เครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร

นาย สุชสันติ์ ปิตะโหตะระ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2537
ISBN 974-582-910-2
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TRAFFIC SIGNAL CONTROLLER

Mr. Souksan Petahotara

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1994

ISBN 974-582-910-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร

โดย นาย สุขสันติ์ ปีตะโหตะระ

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รศ.ดร. ครรชิต ผิวนวล

บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. โดทม อารีรา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รศ.ดร. ครรชิต ผิวนวล)

..... กรรมการ

(รศ. กฤษดา วิศวธีรานนท์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียว

สุขสันติ์ ปีตะโหตะระ : เครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร (Traffic Signal Controller) อ.ที่ปรึกษา : ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร. ครรชิต ผิวนวล, 105 หน้า.
ISBN 974-582-910-2

วิทยานิพนธ์นี้กล่าวถึงการออกแบบและสร้างเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร ที่ทางแยกเดี่ยว ให้มีความสามารถในการควบคุมการจราจรในแบบอัตโนมัติ โดยสามารถบรรจุโปรแกรมควบคุมได้ 10 โปรแกรมตามเวลาจริงและ สามารถควบคุมในแบบใช้มือได้ 8 รูปแบบการจราจร นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมเฟสการจราจรได้ 10 เฟสโดยอิสระ และยังมีวงจรสร้างสัญญาณไฟกะพริบ รวมทั้งสัญญาณเตือนคนข้ามถนน ส่วนควบคุมของระบบใช้ตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้โดยได้เพิ่มเติมฮาร์ดแวร์ที่จำเป็นเช่น ส่วนตรวจจับความขัดแย้งของสัญญาณ, ส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกา, ส่วนขับกำลังสำหรับขับหลอดไฟจราจร การทดลองใช้งานกับระบบจำลองในห้องปฏิบัติการ และที่ทางแยกจริงปรากฏว่าให้ผลเป็นที่น่าพอใจ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ออกแบบวิเคราะห์ทรอนิคส์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2536 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

C315633 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING.

KEY WORD TRAFFIC SIGNAL CONTROLLER / MICROPROCESSOR BASED CONTROLLER

SOUKSAN PETAHOTARA : TRAFFIC SIGNAL CONTROLLER. THESIS ADVISOR : DR. SOMBOON JONGCHAIKIT, THESIS COADVISOR : ASSO.PROF.DR. KUNCHIT PHIUNUAL, 105 pp. ISBN 974-582-910-2

This thesis discusses the implementation of a single junction traffic signal controller. This controller contains 10 programs for automatic operation and 8 patterns for manual operation. It can control 10 phases separately. It also has a flasher and a pedestrian control unit. Programmable controller is used as system controller with additional hardware such as conflict detector unit, real time clock unit and traffic light power drive unit. Tests with simulation equipment in laboratory and on site are satisfactory.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา ออกแบบอิเลคทรอนิคส์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2536 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ของ ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ รศ.ดร. ครรชิต ผิวนวล รวมทั้ง รศ. กฤษดา วิศวธีรานนท์ ซึ่งท่านทั้งสามได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น ตลอดจนจัดหาตำรา ค่าใช้จ่ายในการวิจัย และอุปกรณ์ต่าง ๆ จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ เนื่องจากทุนวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ห้องปฏิบัติการออกแบบอิเล็กทรอนิกส์ ผู้อุปการะให้ทุนการศึกษาวิจัยแก่ข้าพเจ้าเป็นระยะเวลา 2 ปีเต็ม ขอขอบพระคุณ บริษัท เอฟเอเทค จำกัด ที่กรุณาให้ยืมอุปกรณ์สำหรับการวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณ บริษัท วิชชุลดา จำกัด ที่กรุณาให้ยืมเครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็น เพื่อใช้ประกอบเป็นเครื่องควบคุม เพื่อทดลองควบคุมทางแยกจริงใน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ขอขอบพระคุณบริษัท ทราฟฟิคเอนจิเนียริ่ง และบริษัท ฟิลิปส์ ที่ได้กรุณาให้ข้อมูลและคำปรึกษาเกี่ยวกับเทคนิคในการออกแบบเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร

ขอขอบคุณ เพื่อนและน้องประจำห้องปฏิบัติการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ห้องปฏิบัติการควบคุม ห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์กำลังที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการติดตั้งใช้งานชุดสัญญาณไฟจราจร ขอขอบคุณ ประพีรัชต์ สระวาสี ที่ช่วยเหลือในการจัดเตรียมเอกสารชุดนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการการจราจร และการขนส่ง ที่ได้ช่วยเหลือในงานติดตั้งใช้งานชุดสัญญาณไฟจราจร

ท้ายนี้ข้าพเจ้า ใคร่ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ซึ่งให้การสนับสนุนทั้งด้านการเงินและกำลังใจ แก่ข้าพเจ้าตลอดมาจนสำเร็จการศึกษา

สุขสันต์ ปัตะโหตะระ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 ปัญหาที่พบในการใช้เครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรในปัจจุบัน 4

1.3 วัตถุประสงค์ในการวิจัย 5

1.4 ขอบเขตการวิจัย 5

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน 6

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

2. ทฤษฎีและแนวความคิดในการออกแบบ

2.1 ลักษณะพื้นฐานของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร 7

2.2 แนวความคิดในการออกแบบระบบ 9

2.3 แนวความคิดในการออกแบบฮาร์ดแวร์ 10

2.4 แนวความคิดในการออกแบบซอฟต์แวร์ 12

2.4.1 ส่วนโปรแกรมหลัก 13

2.4.2 ส่วนโปรแกรมควบคุมแบบใช้มือ 14

2.4.3 ส่วนโปรแกรมควบคุมแบบอัตโนมัติ 15

3. ฮาร์ดแวร์ของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร

3.1 ลักษณะโครงสร้างของระบบ 18

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.1 ส่วนควบคุม 18
3.1.2 ส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกา 21
3.1.3 ส่วนแผงควบคุม 21
3.1.4 ส่วนสร้างสัญญาณไฟกระพริบ 22
3.1.5 ส่วนตรวจสอบความขัดแย้งของสัญญาณ 23
3.1.6 ส่วนตรวจวัดกระแสไฟฟ้า 26
3.1.7 ส่วนตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า 29
3.1.8 ส่วนขับกำลัง 29
4. ซอฟต์แวร์ของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร
4.1 ลักษณะของโปรแกรมที่ใช้ควบคุม 32
4.2 รายละเอียดของโปรแกรมควบคุม 38
4.2.1 การสร้างรหัสควบคุม 39
4.2.2 การเริ่มต้นทำงาน 44
4.2.3 การทำงานในภาคการควบคุมแบบใช้มือ 44
4.2.4 การทำงานในภาคการควบคุมแบบอัตโนมัติ 50
4.2.5 ส่วนควบคุมเอาท์พุทของส่วนควบคุมหลัก 50
5. การสร้างเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร และการทดสอบ
5.1 การสร้างฮาร์ดแวร์ 54
5.1.1 การทดลองฮาร์ดแวร์ 54
5.1.2 การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ 54
5.1.3 การประกอบวงจร และทดสอบ 58
5.2 การพัฒนาซอฟต์แวร์ 60
5.2.1 การเขียนโปรแกรมควบคุม 60
5.2.2 การทดสอบโปรแกรม 61

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.3 การทดสอบเครื่อง 61
5.3.1 การทดสอบเครื่องกับระบบจำลองภายในห้องปฏิบัติการ 61
5.3.1.1 ลักษณะของระบบจำลอง 61
5.3.1.2 ลักษณะของโปรแกรมควบคุม 63
5.3.1.3 ผลการทดสอบ 63
5.3.2 การทดสอบเครื่องกับระบบสัญญาณไฟจราจรจริงภายนอกห้องปฏิบัติการ. 65
5.3.2.1 ลักษณะของทางแยกที่ทำการทดสอบ 65
5.3.2.2 การดำเนินการติดตั้งระบบ 66
5.3.2.3 ลักษณะของโปรแกรมควบคุม 66
5.3.2.4 ปัญหาที่พบในการติดตั้งระบบ 68
5.3.2.5 การทดสอบฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ 68
6. บทสรุป และข้อเสนอแนะ
6.1 สรุปผลการทำวิทยานิพนธ์ 70
6.2 ข้อเสนอแนะ 71

บรรณานุกรม 72

ภาคผนวก

ก. รายละเอียดฮาร์ดแวร์ 74
ข. คุณสมบัติของเครื่อง 81
ค. คู่มือการใช้งานเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร 83
ง. ข้อมูลต่าง ๆของอุปกรณ์พิเศษบางตัว 91
จ. โปรแกรม SFC ที่ใช้กับเครื่องควบคุมนี้ 97

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงการทำงานของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรในอดีต..... 1
รูปที่ 1.2 การควบคุมด้วยมือ..... 3
รูปที่ 1.3 การควบคุมแบบอัตโนมัติ..... 3
รูปที่ 2.1 ลักษณะพื้นฐานโดยทั่วไปของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร..... 8
รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการจราจรบริเวณทางแยก..... 9
รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรในงานวิจัยนี้..... 11
รูปที่ 2.4 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมหลัก..... 14
รูปที่ 2.5 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมควบคุมด้วยมือ..... 16
รูปที่ 2.6 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมควบคุมอัตโนมัติ..... 17
รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะภายนอกของ PLC..... 19
รูปที่ 3.2 แสดงการติดต่อกับระบบภายนอกของส่วนควบคุม..... 20
รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะของ V86/2..... 21
รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะของแผงควบคุม..... 22
รูปที่ 3.5 แสดงโครงสร้างของส่วนสร้างสัญญาณไฟกระพริบ..... 23
รูปที่ 3.6 แสดงโครงสร้างของส่วนตรวจสอบความขัดแย้งของสัญญาณ..... 24
รูปที่ 3.7 แสดงโครงสร้างการทำงานของส่วนตรวจวัดกระแสไฟฟ้า..... 26
รูปที่ 3.8 โครงสร้างของส่วนตรวจวัดแรงดัน..... 29
รูปที่ 3.9 แสดงโครงสร้างการทำงานของวงจรขับกำลัง..... 31
รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของซีเควนซ์ฟังก์ชันชาร์ต 33
รูปที่ 4.2 การทำงานของเครื่องปั๊ม 34
รูปที่ 4.3 แผนภาพแลดเดอร์ 35
รูปที่ 4.4 ฟังก์ชันชาร์ต 35
รูปที่ 4.5 ตัวอย่างลำดับ 36
รูปที่ 4.6 แบบจำลองสเต็ป 37

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ก.1 แสดงวงจรส่วนตรวจสอบความขัดแย้ง..... 75
รูปที่ ก.2 แสดงวงจรส่วนขับกำลัง..... 76
รูปที่ ก.3 แสดงวงจรส่วนตรวจวัดกระแส..... 77
รูปที่ ก.4 แสดงวงจรส่วนตรวจวัดกระแส (ต่อ)..... 78
รูปที่ ก.5 แสดงวงจรส่วนตรวจวัดแรงดัน..... 79
รูปที่ ก.6 แสดงวงจรส่วนสร้างสัญญาณไฟกระพริบ..... 80
รูปที่ ค.1 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโปรแกรมมือถือกับ PLC 83
รูปที่ ค.2 เครื่องโปรแกรมมือถือของ PLC..... 84
รูปที่ ค.3 แสดงตัวอย่างการป้อนข้อมูลในรีจิสเตอร์ของส่วนควบคุมหลัก..... 85
รูปที่ ค.4 แสดงความสัมพันธ์ของดิปสวิทช์ทั้ง 2 ชุด 88
รูปที่ ค.5 แสดงการเรียงเอาท์พุทของส่วนสร้างสัญญาณ
นาฬิกาเพื่อทำรหัสไบนารี่ให้แก่ PLC..... 90
รูปที่ จ.1 แสดงโปรแกรม SFC ส่วนตารางข้อมูล 98
รูปที่ จ.2 แสดงโปรแกรม SFC ส่วนควบคุมแบบอัตโนมัติ 99
รูปที่ จ.3 แสดงโปรแกรม SFC ส่วนควบคุมแบบอัตโนมัติ (ต่อ) 100
รูปที่ จ.4 แสดงโปรแกรม SFC ย่อยของการควบคุมแบบใช้มือ (ส่วนที่ 1) 101
รูปที่ จ.5 แสดงโปรแกรม SFC ย่อยของการควบคุมแบบใช้มือ (ส่วนที่ 2) 101
รูปที่ จ.6 แสดงโปรแกรม SFC ย่อยของการควบคุมแบบใช้มือ (ส่วนที่ 3) 102
รูปที่ จ.7 แสดงโปรแกรม SFC ย่อยของการควบคุมแบบใช้มือ (ส่วนที่ 4) 102
รูปที่ จ.8 แสดงโปรแกรม SFC ย่อยของการควบคุมแบบใช้มือ (ส่วนที่ 5) 103
รูปที่ จ.9 แสดงโปรแกรม SFC ย่อยของการควบคุมแบบใช้มือ (ส่วนที่ 6) 103
รูปที่ จ.10 แสดงโปรแกรม SFC ย่อยของการควบคุมแบบใช้มือ (ส่วนที่ 7) 104
รูปที่ จ.11 แสดงโปรแกรม SFC ย่อยของการควบคุมแบบใช้มือ (ส่วนที่ 8) 104

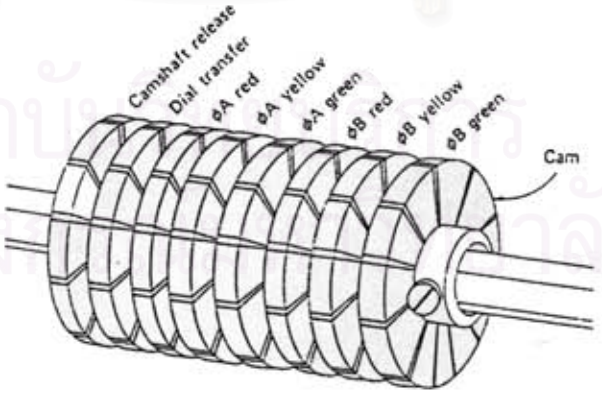
บทที่ 1

บทนำ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1 ความเป็นมาเบื้องต้น

เนื่องจากสภาพการจราจรภายในประเทศ โดยเฉพาะในเมืองใหญ่ ๆ ยังมีปัญหาการจราจรติดขัดอยู่มาก เครื่องมือชนิดหนึ่งที่ช่วยจัดระบบการจราจรให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ก็คือ เครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร ซึ่งเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในเกือบทุกประเทศในโลกเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรนี้ เริ่มมีใช้ครั้งแรกในประเทศอังกฤษประมาณปี คศ. 1866 และได้มีการพัฒนาต่อมาจนกระทั่งในปี คศ. 1920 จึงมีการนำสัญญาณไฟ 3 สี คือ สัญญาณไฟแดง, เหลือง, เขียว ขึ้นมาใช้เป็นครั้งแรก เครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรรุ่นแรกที่มีการควบคุมแบบอัตโนมัติมีขึ้นในปี คศ. 1923 โดยใช้ชินโครนัสมอเตอร์ หมุนแคม (Cam) สวิทช์ ดังรูปที่ 1.1 ในการปิดเปิดสัญญาณไฟจราจรตามวันเวลาที่ตั้งไว้ [1]



รูปที่ 1.1 แสดงการทำงานของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรในอดีต

ต่อมา จึงพัฒนามาเป็นการใช้รีเลย์ไฟฟ้ากลทำงานร่วมกับไมโครโปรเซสเซอร์ ควบคุมการปิดเปิดสัญญาณไฟจราจร ในปัจจุบันมีบริษัทที่ผลิตเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร หลายบริษัทที่ใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำมาทำการปิดเปิดสัญญาณไฟจราจรแทนการใช้รีเลย์ไฟฟ้ากลซึ่งมีอายุใช้งานสั้นกว่าและราคาแพงกว่าสารกึ่งตัวนำมาก ก่อนที่จะกล่าวถึงรายละเอียดอื่น ๆต่อไปต้องขอกล่าวถึงนิยามบางอย่างที่เกี่ยวข้องในระบบการควบคุมการจราจร ซึ่งมีนิยามสำคัญ คือ เฟส, รอบเวลา, ช่วงเวลาไฟเขียว [2]

เฟส (Phase) คือ การที่ทิศทางการจราจรหนึ่งหรือหลายทิศทางได้รับอนุญาตให้เคลื่อนที่ผ่านทางแยกได้ในช่วงเวลาเดียวกัน

รอบเวลา (Cycle time) คือ ช่วงเวลาที่เกิดจากการรวมเอาช่วงเวลาของเฟสแต่ละเฟสเข้าไว้ด้วยกันโดยมีลำดับขั้นการทำงานจากเฟสแรกจนถึงเฟสสุดท้ายแล้วจึงวนกลับมาที่เฟสแรกอีกครั้งหนึ่ง

ช่วงเวลาไฟเขียว (Green time) คือ ช่วงเวลาที่การจราจรในทิศทางใด ๆได้รับสัญญาณไฟเขียว

ซึ่งนิยามเหล่านี้จะมีการกล่าวอ้างถึงในการออกแบบฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ในบทต่อไป

เครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรโดยทั่วไปมีความสามารถพื้นฐานอยู่ 3 รูปแบบ [2,3,4]

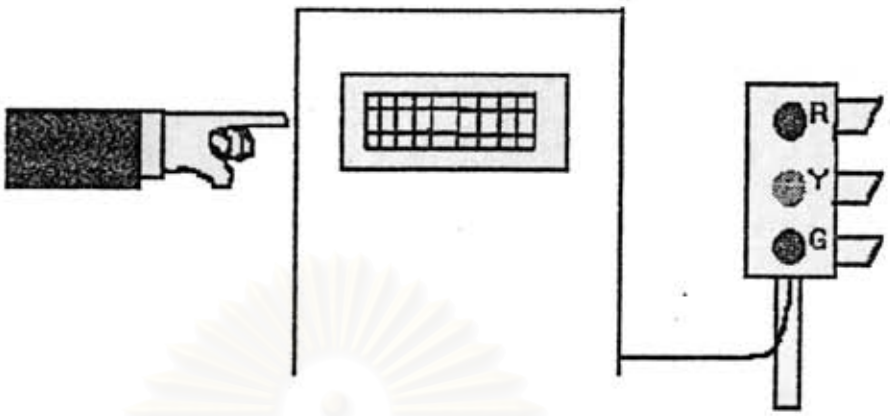
1.1.1 รูปแบบที่ควบคุมด้วยมือ (Manual Control)

1.1.2 รูปแบบที่ทำงานอัตโนมัติตามเวลา (Pretimed or Fixed time Control)

1.1.3 สามารถทำงานในแบบไฟกระพริบ (Flasher Mode)

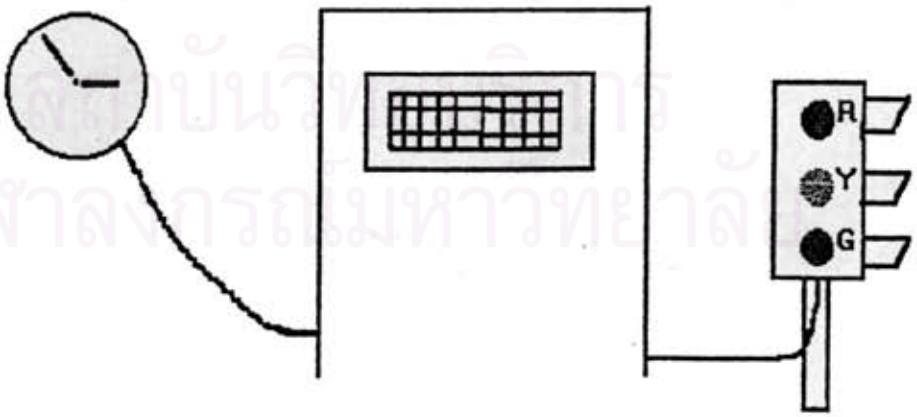
โดยมีรายละเอียดดังนี้

การทำงานในแบบควบคุมด้วยมือ คือแบบที่เครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรมีแผงควบคุมอยู่บนตัวเครื่องเพื่อช่วยให้เจ้าหน้าที่จราจรสามารถควบคุมการจัดลำดับสัญญาณไฟได้โดยอิสระไม่ขึ้นกับเวลาโดยมีลักษณะดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 การควบคุมด้วยมือ

การทำงานในแบบอัตโนมัติตามเวลา คือรูปแบบที่ มีความสามารถเลือกโปรแกรมการทำงานตามเวลาจริงและสามารถเปลี่ยนแปลงสัญญาณไฟได้โดยอัตโนมัติตามข้อมูล และเวลาที่ตั้งไว้ล่วงหน้า โดยมีลักษณะดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 การควบคุมแบบอัตโนมัติ

การทำงานแบบไฟกระพริบ คือรูปแบบที่ให้สัญญาณไฟเหลืองกระพริบเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อใช้ในกรณีฉุกเฉิน หรือเพื่อเตือนยวดยานพาหนะที่ผ่านทางแยกให้ระวัง

1.2 ปัญหาที่พบในการใช้เครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรในปัจจุบัน

จากการสำรวจทั้งจากบริษัทที่ทำการติดตั้งเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรและจากเจ้าหน้าที่ตำรวจที่ใช้เครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรพบว่าเครื่องควบคุมไฟจราจรที่ใช้อยู่ในประเทศขณะนี้มีข้อเสียคือเป็นเครื่องรุ่นเก่ามีจำนวนเอาท์พุทสำหรับควบคุมการจราจรที่ทางแยกได้ไม่ครบทุกทิศทาง บางเครื่องควบคุมได้เพียง 8 ทิศทางซึ่งการประยุกต์ใช้งานที่ทางแยกได้ไม่ครบทุกทางอาจต้องทำการพ่วงเอาท์พุทเพื่อให้สามารถควบคุมทิศทางการจราจรได้มากขึ้น ซึ่งวิธีนี้ทำให้การควบคุมการจราจรเป็นไปโดยไม่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้เครื่องรุ่นเก่านี้ยังใช้ส่วนควบคุมเอาท์พุทเป็นแบบรีเลย์ไฟฟ้ากล ซึ่งมีข้อจำกัดเรื่องอายุการใช้งานและ ขนาดที่ใหญ่โต ใช้กำลังไฟฟ้ามากในการทำงาน ถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะมีบริษัทต่างประเทศหลายบริษัทผลิตเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่ทันสมัยมีประสิทธิภาพดีกว่าเครื่องรุ่นเก่ามากแต่ก็มีข้อจำกัดคือ เครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรจากต่างประเทศจะมีราคาแพง อีกทั้งยังใช้ซอฟต์แวร์ และ ฮาร์ดแวร์เฉพาะในการควบคุมจึงทำให้การติดตั้ง การซ่อมบำรุงตลอดจนการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมทำได้ยาก และ สูญเสียค่าใช้จ่ายสูงเพราะต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ความชำนาญโดยเฉพาะมาทำการซ่อมบำรุง และ ปรับปรุงโปรแกรมให้เหมาะสมกับสภาพการจราจร เช่น ลักษณะการควบคุมแบบใช้มือนั้นเครื่องของต่างประเทศจะมีการกดปุ่มเลือกเฟสการจราจรที่เป็นลำดับต่อเนื่องกันไปจากเฟสแรกจนถึงเฟสสุดท้ายจะข้ามการทำงานไม่ได้ แต่เนื่องจากในบางครั้งสภาวะการจราจรมีความจำเป็นต้องควบคุมในเฟสการทำงานที่ไม่เรียงลำดับจึงทำให้ต้องปรับปรุงเครื่องให้มีความสามารถได้ตามที่กล่าวมา นอกจากนี้ลักษณะการตรวจสอบความขัดแย้งของสัญญาณที่พบในเครื่องควบคุมสัญญาณไฟที่ทำการสำรวจมาเป็นการตรวจวัด ความขัดแย้งเนื่องจากสัญญาณไฟเขียวติดพร้อมกัน แต่ในสภาพการใช้งานจริงนั้น อาจมีความขัดแย้งที่เกิดจากสัญญาณไฟแดงดับพร้อมกันเพราะสายไฟที่ต่อไปยังหลอดไฟแดงขาดหรือหลอดไฟแดงขาด จึงต้องมีการพัฒนาส่วนนี้ไว้ด้วย ในด้านการเปลี่ยนภาคการทำงานนั้นพบว่า มีความจำเป็นต้องให้ความสำคัญของการควบคุมด้วยมือมากเพราะจะช่วยให้แก้ไขปัญหาการจราจรได้ในสภาวะไม่ปกติกล่าวคือ ให้มีความสามารถกระโดดไปทำงานในภาคการควบคุมแบบใช้มือได้ทันทีเมื่ออยู่ในภาคการทำงานแบบอัตโนมัติ และให้หน่วงเวลาการทำงานจนครบช่วงเวลาไฟเขียวในภาคการทำงานแบบใช้มือก่อนจึงสามารถเปลี่ยนไปทำงานในภาคการทำงานแบบอัตโนมัติได้

ในงานวิจัยนี้จะมุ่งพัฒนาเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรให้มีความสามารถควบคุมการจราจรได้ 10 ทิศทางโดยแยกอิสระต่อกัน คือ ทิศทางสำหรับยานพาหนะหลัก 8 ทิศทาง และทิศทางสำรองไว้สำหรับการจราจรในลักษณะอื่น ๆเช่น คนข้ามถนน หรือ การควบคุมการเลี้ยวซ้าย อีก 2

ทิศทาง นอกจากนี้ได้เปลี่ยนหลักการควบคุมการปิดเปิดสัญญาณไฟจากการใช้รีเลย์ไฟฟ้ากลมาเป็นการใช้โซลิทเสตทรีเลย์แทน มีส่วนตรวจจับความขัดแย้ง (Conflict) ของสัญญาณการจราจร มีฟังก์ชันการทำงานได้ 3 แบบคือ แบบควบคุมด้วยมือ (Manual Control) แบบอัตโนมัติ (Auto Control) และ แบบให้สัญญาณไฟเหลืองกระพริบ (Flasher) และยังมีความสามารถในการตรวจสอบความผิดพลาดของสัญญาณควบคุมที่ทำให้เกิดความขัดแย้ง (Conflict) ทางการจราจรซึ่งอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุร้ายแรง สามารถตรวจสอบกรณีสัญญาณไฟแดงขาดหายไปในจังหวะที่ไม่ควรหายไป หรืออาจเกิดจากสายไฟที่ต่อไปยังหลอดไฟแดงของทิศทางใด ๆ ชำรุดหรือหลอดไฟเสื่อมสภาพไม่อาจให้แสงสว่างเพียงพอ และยังสามารถตรวจสอบความขัดแย้งอันเกิดจากการที่สัญญาณไฟเขียวติดขึ้นพร้อมกันในทิศทางที่ขัดแย้งกัน เมื่อเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆที่กล่าวมานี้เครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรจะตัดการทำงานไปที่ภาคการทำงานแบบไฟกระพริบเพื่อเตือนผู้ขับขี่ให้ขับขี่ยวดยานผ่านทางแยกด้วยความไม่ประมาท นอกจากนี้จะต้องออกแบบโปรแกรมควบคุมให้เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้ตามที่ได้สำรวจมาด้วย

1.3 <u>วัตถุประสงค์การวิจัย</u>

เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยกเดี่ยว โดยออกแบบอิงตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง ว่าด้วยข้อกำหนด และมาตรฐานทั่วไปในงานติดตั้งไฟสัญญาณจราจรและไฟกระพริบบนทางหลวง พศ. 2523

1.4 <u>ขอบเขตการวิจัย</u>

1.4.1 สร้างเครื่องต้นแบบของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรให้มีความสามารถทำงานในแบบควบคุมด้วยมือ (Manual Control) และแบบอัตโนมัติ (Auto Control) และแบบไฟกระพริบ (Flasher Control)

1.4.2 ทำการทดสอบกับอุปกรณ์จำลอง และอาจนำไปทดลองใช้กับงานควบคุมสัญญาณไฟจราจรจริง

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 สำรวจข้อมูลจากบริษัทที่เกี่ยวข้องในการติดตั้งเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร

1.5.2 ศึกษาตัวอย่างของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่ใช้ในปัจจุบันเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนา

1.5.3 ศึกษาข้อกำหนดต่าง ๆ ในการติดตั้งและสร้างเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร

1.5.4 สำรวจความต้องการของผู้ใช้งาน เช่น เจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรที่ปฏิบัติงานตามทางแยก

1.5.5 ออกแบบโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์

1.5.6 ออกแบบโครงสร้างทางซอฟต์แวร์

1.5.7 ทดลองสร้างในแต่ละส่วนและทดสอบ

1.5.8 รวมแต่ละส่วนเข้าด้วยกันและทดสอบ

1.5.9 สร้างอุปกรณ์ เพื่อจำลองการทำงาน

1.5.10 ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบ

1.5.11 เขียนวิทยานิพนธ์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้เรียนรู้ถึงระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร

1.6.2 เครื่องต้นแบบของโครงการนี้เป็นพื้นฐานที่อาจจะนำไปพัฒนาต่อเพื่อใช้งานกับระบบควบคุมแบบเป็นพื้นที่ได้ (Area Traffic Control)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

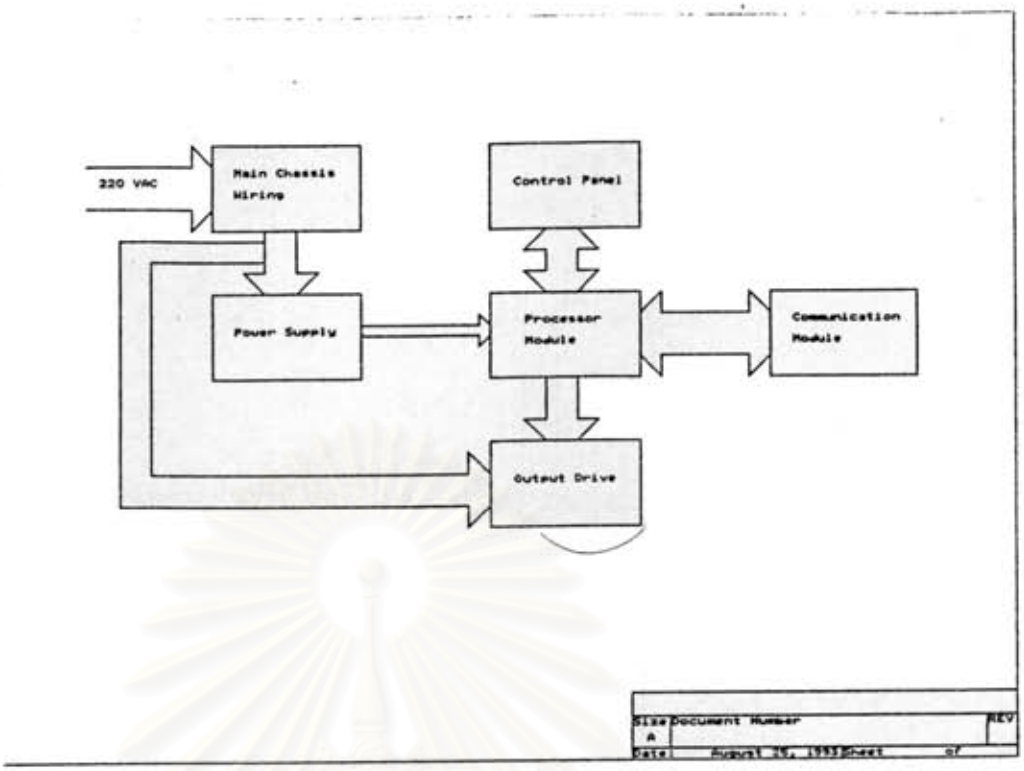
บทที่ 2

ทฤษฎีและแนวความคิดในการออกแบบ

การออกแบบเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรในงานวิจัยนี้ได้คำนึงถึงคุณสมบัติของเครื่องที่เหมาะสมตามความต้องการของผู้ใช้ มีประสิทธิภาพและเสถียรภาพการใช้งานที่ดี และใช้เทคโนโลยีที่ใหม่กว่าระบบเดิมที่ใช้อยู่ในประเทศ ซึ่งหลักการออกแบบได้แบ่งเป็นหัวข้อต่าง ๆได้แก่ การออกแบบระบบรวม การออกแบบส่วนฮาร์ดแวร์ การออกแบบส่วนซอฟต์แวร์ โดยในบทนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างคร่าว ๆในการทำงานของส่วนต่าง ๆสำหรับรายละเอียดการทำงานนั้นจะกล่าวถึงในบทต่อ ๆไป

2.1 ลักษณะพื้นฐานของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร

เครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่มีใช้อยู่ในประเทศโดยทั่วไปมีองค์ประกอบดังรูปที่ 2.1 ซึ่งแบ่งเป็นส่วนต่าง ๆคือ ส่วนโปรเซสเซอร์ (Processor Module) ทำหน้าที่เก็บรวบรวมข้อมูลและโปรแกรมควบคุม ทั้งยังเป็นเสมือนสมองของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่คอยสั่งการและรับรู้เงื่อนไขต่าง ๆ เช่น เงื่อนไขทางเวลาเพื่อนำไปเลือกโปรแกรมทำงาน, เงื่อนไขจากปุ่มควบคุมเพื่อกำหนดรูปแบบการจราจรตามที่คนควบคุมต้องการ เป็นต้น ส่วนแผงควบคุม (Control Panel Module) เป็นส่วนที่รวบรวมปุ่มควบคุม และเป็นสื่อกลางในการติดต่อระหว่างผู้ใช้กับเครื่อง (Man-Machine Interface), ส่วนขับหลอดไฟจราจร (Output Drive Module) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ได้รับจากส่วนโปรเซสเซอร์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์เพื่อนำไปขับหลอดไฟจราจร, ส่วนติดต่อสื่อสาร (Communication Module) ทำหน้าที่ในการเชื่อมโยงเครื่องควบคุมกับอุปกรณ์สื่อสารเช่น โมเดม เพื่อการส่งข้อมูลระยะไกล หรือติดต่อกับส่วนป้อนโปรแกรมแบบมือถือ (Hand Held Programmer) หรือกับคอมพิวเตอร์เพื่อป้อนข้อมูลต่าง ๆรวมทั้งโปรแกรมควบคุมให้กับเครื่องควบคุม, นอกจากนี้ยังมีส่วนจ่ายกำลังไฟฟ้า (Power Supply Module) และส่วนรวบรวมสายไฟเข้าสู่ตู้ควบคุม (Main Chassis Wiring Module) ซึ่งถือเป็นส่วนสนับสนุนการทำงานของส่วนอื่นของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร [3,4]

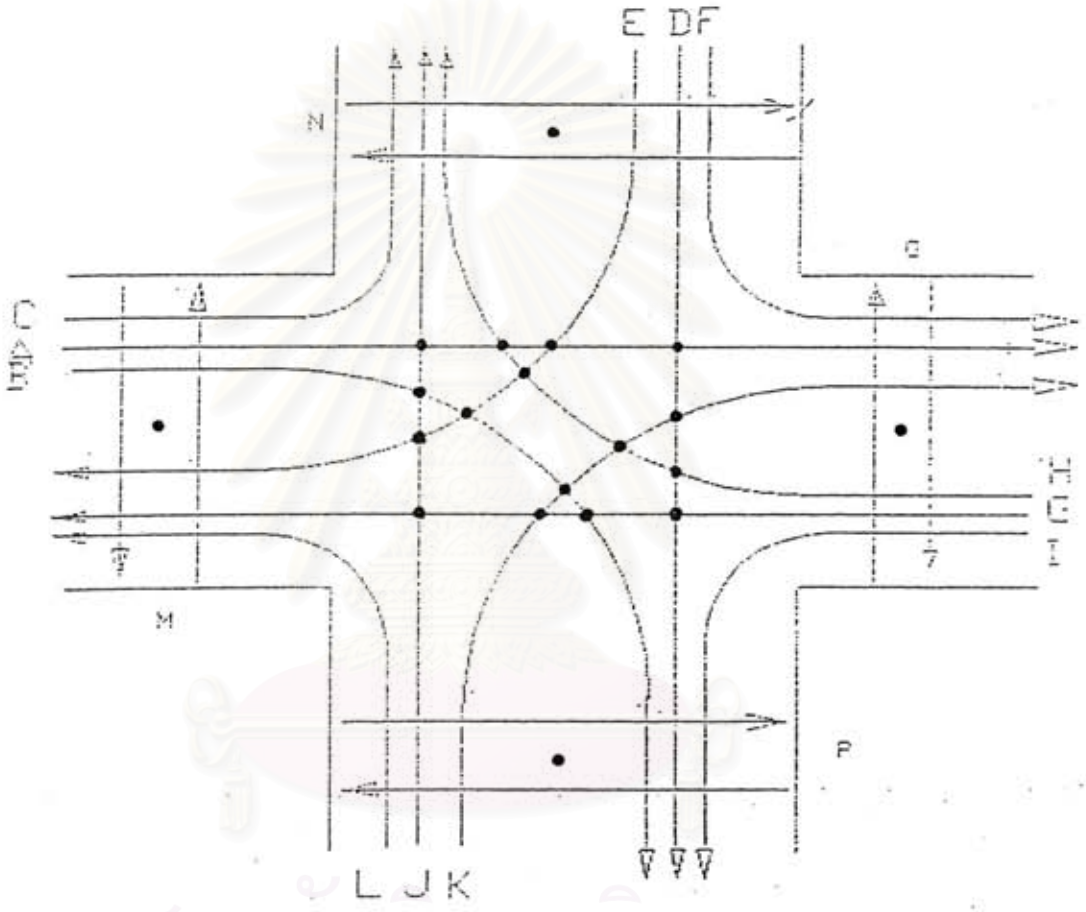


รูปที่ 2.1 ลักษณะพื้นฐานโดยทั่วไปของเครื่องควบคุม
สัญญาณไฟจราจร

การออกแบบเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรนี้ได้คำนึงถึงความสามารถของตัวเครื่องให้สามารถทำหน้าที่หลัก ๆคือการควบคุมสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกได้ดี นอกจากนี้ยังคำนึงถึงความสะดวกในการใช้งานของผู้ใช้คือ เจ้าหน้าที่จราจรด้วย การซ่อมบำรุงทางฮาร์ดแวร์สามารถทำได้ง่าย เพราะได้ออกแบบแบ่งเป็นส่วน ๆ (Modular design) ทำให้สามารถถอดเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่ได้ทันทีที่เกิดความเสียหายขึ้น ในด้านซอฟต์แวร์ได้ออกแบบให้มีลำดับการทำงานเป็นขั้นตอนเข้าใจง่ายโดยไม่ต้องอาศัย ผู้เชี่ยวชาญพิเศษมาทำการดัดแปลงแก้ไข นอกจากนี้ยังได้มีการปรับปรุงแก้ไขในปัญหาต่าง ๆที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 1.2 เช่นปรับปรุงลักษณะการควบคุมด้วยมือให้สามารถเลือกกดปุ่มได้อิสระโดยไม่ต้องเรียงลำดับปรับปรุงการตรวจวัดความขัดแย้งให้สามารถตรวจวัดได้ทั้งความขัดแย้งเนื่องจากไฟเขียวและไฟแดงการออกแบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์นั้นเพื่อให้มีความสามารถในการควบคุมได้เป็นสากลคือไม่จำกัดว่าจะต้องเป็นทางแยกใด ทางแยกหนึ่ง ดังนั้นจึงได้ทำการออกแบบการจราจรบริเวณทางแยกจำลองขึ้นมาโดยให้มีการจราจรในทิศทางต่าง ๆ ที่เป็นไปได้มากที่สุดในความเป็นจริง

