ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ราวตากผ้าอัตโนมัติ

THE AUTOMATIC CLOTHESLINE

นาย นิคม ใจนาน รหัส 45380064
นาย ปิยะพงศ์ สีขาว รหัส 45380088
นาย วิเชียร ทองคำ รหัส 45380115

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ...../...../.....
เลขทะเบียน.....150058711
เลขเรียกหนังสือ.....ป. น553ร 2550
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2550

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน ราวตากผ้าอัตโนมัติ

ผู้ดำเนินโครงงาน นายนิคม ใจนาน รหัส 45380064

นายปิยะพงศ์ สีขาว รหัส 45380088

นายวิเชียร ทองคำ รหัส 45380115

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2550

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์)

.....กรรมการ

(ดร.สมยศ เกียรติวนิชวิไล)

.....กรรมการ

(ดร.อัครพันธ์ วงศ์กังแห)

หัวข้อโครงงาน	ราวตากผ้าอัตโนมัติ		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายนิคม	ใจนาน	รหัส 45380064
	นายปิยะพงศ์	สีขาว	รหัส 45380088
	นายวิเชียร	ทองคำ	รหัส 45380115
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ปิยดนัย	ภาชนะพรรณ์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2550		

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาการทำงานร่วมกันระหว่างวงจรเซ็นเซอร์และวงจรควบคุม โดยวงจรเซ็นเซอร์นั้นประกอบไปด้วย เซ็นเซอร์แสง เซ็นเซอร์น้ำฝน ส่วนวงจรควบคุมนั้นใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51) โดยการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาซี ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ในราวตากผ้า เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บผ้าเมื่อมีฝนตก และแสงสว่างไม่เพียงพอ

ผลที่ได้จากการทำโครงงานนี้ คือ รู้หลักการทำงานของวงจรเซ็นเซอร์และการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51) ซึ่งนำไปใช้งานกับราวตากผ้าได้ดีและยังสามารถประยุกต์ใช้ในการควบคุมแบบอื่นๆ ได้

Project title	The automatic clothesline		
Name	Mr.Nikhom	Jainan	ID. 45380064
	Mr.Piyapong	Sikhao	ID. 45380088
	Mr.Wichian	Tongkam	ID. 45380115
Project advisor	Mr. Piyadanai	phachanaphan	
Major	Electrical Engineering.		
Department	Electrical and Computer Engineering.		
Academic year	2007		

.....

ABSTRACT

This project is studying the co-operation between sensor system and control system. The sensor system consists of LDR sensor and rain sensor. The control system can be used microcontroller MCS-51 which is developed program by C language for controlling motor operation in the automatic clothesline. From all these operations provide convenience to automatically keep the clothes into the cupboard when raining and insufficient light.

The results of this project are understanding about the operation of sensor system and microcontroller MCS-51 in order to be used with the automatic clothesline and also can be able to apply for others operated control furthermore.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องบอร์ดควบคุมเซ็นเซอร์แสง และเซ็นเซอร์น้ำ เพื่อใช้ในการปิด-เปิดมอเตอร์แล้วเก็บผ้าอัตโนมัติ ซึ่งจะไม่มีทางสำเร็จไปได้ถ้าไม่ได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ได้ให้ความรู้ ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือแก่คณะผู้จัดทำเป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่านที่ได้ให้ความรู้และให้คำสั่งสอนจนคณะผู้จัดทำมีความรู้ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดทำโครงงานในครั้งนี้

และที่สำคัญที่สุดขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้เลี้ยงดูและอบรมสั่งสอนแก่คณะผู้จัดทำจนทำให้คณะผู้จัดทำทุกคนมีวันนี้ได้ ซึ่งเป็นพระคุณอันหาที่เปรียบไม่ได้

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ ที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล เป็นที่ปรึกษาในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำโครงงาน

นายนิคม ใจนาน

นายปิยะพงศ์ สีขาว

นายวิเชียร ทองคำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.6 งบประมาณที่ใช้ 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 4
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 4
2.3 คุณสมบัติสำคัญของ MCS-51 4
2.4 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 6
2.5 หน่วยความจำของ MCS-51 7
2.6 รายละเอียดการทำงานของวงจรภายในพอร์ตต่างๆ 7
2.7 ตำแหน่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51และหน้าที่การทำงาน 8
2.8 อินเตอร์รัปต์ 11
2.9 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการอินเตอร์รัป 11
2.10 มอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR) 15
2.11 การทำงานตรวจจับของตัวรับสัญญาณ 16
2.12 รีเลย์ (Relay) 17
2.13 เซ็นเซอร์ LDR (light dependent resistor) 20
2.14 เซ็นเซอร์น้ำฝน (RAIN SENSER) 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.15 การออกแบบการทำงานของวงจร Power Supply..... 23
2.16 ไดโอดเปล่งแสง (LED)..... 24
2.17 การคำนวณหาค่าความต้านทานอนุกรม..... 25

บทที่ 3 การควบคุมระบบการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1 การทำงานของระบบควบคุม..... 26
3.2 การออกแบบสำหรับตัวรับสัญญาณ..... 26
3.3 การออกแบบ OUTPUT..... 27
3.4 การออกแบบโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์..... 28
3.5 การออกแบบวงจรควบคุมราวตากผ้าด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์..... 29
3.6 อธิบายวงจรย่อยต่าง ๆ..... 30
3.7 บอร์ดควบคุมด้วยไมโครคอนโทรเลอร์..... 34
3.8 โครงสร้างของวงจรเซ็นเซอร์..... 35
3.9 การออกแบบโครงสร้างของราวตากผ้า..... 36
3.10 ราวตากผ้าที่ใช้งานจริง..... 37
3.11 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ..... 37

บทที่ 4 ผลการทดลองและผลการวิเคราะห์

4.1 การทดลองควบคุมมอเตอร์ในราวตากผ้า..... 41
4.2 ผลการทดลอง..... 42

บทที่ 5 ผลการทดลองและผลการวิเคราะห์

5.1 สรุปผลของโครงงาน..... 48
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างทำโครงงาน..... 48
5.3 แนวทางในการพัฒนา..... 48

ภาคผนวก 49
เอกสารอ้างอิง 60
ประวัติผู้จัดทำโครงงาน 61

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ตารางแสดงรายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 5

2.2 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 3 9

2.3 แสดงบิตต่างๆ ของรีจิสเตอร์ IE 11

2.4 แสดงลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพท์ 12

2.5 แสดงบิตต่างๆ ของรีจิสเตอร์ IP 12

2.6 แสดงบิตต่างๆ ของรีจิสเตอร์ TCON 13

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของ MCS-51 เบอร์ AT89C51 5

2.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 6

2.3 การจัดขาของ MCS-51 เบอร์ AT89C51 10

2.4 แสดงการเลือกใช้สัญญาณแอดทีฟที่ระดับลอจิก "0" หรือที่ขอบขาลงของสัญญาณ 14

2.5 แสดงโครงสร้างทั่วไปของมอเตอร์กระแสตรง 15

2.6 ลิมิตสวิทซ์ 17

2.7 รีเลย์และสัญลักษณ์การงาน 17

2.8 ภายในโครงสร้างของรีเลย์ 17

2.9 การต่อขารีเลย์ 2 ตัวร่วมกับมอเตอร์ขณะไม่มีแรงดัน 18

2.10 การทำงานเมื่อจ่ายแรงดันให้กับ RY1 18

2.11 การทำงานเมื่อจ่ายแรงดันให้กับ RY2 19

2.12 ลักษณะของ LDR (light dependent resistor) 20

2.13 ลักษณะโครงสร้างของ LDR 20

2.14 ตัวอย่างกราฟแสดงความไวต่อแสงความถี่ต่าง ๆ ของ LDR แบบแคดเมียมซัลไฟด์ 21

2.15 ตัวอย่างกราฟแสดงความไวต่อแสงความถี่ต่าง ๆ ของ LDR แบบแคดเมียมซิลิไนด์ 21

2.16 ผลของการเปลี่ยนความเข้มแสงในทันทีทันใดกับ LDR 22

2.17 ลักษณะเซ็นเซอร์น้ำฝน (RAIN SENSER) 23

2.18 วงจร Power Supply 23

2.19 ไดโอดเปล่งแสงและโครงสร้างภายใน 24

2.20 สัญลักษณ์ของ LED 25

3.1 แสดงการทำงานของระบบควบคุม 26

3.2 การออกแบบ INPUT 27

3.3 การออกแบบ OUTPUT 27

3.4 แสดงแผนผังการควบคุมมอเตอร์ของราวตากผ้าด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ 28

3.5 การออกแบบวงจรควบคุมราวตากผ้าด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ 29

3.6 วงจรขับมอเตอร์ 30

3.7 Out Relay 6Ch 31

3.8 วงจร LDR SENSER 32

3.9 วงจร Rain senser 33

3.10 แสดงลาย PCB ของวงจรควบคุม 34

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.11 แสดงโครงสร้างฮาร์ดแวร์ภายในบอร์ดควบคุม 34
3.12 แสดงลาย PCB ของวงจรเซ็นเซอร์ 35
3.13 แสดงโครงสร้างฮาร์ดแวร์ภายในวงจรเซ็นเซอร์ 35
3.14 แสดงการออกแบบโครงสร้างด้านหน้าของราวตากผ้า 36
3.15 แสดงการออกแบบโครงสร้างด้านข้างของราวตากผ้า 36
3.16 ราวตากผ้า 37
3.17 การติดตั้งเซ็นเซอร์บนหลังคา 38
3.18 การติดตั้งลิมิตสวิทช์ตัวที่ 1 38
3.19 การติดตั้งลิมิตสวิทช์ตัวที่ 2 38
3.20 การติดตั้งลิมิตสวิทช์ตัวที่ 3 39
3.21 การติดตั้งลิมิตสวิทช์ตัวที่ 4 39
3.22 การติดตั้งมอเตอร์ตัวที่ 1 39
3.23 การติดตั้งมอเตอร์ตัวที่ 2 40
3.24 การติดตั้งมอเตอร์ทั้ง 2 ตัว 40
3.25 การติดตั้งบอร์ดควบคุมและแบตเตอรี่ 40
4.1 การทดสอบราวตากผ้าเมื่อสภาวะปกติ 43
4.2 การทดสอบราวตากผ้าเมื่อแสงสว่างไม่เพียงพอผ้าเริ่มถูกเก็บ 43
4.3 การทดสอบราวตากผ้าเมื่อแสงสว่างไม่เพียงพอผ้าถูกเก็บเข้าตู้ 44
4.4 การทดสอบราวตากผ้าเมื่อแสงสว่างไม่เพียงพอประตูเริ่มปิด 44
4.5 การทดสอบราวตากผ้าเมื่อแสงสว่างไม่เพียงพอประตูปิด 45
4.6 การทดสอบราวตากผ้าเมื่อแสงสว่างเพียงพอประตูเริ่มเปิด 45
4.7 การทดสอบราวตากผ้าเมื่อแสงสว่างเพียงพอประตูเปิด 46
4.8 การทดสอบราวตากผ้าเมื่อแสงสว่างเพียงพอผ้าเริ่มออกมาตาก 46
4.9 การทดสอบราวตากผ้าเมื่อแสงสว่างเพียงพอผ้าออกมาตากสิ้นสุดการทำงาน 47

บทที่1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันเทคโนโลยีของโลกได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ผู้คนมีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น จึงทำให้เกิดการแข่งขันของบริษัทต่างๆ เพื่อสร้างสิ่งประดิษฐ์เครื่องอำนวยความสะดวกขึ้นมา ซึ่งนำมาใช้เป็นประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน

โครงงานนี้ทางผู้จัดทำได้ศึกษาเกี่ยวกับ เซ็นเซอร์ที่ใช้วัดแสงและวัดน้ำฝน และศึกษาการทำงานของมอเตอร์ในการชักดึงลอก เพื่อนำมาประยุกต์ทำเป็นราวตากผ้าอัตโนมัติซึ่งสามารถเก็บผ้าได้เมื่อเกิดความมืดหรือฝนตก ซึ่งมีความกะทัดรัดและสะดวกสบายสำหรับผู้ที่ทำงานนอกบ้านไม่มีเวลาว่างซึ่งสามารถอำนวยความสะดวกได้เป็นอย่างดี

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาการทำงานของเซ็นเซอร์จับแสงและเซ็นเซอร์น้ำ

1.2.2 เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อใช้ควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

1.2.3 เพื่อนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อใช้งานได้จริง

1.2.4 เพื่อนำความรู้ที่ได้มาเผยแพร่ให้กับบุคคลที่สนใจเพื่อศึกษาและพัฒนาต่อไป

1.2.5 เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้ต่อไปในอนาคต

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับสิ่งเหล่านี้

- หลักการทำงานของเซ็นเซอร์จับแสงและเซ็นเซอร์น้ำ
- การเขียนโปรแกรม เพื่อใช้เซ็นเซอร์ควบคุมมอเตอร์กระแสตรง
- หลักการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้ชักดึงลอกที่ควบคุมด้วยโปรแกรมไมโครโปรเซสเซอร์

1.3.2 เขียนโปรแกรมเพื่อใช้เซ็นเซอร์ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงในการชักดึงลอก

1.3.3 ทดสอบหลักการใช้งานเมื่อติดตั้งกับอุปกรณ์จริงและสรุปผลใช้ทำงาน

1.3.4 สรุปผลและนำเสนอ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

หัวข้องาน	ปี 2549							ปี 2550			
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1.ศึกษาหลักการทำงานของเซ็นเซอร์จับแสงและเซ็นเซอร์น้ำ	←	→									
2. ศึกษาหลักการทำงานในการใช้เซนเซอร์ควบคุมมอเตอร์กระแสตรง			←	→							
3. ศึกษาการเขียนโปรแกรม ในการติดต่อกับ Hardware					←	→					
4. เขียนและทดสอบโปรแกรม								←	→		
5.สรุป และวิเคราะห์ผล										←	→

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 มีความรู้ความเข้าใจในหลักการและวิธีการทำงานของเซ็นเซอร์

1.5.2 มีความรู้ความเข้าใจในหลักการทำงาน ของไมโครคอนโทรลเลอร์

1.5.3 มีความรู้ความเข้าใจในการเขียนโปรแกรมใช้เซ็นเซอร์ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

1.5.4 เป็นแนวทางในการพัฒนาการใช้โปรแกรม ในการวิเคราะห์การสื่อสารทางพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์

1.6 งบประมาณที่ใช้

1.6.1 ค่าหนังสือประกอบการทำโครงงาน	เป็นเงิน	500	บาท
1.6.1 ค่าปริ้นงาน	เป็นเงิน	500	บาท
1.6.1 ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	เป็นเงิน	2,000	บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น		3,000	บาท (สามพันบาทถ้วน)

หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro Controller) คือ คอมพิวเตอร์ที่นำส่วนโปรเซสเซอร์หรือซีพียูและส่วนติดต่อกับภายนอกมาสร้างอยู่ในชิปเดียว โดยส่วนติดต่อภายนอกต่างๆ ได้แก่

- หน่วยความจำ (Memory)
- ตัวสร้างฐานเวลา (Timer)
- วงจรแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D Convert)
- วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาล็อก (D/A Convert)
- วงจรควบคุมการเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรง (DMA Controller)
- ส่วนติดต่อพอร์ทขนาน (Parallel Interface)
- ส่วนติดต่อพอร์ทอนุกรม (Serial Interface)

ในการใช้งานสามารถนำไปควบคุมงานต่างๆ ได้ด้วยชิปเดียว เพียงป้อนสัญญาณไฟเลี้ยงและตัวกำเนิดความถี่ก็สามารถทำงานได้ซึ่งแตกต่างกับไมโครโปรเซสเซอร์ที่ต้องมีการสร้างส่วนต่ออินพุตและเอาต์พุตเพิ่มเติมทำให้งานมีความยุ่งยากซับซ้อน ซึ่งไม่เหมาะกับงานควบคุมขนาดเล็ก ตัวอย่างไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้แก่ ซีพียูตระกูล ARM และตระกูล MCS-51

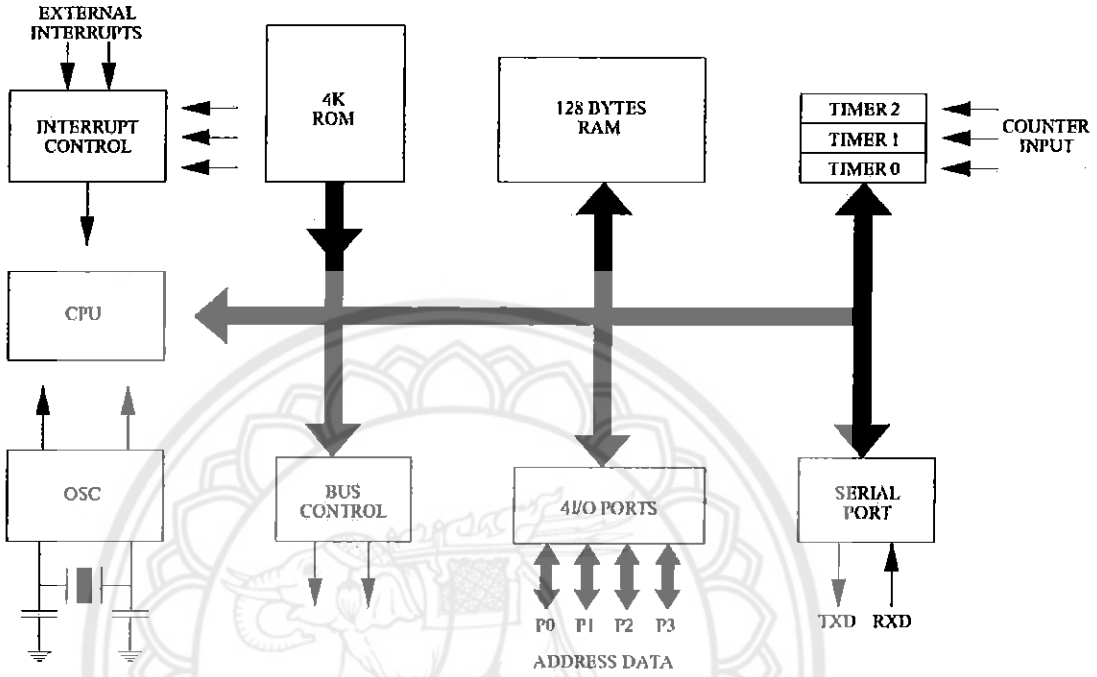
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ถูกผลิตขึ้นในปี 1980 โดยเบอร์ 8051 เป็นเบอร์แรกที่ผลิตออกมา ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้มีด้วยกันหลายเบอร์ขึ้นกับโครงสร้างภายใน บางเบอร์มีหน่วยความจำภายในเป็นแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EPROM บางเบอร์มี RAM ภายใน 128 ไบต์ เป็นต้น

2.3 คุณสมบัติสำคัญของ MCS-51

- ซีพียู 8 บิต
- สามารถประมวลผลแบบบิตได้
- อ้างหน่วยความจำภายนอกสำหรับเก็บโปรแกรมได้ 64 กิโลไบต์
- อ้างหน่วยความจำภายนอกสำหรับเก็บข้อมูลได้ 64 กิโลไบต์
- หน่วยความจำภายใน (ROM) สำหรับเก็บโปรแกรม 4 กิโลไบต์
- หน่วยความจำภายใน (RAM) สำหรับเก็บข้อมูล 128 กิโลไบต์
- สามารถอินเทอร์รัปท์ได้ 5 แหล่ง

- มี Timer 16 บิต 2 ตัว
- พอร์ทควบคุมการสื่อสารอนุกรมที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex ความเร็วสูง
- มีพอร์ทขนาน (พอร์ท I/O) ขนาด 8 บิต 4 พอร์ท
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรนาฬิกาบนชิป



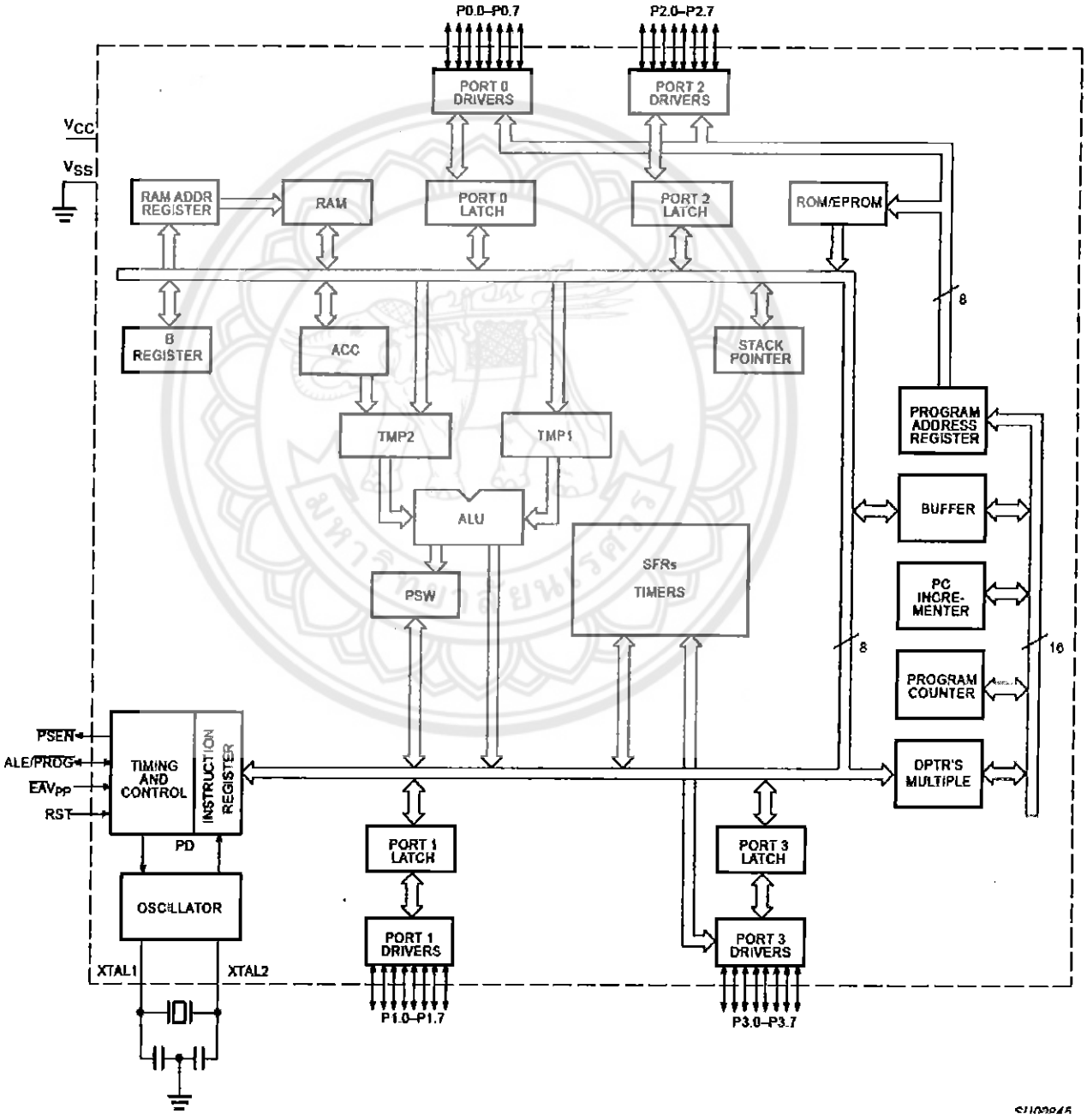
รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของ MCS-51 เบอร์ AT89C51

