พัฒนาโปรแกรมพีแอลซีสำหรับการคัดแยกมะม่วง

DEVELOPMENT OF THE PLC PROGRAM FOR MANGO SEPARATION

นางสาวปิยวรรณ บ้านสระ รหัส 51382310

นายอรรถพร อุทุมพร รหัส 51384116

นายกรกิจ อุ่นเรือน รหัส 51384819

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 12 มี.ค. 2555
เลขทะเบียน 16065783 ม.ร.
เลขเรียกหนังสือ ม619พ
มหาวิทยาลัยนเรศวร 2554

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2554

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	พัฒนาโปรแกรมพีแอลซีสำหรับการคัดแยกมะม่วง		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวปิยวรรณ	บ้านสระ	รหัส 51382310
	นายอรรถพร	อุทุมพร	รหัส 51384116
	นายกรกิจ	อุ่นเรือน	รหัส 51384819
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น		
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2554		

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาติ แย้มเม่น)

.....กรรมการ

(ดร. มุฑิตา สงฆ์จันทร์)

.....กรรมการ

(ดร. พนัส นัถฤทธิ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	พัฒนาโปรแกรมพีแอลซีสำหรับการคัดแยกมะม่วง		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวปิยวรรณ	บ้านสระ	รหัส 51382310
	นายอรรถพร	อุทุมพร	รหัส 51384116
	นายกรกิจ	อุ่นเรือน	รหัส 51384819
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาติ แย้มเม่น		
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2554		

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ได้นำเสนอการพัฒนาโปรแกรมแลดเดอร์ของพีแอลซีซึ่งใช้สำหรับการควบคุมการทำงานของเครื่องเกรดมะม่วงตามเกณฑ์มวล 3 แบบ คือ แบบ 2 ขนาด (ขนาดเล็กและใหญ่) แบบ 3 ขนาด (ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่) และแบบ 4 ขนาด (ขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ และใหญ่พิเศษ) พร้อมทั้งนำเสนอการพัฒนาโปรแกรมซึ่งใช้สำหรับการแสดงผลลัพธ์ของการคัดเกรดขนาดมวลของมะม่วงที่ละผลขณะไหลผ่านบนสายพานของเครื่องชั่งด้วยอัตราเร็วที่เหมาะสม 4 ระดับ คือ 540 ผล/ชั่วโมง 960 ผล/ชั่วโมง 1440 ผล/ชั่วโมง และ 1920 ผล/ชั่วโมง ผ่านบนหน้าจอแบบสัมผัสได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของสายพานบนเครื่องชั่งที่พัฒนาขึ้น พบว่ามีค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุดเท่ากับ 1.72 กรัม และ 5.04 กรัม ณ อัตราเร็วของสายพาน 540 ผล/ชั่วโมง และ 1920 ผล/ชั่วโมง ตามลำดับ ทั้งนี้ความผิดพลาดของค่ามวลเหล่านี้เกิดจากการสั่นของมอเตอร์และรอยต่อของสายพานในขณะตัวพีแอลซีกำลังประมวลผลเพื่อหาการประมาณค่ามวลของมะม่วง นอกจากนี้ เมื่อทดสอบการคัดเกรดขนาดของมะม่วงตามเกณฑ์มวลทั้ง 3 แบบ พบว่า ความถูกต้องการคัดเกรดแบบ 3 ขนาดและ 4 ขนาด มีค่าเท่ากับ 100% ณ อัตราเร็วของสายพาน 540 ผล/ชั่วโมง และมีค่าความถูกต้องการคัดเกรดแบบ 3 ขนาด ต่ำที่สุดเท่ากับ 92% ณ อัตราเร็วของสายพาน 1920 ผล/ชั่วโมง

Project title	Development of the PLC Program for Mango Separation	
Name	Miss. Piyawan Bansa	ID. 51382310
	Mr. Auttaporn Uthumporn	ID. 51384116
	Mr. Korakit Unruean	ID. 51384819
Project advisor	Assistant Professor Suchart Yammen, Ph.D.	
Major	Electrical Engineering	
Department	Electrical and Computer Engineering	
Academic year	2011	

Abstract

This project presents the development of the PLC ladder program, which is used to control the operation of the mango separator by the mass criteria of three types: two sizes (small and large sizes), three sizes (small, medium and large sizes) and four sizes (small, medium, large and extra large sizes). It also presents the development of the program that, which is applied for displaying the separation result of the mango flowing on the belt conveyor wigher with the four levels of appropriate speeds: 540, 960, 1440 and 1920 products/hour through on the touch screen effectively. From experimental results, it was found that both the minimum and maximum values of the mean absolute error (MAE) are equal to 1.72 g and 5.04 g at the belt speed of 540 products/hour and 1920 products/hour, respectively. This error was obtained from the vibration of the motors and the belt boundaries, while the PLC is simultaneously processing to estimate the mango mass. For grading three mango sizes at three different speeds, it also found that the separation accuracy of both three and four size types is equal to 100% at the belt speed of 540 products per hour, but the minimum value of the separation accuracy for the three size types is 92% at the belt speed of 1920 products per hour.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุชาติ แย้มแม่น อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ให้คำแนะนำ แนวคิด และข้อเสนอแนะที่มีประโยชน์ต่อการทำโครงงานในฉบับนี้อย่างมาก

นอกจากนี้ต้องขอขอบคุณนายประทีป สังข์แป้น และนางสาวชลีดล อินยาศรี นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร รวมถึงเพื่อนนิสิตที่ร่วมทำโครงงานที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการทำโครงงานครั้งนี้

ท้ายสุดนี้ ขอกราบขอบคุณพระคุณบิดา มารดา คณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้ให้คำแนะนำ และคำปรึกษา ปลูกฝังให้เป็นบุคคลที่มีคุณธรรม เป็นคนดีแก่คณะผู้จัดทำด้วยดีเสมอมา นำไปสู่การเป็นบุคคลากรที่มีคุณภาพออกสู่สังคมสืบต่อไป

นางสาวปิยวรรณ บ้านสระ
นายอรรถพร อุทุมพร
นายกรกิจ อุ่นเรือน

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ซ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 ขอบข่ายของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนดำเนินงาน 2
1.5 แผนการดำเนินงาน 3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.7 งบประมาณ 4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีพื้นฐาน 5
2.1 พีแอลซี 5
2.2 โครงสร้างพีแอลซี 5
2.3 โครงสร้างของพีแอลซี รุ่น CJ1M 9
2.4 ภาษาแลดเดอร์ 10

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 24
3.1 ศึกษาการเขียนโปรแกรมพีแอลซีและจอแบบสัมผัส 24
3.2 ศึกษาการต่อช่องสัญญาณของพีแอลซีเครื่องคัดแยกเกรดมะม่วง 24
3.3 พัฒนาโปรแกรมแลดเดอร์ 24
3.4 ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมหน้าจอแบบสัมผัส 26
3.5 ทดลองผลจากการพัฒนาโปรแกรม 34

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6 เรียบเรียงข้อมูลทั้งหมดเข้ารูปเล่มโครงงาน 34

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง 35

4.1 ผลการทดลอง 35

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง 53

บทที่ 5 สรุปผล ปัญหาและข้อเสนอแนะ 55

5.1 สรุปผลการทดลอง 55

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ 56

เอกสารอ้างอิง 57

ภาคผนวก ก แบบสายไฟฟ้าควบคุม 58

ภาคผนวก ข การใช้งานโปรแกรม CX-Programmer 72

ภาคผนวก ค การใช้งานโปรแกรม CX-Designer 83

ภาคผนวก ง โปรแกรมแลดเดอร์เครื่องคัดเกรดมะม่วง 102

ภาคผนวก จ ตารางผลการทดลองปรับระดับอัตราเร็วมอเตอร์ 142

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 165

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการดำเนินงาน 3
3.1 แสดงการทำงานของปุ่มต่างบนหน้าจอหลัก 27
3.2 แสดงการทำงานของปุ่มต่างๆ บนหน้าจอเมนู 29
4.1 ผลอัตราเร็วในการคัดเกรด 40
4.2 แสดงการเปรียบเทียบค่ามวลของแต่ละอัตราเร็ว 42
4.3 ผลการคัดเกรดแบบ 2 ขนาด ที่อัตราเร็ว 540 ผล/ชั่วโมง 45
4.4 ผลการคัดเกรดแบบ 3 ขนาด ที่อัตราเร็ว 540 ผล/ชั่วโมง 46
4.5 ผลการคัดเกรดแบบ 4 ขนาด ที่อัตราเร็ว 540 ผล/ชั่วโมง 46
4.6 ผลการคัดเกรดแบบ 2 ขนาด ที่อัตราเร็ว 960 ผล/ชั่วโมง 47
4.7 ผลการคัดเกรดแบบ 3 ขนาด ที่อัตราเร็ว 960 ผล/ชั่วโมง 47
4.8 ผลการคัดเกรดแบบ 4 ขนาด ที่อัตราเร็ว 960 ผล/ชั่วโมง 48
4.9 ผลการคัดเกรดแบบ 2 ขนาด ที่อัตราเร็ว 1920 ผล/ชั่วโมง 48
4.10 ผลการคัดเกรดแบบ 3 ขนาด ที่อัตราเร็ว 1920 ผล/ชั่วโมง 49
4.11 ผลการคัดเกรดแบบ 4 ขนาด ที่อัตราเร็ว 1920 ผล/ชั่วโมง 49
4.12 ค่ามวลที่แสดงทางหน้าจอแบบสัมผัส ในการคัดเกรดแบบ 2 ขนาด 50
4.13 ค่ามวลที่แสดงทางหน้าจอแบบสัมผัส ในการคัดเกรดแบบ 3 ขนาด 51
4.14 ค่ามวลที่แสดงทางหน้าจอแบบสัมผัส ในการคัดเกรดแบบ 4 ขนาด 52

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 โครงสร้างพีแอลซี 5

2.2 โครงสร้างของพีแอลซี รุ่น CJ1M 9

2.3 การทำงานของไทม์เมอร์แบบธรรมดา 10

2.4 การทำงานของคำสั่ง Totalizing Timer 11

2.5 คำสั่ง TTM (--) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 11

2.6 คำสั่ง Reversible Counter และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 12

2.7 คำสั่ง SET/RESET และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 12

2.8 คำสั่ง KEEP และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 13

2.9 คำสั่ง DIF (13) และ DIFD (14) การทำงานและพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 13

2.10 คำสั่ง Shift Register และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 14

2.11 คำสั่ง Reversible Shift Register และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 15

2.12 คำสั่ง Word Shift และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 15

2.13 คำสั่ง MOV (21) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 16

2.14 การทำงานของคำสั่ง MOV (21) 16

2.15 คำสั่ง Move Digit และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 17

2.16 คำสั่ง BSET (71) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 17

2.17 คำสั่ง CMP (20) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 18

2.18 คำสั่ง Block Compare และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 18

2.19 คำสั่ง 4 To 16 Decoder และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 19

2.20 คำสั่ง Scaling และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 19

2.21 คำสั่ง BIN (23) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 20

2.22 คำสั่ง INC (38) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 20

2.23 คำสั่ง DEC (39) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 20

2.24 คำสั่ง Logical AND และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 21

2.25 คำสั่ง SBN (92) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 21

2.26 คำสั่ง RET (93) 22

2.27 คำสั่ง TKY (- -) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 22

2.28 คำสั่ง HKY (--) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 22

2.29 คำสั่ง PID (---) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน 23

สารบัญ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.1 แผนภาพการทำงานของเครื่องคัดแยกมะม่วง....25
3.2 หน้าจอหลัก....27
3.3 หน้าจอการตั้งค่ามวลแต่ละขนาด....28
3.4 หน้าจอแสดงเมนู....28
3.5 หน้าจอผลการคัดขนาด....29
3.6 หน้าจอตั้งค่าสอบเทียบมวล....30
3.7 หน้าจอการตั้งค่าการทำงานของระบบ....31
3.8 หน้าจอการทดสอบประตูคัดแยก....31
3.9 หน้าจอแจ้งเตือนแบตเตอรี่....32
3.10 หน้าจอแจ้งเตือนสายสัญญาณชั่งมวลขาด....33
3.11 หน้าจอแจ้งเตือนสภาวะกระแสเกินของมอเตอร์ และปั๊มลม....33
3.12 หน้าจอแสดงคณะผู้จัดทำ....34
4.1 หน้าจอควบคุมแบบสัมผัส....35
4.2 หน้าจอหลังกดปุ่ม MAN....36
4.3 หน้าจอหลังกดปุ่ม M1....36
4.4 หน้าจอหลังกดปุ่ม M2....37
4.5 หน้าจอหลังกดปุ่ม M3....37
4.6 หน้าจอหลังกดปุ่ม MAN, M1, M2 และ M3....38
4.7 หน้าจอหลังกดปุ่ม M1, M2 และ M3 และกด MAN ให้หยุดทำงาน....38
4.8 หน้าจอหลังการกดปุ่ม AUTO....39
4.9 หน้าจอหลังการกดปุ่ม MAN และ AUTO....39
4.10 ชั่งมวลจากเครื่องชั่งมวลความเที่ยงตรงสูง....41
4.11 กราฟเทียบค่ามวลมะม่วงผลที่ 1 ที่ชั่งในอัตราเร็ว 540, 960 และ 1920 ผล/ชั่วโมง....43
4.12 กราฟเทียบค่ามวลมะม่วงผลที่ 2 ที่ชั่งในอัตราเร็ว 540, 960 และ 1920 ผล/ชั่วโมง....44
4.13 กราฟเทียบค่ามวลมะม่วงผลที่ 3 ที่ชั่งในอัตราเร็ว 540, 960 และ 1920 ผล/ชั่วโมง....44
4.14 ผลการคัดเกรดแบบ 2 ขนาด ในหน้าเมนูแสดงผลการคัดขนาด....50
4.15 ผลการคัดเกรดแบบ 3 ขนาด ในหน้าเมนูแสดงผลการคัดขนาด....51
4.16 ผลการคัดเกรดแบบ 4 ขนาด ในหน้าเมนูแสดงผลการคัดขนาด....52

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชาชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก ผลผลิตที่ได้ในแต่ละปีทำรายได้ให้กับเกษตรกรเป็นอย่างมาก มะม่วงเป็นสินค้าทางการเกษตรชนิดหนึ่งที่ประเทศไทยทำการส่งออกในแต่ละปีคิดเป็นมูลค่ากว่า 690 ล้านบาท มะม่วงที่ส่งออกนั้นมีทั้งมะม่วงสด และ มะม่วงบรรจุกระป๋อง มะม่วงที่ส่งออก เป็นพันธุ์เขียวเสวย หนังกลางวัน โชคอนันต์ น้ำดอกไม้ แรด และอกร่อง ราคาของมะม่วงนั้นจะขึ้นอยู่กับพันธุ์รวมถึงมวลของมะม่วงด้วย

ในการแบ่งเกรดตามมวลของผลมะม่วง ซึ่งในการคัดเกรดตามมวลนั้น เวลาซื้อขาย ต้องใช้แรงงานในการคัดแยกเป็นจำนวนมาก นอกจากนั้นยังเกิดความผิดพลาดได้ง่ายแล้วส่งผลให้เกิดความล้าช้าในกระบวนการคัดแยกด้วย จึงมีผู้ทำการสร้างเครื่องจักรคัดแยกเกรดมวลมะม่วงขึ้นมาที่มีการคัดเกรดมะม่วง 4 ขนาด ทำให้การคัดแยกมะม่วงเป็นไปอย่างรวดเร็ว ต้นทุนในการคัดแยกมะม่วงลดลงและราคาในการซื้อ ขายเพิ่มขึ้น แต่ในการคัดเกรด 4 ขนาด เพียงอย่างเดียวนั้น ทำให้ผู้ใช้งานไม่สามารถเลือกการคัดแยกได้ตามความต้องการ เนื่องจากในบางครั้งต้องการคัดเกรด 2 หรือ 3 ขนาด ก็ไม่สามารถทำการเลือกได้ จากปัญหาดังกล่าวถ้ามีการพัฒนาทำให้เครื่องคัดแยกเกรดมะม่วงให้สามารถมีการเลือกใช้งานได้หลากหลายตามความต้องการแล้วทำให้ผู้ประกอบการใช้เครื่องคัดแยกเกรดมะม่วงในส่วนการคัดขนาดที่ยืดหยุ่นได้ตามการใช้งาน

จึงได้ทำการศึกษาค้นคว้าการพัฒนาและการใช้งานโปรแกรมพีแอลซี (Programmable Logic Controller : PLC) กับโปรแกรมหน้าจอแบบสัมผัส (Touch Screen) ของเครื่องคัดเกรดมะม่วงให้สามารถทำงานได้หลากหลาย พร้อมทั้งลดต้นทุนในการใช้สวิตช์ และปุ่มปรับอัตราเร็วต่างๆ รวมถึงเพิ่มความถูกต้องในการคัดเกรดมะม่วง ทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสินค้าทางการเกษตรชนิดอื่นที่ใช้การแบ่งเกรดตามมวล และนำไปประยุกต์ใช้เครื่องจักรที่ใช้การควบคุมอัตโนมัติที่ในปัจจุบันมีการใช้อย่างแพร่หลาย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อศึกษาและพัฒนาโปรแกรมพีแอลซีและโปรแกรมหน้าจอแบบสัมผัสสำหรับการควบคุมระบบเครื่องคัดแยกขนาดมวลมะม่วง

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน

พัฒนาโปรแกรมพีแอลซีและโปรแกรมหน้าจอแบบสัมผัส ให้สามารถควบคุมการทำงานผ่านทางหน้าจอแบบสัมผัสจากเดิมที่ใช้เป็นสวิตช์และปุ่มปรับอัตราเร็ว พัฒนาให้สามารถเลือกระดับการคัดแยกเกรดเป็นระดับ 2 ขนาด, 3 ขนาด และ 4 ขนาด จากเดิมที่สามารถคัดแยกได้เพียงระดับ 4 เกรดเท่านั้น แล้วนำค่ามวลและผลการคัดแยกมะม่วงแสดงออกทางหน้าจอแบบสัมผัส

1.4 ขั้นตอนดำเนินงาน

1. สืบค้นและศึกษาการใช้พีแอลซีในการควบคุมเครื่องคัดเกรดมวลมะม่วงในระบบชั่งมวลแบบพลวัต
2. สืบค้นและศึกษาการใช้งานพีแอลซี รุ่น OMRON CJ1M
3. ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมแลดเดอร์ (LADDER) เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องคัดเกรดมะม่วงตามเกณฑ์มวลแบบอัตโนมัติ
4. ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมหน้าจอแบบสัมผัส
5. ทดลองผลการทำงานของโปรแกรมที่ทำการพัฒนา และเก็บข้อมูลมวลของมะม่วงที่ทำการชั่งมวล ในระดับอัตราเร็วต่างๆ นำมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการทดลอง
6. ปรับปรุงแก้ไขในกรณีที่ขั้นตอนการทำงานของเครื่องคัดเกรดมวลมะม่วงไม่เป็นไปตามขั้นตอนที่ต้องการ
7. สรุปผลการทดลอง
8. จัดทำรูปเล่มรายงาน

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	พ.ศ. 2554							พ.ศ. 2555		
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1) สืบค้นและศึกษาการใช้พีแอลซีในการควบคุมเครื่องคัดเกรดมวลมะม่วง										
2) สืบค้นและศึกษาการเขียนโปรแกรมพีแอลซีและโปรแกรมหน้าจอแบบสัมผัส										
3) ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมแลดเดอร์กับโปรแกรมหน้าจอแบบสัมผัส										
4) ทดลองโปรแกรมที่ดำเนินการพัฒนาขึ้นกับเครื่องคัดเกรดมะม่วง										
5) ปรับปรุงแก้ไข										
6) สรุปผลการทดลอง										
7) จัดทำรูปเล่มรายงาน										

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถลดจำนวนแรงงานคนและลดเวลาในการคัดแยกมะม่วง เพื่อให้ต้นทุนในการคัดแยกมะม่วงลดลง มีความถูกต้อง แม่นยำมากขึ้น ส่งผลทำให้มีรายได้ในการซื้อ ขาย เพิ่มมากขึ้นตาม นอกจากนี้เกษตรกรได้รับความไว้วางใจจากลูกค้าที่มีการลงทุนซื้อ ขายผลผลิตมะม่วงที่ส่งออกต่างประเทศมากขึ้น ทั้งยังสามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องจักรอัตโนมัติทางด้านเกษตรกรรมและด้านการควบคุมอัตโนมัติต่างๆ

1.7 งบประมาณ

1. ค่ามะม่วง	1,500 บาท
2. ค่าวัสดุอื่นๆ	500 บาท
3. ค่าถ่ายเอกสารและจัดทำรูปเล่ม	1,000 บาท
รวมเป็นเงิน	3,000 บาท
	(สามพันบาทถ้วน)

หมายเหตุ : ค่าใช้จ่ายทั้งหมดได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์เป็นจำนวน 3,000 บาท

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีพื้นฐาน

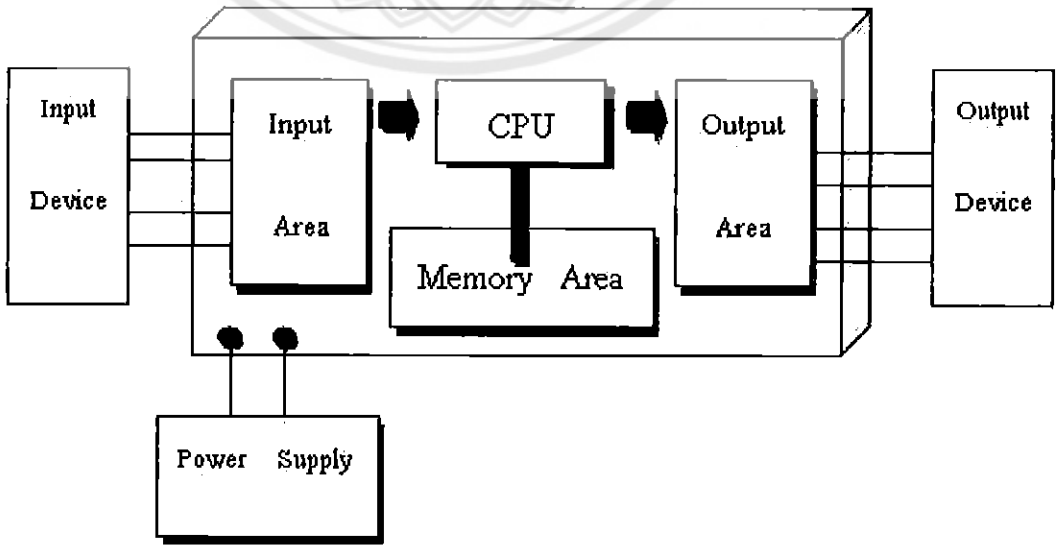
2.1 พีแอลซี [1]

พีแอลซี (Programmable Logic Control : PLC) คืออุปกรณ์ซนิคโซลิด – สเตตที่ทำงานแบบลอจิก การออกแบบการทำงานของพีแอลซี จะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ จากหลักการพื้นฐานแล้วพีแอลซีจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Solid – State Digital Logic Elements เพื่อให้ทำงานและตัดสินใจลอจิกพีแอลซี ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม

การใช้พีแอลซี สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้า ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิตก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้พีแอลซีแล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้วพีแอลซียังใช้โซลิดสเตต ซึ่งน่าเชื่อถือมากกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

2.2 โครงสร้างพีแอลซี [2]

โครงสร้างพีแอลซีประกอบด้วยส่วนหลักๆ คือ ภาคอินพุต ตัวประมวลผล หน่วยความจำ ภาคเอาท์พุต และแหล่งจ่ายไฟ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างพีแอลซี

2.2.1) ตัวประมวลผล (CPU) ทำหน้าที่คำนวณและควบคุม ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของพีแอลซี ภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิด และมีไมโครโปรเซสเซอร์เบส (Micro Processor Based) ใช้แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ เคาน์เตอร์ ไทม์เมอร์ และซีเควนเซอร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้แลดเดอร์รีเลย์ได้ ตัวประมวลผลจะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุตต่างๆ จากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ หลังจากนั้นจะส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกต้องออกไปยังอุปกรณ์เอาท์พุต

2.2.2) หน่วยความจำ (Memory) ทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล (Data Bit) ภายในหน่วยความจำ 1 บิต ก็จะมีค่าสภาวะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันแล้วแต่คำสั่งที่ใช้ ซึ่งพีแอลซีประกอบด้วยหน่วยความจำสองชนิดคือ แรม (RAM) และรอม (ROM) ซึ่งมีหน้าที่การทำงานดังนี้

ก) แรม (RAM) ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานของพีแอลซี หน่วยความจำ ประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็กๆ ต่อไว้เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและการเขียนข้อมูลลงในแรมทำได้ง่ายมาก เพราะฉะนั้นจึงเหมาะกับงานในระยะการทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมอยู่บ่อยครั้ง

ข) รอม (ROM) ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของพีแอลซี ตามโปรแกรมของผู้ใช้ หน่วยความจำแบบรอมยังสามารถแบ่งได้เป็นอีพรอม (EPROM) ซึ่งจะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการเขียนและลบโปรแกรมเหมาะกับงานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีแบบอีอีพรอม (EEPROM) หน่วยความจำประเภทนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม สามารถใช้งานได้เหมือนกับแรม แต่ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่สำรอง แต่ราคาจะแพงกว่าเนื่องจากรวมคุณสมบัติของ รอม และ แรม ไว้ด้วยกัน

2.2.3) ภาคอินพุตและเอาท์พุต (Output Section) ภาคอินพุต (Input Section) ทำหน้าที่รับข้อมูลเข้ามา จากนั้นจะทำการส่งข้อมูลต่อไปยังตัวประมวลผล (CPU) เพื่อนำไปประมวลผล โดยข้อมูลที่รับเข้ามา เป็นสัญญาณอินพุตมาจากเซ็นเซอร์ (Sensor) ลิมิตสวิตช์ (Limit Switch) และเอนโค้ดเดอร์ (Encoder) เป็นต้น ส่วนภาคเอาท์พุต (Output Section) ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผล หลังจากนั้นจะส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกเช่น ควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์ และวาล์ว เป็นต้น ประเภทของหน่วยอินพุตและเอาท์พุต หน่วยอินพุตและเอาท์พุตของพีแอลซีชนิดโมดูลจะแบ่งตามลักษณะการนำไปใช้งานและการประมวลผลสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตที่เข้าออกจากหน่วยอินพุตและเอาท์พุตนั้นๆ สามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้

ก) หน่วยอินพุตและเอาท์พุตแบบดิจิตอล (Digital I/O Units) สำหรับหน่วยอินพุตและเอาท์พุตแบบดิจิตอล หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าแบบหน่วยอินพุตและเอาท์พุตแบบลอจิก หมายถึงหน่วยที่ทำหน้ารับสัญญาณและส่งสัญญาณ ระหว่างอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตในลักษณะเปิด/ปิด (ON/OFF) หรือ 1/0 เท่านั้น ส่วนของหน่วยอินพุต ดิจิตอล (Input Units) จะรับสัญญาณจากอุปกรณ์

อินพุตที่ส่งมาในลักษณะปิด/เปิด เช่น สวิตช์, เซนเซอร์ที่ให้เอาท์พุตเป็นแบบปิด/เปิด ในส่วนของหน่วยเอาท์พุต จะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์เอาท์พุตต่างๆ ในลักษณะปิด/เปิดเช่นกัน

ข) หน่วยอินพุตและเอาท์พุตแบบแอนะล็อก (Analog I/O Units) หน่วยอินพุตและเอาท์พุตชนิดนี้ แตกต่างจากหน่วยอินพุตและเอาท์พุตแบบดิจิตอล ตรงที่หน่วยอินพุตและเอาท์พุตชนิดนี้ จะรับและส่งสัญญาณกับอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตแบบแอนะล็อก แล้วนำสัญญาณแอนะล็อกเหล่านี้ไปแปลงเป็นดิจิตอล เพื่อส่งต่อให้ซีพียูประมวลผลต่อไป ส่วนของหน่วยอินพุตจะรับสัญญาณจากอุปกรณ์อินพุตที่ส่งข้อมูลเป็นแบบดิจิตอล เช่น สวิตช์, เซนเซอร์ที่ให้เอาท์พุตเป็น ON/OFF ในส่วนของหน่วยเอาท์พุตจะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์เอาท์พุตต่างๆ ในลักษณะของข้อมูลดิจิตอลเช่นกัน แต่ในปัจจุบันอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตต่างๆ ไม่ได้มีแต่อุปกรณ์ที่รับและส่งสัญญาณในลักษณะข้อมูลดิจิตอลเท่านั้น ยังมีอุปกรณ์ที่ทำงานแบบสัญญาณแอนะล็อกอีกด้วย

หน้าที่ของหน่วยอินพุตและเอาท์พุตแบบแอนะล็อก หน่วยอินพุตและเอาท์พุตแบบแอนะล็อก ทำหน้าที่นำสัญญาณแอนะล็อกมาตรฐานต่างๆ เช่น กระแส 4-20 มิลลิแอมป์ (mA) หรือแรงดัน 1-5 โวลต์ (V) เป็นต้น เพื่อนำสัญญาณดังกล่าวไปแปลงเป็นข้อมูลดิจิตอลส่งไปยังหน่วยประมวลผลกลาง หลังจากที่หน่วยประมวลผลทำการประมวลผลแล้ว จะส่งข้อมูลแบบดิจิตอลให้กับหน่วยเอาท์พุตแบบแอนะล็อก เพื่อแปลงเป็นสัญญาณแอนะล็อกขนาดต่างๆ เช่น แรงดันไฟฟ้า 0-10 โวลต์ หรือกระแสไฟฟ้า 4-20 มิลลิแอมป์ เพื่อนำไปควบคุมอุปกรณ์แอนะล็อกเอาท์พุต เช่น ควบคุมอินเวอร์เตอร์, เซอร์โวไดรเวอร์ เป็นต้น

ค) หน่วยอินพุตและเอาท์พุตแบบพิเศษ (Special I/O Units) การเลือกใช้งานหน่วยอินพุตและเอาท์พุตแบบพิเศษให้เหมะสมกับระบบนั้น สามารถยกตัวอย่างระบบงาน และวิธีการเลือกใช้หน่วยอินพุตและเอาท์พุตแบบพิเศษชนิดต่างๆ ได้ดังนี้

1) หน่วยควบคุมตำแหน่งและหน่วยควบคุมการเคลื่อนไหว (Position Control Unit และ Motion Control Unit) หน่วยควบคุมตำแหน่ง (Position Control) หรือหน่วยควบคุมการเคลื่อนไหว (Motion Control) จะนำไปใช้กับงานที่ต้องการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ที่ต่ออยู่กลอุปกรณ์ต่างๆ เช่น แขนกล, สายพาน สำหรับหน่วยควบคุมตำแหน่ง (Position Control Unit) จะถูกนำไปใช้ควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) และสเตปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor) ซึ่งเป็นการควบคุมแบบลูปเปิด (Open loop) โดยยูนิตจะสร้างสัญญาณพัลส์เพื่อนำสัญญาณพัลส์ เหล่านี้ส่งไปควบคุมมอเตอร์ไดรเวอร์ (Motor Driver) เพื่อให้มอเตอร์ขับเคลื่อนไปตามจำนวนพัลส์ และความถี่ของพัลส์ที่ส่งมาหน่วยควบคุมตำแหน่งมีความแตกต่างกับหน่วยควบคุมการเคลื่อนไหว ตรงที่ หน่วยควบคุมตำแหน่ง จะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ในลักษณะที่เป็นเส้นตรงเท่านั้น ส่วนหน่วยควบคุมการเคลื่อนไหว สามารถควบคุมให้มอเตอร์ทำงานในลักษณะที่เป็นเส้นตรง เส้นโค้ง หรือการเคลื่อนที่ในลักษณะสปริงก็ได้ ตัวอย่างงานที่ต้องใช้หน่วยควบคุม

ชนิดนี้ ได้แก่ งานกับเจาะชิ้นงาน งานกลึงที่ต้องการงานที่มีความโค้ง ความลึกของชิ้นงาน เราสามารถใช้หน่วยควบคุมชนิดนี้ในการควบคุมมอเตอร์ใช้ทำงานยังตำแหน่งที่กำหนด

2) อาร์เอฟไอดีเซนเซอร์ยูนิต (RFID Sensor Unit) ยูนิตนี้ถูกสร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้กับระบบไอดี (Identification : ID) ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ในการจัดเก็บบันทึกข้อมูล ติดตามตรวจสอบสิ่งที่เราสนใจ เช่น ติดตามคน สัตว์ สิ่งของเป็นต้น ซึ่งลักษณะของไอดีจะแตกต่างกันเช่น การตรวจสอบคนสามารถตรวจสอบจากนิ้วมือ หรือรูม่านตา ถ้าเป็นสิ่งของสามารถตรวจสอบบาร์โค้ดการ์ด หรือไมโครชิปที่ติดอยู่กับสิ่งของเหล่านั้นเป็นต้น สำหรับในที่นี้จะกล่าวถึงไอดีที่เป็นไมโครชิปที่เรียกว่าอาร์เอฟไอดี (Radio Frequency Identification : RFID) ซึ่งใช้คลื่นวิทยุในการอ่านและเขียนข้อมูล (Reader/Writer) กับฉลากอิเล็กทรอนิกส์ (Tags) โดยใช้ไอดีเซนเซอร์ยูนิต (ID Sensor Unit) เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด

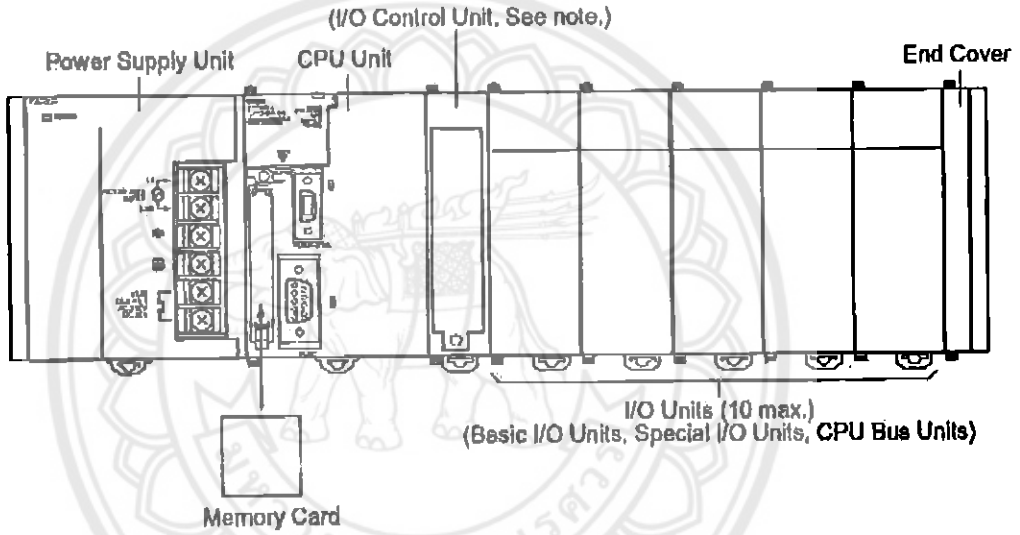
3) หน่วยควบคุมแบบพีไอดี (PID Control Unit) และหน่วยควบคุมแบบลูป (Loop Control Unit) หน่วยควบคุมแบบพีไอดี (PID Control Unit : PID) ใช้ในการแปลงสัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์ที่ต่อเข้ากับยูนิตนี้ให้เป็นการควบคุมแบบพีไอดี ซึ่งการควบคุมแบบนี้มีประโยชน์ตรงที่สามารถตอบสนองสัญญาณรบกวน (Noise) ที่มีผลต่อการทำงานของระบบได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะเป็นประโยชน์มากต่อระบบที่ไม่ต้องการสัญญาณรบกวนในระบบเลย เพราะจะมีผลทำให้การทำงานของระบบผิดพลาด สำหรับพีแอลซีสามารถนำไปควบคุมการทำงานของเครื่องจักรได้หลายรูปแบบ เราสามารถใช้พีแอลซีเครื่องเดียวควบคุมเครื่องจักรได้ในกรณีที่อุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตที่ใช้งานร่วมกับเครื่องจักรนั้นน้อย และสามารถจบกระบวนการการทำงานได้ในเครื่องเดียว

4) เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control Unit) และเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor Unit) สำหรับเครื่องควบคุมอุณหภูมิ ถูกออกแบบมาเพื่อความสะดวกในการใช้งานพีแอลซีไปควบคุมอุณหภูมิแบบพีไอดี เพื่อลดความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรม มีข้อดี คือสามารถที่จะดึงค่าหรือเขียนค่าพารามิเตอร์ทุกตัวที่ต้องการใช้งานในการควบคุมอุณหภูมิแบบพีไอดีจากยูนิตนี้มายังหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ของพีแอลซีได้ โดยทำให้ลดความซ้ำซ้อนในการใช้การควบคุมแบบลูปเดียว (Single Loop Controller) ลงไป และจะเป็นประโยชน์ในแง่การดึงค่าของอุณหภูมิมาปฏิสัมพันธ์กับโปรแกรมทั้งหมดได้โดยง่าย ยูนิตเซนเซอร์วัดอุณหภูมิถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถต่อใช้งานเซนเซอร์อุณหภูมิเข้ากับพีแอลซีได้โดยตรง เพื่อที่จะนำค่าอุณหภูมิเข้ามาประมวลผล และสัมพันธ์กับโปรแกรมการคำนวณอื่นๆ ในพีแอลซีได้อย่างสะดวก เนื่องจากบางกระบวนการในโรงงานอุตสาหกรรม การควบคุมแบบพีไอดีธรรมดาไม่เพียงพอที่จะทำให้กระบวนการเหล่านั้นเป็นไปอย่างสมบูรณ์ได้ อาจจะต้องมีการปฏิสัมพันธ์กับระบบใกล้เคียง โดยอาศัยการควบคุมแบบต่อเรียง (Cascade) หรือควบคุมเฉพาะแบบ ซึ่งสามารถที่จะใช้ฟังก์ชันการคำนวณต่าง ๆ ของพีแอลซีมาร่วม เพื่อประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

2.2.4) แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) ทำหน้าที่จ่ายพลังงานและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับหน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำและหน่วยอินพุตกับเอาท์พุต

2.3 โครงสร้างของพีแอลซี รุ่น CJ1M

โครงสร้างพีแอลซีออมรอน (Omron) รุ่น CJ1M เป็นพีแอลซีแบบแร็กไทป์ (Rack Type) ภายใน 1 แร็ก นั้นจะประกอบด้วยโมดูล (Modules) หลายโมดูลประกอบเข้าด้วยกัน และเราสามารถแบ่งชนิดของแร็กได้เป็น 2 ชนิด คือ ซีพียูแร็ก (CPU Rack) และแร็กส่วนขยาย (Expansion Rack) มีลักษณะโครงสร้างดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของพีแอลซี รุ่น CJ1M

2.3.1) ซีพียูแร็ก (CPU Rack)

ในส่วนของซีพียูแร็กจะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักๆ ดังนี้

ก) หน่วยแหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Supply Unit) ทำหน้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับยูนิตอื่นๆ ที่นำมาติดตั้งร่วมกันบนซีพียูแร็ก

ข) หน่วยประมวลผลกลาง (CPU Unit) เป็นตัวควบคุมและประมวลผลโปรแกรม

ค) ยูนิตอื่นๆ เช่น หน่วยอินพุตและเอาท์พุตพื้นฐาน (Basic I/O Units), หน่วยอินพุตและเอาท์พุตพิเศษ (Special I/O Units) และหน่วยซีพียูบัส (CPU Bus Units) การติดตั้งยูนิตต่างๆ เหล่านี้ที่ซีพียูแร็กสามารถติดตั้งได้มากที่สุด 10 ยูนิต

2.3.2) แร็กส่วนขยาย (Expansion Rack)

แร็กส่วนขยายนี้ไม่จำเป็นต้องมีก็ได้ แต่ถ้าต้องการเพิ่มอินพุตและเอาท์พุตแต่พื้นที่ของซีพียูแร็กเต็มแล้ว จึงมีความจำเป็นต้องใช้แร็กส่วนขยาย สามารถต่อแร็กส่วนขยาย เพิ่มได้มากที่สุด 3 แร็ก ขึ้นอยู่กับรุ่นของซีพียูที่เลือกใช้ด้วย ส่วนประกอบของแร็กส่วนขยาย คือ

ก) หน่วยแหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Supply Unit) ใช้จ่ายกำลังไฟฟ้าให้ กับยูนิตอื่นๆ ที่ติดตั้งอยู่บนแร็กส่วนขยาย

ข) หน่วยอินพุตและเอาท์พุตแบบอินเตอร์เฟสใช้ร่วมกับหน่วยควบคุมอินพุตและเอาท์พุตซึ่งติดอยู่บนซีพียูแร็ก เพื่อเพิ่มขยายจำนวนอินพุตและเอาท์พุต

ค) ยูนิตอื่นๆ ได้แก่ หน่วยอินพุตและเอาท์พุตพื้นฐาน (Basic I/O Unit) หน่วยอินพุตและเอาท์พุตพิเศษ (Special I/O Unit) และ หน่วยซีพียูบัส (CPU Bus Unit)

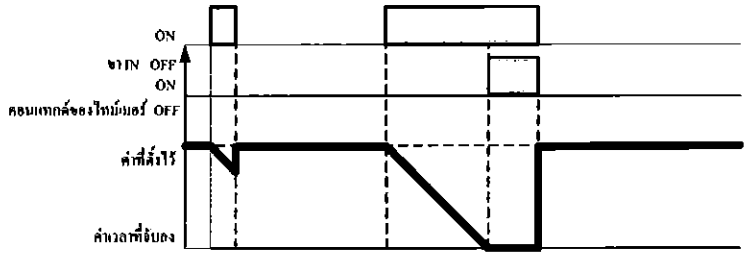
2.4 ภาษาแลดเดอร์ [2]

ภาษาแลดเดอร์เป็นภาษาที่ประกอบด้วยสัญลักษณ์หน้าสัมผัส มีลักษณะคล้ายวงจรรีเลย์ การเขียนโปรแกรมภาษาแลดเดอร์จากวงจรรีเลย์จึงทำได้ง่าย ระดับงานที่ใช้ควบคุมมีทั้งจากวงจรแบบธรรมดา จนถึงแบบลำดับในลักษณะ เปิดกับปิด ภาษาแลดเดอร์จะเป็นภาษาพื้นฐานตั้งแต่พีแอลซี ขนาดเล็กขึ้นไป โดยมีกลุ่มคำสั่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.4.1) กลุ่มคำสั่งไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ (Timer/Counter)

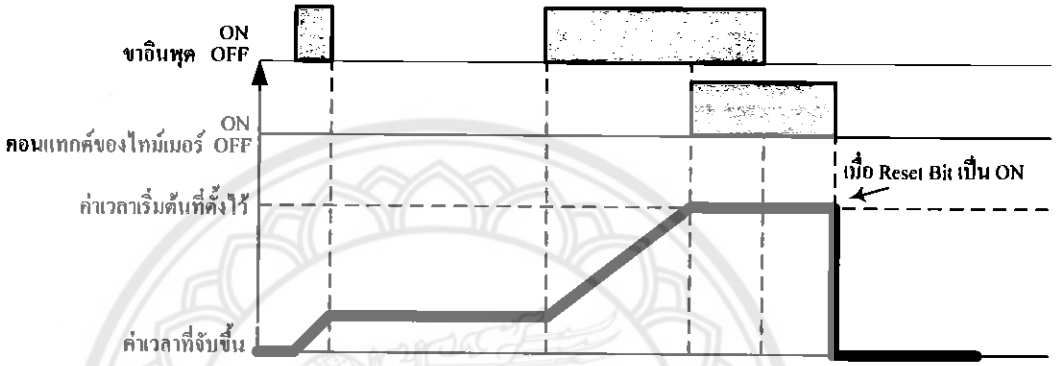
ในที่นี้จะยกตัวอย่างคำสั่งเพิ่มเติมจากระดับพื้นฐาน โดยจะยกตัวอย่างการทำงาน 2 คำสั่ง คือ คำสั่ง Totallizing Timer และ คำสั่ง Reversible Counter

ก) คำสั่ง Totallizing Timer [TTM(--)] ปกติคำสั่งไทม์เมอร์จะนับเวลาลง จากค่าเวลาที่ตั้งไว้เช่น ตั้งไว้ที่ 10 วินาที ไทม์เมอร์จะนับเวลาลงไปเรื่อยๆจนกระทั่งถึง 0 แล้วจึงสั่งให้เอาท์พุตเปิด (ON) โดยที่สถานะทางขาอินพุตของไทม์เมอร์ต้อง "ON" ไว้ตลอดช่วงเวลาที่กำลังจับ เวลาอยู่ ถ้าสถานะทางขาอินพุตของไทม์เมอร์ "OFF" ก่อนถึงเวลาที่ตั้งไว้ ค่าเวลาจะถูกรีเซ็ต (Reset) กลับไปเป็นค่าเริ่มต้น และจะเริ่มเวลาลงใหม่อีกครั้งเมื่อสถานะทางขาอินพุตโดยหน้าหน้าสัมผัสของไทม์เมอร์จะเป็น "ON" ก็ต่อเมื่อ ค่าเวลาที่มีค่าเป็น 0 เท่านั้นดังรูปที่ 2.3

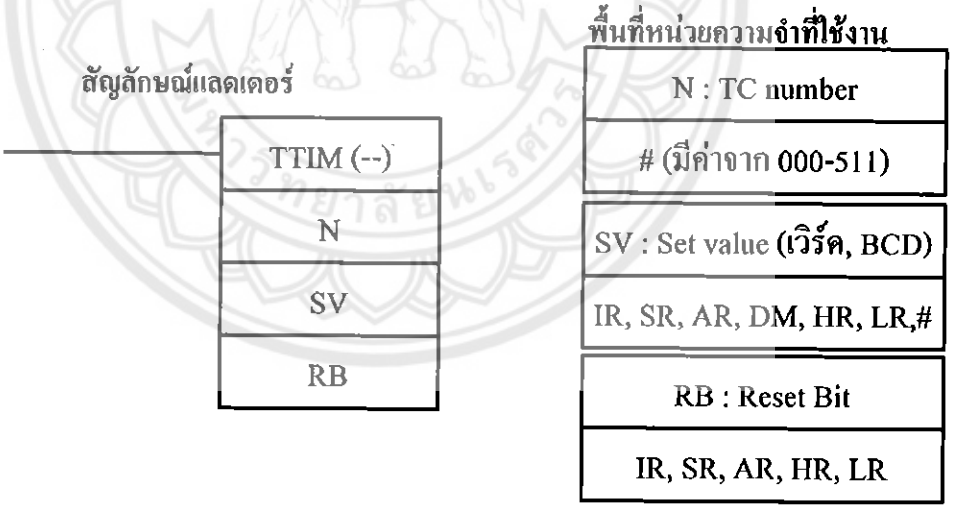


รูปที่ 2.3 การทำงานของไทม์เมอร์แบบธรรมดา

แต่สำหรับคำสั่ง Totalizing Timer จะทำการนับเวลาขึ้น ถ้ายังนับเวลาไม่ถึงค่าที่ตั้งไว้แล้ว ขาอินพุตของไทม์เมอร์ (IN) เปลี่ยนสถานะเป็นปิด (OFF) ค่าเวลาที่นับไว้ก็จะยังคงค่าค้างไว้จนกว่าอินพุตเปลี่ยนสถานะเป็นเปิด (ON) อีกครั้ง และก็จะนับเวลาต่อจากค่าที่ค้างไว้จนถึงค่าที่ตั้งไว้แล้วจึงให้ หน้าสัมผัสของไทม์เมอร์เปิด ทำให้ค่าเวลาไทม์เมอร์เป็น 0 อีกครั้งได้จากการที่ให้รีเซ็ตบิต (Reset Bit) มีสถานะเปิด ดังรูปที่ 2.4 คำสั่ง Totalizing Timer สามารถใช้งานและมีพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน ดังรูปที่ 2.5

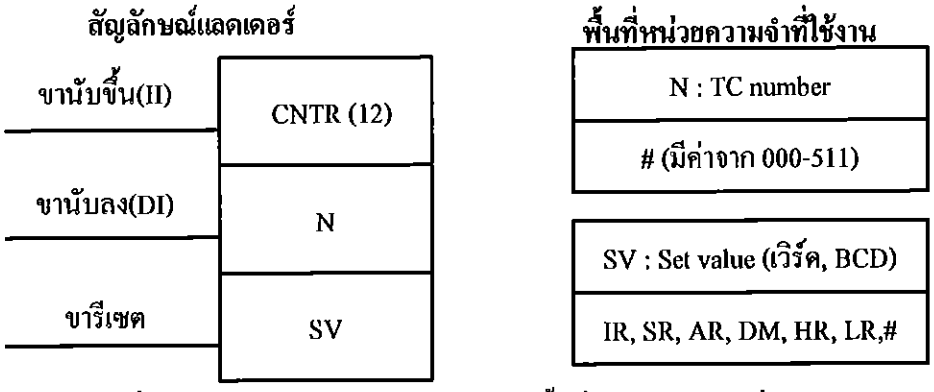


รูปที่ 2.4 การทำงานของคำสั่ง Totalizing Timer



รูปที่ 2.5 คำสั่ง TTM (--) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

ข) คำสั่ง Reversible Counter [CNTR (12)] เป็นตัวนับจำนวน (Counter) ที่สามารถนับขึ้นและนับลงได้ คำสั่ง Reversible Counter ถูกจัดอยู่ในชุดคำสั่งนับค่า ที่สามารถใช้นับค่าขึ้นและลงได้ภายในคำสั่งเดียว มีการใช้คำสั่งและพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งานดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 คำสั่ง Reversible Counter และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

ความหมายของขาควบคุมการทำงานของคำสั่ง

ขานับขึ้น (II) หมายถึง ขาสั่งให้เคาน์เตอร์นับขึ้นทีละ 1 โดยทำการป้อนสัญญาณพัลส์เข้าไปที่ขานี้เพื่อสั่งให้เคาน์เตอร์นับขึ้น

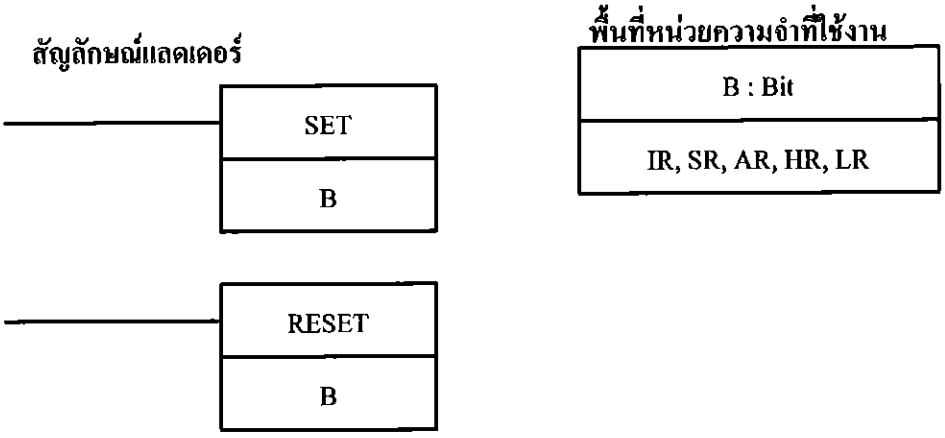
ขานับลง (DI) หมายถึง ขาสั่งเคาน์เตอร์นับลงที่ละ 1 โดยป้อนสัญญาณพัลส์เข้าไปที่ขานี้

ขารีเซ็ต (R) หมายถึง ใช้ล้างข้อมูลค่าในเคาน์เตอร์ให้มีค่าเป็นศูนย์ทันทีที่ขานี้เปิด

2.4.2) กลุ่มคำสั่งควบคุมการทำงานแบบบิต (Bit Control Instruction)

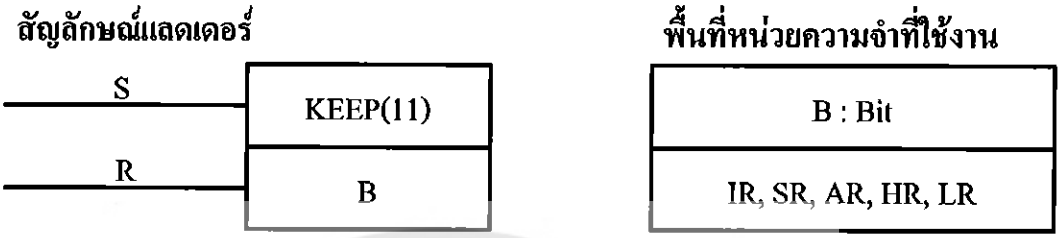
สำหรับคำสั่งในกลุ่มนี้ใช้ในการควบคุมการทำงานของหน่วยความจำในแต่ละบิตของพีแอลซี โดยการสั่งให้พื้นที่หน่วยความจำเหล่านั้น มีสภาวะเปิด (ON) หรือสภาวะปิด (OFF) ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้คำสั่ง ตัวอย่างของคำสั่งในกลุ่มนี้ได้แก่ คำสั่ง SET/RESET, KEEP, DIFU/DIFD มีรายละเอียดดังนี้

ก) คำสั่งเซ็ตและรีเซ็ต (SET/RESET [SET-RESET]) เมื่อคำสั่งเซ็ต (SET) ทำงาน จะทำให้บิตที่อยู่ในคำสั่งเซ็ต (SET) อยู่ในสภาวะเปิด "ON" ค้างอยู่ จะเปลี่ยนเป็นสภาวะปิด "OFF" มีการใช้งานคำสั่งและพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งานได้ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 คำสั่ง SET/RESET และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

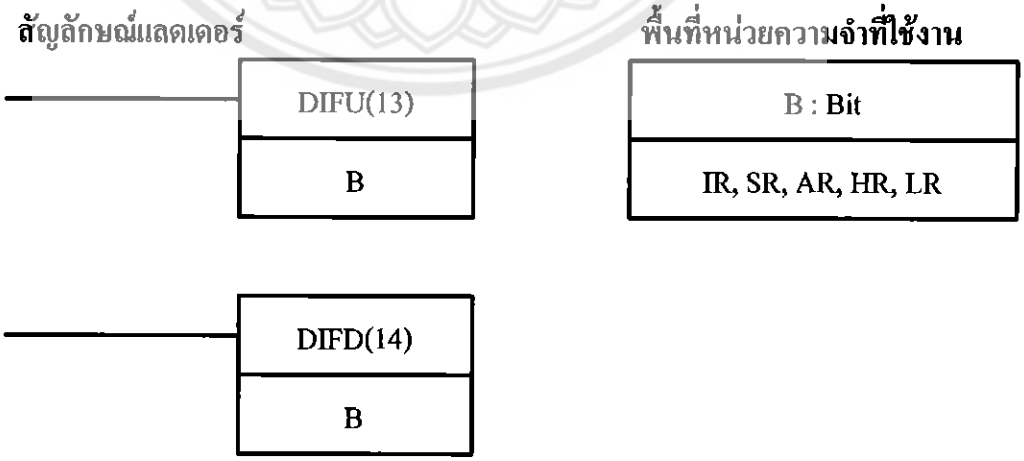
ข) คำสั่ง KEEP [KEEP (11)] การทำงานของคำสั่ง KEEP จะเหมือนกับคำสั่งเซ็ต (SET) และรีเซ็ต (RESET) โดยคำสั่ง KEEP จะเหมือนกับการนำคำสั่งเซ็ตและรีเซ็ต (SET/RESET) มารวมอยู่ในตัวเดียวกัน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้โปรแกรมได้สะดวกตามความเหมาะสม มีการใช้งานคำสั่งและพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งานได้ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 คำสั่ง KEEP และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

จากรูปที่ 2.8 เมื่อ S ถูกเซ็ตให้ "ON" จะทำให้บิตที่ B ทำงานตลอดไปจนกว่า R จะถูกเซ็ตให้ "ON" จึงจะทำให้บิตที่ B หยุดทำงาน

ค) คำสั่ง DIFFERENTIATE UP และ คำสั่ง DIFFERENTIATE DOWN [DIFU (13), DIFD (14)] คำสั่ง DIF (13) เป็นคำสั่งที่สั่งให้เอาท์พุต (B) ที่ใช้กับคำสั่งทำงาน (ON) เมื่อมีสัญญาณอินพุตขอบขาขึ้น ส่วนคำสั่ง DIFD (14) เป็นคำสั่งให้เอาท์พุต (B) ที่ใช้กับคำสั่งทำงาน (ON) เมื่อมีสัญญาณอินพุตขอบขาลง ซึ่งเอาท์พุตที่ใช้กับคำสั่ง จะทำงานเพียงแค่ 1 รอบเวลา หรือ 1 รอบการประมวลผลโปรแกรมตั้งแต่บรรทัดแรกถึงบรรทัดสุดท้ายมีการใช้งานคำสั่งและพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งานได้ดังรูปที่ 2.9

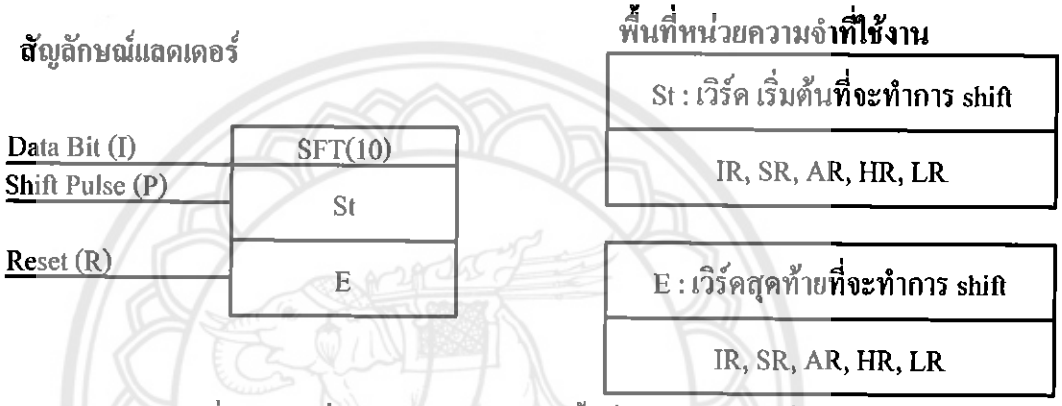


รูปที่ 2.9 คำสั่ง DIF (13) และ DIFD (14) การทำงานและพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

2.4.3) คำสั่งควบคุมการเลื่อนข้อมูล (Data Shifting Instruction)

ใช้ควบคุมการเลื่อนข้อมูลในพื้นที่หน่วยความจำส่วนต่างๆ ของพีแอลซีสามารถเลือกได้ว่าต้องการเลื่อนข้อมูลแบบใด เช่น ต้องการเลื่อนข้อมูลแบบบิต, แบบดิจิตอล หรือแบบเวิร์ดโดยเลือกใช้คำสั่งให้เหมาะสม ตัวอย่างคำสั่งในกลุ่มนี้ ได้แก่ คำสั่ง Shift Register, Reversible Shift Register, One Digit Shift Left และ Word Shift สามารถอธิบายการทำงานคำสั่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

ก) คำสั่ง Shift Register [SFT (10)] คำสั่งนี้ใช้ในการเลื่อน (Shift) ข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำของพีแอลซีทีละบิต สามารถอธิบายการทำงานของคำสั่ง ได้ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 คำสั่ง Shift Register และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

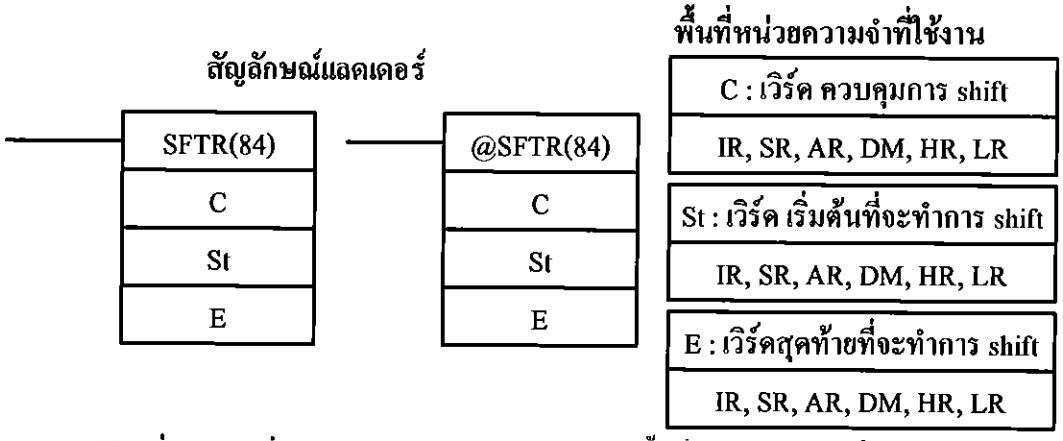
หน้าที่ของขาควบคุมคำสั่งมีดังนี้

ขาบิตข้อมูล (Data Bit : I) หมายถึง ส่วนที่ใช้ในการป้อนข้อมูลให้คำสั่งเลื่อนข้อมูลหน่วยความจำ ซึ่งข้อมูลที่ใช้จะมีค่าเป็น 0 หรือ 1 เท่านั้น

ขา Shift (Shift Pulse : P) หมายถึง ส่วนที่ใช้ในการป้อนสัญญาณพัลส์ เพื่อใช้ในการเลื่อนข้อมูลเมื่อมีสัญญาณพัลส์เข้ามา 1 ครั้งจะเกิดการเลื่อนข้อมูลทีละ 1 บิต

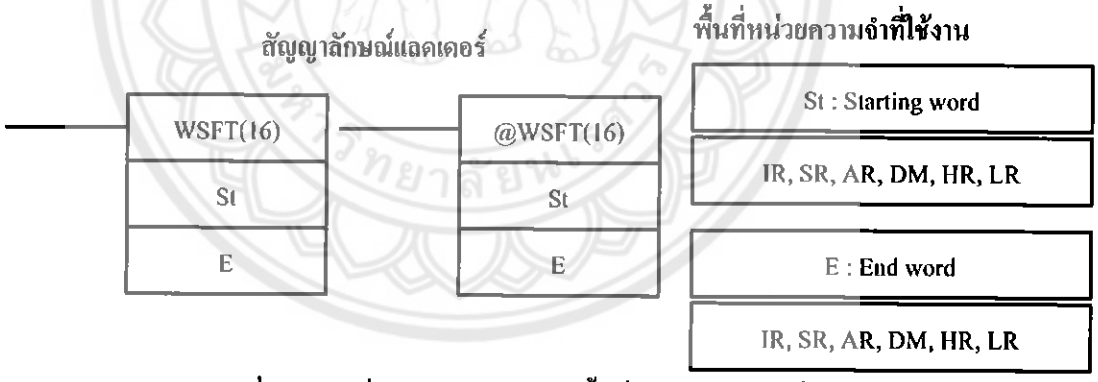
ขา Reset (Reset : R) หมายถึง ส่วนที่ทำหน้าที่ลบข้อมูลที่เวิร์ด St ถึง E ให้มีข้อมูลเป็น 0

ข) คำสั่ง Reversible Shift Register [SFTR(84)] คำสั่งนี้มีลักษณะคล้ายคำสั่งSFT (10) แต่สามารถเลือกทิศทางการเลื่อนของข้อมูลได้ว่า จะให้เลื่อนบิตข้อมูลไปทางซ้ายหรือขวา มีการใช้คำสั่งและพื้นที่หน่วยความจำดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 คำสั่ง Reversible Shift Register และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

ค) คำสั่ง Word Shift [WSFT (16)] คำสั่งนี้ใช้ในการเลื่อนข้อมูลครั้งละ 1 เวิร์ด ถ้าคำสั่งนี้ทำงาน 1 ครั้ง ค่าข้อมูลในเวิร์ดของ St จะเลื่อนไปทางซ้าย 1 ครั้งและข้อมูลจะเข้าไปแทนที่ข้อมูลเดิมที่อยู่ในเวิร์ด St+1 และ จะมีค่าข้อมูล 0000 เข้ามาแทนที่ข้อมูลใน St ในขณะเดียวกันค่าในเวิร์ดของ E ก็จะเลื่อนหายไปโดยมีค่าใหม่จากเวิร์ด St+1 เข้ามาแทน สามารถใช้คำสั่งและพื้นที่หน่วยความจำภายในได้ดังรูปที่ 2.12

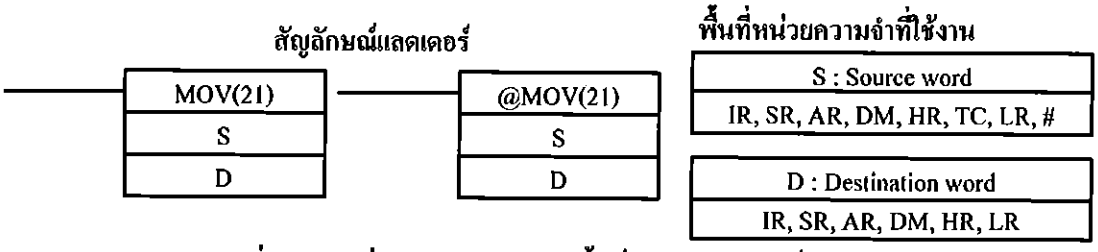


รูปที่ 2.12 คำสั่ง Word Shift และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

2.4.4) กลุ่มคำสั่งคัดลอกข้อมูล (Data Movement Instructions)

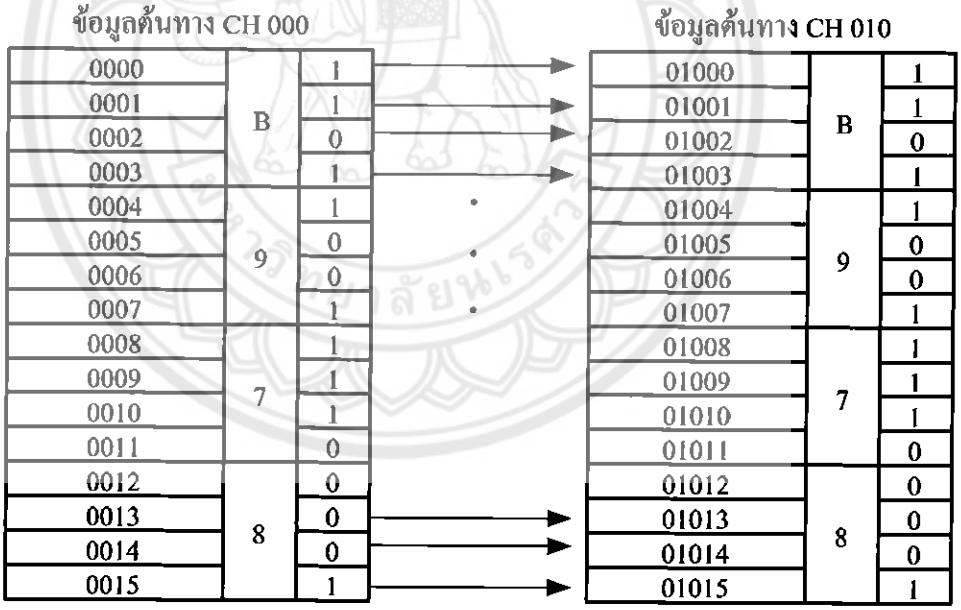
คำสั่งในกลุ่มนี้ใช้ในการคัดลอกข้อมูล จากพื้นที่หน่วยความจำจากตำแหน่งต้นทางที่กำหนด ไปเก็บไว้ยังตำแหน่งปลายทาง โดยสามารถเลือกได้ว่าจะคัดลอกจากตำแหน่งใดไปเก็บไว้ที่ตำแหน่งใด และต้องการคัดลอกข้อมูลครั้งละเท่าใด โดยจะขอยกตัวอย่างคำสั่งในกลุ่มนี้ ได้แก่ คำสั่ง Move Bit, Move Digit, Block Transfer, Block Set มีรายละเอียดดังนี้

ก) คำสั่ง MOVE [MOV (21)] คำสั่งนี้ใช้ในการคัดลอกข้อมูลครั้งละ 1 เวิร์ด จากพื้นที่หน่วยความจำตำแหน่งต้นทาง ไปไว้ยังพื้นที่หน่วยความจำตำแหน่งปลายทางสามารถอธิบายการทำงานของคำสั่งได้ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 คำสั่ง MOV (21) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