ลักษณะการจราจรบริเวณทางแยกเดี่ยวโดยทั่วไปมีรูปแบบดังรูปที่ 2.2 โดยสามารถแบ่งทิศทางการจราจรได้เป็น 16 ทิศทาง [5]โดยสามารถแทนแต่ละทิศทางด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษจาก A-P โดยตัวอักษร A-L เป็นตัวแทนของการจราจรโดยยานพาหนะ และตัวอักษร

M-P แทนคนข้ามถนน ซึ่งตัวอักษรเหล่านี้จะสามารถนำมาเป็นตัวแทนในการจัดรูปแบบการควบคุมการจราจร ให้มีทิศทางแตกต่างกันไป จากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าในแต่ละทิศทางการจราจรมีการลากเส้นไปตัดกับทิศทางอื่นซึ่งจะมีจุดกลม ๆตรงจุดตัดแต่ละจุด เรียกจุดตัดเหล่านี้ว่า ความขัดแย้งของสัญญาณไฟจราจร (Traffic Conflict) ซึ่งความขัดแย้งนี้ต้องไม่เกิดขึ้นเพราะจะทำให้เกิดอุบัติเหตุรถชนกัน หรือรถชนคนข้ามถนน



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการจราจรบริเวณทางแยกเดี่ยว

2.2 แนวความคิดในการออกแบบระบบ

การออกแบบเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร ของงานวิจัยนี้มีแนวความคิดในการออกแบบดังนี้

1. ออกแบบส่วนต่าง ๆเป็นส่วนย่อย ๆแยกจากกัน (Module) เพื่อความสะดวกในการซ่อมบำรุงถอดเปลี่ยนอุปกรณ์ในกรณีที่ ส่วนใดส่วนหนึ่งเสียจะได้ไม่กระทบกระเทือนถึงส่วนอื่น ๆ

2. จำนวนอินพุทและเอาท์พุทควรมีเพียงพอที่จะใช้ควบคุมสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกในเมืองได้คือ 10 ทิศทาง

3. โปรแกรมการทำงานควรมีโครงสร้างที่สามารถเข้าใจได้ง่าย และมีประสิทธิภาพการทำงานดี เพื่อให้ผู้ใช้งานซึ่งไม่จำเป็นต้องมีความเชี่ยวชาญเป็นพิเศษสามารถดัดแปลงแก้ไขโปรแกรมได้

4. ความทนทานของอุปกรณ์ อุปกรณ์ทุกส่วนที่ออกแบบควรจะมีความทนทานสูงเพื่อที่จะสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวน เช่น ภูมิอากาศ, ความสั่นสะเทือนของท้องถนน

5. ความปลอดภัยในแง่ของการควบคุมการจราจร เพราะว่าการใช้เครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยกนั้น อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุร้ายแรงได้ ถ้าสัญญาณที่ส่งออกมาควบคุมไฟจราจรนั้นเกิดผิดพลาด ปล่อยรถในทิศทางตรงข้ามกันในเวลาเดียวกันดังนั้นจึงต้องมีระบบป้องกันความผิดพลาดส่วนนี้ไว้ด้วย

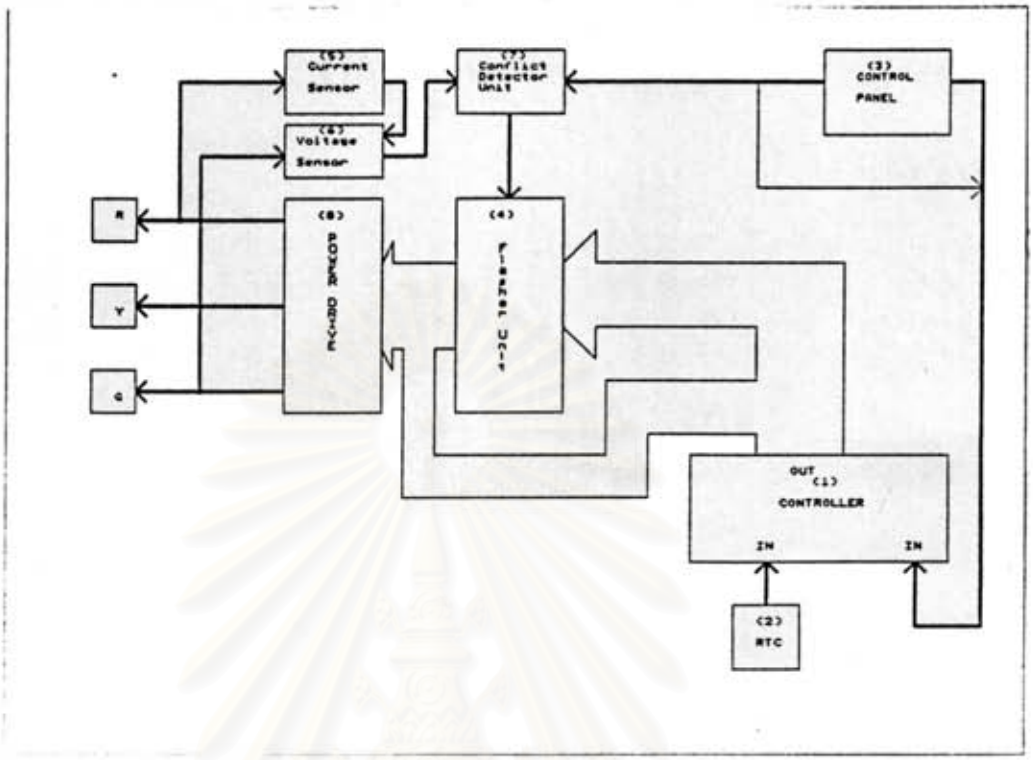
6. การป้อนโปรแกรมและแสดงผล การป้อนโปรแกรมควรมีความสะดวกและทำได้ทั้งที่หน้างาน (On site) และที่ห้องปฏิบัติการซ่อมบำรุง การแสดงผลควรมีส่วนแสดงสภาวะการทำงานไว้ให้เห็นชัดเจนเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับรู้ในกรณีการควบคุมด้วยมือ

2.3 แนวความคิดในการออกแบบฮาร์ดแวร์

การออกแบบเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรนั้น จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆโดยมีข้อกำหนดของกรมทางหลวงในส่วนหลัก ๆดังนี้ [6]

1. มีความสามารถในการยอมให้ควบคุมด้วยมือได้
2. มีระบบตรวจจับความขัดแย้งของสัญญาณ (Conflict detector)
3. มีวงจร โซลิดสเต็ท ควบคุมการปิดเปิดไฟ
4. มีนาฬิกาเพื่อให้เครื่องควบคุมทำงานได้ตามเวลาจริง
5. มีระบบทำสัญญาณไฟกระพริบในอัตรา 50-60 ครั้ง/นาที โดยมีช่วงติด และช่วงดับเท่ากัน

ในงานวิจัยนี้ ได้พยายามออกแบบการทำงานให้ครบถ้วนตามข้อกำหนดข้างต้น และได้ออกแบบแยกเป็นส่วนย่อย ๆ (Module) เพื่อประโยชน์ในการซ่อมบำรุงรักษา เพื่อให้เกิดความเชื่อถือได้ และมีความชัดเจนในการทำงานโดยหลีกเลี่ยงลักษณะของตัวควบคุมที่รวมเอาส่วนต่าง ๆ รวมทั้งส่วนตรวจสอบความผิดพลาดเอาไว้ในส่วนควบคุมทั้งหมด ซึ่งอาจทำให้ระบบทำงานไม่ได้หากส่วนควบคุมทำงานไม่ได้ โครงสร้างของงานวิจัยนี้มีส่วนประกอบดังรูปที่ 2.3 คือประกอบด้วยส่วนหลัก ๆทั้งหมด 8 ส่วนได้แก่ ส่วนควบคุม, ส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกา, ส่วนแผงควบคุม, ส่วนสร้างสัญญาณไฟกระพริบ, ส่วนตรวจวัดกระแสไฟฟ้า, ส่วนตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า, ส่วนตรวจสอบความขัดแย้งของสัญญาณ และส่วนขับกำลัง



รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรในงานวิจัยนี้

2.3.1 ส่วนควบคุมการทำงาน (Controller Module)

มีหน้าที่หลักในการควบคุมลำดับขั้นการทำงานของสัญญาณไฟจราจร โดยรับสัญญาณขาเข้าซึ่งส่งมาจากส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกา และจากส่วนแผงควบคุมแล้วนำมาเลือกโปรแกรมการควบคุมที่เหมาะสมแล้วส่งสัญญาณการควบคุมออกไปควบคุมการติดดับของหลอดไฟจราจร

2.3.2 ส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกา (Real Time Clock Module, RTC)

มีหน้าที่ในการสร้างสัญญาณนาฬิกาเพื่อเป็นเวลาอ้างอิงของส่วนควบคุมสำหรับเลือกโปรแกรมควบคุมให้เหมาะสมกับช่วงเวลานั้น ๆ

2.3.3 ส่วนแผงควบคุม (Control Panel Module)

เป็นส่วนที่รวบรวมสวิทช์ควบคุมต่าง ๆสำหรับการควบคุมด้วยมือ (Manual Control) และแสดงผลการควบคุมให้ตำรวจจราจรได้รู้

2.3.4 ส่วนสร้างสัญญาณไฟกระพริบ (Flasher Module)

ส่วนสร้างสัญญาณไฟกระพริบนี้เป็นส่วนที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณไฟกระพริบเพื่อนำไปใช้ในส่วนต่าง ๆของระบบ

2.3.5 ส่วนตรวจวัดกระแสไฟฟ้า (Current Sensor Module)

ส่วนนี้ทำหน้าที่ตรวจวัดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายไปยังหลอดไฟจราจรสีแดงว่ามีหรือไม่เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าหลอดไฟนั้นติดหรือดับ เพื่อตรวจสอบการขาดของไส้หลอดหรือ สายไฟฟ้าที่ต่อไปยังหลอดไฟนั้น ๆ

2.3.6 ส่วนตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า (Voltage Sensor Module)

ส่วนนี้ทำหน้าที่ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายไปยังหลอดไฟจราจรสีเขียวว่าติดหรือดับโดยใช้หลักการวัดสัญญาณแรงดัน ถ้าหลอดไฟติดวงจรส่วนนี้จะส่งสัญญาณลอจิก 1 ที่ตำแหน่งนั้น ๆไปยังส่วนตรวจสอบความขัดแย้ง ถ้าหลอดไฟดับจะส่งสัญญาณลอจิก 0 ออกมา

2.3.7 ส่วนตรวจสอบความขัดแย้งของสัญญาณ (Conflict Detector Module)

ส่วนนี้ทำหน้าที่อ่านกลุ่มสัญญาณจากส่วนตรวจวัดกระแส และส่วนตรวจวัดแรงดันว่ามีเงื่อนไขที่ทำให้เกิดความขัดแย้งในด้านทิศทางการจราจรขึ้นหรือไม่ ถ้ามีให้ส่งสัญญาณแสดงว่ามีความขัดแย้งเกิดขึ้นที่ตำแหน่งใด และส่งสัญญาณไปให้ส่วนควบคุมสัญญาณไฟกระพริบให้ส่งสัญญาณไฟกระพริบออกมาเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ

2.3.8 ส่วนขับกำลัง (Power Drive Module)

ส่วนขับกำลังมีหน้าที่ในการแปลงสัญญาณเอาท์พุทที่มาจากส่วนควบคุม หรือจากส่วนสร้างสัญญาณไฟกระพริบให้เป็นไฟฟ้าที่แรงดัน 220 โวลท์เพื่อนำไปควบคุมการติดดับของหลอดไฟจราจรที่บริเวณทางแยก

2.4 แนวความคิดในการออกแบบซอฟต์แวร์

แนวความคิดในการออกแบบซอฟต์แวร์ มีส่วนสำคัญ ๆที่กรมทางหลวงได้กำหนดไว้ดังนี้ [6]

1. สามารถเลือกการทำงานได้อย่างน้อย 6 โปรแกรมใน 24 ชม.
2. สามารถทำงานแบบอัตโนมัติตามเวลาจริง

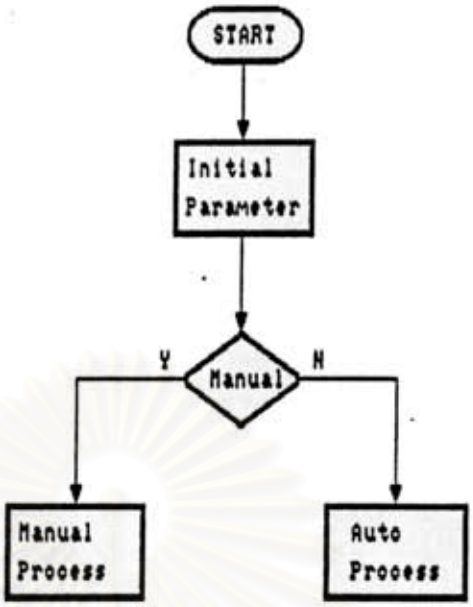
3. การเข้าสู่เฟสต่าง ๆอาจจะยืดหยุ่นสามารถปรับช่วงเวลาต่ำสุดของไฟเขียว และ รอบเวลาได้
4. มีช่วงจังหวะเคลียร์สภาพจราจร(ไฟเหลือง)ไม่น้อยกว่า 3 วินาที

ในงานวิจัยนี้ซอฟต์แวร์ในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรควรมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดี และสามารถทำความเข้าใจ และเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ง่ายโปรแกรมที่ออกแบบจะแบ่งเป็น 3 ส่วนหลักดังนี้ คือ ส่วนโปรแกรมหลัก,ส่วนโปรแกรมควบคุมแบบใช้มือ,ส่วนโปรแกรมควบคุมแบบอัตโนมัติ

2.4.1 ส่วนโปรแกรมหลัก

ส่วนโปรแกรมหลักมีโครงสร้างการทำงานดังรูปที่ 2.4 ซึ่งจะมีการตั้งค่าตัวเลือกซึ่งได้แก่ ตัวเลือกสำหรับเวลาไฟเขียว, การตั้งค่าเริ่มต้นให้กับตัวแปรบางตัว, ค่าตัวเลือกที่จำเป็นสำหรับการเริ่มต้นทำงานของเครื่องควบคุมไว้ที่ต้นโปรแกรม และยังเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตัดสินใจเลือกรูปแบบการทำงานครั้งแรกที่มีการเปิดเครื่องทำงาน โดยสามารถเลือกการทำงานได้ 2 แบบ คือ แบบใช้มือควบคุม และแบบอัตโนมัติโดยเมื่อเปิดเครื่องครั้งแรกเครื่องควบคุมจะส่งสัญญาณไฟแดงออกมาที่หลอดไฟจราจรเพื่อห้ามการจราจรในทุกทิศทางก่อน เป็นการเตรียมสภาพการจราจรเพื่อเข้าสู่สภาวะควบคุมที่ได้ออกแบบไว้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.4 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมหลัก

2.4.2 ส่วนโปรแกรมควบคุมแบบใช้มือ

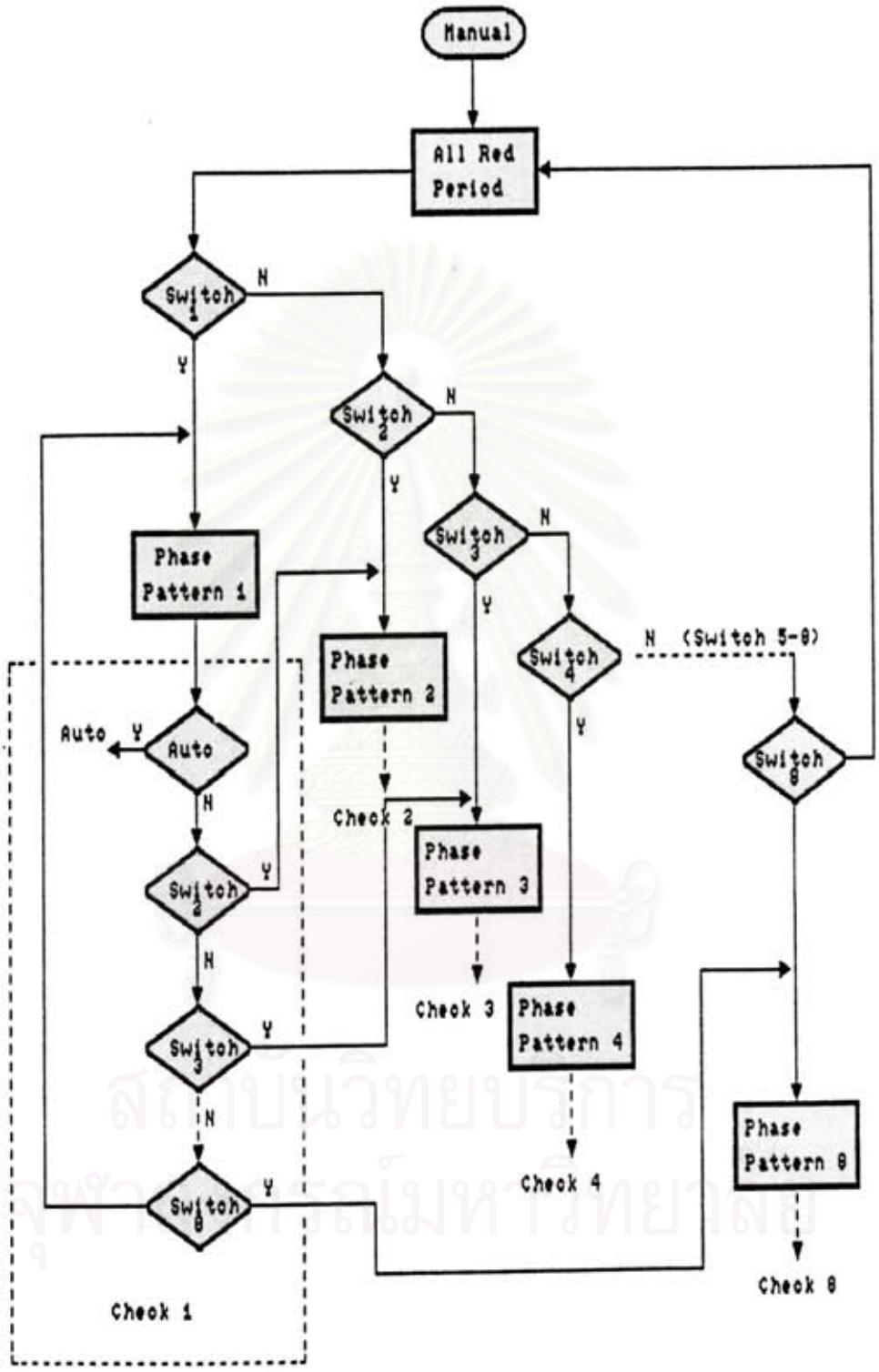
ส่วนโปรแกรมสำหรับการควบคุมด้วยมือ (Manual Control) ส่วนนี้จะทำหน้าที่รับข้อมูลขาเข้าจากแผงสวิทช์ควบคุมด้วยมือเพื่อนำมาเลือกการปิดเปิดสัญญาณไฟเขียวในรูปแบบต่าง ๆได้ทั้งหมด 8 รูปแบบโดยมีจังหวะการเคลียร์สภาพจราจรโดยอัตโนมัติ (เขียว-เหลือง-แดง) โดยในตอนแรกโปรแกรมจะสั่งงานให้เครื่องส่งสัญญาณแดงหมด (all red) เพื่อหยุดการจราจรในทุกทิศทางก่อน และเมื่อกดปุ่มรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งใน 8 รูปแบบเครื่องจะส่งสัญญาณไฟเขียวและแดงตามรูปแบบที่กำหนดไว้ออกมาปรากฏที่หลอดไฟจราจร และจะคงค้างสภาวะเดิมอยู่ตลอดเวลาจนกว่าจะมีการกดสวิทช์รูปแบบใหม่ เครื่องควบคุมจะเปลี่ยนสภาวะจากไฟ เขียวไปเหลืองไปแดงโดยอัตโนมัติ แล้วเข้าสู่การจัดรูปแบบสัญญาณใหม่ตามที่ได้ออกแบบไว้ ดังมีโฟลว์ชาร์ตการทำงานดังรูปที่ 2.5 โดยการทำงานจะเป็นลักษณะที่สามารถกดปุ่มเลือกรูปแบบใด ๆ ข้ามไปมาได้โดยอิสระโดย ในการข้ามจังหวะนั้นก็ยังคงความสัมพันธ์กับจังหวะเดิมอยู่ด้วย คือหากจังหวะเดิมกับจังหวะใหม่ยังคงมีการจัดไฟเขียวบางทิศทางที่เหมือนกันอยู่ก็ให้รักษาลักษณะของเฟสนั้น ๆไว้ในระหว่างการเปลี่ยนสภาวะไปสู่การจัดเฟสใหม่ด้วย เพื่อป้องกันความสับสนและป้องกันการหยุดชะงักของการจราจรโดยไม่จำเป็น เมื่อมีการหมุนปุ่มเพื่อเปลี่ยนจากภาคการทำงานแบบใช้มือไปเป็นแบบอัตโนมัติเครื่องควบคุมจะหน่วงเวลาจนครบ 1 ช่วงเวลาไฟเขียวแล้วจึงเปลี่ยนสัญญาณจากเขียวไปเหลืองไปแดงแล้วเข้าสู่การทำงานแบบอัตโนมัติตามเวลาต่อไป

2.4.3 ส่วนโปรแกรมควบคุมแบบอัตโนมัติ

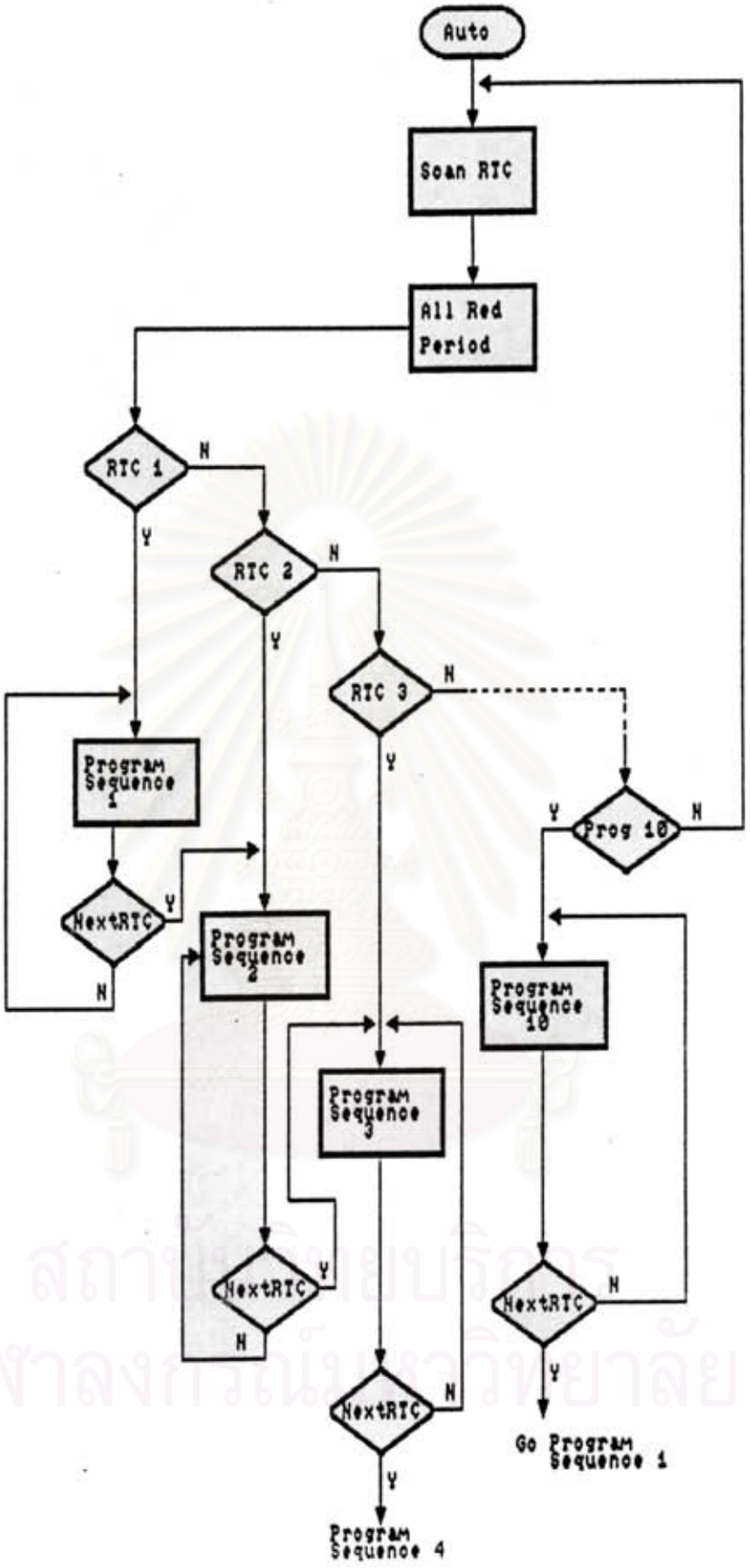
การทำงานของส่วนควบคุมอัตโนมัติ จะมีโปรแกรมย่อยในการควบคุม 10 โปรแกรม โดยแต่ละโปรแกรมจะมีความสามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบการจัดไฟเขียวหรือเฟสได้โดยอัตโนมัติตามที่ได้มีการป้อนค่าข้อมูลไว้ในโปรแกรม จำนวนโปรแกรมย่อยที่มี 10 โปรแกรมนั้นได้ออกแบบเพื่อให้สามารถทำงานตามเวลาจริงสัมพันธ์กับนาฬิกาภายนอกที่ส่งรหัส 4 บิตมาให้ โดยนำมาจัดเป็นรหัสเกรย์ (Gray Code) ซึ่งการจัดรหัสในลักษณะนี้จะไม่ทำให้เกิดความสับสนของโปรแกรมในขณะที่มีการเปลี่ยนจากรหัสหนึ่งไปสู่รหัสหนึ่งดังรูปที่ 2.6 โดยคงแนวความคิดที่ว่าต้องให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนรูปแบบทั้งภายในโปรแกรมย่อย และช่วงเปลี่ยนจากโปรแกรมเดิมไปสู่โปรแกรมถัดไป การทำงานจะเริ่มที่สภาวะแดงหมดเพื่อเคลียร์สภาพการจราจรก่อนจากนั้นจึงเข้าไปทำงานตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ตามเงื่อนไขของเวลาขณะนั้น และในขณะที่โปรแกรมกำลังทำงานอยู่นั้นหากมีเหตุจำเป็นที่ต้องการเข้าสู่ภาคการควบคุมด้วยมือก็สามารถปรับปุ่มการทำงานไปที่ภาคการควบคุมด้วยมือ ซึ่งโปรแกรมจะเปลี่ยนจังหวะจาก เขียว-เหลือง แล้วเข้าสู่สภาวะแดงหมดพร้อมที่จะรับคำสั่งจากการกดปุ่มควบคุมด้วยมือทันที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

019472



รูปที่ 2.5 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมควบคุมด้วยมือ



รูปที่ 2.6 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมควบคุมอัตโนมัติ

บทที่ 3

ฮาร์ดแวร์ของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร

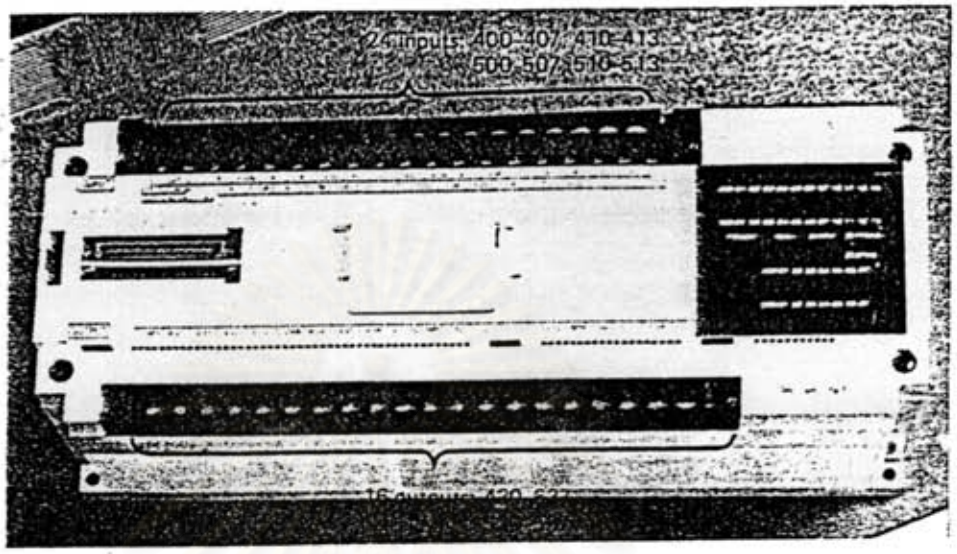
บทนี้จะกล่าวถึงฮาร์ดแวร์ของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร ที่ออกแบบและ สร้างในงานวิจัยนี้ โดยจะกล่าวถึงลักษณะโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์และการทำงานของระบบ

3.1 ลักษณะโครงสร้างของระบบ

ระบบของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรในอดีตนั้นจะประกอบด้วยส่วนควบคุมซึ่งทำหน้าที่ต่าง ๆรวมอยู่ในโมดูลเดียวกันซึ่งยากแก่การซ่อมบำรุง และปรับปรุงแก้ไขในงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบระบบให้มีส่วนที่ทำหน้าที่ต่าง ๆแยกย่อยกันออกไปโดยมีส่วนประกอบใหญ่ ๆ 8 ส่วน คือ ส่วนควบคุม (Controller Module), ส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกา (Real Time Clock Module,RTC), ส่วนแผงควบคุม (Control Panel Module), ส่วนสร้างสัญญาณไฟกระพริบ (Flasher Module), ส่วนตรวจวัดกระแส (Current Sensor Module), ส่วนตรวจวัดแรงดัน (Voltage Sensor Module), ส่วนตรวจสอบความขัดแย้งของสัญญาณ (Conflict Detector Module), ส่วนขับกำลัง (Power Drive Module) โดยมีรายละเอียดของแต่ละส่วนดังนี้

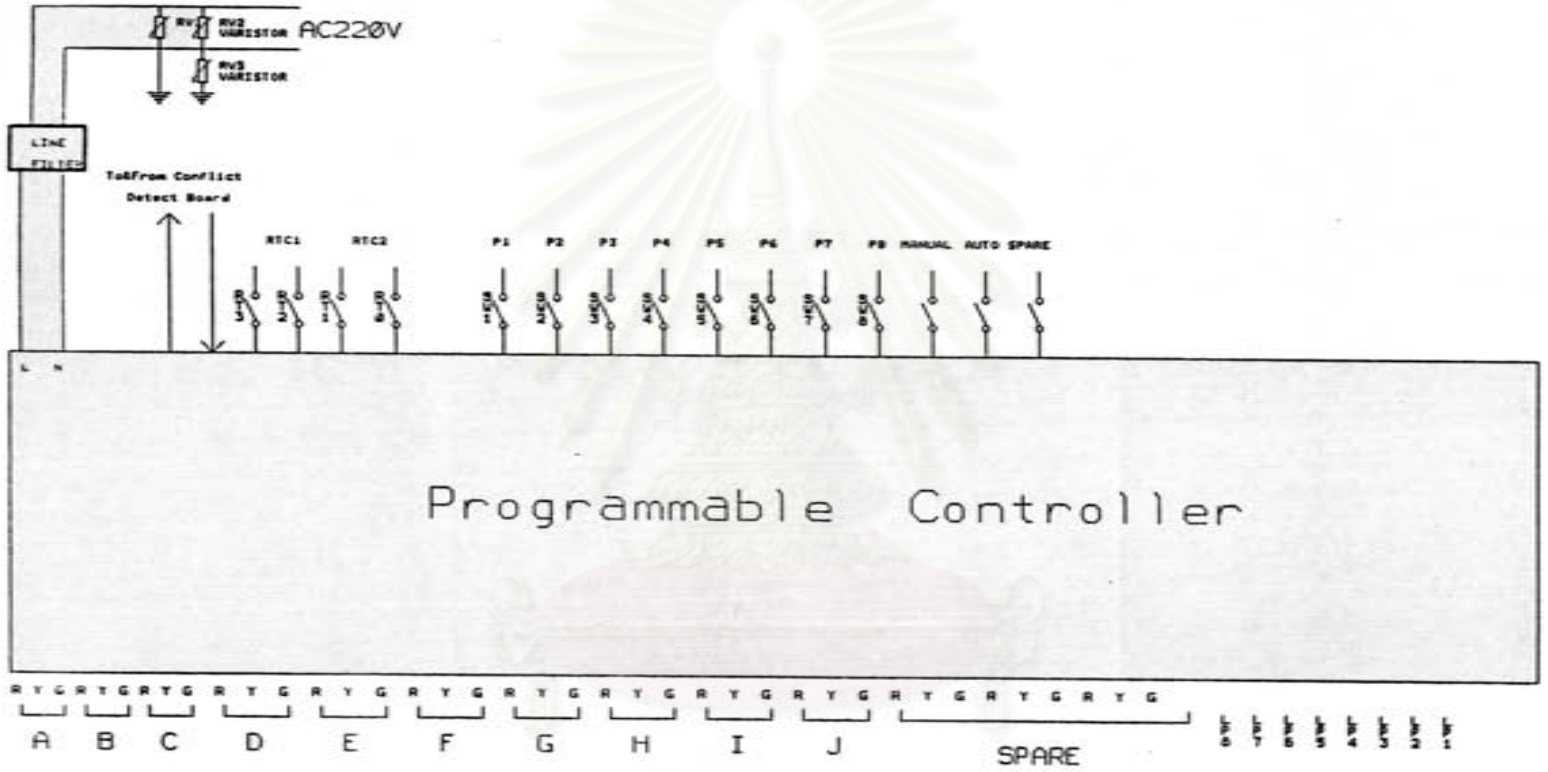
3.1.1 ส่วนควบคุม (Controller Module)

ส่วนนี้เป็นส่วนสำคัญที่ต้องมีความน่าเชื่อถือได้ในการทำงาน, มีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศที่บริเวณทางแยกต่าง ๆได้ดี และมีโปรแกรมควบคุมที่ง่ายต่อการดัดแปลงแก้ไข จึงเลือกใช้ตัวควบคุมชนิดโปรแกรมได้ (Programable Logic Controller,PLC) [7] ซึ่งมีความสามารถในเรื่องของลักษณะโปรแกรมควบคุมที่ให้ความสะดวกในการควบคุมการทำงานแบบเป็นลำดับ แต่ในการผลิตเพื่อใช้งานจริงนั้นอาจเลือกใช้ตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้ชนิดอื่น ๆที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันมาแทนได้ เช่น ไมโครโปรเซสเซอร์บอร์ดที่มีความน่าเชื่อถือสูง ตัวอย่างของตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้ แสดงไว้ดังรูปที่ 3.1 และการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับ PLCไว้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างของตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้

เมื่อเลือกอุปกรณ์ที่จะมาเป็นส่วนควบคุมแล้วจึงนำแผนผังอินพุท เอาท์พุทของส่วนควบคุมนั้นมาจัดหมวดหมู่ให้ทำงานร่วมเข้ากับระบบโดยรวม ตั้งชื่ออินพุท เอาท์พุทที่จำเป็นในการติดต่อกับส่วนอื่น ๆของระบบ ส่วนที่รับกำลังไฟฟ้าจากภายนอกให้ต่อหม้อแปลงแบบแยกขดไว้เพื่อป้องกันกรณีที่มีแรงดันกระชากจากภายนอกเข้าสู่ส่วนนี้ นอกจากนี้ยังต้องต่ออุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่าและ อุปกรณ์กรองสัญญาณรบกวนที่เข้ามาทางสายส่งกำลังไฟฟ้า ส่วนสวิทช์ควบคุมต่าง ๆให้ต่อเข้าที่อินพุทของส่วนควบคุม และส่วนเอาท์พุทของส่วนควบคุมให้ต่อไปยังส่วนขับกำลังของระบบโดยมีตัวอักษร A-J กำกับในลักษณะที่หนึ่งตัวอักษรเป็นตัวแทนของชุดไฟเขียว ไฟเหลือง ไฟแดง 1 ชุด มีเอาท์พุทบางส่วนที่เผื่อไว้สำหรับการขยายในอนาคต เอาท์พุทที่ต่อไปยัง LP1-LP8 นั้นเพื่อส่งสัญญาณให้ส่วนแผงควบคุมแสดงผลการควบคุมในภาคการทำงานแบบใช้มือ ดังมีลักษณะการวางผังการติดต่อกับระบบในรูปที่ 3.2