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงรายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์	หน่วยความจำภายใน (internal memory)		ตั้งเวลา/นับเวลา (time/counter)	สัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอก
	หน่วยความจำภายในแบบ EPROM , EEPROM	ข้อมูล RAM		
AT89C1051	1 kb × 8	64 × 8 bit	2 × 16 bit	6
AT89C2051	2 kb × 8	128 × 8 bit	2 × 16 bit	6
AT89C4051	4 kb × 8	128 × 8 bit	2 × 16 bit	6
AT89C51	**4 kb × 8**	**128 × 8 bit**	**2 × 16 bit**	**6**
AT89C52	8 kb × 8	256 × 8 bit	3 × 16 bit	8
AT89S52	8 kb × 8	256 × 8 bit	3 × 16 bit	8
AT89C55	20 kb × 8	256 × 8 bit	3 × 16 bit	8
AT89S8252	8 KB × 8 (2 kb EEPROM)	256 × 8 bit	3 × 16 bit	9
AT89S53	12 kb × 8	256 × 8 bit	3 × 16 bit	9

2.4 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

วงจรภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ประกอบด้วยวงจรอินพุตและเอาต์พุตทั้งหมด 4 พอร์ต แต่ละพอร์ตจะเป็น 8 บิต หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (EPROM, EEPROM และ Flash) หน่วยความจำที่เป็นข้อมูล (RAM) นั้น ซึ่งจะอยู่ในวงจรหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ตลอดจนวงจรการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU) วงจรรีจีสเตอร์ทั่วไปและรีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นการใช้งานเฉพาะ แสดงดัง รูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51

2.5 หน่วยความจำของ MCS-51

หน่วยความจำ (Memory) คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทสารกึ่งตัวนำทำหน้าที่เก็บโปรแกรมและข้อมูลระหว่างรอให้ซีพียูประมวลผล หรือเก็บผลลัพธ์ที่ได้หลังจากซีพียูประมวลผลเสร็จแล้ว ประเภทของหน่วยความจำแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.5.1 แรม (RAM)

แรมเป็นหน่วยความจำที่สามารถอ่านและเขียนได้ คือ ซีพียูจะอ่านข้อมูลจากแรมมาประมวลผล และเมื่อประมวลผลเสร็จแล้วก็สามารถนำไปเก็บไว้ในแรมได้ แรมถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

- ไดนามิคแรม (DRAM) เป็นหน่วยความจำที่ต้องรีเฟรสข้อมูลที่เก็บภายในตลอดเวลา เนื่องจากมีโครงสร้างมาจากคาปาซิเตอร์ ซึ่งมีคุณลักษณะการคายประจุ
- สแตติกแรม (SRAM) เป็นหน่วยความจำที่ไม่ต้องมีรีเฟรสข้อมูล เพราะทำมาจากทรานซิสเตอร์

2.5.2 รอม (ROM)

รอมเป็นหน่วยความจำที่ไม่ต้องมีไฟเลี้ยง สามารถอ่านข้อมูลได้อย่างเดียว แต่กระบวนการเขียนนั้นมีหลายวิธี สามารถแบ่งประเภทตามกระบวนการเขียนดังนี้

- Mask-programmed ROM หรือ MROM เป็นหน่วยความจำรอมที่ถูกเขียนข้อมูลมาจากโรงงานผู้ผลิต
- Programmable ROM หรือ PROM เป็นหน่วยความจำรอมที่ผู้ใช้สามารถเขียนข้อมูลได้เพียงครั้งเดียว
- Erasable Programmable ROM หรือ EPROM เป็นหน่วยความจำรอมที่สามารถลบได้ด้วยแสงอัลตราไวโอเลต ทำให้สามารถเขียนข้อมูลได้หลายครั้ง
- Electrically Erasable Programmable ROM หรือ EEPROM เป็นหน่วยความจำรอมที่เขียนได้หลายครั้งและลบด้วยไฟฟ้า โดยสามารถเลือกตำแหน่งที่ต้องการลบได้

2.6 รายละเอียดการทำงานของวงจรภายในพอร์ตต่างๆ

2.6.1 วงจรมัลติเพล็ก (Multiplex) (มีเฉพาะพอร์ต 0 และ พอร์ต 2) จะเป็นส่วนควบคุมการทำงานของพอร์ตว่าจะให้พอร์ตทำงานในลักษณะเป็น อินพุตเอาต์พุต/เอาต์พุตทั่วไป หรือเป็นพอร์ตเพื่อใช้ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก

2.6.2 วงจรแลตช์ (Latch) จะเป็นส่วนของการคงสภาวะ (Latch) ข้อมูลของพอร์ตบิตนั้นๆ คือหลังจาก CPU ส่งข้อมูล (“0”หรือ “1”) มาที่ขา D ของดี-ฟลิปฟลอบแล้ว จะส่งสัญญาณ CLK

ตามมาเพื่อให้ดี-ฟลิปฟลอบ ปรับค่าข้อมูลและทำการแลตซ์เอาไว้ ซึ่งเอาต์พุตของดี-ฟลิปฟลอบจะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของแฟตเพื่อควบคุมสถานะของพอร์ต

2.6.3 วงจรเอาต์พุต (Out put) จะใช้แฟต (FET) เป็นตัวไดรฟ์เวอร์ (Driver) จะทำหน้าที่รับสัญญาณจากวงจรแลตซ์เพื่อมาปรับเปลี่ยนระดับแรงดันและกระแสก่อนส่งออกไปยังขาพอร์ต

2.6.4 วงจรพูลอัพ (Pull-Up) โดยทั่วไปจะเป็นสารกึ่งตัวนำที่ต่ออยู่ระหว่างไฟบวก 5 โวลท์กับขาของพอร์ตทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันที่ขาพอร์ตให้เป็นสภาวะ High (Logic "1") เมื่อสั่งให้ขาพอร์ตเป็น "1" กระแสจะไหลผ่านอุปกรณ์พูลอัพดังกล่าวเพื่อไปจ่ายให้กับอุปกรณ์ภายนอกที่ต่ออยู่ (พอร์ต 0 ไม่มีอุปกรณ์พูลอัพ)

2.6.5 การอ่านสถานะของฟลิปฟลอบ จะทำการส่งสัญญาณ มาที่ขา Read Latch หลังจากนั้นจะทำการอ่านข้อมูล ("0" หรือ "1") ที่ขา D ของดี-ฟลิปฟลอบกลับไปทางขา Internal Bus การทำงานจะเป็นเช่นนี้ทุกพอร์ตและบิต

2.6.6 การเขียนสถานะของฟลิปฟลอบ จะทำโดยการส่งข้อมูล ("0" หรือ"1") มาที่ขา D ของดี-ฟลิปฟลอบ ทาง Internal Bus หลังจากนั้นจะส่งสัญญาณมาที่ขา CLK ของดี-ฟลิบฟลอบ (Write to Latch) เพื่อทำการเขียนข้อมูล การทำงานจะเป็นลักษณะเช่นนี้ทุกพอร์ต

2.6.7 การอ่านสถานะของพอร์ต (PO.X) การทำงานในส่วนนี้ จะไม่เกี่ยวข้องกับดี - ฟลิปฟลอบการอ่านสถานะจากพอร์ตสามารถทำได้โดยการส่งสัญญาณมาที่ขา Read Pin หลังจากนั้นจะอ่านข้อมูล ("0" หรือ"1") กลับไปทางขา Internal Bus การทำงานจะเป็นลักษณะเช่นนี้ทุกพอร์ต ในการใช้งานเราไม่ได้ใส่ใจถึงลักษณะการทำงานของวงจรภายในมากนัก แต่สิ่งที่ควรให้ความสำคัญ คือ ลักษณะหน้าที่การทำงานของพอร์ตต่างๆ โดยเฉพาะหน้าที่พิเศษของแต่ละพอร์ต ซึ่งถือได้ว่ามีความสำคัญในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์มากพอสมควร

2.7 ตำแหน่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51และหน้าที่การทำงาน

Port0 (P0.0-P0.7 ขาที่ 32-39) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้ 2 ทิศทาง สามารถรับข้อมูลอินพุตและส่งข้อมูลเอาต์พุตได้ มีขนาด 8 บิตและใช้งานเป็นพอร์ตสำหรับติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก คือ รับ/ส่งข้อมูลและกำหนดแอดเดรสไบต์ต่ำ

Port1 (P1.0-P1.7 ขาที่ 1-8) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้ 2 ทิศทาง สามารถปรับได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต มีขนาด 8 บิต สามารถอ้างอิงถึงการทำงานได้ทีละบิตและวงจรภายในมีตัวต้านทานเพิ่มกระแสไฟฟ้า (Pull up) ในกรณีที่ต้องการให้รับข้อมูลอินพุตก็สามารถทำได้เหมือนพอร์ต 0

Port2 (P2.0-P2.7 ขาที่ 21-28) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้ทั้ง 2 ทิศทางคือ เป็นได้เป็นทั้งอินพุตและเอาต์พุต มีขนาด 8 บิต สามารถใช้เป็นขาสัญญาณที่กำหนด

ตำแหน่งหน่วยความจำ (A8-A15) และมีวงจรเพิ่มกระแสไฟภายใน การกำหนดให้เป็นขาอินพุตทำได้โดยการส่งข้อมูลสถานะ "1" ไปยังบิตที่ต้องการให้เป็นอินพุตก็จะสามารถทำการรับค่าข้อมูลอินพุตได้

Port3 (P3.0-P3.7 ขาที่ 10-17) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ภายนอกอินพุต และเอาต์พุต 2 ทิศทาง มีขนาด 8 บิต คุณสมบัติทั่วไปจะเหมือนกับพอร์ตอื่นๆ แต่จะมีคุณสมบัติที่ต่างออกไป คือ ใช้ทำหน้าที่พิเศษเป็นสัญญาณควบคุมการทำงานต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 3

บิตของพอร์ท	สัญญาณ	หน้าที่การทำงาน
P3.0	RXD	รับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม (serial input port)
P3.1	TXD	ส่งข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม (serial output port)
P3.2	$\overline{INTO}$	รับสัญญาณอินเตอร์รัปต์หมายเลข 0 (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$	รับสัญญาณอินเตอร์รัปต์หมายเลข 1 (external interrupt 1)
P3.4	T0	ใช้ตั้งเวลา/นับเวลาตัวที่ 0 (Timer 0 external input)
P3.5	T1	ใช้ตั้งเวลา/นับเวลาตัวที่ 1 (Timer 1 external input)
P3.6	$\overline{WR}$	เป็นสัญญาณเขียนข้อมูลหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ภายนอก (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{RD}$	เป็นสัญญาณอ่านข้อมูลหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ภายนอก (external data memory read strobe)

$\overline{PSEN}$ (Program Store Enable ขาที่ 29) เป็นขาที่ใช้ทำงานเมื่อมีสภาวะลอจิกที่เป็น "0" ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องอ่านค่าจากหน่วยความจำภายนอกที่เป็นข้อมูล โดยโปรแกรมจะเก็บในหน่วยความจำถาวร (ROM, EPROM, EEPROM) ส่วนมากใช้ต่อเป็นขาเลือกทำงาน (Enable) แต่ถ้าไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้หน่วยความจำภายในขานี้ก็จะไม่ได้ใช้งานและมีค่าลอจิกเป็น "1"

ALE/PROG (Address Latch Enable ขาที่ 30) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของสัญญาณกำหนดตำแหน่งกับสัญญาณข้อมูลโดยใช้การเลือกเส้นทาง (data select หรือ multiplex) โดยปกติเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานส่งสัญญาณกำหนดตำแหน่งออกมาก่อนพร้อมกับส่งสัญญาณให้ขา ALE ทำงาน

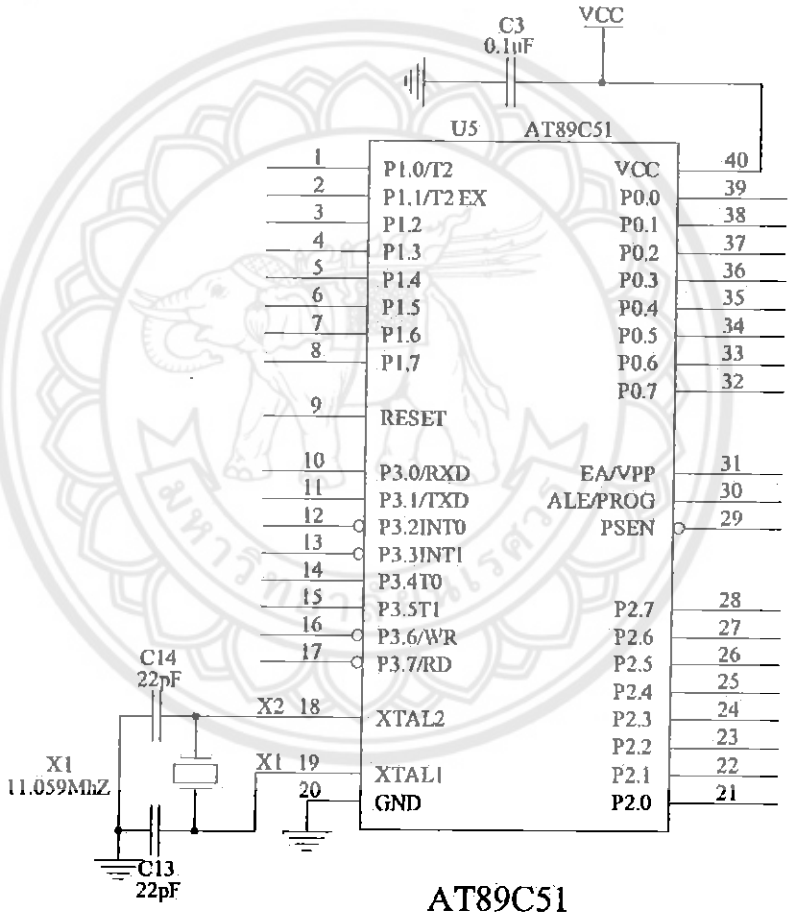
EA/VPP (External Access ขาที่ 31) ทำหน้าที่เลือกการทำงานของหน่วยความจำ ถ้ามีค่าลอจิกเป็น "1" หมายถึง ใช้ข้อมูลจากหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ถ้ามีค่าลอจิกเป็น "0" หมายถึง ใช้ข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก

RST (Reset ขาที่ 9) ทำหน้าที่เริ่มต้นการทำงานใหม่ของไมโครคอนโทรลเลอร์ (รีเซต ซีพียู) การทำงานที่ค่าลอจิก "1" นี้จะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มต้นทำงานที่ตำแหน่ง 0000 เพื่ออ่านข้อมูลโปรแกรมและจัดระบบการทำงาน

XTAL1 และ XTAL2 (ขาสัญญาณนาฬิกา ขาที่ 18-19) ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดสัญญาณนาฬิกาให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้เป็นฐานเวลาในการทำงาน โดยจะใช้แผ่นผลึก (Crystal) ที่มีความถี่ตั้งแต่ 0-24 เมกกะเฮิรตซ์ (MHz) ร่วมกับตัวเก็บประจุขนาด 20-33 pF

VCC (Power Supply ขาที่ 40) เป็นขาที่ต่อแหล่งจ่ายไฟบวกให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งใช้แหล่งจ่ายไฟขนาดไม่เกิน 5 โวลต์

GND (Ground ขาที่ 20) จะเป็นขากราวด์



รูปที่ 2.3 การจัดขาของ MCS-51 เบอร์ AT89C51

2.8 อินเตอร์รัปต์ (Interrupt)

การอินเตอร์รัพท์ คือ การขัดจังหวะการทำงานของซีพียูเพื่อให้ซีพียูหยุดการประมวลผลในปัจจุบันเอาไว้ใช้ชั่วคราวก่อน จากนั้นจะกระโดดไปทำงานในฟังชันก์หรือชุดคำสั่งของการอินเตอร์รัปต์ฟังชันก์หรือชุดคำสั่งที่ซีพียูกระโดดไปประมวลผลเมื่อเกิดการอินเตอร์รัปต์ จะเรียกว่าโปรแกรมสำหรับบริการการอินเตอร์รัปต์ (Interrupt Service Routine : ISR) เมื่อซีพียูประมวลผลชุดคำสั่งในโปรแกรมสำหรับบริการการอินเตอร์รัปต์เสร็จสิ้นซีพียูจะกลับไปประมวลผลโปรแกรมที่ได้หยุดไว้ก่อนหน้าที่จะมีการอินเตอร์รัปต์ การเกิดอินเตอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ที่นิยมใช้กันทั่วไปจะเกิดขึ้นได้จาก 6 แหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ แต่มีเวกเตอร์ของการอินเตอร์รัปต์เพียง 5 เวกเตอร์ เนื่องจากการอินเตอร์รัปต์ที่เกิดจากพอร์ตอนุกรมทั้งการรับข้อมูลและการส่งข้อมูลจะใช้เวกเตอร์รวมกัน การอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะ คือ การอินเตอร์รัปต์จากภายนอกและการอินเตอร์รัปต์จากภายใน

2.9 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการอินเตอร์รัปต์

รีจิสเตอร์ที่คอยควบคุมการทำงาน ได้แก่ รีจิสเตอร์ IE (Interrupt Enable Register), รีจิสเตอร์ IP (Interrupt Priority Register) และรีจิสเตอร์ TCON (Timer Control Register) โดยจะอธิบายเป็นลำดับดังนี้

2.9.1 รีจิสเตอร์ IE Interrupt Enable Register (Bit Addressable)

เป็นรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (SFR) ที่อยู่ในตำแหน่งแอดเดรส A8H มีขนาด 8 บิตและสามารถเข้าถึงระดับบิตได้ในสภาวะเริ่มต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์ หลังการรีเซตจะกำหนดให้ค่าของรีจิสเตอร์ IE มีค่า 0XX0000 เป็นค่าเริ่มต้น (AT89CX051) แต่ในส่วนของการเรียนรู้ตอนนี้จะเรียนรู้เพื่อใช้งานเพียงแค่ 3 บิต คือ EA, EX1 และ EX0

ตารางที่ 2.3 แสดงบิตต่างๆ ของรีจิสเตอร์ IE

IE.7	IE.6	IE.5	IE.4	IE.3	IE.2	IE.1	IE.0
EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

IE : Interrupt Enable Register (Bit Addressable)

EA หรือ IE.7 (Enable/Disable All Interrupt) หากกำหนดให้บิตนี้มีค่าเป็นสถานะลอจิก "0" จะไม่มีการตอบรับอินเตอร์รัปต์ทั้งหมด และหากต้องการให้มีการตอบรับอินเตอร์รัปต์จะต้องเซตให้บิตที่ EA เป็นสถานะลอจิก "1" และเซตบิตควบคุมแต่ละอินเตอร์รัปต์ที่ต้องการใช้อินเตอร์รัพท์ให้เป็น "1" ด้วย โดยใช้คำสั่งเซตบิตหรือเคลียร์บิต

EX1 หรือ IE.2 เป็นบิตที่ทำหน้าที่ควบคุมให้ทำการตอบรับการอินเตอร์รัปต์จากภายนอก INT1 หรือไม่ (ถ้ากำหนดให้บิต EX1 เป็นสถานะลอจิก "1" จะเป็นการตอบรับการอินเตอร์รัปต์ที่ INT1 แต่ถ้ากำหนดให้ เป็นสถานะลอจิก "1" จะไม่ตอบรับการอินเตอร์รัปต์ที่ INT1)

EX0 หรือ IE.0 เป็นบิตที่ทำหน้าที่ควบคุมให้ทำการตอบรับการอินเตอร์รัพท์จากภายนอก INT0 หรือไม่ (ถ้ากำหนดให้บิต EX0 เป็นสถานะลอจิก "1" จะเป็นการตอบรับการอินเตอร์รัพท์ที่ INT0แต่ถ้ากำหนดให้ เป็นสถานะลอจิก "0" จะไม่ตอบรับการอินเตอร์รัพท์ที่ IINT0)

2.9.2 รีจิสเตอร์ IP: Interrupt Priority Register

เป็นรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (SFR) ที่อยู่ในตำแหน่งแอดเดรสที่ B8H และมีขนาด 8 บิต สามารถเข้าถึงในระดับบิตได้ ในสภาวะเริ่มต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์หลังการรีเซตจะกำหนดให้ค่าของรีจิสเตอร์ IP มีค่า XXX0000 เป็นค่าเริ่มต้น (AT89CX051) การจัดลำดับความสำคัญการอินเตอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์จะจัดได้ 2 ระดับแตกต่างกัน โดยทำการเซตค่าในรีจิสเตอร์ควบคุมการจัดลำดับความสำคัญ (IP : Interrupt Priority Register) และในกรณีที่ไม่มีการจัดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัปต์หรือจัดให้มีความสำคัญในระดับเดียวกัน ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะจัดให้มีลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ตามลำดับความสำคัญจากสูงไปต่ำ ดังแสดงในตารางที่ 2.4 เพื่อแก้ปัญหาการขออินเตอร์รัพท์ในระดับเดียวกันและเกิดขึ้นพร้อมกัน

ตารางที่ 2.4 แสดงลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพท์

IE0	External Interrupt 0
TF0	Timer 0
IE1	External Interrupt 1
TF1	Timer 1
RI หรือ TI	Serial Port
TF2 หรือ EXF2	Timer 2

ตารางที่ 2.5 แสดงบิตต่างๆ ของรีจิสเตอร์ IP

IP.7	IP.6	IP.5	IP.4	IP.3	IP.2	IP.1	IP.0
-	-	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

การกำหนดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพท์กำหนดได้จากบิตต่างๆ ของรีจิสเตอร์ IP โดยบิตที่มีค่าเป็น 1 จะมีลำดับความสำคัญสูงกว่า

PX1 IP.2 การกำหนดลำดับความสำคัญของสัญญาณ INT1 (External Interrupt 1)

PX0 IP.0 การกำหนดลำดับความสำคัญของสัญญาณ INT0 (External Interrupt 0)

หากบิตใดมีค่าสถานะลอจิกเป็น "1" จะมีลำดับความสำคัญสูงแต่ถ้าหากไม่มีการจัดลำดับความสำคัญแล้ว การอินเตอร์รัปต์จาก INT0 จะมีลำดับสูงกว่าการอินเตอร์รัพท์แบบ INT1 ซึ่งเป็นค่าเริ่มต้นและเมื่อมีการกำหนดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัปต์แตกต่างกันแล้ว หากมีการร้องขออินเตอร์รัปต์เกิดขึ้นพร้อมกันจากแหล่งกำเนิด 2 แหล่งกำเนิด ที่มีระดับความสำคัญแตกต่างกัน ไมโครคอนโทรลเลอร์จะตอบรับการร้องขอการอินเตอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญสูงกว่า และสัญญาณการร้องขออินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญสูงกว่าจะสามารถร้องขอการอินเตอร์รัปต์ซ้อนในขณะที่ไมโครคอนโทรลเลอร์กำลังทำโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณที่มีความสำคัญต่ำกว่าได้

ขณะที่ไมโครคอนโทรลเลอร์กำลังทำโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัปต์อยู่ ก็จะไม่สามารถตอบรับการร้องขออินเตอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดระดับที่ต่ำกว่าหรือระดับเดียวกันได้อีกจนกว่าจะจบโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ก่อน

