

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผ้าใบบังแดดอัตโนมัติ

AUTOMATIC AWNING



นางสาวประไพ

อำหยัง

นางสาวพิญศิริ

พิพัฒนะมงคล

201
2/33561
9550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....**83084**
วัน,เดือน,ปี.....**- 5 ส.ค. 2551**

b. **11๙๕4108**
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC AWNING



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2007

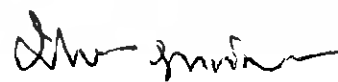
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อปริญญาโท ผ้าใบบังแดดอัตโนมัติ
AUTMATIC AWNING
นักศึกษาผู้จัดทำ นางสาวประไพ อ่ำหงษ์ รหัสนักศึกษา 47010426
นางสาวเพ็ญศิริ พิพัฒนะมงคล รหัสนักศึกษา 47010541
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2550

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท	ลายมือชื่อ
รศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์	
ผศ.ดร.อัมพวัน จุลเสรีวงศ์	

ภาควิชารับรองแล้ว



(รศ.ประภาส อุดกสิมาพันธุ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ผ้าใบบังแดดอัตโนมัติ		
	Automatic Awning		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นางสาวประไพ อ่ำหงษ์	รหัสนักศึกษา	47010426
	นางสาวเพ็ญศิริ พิพัฒนะมงคล	รหัสนักศึกษา	47010541
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์		
	ผศ.ดร.อัมพวัน จุลเสรีวงศ์		
ปีการศึกษา	2550		

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์นี้เป็นการนำเสนอผ้าใบบังแดดอัตโนมัติ ที่สร้างจากแผ่นพลาสติกที่มีความกว้าง 150 เซนติเมตร และความยาว 300 เซนติเมตร ซึ่งถูกยึดขอบด้านหนึ่งด้วยแกนหมุนตลอดแนวเป็นกรณีศึกษา การเคลื่อนที่ขึ้นหรือลงของผ้าใบบังแดดที่ออกแบบนี้จะขึ้นอยู่กับมอเตอร์กระแสตรงที่ถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เทคนิคในการควบคุมผ้าใบบังแดดจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือแบบควบคุมโดยผู้ใช้ และแบบอัตโนมัติ สำหรับการทำงานแบบควบคุมโดยผู้ใช้ จะใช้ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ในการปรับค่าแรงดันอินพุทของไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนการทำงานแบบอัตโนมัติจะใช้ตัวต้านทานไวแสงแทน จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าผ้าใบบังแดดที่นำเสนอนี้ มีการทำงานที่ถูกต้องและให้ความน่าเชื่อถือ

Thesis Title	Automatic Awning
Authors	Miss Prapai Umhong Miss Pensiri Pipattanamongkol
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Prasit Julsereewong Asst.Prof.Dr.Amphawan Julsereewong
Year	2007

ABSTRACT

The goal of this article is to present the automatic awning. The plastic sheet with 150cm. wide 300 cm. length mounted along on edge to a roller tube was constructed as an illustrative case study. The designed awing is operated by a dc motor controlled by microcontroller for rolling up or rolling down. The control technique to provide the shade from the sun is divided into 2 modes, which are manual mode and automatic mode. For manual operation, the variable resistance is applied to adjust the microcontroller input voltage. The light dependent resistance (LDR) is used instead of the variable resistance in automatic operation. Experimental results show that the proposed awning functions correctly and provides the reliability.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้นต้องขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ จุลเสริวงศ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัมพวัน จุลเสริวงศ์ ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดมา

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ประภาส อุดคภิมาพันธุ์ อาจารย์กฤษณ์ เสมอพิทักษ์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ คอยให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์และให้ความช่วยเหลือในการแก้ไขข้อผิดพลาดของงานตลอดมา

ขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมวัดคุมทุกท่านที่ให้คำปรึกษาแนะนำอันเป็นประโยชน์ และเพื่อน ๆ ที่คอยให้คำปรึกษาและกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้หากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจในการศึกษา และจัดทำผ้าใบบังแดดอัตโนมัติขึ้นเองนั้น นับว่าเป็นความปิติอย่างยิ่งที่ได้จัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขึ้น หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปริญญาโท.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาโท.....	1
1.3 ขอบเขตของปริญญาโท.....	1
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	1
1.5 รายละเอียดของปริญญาโท.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีเบื้องต้น.....	3
2.1 บทนำ.....	3
2.2 หลักการของการควบคุม.....	4
2.2.1 ระบบควบคุมแบบ Closed-loop.....	4
2.2.2 ระบบควบคุมแบบ Open-loop.....	4
2.2.3 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบควบคุมแบบ Closed-loop และระบบควบคุมแบบ Open-loop.....	5
2.2.4 ตัวควบคุมแบบ Proportional.....	5
2.3 หลักการทำงานของตัวต้านทานไวแสง.....	6
2.3.1 ลักษณะทั่วไป.....	6
2.3.2 การทำงานของ LDR.....	7
2.3.3 สมบัติทางแสง.....	7
2.3.4 ผลตอบสนองทางไฟฟ้า.....	9
2.4 หลักการของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.1 บทนำ.....	10
2.4.2 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	10
2.4.2.1 ส่วนประมวลผล.....	10
2.4.2.2 ส่วนพื้นที่เก็บข้อมูล.....	10
2.4.2.3 ส่วนเชื่อมต่อสัญญาณทางไฟฟ้า.....	11
2.4.2.4 ส่วนกำเนิดสัญญาณนาฬิกา.....	11
2.4.2.5 ส่วนอินเทอร์รัพต์สัญญาณ.....	11
2.4.3 ประเภทของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	11
2.4.3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ RISC.....	12
2.4.3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ CISC.....	12
2.4.4 การทำงานของแต่ละขาของ PIC 16F872.....	14
2.5 Software ที่ใช้ในปริิณญานีพนธ์นี้.....	16
2.5.1 โปรแกรมแปลงภาษาซี.....	16
2.5.2 โปรแกรมบันทึกข้อมูลบนไมโครคอนโทรลเลอร์.....	17
2.6 ความรู้เบื้องต้นของเกี่ยวกับโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์.....	17
2.6.1 ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรม.....	17
2.6.1.1 ภาษาเครื่อง.....	17
2.6.1.2 ภาษาแอสเซมบลี.....	17
2.6.1.3 ภาษาเบสิก.....	18
2.6.1.4 ภาษาซี.....	18
2.7 พื้นฐานภาษาซี.....	18
2.7.1 รูปแบบโครงสร้างของภาษาซี.....	18
2.7.2 การกำหนดตัวแปร.....	19
2.7.2.1 ชนิดของตัวแปร.....	20
2.7.2.2 ชื่อของตัวแปร.....	20
2.7.3 การประมวลผลการทำงาน.....	21
2.7.3.1 การกำหนดค่า.....	21
2.7.3.2 การคำนวณทางคณิตศาสตร์.....	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7.3.3 การตรวจสอบเงื่อนไข.....	22
2.7.3.4 การกระทำทางลัด.....	22
2.7.4 การทำงานแบบมีเงื่อนไข.....	23
2.7.4.1 คำสั่ง if...else.....	23
2.7.4.2 คำสั่ง switch.....	24
2.7.5 การทำงานแบบวนรอบ.....	24
2.7.5.1 คำสั่ง while loops.....	25
2.7.5.2 คำสั่ง do loops.....	25
2.7.5.3 คำสั่ง for loops.....	25
2.8 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....	26
2.8.1 ลักษณะ โครงสร้างของมอเตอร์.....	26
2.8.2 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....	27
2.8.3 รายละเอียดพื้นฐานของมอเตอร์.....	28
2.8.3.1 แรงดันไฟฟ้า (voltage).....	28
2.8.3.2 การไหลของกระแส.....	28
2.8.3.3 อัตราเร็ว.....	28
2.8.3.4 แรงบิด.....	29
2.9 อุปกรณ์ขับเคลื่อนมอเตอร์.....	29
2.10 หลักการของตัวต้านทานปรับค่าได้ชนิดเชิงเส้น.....	30
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....	32
3.1 แนวคิดในการออกแบบโครงสร้างของผ้าใบบังแดดอัตโนมัติ.....	32
3.1.1 ส่วนของผ้าใบและแกนของผ้าใบ.....	33
3.1.2 ส่วนของมอเตอร์และเบรค.....	33
3.1.3 ส่วนของสัญญาณอินพุทป้อนกลับ.....	33
3.2 แนวคิดในการควบคุมการทำงานของผ้าใบบังแดดอัตโนมัติ.....	35
3.3 การออกแบบส่วนของสัญญาณอินพุท.....	36
3.3.1 การออกแบบส่วนอินพุทของระบบควบคุมโดยผู้ใช้ (Manual).....	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.2 การออกแบบส่วนอินพุทของระบบควบคุมอัตโนมัติ (Auto).....	37
3.4 การออกแบบส่วนอินพุทป้อนกลับ.....	38
3.5 การออกแบบส่วนของคอนโทรลเลอร์.....	38
3.5.1 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F872.....	38
3.5.2 การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนคอนโทรลเลอร์.....	44
3.5.3 วงจรภาคจ่ายไฟ.....	46
3.5.4 การสร้างแผ่นปริ้นท์ PCB	48
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	49
4.1 การทดลองการใช้งาน.....	49
4.1.1 การทดลองและผลการทดลองระบบควบคุมโดยผู้ใช้.....	49
4.1.2 การทดลองและผลการทดลองระบบควบคุมอัตโนมัติ.....	51
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง ปัญหาและข้อเสนอแนะ.....	55
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	55
5.2 ปัญหา.....	55
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	55
บรรณานุกรม.....	56
ภาคผนวก.....	57
ภาคผนวก ก.....	58
ภาคผนวก ข.....	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง LDR แบบแคดเมียมซัลไฟด์กับ LDR แบบแคดเมียมซลิไนต์.....	8
2.2 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F872.....	13
2.3 สัญลักษณ์การกำหนดค่า.....	21
2.4 สัญลักษณ์การคำนวณทางคณิตศาสตร์.....	21
2.5 สัญลักษณ์การตรวจสอบเงื่อนไข.....	22
2.6 สัญลักษณ์การกระทำทางลอจิก.....	22
3.1 ผลการเก็บข้อมูลของค่าความเข้มแสงที่มีผลต่อค่าความต้านทานของ LDR.....	39
4.1 ผลการทดลองระบบควบคุมโดยผู้ใช้ทั้งขาลงและขาขึ้น.....	49
4.2 ผลการทดลองของระบบควบคุมอัตโนมัติ (ขาลง).....	52
4.3 ผลการทดลองของระบบควบคุมอัตโนมัติ (ขาขึ้น).....	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และส่งต่ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงภาพรวมของระบบการทำงานของผ้าใบกันแดดอัตโนมัติ.....	3
2.2 ระบบควบคุมแบบ Closed-loop.....	4
2.3 ระบบควบคุมแบบ Open-loop.....	4
2.4 ลักษณะทั่วไปของ LDR.....	6
2.5 โครงสร้างของ LDR.....	6
2.6 ลักษณะการต่อ LDR กับตัวต้านทานในวงจรแบ่งแรงดัน.....	7
2.7 กราฟความไวต่อแสงที่ความถี่ต่าง ๆ ของ LDR ทั้ง 2 แบบ เมื่อเทียบกับความไวของตาคน.....	8
2.8 ผลของการเปลี่ยนความเข้มแสงในทันทีทันใดกับ LDR.....	9
2.9 ตัวอย่างไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ RISC ของบริษัทไมโครชิพ.....	12
2.10 ตัวอย่างไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ CISC ของบริษัทโมโตโรล่า.....	13
2.11 ตำแหน่งขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F872.....	14
2.12 ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์.....	26
2.13 ขั้วแม่เหล็กและขดลวดแม่เหล็กที่ยึดติดกับเฟรม.....	27
2.14 ลักษณะโรเตอร์ของมอเตอร์กระแสตรง.....	27
2.15 ลักษณะและโครงสร้างของ L298N.....	29
2.16 ลักษณะของตัวต้านทานปรับค่าได้แบบแถบเลื่อน (Slide).....	30
2.17 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวต้านทานปรับค่าได้.....	31
3.1 โครงสร้างของผ้าใบบังแดดที่ใช้เป็นกรณีศึกษา.....	32
3.2 ลักษณะของมอเตอร์ที่ใช้ในปริิญญาณีนพนี้.....	33
3.3 ลักษณะการติดตั้งตัวต้านทานปรับค่าได้แบบแถบเลื่อน.....	34
3.4 ผ้าใบบังแดดที่ใช้เป็นกรณีศึกษา.....	34
3.5 บล็อกไดอะแกรมแสดงภาพรวมของระบบการทำงานของผ้าใบกันแดดอัตโนมัติ.....	35
3.6 วงจรส่วนอินพุทของระบบควบคุมโดยผู้ใช้และระบบควบคุมอัตโนมัติ.....	36
3.7 วงจรส่วนอินพุทป้อนกลับ.....	38
3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงกับค่าความต้านทานของ LDR.....	40
3.9 แผนภาพการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	40
3.10 ช่วงขยายของค่า setpoint.....	42
3.11 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนคอนโทรลเลอร์.....	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.12 วงจรรวมของผ้าใบบังแดดอัตโนมัติ.....	46
3.13 วงจรภาคจ่ายไฟส่วนเลี้ยงวงจรและส่วนขับเคลื่อนมอเตอร์.....	47
3.14 ลายแผ่นปริ้นท์ (PCB) ของวงจรทั้งหมด.....	48
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอินพุต (V_{in1}) กับค่าอินพุตป้อนกลับ ($V_{feedback}$) จากผลการทดลอง.....	51
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอินพุต (V_{in2}) กับค่าอินพุตป้อนกลับ ($V_{feedback}$) จากผลการทดลอง.....	53
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอินพุต (V_{in2}) กับค่าความเข้มแสงจากผลการทดลอง.....	54



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปริญญาานิพนธ์

เนื่องจากในปัจจุบันนี้ผู้คนต้องการความสะดวกสบายมากขึ้น จึงได้คิดค้นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมการทำงานของสิ่งของ เครื่องใช้ต่าง ๆ ขึ้น ซึ่งการควบคุมนั้นก็สามารถทำได้หลายวิธีแล้วแต่การทำงานของเครื่องใช้ นั้น ๆ

การควบคุมมอเตอร์นั้นก็ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายกับอุปกรณ์ เครื่องมือที่มีการขับเคลื่อนซึ่งผ้าใบกันแดดอัตโนมัติก็เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ต้องใช้การควบคุมมอเตอร์ เพื่อใช้ในการเปิด/ปิดผ้าใบ และจะใช้ตัวต้านทานไวแสง (Light Dependent Resistor : LDR) เป็นตัวตรวจจับความเข้มของแสงในการทำงานแบบอัตโนมัติ ซึ่งความน่าสนใจของโครงการนี้คือ สามารถนำมาใช้ในในชีวิตจริง และสามารถทำขึ้นเองได้ จึงเป็นเหตุให้เลือกทำโครงการนี้ขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาานิพนธ์

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาและออกแบบผ้าใบกันแดดอัตโนมัติ โดยใช้หลักการทำงานของตัวต้านทานไวแสงเป็นเงื่อนไขในการควบคุม (LDR) เพื่อให้ผ้าใบบังแดดสามารถทำงานได้แบบอัตโนมัติ กล่าวคือ เมื่อมีความเข้มแสงมากขึ้นผ้าใบบังแดดจะเคลื่อนที่ลง แต่ถ้ามีความเข้มแสงน้อยลง ผ้าใบบังแดดจะเคลื่อนที่ขึ้น

1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างของผ้าใบบังแดด ออกแบบวงจรจับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และออกแบบชุดโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เพื่อใช้ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

เริ่มต้นจากการออกแบบรูปแบบโครงสร้างของผ้าใบกันแดด การเลือกใช้มอเตอร์ และวงจรจับมอเตอร์ ทำการศึกษาการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของมอเตอร์ โปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบ เช่น โปรแกรม Solid Work Protel และ โปรแกรม CCS ซึ่งเป็นตัวคอมไพเลอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ PIC 16F872 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 รายละเอียดของปฏิญานิพนธ์

ในปฏิญานิพนธ์นี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บท และภาคผนวก 2 ภาค โดยแต่ละบทมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

บทที่ 1 เป็นบทนำซึ่งจะกล่าวถึง ความเป็นมา วัตถุประสงค์ ขอบเขตของปฏิญานิพนธ์ ขั้นตอนการศึกษา และรายละเอียดในแต่ละของปฏิญานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึง ทฤษฎีต่าง ๆ ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบผ้าใบบังแดดอัตโนมัติที่นำเสนอในปฏิญานิพนธ์นี้ ซึ่งได้แก่ หลักการของการควบคุม หลักการทำงานของตัวต้านทานไวแสง หลักการของไมโครคอนโทรลเลอร์ การเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง อุปกรณ์ขับเคลื่อนมอเตอร์ และหลักการของตัวต้านทานปรับค่าได้ชนิดเชิงเส้น

บทที่ 3 เป็นวิธีการดำเนินงานในขั้นตอนต่าง ๆ เพื่อออกแบบผ้าใบบังแดดอัตโนมัติ

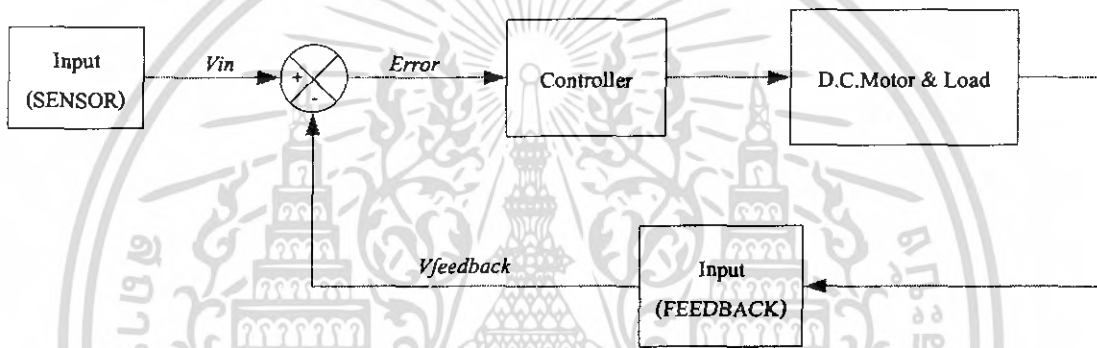
บทที่ 4 เป็นการทดลองและผลการทดลอง เพื่อยืนยันฟังก์ชันการทำงานของผ้าใบบังแดดว่ามีความถูกต้องตามหลักการทำงานที่ได้นำเสนอในปฏิญานิพนธ์

บทที่ 5 กล่าวถึง สรุปผลการทดลอง ปัญหา และข้อเสนอแนะ ภาคผนวก ก เป็นโปรแกรมที่เขียนบนไมโครคอนโทรลเลอร์ ภาคผนวก ข เป็นข้อมูลของไอซีที่ใช้ในปฏิญานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 บทนำ

ในการควบคุมการทำงานของผ้าใบบังแดดอัตโนมัตินั้นเป็นการรวมองค์ประกอบหลาย ๆ องค์ประกอบเข้าด้วยกัน อันได้แก่ หลักการของการควบคุมแบบ Proportional หลักการทำงานของเซนเซอร์ หลักการของคอนโทรลเลอร์ หลักการของมอเตอร์กระแสตรง หลักการของอุปกรณ์ขับเคลื่อน หลักการของอุปกรณ์ป้อนกลับ เป็นต้น ซึ่งขั้นตอนการทำงานจะแสดงได้ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงภาพรวมของระบบการทำงานของผ้าใบกันแดดอัตโนมัติ

จากภาพที่ 2.1 เป็นบล็อกไดอะแกรมแสดงให้เห็นถึงระบบการทำงานโดยรวม ซึ่งในการที่ผ้าใบบังแดดอัตโนมัติจะทำงานได้นั้น จะต้องทราบถึงหลักการทำงานและทฤษฎีต่าง ๆ ของแต่ละส่วนของบล็อกไดอะแกรม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. หลักการของการควบคุมแบบ Proportional
2. หลักการทำงานของเซนเซอร์ ซึ่งเป็นเซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจวัดความเข้มของแสง ซึ่งในปริยญาณิพนธ์นี้เลือกใช้ตัวต้านทานไวแสง (LDR)
3. หลักการของคอนโทรลเลอร์ ซึ่งในปริยญาณิพนธ์นี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F872
4. หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง
5. หลักการของอุปกรณ์ขับเคลื่อนกระแสตรง ซึ่งในปริยญาณิพนธ์นี้เลือกใช้ไอซี L298N
6. หลักการของอุปกรณ์ป้อนกลับ ในส่วนนี้เป็นส่วนที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ขึ้น/ลงของผ้าใบ ซึ่งใช้สัญญาณแรงดันอินพุตป้อนกลับ

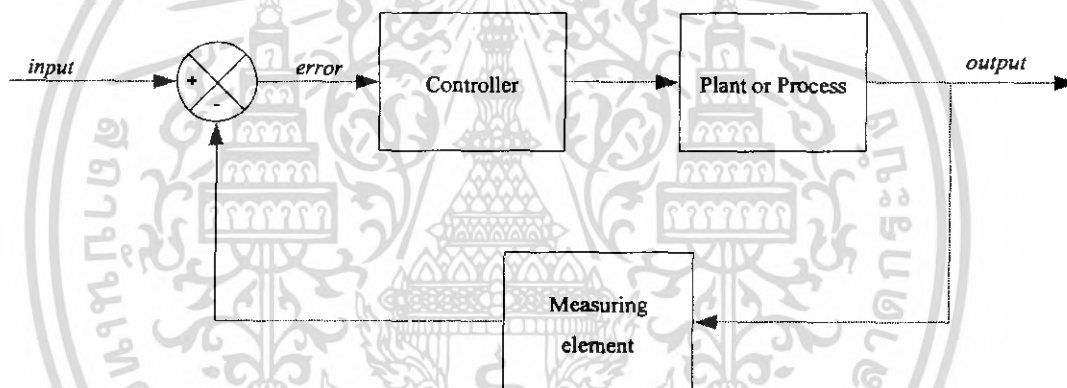
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 หลักการของการควบคุม

ระบบควบคุมจะแบ่งอย่างง่าย ๆ ออกเป็นสองแบบคือ ระบบควบคุมแบบ Closed-loop และระบบควบคุมแบบ Open-loop

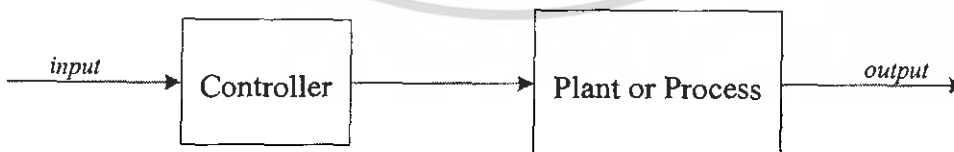
2.2.1 ระบบควบคุมแบบ Closed-loop

ระบบควบคุมแบบ Closed-loop เป็นระบบควบคุมแบบหนึ่ง ซึ่งสัญญาณเอาต์พุต จะมีผลโดยตรงต่อการควบคุม ดังนั้นระบบควบคุมแบบ Closed-loop ก็คือระบบควบคุมป้อนกลับนั่นเอง สัญญาณค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ซึ่งเป็นสัญญาณแตกต่างระหว่างสัญญาณอินพุตกับสัญญาณป้อนกลับจะถูกป้อนให้กับตัวควบคุมเพื่อที่จะลดค่าความคลาดเคลื่อนให้น้อยลง และทำให้เอาต์พุตของระบบมีค่าตามที่ต้องการ สัญญาณป้อนกลับนี้อาจจะเป็นสัญญาณเอาต์พุตโดยตรง หรือเป็นสัญญาณที่เป็นฟังก์ชันของสัญญาณเอาต์พุต หรือเป็นค่าอนุพันธ์ของสัญญาณเอาต์พุตก็ได้