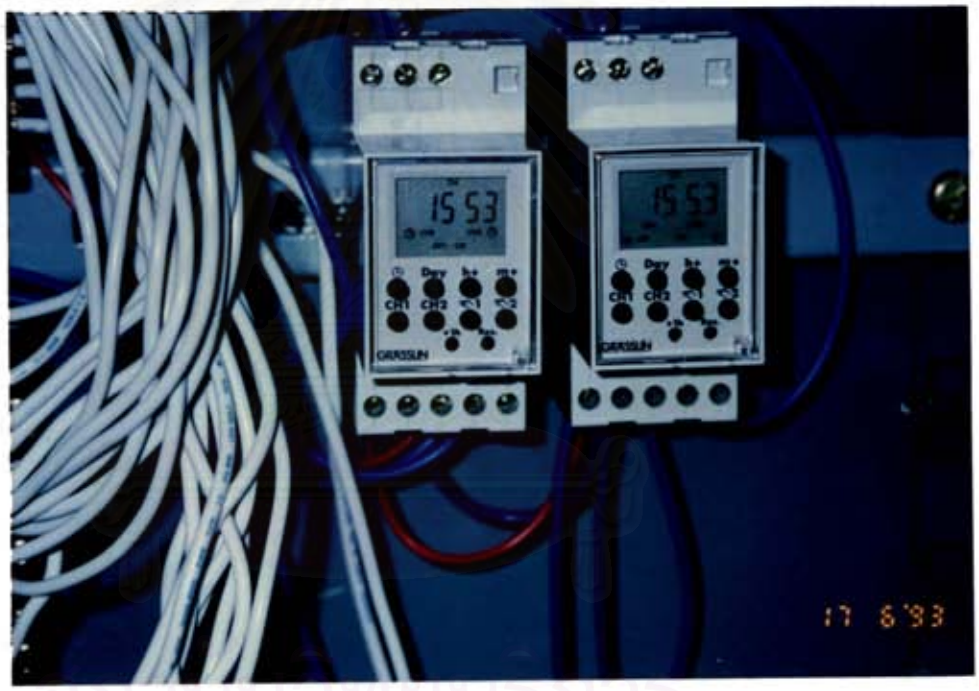


รูปที่ 3.2 แสดงการติดต่อกับระบบภายนอกของส่วนควบคุม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2 ส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกา (Real Time Clock Module)

ส่วนนี้ใช้โมดูลสำเร็จรูปเป็นตัวกำเนิดสัญญาณเวลาจริง (Real Time Clock;RTC) ที่มีเอาท์พุทเป็นรีเลย์ ซึ่งจะนำมาใช้เป็นอินพุทของ PLC โดย RTC ที่ใช้นี้เป็นรุ่น V86/2 ซึ่งหนึ่งชุดมีเอาท์พุทเป็นรีเลย์ 2 เอาท์พุทแยกอิสระ และในงานวิจัยนี้ใช้ V86/2 2 ตัวเพื่อส่งเอาท์พุท 4 บิตเพื่อสร้างรหัสเลขฐานสองได้ 2^4 = 16 แบบและเลือกรหัสเหล่านี้มา 10 แบบและนำไปเป็นอินพุทของ PLC ให้สามารถเลือกการทำงานได้ 10 โปรแกรมต่อวัน ลักษณะของ V86/2 แสดงได้ดังรูปที่ 3.3

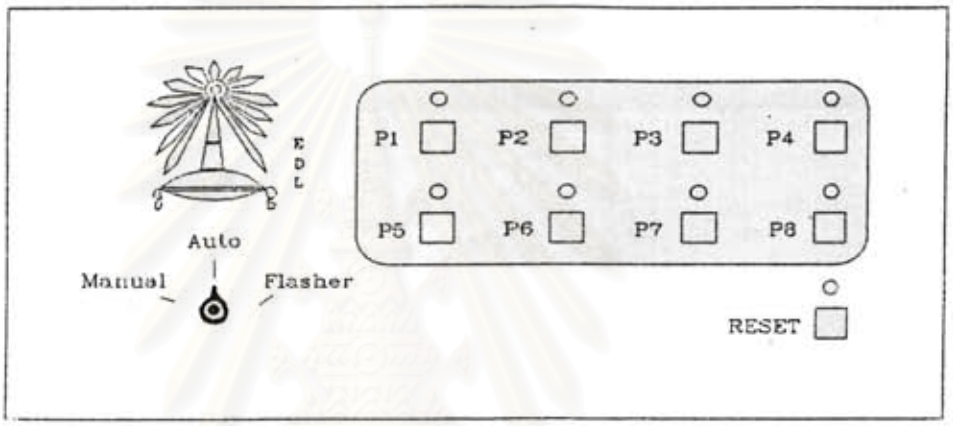


รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะของ V86/2

3.1.3 ส่วนแผงควบคุม (Control Panel Module)

ส่วนนี้เป็นส่วนที่รวบรวมปุ่มควบคุมต่าง ๆและส่วนแสดงผลการควบคุมไว้ด้วย ลักษณะของส่วนแผงควบคุมเป็นดังรูปที่ 3.4 โดยมีปุ่มกด 9 ปุ่ม โดยปุ่มกดที่รวมอยู่ในกรอบเดียวกันเป็นปุ่มที่ใช้ในการควบคุมด้วยมือ 8 ปุ่มใช้ควบคุมการจัดรูปแบบการจราจรได้ 8 แบบ หลอด LED เหนือปุ่มกดต่าง ๆแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของรูปแบบสัญญาณไฟเขียวที่กำลังควบคุมอยู่ในภาคการควบคุมแบบใช้มือ โดยมีตัวอักษร P1 ถึง P8 กำกับทุกปุ่ม ปุ่มกดภายนอกกรอบใช้ในการรีเซท

สภาวะไฟกระพริบและรีเซทส่วนแสดงผลความขัดแย้งของสัญญาณหลังจากตรวจสอบและแก้ไขความขัดแย้งเรียบร้อยแล้ว ส่วนสวิทช์ลูกบิดใช้ในการเลือกภาคการทำงาน 3 แบบคือ อัตโนมัติ, ใช้มือ และ สัญญาณไฟกระพริบ.[8]

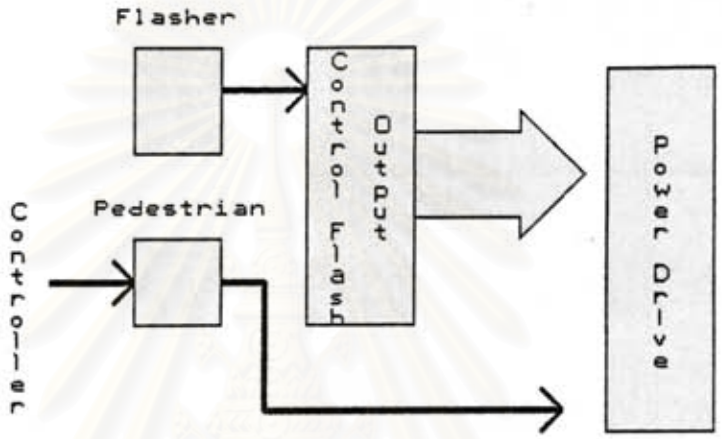


รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะของแผงควบคุม

3.1.4 ส่วนสร้างสัญญาณไฟกระพริบ (Flasher Module)

ส่วนนี้มีโครงสร้างดังรูปที่ 3.5 คือ ประกอบด้วยส่วนสร้างสัญญาณไฟกระพริบในอัตรา 55 ครั้งต่อนาทีส่วนนี้ใช้ NE555 ต่อเป็นวงจรกำเนิดสัญญาณกระพริบ, ส่วนควบคุมสัญญาณไฟกระพริบซึ่งใช้ IC 74LS365 ซึ่งเป็นบัฟเฟอร์ 3 สถานะเป็นตัวควบคุมการปล่อยหรือกักสัญญาณกระพริบให้ออกไปยังเอาท์พุทของโมดูลนี้ และที่เอาท์พุทของโมดูลนี้มีการต่อไดโอดไว้เพื่อกันกระแสย้อนกลับมาทำความเสียหายแก่วงจรของโมดูลนี้ได้เพราะโมดูลนี้จะใช้เอาท์พุทร่วมกับ PLC, และส่วนสุดท้ายของโมดูลนี้เป็นส่วนที่ให้กำเนิดสัญญาณคนข้ามถนน โดยมีหลักการอยู่ว่าถ้าจังหวะไหนที่มีสัญญาณไฟเขียวให้คนข้ามถนนได้ให้ส่งสัญญาณไฟเขียวออกมา และถ้าจังหวะไหนที่ PLC ส่งสัญญาณไฟเหลืองออกมาให้ส่วนนี้ส่งสัญญาณไฟเขียวกระพริบออกมาเพื่อเตือนคนข้ามถนนให้ระวัง ส่วนควบคุมคนข้าม

ถนนนี้ใช้ PAL16L8 ในการทำงานโดยทำงานร่วมกับส่วนสร้างสัญญาณไฟกระพริบ

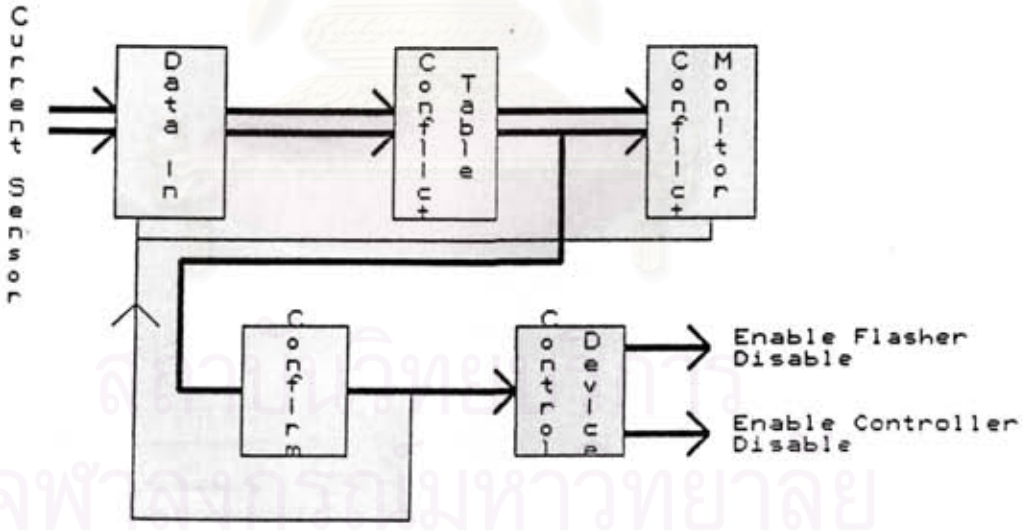


รูปที่ 3.5 แสดงโครงสร้างของส่วนสร้างสัญญาณไฟกระพริบ

3.1.5 ส่วนตรวจสอบความขัดแย้งของสัญญาณ (Conflict detector Module)

ส่วนนี้มีโครงสร้างดังรูปที่ 3.6 โดยประกอบด้วยส่วนรับข้อมูล (Data in) ซึ่งรับข้อมูลจากส่วนตรวจวัดกระแส และส่วนตรวจวัดแรงดัน, ส่วนตารางความขัดแย้ง (Conflict table) เป็นส่วนที่เก็บรวบรวมเงื่อนไขของความขัดแย้งในลักษณะต่าง ๆ 20 เงื่อนไขโดยอ้างอิงถึงรูปที่ 2.2 ในการนำสัญลักษณ์ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เป็นตัวแทนของทิศทางการจราจรมาสร้างเงื่อนไขความขัดแย้งขึ้นซึ่งได้แก่ A:D, A:E, A:H, A:J, B:J, B:E, B:K, B:G, D:K, D:H, D:G, E:H, E:J, G:K, G:J, H:K, M:G:E:A:B, N:J:H:D:E, O:A:K:G:H, P:D:B:J:K เป็นต้น ซึ่งเงื่อนไขเหล่านี้อาจจะไม่จำเป็นต้องใช้ครบทั้งหมดในทางแยกหนึ่ง ๆ

อาจจะเลือกเงื่อนไขที่จำเป็นที่สุดมาใช้ขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบจราจรที่ทางแยกนั้น ๆเพื่อลดปัญหาการจราจรติดขัด ส่วนยืนยันสภาวะ (Confirm) ทำหน้าที่ในการยืนยันสภาวะความขัดแย้งโดยทำการหน่วงเวลาประมาณ 0.5 วินาทีเพื่อให้แน่ใจว่าเกิดสภาวะความขัดแย้งขึ้นจริง ๆและคงความเร็วในการตัดการทำงานของเครื่องควบคุมแล้วเข้าสู่สภาวะไฟกระพริบ และส่งสัญญาณไปห้ามส่วนรับข้อมูลให้คงค้างค่าข้อมูล (Latch data) ไว้ และในขณะเดียวกันก็ส่งสัญญาณไปบอกให้ส่วนแสดงผล (Conflict Monitor) แสดงตำแหน่งที่เกิดความขัดแย้งขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในการซ่อมบำรุง และสัญญาณจากส่วนยืนยันสภาวะนี้ยังส่งไปยังส่วนควบคุมอุปกรณ์เพื่อควบคุมการทำงานของ PLC ให้หยุดทำงานในกรณีที่เกิดความขัดแย้งขึ้น และอนุญาตให้ส่วนสร้างสัญญาณไฟกระพริบส่งสัญญาณออกมาแทน [9,10]



รูปที่ 3.6 แสดงโครงสร้างของส่วนตรวจสอบ
ความขัดแย้งของสัญญาณ

3.1.5.1 ส่วนตารางความขัดแย้ง ทำหน้าที่ในการตรวจสอบว่าในช่วงจังหวะใดมีความขัดแย้งของสัญญาณที่อาจเกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ ซึ่งเครื่องควบคุมไฟจราจรบางรุ่นเดิมใช้เมตริกซ์ไดโอด ในการตรวจสอบความผิดพลาด และใช้เทคนิคการวัดแรงดันจากเอาท์พุทที่ส่งไปยังหลอดไฟจราจรสีเขียวเพื่อตรวจสอบความขัดแย้งของการจราจร แต่ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ PAL16L8 จำนวน 3 ตัวทำการตรวจสอบเงื่อนไขต่าง ๆ 20 เงื่อนไขดังได้กล่าวมาแล้ว ในการใช้งานจริงจะมีส่วนที่ทำหน้าที่เลือกว่าเงื่อนไขความขัดแย้งใดที่จำเป็นต้องใช้บ้างในทางแยกต่าง ๆซึ่งจะไม่เหมือนกัน วงจรที่ใช้คือ ดิปสวิทช์ซึ่งใช้ในการตัดต่อวงจรเลือกเงื่อนไขความขัดแย้งที่จำเป็น การตรวจสอบเงื่อนไขโดยอาศัยสัญญาณจากส่วนตรวจวัดกระแสและส่วนตรวจวัดแรงดันว่ามีการดับที่หลอดไฟจราจรสีแดง หรือมีการติดที่หลอดไฟจราจรสีเขียวหรือไม่ ถ้ามี และตรงตามเงื่อนไขการเกิดความขัดแย้งให้ส่งสัญญาณแรงดันลอจิก 1 ออกมาที่เอาท์พุทของ PAL16L8 ถ้าไม่ตรงตามเงื่อนไขใด ๆให้ส่งสัญญาณลอจิก 0 ออกมา สำหรับเงื่อนไขใดที่ในทางแยกนั้น ๆไม่ต้องใช้ก็ให้ปิดดิปสวิทช์ที่เอาท์พุทของส่วนตรวจสอบเงื่อนไขความขัดแย้งซึ่งจะทำหน้าที่ตัดการทำงานของสัญญาณความขัดแย้งที่ไม่ต้องการใช้งานที่ตำแหน่งนั้นออกไป คุณสมบัติของการตรวจวัดกระแสที่ผ่านไปยังหลอดไฟแดงนั้นทำให้สามารถตรวจสอบสายไฟขาดหรือเสื่อมสภาพ, และข้อดีของการตรวจวัดไฟเขียวติดนั้นเพื่อป้องกันในกรณีที่เกิดการช็อตระหว่างหลอดไฟสีแดงและสีเขียวในทิศทางการจราจรเดียวกันซึ่งจะทำให้หลอดไฟทั้งสองสีติดพร้อมกัน

3.1.5.2 ส่วนรับข้อมูล ส่วนนี้ใช้ 74HC373 เพื่อรับข้อมูลจากส่วนตรวจวัดกระแสและแรงดัน และยังทำหน้าที่ล็อคสัญญาณสุดท้ายที่ก่อให้เกิดสภาวะขัดแย้งขึ้นเพื่อไม่ให้สัญญาณอินพุทมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อสัญญาณจากส่วนตรวจวัดกระแสที่ไปยังหลอดไฟแดงหรือเขียวเปลี่ยนไปในจังหวะการเกิดไฟเหลืองกระพริบ

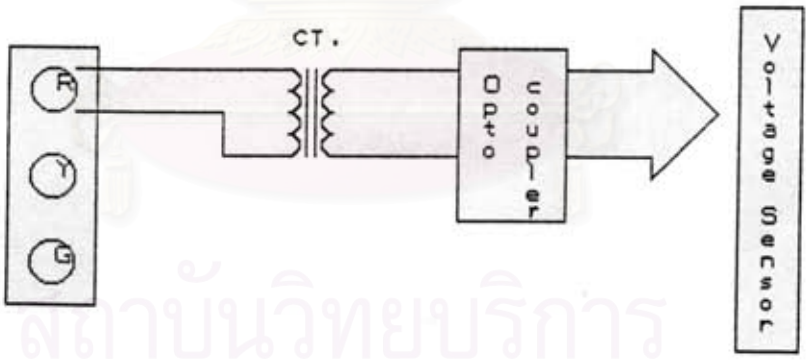
3.1.5.3 ส่วนยืนยันสภาวะ ทำหน้าที่ในการยืนยันว่าขณะนั้นได้เกิดสภาวะขัดแย้งขึ้นจริง ๆไม่ใช่เป็นสัญญาณที่เกิดขึ้นจากความแปรปรวนของระบบกระแสไฟฟ้าชั่วขณะซึ่งส่วนนี้ใช้ 74HC123 ในการหน่วงเวลาประมาณ 0.5 วินาที และ 74HC74 เป็นส่วนที่ทำการปล่อยข้อมูลเมื่อครบเวลา 0.5 วินาทีแล้ว ซึ่งด้วยระบบการควบคุมดังนี้จะทำให้เครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรทำงานได้แม่นยำและรวดเร็ว

3.1.5.4 ส่วนแสดงผลความขัดแย้ง ส่วนนี้จะทำหน้าที่แสดงว่าความขัดแย้งที่เกิดขึ้นนั้นเกิดขึ้นที่เงื่อนไขใด ๆและแสดงผลโดยใช้หลอด LED ซึ่งจะติดตั้งอยู่บนแผงควบคุม ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณเอาท์พุทตำแหน่งที่เกิดความขัดแย้งขึ้นใช้ 74HC240 ซึ่งเป็นอินเวอร์เตอร์บัฟเฟอร์ทำหน้าที่ในส่วนนี้

3.1.5.5 ส่วนควบคุมอุปกรณ์ ทำหน้าที่จัดลำดับความสำคัญของสัญญาณควบคุม ว่าสัญญาณใดควรได้รับสิทธิการทำงานก่อน ซึ่งมีอยู่ 3 สัญญาณคือ สัญญาณสั่งให้ไฟกระพริบที่มาจากแผงควบคุม, สัญญาณสั่งให้ไฟกระพริบที่มาจากวงจรยืนยันสภาวะความขัดแย้ง และสัญญาณสั่งให้เครื่องควบคุมทำงาน โดยมีลำดับความสำคัญจากมากไปหาน้อยตามลำดับ ส่วนนี้ใช้ แอนด์เกท, อินเวอร์เตอร์, ทรานซิสเตอร์ และรีเลย์ ประกอบกันในการควบคุมให้กระบวนการต่าง ๆเป็นไปตามความต้องการ

3.1.6 ส่วนตรวจวัดกระแสไฟฟ้า (Current Sensor Unit)

ทำหน้าที่วัดกระแสที่ไหลผ่านไปยังหลอดไฟจราจรสีแดง ถ้ามีกระแสหมายถึงไฟแดงติด วงจรส่วนนี้จะให้สัญญาณเอาท์พุทเป็นลอจิก 1 แต่ถ้าไฟแดงดับวงจรนี้จะให้สัญญาณเอาท์พุทเป็นลอจิก 0 โดยมีโครงสร้างการทำงานดังรูปที่ 3.7 [11]



รูปที่ 3.7 แสดงโครงสร้างการทำงานของส่วนตรวจวัดกระแสไฟฟ้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนตรวจวัดกระแสไฟฟ้านี้จะประกอบด้วยส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงกระแสเป็นแรงดัน เพื่อช่วยลดขนาดหม้อแปลงที่จะนำมาวัดกระแส โดยใช้ความต้านทานขนาด 1 โอห์ม 5 วัตต์มาต่ออนุกรมกับโหลด 1 เส้น และใช้วงจรหม้อแปลงต่อขนานวัดแรงดันของความต้านทานตัวนี้ ซึ่งในการวัดกระแสนี้เพียงเพื่อให้ทราบว่ามีกระแสไหลผ่านในระดับที่ทำให้หลอดไฟจราจรติดได้โดยได้ทดลองวัดกระแสของหลอดไฟจราจรขณะทำงานได้ประมาณ 0.4 แอมป์ต่อ 1 หลอด ซึ่งได้นำข้อมูลนี้มาใช้ในการออกแบบหม้อแปลงโดยมีรายละเอียดต่าง ๆในการออกแบบหม้อแปลงดังตาราง 3.1 โดยใช้แกนเฟอร์ไรท์เป็นแกนของหม้อแปลง

การทำงานของวงจรส่วนนี้คือ ทำหน้าที่แปลงสัญญาณกระแสที่ผ่านไปยังหลอดไฟจราจรให้เป็นแรงดันประมาณ 2 โวลท์ แล้วส่งเข้าไปในวงจรออปโตคัปเปลอร์ที่สามารถทำงานได้ทั้งที่ช่วงคลื่นบวกและลบของสัญญาณกระแสสลับจากหม้อแปลงเพื่อแปลงระดับสัญญาณให้เป็นระดับที่ทีแอลลอจิก แต่เนื่องจากสัญญาณที่ได้จากวงจรนี้ยังไม่เรียบเพียงพอจึงมีวงจรกรองมาช่วยทำให้สัญญาณเรียบที่เอาท์พุทของออปโตคัปเปลอร์ โดยกรณีที่มีกระแสผ่านไปยังหลอดไฟจราจรวงจรนี้จะให้เอาท์พุทเป็นสัญญาณลอจิก 1 กรณีที่ไฟดับไม่มีกระแสไหลไปยังหลอดไฟวงจรนี้จะให้เอาท์พุทเป็นสัญญาณลอจิก 0 ซึ่งจะต้องทำงานร่วมกับส่วนตรวจวัดแรงดัน

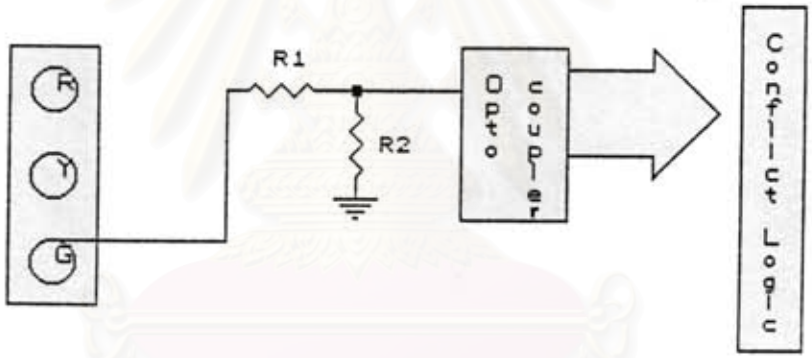
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
PRIMARY VOLTAGE(RMS) AND FREQUENCY(Hz)?  0.4,50