2.9.3 รีจิสเตอร์ TCON (Timer Control Register)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการเลือกลักษณะสัญญาณอินเตอร์รัพท์จากภายนอก และเป็นส่วนของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ(SFR) ที่อยู่ในตำแหน่งแอดเดรสที่ 88H และมีขนาด 8 บิต สามารถเข้าถึงในระดับบิตได้ ในสภาวะเริ่มต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์หลังการรีเซต จะกำหนดให้ค่าของรีจิสเตอร์ TCON มีค่า 0000000 เป็นค่าเริ่มต้น สัญญาณการอินเตอร์รัพท์ของ Timer โดยรีจิสเตอร์นี้จะทำหน้าที่เป็นแฟลกแสดงสถานะการทำงาน 4 บิตที่เซต และเคลียร์ด้วยการทำงานของฮาร์ดแวร์ ส่วนที่เหลืออีก 4 บิตเป็นบิตควบคุมการทำงานของ Timer ซึ่งเราเซตและเคลียร์ด้วยคำสั่งทางซอฟต์แวร์จากการใช้คำสั่งการเซตบิต หรือการโอนย้ายข้อมูลก็ได้ บิตต่าง ๆ ของรีจิสเตอร์ TCON ส่วนของที่เป็น Timer มีลักษณะการทำงานดังนี้

ตารางที่ 2.6 แสดงบิตต่างๆ ของรีจิสเตอร์ TCON

TCON.7	TCON.6	TCON.5	TCON.4	TCON.3	TCON.2	TCON.1	TCON.0
TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

Timer/counter control register : TCON (Bit addressable)

IE1 : TCON.3 (External Interrupt 1 Edge Flag) เป็นแฟลกการร้องขออินเตอร์รัปต์ภายนอกของสัญญาณ INT1 บิตนี้จะถูกเซตด้วยฮาร์ดแวร์เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัปต์เข้ามาที่ขา

INT1 และบิตนี้จะถูกเคลียร์อัตโนมัติเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์กระโดดไปทำโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณ INT1 ซึ่งอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นที่แอดเดรส 0013H ของหน่วยความจำโปรแกรม

IT1 : TCON.2 (Interrupt 1 Type Control Bit) เป็นบิตควบคุมการเลือกรูปแบบการแอคทีฟของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ จากภายนอกที่ขา INT1 ซึ่งเราสามารถเซตหรือเคลียร์ด้วยซอฟต์แวร์ดังนี้

1 = เลือกใช้สัญญาณอินเตอร์รัพท์ INT1 แอคทีฟที่การเปลี่ยนจาก "1" ไป "0" (ขอบขาลง)

0 = เลือกใช้สัญญาณอินเตอร์รัพท์ INT1 แอคทีฟที่ลอจิก "0" (Level)

IE0 : TCON.1 (External Interrupt 0 Edge Flag) เป็นแฟลกการร้องขออินเตอร์รัปต์จากสัญญาณ INT1 บิตนี้จะถูกเซตด้วยฮาร์ดแวร์เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัปต์เข้ามาที่ขา INT0 และบิตนี้ถูกเคลียร์อัตโนมัติเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์กระโดดไปทำโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณ INT0 ซึ่งอยู่ในตำแหน่งแอดเดรส 0003H ของหน่วยความจำโปรแกรม

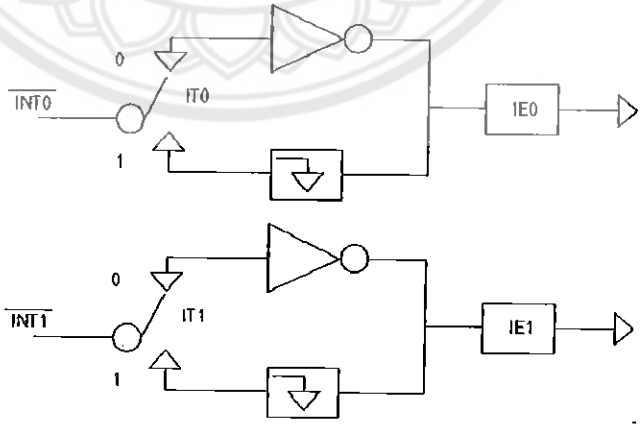
IT0 : TCON.0 (Interrupt 0 Type Control Bit) เป็นบิตควบคุมการเลือกรูปแบบการแอคทีฟของสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา INT0 ซึ่งสามารถเซตหรือเคลียร์ด้วยซอฟต์แวร์

1 = เลือกใช้สัญญาณอินเตอร์รัพท์ INT0 แอคทีฟที่การเปลี่ยนจาก "1" ไป "0" (ขอบขาลง)

0 = เลือกใช้สัญญาณอินเตอร์รัพท์ INT0 แอคทีฟที่ลอจิก "0" (Level)

สามารถเลือกลักษณะสัญญาณร้องขอการอินเตอร์รัพท์ได้ 2 ลักษณะ โดยเลือกที่รีจีสเตอร์ TCON

1. เลือกใช้สัญญาณแอคทีฟที่ระดับลอจิก "0" หรือ Low Level Triggered
2. เลือกใช้ที่ขอบขาลงของสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงของสถานะจากลอจิก "1" ไป "0" (Falling Edge)



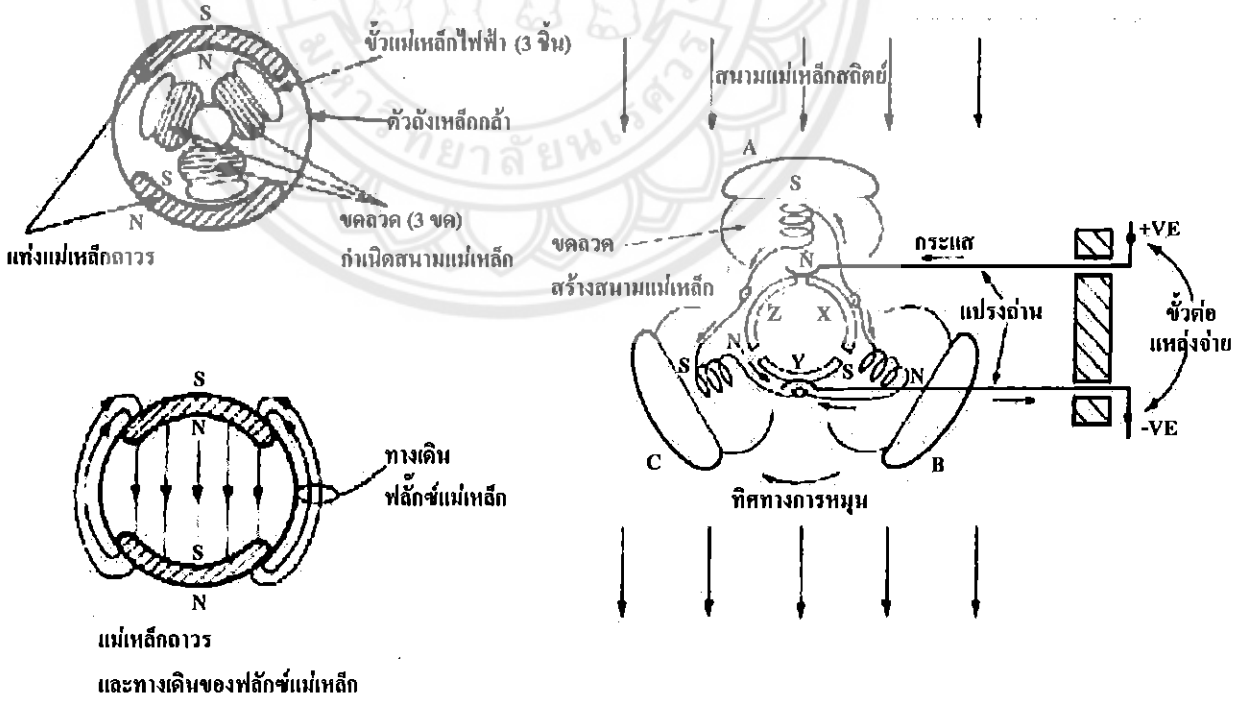
รูปที่ 2.4 แสดงการเลือกใช้สัญญาณแอคทีฟที่ระดับลอจิก "0" หรือที่ขอบขาลงของสัญญาณ

สัญญาณต่างๆของการร้องขออินเตอร์รัปต์ทั้งหมดสามารถเซตหรือเคลียร์ได้ด้วยซอฟต์แวร์ เช่นเดียวกับฮาร์ดแวร์ ดังนั้นการร้องขออินเตอร์รัปต์จึงสามารถสร้างหรือยกเลิกได้ด้วยซอฟต์แวร์ แหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ทั้งหมด สามารถควบคุมให้ทำการร้องขออินเตอร์รัปต์หรือไม่ก็ได้โดยการเซตหรือเคลียร์บิตต่างๆที่อยู่ใน รีจิสเตอร์ IE (Interrupt Enable) ภายในรีจิสเตอร์ IE มีบิต EA ที่ทำหน้าที่ควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตอบรับการร้องขออินเตอร์รัปต์หรือไม่ตอบรับทั้งหมด หากกำหนดให้บิต EA เป็น "0" ไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่ตอบรับการร้องขออินเตอร์รัปต์ทั้งหมด โปรแกรมการตอบสนองอินเตอร์รัปต์จะต้องทำคำสั่งเริ่มต้นของโปรแกรม ถ้ามีการใช้อินเตอร์รัพท์หากความยาวของโปรแกรมตอบสนองอินเตอร์รัปต์มีความยาวมากกว่า 8 ไบต์ ต้องนำไปเขียนเป็นโปรแกรมย่อยไว้ภายนอกแล้วใช้วิธีการเรียกโปรแกรมย่อยมาทำงานเพราะระยะห่างตำแหน่งแอดเดรสของโปรแกรมตอบสนองอินเตอร์รัปต์แต่ละตัวจะมีระยะห่างแค่ 8 ไบต์

2.10 มอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR)

2.10.1 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์กระแสตรงจะมีหลักการทำงานโดยวิธีการผ่านกระแสให้กับขดลวดในสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้เกิดแรงแม่เหล็ก โดยส่วนของแรงนี้จะขึ้นอยู่กับกระแสและกำลังของสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างทั่วไปของมอเตอร์กระแสตรง

จากในรูปทางเดินของฟลั๊กซ์แม่เหล็ก และสนามแม่เหล็กจะเกิดจากแท่งแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ 2 ชิ้นที่ขึ้นรูปเป็นแบบโค้งยึดติดกับตัวถังได้พอดี เพื่อที่จะให้เส้นแรงแม่เหล็กวิ่งเข้าสู่ใจกลางของมอเตอร์ได้ ดังนั้นความเข้มของแม่เหล็กจะขึ้นอยู่กับขนาดความหนาของแม่เหล็กด้วย ซึ่งส่งผลให้ฟลั๊กซ์แม่เหล็กวิ่งไปบนตัวถังโลหะ กระแสไฟฟ้าในขดลวดที่พันกับทุ่นโรเตอร์ก็จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และต้านกับสนามแม่เหล็กถาวร จึงเกิดเป็นแรงบิดเพื่อที่จะหมุนทุ่นโรเตอร์ให้ไปในทิศทางเดียวกันกับทิศทางของสนามแม่เหล็กที่มีแรงมากกว่า กระแสก็จะไหลผ่านไปยังทุ่นโรเตอร์ โดยผ่านแปรงถ่าน ซึ่งจะสัมผัสกับแหวนตัวนำในทุ่นโรเตอร์ และแหวนคอมมิวเตเตอร์ ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็น 3 เซกเมนต์เพื่อที่จะทำหน้าที่นำกระแสเข้าขดลวดนั้นเอง

2.10.2 การขับและกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR)

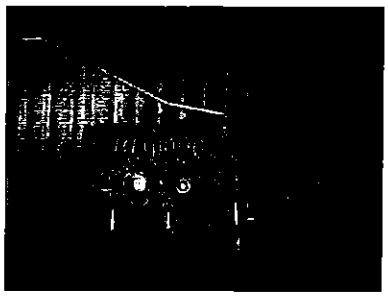
ในการใช้ไอซีไมโครคอนโทรเลอร์เป็นตัวควบคุมการหมุน และทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงนั้น เราจะต้องมีส่วนของวงจร ที่เรียกว่าวงจรขับมอเตอร์ (Driver) ในส่วนของวงจรกลับทิศทางของมอเตอร์นั้น สามารถที่จะใช้รีเลย์ต่อวงจร สวิตซ์เพื่อกลับทิศทางของขั้วไฟกระแสตรง หรืออาจใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เป็นวงจรขับกำลังเช่น ทรานซิสเตอร์ มอสเฟต แล้วแต่วิธีที่เราจะเลือกใช้งาน

2.10.3การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งอาจจะใช้วิธีการควบคุมแบบพื้นฐานทั่วไปเช่นการควบคุมด้วยวิธีการใช้ตัวต้านทานปรับค่าโดยต่ออนุกรมกับมอเตอร์ หรือใช้วิธีการการควบคุมโดยการเปลี่ยนค่าของระดับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ แต่การควบคุมในวิธีดังกล่าวถึงแม้ว่าจะควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้คงที่ได้ แต่ที่ความเร็วต่ำจะส่งผลให้แรงบิดต่ำไปด้วย ดังนั้นเราจึงเลือกใช้วิธีการควบคุมโดยการจ่ายกระแสไฟให้กับมอเตอร์เป็นช่วงๆ โดยอาศัยกระแสไฟที่ป้อนให้กับมอเตอร์ให้เป็นค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วง ซึ่งเราเรียกว่าวิธีการของการมอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation)

2.11 การทำงานตรวจจับของตัวรับสัญญาณ

การทำงานตรวจจับของตัวรับสัญญาณ คือ การตรวจเฝ้าดูจากนั้นก็จะส่งสัญญาณเพื่อให้กระบวนการ (Process) ของมอเตอร์ทำงานเป็นไปตามที่โปรแกรมกำหนดขั้นตอนการทำงานไว้ การตรวจจับวัตถุหรือการตรวจจับตำแหน่ง ซึ่งมีอยู่หลายชนิดในที่นี่จะกล่าวถึง ลิมิตสวิทซ์จะทำงานโดยวัตถุหรือการตรวจจับจะต้องเคลื่อนที่เข้าไปสัมผัส กดก้านหรือปุ่มของลิมิตสวิทซ์จนทำให้กลไกของลิมิตสวิทซ์ทำงานทำให้หน้าสัมผัสทางไฟฟ้าติดกันหรือจากออกแล้วนำสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ไปควบคุมขั้นตอนอีกทีหนึ่ง



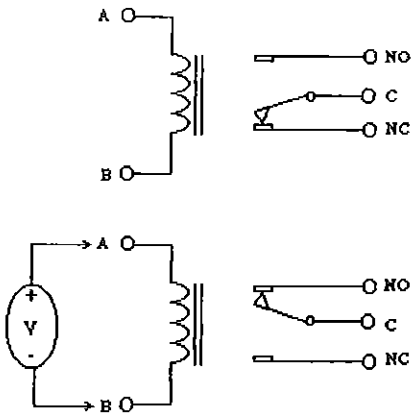
รูปที่ 2.6 ลิมิตสวิทซ์

2.12 รีเลย์ (Relay)

รีเลย์ (Relay) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ ตัด-ต่อวงจร คล้ายกับสวิตซ์ โดยใช้หลักการหน้าสัมผัส และการที่จะให้มันทำงานก็ต้องจ่ายไฟให้มันตามที่กำหนด เพราะเมื่อจ่ายไฟให้กับตัวรีเลย์ มันจะทำให้หน้าสัมผัสติดกัน กลายเป็นวงจรปิด และตรงข้ามทันทีที่ไม่ได้จ่ายไฟให้มัน มันก็จะกลายเป็นวงจรเปิด ไฟที่เราใช้ป้อนให้กับตัวรีเลย์ก็จะเป็นไฟที่มาจาก เพาเวอร์ฯ ของเครื่องเรา ดังนั้นทันทีที่เปิดเครื่อง ก็จะทำให้รีเลย์ทำงาน

รูปที่ 2.7 รีเลย์และสัญลักษณ์การทำงาน

2.12.1 โครงสร้างของรีเลย์



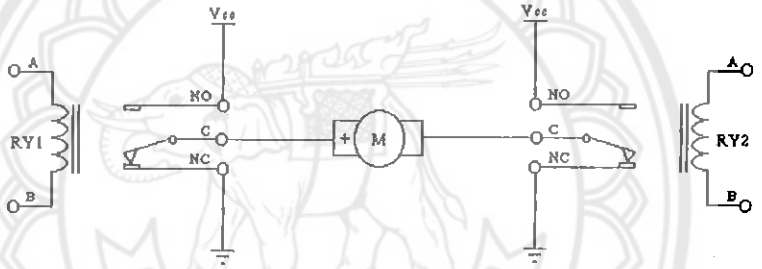
รูปที่ 2.8 ภายในโครงสร้างของรีเลย์

ภายในโครงสร้างของ รีเลย์ จะประกอบไปด้วยขดลวด (Coil) 1 ชุด และ หน้าสัมผัส (Contactor) ซึ่งในหน้าสัมผัส 1 ชุด จะประกอบไปด้วย

- หน้าสัมผัสแบบปกติปิด (Normally Close หรือ NC.) ซึ่งในสภาวะปกติ ขานี้จะต่ออยู่กับขาร่วม (Common)
- หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally Open หรือ NO.) ขานี้จะต่อเข้ากับขาร่วม (Common) เมื่อขดลวดมีแรงดันตกคร่อม หรือกระแสไหลผ่าน (ในปริมาณที่เพียงพอ)

ในรีเลย์ 1 ตัวอาจมีหน้าสัมผัสมากกว่า 1 ชุด เช่น 2 ชุด, 4 ชุด เป็นต้น เมื่อขดลวดได้รับแรงดันตกคร่อม (ขา A และ B) จะทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวด ซึ่งจะทำให้เกิดอำนาจสนามแม่เหล็ก ดึงดูดให้หน้าสัมผัส NO และ C ติดกัน

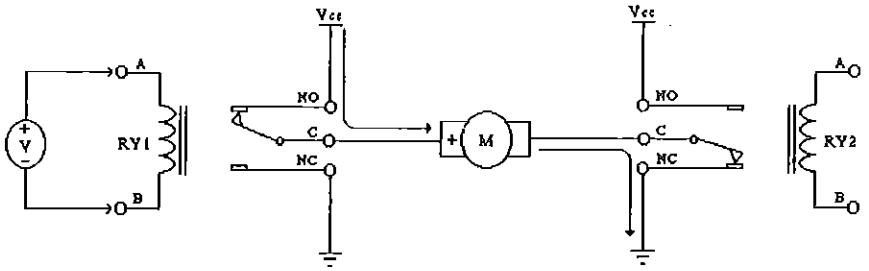
2.12.2 Relay กับการควบคุมทิศทางการหมุนของ DC Motor



รูปที่ 2.9 การต่อขารีเลย์ 2 ตัวร่วมกับมอเตอร์ขณะไม่มีแรงดันจ่าย

วงจรนี้ จะประกอบไปด้วย รีเลย์ 2 ตัว คือ RY1 และ RY2 ซึ่ง Load ก็คือ DC-Motor ซึ่งต่ออยู่กับขาร่วม C ของ RY1 และ RY2 โดยขั้วบวก (+) ของมอเตอร์ ต่ออยู่ที่ขา C ของ RY1 และขั้วลบ (-) ของมอเตอร์ ต่ออยู่ที่ขา C ของ RY2 โดยที่ขา NO ของ RY1 และ RY2 จะต่ออยู่กับขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ ที่จะจ่ายให้มอเตอร์ (Vcc) และขา NC ของ RY1 และ RY2 จะต่อลงกราวด์

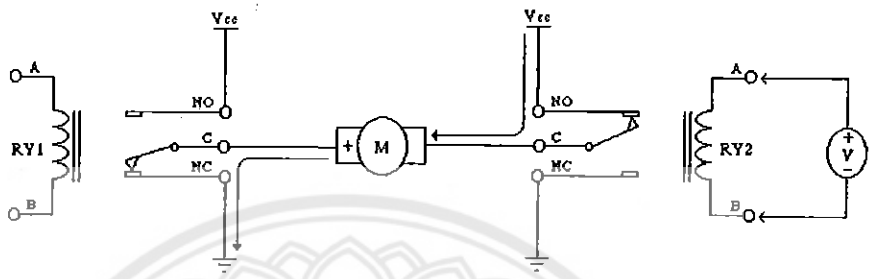
กรณีที่ RY1 ทำงาน



รูปที่ 2.10 การทำงานเมื่อจ่ายแรงดันให้กับ RY1

เมื่อ RY1 ทำงาน (มีกระแสไหลผ่านขดลวดในปริมาณที่เพียงพอ) จะทำให้เกิดอำนาจสนามแม่เหล็กไฟฟ้าดึงดูดให้ขา NO และขา C ของ RY1 ติดกัน ทำให้มีกระแสไหลจากแหล่งจ่าย (Vcc) ผ่านเข้าสู่ขั้วบวก (+) ของมอเตอร์ ผ่านไปยังขา C ของ RY2 ซึ่งต่ออยู่ที่ NC และลงกราวด์ ทำให้มีกระแสไหลผ่านมอเตอร์ในทิศทางบวกและครบวงจรทำให้มอเตอร์สามารถหมุนในทิศทาง Forward ได้

กรณีที่ RY2 ทำงาน

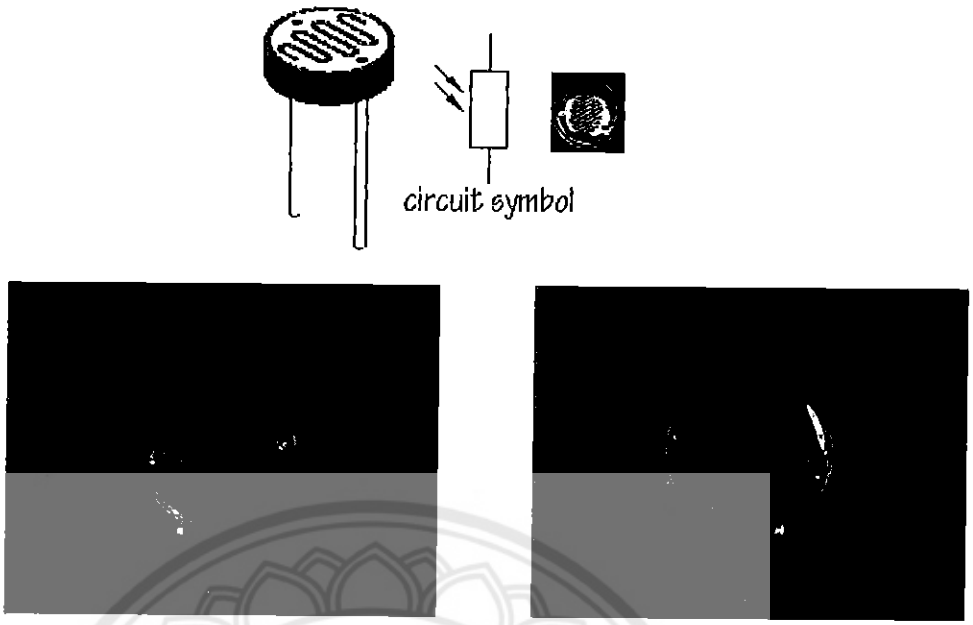


รูปที่ 2.11 การทำงานเมื่อจ่ายแรงดันให้กับ RY2

เมื่อ RY2 ทำงาน (มีกระแสไหลผ่านขดลวดในปริมาณที่เพียงพอ) จะทำให้เกิดอำนาจสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ดึงดูดให้ขา NO และขา C ของ RY2 ติดกัน ส่งผลให้มีกระแสไหลจากแหล่งจ่าย (Vcc) ผ่านเข้าสู่ขั้วลบ (-) ของมอเตอร์ ผ่านไปยังขา C ของ RY1 ซึ่งต่ออยู่ที่ NC และลงกราวด์ ทำให้มีกระแสไหลผ่านมอเตอร์ในทิศทางลบ และครบวงจร จึงทำให้มอเตอร์สามารถหมุนในทิศทาง Reward ได้

