สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องคั่วข้าวโพดอบเนยน้ำตาลอัตโนมัติ

CARAMEL POPCORN AUTOMATION MACHINE

T 055044

ว่าที่ร้อยตรีจตุพร มีชำนาญ
นายวัชรพงษ์ วงศ์วรเนตร
นายอรุณ เพชรจันทร์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่ 5504
เลขทะเบียน
วัน,เดือน,ปี 7 ส.ย. 2548
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CARAMEL POPCORN AUTOMATION MACHINE

JATUPORN MEECHUMNAN

WATCHARAPHONG WONGVORANET

ARUN PHETCHAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องคั่วข้าวโพดอบเนยน้ำตาลอัตโนมัติ

CARAMEL POPCORN AUTOMATION MACHINE

นักศึกษาผู้จัดทำ ว่าที่ร้อยตรีจตุพร มีชำนาญ **รหัสประจำตัว** 44015509

นายวัชรพงษ์ วงศ์วรเนตร **รหัสประจำตัว** 44015531

นายอรุณ เพชรจันทร์ **รหัสประจำตัว** 44015547

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2546

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	**ลายมือชื่อ**
รศ.สุพรรณ กุลพาณิชย์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2547

สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องคั่วข้าวโพดอบเนยน้ำตาลอัตโนมัติ	
	CARAMEL POPCORN AUTOMATION MACHINE	
นักศึกษาผู้จัดทำ	ว่าที่ร้อยตรีจตุพร	มีชำนาญ
	นายวัชรพงษ์	วงศ์วรเนตร
	นายอรุณ	เพชรจันทร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.สุพรรณ	กุลพาณิชย์
ปีการศึกษา	2546	

บทคัดย่อ

การทำข้าวโพดอบเนยน้ำตาลสามารถทำได้ 2 วิธีคือ วิธีที่ 1 คั่วข้าวโพดก่อนและนำคาราเมลที่เตรียมไว้ราดลงในข้าวโพดที่คั่วแล้วจากนั้นคลุกให้เข้ากัน วิธีที่ 2 อุ่นน้ำมันในหม้อให้ร้อนนำข้าวโพดกับเกลือใส่ลงไปปล่อยไว้สักพัก ใส่เนยตามด้วยน้ำตาลโดยข้างในหม้อจะมีใบกวนคอยกวนวัตถุดิบให้เข้ากันสักพักข้าวโพดจะแตกผสมกับเนยและ น้ำตาล ซึ่งโครงงานนี้จะใช้วิธีที่ 2 และเป็นการทำงานโดยอัตโนมัติข้าวโพดที่คั่วเสร็จจะมีคุณภาพใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title Caramel Popcorn Automation Machine

Authors (Acting 2 ' Lt .) Jatuporn Meechumnan

Mr. Watcharaphong Wongvoranet

Mr. Arun Phetchan

Thesis Advisor Assoc.Prof.Supan Gunrapanis

Year 2003

ABSTRACT

There are two ways for cooking pop corn, the first one is cooking corn until it swell and mix well with caramel. The second is warming oil and then put corn ,salt , butter and sugar together. For a moment, corn will burst open and mix with butter and sugar in pot ,stir, this ingredients This project operate automatically by the second way. The pop corn quality is the same.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเพราะได้รับความเมตาจากรองศาสตราจารย์ สุพรรณ กุลพาณิชย์ ที่ได้ให้คำแนะนำต่าง ๆแก่ผู้วิจัย ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ประภาษ อุคคกิมาพันธุ์ ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล , ภาควิศวกรรมอุตสาหกรที่อำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้เพราะภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม ที่ให้ความรู้ทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สิ่งเหล่านี้ทำให้ผู้วิจัยเกิดทักษะในการแก้ปัญหาซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานในภายภาคหน้า

และที่ลืมเสียมิได้คือ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ อันเป็นที่รักยิ่ง ที่สนับสนุนและเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญภาพ.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....**1**

1.1 ความเป็นมาของหัวข้อปริญญานิพนธ์.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....1

1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....1

1.5 เนื้อหาของปริญญานิพนธ์.....2

1.5.1 ส่วนตัวเครื่องจักรอัตโนมัติ.....2

1.5.2 ส่วนควบคุมซีเควันซ์การทำงานและอุณหภูมิ.....2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ.....**3**

2.1 กล่าวนำ.....3

2.2 ไดโอด.....3

2.2.1 ชนิดของไดโอด.....3

2.2.2 ลักษณะสมบัติของไดโอด.....4

2.2.3 ลักษณะสมบัติระหว่างแรงดันและกระแสของไดโอด.....5

2.2.4 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อไดโอด.....7

2.3 ซีเนอร์ไดโอด.....7

2.4 ไดโอดเปล่งแสง.....8

2.5 ตัวเก็บประจุ.....10

2.5.1 โครงสร้างของตัวเก็บประจุ.....10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.2 การทำงานของตัวเก็บประจุ....11
2.5.3 การคายประจุ....11
2.5.4 ตัวเก็บประจุชนิดต่างๆ (CAPACITOR)....12
2.6 ตัวต้านทานไฟฟ้า (Resistor)....17
2.6.1 ชนิดตัวต้านทานไฟฟ้า....17
2.6.2 ตัวต้านทานชนิดพิเศษ (Special Resistor)....20
2.6.3 วัสดุที่ใช้ทำตัวต้านทาน....20
2.7 ทรานซิสเตอร์ (TRANSISTOR)....22
2.7.1 โครงสร้างของทรานซิสเตอร์....23
2.7.2 การทำงานเบื้องต้นของทรานซิสเตอร์....24
2.8 ไตรแอค (TRIAC)....25
2.8.1 คุณสมบัติพื้นฐานเป็นข้อของไตรแอก....26
2.8.2 การควบคุมกำลังไฟแบบเฟสทริกเกอร์....28
2.9 มอเตอร์....30
2.9.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของมอเตอร์....30
2.9.2 ลักษณะของมอเตอร์....31
2.10 การเชื่องโยง 8255 กับ MCS- 51....32
2.10.1 การเชื่อมโยง 8255 เข้ากับ CPU....35
2.10.2 การอ่านค่าจาก PORT 8255....37
2.10.3 การอ่านเขียนค่าลงไป PORT 825....37
2.10.4 โปรแกรม 8255....38
2.10.5 โหมดในการควบคุมสถานะบิต (Bit Set/Reset Mode)....41

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง....46
3.1 หลักการในการออกแบบเครื่องคั่วข้าวโพดอบเนยน้ำตาล อัตโนมัติ....46
3.1.1 ส่วนประกอบของการทำข้าวโพดคั่วอบเนยน้ำตาลอัตโนมัติ....47
3.1.2 แนวคิดในการออกแบบส่วนของการคั่วข้าวโพดส่วนของไซโล....48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.3 กระบวนการทำงานของเครื่องคั่วข้าวโพดอบเนยน้ำตาลอัตโนมัติ 49
3.2 การออกแบบส่วนของเครื่องจักรอัตโนมัติ 57
3.3 การสร้างส่วนของเครื่องจักรอัตโนมัติ.....62
3.4 การออกแบบวงจรควบคุมซีเคว้นการทำงานและอุณหภูมิ.....66
3.4.1 การออกแบบวงจรควบคุมซีเคว้นการทำงานและอุณหภูมิ.....66
3.4.1.1 ส่วนอินพุทจะประกอบด้วย.....66
3.4.1.2 ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ 66
3.4.1.3 ส่วนของการขยายพอร์ต.....67
3.4.1.4 ส่วนของภาคขับและเอาท์พุท.....67
3.4.2 Timing Diagram ของระบบ.....68
3.4.3 ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์.....69
3.4.4 วงจรขับและควบคุมอุณหภูมิถังเนย.....69
3.4.5 วงจรขับและควบคุมอุณหภูมิหม้อคั่ว 69
3.4.6 วงจรขับมอเตอร์.....69
3.4.7 รวมรูปวงจร.....70
3.5 การสร้างวงจรควบคุมซีเคว้นการทำงานและอุณหภูมิ.....74
3.5.1 บอร์ดวงจรส่วนของไมโครคอนโทรเลอร์.....74
3.5.2 บอร์ดวงจรขับและควบคุมอุณหภูมิถังเนย.....74
3.5.3 บอร์ดวงจรขับและควบคุมอุณหภูมิหม้อคั่ว.....74
3.5.4 บอร์ดวงจรขับมอเตอร์.....75
3.5.5 บอร์ดจำลองการทำงานเครื่องคั่วข้าวโพดอบเนยน้ำตาลอัตโนมัติ.....75
3.5.6 โปรแกรมการทำงานของระบบ 76
3.5.7สรุปผลการทดลองออกแบบและสร้าง.....88

บทที่ 4 ผลการทดลอง.....89
4.1 การทดลองการสอบเทียบเทอร์โมคับเปิ้ล 89
4.2 การทดลองผลทางอุณหภูมิของเนย.....90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 การทดลองการทำงานของเครื่องจักรอัตโนมัติ....90

4.3.1การทดลองอัตราไหลของวาล์ว....90

4.3.1.1 ทดสอบวาล์วข้าวโพด....90

4.3.1.2ทดสอบวาล์วน้ำตาล....91

4.3.1.3 ทดสอบวาล์วเกลือ....91

4.3.1.4 ทดสอบปั๊มน้ำมัน....91

4.3.1.5 ทดสอบปั๊มเนย การทดลองการคั่วข้าวโพด....92

4.3.2การทดลองการคั่วข้าวโพด....92

4.3.2.1ทดลองหาอัตราการขยายตัวของเม็ดข้าวโพด....92

4.3.2.2การทดลองทำข้าวโพดอบเนยน้ำตาล....94

4.3.3 สรุปผลการทำงานของเครื่องจักรอัตโนมัติและแนวทางแก้ไข....94

4.4 การทดลองการทำงานของวงจรควบคุมแบบซีเคว้น และควบคุมอุณหภูมิ....96

4.5 สรุปผลการทดลองการทำงานของวงจรซีเคว้นการทำงานและควบคุมอุณหภูมิ....105

บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์....106

3.1 สรุป....106

3.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข....106

บรรณานุกรม....107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 เปรียบเทียบลักษณะสมบัติของไดโอดเมื่อไบแอสตรงและไบแอสกลับ....4
2.2 คุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสงโดยทั่วๆไป....8
2.3 ค่าของตัวต้านทานที่ใช้ต่ออนุกรมกับไดโอดเปล่งแสงที่แรงดันต่าง ๆ....9
2.4 แสดงคุณสมบัติที่สำคัญของไตรแอกที่นิยมใช้....27
2.5 สรุปโหมดต่าง ๆ ของ 8255....33
2.6 ตารางความเป็นจริงของ 8255....34
2.7 Port # (0FC00H-0FC03H)....35
2.8 I/O ADDRESS ของ 8255....36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ไดโอดชนิดจุดสัมผัส	3
2.2 ไดโอดชนิดหัวต่อ P-N	4
2.3 ไดโอดที่ใช้ในวงจรมีสัญลักษณ์ เป็นรูปลูกศรมีขีดวาง	4
2.4 ลักษณะสมบัติของไดโอดอุดมคติ	5
2.5 ลักษณะสมบัติทางด้านไบแอสตรง	5
2.6 กราฟลักษณะสมบัติระหว่างแรงดันและกระแสของวงจรไบแอส	6
2.7 แรงดันคร่อมตัวไดโอดด้านไบแอสตรง	6
2.8 สัญลักษณ์ของซีเนอร์ไดโอด	7
2.9 ลักษณะสมบัติของซีเนอร์ไดโอดทางอุดมคติลักษณะสมบัติของซีเนอร์ไดโอดจริง ๆ	8
2.10 สัญลักษณ์และตัวถังของไดโอดเปล่งแสง	8
2.11 วงจรใช้งานปกติของไดโอดเปล่งแสง	9
2.12 การนำไดโอดเปล่งแสงมาใช้กับไฟสลับแรงดันต่ำ	10
2.13 โครงสร้างของตัวเก็บประจุ	10
2.14 แสดงขั้นตอนการประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ	11
2.15 แสดงขั้นตอนการคายประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ	11
2.16 แสดงสัญลักษณ์ตัวเก็บประจุแบบคงที่	12
2.17 ตัวเก็บประจุแบบกระดาษ (Paper capacitor)	12
2.18 ตัวเก็บประจุแบบไมก้า (Mica capacitor)	13
2.19 ตัวเก็บประจุแบบเซรามิก	13
2.20 ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโทรไลติก (Electrolytic capacitor)	14
2.21 ตัวเก็บประจุแบบน้ำมัน (Oil capacitor)	14
2.22 ตัวเก็บประจุแบบโพลีสไตลีน (Polyethylene capacitor)	14
2.23 ตัวเก็บประจุ แทนทาลั่ม (Tantalum capacitor)	15
2.24 ตัวเก็บประจุแบบไมลา (Milar capacitor)	15
2.25 ตัวเก็บประจุแบบไบโพลา (Bipolar capacitor)	15
2.26 ตัวเก็บประจุแบบโพลีโพรไพลีน (Poiypropyrene)	16
2.27 แสดงตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

2.28 แสดงสัญลักษณ์ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้....16
2.29 ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่....17
2.30 แสดงตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (Adjustable Rersistor)....18
2.31 แสดงตัวต้านทานแบบเปลี่ยนแปลงค่าได้....19
2.32 แสดงการต่อใช้งานของตัวต้านทานปรับค่าได้ แบบ Potentiometer....19
2.33 แสดงการต่อตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้แบบรีโอสตัส....19
2.34 สัญลักษณ์ตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้ตามอุณหภูมิ....20
2.35 แสดงสัญลักษณ์ของตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนแปลงค่าตามความเข้มของแสง....20
2.36 ตัวต้านทานชนิดนี้ทำมาจากผงคาร์บอน....21
2.37 ตัวต้านทานแบบลวดพัน(WireWoundResistor)....21
2.38 ตัวต้านทานทำจากฟิล์ม(Film Type Resistor)....22
2.39 ทรานซิสเตอร์....22
2.40 โครงสร้างของทรานซิสเตอร์....23
2.41 สัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์....23
2.42 แสดงการไบอัสทรานซิสเตอร์....24
2.43 แสดงทิศทางกระแสที่เกิดจากการไบอัสที่ถูกต้อง....25
2.44 การทำงานของไตรแอค....25
2.45 สัญลักษณ์ของไตรแอกและการใช้งานพื้นฐาน....26
2.46 วงจรแบบพื้นฐานที่สุดในการใช้งานไตรแอก....27
2.47 แสดงวงจรการควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับวงจรหรี่ความสว่างของหลอดไฟโดยการปรับมุมของสัญญาณทริกเกอร์....28
2.48 การเปลี่ยนแปลงค่าของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่โหลดโดยกำหนดได้จากตำแหน่งเวลาของการทริกที่ให้แก่ไตรแอค....29
2.49 กราฟลักษณะสมบัติของไตรแอค....30
2.50 ส่วนประกอบที่สำคัญของมอเตอร์....31
2.51 การจัดวางขาโครงสร้างของ 8255....32
2.52 การต่อ 8255 เข้ากับ MCS-51 ที่พอร์ท #(FC00-FC403)H....53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

2.53 CONTROL WORDS ทั้ง 2 แบบของ BIT CONTROL WORDและ MODE CONTROL WORD.....38
2.54 CONTROL WORDS AND CONFIGULATION.....39
2.55 CONTROL WORDS AND CONFIGULATION.....39
2.56 ต่อ CONTROL WORDS AND CONFIGULAION.....39
2.57 ต่อ CONTROL WORDS AND CONFIGULATION.....40
2.58 ต่อ CONTROL WORDS AND CONFIGULATION.....40
2.59 ต่อ CONTROL WORDS AND CONFIGULATION.....40
2.60 ต่อ CONTROL WORDS AND CONFIGULATION.....41
2.61 ต่อ CONTROL WORDS AND CONFIGULATION.....41
2.62 การโปรแกรมบิตของพอร์ท C (ใช้เป็นเอาท์พุทเท่านั้น).....41
2.63 ผังเวลา (โหมด 1) อินพุทพอร์ท.....42
2.64 ผังเวลา (โหมด 1) เอาท์พุทพอร์ท.....43
2.65 แสดง Control Word ของโหมดต่างๆ.....44
2.66 แสดงผังเวลาของ 8255(โหมด 2).....45
3.1 Heaterให้ความร้อนให้ความร้อนโดยตรง.....48
3.2 Heaterให้ความร้อนให้ความร้อนโดยอ้อม.....48
3.3 ก่อนการทำงานเครื่อง.....49
3.4 กด Switch Power และ Heater.....49
3.5 ทำแบบ Caramel หรือ Cheese and Salt.....50
3.6 เลือกจำนวนครั้งที่จะทำ.....50
3.7 Start เครื่อง.....51
3.8 ฮีทเตอร์ทำงาน.....51
3.9 ปล่อยน้ำมันในปริมาณที่กำหนด.....52
3.10 M2 หมุนเพื่อกวนวัตถุดิบ.....52
3.11 V2 และ V3 ปล่อยข้าวโพดและเกลือ.....53
3.12 V4 ปล่อยเนยปริมาณที่กำหนด.....53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.13 V5 ปล่อยน้ำตาลปริมาณที่กำหนด....54
3.14 ใบกวนจะกวนทำให้ข้าวโพดคลุกเคล้ากับเนยน้ำตาล....54
3.15 L3 หยุดทำงาน....55
3.16 M3 จะหมุนลง(ทวนเข็ม)....55
3.17 M3 จะหมุนขึ้น(ตามเข็ม)....56
3.18 M1 จะหมุนจนเกลียวคานเลื่อนไปชน L1....56
3.19 ระบบพร้อมจะทำงานในครั้งต่อไป....57
3.20 ออกแบบส่วนของเครื่องจักรอัตโนมัติ....57
3.21 ออกแบบถังพักเนย....58
3.22 ออกแบบถังพักน้ำมัน....58
3.23 ออกแบบถังพักข้าวโพด....59
3.24 ออกแบบถังพักน้ำตาล....59
3.25 ออกแบบถังพักเกลือ....60
3.26 ออกแบบฮีตเตอร์....60
3.27 ออกแบบแมคคานิกส์การเคลื่อนที่....61
3.28 การประกอบส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน....61
3.29 การสร้างถังเนย....62
3.30 การสร้างถังน้ำมัน....62
3.31 การสร้างถังพักข้าวโพด....63
3.32 การสร้างถังพักน้ำตาล....63
3.33 การสร้างถังพักเกลือ....64
3.34 การสร้างฮีตเตอร์....64
3.35 เครื่องที่ประกอบเสร็จ....65
3.36 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ....66
3.37 Timing Diagram ของระบบ....68
3.38 วงจรการเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรเลอร์....70
3.39 วงจรขับและควบคุมอุณหภูมิถังเนย....71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.40 วงจรขับและควบคุมอุณหภูมิหม้อคั่ว....72

3.41 วงจรขับมอเตอร์....73

3.42 บอร์ดวงจรการเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรเลอร์....74

3.43 บอร์ดวงจรขับและควบคุมอุณหภูมิถังเนย....74

3.44 บอร์ดวงจรขับและควบคุมอุณหภูมิหม้อคั่ว....74

3.45 บอร์ดวงจรขับมอเตอร์....75

3.46 บอร์ดจำลองการทำงานเครื่องคั่วข้าวโพดอบเนยน้ำตาลอัตโนมัติ....75

4.1 ถังพักข้าวโพดในการทดสอบอัตราการไหล....90

4.2 ถังพักน้ำตาลในการทด สอบอัตราการไหล....91

4.3 ถังพักเกลือในการทดสอบอัตราการไหล....91

4.4 ถังพักน้ำมันในการทดสอบอัตราการไหล....91

4.5 ถังพักเนยในการทดสอบอัตราการไหล....92

4.6 ถ้วยตวงที่ใช้ทดสอบอัตราการไหลของ ข้าวโพด น้ำตาล เกลือและน้ำมัน....92

4.7 แสดงข้าวโพดที่คั่ว....93

4.8 ปัญหาแมดคานิกส์....95

4.9 แป้นหน้าปัดก่อนการทำงานเครื่อง....96

4.10 แป้นหน้าปัดกด Switch Power และHeaterมาที่ตำแหน่ง ON....97

4.11 แป้นหน้าปัดกด SW เลือกว่าจะทำแบบ Caramel หรือ Cheese and Salt....97

4.12 แป้นหน้าปัดกดกด SW เลือกจำนวนครั้งที่จะทำ....98

4.13 แป้นหน้าปัดกด SW Start....98

4.14 แป้นหน้าปัดเมื่อฮีทเตอร์ทำงานจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด....99

4.15 แป้นหน้าปัดเมื่อ MV1ทำงานปล่อยน้ำมันปริมาณที่กำหนด....99

4.16 แป้นหน้าปัดเมื่อ M2 หมุนเพื่อกวนวัตถุดิบภายในหม้อ....100

4.17 แป้นหน้าปัดเมื่อ MV2 และ MV3 ปล่อยข้าวโพดและเกลือปริมาณที่กำหนด....100

4.18 แป้นหน้าปัดเมื่อ MV4 ปล่อยเนยปริมาณที่กำหนด....101

4.19 แป้นหน้าปัดเมื่อ MV5 ปล่อยน้ำตาลปริมาณที่กำหนด....101

4.20 แป้นหน้าปัดเมื่อฝาหม้อไปชน L3....102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.21 แป้นหน้าปัดเมื่อ L3 หยุดทำงาน....102
4.22 แป้นหน้าปัดเมื่อ M3 จะหมุนลง(ทวนเข็ม)จนไปชน L4 ข้าวโพดก็จะเทลงในถังพัก....103
4.23 แป้นหน้าปัดเมื่อ M3 จะหมุนขึ้น(ตามเข็ม)ไปจนชน L5....103
4.24 แป้นหน้าปัดเมื่อ M1 จะหมุนจนเกลียวคานเลื่อนไปชน L1....104
4.25 แป้นหน้าปัดเมื่อระบบพร้อมจะทำงานในครั้งต่อไป....104

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของหัวข้อปริญญานิพนธ์

ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีกระบวนการอัตโนมัติเข้ามาควบคุมการผลิตให้ผลผลิตที่ได้มามีคุณภาพและประหยัดค่าแรงในการจ้างคนงาน โดยโครงงานนี้จะนำระบบอัตโนมัติการผลิตมาใช้ในการควบคุมการผลิตข้าวโพดอบเนยน้ำตาล โดยจะควบคุมอุณหภูมิและซีเควันซ์ของมอเตอร์ให้ทำงานสอดคล้องกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1) เพื่อให้มีเครื่องผลิตข้าวโพดอบเนยน้ำตาลอัตโนมัติ
2) เพื่อศึกษาการออกแบบเครื่องจักรอัตโนมัติ
3) เพื่อศึกษาการควบคุมระบบซีเควันซ์
4) เพื่อศึกษาการควบคุมอุณหภูมิ