ภาพที่ 2.2 ระบบควบคุมแบบ Closed-loop

2.2.2 ระบบควบคุมแบบ Open-loop



ภาพที่ 2.3 ระบบควบคุมแบบ Open-loop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมแบบ Open-loop เป็นระบบควบคุมที่เอาต์พุทของระบบจะไม่มีผลต่อการควบคุมเลย นั่นคือในกรณีของระบบควบคุมแบบ Open-loop นั้น เอาต์พุทของระบบจะไม่ถูกวัดหรือถูกป้อนกลับเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับอินพุท ระบบควบคุมที่ทำงานตามเวลาที่กำหนดไว้จะเป็นระบบการควบคุมแบบ Open-loop

2.2.3 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบควบคุมแบบ Closed-loop และระบบควบคุมแบบ Open-loop

ข้อดีของระบบควบคุมแบบ Closed-loop อย่างหนึ่งคือ การใช้วิธีการป้อนกลับนำเอาสัญญาณเอาต์พุทมาเทียบกับสัญญาณอินพุทที่ต้องการ ดังนั้นจึงสามารถจะกำจัดหรือลดผลของ Disturbance จากภายนอกหรือผลของ Disturbance จากภายในที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของระบบให้น้อยลงได้ ในบางครั้งจึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ที่มีความเที่ยงตรงสูงและมีราคาแพงแต่อย่างใด แต่ในกรณีของระบบ Open-loop จะไม่เป็นเช่นนั้น กล่าวคือ ถ้ามี Disturbance เกิดขึ้นก็จะต้องทำการปรับอินพุทหรือพยายามกำจัด Disturbance นั้นทิ้งไปเพื่อให้เอาต์พุทมีค่าคงเดิมตามที่ต้องการ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ก็ต้องมีความเที่ยงตรงสูง

2.2.4 ตัวควบคุมแบบ Proportional

สำหรับตัวควบคุมที่มีกิริยาการควบคุมแบบ Proportional นั้น ค่าเอาต์พุทของตัวควบคุมจะแปรผันตรงกับค่าความคลาดเคลื่อน กล่าวคือ ถ้าค่าความคลาดเคลื่อนมีค่ามากขึ้น ค่าเอาต์พุทของตัวควบคุมจะมีค่ามากขึ้นตาม และถ้าค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยลง ค่าเอาต์พุทของตัวควบคุมก็จะมีค่าน้อยลงตาม กิริยาควบคุมแบบ Proportional สามารถเขียนสมการได้ดังสมการที่ 2.1

$$m_p(t) = K_p e(t) + \bar{m} \quad (2.1)$$

เมื่อ $m_p(t)$ = ค่าเอาต์พุทของตัวควบคุมแบบ Proportional
 K_p = อัตราขยายของตัวควบคุมแบบ Proportional
 \bar{m} = ค่าเอาต์พุทของตัวควบคุมที่ค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับศูนย์

ตัวควบคุมแบบ Proportional บางตัวอาจจะใช้ค่า Proportional Band (PB) แทนการใช้ค่า K_p ซึ่ง PB คือ ช่วงของค่าคลาดเคลื่อนระหว่างที่เอาต์พุทของตัวควบคุมมีค่า 0-100 % ดังสมการที่ 2.2 ซึ่งการควบคุมแบบนี้มีจุดอ่อนก็คือการเกิด Offset

$$PB = \frac{100\%}{K_p} \quad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 หลักการทำงานของตัวต้านทานไวแสง

2.3.1 ลักษณะทั่วไป



ภาพที่ 2.4 ลักษณะทั่วไปของ LDR

LDR ย่อมาจาก Light Dependent Resistor ซึ่งมีชื่อเรียกกันหลายชื่อ เช่น โฟโตคอนดักทีฟ เซลล์ (Photoconductive Cell) หรือตัวต้านทานไวแสง (LSR - Light Sensitive Resistor) ซึ่งส่วนมากจะมีโครงสร้างที่ทำมาจากวัสดุสารกึ่งตัวนำชนิดสารแคดเมียมซัลไฟด์ หรือแคดเมียมซัลไฟด์เอามาฉาบลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรอง แล้วต่อขาจากสารที่ฉาบไว้ ออกมา



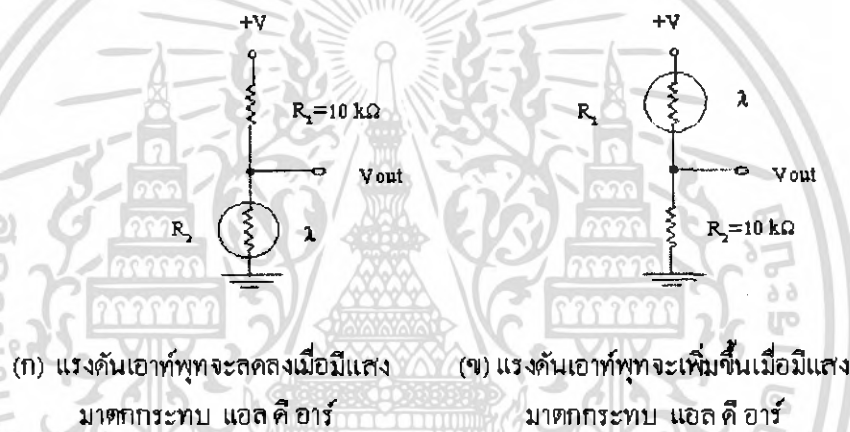
ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของ LDR

รูปร่างของ LDR จะแสดงในภาพที่ 2.5 ส่วนที่ขีดเป็นแนวเล็ก ๆ สีดำเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไวแสง เป็นที่สำหรับต่อขาออกมาภายนอกหรือเรียกว่า อิเล็กโทรด ที่เหลือก็จะเป็นฐานเซรามิกและอุปกรณ์สำหรับห่อหุ้มตัว LDR ซึ่งมีได้หลายแบบ

2.3.2 การทำงานของ LDR

การทำงานของ LDR นั้นก็คือ เวลาที่มีแสงมาตกกระทบบลง ไปก็จะถ่ายทอดพลังงานให้กับสารที่ฉาบอยู่ ทำให้เกิดโฮลกับอิเล็กตรอนวิ่งกันพล่าน การที่มีโฮลกับอิเล็กตรอนอิสระนี้มากก็เท่ากับมีความต้านทานลดลงนั่นเอง ยิ่งความเข้มของแสงที่ตกกระทบบมากเท่าไร ความต้านทานจะยิ่งลดลงมากเท่านั้น ดังนั้นจึงทำให้เมื่อไม่มีแสงมาตกกระทบบค่าความต้านทานภายในจะสูงมาก แต่เมื่อมีแสงมาตกกระทบบ ค่าความต้านทานภายในจะต่ำและอยู่ในสภาพความนำทางไฟฟ้า

จากภาพที่ 2.6 จะเห็นถึงลักษณะการต่อ LDR เข้ากับตัวต้านทาน ซึ่งในการต่อจะมี 2 แบบ คือ ต่อแบบภาพที่ 2.6 (ก) จะวัดค่าแรงดันเอาต์พุตคร่อมตัว LDR โดยแรงดันเอาต์พุตที่วัดได้นั้นจะมีค่าลดลงเมื่อมีแสงมาตกกระทบบ LDR ส่วนการต่อแบบภาพที่ 2.6 (ข) จะวัดแรงดันเอาต์พุตคร่อมตัวต้านทาน โดยแรงดันเอาต์พุตจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีแสงมาตกกระทบบ LDR



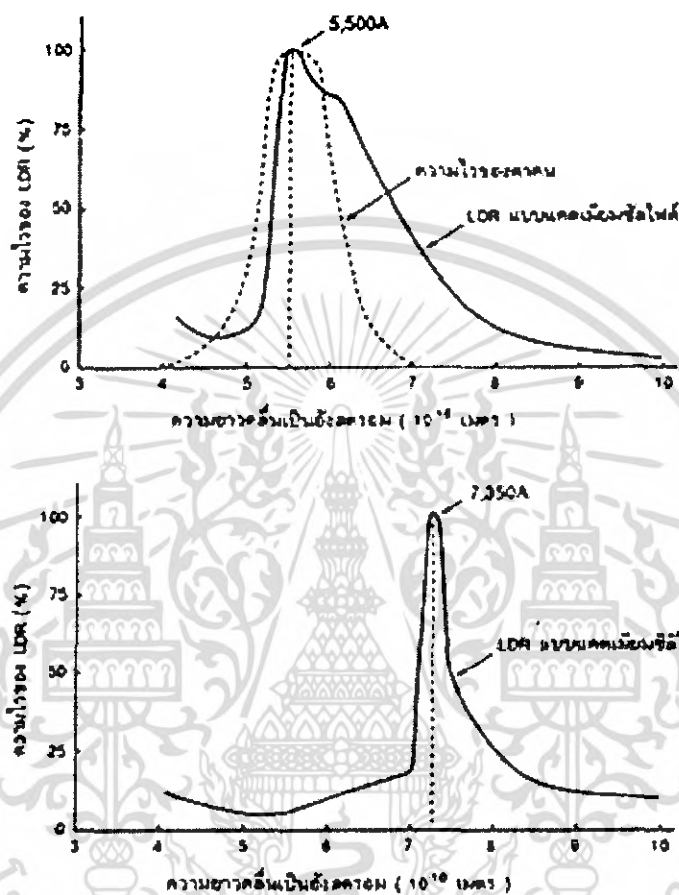
ภาพที่ 2.6 ลักษณะการต่อ LDR กับตัวต้านทานในวงจรแบ่งแรงดัน

2.3.3 สมบัติทางแสง

จากภาพที่ 2.7 ในส่วนที่ว่าแสงตกกระทบบนั้น มิใช่ว่าจะเป็นแสงอะไรก็ได้ เฉพาะแสงในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 4,000 อังสตรอม (1 อังสตรอม เท่ากับ 10^{-10} เมตร) ถึงประมาณ 10,000 อังสตรอมเท่านั้นที่จะใช้ได้ (สายตากคนจะเห็นได้ ในช่วงประมาณ 4,000 อังสตรอม ถึง 7,000 อังสตรอม) ซึ่งคิดแล้วก็ยังเป็นช่วงคลื่นเพียงแคบ ๆ เมื่อเทียบกับการทำงานของอุปกรณ์ไวแสงประเภทอื่น ๆ แต่ถึงอย่างไรแสงในช่วงคลื่นนี้ก็มิอยู่ในแสงอาทิตย์แสงจากหลอดไฟแบบไส้ และแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ด้วย หรือถ้าจะคิดถึงความยาวคลื่นที่ LDR จะตอบสนองไวที่สุดแล้วก็มิอยู่หลายความยาวคลื่น โดยทั่วไป LDR ที่ทำจากแคดเมียมซัลไฟด์จะไวต่อแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 5,000 กว่า อังสตรอม ซึ่งเราจะเห็นเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตีเขียวไปจนถึงสีเหลือง สำหรับบางตัวแล้ว ความยาวคลื่นที่ไวที่สุดของมันใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่ไวที่สุดของตาคนมาก (ตาคนไวต่อความยาวคลื่นประมาณ 5,550 อังสตรอม) จึงมักจะทำให้มันเป็นเครื่องวัดแสงในกล้องถ่ายรูป ถ้า LDR ทำจากแคดเมียมซัลไฟด์ในดีก็จะไวต่อความยาวคลื่นในช่วง 7,000 กว่าอังสตรอม ซึ่งไปอยู่ในช่วงอินฟราเรดแล้ว



ภาพที่ 2.7 กราฟความไวต่อแสงที่ความถี่ต่าง ๆ ของ LDR ทั้ง 2 แบบ เมื่อเทียบกับความไวของตาคน

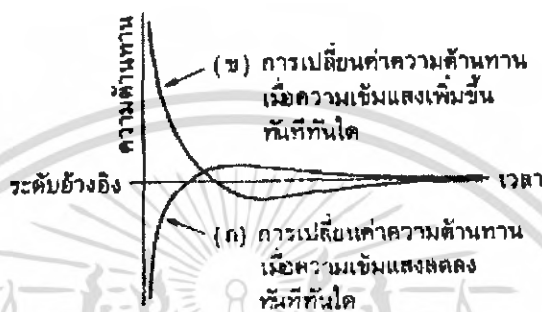
ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง LDR แบบแคดเมียมซัลไฟด์กับ LDR แบบแคดเมียมซิติไนต์

ชนิดของตัวต้านทานไวแสง	LDR แบบแคดเมียมซัลไฟด์	LDR แบบแคดเมียมซิติไนต์
สารกึ่งตัวนำ	แคดเมียมซัลไฟด์ CdS	แคดเมียมซิติไนต์ CdSi
ความไวต่อแสง	ที่ความยาวคลื่นในช่วง 5,000 อังสตรอม	ที่ความยาวคลื่นในช่วง 7,000 อังสตรอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 ผลตอบสนองทางไฟฟ้า

อัตราส่วนระหว่างความต้านทานของ LDR ในขณะที่ไม่มีแสงกับขณะที่มีแสง อาจจะเป็นไปได้ตั้งแต่ 100 เท่า 1,000 เท่า หรือ 10,000 เท่า แล้วแต่รุ่น แต่โดยทั่วไปแล้วค่าความต้านทานในขณะที่ไม่มีแสงจะอยู่ในช่วงประมาณ $0.5 \text{ M}\Omega$ ขึ้นไป ในที่มีดสารถอาจขึ้นไปได้มากกว่า $2 \text{ M}\Omega$ และในขณะที่มีแสงจะเป็นประมาณ $10 - 20 \text{ k}\Omega$ ลงไป อาจจะไม่ถึงโอห์มหรือไม่ถึงโอห์มก็ได้ ทนแรงดันสูงสุดได้ไม่ต่ำกว่า 100 V และกำลังสูญเสียอย่างต่ำประมาณ 50 mW



ภาพที่ 2.8 ผลของการเปลี่ยนความเข้มแสงในทันทีทันใดกับ LDR

นอกเหนือจากลักษณะสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้แล้วยังมีอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญ คือ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากความเข้มแสงเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ซึ่งจะดูตัวอย่างได้ในภาพที่ 2.8 ถ้า LDR ได้รับความที่มีความเข้มสูงดังเส้น (ก) ความต้านทานจะมีค่าต่ำและในทันทีที่ความเข้มของแสงถูกลดลงเหลือเพียงระดับอ้างอิง ความต้านทานก็จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ไปจนถึงค่าความต้านทานที่มันควรจะเป็นในระดับอ้างอิง แต่แทนที่มันจะไปหยุดอยู่ระดับอ้างอิง มันกลับเพิ่มเลขขึ้นไปอีกแล้วจึงจะลดลงมาอยู่ในระดับอ้างอิง และในทำนองเดียวกันถ้าเก็บมันไว้ในที่ความเข้มแสงน้อย ๆ แล้วเปลี่ยนความเข้มเป็นระดับอ้างอิงทันทีดังในภาพที่ 2.8 เส้น (ข) ความต้านทานจะลดลงเลยต่ำลงมาจากระดับอ้างอิงแล้วจึงขึ้นไปใหม่ ยิ่งความเข้มแสงเท่ากัน LDR แบบแคดเมียมซัลไฟด์ จะใช้เวลาในการเข้าสู่สถานะที่มันควรจะเป็นน้อยกว่าแบบแคดเมียมซัลไฟด์ แต่ก็จะวิ่งเลยไปไกลกว่าด้วย และอีกอย่างหนึ่งความเร็วในการเปลี่ยนแปลงระดับความต้านทานจากค่าหนึ่งไปอีกค่าหนึ่งช้ามาก ซึ่งจะอยู่ในช่วง 10^3 วินาที จึงทำให้ LDR ใช้ได้กับงานความถี่ต่ำ ๆ เท่านั้น

2.4 หลักการของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.4.1 บทนำ

ในชีวิตประจำวันเราจะพบไมโครคอนโทรลเลอร์บ่อยมากแต่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกซ่อนตัวอยู่ในเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น เตาไมโครเวฟ เครื่องซักผ้า เครื่องเล่น MP3 และอื่น ๆ อีกมากมาย สาเหตุที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายก็เพราะว่าเราสามารถนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาทำงานแทนวงจรรีเลย์ทรานซิสต์ ซึ่งเดิมในการที่จะออกแบบวงจรรีเลย์ทรานซิสต์เพื่อใช้ในงานควบคุมก็จะต้องเริ่มต้นออกแบบตามขั้นตอนการออกแบบ แต่ถ้าเราต้องการเปลี่ยนแปลงการทำงานก็จะต้องเปลี่ยนขั้นตอนการออกแบบใหม่ทำให้เราต้องสร้างวงจรใหม่ด้วย แต่ถ้าหากนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้งาน เราสามารถเปลี่ยนแปลงการทำงานได้ง่าย ๆ โดยการเปลี่ยนโปรแกรมคำสั่งการทำงานภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้มีความสะดวกในการออกแบบและมีความยืดหยุ่นในการใช้งานเป็นอย่างมาก

นอกจากความยืดหยุ่นในการใช้งานแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์ในปัจจุบันยังมีความสามารถมากขึ้น เช่น มีความเร็วในการคำนวณ หรือความสามารถในการเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ด้วย ทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้าของเราสามารถเชื่อมข้อมูลกับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้

2.4.2 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เสมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือระบบควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความสามารถในการทำงานมากขึ้น ซึ่งภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีโครงสร้างหลักอยู่ 5 ส่วนใหญ่ดังนี้คือ

2.4.2.1 ส่วนประมวลผล

ส่วนประมวลผล (Processing Unit) คือส่วนที่ทำหน้าที่คำนวณทางคณิตศาสตร์ หรือการตัดสินใจแบบมีเงื่อนไข ซึ่งจะมีการทำงานที่ซับซ้อน โดยลำดับในการทำงานของส่วนประมวลผลจะขึ้นอยู่กับการจัดลำดับคำสั่งในการทำงาน ซึ่งจะบรรจุอยู่ในส่วนพื้นที่เก็บข้อมูล

2.4.2.2 ส่วนพื้นที่เก็บข้อมูล

ส่วนพื้นที่เก็บข้อมูล (Memory Unit) คือส่วนที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูล โดยเราจะแบ่งชนิดของพื้นที่เก็บข้อมูลเป็น 2 แบบคือ แบบชั่วคราว (RAM : Random Access Memory) และแบบกึ่งถาวร (EPROM: Erasable Programmable Read Only Memory) ซึ่งพื้นที่เก็บข้อมูลแบบชั่วคราวนี้จะเป็นข้อมูลที่สามารเปลี่ยนแปลงได้อยู่ตลอด และถูกใช้เป็นข้อมูลในการเก็บ

ค่าตัวแปรในการคำนวณ โดยข้อมูลประเภทนี้จะสูญหายเมื่อเราหยุดจ่ายไฟเลี้ยงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนพื้นที่เก็บข้อมูลแบบกึ่งถาวรจะเป็นข้อมูลที่ใช้เก็บโปรแกรมคำสั่งการทำงาน ซึ่งข้อมูลประเภทนี้เราสามารถเปลี่ยนแปลงได้แต่ต้องใช้กรรมวิธีพิเศษ แต่ข้อมูลจะไม่สูญหายแม้ว่าเราจะหยุดจ่ายไฟเลี้ยงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วก็ตาม

2.4.2.3 ส่วนเชื่อมต่อสัญญาณทางไฟฟ้า

ส่วนเชื่อมต่อสัญญาณทางไฟฟ้า (Interface Unit) จะทำหน้าที่ติดต่อสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีอยู่ 2 แบบคือ อินพุตและเอาต์พุตแบบดิจิทัลโดยจะรับ/ส่งข้อมูลด้วยสัญญาณทางดิจิทัล และอินพุตและเอาต์พุตแบบอนาลอกที่มีการรับ/ส่งสัญญาณแบบสัญญาณทางอนาลอก ซึ่งในการรับ/ส่งสัญญาณของอนาลอกจะมีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์บางรุ่นเท่านั้น

2.4.2.4 ส่วนกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

ส่วนกำเนิดสัญญาณนาฬิกาจะทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณนาฬิกาโดยใช้วงจรที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เรียกว่าวงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator circuit) ซึ่งมีอุปกรณ์หลักคือ คริสตัล (X-TAL) มากำหนดช่วงเวลาในการประมวลผล (Execute time) ของส่วนประมวลผล โดยจะมีผลต่อความเร็วในการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์

นอกจากสัญญาณนาฬิกาจะยังใช้กำหนดความเร็วในการรับส่งข้อมูลดิจิทัลแบบอนุกรม (Digital series communication signal) และกำหนดความถี่ในส่วนของตัวตั้งเวลา (Timer) ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย

2.4.2.5 ส่วนอินเตอร์รัพต์สัญญาณ

ส่วนอินเตอร์รัพต์สัญญาณจะทำหน้าที่จัดลำดับความสำคัญในการทำงานในกรณีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานในลักษณะหลายงานพร้อมกัน ซึ่งจะอำนวยความสะดวกอย่างมากในการเขียนโปรแกรมเพื่อรองรับการทำงานลักษณะนี้

2.4.3 ประเภทของไมโครคอนโทรลเลอร์

เราสามารถแบ่งประเภทของไมโครคอนโทรลเลอร์ตามลักษณะการทำงานด้านการประมวลผลได้ 2 ประเภท คือ ประเภท RISC และประเภท CISC ซึ่งแต่ละประเภทจะมีการทำงานและโครงสร้างภายในที่แตกต่างกันดังนี้

2.4.3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ RISC

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ RISC (Reduced Instruction Set Computer) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีโครงสร้างการทำงานที่มีจำนวนชุดคำสั่งน้อย และแต่ละคำสั่งจะทำงานแบบง่าย ๆ แต่ความเร็วในการทำงานแต่ละคำสั่งจะสูงมากซึ่งถือเป็นข้อเด่น แต่มีข้อด้อยคือ ชุดคำสั่งจะทำงานอย่างง่าย ๆ เช่น คำสั่งในการคำนวณจะมีเพียงคำสั่ง บวก และลบ ตัวอย่างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ของบริษัท ไมโครชิพ (Microchip) เป็นต้น



ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ RISC ของบริษัทไมโครชิพ

2.4.3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ CISC

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ CISC (Complex Instruction Set Computer) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีโครงสร้างการทำงานมีชุดคำสั่งที่มากกว่าแบบ RISC ซึ่งแต่ละคำสั่งจะสามารถทำงานที่ซับซ้อนได้โดยใช้เพียงแค่ 1 คำสั่งเท่านั้น เช่น ในการเขียนโปรแกรมคำสั่งคูณค่า 10 กับค่าตัวแปร ถ้าเราใช้ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ RISC เราจะสามารถวนคำสั่งบวกถึง 10 รอบ แต่ในไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ CISC จะสามารถทำเสร็จภายในคำสั่งเดียว ซึ่งจะสะดวกมากในการใช้งานที่มีการคำนวณที่ซับซ้อน หากจะเปรียบเทียบกันพบว่าข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ CISC จะมีคำสั่งการทำงานที่ซับซ้อนมากกว่า แต่ข้อด้อยคือความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ CISC ต่อ 1 คำสั่งจะช้ากว่า เมื่อเทียบกับความเร็วในการทำงาน 1 คำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ RISC ตัวอย่างของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ CISC คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 68HC ของบริษัท โมโตโรล่า (Motorola) เป็นต้น



ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ CISC ของบริษัทโมโตโรล่า

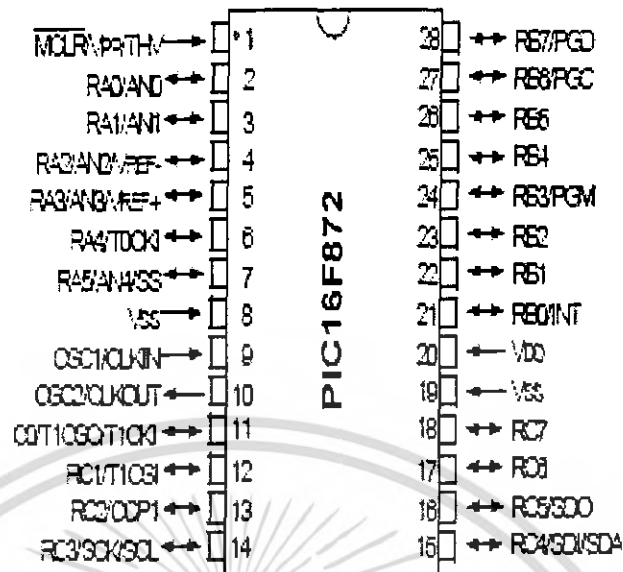
ดังนั้นในโครงงานนี้จึงเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ของบริษัทไมโครชิพ เบอร์ 16F872 ซึ่งมี 28 ขา มีหน่วยความจำและจำนวนพอร์ตให้ใช้เพียงพอกับการใช้งาน หาซื้อง่าย และราคาไม่แพง ซึ่งมีคุณสมบัติสำคัญดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F872

