

เครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์
SUN TRACKING SYSTEM FOR SOLARCELL



ปริญญาโท เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์

SUN TRACKING SYSTEM FOR SOLARCELL



นครินทร์ แก้วศรีงาม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SUN TRACKING SYSTEM FOR SOLARCELL



THIS THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHATRONICS ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์
SUN TRACKING SYSTEM FOR SOLARCELL

ผู้จัดทำ นายนครินทร์ แก้วศรีงาม 53010772



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์

โดย

นายนครินทร์ แก้วศรีงาม 53010772

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์

ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะพัฒนาประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ ในด้านการรับแสง จากดวงอาทิตย์ให้ได้รับความเข้มของแสงอาทิตย์ได้มากที่สุด โดยสร้างเครื่องควบคุมแผงเซลล์ แสงอาทิตย์ (Sun Tracking System For Solar Cell) ให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบสองแกนคือ แกนฤดูกาล (แกนตั้ง) และแกนเวลา (แกนนอน) ซึ่งแกนนอนสามารถหมุนได้ 270 องศา และแกนตั้ง สามารถวัดได้ 90 องศา ทำให้สามารถหมุนได้ครอบคลุมตลอดการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ โดยการ ประมวลผลแบบดิจิทัล โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลและควบคุมการทำงานของระบบ ซึ่งทำให้ระบบมีความแม่นยำและใช้พลังงานต่ำ ซึ่งเราสามารถที่จะนำไปใช้กับการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ในพื้นที่ที่มีแสงแดดเพียงช่วงเวลาสั้นๆ เพื่อที่จะสามารถผลิตพลังงาน ได้สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และไม่ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SUN TRACKING SYSTEM FOR SOLARCELL

By

Mr. Nakarin Kaewsringam 53010772

Advisor

Asst Prof.Dr. Noppadol Maneerat

Academic Year 2014

ABSTRACT

The purpose of this project is to build a sun tracking system for solar cell. The efficiency of the solar cell is improved by adjusting the solar panel to follow the position of the sun. The tracking system can move 270° on horizontal axis and 90° on vertical axis. Microcontroller is applied to control the position of the panel for design the sun tracking system which helps the solar cell to work effectively eventhough it has sun light in a few time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปฏิญานพันธบัตรฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นพดล มณีรัตน์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำที่ดีมาโดยตลอดตั้งแต่ต้น รวมทั้งเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ที่จำเป็น และความช่วยเหลืออื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการของผู้จัดทำรัฐศึกษาซึ่งและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ สนับสนุนอุปกรณ์ที่ขาดเหลือ กระตุ้นเตือน รวมทั้งคอยถามไถ่ความคืบหน้าของโครงการอยู่เสมอ

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา รวมถึงการสนับสนุนในเรื่องของงบประมาณที่ขาดเหลือ ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้โครงการนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 กล่าวนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์	3
1.3 ขอบเขตของโครงการ	4
1.4 ขั้นตอนการศึกษาและจัดทำโครงการ	4
1.5 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับโครงการ	5
2.1 บทนำ	5
2.2 ระบบควบคุมการรับแสงสำหรับแผงสุริยะโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์	5
2.2.1 ระบบตรวจสอบตำแหน่งดวงอาทิตย์และระบบควบคุม	5
2.2.2 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์	7
2.2.3 เงื่อนไขการควบคุมของระบบ	7
2.2.4 วิเคราะห์โครงการระบบควบคุมการรับแสงสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์	8
2.3 ระบบควบคุมการรับแสงสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ตัวควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์	8
2.3.1 ระบบตรวจสอบตำแหน่งดวงอาทิตย์และระบบควบคุม	8
2.3.2 วิเคราะห์ระบบควบคุมการรับแสงสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์	9
2.4 ระบบควบคุมการรับแสงสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ตัวควบคุมด้วยออฟแอมป์	9
2.4.1 ระบบตรวจสอบตำแหน่งดวงอาทิตย์และระบบควบคุม	9
2.4.2 วิเคราะห์ระบบควบคุมการรับแสงสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีระบบควบคุมด้วยออฟแอมป์	12
2.5 ระบบควบคุมการรับแสงสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวงจรดิจิตอล	12
2.5.1 ระบบตรวจสอบตำแหน่งดวงอาทิตย์และระบบควบคุม	12
2.5.2 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์	14
2.5.3 การวิเคราะห์ระบบควบคุมการรับแสงสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ด้วยวงจรดิจิตอล	15
2.6 ดีซีมอเตอร์	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา IV ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.7.1 คุณสมบัติของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	17
2.7.2 ทฤษฎีภาษา Arduino	18
2.7.3 เปรียบเทียบภาษาซีกับ Arduino	18
2.7.4 โครงสร้างการเขียนโปรแกรมภาษาซีของ Arduino	19
2.7.5 สถาปัตยกรรมขั้นสูงแบบ RISC (Reduce Instruction Set Computer)	19
2.7.6 ส่วนประกอบต่างๆ ของไอซี ATmega 328	21
2.7.7 ทฤษฎีการสื่อสารแบบอนุกรม	23
2.7.8 การสื่อสารข้อมูลแบบ Asynchronous	23
2.8 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)	24
2.8.1 หลักการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	24
2.8.2 ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	26
บทที่ 3 การออกแบบและโครงสร้าง	28
3.1 ภาพรวมการทำงานของเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์	28
3.2 โครงสร้างของเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์	29
3.3 วงจรขั้วดีซีมอเตอร์	31
3.4 เซนเซอร์แสง	32
3.5 แผนผังการทำงานของระบบ	35
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	36
4.1 การทดลองวัดความคลาดเคลื่อนของมุมต่างๆ ระหว่างแสงกับเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์	36
4.2 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	39
4.2.1 ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อทดสอบโดยวางไว้กับพื้น	39
4.2.2 ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อทดสอบโดยติดตั้งกับเครื่องควบคุมแผง	41
4.3 สรุปผลการทดลอง	43
4.3.1 การทดลองวัดความคลาดเคลื่อนของมุมต่างๆ ระหว่างแสงกับเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์	43
4.3.2 ประสิทธิภาพของแผงเซลล์เมื่อทดสอบโดยติดตั้งกับเครื่องควบคุมแผง	43
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์	44
5.1 วิเคราะห์โครงงาน	44
5.2 สรุปผลโครงงาน	44
5.3 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	45
5.4 แนวทางการพัฒนา	45
ภาคผนวก	47

ภาคผนวก ก เอกสารคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ซ้ำ การคัดลอกหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย ผู้ที่ฝ่าฝืนจะถูกลงโทษตามกฎหมาย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา เว้นแต่ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
ก.1 เอกสารคู่มือการใช้งานโฟโต้ทรานซิสเตอร์ L14F1	48
ก.2 เอกสารคู่มือการใช้งาน Arduino UNO	51
ก.3 เอกสารคู่มือการใช้งาน Linear Acuator	58
ภาคผนวก ข โปรแกรมควบคุม	62
ประวัติผู้แต่ง	67



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **VI** ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 พลังงานมหาศาลของดวงอาทิตย์ และมลพิษทางอากาศทำให้เกิดก๊าซพิษ	1
1.2 การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์	2
1.3 โครงสร้างภายในของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	3
2.1 วงจรแปลงความเข้มแสงเป็นแรงดันไฟฟ้า	5
2.2 การปรับวงจรจากรูปที่ 2.1	6
2.3 การวางตำแหน่ง LDR	6
2.4 วงจรขั้วดีซีมอเตอร์	7
2.5 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของระบบที่ควบคุมโดยคอมพิวเตอร์	8
2.6 กล้องควบคุมการทำงานของระบบที่ควบคุมโดยคอมพิวเตอร์	9
2.7 วงจรตรวจจับตำแหน่งดวงอาทิตย์	9
2.8 วงจรภายในของ LM 339	10
2.9 การนำอินพุตเข้าสู่ตัว Comparator	11
2.10 วงจรขั้วดีซีมอเตอร์	11
2.11 การวางตำแหน่งของเซนเซอร์แสง	12
2.12 วงจรควบคุมโดยใช้เกต	14
2.13 วงจรควบคุมการหมุนของดีซีมอเตอร์	14
2.14 โครงสร้างภายในของดีซีมอเตอร์	16
2.15 ชุดไมโครบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	17
2.16 สถาปัตยกรรมขั้นสูงแบบ RISC	20
2.17 ไอซี ATmega 328	21
2.18 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม	23
2.19 บิตต่างๆ ของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม	24
2.20 โครงสร้างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	25
2.21 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนซิลิกอน	27
2.22 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีซิลิกอน	27
3.1 ภาพรวมการทำงานของเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์	28
3.2 โครงสร้างและการติดตั้งมอเตอร์	29
3.3 โครงสร้างของเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์	30
3.4 วงจรควบคุมดีซีมอเตอร์	31
3.5 การทดสอบคุณสมบัติของโฟโต้ทรานซิสเตอร์	32
3.6 รูปแบบการต่อวงจรของโฟโต้ทรานซิสเตอร์	33
3.7 โฟโต้ทรานซิสเตอร์	33
3.8 การวางตำแหน่งของเซนเซอร์ทั้งสี่ตัว	34
3.9 แผนผังการทำงานของระบบ	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา VII ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 การทดลองการติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแกนเวลา	36
4.2 การทดลองการติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแกนฤดู	37
4.3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่วางไว้กับพื้น	39
4.4 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งกับเครื่องควบคุม	41
4.5 เปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากการทดลองที่ 4.2.1 และการทดลองที่ 4.2.2	43



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **VIII** อังอ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางการทำงานของเซนเซอร์แสง	13
2.2 ฟังก์ชันการทำงานของ ATmega 328	22
3.1 ค่าการทดสอบของโฟโต้ทรานซิสเตอร์	32
4.1 การติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแกนเวลา	37
4.2 การติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแกนฤดู	38
4.3 ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อทดสอบโดยวางกับพื้น	40
4.4 ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อติดตั้งกับควบคุมแผง	42



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ IX อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

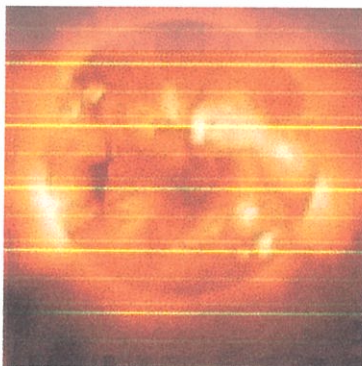
บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำ

การดำเนินชีวิตประจำวันของคนเราทุกวันนี้ หลีกหนีไม่ได้รับการอาศัยสิ่งอำนวยความสะดวกทั้งหลายเพื่อทำให้ชีวิตความเป็นอยู่สะดวกสบายขึ้น และหนึ่งในสิ่งเอื้อประโยชน์นั้นก็คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าอันเป็นเครื่องมือเครื่องใช้ที่ต้องอาศัยพลังงานไฟฟ้า ไม่ว่าจะใช้สำหรับอำนวยความสะดวกสบายภายในบ้านพักอาศัย สถานที่ทำงาน โรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงอาคารสถานที่ต่างๆ เมื่อเราเห็นว่า อุปกรณ์ไฟฟ้าเหล่านี้มีความสำคัญ ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าย่อมมีความสำคัญยิ่งกว่า ด้วยเหตุผลที่ว่า อุปกรณ์ไฟฟ้าจะสามารถทำงานได้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเท่านั้น

การกำเนิดแหล่งพลังงานไฟฟ้ามีได้มากมายหลายวิธี เช่น การหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือเครื่องปั่นไฟ โดยทำให้ใบพัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนจะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ และการทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนนั้น อาจใช้แรงน้ำโดยตรง แรงแลม หรือแรงดันไอน้ำจากการต้มน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงจำพวกถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน หรือความร้อนจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ ณ เวลาปัจจุบัน ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามีอย่างต่อเนื่องและเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสวนทางกับปริมาณเชื้อเพลิงที่กำลังจะประสพภาวะขาดแคลนในอนาคต เชื้อเพลิงจากซากดึกดำบรรพ์ เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติและถ่านหิน อาจหมดไปจากโลกภายในระยะเวลาไม่กี่ปี หากยังไม่มี การหาแหล่งพลังงานเพิ่มเติม ไม่เพียงเท่านั้น เชื้อเพลิงดังกล่าวก็สามารถสร้างปัญหาให้กับโลกของเราได้ เพราะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงหากไม่มีการควบคุมที่ดีจะก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศดังรูปที่ 1.1 ทำให้เกิดก๊าซพิษต่างๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไฮโดรคาร์บอน ฯลฯ ซึ่งล้วนแต่สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น อากาศเป็นพิษ ฝนกรด และทำให้โลกร้อนขึ้น นอกจากนี้ นิวเคลียร์ก็ยังไม่ปลอดภัยหากนำมาใช้งาน ดังนั้นตราบดีที่เรายังมีความต้องการใช้พลังงานกันอยู่ก็จำเป็นต้องแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง จะต้องเป็นพลังงานที่สะอาด ไม่สร้างมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และ “พลังงานจากแสงอาทิตย์” กำลังได้รับความสนใจ มีหลายหน่วยงานทำการศึกษาค้นคว้าด้านนี้อย่างจริงจังและต่อเนื่อง



รูปที่ 1.1 พลังงานมหาศาลของดวงอาทิตย์ และมลพิษทางอากาศทำให้เกิดก๊าซพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงวิชาการเท่านั้น เมื่อผู้เห็นไปเผยแพร่ใช้ขึ้นด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์สำคัญที่จะทำให้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ได้คือ “เซลล์แสงอาทิตย์” หรือ Solar Cell หรืออาจเรียกว่า PV ก็ได้ (ซึ่งย่อมาจาก Photovoltaic หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากแสง) เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตขึ้นโดยการนำแผ่นผลึกซิลิคอนมาประกบกัน โดยแผ่นด้านรับแสงจะชุบสารเจือฟอสฟอรัส เพื่อให้ซิลิคอนมีคุณสมบัตินำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอน เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบที่ซิลิคอนแผ่นนอก อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ไปยังซิลิคอนแผ่นใน ซึ่งชุบสารเจือโบรอนที่ทำให้ซิลิคอนนำไฟฟ้าด้วยโฮล จึงเกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นระหว่างแผ่นซิลิคอนทั้งสอง การผลิตพลังงานไฟฟ้าให้พอเพียงกับความต้องการใช้จะต้องนำเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์มาต่อเข้าด้วยกันเป็นแผงหรือชุดตั้งรูปที่ 1.2 หลักการทำงานคือ แสงอาทิตย์จะถูกเปลี่ยนเป็นกระแสไฟฟ้า และประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่ สำหรับนำมาใช้กับอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ หรือการใช้งานอื่นๆ ต่อไป



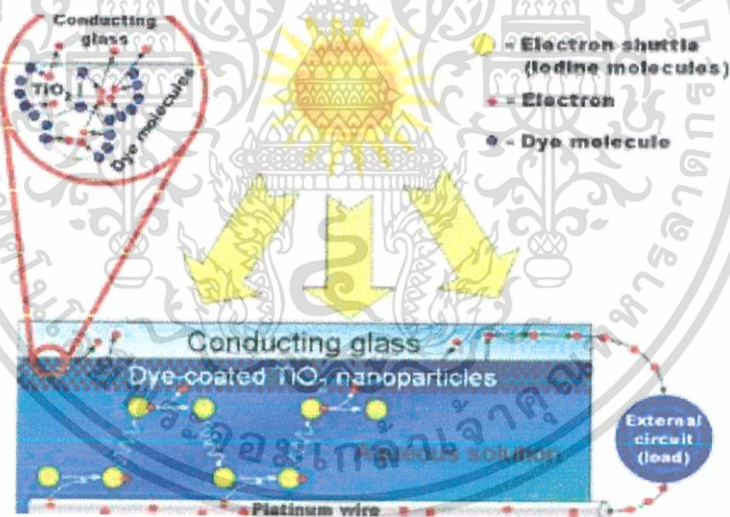
รูปที่ 1.2 การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์

คุณประโยชน์ที่ได้จากการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์นั้นมีมากมาย เช่น แสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ เป็นพลังงานที่ได้มาฟรีและมีปริมาณมากเพียงพอต่อความต้องการ ทั้งยังสะอาดบริสุทธิ์ ไม่ก่อปฏิกิริยาใดๆ อันจะทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ไม่มีการเคลื่อนไหวหรือเกิดการเสียดสีขณะทำงาน จึงไม่มีเสียงดังรบกวนและไม่มีมลพิษ การดูแลรักษาก็น้อยมากแล้วยังใช้งานได้ง่าย นอกเหนือจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ทุกหนทุกแห่งที่มีแสงอาทิตย์ ไม่ว่าจะอยู่บนยอดเขาสูง บนเกาะแก่งต่างๆ กลางทะเล แม้ในอวกาศก็สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ได้

ปัจจุบันมีการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งานด้านต่างๆ อย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นเครื่องคิดเลข นาฬิกา สถานีถ่ายทอดวิทยุ ประกาศาร สัญญาณจราจร โคมไฟถนน เรือมอเตอร์ เครื่องบินระบบสูบน้ำเพื่อการชลประทาน และดาวเทียม เป็นต้น สำหรับในต่างประเทศมีโรงผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เกิดขึ้นหลายแห่ง ซึ่งได้มีการทดลองและใช้งานอย่างกว้างขวาง ส่วนในประเทศไทยจากการศึกษาโดย ไพระโนมิเตอร์ (Pyranometer) และวิธีอื่นๆ พบว่าประเทศไทยมีปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับค่อนข้างสูงเพียงพอที่จะใช้ประโยชน์ได้อย่างมากมายก็ได้มีการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ให้กับหมู่บ้านชนบทที่อยู่ห่างไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดมาตรฐานจะให้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 0.55-0.6 โวลต์ และเกิดกระแสประมาณ 30 mA/cm^2 แต่เนื่องจากถ้าติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่กับที่จะได้รับแสงไม่ได้เต็มที่ตลอดเวลาเพราะมุมของแสงจากดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ซึ่งถ้าหากมีการปรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้หมุนตามดวงอาทิตย์ จะทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานให้สูงขึ้น เราจึงศึกษาวิธีการที่จะสร้างเครื่องควบคุมตำแหน่งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการควบคุมจะควบคุมทั้งสองแกนคือแกนตั้ง และแกนนอน โดยจะปรับมุมการรับแสงจากดวงอาทิตย์โดยอัตโนมัติ โดยแกนนอนจะปรับมุมได้ 180 องศา และแกนตั้งปรับได้ 90 องศา โดยการควบคุมจะใช้เซนเซอร์ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ในการปรับมุมอัตโนมัติ โครงสร้างหลักของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้แก่ หัวต่อ PN และข้อต่อแบบช็อกกี้แบเรีย (Shockley Barrier) ซึ่งมีลักษณะคุณสมบัติทางไฟฟ้าเช่นเดียวกับไดโอดทั่วๆ ไป โดยที่ค่า Pin ได้แก่ ค่าอินพุตที่ป้อนให้แก่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้จากความเข้มแสงอาทิตย์ซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อพื้นที่ต่อหน่วย สารที่นำมาทำเป็นเซลล์แสงอาทิตย์จะมีลักษณะโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นผลึกตั้งรูปที่ 1.3 ซึ่งเมื่อมีแสงพุ่งเข้ามาตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีการแพร่ซิมได้ดีกว่า และทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้ามากกว่าการที่แสงเข้ามาตกกระทบที่แนวอื่นๆ ดังนั้นการเอียงแนวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้แสงที่เข้ามาตกกระทบอยู่ในแนวตั้งฉากกับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ตลอดเวลา ซึ่งจะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าการตั้งแผงไว้อยู่กับที่ตลอดเวลา



รูปที่ 1.3 โครงสร้างภายในของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์