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1) ออกแบบเครื่องผลิตข้าวโพดอบเนยน้ำตาลอัตโนมัติ
2) สร้างเครื่องผลิตข้าวโพดอบเนยน้ำตาลอัตโนมัติ
3) ออกแบบระบบควบคุมซีเควันซ์และอุณหภูมิอัตโนมัติ
4) สร้างระบบควบคุมระบบซีเควันซ์และอุณหภูมิอัตโนมัติ
5) ทดสอบการทำงานของระบบที่ออกแบบไว้

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

การทำโครงงานวิจัยในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีขั้นตอนการศึกษาเริ่มจากการศึกษาการผลิตข้าวโพดอบเนยน้ำตาล โดยจะมีตัวแปรต่างๆที่ต้องศึกษาเช่น ขั้นตอนในการผลิต, ชนิดวัตถุดิบ, ปริมาณวัตถุดิบ, อุณหภูมิที่ใช้และเวลาในการให้ความร้อน เป็นต้น แล้วเลือกวิธีการที่เหมาะสมมาใช้ในการออกแบบเครื่องคั่วข้าวโพดอบเนยน้ำตาลอัตโนมัติ ออกแบบวงจรและเขียนโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 เนื้อหาของปริญญานิพนธ์

1.5.1 ส่วนตัวเครื่องจักรอัตโนมัติ

ศึกษาการทำงานของการคั่วข้าวโพดอบเนยน้ำตาลแบบต่างๆและนำแบบที่เหมาะสมมาออกแบบตัวเครื่องที่ทำงานอัตโนมัติ โดยติดตั้งมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ขับ ลิมิตสวิตซ์เป็นตัวตรวจจับตำแหน่ง เซ็นเซอร์แสงและลูกลอยตรวจจับระดับ เทอร์โมคัปเปิ้ลเป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิและฮีทเตอร์เป็นตัวให้ความร้อน

1.5.2 ส่วนควบคุมซีเคว้นซ์การทำงานและอุณหภูมิ

จะใช้ไมโครคอนโทรเลอร์เป็นส่วนควบคุมโดยมีลิมิตสวิตซ์ตรวจวัดตำแหน่งของเครื่องและเทอร์โมคัปเปิ้ลเป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ

2.1 กล่าวนำ

ระบบคอนโทรลในโครงงานนี้ นักศึกษาได้ใช้ความรู้ทั้งด้าน software และ Hardware เราศึกษาภาษาที่ใช้เขียน Microcontroller การออกแบบลายวงจร การทำเครื่องจักรส่วนที่เป็นแมคคานิกส์ ทั้งหมดนี้ต้องใช้ทฤษฎีการออกแบบทั้งสิ้น

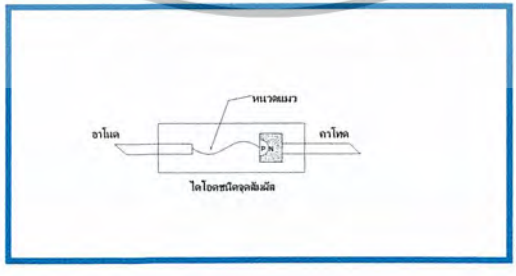
2.2 ไดโอด

ไดโอดเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของวงจรอิเลคทรอนิคส์ทั่วไปในสมัยก่อนไดโอดมักจะเป็นแบบหลอดสูญญากาศปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเป็นไปอย่างรวดเร็วทำให้สิ่งประดิษฐ์ชนิดใหม่ ซึ่งทำด้วยสารกึ่งตัวนำได้เข้ามาแทนที่หลอดสุญญากาศ ไดโอดที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำมีสองขั้วและมีขนาดเล็กใช้งานได้ง่าย

2.2.1 ชนิดของไดโอด

ไดโอดที่ทำจากสารกึ่งตัวนำแบ่งได้ตามชนิดของเนื้อสารที่ใช้ เช่น เป็นชนิดเยอรมันเนียมหรือเป็นชนิดซิลิกอน นอกจากนี้ไดโอดยังแบ่งตามลักษณะตามกรรมวิธีที่ผลิตคือ

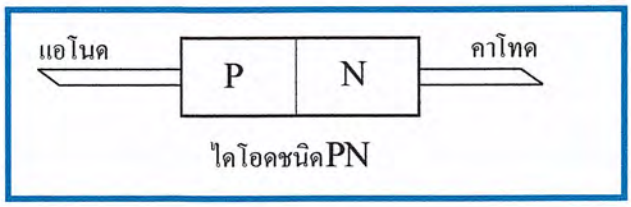
1) ไดโอดชนิดจุดสัมผัส (Point-contact diode) ไดโอดชนิดนี้เกิดจากการนำสารเยอรมันเนียมชนิด N มาแล้วอัดสายเล็ก ๆ ซึ่งเป็นลวดพลาตินั่ม (Platinum) เส้นหนึ่งเข้าไปเรียกว่าหนวดแมว จากนั้นจึงให้กระแสค่าสูง ๆ ไหลผ่านรอยต่อระหว่างสายและผลึก จะทำให้เกิดสารชนิด P ขึ้นรอบ ๆ รอยสัมผัสในผลึกเยอรมันเนียมดังรูป



ภาพที่ 2.1 ไดโอดชนิดจุดสัมผัส

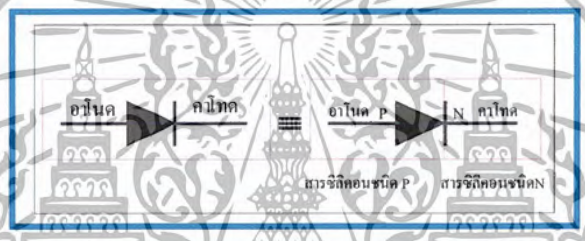
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ไดโอดชนิดหัวต่อ P-N (P-N junction diode) เป็นไดโอดที่สร้างขึ้นจากการนำสารกึ่งตัวนำชนิด N มาแล้วแพร่อนุภาคอะตอมของสารบางชนิดเข้าไปในเนื้อสาร P ขึ้นบางส่วน แล้วจึงต่อขั้วออกใช้งาน ไดโอดชนิดนี้มีบทบาทในวงจรอิเลคทรอนิคส์ และมีที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย



ภาพที่ 2.2 ไดโอดชนิดหัวต่อ P-N

2.2.2 ลักษณะสมบัติของไดโอด



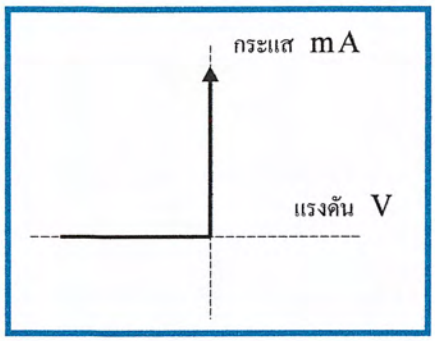
ภาพที่ 2.3 ไดโอดที่ใช้ในวงจรมีสัญลักษณ์ เป็นรูปลูกศรมีขีดขวางไว้ดังรูป

ตัวลูกศรเป็นสัญญลักษณ์แทนสารกึ่งตัวนำชนิด P ซึ่งเป็นขั้วอาโนด (ขั้วบวก) ของไดโอด ลูกศรจะชี้ในทิศทางที่โฮลเคลื่อนที่ ส่วนขีดกั้นเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด N ซึ่งเป็นขั้วคาโถด (ขั้วลบ) ดังนั้นเราจะสามารถพิจารณาว่า ไดโอดถูกไบแอสตรงหรือไบแอสกลับได้ง่าย ๆ โดยพิจารณาดูว่าถ้าขั้วอาโนดมีศักดาไฟฟ้าเป็นบวกมากกว่าคาโทดแล้ว ไดโอดจะถูกไบแอสตรง ถ้าขั้วอาโนดมีศักดาไฟฟ้าเป็นบวกน้อยกว่า คาโทดก็แสดงว่าไดโอดถูกไบแอสกลับ

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบลักษณะสมบัติของไดโอดเมื่อไบแอสตรงและไบแอสกลับ

ไบแอสตรง	ไบแอสกลับ
1. มีกระแสไหลผ่านไดโอด	1. มีกระแสไหลผ่านไดโอด
2. ถือว่าไดโอดมีความต้านทานน้อยมาก	2. ถือว่าไดโอดมีความต้านทานสูงมาก
3. โดยทั่วไปถือว่าไดโอดลัดวงจร	3. โดยทั่วไปถือว่าไดโอดเปิดวงจร

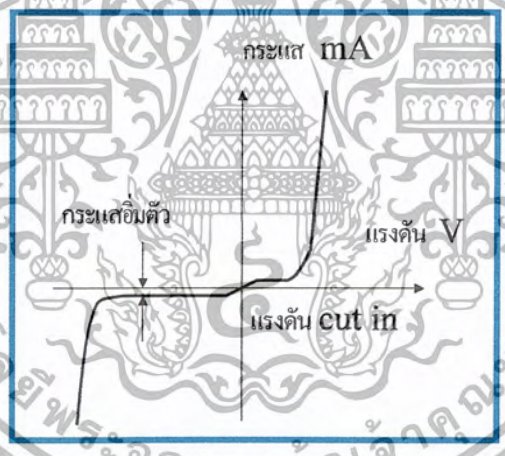
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 ลักษณะสมบัติของไดโอดอุดมคติ

2.2.3 ลักษณะสมบัติระหว่างแรงดันและกระแสของไดโอด

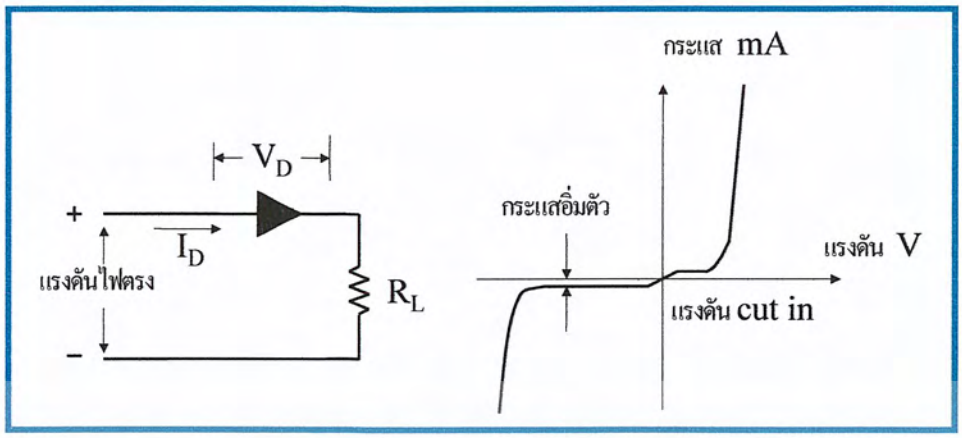
เนื่องจากความต้านทานของตัวไดโอด ขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังนั้นจึงถือว่า สิ่งประดิษฐ์ ไดโอดมีคุณสมบัติไม่เป็นเชิงเส้น ลักษณะสมบัติระหว่างแรงดันและกระแสจะเป็นตัวแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของกระแสที่ไหลผ่านตัวไดโอด (ID) กับค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวไดโอด (VD) ทั้งในทิศทางไบแอสตรง และไบแอสกลับดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ลักษณะสมบัติทางด้านไบแอสตรง

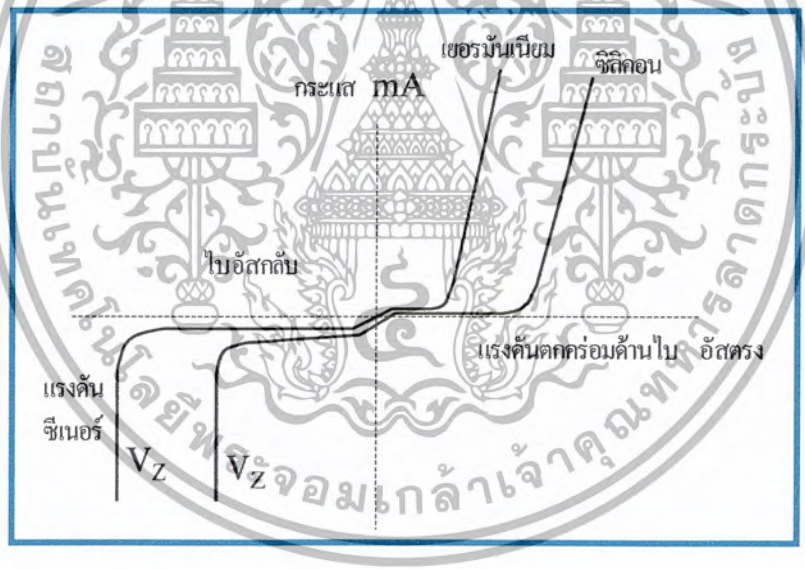
ไดโอดจะเริ่มมีกระแสไหลผ่านไดโอดเมื่อใส่แรงดันแก่ไดโอดด้วยค่า ๆ หนึ่งแรงดันนี้คือค่าแรงดันที่เราเรียกว่า แรงดันคัทอิน (cutting voltage) ของไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 กราฟลักษณะสมบัติระหว่างแรงดันและกระแสของวงจรไบแอส

เนื่องจากไดโอดชนิดหัวต่อ P-N แบ่งเป็น 2 ชนิดคือชนิดซิลิกอนและชนิดเยอรมันเนียม ดังนั้นลักษณะสมบัติทางแรงดันและกระแสของไดโอดทั้งสองชนิด จะเห็นได้ชัดดังในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 แรงดันคร่อมตัวไดโอดด้านไบแอสตรง

ค่ากระแสอิ่มตัวย้อนกลับสำหรับซิลิกอนไดโอดกับของเยอรมันเนียมไดโอดยังมีค่าไม่เท่ากันด้วยซิลิกอนไดโอดมีค่ากระแสอิ่มตัวน้อยกว่าของเยอรมันเนียมไดโอดประมาณ 1000 เท่า

สำหรับค่าแรงดันคัทอินทั้งของซิลิกอนและเยอรมันเนียมจะมีค่าไม่เท่ากัน ค่าแรงดันคัทอินของซิลิกอนไดโอดมีค่าประมาณ 0.6 โวลท์ ส่วนของเยอรมันเนียมไดโอดมีค่าประมาณ 0.2 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อไดโอด

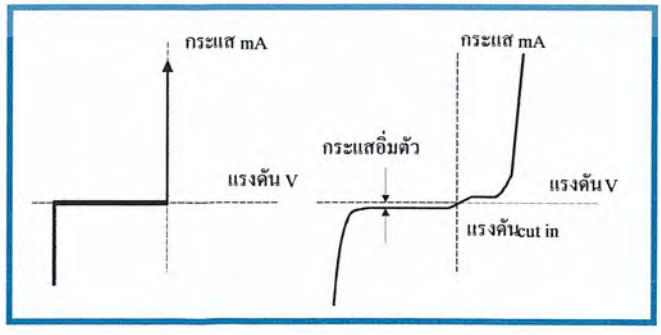
ผลของอุณหภูมิที่มีต่อ ไดโอดเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจะมีผลต่อลักษณะสมบัติทางแรงดันและกระแสของไดโอด เนื่องจากสารกึ่งตัวนำจะมีจำนวนโฮล และอิเล็คตรอนอิสระที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมด้วยดังนั้น ในการออกแบบวงจรจำเป็นต้องทราบว่ากระแสไดโอดเมื่อไบแอส กลับจะเปลี่ยนแปลงอย่างไรกับอุณหภูมิ และแรงดันคร่อมไดโอดขณะไบแอสตรงจะเปลี่ยนแปลงอย่างไรกับอุณหภูมิเมื่อกระแสที่ไหลผ่านไดโอดมีค่าคงที่

2.3 ซีเนอร์ไดโอด

ซีเนอร์ไดโอด (Zener diode) ไดโอดธรรมดาเมื่อทำการไบรแอสกลับจนถึงค่าแรงดัน**พังจะ**ทำให้เกิดการเสียหายได้ ซีเนอร์ไดเอดเป็นซิลิกอนไดโอดชนิดพิเศษที่กระแสย้อนกลับสามารถไหลเฉลี่ยทั่วพื้นที่รอยต่อของไดโอด จึงสามารถทนกระแสย้อนกลับได้สูงมาก ดังนั้นซีเนอร์ไดโอดจึงสามารถใช้ควบคุมแรงดันโดยใช้แรงดันที่ตกคร่อมตัวมันเองเป็นตัวควบคุมสัญลักษณ์ของตัวซีเนอร์ไดโอดเขียนได้ดังภาพที่ 2.8

ภาพที่ 2.8 สัญลักษณ์ของซีเนอร์ไดโอด

ซีเนอร์ไดโอดทางอุดมคติจะควบคุมแรงดันได้ต่อเมื่อถูกไบแอสกลับกล่าวคือ จะมีกระแสไหลผ่านไดโอดได้ดีต่อเมื่อไบแอสกลับจนถึงค่าแรงดันซีเนอร์เท่านั้น สำหรับกรณีไบแอสตรงซีเนอร์ไดโอดจะทำหน้าที่เหมือนไดโอดธรรมดาคือเสมือนเป็นตัวลัดวงจร

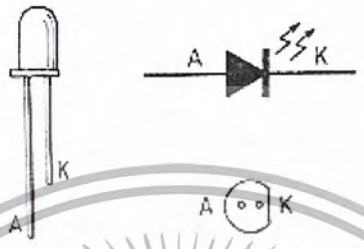


ภาพที่ 2.9 ลักษณะสมบัติของซีเนอร์ไดโอดทางอุดมคติลักษณะสมบัติของซีเนอร์ไดโอดจริง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสงหรือ LED นี้สามารถนำไปใช้งานในการแสดงผลโดยทั่วๆไป ถ้าไม่ต้องการความสว่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับหลอดไฟธรรมดาแล้วจะเห็นว่าไดโอดเปล่งแสงนี้สามารถทำงานโดยใช้แรงดันและกระแสไฟที่น้อยกว่ามาก ปกติจะใช้กระแสอยู่ช่วงระหว่าง 5 - 20 มิลลิแอมป์



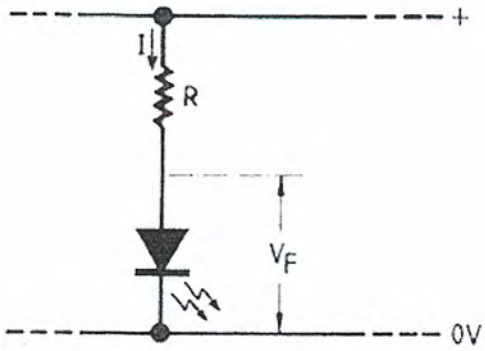
ภาพที่ 2.10 สัญลักษณ์และตัวถังของไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสงนี้มีรูปร่างและขนาดต่างๆกันตามการใช้งาน ไดโอดเปล่งแสงแบบหัวมนโดยปกติจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร และ 5 มิลลิเมตร ซึ่งทำด้วยพลาสติกโปร่งแสงดูตัวอย่างในภาพที่ 2.10 และถ้าเป็นแบบสี่เหลี่ยมจะมีขนาด 5×2 มิลลิเมตร มุมในการมองเห็นของไดโอดเปล่งแสงแบบหัวมนนี้จะอยู่ในช่วง 20 - 40 องศา แต่ถ้าเป็นไดโอดเปล่งแสงแบบสี่เหลี่ยมมุมในการมองเห็นจะเพิ่มขึ้นเป็นถึง 100 องศา คุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสงโดยทั่วๆไป แสดงไว้ดังตารางข้างล่าง

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสงโดยทั่วๆไป

Parameter	*Type of LED*			
	standard	*standard*	*high efficiency*	*high intensity*
Diameter (mm)	3	5	5	5
Max. forward current (mA)	40	30	30	30
Typical forward current (mA)	12	10	7	10
Typical forward voltage drop (V)	2.1	2.0	1.8	2.2
Max. reverse voltage (V)	5	3	5	5
Max. power dissipation (mW)	150	100	27	135
Peak wavelength (nm)	690	635	635	635

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.11 วงจรใช้งานปกติของไดโอดเปล่งแสง

ปกติการใช้งานไดโอดเปล่งแสงก็จะต่อดัง ภาพที่ 2.11 สามารถคำนวณได้ดังสูตร R = VF คือ แรงดันตกคร่อมไดโอดเปล่งแสงขณะนำกระแส เพื่อความสะดวกในการคำนวณจะกำหนดค่า VF เท่ากับ 2 โวลต์ จะได้ค่าของตัวต้านทานที่ใช้ต่ออนุกรมกับไดโอดเปล่งแสงที่แรงดันต่าง ๆ ดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 2.3 ค่าของตัวต้านทานที่ใช้ต่ออนุกรมกับไดโอดเปล่งแสงที่แรงดันต่าง ๆ

Supply voltage (V)	*Series resistance (Ω)* *low power LED (5mA nom)*	*standard LED (10mA nom)*	*high power LED (20mA nom)*
3	220	180	56
5	680	270	150
6	820	390	220
9	1.5k	680	390
12	2.2k	1k	560
15	2.7k	1.2k	680
18	3.3k	1.5k	820
24	4.7k	2.2k	1.2k

ข้อควรระวังของไดโอดเปล่งแสง

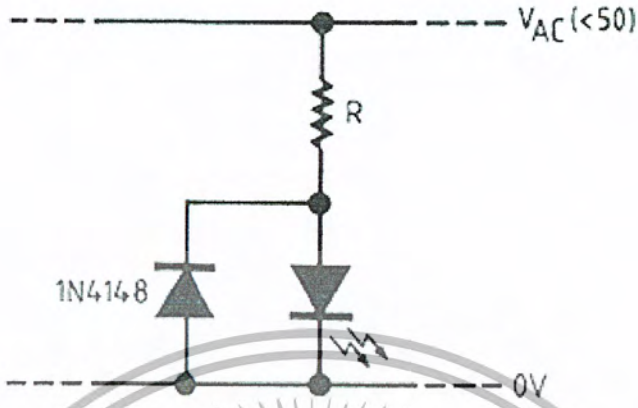
1) ข้อควรระวังอย่างหนึ่งในการใช้งานไดโอดเปล่งแสงก็คือ แรงดันย้อนกลับจะต้องมีค่าไม่เกิน 5 โวลต์