คุณสมบัติสำคัญของ PIC16F872	
ความถี่สัญญาณนาฬิกา	ไฟตรง – 20 MHz
หน่วยความจำโปรแกรม	2K × 14 บิต
หน่วยความจำข้อมูล RAM	128 ไบต์
หน่วยความจำข้อมูล EEPROM	64 ไบต์
จำนวนแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัพ	10
จำนวนพอร์ตอินพุทเอาต์พุท	พอร์ต A B C 22 บิต
จำนวนไทมเมอร์/คาน์เตอร์	3
โมดูลแคปเจอร์เปรียบเทียบ PWM	2
ส่วนสื่อสารข้อมูลอนุกรม	SPI I ² C
วงจร ADC 10 บิต	5 ช่อง
จำนวนขาตั้ง	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIP, SOIC, SSOP



ภาพที่ 2.11 ตำแหน่งขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F872

2.4.4 การทำงานของแต่ละขาของ PIC 16F872

ในตัว CPU ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F872 ขนาด 28 ขา มีขาสัญญาณที่ใช้ติดต่ออินพุท/เอาต์พุทพอร์ต มีจำนวนขาสัญญาณทั้งสิ้น 22 ขา ดังนี้

- พอร์ต A RA0_RA5 จำนวน 6 ขา
- พอร์ต B RB0_RB7 จำนวน 8 ขา
- พอร์ต C RC0_RC7 จำนวน 8 ขา

ขาสัญญาณแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F872 มีหน้าที่การทำงานดังนี้

1. พอร์ต A RA0_RA5 มีขาสัญญาณจำนวน 6 ขา โดยขาสัญญาณใช้ติดต่ออินพุท/เอาต์พุทพอร์ต และยังทำหน้าที่เป็นอินพุทของสัญญาณ ADC (วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล) ด้วย

- | | |
|--------------|---------------------------------------|
| RA0/AN0 | - ขาสัญญาณติดต่อ อินพุท/เอาต์พุทพอร์ต |
| | - ขาสัญญาณอินพุท สำหรับ ADC ช่อง 0 |
| RA1/AN1 | - ขาสัญญาณติดต่อ อินพุท/เอาต์พุทพอร์ต |
| | - ขาสัญญาณอินพุท สำหรับ ADC ช่อง 1 |
| RA2/AN2/REF- | - ขาสัญญาณติดต่อ อินพุท/เอาต์พุทพอร์ต |
| | - ขาสัญญาณอินพุท สำหรับ ADC ช่อง 2 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- RA3/AN3/REF+ - ขาสัญญาณติดต่อกับ อินพุท/เอาต์พุทพอร์ต
- ขาสัญญาณอินพุท สำหรับ ADC ช่อง 3
- RA4/TOCK1 - ขาสัญญาณนาฬิกา Input Timer 0
- ขาสัญญาณเอาต์พุท เปรียบเทียบ ADC ช่อง 1
- RA5/AN4/SS - ขาสัญญาณอินพุท สำหรับ ADC ช่อง 4
- ขาสัญญาณ Slave Select สื่อสารพอร์ตคอนโทรลแบบ Synchronize
- ขาสัญญาณเอาต์พุท เปรียบเทียบ ADC ช่อง 2

2. พอร์ต B RB0_RB5 มีขาสัญญาณจำนวน 7 ขา ภายในมีวงจรรูลัฟ (R-Pull-Up) ใช้ติดต่อกับอินพุท/เอาต์พุทพอร์ต และยังทำหน้าที่เป็นสัญญาณอินพุทในการอินเตอร์รัพจากภายนอกด้วย

- RB0/INT - ขาสัญญาณติดต่อกับ อินพุท/เอาต์พุทพอร์ต
- ขาสัญญาณอินพุทรับสัญญาณอินเตอร์รัพจากภายนอก
- RB1 - ขาสัญญาณติดต่อกับ อินพุท/เอาต์พุทพอร์ต
- RB2 - ขาสัญญาณติดต่อกับ อินพุท/เอาต์พุทพอร์ต
- RB3/PGM - ขาสัญญาณติดต่อกับ อินพุท/เอาต์พุทพอร์ต
- ขาสัญญาณอินพุทรับแรงดันต่ำ
- RB4-RB7 - ขาสัญญาณติดต่อกับ อินพุท/เอาต์พุทพอร์ต
- ขาที่สามารถเกิดอินเตอร์รัพ ถ้ามีการ Enable

3. พอร์ต C RC0_RC7 มีขาสัญญาณจำนวน 8 ขา โดยพอร์ต C เป็นพอร์ตที่ติดต่อกับสัญญาณได้หลายรูปแบบ เช่น ติดต่อกับอินพุท/เอาต์พุทพอร์ต Timer เป็นต้น

- RC0/T1OSO/TICK1 - ขาสัญญาณติดต่อกับ อินพุท/เอาต์พุทพอร์ต
- ขาสัญญาณเอาต์พุท วงจรออสซิลเลเตอร์ของ Timer1
- ขาสัญญาณอินพุทของสัญญาณ Clock Timer1
- RC1/T1OSI - ขาสัญญาณติดต่อกับ อินพุท/เอาต์พุทพอร์ต
- ขาสัญญาณเอาต์พุท วงจรออสซิลเลเตอร์ของ Timer1
- RC2/CCP1 - ขาสัญญาณติดต่อกับ อินพุท/เอาต์พุทพอร์ต
- ขาสัญญาณเอาต์พุท วงจรเปรียบเทียบสัญญาณของ โมดูล CCP1
- ขาสัญญาณเอาต์พุท PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RC3/SCK/SCL	- ขาสัญญาณติดต่อ อินพุท/เอาต์พุทพอร์ต - ขาสัญญาณนาฬิกาของวงจร SPI (SCK) - ขาสัญญาณนาฬิกาของระบบบัส I ² C (SCL)
RC4/SDI/SDA	- ขาสัญญาณติดต่อ อินพุท/เอาต์พุทพอร์ต - ขาสัญญาณ Input/Serial Data ของวงจร SPI (SDI) - ขาสัญญาณ Data ของระบบบัส I ² C (SDA)
RC5/SDO	- ขาสัญญาณติดต่อ อินพุท/เอาต์พุทพอร์ต - ขาสัญญาณ Input/Serial Data ของวงจร SPI (SDI)
RC6	- ขาสัญญาณติดต่อ อินพุท/เอาต์พุทพอร์ต
RC7	- ขาสัญญาณติดต่อ อินพุท/เอาต์พุทพอร์ต

4. ขาสัญญาณทั่วไปจะมีหน้าที่ในการติดต่อสัญญาณดังนี้

MCLR/Vpp	- ขาสัญญาณสำหรับ Reset จะทำงานที่ลอกลจิก 0 - ขาสัญญาณรับแรงดัน โปรแกรม (Programming Voltage)
OSC1/CLKIN	- ขาสัญญาณสำหรับต่อ Crystal หรือรับสัญญาณนาฬิกา
OSC2/CLKIN	- ขาสัญญาณสำหรับต่อ Crystal หรือรับสัญญาณนาฬิกา
V _{DD}	- ขาดไฟเลี้ยง (+5V)
V _{SS}	- ขาดกราวด์

2.5 Software ที่ใช้ในปริณญาณิพนธ์นี้

ในส่วนของ Software ที่เราใช้จะมีอยู่ทั้งหมด 2 ส่วนคือ โปรแกรมแปลงภาษาซี และโปรแกรมบันทึกข้อมูลบนไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

2.5.1 โปรแกรมแปลงภาษาซี

โปรแกรมแปลงภาษาซี (Software C Compiler) ที่เราใช้จะเป็นโปรแกรมที่มีตัวแปลงภาษาซีที่มีชื่อว่า CCS C Compiler พัฒนาโดยบริษัท Custom Computer Service ใช้พัฒนางานด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC โดยสามารถใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 12 14 และ 16 บิต เมื่อเขียนภาษาซีกับซอฟต์แวร์ CCS C Compiler ชุดคำสั่งของภาษาจะถูกแปลคำสั่งภาษาที่เครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งเรียกว่า ภาษาเครื่อง (Machine Language) โดยตัวแปลภาษาจะนำ Source Code ที่เราได้บันทึกเอาไว้แล้ว มาทำการตรวจสอบความถูกต้องของภาษา ก่อนนำไปใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเขียนโปรแกรมบน Windows โดยใช้โปรแกรม CCS C Compiler นั้น ทำได้ง่ายมาก และไม่ซับซ้อน โดยโปรแกรมจะมีฟังก์ชันมาพร้อมกับ Compiler ทำให้การเขียนโปรแกรม สะดวกและรวดเร็ว

2.5.2 โปรแกรมบันทึกข้อมูลบนไมโครคอนโทรลเลอร์

โปรแกรมที่สำคัญอีก โปรแกรมหนึ่ง ที่จำเป็นคือ โปรแกรมบันทึกข้อมูลบน ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเราจะใช้โปรแกรม EPICWin ซึ่งโปรแกรมนี้จะทำหน้าที่ ในการโปรแกรมข้อมูลไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC การทำงานของโปรแกรมจะทำได้ง่าย และไม่ซับซ้อน โดยโปรแกรมจะมีฟังก์ชันมาพร้อมกับ โปรแกรมและสามารถเลือก Device ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ได้หลายเบอร์ทำให้สะดวกและรวดเร็วในการทำงาน

2.6 ความรู้เบื้องต้นของเกี่ยวกับโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์

2.6.1 ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรม

ในการเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานนั้นจะมีรูปแบบ และเงื่อนไขใน การเขียนโปรแกรมเฉพาะ โดยรูปแบบและเงื่อนไขนั้นคือภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม การทำงาน ซึ่งในปัจจุบันก็มีให้เลือกใช้หลายภาษาแล้วแต่เราจะเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงาน ตัวอย่างของภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมนี้นี้

2.6.1.1 ภาษาเครื่อง

ภาษาเครื่องหรือแมชชีนโค้ด (Machine code) เป็นภาษาของรากฐานการทำงาน ของไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นรหัสเลขฐานสองที่บรรจุอยู่ในพื้นที่ข้อมูลภายใน ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นรหัสที่ส่วนประมวลผลจะแปลงเป็นขั้นตอนการทำงาน ซึ่งหากเราจะ ทำความเข้าใจในภาษานี้เราจำเป็นต้องเข้าใจถึงโครงสร้างภายใน และข้อมูลชุดคำสั่งจากโรงงาน ผู้ผลิตด้วย แต่เรามีเครื่องมือที่ทำให้เราแปลงจากภาษาที่เราใช้เป็นภาษาเครื่องได้นั้น คือภาษาแอสเซมบลีซึ่งจะอธิบายถัดไป

2.6.1.2 ภาษาแอสเซมบลี

ภาษาแอสเซมบลี (Assembly Language) เป็นภาษาที่มีระดับสูงกว่าภาษาเครื่อง โดยเราจะใช้ในการเขียน โปรแกรมเพื่อหลีกเลี่ยงการเขียนรหัสภาษาเครื่อง หมายความว่า ในการเขียนโปรแกรมเราจะมีคำสั่งที่คล้ายกับภาษาของมนุษย์ในการ โปรแกรม

ไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานตามขั้นตอน ซึ่งตัวโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีจะทำหน้าที่แปลงภาษาที่มนุษย์เขียนเป็นภาษาเครื่องทำให้มีความสะดวกมากขึ้น

2.6.1.3 ภาษาเบสิก

ภาษาเบสิก (BASIC Language) เป็นภาษาที่มีระดับสูงกว่าภาษาแอสเซมบลี เนื่องจากการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาแอสเซมบลีนั้นผู้เขียนจำเป็นต้องมีความรู้การทำงานภายในของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่บ้าง ทำให้ผู้พัฒนาโปรแกรมต้องมาศึกษาการทำงานภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ก่อนซึ่งต้องอาศัยเวลา และพื้นฐานความรู้ ดังนั้นภาษาเบสิกจึงเป็นทางเลือกเพื่ออำนวยความสะดวกในการเขียนโปรแกรม เพราะเป็นภาษาที่ง่ายมากเหมาะกับผู้ที่จะเริ่มตั้งแต่ข้อดีของภาษาเบสิก คือความเร็วในการทำงานของโปรแกรมค่อนข้างช้าและไม่ยืดหยุ่นในการทำงาน ทำให้ในปัจจุบันไม่นิยมนำภาษาเบสิกมาเขียนโปรแกรมเพื่อพัฒนาระบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

2.6.1.4 ภาษาซี

ภาษาซี (C Language) เป็นภาษาที่มีระดับสูงคล้ายกับภาษาเบสิกแต่ภาษาซีมีลักษณะเป็นโครงสร้างทำให้เกิดความยืดหยุ่นในการเขียนโปรแกรมมากกว่าภาษาเบสิก อีกทั้งเราสามารถใส่ภาษาซีในการเข้าถึงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เลย ทำให้โปรแกรมภาษาซีสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วกว่าภาษาเบสิก แต่ผู้เขียนโปรแกรมจำเป็นต้องมีความรู้และมีประสบการณ์ในการเขียนโปรแกรมแบบโครงสร้างบ้าง

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเป็นเพียงแคตัวอย่างของภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งในปัจจุบันก็มีอีกหลายภาษาที่ถูกคิดค้นขึ้นมา หากมีความสนใจก็สามารถศึกษาหาข้อมูลเพิ่มเติมได้ และปริญญาโทปีนี้ก็ได้เลือกใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งในหัวข้อถัดไปจะกล่าวถึงการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีแบบโครงสร้างเพื่อความเข้าใจในการพัฒนาการทำงาน

2.7 พื้นฐานภาษาซี

ภาษาซีเป็นตัวเลือกที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม สำหรับการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ในปัจจุบันไม่ว่าจะตระกูล MCS-51 86HC11 และไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC จากไมโครชิพ

2.7.1 รูปแบบโครงสร้างของภาษาซี

การทำงานของคำสั่งภายในโปรแกรมจะมีการทำงานในลักษณะเรียงลำดับที่ละบรรทัด จากบรรทัดบนลงมาบรรทัดล่าง ซึ่งโครงสร้างของโปรแกรมจะประกอบด้วยการทำงานอยู่ 2 ส่วน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ ส่วนที่ 1 คือส่วนของโปรแกรมหลัก (Main Code Programming) และส่วนที่ 2 คือ โปรแกรมย่อยหรือฟังก์ชัน (Function Code Programming)

โดยหน้าที่แล้วโปรแกรมหลักจะเป็นตัวระบุขั้นตอนการทำงานหลัก และในโปรแกรมหลักจะมีการเรียกใช้โปรแกรมย่อยหรือฟังก์ชัน โดยโปรแกรมย่อยหรือฟังก์ชันจะเป็นขั้นตอนการทำงานที่มักจะถูกเรียกใช้บ่อย ๆ เช่น ฟังก์ชันการห้วงเวลา หรือฟังก์ชันการคำนวณ ซึ่งถ้าเรานำโค้ดจากโปรแกรมย่อยไปบันทึกในส่วนโปรแกรมหลักจะทำให้ขนาดของโปรแกรมหลักมีขนาดใหญ่ตามจำนวนการเรียกใช้การทำงานของโปรแกรมย่อย

ในการเขียนโปรแกรมหลักนั้นจะมีโครงสร้างของการเขียนที่ชัดเจนคือเมื่อโปรแกรมจะทำงานฟังก์ชันพิเศษที่มีชื่อว่าฟังก์ชัน main ซึ่งโปรแกรมจะถูกเขียนไว้ในเครื่องหมายปีกกาเปิด ({} และปีกกาปิด ({})) โดยมีลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมแบบบนลงล่าง นอกจากนี้เรายังสามารถที่จะเรียกการทำงานของโปรแกรมย่อยมาใช้งานได้ซึ่งโปรแกรมย่อยก็จะมีลักษณะโครงสร้างเหมือนฟังก์ชัน main คือ โปรแกรมจะถูกเขียนไว้ในเครื่องหมายปีกกาเปิด ({} และปีกกาปิด ({})) โดยมีลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมแบบบนลงล่างเช่นกันซึ่งตำแหน่งของโปรแกรมย่อยจะเขียนแยกออกมาจากฟังก์ชัน main

รูปแบบโครงสร้างของโปรแกรมหลักจะมีคำสั่งเขียนภายในเครื่องหมายปีกกาเปิด ({} และปีกกาปิด ({})) โดยลำดับขั้นตอนการทำงานของคำสั่งจะทำงานแบบบนลงล่างซึ่งในช่วงต้นของโปรแกรมจะเป็นการกำหนดค่าตัวแปร หรือค่าคงที่ (Declarations) และถัดมาจะเป็นคำสั่งในการทำงาน (Statements) และเมื่อจบการทำงานแต่ละคำสั่งจะมีเครื่องหมายเซมิโคลอน (;) ในการปิดท้าย นอกจากนี้เรายังสามารถใช้เครื่องหมาย // เป็นตัวกำหนดว่าหลังเครื่องหมายนี้ ประโยคหรือตัวอักษรที่เป็นแบบหมายเหตุ (Comment) ซึ่งจะไม่ส่งผลต่อการทำงานของโปรแกรมสังเกตจากตัวอย่างโครงสร้างตำแหน่งของ declarations statements และ comment ดังนี้

```
main(){
    declaration; // comment 1
    statements; // comment 2
}
```

2.7.2 การกำหนดตัวแปร

เราสามารถกำหนดค่าตัวแปร (Declaration) ในภาษาซีได้ไม่ยาก โดยพิมพ์รูปแบบคำสั่งบรรทัดในตำแหน่งของการกำหนดตัวแปรดังนี้

```
Variable_type variable_name;
```

โดย Variable_type คือ ชนิดของตัวแปร และ variable_name คือ ชื่อของตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2.1 ชนิดของตัวแปร

ชนิดตัวแปร Variable_type ที่ใช้ในภาษาซีจะมีอยู่ด้วยกันหลายแบบแต่ที่เราจะใช้ในการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีตัวแปรที่ใช้งานคือ bit char unsigned char int unsigned int และ float ซึ่งแต่ละชนิดจะมีช่วงของตัวแปรที่แตกต่างกันดังนี้

bit	เป็นตัวแปรขนาด 1 บิต มีช่วงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรได้ 2 ค่า คือ 0 และ 1
char	เป็นตัวแปรขนาด 8 บิต มีช่วงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรได้ 256 ค่า คือ -128 ถึง 127
unsigned char	เป็นตัวแปรขนาด 8 บิต มีช่วงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรได้ 256 ค่า คือ 0 ถึง 256
int	เป็นตัวแปรขนาด 16 บิต มีช่วงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรได้ 65536 ค่า คือ -32768 ถึง 32767
unsigned int	เป็นตัวแปรขนาด 16 บิต มีช่วงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรได้ 65536 ค่า คือ 0 ถึง 65535
float	เป็นตัวแปรขนาด 32 บิต ใช้คำนวณตัวเลขแบบทศนิยม มีช่วงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร คือ 3.4×10^{-38} ถึง 3.4×10^{38}

2.7.2.2 ชื่อของตัวแปร

ชื่อของตัวแปรจะเป็นอะไรก็ได้แต่ต้องมีความยาวไม่เกิน 31 ตัวอักษร และต้องไม่เริ่มต้นชื่อด้วยตัวเลขโดยชื่อต้องไม่ซ้ำกับคำสงวนดังนี้

auto	double	inline	sizeof	volatile
break	else	int	static	while
case	enum	long	struct	_Bool
char	exteam	register	switch	_Complex
const	float	restrict	typedef	_Imaginary
continue	for	return	union	
default	goto	short	unsigned	
do	if	singned	void	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 การประมวลผลการทำงาน

เมื่อเราสามารถกำหนดตัวแปรได้แล้ว จากนั้นก็มาทำความเข้าใจในส่วนของการประมวลผลการทำงาน โดยตัวแปรที่กำหนดไว้สามารถกำหนดค่า และคำนวณทางคณิตศาสตร์ได้ ซึ่งจะมีสัญลักษณ์การกำหนดค่าและการคำนวณทางคณิตศาสตร์ดังนี้

2.7.3.1 การกำหนดค่า

เราสามารถกำหนดค่าตัวแปรได้ง่ายๆโดยใช้สัญลักษณ์ตามตารางที่ 2.3 ดังนี้

ตารางที่ 2.3 สัญลักษณ์การกำหนดค่า

สัญลักษณ์	ความหมาย	ตัวอย่าง	ผลลัพธ์
=	เท่ากับ	$x = 3$	ตัวแปร x มีค่าเท่ากับ 3
(การคำนวณ)=	รวมค่า	$x += 3$	บวกค่า 3 ลงในตัวแปร x ($x = x + 3$)

ตัวอย่างการกำหนดค่าของตัวแปร

$x = 30$; หมายความว่า กำหนดให้ค่าตัวแปร x มีค่า 30

$x += 5$; หมายความว่า ให้บวกค่า 5 กับค่าเดิมในตัวแปร x ซึ่งคือ 30 แล้วเก็บค่าลงในตัวแปร x นั่นคือตอนนี้ x มีค่าเป็น 35

2.7.3.2 การคำนวณทางคณิตศาสตร์

เราสามารถคำนวณทางคณิตศาสตร์กับตัวแปรได้โดยใช้สัญลักษณ์ตารางที่ 2.4 ดังนี้

ตารางที่ 2.4 สัญลักษณ์การคำนวณทางคณิตศาสตร์

สัญลักษณ์	ความหมาย	ตัวอย่าง	ผลลัพธ์
+	การบวก	$x + y$	ผลรวมของ x และ y
-	การลบ	$x - y$	ผลต่างของ x และ y
*	การคูณ	$x * y$	ผลคูณของ x และ y
/	การหาร	x / y	นำ x หารด้วย y
+(ตัวแปร)	กำหนดเป็นจำนวนเต็มบวก	$+x$	เป็นจำนวนเต็มบวก
-(ตัวแปร)	กำหนดเป็นจำนวนเต็มลบ	$-x$	เป็นจำนวนเต็มลบ
++	เพิ่มค่าขึ้น 1 จำนวน	$x++$	เพิ่มค่า x ขึ้น 1 จำนวน ($x = x + 1$)
--	ลดค่าขึ้น 1 จำนวน	$x--$	ลดค่า x ลง 1 จำนวน ($x = x - 1$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3.3 การตรวจสอบเงื่อนไข

เราสามารถตรวจสอบเงื่อนไขกับตัวแปรได้โดยใช้สัญลักษณ์ตามตารางที่ 2.5 ดังนี้

ตารางที่ 2.5 สัญลักษณ์การตรวจสอบเงื่อนไข

สัญลักษณ์	ความหมาย	ตัวอย่าง	ผลลัพธ์เงื่อนไขเป็น 1 (จริง) หรือ 0 (เท็จ)
<	น้อยกว่า	$x < y$	เป็น 1 ถ้า x น้อยกว่า y
<=	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	$x <= y$	เป็น 1 ถ้า x น้อยกว่าหรือเท่ากับ y
>	มากกว่า	$x > y$	เป็น 1 ถ้า x มากกว่า y
>=	มากกว่าหรือเท่ากับ	$x >= y$	เป็น 1 ถ้า x มากกว่าหรือเท่ากับ y
==	เท่ากันกับ	$x == y$	เป็น 1 ถ้า x เท่ากับ y
!=	ไม่เท่ากันกับ	$x != y$	เป็น 1 ถ้า x ไม่เท่ากับ y

