สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมระดับแสงภายในห้อง

LIGHT-CONTROLLED ROOM

T042752

โดย

นางสาว วัลลภา พิชญวรกุล

นางสาว วาสนา ครองสุขสรรพ์

วท.
ว 4 5 ว
ส 5 4 3
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 42752
วัน, เดือน, ปี 7 มิ.ย. 2545

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมระดับแสงภายในห้อง
LIGHT-CONTROLLED ROOM

โดย

นางสาว วัลลภา พิชญวรกุล เลขประจำตัว 40010719
นางสาว วาสนา ครองสุขสรรพ์ เลขประจำตัว 40010723

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.พิชัย คูศิริวานิชกร

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2543

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมระดับแสงภายในห้อง (LIGHT-CONTROLLED ROOM)

ผู้จัดทำ

1.นางสาว วัลลภา พิชญวรกุล เลขประจำตัว 40010719

2.นางสาว วาสนา ครองสุขสรรพ์ เลขประจำตัว 40010723

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. พิชัย ดูศิริวานิชกร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมระดับแสงภายในห้อง

LIGHT-CONTROLLED ROOM

นางสาว วัลลภา พิชญวรกุล เลขประจำตัว 40010719

นางสาว วาสนา ครองสุขสรรพ์ เลขประจำตัว 40010723

โครงงานได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

(.....)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมระดับแสงภายในห้อง

นางสาว วัลลภา พิชญวรกุล
นางสาว วาสนา ครองสุขสรรพ์
ผศ. พิชัย คูศิริวานิชกร อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนี้ เทคโนโลยีในด้านต่างๆได้เจริญรุดหน้าไปอย่างไม่หยุดยั้ง ระบบต่างๆหลายระบบที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันถูกควบคุมเพื่อให้มนุษย์ได้รับความสะดวกสบายและมีความรวดเร็วในการทำงาน และระบบบางระบบยังสามารถช่วยประหยัดพลังงานด้วย ดังนั้นโครงงานนี้จึงได้นำเสนอระบบการควบคุมระดับแสงภายในห้อง โดยอาศัยความเข้มแสงที่ผ่านเข้ามาในตัวอาคาร ที่มีอุปกรณ์รับแสงเป็นตัวตรวจสอบ และควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งผู้ใช้สามารถปรับระดับแสงที่จะเข้ามาภายในห้องได้ 5 ระดับ โดยใช้ม่านปรับแสงเป็นอุปกรณ์ปรับระดับแสง และมีระบบการตั้งเวลาเปิดปิดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LIGHT-CONTROLLED ROOM

Miss Wanlapa Pichayaworakul
Miss Wassana Krongsooksun
Assist.Prof. Pichai Kusiriwanitchakorn (Advisor)
Educational Year 2000

Abstract

Nowadays, technologies are growing rapidly. Many systems are controlled in order to make people more comfortable , easier , faster and some systems can save energy , too. This project presents Light-Controlled system that controlled luminosity in a room by using photo detecting device and microcontroller. Any user can adjust luminosity to five levels with automatic curtain and also has setting time circuit for turning on or turning off light.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ขอบเขตการทำงาน	1
1.2 หลักการทำงาน	1
1.3 บล็อกไดอะแกรมของโครงงาน	3
บทที่ 2 อุปกรณ์รับแสงและการออกแบบความสว่าง	4
2.1 อุปกรณ์ตัวรับแสง	4
2.2 การออกแบบความสว่างภายในห้อง	6
2.3 ระบบแสงภายในสำนักงาน	7
2.4 เทคนิคการควบคุมแสงสว่าง	8
2.4.1 แสงสว่างเกินความจำเป็น	8
2.4.2 อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อเปิด/ปิดไฟแสงสว่าง	9
2.4.3 การใช้แสงธรรมชาติ	10
2.5 ไพโรอิเล็คทริกเซ็นเซอร์	10
2.6 ระบบการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล	12
บทที่ 3 หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์และสเตปปิ้งมอเตอร์	16
3.1 หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์	16
3.2 พัลส์วิดธ์โมดูเลชั่นแอมพลิฟายเออร์	17
3.3 การทำงานของแอมพลิฟายเออร์แบบพัลส์วิดธ์โมดูเลชั่น	18
3.4 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ และชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์	19
3.5 การทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

บทที่ 4 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์และการสร้างฐานเวลา 26

4.1 คุณสมบัติที่สำคัญ 26

4.2 ลักษณะทั่วไปของ AT89C51 26

4.3 โครงสร้างของพอร์ทอินพุท เอาท์พุท และการใช้งาน 28

4.4 ชุดคำสั่งของ MCS-51 29

4.5 การสร้างฐานเวลาให้แก่ MCS-51 30

4.6 คุณสมบัติของชิป RTC เบอร์ DS 1202 30

4.7 โครงสร้างของชิป RTC เบอร์ DS 1202 32

4.8 การเลือกใช้คริสตอล 37

บทที่ 5 การออกแบบและการทำงาน 38

5.1 การออกแบบและการทำงานของวงจรในส่วนต่างๆ 38

5.1.1 เซ็นเซอร์ระดับความเข้มแสงพร้อมด้วย
การเปลี่ยนระดับสัญญาณดิจิตอล 38

5.1.2 การเลือกระดับความเข้มของแสง 40

5.1.3 ส่วนควบคุมดีซีมอเตอร์ 40

5.1.4 ส่วนจำกัดการหมุนของมอเตอร์ 42

5.1.5 ส่วนตรวจจับการเคลื่อนไหวของคน 42

5.1.6 ส่วนควบคุมการหมุนของสเตปปิ้งมอเตอร์ 43

5.1.7 ส่วนวงจรควบคุมการเปิดไฟ 43

5.1.8 วงจรส่วนสร้างฐานเวลาจริง 44

5.1.9 ส่วนตั้งเวลาเปิด-ปิดไฟอัตโนมัติ 44

5.1.10 ส่วนการแสดงผล 44

5.1.11 ส่วนที่ควบคุมโดยผู้ใช้งานเอง 46

5.2 การออกแบบและการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 46

5.2.1 แผนผังลำดับงานแสดงการทำงานในส่วนปรับม่านแบบอัตโนมัติ 47

5.2.2 แผนผังลำดับงานของส่วนสร้างฐานเวลาจริง 51

5.2.3 แผนผังลำดับงานแสดงการตั้งเวลาเปิด-ปิดไฟ 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

บทที่ 6 การทดสอบและผลการทดสอบ 54
6.1 การทดสอบวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล 54
6.2 การทดสอบความแตกต่างของความเข้มแสงที่หน้าต่างและมุมหลังห้อง 54
6.3 การทดสอบการทำงานโดยรวมของระบบ 55
6.4 การทดลองวงจรตรวจจับการเคลื่อนไหวของคน 56
6.4.1 ลักษณะของกราฟที่วัดที่จุดเอาท์พุทของวงจร 56
6.4.2 การทดลองวัดระยะทางที่เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับได้ 57
บทที่ 7 สรุปและวิจารณ์โครงงาน 59
7.1 สรุปโครงงาน 59
7.2 ปัญหาที่พบระหว่างทำโครงงาน 60
ภาคผนวก ก. โปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
ภาคผนวก ข. รูปวงจรรวมของโครงงาน
ภาคผนวก ค. Data Sheet
กิตติกรรมประกาศ
บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโครงงาน 3
รูปที่ 2.1 ลักษณะทั่วไปของแอลดีอาร์และสัญลักษณ์ 4
รูปที่ 2.2 (ก) หลักการทำงานของแอลดีอาร์ 5
(ข) โครงสร้างของแอลดีอาร์แบบคัดเมียมซัลไฟด์ 5
(ค) ความต้านทานของแอลดีอาร์ที่เปลี่ยนแปลงตามความสว่างของแสง 5
รูปที่ 2.3 แสดงระบบไฟทั่วไป 6
รูปที่ 2.4 แสดงระบบไฟโดยตรง 6
รูปที่ 2.5 แสดงระบบไฟเฉพาะที่ 7
รูปที่ 2.6 แสดงระบบไฟเฉพาะที่พิเศษ 7
รูปที่ 2.7 แสดงการประหยัดพลังงานโดยลดความสว่างเฉพาะช่วงเวลา 8
รูปที่ 2.8 แสดงช่วงการตรวจจับการเคลื่อนไหวในลักษณะการใช้งานต่างๆกัน
โดยติดตั้งที่ระดับความสูง 2.4 เมตร 9
รูปที่ 2.9 แสดงกราฟการประหยัดพลังงานโดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว 10
รูปที่ 2.10 แสดงการทำงานของไพโรอิเล็คทริกเซ็นเซอร์ 11
รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะของ FRESHNEL LENS 12
รูปที่ 2.12 การรวมแสงของ FRESHNEL LENS 12
รูปที่ 2.13 แสดงการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลของ ADC0808 13
รูปที่ 3.1 ดีซีมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร 17
รูปที่ 3.2 แอมพลิฟายเออร์แบบ PWM และดีซีมอเตอร์ 18
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่มีการ
พันขดลวดทั้ง 2 แบบ
(ก) สำหรับชนิดยูนิโพลาร์ 21
(ข) สำหรับชนิดไบโพลาร์ 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 3.4 (ก) แสดงสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่มีการต่อวงจรขดลวดภายในเพื่อกระตุ้นให้เกิดขั้วแม่เหล็กขึ้น 1 ขั้ว 23
(ข) แสดงการต่อวงจรขดลวดแบบกระตุ้นให้เกิดขั้วแม่เหล็กพร้อมกัน 2 ขั้ว 23
รูปที่ 4.1 แสดงการกำหนดหน้าที่ขาไอซี 27
รูปที่ 4.2 โครงสร้างของพอร์ททั้ง 4 พอร์ทของ MCS-51 28
รูปที่ 4.3 แสดงโครงสร้างภายในของ DS 1202 32
รูปที่ 5.1 แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล 39
รูปที่ 5.2 แสดงวงจรควบคุมมอเตอร์ 41
รูปที่ 5.3 แสดงการใช้ออปแอมป์จำกัดการหมุนของมอเตอร์ 42
รูปที่ 5.4 แสดงส่วนประกอบของวงจรตรวจจับการเคลื่อนไหวของคน 43
รูปที่ 5.5 แสดงวงจรควบคุมการเปิดไฟ 43
รูปที่ 5.6 แสดงการสร้างฐานเวลา 44
รูปที่ 5.7 แสดงวงจรควบคุมการแสดงผลโดยใช้ 7-segment 45
รูปที่ 5.8 แผนผังลำดับงานแสดงการทำงานในส่วนปรับม่านอัตโนมัติ 47
รูปที่ 5.9 แผนผังลำดับงานแสดงการทำงานในส่วนปรับม่านอัตโนมัติ(ต่อ) 48
รูปที่ 5.10 แผนผังลำดับงานแสดงการทำงานในส่วนปรับม่านอัตโนมัติ(ต่อ) 49
รูปที่ 5.11 แผนผังลำดับงานแสดงการทำงานในส่วนปรับม่านอัตโนมัติ(ต่อ) 50
รูปที่ 5.12 แผนผังลำดับงานของส่วนสร้างฐานเวลาจริง 51
รูปที่ 5.13 แผนผังลำดับงานแสดงการตรวจสอบการกดสวิทช์ในการตั้งเวลา 52
รูปที่ 5.14 แผนผังลำดับงานแสดงการตั้งเวลาเปิด-ปิดไฟ 53
รูปที่ 6.1 แสดงสัญญาณที่ได้จากวงจรตรวจจับเมื่อมีการเคลื่อนไหว 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงการเลือกสัญญาณอนาลอก 14
ตารางที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบเวฟ 24
ตารางที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบ 2 เฟส 24
ตารางที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบครึ่งสเต็ป 25
ตารางที่ 4.1 แสดงการใช้งานใน BURST MODE 36
ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลการทำงานของรีจิสเตอร์ และ RAM ใน DS 1202 37
ตารางที่ 5.1 แสดงการแบ่งระดับความเข้มของแสง 40
ตารางที่ 6.1 แสดงการทดสอบวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล 54
ตารางที่ 6.2 แสดงความแตกต่างของความเข้มแสงที่หน้าต่างและหลังห้อง 54
ตารางที่ 6.3 ระดับความเข้มแสงที่กำหนดในโปรแกรม 55
ตารางที่ 6.4 แสดงระดับความเข้มแสงหลังจากที่ระบบเริ่มทำงาน 56
ตารางที่ 6.5 แสดงระยะทางที่เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

โครงงานการควบคุมระดับแสงภายในห้อง เป็นโครงงานที่มีแนวคิดเริ่มต้นมาจากความสว่างภายในห้องที่มีผลต่อสายตาของผู้ทำงานในสำนักงานใหญ่ โดยทั่วไปก็ทราบกันดีอยู่แล้วว่าถ้าห้องที่มีผู้ใช้ทำงานนั้นมีปริมาณแสงในห้องน้อย อาจเป็นอันตรายต่อสายตาคนเราได้ แต่ถ้าแสงเข้ามาภายในสถานที่ทำงานมากเกินไปจะทำให้อุปกรณ์เครื่องใช้ในสำนักงานถูกแดดส่องเข้ามาโดยตรง ซึ่งไม่เป็นผลดีต่ออุปกรณ์เครื่องใช้ จุดสำคัญอีกจุดหนึ่งก็คือระบบจะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากการเปิดปิดไฟจะขึ้นอยู่กับเวลาทำงานของสำนักงาน และระดับแสงในห้องในขณะนั้นว่าเพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้หรือไม่ โดยมีม่านปรับแสงเป็นตัวช่วยปรับระดับแสงจากภายนอกก่อน แล้วจึงมีการเพิ่มระดับแสงด้วยการเปิดไฟ หากแสงสว่างภายในห้องไม่เพียงพอ แต่ถ้าแสงเข้ามาภายในห้องเพียงพอแล้วก็ไม่จำเป็นต้องเปิดไฟ และประโยชน์ของม่านปรับแสงยังช่วยให้สำนักงานใหญ่บางแห่งที่มีอาคารเป็นกระจก ได้รับการกั้นไม่ให้แสงเข้ามาโดยตรง ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิภายในห้องไม่สูงนักและ เครื่องปรับอากาศก็ไม่ต้องทำงานหนักขึ้น

1.1 ขอบเขตการทำงาน

โครงงานนี้เป็นโครงงานต่อเนื่อง 2 ภาคเรียน เริ่มต้นด้วยการค้นคว้าหาข้อมูล เกี่ยวกับแสงและระดับความเข้มของแสงที่มีผลต่อสายตา ลองสมมติสถานการณ์ภายในห้องทำงานจริงที่จะใช้ม่านปรับระดับแสงเป็นตัวปรับระดับแสงที่เข้ามาภายในห้อง โดยให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกระดับความเข้มแสงได้ตามต้องการ และถ้าม่านไม่สามารถปรับจนได้ระดับนั้น จะมีการตรวจจับการเคลื่อนไหวของคน และหน่วงเวลาก่อนที่จะเปิดไฟเพื่อที่จะไม่มีการเปิดไฟกระทันหันตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงเพียงชั่วคราว การทำงานของระบบจะถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยขึ้นอยู่กับส่วนตรวจจับความเข้มแสง และศึกษาการทำงานของนาฬิกาที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ พร้อมทั้งสร้างฐานเวลาจริง และสร้างวงจรตั้งเวลาเปิดปิดไฟ เพื่อเปรียบเทียบกันแล้วนำไปใช้ในการตัดสินใจให้เปิดไฟหรือปิดไฟ ตามความต้องการของผู้ใช้

1.2 หลักการทำงาน

ระบบประกอบด้วย 10 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1.2.1 ส่วนควบคุมแบบอัตโนมัติโดยอาศัยการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ในการควบคุมการทำงานและคอยรับสัญญาณจากส่วนอื่นๆ เพื่อใช้ในการตัดสินใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2 ส่วนของการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล เพื่อนำไปประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป

1.2.3 ส่วนตรวจรับแสง ใช้อุปกรณ์รับแสง LDR ที่มีค่าความต้านทานแปรผกผันกับความเข้มแสง และวัดระดับแรงดันเป็นค่าเปรียบเทียบตามระดับที่ผู้ใช้กำหนด

1.2.4 ส่วนของมอเตอร์มีทั้งดีซีมอเตอร์ที่ควบคุมการปรับระดับม่านให้ได้ระดับแสงที่ต้องการ และสเตปปิ้งมอเตอร์ที่ทำให้ ไพโรอิเล็คเซ็นเซอร์สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของคนได้ทั่วห้อง

1.2.5 ส่วนจำกัดการหมุนของมอเตอร์ ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้จำกัดการหมุนเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายขึ้นกับมอเตอร์ และเป็นตัวกำหนดจุดที่ม่านเปิดให้ความสว่างเข้ามาได้มากที่สุด

1.2.6 ส่วนของวงจรตรวจจับการเคลื่อนไหว สำหรับตรวจดูว่ามีคนอยู่ภายในห้องหรือไม่ เพื่อเป็นเงื่อนไขหนึ่งในการเปิดปิดไฟ

1.2.7 ส่วนแสดงผล มี 2 ส่วน คือ แสดงระดับความเข้มของแสง และเวลาจากฐานเวลาทั้งเวลาจริงและเวลาที่ตั้งไว้เพื่อให้เปิดปิดไฟ

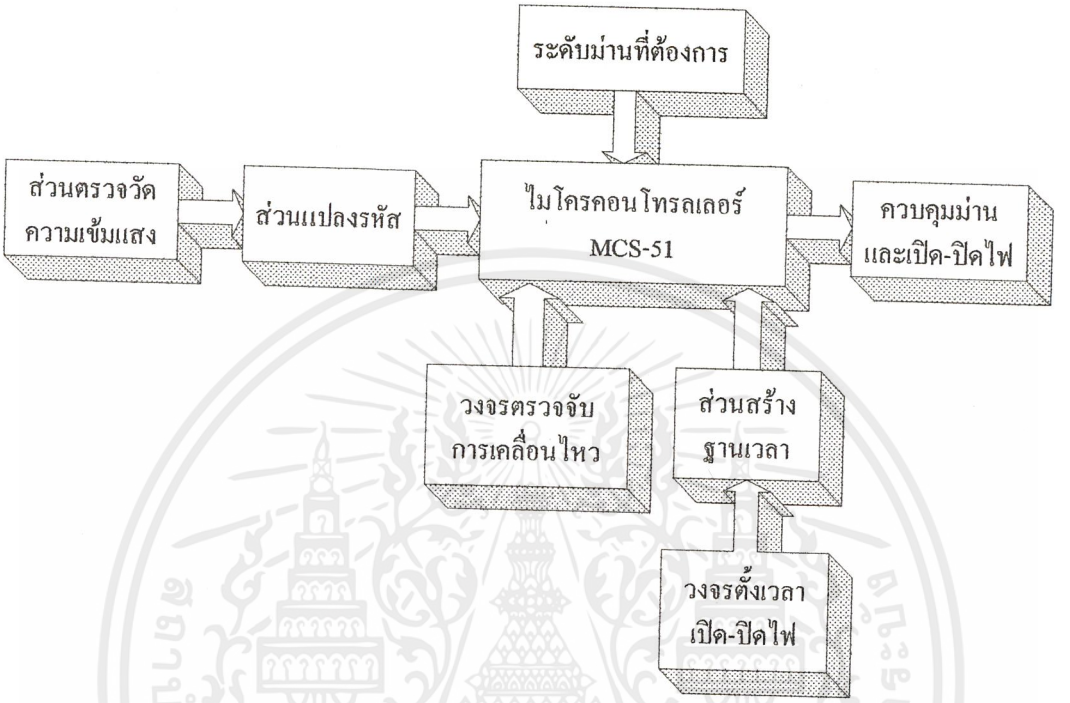
1.2.8 ส่วนควบคุมม่านโดยผู้ใช้งานเอง ในส่วนนี้ผู้ใช้จะสามารถปรับระดับของม่านได้ตามที่ต้องการเอง ซึ่งจะดึงม่านขึ้นหรือปล่อยม่านลงก็ได้

1.2.9 ส่วนสร้างฐานเวลา วงจรในส่วนนี้จะใช้ IC เบอร์ DS 1202 ในการสร้างฐานเวลาเพื่อจะนำไปป้อนให้ส่วนควบคุมไฟต่อไป

1.2.10 ส่วนตั้งเวลาเปิดปิดไฟ ไฟจะเปิดเมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้ และปิดตามเวลาที่ตั้งไว้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 บล็อกไดอะแกรมของโครงงาน



รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

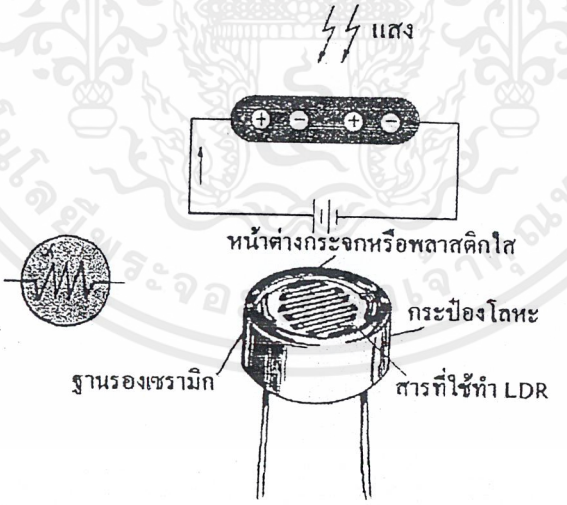
บทที่2
อุปกรณ์รับแสงและการออกแบบความสว่าง

2.1 อุปกรณ์ตัวรับแสง

อุปกรณ์ตัวรับแสง หมายถึง อุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนตัวรับแสงให้แปรค่ากับค่าของพลังงานทางไฟฟ้าที่ได้ โดยตัวอุปกรณ์จะต้องประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำซึ่งอาจจะนำมาต่อเชื่อมให้เกิดเป็นรอยต่อหรือเป็นเนื้อสารกึ่งตัวนำอย่างเดียวก็ได้ ตัวอย่างอุปกรณ์เหล่านี้พอจะแยกแยะอธิบายได้ดังนี้

2.1.1 ตัวต้านทานไวแสง (LDR)

LDR เป็นคำย่อของคำว่า light dependent resistor หรือค่าตัวต้านทานที่แปรค่าได้กับแสงนั่นเอง โดยเมื่อป้อนพลังงานอย่างเพียงพอให้กับวาเลนซ์อิเลคตรอนของสารกึ่งตัวนำจะทำให้เกิดการแตกตัวของโฮลและอิเลคตรอนแตกตัวนี้จะต้องเป็นพลังงานที่มาจากภายนอก เช่น แสง ความร้อน ปริมาณของพลังงานที่ต้องการทำให้เกิดการแตกตัวของอิเลคตรอน-โฮล จะขึ้นอยู่กับชนิดของสารนั้นๆ



รูปที่ 2.1 ลักษณะทั่วไปของแอลดีอาร์และ สัญลักษณ์

หลักการทำงานของ LDR แสดงได้ดังรูปที่ 2.2(ก)แรงดัน (V) ที่ตกคร่อมสารกึ่งตัวนำซึ่งมีค่าความนำไฟฟ้า(σ) จะมีผลทำให้กระแส (I) ไหล และเมื่อได้รับแสงมากขึ้น ค่าความนำก็จะเพิ่มขึ้น ($\Delta\sigma$) และจะเป็นสัดส่วนกับจำนวนการแตกตัวของอิเล็กตรอน-โฮลที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากแสง ทำให้กระแสไหลเพิ่มขึ้น(ΔI) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\sigma = KI/V \qquad (2.1)$$

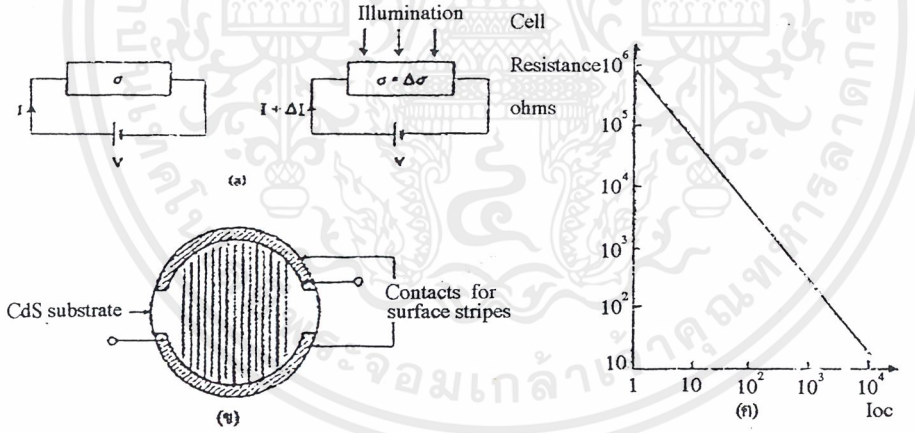
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

K เป็นค่าคงที่ขึ้นอยู่กับขนาดของตัวรับแสงที่ใช้

และ $$\Delta\sigma = K(\Delta I)/V \qquad (2.2)$$

และเนื่องมาจากค่ากระแสที่เปลี่ยนแปลง(ΔI) เป็นสัดส่วนกับจำนวนการแตกตัวของอิเล็กตรอน-โฮลที่เกิดขึ้นจากพลังงานแสงที่ได้รับ หรือความเข้มแสงนั่นเอง

LDR ส่วนใหญ่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำจำพวกแคดเมียมซัลไฟด์หรือแคดเมียมเซเลไนด์ซึ่งให้ผลตอบสนองต่อแสงได้ดีที่ความยาวคลื่นประมาณ 4000- 10000 ^{o}A ซึ่งเป็นแถบแสงที่มองเห็นพอดี โครงสร้างของ LDR ที่ทำมาจากแคดเมียมซัลไฟด์แสดงได้ดังรูปที่ 2.2(ข) ซึ่งถูกห่อหุ้มไว้ด้วยวัสดุที่แสงส่องผ่านได้ ในที่มืดจะมีความต้านทานประมาณ 10 MΩ ที่อุณหภูมิห้อง สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 ซม. ลักษณะการทำงานของ LDR จะเห็นว่าเมื่อแสงมีความเข้มมากๆ มาตกกระทบก็จะทำให้ตัวมันสามารถนำไฟฟ้าได้ดีขึ้นเป็นผลให้ค่าความต้านทานในตัวมันลดลงดังรูปที่ 2.2(ค)



รูปที่ 2.2(ก) หลักการทำงานของ LDR

(ข) โครงสร้างของ LDR แบบคัดเมียมซัลไฟด์

(ค) ความต้านทานของ LDR ที่เปลี่ยนแปลงตามความสว่างของแสง

ข้อดีในการใช้งานของLDR คือ มีความไวต่อแสงสูง ราคาถูก และมีขนาดเล็กมีการเปลี่ยนแปลงค่าได้กว้าง แต่ก็มีข้อเสีย คือ ผลตอบสนองต่อความถี่ของแสงได้แคบกว่าอุปกรณ์รับแสงอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การออกแบบความสว่างภายในห้อง

ก่อนที่จะเริ่มออกแบบการติดตั้งไฟ สำหรับตึกอาคารใหม่ สิ่งที่ควรคำนึงถึงคือด้านสถาปัตยกรรมและความจำเป็นในการใช้แสง อาศัยหลักดังต่อไปนี้

2.2.1ความต้องการปริมาณความสว่าง ซึ่งมีผลต่อการติดตั้งไฟ ขึ้นอยู่กับชนิดของงาน เช่น ในงานบางชนิดต้องการความสว่างเป็นพิเศษ เช่น งานเขียนภาพ ที่ต้องใช้สายตาเป็นพิเศษ แบ่งตามสถานที่ได้ดังนี้

1) สิ่งที่สำคัญที่สุด คือการออกแบบความสว่างภายในห้องให้เพียงพอต่อการมอง ไม่เป็นอันตรายต่อสายตา และยังต้องสร้างทัศนียภาพให้น่ามองภายในสถานที่

2) ร้านค้า ห้างสรรพสินค้า และห้องนิทรรศการ

การแสดงสินค้าและผลงานเป็นจุดประสงค์หลัก แสงจะช่วยดึงดูดให้สิ่งที่ต้องการเสนอหรือผลงานน่าสนใจยิ่งขึ้น การนำสปอร์ตไลท์ที่ มีสีมาใช้ก็มีส่วนด้วยเช่นกัน

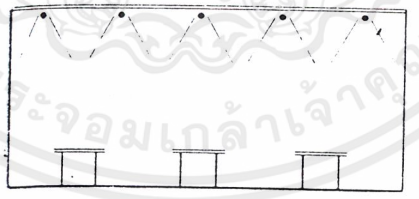
3) ภายในที่อยู่อาศัย ต้องการแสงระดับทั่วไป ไม่ต้องมากนัก

4) ทางเข้าหอประชุม บันได ควรมีความสว่างเพียงพอโดยคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นหลัก

5) ภายนอกสถานที่ทำงาน ความเข้มของแสงภายนอกมักจะมีค่าใกล้เคียงกับภายใน

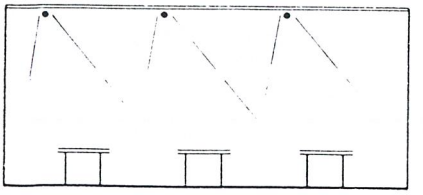
2.2.2 ระบบไฟ โดยพิจารณาจากการวางตำแหน่งของหลอดไฟ แบ่งเป็น 4 แบบ คือ

1) ระบบไฟทั่วไป (General lighting) หลอดไฟจะถูกติดตั้งบนเพดานทั้งหมด ลักษณะการจัดห้องและโต๊ะทำงานจะไม่จำเป็นต้องเจาะจงตำแหน่งที่แน่ชัด



รูปที่ 2.3 แสดงระบบไฟทั่วไป

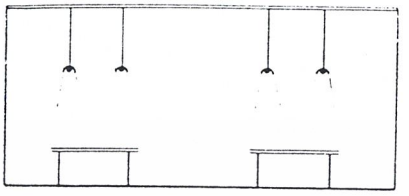
2)ระบบไฟแนวตรง(Directional lighting)ระบบนี้เกิดได้จาก 2 แบบคือ การติดตั้งแบบพิเศษของหลอดฟลูออเรสเซนท์แบบกระจก หรือ สปอร์ตไลท์ที่มีลำแสงสะท้อนกว้าง



รูปที่ 2.4 แสดงระบบไฟโดยตรง

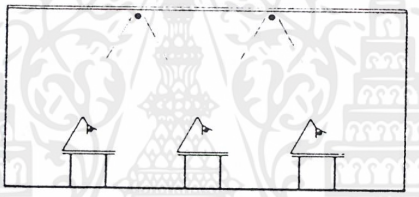
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ระบบไฟเฉพาะที่ (Localized lighting) แสงจะส่องตรงเฉพาะตำแหน่งที่พื้นที่ที่แน่นอน ของเพดาน เพื่อที่จะให้ความเข้มที่จุดนั้น(พื้นที่ใช้ทำงาน)สูง ระบบนี้มักใช้กับโรงงาน



รูปที่ 2.5 แสดงระบบไฟเฉพาะที่

4)ระบบไฟเฉพาะที่พิเศษ หลอดไฟจะวางใกล้กับตำแหน่งที่ทำงานมากที่สุด จึงมีการส่องแสงเฉพาะพื้นที่เล็กๆ



รูปที่ 2.6 แสดงระบบไฟเฉพาะที่พิเศษ

2.3 ระบบแสงภายในสำนักงาน

โดยทั่วไปแล้ว ควรได้รับความเข้มแสง 500 – 1000 ลักซ์ สำนักงานแบ่งเป็น 3ประเภท คือ

2.3.1.สำนักงานทั่วไป แสงสว่างจะเป็นลักษณะเส้นตรง เหนือเพดาน ถ้าวัดแสงในอาคารโดยใช้แสงที่ผ่านหน้าต่างเป็นเกณฑ์ สำหรับห้องขนาดใหญ่แล้ว แสงเพียงแค่นั้นจะไม่เพียงพอ ต้องมีการจัดระดับแสงตามขนาดของห้องด้วย และที่ระดับแสงเดียวกันแต่ขนาดห้องต่างกันจำเป็นต้องใช้จำนวนหลอดไฟที่เปลี่ยนไปด้วย

2.3.2.ดรออิ้งออฟฟิศ ไม่ว่าจะเป็นงานด้านสถาปัตยกรรม งานวาดภาพ จำเป็นต้องใช้ความละเอียดและถูกต้อง แสงสว่างจึงจำเป็นมากต่อการทำงาน และสายตาของผู้ทำงาน ดังนั้นจึงใช้ความเข้มแสงอย่างน้อยที่สุด 1000 ลักซ์

2.3.3.ห้องประชุม ควรมีบรรยากาศสบายๆ และสดชื่น ปริมาณความเข้มแสงที่เพียงพอคือ 300 – 500 ลักซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เทคนิคการควบคุมแสงสว่าง

การควบคุมแสงสว่างที่ดีนอกจากจะลดพลังงานสูญเสียในระบบแสงสว่างแล้วยังจะต้องรักษาคุณภาพของแสงให้ดีเหมือนเดิมหรือดียิ่งขึ้นตรงตามที่มาตรฐานกำหนดอีกด้วย ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องมีความรู้และความเข้าใจที่จะประยุกต์ใช้ระบบควบคุมแสงสว่างให้ถูกต้องเหมาะ

เทคนิคการควบคุมแสงสว่าง สามารถแบ่งได้ดังนี้

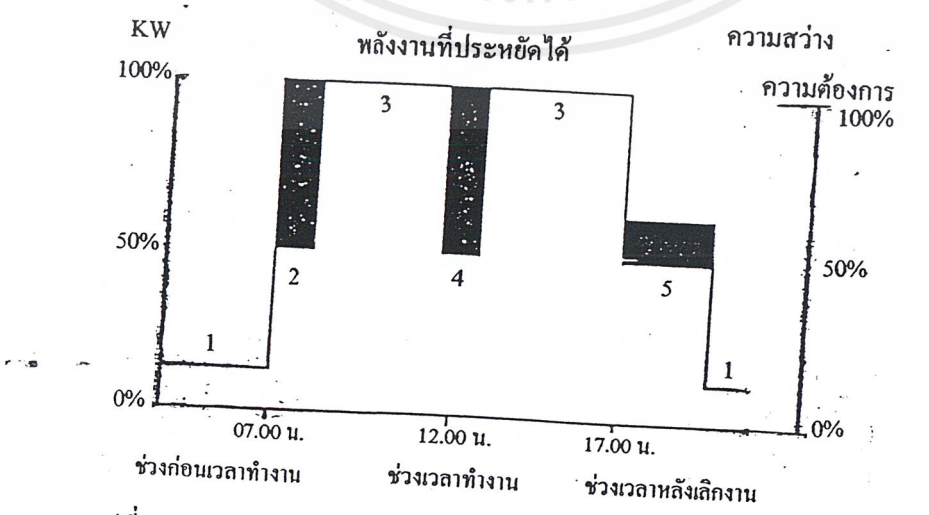
1. การลดความสว่างที่เกินความจำเป็น (Overlight Compensation)
2. การใช้อุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหวเพื่อเปิดปิดไฟ (Room Utilization)
3. การใช้แสงธรรมชาติ (Daylight Utilization)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมแสงสว่างประกอบด้วยตัว sensor ชุดควบคุม (Light Controller) และอุปกรณ์แสงสว่างที่สามารถหรี่ความสว่างได้

2.4.1 แสงสว่างเกินความจำเป็น (Overlight Compensation)

วิธีที่ง่ายที่สุดในการลดความสว่าง คือ การปลดหลอดไฟ (Delamping) เช่นในจุดที่มีแสงสว่างเกินความจำเป็นก็สามารถปลดหลอดไฟ 2 หลอดจากโคมไฟที่มี 4 หลอด ซึ่งจะช่วยลดพลังงานได้ 50 % อย่างไรก็ตามควรคำนึงคุณภาพของแสงและผลกระทบทางจิตวิทยาต่อคนทำงานในบริเวณที่มีการปลดหลอดไฟ ถ้าลดความสว่างทันที 50% จะมีผลต่อการปรับสายตา สุขภาพตา และความรู้สึก