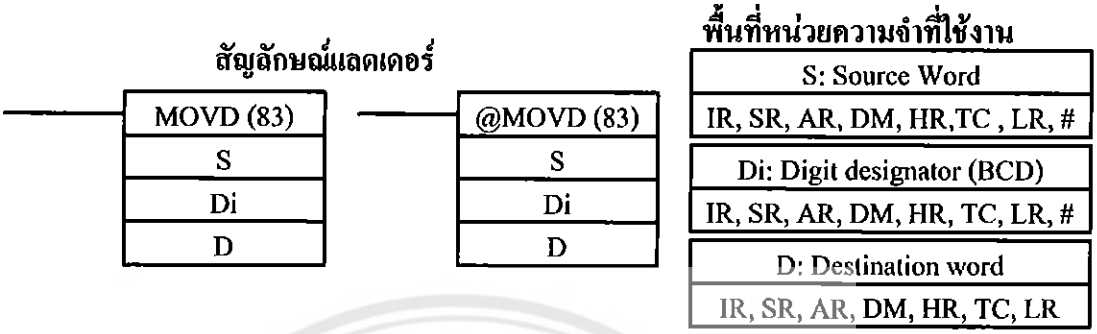
เมื่อคำสั่ง MOV (21) ทำงานจะคัดลอกข้อมูลจาก S ไปยัง D โดยที่ S ยังมีข้อมูลเดิมอยู่ รูปแบบการทำงานของคำสั่ง MOV (21) สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.14 ส่วนสัญลักษณ์ @ หมายถึงคำสั่งให้ทำงานเพียงแค่ 1 รอบเวลา เท่านั้น



รูปที่ 2.14 การทำงานของคำสั่ง MOV (21)

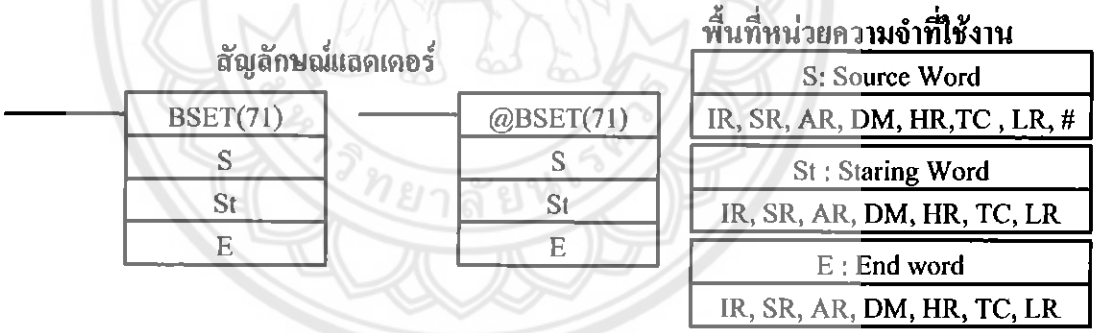
ข) คำสั่ง MOV Digit [MOV (83)] ใช้ในการคัดลอกข้อมูลแบบดิจิต โดยสามารถกำหนดได้ว่า จะคัดลอกข้อมูลจากดิจิตใดของตำแหน่งพื้นที่หน่วยความจำต้นทางไปเก็บไว้ที่ตำแหน่งใดของพื้นที่หน่วยความจำปลายทางและเป็นคำสั่งที่ใช้คัดลอกข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำของพีแอลซีเป็นดิจิต จากตำแหน่งต้นทาง (Source word : S) ไปยังตำแหน่งปลายทาง (Destination word : D) จำนวนและตำแหน่งของตัวเลขที่จะทำการคัดลอกจะถูกกำหนดโดย Digit designator

word (Di) โดยเข้าไปกำหนดค่าของแต่ละดิจิต เราสามารถกำหนดตัวเลขที่ต้องการจะคัดลอกได้ โดยไม่จำเป็นต้องคัดลอกทั้งหมดเหมือนคำสั่ง MOV(21) ใช้งานคำสั่งและพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งานดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 คำสั่ง Move Digit และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

ค) คำสั่ง Block Set [BSET (71)] คำสั่งนี้ใช้คัดลอกข้อมูลจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางครั้งละหลายเวิร์ด โดยสามารถกำหนดได้ว่าจะนำข้อมูลไปเก็บไว้ยังตำแหน่งใด สามารถใช้งานคำสั่งและพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งานได้ดังรูปที่ 2.16

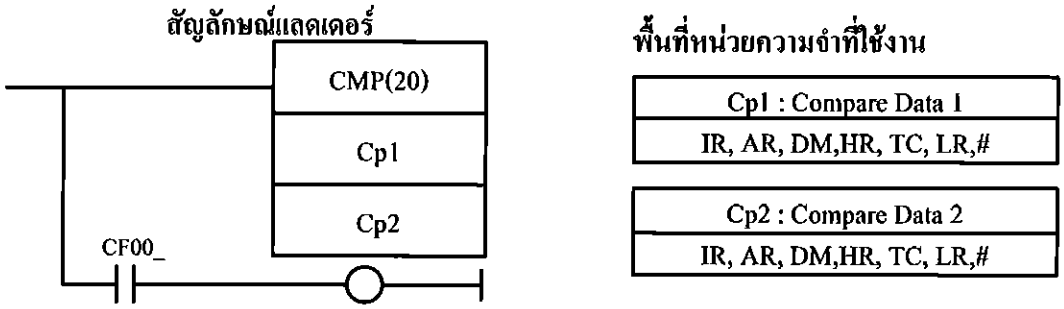


รูปที่ 2.16 คำสั่ง BSET (71) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

2.4.5) กลุ่มคำสั่งเปรียบเทียบข้อมูล (Data Comparison Instructions)

คำสั่งในกลุ่มนี้ใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ซึ่งคำสั่งในกลุ่มนี้มีให้เลือกใช้งานหลายคำสั่ง ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างเป็นบางคำสั่งเท่านั้น คือ คำสั่ง Compare และคำสั่ง Block Compare ดังนี้

ก) คำสั่ง Compare [CMP (20)] คำสั่งนี้ใช้เปรียบเทียบข้อมูลครั้งละ 2 เวิร์ด มีการใช้งานทำคำสั่ง และพื้นที่หน่วยความจำได้ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 คำสั่ง CMP (20) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

จากคำสั่งเป็นการเปรียบเทียบข้อมูลที่เก็บไว้ใน Cp1 กับ Cp2 โดยมีบิตที่แสดงสภาวะในการเปรียบเทียบดังนี้

เมื่อ Cp1 มากกว่าหรือเท่ากับ Cp2 จะทำให้บิต CF000 Greater Than or Equals (GE) Flag ทำงาน

เมื่อ Cp1 ไม่เท่ากับ Cp2 จะทำให้บิต CF001 Not Equals (NE) Flag ทำงาน

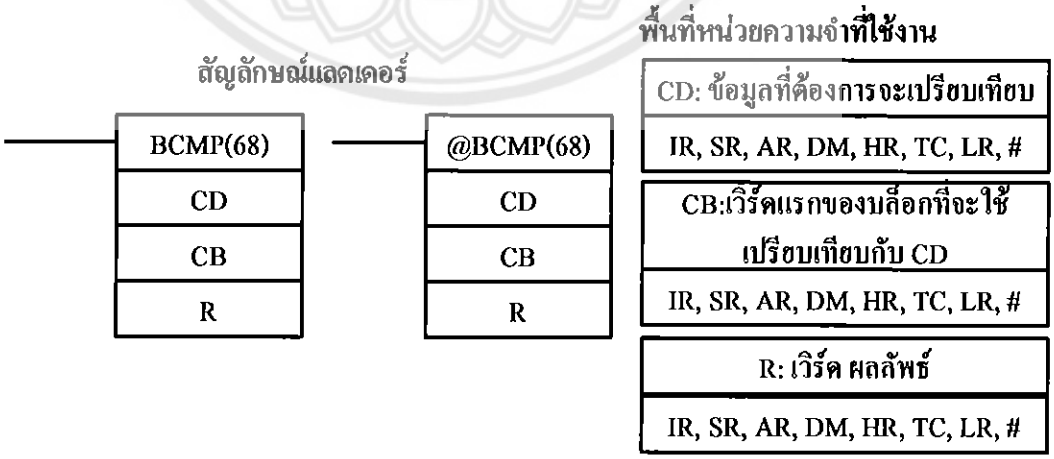
เมื่อ Cp1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ Cp2 จะทำให้บิต CF002 Less Than or Equals (LE) Flag ทำงาน

เมื่อ Cp1 มากกว่า Cp2 จะทำให้บิต CF005 Greater Than (GT) Flag ทำงาน

เมื่อ Cp1 เท่ากับ Cp2 จะทำให้บิต CF006 Equals (EQ) Flag ทำงาน

เมื่อ Cp1 น้อยกว่า Cp2 จะทำให้บิต CF007 Less Than (LT) Flag ทำงาน

ข) คำสั่ง Block Compare [BCMP (68)] เป็นคำสั่งที่ใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลพร้อมกันทีละ 16 เวิร์ด ซึ่งแตกต่างกับคำสั่ง CMP (20) ซึ่งเปรียบเทียบข้อมูลทีละ 1 เวิร์ดเท่านั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบ จะนำไปเก็บไว้ที่เวิร์ดผลลัพธ์ (R) เป็นจำนวน 16 บิต ดังรูปที่ 2.18

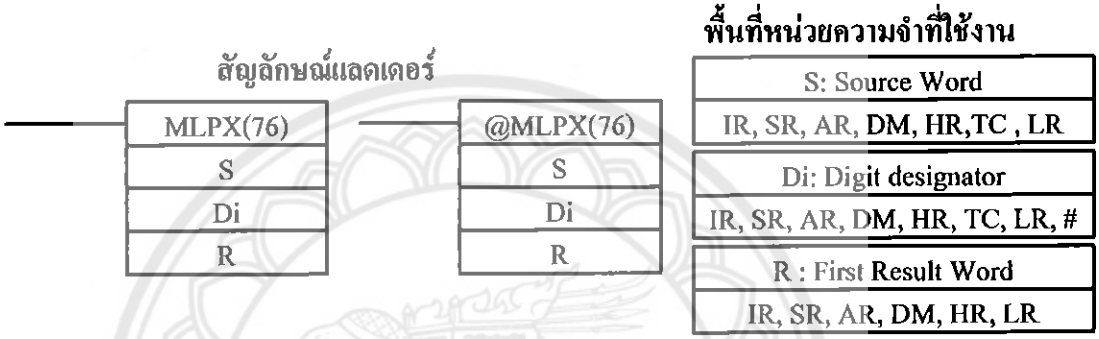


รูปที่ 2.18 คำสั่ง Block Compare และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

2.4.6) กลุ่มคำสั่งแปลงข้อมูล (Data Conversion Instruction)

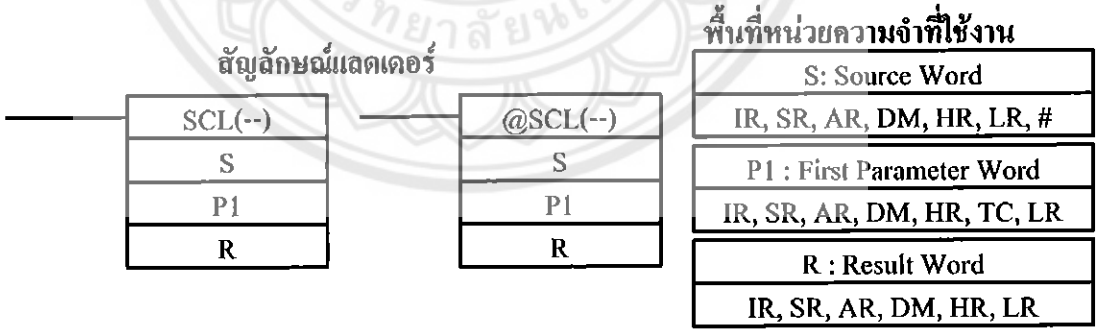
คำสั่งในกลุ่มนี้ใช้แปลงค่าข้อมูลจากเลขฐานหนึ่ง ไปเป็นอีกฐานหนึ่ง เช่น แปลงข้อมูลจากเลขฐานสองไปเป็นเลขฐานสิบหก หรือแปลงข้อมูลจากเลขฐานสองไปเป็น BCD ตัวอย่างการใช้คำสั่งในกลุ่มนี้ ได้แก่ คำสั่ง 4 To 16 Decoder, คำสั่ง BCD To Binary และ คำสั่ง Scaling ดังนี้

ก) 4 To 16 Decoder [MLPX (76)] เป็นฟังก์ชันที่ใช้แปลงค่าของดิจิตใน Source word (S) ไปยังตำแหน่งของบิตใน Result word ซึ่งมี R เป็นเวิร์ดแรก โดยมี Digit Designator (Di) เป็นเวิร์ดควบคุมการแปลงข้อมูล มีการใช้งานคำสั่งและพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งานได้ดังรูปที่ 2.19



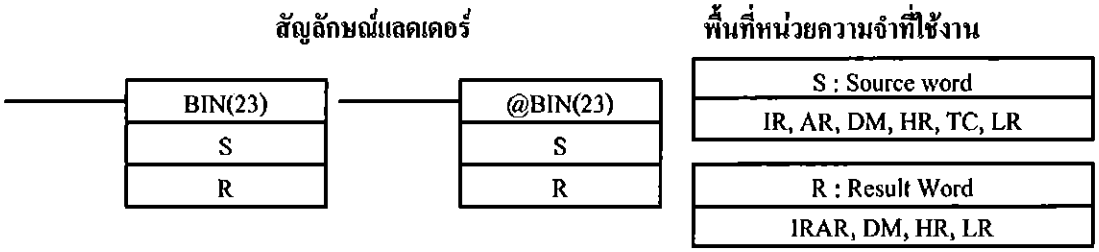
รูปที่ 2.19 คำสั่ง 4 To 16 Decoder และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

ข) คำสั่ง Scaling-SCL (-) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการแปลงค่าข้อมูลจากเลขฐานสอง 4 ดิจิต ให้เป็นเลขฐานสิบหก 4 ดิจิต มีการใช้งานคำสั่งและพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งานดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 คำสั่ง Scaling และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

ค) คำสั่ง BCD to Binary [BIN (23)] คำสั่งนี้ใช้ในการแปลงค่าข้อมูลจากเลข BCD ให้เป็นข้อมูลในเลขฐานสอง มีการใช้งานคำสั่งและพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งานดังรูปที่ 2.21

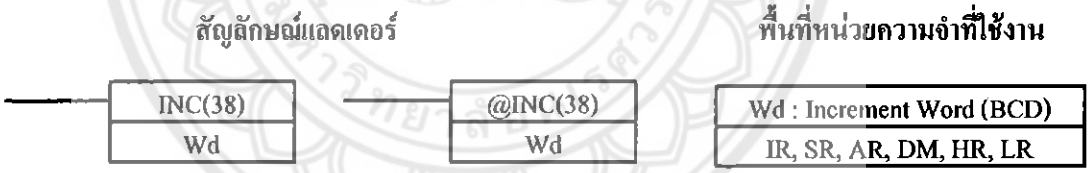


รูปที่ 2.21 คำสั่ง BIN (23) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

2.4.7) กลุ่มคำสั่งการคำนวณแบบบีซีดี (BCD Calculation Instructions)

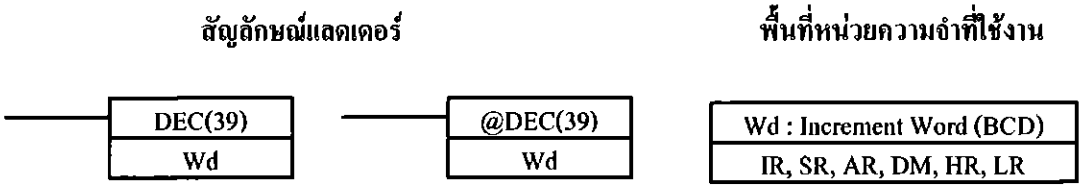
เป็นคำสั่งที่ใช้ในการคิดคำนวณค่าในเลข BCD เช่น การบวก, ลบ, คูณ และหาร ข้อมูลแบบ BCD ตัวอย่างของคำสั่งในกลุ่มนี้ ได้แก่ คำสั่ง BCD Increment และ BCD Decrement

ก) คำสั่ง BCD increment [INC (38)] เป็นคำสั่งที่ใช้ในการเพิ่มค่าทีละ 1 เป็นคำสั่งที่ใช้ในการเพิ่มค่าของเวิร์ด Wd ครั้งละหนึ่ง (บวก 1) ทุกครั้งที่คำสั่งนี้ทำงานตลอด โดยคำสั่งนี้จะแบ่งการใช้งานเป็น 2 แบบ คือ แบบที่ 1 INC Wd (38) จะเพิ่มค่าของเวิร์ด Wd ทุกๆ 1 รอบเวลาถ้าคำสั่งถูกสั่งให้ทำงานตลอด และแบบที่ 2 @INC (39) จะเพิ่มค่าของเวิร์ด Wd ทีละ 1 แต่จะไม่เพิ่มอีก ถ้ายังคงมีสัญญาณคำสั่งนี้อยู่ แต่จะเพิ่มค่าอีกครั้งเมื่อสัญญาณ Excute หายไปและสัญญาณ Excute เข้ามาใหม่ มีการใช้งานคำสั่งและพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งานดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 คำสั่ง INC (38) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

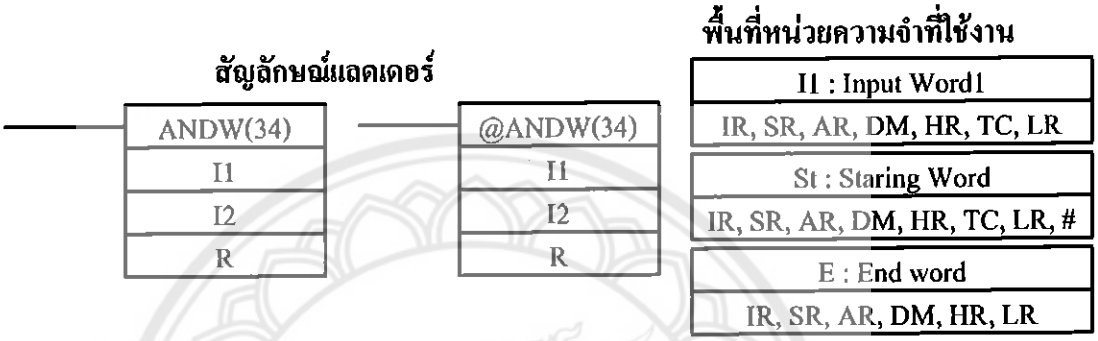
ข) คำสั่ง BCD Decrement [DEC (39)] เป็นคำสั่งที่ใช้ลดค่าทีละ 1 โดยคำสั่งนี้จะแบ่งการใช้งานเป็น 2 แบบ คือ แบบที่ 1 DEC (39) ลดค่าของเวิร์ด Wd ทุกๆ 1 รอบเวลา และแบบที่ 2 @DEC (39) ลดค่าของเวิร์ด Wd ทีละ 1 มีการใช้คำสั่งและพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งานดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 คำสั่ง DEC (39) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

2.4.8) กลุ่มคำสั่งควบคุมการทำงานทางลอจิก (Logic Instructions)

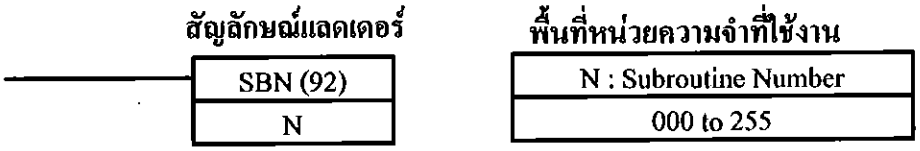
คำสั่งในกลุ่มนี้ใช้ในการคำนวณทางลอจิก เช่น การนำข้อมูลมา OR หรือ AND กันสามารถยกตัวอย่างการใช้งานคำสั่งในกลุ่มนี้ได้แก่ คำสั่ง Logical AND [ANDW (34)] ใช้ในกรณีที่ต้องการนำค่าของข้อมูล 2 ค่ามาทำการ AND กัน โดยที่เมื่อคำสั่งนี้ทำงาน จะนำข้อมูลใน Word I1 และ I2 บิต มา AND กันบิตต่อบิตตามหมายเลขบิตของ Input Word ทั้งสอง แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเก็บไว้ใน R มีการใช้งานคำสั่งและพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งานได้ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 คำสั่ง Logical AND และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

2.4.9) กลุ่มคำสั่งเรียกใช้งานโปรแกรมย่อย (Subroutine Instructions) คำสั่งในกลุ่มนี้จะถูกนำมาในกรณีที่มีการเรียกใช้งานโปรแกรมย่อยต่างๆ ที่มีการสร้างเก็บไว้ เรียกว่าเป็นโปรแกรมย่อย สามารถเรียกใช้งานได้หลายๆ ครั้งในโปรแกรมหลัก โดยไม่ต้องเขียนโปรแกรมใหม่ สามารถยกตัวอย่างคำสั่งในกลุ่มนี้ ได้แก่ คำสั่ง Subroutine Define และ Return อธิบายได้ดังนี้

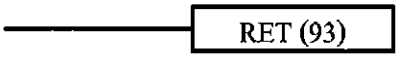
ก) คำสั่ง Subroutine Define [SBN (92)] เป็นการใช้ในการกำหนดจุดเริ่มต้นของเขียนโปรแกรมย่อย โดยหมายเลขของโปรแกรมย่อยถูกกำหนดที่ตัวคำสั่ง มีการใช้งานคำสั่งและพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งานได้ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 คำสั่ง SBN (92) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

ค่า N ที่คำสั่ง SBN (92) หมายถึง หมายเลขของ Subroutine ที่ใช้งาน สำหรับพีแอลซีของออมรอนบางรุ่น เช่น รุ่น C200H$\propto$ สามารถใช้งานคำสั่ง SBN (92) ได้ถึง 256 หมายเลข

ข) คำสั่ง Return [RET (93)] ใช้กำหนดจุดจบของโปรแกรมย่อย โดยต้องใช้งานร่วมกับคำสั่ง SBN (92) โดยมีการต่อใช้งานดังรูปที่ 2.26



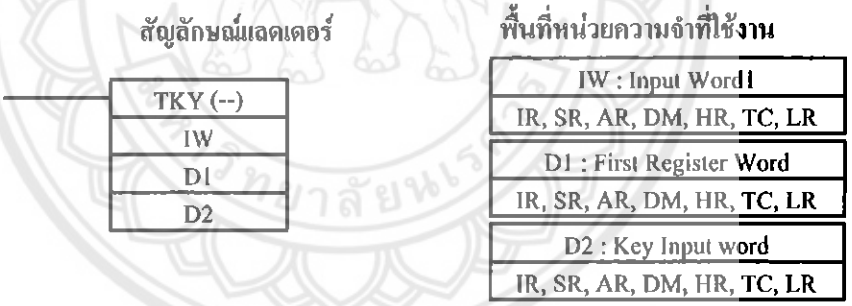
รูปที่ 2.26 คำสั่ง RET (93)

สำหรับการใช้งานคำสั่ง SBN (92) จะใช้คู่กับคำสั่ง RET (93) เพื่อกำหนดขอบเขตของโปรแกรมย่อยที่เขียนขึ้น

2.4.10) กลุ่มคำสั่งที่ใช้กับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เฉพาะอย่าง (Advanced I/O Instructions)

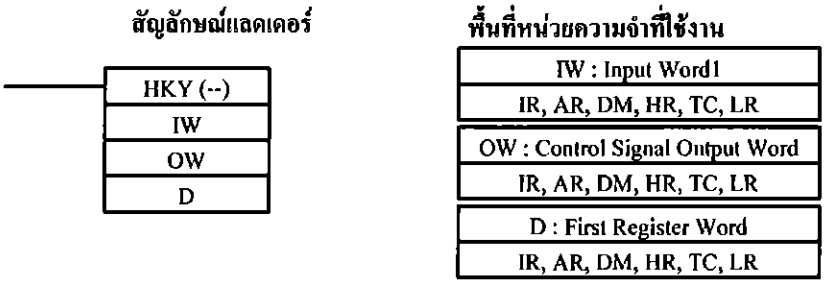
คำสั่งในกลุ่มนี้ มีใช้งานเฉพาะพีแอลซี บางรุ่นเท่านั้น กำหนดขึ้นมาเพื่อใช้งานกับการต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เฉพาะ เช่น การต่อคีย์บอร์ด 10 ปุ่ม หรือ 16 ปุ่ม เพื่อป้อนค่าตัวเลข หรือ การต่อตัวแสดงผลเจ็ดส่วน (7-Segment Display) เพื่อแสดงค่า แทนที่จะต้องเขียนโปรแกรมโดยใช้คำสั่งต่างๆ หลายคำสั่ง ผู้ใช้งานสามารถใช้คำสั่งเหล่านี้เพียงคำสั่งเดียว ก็สามารถทำให้อุปกรณ์เหล่านั้นทำงานร่วมกับพีแอลซีได้ นอกจากนี้ยังช่วยประหยัดในเรื่องการดินสายไฟด้วย ตัวอย่างของคำสั่งในกลุ่มนี้ ได้แก่ คำสั่ง TKY (- -), HKY (- -) และ คำสั่ง 7-Segment Display เป็นต้น

ก) คำสั่ง Ten Key Input [TKY (- -)] เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านอินพุตจากคีย์บอร์ด (Keyboard) จำนวน 10 ปุ่ม ซึ่งต่ออยู่กับหน่วยอินพุตมาแสดงเป็นเลขบีซีดี มีการใช้งานคำสั่งและพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งานได้ดังรูปที่ 2.27



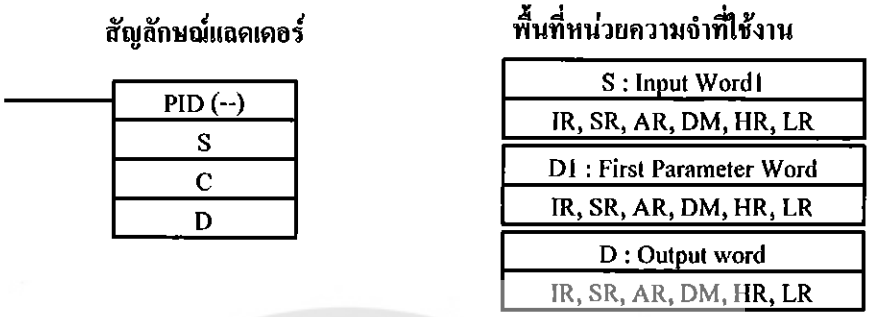
รูปที่ 2.27 คำสั่ง TKY (- -) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

ข) คำสั่ง Hexadecimal Key Input [HKY (--)] ใช้ในการอ่านค่าตัวเลขฐาน 16 จากคีย์บอร์ดเข้ามายังพีแอลซี มีการใช้งานคำสั่งและพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งานได้ดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 คำสั่ง HKY (--) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

ค) คำสั่ง PID Control [PID (---)] ใช้ในการควบคุมการทำงานแบบ PID การใช้งานคำสั่งนี้ต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ก่อน มีการใช้งานคำสั่งและพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งานได้ดังรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 คำสั่ง PID (---) และพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งาน

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

วิธีการดำเนินการศึกษาพัฒนาโปรแกรมพีแอลซีและระบบจอแบบสัมผัส สำหรับการควบคุมการทำงานเครื่องคัดแยกเกรดมะม่วงโดยใช้พีแอลซีออมรอน รุ่น CJ1M เป็นตัวประมวลผลสั่งการทำงานอุปกรณ์ต่างๆ นำผลที่ได้แสดงทางหน้าจอแบบสัมผัส แบ่งเป็นขั้นตอนการดำเนินการ คือ ศึกษาการเขียนโปรแกรมพีแอลซีและจอแบบสัมผัส การออกแบบพัฒนาโปรแกรม การออกแบบพัฒนาหน้าจอแบบสัมผัส การทดสอบผลการทดลอง และเรียบเรียงข้อมูลทั้งหมดเข้ารูปเล่มโครงงาน สามารถอธิบายได้ดังนี้

3.1 ศึกษาการเขียนโปรแกรมพีแอลซีและจอแบบสัมผัส

ทำการศึกษาการเขียนโปรแกรมพีแอลซีและโปรแกรมหน้าจอแบบสัมผัส เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น แบบวิธีการทำงาน การควบคุมอัตราเร็วมอเตอร์ บานประตูคัดแยกและการแสดงผลของจอแบบสัมผัส ของเครื่องคัดแยกเกรดมะม่วง โดยทำการศึกษาในส่วนของภาษาแลดเดอร์ที่ใช้โปรแกรม CX-Programmer ในการทำงาน และใช้โปรแกรม CX-Designer ในการออกแบบให้มีการสั่งการและควบคุมการทำงานผ่านทางระบบจอแบบสัมผัส

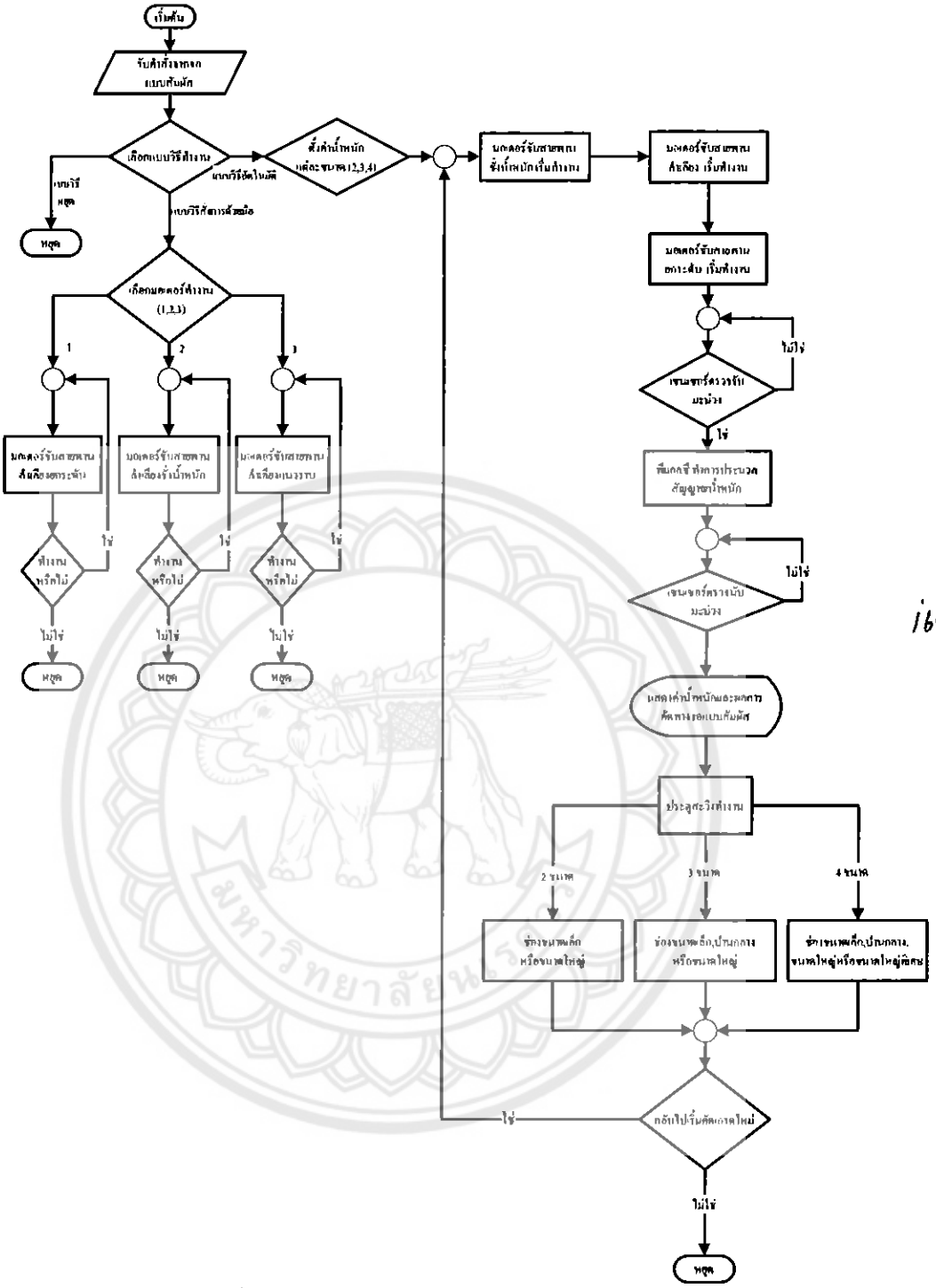
3.2 ศึกษาการต่อช่องสัญญาณของพีแอลซีเครื่องคัดแยกเกรดมะม่วง

ศึกษาแผนภาพไดอะแกรมแสดงการอ้างอิงตำแหน่งแอดเดรสที่กำหนดไว้ในแต่ละช่องสัญญาณของพีแอลซี ที่มีโครงสร้างภายในส่วนของภาคอินพุต ภาคเอาท์พุต หน่วยความจำ ตัวประมวลผลกลางและแหล่งจ่ายกำลังไฟ ที่กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 มาเชื่อมต่อกันในแต่ละช่องสัญญาณเป็นแบบโมดูล แล้วนำตำแหน่งแอดเดรสไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบการเขียนภาษาแลดเดอร์ให้พีแอลซีทำการประมวลผลควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ โดยมีการอ้างอิงตำแหน่งทั้งแบบดิจิตอลและแอนะล็อกทั้งอินพุตและเอาท์พุต

3.3 พัฒนาโปรแกรมแลดเดอร์

ดำเนินการพัฒนาโปรแกรมแลดเดอร์ โดยใช้โปรแกรม CX-Programmer ในการพัฒนาโปรแกรมพีแอลซีออมรอน รุ่น CJ1M ควบคุมการเลือกระดับหรือปรับอัตราเร็วของมอเตอร์ตัวที่ 1, 2 และ 3 ทั้งยังสามารถเลือกการคัดเกรดได้ 3 แบบ คือ การคัดเกรดแบบ 2, 3 และ 4 ขนาด รับสัญญาณมาจากเซนเซอร์กับโหลดเซลล์ผ่านทางพีแอลซีและแสดงผลทางหน้าจอแบบสัมผัส การทำงานของเครื่องคัดแยกเกรดมวลมะม่วงสามารถแสดงได้ตามรูปที่ 3.1

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา



1605583
ว/ร.
ว/619 ฉบ
2556

รูปที่ 3.1 แผนภาพการทำงานของเครื่องคัดแยกมะม่วง

จากรูปที่ 3.1 สามารถอธิบายกลไกการทำงานของเครื่องคัดแยกมะม่วงตามขั้นตอนได้ดังนี้

รับข้อมูลคำสั่งจากหน้าจอแบบสัมผัสเลือกแบบวิธีการทำงานของระบบ (คือ แบบวิธีหยุด แบบวิธีสั่งการด้วยมือ และแบบวิธีอัตโนมัติ) จากปุ่มบนหน้าจอแบบสัมผัส (Touch screen)

ถ้ารับข้อมูลคำสั่ง “แบบวิธีหยุด” จะทำให้ระบบหยุดการทำงานทั้งหมด

ถ้ารับข้อมูลคำสั่ง "แบบวิธีสั่งการด้วยมือ" ตัวควบคุมพีแอลซี จะรอรับคำสั่งจากปุ่มกดทางหน้าจอแบบสัมผัส เพื่อเลือกการเริ่มทำงานของมอเตอร์ขับสายพานลำเลียงยกระดับ มอเตอร์ขับสายพานลำเลียงแนวราบ หรือมอเตอร์ขับสายพานลำเลียงชั่งมวล เมื่อต้องการหยุดการทำงานของมอเตอร์ตัวใดตัวหนึ่ง ทำได้ด้วยการกดปุ่มหยุด หรือปุ่มบนหน้าจอแบบสัมผัสของตัวมอเตอร์ที่ต้องการจะให้หยุดการทำงาน

ถ้ารับข้อมูลคำสั่ง "แบบวิธีอัตโนมัติ" ทำการตั้งค่ารูปแบบการคัดเกรดตามค่ามวลแต่ละขนาด (2 ขนาด 3 ขนาด หรือ 4 ขนาด) ตัวควบคุมพีแอลซีจะสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชั่งมวลเริ่มทำงาน ต่อมาอีกหนึ่งวินาที จะสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงแนวราบเริ่มทำงาน และอีกหนึ่งวินาทีต่อมาจะสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงยกระดับเริ่มทำงาน จากนั้นมะม่วงเริ่มถูกลำเลียงจากถังเก็บผ่านช่องแผ่นประตูเลื่อนไหลเข้าสายพานลำเลียงยกระดับ และส่งมะม่วงส่งต่อให้สายพานลำเลียงแนวราบ และไหลเข้าสู่บนสายพานลำเลียงชั่งมวลซึ่งจะมีตัวตรวจจับมะม่วงส่งสัญญาณขาเข้าให้ตัวควบคุมพีแอลซี รับทราบและเก็บข้อมูลสัญญาณมวลที่ได้รับจากโหลดเซลล์ ขณะมะม่วงได้ไหลผ่านตัวตรวจนับมะม่วงด้านท้ายสายพาน ตัวพีแอลซี จะหยุดเก็บข้อมูลสัญญาณมวล และดำเนินการประมวลผล เมื่อได้ค่าประมาณมวลตัวพีแอลซี จะส่งสัญญาณขาออกไปควบคุมชุดนิวแมติกส์ เพื่อสั่งให้ชุดประตูสะวิงทั้งสามเปิดหรือปิดตามขนาดมวลที่ได้รับ ทำให้มะม่วงที่ไหลออกมาจากสายพานลำเลียงชั่งมวลตกลงตามช่องกระบะตามเกณฑ์ขนาดมวล เพื่อลงช่องแต่ละช่วงขนาดมวล ซึ่งแบ่งตามการคัดไว้แต่ละขนาด (2 ขนาด 3ขนาด หรือ 4 ขนาด) ที่กำหนดไว้และพร้อมกับการแสดงผลค่ามวลและผลการคัดทั้งหมดทางหน้าจอแบบสัมผัส หากต้องการจะหยุดระบบ ให้กดปุ่มหยุด

3.4 ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมหน้าจอแบบสัมผัส

ดำเนินการออกแบบพัฒนาโปรแกรมหน้าจอแบบสัมผัส จากเครื่องต้นแบบให้มีการสั่งการทางหน้าจอสัมผัสโดยตรง รวมถึงดำเนินการพัฒนารวมเอาการเลือกแบบวิธีทำงานที่มีทั้งการทำงานแบบอัตโนมัติและการทำงานแบบสั่งการด้วยมือ มาไว้บนจอแบบสัมผัสซึ่งจากเดิมเป็นสวิตช์สั่งการทำงาน สามารถอธิบายการทำงานที่ได้ทำการออกแบบและพัฒนาดังนี้

3.4.1) หน้าจอหลัก

ในส่วนของหน้าจอหลักดังรูปที่ 3.2 เป็นการแสดงปุ่มทำงานต่างๆ ที่พัฒนาเพื่อใช้ในการทำงาน โดยมีปุ่มควบคุมการทำงานของเครื่องคัดเกรดมะม่วง แบ่งออกเป็นแบบวิธีการทำงานอัตโนมัติ และแบบวิธีสั่งการด้วยมือ รวมถึงการควบคุมอัตราเร็วของมอเตอร์แต่ละสายพานที่สามารถเลือกอัตราเร็วได้ อธิบายการทำงานได้ดังตารางที่ 3.1

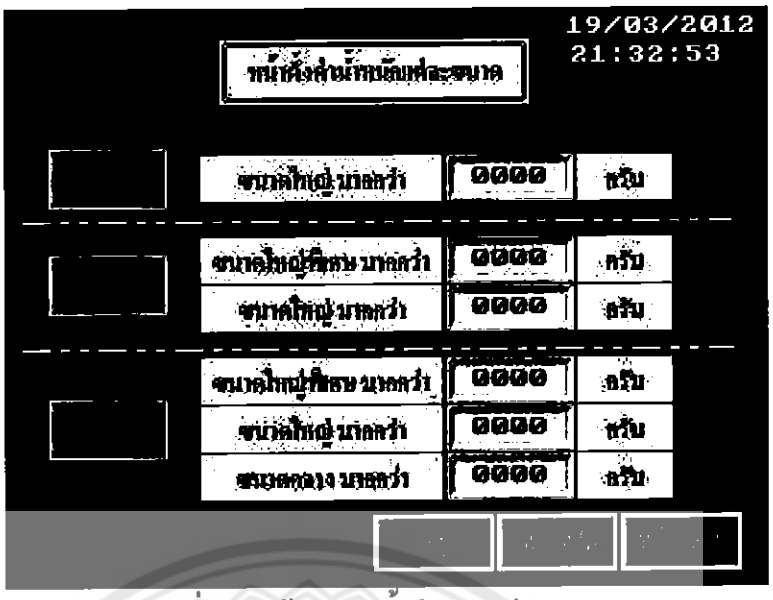
รูปที่ 3.2 หน้าจอหลัก

ตารางที่ 3.1 แสดงการทำงานของปุ่มต่างบนหน้าจอหลัก

ปุ่มบนหน้าจอแบบสัมผัส	แอดเดรสภายใน	การทำงาน
ปุ่ม MAN	00021.01(W)	ควบคุมการทำงานแบบสั่งการด้วยมือ
ปุ่ม AUTO	00021.00(W)	ควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ
ปุ่ม เมนู	00030.00(W)	ปุ่มกดไปยังหน้าเมนู
ปุ่ม ตั้งค่าการทำงานแบบอัตโนมัติ	1(P)	การตั้งค่ามวลแต่ละขนาด
จอแสดงมวล	DM00385	แสดงค่ามวลที่ชั่งได้
ปุ่ม > 0 <	00030.00(W)	ปุ่มปรับมวลให้เป็น 0
ปุ่ม M1	00021.02(W)	ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ตัวที่ 1
ปุ่ม M2	00021.03(W)	ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ตัวที่ 2
ปุ่ม M3	00021.04(W)	ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ตัวที่ 3
ปุ่ม ปรับอัตราเร็ว M1	DM00250	ปรับอัตราเร็วมอเตอร์ตัวที่ 1
ปุ่ม ปรับอัตราเร็ว M2	DM00251	ปรับอัตราเร็วมอเตอร์ตัวที่ 2
ปุ่ม ปรับอัตราเร็ว M3	DM00252	ปรับอัตราเร็วมอเตอร์ตัวที่ 3

3.4.2) หน้าจอการตั้งค่ามวลแต่ละขนาด

ในหน้านี้จะเป็นการตั้งค่าของมวลแต่ละขนาด โดยพัฒนาเพื่อให้สามารถกำหนดได้ว่าในการคัด 2 ขนาด, 3 ขนาด และ 4 ขนาด ให้มีมวลเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จากหน้านี้สามารถจะกลับไปหน้าหลัก หน้าถัดไป และเมนูได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 หน้าจอการตั้งค่ามวลแต่ละขนาด

3.4.3) หน้าจอเมนู

หน้าจอเมนู พัฒนาให้มีการแสดงตัวเลือกเพื่อสามารถเลือกแบบวิธีการใช้งานได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน ดังรูปที่ 3.4 ในหน้านี้จะปรากฏการเลือกชดเชยค่ามวล การตั้งค่ารูปแบบและมวลการคัดขนาด ผลการคัดขนาด การตั้งค่าสอบเทียบมวลและทดสอบประตูคัดแยก สามารถอธิบายการทำงานจากปุ่มบนหน้าจอแบบสัมผัสในหน้าเมนูได้ดังตารางที่ 3.2

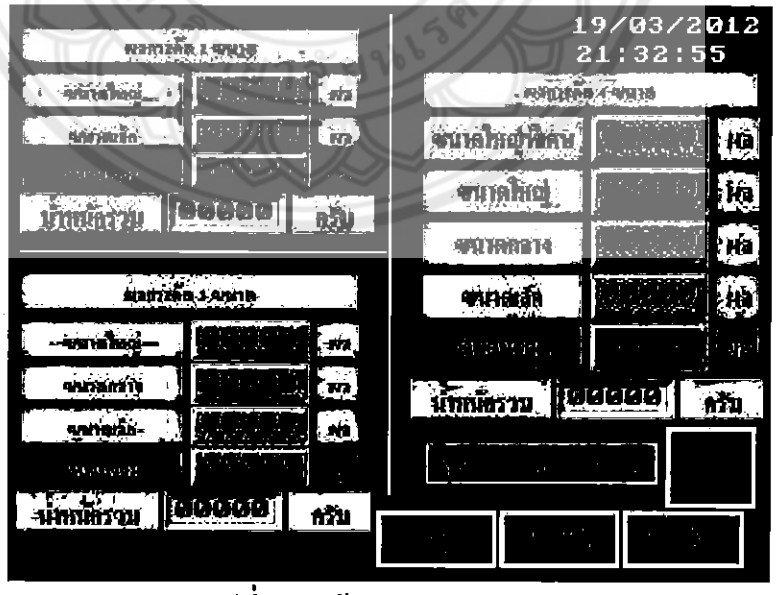
รูปที่ 3.4 หน้าจอแสดงเมนู

ตารางที่ 3.2 แสดงการทำงานของปุ่มต่างๆ บนหน้าจอเมนู

ปุ่มบนหน้าจอแบบสัมผัส	แอดเดรสภายใน	การทำงาน
ปุ่มตั้งค่ารูปแบบและมวลการคัดขนาด	1(P)	กำหนดมวลของมะม่วงแต่ละขนาดที่จะทำการคัด
ปุ่มผลการคัดขนาด	3(P)	แสดงจำนวนมะม่วงที่คัดว่าถูกหรือผิดมีจำนวนเท่าใด
ปุ่มตั้งค่าสอบเทียบมวล	4(P)	เพื่อเทียบค่ามวลจริงที่ต้องการ
ปุ่มชดเชยค่ามวล	5(P)	ชดเชยมวลเนื่องจากอัตราเร็ว
ปุ่มทดสอบประตูคัดแยก	6(P)	ทดสอบเพื่อดูการทำงานของประตูคัดแยก
ปุ่มเมนู	00004.04(W)	ปุ่มกดไปยังหน้าเมนู
ปุ่มหน้าหลัก	0(P)	ปุ่มกดไปยังหน้าหลัก

3.4.4) หน้าจอผลการคัดขนาด

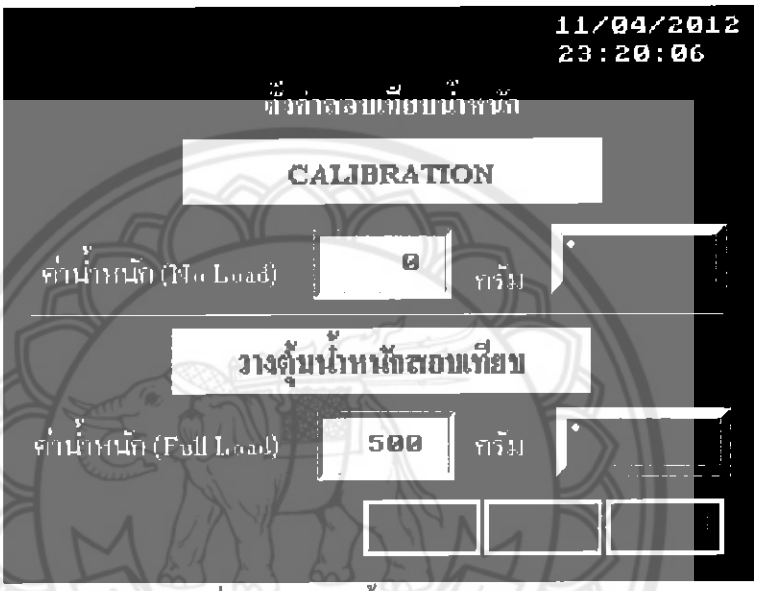
ในการคัดเกรดมวลมะม่วงในแต่ละขนาดพัฒนาให้สามารถทราบผลจากการคัดได้ ในหน้าจอผลการคัดขนาดนี้ จะเป็นการรวบรวมข้อมูลในการคัดที่แสดงจำนวนผลของมะม่วง ซึ่งจะแสดงจำนวนผลของขนาดใหญ่พิเศษ, จำนวนผลขนาดใหญ่, จำนวนผลขนาดกลาง และจำนวนผลขนาดเล็ก รวมถึงจำนวนผลรวมและมวลในการคัดเกรดมวลแต่ละครั้ง โดยแบ่งออกเป็นผลการคัด 3 แบบ คือการคัด 2 ขนาด, การคัด 3 ขนาด และการคัด 4 ขนาด มีปุ่มรีเซ็ต เพื่อจะทำการเคลียร์ข้อมูล ที่พร้อมจะทำการนับจำนวนของการคัดครั้งต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 หน้าจอผลการคัดขนาด

3.4.5) หน้าจอการตั้งค่าสอบเทียบมวล

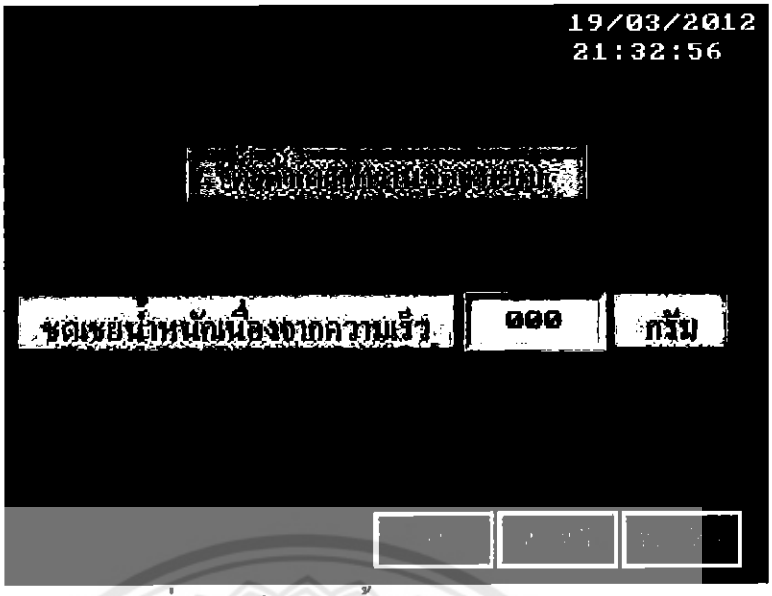
ก่อนจะทำการชั่งมวลขณะเดินเครื่องจะต้องมีการตั้งค่าสอบเทียบมวลก่อน เพื่อทำให้มวลที่ได้จากการชั่งออกมา มีความถูกต้องใกล้เคียงกับมวลจริงมากที่สุด โดยทำการตั้งค่าค่ามวล (No Load) ให้มีค่าเป็น 0 กรัม แล้วกด ตกลง ส่วนค่ามวล (Full Load) ในการทดลองนี้ให้ตั้งค่าค่ามวลเป็น 500 กรัม แล้วกดตกลง ในหน้านี้สามารถจะย้อนกลับไปยังหน้าหลัก หรือหน้าถัดไปต่อจากนี้ได้ ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 หน้าจอตั้งค่าสอบเทียบมวล

3.4.6) หน้าจอการตั้งค่าชดเชยค่ามวล

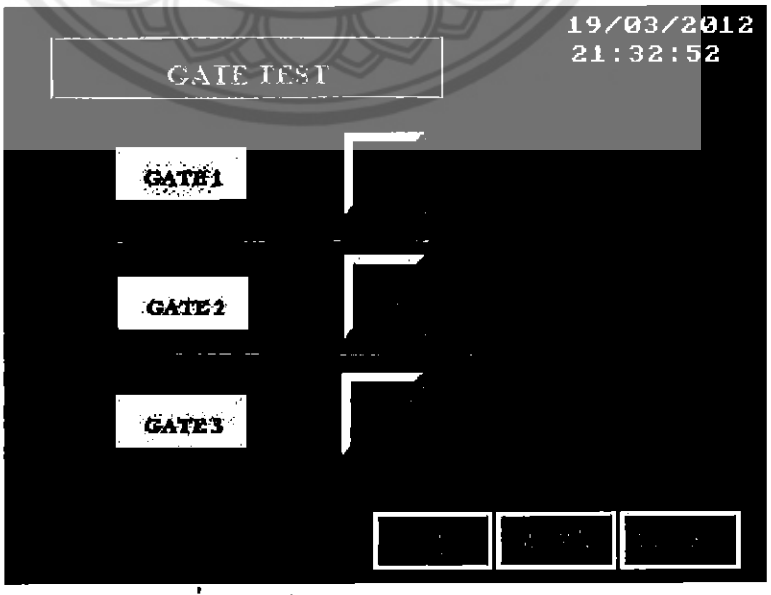
เนื่องจากมวลที่ได้มานั้น ไม่ใช่มวลที่แท้จริงของมะม่วง เพราะในขั้นตอนการชั่งยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้องทำให้นอกจากมวลของมะม่วงแล้วยังมีมวลของสายพาน ผลจากอัตราเร็ว และปัจจัยอื่นๆ ที่ทำให้มวลที่แสดงทางจอแสดงผลนั้น ไม่ใช่มวลของมะม่วงเพียงอย่างเดียว จึงต้องมีการชดเชยค่ามวลเนื่องจากปัจจัยอื่นๆด้วย เพื่อให้ค่าของมวลจากการชั่งมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น ในการทดลองนี้จะทำการชดเชยค่ามวลเนื่องจากอัตราเร็ว ก็ต่อเมื่อมวลของมะม่วงที่ใช้ในการทดลองลดลง ผลมาจากในระหว่างที่ทดลองมวลจะหายไปตามการที่ทำการทดลองแต่ละครั้ง



รูปที่ 3.7 หน้าจอการตั้งค่าการทำงานของระบบ

3.4.7) หน้าจอการทดสอบประตูคัดแยก

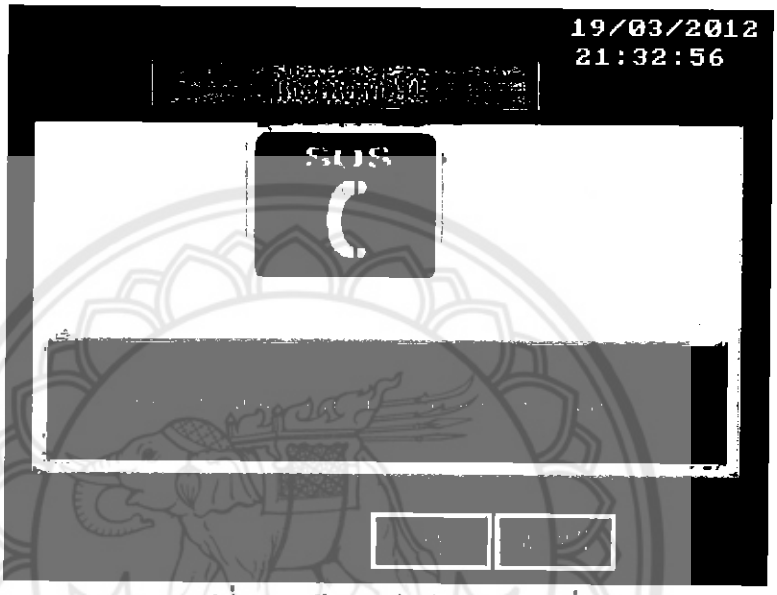
เนื่องจากได้ทำการพัฒนาให้เครื่องคัดแยกเกรดมะม่วงมีการคัดแบบ 2 เกรด 3 เกรด และ 4 เกรดแล้ว มีการทดสอบบานประตูคัดแยกเกรด ดูประสิทธิภาพในการทำงาน เพราะถ้าเกิดการคัดที่ผิดพลาดจะนำไปสู่การคัดแยกเกรดที่ไม่ได้มาตรฐานและไม่ได้รับความไว้วางใจ โดยทำการทดลองสั่งการจากระบบจอแบบสัมผัสของบานประตูแต่ละบาน แล้วทำการเดินเครื่องชั่งมวลตามปกติ ผลก็จะปรากฏในหน้าจอผลการคัดขนาด ทำให้ทราบว่าบานประตูคัดเกรดทำงานได้ถูกต้องมากน้อยเพียงใด



รูปที่ 3.8 หน้าจอการทดสอบประตูคัดแยก

3.4.8) หน้าจอแจ้งเตือนแบตเตอรี่

การป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีผลมาจากแบตเตอรี่หมด จึงได้พัฒนาออกแบบให้มีหน้าจอการแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานเครื่องคัดเกรดมวลมะม่วงได้ทราบล่วงหน้าก่อนเครื่องจะปิดตัวลง เพื่อจะได้ทำการแก้ไขได้ทันท่วงทีเมื่อเกิดปัญหานี้ การแจ้งเตือนจะปรากฏขึ้นเมื่อแบตเตอรี่อ่อนดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 หน้าจอแจ้งเตือนแบตเตอรี่

3.4.9) หน้าจอแจ้งเตือนเหตุผิดปกติ

นอกจากเหตุที่แบตเตอรี่อ่อนแล้วยังมีปัญหาอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นสายสัญญาณชั่งมวลจากโหลดเซลล์ขาด สภาวะกระแสเกินของมอเตอร์ และปั๊มลม จึงดำเนินการพัฒนาให้มีการแจ้งเตือนเหตุผิดปกติเกิดขึ้นเพื่อให้ทราบปัญหาและสามารถแก้ไขก่อนที่จะเกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์ของเครื่องคัดเกรดมะม่วง โดยมีหน้าจอแจ้งเตือนสายสัญญาณชั่งมวลจากโหลดเซลล์ขาด ดังแสดงในรูปที่ 3.10 และหน้าจอแจ้งเตือนภาวะกระแสเกินของมอเตอร์และปั๊มลม ดังแสดงในรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.10 หน้าจอแจ้งเตือนสายสัญญาณชั่งมวลขาด

รูปที่ 3.11 หน้าจอแจ้งเตือนสภาวะกระแสเกินของมอเตอร์ และปั๊มลม

3.4.10) หน้าจอแสดงคณะผู้จัดทำ

ทำการออกแบบหน้าจอแสดงรายชื่อคณะผู้จัดทำโครงงานเรื่องเครื่องคัดแยกขนาดมวลมะม่วง ซึ่งมีจำนวนสมาชิก 3 คน ดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 หน้าจอแสดงคณะผู้จัดทำ

3.5 ทดลองผลจากการพัฒนาโปรแกรม

ทำการทดลองโปรแกรมที่ผ่านการพัฒนาแล้ว มาทดสอบการทำงานและประสิทธิภาพของเครื่องคัดเกรดมะม่วง โดยมีการทดลองสั่งการในแบบวิธีสั่งการด้วยมือและแบบวิธีอัตโนมัติ ปรับอัตราเร็วมอเตอร์ ทดลองชั่งมวลมะม่วง ความถูกต้องในการคัดแยกและ ทดลองการแสดงผลรวมทางหน้าจอแบบสัมผัสในเมนูผลการคัด จากนั้นทำการบันทึกผล นำข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองมาวิเคราะห์และสรุปผล

3.6 เรียบเรียงข้อมูลทั้งหมดเข้ารูปเล่มโครงงาน

นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาระบบเครื่องคัดเกรดมะม่วง ศึกษาการเขียนโปรแกรมพีแอลซีและจอสัมผัส การพัฒนาโปรแกรม การทดลองผล การเก็บข้อมูลวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองมาเรียบเรียงข้อมูลให้อยู่ในรูปเล่มโครงงานตามความเหมาะสม

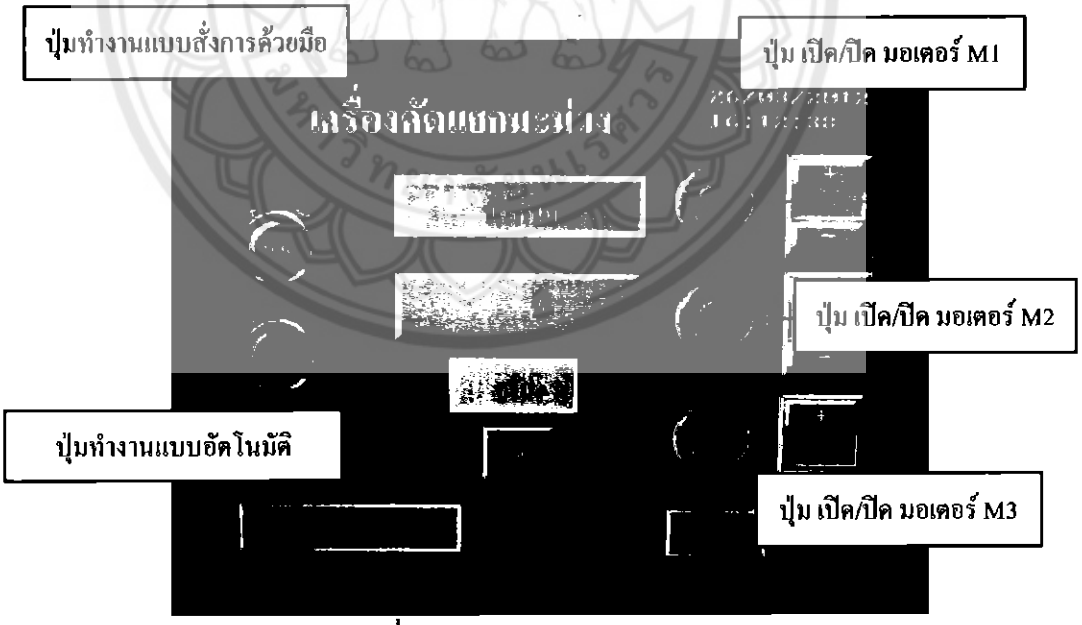
บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองของโปรแกรมแลดเดอร์ และโปรแกรมหน้าจอแบบสัมผัส ที่ดำเนินการพัฒนาขึ้น โดยแบ่งเป็นผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง 5 การทดลองคือ ทดลองปุ่มสั่งการในแบบวิธีสั่งการด้วยมือและแบบวิธีอัตโนมัติ ทดลองปรับอัตราเร็วมอเตอร์ ทดลองการชั่งมวล ความถูกต้องในการคัดเกรดและการแสดงผลรวมทางหน้าจอแบบสัมผัส โดยมีรายละเอียดผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1) ผลทดลองสั่งการในแบบวิธีสั่งการด้วยมือและแบบวิธีอัตโนมัติ

การทดลองปุ่มสั่งการในแบบวิธีสั่งการด้วยมือและแบบวิธีอัตโนมัติ เป็นการทดลองควบคุมผ่านทางหน้าจอแบบสัมผัสดังรูปที่ 4.1 แทนการใช้สวิตช์ เพื่อสังเกตการณ์ทำงานในแบบวิธีการทำงานแบบสั่งการด้วยมือ และแบบวิธีอัตโนมัติ โดยมีผลการทดลองดังต่อไปนี้

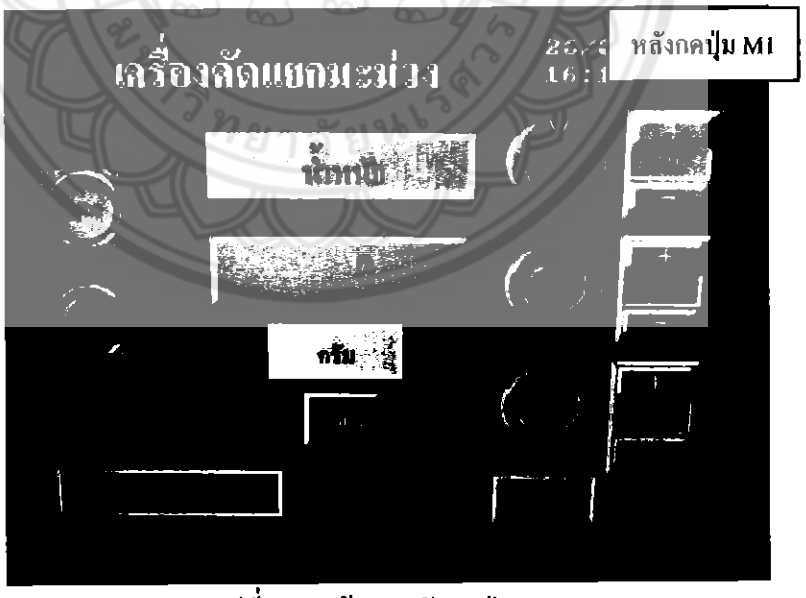


รูปที่ 4.1 หน้าจอควบคุมแบบสัมผัส

เมื่อกดปุ่ม MAN พบว่าแมกเนติกคอนแทกเตอร์ของปั๊มลม และของมอเตอร์ทำงาน แต่มอเตอร์ทั้ง 3 ตัวยังไม่เริ่มทำงาน ปุ่ม MAN จะมีคำว่า "STOP" แสดงแทน ผลการแสดงทางหน้าจอ ดังรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.2 หน้าจอหลังกดปุ่ม MAN

เมื่อกดปุ่ม M1 หลังการกดปุ่ม MAN พบว่ามอเตอร์ที่ขับเคลื่อนสายพานยกระดับจะเริ่มหมุน ปุ่ม M1 จะมีคำว่า "STOP" แสดงแทน ผลการแสดงทางหน้าจอจะเป็นดังรูปที่ 4.3 หลังจากทิ้งไว้สักพักแล้วทำการกดอีกครั้งพบว่ามอเตอร์ที่ขับเคลื่อนสายพานยกระดับหยุดหมุน

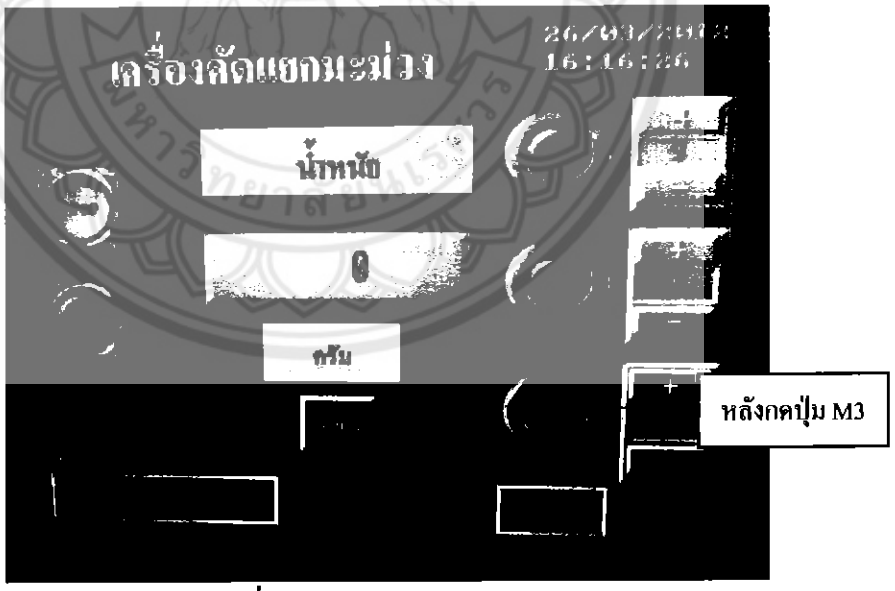


รูปที่ 4.3 หน้าจอหลังกดปุ่ม M1

เมื่อกดปุ่ม M2 หลังการกดปุ่ม MAN พบว่ามอเตอร์ที่ขับเคลื่อนสายพานลำเลียงจะเริ่มหมุน ปุ่ม M2 จะมีคำว่า "STOP" แสดงแทน ผลการแสดงทางหน้าจอจะเป็นดังรูปที่ 4.4 หลังจากทิ้งไว้สักพักแล้ว ทำการกดอีกครั้ง พบว่ามอเตอร์ที่ขับเคลื่อนสายพานลำเลียงจะหยุดหมุน

รูปที่ 4.4 หน้าจอหลังกดปุ่ม M2

เมื่อกดปุ่ม M3 หลังการกดปุ่ม MAN พบว่ามอเตอร์ที่ขับเคลื่อนสายพานชั่งมวลจะเริ่มหมุน ปุ่ม M2 จะมีคำว่า "STOP" แสดงแทน ผลการแสดงทางหน้าจอจะเป็นดังรูปที่ 4.5 หลังจากทิ้งไว้สักพักแล้วทำการกดอีกครั้ง พบว่ามอเตอร์ที่ขับเคลื่อนสายพานชั่งมวลจะหยุดหมุน



รูปที่ 4.5 หน้าจอหลังกดปุ่ม M3

กดปุ่ม M1, M2 และ M3 หลังการกดปุ่ม MAN พบว่ามอเตอร์ทั้ง 3 ตัว จะทำงานตามลำดับที่กด แต่ละปุ่มจะมีคำว่า "STOP" แสดงแทน ผลการแสดงทางหน้าจอจะเป็นดังรูปที่ 4.6

รูปที่ 4.6 หน้าจอหลังกดปุ่ม MAN, M1, M2 และ M3

หลังจากทิ้งไว้สักพักแล้วทำการกดปุ่ม MAN พบว่ามอเตอร์ทั้ง 3 ตัว จะหยุดทำงานพร้อมกันทันที แต่ปุ่ม M1, M2 และ M3 ยังมีคำว่า "STOP" แสดงอยู่ ผลการแสดงทางหน้าจอจะเป็นดังรูปที่ 4.7