เพื่อให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถหมุนรับแสงอาทิตย์ได้อย่างเต็มที่ตลอดเวลา เพราะต้องการให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับปริมาณความเข้มของแสงจากดวงอาทิตย์ได้มากที่สุด และยังเป็นการพัฒนาการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในธรรมชาติให้เกิดประโยชน์มากขึ้นอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. สร้างเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถหมุนตามแสงอาทิตย์ โดยทำมุมกับดวงอาทิตย์ได้ 90 องศา
2. เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อติดตั้งกับเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์

1.4 ขั้นตอนการศึกษาและจัดทำโครงการ

1. เขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมมอเตอร์สำหรับควบคุมตำแหน่งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
2. สร้างเครื่องควบคุมแผงสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์
3. ทำการทดลองเครื่องควบคุมแผงสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์
4. ศึกษาการทำงานของเซนเซอร์แสงอาทิตย์

1.5 รายละเอียดของปฏิญานิพนธ์

- เนื้อหาที่จะกล่าวในปฏิญานิพนธ์นี้ประกอบด้วย
- บทที่ 1 กล่าวถึงวัตถุประสงค์ หลักการใหม่ ขั้นตอนการศึกษา และการจัดทำโครงการ พร้อมทั้งรายละเอียดของปฏิญานิพนธ์ของแต่ละบท
 - บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับโครงการ
 - บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบและโครงสร้างของโครงการและการทำงานในส่วนของแผนผังการทำงานของระบบ และวงจรขั้วดีซีมอเตอร์
 - บทที่ 4 กล่าวถึงการทดลองและผลของโครงการ
 - บทที่ 5 แสดงการวิเคราะห์สรุปผลและวิจารณ์กับแนวทางแก้ไขและสรุปผลงานของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับโครงการ

2.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาการทำงานของระบบควบคุมการหมุนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์แบบต่างๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งในที่นี้แบ่งตามลักษณะของอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบซึ่งแบ่งออกเป็น 4 แบบดังนี้

1. ระบบควบคุมการรับแสงสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ตัวควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

2. ระบบควบคุมการรับแสงสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ตัวควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

3. ระบบควบคุมการรับแสงสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีระบบควบคุมด้วยวงจรถิจิตอล

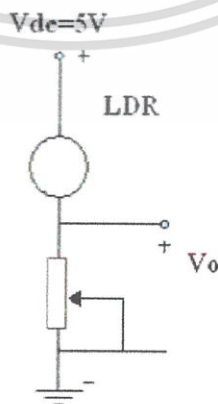
4. ระบบควบคุมการรับแสงสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีระบบควบคุมด้วยออฟแอมป์

โดยที่ระบบทั้ง 4 แบบที่กล่าวมาจะประกอบไปด้วยส่วนที่สำคัญอีกสองส่วนคือ ระบบตรวจสอบตำแหน่งดวงอาทิตย์ และระบบการควบคุมมอเตอร์ที่ใช้ในการหมุนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็ได้กล่าวไว้ในบทนี้เช่นกัน โดยเนื้อหาจะประกอบด้วยการศึกษาตัวอย่างของระบบต่างๆ และการวิเคราะห์และสรุปข้อดีและข้อเสียของแต่ละแบบโดยการศึกษาตัวอย่างของแต่ละระบบ

2.2 ระบบควบคุมการรับแสงสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

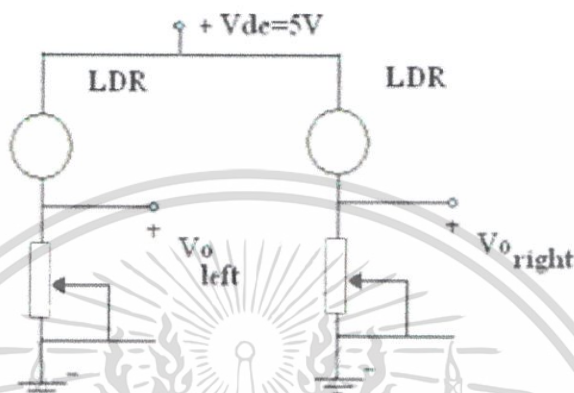
2.2.1 ระบบตรวจสอบตำแหน่งดวงอาทิตย์และระบบควบคุม [1]

ระบบตรวจสอบตำแหน่งดวงอาทิตย์ใช้ LDR (ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง) เป็นเซนเซอร์แสงสำหรับตรวจสอบโดยใช้หลักการรับ ปริมาณความเข้มของแสงมาเปลี่ยนเป็นแรงดันไฟฟ้าโดยใช้วงจรแบ่งแรงดันดังรูปที่ 2.1

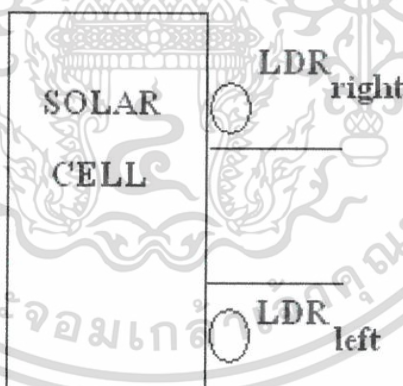


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 2.1 วงจรแปลงความเข้มแสงเป็นแรงดันไฟฟ้า นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.1 จะใช้ LDR ซึ่งค่าความต้านทานของ LDR จะเปลี่ยนแปลงตามความเข้มของแสงที่ตกกระทบถ้ามีความเข้มของแสงมากค่าความต้านทานของ LDR จะมีค่าน้อยแต่ถ้าความเข้มของแสงน้อยค่าความต้านทานของ LDR ก็จะมีค่าที่มากกว่าคุณสมบัติดังกล่าวจะทำให้แรงดัน V_o มีค่ามากในขณะที่มีแสงมากและจะมีค่าน้อยเมื่อมีแสงตกกระทบมากๆ และจากหลักการข้างต้นได้ทำการปรับวงจรเป็นดังรูปที่ 2.2 และรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 การปรับวงจรรูปที่ 2.1



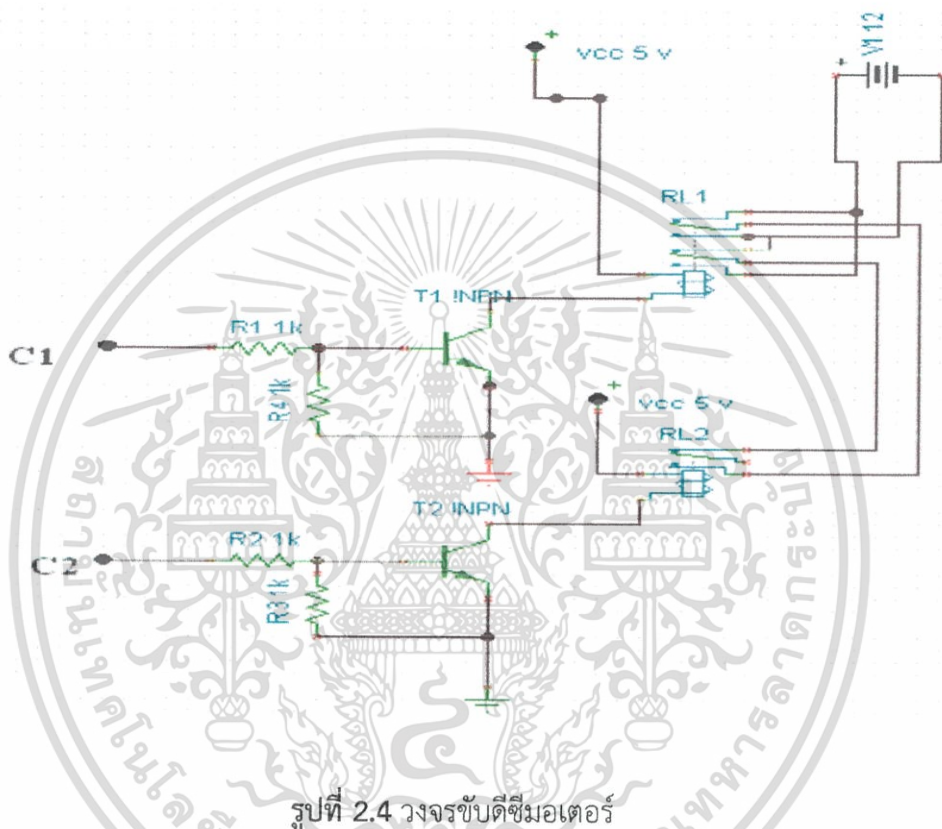
รูปที่ 2.3 การวางตำแหน่ง LDR

จากวงจรและการวางตำแหน่งของ LDR จะใช้หลักการเปรียบเทียบแรงดันโดยแรงดันที่ได้จะทำการแปลงจากสัญญาณอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยใช้ไอซีเบอร์ ADC 0809 ซึ่งสามารถใช้งานได้ถึง 8 แชลแนล ในระบบนี้ใช้เพียง 2 แชลแนล เมื่อทำการแปลงสัญญาณเสร็จแล้วก็ส่งสัญญาณดิจิทัลประมวลผลโดยการเขียนโปรแกรมภาษาแอสแซมบลี โครงการนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Z80 และบอร์ดทดลอง ET-8032 ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นตัวควบคุมการทำงานในส่วนต่างๆ ทั้งหมด โดยจะทำงานตามที่เขียนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 วงจรขับตีซีมอเตอร์

วงจรขับตีซีมอเตอร์ของโครงการนี้จะรับแรงดันจากวงจรควบคุมแรงดันให้คงที่เพื่อรักษาความเร็วรอบให้คงที่ โดยที่วงจรจะถูกควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรขับมอเตอร์จะทำหน้าที่ตัดต่อการจ่ายแรงดันให้มอเตอร์ และทำการสลับขั้วของตีซีมอเตอร์ด้วยรีเลย์เพื่อที่จะกลับทิศทางการหมุน ซึ่งการทำงานของรีเลย์จะขึ้นอยู่กับสัญญาณที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรขับตีซีมอเตอร์ แสดงดังรูปที่ 2.4



2.2.3 เงื่อนไขการควบคุมของระบบ

การควบคุมการทำงานของระบบเริ่มต้นจะรับข้อมูลจากทางด้านซ้ายก่อน และจากนั้นจึงรับข้อมูลทางด้านขวา ซึ่งการรับข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับจากไอซีเบอร์ ADC 0809 ถ้าค่าข้อมูลทางด้านซ้ายมากกว่าทางด้านขวา มอเตอร์หมุนไปทางด้านซ้ายจนกว่าค่าข้อมูลทั้งสองข้างจะเท่ากันหรือค่าที่ยอมรับได้ ถ้าค่าข้อมูลทางด้านซ้ายน้อยกว่าทางด้านขวามอเตอร์จะหมุนไปทางด้านขวาจนกว่าจะเท่ากันหรือค่าที่ยอมรับได้ ถ้าค่าข้อมูลเท่ากันหรือยอมรับได้มอเตอร์จะหยุดหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 วิเคราะห์โครงงานระบบควบคุมการรับแสงสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

จากการศึกษาโครงงานเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ พบว่าระบบการควบคุมที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุม มีความถูกต้องในการตรวจสอบตำแหน่งที่มีความแม่นยำสูง แต่ในโครงงานนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับ IC ADC 0809 ซึ่งเป็นการแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิทัลที่อยู่ภายนอก ซึ่งปัจจุบันนี้มีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีฟังก์ชันการแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิทัลในตัว ซึ่งจะทำให้ประหยัดพื้นที่ของวงจรและพลังงานที่จ่ายให้อุปกรณ์ได้ดีกว่าเดิม ส่วนการใช้ LDR เป็นเซนเซอร์นั้น จากการทดลองการทำงานเทียบกับโฟโตทรานซิสเตอร์ปรากฏว่า โฟโตทรานซิสเตอร์มีมุมการรับแสงที่แคบกว่า ซึ่งจะเป็นการเหมาะสมกว่าถ้าใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ในการเป็นเซนเซอร์รับแสง

2.3 ระบบควบคุมการรับแสงสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

รูปที่ 2.5 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ของระบบที่ควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ โดยรายละเอียดของเครื่องเป็นเครื่องหมุนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกน คือ แกนตั้งและแกนนอน ส่วนประกอบหลักแบ่งเป็นสองส่วนคือ ส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ใช้ STEPER MOTOR 12 โวลต์ ในการหมุนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การทำงานของเครื่องสามารถทำได้ทั้งแบบ Manual และแบบ Automation



รูปที่ 2.5 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของระบบที่ควบคุมโดยคอมพิวเตอร์

2.3.1 ระบบตรวจสอบตำแหน่งดวงอาทิตย์และระบบควบคุม [4]

ระบบตรวจสอบตำแหน่งดวงอาทิตย์ใช้โฟโตทรานซิสเตอร์เป็นตัวเซ็นเซอร์โดยใช้ทั้งหมดจำนวน 4 ตัวในการตรวจสอบตำแหน่งดวงอาทิตย์ซึ่งแต่ละแกนใช้แกนละ 2 ตัว การควบคุมใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมการทำงานทั้งหมดโดยการเขียนโปรแกรมบน Microsoft Windows ส่วนซอฟต์แวร์ที่ใช้ ในการควบคุมเฉพาะนั้น จะใช้จาก Bureau of Meteorology, Australia ดังรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 กล้องควบคุมการทำงานของระบบที่ควบคุมโดยคอมพิวเตอรื

2.3.2 วิเคราะห์ระบบควบคุมการรับแสงสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอรื

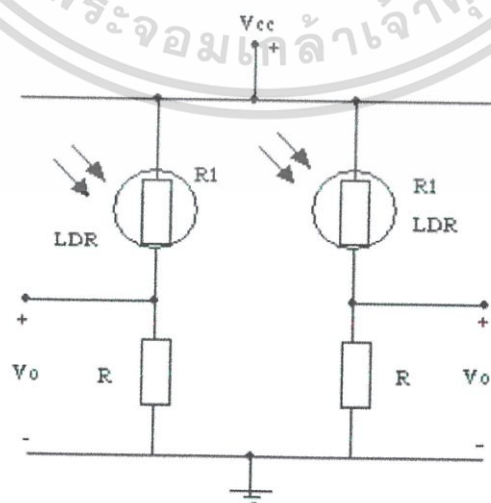
เป็นระบบที่มีความแม่นยำสูงเพราะใช้การเขียนโปรแกรม ที่สามารถออกแบบโปรแกรมให้เหมาะสมกับทุกๆ สภาพอากาศขึ้นอยู่กับกรเขียนโปรแกรมของผู้ออกแบบ เป็นระบบที่มีราคาสูงและการใช้งานคอมพิวเตอรื ควบคุมการทำงานตลอด อาจจะไม่คุ้มค่าสำหรับการใช้คอมพิวเตอรืที่มีประสิทธิภาพในการทำงานอย่างอื่นที่จำเป็นกว่า

2.4 ระบบควบคุมการรับแสงสำหรับแผงสุริยะที่ใช้ตัวควบคุมด้วยออฟแอมป์

2.4.1 ระบบตรวจสอบตำแหน่งดวงอาทิตย์และระบบควบคุม [2]

เซนเซอร์ในระบบนี้ใช้ความต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง (LDR) โดยวงจรที่ใช้ทำการต่อดังรูป

ที่ 2.7



รูปที่ 2.7 วงจรตรวจสอบจับตำแหน่งดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

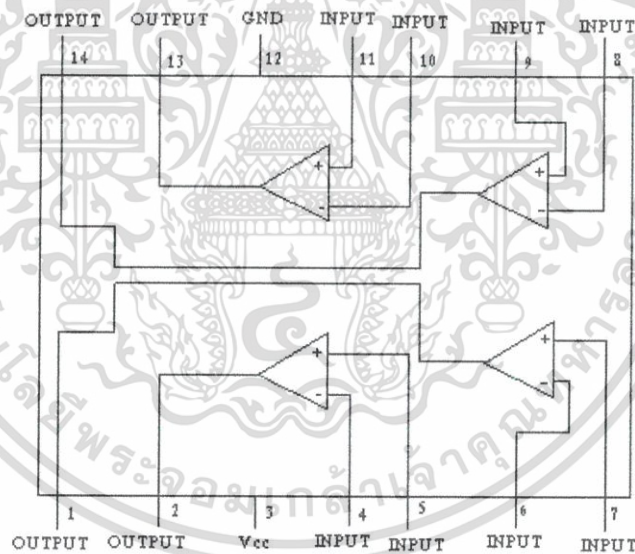
จากรูปที่ 2.7 ใช้ LDR ที่เป็นตัวต้านทานที่แปรค่าได้ตามความเข้มของแสง การทำงานของมันก็คือเมื่อได้รับความเข้มของแสงมาก LDR ก็จะเปลี่ยนความต้านทานของตัวมัน ทำให้ความต้านทานของ LDR นั้นลดลง ในทางตรงกันข้ามเมื่อได้รับความเข้มของแสงน้อย LDR ก็จะเปลี่ยนความต้านทานของตัวมัน ทำให้ความต้านทานของ LDR นั้นสูงเช่นกัน ซึ่งค่าความต้านทานของ LDR อาจอยู่ระหว่างประมาณ 20 โอห์ม ถึง 30 กิโลโอห์ม

การคำนวณหาค่า V_o นั้นทำได้โดยการหาแบบวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) ดังนี้

$$V_o = \left(\frac{R}{R+R_1} \right) V_i \quad (2.1)$$

ซึ่งค่า V_o ที่ออกมา จะนำแรงดันไปเปรียบเทียบกับระหว่างสองเอาต์พุตการควบคุมซึ่งในโครงการนี้ใช้ออปแอมป์เป็นตัวทำการเปรียบเทียบ

การนำอินพุตเข้าไปเปรียบเทียบก็คือ เมื่อได้รับสัญญาณอินพุตแล้ว เราจะอินพุตที่ได้นี้ไปเปรียบเทียบกับโดยใช้ไอซีเบอร์ LM 339 ซึ่งเป็นไอซีที่ข้างในประกอบไปด้วยออปแอมป์ 4 ตัว นั้นหมายถึงเรามีตัว Comparator 4 ตัวในไอซี 1 ตัว

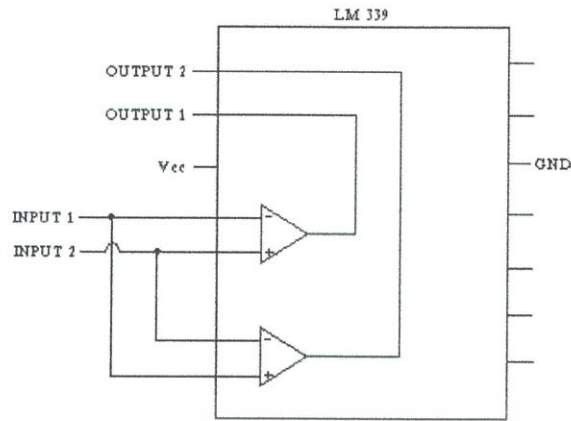


รูปที่ 2.8 วงจรภายในของ LM 339

คุณลักษณะของไอซี LM 339

1. มีแรงดันไฟเลี้ยงไอซี 2 ถึง 36 V_{dc}
2. เอาต์พุตออกจะมีค่าคงที่ ซึ่งจะมีค่าประมาณไฟเลี้ยงไอซี
3. มีความถูกต้องแม่นยำสูงในการเปรียบเทียบ
4. สามารถแสดงการต่อวงจรในการเปรียบเทียบได้ดังรูปที่ 2.8