2) สำหรับการใช้งานบางอย่างที่ใช้กับแบตเตอรี่นั้น จะต้องดูจำนวนของไดโอดเปล่งแสงที่ใช้ด้วย ถ้าต้องการให้ใช้ได้นานๆ ปกติจะกำหนดให้ไดโอดเปล่งแสงดวงหนึ่งกินกระแสเพียง 5 มิลลิแอมป์

3) สำหรับไดโอดเปล่งแสงสีเหลืองและสีเขียวโดยปกติจะให้ความสว่างน้อยกว่าไดโอดเปล่งแสงสีแดงที่ระดับกระแสเท่ากัน ถ้าต้องการให้ระดับความสว่างออกมาเท่ากัน ในกรณีที่ใช้ไดโอดเปล่งแสงสีแตกต่างกัน จะต้องเปลี่ยนค่าตัวต้านทานจำกัดกระแสที่อนุกรมโดยคำนวณหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ตามสูตรปกติ จากนั้นลดค่าที่คำนวณได้ลงไปอีก 10 - 15 เปอร์เซ็นต์ แต่ก็ควรระวังปริมาณกระแสไฟฟ้าต้องไม่ให้เกินค่าทนได้สูงสุดที่กำหนดไว้ด้วย



ภาพที่ 2.12 การนำไดโอดเปล่งแสงมาใช้กับไฟสลับแรงดันต่ำ

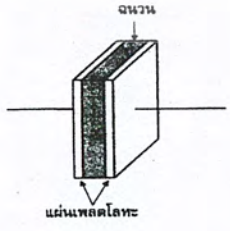
4) ไดโอดเปล่งแสงก็สามารถไปนำใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันต่ำขนาดน้อยกว่า 50 โวลต์ได้ โดยการใช้ไดโอดต่อขนานกับไดโอดเปล่งแสงดังภาพที่ 2.12

2.5 ตัวเก็บประจุ

คาปาซิเตอร์ หรือ คอนเด็นเซอร์ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เก็บประจำไฟฟ้าและคายประจุไฟฟ้าให้กับวงจร

2.5.1 โครงสร้างของตัวเก็บประจุ

ประกอบด้วยแผ่นโลหะที่ทำเป็นแผ่นเพลต 2 แผ่นมาวางชิดกันมีฉนวนที่ผลิตมาจากวัสดุต่างชนิดกันมากั้นกลางแผ่นตัวนำทั้งสองข้างเรียกว่า "ไดอิเล็กตริก"

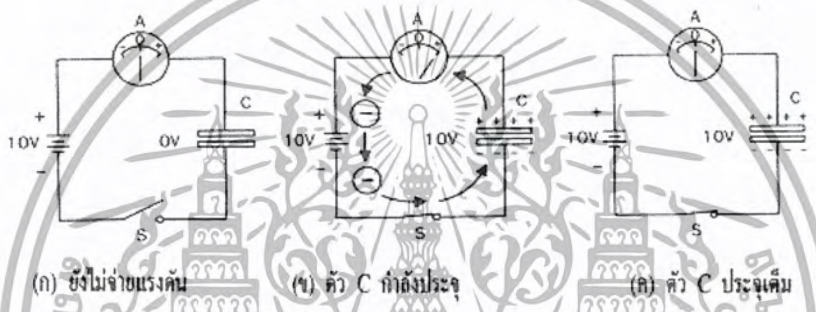


ภาพที่ 2.13 โครงสร้างของตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การทำงานของตัวเก็บประจุ

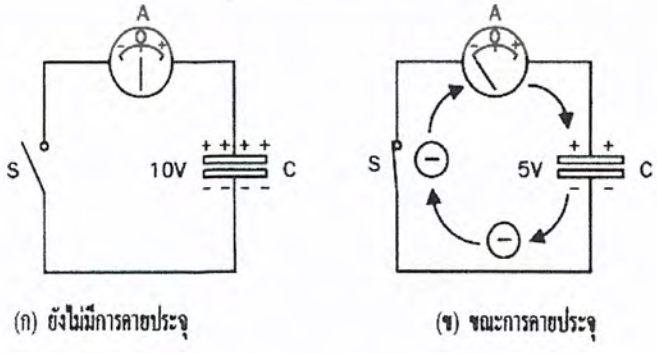
ตัวเก็บประจุมีสภาวะการทำงานอยู่ 2 สภาวะคือ ประจุ (Charge)และ คายประจุ (Discharge) การประจุการเก็บประจุก็คือ การเก็บอิเล็กตรอนไว้ที่แผ่นเพลตของตัวเก็บประจุนั่นเอง ซึ่งอธิบายโดยละเอียดดังในภาพที่ 2.14 (ก) เมื่อนำแบตเตอรี่อื่นๆ ต่อกับตัวเก็บประจุ อิเล็กตรอนจากขั้วลบของแบตเตอรี่ จะเข้าไปออกันที่แผ่นเพลต ทำให้เกิดประจุลบขึ้นและยังส่งสนามไฟฟ้าไป ผลักอิเล็กตรอนของแผ่นเพลตตรงข้าม (เหมือนกับนำแผ่นแม่เหล็กที่มีขั้ว เหมือนกันมาใกล้กันมันก็จะผลักกัน) ซึ่งโดยปกติในแผ่นเพลตจะมี ประจุเป็น + และ - ปะปนกันอยู่ เมื่ออิเล็กตรอนจากแผ่นเพลตนี้ถูก ผลักให้หลุดออกไปแล้วจึงเหลือประจุบวกมากกว่าประจุลบ ยิ่งอิเล็กตรอนถูกผลักออกไปมากเท่าไร แผ่นเพลตนั้นก็จะเป็นบวกมากขึ้นเท่านั้น (เมื่อเทียบกับอีกด้าน)



ภาพที่ 2.14 แสดงขั้นตอนการประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ

2.5.3 การคายประจุ

ตัวเก็บประจุที่ถูกประจุแล้ว ถ้าเรายังไม่นำขั้วตัวเก็บประจุมาต่อกัน (ดังในภาพที่ 2.15 ก) อิเล็กตรอนก็ยังคงอยู่ที่แผ่นเพลต แต่ถ้ามีการครบวงจร ระหว่างแผ่นเพลตทั้งสองเมื่อไร อิเล็กตรอนก็จะวิ่งจากแผ่นเพลตทางด้านลบ ไปครบวงจรที่แผ่นเพลตบวกทันที เราเรียกเหตุการณ์นี้ว่า "การคายประจุ"



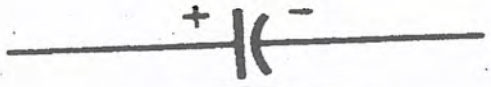
ภาพที่ 2.15 แสดงขั้นตอนการคายประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 ตัวเก็บประจุชนิดต่างๆ (CAPACITOR)

ชนิดของตัวเก็บประจุแบ่งตามวัสดุการใช้งานแบ่งออกได้ 2 ชนิดคือ

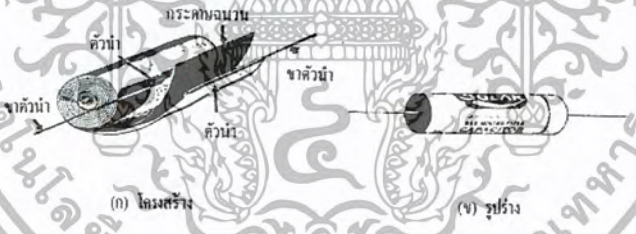
1. ตัวเก็บประจุชนิดคงที่Fixedcapacitorแบบ ที่ Fixed Capacitor เป็น Capacitor ชนิดนี้จะมีขั้วบวกและขั้วลบบอกไว้ ส่วนใหญ่จะเป็นแบบกลมดังนั้น การนำไปใช้งานจะต้องคำนึงถึงการต่อขั้วให้กับ Capacitor ด้วยจะสังเกตขั้วง่าย ๆ ขั้วไหนที่เป็นขั้วลบจะมีลูกศรชี้ไปที่ขั้วนั้น และในลูกศรจะมีเครื่องหมายลบบอกไว้



ภาพที่ 2.16 แสดงสัญลักษณ์ตัวเก็บประจุแบบคงที่

- ตัวเก็บประจุแบบกระดาษ (Paper capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบเปเปอร์นำไปใช้งานซึ่งต้องการค่าความต้านทานของฉนวนที่มีค่าสูง และมี เสถียรภาพต่ออุณหภูมิสูงได้ดี มีค่าความต้านทานของฉนวนที่มีค่าสูง และ มีเสถียรภาพต่ออุณหภูมิสูงได้ดี มีค่าความจุที่ดีใน ย่านอุณหภูมิที่กว้าง

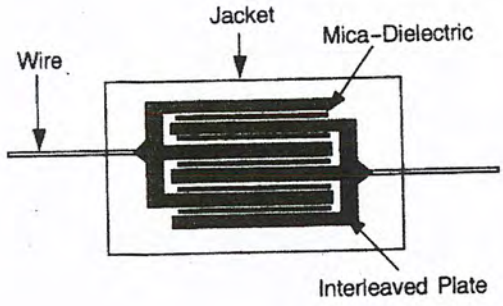


ภาพที่ 2.17 ตัวเก็บประจุแบบกระดาษ (Paper capacitor)

- ตัวเก็บประจุแบบไมก้า (Mica capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบไมก้านี้ จะมีเสถียรภาพต่ออุณหภูมิ และ ความถี่ดี มีค่าตัวประกอบการสูญเสียต่ำ และ สามารถทำงาน ได้ดีที่ความถี่สูง จะถูกนำมาใช้ในงานหลายอย่าง เช่น ในวงจรจูน วงจรออสซิสเตอร์ วงจรกรองสัญญาณ และวงจรขยาย ความ ถี่วิทยุกำลังสูง จะไม่มีการผลิตตัวเก็บประจุแบบไมก้าค่าความจุสูงๆ ออกมา เนื่องจากไมก้ามีราคาแพง จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการ ผลิตสูงเกินไป

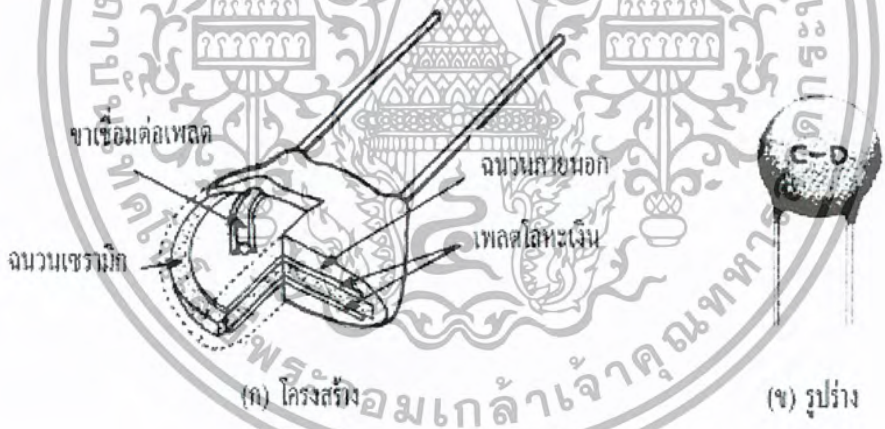
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.18 ตัวเก็บประจุแบบไมก้า (Mica capacitor)

❑ ตัวเก็บประจุแบบเซรามิก (Ceramic capacitor)

ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก โดยทั่วไปตัวเก็บประจุชนิดนี้มีลักษณะกลมๆ แบนๆ บางครั้งอาจพบแบบสี่เหลี่ยมแบนๆ ส่วนใหญ่ตัวเก็บประจุชนิดนี้ มีค่าน้อยกว่า 1 ไมโครฟารัด และเป็นตัวเก็บประจุชนิดที่ไม่มีขั้ว (ไม่ต้องคำนึงเวลาใช้งาน) และสามารถทนแรงดันได้ประมาณ 50-100 โวลต์ค่าความจุของตัวเก็บประจุชนิดเซรามิกที่มีใช้กันในปัจจุบันอยู่ในช่วง 1 พิโกฟารัด ถึง 0.1 ไมโครฟารัด



ภาพที่ 2.19 ตัวเก็บประจุแบบเซรามิก

❑ ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโทรไลติก (Electrolytic capacitor)

ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กทรอไลติก ตัวเก็บประจุชนิดนี้ต้องระวังในการนำไปใช้งานด้วย เพราะมีขั้วที่แน่นอนพิมพ์ติดไว้ด้าน ข้างตัวถังอยู่แล้ว ถ้าป้อนแรงดันให้กับตัวเก็บประจุผิดขั้วละก็ อาจเกิดความเสียหายกับตัวมันและอุปกรณ์ที่ประกอบร่วมกับตัวมันได้ ขั้วของตัวเก็บประจุชนิดนี้สังเกตได้ง่ายๆ เมื่อตอนซื้อมา คือ ขาที่ยาวจะเป็นขั้วบวก และขาที่สั้นจะเป็นขั้วลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.20 ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโทรไลติก (Electrolytic capacitor)

- ตัวเก็บประจุแบบน้ำมัน (Oil capacitor)

ภาพที่ 2.21 ตัวเก็บประจุแบบน้ำมัน (Oil capacitor)

- ตัวเก็บประจุแบบโพลีสไตลีน (Polyethylene capacitor)

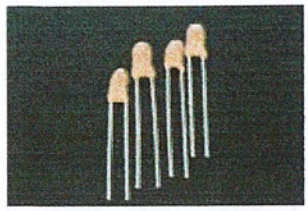
ภาพที่ 2.22 ตัวเก็บประจุแบบโพลีสไตลีน (Polyethylene capacitor)

- ตัวเก็บประจุ แทนทาลั่ม (Tantalum capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบแทนทาลั่ม จะให้ค่าความจุสูงในขณะที่ตัวถังที่บรรจุมีขนาดเล็ก และมีอายุในการเก็บไว้เฉยๆ ดีมาก ตัวเก็บประจุแบบแทนทาลั่มนี้มีหลายชนิดให้เลือกใช้ เช่น ชนิด โซลิต (solid type) ชนิด ซินเทอร์สลัก (sintered slug) ชนิดฟอลย์ธรรมดา (plain foil) ชนิดเอ็ชฟอยล์ (etched foil) ชนิดเว็ทสลัก (wet slug) และ ชนิดชิ้นสี่เหลี่ยม (chip) การนำไปใช้งานต่างๆ ประกอบด้วยวงจรกรองความถี่ต่ำ วงจรส่งผ่านสัญญาณ ชนิด โซลิตนั้นไม่ไวต่ออุณหภูมิ และมีค่าคุณสมบัติระหว่างค่าความจุอุณหภูมิต่ำกว่าตัวเก็บประจุแบบอิเล็กทรอไลติกชนิดใด ๆ สำหรับงานที่ตัวเก็บประจุแบบแทนทาลั่ม ไม่เหมาะ ได้แก่ วงจรตั้งเวลาที่ใช้ RC ระบบกระตุ้น (triggering system) หรือ วงจรเลื่อนเฟส (phase - shift net work) เนื่องจากตัวเก็บประจุแบบนี้ มีค่าคุณสมบัติของการดูดกลืนของไดอิเล็กตริก สูง ซึ่งหมายถึงเมื่อตัวเก็บประจุถูกคายประจุ สารไดอิเล็กตริกยังคงมีประจุหลงเหลืออยู่ ดังนั้นแม้ว่าตัวเก็บประจุที่มีคุณสมบัติของ การดูดกลืนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารไดอิเล็กตริกสูงจะถูกคายประจุประจุจนเป็นศูนย์แล้วก็ตาม จะยังคงมีประจุเหลืออยู่เป็นจำนวนมากพอ ที่ จะทำ ให้เกิดปัญหาในวงจรตั้งเวลา และ วงจรอื่นที่คล้ายกัน



ภาพที่ 2.23 ตัวเก็บประจุ แทนทาลั่ม (Tantalum capacitor)

- ตัวเก็บประจุแบบไมลา (Milar capacitor)

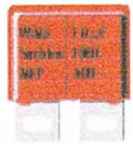
ภาพที่ 2.24 ตัวเก็บประจุแบบไมลา (Milar capacitor)

- ตัวเก็บประจุแบบไบ โพลา (Bipolar capacitor)

ภาพที่ 2.25 ตัวเก็บประจุแบบไบ โพลา (Bipolar capacitor)

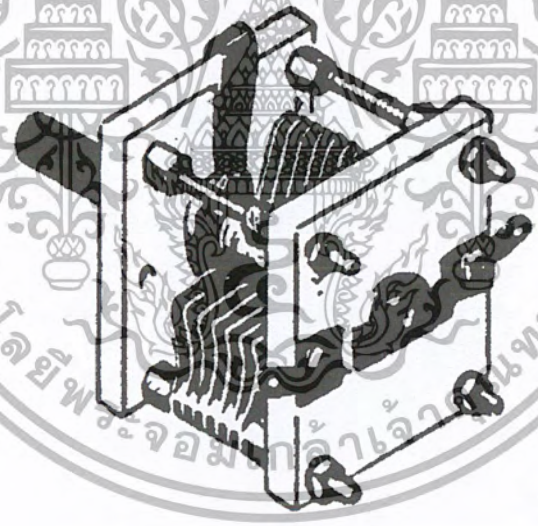
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตัวเก็บประจุแบบโพลีโพรไพลีน (Poiypropyrene)



ภาพที่ 2.26 ตัวเก็บประจุแบบโพลีโพรไพลีน (Poiypropyrene)

2. ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้Variable capacitor เป็น Capacitor ชนิดที่ม่ค่าคงที่ ซึ่งจะมีการนำวัสดุต่างๆ มาสร้างขึ้นเป็น Capacitor โดยทั่วไปจะมีค่าความจุไม่มากนัก โดยประมาณไม่เกิน 1 ไมโครฟารัด(m F) Variable Capacitor เป็น Capacitor ที่เปลี่ยนค่าความจุได้ แบบนี้จะพบเห็นอยู่บ่อย ๆ ในเครื่องรับวิทยุต่างๆซึ่งเป็นตัวเลือกหาสถานีวิทยุโดยมีแกนหมุน Trimmer หรือ Padder เป็น Capacitor ชนิดปรับค่าได้ ซึ่งคล้าย ๆ กับ Varible Capacitor แต่จะมีขนาดเล็กกว่า การใช้ Capacitor แบบนี้ถ้าต่อในวงจรแบบอนุกรมกับวงจรเรียกว่า Padder Capacitor ถ้านำมาต่อขนานกับวงจร เรียกว่า Trimmer



ภาพที่ 2.27 แสดงตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้

ภาพที่ 2.28 แสดงสัญลักษณ์ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ตัวต้านทานไฟฟ้า (Resistor)

ตัวต้านทานไฟฟ้า คือ อุปกรณ์ที่นักวิทยาศาสตร์ประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อต่อร่วมกับวงจรเพื่อบังคับให้กระแสไฟฟ้าในวงจรเปลี่ยนแปลงตามต้องการ ทำจากวัสดุที่ปล่อยให้อิเล็กตรอนหลุดจากตัวมันได้น้อยตัวต้านทานไฟฟ้ามีหน่วยเป็น โอห์ม (Ohm) ซึ่งเป็นนามของ George Simon Ohm

2.6.1 ชนิดตัวต้านทานไฟฟ้า

ตัวต้านทานหรือ รีซีสเตอร์ มีการผลิตออกมาหลายแบบหลักการต่อไปนี้คือนำเอาค่าความต้านทานเป็นหลักสามารถแบ่งออกได้ 3 แบบ คือ

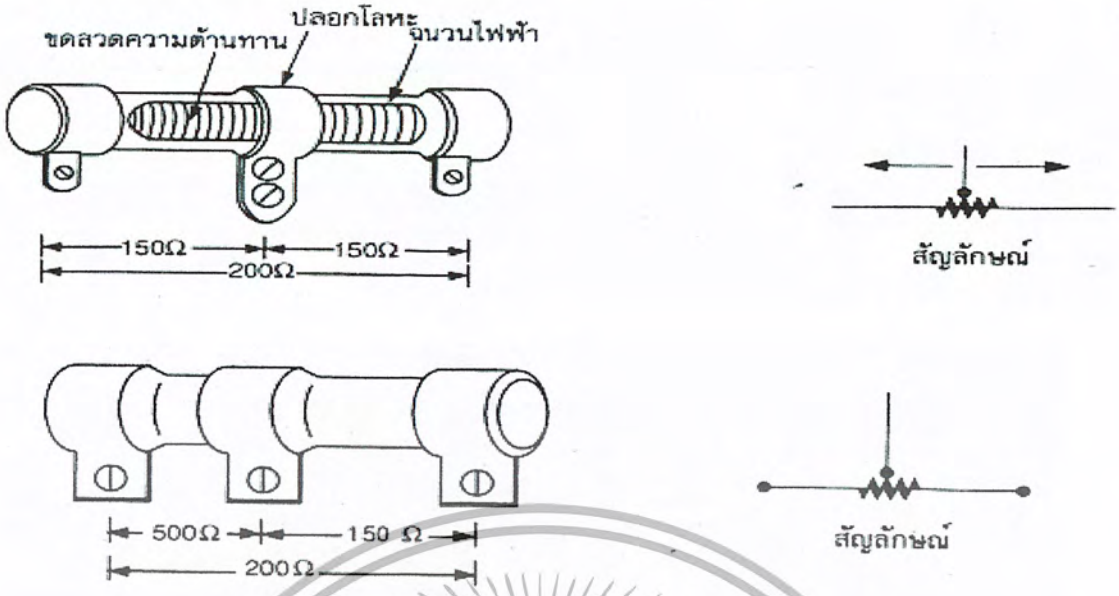
1. แบ่งตามลักษณะการใช้งาน

I. ชนิดค่าคงที่ (Fixed Resistor) เป็นตัวต้านทานที่มีความต้านทานคงที่ โดยจะกำหนดค่าความต้านทานเป็นรหัส เช่น ตัวเลขโค๊ตสี จะพบเห็นได้ในวงจรทั่วไป

