้นมอเตอร์จะหมุนกลับทิศทางเป็นเวลา 3 วินาที สลับกันไปอย่างต่อเนื่อง

4.1.4 อ่านสัญญาณอินพุตอนาลอกจากตัวต้านทานปรับค่าได้ KNOB

1.เขียนโปรแกรมต่อไปนี้แล้วดาวน์โหลด จากนั้นกดปุ่ม Run main

```
void main(void)
{
  while(1)
    {
     printf("knob = %d\n",knob()); // Show analog value at knob channel on screen
     sleep(0.1); // Display delay
  }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ทดลองหมุนปุ่มที่ตำแหน่ง KNOB จากซ้ายไปขวา

ผลลัพธ์ ที่โมดูล LCD แสดงข้อความ knob= ค่าอินพุตอะนาลอกที่ได้จากการปรับตัวต้านทานที่ตำแหน่ง KNOB มีค่าอยู่ระหว่าง 0-255 โดยเมื่อปรับไปทางซ้ายสุดอ่านค่าได้เป็น 0 และทางขวาสุดอ่านค่าได้ 255

4.1.5 ควบคุมมอเตอร์ด้วยแสง

1.เขียนโปรแกรมต่อไปนี้แล้วดาวน์โหลด

```
void main()
{
  int light=0;  // Declare and define light variable
  while(1)
   {
    light = analog(2);  // Read analog channel 2 and store in light variable
    if(light>=100)  // Check value over 100?
     light = 100;    // If value over 100, set to 100
    printf("Duration %d %%\n",light); // Show message on screen
    motor(0,light);  // Drive motor at channel 0 with light value
    sleep(1.0);   // Delay 1 second
  }
}
```

2.ต่อสายจากเอาต์พุตแปรผันตรงของแผงวงจรตรวจจับแสงเข้าที่อินพุตอนาลอกช่อง 2

3.ต่อมอเตอร์เข้าที่ช่อง M0

4.กดปุ่ม Run main ใช้มือบัง LDR เพื่อให้มีแสงตกกระทบในปริมาณที่แตกต่างกัน

ผลลัพธ์ LCD จะแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่จ่ายให้แก่มอเตอร์ ซึ่งเป็นผลการทำงานจากตัวตรวจจับแสง ถ้ามีแสงตกกระทบมาก ค่าที่ได้จะมากแต่ไม่เกิน 100 พร้อมกันนั้นมอเตอร์จะหมุนโดยเปลี่ยนความเร็วตามค่า Duration ที่แสดงบน LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 อ่านค่าจากสวิตซ์ STOP

1.เขียนโปรแกรมต่อไปนี้แล้วดาวน์โหลด

```
void main(void)
{
  while(!stop_button()) // Do loop for checking STOP pressed
   {
    fd(0); // Drive motor channel 0
  }
  off(0); // Off motor channel 0
  beep(); // Beep on
}
```

2.ต่อมอเตอร์เข้าที่ช่อง M0

3.กดปุ่ม Run main สังเกตการณ์ทำงานของมอเตอร์ จากนั้นกดสวิตซ์ STOP

ผลลัพธ์ มอเตอร์หมุนอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งเมื่อกดสวิตซ์ STOP มอเตอร์จะหยุดหมุนทันที พร้อมกับได้ยินเสียง "ติ๊ด" 1 ครั้ง

4.1.7 ควบคุมหุ่นยนต์โดย LDR

1.เขียนโปรแกรมต่อไปนี้แล้วดาวน์โหลด

```
char name[31] ;

void main()
{
  int x , i , light[5] ;    // Declare and define light variable

  while(1)
   {
    while(start_button())
     while(!stop_button())
      {
       x = knob() ;          // Set reference value by VR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
for (i=1; i<5 ; i++)
  {
   light[i] = analog(i+1) ;   // Read analog channel and store in light variable
   if ( light[i] >= x )       // Check value over 'x' ?
    light[i] = 255 ;          // If value over 'x' , set to 255
   else light[i] = 0 ;        // If value below 'x' , set to 0
}