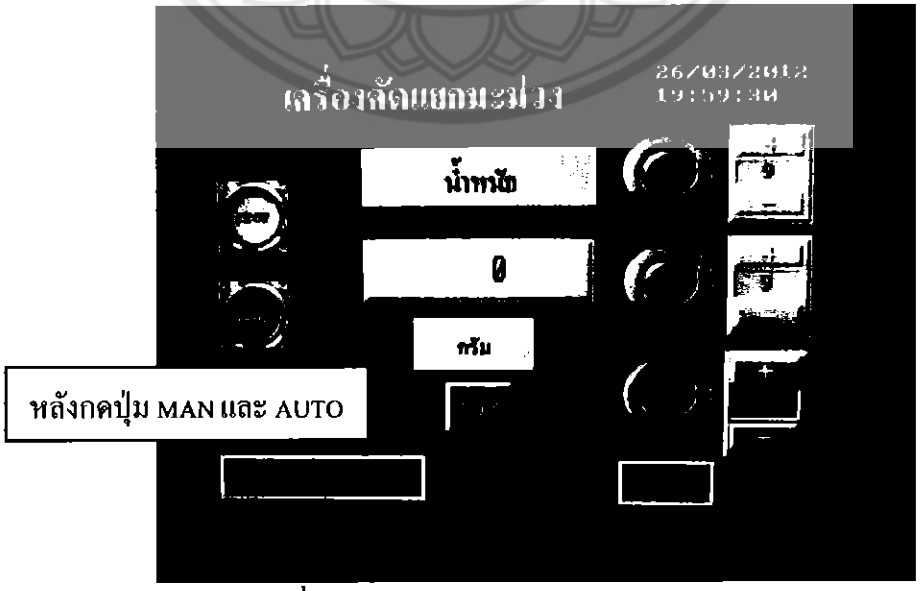
รูปที่ 4.7 หน้าจอหลังกดปุ่ม M1, M2 และ M3 และกด MAN ให้หยุดทำงาน

เมื่อกดปุ่ม AUTO พบว่าแมกเนติกคอนแทกเตอร์ของปั๊มลมและของมอเตอร์ทั้งสามตัวจะทำงานโดยทันทีและมอเตอร์แต่ละตัวจะเริ่มทำงานที่ละตัวห่างกัน 1 วินาที เรียงตามลำดับดังนี้มอเตอร์สายพานชั่งมวล (M3) มอเตอร์สายพานลำเลียง (M2) และมอเตอร์สายพานยกระดับ (M1) ในขณะที่ปุ่ม AUTO จะแสดงสถานะภาพการหยุดใช้แบบวิธีนี้ด้วยคำว่า "STOP" บนปุ่ม AUTO ดังที่

แสดงผลไว้ทางหน้าจอในรูปที่ 4.8 และมอเตอร์ทั้งสามตัวจะทำงานตลอดเวลาพร้อมกันจนกระทั่งมีการกดปุ่ม AUTO อีกครั้ง หากกดปุ่ม AUTO เมื่อใด จะทำให้มอเตอร์ทั้ง 3 ตัวจะหยุดทำงานพร้อมกันทันที

รูปที่ 4.8 หน้าจอหลังการกดปุ่ม AUTO

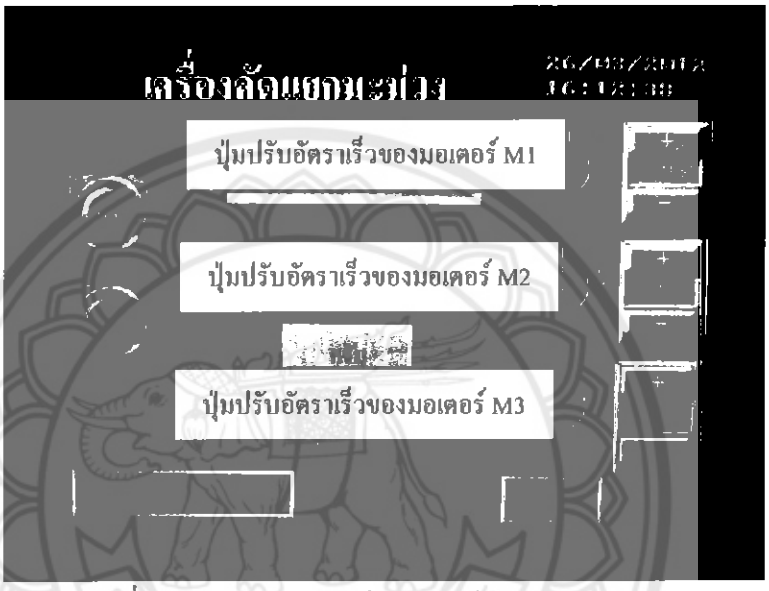
ถ้ากดปุ่ม AUTO และปุ่ม MAN พร้อมกันแล้วจะทำให้เครื่องคัดเกรดมะม่วงไม่ทำงานและจะแสดงสถานะภาพไม่ทำงานของเครื่องคัดเกรดด้วยการเปลี่ยนตัวอักษรบนปุ่ม AUTO และปุ่ม MAN ให้เป็นคำว่า "STOP" ทั้งสองปุ่ม ดังที่ได้แสดงไว้ทางหน้าจอในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 หน้าจอหลังการกดปุ่ม MAN และ AUTO

4.1.2) ผลการทดลองปรับอัตราเร็วมอเตอร์

ผลการทดลองปรับอัตราเร็วมอเตอร์เป็นการทดลองปรับหาระดับอัตราเร็วมอเตอร์ทั้ง 3 ตัว ให้มีการทำงานสอดคล้องกัน ผ่านทางหน้าจอแบบสัมผัส ดังแสดงในรูปที่ 4.10 เพื่อให้มะม่วงเข้าสู่สายพานชั่งมวลโดยไม่ติดกันและไม่ห่างกันเกินไป (มีการเว้นระยะพอดี) โดยมีผลการทดลองในภาคผนวก จ สามารถนำระดับอัตราเร็วที่สอดคล้องกัน และอัตราเร็วในการคัดเกรดมาแสดงได้ดังตารางที่ 4.1



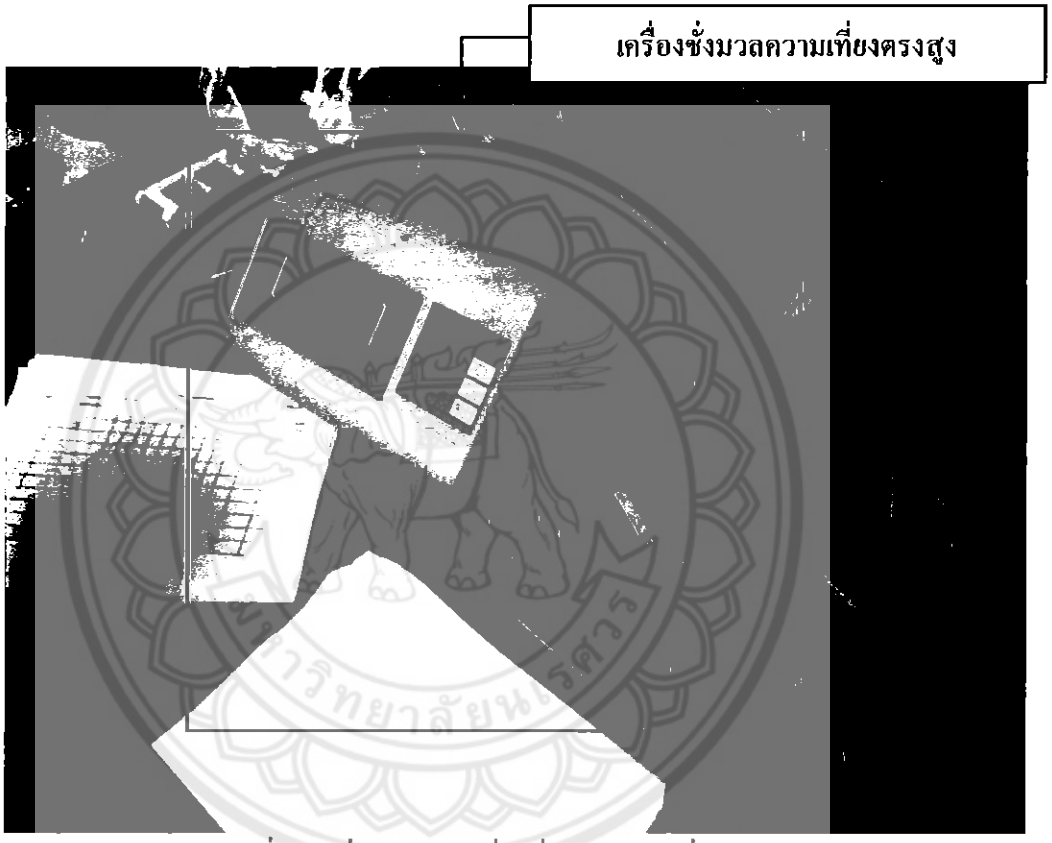
รูปที่ 4.10 ปุ่มปรับอัตราเร็วมอเตอร์ M1, M2 และ M3

ตารางที่ 4.1 ผลอัตราเร็วในการคัดเกรด

ระดับอัตราเร็วมอเตอร์			อัตราเร็ว (ผล/ชั่วโมง)
M1	M2	M3	
1	4	4	540
2	6	6	960
3	9	9	1440
4	9	9	1920

4.1.3) ผลการทดลองชั่งมวลมะม่วง

ผลทดลองชั่งมวลมะม่วง เป็นการทดลองชั่งมวลมะม่วงขณะที่เครื่องคัดเกรดทำงานในแบบวิธีอัตโนมัติ เพื่อนำมาสังเกตและเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดมวลมะม่วงที่ชั่งได้ขณะทำงานที่อัตราเร็ว 540, 960 และ 1920 ผล/ชั่วโมง ในการทดลองนี้จะใช้มะม่วงจำนวน 3 ผล คือ ผลที่ 1 มีค่ามวล 424 กรัม, ผลที่ 2 มีค่ามวล 299 กรัม และผลที่ 3 มีค่ามวล 226 กรัม เป็นค่ามวลที่ชั่งจากเครื่องชั่งมวลที่มีความเที่ยงตรงสูงดังรูปที่ 4.11



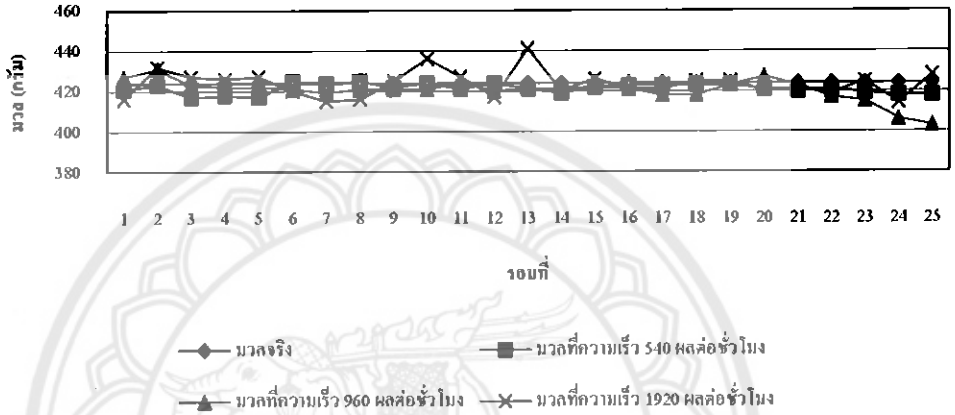
รูปที่ 4.11 ชั่งมวลจากเครื่องชั่งมวลความเที่ยงตรงสูง

เมื่อนำข้อมูลมวลของมะม่วงผลที่ 1 (424 กรัม) , ผลที่ 2 (299 กรัม) และผลที่ 3 (226 กรัม) ผ่านเครื่องชั่งบนสายพานที่พัฒนาขึ้น จำนวน 25 รอบ ในแต่ละรอบ ต้องผ่านเครื่องชั่งบนสายพานด้วยอัตราเร็ว 540 ผล/ชั่วโมง, 960 ผล/ชั่วโมง และ 1920 ผล/ชั่วโมง ต่อมาอ่านข้อมูลมวลของมะม่วงนี้ได้จากหน้าจอแบบสัมผัสพร้อมบันทึกข้อมูลลงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบค่ามวลของแต่ละอัตราเร็ว

รอบที่	ผลการชั่งมวลแต่ละอัตราเร็ว								
	540 ผล/ชั่วโมง			960 ผล/ชั่วโมง			1920 ผล/ชั่วโมง		
	ผลที่ 1	ผลที่ 2	ผลที่ 3	ผลที่ 1	ผลที่ 2	ผลที่ 3	ผลที่ 1	ผลที่ 2	ผลที่ 3
1	421	299	226	427	301	228	416	296	218
2	423	299	218	431	300	228	432	306	229
3	417	295	222	423	304	228	427	313	226
4	418	294	220	422	300	227	426	307	227
5	417	296	221	422	301	228	427	303	232
6	425	302	228	421	300	226	420	298	228
7	424	299	228	419	300	228	415	293	221
8	425	298	225	421	300	228	416	297	221
9	422	301	226	421	300	225	425	294	221
10	424	300	225	421	302	226	436	304	229
11	421	301	227	424	307	230	427	299	229
12	424	301	226	420	302	227	417	313	229
13	421	300	226	421	300	226	441	309	233
14	419	300	226	421	300	226	420	298	239
15	422	299	226	422	300	227	426	300	228
16	423	300	228	421	297	225	421	299	232
17	423	302	227	418	300	224	421	307	238
18	423	301	228	418	297	223	425	301	230
19	423	298	227	423	304	233	425	297	219
20	421	299	227	427	306	232	420	311	220
21	420	301	226	423	301	229	421	299	233
22	421	302	225	417	299	225	419	300	228
23	419	295	230	415	299	226	425	298	218
24	418	300	228	406	297	220	414	300	220
25	418	300	228	403	295	219	428	306	227
ค่าสูงสุด	425	302	230	431	307	233	441	313	239
ค่าเฉลี่ย	421.3	299.3	225.8	420.3	300.5	226.6	423.6	301.9	227.0
ค่าต่ำสุด	417	294	218	403	295	219	414	293	218
ค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ย	2.88	1.72	1.84	4.76	2.28	2.24	5.04	4.6	5.0

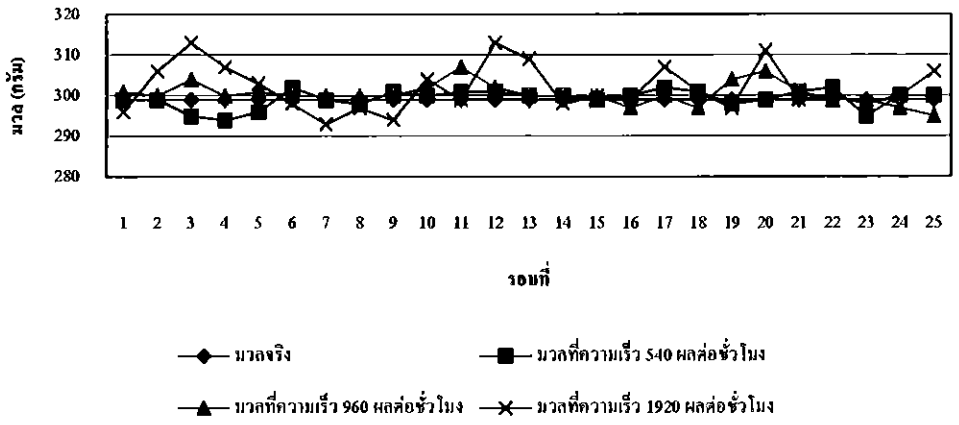
รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามวลของมะม่วงผลที่ 1 ที่อ่านได้จากจอแบบสัมผัสกับจำนวนรอบในกรณีอัตราเร็วของสายพาน 540 ผล/ชั่วโมง 960 ผล/ชั่วโมง และ 1920 ผล/ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบมวลที่อ่านได้ในแต่ละรอบกับมวลจริงของมะม่วงผลที่ 1 (424 กรัม) ในตารางที่ 4.2 จะพบว่า ค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยต่ำสุดของเครื่องชั่งบนสายพานที่อัตราเร็ว 540 ผล/ชั่วโมง คือ 2.88 กรัม และค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยสูงสุดของเครื่องชั่งบนสายพานที่อัตราเร็ว 1920 ผล/ชั่วโมง คือ 5.04 กรัม



รูปที่ 4.12 กราฟเทียบมวลมะม่วงผลที่ 1 ที่ชั่งในอัตราเร็ว 540, 960 และ 1920 ผล/ชั่วโมง

นอกจากนี้จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า แม้ว่าในกรณีเดินสายพานที่อัตราเร็ว 1920 ผล/ชั่วโมง มวลเฉลี่ยของมะม่วงผลที่ 1 ที่อ่านได้จากเครื่องชั่งมีค่าเท่ากับ 423.6 กรัม มีค่ามวลใกล้เคียงกับค่ามวลจริง 424 กรัมก็ตาม แต่มีค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยเท่ากับ 5.04 กรัม ซึ่งมีค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยมากว่ากรณีเดินสายพานที่อัตราเร็ว 540 ผล/ชั่วโมง และ 960 ผล/ชั่วโมง จึงทำให้สรุปได้ว่ากรณีเดินสายพานที่อัตราเร็ว 1920 ผล/ชั่วโมงมีค่าความถูกต้องในการชั่งมวลน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีอัตราเร็วสายพาน 540 ผล/ชั่วโมง และ 960 ผล/ชั่วโมง

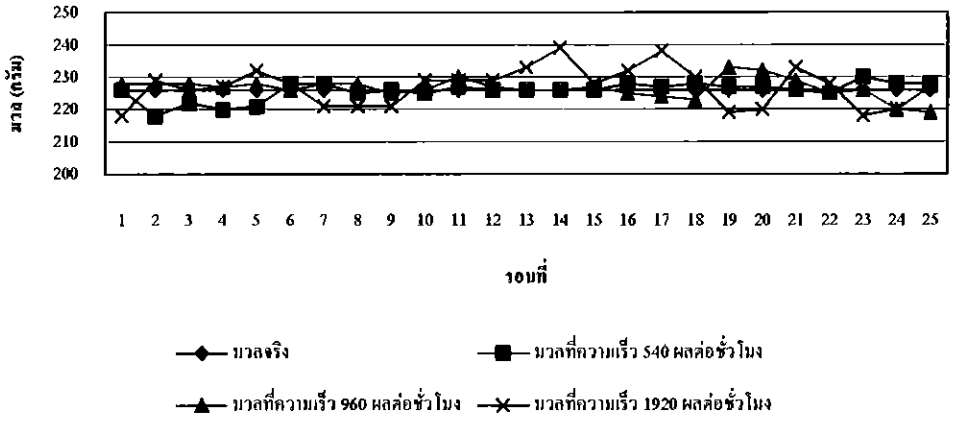
รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามวลของมะม่วงผลที่ 2 ที่อ่านได้จากจอแบบสัมผัสกับจำนวนรอบในกรณีอัตราเร็วของสายพาน 540 ผล/ชั่วโมง 960 ผล/ชั่วโมง และ 1920 ผล/ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบมวลที่อ่านได้ในแต่ละรอบกับมวลจริงของมะม่วงผลที่ 2 (299 กรัม) ในตารางที่ 4.2 จะพบว่า ค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยต่ำสุดของเครื่องชั่งบนสายพานที่อัตราเร็ว 540 ผล/ชั่วโมง คือ 1.72 กรัม และค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยสูงสุดของเครื่องชั่งบนสายพานที่อัตราเร็ว 1920 ผล/ชั่วโมง คือ 4.6 กรัม



รูปที่ 4.13 กราฟเทียบมวลมะม่วงผลที่ 2 ที่ชั่งในอัตราเร็ว 540, 960 และ 1920 ผล/ชั่วโมง

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า กรณีอัตราเร็วสายพาน 540 ผล/ชั่วโมง, 960 ผล/ชั่วโมง และ 1920 ผล/ชั่วโมง มวลเฉลี่ยของมะม่วงผลที่ 2 ที่อ่านได้จากเครื่องชั่งมีค่าเท่ากับ 299.3 กรัม, 300.5 กรัม และ 301.9 กรัม ตามลำดับ และมีค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยเท่ากับ 1.72 กรัม, 4.76 กรัม และ 4.6 กรัม ที่อัตราเร็วสายพาน 540 ผล/ชั่วโมง, 960 ผล/ชั่วโมง และ 1920 ผล/ชั่วโมง จึงทำให้สรุปได้ว่ากรณีเดินสายพานที่อัตราเร็ว 1920 ผล/ชั่วโมงมีค่าความถูกต้องในการชั่งมวลน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีอัตราเร็วสายพาน 540 ผล/ชั่วโมง และ 960 ผล/ชั่วโมง

รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามวลของมะม่วงผลที่ 3 ที่อ่านได้จากจอแบบสัมผัสกับจำนวนรอบในกรณีอัตราเร็วของสายพาน 540 ผล/ชั่วโมง 960 ผล/ชั่วโมง และ 1920 ผล/ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบมวลที่อ่านได้ในแต่ละรอบกับมวลจริงของมะม่วงผลที่ 3 (226 กรัม) ในตารางที่ 4.2 จะพบว่า ค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยต่ำสุดของเครื่องชั่งบนสายพานที่อัตราเร็ว 540 ผล/ชั่วโมง คือ 1.84 กรัม และค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยสูงสุดของเครื่องชั่งบนสายพานที่อัตราเร็ว 1920 ผล/ชั่วโมง คือ 5 กรัม



รูปที่ 4.14 กราฟเทียบมวลมะม่วงผลที่ 3 ที่ชั่งในอัตราเร็ว 540, 960 และ 1920 ผล/ชั่วโมง

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า กรณีอัตราเร็วสายพาน 540 ผล/ชั่วโมง, 960 ผล/ชั่วโมง และ 1920 ผล/ชั่วโมง มวลเฉลี่ยของมะม่วงผลที่ 3 ที่อ่านได้จากเครื่องชั่งมีค่าเท่ากับ 225.8 กรัม, 226.6 กรัม และ 227 กรัม ตามลำดับ และมีค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยเท่ากับ 1.84 กรัม, 2.24 กรัม และ 5 กรัม ที่อัตราเร็วสายพาน 540 ผล/ชั่วโมง, 960 ผล/ชั่วโมง และ 1920 ผล/ชั่วโมง จึงทำให้สรุปได้ว่ากรณีเดินสายพานที่อัตราเร็ว 1920 ผล/ชั่วโมงมีค่าความถูกต้องในการชั่งมวลน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีอัตราเร็วสายพาน 540 ผล/ชั่วโมง และ 960 ผล/ชั่วโมง

4.1.4) ผลความถูกต้องในการคัดเกรด

ผลความถูกต้องในการคัดเกรด เป็นการทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการคัดเกรดแบบ 2, 3 และ 4 ขนาด ในระดับอัตราเร็ว 540, 960 และ 1920 ผล/ชั่วโมง โดยใช้มะม่วงจำนวน 10 ผล มีค่ามวล 424, 420, 383, 316, 299, 295, 291, 276, 264 และ 226 กรัม ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

เมื่อนำมะม่วงทั้ง 10 ผล มาคัดเกรดโดยแบ่งการคัดเกรดเป็น 2 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (มวลน้อยกว่า 310 กรัม) และขนาดใหญ่ (มวลตั้งแต่ 310 กรัมขึ้นไป) ที่อัตราเร็ว 540 ผล/ชั่วโมง แล้วตรวจนับจากกระบะคัดแยก จำนวน 10 รอบ พร้อมบันทึกข้อมูลลงในตารางที่ 4.3 พบว่ามีความถูกต้อง 100% จำนวน 8 รอบ หรือมีความถูกต้องเฉลี่ยที่ 98%

ตารางที่ 4.3 ผลการคัดเกรดแบบ 2 ขนาด ที่อัตราเร็ว 540 ผล/ชั่วโมง

รอบที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ขนาดเล็ก	ถูก	6	6	6	6	6	5	6	6	6	6
	ผิด	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ขนาดใหญ่	ถูก	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4
	ผิด	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ค่าความถูกต้อง		100%	100%	100%	100%	100%	90%	100%	100%	90%	100%

เมื่อนำมะม่วงทั้ง 10 ผล มาคัดเกรดโดยแบ่งการคัดเกรดเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (มวลน้อยกว่า 270 กรัม) ขนาดกลาง (มวล 270-379 กรัม) และขนาดใหญ่ (มวลตั้งแต่ 380 กรัมขึ้นไป) ที่อัตราเร็ว 540 ผล/ชั่วโมง แล้วตรวจนับจากกระบะคัดแยก จำนวน 10 รอบ พร้อมบันทึกข้อมูลลงในตารางที่ 4.4 พบว่ามีความถูกต้อง 100% ทั้ง 10 รอบ หรือมีความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ 100%

ตารางที่ 4.4 ผลการคัดเกรดแบบ 3 ขนาด ที่อัตราเร็ว 540 ผล/ชั่วโมง

รอบที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ขนาดเล็ก	ถูก	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	ผิด	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ขนาดกลาง	ถูก	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	ผิด	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ขนาดใหญ่	ถูก	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3
	ผิด	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ค่าความถูกต้อง		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

เมื่อนำมะม่วงทั้ง 10 ผล มาคัดเกรดโดยแบ่งการคัดเกรดเป็น 4 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (มวลน้อยกว่า 280 กรัม) ขนาดกลาง (มวล 280-349 กรัม) ขนาดใหญ่ (มวล 350-399 กรัม) และขนาดใหญ่พิเศษ (มวลตั้ง 400 กรัม ขึ้นไป) ที่อัตราเร็ว 540 ผล/ชั่วโมง แล้วตรวจนับจากกระบะคัดแยก จำนวน 10 รอบ พร้อมบันทึกข้อมูลลงในตารางที่ 4.5 พบว่ามีความถูกต้อง 100% ทั้ง 10 รอบ หรือมีความถูกต้องเฉลี่ยที่ 100%

ตารางที่ 4.5 ผลการคัดเกรดแบบ 4 ขนาด ที่อัตราเร็ว 540 ผล/ชั่วโมง

รอบที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ขนาดเล็ก	ถูก	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	ผิด	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ขนาดกลาง	ถูก	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	ผิด	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ขนาดใหญ่	ถูก	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	ผิด	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ขนาดใหญ่พิเศษ	ถูก	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	ผิด	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ค่าความถูกต้อง		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

เมื่อนำมะม่วงทั้ง 10 ผล มาคัดเกรดโดยแบ่งการคัดเกรดเป็น 2 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (มวลน้อยกว่า 310 กรัม) และขนาดใหญ่ (มวลตั้งแต่ 310 กรัมขึ้นไป) ที่อัตราเร็ว 960 ผล/ชั่วโมง แล้วตรวจนับจากกระบะคัดแยก จำนวน 10 รอบ พร้อมบันทึกข้อมูลลงในตารางที่ 4.6 พบว่ามีความถูกต้อง 100% จำนวน 9 รอบ หรือมีความถูกต้องเฉลี่ยที่ 99%

ตารางที่ 4.6 ผลการคัดเกรดแบบ 2 ขนาด ที่อัตราเร็ว 960 ผล/ชั่วโมง

รอบที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ขนาดเล็ก	ถูก	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6
	ผิด	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ขนาดใหญ่	ถูก	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	ผิด	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ค่าความถูกต้อง		100%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

เมื่อนำมะม่วงทั้ง 10 ผล มาคัดเกรดโดยแบ่งการคัดเกรดเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (มวลน้อยกว่า 270 กรัม) ขนาดกลาง (มวล 270-379 กรัม) และขนาดใหญ่ (มวลตั้งแต่ 380 กรัมขึ้นไป) ที่อัตราเร็ว 960 ผล/ชั่วโมง แล้วตรวจนับจากกระบะคัดแยก จำนวน 10 รอบ พร้อมบันทึกข้อมูลลงในตารางที่ 4.7 พบว่าความถูกต้อง 100% จำนวน 9 รอบ หรือมีความถูกต้องเฉลี่ยที่ 99%

ตารางที่ 4.7 ผลการคัดเกรดแบบ 3 ขนาด ที่อัตราเร็ว 960 ผล/ชั่วโมง

รอบที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ขนาดเล็ก	ถูก	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2
	ผิด	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ขนาดกลาง	ถูก	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	ผิด	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ขนาดใหญ่	ถูก	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	ผิด	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ค่าความถูกต้อง		100%	100%	100%	100%	100%	90%	100%	100%	100%	100%

เมื่อนำมะม่วงทั้ง 10 ผล มาคัดเกรดโดยแบ่งการคัดเกรดเป็น 4 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (มวลน้อยกว่า 280 กรัม) ขนาดกลาง (มวล 280-349 กรัม) ขนาดใหญ่ (มวล 350-399 กรัม) และขนาดใหญ่พิเศษ (มวลตั้ง 400 กรัม ขึ้นไป) ที่อัตราเร็ว 960 ผล/ชั่วโมง แล้วตรวจนับจากกระบะคัดแยก จำนวน 10 รอบ พร้อมบันทึกข้อมูลลงในตารางที่ 4.8 พบว่ามีความถูกต้อง 100% จำนวน 6 รอบ หรือมีความถูกต้องเฉลี่ยที่ 96%

ตารางที่ 4.8 ผลการคัดเกรดแบบ 4 ขนาด ที่อัตราเร็ว 960 ผล/ชั่วโมง

รอบที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ขนาดเล็ก	ถูก	3	2	2	2	2	3	3	3	3	3
	ผิด	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ขนาดกลาง	ถูก	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	ผิด	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
ขนาดใหญ่	ถูก	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	ผิด	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ขนาดใหญ่พิเศษ	ถูก	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	ผิด	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ค่าความถูกต้อง		100%	90%	90%	90%	90%	100%	100%	100%	100%	100%

เมื่อนำมะม่วงทั้ง 10 ผล มาคัดเกรดโดยแบ่งการคัดเกรดเป็น 2 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (มวลน้อยกว่า 310 กรัม) และขนาดใหญ่ (มวลตั้งแต่ 310 กรัมขึ้นไป) ที่อัตราเร็ว 1920 ผล/ชั่วโมง แล้วตรวจนับจากกระบะคัดแยก จำนวน 10 รอบ พร้อมบันทึกข้อมูลลงในตารางที่ 4.9 พบว่ามีความถูกต้อง 100% จำนวน 8 รอบ เพราะฉะนั้นความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ 98%

ตารางที่ 4.9 ผลการคัดเกรดแบบ 2 ขนาด ที่อัตราเร็ว 1920 ผล/ชั่วโมง

รอบที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ขนาดเล็ก	ถูก	6	6	5	5	6	6	6	6	6	6
	ผิด	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
ขนาดใหญ่	ถูก	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4
	ผิด	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ค่าความถูกต้อง		100%	100%	100%	100%	100%	100%	90%	90%	100%	100%

เมื่อนำมะม่วงทั้ง 10 ผล มาคัดเกรดโดยแบ่งการคัดเกรดเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (มวลน้อยกว่า 270 กรัม) ขนาดกลาง (มวล 270-379 กรัม) และขนาดใหญ่ (มวลตั้งแต่ 380 กรัมขึ้นไป) ที่อัตราเร็ว 1920 ผล/ชั่วโมง แล้วตรวจนับจากกระบะคัดแยก จำนวน 10 รอบ พร้อมบันทึกข้อมูลลงในตารางที่ 4.10 พบว่ามีความถูกต้อง 100% จำนวน 4 รอบ หรือมีความถูกต้องเฉลี่ยที่ 92%

ตารางที่ 4.10 ผลการคัดเกรดแบบ 3 ขนาด ที่อัตราเร็ว 1920 ผล/ชั่วโมง

รอบที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ขนาดเล็ก	ถูก	1	1	2	1	1	2	1	2	1	2
	ผิด	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ขนาดกลาง	ถูก	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	ผิด	2	1	0	1	1	0	1	0	1	0
ขนาดใหญ่	ถูก	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	ผิด	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ค่าความถูกต้อง		70%	90%	100%	90%	90%	100%	90%	100%	90%	100%

เมื่อนำมะม่วงทั้ง 10 ผล มาคัดเกรดโดยแบ่งการคัดเกรดเป็น 4 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (มวลน้อยกว่า 280 กรัม) ขนาดกลาง (มวล 280-349 กรัม) ขนาดใหญ่ (มวล 350-399 กรัม) และขนาดใหญ่พิเศษ (มวลตั้ง 400 กรัม ขึ้นไป) ที่อัตราเร็ว 1920 ผล/ชั่วโมง แล้วตรวจนับจากกระบะคัดแยก จำนวน 10 รอบ พร้อมบันทึกข้อมูลลงในตารางที่ 4.11 พบว่ามีความถูกต้อง 100% จำนวน 7 รอบ และมีความถูกต้องเฉลี่ยที่ 97%

ตารางที่ 4.11 ผลการคัดเกรดแบบ 4 ขนาด ที่อัตราเร็ว 1920 ผล/ชั่วโมง

รอบที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ขนาดเล็ก	ถูก	3	3	3	2	3	3	3	2	2	3
	ผิด	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ขนาดกลาง	ถูก	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	ผิด	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
ขนาดใหญ่	ถูก	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	ผิด	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ขนาดใหญ่พิเศษ	ถูก	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	ผิด	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ค่าความถูกต้อง		100%	100%	100%	90%	100%	100%	100%	90%	90%	100%

4.1.5) ผลทดลองการแสดงผลรวมทางหน้าจอแบบสัมผัสในเมนูผลการคัดขนาด

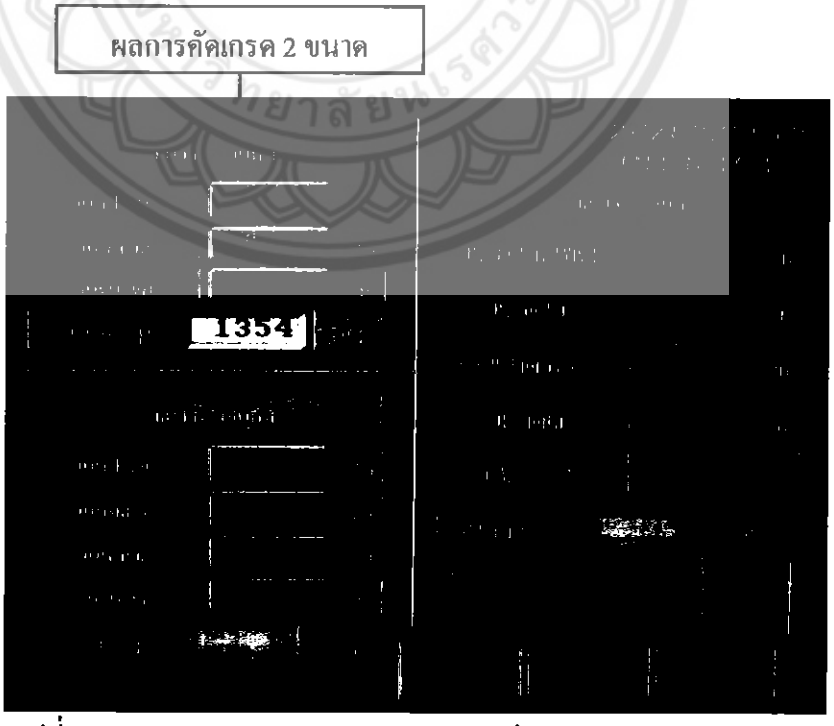
เป็นการทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการแสดงผลรวมทางหน้าจอแบบสัมผัส ในหน้าเมนูผลการคัดขนาด ในรูปที่ 3.5 สามารถแบ่งเป็นการทดลองได้ 3 อย่างคือ ทดลองผลของการคัดเกรดแบบ 2 ขนาด, 3 ขนาด และ 4 ขนาด ดังต่อไปนี้

นำมะม่วง 5 ผล มาทำการคัดเกรดแบบ 2 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (มวลน้อยกว่า 300 กรัม) และขนาดใหญ่ (มวลตั้งแต่ 301 กรัมขึ้นไป) พร้อมกับบันทึกค่าน้ำหนักมะม่วงและขนาดของมะม่วงลงในตารางที่ 4.12 โดยมี ขนาดเล็ก 3 ผล ขนาดใหญ่ 2 ผล และค่ามวลรวม 1354 กรัม

ตารางที่ 4.12 ค่ามวลที่แสดงทางหน้าจอแบบสัมผัส ในการคัดเกรดแบบ 2 ขนาด

ผลที่	ค่ามวลที่ผ่านเครื่องคัดเกรด (กรัม)	ขนาด
1	376	ใหญ่
2	324	ใหญ่
3	265	เล็ก
4	222	เล็ก
5	167	เล็ก
รวม	1354	5 ผล

เมื่อนำผลที่ได้จากตารางที่ 4.12 มาเปรียบเทียบกับผลการคัดขนาดทางหน้าจอแบบสัมผัส ในเมนูการแสดงผลการคัดเกรดแบบ 2 ขนาด ในรูปที่ 4.15 พบว่ามีความถูกต้องตรงตามที่แสดงทางหน้าจอแบบสัมผัสขณะทำการคัดเกรด



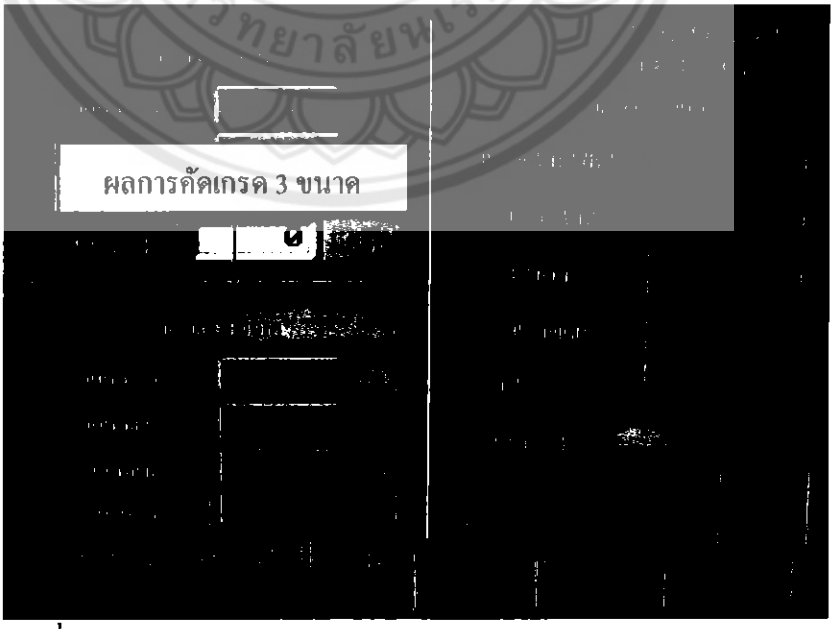
รูปที่ 4.15 ผลการคัดเกรดแบบ 2 ขนาด ในหน้าเมนูแสดงผลการคัดขนาด

นำมะม่วง 5 ผล มาทำการคัดเกรดแบบ 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (มวลน้อยกว่า 250 กรัม) ขนาดกลาง (มวล 251-299 กรัม) และขนาดใหญ่ (มวลตั้งแต่ 300 กรัมขึ้นไป) พร้อมกับบันทึกค่าน้ำหนักมะม่วงและขนาดของมะม่วงลงในตารางที่ 4.13 โดยมี ขนาดเล็ก 2 ผล ขนาดกลาง 1 ผล ขนาดใหญ่ 2 ผล และค่ามวลรวม 1345 กรัม

ตารางที่ 4.13 ค่ามวลที่แสดงทางหน้าจอแบบสัมผัส ในการคัดเกรดแบบ 3 ขนาด

ผลที่	ค่ามวลที่ผ่านเครื่องคัดเกรด (กรัม)	ขนาด
1	373	ใหญ่
2	323	ใหญ่
3	263	กลาง
4	221	เล็ก
5	165	เล็ก
รวม	1345	5 ผล

เมื่อนำผลที่ได้จากตารางที่ 4.13 มาเปรียบเทียบกับผลการคัดขนาดทางหน้าจอแบบสัมผัส ในเมนูการแสดงผลการคัดเกรดแบบ 3 ขนาด ในรูปที่ 4.16 พบว่ามีความถูกต้องตรงตามที่แสดงทางหน้าจอแบบสัมผัสขณะทำการคัดเกรด



รูปที่ 4.16 ผลการคัดเกรดแบบ 3 ขนาด ในหน้าเมนูแสดงผลการคัดขนาด

นำมะม่วง 5 ผล มาทำการคัดเกรดแบบ 4 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (มวลน้อยกว่า 250 กรัม) ขนาดกลาง (มวล 251-299 กรัม) ขนาดใหญ่ (มวล 300-349 กรัม) และขนาดใหญ่พิเศษ (มวลตั้งแต่ 350 กรัม ขึ้นไป) พร้อมกับบันทึกค่าน้ำหนักมะม่วงและขนาดของมะม่วงลงในตารางที่ 4.14 โดยมีขนาดเล็ก 2 ผล ขนาดกลาง 1 ผล ขนาดใหญ่ 1 ผล และขนาดใหญ่พิเศษ 1 ผล และค่ามวลรวมที่ผ่านเครื่องคัดเกรดมะม่วง 1379 กรัม

ตารางที่ 4.14 ค่ามวลที่แสดงทางหน้าจอแบบสัมผัส ในการคัดเกรดแบบ 4 ขนาด

ผลที่	ค่ามวลที่ผ่านเครื่องคัดเกรด (กรัม)	ขนาด
1	381	ใหญ่พิเศษ
2	331	ใหญ่
3	270	กลาง
4	227	เล็ก
5	170	เล็ก
รวม	1379	5 ผล

เมื่อนำผลที่ได้จากตารางที่ 4.14 มาเปรียบเทียบกับผลการคัดขนาดทางหน้าจอแบบสัมผัส ในเมนูการแสดงผลการคัดเกรดแบบ 4 ขนาด ดังรูปที่ 4.17 พบว่ามีความถูกต้องตรงตามที่แสดงทางหน้าจอแบบสัมผัสขณะทำการคัดเกรด

รูปที่ 4.17 ผลการคัดเกรดแบบ 4 ขนาด ในหน้าเมนูแสดงผลการคัดขนาด

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.2.1) วิเคราะห์ผลการทดลองสั่งการในแบบวิธีสั่งการด้วยมือและแบบวิธีอัตโนมัติ

จากผลการทดลองพบว่าการควบคุมผ่านทางหน้าจอแบบสัมผัส สามารถใช้งานแทนสวิตช์ได้ โดยที่การทำงานในแบบวิธีสั่งการด้วยมือจะต้องทำการเลือกมอเตอร์ของสายพานที่ต้องการให้ทำงานหรือหยุดการทำงานของมอเตอร์แต่ละตัว เมื่อกดปุ่ม MAN ให้หยุดการทำงาน ก็จะเป็นการหยุดมอเตอร์ทั้ง 3 ตัวพร้อมกันทันที ส่วนการทำงานในแบบวิธีอัตโนมัติ เครื่องจะมีการเริ่มการทำงานของมอเตอร์สายพานชั่งมวล จากนั้นอีก 1 วินาที มอเตอร์สายพานลำเลียงจะเริ่มทำงาน และหลังจากนั้นอีก 1 วินาที มอเตอร์สายพานชั่งมวลจึงเริ่มทำงานและเมื่อทำการกดปุ่ม AUTO ให้หยุดการทำงาน มอเตอร์ทั้ง 3 ตัว จะหยุดการทำงานพร้อมกันทันที และเมื่อทำการกดปุ่ม AUTO และ MAN จะต้องไม่มีการทำงานทั้งสองแบบวิธี (ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง)

4.2.2) วิเคราะห์ผลการทดลองปรับอัตราเร็วมอเตอร์

จากผลการทดลองพบว่าสายพานจะไม่เดินที่ระดับอัตราเร็ว 0 และอัตราเร็วที่สามารถทำการคัดเกรดได้สอดคล้องและเว้นระยะพอดี (มะม่วงไม่ซ้อนกันบนสายพานชั่งมวล) จะมีค่าระดับอัตราเร็ว มอเตอร์ M1, M2 และ M3 คือ 1, 4 และ 4 ตามลำดับซึ่งมีอัตราเร็วในการคัดเกรด 540 ผล/ชั่วโมง, ระดับอัตราเร็ว 2, 6 และ 6 ตามลำดับซึ่งมีอัตราเร็วในการคัดเกรด 960 ผล/ชั่วโมง, ระดับอัตราเร็ว 3, 9 และ 9 ตามลำดับซึ่งมีอัตราเร็วในการคัดเกรด 1440 ผล/ชั่วโมง และระดับอัตราเร็ว 4, 9 และ 9 ตามลำดับซึ่งมีอัตราเร็วในการคัดมะม่วง 1920 ผล/ชั่วโมง

4.2.3) วิเคราะห์ผลการทดลองชั่งมวลมะม่วง

จากผลการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยมวลที่อัตราเร็วต่ำจะมีค่าใกล้เคียงค่ามวลจริงมากกว่าที่อัตราเร็วสูงขึ้น โดยที่อัตราเร็ว 540 ผล/ชั่วโมง มีค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยของมะม่วงผลที่ 1 (424 กรัม) ผลที่ 2 (299 กรัม) และ ผลที่ 3 (226 กรัม) คือ 2.88 กรัม, 1.72 กรัม และ 1.84 กรัม ตามลำดับ ที่อัตราเร็ว 960 ผล/ชั่วโมง มีค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยของมะม่วงผลที่ 1 (424 กรัม) ผลที่ 2 (299 กรัม) และ ผลที่ 3 (226 กรัม) คือ 4.76 กรัม, 2.28 กรัม และ 2.24 กรัม ตามลำดับ และที่อัตราเร็ว 1920 ผล/ชั่วโมง มีค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยของมะม่วงผลที่ 1 (424 กรัม) ผลที่ 2 (299 กรัม) และ ผลที่ 3 (226 กรัม) คือ 5.04 กรัม, 4.6 กรัม และ 5 กรัม ตามลำดับโดยค่ามวลที่ผิดพลาดเกิดจากการสั่นของมอเตอร์และรอยต่อของสายพาน ในจังหวะที่โปรแกรมทำการประมวลผลมวลมะม่วง

4.2.4) วิเคราะห์ผลการทดลองความถูกต้องในการคัดเกรด

จากผลการทดลองพบว่ายิ่งอัตราเร็วสายพานช้า จะมีความถูกต้องในการคัดเกรดมากขึ้น อัตราเร็วเพิ่มมากขึ้นก็จะมีความผิดพลาดมากยิ่งขึ้น โดยอัตราเร็ว 540 ผล/ชั่วโมง มีความถูกต้องในการคัดเกรดแบบ 2, 3 และ 4 ขนาด เฉลี่ยที่ 98%, 100% และ 100% ตามลำดับ อัตราเร็ว 960 ผล/ชั่วโมง มีความถูกต้องในการคัดเกรดแบบ 2, 3 และ 4 ขนาด เฉลี่ยที่ 99%, 99% และ 96% ตามลำดับ

และอัตราเร็ว 1920 ผล/ชั่วโมง มีความถูกต้องในการคัดเกรดแบบ 2, 3 และ 4 ขนาด เฉลี่ยที่ 98%, 92% และ 97% ตามลำดับ ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมาจากความคลาดเคลื่อนทางมวลของมะม่วงที่มีมวลใกล้เคียงกับค่ามวลที่ใช้การแบ่งแยกเกรดมะม่วงดังนั้นยิ่งอัตราเร็วน้อยมีความแม่นยำทางมวลสูงกว่า จึงทำให้การคัดเกรดถูกต้องมากกว่าการคัดเกรดที่อัตราเร็วสูง

4.2.5) วิเคราะห์ผลการทดลองการแสดงผลรวมทางหน้าจอแบบสัมผัสในเมนูผลการคัดขนาด

จากผลการทดลองพบว่าสามารถแสดงผลรวมการคัดเกรด ในหน้าเมนูผลการคัดขนาด ทั้งด้านจำนวนของแต่ละขนาดและค่ามวลรวม ตรงกับค่าที่แสดงทางหน้าจอแบบสัมผัสขณะทำการคัดเกรด ไม่มีการนับเกินและนับขาด

บทที่ 5
บทสรุป

ในบทนี้ จะกล่าวถึงสรุปผลการดำเนินงานในโครงงานที่ได้นำเสนอการพัฒนาโปรแกรมแลดเดอร์และโปรแกรมหน้าจอแบบสัมผัสซึ่งใช้สำหรับการคัดเกรดมะม่วงตามเกณฑ์มวล และได้นำเสนอปัญหาต่างๆ และแนวทางแก้ไขดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

คณะผู้ดำเนินโครงงานได้พัฒนาโปรแกรมซึ่งสามารถใช้ควบคุมเครื่องคัดเกรดมะม่วง ด้วยตัวพีแอลซีผ่านทางหน้าจอแบบสัมผัสแทนการใช้สวิตช์ปิด/เปิด และสวิตช์ปุ่มปรับอัตราเร็วจากเดิมได้ตรงตามที่ออกแบบไว้ และผู้จัดทำยังได้พัฒนาโปรแกรมแลดเดอร์ซึ่งใช้สำหรับการประมาณค่ามวลของมะม่วงที่ละผลขณะที่ไหลอยู่บนสายพานของเครื่องชั่งด้วยอัตราเร็วที่เหมาะสม 4 ระดับ คือ 540 ผล/ชั่วโมง 960 ผล/ชั่วโมง 1440 ผล/ชั่วโมง และ 1920 ผล/ชั่วโมง ในการคัดเกรดมวลของมะม่วงตามเกณฑ์มวลที่กำหนดไว้มีทั้งหมด 3 แบบ คือ (ก) แบบ 2 ขนาด (ขนาดเล็กและใหญ่) (ข) แบบ 3 ขนาด (ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่) และ (ค) แบบ 4 ขนาด (ขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ และใหญ่พิเศษ) พร้อมทั้งได้พัฒนาโปรแกรมซึ่งใช้สำหรับแสดงผลลัพธ์ของการคัดเกรดขนาดมวลของมะม่วงตามแบบต่างๆ บนหน้าจอแบบสัมผัสได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของสายพานบนเครื่องชั่งที่พัฒนาขึ้น พบว่า ค่าเฉลี่ยมวลที่อัตราเร็วของสายพานต่ำจะมีค่าใกล้เคียงค่ามวลจริงมากกว่าที่อัตราเร็วสูงขึ้น โดยที่อัตราเร็ว 540 ผล/ชั่วโมง มีค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยของมะม่วงผลที่ 1 (มวลจริง 424 กรัม) ผลที่ 2 (มวลจริง 299 กรัม) และ ผลที่ 3 (มวลจริง 226 กรัม) คือ 2.88 กรัม, 1.72 กรัม และ 1.84 กรัม ตามลำดับ ที่อัตราเร็ว 960 ผล/ชั่วโมง และยังมีค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยของมะม่วงผลที่ 1 ผลที่ 2 และ ผลที่ 3 คือ 4.76 กรัม, 2.28 กรัม และ 2.24 กรัม ตามลำดับ ณ อัตราเร็วของสายพาน 1920 ผล/ชั่วโมง ยังมีค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยของมะม่วงผลที่ 1, 2 และ 3 คือ 5.04 กรัม, 4.60 กรัม และ 5.00 กรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ความผิดพลาดของค่ามวลเหล่านี้เกิดจากจากการสั่นของมอเตอร์และรอยต่อของสายพานในขณะที่โปรแกรมกำลังดำเนินการประมวลผลเพื่อหาการประมาณค่ามวลของมะม่วง

นอกจากนี้ จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของการเกรดขนาดของมะม่วงทั้ง 3 แบบ พบว่า ความถูกต้องในการคัดเกรดของมะม่วงแบบ ก, ข และ ค มีค่าเท่ากับ 98%, 100% และ 100% ตามลำดับ ณ อัตราเร็วของสายพาน 540 ผล/ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 99%, 99% และ 96% ตามลำดับ ณ อัตราเร็วของสายพาน 960 ผล/ชั่วโมง และมีค่าเท่ากับ 98%, 92% และ 97% ตามลำดับ ณ อัตราเร็วของสายพาน 1920 ผล/ชั่วโมง

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

ปัญหาที่ 1 มะม่วงที่ตักขึ้นโดยสายพานยกระดับมักตักขึ้นมาทีละ 2 ผล ทำให้มะม่วงเข้าในสายพานชั่งมวลทีละสองผล ส่งผลให้ไม่สามารถคัดเกรดได้ถูกต้อง โดยมีมวลที่แสดงเป็นของมะม่วงทั้ง 2 ผล

แนวทางแก้ไขปัญหาที่ 1 ปรับปรุงในส่วนถังบรรจุมะม่วงให้ช่องประตูออก มีขนาดพอที่ให้มะม่วงออกได้ทีละผลและแก้ไขกระพ้อให้มีขนาดพอดีกับมะม่วงหนึ่งผล

ปัญหาที่ 2 มะม่วงที่ผ่านการคัดเกรดแล้วบางผลมีการกลิ้งข้ามประตูสะวิงคัดเกรด

แนวทางแก้ไขปัญหาที่ 2 ปรับปรุงแก้ไขประตูสะวิงให้สูงขึ้น

ปัญหาที่ 3 มะม่วงกลิ้งลงไปติดอยู่ที่ประตูสะวิง

แนวทางแก้ไขปัญหาที่ 3 ปรับปรุงแก้ไขขนาดของประตูสะวิงให้มีขนาดบาง

ปัญหาที่ 4 รอยต่อของสายพานส่งผลการประมวลมวลมีค่าที่ผิดพลาดมากขึ้น

แนวทางแก้ไขปัญหาที่ 4 ปรับเปลี่ยนสายพานที่มีรอยต่อบาง หรือเปลี่ยนเป็นสายพานที่ไม่มีรอยต่อ (ความยาวพอดี)

เอกสารอ้างอิง

[1] ปฏิพัทธ์ หงส์สุวรรณ. (2552). **"เรียนรู้และใช้งาน PLC ฉบับสมบูรณ์."** กรุงเทพมหานคร: บริษัทไอดีซีอินโฟดิสทริบิวเตอร์เซ็นเตอร์จำกัด.

[2] รศ.ธีรศิลป์ ทุมวิภาต และสุภาพร จำปาทอง. (2547). **"เรียนรู้ PLC ขั้นกลางด้วยตนเอง."** กรุงเทพมหานคร: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด (หมาชน).

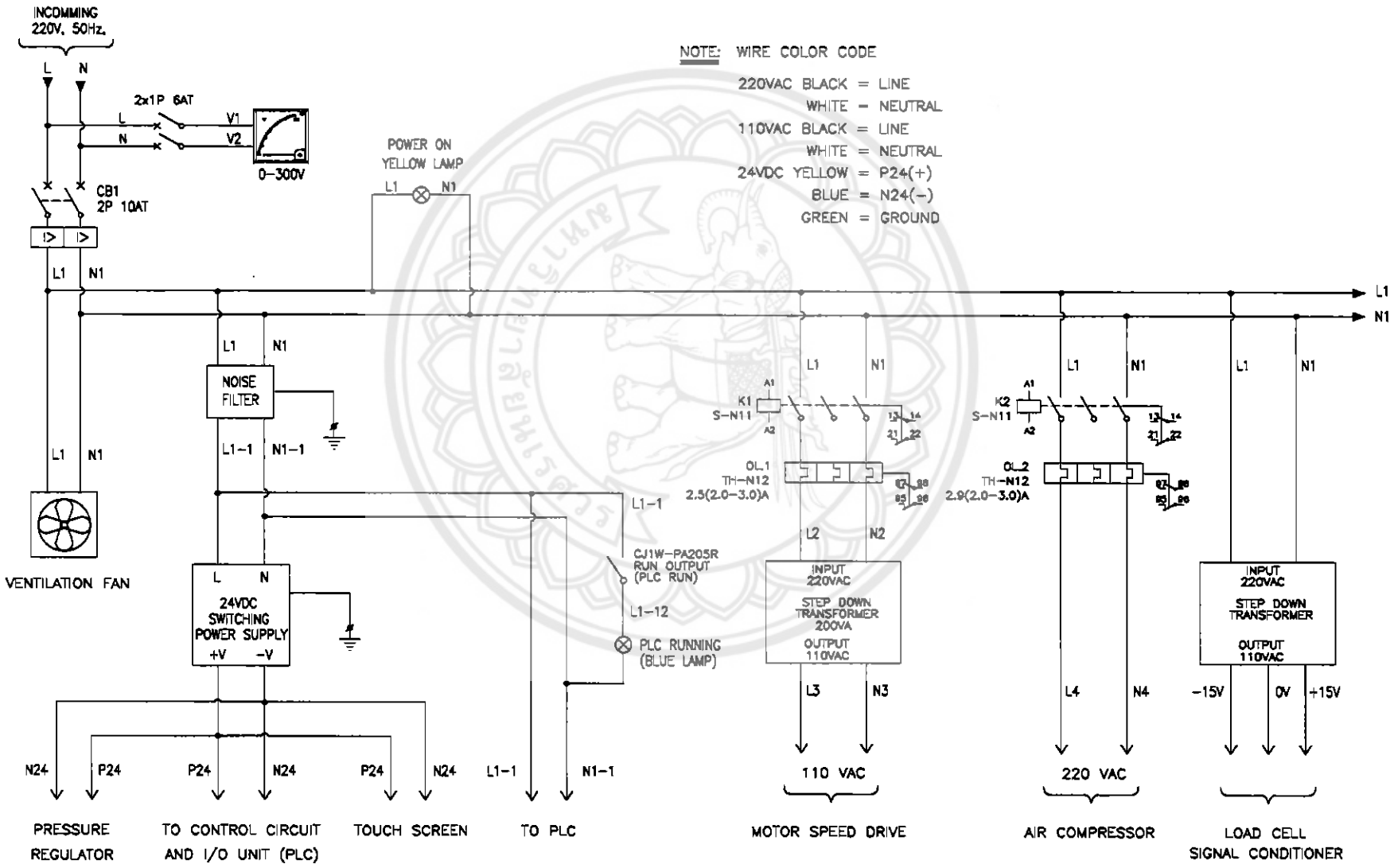
[3] ผศ.ดร. สุชาติ แย้มแม่น ผศ.ดร. พีระศักดิ์ ฉายประสาท และคณะ. (2554). **"เครื่องคัดเกรดมะม่วงโดยใช้เทคนิคการระมวลผลสัญญาณน้ำหนักแบบพลวัต."** มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

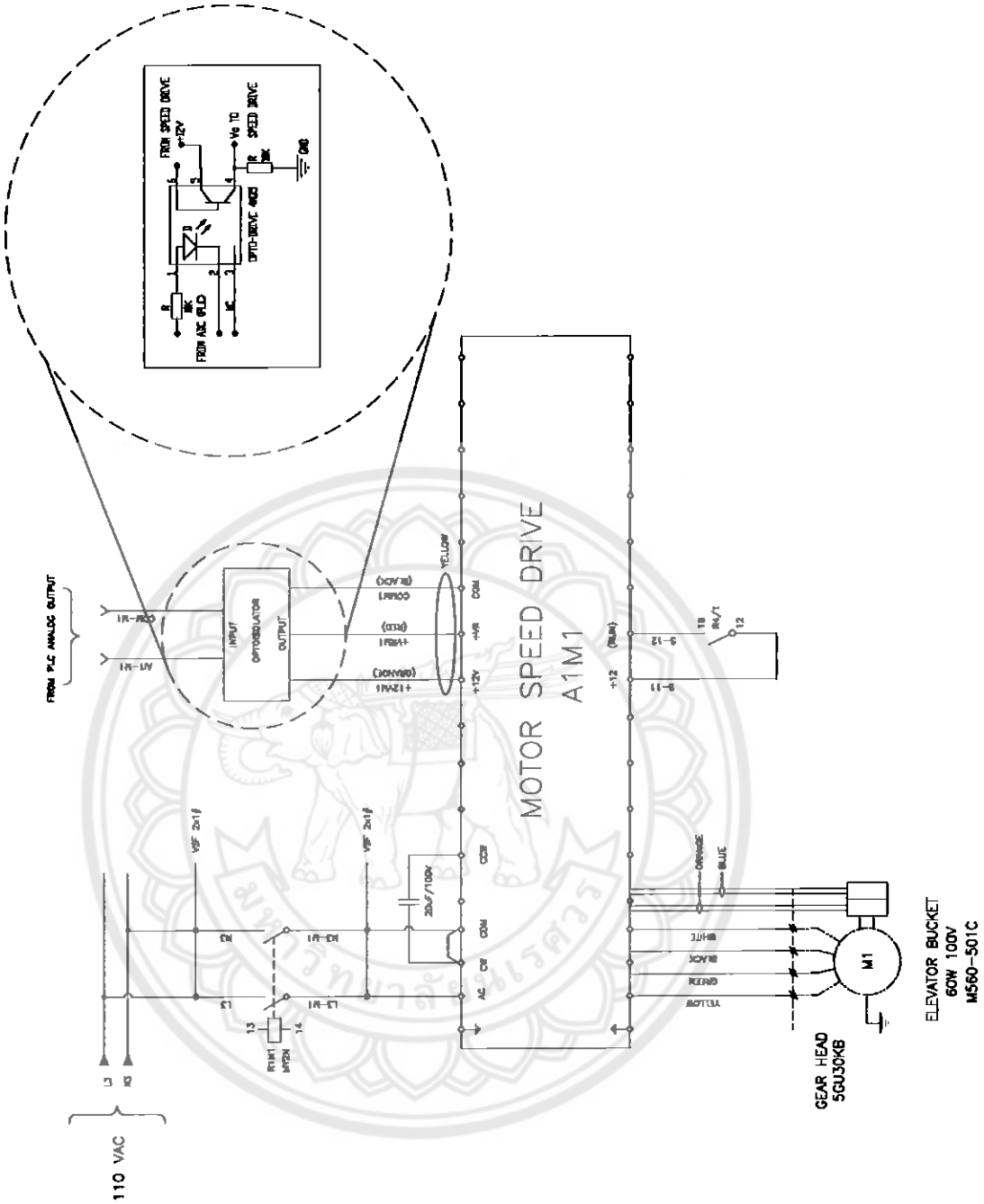
[4] T.TERAKIT AUTOMATION Co., Ltd. (2550). **" OMRON SYSMAC CJ1M Programmable Controllers TRAINING COURES."** กรุงเทพมหานคร: บริษัท ต. ธีรกิจออโตเมชั่น จำกัด

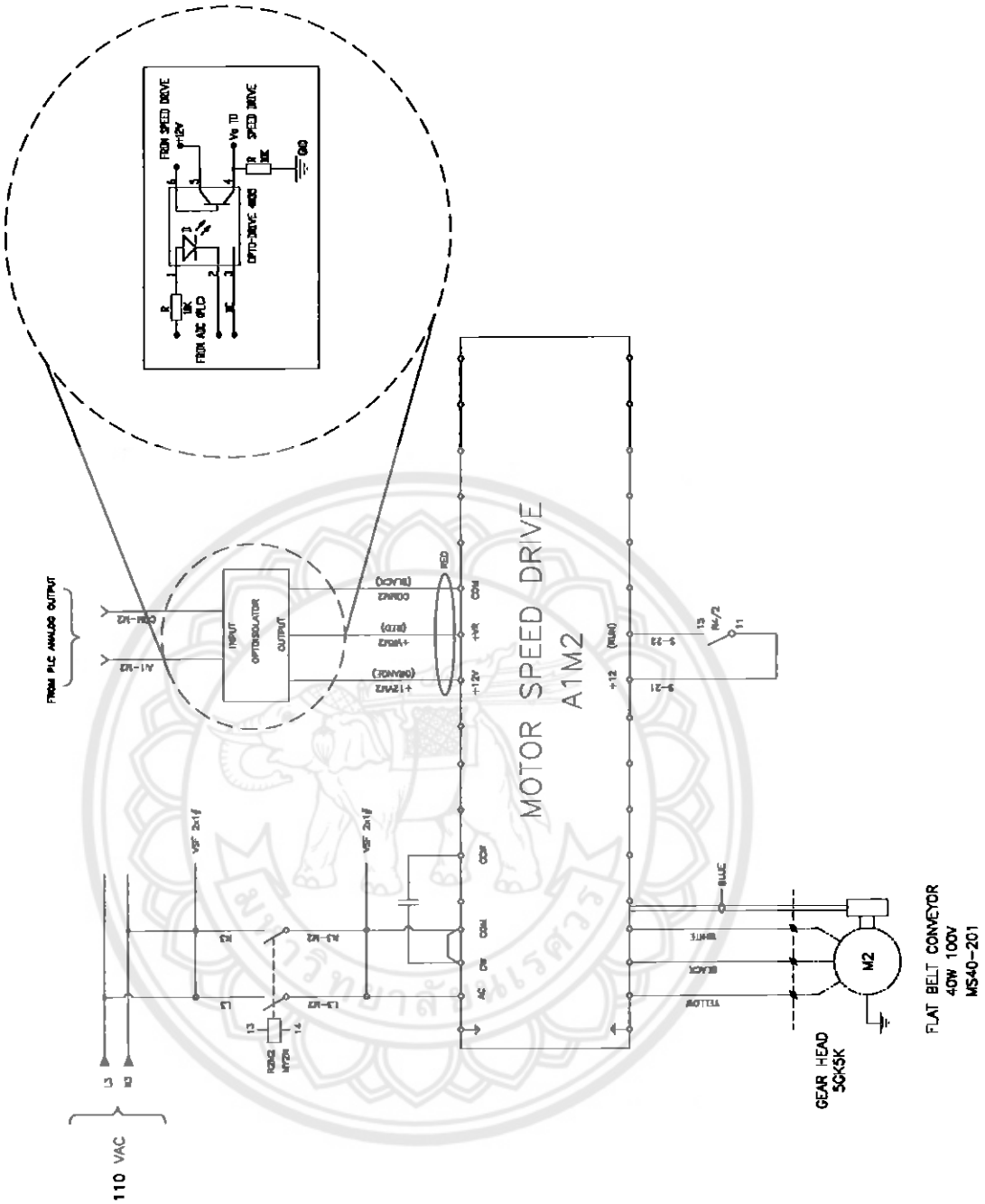
[5] OMRON Corporation Industrial Automation Company Control Devices Division H.Q. PLC Division (2007). **CX-Programmer Introduction Guide.** สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2554, จาก http://www.ia.omron.com

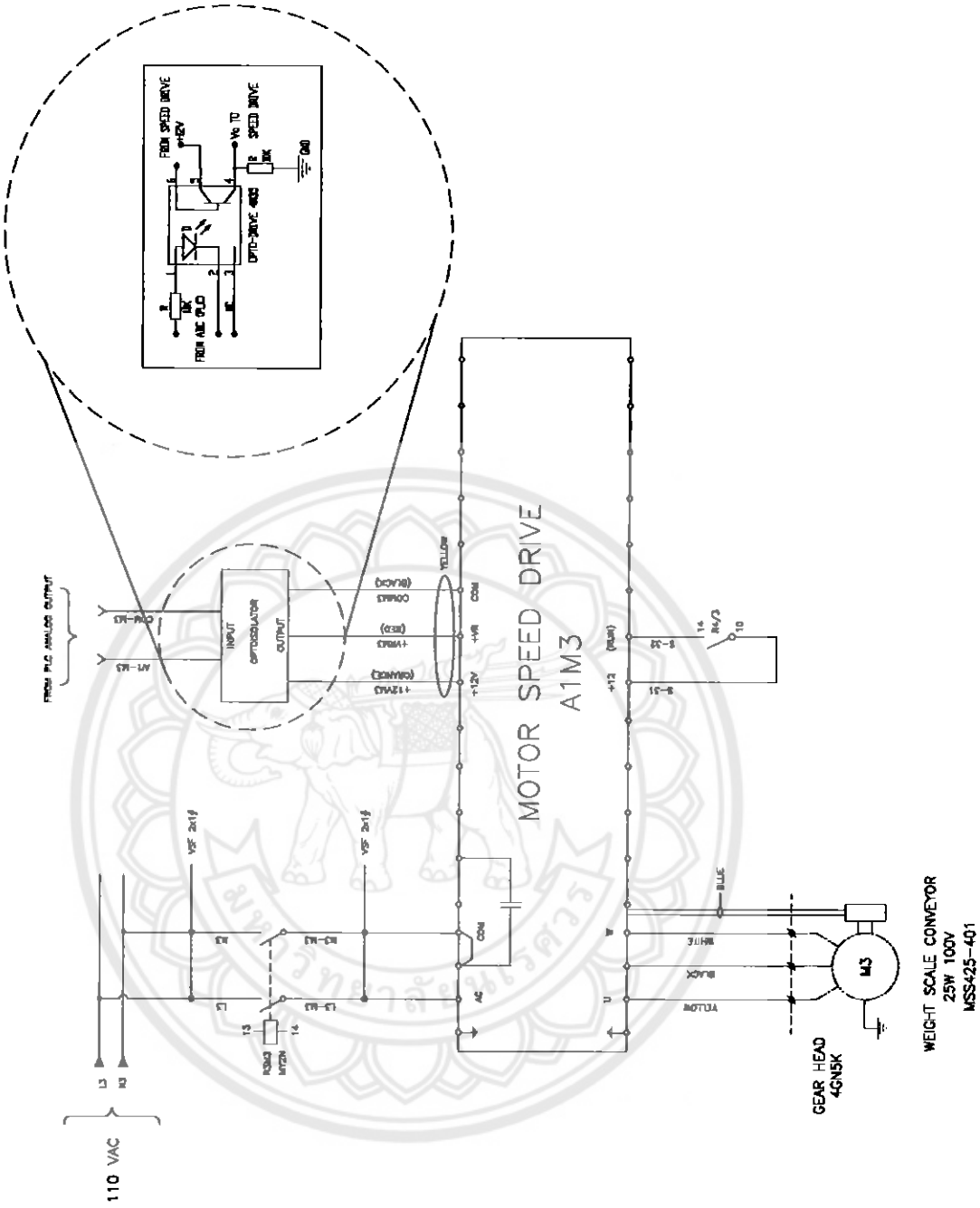
[6] OMRON Corporation Industrial Automation Company Control Devices Division H.Q. PLC Division (2007). **CX-Designer Introduction Guide.** สืบค้นเมื่อ 12 มกราคม 2555, จาก http://www.ia.omron.com