ภาพที่ 2.29 ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่

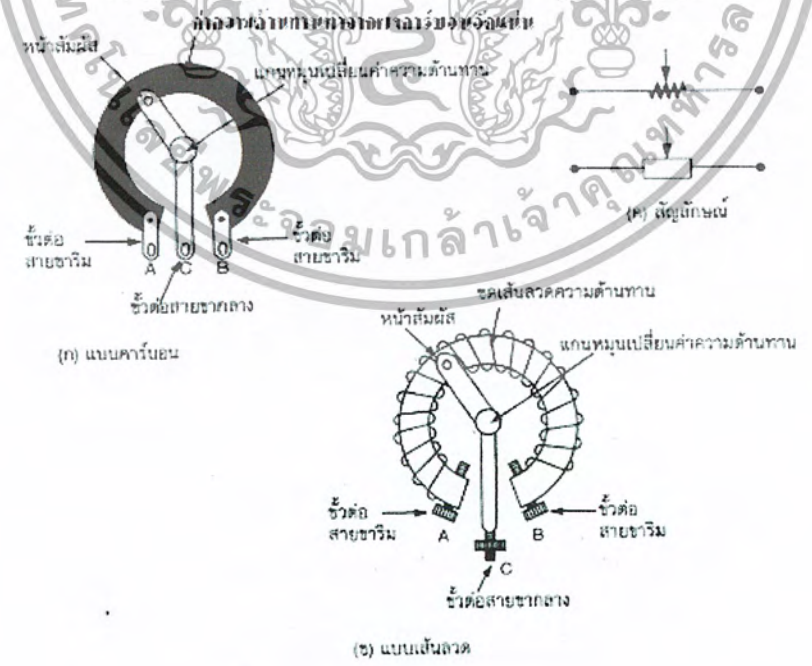
II. ชนิดปรับค่าได้ (Adjustable Rersistor)หรือรีซีสเตอร์แบบ(Tap Resistor) เป็นตัวต้านทานที่ใช้กับงานที่มีกำลังวัตต์สูงๆ และงานที่ต้องการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานอยู่บ่อยๆ สามารถเลือกค่าได้ค่าหนึ่ง โดยปกติจะมี 1 ขั้ว หรือมากกว่านั้นแยกออกมาเพื่อเลือกนำไปใช้งานเพื่อให้การทำงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.30 แสดงตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (Adjustable Rersistor)

III. ชนิดเปลี่ยนแปลงค่าได้ (Variable Resistor) เป็นตัวต้านทานที่สามารถปรับค่าความต้านทานได้อย่างต่อเนื่องในช่วงค่าความต้านทานที่กำหนดไว้จะใช้ในงานที่ต้องการปรับค่าความต้านทานบ่อย ๆ ตัวต้านทานชนิดนี้จะมีหน้าคอนแท็คสำหรับใช้ในการหมุนเลื่อนหน้าคอนแท็ค

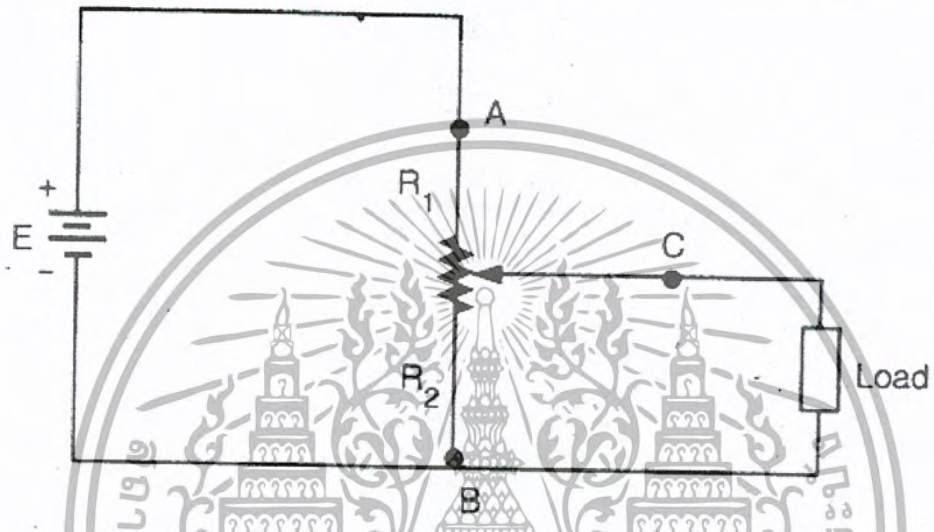


ภาพที่ 2.31 แสดงตัวต้านทานแบบเปลี่ยนแปลงค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

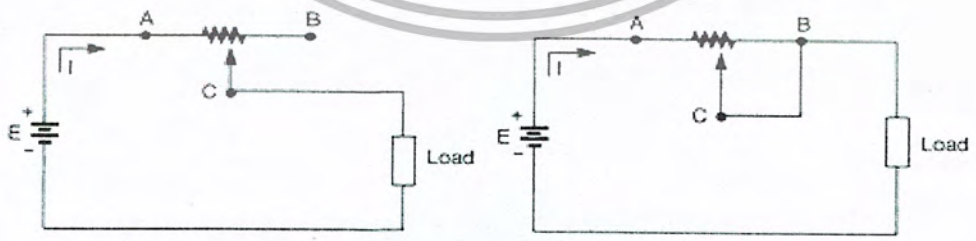
ในการปรับค่าความต้านทานโดยมีแกนยื่นออกมาเพื่อใช้สำหรับหมุนปรับค่า อย่างเช่น วอลุ่มเร่งเสียงแบบธรรมดา หรือ แบบสไลด์ อีกแบบหนึ่งไม่มีแกนหมุนเราเรียกกันว่า วอลุ่มเกือกม้า หรือ Trimpot วาริเอเบิ้ลรีซีสเตอร์ อาจจะทำมาจาก คาร์บอน เซอร์เมท (เซรามิกผสมเงิน) หรือพลาสติกตัวนำตัวต้านทานชนิดนี้จะแบ่งเป็น2ชนิดคือ

1. โพเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer) ตัวต้านทานชนิดนี้ส่วนใหญ่จะมีหน้าสัมผัสเป็นแบบถ่าน (carbon) ดังนั้นจะใช้กับงานที่มีกระแสน้อยๆเช่น เป็นตัวควบคุมระดับความดังของเสียง



ภาพที่ 2.32 แสดงการต่อใช้งานของตัวต้านทานปรับค่าได้ แบบ Potentiometer

2. รีโอสตัส (Reostat) ตัวต้านทานชนิดนี้จะมีหน้าสัมผัสเป็นแบบลวดพัน ดังนั้น จึงใช้กับงานที่มีกระแสมากๆ เช่น ใช้ปรับกระแส หรือแรงดันในเครื่องแหล่งจ่ายไฟ



ภาพที่ 2.33 แสดงการต่อตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้แบบรีโอสตัส

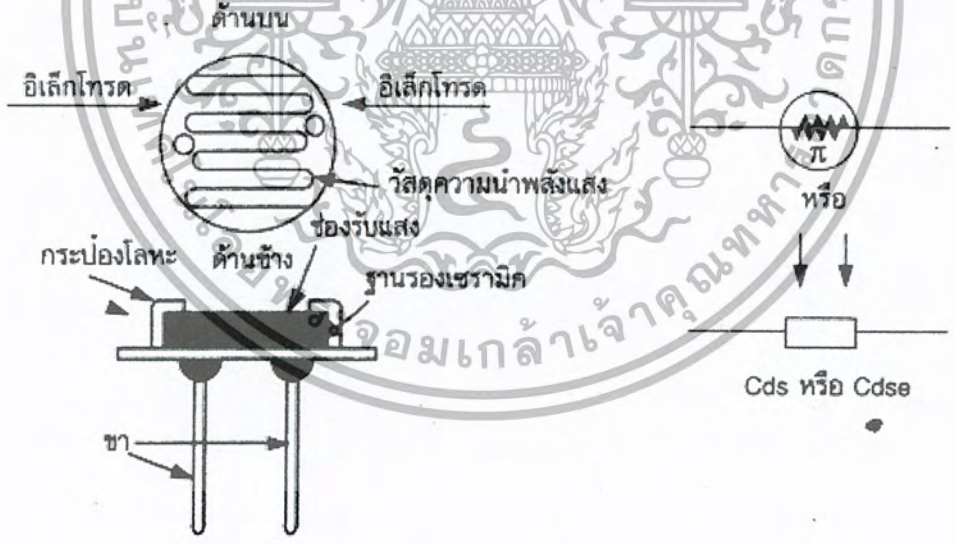
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 ตัวต้านทานชนิดพิเศษ (Special Resistor)

เป็นตัวต้านทานที่มีลักษณะพิเศษสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือเปลี่ยนตามอุณหภูมิ (Thermistor) ตัวต้านทานชนิดนี้ค่าความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงไป ส่วนใหญ่จะใช้สำหรับชดเชยการเปลี่ยนแปลงต่ออุณหภูมิ ของวงจร หรือ ใช้เป็นตัวเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า

ภาพที่ 2.34 สัญลักษณ์ตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้ตามอุณหภูมิ

เปลี่ยนตามความสว่าง (Light Dependent Resistor –LDR) ตัวต้านทานชนิดนี้ เป็นตัวต้านทานที่ไวต่อแสง โดยค่าความต้านทานจะลดลง เมื่อความเข้มของแสงที่ตกกระทบมีค่ามาก ส่วนใหญ่จะใช้เป็นตัวเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า



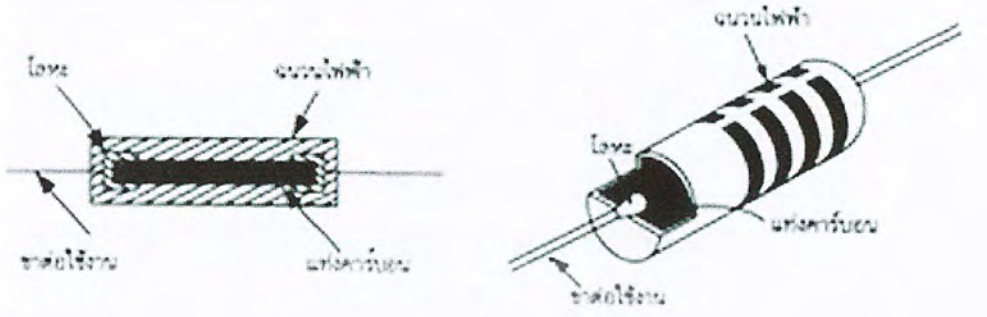
ภาพที่ 2.35 แสดงสัญลักษณ์ของตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนแปลงค่าตามความเข้มของแสง

2.6.3 วัสดุที่ใช้ทำตัวต้านทาน

1. แบบถ่าน(CarbonCompositionResistor) ตัวต้านทานชนิดนี้ทำมาจากผงคาร์บอน โดยนำมาอัดให้เป็นแท่งแล้วหุ้มตัวถังด้วยฉนวน โดยปกติจะมีค่าความต้านทานตั้งแต่ค่าต่ำๆ จนถึงค่า

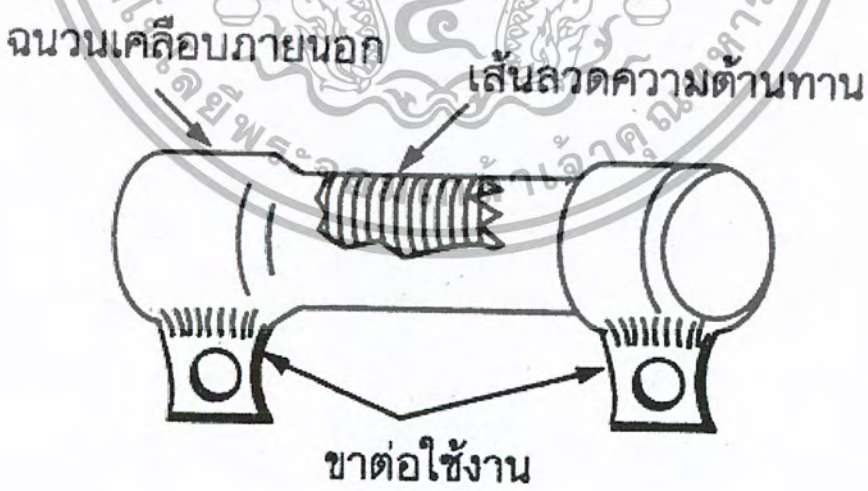
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20MW และมีค่าทนกำลังงานขนาด 1/8,1/4,1/2 , 1 และ 2 วัตต์ ตัวต้านทานแบบนี้ถ้ากำลังวัตต์ต่ำตัวต้านทานจะมีขนาดเล็กและถ้ากำลังวัตต์มากตัวต้านทานก็จะมีขนาดใหญ่



ภาพที่ 2.36 ตัวต้านทานชนิดนี้ทำมาจากผงคาร์บอน

2. แบบลวดพัน(WireWoundResistor)แบบลวดพันนี้จะพบมากในตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ ซึ่งเป็นส่วนผสมจากนิกเกิล – โครเมียม (Nikel – Cromium) หรือส่วนผสมจากทองแดง – นิกเกิล (Copper-Nikel) ลวดนี้จะพันรอบแกนฉนวนที่ทำจากเซรามิค แล้วเคลือบด้วยฉนวนอีกทีหนึ่ง ตัวต้านทานชนิดนี้ จะใช้ความยาวของขดลวด และค่าความต้านทานจำเพาะเป็นตัวกำหนดค่าความต้านทาน โดยจะมีค่าตั้งแต่เศษส่วนของโอห์มจนถึงหลายพันโอห์ม และมีกำลังตั้งแต่ 3 วัตต์ จนถึงหลายพันวัตต์ ดังนั้นส่วนใหญ่จะพบมากในตัวต้านทานชนิดเลือกค่าได้ และจะใช้งานในงานที่มีกระแสสูงๆ และทนกำลังงานได้สูง



ภาพที่ 2.37 ตัวต้านทานแบบลวดพัน(WireWoundResistor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แบบฟิล์ม (Film Type Resistor)

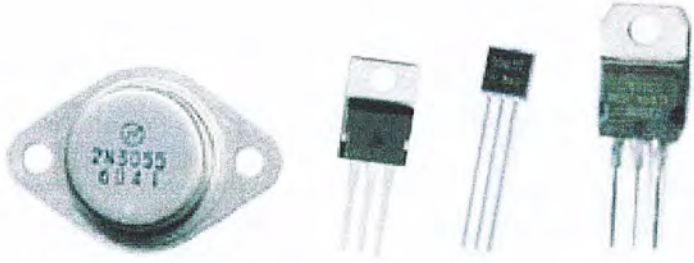
ตัวต้านทานชนิดนี้จะทำจากฟิล์มบางๆ ของแก้วและโลหะหลอมเข้าด้วยกัน แล้วนำไปเคลือบแกนที่ทำมาจากผลึกของเซรามิค และให้ค่าความต้านทานอยู่ในช่วงเดียวกับตัวต้านทานแบบถ่านจะเห็นได้ว่าคุณสมบัติความหนาของฟิล์มบางๆที่เป็นสิ่งที่ควบคุมได้ง่ายดังนั้นค่าความต้านทานที่ได้จึงมีค่าแน่นอนมาก ไม่เหมือนกับแบบถ่าน เพราะจะควบคุมที่ส่วนผสมของถ่านคาร์บอนจึงทำให้ค่าความต้านทานไม่แน่นอน ดังนั้น ตัวต้านทานชนิดฟิล์มนี้จึงมีเปอร์เซนต์ความผิดพลาดต่ำซึ่งจะนำไปใช้งานทางเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าต่างๆ

ภาพที่ 2.38 ตัวต้านทานทำจากฟิล์ม(Film Type Resistor)

2.7 ทรานซิสเตอร์ (TRANSISTOR)

คือ สิ่งประดิษฐ์ทำจากสารกึ่งตัวนำมีสามขา (TRREE LEADS) กระแสหรือแรงเคลื่อนเพียงเล็กน้อยที่ขาหนึ่งจะควบคุมกระแสที่มีปริมาณมากที่ไหลผ่านขาทั้งสองข้างได้ หมายความว่าทรานซิสเตอร์เป็นทั้งเครื่องขยาย (AMPLIFIER) และสวิทซ์ทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ชนิดสองรอยต่อเรียกด้วยตัวย่อว่า BJT (BIPOLAR JUNCTION TRANSISTOR) ทรานซิสเตอร์ (BJT) ถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย เช่น วงจรขยายในเครื่องรับวิทยุและเครื่องรับโทรทัศน์หรือนำไปใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิทซ์ (Switching) เช่น เปิด-ปิด รีเลย์ (Relay) เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ เป็นต้น

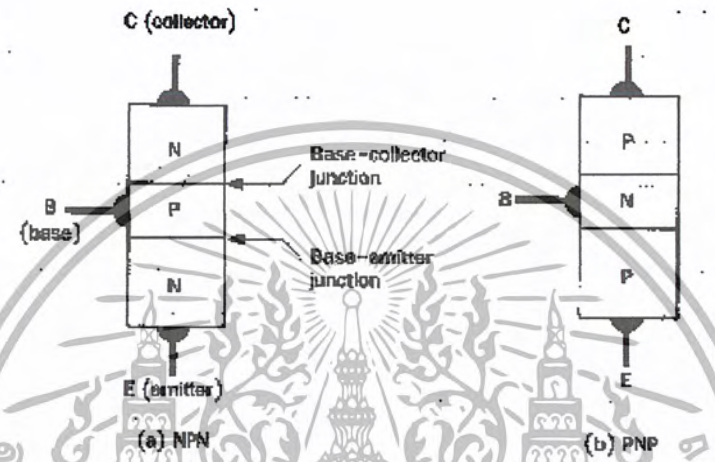


ภาพที่ 2.39 ทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

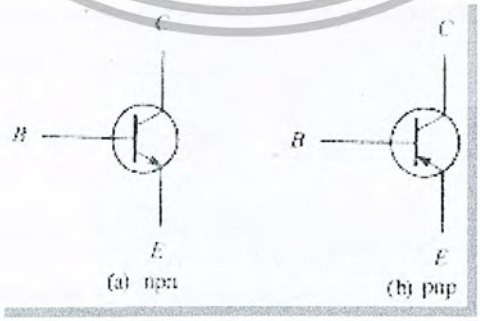
2.7.1 โครงสร้างของทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ชนิดสองรอยต่อหรือ BJT นี้ ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นต่อกัน โดยการเติมสารเจือปน (Doping) จำนวน 3 ชั้นทำให้เกิดรอยต่อ (Junction) ขึ้นจำนวน 2 รอยต่อ การสร้างทรานซิสเตอร์จึงสร้างได้ 2 ชนิด คือ ชนิดที่มีสารชนิด N 2 ชั้น เรียกว่าชนิด NPN และชนิดที่มีสารชนิด P 2 ชั้น เรียกว่าชนิด PNP โครงสร้างของทรานซิสชนิด NPN และชนิด PNP แสดงดังภาพที่ 2.40



ภาพที่ 2.40 โครงสร้างของทรานซิสเตอร์

เมื่อพิจารณาจากรูปจะเห็นว่าโครงสร้างของทรานซิสเตอร์จะมีสารกึ่งตัวนำ 3 ชั้น แต่ละชั้นจะต่อลวดตัวนำจากเนื้อสารกึ่งตัวนำไปใช้งาน ชั้นที่เล็กที่สุด (บางที่สุด) เรียกว่า เบส (Base) ตัวอักษรย่อ B สำหรับสารกึ่งตัวนำชั้นที่เหลือคือ คอลเลกเตอร์ (collector หรือ c) และอิมิตเตอร์ (Emitter หรือ E) นั่นคือทรานซิสเตอร์ทั้งชนิด NPN จะมี 3 ขา คือ ขาเบส ขาคอลเลกเตอร์ ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์นิยมเขียนทรานซิสเตอร์แทนด้วยสัญลักษณ์ดังภาพที่ 2.41



ภาพที่ 2.41 สัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์

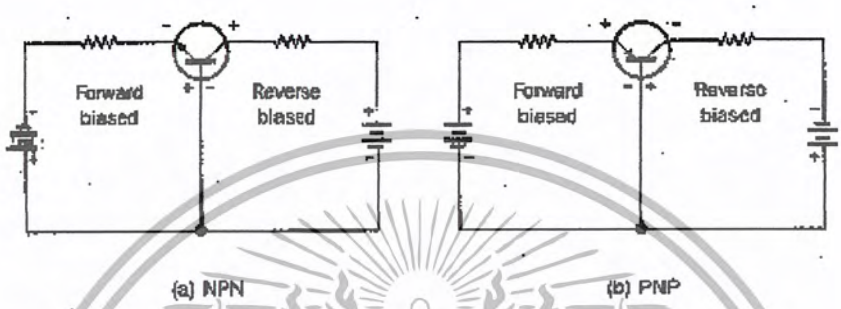
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 การทำงานเบื้องต้นของทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ทั้งชนิด NPN และ PNP เมื่อนำไปใช้งานไม่ว่าจะใช้ในวงจรขยายสัญญาณ (Amplifier) หรือทำงานเป็นสวิตช์ จะต้องทำการไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้ โดยใช้หลักการไบอัสดังนี้

1. ไบอัสตรงให้กับรอยต่อระหว่างอิมิตเตอร์กับเบส

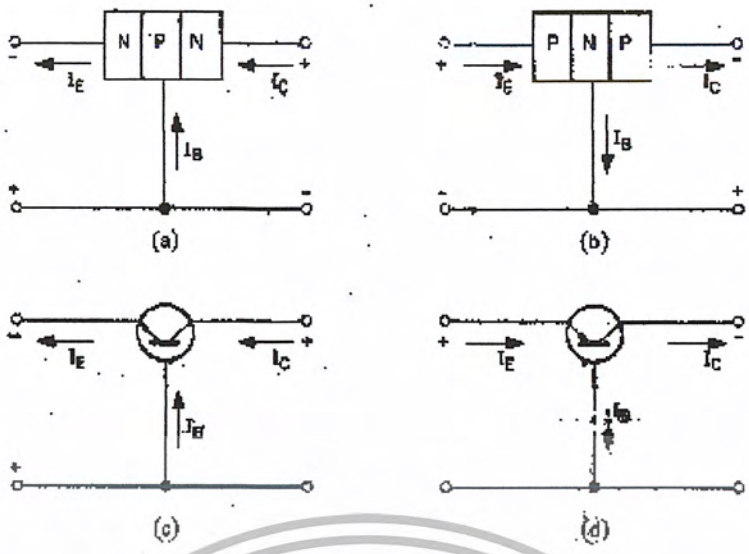
2. ไบอัสกลับให้กับรอยต่อระหว่างคอลเลกเตอร์กับเบสดังแสดงในภาพที่ 2.42