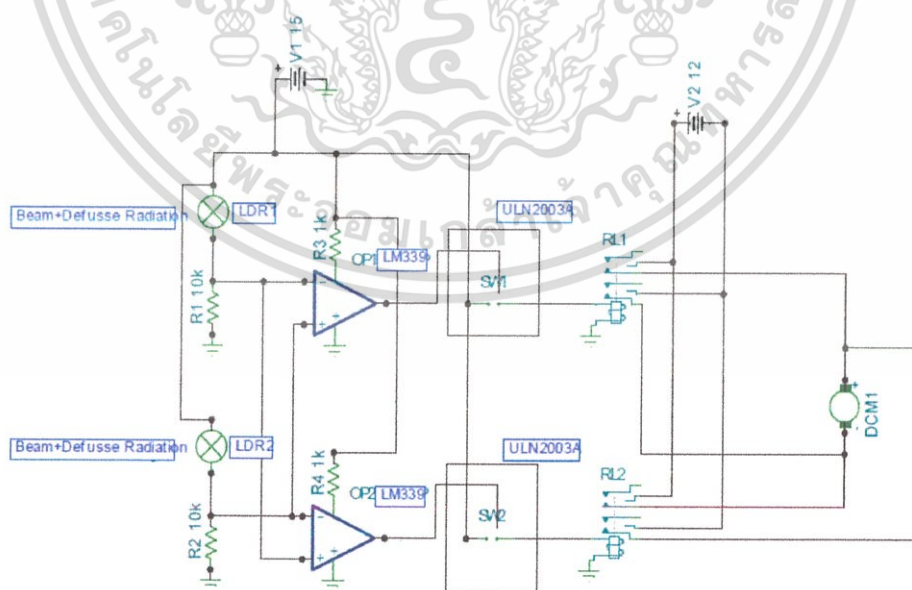
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 การนำอินพุตเข้าสู่ตัว Comparater

จากรูปที่ 2.9 ทำการต่อไฟเลี้ยงไอซี 15 v_{dc} เข้าที่ขา Vcc แรงดันที่ได้จาก LDR จะนำมาเข้าขาออฟแอมป์ ซึ่งมีขาบวกและลบอยู่ ซึ่งแรงดันที่ได้จาก LDR จะนำมาเข้าขาของออฟแอมป์สองตัว โดยถ้าต้องการให้แรงดันจาก LDR เป็นตัวตั้งในการเปรียบเทียบ จะนำเข้ามาต่อกับขาของออฟแอมป์ส่วนถ้าเป็นตัวที่จะนำมาเปรียบเทียบกับตัวตั้งจะนำมาต่อกับขาลบของออฟแอมป์

การทำงานก็คือ เมื่อเอาต์พุต 1 มากกว่าเอาต์พุต 2 จะสั่งให้ติชโมเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา แต่ถ้าเอาต์พุต 1 น้อยกว่าเอาต์พุต 2 จะสั่งให้ติชโมเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา โดยมีไอซีเบอร์ ULN2003A ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ ปิด-เปิด ไฟที่จะเลี้ยงติชโมเตอร์และมีรีเลย์ 2 คอนแทค 2 ตัว เพื่อเป็นการสลับขั้วของติชโมเตอร์เพื่อให้หมุน ได้ 2 ทิศทาง ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 วงจรขับติชโมเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 วิเคราะห์ระบบควบคุมการรับแสงสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีระบบควบคุมด้วยออฟแอมป์

เมื่อ LDR ตัวที่ 1 ได้รับความเข้มของแสง มากกว่า LDR ตัวที่ 2 จะทำให้ LDR ตัวที่ 1 เปลี่ยน ความต้านทานของตัวมันทำให้ความต้านทานของ LDR ตัวที่ 1 นั้นลดลง และทำให้ V_o หรือ เอาต์พุต 1 นั้น มากกว่า เอาต์พุต 2 และจะสั่งให้ดีซีมอเตอร์ทำงานเมื่อทำการเปรียบเทียบแล้ว

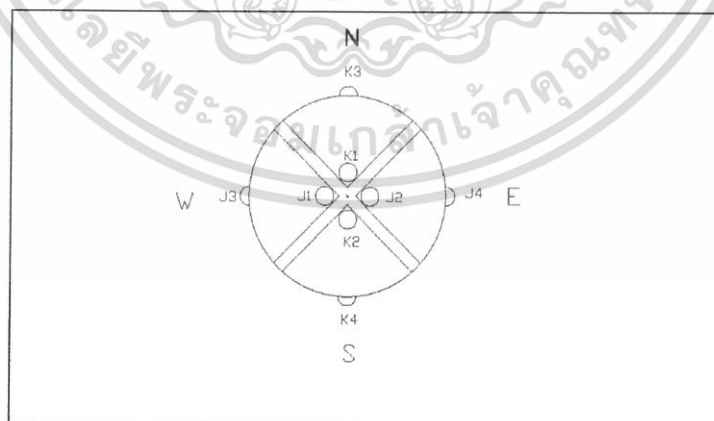
ข้อดี มีความแม่นยำ และสามารถปรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับแสงที่เข้ามาตกกระทบ ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับปริมาณแสงอาทิตย์ที่มีความเข้มที่สุด ส่งผลให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสีย LDR มีความไวต่อแสงมาก เราจึงต้องทำการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ให้หมุนช้าๆ ซึ่งผลที่ได้จากการของโครงการนี้ก็คือ สามารถควบคุมการหมุนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดี เมื่อใช้เฉพาะ LDR หลัก 2 ตัว แต่ถ้าเพิ่ม LDR อีก 2 ตัว เพื่อให้ระบบสมบูรณ์แบบ ผลที่ได้จะไม่ดีเท่าที่ควร อาจเนื่องจากการเปรียบเทียบสองสัญญาณจะมีความแน่นอนมากกว่าที่จะเปรียบเทียบทั้ง 4 สัญญาณ จากวงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ใช้รีเลย์ในการทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ซึ่งจะเกิดการสัมผัสกันของแผ่นโลหะหน้าสัมผัส ซึ่งจะทำให้เกิดการสปาร์ค หรือเกิดออกไซด์ ซึ่งจะทำให้ที่หน้าสัมผัสมีความต้านทานที่เพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดความร้อนและการสูญเสียพลังงานซึ่งถ้าเปลี่ยนเป็นวงจรที่ใช้ทรานซิสเตอร์จะไม่เกิดปัญหาดังที่กล่าวมา

2.5 ระบบควบคุมการรับแสงสำหรับแผงสุริยะด้วยวงจรดิจิทัล

2.5.1 ระบบตรวจสอบตำแหน่งดวงอาทิตย์และระบบควบคุม [3]

วงจรตรวจจับแสงในระบบนี้ใช้โฟโต้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวตรวจจับแสงโดยอาศัยหลักการบังแสง และแยกการวางตำแหน่งของโฟโต้ทรานซิสเตอร์โดยการวางตำแหน่งดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การวางตำแหน่งของโฟโต้ทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

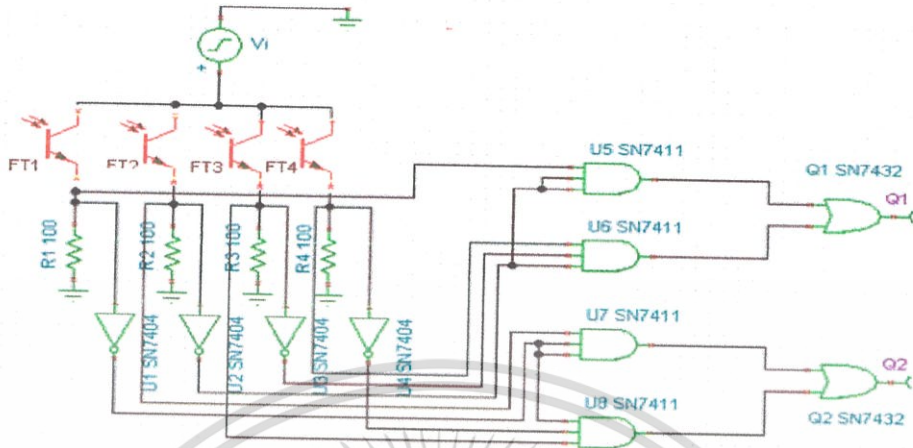
ตอนเข้าดวงอาทิตย์ขึ้นที่ J_4 ทิศตะวันออก ทำให้ $Q_1 = 1$ ทำงาน ซึ่งสั่งให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา แล้วทำให้เซนเซอร์หมุนตามทำให้ $J_1 = J_2$ ได้รับแสงทำให้เป็นลอจิก 1 แล้วทำให้สถานะ $Q_1 = 1$ เป็นลอจิก 0 จึงทำให้มอเตอร์หยุดหมุน เมื่อเวลาผ่านไปดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปจนทำให้ $J_3 = 1$ เมื่อได้รับแสง ทำให้ $J_3 = 1$ มอเตอร์ก็จะหมุนทวนเข็มนาฬิกาจนกว่า J_3 และ J_2 เท่ากับ 1 เมื่อได้รับแสงอาทิตย์ทำให้มอเตอร์หยุดทำงาน ซึ่งแสดงไว้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางการทำงานของโฟโต้ทรานซิสเตอร์และมอเตอร์

INPUT				OUTPUT	
J_i	h	J_3	J_4	Q_1	Q_2
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	0	1
0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1
0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	1
1	0	0	0	1	0
1	0	0	1	1	0
1	0	1	0	1	0
1	0	1	1	1	0
1	1	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

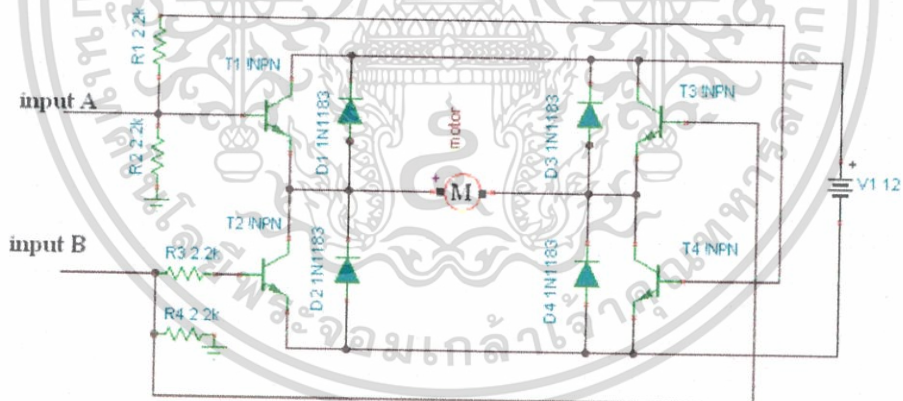
วงจรควบคุมใช้เกตพื้นฐานในการออกแบบวงจรดิจิทัลดังรูปที่ 2.12 ซึ่งจะทำงานร่วมกับวงจรตรวจจับตำแหน่งดวงอาทิตย์ ซึ่งการทำงานเป็นไปตามตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.12 วงจรควบคุมโดยใช้เกต

2.5.2 วงจรขับมอเตอร์

วงจรขับมอเตอร์และการควบคุมตำแหน่งของดีซีมอเตอร์แสดงดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 วงจรควบคุมการหมุนของดีซีมอเตอร์

จากวงจรการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้หมุนไปทางซ้ายหรือขวา ขึ้นอยู่กับการควบคุมสัญญาณอินพุตที่ป้อนให้กับวงจร เช่น ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนไปทางขวา (หมุนตามเข็มนาฬิกา) ก็ให้ป้อนสัญญาณอินพุตที่ A ซึ่งจะทำให้ทรานซิสเตอร์ T1 และ T4 ทำงาน ซึ่งในวงจรนี้จะทำหน้าที่เหมือนสวิตช์ในทางกลับกันถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนไปทางซ้าย ก็ให้ป้อนสัญญาณอินพุตที่ B เพื่อสั่งให้ทรานซิสเตอร์ T2 และ T3 ทำงานซึ่งจะเป็นการป้อนแรงดันให้มอเตอร์มีแรงดันที่ชั่วตรงข้ามกับในกรณีแรกทำให้สามารถที่จะควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 การวิเคราะห์ระบบควบคุมการรับแสงสำหรับแผงสุริยะด้วยวงจรถิจริตอล

จากการศึกษาโครงการพบว่า เป็นระบบที่มีระบบตรวจจับตำแหน่งดวงอาทิตย์เป็นแบบที่แตกต่างจากแบบอื่นๆ ที่ได้ศึกษามา คือใช้เป็นการออกแบบให้สัญญาณมีลักษณะเป็นดิจิตอลป้อนให้วงจรถิจริตอลโดยตรง ซึ่งการทำงานแบบนี้อาจจะผิดพลาดขึ้นได้ง่ายในกรณีที่แสงตกกระทบโฟโตทรานซิสเตอร์มีความเข้มไม่มากพอที่จะทำให้สถานะของลอจิกเปลี่ยนแปลง

ข้อดีของระบบนี้คือ การใช้วงจรถิจริตอลพื้นฐานสามารถที่จะสร้างวงจรได้ง่าย แต่จะปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้นได้ยาก เพราะถ้าจะปรับปรุงจะต้องออกแบบวงจรใหม่หมดซึ่งเป็นข้อด้อยของระบบนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์หรือคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถที่จะโปรแกรมได้ และส่วนที่น่าสนใจในโครงการนี้คือส่วนของวงจรถวมมอเตอร์ซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์ในการเป็นสวิตซ์ในการควบคุมมอเตอร์

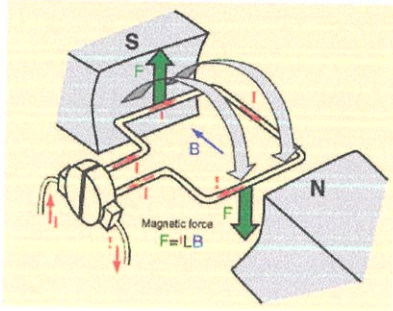
2.6 ดีซีมอเตอร์

ดีซีมอเตอร์จะใช้เทคนิคเดียวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง กล่าวคือ ดีซีมอเตอร์กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่างกันที่กำลังอินพุตของมอเตอร์เป็นพลังงานไฟฟ้า และกำลังเอาต์พุตเป็นพลังงานกล

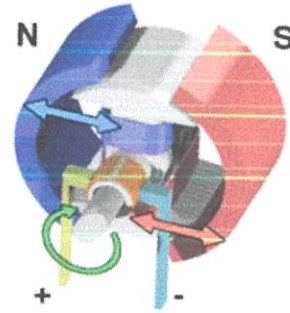
จากรูปที่ 2.14 เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้อาร์เมเจอร์จะเกิดไฟฟ้าไหลในอาร์เมเจอร์ ซึ่งจะสร้างแรงแม่เหล็กและส่งผลให้เกิดแรงบิดจึงทำให้มอเตอร์หมุน ดังกล่าวคือ แรงที่เกิดขึ้นในตัวนำซึ่งมีทิศทางตั้งฉากกับกระแสไฟฟ้าในตัวนำ โดยมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดลวดทางด้านซ้ายมือ และไหลออกจากขดลวดทางด้านขวามือ จากกฎมือซ้ายของเฟลมมิง จึงมีทิศทางต่างกันทำให้เกิดแรงบิดเสริมกัน เป็นผลทำให้มอเตอร์หมุนและส่งพลังงานกลออกมา และมีแรงดันไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ส่วนหนึ่งที่มีทิศทางตรงกันข้ามกับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์คือ แรงดันไฟฟ้าต้านกลับ (Back Emf) ดังสมการที่ 2.2

$$E_g = V_t - I_a R_a \quad (2.2)$$

เมื่อ	E_g	=	แรงดันไฟฟ้าต้านกลับของดีซีมอเตอร์ (V)
	V_t	=	แรงดันที่จ่ายให้กับดีซีมอเตอร์ (V)
	I_a	=	กระแสที่ขดลวดอาร์เมเจอร์ (A)
	R_a	=	ความต้านทานที่ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Ω)



(ก) การหมุนของดีซีมอเตอร์



(ข) โครงสร้างภายในของดีซีมอเตอร์

รูปที่ 2.14 การหมุนของดีซีมอเตอร์และโครงสร้างภายในของดีซีมอเตอร์

ในระบบนี้ใช้ดีซีมอเตอร์ที่ใช้เป็นชนิด Permanent Magnet DC Motor เป็นมอเตอร์ที่ไม่ต้องการกระตุ้นเพื่อเกิดสนามแม่เหล็ก ซึ่งทำการควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์โดยใช้วิธีคอนโทรลอาเมเจอร์ วิธีการควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์โดยการปรับระดับแรงดันตกคร่อมขดลวดอาเมเจอร์ของดีซีมอเตอร์

สมการของดีซีมอเตอร์แบบสนามแม่เหล็กถาวรสามารถเขียนได้ดังนี้

$$E_g = K_a \phi \omega \tag{2.3}$$

$$E_g = V_t - I_a R_a \tag{2.4}$$

$$K_a \phi \omega = V_t - I_a R_a \tag{2.5}$$

เมื่อ	E_g	=	แรงดันไฟฟ้าต้านกลับของดีซีมอเตอร์ (V)
	K_a	=	ค่าคงที่ของดีซีมอเตอร์ (V.sec/Wb)
	ϕ	=	ปริมาณเส้นแรงแม่เหล็ก (Wb)
	ω	=	ความเร็วรอบของดีซีมอเตอร์(rpm)
	V_t	=	แรงดันที่จ่ายให้กับดีซีมอเตอร์ (V)
	I_a	=	กระแสที่ขดลวดอาเมเจอร์ (A)
	R_a	=	ความต้านทานที่ขดลวดอาเมเจอร์ (Ω)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจึงสามารถควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ได้ โดยการปรับแรงดันที่ป้อนเข้าขดลวด อามเจอร์ของดีซีมอเตอร์ โดยถ้าแรงดันเข้าขดลวดน้อย จะทำให้ดีซีมอเตอร์มีความเร็วรอบน้อย แต่ ถ้าแรงดันเข้าขดลวดมาก จะทำให้ดีซีมอเตอร์มีความเร็วรอบมากขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน

2.7 การใช้งาน ATMEGA 328

รูปที่ 2.15 ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด ATmega 328 เป็น MCU ประจําบอร์ด โดย MCU รุ่นนี้ มีขาทั้งหมด 28 ขา และมีจุดเด่นคือเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็ก แต่เพียบพร้อมไปด้วย ทรัพยากรพื้นฐานต่างๆ อย่างครบถ้วน จึงมีความเหมาะสมเป็นอย่างยิ่งในการใช้งานทั่วไป สำหรับ ภายในมีทั้งระบบฮาร์ดแวร์ของ SPI, UART, I2C, Watchdog, Timer/Counter, PWM เป็นต้น และสามารถใช้ในการพัฒนาโปรแกรมด้วย Arduino ได้ทันที



รูปที่ 2.15 ชุดโมดูลบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

2.7.1 คุณสมบัติของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

ชุดโมดูลบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino มี Atmega 328 เป็น MCU ตระกูล AVR ประจําบอร์ด โดยเลือกใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาแบบ Crystal Oscillator ที่มีค่า 16 MHz เพื่อให้สามารถใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรมได้อย่างลงตัว

- บอร์ดสามารถเปลี่ยนการติดตั้ง MCU เป็นแบบ 28 Pin หรือเบอร์อื่นในอนุกรมเดียวกันได้ โดยไม่ต้องมีการดัดแปลงใดๆ เช่น Atmega 88 เป็นต้น

- มีหน่วยความจำแบบ Flash 32 Kbyte โดยแบ่งเป็น Boot Loader 2 Kbyte

- มี EPROM 1 Kbyte/s RAM 2 Kbyte

- มีพอร์ตเป็น 14 Digital Input/Output Pins ซึ่งมี 6 Pin สามารถสร้างเป็น PWM

Outputs

- มีพอร์ต 6 Analog Input/Output Pins

- ไฟกระแสตรง (DC) ขา I/O Pin มีค่า 40 mA

- ไฟกระแสตรง (DC) ขา 3.3V Pin มีค่า 50 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- MCU ประจําบอร์ดที่ได้รับการติดตั้ง Boots Loader สามารถอัปโหลดโค้ดให้บอร์ดผ่านทางพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมได้ทันที
- มีขั้วต่อ USB Interface สื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมเข้าคอมพิวเตอร์ได้ทันที
- มี LED สำหรับแสดงสถานะไฟเลี้ยง และการรับส่งข้อมูล
- ใช้ไฟเลี้ยง ประจําบอร์ด 7-12 โวลต์