WAVE SHAPE,SINE-SI OR si; SQUARE-SQ OR sqา ? si

OPERATING FLUX DENSITY(WB./SQ.M)? 0.4

CURRENT DENSITY(AMPS/sq.mm)? 5

INPUT THE SPACE FACTOR(e.g. 0.6)? 0.65

INPUT NO OF SECONDARY WDGS;TREAT CENTRETAP AS 2 SEPER. wdgs ? 1

INPUT SECONDARY VOLTAGES(RMS) AND CURRENTS OF EACH WDG ? 6,30e-3


TRANSFORMER SPECIFICATIONS
-----------------------------------------------------------

 PRIMARY
VOLTAGE V( 1 ) =              .4 VOLTS
CURRENT I( 1 ) =              .7615385 AMPS
SECONDAY
VOLTAGE V( 2 ) =              6 VOLTS
CURRENT I( 2 ) =              .03 AMPS
-----------------------------------------------------------
LAMINATION TYPENO=  17
CRGO GRADE; SQUARE STACKING
NO OF TURNS( 1 )=             28.87503 ;    26 SWG
  PRIMARY WDG
NO OF TURNS( 2 )=             433.1255 ;    43 SWG
SEC WDG
PRI AREA        4.73636 sq.mm
SEC AREA( 2 )                 2.816997 sq.mm
TOTAL AREA REQD FOR WDG+INSULATION=          .127826 sq. cm
PRIMARY WDG RESISTANCE=       .2079658 OHMS
SEC WDG RESISTANCE( 2 )=      104.0027 OHMS
-----------------------------------------------------------
@CURRENT DENSITY =            5 AMP/sq.mm
@FLUX DENSITY    =            .4 WBS/sq.mm
SPACE FACTOR     =            .65
-----------------------------------------------------------
```

ตาราง 3.1 แสดงค่าต่าง ๆในการออกแบบหม้อแปลงวัดกระแสไฟฟ้า

3.1.7 ส่วนตรวจวัดแรงดัน (Voltage Sensor Module)

ส่วนนี้ทำหน้าที่ตรวจวัดแรงดันจากหลอดไฟจราจรสีเขียวและรับสัญญาณจากส่วนตรวจวัดกระแส แล้วส่งสัญญาณไปให้ส่วนตรวจสอบความขัดแย้งของสัญญาณเพื่อตรวจสอบความขัดแย้ง วงจรของส่วนนี้ประกอบด้วยวงจรความต้านทานที่ต่อเพื่อแบ่งแรงดัน (Voltage divider) และวงจรออปโตคัปเปลอร์ที่ต่อโดยหลักการเดียวกับส่วนตรวจวัดกระแสเพียงแต่วงจรส่วนนี้ไม่ต้องมีวงจรหม้อแปลงมาทำการแปลงสัญญาณกระแสเป็นแรงดันให้กับวงจรออปโตคัปเปลอร์ ส่วนนี้จะตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าที่ต่อไปยังหลอดไฟจราจรสีเขียว เมื่อมีแรงดันปรากฏขึ้นส่วนนี้จะให้สัญญาณลอจิก 1 ถ้าไม่มีแรงดันให้ส่งสัญญาณลอจิก 0 ออกมา [11] มีโครงสร้างดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 โครงสร้างของส่วนตรวจวัดแรงดัน

3.1.8 ส่วนขับกำลัง (Power Drive Module)

ทำหน้าที่รับสัญญาณ 0 กับ 1 จาก PLC หรือจากวงจรควบคุมไฟกระพริบเพื่อนำมาจุดชนวนให้วงจรไตรแอคทำงานโดยเป็นสวิทช์อัตโนมัติที่ทำหน้าที่ปิดเปิดเส้นทางของไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์ไปยังหลอดไฟจราจรเขียว, เหลือง, แดง ส่วนนี้แยกกันทางไฟฟ้าจากวงจรกำลังต่ำด้วย ออปโตคัปเปลอร์ MOC3020 หรือMOC3021 ซึ่งเป็นออปโตไตรแอคที่ทำหน้าที่เป็นตัวจุดชนวนให้กับไตรแอคกำลัง T2500MFP ซึ่งทนแรงดันได้สูงสุดถึง 400 โวลท์และจ่ายกระแสสูงสุดได้ 6 แอมป์ ซึ่งมีความสามารถขับหลอดไฟจราจรได้ถึง 15 ดวงจากการคำนวณโดยอาศัยข้อมูล

ที่ว่าหลอดไฟจราจร 1 หลอดใช้กระแสไฟฟ้าประมาณ 0.4 แอมป์ แต่เนื่องจากหลอดไฟจราจรที่ใช้นี้เป็นหลอดทังสเตนฮาโลเจนท์ซึ่งใช้ไส้หลอดในการกำเนิดแสงสว่างซึ่งมีคุณสมบัติที่ว่าขณะที่หลอดเริ่มติดนั้นไส้หลอดเย็นตัวจะมีคุณสมบัติการนำกระแสไฟฟ้าที่ดีทำให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้มากกว่าเมื่อไส้หลอดติดนานแล้วและมีความร้อนซึ่งจะมีสภาพการนำไฟฟ้าลดลงทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้น้อยลง จึงเป็นเหตุให้มีสภาวะกระแสที่มียอดคลื่นสูงกว่าปกติในขณะหลอดเริ่มติด โดยเหตุผลข้อนี้การออกแบบและเลือกไดรแอค และการพ่วงหลอดไฟจราจรจึงต้องป้องกันความเสียหายจากสภาวะนี้ และยังมีข้อจำกัดในการนำกระแสไฟฟ้าของแผ่นวงจรพิมพ์ จึงแนะนำว่าไม่ควรพ่วงหลอดไฟจราจรโดยใช้ชุดขับกำลังชุดเดียวกันเกินกว่า 3 หลอด ในการออกแบบวงจรไดรแอคนั้นนอกจากจะต้องคำนึงถึงขนาดของแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่จะนำไปใช้งานแล้วยังต้องมีวงจรส่วนหนึ่งทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ไดรแอคทำงานผิดพลาด ซึ่งอาจจะเกิดจากแรงดันไฟฟ้าที่สูงผิดปกติในช่วงใดช่วงหนึ่ง เรียกวงจรนี้ว่าวงจรสนับเบอร์โดยมีหลักการออกแบบดังนี้ [11]

จากสมการ $dv/dt = 0.368\ RV_s / C_s(R_s + R)^2$

dv/dt = ค่าเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ต้องการจำกัดต่อเวลา เป็นไมโครวินาที

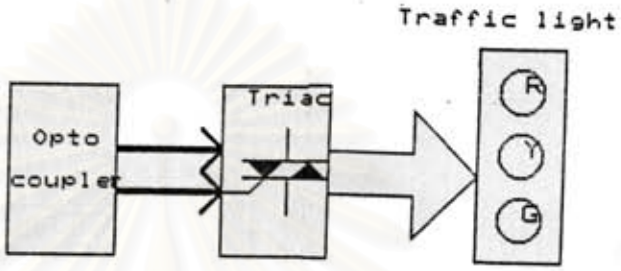
R_s = ค่าความต้านทานของวงจรสนับเบอร์

C_s = ค่าตัวเก็บประจุของวงจรสนับเบอร์

R = ค่าความต้านทานของวงจรโหลด 40.7 โอห์ม

V_s = ค่าแรงดันอินพุทของวงจรไดรแอค 220 โวลท์

เนื่องจากแรงดันที่ใช้กับไดรแอคประมาณ 220 โวลท์ และจากตารางข้อมูลของไดรแอคได้กำหนดขนาดของการเปลี่ยนแปลงแรงดันชั่วขณะไว้ไม่เกิน 100 โวลท์/ไมโครวินาที จากการวัดความต้านทานของชุดหลอดไฟจราจร 1 หลอดได้ 40.7 โอห์มซึ่งได้ละเลยความต้านทานกระแสสลับอันเนื่องจากค่าความเหนี่ยวนำไว้เพราะมีค่าน้อยมากและไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับระยะทางการติดตั้ง จากการทดลองเลือกค่าตัวเก็บประจุที่ 0.01 ไมโครฟารัด และค่าความต้านทาน R_s = 50 โอห์ม ได้ผลการคำนวณคือ จำกัดค่า dv/dt ได้ที่ 40.5 โวลท์ต่อไมโครวินาที ซึ่งที่อัตราค่านี้จะทำให้การใช้งานกับชุดทดลองลดการรั่วไหลของกระแสอันเนื่องจากวงจรสนับเบอร์ลง และทำให้การติดของหลอดไฟจราจรจริงเร็วกว่าค่าอื่น ๆที่ทดลองใช้มาทั้งยังป้องกันการทำงานของไดรแอคโดยไม่ตั้งใจได้ดี ส่วนชุดขับกำลังมีโครงสร้างดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงโครงสร้างการทำงานของวงจรขับกำลัง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

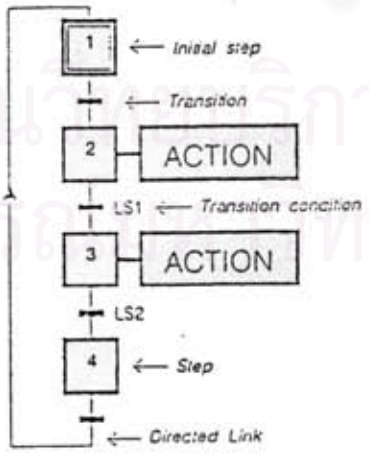
ซอฟต์แวร์ของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร

โปรแกรมที่ใช้ในการจัดลำดับสัญญาณไฟจราจร ในงานวิจัยนี้เป็นโปรแกรมที่มีลักษณะโครงสร้างการทำงานที่ง่ายแก่การปรับปรุงแก้ไข สามารถทำความเข้าใจการทำงานได้ง่าย เรียกว่า ซีเควนซ์ฟังก์ชันชาร์ต (SFC) ซึ่งมีลักษณะคือ สามารถเขียนโปรแกรมในลักษณะคล้ายโฟลวชาร์ตในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั่วไป และมีลำดับขั้นตอนการทำงานที่เข้าใจง่าย เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานที่อาจจะไม่ใช่วิศวกรสามารถเรียนรู้และเข้าใจหลักการทำงานของโปรแกรม รวมทั้งออกแบบโปรแกรมได้ ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องลงอย่างมาก

4.1 ลักษณะของโปรแกรมควบคุม

โปรแกรมควบคุมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรมที่มีลักษณะเป็นซีเควนซ์ฟังก์ชันชาร์ต [12] เพราะได้ใช้ PLC เป็นส่วนควบคุม และเพื่อความสะดวกในการตรวจสอบแก้ไขในภายหลัง แต่อาจใช้โปรแกรมในลักษณะอื่น ๆได้ในกรณีที่ใช้ตัวควบคุมที่มีลักษณะต่างออกไป โดยควรมีคุณสมบัติคือ สามารถเขียนโปรแกรมบนเครื่อง IBM PC แล้วเก็บไว้ในแผ่นดิสก์เพื่อปรับปรุงแก้ไขหรือถ่ายเทข้อมูลโปรแกรมไปยังเครื่องควบคุม นอกจากนี้ยังสามารถเขียนโปรแกรมในลักษณะซีเควนซ์ฟังก์ชันชาร์ตได้ เป็นที่รู้กันดีในบรรดาวิศวกรและช่างเทคนิคว่าการจะนำ PLC มาควบคุมเครื่องจักรกลได้จะต้องรู้วิธีการออกแบบวงจรรีเลย์มาก่อนเป็นอย่างดี จึงจะสามารถออกแบบวงจรโดยใช้แผนภาพแลดเดอร์ภายในของ PLC ได้อย่างถูกต้อง เปรียบเหมือนกับการจะขี่รถมอเตอร์ไซค์ได้ก็ควรจะหัดขี่รถจักรยานให้เป็นเสียก่อน แต่ในความเป็นจริงวิศวกรและช่างเทคนิคที่มีความสามารถและความชำนาญในการออกแบบวงจรรีเลย์ซีเควนซ์ยังมีน้อย เนื่องจากต้องใช้ประสบการณ์ค่อนข้างมากในการออกแบบ จึงเป็นปัญหาใหญ่ในการใช้งาน PLC ในการควบคุมเครื่องจักรกลในปัจจุบัน ขณะนี้ได้มีแนวทางในการแก้ปัญหานี้แล้ว ได้มีการคิดค้นภาษาใหม่ สำหรับการโปรแกรม PLC ซึ่งเป็นภาษาที่ใช้ง่ายมาก ไม่ต้องมีความชำนาญในเรื่องการออกแบบวงจรรีเลย์เพียงแต่ต้องเข้าใจการทำงานของเครื่องจักรเท่านั้น ภาษานี้มีชื่อว่า ฟังก์ชันชาร์ต (Function Chart) หรือ ซีเควนซ์เชียลฟังก์ชัน ชาร์ต (Sequential Function

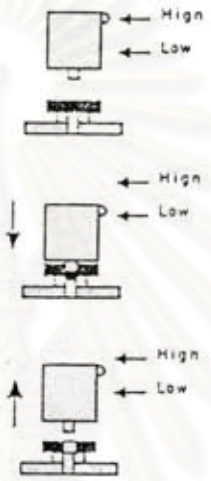
Chart) ภาษานี้กำลังได้รับการพิจารณาเป็นมาตรฐานสากล IEC และทุกบริษัทที่ผลิต PLC ก็ให้ความสนใจอย่างมาก ฟังก์ชันชาร์ตเป็นภาษาใหม่ที่จะมาแก้ไขจุดอ่อนของแผนภาพแลดเดอร์ ในแง่การแสดงลำดับการทำงานของเครื่องจักรให้เข้าใจได้ง่าย ภาษาฟังก์ชันชาร์ต ถูกคิดค้นโดยชาวฝรั่งเศสเป็นที่นิยมใช้กันในยุโรป ในปัจจุบันที่ฝรั่งเศส เรียกภาษานี้ว่า Grafcet ต่อมาคณะกรรมการร่างมาตรฐาน IEC-848 เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการเขียนแผนภูมิแสดงการทำงานของการควบคุมซีเควนซ์ ลักษณะการโปรแกรมแบบซีเควนซ์ฟังก์ชันชาร์ตได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 ซึ่งจากรูปสามารถให้คำนิยามได้ว่าเป็นภาษาที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้เขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมลำดับการทำงาน โดยเป็นภาษารูปภาพ (Graphical Language) จึงสามารถใช้เขียนแสดงลำดับการทำงานได้โดยง่าย ฟังก์ชันการควบคุมจะถูกแบ่งออกเป็นขั้นตอนการทำงานต่าง ๆโดยจะมีการทำงานที่ขึ้นกับเงื่อนไขการเปลี่ยนขั้นตอน ขั้นตอนการทำงานต่าง ๆจะเรียกว่า "สเต็ป (Step)" ซึ่งเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ รูปสี่เหลี่ยมและมีหมายเลขของสเต็ปเขียนแสดงไว้ตรงกลาง การทำงานของสเต็ป (Action) จะเขียนแสดงไว้ในสี่เหลี่ยมข้าง ๆ สเต็ปที่จะทำงานเป็นสเต็ปแรกเรียกว่า "สเต็ปเริ่มต้น (Initial Step) ให้เขียนรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสด้วยเส้นคู่ เงื่อนไขการเปลี่ยนขั้นตอนจะเขียนไว้ใน "ทรานสิชัน (Transition)" ซึ่งมีสัญลักษณ์เป็นเส้นตรงที่มีขีดขวางกลาง แต่ละสเต็ปจะเชื่อมต่อกันผ่านทรานสิชันและการเชื่อมต่อระยะไกลๆ จะใช้เส้นเชื่อมต่อ (Directed link) ช่วย [13]



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของซีเควนซ์ฟังก์ชันชาร์ต

เพื่อให้เข้าใจหลักการของฟังก์ชันชาร์ตได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จะขอยกตัวอย่าง ซึ่งจะเปรียบเทียบวิธีแผนภาพแลดเดอร์ กับวิธีฟังก์ชันชาร์ต

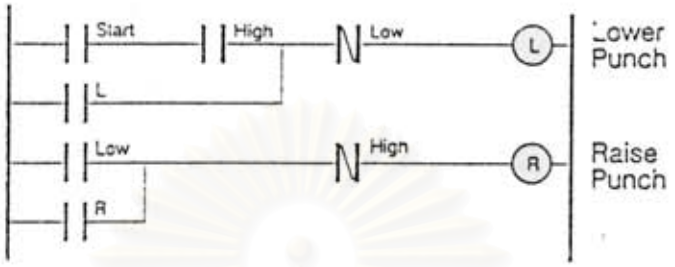
ตัวอย่างที่ 1: การควบคุมเครื่องปั๊มโลหะ



รูปที่ 4.2 : การทำงานของเครื่องปั๊ม

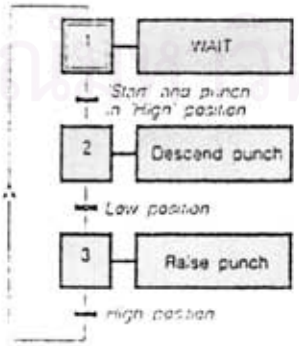
ขั้นตอนที่ 1 : เครื่องหยุดที่ตำแหน่ง "High" จนกว่าจะได้รับสัญญาณ "Start"
ขั้นตอนที่ 2 : เครื่องปั๊มเคลื่อนลงจนกว่าจะเคลื่อนมาถึงตำแหน่ง "Low"
ขั้นตอนที่ 3 : เครื่องเคลื่อนขึ้น จนกว่าจะถึงตำแหน่ง "High"

ในขณะเริ่มต้นเครื่องปั๊มจะอยู่ในตำแหน่ง "High" ซึ่งตรวจสอบได้ด้วยลิมิตสวิทช์ตัวบน และเมื่อปุ่มสตาร์ทถูกกด เครื่องจะเคลื่อนลงมาข้างล่าง จนกระทั่งถึงตำแหน่ง "Low" ก็จะเคลื่อนกลับขึ้นข้างบนจนถึงตำแหน่ง "High" ก็จะหยุดครบรอบการทำงาน การเขียนโปรแกรมโดยใช้แผนภาพแลดเดอร์ จะมองที่เอาท์พุทเป็นหลัก โดยตรวจดูเงื่อนไขต่าง ๆ ที่มีผลต่อเอาท์พุทนั้น เช่นในกรณีนี้จะมี 2 เอาท์พุท ได้แก่ การสั่งให้เครื่องปั๊มเคลื่อนลง และการสั่งให้เครื่องปั๊มเคลื่อนขึ้น เมื่อมองที่การสั่งให้เคลื่อนลงก็จะมีเงื่อนไขต่าง ๆที่มีผลได้แก่ เครื่องอยู่ที่ตำแหน่งบนและปุ่มสตาร์ทถูกกด และต้องคำนึงถึงเมื่อปุ่มสตาร์ทถูกปล่อยด้วย เพราะสัญญาณจากปุ่มสตาร์ทจะหมดลง จึงต้องนำเอาท์พุทมาคงค่า (Hold) ตัวเองไว้ นอกจากนั้นจะต้องใส่เงื่อนไขที่จะหยุดการทำงานของเอาท์พุทรวมไว้ด้วย ซึ่งได้แก่สัญญาณจากลิมิตสวิตช์ "Low" แผนภาพแลดเดอร์ที่เสร็จแล้วแสดงดังรูป 4.3



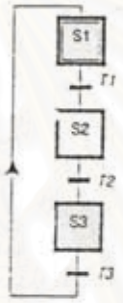
รูปที่ 4.3 แผนภาพแลดเดอร์

ด้วยวิธีฟังก์ชันชาร์ต จะมีสามเสต็ปที่ชัดเจนดังแผนภาพในรูปที่ 4.4 กล่าวคือ เมื่อเริ่มการทำงานจะเข้าไปอยู่ที่สเต็ปเริ่มต้น (Initial Step) และรอคอยสัญญาณสตาร์ทเมื่อเงื่อนไขในทรานสิชั่นเป็นจริง จะเปลี่ยนสเต็ปจากสเต็ป 1 ไปเสต็ป 2 ทำให้เครื่องเคลื่อนลงมา เมื่อเครื่องเคลื่อนถึงตำแหน่ง "Low" ซึ่งเป็นเงื่อนไขสำหรับเปลี่ยนไปสเต็ป 3 ก็จะมีการเปลี่ยนสเต็ปไปเครื่องจะเคลื่อนขึ้น จนถึงตำแหน่ง "High" ก็จะเป็นเงื่อนไขให้เปลี่ยนไปสเต็ป 1 ใหม่



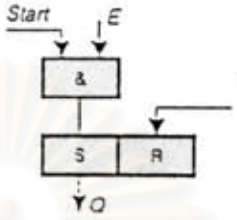
รูปที่ 4.4 ฟังก์ชันชาร์ต

จะเห็นได้ว่าการเขียนโปรแกรมด้วยวิธีฟังก์ชันชาร์ต สามารถเขียนได้ง่ายกว่าวิธีแผนภาพแลดเดอร์มากและยังสามารถแสดงลำดับการทำงานได้ชัดเจนอีกด้วย ข้อดีของภาษาฟังก์ชันชาร์ตอีกประการหนึ่งก็คือ สามารถถูกแปลไปเป็นสมการบูลลีน (Boolean Equation) ได้ จึงทำให้ภาษานี้ไม่ยึดติดกับฮาร์ดแวร์ใด กล่าวคือ เมื่อจะนำฟังก์ชันชาร์ตไปใช้กับฮาร์ดแวร์ใด ก็ให้แปลสมการบูลลีนที่ได้ไปเป็นภาษาของฮาร์ดแวร์นั้น



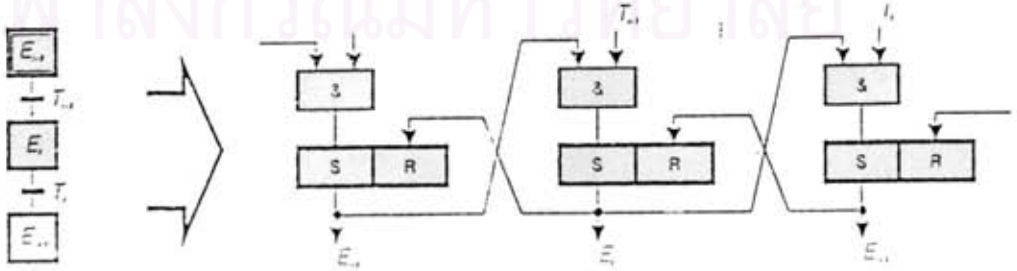
รูปที่ 4.5 ตัวอย่างลำดับ

การแปลภาษาฟังก์ชันชาร์ตไปเป็นสมการบูลลีน สามารถอธิบายให้เข้าใจได้โดยง่าย หากเข้าใจคุณสมบัติ และกลไกการทำงานของการควบคุมแบบลำดับก่อน จากแผนภาพในรูปที่ 4.5 การทำงานจะเริ่มต้นที่สเต็ป S1 และเมื่อเงื่อนไขการเปลี่ยนสเต็ป T1 เป็นจริง (มีสัญญาณอินพุตที่ตรงตามเงื่อนไข T1 เกิดขึ้น) สเต็ป S2 ก็จะทำงาน และสเต็ป S1 จะหยุดการทำงานทันที สเต็ป S2 จะทำงานไปเรื่อย ๆจนกว่า เงื่อนไขการเปลี่ยนสเต็ป T2 จะเป็นจริง สเต็ป S3 ก็จะทำงานไปจนกว่าเงื่อนไข T3 จะเป็นจริง การทำงานก็จะวนกลับไปเริ่มต้นที่สเต็ป S1 ใหม่



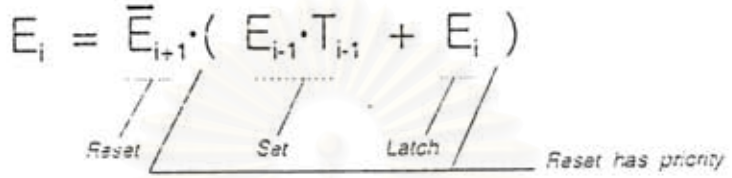
รูปที่ 4.6 แบบจำลองสเต็ป

ด้วยความเข้าใจในกลไกการทำงาน จะเห็นว่าสเต็ปประพฤติตัวในลักษณะคล้ายฟลิปฟลอป (Flip-flop) จึงสามารถสร้างแบบจำลองของสเต็ปได้ดังรูปที่ 4.6 กล่าวคือสเต็ปจะทำงาน (Set) เมื่อเงื่อนไขอินพุตเป็นจริง ซึ่งได้แก่สัญญาณ start ซึ่งเป็นสัญญาณกระตุ้นจากสเต็ปก่อนหน้า และสัญญาณ E ซึ่งเป็นสัญญาณที่ใช้เป็นเงื่อนไขการเปลี่ยนสเต็ปเป็นจริงพร้อมกันทั้งสองสัญญาณ สเต็ปก็จะแอ็กทีฟ (active) ให้เอาท์พุท Q ซึ่งเป็นการทำงานของสเต็ปนั่นเองสเต็ปจะยังคงทำงานไปเรื่อย ๆ (Latch) จนกว่าจะได้รับสัญญาณให้หยุดการทำงาน (Reset) ดังนั้นจึงสามารถแปลแผนภาพฟังก์ชันชาร์ต ให้เป็นวงจรฟลิปฟลอปได้ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 การแปลงแผนภาพฟังก์ชันชาร์ตไปเป็นวงจรฟลิปฟลอป

และจากวงจรฟลิปฟลอปสามารถเขียนสมการบูลลีนของสเต็ป Ei ได้ดังนี้



รูปที่ 4.8 สมการบูลลีนของสเต็ป Ei

จากสมการสามารถบรรยายการทำงานของสเต็ป Ei ได้คือ สเต็ป Ei จะทำงานเมื่อขณะนั้นสเต็ป Ei-1 กำลังแอ็กทีฟอยู่ และเกิดสัญญาณ Ti-1 ขึ้นโดยที่สเต็ป Ei+1 จะต้องไม่แอ็กทีฟ จากนั้นสเต็ป Ei จะคงค่า (Hold) ตัวเองไว้และเมื่อสเต็ป Ei+1 แอ็กทีฟจะทำให้สเต็ป Ei ถูกรีเซ็ท

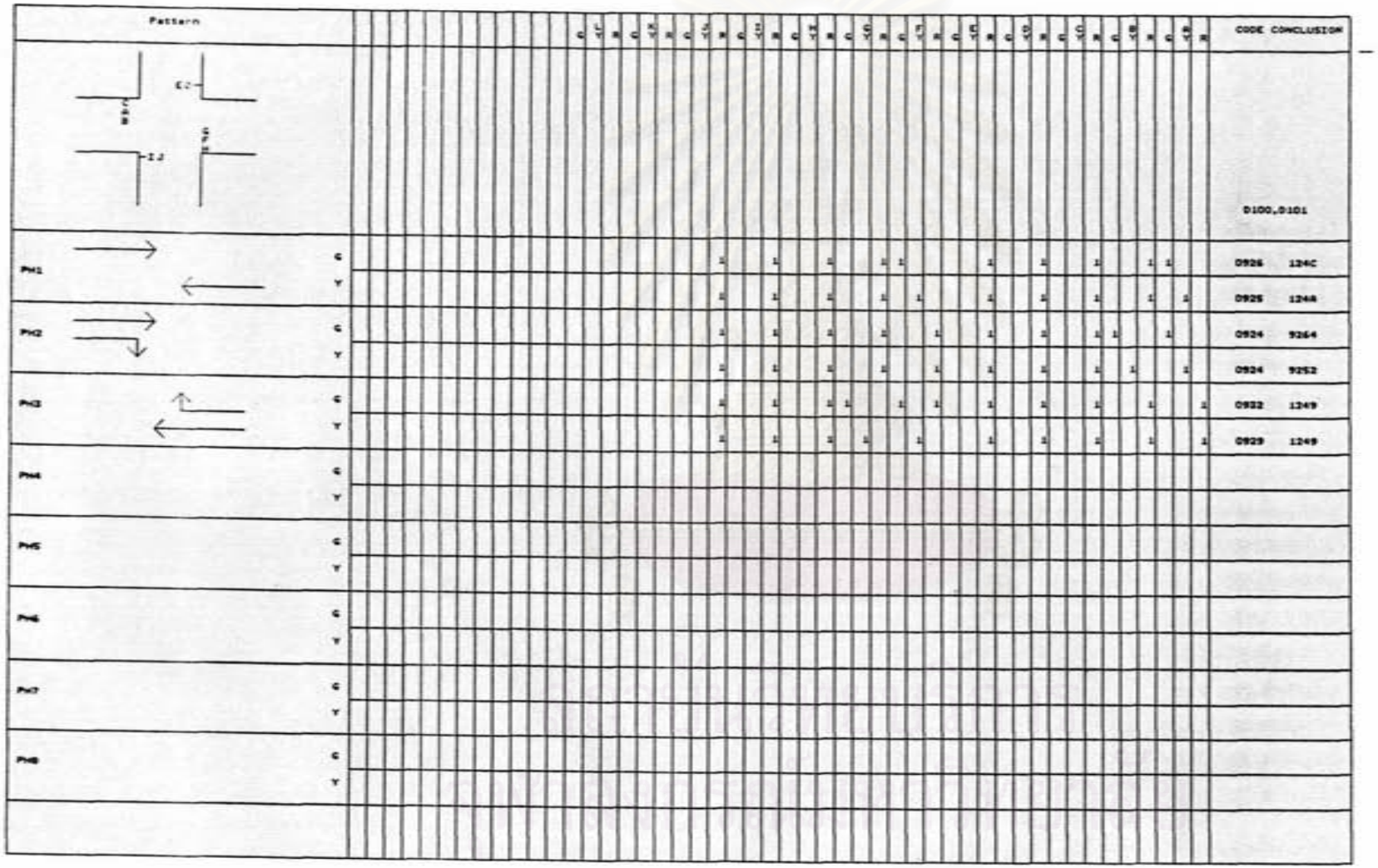
4.2 รายละเอียดของโปรแกรมควบคุม

เมื่อวางโครงสร้างการเขียนโปรแกรมเรียบร้อยแล้วจึงนำแผนผังอินพุท/เอาท์พุทที่ได้วางไว้ในบทที่ 3 มาสร้างรหัสการควบคุมขึ้น ซึ่งรหัสควบคุมนี้จะนำมาใช้ในโปรแกรมส่วนต่าง ๆต่อไป โปรแกรมที่จะกล่าวถึงนี้สร้างขึ้นจากข้อกำหนดต่าง ๆในการทำงานของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรตามข้อกำหนดในบทที่ 2 โดยได้แบ่งโปรแกรมออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนโปรแกรมหลัก, ส่วนโปรแกรมควบคุมด้วยมือ และส่วนโปรแกรมอัตโนมัติ