ภาพที่ 2.42 แสดงการไบอัสทรานซิสเตอร์

พิจารณาการไบอัสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ดังภาพที่ 2.42(a) จะเห็นว่าทำการไบอัสตรงให้กับรอยต่ออิมิตเตอร์-เบส โดยให้ศักย์ดาบวกกับเบส (เพราะเบสเป็น P) และให้ศักย์ดาลบกับอิมิตเตอร์ (เพราะอิมิตเตอร์เป็น N) เช่นเดียวกันต้องให้ไบอัสกลับกับรอยต่อคอลเลกเตอร์-เบส โดยให้ศักย์ดาบวกกับคอลเลกเตอร์ (เพราะคอลเลกเตอร์เป็น N) และให้ศักย์ดาลบกับเบส (เพราะเบสเป็น P) นี่คือการไบอัสทรานซิสเตอร์ชนิดNPNที่ถูกต้องตามเงื่อนไข2ข้อที่กำหนดไว้การไบอัสทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ก็กระทำเช่นเดียวกันดังภาพที่ 2.42 (b) ทรานซิสเตอร์ทั้งชนิด NPN และ PNP เมื่อได้รับไบอัสที่ถูกต้องแล้วจะเกิดกระแสเบส (IB) กระแสคอลเลกเตอร์ (IC) และกระแสอิมิตเตอร์ (IE) ไหลผ่านรอยต่อดังภาพที่ 2.43

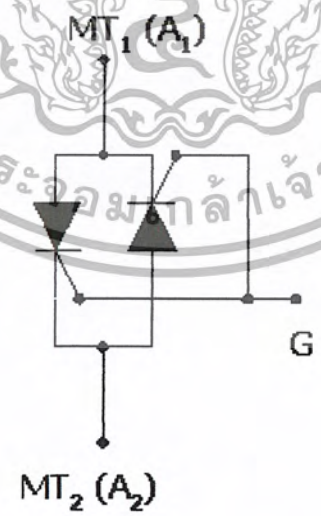
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.43 แสดงทิศทางกระแสที่เกิดจากการไบอัสที่ถูกต้อง

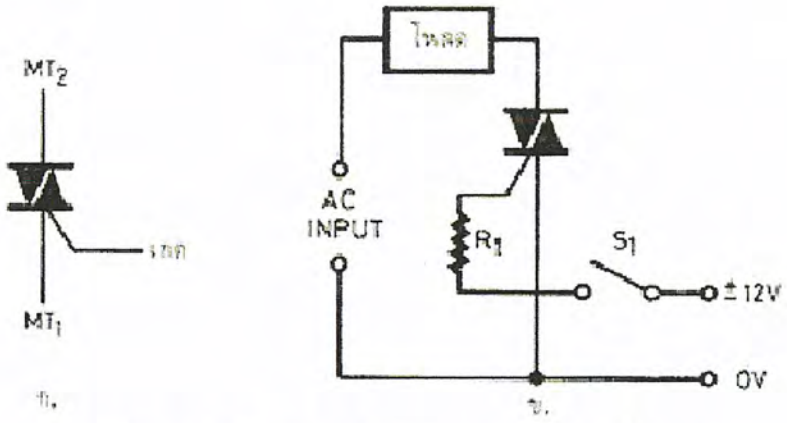
2.8 ไตรแอค (TRIAC)

ลักษณะโครงสร้างของไตรแอกนี้เหมือนกับการนำเอาเอสซีอาร์ 2 ตัวมาต่อขนานกันในลักษณะกลับขั้ว ส่วนขาเกตต่อร่วมเข้าด้วยกัน ดังนั้นไตรแอกจะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุม ระบบไฟได้ทั้งแบบไฟตรง และไฟสลับ นั้นคือความสามารถในการนำกระแสได้ทั้งสองทิศทาง โดยการทริกที่เกตนั้นก็สามารถกระทำได้ทั้งสองทิศทางเช่นกัน ภาพที่ 2.44 แสดงการใช้ เอส.ซี.อาร์ 2 ตัวต่อเป็น ไตรแอค



ภาพที่ 2.44 การทำงานของไตรแอค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.45 สัญลักษณ์ของไตรแอกและการใช้งานพื้นฐาน

2.8.1 คุณสมบัติพื้นฐานเป็นข้อของไตรแอกซึ่งมีดังนี้

1. โดยปกติ ถ้าไม่มีสัญญาณทริกที่เกต ไตรแอกจะไม่ทำงานโดย จะมีลักษณะเหมือนกับสวิตช์ที่ถูกเปิดวงจร

2. ถ้าในกรณีที่ MT2 และ MT1 ถูกป้อนด้วยแรงดันบวกและลบตามลำดับไตรแอกจะถูกกระตุ้นให้ทำงานได้โดยการป้อนสัญญาณพัลส์เพียงสั้น ๆ ที่เกตของมัน โดยจะมีแรงดันตกคร่อมตัวมัน มีค่าประมาณ 1 หรือ 2 โวลต์เท่านั้น และก็เช่นกันคือเมื่อไตรแอกเริ่มทำงานแล้ว ก็จะสามารถคงสภาพการทำงานอยู่เช่นนั้นต่อไปเรื่อยๆตราบเท่าที่ยังมีกระแสไหลผ่านตัวมันอย่างต่อเนื่อง

3. หลังจากที่ไตรแอกคงสภาพการทำงานอยู่นั้น ทางเดียวที่จะหยุดการทำงานลงได้ ก็โดยการลดปริมาณกระแสที่ไหลผ่านตัวมันลงให้มีค่าต่ำกว่ากระแสโฮลดิ้งของมัน ในกรณีที่ใช้ไตรแอกในการจ่ายกระแส AC การหยุดทำงานจะเกิดขึ้นอย่างอัตโนมัติ เมื่อแรงดันของไฟสลับเข้าใกล้จุดตัดศูนย์ที่เกิดขึ้นทุกๆครึ่งคลื่นนั่นคือกระแสจะลดลงเป็นศูนย์

4. ไตรแอกถูกกระตุ้นให้ทำงานได้ ทั้งสัญญาณแบบบวกและลบที่ป้อนให้แก่ขาเกต โดยไม่คำนึงถึงขั้วที่ต่ออยู่ที่MT1และMT2

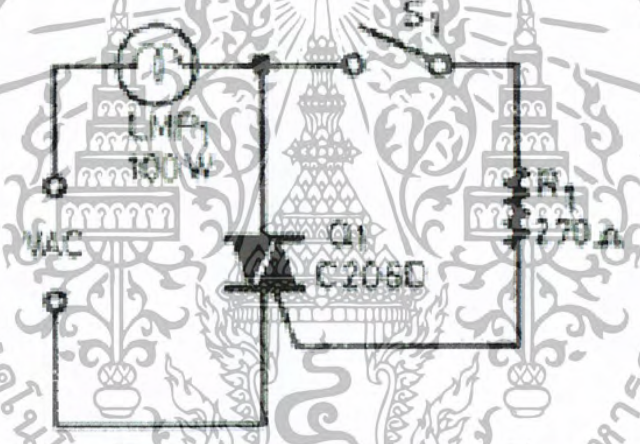
5. ไตรแอกสามารถทนการกระชากของกระแสได้สูง เช่นโดยปกติสำหรับไตรแอกที่ทนกระแสปกติได้ 10 แอมแปร์ (rms) สามารถทนการกระชากของกระแสในช่วงหนึ่ง คาบเวลาของไฟ 60เฮิรตซ์ได้สูงถึง100แอมแปร์เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติที่สำคัญของไตรแอกที่นิยมใช้

เบอร์	PIV	กระแส อาร์เอ็มเอส	V_{GT} (สูงสุด)	I_{GT} (สูงสุด)	I_H (สูงสุด)
C206D	400 V	3 A	2 V	5 mA	30 mA
2N6073	400 V	4 A	2.5 V	30 mA	70 mA
C226D	400 V	8 A	2.5 V	50 mA	60 mA
SC146D	400 V	10 A	2.5 V	50 mA	75 mA
TIC246D	400 V	15 A	2.5 V	50 mA	50 mA

ตัวอย่างการใช้งานพื้นฐานของไตรแอก



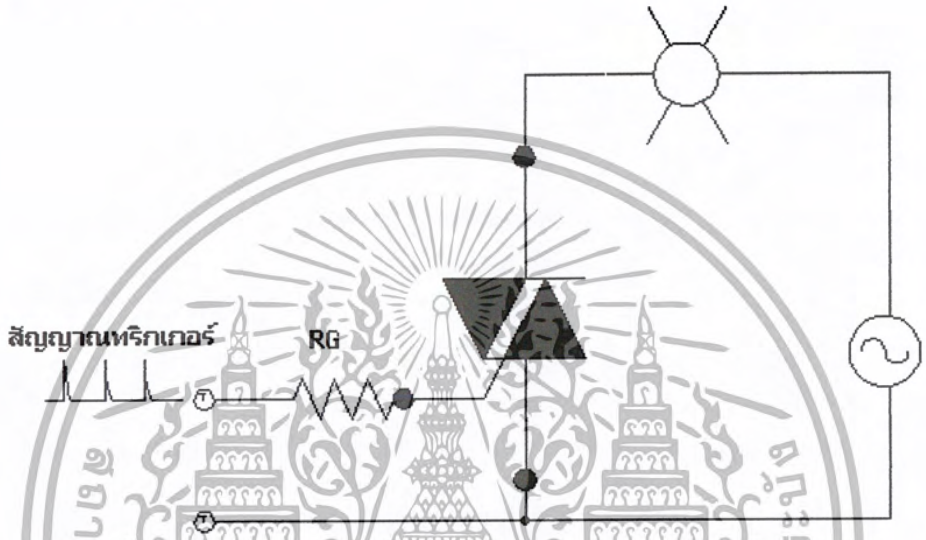
ภาพที่ 2.46 วงจรแบบพื้นฐานที่สุดในการใช้งานไตรแอก

ในรูปแสดงถึงการที่ไตรแอกสามารถทำงานเป็นสวิตซ์ ที่ใช้ควบคุมการจ่ายกระแสโหลดแบบที่ง่ายที่สุดโดยเมื่อสวิตซ์ S1 เปิดวงจรอยู่ ไตรแอกและโหลดจะไม่ทำงาน แต่เมื่อ S1 ถูกปิดวงจรลง ที่จุดเริ่มต้นของทุก ๆ ครึ่งตามของสัญญาณไฟสลับที่ให้นั้นไตรแอกจะยังไม่นำกระแส แต่หลังจากนั้นเพียงเล็กน้อยแรงดันที่ขาเกต ก็มีค่าสูงพอที่จะทำให้ไตรแอกเริ่มนำกระแสได้ ดั้งนั้นหลอดไฟจะติดสว่าง และไตรแอกจะหยุดทำงานลงอีก เมื่อแรงดันของสัญญาณไฟสลับเข้าใกล้จุดตัดศูนย์อีกครั้ง แล้วก็จะเริ่มทำงานใหม่เป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

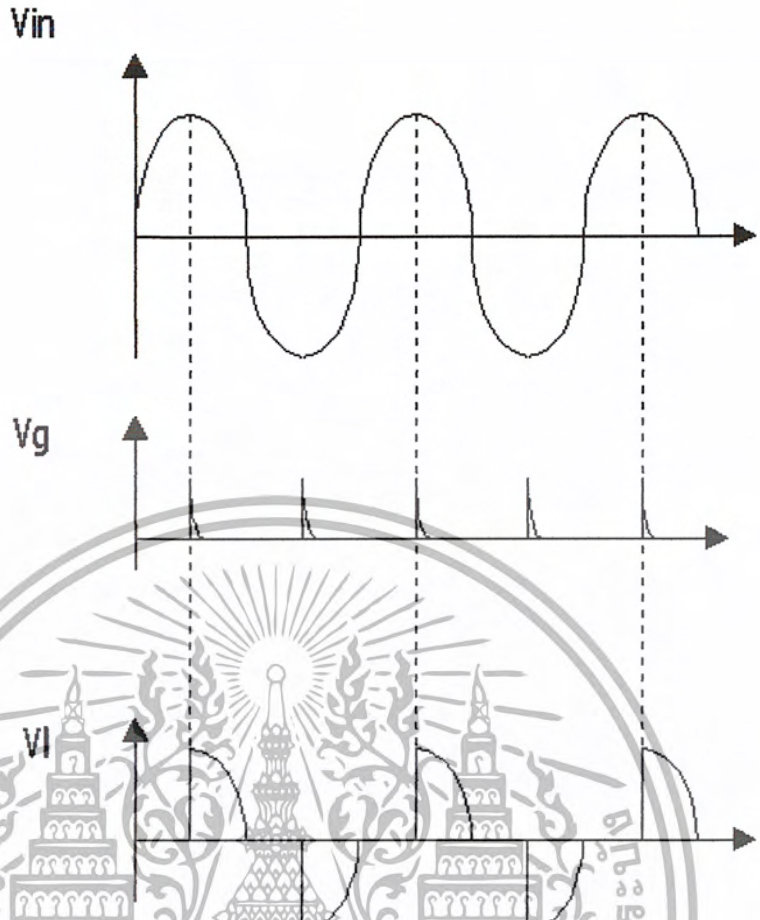
2.8.2 การควบคุมกำลังไฟแบบเฟสทริกเกอร์

จากตัวอย่างของการใช้งาน ไตรแอค ที่กล่าวมาตั้งแต่ต้นนี้เป็นการใช้งานในลักษณะเป็นสวิตช์ เปิด / ปิด การจ่ายไฟให้แก่โหลดต่าง ๆ แต่ความจริงแล้วการใช้งานสามารถขยายออกไปได้อีกมาก เช่น ใช้เป็นวงจรหรี่ความสว่างของหลอดไฟ หรือเป็นวงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์ เป็นต้นซึ่งก็ล้วนแล้วแต่เป็นการใช้งานควบคุมกำลังไฟ ที่จะจ่ายให้แก่โหลดในระบบที่เรียกว่า เฟส - ทริกเกอร์



ภาพที่ 2.47 แสดงวงจรการควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับวงจรหรี่ความสว่างของหลอดไฟโดยการปรับ มุมของสัญญาณทริกเกอร์

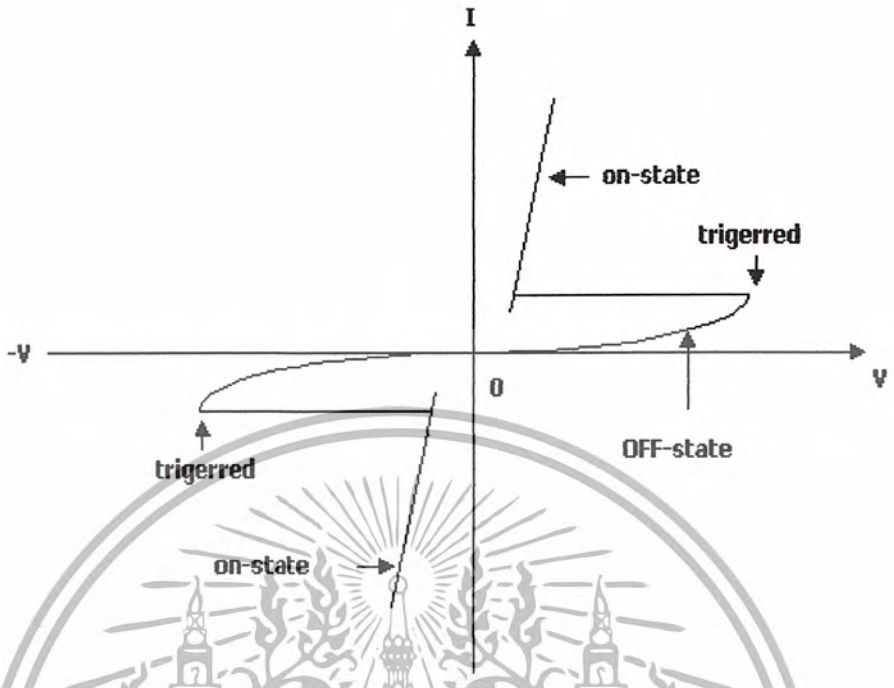
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.48 การเปลี่ยนแปลงค่าของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่โหลด โดยกำหนดได้จากตำแหน่งเวลาของการทริกที่ให้แก่ไตรแอค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟลักษณะสมบัติของไตรแอค



ภาพที่ 2.49 กราฟลักษณะสมบัติของไตรแอค

2.9 มอเตอร์

คือ เครื่องกลที่ใช้สำหรับเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า ออกมาเป็นพลังงานกล

2.9.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของมอเตอร์

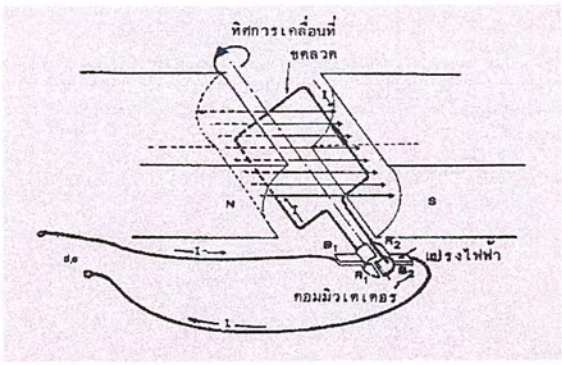
1. ขั้วแม่เหล็ก N และ S ซึ่งทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก ในมอเตอร์ ขั้วแม่เหล็ก อาจเป็นแม่เหล็กถาวร หรืออาจทำจากแม่เหล็กไฟฟ้าก็ได้ ในมอเตอร์ เรียกขั้วแม่เหล็ก N และ S นี้ว่า สเตเตอร์ (Stator)

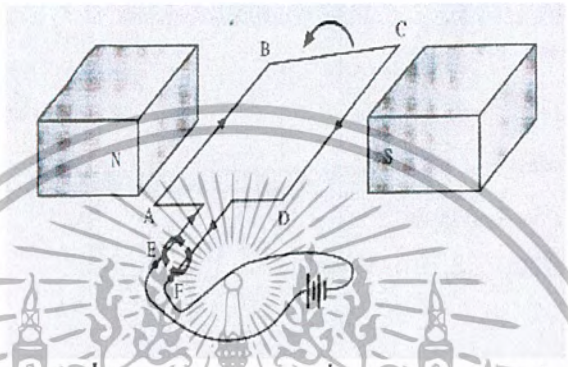
2. ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature) ซึ่งหมุนได้รอบตัว เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไป ในขดลวดอาร์เมเจอร์ ที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะทำให้เกิดแรงกระทำต่อขดลวด แล้วเกิดโมเมนต์คู่ควบ หมุนขดลวดอาร์เมเจอร์

3. วงแหวนผ่าซีก หรือ Commutator เป็นส่วนประกอบสำคัญ ที่จะทำให้กระแสที่ไหล ผ่านขดลวดอาร์เมเจอร์ ไหลในทิศที่ทำให้เกิดโมเมนต์คู่ควบ หมุนขดลวดอาร์เมเจอร์ในทิศเดียวกันตลอดเวลา

4. แปรงคาร์บอน ทำหน้าที่สัมผัสเบาๆ กับ Commutator โดยที่แปรงทั้งสองอยู่กับที่ และใช้สำหรับต่อกับวงจรไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ภาพที่ 2.50 ส่วนประกอบที่สำคัญของมอเตอร์

2.9.2 ลักษณะของมอเตอร์

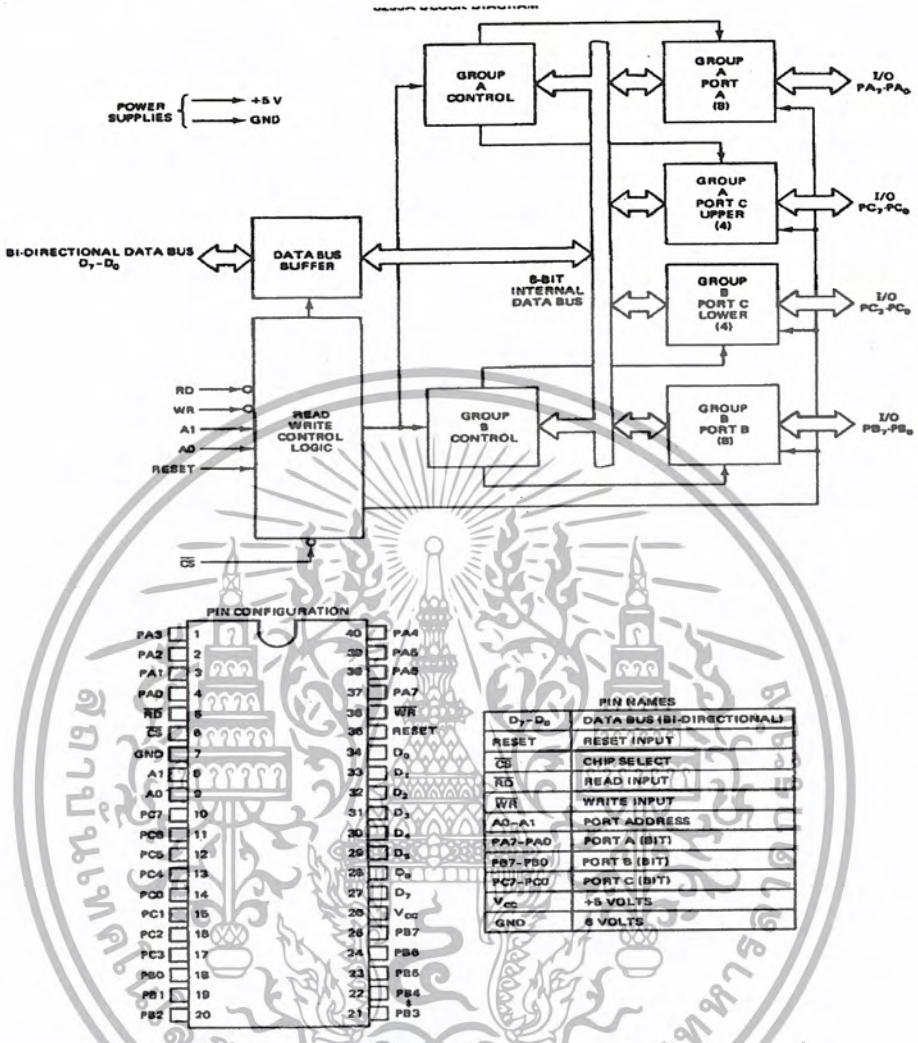
ลักษณะของมอเตอร์นั้น คล้ายไดนาโม แต่มีส่วนที่สำคัญคือ แหวนครึ่งซีก เพื่อทำหน้าที่บังคับให้กระแสวิ่งอยู่ทางเดียว ถ้าไม่มีแหวนครึ่งซีกแล้ว ขดลวดจะพลิกกลับไปมา