2.7.2 ทฤษฎีภาษา Arduino

“Arduino” เป็นภาษาอิตาลีซึ่งเป็นชื่อของโครงการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR แบบ Open Source ที่ได้รับการปรับปรุงมาจากโครงการ Open Source ของ AVR Arduino มีจุดเด่นในเรื่องของความง่ายในการเรียนรู้และใช้งาน เนื่องจากมีการออกคำสั่งต่างๆ ขึ้นมาสนับสนุนการใช้งานด้วยรูปแบบที่ง่ายไม่ซับซ้อน ซึ่งแม้ว่า Arduino จะมีรูปแบบการใช้งานคล้ายๆ กับไมโครคอนโทรลเลอร์อย่าง Basic Stamp ของ Parallax แต่ก็มีจุดเด่นกว่ารายอื่นคือ

- ราคาไม่แพง เนื่องจากมี Source Code และวงจรแจกให้ฟรีสามารถต่อวงจรขึ้นมาใช้เองได้ รวมถึงมีการเปิดเผยวงจร Source Code ทั้งหมดทำให้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ดี ทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์
- โปรแกรมที่ใช้พัฒนาของ Arduino สามารถรองรับการทำงานทั้ง Window, Linux และ OSx
- รูปแบบคำสั่งง่ายต่อการใช้งานแต่สามารถนำไปใช้งานจริงๆ กับส่วนที่มีความซับซ้อนมากก็ได้ และยังสามารถสร้างคำสั่งรวมถึง Library ใหม่ๆ ขึ้นมาใช้เองได้ เมื่อมีความชำนาญมากขึ้น

2.7.3 เปรียบเทียบภาษาซีกับ Arduino

สำหรับการเขียนโปรแกรมของ Arduino นั้นใช้ภาษา C++ ซึ่งเป็นรูปแบบของภาษาซีประยุกต์รูปแบบหนึ่ง ที่มีโครงสร้างการทำงานของตัวเองโปรแกรมโดยรวมคล้ายกับภาษาซีมาตรฐานทั่วไป เพียงแต่ได้มีการปรับปรุงเพื่อลดความยุ่งยากในการใช้งานลดลง และให้ผู้ใช้สามารถใช้งานเขียนโปรแกรมได้ง่าย สะดวกมากกว่าการเขียนภาษาซีแบบมาตรฐาน แต่ในความเป็นจริงนั้นโปรแกรมดังกล่าวไม่ใช่ C-Compiler โดยตรง เนื่องจาก Arduino จะมีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับ Text Editor ของภาษา C++ ตัวหนึ่งโดยจะทำงานร่วมกับ utility บางส่วนที่ Arduino สร้างขึ้นมารองรับโดย Arduino จะใช้รูปแบบการทำงานของ Editor เป็นฉากหน้าในการติดต่อสื่อสารกับผู้ใช้เท่านั้น ส่วนเบื้องหลังจริงๆ แล้ว Arduino จะไปเรียกใช้ตัวแปลภาษาซี และ Utility อื่นที่ใช้เป็นเครื่องมือพัฒนาโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR อีกทีหนึ่ง Arduino จะเลือกใช้คอมไพเลอร์ของ “GNU AVR-GCC Toolchain” ร่วมกับ Library Function ของ “avr-libc” ส่วน Utility ที่ใช้ในการอัปโหลดโค้ดให้กับ AVR จะใช้ในส่วนของ “AVRDude”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.4 โครงสร้างการเขียนโปรแกรมภาษาซีของ Arduino

ภาษาซีของ Arduino จะจัดแบ่งรูปแบบโครงสร้างของการเขียนโปรแกรมเป็นส่วนย่อยๆ หลายๆ ส่วน โดยเรียกแต่ละส่วนว่า “ฟังก์ชัน” และเมื่อนำฟังก์ชันมารวมเข้าด้วยกันก็จะเรียกว่า “โปรแกรม” โดยโครงสร้างการเขียนโปรแกรมของ Arduino ทุกๆ โปรแกรมจะประกอบไปด้วยฟังก์ชันจำนวนเท่าใดก็ได้ แต่อย่างน้อยที่สุดต้องมี 2 ฟังก์ชันคือ setupO และ loopO

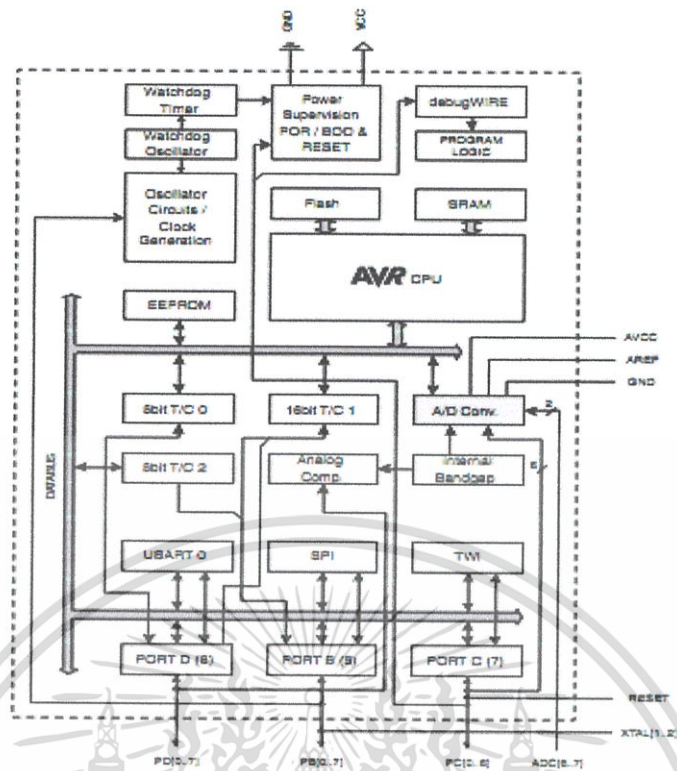
- SetupO : เป็นฟังก์ชันบังคับที่ต้องกำหนดให้มีทุกๆ โปรแกรม ถึงแม้ว่าบางโปรแกรมจะไม่ต้องการใช้งานก็ยังจำเป็นต้องประกาศไว้เสมอ เพียงแต่ไม่ต้องเขียนคำสั่งใดๆ ไว้หลังวงเล็บปีกกา { } ที่ใช้เป็นตัวกำหนดขอบเขตของฟังก์ชัน โดยฟังก์ชันนี้จะใช้สำหรับบรรจุคำสั่งที่ต้องการให้โปรแกรมทำงานเพียงรอบเดียวตอนเริ่มต้นทำงานของโปรแกรมครั้งแรกเท่านั้น ซึ่งได้แก่คำสั่งเกี่ยวกับการ Setup ค่าการทำงานต่างๆ เช่น การกำหนดหน้าที่ของการใช้งานของ PinMode และค่า Baudrate สำหรับการใช้งานสื่อสารพอร์ตอนุกรม เป็นต้น

- LoopO : เป็นส่วนฟังก์ชันบังคับที่ต้องกำหนดให้มีในทุกโปรแกรม เช่นเดียวกับฟังก์ชัน SetupO โดยฟังก์ชัน LoopO นี้จะใช้ในการบรรจุคำสั่งที่ต้องการให้โปรแกรม ทำงานเป็นวนรอบซ้ำๆ กันไปไม่รู้จบ ซึ่งเปรียบเทียบกับฟังก์ชัน Main 0 ใน ANSCI-C นั้นเอง

2.7.5 สถาปัตยกรรมขั้นสูงแบบ RISC (Reduce Instruction Set Computer)

รูปที่ 2.16 เป็นสถาปัตยกรรมขั้นสูงแบบ RISC คือ ตัวทำให้การประมวลผลมีความเร็ว 1 คำสั่ง/1 Clock หรือ CPU สามารถประมวลคำสั่งได้ 1 MIPS/MHz

- ชุดคำสั่ง 131 คำสั่งต่อ 1 รอบนาฬิกา
- รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต 32 ตัว
- ความเร็วในการประมวลผลมากกว่า 20 ล้านคำสั่งต่อวินาที (MIPS) ที่ 20 MHz



รูปที่ 2.16 สถาปัตยกรรมชั้นสูงแบบ RISC

โดยมีคุณสมบัติต่างๆ ดังต่อไปนี้
หน่วยความจำ

- แบบ 32 Kbyte สามารถเขียนลบโปรแกรมได้ 10,000 ครั้ง
- แบบ EPROM 1Kbyte สามารถเขียนและลบโปรแกรมได้ 100,000 ครั้ง
- แบบ SRAM 2 Kbyte

ไฟเลี้ยง

- ระหว่าง 1.8 ถึง 2.5 V

ความถี่สัญญาณนาฬิกา

- ระหว่าง 0 ถึง 4 MHz
- มีการรองรับอุปกรณ์ต่อพ่วง
- อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมแบบ I2C และ USART

อื่นๆ

- มีระบบ Reset แบบอัตโนมัติเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์
- มีฟังก์ชันตรวจสอบแรงดัน
- มีระบบการขัดจังหวะทั้งภายในและภายนอก
- มีระบบตรวจจับความผิดพลาดของ CPU
- มีโหมดอนุรักษ์พลังงาน 5 Mode ได้แก่ Idle, ADC Noise Reduction, Power-Save, Power-Down, Standby

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.6 ส่วนประกอบต่างๆ ของไอซี ATmega 328

รูปที่ 2.17 แสดงหน้าที่ของขาต่างๆ ในไอซี Atmega 328 โดยรายละเอียดหรือหน้าที่ของแต่ละขาได้อธิบายไว้ในตารางที่ 2.2

(PCINT14/RESET) PC8	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)
(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)
(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)
(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)
(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)
(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8)
VCC	7	22	GND
GND	8	21	AREF
(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC
(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5)
(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)
(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)
(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)
(PCINT0/CLKO/ICP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1)

รูปที่ 2.17 ไอซี ATmega 328

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ฟังก์ชันการทำงาน'ของ ATmega 328

ชื่อ	รายละเอียด	ขา
GND	ขาราวด์ต่อสายดิน	8,22
VCC	ไฟเลี้ยง 1.8 ถึง 5.5v	7
Port B(PB 7: 0) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2	- เป็นพอร์ต 2 ทิศทาง ขนาด 8 บิต โดยสามารถกำหนดให้ขาของแต่ละพอร์ตสามารถตั้งค่าให้ Pull up Resistor ได้ (ภายในเป็นอิสระแยกจากกัน เพื่อดึงแรงดันของลอจิก 1 ให้เท่ากับ 5 v) - สามารถใช้งานพิเศษตามความต้องการของ ATmega 328 โดยขึ้นอยู่กับค่าสัญญาณนาฬิกาที่ขา PB6 ที่ใช้เป็นแรงดัน Oscillator และขาอินพุตของวงจรสัญญาณ Clock Oscillator	9,10,14-19
PC6/RESET	ขา Reset	1
Port D (PD7:0)	- เป็นพอร์ตสองทิศทางขนาด 8 บิต โดยสามารถกำหนดให้ขาของแต่ละพอร์ตสามารถตั้งค่าให้ Pull up Resistor ได้ สามารถใช้งานพิเศษตามความต้องการของ ATmega 328	1-6,11-13
AVCC	- ใช้จ่ายไฟให้กับวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล มักจะต่อเข้ากับขา VCC	20
AREF	- แรงดันอ้างอิงที่ใช้งานในส่วนของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลมักต่อกับ VCC	21
ADC 7:6 (TQFP and QFN/MLF Package Only)	- ขากำลังงานใช้แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล	23-28
Port c (PC5:0)	- เป็นพอร์ตสองทิศทางขนาด 8 บิต โดยสามารถกำหนดให้ขาของแต่ละพอร์ตสามารถตั้งค่าให้ Pull up Resistor ได้สามารถใช้งานพิเศษตามความต้องการของ ATmega 328	23-28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.7 ทฤษฎีการสื่อสารแบบอนุกรม

ทฤษฎีการสื่อสารแบบอนุกรม เป็นการรับส่งข้อมูลที่ละบิตจนครบ 1 ไบต์ ถ้าต้องการส่งข้อมูล 1 ไบต์คือ D0 - D7 อาจส่ง D0 ออกไปก่อน แล้วตามด้วย D1 ไปเรื่อยๆ จนถึง D7 โดยการส่งข้อมูลแบบอนุกรมมีความแตกต่างกับแบบขนานทั้งข้อดีและข้อเสียดังนี้ การส่งข้อมูลแบบขนานสามารถรับส่งข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว เพราะการส่งข้อมูลสามารถทำได้ทีเดียวครบ 1 ไบต์ แต่ถ้าต้องการส่งระยะทางไกลๆ จะต้องสิ้นเปลืองสายสัญญาณมาก สำหรับการส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะแตกต่างคือ ถ้าส่งระยะทางไกลๆ จะประหยัดสายสัญญาณจากการใช้สายสัญญาณอย่างน้อยสองเส้นคือ สายสัญญาณกับสายกราวด์ แต่การรับส่งข้อมูลจะใช้เวลาานกว่าเนื่องจากเป็นการรับส่งค่าทีละบิต

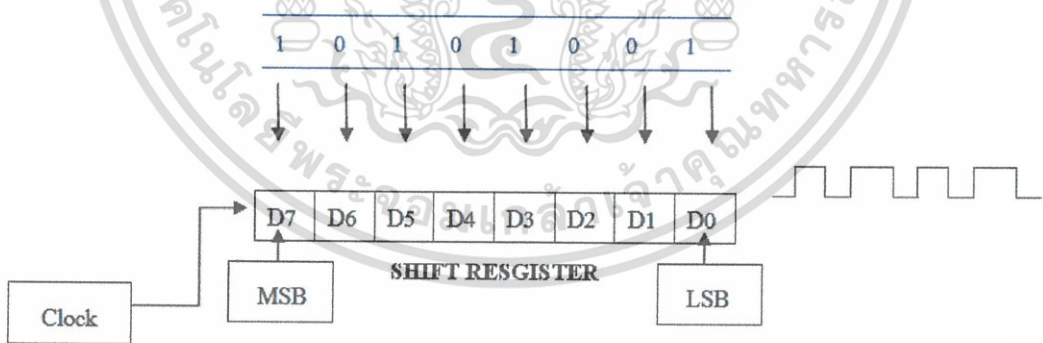
2.7.8 การสื่อสารข้อมูลแบบ Asynchronous

เป็นการรับและส่งข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกาไปด้วย แต่จะใช้การกำหนดค่าอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกอัตรานี้ว่า Baud Rate (Bit/Second)

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบ Asynchronous ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

1. บิตเริ่มต้น (Start Bit) มีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรม มีขนาด 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพริดี (Parity Bit) มีขนาด 1 บิตหรือไม่มีก็ได้
4. บิตหยุด (Stop Bit) มีขนาด 1 บิต

เมื่อไมโครคอมพิวเตอร์ต้องการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม ตัวไมโครคอมพิวเตอร์จะส่งข้อมูลออกไปแบบขนานก่อน จากนั้นจะมีอุปกรณ์ที่มาต่อพอร์ตเพื่อแปลงข้อมูลแบบขนานให้เป็นอนุกรมอีกทีหนึ่ง ตัวแปลงข้อมูลนี้อาจพิจารณาว่าเป็น Shift Register ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

สำหรับตัวรับข้อมูลแบบอนุกรมนั้นเมื่อตัวรับข้อมูลทำงานจะเป็นการรับเข้ามาใน Shift Register แล้วส่งข้อมูลให้ไมโครคอมพิวเตอร์แบบขนานอีกที ระบบคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันมีตัวแปลง Pararell to Serial และ Serial to Pararell อยู่ในชิพไอซีเรียกว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART) การส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั้นจะต้องมีการเพิ่มเติมข้อมูลบางอย่างเข้าไปเพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Start	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	Parity	Stop
-------	----	----	----	----	----	----	----	----	--------	------

รูปที่ 2.19 บิตต่างๆ ของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

จากรูปที่ 2.19 ถ้ามีการส่งข้อมูลแบบ 8 บิตจะต้องมีการส่งบิตแรกออกไปก่อน เรียกว่า บิตเริ่มต้น (Start Bit) ถ้ามีการส่งข้อมูลหลายๆ ไบต์ออกมา บิตนั้นจะเป็นตัวบอกว่ามีข้อมูลใหม่มาแล้ว โดยทั่วไปบิต เริ่มต้นมักมีระดับลอจิกเป็น “0” ต่อจากนั้นจะเป็นข้อมูลบิต D0 - D7 จากนั้นตามด้วยบิตตรวจสอบและบิตหยุดเพื่อบอกการสิ้นสุดของบิตข้อมูลซึ่งบิตหยุดอาจมากกว่า 1 บิตก็ได้ การสื่อสารแบบอนุกรมนี้การกำหนดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลจะบอกเป็นบิตต่อวินาที (bps) ที่เรียกว่า อัตราบิตเรต (BAUD RATE) โดยค่ามาตรฐานที่ใช้กรณีหลายค่า เช่น ค่า 9600 หรือค่า 115200 เป็นต้น

2.8 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

2.8.1 หลักการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอน ซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลกมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และทันทีที่แสงตกกระทบบนแผ่น เซลล์รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่า โฟตอน (Proton) จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม (Atom) และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น

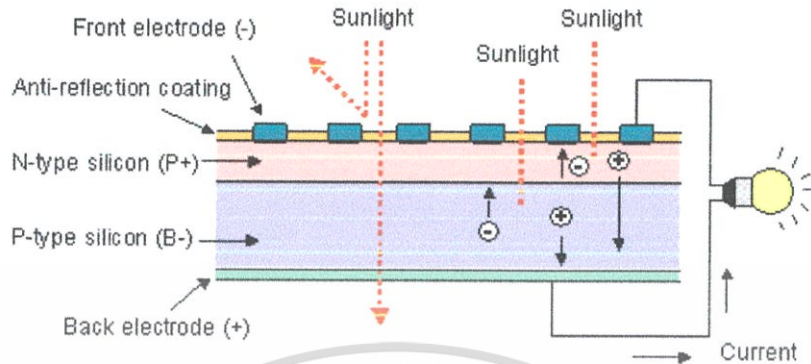
วัสดุสำคัญที่ใช้ทำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ได้แก่ สารซิลิกอน (Si) ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกับที่ใช้ทำชิปในคอมพิวเตอร์ และเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ ซิลิกอนเป็นสารซึ่งไม่เป็นพิษ มีการนำมาผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะมีราคาถูก คงทน และเชื่อถือได้ นอกจากนี้ยังมีวัสดุชนิดอื่นที่สามารถนำมาผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ เช่น แกลเลียมอาร์เซไนด์ และแคดเมียมเทลลูไรด์ แต่ยังมีราคาสูง และบางชนิดยังไม่มีการพิสูจน์เรื่องอายุการใช้งานว่าสามารถใช้งานได้นาน

ข้อเสียของซิลิกอนคือ การทำให้บริสุทธิ์และอยู่ในรูปสารที่พร้อมจะทำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีราคาแพง และแตกหักง่ายในขบวนการผลิต

การทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าง่ายๆไปใช้งานได้



รูปที่ 2.20 โครงสร้างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากรูปที่ 2.20 n - type ซิลิกอน ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์คือ สารกึ่งตัวนำที่ผ่านการโด๊ปปิ้งด้วยสารฟอสฟอรัส มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ p - type ซิลิกอนคือสารกึ่งตัวนำที่ผ่านการโด๊ปปิ้งด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) เมื่อรับพลังงาน จากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำซิลิกอนทั้ง 2 ชนิด มาประกบต่อกันด้วย p - n junction จึงทำให้เกิดเป็น "แผงเซลล์แสงอาทิตย์" ในสถานะที่ยังไม่มีแสงแดด n - type ซิลิกอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ด้านหน้าของ n - type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วน p - type ซิลิกอนซึ่งอยู่ด้านหลังของเซลล์ โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮล แต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อย ด้านหลังของ p - type ซิลิกอนจะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮล

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n - type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น p type อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจร ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กัน

ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่คือ ความเข้มของแสง และอุณหภูมิ

กระแสไฟ (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆหมอก และวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100 mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 1,000 W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5) และถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม 60 องศากับพื้นโลก ความเข้มของแสง จะมีค่าเท่ากับประมาณ 75 mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 750 W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM2 กรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