if ( ( light[1] == 255 && light[2] == 0 ) && ( light[3] == 0 && light[4] == 0 ) )
  {
   fd(0) ;
   fd(1) ;
   name = "Robot is Moving   Forward  " ;  // Display Monitor Forward
}
else if ( ( light[1] == 0 && light[2] == 255 ) && ( light[3] == 0 && light[4] == 0 ) )
   {
    bk(0) ;
    bk(1) ;
    name = "Robot is Moving   Reverse  " ;  // Display Monitor Reverse
    beep() ;
  }
 else if ( ( light[1] == 0 && light[2] == 0 ) && ( light[3] == 255 && light[4] == 0 ) )
    {
     fd(0) ;
     bk(1) ;
     name = "Robot is Moving    Left    " ;  // Display Monitor Left
   }
   else if ( ( light[1] == 0 && light[2] == 0 ) && ( light[3] == 0 && light[4] == 255 ) )
      {
       bk(0) ;
       fd(1) ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            name = "Robot is Moving    Right   " ;  // Display Monitor Right
          }
          else
           {
            alloff() ;
            name = " Robot is Stop            " ;  // Display Monitor Stop
          }

        display() ;    //   printf ("%s\n",name) ;  // Display Monitor
        sleep (0.2) ;
       }
     alloff () ;
     printf ("  Lightsensor    Control Robot ") ;  // Display Monitor when Reset
   }
}