เริ่มแรก ลวดด้าน AB อยู่ติดกับแหวน E ลวดด้าน CD อยู่ติดกับแหวน F ตามภาพ กระแสเข้าตามทิศทาง EAB (เข้าไปข้างใน) และกระแสออก ทางด้าน CDF (ออกมาข้างนอก) พอให้กระแสเข้าขดลวด เริ่มหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา สมมติลวดหมุนได้ครึ่งรอบ จะ เห็นว่าลวด CD มาแทน AB และ AB มาแทน CD ฉังหวะนี้ ลวด AB จะได้กระแสตามทิศ CDF, ลวด CD จะได้กระแสทิศ EAB ทำให้ขดลวดนี้ สามารถ หมุนไปได้ทางเดียวเรื่อยๆ ถ้าหากไม่มีแหวนครึ่งซีก คือเป็นแหวน 2 วง กระแสไม่มีถูกตัดช่วง ลวดแต่ละฝ่าย จะได้รับกระแสทางเดียวตลอด ทำให้ขดลวดพลิกกลับไป กลับมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 การเชื่องโยง 8255 กับ MCS- 51

8255A PROGAMMABLE PERIPHERAL INTERFACEACE (PPI)



ภาพที่ 2.51 การจัดวางขาโครงสร้างของ 8255

เป็นชิพขนาด 40 ขา มีอยู่ 3 พอร์ทคือ A,B,C เป็นพอร์ท 8 บิทที่สามารถโปรแกรมให้เป็นอินพุทหรือเอาท์พุทก็ได้ โดยที่พอร์ท C ยังแบ่งเป็น 4 บิทล่างและ 4 บิทบน ก่อนใช้งานต้องโปรแกรมโหมดต่าง ๆ พอร์ทต่าง ๆ ว่าเป็นอินพุทหรือเอาท์พุท มีโครงสร้างตามภาพที่ 2.51

โหมดการทำงาน

การทำงานมีอยู่ด้วยกัน 3 โหมด ดังตารางที่ 2.4

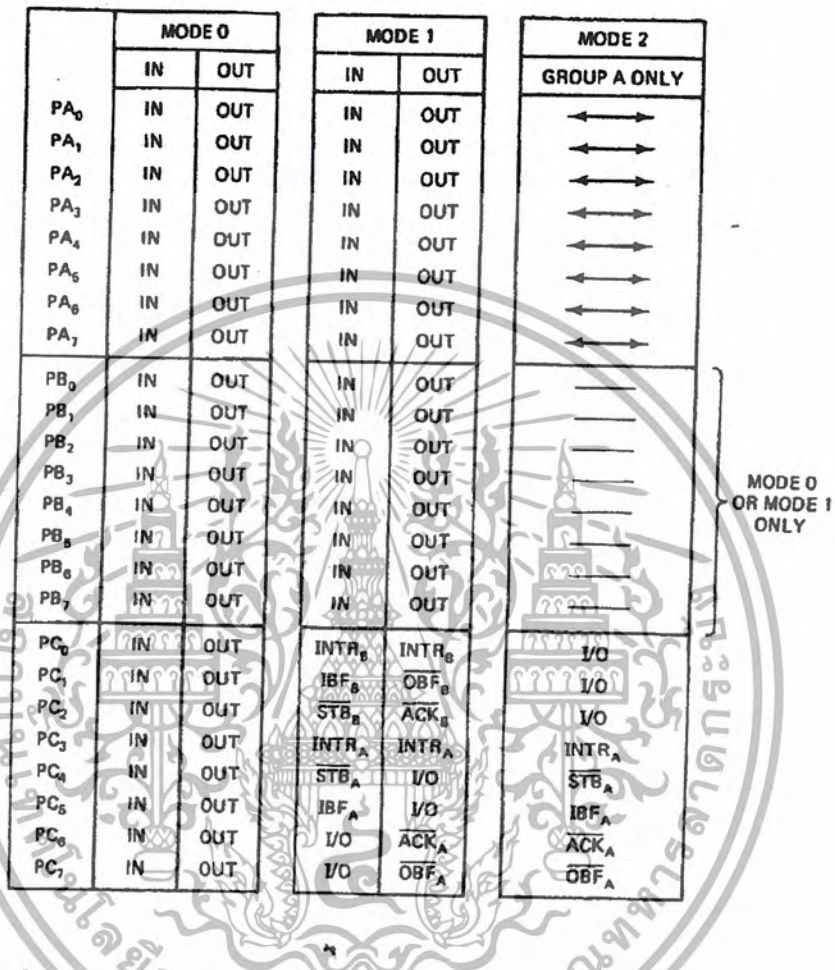
โหมด 0 มีการทำงานแบบ BASIC I/O ไม่มี handshake

โหมด 1 โหมดนี้ใช้พอร์ท A ,B ในการรับหรือส่งข้อมูล และใช้พอร์ท C ในการตรวจสอบสัญญาณ (handshak)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมด 2 โหมดนี้ใช้พอร์ท A ในการรับส่งข้อมูล 2 ทิศทางและพอร์ท B ในการรับส่งข้อมูล และใช้พอร์ท C บิต 0,1,2, เป็น I/O และบิต 4,5,6 เป็นสัญญาณhandshake

ตารางที่ 2.5 สรุปโหมดต่าง ๆ ของ 8255



	MODE 0		MODE 1		MODE 2	
	IN	OUT	IN	OUT	GROUP A ONLY	
PA_0	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PA_1	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PA_2	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PA_3	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PA_4	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PA_5	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PA_6	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PA_7	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PB_0	IN	OUT	IN	OUT	—	MODE 0 OR MODE 1 ONLY
PB_1	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_2	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_3	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_4	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_5	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_6	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_7	IN	OUT	IN	OUT	—	
PC_0	IN	OUT	$INTR_B$	$INTR_B$	I/O	
PC_1	IN	OUT	IBF_B	$\overline{OBF_B}$	I/O	
PC_2	IN	OUT	$\overline{STB_B}$	$\overline{ACK_B}$	I/O	
PC_3	IN	OUT	$INTR_A$	$INTR_A$	$INTR_A$	
PC_4	IN	OUT	$\overline{STB_A}$	I/O	$\overline{STB_A}$	
PC_5	IN	OUT	IBF_A	I/O	IBF_A	
PC_6	IN	OUT	I/O	$\overline{ACK_A}$	$\overline{ACK_A}$	
PC_7	IN	OUT	I/O	$\overline{OBF_A}$	$\overline{OBF_A}$	

สัญญาณต่าง ๆ ของ 8255

D7-D0 บัสข้อมูลเชื่อมโยงกับ CPU

A1-A0 ใช้เลือกพอร์ทA,B,C และพอร์ทควบคุมดูตารางที่ 2.5

RESET เมื่อขานี้ได้รับสัญญาณกระตุ้นลอจิก 1 จะทำให้ 8255 ถูกรีเซ็ทมีผลทำให้ทุกพอร์ทเป็นอินพุตทันที

PA7-PA0 เป็นพอร์ทขนาน 8 บิท

PB7-PB0 เป็นพอร์ทขนาน 8 บิท

PC7-PC0 เป็นพอร์ทขนาน 8 บิท

$\overline{RD}$ ในการอ่นข้อมูลที่พอร์ทของ 8255 ต้องทำให้ขานี้เป็นลอจิก 0 พร้อมกับ $\overline{CS}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\overline{WR}$ ในการเขียนข้อมูลหรือโปรมแกรมลงบน 8255 ต้องทำให้ขานี้เป็นลอจิก 0 พร้อมกับ $\overline{CS}$

$\overline{CS}$ เป็นขาเลือกชิพ 8255 ได้ ขานี้มักจะต่อกับ **I/O DECODER**

เมื่อขา $\overline{WR}$ $\overline{RD}$, A0, A1 $\overline{CS}$ ทำงานทั้ง 5 ขาจะมีฟังก์ชันการทำงานดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ตารางความเป็นจริงของ 8255

A1	A0	RD	WR	CS	
					Input Operation (READ)
0	0	0	1	0	Port A → data bus
0	1	0	1	0	Port B → data bus
1	0	0	1	0	Port C → data bus
Output Operation(WRITE)					
0	0	1	0	0	Data bus → port A
0	1	1	0	0	Data bus → port B
1	0	1	0	0	Data bus → port C
1	1	1	0	0	Data bus → control
					Disable function
X	X	X	X	1	Data bus → 3-state
1	1	0	1	0	Illegal condition
X	X	1	1	0	Data bus → 3- state

คำอธิบายของขาต่างๆ

A1	A0	8255 PORT
0	0	ติดต่อกับ PortA
0	1	ติดต่อกับ PortB
1	0	ติดต่อกับ PortC
1	1	ติดต่อกับ Control Port

A1	A0	RW	WR	CS	การทำงาน
0	0	0	1	0	อ่านข้อมูลเข้าทาง Port A
0	0	1	0	0	อ่านข้อมูลเข้าทาง Port A
1	1	1	0	0	เขียน Contro Word ไปยัง Control Port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\overline{RD}$ = 0 การอ่านข้อมูล

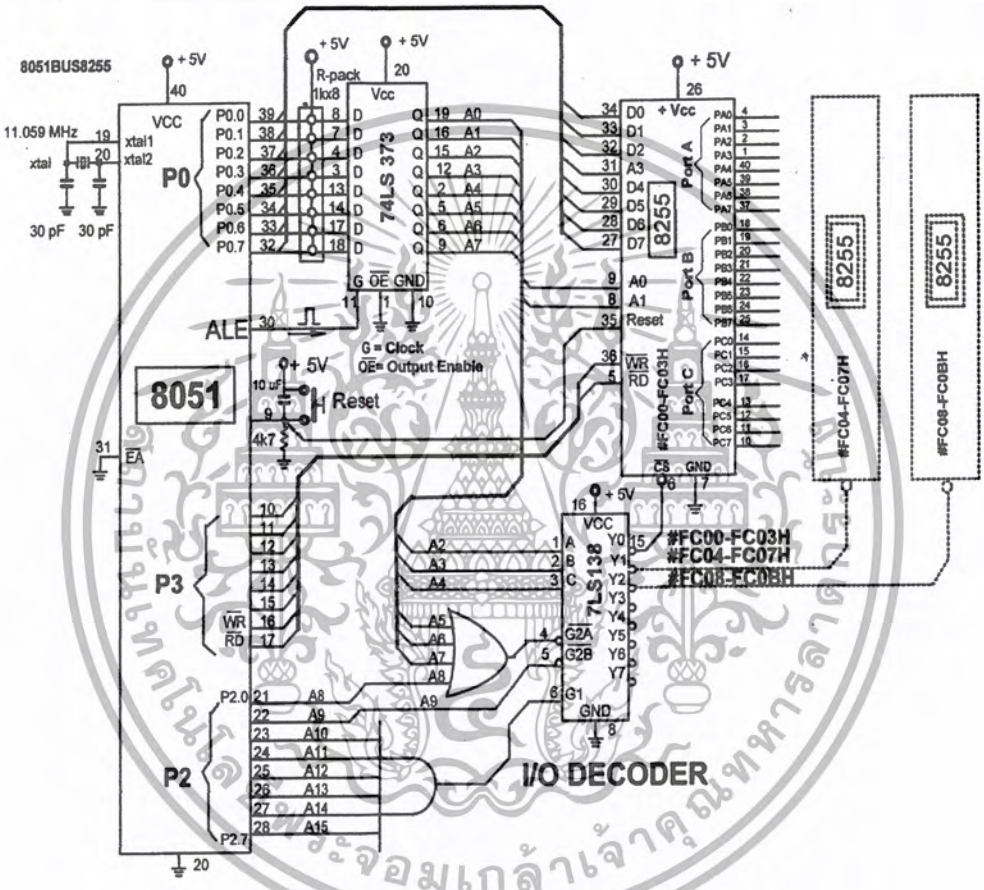
$\overline{WR}$ = 0 การเขียนข้อมูล

$\overline{CS}$ = 0 ชิบ 8255 ทำงาน (EnabIe)

$\overline{CS}$ = 1 ชิบ 8255 ไม่ทำงาน (DisabIe)

2.10.1 การเชื่อมโยง 8255 เข้ากับ CPU

ดังแสดงการต่อในภาพที่ 2.52



ภาพที่ 2.52 การต่อ 8255 เข้ากับ MCS-51 ที่พอร์ท #(FC00-FC403)H

ตารางที่ 2.7 Port # (0FC00H-0FC03H) มีค่าแอดเดรสทั้ง 16 บิตดังนี้

A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	PORT
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	FC00H
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	FC01H
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	FC02H
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	FC03H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จะพบว่าขา (A_{15} ถึง A_2) ต่อเข้า I/O Decoder ได้เอาท์พุทไปเข้า CS ของ 8255
- ขา A_1 ถึง A_0 ต่อเข้า A_1 ถึง A_0 ของ 8255

จาก Port # FC00H จะพบว่าขา A_1 และ A_0 เป็น 0 , 0 เมื่อดูจากตารางที่ 2.7 จะหมายถึง PORT A DATA

จาก Port # FC01H จะพบว่าขา A_1 และ A_0 เป็น 0 , 1 เมื่อดูจากตารางที่ 2.7 จะหมายถึง PORT B DATA

จาก Port # FC02H จะพบว่าขา A_1 และ A_0 เป็น 1 , 0 เมื่อดูจากตารางที่ 2.7 จะหมายถึง PORT C DATA

จาก Port # FC00H จะพบว่าขา A_1 และ A_0 เป็น 1 , 1 เมื่อดูจากตารางที่ 2.7 จะหมายถึง CONTROL PORTสรุปได้ดังตารางที่ 2.8

เนื่องจากมีการต่อ A1 และ A0 เข้า A1 และ A0 เข้า 8255 และ (A15.....A2) เข้า decoder แล้วต่อเข้าขา $\overline{CS}$ ของ 8255 และยังมีการต่อขา RD , WR ไปยัง 8255 ดังนั้นก็เสมือนเป็นหน่วยความจำสามารถที่จะอ่านและเขียนได้

คำสั่งที่ใช้อ่านค่าคือ MOVX A , @ DPTR คำสั่งนี้หมายความว่า ให้ข้อมูลในหน่วยความจำที่ระบุตำแหน่งโดย DPTR เข้ารีจีสเตอร์ A

คำสั่งที่ใช้เขียนค่าคือ MOVX @ DPTRA คำสั่งนี้หมายความว่าให้ข้อมูลในรีจีสเตอร์ A ออกไปยังหน่วยความจำที่ระบุตำแหน่งโดย DPTR