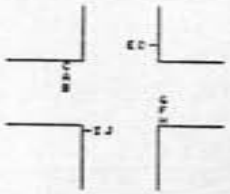
4.2.1 การสร้างรหัสควบคุม

รหัสควบคุมที่จะนำไปใช้ในโปรแกรมควบคุมมีวิธีการสร้างดังตัวอย่างในตารางที่ 4.1 ถึง 4.4 ซึ่งตารางนี้ได้วางรูปแบบตามแผนผังเอาท์พุทของตัว PLC ที่ใช้ออกแบบโดยในงานวิจัยนี้กำหนดการใช้งานเอาท์พุทของ PLC ไว้ที่ 30 จุดสำหรับควบคุมสัญญาณไฟจราจรได้ 10 ทิศทาง และเอาท์พุทอีก 8 จุดสำหรับแสดงผลการทำงานของภาคการทำงานแบบใช้มือ ลักษณะของตารางที่ 4.1 จะประกอบด้วยแถวรหัสส่วนการจัดสัญญาณไฟเขียวของเฟสหนึ่ง ๆและการจัดไฟเหลืองของเฟสนั้น ๆ ตลอดจนรหัสการสร้างสัญญาณไฟแดงหมด (All Red) โดย 1 แถวสามารถจัดการจราจรได้ 1 รูปแบบเอาท์พุท หลักการสร้างรหัสการจัดเฟสคือ ในแถวใด ๆให้วาดรูปแบบการจัดเฟสที่จะทำรหัสไว้ทางซ้ายมือของแถวนั้น โดยให้ทิศทางการจราจรที่ได้รับสัญญาณไฟเขียวมีสัญลักษณ์เป็นลูกศรและใส่ตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับไว้ จากนั้นให้เริ่มใส่เลข "1" หรือ "0" ในช่องถัดมาของแถวนั้น โดยใส่เลข 0 ในช่องที่ไม่ต้องการให้มีสัญญาณเอาท์พุทปรากฏ และใส่เลข 1 ในช่องที่ต้องการให้มีสัญญาณเอาท์พุทปรากฏ เมื่อกรอกเลขเสร็จแล้วจะได้ตารางที่มีรหัสเลขฐานสองอยู่ รหัสที่ได้จากตารางนี้จะทำเป็นรหัสเลขฐาน 16 (Hex Code) เพื่อป้อนเข้าในโปรแกรมควบคุมซึ่งโปรแกรมควบคุมจะนำรหัสเหล่านี้ไปควบคุมสัญญาณไฟเขียวไฟแดงต่อไป สำหรับตารางที่ 4.2 ถึง 4.4 นั้นเป็นการสร้างรหัสสำหรับการเปลี่ยนเฟสจากเฟสหนึ่งไปสู่อีกเฟสหนึ่งจึงต้องมีรหัสสัญญาณไฟเหลืองและแดงของเฟสเดิมซึ่งจะต้องสัมพันธ์กับเฟสใหม่ด้วย ลักษณะการสร้างจะคล้ายกับตารางที่ 4.1 เพียงแต่ต้องมีการตรวจสอบว่าการเปลี่ยนไปสู่เฟสใหม่นั้นมีเฟสไหนคงค้างสัญญาณไฟเขียวบ้างเฟสไหนที่ต้องเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟแดง และเมื่อได้รหัสจากตารางเหล่านี้แล้วจึงนำรหัสนี้ไปป้อนเข้าในโปรแกรมควบคุม ซึ่งลักษณะการป้อนโปรแกรมจะได้กล่าวถึงในภาคผนวก ค และโปรแกรมส่วนซีเควนซ์ฟังก์ชันชาร์ตแสดงไว้ในภาคผนวก จ

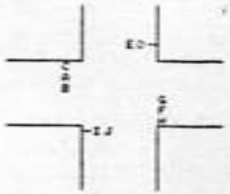
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



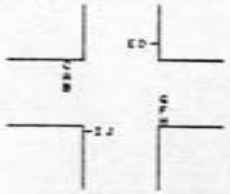
ตารางที่ 4.1 การสร้างรหัสการควบคุมเอาท์พุทของส่วนควบคุมหลัก

Pattern			CODE CONCLUSION
			D100,D101
Ph1 -> Ph2	Y		0926 124C
	R		0925 1248
Ph1 -> Ph3	Y		0924 9264
	R		0924 9252
	Y		
	R		
	Y		
	R		
	Y		
	R		
	Y		
	R		
	Y		
	R		
	Y		
	R		

ตารางที่ 4.2 การสร้างรหัสการควบคุมเอาท์พุทของส่วนควบคุมหลัก (ต่อ)

Pattern			CODE CONCLUSION
			D100,0101
PH2 -> PH1	Y		0924 9254
	R		0924 924C
PH2 -> PH3	Y		0924 9252
	R		0924 9249
	Y		
	R		
	Y		
	R		
	Y		
	R		
	Y		
	R		
	Y		
	R		
	Y		
	R		

ตารางที่ 4.3 การสร้างรหัสการควบคุมเอาท์พุทของส่วนควบคุมหลัก (ต่อ)

Pattern			CODE CONCLUSION
			0100,0101
PH3 -> PH1	Y		0924 1249
	R		0926 1249
PH3 -> PH2	Y		0929 1249
	R		0924 9249
	Y		
	R		
	Y		
	R		
	Y		
	R		
	Y		
	R		
	Y		
	R		

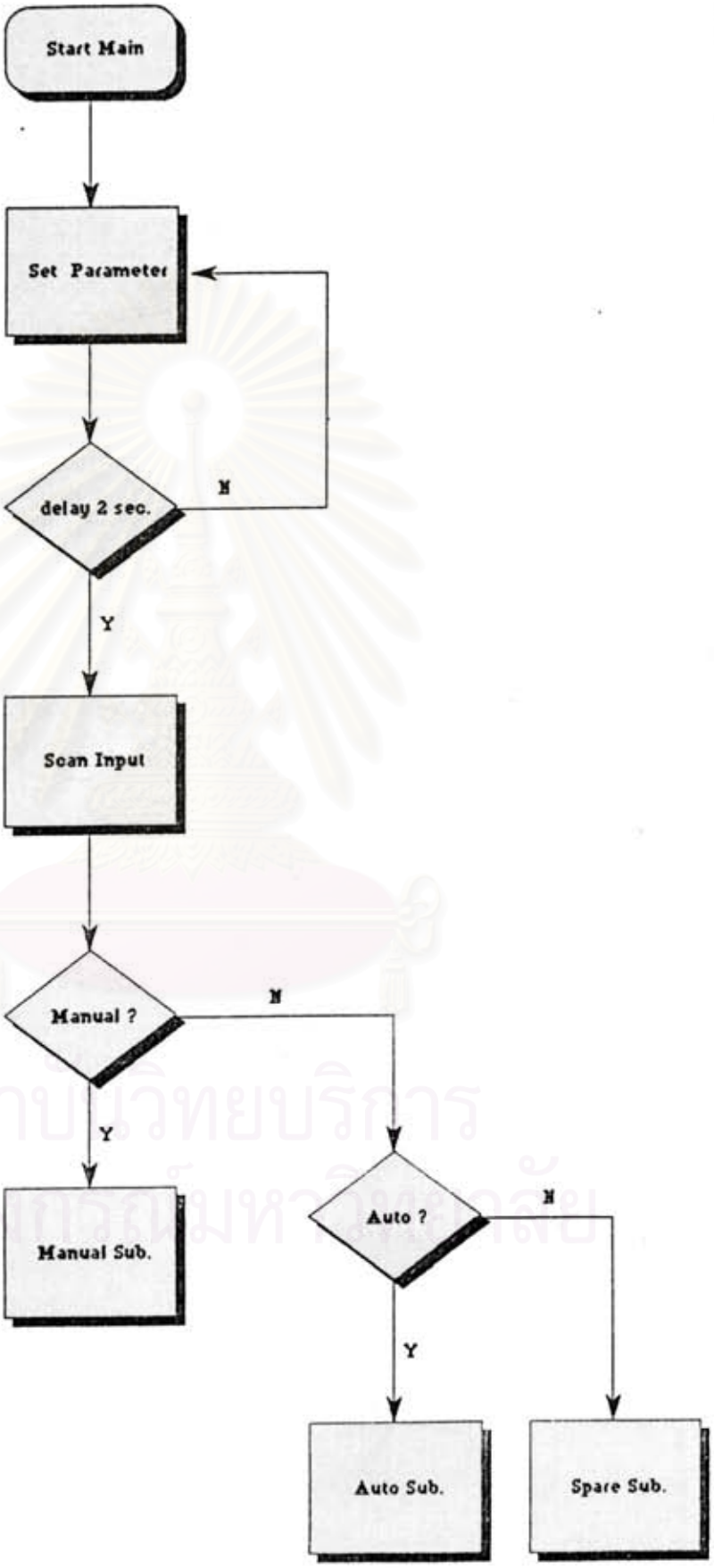
ตารางที่ 4.4 การสร้างรหัสการควบคุมเอาท์พุทของส่วนควบคุมหลัก (ต่อ)

4.2.2 การเริ่มต้นทำงาน

ส่วนที่ใช้จัดการเกี่ยวกับการเริ่มต้นทำงานคือ ส่วนโปรแกรมหลักซึ่งมีหน้าที่กำหนดค่าเริ่มต้นต่าง ๆให้กับรีจิสเตอร์ภายใน PLC ซึ่งประกอบด้วยค่าเวลาที่ใช้ร่วมกันตลอดโปรแกรมเช่น ค่าเวลาแดงหมดซึ่งมักจะใช้ 1 วินาทีค่าเวลาไฟเหลืองซึ่งมีค่าประมาณ 3 วินาที และรหัสในการจัดเฟสแบบต่าง ๆ โดยเมื่อเปิดเครื่องครั้งแรกโปรแกรมส่วนนี้จะส่งรหัสสัญญาณแดงหมดมาที่เอาท์พุทของส่วนควบคุมหลักแล้วหน่วงเวลาประมาณ 2 วินาที ก่อนที่จะนำรหัสข้อมูลอินพุทมาพิจารณาว่าขั้นต่อไปต้องกระโดดไปทำงานที่ภาคการทำงานแบบใช้มือหรือแบบอัตโนมัติ โดยมีโครงสร้างดังรูปที่ 4.9

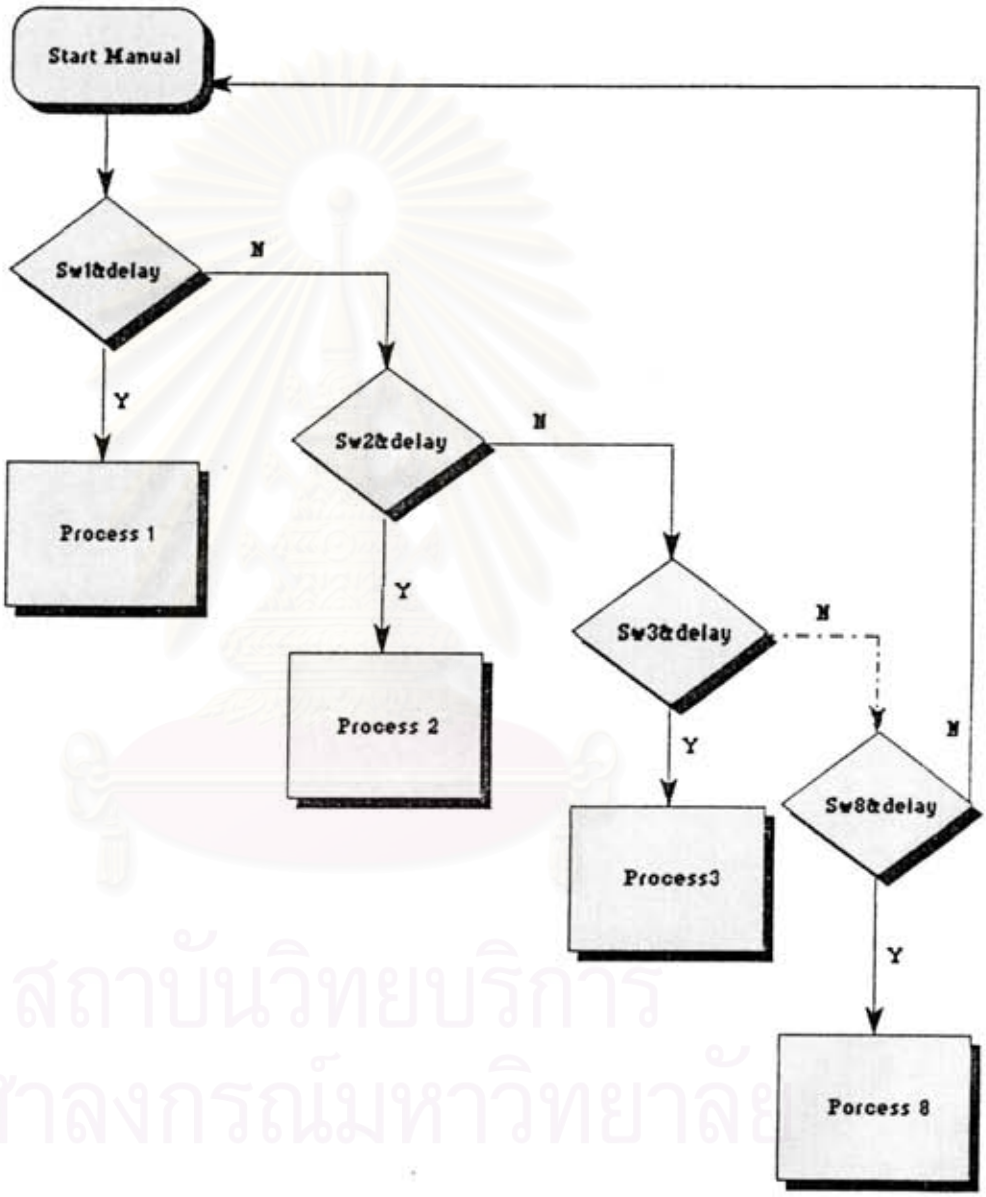
4.2.3 การทำงานในภาคการควบคุมแบบใช้มือ

ลักษณะการทำงานในภาคการควบคุมด้วยมือสามารถแสดงด้วยรูปที่ 4.10 โดยหลังจากการอ่านสัญญาณอินพุทในส่วนโปรแกรมหลักโดยเลือกมาทำงานในภาคการควบคุมด้วยมือแล้วนั้น โปรแกรมส่วนนี้จะยังคงส่งสัญญาณแดงหมดออกมาที่เอาท์พุทของส่วนควบคุมหลักอยู่ จนกว่าจะได้รับสัญญาณอินพุทที่ส่งมาจากแผงควบคุมตำแหน่งสวิทช์กด P1 ถึง P8 โปรแกรมส่วนนี้จะทำการหน่วงเวลาไว้ประมาณ 1 วินาทีเพื่อยืนยันสภาวะการกดปุ่มนั้น ๆเมื่อครบ 1 วินาทีแล้วโปรแกรมจะส่งสัญญาณการจัดเฟสไฟเขียวไฟแดงออกมาที่เอาท์พุทของส่วนควบคุมหลักตามเงื่อนไขอินพุทที่ได้รับ ซึ่งมี 8 เงื่อนไขคือ สามารถนำมาจัดเฟสได้ 8 รูปแบบสำหรับการควบคุมด้วยมือและมีจำนวนเท่ากับที่มีในเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่ใช้จริงในปัจจุบัน ในขณะที่โปรแกรมส่งสัญญาณไฟเขียวไฟแดงค้างอยู่นั้นจะมีการส่งสัญญาณผ่านเอาท์พุทของส่วนควบคุมหลักอีกกลุ่มหนึ่งเพื่อทำให้ LED เหนือปุ่มควบคุมนั้นติดเป็นการแสดงผลการควบคุมในขณะนั้น ๆ โปรแกรมส่วนนี้จะคงค้างสภาวะการจัดเฟสอยู่ 1 ช่วงเวลาไฟเขียว ซึ่งตั้งไว้ต่ำสุดประมาณ 3 วินาที หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบว่ามีสัญญาณอินพุทจากการกดปุ่มควบคุมอื่นหรือไม่ ถ้ามีก็จะเปลี่ยนการจัดเฟสเดิมเข้าสู่การจัดสภาวะไฟเหลืองและแดงโดยมีรหัสที่สัมพันธ์กันระหว่างการจัดเฟสแบบเก่าและใหม่ด้วยกล่าวคือ ในบางกรณีสัญญาณไฟเขียวบางทิศทาง ของการจัดเฟสรูปแบบเก่าอาจมีการซ้ำกันในการจัดเฟสรูปแบบใหม่ ดังรูปที่ 4.11 จะเห็นว่ามีทิศทาง A ที่ยังยอมให้รถวิ่งผ่านไปได้ เมื่อเปลี่ยนเฟสใหม่ดังนั้นจึงต้องสร้างรหัสสำหรับการเปลี่ยนสภาวะให้สามารถคงค้างทิศทาง A ไว้ตลอดเวลาของการเปลี่ยนเฟสเข้าสู่เฟสใหม่ จะเห็นว่าจำเป็นต้องมีการแยกกิ่งย่อยในแต่ละกิ่งหลักเพื่อดำเนินการเปลี่ยนเฟสไปสู่เฟสใหม่โดยคงความสัมพันธ์กันไว้ทั้งหมด 8 กิ่งซึ่งจะทำหน้าที่เหมือนเส้นทางเดินของรหัสจากรหัสของเฟสเก่าไปสู่รหัสเฟสใหม่ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.12 ถึง 4.13 ซึ่งเส้นทางเดินในแต่ละเส้นทางนั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาวะจากเฟสหนึ่งไปสู่เฟสหนึ่งในภาคการทำงานแบบใช้มือและอีกหนึ่งเส้นทางเป็นการเปลี่ยนแปลงจากภาคการทำงานแบบใช้มือไปเป็นภาคการทำงานแบบอัตโนมัติ โดยกิ่งนี้จะประกอบด้วยการเปลี่ยนสภาวะจากเฟสปัจจุบันไปเป็นสัญญาณไฟเหลืองของเฟสปัจจุบัน แล้วเข้าสู่สภาวะแดงหมดประมาณ 1 วินาทีจึงเริ่มทำงานในภาคการทำงานแบบอัตโนมัติต่อไป



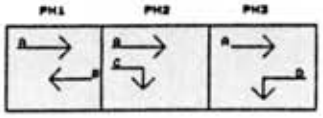
รูปที่ 4.9 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของส่วนโปรแกรมหลัก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



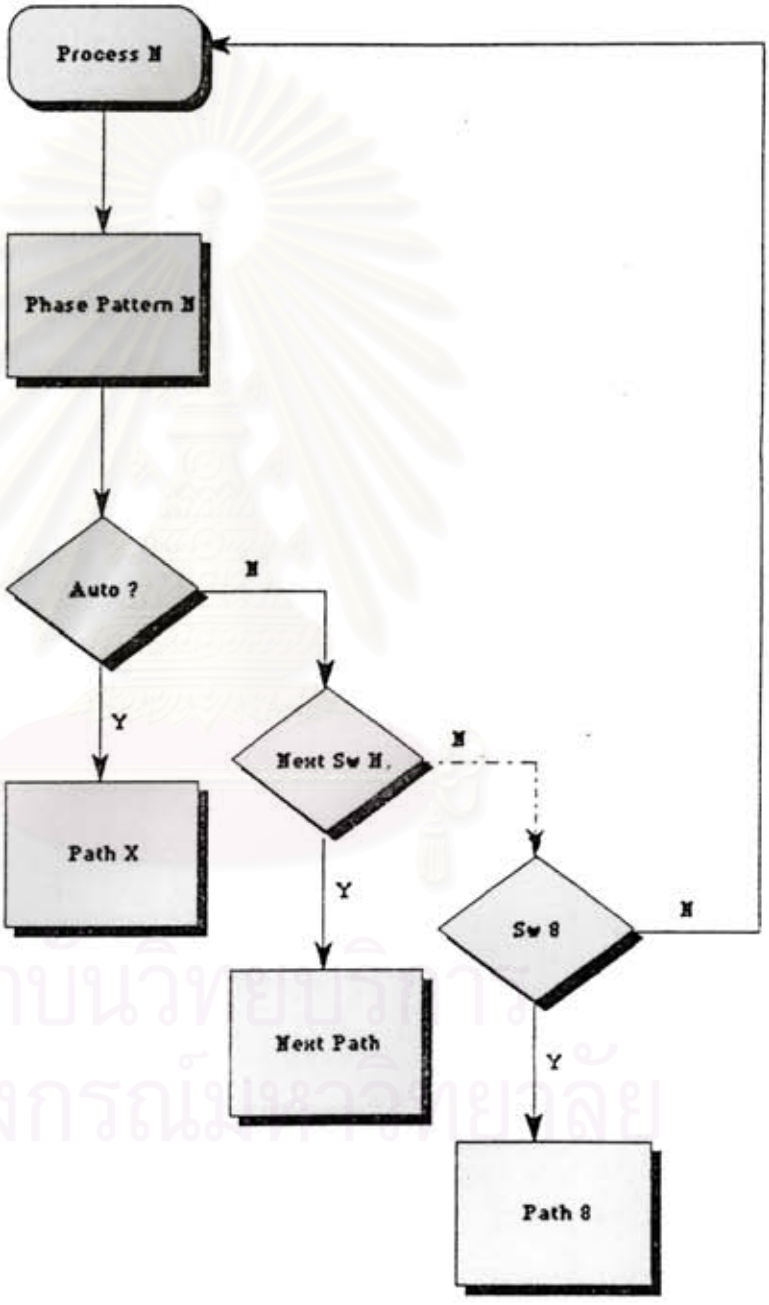
รูปที่ 4.10 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของส่วนควบคุมด้วยมือ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



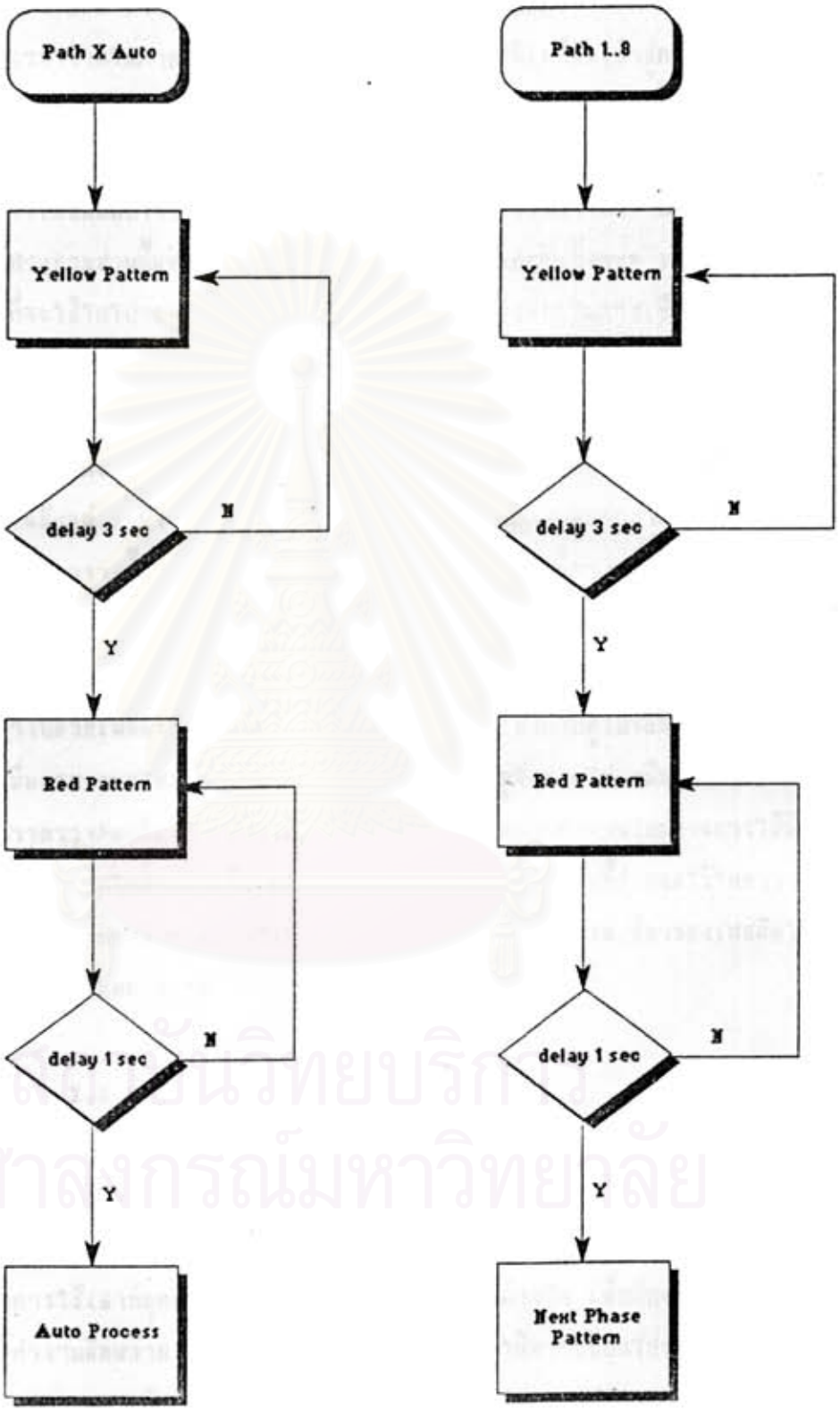
รูปที่ 4.11 แสดงการเปลี่ยนเฟสที่มีบางทิศทางซ้ำกับจังหวะเดิม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.12 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของส่วนควบคุมด้วยมือ (ต่อ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



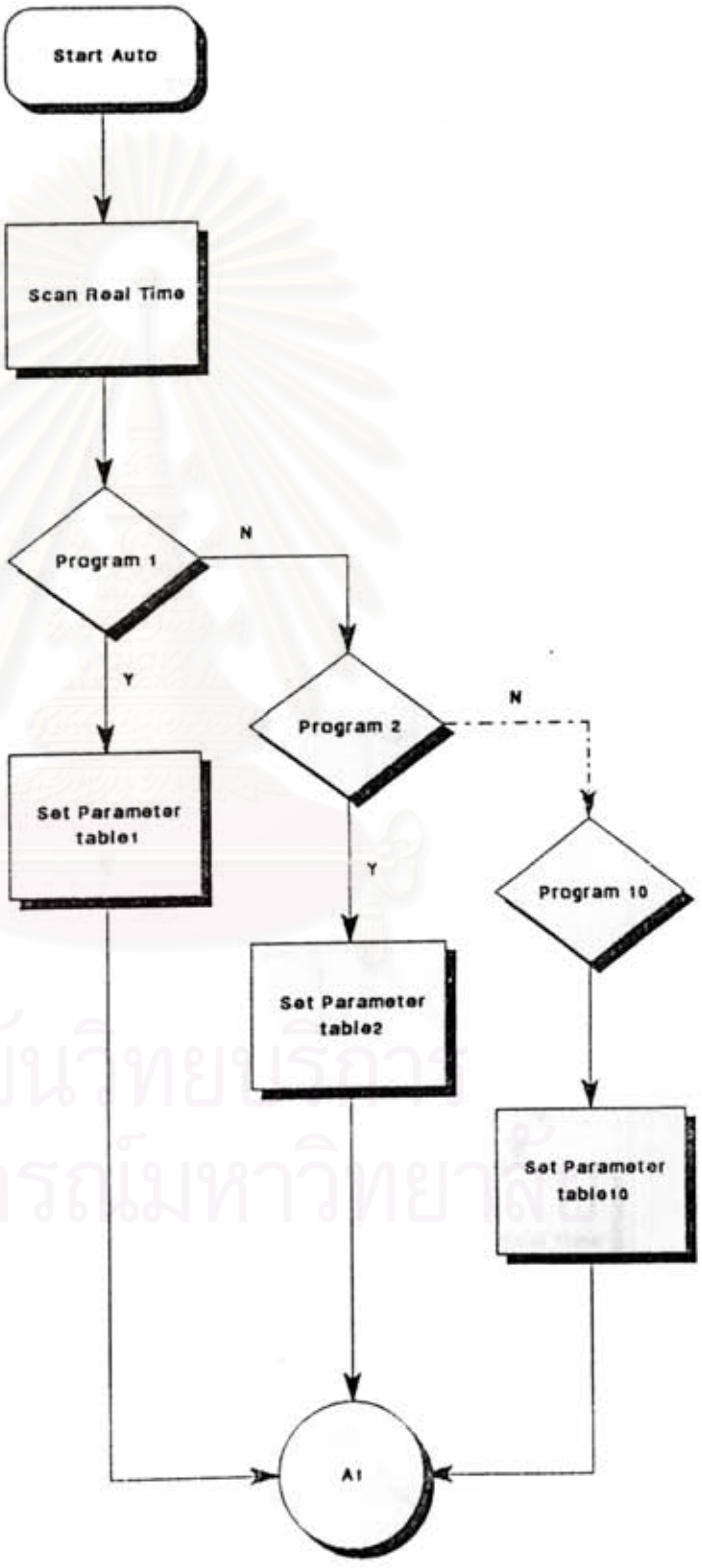
รูปที่ 4.13 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของส่วนควบคุมด้วยมือ (ต่อ)

4.2.4 การทำงานในภาคการควบคุมแบบอัตโนมัติ

การทำงานในภาคนี้เริ่มจากการอ่านค่าอินพุทที่สั่งให้เครื่องเข้าสู่ภาคอัตโนมัตินี้โดยในตอนแรกจะส่งสัญญาณแดงหมดไปออกที่เอาท์พุทของส่วนควบคุมหลักก่อน จากนั้นจึงแสกนอ่านค่าอินพุทที่มาจากส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกา และทำการเปรียบเทียบว่าขณะนั้น ๆควรจะเริ่มทำงานที่โปรแกรมอะไรเมื่อตัดสินใจได้แล้วจึงเลือกตารางข้อมูลที่จะใช้ในการทำงานของโปรแกรม โครงสร้างโปรแกรมส่วนนี้แสดงได้ดังรูปที่ 4.14 โดยมีการแยกกิ่งทั้งหมด 16 กิ่ง แต่ละกิ่งจะเป็นตารางข้อมูลที่จะใช้ในโปรแกรมควบคุมแบบเป็นลำดับ แต่เนื่องจากในการเขียนโปรแกรมบนส่วนควบคุมหลักจริงนั้นมีข้อจำกัดในด้านหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมจึงตั้งข้อกำหนดของโปรแกรมควบคุมไว้ที่ 10 โปรแกรม ค่าพารามิเตอร์ที่เก็บไว้ในตารางข้อมูลได้แก่ ค่าพารามิเตอร์เกี่ยวกับจำนวนจังหวะการจัดเฟสซึ่งมีได้สูงสุด 8 จังหวะแต่ในการใช้งานจริงอาจจะใช้งานไม่ถึง 8 จังหวะ จึงมีให้เลือกได้ตั้งแต่ 1 ถึง 8 เช่น หากต้องการให้โปรแกรมควบคุมทำงาน 3 จังหวะก็ให้ใส่พารามิเตอร์ 3 ไว้ในตารางนี้ เมื่อได้ผ่านขั้นตอนการรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆจากตารางแล้วจึงผ่านไปทำงานในส่วนควบคุมแบบอัตโนมัติ ซึ่งในส่วนนี้จังหวะแรกที่เริ่มทำงานจะส่งสัญญาณการจัดเฟสออกไปที่เอาท์พุทของส่วนควบคุมหลักแล้วหน่วงเวลา ในขณะเดียวกันก็มีการตรวจสอบอินพุทจากส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกาไปด้วยเพื่อตรวจดูว่าถึงเวลาที่จะเปลี่ยนการทำงานไปสู่โปรแกรมใหม่หรือยังก็ให้ทำงานในขั้นต่อไปเมื่อครบเวลาไฟเขียวที่ตั้งไว้ในตาราง โดยเข้าสู่จังหวะไฟเหลืองและแดง ในจังหวะไฟแดงนั้นจะมีการตรวจสอบอินพุทว่ามีการหมุนปุ่มเพื่อเปลี่ยนภาคการทำงานไปสู่ภาคการใช้มือควบคุมหรือไม่ ถ้าไม่มีก็จะทำงานในขั้นต่อไปคือ ตรวจสอบว่าครบจำนวนลำดับขั้นที่กำหนดไว้ในตารางหรือยัง ถ้าครบแล้วก็ให้ย้อนไปทำจังหวะแรกใหม่ ถ้ายังไม่ครบก็ให้ทำจังหวะไฟเขียวของเฟสถัดไป ดังมีโครงสร้างในรูปที่ 4.15 และ 4.16

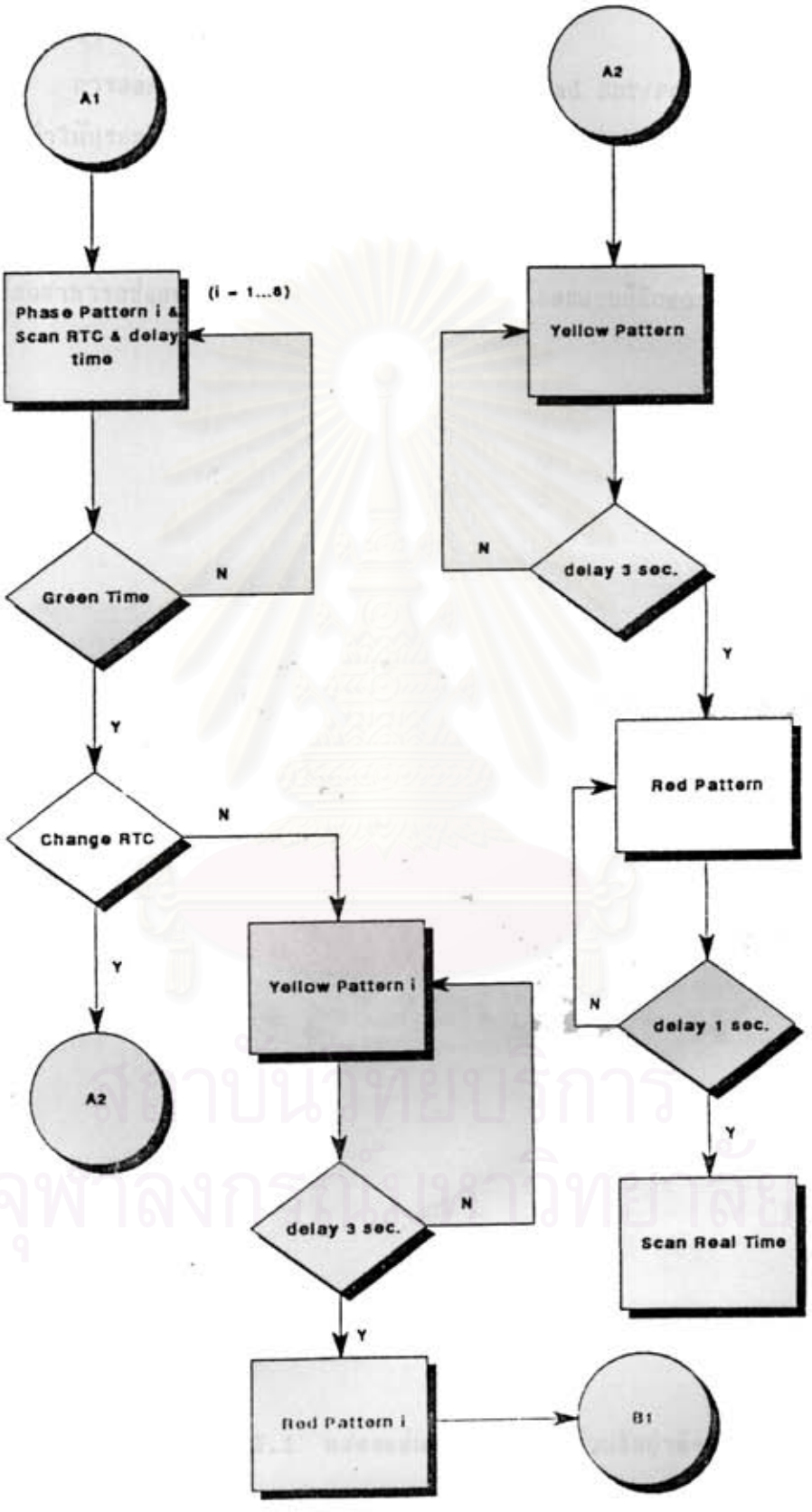
4.2.5 ส่วนควบคุมเอาท์พุทของส่วนควบคุมหลัก

ส่วนสุดท้ายของโปรแกรมควบคุมจะเป็นส่วนที่รวบรวมค่ารีจิสเตอร์ต่าง ๆเพื่อส่งออกไปที่เอาท์พุทของส่วนควบคุมหลัก ซึ่งในเครื่องควบคุมที่ใช้เป็นส่วนควบคุมหลักนั้นมีวิธีการนำข้อมูลออกไปที่เอาท์พุทแตกต่างกันไป ซึ่งอาจจะเป็นโปรแกรมย่อยที่ทำหน้าที่นั้นโดยเฉพาะ ทั้งนี้เพื่อป้องกันปัญหาการใช้เอาท์พุทซ้ำกันโดยไม่ตั้งใจ ในตำแหน่งที่ต่างกัน เพื่อป้องกันการไม่ทำงานของเอาท์พุทหรือทำงานผิดพลาด และอีกจุดประสงค์หนึ่งคือ เพื่อให้การเขียนโปรแกรมมีลักษณะเป็นโมดูลสามารถตรวจสอบแก้ไขได้ง่าย

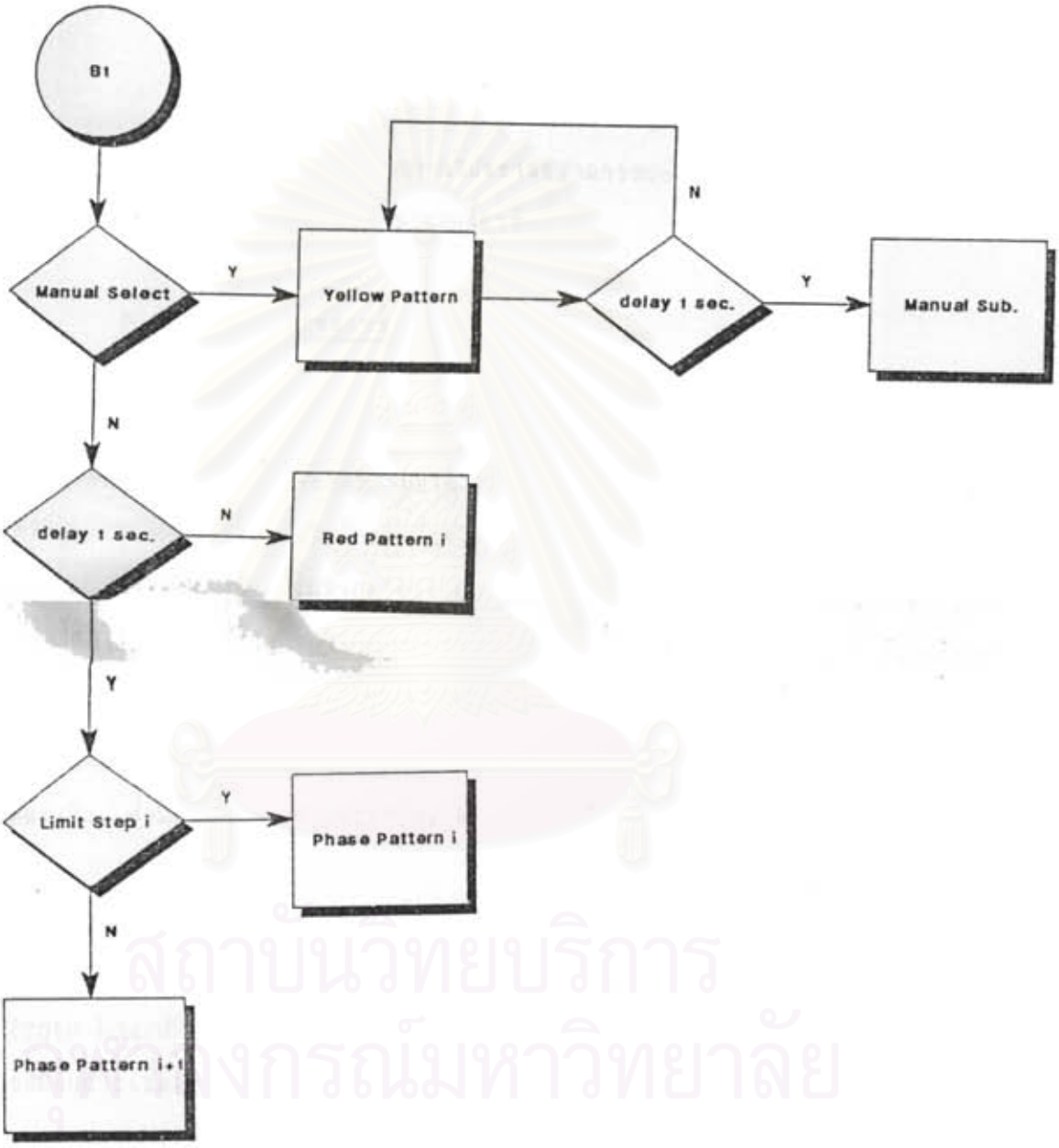


รูปที่ 4.14 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของส่วนควบคุมแบบอัตโนมัติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.15 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของส่วนควบคุมแบบอัตโนมัติ (ต่อ)



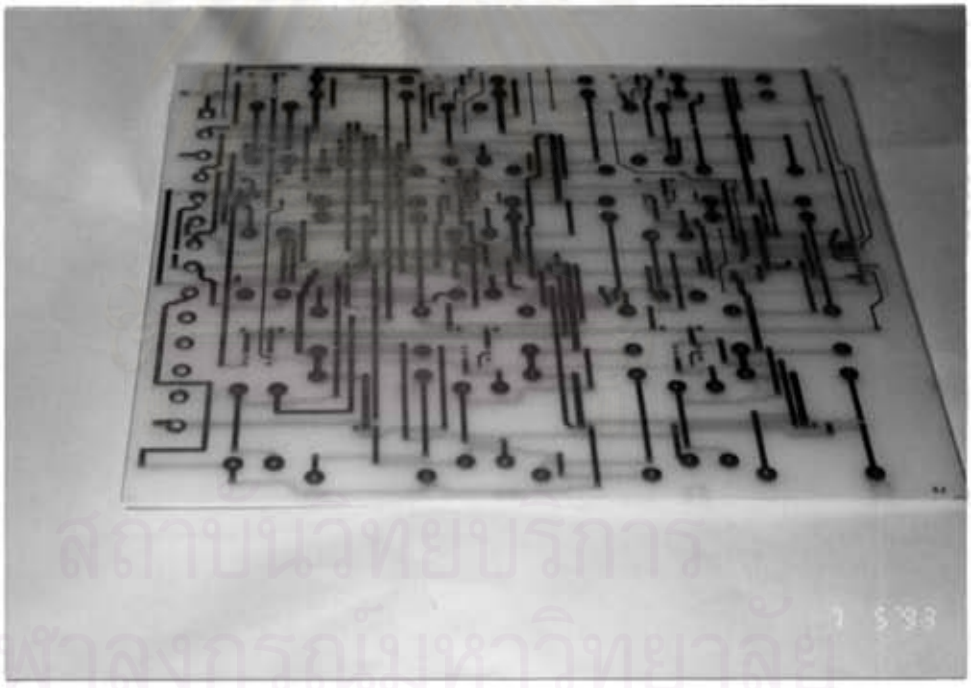
รูปที่ 4.16 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของส่วนควบคุมแบบอัตโนมัติ (ต่อ)

ต้นฉบับไม่มีหน้านี้
NO THIS PAGE IN ORIGINAL

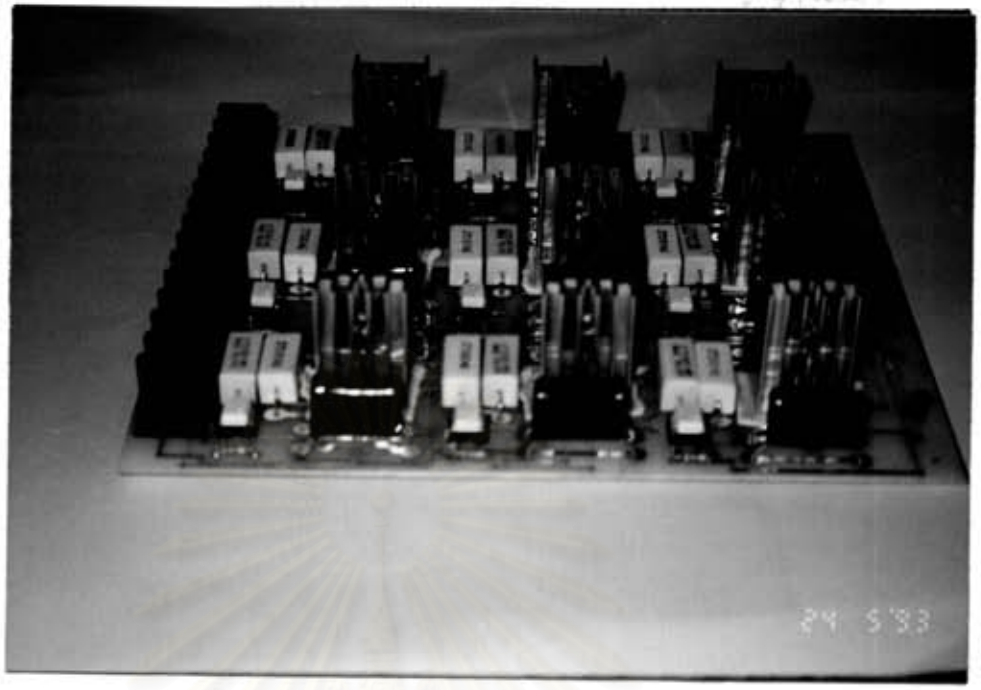
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลกระทบกระเทือนได้ในขณะฝนตก และมีฟ้าผ่า จึงต้องมีวงจรส่วนป้องกันกรณีเหล่านี้ไว้ด้วยเพื่อจะได้ไม่ทำให้วงจรส่วนสำคัญ ๆเสียหายหรือทำงานผิดพลาด

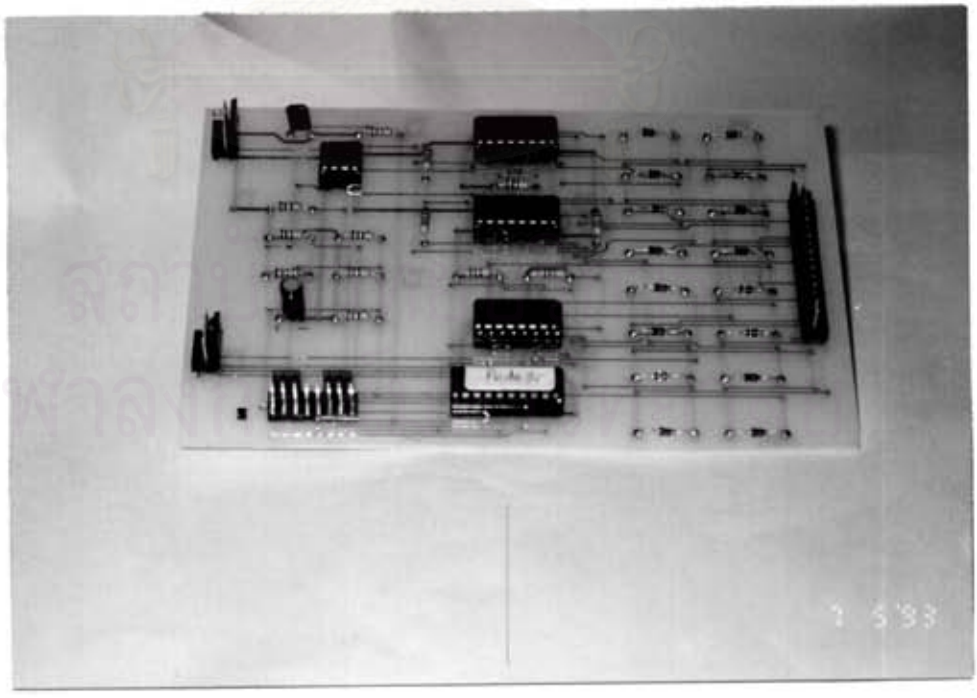
การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์นี้ใช้ซอฟต์แวร์ Orcad SDT/PCB [14,15] ช่วยในการออกแบบซึ่งทำให้ประหยัดเวลาในการออกแบบ และสามารถออกแบบวงจรที่มีความสลับซับซ้อนได้สะดวกรวดเร็วนอกจากปัญหาทางเทคนิคแล้วการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ยังต้องคำนึงถึงขนาดของแผ่น ซึ่งจะต้องสามารถประกอบเข้าใน Rack ขนาด 19 นิ้วได้พอดี เพื่อให้การประกอบเข้าในระบบมองดูเป็นระเบียบสามารถซ่อมบำรุงได้สะดวก แผ่นวงจรพิมพ์ที่ได้ออกแบบมีลักษณะดังรูปที่ 5.1 ถึง 5.6 .



รูปที่ 5.1 แสดงแผ่นวงจรพิมพ์ของส่วนขับกำลัง

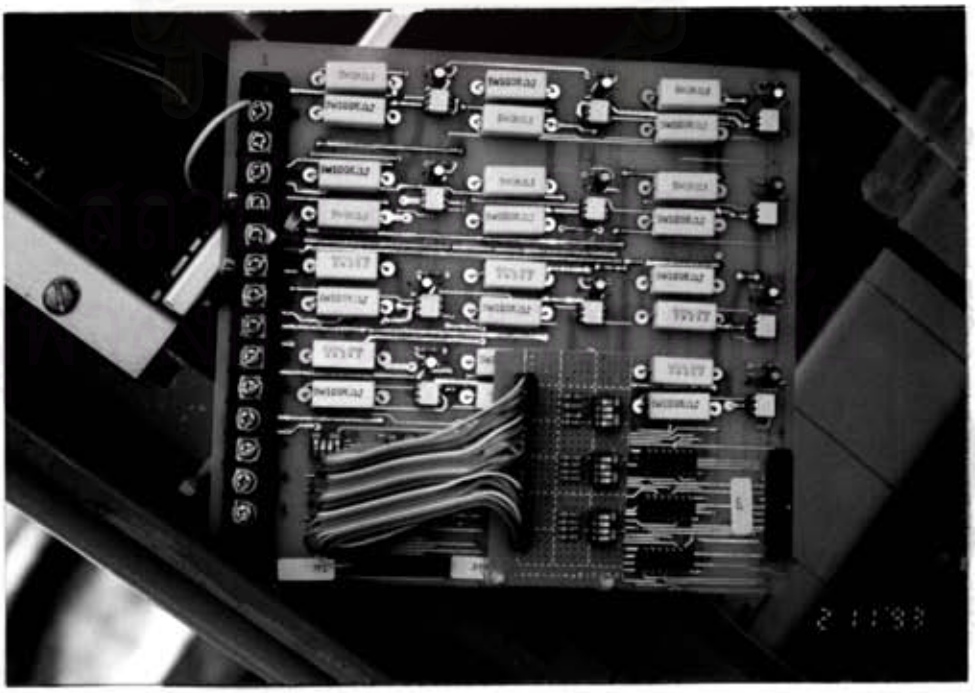


รูปที่ 5.2 แสดงแผ่นวงจรพิมพ์ของส่วนขับกำลัง
(ที่ประกอบเสร็จแล้ว)

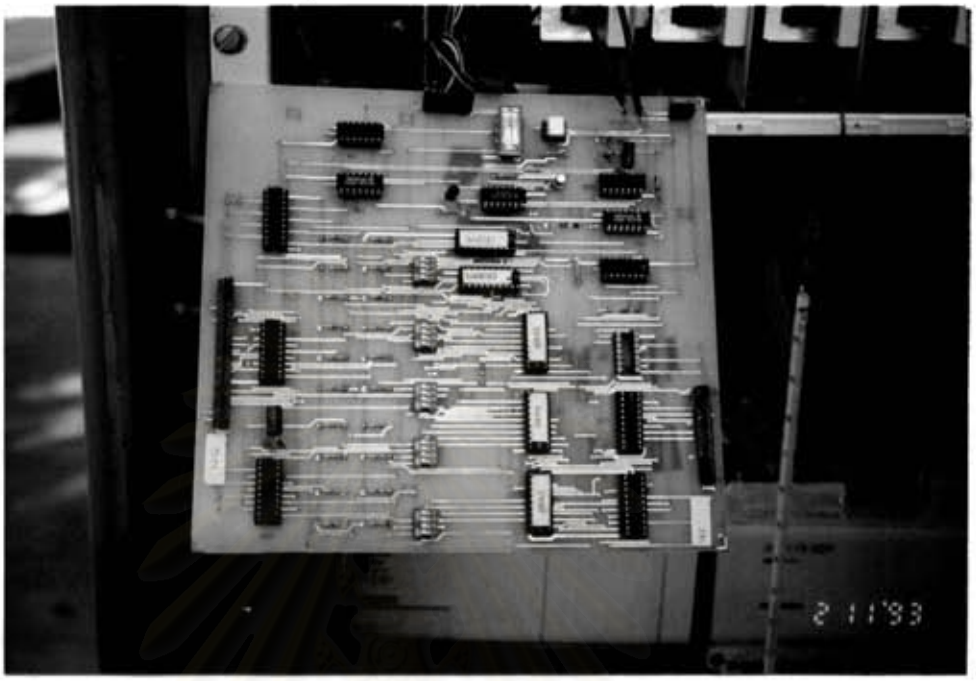


รูปที่ 5.3 แสดงแผ่นวงจรพิมพ์ของส่วนสร้างสัญญาณ
ไฟกระพริบ (ที่ประกอบเสร็จแล้ว)

รูปที่ 5.4 แสดงแผ่นวงจรพิมพ์ของส่วนตรวจวัดกระแส
(ประกอบเสร็จแล้ว)



รูปที่ 5.5 แสดงแผ่นวงจรพิมพ์ของส่วนตรวจวัดแรงดัน



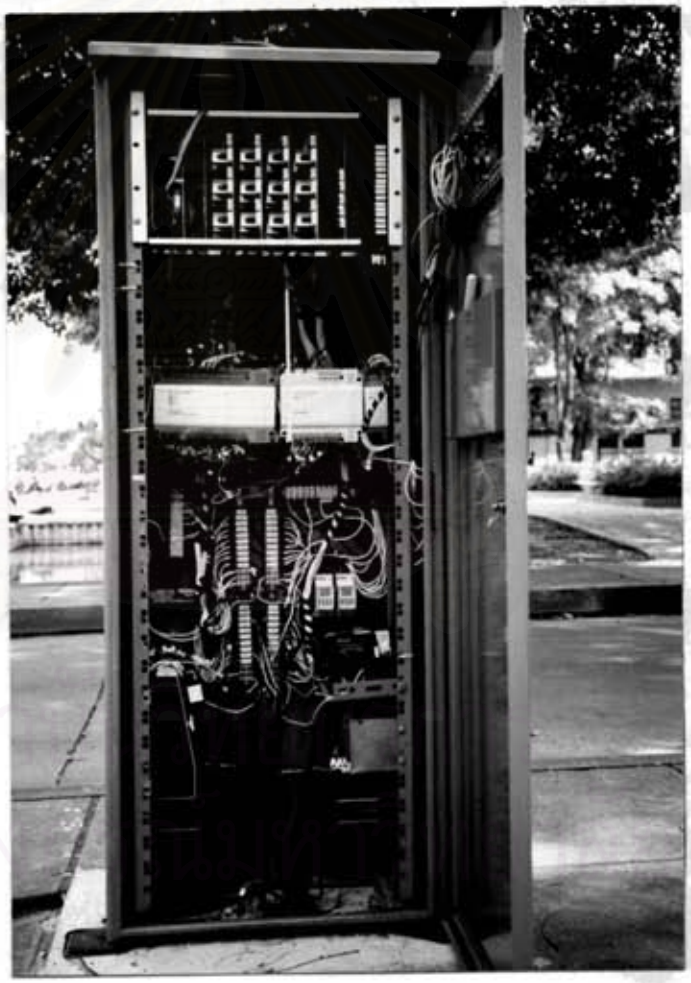
รูปที่ 5.6 แสดงแผ่นวงจรพิมพ์ของส่วนตรวจสอบ
ความขัดแย้งของสัญญาณ (ประกอบแล้ว)

5.1.3 การประกอบวงจรและทดสอบ

เมื่อออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์เสร็จแล้วก็นำไปทำแผ่นวงจรพิมพ์สำหรับประกอบวงจร โดยก่อนที่จะประกอบวงจรจะต้องตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นวงจรพิมพ์ ซึ่งอาจจะมีสายวงจรบางสายที่ต่อถึงกัน (Short) หรือขาดโดยไม่ได้ตั้งใจ เมื่อพบแล้วให้แก้ไขให้ถูกต้องก่อนจึงประกอบอุปกรณ์ลงไป อุปกรณ์ที่ใช้ควรเป็นอุปกรณ์ที่มีคุณภาพ การประกอบควรใช้อุปกรณ์ฐานรอง (Socket) ในกรณีที่อุปกรณ์นั้น ๆมีฐานรองที่ใช้กันได้ทั้งนี้เพื่อป้องกันความร้อนในการบัดกรีซึ่งอาจจะไปทำความเสียหายให้กับอุปกรณ์หากสัมผัสกันโดยตรงและเพื่อความสะดวกในการถอดเปลี่ยนกรณีอุปกรณ์เสีย เมื่อประกอบวงจรเสร็จสิ้นแล้วให้ทำการทดสอบในแต่ละส่วนโดยทดลองจ่ายไฟเลี้ยงเข้าสู่ระบบแล้วใช้อุปกรณ์วัดทางไฟฟ้าเช่น ลอจิกโพรบ (Logic Probe), ออสซิโลสโคป (Oscilloscope) วัดดูผลเอาท์พุทว่าทำงานถูกต้องตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ หากไม่ถูกต้องให้หาทางแก้ไขโดยตรวจสอบความผิดพลาดของแผ่นวงจรพิมพ์อีกครั้งในตำแหน่งที่ผิดพลาดนั้น ๆหรือทดลองเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่จนกว่าจะทำงานถูกต้อง

เมื่อประกอบวงจรต่าง ๆของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรเสร็จแล้วจึงนำชุด PLC

ที่บรรจุโปรแกรมที่ออกแบบในบทที่ 4 มาเชื่อมต่อกันเพื่อทดสอบการทำงาน และบรรจุลงในตู้ควบคุมสัญญาณไฟจราจรเพื่อนำไปทดสอบใช้งานต่อไป ลักษณะการประกอบอุปกรณ์ในตู้ควบคุมได้แสดงไว้ดังรูปที่ 5.7 และลักษณะของแผงควบคุมที่ออกแบบเสร็จแล้วปรากฏดังรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.7 แสดงการประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆลงในตู้ควบคุม

รูปที่ 5.8 แสดงแผงควบคุมที่ประกอบเสร็จแล้ว

5.2 การพัฒนาซอฟต์แวร์

การพัฒนาซอฟต์แวร์ของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ

5.2.1 การเขียนโปรแกรม

- ออกแบบโปรแกรมและเขียนฟังก์ชันชาร์ตหรือโฟลว์ชาร์ตในกระดาษ
- แปลงโปรแกรมเป็นภาษาของเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้ ซึ่งเครื่องควบคุมนี้ควรจะมีซอฟต์แวร์ประกอบที่ช่วยในการป้อนโปรแกรมบนเครื่องไอบีเอ็มพีซี ซึ่งมีเทคนิคการเขียนเป็นขั้นตอน สามารถเขียนไปตามรูปแบบของฟังก์ชันชาร์ตที่ออกแบบไว้ได้ และเมื่อป้อนโปรแกรมเสร็จแล้วสามารถเก็บโปรแกรมของฟังก์ชันชาร์ตที่ออกแบบไว้ในแผ่นดิสก์เพื่อพัฒนาต่อไป เมื่อพัฒนาซอฟต์แวร์เสร็จแล้วโปรแกรมนี้ควรที่จะสามารถโอนถ่ายข้อมูลจากเครื่องไอบีเอมพีซี ไปยังตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้

5.2.2 การทดสอบโปรแกรม