ตัวอย่างการตรวจสอบเงื่อนไขของตัวแปร

`x=30;`

หมายความว่า กำหนดให้ค่าตัวแปร x มีค่า 30

`if(x==40)`

`{...statement1...}`

หมายความว่า `statement1` จะทำงานเมื่อเงื่อนไขในคำสั่ง `if ()` ภายในวงเล็บเป็นจริง หรือเป็น 1 ซึ่งตัวอย่างนี้ `statement1` จะไม่ทำงานเพราะ `x==40` เป็นเท็จ

2.7.3.4 การกระทำทางลัด

การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนใหญ่จะส่งค่าเอาต์พุตเป็นสัญญาณแบบดิจิทัล ในการโปรแกรมควบคุมจึงมีการกระทำทางลัดเพื่อให้ง่ายต่อการทำงานแบบดิจิทัล โดยใช้สัญลักษณ์ตามตารางที่ 2.6 ดังนี้

ตารางที่ 2.6 สัญลักษณ์การกระทำทางลัด

สัญลักษณ์	ความหมาย	ตัวอย่าง	ผลลัพธ์เงื่อนไขเป็น 1 (จริง) หรือ 0 (เท็จ)
&	การกระทำแบบแอนด์(AND)	$x \& y$	นำค่า x มาทำการแอนด์กับ y
	การกระทำแบบออร์(OR)	$x y$	นำค่า x มาทำการออร์กับ y
&&	เงื่อนไขแบบแอนด์(AND)	$x \&\& y$	เป็น 1 ถ้าทั้ง x และ y ไม่เท่ากับ 0
	เงื่อนไขแบบออร์(OR)	$x y$	เป็น 1 ถ้ามี x หรือ y เท่ากับ 1
!	การกระทำแบบน็อต(NOT)	$x ! y$	เป็น 1 ถ้า x เป็น 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบการใช้งาน

If (expression) Statement ;

elseif (expression) Statement;

2.7.4.2 คำสั่ง switch

คำสั่ง switch จะเป็นคำสั่งที่ใช้ตรวจสอบค่า (expression) กับเงื่อนไข (condition) ซึ่งสามารถตรวจสอบเงื่อนไขได้หลายเงื่อนไขโดยจะทำการตรวจสอบทีละเงื่อนไขถ้าตรงกับที่กำหนดค่าคงที่ที่อยู่หลังคำสั่ง case ลำดับการทำงานของโปรแกรมจะทำงานในคำสั่ง (Statements) ที่อยู่ถัดไปจากเครื่องหมายโคลอน (:) ไปเรื่อย ๆ จนเจอคำสั่งเบรก (Break) โปรแกรมจะกระโดดการทำงานไปยังส่วนสุดท้ายของคำสั่งคือเครื่องหมายปีกกาปิด (}) ในการตรวจสอบเงื่อนไขนั้น โปรแกรมก็จะทำงานแบบบนลงล่างไปเรื่อย ๆ จนถึงเครื่องหมายปีกกาปิด (}) แต่ถ้าไม่ตรงกับเงื่อนไขทุกเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ลำดับการทำงานของโปรแกรมจะทำงานในคำสั่ง (Statements) ที่อยู่หลังคำสั่ง default ไปเรื่อย ๆ จนเจอคำสั่งเบรก (Break) โปรแกรมจะกระโดดการทำงานไปยังส่วนสุดท้ายของคำสั่งคือเครื่องหมายปีกกาปิด (}) ซึ่งบางครั้งไม่จำเป็นต้องใช้คำสั่งเบรกก็ได้ ถ้าเงื่อนไขการตรวจสอบไม่ซ้ำกัน

รูปแบบการใช้งาน

```
Switch (expression) {
    case condition1 :
        Statements1;
    .
    .
    default :
        StatementsX;
    Break;
}
```

2.7.5 การทำงานแบบวนรอบ

คำสั่งการทำงานแบบวนรอบเป็นคำสั่งที่จำเป็นเพราะเป็นคำสั่งที่กำหนดทิศทาง การวนรอบทำงานของโปรแกรม โดยการเขียนคำสั่งประเภทนี้จำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างของคำสั่ง ซึ่งคำสั่งแบบวนรอบนี้จะมี 3 คำสั่งคือ คำสั่ง while loops do loops และคำสั่ง for loops โดยมีโครงสร้างของคำสั่งดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.5.1 คำสั่ง while loops

การทำงานของคำสั่งจะเริ่มต้นตรวจสอบเงื่อนไขในคำสั่ง while ว่าเป็นจริงหรือไม่ ถ้าเป็นจริงจะทำคำสั่งที่อยู่ในรูป while() และจะทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะเป็นเท็จ จากนั้นจึงจะหลุดจากคำสั่ง while loops

รูปแบบการใช้งาน

```
While (expression) statement;
```

หรือ

```
While (expression) {
    Statement1;
    Statement2;
}
```

2.7.5.2 คำสั่ง do loops

คำสั่ง do loops จะมีหลักการทำงานคล้ายกับคำสั่ง while loops คือ จะเป็นคำสั่งให้ลำดับการทำงาน (statements) ที่อยู่ในเครื่องหมายปีกกาเปิด ({} และเครื่องหมายปีกกาปิด ({})) เมื่อเงื่อนไข (condition) เป็นจริง โดยจะทำงานซ้ำจนกว่าเงื่อนไข (condition) เป็นเท็จ แต่จะต่างกันที่การตรวจสอบเงื่อนไขของคำสั่ง do loops จะตรวจสอบในลำดับท้ายสุด

รูปแบบการใช้งาน

```
Do {statements;}
while (expression);
```

2.7.5.3 คำสั่ง for loops

เป็นคำสั่งการวนลูปที่มีจำนวนแน่นอน และได้กำหนดไว้แล้วในส่วนของ การวนรอบ การกำหนดเงื่อนไขจะกำหนดใน expression ซึ่งเป็นค่าเริ่มต้น expression2 เป็นส่วนเปรียบเทียบเงื่อนไข และ expression3 เป็นส่วนเพิ่มเติมหรือลดค่าข้อมูล