ตารางที่ 2.8 I/O ADDRESS ของ 8255

8255 I/O ADDRESS	8255 PORT
FC00H	PORT A DATA
FC01H	PORT B DATA
FC02H	PORT C DATA
FC03H	CONTROL PORT

ส่วนขา RD , WR ของ 8255 ต่อมาจาก RD , WR ของ 0FC02Hถ้าต้องการเขียนข้อมูล FFH ไปยังหน่วยความจำที่ 0FC02H จะใช้คำสั่งดังนี้

```
MOV A,0FFH ;  โหลด0FFH เข้ารีจีสเตอร์ A รอไว้ก่อน
MOV DPTR # 0FC02H ; กำหนด DPTR ชี้ 0FC02H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOVX @ DPTR A ; ส่ง ดาต้า FFH ไปยังหน่วยความจำตำแหน่งที่0FC02H

; DATA BUS จะเห็น FFH

; Address BUS จะเห็น 0FC02H

; $\overline{WR}$ จะ Active Low (เพราะมันเป็นการเขียน)

ถ้าต้องการอ่านข้อมูล จากหน่วยความจำตำแหน่งที่ 0FC02H มาเก็บในรีจีสเตอร์ A จะเก็บใช้คำสั่งดังนี้

MOV DPTR # 0FC02H ; กำหนด DPTR ชี้ 0FC02H

MOVX @ DPTR ; นำข้อมูลในหน่วยความจำตำแหน่งที่ 0FC02H เข้ารีจีสเตอร์ A

; DATA BUS จะเห็นข้อมูล

; Address BUS จะเห็น 0FC02H

; $\overline{RD}$ จะ Active Low (เพราะเป็นการอ่าน)

2.10.2 การอ่านค่าจาก PORT 8255

ถ้าต้องการอ่านค่าจาก **PORT A (8255)** มาเก็บในรีจีสเตอร์ A จะใช้คำสั่งดังนี้

MOV DPTR,# 0FC00H ; DPTR ชี้ PORTA DATA

MOVX A,@ DPTR

ถ้าต้องการอ่านค่าจาก PORT B (8255) มาเก็บในรีจีสเตอร์ A ใช้คำสั่งดังนี้

MOV DPTR,# 0FC01H ; DPTR ชี้ PORTB DATA

MOVX A,@DATR

ถ้าต้องการอ่านค่าจาก PORT C (8255) มาเก็บในรีจีสเตอร์ A จะใช้คำสั่งดังนี้

MOV DPTR,# 0FC02H ; DPTR ชี้ PORTC DATA

MOVX A,@DATR

2.10.3 การอ่านเขียนค่าลงไป PORT 8255

ถ้าต้องการเขียนค่าจาก รีจีสเตอร์ A ไปยัง PORT A (8255) จะใช้คำสั่งดังนี้

MOV DPTR,#0FC00H ; DPTR ชี้ PORTA DATA

MOVX @DPTR,A ; ข้อมูลในรีจีสเตอร์ A ออก POTR DATA

ถ้าต้องการเขียนข้อมูล รีจีสเตอร์ A ไปยัง PORT B (8255) จะใช้คำสั่งดังนี้

MOV DPTR,# 0FC01H ; DATR ชี้ PORTB DATA

MOVX @DPTR,A ; ข้อมูลในรีจีสเตอร์ A ออก PORTB DATA

ถ้าต้องการเขียนข้อมูลจาก รีจีสเตอร์ A ไปยัง PORTC (8255) จะใช้คำสั่งดังนี้

MOV DPTR,# 0FC02H ; DPTR ชี้ PORTC DATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOVX @DPTR,A ; ข้อมูลในรีจีสเตอร์ A ออก PORTC DATA

ถ้าต้องการเขียนรหัสควบคุม(CONTROL WORD) ไปยัง CONTROL PORT จะใช้คำสั่งดังนี้

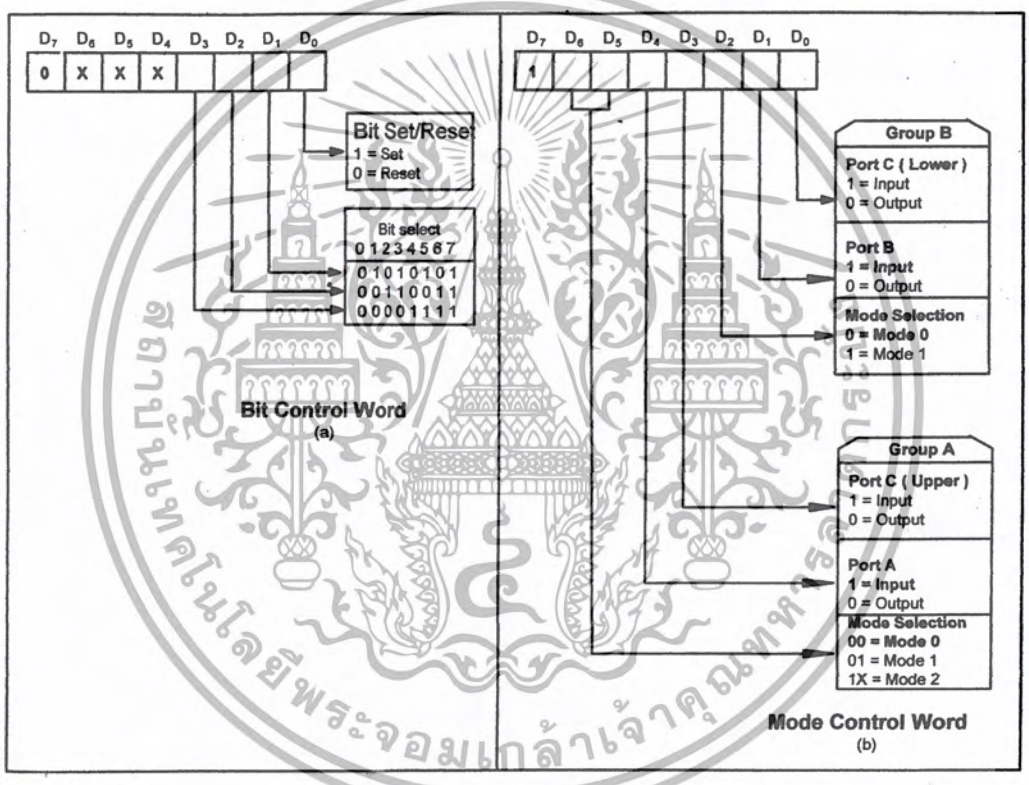
MOV A,#XXH ; โหลดรหัสควบคุม (XXH) เข้ารีจีสเตอร์ A

MOV DPTR,#0FC03H ; กำหนด DPTR ชี้ CONTROL PORT

MOVX @DATR,A ; ส่ง CONTROL WORD ไปยัง CONTROL PORTการ

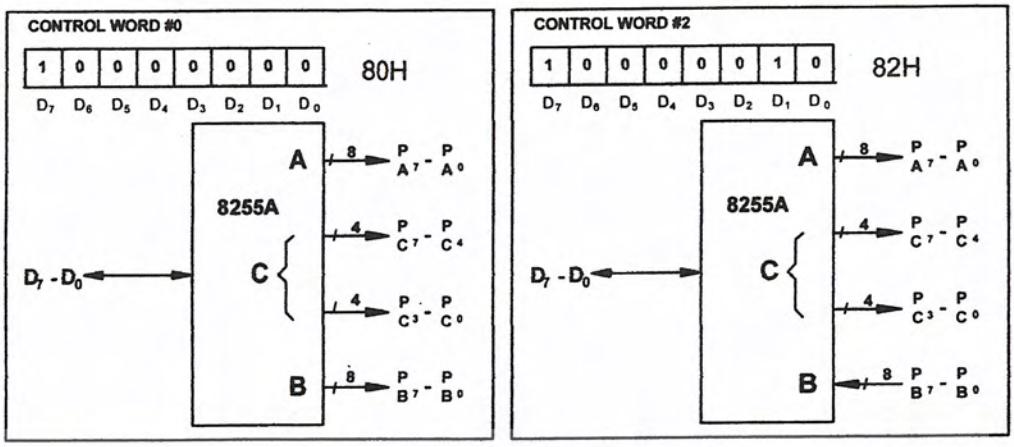
2.10.4 โปรแกรม 8255

จะใช้ตารางการวางโปรแกรมดังภาพที่ 2.53

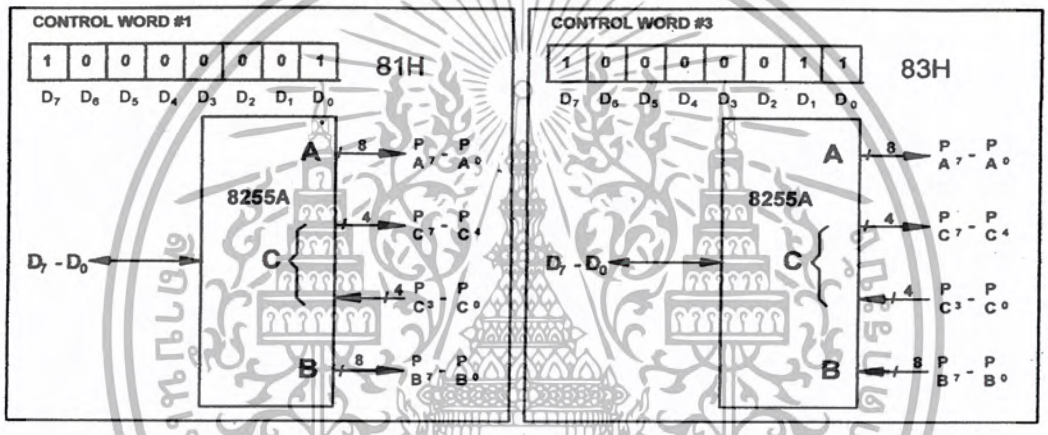


ภาพที่ 2.53 CONTROL WORDS ทั้ง 2 แบบของ BIT CONTROL WORD และ MODE CONTROL WORD

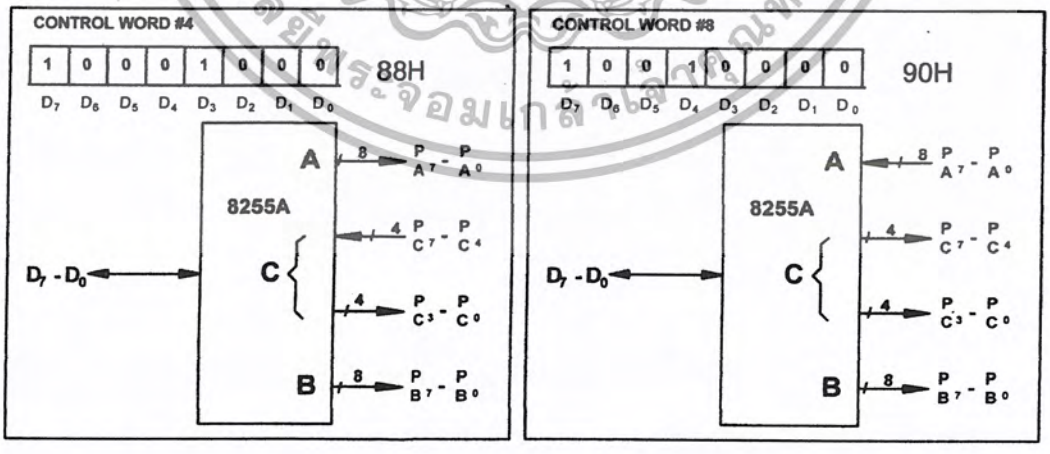
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.54 CONTROL WORDS AND CONFIGULATION

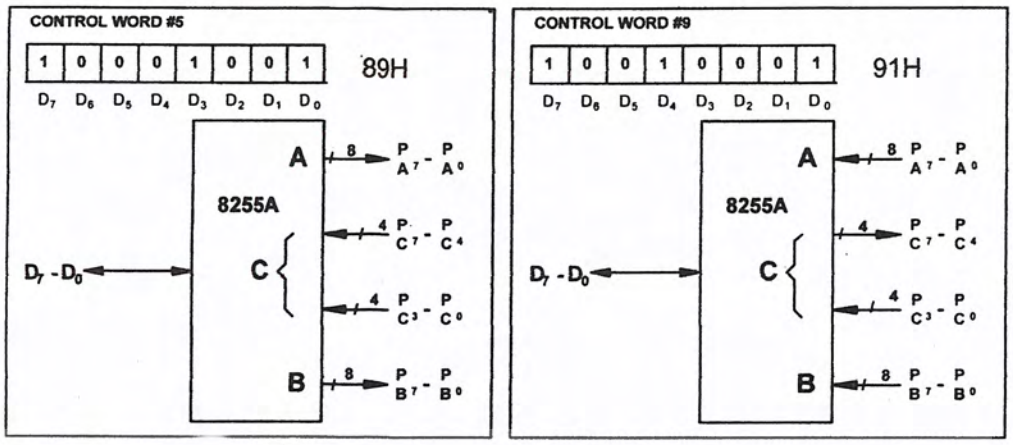


ภาพที่ 2.55 CONTROL WORDS AND CONFIGULATION

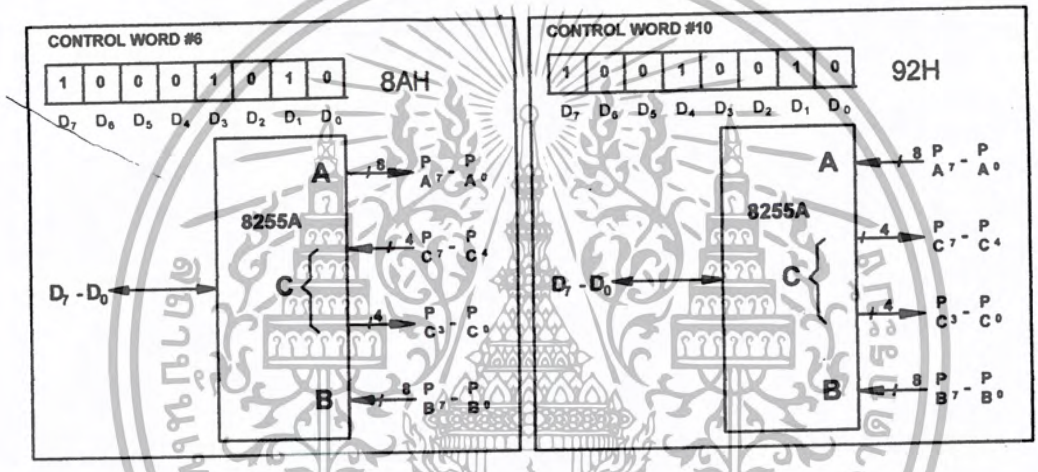


ภาพที่ 2.56 ต่อ CONTROL WORDS AND CONFIGULAION

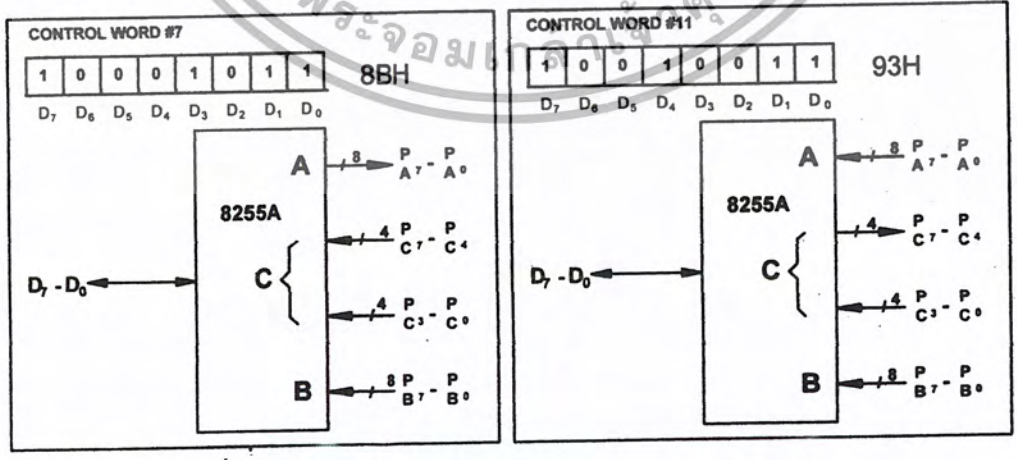
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.57 ต่อ CONTROL WORDS AND CONFIGULATION

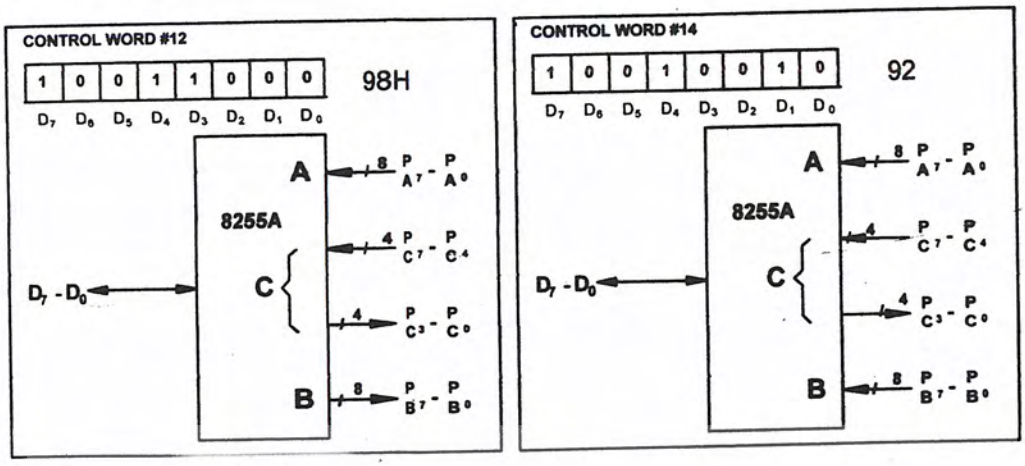


ภาพที่ 2.58 ต่อ CONTROL WORDS AND CONFIGULATION

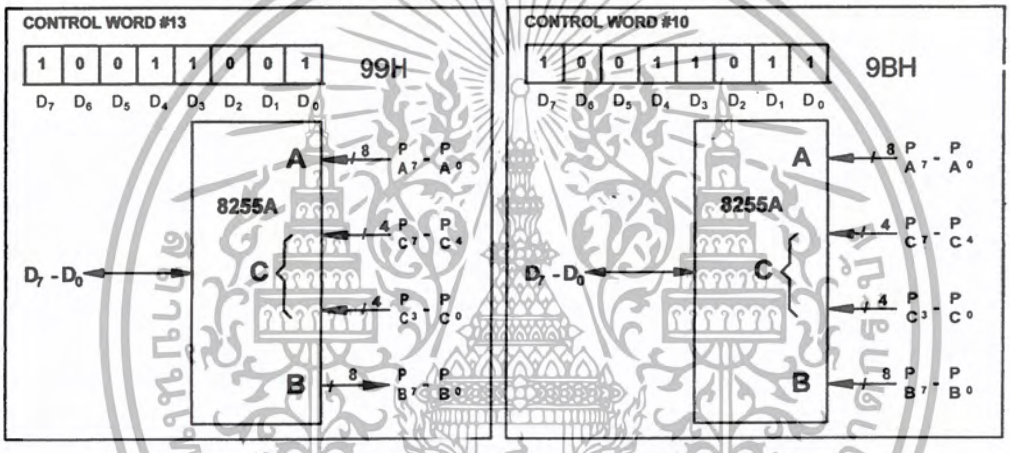


ภาพที่ 2.59 ต่อ CONTROL WORDS AND CONFIGULATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



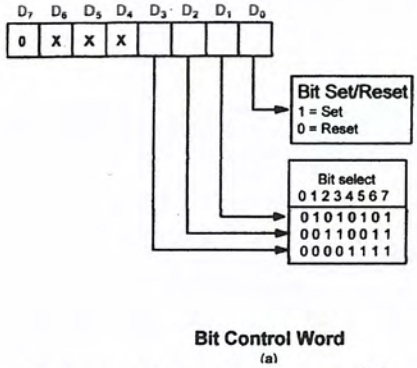
ภาพที่ 2.60 ต่อ CONTROL WORDS AND CONFIGULATION



ภาพที่ 2.61 ต่อ CONTROL WORDS AND CONFIGULATION

2.10.5 โหมดในการควบคุมสถานะบิต (Bit Set/Reset Mode)

นอกจากเราใช้พอร์ท A,B,C ในการโปรแกรมให้เป็นอินพุท/อินเอาท์พุทแล้วเรายังสามารถที่จะโปรแกรมพอร์ท C บิต PC0-PC07 ให้เป็นลอจิก 0 หรือ 1 (ใช้งานเป็นเอาท์พุต) เพื่อเป็นสัญญาณ STROBE ได้แก่ วิธีการโปรแกรมพอร์ท C ดังแสดงในภาพที่ 2.62



ภาพที่ 2.62 การโปรแกรมบิตของพอร์ท C (ใช้เป็นเอาท์พุทเท่านั้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

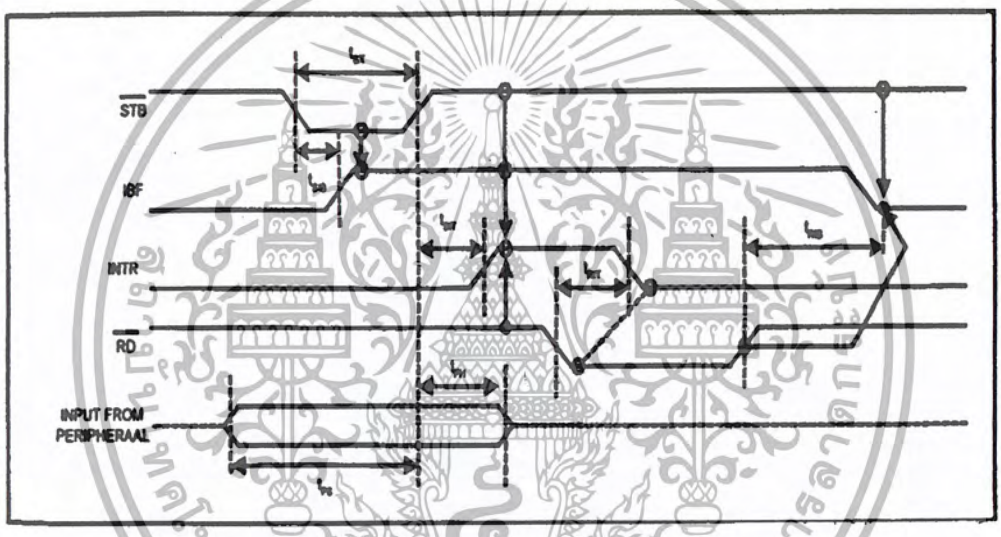
โหมด 1 (อินพุทพอร์ต)

เมื่อพอร์ต A,B ได้ถูกโปรแกรมเป็นพอร์ตในการรับส่งข้อมูลแล้ว จะต้องใช้สัญญาณควบคุม 3 สัญญาณ คือ $\overline{IBF}$, $\overline{STB}$, $\overline{INTR}$

$\overline{IBF}$: เป็นขาเอาท์พุทแอคทีฟที่ 1 แสดงถึงอินพุทบัฟเฟอร์ เต็ม (เมื่อCPUอ่านข้อมูลจากพอร์ทอินพุทไปแล้วจะ ทำให้ขานี้เปลี่ยนเป็นลอจิก 0 คือว่างพร้อมที่จะรับข้อมูลใหม่)

$\overline{STB}$: เป็นขาอินพุทแอคทีฟที่ 0 เป็นขาที่อุปกรณ์ภายนอกส่งมากระตุ้นให้อินพุทพอร์ทแลทซ์ข้อมูลไว้

INTR : เป็นขาเอาท์พุทแอคทีฟที่ 1 จะแอคทีฟหลังจากที่ได้รับ $\overline{STB}$ แอคทีฟ 0 ช่วงที่ $\overline{STB}$ เปลี่ยนจากระดับต่ำไปสูง ขา PC_4 ถ้าใช้งานที่พอร์ท A และ เซ็ททที่ PC_2 ถ้าใช้ พอร์ท B



ภาพที่ 2.63 ผังเวลา (โหมด 1) อินพุทพอร์ท

จากผังเวลาตามภาพที่ 2.63 จะเห็นว่า ก่อนที่อุปกรณ์ภายนอกจะส่ง $\overline{STB}$ มาเข้า 8255 จะตรวจสอบขา $\overline{IBF}$ ว่าว่างหรือเปล่า (0 คือว่าง) ก็จะส่งข้อมูลมูล 8 บิท มาตามหลังด้วย STB แอคทีฟที่ 0 หลังจากนั้นไม่นาน $\overline{IBF}$ ก็จะเป็น 1 แสดงว่าข้อมูลถูกแลทซ์ ไว้ได้ ช่วงที่ $\overline{INT}$ ก็จะแอคทีฟ (ลอจิก 1) สัญญาณนี้ถูกต่อกับขา INT ของ CPU ก็จะกระโดดไปโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์ ภายในโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์จะมีการอ่านข้อมูลไปเก็บ เมื่ออ่านข้อมูลไปเก็บเสร็จแล้ว IBF ก็จะว่างลงอีกครั้ง(เป็นลอจิก0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมด 1 (เอาพุทพอร์ต)

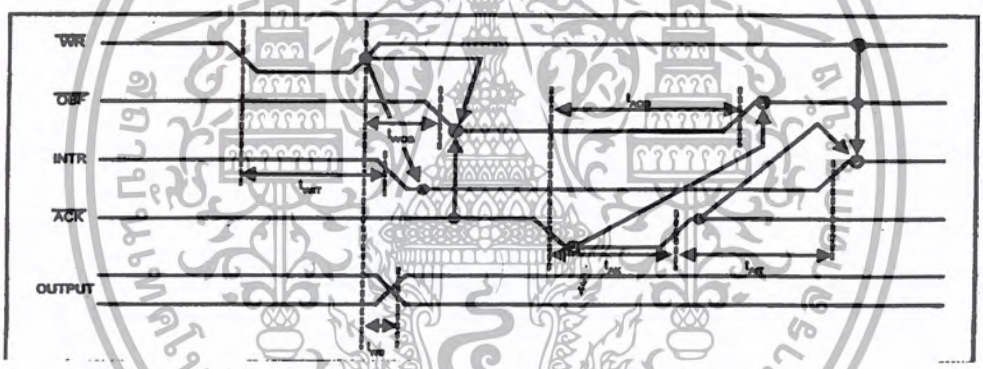
เมื่อพอร์ต A,B ได้ถูกโปรแกรมใน (โหมด 1) เพื่อใช้ในการส่งข้อมูล 8 บิต พอร์ต C จะถูกกำหนดให้เป็นพอร์ตในการตรวจสอบความพร้อม สัญญาณที่ใช้มี 3 สัญญาณคือ $\overline{\text{OBF}}$, $\overline{\text{ACK}}$, $\overline{\text{INTR}}$

$\overline{\text{OBF}}$ เป็นขาเอาท์พุทแอคทีฟ 0 เมื่อ CPU ส่งข้อมูลออกมาเพื่อที่พอร์ตของ 8255 แล้วขานี้ จะเป็น 0 หลังจากช่วงขอบขาขึ้นของ $\overline{\text{WR}}$ และจะเปลี่ยนเป็น 1 ในช่วงขอบขาขึ้นเป็น 1 ในช่วงของ $\overline{\text{ACK}}$ (ขาOBFถ้ามีลอจิก 0หมายถึงเอาท์พุทบัฟเฟอร์เต็ม, ถ้าเป็น 1 หมายถึงว่าง)