2.13 เซ็นเซอร์ LDR (light dependent resistor)

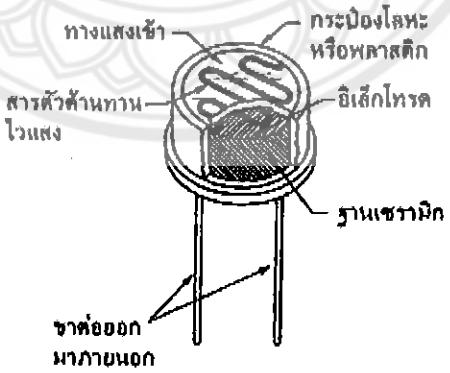
ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทไวต่อแสงหรือเปลี่ยนแปลงการทำงานของตัวมันเองตามปริมาณของแสงมีอยู่หลายอย่าง ตั้งแต่ LDR (light dependent resistor) โฟโตโวลตาอิกเซล (photovoltaic cell) ซึ่งจ่ายแรงดันออกมา ได้เมื่อได้รับแสง, โฟโต้ไดโอด (photodiode) โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (phototransistor) ไปจนถึงเอสซีอาร์ ที่ทำงานด้วยแสง (LASCR - light activated sillicon controlled rectifier) ซึ่งใช้หลักการของสารกึ่งตัวนำทั้งนั้น อุปกรณ์ประเภทนี้ที่มีโครงสร้างและ ลักษณะการทำงานง่ายที่สุดก็เห็นจะได้แก่ LDR เพราะไม่ได้ใช้หลักการของรอยต่อ พี - เอ็น เหมือนกับแบบอื่นๆ



รูปที่ 2.12 ลักษณะของ LDR (light dependent resistor)

2.13.1 ลักษณะโครงสร้างของ LDR

ตัว LDR โดยทั่วไปแล้วมีเรียกกันหลายชื่อ เช่น โฟโต้คอนดักตีฟเซล (photoconductive cell) หรือตัวต้านทาน ไวแสง (LSR - light sensitive resistor) ส่วนใหญ่จะทำด้วยสารแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) หรือแคดเมียมซีนิไนด์ (CdSe) ซึ่งทั้งสองตัวนี้ก็เป็นสารประเภทกึ่งตัวนำฉาบลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบ ไว้ออกมา



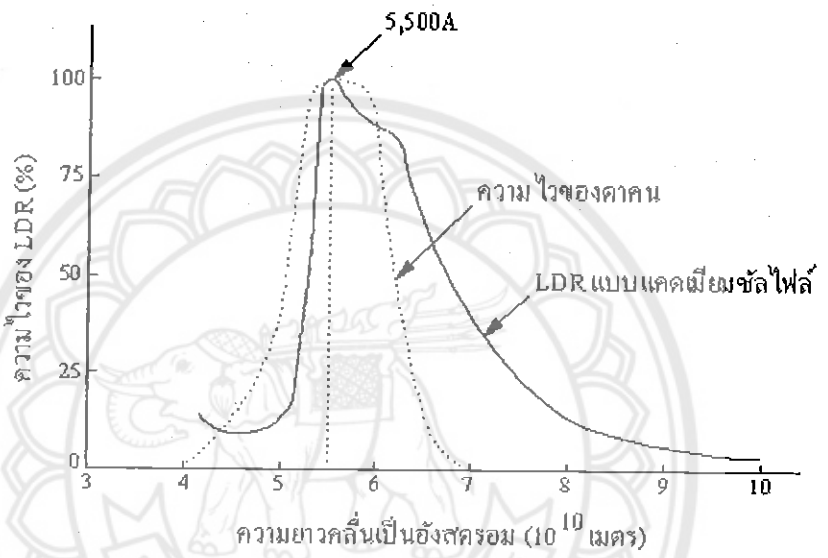
รูปที่ 2.13 ลักษณะโครงสร้างของ LDR

รูปร่างของ LDR จะเห็นได้ในรูปที่ 2.13 ส่วนที่ขดเป็นแนวเล็กๆสีดำทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไวแสง และ แนวสีดำ นั้นจะแบ่งพื้นที่ของออกเป็น 2 ข้าง ซึ่งถ้าดู ของจริงจะเห็นว่าออกสี

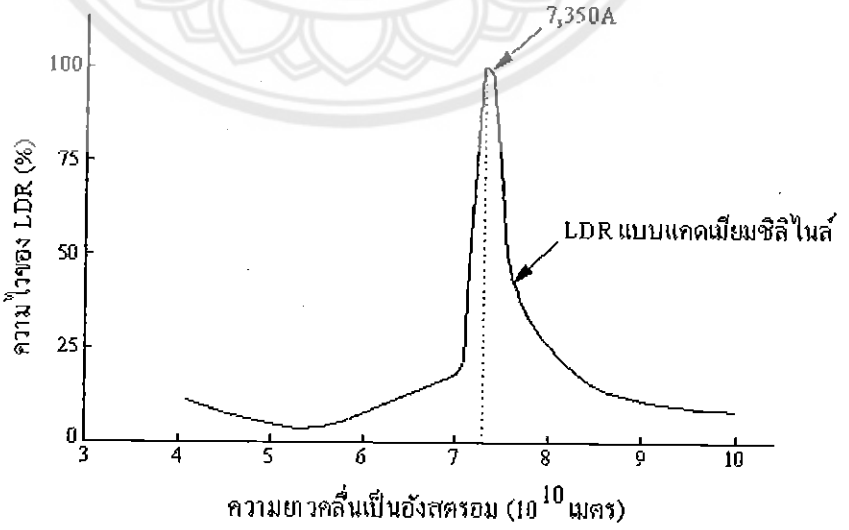
ทองนั้น เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ทำหน้าที่สัมผัส กับตัวต้านทานไวแสง เป็นที่สำหรับต่อขาออกมาภายนอก หรือ เรียกว่าอิเล็กโทรด ที่เหลือก็จะเป็นฐานเซรามิก และ อุปกรณ์ สำหรับห่อหุ้ม ซึ่งมีได้หลายแบบ

2.13.2 คุณสมบัติทางแสงของ LDR

การทำงานของ LDR ก็ง่ายๆ เพราะว่าเป็นสารกึ่งตัวนำ เวลามีแสงตกกระทบลงไปก็จะถ่ายทอดพลังงานให้กับสารที่ฉาบอยู่ ทำให้เกิดโฮลกับอิเล็กตรอนวิ่งไปทั่ว การที่มีโฮลกับอิเล็กตรอนอิสระนี้มากก็เท่ากับ ความต้านทานลดลงนั่นเอง ยิ่งความเข้มของแสงที่ตกกระทบมากเท่าไร ความต้านทานก็ยิ่งลดลงมากเท่านั้น



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างกราฟแสดงความไวต่อแสงความถี่ต่าง ๆ ของ LDR แบบแคดเมียมซัลไฟด์ เมื่อเทียบกับความไวของตาคน

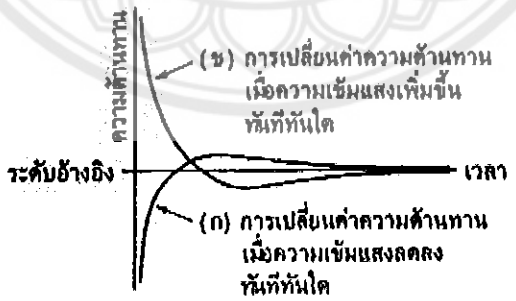


รูปที่ 2.15 ตัวอย่างกราฟแสดงความไวต่อแสงความถี่ต่าง ๆ ของ LDR แบบแคดเมียมซิลิไนด์ เมื่อเทียบกับความไวของตาคน

ในส่วนที่ว่าแสงตกกระทบนั้น มิใช่ว่าจะเป็นแสงอะไรก็ได้ เฉพาะแสงในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 4,000 อังสตรอม (1 อังสตรอม เท่ากับ 10 - 10 เมตร) ถึงประมาณ 10,000 อังสตรอม เท่านั้นที่จะใช้ได้ (สายตาคนจะเห็นได้ ในช่วงประมาณ 4,000 อังสตรอม ถึง 7,000 อังสตรอม) ซึ่งคิดแล้วก็เป็นช่วงคลื่นเพียงแคบ ๆ เมื่อเทียบกับการทำงาน ของอุปกรณ์ไวแสง ประเภทอื่น ๆ แต่ถึงอย่างไรแสงในช่วงคลื่นนี้ ก็มีอยู่ในแสงอาทิตย์ แสงจากหลอดไฟแบบไส้ และ แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ด้วย หรือ ถ้าจะคิดถึงความยาวคลื่น ที่ LDR จะตอบสนองไวที่สุดแล้ว ก็มีอยู่หลายความยาวคลื่น โดยทั่วไป LDR ที่ทำจากแคดเมียมซัลไฟด์ จะไวต่อแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 5,000 กว่า อังสตรอม. ซึ่งเราจะเห็นเป็นสีเขียว ไปจนถึงสีเหลือง สำหรับ บางตัวแล้ว ความ ยาวคลื่นที่ไวที่สุดของมันใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่ไวที่สุดของตาคนมาก (ตาคนไวต่อความ ยาวคลื่นประมาณ 5,550 อังสตรอม) จึงมักจะใช้ทำเป็นเครื่องวัดแสง ในกล้องถ่ายรูป ถ้า LDR ทำจากแคดเมียมซีลิไนด์ก็จะไวต่อความยาวคลื่นในช่วง 7,000 กว่า อังสตรอม ซึ่งไปอยู่ใน ช่วงอินฟราเรดแล้ว

2.13.3 ผลตอบสนองทางไฟฟ้าของ LDR

อัตราส่วนระหว่างความต้านทานของ LDR ในขณะที่ไม่มีแสง กับขณะที่มีแสง อาจจะเป็นได้ตั้งแต่ 100 เท่า 1,000 เท่า หรือ 10,000 เท่า แล้วแต่รุ่น แต่โดยทั่วไปแล้วค่าความต้านทานในขณะที่ไม่มีแสงจะอยู่ในช่วง ประมาณ 0.5 MW ขึ้นไป ในที่มืดสนิทอาจขึ้นไปได้มากกว่า 2 MW และ ในขณะที่มีแสงจะเป็นประมาณ 10 – 20 kW ลง ไป อาจจะเหลือเพียงไม่กี่โอห์ม หรือ ไม่ถึงโอห์มก็ได้ ทนแรงดันสูงสุดได้ไม่ต่ำกว่า 100 V และ กำลังสูญเสีย อย่างต่ำประมาณ 50 mW



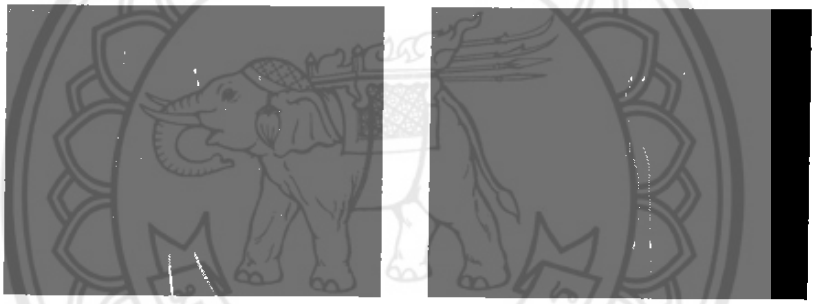
รูปที่ 2.16 ผลของการเปลี่ยนความเข้มแสงในทันทีทันใดกับ LDR

นอกเหนือจากลักษณะสมบัติต่างๆ เหล่านี้แล้วยังมีอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญ คือ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากความเข้มแสงเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ซึ่งจะดูตัวอย่างได้ในรูปที่ 2.16 ถ้า LDR ได้รับแสงที่มีความเข้มสูงดังเส้น (ก) ความต้านทานจะมีค่าต่ำและในทันทีที่ความเข้มของแสงถูกลดลงเหลือเพียงระดับอ้างอิง ความต้านทานก็จะค่อยๆเพิ่มขึ้นไปจนถึงค่าความต้านทานที่มันควรจะเป็น

ในระดับอ้างอิง แต่แทนที่มันจะไปหยุดอยู่ระดับอ้างอิง มันกลับ เพิ่มเลยขึ้นไปอีกแล้วจึงจะลดลงมาอยู่ในระดับ อ้างอิง เหมือนกับว่า เบรกมันไม่ค่อยดี และ ในทำนองเดียวกันถ้า เก็บมันไว้ในที่ความเข้มแสงน้อยๆ แล้วเปลี่ยนความเข้มเป็นระดับ อ้างอิงทันที ดังในรูป (ข) ความต้านทานก็จะลด เลยต่ำลงมาจากระดับอ้างอิงแล้วจึงขึ้นไปใหม่ ยิ่งความเข้มของแสงเท่ากัน LDR แบบแคดเมียมซีนิไนด์ จะใช้เวลา ในการเข้าสู่สภาวะที่มันควรจะเป็นน้อยกว่า แบบแคดเมียมซัลไฟต์ แต่ก็จะวิ่งเลยไปไกลกว่าด้วยและอีกอย่างหนึ่ง ความเร็วในการเปลี่ยนระดับความต้านทานจากค่าหนึ่งไปอีกค่าหนึ่งช้ามาก ซึ่งจะอยู่ในช่วงของมิลลิวินาทีหรือบางทีก็เป็นวินาทีเลย จึงทำให้ LDR ใช้ได้ กับงานความถี่ต่ำๆ เท่านั้น

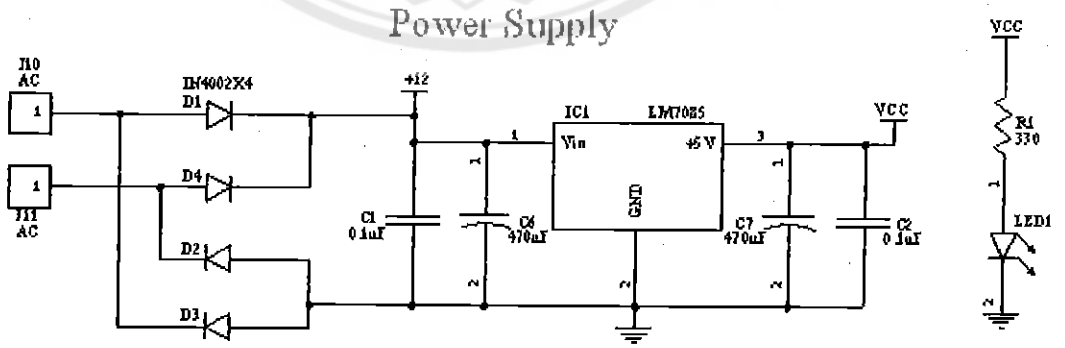
2.14 เซ็นเซอร์น้ำฝน (RAIN SENSOR)

โครงสร้างการทำงานคล้ายกับเซ็นเซอร์แสงโดยเซ็นเซอร์น้ำจะสร้างแผ่นวงจรลายทองแดงเพื่อใช้เป็นเซนเซอร์รับฝน sensitivity ขึ้นอยู่กับขนาด พื้นที่ และการนำไฟฟ้าของตัวกลางที่เป็นน้ำ



รูปที่ 2.17 ลักษณะเซ็นเซอร์น้ำฝน (RAIN SENSOR)

2.15 การออกแบบการทำงานของวงจร Power Supply



รูปที่ 2.18 วงจร Power Supply

การทำงานของวงจร เริ่มโดยใช้แหล่งจ่ายไฟแบบ AC ที่มีแรงดันไฟขนาด 12 โวลต์ไดโอด IN4002X4 D1-D4 ต่อเป็นวงจรบริดจ์ จุดประสงค์เพื่อจะให้เอนกประสงค์กับการต่อขั้วไฟ AC จากหม้อแปลงโดยตรง โดยไดโอดที่ต่อวงจรบริดจ์จะทำหน้าที่เป็นวงจรเรกติไฟเออร์โดยเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ให้เป็น ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และกลับขั้วไฟให้ถูกต้อง

ตัวเก็บประจุ C1 จะทำหน้าที่กรองแรงดันหรือฟิลเตอร์ (Filter) เพราะในการเปลี่ยนแรงดันไฟกระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟกระแสตรง จะยังมีการกระเพื่อมของแรงดันไฟตรงที่เราเรียกว่าริปเปิล (Ripple) ดังนั้นเราจึงใช้ตัวเก็บประจุเพื่อลดค่าแรงดันริปเปิลลงไป โดยการเก็บค่าประจุไว้เมื่อช่วงแรงดันสูง และจะจ่ายประจุให้กับโหลดเมื่อมีการกระเพื่อมทางด้านต่ำดังนั้นโหลดจะได้แรงดันที่ราบเรียบขึ้น IC1 เป็นไอซีเร็กกูเรเตอร์ (Regulate) ขนาด 5 โวลท์ ซึ่งจะทำหน้าที่รักษาระดับของแรงไฟให้มีค่าคงที่ 5 โวลท์ ตัวเก็บประจุ C2 จะทำหน้าที่กรองแรงดัน ที่ออกมาจากเอาต์พุตของ IC1 ในการต่อใช้งานจะต่อระหว่างขาไฟเลี้ยงของไอซี กับขากราวด์ โดยต่อให้ใกล้กับขาไอซีให้มากที่สุด ส่วนตัวต้านทาน R1 จะทำหน้าที่จำกัดกระแสที่ป้อนให้กับ LED1 เพื่อกำหนดความสว่าง ถ้าหากค่าความต้านทานน้อยก็จะทำให้ LED1 สว่างมาก และกินกระแสมากขึ้นหากค่าความต้านทานน้อยเกินไปอาจจะทำให้ LED1 เสียหายได้ ดังนั้นในการกำหนดความสว่างของ LED1 ให้พอดีสำหรับการแสดงสภาวะการทำงานของบอร์ดก็ควรจะใช้ค่าความต้านทานที่มีค่ามากแต่ยังให้แอลอีดีมีความสว่างพอสังเกตได้ จะเป็นการประหยัดแหล่งจ่ายไฟของระบบ

2.16 ไดโอดเปล่งแสง (LED)

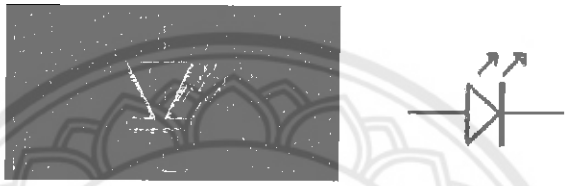
ไดโอดเปล่งแสง (Light-Emitting Diode) เรียกย่อๆ ว่า LED คือ ไดโอดซึ่งสามารถเปล่งแสงออกมาได้แสงที่เปล่งออกมาประกอบด้วยคลื่นความถี่เดียวและเฟสต่อเนื่องกัน ซึ่งต่างกับแสงธรรมดาที่ตาคนมองเห็น ประกอบด้วยคลื่นซึ่งมีเฟสและความถี่ต่างๆ กันมารวมกัน ไดโอดซึ่งสามารถให้แสงออกมาได้ทั้งชนิดที่เป็นสารกึ่งตัวนำ, ของเหลวและก๊าซ ในที่นี้จะกล่าวถึงชนิดที่เป็นสารกึ่งตัวนำเท่านั้น

รูปที่ 2.19 ไดโอดเปล่งแสงและโครงสร้างภายใน

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปร. 2553 ค 2560
1700537

ไดโอดชนิดนี้เหมือนไดโอดทั่ว ๆ ไปที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P และ N ประกอบกันมีผิวข้างหนึ่งเรียบเป็นมันคล้ายกระจก เมื่อไดโอดถูกไบแอสตรง (Forward Bias) จะทำให้อิเล็กตรอนที่สารกึ่งตัวนำชนิด N มีพลังงานสูงขึ้นจนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮลในสารกึ่งตัวนำชนิด P ต่อให้เกิดพลังงานในรูปของประจุโฟตอน ซึ่งจะเปล่งแสงออกมา การประยุกต์ LED ไปใช้งานอย่างกว้างขวางส่วนมากใช้ในภาคแสดงผล (Display Unit) LED โดยทั่วไปมี 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ LED ชนิดที่ตาคนเห็นได้กับชนิดที่ตาคนมองไม่เห็นต้องใช้ทรานซิสเตอร์มาเป็นตัวรับแสงแทนตาคน



รูปที่ 2.20 สัญลักษณ์ของ LED

2.17 การคำนวณหาค่าความต้านทานอนุกรม

เนื่องจาก LED มีขีดจำกัดในการใช้งานซึ่งโดยทั่วไป LED สามารถทนกระแสได้สูงสุดไม่เกิน 30 – 40 มิลลิแอมป์ จึงต้องนำตัวต้านทานมาต่ออนุกรมเข้าไปเพื่อทำการลดกระแสสามารถคำนวณค่าความต้านทานจากสมการดังนี้

$$R = \frac{V_S - V_F}{I_F} \qquad (2.2)$$

โดยที่

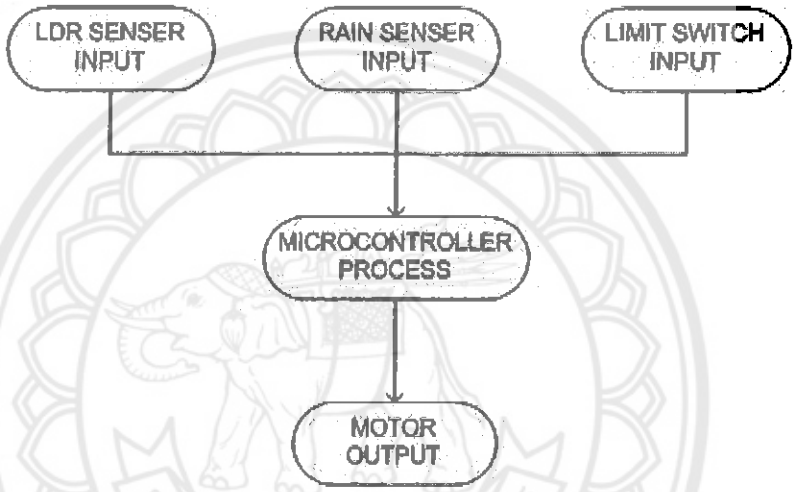
R	คือ	ค่าความต้านทาน	(โอห์ม)
V_S	คือ	แรงดันของแหล่งจ่าย	(โวลต์)
V_F	คือ	ค่าแรงดันฟอร์เวิร์ด	(โวลต์)
I_F	คือ	ค่ากระแสไบแอส	(แอมแปร์)

นำค่าความต้านทานที่ได้ไปเทียบแถบสีเพื่อหาค่าความต้านทานที่ต้องการต่อไป

บทที่ 3
การควบคุมระบบการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1 การทำงานของระบบควบคุม

ในระบบควบคุมที่ได้ออกแบบไว้นั้นในแต่ละส่วนจะมีการทำงานที่แตกต่างกัน ซึ่งก็ทำงานตามหน้าที่ของแต่ละอุปกรณ์ที่กำหนดไว้ โดยอาศัยไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานและทำการประมวลผล



รูปที่ 3.1 แสดงการทำงานของระบบควบคุม

จากรูป 3.1 มีการรับสัญญาณจาก LDR SENSOR, RAIN SENSOR ซึ่งเป็นอินพุตถ้ามีการตอบสนองขึ้นมาจะถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลให้แสดงผลออกไปสั่งให้มอเตอร์ทำงาน