รูปแบบการใช้งาน

```
For(expression1;expression2;expression3) statement;
```

หรือ

```
For(expression1;expression2;expression3){
    Statement;
    Statement2;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้าจะทำการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor) นั้นจะใช้ในงานในด้านการขับเคลื่อนในแบบต่างๆ ที่มีอัตราเร็วไม่สูงมากนัก เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นมีแรงบิดเริ่มต้นที่สูง (starting torque) สามารถควบคุมอัตราเร็วได้ค่อนข้างง่าย แต่ข้อเสียคือมีโครงสร้างที่ค่อนข้างซับซ้อนมาก จึงไม่เหมาะที่จะใช้ในงานที่มีอัตราเร็วค่อนข้างสูงมาก ๆ

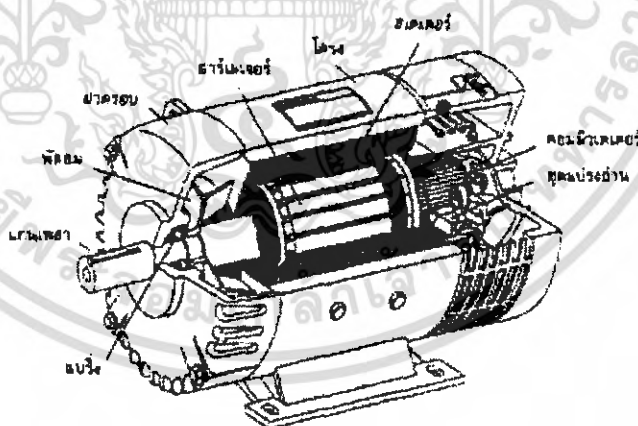
2.8.1 ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์

ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เหมือนกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง แสดงได้ดังภาพที่ 2.12 จะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนที่อยู่กับที่และส่วนที่เคลื่อนที่

1. ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator) ประกอบด้วย เฟรมและขั้วแม่เหล็ก

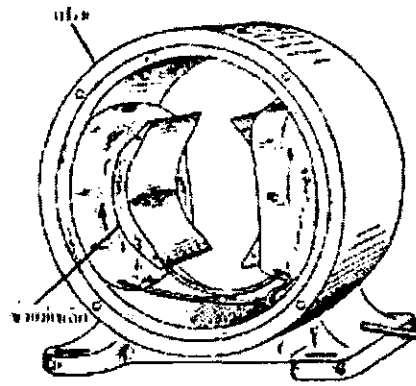
เฟรม คือ เป็นโครงสร้างภายนอกที่เรามองเห็นเป็นตัวมอเตอร์จะทำหน้าที่เป็นเส้นทางเดินของสนามแม่เหล็ก และเป็นที่ยึดส่วนต่าง ๆ ให้แข็งแรง

ขั้วแม่เหล็กจะประกอบด้วย แกนขั้วแม่เหล็ก ส่วนนี้จะติดอยู่กับเฟรมและขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) ที่พันรอบ ๆ แกนขั้วแม่เหล็กจะทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกและสร้างสนามแม่เหล็กซึ่งจะทำให้เกิดแรงบิดขึ้น (Torque)



ภาพที่ 2.12 ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

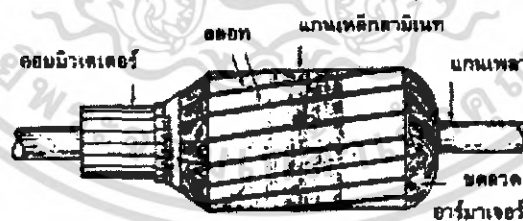


ภาพที่ 2.13 ขั้วแม่เหล็กและขดลวดแม่เหล็กที่ยึดติดกับเฟรม

2. ส่วนที่เคลื่อนที่

ส่วนที่เคลื่อนที่หรือโรเตอร์ (Rotor) จะมีขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) ที่พันอยู่บนแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature core) และมีคอมมิวเตเตอร์ยึดติดอยู่ที่ปลายของขดลวดอาร์มาเจอร์

ซึ่งในส่วนนี้คอมมิวเตเตอร์จะทำหน้าที่ในการสัมผัสกับแปรงถ่านคาร์บอน (Carbon Brushes) ที่อยู่ในมอเตอร์เพื่อที่จะให้มีกระแสไหลผ่านไปยังขดลวดอาร์เมเจอร์ ทำให้เกิดการสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นเพื่อให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดแม่เหล็กซึ่งจะทำให้มอเตอร์หมุนได้



ภาพที่ 2.14 ลักษณะโรเตอร์ของมอเตอร์กระแสตรง

2.8.2 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เมื่อมีกระแสไหลผ่านเข้าไปในมอเตอร์กระแสตรงแบ่งออกไป 2 ทาง คือ ส่วนที่หนึ่งจะผ่านเข้าไปที่ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นและอีกส่วนหนึ่งจะผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปร่งด้านคาร์บอนและผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นเช่นกัน ซึ่งทั้งสองสนามจะเกิดขึ้นขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กแล้วจะไม่มีการตัดกัน จะมีแต่การหักล้างและการเสริมกัน ซึ่งทำให้เกิดแรงบิดในอาร์เมเจอร์ ทำให้อาร์เมเจอร์หมุน ซึ่งในการหมุนนั้นจะเป็นไปตามกฎมือซ้ายของเฟลมมิง (Fleming's left hand rule)

2.8.3 รายละเอียดพื้นฐานของมอเตอร์

รายละเอียดพื้นฐานของมอเตอร์ที่จะนำมาพิจารณาเลือกใช้กับงานต่าง ๆ ที่จะกล่าวถึงมีอยู่ 4 อย่าง คือ แรงดันไฟฟ้า (voltage) การไหลของกระแส (current dawn) ความเร็ว (speed) แรงบิด (torque)

2.8.3.1 แรงดันไฟฟ้า (voltage)

มอเตอร์ทุกตัวจะมีแรงดันไฟฟ้าใช้งานที่แตกต่างกันตามคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัวที่ผู้ผลิตกำหนดมาเช่น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์เป็นต้น สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นสามารถใช้ไฟกระแสตรงหรือกระแสสลับก็ได้ แต่ถ้าเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับจะใช้ไฟกระแสสลับเท่านั้น และแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์จะมีผลต่ออัตราเร็วและแรงบิดของมอเตอร์คือ ถ้าหากแรงดันไฟฟ้ามากอัตราเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ก็จะมากด้วย

2.8.3.2 การไหลของกระแส

ในการไหลของกระแสนั้นจะกล่าวถึงในกรณีที่มีมอเตอร์ได้รับกระแสจากแหล่งจ่าย ในกรณีที่มอเตอร์ไม่ได้ต่อกับโหลดใด ๆ นั้นจะมีกระแสไหลผ่านน้อย แต่ในกรณีที่มีการใช้งานต่อกับโหลดจะมีปริมาณกระแสที่เพิ่มมากขึ้น การไหลของกระแสนั้นมีความจำเป็นเพราะถ้าหากกระแสไม่พอแล้วมอเตอร์ก็จะไม่มีกำลังเพียงพอสำหรับการขับโหลด และกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์จะมีผลต่ออัตราเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ด้วย คือถ้าหากจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์มาก อัตราเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ก็จะมากด้วย

2.8.3.3 อัตราเร็ว

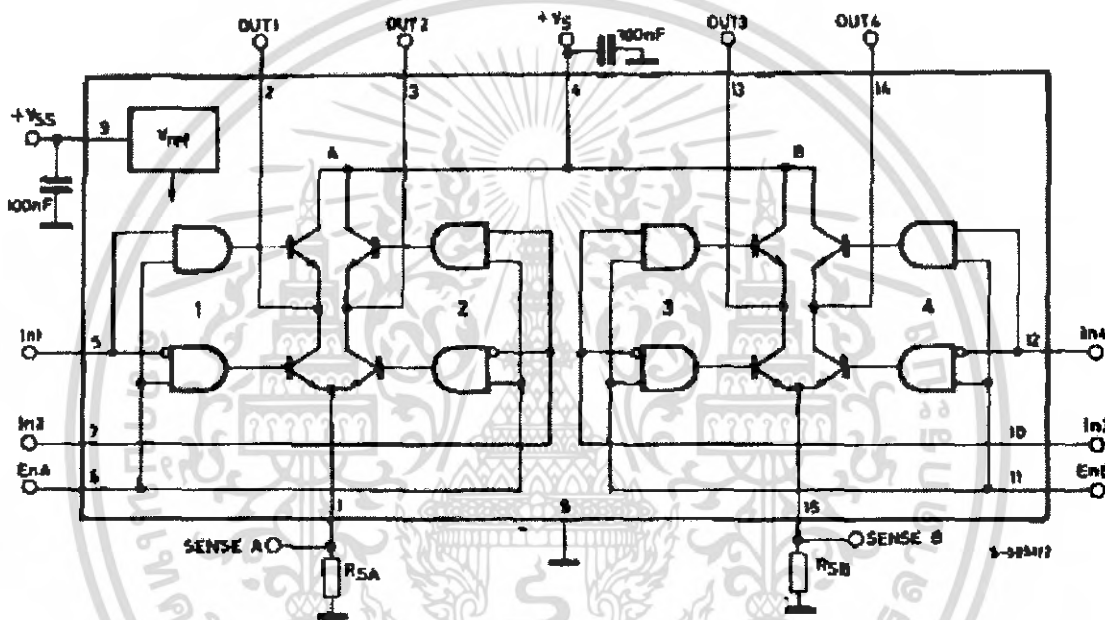
ส่วนใหญ่มอเตอร์กระแสตรงจะมีอัตราเร็วปกติที่ 4000-7000 รอบต่อนาที ซึ่งอัตราเร็วของมอเตอร์สามารถลดลงหรือเพิ่มขึ้นได้ตามความต้องการของผู้ใช้ ถ้าหากต้องการใช้งานที่ต้องการความเร็วมากก็ต้องเลือกมอเตอร์ที่มีอัตราเร็วสูง เป็นต้น

2.8.3.4 แรงบิด

เป็นแรงที่มอเตอร์กระทำกับโหลดในการพิจารณาเลือกใช้มอเตอร์นั้นถ้าหากมีแรงบิดน้อยจะใช้งานได้กับโหลดที่ไม่หนักมาก แต่ถ้ามีแรงบิดมากสามารถใช้งานกับโหลดที่มีน้ำหนักมากได้

ในการพิจารณาเลือกใช้งานมอเตอร์จึงจำเป็นต้องรู้ข้อมูลพื้นฐานของมอเตอร์เพื่อที่จะเป็นข้อพิจารณาในการเลือกใช้งานต่อไป

2.9 อุปกรณ์ขับเคลื่อนมอเตอร์



ภาพที่ 2.15 ลักษณะและโครงสร้างภายในของ L298N

ในส่วนของอุปกรณ์ขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะใช้ไอซีเบอร์ L298N ที่มีลักษณะและโครงสร้างภายในของตัวไอซีแสดงในภาพที่ 2.15 โดย L298N เป็นไอซีที่ถูกออกแบบให้มีลักษณะการทำงาน 2 ชุด จะใช้งานชุดเดียว หรือ 2 ชุด พร้อมกันก็ได้ สามารถขับเคลื่อนสูงถึง 2 แอมป์ และแรงดันตั้งแต่ 5 ถึง 46 โวลต์ เป็นไอซีที่ถูกออกแบบให้ขับโหลดที่เป็นตัวเหนี่ยวนำต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์รีเลย์ โซลินอยด์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และสเตรปิ้งมอเตอร์

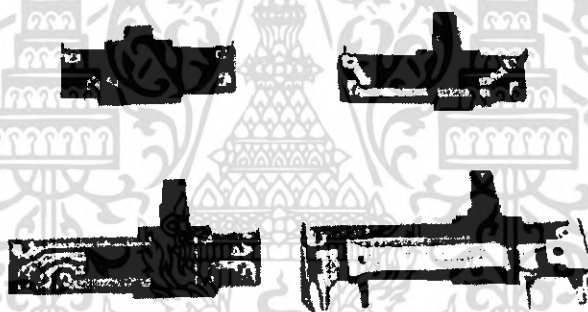
ในส่วนอินพุตทั้งหมด (In1-In4) จะถูกควบคุมด้วยแรงดันระดับลอจิก (TTL) แต่ละเอาต์พุต (OUT) จะถูกขับด้วยวงจรที่เป็นคาร์ลิงตัน โดยในแต่ละส่วนของส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

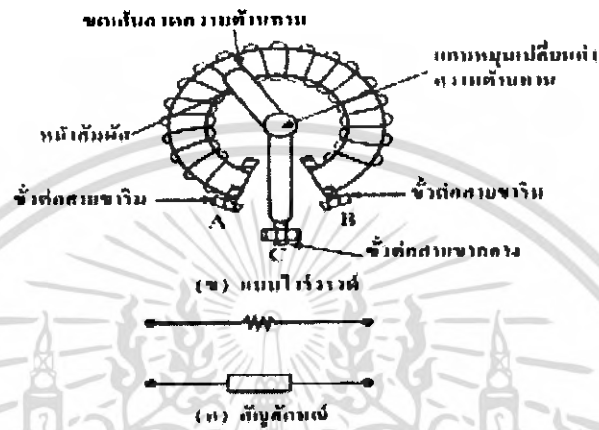
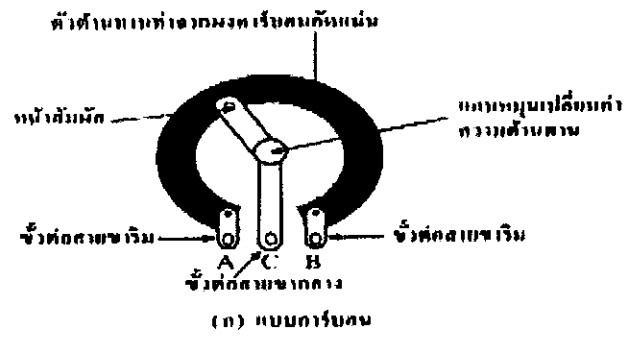
เอาต์พุต (OUT) จะถูกควบคุมด้วยขา Enable (EN) กล่าวคือ เอาต์พุต OUT1 และ OUT2 จะควบคุมโดยขา EnA (ขา 6) และเอาต์พุต OUT3 และ OUT4 จะควบคุมโดยขา EnB (ขา 11) โดยที่ EnA และ EnB นี้จะทำงาน (ON) เมื่อระดับแรงดันสูง และจะไม่ทำงาน (OFF) เมื่อระดับแรงดันมีค่าต่ำ ส่วนรายละเอียดเพิ่มเติมสามารถดูได้จากคู่มือไอซีในภาคผนวก ข

2.10 หลักการของตัวต้านทานปรับค่าได้ชนิดเชิงเส้น

ตัวต้านทานปรับค่าได้ชนิดเชิงเส้น เป็นตัวต้านทานที่สามารถปรับเปลี่ยนความต้านทานได้ตลอดเวลาที่ต้องการ ตั้งแต่ค่าความต้านทานต่ำสุด ไปจนถึงความต้านทานสูงสุดของตัวมันเองได้อย่างต่อเนื่อง โดยการใส่แกนหมุนหรือเลื่อนแกน ดังนั้นจึงมีโครงสร้างเป็นรูปโค้งเกือบเป็นวงกลม (แบบแกนหมุน) ดังภาพที่ 2.17 หรืออาจเป็นแท่งยาว (แบบเลื่อนแกน) ดังภาพที่ 2.16 มีขาออกมาใช้งาน 3 ขา ที่ขากลางเป็นตัวปรับเลื่อนค่าไปมาได้ วัสดุที่นำมาใช้เป็นตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้จะใช้วัสดุประเภทเดียวกันกับตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ คือแบบคาร์บอน และแบบไวร์วาวล์ รูปร่างและสัญลักษณ์ของตัวต้านทานชนิดนี้แสดงดังภาพที่ 2.17



ภาพที่ 2.16 ลักษณะของตัวต้านทานปรับค่าได้แบบแถบเลื่อน (Slide)



ภาพที่ 2.17 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวต้านทานปรับค่าได้

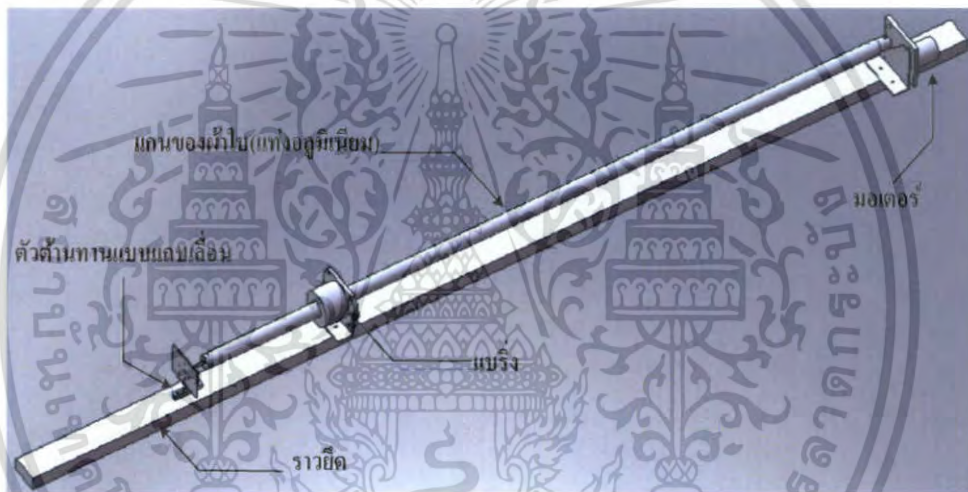
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

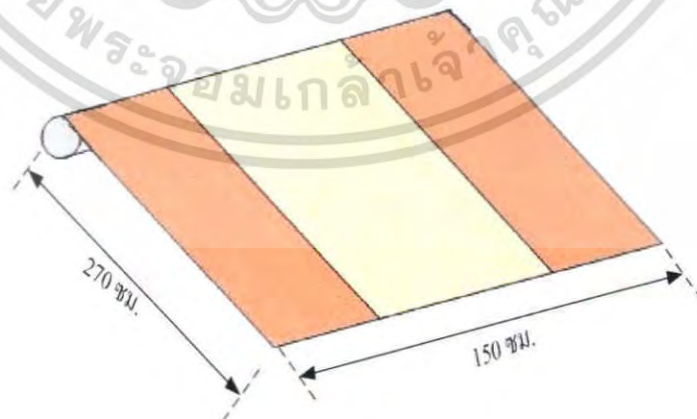
การออกแบบผ้าใบบังแดดอัตโนมัติ

3.1 แนวคิดในการออกแบบโครงสร้างของผ้าใบบังแดดอัตโนมัติ

แนวคิดในการออกแบบโครงสร้างนั้นมาจากผ้าใบบังแดดที่มีขายอยู่ทั่วไป โดยจะนำมาดัดแปลงโดยเปลี่ยนจากการหมุนเชือกเพื่อหมุนแกนของผ้าใบมาเป็นการใช้มอเตอร์ในการหมุนแกนของผ้าใบแทน จากแนวคิดนี้จึงได้ทำการออกแบบโครงสร้างของผ้าใบบังแดดขึ้น ต้องการโครงสร้างที่ผู้จัดทำสามารถทำขึ้นเองได้ และมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดในการจัดทำโดยจะแบ่งการออกแบบเป็นส่วน ๆ ดังภาพที่ 3.1



(ก) ราวยึดและแกนของผ้าใบ



(ข) ผืนผ้าใบบังแดด

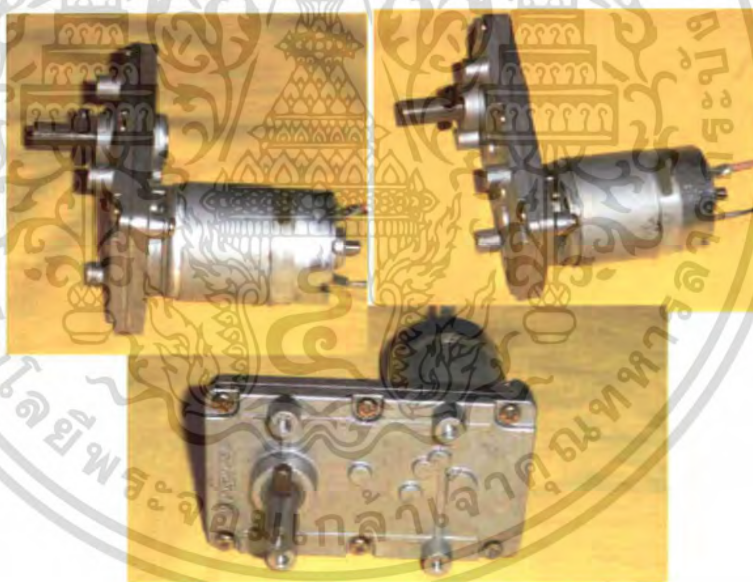
ภาพที่ 3.1 โครงสร้างของผ้าใบบังแดดที่ใช้เป็นกรณีศึกษา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 ส่วนของผ้าใบและแกนของผ้าใบ

ในปฏิญานิพนธ์นี้จะเลือกใช้ผ้าพลาสติกขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร มาใช้แทนผ้าใบ เนื่องจากราคาของผ้าใบนั้นมีราคาแพง ซึ่งผ้าพลาสติกนี้ก็จะมีให้เลือกหลายลาย สามารถหาซื้อได้ง่ายและราคาถูก ในการเลือกนั้นก็จะเลือกผ้าพลาสติกที่ไม่บางจนเกินไป ส่วนแกนของผ้าใบนั้นจะเลือกใช้ลูมิเนียมในการทำเนื่องจากลูมิเนียมมีน้ำหนักเบาและไม่เป็นสนิม แต่ลูมิเนียมเป็นวัสดุที่อ่อนตัวอาจจะทำให้เกิดการคดงอได้ ถ้าเป็นชิ้นงานที่จะใช้จริง อาจจะต้องมีการเปลี่ยนเป็นวัสดุอื่น เช่น เหล็ก เพื่อความคงทนต่อการใช้งาน ในการใช้งานจริงนั้น จะกำหนดความยาวของผ้าใบไว้ที่ระยะ 0 – 270 เซนติเมตร โดยจะมีลักษณะดังภาพที่ 3.1 (ข)

3.1.2 ส่วนของมอเตอร์และเบรค

ในปฏิญานิพนธ์นี้ได้เลือกใช้มอเตอร์ 24 Vdc 130 rpm อัตราทดของเกียร์ 1:80 แรงบิดสูง โครงสร้างเป็น โลหะทั้งหมด ดังแสดงในภาพที่ 3.2 ในส่วนของเบรคนั้นได้เลือกใช้เบรค ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนอก 80 มิลลิเมตร และ เส้นผ่าศูนย์กลางใน 32 มิลลิเมตร

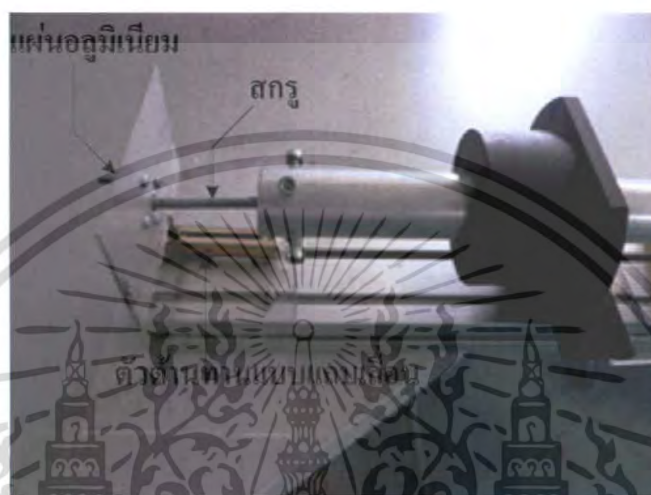


ภาพที่ 3.2 ลักษณะของมอเตอร์ที่ใช้ในปฏิญานิพนธ์นี้

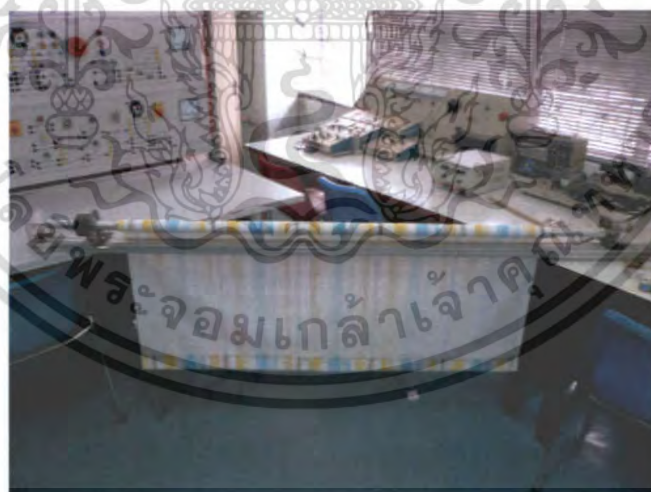
3.1.3 ส่วนของสัญญาณอินพุตย้อนกลับ

ในส่วนนี้จะใช้ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ชนิดเชิงเส้น มีค่าความต้านทานเท่ากับ $45\text{ k}\Omega$ ซึ่งจะติดตั้งโดย นำลูมิเนียมตันขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 32 มิลลิเมตร เจาะรูทะลุตรงกลาง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร เพื่อร้อยสกรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ยาว 80 มิลลิเมตร จากนั้นนำแผ่นลูมิเนียมขนาดกว้าง 80 มิลลิเมตร ยาว 120 มิลลิเมตร เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้จริงโดยไม่ผ่านการแก้ไขใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 แผ่นมาประกบกับนี้อดหกล้อมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร แล้วสวมเข้าไปในสกรู โดยที่ขอบของแผ่นอลูมิเนียมนี้จะยึดติดกับก้านปรับค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่าได้แบบแถบเลื่อน และนำอุปกรณ์นี้ไปยึดติดกับแกนของผ้าใบโดยนำอลูมิเนียมต้นใส่เข้าไปในแกนผ้าใบแล้วขันสกรู 4 ตัว อัดเอาไว้ ซึ่งลักษณะการติดตั้งจะเป็นไปตามภาพที่ 3.3 ซึ่งเมื่อนำอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่าง ๆ มาประกอบเข้าด้วยกันจะมีลักษณะดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.3 ลักษณะการติดตั้งตัวต้านทานปรับค่าได้แบบแถบเลื่อน

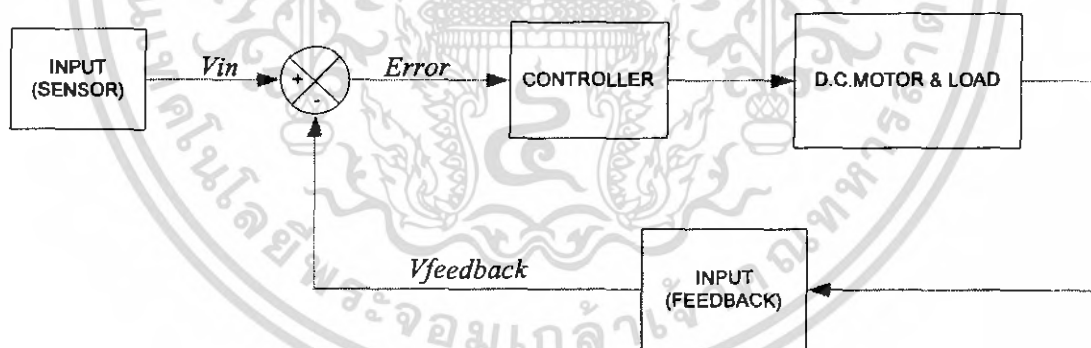


ภาพที่ 3.4 ผ้าใบบังแดดที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 แนวคิดในการควบคุมการทำงานของผ้าใบบังแดดอัตโนมัติ

เมื่อทำการออกแบบโครงสร้างของผ้าใบบังแดดแล้ว จึงทำการออกแบบระบบการควบคุมของผ้าใบบังแดด แนวคิดในการออกแบบนี้ต้องการผ้าใบบังแดดที่สามารถทำงานอัตโนมัติและทำงานตามความต้องการของผู้ใช้ ในส่วนของระบบที่ทำงานตามความต้องการของผู้ใช้นั้น จะใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้เพื่อปรับระดับ (ขึ้น/ลง) ของผ้าใบบังแดด ซึ่งแนวคิดในการทำส่วนของระบบที่ทำงานตามความต้องการของผู้ใช้นั้นเกิดจากความต้องการที่จะคัดแปลงผ้าใบบังแดดทั่วไปที่ต้องใช้มือดึงเชือกเพื่อปรับระดับของผ้าใบนั้นเป็นการให้ผู้ใช้ปรับค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่าได้แทนเพื่อปรับระดับของผ้าใบบังแดด เมื่อค่าความต้านทานเพิ่มขึ้น ค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานจะเพิ่มขึ้นตามซึ่งจะทำให้ผ้าใบเคลื่อนที่ลง แต่ถ้าค่าความต้านทานลดลง ค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานจะลดลงตามซึ่งจะทำให้ผ้าใบเคลื่อนที่ขึ้น และในส่วนของระบบอัตโนมัตินั้นจะใช้ ตัวต้านทานไวแสง หรือ LDR แทนตัวต้านทานปรับค่าได้ โดยตัวต้านทานไวแสงนี้เป็นตัวตรวจจับความเข้มแสงเมื่อค่าความเข้มแสงที่มากกระทบที่ตัวต้านทานไวแสงมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานภายในตัวต้านทานไวแสงจะลดลงจะทำให้ผ้าใบเคลื่อนที่ลง แต่ถ้าค่าความเข้มแสงที่มากกระทบที่ตัวต้านทานไวแสงลดลง ค่าความต้านทานภายในตัวต้านทานไวแสงจะเพิ่มขึ้นจะทำให้ผ้าใบเคลื่อนที่ขึ้น จากแนวคิดจึงได้ทำการออกแบบระบบควบคุมการทำงานของผ้าใบบังแดดนี้ และสามารถเขียนแผนภาพการทำงานได้ดังภาพที่ 3.5



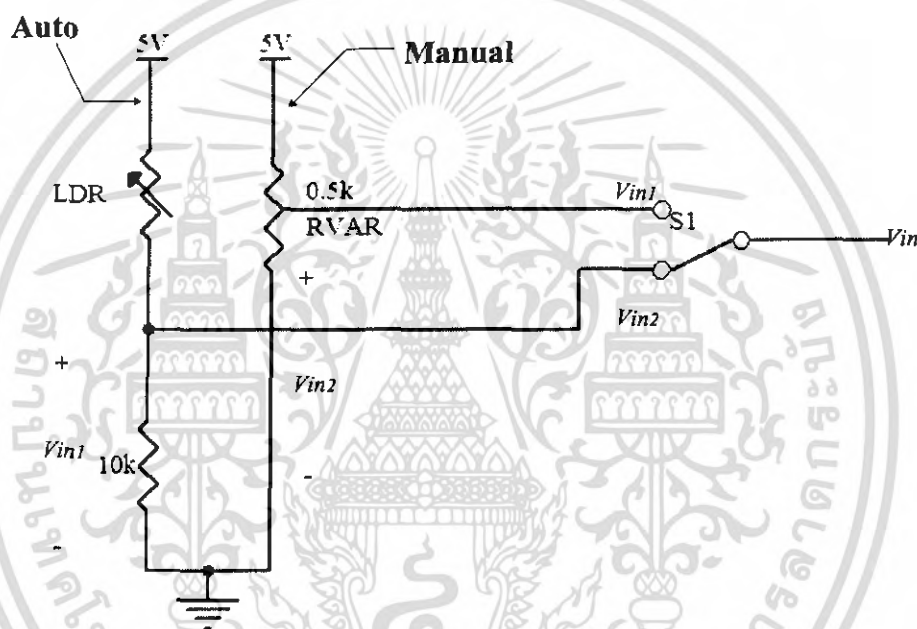
ภาพที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรมแสดงภาพรวมของระบบการทำงานของผ้าใบกันแดดอัตโนมัติ

จากภาพที่ 3.5 นี้เป็นบล็อกไดอะแกรมของระบบการทำงานของผ้าใบกันแดดอัตโนมัติ ซึ่งประกอบด้วย ส่วนสัญญาณอินพุต ส่วนของคอนโทรลเลอร์ ส่วนของมอเตอร์ และส่วนของสัญญาณป้อนกลับ โดยแบ่งการออกแบบออกเป็น ส่วนๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบส่วนของสัญญาณอินพุต