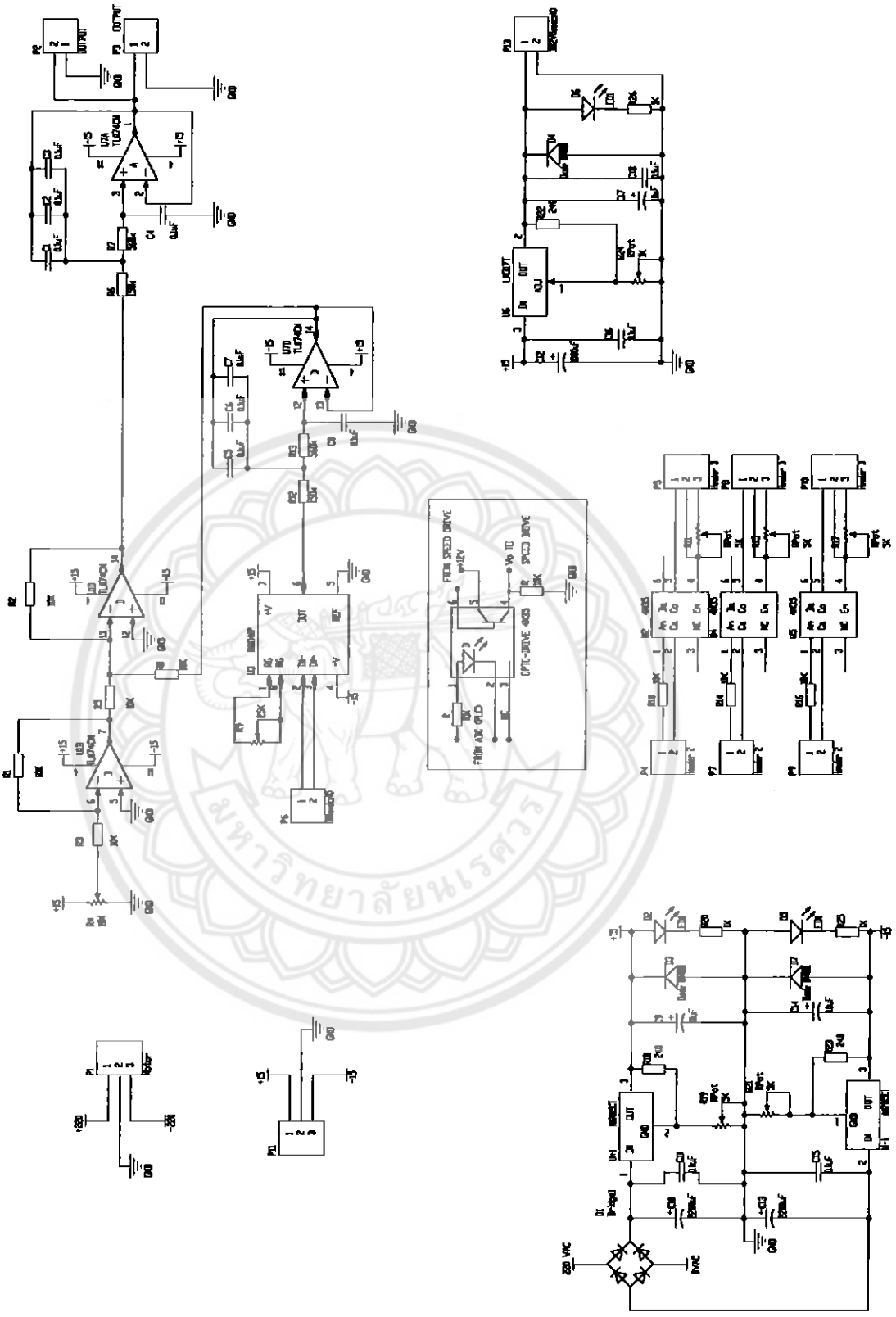
ภาคผนวก ก
แบบสายไฟฟ้าควบคุม

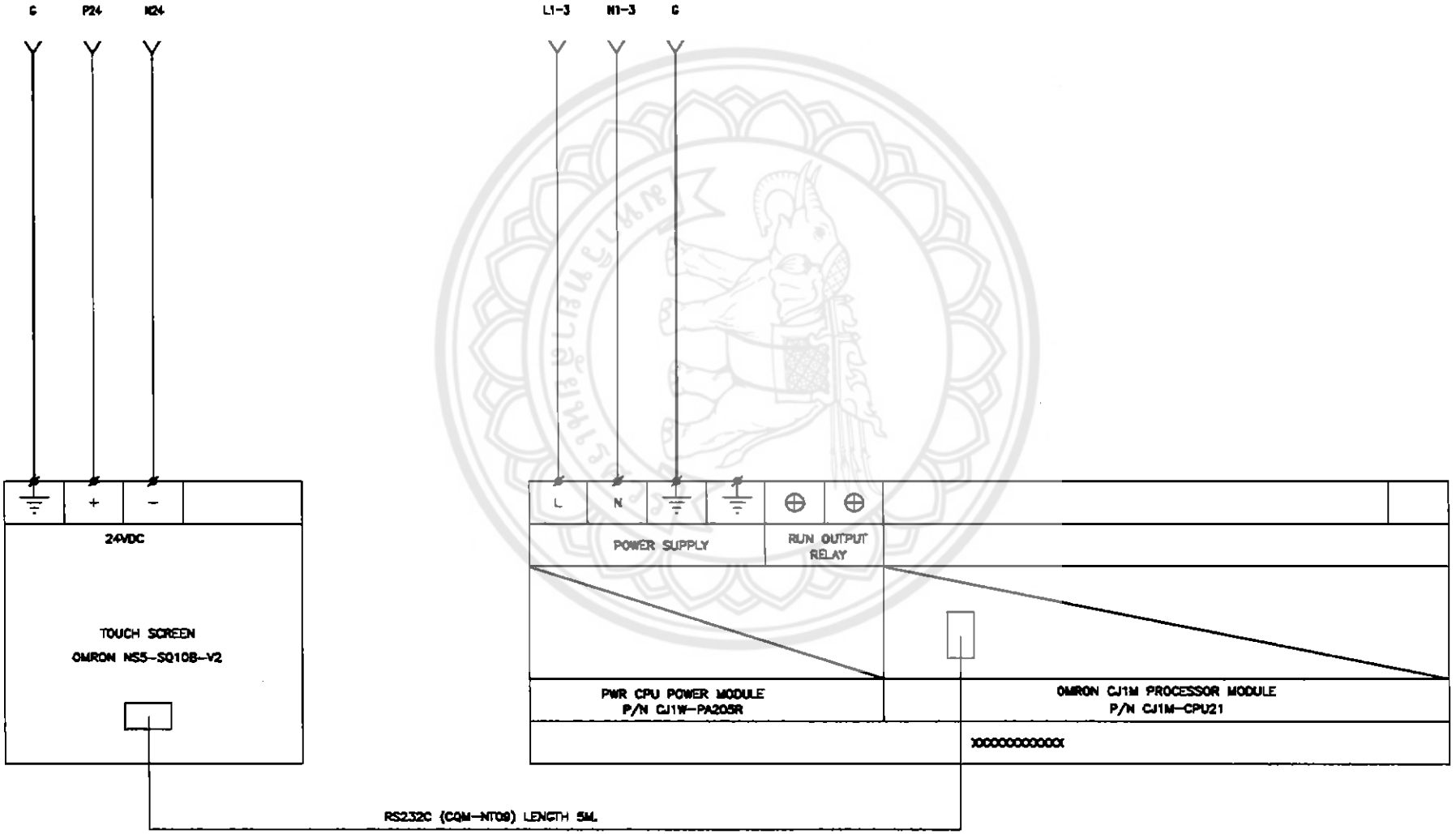

INCOMMING
220V, 50Hz.
L
N
2x1P 6AT
V1
V2
0-300V
CB1
2P 10AT
POWER ON
YELLOW LAMP
NOTE: WIRE COLOR CODE
220VAC BLACK = LINE
WHITE = NEUTRAL
110VAC BLACK = LINE
WHITE = NEUTRAL
24VDC YELLOW = P24(+)
BLUE = N24(-)
GREEN = GROUND
NOISE
FILTER
L1-1
N1-1
VENTILATION FAN
24VDC
SWITCHING
POWER SUPPLY
+V
-V
CJ1W-PA205R
RUN OUTPUT
(PLC RUN)
L1-12
PLC RUNNING
(BLUE LAMP)
K1
S-N11
K2
S-N11
OL.1
TH-N12
2.5(2.0-3.0)A
OL.2
TH-N12
2.9(2.0-3.0)A
INPUT
220VAC
STEP DOWN
TRANSFORMER
200VA
OUTPUT
110VAC
INPUT
220VAC
STEP DOWN
TRANSFORMER
OUTPUT
110VAC
-15V
0V
+15V
N24
P24
110 VAC
220 VAC
PRESSURE
REGULATOR
TO CONTROL CIRCUIT
AND I/O UNIT (PLC)
TOUCH SCREEN
TO PLC
MOTOR SPEED DRIVE
AIR COMPRESSOR
LOAD CELL
SIGNAL CONDITIONER

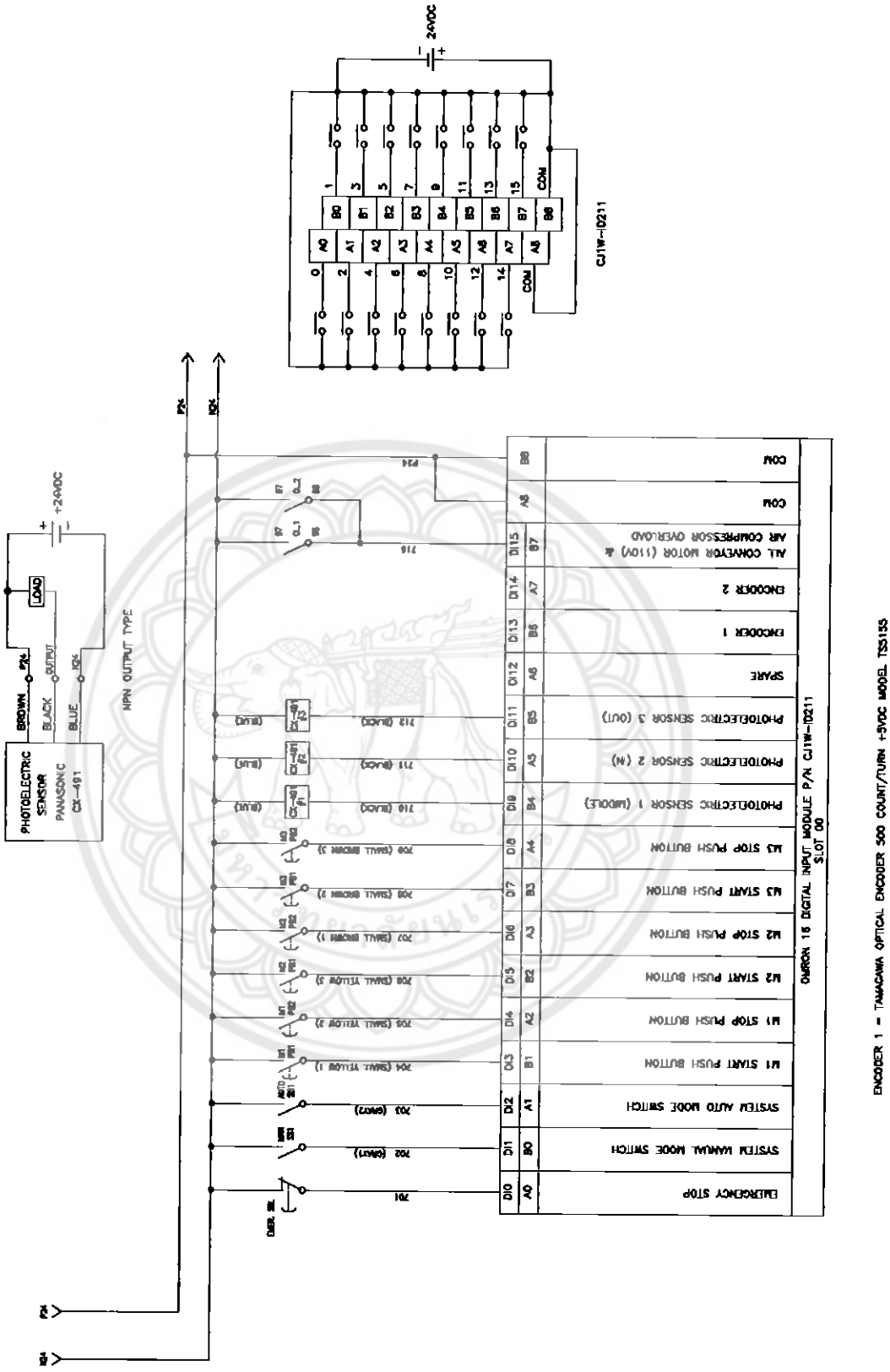

MOTOR SPEED DRIVE
A1M1
FROM PLC ANALOG OUTPUT
INPUT
OPTOISOLATOR
OUTPUT
FROM SPEED DRIVE
+12V
Vo TO
SPEED DRIVE
GND
FROM ADC 0809
YELLOW
COM
+12V
VSP 2x1.0
20uF/100V
ORANGE
BLUE
M1
110 VAC
GEAR HEAD
5GU30KB
ELEVATOR BUCKET
60W 100V
M560-501C

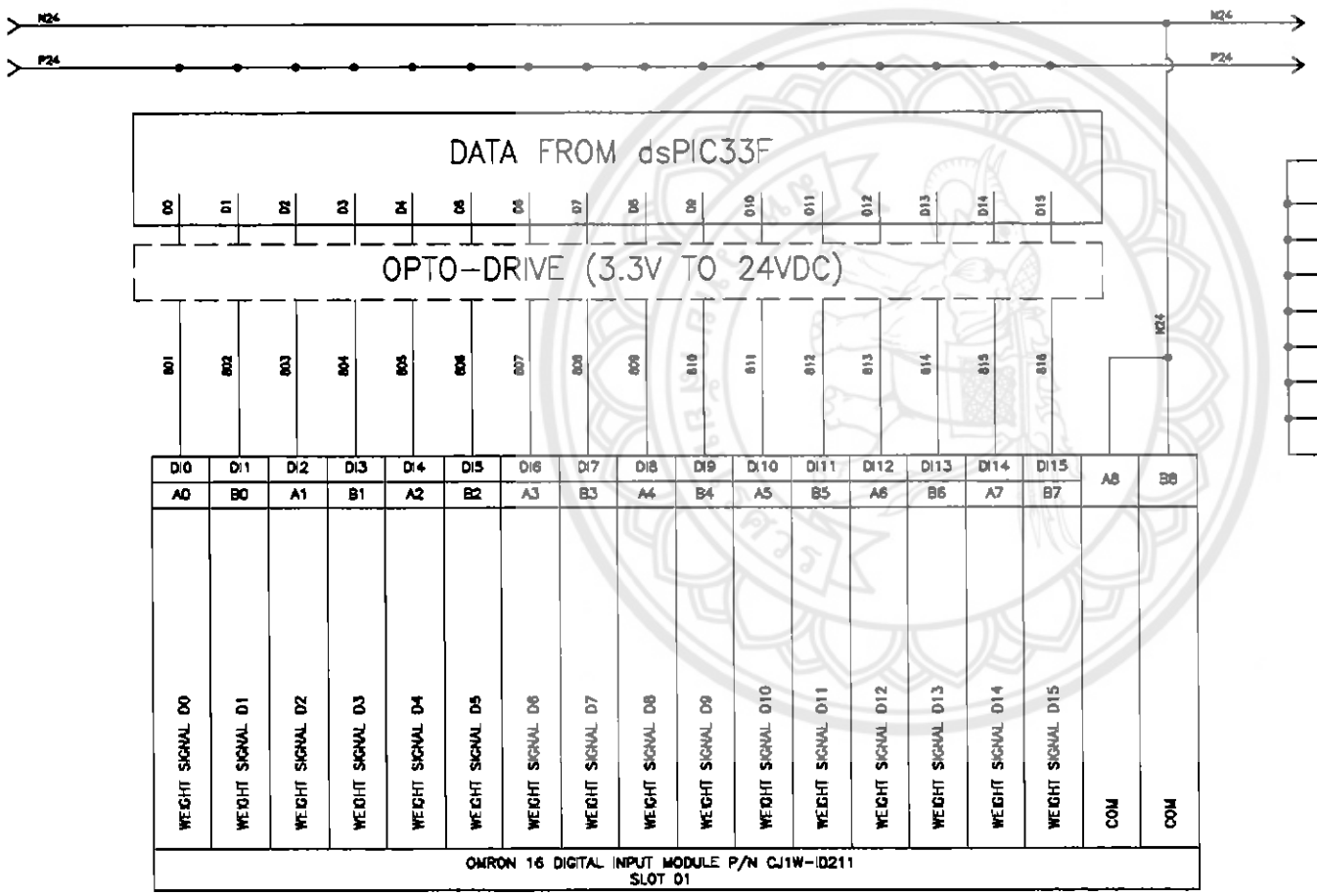

MOTOR SPEED DRIVE
A1M2
FROM PLC ANALOG OUTPUT
OPTOISOLATOR
INPUT
OUTPUT
110 VAC
M2
GEAR HEAD
50K5K
FLAT BELT CONVEYOR
40W 100V
MS40-201

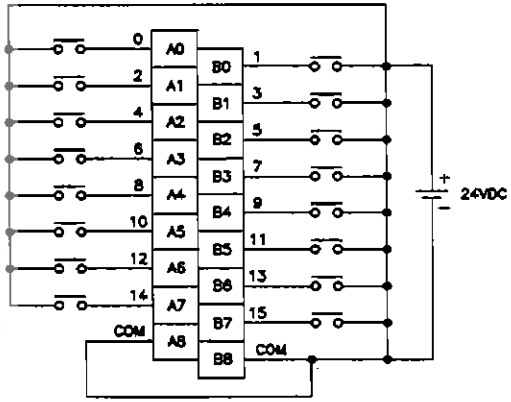

MOTOR SPEED DRIVE
A1M3
110 VAC
GEAR HEAD
4GN5K
WEIGHT SCALE CONVEYOR
25W 100V
MSS425-401
M3
BLUE
WHITE
BLACK
YELLOW
FROM SPEED DRIVE
+12V
Vo TO
SPEED DRIVE
GND
OPTO-ISOLATOR
INPUT
OUTPUT
FROM PLC ANALOG OUTPUT
COM
+VR
+12V
VSF 2x1.6



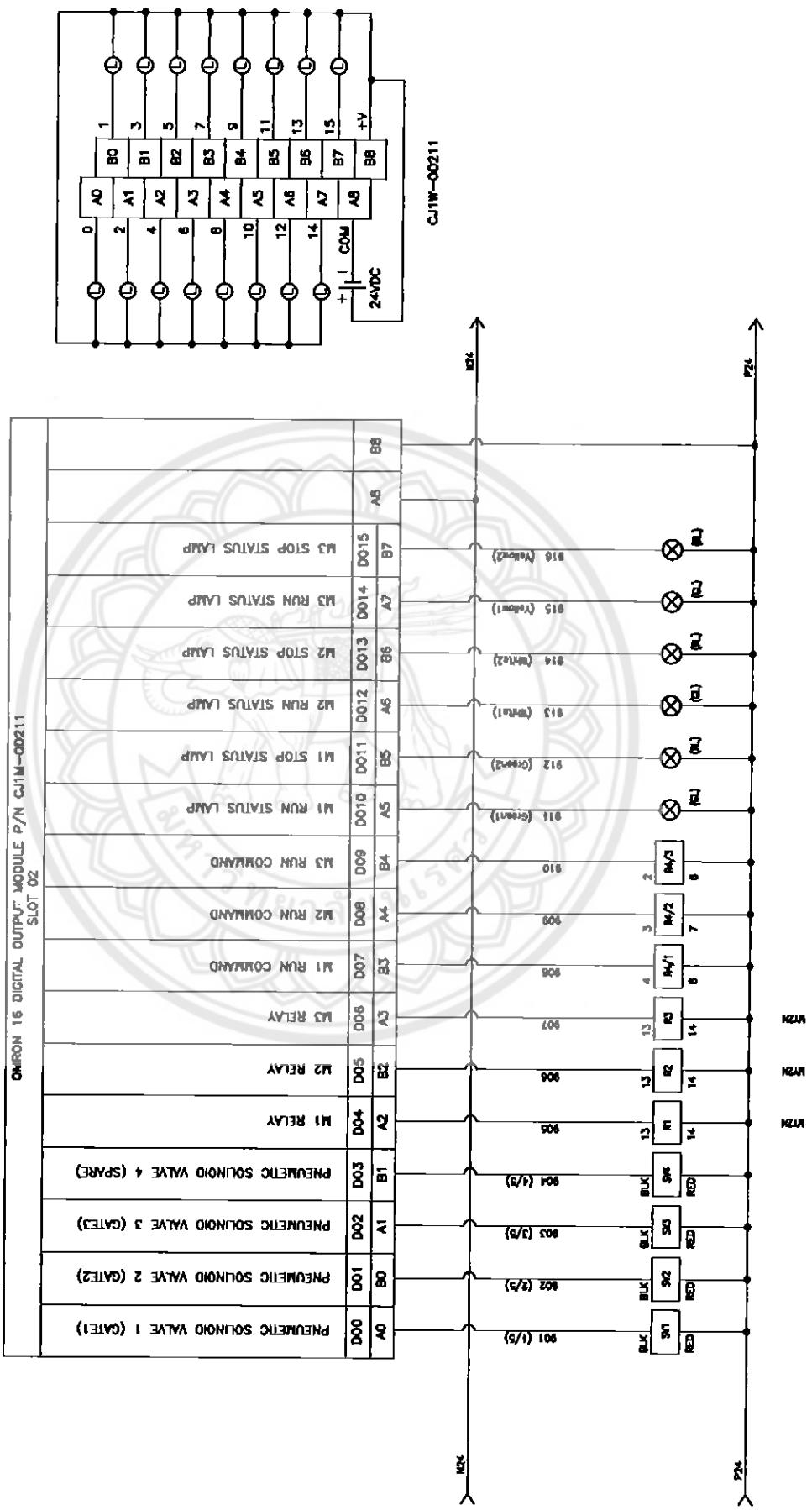

G
P24
M24
L1-3
N1-3
G
+
-
24VDC
TOUCH SCREEN
OMRON NS5-SQ10B-V2
L
N
POWER SUPPLY
RUN OUTPUT
RELAY
PWR CPU POWER MODULE
P/N CJ1W-PA205R
OMRON CJ1M PROCESSOR MODULE
P/N CJ1M-CPU21
RS232C (CQM-NT09) LENGTH 5M.

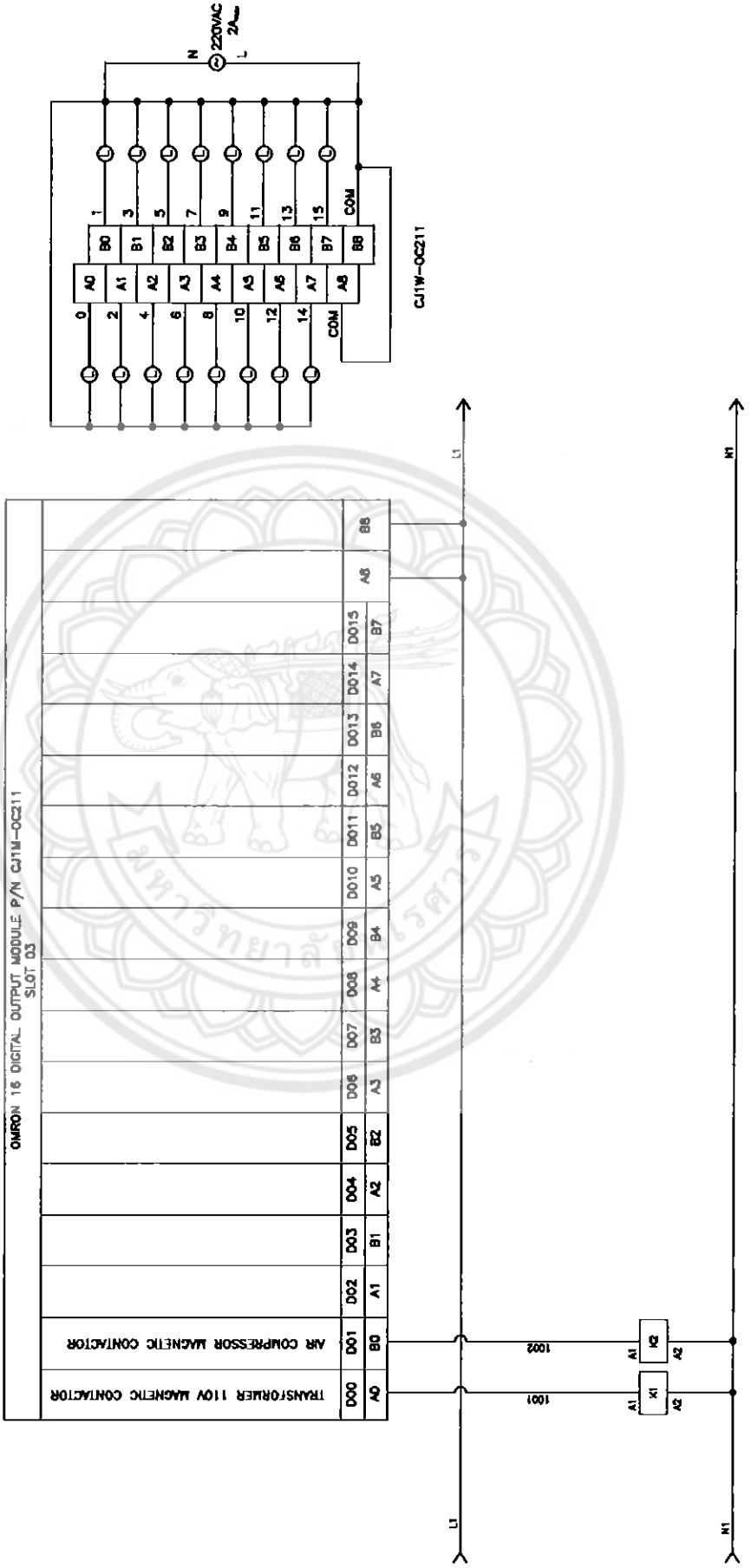

+24VDC
CJ1W-ID211
COM
A0 A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7 A8
B0 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8
0 2 4 6 8 10 12 14
1 3 5 7 9 11 13 15
OMRON 16 DIGITAL INPUT MODULE P/N CJ1W-ID211
SLOT 00
EMERGENCY STOP
SYSTEM MANUAL MODE SWITCH
SYSTEM AUTO MODE SWITCH
M1 START PUSH BUTTON
M1 STOP PUSH BUTTON
M2 START PUSH BUTTON
M2 STOP PUSH BUTTON
M3 START PUSH BUTTON
M3 STOP PUSH BUTTON
PHOTOELECTRIC SENSOR 1 (MODULE)
PHOTOELECTRIC SENSOR 2 (N)
PHOTOELECTRIC SENSOR 3 (OUT)
SPARE
ENCODER 1
ENCODER 2
ALL CONVEYOR MOTOR (110V) &
AIR COMPRESSOR OVERLOAD
COM
COM
P24
N24
PHOTOELECTRIC SENSOR
PANASONIC CX-491
BROWN
BLACK
BLUE
OUTPUT
LOAD
+24VDC
NPN OUTPUT TYPE
ENCODER 1 = TAMAGAWA OPTICAL ENCODER 500 COUNT/TURN +5VDC MODEL TS5155
PHOTOELECTRIC SENSOR 1-3 = PANASONIC MODEL CX-491

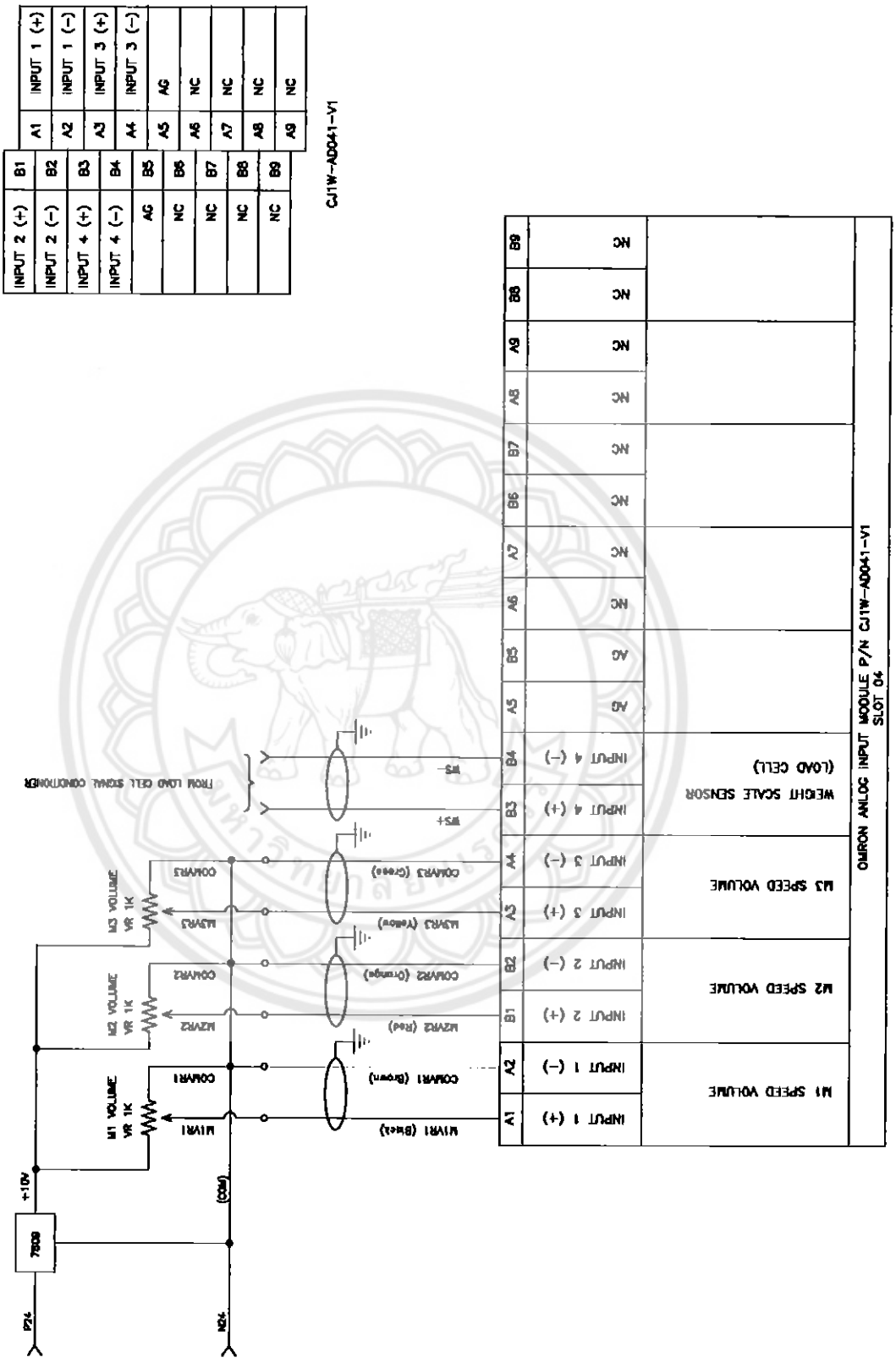

N24
P24
N24
P24
DATA FROM dsPIC33F
OPTO-DRIVE (3.3V TO 24VDC)
N24
DI0 DI1 DI2 DI3 DI4 DI5 DI6 DI7 DI8 DI9 DI10 DI11 DI12 DI13 DI14 DI15 A8 B8
A0 B0 A1 B1 A2 B2 A3 B3 A4 B4 A5 B5 A6 B6 A7 B7
WEIGHT SIGNAL D0
WEIGHT SIGNAL D1
WEIGHT SIGNAL D2
WEIGHT SIGNAL D3
WEIGHT SIGNAL D4
WEIGHT SIGNAL D5
WEIGHT SIGNAL D6
WEIGHT SIGNAL D7
WEIGHT SIGNAL D8
WEIGHT SIGNAL D9
WEIGHT SIGNAL D10
WEIGHT SIGNAL D11
WEIGHT SIGNAL D12
WEIGHT SIGNAL D13
WEIGHT SIGNAL D14
WEIGHT SIGNAL D15
COM
COM
OMRON 16 DIGITAL INPUT MODULE P/N CJ1W-ID211
SLOT 01

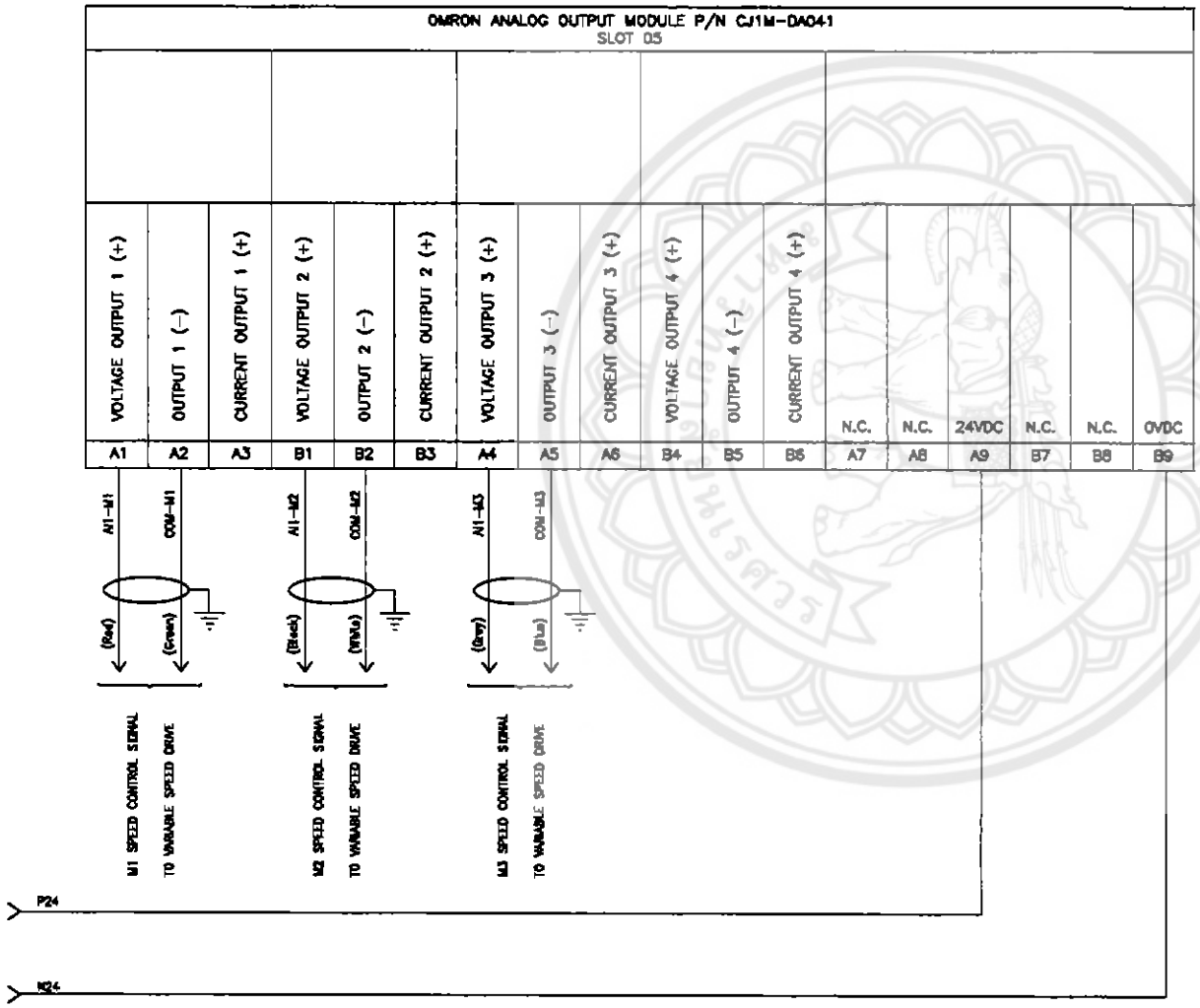

0
2
4
6
8
10
12
14
COM
A0
A1
A2
A3
A4
A5
A6
A7
A8
B0
B1
B2
B3
B4
B5
B6
B7
B8
1
3
5
7
9
11
13
15
COM
+
-
24VDC

CJ1W-ID211


CJ1W-OD211
24VDC
COM
+V
OMRON 16 DIGITAL OUTPUT MODULE P/N CJ1M-OD211
SLOT 02
PNEUMETIC SOLUNOID VALVE 1 (GATE1)
PNEUMETIC SOLUNOID VALVE 2 (GATE2)
PNEUMETIC SOLUNOID VALVE 3 (GATE3)
PNEUMETIC SOLUNOID VALVE 4 (SPARE)
M1 RELAY
M2 RELAY
M3 RELAY
M1 RUN COMMAND
M2 RUN COMMAND
M3 RUN COMMAND
M1 RUN STATUS LAMP
M1 STOP STATUS LAMP
M2 RUN STATUS LAMP
M2 STOP STATUS LAMP
M3 RUN STATUS LAMP
M3 STOP STATUS LAMP
N24
P24


N
220VAC
2A
L
COM
CJ1W-OC211
OMRON 16 DIGITAL OUTPUT MODULE P/N CJ1M-OC211
SLOT 03
TRANSFORMER 110V MAGNETIC CONTACTOR
AIR COMPRESSOR MAGNETIC CONTACTOR
L1
N1
1001
1002
K1
K2

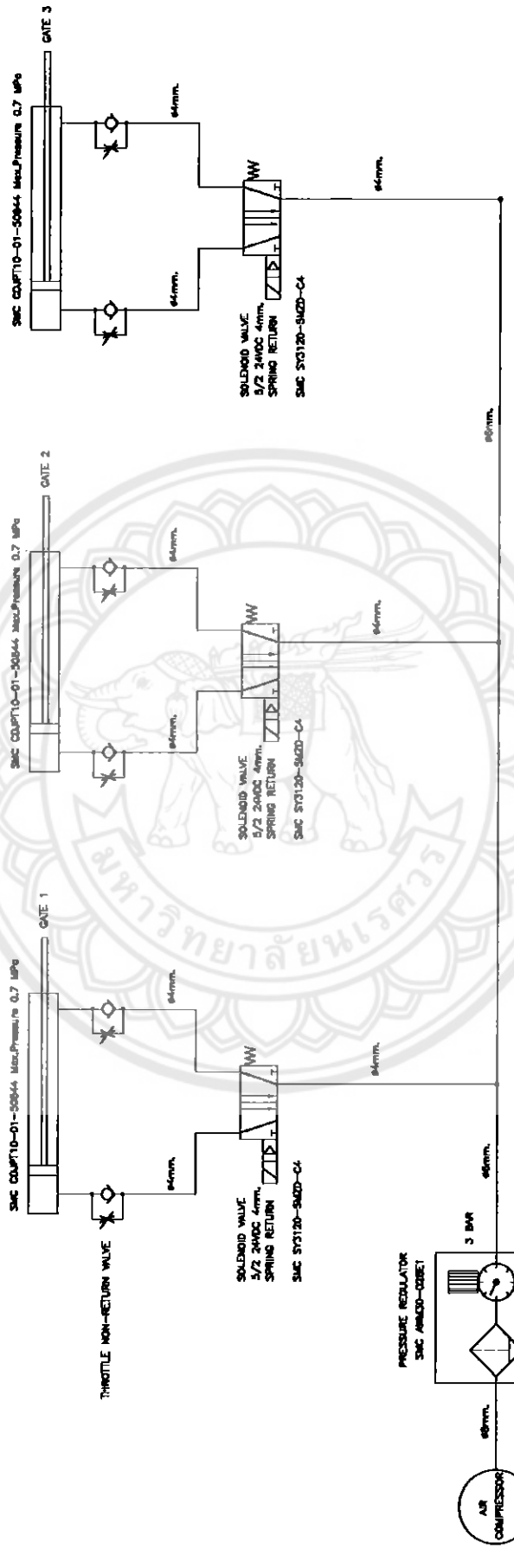

CJ1W-AD041-V1
INPUT 1 (+)
INPUT 1 (-)
INPUT 3 (+)
INPUT 3 (-)
AG
NC
INPUT 2 (+)
INPUT 2 (-)
INPUT 4 (+)
INPUT 4 (-)
OMRON ANLOG INPUT MODULE P/N CJ1W-AD041-V1
SLOT 04
M1 SPEED VOLUME
M2 SPEED VOLUME
M3 SPEED VOLUME
WEIGHT SCALE SENSOR
(LOAD CELL)
FROM LOAD CELL SIGNAL CONDITIONER
M1 VOLUME VR 1K
M2 VOLUME VR 1K
M3 VOLUME VR 1K
+10V
(COM)
7809
+24
0V



VOLTAGE OUTPUT 2 (+)	B1
OUTPUT 2 (-)	B2
CURRENT OUTPUT 2 (+)	B3
VOLTAGE OUTPUT 4 (+)	B4
OUTPUT 4 (-)	B5
CURRENT OUTPUT 4 (+)	B6
N.C.	B7
N.C.	B8
0 VDC	B9

A1	VOLTAGE OUTPUT 1 (+)
A2	OUTPUT 1 (-)
A3	CURRENT OUTPUT 1 (+)
A4	VOLTAGE OUTPUT 3 (+)
A5	OUTPUT 3 (-)
A6	CURRENT OUTPUT 3 (+)
A7	N.C.
A8	N.C.
A9	24 VDC

CJ1M-DA041



PNUEMATIC GATE SYSTEM

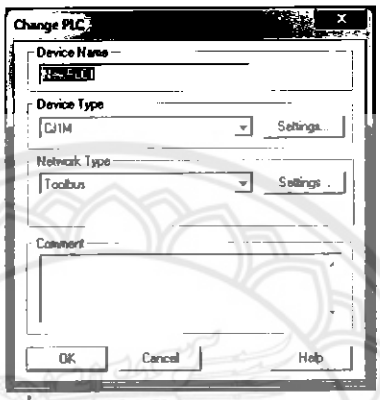
ภาคผนวก ข

การใช้งานโปรแกรม CX-Programmer

CX-Programmer

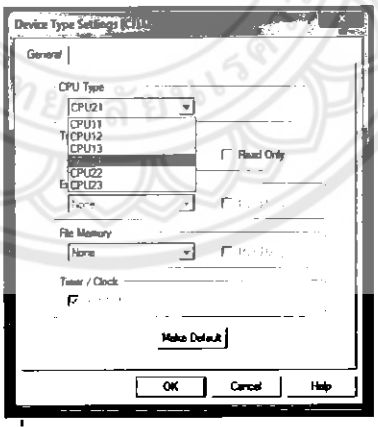
1.1 การสร้างโปรเจคใหม่

1. กด เลือก File → New จาก Main menu จะปรากฏหน้าต่าง ดังรูป
2. ใส่ชื่อแฟ้มตรงช่อง Device Name
3. เลือก รุ่นที่จะใช้งานตรงช่อง Device Type ในที่นี้เราใช้รุ่น CJ1M



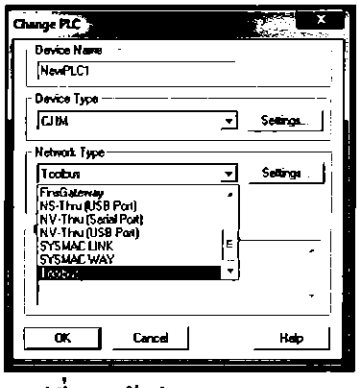
รูปที่ 1 หน้าต่างการสร้างโปรเจคใหม่

4. คลิก Settings หน้าต่าง "Device Type Settings" จะปรากฏดังต่อไปนี้



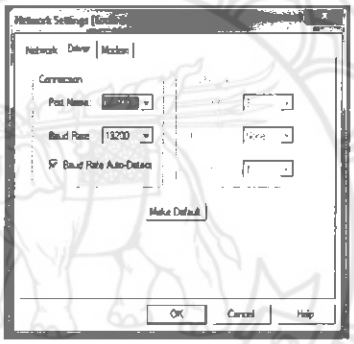
รูปที่ 2 หน้าต่าง Device Type Settings

5. เลือกรุ่น CPU เป็น CPU21 จาก CPU Type จากนั้นคลิก OK หน้าต่าง "Device Type Settings" เลือก CJ1M จะปิดลง



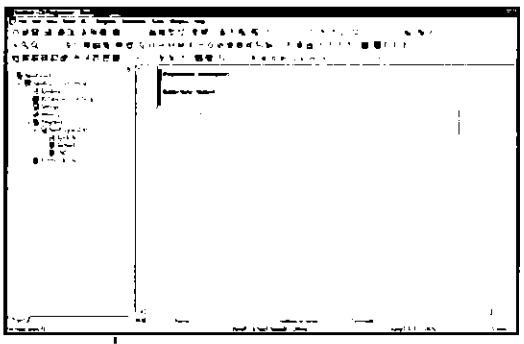
รูปที่ 3 หน้าต่าง Change PLC

6. ตรวจสอบด้วยว่า Network Settings คอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกับสาย USB 2.0 กับคอพอร์ตไหนในที่นี้เราเชื่อมด้วยคอมพอร์ต 3 (COM3) จึงเลือกใส่ COM3 ในช่อง Port Name ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 หน้าต่าง Network Settings[Toolbus]

เมื่อคลิก OK แล้วหน้าต่าง "Change PLC" จะปิดลงและแสดงหน้าต่างหลักที่พร้อมจะเริ่มดำเนินการพัฒนาโปรแกรมดังรูปที่ 5



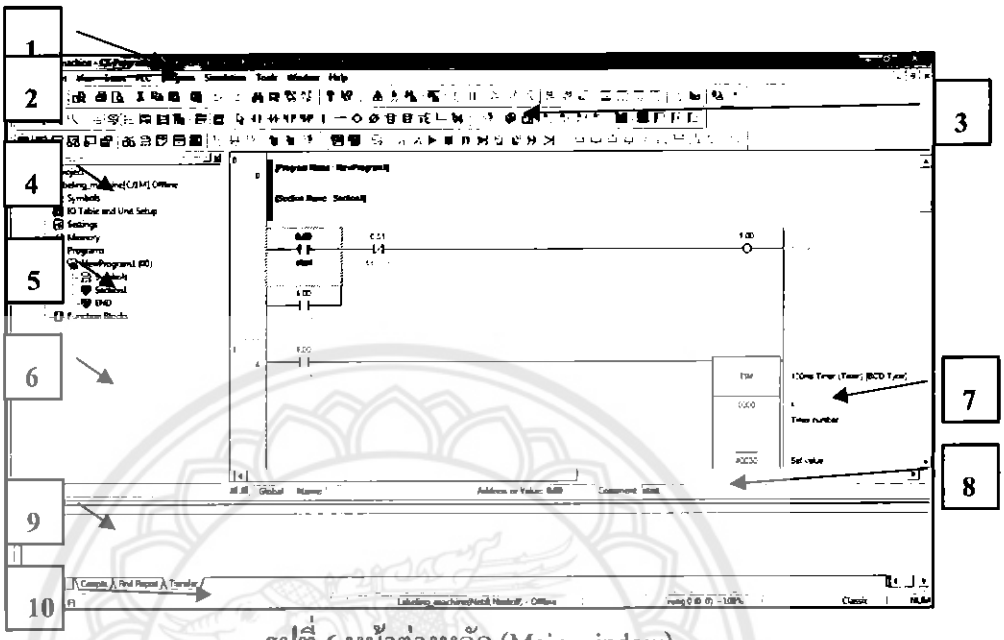
รูปที่ 5 หน้าต่างหลักของโปรแกรม

1.2 การใช้ซอฟต์แวร์ CX-Programmer

คลิกปุ่ม Start ที่แถบเมนู แล้วเลือก program → OMRON → CX-One → CX-Programmer

1.2.1 หน้าต่างและการใช้งาน

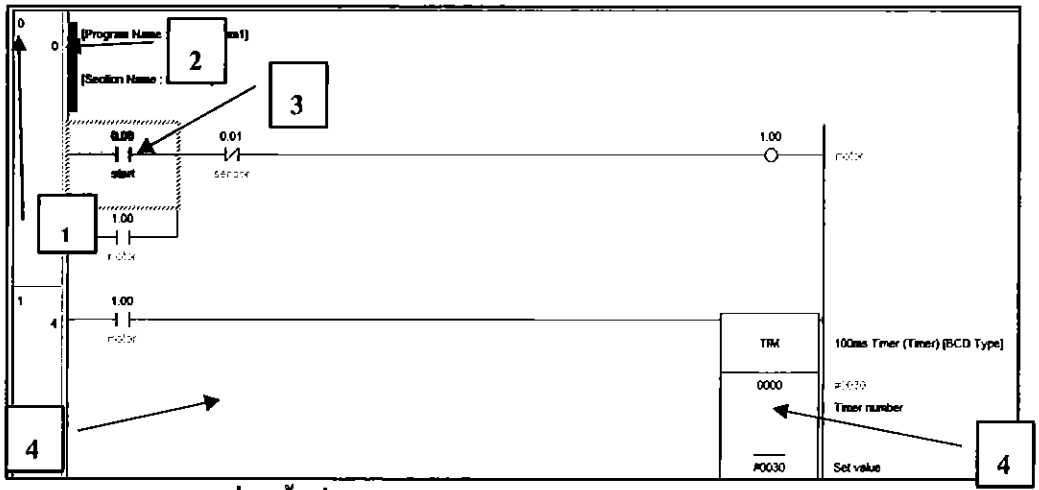
ในส่วนนี้เป็นการอธิบายฟังก์ชันการใช้งานต่างๆ ของหน้าจอหลักของ CX-programmer



รูปที่ 6 หน้าต่างหลัก (Main window)

ตารางที่ 1 ตารางอธิบายแถบเครื่องมือ

หมายเลข	ชื่อ	คำอธิบาย
1	Title bar	แสดงข้อมูลเกี่ยวกับชื่อไฟล์ที่ถูกสร้างโดย CX-programmer
2	Main menu	ใช้เลือกฟังก์ชันต่างๆ ของ CX-programmer
3	Toolbars	แสดงไอคอนของฟังก์ชันที่ใช้งานบ่อย
4	Project tree	ใช้จัดการโปรแกรมและการตั้งค่าต่างๆ
5	Section	โปรแกรมที่เขียนขึ้นสามารถแยกเป็นส่วนๆ ได้
6	Project workspace	ใช้จัดการโปรแกรมและการตั้งค่าต่างๆ
7	Diagram workspace	ใช้สร้างและแก้ไขแลดเดอร์โปรแกรม
8	I/O comment bar	ใช้แสดง name, address/value และ I/O comment ของตัวแปรที่ถูกเลือกโดย Mouse
9	Output window	- ใช้แสดงผลของการตรวจสอบโปรแกรมที่เขียนขึ้น - ใช้แสดงผลที่ได้จากการค้นหา contact instruction และ coil - ใช้แสดงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นขณะโหลดโปรแกรม
10	Status bar	แสดงข้อมูลต่างๆ เช่น PLC name และสถานการณ์ offline/online



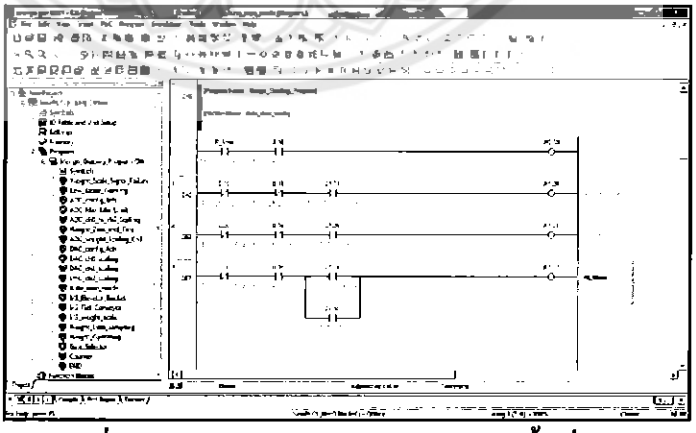
รูปที่ 7 พื้นที่สำหรับเขียนโปรแกรม (Diagram workspace)

หน้าต่างนี้แสดงพื้นที่การพัฒนาโปรแกรมโดยประกอบด้วยส่วนหลักๆ ดังนี้

1. Rung number
2. Program address
3. Rung header
4. Bus bar

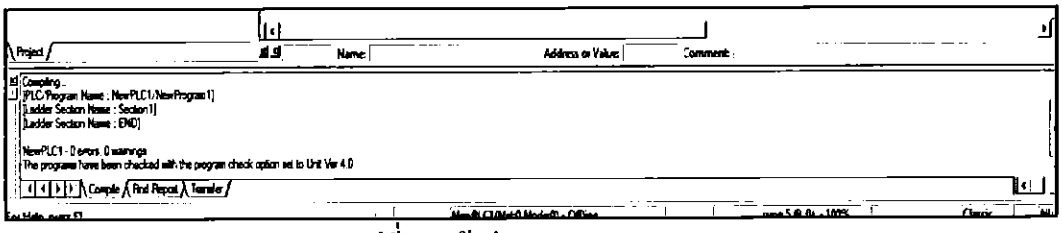
1.2.2 การดำเนินการพัฒนาโปรแกรม

1. เริ่มการออกแบบโดยใช้ (Toolbars) ที่มีแลดเดอร์คำสั่งต่างๆให้เลือกใช้ในการพัฒนาโปรแกรมได้ตามต้องการ แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 8



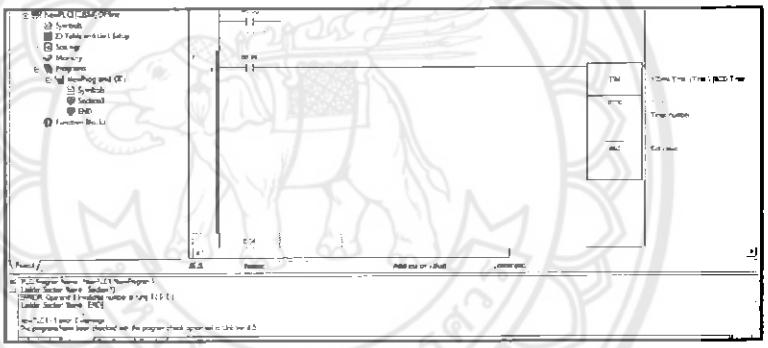
รูปที่ 8 ตัวอย่างแสดงการพัฒนาโปรแกรมขั้นเริ่มต้น

2. เมื่อออกแบบโปรแกรมเสร็จ ทำการตรวจสอบข้อผิดพลาดในโปรแกรมโดยทำการเลือกที่แถบเมนู PLC → Compile All PLC Programs จากแถบเมนูหลัก (Main menu) หรือกด F7 การตรวจสอบข้อผิดพลาดจะเสร็จสิ้นก็ต่อเมื่อ ผลที่ได้จากการตรวจสอบแสดงที่ Output window



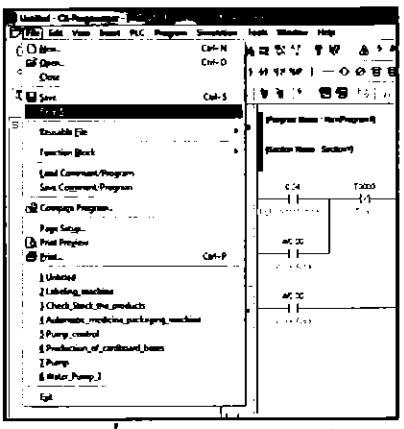
รูปที่ 9 หน้าต่าง Output window

ถ้ามีข้อผิดพลาด (Error) เกิดขึ้น(เส้นสีแดง) ให้ double-click ที่ข้อความตรงตำแหน่งผิดพลาดที่ปรากฏขึ้น จากนั้นจึงดำเนินการแก้ไข ดังรูปที่ 10



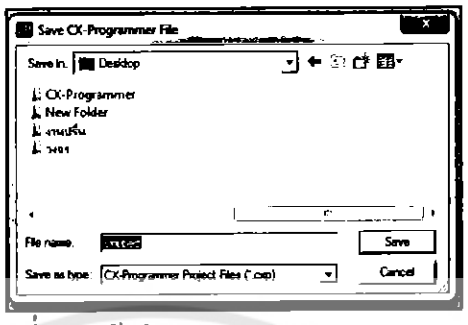
รูปที่ 10 แสดงข้อผิดพลาด

3. ทำการบันทึก (Save)โปรแกรมโดยการเลือก File → Save As จากเมนูหลัก (Main menu) ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 การบันทึกไฟล์

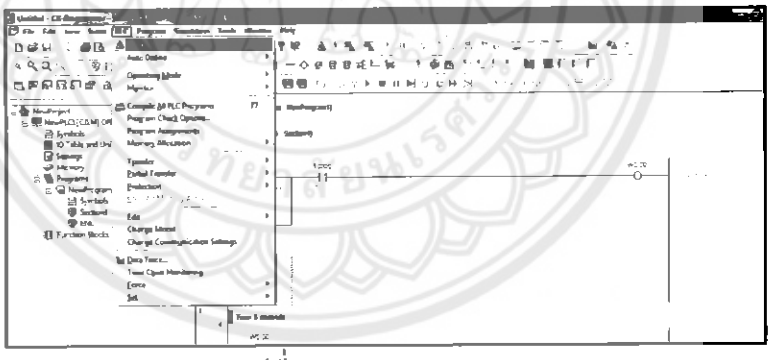
ให้ระบุหน่วยความจำและชื่อไฟล์ที่จะจัดเก็บ แล้วทำการบันทึกโดยการคลิก บันทึก (Save) ไฟล์จะถูกจัดเก็บ หน้าต่าง "Save CX-Programmer File" จะปรากฏขึ้นดังรูปที่ 11
ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 หน้าต่าง Save CX-Programmer File

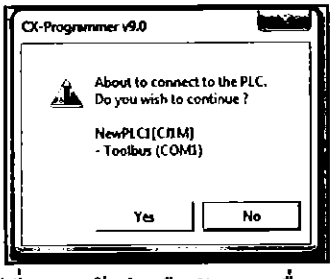
1.3 การ **Online** เพื่อ **Transfer** โปรแกรม

เมื่อต้องการทำการถ่ายโอนข้อมูล (Transfer) โปรแกรมหรือทำการตั้งค่าการทำงานต่างๆ ของ PLC เราต้องทำการ Online ก่อน โดยการเลือก PLC → Work Online จากแถบเมนูหลัก (Main menu) ดังรูปที่ 13



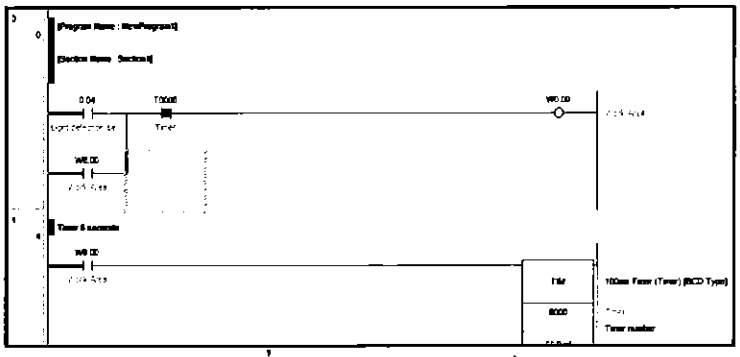
รูปที่ 13 การทำการ Online

หน้าต่างจะปรากฏขึ้นเพื่อให้ยอมรับการ Online คลิก Yes หน้าต่างจะปิดลงดังรูปที่ 14



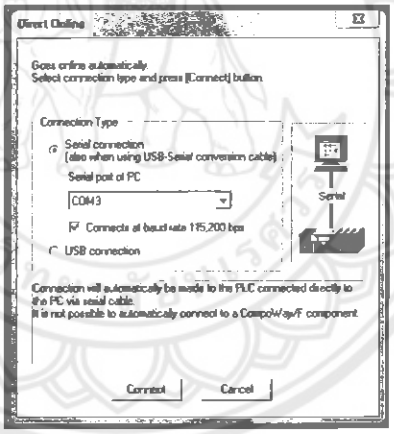
รูปที่ 14 หน้าต่างยืนยันการเชื่อมต่อ

เมื่อระบบทำการ Online ได้สำเร็จ ส่วนที่เป็นแลดเดอร์จะเปลี่ยนเป็นสีฟ้าอ่อนดังรูปที่ 15



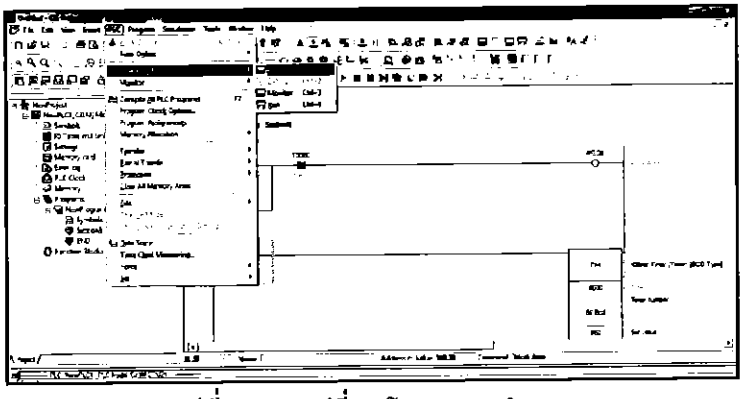
รูปที่ 15 หน้าต่างแลดเดอร์

ทำการ Auto-online ในกรณีที่ไม่ทราบรุ่นและการตั้งค่าพอร์ตสื่อสารของพีแอลซี เมื่อเปิดซอฟต์แวร์ตัว CX-Programmer ขึ้นมาในขั้นตอนแรก โดยเลือก PLC → Auto-online → Direct Online ทำการตั้งค่าพอร์ตสื่อสารของพีแอลซีแล้วเชื่อมต่อ โดยการคลิกที่ Conect ดังรูปที่ 16



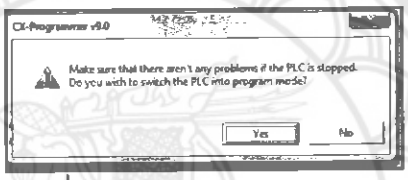
รูปที่ 16 การยืนยันการเชื่อมต่อ

เปลี่ยนโหมดพีแอลซี ไปที่ PROGRAM ขั้นตอนต่างๆ แสดงได้ดังต่อไปนี้เลือก PLC → Operating Mode → Program จากแถบเมนูหลัก (Main menu) หรือคลิกที่แถบเครื่องมือ จากนั้นหน้าต่างสำหรับการเปลี่ยนโหมดการทำงาน จะปรากฏขึ้น ให้เลือก Program ดังรูปที่ 17



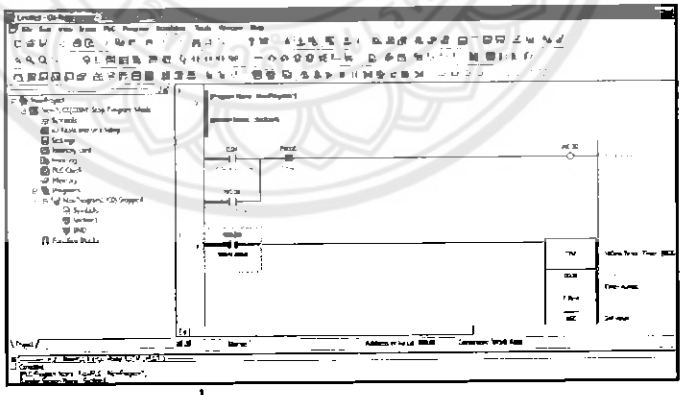
รูปที่ 17 การเปลี่ยนโหมดการทำงาน

หน้าต่างแสดงการยืนยันจะปรากฏขึ้นให้คลิก Yes โหมดการทำงานจะเปลี่ยนไปตามที่เลือกดังรูปที่ 18



รูปที่ 18 หน้าต่างแสดงการยืนยัน

โหมดการทำงานจะถูกแสดงที่ Title bar และ Project tree ดังรูปที่ 19



รูปที่ 19 หน้าต่างแสดงการทำงาน

พีแอลซีจะมีโหมดการทำงานอยู่ 3 โหมด คือ PROGRAM, MONITOR และ RUN การเปลี่ยนโหมดจะมีผลต่อการทำงานของพีแอลซี ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

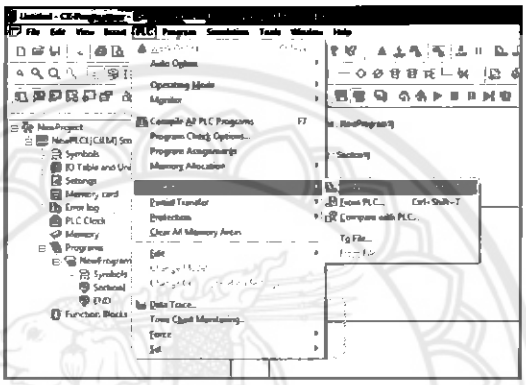
โหมด PROGRAM ในโหมดนี้โปรแกรมจะหยุดการทำงาน ซึ่งเหมาะสำหรับการเตรียมการเพื่อใช้ในการตั้งค่าต่างๆ เช่น PLC setup, Transfer โปรแกรม และการทำ Force → set/Force-reset

โหมด **MONITOR** ในโหมดนี้โปรแกรมจะทำงาน แต่สามารถทำ Online edit, Force → set/Force-reset และเปลี่ยนค่าในหน่วยความจำได้โหมดนี้เหมาะสำหรับการปรับแต่งระหว่างการทดสอบโปรแกรม

โหมด **RUN** ในโหมดนี้โปรแกรมจะทำงาน ใช้โหมดนี้เพื่อการควบคุมแบบปกติ

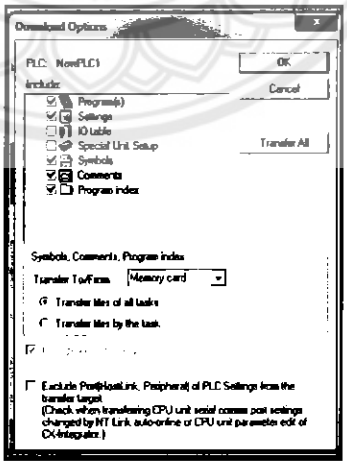
1.4 การถ่ายโอนโปรแกรมจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังพีแอลซี

การถ่ายโอน (Transfer) โปรแกรมเลือก PLC → Transfer → To PLC จากแถบเมนูหลัก (Main menu) หน้าต่าง "Download Options" จะปรากฏขึ้นดังรูปที่ 20



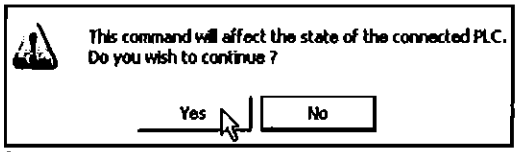
รูปที่ 20 การถ่ายโอนข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังพีแอลซี

เลือกสิ่งที่ต้องการดาวน์โหลด โดยส่วนใหญ่จะเลือกรายการ Program(s), Settings, Symbols, Comments และ Program index คลิกเช็คในช่องที่เลือกจากนั้นคลิก OK ดังรูปที่ 21



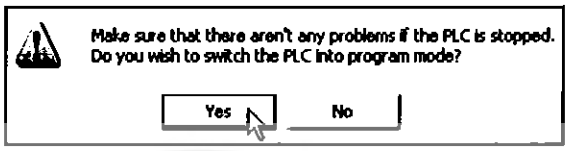
รูปที่ 21 การเลือกรายการที่จะดาวน์โหลด

ให้คลิก Yes ถ้าหน้าต่างนี้ปรากฏขึ้น ดังรูปที่ 22



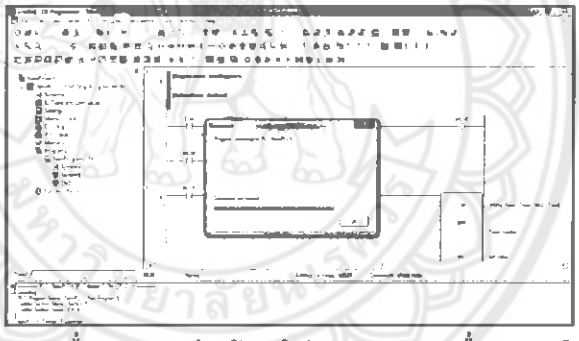
รูปที่ 22 หน้าต่างแสดงการยืนยันการเชื่อมต่อกับ PLC