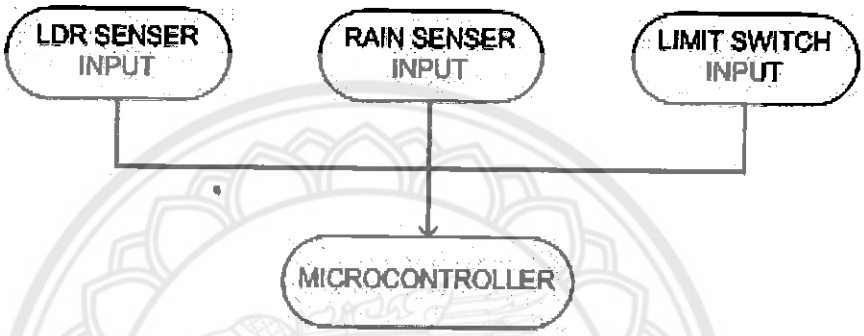
3.2 การออกแบบสำหรับตัวรับสัญญาณ (INPUT)

3.2.1 LDR SENSOR เป็น sensor อีกตัวหนึ่งที่มีหน้าที่สำคัญมากไม่แพ้กัน คือ มีหน้าที่ตรวจจับแสงสว่างที่มาตกกระทบที่หน้าสัมผัสตัว LDR ซึ่งแหล่งกำเนิดแสงสว่างนี้ เราจะติดที่ด้านบนตู้เก็บผ้า ซึ่งจะทำงานทันทีเมื่อมีแสงมาตกกระทบ คุณลักษณะของตัว LDR นี้คือ เป็นตัวต้านทานชนิดหนึ่งที่มีค่าความต้านทานต่ำเมื่อมีแสงมาตกกระทบ และจะมีความต้านทานสูง เมื่ออยู่ในที่มืด วงจร LDR sensor จะใช้หลักในการเปรียบเทียบ แรงดัน reference กับแรงดันที่ได้จากLDR โดยใช้ IC comparator เบอร์ LM339 การรีสิสเตอร์pull-upค่าประมาณ1 to 10K ค่า output ของวงจร

จะเป็น logic '1' เมื่อมีแสงมาตกกระทบที่หน้าสัมผัสและให้logic '0' เมื่อไม่มีแสงมีตกกระทบ output นี้จะถูกต่อเข้ากับ microcontroller เพื่อสั่งให้มอเตอร์ทำงานแล้วเก็บผ้าเข้ามายังตู้

3.2.2 RAIN SENSOR โครงสร้างการทำงานจะคล้ายกับเซ็นเซอร์แสงโดยที่เซ็นเซอร์น้ำจะสร้างแผ่นวงจรลายทองแดงเพื่อใช้เป็นเซนเซอร์รับฝน sensitivity ขึ้นอยู่กับขนาด พื้นที่ และการนำไฟฟ้าของตัวกลางที่เป็นน้ำ

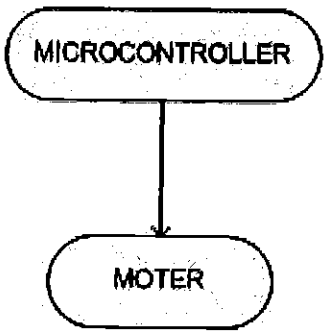
3.2.3 ลิมิตสวิตซ์ ซึ่งทำหน้าที่ตรวจจับการทำงานของมอเตอร์เพื่อกำหนดให้มอเตอร์ว่าทำงานตอนไหนและหยุดทำงานตอนไหน



รูปที่ 3.2 การออกแบบ INPUT

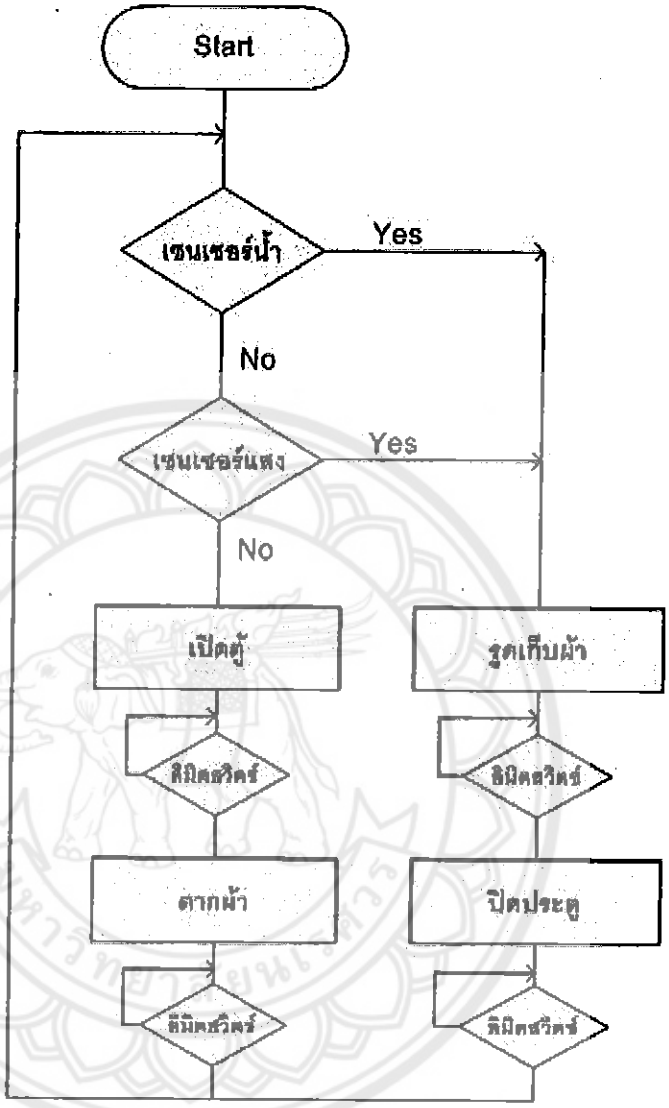
3.3 การออกแบบ OUTPUT

3.3.1 มอเตอร์ ทำหน้าที่หมุนดึงเก็บผ้าเข้ามาในตู้ มีหลักการทำงาน คือ เนื่องจากมอเตอร์เป็นแบบกระแสตรงการเก็บผ้าให้เข้าหรือออกตู้สามารถทำได้ง่ายโดยการสลับขั้วของแหล่งจ่ายไฟจากบวกเป็นลบและจากลบเป็นบวก ในที่นี้การสลับขั้วแหล่งจ่ายไฟถูกควบคุมอัตโนมัติโดยรีเลย์ 8 ขา



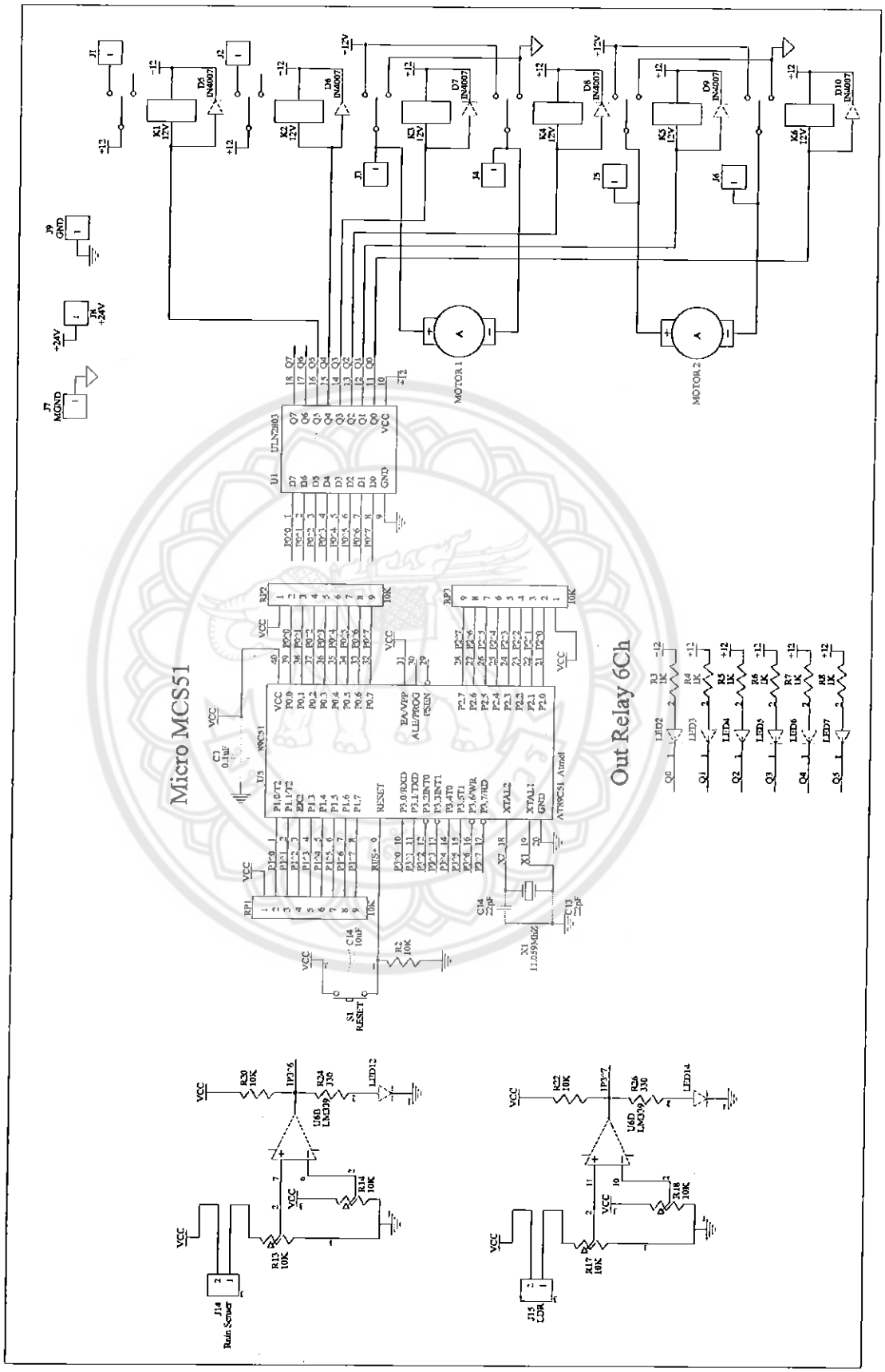
รูปที่ 3.3 การออกแบบ OUTPUT

3.4 การออกแบบโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ของราวตากผ้าด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.4 แสดงแผนผังการควบคุมมอเตอร์ของราวตากผ้าด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

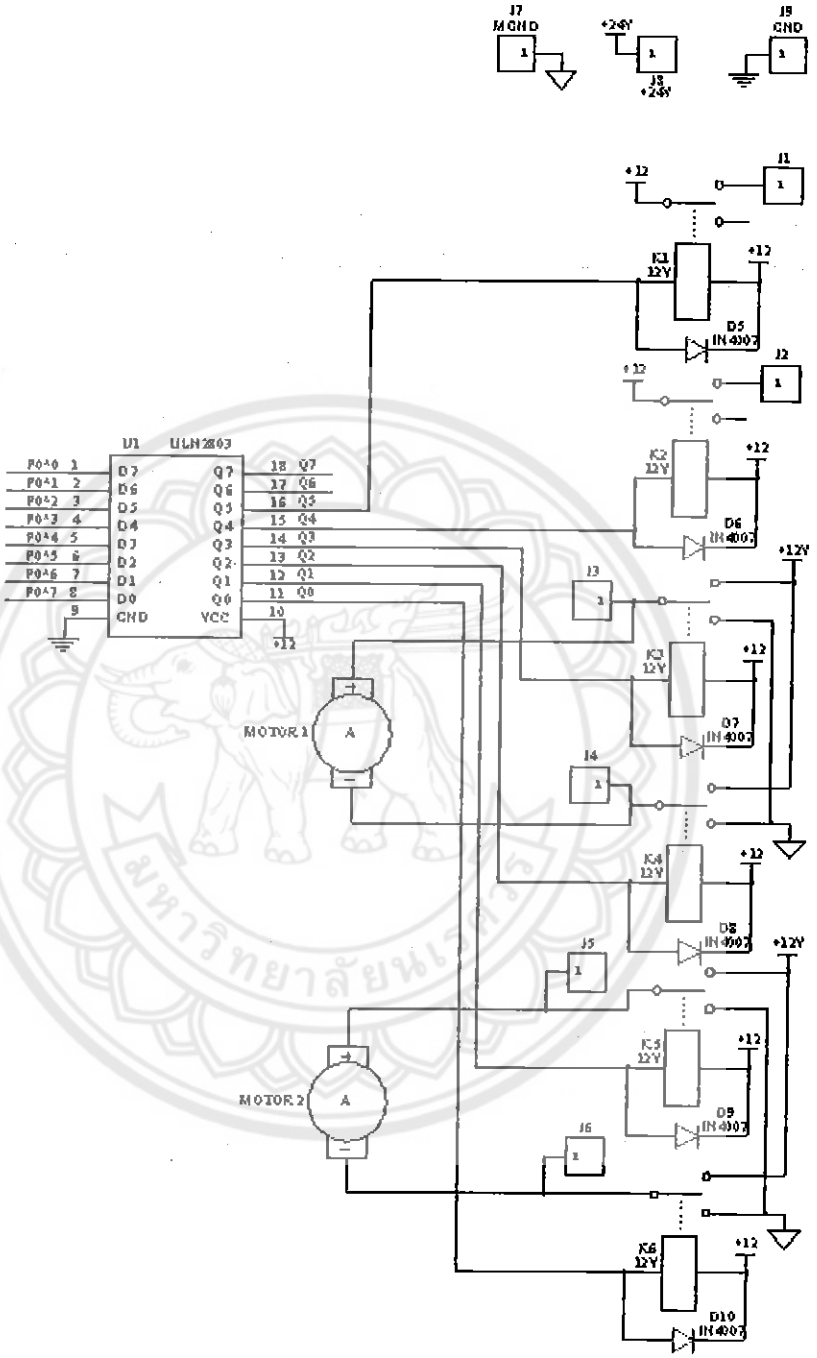
3.5 การออกแบบวงจรควบคุมราวตากผ้าด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.5 การออกแบบวงจรควบคุมราวตากผ้าด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

3.6 อธิบายวงจรย่อยต่าง ๆ

3.6.1 วงจรขับมอเตอร์



รูปที่ 3.6 วงจรขับมอเตอร์

วงจรนี้ใช้ ไอซี เบอร์ ULN 2803 เพื่อใช้เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อรีเลย์ถูกสั่งให้ใช้งาน เพราะไฟที่ไปกระตุ้นรีเลย์ 12 V มากกว่าไฟในไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มี 5 V อาจทำให้ไฟ 12 V ไหลเข้าและพังได้จึงใช้ ไอซี เบอร์ ULN 2803 ช่วย

มอเตอร์ตัวที่ 1 ใช้ในการปิดและเปิดตู้เก็บผ้า ให้ J3 และ J4 เป็นขาที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ตัวที่ 1ซึ่งจะต่อเข้ากับขา common ของรีเลย์ K3 และ K4

มอเตอร์ตัวที่ 2 ใช้ในการเก็บผ้าและตากผ้า ให้ J5 และ J6 เป็นขาที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ตัวที่2 ซึ่งจะต่อเข้ากับขา common ของรีเลย์ K5 และ K6

3.6.2 Out Relay 6Ch

เป็น LED แสดงผลการทำงานของรีเลย์ โดยที่

Q0 แสดงผลการทำงานของรีเลย์ K6

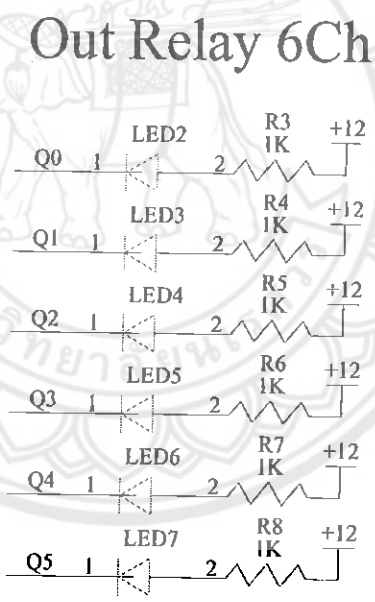
Q1 แสดงผลการทำงานของรีเลย์ K5

Q2 แสดงผลการทำงานของรีเลย์ K4

Q3 แสดงผลการทำงานของรีเลย์ K3

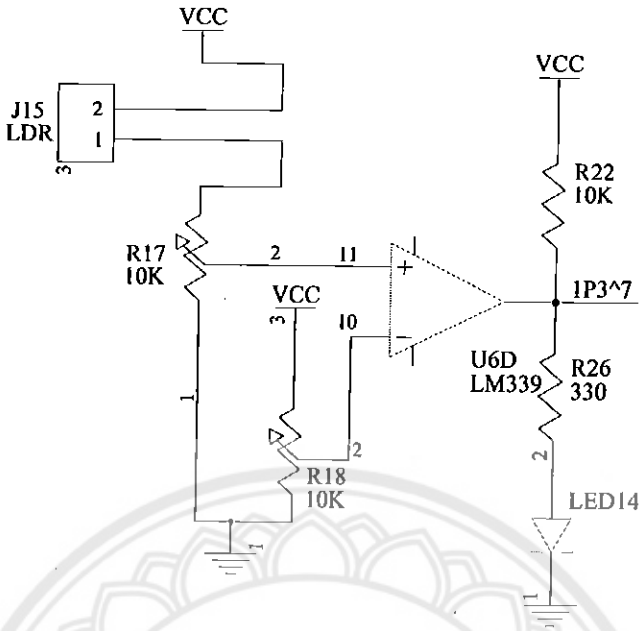
Q4 แสดงผลการทำงานของรีเลย์ K2

Q5 แสดงผลการทำงานของรีเลย์ K1



รูปที่ 3.7 Out Relay 6Ch

3.6.3 วงจรเซ็นเซอร์แสง LDR



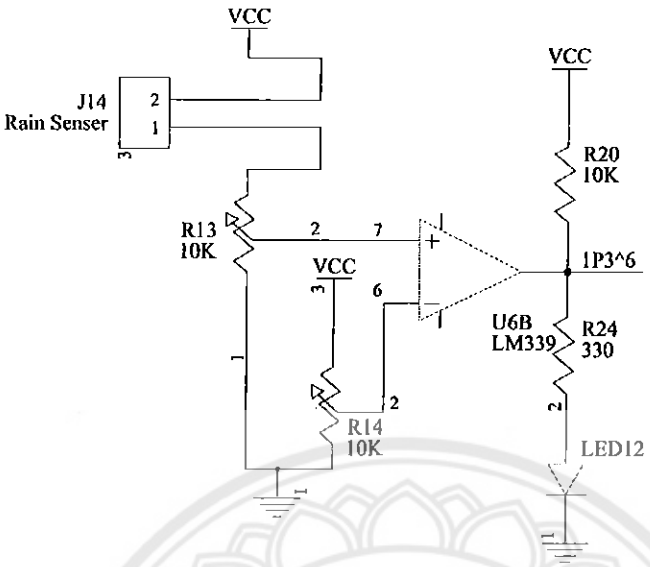
รูปที่ 3.8 วงจร LDR SENSOR

หลักการทำงานของ LDR จะใช้หลักในการเปรียบเทียบ แรงดัน reference กับแรงดันที่ได้จาก LDR โดยใช้ IC comparator เบอร์ LM339 การรีสิสเตอร์ pull-up ค่าประมาณ1 to 10K โดยการเปรียบเทียบแรงดันนี้ จะใช้ความต้านทานปรับค่าได้ 2 ตัวคือ R17 และ R18 ให้แรงดันที่ผ่าน R18 เป็นแรงดัน reference และแรงดันที่ผ่าน R17 เป็นแรงดันที่ได้จาก LDR

เมื่อจ่ายแรงดันให้กับ LDR ค่าหนึ่งเมื่อไม่มีแสงมาตกกระทบ LDR จะทำให้ความต้านทานของ LDR มีค่าสูงขึ้น ทำให้แรงดันที่ผ่าน LDR และ R17 มีค่าลดลงน้อยมากเมื่อเทียบกับแรงดัน reference ที่ออกมาจาก R18 ดังนั้นแรงดันที่ได้ผ่านไอซี เบอร์ LM339 ขาบวกมีค่าน้อยกว่าขาลบจึงส่งลอจิก 0 เข้าไปยังพอร์ต P3^7 ของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งให้มอเตอร์เก็บผ้า

ในทางกลับกันเมื่อมีแสงมาตกกระทบ LDR จะทำให้ความต้านทานของ LDR มีค่าลดลง ทำให้แรงดันที่ผ่าน LDR และ R17 มีค่ามากเมื่อเทียบกับแรงดัน reference ที่ออกมาจาก R18 ดังนั้นแรงดันที่ได้ผ่านไอซี เบอร์ LM339 ขาบวกมีค่ามากกว่าขาลบจึงส่งลอจิก 1 เข้าไปยังพอร์ต P3^7 ของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งให้มอเตอร์เอาผ้าออกมาตาก

3.6.4 วงจรเซ็นเซอร์น้ำฝน Rain Sensor



รูปที่ 3.9 วงจร RAIN SENSOR

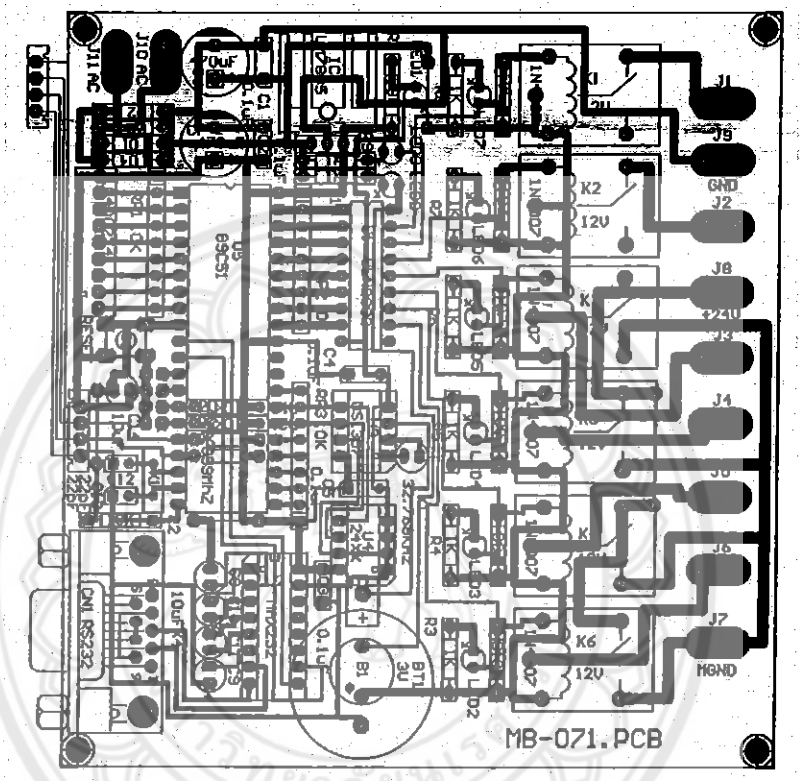
หลักการทำงานของ Rain Sensor จะใช้หลักในการเปรียบเทียบ แรงดัน reference กับแรงดันที่ได้จาก Rain Sensorโดยใช้ IC comparator เบอร์ LM339 การรีสิสเตอร์ pull-up ค่าประมาณ1 to 10K โดยการเปรียบเทียบแรงดันนี้ จะใช้ความต้านทานปรับค่าได้ 2 ตัวคือ R13 และ R14 ให้แรงดันที่ผ่าน R14 เป็นแรงดัน reference และแรงดันที่ผ่าน R17 เป็นแรงดันที่ได้จาก Rain Sensor

เมื่อจ่ายแรงดันให้กับ Rain Sensor ค่าหนึ่งเมื่อมีฝนตกลงบน Rain Sensor จะทำให้ความต้านทานของ Rain Sensor มีค่าลดลง ทำให้แรงดันที่ผ่าน Rain Sensor และ R13 มีค่ามากเมื่อเทียบกับแรงดัน reference ที่ออกมาจาก R14 ดังนั้นแรงดันที่ได้ผ่านไอซี เบอร์ LM339 ขาบวกมีค่ามากกว่าขาลบจึงส่งลอจิก 1 เข้าไปยังพอร์ต P3^6 ของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งให้มอเตอร์เก็บผ้า

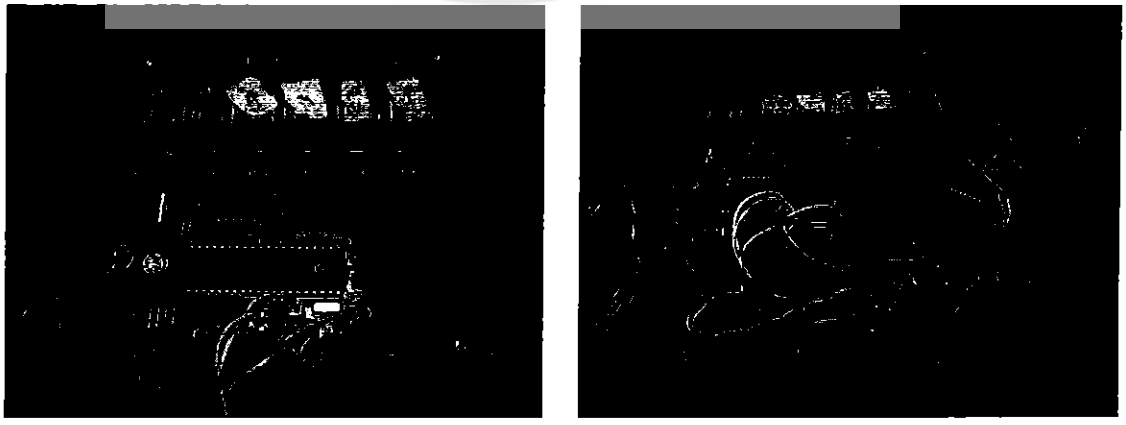
ในทางกลับกันเมื่อไม่มีฝนตก Rain Sensor จะทำให้ความต้านทานมีค่ามาก ทำให้แรงดันที่ผ่าน Rain Sensor และ R13 มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับแรงดัน reference ที่ออกมาจาก R14 ดังนั้นแรงดันที่ได้ผ่านไอซี เบอร์ LM339 ขาบวกมีค่าน้อยกว่าขาลบจึงส่งลอจิก 0 เข้าไปยังพอร์ต P3^6 ของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งให้มอเตอร์เอาผ้าออกมาตาก

3.6 บอร์ดควบคุมด้วยไมโครคอนโทรเลอร์

จากรูปแสดงลาย PCB ของวงจรควบคุมที่ทางผู้จัดทำได้ใช้บอร์ดที่เป็นชุดทดลองคิด ซึ่งแสดงการโหลดข้อมูลโดย Max 232 แต่ทางผู้จัดทำได้โหลดข้อมูลจากบอร์ดข้างนอก โดยใช้เครื่องโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS51 รุ่น PX-1000 V3.0 โดยใช้โปรแกรม Flash-X Version 2.40 บันทึกข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Atmel

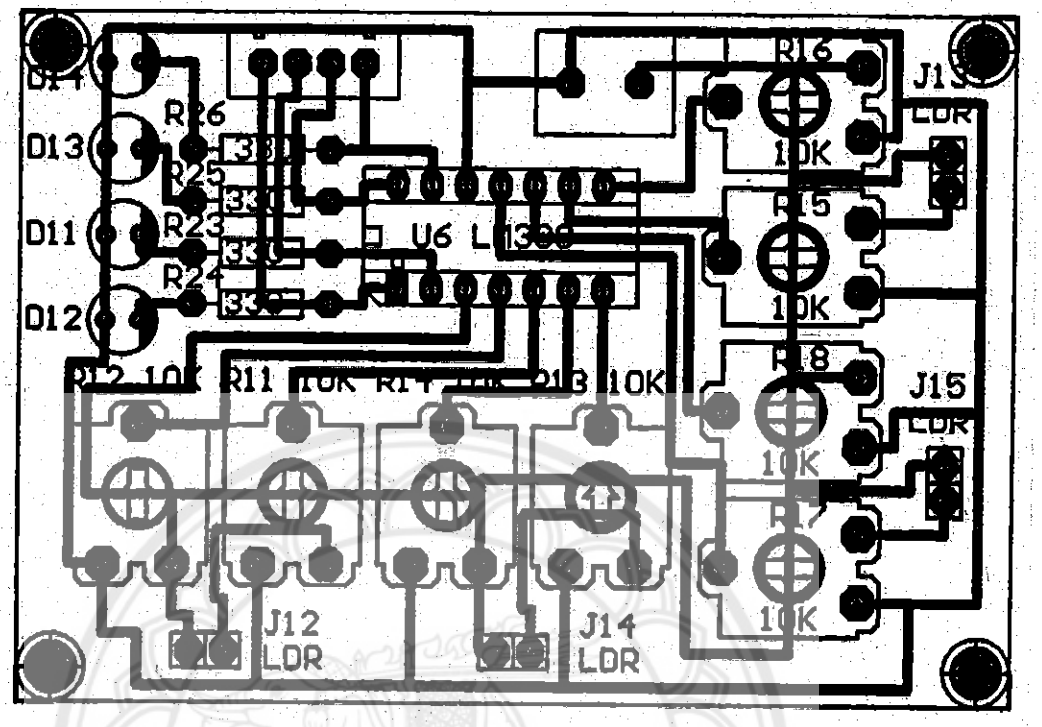


รูปที่ 3.10 แสดงลาย PCB ของวงจรควบคุม



รูปที่ 3.11 แสดงโครงสร้างฮาร์ดแวร์ภายในบอร์ดควบคุม

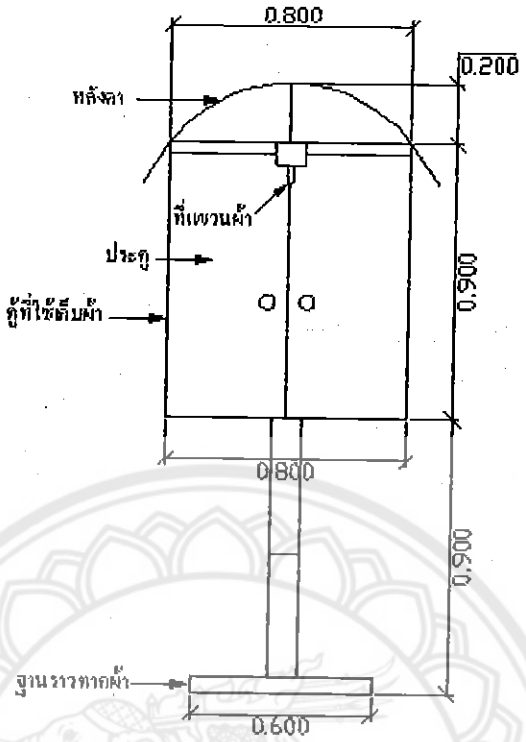
3.8 โครงสร้างของวงจรเซ็นเซอร์



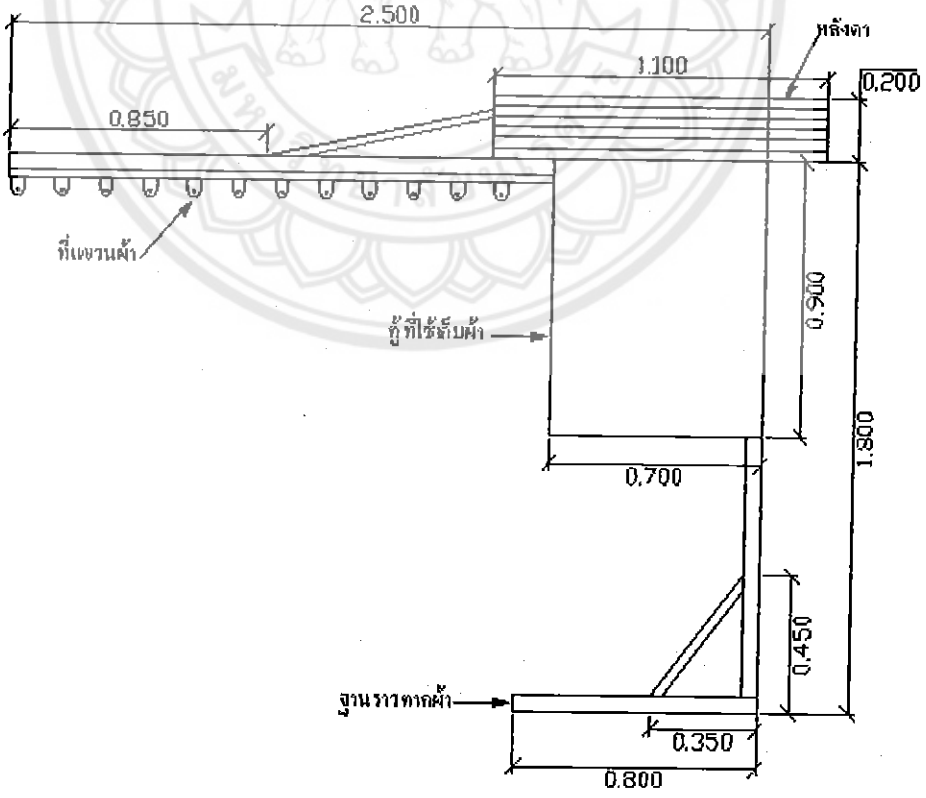
รูปที่ 3.12 แสดงลาย PCB ของวงจรเซ็นเซอร์

รูปที่ 3.13 แสดงโครงสร้างฮาร์ดแวร์ภายในวงจรเซ็นเซอร์

3.9 การออกแบบโครงสร้างของราวตากผ้า

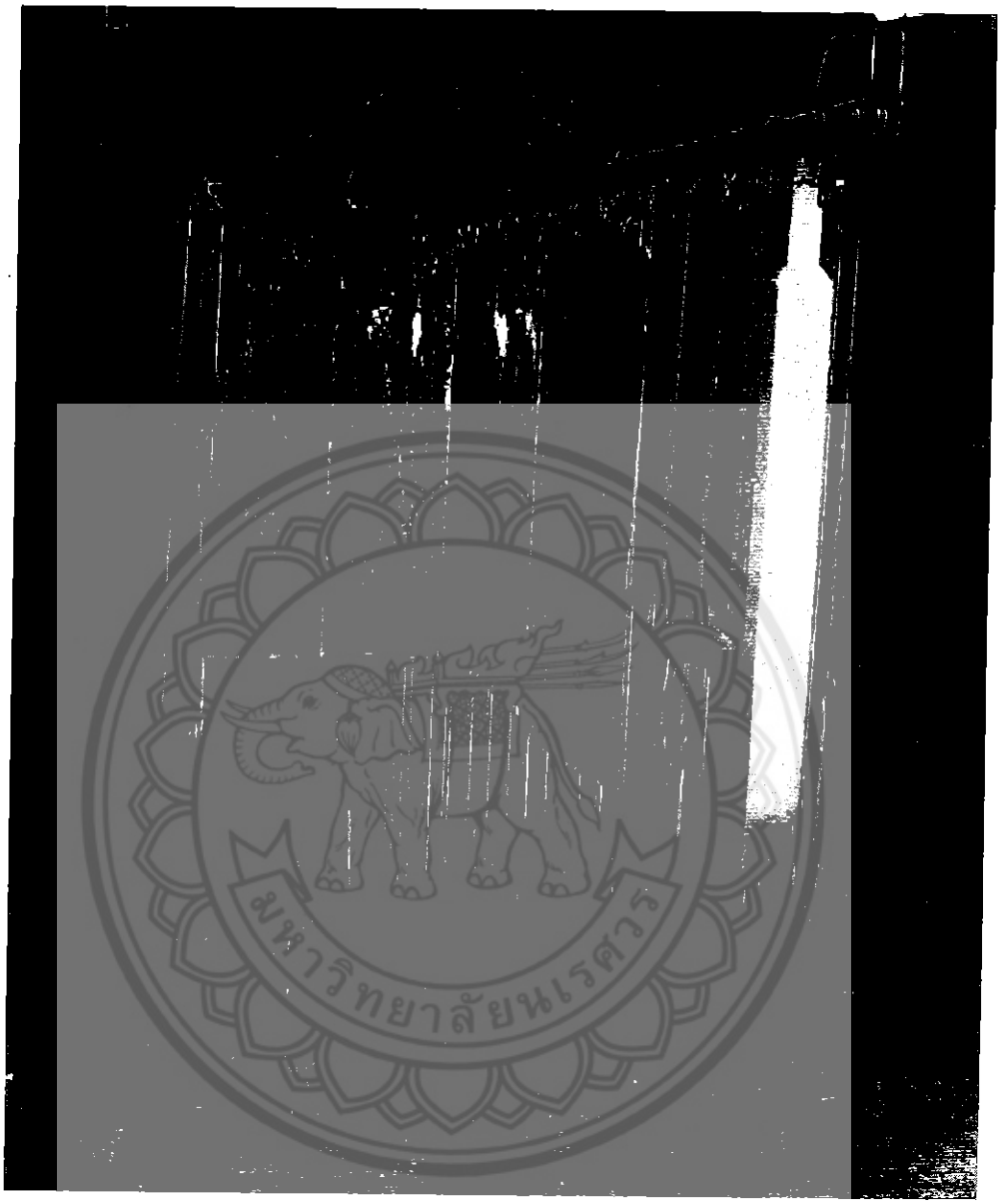


รูปที่ 3.14 แสดงการออกแบบโครงสร้างด้านหน้าของราวตากผ้า



รูปที่ 3.15 แสดงการออกแบบโครงสร้างด้านข้างของราวตากผ้า

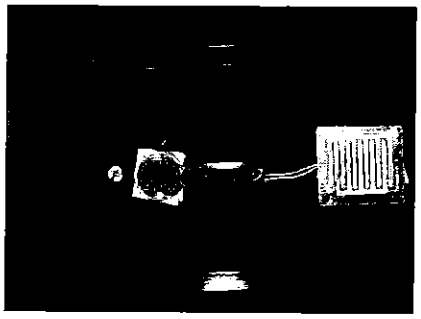
3.10 ราวตากผ้าที่ใช้งานจริง



รูปที่ 3.16 ราวตากผ้า

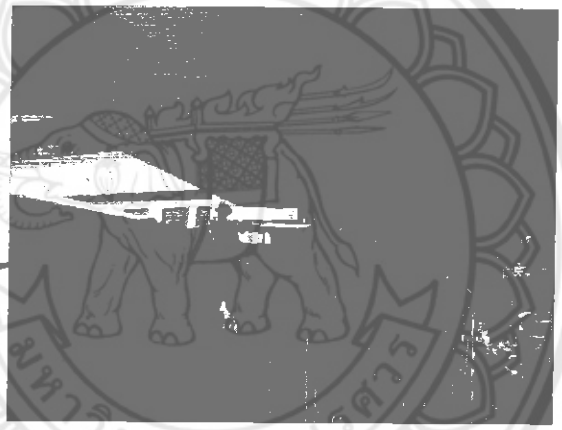
3.11 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ

3.11.1 การติดตั้งเซ็นเซอร์ ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์น้ำฝน และเซ็นเซอร์แสงควรติดตั้งในตำแหน่งที่สามารถรับรับแสงละน้ำฝนได้ดีจึงได้ออกแบบไว้บนหลังคาของราวตากผ้าดังรูป 3.17



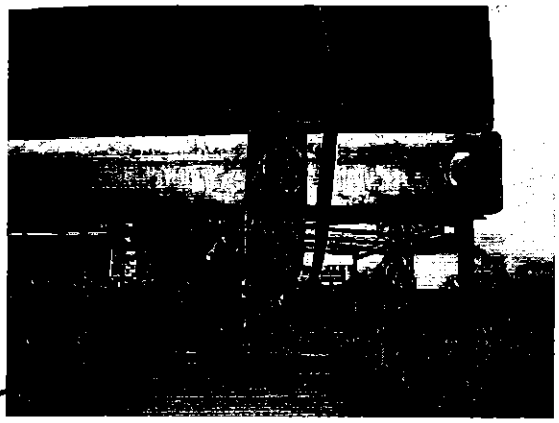
รูปที่ 3.17 การติดตั้งเซ็นเซอร์บนหลังคา

3.11.2 **การติดตั้งลิมิตสวิทช์** ในราวตากผ้าจะใช้ลิมิตสวิทช์ทั้งหมด 4 ตัว **ติดตั้งตาม**ตำแหน่งต่าง ๆ ดังรูป



รูปที่ 3.18 การติดตั้งลิมิตสวิทช์ตัวที่ 1

รูปที่ 3.19 การติดตั้งลิมิตสวิทช์ตัวที่ 2

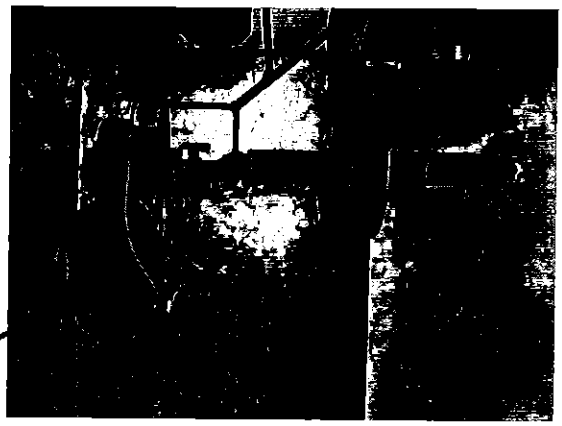


รูปที่ 3.20 การติดตั้งลิมิตสวิทช์ตัวที่ 3

รูปที่ 3.21 การติดตั้งลิมิตสวิทช์ตัวที่ 4

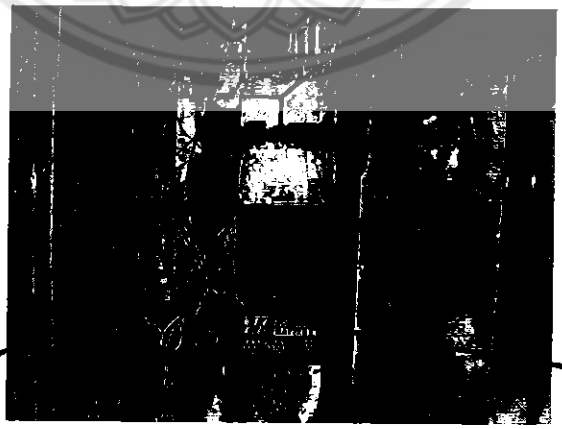
3.11.3 การติดตั้งมอเตอร์ ในราวตากผ้าจะใช้มอเตอร์ทั้งหมด 2 ตัว ตัวที่ 1 **ใช้ในการหมุนเพื่อเก็บผ้า**เข้าออก ตัวที่ 2 ใช้ในการปิด-เปิดประตู ติดตั้งตามตำแหน่งต่าง ๆ ดังรูป

รูปที่ 3.22 การติดตั้งมอเตอร์ตัวที่ 1



รูปที่ 3.23 การติดตั้งมอเตอร์ตัวที่ 2

รูปที่ 3.24 การติดตั้งมอเตอร์ทั้ง 2 ตัว



รูปที่ 3.25 การติดตั้งบอร์ดควบคุมและแบตเตอรี่

บทที่ 4
ผลการทดลองและผลการวิเคราะห์

4.1 การทดลองควบคุมมอเตอร์ในราวตากผ้า

การทดสอบโปรแกรมเป็นการตรวจสอบความถูกต้องเพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานของตู้เก็บผ้า

4.1.1 จุดประสงค์

4.1.1.1 เพื่อศึกษาการทำงานสัมพันธ์กันระหว่างเซ็นเซอร์จับแสงและเซ็นเซอร์น้ำ ไมโครคอนโทรเลอร์และราวตากผ้า

4.1.1.2 เพื่อศึกษาวิเคราะห์ข้อมูล อินพุต/เอาต์พุต ของอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บผ้าเมื่อเกิดฝนตกหรือแสงสว่างไม่เพียงพอและตากผ้าเมื่อฝนหยุดตกและมีแสงสว่างเพียงพอ

4.1.2 ขั้นตอนการเชื่อมต่อบอร์ดควบคุม

4.1.2.1 ทำการบัดกรีสายสัญญาณต่างๆ เข้ากับบอร์ดควบคุม

4.1.2.2 ต่อบอร์ดควบคุมเข้ากับมอเตอร์กระแสตรง 12VDC

4.1.2.3 ต่อวงจรเซ็นเซอร์น้ำเข้ากับบอร์ดควบคุม

4.1.2.3 ต่อวงจรเซ็นเซอร์แสงเข้ากับบอร์ดควบคุม

4.1.2.4 จ่ายไฟ 12V DC ให้กับบอร์ดควบคุมเพื่อจ่ายให้กับมอเตอร์

4.1.2.3 จ่ายไฟ 12V AC ให้กับบอร์ดควบคุมเพื่อจ่ายไฟเลี้ยงวงจร

4.1.2.3 ตรวจสอบการเชื่อมต่อสายทั้งหมด

4.1.3 ทดสอบการเก็บผ้าอัตโนมัติโดยเซ็นเซอร์แสงเมื่อแสงสว่างไม่เพียงพอ (มืด)

4.1.3.1 ทดสอบการทำงานของ LDR SENSOR สามารถปรับความเข้มของแสงได้

4.1.3.2 มอเตอร์ตัวที่ 2 ทำงานโดยหมุนดึงผ้ากลับเข้ามาเมื่อมีความเข้มแสงน้อย

4.1.3.3 ลิมิตสวิตช์ตัวที่ 4 จะทำงานเมื่อมีการดึงผ้าเข้ามาชนหน้าสัมผัส

4.1.3.4 มอเตอร์ตัวที่ 2 ที่ใช้ดึงผ้าหยุดทำงาน

4.1.3.5 มอเตอร์ตัวที่ 1 หมุนทำการดึงลอกเพื่อปิดประตูตู้เก็บผ้า

4.1.3.6 ลิมิตสวิตช์ตัวที่ 2 จะทำงานเมื่อมีการปิดประตูตู้เก็บผ้าสนิท

4.1.4 ทดสอบการเก็บผ้าอัตโนมัติโดยเซ็นเซอร์แสงเมื่อแสงสว่างเพียงพอ (สว่าง)

4.1.3.1 ทดสอบการทำงานของ LDR SENSOR สามารถปรับความเข้มของแสงได้

4.1.3.2 มอเตอร์ตัวที่ 1 ทำงานโดยหมุนดึงลอกเพื่อเปิดประตูตู้เก็บผ้า

4.1.3.3 ลิมิตสวิตช์ตัวที่ 1 จะทำงานเมื่อมีการเปิดประตูตู้เก็บผ้า

4.1.3.4 มอเตอร์ตัวที่ 1 ที่ใช้เปิดประตูหยุดทำงาน

4.1.3.5 มอเตอร์ตัวที่ 2 หมุนทำการดึงลอกเพื่อนำผ้าออกไปตาก

4.1.3.6 ลิมิตสวิตช์ตัวที่ 3 จะทำงานเมื่อผ้าที่ตากมาชนหน้าสัมผัสที่ปลายของราวตากผ้า

4.1.5 ทดสอบการเก็บผ้าอัตโนมัติโดยเซ็นเซอร์น้ำฝนเมื่อมีฝนตก

4.1.3.1 ทดสอบการทำงานของ RAIN SENSOR สามารถปรับความเข้มได้

4.1.3.2 มอเตอร์ตัวที่ 2 ทำงานโดยหมุนดึงผ้ากลับเข้ามาเมื่อมีฝนตก

4.1.3.3 ลิมิตสวิตช์ตัวที่ 4 จะทำงานเมื่อมีการดึงผ้าเข้ามาชนหน้าสัมผัส

4.1.3.4 มอเตอร์ตัวที่ 2 ที่ใช้ดึงผ้าหยุดทำงาน

4.1.3.5 มอเตอร์ตัวที่ 1 หมุนทำการดึงลอกเพื่อปิดประตูตู้เก็บผ้า

4.1.3.6 ลิมิตสวิตช์ตัวที่ 2 จะทำงานเมื่อมีการปิดประตูตู้เก็บผ้าสนิท

4.1.6 ทดสอบการเก็บผ้าอัตโนมัติโดยเซ็นเซอร์แสงเมื่อฝนหยุดตก

4.1.3.1 ทดสอบการทำงานของ RAIN SENSOR สามารถปรับความเข้มได้

4.1.3.2 มอเตอร์ตัวที่ 1 ทำงานโดยหมุนดึงลอกเพื่อเปิดประตูตู้เก็บผ้า

4.1.3.3 ลิมิตสวิตช์ตัวที่ 1 จะทำงานเมื่อมีการเปิดประตูตู้เก็บผ้า

4.1.3.4 มอเตอร์ตัวที่ 1 ที่ใช้เปิดประตูหยุดทำงาน

4.1.3.5 มอเตอร์ตัวที่ 2 หมุนทำการดึงลอกเพื่อนำผ้าออกไปตาก

4.1.3.6 ลิมิตสวิตช์ตัวที่ 3 จะทำงานเมื่อผ้าที่ตากมาชนหน้าสัมผัสที่ปลายของราวตากผ้า

4.2 ผลการทดลอง

4.2.1 ผลการทดสอบการควบคุมการทำงานของราวตากผ้า

4.2.1.1 LDR SENSOR สามารถทำงานได้เมื่อแสงสว่างไม่เพียงพอ

4.2.1.2 LDR SENSOR สามารถทำงานได้เมื่อแสงสว่างเพียงพอ

4.1.1.3 RAIN SENSOR สามารถทำงานได้เมื่อมีฝนตก

4.2.1.4 RAIN SENSOR สามารถทำงานได้เมื่อฝนหยุดตก

4.2.1.5 ลิมิตสวิตช์สามารถสั่งให้มอเตอร์หยุดหมุนได้

4.2.1.6 มอเตอร์สามารถดึงผ้าเข้ามาเก็บในตู้ได้เมื่อมีฝนตก

4.2.1.6 มอเตอร์สามารถดึงผ้าออกไปตากได้เมื่อฝนหยุดตก

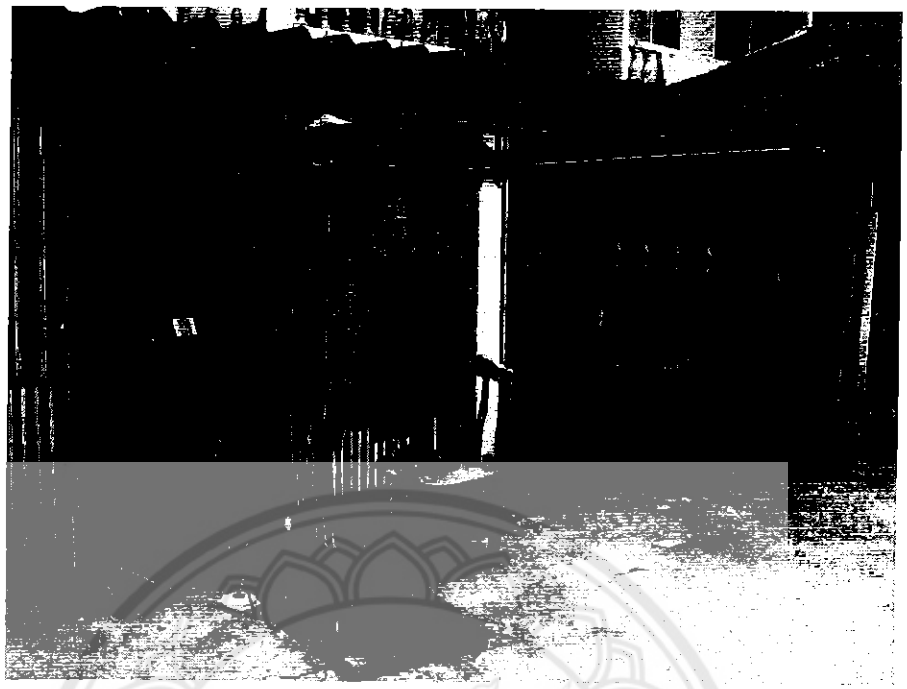
4.2.1 รูปแสดงผลการทดสอบการควบคุมการทำงานของราวตากผ้า

รูปที่ 4.1 การทดสอบราวตากผ้าเมื่อสภาวะปกติ

รูปที่ 4.2 การทดสอบราวตากผ้าเมื่อแสงสว่างไม่เพียงพอผ้าเริ่มถูกเก็บ

รูปที่ 4.3 การทดสอบราวตากผ้าเมื่อแสงสว่างไม่เพียงพอผ้าถูกเก็บเข้าตู้

รูปที่ 4.4 การทดสอบราวตากผ้าเมื่อแสงสว่างไม่เพียงพอประตูเริ่มปิด



รูปที่ 4.5 การทดสอบราวตากผ้าเมื่อแสงสว่างไม่เพียงพอประตูปิด

รูปที่ 4.6 การทดสอบราวตากผ้าเมื่อแสงสว่างเพียงพอประตูเริ่มเปิด

รูปที่ 4.7 การทดสอบราวตากผ้าเมื่อแสงสว่างเพียงพอประตูเปิด

รูปที่ 4.8 การทดสอบราวตากผ้าเมื่อแสงสว่างเพียงพอผ้าเริ่มออกมาตาก

รูปที่ 4.9 การทดสอบราวตากผ้าเมื่อแสงสว่างเพียงพอผ้าออกมาตากสิ้นสุดการทำงาน

บทที่ 5
สรุปผลของโครงงาน

5.1 สรุปผลของโครงงาน

จากการทดลองควบคุมการทำงานของราวตากผ้าด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เซ็นเซอร์สามารถทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้หมุนเข้าเก็บผ้าได้เมื่อแสงสว่างไม่เพียงพอหรือมีฝนตก และสามารถให้มอเตอร์หมุนให้ตากผ้ากับไปเหมือนเดิมได้เมื่อมีแสงสว่างเพียงพอหรือเมื่อฝนหยุดตก

จะเห็นว่าโครงงานราวตากผ้าสามารถทำงานได้ตามความต้องการของผู้ใช้ได้จริง

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างทำโครงงาน

5.2.1 ปัญหาในการปรับปรุงแก้ไขโครงสร้างของราวตากผ้าอาจทำจากวัสดุที่ดีกว่านี้ได้ เนื่องจากทำด้วยเหล็กสังกะสี

5.2.2 อุปกรณ์ทำงานผิดพลาดบ้างบางครั้งในการเคลื่อนที่เข้าออกของราวตากผ้า เนื่องจากระบบลอกฝืด

5.3 แนวทางในการพัฒนา

5.3.1 พัฒนาโครงสร้างของราวตากผ้าเพื่อง่ายต่อการเก็บและแก้ไข

5.3.2 พัฒนาโปรแกรมในด้านการควบคุมราวตากผ้าจำลองด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อเพิ่มความทันสมัย

5.3.3 พัฒนาอุปกรณ์อินพุตเพื่อลดความผิดพลาดให้น้อยลง เช่น ใช้เซ็นเซอร์แสงที่สามารถตั้งค่าของความสว่างได้ดีกว่านี้

5.3.4 พัฒนาอุปกรณ์ให้ใช้ไปทำงานอย่างอื่นได้ตามที่ผู้ใช้ต้องการ

ภาคผนวก

ก.ภาษาซีที่ใช้ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

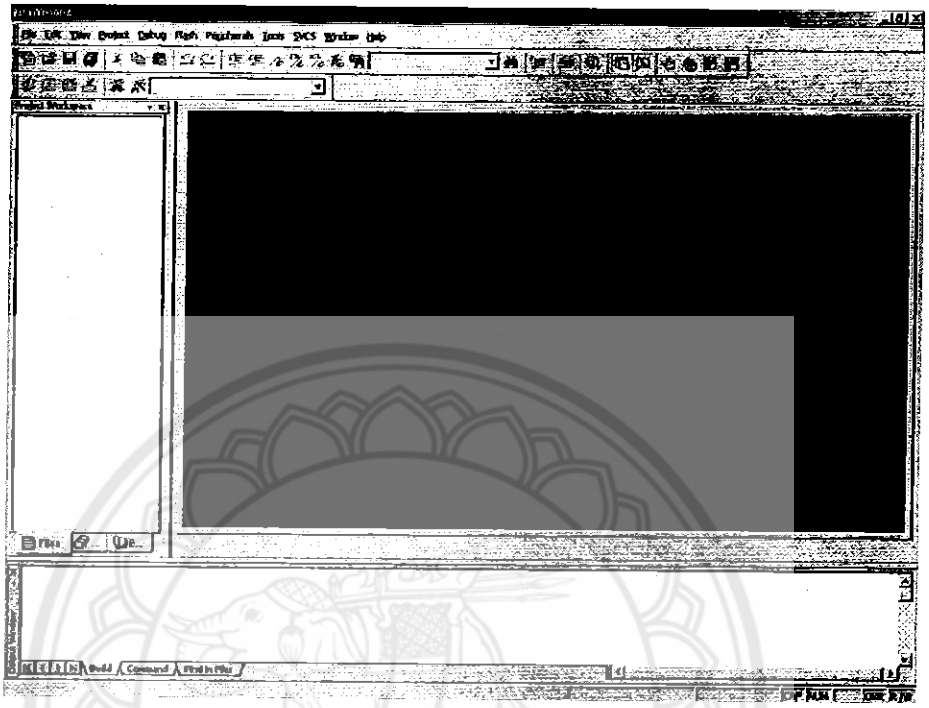
```
//#include <at89x51.h>
#include <REGX51.H>          // เรียกใช้ไฟล์ at89x51.h

unsigned int cot,deed,run_1,run_2,run_o; // ตัวแปรเก็บค่าการอินเตอร์รัปต์, ดีดตัวออกจากลูป,
                                         // รันเมื่อเซ็นเซอร์แสงทำงาน, รันเมื่อเซ็นเซอร์น้ำทำงาน
                                         // รันเมื่อกลับสภาวะปกติ

sbit sw1 =P1^0;              // กำหนดค่าของพอร์ตให้บิตที่ P1^0 ชื่อ sw1 คือ ลิมิตสวิทช์ตัวที่ 1
sbit sw2 =P1^1;              // กำหนดค่าของพอร์ตให้บิตที่ P1^1 ชื่อ sw2 คือ ลิมิตสวิทช์ตัวที่ 2
sbit sw3 =P1^2;              // กำหนดค่าของพอร์ตให้บิตที่ P1^2 ชื่อ sw3 คือ ลิมิตสวิทช์ตัวที่ 3
sbit sw4 =P1^3;              // กำหนดค่าของพอร์ตให้บิตที่ P1^3 ชื่อ sw4 คือ ลิมิตสวิทช์ตัวที่ 4

sbit sw5 =P1^4;              // กำหนดค่าของพอร์ตให้บิตที่ P1^4 ชื่อ sw5 คือ สวิทช์ตัวที่ 1
sbit sw6 =P1^5;              // กำหนดค่าของพอร์ตให้บิตที่ P1^5 ชื่อ sw6 คือ สวิทช์ตัวที่ 2
sbit sw7 =P1^6;              // กำหนดค่าของพอร์ตให้บิตที่ P1^6 ชื่อ sw7 คือ สวิทช์ตัวที่ 3
sbit sw8 =P1^7;              // กำหนดค่าของพอร์ตให้บิตที่ P1^7 ชื่อ sw8 คือ สวิทช์ตัวที่ 4
sbit sw9 =P3^5;              // กำหนดค่าของพอร์ตให้บิตที่ P3^5 ชื่อ sw9 คือ สวิทช์ manual

sbit in1=P3^7;               // กำหนดค่าของพอร์ตให้บิตที่ P3^7 ชื่อ in1 คือ เซ็นเซอร์ แสง
sbit in2=P3^6;               // กำหนดค่าของพอร์ตให้บิตที่ P3^6 ชื่อ in2 คือ เซ็นเซอร์ น้ำฝน

sbit led1 =P0^0;             // กำหนดค่าของพอร์ตให้บิตที่ P0^0 ชื่อ led1 คือ แสดงผล Auto
                             // หรือ Manual
sbit led2 =P0^1;             // กำหนดค่าของพอร์ตให้บิตที่ P0^1 ชื่อ led2 คือ แสดงเมื่อ
                             // เซ็นเซอร์ตัวใดตัวหนึ่งทำงาน
                             // ความพร้อมในการทำงาน
sbit out1 =P0^3;             // กำหนดค่าของพอร์ตให้บิตที่ P0^3 ชื่อ out1 คือ LED แสดงผลการ
                             // ทำงานของเซ็นเซอร์แสง
sbit out2 =P0^2;             // กำหนดค่าของพอร์ตให้บิตที่ P0^2 ชื่อ out2 คือ LED แสดงผลการ
                             // ทำงานของเซ็นเซอร์น้ำฝน
bit mn;                      // ตัวแปรเพื่อบอกสถานะว่าเป็น Auto หรือ Manual

void dmsec (unsigned int count)          // ฟังก์ชันหน่วงเวลา

{
   unsigned int i;
   while (count)
   {
      i = 115; while (i>0) i--;
      count--;
   }
}

//------------------------------------------------------------


sbit m1 =P0^4;               // กำหนดค่าของพอร์ตให้บิตที่ P0^4 ชื่อ m1 คือ รีเลย์ตัวที่ 1
sbit m2 =P0^5;               // กำหนดค่าของพอร์ตให้บิตที่ P0^5 ชื่อ m2 คือ รีเลย์ตัวที่ 2
sbit m3 =P0^6;               // กำหนดค่าของพอร์ตให้บิตที่ P0^6 ชื่อ m3 คือ รีเลย์ตัวที่ 3
sbit m4 =P0^7;               // กำหนดค่าของพอร์ตให้บิตที่ P0^7 ชื่อ m4 คือ รีเลย์ตัวที่ 4
//=================
void man_o (void)            // ฟังก์ชันการทำงานของรีเลย์ในการควบคุมมอเตอร์เมื่อประตูเปิด
{
```

```
  m1=0;m2=1;

 }//====================
  void man_c (void)              // ฟังก์ชันการทำงานของรีเลย์ในการควบคุมมอเตอร์เมื่อประตูปิด
 {

  m1=1;m2=0;

 }//====================
 void raw_o (void)               // ฟังก์ชันการทำงานของรีเลย์ในการควบคุมมอเตอร์เมื่อนำผ้าออกไป
 ตาก
 {

  m3=0;m4=1;

 }//=====================
  void raw_c (void)              // ฟังก์ชันการทำงานของรีเลย์ในการควบคุมมอเตอร์เมื่อนำผ้าเข้าเก็บ
 {

  m3=1;m4=0;

 }

 void open (void)                          // ฟังก์ชันการทำงานในช่วงที่เปิดประตูและตากผ้า
 {man_o(); deed=0;
   while(1){if(sw1==0){break;}
          dmsec(500);
                                led2=~led2;
                                deed++;if(deed>120){break;}
         }
   dmsec(500); raw_o();deed=0;
   while(1){if(sw3==0){break;}
          dmsec(500);
                                led2=~led2;
                                deed++;if(deed>120){break;}

         }
 }
 void clos (void)                          // ฟังก์ชันการทำงานในช่วงที่เก็บผ้าและปิดประตู
 { deed=0;
   raw_c();
   while(1){
          dmsec(500);
                                led2=~led2;
                                deed++;if(deed>120){break;}
                                if(sw4==0){break;}
         }
                                led2=~led2;
   dmsec(500); man_c();deed=0;
  while(1){
          dmsec(500);
                                led2=~led2;
                        deed++;if(deed>120){break;}
                                if(sw2==0){break;}
         }
 }
 bit fc;
```

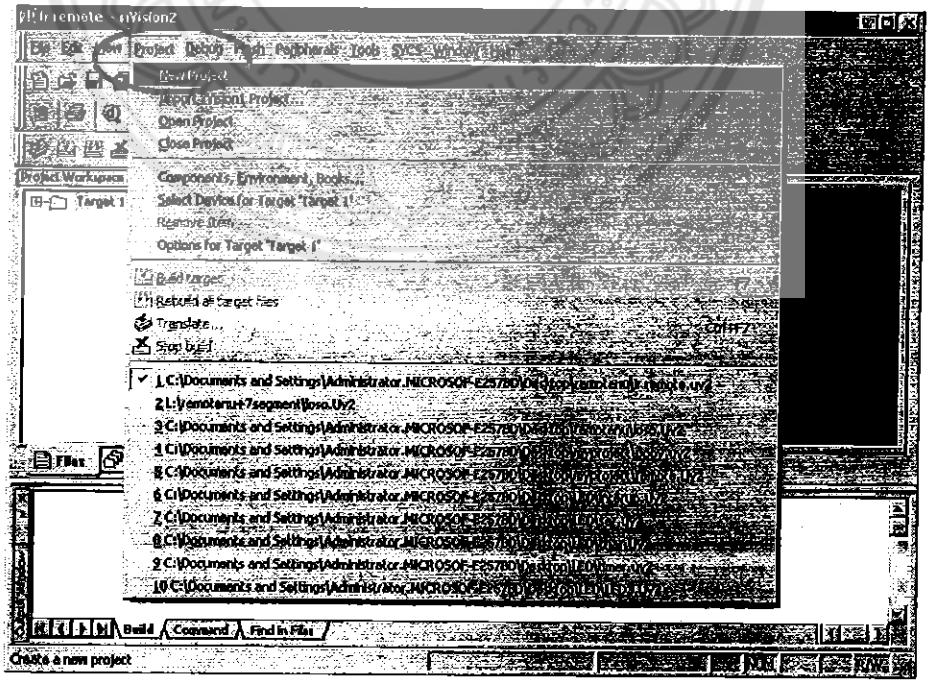
```
void main()                                  // ฟังก์ชันโปรแกรมหลัก โปรแกรมเริ่มทำงาน
{
          //-------run int ----------------------
      TR0=1;
             EA=1;
             ET0=1;
          //---------------------------------------
  //-----------------255-------------------
  P0=0;
  mn=1;
  while (1)
  {
          dmsec(10);
          if(sw9==0){mn=~mn;}        // เมื่อกด sw9 ค่าสถานะของ mn ไม่เท่ากับ 1 อยู่ใน
                                     // สถานะ Manaul
                  if(mn==1){if(fc==0){
if(in1==0){run_1++;if(run_1>200){clos();fc=1;}}else{run_1=0;}

if(in2==1){run_2++;if(run_2>200){clos();fc=1;}}else{run_2=0;}


                                                                          }
          if(fc==1){ if((in1==1)&(in2==0)){run_o++;if(run_o>200){open();fc=0;}
}else{run_o=0;}}

                                  } else{

                                                  if(sw8==0){ man_o(); }
                                                  if(sw7==0){ man_c(); }
                                                  if(sw6==0){ raw_o(); }
                                                  if(sw5==0){ raw_c(); }

                                                          }
          while(sw9==0){EA=0;led1=1;dmsec(200);}
          EA=1;
  }
}
//---------------------------------------------
void timer0(void) interrupt 1                  // ฟังก์ชันอินเทอร์รัปต์
{
          TL0=0x00;
          TH0=0x00;
          if(cot > 14)  { cot=0;
                                  if(mn==1){led1=~led1;}else{led1=0;}
             }
          cot++;
          out1=~in1;  //sang === 0 actav
          out2=in2;   //num === 1 actav

   if(sw1==0){m2=0;}
          if(sw2==0){m1=0;}
          if(sw3==0){m4=0;}
          if(sw4==0){m3=0;}

}
//---------------------------------------------
```

ข. โปรแกรม KEIL

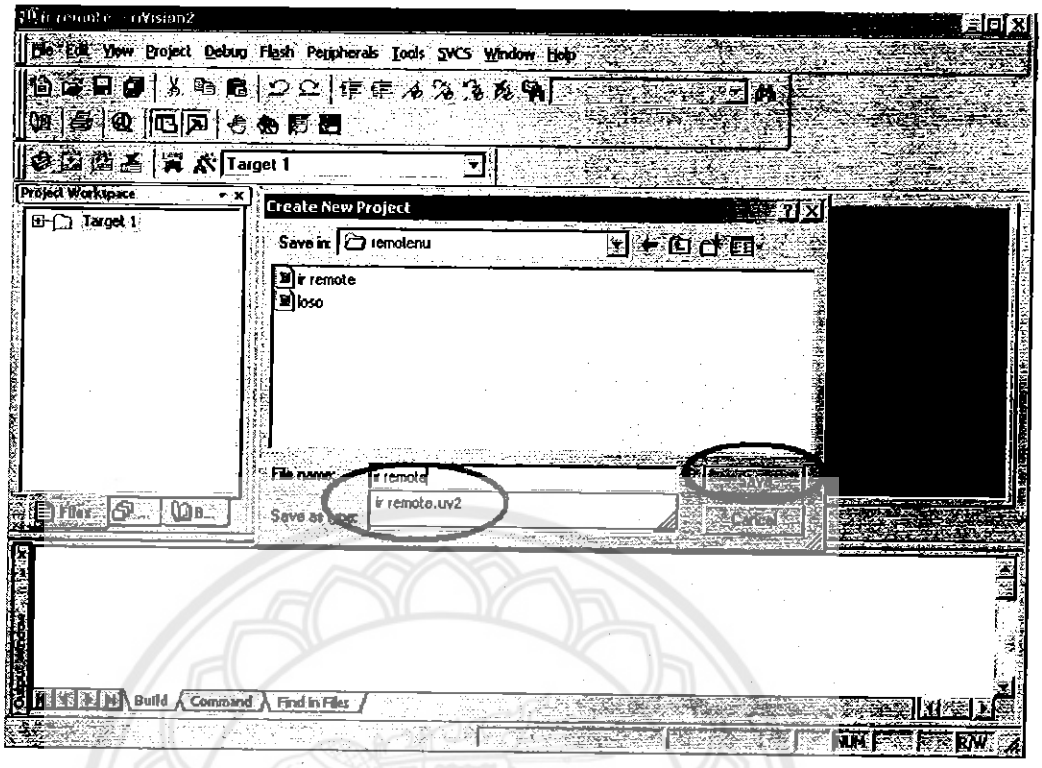
ใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างโปรเจค เมื่อทำการเริ่มโปรแกรมจะได้หน้าต่างของโปรแกรมดังรูป