การควบคุมเฉพาะช่วงเวลา (ก่อน/หลังเวลาทำงาน ช่วงพักกลางวัน) ดังรูปที่ 2.7ที่สีดำเป็นพลังงานที่ประหยัดได้ เลข 1 หมายถึง ช่วงเวลากลางคืน เลข 2 ก่อนเวลาทำงานซึ่งเริ่มมีผู้คนมาถึงที่ทำงาน เลข 3 ช่วงเวลาทำงาน(ไม่มีการควบคุมแสง) เลข 4 ช่วงพักเที่ยง เลข 5 ช่วงทำความสะอาด

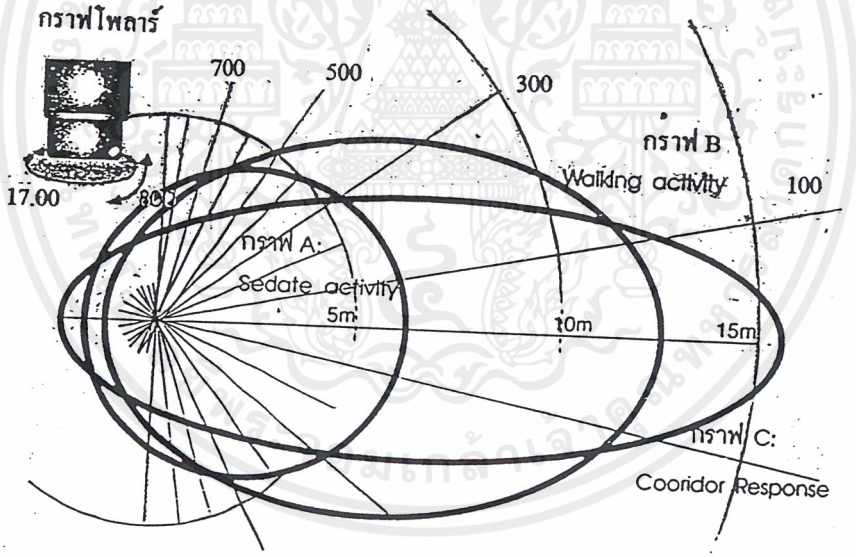


รูปที่ 2.7 แสดงการประหยัดพลังงานโดยลดความสว่างเฉพาะช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

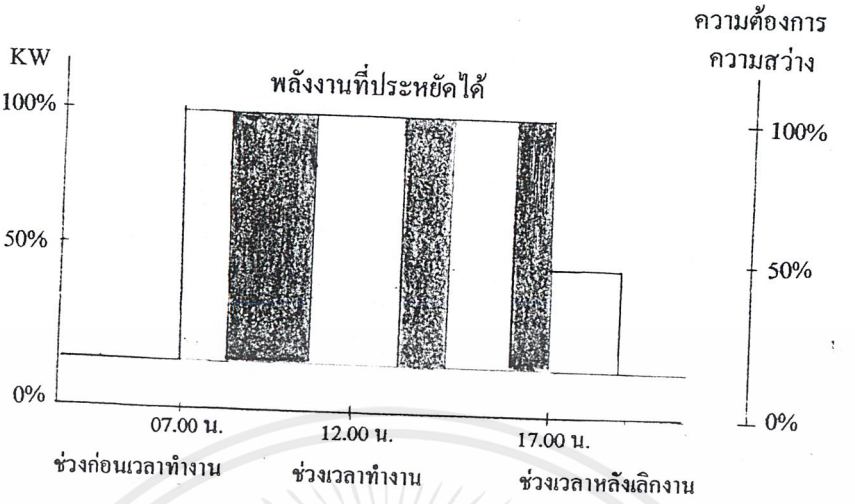
2.4.2 อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อเปิด/ปิดไฟแสงสว่าง (Room Utilization)

เทคนิคนี้ช่วยประหยัดพลังงานโดยการใช้แสงสว่างเมื่อจำเป็นเท่านั้น โดยตัวจับการเคลื่อนไหวชนิดอัลตร้าโซนิค หรือชนิดพาสซีพอินฟาเรด จะส่งสัญญาณให้ตัวควบคุมไปสั่งให้เปิดไฟโดยอัตโนมัติ เมื่อมีการเคลื่อนไหว ในบริเวณตรวจจับการเคลื่อนไหว และถ้าตรวจจับได้ว่าไม่มีการเคลื่อนไหว แสงสว่างภายในบริเวณนั้นก็จะดับ ช่วงกว้างของการตรวจจับการเคลื่อนไหวขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน เช่น ตรวจจับบริเวณบริเวณที่นั่งทำงาน ช่วงกว้างของการตรวจจับจึงไม่กว้างมากนักดังรูปที่ 2.8 กราฟ A ในขณะที่กราฟ B มีช่วงกว้างมากกว่า เนื่องจาก ต้องการตรวจจับการทำงานที่มีลักษณะเดินไปมาไม่นั่งทำงานอยู่กับที่ที่โต๊ะทำงาน ส่วนกราฟ C ซึ่งมีช่วงตรวจจับในแนวยาวเนื่องจากประยุกต์ใช้กับบริเวณทางเดิน(ซึ่งเป็นบริเวณแคบแต่ยาว)เทคนิคนี้เหมาะสมกับบริเวณที่มีคนใช้งานเป็นช่วงเวลา เช่น ห้องประชุม ห้องผู้บริหาร ตามรูปที่ 2.9 บริเวณพื้นที่สีดำเป็นส่วนประหยัดได้เพราะไม่มีคนอยู่ในบริเวณตรวจจับการเคลื่อนไหว



รูปที่ 2.8 แสดงช่วงการตรวจจับการเคลื่อนไหวในลักษณะการใช้งานต่างๆกัน
โดยติดตั้งที่ระดับความสูง 2.4 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงกราฟการประหยัดพลังงานโดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

2.4.3 การใช้แสงธรรมชาติ (Daylight Utilization)

หน้าต่างบริเวณกรอบอาคาร(Perimeter Zone) ละSkylight บริเวณภายในอาคาร(Interior Zone) ถูกออกแบบมาเพื่อให้แสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร เพื่อลดความต้องการแสงสว่างจากหลอดไฟ ในช่วงเวลากลางวัน

เราสามารถประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่างได้อย่างมีประสิทธิผลสูงสุด ถ้ามีการประยุกต์ใช้เทคนิคที่หลากหลายเข้าด้วยกันอย่างเหมาะสม นอกจากจะช่วยประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่างโดยตรงแล้ว ยังช่วยลดความร้อนที่มีผลต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศอีกด้วย

2.5 ไพโรอิเล็คทริกเซ็นเซอร์

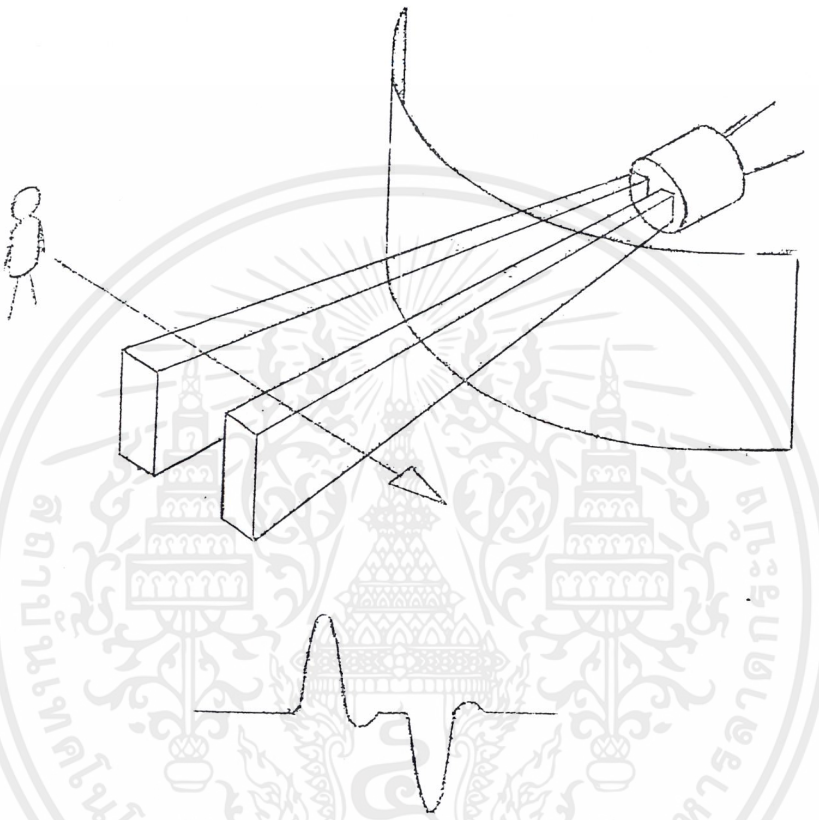
รังสีอินฟาเรดอยู่ในรูปสเปคตรัมอิเล็คโตรแม็คเนติก ที่มีความยาวคลื่นมากกว่าแสงที่มองเห็นได้ รังสีชนิดนี้จะมองไม่เห็น แต่สามารถถูกตรวจจับได้ สัตว์และมนุษย์สร้างพลังงานความร้อนและรังสีอินฟาเรดโดยเฉพาะที่ความยาวคลื่น 9.4 μm

ไพโรอิเล็คทริกเซ็นเซอร์ ทำจากวัตถุประเภทคริสตอลซึ่งผลิตประจุอิเล็คทริก เมื่อได้รับพลังงานความร้อนในรูปรังสีอินฟาเรด เมื่อจำนวนประจุเปลี่ยนแปลงและ FET ภายในไพโรอิเล็คทริก จะเป็นตัววัดประจุที่เกิดขึ้น โดยถ้าต้องการให้ตอบสนองต่อรังสีในช่วงที่ต้องการ ดังนั้นหน้าต่างฟิลเตอร์จึงถูกใส่เพิ่ม ด้านหน้า ของTO5 เพื่อจำกัดรังสี 8 – 14 μm ซึ่งเป็นช่วงของรังสีที่กำเนิดจากร่างกายคนเท่านั้น

RE200B เป็นเซ็นเซอร์ชนิดหนึ่งของไพโรอิเล็คทริกภายในประกอบด้วย อุปกรณ์ตรวจจับ 2 ส่วน ในตัวถัง ต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดแรงดัน การวางลักษณะนี้จะหักล้างสัญญาณซึ่งเป็นสาเหตุจากการสั่น ,การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและแสงแดด เมื่อมีการเคลื่อนไหวผ่านเซ็นเซอร์จะกระตุ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

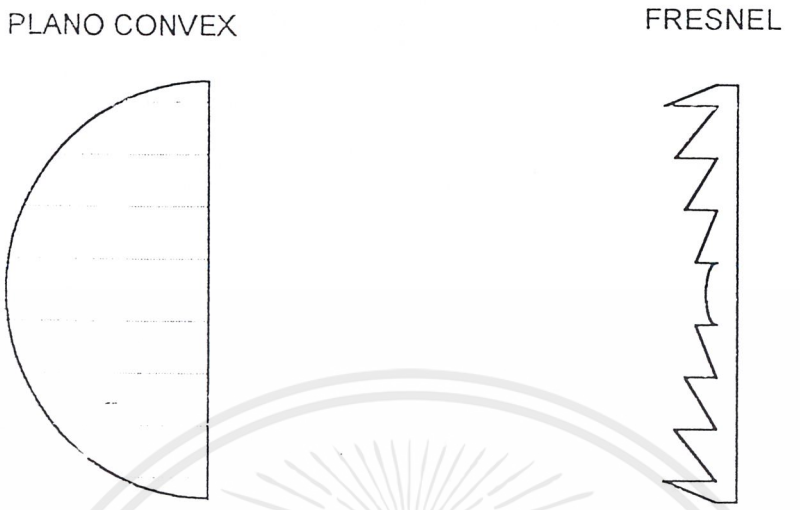
เซ็นเซอร์จุดแรกก่อน อีกส่วนตามมาตาม รูปที่ 2.10 แต่ถ้าเป็นแหล่งกำเนิดอื่น ที่ไม่ใช่การเคลื่อนไหวจะกระตุ้นทั้ง 2 ส่วนพร้อมกัน ทำให้สัญญาณถูกหักล้าง โดยตัว RE200Bต้องติดตั้งในแนวราบ โดยที่ขา 1 และ 2 อยู่ในนอนด้วย จึงจะสามารถตรวจจับได้



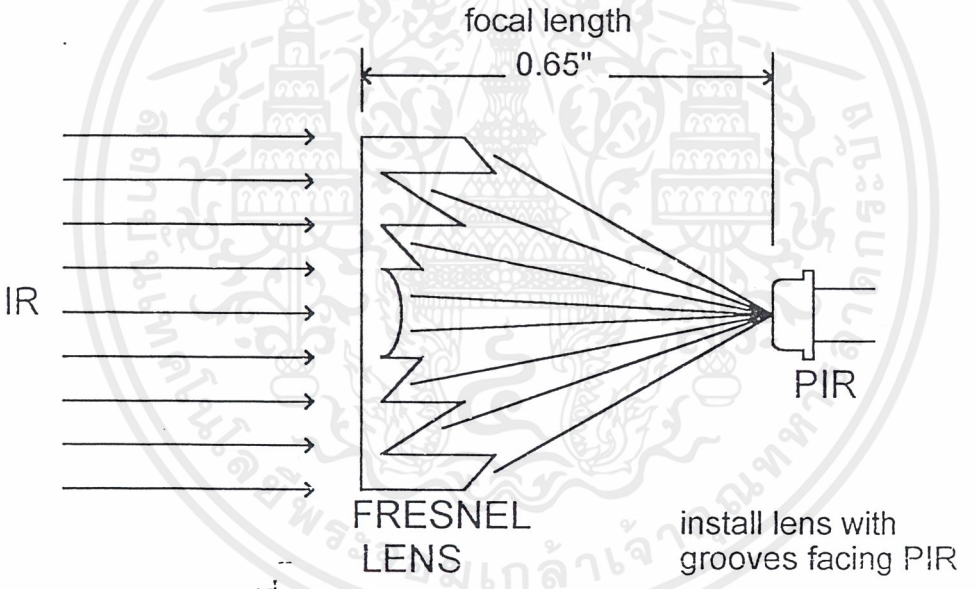
รูปที่ 2.10 แสดงการทำงานของไพโรอิเล็คทริกเซ็นเซอร์

ยังมีอุปกรณ์อีกชิ้นหนึ่ง เรียกว่า FRESNEL LENS ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 2.11 ทำหน้าที่ช่วยเพิ่มความสามารถ การตรวจจับได้ ระยะทางไกลขึ้น ประมาณ 90 ฟุต ดังรูปที่ 2.12 เลนส์ชนิดนี้เป็นเลนส์นูนด้านเดียวที่ผิวด้านโค้งหยักๆ ทำให้มันมีขนาดเล็กและลดการสูญเสีย ดูดกลืนรังสีอินฟาเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะของ FRESNEL LENS



รูปที่ 2.12 การรวมแสงของ FRESNEL LENS

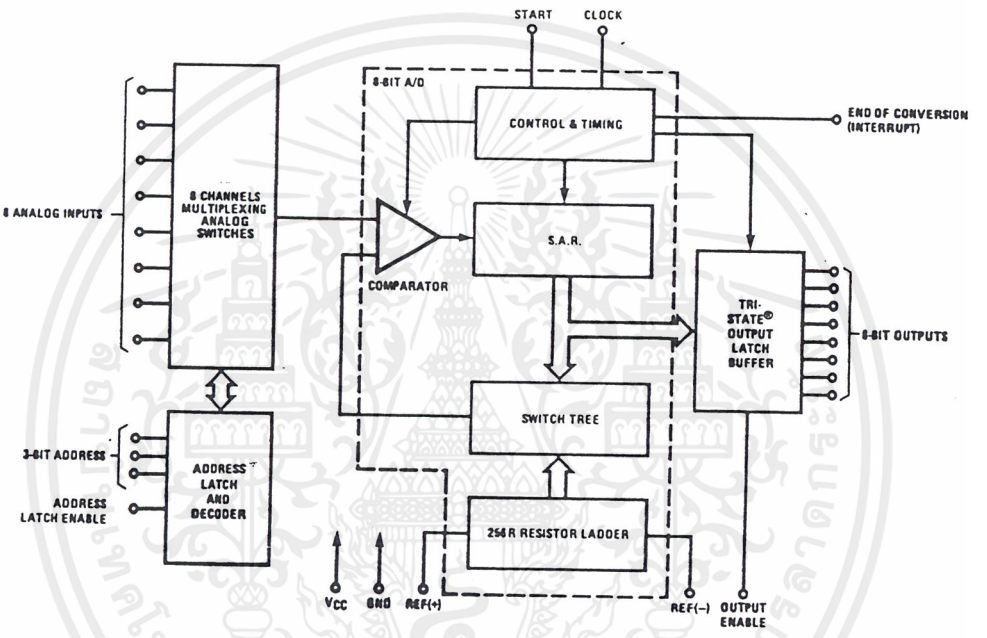
2.6 ระบบการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

ลักษณะทั่วไปของเอทูดีเบอร์ ADC 0808 เป็นอุปกรณ์โมโนทิลิก ซีมอส ซึ่งเป็นอุปกรณ์แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล 8 บิทและมัลติเพล็กซ์สัญญาณด้วย สามารถเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ได้ ใช้การแปลงแบบซัคเซสซีฟแอพพร็อกซิเมชั่น (successive apporoximation) สามารถต่อกับอุปกรณ์ TTL ซึ่งมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. ง่ายต่อการทำงานร่วมกับไมโครโปรเซสเซอร์
2. ทำงานด้วยไฟเลี้ยง 5 โวลต์
3. มี 8 ช่องสัญญาณอินพุทมัลติเพล็กเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ค่าแรงดันอินพุทมีค่าได้ตั้งแต่ 0 – 5โวลต์
5. สัญญาณแรงดันเอาท์พุทเป็น TTL
6. มีทั้งหมด 28 ขา



รูปที่ 2.13 แสดงการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลของ ADC0808

การทำงานประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ

1.มัลติเพล็กเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเลือกสัญญาณอนาลอกได้ 8 ช่องโดยใช้แอดเดรสดีโคดเดอร์ (address decoder) เลือก ช่องอินพุท แสดงได้ตามตารางที่ 2.1 โดยแอดเดรส จะถูกเก็บเข้าไปในดีโคดเดอร์ เมื่อขาสัญญาณ ALE เปลี่ยนจากต่ำ (Low) ไปเป็นสูง (High)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องสัญญาณ อนาลอกที่ถูกเลือก	ค่า address		
	C	B	A
อินพุท0	0	0	0
อินพุท1	0	0	1
อินพุท2	0	1	0
อินพุท3	0	1	1
อินพุท4	1	0	0
อินพุท5	1	0	1
อินพุท6	1	1	0
อินพุท7	1	1	1

ตารางที่ 2.1 แสดงการเลือกสัญญาณอนาลอก

2.คอนเวอร์เตอร์ที่เป็นหัวใจสำคัญของระบบชิงเกิลชิพดาต้าแอคควิสชัน(Single Chip Data Acquision) คือ เอทูดีคอนเวอร์เตอร์ ขนาด 8 บิต คอนเวอร์เตอร์นี้จะถูกออกแบบให้มีความเร็ว ความถูกต้องในการแปลงข้อมูล และสามารถทำการแปลงข้อมูลได้ในช่วงอุณหภูมิกว้าง คอนเวอร์เตอร์ถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนที่สำคัญ คือ วงจรแลดเดอร์256R(256R Ladder Network) ซัคเซสซีฟแอพพร็อกซิเมชันรีจีสเตอร์(Succesive Approximation Register) และคอมพาเรเตอร์ (Comparator) เอาท์พุทของดิจิตอลคอนเวอร์เตอร์จะมีศักดาเป็นบวกเสมอ

ภายในมีวงจรแลดเดอร์ 256Rแบบ R/2R แลดเดอร์ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นโมโนโทนิค (Monotonicity)จึงไม่มีการแปลงรหัสผิดพลาด คุณสมบัติโมโนโทนิคมีความสำคัญมากในระบบควบคุมป้อนกลับแบบลูปปิด (Feedback Control System) การที่ไม่เป็นโมโนโทนิคสามารถทำให้ระบบเกิดการออสซิลเลตขึ้นได้

ตัวต้านทานตัวล่างสุดและตัวบนสุดของวงจรแลดเดอร์ มีค่าไม่เท่ากับค่าของตัวต้านทานตัวอื่นๆในวงจร ค่าความต้านทานที่แตกต่างกันนี้ทำให้เอาท์พุทสมมาตรตั้งแต่ค่าศูนย์จนถึงค่าเต็มสเกล เอาท์พุทแรกจะมีการเปลี่ยนสถานะเมื่อสัญญาณอนาลอกมีค่าถึง +1/2 LSB และเอาท์พุทถัดไปจะเกิดการเปลี่ยนสถานะทุกๆ 1 LSB

ซัคเซสซีฟแอพพร็อกซิเมชัน รีจีสเตอร์ (Sucessive Approximation Register:SAR) จะซ้ำค่า 8 ค่า เพื่อประมาณค่าของศักดาอินพุท สำหรับ SAR คอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบ จำนวนค่าที่ซ้ำจะขึ้นอยู่กับจำนวนบิตของคอนเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SAR ของเอทูดีคอนเวอร์เตอร์จะถูกรีเซ็ตได้ในขณะที่พัลส์การแปลง(Start Conversion Pulse:SC)อยู่ในขอบขาขึ้น การแปลงข้อมูลจะเริ่มต้นเมื่อพัลส์การแปลงอยู่ในขอบขาลง กระบวนการแปลงข้อมูลจะถูกขัดจังหวะเมื่อมีพัลส์การแปลงข้อมูลลูกใหม่เข้ามา ถ้าต้องการให้การแปลงข้อมูลมีความต่อเนื่องให้นำสัญญาณสิ้นสุดการแปลงข้อมูล (End of Conversion:EOC) มาต่อกับพัลส์การแปลงข้อมูล (Start Conversion) EOC จะมีสถานะต่ำระหว่างสัญญาณนาฬิกาช่วงพัลส์ลูกที่ 0 ถึง 8 หลังจาก SC เป็นขอบขาขึ้น

ส่วนที่สำคัญที่สุดของเอทูดีคอนเวอร์เตอร์คือคอมพาเรเตอร์ (Comparator) วงจรส่วนนี้จะทำงานเพื่อให้วงจรทั้งวงจรมีความถูกต้องมากที่สุด คอมพาเรเตอร์แบบชอปเปอร์สเตบิไลซ์เป็นคอมพาเรเตอร์ที่มีคุณสมบัติดีที่สุดในจำพวกคอนเวอร์เตอร์แบบอื่นๆ

คอมพาเรเตอร์แบบชอปเปอร์สเตบิไลซ์ (Chopper Stabilized Comparator) จะแปลงสัญญาณอินพุทที่เป็นไฟตรงให้เป็นสัญญาณที่เป็นไฟสลับ ต่อจากนั้นสัญญาณนี้จะถูกป้อนให้กับวงจรขยายและมีการเก็บระดับสัญญาณไฟตรงวิธีนี้จะช่วยจำกัดองค์ประกอบของวงจรขยายเพราะองค์ประกอบที่เป็นไฟตรงไม่สามารถผ่านวงจรขยายไฟสลับได้ ทำให้คอนเวอร์เตอร์ไม่มีความไวต่ออุณหภูมิ และไม่มีความผิดพลาดในเรื่องออฟเซ็ทของอินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์และสเต็ปเปอร์มอเตอร์

3.1 หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์

ดีซีมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลได้ โดยมีคุณสมบัติคือ แรงบิดที่เพลาของดีซีมอเตอร์จะแปรผันตรงกับกระแสอาร์เมเจอร์ แรงบิดที่เพลาของดีซีมอเตอร์จะสามารถหาได้จากผลระหว่างสนามแม่เหล็กและขดลวดตัวนำ

ในที่นี้กระแสที่ไหลในขดลวดตัวนำจะสร้างสนามที่ประกอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก ϕ และขดลวดตัวนำเหล่านี้ จะอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางการหมุนเท่ากับ r สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเพลาและกระแสได้ดังสมการที่ (3.1)

$$T = K\phi I \tag{3.1}$$

เมื่อ T คือแรงบิดของเพลา มีหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร (N-M)

ϕ คือเส้นแรงแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เวเบอร์ (waber)

I คือกระแส มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

K คือค่าคงที่

จะเห็นได้ว่าแรงบิดของเพลานั้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของเส้นแรงแม่เหล็กและกระแส โดยเมื่อขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ก็จะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมตัวมันเอง โดยที่ค่าแรงดันนี้จะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของมอเตอร์ และด้านการไหลของกระแส ความสัมพันธ์ของแรงดันย้อนกลับกับความเร็วของมอเตอร์ แสดงได้ดังสมการที่ (3.2)

$$E = K\phi\omega \tag{3.2}$$

เมื่อ E คือแรงดันย้อนกลับ (back emf) มีหน่วยเป็น โวลต์ (volt)

ϕ คือเส้นแรงแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เวเบอร์ (waber)

ω คือความเร็วของมอเตอร์ มีหน่วยเป็น เรเดียน/วินาที (rad/s)

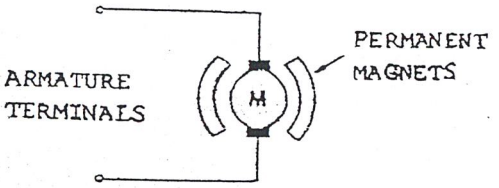
ดีซีมอเตอร์นั้นสามารถแยกประเภทตามลักษณะการจ่ายสนามแม่เหล็กออกได้เป็น 2 แบบด้วยกันคือ

- ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้
- ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กมีค่าคงที่

โดยในที่นี้จะขอกล่าวถึง ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กมีค่าคงที่เท่านั้น ซึ่งมักจะใช้เป็นแบบแม่เหล็กถาวร ดังแสดงได้ในรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3.1 ดีซีมอเตอร์แบบสนามแม่เหล็กถาวร

ในระบบนี้เส้นแรงแม่เหล็กของสนามแม่เหล็กจะมีค่าคงที่ ดังนั้นจึงสามารถเขียนสมการที่ 3.3 และ 3.4 ให้อยู่ในรูปที่ง่ายขึ้นได้ดังนี้

$$T = K_t I \tag{3.3}$$

$$E = K_e \omega \tag{3.4}$$

มอเตอร์แบบสนามแม่เหล็กถาวรนั้นจะมีข้อดีเหนือกว่ามอเตอร์แบบที่มีโครงสร้างของสนามแม่เหล็กด้วยการพันขดลวด คือ ไม่มีกำลังสูญเสียในสนามแม่เหล็ก และมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า และมีขนาดเล็กกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอร์ที่มีขนาดของกำลังม้าเท่ากัน นอกจากนั้นความสัมพันธ์ที่เป็นเชิงเส้นในสมการที่ 3.1 ยังให้ค่าของกระแสอาร์เมเจอร์ที่สูงกว่าดีซีมอเตอร์แบบสนามแม่เหล็กเป็นขดลวด เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งานกับระบบที่ต้องการแรงบิดของโหลดสูงมาก

3.2 พัลส์วิดธ์โมดูเลชันแอมพลิฟายเออร์

ระบบที่ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยทั่วไปได้แก่ ระบบดีซีลิเนียร์เซอร์โวแอมพลิฟายเออร์ สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ขยายแบบลิเนียร์ มีหน้าที่ควบคุมกระแสและศักดาที่ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์เพื่อให้ได้ค่าความเร็วที่ต้องการ และเนื่องจากการควบคุมนี้ทำโดยการบังคับขนาดของศักดาที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ดังนั้นส่วนแอมพลิฟายเออร์จะเป็นตัวลดศักดาเอาไว้ และเป็นศักดาที่มอเตอร์ใช้งานจริง

ในระบบที่มีกระแสที่เหมาะสมไหลผ่าน กำลังงานตะสูญเสียในเอาท์พุททรานซิสเตอร์เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะขณะที่มอเตอร์ทำงานที่ความเร็วต่ำแรงบิดสูง เพราะขณะนั้นศักดาย้อนกลับของมอเตอร์ทำให้กระแสมีค่าสูง

วิธีหนึ่งที่จะแก้ปัญหาการสูญเสียพลังงานคือ ใช้แอมพลิฟายเออร์ควบคุมมอเตอร์โดยการเปลี่ยนแปลงดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) ของศักดาที่จ่ายให้แก่มอเตอร์ แอมพลิฟายเออร์ชนิดนี้เรียกว่า “สวิทชิงแอมพลิฟายเออร์” ซึ่งสามารถควบคุมความเร็วต่ำๆ โดยยังคงมีแรงบิดสูงอยู่ ทำให้ไม่สิ้นเปลืองพลังงานเหมือนลิเนียร์แอมพลิฟายเออร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

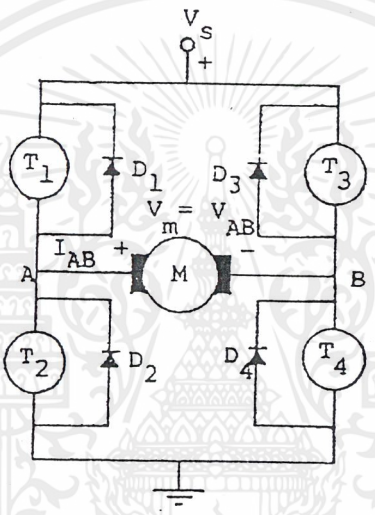
42752

3.3 การทำงานของแอมพลิฟายเออร์แบบพัลส์วิดธ์โมดูเลชัน (PWM)

แอมพลิฟายเออร์แบบ PWM สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ตามลักษณะการทำงานคือ ไบโพลาร์ ยูนิโพลาร์ และลิมิตยูนิโพลาร์ สำหรับแบบโพลาร์ซึ่งง่ายที่สุดจะดูการทำงานได้จากรูปที่ 3.3 โดยที่เราจะกำหนดให้มีความถี่การสวิทช์เป็น f_s t_{on} ที่เกิดขึ้นในส่วนแรก และ t_{off} ที่เกิดขึ้นในส่วนหลัง โดยกำหนดเป็น

t_{on} เมื่อ $0 < t < t_1$

t_{off} เมื่อ $t_1 < t < t_f$



รูปที่ 3.2 แอมพลิฟายเออร์แบบ PWM และดีซีมอเตอร์

แบบไบโพลาร์จะมี T_1 และ T_4 นำกระแสระหว่างเฟส on ส่วน T_2 และ T_3 จะนำกระแสขณะเฟส off จะได้ฟังก์ชันตกคร่อมมอเตอร์เป็น

$$V_m = V_{AB} \quad ; Vs \text{ ในช่วง } 0 < t < t_1$$
$$;- Vs \text{ ในช่วง } t_1 < t < t_f \qquad (3.5)$$

แบบยูนิโพลาร์ จะลดจำนวนทรานซิสเตอร์ในการสวิทช์ลง การสวิทช์ขึ้นกับ V_{in} เป็นบวกหรือลบ เมื่อ V_{in} เป็นบวก T_4 จะนำกระแสตลอดคาบ ในขณะที่ T_1 นำกระแสในช่วงเฟส on และ T_2 นำกระแสในช่วงเฟส off เมื่อ V_{in} เป็นลบ T_2 จะนำกระแสตลอด โดยมี T_3 และ T_4 สลับกันทำงาน เมื่อ V_{in} เป็นบวก จะได้

$$V_{in} = Vs \quad ; 0 < t < t_1$$
$$0 \quad ; t_1 < t < t_f \qquad (3.6)$$

การแสดงค่า V_{in} ในทางลบจะเหมือนกันเพียงแต่ V_{in} เป็นลบเท่านั้น

จากลักษณะของ 2 แบบดังที่กล่าวมานั้น ในแต่ละกรณีจะมีทรานซิสเตอร์คู่หนึ่ง (T_1, T_2) หรือ (T_3, T_4) จะหยุดนำกระแสขณะที่อีกคู่หนึ่งนำกระแส ซึ่งมีเวลาเก็บสะสมและเวลาปล่อยออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของทรานซิสเตอร์เกิดขึ้น และอาจทำให้ทรานซิสเตอร์ทั้งหมดนำกระแสในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้เกิดการลัดวงจรของแหล่งจ่าย จึงจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงภาวะดังกล่าว ซึ่งสามารถทำได้โดยการสร้างช่วง delay time ระหว่างการหยุดและการนำกระแสของทรานซิสเตอร์ ด้วยเหตุผลดังกล่าวความถี่ของการสวิทช์จะถูกจำกัดในวงที่แคบลง

แบบที่ 3 ของการทำงานคือแบบลิมิตยูนิโพลาร์ จำเป็นต้องมีช่วง delay ซึ่งการสวิทช์ขึ้นอยู่กับค่า V_{in} เมื่อ V_{in} เป็นบวก T_4 จะนำกระแสตลอด T_1 จะสวิทช์เป็น on ในช่วงเฟส on ดังนั้นในช่วงเฟส on ทั้ง T_1 และ T_4 จะ on ทำให้ศักดาของมอเตอร์ V_m เป็น

$$V_m = V_s \quad ; \ 0 < t < t_1 \tag{3.7}$$

ระหว่างเฟส off จะมี T_4 นำกระแสเพียงตัวเดียว เป็นผลให้ V_{in} ขึ้นกับ I_{AB} ตราบใดที่ $I_{AB} > 0$ ซึ่งเป็นภาวะปกติ เมื่อ $V_{AB} > 0$ กระแส I_{AB} จะไหลผ่าน D_2 และ T_4 เป็นผลให้ $V_A = 0$ และ

$$V_m = V_{AB} = 0 \quad \text{เมื่อ} \quad t_1 < t < t_f, \ I_{AB} > 0 \tag{3.8}$$

ในกรณีที่ I_{AB} เป็นลบ กระแสจะไหลผ่าน D_1 และ D_4 เป็นผลให้ $V_m = V_s$ และ

$$V_m = V_{AB} = V_s \quad \text{เมื่อ} \quad t_1 < t < t_f, \ I_{AB} < 0 \tag{3.9}$$

ซึ่งจะเกิดขึ้นภายหลังเปลี่ยนขั้ว V_{in}

ถ้าสามารถทำให้ $I_{AB} = 0$ (เข้าใกล้ศูนย์จนถือว่าเป็นศูนย์) จะทำให้ D_1 และ D_4 ไม่นำกระแส และ ศักดา V_{in} จะอยู่ระหว่างค่า 0 และ V_s ดังต่อไปนี้

$$0 < V_m < V_s \quad \text{เมื่อ} \quad t_1 < t < t_f, \ I_{AB} = 0 \tag{3.10}$$

อย่างไรก็ตาม ถ้า $I_{AB} > 0$ เป็นสภาวะปกติ เมื่อ $V_{in} > 0$ แบบยูนิโพลาร์และแบบลิมิตยูนิโพลาร์จะแสดงคุณสมบัติคล้ายกันมาก

3.4 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ และชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบ่งตามพื้นฐานได้เป็น 3 ชนิดคือ วาริเอเบิลรีลักแตนซ์ (Variable Reluxtance : VR) , เพอร์มาเนนต์แมกเน็ต (Permanent Magnet : PM) และชนิดไฮบริด (Hybrid)

ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์มีโครงสร้างของโรเตอร์แบบมัลติทูธ (Multi Tooth) ทำจากเหล็กอ่อน เราจะทราบได้ว่าเป็นมอเตอร์ชนิดนี้ โดยการทดสอบทำได้ง่ายมาก คือใช้นิ้วหมุนเพลาของมอเตอร์และสังเกตมอเตอร์ชนิดนี้ ที่โรเตอร์จะไม่เกิดปรากฏการณ์ทางแม่เหล็ก (Magnetism) มันจึงหมุนได้ตลอดโดยไม่ติดขัด แตกต่างจาก ชนิด PM และชนิดไฮบริดซึ่งมีสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อหมุนจะรู้สึกขัดๆ เหมือนเป็นฟันเฟือง สเต็ปเปอร์ชนิดนี้มีจุดด้อยในเรื่องของความถูกต้องของตำแหน่งและทำงานได้ไม่ดีนักเมื่อมีสเต็ปในการหมุนสูง

ชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ตมีโครงสร้างของโรเตอร์แบบเรียบไม่มีซี่ขั้วแม่เหล็กและบนโรเตอร์จะเป็นแบบแม่เหล็กถาวร การควบคุมทำได้โดยป้อนกระแสกระตุ้นที่ขดลวดบนสเตเตอร์ เช่น ถ้าเป็นสเตเตอร์แบบ 4 เฟส จะมีขั้วแม่เหล็กอยู่ 4 ขั้วซึ่งมีคอยล์ พันอยู่แยกจากกัน ขั้วแม่เหล็กถาวรบนโรเตอร์ จะถูกแรงดึงดูดจากขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวด และโรเตอร์จะอยู่คงที่ที่ขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์นั้นถึงแม้ว่าจะไม่ป้อนกระแสไฟฟ้าอีกต่อไป ทำให้เกิดเป็นแรงยึดหน่วงขึ้น สเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดนี้มีข้อดีในเรื่องความถูกต้องของตำแหน่ง และความเร็วมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่น

ชนิดไฮบริดเป็นชนิดที่นิยมใช้งานกันมากที่สุด โดยเฉพาะนำมาใช้งานกันอย่างมากกับอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ชนิดไฮบริดมีโครงสร้างภายในซึ่งได้จากการรวมเอาโครงสร้างของสเตเตอร์ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ และโครงสร้างของโรเตอร์จากชนิดเพอร์มาเนนท์แมกเน็ตมาประกอบเข้าด้วยกันจึงทำให้เป็นมอเตอร์ชนิดที่มีแรงยึดหน่วงสูง , มีแรงบิดดึงและแรงผลักได้ดี ซึ่งมีความคงที่และทำงานได้ดีถึงแม้ว่าจะมีสเต็ปต่อรอบในการหมุนสูง

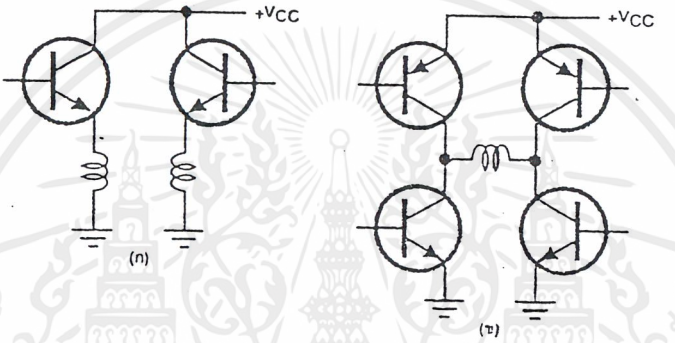
สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบใหม่อีกชนิดหนึ่ง เป็นชนิดที่ปรับปรุงมาจากชนิดเพอร์มาเนนท์แมกเน็ต นั่นคือ ชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนท์แมกเน็ต (Rare Earth Permanent Magnet) หรือที่เรียกกันว่าชนิดดิสก์แมกเน็ตสเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Disc Magnet Steppers)โครงสร้างของโรเตอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้มีลักษณะเป็นแผ่นซึ่งยึดกับเพลาของมอเตอร์ การทำงานของมอเตอร์ยังคงเป็นเช่นเดิม แต่ด้วยโครงสร้างแบบใหม่นี้ช่วยทำให้เกิดโมเมนท์ของความเฉื่อยต่ำมาก , มีอัตราเร่งสูง มอเตอร์ชนิดนี้จึงจัดเป็นอีกชนิดหนึ่ง และมันมีประสิทธิภาพสูงอีกหลายด้าน เช่นแรงบิดดึง กำลังทางกลที่ได้ของมอเตอร์ , ความถูกต้องของตำแหน่งสูงมาก และความเร็วในการเริ่มหมุนและหยุดสูง อีกทั้งยังมีความสูญเสียของกำลังงานต่ำ

การพันขดลวดหรือคอยล์บนสเต็ปเปอร์มอเตอร์ มีอยู่ 2 วิธีคือ แบบไบโพลาร์ (bipolar) และแบบ ยูนิโพลาร์ (unipolar) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบไบโพลาร์มีการพันขดลวด 1 ขด บนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนสเตเตอร์ถูกกำหนดโดยทิศทางของกระแสไฟฟ้า และสามารถทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงข้ามได้โดยการกลับทิศการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งการกำหนดทิศการไหลและการกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้าทำได้โดยการใช้วงจรสวิตชิ่งกลับขั้วไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ จะมีการพันขดลวด 2 ขด บนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ซึ่งแต่ละขดจะทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงข้ามกัน การกลับขั้วแม่เหล็กเปลี่ยนไปมาทำได้โดยการสวิตชิ่งกระแสไฟฟ้าจากขดลวดขดหนึ่งไปยังขดลวดอีกขดหนึ่งแทนเท่านั้น โดยปกติขดลวดทั้งสองจะมีการเชื่อมต่อกันหรือมีจุดร่วมเพื่อลดจำนวนของสายไฟที่ต่อจากมอเตอร์ วงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ทำได้ง่ายกว่าชนิดไบโพลาร์ เพราะมันต้องการเพียงสวิตช์ธรรมดาในการเปิดและปิดกำลังไฟฟ้าให้กับขดลวดบนสเตเตอร์ในทิศทางที่ต้องการให้หมุนได้ทันที



รูปที่ 3.3แสดงวงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่มีการพันขดลวดทั้ง 2 แบบ
ก. สำหรับชนิดยูนิโพลาร์ ซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์สวิทช์เพียงตัวเดียวต่อหนึ่งคอยล์
ข. สำหรับชนิดไบโพลาร์ ซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์สวิทช์ 4 ตัว ต่อหนึ่งคอยล์

อย่างไรก็ตามการพันขดลวดแบบยูนิโพลาร์ก็มีจุดด้อยตรงที่การพันแบบนี้จะทำให้เกิดแรงบิดน้อยกว่าแบบไบโพลาร์เพราะจะมีเพียงครึ่งหนึ่งของขดลวดที่ถูกกระตุ้นให้ทำงานเท่านั้นในระยะเวลาหนึ่งการพิจารณาว่าสเต็ปเปอร์มอร์เตอร์ตัวใดมีการพันขดลวดแบบใด สังเกตได้ง่ายโดยถ้าเป็นแบบไบโพลาร์จะมีสายไฟต่อออกจากมอเตอร์เพียง 4 สาย และถ้าเป็นแบบยูนิโพลาร์จะมี 5 หรือ 6 สายหรือทราบได้โดยการอ่านจากป้าย (name plate) ที่ติดอยู่กับมอเตอร์ก็ได้

3.5 การทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

สเต็ปเปอร์มอเตอร์มีความแตกต่างจากมอเตอร์ทั่วๆไป โดยเมื่อป้อนกำลังไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ จะหมุนเพียงเล็กน้อยตามเส้นรอบวงและหยุด ซึ่งแตกต่างจากมอเตอร์ทั่วๆไปซึ่งจะหมุนทันทีและตลอดเวลา สเต็ปเปอร์มอเตอร์สามารถกำหนดตำแหน่งของการหมุนได้อย่างละเอียด

สเต็ปเปอร์มอเตอร์สามารถใช้งานในระบบเปิด (Open Loop System) นั่นก็คือมันทำงานได้โดยไม่ต้องการการป้อนกลับ (feed back) แต่ทุกวิธีที่ต้องการกำหนดตำแหน่งได้อย่างถูกต้องจำเป็น

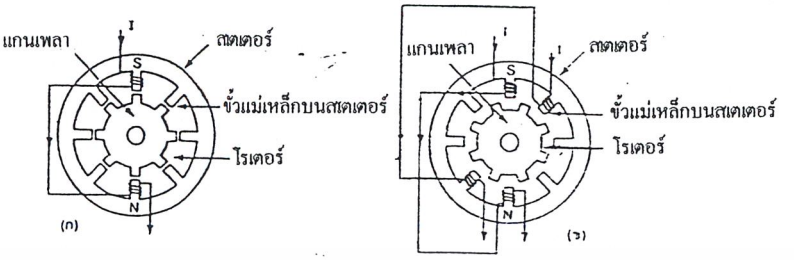
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ต้องการการป้อนกลับไปยังระบบให้รับรู้ และวิธีที่เป็นตัวบอกได้ว่าตำแหน่งถูกต้องแล้วหรือเกิดการผิดพลาด วิธีหนึ่งที่ใช้กันทั่วไปกับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ก็คือการใช้สวิตช์ติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งที่ต้องการตรวจจับ (limit switch) เมื่อสเต็ปเปอร์มอเตอร์เริ่มหมุนและหมุนจนกระทั่งถึงตำแหน่งของสวิตช์ตรวจจับสัญญาณก็จะถูกป้อนเข้าสู่ระบบทำให้ทราบการทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ได้ตลอดเวลา ซึ่งโดยปกติในวงจรคอนโทรลเลอร์จะมีการกำหนดจุดอ้างอิง (Referrence point) ไว้ด้วยเพื่อให้เริ่มต้นทำงานและอ้างอิงตำแหน่งได้อย่างถูกต้อง ดังอย่างง่ายๆเช่น ถ้าคุณเริ่มจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับฟลอปปี้ดิสก์ไดรฟ์ คุณจะได้ยินมันกำลังเคลื่อนที่เพื่อหาจุดอ้างอิงที่กำหนด หลังจากนั้นวงจรไดรฟ์คอนโทรลเลอร์จะเริ่มทำงานได้ โดยมันจะทราบถึงทุกๆสเต็ปที่กำลังขับเคลื่อนหัวอ่าน/เขียนไปยังแต่ละแทร็คบนดิสก์

เช่นเดียวกับมอเตอร์ทั่วไปการที่จะทำให้เกิดการหมุนของโรเตอร์ (rotor) ได้ต้องมีการกระทำของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นระหว่างโรเตอร์และสเตเตอร์ (stator) ซึ่งขึ้นอยู่กับการจัดขั้วแม่เหล็ก (pole) การหมุนทำได้ทั้งแบบต่อเนื่องและกลับทิศทางไปมา โดยกระบวนการทางไฟสลับหรือการจัดวางแปลงถ่าน และการจัดแยกคอมมิวเตเตอร์ และทำการสวิตชิ่งกำลังไฟฟ้าให้เกิดแรงดึงดูดของแม่เหล็ก (Magnetic Attraction) ที่ขั้วแม่เหล็กสร้างและหยุดสลับกัน ผลก็คือเกิดสนามแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามกันไปตลอดเวลา และเมื่อต้องการหยุดหมุนก็ทำได้โดยหยุดการเกิดขั้วแม่เหล็กที่จุดจุดหนึ่งโดยหยุดการสวิตชิ่งในลำดับต่อไปเสีย การหมุนกลับทิศทางก็ทำได้เช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว เพียงแต่ทำการสวิตชิ่งกำลังไฟฟ้าให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนในทิศทางกลับกัน หรือกลับลำดับการสวิตช์ของมัน

โครงสร้างของขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ประกอบขึ้นจากแผ่นเหล็กวงแหวนที่มีซี่ยื่นออกมา แต่ละซี่เหล่านั้นจะมีคอยล์พันสวมอยู่ ดังนั้นเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าผ่านคอยล์ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic) ขึ้น ด้านตรงข้ามของแต่ละขั้วแม่เหล็กจะได้รับกระแสไฟฟ้าในขณะเดียวกัน แต่ว่าจะไหลวนในทิศทางตรงกันข้ามทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในทิศทางตรงกันข้ามขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.4(ก) ดังนั้นถ้าเพิ่มจำนวนของขั้วแม่เหล็กมากขึ้นจะเพิ่มจำนวนสเต็ปต่อวงรอบมากขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตามผู้ใช้งานสามารถเพิ่มจำนวนของสเต็ปได้อีกวิธีหนึ่ง โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนโครงสร้างภายใน โดยการจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขั้วแม่เหล็ก 2 ขั้วที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้โรเตอร์หยุดหมุนระหว่างกลางของ 2 ขั้วแม่เหล็กนั้นหรือเคลื่อนที่ไปครึ่งสเต็ปเท่านั้น และวิธีการนี้ยังช่วยให้เกิดแรงบิด (torque) มากขึ้นด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3.4(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 (ก) แสดงสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่มีการต่อวงจรขดลวดภายในเพื่อกระตุ้นให้เกิดขั้วแม่เหล็กขึ้น 1 ขั้ว ในทิศทางตรงกันข้าม ส่วนขดลวดอื่นๆ จะไม่ถูกกระตุ้นเลย

(ข) แสดงการต่อวงจรขดลวดแบบกระตุ้นให้เกิดขั้วแม่เหล็กพร้อมกัน 2 ขั้ว ที่อยู่ใกล้กัน ทำให้โรเตอร์เคลื่อนที่มาหยุดอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กทั้งสอง

สเต็ปเปอร์มอเตอร์โดยทั่วไปมีจำนวนของขั้วแม่เหล็กหรือจำนวนสเต็ปต่อรอบเป็นจำนวนมาก ปกติอยู่ที่ประมาณ 100 – 400 สเต็ปต่อรอบ การมีจำนวนสเต็ปมากๆนี้ไม่ได้เพิ่มที่จำนวนขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าที่สเลเตอร์ แต่ทำได้โดยเพิ่มจำนวนซี่ขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์ จำนวนสเต็ปต่อรอบทั้งหมดจะได้จากการคูณจำนวนขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์และจำนวนซี่ที่โรเตอร์ ดังเช่นถ้ามีขั้วแม่เหล็ก 3 ขั้วบนสเตเตอร์และ 8 ซี่ขั้วแม่เหล็กบนโรเตอร์ สเต็ปเปอร์มอเตอร์ตัวนี้จะทำงานที่ 24 สเต็ปต่อรอบหรือหมุนเป็นมุม 15 องศาต่อสเต็ป

การใช้วงจรดิจิตอลคอนโทรลเลอร์กำหนดการจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวดบนสเตเตอร์แบบซีเควนเชียลทำให้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ทุกสเต็ปได้ เช่นเดียวกับการควบคุมในวงจรดีซีเซอร์โว (DC servo) แต่การควบคุมด้วยดิจิตอลไม่จำเป็นต้องมีการป้อนกลับ การเคลื่อนที่ทุกสเต็ปได้จากการคำนวณรอบหรือมุมในการหมุนที่ต้องการ แล้วจึงส่งข้อมูลที่ได้ไปควบคุมการหมุนของมอเตอร์ พิกัดในการทำงานอาทิความเร็ว , มุมในการเคลื่อนที่ , ตำแหน่งของเพลาถูกกำหนดจากข้อมูลที่ส่งมาควบคุม

3.6 การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปแต่ละสเต็ปทำได้โดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขดลวดแต่ละขดบนสเตเตอร์ ซึ่งต้องป้อนเป็นแบบซีเควนเชียลในรูปแบบ ที่ถูกต้อง ด้วยแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบ คือ แบบเวฟ (wave) แบบ 2 เฟส (two phase) และแบบครึ่งสเต็ป (half step) ทั้งสามแบบต่างก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป

แบบเวฟเป็นการกระตุ้นรูปแบบที่ง่ายที่สุด โดยทำการกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่งและเรียงถัดกันไป ดังเช่น ขดที่ 1,2,3,4,1 หรือ 4,3,2,1,4 ขึ้นอยู่กับทิศทางที่ต้องการให้หมุน ดัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นจึงมีขดลวดเพียงขดเดียวในเวลาหนึ่งที่ถูกกระตุ้นเท่านั้น วงจรกระตุ้นแบบเวฟจึงมีราคาถูกและง่ายขั้นตอนการทำงานต่างๆแสดงดังตารางที่ 3.1

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

ตารางที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบเวฟ

แบบ 2 เฟส เป็นการกระตุ้นอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งคล้ายกับแบบเวฟ แต่การกระตุ้นแบบนี้จะทำการกระตุ้นโดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปที่ขดลวด 2 ขดที่อยู่ใกล้กัน ในเวลาเดียวกัน และเรียงถัดไปเช่นเดียวกับแบบเวฟ คือ ขดลวดที่ถูกกระตุ้น 12 , 23 , 34 , 41 , 12 หรือ 14 , 43 , 32 , 21 , 14 ขึ้นอยู่กับทิศทางการหมุน การเพิ่มจำนวนขดลวดที่ถูกกระตุ้นนี้ทำให้เพิ่มแรงบิดได้มากกว่าแบบเวฟ โรเตอร์จะเคลื่อนที่ด้วยแรงดึงอย่างเต็มแรงจาก 2 ขดลวดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน และต่อไปด้วยแรงดึงจากอีก 2 ขดลวดถัดไป สำหรับข้อเสียก็คือการกระตุ้นแบบนี้ต้องใช้ไฟจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ามากขึ้น ขั้นตอนการทำงานต่างๆแสดงดังในตารางที่ 3.2

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

ตารางที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบ 2 เฟส

แบบครึ่งสเต็ปเป็นรูปแบบที่เกิดจากการผสมผสานระหว่างการกระตุ้นแบบเวฟและแบบ 2 เฟส เพื่อเพิ่มจำนวนสเต็ปต่อรอบอีกเท่าตัวหนึ่ง ในระบบนี้จะทำการกระตุ้นขดลวดเรียงกันไปเป็นลำดับดังนี้ ขดลวดที่ถูกกระตุ้น 1 , 12 , 2 , 23 , 3 , 34 , 4 , 41 , 1 หรือในการหมุนอีกทิศทางหนึ่งจะได้เป็น 1 , 14 , 4 , 43 , 3 , 32 , 2 , 21 , 1 แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นแบบนี้จะเพิ่มมากขึ้นอีกเพราะช่วงสเต็ปมีระยะสั้นลงและแต่ละสเต็ปเกิดแรงดึงจากขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน ความถูกต้องของตำแหน่งมีเพิ่มมากขึ้น แต่ต้องพึงระวังไว้อีกประการหนึ่งว่าเมื่อกระตุ้นให้ทำงานในรูปแบบนี้จะต้องทำการหมุนถึง 2 สเต็ปจึงจะได้เท่ากับ 1 สเต็ปเต็มเหมือนกับในการควบคุม 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบแรก สำหรับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต้องใช้เทียบเท่ากับแบบ 2 เฟสจึงจะเพียงพอขั้นตอนการทำงานต่างๆแสดงดังในตารางที่ 3.3

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

ตารางที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบครึ่งสเต็ป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4
ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

4.1 คุณสมบัติที่สำคัญ

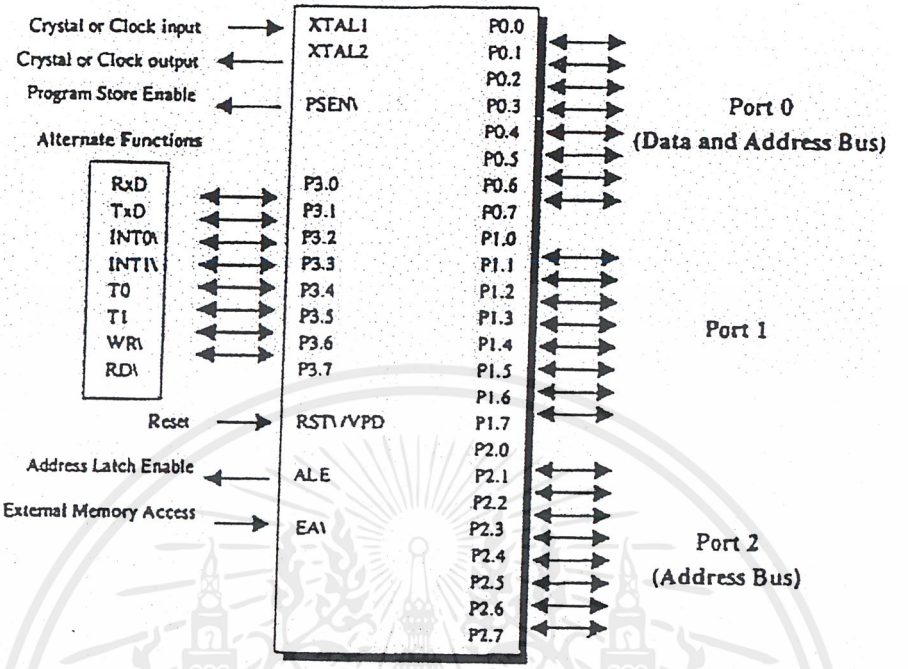
- มี Reprogrammable Flash Memory ภายใน 4 กิโลไบต์ (สามารถเขียนและลบได้ 1000 ครั้ง)
- ใช้งาน 0-24 MHZ.
- มี RAM ภายใน 128 x 8 bit
- มีอินพุท/เอาท์พุทที่สามารถโปรแกรมได้ 32 เส้น
- 16 บิท ทามเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ตัว
- ใช้กำลังงานต่ำ
- สามารถมีการอินเทอร์รัพท์ได้ 6 แห่ง

4.2 ลักษณะทั่วไปของ AT89C51

AT89C51 ใช้กำลังงานต่ำ ประกอบด้วยซีมอส ไมโครคอมพิวเตอร์ 8 bit พร้อมกับ 4 กิโลไบต์ของหน่วยความจำแบบพีรอม (Flash Programmable and Erasable Read Only Memory :PEROM) สามารถโปรแกรมทับโปรแกรมเดิมในส่วนของหน่วยความจำแฟลช (Flash Memory) โดยมีส่วนประกอบมาตรฐานคือ แฟลช 4 กิโลไบต์, หน่วยความจำแบบแรม 128 ไบต์ มี อินพุท/เอาท์พุท 32 เส้น, ทามเมอร์/ เคาน์เตอร์ 16 บิท 2 ตัว, โครงสร้างของอินเทอร์รัพ 2 ระดับ 5 เวกเตอร์, พอร์ทอนุกรม 8 เท่า, มี ออสซิลเลเตอร์ และ สัญญาณนาฬิกา นอกจากนี้ มันยังถูกออกแบบการจัดขาต่างๆ ดังจะกล่าวต่อไป

ชิปไอซี ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีโครงสร้างไอซีเป็นแบบดิพ (DIP) มีขาทั้งหมด 40 ขาโดยขาต่างๆ จะใช้เป็นขาของพอร์ทอินพุต ,เอาต์พุต,ขาสัญญาณควบคุม และขาสำหรับเลือกว่าจะอ่านหน่วยความจำจากภายในหรือจากภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงการกำหนดหน้าที่ขาไอซี

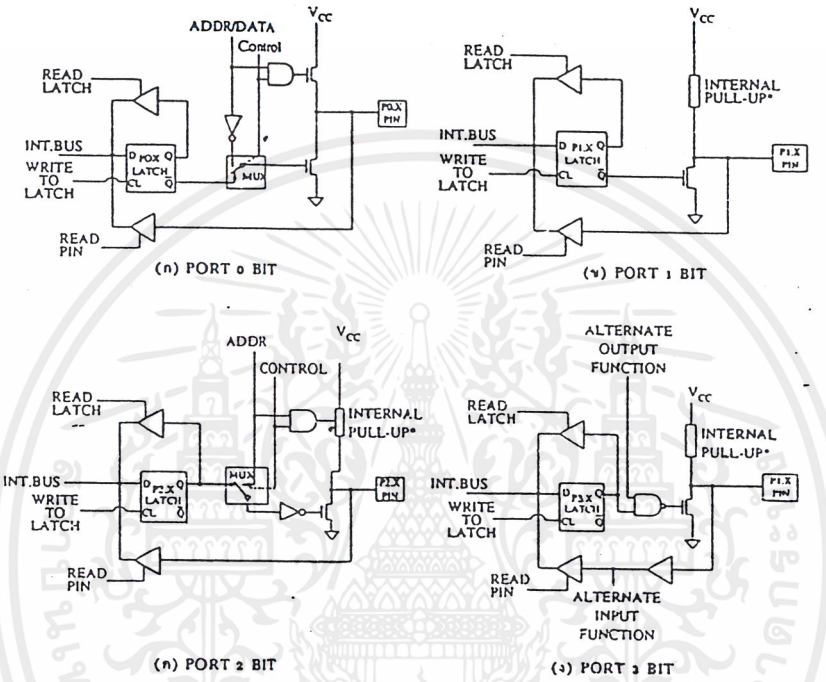
ความหมายของขาต่าง ๆ มีดังนี้

1. พอร์ท 0 (Port 0) ได้แก่ขา 32-39 สามารถใช้เป็นอินพุตเอาต์พุตได้นอกจากนี้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกยังใช้เป็นขาแอดเดรสบัส(Address Bus) และดาต้าบัส(Data Bus)อีกด้วย
2. พอร์ท 1 (Port 1) ได้แก่ ขา 1-8 เป็นพอร์ท 8 บิท สามารถอ้างทีละบิท ได้ คือ P1.0, P1.1,...etc
3. พอร์ท 2 (Port 2) ได้แก่ ขา 21-28 ใช้งานได้ 2 หน้าที่ คือใช้เป็นพอร์ท 8 บิท และใช้เป็นขาแอดเดรส 8 บิท ในการอ้างหน่วยความจำภายนอก
4. พอร์ท 3 (Port 3) ได้แก่ ขา 10-17 ใช้งาน 2 หน้าที่คือ เป็นพอร์ทอินพุตและเอาต์พุต และให้เป็นขาควบคุมต่าง ๆ
5. PSEN (Program Store Enable) เป็นขาที่ส่งสัญญาณออกคือ ขา 29 ขานี้จะแอคทีฟเมื่อ MCS-51 ต้องการอ่าน Code โปรแกรมภายนอก โดยปกติถ้าหน่วยความจำภายนอกเป็นอีพรอม (EPROM) ขา PSEN จะต่อกับขาเอาท์พุทเอเนเบิล (Output Enable:OE) ของอีพรอม
6. ALE (Address Latch Enable) เนื่องจากพอร์ท 0 สามารถใช้เป็นขาอ้างตำแหน่ง และขาข้อมูล MCS-51 จะมีขา ALE ที่ขา 30
7. EA (External Access) ได้แก่ขาที่ 31 ถ้าขานี้เป็นลอจิก 1 จะใช้สำหรับบอกว่าให้อ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำโปรแกรมภายใน แต่ถ้าเป็นลอจิก 0 สามารถอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ (ถ้าขา EA เป็น 0 ขา PSEN จะแอคทีฟ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. รีเซ็ต (RST)ได้แก่ขา 9 ใช้ในการรีเซ็ต MCS-51 โดยจะให้ขานี้เป็นลอจิก 1 อย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล (Machine Cycles) จึงจะรีเซ็ตระบบได้

4.3 โครงสร้างของพอร์ทอินพุท,เอาท์พุต และการใช้งาน



รูปที่ 4.2 โครงสร้างพอร์ททั้ง 4 ของ MCS-51

ขาของพอร์ทจะแสดงโครงสร้างภายในได้โดยจะมีโครงสร้างเป็นทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า (Field - Effect Transistor) ต่ออยู่กับขาภายนอก และมีความต้านทานต่อพูลอัพ (Pull-up) อยู่สำหรับพอร์ท 1,2,3 แต่ถ้าเป็นพอร์ท 0 จะไม่มีตัวต้านทาน Pull-up ภายในเพราะว่าต้องใช้เป็นขาแอดเดรสบัส และดาต้าบัส

พอร์ทนี้สามารถใช้เป็นอินพุตเอาต์พุตกับอุปกรณ์ภายนอกได้ ในการอ่านข้อมูลจากพอร์ทจะอ่านได้สองแบบคือรีดแลตช์ (Read Latch) และรีดพิน(Read Pin)โดย รีดแลตช์หมายถึงการอ่านข้อมูลที่ถูกแลตช์เอาไว้ เข้าสู่บัสภายในของ MCS-51 เช่นการทำคำสั่งCPL P1.5 แต่ถ้าเป็นการรีดพิน จะเป็นการใช้พอร์ทเป็นอินพุต โดยจะอ่านค่าจากขาของไอซีเข้าสู่บัสภายในโดยการอ่านแบบรีดแลตช์ และรีดพิน จะมีสัญญาณมาควบคุมที่บัฟเฟอร์

ตามที่ทราบมาแล้วว่าMCS-51 จะประกอบด้วยพอร์ท4 พอร์ท คือ P0, P1 ,P2 และ P3 ซึ่งพอร์ททั้ง4 พอร์ทสามารถใช้เป็นอินพุตพอร์ท(Input Port)และเอาต์พุตพอร์ท (Output Port) ได้ แต่ละส่วนใหญ่มักใช้พอร์ท P1 ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเพราะบางขณะ P0,P1,P2 และ P3 ถูกใช้ในงานด้านอื่นด้วยโครงสร้างของพอร์ทภายใน MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่า พอร์ทของ MCS-51 จะสร้างจาก FET และจะเห็นว่า P1, P2 และ P3 จะมีตัวต้านทานเป็นตัวพูลอัพโหลดอยู่ภายในชิพซึ่งเรียกว่า Internal Pull-up แต่ P0 จะไม่มี ดังนั้น การใช้ P1, P2 และ P3 เป็นพอร์ทเอาต์พุตนั้น ถ้ามีการส่งข้อมูลเป็นลอจิก 0 ออกมาจะทำให้ ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้าขับสัญญาณ ดังนั้นเอาต์พุตจะเป็นค่า 0 ด้วย ถ้ามีการส่งข้อมูลออกมา เป็นลอจิก 1 ตัว ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้าจะหยุดทำงาน ดังนั้นขาเอาต์พุตจะเป็นลอจิก 1 ด้วยตัว ต้านทานที่พูลอัพอยู่ภายใน แต่สำหรับการใช้พอร์ท 0 ถ้าใช้เป็นพอร์ทเอาต์พุตจะอยู่ในภาวะอิมพี แดนซ์สูง ซึ่งต้องต่อตัวต้านทานพูลอัพภายนอกด้วย

4.4 ชุดคำสั่งของ MCS-51

สามารถจัดกลุ่มคำสั่งตามลักษณะหน้าที่การทำงานดังนี้

1.กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic Instruction) ประกอบด้วยคำสั่งในการบวก ลบ คูณ หาร รวมทั้งคำสั่งในการเพิ่มค่าข้อมูลในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิป

2.กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์ (Logic Instruction) ประกอบด้วยกลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์ เช่น แอนด์ ออร์ เอกซ์คลูซีฟ-ออร์ คอมพลีเมนต์ รวมทั้งคำสั่งสำหรับเลื่อนบิตข้อมูลไปทางซ้าย และขวา โดยผ่านบิตแคร์รี่แฟลกซ์หรือไม่ก็ได้ นอกจากนี้ยังมีคำสั่งพิเศษที่ใช้ในการสลับที่ข้อมูล 4 บิตบนและ 4 บิตล่าง (SWAP)

3.กลุ่มคำสั่งเคลื่อนย้ายข้อมูล (Data Transfer Instructions) เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับการ เคลื่อนย้ายข้อมูล หรือนำข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลไปเก็บในหน่วยความจำบริเวณใดบริเวณ หนึ่ง หรือย้ายข้อมูลไปยังรีจีสเตอร์เพื่อประมวลผล เนื่องจากคำสั่งบางคำสั่งจำเป็นต้องทำงานที่รี จีสเตอร์เฉพาะตัวเท่านั้น เช่น คำสั่งในการคูณหรือหารที่ทำงานกลับรีจีสเตอร์ A,B เท่านั้น คำสั่ง ในกลุ่มนี้แบ่งออกเป็นกลุ่มคำสั่งย่อยๆดังนี้

- กลุ่มคำสั่งสำหรับเคลื่อนย้ายข้อมูลในหน่วยความสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายในชิป
- กลุ่มคำสั่งสำหรับเคลื่อนย้ายข้อมูลในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิป
- กลุ่มคำสั่งสำหรับเคลื่อนย้ายข้อมูลในหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกชิป

4.กลุ่มคำสั่งในการควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรม (Program Control Instructions) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรม ในกลุ่มคำสั่งนี้แบ่งออก เป็นคำสั่งที่มีเงื่อนไขและไม่มีเงื่อนไขทำให้การเขียนโปรแกรมสะดวกขึ้น

5.กลุ่มคำสั่งสำหรับการประมวลผลแบบบูลีน (Boolean Instructions) การประมวลผลแบบ บูลีนเป็นการประมวลผลด้วยข้อมูลขนาด 1 บิต สำหรับประมวลผลซึ่งสามารถอ้างถึงตำแหน่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยตรง หน่วยความจำนี้จะอยู่ในบริเวณเดียวกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิป และที่ใช้เป็นรีจีสเตอร์ใช้งานเฉพาะบางตัว

4.5 การสร้างฐานเวลาให้แก่ MCS-51

ในที่นี้จะใช้ชิปที่ทำหน้าที่เป็นนาฬิกาซึ่งสามารถส่งข้อมูลเวลาในขณะใดๆ (ชิป RTC) ให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ เวลาที่ได้จากวิธีนี้จะเป็นเวลาจริงๆ ที่เดินอยู่ตลอดเวลาอย่างเที่ยงตรง ชิปที่ทำหน้าที่ดังกล่าวนี้ปัจจุบันมีอยู่ด้วยกับหลายเบอร์ แต่เบอร์ที่ใช้งานได้ง่ายและสะดวกที่สุดคือ ชิป RTC ของบริษัท Dallas Semiconductor เบอร์ DS1202 "Serial Timekeeper Chip"

ชิป RTC จริงๆมีอยู่ด้วยกับหลายชนิด บางชนิดสามารถอินเตอร์รัปต์ไมโครคอนโทรล - เลอร์ในช่วงเวลาที่กำหนดได้ สำหรับชิป RTC เบอร์ DS1202 ทำได้เพียงแค่ให้ข้อมูลที่เป็นเวลาในขณะใดๆแก่ไมโครคอนโทรลเลอร์เท่านั้น ไม่สามารถอินเตอร์รัปต์ซีพียูได้ การเลือกใช้งานชิป RTC ประเภทใดขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบว่าต้องการความสามารถมากน้อยขนาดไหน

ชิป RTC เบอร์ DS1202 ที่จะกล่าวถึงนี้มีความเที่ยงตรงในการทำงานสูงมาก สามารถนำมาต่อร่วมกับระบบเพื่อบอกเวลาให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้สะดวก เพราะใช้จำนวนสายในการติดต่อระหว่างตัวชิปเองกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพียง 3 เส้นเท่านั้น เนื่องจากชิป RTC เบอร์ที่ใช้การติดต่อรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

4.6 คุณสมบัติของชิป RTC เบอร์ DS1202

- ทำหน้าที่นับวินาที นาที ชั่วโมง วันที่ของเดือน เดือน ปี รวมทั้งคำนวณปีอธิกสุรทินให้เองอัตโนมัติ
- มีหน่วยความจำขนาด 24 ไบต์สำหรับเก็บข้อมูลทั่วๆไป ส่วนใหญ่ไว้เก็บข้อมูลที่ต้องการสำรองในขณะที่ไม่มีพลังงานจ่ายให้แก่ระบบ เช่น รหัสผ่านที่เปลี่ยนค่าได้ เวลาที่ต้องการให้เครื่องจักรทำงาน ทำให้ไม่จำเป็นต้องสำรองหน่วยความจำทั้งระบบ
- ใช้การติดต่อแบบอนุกรม จึงใช้จำนวนสายในการเชื่อมต่อกับทั้งระบบเพียง 3 เส้น
- ใช้แรงดันไฟฟ้าเพียง 2.0 ถึง 5.5 โวลต์ และกระแสเพียง 300 นาโนแอมแปร์ที่ระดับแรงดัน 2.0 โวลต์
- การโอนย้ายข้อมูลสามารถกระทำได้ทั้งในแบบครั้งละ 1 ไบต์(Single byte)หรือครั้งละหลายๆไบต์ (multiple byte หรือ burst mode) ไม่ว่าจะเป็นการเขียนหรือการอ่านข้อมูล
- ตัวชิปเองมีให้เลือกทั้งแบบ 8 PIN DIP หรือ 16 PIN SOIC เพื่อใช้สำหรับแผ่นวงจรชนิด surface mount

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระดับสัญญาณ TTL compatible (Vcc = 5 โวลต์)
- ช่วงอุณหภูมิในการใช้งานกว้างมากระหว่าง -40 องศาถึง 88 องศาเซลเซียส

<u>รายละเอียดเพิ่มเติม</u> ชิป RTC เบอร์ DS1202 "Serial Time Keeper Chip" มี Real Time Clock/Calendar และ Static RAM ขนาด 24 ไบต์ ใช้สายเพียง 3 เส้น ในการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรับส่งข้อมูลเกี่ยวกับเวลา ข้อมูลที่ชิป RTC DS1202 มีให้ประกอบด้วย