void display(void)
{
   printf ("%s%d\n",name,knob()) ;  // Display Monitor
}
```

2.กดปุ่ม Start ใช้ไฟฉายส่องที่ LDR ตามตำแหน่งต่างๆของหุ่นยนต์

<u>ผลลัพธ์</u> 1.เมื่อเปิดปุ่ม Power ที่จอ LCD แสดงข้อความ Lightsensor Control Robot

2.เมื่อเริ่มกดปุ่ม Start ที่จอ LCD แสดงข้อความ Robot is Stop พร้อมแสดงค่า knob ตลอดการทำงานของหุ่นยนต์

3.ถ้าแสงไฟตกกระทบที่ LDR ทางด้านซ้ายของหุ่นยนต์ หุ่นยนต์จะเดินไปด้านซ้าย ที่จอ LCD แสดงข้อความ Robot is Moving Left

4.ถ้าแสงไฟตกกระทบที่ LDR ทางด้านขวาของหุ่นยนต์ หุ่นยนต์จะเดินไปด้านขวา ที่จอ LCD แสดงข้อความ Robot is Moving Right

5.ถ้าแสงไฟตกกระทบที่ LDR ทางด้านหน้าของหุ่นยนต์ หุ่นยนต์จะเดินไปด้านหน้า ที่จอ LCD แสดงข้อความ Robot is Moving Forward

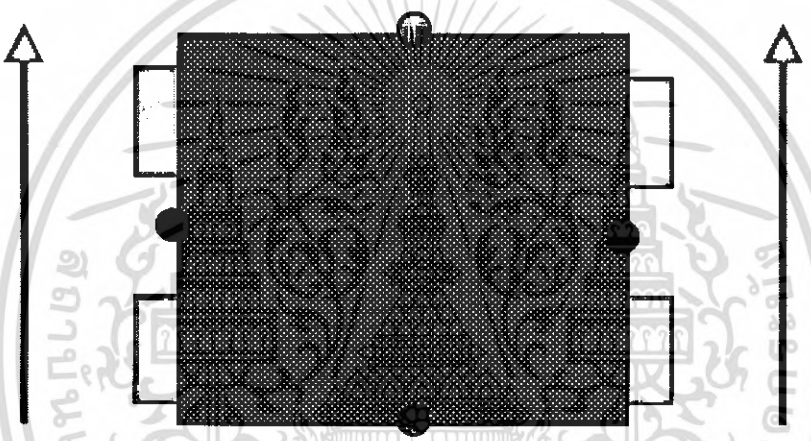
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.ถ้าแสงไฟตกกระทบที่ LDR ทางด้านหลังของหุ่นยนต์ หุ่นยนต์จะเดินไปด้านหลัง พร้อมกับมีเสียง “ติ๊ด” ดังต่อเนื่อง ที่จอ LCD แสดงข้อความ Robot is Moving Reverse

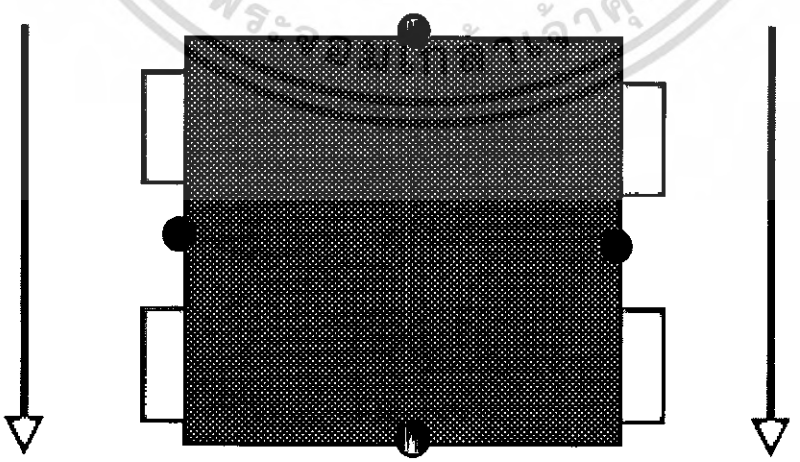
7.กดปุ่ม Stop ที่จอ LCD แสดงข้อความ Lightsensor Control Robot พร้อมกับค่า knob ได้หายไป

4.2 การอภิปรายผล

หลักการทำงานของหุ่นยนต์จะเป็นไปตามความเข้มแสงที่ตกกระทบ LDR ที่แตกต่างกัน ดังรูป

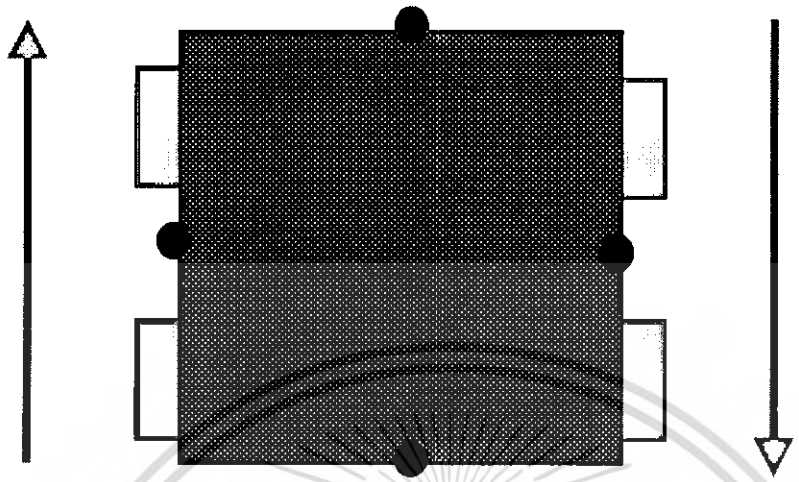


รูปที่ 4.1 เมื่อแสงมีความเข้มสูงที่บริเวณด้านหน้า



รูปที่ 4.2 เมื่อแสงมีความเข้มสูงที่บริเวณด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 เมื่อแสงมีความเข้มสูงที่บริเวณด้านขวา

รูปที่ 4.4 เมื่อแสงมีความเข้มสูงที่บริเวณด้านซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในโครงงานพิเศษชิ้นนี้ เราสามารถสร้างหุ่นยนต์ที่ทำการเดินตามแสงได้โดยการตรวจจับความเข้มแสงที่แตกต่างกัน โดยใช้ LDR 4 ตัว โดยจะทำงานตามที่ได้โปรแกรมไว้

แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่า Voc=16.00 volt, Vpm=12.02 volt, Ipm=754 mA, Pmax=9.06 watt โดยชาร์ตประจุเข้าไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ภายในบอร์ด AX-11 ซึ่งในขณะที่แสงมีความเข้มประมาณ 140 วัตต์ต่อตารางเมตรจะทำให้มีพลังงานเพียงพอสำหรับความต้องการชาร์ตเก็บไว้ในแบตเตอรี่เพื่อใช้ในการทำงานเวลาไม่มีแสงอาทิตย์ได้ต่อไป

5.2 ปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานในงานวิจัยนี้พบว่ามีปัญหาบางประการที่ต้องแก้ไขและปรับปรุงได้แก่

1.มอเตอร์มีความเร็วรอบไม่เท่ากัน ทำให้การขับเคลื่อนตัวหุ่นยนต์เสียสมดุลเล็กน้อย

2.เซนเซอร์ที่นำมาทำเป็นตัววัดความเข้มแสงคือ LDR มีค่าความแปรผันระหว่างแสงกับความต้านทานของแต่ละตัวไม่เท่ากันเราจึงต้องทำการวัดและเปรียบเทียบเป็นตัวต่อตัวไป ไม่สามารถวัดเพียงตัวเดียวแล้วนำมาใช้กับทุกตัวได้

3.บอร์ต AX-11 มีประสิทธิภาพสูงสามารถนำไปพัฒนาเป็นหุ่นยนต์ที่ทำงานซับซ้อนมากขึ้นได้ เช่น หุ่นยนต์ตรวจจับระยะทาง หรือ หุ่นยนต์ดูดฝุ่นที่สามารถเปลี่ยนทิศทางเองได้เมื่อเจอสิ่งกีดขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] http://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/micro/68hc11/

[2] http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html

[3] http://www.inex.co.th/

[4] http://www.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm

[5] http://ett.co.th/article/6811.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้