ถ้าหน้าต่างนี้ปรากฏขึ้น ให้คลิก Yes อีกครั้งหนึ่ง ดังรูปที่ 23



รูปที่ 23 หน้าต่างแสดงการยืนยัน

ในขณะที่เครื่องทำการถ่ายโอนโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์ไปยังพีแอลซีจะปรากฏหน้าต่างนี้ขึ้นมาดังรูปที่ 24 จากนั้นเมื่อการถ่ายโอนโปรแกรมเสร็จสิ้นคลิก OK



รูปที่ 24 การแสดงขณะเครื่องทำการถ่ายโอนโปรแกรมจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังพีแอลซี

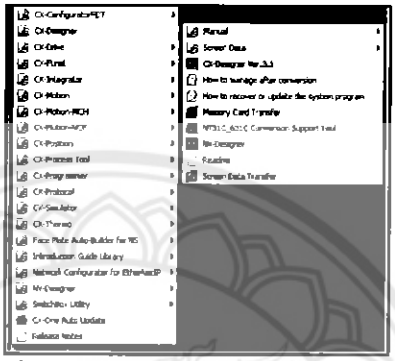
ภาคผนวก ค

การใช้งานโปรแกรม CX- Designer

CX- Designer

1.1 การเปิดใช้ซอฟแวร์ CX-Designer

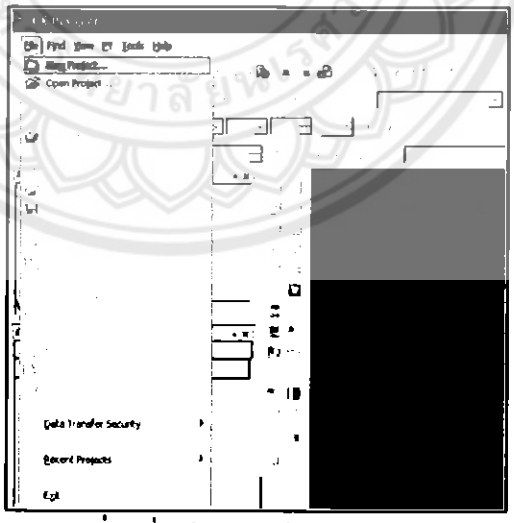
เริ่มต้นโดยการคลิกปุ่ม Start → คลิก All programs → OMRON → CX-One → CX-Designer → CX-Designer Ver.3.1 ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 เริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม CX-Designer

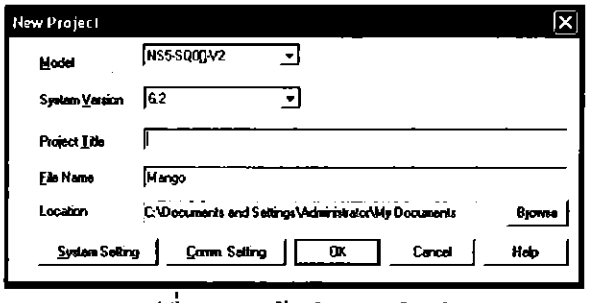
1.2 การสร้างโปรเจคใหม่

ทำการสร้างแฟ้มใหม่โดยการคลิกที่ File → New Project บนแถบเมนูหลัก ดังรูปที่ 2



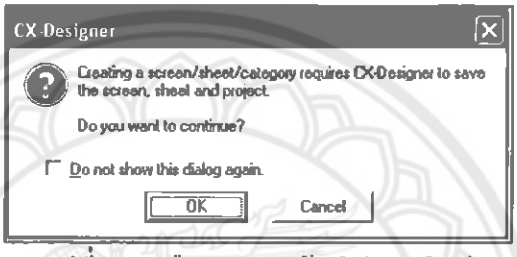
รูปที่ 2 เริ่มต้นการสร้างโปรเจคใหม่

เมื่อทำการตามขั้นตอนตามรูปที่ 2 หน้าต่างตามรูปที่ 3 จะปรากฏขึ้น โดยให้ใส่ข้อมูลในช่องแต่ละช่องดังนี้ Model : เลือก Ns5-SQ0[]-V2, System Versions : 6.2, File Name : ให้ใส่ชื่อแฟ้มตามที่ต้องการ



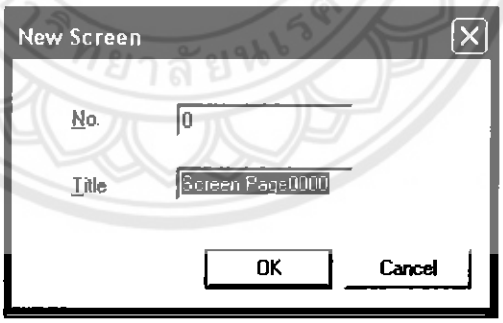
รูปที่ 3 การสร้างโปรเจคใหม่

จากรูปที่ 3 เมื่อคลิก OK จะปรากฏหน้าต่างนี้ขึ้นมา ให้คลิก OK ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การยืนยันการสร้างโปรเจคใหม่

เนื่องจากเรามีการสร้างและออกแบบจำนวนหลายหน้า ต้องมีการใส่หมายเลขหน้า ตรงช่อง NO. และชื่อของของแต่ละหน้า ในช่อง Title ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การใส่ชื่อและหมายเลขหน้า

2. การอธิบายหน้าต่างและการใช้งาน

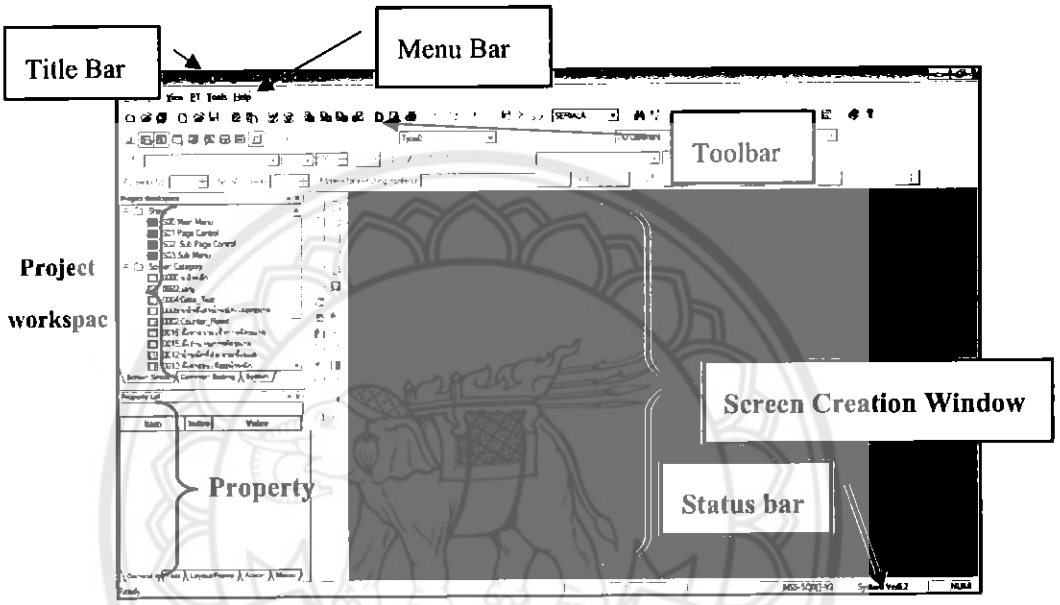
ในส่วนนี้เป็นการอธิบายฟังก์ชันการใช้งานต่างๆ ของหน้าจอหลักของ CX- Designer

2.1 หน้าต่างหลัก (Main window)

หน้าต่างหลักจะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- **Title bar:** แสดงข้อมูลเกี่ยวกับชื่อไฟล์ที่ถูกสร้างโดย CX- Designer
- **Main menu:** ใช้เลือกฟังก์ชันต่างๆ ของ CX- Designer

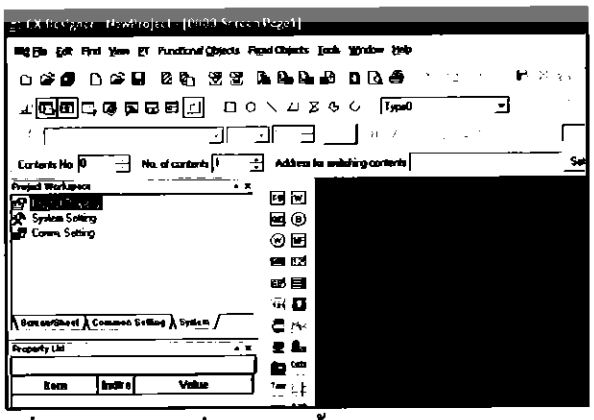
- **Screen Creation Window:** แสดงหน้าต่างของหน้าจอ
- **Toolbars:** แสดงไอคอนของฟังก์ชันที่ใช้งานบ่อย
- **Project workspace:** ใช้จัดการโปรแกรมและการตั้งค่าต่างๆ
- **Property List:** ใช้แสดง name, address/value และ I/O comment ของตัวแปรที่ถูกเลือก
- **Status bar:** แสดงข้อมูลต่างๆ



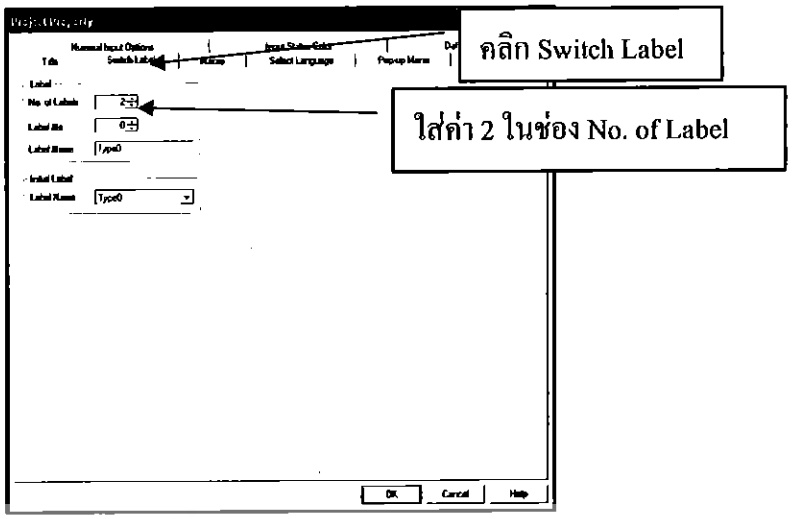
รูปที่ 6 หน้าต่างหลัก

2.2 การตั้งค่าคุณสมบัติของเอกสาร

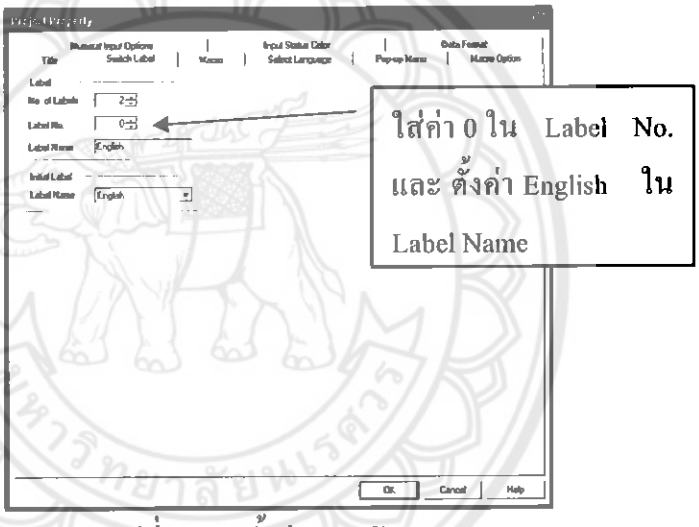
คลิก ตรงที่ System ใน Project Workspace → ดับเบิ้ลคลิกที่ Project Property



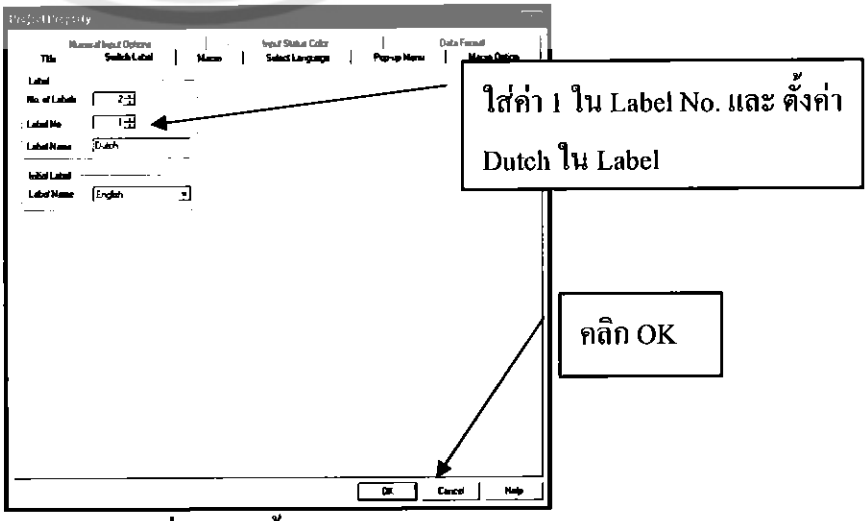
รูปที่ 11 แสดงการเริ่มต้นการตั้งค่าคุณสมบัติของเอกสาร



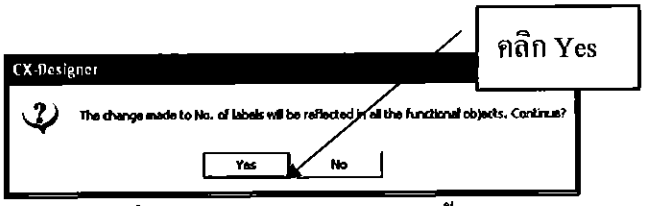
รูปที่ 12 หน้าต่าง Project Property



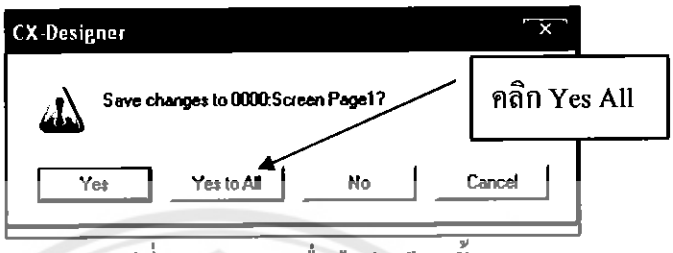
รูปที่ 13 การตั้งค่าภาษาอังกฤษ



รูปที่ 14 การตั้งค่าภาษาดัตช์



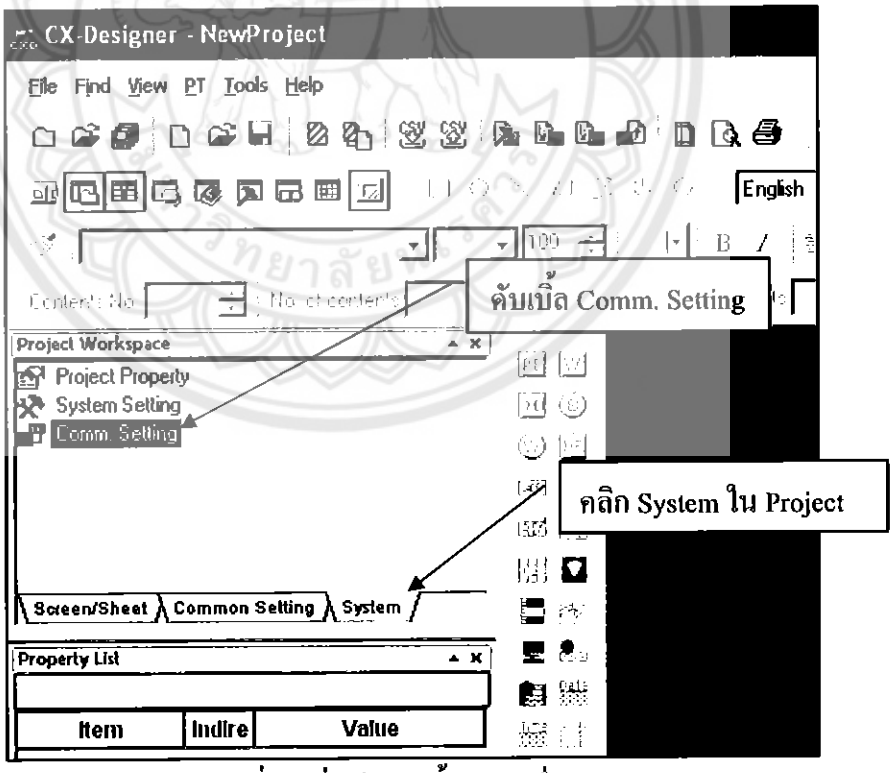
รูปที่ 15 หน้าต่างการยืนยันการตั้งค่า



รูปที่ 16 การถามเพื่อยืนยันอีกครั้ง

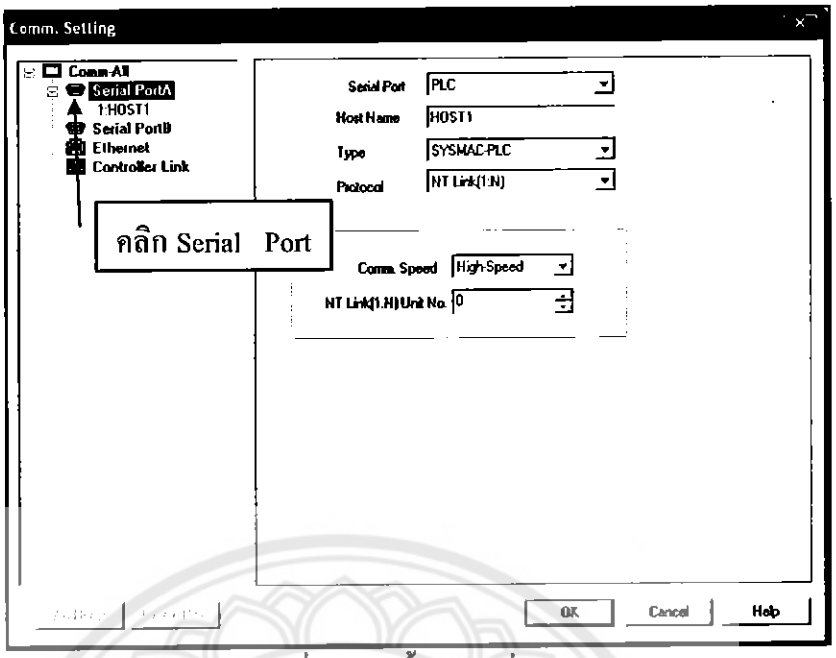
2.3 การตั้งค่าการสื่อสาร

การตั้งค่าการสื่อสารสำหรับฮาร์ดแวร์ NS เพื่อเชื่อมกับ PLC ในที่นี้จะเชื่อมต่อไป Port A



รูปที่ 17 เริ่มต้นการตั้งค่าการสื่อสาร

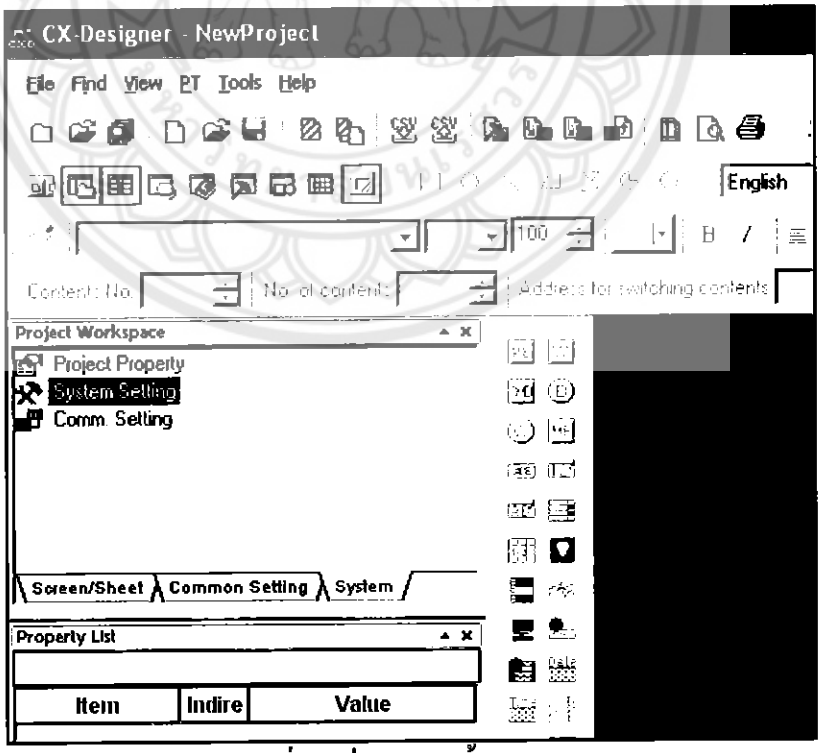
คลิก Serial Port A → ตั้งค่าตามรูป → Serial Port: PLC → Host Name: HOST1 → Type: SYSMAC-PLC → Protocol: NT Link [1: N] →Comm. Speed: High-Speed → คลิก OK



รูปที่ 18 การตั้งค่าการสื่อสาร

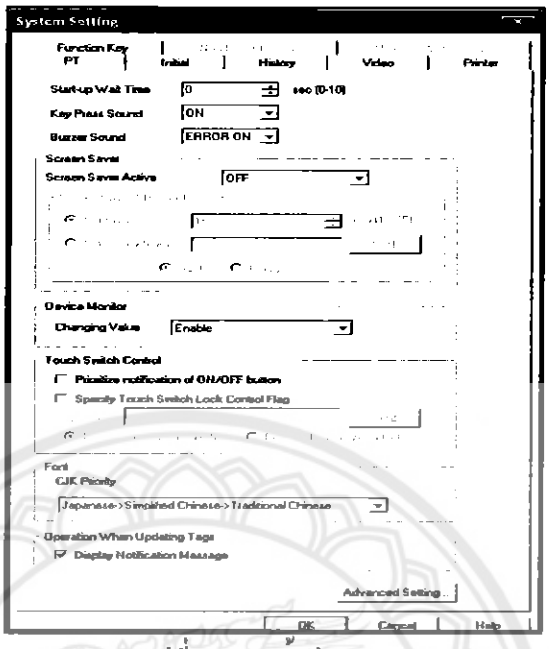
2.4 การตั้งค่าระบบ

คลิกที่ System → ดับเบิ้ลคลิกที่ System Setting



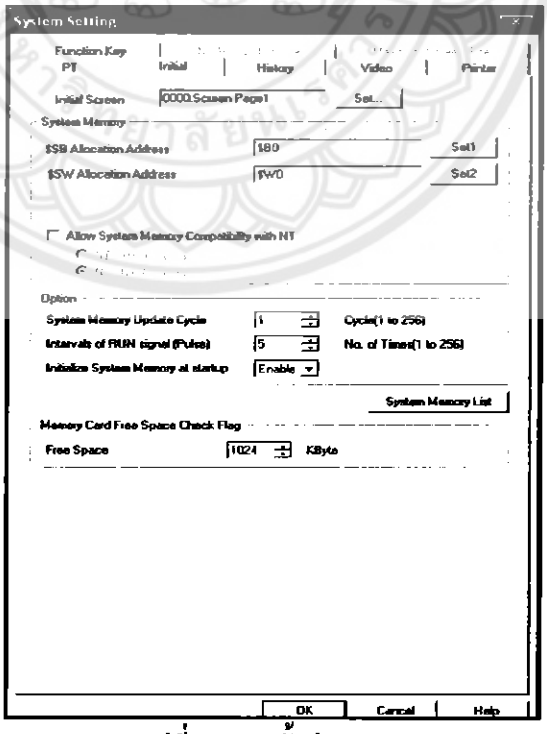
รูปที่ 19 เริ่มต้นการตั้งค่าระบบ

จะปรากฏหน้าต่างนี้



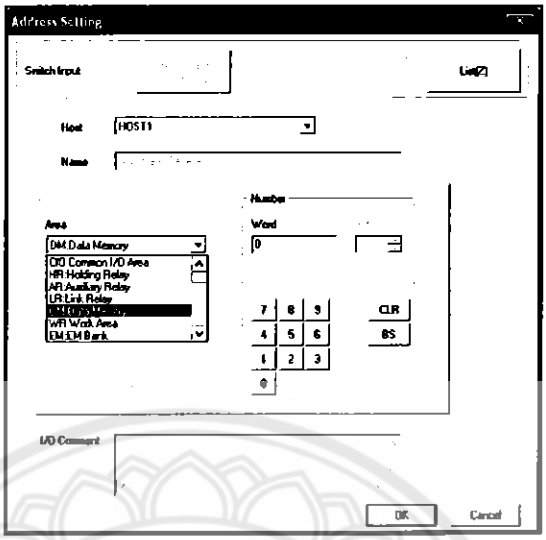
รูปที่ 20 การตั้งค่าระบบ

คลิกที่ Initial จะปรากฏหน้าต่างนี้ขึ้น



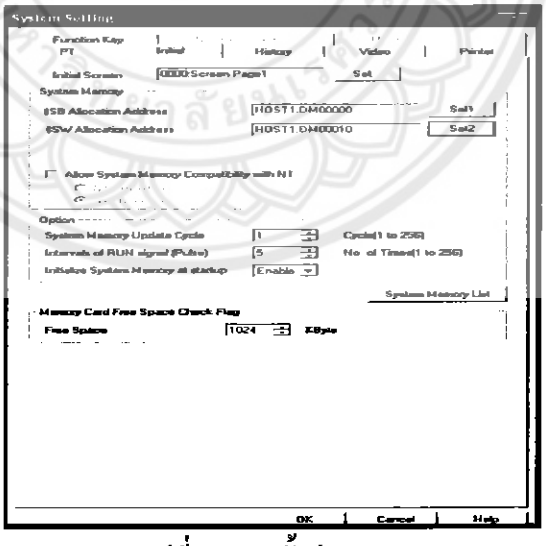
รูปที่ 21 การตั้งค่าระบบ

จากนั้น คลิก ปุ่ม Set 1 แล้ว ใส่ค่าตามภาพข้างล่างนี้



รูปที่ 22 หน้าต่าง Address setting

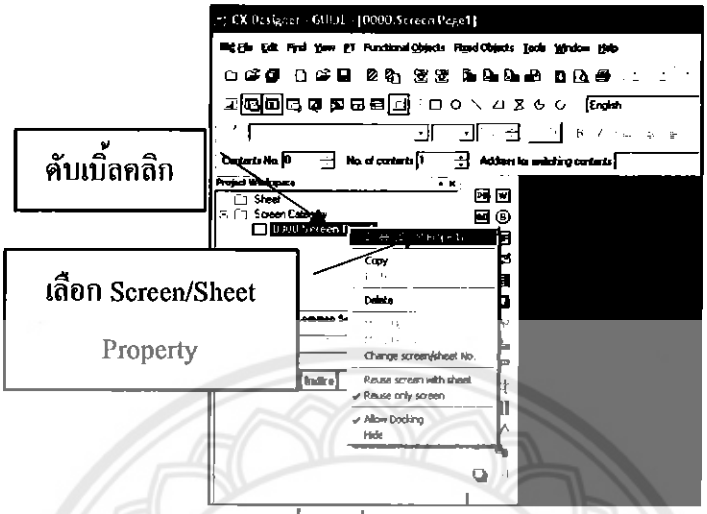
ใส่ค่าตามนี้ : Host: HOST1, Area: DM: Data Memory, Word: 0 และคลิก OK หลังจากนั้น ทำการ Set 2 เหมือนกับการ Set 1 ให้ใส่ค่าตามนี้: Host: HOST1, Area: DM: Data Memory, Word: 10 และคลิก OK เมื่อเสร็จสมบูรณ์แล้วจะปรากฏหน้าต่างตามข้างล่างนี้



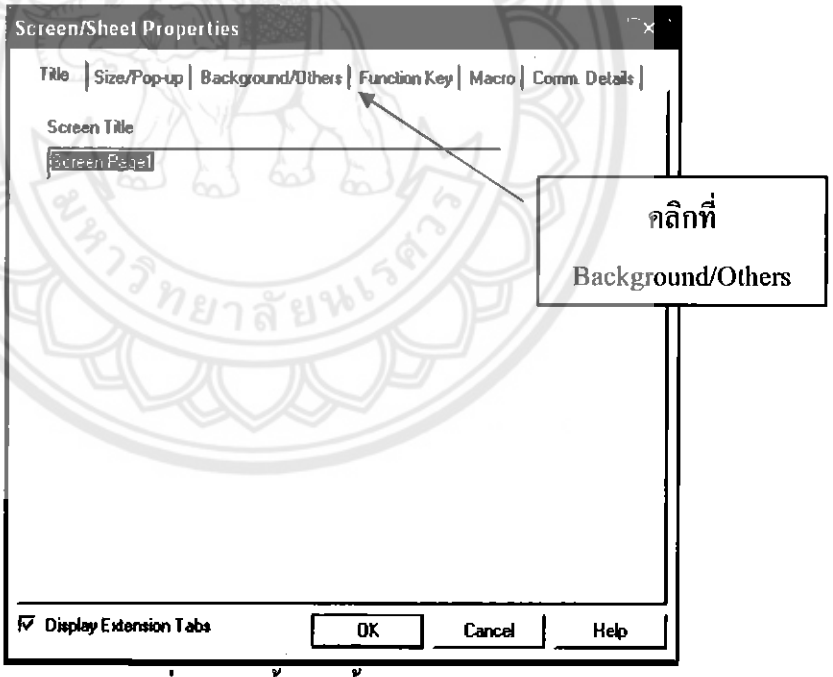
รูปที่ 23 การตั้งค่าระบบ

3. คุณสมบัติหน้าจอ

3.1 การสร้างหน้าใหม่

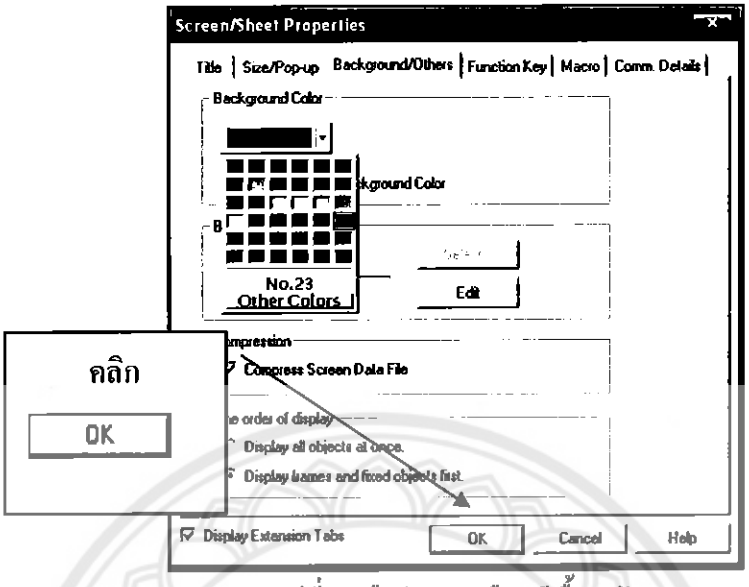


รูปที่ 24 เริ่มต้นการสร้างหน้าจอใหม่



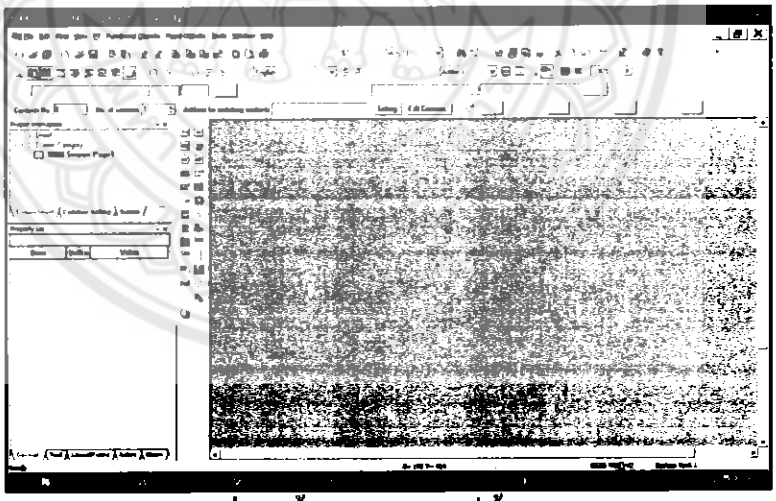
รูปที่ 25 การตั้งค่าสีพื้นหลังของหน้าจอ

คลิกที่ [■■■■■▼] เลือกสีพื้นหลัง



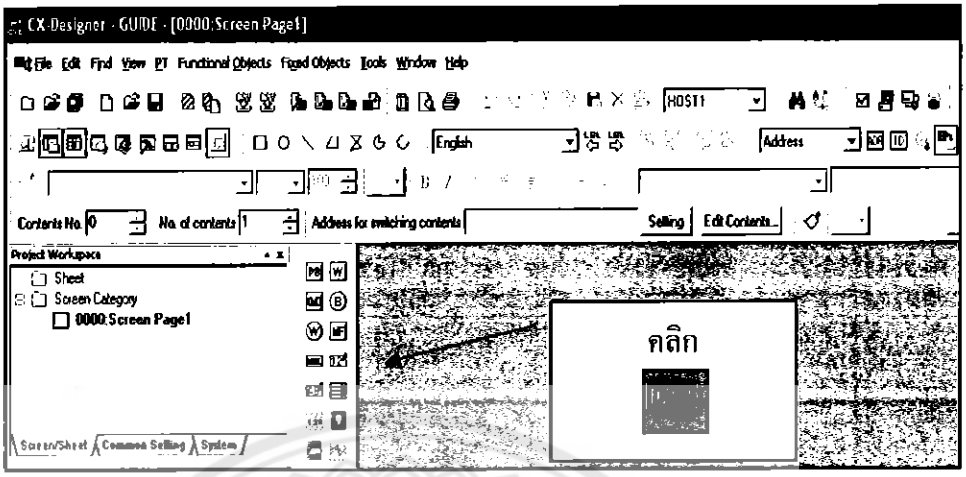
รูปที่ 26 ยืนยันการเลือกสีพื้นหลัง

หน้าต่างที่เปลี่ยนสีพื้นหลังที่เสร็จสมบูรณ์



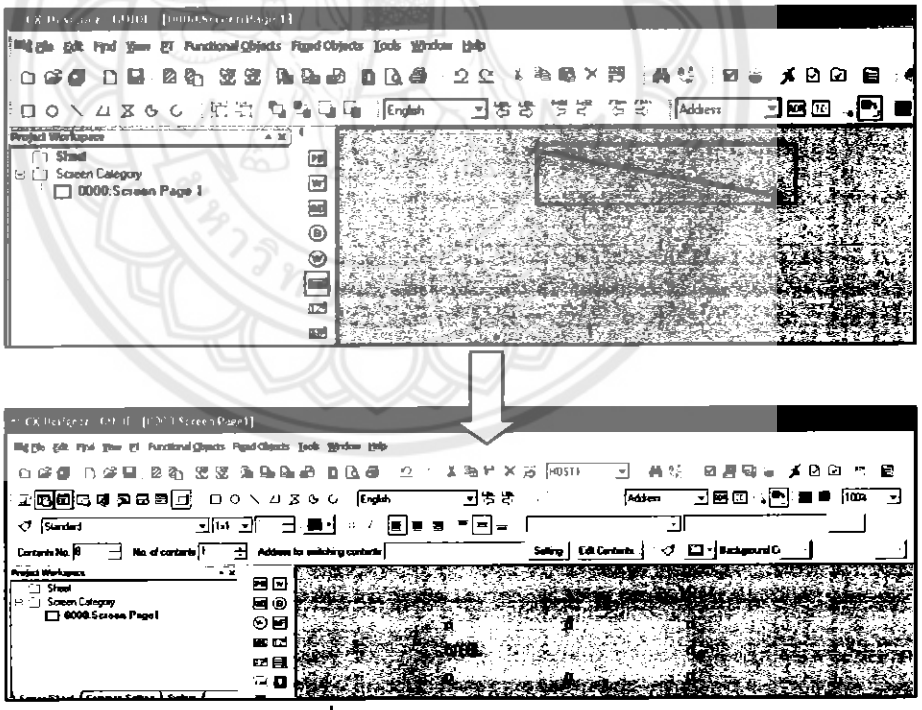
รูปที่ 27 พื้นหลังหลังจากที่ตั้งค่าแล้ว

3.2 การแสดงข้อความ



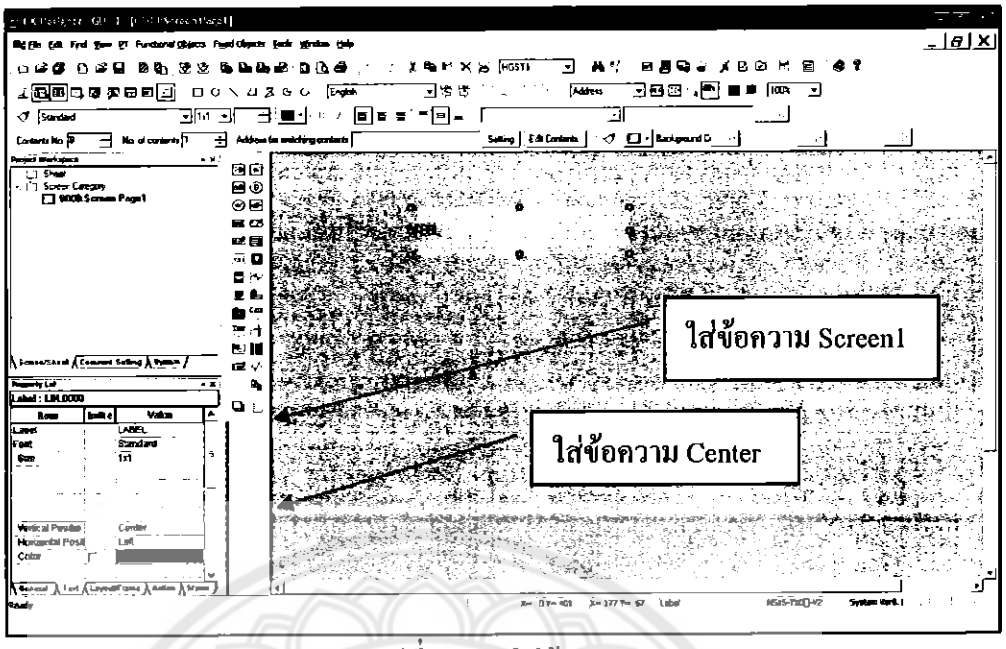
รูปที่ 28 การเริ่มต้นสร้างปุ่มข้อความ

ลากและวางเมาส์ตามขนาดที่ต้องการ



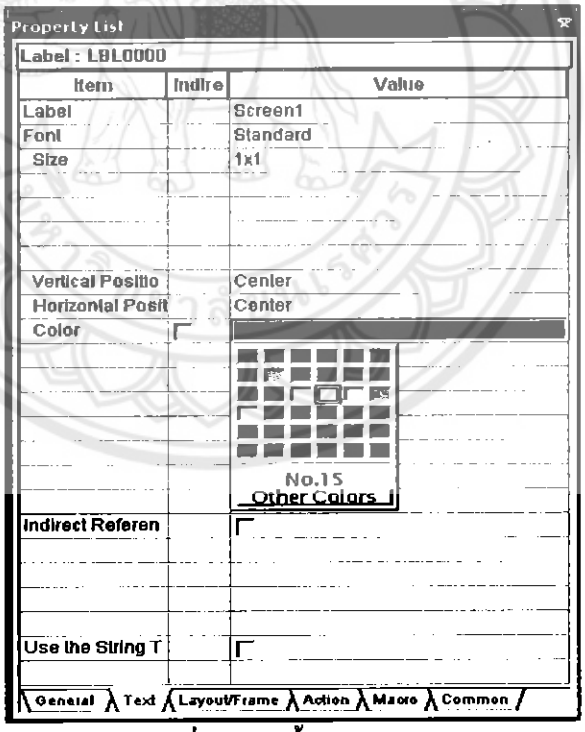
รูปที่ 29 การสร้างปุ่มบนหน้าจอ

คลิกที่วัตถุข้อความที่ต้องการแสดง ใส่ข้อความในข้อความแท็ปตามนี้ Label: Screen1 → Vertical position: Center → Horizontal position: Center



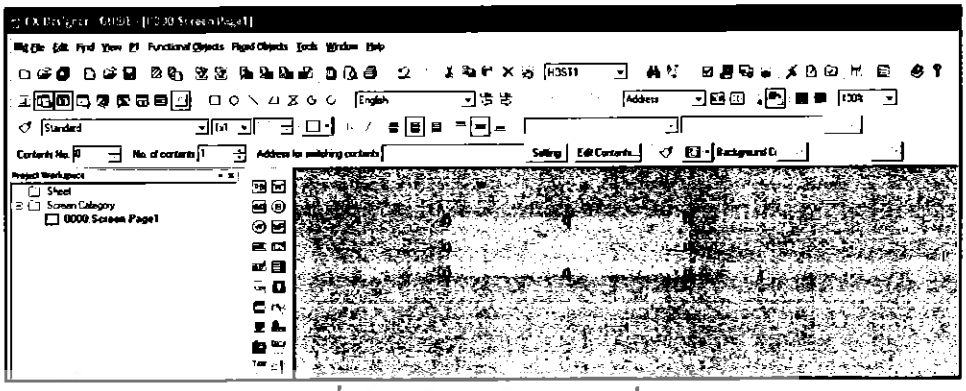
รูปที่ 30 การใส่ข้อความ

การเลือกสีตัวอักษร สามารถทำได้ตามภาพข้างล่างนี้



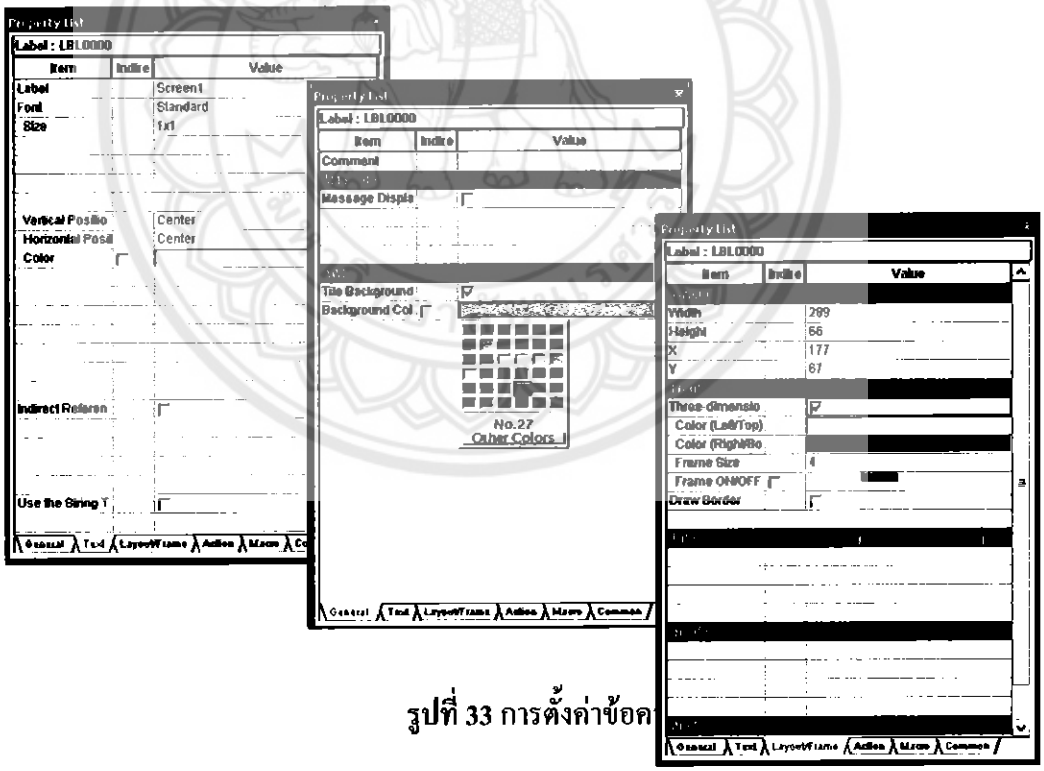
รูปที่ 31 การตั้งค่าข้อความ

คลิกที่ เพื่อที่จะสลับไปยัง Dutch



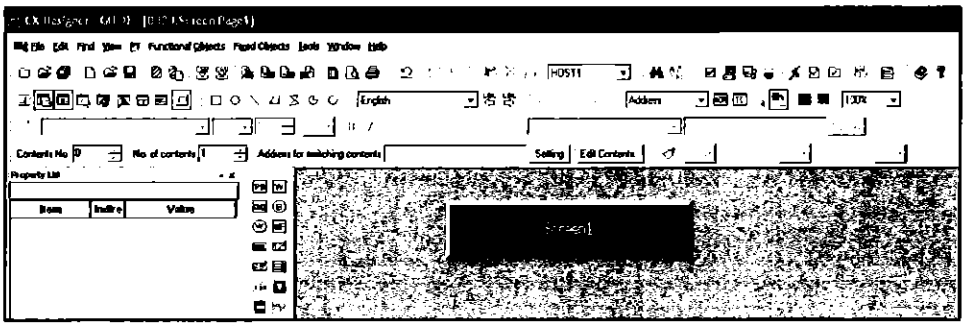
รูปที่ 32 ข้อความและหน้าต่างที่ได้

ใส่ค่าตามภาพด้านล่างนี้ : คลิก General บน Property List → เลือกสี Background Color → คลิก Layout → Frame → เช็คในช่อง Three-dimension → ใส่ค่า Frame Size: 4



รูปที่ 33 การตั้งค่าข้อค

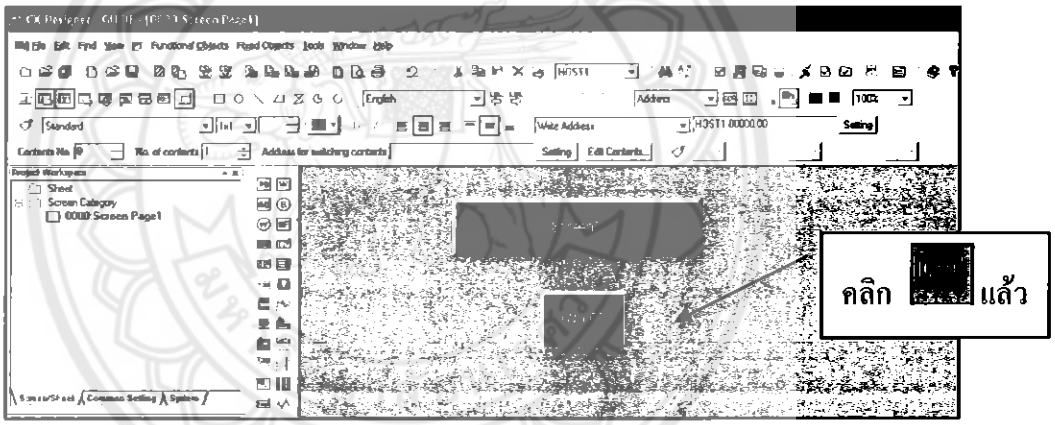
คลิก เพื่อสลับจาก Dutch เป็น English ภาพที่เสร็จสมบูรณ์



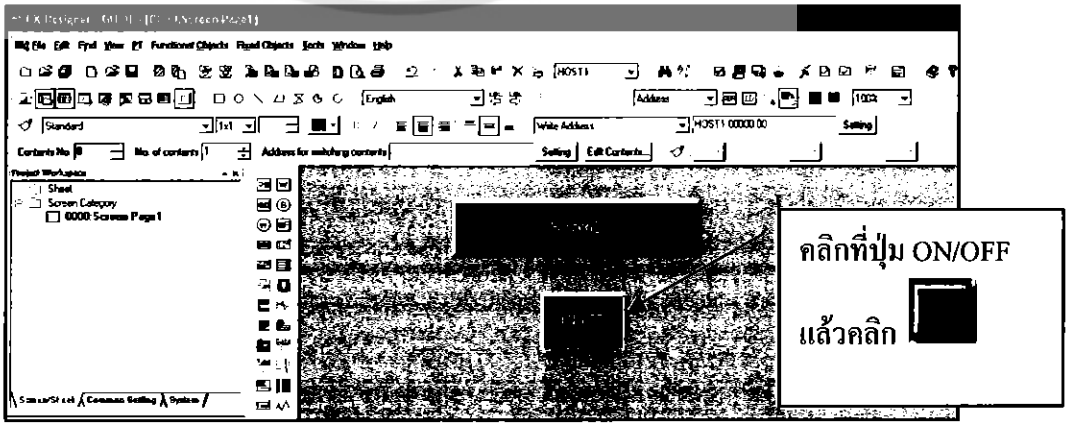
รูปที่ 34 หน้าต่างและปุ่มข้อความที่สร้างเสร็จสมบรูณ์

3.3 การสร้างปุ่ม ON หรือ OFF

การสร้างปุ่ม ON หรือ OFF บนหน้าจอ ปุ่มนี้จะทำหน้าที่ เปิด หรือ ปิด ตามที่เราที่อยู่ที่ได้กำหนดไว้ สร้างโดยทำเหมือนใน "การแสดงข้อความ"

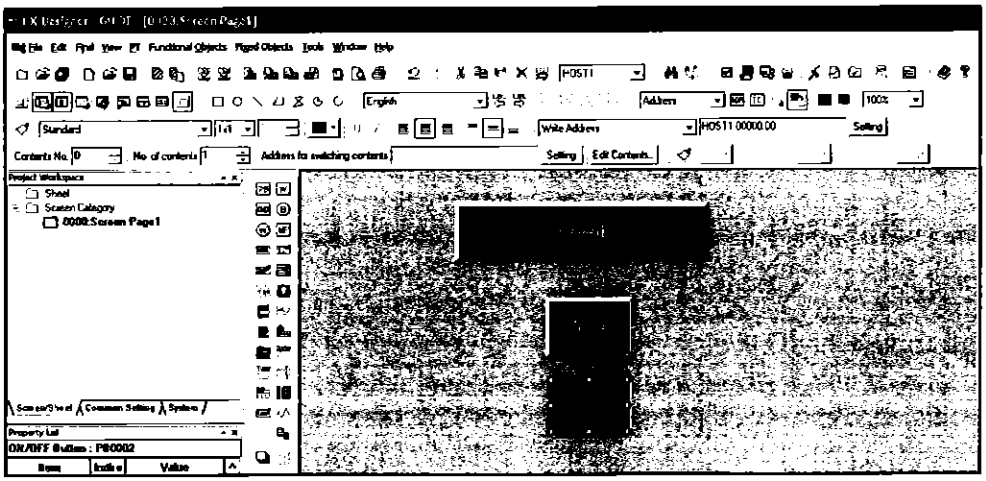


รูปที่ 35 การสร้างปุ่ม ON/OFF

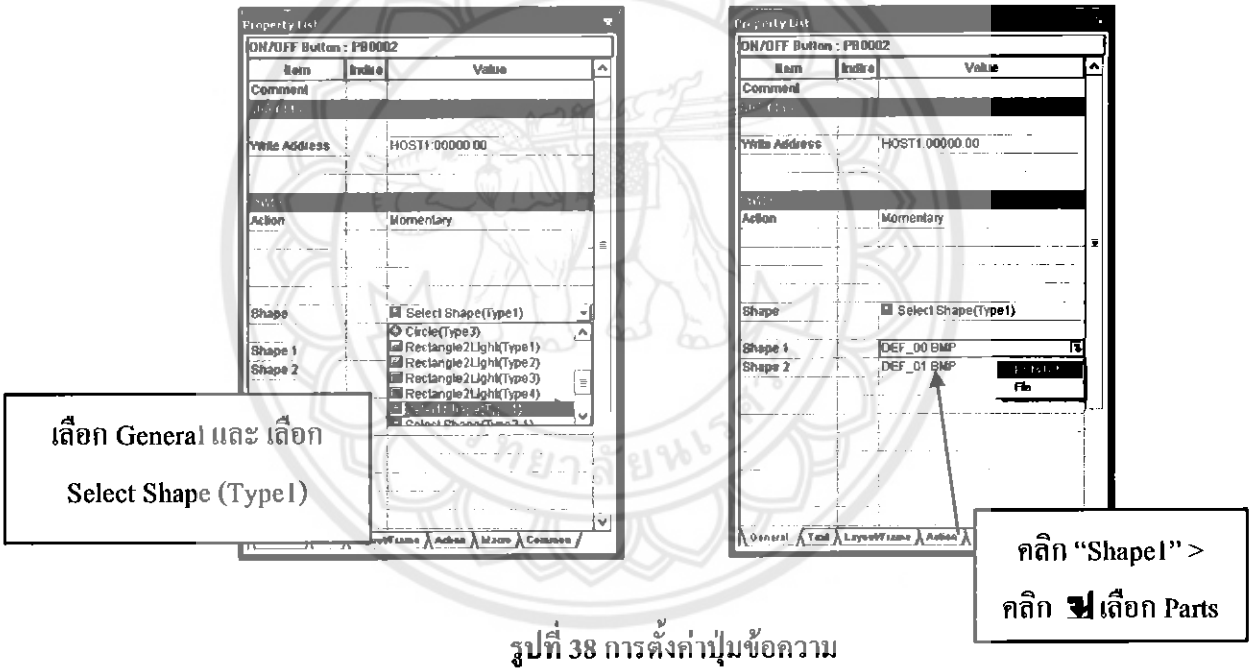


รูปที่ 36 การสร้างปุ่ม ON/OFF

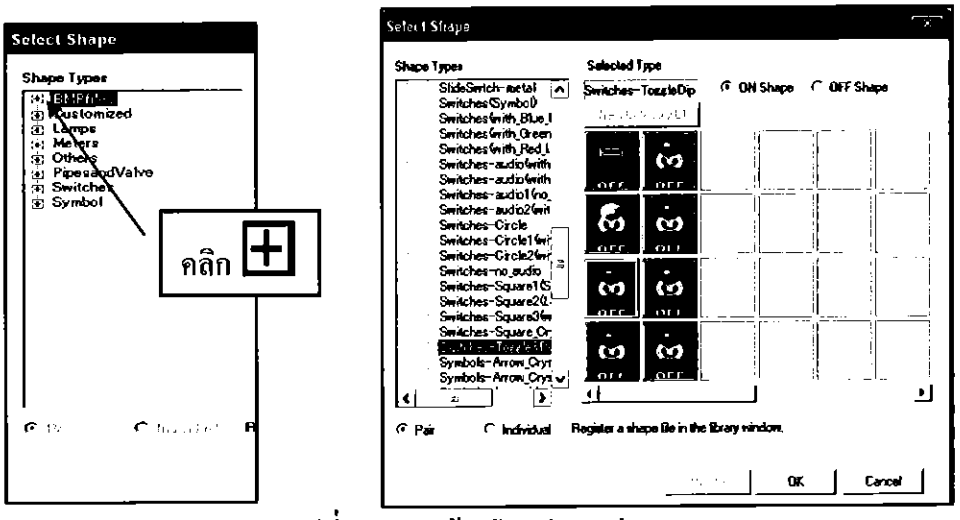
ลากและวางเมาส์ให้ได้ขนาดเท่ากันปุ่ม ON หรือ OFF แล้วทำตามขั้นตอนใน ข้อที่ 3.2



รูปที่ 37 หน้าต่างปุ่มข้อความที่สร้างขึ้น

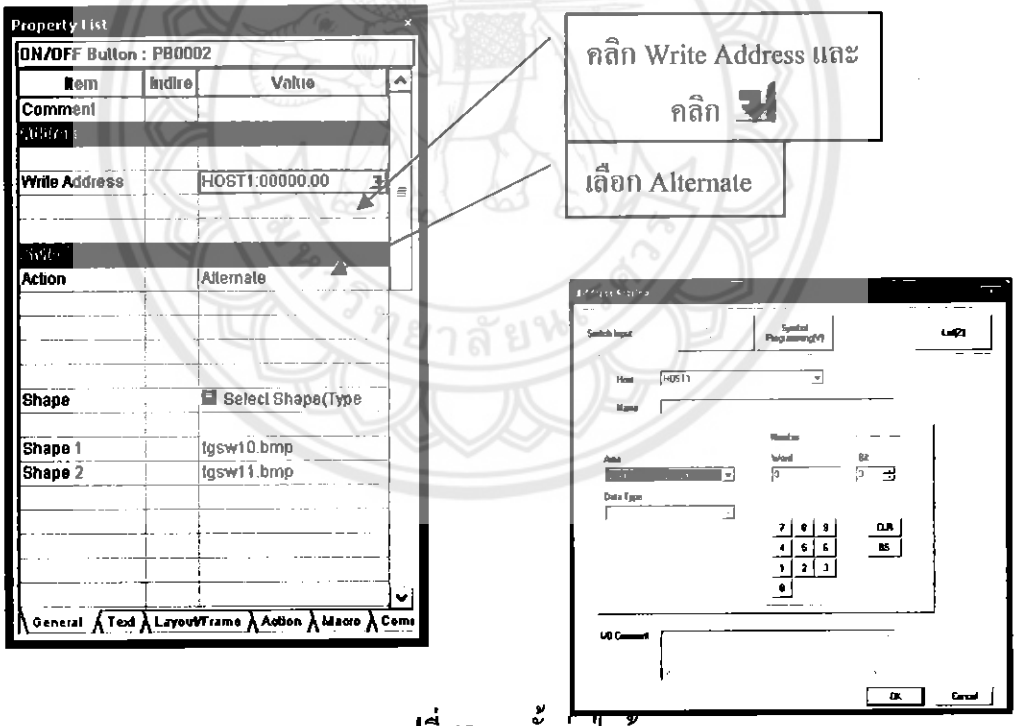


รูปที่ 38 การตั้งค่าปุ่มข้อความ



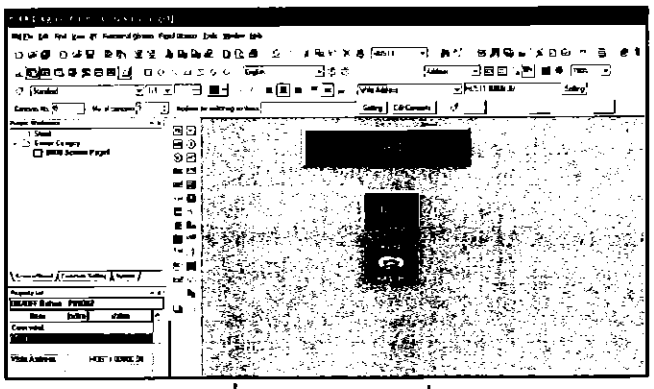
รูปที่ 39 การสร้างปุ่มรูปแบบต่างๆ

เลือก Switches-Toggle & Dip คลิก OK เมื่อทำตามขั้นตอนแล้วจะปรากฏหน้าต่างนี้ขึ้นมา



รูปที่ 40 การตั้งค่าปุ่มข้อความ

ใส่ค่าตามรูปข้างบนนี้ : Host: HOST1 → Area: CIO: Common1 → 0Area → Word: 0 → Bit: 0 → คลิก OK ภาพที่เสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 41 ปุ่มข้อความที่ได้

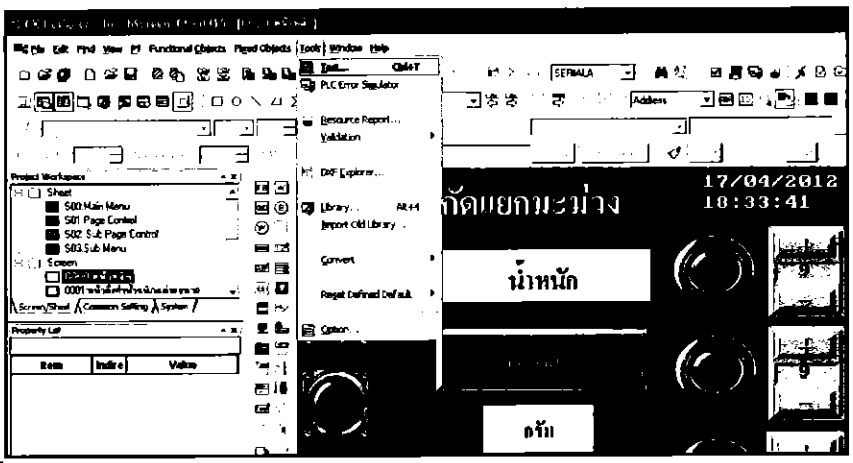
4. อุปกรณ์และหลักการทำงานของโปรแกรม

4.1 อุปกรณ์ที่จำเป็น

ตารางที่ 1 อุปกรณ์ที่จำเป็น

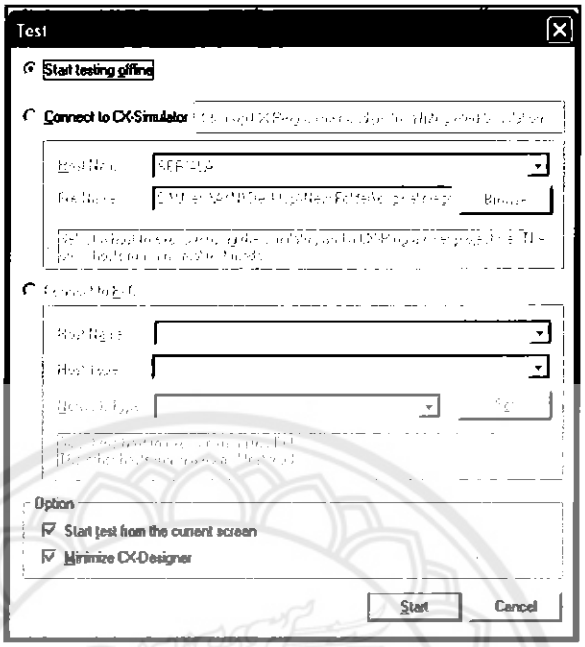
รายการ	ตัวอย่าง
CX-designer	NS-CXDC1-V[]
NS Hardware	NS8-TV1[](B)-V1
PLC	CS Series, CJ Series
NS Hardware –PC Serial communication cable	XW2Z-S002
NS Hardware –PLC Serial communication cable	XW2Z-200T
PC	Windows PLC on which CX-Designer
	Performs

4.2 การ Simulations ของระบบ

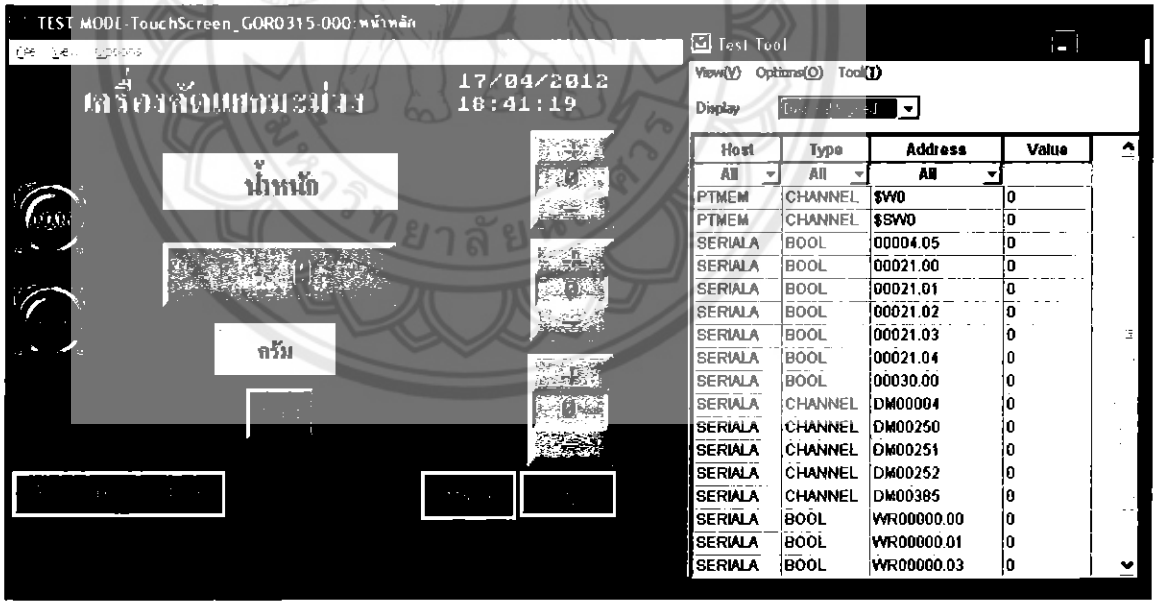


รูปที่ 42 เริ่มการจำลองการใช้งานร่วมกันระหว่าง CX-Programmer และ CX-Designer

จะปรากฏหน้าต่างนี้ขึ้นมา ให้คลิก Strat



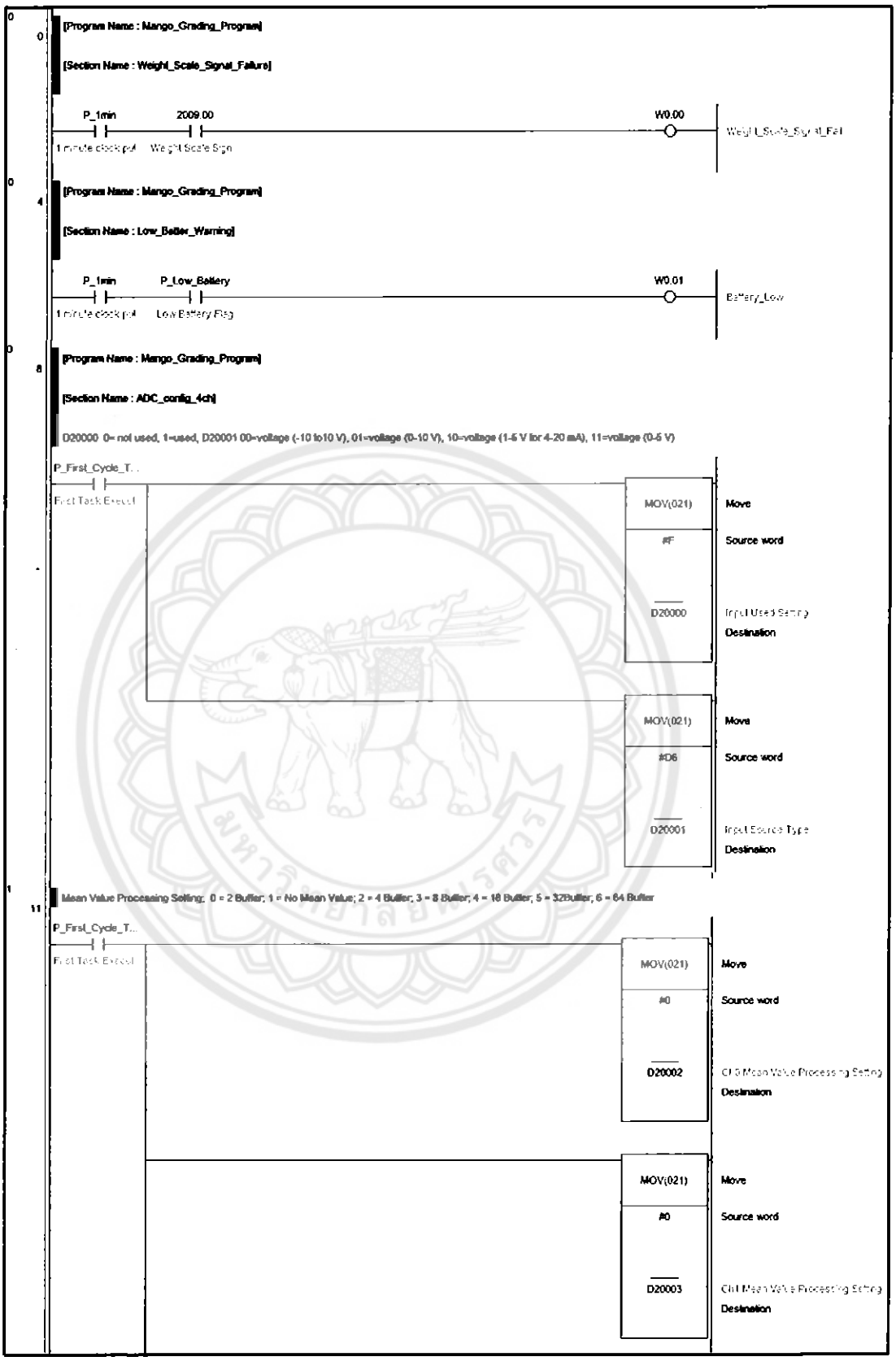
รูปที่ 43 การเริ่มกาเชื่อมต่อ

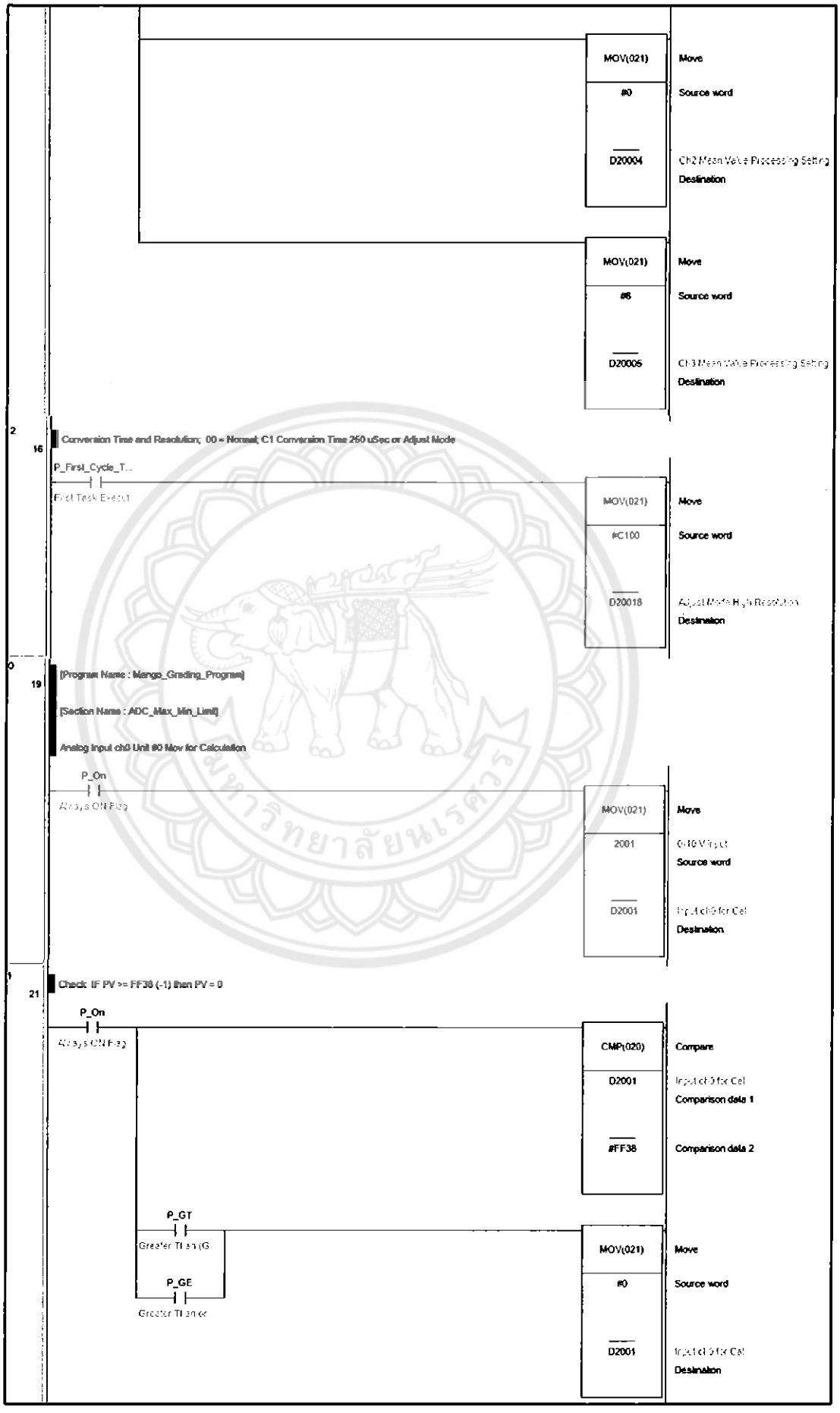


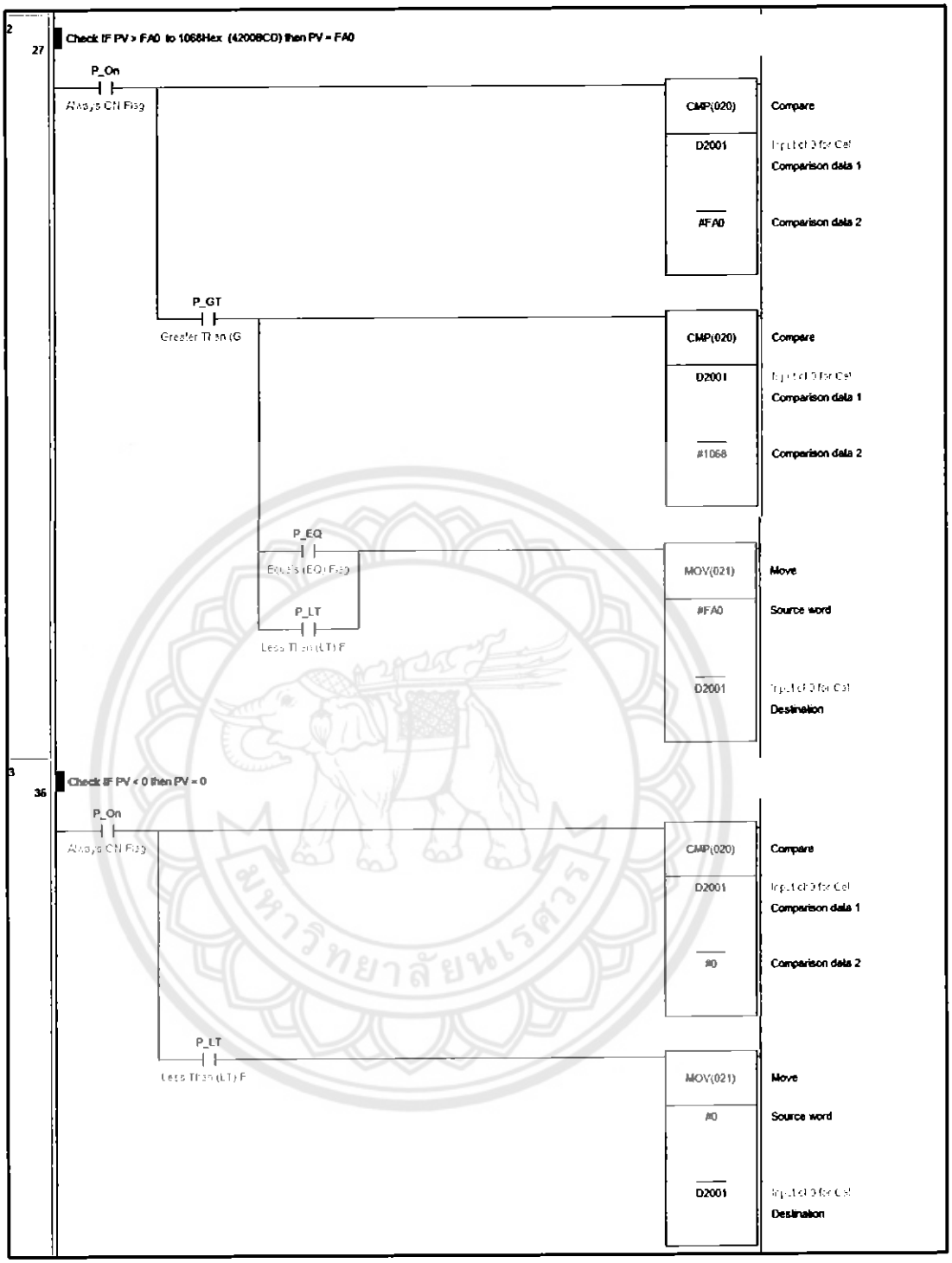
รูปที่ 44 การจำลองการใช้งานร่วมกันระหว่าง CX-Programmer และ CX-Designer