- วินาที
- นาที
- ชั่วโมง
- วันที่
- วัน
- เดือน
- ปี

วันที่ในวันสุดท้ายของเดือนจะถูกปรับโดยอัตโนมัติ สำหรับเดือนที่มีจำนวนวันน้อยกว่า 31 วันและมีการคำนวณจำนวนวันของเดือนกุมภาพันธ์ในปีอธิกสุรทินให้เอง ข้อมูลที่ส่งให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถเลือกรูปแบบได้ทั้งแบบ 24 ชั่วโมง (0.00-23.59) หรือแบบ 12 ชั่วโมง (0.00-12.00 นาฬิกา โดยมีข้อมูลเพิ่มเพื่อบอกให้ทราบว่าเป็นเวลากลางวันหรือกลางคืน)

การเชื่อมต่อชิป RTC DS1202 เข้ากับระบบมีความสะดวกมากเนื่องจากใช้จำนวนสายเพียง 3เส้นเท่านั้น เพราะใช้การติดต่ออนุกรมชนิดSynchronous Serial Communication

ขาที่ต้องใช้รับส่งข้อมูลทั้งสาม คือ

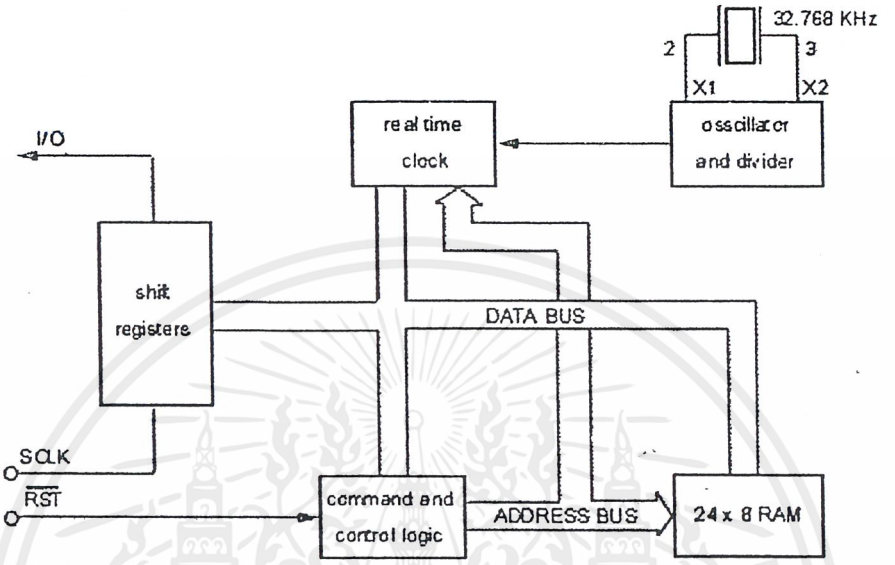
- RST (reset)
- I/O (data line)
- SCLK (serial clock)

เนื่องจากในชิป RTC DS1202 มีนาฬิกาหรือเวลาที่เดินอยู่ตลอดเวลา รวมทั้งมีหน่วยความจำจำนวนหนึ่ง ดังนั้นในการติดต่อกับชิป RTC DS1202 ผู้ใช้สามารถเลือกได้ว่าต้องการข้อมูลจากนาฬิกาหรือจากหน่วยความจำภายในชิป (CLOCK/RAM) การรับส่งข้อมูลสามารถกระทำได้ทั้งแบบทีละไบต์หรือรับส่งกันคราวละหลายไบต์ดังจะได้กล่าวต่อไป นอกจากนี้ RTC DS1202 ยังถูกออกแบบให้ใช้พลังงานน้อย และสิ้นเปลืองพลังงานจากแบตเตอรี่น้อยที่สุด เพื่อความสะดวกในการสำรองพลังงาน โดยชิปตัวนี้สามารถเก็บรักษาข้อมูลในหน่วยความจำและเวลาที่เดินอยู่ตลอดเวลาได้ที่กำลังไฟฟ้าน้อยกว่า 1 ไมโครวัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 โครงสร้างของชิป RTC เบอร์ DS1202

โครงสร้างของชิปเบอร์นี้มีดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงโครงสร้างภายในของ DS 1202

โครงสร้างภายในของ RTC เบอร์ DS1202 ประกอบไปด้วยส่วนที่สำคัญๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าชิป RTC เบอร์นี้ประกอบไปด้วยส่วนที่สำคัญๆดังนี้ คือ

- shift register
- control logic
- oscillator
- real time clock และ
- RAM

ในการรับส่งข้อมูลใดๆ ให้แก่ RTC เบอร์ DS1202 ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครโปรเซสเซอร์ที่ต้องการติดต่อด้วยจะต้องส่งข้อมูลที่เป็นคำสั่งควบคุมการติดต่อซึ่งมีขนาด 8 บิตเสียก่อน โดยเริ่มต้นด้วยการให้ขา RST มีสถานะเป็น 1 (อยู่ในช่วงการติดต่อ) จากนั้นส่งข้อมูลจำนวน 8 บิต จะประกอบด้วยคำสั่งในการควบคุมชิป RTC และตำแหน่งของหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อ (address/command byte) ในแต่ละครั้ง การรับข้อมูลจากไมโครโปรเซสเซอร์แต่ละบิตจะกระทำที่ช่วงขอบขาขึ้นของสัญญาณที่ขา SCLK (serial clock)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในชิป RTC เบอร์ DS1202 ประกอบด้วยหน่วยความจำขนาด 24 ไบต์ และรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เก็บเวลาของชิปในขณะปัจจุบันจำนวน 8 ตัว รีจิสเตอร์ทั้ง 8 ตัวนี้สามารถเข้าถึงได้เสมือนเป็นหน่วยความจำตำแหน่งหนึ่ง ดังนั้นต่อไปเราจะมองว่าชิป RTC เบอร์นี้มีหน่วยความจำทั้งสิ้น 32 ตำแหน่ง โดยประกอบขึ้นจากรีจิสเตอร์ 8 ตำแหน่งและหน่วยความจำ 24 ตำแหน่ง

ข้อมูลขนาด 8 บิตแรก (address/command byte) จะระบุตำแหน่งหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อ (ทั้งตำแหน่งของหน่วยความจำทั่วไปและตำแหน่งของรีจิสเตอร์สำหรับเก็บเวลา) และบอกว่าเป็นการเขียนหรืออ่านข้อมูลจากหน่วยความจำตำแหน่งนั้นๆ รวมทั้งระบุว่าให้การรับส่งข้อมูลเป็นแบบครั้งละ 1 ไบต์ หรือครั้งละหลายๆ ไบต์

หลังจากมีสัญญาณนาฬิกาเกิดขึ้น 8 ครั้ง (สัญญาณ SCLK) ในระหว่างการเขียนข้อมูล 8 บิตแรกเข้าไปใน shift register สัญญาณนาฬิกาต่อไปที่จะเกิดขึ้นจะเป็นการนำข้อมูลออกจากชิป RTC สำหรับการอ่านข้อมูลหรือนำข้อมูลเข้าไปยังชิป RTC สำหรับการอ่านข้อมูลหรือนำข้อมูลเข้าไปยังชิป RTC สำหรับการเขียนข้อมูล จำนวนของสัญญาณนาฬิกาทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการติดต่อครั้งหนึ่งๆ จึงเท่ากับ 8+8 ในการส่งข้อมูลครั้งละ 1 ไบต์ single byte mode หรือ 8 บวกมากที่สุด 192 (8×24) สำหรับการส่งข้อมูลครั้งละหลายๆ ไบต์

การรับส่งข้อมูลระหว่างชิป RTC DS1202 ในตอนเริ่มต้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องส่งข้อมูลเพื่อกำหนดการทำงานให้แก่ RTC เสียก่อน ข้อมูลที่ RTC ได้รับในตอนเริ่มต้นนี้จะมีขนาด 1 ไบต์ ซึ่งมีชื่อว่า command byte และเนื่องจากข้อมูลในไบต์นี้จะเป็นตัวกำหนดการทำงานของ RTC ดังนั้นแต่ละบิตในไบต์นี้จะมีความหมายแตกต่างกันไปดังนี้

- MSB (บิต 7) ต้องเป็น 1 เสมอ ถ้าเป็น 0 การทำงานต่อไปนี้จะถูกหยุดไว้หมด
- บิต 6 ถ้าเป็น 0 จะระบุว่าต้องการติดต่อกับรีจิสเตอร์สำหรับเก็บเวลา หากบิตนี้มีค่าเป็น 1 จะระบุว่าต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ
- บิต 1 ถึง 5 เป็นตัวระบุตำแหน่งหน่วยความจำ (ทั้งหน่วยความจำที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บเวลาและหน่วยความจำทั่วไป) ที่ต้องดารเข้าถึงไม่ว่าจะเป็นการอ่านหรือเขียนข้อมูล ซึ่งควบคุมด้วยบิต 0 ดังจะได้กล่าวต่อไป
- บิต 0 จะเป็นการระบุว่าเป็นการเขียนหรืออ่านข้อมูล ถ้าเป็น 0 หมายถึงการเขียนข้อมูลลงไปในชิป หากเป็น 1 หมายถึงการอ่านข้อมูลจากชิป

ในการส่ง command byte ไปยัง RTC จะเริ่มต้นด้วยบิต 0 ก่อนเสมอ (LSB first)

Burst Mode หมายถึง การรับหรือส่งข้อมูลครั้งละหลายไบต์ในการติดต่อแต่ละครั้งโดยสามารถกำหนดได้ว่าข้อมูลที่ต้องการติดต่อเป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บเวลาหรือหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูล หากเป็นการรับส่งข้อมูลกับรีจิสเตอร์สำหรับเก็บเวลาก็จะรับส่งกันครั้งละ 8 ไบต์ หาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการรับส่งข้อมูลกับหน่วยความจำจะรับส่งกันครั้งละ 24 ไบต์ การกำหนดให้รับส่งข้อมูลครั้งละหลายไบต์ กำหนดโดย command byte ดังได้กล่าวมาแล้ว

ในการรับหรือส่งใน burst mode จะเริ่มที่บิต 0 ของหน่วยความจำตำแหน่ง 0 ก่อนเสมอ ไม่ว่าจะเป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บเวลาหรือหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป

Burst mode นี้มีไว้เพื่อความสะดวกในการรับหรือส่งข้อมูลครั้งละจำนวนมากๆ ทำให้ไม่ต้องส่ง command byte หลายครั้งนั่นเอง

Write protect command Byte เวลาที่เดินอยู่ภายในรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เก็บเวลาและข้อมูลที่อยู่บนหน่วยความจำทั้ง 24 ตำแหน่ง สามารถป้องกันมิให้เขียนข้อมูลใดๆซ้อนลงไปได้เพื่อป้องกันเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยไม่ได้ตั้งใจ ทั้งนี้โดยการควบคุมจาก write protect register ซึ่งเป็นรีจิสเตอร์ตำแหน่งที่7 ของรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เก็บเวลา โดยมี write protect bit ซึ่งเป็นบิตที่ 7 ของรีจิสเตอร์ตัวนี้เป็นตัวกำหนดการทำงาน หาก write protect bit เป็น 0 หมายถึงสามารถเขียนข้อมูลใดๆลงไปยังรีจิสเตอร์ที่เก็บเวลาหรือหน่วยความจำก็ได้ หากบิตนี้เป็น 1 หมายถึงชิป RTC อยู่ในสถานะป้องกันการเขียนข้อมูล ดังนั้นก่อนการเขียนข้อมูลใดๆ ไปยังรีจิสเตอร์สำหรับเก็บเวลาหรือหน่วยความจำ write protect bit ต้องเป็น 0 เสมอ โดยการให้ RST เป็น 1 (อยู่ในช่วงการติดต่อ) และโหลด write protection command byte (8EH) ตามด้วยข้อมูลที่มีค่า 00H (เคลียร์ให้ write protect bit เป็น 0) หลังจากนั้น RST ต้องกลับมามีสถานะเป็น 0 ก่อนที่คำสั่งอื่นๆ จะเริ่มต้นทำงานได้

ส่วนในการบังคับให้ชิป RTC อยู่ในสถานะป้องกันการเขียนก็ต้องให้ RST เป็น 1 แล้วโหลด command byte ที่มีค่า 8EH ตามด้วยข้อมูล 80H (ให้ write protect bit เป็น 1)

ในการทำงานแบบ burst mode เราไม่สามารถเขียนค่าใดๆ เข้าไปใน write protect bit ได้

Reset and Clock Control การรับหรือส่งข้อมูลทั้งหมดจะต้องเริ่มโดยให้ขา RST มีสถานะเป็น 1 ก่อนเสมอ โดย RST มีหน้าที่หลักอยู่ 2 ประการดังนี้

1 RST ใช้ควบคุมการเขียนหรืออ่านข้อมูลใน shift register

2 RSTใช้เป็นสัญญาณในการหยุดการทำงานใดๆกับชิปRTC DS1202

โดยปกติการเขียนข้อมูลเข้าไปใน RTC DS1202 จะเกิดขึ้นในช่วงขอบขาขึ้นของสัญญาณที่ขา SCLK ส่วนการอ่านข้อมูลเข้าไปใน RTC DS1202 จะเกิดขึ้นในช่วงขอบขาลงของสัญญาณที่ขา SCLK โดยระหว่างการติดต่อขา RST ต้องมีสถานะเป็น 1 ตลอดเวลา หากขา RST มีสถานะเป็น 0 หมายถึงยกเลิกการติดต่อหรือสิ้นสุดการติดต่อ

Data Input ในตอนเริ่มต้นติดต่อระหว่างชิป RTC DS1202 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ไบต์แรกจะต้องเป็น command byte เสมอ หากใน command byte ระบุว่าเป็นการเขียนข้อมูลไปใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิป ข้อมูลจะถูกรับเข้ามาในขอบขาขึ้น (rising edge) ของ SCLK เท่านั้น โดยเริ่มต้นที่บิต 0 ก่อนเสมอ และหากเป็นคำสั่งให้รับส่งครั้งละ 1 ไบต์ เมื่อข้อมูลได้รับเข้ามาครบแล้ว สัญญาณ SCLK ที่ได้รับเกินจะถูกละเลยไป หากเป็นคำสั่งให้รับส่งแบบburst mode ซึ่งรับส่งครั้งละ 24 ไบต์ ก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน คือ เมื่อรับข้อมูลครบ 24 ไบต์ สัญญาณ SCLK ที่ได้รับเกินจะถูกละเลยเช่นกัน

Data Output หลังจากรับ command byte แล้ว หากมีการระบุว่าเป็นการอ่านข้อมูลจากชิป RTC DS1202 ข้อมูลจะถูกส่งออกจากชิปสู่ภายนอกในขณะช่วงขอบขาลง (falling edge) ของ SCLK หลังจากมีการรับ command byte เรียบร้อยแล้ว นั่นคือบิตแรกที่ถูกส่งออกจาก RTC จะเกิดขึ้นในช่วงขอบขาลงของสัญญาณนาฬิกาลูกที่ 9 นั่นเอง (ต่อจาก command byte)

Clock/Calendar คือ รีจิสเตอร์ 8 ตัว โดยข้อมูลในรีจิสเตอร์เหล่านี้จะอยู่ในรูปของรหัส BCD เท่านั้น

Clock Halt Flag บิต 7 ของรีจิสเตอร์ที่เก็บค่าวินาทีจะเป็นตัวบอกให้ชิป RTC DS1202 หยุดการทำงานของวงจรในส่วนออสซิลเลเตอร์เมื่อบิตนี้มีค่าเป็น 1 ซึ่งเป็นผลให้นาฬิกาภายในชิปหยุดทำงานไปด้วย และจะบังคับให้ชิปอยู่ในสถานะ low power standby mode โดยใช้กระแสไม่เกิน 100 นาโนแอมแปร์ และเมื่อบิตนี้เป็น 0 อีกครั้ง วงจรออสซิลเลเตอร์จะเริ่มทำงานต่อทันที

AM-PM/12-24 mode บิต 7 ของรีจิสเตอร์ที่เก็บค่าชั่วโมงถูกกำหนดให้เป็น 12/24 hour mode select bit นั่นคือเป็นตัวเลือกว่าจะให้รีจิสเตอร์นี้เก็บค่าชั่วโมงแบบ 12 ชั่วโมง หรือ 24 ชั่วโมง โดย

- บิตที่ 7 เป็น 1 จะเป็นการเลือกให้เก็บค่า 12 ชั่วโมง โดยมีบิต 5 เป็นตัวบอกว่าเป็นช่วงกลางวันหรือกลางคืน (AM/PM indicator) โดย 1 จะหมายถึง PM และ 0 หมายถึง AM
- บิตที่ 7 เป็น 0 จะเป็นการเลือกให้เก็บค่าแบบ 24 ชั่วโมง และบิต 5 จะเป็นบิตที่แสดงหลักสิบตัวที่ 2 ของชั่วโมง (20-23)

Write protect บิต 7 ของ write protect register จะเป็น write protect bit ดังได้กล่าวมาแล้วในเรื่อง write protect command byte โดย 7 บิตแรกถูกบังคับให้เป็น 0 หมด ทำให้อ่านได้ค่าเป็น 0 เสมอ

Clock/Calendar Burst Mode command byte ที่มีค่า BEH จะเป็นการระบุว่ามีการเขียนข้อมูลในรีจิสเตอร์นี้ในแบบ burst mode หาก command byte มีค่า BFH จะระบุว่าให้มีการอ่านข้อมูลในรีจิสเตอร์นี้ในแบบ burst mode เช่นกัน ซึ่งใน

Clock/calendar burst mode นี้จะมีการรับหรือส่งข้อมูลคราวละ 8 ไบต์ติดต่อกัน (รับหรือส่งข้อมูลในรีจิสเตอร์ที่เก็บค่าเวลาทั้ง 8 ตัว) โดยจะเป็นการรับหรือการส่งขึ้นกับ command byte ดังได้กล่าวมาแล้ว โดยข้อมูลที่รับหรือส่งจะเริ่มต้นด้วยบิต 0 ของรีจิสเตอร์ 0 ก่อนเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RAM Burst Mode command byte ที่มีค่า FEH จะเป็นการระบุว่าให้มีการเขียนข้อมูลในหน่วยความจำแบบ burst mode หาก command byte มีค่า FFH จะระบุว่าให้มีการอ่านข้อมูลในหน่วยความจำแบบ burst mode ทำนองเดียวกัน clock / calendar burst mode จะมีข้อแตกต่างกันก็เพียงจำนวนข้อมูลที่รับหรือส่งเท่านั้น เพราะหน่วยความจำในชิป RTC DS1202 มีขนาด 24 ไบต์ ดังนั้นใน RAM burst mode นี้ข้อมูลจำนวน 24 ไบต์จะรับส่งกัน โดยเริ่มต้นบิต 0 ของหน่วยความจำตำแหน่ง 0 ก่อนเสมอ

BURST FUNCTION	DATA (BYTES)	SCLK
CLOCK	8	72
RAM	24	200

ตารางที่ 4.1 แสดงการใช้งานใน BURST MODE

รีจิสเตอร์	ฟังก์ชัน	COMMAND ADDRESS (HEX)	เขียน = W อ่าน = R	RANGE DATA (BCD)	รีจิสเตอร์กำหนด							
					7	6	5	4	3	2	1	0
0	วินาที	80 81	W R	00 - 59	CH	10 วินาที			วินาที			
1	นาที	82 83	W R	00 - 59	0	10 นาที			นาที			
2	12 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง	84 85	W R	01 - 12 00 - 23	12 24	0 0	AP 10 ชม.	ชม	ชั่วโมง			
3	วัน	86 87	W R	01 - 31	0	0	10 วัน		วัน			
4	เดือน	88 89	W R	01 - 12	0	0	0	10 เดือน	เดือน			
5	วัน	8A 8B	W R	01 - 07	0	0	0	0	วัน			
6	ปี	8C 8D	W R	00 - 99	10 ปี				เดือน			
7	WRITE PROTECT	8E 8F	W R	00 - 80	WP	เป็น 0 ทั้งหมด						

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลการทำงานของรีจิสเตอร์ และ RAM ใน DS 1202

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์	ฟังก์ชัน	COMMAND ADDRESS (HEX)	เขียน = W อ่าน = R
31	CLOCK	BE	W
	BURST	BF	R
0	RAM 0	C0	W
		C1	R
		.....	.....
23	RAM 23	EE	R
31	RAM	FE	W
	BURST	FF	R

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลการทำงานของรีจิสเตอร์ และ RAM ใน DS1202 (ต่อ)

4.8 การเลือกใช้คริสตอล

ชิป RTC DS1202 ใช้คริสตอลความถี่ 32.768 กิโลเฮิรตซ์ เป็นตัวกำหนดคาบเวลาในการทำงาน ซึ่งมักจะใช้ของบริษัท daiwa เบอร์ DT26S หรือของบริษัท Seiko เบอร์ DS-VT-200 หรือเบอร์ที่เทียบเท่ากัน

คริสตอลความถี่ 32.768 กิโลเฮิรตซ์นี้สามารถต่อโดยตรงเข้ากับขา 2 และ 3 (x1, x2) ของ DS1202 ได้เลย โดยค่าอิมพีแดนซ์ของตัวคริสตอลเองควรเป็นค่าคาพาซิแตนซ์ (C) ขนาด 6 พิโคฟาร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การออกแบบและการทำงาน

5.1 การออกแบบและการทำงานของวงจรในส่วนต่างๆ

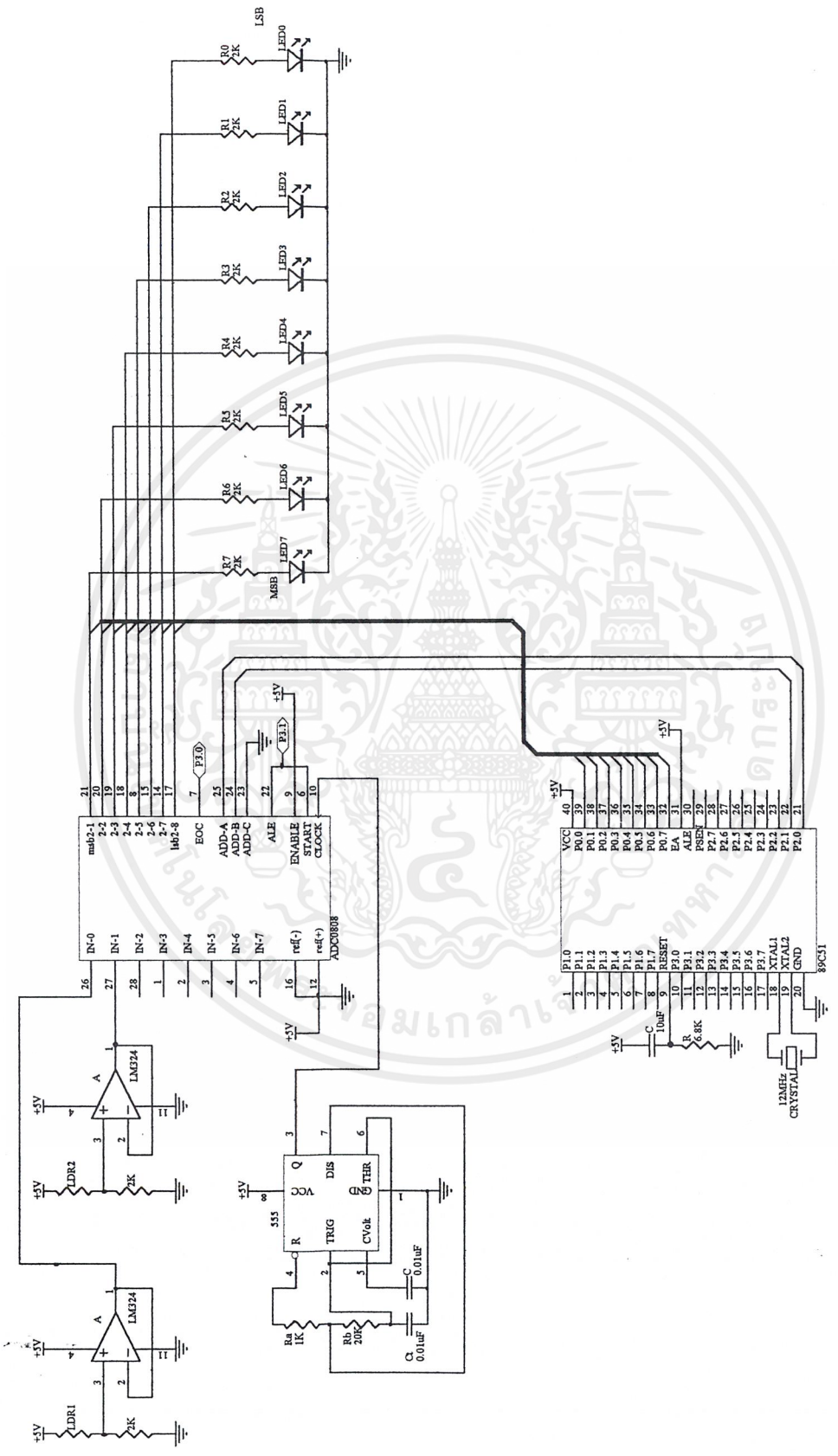
การออกแบบและการทำงานของการควบคุมระดับความเข้มแสงภายในห้องมีลักษณะให้สามารถเลือกการทำงานได้ 2 แบบ คือ แบบปรับระดับความเข้มแสงอัตโนมัติ และแบบตั้งเวลาเปิดปิดไฟตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆได้ ดังนี้

5.1.1 เซ็นเซอร์ระดับความเข้มแสงพร้อมด้วยการเปลี่ยนระดับสัญญาณดิจิตอล

การออกแบบส่วนนี้โดยอาศัยคุณสมบัติอุปกรณ์ตัวรับแสง(แอลดีอาร์)ที่มีค่าความต้านทานเปลี่ยนตามความเข้มแสง เมื่อแอลดีอาร์ได้รับแสงมากจะทำให้ค่าความต้านทานลดลง และมีผลทำให้ค่าแรงดันที่ตกคร่อมแอลดีอาร์ลดลง เมื่อต่อเข้ากับระบบดังรูปที่ 5.1 ค่าแรงดันนี้เป็นสัญญาณอนาลอกซึ่งไม่สามารถบอกผลว่าความเข้มภายในห้องอยู่ที่ระดับใด จึงต้องนำค่าแรงดันนี้ไปแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลที่นำไปใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ และสามารถทำงานกับทั้งระบบได้โดยใช้เอทูดีคอนเวอร์เตอร์ 8 บิท ที่มี 8 ช่องสัญญาณอินพุทมัลติเพล็กเซอร์

ช่องสัญญาณอินพุทจะถูกเลือกโดยการกำหนดตำแหน่งที่ดีโคดเดอร์ โดยจำนวนช่องสัญญาณอินพุทที่ใช้ขึ้นอยู่กับขนาดของห้องทำงาน และความละเอียดของการวัดระดับแสง ถ้าหากเป็นห้องที่ไม่มีขนาดใหญ่มากนัก การใช้อุปกรณ์รับแสงเพียง 2 ตัววางไว้ที่ตำแหน่งมุมด้านหน้าและด้านหลังของห้อง แล้วนำค่าลอจิกที่ได้จากการแปลงซึ่งหมายถึงระดับความเข้มของแสง มาเฉลี่ยกันจะพบว่าระบบจะมองความเข้มแสงภายในห้องที่แท้จริงจากความเข้มของแสงทั่วห้องเพื่อแสดงว่าผู้ที่ทำงานในห้องได้รับปริมาณแสงเพียงพอต่อสายตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 การเลือกระดับความเข้มของแสง

ระบบจะแบ่งความเข้มของแสงภายในห้อง เป็น 5 ระดับ โดยอาศัย หลักการที่ว่าสถานที่ทำงานแต่ละแห่งจะมีความสว่างที่พอเหมาะกับการใช้งานต่างกันไป และแสงไม่มากเกินไป ระดับทั้ง 5 ได้จากการทดลอง การต่อแบ่งแรงดัน ระหว่างแอลดีอาร์กับตัวต้านทาน โดยกำหนดความเข้มแสงเป็น 5 ก่อน ในช่วง 300 –3000 ลักซ์ แสดงได้ดังต่อไปนี้

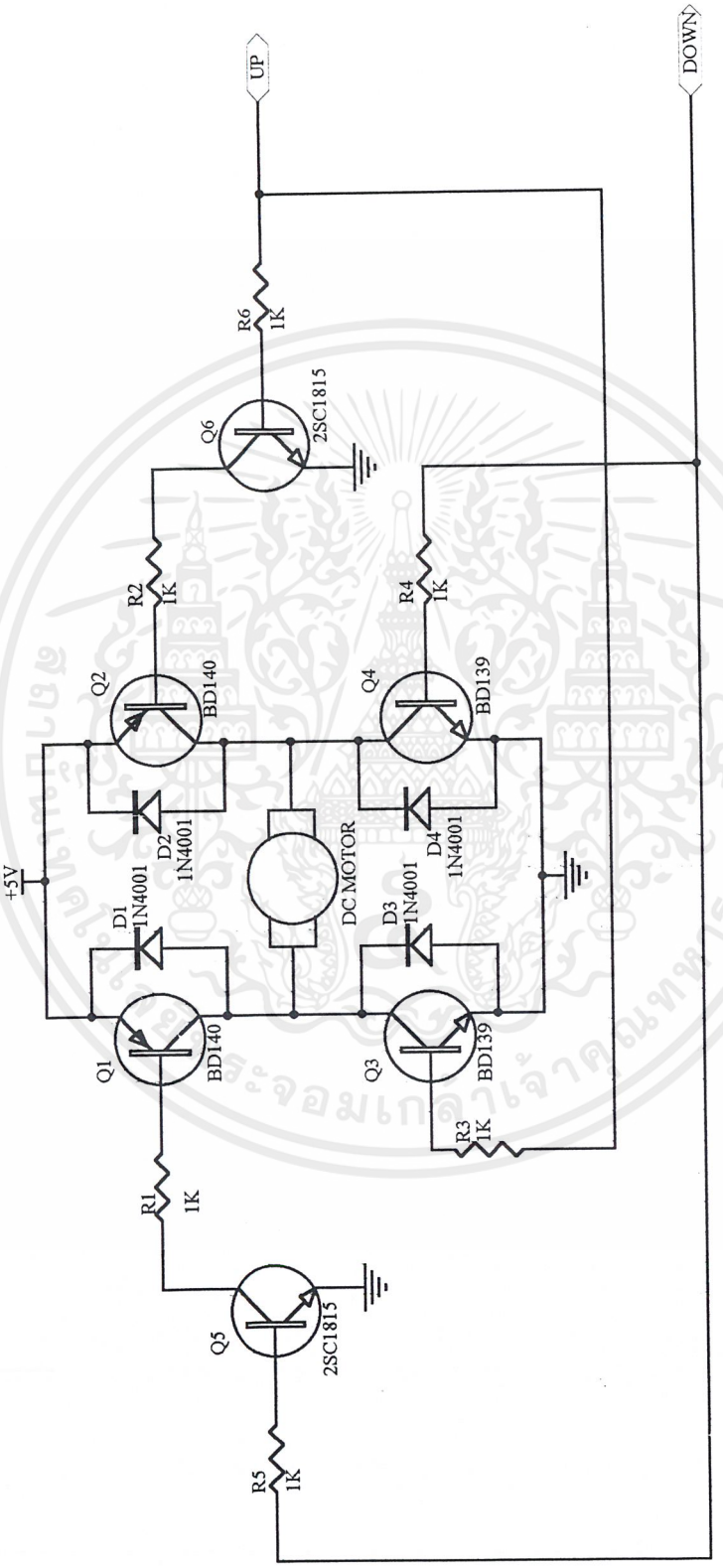
ระดับที่	ความเข้มของแสง (ลักซ์)	ค่าแรงดัน (โวลต์)	ค่าลอจิกที่ได้หลังจากการแปลงจาก ADC 0808
1	300 - 840	2.14 - 2.77	01101100 - 10011110
2	840 -1380	2.77 –3.16	10011110 - 10100010
3	1380 -1920	3.16 – 3.44	10100010 - 10101111
4	1920 - 2460	3.44 – 3.57	10101111 - 10110111
5	2460 - 3000	3.57 – 3.75	10110111 - 11000000

ตารางที่ 5.1 แสดงการแบ่งระดับความเข้มของแสง

5.1.3 ส่วนควบคุมดีซีมอเตอร์

จากรูปที่ 5.2 เป็นวงจรบริดจ์แอมปลิฟายเออร์ การควบคุมทิศทางของมอเตอร์สามารถทำได้ โดยการทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานทีละคู่ Q_1 กับ Q_4 และ Q_2 กับ Q_3 เมื่อทำให้กระแสที่ไหลผ่านมอเตอร์กลับทางกันทำให้มอเตอร์หมุนกลับทิศกัน และเนื่องมาจาก Q_1 และ Q_2 เป็นทรานซิสเตอร์ชนิดเอ็นพีเอ็น จึงทำการต่อทรานซิสเตอร์ Q_5 และ Q_6 เพิ่มเข้าไปเพื่อความสะดวกในการไบอัสทรานซิสเตอร์ให้ทำงาน ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_5 จะถูกรวมกับขาเบสของ Q_4 เพื่อขยายกระแสให้เพียงพอกับการขับมอเตอร์ให้ทำงาน เช่นเดียวกับขาเบสของ Q_6 ซึ่งถูกรวมกับขาเบสของ Q_3 เพื่อขยายกระแสและขับมอเตอร์ ต่อจากนั้นขาเบสของ Q_5 และ Q_6 จะถูกต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์กำหนดทิศทางการหมุนของดีซีมอเตอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

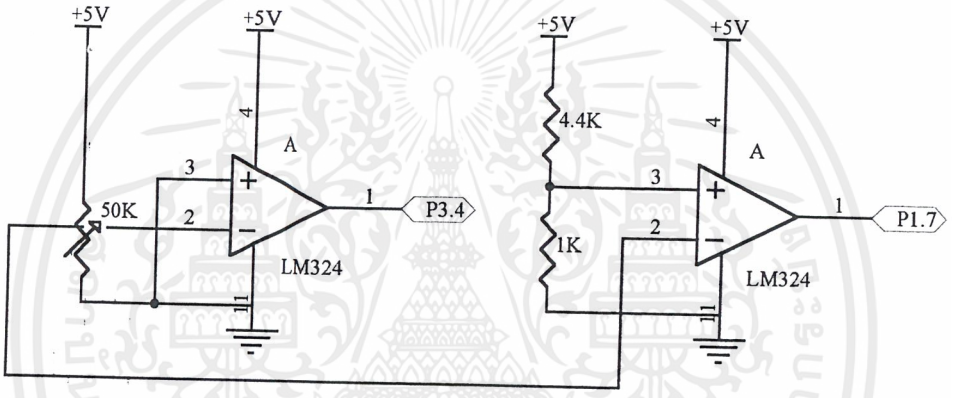


รูปที่ 5.2 แสดงวงจรควบคุมมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4 ส่วนจำกัดการหมุนของมอเตอร์ และจำกัดมุมของม่านที่เปิดรับแสงมากที่สุด

เนื่องจากม่านปรับแสงนี้มีการปรับที่จำกัด ถ้าไม่มีส่วนนี้มอเตอร์จะหมุนไปโดยไม่ได้คำนึงถึงม่าน แต่ม่านจะไม่สามารถหมุนได้อีก ทำให้มอเตอร์ฝืดและอาจเกิดความเสียหายต่อมอเตอร์ได้ และเมื่อมีการเพิ่มระดับแสงขึ้นพร้อมกับม่านถูกเปิดขึ้น(พลิกกลับอีกด้านหนึ่ง) จนถึงมุมหนึ่งที่ม่านพลิกกลับ ความเข้มแสงที่เข้ามาจะกลับลดลงอีกครั้ง ดังนั้นจึงต้องมีการจำกัดการหมุนของม่านเพื่อไม่ให้เลยมุมนี้ไป การออกแบบทำได้โดยใช้ออปแอมป์เป็นตัวเปรียบเทียบดังรูปที่ 5.3



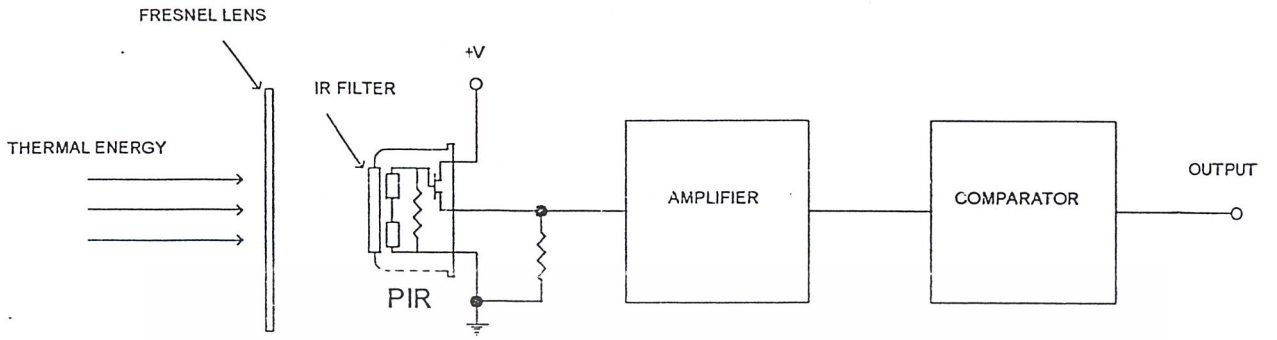
รูปที่ 5.3 แสดงการใช้ออปแอมป์จำกัดการหมุนของมอเตอร์

5.1.5 ส่วนตรวจจับการเคลื่อนไหวของคน

วงจรนี้ถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ตามลำดับ

1. ไพโรอิเล็คทริกเซนเซอร์ เบอร์ RE 200B ที่ขา SOURCE ของ FET ใน PIR จะต่อตัวต้านทาน100 กิโลโอห์ม ลงกราวน์ และนำสัญญาณไปสู่ส่วนที่ 2
2. ส่วนขยายสัญญาณเกิดจากการต่อวงจร แอมปลิฟายเออร์ 2 วงจรต่อกันแต่ละวงจรมีกำลังขยาย 100 เท่า รวมกำลังขยาย 10000 เท่า และมีแบนด์วิดธ์ เพียง 10 เฮิร์ตซ เพื่อที่จะกำจัดสัญญาณรบกวนความถี่สูง
3. ส่วนวงจรวินโดว์ คอมพาราเตอร์แปลงสัญญาณขาออกจาก เซ็นเซอร์ที่มีทั้งค่าบวก และลบให้อยู่ในระดับบวกและศูนย์เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



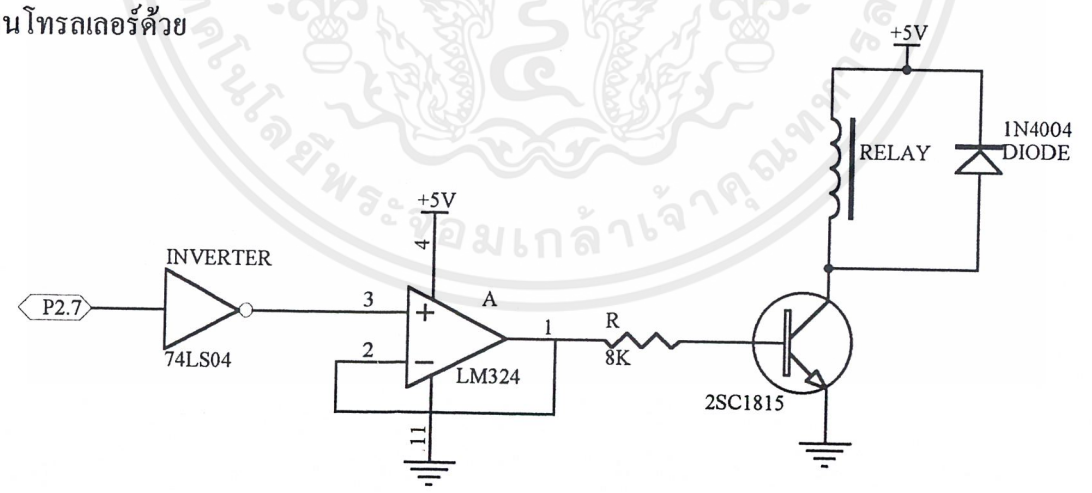
รูปที่ 5.4 แสดงส่วนประกอบของวงจรตรวจจับการเคลื่อนไหวของคน

5.1.6 ส่วนควบคุมการหมุนของสเตปปิ้งมอเตอร์

ควบคุมการหมุนของสเตปปิ้งมอเตอร์โดยใช้วงจรขับมอเตอร์ 4 เฟส เพื่อให้มีกระเพียงพอที่จะทำให้มอเตอร์หมุนได้ และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ กำหนดทิศทางการหมุนของมอเตอร์ว่าจะให้หมุนไปในทิศทางใด

5.1.7 ส่วนวงจรควบคุมการเปิดไฟ

โดยใช้ รีเลย์เป็นตัวตัดต่อไฟ 220 โวลต์ และการควบคุมตัวรีเลย์จะอาศัยไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย

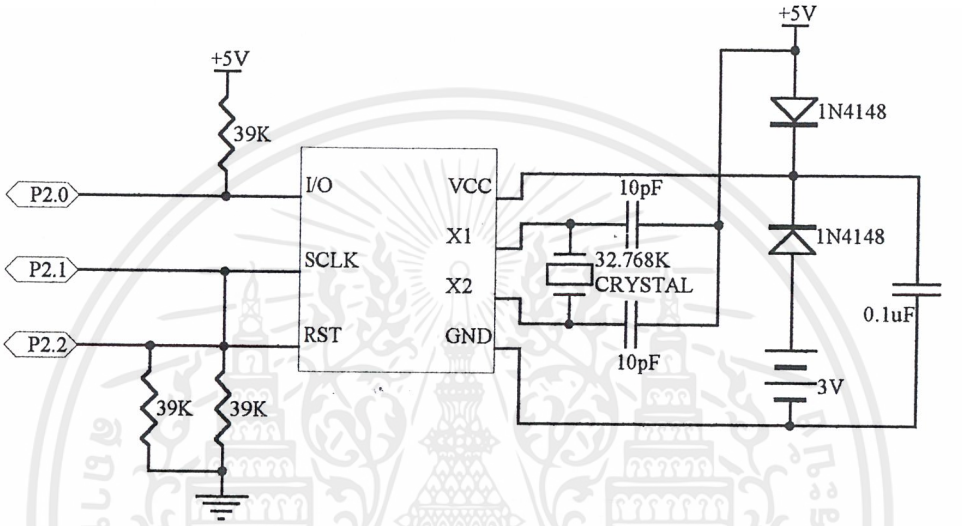


รูปที่ 5.5 แสดงวงจรควบคุมการเปิดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.8 วงจรส่วนสร้างฐานเวลาจริง

ส่วนนี้จะถูกควบคุมโดยตรงด้วย MSC-51 ให้ทำงานเป็นนาฬิกาที่สามารถเดินได้ ตามเวลาจริงปัจจุบัน และ กดสวิทช์ตั้งเวลาโดยผู้ใช้เอง



รูปที่ 5.6 แสดงการสร้างฐานเวลา

5.1.9 ส่วนตั้งเวลาเปิด-ปิดไฟอัตโนมัติ

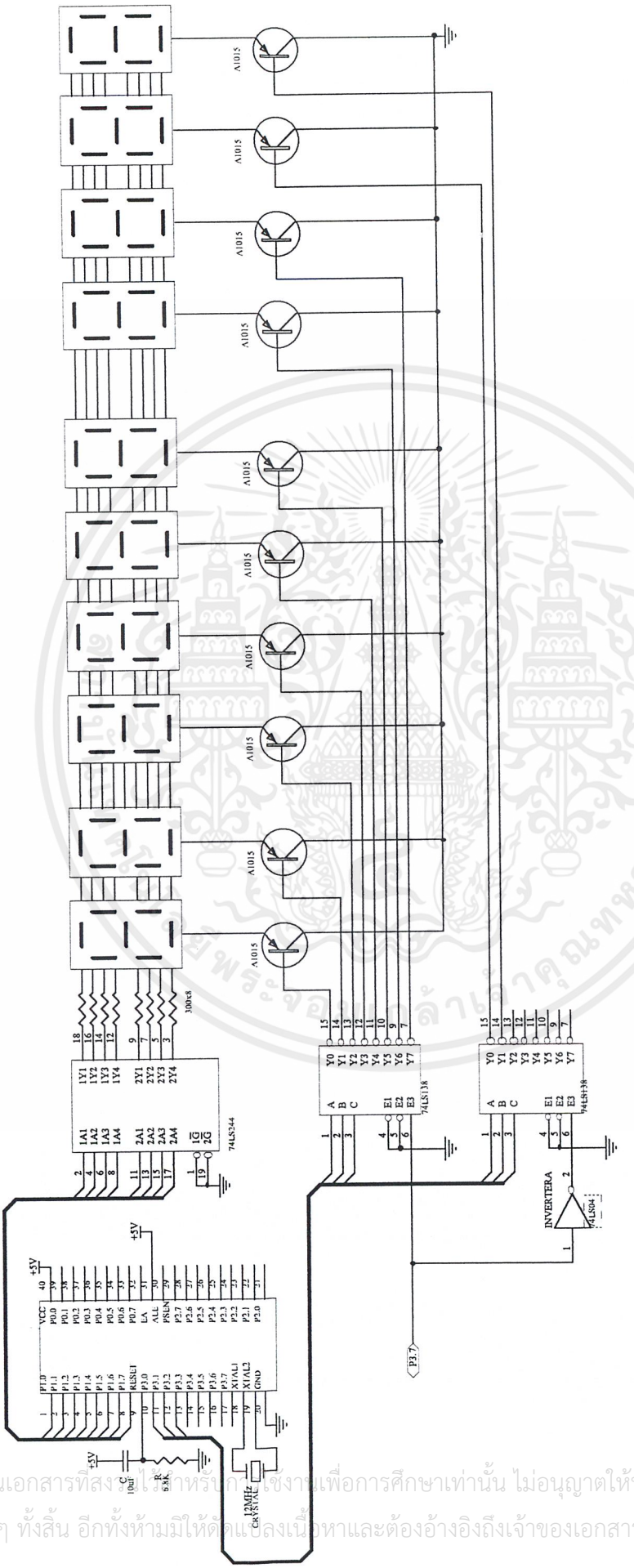
เมื่อผู้ใช้ต้องการเปิดหรือปิดไฟให้เป็นเวลา เช่นภายในสำนักงาน ต้องการให้มีการเปิดไฟอัตโนมัติในช่วงเวลา 8.00 น.ถึง 16.00 น. ก็สามารถที่จะทำได้โดยการเลือกโหมดการทำงานว่าจะให้เป็นโหมดเปิด-ปิดไฟอัตโนมัติตามความเข้มแสง หรือโหมดเปิด-ปิดไฟตามการตั้งเวลา

5.1.10 ส่วนการแสดงผล

ข้อมูลที่นำมาแสดงได้แก่ LED 5 ชุด ที่สว่างเป็นระดับ 5 ระดับของความเข้มของแสงที่ ผู้ใช้เลือก และส่วนของเวลาปัจจุบันที่รับจาก วงจรฐานเวลาจริง ซึ่งประกอบด้วย

- LED 7 Segment แสดงชั่วโมงหลักสิบ
- LED 7 Segment แสดงชั่วโมงหลักหน่วย
- LED 7 Segment แสดงนาทีหลักสิบ
- LED 7 Segment แสดงนาทีหลักหน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 แสดงวงจรควบคุมการแสดงผลโดยใช้ 7 – segment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.11 ส่วนที่ควบคุมโดยผู้ใช้งานเอง

ในบางครั้งเมื่อผู้ใช้งานต้องการปรับม่านตามที่ตัวเองต้องการ โดยไม่สนใจว่าจะมีความเข้มแสงภายในห้องอยู่ในช่วง 5 ระดับ หรือไม่ ก็สามารถที่จะปรับม่านเพื่อให้มีความสว่างมากน้อยเท่าใดก็ได้ หรือจะดึงม่านขึ้นหรือลงก็ได้โดยอาศัยสวิทช์ในการตัดต่อที่มอเตอร์ของระบบอัตโนมัติ และระบบที่ควบคุมโดยผู้ใช้งานเอง

5.2 การออกแบบและการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

ระบบจะถูกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ มีการทำงานตามแผนผังลำดับงานดังนี้

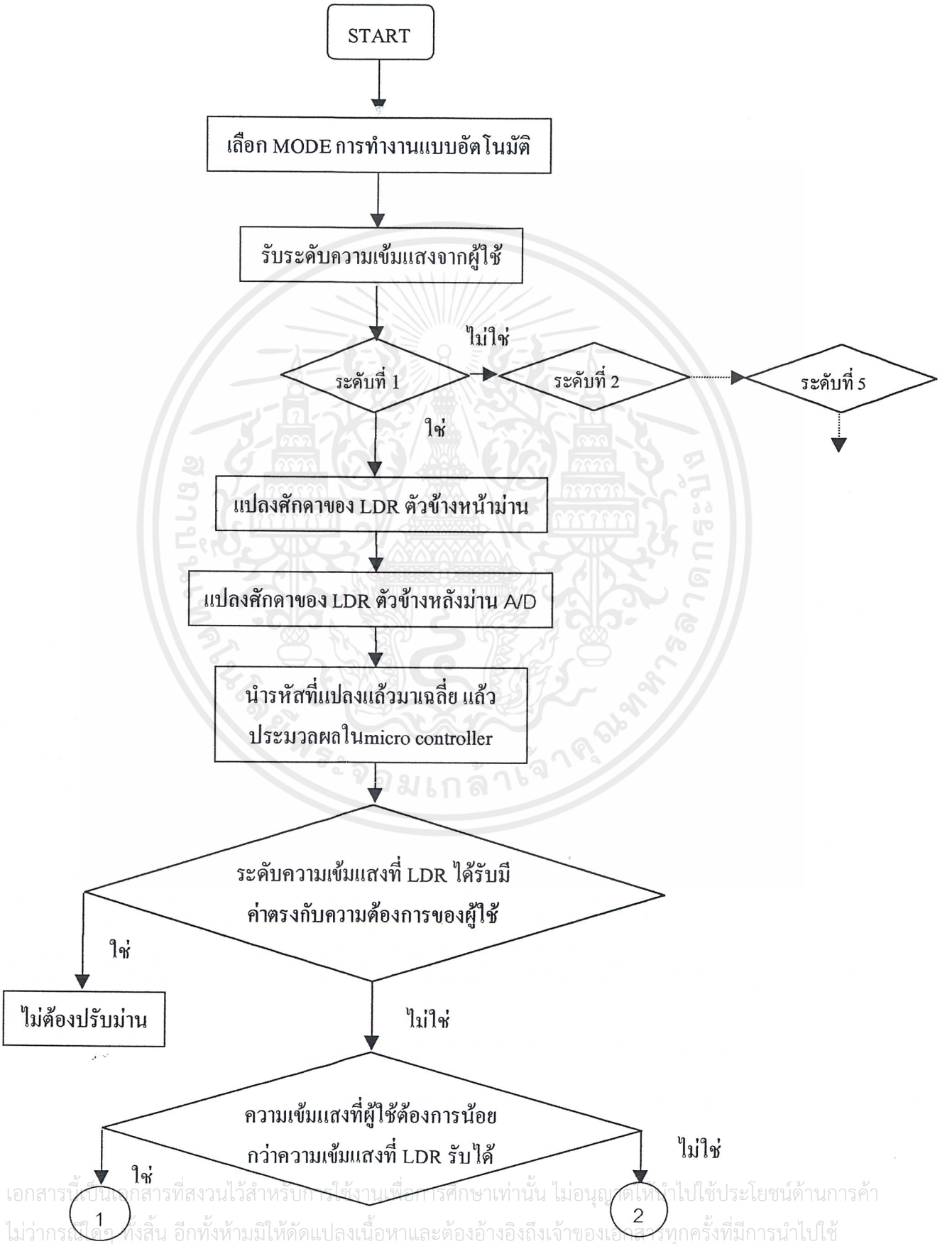
5.2.1 แผนผังลำดับงานแสดงการทำงานในส่วนปรับม่านแบบอัตโนมัติ

5.2.2 แผนผังลำดับงานของส่วนสร้างฐานเวลาจริง

5.2.3 แผนผังลำดับงานแสดงการตั้งเวลาเปิด-ปิดไฟ

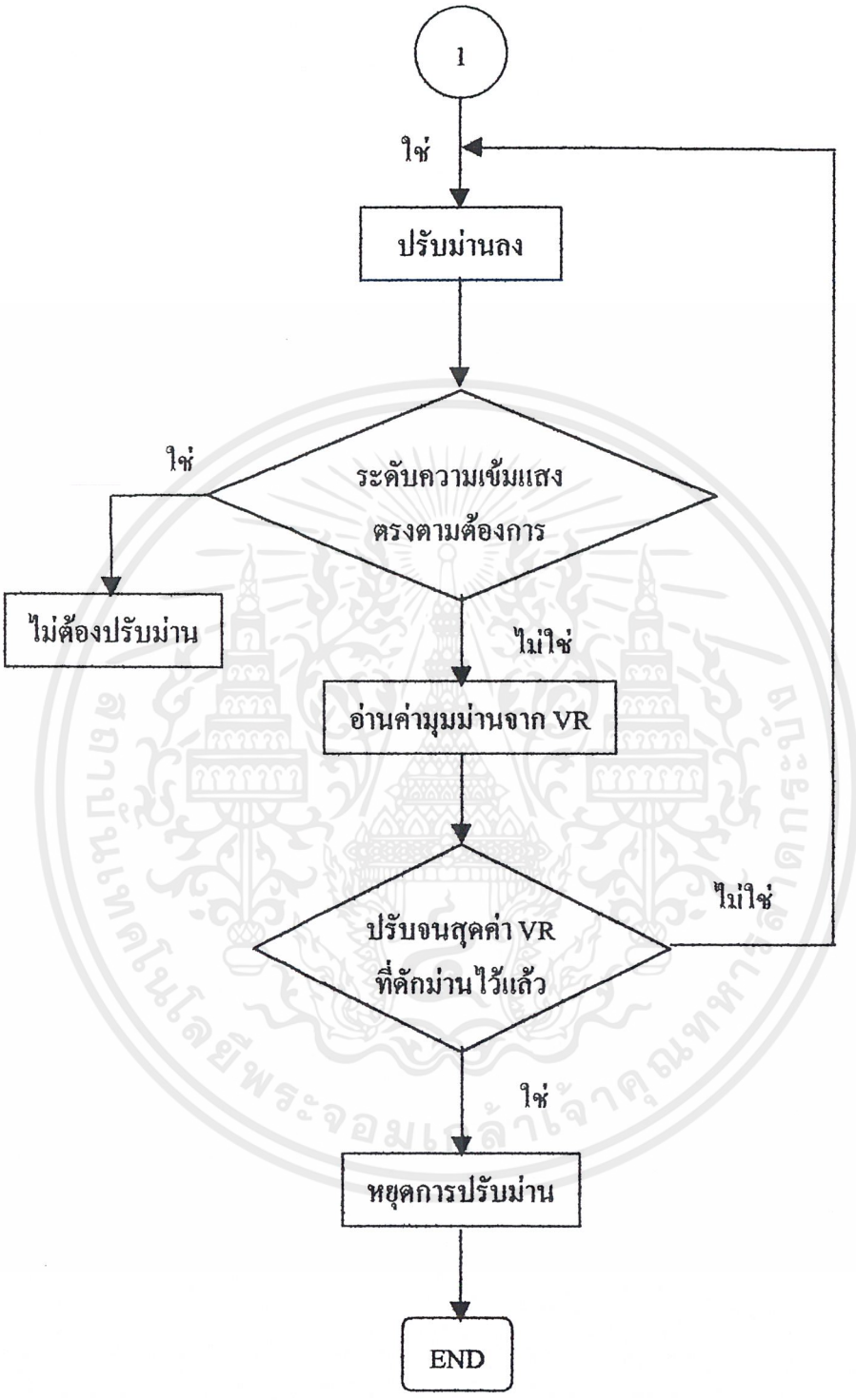
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1 แผนผังลำดับงานแสดงการทำงานในส่วนปรับม่านแบบอัตโนมัติ



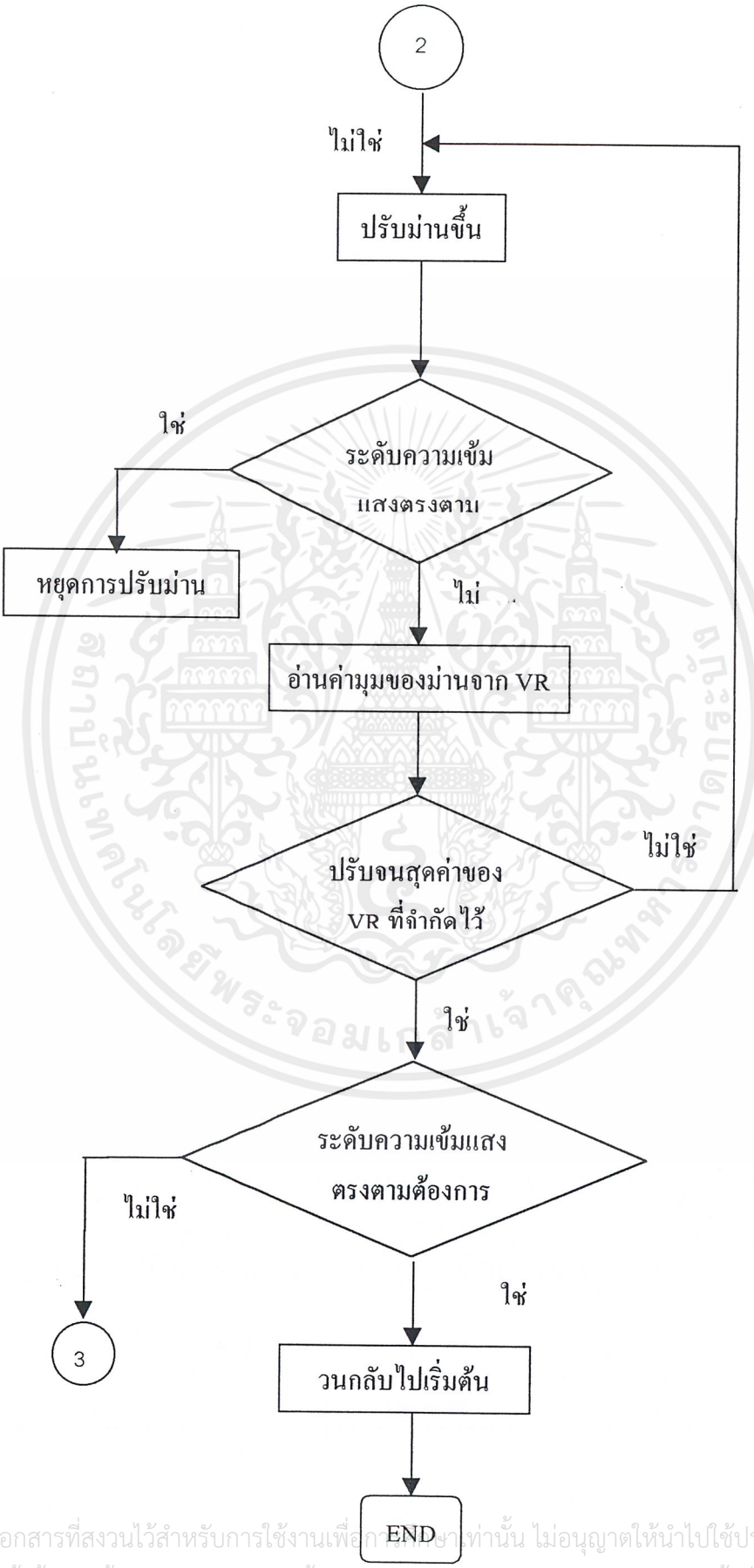
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.8 แผนผังลำดับงานแสดงการทำงานในส่วนปรับม่านอัตโนมัติ



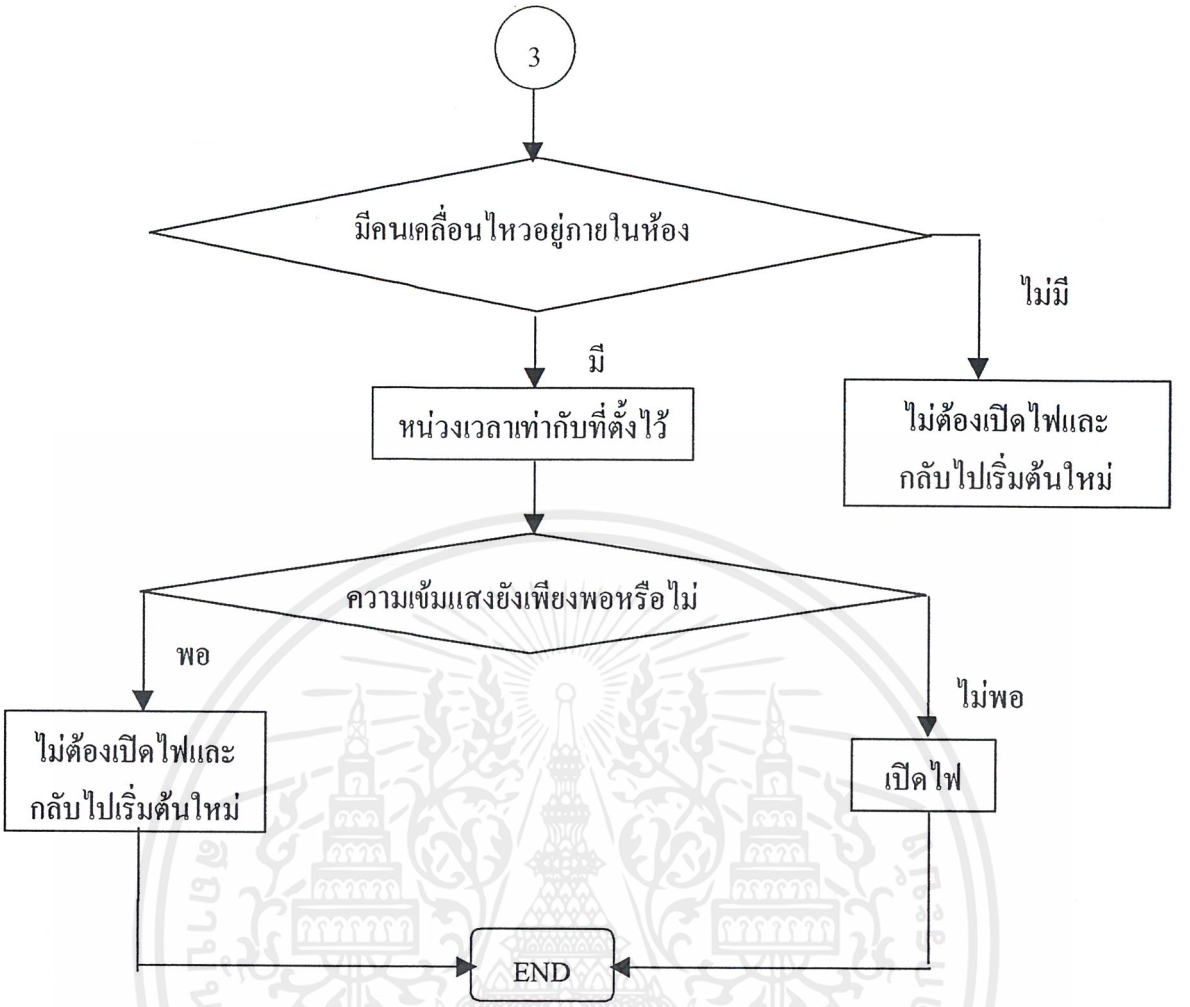
รูปที่ 5.9 แผนผังลำดับงานแสดงการทำงานในส่วนปรับม่านอัตโนมัติ(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

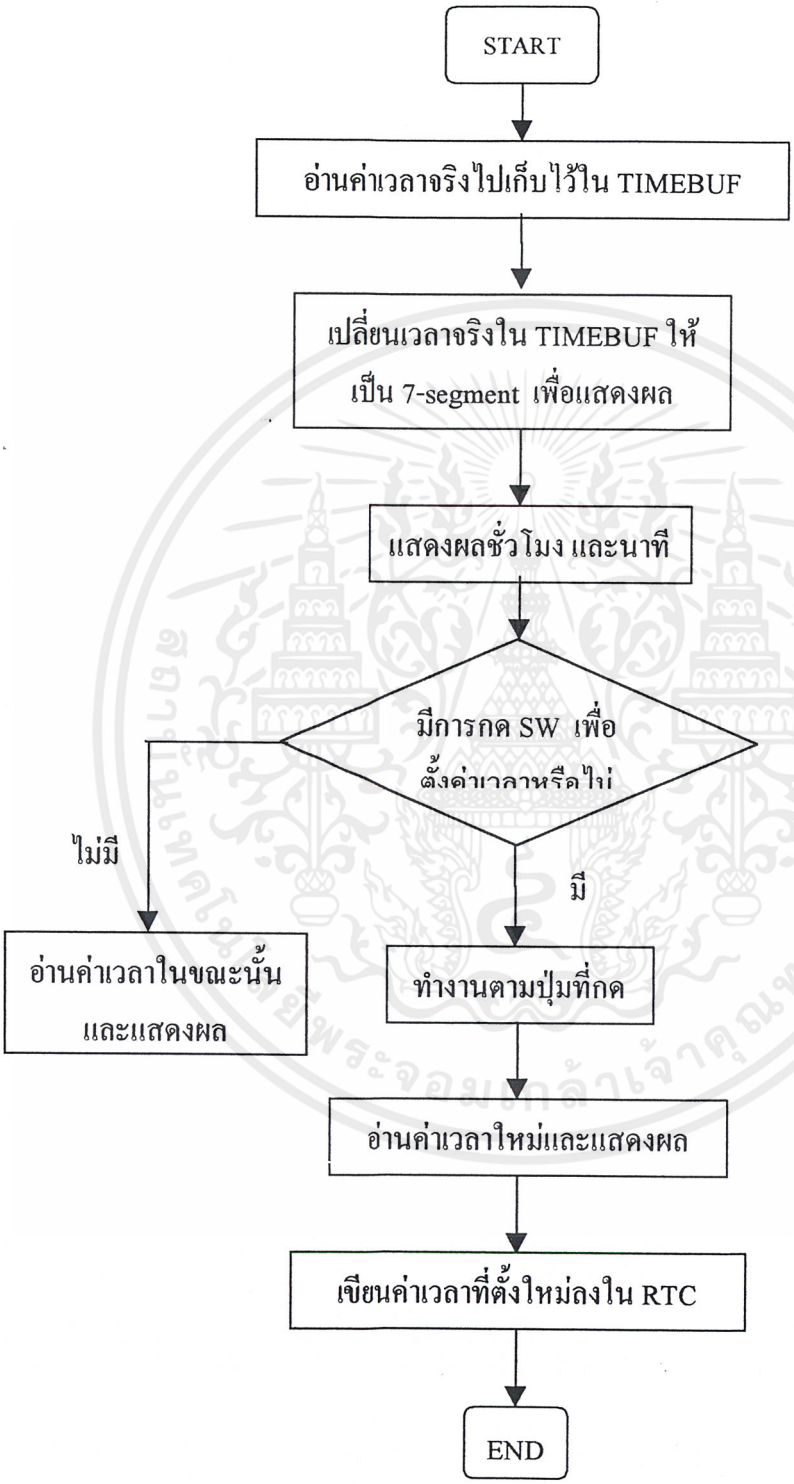
รูปที่ 5.10 แผนผังลำดับงานแสดงการทำงานในส่วนปรับม่านอัตโนมัติ(ต่อ)



รูปที่ 5.11 แผนผังลำดับงานแสดงการทำงานในส่วนปรับม่านอัตโนมัติ(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

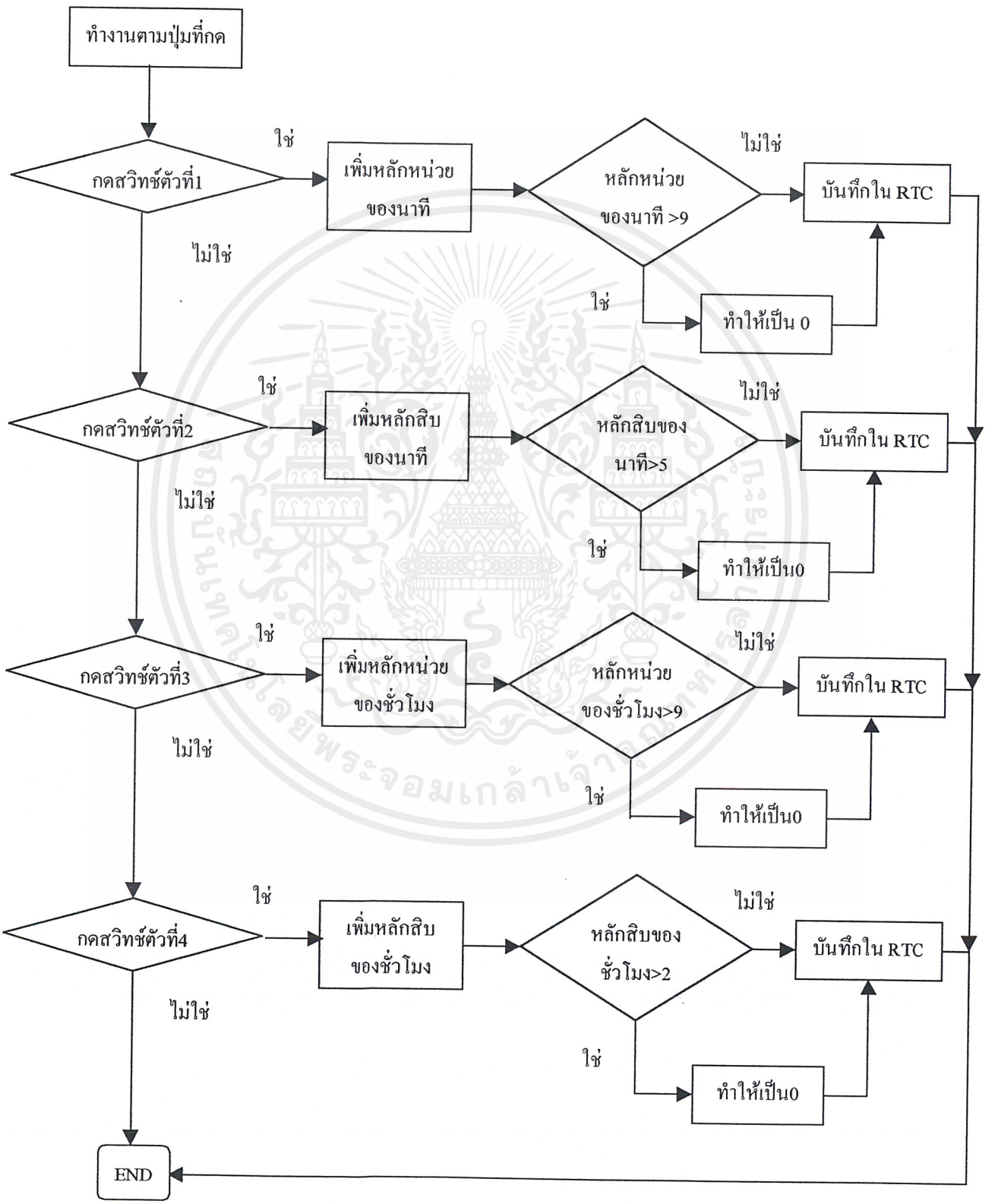
5.2.2 แผนผังลำดับงานของส่วนสร้างฐานเวลาจริง



รูปที่ 5.12 แผนผังลำดับงานของส่วนสร้างฐานเวลาจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

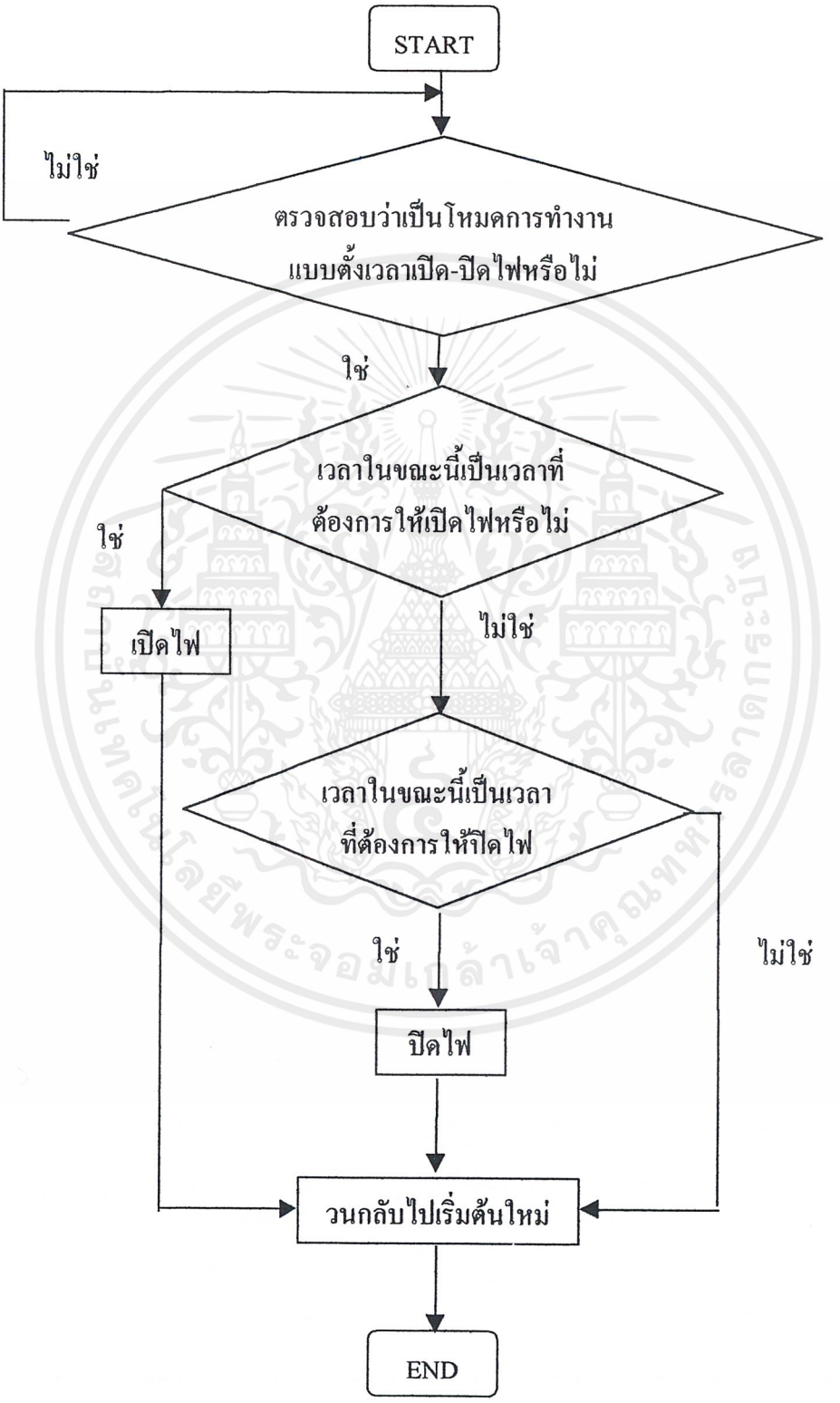
แผนผังลำดับงานแสดงการตรวจสอบการกดสวิทช์ในการตั้งเวลา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.13 แผนผังลำดับงานแสดงการตรวจสอบการกดสวิทช์ในการตั้งเวลา

5.2.3 แผนผังลำดับงานแสดงการตั้งเวลาเปิด-ปิดไฟ



รูปที่ 5.14 แผนผังลำดับงานแสดงการตั้งเวลาเปิด-ปิดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การทดสอบและผลการทดสอบ

6.1 การทดสอบวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

เพื่อศึกษาว่าแรงดันที่ได้จากการแบ่งแรงดันของแอลดีอาร์กับตัวต้านทาน ได้รับการแปลงเป็นดิจิตอลได้ถูกต้อง ได้ค่าดังต่อไปนี้

ค่าแรงดันอินพุทที่วัดได้ (โวลต์)	ค่าดิจิตอลที่แปลงได้	แปลงค่าดิจิตอลกลับเป็นแรงดัน (โวลต์)
0	00000000	0
0.62	00011111	0.60
1.59	01010001	1.58
2.59	10000101	2.57
3.57	10110110	3.55
4.31	11011011	4.27
5	11111111	5

ตารางที่ 6.1 แสดงการทดสอบวงจรการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

วงจรในส่วนแปลงค่าเป็นดิจิตอลนี้สามารถแปลงค่าได้ละเอียดและใกล้เคียงกับค่าอนาลอก จึงสามารถนำไปใช้ในการแปลงค่าอนาลอกเพื่อเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

6.2 การทดสอบความแตกต่างของความเข้มแสงที่หน้าต่างและมุมหลังห้อง (ที่มีขนาด 1.65 ×1.35 ตารางเมตร)

ได้ทำการทดสอบ 2 วัน คือ วันที่ 8 และ 9 กรกฎาคม 2543 ในช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น.

เวลา	ความเข้มแสงที่หน้าต่าง (ลักซ์)		ความเข้มแสงที่หลังห้อง (ลักซ์)	
	8 ก.ค. 2543	9 ก.ค. 2543	8 ก.ค. 2543	9 ก.ค. 2543
8.00 น.	1550	2700	1100	1800
9.00 น.	4200	8000	1300	2300
10.00 น.	8500	10500	1500	3500

ตารางที่ 6.2 แสดงความแตกต่างของความเข้มแสงที่หน้าต่างและหลังห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา	ความเข้มแสงที่หน้าต่าง (ลักซ์)		ความเข้มแสงที่หลังห้อง (ลักซ์)	
	8 ก.ค. 2543	9 ก.ค. 2543	8 ก.ค. 2543	9 ก.ค. 2543
11.00 น.	6000	8500	1100	1600
12.00 น.	8000	7500	1400	1300
13.00 น.	7200	7500	1200	1200
14.00 น.	6500	11500	640	2600
15.00 น.	6000	8200	580	1500
16.00 น.	4000	9000	660	1800

ตารางที่ 6.2 แสดงความแตกต่างของความเข้มแสงที่หน้าต่างและหลังห้อง (ต่อ)

จากผลการทดลองสามารถกล่าวได้ว่าเมื่อเวลาเปลี่ยนไป ความเข้มของแสงจะเปลี่ยนไปด้วย และในแต่ละวัน ถึงแม้จะเป็นเวลาเดียวกันความเข้มแสงก็แตกต่างกันได้มาก และจะเห็นได้ชัดว่าความเข้มแสงที่หลังห้องลดลงไปมาก ดังนั้นในการหาความเข้มแสงทั่วห้องจึงต้องคำนึงถึงความเข้มแสงที่มาจากหลายๆด้านของห้อง

6.3 การทดสอบการทำงานของการปรับระดับความเข้มแสง

แสดงการเปรียบเทียบระดับความเข้มแสงที่กำหนดในโปรแกรมการทำงาน และจากระดับความเข้มแสงที่ได้จากการปรับม่านจากการทดลอง

ระดับที่	ความเข้มของแสง (ลักซ์)	รหัส 8 บิท ที่ได้จากการแปลงโดย ADC 0808
1	300 – 840	01101100 – 10011110
2	840 – 1380	10011110 – 10100010
3	1380 – 1920	10100010 - 10101111
4	1920 – 2460	10101111 - 10110111
5	2460 – 3000	10110111 - 11000000

ตารางที่ 6.3 ระดับความเข้มแสงที่กำหนดในโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา	ระดับที่	ความเข้มแสงที่ตำแหน่งภายนอกของอาคาร(ลักซ์)	ความเข้มแสงที่ LDR ตัวหน้าได้รับ(ลักซ์)	ความเข้มแสงที่ LDR ตัวหลังได้รับ(ลักซ์)	ความเข้มแสงที่ตรงกลางห้อง(ลักซ์)
10.00 น.	1	6500	320	270	300
	2	6500	1050	650	900
	3	6500	1700	800	1300
	4	6500	2200	1600	1900
	5	6500	2900	2200	2400
12.00 น.	1	8500	350	290	320
	2	8500	1100	700	950
	3	8500	1750	920	1400
	4	8500	2300	1700	2100
	5	8500	3000	2200	2500

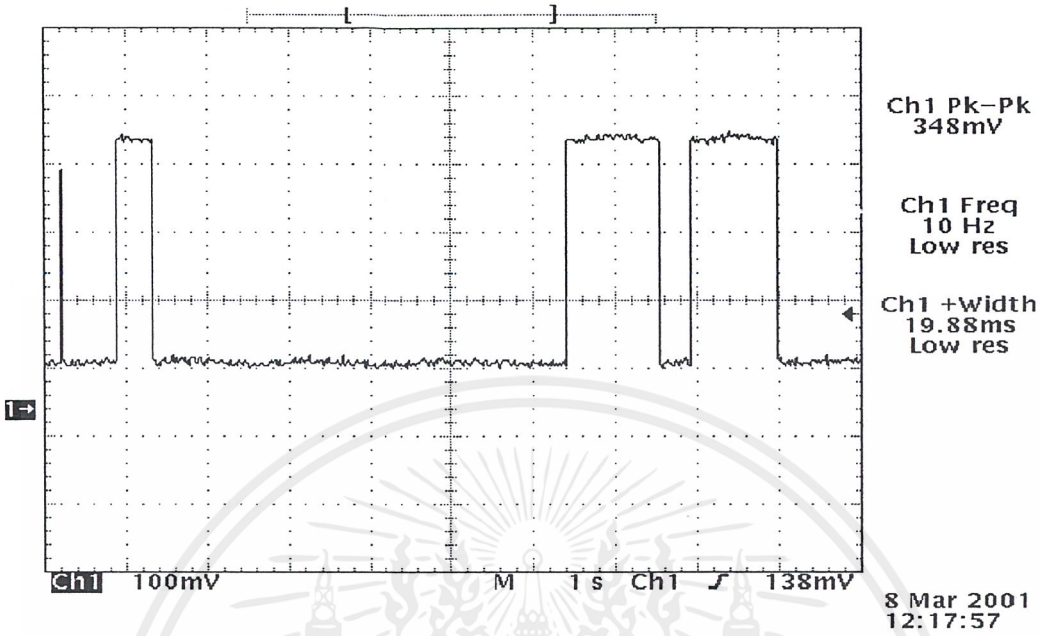
ตารางที่ 6.4 แสดงระดับความเข้มแสงหลังจากที่ระบบเริ่มทำงาน

จากการทดสอบระบบเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่าง 2 ตารางแล้ว จะเห็นว่าความเข้มแสงแต่ละระดับที่ผู้ใช้เลือกในระบบนี้ สามารถใช้ม่านปรับระดับแสงที่เข้ามาภายในห้องให้อยู่ในช่วงนั้นได้ และถ้านำม่านมาใช้งานในช่วงเวลาเย็น แล้วผู้ใช้เลือกระดับความเข้มแสงที่ 4 หรือ 5 จะมีการเปิดไฟขึ้น เพราะม่านปรับจนสุดแล้วก็ยังไม่สามารถให้ความเข้มแสงได้เท่ากับระดับที่ผู้ใช้ต้องการ หรือไม่ว่าผู้ใช้จะเลือกระดับความเข้มแสงในระดับใดก็ตามถ้าม่านปรับจนสุดแล้วก็ยังไม่สามารถให้ระดับความเข้มแสงได้เท่ากับระดับที่ผู้ใช้ต้องการก็จะมีการเปิดไฟเช่นเดียวกัน

6.4 การทดลองวงจรตรวจจับการเคลื่อนไหวของคน

6.4.1 ลักษณะของกราฟที่วัดที่จุดเอาท์พุทของวงจร เมื่อมีการเคลื่อนไหวผ่าน วงจรตรวจจับการเคลื่อนไหว เป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.1 แสดงสัญญาณที่ได้จากวงจรตรวจจับเมื่อมีการเคลื่อนไหว

จะเห็นว่าเมื่อมีการเคลื่อนที่ผ่าน จะเกิดสัญญาณพัลส์ขึ้น มีค่าประมาณ 3.48 โวลต์ซึ่งสัญญาณที่ตรวจจับได้จะถูกนำไปประมวลผลต่อที่ไมโครคอนโทรลเลอร์

6.4.2 ทดลองวัดระยะทางที่เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของคนได้ ได้ผลการทดลองเป็นดังนี้

ระยะทาง / ครั้งที่	1	2	3	4	5
0.3 เมตร	✔	✔	✔	✔	✔
0.6 เมตร	✔	✔	✔	✔	✔
0.9 เมตร	✔	✔	✔	✔	✔
1.2 เมตร	✔	✔	✔	✔	✔
1.5 เมตร	✔	✔	✔	✔	✔
1.8 เมตร	✔	✔	✔	✔	✔
2.1 เมตร	✔	✔	✔	✔	✔
2.4 เมตร	✔	✔	✔	✔	✔
2.5 เมตร	✔	✘	✘	✔	✔
2.6 เมตร	✘	✘	✔	✘	✘

ตารางที่ 6.5 แสดงระยะทางที่เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองที่ได้ สรุปได้ว่าเซ็นเซอร์สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ในระยะทางตั้งแต่ 0 เมตร จนถึง 2.4 เมตร ซึ่งหากมีคนเคลื่อนไหวอยู่ภายในระยะห่างจากเซ็นเซอร์ 2.4 เมตร เซ็นเซอร์ก็จะยังคงตรวจจับการเคลื่อนไหวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปและวิจารณ์โครงงาน

7.1 สรุปโครงงาน

7.1.1 ในแต่ละวัน ความเข้มแสงจากดวงอาทิตย์จะไม่เท่าเดิม แสงที่เข้ามาภายในห้องจะมีค่าเปลี่ยนไปด้วย แสงที่จ้าเข้ามาตรงๆ จะทำให้อุณหภูมิในห้องเพิ่มขึ้นทั้งที่ไม่จำเป็นต้องใช้ความเข้มแสงขนาดนั้น ม่านปรับแสงนี้จะเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยลดความเข้มแสงที่เข้ามาในห้องมากเกินความจำเป็น และปรับได้ในช่วงระดับความเข้มของแสงที่ผ่านม่านเข้ามาในห้องได้ตามที่ผู้ใช้ต้องการได้ นั่นก็หมายถึงว่า มุมม่านที่ถูกปรับไปนั้นไม่จำเป็นต้องเท่าเดิม หรือเปิดปิดไฟในช่วงเวลาเดียวกัน แต่ละวัน

7.1.2 จำนวน LDR ที่จะติดตั้งเพื่อตรวจรับระดับแสงให้ได้ใกล้เคียงค่าระดับแสงทั้งทั่วห้องจะได้ ขึ้นอยู่กับขนาดของห้อง และความละเอียดของระดับแสงให้เป็นค่าที่ทั่วห้องมากที่สุด

7.1.3 การเปิดไฟ สำหรับการทำงานแบบอัตโนมัติเมื่อม่านถูกเปิดจนสุดแล้ว แต่ความเข้มแสงยังไม่ถึงระดับที่ผู้ใช้ต้องการ จะต้องมีการเปิดไฟ เพื่อป้องกันไม่ให้แสงที่เปลี่ยนแปลงเพียงชั่วคราวมีผลต่อการเปิดไฟทำให้ไฟติดและดับทันที จึงต้องมีการตรวจจับความเคลื่อนไหวของคนภายในห้องว่ามีคนอยู่หรือไม่ ถ้าไม่มีคนอยู่ก็จะไม่มีการเปิดไฟเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน พร้อมกับมีการหน่วงเวลาและตรวจสอบอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้แน่ใจว่าความเข้มแสงภายในห้องยังคงไม่เพียงพอแล้วต้องเปิดไฟ

การเปิดหรือปิดไฟยังทำได้อีกกรณีหนึ่งคือ การเปิดปิดไฟตามเวลาที่ตั้งไว้ซึ่งเป็นการทำงานแบบปรับระดับความเข้มแสงตามความต้องการของผู้ใช้

7.1.4 ในส่วนสร้างฐานเวลา (Real Time Clock) จะมีลักษณะเป็นนาฬิกาที่แสดงเวลาจริงได้ โดยขึ้นอยู่กับการตั้งค่าเวลาผ่านทางสวิทช์กด นาฬิกานี้จะสามารถคำนวณค่าเวลาที่ผ่านไป และแสดงเวลาออกมาให้เห็นได้อย่างถูกต้อง

7.1.5 ส่วนของการตั้งเวลาเปิดปิดไฟ ผู้ใช้สามารถตั้งเวลาเพื่อให้เปิดไฟหรือปิดไฟได้โดยกดสวิทช์ และเนื่องจากการแสดงผลเวลาเปิดไฟและปิดไฟใช้ตัวแสดงผลเดียวกัน จึงมีสวิทช์กดเพื่อเลือกว่าจะให้แสดงผลเป็นเวลาเปิดไฟหรือแสดงผลเป็นเวลาปิดไฟ ในส่วนนี้ไฟจะเปิดก็ต่อเมื่อเวลาจริงตามนาฬิกาได้เดินไปจนถึงเวลาที่ตั้งไว้ และไฟจะปิดเมื่อเวลาจริงตามนาฬิกาได้เดินไปจนถึงเวลาที่ได้ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 ปัญหาที่พบระหว่างทำโครงงาน

7.2.1 ส่วนของตัวม่าน การเชื่อมต่อระหว่าง 3 ส่วน คือ แกนหมุนมอเตอร์ ,แกนม่าน และตัวต้านทานปรับค่าได้ไม่ดีพอ ทำให้ทั้ง 3 ส่วนหมุนไปได้ไม่พร้อมกัน จึงมีผลต่อความคลาดเคลื่อนของระดับม่าน และบางครั้งมอเตอร์หมุนอย่างเดียวแต่แกนไม่หมุนด้วย เนื่องจากแกนของมอเตอร์ต่อกับแกนของม่านไม่แน่น

7.2.2 การแปลงเป็นรหัส ดิจิตอล8 บิท ลอจิก 4 บิทสุดท้าย จะไม่ค่อยแน่นอน เมื่อแสดงโดย LED จะเห็นได้ชัดว่ากระพริบตลอดเวลา เนื่องจากมีแรงดันกระเพื่อมมาจากแหล่งจ่ายไฟ แต่เมื่อแก้โดยการต่อตัวเก็บประจุไว้ที่ไฟเลี้ยง ค่าแรงดันกระเพื่อมลดลง และยังแสดงค่าลอจิกได้อย่างแม่นยำ

7.2.3 เมื่อต่อวงจรทุกส่วน ซึ่งแต่ละส่วนนั้นสามารถทำงานได้ตรงตามหน้าที่แล้ว เข้ากับ MCS-51 บางส่วนไม่สามารถทำงานอย่างถูกต้อง เนื่องจากกระแสจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถจ่ายให้เพียงพอต่อวงจรที่มาต่อกับพอร์ทของมัน วงจรส่วนนั้นจึงไม่ทำงาน ต้องมีการเพิ่มส่วนขยายกระแสให้กับวงจรที่เป็นโหลด

7.2.4 ในบางจุดม่านมีการหมุนขึ้นหมุนลงอยู่หลายรอบก่อนที่จะหาย จุดที่มันจะหยุดได้เนื่องจาก LDR ที่ติดตั้งเอาไว้ได้รับผลจากเงาของม่าน ทำให้ม่านไม่สามารถหมุนจนหาตำแหน่งหยุดที่แน่นอนได้

7.2.5 สำหรับส่วนสร้างฐานเวลา (Real Time Clock) ปัญหาที่มักจะเกิดขึ้น คือ เมื่อหยุดจ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรไปสักระยะหนึ่ง แล้วจ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรใหม่ ค่าเวลาจริงที่อ่านได้ทันทีจะกลับมาเริ่มต้นที่ศูนย์นาฬิกา ศูนย์นาที หากผู้ใช้ต้องการให้แสดงเวลาจริงในขณะนั้นจะต้องทำการตั้งค่าเวลาใหม่ด้วยการกดสวิทช์

7.2.6 การทำงานในส่วนสร้างฐานเวลา หากการเชื่อมต่อสายไฟหรือการบัดกรีทำได้ไม่ดีจะทำให้ระบบทั้งระบบทำงานผิดพลาดได้ เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต้องมีการรับค่าเพื่อนำไปประมวลผล แล้วส่งค่าออกมาให้วงจรทำงานได้ต่อไป ถ้าการเชื่อมต่อ ณ จุดใดไม่ได้เชื่อมกันสนิท จะทำให้เกิดค่าความต้านทานขึ้น ณ จุดนั้น เป็นผลให้ค่าศักดาไฟฟ้าผิดไปจากที่ควรจะเป็น

7.2.7ไพโรอิเล็คทริคเซ็นเซอร์ (Pyroelectric Sensor) หรือพาสซีฟอินฟราเรด (Passive Infrared:PIR) ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้ตรวจจับการเคลื่อนไหวของคนเป็นอุปกรณ์ที่หาซื้อได้ยาก ทำให้ต้องใช้เวลาในการหาซื้อ

7.2.8จากทฤษฎีที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับไพโรอิเล็คทริคเซ็นเซอร์ เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ในระยะทางตั้งแต่ 0 เมตร จนถึง 30 เมตร ถ้าใส่ Freshnel Lens ข้างหน้าเซ็นเซอร์เพื่อรวมแสงให้กับเซ็นเซอร์ แต่ในทางปฏิบัติ ไม่สามารถหาซื้อ Freshnel Lens ได้ภายในประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องสั่งซื้อจากต่างประทศซึ่งเสียค่าใช้จ่ายในการจัดส่งสูงและใช้เวลาในการจัดส่งเป็นเวลานาน ดังนั้นโครงงานนี้จึงมิได้ใช้ Freshnel Lens เพื่อรวมแสงให้กับเซ็นเซอร์ จึงสามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ในระยะทางเพียง 2.4 เมตรเท่านั้น ถ้านำเซ็นเซอร์ไปใช้ตรวจจับการเคลื่อนไหวในห้องที่มีขนาดใหญ่จะทำได้ไม่ทั่วถึง จะต้องติดเซ็นเซอร์อีกหลายตัวกระจายทั่วห้องจึงจะตรวจจับการเคลื่อนไหวภายในห้องได้อย่างทั่วถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการทำงาน

```
DO:   KEEP  EQU   36H
      ORG   0000H
      CLR   P1.2
      CLR   P1.3
      CLR   P1.4
      CLR   P1.5
      CLR   P1.6
      JB    P3.7,DO          ; เลือกโหมดแบบอัตโนมัติ
      CLR   P2.4
      SETB  P1.7
      SETB  P2.2
      SETB  P2.3
      SETB  P3.2
      SETB  P3.3
      SETB  P3.4
      SETB  P3.5
      SETB  P3.6
      CLR   P3.7
      SETB  P2.5
      CLR   P2.0
      CLR   P2.1
      MOV   30H,#01101100B   ; กำหนดขอบล่างความเข้มของแสงระดับที่ 1
      MOV   31H,#10001111B   ; กำหนดขอบบนความเข้มของแสงระดับที่ 1
                               หรือขอบล่างของแสงระดับที่ 2
      MOV   32H,#10100010B   ; กำหนดขอบบนความเข้มของแสงระดับที่ 2
                               หรือขอบล่างของแสงระดับที่ 3
      MOV   33H,#10110000B   ; กำหนดขอบบนความเข้มของแสงระดับที่ 3
                               หรือขอบล่างของแสงระดับที่ 4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   34H,#10110111B    ; กำหนดขอบบนความเข้มของแสงระดับที่ 4
                                  หรือขอบล่างของแสงระดับที่ 5
        MOV   35H,#11000000B    ; กำหนดขอบบนความเข้มของแสงระดับที่ 5
        MOV   R4,#00H
        MOV   SP,#4FH
WAIT:   JNB   P1.0,A1           ; ผู้ใช้กดสวิทซ์เลือกระดับความเข้มแสงที่
                                  ต้องการ
        LJMP  COUNT
A1:     LCALL DELAY
        JNB   P1.0,A1
        CJNE  R4,#05H,A2
        LJMP  COUNT
A2:     INC   R4
        LCALL LEVEL1
COUNT:  LCALL DELAY
        SETB  P1.1
        JNB   P1.1,A3
        LCALL LEVEL1            ;ผู้ใช้ไม่ได้กดเปลี่ยนระดับความเข้มแสงแต่
                                  ม่านก็ยังสามารถปรับได้ตามระดับแสงภาย
                                  นอกที่เปลี่ยนแปลง
        LJMP  WAIT
A3:     LCALL DELAY
        JNB   P1.1,A3
        CJNE  R4,#01H,A4
        LCALL LEVEL1
A4:     CJNE  R4,#00H,A5
        SJMP  WAIT
A5:     DEC   R4
        LCALL LEVEL1
        LJMP  WAIT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
*************************************************************************
                    การปรับระดับความเข้มแสง 5 ระดับ
*************************************************************************
LEVEL1:   CJNE   R4,#01H,LEVEL2     ;จะทำขั้นตอนนี้ต่อไปเมื่อผู้ใช้เลือกระดับที่ 1
          SETB   P1.2               ;ให้ LED สว่างตัวเดียว
          CLR    P1.3
          CLR    P1.4
          CLR    P1.5
          CLR    P1.6
          MOV    R0,#30H            ;ใช้ R0 เก็บค่าความเข้มขอบล่างระดับต่างๆ
          MOV    R1,#31H            ;ใช้ R1 เก็บค่าความเข้มขอบบนระดับต่างๆ
          LCALL COMPARE
LEVEL2:   CJNE   R4,#02H,LEVEL3     ;จะทำขั้นตอนนี้ต่อไปเมื่อผู้ใช้เลือกระดับที่ 2
          SETB   P1.2               ;ให้ LED สว่าง 2 ตัว
          SETB   P1.3
          CLR    P1.4
          CLR    P1.5
          CLR    P1.6
          MOV    R0,#31H
          MOV    R1,#32H
          LCALL COMPARE
LEVEL3:   CJNE   R4,#03H,LEVEL4     ;จะทำขั้นตอนนี้ต่อไปเมื่อผู้ใช้เลือกระดับที่ 3
          SETB   P1.2               ;ให้ LED สว่าง 3 ตัว
          SETB   P1.3
          SETB   P1.4
          CLR    P1.5
          CLR    P1.6
          MOV    R0,#32H
          MOV    R1,#33H
          LCALL COMPARE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LEVEL4:   CJNE  R4,#04H,LEVEL5    ;จะทำขั้นตอนนี้ต่อไปเมื่อผู้ใช้เลือกระดับที่ 4
          SETB  P1.2              ;ให้ LED สว่าง 4 ตัว
          SETB  P1.3
          SETB  P1.4
          SETB  P1.5
          CLR   P1.6
          MOV   R0,#33H
          MOV   R1,#34H
          LCALL COMPARE
LEVEL5:   CJNE  R4,#05H,LAST      ;จะทำขั้นตอนนี้ต่อไปเมื่อผู้ใช้เลือกระดับที่ 5
          SETB  P1.2              ;ให้ LED สว่าง 5 ตัว
          SETB  P1.3
          SETB  P1.4
          SETB  P1.5
          SETB  P1.6
          MOV   R0,#34H
          MOV   R1,#35H
          LCALL COMPARE
LAST:     RET
**************************************************************************
```

ส่วนเปรียบเทียบระดับแสงที่เข้ามาภายในห้องกับระดับที่ผู้ใช้ต้องการจริง

```
**************************************************************************
COMPARE:  LCALL LDR               ;ทำการรับค่า LDR (เสมือนวัดความเข้มของ
                                  แสง)
          MOV   A,KEEP            ;รับค่าแรงดันLDRที่แปลงแล้วจาก A/D
          MOV   R3,A
          CLR   C
          SUBB  A,@R0             ;ลบค่าที่รับได้จาก LDR กับขอบล่างของระดับ
                                  แสง
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                                        ในห้องได้รับแสงน้อยกว่าระดับ
B1:     LCALL OPEN
        JNB   P1.7,PO
        SETB  P2.2
        SETB  P2.3
        JB    P3.7,STOP
        LCALL DETECT
STOP:   SETB  P3.3
        SETB  P3.4
        SETB  P3.5
        SETB  P3.6
        CALL  DELAY
        CJNE  A,#00H,LIGHT      ;ตรวจจับการเคลื่อนไหวได้หรือไม่
        LJMP  B14
LIGHT:  CLR   P3.2              ;มีการเคลื่อนไหวภายในห้อง ให้เปิดไฟ
        LJMP  B15
PO:     LCALL LDR
        MOV   A,KEEP
        CLR   C
        SUBB  A,@R0             ;ปรับระดับม่าน  พร้อมกับรับค่าจาก LDR ว่า
                                แสงในห้องถึงระดับรึยัง
        JC    B1                ;ถ้าถึงระดับแล้ว มอเตอร์หยุดหมุน
        LJMP  B15
X1:     MOV   A,R3
        CLR   C
        SUBB  A,@R1             ;ถ้าเปรียบเทียบค่าแล้ว
        JC    B14               ;แสงเข้ามาเกินระดับที่ต้องการต้องปิดม่าน
B2:     LCALL CLOSE
        JNB   P2.4,PEE          ;แต่ม่านต้องยังไม่ปิดจนสุด
        SJMP  B15
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PEE:        LCALL LDR
            MOV   A,KEEP
            CLR   C
            SUBB  A,@R1
            JNC   B2
B14:        SETB  P3.2          ;ปิดไฟ
B15:        SETB  P2.2          ;มอเตอร์หยุดหมุน
            SETB  P2.3
            RET
*************************************************************************
                    ส่วนของการควบคุมมอเตอร์ให้เปิด
*************************************************************************
OPEN:       JNB   P1.7,OPEN1
            SJMP  GO
OPEN1:      SETB  P3.2
            SETB  P2.2
            CLR   P2.3          ;ปรับม่านขึ้น
GO:         RET
*************************************************************************
                    ส่วนของการควบคุมมอเตอร์ให้ปิด
*************************************************************************
CLOSE:      SETB  P3.3
            SETB  P3.4
            SETB  P3.5
            SETB  P3.6
            SETB  P3.2
            JNB   P2.4,CLOSE1
            SJMP  WENT
CLOSE1:     SETB  P3.2
            SETB  P2.3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR   P2.2                ;ปรับม่านลง
WENT:           RET
*************************************************************************
                ส่วนของการตรวจจับการเคลื่อนที่
*************************************************************************
                CLR   A
DETECT:         MOV   A,#00H
                MOV   38H,#12
                MOV   39H,#12
                CLR   C
RIGHT:          JB    P2.5,SS
                INC   A
                CLR   P3.2
                CALL  DELAY
 SS:            CLR   P3.3
                SETB  P3.4
                SETB  P3.5
                SETB  P3.6
                CALL  DELAY
                SETB  P3.3
                SETB  P3.4
                SETB  P3.5
                CLR   P3.6
                CALL  DELAY
                JB    P2.5,SO
                CLR   P3.2
                INC   A
SO:             SETB  P3.3
                SETB  P3.4
                CLR   P3.5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SETB   P3.6
        CALL   DELAY
        SETB   P3.3
        CLR    P3.4
        SETB   P3.5
        SETB   P3.6
        CALL   DELAY
        DJNZ   38H,RIGHT
LEFT:   JB     P2.5,ST
        CLR    P3.2
        INC    A
        CALL   DELAY
ST:     CLR    P3.3
        SETB   P3.4
        SETB   P3.5
        SETB   P3.6
        CALL   DELAY
        SETB   P3.3
        CLR    P3.4
        SETB   P3.5
        SETB   P3.6
        CALL   DELAY
        JB     P2.5,SI
        CLR    P3.2
        INC    A
SI:     SETB   P3.3
        SETB   P3.4
        CLR    P3.5
        SETB   P3.6
        CALL   DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SETB   P3.3
        SETB   P3.4
        SETB   P3.5
        CLR    P3.6
        CALL   DELAY
        DJNZ   39H,LEFT
        RET
*************************************************************************
                        ส่วนของการตรวจจับการเคลื่อนที่
*************************************************************************
LDR:    CLR    P2.0          ;กำหนด ADRESS DECODER เพื่อเลือก (00)
        CLR    P2.1          ;รับการแปลงค่าจาก LDR ตัวที่อยู่ด้านหน้าม่าน
        LCALL  ATOD          ;ส่วนควบคุมการแปลงสัญญาณ
        MOV    R5,P0         ;เก็บค่าลอจิกที่ได้จาก เอทูดีไว้ใน R5
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        SETB   P2.1          ;กำหนด ADDREES DECODER (01)
        CLR    P2.0          ;รับการแปลงค่า LDR ตัวที่อยู่ภายในห้อง
        LCALL  ATOD
        MOV    R2,P0         ;เก็บค่าลอจิกที่ได้จากตัวที่อยู่หลังห้องลงใน R2
        MOV    A,R2
        CLR    C
        MOV    B,#2          ;เก็บค่า 2 ในรีจีสเตอร์ B
        ADD    A,R5          ;เอาลอจิก 8 บิตที่แปลงได้มาบวกกัน
        LCALL  DELAY
        JC     CARRIES       ;ถ้าบวกแล้วมีตัวทดจะเกิดโอเวอร์โฟลว์
        DIV    AB            ;บวกกันแล้วไม่เกิดตัวทด
        MOV    KEEP,A        ;เอาค่า LDR ภายในห้องทั้ง 2 ตัวมาเฉลี่ย
        SJMP   SEND
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CARRIES:  DIV   AB
          ADD   A,#10000000B
          MOV   KEEP,A          ;ค่าเฉลี่ยระหว่าง LDR ทั้ง 2 ตัวจะถูกเก็บไว้ใน
SEND:     RET
ATOD:     MOV   P0,#0FFH
          SETB  P3.1
          CALL  DELAY
          CLR   P3.1
EOC:      JNB   P3.0,EOC
          RET
DELAY:    MOV   R7,#0FFH
W1:       MOV   R6,#0FFH
W2:       DJNZ  R6,W2
          DJNZ  R7,W1
          RET
          END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ORG     00H
                DS      8
TIMEBUF:        DS      2       ;บัฟเฟอร์เก็บค่าเวลาจริงเป็นเลข BCD
TIMEDIS:        DS      4       ;บัฟเฟอร์เก็บค่าเวลาจริงเป็นเลข 7-segment
ONBUF:          DS      2       ;บัฟเฟอร์เก็บค่าเวลาที่ตั้งไว้เพื่อเปิดไฟเป็นเลข BCD
ONDIS:          DS      4       ;บัฟเฟอร์เก็บค่าเวลาที่ตั้งไว้เพื่อเปิดไฟเป็นเลข 7-segment
OFFBUF:         DS      2       ;บัฟเฟอร์เก็บค่าเวลาที่ตั้งไว้เพื่อปิดไฟเป็นเลข BCD
OFFDIS:         DS      4       ;บัฟเฟอร์เก็บค่าเวลาที่ตั้งไว้เพื่อปิดไฟเป็นเลข 7-segment
CLOUD:          DS      1       ;บัฟเฟอร์เก็บค่าเวลาที่ตั้งไว้เพื่อ delay เป็นเลข BCD
CLOUDIS:        DS      2       ;บัฟเฟอร์เก็บค่าเวลาที่ตั้งไว้เพื่อ delay เป็นเลข 7-segment
RTCDAT          EQU     P2.0    ;SERIAL DATA DS1202 RTC
RTCCLK          EQU     P2.1    ;SERIAL CLK  DS1202 RTC
RTCRST          EQU     P2.2    ;SERIAL RST  DS1202 RTC
                ORG     0010H
                MOV     SP,#50H
                SETB    P0.1            ;บ่งชี้ว่าขณะนี้กำลังแสดงเวลาเปิดไฟ
                CLR     P0.3
                CLR     P0.7            ;อยู่ในการทำงานแบบอัตโนมัติ
                SETB    P2.7
                MOV     CLOUD,#00H      ;รีเซ็ตค่าเวลาสำหรับหน่วงในการเปิดไฟ
                MOV     34H,#00H
MAIN:           CALL    RDRTC           ;อ่านค่าเวลาจาก RTC
                CALL    DISPLAY         ;แสดงเวลาจริงในขณะนั้น
                CALL    DISCLOUD        ;แสดงจำนวนนาทีที่จะหน่วงเวลา
                JNB     P0.1,Z1
                CALL    DISON           ;บ่งชี้ว่าขณะนี้กำลังแสดงเวลาเปิดไฟ
                SJMP    ZZ
Z1:             CALL    DISOFF          ;บ่งชี้ว่าขณะนี้กำลังแสดงเวลาปิดไฟ
ZZ:             JB      P0.7,ZX
                JB      P0.6,COUNT
                CALL    DELAY
ZY:             JNB     P0.6,ZY
                SETB    P0.7
ZX:             JB      P0.6,ZV
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    DELAY
ZW:             JNB     P0.6,ZW
                CLR     P0.7
                SJMP    COUNT
ZV:             LJMP    Z2
COUNT:          MOV     A,34H
                CJNE    A,#00H,AGAIN
                JB      P0.4,ZU                 ;ตรวจสอบว่ามีการเปิดไฟหรือไม่
                MOV     34H,#01H
                SJMP    MINUTE
ZU:             LJMP    STA1
;**********************************CHECK CLOUD MINUTE*********************************
MINUTE:         MOV     A,TIMEBUF
                MOV     35H,CLOUD
                ADD     A,35H
                MOV     35H,A
                ANL     A,#00001111B
                DA      A
                MOV     36H,A
                MOV     A,35H
                ANL     A,#11110000B
                ADD     A,36H
                DA      A
                MOV     36H,A
                MOV     37H,TIMEBUF+1
                ANL     A,#11110000B
                CJNE    A,#60H,MIN
                MOV     A,36H
                ANL     A,#00001111B
                MOV     36H,A
                MOV     A,TIMEBUF+1
                INC     A
                DA      A
                MOV     37H,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LJMP    STA1
MIN:            CJNE    A,#70H,MIN1
                MOV     A,36H
                ANL     A,#00001111B
                ADD     A,#10H
                MOV     36H,A
                MOV     A,TIMEBUF+1
                INC     A
                DA      A
                MOV     37H,A
                LJMP    STA1
MIN1:           CJNE    A,#80H,MIN2
                MOV     A,36H
                ANL     A,#00001111B
                ADD     A,#20H
                MOV     36H,A
                MOV     A,TIMEBUF+1
                INC     A
                DA      A
                MOV     37H,A
MIN2:           LJMP    STA1
;*****************************************************************************************
AGAIN:          MOV     A,34H
                CJNE    A,#01H,Z7
                MOV     A,TIMEBUF
                CJNE    A,36H,STA1
                MOV     A,TIMEBUF+1
                CJNE    A,37H,STA1
                JB      P0.4,STA1       ;ตรวจสอบว่าต้องการเปิดไฟหรือไม่
                CLR     P2.7            ;เปิดไฟ
                MOV     34H,#02H
                LJMP    MAIN
Z2:             MOV     A,TIMEBUF
                MOV     00H,70H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CJNE    A,00H,STA
Z3:     MOV     A,TIMEBUF+1
        MOV     01H,71H
        CJNE    A,01H,STA
        CLR     P2.7            ;เปิดไฟเมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้
        MOV     34H,#02H
STA:    MOV     A,TIMEBUF
        MOV     06H,OFFBUF
        CJNE    A,06H,STA0
Z5:     MOV     A,TIMEBUF+1
        MOV     07H,OFFBUF+1
        CJNE    A,07H,STA0
Z6:     SETB    P2.7            ; ปิดไฟเมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้
        MOV     34H,#00H
        LJMP    STA1
Z7:     MOV     A,34H
        CJNE    A,#02H,STA1
        JNB     P0.4,STA1
        JB      P2.7,STA1
        SETB    P2.7
        MOV     34H,#00H
        SJMP    STA1
STA0:   JB      P0.7,STA1
        JNB     P0.4,STA1
        JB      P2.7,STA1
        SETB    P2.7
        MOV     34H,#00H
STA1:   JB      P0.0,STA2       ;ตรวจสอบสวิทช์เพื่อที่จะแสดงเวลาเปิดไฟ
        CALL    DELAY
ON:     JNB     P0.0,ON
        CLR     P0.3            ;บ่งชี้ว่ากำลังแสดงเวลาเปิดไฟ
        SETB    P0.1
STA2:   JB      P0.2,SWITCH     ;ตรวจสอบสวิทช์เพื่อที่จะแสดงเวลาเปิดไฟ
OFF:    CALL    DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JNB     P0.2,OFF
                CLR     P0.1                    ; บ่งชี้ว่ากำลังแสดงเวลาปิดไฟ
                SETB    P0.3
;*********************************REAL TIME CLOCK*********************************
SWITCH:         JB      P2.3,SWMSEC             ;ตรวจสอบสวิทช์เพื่อตั้งเวลาจริงเป็นนาที(หลกหน่วย)
SLS:            CALL    DELAY
                JNB     P2.3,SLS
                CALL    DOIT
                LJMP    DO1
SWMSEC:         JB      P2.4,SWLHOUR            ;ตรวจสอบสวิทช์เพื่อตั้งเวลาจริงเป็นนาที(หลักสิบ)
SMS:            CALL    DELAY
                JNB     P2.4,SMS
                CALL    DOIT
                LJMP    DO2
SWLHOUR:        JB      P2.5,SWMHOUR            ;ตรวจสอบสวิทช์เพื่อตั้งเวลาจริงเป็นชั่วโมง(หลักหน่วย)
SLH:            CALL    DELAY
                JNB     P2.5,SLH
                CALL    DOIT
                LJMP    DO3
SWMHOUR:        JB      P2.6,TURN               ;ตรวจสอบสวิทช์เพื่อตั้งเวลาจริงเป็นชั่วโมง(หลักสิบ)
SMH:            CALL    DELAY
                JNB     P2.6,SMH
                CALL    DOIT
                LJMP    DO4
;*********************************SETTING TIME*****************************************
TURN:           JB      P3.3,SETMS              ;ตรวจสอบสวิทช์เพื่อตั้งเวลาเปิดปิดไฟเป็นนาที(หลักหน่วย)
LS:             CALL    DELAY
                JNB     P3.3,LS
                JNB     P0.1,OFF1
                LJMP    SET1
OFF1:           LJMP    SET5
SETMS:          JB      P3.4,SETLHR             ; ตรวจสอบสวิทช์เพื่อตั้งเวลาเปิดปิดไฟเป็นนาที(หลักสิบ)
MS:             CALL    DELAY
                JNB     P3.4,MS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JNB     P0.1,OFF2
                LJMP    SET2
OFF2:           LJMP    SET6
SETLHR:         JB      P3.5,SETMHR         ;ตรวจสอบสวิทช์เพื่อตั้งเวลาเปิดปิดไฟเป็นชั่วโมง(หลักหน่วย)
LHR:            CALL    DELAY
                JNB     P3.5,LHR
                JNB     P0.1,OFF3
                LJMP    SET3
OFF3:           LJMP    SET7
SETMHR:         JB      P3.6,CLOUDY         ;ตรวจสอบสวิทช์เพื่อตั้งเวลาเปิดปิดไฟเป็นนาที(หลักหน่วย)
MHR:            CALL    DELAY
                JNB     P3.6,MHR
                JNB     P0.1,OFF4
                LJMP    SET4
OFF4:           LJMP    SET8
CLOUDY:         JB      P0.5,BACK           ;ตรวจสอบสวิทช์เพื่อตั้งเวลาสำหรับหน่วงเวลา
                CALL    DELAY
STCD:           JNB     P0.5,STCD
                LJMP    CLOUDIN
BACK:           LJMP    MAIN
DO1:            MOV     A,TIMEBUF           ;ตั้งเวลาจริงเป็นนาที(หลักหน่วย)
                ANL     A,#00001111B
                INC     A
                DA      A
                ANL     A,#00001111B
                ANL     TIMEBUF,#11110000B
                ORL     A,TIMEBUF
                MOV     TIMEBUF,A
                MOV     R2,#82H
                MOV     R3,TIMEBUF
                CALL    RTCWR
                CALL    DONEIT
LSDONE:         LJMP    MAIN
DO2:            MOV     A,TIMEBUF           ;ตั้งเวลาจริงเป็นนาที(หลักสิบ)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            SWAP    A
            ANL     A,#00001111B
            INC     A
            DA      A
            ANL     A,#00001111B
            CJNE    A,#06H,DO_C
            MOV     A,#00H
DO_C:       SWAP    A
            ANL     TIMEBUF,#00001111B
            ORL     A,TIMEBUF
            MOV     TIMEBUF,A
            CALL    DOIT
            MOV     R2,#82H
            MOV     R3,TIMEBUF
            CALL    RTCWR
            CALL    DONEIT
MSDONE:     LJMP    MAIN
DO3:        MOV     A,TIMEBUF+1         ;ตั้งเวลาจริงเป็นชั่วโมง(หลักหน่วย)
            ANL     A,#00001111B
            INC     A
            DA      A
            ANL     A,#00001111B
            ANL     TIMEBUF+1,#11110000B
            ORL     A,TIMEBUF+1
            CJNE    A,#24H,DO_C2
            MOV     A,#00H
DO_C2:      MOV     TIMEBUF+1,A
            CALL    DOIT
            MOV     R2,#84H
            MOV     R3,TIMEBUF+1
            CALL    RTCWR
            CALL    DONEIT
LHDONE:     LJMP    MAIN
DO4:        MOV     A,TIMEBUF+1         ;ตั้งเวลาจริงเป็นนาที(หลักหน่วย)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ORL     A,70H
        MOV     70H,A
        CALL    DOIT
        MOV     R2,#0C0H
        MOV     R3,70H
        CALL    RTCWR
        CALL    DONEIT
        LJMP    MAIN
SET2:   MOV     A,70H           ;ตั้งเวลาเปิดไฟเป็นนาที(หลักหน่วย)
        SWAP    A
        ANL     A,#00001111B
        INC     A
        DA      A
        ANL     A,#00001111B
        CJNE    A,#06H,SET_C
        MOV     A,#00H
SET_C:  SWAP    A
        ANL     70H,#00001111B
        ORL     A,70H
        MOV     70H,A
        CALL    DOIT
        MOV     R2,#0C0H
        MOV     R3,70H
        CALL    RTCWR
        CALL    DONEIT
        LJMP    MAIN
SET3:   MOV     A,71H           ;ตั้งเวลาเปิดไฟเป็นนาที(หลักสิบ)
        ANL     A,#00001111B
        INC     A
        DA      A
        ANL     A,#00001111B
        ANL     71H,#11110000B
        ORL     A,71H
        CJNE    A,#24H,SET_C2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,#00H
SET_C2:         MOV     71H,A
                CALL    DOIT
                MOV     R2,#0C2H
                MOV     R3,71H
                CALL    RTCWR
                CALL    DONEIT
                LJMP    MAIN
SET4:           MOV     A,71H           ;ตั้งเวลาเปิดไฟเป็นชั่วโมง(หลักสิบ)
                SWAP    A
                ANL     A,#00001111B
                INC     A
                CJNE    A,#03H,SET_BK
                MOV     A,#00H
SET_BK:         SWAP    A
                ANL     71H,#00001111B
                ORL     A,71H
                CJNE    A,#24H,SET_BK1
                MOV     A,#04H
SET_BK1:        CJNE    A,#25H,SET_BK2
                MOV     A,#05H
SET_BK2:        CJNE    A,#26H,SET_BK3
                MOV     A,#06H
SET_BK3:        CJNE    A,#27H,SET_BK4
                MOV     A,#07H
SET_BK4:        CJNE    A,#28H,SET_BK5
                MOV     A,#08H
SET_BK5:        CJNE    A,#29H,SET_BK6
                MOV     A,#09H
SET_BK6:        MOV     71H,A
                CALL    DOIT
                MOV     R2,#0C2H
                MOV     R3,71H
                CALL    RTCWR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    DONEIT
                LJMP    MAIN
;************************FOR SETTING TURN OFF LIGHT TIME************************
SET5:           MOV     A,OFFBUF            ;ตั้งเวลาปิดไฟเป็นนาที(หลักหน่วย)
                ANL     A,#00001111B
                INC     A
                DA      A
                ANL     A,#00001111B
                ANL     OFFBUF,#11110000B
                ORL     A,OFFBUF
                MOV     OFFBUF,A
                CALL    DOIT
                MOV     R2,#0C4H
                MOV     R3,OFFBUF
                CALL    RTCWR
                CALL    DONEIT
                LJMP    MAIN
SET6:           MOV     A,OFFBUF            ;ตั้งเวลาปิดไฟเป็นนาที(หลักสิบ)
                SWAP    A
                ANL     A,#00001111B
                INC     A
                DA      A
                ANL     A,#00001111B
                CJNE    A,#06H,SET1_C
                MOV     A,#00H
SET1_C:         SWAP    A
                ANL     OFFBUF,#00001111B
                ORL     A,OFFBUF
                MOV     OFFBUF,A
                CALL    DOIT
                MOV     R2,#0C4H
                MOV     R3,OFFBUF
                CALL    RTCWR
                CALL    DONEIT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LJMP    MAIN
SET7:           MOV     A,OFFBUF+1          ;ตั้งเวลาปิดไฟเป็นชั่วโมง(หลักหน่วย)
                ANL     A,#00001111B
                INC     A
                DA      A
                ANL     A,#00001111B
                ANL     OFFBUF+1,#11110000B
                ORL     A,OFFBUF+1
                CJNE    A,#24H,SET1_C2
                MOV     A,#00H
SET1_C2:        MOV     OFFBUF+1,A
                CALL    DOIT
                MOV     R2,#0C6H
                MOV     R3,OFFBUF+1
                CALL    RTCWR
                CALL    DONEIT
                LJMP    MAIN
SET8:           MOV     A,OFFBUF+1          ;ตั้งเวลาปิดไฟเป็นชั่วโมง(หลักสิบ)
                SWAP    A
                ANL     A,#00001111B
                INC     A
                CJNE    A,#03H,SET1_BK
                MOV     A,#00H
SET1_BK:        SWAP    A
                ANL     OFFBUF+1,#00001111B
                ORL     A,OFFBUF+1
                CJNE    A,#24H,SET1_BK1
                MOV     A,#04H
SET1_BK1:       CJNE    A,#25H,SET1_BK2
                MOV     A,#05H
SET1_BK2:       CJNE    A,#26H,SET1_BK3
                MOV     A,#06H
SET1_BK3:       CJNE    A,#27H,SET1_BK4
                MOV     A,#07H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SET1_BK4:   CJNE   A,#28H,SET1_BK5
            MOV    A,#08H
SET1_BK5:   CJNE   A,#29H,SET1_BK6
            MOV    A,#09H
SET1_BK6:   MOV    OFFBUF+1,A
            CALL   DOIT
            MOV    R2,#0C6H
            MOV    R3,OFFBUF+1
            CALL   RTCWR
            CALL   DONEIT
            LJMP   MAIN
CLOUDIN:    MOV    A,CLOUD          ;ตั้งเวลาสำหรับหน่วงเวลา
            INC    A
            DA     A
            CJNE   A,#31H,DIN
            MOV    A,#00H
DIN:        MOV    CLOUD,A
            LJMP   MAIN
DOIT:       MOV    R2,#8EH          ;WRITE PROTECT = 0
            MOV    R3,#0
            CALL   RTCWR
            RET
DONEIT:     MOV    R2,#8EH          ;WRITE PROTECT = 1
            MOV    R3,#80H
            CALL   RTCWR
            RET
RDRTC:      MOV    R2,#83H          ;อ่านค่าเวลาเป็นนาทีจาก RTC
            CALL   RTCRD
            MOV    TIMEBUF,R3
            MOV    R2,#85H          ;อ่านค่าเวลาเป็นชั่วโมงจาก RTC
            CALL   RTCRD
            MOV    TIMEBUF+1,R3
            MOV    R2,#0C1H         ;อ่านค่าเวลาเปิดไฟเป็นนาทีจาก RTC
            CALL   RTCRD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     70H,R3
        MOV     R2,#0C3H            ; อ่านค่าเวลาเปิดไฟเป็นชั่วโมงจาก RTC
        CALL    RTCRD
        MOV     71H,R3
        MOV     R2,#0C5H            ;อ่านค่าเวลาปิดไฟเป็นนาทีจาก RTC
        CALL    RTCRD
        MOV     OFFBUF,R3
        MOV     R2,#0C7H            ; อ่านค่าเวลาปิดไฟเป็นชั่วโมงจาก RTC
        CALL    RTCRD
        MOV     OFFBUF+1,R3
BCDTO7: MOV     A,TIMEBUF           ;แปลงเลข BCD เป็นเลข 7-segment(เวลาจริง)
        ANL     A,#00001111B
        CALL    DIGIT
        MOV     TIMEDIS,A
        MOV     A,TIMEBUF
        SWAP    A
        ANL     A,#00001111B
        CALL    DIGIT
        MOV     TIMEDIS+1,A
        MOV     A,TIMEBUF+1
        ANL     A,#00001111B
        CALL    DIGIT
        MOV     TIMEDIS+2,A
        MOV     A,TIMEBUF+1
        SWAP    A
        ANL     A,#00001111B
        CALL    DIGIT
        MOV     TIMEDIS+3,A
NBCDTO7: MOV    A,70H               ; แปลงเลข BCD เป็นเลข 7-segment(เวลาเปิดไฟ)
        ANL     A,#00001111B
        CALL    DIGIT
        MOV     ONDIS,A
        MOV     A,70H
        SWAP    A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ANL     A,#00001111B
        CALL    DIGIT
        MOV     ONDIS+1,A
        MOV     A,71H
        ANL     A,#00001111B
        CALL    DIGIT
        MOV     ONDIS+2,A
        MOV     A,71H
        SWAP    A
        ANL     A,#00001111B
        CALL    DIGIT
        MOV     ONDIS+3,A
FBCDTO7:MOV     A,OFFBUF        ;แปลงเลข BCD เป็นเลข 7-segment(เวลาปิดไฟ)
        ANL     A,#00001111B
        CALL    DIGIT
        MOV     OFFDIS,A
        MOV     A,OFFBUF
        SWAP    A
        ANL     A,#00001111B
        CALL    DIGIT
        MOV     OFFDIS+1,A
        MOV     A,OFFBUF+1
        ANL     A,#00001111B
        CALL    DIGIT
        MOV     OFFDIS+2,A
        MOV     A,OFFBUF+1
        SWAP    A
        ANL     A,#00001111B
        CALL    DIGIT
        MOV     OFFDIS+3,A
CBCDTO7:MOV     A,CLOUD         ;แปลงเลข BCD เป็นเลข 7-segment(หน่วงเวลา)
        ANL     A,#00001111B
        CALL    DIGIT
        MOV     CLOUDIS,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,CLOUD
                SWAP    A
                ANL     A,#00001111B
                CALL    DIGIT
                MOV     CLOUDIS+1,A
                RET
;*******************************DISPLAY TIME*****************************************
DISPLAY:        MOV     P1,TIMEDIS          ;แสดงผลเป็นค่าเวลาออกทาง7-segment
                CLR     P3.0
                CLR     P3.1
                CLR     P3.2
                SETB    P3.7
                CALL    DELAY
                CALL    DELAY
                MOV     P1,#00H
                MOV     P1,TIMEDIS+1
                SETB    P3.0
                CLR     P3.1
                CLR     P3.2
                SETB    P3.7
                CALL    DELAY
                CALL    DELAY
                MOV     P1,#00H
                MOV     P1,TIMEDIS+2
                CLR     P3.0
                SETB    P3.1
                CLR     P3.2
                SETB    P3.7
                CALL    DELAY
                CALL    DELAY
                MOV     P1,#00H
                MOV     P1,TIMEDIS+3
                SETB    P3.0
                SETB    P3.1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CLR     P3.2
        SETB    P3.7
        CALL    DELAY
        CALL    DELAY
        MOV     P1,#00H
        RET
DISON:  MOV     P1,ONDIS        ;แสดงผลเป็นเวลาเปิดไฟ
        CLR     P3.0
        CLR     P3.1
        SETB    P3.2
        SETB    P3.7
        CALL    DELAY
        CALL    DELAY
        MOV     P1,#00H
        MOV     P1,ONDIS+1
        SETB    P3.0
        CLR     P3.1
        SETB    P3.2
        SETB    P3.7
        CALL    DELAY
        CALL    DELAY
        MOV     P1,#00H
        MOV     P1,ONDIS+2
        CLR     P3.0
        SETB    P3.1
        SETB    P3.2
        SETB    P3.7
        CALL    DELAY
        CALL    DELAY
        MOV     P1,#00H
        MOV     P1,ONDIS+3
        SETB    P3.0
        SETB    P3.1
        SETB    P3.2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SETB    P3.7
        CALL    DELAY
        CALL    DELAY
        MOV     P1,#00H
        RET
DISOFF: MOV     P1,OFFDIS       ;แสดงผลเป็นเวลาปิดไฟ
        CLR     P3.0
        CLR     P3.1
        SETB    P3.2
        SETB    P3.7
        CALL    DELAY
        CALL    DELAY
        MOV     P1,#00H
        MOV     P1,OFFDIS+1
        SETB    P3.0
        CLR     P3.1
        SETB    P3.2
        SETB    P3.7
        CALL    DELAY
        CALL    DELAY
        MOV     P1,#00H
        MOV     P1,OFFDIS+2
        CLR     P3.0
        SETB    P3.1
        SETB    P3.2
        SETB    P3.7
        CALL    DELAY
        CALL    DELAY
        MOV     P1,#00H
        MOV     P1,OFFDIS+3
        SETB    P3.0
        SETB    P3.1
        SETB    P3.2
        SETB    P3.7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    DELAY
                CALL    DELAY
                MOV     P1,#00H
                RET
DISCLOUD:       MOV     P1,CLOUDIS          ;แสดงผลเป็นเวลาที่หน่วง
                CLR     P3.0
                CLR     P3.1
                CLR     P3.2
                CLR     P3.7
                CALL    DELAY
                CALL    DELAY
                MOV     P1,#00H
                MOV     P1,CLOUDIS+1
                SETB    P3.0
                CLR     P3.1
                CLR     P3.2
                CLR     P3.7
                CALL    DELAY
                CALL    DELAY
                MOV     P1,#00H
                RET
DELAY:          MOV     R4,#0FFH
                MOV     R5,#0FFH
                DJNZ    R5,$
                DJNZ    R4,$
                RET
DIGIT:          MOV     DPTR,#DIG
                MOVC    A,@A+DPTR
                RET
DIG:            DB      3FH,06H,5BH,4FH,66H,6DH,7DH,07H,7FH,6FH
;#################### RTC SUBROUTINE ########################
; SUB RTCRD (IN R2,OUT R3)      => READ SINGLE BYTE FROM DS1202
; SUB RTCWR (IN R2,R3)          => WRITE SINGLE BYTE TO DS1202
; SUB TIMERD (OUT TIMBUF)       => READ RTC -> TIMBUF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

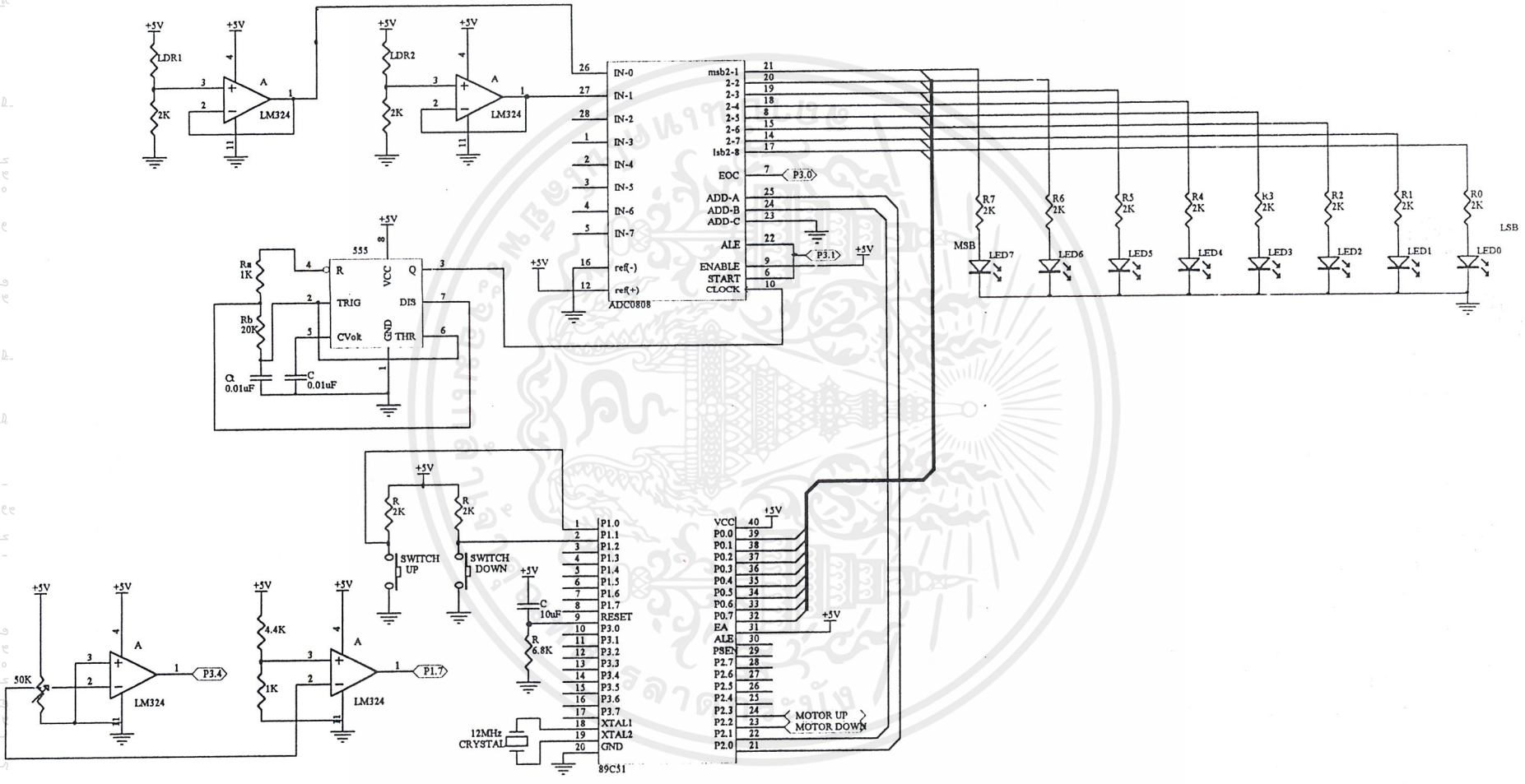
```
; SUB TIMEWR (IN TIMBUF)        => WRITE TIMBUF -> RTC
; REG    A  : ACCUMULATOR
;         R2 : COMMAND
;         R3 : DATA
;         R4 : LOOP COUNTER
;         R5 : DELAY
; ******** ****************************RTCRD SUB ************************************
RTCRD:          CLR     RTCCLK                  ;CLK=0
                CALL    RTCDL
                SETB    RTCRST                  ;RST=1
                CALL    RTCDL
                MOV     A,R2                    ;COMMAND
                CALL    RTCWRC
                MOV     R4,#8                   ;READ DATA
                CLR     A
RTCRD1:         CLR     RTCCLK
                CALL    RTCDL
                MOV     C,RTCDAT
                RRC     A
                SETB    RTCCLK
                CALL    RTCDL
                DJNZ    R4,RTCRD1
                MOV     R3,A
                CLR     RTCRST                  ;RST=0
                CALL    RTCDL
                RET
;*********************************RTCWR SUB ***************************************
RTCWR:          CLR     RTCCLK                  ;CLK=0
                CALL    RTCDL
                SETB    RTCRST                  ;RST=1
                CALL    RTCDL
                MOV     A,R2                    ;COMMAND
                CALL    RTCWRC
                MOV     A,R3                    ;DATA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

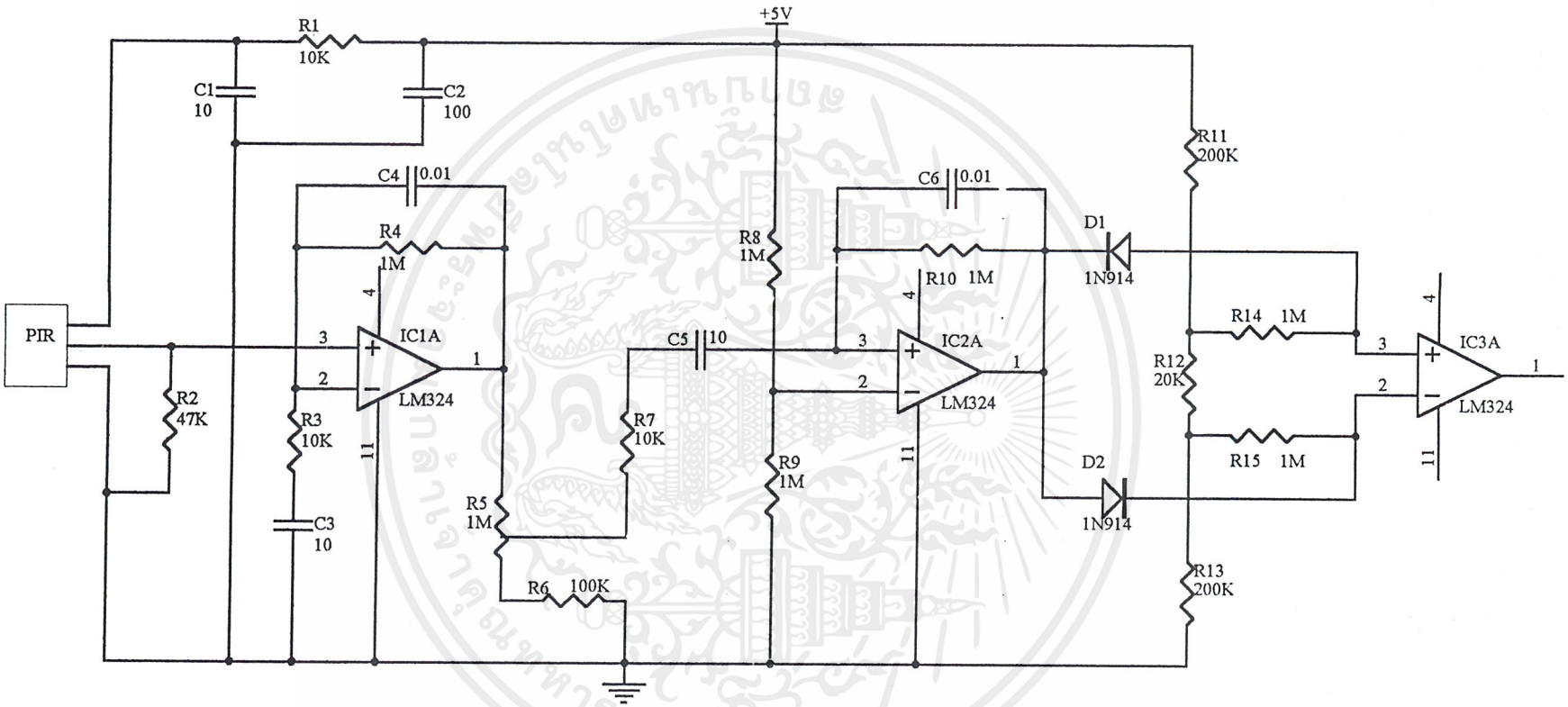
```
                CALL    RTCWRC
                CLR     RTCRST          ;RST=0
                CALL    RTCDL
                RET

RTCWRC:         MOV     R4,#8           ;WRITE COMMAND/DATA
RTCWRC1:        RRC     A
                MOV     RTCDAT,C
                SETB    RTCCLK          ;RISING EDGE CLOCK
                CALL    RTCDL
                CLR     RTCCLK
                CALL    RTCDL
                DJNZ    R4,RTCWRC1
                RET
RTCDL:          MOV     R5,#4           ;DELAY
                DJNZ    R5,$
                RET
                END
```

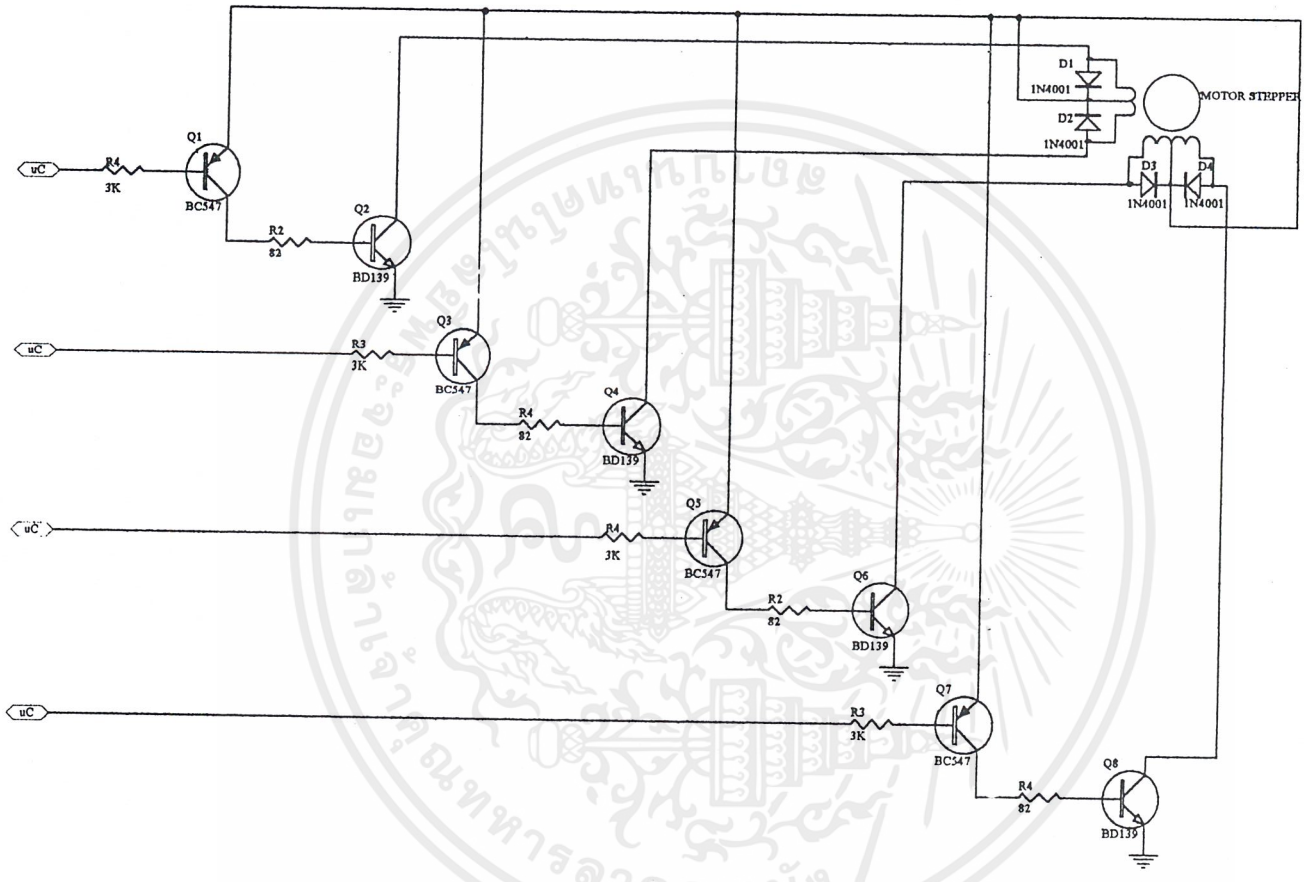
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงวงจรรวมของส่วนปรับม่านอัตโนมัติ

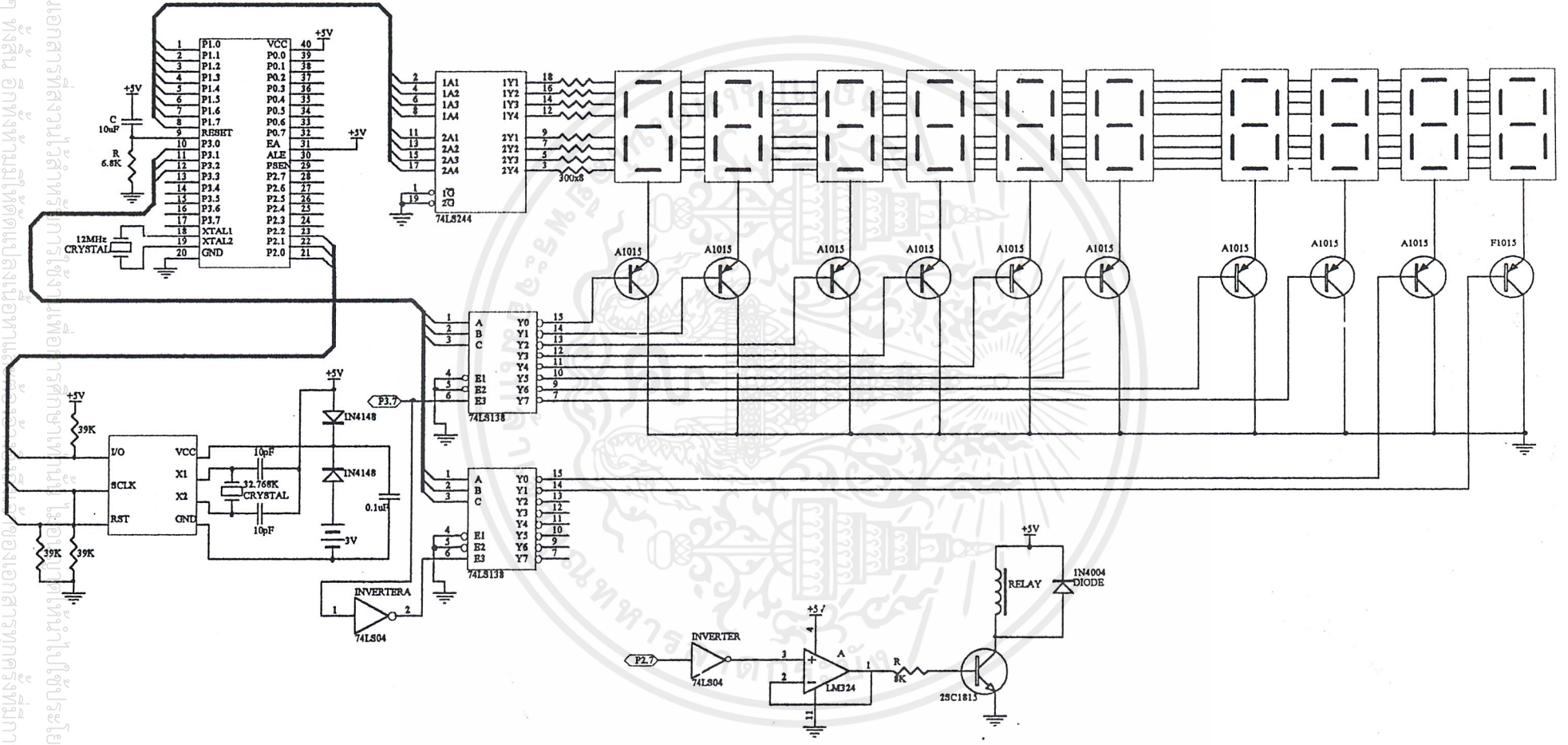


รูปแสดงวงจรของเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของคน



รูปแสดงวงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตกระบี่ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า



รูปแสดงวงจรแสดงผลและเปิดปิดไฟตามเวลาที่ตั้งไว้

ตารางแสดงตัวอย่างมุมเงยของพระอาทิตย์ที่กระทำต่อพื้นผิวโลกในวันต่างๆ

วัน เดือนปี / เวลา	10/7/43	10/8/43	10/9/43	20/7/43	20/8/43	20/9/43	30/7/43	30/8/43	30/9/43
05.00	-13.04	-15.45	-16.83	-13.93	-16.07	-17.01	-14.80	-16.54	-17.12
06.00	0.01	-1.71	0.33	-1.98	-2.49	-2.47	-1.22	-2.25	-2.56
07.00	13.58	12.35	12.17	13.03	12.23	12.17	12.70	12.19	11.96
08.00	27.33	26.59	26.69	26.93	26.37	26.61	26.69	26.13	26.41
09.00	41.19	40.94	41.22	40.95	41.08	41.02	40.88	41.19	40.56
10.00	55.02	55.37	55.66	54.96	55.62	55.13	55.08	55.75	54.21
11.00	68.52	69.82	69.55	68.79	70.24	68.26	69.23	70.19	66.34
12.00	79.90	64.14	80.38	81.04	84.66	76.94	82.51	83.38	73.24
13.00	77.82	80.90	75.73	79.02	80.44	72.43	80.21	78.72	68.40
14.00	65.51	66.46	62.56	66.14	65.86	60.21	66.55	64.62	57.56
15.00	51.86	52.04	48.32	52.23	51.19	46.34	52.37	54.13	44.15
16.00	38.00	37.63	33.80	38.19	36.77	32.00	38.13	35.55	30.05
17.00	24.10	23.18	19.22	20.19	22.26	17.49	23.95	20.99	15.68
18.00	10.40	9.03	4.62	10.10	7.91	2.42	9.90	6.50	1.16

* อ้างอิงจาก www.geoclock.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Range	Recommended* illuminance (lx)	Examples of area or activity
General lighting for rooms and areas used either infrequently and/or for casual or simple visual tasks	20	Minimum service illuminance in exterior circulation areas
	30	Outdoor stores, stockyards
	50	Exterior walkways and platforms; indoor car parks
	75	Docks and quays
	100	Theatres and concert halls; hotel bedrooms, bath rooms
	150	Circulation areas in industry, stores and stock rooms
General lighting for working interiors	200	Minimum service illuminance on the task
	300	Rough bench and machine work; general processes in chemical and food industries; casual reading and filing activities
	500	Medium bench and machine work; motor vehicle assembly; printing machine rooms; general offices, shops and stores
	750	Proof reading; general drawing offices; offices with business machines
	1000	Fine bench and machine work; office machine assembly; colour work; critical drawing tasks
	1500**	Very fine bench and machine work; instrument and small precision mechanism assembly, electronic components, gauging and inspection of small intricate parts.
Additional localized lighting for visually exacting tasks	⩾ 2000	Minutely detailed and precise work, e.g. very small parts of instruments, watch making and engraving; operating area in operating theatres

* If minimum values are recommended, one step lower in illuminance can be taken.

** Can be done by local lighting. Optical aids should be considered.

Fig. 1-7. Scale of recommended service illuminances.

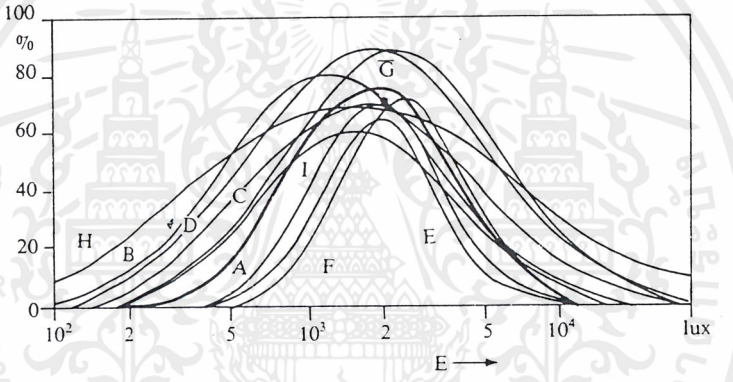
should be recommended for for use when formulating lighting specifications for particular purposes. They are:

- 20 - 200 lux for general lighting in infrequently used rooms.
- 200 - 2000 lux for general lighting in working interiors, and
- 2000 - 20 000 lux for additional, localized, lighting.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

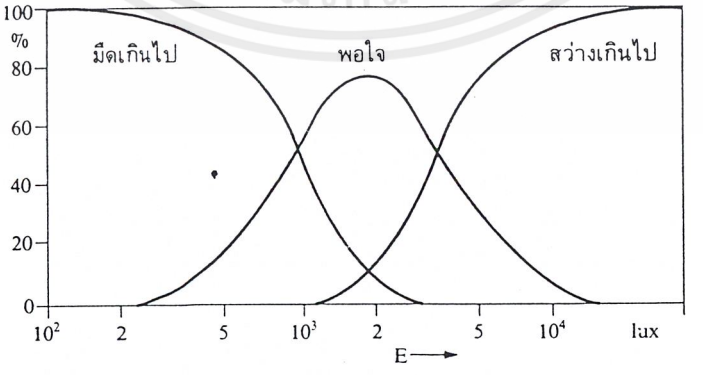
ระดับแสงสว่าง

ระดับดีที่สุดสำหรับการทำงาน(the optimum for working interior) เป็นระดับของแสงสว่างที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทำงาน โดยมีค่าความส่องสว่างประมาณ 100-400 cd / m^2 และค่าความเข้มแสงในแนวระนาบประมาณ 2,000 lux ทั้งนี้เพราะได้มีการค้นคว้าของประเทศต่าง ๆ ในยุโรป โดยศึกษาภายใต้ข้อกำหนดที่ว่า ความพอใจในการมองเห็นของการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์และไม่มีแสงจ้า มีการใช้ผู้สังเกตเป็นจำนวนมากผลการค้นคว้าได้แสดงไว้ในรูปที่1 โดยเป็นโค้งในรูปแสดงจำนวนเปอร์เซ็นต์ของกลุ่มผู้สังเกต โดยพิจารณาความเข้มแสงที่ทำให้เกิดความพอใจในการมองเห็น จะพบว่าที่ตำแหน่งของความเข้มแสงที่ทำให้เกิดความพอใจสูงสุดจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 1,500 ถึง 3,000 lux แต่เส้นโค้งเฉลี่ย (เส้นทึบ) มีเปอร์เซ็นต์ของกลุ่มผู้สังเกตที่มีความพอใจที่ค่าความเข้มแสง 2,000 lux เป็นจำนวนถึง 75 เปอร์เซ็นต์ ของผู้สังเกต



(ก) แสดงการค้นคว้า

รูปที่ 1 แสดงผลการค้นคว้าต่อผู้สังเกตการณ์ในเรื่องความพอใจในการมองเห็น

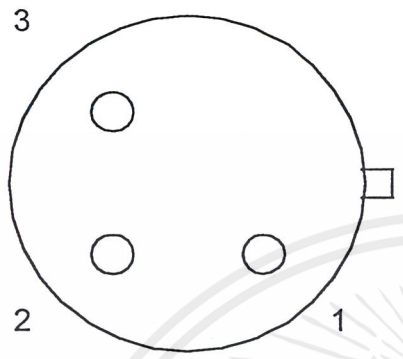


(ข) แสดงคำตอบในส่วนของความพอใจ

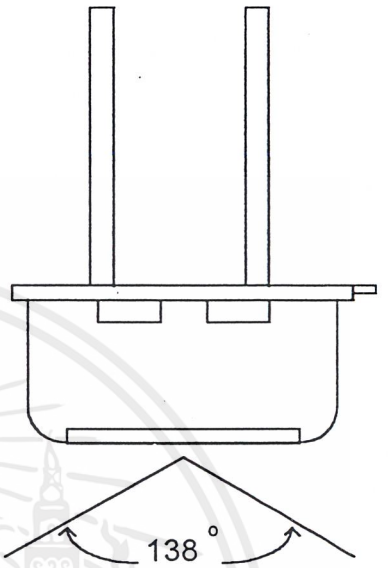
รูปที่ 2 แสดงผลการค้นคว้าของผู้สังเกตการณ์ในเรื่องความพอใจในการมองเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BOTTOM VIEW



1 drain
2 source
3 ground



RE200B

SENSITIVE AREA 2 ELEMENTS
SPECTRAL RESPONSE 5 - 14 um
OUTPUT VOLTAGE mv pp 20
NOISE mv pp 0.4
OFFSET VOLTAGE volts 0.1
SUPPLY VOLTAGE volts 2.2 - 15
OPERATING TEMP c 30 - 70

Test Conditions for output voltage:
Supply voltage = 5 voits
100K load resistor from pin 2 to 3
IR source = Hand moving 6" from sensor

TOP VIEW

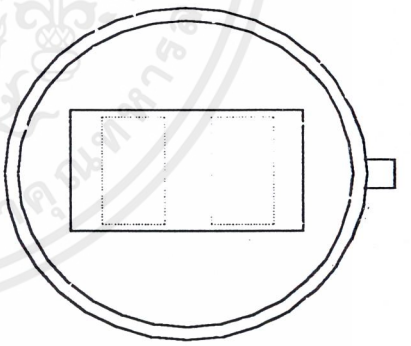


FIGURE 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

ADC0808/ADC0809 8-Bit μP Compatible A/D Converters with 8-Channel Multiplexer

General Description

The ADC0808, ADC0809 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 8-channel multiplexer and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 8-channel multiplexer can directly access any of 8-single-ended analog signals.

The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE® outputs.

The design of the ADC0808, ADC0809 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0808, ADC0809 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For 16-channel multiplexer with common output (sample/hold port) see ADC0816 data sheet. (See AN-247 for more information.)

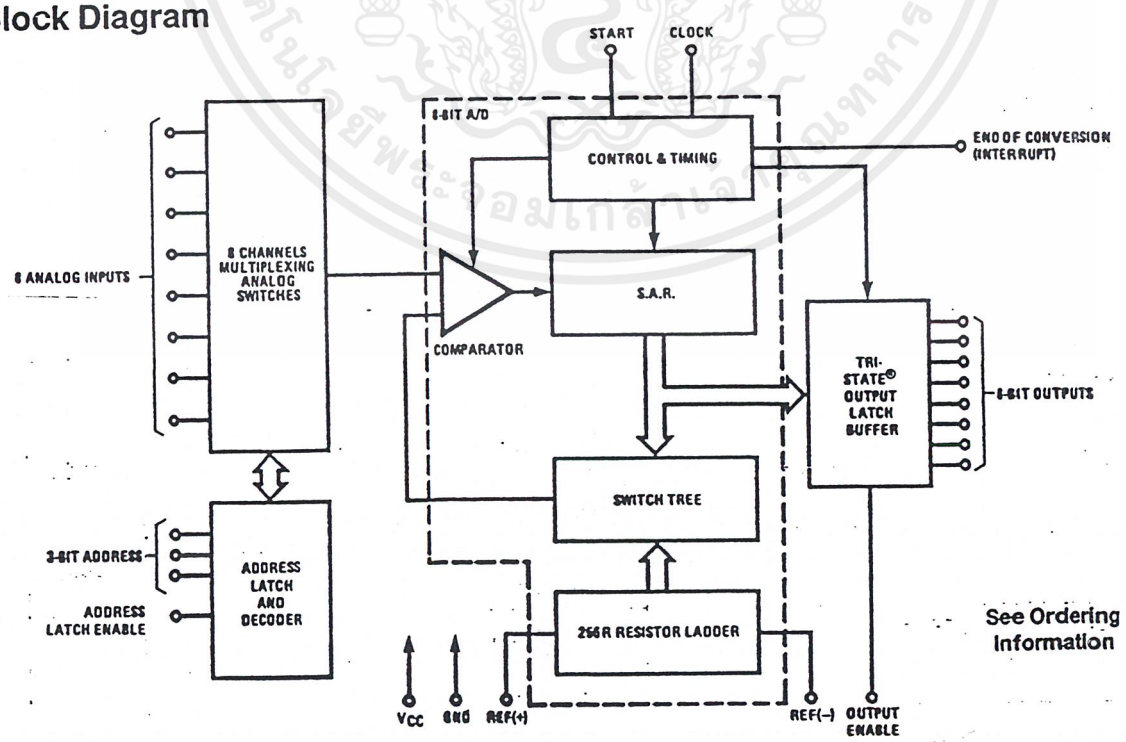
Features

- Easy interface to all microprocessors
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC} or analog span adjusted voltage reference
- No zero or full-scale adjust required
- 8-channel multiplexer with address logic
- 0V to 5V input range with single 5V power supply
- Outputs meet TTL voltage level specifications
- Standard hermetic or molded 28-pin DIP package
- 28-pin molded chip carrier package
- ADC0808 equivalent to MM74C949
- ADC0809 equivalent to MM74C949-1

Key Specifications

■ Resolution	8 Bits
■ Total Unadjusted Error	±½ LSB and ±1 LSB
■ Single Supply	5 V_{DC}
■ Low Power	15 mW
■ Conversion Time	100 μs

Block Diagram



See Ordering Information

TL/H/5672–1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage (V_{CC}) (Note 3)	6.5V
Voltage at Any Pin Except Control Inputs	−0.3V to (V_{CC}+0.3V)
Voltage at Control Inputs (START, OE, CLOCK, ALE, ADD A, ADD B, ADD C)	−0.3V to +15V
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Package Dissipation at T_A=25°C	875 mW
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Molded Chip Carrier Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	400V

Operating Conditions (Notes 1 & 2)

Temperature Range (Note 1)	$T_{MIN} \le T_A \le T_{MAX}$
ADC0808CJ	−55°C≤T_A≤+125°C
ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0809CCN	−40°C≤T_A≤+85°C
ADC0808CCV, ADC0809CCV	−40°C≤T_A≤+85°C
Range of V_{CC} (Note 1)	4.5 V_{DC} to 6.0 V_{DC}

Electrical Characteristics

Converter Specifications: V_{CC}=5 V_{DC}=V_{REF+}, $V_{REF(-)}$=GND, $T_{MIN} \le T_A \le T_{MAX}$ and f_{CLK}=640 kHz unless otherwise stated.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	ADC0808 Total Unadjusted Error (Note 5)	25°C T_{MIN} to T_{MAX}			±½ ±¾	LSB LSB
	ADC0809 Total Unadjusted Error (Note 5)	0°C to 70°C T_{MIN} to T_{MAX}			±1 ±1¼	LSB LSB
	Input Resistance	From Ref(+) to Ref(−)	1.0	2.5		kΩ
	Analog Input Voltage Range	(Note 4) V(+) or V(−)	GND−0.10		V_{CC}+0.10	V_{DC}
$V_{REF(+)}$	Voltage, Top of Ladder	Measured at Ref(+)		V_{CC}	V_{CC}+0.1	V
$\frac{V_{REF(+)}+V_{REF(-)}}{2}$	Voltage, Center of Ladder		V_{CC}/2-0.1	V_{CC}/2	V_{CC}/2+0.1	V
$V_{REF(-)}$	Voltage, Bottom of Ladder	Measured at Ref(−)	−0.1	0		V
I_{IN}	Comparator Input Current	f_c=640 kHz, (Note 6)	−2	±0.5	2	μA

Electrical Characteristics

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ 4.5V≤V_{CC}≤5.5V, −55°C≤T_A≤+125°C unless otherwise noted ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, 4.75≤V_{CC}≤5.25V, −40°C≤T_A≤+85°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ANALOG MULTIPLEXER						
$I_{OFF(+)}$	OFF Channel Leakage Current	V_{CC}=5V, V_{IN}=5V, T_A=25°C T_{MIN} to T_{MAX}		10	200 1.0	nA μA
$I_{OFF(-)}$	OFF Channel Leakage Current	V_{CC}=5V, V_{IN}=0, T_A=25°C T_{MIN} to T_{MAX}	−200 −1.0	−10		nA μA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Electrical Characteristics (Continued)

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ $4.5V \le V_{CC} \le 5.5V$, $-55°C \le T_A \le +125°C$ unless otherwise noted ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, $4.75 \le V_{CC} \le 5.25V$, $-40°C \le T_A \le +85°C$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
CONTROL INPUTS						
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage		$V_{CC}-1.5$			V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage				1.5	V
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN}=15V$			1.0	μA
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN}=0$	−1.0			μA
I_{CC}	Supply Current	$f_{CLK}=640$ kHz		0.3	3.0	mA
DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)						
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$I_O=-360$ μA	$V_{CC}-0.4$			V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	$I_O=1.6$ mA			0.45	V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage EOC	$I_O=1.2$ mA			0.45	V
I_{OUT}	TRI-STATE Output Current	$V_O=5V$ $V_O=0$	 −3		3	μA μA

Electrical Characteristics

Timing Specifications $V_{CC}=V_{REF(+)}=5V$, $V_{REF(-)}=GND$, $t_r=t_f=20$ ns and $T_A=25°C$ unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t_{WS}	Minimum Start Pulse Width	*(Figure 5)*		100	200	ns
t_{WALE}	Minimum ALE Pulse Width	*(Figure 5)*		100	200	ns
t_s	Minimum Address Set-Up Time	*(Figure 5)*		25	50	ns
t_H	Minimum Address Hold Time	*(Figure 5)*		25	50	ns
t_D	Analog MUX Delay Time From ALE	$R_S=0\Omega$ *(Figure 5)*		1	2.5	μS
t_{1H}, t_{H0}	OE Control to Q Logic State	$C_L=50$ pF, $R_L=10$k *(Figure 8)*		125	250	ns
t_{1H}, t_{0H}	OE Control to Hi-Z	$C_L=10$ pF, $R_L=10$k *(Figure 8)*		125	250	ns
t_c	Conversion Time	$f_c=640$ kHz, *(Figure 5)* (Note 7)	90	100	116	μS
f_c	Clock Frequency		10	640	1280	kHz
t_{EOC}	EOC Delay Time	*(Figure 5)*	0		8 + 2 μS	Clock Periods
C_{IN}	Input Capacitance	At Control Inputs		10	15	pF
C_{OUT}	TRI-STATE Output Capacitance	At TRI-STATE Outputs, (Note 12)		10	15	pF

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

Note 2: All voltages are measured with respect to GND, unless otherwise specified.

Note 3: A zener diode exists, internally, from V_{CC} to GND and has a typical breakdown voltage of 7 V_{DC}.

Note 4: Two on-chip diodes are tied to each analog input which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the V_{CC} supply. The spec allows 100 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog V_{IN} does not exceed the supply voltage by more than 100 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute $0V_{DC}$ to $5V_{DC}$ input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.900 V_{DC} over temperature variations, initial tolerance and loading.

Note 5: Total unadjusted error includes offset, full-scale, linearity, and multiplexer errors. See *Figure 3*. None of these A/Ds requires a zero or full-scale adjust. However, if an all zero code is desired for an analog input other than 0.0V, or if a narrow full-scale span exists (for example: 0.5V to 4.5V full-scale) the reference voltages can be adjusted to achieve this. See *Figure 13*.

Note 6: Comparator input current is a bias current into or out of the chopper stabilized comparator. The bias current varies directly with clock frequency and has little temperature dependence *(Figure 6)*. See paragraph 4.0.

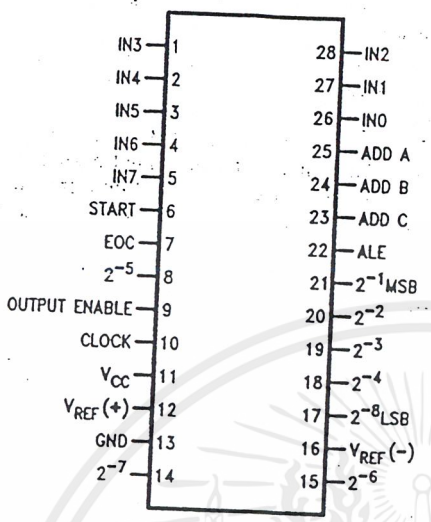
Note 7: The outputs of the data register are updated one clock cycle before the rising edge of EOC.

Note 8: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagrams

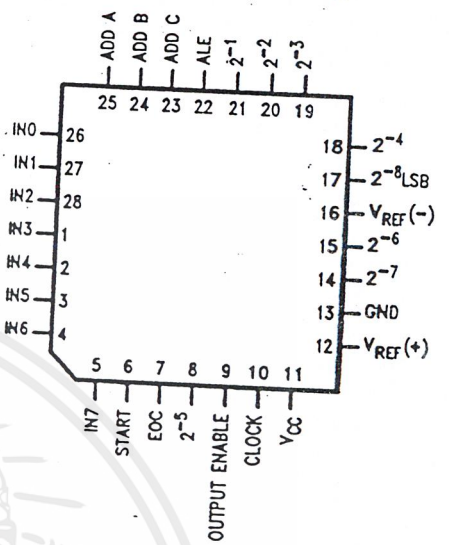
Dual-In-Line Package



TL/H/5672–11

Order Number ADC0808CCN, ADC0809CCN, ADC0808CCJ or ADC0808CJ
See NS Package J28A or N28A

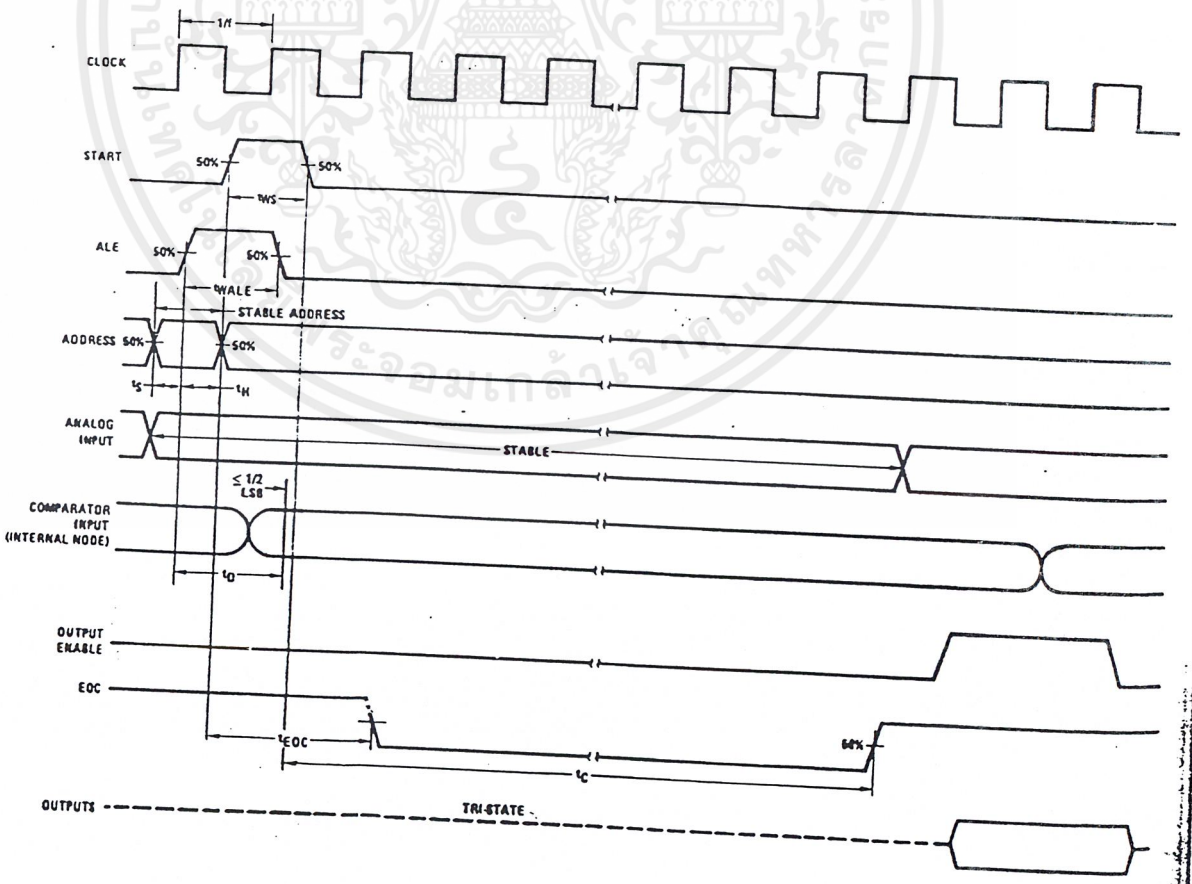
Molded Chip Carrier Package



TL/H/5672–12

Order Number ADC0808CCV or ADC0809CCV
See NS Package V28A

Timing Diagram



TL/H/5672–4

FIGURE 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-Level Program Memory Lock
- 128 x 8-Bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low Power Idle and Power Down Modes

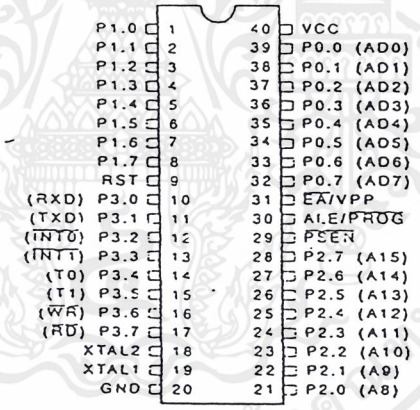
Description

The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4K bytes of Flash Programmable and Erasable Read Only Memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard MCS-51™ instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

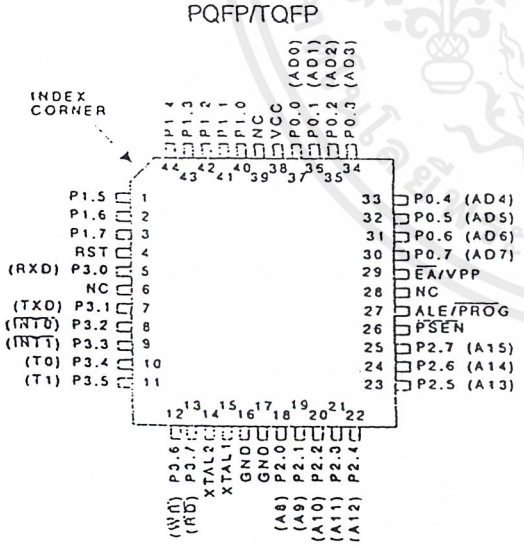
(continued)

Pin Configurations

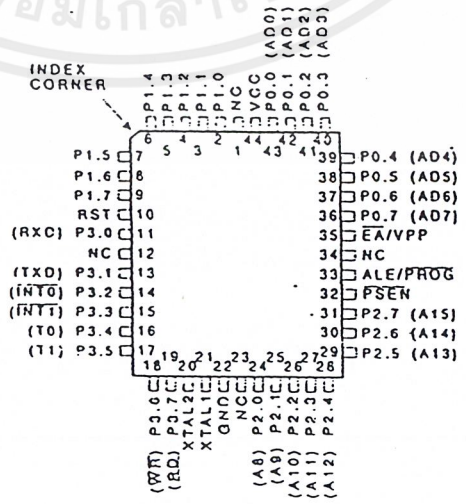
PDIP



PQFP/TQFP



PLCC



8-Bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The AT89C51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Description

V_{CC}
Supply voltage.

GND
Ground.

Port 0
Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 may also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming, and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1
Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port 2
Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application it uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3
Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51 as listed below:

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{WR}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{RD}$ (external data memory read strobe)

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

RST
Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/$\overline{PROG}$
Address Latch Enable output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input ($\overline{PROG}$) during Flash programming.

In normal operation ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency, and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external Data Memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

$\overline{PSEN}$
Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

When the AT89C51 is executing code from external program memory, $\overline{PSEN}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{PSEN}$ activations are skipped during each access to external data memory.

$\overline{EA}/V_{PP}$
External Access Enable. $\overline{EA}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{EA}$ will be internally latched on reset.

$\overline{EA}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming, for parts that require 12-volt V_{PP}.

XTAL1
Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2
Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

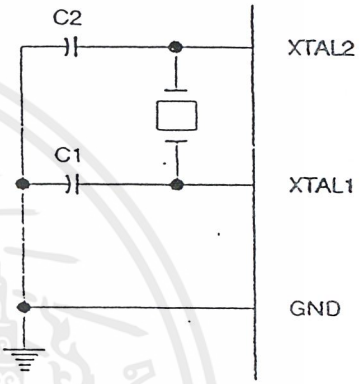
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

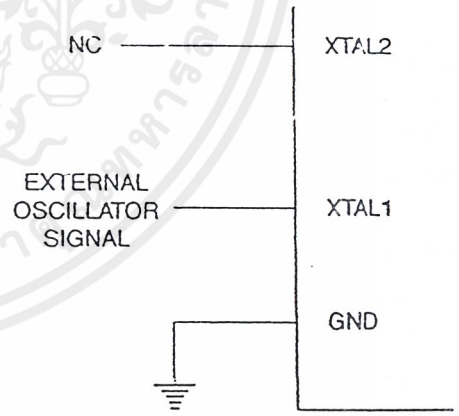
It should be noted that when idle is terminated by a hard ware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

Figure 1. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 2. External Clock Drive Configuration



Status of External Pins During Idle and Power Down Modes

Mode	Program Memory	ALE	$\overline{PSEN}$	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power Down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power Down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

LM124/LM224/LM324/LM2902
Low Power Quad Operational Amplifiers

General Description

The LM124 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional ±15V power supplies.

Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage
- The unity gain cross frequency is temperature compensated
- The input bias current is also temperature compensated

Advantages

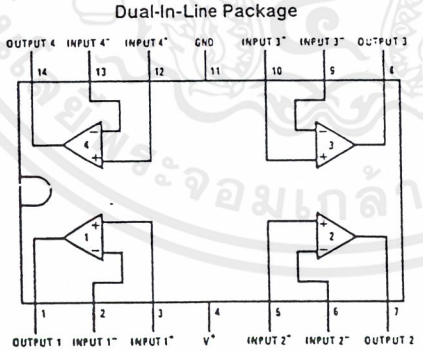
- Eliminates need for dual supplies
- Four internally compensated op amps in a single package
- Allows directly sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

Features

- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz
  (temperature compensated)
- Wide power supply range:
  Single supply 3V to 32V
  or dual supplies ±1.5V to ±16V
- Very low supply current drain (700 μA)—essentially independent of supply voltage
- Low input biasing current 45 nA
  (temperature compensated)
- Low input offset voltage 2 mV
  and offset current 5 nA
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing 0V to V^+ − 1.5V

Connection Diagram

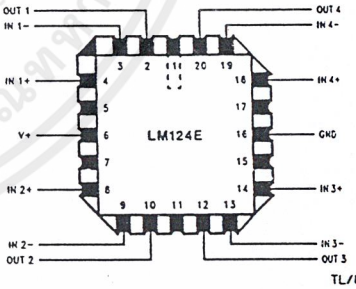
Dual-In-Line Package



TL/H/9299–1

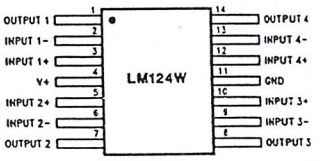
Top View

Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883, LM124AJ/883*, LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324M, LM324AM, LM2902M, LM324N, LM324AN or LM2902N**
See NS Package Number J14A, M14A or N14A



TL/H/9299–32

Order Number LM124AE/883 or LM124E/883
See NS Package Number E20A



TL/H/9299–33

Order Number LM124AW/883 or LM124W/883
See NS Package Number W14B

*LM124A available per JM38510/11006
**LM124 available per JM38510/11005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BD135
BD137
BD139

Plastic Medium Power Silicon NPN Transistor

. . . designed for use as audio amplifiers and drivers utilizing complementary or quasi complementary circuits.

- DC Current Gain — h_{FE} = 40 (Min) @ I_C = 0.15 Adc
- BD 135, 137, 139 are complementary with BD 136, 138, 140

1.5 AMPERE
POWER TRANSISTORS
NPN SILICON
45, 60, 80 VOLTS
10 WATTS

CASE 77–08
TO–225AA TYPE

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Type	Value	Unit
Collector–Emitter Voltage	V_{CEO}	BD 135 BD 137 BD 139	45 60 80	Vdc
Collector–Base Voltage	V_{CBO}	BD 135 BD 137 BD 139	45 60 100	Vdc
Emitter–Base Voltage	V_{EBO}		5	Vdc
Collector Current	I_C		1.5	Adc
Base Current	I_B		0.5	Adc
Total Device Dissipation @ T_A = 25°C Derate above 25°C	P_D		1.25 10	Watts mW/°C
Total Device Dissipation @ T_C = 25°C Derate above 25°C	P_D		12.5 100	Watt mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}		−55 to +150	°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Case	θ_{JC}	10	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Ambient	θ_{JA}	100	°C/W

REV 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ยืน ภู่วรวรรณ , "ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์" , บริษัท ซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) , หน้า 209-214
2. ดร. โยธิน เปรมปราณีรัชน์ , "วิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมมอเตอร์" , กันยายน 2526
3. ธีรวัฒน์ ประกอบผล , "การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์" , สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
4. ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย , "ระบบควบคุมเปิด-ปิดไฟฟ้าแสงสว่าง" , กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กทม.

เว็บไซต์อ้างอิง

1. http://www.global.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ พิชัย ดูศิริวานิชกร อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษา ทำให้โครงงานชิ้นนี้สำเร็จ และบรรลุผลตามวัตถุประสงค์ และขอขอบคุณรุ่นพี่ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำในการทำงาน ขอบคุณเพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกด้านอุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ และให้คำแนะนำ ตลอดจนขอบพระคุณบิดามารดาที่คอยให้กำลังใจ และขอบคุณ ประชาธิปไตยที่ให้เสรีภาพในการศึกษาค้นคว้า และแสดงความคิดเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้