เนื่องจากโปรแกรมที่ออกแบบนี้มี 2 หน้าที่คือ หน้าที่ในการทำให้เครื่องสามารถควบคุมด้วยมือได้ และหน้าที่ในการทำให้เครื่องทำงานแบบอัตโนมัติ ดังนั้นจึงต้องเขียนทีละส่วนแล้วทำการทดสอบ การทำงานว่าถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องให้แก้ไขจนกว่าจะถูกแล้วจึงเขียนโปรแกรมส่วนต่อไป การทดสอบการทำงานของโปรแกรมจะใช้ทางแยกจำลองโดยมีหลอด LED เป็นสัญลักษณ์ไฟเขียวไฟแดงเพื่อแสดงผลเอาท์พุทของส่วนควบคุม ที่โปรแกรมควบคุมอยู่ทำการทดสอบฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆจนครบถ้วนตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้แล้วตรวจสอบดูว่ามีข้อผิดพลาดไม่เหมาะสมอย่างไรให้ทำการแก้ไขต่อไป

5.3 การทดสอบเครื่อง

การทดสอบเครื่องจะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ การทดสอบว่าเครื่องทำงานถูกต้องตามโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่ โดยทดสอบกับหลอดไฟฟ้าจำลองสภาพการจราจรภายในห้องปฏิบัติการและการนำเครื่องไปใช้ในการควบคุมจริงที่สี่แยกไฟแดง

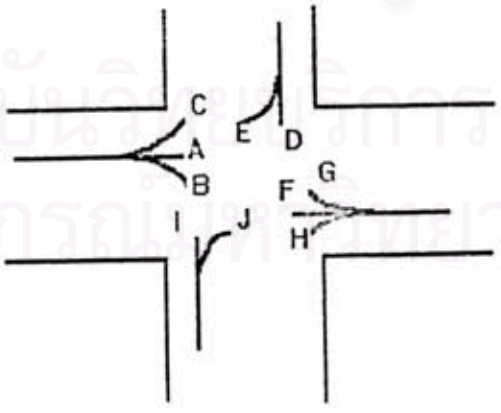
5.3.1 การทดสอบการทำงานของเครื่อง

การทดสอบการทำงานของเครื่องว่าทำงานถูกต้องหรือไม่ ต้องทำการเลือกรูปแบบการจัดการจราจรว่าจะให้ทำงานตามรูปแบบใด แล้วทำการเขียนรหัสคำสั่งเข้าไปในโปรแกรมแล้วถ่ายโปรแกรมลงไปในเครื่องควบคุม แล้วเปิดเครื่องสำรวจการทำงานจากหลอดไฟทดสอบว่ามีลำดับการทำงานถูกต้องตามที่ตั้งไว้หรือไม่ และสามารถเปลี่ยนโปรแกรมตามเวลาจริงหรือไม่ นอกจากนี้ยังต้องทำการทดสอบเปิดเครื่องทิ้งไว้ช่วงเวลาหนึ่งเพื่อสังเกตุความคงทนของเครื่อง

5.3.1.1 ลักษณะของระบบจำลอง

ระบบจำลองที่ใช้ในการทดสอบเครื่องมีลักษณะดังรูปที่ 5.9 ซึ่งสร้างขึ้นโดยใช้หลอดไฟสีมาทำเป็นทางแยกจำลองสภาพการจราจรโดยมีความหมายของการควบคุมตามรูปที่ 5.10

รูปที่ 5.9 แสดงลักษณะของระบบจำลองที่ใช้ทดสอบเครื่องควบคุม



รูปที่ 5.10 แสดงความหมายของระบบจำลองในลักษณะของการจราจร

5.3.1.2 ลักษณะของโปรแกรมควบคุม

โปรแกรมควบคุมที่ใช้กับทางแยกจำลองมีลักษณะที่อธิบายได้ด้วยตารางที่ 5.1 จากตาราง 5.1 สรุปได้ว่าโปรแกรมควบคุมที่ใช้กับทางแยกจำลองสามารถควบคุมการจราจรได้ 8 รูปแบบการจัดเฟสซึ่งแสดงไว้ที่ส่วนบนสุดของตาราง โดยมีช่วงเวลาไฟเหลือง 3 วินาที ช่วงเวลาไฟแดง 1 วินาที สำหรับการทำงานในภาคอัตโนมัตินั้น มีโปรแกรมควบคุมที่เปลี่ยนแปลงตามวันเวลาอยู่ 9 โปรแกรม (9 Time Plan) แสดงไว้ในส่วนกลางของตาราง ลักษณะลำดับการจัดเฟสและช่วงเวลาไฟเขียวของภาคอัตโนมัติแสดงไว้ในส่วนล่างสุดของตาราง โดยในที่นี้ให้ช่วงเวลาไฟเขียวเท่ากันหมดคือ 16 วินาที

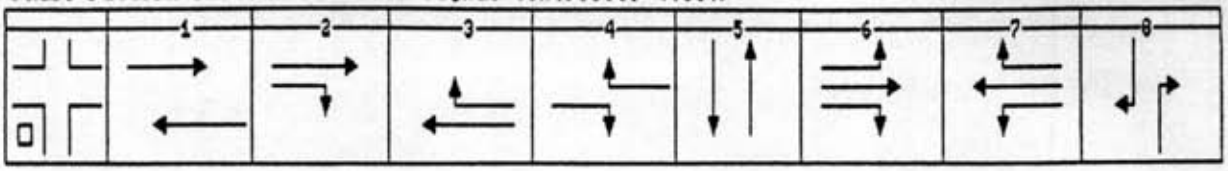
5.3.1.3 ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบกับทางแยกจำลองนี้ปรากฏว่าสามารถใช้งานได้ดีและทำงานตามลักษณะที่ได้ออกแบบไว้ทุกประการ เมื่อทำการทดสอบความขัดแย้งของสัญญาณไฟเขียว (Green Conflict) ก็สามารถตัดการทำงานไปที่การทำงานแบบไฟเหลืองกระพริบ (Flasher) ได้เมื่อมีความขัดแย้งของสัญญาณไฟเขียวขึ้น การทดสอบความขัดแย้งของสัญญาณไฟแดงนั้นยังไม่อาจทำได้ในขั้นตอนการทดสอบด้วยแบบจำลองนี้เพราะว่าอุปกรณ์ตรวจวัดกระแสซึ่งใช้เป็นอุปกรณ์หลักในการตรวจวัดการเกิดความขัดแย้งเนื่องจากไฟแดงดับนั้นได้ออกแบบไว้ให้ตรวจจับกระแสไฟฟ้าที่ขณะใช้หลอดไฟจราจรจริงทดสอบแต่ในการทดสอบกับแบบจำลองนี้ใช้หลอดไฟธรรมดาทดสอบซึ่งใช้กระแสในการติดของหลอดไฟไม่เท่ากับหลอดไฟจราจรจริงจึงไม่อาจทดสอบความขัดแย้งของสัญญาณไฟแดงได้ ในด้านของโปรแกรมอัตโนมัติตามเวลาจริง (Fixed Time Control) ปรากฏว่าสามารถเปลี่ยนแปลงแผนการทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ ส่วนของการควบคุมแบบใช้มือก็สามารถทำงานได้ดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Traffic Information sheet

Phase Pattern for Chula Traffic Signal Controller (CTSC)



Schedule & Real time setting

Day	Time		Plan No.	Code Timer			
	Hr.	Min.		CH1(A)	CH2(A)	CH1(B)	CH2(B)
Su	7	00	1	0	0	0	0
Su	20	00	2	0	0	0	1
M-Sa	7	00	3	0	0	1	1
M-Sa	9	00	4	0	0	1	0
M-Sa	11	00	5	0	1	1	0
M-Sa	13	00	6	0	1	1	1
M-Sa	15	00	7	0	1	0	1
M-Sa	19	30	8	0	1	0	0
M-Sa	21	00	9	1	1	0	0

Comment Block

Yellow time = 3 Sec.
Red time = 1 Sec.

Sequence Timing

Plan No	Sequence								Green Time (s)							
	1	2	3	4	5	6	7	8								
1	P1	P4	P5						16	16	16					
2	P1	P6	P3	P2					16	16	16					
3	P1	P4	P6	P8	P7	P6	P5	P3	16	16	16	16	16	16	16	
4	P2	P3	P4	P6	P5	P1			16	16	16	16	16	16		
5	P4	P5	P3	P2					16	16	16	16				
6	P2	P3	P5	P6					16	16	16	16				
7	P1	P2	P3						16	16	16					
8	P4	P5	P6						16	16	16					
9	P7	P8	P2						16	16	16					
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																

ตารางที่ 5.1 อธิบายถึงข้อมูลต่าง ๆของโปรแกรมควบคุม
ที่ใช้กับทางแยกจำลอง

5.3.2 การทดสอบเครื่องกับระบบสัญญาณไฟจราจรจริงภายนอกห้องปฏิบัติการ

การทดสอบการทำงานของเครื่องภายนอกห้องปฏิบัติการนั้นมีขึ้นเพื่อทดสอบความทนทานของเครื่องควบคุมต่อสภาพดินฟ้าอากาศ, อุณหภูมิ และสัญญาณรบกวนบนท้องถนน โดยมีกำหนดเวลาการทดสอบตามมาตรฐานสากลคือ 21 วัน

5.3.2.1 ลักษณะของทางแยกที่ทำการทดสอบ

ทางแยกที่ทำการทดสอบ ได้เลือกบริเวณทางแยกหอนาฬิกาภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีลักษณะทางแยกดังรูปที่ 5.11

รูปที่ 5.11 แสดงลักษณะของทางแยกบริเวณหอนาฬิกา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.2.2 การดำเนินการติดตั้งระบบ

การดำเนินการติดตั้งเริ่มจากการสำรวจและวาดแผนผังการติดตั้งประมาณขนาดและจำนวนสายไฟ, อุปกรณ์โคมไฟจราจร, เสาไฟจราจร, ฐานตู้ควบคุม เมื่อเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ เสร็จสิ้นแล้วจึงนำตู้ควบคุมมาติดตั้งบนฐานที่เตรียมไว้ และประกอบสายไฟจากเสาไฟจราจร และจากแหล่งจ่ายไฟเข้าไปยังตู้ควบคุม ที่ต้นทางระหว่างแหล่งจ่ายไฟกับตู้ควบคุมนั้นควรมีอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้ารั่ว, ไฟฟ้าดูดไว้ด้วยเพื่อความปลอดภัย นอกจากนี้ยังต้องมีการติดระบบกราวน์โดยการตอกแท่งทองแดง (Ground Rod) ขนาดประมาณ 2 เมตรลงในดินเพื่อป้องกันไฟฟ้ารั่วเพิ่มอีกทางหนึ่ง

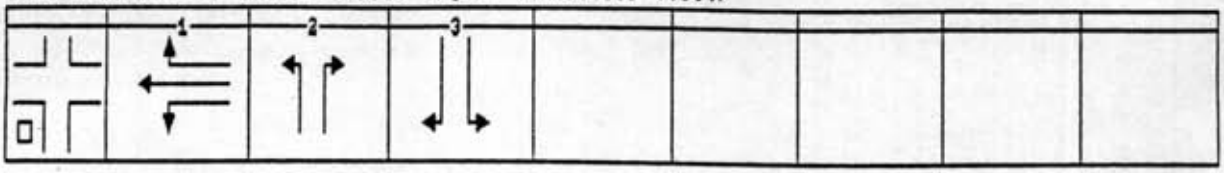
5.3.2.3 ลักษณะของโปรแกรมควบคุม

โปรแกรมควบคุมที่ออกแบบเฉพาะสำหรับทางแยกหอนาฬิกานี้ได้นำเอาโปรแกรมควบคุมที่ใช้ภายในห้องปฏิบัติการมาทำการดัดแปลงโดยมีตารางการควบคุมดัง ตารางที่ 5.2 จากตารางที่ 5.2 จะเห็นว่าโปรแกรมควบคุมสำหรับทางแยกหอนาฬิกานี้มีการควบคุมเพียง 3 เฟสคือ สามารถจัดการเดินรถได้ 3 รูปแบบในการควบคุมโดยใช้มือ และในการควบคุมแบบอัตโนมัตินั้นได้จัดแบ่งเวลาใน 1 วันเป็น 4 ช่วงและมีแผนการควบคุม 3 โปรแกรมคือ จากเวลา 6.00 - 8.00 ให้ใช้โปรแกรม 2 ควบคุม 8.00 - 15.00 ใช้โปรแกรม 1 ควบคุม ช่วง 15.50 - 17.30 ใช้โปรแกรม 3 ควบคุม และช่วง 17.30 - 6.00 ให้ใช้โปรแกรม 1 ควบคุมลักษณะของลำดับการจัดเฟสและช่วงเวลาไฟเขียวของแต่ละโปรแกรมแสดงไว้ในส่วนล่างของตาราง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Traffic Information sheet

Phase Pattern for Chula Traffic Signal Controller (CTSC)



Schedule & Real time setting

Day	Time		Plan No.	Code Timer			
	Hr.	Min.		CH1(A)	CH2(A)	CH1(B)	CH2(B)
M-Su	6	00	2	0	0	0	1
M-Su	8	10	1	0	0	0	0
M-Su	15	50	3	0	0	1	1
M-Su	17	30	1	0	0	0	0

Comment Block

Yellow time = 3 Sec.
Red time = 1 Sec.

Sequence Timing

Plan No	Sequence								Green Time							
	1	2	3	4	5	6	7	8								
1	P1	P2	P3						13	10	10					
2	P1	P2							15	10						
3	P1	P2							13	13						
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																

ตารางที่ 5.2 แสดงข้อมูลการควบคุมต่าง ๆสำหรับทางแยก

หอนาฬิกาจุฬาฯ

5.3.2.4 ปัญหาที่พบในการติดตั้งระบบ

ปัญหาในทางเทคนิคที่พบในการติดตั้งคือ การรั่วของกระแสไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆผ่านตัวตู้ควบคุมลงสู่พื้นดิน ซึ่งปัญหานี้ไม่พบในการใช้งานภายในห้องปฏิบัติการเพราะตัวตู้ควบคุมไม่ได้สัมผัสกับพื้นโดยตรง อุปกรณ์ที่ก่อให้เกิดปัญหาได้แก่ อุปกรณ์จ่ายไฟเลี้ยงให้แก่วงจรอิเลคทรอนิคส์และชุดโคมไฟจราจร ทางแก้คือ หาจุดรั่วของกระแสไฟฟ้าให้พบแล้วป้องกันการรั่ว และกรณีที่การรั่วเกิดจากอุปกรณ์ต่าง ๆการแก้ไขคือ ไม่ให้อุปกรณ์เหล่านั้นสัมผัสกับตัวถังโดยตรง แต่ปัญหาที่ตามมาคือ เมื่ออุปกรณ์เหล่านั้นไม่ได้รับการกราวน์เข้ากับตัวถังบางทีอาจส่งสัญญาณรบกวนออกมาจนทำให้วงจรอิเลคทรอนิคส์ที่สร้างขึ้นทำงานผิดพลาดได้ ทางแก้คืออาจจะต้องเปลี่ยนอุปกรณ์บางตัวที่กำเนิดสัญญาณรบกวนไปใช้อุปกรณ์อื่นแทน ปัญหาต่อไปที่พบคือสัญญาณรบกวนที่เกิดจากสภาวะแวดล้อม ทางแก้คือ เพิ่มค่าตัวเก็บประจุที่กรองสัญญาณตามจุดต่าง ๆที่คาดว่าจะถูกสัญญาณรบกวน และตรวจสอบแก้ไขระบบกราวน์ของวงจร

5.3.2.5 การทดสอบฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ

การทดสอบฟังก์ชันการทำงานมีอยู่ 4 ขั้นตอนคือ การทดสอบการทำงานแบบใช้มือ, การทดสอบการทำงานแบบอัตโนมัติ, การทดสอบการทำงานแบบไฟกระพริบ และการทดสอบความสามารถในการตรวจจับสภาวะความขัดแย้งทางการจราจร

1) การทดสอบการทำงานแบบใช้มือ (Manual Testing) เมื่อโหลดโปรแกรมลงในเครื่องควบคุมเรียบร้อยแล้วทดลองหมุนปุ่มควบคุมมาที่ Manual แล้วลองกดปุ่ม P1 ถึง P3 ตามที่ได้ออกแบบโปรแกรมไว้ปรากฏว่า เครื่องควบคุมสามารถจัดเฟสได้ถูกต้อง

2) การทดสอบการทำงานแบบอัตโนมัติ (Auto Testing) เมื่อหมุนปุ่มควบคุมมาที่ภาคการควบคุมแบบอัตโนมัติแล้ว สังเกตุดูการจัดเฟสการจราจรโดยอัตโนมัติ ดูว่าเป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ปรากฏว่าใช้งานได้ดี

3) การทดสอบการทำงานในภาคการทำงานแบบไฟกระพริบ โดยหมุนปุ่มควบคุมมาที่ Flasher ปรากฏว่าเครื่องสามารถทำงานแบบไฟกระพริบในอัตราประมาณ 55 ครั้งต่อนาที

4) การทดสอบการตรวจจับสภาวะความขัดแย้ง ซึ่งการทดสอบนี้มีอยู่ 2 ส่วนคือ การตรวจจับความขัดแย้งของสัญญาณไฟแดง

- การทดสอบการตรวจจับความขัดแย้งของสัญญาณไฟเขียว (Green Conflict) การทดสอบนี้ทำได้โดยการนำสายไฟหรือสวิทช์กดมาต่อเชื่อมระหว่างขั้วต่อของไฟเขียวคู่เฟสที่ขัดแย้งกันก่อนที่จะออกไปยังหลอดไฟจราจร และปรับการทำงานไปที่ภาคการทำงานแบบอัตโนมัติหรือใช้มือ แล้วสังเกตุดูจังหวะที่เครื่องควบคุมส่งสัญญาณไฟเขียวออกมาที่เฟสขัดแย้งกันคู่นั้น พบว่าเครื่องจะตัดการทำงานไปที่สัญญาณไฟกระพริบในเวลาประมาณ 0.5 วินาที

- การทดสอบการตรวจจับความขัดแย้งของสัญญาณไฟแดง การทดสอบนี้ให้ถอดสายไฟที่ต่อไปยังหลอดไฟสีแดงของทิศทางจราจรใด ๆออก 1 เส้นแล้วปรับการทำงานไปที่ภาคการ

ทำงานแบบอัตโนมัติ สังเกตดูจังหวะที่สัญญาณไฟแดงของคู่ที่เกิดสภาวะขัดแย้งกัน ดับพร้อมกันเครื่องควบคุมจะตัดการทำงานไปที่สัญญาณไฟกระพริบภายในเวลาประมาณ 0.5 วินาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทำวิทยานิพนธ์

ผลการวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ทุกประการคือ พัฒนาเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรให้มีความสามารถในการทำงานในแบบอัตโนมัติ, ใช้มือ, ไฟกระพริบ และมีระบบตรวจจับความขัดแย้งของสัญญาณไฟจราจร นอกจากนี้ยังมีโครงสร้างเป็นส่วนย่อย ๆ แยกจากกัน (Module) ทำให้ง่ายต่อการบำรุงรักษา ผลการทดสอบเครื่องเป็นที่น่าพอใจ

เครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีลักษณะคุณสมบัติดังนี้

- โครงสร้างเป็นส่วนย่อย ๆแยกจากกันง่ายต่อการติดตั้งและซ่อมบำรุง
- ผู้ใช้สามารถแก้ไขโปรแกรมควบคุมในบางส่วนได้เองโดยไม่ต้องอาศัยช่างที่ชำนาญการมาแก้ไข
- มีแผงควบคุมที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจของผู้ปฏิบัติงาน
- มีระบบตรวจจับความขัดแย้งของสัญญาณทั้งความขัดแย้งอันเกิดจากสัญญาณไฟเขียวและความขัดแย้งอันเกิดจากสัญญาณไฟแดงขาดหรือดับ พร้อมทั้งมีส่วนแสดงผลตำแหน่งที่เกิดความขัดแย้งขึ้นด้วย โดยอุปกรณ์ส่วนนี้ทำงานอิสระไม่ต้องอาศัยส่วนควบคุมหลัก จึงสามารถตรวจสอบการทำงานของส่วนควบคุมหลักได้ดีในกรณีที่ส่วนควบคุมหลักทำงานผิดพลาด
- มีอุปกรณ์บางส่วนที่ช่วยสร้างสัญญาณเตือนคนข้ามถนน คือสัญญาณไฟเขียวกระพริบ
- สามารถควบคุมการจราจรได้ 10 ทิศทางโดยอิสระ
- ในภาคการทำงานแบบอัตโนมัติสามารถตั้งแผนการควบคุมได้ 10 โปรแกรม และแผนการควบคุมต่าง ๆสามารถเลือกทำงานได้เองตามเวลาจริงซึ่งโปรแกรมได้ 7 วันคือ จันทร์ ถึง อาทิตย์
- มีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศ และสภาวะแวดล้อมบริเวณทางแยกภายนอกอาคารโดยได้ทำการทดลองติดตั้งและทดสอบติดต่อกันประมาณ 21 วันผลปรากฏว่าใช้งานได้ดี

6.2 ข้อเสนอแนะ

เครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่สร้างขึ้นนี้สามารถทำงานได้ดีในสภาวะแวดล้อมการใช้งานจริงเพียงแต่ว่าการพัฒนาเครื่องขึ้นมานั้น ในบางส่วนอาจจะยังดูไม่เรียบร้อยสวยงาม ทั้งอุปกรณ์ที่ใช้บางอย่างเช่น ไอซีต่าง ๆอาจจะยังไม่ได้ใช้อุปกรณ์ที่มีคุณภาพสูง ด้านแผ่นวงจรพิมพ์ยังไม่ได้ทำการเคลือบน้ำยาและสร้างให้ครบถ้วนถูกต้องตามหลักการใช้งานมาตรฐาน จึงอาจเป็นไปได้ที่สาเหตุเหล่านี้จะทำให้อายุการใช้งานของเครื่องไม่ยืนยาวนักซึ่งหากจะมีการพัฒนาในเชิงพาณิชย์ต่อไป ควรจะมีการปรับปรุงสิ่งต่าง ๆเหล่านี้ให้ครบถ้วน

อนึ่งทางแยกในเมืองใหญ่เช่น ทางแยกในกรุงเทพมหานครมีความจำเป็นต้องควบคุมแบบ Vehicle Actuated Control และ Area Traffic Control จึงน่าจะได้มีการพัฒนาเพิ่มเติมต่อไปจากงานวิจัยนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรณานุกรม

1. S.B. JAIYESIMI. Advance Microprocessor-based intersection Controller. Modeling,Simulation & Control.AMSE Press. 17 (Jan 1989): 37-56.
2. Kell H. James. Manual of Traffic Signal Design. NewJersey. USA: Prentice-Hall, 1982.
3. ERICSON. Local Controller. Service reference book: 1980.
4. PHILIPS. Traffic Control Systems Introducing. Manual: 1988.
5. MATSON M. THEODORE. TRAFFIC ENGINEERING. NewYork. USA. McGRAW-HILL, 1955.
6. กรมทางหลวง. ข้อกำหนดและมาตรฐานทั่วไป งานติดตั้งไฟสัญญาณจราจรและไฟกระพริบบนทางหลวง. กระทรวงคมนาคม, 2523.
7. กฤษดา วิศวธีรานนท์. PC ตัวควบคุมซีเควนซ์ หลักการทำงานและ การประยุกต์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ จุฬาลงกรณ์, 2534.
8. Yammiyavar Pradeep. Physical Design of Electronic Equipment. เอกสารประกอบการอบรม ห้องปฏิบัติการออกแบบอิเล็กทรอนิคส์. คณะวิศวกรรมศาสตร์: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.
9. Sandige S. Richard. Modern Digital Design. Singapore. Singapore: McGraw-Hill, 1990.
10. Helms H. Harry. Designing with Programmable Array Logic. California. USA: McGraw-Hill, 1981.
11. Rashid M.H.. Power Electronics. NewJersey. USA: Prentice-Hall, 1988.
12. Mitsubishi. Reference Manual of PLC FX-series.
13. ธเนศ พาณิชพัฒน์. การพัฒนาซอฟต์แวร์ฟังก์ชันชาร์ตสำหรับเครื่องควบคุมที่โปรแกรมได้. วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: 2535.

บรรณานุกรม (ต่อ)