จากแนวคิดที่ต้องการให้ระบบการทำงานของผ้าใบบังแดดอัตโนมัติ นั้น มีการทำงาน 2 ระบบคือ ระบบควบคุมโดยผู้ใช้ และระบบควบคุมอัตโนมัติ จึงทำการออกแบบทั้งสองระบบ ในส่วนของระบบควบคุมโดยผู้ใช้นั้นจะเลือกใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้เป็นตัวปรับค่าสัญญาณอินพุต ส่วนของระบบควบคุมอัตโนมัติจะเลือกใช้ตัวต้านทานไวแสงเป็นเซนเซอร์ ในการตรวจจับความเข้มแสง เมื่อทำการเลือกอุปกรณ์ที่จะใช้ได้แล้วนั้น จึงทำการออกแบบวงจรไฟฟ้าของสัญญาณอินพุตทั้งสองระบบ ดังแสดงในภาพที่ 3.6 ซึ่งขั้นตอนในการทำแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้



ภาพที่ 3.6 วงจรส่วนอินพุตของระบบควบคุมโดยผู้ใช้และระบบควบคุมอัตโนมัติ

3.3.1 การออกแบบส่วนอินพุตของระบบควบคุมโดยผู้ใช้ (Manual)

ส่วนนี้ใช้ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ $0.5\text{ k}\Omega$ ปรับค่าตามผู้ใช้โดยไม่ขึ้นกับความเข้มของแสง เมื่อค่าความต้านทานมีการเปลี่ยนแปลง จะทำให้ค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะใช้หลักการของวงจรแบ่งแรงดัน สมการของแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานปรับค่าได้ (V_{in1}) คือ

$$V_{in1} = \frac{V_{5V} \cdot R_{VAR}}{R_{VAR}} \quad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ $V_{m1} = V_{in}$ ในกรณีที่เลือกทำงานในโหมด Manual

เมื่อ	V_{m1}	คือ แรงดันเอาต์พุตที่รวมตัวต้านทาน $0.5 \text{ k}\Omega$ มีหน่วยเป็น โวลต์
	V_{5V}	คือ แรงดันจากแหล่งจ่ายไฟ มีหน่วยเป็น โวลต์
	R_{VAR}	คือ ค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่าได้ มีหน่วยเป็น โวลต์
	V_{in}	คือ แรงดันอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ มีหน่วยเป็น โวลต์

3.3.2 การออกแบบส่วนอินพุตของระบบควบคุมอัตโนมัติ (Auto)

ส่วนนี้ใช้ตัวต้านทานไวแสง (LDR) 1 ตัว และตัวต้านทาน $10 \text{ k}\Omega$ นำมาต่ออนุกรมกัน และวัดแรงดันเอาต์พุตที่รวมตัวต้านทาน $10 \text{ k}\Omega$ โดยตัวต้านทานไวแสงจะปรับค่าความต้านทานอัตโนมัติตามความเข้มของแสง เมื่อค่าความเข้มแสงมากขึ้นจะทำให้ค่าความต้านทานของตัว LDR ลดลง ค่าแรงดันเอาต์พุต (V_{m2}) มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งจะใช้หลักการของวงจรแบ่งแรงดัน จะได้สมการของแรงดันเอาต์พุต (V_{m2}) คือ

$$V_{m2} = \frac{V_{5V} \cdot 10 \text{ k}\Omega}{R_{LDR} + 10 \text{ k}\Omega} \quad (3.2)$$

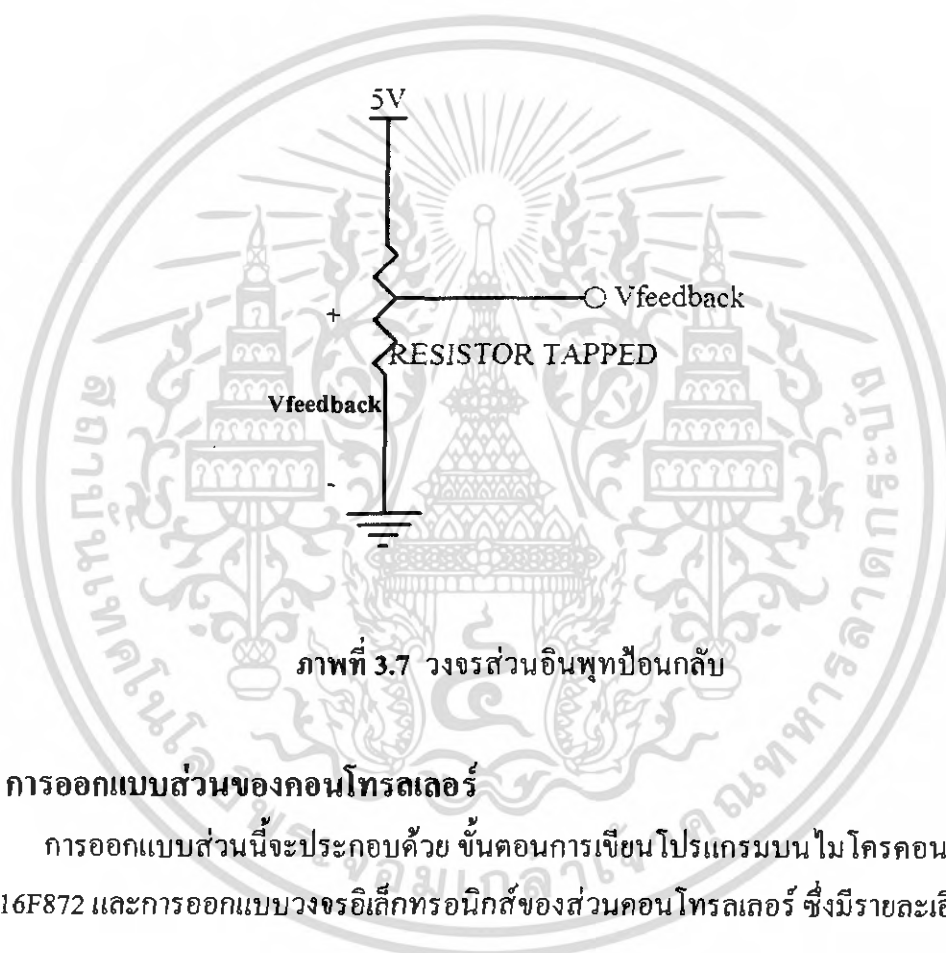
จะได้ $V_{m2} = V_{in}$ ในกรณีที่เลือกการทำงานในโหมด Auto

เมื่อ	V_{m2}	คือ แรงดันเอาต์พุตที่รวมตัวต้านทาน $10 \text{ k}\Omega$ มีหน่วยเป็น โวลต์
	V_{5V}	คือ แรงดันจากแหล่งจ่ายไฟ มีหน่วยเป็น โวลต์
	R_{LDR}	คือ ค่าความต้านทานของตัวต้านทานไวแสง (LDR) มีหน่วยเป็น โอห์ม
	V_{in}	คือ แรงดันอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ มีหน่วยเป็น โวลต์

ต่อมาได้นำแรงดันเอาต์พุตของทั้งสองระบบมาเชื่อมต่อกัน โดยใช้สวิตช์ S , มาต่อเพื่อเลือกระบบการทำงานว่าจะจะเป็นระบบควบคุมโดยผู้ใช้ (Manual) หรือระบบควบคุมอัตโนมัติ (Auto) ซึ่งจะเป็นสัญญาณอินพุตให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ จากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในภาพที่ 3.7 จะนำโปรแกรม Protel 99-SE มาใช้ ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับออกแบบวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์และสร้างแผ่น PCB (Print Circuit Broad) ขึ้นมา

3.4 การออกแบบส่วนอินพุทย้อนกลับ

ในส่วนนี้ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบแถบเลื่อนชนิดเชิงเส้น ซึ่งจะเป็นตัวที่ควบคุมการหมุนของมอเตอร์เพื่อควบคุมตำแหน่งของผ้าใบ โดยต่อเข้าไว้ที่อีกด้านหนึ่งของแกนผ้าใบ ดังแสดงในภาพที่ 3.3 ดังนั้นถ้าผ้าใบมีการเคลื่อนที่ขึ้นหรือลง ค่าความต้านทานจะมีการเปลี่ยนแปลงตามซึ่งมีการทำงานคือ เมื่อผ้าใบเคลื่อนที่ลงตัวต้านทานแบบแถบเลื่อนจะมีค่าความต้านทานเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าแรงดันอินพุทย้อนกลับ ($V_{feedback}$) มีค่าสูงขึ้น แต่ถ้าผ้าใบเคลื่อนที่ขึ้นตัวต้านทานแบบแถบเลื่อนจะมีค่าความต้านทานลดลง ทำให้ค่าแรงดัน ($V_{feedback}$) มีค่าลดลงด้วยโดยมีวงจรดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 วงจรส่วนอินพุทย้อนกลับ

3.5 การออกแบบส่วนของคอนโทรลเลอร์

การออกแบบส่วนนี้จะประกอบด้วย ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F872 และการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของส่วนคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

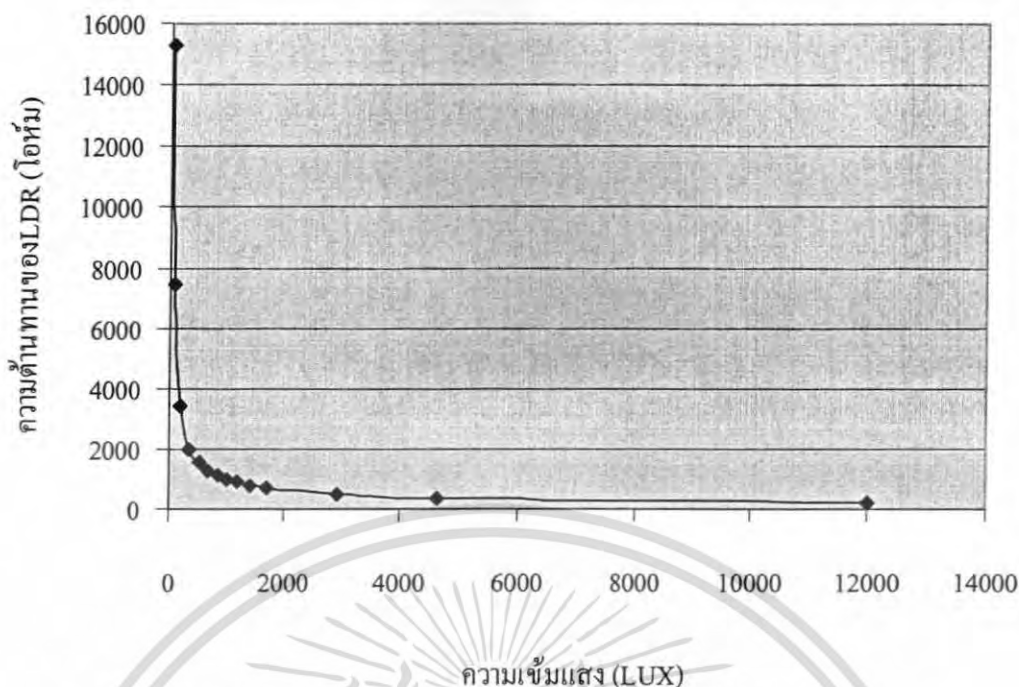
3.5.1 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F872

ก่อนทำการออกแบบโปรแกรมนั้นได้ทำการเก็บข้อมูลของค่าความเข้มแสงที่มีผลต่อค่าความต้านทานของตัวต้านทานไวแสง (LDR) ซึ่งมีผลดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ผลการเก็บข้อมูลของค่าความเข้มแสงที่มีผลต่อค่าความต้านทานของ LDR

เวลา (น.)	ความเข้มแสง (Lux)	ความต้านทานของ LDR (k Ω)
06.36	23	15.3
06.43	62	7.45
06.53	170	3.39
07.02	334	2.02
07.10	504	1.536
07.17	680	1.267
07.24	835	1.116
07.31	988	1.009
07.37	1182	0.903
07.45	1388	0.810
08.04	2920	0.519
08.23	4620	0.365
08.30	12000	0.200

จากผลข้อมูลที่เก็บมาได้ตามตารางที่ 3.1 นั้น ตัวอย่างเช่น ที่เวลา 07.31 น. วัดค่าความเข้มแสงได้ 988 ลักซ์ จะได้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานไวแสงมีค่าเท่ากับ 1.009 กิโลโอห์ม เมื่อเวลาผ่านไปจนถึง 07.45 น. ทำการวัดค่าความเข้มแสงได้ 1388 ลักซ์ จะได้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานไวแสงมีค่าเท่ากับ 0.810 กิโลโอห์ม ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อค่าความเข้มแสงเพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานของตัวต้านทานไวแสง (LDR) จะลดลง ผลที่เกิดขึ้นนี้จะเป็นไปตามคุณลักษณะของตัวต้านทานไวแสง (LDR) ซึ่งเมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 3.1 มาพล็อตกราฟจะได้ผลดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงกับค่าความต้านทานของ LDR

จากภาพที่ 3.8 เป็นกราฟที่แสดงให้เห็นว่าเมื่อค่าความเข้มแสงเพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานของตัวต้านทานไวแสง (LDR) นั้นจะลดลง ซึ่งจะเป็นไปตามคุณลักษณะของตัวต้านทานไวแสง (LDR) ซึ่งจะนำข้อมูลนี้มาใช้ในการออกแบบโปรแกรมต่อไป

จากที่ได้กล่าวถึงข้อมูลเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์มาแล้วในบทที่ 2 จึงได้เลือกใช้ PIC 16F872 ซึ่งได้ใช้โมดูลแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล โดยทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณอินพุตที่เป็นสัญญาณอนาลอกแล้วแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 10 บิต

ในส่วนของการเขียนโปรแกรมนั้นจะใช้ภาษาซี ซึ่งได้อธิบายถึงพื้นฐานของการเขียนคำสั่งต่าง ๆ การใช้โปรแกรม CCS C Compiler เป็นตัวคอมไพเลอร์ การใช้โปรแกรม EPICWin ไว้ในบทก่อนหน้านี้อแล้ว

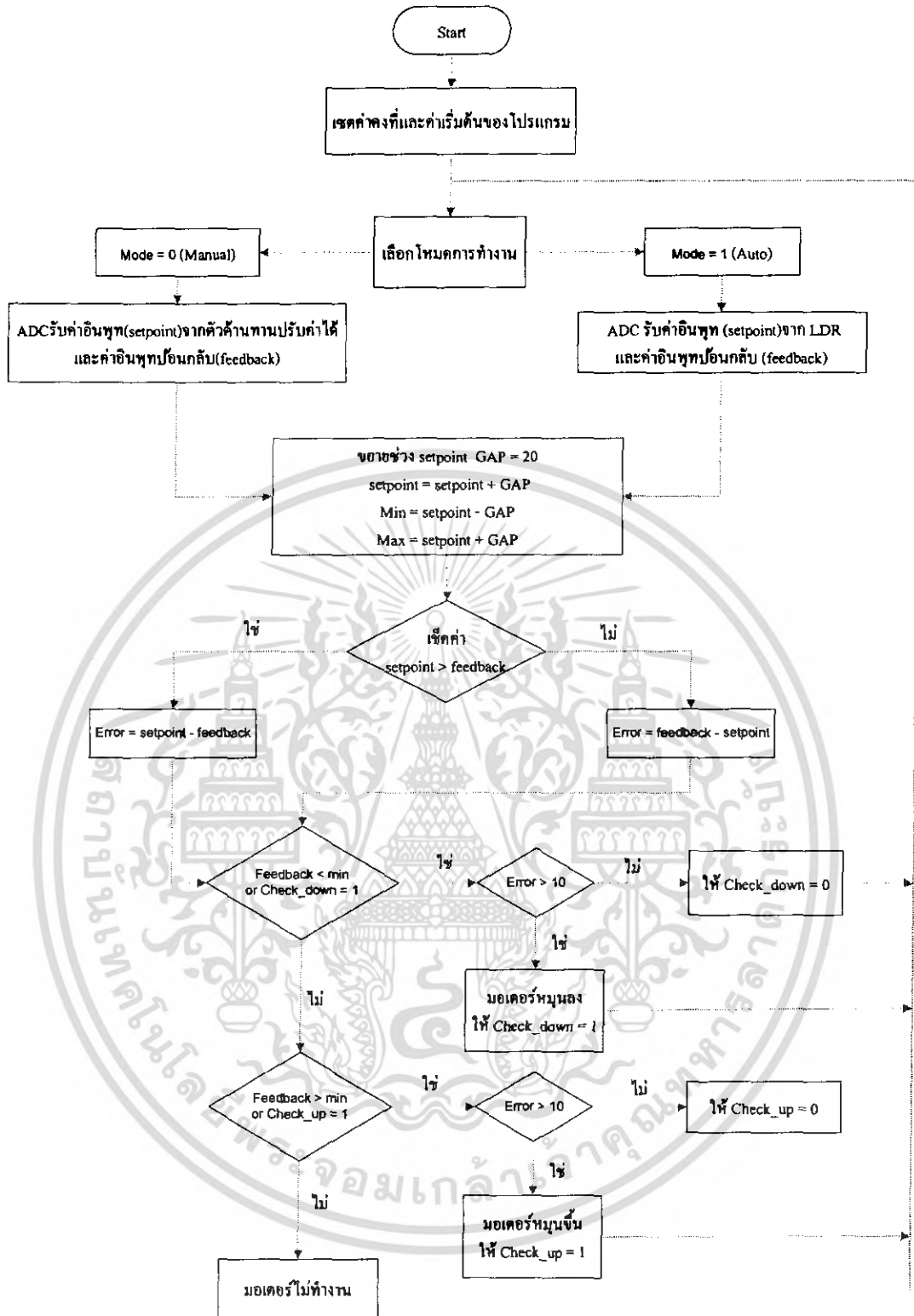
ในการออกแบบโปรแกรมเบื้องต้น ระบบการทำงานจะเป็นการควบคุมแบบ Open-loop ไม่มีสัญญาณป้อนกลับ ซึ่งขั้นตอนการทำงานของแนวคิดเดิมคือมีการกำหนดระดับในการทำงานของผ้าใบบังแดดไว้ 9 ระดับในช่วง 0 - 270 เซนติเมตร โดยแบ่งระยะการเคลื่อนที่ขึ้น/ลงของผ้าใบในแต่ละระดับไว้ 30 เซนติเมตร ทั้งระบบควบคุมโดยผู้ใช้และระบบควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งเมื่อทำการทดสอบฟังก์ชันการใช้งานจริงนั้น ไม่สามารถทำได้ตามต้องการ เพราะเกิดปัญหาขึ้น คือระดับการขึ้น/ลงของผ้านั้นไม่มีความแน่นอน บางครั้งขึ้นแค่ 20 เซนติเมตร หรือลงแค่ 25 เซนติเมตร จึงเป็นสาเหตุให้ต้องทำการออกแบบระบบการทำงานใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการปรับปรุงระบบการทำงานใหม่ได้มีการเพิ่มสัญญาณอินพุทป้อนกลับ เพื่อให้เป็นระบบควบคุมแบบ Closed-loop โดยจะนำค่าของสัญญาณอินพุทมาทำการเปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุทป้อนกลับ ซึ่งแนวคิดในการออกแบบโปรแกรมคือ เมื่อค่าแรงดันไฟฟ้าอินพุท (V_m) เปลี่ยนแปลงทั้งจากการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ และการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของตัว LDR เมื่อความเข้มแสงเปลี่ยนแปลงไปจะทำให้มอเตอร์หมุน โดยทิศทางการหมุนของมอเตอร์นั้นก็ขึ้นอยู่กับค่าแรงดันไฟฟ้า ถ้าแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น มอเตอร์ก็จะหมุนทำให้ผ้าใบเคลื่อนที่ลง โดยในขณะที่มอเตอร์กำลังหมุนนั้น อีกด้านหนึ่งของแกนผ้าใบที่ถูกยึดติดกับตัวต้านทานปรับค่าได้แบบแถบเลื่อนก็จะเลื่อนตามการหมุนของมอเตอร์ ทำให้ได้ค่าแรงดันไฟฟ้าอินพุทป้อนกลับ ซึ่งแรงดันไฟฟ้าอินพุทป้อนกลับนี้ก็จะเพิ่มขึ้นตามการหมุนของมอเตอร์ จนกระทั่งแรงดันไฟฟ้าอินพุทมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าอินพุทป้อนกลับก็จะทำให้มอเตอร์หยุดหมุน แต่ถ้าค่าแรงดันไฟฟ้าลดลงมอเตอร์ก็จะหมุนกลับทางทำให้ผ้าใบเคลื่อนที่ขึ้น ค่าแรงดันไฟฟ้าอินพุทป้อนกลับก็จะลดลงตามจนกระทั่งมีค่าเท่ากับแรงดันอินพุทจะทำให้มอเตอร์หยุดหมุนเช่นกัน จากแนวคิดนี้จึงนำมาออกแบบโปรแกรมได้ดังแผนภาพการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในภาพที่ 3.9

สำหรับผู้สนใจสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมถึงหลักการเขียนโปรแกรม และภาษาที่ใช้ในการเขียนได้ในบทที่ 2 ส่วนโปรแกรมที่เขียนจะแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ก

จากภาพที่ 3.9 ในการออกแบบโปรแกรมนั้นจะเริ่มตั้งแต่รับสัญญาณอินพุท และทำการประมวลผลบนไมโครคอนโทรลเลอร์ จนกระทั่งได้สัญญาณเอาต์พุตออกมา โดยเริ่มทำงานดังนี้



ภาพที่ 3.9 แผนภาพการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่หนึ่ง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะกำหนดค่าคงที่และค่าเริ่มต้นของโปรแกรม โดยให้

setpoint คือ ค่าแรงดันอินพุต (V_m) ที่รับจากระบบควบคุมตามผู้ใช้ และระบบอัตโนมัติ

feedback คือ ค่าแรงดันอินพุตป้อนกลับที่รับจากตัวต้านทานปรับค่าได้ แบบแถบเลื่อน

GAP คือ ค่าที่ขยายค่า setpoint มีค่าเท่ากับ 20 (เลขฐานสอง) หรือประมาณ 0.1 โวลต์

Error คือ ค่าความแตกต่างระหว่างค่า setpoint กับค่า feedback

Check_down และ Check_up เป็นตัวตรวจสอบการหมุนของมอเตอร์

ค่าของ output1 (RB7/ขา 28) เป็นลอจิก 0

ค่าของ output2 (RB6/ขา 27) เป็นลอจิก 0

ค่าของ Enable (RB5/ขา 26) เป็นลอจิก 1

ขั้นตอนที่สองจะทำการตรวจสอบว่าการทำงานอยู่ในระบบใด ระหว่างระบบควบคุมโดยผู้ใช้ หรือระบบควบคุมอัตโนมัติ โดยกำหนดให้ Mode = 0 และ Mode = 1 แทนระบบควบคุมโดยผู้ใช้และระบบควบคุมอัตโนมัติ ตามลำดับ

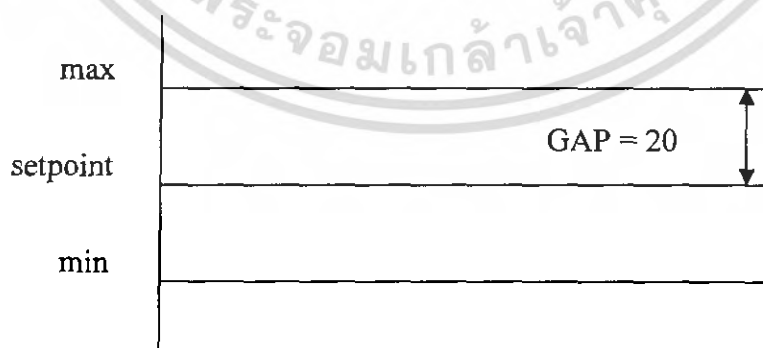
ขั้นตอนที่สามเมื่อเลือกโหมดการทำงานได้แล้วจะทำการรับค่า setpoint และค่า feedback เข้าในไมโครแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

ขั้นตอนที่สี่จะทำการขยายช่วงของค่า setpoint โดยกำหนดดังนี้

$$\text{setpoint} = \text{setpoint} + \text{GAP}$$

$$\text{Min} = \text{setpoint} - \text{GAP}$$

$$\text{Max} = \text{setpoint} + \text{GAP}$$



ภาพที่ 3.10 ช่วงขยายของค่า setpoint

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ห้าจะทำการตรวจสอบค่าของ setpoint ว่ามากกว่าค่าของ feedback หรือไม่

- ถ้าค่า setpoint > feedback ให้ Error = setpoint - feedback

- ถ้าค่า setpoint < feedback ให้ Error = feedback - setpoint

ขั้นตอนที่หกจะทำการตรวจสอบค่า feedback < min หรือ feedback > min ดังนี้

- กรณีที่หนึ่ง ถ้า feedback < min ให้ตรวจสอบต่อว่า ค่า Error < 10 หรือไม่

ถ้าใช่ให้ output1 (RB7/ขา 28) เป็นลอจิก 1 และ output2 (RB6/ขา 27) เป็นลอจิก 0 จะทำให้มอเตอร์หมุน และกำหนดให้ค่า Check_down เป็น 1 แต่ถ้า Error ไม่น้อยกว่า 10 กำหนดให้ Check_down เป็น 0 และกลับไปทำขั้นตอนที่สามใหม่

- กรณีที่สอง ถ้า feedback > min ให้ตรวจสอบต่อว่า ค่า Error > 10 หรือไม่

ถ้าใช่ให้ output1 (RB7/ขา 28) เป็นลอจิก 0 และ output2 (RB6/ขา 27) เป็นลอจิก 1 จะทำให้มอเตอร์หมุนกลับทิศ และกำหนดให้ค่า Check_up เป็น 1 แต่ถ้า Error ไม่มากกว่า 10 กำหนดให้ Check_up เป็น 1 และกลับไปทำขั้นตอนที่สามใหม่

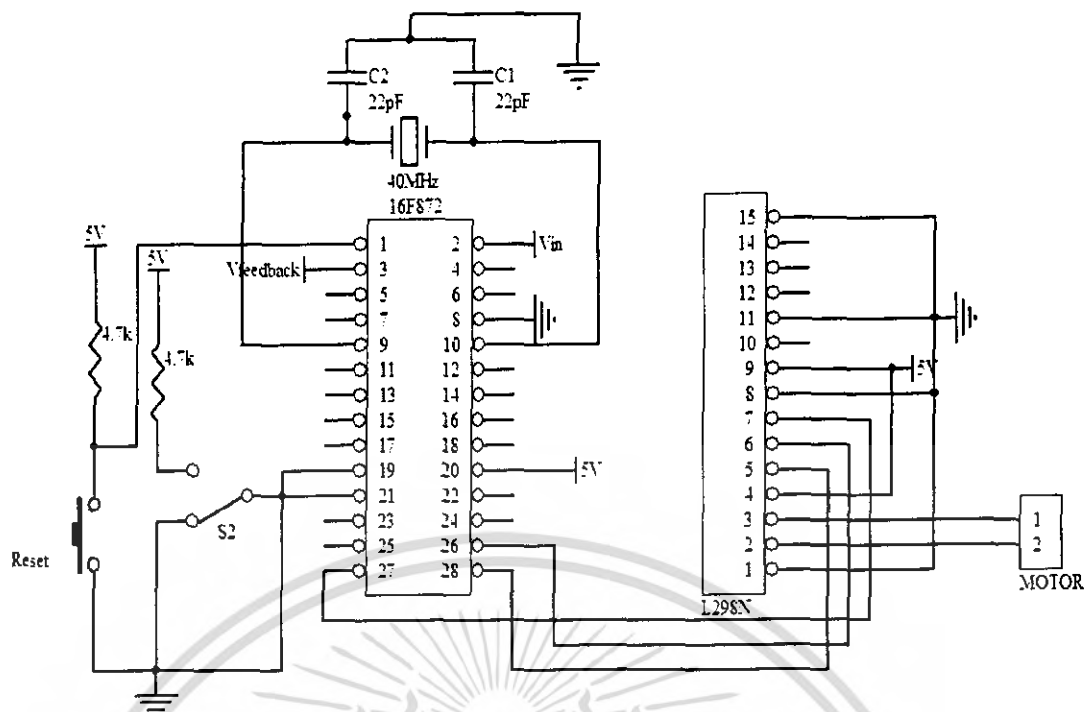
- ถ้าไม่ตรงกับกรณีที่หนึ่งและสองให้ output1 (RB7/ขา 28) เป็นลอจิก 0 และ output2 (RB6/ขา 27) เป็นลอจิก 0 จะทำให้มอเตอร์หยุดทำงาน

3.5.2 การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนคอนโทรลเลอร์

อุปกรณ์ที่ใช้

- | | |
|------------------------------|-------|
| 1. PIC 16F872 | 1 ตัว |
| 2. L298N | 1 ตัว |
| 3. ตัวต้านทาน 4.7 k Ω | 2 ตัว |
| 4. ตัวเก็บประจุ 22 pF | 2 ตัว |
| 5. Switch แบบกดติด/ปล่อยดับ | 1 ตัว |
| 6. Cystal 40 MHz | 1 ตัว |
| 7. Switch | 1 ตัว |
| 8. มอเตอร์กระแสตรง 24VDC | 1 ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.11 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนคอนโทรลเลอร์

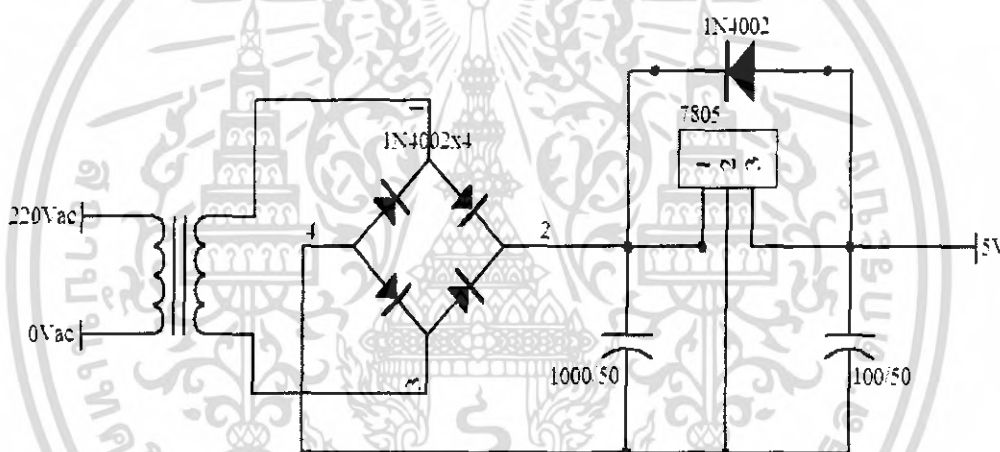
จากภาพที่ 3.11 ในส่วนของ PIC 16F872 จะรับค่าอินพุตเป็นแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบสัญญาณอนาล็อกจากส่วนอินพุตเข้า ขา RA0 (ขา 2) และส่วนอินพุตป้อนกลับมาเข้า ขา RA1 (ขา 3) ของ PIC 16F872 เพื่อทำการประมวลผลตามคำสั่งที่ได้มีการโปรแกรมไว้ และเนื่องจากการแบ่งการควบคุมออกเป็นสองระบบ คือระบบควบคุมโดยผู้ใช้และระบบควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งจะต้องทำการเปลี่ยนโหมดให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจะใช้สวิทช์อีกหนึ่งตัวต่อเข้า ขา RB0 (ขา 21) ซึ่งเป็นตัวเลือกโหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ และเมื่อทำการประมวลผลการทำงานเสร็จเรียบร้อยแล้วก็จะส่งสัญญาณเอาต์พุตเป็นดิจิทัลไปเข้า ไอซี L298N ซึ่งใช้เป็นตัวขับเคลื่อนสำหรับไอซี L298N ตัวนี้มีคุณสมบัติในการกำหนดความเร็วของมอเตอร์ได้โดยใช้ pulse width modulation จ่ายเข้าที่ขา EnA แต่เนื่องจากจุดประสงค์ที่ใช้เพื่อต้องการให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทางเท่านั้น จึงต้องกำหนดให้ ขา EnA(ขา 6) เป็นลอจิก 1 หรือจ่าย 5V เข้าไป สำหรับขา In1 (ขา 5) กับ In2 (ขา 7) เป็นอินพุตที่ใช้ในการขับเคลื่อนจะรับค่ามาจากขา 28 และขา 27 ของ PIC 16F872 ตามลำดับ โดยที่เมื่อให้ขา In1 เป็น 1 และขา In2 เป็น 0 จะทำให้มอเตอร์หมุนไปทิศทางใดทิศทางหนึ่ง และเมื่อให้ขา In1 เป็น 0 และขา In2 เป็น 1 ก็จะทำให้มอเตอร์หมุนกลับทางจากทิศทางเดิม ขา OUT1 (ขา 2) กับ OUT2 (ขา 3) ต่อคร่อมเข้ากับมอเตอร์ สำหรับ Vs ต่อไฟ 5V ไว้สำหรับขับเคลื่อน และ Vss ต่อไฟ 5V เป็นไฟเลี้ยงให้กับไอซี L298N และขา 8 ขา senseA (ขา 1) ขา senseB (ขา 15) และ EnB (ขา 11) ต่อลง ground