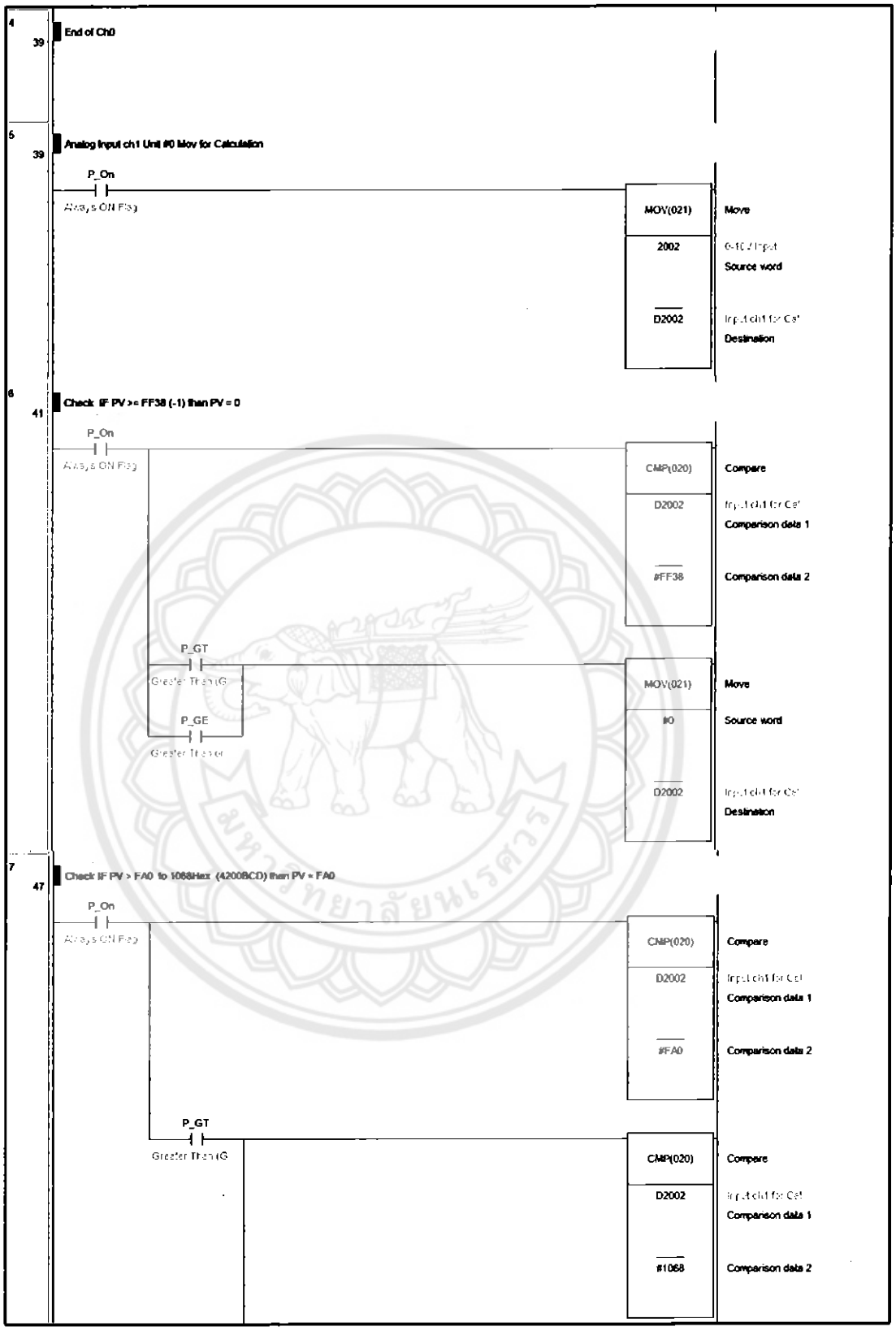
ภาคผนวก ง

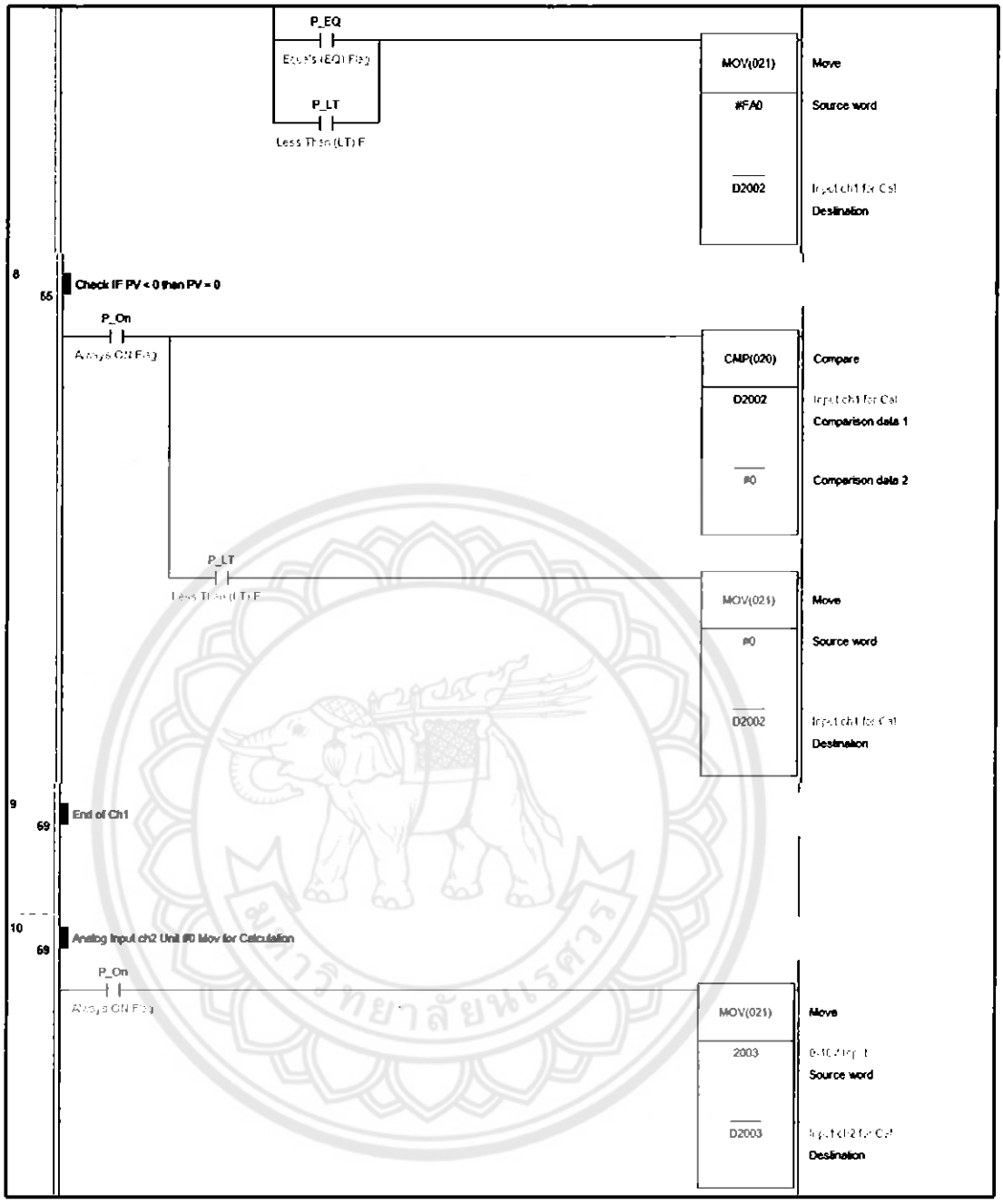
โปรแกรมแลดเดอร์เครื่องคัดเกรดมะม่วง

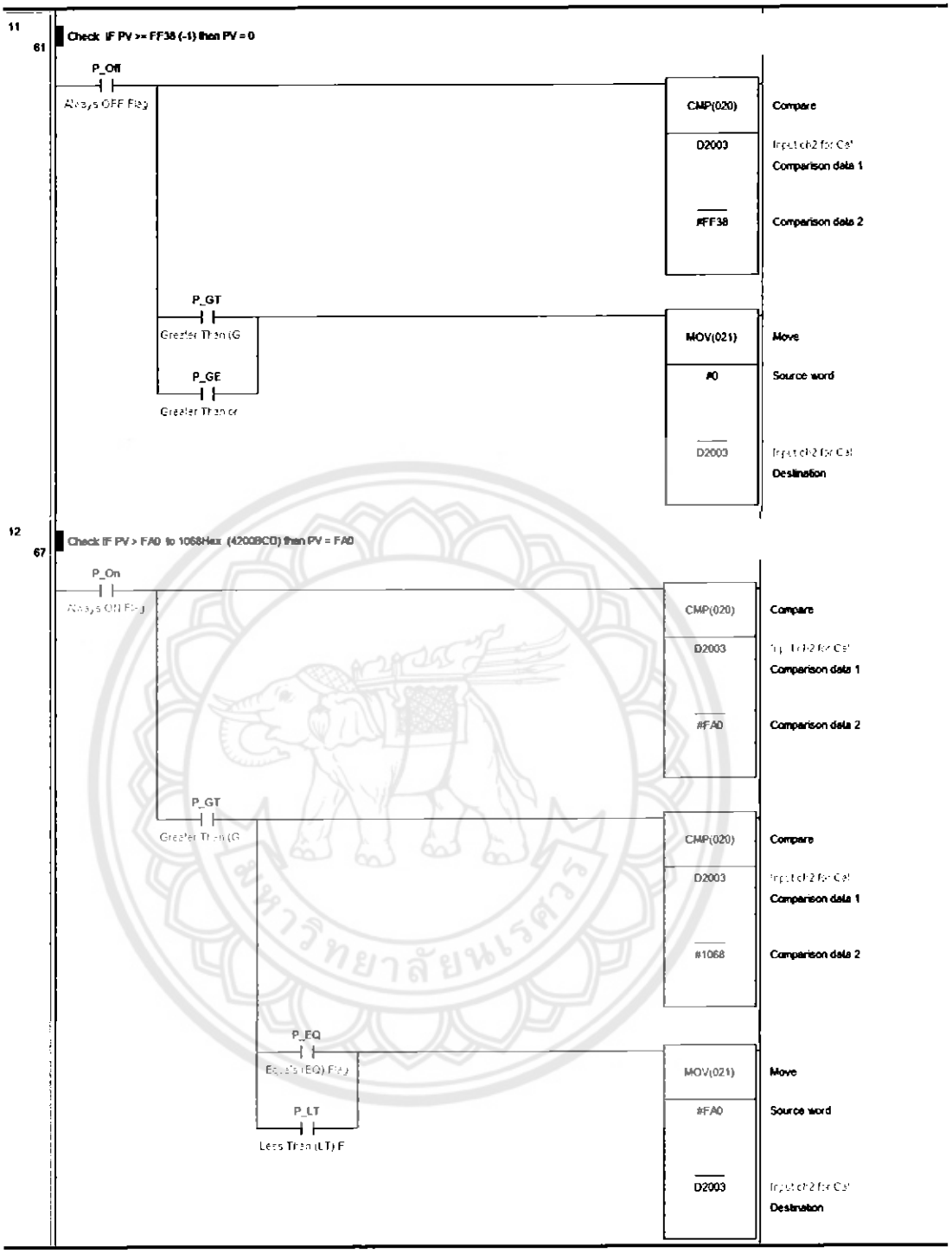

[Program Name : Mango_Grading_Program]
[Section Name : Weight_Scale_Signal_Failure]
P_1min
2009.00
W0.00
1 minute clock pul
Weight Scale Sign
[Program Name : Mango_Grading_Program]
[Section Name : Low_Batter_Warning]
P_1min
P_Low_Battery
W0.01
1 minute clock pul
Low Battery Flag
Battery_Low
[Program Name : Mango_Grading_Program]
[Section Name : ADC_config_4ch]
D20000 0= not used, 1=used, D20001 00=voltage (-10 to10 V), 01=voltage (0-10 V), 10=voltage (1-5 V for 4-20 mA), 11=voltage (0-5 V)
P_First_Cycle_T...
First Task Execut
MOV(021)
Move
#F
Source word
D20000
Input Used Setting
Destination
MOV(021)
Move
#D6
Source word
D20001
Input Source Type
Destination
Mean Value Processing Setting; 0 = 2 Buffer; 1 = No Mean Value; 2 = 4 Buffer; 3 = 8 Buffer; 4 = 16 Buffer; 5 = 32Buffer; 6 = 64 Buffer
P_First_Cycle_T...
First Task Execut
MOV(021)
Move
#0
Source word
D20002
CH Mean Value Processing Setting
Destination
MOV(021)
Move
#0
Source word
D20003
CH Mean Value Processing Setting
Destination

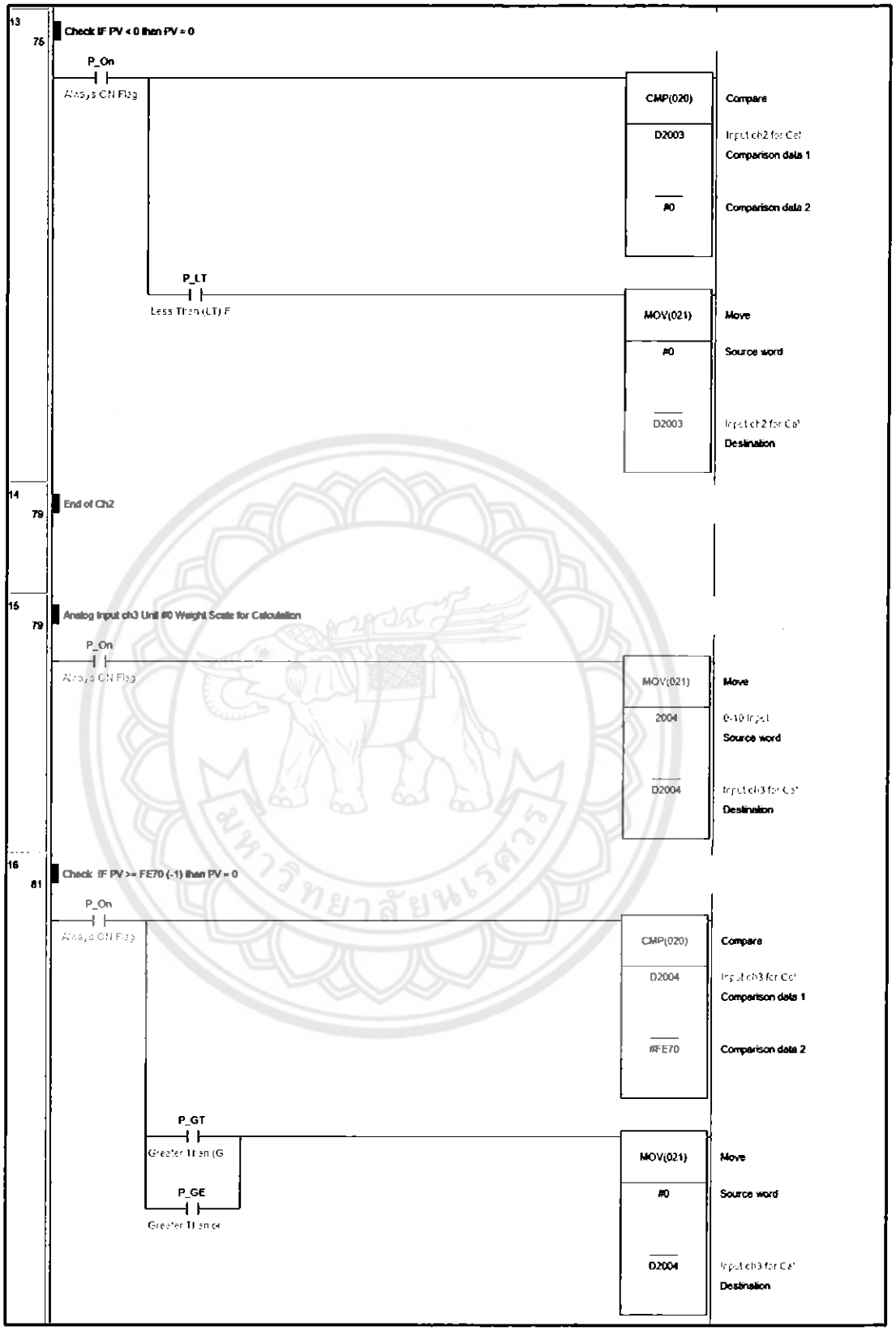

MOV(021)
Move
#0
Source word
D20004
Ch2 Mean Value Processing Setting
Destination
MOV(021)
Move
#6
Source word
D20005
Ch3 Mean Value Processing Setting
Destination
2
16
Conversion Time and Resolution; 00 = Normal; C1 Conversion Time 250 uSec or Adjust Mode
P_First_Cycle_T...
First Task Execut
MOV(021)
Move
#C100
Source word
D20018
Adjust Mode High Resolution
Destination
0
19
[Program Name : Mango_Grading_Program]
[Section Name : ADC_Max_Min_Limit]
Analog Input ch0 Unit #0 Mov for Calculation
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
2001
0-10V Input
Source word
D2001
Input ch0 for Cal
Destination
1
21
Check IF PV >= FF38 (-1) then PV = 0
P_On
Always ON Flag
CMP(020)
Compare
D2001
Input ch0 for Cal
Comparison data 1
#FF38
Comparison data 2
P_GT
Greater Than (G
P_GE
Greater Than or
MOV(021)
Move
#0
Source word
D2001
Input ch0 for Cal
Destination

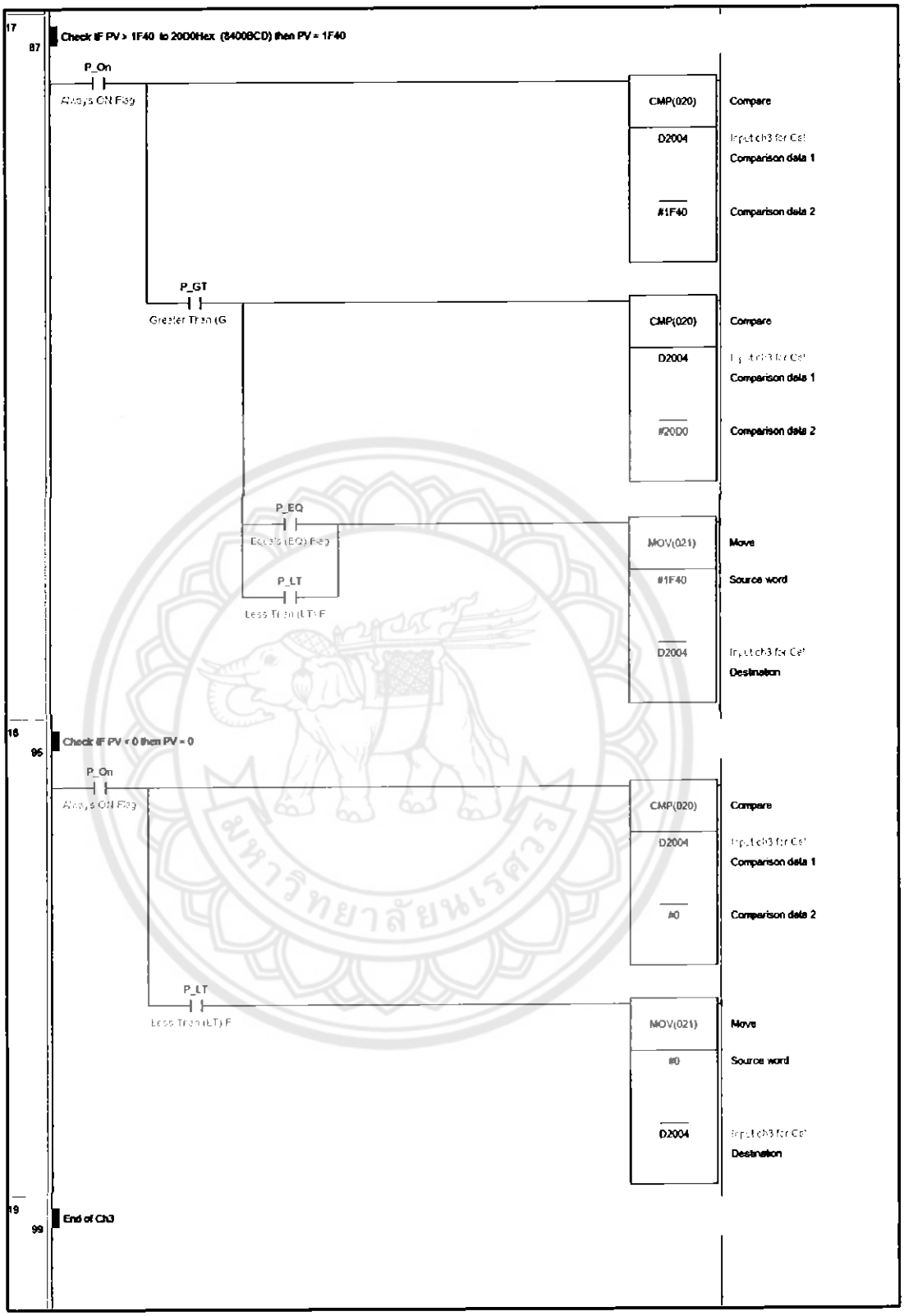

2
27
Check IF PV > FA0 to 1068Hex (4200BCD) then PV = FA0
P_On
Always ON Flag
CMP(020)
Compare
D2001
Input CH 0 for Cel
Comparison data 1
#FA0
Comparison data 2
P_GT
Greater Than (G
CMP(020)
Compare
D2001
Input CH 0 for Cel
Comparison data 1
#1068
Comparison data 2
P_EQ
Equals (EQ) Flag
P_LT
Less Than (LT) F
MOV(021)
Move
#FA0
Source word
D2001
Input CH 0 for Cel
Destination
3
36
Check IF PV < 0 then PV = 0
P_On
Always ON Flag
CMP(020)
Compare
D2001
Input CH 0 for Cel
Comparison data 1
#0
Comparison data 2
P_LT
Less Than (LT) F
MOV(021)
Move
#0
Source word
D2001
Input CH 0 for Cel
Destination

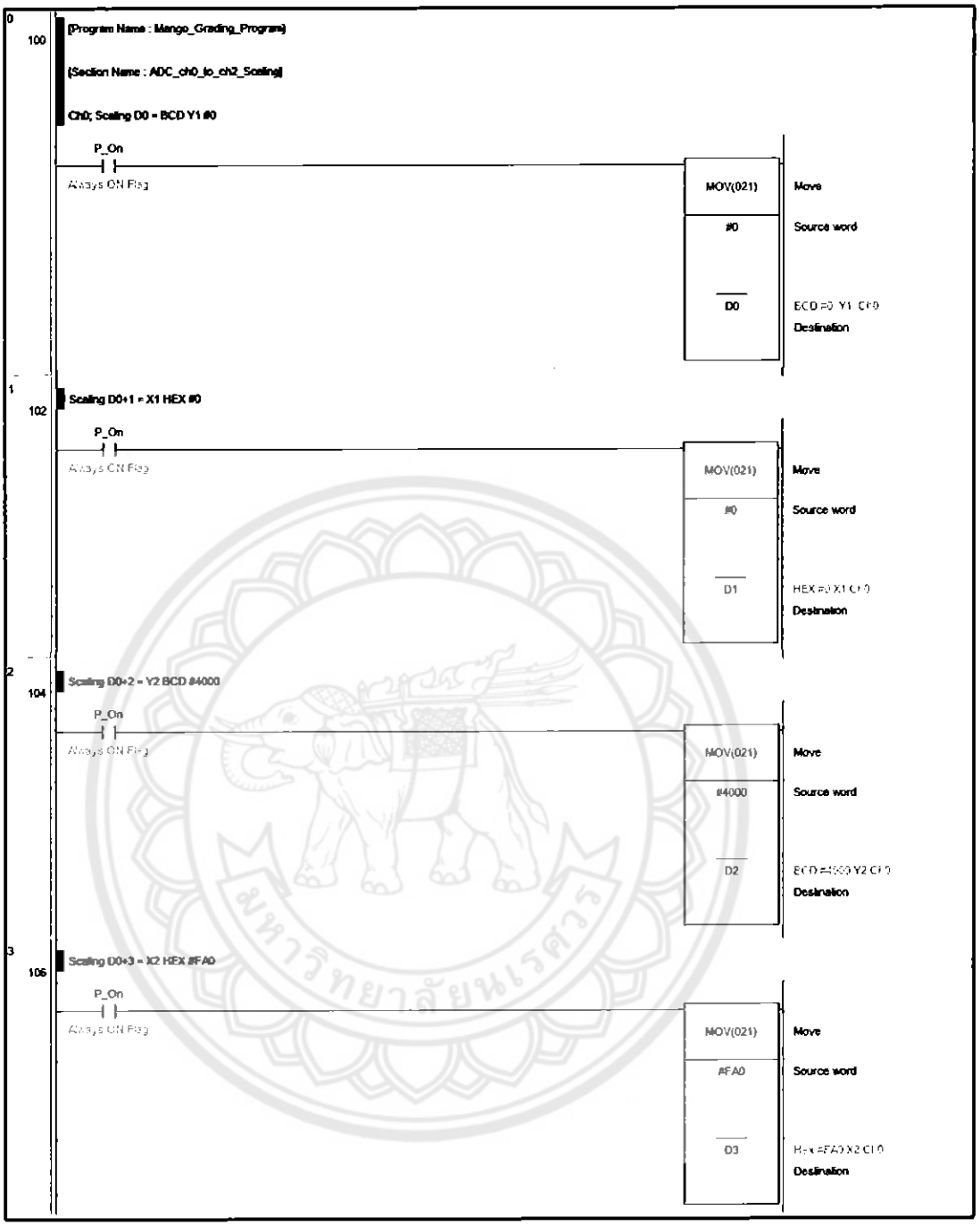

4
39
End of Ch0
5
39
Analog Input ch1 Unit #0 Mov for Calculation
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
2002
Source word
D2002
Destination
6
41
Check IF PV >= FF38 (-1) than PV = 0
P_On
Always ON Flag
CMP(020)
Compare
D2002
Comparison data 1
#FF38
Comparison data 2
P_GT
Greater Than (>)
P_GE
MOV(021)
Move
#0
Source word
D2002
Destination
7
47
Check IF PV > FA0 to 1068Hex (4200BCD) than PV = FA0
P_On
Always ON Flag
CMP(020)
Compare
D2002
Comparison data 1
#FA0
Comparison data 2
P_GT
Greater Than (>)
CMP(020)
Compare
D2002
Comparison data 1
#1068
Comparison data 2

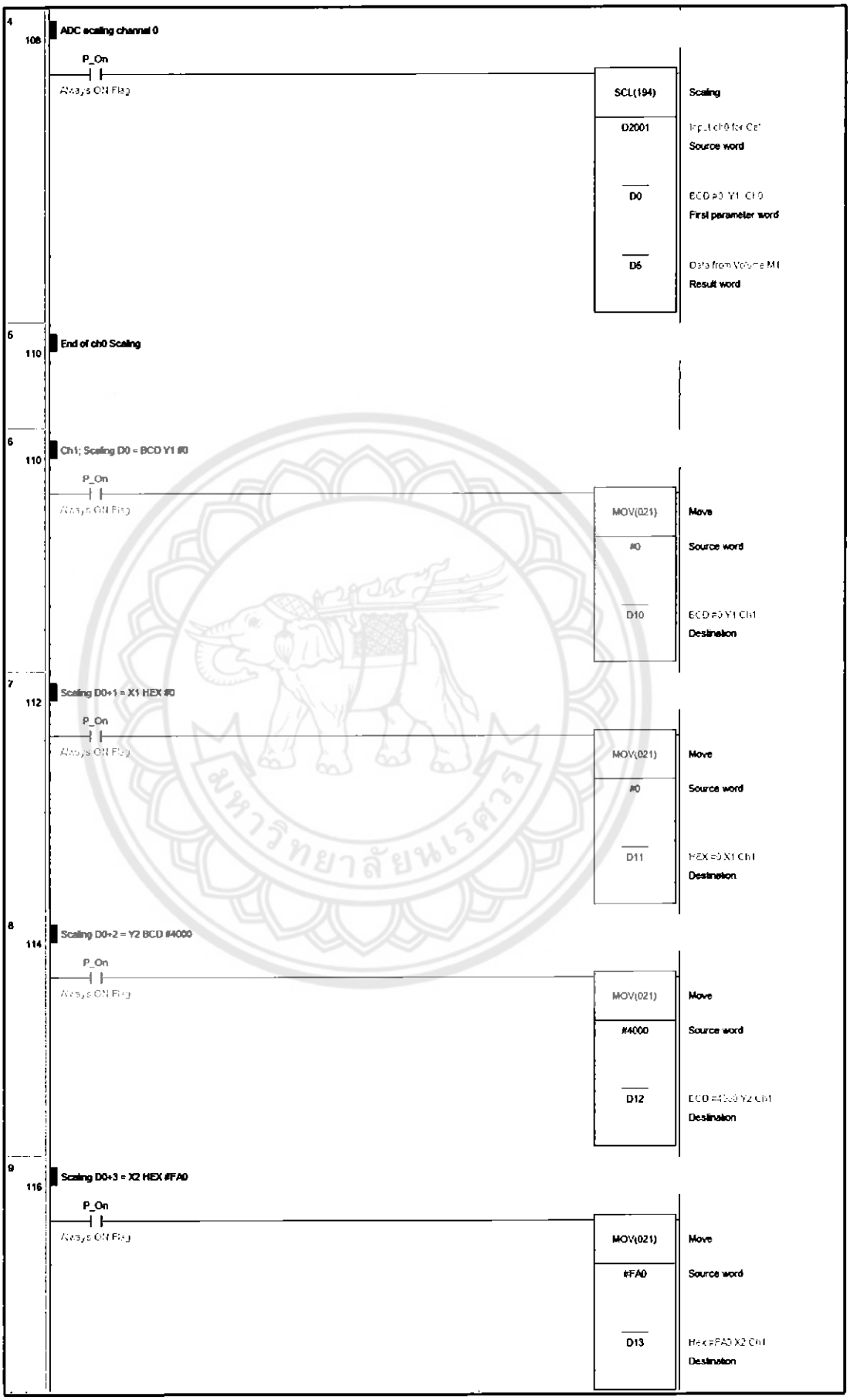

P_EQ
Equal's (EQ) Flag
P_LT
Less Than (LT) F
MOV(021)
Move
#FA0
Source word
D2002
Destination
8
55
Check IF PV < 0 then PV = 0
P_On
Always ON Flag
CMP(020)
Compare
D2002
Comparison data 1
#0
Comparison data 2
P_LT
Less Than (LT) F
MOV(021)
Move
#0
Source word
D2002
Destination
9
69
End of Ch1
10
69
Analog Input ch2 Unit #0 Mov for Calculation
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
2003
Source word
D2003
Destination

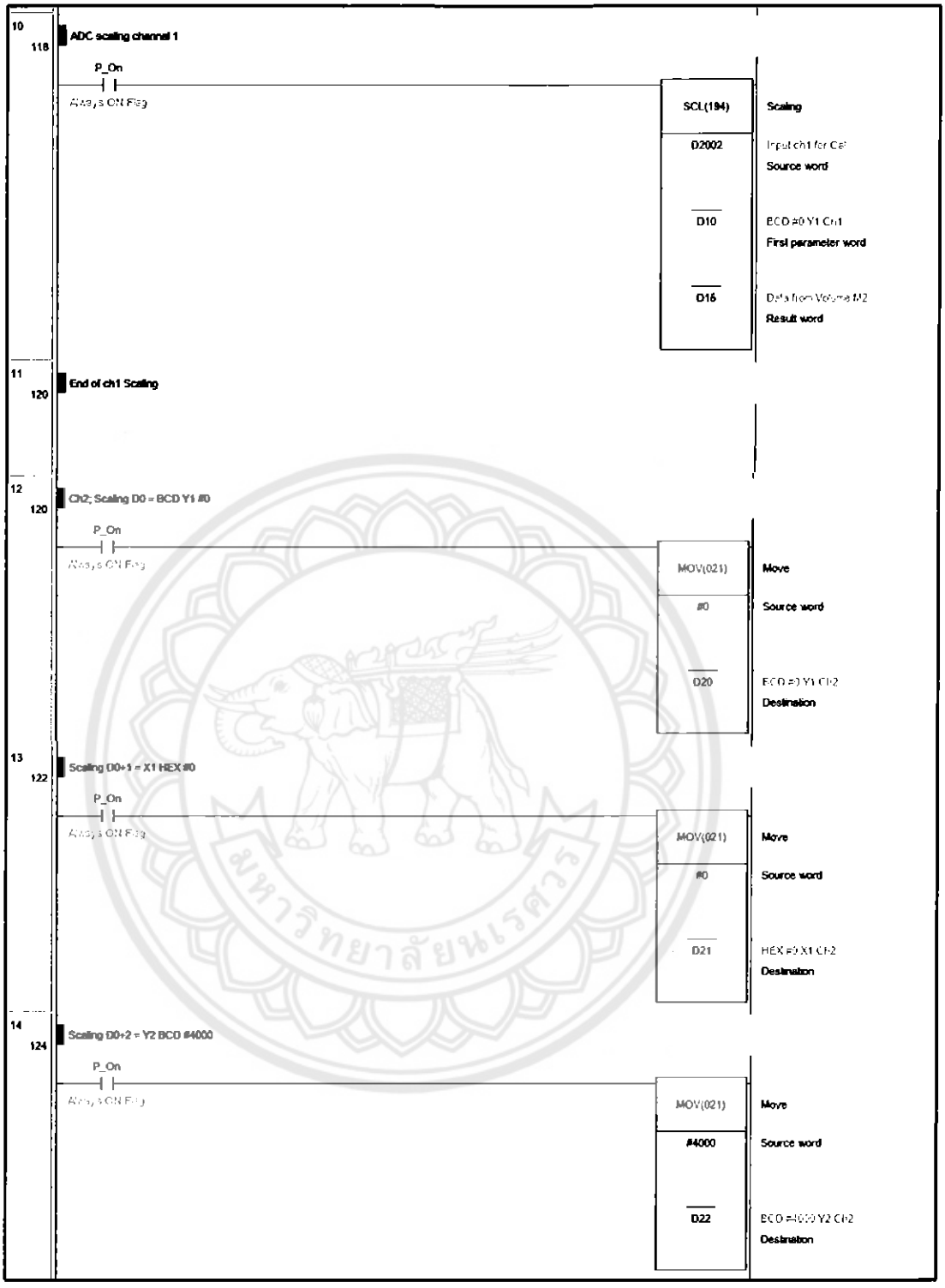

11
61
Check IF PV >= FF38 (-1) then PV = 0
P_Off
Always OFF Flag
CMP(020)
Compare
D2003
Comparison data 1
#FF38
Comparison data 2
P_GT
Greater Than (G
P_GE
Greater Than or
MOV(021)
Move
#0
Source word
D2003
Destination
12
67
Check IF PV > FA0 to 1068Hex (4200BCD) then PV = FA0
P_On
CMP(020)
Compare
D2003
Comparison data 1
#FA0
Comparison data 2
P_GT
CMP(020)
Compare
D2003
Comparison data 1
#1068
Comparison data 2
P_EQ
P_LT
Less Than (LT) F
MOV(021)
Move
#FA0
Source word
D2003
Destination

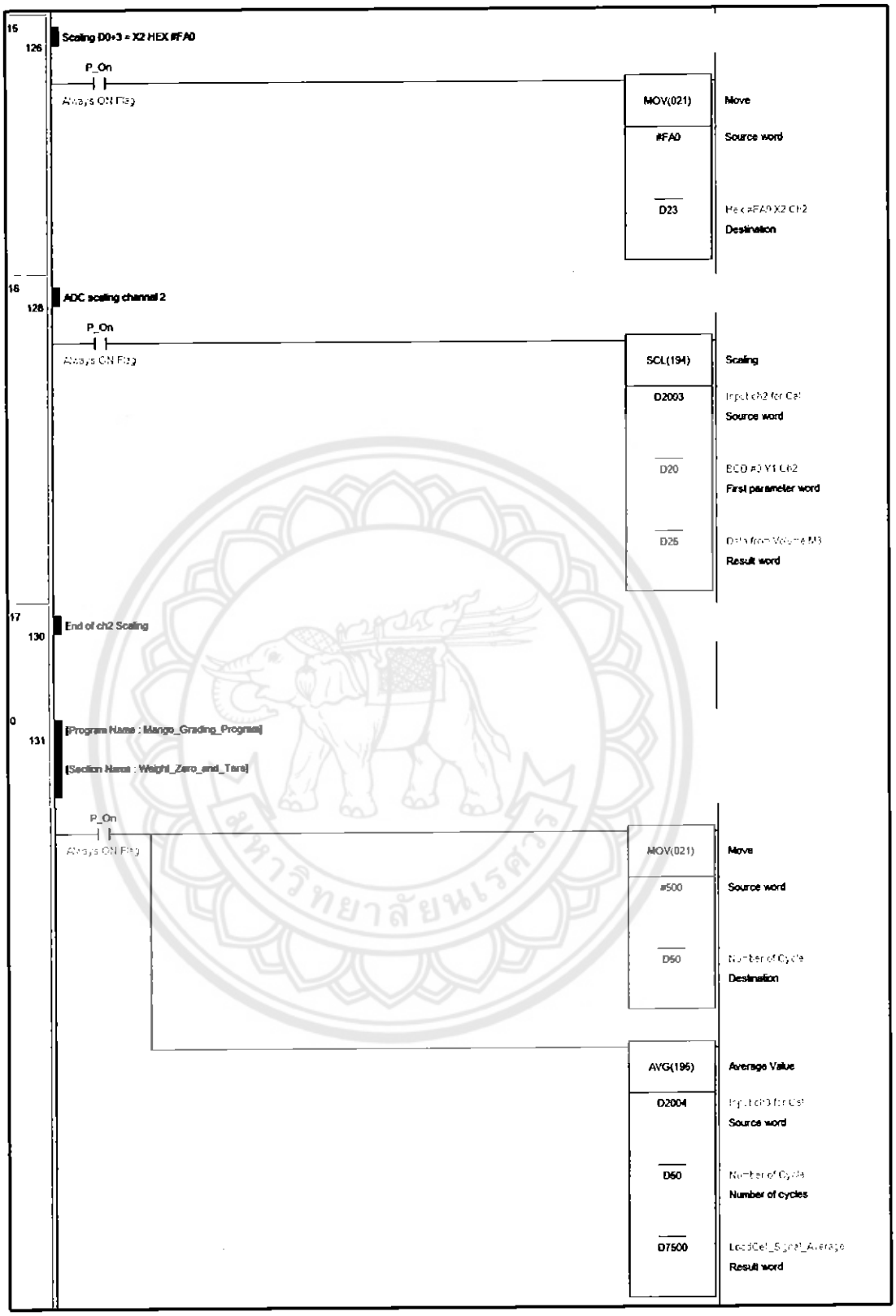

13
75
Check IF PV < 0 then PV = 0
P_On
Always ON Flag
CMP(020)
Compare
D2003
Input ch2 for Cal
Comparison data 1
#0
Comparison data 2
P_LT
Less Than (LT) F
MOV(021)
Move
#0
Source word
D2003
Input ch2 for Cal
Destination
14
79
End of Ch2
15
79
Analog Input ch3 Unit #0 Weight Scale for Calculation
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
2004
0-10 Input
Source word
D2004
Input ch3 for Cal
Destination
16
81
Check IF PV >= FE70 (-1) then PV = 0
P_On
Always ON Flag
CMP(020)
Compare
D2004
Input ch3 for Cal
Comparison data 1
#FE70
Comparison data 2
P_GT
Greater Than (G
P_GE
Greater Than or
MOV(021)
Move
#0
Source word
D2004
Input ch3 for Cal
Destination

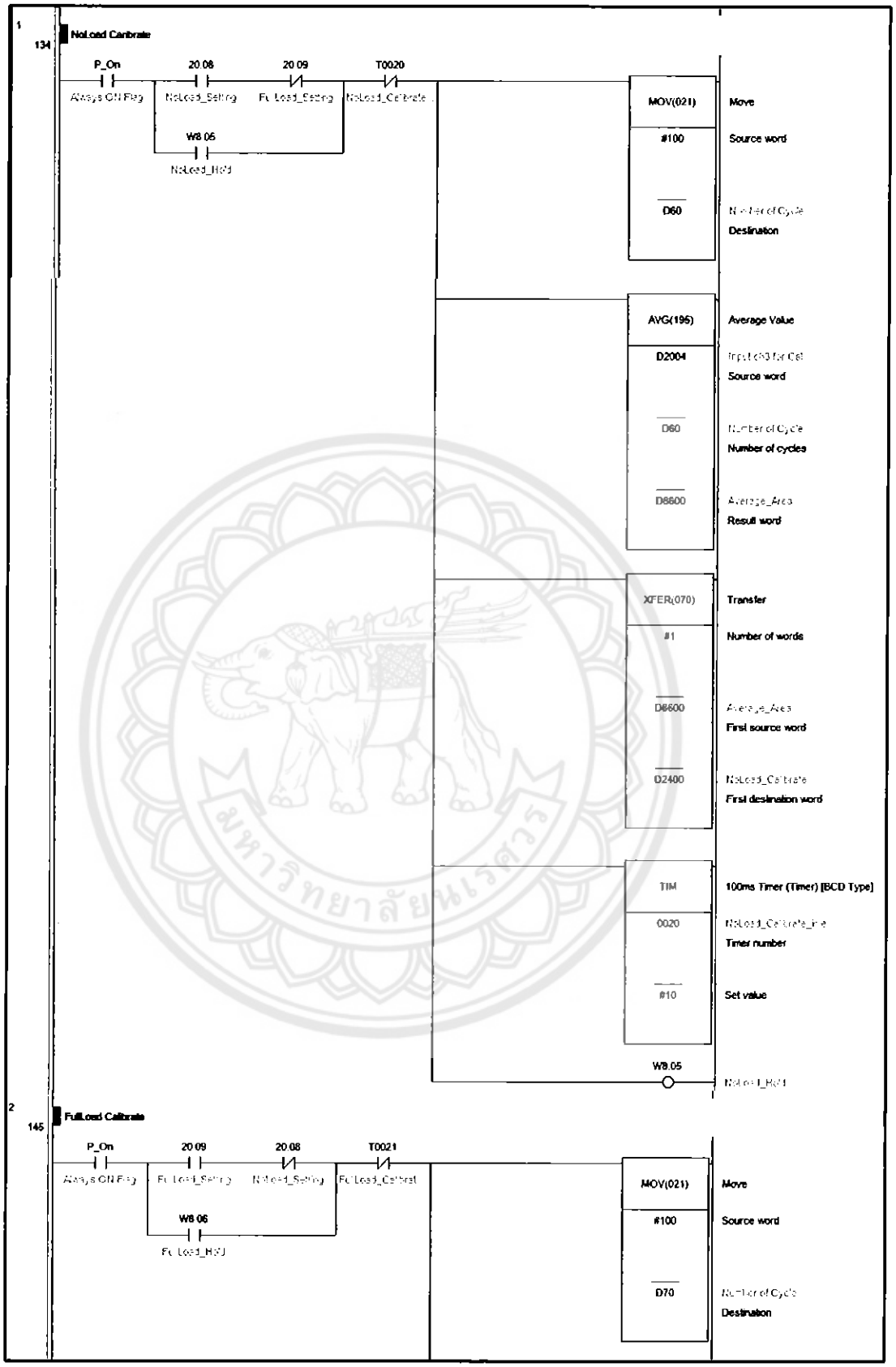

17
87
Check IF PV > 1F40 to 2000Hex (8400BCD) then PV = 1F40
P_On
Always ON Flag
CMP(020)
Compare
D2004
Input ch3 for Cal
Comparison data 1
#1F40
Comparison data 2
P_GT
Greater Than (G
CMP(020)
Compare
D2004
Comparison data 1
#20D0
Comparison data 2
P_EQ
P_LT
Less Than (LT) F
MOV(021)
Move
#1F40
Source word
D2004
Destination
18
95
Check IF PV < 0 then PV = 0
P_On
CMP(020)
Compare
D2004
Comparison data 1
#0
Comparison data 2
P_LT
Less Than (LT) F
MOV(021)
Move
#0
Source word
D2004
Destination
19
99
End of Ch3

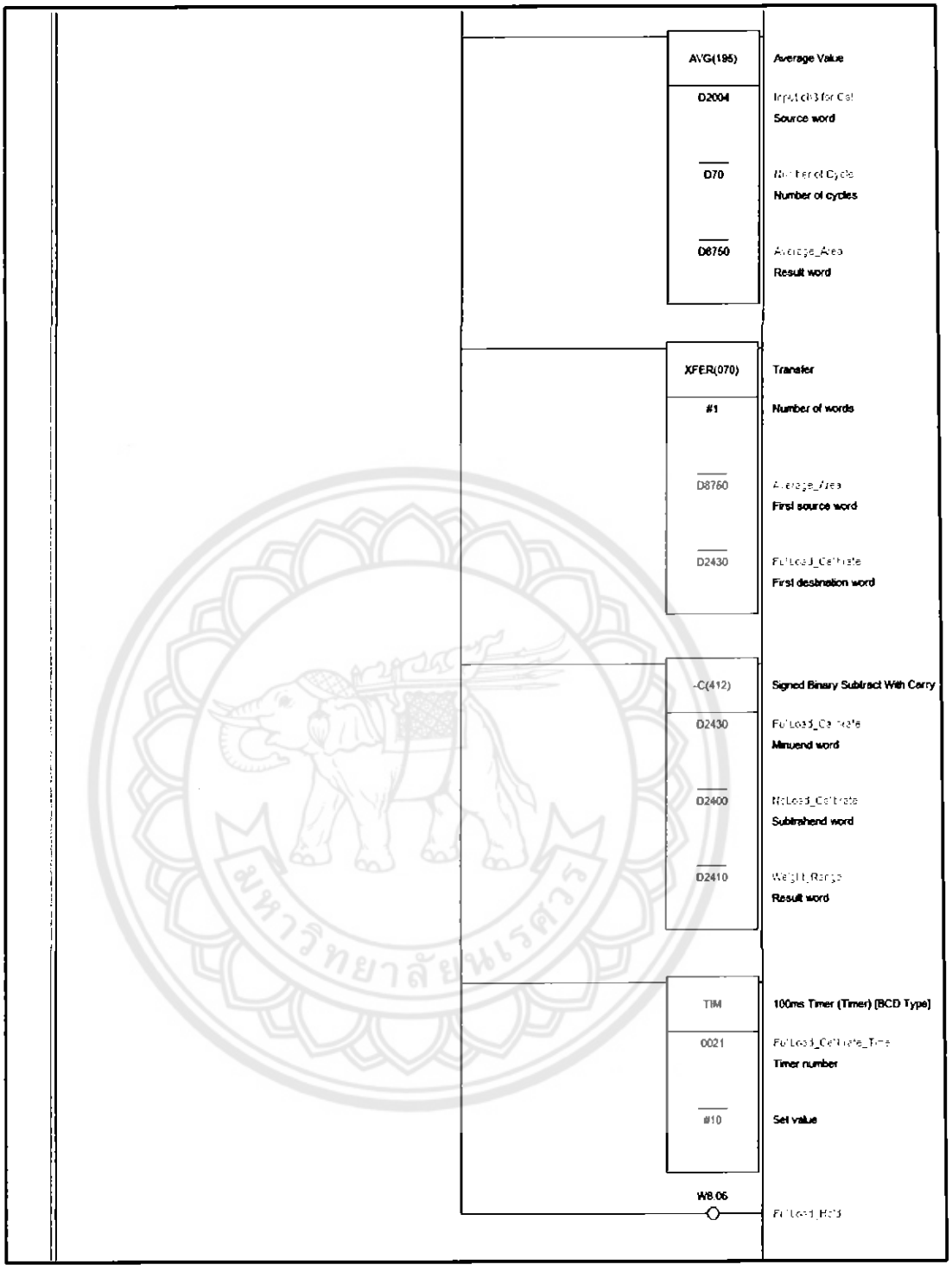

0
100
[Program Name : Mango_Grading_Program]
[Section Name : ADC_ch0_to_ch2_Scaling]
Ch0; Scaling D0 = BCD Y1 #0
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#0
Source word
D0
BCD #0 Y1 CH 0
Destination
1
102
Scaling D0+1 = X1 HEX #0
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#0
Source word
D1
HEX #0 X1 CH 0
Destination
2
104
Scaling D0+2 = Y2 BCD #4000
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#4000
Source word
D2
BCD #4000 Y2 CH 0
Destination
3
106
Scaling D0+3 = X2 HEX #FA0
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#FA0
Source word
D3
Hex #FA0 X2 CH 0
Destination

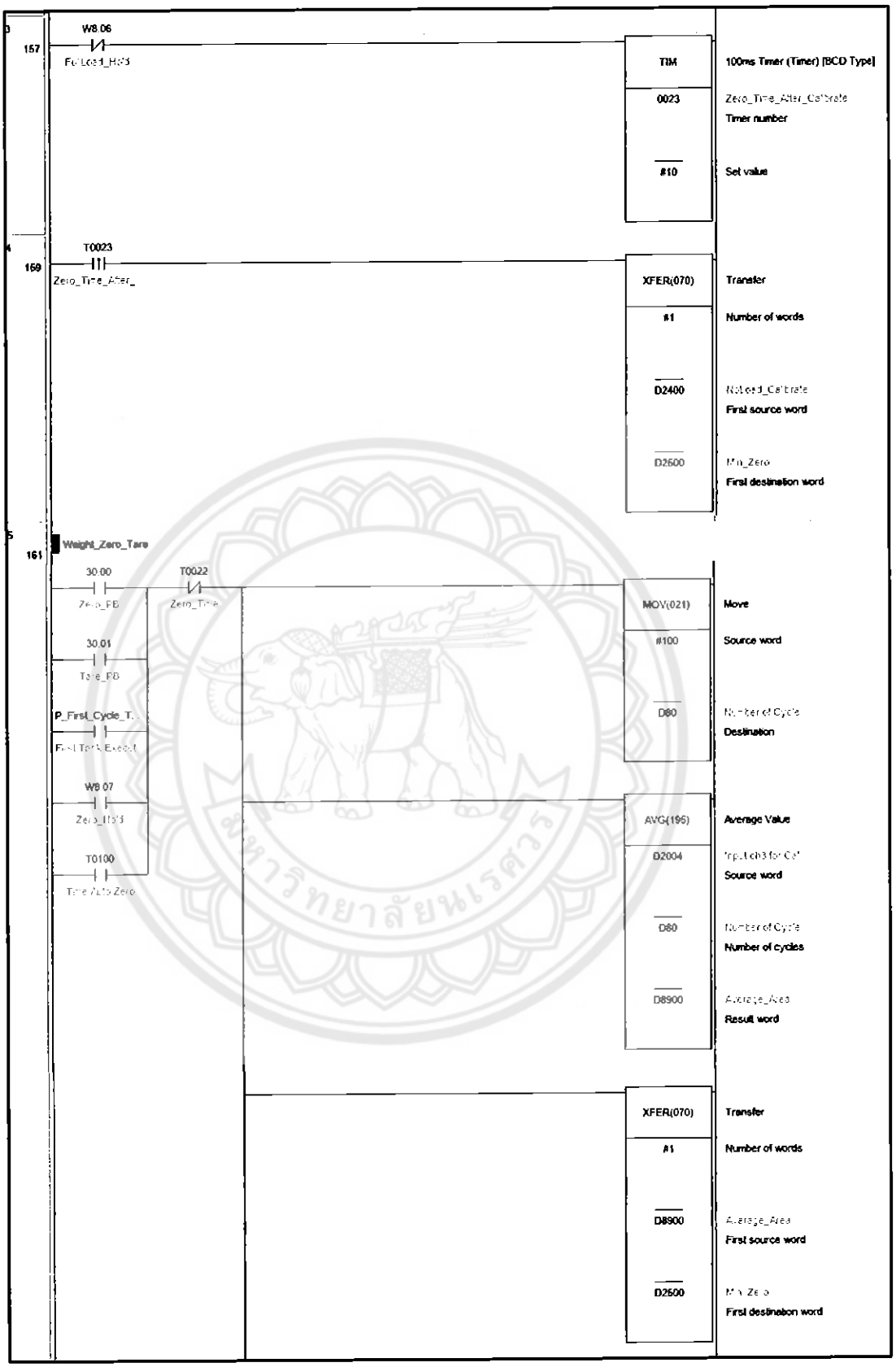

4
108
ADC scaling channel 0
P_On
Always ON Flag
SCL(194)
Scaling
D2001
Source word
D0
First parameter word
D5
Result word
5
110
End of ch0 Scaling
6
110
Ch1; Scaling D0 = BCD Y1 #0
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#0
Source word
D10
Destination
7
112
Scaling D0+1 = X1 HEX #0
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#0
Source word
D11
Destination
8
114
Scaling D0+2 = Y2 BCD #4000
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#4000
Source word
D12
Destination
9
116
Scaling D0+3 = X2 HEX #FA0
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#FA0
Source word
D13
Destination

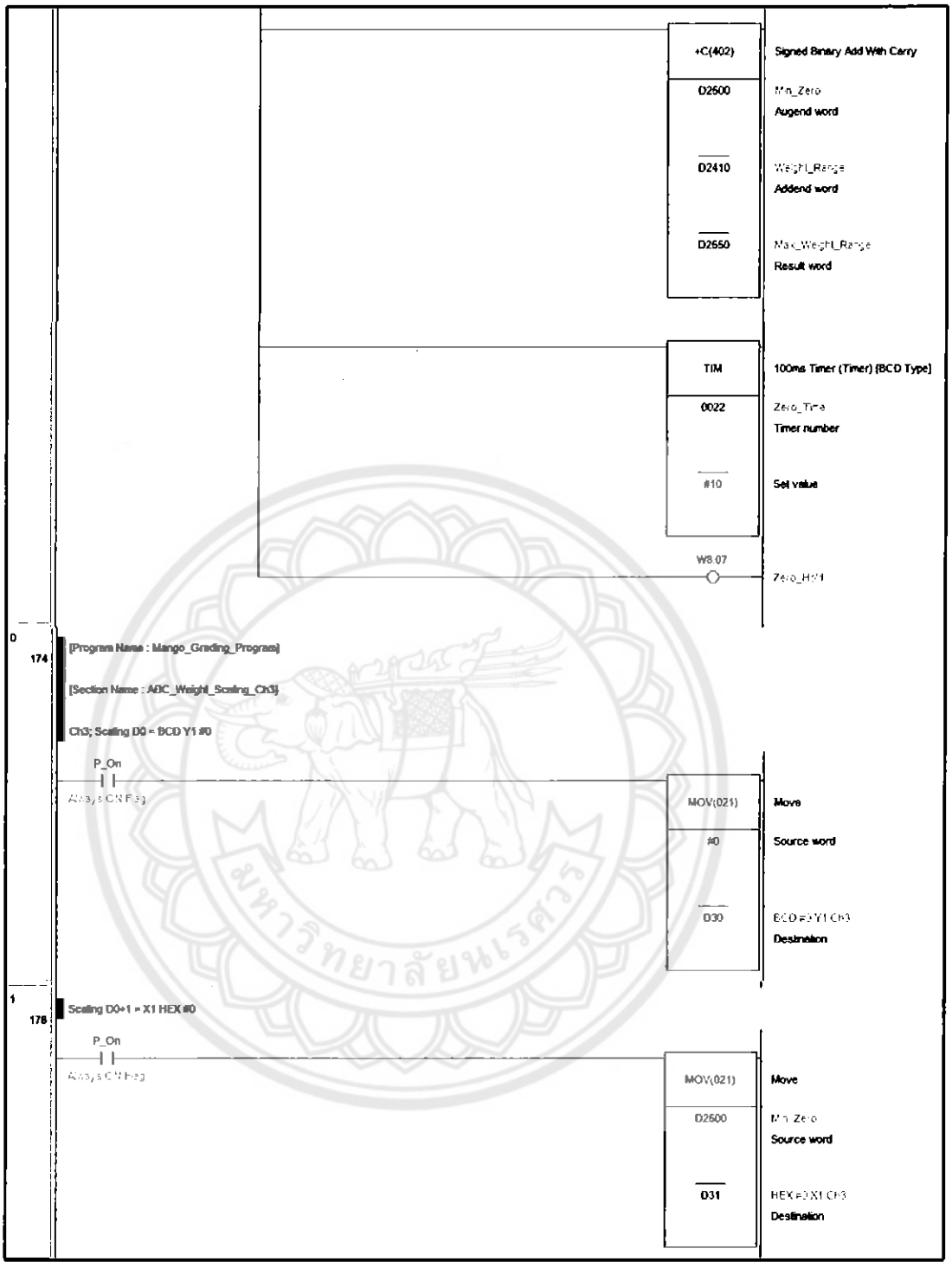

10
118
ADC scaling channel 1
P_On
Always ON Flag
SCL(194)
Scaling
D2002
Input ch1 for Cal
Source word
D10
BCD #0 Y1 Ch1
First parameter word
D16
Data from Volume M2
Result word
11
120
End of ch1 Scaling
12
120
Ch2; Scaling D0 = BCD Y1 #0
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#0
Source word
D20
BCD #0 Y1 Ch2
Destination
13
122
Scaling D0+1 = X1 HEX #0
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#0
Source word
D21
HEX #0 X1 Ch2
Destination
14
124
Scaling D0+2 = Y2 BCD #4000
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#4000
Source word
D22
BCD #4000 Y2 Ch2
Destination

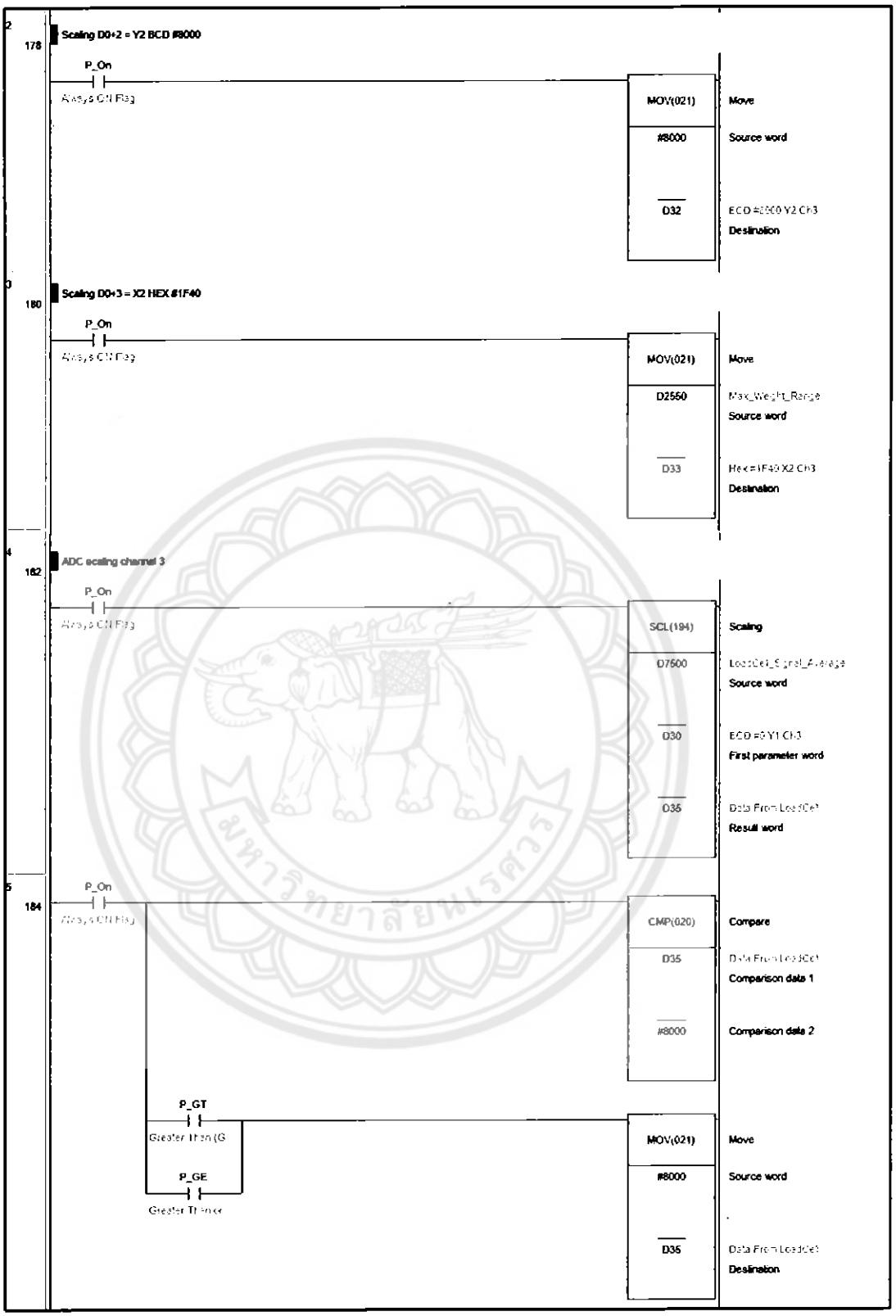

15
126
Scaling D0+3 = X2 HEX #FA0
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#FA0
Source word
D23
Hex #FA0 X2 Ch2
Destination
16
128
ADC scaling channel 2
P_On
Always ON Flag
SCL(194)
Scaling
D2003
Input ch2 for Cal
Source word
D20
BCD #0 Y1 Ch2
First parameter word
D25
Data from Volume M3
Result word
17
130
End of ch2 Scaling
0
131
[Program Name : Mango_Grading_Program]
[Section Name : Weight_Zero_and_Tare]
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#500
Source word
D50
Number of Cycle
Destination
AVG(196)
Average Value
D2004
Input ch3 for Cal
Source word
D50
Number of Cycle
Number of cycles
D7500
LoadCell_Signal_Average
Result word