14. Orcad System Corporation. Schematic Design Tools. Oregon. USA: Orcad System Corporation. 1987.

15. Sikonowiz Walter. Designing and Creating Printed Circuits. NewJersey. USA: Hayden Book Company, 1981.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

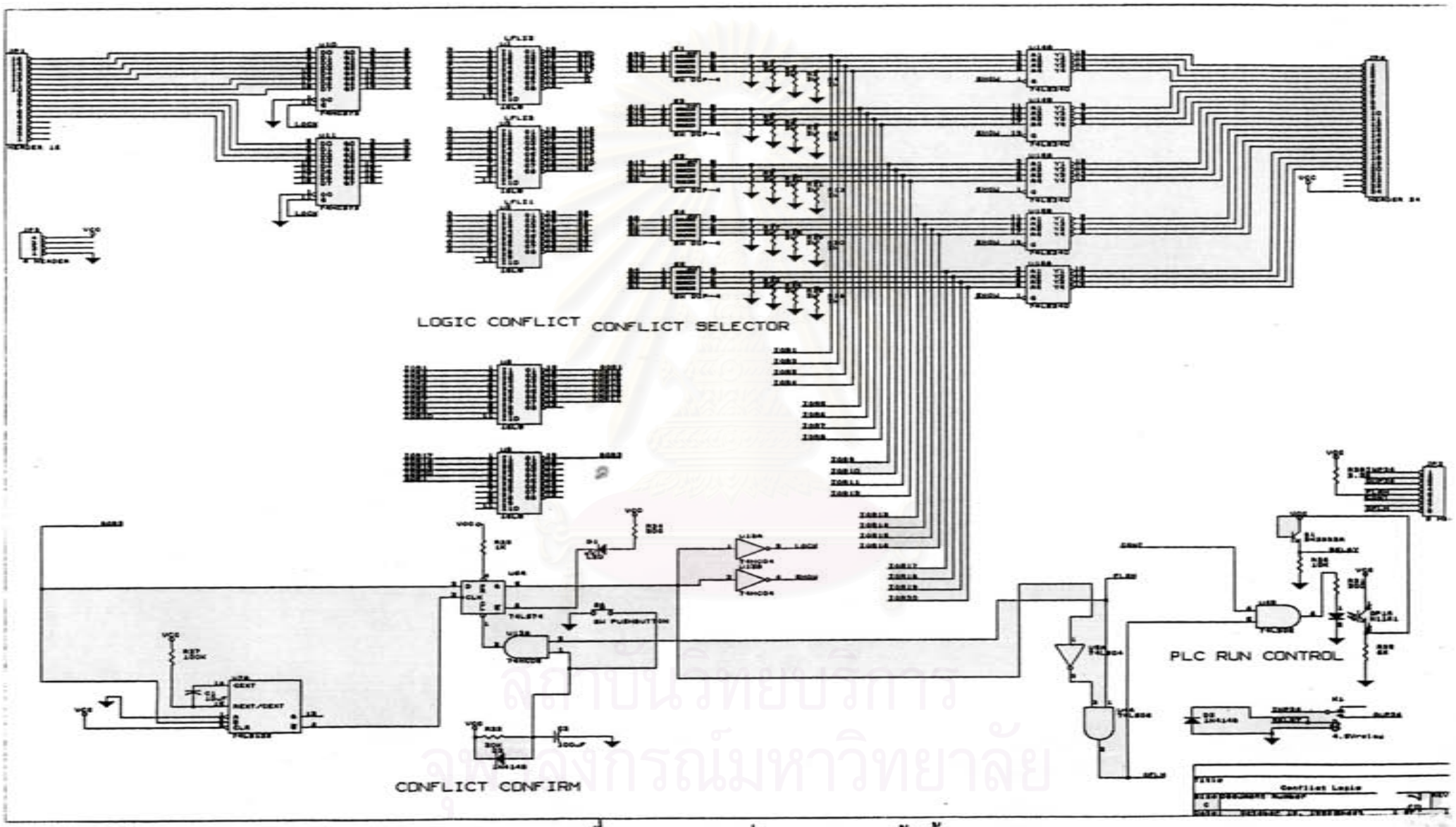
ภาคผนวก ก

รายละเอียดฮาร์ดแวร์ของเครื่อง

วงจรของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่ออกแบบและ สร้างทั้งหมดแสดงในรูปที่ ก.1 ถึงรูปที่ ก.6 โดยแบ่งเป็นวงจรของส่วนต่าง ๆดังนี้

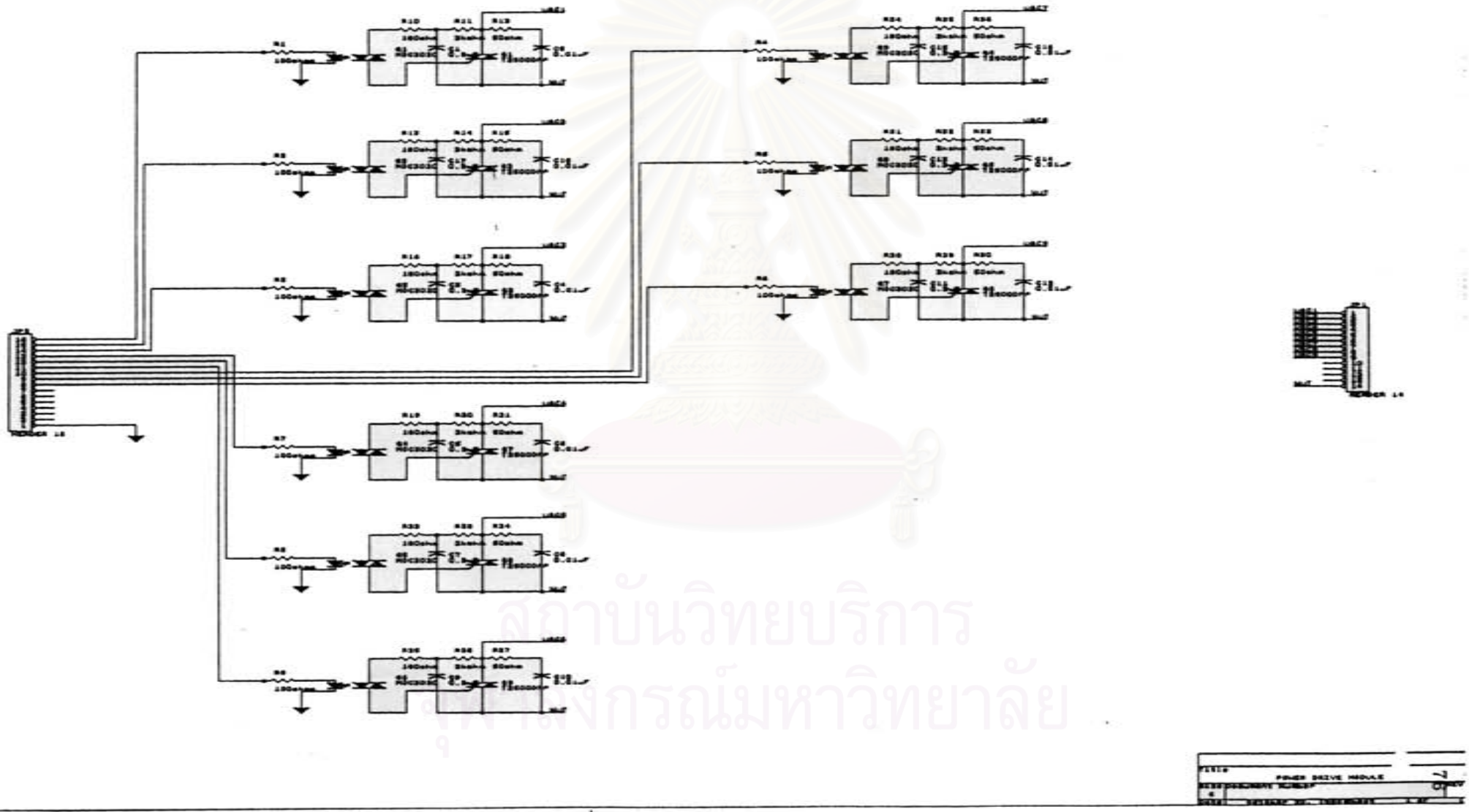
ส่วนตรวจสอบความขัดแย้ง	แสดงในรูปที่ ก.1
ส่วนขับกำลัง	แสดงในรูปที่ ก.2
ส่วนตรวจวัดกระแส	แสดงในรูปที่ ก.3 และ ก.4
ส่วนตรวจวัดแรงดัน	แสดงในรูปที่ ก.5
ส่วนสร้างสัญญาณไฟกระพริบ	แสดงในรูปที่ ก.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



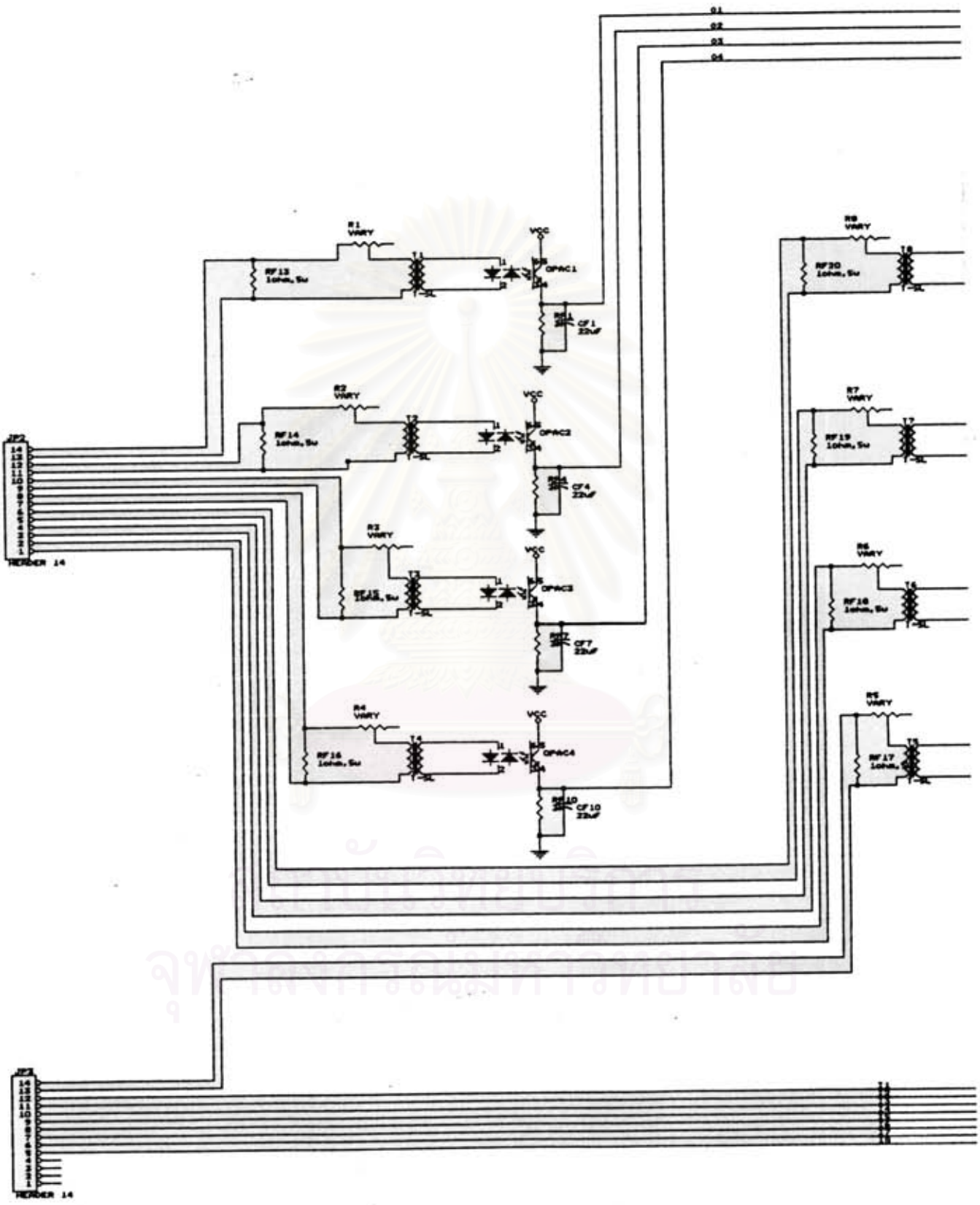
รูปที่ ก.1 แสดงวงจรส่วนตรวจสอบความขัดแย้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

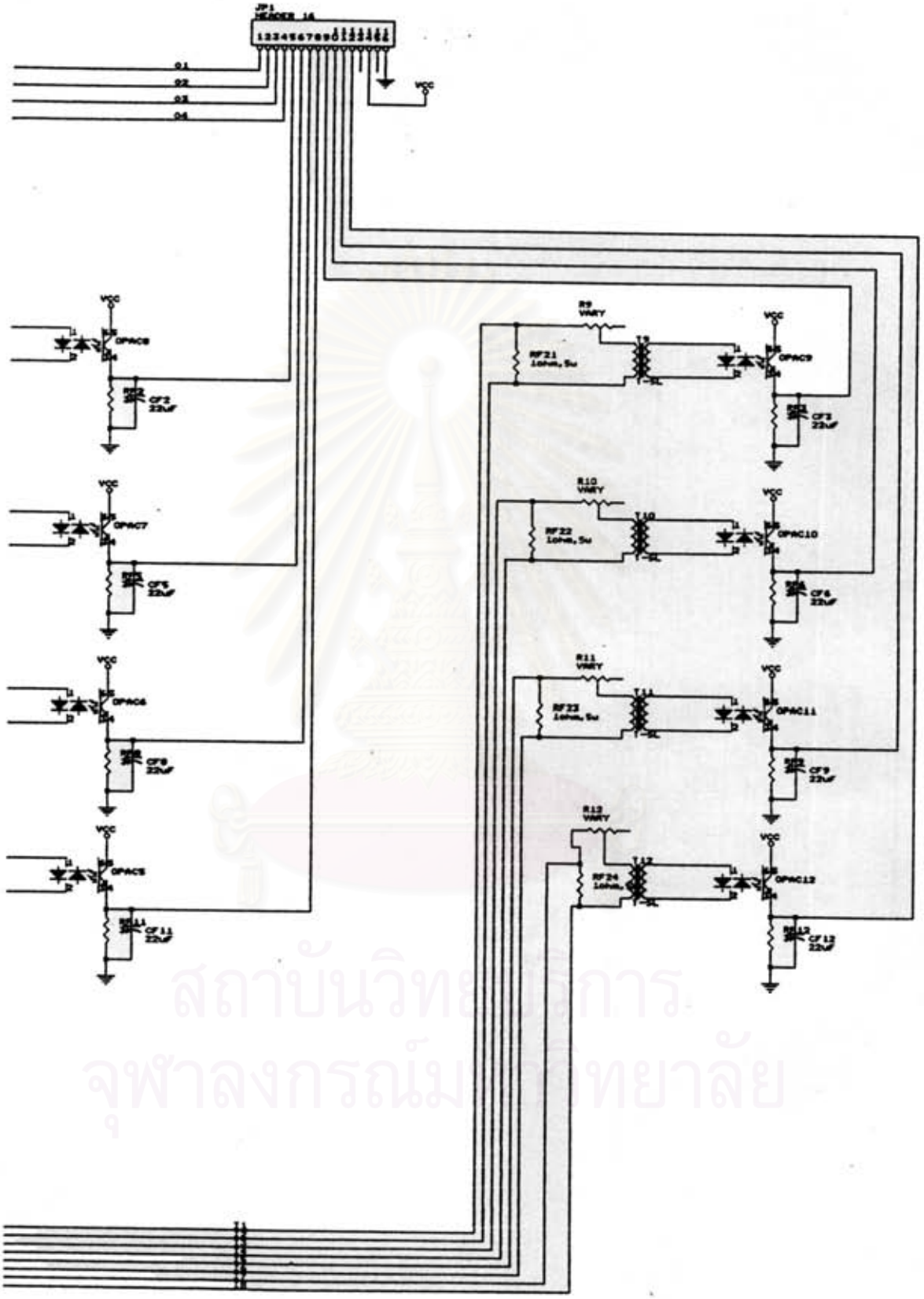


รูปที่ ก.2 แสดงวงจรส่วนขับกำลัง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

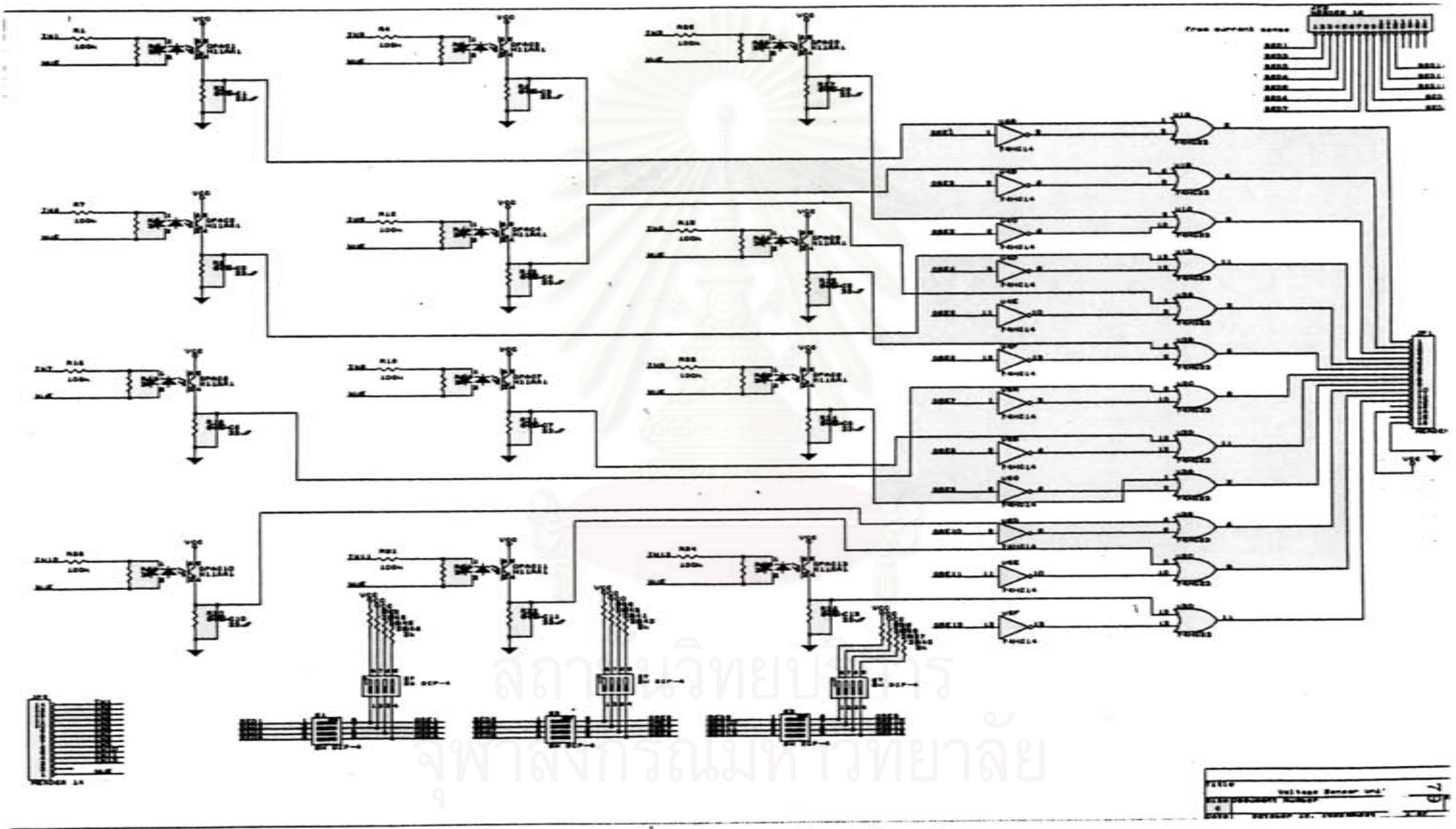


รูปที่ ก.3 แสดงวงจรส่วนตรวจวัดกระแส

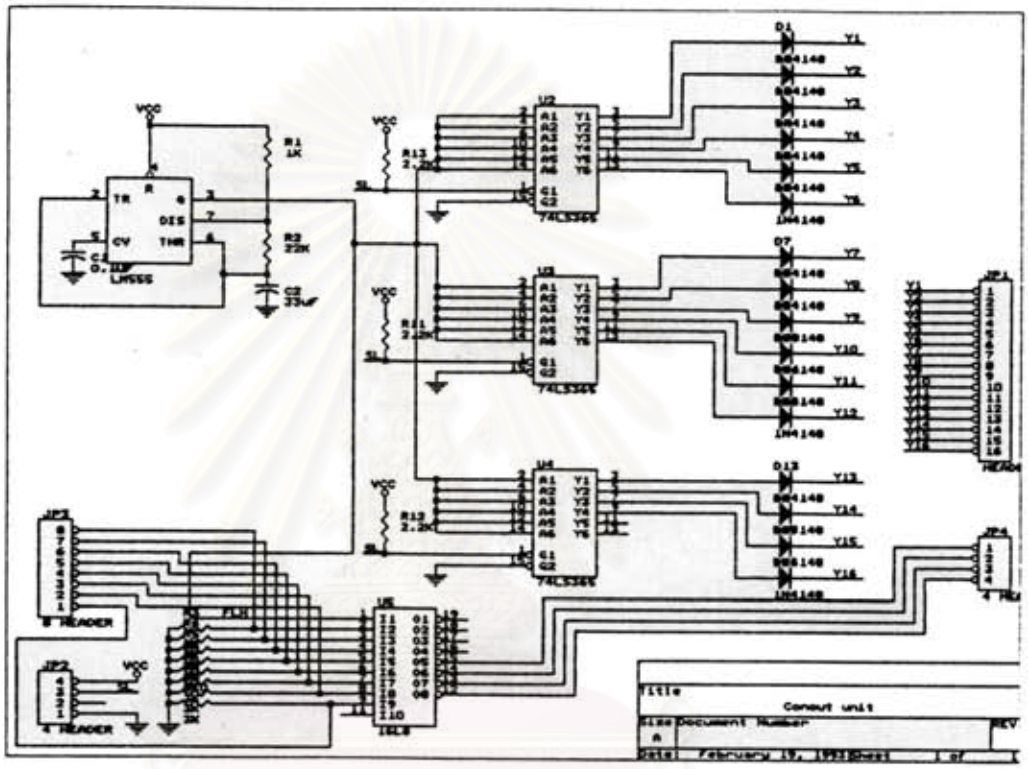


รูปที่ ก.4 แสดงวงจรส่วนตรวจวัดกระแส (ต่อ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก.5 แผงวงจรส่วนตรวจวัดแรงดัน



รูปที่ ก.6 แสดงวงจรส่วนสร้างสัญญาณไฟกระพริบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

คุณสมบัติของเครื่อง

ลักษณะจำเพาะของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่ออกแบบและสร้างเป็นดังนี้

ลักษณะโครงสร้าง	เป็นส่วนย่อย ๆ (Module) แยกจากกัน
ลักษณะตัวถัง	โลหะเหล็กพ่นสีเทา
แรงดันไฟอินพุท	220 VAC, 8 A
เอาท์พุทขับหลอดไฟ	ชนิดไตรแอค 220 VAC, 1 จุดทนกระแสได้ 6A จำกัดโหลดที่ 3A ต่อ 1 แผ่นวงจร
อุปกรณ์หลักในวงจรควบคุม	CMOS
อุปกรณ์ควบคุมหลัก	ตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้
การควบคุม	โปรแกรมเก็บไว้ในเครื่อง
ภาษาที่ใช้โปรแกรม	ซีเควนซ์ฟังก์ชันชาร์ต (SFC)
หน่วยความจำที่ใช้โปรแกรม	8 K step
จำนวนอินพุทของอุปกรณ์หลัก	16 จุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จำนวนเอาท์พุทของอุปกรณ์ควบคุมหลัก	48 จุด
ฟังก์ชันการทำงาน	- ใช้มือควบคุมได้ 8 รูปแบบ - ควบคุมแบบอัตโนมัติได้ 10 โปรแกรม ตามวันเวลาจริง โดยแต่ละโปรแกรมจะมีจังหวะได้ไม่เกิน 8 จังหวะการจัดเฟส - มีการทำงานไฟเหลืองกระพริบ
อุปกรณ์ควบคุมเวลา	ของบริษัท Glasslin มีเอาท์พุทรีเลย์ 4 จุดอิสระ, นาฬิกาสามารถทำงานได้กรณีไฟดับนาน 150 ชม.
การตรวจสอบความขัดแย้ง (Conflict)	วงจรอิเลคทรอนิคส์แยกจากส่วนควบคุมหลักโดยมี 2 แบบ - ตรวจสอบความขัดแย้งของไฟเขียว - ตรวจสอบความขัดแย้งของไฟแดง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

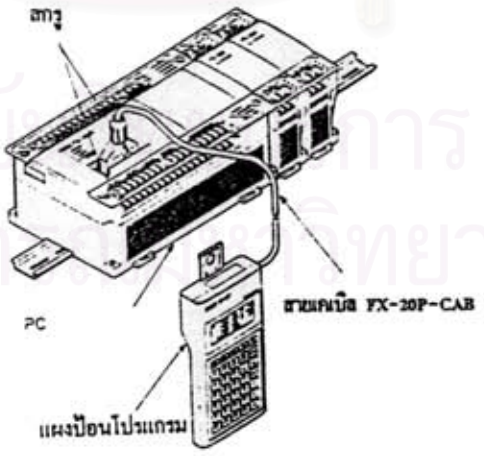
ภาคผนวก ค.

คู่มือการใช้เครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจร

คู่มือการใช้งานเครื่องควบคุมในส่วนนี้จะกล่าวถึง ขั้นตอนการแก้ไขโปรแกรมที่หน้างาน (On site), การใช้เครื่องควบคุมไปควบคุมการจราจร, การตั้งเวลาของนาฬิกา

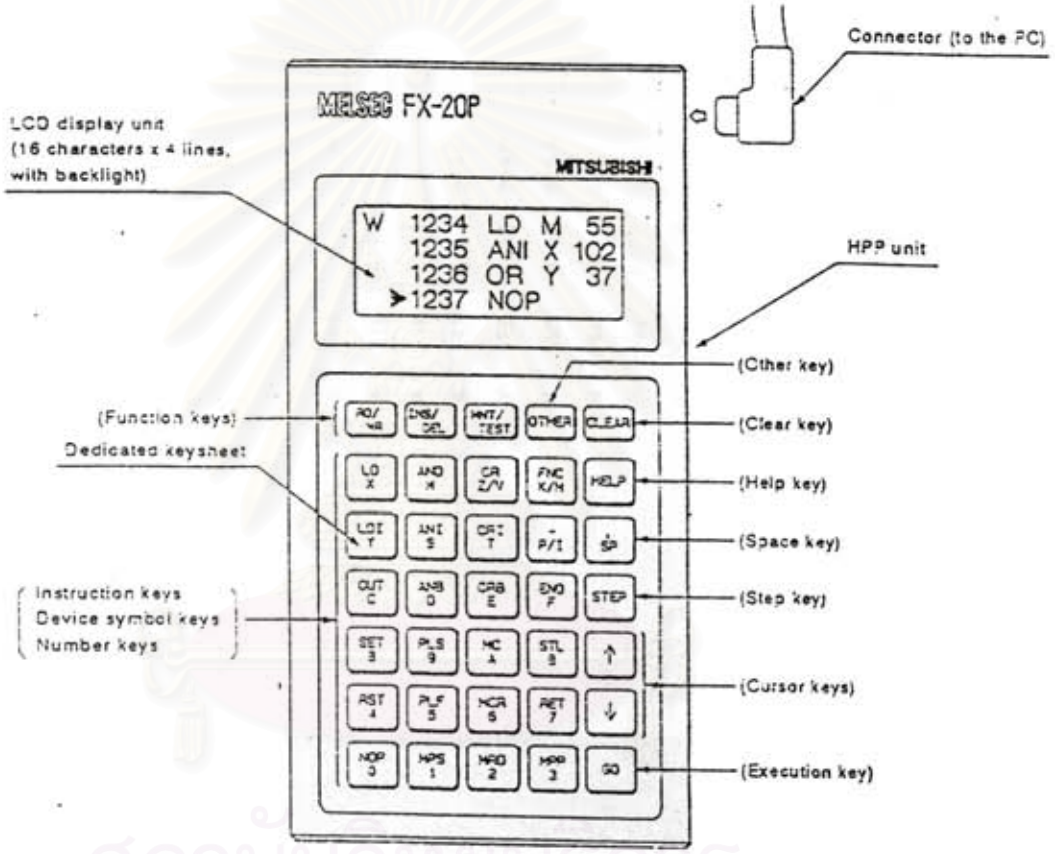
ค.1 <u>การแก้ไขโปรแกรมที่หน้างาน</u> ใช้โปรแกรมแบบซีเควนซ์ฟังก์ชันชาร์ต ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้เครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้ของ บริษัทมิตซูบิชิ FX-48MR จึงต้องใช้โปรแกรมควบคุมของเครื่องนี้ชื่อโปรแกรม FXPLC ในโหมดคำสั่ง (Instruction Mode) ซึ่งในที่นี้จะอธิบายเฉพาะเทคนิคการแก้ไขพารามิเตอร์บางประการเพื่อความสะดวกในการแก้ไขโปรแกรมที่หน้างาน

การแก้ไขโปรแกรมนั้นจากเครื่องโปรแกรมมือถือให้เสียบขั้วต่อเข้ากับตัวเครื่องดังรูปที่ ค.1



รูปที่ ค.1 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโปรแกรมมือถือกับ PLC

จากนั้นจอของเครื่องโปรแกรมมือถือจะติดขึ้น ให้เลือกการทำงานในโหมด ON-LINE โดยในขณะนี้ให้หมุนปุ่มที่แผงหน้าปัทม์ของตู้ควบคุมไปที่โหมดไฟกระพริบด้วย (Flasher Mode) เพื่อตัดการทำงานของ PLC ไม่ให้อยู่ในโหมด RUN แล้วจึงเริ่มขั้นตอนการแก้ไขโปรแกรม เมื่อเข้าสู่โหมด ON-LINE ของPLC แล้วกดปุ่ม RD/WR 1 ครั้ง (ลักษณะของปุ่มต่าง ๆของเครื่องโปรแกรมมือถือแสดงได้ดังรูป ค.2



รูปที่ ค.2 เครื่องโปรแกรมมือถือของ PLC

จะพบตัวอักษร WR ปรากฏบนจอเครื่องโปรแกรมมือถือ จากนั้นให้กดปุ่ม STL แล้วตามด้วยข้อความหนึ่งในจำนวนต่อไปนี้ S20-S27, S219, S245-S251 ซึ่งเป็นตำแหน่งเริ่มต้นของตารางข้อมูลต่าง ๆแล้วทำการแก้ไขค่ารีจิสเตอร์ที่เก็บค่าเวลาในการทำงานของสัญญาณไฟจราจรในแบบอัตโนมัติดังในรูปที่ ค.3 ซึ่งในการแก้ไขเร่งด่วนที่หน้างานจริง ๆนั้นมักจะเป็นค่าพารามิเตอร์เกี่ยวกับเวลา แต่ถ้ามีความจำเป็นต้องแก้ไขพารามิเตอร์เป็นจำนวนมากควรทำการแก้ไขที่ซึ่งปฏิบัติการบนเครื่องคอมพิวเตอร์ และทดสอบจนแน่ใจแล้วจึงเก็บใส่แผ่นบันทึกหน่วยความจำ แล้วนำมาโหลดลงเครื่องที่หน้างานโดยอาศัยคอมพิวเตอร์กระเป๋าหิ้วในการโหลดข้อมูล

	State	Regis1	Regis2	Code1	Code2
G	S45	D140	D141		
Y	S46	D142	D143		
R	S47	D144	D145		
G	S48	D146	D147		
Y	S49	D148	D149		
R	S50	D150	D151		
G	S51	D152	D153		
Y	S52	D154	D155		
R	S53	D156	D157		
G	S54	D158	D159		
Y	S55	D160	D161		
R	S56	D162	D163		
G	S57	D164	D165		
Y	S58	D166	D167		
R	S59	D168	D169		
G	S60	D170	D171		
Y	S61	D172	D173		
R	S62	D174	D175		
G	S63	D176	D177		
Y	S64	D178	D179		
R	S65	D180	D181		
G	S66	D182	D183		
Y	S67	D184	D185		
R	S68	D186	D187		

	State	Regis1	Regis2	Code1	Code2	Time	Regis	Code
RTC Y	S70	D188	D189			T4	D110	
RTC R	S71	D190	D191			T5	D111	
YM	S72	D192	D193			T6	D112	
RTC Y	S73	D194	D195			T7	D113	
RTC R	S74	D196	D197			T8	D114	
YM	S75	D198	D199			T9	D115	
RTC Y	S76	D200	D201			T10	D116	
RTC R	S77	D202	D203			T11	D117	
YM	S78	D204	D205			T12	D118	
RTC Y	S79	D206	D207			T13	D119	
RTC R	S80	D208	D209			T14	D120	
YM	S81	D210	D211			T15	D121	
RTC Y	S82	D212	D213			T16	D122	
RTC R	S83	D214	D215			T17	D123	
YM	S84	D216	D217			T18	D124	
RTC Y	S85	D218	D219			T19	D125	
RTC R	S86	D220	D221			T20	D126	
YM	S87	D222	D223			T21	D127	
RTC Y	S88	D224	D225			T22	D128	
RTC R	S89	D226	D227			T23	D129	
YM	S90	D228	D229			T25	D130	
RTC Y	S91	D230	D231			T24	D131	
RTC R	S92	D232	D233			T26	D132	
YM	S93	D234	D235			T27	D133	

รูปที่ ค.3 แสดงตัวอย่างการป้อนข้อมูลในรีจิสเตอร์ของส่วนควบคุมหลัก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การแก้ไขค่าการหน่วงเวลาต่าง ๆนั้นให้เลื่อน Cursor บนจอเครื่องโปรแกรมมือถือไปที่ตำแหน่งรีจิสเตอร์ที่ระบุไว้ในรูปที่ ค.3 นั้น ตรงบรรทัดที่มีตัวอักษร K ตามด้วยตัวเลข ตัวอย่าง เช่น OUT T 100 หมายถึงการให้ไทเมอร์ เบอร์ 100 ทำการหน่วงเวลาทำงานนาน 5 วินาที

K 50

การแก้ไขให้กดปุ่ม K 1 ครั้งจะพบตัวอักษร K บนจอเท่านั้นโดยที่ตัวเลขเดิมที่ต่อท้าย K จะหายไป ให้กดปุ่มเติมตัวเลขใหม่เข้าไปโดยนำจำนวนวินาทีที่ต้องการหน่วงเวลาคูณด้วย 10 (ฐานเวลาเป็น 0.1 วินาที) แล้วจึงป้อนค่าตัวเลขเข้าไป เช่น ต้องการหน่วงเวลา 50 วินาทีให้ป้อนค่าตัวเลข 500 หลังตัวอักษร K

ค.2 <u>การใช้เครื่องควบคุมไปควบคุมการจราจร</u> ได้แก่ การใช้งานแผงควบคุม, การตั้งดิปสวิทช์และ การตั้งเวลาและโปรแกรมของส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกา

ค.2.1 การใช้งานแผงควบคุม แบ่งการใช้งานตามลักษณะของปุ่มควบคุม คือ มีปุ่มควบคุมแบบใช้มือหมุน และปุ่มแบบใช้มือกด ปุ่มแบบใช้มือหมุนทำหน้าที่ควบคุมการทำงาน 3 โหมด คือ โหมดใช้มือ (Manual Mode), โหมดอัตโนมัติ (Auto Mode) และแบบไฟเหลืองกระพริบ (Flasher) หากต้องการควบคุมในโหมดใช้มือ ให้หมุนปุ่มแบบใช้มือหมุนมาที่ Manual จากนั้นให้กดปุ่มเลือกเฟสการปล่อยรถ ปุ่มใดปุ่มหนึ่งจากทั้งหมด 8 ปุ่มที่มีตัวอักษร P1 ถึง P8 กำกับอยู่ การกดปุ่มแต่ละปุ่มนั้นเพื่อป้องกันการกดพลาดได้มีการหน่วงเวลาการรับรู้การกดปุ่มไว้ประมาณ 1 วินาทีดังนั้นจึงต้องกดปุ่มนั้น ๆค้างไว้ประมาณ 1 วินาทีเพื่อยืนยันสภาวะการกดปุ่ม เครื่องควบคุมจะส่งสัญญาณไฟเขียวไฟแดงออกมาที่หลอดไฟจราจรตามรูปแบบที่กำหนดไว้ กรณีที่ต้องการให้เครื่องควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ ให้หมุนปุ่มควบคุมไปที่ Auto เครื่องควบคุมจะทำการจัดเฟสแบบอัตโนมัติต่อไป และเมื่อต้องการควบคุมในโหมดไฟเหลืองกระพริบให้หมุนปุ่มควบคุมไปที่ Flasher เครื่องควบคุมจะส่งสัญญาณไฟเหลืองกระพริบมาที่หลอดไฟจราจรทันที

ค.2.2 การตั้งดิปสวิทช์ในวงจรที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบความขัดแย้งดิปสวิทช์ที่เกี่ยวข้องในวงจรตรวจสอบความขัดแย้งมีอยู่ 2 ส่วนคือ ส่วนที่อยู่ในวงจรตรวจสอบความขัดแย้งของสัญญาณและส่วนที่อยู่ในวงจรตรวจวัดแรงดัน

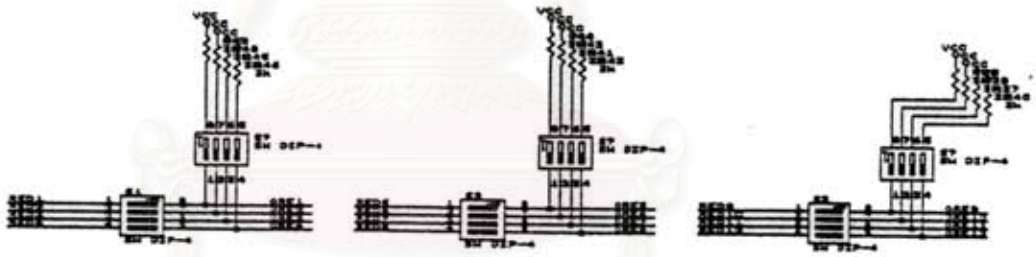
ค.2.2.1 การตั้งดิปสวิทช์ในวงจรตรวจสอบความขัดแย้งของสัญญาณนั้นมีอยู่ 5 ตัวใช้สำหรับเลือกเอาท์พุทของความขัดแย้งที่ได้มาจาก ส่วนไอซีที่เก็บตารางความขัดแย้งเพื่อเลือกเอาท์พุทความขัดแย้งให้เหมาะสมกับทางแยกที่ทำการติดตั้ง โดยสวิทช์ S1 คุมเอาท์พุท Q17 ถึง Q20, S2 คุม Q13 ถึง Q16, S3 คุม Q9 ถึง Q12, S4 คุม Q5 ถึง Q8, S5 คุม Q1 ถึง Q4 ซึ่งเอาท์พุทต่าง ๆเป็นตัวแทนของเงื่อนไขความขัดแย้ง ดังตาราง ค.1

หมายเลขดิปสวิทช์	เอาท์พุทไอซี PAL	เงื่อนไขความขัดแย้ง
S1	Q20	P.D.B.J.K
	Q19	O.A.K.G.H
	Q18	N.J.H.D.E
	Q17	M.G.E.A.B
S2	Q16	H.K
	Q15	G.J
	Q14	G.K
	Q13	E.J
S3	Q12	E.H
	Q11	D.G
	Q10	D.H
	Q9	D.K
S4	Q8	B.G
	Q7	B.K
	Q6	B.E
	Q5	B.J
S5	Q4	A.J
	Q3	A.H
	Q2	A.E
	Q1	A.D

ตาราง A.1 แสดงความสัมพันธ์ของเอาท์พุทไอซีกับเงื่อนไขความขัดแย้ง

ถ้าทำการตั้งดิปสวิทช์ที่ตำแหน่งใด ๆไปที่ ON หมายถึงการยินยอมให้มีการตรวจเช็คความขัดแย้งในเงื่อนไขนั้น ๆ

ค.2.2.2 การตั้งดิปสวิทช์ในวงจรตรวจวัดแรงดัน ในวงจรส่วนนี้จะมีดิปสวิทช์อยู่ 2 ชุด ชุดละ 3 ตัวโดยที่ S1 ถึง S3 เป็นตัวควบคุมอินพุทที่มาจากส่วนตรวจวัดกระแสในกรณีที่ใช้อินพุทจากส่วนตรวจวัดกระแสไม่อาจมีได้ครบถ้วนเนื่องจากจำนวนเอาท์พุทที่ต่อไปยังหลอดไฟแดงไม่ครบตามปกติของทางแยก จึงต้องใช้ดิปสวิทช์นี้จำลองสัญญาณเพื่อหลอกให้ส่วนตรวจสอบความขัดแย้งไม่เข้าใจผิดคิดว่าการที่ไม่ต่อเอาท์พุทไฟแดงบางจุดไปใช้งานเป็นการเกิดความขัดแย้ง ดิปสวิทช์ส่วนที่ 2 คือ S4 ถึง S6 ใช้ในการเพิ่มความน่าเชื่อถือของระดับสัญญาณดิจิตอลที่มาจากส่วนตรวจวัดกระแสโดยจะตั้งการทำงานตรงข้ามกับ S1 ถึง S4 โดยนับลำดับสวิทช์เดียวกันจะตั้งไว้ที่ OFF ในขณะที่ ชุดหนึ่งตั้งไว้ที่ ON ลักษณะการต่อวงจรของดิปสวิทช์ส่วนนี้แสดงไว้ในรูปที่ ค.4



รูปที่ ค.4 แสดงความสัมพันธ์ของดิปสวิทช์ทั้ง 2 ชุด

ค.2.3 การตั้งเวลาและโปรแกรมของส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกา ส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกานี้เมื่อจะทำการตั้งเวลาใหม่ให้ใช้อุปกรณ์ปลายเล็กแหลมกดที่ตำแหน่งที่เขียนว่า Res. จากนั้นข้อมูลทุกอย่างจะถูกลบหายไปให้ทำการกดตั้งเวลาใหม่ตามขั้นตอนดังนี้

◷ +	Day	ตั้งวันของสัปดาห์ (จันทร์ ถึง อาทิตย์)
◷ +	h+	ตั้งเวลาชั่วโมง
◷ +	m+	ตั้งเวลานาที

เมื่อตั้งเวลาเรียบร้อยแล้ว ให้ตั้งเวลาสำหรับการปิดเปิดรีเลย์เอาท์พุทซึ่ง ทำได้โดยกดปุ่ม CH1 เป็นการตั้งเวลาของช่องที่ 1 และ CH2 เป็นการตั้งเวลาของช่องที่ 2 แล้วกดปุ่มต่าง ๆ ตามดังนี้

Day		ตั้งวันของสัปดาห์ที่จะให้โปรแกรมทำงาน
h+	m+	ตั้งชั่วโมงที่โปรแกรมทำงาน
CH1		กดครั้งแรกเป็นการเริ่มตั้งเวลาให้รีเลย์ทำงาน กดครั้งต่อไปเป็นการตั้งเวลาให้รีเลย์หยุดทำงาน ซึ่งจะสามารถตั้งเวลาสลับไปมาอย่างนี้ได้ 8 ช่วง หรือ 8 โปรแกรม
CH2		ทำงานเหมือน CH1 แต่เป็นการตั้งเวลาปิดเปิดรีเลย์ของช่องที่ 2

ลักษณะการสั่งให้เอาท์พุทของรีเลย์ภายในเครื่องสร้างสัญญาณนาฬิกาที่จะส่งไปให้ PLC มีลำดับการเรียงเอาท์พุทดังรูปที่ ค.5 โดยเอาท์พุทของนาฬิกาตัวซ้ายมือ มี CH1 เป็นบิตสูงสุดของรหัสไบนารี่ (MSB) และมี CH2 เป็นรหัสบิตรองลงมา ในนาฬิกาตัวขวามือ มี CH1 เป็นบิตต่อจาก CH2 ของนาฬิกาตัวทางซ้าย และมี CH2 เป็นบิตต่ำสุดในรหัสไบนารี่ (LSB)

รูปที่ ค.5 แสดงการเรียงเอาท์พุทของส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกาเพื่อทำรหัสไบนารี่ให้แก่ PLC

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ข้อมูลต่าง ๆของอุปกรณ์พิเศษบางตัว

ง.1 ข้อมูลต่าง ๆเกี่ยวกับไดรแอค

ง.2 ข้อมูลต่าง ๆเกี่ยวกับส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

T2500FP Series

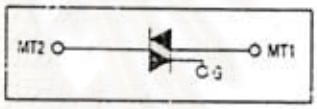
Silicon Bidirectional Triode Thyristors

. . . designed primarily for full-wave ac control applications, such as solid-state relays, motor controls, heating controls and power supplies; or wherever full-wave silicon gate controlled solid-state devices are needed. Triac type thyristors switch from a blocking to a conducting state for either polarity of applied anode voltage with positive or negative gate triggering.

- Blocking Voltage to 800 Volts
- All Diffused and Glass Passivated Junctions for Greater Parameter Uniformity and Stability
- Small, Rugged, Isolated Construction for Low Thermal Resistance, High Heat Dissipation and Durability

ISOLATED TRIACs THYRISTORS 6 AMPERES RMS 200 thru 800 VOLTS

CASE 221C-02 STYLE 3



MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Repetitive Peak Off-State Voltage, Note 1 (T_J = −40 to +100°C) Gate Open T2500BFP T2500DFP T2500MFP T2500NFP	V_{DROM}	 200 400 600 800	Volts
On-State RMS Current (T_C = +80°C), Note 2 Full Cycle Sine Wave 50 to 60 Hz	$I_{T(RMS)}$	6	Amps
Peak Nonrepetitive Surge Current (One Full Cycle, 60 Hz, T_C = +80°C)	I_{TSM}	100	Amps
Circuit Fusing Considerations (t = 8.3 ms)	I^2t	40	A^2s
Peak Gate Power (T_C = +80°C, Pulse Width = 1 μs)	P_{GM}	1	Watt
Average Gate Power (T_C = +80°C, t = 8.3 ms)	$P_{G(AV)}$	0.2	Watt
Peak Gate Trigger Current (Pulse Width = 10 μs)	I_{GTM}	4	Amps
RMS Isolation Voltage (T_A = 25°C, Relative Humidity ≤ 20%)	V_{ISO}	1500	Volts
Operating Junction Temperature Range	T_J	−40 to +100	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	−40 to +150	°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Case, Note 2 Case to Sink Junction to Ambient	$R_{\theta JC}$ $R_{\theta CS}$ $R_{\theta JA}$	2.7 2.2 (typ) 60	°C/W

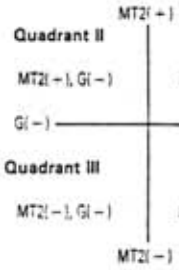
Notes: 1. Ratings apply for open gate conditions. Thyristor devices shall not be tested with a constant current source for blocking capability such that the voltage applied exceeds the rated blocking voltage.