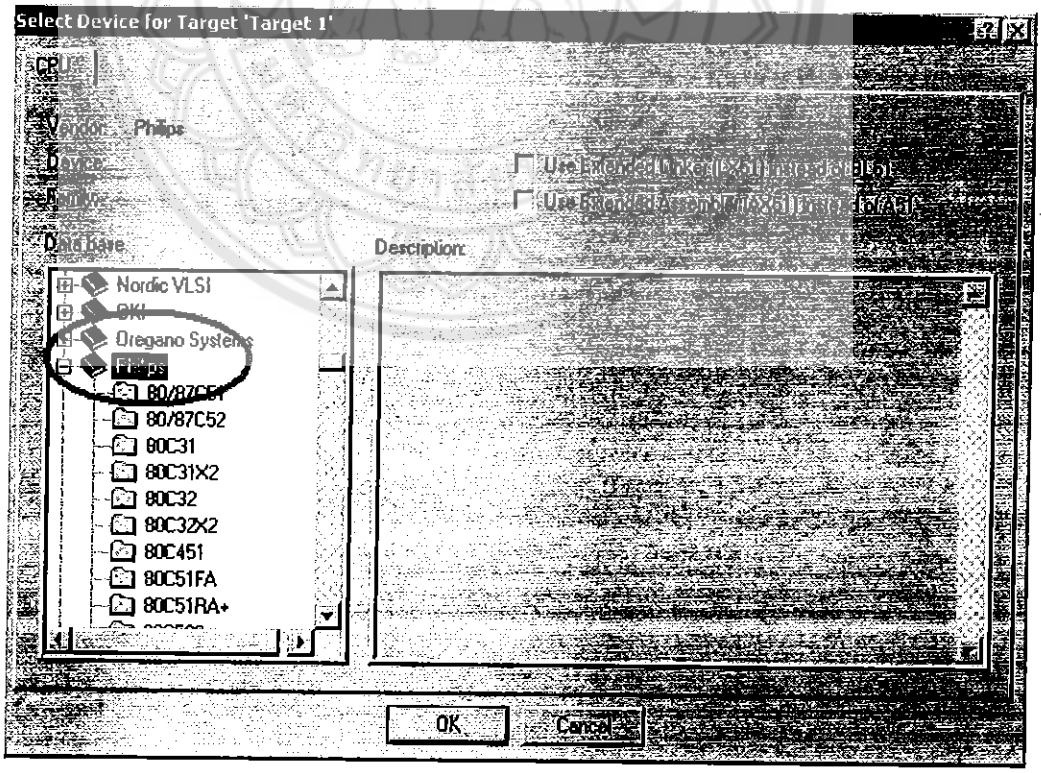
รูปที่ ข.1 หน้าต่างเริ่มแรกของโปรแกรม KEIL



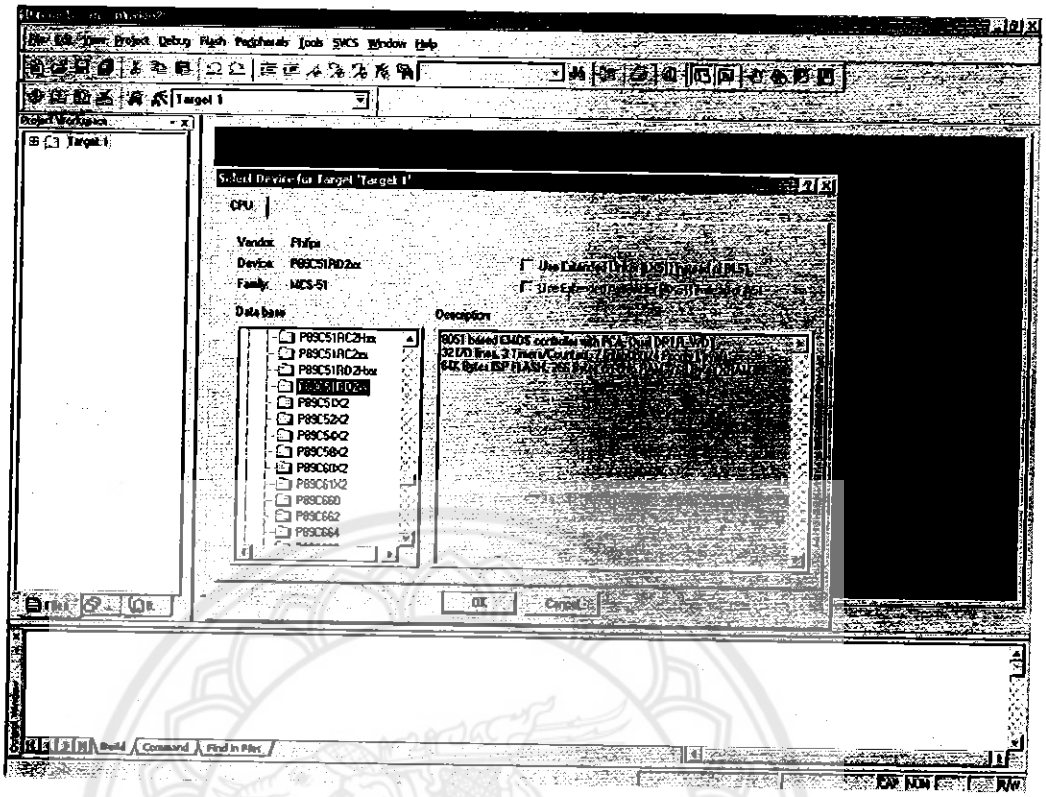
รูปที่ ข.2 การเริ่มทำโปรเจ็คการเขียนโปรแกรมใหม่



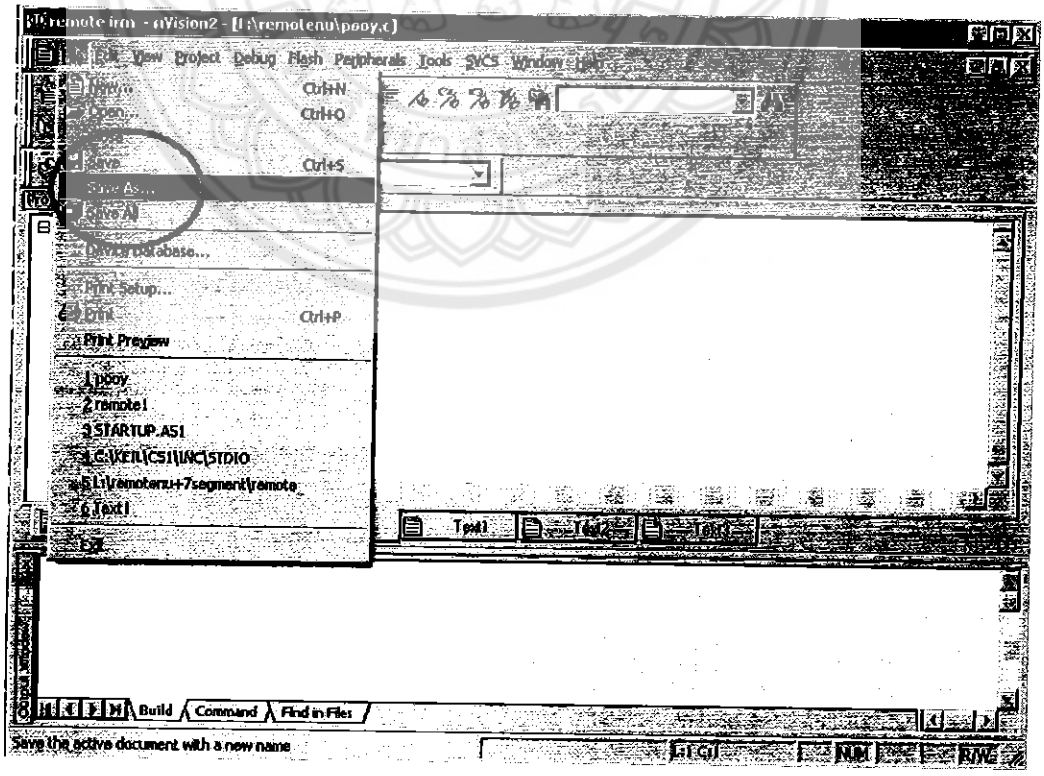
รูปที่ ข.3 ตั้งชื่อ File ที่ต้องการเขียน



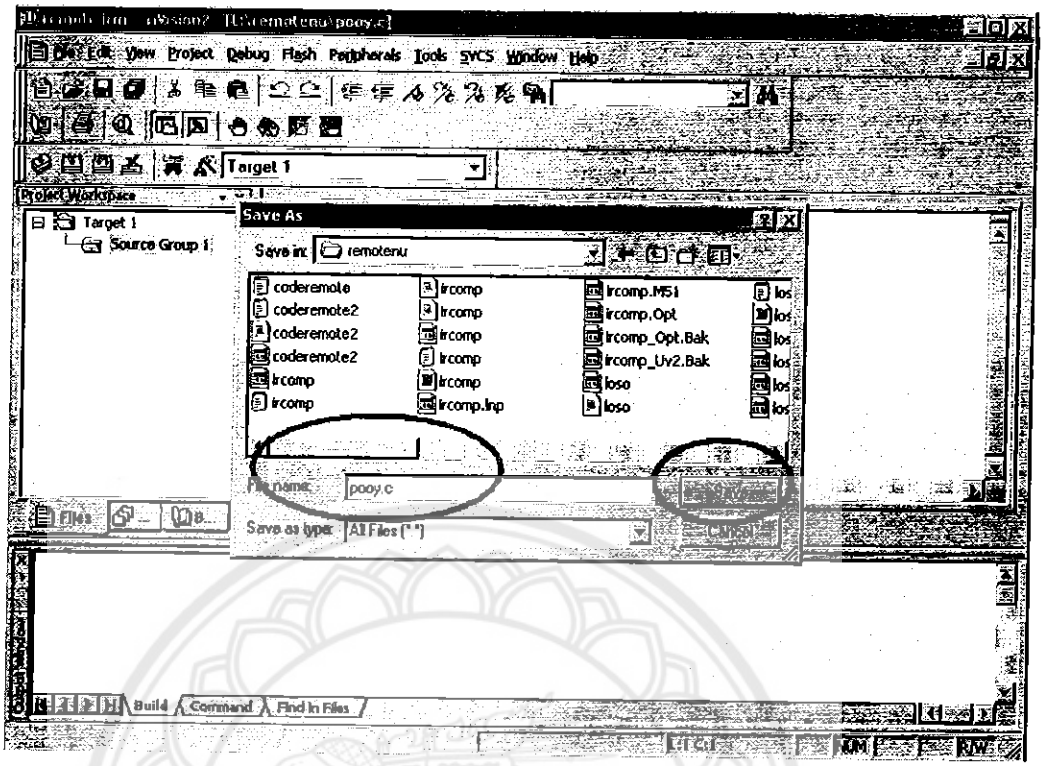
รูปที่ ข.4 เลือกรุ่นยี่ห้อของไอซีของบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์



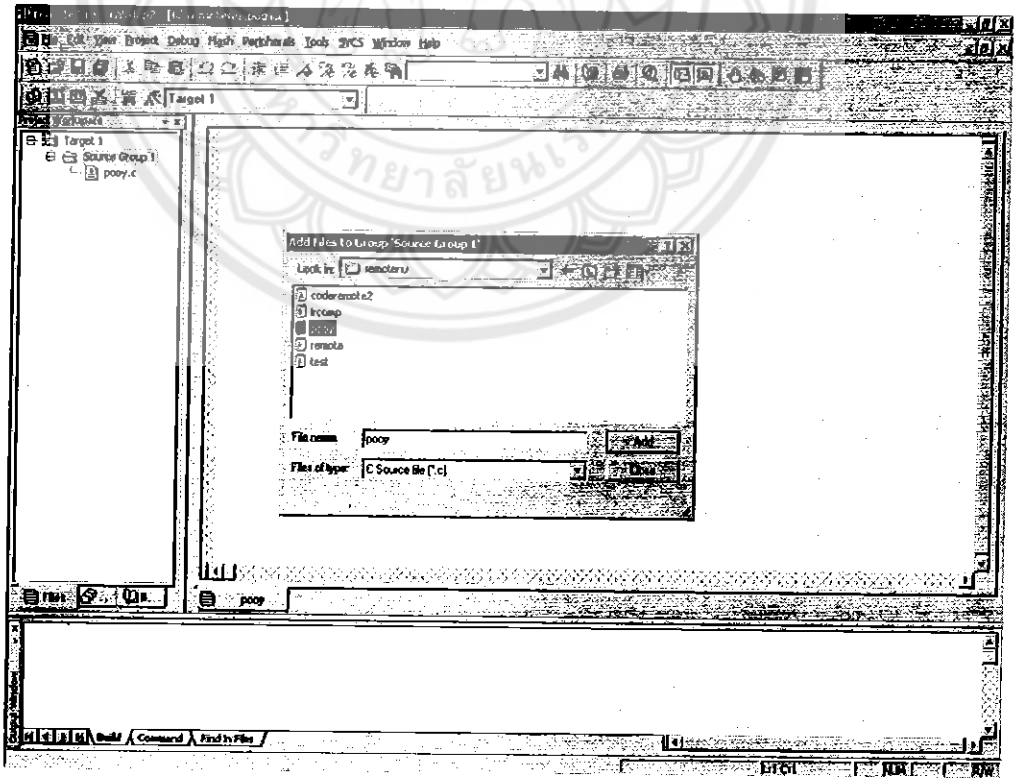
รูปที่ ข.5 เลือกรุ่นเบอร์ของไอซีของบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์



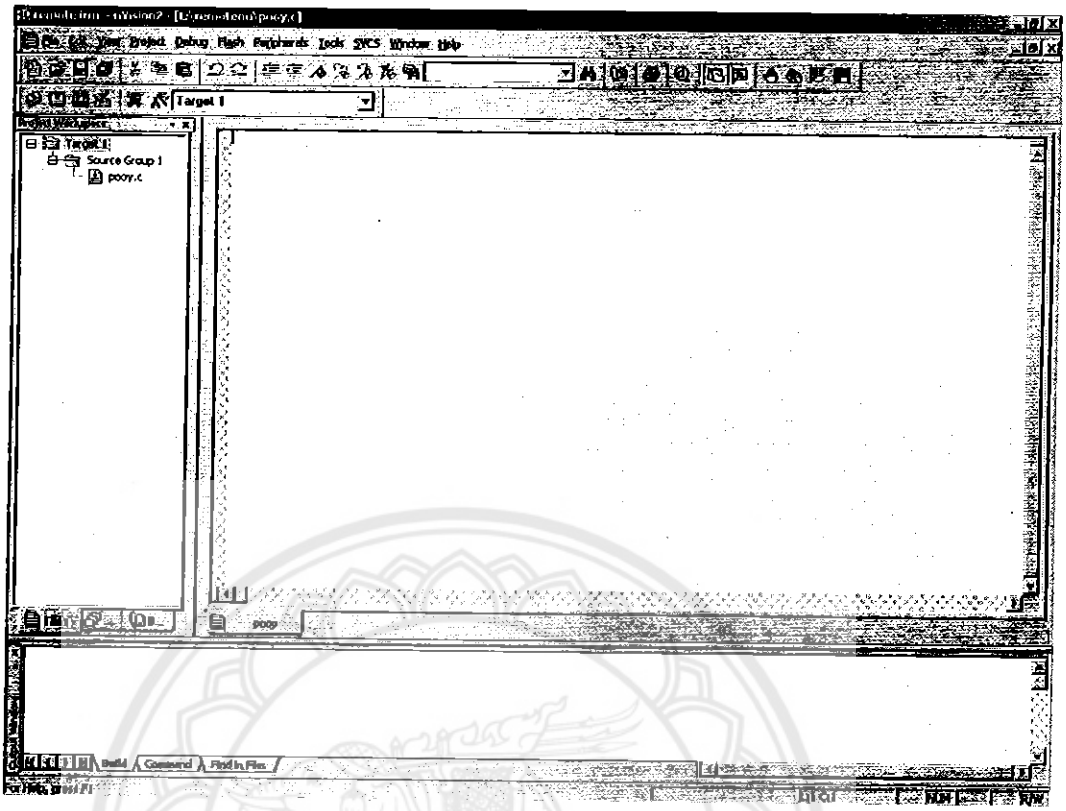
รูปที่ ข.6 เลือกรุ่นของไอซีของบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์



รูปที่ ข.7 การสร้างหน้า TEXT ขึ้นใหม่

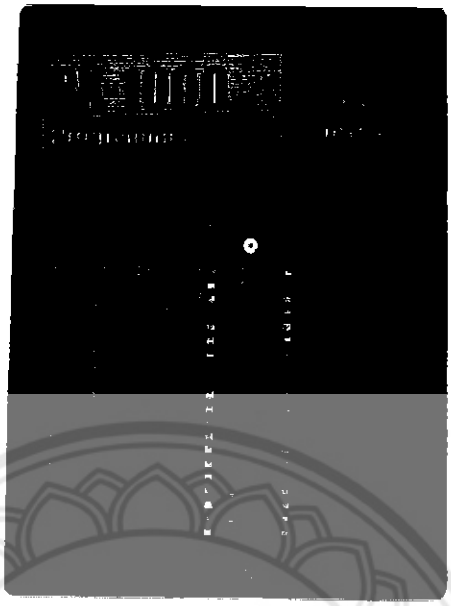


รูปที่ ข.8 ทำการ SAVE AS ชื่อ FILE ที่ตั้งไว้



รูปที่ ข.9 หน้าต่างที่พร้อมสำหรับเขียนโปรแกรม

ค. เครื่องโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS51 รุ่น PX-1000 V3.0



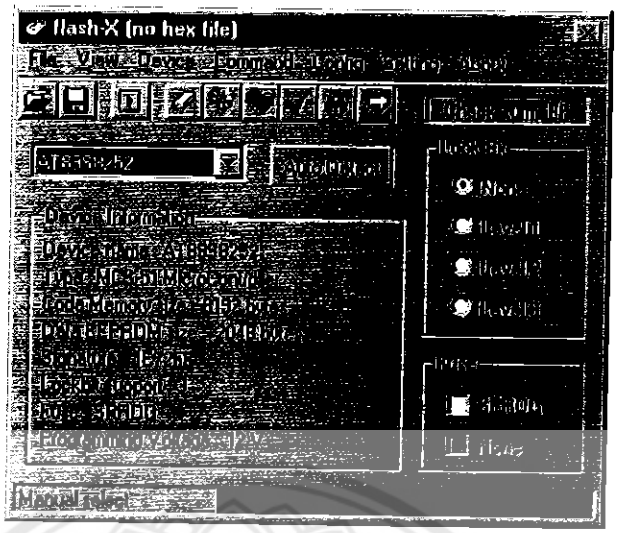
รูปที่ ค.1 เครื่องโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS51 รุ่น PX-1000 V3.0

PX-1000 V3.0 เป็นเครื่องโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS51 แบบแฟลชผ่านพอร์ต USB โปรแกรม MCS-51 ของ Atmel ได้ทุกเบอร์ ซอฟต์แวร์ ควบคุมการทำงานรันบนวินโดวส์ สามารถป้องกันการคัดลอกข้อมูลได้เชื่อมต่อกับทางคอมพิวเตอร์ ผ่านทางพอร์ต USB ทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะและแบบโน้ตบุ๊ค

คุณสมบัติทางเทคนิค

1. โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Atmel ได้ทุกเบอร์
   รุ่น 20 ขา : AT89C1051(U)/2051/4051, AT89S2051/4051, AT89LP2052/4052
   รุ่น 40 ขา : AT89C51/52, AT89S51/52/53/8252/8253
2. เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ทางพอร์ต USB
3. มีซ็อกเก็ต ZIF สำหรับติดตั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ต้องการโปรแกรม
4. มีฟังก์ชั่นเขียน / อ่าน / แก้ไข / ตรวจสอบข้อมูล
5. มีฟังก์ชั่น Auto detect สำหรับตรวจสอบเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างอัตโนมัติ
6. มีฟังก์ชั่นป้องกันการอ่านหรือ Lock-bit
7. มีฟังก์ชั่นลบและตรวจสอบข้อมูลว่างสามารถแสดงค่า Check sum
8. สามารถกำหนดรูปแบบการทำงานอัตโนมัติเพื่อความสะดวกในการโปรแกรม
9. ซอฟต์แวร์ชื่อ Flash-X ทำงานบนวินโดวส์ 98SE/ME-NT/2000/XP

ง. โปรแกรมบันทึกข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Atmel



รูปที่ ง.1 โปรแกรมบันทึกข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Atmel Flash-X Version 2.40

คุณสมบัติทางเทคนิค

1. เวอร์ชั่น 2.40 เพิ่มโปรแกรมช่วยค้นหาและตั้งค่าฮาร์ดแวร์อัตโนมัติ เพื่อใช้งานได้ง่ายยิ่งขึ้น
2. แก้ปัญหาการใช้งานกับ iX-51 / NX-51 ของเวอร์ชั่น 2.39
3. แก้ปัญหาการใช้งานฟังก์ชั่น Write fuse ในโหมด Auto ของเวอร์ชั่น 2.38
4. รองรับ PX-1000V2 & V3 Rev.J แก้ปัญหาโปรแกรม AT89S8253 ล็อตผลิต 06xx error
5. ติดตั้งอัตโนมัติ ขนาด 1,194KB
6. ทำงานได้บน Windows 98SE/Me/NT/2000/XP
7. รุ่น PX-1000V2 และ V3 (ตัวใหม่สีดำ) โปรแกรมได้ครบทุกเบอร์

   AT89C51/52/55/55WD/51RC

   AT89S51/52/53/8252

   AT89S8253 (ตั้งแต่ PX-1000 V2 รุ่น F เป็นต้นไป)

   AT89LP2052/4052 (ตั้งแต่ PX-1000 V2 รุ่น F เป็นต้นไป)

   AT89S2051/4051 (ตั้งแต่ PX-1000 V2 รุ่น G เป็นต้นไป)

   AT89LS53/8252

   AT89C1051/1051U/2051/2051X2/4051

   AT90S1200/2313

   AT90S4434/8535 (ใช้บอร์ดอะแดปเตอร์ร่วมด้วย)

เอกสารอ้างอิง

[1] รองศาสตราจารย์ ธีรวัฒน์ ประกอบผล. **ไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษา C**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2545.

[2] รองศาสตราจารย์ ธีรวัฒน์ ประกอบผล. **การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์**.กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2547.

[3] อุดม รานอก. **ภาษา C สำหรับงานควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51**. นนทบุรี : ไอดีซีฯ, 2548.

[4] ประภาพร ช่างไม้. คู่มือเขียนโปรแกรมภาษา C, พิมพ์ครั้งที่1, 2545.

[5] แผนกหนังสือพิเศษด้านอิเล็กทรอนิกส์.**ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2538.

http://www.datasheetcatalog.com

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน

ชื่อ นายนิคม ใจนาน
ภูมิลำเนา 7 ม.5 ต.ฝายกวาง อ.เชียงคำ จ.พะเยา 56110
ประวัติการศึกษา

- มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนเชียงคำวิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 6 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : kodykhom_555@hotmail.com

ชื่อ นายปิยะพงศ์ สีขาว
ภูมิลำเนา 62/1 ม.2 ต.เหมืองหม้อ อ.เมือง จ.แพร่ 54000
ประวัติการศึกษา

- มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนถิ่นโอภาสวิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 6 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : piyapong_aek@hotmail.com

ชื่อ นายวิเชียร ทองคำ
ภูมิลำเนา 14 ม.2 ต.ปง อ. ปง จ. พะเยา 56140
ประวัติการศึกษา

- มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนปงรัชดาภิเษก
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 6 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : wichiantk@hotmail.com