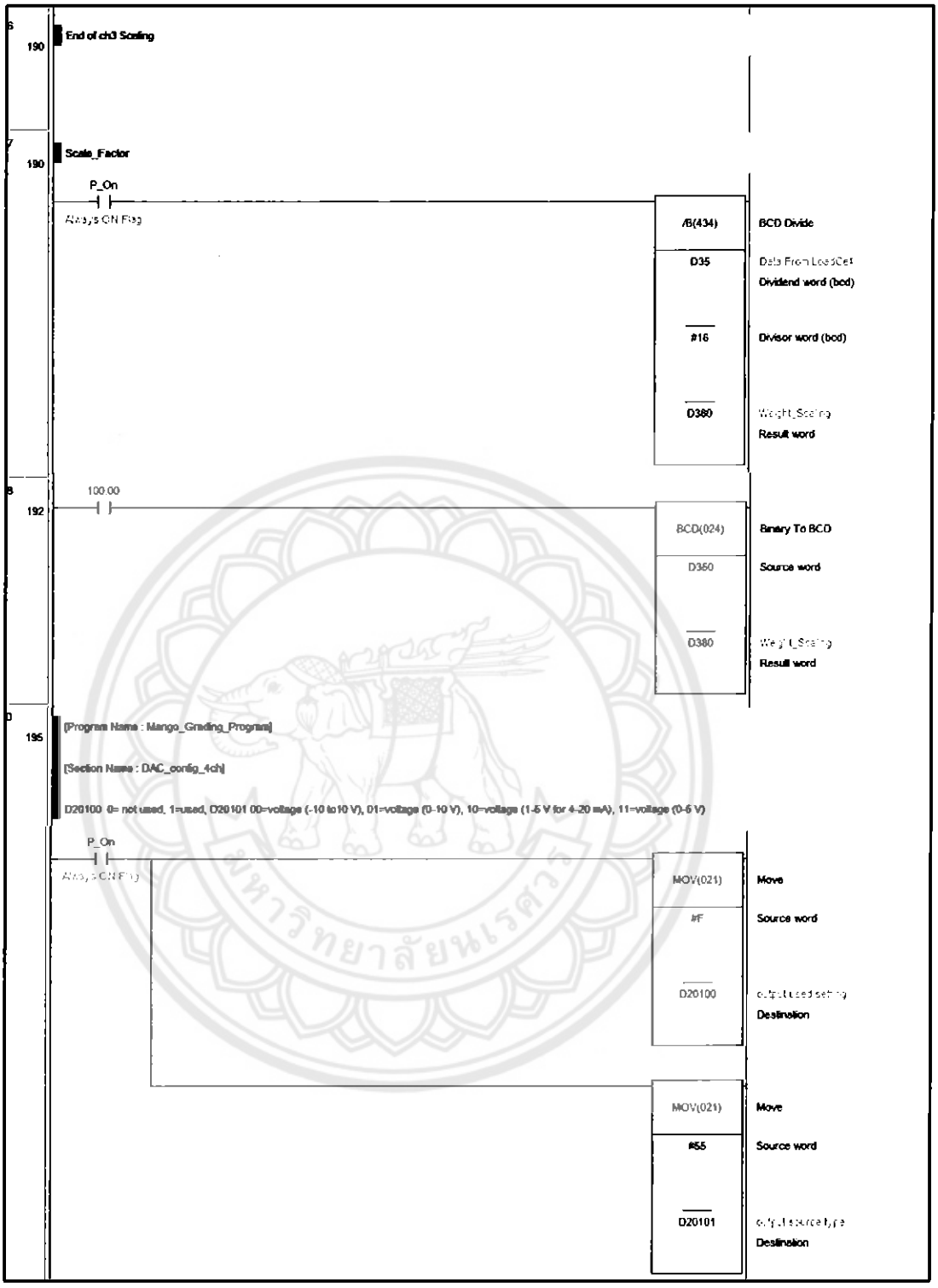

1
134
NoLoad Canbrate
P_On
Always ON Flag
20.08
NoLoad_Setting
20.09
FuLoad_Setting
T0020
NoLoad_Calibrate
W8.05
NoLoad_HOLD
MOV(021)
Move
#100
Source word
D60
Number of Cycle
Destination
AVG(195)
Average Value
D2004
Input CH3 for Cal
Source word
D60
Number of Cycle
Number of cycles
D8600
Average_Area
Result word
XFER(070)
Transfer
#1
Number of words
D8600
Average_Area
First source word
D2400
NoLoad_Calibrate
First destination word
TIM
100ms Timer (Timer) [BCD Type]
0020
NoLoad_Calibrate_time
Timer number
#10
Set value
W8.05
NoLoad_HOLD
2
145
FullLoad Calibrate
P_On
Always ON Flag
20.09
FuLoad_Setting
20.08
NoLoad_Setting
T0021
FuLoad_Calibrat
W8.06
FuLoad_HOLD
MOV(021)
Move
#100
Source word
D70
Number of Cycle
Destination

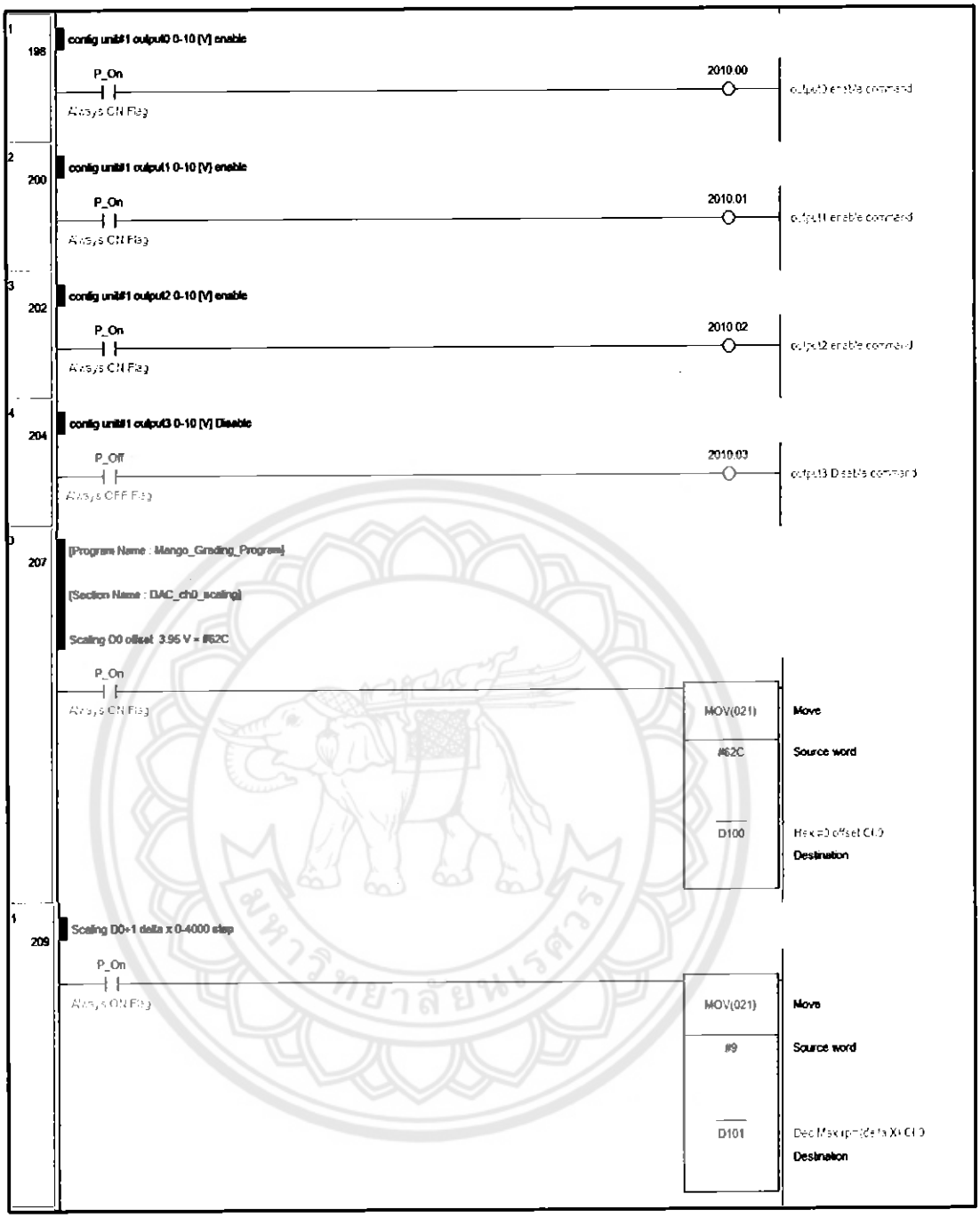

AVG(195)
Average Value
D2004
Input ch3 for Cal
Source word
D70
Number of cycles
D8760
Average_Area
Result word
XFER(070)
Transfer
#1
Number of words
D8760
Average_Area
First source word
D2430
FullLoad_Calibrate
First destination word
-C(412)
Signed Binary Subtract With Carry
D2430
FullLoad_Calibrate
Minuend word
D2400
NoLoad_Calibrate
Subtrahend word
D2410
Weight_Range
Result word
TIM
100ms Timer (Timer) [BCD Type]
0021
FullLoad_Calibrate_Time
Timer number
#10
Set value
W8.06
FullLoad_Bit3

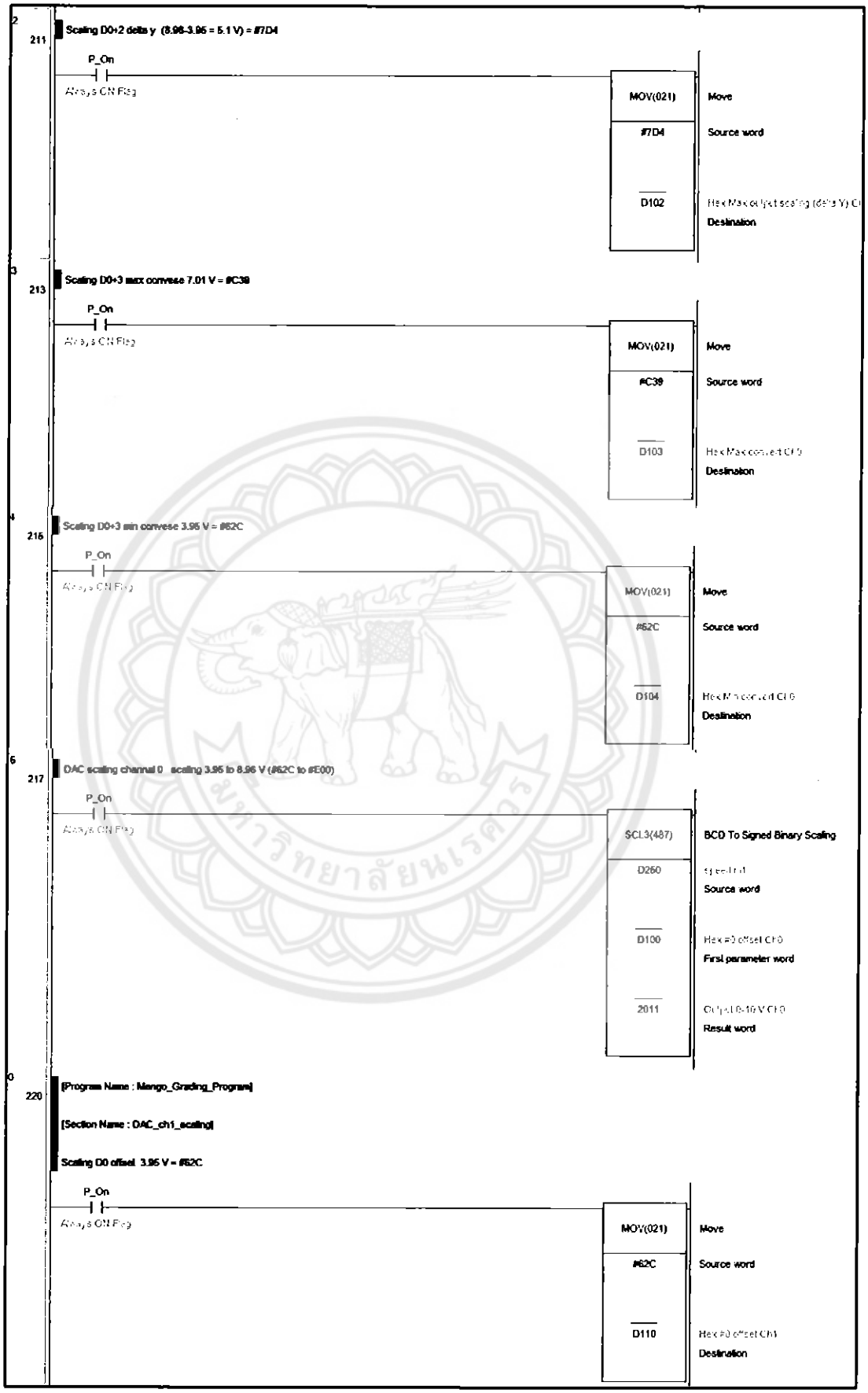

157
W8.06
TIM
100ms Timer (Timer) [BCD Type]
0023
Zero_Time_After_Calibrate
Timer number
#10
Set value
159
T0023
Zero_Time_After_
XFER(070)
Transfer
#1
Number of words
D2400
First source word
D2500
First destination word
161
Weight_Zero_Tare
30.00
T0022
MOV(021)
Move
#100
Source word
30.01
D80
Destination
W8.07
AVG(195)
Average Value
D2004
Source word
D80
Number of cycles
D8900
Result word
T0100
XFER(070)
Transfer
#1
Number of words
D8900
First source word
D2500
First destination word

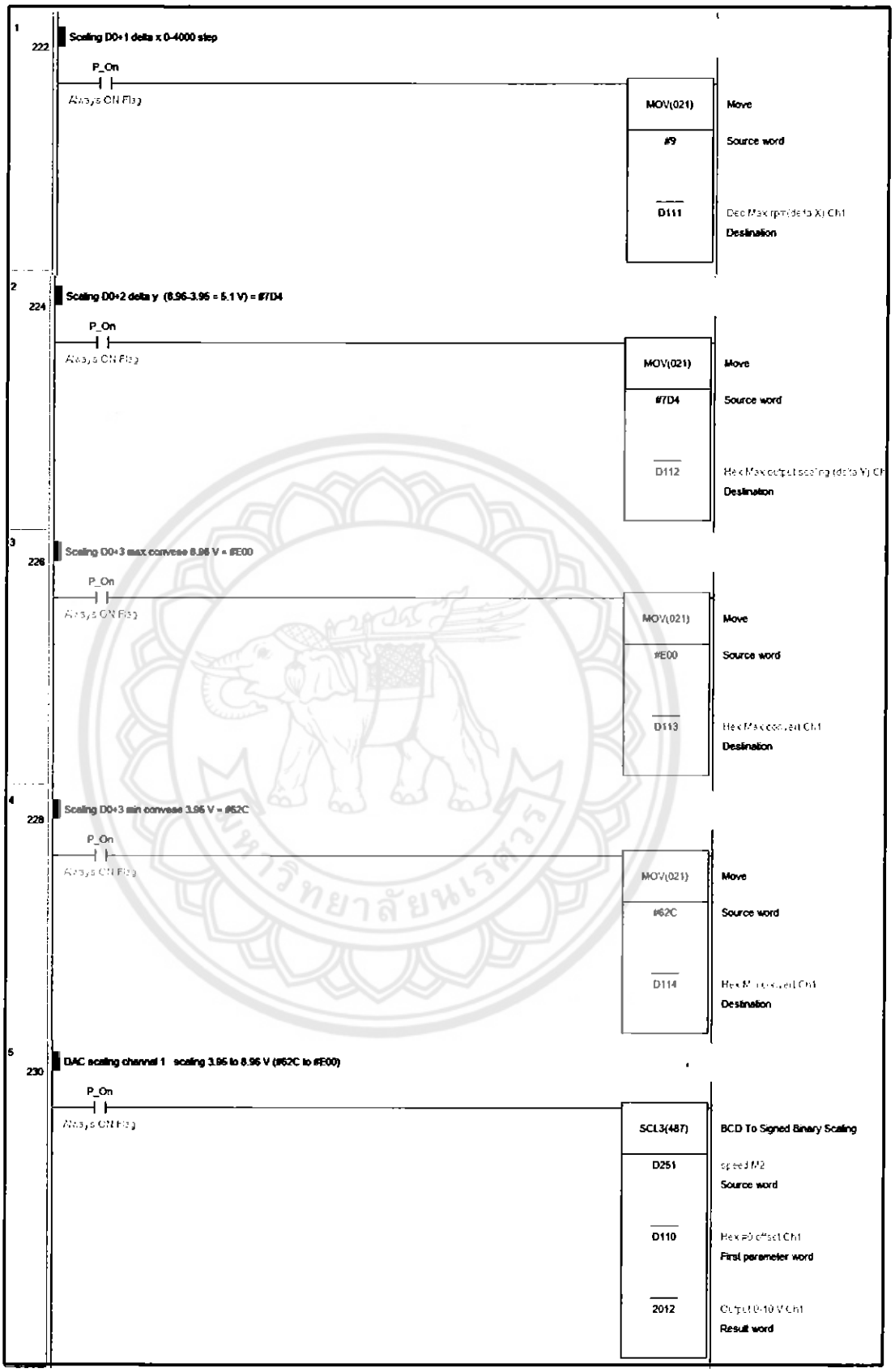

+C(402)
Signed Binary Add With Carry
D2500
Min_Zero
Augend word
D2410
Weight_Range
Addend word
D2650
Max_Weight_Range
Result word
TIM
100ms Timer (Timer) [BCD Type]
0022
Zero_Time
Timer number
#10
Set value
W8.07
Zero_HMI
0
174
[Program Name : Mango_Grading_Program]
[Section Name : ADC_Weight_Scaling_Ch3]
Ch3; Scaling D0 = BCD Y1 #0
P_On
MOV(021)
Move
#0
Source word
D30
Destination
1
178
Scaling D0+1 = X1 HEX #0
P_On
MOV(021)
Move
D2500
Min_Zero
Source word
D31
Destination

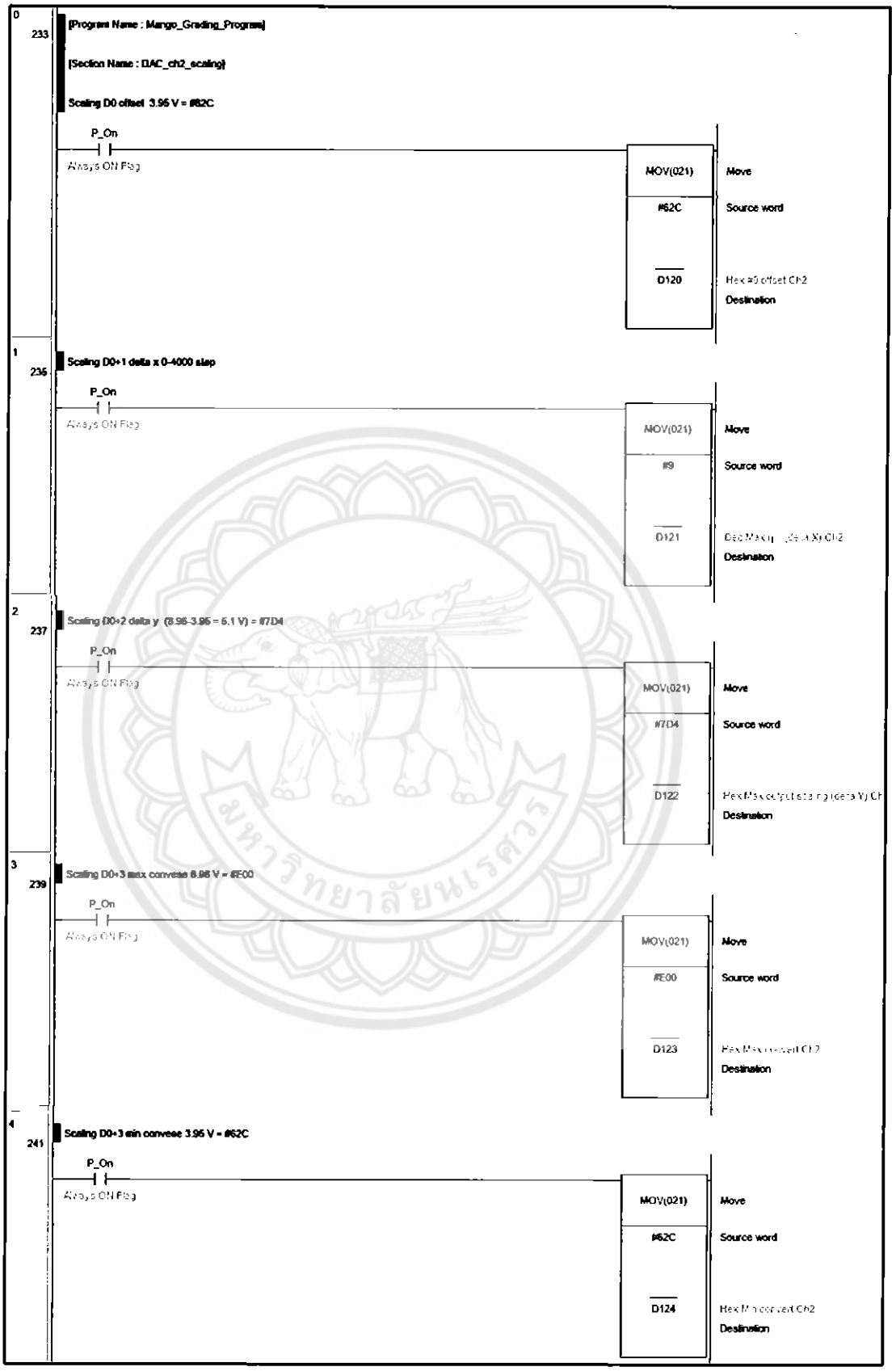

Scaling D0+2 = Y2 BCD #8000
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#8000
Source word
D32
BCD #8000 Y2 Ch3
Destination
Scaling D0+3 = X2 HEX #1F40
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
D2550
Max_Weight_Range
Source word
D33
Hex #1F40 X2 Ch3
Destination
ADC scaling channel 3
P_On
Always ON Flag
SCL(194)
Scaling
D7500
LoadCell_Signal_Average
Source word
D30
BCD #0 Y1 Ch3
First parameter word
D35
Data From LoadCell
Result word
P_On
Always ON Flag
CMP(020)
Compare
D35
Data From LoadCell
Comparison data 1
#8000
Comparison data 2
P_GT
Greater Than (G
P_GE
Greater Than
MOV(021)
Move
#8000
Source word
D35
Data From LoadCell
Destination

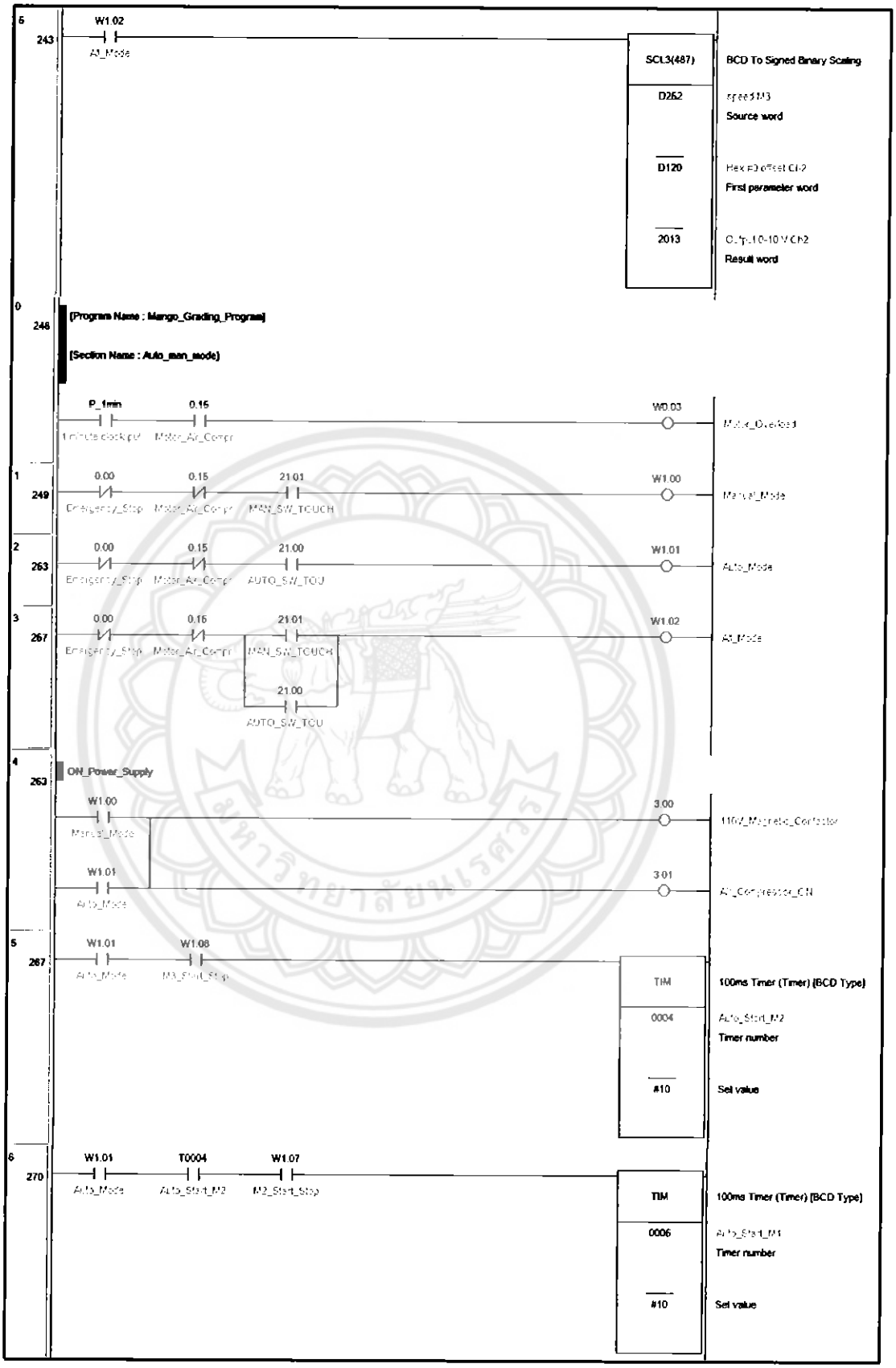

190
End of ch3 Scaling
190
Scale_Factor
P_On
Always ON Flag
/B(434)
BCD Divide
D35
Data From LoadCell
Dividend word (bcd)
#16
Divisor word (bcd)
D380
Weight_Scaling
Result word
192
100.00
BCD(024)
Binary To BCD
D360
Source word
D380
Weight_Scaling
Result word
195
[Program Name : Mango_Grading_Program]
[Section Name : DAC_config_4ch]
D20100 0= not used, 1=used, D20101 00=voltage (-10 to10 V), 01=voltage (0-10 V), 10=voltage (1-5 V for 4-20 mA), 11=voltage (0-5 V)
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#F
Source word
D20100
output used setting
Destination
MOV(021)
Move
#55
Source word
D20101
output source type
Destination

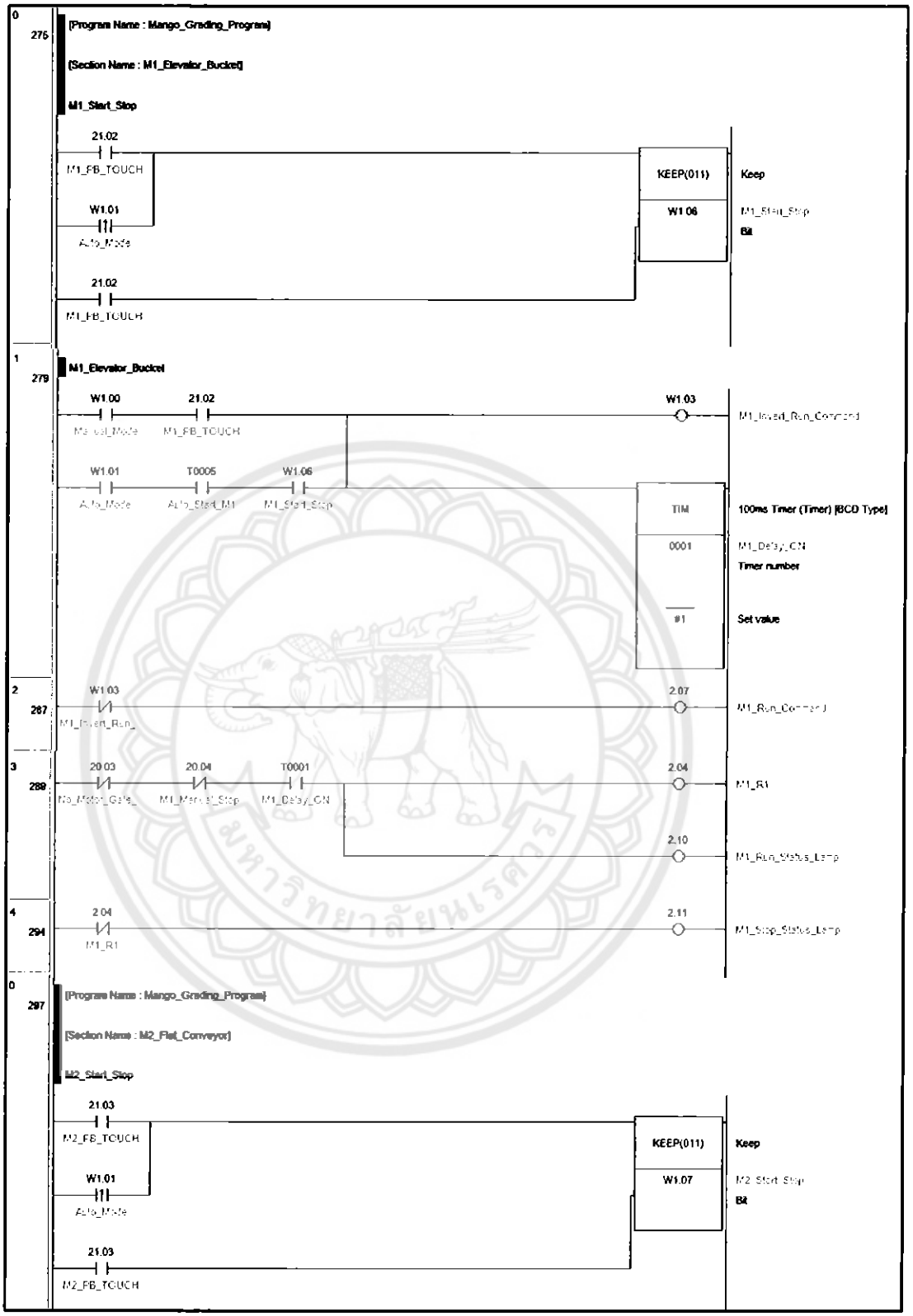

1
198
config unit#1 output0 0-10 [V] enable
P_On
Always ON Flag
2010.00
output0 enable command
2
200
config unit#1 output1 0-10 [V] enable
P_On
Always ON Flag
2010.01
output1 enable command
3
202
config unit#1 output2 0-10 [V] enable
P_On
Always ON Flag
2010.02
output2 enable command
4
204
config unit#1 output3 0-10 [V] Disable
P_Off
Always OFF Flag
2010.03
output3 Disable command
0
207
[Program Name : Mango_Grading_Program]
[Section Name : DAC_ch0_scaling]
Scaling D0 offset 3.95 V = #62C
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#62C
Source word
D100
Hex=D offset CH0
Destination
1
209
Scaling D0+1 delta x 0-4000 step
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#9
Source word
D101
Dec Max point delta X+CH0
Destination

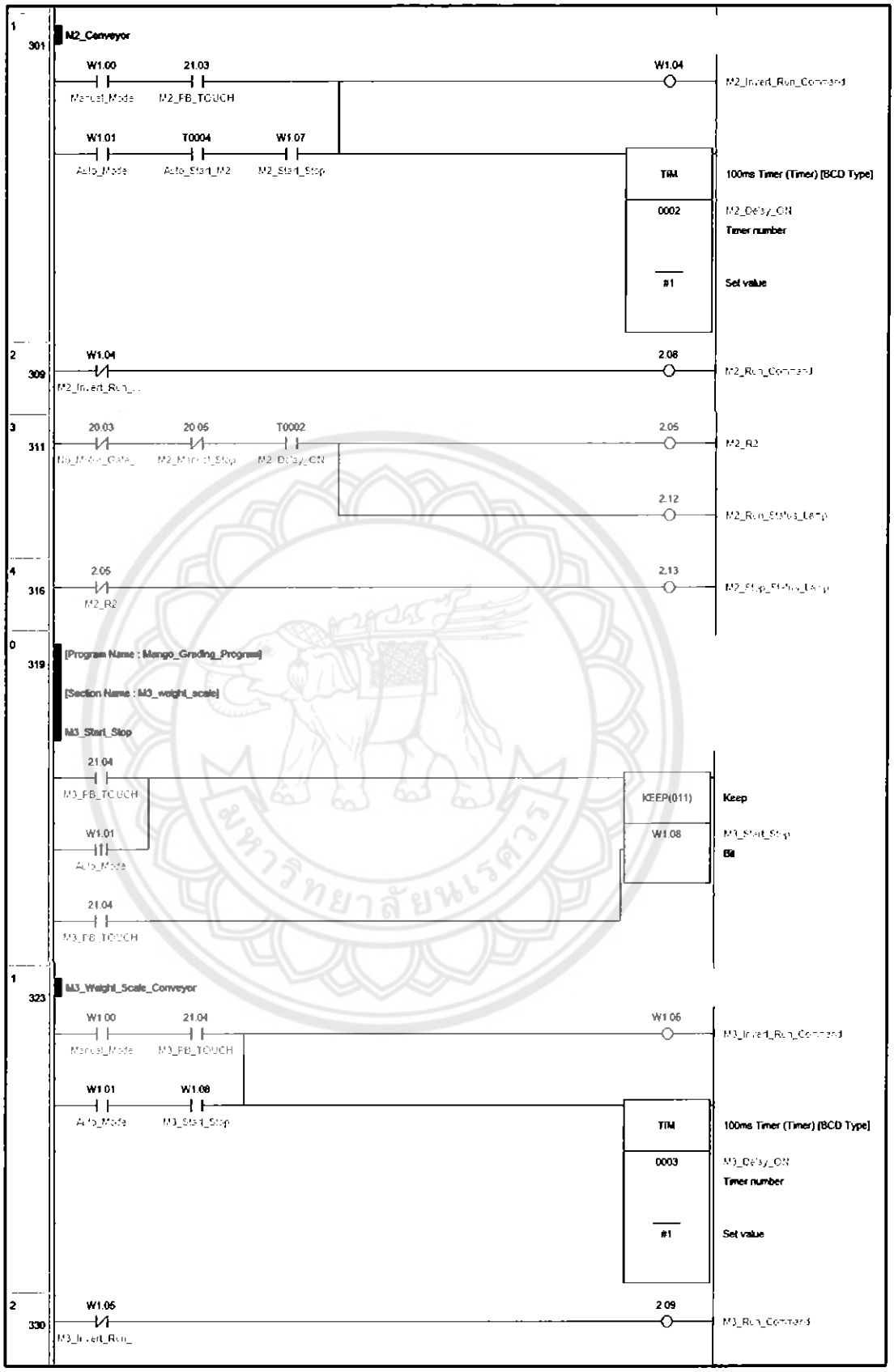

2
211
Scaling D0+2 delta y (8.98-3.96 = 5.1 V) = #7D4
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#7D4
Source word
D102
Hex Max output scaling (delta Y) CH
Destination
3
213
Scaling D0+3 max convese 7.01 V = #C38
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#C38
Source word
D103
Hex Max convert CH
Destination
4
215
Scaling D0+3 min convese 3.95 V = #62C
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#62C
Source word
D104
Hex Min convert CH
Destination
6
217
DAC scaling channal 0 scaling 3.95 to 8.98 V (#62C to #E00)
P_On
Always ON Flag
SCL3(487)
BCD To Signed Binary Scaling
D260
Source word
D100
Hex #0 offset CH0
First parameter word
2011
Output 0-10 V CH0
Result word
0
220
[Program Name : Mango_Grading_Program]
[Section Name : DAC_ch1_scaling]
Scaling D0 offset 3.95 V = #62C
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#62C
Source word
D110
Hex #0 offset CH1
Destination

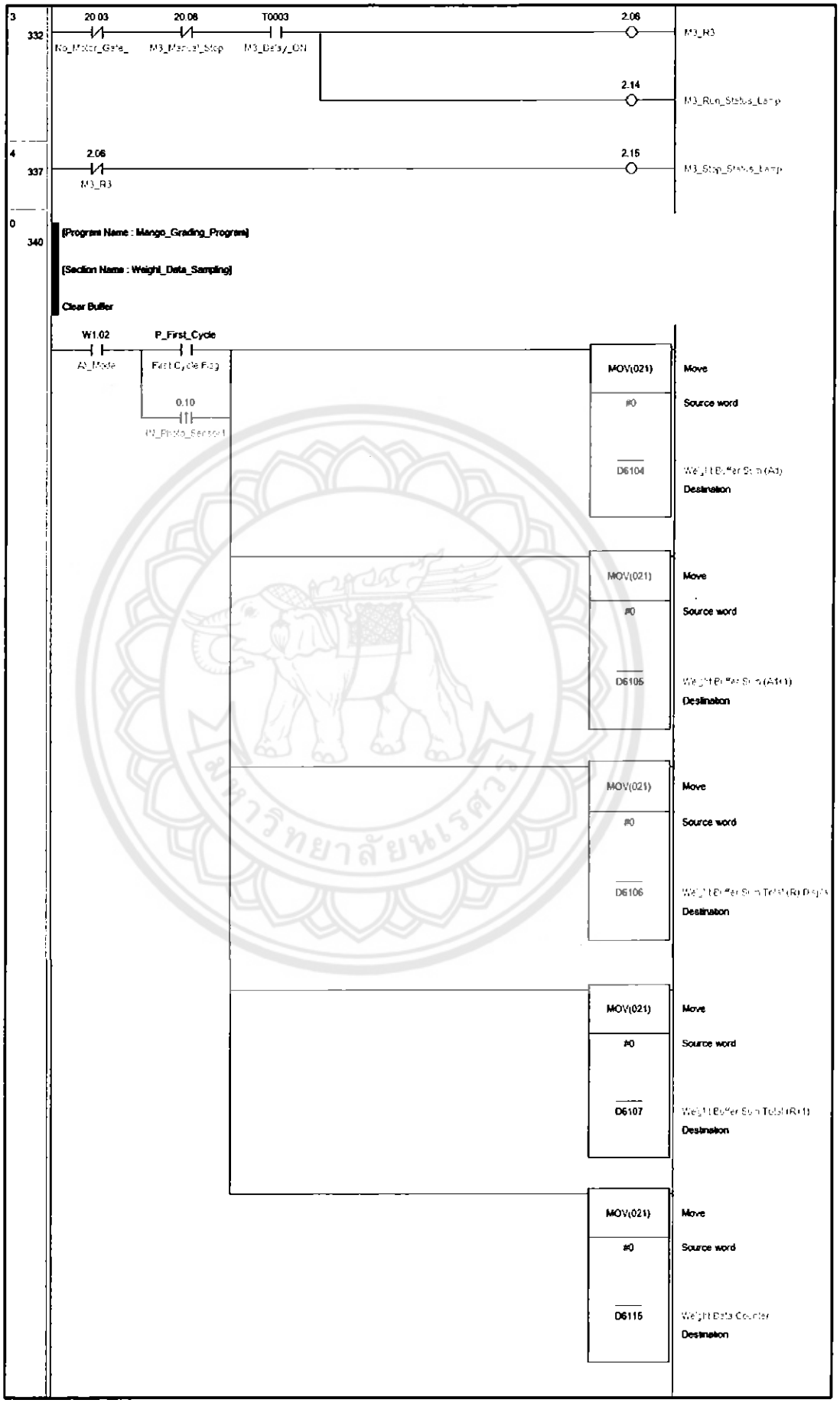

1
222
Scaling D0+1 delta x 0-4000 step
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#9
Source word
D111
Dec Max (pr delta X) Ch1
Destination
2
224
Scaling D0+2 delta y (8.96-3.96 = 5.1 V) = #7D4
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#7D4
Source word
D112
Hex Max output scaling (delta Y) Ch
Destination
3
226
Scaling D0+3 max convese 8.96 V = #E00
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#E00
Source word
D113
Hex Max convert Ch1
Destination
4
228
Scaling D0+3 min convese 3.96 V = #62C
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#62C
Source word
D114
Hex M
Destination
5
230
DAC scaling channel 1 scaling 3.96 to 8.96 V (#62C to #E00)
P_On
Always ON Flag
SCL3(487)
BCD To Signed Binary Scaling
D251
speed M2
Source word
D110
Hex Offset Ch1
First parameter word
2012
Output 0-10 V Ch1
Result word

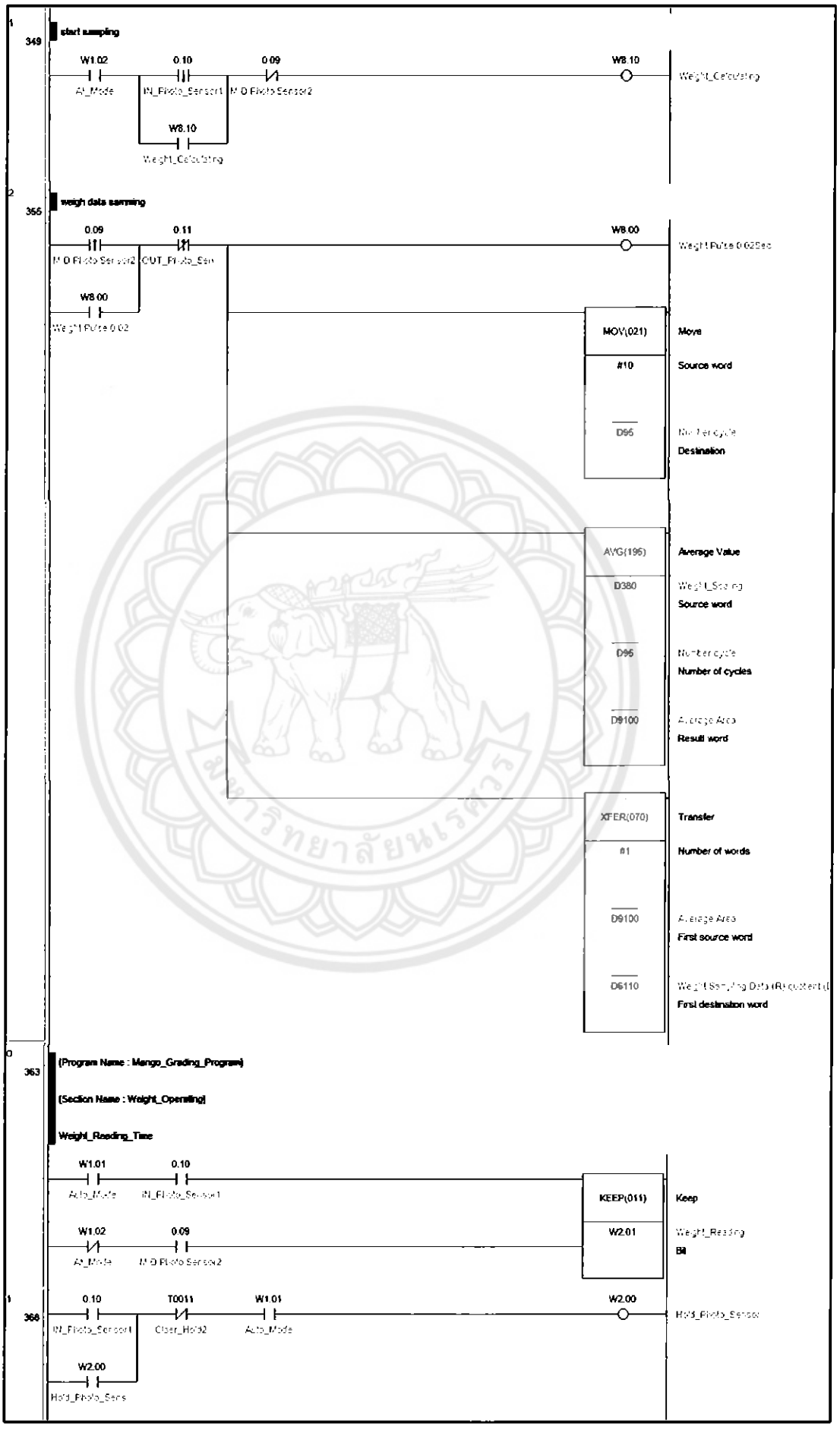

0
233
[Program Name : Mango_Grading_Program]
[Section Name : DAC_ch2_scaling]
Scaling D0 offset 3.95 V = #62C
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#62C
Source word
D120
Hex offset Ch2
Destination
1
235
Scaling D0+1 delta x 0-4000 step
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#9
Source word
D121
Destination
2
237
Scaling D0+2 delta y (8.95-3.95 = 6.1 V) = #7D4
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#7D4
Source word
D122
Destination
3
239
Scaling D0+3 max convese 8.95 V = #E00
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#E00
Source word
D123
Destination
4
241
Scaling D0+3 min convese 3.95 V = #62C
P_On
Always ON Flag
MOV(021)
Move
#62C
Source word
D124
Destination

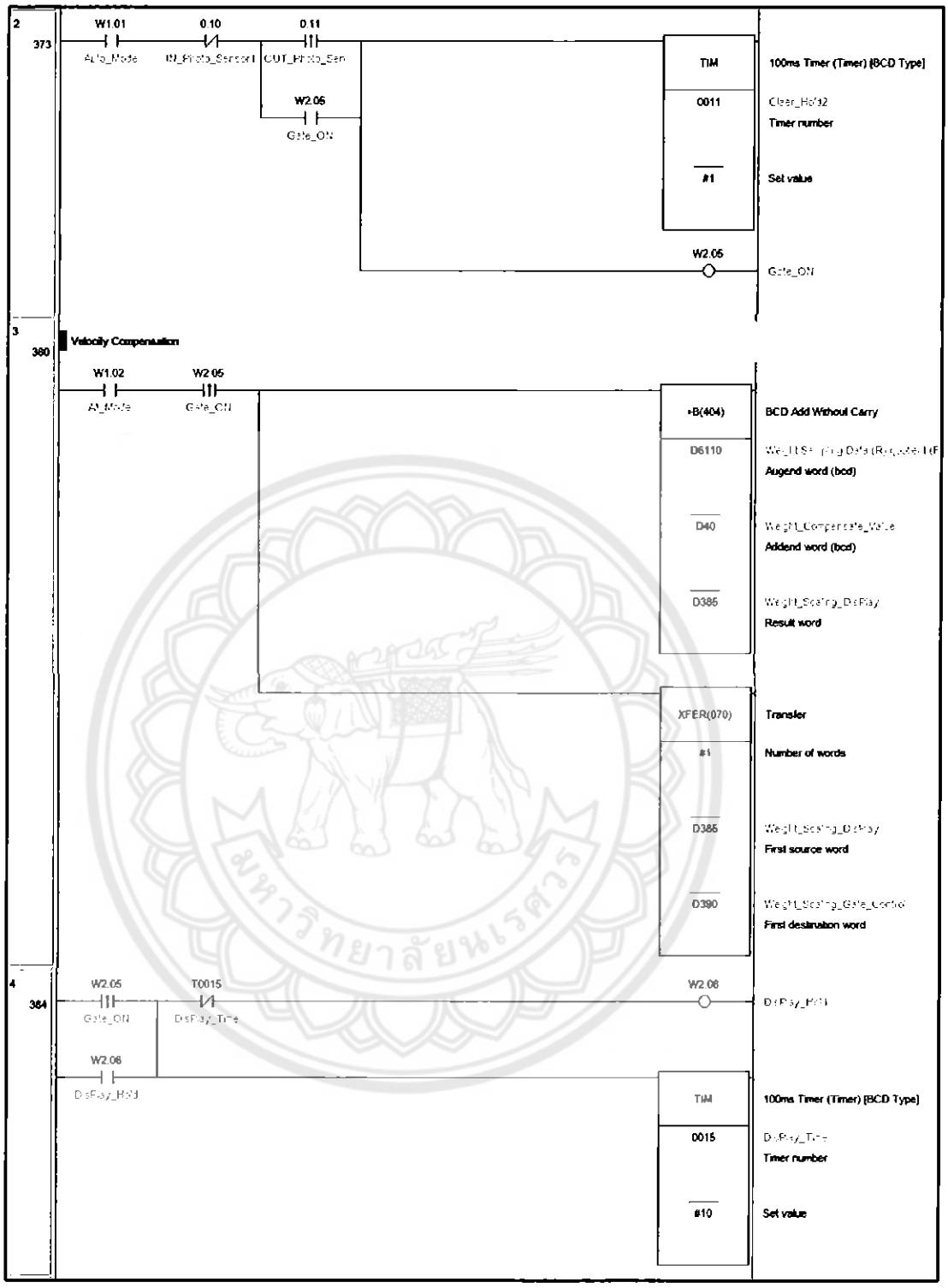

W1.02
A1_Mode
SCL3(487)
BCD To Signed Binary Scaling
D252
speed M3
Source word
D120
First parameter word
2013
Result word
[Program Name : Mango_Grading_Program]
[Section Name : Auto_man_mode]
P_1min
0.15
W0.03
0.00
21.01
W1.00
Manual_Mode
21.00
W1.01
Auto_Mode
W1.02
A1_Mode
ON_Power_Supply
3.00
3.01
W1.08
TIM
100ms Timer (Timer) [BCD Type]
0004
Auto_Start_M2
Timer number
#10
Set value
T0004
W1.07
M2_Start_Stop
0006
Auto_Start_M1

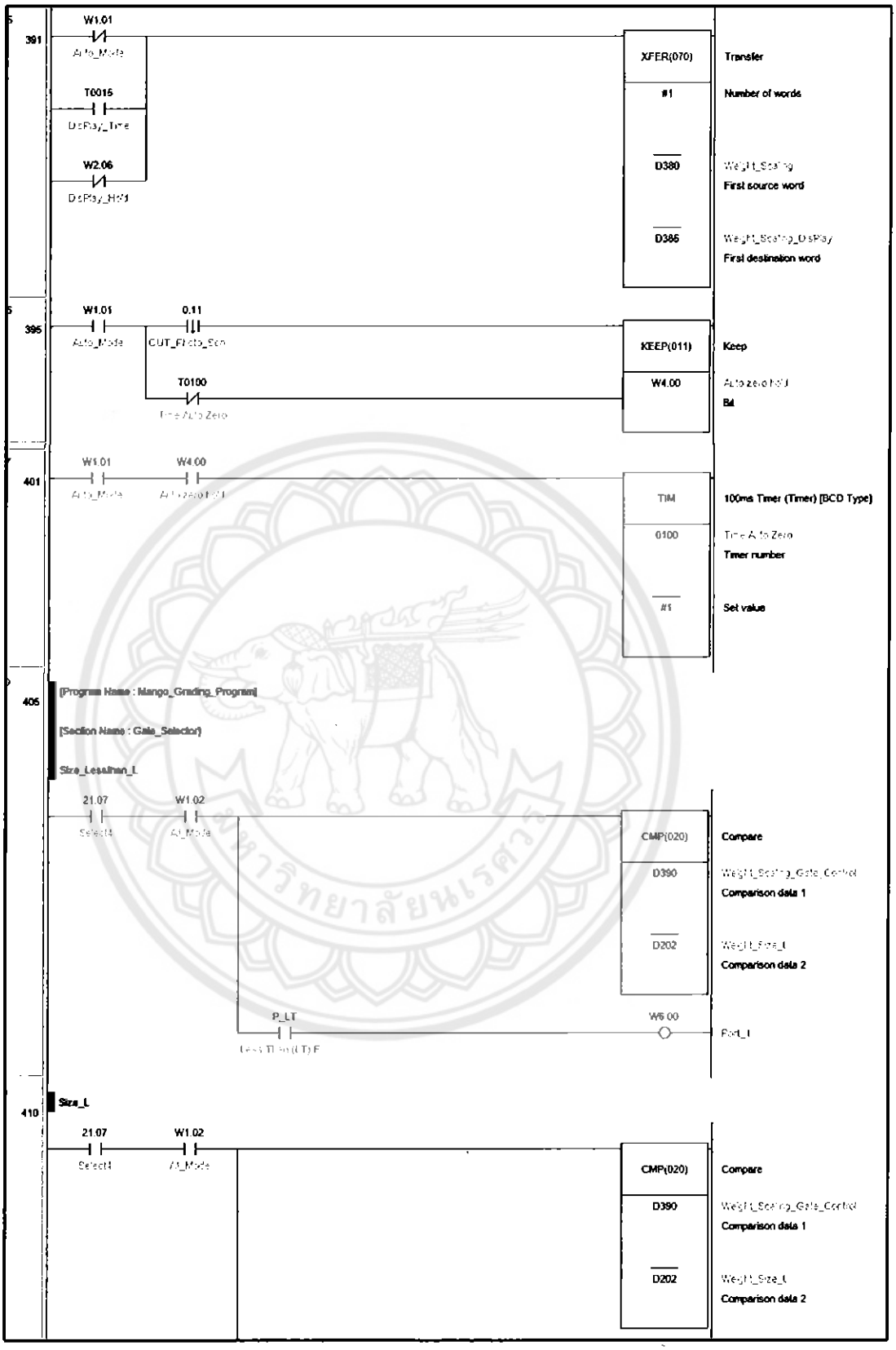

0
276
[Program Name : Mango_Grading_Program]
[Section Name : M1_Elevator_Bucket]
M1_Start_Stop
21.02
M1_FB_TOUCH
W1.01
Auto_Mode
21.02
M1_FB_TOUCH
KEEP(011)
W1.06
Keep
M1_Start_Stop
Bit
1
279
M1_Elevator_Bucket
W1.00
Manual_Mode
21.02
M1_FB_TOUCH
W1.03
M1_Inverter_Run_Command
W1.01
Auto_Mode
T0005
Auto_Start_M1
W1.06
M1_Start_Stop
TIM
0001
#1
100ms Timer (Timer) [BCD Type]
M1_Delay_ON
Timer number
Set value
2
287
W1.03
M1_Inverter_Run_
2.07
M1_Run_Command
3
289
20.03
No_Motor_Gate_
20.04
M1_Manual_Stop
T0001
M1_Delay_ON
2.04
M1_R1
2.10
M1_Run_Status_Lamp
4
294
2.04
M1_R1
2.11
M1_Stop_Status_Lamp
0
297
[Program Name : Mango_Grading_Program]
[Section Name : M2_Flat_Conveyor]
M2_Start_Stop
21.03
M2_FB_TOUCH
W1.01
Auto_Mode
21.03
M2_FB_TOUCH
KEEP(011)
W1.07
Keep
M2_Start_Stop
Bit

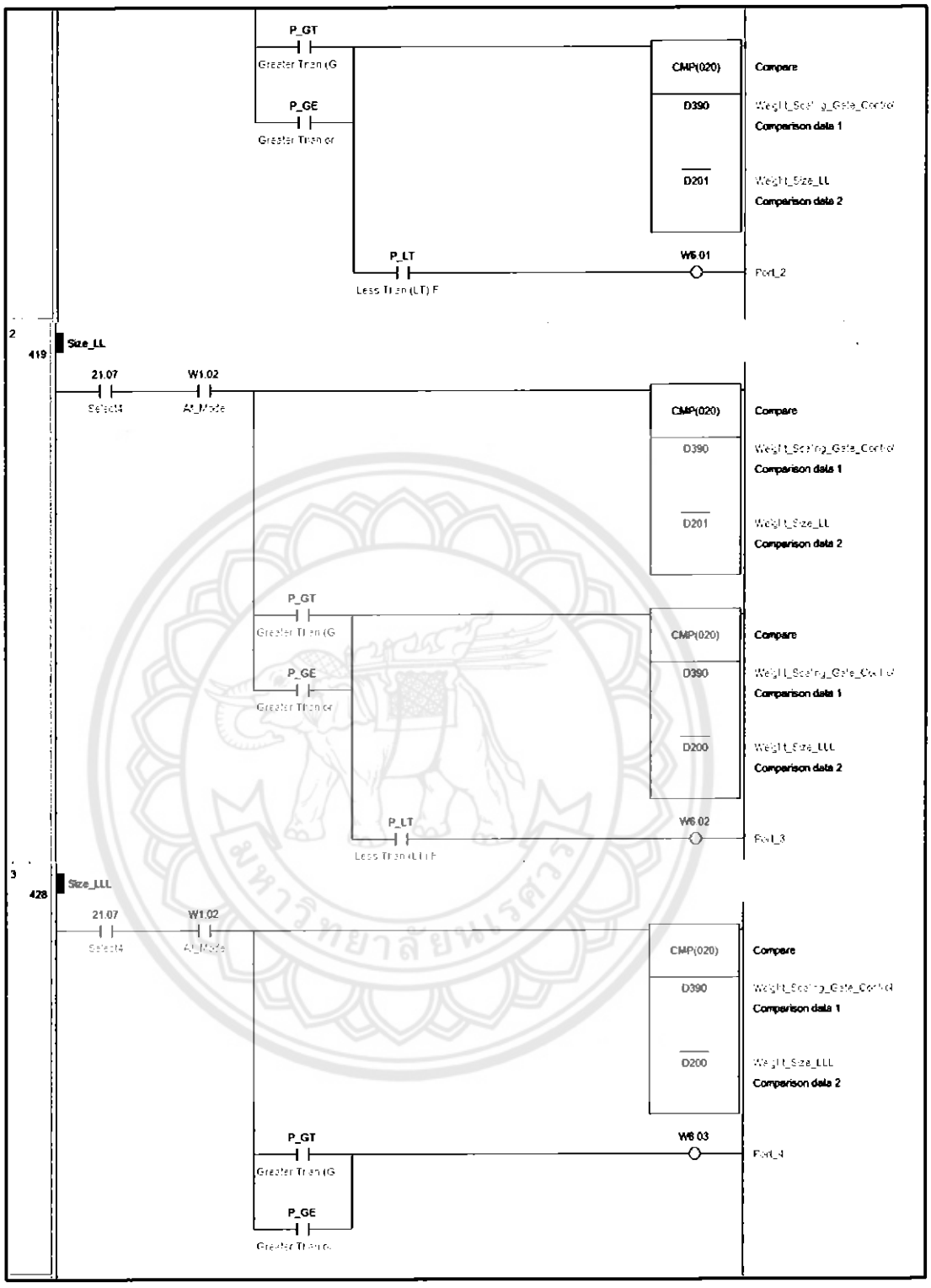

1
301
M2_Conveyor
W1.00
Manual_Mode
21.03
M2_FB_TOUCH
W1.04
M2_Invert_Run_Command
W1.01
Auto_Mode
T0004
Auto_Start_M2
W1.07
M2_Start_Stop
TIM
0002
#1
100ms Timer (Timer) [BCD Type]
M2_Delay_ON
Timer number
Set value
2
309
W1.04
M2_Invert_Run_...
2.08
M2_Run_Command
3
311
20.03
No_Motor_Gate_...
20.05
M2_Manual_Stop
T0002
M2_Delay_ON
2.05
M2_R2
2.12
M2_Run_Status_Lamp
4
316
2.05
M2_R2
2.13
M2_Stop_Status_Lamp
0
319
[Program Name : Mango_Grading_Program]
[Section Name : M3_weight_scale]
M3_Start_Stop
21.04
M3_FB_TOUCH
W1.01
Auto_Mode
21.04
M3_FB_TOUCH
KEEP(011)
W1.08
Keep
M3_Start_Stop
Bit
1
323
M3_Weight_Scale_Conveyor
W1.00
Manual_Mode
21.04
M3_FB_TOUCH
W1.06
M3_Invert_Run_Command
W1.01
Auto_Mode
W1.08
M3_Start_Stop
TIM
0003
#1
100ms Timer (Timer) [BCD Type]
M3_Delay_ON
Timer number
Set value
2
330
W1.05
M3_Invert_Run_
2.09
M3_Run_Command

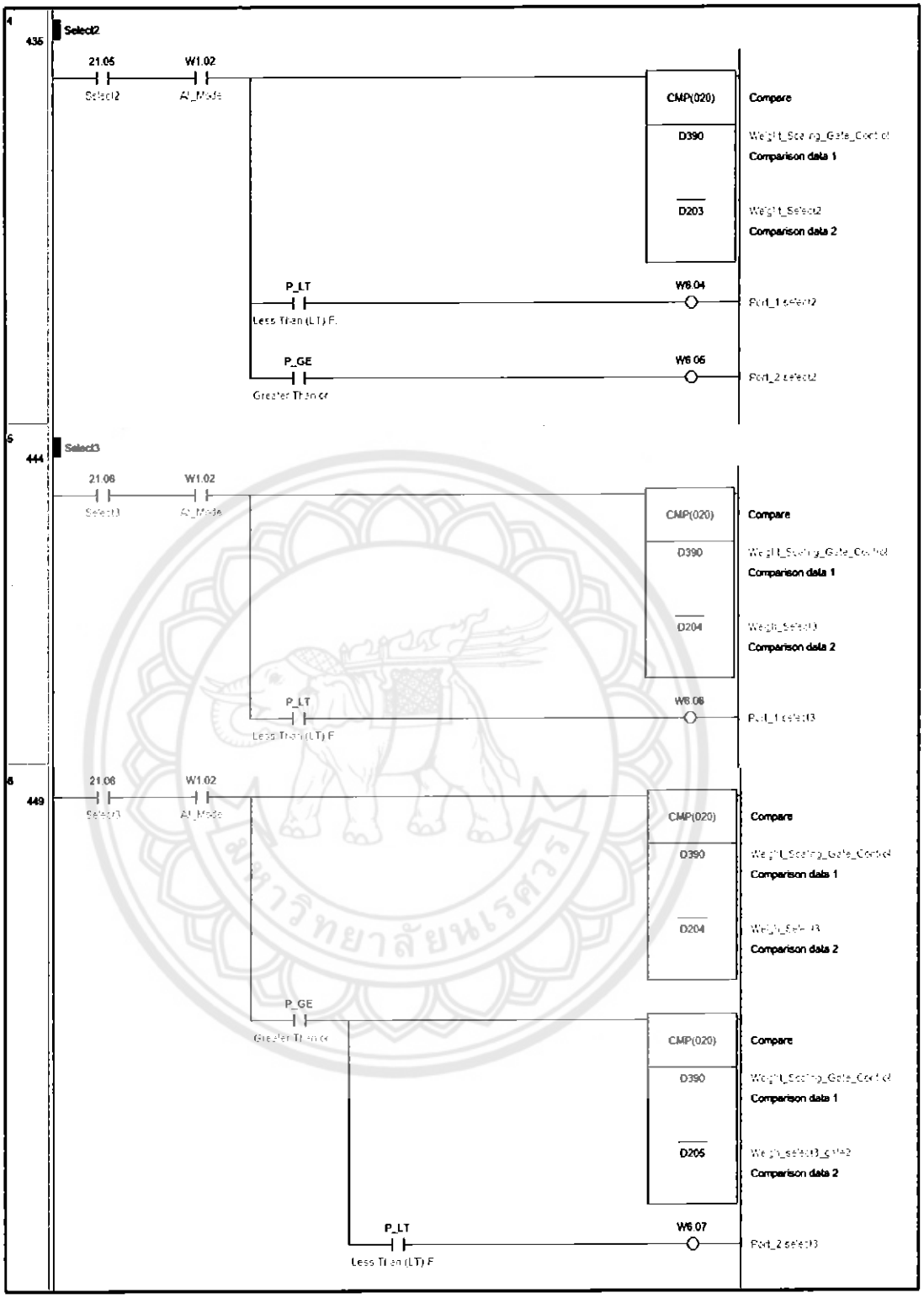

3
332
20.03
No_Motor_Gate_
20.08
M3_Manual_Stop
T0003
M3_Delay_ON
2.06
M3_R3
2.14
M3_Run_Status_Lamp
4
337
2.06
M3_R3
2.15
M3_Stop_Status_Lamp
0
340
[Program Name : Mango_Grading_Program]
[Section Name : Weight_Data_Sampling]
Clear Buffer
W1.02
A1_Mode
P_First_Cycle
First Cycle Flag
0.10
IN_Photo_Sensor1
MOV(021)
Move
#0
Source word
D6104
Destination
MOV(021)
Move
#0
Source word
D6105
Destination
MOV(021)
Move
#0
Source word
D6106
Destination
MOV(021)
Move
#0
Source word
D6107
Destination
MOV(021)
Move
#0
Source word
D6115
Weight Data Counter
Destination

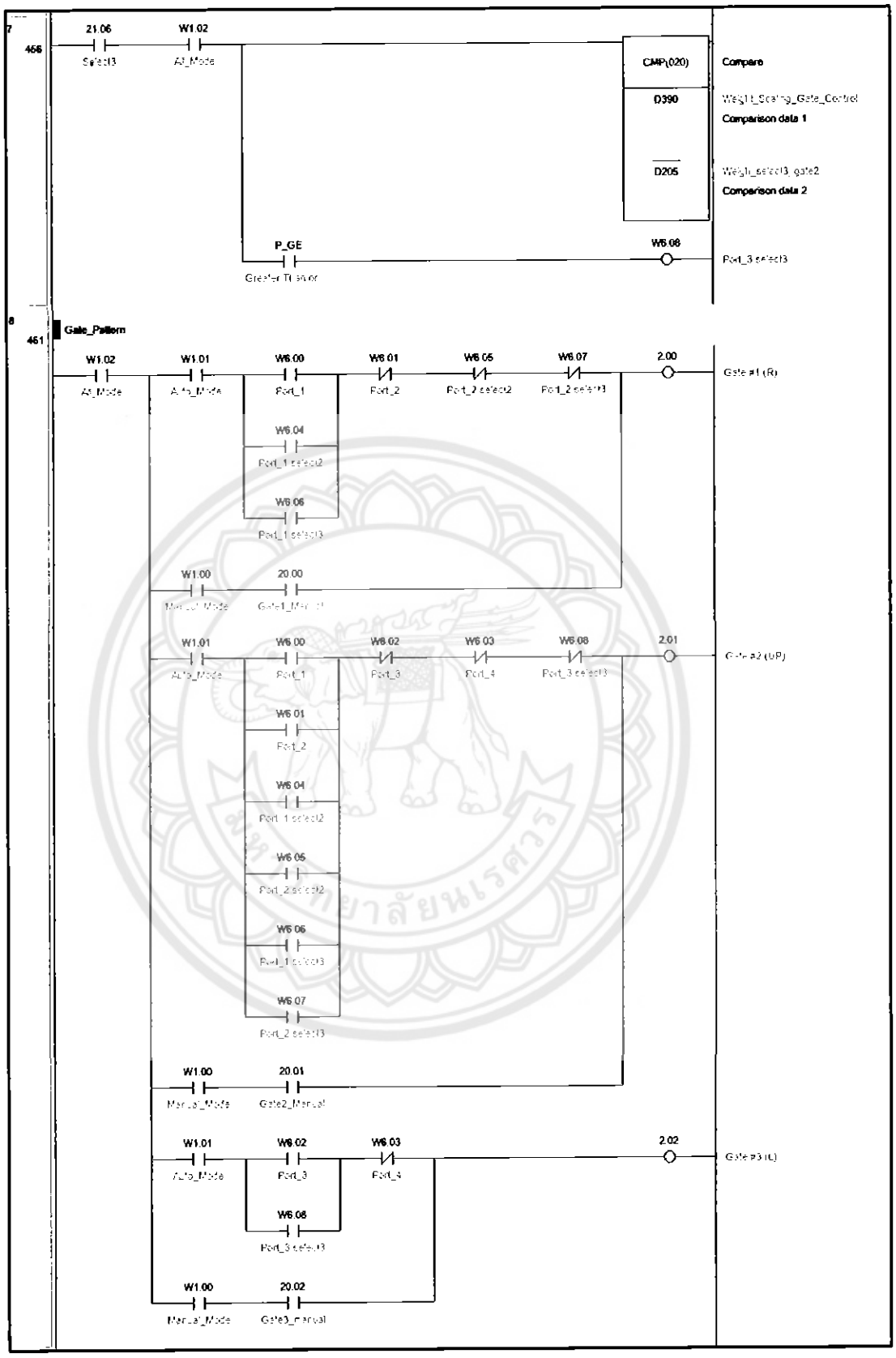

start sampling
W1.02
AI_Mode
0.10
IN_Photo_Sensor1
0.09
M.O.Photo Sensor2
W8.10
Weight_Calculating
W8.10
Weight_Calculating
weigh data samming
0.09
M.O.Photo Sensor2
0.11
OUT_Photo_Sen
W8.00
Weight Pulse 0.02Sec
W8.00
Weight Pulse 0.02
MOV(021)
Move
#10
Source word
D95
Number cycle
Destination
AVG(195)
Average Value
D380
Weight_Scaling
Source word
D95
Number cycle
Number of cycles
D9100
Average Area
Result word
XFER(070)
Transfer
#1
Number of words
D9100
Average Area
First source word
D6110
Weight Sampling Data (R) content
First destination word
(Program Name : Mango_Grading_Program)
(Section Name : Weight_Operating)
Weight_Reading_Time
W1.01
Auto_Mode
0.10
IN_Photo_Sensor1
KEEP(011)
Keep
W1.02
AI_Mode
0.09
M.O.Photo Sensor2
W2.01
Weight_Reading
Bit
0.10
IN_Photo_Sensor1
T0011
Clear_Hold2
W1.01
Auto_Mode
W2.00
Hold_Photo_Sensor
W2.00
Hold_Photo_Sens

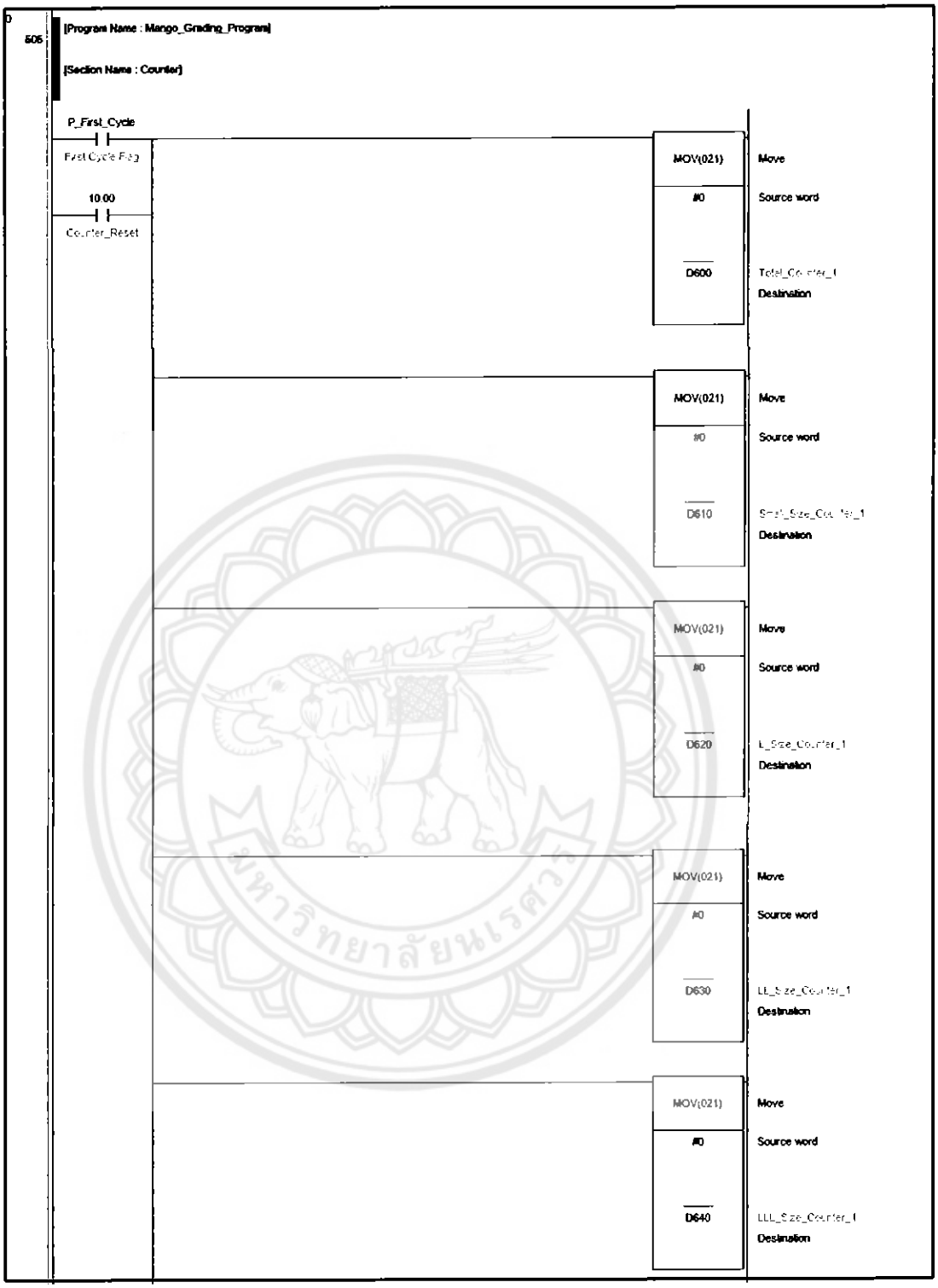

2
373
W1.01
Auto_Mode
0.10
IN_Photo_Sensor
0.11
OUT_Photo_Sen
W2.05
Gate_ON
TIM
0011
Timer number
#1
Set value
100ms Timer (Timer) [BCD Type]
W2.05
Gate_ON
3
380
Velocity Compensation
W1.02
Auto_Mode
W2.05
Gate_ON
+B(404)
BCD Add Without Carry
D6110
Augend word (bcd)
D40
Addend word (bcd)
D385
Result word
XFER(070)
Transfer
#1
Number of words
D385
First source word
D390
First destination word
4
384
W2.05
Gate_ON
T0015
W2.06
W2.06
TIM
0015
Timer number
#10
Set value
100ms Timer (Timer) [BCD Type]

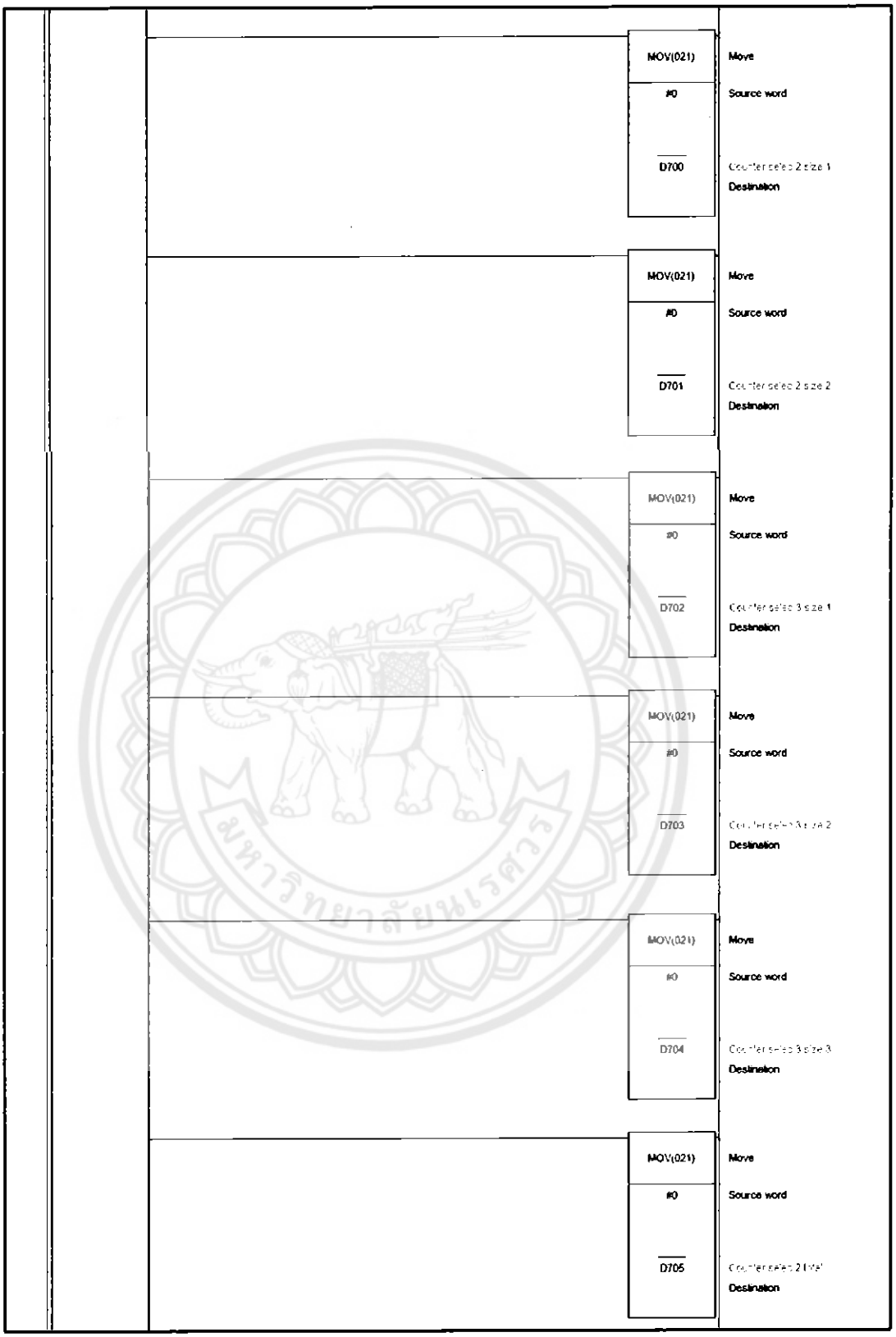

391
W1.01
Auto_Mode
T0015
DsPay_Time
W2.06
DsPay_Hold
XFER(070)
Transfer
#1
Number of words
D380
Weight_Scaling
First source word
D385
Weight_Scaling_DsPay
First destination word
395
W1.01
Auto_Mode
0.11
CUT_Photo_Sen
T0100
Time Auto Zero
KEEP(011)
Keep
W4.00
Auto zero hold
Bit
401
W1.01
Auto_Mode
W4.00
Auto zero hold
TIM
100ms Timer (Timer) [BCD Type]
0100
Time Auto Zero
Timer number
#1
Set value
405
[Program Name : Mango_Grading_Program]
[Section Name : Gate_Selector]
Size_Lesathan_L
21.07
Select4
W1.02
Auto_Mode
CMP(020)
Compare
D390
Weight_Scaling_Gate_Control
Comparison data 1
D202
Weight_Size_L
Comparison data 2
P_LT
Less Than (LT) F
W5.00
Port_L
410
Size_L
21.07
Select4
W1.02
Auto_Mode
CMP(020)
Compare
D390
Weight_Scaling_Gate_Control
Comparison data 1
D202
Weight_Size_L
Comparison data 2

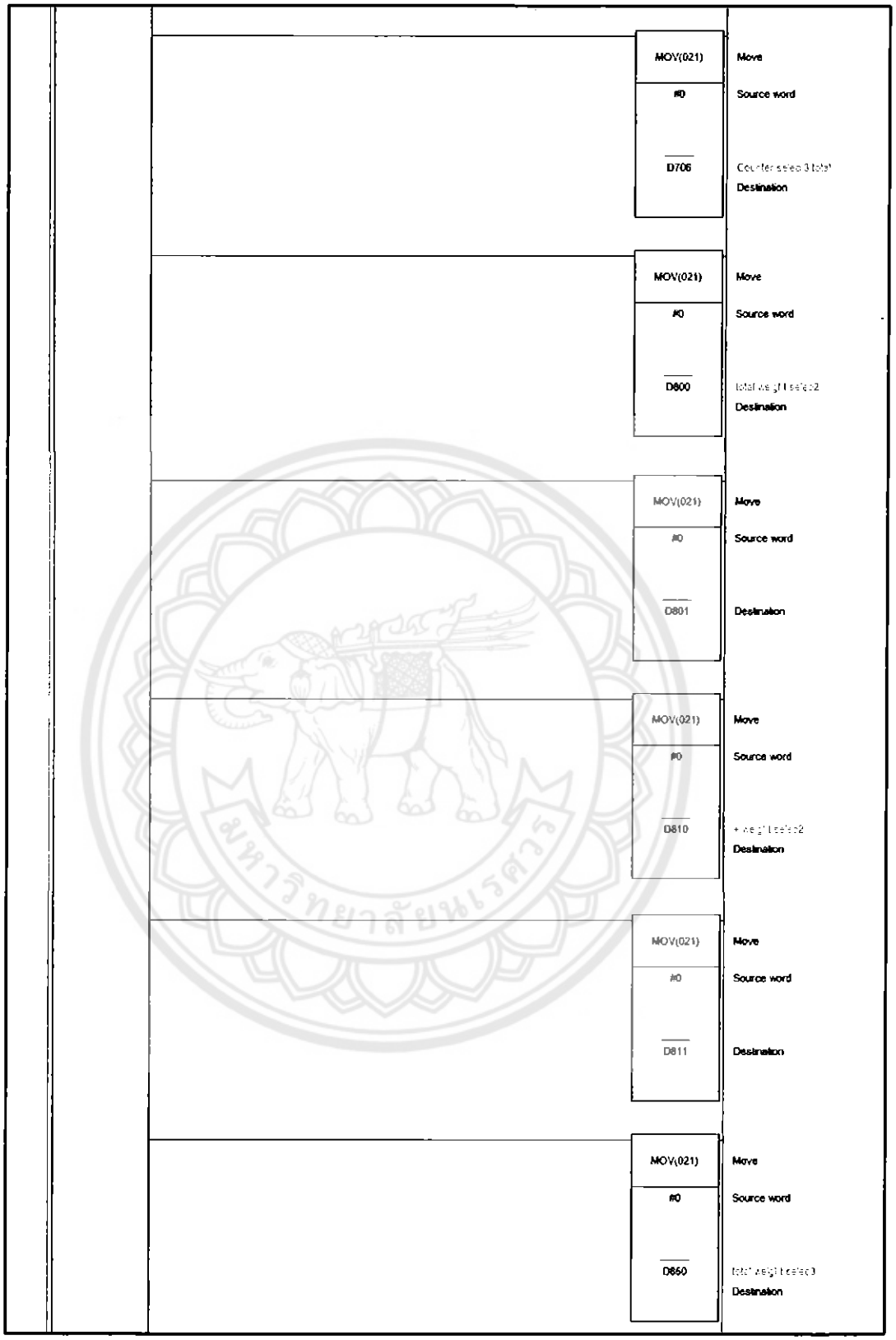

P_GT
Greater Than (G
P_GE
Greater Than or
CMP(020)
Compare
D390
Weight_Scaling_Gate_Control
Comparison data 1
D201
Weight_Size_LL
Comparison data 2
P_LT
Less Than (LT) F
W6.01
Port_2
2
419
Size_LL
21.07
Select4
W1.02
AT_Mode
CMP(020)
Compare
D390
Weight_Scaling_Gate_Control
Comparison data 1
D201
Weight_Size_LL
Comparison data 2
P_GT
Greater Than (G
P_GE
Greater Than or
CMP(020)
Compare
D390
Comparison data 1
D200
Weight_Size_LLL
Comparison data 2
P_LT
W6.02
Port_3
3
428
Size_LLL
21.07
W1.02
CMP(020)
Compare
D390
Comparison data 1
D200
Weight_Size_LLL
Comparison data 2
P_GT
Greater Than (G
P_GE
W6.03
Port_4

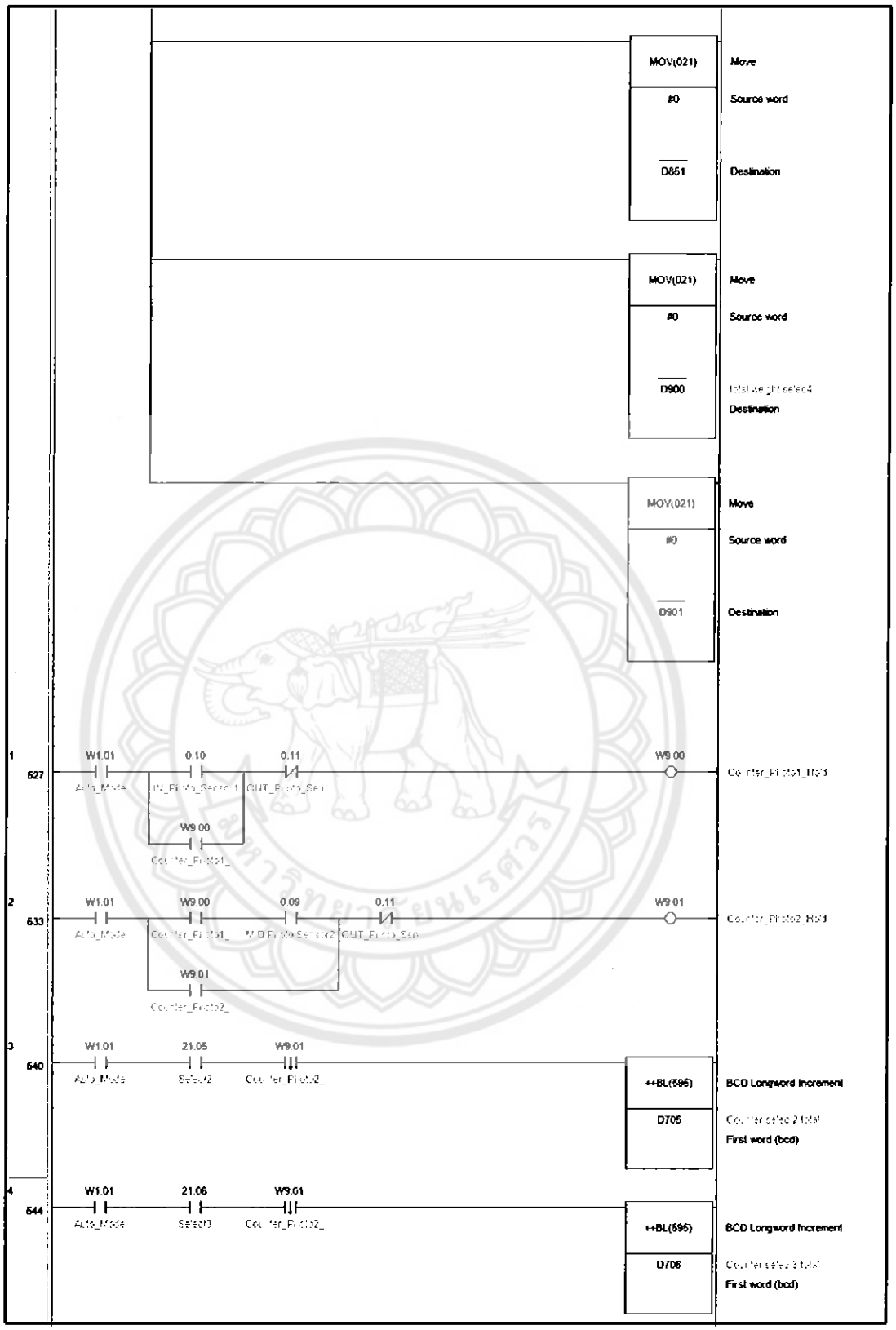

4
435
Select2
21.05
Select2
W1.02
AI_Mode
CMP(020)
Compare
D390
Weight_Scaling_Gate_Control
Comparison data 1
D203
Weight_Select2
Comparison data 2
P_LT
Less Than (LT) F
W6.04
Port_1 select2
P_GE
Greater Than or
W6.05
Port_2 select2
5
444
Select3
21.06
Select3
W1.02
AI_Mode
CMP(020)
Compare
D390
Weight_Scaling_Gate_Control
Comparison data 1
D204
Weight_Select3
Comparison data 2
P_LT
Less Than (LT) F
W6.06
Port_1 select3
6
449
21.06
Select3
W1.02
AI_Mode
CMP(020)
Compare
D390
Weight_Scaling_Gate_Control
Comparison data 1
D204
Weight_Select3
Comparison data 2
P_GE
Greater Than or
CMP(020)
Compare
D390
Weight_Scaling_Gate_Control
Comparison data 1
D205
Weight_select3_Gate2
Comparison data 2
P_LT
Less Than (LT) F
W6.07
Port_2 select3

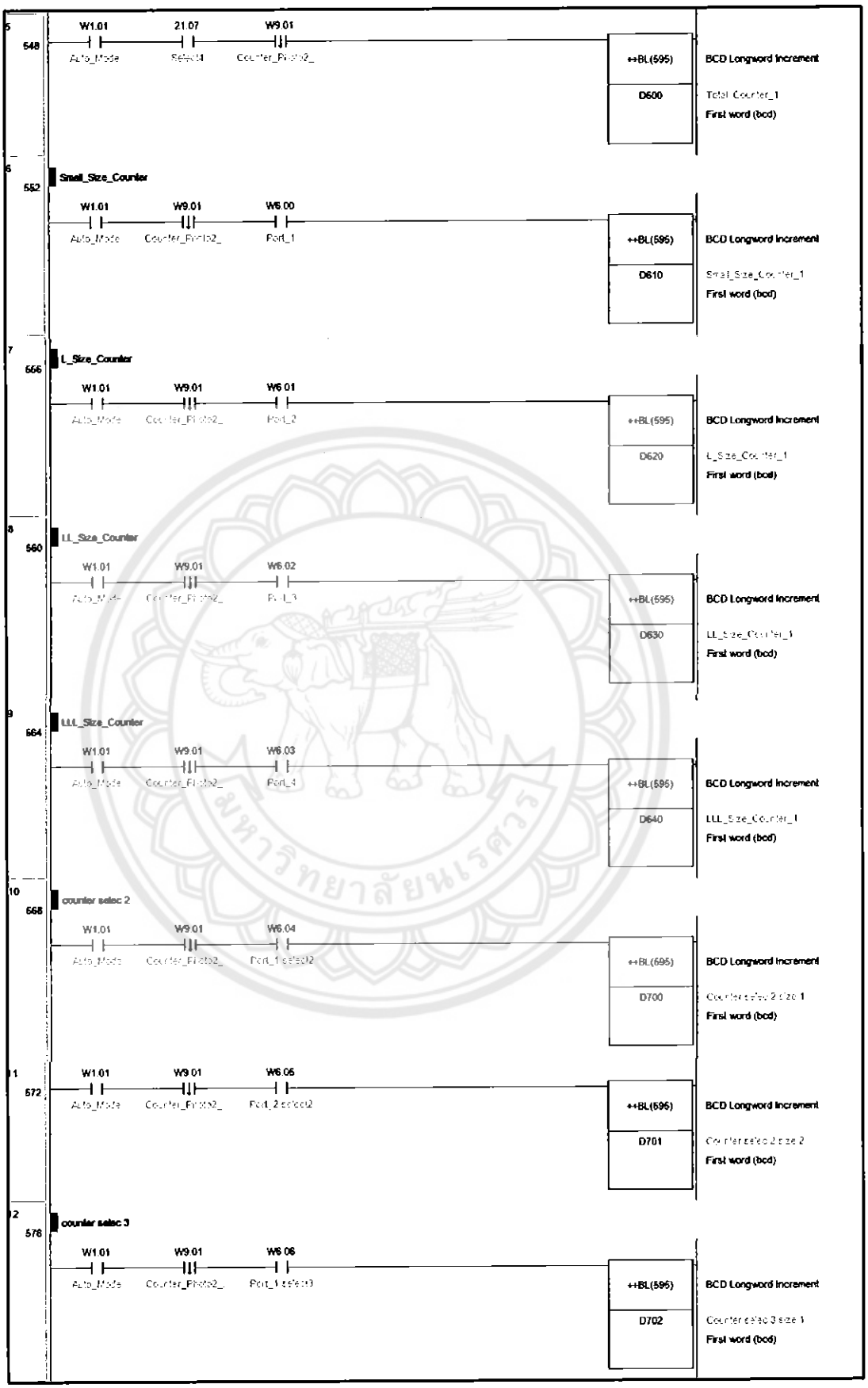

7
468
21.06
Select3
W1.02
All_Mode
CMP(020)
Compare
D390
Weight_Scaling_Gate_Control
Comparison data 1
D205
Weight_select3_gate2
Comparison data 2
P_GE
Greater Than or
W6.08
Port_3 select3
8
461
Gate_Pattern
W1.02
All_Mode
W1.01
Auto_Mode
W6.00
Port_1
W6.01
Port_2
W6.05
Port_2 select2
W6.07
Port_2 select3
2.00
Gate #1 (R)
W6.04
Port_1 select2
W6.06
Port_1 select3
W1.00
Manual_Mode
20.00
Gate1_Manual
W1.01
Auto_Mode
W6.00
Port_1
W6.02
Port_3
W6.03
Port_4
W6.08
Port_3 select3
2.01
Gate #2 (UP)
W6.01
Port_2
W6.04
Port_1 select2
W6.05
Port_2 select2
W6.06
Port_1 select3
W6.07
Port_2 select3
W1.00
Manual_Mode
20.01
Gate2_Manual
W1.01
Auto_Mode
W6.02
Port_3
W6.03
Port_4
2.02
Gate #3 (L)
W6.08
Port_3 select3
W1.00
Manual_Mode
20.02
Gate3_manual

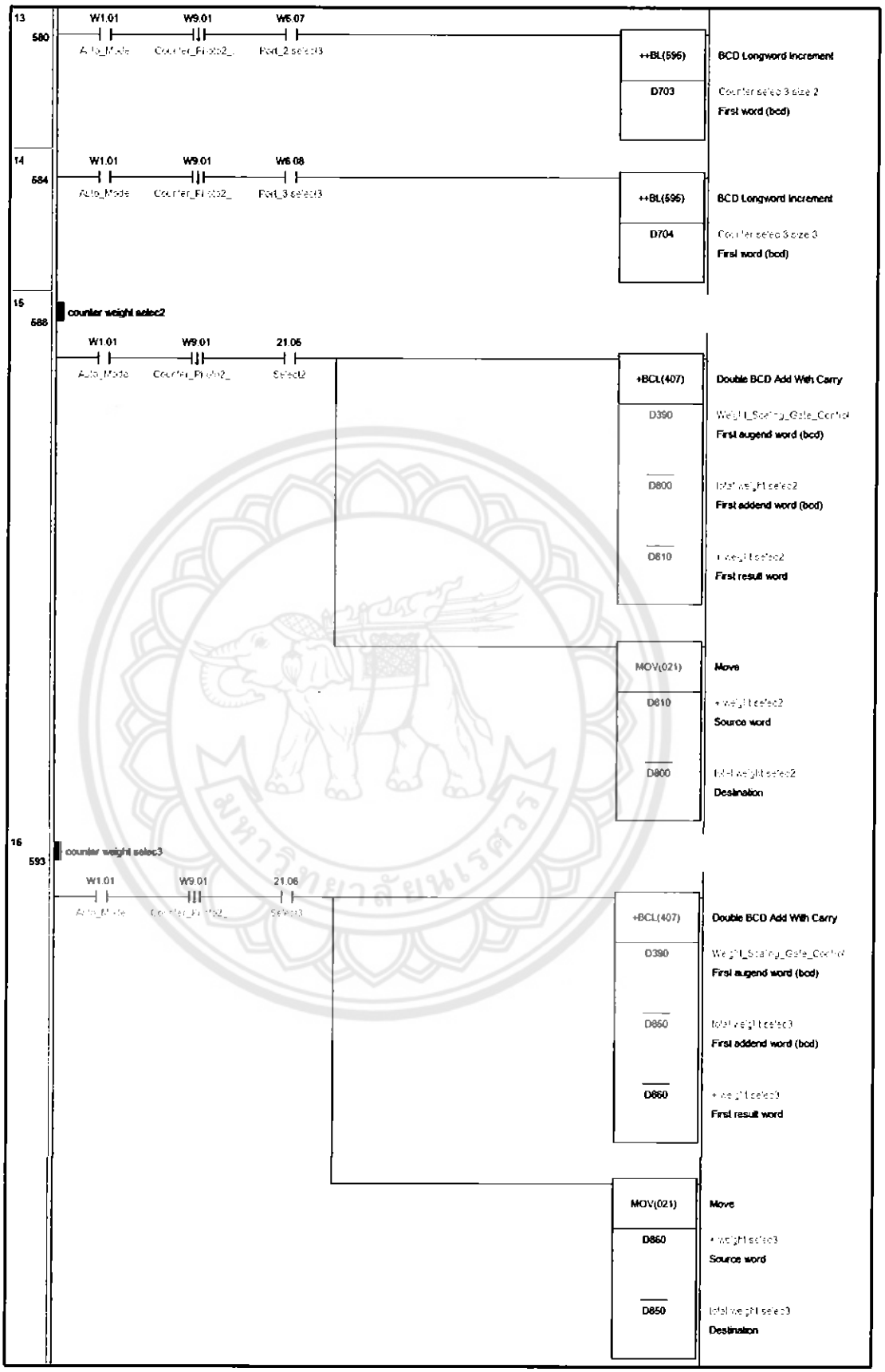

0
505
[Program Name : Mango_Grading_Program]
[Section Name : Counter]
P_First_Cycle
First Cycle Flag
10.00
Counter_Reset
MOV(021)
Move
#0
Source word
D600
Total_Counter_1
Destination
MOV(021)
Move
#0
Source word
D610
Small_Size_Counter_1
Destination
MOV(021)
Move
#0
Source word
D620
L_Size_Counter_1
Destination
MOV(021)
Move
#0
Source word
D630
LL_Size_Counter_1
Destination
MOV(021)
Move
#0
Source word
D640
LLL_Size_Counter_1
Destination

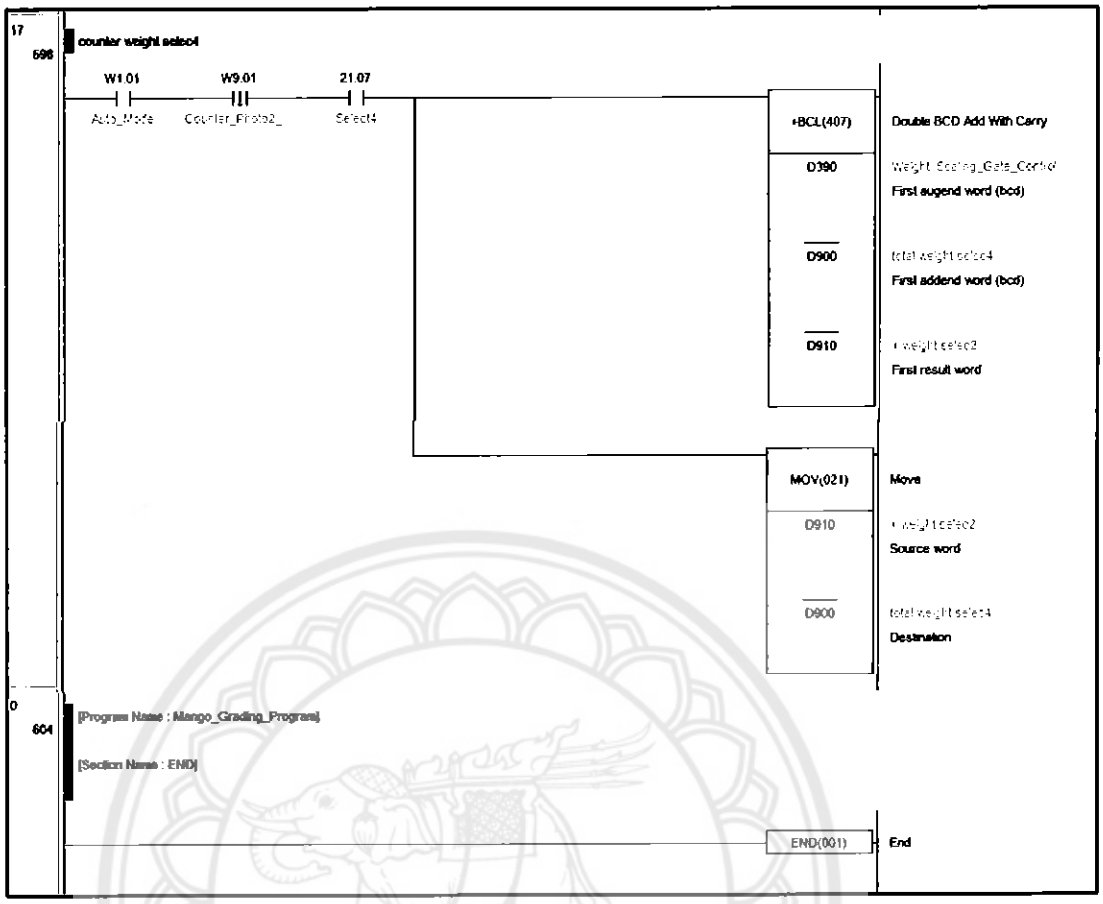

MOV(021)
Move
#0
Source word
D700
Counter select 2 size 1
Destination
MOV(021)
Move
#0
Source word
D701
Counter select 2 size 2
Destination
MOV(021)
Move
#0
Source word
D702
Counter select 3 size 1
Destination
MOV(021)
Move
#0
Source word
D703
Counter select 3 size 2
Destination
MOV(021)
Move
#0
Source word
D704
Counter select 3 size 3
Destination
MOV(021)
Move
#0
Source word
D705
Counter select 2 level
Destination


MOV(021)
Move
#0
Source word
D706
Destination
MOV(021)
Move
#0
Source word
D800
Destination
MOV(021)
Move
#0
Source word
D801
Destination
MOV(021)
Move
#0
Source word
D810
Destination
MOV(021)
Move
#0
Source word
D811
Destination
MOV(021)
Move
#0
Source word
D850
Destination


MOV(021)
Move
#0
Source word
D851
Destination
MOV(021)
Move
#0
Source word
D900
Destination
MOV(021)
Move
#0
Source word
D901
Destination
1
527
W1.01
Auto_Mode
0.10
0.11
W9.00
W9.00
2
533
W1.01
Auto_Mode
W9.00
0.09
0.11
W9.01
W9.01
3
540
W1.01
Auto_Mode
21.05
Select2
W9.01
++BL(595)
D705
First word (bcd)
BCD Longword Increment
4
544
W1.01
Auto_Mode
21.06
Select3
W9.01
++BL(595)
D706
First word (bcd)
BCD Longword Increment


5
548
W1.01
Auto_Mode
21.07
Select4
W9.01
Counter_Finish2_
++BL(595)
D600
BCD Longword Increment
Total Counter_1
First word (bcd)
6
552
Small_Size_Counter
W1.01
Auto_Mode
W9.01
Counter_Finish2_
W6.00
Port_1
++BL(595)
D610
BCD Longword Increment
Small_Size_Counter_1
First word (bcd)
7
556
L_Size_Counter
W1.01
Auto_Mode
W9.01
Counter_Finish2_
W6.01
Port_2
++BL(595)
D620
BCD Longword Increment
L_Size_Counter_1
First word (bcd)
8
560
LL_Size_Counter
W1.01
Auto_Mode
W9.01
Counter_Finish2_
W6.02
Port_3
++BL(595)
D630
BCD Longword Increment
LL_Size_Counter_1
First word (bcd)
9
564
LLL_Size_Counter
W1.01
Auto_Mode
W9.01
Counter_Finish2_
W6.03
Port_4
++BL(595)
D640
BCD Longword Increment
LLL_Size_Counter_1
First word (bcd)
10
568
counter selec 2
W1.01
Auto_Mode
W9.01
Counter_Finish2_
W6.04
Port_1select2
++BL(595)
D700
BCD Longword Increment
Counter selec 2 size 1
First word (bcd)
11
572
W1.01
Auto_Mode
W9.01
Counter_Finish2_
W6.05
Port_2select2
++BL(595)
D701
BCD Longword Increment
Counter selec 2 size 2
First word (bcd)
12
578
counter selec 3
W1.01
Auto_Mode
W9.01
Counter_Finish2_
W6.06
Port_1select3
++BL(595)
D702
BCD Longword Increment
Counter selec 3 size 1
First word (bcd)


13
580
W1.01
Auto_Mode
W9.01
Counter_Finish2_
W6.07
Port_2 select3
++BL(596)
D703
BCD Longword increment
Counter select 3 size 2
First word (bcd)
14
584
W1.01
Auto_Mode
W9.01
Counter_Finish2_
W6.08
Port_3 select3
++BL(596)
D704
BCD Longword increment
Counter select 3 size 3
First word (bcd)
15
588
counter weight selec2
W1.01
Auto_Mode
W9.01
Counter_Finish2_
21.05
Select2
+BCL(407)
D390
Weight_Scaling_Gate_Control
First augend word (bcd)
D800
total weight select2
First addend word (bcd)
D810
+ weight select2
First result word
MOV(021)
Move
D810
+ weight select2
Source word
D800
total weight select2
Destination
16
593
counter weight selec3
W1.01
Auto_Mode
W9.01
Counter_Finish2_
21.06
Select3
+BCL(407)
D390
Weight_Scaling_Gate_Control
First augend word (bcd)
D850
total weight select3
First addend word (bcd)
D860
+ weight select3
First result word
MOV(021)
Move
D860
+ weight select3
Source word
D850
total weight select3
Destination


17
598
counter weight select
W1.01
Auto_Mode
W9.01
Courier_Probe2_
21.07
Select4
+BCL(407)
Double BCD Add With Carry
D390
Weight_Scaling_Gate_Control
First augend word (bcd)
D900
total weight select4
First addend word (bcd)
D910
weight select2
First result word
MOV(021)
Move
D910
weight select2
Source word
D900
total weight select4
Destination
0
604
[Program Name : Mango_Grading_Program]
[Section Name : END]
END(001)
End

ภาคผนวก จ
ตารางผลการทดลองปรับระดับอัตราเร็วมอเตอร์

ระดับอัตราเร็วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
1	1	1	มะม่วงติดกัน
1	1	2	มะม่วงติดกัน
1	1	3	มะม่วงติดกัน
1	1	4	มะม่วงติดกัน
1	1	5	มะม่วงติดกัน
1	1	6	มะม่วงติดกัน
1	1	7	มะม่วงติดกัน
1	1	8	มะม่วงติดกัน
1	1	9	มะม่วงติดกัน
1	2	1	มะม่วงติดกัน
1	2	2	มะม่วงติดกัน
1	2	3	มะม่วงติดกัน
1	2	4	มะม่วงติดกัน
1	2	5	มะม่วงติดกัน
1	2	6	มะม่วงติดกัน
1	2	7	มะม่วงติดกัน
1	2	8	มะม่วงติดกัน
1	2	9	มะม่วงติดกัน
1	3	1	มะม่วงติดกัน
1	3	2	มะม่วงติดกัน
1	3	3	มะม่วงติดกัน
1	3	4	มะม่วงติดกัน
1	3	5	มะม่วงติดกัน
1	3	6	มะม่วงติดกัน
1	3	7	มะม่วงติดกัน
1	3	8	มะม่วงติดกัน
1	3	9	มะม่วงติดกัน
1	4	1	มะม่วงติดกัน
1	4	2	มะม่วงติดกัน
1	4	3	มะม่วงติดกัน
1	4	4	มะม่วงมีการเว้นระยะพอดี
1	4	5	ระยะห่างเกินไป
1	4	6	ระยะห่างเกินไป
1	4	7	ระยะห่างเกินไป

ระดับอัตราเร็วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
1	4	8	ระยะห่างเกินไป
1	4	9	ระยะห่างเกินไป
1	5	1	ระยะห่างเกินไป
1	5	2	ระยะห่างเกินไป
1	5	3	ระยะห่างเกินไป
1	5	4	ระยะห่างเกินไป
1	5	5	ระยะห่างเกินไป
1	5	6	ระยะห่างเกินไป
1	5	7	ระยะห่างเกินไป
1	5	8	ระยะห่างเกินไป
1	5	9	ระยะห่างเกินไป
1	6	1	ระยะห่างเกินไป
1	6	2	ระยะห่างเกินไป
1	6	3	ระยะห่างเกินไป
1	6	4	ระยะห่างเกินไป
1	6	5	ระยะห่างเกินไป
1	6	6	ระยะห่างเกินไป
1	6	7	ระยะห่างเกินไป
1	6	8	ระยะห่างเกินไป
1	6	9	ระยะห่างเกินไป
1	7	1	ระยะห่างเกินไป
1	7	2	ระยะห่างเกินไป
1	7	3	ระยะห่างเกินไป
1	7	4	ระยะห่างเกินไป
1	7	5	ระยะห่างเกินไป
1	7	6	ระยะห่างเกินไป
1	7	7	ระยะห่างเกินไป
1	7	8	ระยะห่างเกินไป
1	7	9	ระยะห่างเกินไป
1	8	1	ระยะห่างเกินไป
1	8	2	ระยะห่างเกินไป
1	8	3	ระยะห่างเกินไป
1	8	4	ระยะห่างเกินไป
1	8	5	ระยะห่างเกินไป

ระดับอัตราเร็วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
1	8	6	ระยะห่างเกินไป
1	8	7	ระยะห่างเกินไป
1	8	8	ระยะห่างเกินไป
1	8	9	ระยะห่างเกินไป
1	9	1	ระยะห่างเกินไป
1	9	2	ระยะห่างเกินไป
1	9	3	ระยะห่างเกินไป
1	9	4	ระยะห่างเกินไป
1	9	5	ระยะห่างเกินไป
1	9	6	ระยะห่างเกินไป
1	9	7	ระยะห่างเกินไป
1	9	8	ระยะห่างเกินไป
1	9	9	ระยะห่างเกินไป
2	1	1	มะม่วงติดกัน
2	1	2	มะม่วงติดกัน
2	1	3	ระยะห่างเกินไป
2	1	4	ระยะห่างเกินไป
2	1	5	ระยะห่างเกินไป
2	1	6	ระยะห่างเกินไป
2	1	7	ระยะห่างเกินไป
2	1	8	ระยะห่างเกินไป
2	1	9	ระยะห่างเกินไป
2	2	1	มะม่วงติดกัน
2	2	2	มะม่วงติดกัน
2	2	3	ระยะห่างเกินไป
2	2	4	ระยะห่างเกินไป
2	2	5	ระยะห่างเกินไป
2	2	6	ระยะห่างเกินไป
2	2	7	ระยะห่างเกินไป
2	2	8	ระยะห่างเกินไป
2	2	9	ระยะห่างเกินไป
2	3	1	มะม่วงติดกัน
2	3	2	มะม่วงติดกัน
2	3	3	ระยะห่างเกินไป

ระดับอัตราเร็วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
2	3	4	ระยะห่างเกินไป
2	3	5	ระยะห่างเกินไป
2	3	6	ระยะห่างเกินไป
2	3	7	ระยะห่างเกินไป
2	3	8	ระยะห่างเกินไป
2	3	9	ระยะห่างเกินไป
2	4	1	มะม่วงติดกัน
2	4	2	มะม่วงติดกัน
2	4	3	ระยะห่างเกินไป
2	4	4	ระยะห่างเกินไป
2	4	5	ระยะห่างเกินไป
2	4	6	ระยะห่างเกินไป
2	4	7	ระยะห่างเกินไป
2	4	8	ระยะห่างเกินไป
2	4	9	ระยะห่างเกินไป
2	5	1	มะม่วงติดกัน
2	5	2	มะม่วงติดกัน
2	5	3	ระยะห่างเกินไป
2	5	4	ระยะห่างเกินไป
2	5	5	ระยะห่างเกินไป
2	5	6	ระยะห่างเกินไป
2	5	7	ระยะห่างเกินไป
2	5	8	ระยะห่างเกินไป
2	5	9	ระยะห่างเกินไป
2	6	1	มะม่วงติดกัน
2	6	2	มะม่วงติดกัน
2	6	3	ระยะห่างเกินไป
2	6	4	ระยะห่างเกินไป
2	6	5	ระยะห่างเกินไป
2	6	6	มะม่วงมีการเว้นระยะพอดี
2	6	7	ระยะห่างเกินไป
2	6	8	ระยะห่างเกินไป
2	6	9	ระยะห่างเกินไป
2	7	1	มะม่วงติดกัน

ระดับอัตราเร็วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
2	7	2	มะม่วงติดกัน
2	7	3	ระยะห่างเกินไป
2	7	4	ระยะห่างเกินไป
2	7	5	ระยะห่างเกินไป
2	7	6	ระยะห่างเกินไป
2	7	7	ระยะห่างเกินไป
2	7	8	ระยะห่างเกินไป
2	7	9	ระยะห่างเกินไป
2	8	1	มะม่วงติดกัน
2	8	2	มะม่วงติดกัน
2	8	3	ระยะห่างเกินไป
2	8	4	ระยะห่างเกินไป
2	8	5	ระยะห่างเกินไป
2	8	6	ระยะห่างเกินไป
2	8	7	ระยะห่างเกินไป
2	8	8	ระยะห่างเกินไป
2	8	9	ระยะห่างเกินไป
2	9	1	มะม่วงติดกัน
2	9	2	มะม่วงติดกัน
2	9	3	ระยะห่างเกินไป
2	9	4	ระยะห่างเกินไป
2	9	5	ระยะห่างเกินไป
2	9	6	ระยะห่างเกินไป
2	9	7	ระยะห่างเกินไป
2	9	8	ระยะห่างเกินไป
2	9	9	ระยะห่างเกินไป
3	1	1	มะม่วงติดกัน
3	1	2	มะม่วงติดกัน
3	1	3	มะม่วงติดกัน
3	1	4	มะม่วงติดกัน
3	1	5	มะม่วงติดกัน
3	1	6	มะม่วงติดกัน
3	1	7	มะม่วงติดกัน
3	1	8	มะม่วงติดกัน

ระดับอัตราหรี่วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
3	1	9	มะม่วงติดกัน
3	2	1	มะม่วงติดกัน
3	2	2	มะม่วงติดกัน
3	2	3	มะม่วงติดกัน
3	2	4	มะม่วงติดกัน
3	2	5	มะม่วงติดกัน
3	2	6	มะม่วงติดกัน
3	2	7	มะม่วงติดกัน
3	2	8	มะม่วงติดกัน
3	2	9	มะม่วงติดกัน
3	3	1	มะม่วงติดกัน
3	3	2	มะม่วงติดกัน
3	3	3	มะม่วงติดกัน
3	3	4	มะม่วงติดกัน
3	3	5	มะม่วงติดกัน
3	3	6	มะม่วงติดกัน
3	3	7	มะม่วงติดกัน
3	3	8	มะม่วงติดกัน
3	3	9	มะม่วงติดกัน
3	4	1	มะม่วงติดกัน
3	4	2	มะม่วงติดกัน
3	4	3	มะม่วงติดกัน
3	4	4	มะม่วงติดกัน
3	4	5	มะม่วงติดกัน
3	4	6	มะม่วงติดกัน
3	4	7	มะม่วงติดกัน
3	4	8	มะม่วงติดกัน
3	4	9	มะม่วงติดกัน
3	5	1	มะม่วงติดกัน
3	5	2	มะม่วงติดกัน
3	5	3	มะม่วงติดกัน
3	5	4	มะม่วงติดกัน
3	5	5	มะม่วงติดกัน
3	5	6	มะม่วงติดกัน

ระดับอัตราเร็วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
3	5	7	มะม่วงติดกัน
3	5	8	มะม่วงติดกัน
3	5	9	มะม่วงติดกัน
3	6	1	มะม่วงติดกัน
3	6	2	มะม่วงติดกัน
3	6	3	มะม่วงติดกัน
3	6	4	มะม่วงติดกัน
3	6	5	มะม่วงติดกัน
3	6	6	มะม่วงติดกัน
3	6	7	มะม่วงติดกัน
3	6	8	มะม่วงติดกัน
3	6	9	มะม่วงติดกัน
3	7	1	มะม่วงติดกัน
3	7	2	มะม่วงติดกัน
3	7	3	มะม่วงติดกัน
3	7	4	มะม่วงติดกัน
3	7	5	มะม่วงติดกัน
3	7	6	มะม่วงติดกัน
3	7	7	มะม่วงติดกัน
3	7	8	มะม่วงติดกัน
3	7	9	มะม่วงติดกัน
3	8	1	มะม่วงติดกัน
3	8	2	มะม่วงติดกัน
3	8	3	มะม่วงติดกัน
3	8	4	มะม่วงติดกัน
3	8	5	มะม่วงติดกัน
3	8	6	มะม่วงติดกัน
3	8	7	มะม่วงติดกัน
3	8	8	มะม่วงติดกัน
3	8	9	มะม่วงติดกัน
3	9	1	มะม่วงติดกัน
3	9	2	มะม่วงติดกัน
3	9	3	มะม่วงติดกัน
3	9	4	มะม่วงติดกัน

ระดับอัตราเร็วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
3	9	5	มะม่วงติดกัน
3	9	6	มะม่วงติดกัน
3	9	7	มะม่วงติดกัน
3	9	8	มะม่วงติดกัน
3	9	9	มะม่วงมีการเว้นระยะพอดี
4	1	1	มะม่วงติดกัน
4	1	2	มะม่วงติดกัน
4	1	3	มะม่วงติดกัน
4	1	4	มะม่วงติดกัน
4	1	5	มะม่วงติดกัน
4	1	6	มะม่วงติดกัน
4	1	7	มะม่วงติดกัน
4	1	8	มะม่วงติดกัน
4	1	9	มะม่วงติดกัน
4	2	1	มะม่วงติดกัน
4	2	2	มะม่วงติดกัน
4	2	3	มะม่วงติดกัน
4	2	4	มะม่วงติดกัน
4	2	5	มะม่วงติดกัน
4	2	6	มะม่วงติดกัน
4	2	7	มะม่วงติดกัน
4	2	8	มะม่วงติดกัน
4	2	9	มะม่วงติดกัน
4	3	1	มะม่วงติดกัน
4	3	2	มะม่วงติดกัน
4	3	3	มะม่วงติดกัน
4	3	4	มะม่วงติดกัน
4	3	5	มะม่วงติดกัน
4	3	6	มะม่วงติดกัน
4	3	7	มะม่วงติดกัน
4	3	8	มะม่วงติดกัน
4	3	9	มะม่วงติดกัน
4	4	1	มะม่วงติดกัน
4	4	2	มะม่วงติดกัน

ระดับอัตราเร็วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
4	4	3	มะม่วงติดกัน
4	4	4	มะม่วงติดกัน
4	4	5	มะม่วงติดกัน
4	4	6	มะม่วงติดกัน
4	4	7	มะม่วงติดกัน
4	4	8	มะม่วงติดกัน
4	4	9	มะม่วงติดกัน
4	5	1	มะม่วงติดกัน
4	5	2	มะม่วงติดกัน
4	5	3	มะม่วงติดกัน
4	5	4	มะม่วงติดกัน
4	5	5	มะม่วงติดกัน
4	5	6	มะม่วงติดกัน
4	5	7	มะม่วงติดกัน
4	5	8	มะม่วงติดกัน
4	5	9	มะม่วงติดกัน
4	6	1	มะม่วงติดกัน
4	6	2	มะม่วงติดกัน
4	6	3	มะม่วงติดกัน
4	6	4	มะม่วงติดกัน
4	6	5	มะม่วงติดกัน
4	6	6	มะม่วงติดกัน
4	6	7	มะม่วงติดกัน
4	6	8	มะม่วงติดกัน
4	6	9	มะม่วงติดกัน
4	7	1	มะม่วงติดกัน
4	7	2	มะม่วงติดกัน
4	7	3	มะม่วงติดกัน
4	7	4	มะม่วงติดกัน
4	7	5	มะม่วงติดกัน
4	7	6	มะม่วงติดกัน
4	7	7	มะม่วงติดกัน
4	7	8	มะม่วงติดกัน
4	7	9	มะม่วงติดกัน

ระดับอัตราเร็วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
4	8	1	มะม่วงติดกัน
4	8	2	มะม่วงติดกัน
4	8	3	มะม่วงติดกัน
4	8	4	มะม่วงติดกัน
4	8	5	มะม่วงติดกัน
4	8	6	มะม่วงติดกัน
4	8	7	มะม่วงติดกัน
4	8	8	มะม่วงติดกัน
4	8	9	มะม่วงติดกัน
4	9	1	มะม่วงติดกัน
4	9	2	มะม่วงติดกัน
4	9	3	มะม่วงติดกัน
4	9	4	มะม่วงติดกัน
4	9	5	มะม่วงติดกัน
4	9	6	มะม่วงติดกัน
4	9	7	มะม่วงติดกัน
4	9	8	มะม่วงติดกัน
4	9	9	มะม่วงมีการเว้นระยะพอดี
5	1	1	มะม่วงติดกัน
5	1	2	มะม่วงติดกัน
5	1	3	มะม่วงติดกัน
5	1	4	มะม่วงติดกัน
5	1	5	มะม่วงติดกัน
5	1	6	มะม่วงติดกัน
5	1	7	มะม่วงติดกัน
5	1	8	มะม่วงติดกัน
5	1	9	มะม่วงติดกัน
5	2	1	มะม่วงติดกัน
5	2	2	มะม่วงติดกัน
5	2	3	มะม่วงติดกัน
5	2	4	มะม่วงติดกัน
5	2	5	มะม่วงติดกัน
5	2	6	มะม่วงติดกัน
5	2	7	มะม่วงติดกัน

ระดับอัตราเร็วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
5	2	8	มะม่วงติดกัน
5	2	9	มะม่วงติดกัน
5	3	1	มะม่วงติดกัน
5	3	2	มะม่วงติดกัน
5	3	3	มะม่วงติดกัน
5	3	4	มะม่วงติดกัน
5	3	5	มะม่วงติดกัน
5	3	6	มะม่วงติดกัน
5	3	7	มะม่วงติดกัน
5	3	8	มะม่วงติดกัน
5	3	9	มะม่วงติดกัน
5	4	1	มะม่วงติดกัน
5	4	2	มะม่วงติดกัน
5	4	3	มะม่วงติดกัน
5	4	4	มะม่วงติดกัน
5	4	5	มะม่วงติดกัน
5	4	6	มะม่วงติดกัน
5	4	7	มะม่วงติดกัน
5	4	8	มะม่วงติดกัน
5	4	9	มะม่วงติดกัน
5	5	1	มะม่วงติดกัน
5	5	2	มะม่วงติดกัน
5	5	3	มะม่วงติดกัน
5	5	4	มะม่วงติดกัน
5	5	5	มะม่วงติดกัน
5	5	6	มะม่วงติดกัน
5	5	7	มะม่วงติดกัน
5	5	8	มะม่วงติดกัน
5	5	9	มะม่วงติดกัน
5	6	1	มะม่วงติดกัน
5	6	2	มะม่วงติดกัน
5	6	3	มะม่วงติดกัน
5	6	4	มะม่วงติดกัน
5	6	5	มะม่วงติดกัน

ระดับอัตราเร็วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
5	6	6	มะม่วงติดกัน
5	6	7	มะม่วงติดกัน
5	6	8	มะม่วงติดกัน
5	6	9	มะม่วงติดกัน
5	7	1	มะม่วงติดกัน
5	7	2	มะม่วงติดกัน
5	7	3	มะม่วงติดกัน
5	7	4	มะม่วงติดกัน
5	7	5	มะม่วงติดกัน
5	7	6	มะม่วงติดกัน
5	7	7	มะม่วงติดกัน
5	7	8	มะม่วงติดกัน
5	7	9	มะม่วงติดกัน
5	8	1	มะม่วงติดกัน
5	8	2	มะม่วงติดกัน
5	8	3	มะม่วงติดกัน
5	8	4	มะม่วงติดกัน
5	8	5	มะม่วงติดกัน
5	8	6	มะม่วงติดกัน
5	8	7	มะม่วงติดกัน
5	8	8	มะม่วงติดกัน
5	8	9	มะม่วงติดกัน
5	9	1	มะม่วงติดกัน
5	9	2	มะม่วงติดกัน
5	9	3	มะม่วงติดกัน
5	9	4	มะม่วงติดกัน
5	9	5	มะม่วงติดกัน
5	9	6	มะม่วงติดกัน
5	9	7	มะม่วงติดกัน
5	9	8	มะม่วงติดกัน
5	9	9	มะม่วงติดกัน
6	1	1	มะม่วงติดกัน
6	1	2	มะม่วงติดกัน
6	1	3	มะม่วงติดกัน

ระดับอัตราเร็วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
6	1	4	มะม่วงติดกัน
6	1	5	มะม่วงติดกัน
6	1	6	มะม่วงติดกัน
6	1	7	มะม่วงติดกัน
6	1	8	มะม่วงติดกัน
6	1	9	มะม่วงติดกัน
6	2	1	มะม่วงติดกัน
6	2	2	มะม่วงติดกัน
6	2	3	มะม่วงติดกัน
6	2	4	มะม่วงติดกัน
6	2	5	มะม่วงติดกัน
6	2	6	มะม่วงติดกัน
6	2	7	มะม่วงติดกัน
6	2	8	มะม่วงติดกัน
6	2	9	มะม่วงติดกัน
6	3	1	มะม่วงติดกัน
6	3	2	มะม่วงติดกัน
6	3	3	มะม่วงติดกัน
6	3	4	มะม่วงติดกัน
6	3	5	มะม่วงติดกัน
6	3	6	มะม่วงติดกัน
6	3	7	มะม่วงติดกัน
6	3	8	มะม่วงติดกัน
6	3	9	มะม่วงติดกัน
6	4	1	มะม่วงติดกัน
6	4	2	มะม่วงติดกัน
6	4	3	มะม่วงติดกัน
6	4	4	มะม่วงติดกัน
6	4	5	มะม่วงติดกัน
6	4	6	มะม่วงติดกัน
6	4	7	มะม่วงติดกัน
6	4	8	มะม่วงติดกัน
6	4	9	มะม่วงติดกัน
6	5	1	มะม่วงติดกัน

ระดับอัตราเร็วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
6	5	2	มะม่วงติดกัน
6	5	3	มะม่วงติดกัน
6	5	4	มะม่วงติดกัน
6	5	5	มะม่วงติดกัน
6	5	6	มะม่วงติดกัน
6	5	7	มะม่วงติดกัน
6	5	8	มะม่วงติดกัน
6	5	9	มะม่วงติดกัน
6	6	1	มะม่วงติดกัน
6	6	2	มะม่วงติดกัน
6	6	3	มะม่วงติดกัน
6	6	4	มะม่วงติดกัน
6	6	5	มะม่วงติดกัน
6	6	6	มะม่วงติดกัน
6	6	7	มะม่วงติดกัน
6	6	8	มะม่วงติดกัน
6	6	9	มะม่วงติดกัน
6	7	1	มะม่วงติดกัน
6	7	2	มะม่วงติดกัน
6	7	3	มะม่วงติดกัน
6	7	4	มะม่วงติดกัน
6	7	5	มะม่วงติดกัน
6	7	6	มะม่วงติดกัน
6	7	7	มะม่วงติดกัน
6	7	8	มะม่วงติดกัน
6	7	9	มะม่วงติดกัน
6	8	1	มะม่วงติดกัน
6	8	2	มะม่วงติดกัน
6	8	3	มะม่วงติดกัน
6	8	4	มะม่วงติดกัน
6	8	5	มะม่วงติดกัน
6	8	6	มะม่วงติดกัน
6	8	7	มะม่วงติดกัน
6	8	8	มะม่วงติดกัน

ระดับอัตราเร็วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
6	8	9	มะม่วงติดกัน
6	9	1	มะม่วงติดกัน
6	9	2	มะม่วงติดกัน
6	9	3	มะม่วงติดกัน
6	9	4	มะม่วงติดกัน
6	9	5	มะม่วงติดกัน
6	9	6	มะม่วงติดกัน
6	9	7	มะม่วงติดกัน
6	9	8	มะม่วงติดกัน
6	9	9	มะม่วงติดกัน
7	1	1	มะม่วงติดกัน
7	1	2	มะม่วงติดกัน
7	1	3	มะม่วงติดกัน
7	1	4	มะม่วงติดกัน
7	1	5	มะม่วงติดกัน
7	1	6	มะม่วงติดกัน
7	1	7	มะม่วงติดกัน
7	1	8	มะม่วงติดกัน
7	1	9	มะม่วงติดกัน
7	2	1	มะม่วงติดกัน
7	2	2	มะม่วงติดกัน
7	2	3	มะม่วงติดกัน
7	2	4	มะม่วงติดกัน
7	2	5	มะม่วงติดกัน
7	2	6	มะม่วงติดกัน
7	2	7	มะม่วงติดกัน
7	2	8	มะม่วงติดกัน
7	2	9	มะม่วงติดกัน
7	3	1	มะม่วงติดกัน
7	3	2	มะม่วงติดกัน
7	3	3	มะม่วงติดกัน
7	3	4	มะม่วงติดกัน
7	3	5	มะม่วงติดกัน
7	3	6	มะม่วงติดกัน

ระดับอัตราเร็วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
7	3	7	มะม่วงติดกัน
7	3	8	มะม่วงติดกัน
7	3	9	มะม่วงติดกัน
7	4	1	มะม่วงติดกัน
7	4	2	มะม่วงติดกัน
7	4	3	มะม่วงติดกัน
7	4	4	มะม่วงติดกัน
7	4	5	มะม่วงติดกัน
7	4	6	มะม่วงติดกัน
7	4	7	มะม่วงติดกัน
7	4	8	มะม่วงติดกัน
7	4	9	มะม่วงติดกัน
7	5	1	มะม่วงติดกัน
7	5	2	มะม่วงติดกัน
7	5	3	มะม่วงติดกัน
7	5	4	มะม่วงติดกัน
7	5	5	มะม่วงติดกัน
7	5	6	มะม่วงติดกัน
7	5	7	มะม่วงติดกัน
7	5	8	มะม่วงติดกัน
7	5	9	มะม่วงติดกัน
7	6	1	มะม่วงติดกัน
7	6	2	มะม่วงติดกัน
7	6	3	มะม่วงติดกัน
7	6	4	มะม่วงติดกัน
7	6	5	มะม่วงติดกัน
7	6	6	มะม่วงติดกัน
7	6	7	มะม่วงติดกัน
7	6	8	มะม่วงติดกัน
7	6	9	มะม่วงติดกัน
7	7	1	มะม่วงติดกัน
7	7	2	มะม่วงติดกัน
7	7	3	มะม่วงติดกัน
7	7	4	มะม่วงติดกัน

ระดับอัตราเร็วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
7	7	5	มะม่วงติดกัน
7	7	6	มะม่วงติดกัน
7	7	7	มะม่วงติดกัน
7	7	8	มะม่วงติดกัน
7	7	9	มะม่วงติดกัน
7	8	1	มะม่วงติดกัน
7	8	2	มะม่วงติดกัน
7	8	3	มะม่วงติดกัน
7	8	4	มะม่วงติดกัน
7	8	5	มะม่วงติดกัน
7	8	6	มะม่วงติดกัน
7	8	7	มะม่วงติดกัน
7	8	8	มะม่วงติดกัน
7	8	9	มะม่วงติดกัน
7	9	1	มะม่วงติดกัน
7	9	2	มะม่วงติดกัน
7	9	3	มะม่วงติดกัน
7	9	4	มะม่วงติดกัน
7	9	5	มะม่วงติดกัน
7	9	6	มะม่วงติดกัน
7	9	7	มะม่วงติดกัน
7	9	8	มะม่วงติดกัน
7	9	9	มะม่วงติดกัน
8	1	1	มะม่วงติดกัน
8	1	2	มะม่วงติดกัน
8	1	3	มะม่วงติดกัน
8	1	4	มะม่วงติดกัน
8	1	5	มะม่วงติดกัน
8	1	6	มะม่วงติดกัน
8	1	7	มะม่วงติดกัน
8	1	8	มะม่วงติดกัน
8	1	9	มะม่วงติดกัน
8	2	1	มะม่วงติดกัน
8	2	2	มะม่วงติดกัน

ระดับอัตราเร็วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
8	2	3	มะม่วงติดกัน
8	2	4	มะม่วงติดกัน
8	2	5	มะม่วงติดกัน
8	2	6	มะม่วงติดกัน
8	2	7	มะม่วงติดกัน
8	2	8	มะม่วงติดกัน
8	2	9	มะม่วงติดกัน
8	3	1	มะม่วงติดกัน
8	3	2	มะม่วงติดกัน
8	3	3	มะม่วงติดกัน
8	3	4	มะม่วงติดกัน
8	3	5	มะม่วงติดกัน
8	3	6	มะม่วงติดกัน
8	3	7	มะม่วงติดกัน
8	3	8	มะม่วงติดกัน
8	3	9	มะม่วงติดกัน
8	4	1	มะม่วงติดกัน
8	4	2	มะม่วงติดกัน
8	4	3	มะม่วงติดกัน
8	4	4	มะม่วงติดกัน
8	4	5	มะม่วงติดกัน
8	4	6	มะม่วงติดกัน
8	4	7	มะม่วงติดกัน
8	4	8	มะม่วงติดกัน
8	4	9	มะม่วงติดกัน
8	5	1	มะม่วงติดกัน
8	5	2	มะม่วงติดกัน
8	5	3	มะม่วงติดกัน
8	5	4	มะม่วงติดกัน
8	5	5	มะม่วงติดกัน
8	5	6	มะม่วงติดกัน
8	5	7	มะม่วงติดกัน
8	5	8	มะม่วงติดกัน
8	5	9	มะม่วงติดกัน

ระดับอัตราเร็วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
8	6	1	มะม่วงติดกัน
8	6	2	มะม่วงติดกัน
8	6	3	มะม่วงติดกัน
8	6	4	มะม่วงติดกัน
8	6	5	มะม่วงติดกัน
8	6	6	มะม่วงติดกัน
8	6	7	มะม่วงติดกัน
8	6	8	มะม่วงติดกัน
8	6	9	มะม่วงติดกัน
8	7	1	มะม่วงติดกัน
8	7	2	มะม่วงติดกัน
8	7	3	มะม่วงติดกัน
8	7	4	มะม่วงติดกัน
8	7	5	มะม่วงติดกัน
8	7	6	มะม่วงติดกัน
8	7	7	มะม่วงติดกัน
8	7	8	มะม่วงติดกัน
8	7	9	มะม่วงติดกัน
8	8	1	มะม่วงติดกัน
8	8	2	มะม่วงติดกัน
8	8	3	มะม่วงติดกัน
8	8	4	มะม่วงติดกัน
8	8	5	มะม่วงติดกัน
8	8	6	มะม่วงติดกัน
8	8	7	มะม่วงติดกัน
8	8	8	มะม่วงติดกัน
8	8	9	มะม่วงติดกัน
8	9	1	มะม่วงติดกัน
8	9	2	มะม่วงติดกัน
8	9	3	มะม่วงติดกัน
8	9	4	มะม่วงติดกัน
8	9	5	มะม่วงติดกัน
8	9	6	มะม่วงติดกัน
8	9	7	มะม่วงติดกัน

ระดับอัตราหรี่วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
8	9	8	มะม่วงติดกัน
8	9	9	มะม่วงติดกัน
9	1	1	มะม่วงติดกัน
9	1	2	มะม่วงติดกัน
9	1	3	มะม่วงติดกัน
9	1	4	มะม่วงติดกัน
9	1	5	มะม่วงติดกัน
9	1	6	มะม่วงติดกัน
9	1	7	มะม่วงติดกัน
9	1	8	มะม่วงติดกัน
9	1	9	มะม่วงติดกัน
9	2	1	มะม่วงติดกัน
9	2	2	มะม่วงติดกัน
9	2	3	มะม่วงติดกัน
9	2	4	มะม่วงติดกัน
9	2	5	มะม่วงติดกัน
9	2	6	มะม่วงติดกัน
9	2	7	มะม่วงติดกัน
9	2	8	มะม่วงติดกัน
9	2	9	มะม่วงติดกัน
9	3	1	มะม่วงติดกัน
9	3	2	มะม่วงติดกัน
9	3	3	มะม่วงติดกัน
9	3	4	มะม่วงติดกัน
9	3	5	มะม่วงติดกัน
9	3	6	มะม่วงติดกัน
9	3	7	มะม่วงติดกัน
9	3	8	มะม่วงติดกัน
9	3	9	มะม่วงติดกัน
9	4	1	มะม่วงติดกัน
9	4	2	มะม่วงติดกัน
9	4	3	มะม่วงติดกัน
9	4	4	มะม่วงติดกัน
9	4	5	มะม่วงติดกัน

ระดับอัตราเร็วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
9	4	6	มะม่วงติดกัน
9	4	7	มะม่วงติดกัน
9	4	8	มะม่วงติดกัน
9	4	9	มะม่วงติดกัน
9	5	1	มะม่วงติดกัน
9	5	2	มะม่วงติดกัน
9	5	3	มะม่วงติดกัน
9	5	4	มะม่วงติดกัน
9	5	5	มะม่วงติดกัน
9	5	6	มะม่วงติดกัน
9	5	7	มะม่วงติดกัน
9	5	8	มะม่วงติดกัน
9	5	9	มะม่วงติดกัน
9	6	1	มะม่วงติดกัน
9	6	2	มะม่วงติดกัน
9	6	3	มะม่วงติดกัน
9	6	4	มะม่วงติดกัน
9	6	5	มะม่วงติดกัน
9	6	6	มะม่วงติดกัน
9	6	7	มะม่วงติดกัน
9	6	8	มะม่วงติดกัน
9	6	9	มะม่วงติดกัน
9	7	1	มะม่วงติดกัน
9	7	2	มะม่วงติดกัน
9	7	3	มะม่วงติดกัน
9	7	4	มะม่วงติดกัน
9	7	5	มะม่วงติดกัน
9	7	6	มะม่วงติดกัน
9	7	7	มะม่วงติดกัน
9	7	8	มะม่วงติดกัน
9	7	9	มะม่วงติดกัน
9	8	1	มะม่วงติดกัน
9	8	2	มะม่วงติดกัน
9	8	3	มะม่วงติดกัน

ระดับอัตราเร็วมอเตอร์			ผลจากการสังเกต
M1	M2	M3	
9	8	4	มะม่วงติดกัน
9	8	5	มะม่วงติดกัน
9	8	6	มะม่วงติดกัน
9	8	7	มะม่วงติดกัน
9	8	8	มะม่วงติดกัน
9	8	9	มะม่วงติดกัน
9	9	1	มะม่วงติดกัน
9	9	2	มะม่วงติดกัน
9	9	3	มะม่วงติดกัน
9	9	4	มะม่วงติดกัน
9	9	5	มะม่วงติดกัน
9	9	6	มะม่วงติดกัน
9	9	7	มะม่วงติดกัน
9	9	8	มะม่วงติดกัน
9	9	9	มะม่วงติดกัน