2. The case temperature reference point for all T_C measurements is a point on the center lead of the package as close as possible to the plastic body.

T2500FP Series

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_C = 25°C unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Peak Off-State Current (Either Direction) Rated V_{DROM} @ T_J = 100°C, Gate Open	I_{DROM}	—	—	2	mA
Maximum On-State Voltage (Either Direction) I_T = 30 A Peak	V_{TM}	—	—	2	Volts
Gate Trigger Current (Continuous dc) V_D = 12 Vdc, R_L = 12 Ohms $V_{MT2(+)}, V_{G(+)}$ $V_{MT2(+)}, V_{G(-)}$ $V_{MT2(-)}, V_{G(-)}$ $V_{MT2(-)}, V_{G(+)}$	I_{GT}	 — — —	10 20 15 30	25 60 25 60	mA
Gate Trigger Voltage (Continuous dc) (All Quadrants) V_D = 12 Vdc, R_L = 12 Ohms V_D = V_{DROM}, R_L = 125 Ohms, T_C = 100°C, All Trigger Modes	V_{GT}	— 0.2	1.25 —	2.5 —	Volts
Holding Current (Either Direction) Main Terminal Voltage = 12 Vdc, Gate Open, Initiating Current = 150 mA, T_C = 25°C	I_{HO}	—	15	30	mA
Gate Controlled Turn-On Time Rated V_{DROM}, I_T = 10 A, I_{GT} = 160 mA, Rise Time = 0.1 μs	t_{gt}	—	1.6	—	μs
Critical Rate of Rise of Commutation Voltage Rated V_{DROM}, $I_{T(RMS)}$ = 6 A, Commutating di/dt = 3.2 A/ms, Gate Unenergized, T_C = 80°C	dv/dt(C)	—	10	—	V/μs
Critical Rate of Rise of Off-State Voltage Rated V_{DROM}, Exponential Voltage Rise, Gate Open, T_C = 100°C	dv/dt	—	100	—	V/μs

Quadrant Definitions



Trigger devices are recommended for gating on Triacs. They provide:

1. Consistent predictable turn-on points.
2. Simplified circuitry.
3. Fast turn-on time for cooler, more efficient and reliable operation.

Electrical Characteristics of Recommended Bidirectional Switches

Usage	General	
Part Number	MBS4991	MBS4992
V_S	6–10 V	7.5–9 V
I_S	350 μA Max	120 μA Max
V_{S1}–V_{S2}	0.5 V Max	0.2 V Max
Temperature Coefficient	0.02%/°C Typ	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. General

The use of modern components and proven software allows simple and logical operation. This means that you can program this digital/electronic time switch almost in your usual "handwriting".

Before connecting the time switch and putting it into operation, you should carefully read the operating instructions to be able to make optimum use of all functions. The instructions below apply equally to the 1-channel and 2-channel versions.

GB

2. Putting into operation

Electrical units may be installed only by a skilled electrician (the definition of skilled electrician can be found in VDE 0105).

Note:

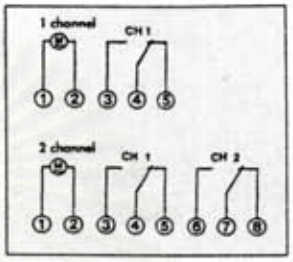
This device contains highly complex electronic circuitry. This electronic circuitry is largely protected against outside interference. However, it must be noted that the mains voltage (depending on installation site) may be subject to strong superimposed interference voltage peaks. Disturbance also occurs when contactors are switched and this disturbance can affect an electronic device despite all internal protective measures.

In order to ensure the greatest possible degree of operational safety, please follow the details below when connecting the unit:

a) On large systems, it is necessary to suppress the interference voltage on contactor coils which are switched directly by the time switch using a suitable varistor or RC element.

b) If inductive DC loads are switched, it is necessary to install a suppressor diode.

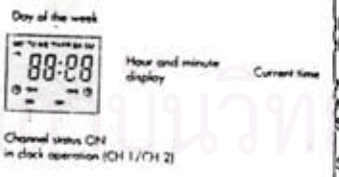
c) Inductive loads, particularly fluorescent lamps, represent a particularly heavy strain for output contacts. Here, it is necessary to install an isolating relay or a contactor.



3. LCD display-unit

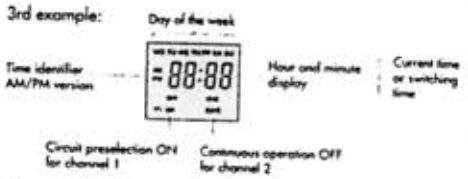
The display contains a multitude of elements in order to clearly show the various data and information.

1st example:



2nd example:

3rd example:



4. Data management within the time switch

a) Blocks

The time switch is designed as a weekly clock, switching times can be assigned to single days as well as to blocks of days.

If switching should take place at the same time on different days of the week, this can be achieved with the following weekday blocks:

GB

Monday – Sunday	(Mo .... Su)
Monday – Friday	(Mo .... Fr)
Saturday – Sunday	(Sa + Su)

Single-day programming is, of course, possible.

Note:

If both channels should be switched at the same time (ON or OFF), these switching times are to be entered individually per channel.

b) Memory space

The memory capacity is 16 spaces per channel. 8 switching pairs being available per channel in each case (8 ON and 8 OFF).

c) Carrying out the switching commands

Whenever the program or time (e. g. summer/winter time switchover) is altered or in the event of manual intervention, all memory locations are "interrogated" and the processor establishes the circuit state which corresponds to the "current status" in accordance with the program.

GB

5. Description of keyboard-functions

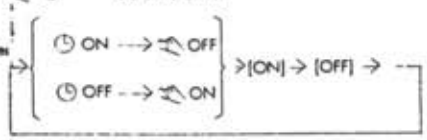
In order to enter the current time, the corresponding keys must be pressed in combination with the ◷ key.

◷ +	Day	for entering the current day of the week
◷ +	h+	for entering the current time (hours)
◷ +	m+	for entering the current time (minutes)

The relevant keys are always only pressed individually for all further entries or for scanning the programmed switching times.

◷	for selecting the standard display (current status)
Day	for selecting the relevant day of the week for switching times
h+	for entering the hours for switching times
m+	for entering the minutes for switching times
CH 1 CH 2	for selecting the relevant memory space per channel when programming switching times – ON or OFF – and transfer to the memory

1 2	for manual alteration of the relay conditions of the relevant channel



+ 1 h	for selecting summer time or winter time
Res.	for deleting all stored switching times and the current time in the display and memory

6. Entering the current time

It must be assumed that the battery of the time switch is empty when it is put into operation. It can take up to 2 minutes before the various segments in the display light up (battery charging procedure).

Using a pencil or a similar object, press the "Res" button in order to set the electronics to "neutral". All segments in the display will be visible for approximately 5 sec.

There then appears:

In order to enter the current time, it is necessary to keep the ◷ key pressed

The entry of day, hour and minute can be made in any sequence. You can enter the data in your usual "handwriting".

If the current time is in the 6 months of summer, it is also necessary to press the "+1h" key. The time is advanced by 1 hour and the identifier "+1h" appears in the display.

GB

Example:

	Keys:	Display:
16:20 Thursday	Keep ◷ pressed. Press Day, h+ and m+	

If the keys h+ and m+ are pressed for longer than 2 seconds, fast forward (roll mode) is initiated.

Compare time with, for example, radio/television/telephone time announcement.

A colon flashes in the display between the hour and minute display during normal operation.

7. Programming switching times

Entry of switch-on and switch-off times (each channel) is initiated and concluded (stored) using keys CH 1 and CH 2.

When this/these key(s) are pressed, the memory space for an ON command followed by the memory space for an OFF command appears alternately.

After the individual switching times have been entered, these are transferred to the memory with the CH 1, the CH 2 or the ◷ key.

Example:

	Keys:	Display:
Mo, Tu, We, Th, Fr 06:00 Channel 1 ON	Call up CH 1 memory space for ON command, Day h+, m+	

This switching command is stored with CH 1 or ◷

GB

With the button ◷ the switching point will also be transferred to the memory. The display now shows the clock status.

The corresponding switch-off times are programmed in the same way.

If the programming procedure is interrupted for approx. 1 to 2 minutes, the display returns to the current time of day and the contents of the display is automatically stored in the memory.

Partial entries, e. g. only hours, are transferred to the memory but are not effective as a switching command. See Point 8 c.

To return the display to the current time press the ◷ key.

8. Read – Change – Delete – Reset

a) Read

The programmed switching times are "read" (each channel) step by step with the CH1 or CH2 key. Each display contents corresponds to one memory space.

GB

b) Change

A command called up with key CH1 or CH2 can be changed (corrected) in the display (display data are simply written over).

With the button ◷ the switching point will also be transferred to the memory. The display now show the clock status.

c) Delete

If one of the entered switching times is rendered ineffective, it is sufficient if a part of the entry is "deleted", e. g.: 06:--; or --:30; or --:--.

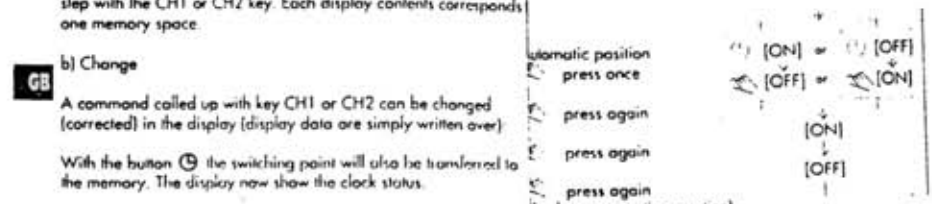
The entries are deleted with h+ or m+ by increasing the hours over 23, or the minutes over 59.

d) Reset

The complete memory contens, including the time, are deleted when the "Res" key is pressed.

9. Manual switching of channels

With the buttons ☜ 1 and ☜ 2 the respective channels can be switched as follows:



GB

Remark:

A channel witch has been manually set to ☜ ON or ☜ OFF will automatically be set back to automatic operation at the next switching time. The next switching point will be executed automatically.

The status [ON] and [OFF] can only be set back to automatic operation by pressing the button ☜.

10. Technical data

Dimensions (HxWxD)	45x35x68 (53) mm
Distribution board section	46x36 mm
Installation depth	68 (53) mm
Weight (g)	170 (130)
Connection	See order data
Power consumption	5 VA
Switching capacity AC	
– resistive load (VDE,IEC)	16 A/250 V~ μ – 1 channel 10 A/250 V~ μ – 2 channel
– inductive load cos φ 0.6	2.5 A/250 V~
– incandescent lamp load	1000 W
Switching capacity DC	
24 V–/60 V–/220 V–	800 mA/300 mA/150 mA
Switching output	2 or 1 relay
Switching contacts	2 or 1 changeover switch
Contact material	silver cadmium oxide
Ambient temperature	–10° C to +55° C
Protection class (VDE 0633)	II
Accuracy	typ. 2.5 sec/day at +20° C
Running reserve	150 h at +20° C
Charging time NC Accu	140 h
Shortest switching time	1 minute
Programmable	every minute
Memory space	32 (16)
Override	yes
Manual switch	Automatic operation /override/ Fix ON/FixOFF
Switching status indication	yes
Connector type	Screw terminals
Block formation	Weekday block formation
Summer/winter time switchover	yes
Sealing	possible

GB

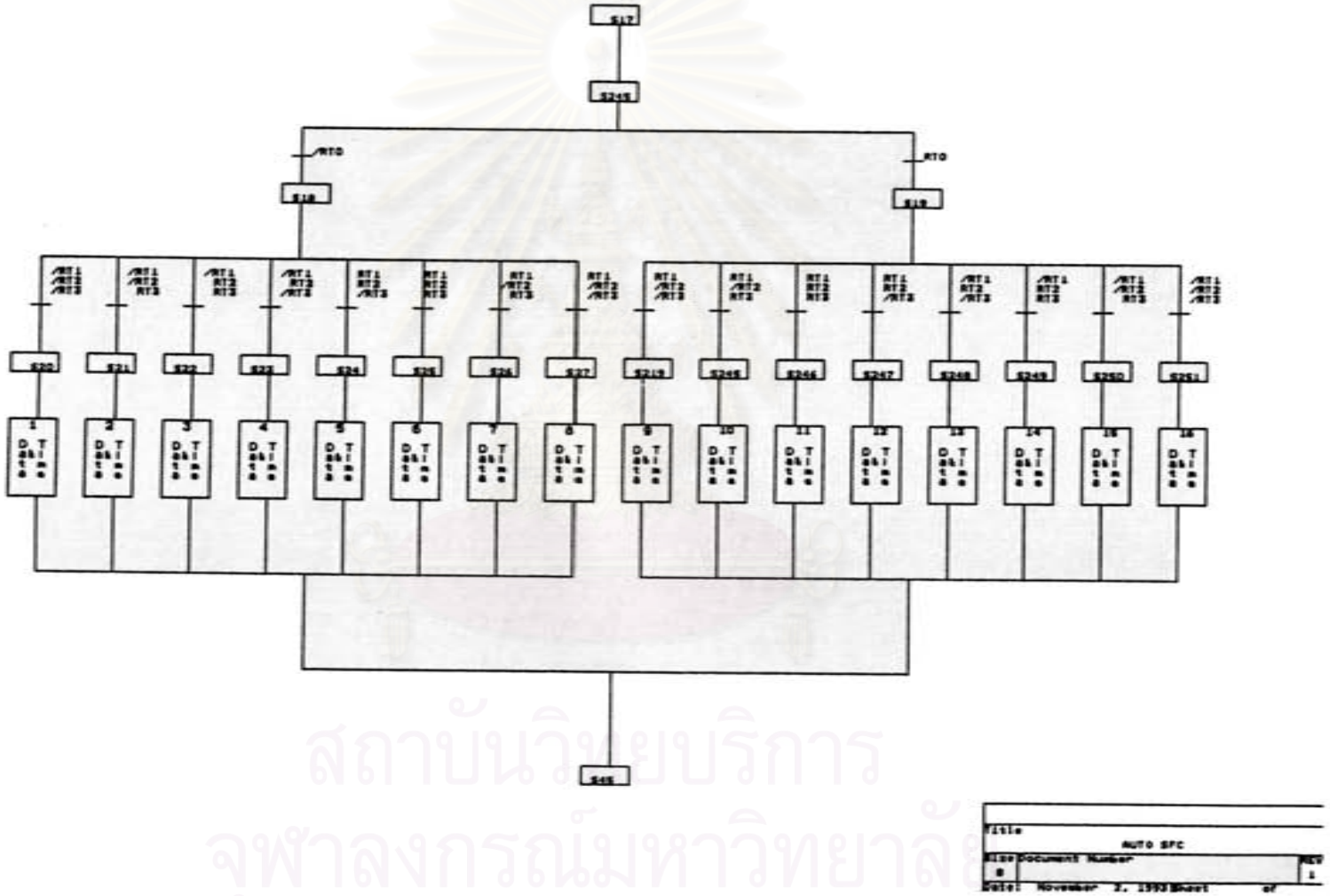
ภาคผนวก จ

โปรแกรม SFC ของเครื่องควบคุมนี้

โปรแกรม SFC ของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่พัฒนาขึ้นนี้ แสดงในรูปที่ จ.1 ถึง จ.11 ซึ่งลักษณะของโปรแกรม SFC ในที่นี้มีลักษณะเฉพาะที่ใช้กับเครื่อง PLC ของมิตซูบิชิ รุ่น FX-series โดยแบ่งเป็นโปรแกรมส่วนต่าง ๆดังนี้

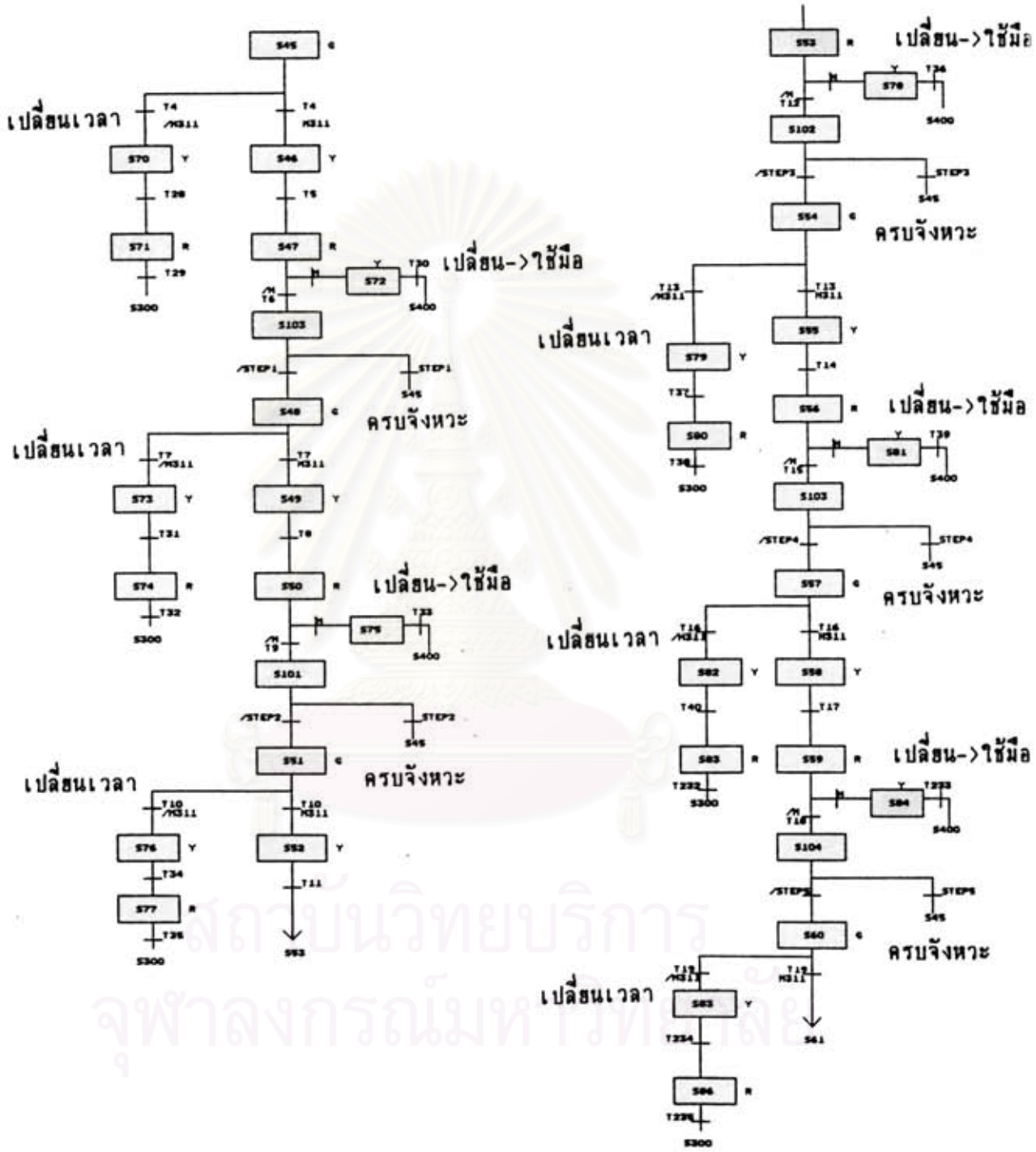
โปรแกรม SFC ส่วนตารางข้อมูล	แสดงในรูปที่ จ.1
โปรแกรม SFC ส่วนส่วนควบคุมแบบอัตโนมัติ	แสดงในรูปที่ จ.2 และ จ.3
โปรแกรม SFC ส่วนควบคุมแบบใช้มือ	แสดงในรูปที่ จ.4 ถึง จ.11

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



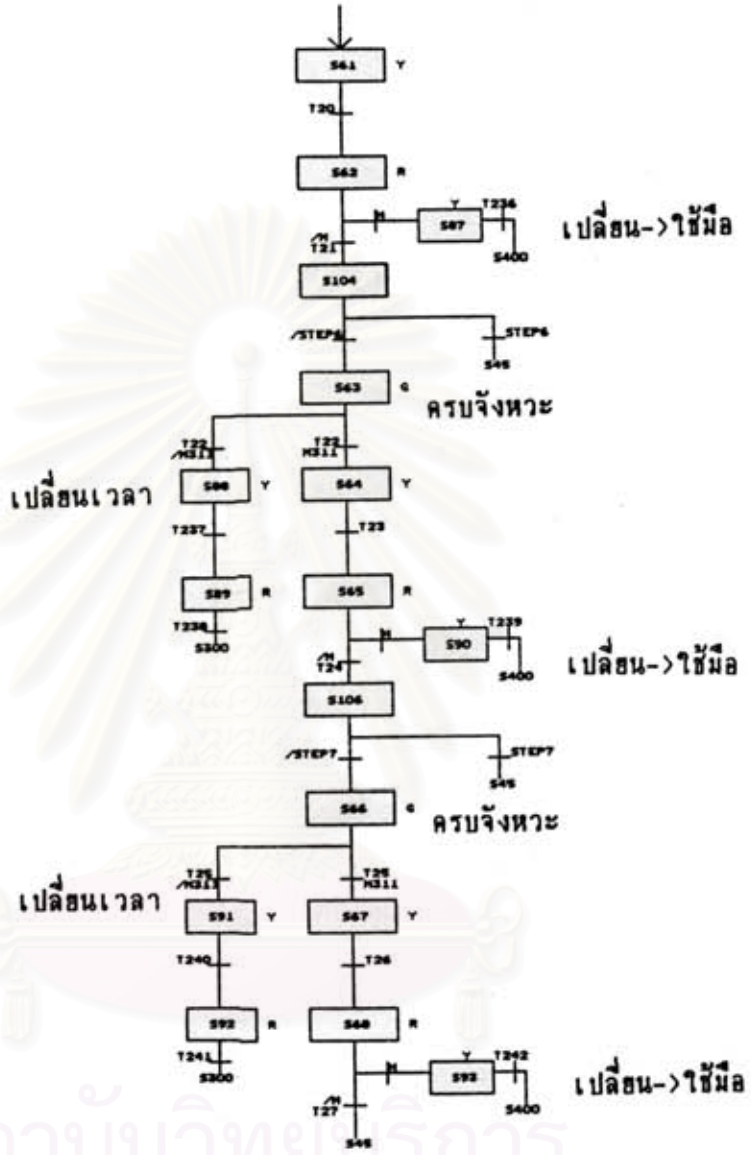
รูปที่ จ.1 แสดงโปรแกรม SFC ส่วนตารางข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



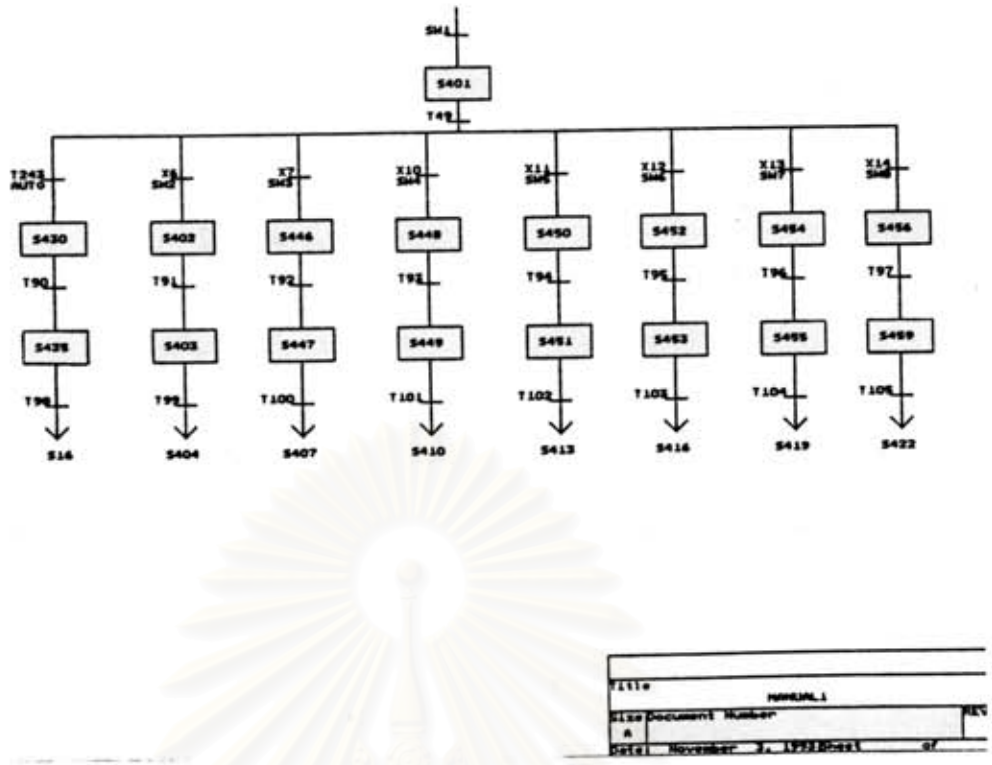
รูปที่ จ.2 แสดงโปรแกรม SFC ส่วนควบคุมแบบอัตโนมัติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

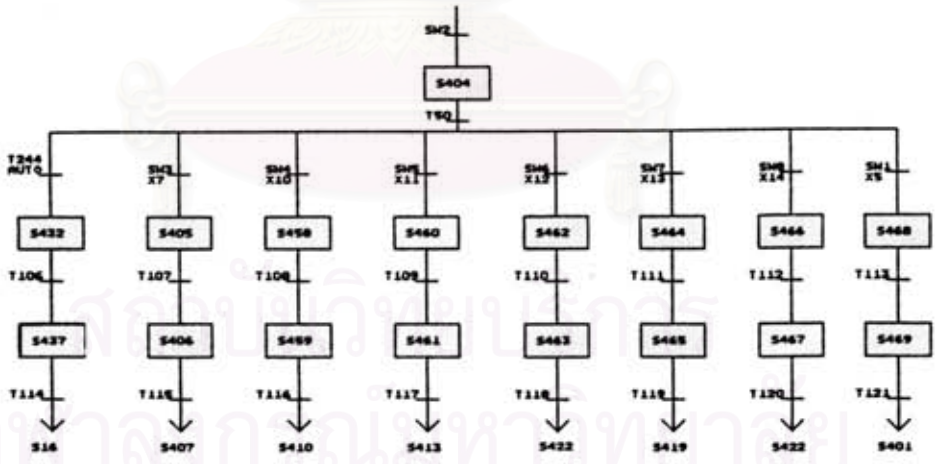


รูปที่ จ.3 แสดงโปรแกรม SFC ส่วนควบคุมแบบอัตโนมัติ (ต่อ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

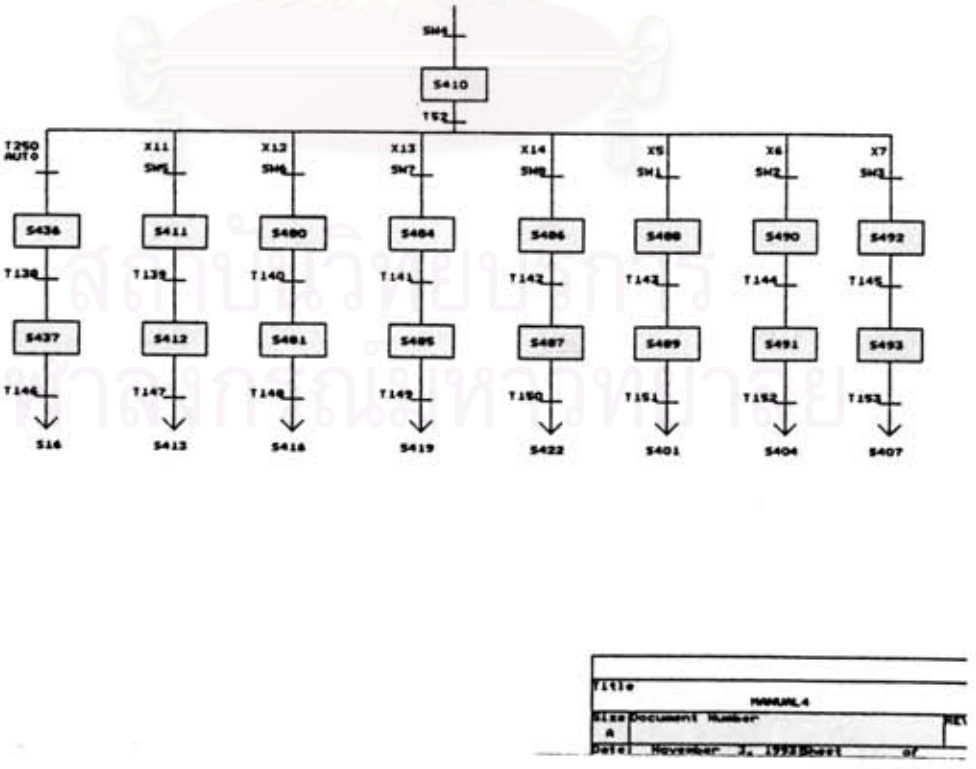


รูปที่ จ.4 แสดงโปรแกรม SFC ย่อยของการควบคุมแบบใช้มือ (ส่วนที่ 1)

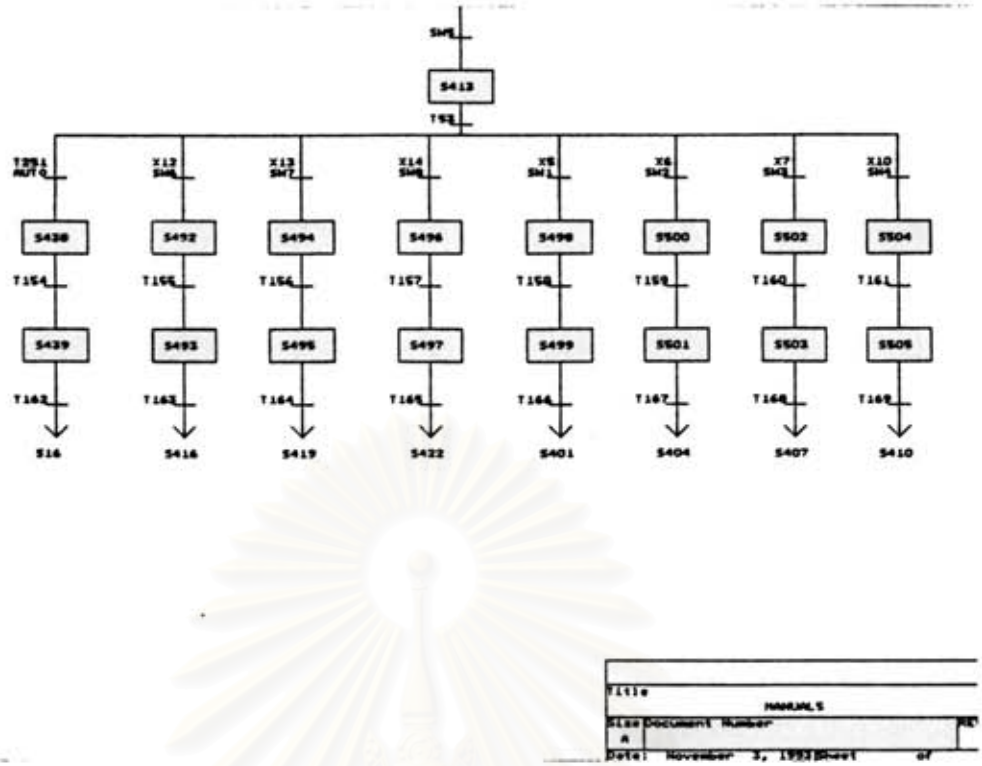


รูปที่ จ.5 แสดงโปรแกรม SFC ย่อยของการควบคุมแบบใช้มือ (ส่วนที่ 2)

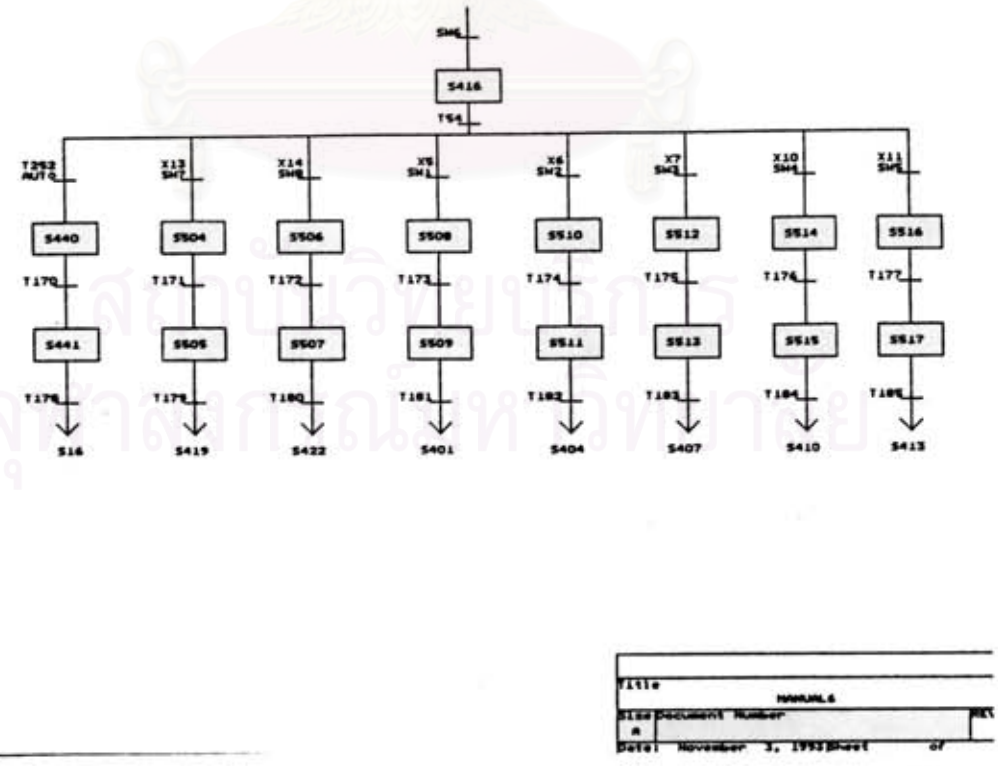
รูปที่ จ.6 แสดงโปรแกรม SFC ย่อยของการควบคุมแบบใช้มือ (ส่วนที่ 3)



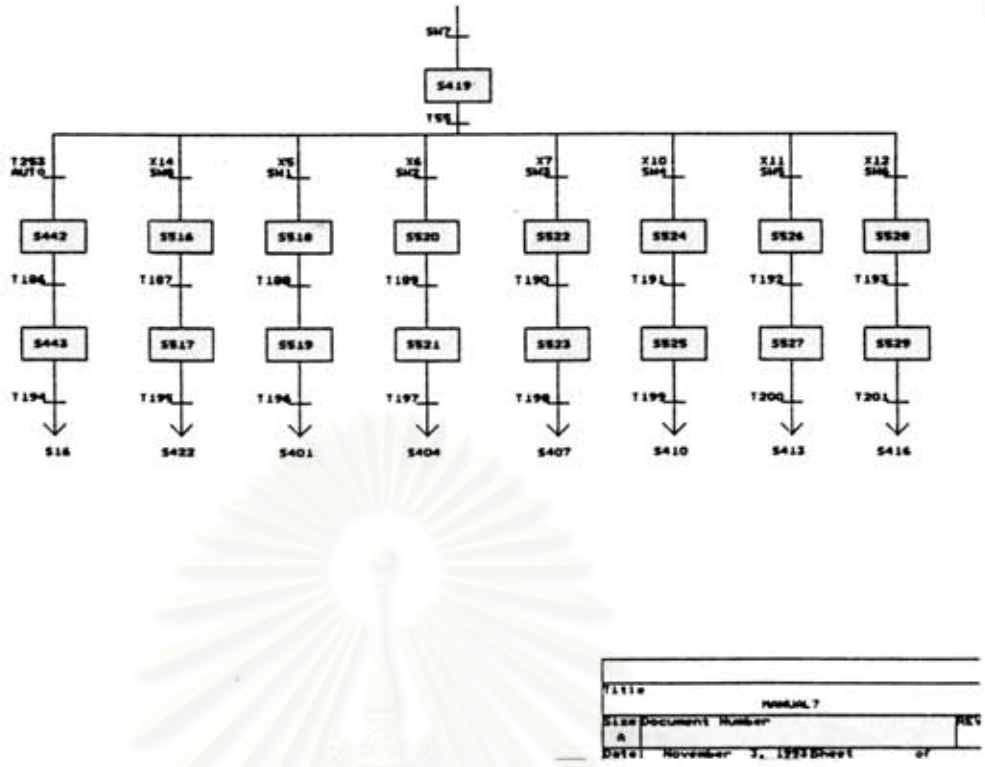
รูปที่ จ.7 แสดงโปรแกรม SFC ย่อยของการควบคุมแบบใช้มือ (ส่วนที่ 4)



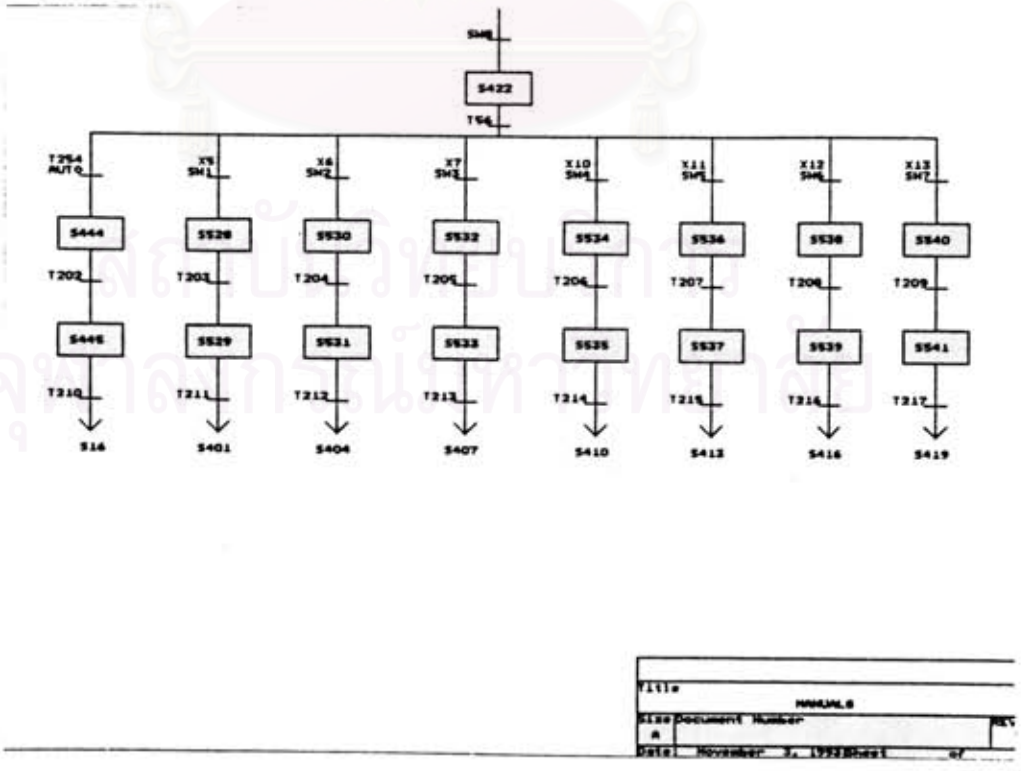
รูปที่ จ.8 แสดงโปรแกรม SFC ย่อยของการควบคุมแบบใช้มือ (ส่วนที่ 5)



รูปที่ จ.9 แสดงโปรแกรม SFC ย่อยของการควบคุมแบบใช้มือ (ส่วนที่ 6)



รูปที่ จ.10 แสดงโปรแกรม SFC ย่อยของการควบคุมแบบใช้มือ (ส่วนที่ 7)



รูปที่ จ.11 แสดงโปรแกรม SFC ย่อยของการควบคุมแบบใช้มือ (ส่วนที่ 8)

ประวัติผู้เขียน

นาย สุขสันติ์ ปีละโหละระ เกิดวันที่ 22 กรกฎาคม พศ. 2509 ที่จังหวัดหนองคาย จบการศึกษาชั้นปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปีพศ. 2532 และเข้าทำงานที่บริษัท ซีเกทเทคโนโลยี จำกัด ในตำแหน่ง วิศวกรตรวจสอบคุณภาพเป็นเวลา 1 ปี จากนั้นเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2533

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย