

ปริญญาบัตร

ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมยภายในบ้าน

ELECTRIC APPLIANCE CONTROL AND ANTI BURGLAR SYSTEM



นายฉัตรศิโรตม์ ผลพูล
นายภิญโญ กรุณานนท์
นายสงขลา นันทขว้าง
นายสุวิพล มหศักดิ์สกุล



A021310

เลขหมู่.....	1541
เลขทะเบียน.....	
วัน เดือน ปี.....	20 คค 2539

021310

ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด / ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

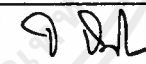
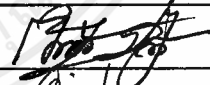

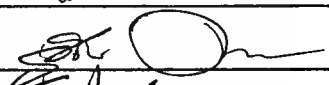

ภาควิชา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
คณะ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาโท

ปริญญาโท ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมยภายในบ้าน
Electric Appliance Control and Anti Burglar System

- ชื่อนักศึกษา
- นายจิตติกรณ์ ผลพูล รหัสประจำตัว 37031404
 - นายภิญโญ กรุณานนท์ รหัสประจำตัว 37031418
 - นายสงขลา นันทขว้าง รหัสประจำตัว 37031424
 - นายสุวิพล มหศักดิ์สกุล รหัสประจำตัว 37031428

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท

- อาจารย์ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์
- อาจารย์กิติพงศ์ มะโน
- อาจารย์อำพล ทองระอา

คณะกรรมการสอบปริญญาโท	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์	
2. อาจารย์กิติพงศ์ มะโน	
3. อาจารย์อำพล ทองระอา	
4. อาจารย์สุชิน อางหาญ	
5. อาจารย์โกศล ตราชู	

วัน เดือน ปี ที่สอบ วันที่ 12 ธันวาคม 2538 เวลา 17.00 ถึง 19.00

สถานที่สอบ ห้อง ก. 301 คณะวิศวกรรมศาสตร์



ภาควิชารับรองแล้ว



(เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

คณบดี ภาควิชาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

วันที่ 11 เดือน 12 ปี 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมยภายในบ้าน
Electric Appliance Control and Anti Burglar System

ผู้จัดทำ

1. นายฐิติกรณ์ ผลพุด รหัสประจำตัว 37031404
2. นายภิญโญ ภูณานนท์ รหัสประจำตัว 37031418
3. นายสงขล นันทขว้าง รหัสประจำตัว 37031424
4. นายสุวิพล มหศักดิ์สกุล รหัสประจำตัว 37031428

อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงนาม..... 

(อาจารย์ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์)

ลงนาม..... 

(อาจารย์กิติยงค์ มะโน)

ลงนาม..... 

(อาจารย์อำพล ทองระอา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

ลงนาม..... 

(ผศ.ดร.ธีรพล เทพหัสติน ณ อรุณยา)

ปีการศึกษา 2538

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมยภายในบ้าน

Electric Appliance Control And Anti Burglar System

วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาโครงสร้างและระบบการทำงานของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ 68HC 11
2. เพื่อศึกษาหลักการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์ 68HC 11
3. เพื่อศึกษาวิธีการการเขียนโปรแกรมฐานข้อมูล
4. เพื่อออกแบบระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมยภายในบ้าน
5. เพื่อสร้างระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมยภายในบ้าน
6. เพื่อนำชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมยภายในบ้านไปติดตั้งใช้งานได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้เกี่ยวกับการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์
2. สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์
3. สามารถเขียนโปรแกรมฐานข้อมูลได้
4. สามารถสร้างระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมยภายในบ้าน

ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมยภายในบ้าน

นายฐิติกรม์ ผลพุด
นายภิญโญ กรุณานนท์
นายสงขลา นันทขว้าง
นายสุวิพล มหศักดิ์สกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์
อาจารย์กิติพงศ์ มะโน
อาจารย์อำพล ทองระอา

ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมยภายในบ้าน เป็นการนำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้งาน ควบคุมชุดอุปกรณ์หรีไฟ 8 ช่อง ชุดอุปกรณ์เปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ 8 ช่อง โดยรับอินพุตจากคีย์บอร์ดและชุดตรวจจับ มีการตั้งเวลาการทำงานล่วงหน้า มีการแสดงผลการทำงานออกทางแอลซีดีและเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายในการใช้งานของผู้ใช้จึงนำเอาไมโครคอมพิวเตอร์มาควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยผู้ใช้จะสั่งงานจากโปรแกรมเมนู

ELECTRIC APPLIANCE CONTROL AND ANTI BRUGLAR SYSTEM

MR.THITIKORN PHOLPOOL
MR.PINYO KARUNANON
MR.SONGKHLA NANTAKHWANG
MR.SUWIPON MAHASAKDISKUL

ADVISORS

MR.PIYA JITTAMMAPIROM
MR.KITIPONG MANO
MR.AMPOL THONGRA-AR

1995

ABSTRACT

This thesis presents the Electric Appliance Control and Anti Burglar System. It apply microcontroller to control dimmer circuit ,solidstate relay by keyboard and sensors are input .Display on LCD and have comfortable in used ,microcomputer was controller work by microcontroller which user work from menu program.

กิติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ส่วนหนึ่งเกิดจากคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ทุกท่าน ในภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม ตลอดจนได้รับความอนุเคราะห์ในด้านงบประมาณในการสร้างชิ้นงานและอุปกรณ์การทดลอง จากภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

อนึ่งทางคณะผู้จัดทำขอขอบคุณเพื่อนๆ สาขาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ที่คอยให้การสนับสนุนทางด้านวิชาการและกำลังใจตลอดมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมย	4
2.1.1 ตัวแสดงผลผลิตเหลว	4
2.1.2 วงจร โซลิตสเตทรีเลย์	10
2.1.3 ไทริสเตอร์	12
2.1.4 อุปกรณ์ตรวจจับ	19
2.2 โปรแกรม Visual Basic	20
2.3 ระบบควบคุม	24
2.3.1 ระบบควบคุมแบบ ระบบปิด (Closed Loop)	24
2.3.2 ระบบควบคุมแบบ ระบบเปิด (Open Loop)	27
2.3.3 ผลของการป้อนกลับ	28
2.3.4 ชนิดของระบบควบคุมป้อนกลับ	28
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	33
3.1 ผังการทำงานของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมย	33
3.1.1 การตั้งค่าอุปกรณ์ตรวจจับ	34
3.2 การออกแบบเครื่องควบคุม	35
3.2.1 ใช้งานบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์(PC)	35
3.2.2 ใช้งานบนชุดสาริตระบบตรวจจับและควบคุม(Stand Alone)	35
3.3 ส่วนประกอบโดยทั่วไป	35
3.3.1 ส่วนชุดควบคุม(CP-68HC11 Board)	35
3.3.2 ส่วนวงจรมีการพักเวลาที่แท้จริง(Real Time)	35
3.3.3 ส่วนคีย์บอร์ด (Keyboard)	36
3.3.4 ส่วนการแสดงผลการใช้งานบนจอแสดงผลผลึกเหลว(LCD Display)	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง	หน้า
3.3.5 ส่วนวงจรควบคุมความเข้มของแสงไฟด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	36
3.3.6 ส่วนวงจร โซลิดสเตทรีเลย์(Solid State Relay)	37
3.3.7 ส่วนของแหล่งจ่ายไฟ(Power Supply)	37
3.4 การออกแบบการทำงานในส่วนต่างๆ	37
3.4.1 ส่วนชุดควบคุม	37
3.4.2 การขยายพอร์ตเพิ่มเติมบนชุดควบคุม	38
3.4.3 ส่วนของวงจรตรวจจับ(Sensors Circuit)	38
3.4.4 ส่วนของแหล่งจ่ายไฟ	39
3.5 การสร้าง	40
3.5.1 ส่วนวงจรมีการบอกเวลาที่แท้จริง(Real Time Clock)	40
3.5.2 การสร้างคีย์บอร์ด(Keyboard)	41
3.5.3 ส่วนวงจรควบคุมความเข้มของแสงไฟด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	41
3.5.4 ส่วนวงจร โซลิดสเตทรีเลย์	42
3.5.5 การออกแบบและสร้างวงจรตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรด	43
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	46
4.1 การทดลองการทำงานของ โซลิดสเตทรีเลย์	46
4.1.1 ลำดับขั้นการทดลอง	46
4.1.2 ผลการทดลอง	46
4.2 การทดลองวงจรควบคุมความเข้มของแสงไฟ	46
4.2.1 ลำดับขั้นการทดลอง	46
4.2.2 ผลการทดลอง	46
4.3 การทดลองการทำงานชุดควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์	47
4.3.1 ลำดับขั้นการทดลอง	47
4.3.2 ผลการทดลอง	47
4.4 การทดลองวงจรมีการบอกเวลาจริง	47
4.4.1 การทดลอง	47

เรื่อง	หน้า
4.4.2 ผลการทดลอง	47
4.5 การทดลองวงจรตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรด	48
4.5.1 ลำดับขั้นการทดลอง	48
4.5.2 ผลการทดลอง	48
4.6 สรุปผลการทดลอง	48
บทที่ 5 บทวิจารณ์ สรุป และแนวทางในการพัฒนา	49
5.1 บทสรุป	49
5.1.1 ควบคุมการทำงานของระบบบนตัวเครื่องโดยตรง(Stand Alone)	49
5.1.2 ควบคุมการทำงานของระบบด้วยไมโครคอมพิวเตอร์(PC)	49
5.2 ปัญหาและแนวการแก้ไข	50
5.3 แนวทางในการพัฒนา	51
ภาคผนวก	52
ภาคผนวก ก โปรแกรมทดสอบการทำงาน	53
ภาคผนวก ข โปรแกรม Visual Basic	74
ภาคผนวก ค แผ่นวงจรพิมพ์	81
บรรณานุกรม	

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1. รูปที่ 2.1 โครงสร้างของตัวแสดงผลผลิตกล้วย	5
2. รูปที่ 2.2 โครงสร้างของโมเดลกลของผลผลิตกล้วยทั้ง 3 แบบ	6
3. รูปที่ 2.3 การทำงานพื้นฐานของตัวแสดงผลแบบนีเมติกชนิดเกลียว	6
4. รูปที่ 2.4 การแสดงผลเชิงบวก	7
5. รูปที่ 2.5 ภาคแสดงผล 7 ส่วนแบบมีจุดทศนิยม	7
6. รูปที่ 2.6 แบบต่างๆของการแสดงผลของ LCD	8
7. รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของแสงกับแรงดัน	10
8. รูปที่ 2.8 แสดงคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์	13
9. รูปที่ 2.9 การนำกระแส	15
10. รูปที่ 2.10 การหยุดนำกระแส	15
11. รูปที่ 2.11 สัญลักษณ์ของ GTOs	16
12. รูปที่ 2.12 สัญลักษณ์ของโฟโต้ไดโอด	19
13. รูปที่ 2.13 สัญลักษณ์ของโฟโตทรานซิสเตอร์	20
14. รูปที่ 2.14 ตัวอย่างโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาด้วย Visual Basic	22
15. รูปที่ 2.15 การเขียนโปรแกรมแบบปกติกับแบบ Event-Driven	23
16. รูปที่ 2.16 ระบบควบคุมแบบ ระบบปิด	25
17. รูปที่ 2.17 ระบบควบคุมป้อนกลับแบบ Manual ของระบบความร้อน	25
18. รูปที่ 2.18 ระบบควบคุมป้อนกลับแบบ อัตโนมัติของระบบความร้อน	26
19. รูปที่ 2.19 ระบบควบคุมแบบ ระบบเปิด	27
20. รูปที่ 2.20 ระบบที่มีการป้อนกลับ	28
21. รูปที่ 2.21 ระบบที่มีการป้อนกลับแบบดีซี	31
22. รูปที่ 2.22 ระบบที่มีการป้อนกลับแบบเอซี	31
23. รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมย	34
24. รูปที่ 3.2 การรับค่าจากอุปกรณ์ตรวจจับ	34
25. รูปที่ 3.3 การขยายพอร์ทเพิ่มเติมบนชุดควบคุม	38
26. รูปที่ 3.4 วงจรตรวจจับแบบต่างๆ	39

ภาพ	หน้า
27. รูปที่ 3.5 วงจรนาฬิกาบอกเวลาที่แท้จริง	40
28. รูปที่ 3.6 การต่อวงจรส่วนคีย์บอร์ด	41
29. รูปที่ 3.7 วงจรควบคุมความเข้มของแสงไฟด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	41
30. รูปที่ 3.8 วงจรโซลิดสเตทรีเลย์	42
31. รูปที่ 3.9 วงจรภาครับ	43
32. รูปที่ 3.10 วงจรภาคส่ง	44
33. รูปที่ 3.11 ชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมย	44
34. รูปที่ 3.12 การเดินสาย	45
35. รูปที่ 3.13 พื้นหลังของโปรแกรม	45



บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์เป็นส่วนประกอบสำคัญของการประยุกต์สร้างสิ่งต่างๆ เช่น เครื่องซักผ้า เครื่องถ่ายเอกสาร ตู้บริการเงินค้วน เป็นต้น ทั้งนี้ก็เพื่ออำนวยความสะดวกและความปลอดภัยในชีวิต ทรัพย์สิน เนื่องในสังคมปัจจุบันนี้ทุกคนจำเป็นต้องแข่งขันกันทำงาน บางคนต้องตื่นแต่เช้าไปทำงาน เพื่อให้ทันเวลาทำงาน เมื่อเลิกจากงานกว่าจะถึงที่พักก็ค่ำมืด ค่ำยเหตุนี้จึงไม่มีเวลาที่จะดูแลความเป็นระเบียบเรียบร้อยภายในบ้าน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เกิดความเสียหายในชีวิตและทรัพย์สิน

จากปัญหาที่เกิดขึ้น ทางคณะผู้จัดทำจึงให้ความสำคัญในข้อนี้ จึงคิดที่จะนำ ไมโครคอนโทรลเลอร์ มาสร้างเป็นชุดอุปกรณ์อำนวยความสะดวกเช่น เครื่องตั้งเวลาปิด/เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์ตรวจจับขโมยด้วยแสงอินฟราเรดและ เครื่องปรับระดับความเข้มของแสง เป็นต้น โดยออกแบบให้สามารถใช้งานได้ด้วยการกดแป้นพิมพ์ขนาด 4*4 หรือในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ก็สามารถ เชื่อมต่อเข้ากับระบบเพื่อการควบคุมได้ โดยมีโปรแกรมควบคุมการทำงานทำให้มีความสะดวกยิ่งขึ้นอีกทั้งยังมีฐานข้อมูลเพื่อบันทึกจำนวนครั้งของการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยฐานข้อมูลจะเก็บไว้ในหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์มีการส่งฐานข้อมูลสองทิศทางระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งจะได้รับข้อมูลเพื่อการตรวจสอบที่เป็นประโยชน์ในภายหลัง ในส่วนของวงจรป้องกันขโมยโดยใช้แสงอินฟราเรด ซึ่งเป็นแสงที่มองไม่เห็นสามารถตรวจจับสัญญาณเมื่อมีการเดินตัดผ่านแสงก็จะมีสัญญาณส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งสัญญาณออกไปเพื่อเตือนภัย เช่น ส่งเสียงดัง

ระบบควบคุมการทำงานในส่วนอำนวยความสะดวกดังกล่าวมา กำลังได้รับความสนใจและ เล็งเห็นความสำคัญมากขึ้น เนื่องจากมีการทำงานที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนมากนัก การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน เพื่อการตัดสินใจในการทำงาน ในสถานะต่างๆมีความเที่ยงตรง แม่นยำ สามารถใช้งานได้ง่าย มีขนาดเล็ก กะทัดรัด การติดตั้งไม่ยุ่งยาก และสามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงการทำงานหรือ ควบคุมระบบได้ โดยการเปลี่ยนแปลงทางโปรแกรม ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสะดวกในการใช้งานได้ดียิ่งขึ้น ในปฏิญญาสิทธิบัตรคณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 68HC11 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตที่ใช้เทคโนโลยีไฮสปีดซีมอส ทำให้มีความเร็วในการทำงานสูง มีหน่วยความจำภายในสำหรับโปรแกรม ทำให้ตัวเครื่องสามารถเก็บข้อมูลและโปรแกรมได้ มีวงจรตั้งเวลา วงจรนับขนาด 16 บิต, รับส่งข้อมูลอนุกรมได้สองทิศทาง (UART) สามารถทำงานแบบหลายตัวประมวลผล, มีวงจรเปลี่ยนสัญญาณเชิงอนุมาเป็น เชิงเลข, มีจุดต่อเข้าออก (PORT) สำหรับติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกจำนวน 5 จุด

ในส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงาน สามารถใช้งานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ สามารถสร้างโปรแกรมประยุกต์บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ได้ง่าย สามารถทำงานหลายภารกิจในเวลาเดียว มีเมนูสำหรับเลือกอุปกรณ์ที่ควบคุมได้ และตำแหน่งการติดตั้งในส่วนต่างๆ ของบ้าน

ปรี ญูญา นิพนธ์ เรื่องระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมยภายในบ้าน ประกอบด้วยเนื้อหาทั้งหมด 5 บท ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงสาเหตุของการสร้าง คุณสมบัติและประโยชน์ รวมทั้งเนื้อหาของปรี ญูญา นิพนธ์ในแต่ละบทพอสังเขป

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ นำเสนอเนื้อหาต่างๆ ที่นำมาอ้างอิงเพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบตรวจจับและการควบคุมระบบทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ในส่วนของโปรแกรมควบคุมซึ่งถูกเขียนขึ้นมาใช้งานโดยใช้โปรแกรม VISUAL BASIC เพื่อให้สามารถ ทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ได้ เพราะโปรแกรมที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์จะสามารถทำงานหลายอย่างพร้อมกัน เมื่อโปรแกรมทำงาน จะมีการแสดงผลจากหลังเป็นแปลนบ้าน ซึ่งจะมีรูปสัญลักษณ์ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะสั่งงานอยู่ตามตำแหน่งของแปลนบ้านที่ตั้งไว้ แล้วสั่งงานโดยการคลิกที่รูปสัญลักษณ์นั้นก็จะมีการส่งข้อมูลออกไปทางพอร์ตอนุกรมไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับข้อมูลไปสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นอีกครั้งหนึ่ง และโปรแกรมยังสามารถรับข้อมูล ที่นำมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อบันทึกลงบนฐานข้อมูล, ตัวแสดงผลผลลิกเหลว, อุปกรณ์ไทรสเตอร์, ตัวตรวจจับ, โซลิดสเตทรีเลย์ หลักและชนิดของการควบคุม

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง อธิบายถึงขั้นตอนในการออกแบบของวงจรในแต่ละส่วนของระบบตรวจจับสัญญาณและการ โปรแกรมการควบคุม ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆ

คือ การออกแบบเครื่องควบคุม,การออกแบบวงจร โซลิตสเคทรีเลีย์และการออกแบบวงจรควบคุมความเข้มของแสง

บทที่ 4 การทดสอบและผลทดสอบ ในบทนี้จะเป็นการทดลองเพื่อทดสอบขั้นตอนการทำงานต่างๆ ของวงจรและโปรแกรมควบคุมและนำเสนอคุณสมบัติอันเกิดจากผลการทดลองต่างๆ ของระบบตรวจจับและโปรแกรมควบคุม

บทที่ 5 บทวิจารณ์ สรุป และแนวทางในการพัฒนา ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการทำงาน มุ่งชี้แนะแนวทางในการแก้ปัญหาและการพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานที่สมบูรณ์ต่อไป



บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมย

2.1.1 Liquid Crystal Display

LCD เป็นชื่อย่อของ Liquid Crystal Display หรือที่เรียกกันอย่างไม่ค่อยว่าตัวแสดงผลแบบผลึกเหลว

ผลึกเหลวเป็นสารที่รวมกันอย่างใกล้ชิดส่วนระหว่างของเหลวกับผลึก จุดหลอมเหลวของสารชนิดนี้อยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เรียกว่า เมโซเฟส (Mesophase) ซึ่งโมเลกุลของสารสามารถเคลื่อนที่ได้เหมือนคั้งของเหลว แต่สารชนิดนี้ถูกจัดอยู่ประเภทเดียวกับผลึกที่เป็นของแข็งทั่วไป

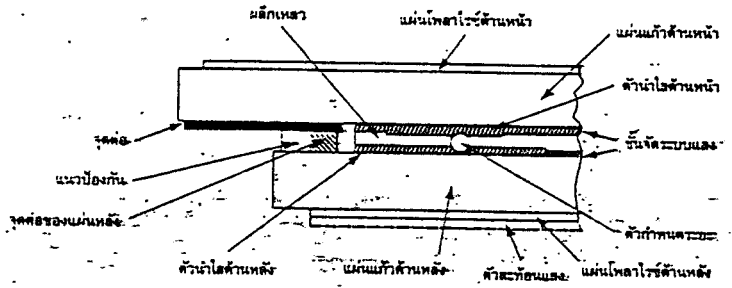
ในปี พ.ศ.2513 ได้มีการค้นพบว่าแผ่นสารผลึกเหลวสามารถเปลี่ยนตัวเองจากใสกลายเป็นทึบแสง หรือจากทึบแสงกลายเป็นใสได้ โดยการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันเข้าไป คุณสมบัตินี้ก็คือหลักการพื้นฐานของ LCD ในปัจจุบันนั่นเอง

โครงสร้างของ LCD

ประกอบด้วยแผ่นแก้วสองแผ่นประกบกัน โดยเว้นช่องกลางไว้ประมาณ 6 ถึง 10 ไมโครเมตร ผิวด้านในของแผ่นแก้วเคลือบด้วยตัวนำไฟฟ้าชนิดใสที่ไว้แสดงตัวอักษร สัญลักษณ์หรือเครื่องหมายต่างๆมักทำมาจากสารอินเดียมทินออกไซด์ (Indium/Tin Oxide:ITO) ระหว่างตัวนำไฟฟ้าชนิดใสกับผลึกเหลวจะมีชั้นสารที่ทำให้โมเลกุลของผลึกรวมตัวกันในทิศทางของแสงที่ส่องมาชั้นสารนี้จึงเป็นที่รู้จักกันในนามของชั้นที่หักเหเข้าหาแสงหรือชั้นจัดระบบรับแสง (Alignment Layer) ระยะห่างระหว่างแผ่นทั้งสองถูกกำหนดโดยตัวจัดระยะ (สังเกตดูรูปจะเห็นเป็นวงกลมอยู่ระหว่างชั้น)

ชนิดของผลึกเหลวที่ใช้ โดยทั่วไปคือแบบนีเมติก (Pneumatic) แสดงดังรูปที่ 2.2 ก โมเลกุลของผลึกเหลวแบบนีเมติกจะวางขนานกันไปเป็น แนวตรงคล้ายเส้นลวดยาว ถ้าหากวางกลับทิศจะทำให้คุณสมบัติของมันเปลี่ยนไป ผลึกเหลวที่สามารถแสดงเครื่องหมายต่างๆได้คือแบบโคเรสเทอริก (Cholesteric) รูปที่ 2.2 ข และแบบสมเมติก (Smectic) รูปที่ 2.2 ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของ LCD

LCD แบบนีเมติกชนิดเกลียว

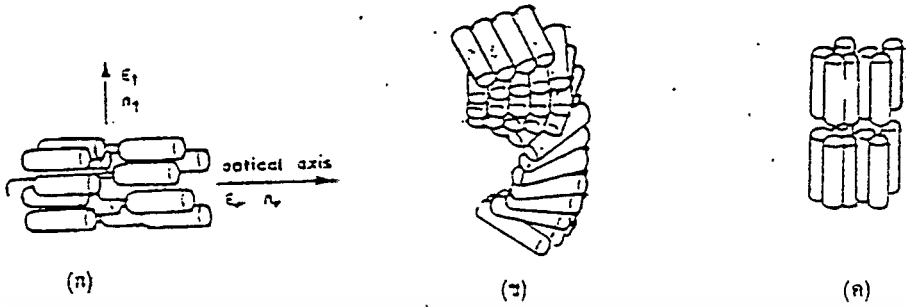
การทำงานเบื้องต้นของ LCD แบบนีเมติกชนิดเกลียว (Twisted Pneumatic :TN) แสดงในรูปที่ 2.3 โมเลกุลของผลึกเหลวชนิดนี้จะถูกจัดไว้ในตำแหน่งโดยชั้นจจัดระบบปรับแสง

ตำแหน่งของการรับแสงระหว่างแผ่นล่างกับแผ่นบนจะต่างกัน 90 องศา โมเลกุลของผลึกเหลวจะบิดเป็นเกลียวต่างกัน 90 องศา เมื่อแสงจากด้านล่างผ่านโมเลกุลของผลึกเหลวที่บิดเป็นเกลียวขึ้นไปยังแผ่นบนทำให้ตำแหน่งของแสงหมุนไป 90 องศา ด้วยปรากฏการณ์นี้เกิดจากคุณสมบัติแอนนิโซโทรปีทางแสงของโมเลกุลทำให้แสงลอดผ่านแผ่นโพลาริซเซอร์ออกไปได้ แสดงดังรูปที่ 2.3

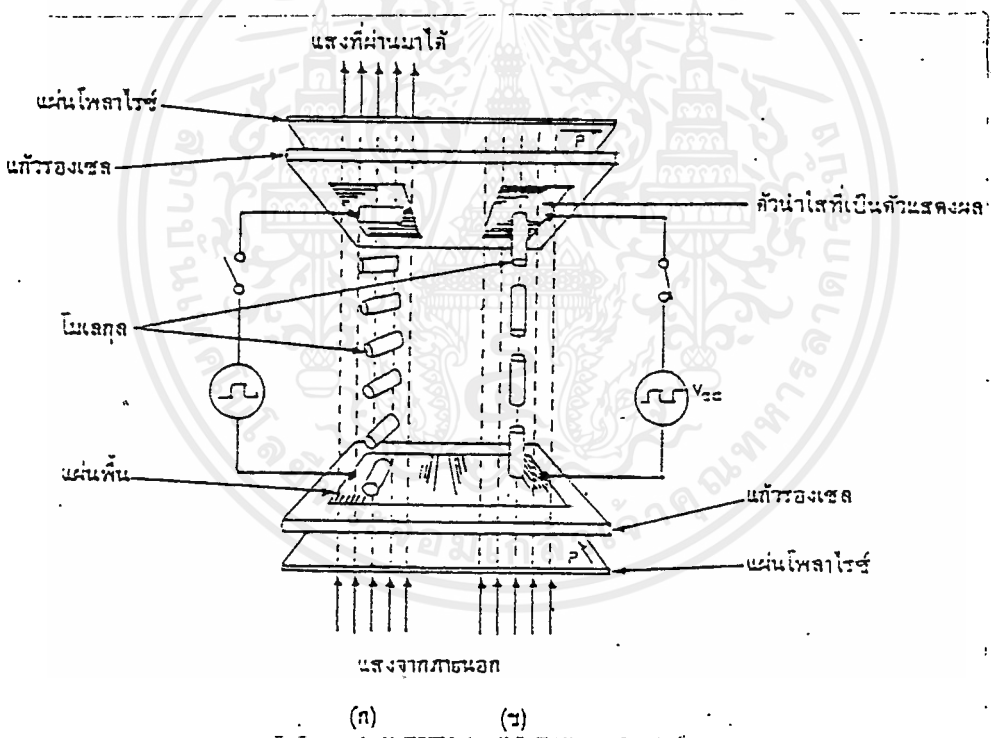
แอนนิโซโทรปี (Anisotropy) หมายถึงค่าคงตัวของไดอิเล็กตริก (Permittivity :E) ของผลึกเหลวเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งต่างๆ

ถ้ามีแรงดันป้อนให้ที่ตัวนำไฟฟ้าชนิดใส คุณสมบัติแอนนิโซโทรปีทางไฟฟ้าของโมเลกุลจะมีทำให้การวางตัวของโมเลกุลเปลี่ยนไป (รูปที่ 2.3 ข) แสงจะผ่านผลึกเหลวด้วยทิศทางคงเดิม จึงไม่สามารถผ่านแผ่นโพลาริซเซอร์ด้านบนออกไปได้

เมื่อเราป้อนแรงดัน โมเลกุลก็จะเรียงตัวคงเดิมอีกครั้งหนึ่ง (รูปที่ 2.3 ก) แสงก็สามารถทะลุผ่านไปได้อีก การทำงานของ LCD แบบนี้เรียกว่า การแสดงผลเชิงบวก (Positive Image Display) แสดงดังรูปที่ 2.4 หากเราวางแผ่นโพลาริซเซอร์ให้หมุนไปมากกว่า 90 องศาผลก็จะเกิดตรงกันข้ามคือ LCD จะมีมืดทึบเมื่อไม่มีแรงดันป้อนแต่จะเป็นแสงใสเมื่อป้อนแรงดันเช่นนี้เรียกว่าการแสดงผลเชิงลบ (Negative Image Display)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของโมเลกุลของผลึกเหลวทั้ง 3 แบบ ก)นีเมติก ข)โครสเทอริก ค)สมเมติก



รูปที่ 2.3 การทำงานพื้นฐานของตัวแสดงผลแบบนีเมติกชนิดเกลียว ก)ขณะไม่ทำงาน ข)ขณะทำงาน

รูปที่ 2.4 เป็นการแสดงผลด้วยตัวเลข 7 ส่วน โดยการจ่ายแรงดันให้กับส่วนต่างๆการแสดงผลจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อจ่ายแรงดันเลือกให้ทั้งที่เป็นส่วนแสดงผลและส่วนที่เป็น จูกร่วมประกอบกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

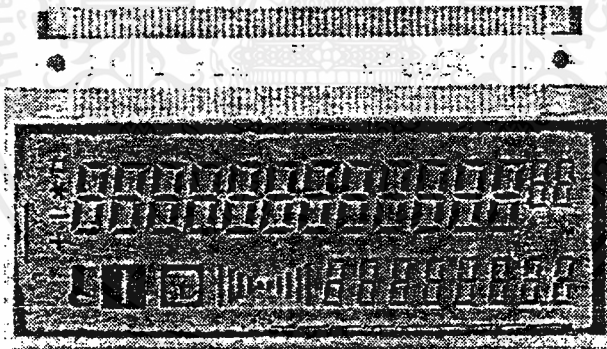
แบบต่างๆของการแสดงผล

LCD สามารถแสดงผลให้เราเห็นได้โดยมีหลักการ 3 แบบ จะเลือกใช้แบบใดก็ขึ้นอยู่กับแสงสว่างโดยรอบ

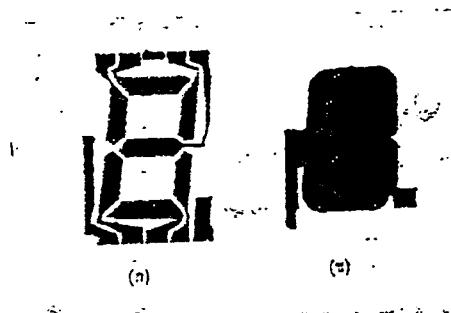
1.แบบสะท้อน (Reflective Mode) จะมีสารประเภทโลหะเคลือบอยู่ที่แผ่นหลังของ LCD เช่น เคลือบด้วยแผ่นอลูมิเนียมจะทำการสะท้อนแสงจากภายนอกผ่านตัวแสดงผลไปยังตาของเรา (ดูรูปที่ 2.6 ก) แบบนี้จะเหมาะกับที่ที่มีแสงสว่างเพียงพอ ข้อดีคือ ไม่ต้องการแหล่งจ่ายแรงดันป้อนให้กับหลอดไฟใดๆอีก

2.แบบส่งผ่าน (Transmissive Mode) มักใช้กับ LCD ที่มีการแสดงผลเชิงลบ (ซึ่งสภาวะการทำงานของตัวแสดงผลเชิงลบจะโปร่งใสในขณะที่พื้นเป็นสีทึบ) แบบนี้จะวางหลอดไฟไว้ด้านหลังทำให้อ่านค่าแสดงผลได้ชัดเจน แสดงดังรูปที่ 2.6 ข.

3.แบบส่งผ่าน/สะท้อน (Transflective Mode) เป็นการรวมระหว่าง 2 แบบที่กล่าวมาแล้ว ตัวแสดงผลอ่านได้จากการสะท้อนของแสงจากภายนอกและมีแสงส่องสว่างจากด้านหลังเมื่อต้องการอ่านค่าต่างๆ ในที่มืด แสดงดังรูปที่ 2.6 ค.

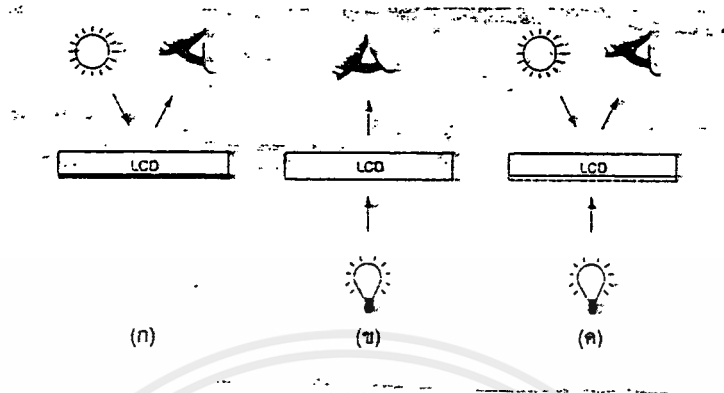


รูปที่ 2.4 การแสดงผลเชิงบวก



รูปที่ 2.5 ภาคแสดงผล 7 ส่วนแบบมีจุดทศนิยม ก)ส่วนแสดงผล ข)ส่วนจุดร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แบบต่างๆของการแสดงผลของ LCD

ก)แบบสะท้อน

ข)แบบส่งผ่าน

ค)แบบส่งผ่าน/สะท้อน

สีสันของ LCD แบบ TN

สีของ LCD แบบนีเมติกชนิดเกลียว (TN) ได้มาจาก 3 สิ่ง คือ ตัวกระจายสี, ตัวกรองสี และแสงสีจากด้านหลัง ตัวกระจายสีจะให้ส่วนแสดงผลเป็นสีต่างๆ บนแผ่นพื้นไว้สีหรือตัวอักษรไว้สีบนแผ่นพื้นสีก็ได้ โดยการใช้แผ่นโพลาลิซซ์ 2 สี เช่น สีแดงและเขียว อาจให้ตัวแสดงผลสีแดงอยู่บนพื้นสีเขียวหรือตัวแสดงผลสีเขียวอยู่บนพื้นสีแดงก็ได้ ตัวกรองสีจะเป็นแผ่นอลูมิเนียมอยู่ด้านหลังหรือเป็นสีขุ่นๆ บนตัวแสดงผลก็ได้ มักใช้ใน LCD แบบส่งผ่าน เช่น ตัวอักษรสีแดงบนพื้นทึบแสง แสงสีจากด้านหลังทำให้ตัวแสดงผลเป็นสีดำบนแผ่นพื้นสีต่างๆ หรือตัวแสดงผลสีต่างๆ บนแผ่นพื้นสีดำ หากจะใช้ในแบบส่งผ่าน/สะท้อน ควรคำนึงถึงด้วยว่าแสงจากด้านหลังจะถูกลดทอนลงอย่างมากโดยแสงจากภายนอก

คุณสมบัติทางแสง

ความชัดเจนในการอ่านขึ้นอยู่กับตัวแปรสำคัญคือ ความสว่าง (Brightness) และความเข้มของแสง (Contrast) ของ LCD ด้วย ความเข้มของแสงหาได้จากความสว่างของบริเวณไว้สีหารด้วยความสว่างของบริเวณที่มีสีทึบ ใน LCD แบบ TN อัตราส่วนความเข้มของแสงจะอยู่ในย่าน 5 lux ถึง 50 lux แต่อัตราส่วนความเข้มสูงสุดที่ตามนุษย์สามารถจับได้ มีค่าประมาณ 10 lux และความชัดเจนอย่างน้อยที่สุดประมาณ 2 lux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตัวแสดงผลแบบที่มีแสงส่องจากด้านหลังต้องมีอัตราส่วนความเข้มของแสงสูงเป็นพิเศษเพราะเมื่อมองผ่านแสงที่สวนขึ้นมามาตาของเราจะจับความเข้มได้น้อยลง ทั้งความสว่างและความเข้มขึ้นอยู่กับชนิดของแผ่น โพลาลิซ สำหรับตัวแสดงผลแบบสะท้อนเชิงบวก แผ่น โพลาลิซ ประสิทธิภาพต่ำจะให้ความสว่างมากแต่ความเข้มน้อย ส่วนแผ่น โพลาลิซ ประสิทธิภาพสูงจะให้ความเข้มสูงแต่ความสว่างลดลง

มุมมอง

รูปที่ 2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของแสงกับแรงดันของมุมมอง 3 มุมที่แรงดันต่ำมากๆ LCD ไม่สามารถแสดงผลให้เห็นชัดเจนได้ เมื่อ θ คือมุมในแนวระดับของ LCD และ α คือมุมที่อ้างอิงกับเส้นตั้งฉาก

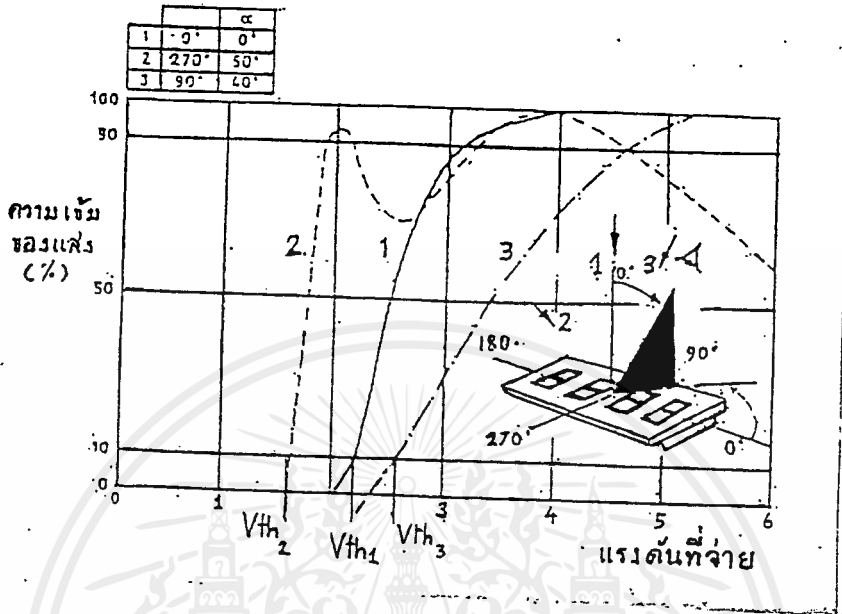
เมื่อแรงดันเพิ่มขึ้นมุมที่สามารถมองเห็นก็จะสูงตาม (มุมเงยต่ำ) ดังเส้นกราฟเส้นที่สอง หากแรงดันสูงขึ้นมุมเงยก็เพิ่มขึ้นตามลำดับ

แรงดันที่น้อยที่สุดที่พอจะทำให้มองเห็นได้ชัดเจน (10 เปอร์เซ็นต์ของแรงดันสูงสุด) เรียกว่า แรงดันเทรชโวล (Threshold Voltage: V_{th}) แรงดันที่มีค่าถึง 90 เปอร์เซ็นต์ของแรงดันสูงสุด เรียกว่าแรงดันอิ่มตัว (Saturation Voltage: V_{sat})

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความเข้มของแสงจะเปลี่ยนไปตามส่วนผสมที่แตกต่างกันของผลึกเหลว อัตราส่วนผสมส่วนใหญ่ก็มีสมบัติของอุณหภูมิเป็นลบ ซึ่ง V_{th} จะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น

ความเร็วของการแสดงผล

เวลาตอบสนองการทำงานอยู่ในช่วง 50 - 100 มิลลิวินาที (ในอุณหภูมิห้อง 25 องศา) สิ่งสำคัญที่มีผลต่อช่วงเวลาตอบสนองคือ ความเหนียวของผลึกเหลวซึ่งความเหนียว(Viscosity) ของมันจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลงเพราะ โมเลกุลมีอิสระในการเคลื่อนที่น้อยลงทำให้การตอบสนองช้าลง เวลาตอบสนองยังขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดันที่จ่ายให้วิธีป้อนแรงดันและความหนาของแผ่นผลึกเหลวด้วย



รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของแสงกับแรงดัน

การขับ LCD

LCD แต่ละส่วนสามารถเขียนวงจรสมมูลได้ ประกอบด้วยตัวต้านทาน R_1 ค่าต่ำต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุ C_1 ซึ่งต่อขนานกับตัวต้านทาน R_2 (มีค่าสูงกว่า R_1) ค่าของตัวเก็บประจุจะขึ้นอยู่กับแรงดันที่ปรากฏคร่อม LCD ความถี่ของสัญญาณที่ป้อนเข้าไปต้องไม่ต่ำกว่า 30 เฮิร์ตซ์ เพื่อป้องกันการกระพริบของตัวแสดงผลกระแสที่ใช้กันทั่วไป คือ 1.5 ไมโครแอมป์ต่อตารางเซนติเมตรของแผ่น LCD คือ จำนวนจุกคร่อมของแผ่นหลัง หรือ จำนวนของส่วนแสดงผลในแต่ละกลุ่ม

2.1.2 วงจรโซลิดสเตทรีเลย์ (Solid State Relay)

โซลิดสเตทรีเลย์หรือรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ ใช้แทนรีเลย์ธรรมดาโดยใช้หลักการทำงานของอุปกรณ์ที่เป็นเซมิคอนดักเตอร์แทนระบบการเคลื่อนไหวทางกลในการตัดต่อวงจร

การทำงานของโซลิดสเตทรีเลย์ (SSR)

แบ่งเป็น .ภาคอินพุตและ .ภาคเอาต์พุต

ภาคอินพุต

จะเป็นภาครับสัญญาณจากการควบคุมมาทำงาน โดยแบบเป็นการส่งผ่านสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ติดต่อ ซึ่งจะแยกกันใน ทางไฟฟ้าได้ 2 ลักษณะ .

1. ใช้อุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ทางแสง (Optical) อุปกรณ์จะเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าส่งให้อยู่ในรูปของแสงไปควบคุมภาคเอาต์พุต

2. ใช้หม้อแปลงโดยทำงานร่วมกันภาคอินพุตและภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator) ความถี่ 50 เมกกะเฮิร์ต ถึง 10 เมกกะเฮิร์ต ในการส่งสัญญาณไปยังภาคเอาต์พุต

ภาคเอาต์พุต

เป็นการรับสัญญาณ จากภาคอินพุต ซึ่งอยู่ในรูปของแสงมาทำงาน โดยต่อวงจรหรือตัดวงจร โดยอุปกรณ์นี้อาจจะเป็น Transistor

Zero Switching

อีกส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญสำหรับ การทำงานของ โซลิดสเตทรีเลย์ที่ใช้กับเอาต์พุตที่เป็นเอซี โดยปกติในการทำงานของสวิตช์ธรรมดาต่างๆ อาจจะมีการทำงานที่ไม่สมควรคือ เปิดวงจรในขณะที่สัญญาณของไฟกระแสสลับ อาจจะอยู่ในค่าสูงสุด ซึ่งทำให้เกิดกระแสและสัญญาณรบกวนที่สูงมาก โดยเฉพาะถ้าต้องต่อร่วมกับวงจรทางคอมพิวเตอร์แล้วก็จะทำให้เครื่องเกิดอาการเสียหรือทำงานผิดปกติก็ได้นั้น Zero Switching ก็คือเป็นการทำงานให้เปิดวงจรในขณะที่สัญญาณของไฟกระแสสลับอยู่ในระยะ 0 โวลต์ แต่ในการใช้งานจริงจะมีค่ามากกว่า 0 โวลต์เล็กน้อย เพื่อให้อุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ที่ต่ออยู่ สามารถทำงานเปิดวงจรได้ เช่น ตัวอย่างเราต้องการให้วงจรทำงานเปิดวงจรที่ 15 โวลต์จาก 220 โวลต์ก็จะเป็นมุมทางสัญญาณเอซี 2.77 องศา ตามสูตร

$$\begin{aligned} \text{มุมทางสัญญาณเอซี} &= \sin^{-1} \frac{Z_{sw. max}}{Line V_{rms} \times 1.414} \\ &= \sin^{-1} \frac{15}{220 \times 1.414} \\ &= 2.77 \text{ องศา} \end{aligned}$$

หรือในทางกลับกันเราอาจจะคำนวณระยะเวลาหลังจาก 0 โวลต์ที่เกิดขึ้นแล้วนานเท่าไรจึงจะเปิดวงจร

$$\begin{aligned}
 \text{เวลาในการเปิดวงจร} &= \frac{1}{2} * \text{ส่วนกลับของความถี่ไฟสลับ} * \text{มุมทางสัญญาณเอซซี} \\
 &= \frac{1}{2} * \text{มุมของสัญญาณต่อหนึ่งรูปคลื่น}}{1/2 * 360} \\
 &= \frac{1/2(1/50) \times 2.77}{1/2 \times 360} \\
 &= 0.153 \text{ ms}
 \end{aligned}$$

ข้อดีของโซลิดสเตทรีเลย์

1. การทำงานจะต่อวงจรที่โวลต์เตท ขณะเป็นศูนย์หรือใกล้ศูนย์
2. มีอายุการใช้งานนาน
3. ไม่มีเสียงรบกวนเกิดขึ้นในเวลาทำงาน
4. สามารถต่อร่วมกับระบบไมโครโปรเซสเซอร์ได้ง่าย
5. ไม่เกิดอาการ Bound ที่หน้าสัมผัสซึ่งเป็นตัวก่อให้เกิดสัญญาณรบกวน
6. ไม่เป็นตัวก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนต่อระบบไฟฟ้าที่ตัวโซลิดสเตทรีเลย์

ข้อเสียของโซลิดสเตทรีเลย์

1. ไม่สามารถใช้กับวงจรที่มีโวลต์เตทที่สูงมากๆ ได้
2. ไม่สามารถให้โซลิดสเตทรีเลย์สำหรับ AC Line หรือ DC Line ได้ในตัวเดียวกัน
3. เวลาใช้งานจะเกิดความร้อนขึ้นที่ตัวโซลิดสเตทรีเลย์นั้นๆ จำเป็นต้องติดตั้งแผ่นระบายความร้อนในขณะที่ทำงาน

ระบายความร้อนในขณะที่ทำงาน

2.1.3 ไทริสเตอร์

ไทริสเตอร์เป็นชื่อรวมหรือชื่อตระกูล (Family Name) ของสิ่งประดิษฐ์ทางสถานะของแข็ง (Solid-State) ที่ผลิตขึ้นจากสารกึ่งตัวนำแบบพีและแบบเอ็นเรียงสลับกันเป็นชั้นๆ ตั้งแต่สี่ชั้นขึ้นไปซึ่งทำให้เกิดมีรอยต่อพีเอ็นสามรอยต่อขึ้นไปเรียงกันเป็นอนุกรม สามารถทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิดวงจร สามารถควบคุมจังหวะการเปิดให้นำกระแสได้ สามารถนำไปควบคุมกำลังไฟฟ้าขนาดใหญ่ได้ และถูกแบ่งชั้นให้เป็นสวิตช์แบบที่ 2 ผลิตขึ้นเป็นครั้งแรกเมื่อ พ.ศ.2500 โดยบริษัท เจเนอรัลอิเล็กทริก (General Electric Company)

ไทริสเตอร์มีสมาชิกหลายชนิดซึ่งอาจมีคุณสมบัติให้กระแสไหลได้ทางเดียวหรือให้ไหลได้สองทางและอาจมีขั้ว สองขั้ว สามขั้วหรือสี่ขั้ว ดังเช่น

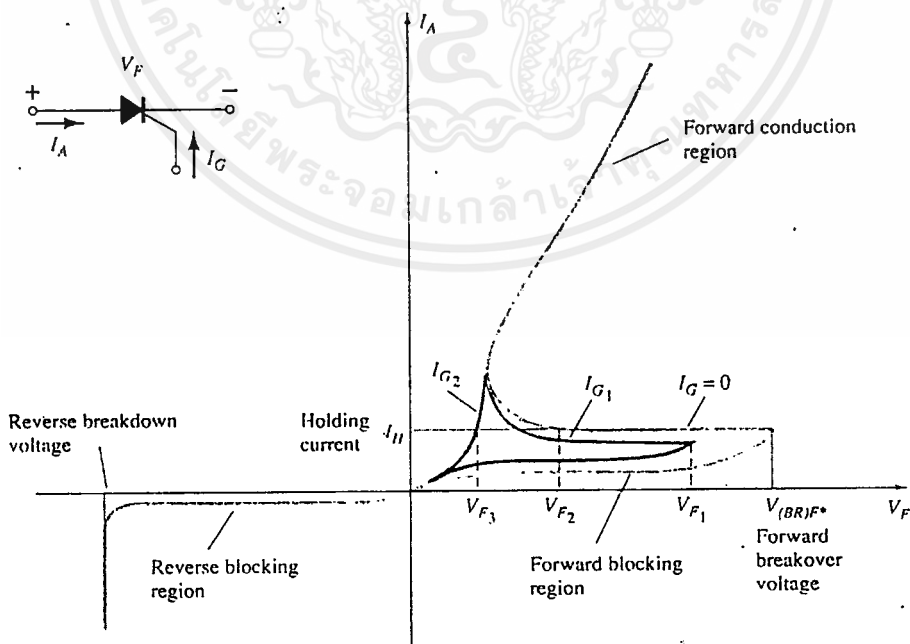
เอสซีอาร์ (SCR:Silicon Controlled Rectifier) เป็นไทรสเตอร์ชนิดที่มีสามขั้ว คือ แอนโอด แคโทด และเกต มีคุณสมบัติให้กระแสไหลได้ทิศทางเดียวจากแอนโอดไปยังแคโทด และอาจเรียกชื่อว่าไดโอดไทรสเตอร์ที่กั้นไม่ให้กระแสไหลกลับ

ไตรแอก (Triac :Triode AC Switch) เป็นไทรสเตอร์ชนิดที่มีสามขั้ว คือ เกตและอีกสองขั้วเป็นได้ทั้งแอนโอดและแคโทด เพราะว่าไตรแอกมีคุณสมบัติให้กระแสไหลได้สองทิศทาง และอาจเรียกชื่อว่าไดโอดไทรสเตอร์ที่ให้กระแสไหลได้สองทิศทาง

เอสซีเอส (SCS: Silicon Controlled Switch) เป็นไทรสเตอร์ชนิดที่มีสี่ขั้ว คือ แอนโอด แคโทด เกตบวกและเกตลบ มีคุณสมบัติให้กระแสไหลได้ทิศทางเดียวและอาจเรียกชื่อว่าไดโอดไทรสเตอร์ที่กั้นไม่ให้กระแสไหลกลับ

เอสยูเอสหรือช็อคเลย์ไดโอด (SUS :Silicon Unilateral Switch หรือ Shockley Diode) เป็นไทรสเตอร์ชนิดที่มีสองขั้ว คือ แอนโอดกับแคโทดและมีคุณสมบัติให้กระแสไหลได้ทิศทางเดียว เป็นต้น

เนื่องจากเอสซีอาร์และไตรแอกสามารถนำกระแสขนาดใหญ่มากและนิยมนำไปใช้ควบคุมกำลังไฟฟ้าขนาดใหญ่



รูปที่ 2.8 แสดงคุณสมบัติของไทรสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$-I_{II} > I_n$ คือ I_{II} มีค่าประมาณ 2 เท่าของ I_n

I_{II} : Latching Current (กระแส Anode ที่น้อยที่สุดที่สามารถทำให้ Thyristor เปลี่ยนสถานะจาก off ไปสู่ on)

I_n : Holding Current (กระแส Anode ที่น้อยที่สุดที่สามารถทำให้ Thyristor เปลี่ยนสถานะจาก on ไปสู่ off)

$I_a > I_{II}$ จะเปลี่ยนสถานะ Thyristor จาก off ไปสู่ on

$I_a < I_n$ จะเปลี่ยนสถานะ Thyristor จาก on ไปสู่ off

1. V_{bo} (breakover voltage) พิจารณาในรูปที่ 2.8

บริเวณที่ 1 เรียกว่า Forward Conduction Region

- I_a เรียกว่า Forward Conduction Current

- V_{ax} เรียกว่า Forward Voltage Drop

บริเวณที่ 2 เรียกว่า Forward Blocking Region

- I_a : Forward Blocking Current

- V_{ax} : Forward Blocking Voltage

บริเวณที่ 3 เรียกว่า Reverse Blocking Region

- I_a : Reverse Blocking Current

- V_{ax} : Reverse Blocking Voltage

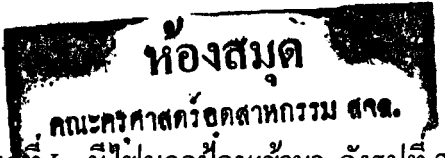
เมื่อ $V = V_{bo}$ กระแสจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นในทันทีทันใดเนื่องจากเกิด Avalanche Breakdown ที่รอยต่อของ Junction ปกติการเพิ่มขึ้นนี้เรียกว่า Breakover และเรียก V_{bo} ว่า Breakover Voltage

เมื่อ Thyristor เกิด Breakover แล้วจะนำกระแสพร้อมกับค่าโวลต์เตจระหว่างอโนดกับคาโทดมีค่าลดลงอย่างทันทีทันใดและคุณสมบัติจะเปลี่ยนไปในลักษณะที่แสดงด้วยเส้นโค้งที่ 1 ปกติจะให้ไทรสเตอร์ทำงานในระดับโวลต์เตจที่ต่ำกว่าค่า V_{bo} เสมอ และเมื่ออุณหภูมิที่รอยต่อของ Thyristor มีค่าสูงขึ้น V_{bo} จะมีค่าลดลงและทำให้ Thyristor นำกระแสขึ้นเองโดยเกิดขึ้นในจังหวะที่เราไม่ต้องการให้มันเกิดวิธีแก้ไขอาจทำได้โดยการติดแผ่น heat sink ปัจจุบัน $V_{bo} (max) = 4000 \text{ V}$ และ $I_a \text{ Forward} = 3500 \text{ A}$

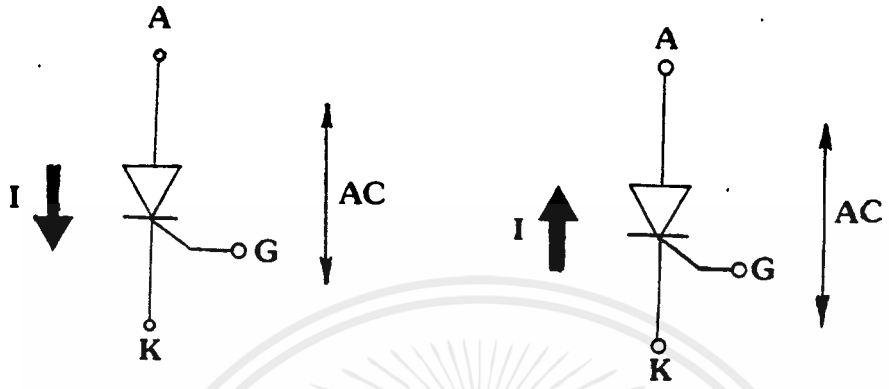
วิธีการ Thyristor จะเปลี่ยนสถานะจาก off เป็น on ได้จะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขคือ

1. V_{ak} เป็น Forward

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2. ขณะที่ I_g มีไฟบวกป้อนเข้ามา ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.9 การนำกระแส

รูปที่ 2.10 การหยุดนำกระแส

Thyristor จะเปลี่ยนสถานะจาก on ไปสู่ off เมื่อ

1. V_{ak} เป็น Reverse Voltage ($I_a < I_h$)

2. I_g : Out Of Control (คือ ความไม่สมบูรณ์ของ Thyristor ที่เข้าเกณฑ์คือ ไม่สามารถป้อนสัญญาณให้ Thyristor เกิดการ off ได้ ซึ่งในปัจจุบันเราจะใช้ GTO (Gate Turn-Off Thyristor) ทำให้เกิดการ off โดยการป้อนกระแส I_g เป็นลบ

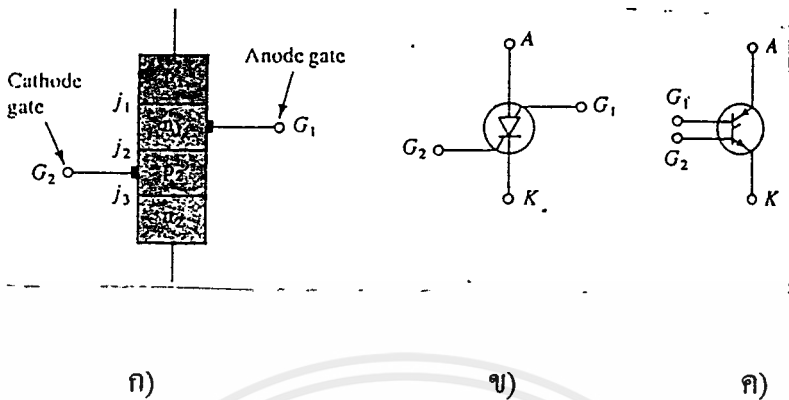
GTOs

GTOs หรือ Gate Turn Off Thyristor เป็นไทรสเตอร์ที่มีคุณสมบัติที่น่าสนใจคือสามารถ Turn off แทนและนอกจากนี้ยังมีการพัฒนาให้มีขนาดพิกัดทนกระแสและแรงดันได้สูงขึ้นจึงเป็นอุปกรณ์ที่น่าสนใจ

โครงสร้างของ GTOs

GTOs เป็นไทรสเตอร์ชนิดหนึ่งที่มีโครงสร้าง PNPN แสดงด้วยสัญลักษณ์และโมเดลดังรูปที่ 2.11

~~1541~~



รูปที่ 2.11 ก, ข สัญลักษณ์ของ GTOs ค, โมเดลของ GTOs แทนด้วย Transistor
Characteristic ของ GTOs

ก) Turn-on ไม่แตกต่างจากไทรสเตอร์ทั่วไปนักนอกจากขนาดกระแสเกตและเวลาการนำกระแส ที่มากกว่าปกติ โดยสภาวะการนำกระแสยังคงอยู่เมื่อปลดกระแสเกตออก

ข) Turn-off เพื่อทำให้ไทรสเตอร์หยุดนำกระแสอย่างรวดเร็วด้วยการดึงเอา Positive Holes ออกมาแล้วเพิ่มประจุลบอิสระเข้าไปใน GTOs วิธีการหนึ่งคือการใส่กระแสลบเข้าไป
วิธีการ Turn-off ของ Thyristor

1. Natural Commutation เป็นกรณีที่ Supply ของวงจร Main เป็นไฟกระแสสลับและการ off จะรอจังหวะที่ไฟลบเข้ามา

2. Commutation Circuit เป็นวงจร Turn off ของ Thyristor โดยสามารถทำให้ Vak เป็น Reverse ประกอบด้วย DC Supply และ LC Oscillating Circuit

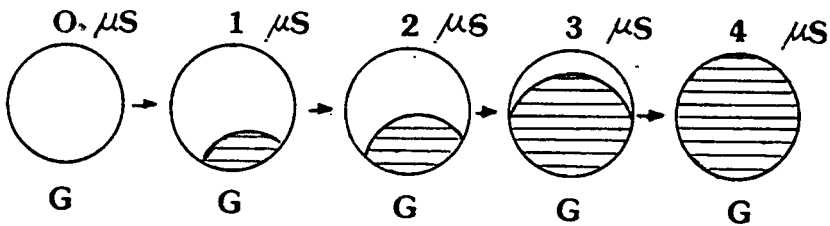
3. Turn-off Time ของ Thyristor (ช่วงจาก on ไป off) Toff เป็นระยะเวลาตั้งแต่การทำให้กระแสที่ไหลผ่าน Thyristor ย้อนกลับสู่ศูนย์จนถึงเวลาที่สามารจ่ายแรงดัน Forward ได้อีกครั้งโดยไม่ทำให้ Thyristor นำกระแสได้

di/dt ของ Thyristor

พิจารณาค่ายกับท่อน้ำ Cross Section Area

จากรูป $di/dt = 400 \text{ A}/4\mu\text{S}$

ดังนั้น $di/dt = 100 \text{ A}/1\mu\text{S}$



spect ของ di/dt ของไทรสเตอร์ = 100 A/ μ S

เมื่อเราไปซื้อ di/dt ที่เกิดจากวงจร $<di/dt$ ของ Thyristor

(เลือกค่าที่มาก ๆ เอาไว้)

ถ้า di/dt ของวงจร $>di/dt$ ของ Thyristor ทำให้เกิด Gate Puncture

การนำกระแสของ Thyristor จะเกิดขึ้นเมื่อมีการทริกที่ขาเกต ทำให้สารกึ่งตัวนำที่อยู่รอบขาเกตจะนำกระแสซึ่งมีพื้นที่เล็ก ๆ ก่อนแล้ว จึงมีลักษณะที่ค่อย ๆ กระจายออกจากบริเวณที่ได้รับสัญญาณเกต จนกระทั่งในที่สุด กระแสแอโนดจะไหลเต็มเนื้อที่หน้าตัดขวางของไทรสเตอร์ ด้วยค่า Rated Capacitor ที่กำหนดสำหรับแต่ละตัว (จะเป็นจุดจากนั้นกระแสจะไหลแผ่กระจายออกจนเต็มเนื้อที่หน้าตัด) ดังนั้นถ้ากระแสมีขนาดที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนเกินไป จะทำให้เกิดความร้อนเฉพาะจุดขึ้นที่เรียกว่า Hot Spots ที่ Junction จะเกิดการชำรุดเสียหายในบริเวณเนื้อที่หน้าตัดที่อยู่ใกล้ขาเกต

- การลด di/dt ของวงจรทำได้โดยการต่อตัว L อนุกรมกับ Thyristor

- การทำให้ขาเกตมีโครงสร้างเป็นรูปวงแหวนแทนลักษณะจุดเพื่อให้กระแสไหลแผ่กระจายเต็มพื้นที่หน้าตัดได้เร็วขึ้น

dv/dt ของ Thyristor

การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของ V_{ak} เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ Thyristor สามารถ on ได้โดยที่ยังไม่ได้รับสัญญาณเกตเข้ามา เมื่อ dv/dt ของวงจรมีค่ามากกว่า dv/dt ของ Thyristor ทำให้ Thyristor สามารถนำกระแสได้ ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องหลีกเลี่ยง

โดยเลือกค่า

dv/dt ของวงจรที่ทำให้เกิด $<dv/dt$ ของ Thyristor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า dv/dt ของ Thyristor $< dv/dt$ ของวงจรที่ทำให้เกิดในกรณีนี้เรียกว่า Miss-Firing

Spect dv/dt Thyristor 100V/uS ,200V/uS

การเปลี่ยนแปลงของ dv/dt เมื่อมีค่ามากจนเกินไปแล้วจะมีกระแสไหลชาร์จตัวเก็บประจุ ซึ่งก่อตัวขึ้นในบริเวณว่างเปล่าที่ผิวรอยต่อ

$$CI \, dv/dt = ic = ig$$

Toff (turn-off time)

แบ่งไทรสเตอร์ออกเป็น 2 แบบ คือ

1.General Use Thyristor (150uS ขึ้นไป) ราคาถูก

2.High Speed Thyristor (10uS-150 uS) ราคาแพง

(Fast Turnoff Thyristor) ขณะนี้ทำได้เร็วที่สุด 10 uS

Toff ของ Thyristor คือช่วงเวลาที่นับจากกระแสเอาโนดลดลงเป็นศูนย์จนถึงตำแหน่งเวลาที่ ไทรสเตอร์เริ่ม Forward ได้ โดยสามารถ Block กระแสเอาโนดไม่ให้ไหลได้ คือไม่สามารถทำให้ไทรสเตอร์นำกระแสได้นั่นเอง

ช่วงเวลา Thyristor กลับคืนสู่สถานะใหม่เรียก Recovery Time
เงื่อนไขการทำงาน

Toff ของวงจรที่ทำให้เกิด $>$ Toff ของ Thyristor

ขึ้นกับวงจร (f ของวงจร) ถ้า f มาก Toff ของวงจรมีน้อยเพราะมีเวลาในการพักตัว
น้อย

เพื่อ Toff ของวงจรไว้เท่าตัว

เพื่อ Toff ของวงจรไว้ 3 เท่าตัว

จะเห็นว่ายิ่งเพื่อ Toff ของวงจรไว้มาก Thyristor จะยังมีเวลาในการพักตัวมากขึ้น ดังนั้น Toff ของ Thyristor ยิ่งน้อยยิ่งดี และก็ยังแพงขึ้นด้วย Commutation Failure ($t_c < t_q$) ทำให้ Thyristor ไม่สามารถ off ได้

2.1.4 อุปกรณ์ตรวจจับ

อุปกรณ์ตรวจจับทางแสงเป็นการนำเอาผลแสงสว่าง, แสงอินฟราเรด มาเปลี่ยนให้เป็น สัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อให้สามารถนำมาใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ อุปกรณ์ตรวจจับมีอยู่ หลายแบบส่วนมากทำจากสารกึ่งตัวนำดังรายละเอียดต่อไปนี้

โฟโตไดโอด

โดยปกติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำจะมีความไวต่อแสงมาก เมื่อนำรอยต่อพีเอ็นของไดโอด มาให้รับแสงโดยตรง ก็จะมีกระแสรั่วไหลเกิดขึ้น รอยต่อของไดโอดจะมีความไวต่างกัน ขึ้น อยู่กับการได้สารกึ่งตัวนำ



รูปที่ 2.12 สัญลักษณ์ของโฟโตไดโอด

โฟโตไดโอดแบบซิลิกอนมีความไวต่อแสงในย่านที่ตามองเห็นต่ำ แต่ถ้าหากใช้งานในย่าน ของแสงอินฟราเรดแล้วจะมีความเหมาะสมมากกว่าและยังมีความสามารถใช้สัญญาณไฟฟ้า กระแสสลับและงานที่ต้องการความเร็วสูงๆ ได้

โฟโตทรานซิสเตอร์

โดยสภาวะปกติแล้วรอยต่อของสารกึ่งตัวนำมีคุณสมบัติไวต่อแสง ดังนั้นเมื่อนำเอา สารกึ่งตัวนำมาสร้างเป็นโฟโตทรานซิสเตอร์ ประจุบวกจากแสงจะทำให้เกิดประจุลบอิสระ ขึ้น ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลขึ้นได้ โฟโตทรานซิสเตอร์จะถูกสร้างขึ้นให้มีรอยต่อของสาร พีเอ็น ใหญ่กว่ารอยต่อพีเอ็นของทรานซิสเตอร์ทั่วไปและที่ตัวถังด้านบนของโฟโต ทรานซิสเตอร์จะมีช่องสำหรับรับแสงกรุด้วยวัสดุเคลือบไมก้าหรือควอตซ์เลนส์

โฟโตทรานซิสเตอร์ทุกแบบจะมีโครงสร้างเป็นชนิด NPN สารที่นำมาใช้ผลิตได้แก่ วิลิเนียม ซิลิกอน เยอรมันเนียม ซึ่งสารแต่ละชนิดจะตอบสนองต่อสเปกตรัมของคลื่นแสงใน ย่านที่แตกต่างกันและกัน

โฟโตรีสแตเตอร์ที่สร้างมาจากสารซิลิเนียมจะตอบสนองต่อสเปกตรัมของคลื่นแสงที่คนเราสามารถมองเห็น ได้มีการตอบสนองใกล้เคียงกับสายตาของคนเรา

โฟโตรีสแตเตอร์ที่สร้างจากสารซิลิกอนจะมีการตอบสนองได้ดีต่อสเปกตรัมของแสงในย่านของแสงอินฟราเรดหรือใกล้เคียง

โฟโตรีสแตเตอร์ที่สร้างจากเจอร์เมเนียม จะมีการตอบสนองต่อแสงได้ในช่วงค่อนข้างกว้าง ซึ่งรวมถึงย่านของแสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วย



รูปที่ 2.13 สัญลักษณ์ของโฟโตรีสแตเตอร์

อินฟราเรดแอลอีดี

อินฟราเรด LED สามารถกำเนิดแสงย่านอินฟราเรด เมื่ออินฟราเรด LED นำกระแสประจุลบอิสระเคลื่อนที่ผ่านสารกึ่งตัวนำชนิดพิเศษ และเกิดพลังงานขึ้นจากประจวบการเกิดพลังงานดังกล่าวเป็นไปในทันทีที่มีกระแสไหลผ่าน

อินฟราเรด LED สามารถกำเนิดแสงอินฟราเรดได้ในช่วงสองความยาวคลื่น อินฟราเรด LED ที่ทำมาจากแกลเลียมอาร์เซไนด์ จะให้ความยาวคลื่นประมาณ 940 นาโนเมตร อินฟราเรด LED ที่สร้างจากสารแกลเลียม อลูมิเนียมอาร์เซไนด์ จะกำเนิดแสงอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นประมาณ 880 นาโนเมตร

2.2 โปรแกรม Visual Basic

ความเป็นมา

Visual Basic เวอร์ชันแรกทีออกมานั้นเป็นเวอร์ชันบน Windows ออกสู่สายตาผู้ใช้เมื่อปี 1991 เป็นเพียงเครื่องมืออย่างง่ายสำหรับการสร้างแอปพลิเคชันบน Windows มากกว่าองค์ประกอบหรือ Object ที่ใช้ได้ก็มีแค่องค์ประกอบพื้นฐานของ Windows เช่น Text Box, List Box เท่านั้น

ในอนาคตคาดว่า Visual Basic จะมีบทบาทต่อผู้ใช้ Windows มากขึ้นเพราะต่อไปแอปพลิเคชันของ Microsoft ทุกตัวบน Windows จะมีภาษามาโครเดียวกันหมดคือ Visual Basic For Application (VBA) นั่นคือแทนที่ผู้ใช้จะต้องเรียนรู้ภาษามาโครของ Word For เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Windows, Excel หรือโปรแกรมอื่นของ Microsoft แต่ละตัว ก็จะเป็นการเรียนรู้ VBA เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เนื่องจากความง่ายของภาษาประสิทธิภาพและความนิยมของผู้ใช้ รวมทั้งยังเป็นการสร้างมาตรฐานของภาษาสำหรับแอปพลิเคชันบน Windows อีกด้วย ในลักษณะเดียวกันกับภาษา REXX ของ OS/2 นอกจากนี้ยังมีข่าวการพัฒนา Visual Basic บนแพลตฟอร์มอื่นออกมาเป็นระยะๆ ด้วย ฉะนั้นถือได้ว่าการเรียนรู้ Visual Basic จะทำให้เราก้าวไปสู่การใช้แอปพลิเคชันสำเร็จรูปอย่างมีประสิทธิภาพขึ้น นอกเหนือจากการพัฒนาแอปพลิเคชันขึ้นมาใช้เอง

ภาพรวมของ Visual Basic

Visual Basic มีสภาพแวดล้อมสำหรับการพัฒนาโปรแกรมบน Windows ประกอบด้วยเครื่องมือต่างๆ ครบถ้วนไม่ว่าจะเป็นส่วนของการออกแบบ User Interface, ส่วนออกแบบเมนู (Menu Designer), การสร้างรายงาน (Report Writer), อิดิเตอร์สำหรับป้อนโปรแกรม และ Debugger เพื่อการตรวจหาข้อผิดพลาดในโปรแกรมองค์ประกอบเหล่านี้นับว่าเอื้ออำนวยต่อการทำงานของโปรแกรมเมอร์เป็นอย่างมาก

ในด้านของตัวภาษา Visual Basic ได้นำไวยากรณ์ของ Basic และ GW-Basic มาใช้โดยสนับสนุนความสามารถเดิมเกือบทั้งหมดนอกจากนี้ยังได้เพิ่มการโปรแกรมแบบมีโครงสร้างของ Quick Basic ซึ่งคล้ายกับในภาษาที่มีโครงสร้าง เช่น Pascal หรือ C เข้าไปด้วย

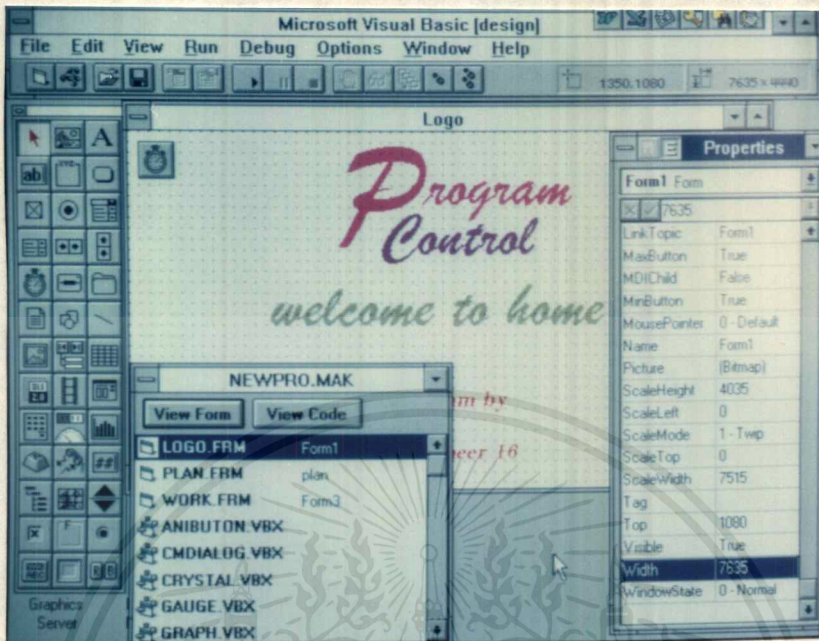
นอกจากนี้ยังมีการเพิ่มคำสั่งและฟังก์ชันเกี่ยวกับ Object และการเรียกฟังก์ชันของระบบปฏิบัติการ (API) เพื่อให้การทำงานกว้างขวางขึ้นรวมทั้งสนับสนุนความสามารถของระบบ เช่น OLE, DDE และการใช้งานคลิปบอร์ด เป็นต้น

ด้วยความสามารถของตัวภาษา Visual Basic ผู้ใช้สามารถนำไปสร้างแอปพลิเคชันได้หลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นโปรแกรมวาดภาพ, การคำนวณทางการเงิน หรือแม้แต่โปรแกรม Cardfile ซึ่งเป็นโปรแกรมมาตรฐานใน Windows โดยไม่ต้องใช้ชุด SDK เลย

Visual Basic แต่ละเวอร์ชันจะมี 2 Edition คือ Standard และ Professional Edition ซึ่งข้อแตกต่างคือในชุด Professional นั้นจะมี Custom Control (Object ที่สามารถนำมาใช้ในฟอร์ม) มากกว่าและจะมีเครื่องมืออื่นๆ เช่น Help Compiler สำหรับการสร้างข้อความอธิบายการใช้ Setup Kit เพื่อทำส่วนของการติดตั้งแอปพลิเคชัน (Installing) และ Report Writer มาให้พร้อมข้อมูลเพิ่มเติมอื่นสำหรับผู้พัฒนา แต่ในด้านความสามารถของภาษาและจะเหมือนกันทั้ง

2 Edition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาด้วย Visual Basic

หลักการโปรแกรมเชิงภาพของ Visual Basic

ใน Visual Basic นั้น การพัฒนาและเขียนโปรแกรมจะเป็นไปในอีกรูปแบบหนึ่ง กล่าวคือ ในการเขียนโปรแกรมแบบเดิมนั้น เราจะต้องมานั่งออกแบบหน้าจอ ระบุตำแหน่ง การแสดงผล คิดหาขั้นตอนการทำงานและอื่นๆ จากนั้นจึงทำการเขียนโปรแกรม โปรแกรมที่ได้จะอธิบายและสั่งงานคอมพิวเตอร์เป็นลำดับไป แต่ใน Visual Basic จะใช้หลักของภาพและการมองเห็น โดยเริ่มจากออกแบบวินโดว์ย่อยหรือที่ใน Visual Basic เรียกว่า *ฟอร์ม* ในฟอร์มจะประกอบด้วยสิ่งต่างๆ ที่เราจะทำงานด้วยหรือเรียกว่าเป็น Object เช่น ข้อความ, ช่องรับข้อความ, Scroll Bar หรือปุ่ม (Button) เมื่อกำหนดสิ่งเหล่านี้ครบตามความต้องการแล้ว จึงระบุว่าจะประกอบแต่ละอย่างจะทำงานอย่างไร โดยเขียนโปรแกรมย่อยๆ ปะเข้าไปกับ Object เหล่านี้ ที่ต้องทำแบบนี้ก็เพราะว่าการทำงานใน Windows เป็นแบบที่เรียกว่า Event-Driven คือขึ้นกับเหตุการณ์ (Event) การเขียนโปรแกรมแบบเดิมคือสั่งงานตามลำดับจะยุ่งยากมากหรือบางกรณีอาจทำไม่ได้เลย เพราะอย่าลืมว่าในขณะที่ขณะหนึ่งนั้น ในระบบไม่ใช่จะมีเพียงโปรแกรมประยุกต์ของเราเท่านั้นที่ทำงานอยู่ Windows จะต้องจัดการกับทุกโปรแกรมที่ทำงานในขณะที่นั้นทั้งหมดไปพร้อมๆกัน (เนื่องจากเป็น ระบบแบบ Multitasking หรือทำงาน

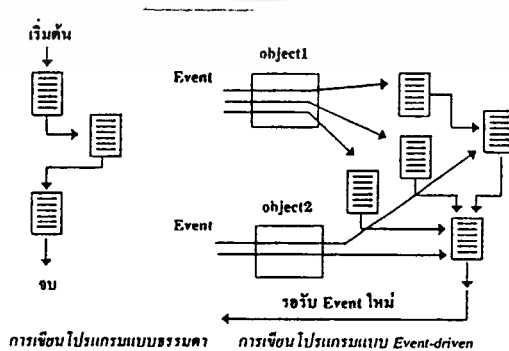
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลายงานได้ในเวลาเดียวกัน) ในขณะที่โปรแกรมแสดงหน้าจอสำหรับรับอินพุต อาจพิมพ์ข้อมูลเข้าไป ใช้เมาส์เลื่อนไปคลิกตรงนั้นตรงนี้ได้โดยอิสระ ทำให้ยากที่จะเขียนโปรแกรมธรรมดาให้คอยคัดเส้นทางการทำงาน ในการรับอินพุตว่าจะเกิดอะไรขึ้นตรงไหนได้ จึงต้องใช้รูปแบบการโปรแกรมในลักษณะ Event-Driven ดังกล่าว ซึ่ง Object แต่ละตัวก็จะมีเหตุการณ์เกิดขึ้นกับมันได้หลายอย่าง

นอกจาก Object จะมีการตอบสนองต่อเหตุการณ์ต่างๆ ที่กำหนดแล้ว ยังมีอีกเรื่องหนึ่งที่จะขอกกล่าวคือทุก Object จะมีลักษณะหรือคุณสมบัติ (Property) ของตัวเอง เช่น ช่องรับข้อความ (Text Box) จะมีชื่อ, ข้อความในนั้น, ความกว้าง, ความสูง, สี โดยเราสามารถอ้างถึงหรือเปลี่ยนคุณสมบัติเหล่านี้ได้ขณะที่โปรแกรมทำงานอยู่ เป็นต้นว่าหากไม่มีการป้อนข้อมูล จะแสดงด้วยสีหนึ่งหรืออาจไม่ต้องแสดงบนจอภาพเลย

ในการที่จะกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดกับ Object นั้น จะมีสิ่งที่เรียกว่า Method ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นกระบวนการทำงานของ Object ซึ่ง Object แต่ละแบบก็อาจจะมี Method ที่แตกต่างกันออกไปเช่น ถ้าต้องการสั่งให้เลื่อนตำแหน่งของข้อความ (Label) ก็จะมีกระบวนการหรือ Method ชื่อ Move ของ Label เพื่อทำงานนี้โดยสั่งว่า *Label.Move = ตำแหน่งที่จะย้ายไป* หรือการสั่งพิมพ์ก็มี Method ชื่อ Print เป็นต้น ถ้าพูดไปแล้ว Method นี้ก็คล้ายๆ กับคำสั่งที่ใช้ได้กับ Object แต่ละชนิดนั่นเอง

โดยสรุปแล้วรูปแบบของหลักการใน Visual Basic ก็คือ เริ่มจากออกแบบจอภาพ และเขียนโปรแกรมสำหรับแต่ละ Event ปะเข้าไปยัง Object ต่างๆ ให้ทำงานตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยทุก Object จะมีคุณสมบัติเฉพาะที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ของตัวเอง



รูปที่ 2.15 การเขียนโปรแกรมแบบธรรมดา กับแบบ EVENT-DRIVEN

การทำงานกับ Object ไม่ว่าจะเป็นการอ้างถึงคุณสมบัติหรือใช้ Method ในบางครั้งเราสามารถละการอ้างถึง Object ได้ (ถ้าหาก Visual Basic เข้าใจได้ว่าจะทำงานกับ Object ไດ) เช่น คำสั่ง Print "Hi!" Visual Basic จะเข้าใจเองว่าเป็นการใช้ Method Print กับฟอร์มที่กำลังทำงานอยู่อย่างไรก็ตามเราควรจะระบุชื่อ Object ทุกครั้งที่ทำงานด้วย ไม่ว่าจะเป็นการอ้างถึงคุณสมบัติ หรือใช้ Method เพื่อไม่ให้เกิดความคลุมเครือ

2.3 ระบบควบคุม

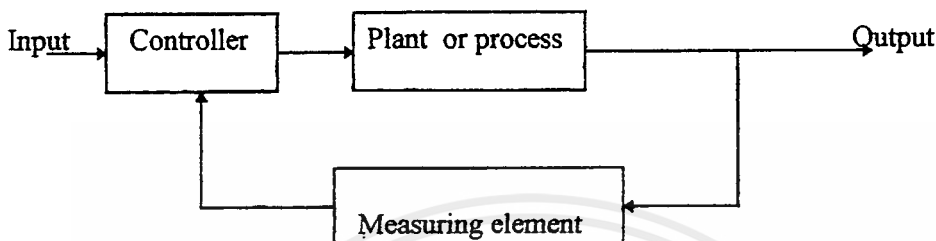
ระบบควบคุมอาจจะแบ่งอย่างง่ายๆ ออกเป็นสองแบบคือระบบควบคุมแบบ ระบบปิด (Closed-loop) และระบบควบคุมแบบ ระบบเปิด (Open-loop)

2.3.1 ระบบควบคุมแบบ ระบบปิด (Closed-loop)

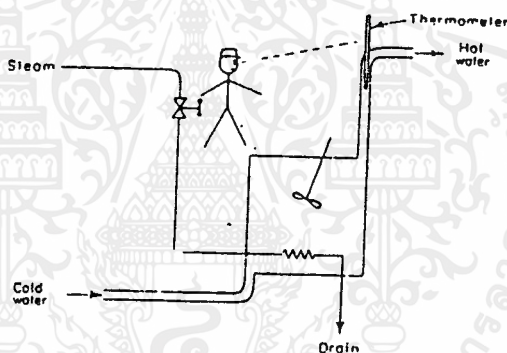
ระบบควบคุมแบบ Closed-loop เป็นระบบควบคุมแบบหนึ่งซึ่งสัญญาณเอาต์พุตจะมีผลโดยตรงต่อการควบคุม ดังนั้นระบบควบคุมแบบ Closed-loop ก็คือ ระบบควบคุมป้อนกลับนั่นเอง สัญญาณค่าความคลาดเคลื่อน (Actuating error signal) ซึ่งเป็นสัญญาณแตกต่างระหว่าง สัญญาณอินพุตกับสัญญาณป้อนกลับ (Feedback signal) จะถูกป้อนให้กับตัวควบคุม (Controller) เพื่อที่จะลดค่าความคลาดเคลื่อนให้น้อยลงและทำให้เอาต์พุตของระบบมีค่าตามที่ต้องการ สัญญาณป้อนกลับนี้อาจจะเป็นสัญญาณเอาต์พุตโดยตรงหรือเป็นสัญญาณที่เป็นฟังก์ชันของสัญญาณเอาต์พุต หรือเป็นค่าอนุพันธ์ของสัญญาณเอาต์พุตก็ได้ รูป 2.16 เป็น Block diagram ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตของระบบควบคุมแบบ Closed-loop ซึ่งจะเห็นว่าเทอม Closed-loop ก็หมายถึงการนำเอาวิธีการป้อนกลับมาใช้เพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนนั่นเอง และเพื่อให้เข้าใจถึงระบบควบคุมแบบ Closed-loop ได้ดียิ่งขึ้น ให้พิจารณาถึงระบบความร้อน (Thermal system) ซึ่งแสดงดังรูป 2.17 ในกรณีนี้คนจะเปรียบเสมือนเป็นตัวควบคุม เขาต้องการที่จะรักษาค่าของอุณหภูมิของน้ำร้อนให้มีค่าตามที่ต้องการ ดังนั้นเอาต์พุตของระบบนี้ก็คือ ค่าของอุณหภูมิที่ต้องการการควบคุมอุณหภูมิในกรณีนี้จะใช้เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) ซึ่งติดไว้ที่ท่อทางออกของน้ำร้อน เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (Measuring element)

ถ้าผู้ควบคุมพบว่าเทอร์โมมิเตอร์แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำร้อนสูงกว่าอุณหภูมิที่ต้องการ เขาก็จะต้องทำการลดปริมาณของไอน้ำที่ป้อนให้กับระบบเพื่อลดอุณหภูมิของน้ำร้อนลง ในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางตรงกันข้ามถ้าอุณหภูมิของน้ำร้อนต่ำกว่าค่าอุณหภูมิที่ต้องการ เขาก็จะต้องทำการเปิดวาล์ว (Valve) เพื่อให้ไอน้ำไหลผ่านเข้ามากขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิของน้ำร้อนก็จะร้อนขึ้นตามที่ต้องการได้



รูป 2.16 ระบบควบคุมแบบ CLOSED-LOOP

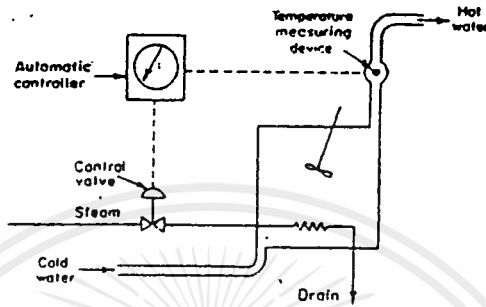


รูป 2.17 ระบบควบคุมป้อนกลับแบบ Manual ของระบบความร้อน

การควบคุมของระบบในรูป 2.17 นี้ถือเป็นการควบคุมแบบ Closed-loop ทั้งนี้เพราะได้มีการนำเอาสัญญาณเอาต์พุต (อุณหภูมิของน้ำ) ป้อนกลับไปเทียบกับสัญญาณอินพุตอ้างอิงและตัวควบคุมในกรณีนี้ก็คือคนที่ทำหน้าที่ปิด-เปิดวาล์ว แต่อย่างไรก็ตามระบบควบคุมแบบ Closed-loop นี้จะถือว่าเป็นระบบควบคุมแบบ Manual ไม่ใช่ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ

ถ้านำตัวควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Controller) มาใช้แทนคนที่ทำหน้าที่ ปิด-เปิดวาล์วดังแสดงในรูป 2.18 แล้ว ระบบควบคุมแบบ Closed-loop นี้จะเป็นระบบควบคุมแบบอัตโนมัติหรือระบบควบคุมป้อนกลับแบบอัตโนมัติ จากรูป 2.18 ตำแหน่งของ Dial บนตัวควบคุมอัตโนมัติจะเป็นตัวกำหนดค่าของอุณหภูมิที่ต้องการ ส่วนเอาต์พุตซึ่งเป็นค่าอุณหภูมิจริงของน้ำร้อน จะถูกทำการวัดค่าอุณหภูมิโดยอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ ค่าของอุณหภูมิที่ต้องการและอุณหภูมิจริงจะถูกนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อที่จะสร้างสัญญาณค่าความคลาดเคลื่อนขึ้น ใน

การเปรียบเทียบกันนี้เอาท์พุท ซึ่งเป็นค่าของอุณหภูมิจะต้องถูกแปลงให้มีหน่วยเดียวกับอินพุท (หรือค่าที่กำหนดไว้ = Set. Point) โดยใช้ Transducer ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้แปลงพลังงานรูปหนึ่งไปเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่ง



รูป 2.18 ระบบควบคุมป้อนกลับแบบอัตโนมัติของระบบความร้อน

สัญญาณค่าความคลาดเคลื่อนที่ถูกสร้างขึ้นในตัวควบคุมอัตโนมัติจะถูกส่งไปยังภาคขยายเพื่อให้มีขนาดเพียงพอที่จะไปทำให้วาล์วควบคุม (Control Valve) เปลี่ยนตำแหน่งคือเปิดมากขึ้นหรือปิดมากขึ้นเพื่อจะทำให้อุณหภูมิของน้ำร้อนมีค่าคงที่ตามที่ต้องการได้ และเมื่อสัญญาณค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับศูนย์ซึ่งคงแสดงว่าอุณหภูมิจริงของน้ำร้อนมีค่าเท่ากับอุณหภูมิที่กำหนดไว้ วาล์วควบคุมก็จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงการปิดเปิดอีก

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสภาพแวดล้อม, อุณหภูมิของน้ำเย็นทางด้านบนเข้า และอื่นๆ ของระบบความร้อนในรูป 2.17 และรูป 2.18 ที่กล่าวมานั้นจะถือว่าเป็น Disturbance ที่เกิดจากภายนอก นอกจากนี้การทำงานของระบบควบคุมป้อนกลับแบบ Manual ในรูป 2.17 นั้นก็คล้ายคลึงกับการทำงานของระบบควบคุมป้อนกลับแบบอัตโนมัติในรูป 2.18 ด้วย กล่าวคือ ตา, สมอและกล้ำมเนื้อของผู้ควบคุมวาล์วในรูป 2.17 นั้นก็จะคล้ายคลึง หรือเทียบได้กับอุปกรณ์วัดค่าความคลาดเคลื่อน, ตัวควบคุมอัตโนมัติ และตัวกระทำ (Actuator) หรือเทียบได้กับอุปกรณ์วัดค่าความคลาดเคลื่อน, ตัวควบคุมอัตโนมัติ และตัวกระทำ ของระบบในรูป 2.17 ตามลำดับ

ในกรณีที่ระบบที่ต้องการจะควบคุมเป็นระบบที่ยู่ยากสลับซับซ้อน การควบคุมโดยใช้คน จะไม่มีประสิทธิภาพเพราะจะมีตัวแปรหลายตัว และตัวแปรแต่ละตัวจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันด้วย ดังนั้นการควบคุมจึงควรจะเป็นการควบคุมแบบอัตโนมัติ การควบคุมแบบ

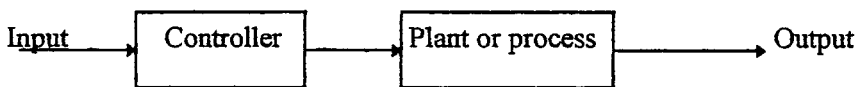
อัตโนมัติ การควบคุมแบบอัตโนมัตินั้นทำให้สามารถกำจัดความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากการปฏิบัติการผิดพลาดของคนได้ และยังทำให้การควบคุมมีความเที่ยงตรงแม่นยำสูง

ระบบควบคุมแบบ Closed-Loop นั้นสามารถจะพบเห็นได้ทั่วไป ทั้งในงานอุตสาหกรรมหรือในบ้าน ตัวอย่างของระบบควบคุมแบบ Closed-Loop ได้แก่ระบบ Servomechanisms ทั้งหมด ระบบควบคุมกระบวนการ ตู้เย็นที่ใช้ในบ้าน การควบคุมอุณหภูมิในห้อง เป็นต้น

2.3.2 ระบบควบคุมแบบ ระบบเปิด (Open-Loop)

ระบบควบคุมแบบ Open-Loop เป็นระบบควบคุมที่เอาต์พุทของระบบจะไม่มีผลต่อการควบคุมเลย นั่นคือในกรณีของระบบควบคุมแบบ Open-Loop นั้น เอาต์พุทของระบบจะไม่ถูกวัดหรือถูกป้อนกลับเพื่อนำมาเทียบกับอินพุท รูป 2.19 เป็น Block Diagram ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง อินพุทและเอาต์พุทของระบบควบคุมแบบ Open-Loop ตัวอย่างที่ง่าย ๆ ของระบบควบคุมแบบ Open-Loop ได้แก่ เครื่องซักผ้า กล่าวคือขั้นตอนของการดูน้ำเข้า การซักและการปล่อยน้ำทิ้งนั้นจะเป็นไปตามเวลาที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้า แต่เครื่องซักผ้าไม่ได้มีการวัดเอาต์พุทซึ่งก็คือความสะอาดของผ้าออกมาแต่อย่างใด

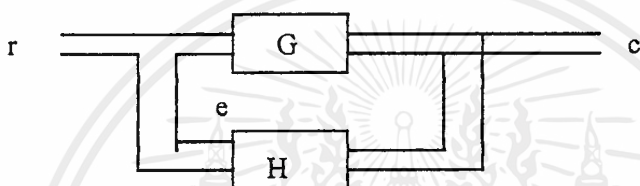
ในระบบควบคุมแบบ Open-Loop นั้นเอาต์พุทไม่ได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับอินพุท ดังนั้นความเที่ยงตรงของระบบจะขึ้นอยู่กับ การปรับเทียบ (Calibrate) ในทางปฏิบัติแล้วจะสามารถใช้การควบคุมแบบ Open-Loop ได้ถ้าทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทและเอาต์พุทของระบบโดยที่จะต้องไม่มี Internal Disturbance และ External Disturbance เท่านั้น และควรจะสามารถวัดได้เสมอว่าระบบควบคุมที่ทำงานตามเวลาที่กำหนดไว้จะเป็นระบบควบคุมแบบ Open-Loop



รูป 2.19 ระบบควบคุมแบบ Open - Loop

2.3.3 ผลของการป้อนกลับ

การป้อนกลับมีบทบาทที่สำคัญต่อระบบควบคุมเป็นอย่างมาก ในหัวข้อที่ผ่านมาจะเห็นว่าระบบควบคุมแบบ Closed-Loop นั้น จะอาศัยหลักการป้อนกลับเพื่อทำให้เอาต์พุตของระบบมีค่าเท่ากับอินพุตหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด ดังนั้นหัวข้อนี้ จะกล่าวถึงผลของการป้อนกลับที่มีต่อสมรรถนะของระบบ โดยในที่นี้จะพิจารณาถึงระบบป้อนกลับอย่างง่าย ๆ ดังแสดงในรูป 2.20 ซึ่งมี r เป็นสัญญาณอินพุต c เป็นสัญญาณเอาต์พุต e เป็นค่าความคลาดเคลื่อนและ b เป็นสัญญาณป้อนกลับ ส่วน G และ H นั้นจะถือว่าเป็น Gain ที่มีค่าคงที่



รูปที่ 2.20 ระบบที่มีการป้อนกลับ

ความสัมพันธ์ระหว่างเอาต์พุตกับอินพุตของระบบในรูป 2.20 คือ

$$M_c = c/r = G / (1 + GH)$$

สมการ จะใช้ในการพิจารณาถึงผลที่สำคัญต่างๆ ของการป้อนกลับต่อไป

2.3.4 ชนิดของระบบควบคุมป้อนกลับ

วิธีการจำแนกชนิดต่างๆ ของระบบควบคุมป้อนกลับนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายต่างๆ เช่นถ้าจะจำแนกชนิดของระบบควบคุมป้อนกลับตามวิธีการวิเคราะห์และออกแบบแล้ว ระบบอาจจะถูกจำแนกออกเป็นระบบที่เป็นเชิงเส้นและระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Linear and Non-linear), ระบบที่แปรตามเวลาหรือระบบที่ไม่แปรตามเวลา (Time Varying or Time-Invariant) หรือถ้าจะแบ่งตามชนิดของสัญญาณแล้วก็อาจจะแบ่งระบบออกได้เป็นระบบข้อมูลต่อเนื่อง (Continuous-Data System) และระบบ Discrete-Data System หรือระบบ Modulated และระบบ Unmodulated แต่ถ้าแบ่งระบบควบคุมป้อนกลับตามชนิดของอุปกรณ์ที่มีอยู่ในระบบแล้วก็อาจจะแบ่งระบบออกเป็นระบบควบคุมแบบไฟฟ้าเชิงกล (Electromechanical Control System), ระบบควบคุมแบบไฮดรอลิก (Hydraulic), ระบบควบคุมแบบนิวแมติกส์ (Pneumatic) เป็นต้น การที่สามารถจะจำแนก

ระบบควบคุมอย่างถูกต้องจะช่วยให้การวิเคราะห์และออกแบบระบบนั้นทำได้ดีและเหมาะสมยิ่งขึ้น

ระบบควบคุมที่เป็นเชิงเส้นและระบบควบคุมที่ไม่เป็นเชิงเส้น

การจำแนกระบบควบคุมวิธีนี้เป็นไปตามวิธีการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ในทางปฏิบัติแล้วจะไม่มีระบบที่เป็นเชิงเส้นเลย ทั้งนี้เพราะระบบทางกายภาพทั้งหมดจะมีคุณสมบัติที่ไม่เป็นเชิงเส้นในบางช่วง แต่นักวิเคราะห์ก็ได้สร้างรูปแบบ (Model) ของระบบควบคุมป้อนกลับที่เป็นเชิงเส้นขึ้นมาแทนเพื่อให้สะดวกและง่ายต่อการวิเคราะห์หรือออกแบบ โดยการกำหนดขอบเขตของขนาดของสัญญาณในระบบที่ทำให้อุปกรณ์ในระบบมีคุณลักษณะที่เป็นเชิงเส้น นั่นก็คือระบบนั้นๆ จึงถือได้ว่าเป็นระบบที่เป็นเชิงเส้น แต่ถ้าขนาดของสัญญาณมีค่าเกินขอบเขตของช่วงการทำงานที่เป็นเชิงเส้นแล้ว ระบบนั้นก็ถือว่าเป็นระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้น ตัวอย่างเช่นแอมพลิฟายที่ใช้ในระบบควบคุมนั้นมักจะมีค่าอิ่มตัวเมื่อสัญญาณอินพุทของมันมีขนาดมากขึ้น หรือสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ซึ่งโดยทั่วไปมีคุณสมบัติของการอิ่มตัว นอกจากนี้ก็ยังมี Blacklash หรือ Dead Play ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ไม่เป็นเชิงเส้นที่เกิดขึ้นในระบบควบคุมแบบเชิงกลที่มี Gear สองชุดขบเฟืองกัน หรือคุณสมบัติที่ไม่เป็นเชิงเส้นในสปริง และอื่นๆ แต่ในบางครั้งจะพบว่าคุณลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้นเหล่านี้จะถูกนำมาใช้ในระบบควบคุมบ่อยๆ เพื่อปรับปรุงให้ระบบมีสมรรถนะหรือมีประสิทธิภาพดีขึ้น เช่นเพื่อให้การควบคุมใช้เวลาน้อยที่สุด (Minimum-Time-Control) จะใช้ตัวควบคุมแบบ on-off (Bang-Bang หรือ Relay) การควบคุมแบบนี้จะพบอยู่เสมอในระบบควบคุมอาวุธจรวดหรือระบบควบคุมยานอวกาศ เป็นต้น

สำหรับระบบที่เป็นเชิงเส้น การวิเคราะห์และออกแบบระบบสามารถจะทำได้หลายวิธี ทั้งโดยวิธีการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์หรือวิธีทางกราฟ แต่สำหรับระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นนั้นจะเป็นการยากมากที่จะใช้คณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์หรือออกแบบ และจะไม่มีวิธีทั่วไปที่ใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นด้วย

ระบบที่ไม่แปรตามเวลาและระบบที่แปรตามเวลา

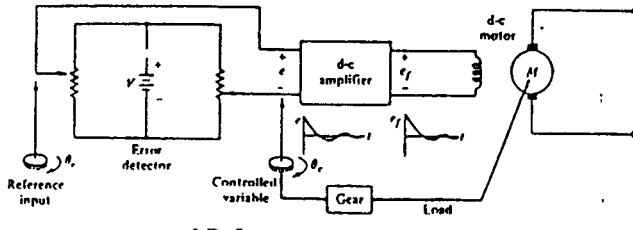
ระบบทางกายภาพส่วนใหญ่จะประกอบด้วยอุปกรณ์ซึ่งค่าเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาในบางช่วง ถ้าพารามิเตอร์ของระบบมีค่าคงที่เทียบกับเวลาระหว่างการทำงานของระบบแล้วจะ

ถือว่าระบบนั้นเป็นระบบที่ไม่แปรตามเวลา (Time-Invariant System) แต่ถ้า พารามิเตอร์ของระบบเปลี่ยนแปลงค่าไปตามเวลาในระหว่างช่วงการทำงานแล้ว ระบบนั้นก็ถือว่าเป็นระบบที่แปรตามเวลา (Time-Varying System) และโดยทั่วไปการวิเคราะห์ระบบที่แปรตามเวลาจะยุ่งยากซับซ้อนกว่าการวิเคราะห์ระบบที่ไม่แปรตามเวลา

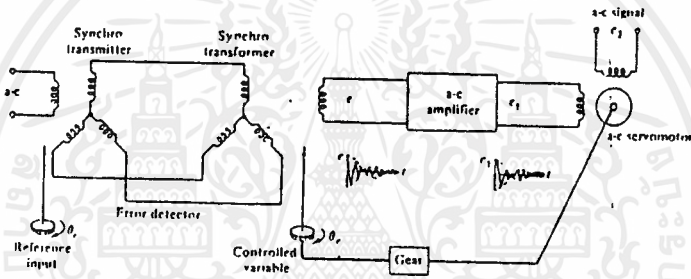
ระบบควบคุมแบบข้อมูลต่อเนื่อง

ระบบควบคุมแบบข้อมูลต่อเนื่อง (Continuous-Data Control System) เป็นระบบควบคุมชนิดหนึ่งซึ่งสัญญาณที่ส่วนต่างๆ ของระบบจะเป็นฟังก์ชันของเวลา t ทั้งหมด และในระบบควบคุมแบบข้อมูลต่อเนื่องนั้นสัญญาณยังอาจแบ่งออกเป็นสองชนิดคือสัญญาณเอซีหรือดีซี (AC or DC) ถึงแม้ว่าคำจำกัดความโดยทั่วไปของเอซีและดีซีนั้นจะใช้ในวิศวกรรมไฟฟ้าก็ตาม แต่ในระบบควบคุมแล้วก็ยังมีความหมายพิเศษอีก กล่าวคือระบบควบคุมแบบเอซีนั้นจะหมายถึงว่าสัญญาณในระบบถูก Modulated ด้วยวิธีการ Modulation บางอย่าง ส่วนระบบควบคุมแบบดีซีนั้นไม่ได้หมายถึงว่าสัญญาณในระบบทั้งหมดเป็นสัญญาณกระแสตรง แต่หมายถึงว่าสัญญาณจะเป็นแบบ Unmodulated ซึ่งคงอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงแบบเอซีได้ รูป 2.21 เป็น Schematic Diagram ของระบบควบคุมแบบดีซีที่มีการป้อนกลับ สัญญาณอินพุตของระบบได้แก่ Step Function Input และอุปกรณ์ในระบบประกอบไปด้วย Potentiometers, ดีซีแอมพลิฟาย, ดีซีมอเตอร์ และ Tachometer แบบดีซี

รูปที่ 2.22 เป็น Schematic Diagram ของระบบควบคุมป้อนกลับแบบเอซีระบบหนึ่ง ในกรณีนี้สัญญาณจะถูก Modulated และข้อมูลจะถูกส่งไปด้วย สัญญาณพาหะเอซี (AC Carrier Signal) จะเห็นว่าสัญญาณเอาต์พุตของระบบควบคุมแบบดีซีจะมีรูปคล้ายคลึงกับสัญญาณเอาต์พุตของระบบควบคุมแบบเอซีถ้าระบบควบคุมทั้งสองแบบมีจุดมุ่งหมายเหมือนกันสำหรับอุปกรณ์โดยทั่วไปของระบบควบคุมแบบเอซีนั้นได้แก่ Synchros, เอซีแอมพลิฟาย, เอซีมอเตอร์, Gyroscopes และ Accelerometers



รูปที่ 2.21 ระบบควบคุมป้อนกลับแบบดีซี



รูปที่ 2.22 ระบบควบคุมป้อนกลับแบบเอซี

ในทางปฏิบัติแล้วระบบควบคุมบางระบบอาจจะไม่สามารถระบุชี้ชัดลงไปว่าเป็นระบบควบคุมแบบเอซีหรือแบบดีซี ทั้งนี้เพราะอาจจะมีอุปกรณ์แบบเอซีและอุปกรณ์แบบดีซีรวมกันอยู่ในระบบ ดังนั้นจึงต้องใช้ Modulator และ Demodulator เป็นตัวปรับ (Match) สัญญาณให้เข้ากันตามจุดต่างๆ ในระบบ

ระบบควบคุมแบบดิจิทัลและ SAMPLED-DATA

ระบบควบคุมแบบดิจิทัล (Digital) และ Sampled-Data ต่างกับระบบควบคุมแบบข้อมูลต่อเนื่องที่ว่าสัญญาณที่จุดใดจุดหนึ่งหรือหลายจุดในระบบจะถูกจัดให้อยู่ในรูปของ Pulse Train หรือรหัสทางดิจิทัล (Digital Code) โดยทั่วไปแล้วระบบ Sampled-Data จะหมายถึงระบบซึ่งมีสัญญาณในรูปของ Pulse ส่วนระบบควบคุมแบบดิจิทัลจะหมายถึง การใช้คอมพิวเตอร์หรือตัวควบคุมแบบดิจิทัลในระบบ และในบางครั้งระบบควบคุมทั้งสองแบบนี้จะถูกเรียกรวมกันว่า ระบบควบคุมแบบ Discrete-Data (Discrete-Data Control System)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

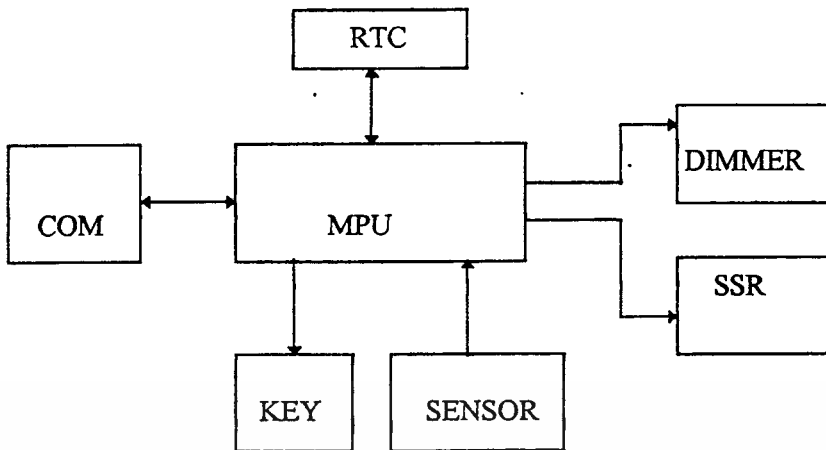
การออกแบบและการสร้าง

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล M68HC11 ผลิตขึ้นโดยบริษัทโมโตโรล่า เบอร์ที่นิยมจะพบเห็นกันได้แก่เบอร์ MC68HC11A8, XG68HC11B8, MC68HC11E9, MC68HC11D3 ทุกเบอร์จะมีพอร์ตอินพุตเอาต์พุต 4 พอร์ต ด้วยข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ตรงที่สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานได้สะดวก มีเทคโนโลยีไฮสปีดซีมอส กินกระแสต่ำ ความเร็วสูง มีแอสคิมูเลเตอร์ 2 ตัว และมีวงจรเปลี่ยนสัญญาณเชิงอุปมาเป็นเชิงเลข ในตัว จึงทำให้มีความสามารถทางอุปกรณ์มากกว่าไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์อื่นๆ

คณะผู้จัดทำจึงได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นี้มาออกแบบและสร้างเป็นลักษณะของชุดควบคุมเพื่อใช้ในการศึกษาเรียนรู้การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 68HC11 พร้อมทั้งเขียนโปรแกรมมอนิเตอร์ควบคุมการทำงานของระบบ(ในส่วนของโปรแกรมสามารถอ่านได้ในภาคผนวก) ชุดควบคุมที่สร้างขึ้นจะมีส่วนประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้คือ ส่วนการแสดงผลของชุดควบคุมจะใช้ตัวแสดงผลผลลิกเหลวขนาด 40 ตัวอักษร 2 แถวเป็นจอภาพการแสดงผลบนมัลติบอร์ด, ส่วนคีย์บอร์ดของชุดควบคุมจะเป็นแบบเมตริกซ์ switch ขนาด 4*4 , ส่วนควบคุมความเข้มแสง, รีเลย์อิเล็กทรอนิกส์และตัวตรวจจับอินฟาเรด

3.1 ผังการทำงานเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมย

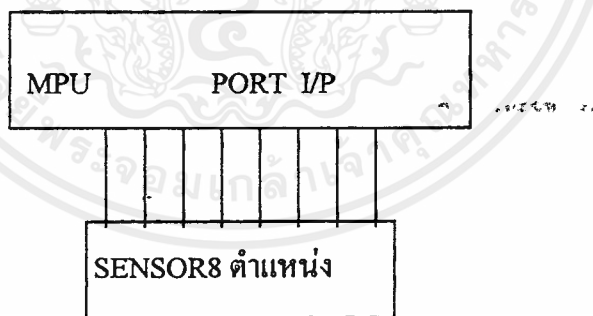
เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมยเป็นเครื่องที่ใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมเปิดปิด ควบคุมความเข้มของแสง โดยใช้การส่งข้อมูลการควบคุมผ่านพอร์ตอนุกรมแบบRS-232C ต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์มีพอร์ตที่รองรับการรับส่งข้อมูลพอร์ตอนุกรมคือมีขา Tx ส่งข้อมูล, Rx รับข้อมูล ไมโครคอนโทรลเลอร์ทดสอบบิตอินเตอร์รัพท์ดังมีการรับหรือส่งบิตอินเตอร์รัพท์เป็นเซ็ท ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานที่เวกเตอร์อินเตอร์รัพท์เพื่อทำการปิดเปิด ควบคุมความเข้มของแสง จะแสดงผลที่LCD



รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมย

3.1.1 การตั้งค่า อุปกรณ์ตรวจจับ

ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าทางพอร์ต เมื่อมีการอินเทอร์รัพท์จะมาอ่านค่าที่พอร์ต ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งข้อมูลไปแสดงผลที่แอลซีดี และส่งข้อมูลไปคอมพิวเตอร์ เมื่อแสดงผลทางจอคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผล



รูปที่ 3.2 การรับค่าจากอุปกรณ์ตรวจจับ

3.2. การออกแบบเครื่องควบคุม

3.2.1. ใช้งานบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ (PC)

ใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานส่วนต่างๆ ของระบบ โดยการส่งสัญญาณผ่านพอร์ทอนุกรม RS-232C สื่อสารกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 ซึ่งใช้โปรแกรมประเภท Visual ในการเขียนโปรแกรมสำหรับวินด์โดวส์ ทำหน้าที่ในการควบคุมระบบ ซึ่งแสดงผลการใช้งานบนไมโครซอฟท์วินด์โดวส์ของเครื่องคอมพิวเตอร์

3.2.2 ใช้งานบนชุดสถานีระบบตรวจจับและควบคุม (Stand Alone)

ใช้เมตริกซ์คีย์บอร์ด ขนาด 4*4 บนตัวเครื่องที่สร้างขึ้น ทำหน้าที่ในการติดต่อกับระบบ และควบคุมการทำงานส่วนต่างๆ ของระบบ ซึ่งบนคีย์บอร์ดของเครื่องที่สร้างขึ้นจะประกอบด้วยคีย์ต่างๆ เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้งาน และแสดงผลการใช้งานบนจอแอลซีดี ขนาด 40 ตัวอักษร * 2 แถว

3.3 ส่วนประกอบโดยทั่วไป

ระบบตรวจจับและควบคุมด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ มีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

3.3.1 ส่วนชุดควบคุม (CP-68HC11 Board)

เป็นส่วนที่ควบคุมการทำงานในส่วนต่างๆ ของระบบตามโปรแกรมมอนิเตอร์ที่เขียนขึ้นโดยใช้บอร์ด CP-68HC11 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์-ขนาด 8 บิต โดยจะมีพอร์ทอินพุทเอาต์พุท พอร์ทเครื่องพิมพ์ พอร์ทเชื่อมต่อคีย์บอร์ด พอร์ทแอลซีดี [คู่มือ CP-68HC11 ของ ETT CO.,LTD.]

3.3.2 ส่วนวงจรมอนิเตอร์เวลาจริง (Real Time)

นาฬิกาบอกเวลาจริงเป็นตัวเก็บประมวลผลทางเวลาสามารถบอกวันและเวลาหรือเรียกว่า RTC

คุณสมบัติที่ต้องการใช้

- 1.สามารถบอกวัน เดือน ปี ได้อย่างถูกต้องรวมทั้งสามารถคำนวณปีอธิกสุรทิน
- 2.มีขนาดเล็ก
- 3.สามารถต่อใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ในการทำอินเตอร์รัพท์

จากคุณสมบัติจึงเลือกใช้นาฬิกาบอกเวลาจริงของบริษัท ETT เวอร์ชัน 4 ทำหน้าที่ในการบอก วัน, เดือน, ปี และเวลา ให้กับซีพียู ซึ่งเราสามารถเขียนและอ่านข้อมูลเกี่ยวกับเวลาจากวงจร RTC ได้ต่อจาก System Bus จากบอร์ด CP-68HC11 จำนวน 40 ขา

3.3.3 ส่วนคีย์บอร์ด (Keyboard)

เป็นส่วนที่รับค่าหรือเป็นอินพุตที่ใช้สั่งงานของระบบควบคุม โดยค่าที่รับนี้จะส่งผ่านพอร์ต C ของ 8255 ที่ตำแหน่ง 1202 เข้าไปที่ซีพียูขนาดที่ใช้เป็นคีย์ 4*4 เมตริกซ์

ข้อดีของคีย์บอร์ดแบบเมตริกซ์สวิตช์

1. ประหยัดการใช้พอร์ตทำคีย์บอร์ดเมื่อใช้คีย์หลายคีย์
2. นิยมใช้กันทั่วไป

ข้อเสียของคีย์บอร์ดแบบเมตริกซ์

1. ใช้อุปกรณ์มากกว่าต่อใช้โดยตรง
2. มีความซับซ้อนในสร้างมากกว่าคีย์ธรรมดา

3.3.4 ส่วนการแสดงผลการใช้งานบนจอแสดงผลผลึกเหลว (LCD Display)

ทำหน้าที่เป็นมอนิเตอร์ของระบบควบคุม แอลซีดีใช้แสดงผล เนื่องจากเครื่องควบคุม อุปกรณ์และป้องกันขโมยมีฟังก์ชันการทำงานหลายฟังก์ชันจึงจำเป็นที่แอลซีดีเป็นตัวแทนแสดงผล ซึ่งสามารถแสดงผลเป็นประโยคและสัญลักษณ์ต่างๆ ได้โดยขึ้นอยู่กับขนาดตัวอักษร ซึ่งใช้จอแอลซีดีโมดูล ขนาด 40 ตัวอักษร * 2 แถว ติดต่อกับบอร์ด CP-68HC11

สำหรับตำแหน่งที่ใช้ในการติดต่อกับแอลซีดีมีรายละเอียดดังนี้

เขียนคำสั่งควบคุมแอลซีดีที่ตำแหน่ง 1400

อ่านสัญญาณ Busy Flag And Address ที่ตำแหน่ง 1400

เขียนข้อมูลที่ตำแหน่ง 1401

อ่านข้อมูลที่ตำแหน่ง 1401

3.3.5 ส่วนวงจรควบคุมความเข้มของแสงไฟด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ทำหน้าที่เป็นวงจรหรี่ไฟ ซึ่งใช้สำหรับติดต่อกับระหว่างอุปกรณ์ไฟฟ้าจากภายนอกกับส่วนวงจรถอดรหัสพอร์ทภายนอก โดยออกแบบไว้ทั้งหมด 8 ช่อง ใช้ไอซี 74LS138 เลือกตำแหน่งที่ตำแหน่ง 1500-1508 และสามารถพักข้อมูลที่กำหนดระดับแสงสว่างไว้แต่ละช่องด้วย ไอซีบัฟเฟอร์ 74LS373

3.3.6 ส่วนวงจรโซลิดสเตทรีเลย์ (Solid State Relay)

ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ ใช้ในการตัดต่อวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เพื่อควบคุมการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า 220 โวลต์ ซึ่งออกแบบไว้ทั้งหมด 8 ช่อง ใช้สำหรับควบคุมแบบ เปิด/ปิดธรรมดา หรือตั้งเวลา เปิด/ปิด 8 ช่อง สามารถออกแบบให้ติดต่อกับ CP-68HC11 โดยใช้พอร์ต A ของ 8255 ที่ตำแหน่ง 1200

3.3.7 ส่วนของแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟเอซี 220 โวลต์ เป็นแรงดันไฟกระแสตรง 12 โวลต์ แล้วผ่านวงจรรักษาระดับแรงดันจ่ายไฟกระแสตรง 5 โวลต์ส่งไปเลี้ยงวงจรในส่วนต่างๆ

3.4 การออกแบบและการทำงานในส่วนต่างๆ

3.4.1 ส่วนชุดควบคุม

คุณสมบัติทางเทคนิคของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-68HC11 ได้แก่

ไมโครคอนโทรลเลอร์ : MC68HC11A1FN

หน่วยความจำ : แรม 6264 (8 กิโลไบต์) หรือ 62256 (32 กิโลไบต์)
ใช้งานที่แอดเดรส \$2000-\$9FFF อีพรอม 2764 ขนาด 8 กิโลไบต์ หรือ 27256 (32 กิโลไบต์)
แต่จะใช้งานได้สูงสุด 24 กิโลไบต์ มีช่วงแอดเดรสคือ \$A000-\$FFFF มีแรมภายใน 256 ไบต์และอีอีพรอมขนาด 512 ไบต์

พอร์ตอินพุทเอาต์พุท : ขนาด 24 บิต โดยใช้ชิพ 8255

พอร์ตเครื่องพิมพ์ : มีจำนวน 1 พอร์ต

พอร์ตเชื่อมต่อคีย์บอร์ด : แบบ Matrix ขนาด 3*4 หรือ 4*4 จำนวน 1 พอร์ต

พอร์ตแอลซีดี : มี 1 พอร์ต ใช้ได้ทั้งแบบตัวอักษรและแบบกราฟฟิก

พอร์ตตัวตั้งเวลา : มีพอร์ตอินพุท 3 ช่อง, พอร์ตเอาต์พุท 4 ช่อง และ

ยังมีพอร์ตอินพุทเอาต์พุทอีก 4 ช่อง

พอร์ต เอพดี : มีพอร์ตแปลงสัญญาณเชิงอุปมาเป็นเชิงเลข 8 บิต 8 ช่อง

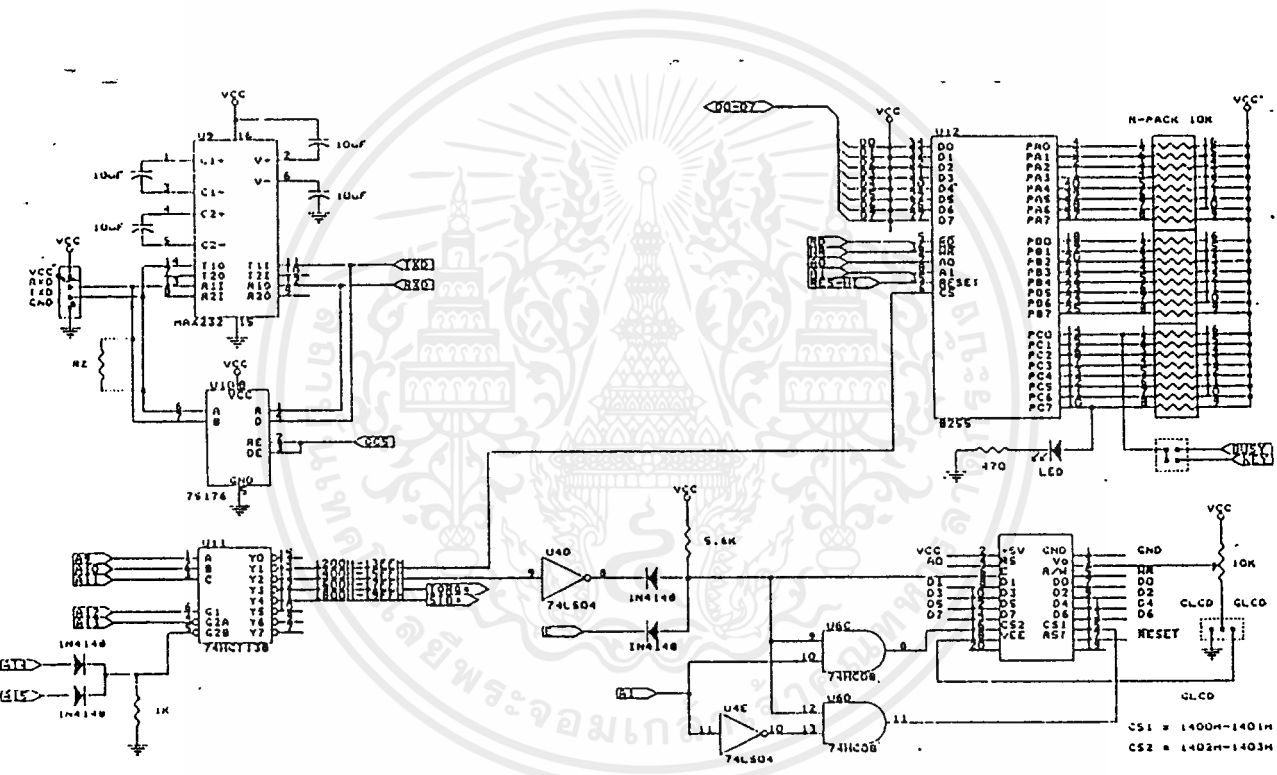
พอร์ตอนุกรม : มีพอร์ตอนุกรม 2 ช่อง แบบ SCI และ SPI

สัญญาณนาฬิกา : ใช้สัญญาณนาฬิกา 8 MHz

ขนาดของชุดควบคุม : 93 * 14 เซนติเมตร

3.4.2 การขยายพอร์ตที่เพิ่มเติมบนชุดควบคุม

ในส่วนของการขยายพอร์ตเพิ่มเติม U11 ในเบอร์ 74HCT138 จะทำหน้าที่ถอดรหัส แอค्रेसพอร์ตให้แก่ 68HC11 โดยพอร์ตเพิ่มเติมนั้นจะใช้ U12 เบอร์ 8255 นอกจากนั้น U11 ยังถอดรหัสแอก्रेसสำหรับพอร์ตที่เชื่อมต่อกับแอลซีดีโมดูลด้วย โดยจะทำงานร่วมกับ U4D, U4E, U6C และ U6D ความต้านทานปรับค่าได้ 10 กิโลโอห์ม จะปรับความสว่างของ แอลซีดีโมดูล

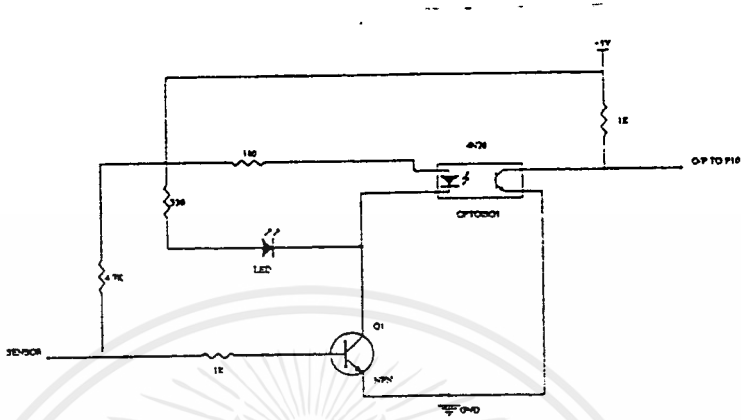


รูปที่ 3.3 การขยายพอร์ตที่เพิ่มเติมบนชุดควบคุม

3.4.3 ส่วนของวงจรตรวจจับ (Sensors Circuit)

การออกแบบภาคเชื่อมต่อในการนำวงจรแปลงสัญญาณเชิงอุปมาเป็นสัญญาณเชิงเลขของบอร์ด CP-68HC11 ที่ไปใช้ในการตรวจจับแรงดันสัญญาณเชิงอุปมาที่เป็นไฟตรง 0-5 โวลต์ จะใช้ตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม ต่อดึงกราวด์เพื่อแก้สภาวะอิมพีแดนซ์สูงของอินพุท ในขณะที่ไม่มีสัญญาณเชิงอุปมาเข้ามา การต่อตัวต้านทานค่า 10 โอห์ม จะจำกัดกระแสเพื่อเอกซารนี้เป็นเอกซารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกซารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้องกันความเสียหายของพอร์ตแปลงสัญญาณของบอร์ด CP-68HC11 ในส่วนนี้ได้ทำการออกแบบไว้ 8 แชนแนล คือใช้งานที่ขา AN0-AN7 ของวงจรเอพูคิของบอร์ด CP-68HC11



รูปที่ 3.4 วงจรตรวจจับแบบต่างๆ

3.4.4 ส่วนของแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

ส่วนของแหล่งจ่ายไฟจะใช้ 3 ชุดเพื่อจ่ายให้กับวงจรส่วนต่างๆ คือ

1. วงจรรักษาระดับแรงดันไฟตรงในบอร์ดควบคุม (CP-68HC11)
2. วงจรรักษาระดับแรงดันไฟตรงในบอร์ด โซลิตสเตทรีเลย์ (SSRAC)
3. วงจรรักษาระดับแรงดันไฟตรงในวงจรถอดรหัสพอร์ตให้กับวงจรควบคุมความเข้ม

ของแสง

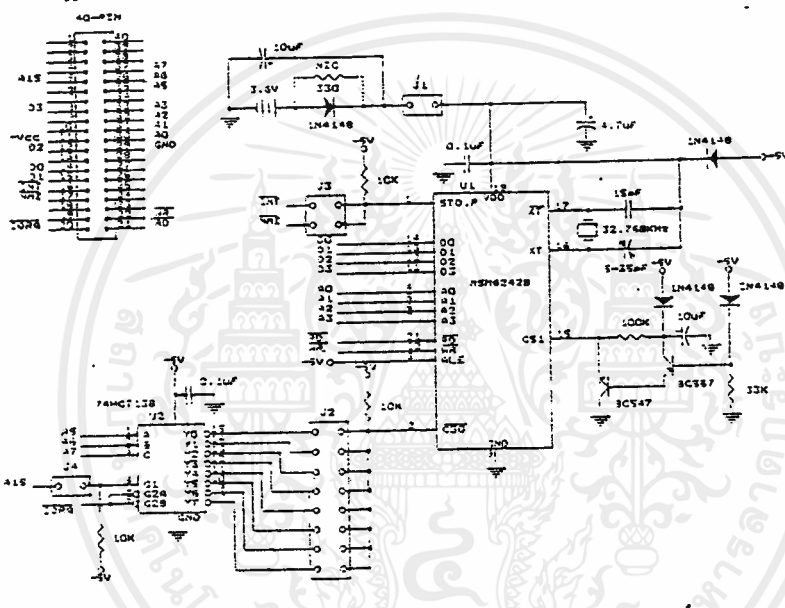
การออกแบบวงจรจะใช้ LM7805 เป็นตัวรักษาระดับแรงดันไฟตรง 5 โวลต์ จะใช้ ไดโอด FR100 เป็นอุปกรณ์ป้องกันการต่อแหล่งจ่ายไฟกลับขั้ว ตัวไดโอด 1N4001 ใช้ป้องกันการคายประจุของตัวเก็บประจุไม่ให้คายประจุผ่านไอซีเรกกูเลตสำหรับ ซีเนอไรด์ ไดโอดมีขนาด 5.6 โวลต์ ใช้ป้องกันการผิดพลาดของตัวรักษาระดับแรงดัน จะจำกัดระดับ แรงดันไฟ เอาท์พุทไม่ให้เกิน 5.6 โวลต์ ตัวต้านทาน 470 โอห์ม นำมาใช้ลดแรงดันและจำกัดกระแสที่ ไบอัสให้แก่แอลอีดีในสภาวะที่เปิดเครื่องอยู่

การออกแบบวงจร จะใช้ LM7805 เป็นตัวรักษาระดับแรงดันไฟตรง 5 โวลต์ไปเลี้ยง วงจร โดยมีตัวเก็บประจุค่า 470µF ใช้เป็นตัวฟิลเตอร์แรงดันไฟตรงให้เรียบยิ่งขึ้น โดยมีวงจร บริดจ์ไดโอด ทำหน้าที่ในการเรียงกระแสจากกระแสสลับเป็นกระแสตรงก่อน

กระแสแบบบริคซ์ ไฟตรงที่ได้จากการเรียงกระแสจะถูกฟิลเตอร์ และกรองการออก แบบวงจรนั้นจะใช้ไดโอด 1N4001 4 ตัว เป็นวงจรเรียงสัญญาณรบกวน โดยตัวเก็บประจุแรงดันไฟตรงเอาท์พุทที่ฟิลเตอร์แล้วจะมีค่าประมาณ 12 โวลท์

3.5 การสร้าง

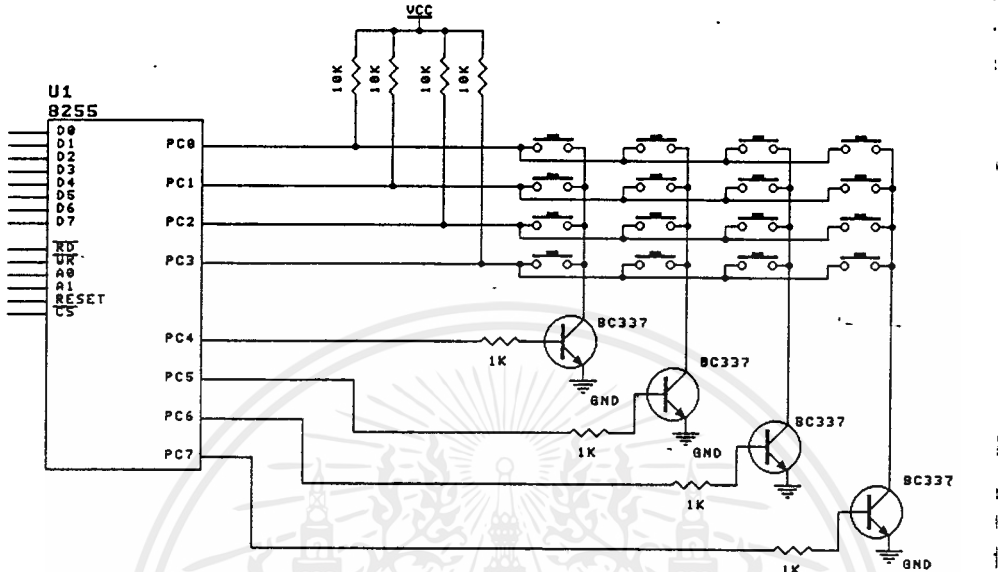
3.5.1 ส่วนวงจรมานึกาบอกเวลาที่แท้จริง



รูปที่ 3.5 วงจรนาฬิกาบอกเวลาที่แท้จริง Real Time Clock

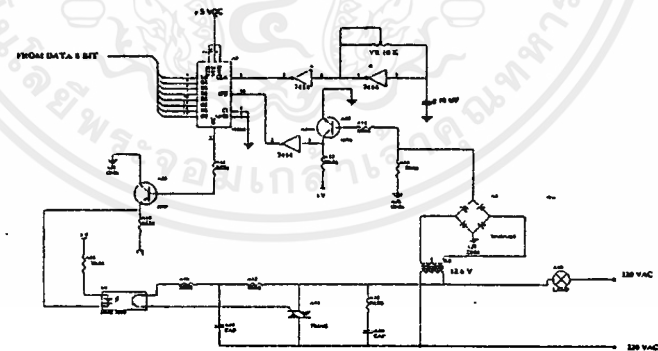
บอร์ด RTC ใช้แผ่นวงจรพิมพ์ 2 หน้า ใส่อุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กก่อน เช่น ตัวต้านทาน ไดโอด ตัวเก็บประจุ ซอกเก็ตไอซี และที่ใส่ ถ่าน และให้ระวังเรื่องขั้วด้วย จากนั้นก็บัดกรี อุปกรณ์ต่างๆ และใส่ไอซีลงซอกเก็ต เมื่อเสร็จแล้วก็นำบอร์ด RTC เสียบลงขาเสียบ (Connector) 40 ขา ซึ่งเป็น Z80 บัสของบอร์ด CP-68HC11 แล้วจ่ายไฟเข้าบอร์ด จากนั้นใช้ เครื่องวัดความถี่วัดที่ขา 17 (XT) แล้วปรับทริเมอร์ ให้อ่านค่าความถี่ได้ 32768 Hz

3.5.2 การสร้างคีย์บอร์ด (Keyboard)



รูปที่ 3.6 การต่อวงจรส่วนคีย์บอร์ด

3.5.3 ส่วนวงจรควบคุมความเข้มของแสงไฟด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์



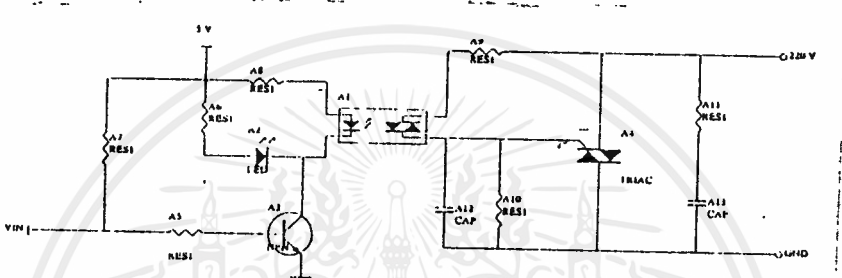
รูปที่ 3.7 วงจรควบคุมความเข้มของแสงไฟด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

การสร้างวงจรควบคุมความเข้มของแสงไฟด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ออกแบบลายทองแดงตามรูปวงจร รูปที่ 3.10 โดยใช้แผ่นวงจรพิมพ์หน้าเดียว ด้วยโปรแกรม Protel ให้มีลักษณะเป็นการ์ดเสียบ โดยใช้เสกเตอร์รูปตัวแอลเป็นจุดต่อเข้ากับ Connector ของบอร์ดวงจรการถอดรหัสพอร์ท ซึ่งทำทั้งหมด 8 แผ่น จากนั้นใส่อุปกรณ์เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเล็กๆ ก่อน ตามด้วยพวกชอกเก็ตไอซีและคอนเนคเตอร์ ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ แล้วบัดกรีขาให้เรียบร้อย รวมทั้งติดแผ่นระบายความร้อนให้กับไดรแอกด้วย แล้วจึงใส่ไอซีเบอร์ต่างๆ ลงในช็อกเก็ต

3.5.4 ส่วนวงจรโซลิดสเตทรีเลย์ (Solid State Relay)



รูปที่ 3.8 วงจรโซลิดสเตทรีเลย์

จากรูปที่ 3.8 ทำการออกแบบเป็นวงจรสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะใช้อิซีเบอร์ MOC 3082 ซึ่งเป็นออปโตไดรแอก ใช้เป็นตัวควบคุมการตัดต่อวงจรระหว่างภาคอินพุตกับเอาต์พุต โดยใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2SC458 เป็นสวิตช์ในการตัดต่อวงจรทางด้านอินพุต ควบคุมออปโตไดรแอกให้ไปไบอัสขาเกตของไดรแอกเบอร์ BT 136 เพื่อควบคุมหลอดไฟทางส่วนภาคแสดงผล และมีแอลอีดีแสดงผลการเปิดและปิดวงจร ส่วนภาคแสดงผลจะมีตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ซึ่งคือในลักษณะของวงจรป้องกัน (Snubber) เพื่อป้องกันกระแสไฟกระชากขณะเริ่มต้นทำงาน ไม่ให้ไดรแอกและออปโตไดรแอกเกิดการชำรุดเสียหาย

การสร้างวงจรโซลิดสเตทรีเลย์

ออกแบบลายทองแดงตามรูปวงจร รูปที่ 3.8 โดยใช้แผ่นวงจรพิมพ์หน้าเดียวด้วยโปรแกรม Protel ให้มีลักษณะเป็นบอร์ดควบคุม โดยใช้เสดเคอร์ขนาด 34 ขาเป็นจุดต่อเข้ากับคอนเนคเตอร์ของพอร์ต 8255 บนบอร์ด CP-68HC11 ซึ่งออกแบบไว้ทั้งหมด 8 แชนแนล อยู่บนบอร์ดเดียวกันทั้งหมด จากนั้นใส่อุปกรณ์ตัวเล็กๆ ก่อน ตามด้วยพวกชอกเก็ตไอซีและเสดเคอร์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ แล้วจึงใส่ไอซีออปโตไดรแอกในช็อกเก็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

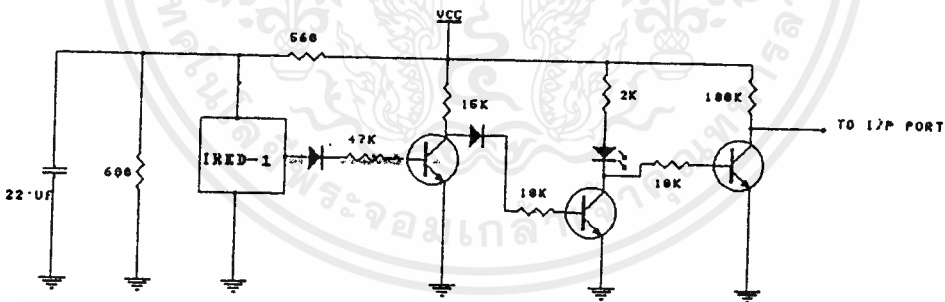
3.5.5 การออกแบบและการสร้างวงจรตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรด

วงจรตรวจจับประกอบด้วยวงจรรักษาแสงอินฟราเรดและวงจรรักษา ภาควงจรทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณความถี่ให้ตรงกับความถี่ของภาควงจรและจ่ายกระแสให้แก่ LED อินฟราเรด ส่วนภาควงจรก็จะรับแสงอินฟราเรดเข้ามาแล้วเปลี่ยนเป็นแรงดันไฟตรง วงจรรักษา

ประกอบด้วยส่วนของวงจรมีความถี่ใช้ IC เบอร์ LM555 มาจัดเป็นวงจระอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ค่าความถี่หาได้จากสูตร

$$F_c = 1.44 / (R_a + 2R_b)C$$

จากวงจรมีสามารถปรับความถี่โดยการปรับค่าความต้านทานเก็อกมา 5 กิโลโอห์มให้มีค่า 37 กิโลโอห์ม ซึ่งเป็นค่าความถี่ที่ตรงกับทางภาควงจรเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการกำเนิดสัญญาณรบกวนแรงดันสัญญาณความถี่ที่ได้จะปรากฏขึ้นที่ขา 3 ของไอซี ซึ่งจะเป็แรงดันอินพุทป้อนให้กัทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งจะทำหน้าที่รับกระแสให้แก่ LED อินฟราเรดเปล่งแสงอินฟราเรดส่งออกไปยังภาควงจร

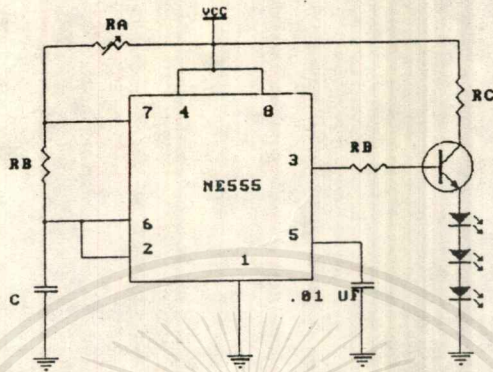


รูปที่ 3.9 วงจรรักษา

วงจรรักษา

ใช้โมดูลชุดรับ IRED-1 มาทำหน้าที่ในการรับสัญญาณอินฟราเรดจากชุดส่งเฉพาะที่มีความถี่ 37 กิโลเฮิรตซ์ และทำหน้าที่ขยายสัญญาณให้แรงขึ้นและเปลี่ยนให้เป็นระดับแรงดันไฟตรง กล่าวคือ ถ้าชุดโมดูลได้รับสัญญาณแสงอินฟราเรดแรงดันเอาต์พุทของชุดโมดูลจะมีค่าประมาณ 1.7 โวลต์ และถ้าไม่มีแสงอินฟราเรดส่งมากระทบแรงดันเอาต์พุทของชุดโมดูลจะมีค่าเท่ากับ 3.25 โวลต์และนำแรงดันเอาต์พุทนี้มาเข้าวงจรรานซิสเตอร์สวิตซ์เพื่อนำการยก

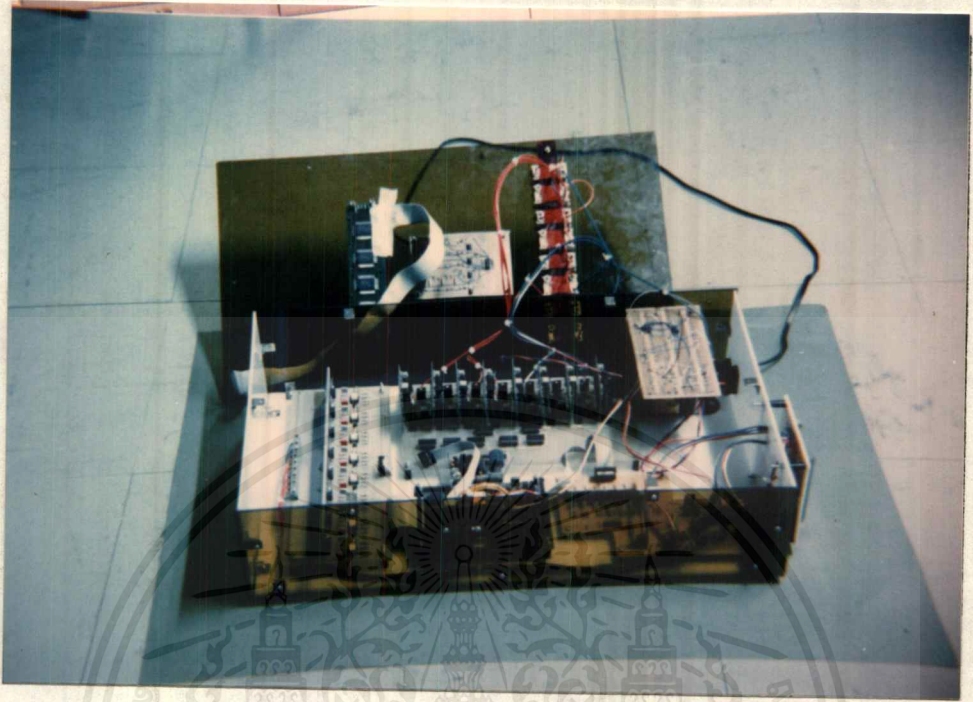
ระดับแรงดันให้มีค่าเป็น V_{cc} กับกราวด์ หรือแรงดันสูงต่ำเพื่อนำสัญญาณอินพุตให้กับ วงจรอินพุตพอร์ตของไมโครโปรเซสเซอร์



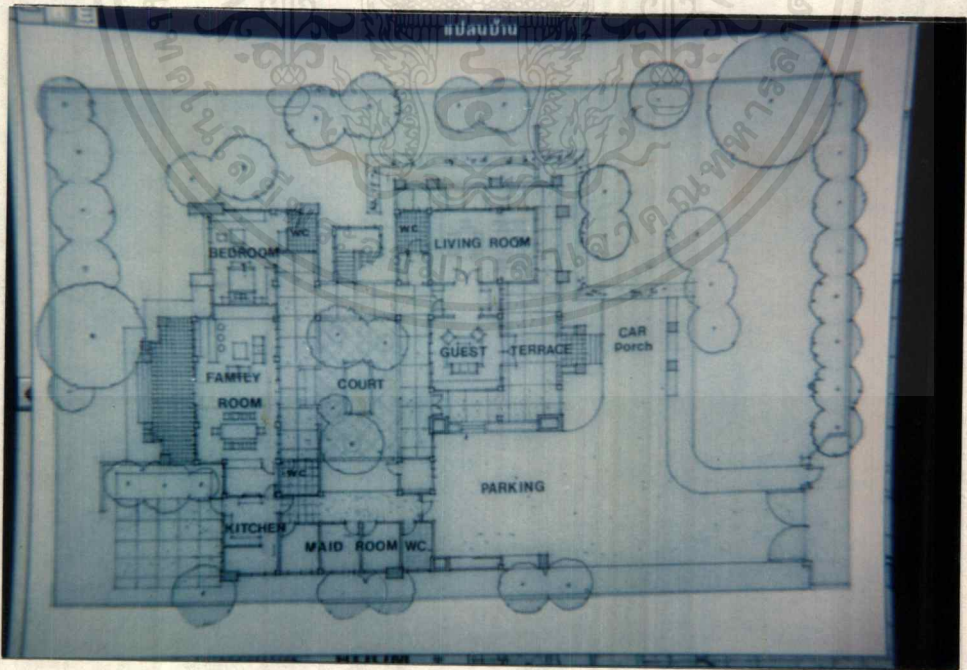
รูปที่ 3.10 วงจรภาคส่ง



รูปที่ 3.11 ชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมย



รูปที่ 3.12 การเดินสาย



รูปที่ 3.13 พื้นหลังของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองการทำงานของโซลิตสเททรีเลย์

4.1.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่จุดต่อต่างๆบนบอร์ดโซลิตสเททรีเลย์ซึ่งมีทั้งหมด 8 ช่อง
2. ป้อนแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลท์กระแสตรงและ 220 โวลท์กระแสสลับ เข้าที่จุดต่อบนบอร์ด

3. ป้อนสัญญาณลอจิก 1 เข้าที่อินพุตที่ช่องตั้งแต่ช่องที่ 1-8

4.1.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองปรากฏว่าเมื่อป้อนสัญญาณลอจิก 1 เข้าที่อินพุตช่องใดใน 8 ช่อง LED ที่ใช้แสดงผลบนบอร์ดในช่องนั้นจะสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่ออยู่จะทำงาน

4.2 การทดลองวงจรควบคุมความเข้มของแสงไฟ

4.2.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1. นำการ์ดวงจรควบคุมความเข้มของแสงสว่างซึ่งมีทั้งหมด 8 ชุดเสียบลงบนบอร์ดวงจรลอจิกฮาร์ดแวร์ภายนอกที่แขนแนล 1 ที่ละชุด โดยการทดลองดังนี้
2. ป้อนแรงดัน 220 โวลท์ กระแสสลับเข้าที่จุดต่อ 220 โวลท์บนการ์ดแล้วต่อหลอดไฟแสดงผลที่จุดต่อเอาต์พุตของการ์ด
3. ป้อนสัญญาณข้อมูล D0-D7 , สัญญาณแอกเคอเรส 1500-1507
4. กำหนดสัญญาณแอกเคอเรสให้ลอจิกฮาร์ดแวร์ที่แขนแนลที่ 1
5. เปลี่ยนแปลงระดับข้อมูล D0-D7 ด้วยรหัสบีซีดี 8421 ตั้งแต่ค่าต่ำสุดไปจนถึงค่าสูงสุด

4.2.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นว่าหลอดไฟจะสว่างเต็มที่เมื่อข้อมูลมีค่าเป็น 00 และจะค่อยๆหรี่ลงตามลำดับการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่เพิ่มขึ้นจนเมื่อข้อมูลถึงค่า FF หลอดไฟจะดับ

4.3 การทดลองการทำงานชุดควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์

4.3.1 ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. นำบอร์ด โซลิดสเตทรีเลย์, บอร์ดวงจรลอจิกภายนอก, เชื่อมต่อเข้ากับบอร์ด CP-68HC11 ด้วยสายคอนเนคเตอร์ขนาดต่างๆ
2. ป้อนแรงดันจากแหล่งจ่าย ไฟตรงเข้าที่ขั้วบนบอร์ด CP-68HC11
3. ต่อสาย RS-232C จากเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ากับบอร์ด CP-68HC11
4. เรียกใช้โปรแกรม Procom Plus บนพีซีทดลองส่งค่าแอดเดรสและข้อมูลออกไปที่ตำแหน่งของพอร์ท 8255 บนบอร์ดควบคุมด้วยคำสั่ง 1200 01 และ 1200 00
5. ทดลองส่งค่าแอดเดรสและข้อมูล ไปลอจิกสพอร์ทภายนอกเพื่อควบคุมการหรีไฟ

4.3.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองถึงข้อที่ 4 จะเห็นว่าเมื่อเข้าโปรแกรม Procom Plus แล้วจะเกิด Logo ของโปรแกรมและมีเคอร์เซอร์ปรากฏเป็นการเตรียมพร้อมสำหรับการสื่อสารสัญญาณผ่านพอร์ท RS -232C จากนั้นเมื่อทดลองส่งค่าออกไปที่พอร์ท 8255 ทีละเซนแนลแล้ว โซลิดสเตทรีเลย์จะแสดงผลการทำงานตามการส่งค่าของแต่ละเซนแนลและเมื่อทดลองถึง ข้อ 5 แล้วจะเห็นว่าหลอดไฟจะเปลี่ยนระดับความสว่างตามค่าของข้อมูลที่ส่งออกไป

4.4 การทดลองวงจรมานาฬิกาบอกเวลาจริง

4.4.1 การทดลอง

1. ต่อจอยแอลซีดีเข้ากับบอร์ด CP-68HC11 และเสียบบอร์ด RTC ลงบน Z80 Bus ของบอร์ด CP-68HC11 แล้วจ่ายไฟตรงให้กับระบบ
2. ใช้สายคอนเนคเตอร์เชื่อมต่อบอร์ดควบคุมเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยผ่านพอร์ท RS-232C
3. เขียน โปรแกรมการตั้งเวลาบน Debugger แล้วสั่ง Run โปรแกรมที่แอดเดรสเริ่มต้น
4. ทดลองตั้งเวลาจริงให้กับ RTC ในหลักวินาที, นาที, ชั่วโมงและวัน เดือน ปี

4.4.2 ผลการทดลอง

เมื่อทำการทดลองในข้อ 3 แล้วตัวเลขจะแสดงเวลาเดิมที่อยู่ใน RTC และจะเดินไปเรื่อยๆ จากนั้นเมื่อทดลองตั้งเวลาที่ถูกต้องให้กับ RTC ใหม่แล้วกดคีย์สั่งให้ทำงานต่อไป โปรแกรมจะตั้งค่าให้หลักวินาทีเป็น 00 หลังจากนั้นเวลาที่จะเดินตามเวลาใหม่ที่เราได้ตั้งไว้

4.5 การทดลองวงจรตรวจนับแบบอินฟาเรด

4.5.1 ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่ออุปกรณ์ตรวจนับแบบส่งและรับกับแหล่งจ่ายไฟ
2. วัดระยะเวลาการส่งและรับของอินฟาเรดเพื่อให้รู้ว่าอินฟาเรดขณะทำงานได้ระยะไกลเท่าใด
3. นำอุปกรณ์ตัดผ่านระยะของอินฟาเรด ตรวจสอบสถานะเอาต์พุต เปลี่ยนจาก 1 เป็น 0

4.5.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองอินฟาเรดจะส่งสัญญาณ Low เมื่อมีการตัดผ่านระหว่างตัวรับกับตัวส่ง โดยสถานะปัจจุบันเป็น High

4.6 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง การนำฮาร์ดแวร์ที่ได้จากการออกแบบและการสร้างในบทที่ 3 มาทำการทดลอง การทำงานของวงจรในส่วนต่างๆ ตามที่ได้กล่าวไว้ทั้งหมด ก็จะได้ผลการทดลองตามความคาดหมายและสามารถนำวงจรต่างๆ อินเตอร์เฟสเข้ากันเป็นชุดสาธิตระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมยภายในบ้าน

บทที่ 5

บทวิจารณ์ สรุป และแนวทางในการพัฒนา

5.1 บทสรุป

ขอบเขตของการออกแบบระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมยภายในบ้านที่เสนอขออนุมัติ หัวข้อปริญญาณิพนธ์ การใช้งานระบบจะแบ่งออกเป็น 2 อย่างคือ

- 1.ควบคุมการทำงานของระบบบนตัวเครื่องโดยตรง (Stand alone)
- 2.ควบคุมการทำงานของระบบด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ (PC)

5.1.1 ควบคุมการทำงานของระบบบนตัวเครื่องโดยตรง (Stand alone)

การทำงานในส่วนนี้ประกอบด้วย

- ระบบตรวจจับด้วยอินฟราเรด 2 แชนแนล
- ระบบตรวจจับด้วยสวิตช์ควบคุม 6 แชนแนล
- ระบบควบคุมระดับสัญญาณตรวจจับเพื่อควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า 8 ช่อง
- ระบบควบคุมความเข้มของแสงไฟซึ่งมีการปรับความสว่างได้ 32 ระดับ
- ระบบการเปิดปิด ไฟสลัป 220 โวลท์ซึ่งใช้โซลิดสเตทรีเลย์ ทำหน้าที่ในการเปิดปิด(วงจ)

จร มีการทำงาน 2 ฟังก์ชัน คือฟังก์ชัน Manual จะเป็นการเปิดปิด โดยการควบคุมโดยตรงจากปุ่ม on หรือ off และฟังก์ชันโปรแกรมเป็นการตั้งเวลาเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าไว้ล่วงหน้า ซึ่งทั้งหมดมี 8 แชนแนล

-ระบบฐานเวลาบนบอร์ด โดยมีการแสดงผลและตั้งเวลาปัจจุบัน เพื่อเป็นฐานเวลาจริงสำหรับการควบคุมการทำงานบนบอร์ด

การทำงานในส่วนนี้ จัดได้ว่ามีการทำงานที่สมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่ได้เสนอไว้ใน การขออนุมัติหัวข้อปริญญาณิพนธ์ ซึ่งอาจมีบางส่วนที่นอกเหนือจากการเสนอที่มีการทำงานผิดพลาดบ้าง เนื่องจากปัญหาการอินเตอร์เฟสของฮาร์ดแวร์

5.1.2 ควบคุมการทำงานของระบบด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ (PC)

การใช้งานควบคุมระบบในส่วนนี้ จะใช้โปรแกรมเมนูที่สร้างขึ้น สำหรับใช้งานควบคุมระบบบนไมโครซอฟต์วินโดวส์ ซึ่งการใช้งานใน โปรแกรม จะปรากฏเป็นภาพจำลองของ

บ้านในส่วนที่อุปกรณ์ไฟฟ้านั้นอยู่พร้อมที่จะทำงาน โดยการใช้เมาส์คลิกที่ปุ่มจำลอง จากพีซี ในการควบคุมการใช้งานและแสดงผลบนปุ่มจำลองที่จำลองขึ้น

5.2 ปัญหาและแนวการแก้ไข

ปัญหา

1. เนื้อหาของไมโครโปรเซสเซอร์มีภาษาไทยน้อยมาก ส่วนใหญ่จะมีแต่ภาษาอังกฤษ และเนื้อหาไม่สมบูรณ์

2. โปรแกรมที่เขียนบน Editor มักจะคอมไพล์ไม่ได้

3. อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบวงจร Dimmer หายากและไม่ค่อยมี

4. การเขียนโปรแกรมบน Procom Plus เวล่านำโปรแกรมมาทำงานบนบอร์ดจะไม่สามารถนำโปรแกรมใหญ่ๆขึ้นมาได้

5. วงจรการตรวจจับอินฟาเรดส่งไปได้ไม่ไกล

6. การเขียนโปรแกรมประเภท Visual ทำได้ล่าช้ามาก เนื่องจากการรับส่งค่าทาง RS 232C กระทำได้ยุ่งยากมาก

แนวทางแก้ไข

1. ศึกษาการทำงานหนังสือภาษาไทย และนำหนังสือภาษาอังกฤษอ้างอิง ถ้ามีที่สงสัยปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา

2. โปรแกรมที่มีที่คิดมาก โดยค่าที่ประกาศเป็นค่าที่เหมือนกับคำสั่งวน และโปรแกรมที่ใช้มีไวรัส

3. ใช้อุปกรณ์เบอร์แทนทดลองไปก่อน ถ้ามีค่อยซื้อมาใช้

4. เขียนโปรแกรมแบ่งเป็นส่วนๆ

5. ให้เลนส์ขยายจะได้ส่งได้ไกลขึ้น

6. ให้ผู้เขียนศึกษาข้อมูลเรื่อง RS 232C

5.3 แนวทางการพัฒนา

- 1.การพัฒนาโปรแกรมสามารถใช้โปรแกรมที่เขียนบน Windows เพื่อง่ายในการเขียนเมนู,เข้าใจง่าย และมีการนำรูปภาพมาแสดงให้ดูเพื่อเกิดความสวยงาม
- 2.ระบบควบคุมสามารถใช้มัลติบอร์ดสำเร็จมาใช้งานเพื่อประหยัดเวลาในการออกแบบ
- 3.ปรับปรุงระบบมัลติทรากรซ์ให้มีการทำงานดียิ่งขึ้น
- 4.สามารถนำเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันขโมยไปใช้งานในชีวิตประจำวันได้

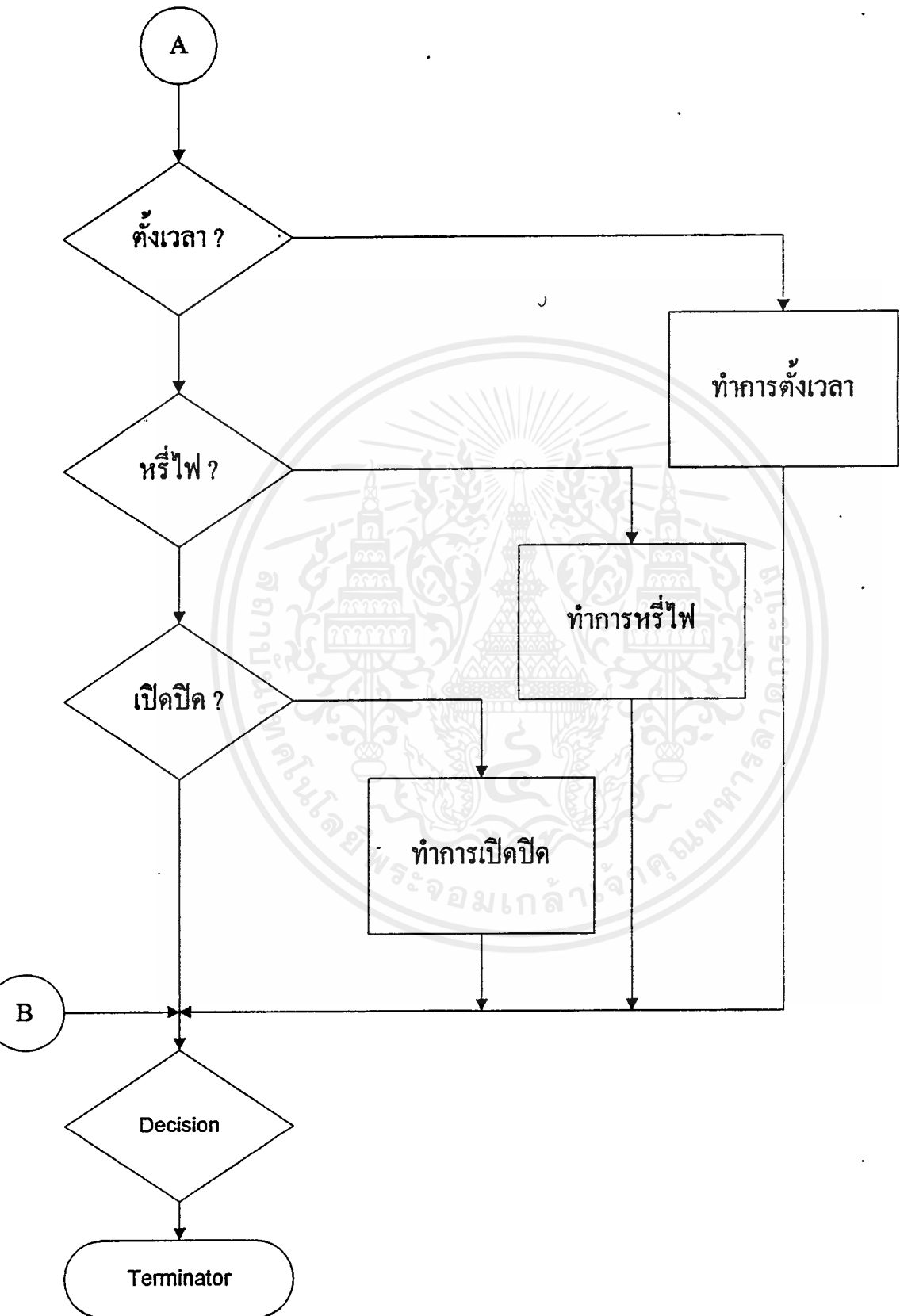


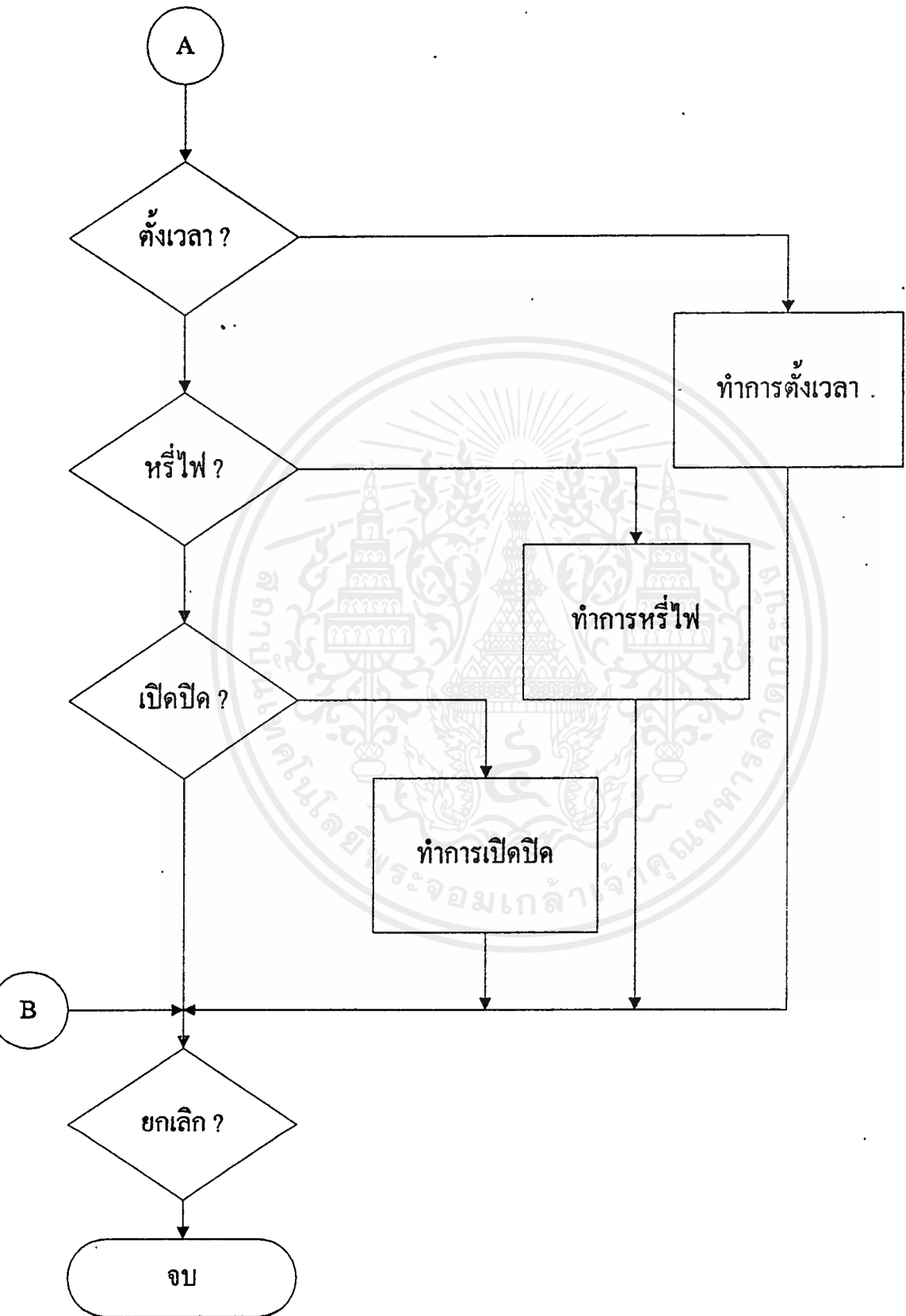


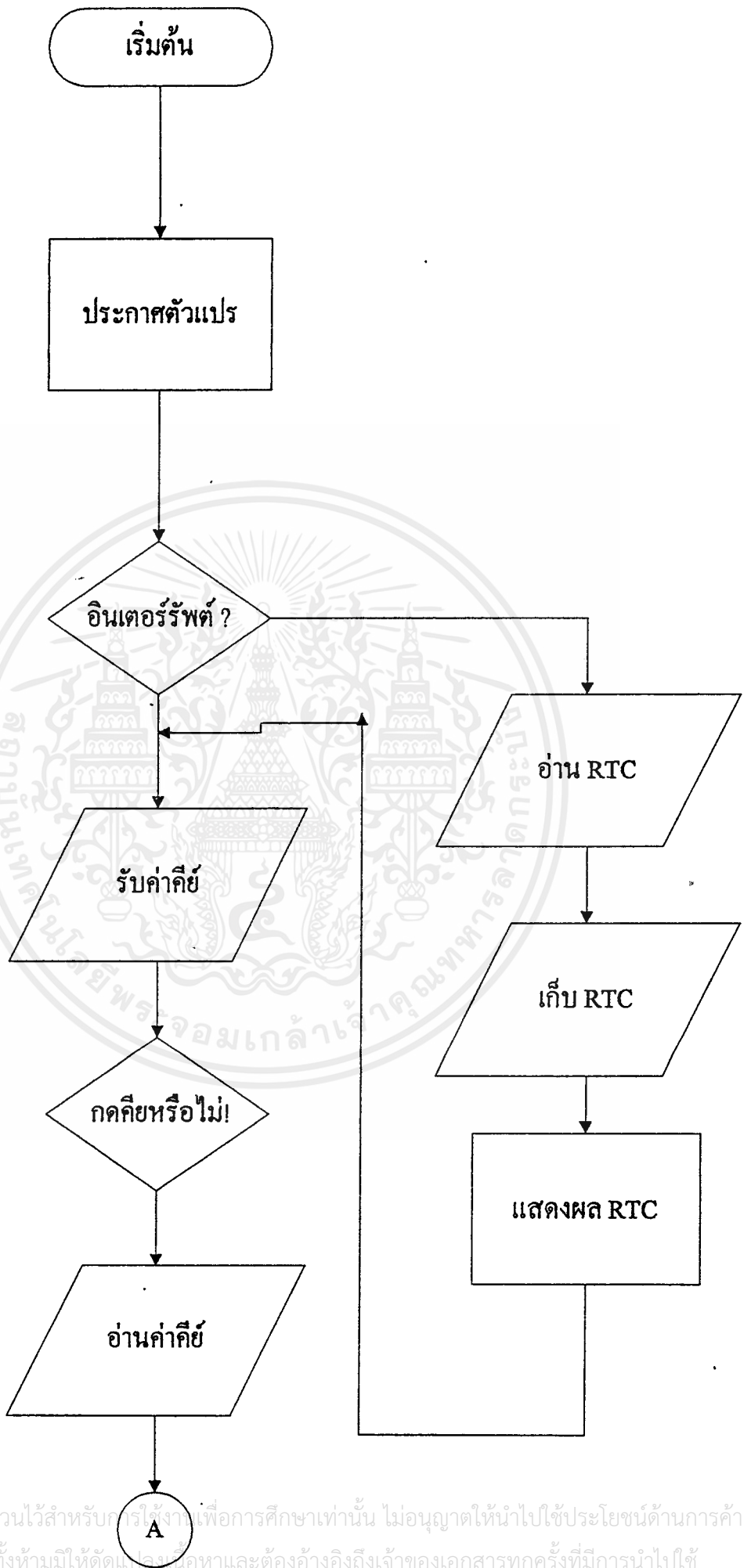
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







***** SET EQUATES *****

```

ORG $2200
PORTA EQU $1200
PORTB EQU $1201
PORTC EQU $1202
CPORT EQU $1203
SET1 EQU $1400
WRLCD EQU $1401
BUFK EQU $2900
BUFK1 EQU $2901
BUFON EQU $2902

```

```

JSR INIT_LCD
LDAA #$81
STAA CPORT
JSR SHOW
JSR DELAY3
D1 JSR SHOW1
D12 JSR KEY
LDAB BUFK
CMPB #$0F
BEQ D12
LDAA BUFK
CMPA #$01
BNE D2
JSR SHOW2
D13 JSR DELAY3
TKEY11 LDAB #$53
JSR ADD_DD
JSR DELAY_L
SK JSR KEY
LDAB BUFK
CMPB #$0F
BEQ SK

```

```

LDAB BUFK
CMPB #S01
BNE CH2
LDAB #S01
STAB BUFK1
ADDB #S30
JSR ADD_WR
JMP TKEY12
D2   JMP TKEY1
CH2  LDAB BUFK
      CMPB #S02
      BNE CH3
      LDAB #S02
      STAB BUFK1
      ADDB #S30
      JSR ADD_WR
      JMP TKEY12
CH3  LDAB BUFK
      CMPB #S03
      BNE CH4
      LDAB #S03
      STAB BUFK1
      ADDB #S30
      JSR ADD_WR
      JMP TKEY12
CH4  LDAB BUFK
      CMPB #S04
      BNE CH5
      LDAB #S04
      STAB BUFK1
      ADDB #S30
      JSR ADD_WR
      JMP TKEY12
CH5  LDAB BUFK

```

CMPB #\\$05
 BNE CH6
 LDAB #\\$05
 STAB BUFK1
 ADDB #\\$30
 JSR ADD_WR
 JMP TKEY12
 CH6 LDAB BUFK
 CMPB #\\$06
 BNE CH7
 LDAB #\\$06
 STAB BUFK1
 ADDB #\\$30
 JSR ADD_WR
 JMP TKEY12
 CH7 LDAB BUFK
 CMPB #\\$07
 BNE CH8
 LDAB #\\$07
 STAB BUFK1
 ADDB #\\$30
 JSR ADD_WR
 JMP TKEY12
 CH8 LDAB BUFK
 CMPB #\\$08
 BNE CH9
 LDAB #\\$08
 STAB BUFK1
 ADDB #\\$30
 JSR ADD_WR
 JMP TKEY12
 CH9 LDAB BUFK
 CMPB #\\$09
 BNE CH10

```

LDAB #\$41
STAB BUFK1
JSR ADD_WR
JSR DELAY_L
JMP TKEY12
CH10  LDAA BUFK
      CMPA #\$16
      BNE D3
      JMP D1
TKEY12 JSR DELAY_L
      JSR KEY
      LDAA BUFK
      CMPA #\$0F
      BEQ TKEY12
      LDAA BUFK
      CMPA #\$11
      BNE BUDF
      LDY #BUFON
      LDAB #\$57
      JSR ADD_DD
      JSR BKON
      JMP TKEY11
BUDF  LDAA BUFK
      CMPA #\$12
      BNE D14
      LDY #BUFON
      LDAB #\$57
      JSR ADD_DD
      JSR BKBF
D3    JMP TKEY11
D14  LDAA BUFK
      CMPA #\$16
      BNE D4
      JMP D1

```

```

D4    JMP TKEY12
TKEY1 LDAA BUFK
      CMPA #$02
      BNE TKEY2
      JSR SHOW3
      JSR DELAY_L
TKEY21 JSR KEY
      LDAA BUFK
      CMPA #$16
      BNE TKEY21
      JMP D1
TKEY2 LDAA BUFK
      CMPA #$03
      BNE JD1
      JSR SHOW4
      JSR DELAY_L
TKEY31 JSR KEY
      LDAA BUFK
      CMPA #$16
      BNE TKEY31
JD1    JMP D1

```

***** INITIAL LCD *****

```

INIT_LCD PSHA
      LDAA #$0C
      STAA SET1
      JSR DELAY_L
      LDAA #$38
      STAA SET1
      JSR DELAY_L
      LDAA #$06
      STAA SET1
      JSR DELAY_L

```

```
LDAA #$01
STAA SET1
JSR DELAY_L
PULA
RTS
```

***** CURSOR ADDRESS *****

```
ADD_DD JSR READY_L
ORAB #$80
STAB SET1
RTS
```

***** WRITE ADDRESS *****

```
ADD_WR JSR READY_L
STAB WRLCD
RTS
```

***** READ BUSY *****

```
READY_L PSHA
READY1_L LDAA SET1
ANDA #$80
BNE READY1_L
PULA
RTS
```

***** CLEAR LCD DISPLAY *****

```
CLEAR JSR READY_L
PSHA
LDAA #$01
STAA SET1
PULA
```

RTS

***** SHOW PROGRAM *****

SHOW LDAA #\$01

LDX #TABLE_S1

JSR WR_L

LDAA #\$02

LDX #TABLE_S2

JSR WR_L

RTS

SHOW1 LDAA #\$01

LDX #TABLE_D1

JSR WR_L

LDAA #\$02

LDX #TABLE_D2

JSR WR_L

RTS

SHOW2 LDAA #\$01

LDX #TABLE_D11

JSR WR_L

LDAA #\$02

LDX #TABLE_D12

JSR WR_L

RTS

SHOW3 LDAA #\$01

LDX #TABLE_D13

JSR WR_L

LDAA #\$02

LDX #TABLE_D14

JSR WR_L

RTS

SHOW4 LDAA #\$01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LDX #TABLE_D15
JSR WR_L
LDAA #$02
LDX #TABLE_D16
JSR WR_L
RTS

```

***** COMPARE WRITE LINE *****

```

WR_L   CMPA #$01
      BEQ WR_LINE1
      CMPA #$02
      BEQ WR_LINE2
      RTS

```

***** WRITE LINE ONE *****

```

WR_LINE1 PSHB
      PSHA
      LDAA #$20
      CLRB
      JSR ADD_DD
OUT_L1  LDAB 0,X
      JSR ADD_WR
      INX
      DECA
      BNE OUT_L1
      PULA
      PULB
      RTS

```

***** WRITE LINE TWO *****

```

WR_LINE2 PSHB

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PSHA
LDAA #$20
LDAB #$40
JSR ADD_DD
OUT_L2 LDAB 0,X
JSR ADD_WR
INX
DECA
BNE OUT_L2
PULA
PULB
RTS

```

```

***** DELAY *****

```

```

DELAY_L LDAA #$00
DELAY1_L DECA
BNE DELAY1_L
RTS

```

```

DELAY3 PSHX
LDAA #$08
DEY1 LDX #$F000
DEY12 DEX
BNE DEY12
DECA
BNE DEY1
PULX
RTS

```

```

KEY PSHX
LDX #PORTC
LDAA #$FF
STAA $0,X

```

```

LDAA #$EF
STAA $0,X
LDAA $0,X
ANDA #$0F
CMPA #$0F
BEQ S1
JSR KY1
JMP ND
S1  LDAA #$DF
    STAA $0,X
    LDAA $0,X
    ANDA #$0F
    CMPA #$0F
    BEQ S2
    JSR KY2
    JMP ND
S2  LDAA #$BF
    STAA $0,X
    LDAA $0,X
    ANDA #$0F
    CMPA #$0F
    BEQ S3
    JSR KY3
    JMP ND
S3  LDAA #$7F
    STAA $0,X
    LDAA $0,X
    ANDA #$0F
    CMPA #$0F
    BEQ ND1
    JSR KY4
    BRA ND
ND1  LDAA #$0F
     STAA BUFK

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ND PULX

RTS

KY1 CMPA #0E

BNE K2

LDAA #01

STAA BUFK

RTS

K2 CMPA #0D

BNE K3

LDAA #02

STAA BUFK

RTS

K3 CMPA #0B

BNE K4

LDAA #03

STAA BUFK

RTS

K4 CMPA #07

BNE S11

LDAA #04

STAA BUFK

S11 RTS

KY2 CMPA #0E

BNE K6

LDAA #05

STAA BUFK

RTS

K6 CMPA #0D

BNE K7

LDAA #06

STAA BUFK

RTS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

K7 CMPA #0B

BNE K8

LDAA #07

STAA BUFK

RTS

K8 CMPA #07

BNE S21

LDAA #08

STAA BUFK

S21 RTS

KY3 CMPA #0E

BNE K10

LDAA #09

STAA BUFK

RTS

K10 CMPA #0D

BNE K11

LDAA #10

STAA BUFK

RTS

K11 CMPA #0B

BNE K12

LDAA #11

STAA BUFK

RTS

K12 CMPA #07

BNE S31

LDAA #12

STAA BUFK

S31 RTS

KY4 CMPA #0E

BNE K14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LDAA #S13
 STAA BUFK
 RTS
 K14 CMPA #S0D
 BNE K15
 LDAA #S14
 STAA BUFK
 RTS
 K15 CMPA #S0B
 BNE K16
 LDAA #S15
 STAA BUFK
 RTS
 K16 CMPA #S07
 BNE S41
 LDAA #S16
 STAA BUFK
 S41 RTS

 BKON LDAA BUFK1
 CMPA #S01
 BNE ON2
 BSET \$0,Y #S01
 LDAA \$0,Y
 STAA PORTA
 JSR TON
 RTS
 ON2 LDAA BUFK1
 CMPA #S02
 BNE ON3
 BSET \$0,Y #S02
 LDAA \$0,Y
 STAA PORTA
 JSR TON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RTS
 ON3 LDAA BUFK1
 CMPA # \$03
 BNE ON4
 BSET \$0,Y # \$04
 LDAA \$0,Y
 STAA PORTA
 JSR TON
 RTS
 ON4 LDAA BUFK1
 CMPA # \$04
 BNE ON5
 BSET \$0,Y # \$08
 LDAA \$0,Y
 STAA PORTA
 JSR TON
 RTS
 ON5 LDAA BUFK1
 CMPA # \$05
 BNE ON6
 BSET \$0,Y # \$10
 LDAA \$0,Y
 STAA PORTA
 JSR TON
 RTS
 ON6 LDAA BUFK1
 CMPA # \$06
 BNE ON7
 BSET \$0,Y # \$20
 LDAA \$0,Y
 STAA PORTA
 JSR TON
 RTS
 ON7 LDAA BUFK1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CMPA #S07
 BNE ON8
 BSET \$0,Y #S40
 LDAA \$0,Y
 STAA PORTA
 JSR TON
 RTS
 ON8 LDAA BUFK1
 CMPA #S08
 BNE ON9
 BSET \$0,Y #S80
 LDAA \$0,Y
 STAA PORTA
 JSR TON
 ON9 LDAA BUFK1
 CMPA #S41
 BNE ONN
 BSET \$0,Y #SFF
 LDAA \$0,Y
 STAA PORTA
 JSR TON
 ONN RTS
 BKBF LDAA BUFK1
 CMPA #S01
 BNE OF2
 BCLR \$0,Y #S01
 LDAA \$0,Y
 STAA PORTA
 JSR TOFF
 RTS
 OF2 LDAA BUFK1
 CMPA #S02
 BNE OF3

BCLR \$0,Y #\$02
 LDAA \$0,Y
 STAA PORTA
 JSR TOFF
 RTS
 OF3 LDAA BUFK1
 CMPA #\$03
 BNE OF4
 BCLR \$0,Y #\$04
 LDAA \$0,Y
 STAA PORTA
 JSR TOFF
 RTS
 OF4 LDAA BUFK1
 CMPA #\$04
 BNE OF5
 BCLR \$0,Y #\$08
 LDAA \$0,Y
 STAA PORTA
 JSR TOFF
 RTS
 OF5 LDAA BUFK1
 CMPA #\$05
 BNE OF6
 BCLR \$0,Y #\$10
 LDAA \$0,Y
 STAA PORTA
 JSR TOFF
 RTS
 OF6 LDAA BUFK1
 CMPA #\$06
 BNE OF7
 BCLR \$0,Y #\$20
 LDAA \$0,Y

STAA PORTA
 JSR TOFF
 RTS
 OF7 LDAA BUFK1
 CMPA #S07
 BNE OF8
 BCLR \$0,Y #S40
 LDAA \$0,Y
 STAA PORTA
 JSR TOFF
 RTS
 OF8 LDAA BUFK1
 CMPA #S08
 BNE OF9
 BCLR \$0,Y #S80
 LDAA \$0,Y
 STAA PORTA
 JSR TOFF
 OF9 LDAA BUFK1
 CMPA #S41
 BNE ONF
 BCLR \$0,Y #SFF
 LDAA \$0,Y
 STAA PORTA
 JSR TOFF
 ONF RTS

 TON LDAB #S4F
 JSR ADD_WR
 LDAB #S4E
 JSR ADD_WR
 LDAB #S20
 JSR ADD_WR
 RTS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

TOFF LDAB #54F
JSR ADD_WR
LDAB #546
JSR ADD_WR
LDAB #546
JSR ADD_WR
RTS

```

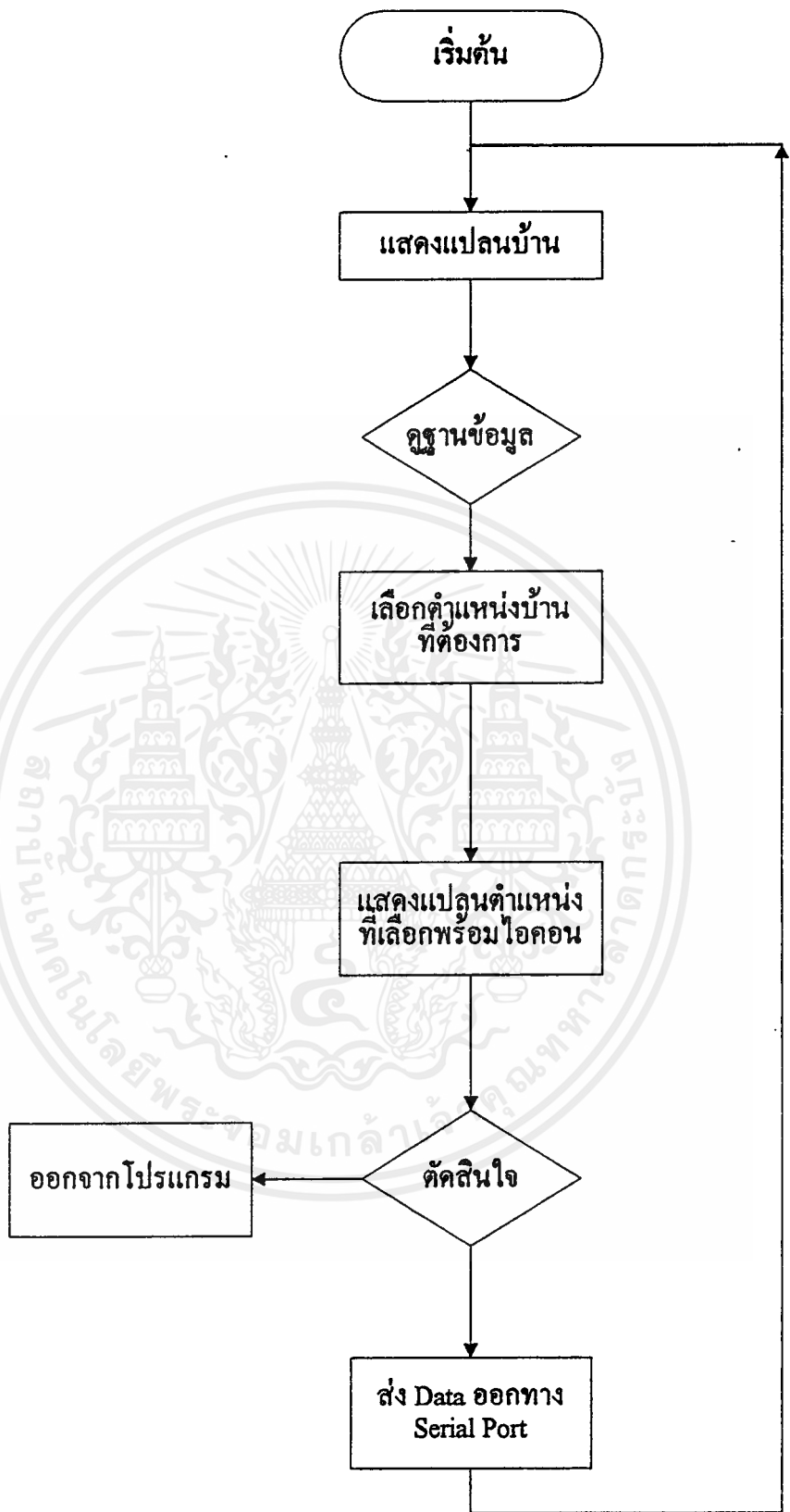
```

TABLE_S1 FCC ' ELECTRIC APPLIANCE CONTROL '
TABLE_S2 FCC ' *** PRODUCED BY *** '
TABLE_D1 FCC ' *** ED.ENGINEER PRODUCT *** '
TABLE_D2 FCC ' << SELECT CONTROL MENU >> '
TABLE_D11 FCC ' PROGRAM ON - OFF '
TABLE_D12 FCC ' SELECT CH (1-8) : '
TABLE_D13 FCC ' PROGRAM RX '
TABLE_D14 FCC ' SELECT ON_OFF '
TABLE_D15 FCC ' PROGARM INFRARED '
TABLE_D16 FCC ' CHENNAL ONE-TWO '
END

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



LOGO.FRM - 1

VERSION 2.00

Begin Form logo

```
Caption           = "Logo"  
ClientHeight     = 4035  
ClientLeft       = 2160  
ClientTop        = 1485  
ClientWidth      = 6585  
Height           = 4440  
Left             = 2100  
LinkTopic        = "Form1"  
Picture          = (Bitmap)  
ScaleHeight      = 4035  
ScaleWidth       = 6585  
Top              = 1140  
Width            = 6705  
Begin Timer Timer1  
Interval         = 500  
Left             = 0  
Top              = 0
```

End

End

```
LOGO.FRM - 1
```

```
Sub Timer1 Timer ()  
plan.Show modal  
Unload logo  
End Sub
```

VERSION 2.00

Begin Form plan

```

BorderStyle = 1 'Fixed Single
Caption = "á»Á¹²éò¹"
ClientHeight = 6750
ClientLeft = 30
ClientTop = 435
ClientWidth = 9375
Height = 7155
Left = -30
LinkTopic = "Form2"
ScaleHeight = 6750
ScaleWidth = 9375
Top = 90
Width = 9495

```

Begin MSComm Comm1

```

CommPort = 2
Interval = 500
Left = 0
Top = 0

```

End

Begin SSCommand exit

```

Caption = "Exit"
Font3D = 0 'None
Height = 375
Left = 8040
Picture = (none)
TabIndex = 6
Top = 6120
Width = 975

```

End

Begin SSCommand fanoff

```

Font3D = 0 'None
Height = 615
Left = 1080
Picture = (Bitmap)
TabIndex = 5
Top = 2880
Width = 735

```

End

Begin SSCommand fanon

```

Font3D = 0 'None
Height = 615
Left = 1800
Picture = (Bitmap)
TabIndex = 4
Top = 2880
Width = 735

```

End

Begin SSCommand kokoff

```

Font3D = 0 'None
Height = 615
Left = 5520
Picture = (Bitmap)
TabIndex = 3
Top = 5040
Width = 615

```

End

Begin SSCommand kokon

```

Font3D = 0 'None
Height = 615
Left = 4920
Picture = (Bitmap)
TabIndex = 2

```

PLAN.FRM - 2

```

        Width                = 615
    End
    Begin SSCommand lioff
        Font3D                = 0 'None
        Height                 = 495
        Left                   = 6240
        Picture                 = (Icon)
        TabIndex                = 1
        Top                    = 1920
        Width                  = 615
    End
    Begin SSCommand lion
        Font3D                = 0 'None
        Height                 = 495
        Left                   = 6240
        Picture                 = (Icon)
        TabIndex                = 0
        Top                    = 2400
        Width                  = 615
    End
    Begin Image Image1
        Height                 = 7215
        Left                   = -240
        Picture                 = (Bitmap)
        Top                    = -120
        Width                  = 9600
    End
End

```

PLAN.FRM - 1

```

Sub exit_Click ()
    comm1.portopen = False
    Unload plan
End Sub

Sub fanoff_Click ()
    fanon.ZOrder
    comm1.Output = Chr$(40)
End Sub

Sub fanon_Click ()
    fanoff.ZOrder
    comm1.Output = Chr$(31)
End Sub

Sub Form_Load ()
    lioff.Left = 6240
    lioff.Top = 2400
    lion.Left = 6240
    lion.Top = 2400
    kokon.Left = 4920
    kokon.Top = 5040
    kokoff.Left = 4920
    kokoff.Top = 5040
    fanon.Left = 1800
    fanon.Top = 2880
    fanoff.Left = 1800
    fanoff.Top = 2880
    comm1.commport = 2
    comm1.portopen = True
End Sub

Sub kokoff_Click ()
    kokon.ZOrder
    comm1.Output = Chr$(40)
End Sub

Sub kokon_Click ()
    kokoff.ZOrder
    comm1.Output = Chr$(32)
End Sub

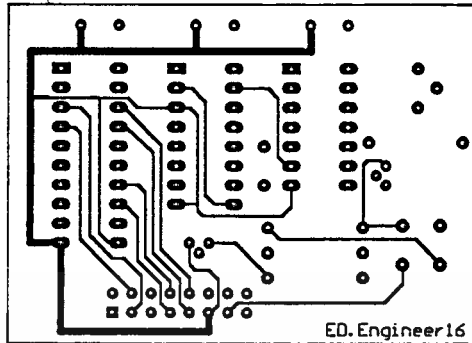
Sub lioff_Click ()
    lion.ZOrder
    comm1.Output = Chr$(40)
End Sub

Sub lion_Click ()
    lioff.ZOrder
    comm1.Output = Chr$(33)
End Sub

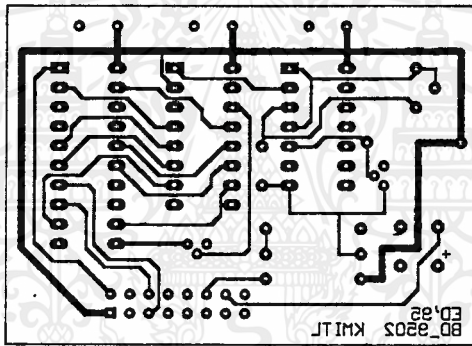
```



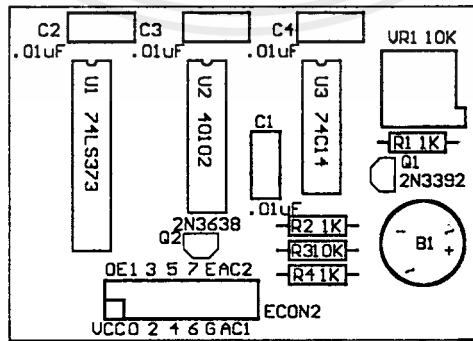
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.ด้านบน



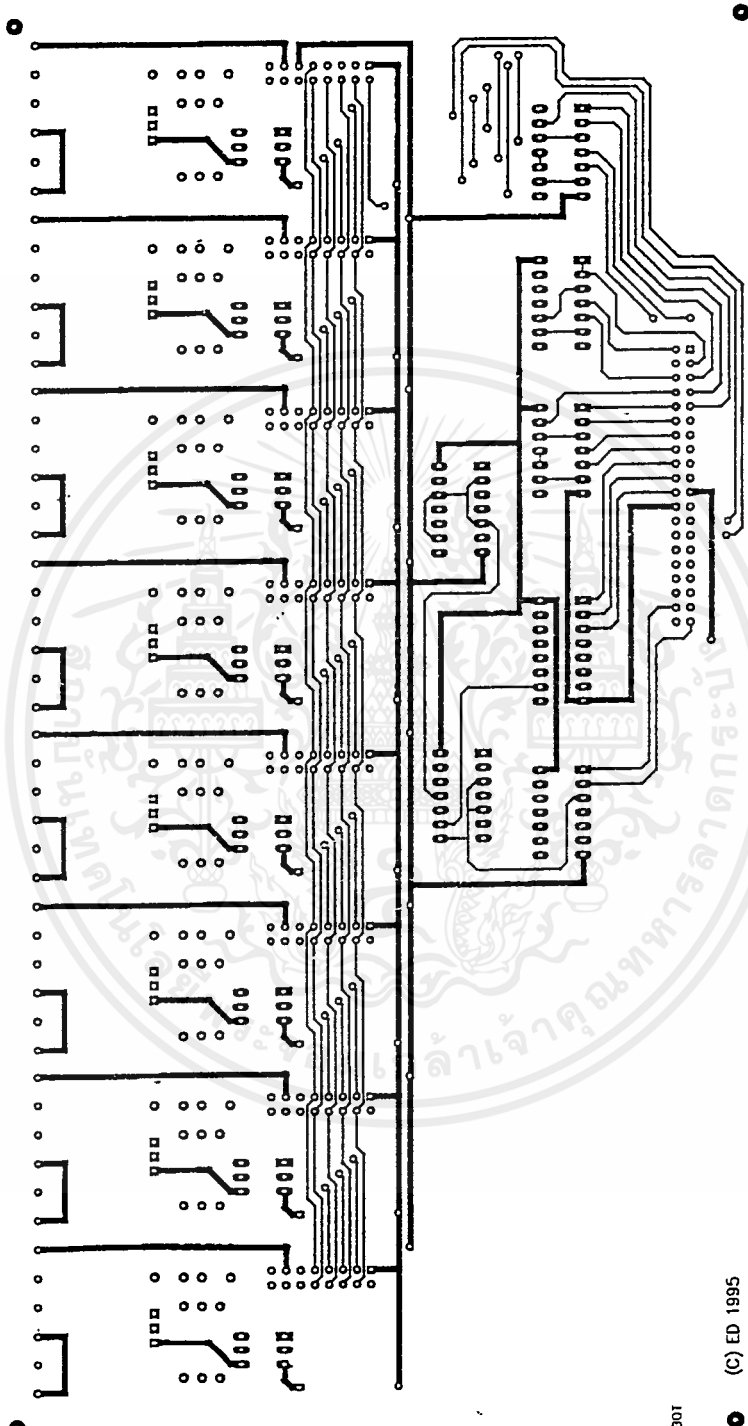
ข.ด้านล่าง



ค.ด้านอุปกรณ์

รูปที่ 1 ลายวงจรพิมพ์ภาควงจรรีไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



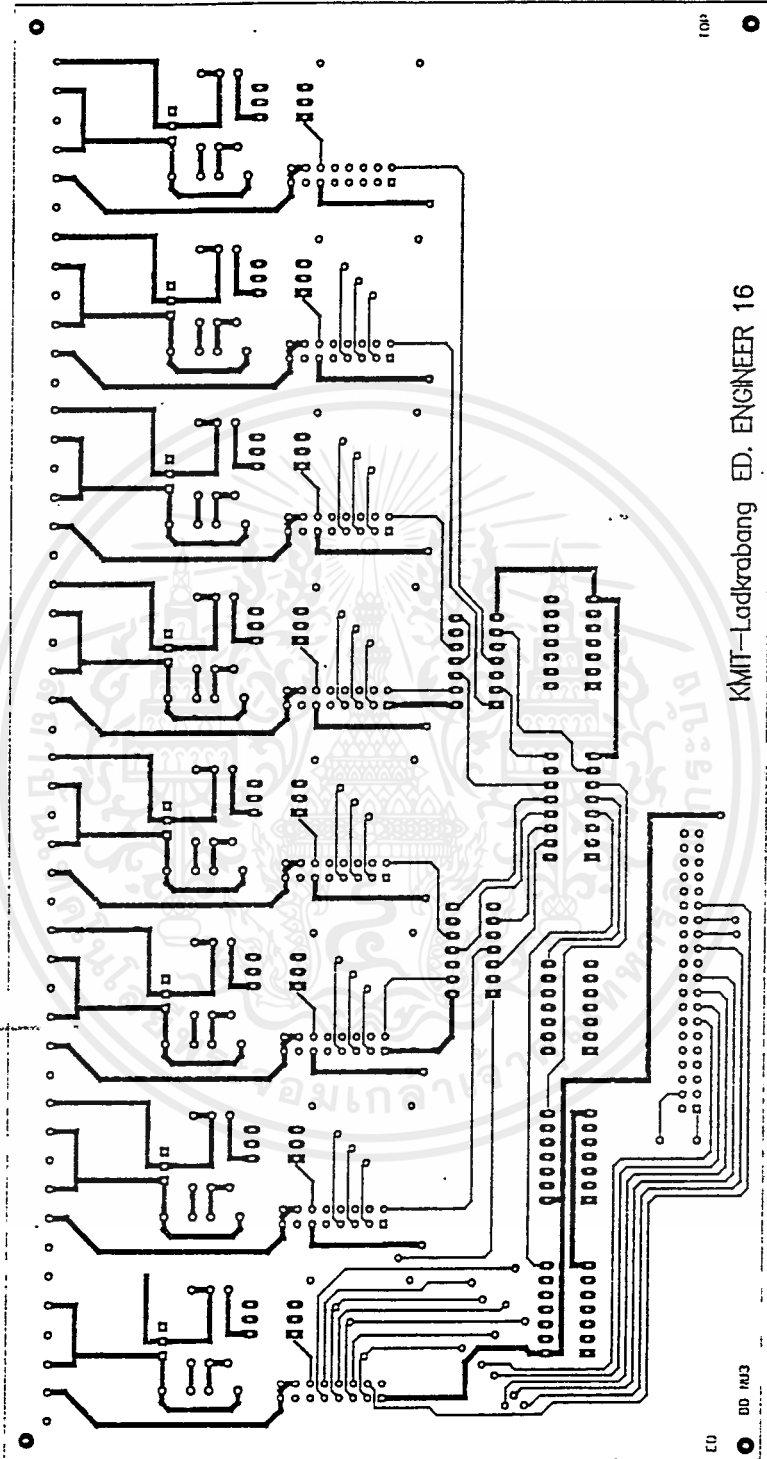
001

(C) ED 1995

ง.ลายวงจรด้านบน

รูปที่ 2 ลายวงจรพิมพ์ภาควงจรหรือไฟ

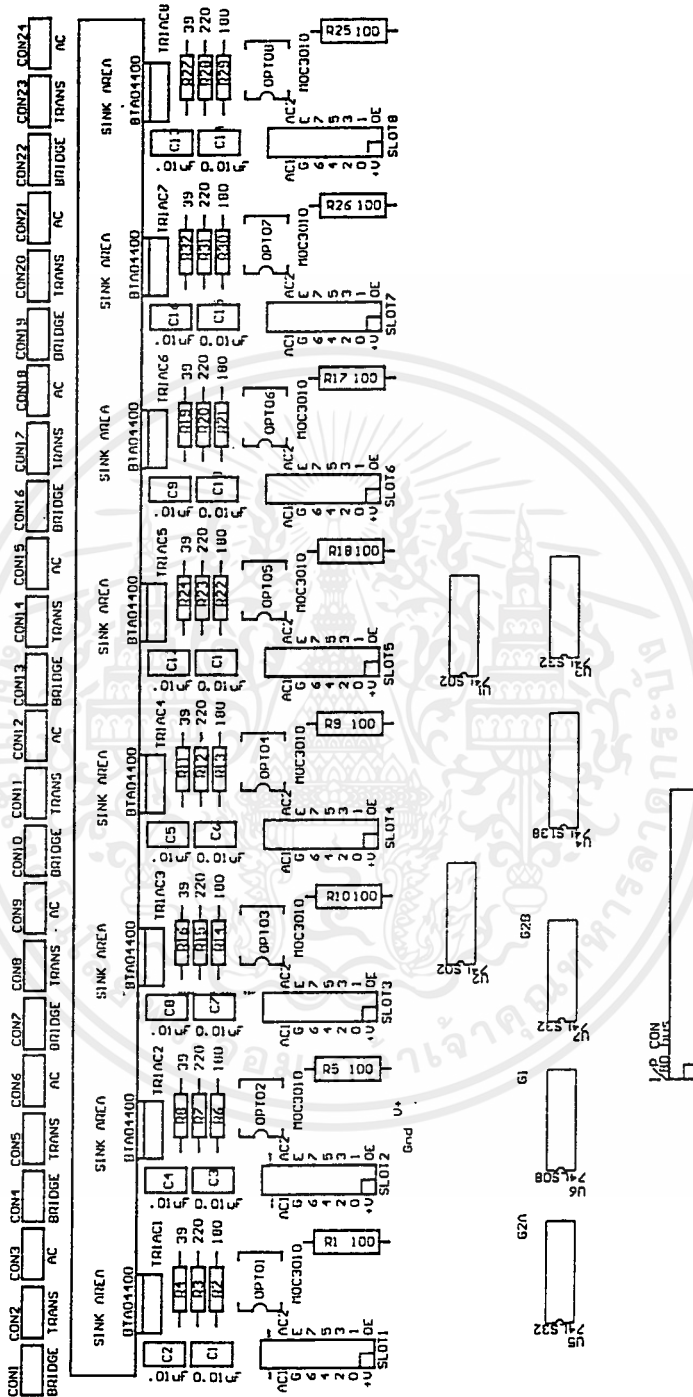
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จ. ลายวงจรด้านล่าง

รูปที่ 3 ลายวงจรพิมพ์ภาควงจรหรีไฟ

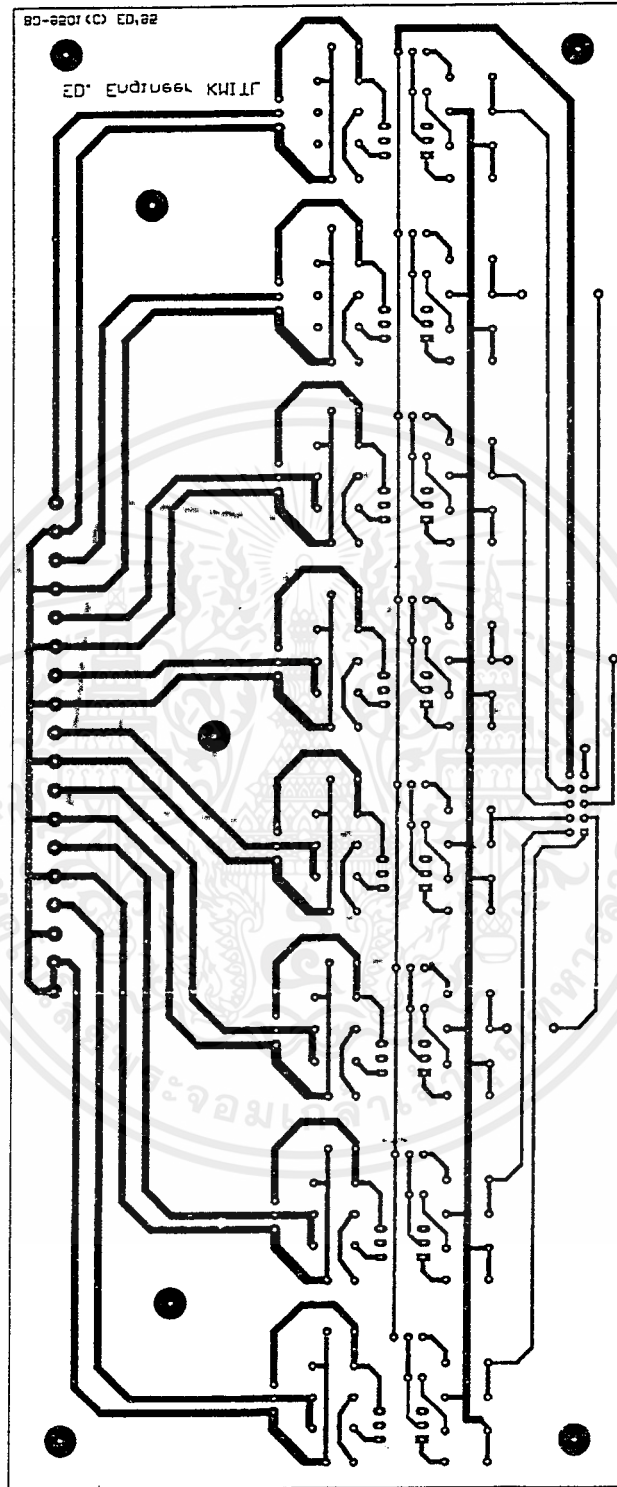
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จ. ด้านอุปกรณ์

รูปที่ 4 วงจรพิมพ์ภาควงจรรีไฟ

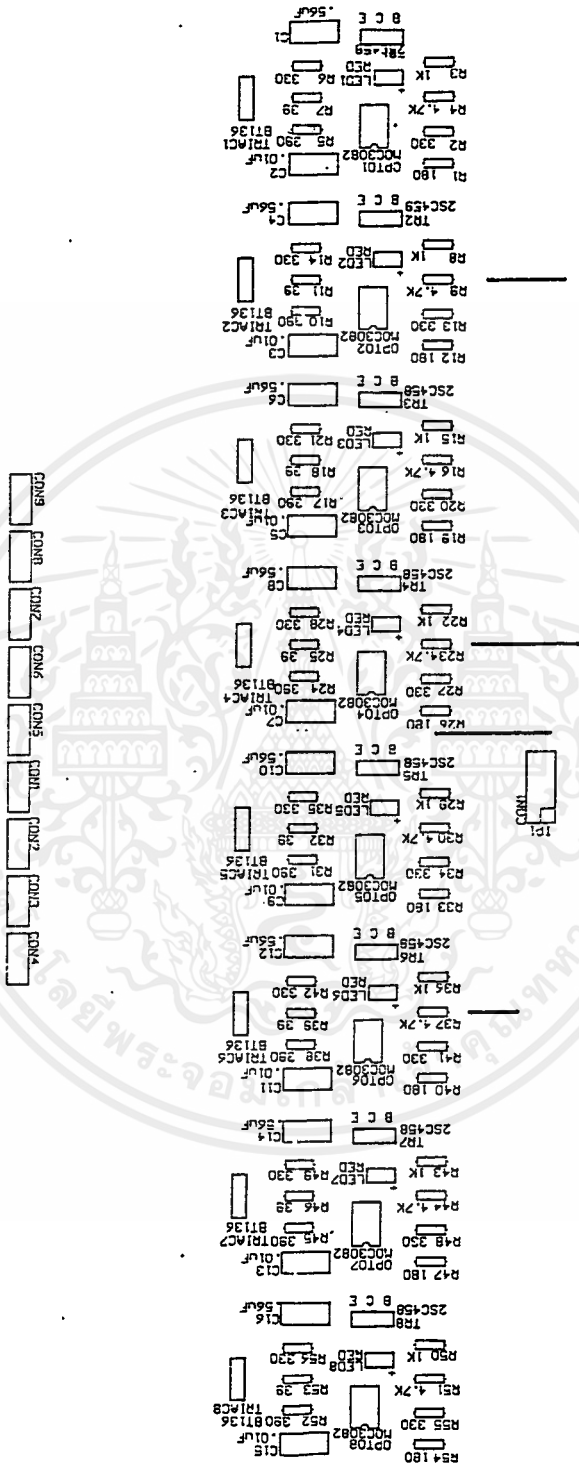
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. ลายวงจรพิมพ์

รูปที่ 5 ลายวงจรพิมพ์ภาค ซอลิดสเตทรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข. ด้านอุปกรณ์

รูปที่ 6 ลายวงจรพิมพ์ภาคโซลิตสเตท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด."การเขียนโปรแกรมบนวินโดวส์ด้วย Visual Basic ภาคปฏิบัติ"

:พิมพ์ที่ เอช .เอ็นกรุปจำกัด, 2537.

บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด."คู่มือการใช้งาน Visual Basic สำหรับวินโดวส์".

:พิมพ์ที่เม็คทรายพริ้นติ้ง,2538.

บริษัท อีทีทีจำกัด. "CP-68HC11 COMPLTE EMBEDDED.":

กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ทิพย์วิสุทธิ, 2536.

บริษัท อีทีทีจำกัด. "DOT MATRIX LCD MODULE. ":

กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ทิพย์วิสุทธิ, 2536.

บริษัท อีทีทีจำกัด. "ET-DEBUGGER 68HC11. ":

กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ทิพย์วิสุทธิ, 2536.

บริษัท อีทีทีจำกัด. "RTC V4.0 ":

กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ทิพย์วิสุทธิ, 2536.

Joseph D. Greefiled. "The 68HC11 Microcontroller ":

Saunders College Pushlishing, 1991.