กระแสไฟ (Current) จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (Volt) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5 เปอร์เซ็นต์ และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เช่น กำหนดไว้ว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage หรือ Voc) ที่ 21 โวลต์ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ก็จะหมายความว่า แรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะเท่ากับ 21 โวลต์ ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส เช่น อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง 2.5 เปอร์เซ็นต์ (0.5 เปอร์เซ็นต์ x 5 องศาเซลเซียส) นั่นคือ แรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ Voc จะลดลง 0.525 โวลต์ (21 โวลต์ x 2.5 เปอร์เซ็นต์) เหลือเพียง 20.475 โวลต์ (21 โวลต์ - 0.525 โวลต์) สรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงด้วย

2.8.2 ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบ่งออกตามชนิดของวัสดุที่ใช้ผลิตได้ 2 ชนิด คือกลุ่มที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน (Silicon) และกลุ่มที่ทำจากสารประกอบที่ไม่ใช่ซิลิคอน ซึ่งประเภทหลังนี้จะ เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 25 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป แต่มีราคาสูงมาก ส่วนมากใช้งานสำหรับดาวเทียม แต่ปัจจุบันการพัฒนาขบวนการผลิตสมัยใหม่ ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบมีราคาถูกลง และมีแนวโน้มการมาใช้งานมากขึ้นในอนาคต แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบันแบ่งได้เป็น 4 ชนิด คือ

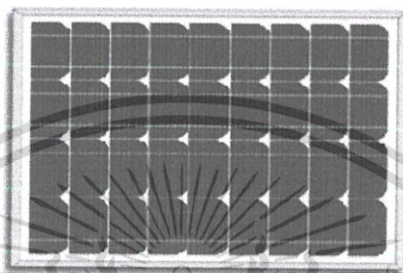
1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน (Silicon) สามารถแบ่งย่อยตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้นได้ 2 ชนิดคือ แบบที่ไม่เป็นรูปผลึก หรือแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) และแบบเป็นรูปผลึก (Crystal)

2. แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส จะเห็นทั่วไปในเครื่องคิดเลขพลังแสงอาทิตย์ ปัจจุบันมีการนำมาทำเป็น Thin Film แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพต่ำประมาณ 6-10 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

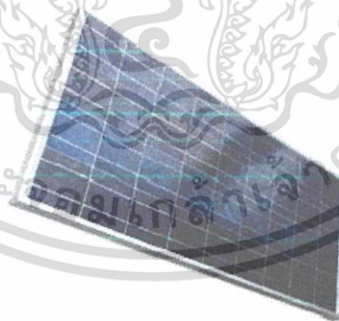
3. แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบที่เป็นรูปผลึกแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ ชนิดโมโนซิลิกอน (Mono Crystalline Silicon Solar Cell) และชนิดโพลีซิลิกอน (Poly Crystalline Silicon Solar Cell)

3.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนซิลิกอน เป็นชนิดผลึกเดี่ยวจะมีความบริสุทธิ์ของซิลิกอนสูงกว่าแบบโพลีซิลิกอน ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนซิลิกอนนั้นมีราคามันแพงกว่าโพลีซิลิกอน และมีประสิทธิภาพสูงถึงประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ ปัจจุบันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโมโนซิลิกอนได้มีการปรับปรุงและพัฒนา โดยมีการสะท้อนของแสงอาทิตย์ภายในเซลล์ลดลง เพื่อให้แสงตกกระทบลงบนชั้น n ได้มากที่สุด ทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นถึง 25 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนซิลิกอน

3.2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีซิลิกอน มีความบริสุทธิ์ของซิลิกอนน้อยกว่าแบบโมโนซิลิกอน ทำให้ประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบโมโนซิลิกอน แต่ก็สูงกว่าอะมอร์ฟัส แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีซิลิกอนถ้าสังเกตที่แผ่นจะมีสีเงินๆ ผสมอยู่ด้วย เนื่องจากเป็นแร่อื่นๆ ที่ติดมาด้วย ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีซิลิกอนจะอยู่ที่ประมาณ 12-15 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีซิลิกอน

4. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากสารประกอบ ที่เป็นสารกึ่งตัวนำชนิดอื่นๆ ที่ไม่ใช่ซิลิกอน และนำมาโด๊ปแบบหลายชั้น ตั้งแต่ Double Junction, Triple Junction และ Multi Junction เช่น Ga, Td และอื่นๆ แต่ที่นิยมกันในปัจจุบันนำมาใช้กับระบบรวมแสง หรือ Concentrated คือ แกลเลียมอาเซไนด์ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงถึง 35 เปอร์เซ็นต์ และมีราคาสูงกว่าชนิดอื่น

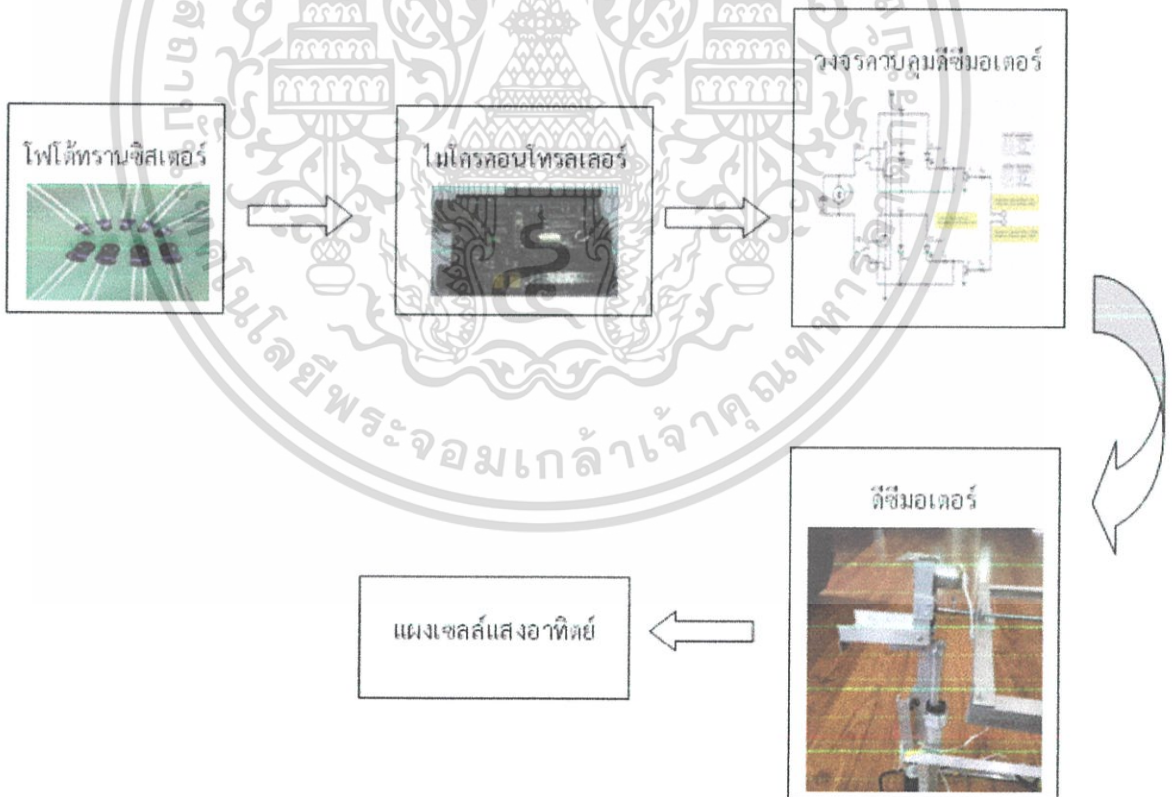
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและโครงสร้าง

3.1 ภาพรวมการทำงานของเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้างหลักของเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะประกอบไปด้วย 4 ส่วน คือ ส่วนแรก เป็นส่วนของโฟโตทรานซิสเตอร์ซึ่งทำหน้าที่เป็นเซนเซอร์ตรวจจับแสงก่อนจะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนที่สองคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งทำหน้าที่แปลงค่าสัญญาณอนาล็อกจากโฟโตทรานซิสเตอร์เพื่อคำนวณความเข้มของแสง และส่งสัญญาณควบคุมมอเตอร์ให้หมุนต่อไป ในส่วนที่สามคือวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ จะรับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมมอเตอร์ให้หมุน และส่วนสุดท้ายคือมอเตอร์ ทำหน้าที่ควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้หมุนไปตามทิศทางของดวงอาทิตย์ โดยโครงสร้างและขั้นตอนการทำงานทั้งหมดได้แสดงไว้ดังรูปที่ 3.1

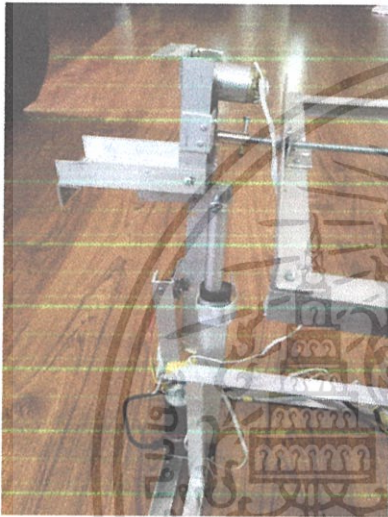


รูปที่ 3.1 ภาพรวมการทำงานของเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โครงสร้างของเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์

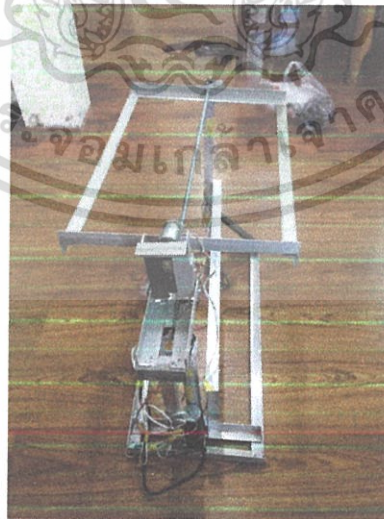
เนื่องจากแต่ละฤดูดวงอาทิตย์จะขึ้นและลงเป็นช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ทิศทางการให้แสงของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีทิศทางต่างกัน ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับปริมาณความเข้มแสงที่แตกต่างกัน ออกไปซึ่งการที่จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถรับปริมาณความเข้มแสงมากที่สุดได้นั้นแสงอาทิตย์จะต้องตั้งฉากกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนั้นจึงต้องมีระบบควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีระนาบตั้งฉากกับแสงที่มาจากกระทบบตลอดเวลา จึงได้ทำการสร้างโครงสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์ขึ้นดังรูปที่ 3.2



(ก) การติดตั้งมอเตอร์



(ข) โครงสร้างด้านข้าง 1



(ค) โครงสร้างด้านข้าง 2

รูปที่ 3.2 โครงสร้างและการติดตั้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยโครงสร้างของเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วย 2 แกนคือ แกนที่หมุนเปลี่ยนตามเวลา และแกนหมุนเปลี่ยนตามฤดู ดังรูปที่ 3.3

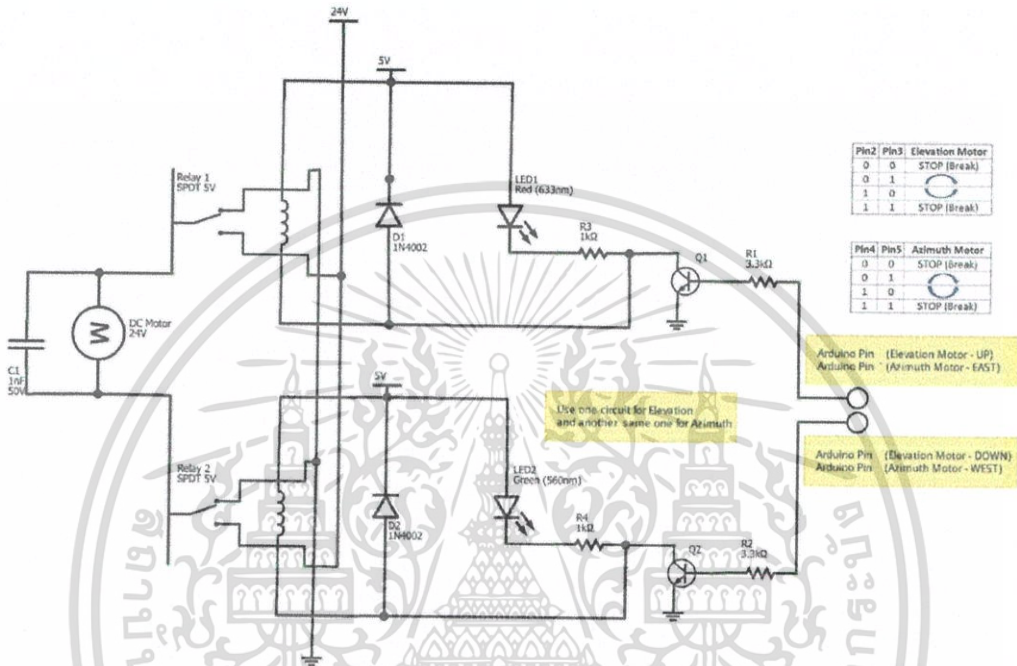


รูปที่ 3.3 โครงสร้างของเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรขับดีซีมอเตอร์

วงจรขับดีซีมอเตอร์ให้หมุนทวนเข็มนาฬิกาหรือตามเข็มนาฬิกา เพื่อที่จะควบคุมแสงเซลล์แสงอาทิตย์ให้หมุน ตามดวงอาทิตย์ซึ่งอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนขั้วเพื่อให้ทำการหมุนตามและทวนคือ ดีซีมอเตอร์ ทั้ง 2 ตัว ควบคุมโดยวงจร H-Bridge และรีเลย์ทั้งหมด 4 ตัว ดังวงจรรูปที่ 3.4

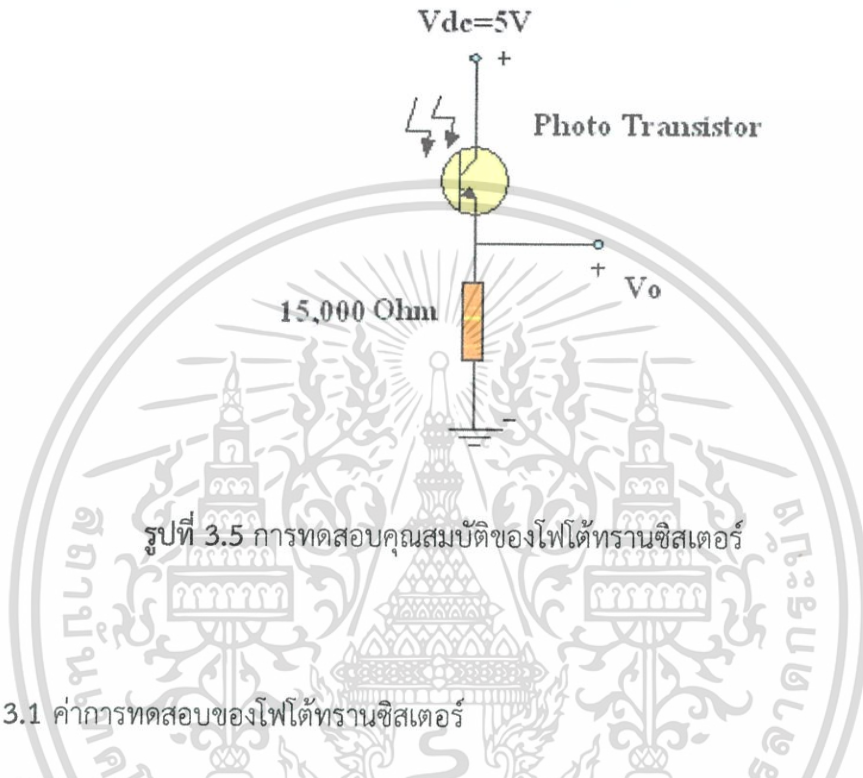


รูปที่ 3.4 วงจรควบคุมดีซีมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 เซนเซอร์แสง

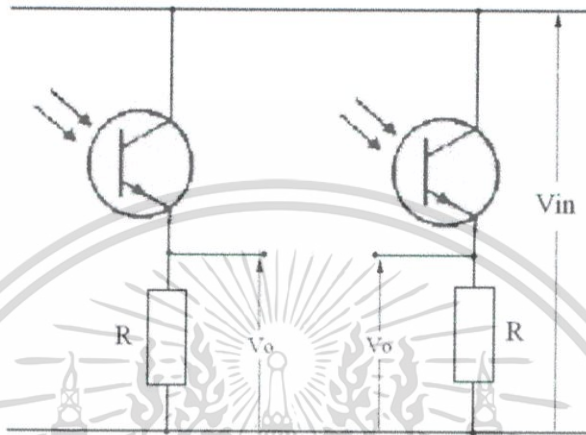
โครงการนี้ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติของเซนเซอร์แสง ได้แก่ โฟโตทรานซิสเตอร์ ซึ่งไวต่อแสงมาก และได้นำมาทดสอบการรับแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์ของแต่ละมุมดังตารางที่ 3.4 ซึ่งเห็นได้ว่าที่มุม 90 องศา จะได้รับพลังงานสูงสุดเกือบเท่าแหล่งจ่ายไฟ โดยใช้แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ในการทดสอบเซนเซอร์แสงนี้ดังรูปที่ 3.5



ตารางที่ 3.1 ค่าการทดสอบของโฟโตทรานซิสเตอร์

ครั้งที่	มุม 0° Vout (V)	มุม 30° Vout (V)	มุม 45° Vout (V)	มุม 60° Vout (V)	มุม 90° Vout (V)
1	4.39	4.83	4.80	4.83	4.98
2	3.70	4.86	4.84	4.90	5.00
3	3.13	4.92	4.86	4.95	5.00
4	3.83	4.91	4.86	4.92	4.99
5	3.50	4.84	4.82	4.88	5.00
6	3.65	4.87	4.88	4.90	5.00
7	3.64	4.87	4.89	4.89	5.00
8	3.48	4.88	4.87	4.94	5.00
9	3.56	4.88	4.89	4.91	5.00
10	3.47	4.89	4.86	4.89	5.00
Average	3.635	4.875	4.857	4.901	4.997

จากนั้นนำไปต่อวงจรแบ่งแรงดันหลักการทำงานของวงจรนี้ก็คือ การรับปริมาณความเข้มของแสงเข้ามาแล้วทำการแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้า โดยถ้าความเข้มของแสงจากดวงอาทิตย์มีความเข้มหรือแสงสว่างมากก็จะให้แรงดันออกมามาก แต่ถ้าแสงจากดวงอาทิตย์มีความเข้มหรือแสงสว่างน้อย ค่าแรงดันที่ออกมา ก็จะมีค่าน้อยเช่นกัน โดยมีวงจรการแปลงความเข้มของแสงสว่างเป็นแรงดันไฟฟ้าขึ้นอยู่กับ การนำไปใช้ ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 รูปแบบการต่อวงจรของโฟโตทรานซิสเตอร์

จากรูปที่ 3.5 โดยนำเอาต์พุตของทั้ง 2 ตัวมาเปรียบเทียบกับกัน เพื่อที่จะทราบถึงตำแหน่งของดวงอาทิตย์ว่าอยู่ตรงส่วนไหน ก็คือถ้าแรงดันด้านซ้ายมากกว่าแรงดันด้านขวาแสดงว่าตำแหน่งของดวงอาทิตย์นั้นอยู่ทางด้านซ้าย หากแรงดันด้านขวามากกว่าแรงดันด้านซ้ายแสดงว่าตำแหน่งของดวงอาทิตย์นั้นก็จะอยู่ทางด้านขวานั้นเอง

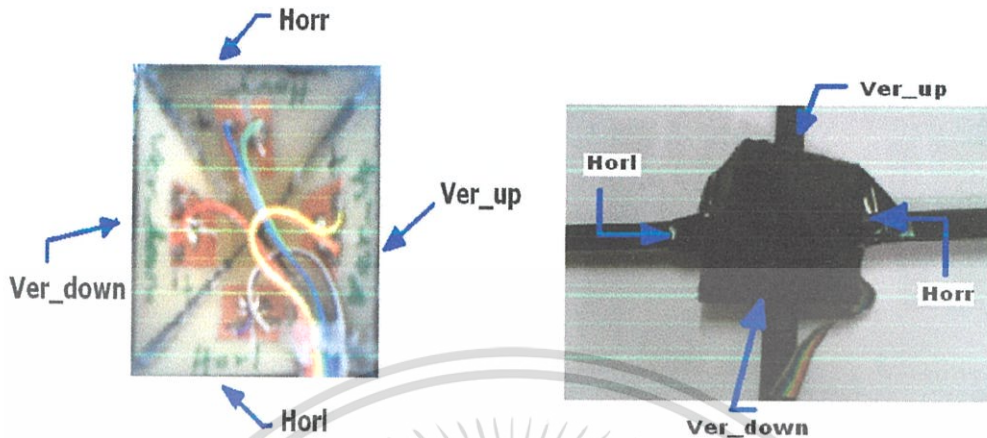
โดยที่โครงงานนี้มีการนำวงจรดังรูปที่ 3.6 เป็นตัวตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ โดยใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ดังรูปที่ 3.7 ทั้งหมด 4 ตัว เพื่อทำการตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์



รูปที่ 3.7 โฟโตทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งโฟโตทรานซิสเตอร์ที่แต่ละตัวนำไปติดแต่ละด้านของทรงพีระมิด โดยแต่ละด้านวางตรงข้ามกันคือ ส่วนที่จะสั่งให้แผงหมุนเปลี่ยนแปลงตามเวลาและตามฤดู เพื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกัน



(ก) ตำแหน่งของโฟโตทรานซิสเตอร์ด้านหลัง (ข) การวางตำแหน่งของโฟโตทรานซิสเตอร์ด้านหน้า

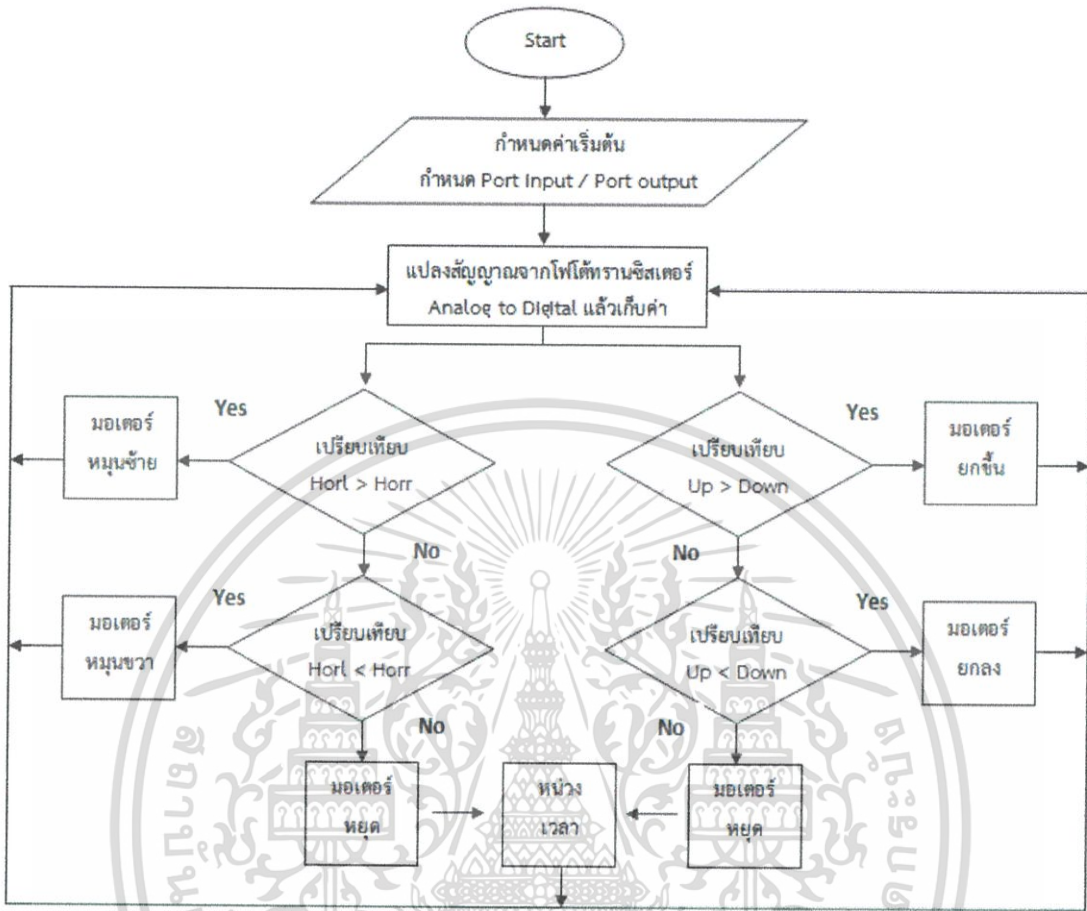
รูปที่ 3.8 การวางตำแหน่งของโฟโตทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัว

จากรูปที่ 3.8 แสดงการวางตำแหน่งของโฟโตทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัว การทำงานก็คือ เมื่อโฟโตทรานซิสเตอร์ Ver_down ได้รับแสงมากกว่าโฟโตทรานซิสเตอร์ Ver_up จะสั่งให้มอเตอร์หมุนแผงไปยังฝั่งที่ได้รับแสงมากกว่า จนกระทั่งโฟโตทรานซิสเตอร์ทั้งสองมีค่าเท่ากันจะทำให้มอเตอร์หยุดทำงาน โดยได้กำหนดโฟโตทรานซิสเตอร์ที่ตั้งต่อไปนี้

- Ver_down และ Ver_up เป็นโฟโตทรานซิสเตอร์ที่เป็นส่วนของแกนเปลี่ยนตามฤดู
- Horr และ Horl เป็นโฟโตทรานซิสเตอร์ที่เป็นส่วนของแกนเปลี่ยนตามเวลา
- Ver_down คือ Vertical Down (แนวตั้งด้านล่าง)
- Ver_up คือ Vertical Up (แนวตั้งด้านบน)
- Horr คือ Horizontal Right (แนวนอนด้านขวา)
- Horl คือ Horizontal Left (แนวนอนด้านซ้าย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 แผนผังการทำงานของระบบ



รูปที่ 3.9 แผนผังการทำงานของระบบ

วิธีการทำงานของระบบคือ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์แปลงสัญญาณที่รับมาจากโฟโต้ทรานซิสเตอร์ให้เป็นสัญญาณดิจิทัลและทำการเปรียบเทียบดังนี้ เมื่อโฟโต้ทรานซิสเตอร์ Ver_down หรือโฟโต้ทรานซิสเตอร์ Ver_up ในด้าน Vertical (แนวตั้ง) ได้รับแสง จะสั่งให้มอเตอร์หมุนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังฝั่งที่ได้รับแสงมากกว่า จนกระทั่งความเข้มของแสงทั้งสองฝั่งมีค่าเท่ากันจะทำให้มอเตอร์หยุดทำงาน โดยการทำงานในแกน Horizontal (แนวนอน) ก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน คือเมื่อโฟโต้ทรานซิสเตอร์ Horr หรือโฟโต้ทรานซิสเตอร์ Horl ด้านใดด้านหนึ่งได้รับแสงมากกว่า จะสั่งให้มอเตอร์หมุนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางด้านที่ได้รับแสงมากกว่า จนกระทั่งความเข้มของแสงที่โฟโต้ทรานซิสเตอร์ทั้งสองมีค่าเท่ากันมอเตอร์ก็จะหยุดทำงาน ดังรูปที่ 3.9

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

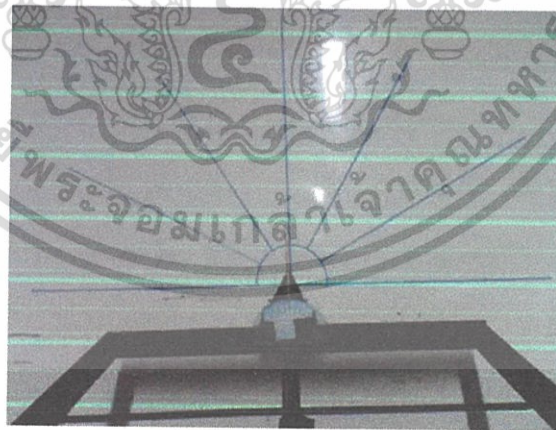
4.1 การทดลองวัดความคลาดเคลื่อนของมุมต่างๆ ระหว่างแสงกับเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ และตั้งฉากกับความเข้มของแสงเพื่อได้รับพลังงานได้เต็มที่ย่อมดีกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อยู่กับที่ ในการทดลองโครงการนี้ได้นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาทดลองด้วย และทดลองระบบควบคุมแผงให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ ซึ่งถ้าระบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ได้ก็หมายความว่าแผงได้ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์แล้ว ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ว่าตั้งฉากหรือไม่ตั้งฉาก จึงได้ทำการทดลองเพื่อหาความคลาดเคลื่อนของมุมต่างๆ ดังการทดลองต่อไปนี้

จัดเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองดังนี้

1. เครื่องวงกลมสำหรับวัดมุม
2. ทำเข็มเพื่อใช้อ้างอิงในการส่องแสง
3. ทำการติดตั้งตัววัดมุม

ทำการทดลองโดยการปรับมุมการรับแสงของไปทีละ 30 องศา และทำการวัดมุมระหว่างแสงและที่รับแผง โดยการทดลองจะแบ่งการทดลองที่ละแกนและทดลองส่องแสงแต่ละด้านของเซนเซอร์ให้ครบทั้ง 4 ด้านและบันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 4.1 การทดลองการติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแกนเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แกนเวลา

คือแกนที่ควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เคลื่อนที่ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ตามแนวทิศตะวันออกไปจนถึงทิศตะวันตก จะทำการติดตั้งเพื่อวัดมุมดังรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแกนเวลา

ค่ามุมที่ตั้งไว้(องศา)	ค่ามุมที่ทำการทดลอง(องศา)	ค่าผิดพลาด(องศา)
0	3	3
30	29	1
60	58	2
90	88	2
120	117	3

แกนฤดู

ในบางปี โลกจะเคลื่อนที่รอบดวงอาทิตย์โดยมีมุมต่างจากปีก่อนๆ เล็กน้อยทำให้ต้องใช้แกนฤดูมาควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เคลื่อนที่ตั้งฉากดวงอาทิตย์อยู่เสมอ ซึ่งหากกำหนดให้แกนเวลา คือแกน X แกนฤดูจะเป็นแกน Y จะทำการติดตั้งเพื่อวัดมุมดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การทดลองการติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแกนฤดู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแกนฤดู

ค่ามุมที่ตั้งไว้(องศา)	ค่ามุมที่ทำการทดลอง(องศา)	ค่าผิดพลาด(องศา)
-30	-27	3
-60	-58	2

จากตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 เป็นการบันทึกค่าที่ได้จากการทดลองในการวัดค่ามุมแต่ละมุมของแต่ละแกนทั้งแกนเวลาและแกนฤดู ซึ่งเมื่อทำการทดลองแล้วค่าที่วัดได้จากทั้งค่ามุมที่ต้องการกับค่าจากการทดลองและนำไปวัดมุมจะพบว่าเกิดค่าความผิดพลาดระหว่างค่าที่ตั้งไว้กับค่าจากการทดลองเพียงเล็กน้อยเท่านั้น คือประมาณ 1-3 องศา ซึ่งเป็นค่าที่ไม่มากและยอมรับได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

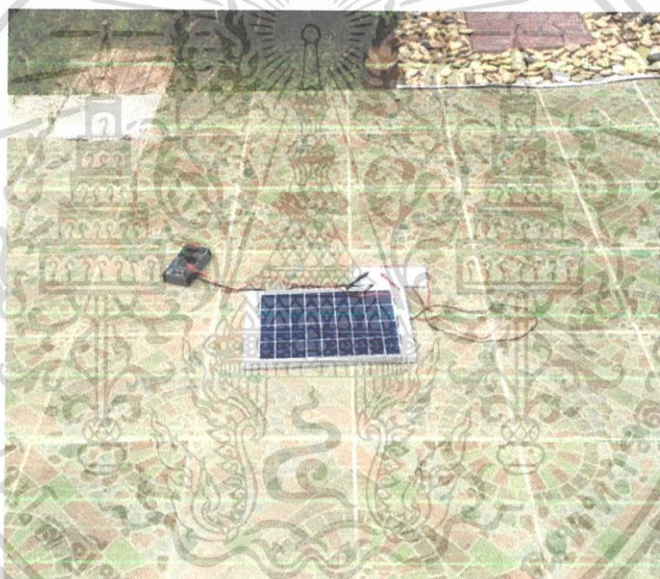
ในหัวข้อนี้จะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระหว่างติดตั้งกับเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับไม่ติดตั้ง โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 10 วัตต์ในการทดลอง

จัดเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองดังนี้

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 10 วัตต์
2. เครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์

4.2.1 ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อทดสอบโดยวางไว้กับพื้น

ทำการทดลองโดยการยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้กับพื้นราบดังรูปที่ 4.3 และทำการวัดความต่างศักย์และกระแสที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยวัดความต่างศักย์และกระแสในทุกๆ 30 นาที



รูปที่ 4.3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่วางไว้กับพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

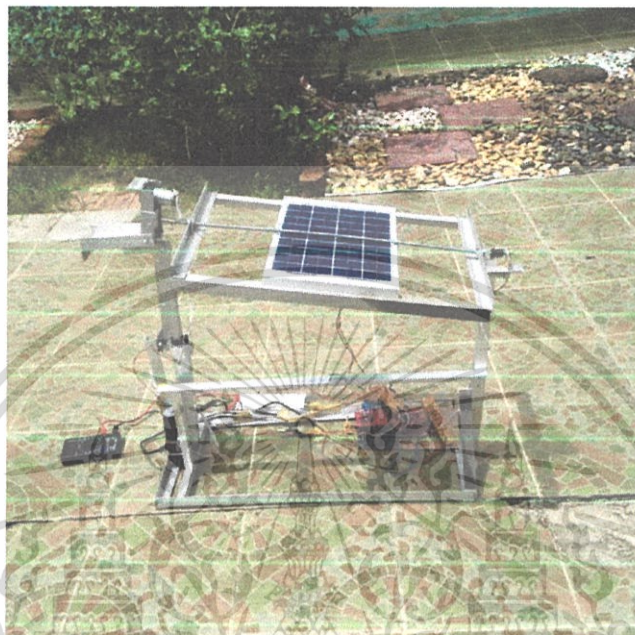
ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อทดสอบโดยวางไว้กับพื้น

เวลา	อุณหภูมิ ภายนอก (°C)	แบบที่ 1 แบบติดตั้งกับพื้น			
		อุณหภูมิ (°C)	I (A)	V (V)	P (W)
9	33.8	48.2	0.560	15.448	7.650
9.30	34.4	51.4	0.550	15.369	7.446
10	34.6	52.4	0.518	15.130	7.244
10.30	34.7	53.8	0.560	15.209	7.516
11	35	54.2	0.550	15.130	7.315
11.30	37.8	55.6	0.570	14.811	7.447
12	38.5	57.8	0.560	14.652	7.204
12.30	38.9	58.6	0.550	14.174	7.790
13	38.4	55.6	0.508	14.891	7.566
13.30	37.5	54.6	0.384	14.413	5.530
14	37.1	51.6	0.207	14.731	3.055
14.30	37.3	51	0.187	14.811	2.764
15	37	51	0.176	14.333	2.527
16.30	36.7	50.4	0.181	14.333	2.601
16	36	50	0.173	14.413	2.496
16.30	35.4	51	0.166	14.333	2.378
17	35	49	0.167	14.652	2.446
เฉลี่ย					5.740

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ในช่วงเช้าถึงช่วงบ่าย หรือช่วงเวลาตั้งแต่ 9.00 – 13.00 นาฬิกา นั้น ความเข้มของแสงอาทิตย์นั้นมีปริมาณมาก ทำให้พลังงาน (วัตต์) ที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้มีปริมาณที่มากตาม ในขณะที่ในช่วงเย็นหรือช่วงเวลาตั้งแต่ 13.30 นาฬิกา เป็นต้นไป ความเข้มของแสงอาทิตย์ในนั้นมีปริมาณที่ลดลง ประกอบกับมุมที่แสงอาทิตย์ทำกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นเปลี่ยนแปลงไม่เป็นมุมฉาก จึงทำให้พลังงานที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้นั้นมีค่าไม่คงที่และลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อทดสอบโดยติดตั้งกับเครื่องควบคุมแผง
ทำการทดลองโดยการยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้กับเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังรูป
ที่ 4.4 และทำการวัดความต่างศักย์และกระแสที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยวัดความต่างศักย์
และกระแสในทุกๆ 30 นาที



รูปที่ 4.4 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งกับเครื่องควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อติดตั้งกับเครื่องควบคุมแผง

เวลา	อุณหภูมิ ภายนอก (°C)	แบบที่ 2 แบบติดตั้งกับเครื่องควบคุมแผง			
		อุณหภูมิ (°C)	I (A)	V (V)	P (W)
9	33.8	48.2	0.487	15.130	7.373
9.30	34.4	51.4	0.456	15.369	7.012
10	34.6	52.4	0.467	15.209	7.097
10.30	34.7	53.8	0.487	15.130	7.373
11	35	54.2	0.498	15.050	7.491
11.30	37.8	55.6	0.518	14.652	7.596
12	38.5	57.8	0.529	14.572	7.706
12.30	38.9	58.6	0.477	14.811	7.065
13	38.4	55.6	0.487	14.891	7.257
13.30	37.5	54.6	0.498	15.050	7.491
14	37.1	51.6	0.477	15.130	7.216
14.30	37.3	51	0.487	15.050	7.335
15	37	51	0.487	15.130	7.373
16.30	36.7	50.4	0.487	15.209	7.412
16	36	50	0.477	15.050	7.179
16.30	35.4	51	0.487	14.891	7.257
17	35	49	0.477	14.970	7.141
เฉลี่ย					7.316

จากตารางที่ 4.4 เมื่อติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตพลังงานออกมาได้อย่างคงที่ และมีปริมาณที่มากกว่าไม่ได้ติดตั้งกับเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เนื่องจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ในลักษณะตั้งฉากตลอดเวลา จึงทำให้ผลิตพลังงานออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

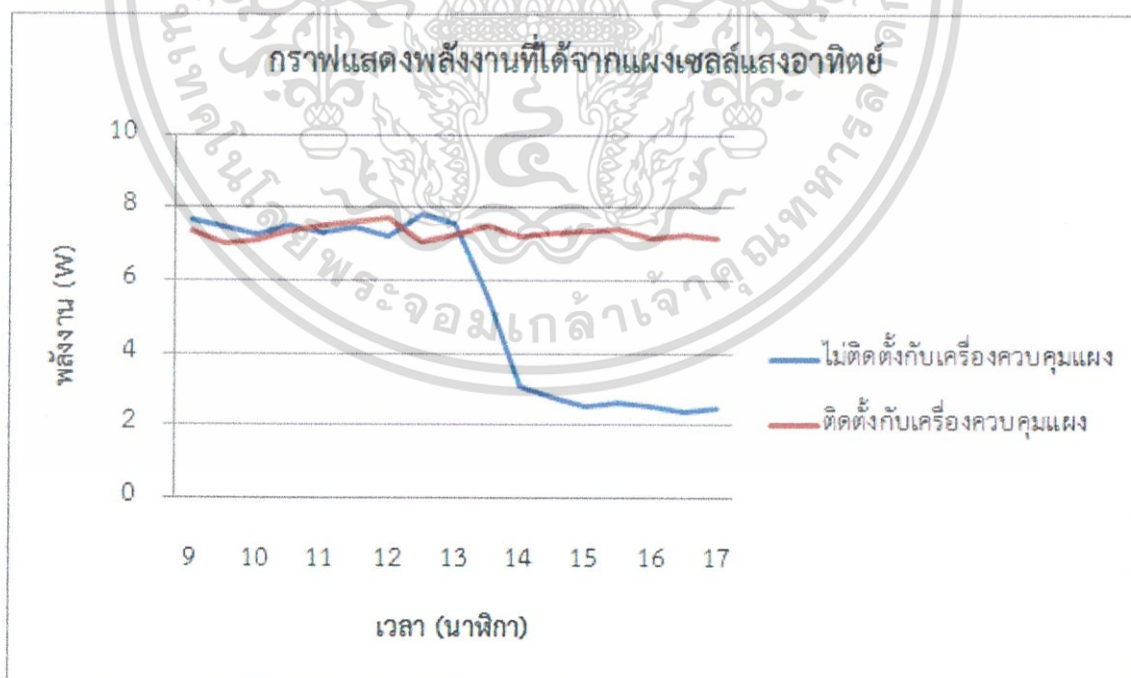
4.3 สรุปผลการทดลอง

4.3.1 การทดลองวัดความคลาดเคลื่อนของมุมต่างๆ ระหว่างแสงกับเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากการทดลองวัดความคลาดเคลื่อนของมุมต่างๆ ระหว่างแสงกับเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการกำหนดค่ามุมที่วัดให้เปลี่ยนแปลงไปที่ละ 30 องศา พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนที่วัดออกมานั้นมีค่าประมาณ 1-3 องศา ซึ่งคิดเป็น 3.33-10 เปอร์เซ็นต์

4.3.2 ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อทดสอบโดยติดตั้งกับเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากรูปที่ 4.5 แสดงความแตกต่างของพลังงานที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระหว่างไม่ติดตั้งและติดตั้งกับเครื่องควบคุมแผง โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 10 วัตต์ พบว่าหากไม่ติดตั้งกับเครื่องควบคุมแผง ในช่วงเวลา 8 ชั่วโมง (ตั้งแต่ 9.00-17.00 นาฬิกา) แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตพลังงานโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 5.74 วัตต์ หรือคิดเป็น 57.4 เปอร์เซ็นต์ แต่หากนำไปติดตั้งกับเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตพลังงานเฉลี่ยอยู่ที่ 7.316 วัตต์ หรือคิดเป็น 73.16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการทดลองทั้ง 2 แบบ จะเห็นว่าค่าพลังงานที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้มีค่าต่างกันถึง 15.76 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากการทดลองที่ 4.2.1 และการทดลองที่ 4.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์

5.1 วิเคราะห์โครงการงาน

การทดลองการทำงานของเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ โดยได้นำเซนเซอร์ไปติดไว้บนแผงของเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์และทดสอบกับดวงอาทิตย์จริงผลปรากฏว่าสามารถหมุนไปตามดวงอาทิตย์ตามที่ต้องการ แต่การทำมุมกับดวงอาทิตย์บางครั้งก็ไม่ได้มุม 90 องศาทุกครั้งที่ทำ การหมุนหาตำแหน่งแต่มีค่าที่ผิดพลาดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งเป็นผลมาจากตัวเซนเซอร์ที่ให้ค่าแรงดันออกมาเท่ากันเมื่อมุมที่แผงทำกับลำแสงใกล้ 90 องศา ส่วนการทดสอบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น พลังงานที่ผลิตได้มากขึ้นขึ้นอยู่กับสภาพอากาศหรือความเข้มแสงในแต่ละวัน แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างไม่ติดตั้งและติดตั้งกับเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะเห็นความแตกต่างของค่าพลังงานที่ผลิตได้อย่างชัดเจน

5.2 สรุปผลโครงการงาน

เพื่อให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับแสงตลอดเวลา จึงได้มีการออกแบบและทดลองสร้างเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้น โดยมีองค์ประกอบหลักคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวสั่งให้แผงหมุนไปตามที่ต้องการ โดยรับปริมาณแสงจากเซนเซอร์ และแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการควบคุมและสั่งให้มอเตอร์หมุนแผงไปตามที่ต้องการ โดยนำสัญญาณของเซนเซอร์ที่ได้รับมาส่งให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นนำมาทำการประมวลผลเพื่อที่จะสั่งให้ควบคุมอุปกรณ์ในส่วนอื่นๆ

การสร้างเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับแสงและได้รับพลังงานแสงเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นกว่าแผงเซลล์ที่อยู่กับที่ ส่งผลให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้จากการทดลองที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อไม่ติดตั้งกับเครื่องควบคุมแผงมีค่าประมาณ 57.4 เปอร์เซ็นต์ แต่หากนำไปติดตั้งกับเครื่องควบคุมประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นเป็น 73.16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าเป็นพลังงานที่ได้มาเพิ่มประมาณค่อนข้างมากหากใช้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ขึ้นและจำนวนมากขึ้น

5.3 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

โครงการทั้งหมดได้ถูกสร้างขึ้นมาที่ละส่วน และอาจยังมีปัญหาบางส่วนที่สามารถที่จะแก้ไขหรือพัฒนาต่อไปได้ เช่น โครงสร้าง โปรแกรมควบคุม หรือแม้กระทั่งวงจรขั้วต่อมอเตอร์ เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและต้นทุนต่ำ โดยโครงการนี้ได้แบ่งแนวทางและปัญหาออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

1. วงจรขั้วต่อมอเตอร์

จากการทดลองระบบควบคุมซึ่งได้นำวงจรขั้วต่อมอเตอร์ที่สร้างขึ้นมาทดลอง ยังมีปัญหาอยู่คือ เมื่อวงจรขั้วต่อมอเตอร์ทำงานบ่อยๆ หน้าสัมผัสของรีเลย์จะติดทำให้เกิดการทำงานผิดพลาด

2. การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และมอเตอร์

การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และมอเตอร์ไม่สามารถเชื่อมต่อกันโดยตรงได้ เนื่องจากการสแตร์ทและหยุดมอเตอร์ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์หยุดทำงาน ซึ่งทำการแก้ไขโดยการแยกวงจรชุดควบคุมและชุดขั้วมอเตอร์ออกจากกัน

5.4 แนวทางการพัฒนา

แนวทางการพัฒนาสามารถพัฒนาได้หลายอย่าง เช่น การทดลองการทำงานเครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์นั้นมีปัญหาในด้านการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ในแกนเปลี่ยนตามเวลา เนื่องจากมอเตอร์นั้นหมุนเร็วมากจึงต้องมีการพัฒนาในการควบคุมมอเตอร์ให้หมุนช้าลงต่อไป นอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนไปใช้ทรานซิสเตอร์ขั้วต่อมอเตอร์ เพื่อลดปัญหาหน้าสัมผัสของรีเลย์ติดเมื่อใช้งานบ่อยๆ ส่วนในด้านการออกแบบ สามารถออกแบบใหม่ให้เครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีระย่มุมทำการที่กว้างขึ้น และเปลี่ยนไปใช้มอเตอร์แบบอื่นๆ เพื่อให้เครื่องควบคุมเคลื่อนที่ได้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] เกียรติชัย ศิริตระกูลมั่งคั่ง, สุวิมล วงศ์ประทุม “เครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์” ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2537
- [2] วีระยุทธ เสาวะพาน,ธานีพุ่มบัว“เครื่องหันแผงรับแสงแดดให้ติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์” ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2547
- [3] อนุชา ดีผาง, สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์, เจริญพร เลิศสถิตธนกร “ระบบติดตามดวงอาทิตย์ด้วยอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งดวงอาทิตย์เชิงดิจิทัล” สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2548
- [4] อำนาจ สุขศรี “ การวัดและเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ” ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2546
- [5] Middleton Solar “ user’s guide for middleton solar AST-01 active solar tracking system ” Australia, 2004
- [6] Guide for your AZ-125 Dual-Axis, Azimuth Drive Solar Tracker www.wattsun.com
- [7] Barnett, Cox & O’Cull, Embedded c programming and the Atmel AVR, Thomson Delmar Learning Canada
- [8] www.wara.com - Example Source code for Code Vision AVR c Compiler in Microcontroller (part 6) ADC vs LCD Character define.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

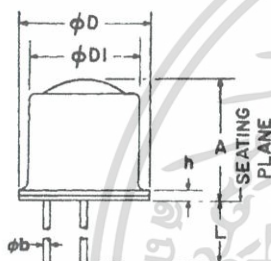
ก.1 เอกสารคู่มือการใช้งานโฟโตทรานซิสเตอร์ L14F1



**HERMETIC SILICON
PHOTODARLINGTON**

L14F1/2

PACKAGE DIMENSIONS



DESCRIPTION

The L14FX is a silicon photodarlington mounted in a narrow angle, TO-18 package.

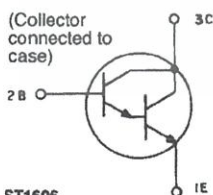


FEATURES

- Hermetically sealed package
- Narrow reception angle

SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	
A	.225	.255	5.71	6.47	
phi b	.016	.021	.407	.533	
phi D	.209	.230	5.31	5.84	
phi D1	.178	.195	4.52	4.96	
e	.100 NOM		2.54 NOM		2
e1	.050 NOM		1.27 NOM		2
h	—	.030	—	.76	
j	.036	.046	.92	1.16	
k	.028	.048	.71	1.22	1
L	.500	—	12.7	—	
alpha	45°	45°	45°	45°	3

PACKAGE OUTLINE



ST1606

NOTES:

1. MEASURED FROM MAXIMUM DIAMETER OF DEVICE.
2. LEADS HAVING MAXIMUM DIAMETER .021" (.533mm) MEASURED IN GAUGING PLANE .054" + .001" - .000 (1.37 + .025 - .000mm) BELOW THE REFERENCE PLANE OF THE DEVICE SHALL BE WITHIN .007" (.778mm) THEIR TRUE POSITION RELATIVE TO A MAXIMUM WIDTH TAB.
3. FROM CENTERLINE TAB.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



HERMETIC SILICON PHOTODARLINGTON

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless Otherwise Specified)

Storage Temperature	-65°C to +150°C
Operating Temperature	-65°C to +125°C
Soldering:	
Lead Temperature (Iron)	240°C for 5 sec. ^(3,4,5,6)
Lead Temperature (Flow)	260°C for 10 sec. ^(3,4,6)
Collector-Emitter Breakdown Voltage	25 Volts
Collector-Base Breakdown Voltage	25 Volts
Emitter-Base Breakdown Voltage	12 Volts
Power Dissipation ($T_A = 25^\circ\text{C}$)	300 mW ⁽⁷⁾
Power Dissipation ($T_C = 25^\circ\text{C}$)	600 mW ⁽⁸⁾

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless Otherwise Specified)

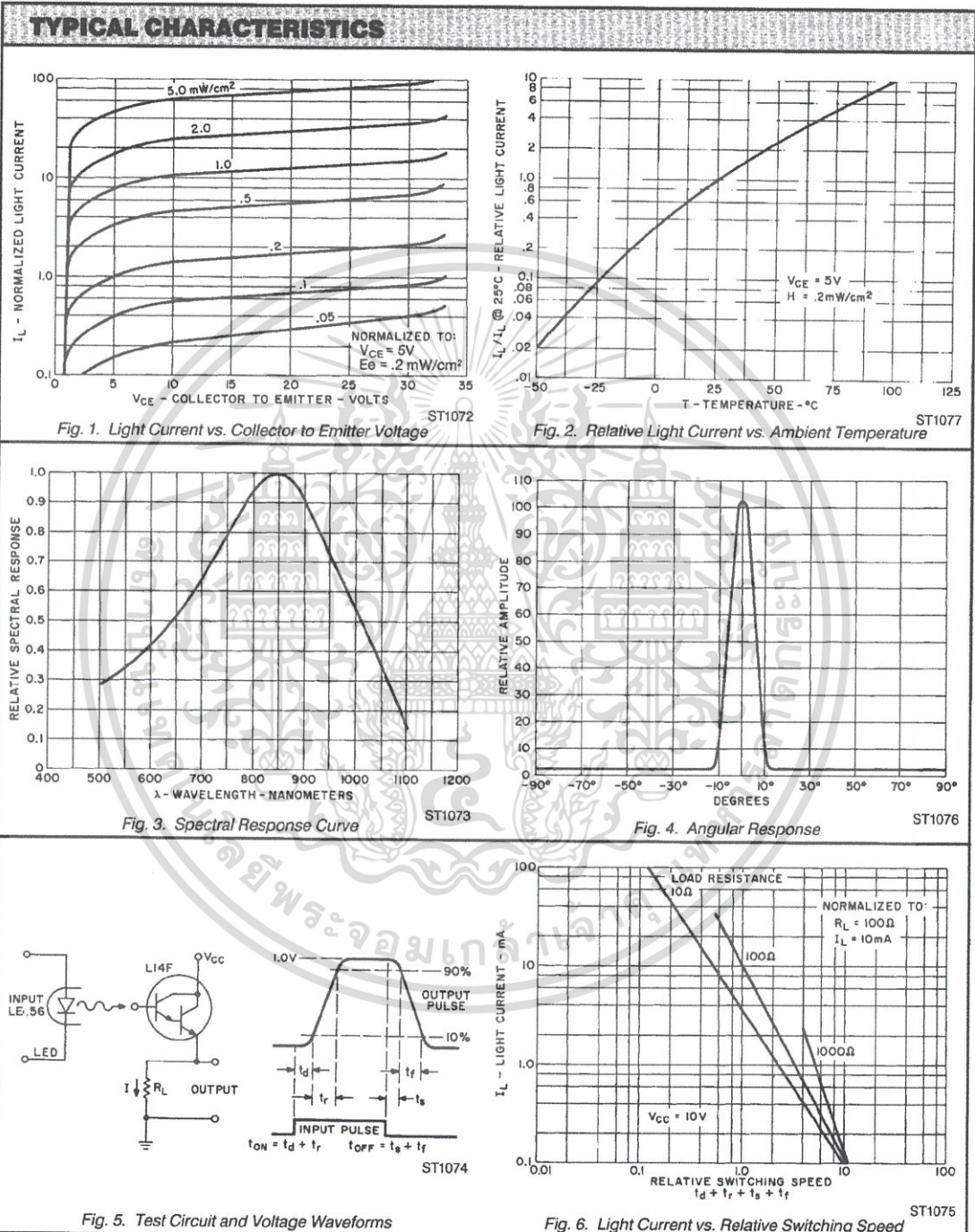
(All measurements made under pulse conditions.)

PARAMETER	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS	TEST CONDITIONS
Collector-Emitter Breakdown	BV_{CEO}	25	—	—	V	$I_r = 10\text{ mA}$, $E_e = 0$
Emitter-Base Breakdown	BV_{EBO}	12	—	—	V	$I_c = 100\text{ V}$, $E_e = 0$
Collector-Base Breakdown	BV_{CBO}	25	—	—	V	$I_c = 100\text{ }\mu\text{A}$, $E_e = 0$
Collector-Emitter Leakage	I_{CEO}	—	—	100	nA	$V_{ce} = 12\text{ V}$, $E_e = 0$
Reception Angle at 1/2 Sensitivity	θ	—	± 6	—	Degrees	
On-State Collector Current L14F1	$I_{C(ON)}$	3.0	—	—	mA	$E_e = .05\text{ mW/cm}^2$, $V_{ce} = 5\text{ V}^{(7)}$
On-State Collector Current L14F2	$I_{C(ON)}$	1.0	—	—	mA	$E_e = .05\text{ mW/cm}^2$, $V_{ce} = 5\text{ V}^{(7)}$
Rise Time	t_r	—	300	—	μS	$I_c = 10\text{ mA}$, $V_{cc} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\Omega$
Fall Time	t_f	—	250	—	μS	$I_c = 10\text{ mA}$, $V_{cc} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\Omega$

NOTES

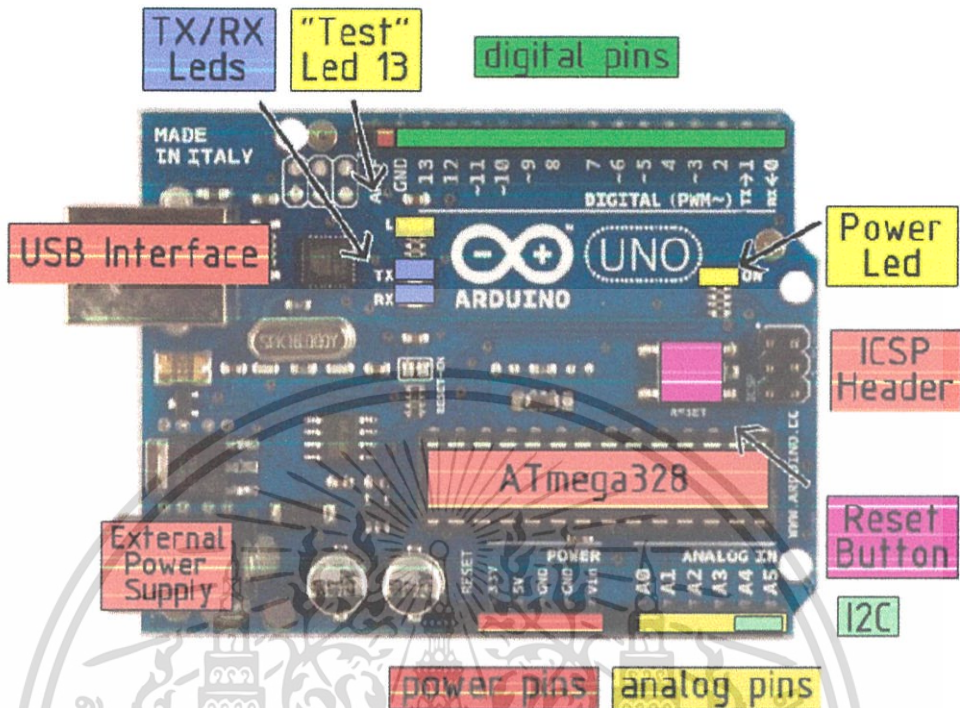
- Derate power dissipation linearly 3.00mW/°C above 25°C ambient.
- Derate power dissipation linearly 6.00mW/°C above 25°C case.
- RMA flux is recommended.
- Methanol or Isopropyl alcohols are recommended as cleaning agents.
- Soldering iron tip 1/16" (1.6 mm) minimum from housing.
- As long as leads are not under any stress or spring tension.
- Light source is a GaAs LED emitting light at a peak wavelength of 940 nm.
- Figure 1 and figure 2 use light source of tungsten lamp at 2870°K color temperature. A GaAs source of 0.05 mW/cm² is approximately equivalent to a tungsten source, at 2870°K, of 0.2 mW/cm².

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 เอกสารคู่มือการใช้งาน Arduino UNO



Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The Atmega328 has 32 KB of flash memory for storing code (of which 0.5 KB is used for the bootloader); it has also 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Uno has 6 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **I²C: 4 (SDA) and 5 (SCL).** Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and Atmega328 ports](#).

Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega8U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '8U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, on Windows, an *.inf file is required.

The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Uno's digital pins.

The ATmega328 also support I²C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I²C bus; see the [documentation](#) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega328 datasheet.

Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno w/ ATmega328" from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega8U2 firmware source code is available. The ATmega8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2. You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Uno is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Uno. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Uno contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Uno has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics

The maximum length and width of the Uno PCB are 2.7 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 180 mil (0.18"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

How to use Arduino



Arduino can sense the environment by receiving input from a variety of sensors and can affect its surroundings by controlling lights, motors, and other actuators. The microcontroller on the board is programmed using the [Arduino programming language](#) (based on [Wiring](#)) and the Arduino development environment (based on [Processing](#)). Arduino projects can be stand-alone or they can communicate with software on running on a computer (e.g. Flash, Processing, MaxMSP).

Arduino is a cross-platform program. You'll have to follow different instructions for your personal OS. Check on the [Arduino site](#) for the latest instructions. <http://arduino.cc/en/Guide/HomePage>

Linux Install

Windows Install

Mac Install

Once you have downloaded/unzipped the arduino IDE, you can Plug the Arduino to your PC via USB cable.

Blink led

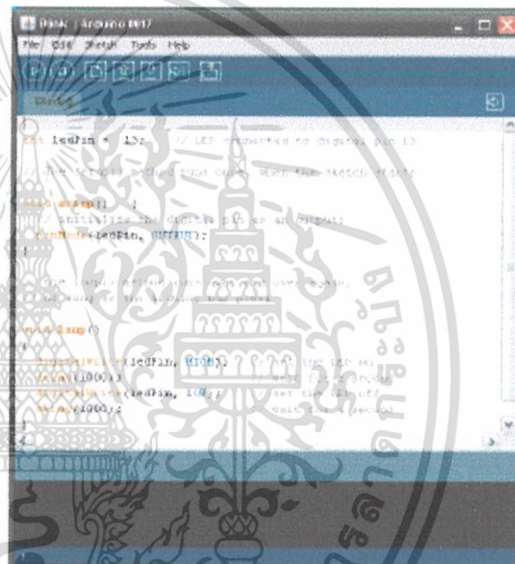
Now you're actually ready to "burn" your first program on the arduino board. To select "blink led", the physical translation of the well known programming "hello world", select

**File>Sketchbook>
Arduino-0017>Examples>
Digital>Blink**

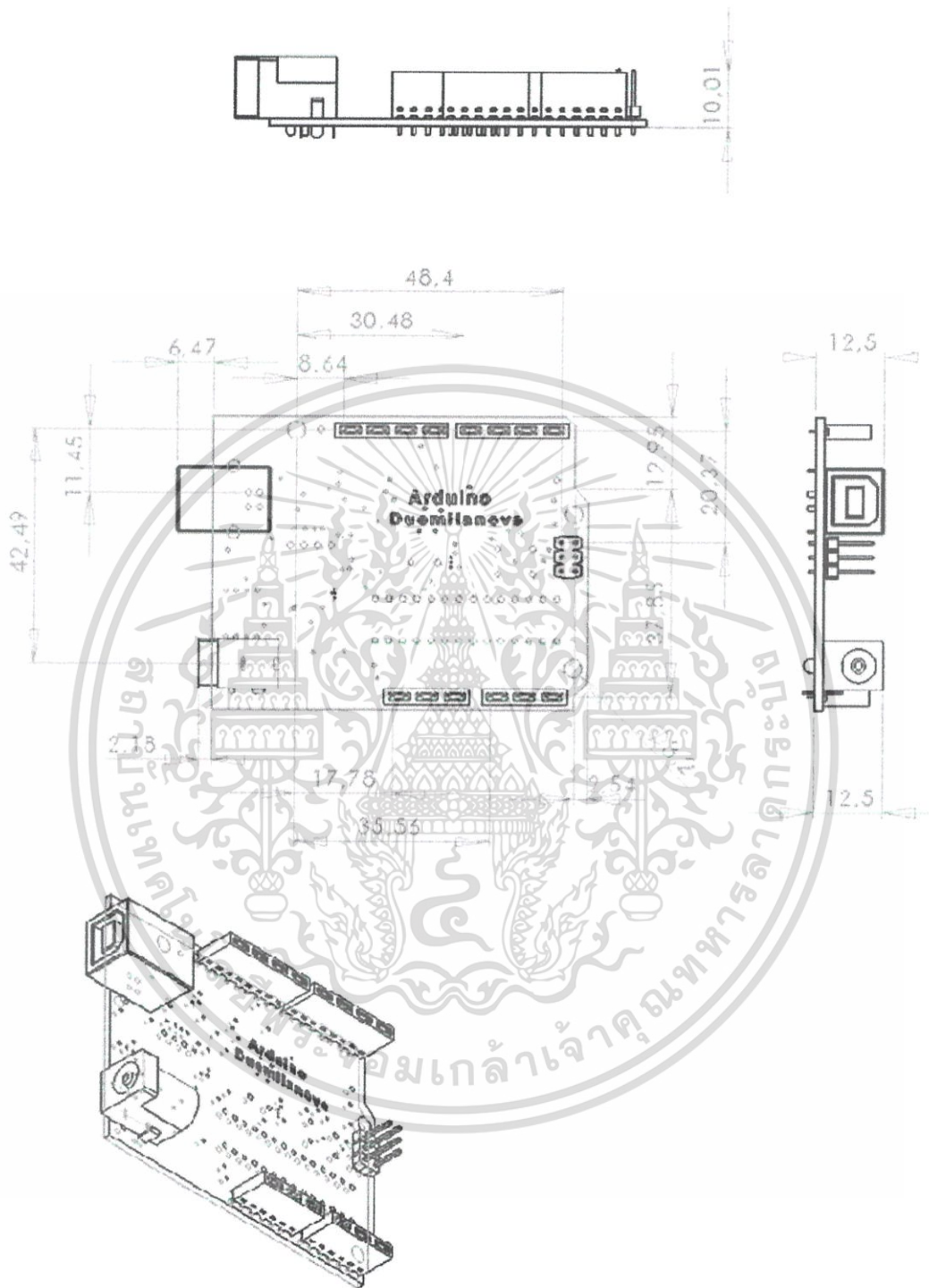
Once you have your sketch you'll see something very close to the screenshot on the right.

In **Tools>Board** select

Now you have to go to **Tools>SerialPort** and select the right serial port, the one arduino is attached to.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Terms & Conditions



1. Warranties

1.1 The producer warrants that its products will conform to the Specifications. This warranty lasts for one (1) years from the date of the sale. The producer shall not be liable for any defects that are caused by neglect, misuse or mistreatment by the Customer, including improper installation or testing, or for any products that have been altered or modified in any way by a Customer. Moreover, The producer shall not be liable for any defects that result from Customer's design, specifications or instructions for such products. Testing and other quality control techniques are used to the extent the producer deems necessary.

1.2 If any products fail to conform to the warranty set forth above, the producer's sole liability shall be to replace such products. The producer's liability shall be limited to products that are determined by the producer not to conform to such warranty. If the producer elects to replace such products, the producer shall have a reasonable time to replacements. Replaced products shall be warranted for a new full warranty period.

1.3 EXCEPT AS SET FORTH ABOVE, PRODUCTS ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS." THE PRODUCER DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE

1.4 Customer agrees that prior to using any systems that include the producer products, Customer will test such systems and the functionality of the products as used in such systems. The producer may provide technical, applications or design advice, quality characterization, reliability data or other services. Customer acknowledges and agrees that providing these services shall not expand or otherwise alter the producer's warranties, as set forth above, and no additional obligations or liabilities shall arise from the producer providing such services.

1.5 The Arduino™ products are not authorized for use in safety-critical applications where a failure of the product would reasonably be expected to cause severe personal injury or death. Safety-Critical Applications include, without limitation, life support devices and systems, equipment or systems for the operation of nuclear facilities and weapons systems, Arduino™ products are neither designed nor intended for use in military or aerospace applications or environments and for automotive applications or environment. Customer acknowledges and agrees that any such use of Arduino™ products which is solely at the Customer's risk, and that Customer is solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

1.6 Customer acknowledges and agrees that it is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements concerning its products and any use of Arduino™ products in Customer's applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by the producer.

2. Indemnification

The Customer acknowledges and agrees to defend, indemnify and hold harmless the producer from and against any and all third-party losses, damages, liabilities and expenses it incurs to the extent directly caused by: (i) an actual breach by a Customer of the representation and warranties made under this terms and conditions or (ii) the gross negligence or willful misconduct by the Customer.

3. Consequential Damages Waiver

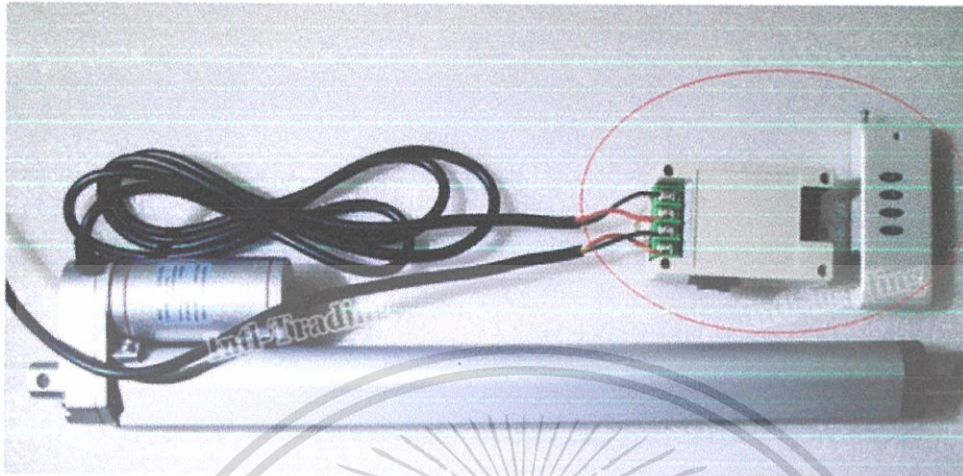
In no event the producer shall be liable to the Customer or any third parties for any special, collateral, indirect, punitive, incidental, consequential or exemplary damages in connection with or arising out of the products provided hereunder, regardless of whether the producer has been advised of the possibility of such damages. This section will survive the termination of the warranty period.

4. Change to specifications

The producer may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "undefined." The producer reserves these for future definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finalize a design with this information.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 เอกสารคู่มือการใช้งาน Linear Actuator



Features:

1. 100% Brand New and high quality
2. Heavy Duty and Long Lasting Motor
3. High quality aluminum alloy material
4. High performance motor
5. Built-in high quality limit switch
6. The low noise design, noise level below 42 dB
7. Multiple Purpose Applications Linear Actuator
8. Commonly Used In Automotive, Medical Devices and Engineering Industry.
9. With CE&SGS certification

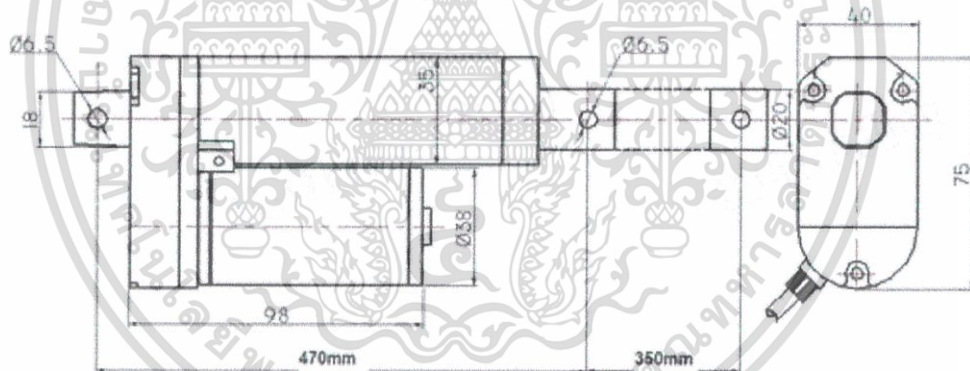
Notice: There may be some noise because of the high speed running by the Metal Gear, the noise is within the normal range.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specification:

Product Name	Linear Actuator
Condition	100% new
Input Voltage	DC 12V
Stroke Length	350mm/13.8inch
Max Push Load	1500N/330lbs
Max Pull Load	1200N/264lbs
Speed	5.7mm/s
Duty cycle	25%
Operating frequency	20%
Material	Aluminum alloy
Color	Silver grey
Operation temperature	-25 ° C ~ +65 ° C
Protection Class	IP65
No-load current	≤ 0.5A
Max load current	3A
Certification	CE/SGS
Warranty	Standard 1 year warranty
Maintenance	Free-maintenance

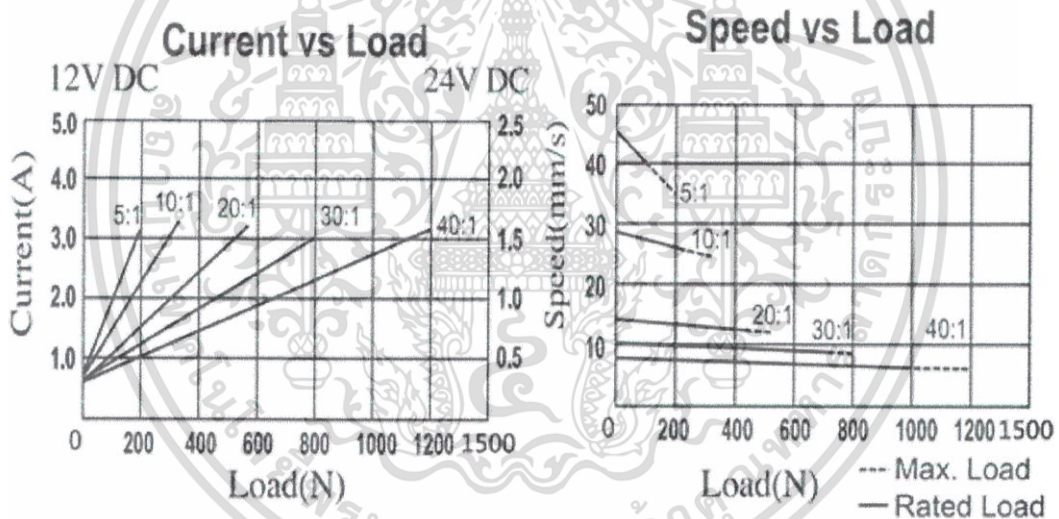
Dimensional Drawing:



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data Sheet:

Mode	Rated Voltage	Stroke Length	Load capacity	Speed	Duty cycle	Protection class
50mm 12V	DC 12v	50mm/2 inch	1500N/330lbs	5.7mm/s	25%	IP85
100mm 12V	DC 12v	100mm/4 inch	1500N/330lbs	5.7mm/s	25%	IP85
150mm 12V	DC 12v	150mm/6 inch	1500N/330lbs	5.7mm/s	25%	IP85
200mm 12V	DC 12v	200mm/8 inch	1500N/330lbs	5.7mm/s	25%	IP85
200mm 12V	DC 12v	200mm/8 inch	1000N/220lbs	14mm/s	25%	IP85
250mm 12V	DC 12v	250mm/10 inch	1500N/330lbs	5.7mm/s	25%	IP85
250mm 12V	DC 12v	250mm/10 inch	1000N/220lbs	14mm/s	25%	IP85
300mm 12V	DC 12v	300mm/12 inch	1500N/330lbs	5.7mm/s	25%	IP85
300mm 12V	DC 12v	300mm/12 inch	1000N/220lbs	14mm/s	25%	IP85
350mm 12V	DC 12v	350mm/14 inch	1500N/330lbs	5.7mm/s	25%	IP85
350mm 12V	DC 12v	350mm/14 inch	1000N/220lbs	14mm/s	25%	IP85
400mm 12V	DC 12v	400mm/16 inch	1500N/330lbs	5.7mm/s	25%	IP85
400mm 12V	DC 12v	400mm/16 inch	1000N/220lbs	14mm/s	25%	IP85
450mm 12V	DC 12V	450mm/18 inch	1500N/330lbs	5.7mm/s	25%	IP85



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Shows:



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

โปรแกรมควบคุม

การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบใน Arduino นั้นใช้ภาษาซี ซึ่งจะเขียนโดยผ่านโปรแกรม Arduino 1.0.5 มีโค้ดโปรแกรมดังต่อไปนี้

```
#include //Integrating design math.h library for basic mathematical operations
//Declaring Constants
#define motorStephor 200 //steps for horizontal motor
#define motorStepver 200 //steps for vertical motor
//Digital pins
#define motor1hor 6
#define motor2hor 7
#define motor1ver 8
#define motor2ver 9
//Variables
int prom; //Average of four phototransistor
int pyr;
int h=60; //Steps executed by the horizontal motor
int v=5; //Steps executed by the vertical motor
int ltsensor; //Value of the top left phototransistor
int rtsensor; //Value of the top right phototransistor
int rdsensor; //Value of the bottom right phototransistor
int ldsensor; //Value of the bottom left phototransistor
int sen=50; //Sensibility
int dil; //Average set of phototransistor left
int dit; //Average set of phototransistor top
int dir; //Average set of phototransistor right
int did; //Average set of phototransistor bottom
int diff; //Difference between phototransistor above the bottom
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int diff2; //Difference between phototransistor left to right
int pup; //upper switch
int pdown; //lower switch
Stepper horStep (motorStephor, motor1hor, motor2hor);
Stepper Stepper verStep (motorStepver, motor1ver, motor2ver);
//Program initialization
void setup ()
{
horStep.setSpeed (30); //RPM horizontal motor
verStep.setSpeed (10); //RPM vertical motor
//Serial Port
Serial.begin(9600);
//Pins configuration
pinMode (pyr, INPUT);
pinMode(ltsensor, INPUT);
pinMode(rtsensor, INPUT);
pinMode(ldsensor, INPUT);
pinMode(rdsensor, INPUT);
pinMode(pup, INPUT);
pinMode(pdown, INPUT);
}
void loop ()
{
do
{
pyr = analogRead(0); //Reading analog inputs
ltsensor = analogRead(1)*1.022; //(constant is to calibrate the LDR)
rtsensor = analogRead(2)*1.007;
ldsensor = analogRead(3);
rdsensor= analogRead(4)*1.013;
pup = digitalRead (3); //Reading switches
pdown = digitalRead(4);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

prom= (ltsensor + ldsensor + rtsensor + rdsensor)/4; //Average LDR
dit = (ltsensor + rtsensor)/2; //Average sensors up
did = (ldsensor + rdsensor)/2; //Average sensors down
diff =(dit - did); //Difference between the level of radiation
delay (50);
if ((pyr==0)&&(pup==HIGH)&&(prom<=8)|| (pyr==0)&&(pdown==HIGH)&&(prom<=8))
//If the value of pyr is zero and the average of the sensors is equal or less than 8
and the switches have the range
mov(); //mov function
}
while ( (pyr==0)&&(pup==HIGH)&&(prom<=8)||
(pyr==0)&&(pdown==HIGH)&&(prom<=8));
if (-1*sen > diff || diff > sen) //If the measured difference between the set of sensors
is greater or less than the sensitivity value
{
if(dit < did) //If the mean value of the above sensors is smaller than the bottom
sensors
{
if (pdown==HIGH)
{
verStep.step (0); //Stop vertical motor
delay (10);
}
else
if (pdown==LOW)
{
verStep.step (v); //Turn motor up
delay (50);
}
}
else if(dit > did) //If the average value of bottom sensors is smaller than the above
sensors

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
if (pup==HIGH)
{
verStep.step (0); //Stop vertical motor
delay (10);
}
else if (pup==LOW)
{
verStep.step (-v); //Turn motor down
delay (50);
}
}
else //any other case
{
verStep.step (0); //Stop vertical motor
delay (10);
}
}
delay (10);
pyr = analogRead (0); //Sensor readings again for possible change
ltsensor = analogRead(1)*1.022;
rtsensor = analogRead(2)*1.007;
ldsensor = analogRead(3);
rdsensor= analogRead(4)*1.013;
dil = (ltsensor + ldsensor)/2; //Average sensors left
dir = (rtsensor + rdsensor)/2; //Average sensors right
diff2 = (dil - dir); //Difference between the level of radiation
delay (50);
if (-1*sen > diff2 || diff2 > sen) //If the measured difference between the set of
sensors is greater or less than the sensitivity value
{
if(dil < dir) //If the average of the left sensor is smaller than the right sensor

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
horStep.step (h); //Turn motor right
delay (10);
}
else
if(dil > dir) //If the average of the left sensor is larger than the right sensor
{
horStep.step (-h); //Turn motor left
delay (10);
}
else //any other case
{
horStep.step (0); //Stop horizontal motor
delay (10);
}
}
delay(10);
}
// “mov function”
void mov ()
{
if (pup==HIGH)
{
verStep.step (72); //Turn 72 steps up (are the steps to change position once hide the
sun)
delay (50);
}
else if (pdown==HIGH)
{
verStep.step (-72); //Turn 72 steps down
delay (50);
}
}
delay (10); }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



นายนครินทร์ แก้วศรีงาม
 เกิดวันที่ : วันเกิด 15 มีนาคม 2535
 ที่อยู่ : 39/12 ต.ลำโพ อ.บางบัวทอง จ.นนทบุรี 11110
 โทรศัพท์ : 081-9895897
 E-mail : pong_atbazaboy@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

- 2008-2011 โรงเรียนโยธินบูรณะ กรุงเทพมหานคร
 สายการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิต
- 2011-2014 สาขาวิชาการวัดและระบบควบคุม หลักสูตรวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้