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรภาคจ่ายไฟนี้จะแยกออกเป็นสองส่วน คือ

1. แหล่งจ่ายวงจร
2. ส่วนขั้วมอเตอร์

ซึ่งทั้งสองส่วนนี้จะมีโครงสร้างและหลักการทำงานของวงจรที่เหมือนกันทุกประการ โดยจะต้องทำวงจรนี้ขึ้นมา 2 วงจรในแผ่น PCB สาเหตุที่ต้องมีการแยกแหล่งจ่ายของวงจรถับส่วนขั้วมอเตอร์ออกจากกัน เนื่องจากการสตาร์ทของมอเตอร์นั้นจะมีการดึงกระแสทำให้กระแสไม่พอสำหรับวงจร จะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถทำงานต่อได้ ซึ่งการทำงานของวงจรภาคจ่ายไฟนี้จะใช้สัญญาณแรงดัน 220 Vac ที่จ่ายให้แก่หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) และค่าแรงดัน 220 Vac นี้จะถูกลดระดับแรงดันลงเหลือประมาณ 18Vac ก่อนเข้าวงจรเรียงกระแส (Rectifier) เพื่อทำการเปลี่ยนให้เป็นไฟกระแสตรงแล้วผ่านไอซี 7805 เพื่อลดแรงดันเหลือ 5 Vdc เพื่อใช้สำหรับเลี้ยงวงจร

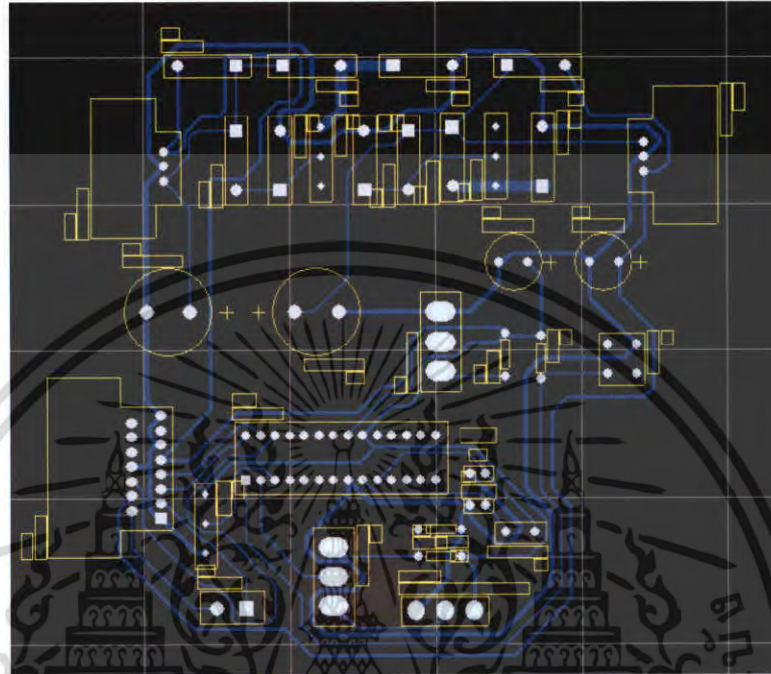


ภาพที่ 3.13 วงจรภาคจ่ายไฟส่วนเลี้ยงวงจรและส่วนขั้วมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 การสร้างแผ่นปริ้นท์ PCB

จากวงจรอิเล็กทรอนิกส์รวมทั้งหมดที่ประกอบด้วย ส่วนของสัญญาณอินพุท ส่วนคอนโทรลเลอร์ และวงจรภาคจ่ายไฟ จะนำไปสร้างลายแผ่นปริ้นท์เพื่อทำแผ่น PCB จะได้ ดังภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 ลายแผ่นปริ้นท์ (PCB) ของวงจรทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองการใช้งาน

เมื่อทำการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของมอเตอร์ จึงได้ทำการทดลองใช้งาน เพื่อดูว่าความสัมพันธ์ของค่าอินพุตและค่าอินพุตป้อนกลับนั้นเป็นไปตามสมการที่กำหนดหรือไม่ และทดสอบฟังก์ชันการใช้งานว่าสามารถใช้งานได้จริงหรือไม่ โดยจะแบ่งออกเป็นสองระบบ คือ ระบบควบคุมโดยผู้ใช้ และระบบควบคุมอัตโนมัติ

4.1.1 การทดลองและผลการทดลองระบบควบคุมโดยผู้ใช้

ในการทดลองส่วนนี้ได้ทำการทดลองโดยเพิ่มค่าของอินพุต (V_{in1}) ขึ้นโดยการหมุนตัวต้านทานปรับค่าได้ และลดค่าของอินพุต (V_{in1}) ลงโดยการหมุนตัวต้านทานปรับค่าได้กลับอีกทางหนึ่ง เพื่อจะดูว่าค่าอินพุตป้อนกลับ ($V_{feedback}$) นั้นมีค่าอย่างไร สามารถควบคุมการหมุนของมอเตอร์ และความยาวของผ้าใบได้หรือไม่ ผู้จัดทำได้ทดลองโดยแบ่งระยะเวลาเคลื่อนที่ขึ้น/ลงของผ้าใบเป็น 10 ช่วงดังผลการทดลองในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองระบบควบคุมโดยผู้ใช้ทั้งขาลงและขาขึ้น

ระบบควบคุมโดยผู้ใช้					
ขาลง			ขาขึ้น		
V_{in1} (setpoint) (Volts)	$V_{feedback}$ (Volts)	ความยาวของ ผ้าใบ (cm)	V_{in1} (setpoint) (Volts)	$V_{feedback}$ (Volts)	ความยาวของ ผ้าใบ (cm)
0	0.150	0	3.49	3.59	247.9
0.428	0.477	30.4	3.00	3.12	213.2
0.973	1.048	69.1	2.705	2.83	192.2
1.567	1.653	111.3	2.509	2.664	178.3
1.897	1.980	134.8	2.112	2.257	150.0
2.290	2.380	162.7	1.788	1.940	127.2
2.713	2.776	192.8	1.286	1.428	91.5
3.226	3.290	229.2	0.793	0.93	56.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

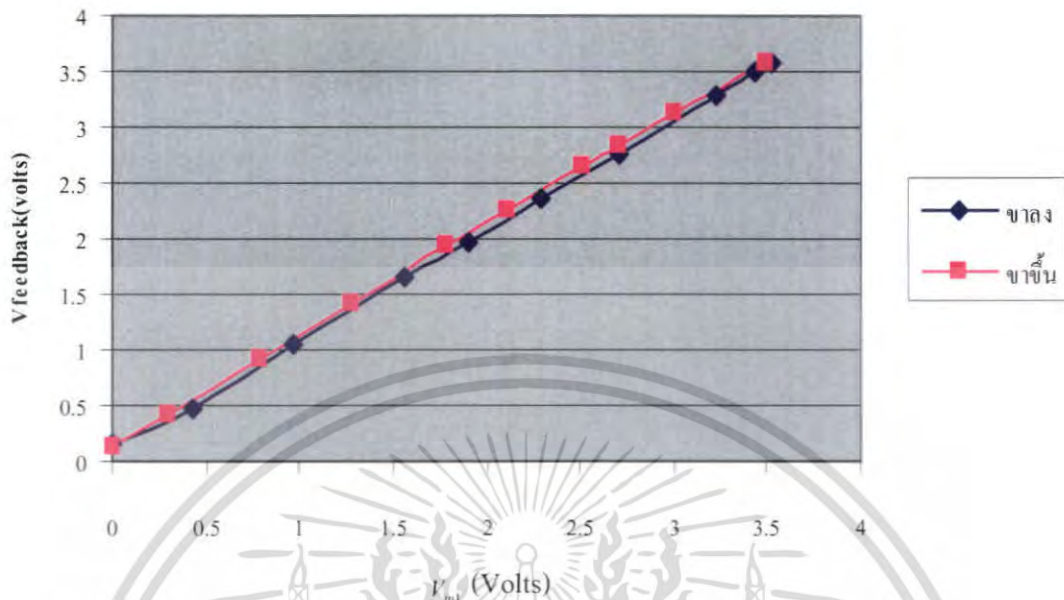
ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ระบบควบคุมโดยผู้ใช้งาน					
ขาลง			ขาขึ้น		
V_{in1} (setpoint) (Volts)	$V_{feedback}$ (Volts)	ความยาวของ ผ้าใบ (cm)	V_{in1} (setpoint) (Volts)	$V_{feedback}$ (Volts)	ความยาวของ ผ้าใบ (cm)
3.44	3.49	244.4	0.295	0.414	21.1
3.53	3.59	250.8	0	0.126	0

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าค่าของอินพุทป้อนกลับ ($V_{feedback}$) นั้นมีค่าใกล้เคียงกับค่าอินพุท (V_{in1}) ซึ่งจะเป็นไปตามการทำงานของโปรแกรมทั้งขาลงและขาขึ้น เมื่อค่าอินพุท (V_{in1}) เพิ่มขึ้น มอเตอร์ก็จะหมุนผ้าใบก็จะเคลื่อนที่ลงมา และมอเตอร์จะหยุดก็ต่อเมื่อค่าอินพุทป้อนกลับ ($V_{feedback}$) มีค่าถึงระดับหนึ่งที่ใกล้เคียงกับค่าอินพุท (V_{in1}) และในทางกลับกันนั้นเมื่อค่าอินพุท (V_{in1}) ลดลง มอเตอร์ก็จะหมุนกลับทิส ผ้าใบจะเคลื่อนที่ขึ้นตาม และมอเตอร์จะหยุดก็ต่อเมื่อค่าอินพุทป้อนกลับ ($V_{feedback}$) มีค่าถึงระดับหนึ่งที่ใกล้เคียงกับค่าอินพุท (V_{in1}) จะเป็นการทำตามคำสั่งการทำงานที่โปรแกรมไว้บนไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวอย่างเช่น เมื่อปรับตัวต้านทานไปจะทำให้ค่าแรงดันอินพุท (V_{in1}) มีค่าเท่ากับ 1.897 โวลต์ มอเตอร์จะหมุนผ้าใบจะเคลื่อนที่ลงจนกระทั่งค่าอินพุทป้อนกลับมีค่าเป็น 1.980 โวลต์ จะทำให้มอเตอร์หยุดหมุน ซึ่งทำการวัดความยาวของผ้าใบได้เท่ากับ 134.8 เซนติเมตร เมื่อนำค่าอินพุท (V_{in1}) และค่าอินพุทป้อนกลับ ($V_{feedback}$) มาพล็อตกราฟจะแสดงได้ดังภาพที่ 4.1

จากภาพที่ 4.1 เป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอินพุท (V_{in1}) กับค่าอินพุทป้อนกลับ ($V_{feedback}$) ซึ่งจะมีลักษณะเป็นเชิงเส้น คือเมื่อค่าอินพุท (V_{in1}) มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าอินพุทป้อนกลับ ($V_{feedback}$) ก็จะเพิ่มตาม และในทางกลับกันเมื่อค่าอินพุท (V_{in1}) มีค่าลดลง ค่าอินพุทป้อนกลับ ($V_{feedback}$) ก็จะลดลงตาม ซึ่งสอดคล้องตามหลักการควบคุมที่ได้ออกแบบไว้

ระบบควบคุมโดยผู้ใช



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอินพุต (V_{in}) กับค่าอินพุตป้อนกลับ ($V_{feedback}$) จากผลการทดลอง

4.1.2 การทดลองและผลการทดลองระบบควบคุมอัตโนมัติ

การทดลองนี้เป็นการเลียนแบบการทำงานในการใช้งานในระบบการควบคุมอัตโนมัติโดยใช้แสงจากโคมไฟที่สามารถลดและเพิ่มความสว่างได้ โดยทำการเพิ่มความเข้มของแสงซึ่งจะทำให้ค่าของอินพุต (V_{in2}) เพิ่มขึ้น และลดค่าของอินพุต (V_{in2}) ลง เพื่อจะดูว่าค่าอินพุตป้อนกลับ ($V_{feedback}$) นั้นมีค่าอย่างไร ซึ่งจะได้ผลตามตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานของตัว LDR จะลดลงซึ่งทำให้ค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมอยู่ LDR (V_{in2}) นั้นมีค่าเพิ่มขึ้น มอเตอร์จะหมุนซึ่งจะทำให้ผ้าใบเคลื่อนที่ลง และจะทำให้ค่าแรงดันอินพุตป้อนกลับ ($V_{feedback}$) มีค่าเพิ่มขึ้นตามจนมีค่าใกล้เคียงกับค่าแรงดันอินพุต (V_{in2}) ซึ่งจะทำให้มอเตอร์หยุดหมุน ตัวอย่างเช่นเมื่อความเข้มแสงมีค่าเท่ากับ 648 ลักซ์ ค่าความต้านทานของตัวต้านทานไวแสง (LDR) จะมีค่าเท่ากับ 1.117 โอห์ม ทำให้ค่าแรงดันอินพุต (V_{in2}) มีค่าเท่ากับ 2.362 โวลต์ มอเตอร์จะหมุนผ้าใบจะเคลื่อนที่ลง จนกระทั่งค่าอินพุตป้อนกลับมีค่าเป็น 2.442 โวลต์ จะทำให้มอเตอร์หยุดหมุนซึ่งทำการวัดความยาวของผ้าใบได้เท่ากับ 167.8 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองของระบบควบคุมอัตโนมัติ (ขาลง)

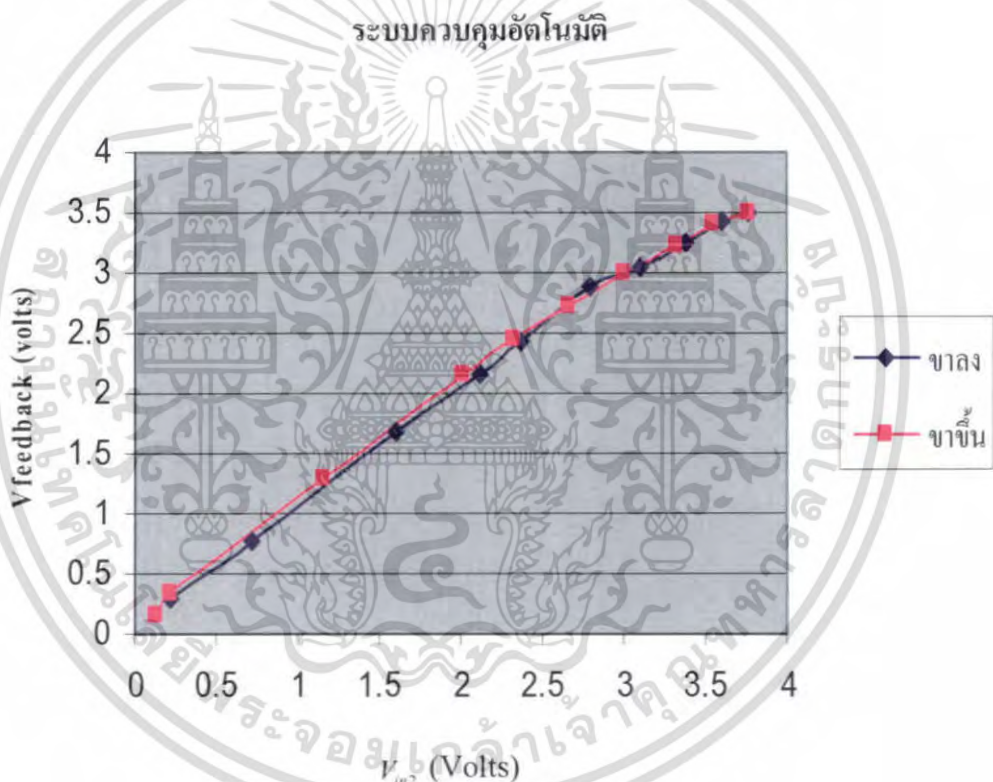
การควบคุมแบบอัตโนมัติ (ขาลง)				
ความเข้มแสง (LUX)	ความต้านทานที่ ตัวLDR ($k\Omega$)	V_{in2} (setpoint) (Volts)	$V_{feedback}$ (Volts)	ความยาวของ ผ้าใบ (cm)
80	21.42	0.223	0.298	15.8
208	5.88	0.726	0.764	51.6
355	2.11	1.608	1.678	114.3
521	1.367	2.112	2.151	150.1
648	1.117	2.362	2.442	167.8
1000	0.786	2.799	2.887	198.6
1420	0.613	3.100	3.055	220.3
2040	0.480	3.38	3.26	240.5
2920	0.389	3.60	3.43	255.4
3850	0.330	3.76	3.51	267.0

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองของระบบควบคุมอัตโนมัติ (ขาขึ้น)

การควบคุมแบบอัตโนมัติ (ขาขึ้น)				
ความเข้มแสง (LUX)	ความต้านทานที่ ตัวLDR ($k\Omega$)	V_{in2} (setpoint) (Volts)	$V_{feedback}$ (Volts)	ความยาวของ ผ้าใบ (cm)
3860	0.330	3.76	3.51	267.0
2670	0.408	3.55	3.40	252.3
1860	0.506	3.32	3.22	235.7
1220	0.667	3.00	2.99	213.2
850	0.883	2.656	2.732	188.8
620	1.152	2.323	2.458	164.9
480	1.481	2.015	2.150	143.0
267	3.303	1.162	1.296	82.8
105	21.12	0.226	0.345	16.1
0	37.46	0.130	0.154	9.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าเมื่อความเข้มแสงลดลง ค่าความต้านทานของตัว LDR จะเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมอยู่ LDR (V_{in2}) นั้นมีค่าลดลง ซึ่งจะทำให้ผ้าใบเคลื่อนที่ลง และจะทำให้ค่าแรงดันอินพุทป้อนกลับ ($V_{feedback}$) มีค่าลดลงตาม จนมีค่าใกล้เคียงกับค่าแรงดันอินพุท (V_{in2}) ซึ่งจะทำให้มอเตอร์หยุดหมุนเช่นกัน ตัวอย่างเช่น เมื่อความเข้มแสงมีค่าเท่ากับ 620 ลักซ์ ค่าความต้านทานของตัวต้านทานไวแสง (LDR) จะมีค่าเท่ากับ 1.152 โอห์ม ทำให้ค่าแรงดันอินพุท (V_{in2}) มีค่าเท่ากับ 2.323 โวลต์ มอเตอร์จะหมุน ผ้าใบจะเคลื่อนที่ขึ้น จนกระทั่งค่าอินพุทป้อนกลับมีค่าเป็น 2.458 โวลต์ จะทำให้มอเตอร์หยุดหมุน ซึ่งทำการวัดความยาวของผ้าใบได้เท่ากับ 164.9 เซนติเมตร เมื่อนำค่าอินพุท (V_{in2}) กับค่าอินพุทป้อนกลับ ($V_{feedback}$) ที่ได้ทั้งขาลงและขาขึ้นมาพล็อตกราฟได้ดังภาพที่ 4.2



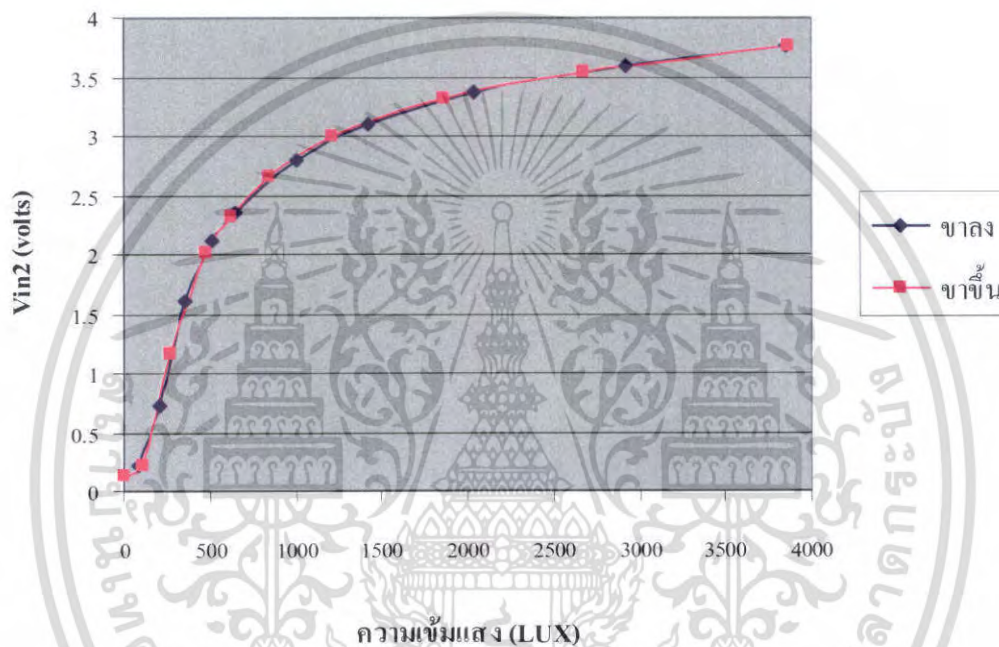
ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอินพุท (V_{in2}) กับค่าอินพุทป้อนกลับ ($V_{feedback}$) จากผลการทดลอง

จากภาพที่ 4.2 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอินพุท (V_{in2}) กับค่าอินพุทป้อนกลับ ($V_{feedback}$) จะเป็นเชิงเส้น คือเมื่อค่าอินพุท (V_{in2}) มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าอินพุทป้อนกลับ ($V_{feedback}$) ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น และในทางกลับกันเมื่อค่าอินพุท (V_{in2}) มีค่าลดลง ค่าอินพุทป้อนกลับ ($V_{feedback}$) ก็จะลดลงตาม จะเป็นไปตามคำสั่งการทำงานที่โปรแกรมไว้บนไมโครคอนโทรลเลอร์ เอกสารนี้เป็นเอกสารทูลงงานวิชาสำหรับนักเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อนำค่าความเข้มแสงและค่าอินพุต (V_{in2}) จากการตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3 มาพล็อตกราฟจะได้ผลดังภาพที่ 4.3

จากภาพที่ 4.3 จะเห็นว่าเมื่อค่าความเข้มแสงเพิ่มขึ้น ค่าอินพุต (V_{in2}) จะเพิ่มขึ้นตาม แต่ลักษณะของเส้นกราฟนั้นจะไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งไปเป็นไปตามคุณลักษณะของตัวต้านทานไวแสง (LDR)

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงกับค่าอินพุต (V_{in2})



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอินพุต (V_{in2}) กับ ค่าความเข้มแสงจากผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองทั้งระบบควบคุมโดยผู้ใช้และระบบควบคุมอัตโนมัติ นั้น เมื่อค่าอินพุตมีการเปลี่ยนแปลงจะทำให้มอเตอร์หมุน ผ้าใบก็จะเคลื่อนที่ตามโดยทิศทางการหมุนของมอเตอร์ นั้นก็ขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงของอินพุต และการที่มอเตอร์จะหยุดหมุน ได้นั้นก็ขึ้นอยู่กับค่าของอินพุตป้อนกลับ ในขณะที่มอเตอร์หมุนไปจนกระทั่งค่าอินพุตป้อนกลับมีค่าถึงจุด ๆ หนึ่งก็จะทำให้มอเตอร์หยุดหมุน

และการเปลี่ยนแปลงของอินพุตในระบบควบคุมโดยผู้ใช้นั้น จะ เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้ว่าต้องการให้ผ้าใบเคลื่อนที่ลงมากน้อยแค่ไหน ส่วนการเปลี่ยนแปลงของอินพุตในระบบควบคุมอัตโนมัติ นั้น จะ เป็นไปตามความเข้มของแสงขณะนั้น ถ้ามีความเข้มแสงมากขึ้นก็จะทำให้ผ้าใบเคลื่อนที่ลงมามากขึ้น ในทางกลับกันถ้าความเข้มแสงลดลง ผ้าใบก็จะเคลื่อนที่ขึ้น

5.2 ปัญหา

1. ในการออกแบบโปรแกรมนั้น ได้มีการออกแบบ โปรแกรมหลายครั้ง ซึ่ง โปรแกรมที่ เคยออกแบบไว้ ทำให้ระบบไม่ค่อยมีเสถียรภาพ คือ ไม่สามารถทำให้ผ้าใบหมุนขึ้นและลงได้เท่ากัน จึงทำให้ต้องทำการออกแบบ โปรแกรมใหม่หลายครั้ง
2. ในการออกแบบวงจรจะพบปัญหาของการต่อแหล่งจ่ายร่วมกันของวงจร และตัวมอเตอร์ เนื่องจากขณะที่มอเตอร์สตาร์ทนั้นจะดึงกระแส ทำให้กระแสไม่พอจ่ายให้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถทำงานได้
3. โครงสร้างที่สร้างขึ้นมานั้นยังมีส่วนที่ไม่เหมาะสมอยู่

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ทำการออกแบบ โปรแกรมใหม่ที่ สามารถทำให้ระบบมีเสถียรภาพมากกว่าเดิม
2. ทำการออกแบบวงจร โดยแยกแหล่งจ่ายไฟของวงจรกับมอเตอร์ออกจากกัน
3. ปรับปรุงโครงสร้างให้มีความเหมาะสมและแข็งแรงมากกว่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] อับดุลรอเซาะ คอเดาะ , “ ม่านบังแดดอัตโนมัติ ” ,ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [2] ผศ.วิศรุต ศรีรัตน์, “อุปกรณ์ตรวจจับ – ส่งสัญญาณการแปลงสภาวะสัญญาณ”, ภาควิศกรรมการวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [3] ผศ.ศุภชัย สุรินทร์วงศ์, “มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง”,สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2541
- [4] นายไวภพ วัฒนนะ, “การขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบ 4 ควอดแรนท์ ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์” ,ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [5] ธนาวุฒิ ไกรฤทธิกุล, LDR ตัวต้านทานไวแสง ,วารสาร SEMICONDUCTER ฉบับที่ 14 จาก www.electronics.se-ed.com/contents/041s060/041s060_p01.asp
- [6] รศ.ดร.กิตติ ตีระเศรษฐ, “พื้นฐานวิศวกรรมระบบควบคุม”,คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [7] ทีมงานสมาร์ตเลิร์นนิ่ง, “PIC Microcontroller Learning By Doing ด้วยภาษาซี”,Smart Learning
- [8] เฉชฤทธิ์ มณีธรรม, “คัมภีร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC”,สำนักพิมพ์ เคทีพี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรมที่เขียนบนไมโครคอนโทรลเลอร์

```

#include <16F872.h>
#define ADC=10
#define delay(clock=4000000,RESTART_WDT)
#define fuses XT,WDT,NOPROTECT,NOPUT,NOBROWNOUT

#define port_b = 0x06
#define output1 = port_b.7
#define output2 = port_b.6
#define enable = port_b.5
#define mode = port_b.0

#define Offset1_Value 10
#define Offset2_Value 10
#define int_TIMER0

////////////////////////////////////ส่วนของโปรแกรมรีเซต////////////////////////////////////
void TIMER0_isr()
{restart_wdt(); }

////////////////////////////////////ส่วนของโปรแกรมหลัก////////////////////////////////////
void main()
{
    int16 Buffer;
    float feedback,error,min,max,setpoint,Offset1,Offset2,gap;
    char Check_Up,Check_Down;
    port_b_pullups(TRUE);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

output1 = 0;
output2 = 0;
setup_adc_ports(0000);
setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_8);
setup_spi(FALSE);
setup_counters(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_32);
setup_timer_1(T1_DISABLED);
setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
enable_interrupts(INT_TIMER0);
enable_interrupts(global);

set_tris_a(0xFF);
set_tris_b(0x01);
enable = 1;

while(1)
{
    delay_ms(20);
    //////////////////////////////////////// โหมคยัด โนมยติ ////////////////////////////////////////
    if ( mode == 1 )
    {
        set_adc_channel(0);
        Buffer = read_adc();
        setpoint = Buffer;
        set_adc_channel(1);
        Buffer = read_adc();
        feedback = Buffer;

        gap = 20;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setpoint = setpoint + gap;
min = setpoint - gap;
max = setpoint + gap;

if ( setpoint > feedback )
{
error = setpoint - feedback;
}
else
{
error = feedback - setpoint;
}
if ( (feedback < min) || (Check_Up == 1) )
{
if ( error > 10 )
{
output1 = 1;
output2 = 0;
Check_Up = 1;
}
else
{
Check_Up = 0;
}
}
else if ( (feedback > max) || (Check_Down == 1) )
{
if ( error > 10 )
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        output1 = 0;
        output2 = 1;
        Check_Down = 1;
    }
    else
    {
        Check_Down = 0;
    }
}
else
{
    output1 = 0;
    output2 = 0;
}
}
else
//////////////////////////////////////โหมดแมนนวล//////////////////////////////////////
{
    set_adc_channel(0);
    Buffer = read_adc();
    setpoint = Buffer;

    set_adc_channel(1);
    Buffer = read_adc();
    feedback = Buffer;

    gap = 20;
    setpoint = setpoint + gap;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

min = setpoint - gap;
max = setpoint + gap;

if ( setpoint > feedback )
{
error = setpoint - feedback;
}
else
{
error = feedback - setpoint;
}

if ( (feedback < min) || (Check_Up == 1) )
{
if ( error > 10 )
{
output1 = 1;
output2 = 0;
Check_Up = 1;
}
else
{
Check_Up = 0;
}
}

else if ( (feedback > max) || (Check_Down == 1) )
{
if ( error > 10 )
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        output1 = 0;
        output2 = 1;
        Check_Down = 1;
    }
    else
    {
        Check_Down = 0;
    }
}
else
{
    output1 = 0;
    output2 = 0;
}
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข้อมูลของไอซีที่ใช้ในปริญญาโท

1. PIC 16F872 (ไมโครคอนโทรลเลอร์)
2. L298N (อุปกรณ์ขับเคลื่อนมอเตอร์)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



PIC16F872

28-Pin, 8-Bit CMOS FLASH Microcontroller

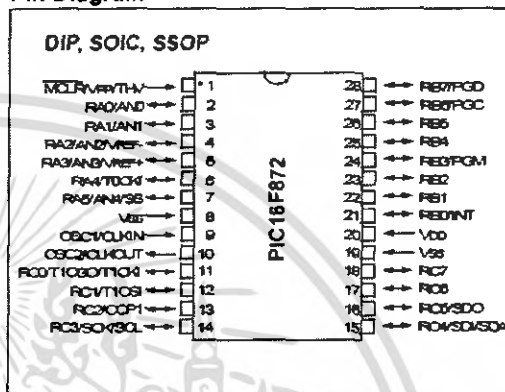
Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F872

Microcontroller Core Features:

- High-performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
DC - 200 ns instruction cycle
- 2K x 14 words of FLASH Program Memory
128 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
64 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C72A
- Interrupt capability (up to 10 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code-protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low-power, high-speed CMOS FLASH/EEPROM technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption:
 - < 2 mA typical @ 5V, 4 MHz
 - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
 - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram



Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during sleep via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- One Capture, Compare, PWM module
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master Mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F872

Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023)	PIC16F872
Operating Frequency	DC - 20 MHz
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	2K
Data Memory (bytes)	128
EEPROM Data Memory	64
Interrupts	10
I/O Ports	Ports A,B,C
Timers	3
Capture/Compare/PWM module	1
Serial Communications	MSSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels
Instruction Set	35 Instructions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F872

TABLE 1-1: PIC16F872 PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	DIP Pin#	SOIC Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	9	9	I	ST/CMOS ⁽³⁾	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	10	10	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, the OSC2 pin outputs CLKOUT, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP/THV	1	1	I/P	ST	Master clear (reset) input or programming voltage input or high voltage test mode control. This pin is an active low reset to the device.
RA0/AN0	2	2	I/O	TTL	PORTA is a bi-directional I/O port. RA0 can also be analog input0. RA1 can also be analog input1. RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage. RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage. RA4 can also be the clock input to the Timer0 module. Output is open drain type. RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.
RA1/AN1	3	3	I/O	TTL	
RA2/AN2/VREF-	4	4	I/O	TTL	
RA3/AN3/VREF+	5	5	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	6	I/O	ST	
RA5/SS/AN4	7	7	I/O	TTL	
RB0/INT	21	21	I/O	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. RB0 can also be the external interrupt pin. RB3 can also be the low voltage programming input. Interrupt on change pin. Interrupt on change pin. Interrupt on change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock. Interrupt on change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.
RB1	22	22	I/O	TTL	
RB2	23	23	I/O	TTL	
RB3/PGM	24	24	I/O	TTL/ST ⁽¹⁾	
RB4	25	25	I/O	TTL	
RB5	26	26	I/O	TTL	
RB6/PGC	27	27	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RB7/PGD	28	28	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RC0/T1OSO/T1CKI	11	11	I/O	ST	PORTC is a bi-directional I/O port. RC0 can also be the Timer1 oscillator output or Timer1 clock input. RC1 can also be the Timer1 oscillator input. RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output. RC3 can also be the synchronous serial clock input/output for both SPI and I ² C modes. RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I ² C mode). RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode).
RC1/T1OSI	12	12	I/O	ST	
RC2/CCP1	13	13	I/O	ST	
RC3/SCK/SCL	14	14	I/O	ST	
RC4/SDI/SDA	15	15	I/O	ST	
RC5/SDO	16	16	I/O	ST	
RC6	17	17	I/O	ST	
RC7	18	18	I/O	ST	
V _{SS}	8, 19	8, 19	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
V _{DD}	20	20	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt or LVP.
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMDS input otherwise.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F872

10.0 ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER (A/D) MODULE

The Analog-to-Digital (A/D) Converter module has five inputs.

The analog input charges a sample and hold capacitor. The output of the sample and hold capacitor is the input into the converter. The converter then generates a digital result of this analog level via successive approximation. The A/D conversion of the analog input signal results in a corresponding 10-bit digital number. The A/D module has high and low voltage reference input that is software selectable to some combination of V_{DD} , V_{SS} , RA2 or RA3.

The A/D converter has a unique feature of being able to operate while the device is in SLEEP mode. To operate in SLEEP, the A/D clock must be derived from the A/D's internal RC oscillator.

The A/D module has four registers. These registers are:

- A/D Result High Register (ADRESH)
- A/D Result Low Register (ADRESL)
- A/D Control Register0 (ADCON0)
- A/D Control Register1 (ADCON1)

The ADCON0 register, shown in Register 10-1, controls the operation of the A/D module. The ADCON1 register, shown in Register 10-2, configures the functions of the port pins. The port pins can be configured as analog inputs (RA3 can also be the voltage reference) or as digital I/O.

Additional information on using the A/D module can be found in the PICmicro™ Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023).

REGISTER 10-1: ADCON0 REGISTER (ADDRESS: 1Fh)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
bit7							bit0
<p>bit 7-6: ADCS<1:0>: A/D Conversion Clock Select bits 00 = Fosc/2 01 = Fosc/8 10 = Fosc/32 11 = FRC (clock derived from an RC oscillation)</p> <p>bit 5-3: CHS<2:0>: Analog Channel Select bits 000 = channel 0, (RA0/AN0) 001 = channel 1, (RA1/AN1) 010 = channel 2, (RA2/AN2) 011 = channel 3, (RA3/AN3) 100 = channel 4, (RA5/AN4)</p> <p>bit 2: GO/DONE: A/D Conversion Status bit If ADON = 1 1 = A/D conversion in progress (setting this bit starts the A/D conversion) 0 = A/D conversion not in progress (this bit is automatically cleared by hardware when the A/D conversion is complete)</p> <p>bit 1: Unimplemented: Read as '0'</p> <p>bit 0: ADON: A/D On bit 1 = A/D converter module is operating 0 = A/D converter module is shutoff and consumes no operating current</p>							

R = Readable bit
 W = Writable bit
 U = Unimplemented bit, read as '0'
 - n = Value at POR reset

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F872

REGISTER 10-2: ADCON1 REGISTER (ADDRESS 9Fh)

U-0	U-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	
ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	
bit7								bit0

R = Readable bit
 W = Writable bit
 U = Unimplemented bit, read as '0'
 - n = Value at POR reset

bit 7: **ADFM: A/D Result format select**
 1 = Right Justified. 6 most significant bits of ADRESH are read as '0'.
 0 = Left Justified. 6 least significant bits of ADRESL are read as '0'.

bit 6-4: **Unimplemented: Read as '0'**

bit 3-0: **PCFG<3:0>: A/D Port Configuration Control bits**

PCFG<3:0>	AN4 RA5	AN3 RA3	AN2 RA2	AN1 RA1	AN0 RA0	VREF+	VREF-	CHAN / Refs(1)
0000	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0001	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	4/1
0010	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	4/1
0100	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	VREF+	D	A	A	RA3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	VDD	VSS	0/0
1000	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	3/2
1001	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
1010	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	4/1
1011	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	3/2
1100	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	VREF+	VREF-	D	A	RA3	RA2	1/2

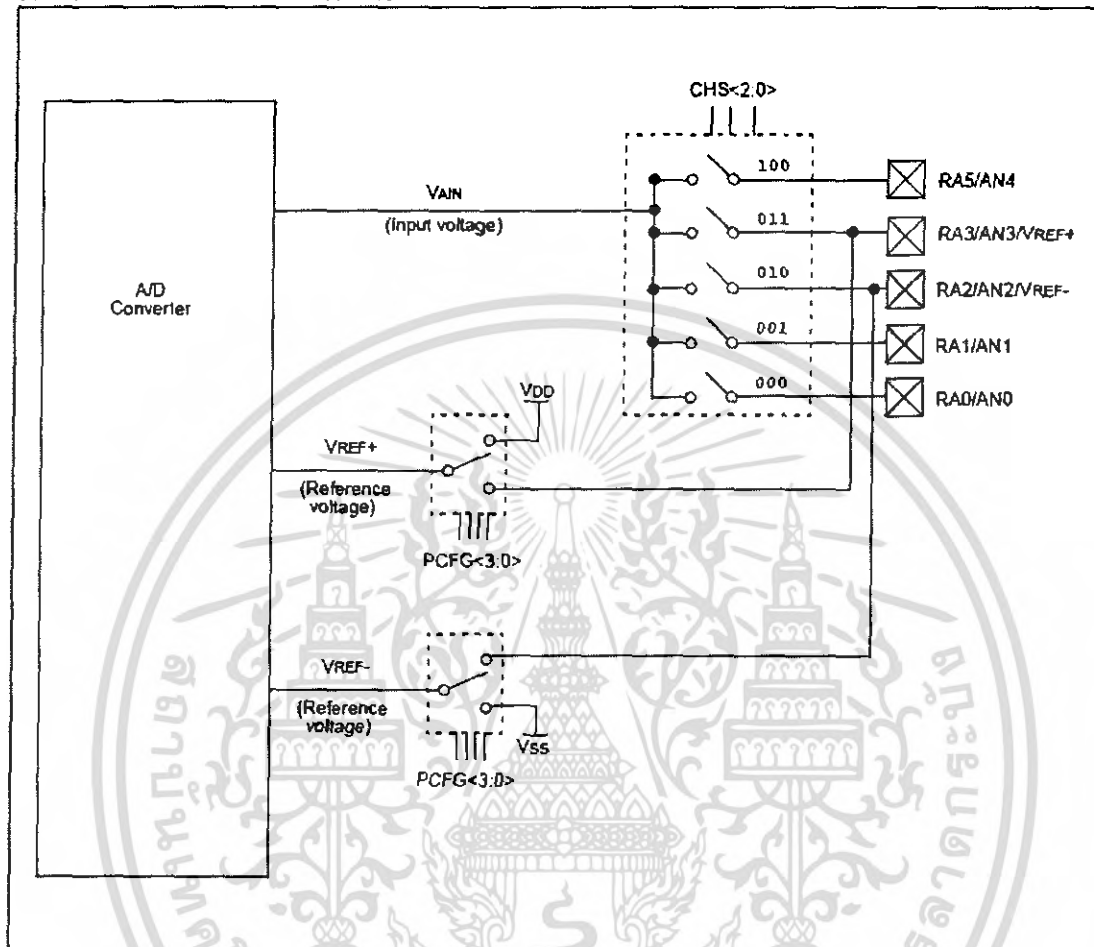
A = Analog input
 D = Digital I/O

Note 1: This column indicates the number of analog channels available as A/D inputs and the number of analog channels used as voltage reference inputs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F872

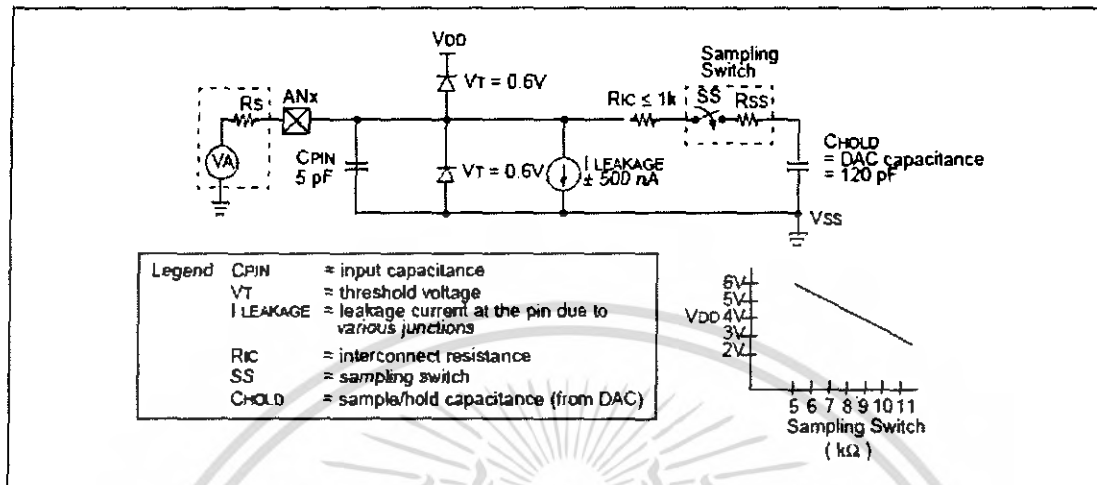
FIGURE 10-1: A/D BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F872

FIGURE 10-2: ANALOG INPUT MODEL



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



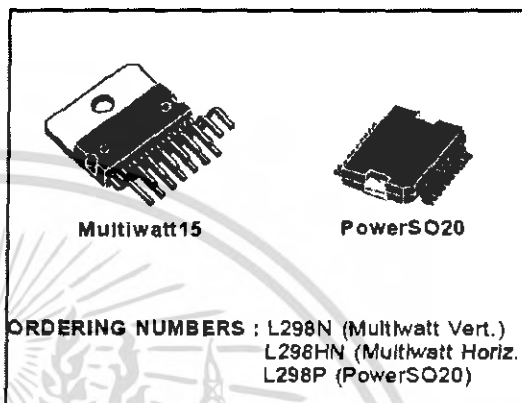
L298

DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

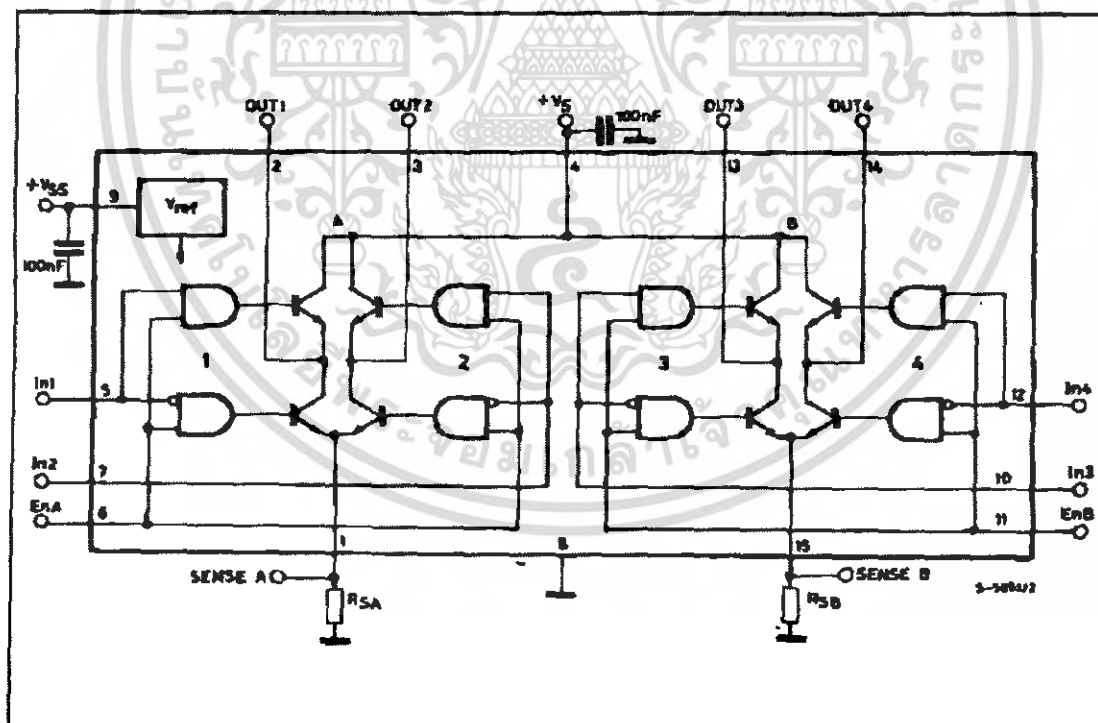
DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-



nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

BLOCK DIAGRAM



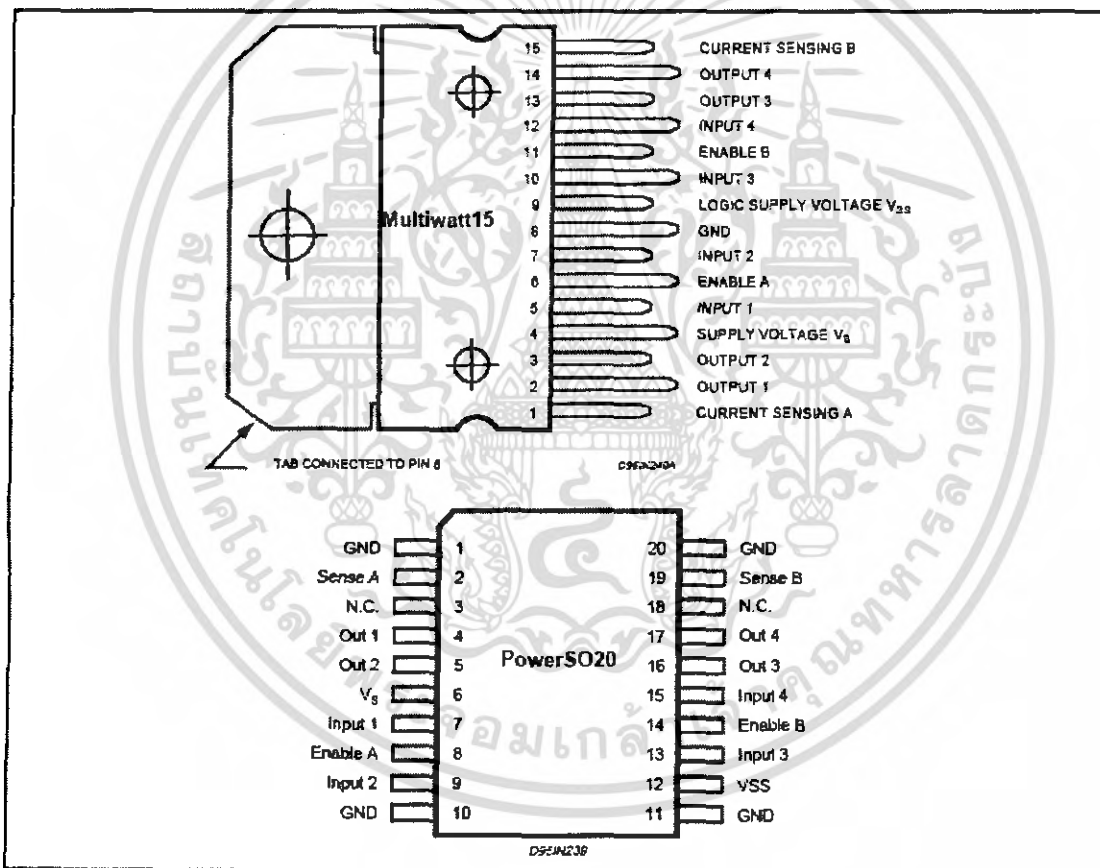
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L298

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Power Supply	50	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage	7	V
V_i, V_{en}	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
I_o	Peak Output Current (each Channel)		
	- Non Repetitive ($t = 100\mu s$)	3	A
	- Repetitive (80% on -20% off; $t_{on} = 10ms$)	2.5	A
	-DC Operation	2	A
V_{sens}	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
P_{tot}	Total Power Dissipation ($T_{case} = 75^\circ C$)	25	W
T_{op}	Junction Operating Temperature	-25 to 130	$^\circ C$
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ C$

PIN CONNECTIONS (top view)



THERMAL DATA

Symbol	Parameter		PowerSO20	Multiwatt15	Unit
$R_{th\ j-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max.	-	3	$^\circ C/W$
$R_{th\ j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	13 (*)	35	$^\circ C/W$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้