$\overline{\text{ACK}}$ เป็นขาอินพุทแอคทีฟที่ 0 เป็นสัญญาณตอบรับอุปกรณ์ภายนอกส่งมายัง 8255 หลังจากที่อินพุตพอร์ทเก็บข้อมูลได้แล้ว

INTR เป็นขาเอาท์พุทแอคทีฟที่ 1 ไปส่งอินเตอร์รัพท์ CPU หลังจากที่ 8255 ได้รับ$\overline{\text{ACK}}$ ช่วงขอบขาขึ้นก็จะส่ง INTR แอคทีฟ 1 ออกไป (ต้องโปรแกรม INTR ไว้ก่อนถ้าเป็น พอร์ท A ต้องเซ็ทที่ PC_6 และพอร์ท B จะต้องเซ็ทที่ PC_2

มี TIMING DIAGRAM(โหมด 1) เอาท์พุทพอร์ท ดังภาพที่2.64

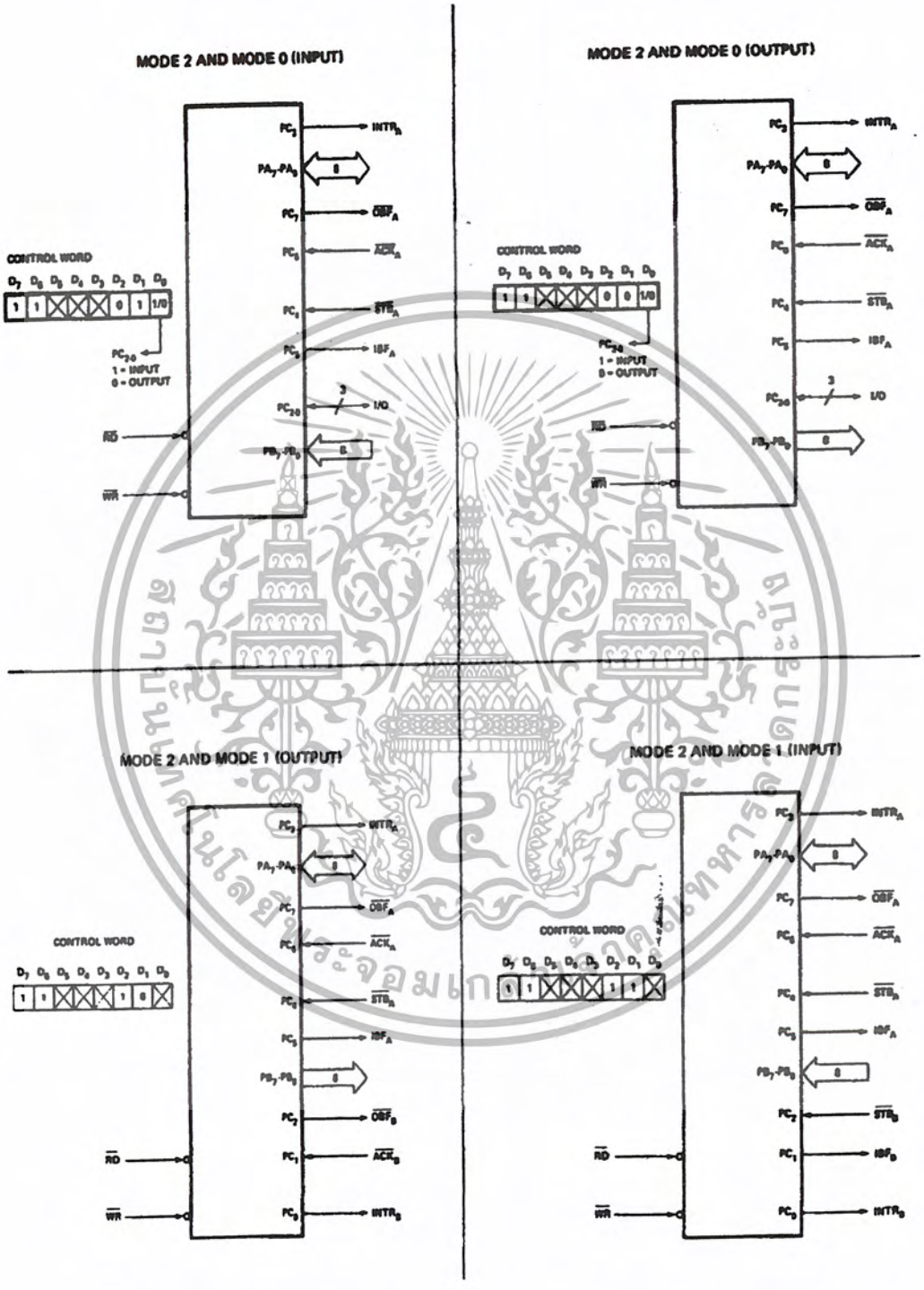


ภาพที่ 2.64 ผังเวลา (โหมด 1) เอาท์พุทพอร์ท

จากผังเวลาภาพที่ 2.64 เห็นว่าการทำงานสามารถอธิบายได้ดังนี้ ก่อนที่ CPU จะส่งข้อมูลใหม่มายังเอาท์พุทพอร์ตจะต้องตรวจเช็ค $\overline{\text{OBF}}$ ก่อนหน้า $\overline{\text{OBF}}$ = 1 (คือว่าง) ก็สามารถส่งข้อมูลใหม่มาที่เอาท์พุทพอร์ทได้ขณะการส่งข้อมูลมาสัญญาณ $\overline{\text{WR}}$ จะเป็นแอคทีฟ 0 และช่วง $\overline{\text{WR}}$ เปลี่ยนเป็น 1 ช่วงนี้ เองจะทำให้ OBF และ INTR เป็น 0 อยู่ในช่วงจน กว่าจะมีสัญญาณ $\overline{\text{ACK}}$ (สัญญาณตอบรับจากอุปกรณ์ภายนอกบอกว่ารับข้อมูลไว้หลังจาก $\overline{\text{ACK}}$ เป็นสถานะต่ำทำให้ $\overline{\text{OBF}}$ เป็น 1 คือเอาท์พุทบัฟเฟอร์จะว่างลงอีกครั้งเมื่อ $\overline{\text{ACK}}$ เปลี่ยนเป็น 1 ช่วง leading edge จะทำให้INTR เปลี่ยนเป็น 1 ด้วยช่วงนี้เองโปรแกรมจะกระโดดไป ISR (Interrupt Service Routine) เพื่อจะได้นำข้อมูลมาที่เอาท์พุทพอร์ต

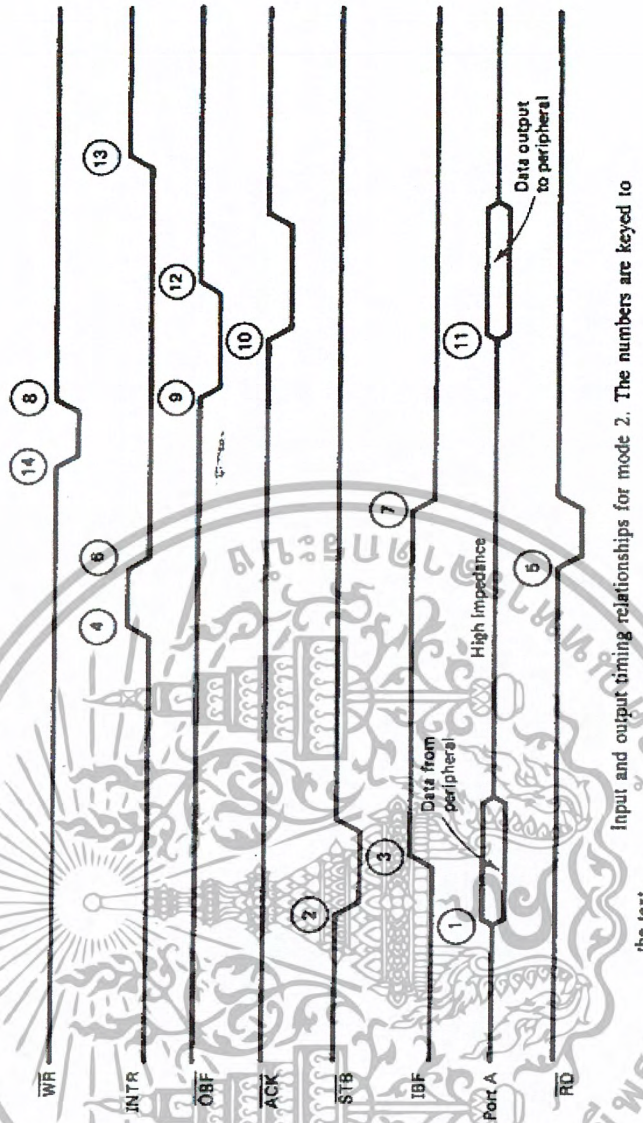
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมด 2 ใช้พอร์ท A รับส่งข้อมูลแบบบัส 2 ทิศทาง พอร์ท B เป็นไอโอพอร์ท และ พอร์ท C ใช้สำหรับส่งสัญญาณตรวจสอบความพร้อมมีตาราง Control Word และผังเวลาดังภาพที่ 2.66



ภาพที่ 2.65แสดง Control Word ของโหมดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.66 แสดงผังเวลาของ 8255(โหมด 2)

บทที่ 3
การออกแบบและการสร้าง

บทนี้จะกล่าวถึงการทำเครื่องคั่วข้าวโพดอบเนยน้ำตาลอัตโนมัติว่ามีวิธีการออกแบบและการสร้าง จากอะไรและพัฒนาการสร้างอย่างไร

3.1 หลักการในการออกแบบเครื่องคั่วข้าวโพดอบเนยน้ำตาล อัตโนมัติ

3.1.1 ส่วนประกอบของการทำข้าวโพดคั่วอบเนยน้ำตาลอัตโนมัติ

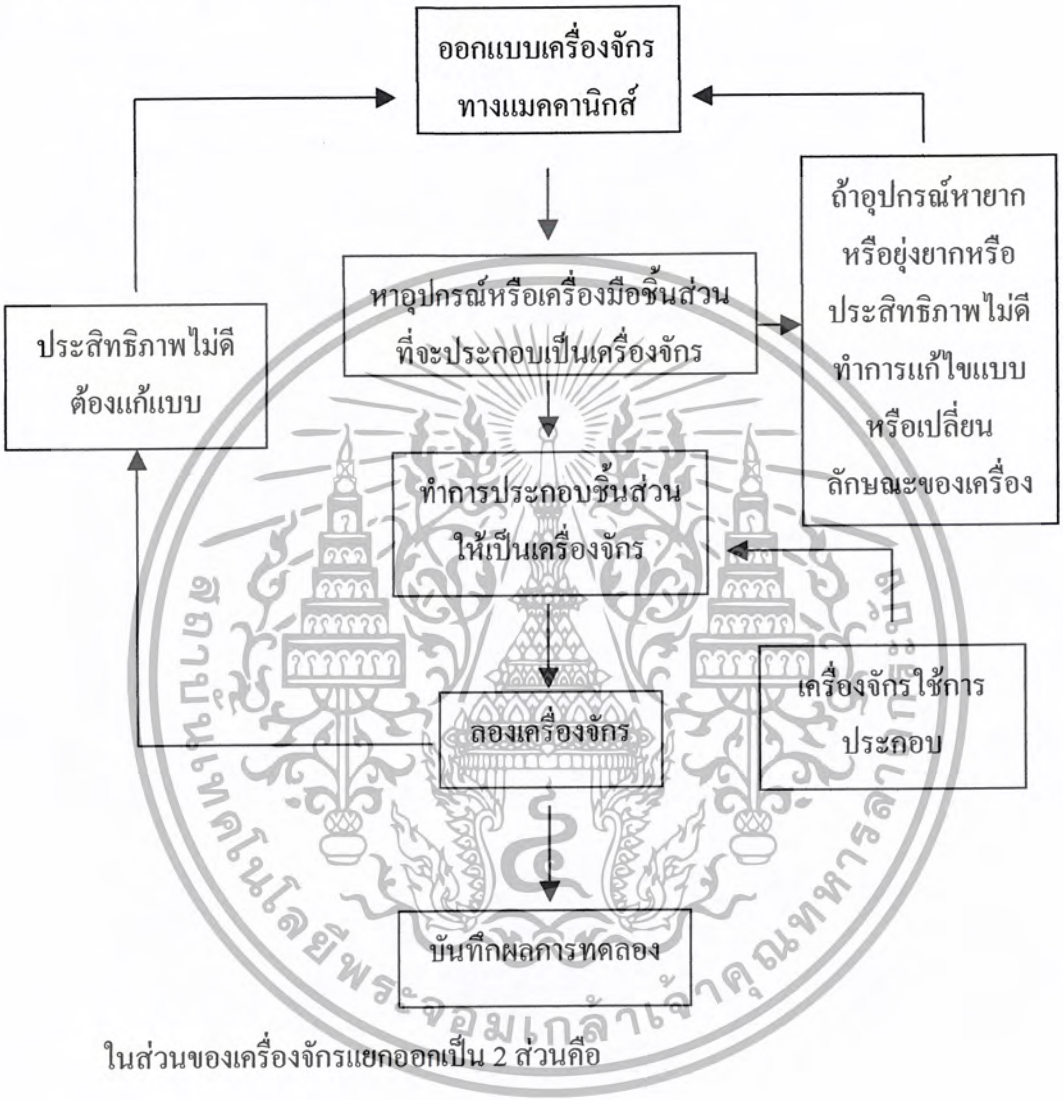
ข้าวโพดคั่ว	35.00 %
น้ำตาล	50.70 %
น้ำมัน + เนย	11.50 %
เกลือ	2.00 %

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 แนวคิดในการออกแบบ

เราจะแบ่ง การออกแบบ ได้ส่วนคือส่วนที่เป็น แมคคานิกส์ในการเคลื่อนที่ของเครื่องและวงจรการทำงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ นักศึกษาได้วางระบบเป็น Flowchart ขั้นตอนการออกแบบและปรับปรุงของชิ้นงานที่จะต้องสร้างขึ้นดั้งนี้



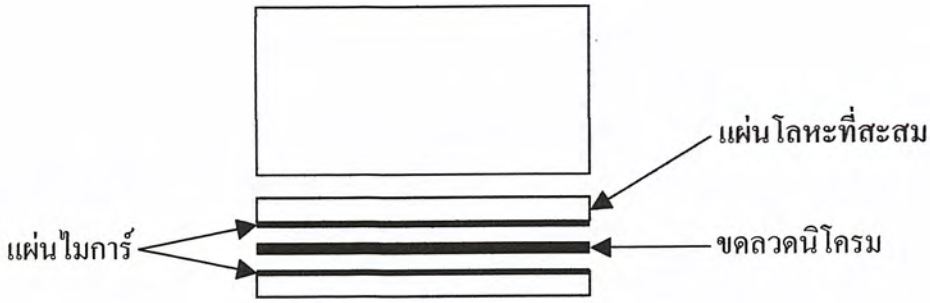
ในส่วนของเครื่องจักรแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ

3.1.2.1 ส่วนของการคั่วข้าวโพด

ส่วนต่างๆของ Heater คั่วข้าวโพดที่ต้องใช้ควบคุมการทำงานหรือเซ็นเซอร์

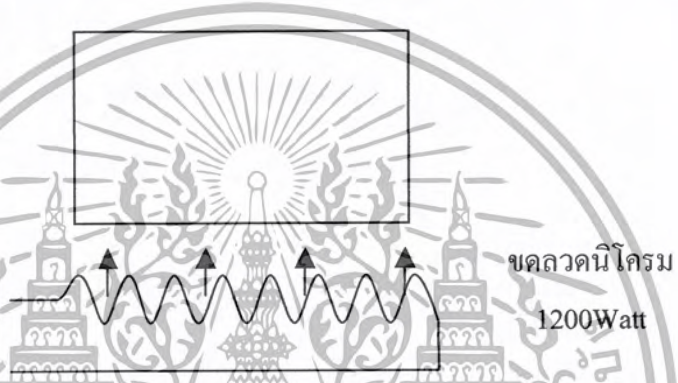
- ออกแบบให้มีการควบคุมอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคับเปิ้ล type J ซึ่งจะให้ผลของการตอบสนองอุณหภูมิต่อแรงดันที่ลิเนียร์
- ออกแบบให้มีการพลิกหม้อคั่วข้าวโพดโดยใช้ Motor
- Heater เลือกใช้จำพวกสัมผัสโดยตรงกับหม้อคั่ว หรือ การส่งความร้อนทางอ้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 Heaterให้ความร้อนให้ความร้อนโดยตรง

Heater ส่งความร้อนทางอ้อมหรือใช้ให้ความร้อน โดยการแผ่รังสีผ่านอากาศ



ภาพที่ 3.2 Heaterให้ความร้อนให้ความร้อนโดยอ้อม

- ออกแบบให้มีใบกวนวัตถุดิบในหม้อคั่วเพื่อกระจายอุณหภูมิให้ทั่วทั้งหม้อ
- ออกแบบให้มีการใช้สแตนเลสในส่วนที่สัมผัสกับอาหาร

3.1.2.1 ส่วนของไซโล

- ส่วนที่เป็นวัตถุดิบของแข็ง (ข้าวโพด,เกลือ,น้ำตาล)ออกแบบให้มีลักษณะลาดเอียงเพื่อให้ไหลลงท่อ

- ส่วนวัตถุดิบที่เป็นเนยแปลสภาพจากของแข็งเป็นของเหลวได้ง่าย แต่ในสภาวะอุณหภูมิห้องปกติแล้วเนยจะจับตัวเป็นของแข็งยากต่อการลำเลียงสู่หม้อคั่ว จึงต้องมีการทำให้เป็นของเหลวก่อนโดยใช้ Heater จากนั้นใช้ปั๊มดูดเพื่อลำเลียงเข้าสู่หม้อคั่ว

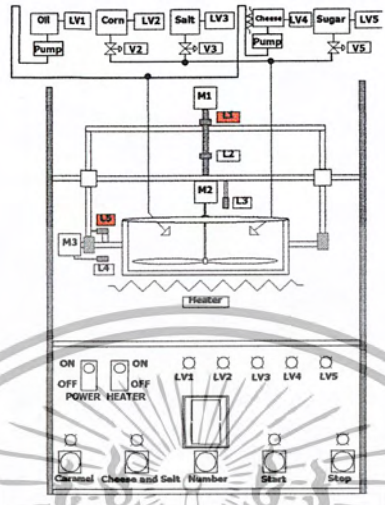
- ในส่วนของน้ำมันมีลักษณะเป็นของเหลว จึงสามารถใช้ปั๊มดูดเข้าหม้อคั่วได้เลย

หมายเหตุ แนวคิดนี้ยังไม่สามารถสรุปได้ถึงประสิทธิภาพที่เกิดขึ้น จะต้องทำการออกแบบ สร้างและทดลอง เพื่อจะทราบถึงปัญหาและแนวทางในการแก้ไขต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

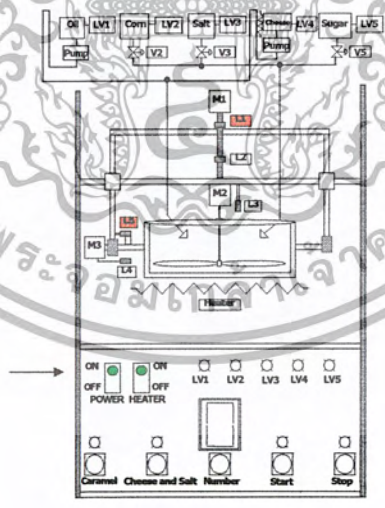
3.1.3 กระบวนการทำงานของเครื่องคั่วข้าวโพดอบเนยน้ำตาลอัตโนมัติ

ขั้นตอนในการทำงานของเครื่องคั่วข้าวโพดอบเนยน้ำตาลอัตโนมัติก่อนการทำงานเครื่องจะอยู่ในลักษณะดั้งภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ก่อนการทำงานเครื่อง

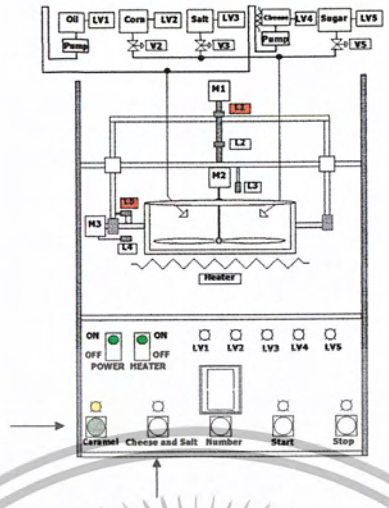
ขั้นตอนที่ 1 กด Switch Power และ Heater มาที่ตำแหน่ง ON ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 กด Switch Power และ Heater

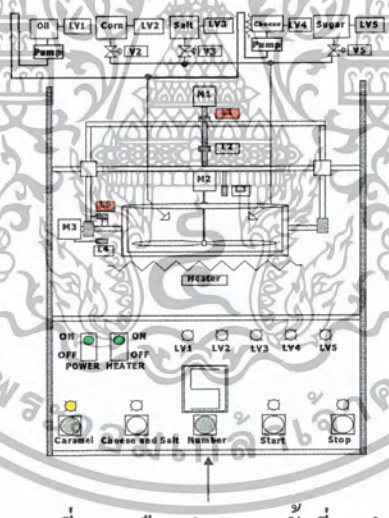
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2) กด SW เลือกว่าจะทำแบบ Caramel หรือ Cheese and Saltดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 ทำแบบ Caramel หรือ Cheese and Salt

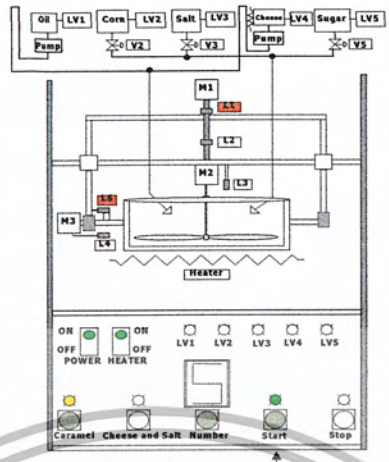
ขั้นตอนที่ 3) กด SW เลือกจำนวนครั้งที่จะทำ



ภาพที่ 3.6 เลือกจำนวนครั้งที่จะทำ

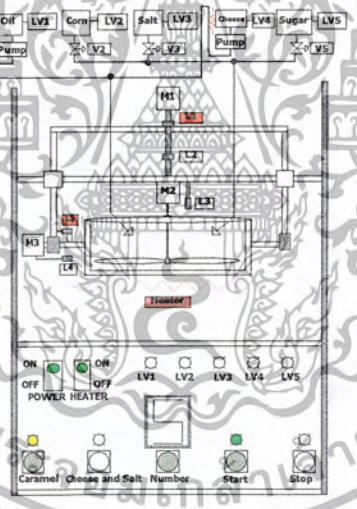
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4) กด SW Start เครื่องจะเริ่มทำงานตามขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 3.7 Start เครื่อง

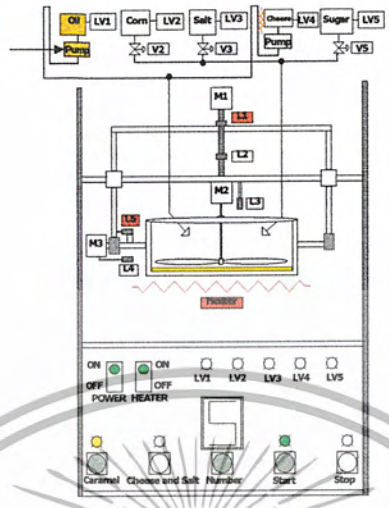
ขั้นตอนที่ 4.1) ฮีทเตอร์ทำงานจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด



ภาพที่ 3.8 ฮีทเตอร์ทำงาน

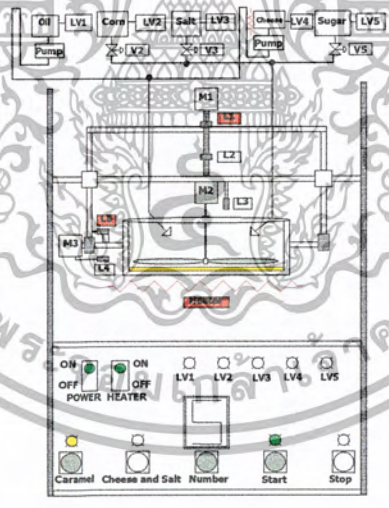
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4.2) V1ทำงานปล่อยน้ำมันปริมาณที่กำหนดลงในหม้อให้ความร้อนจนถึงเวลาที่กำหนด



ภาพที่ 3.9 ปล่อยน้ำมันในปริมาณที่กำหนด

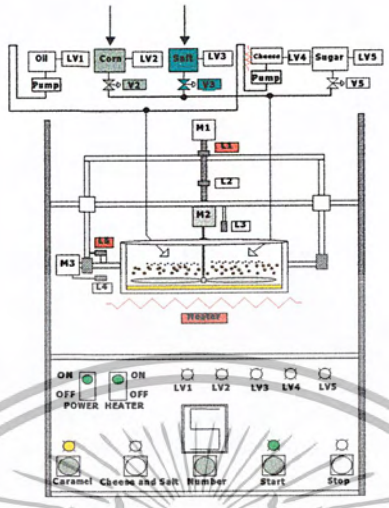
ขั้นตอนที่ 4.3) M2 หมุนเพื่อกวนวัตถุดิบภายในหม้อ



ภาพที่ 3.10 M2 หมุนเพื่อกวนวัตถุดิบ

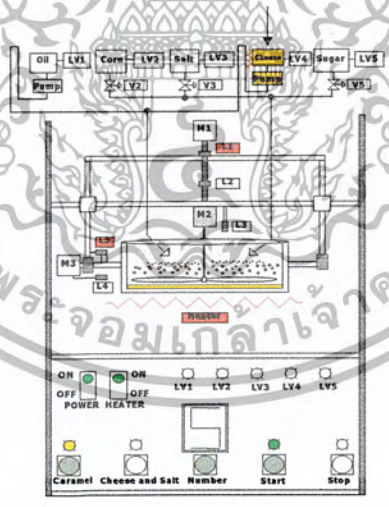
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4.4) V2 และ V3 ปล่อยข้าวโพดและเกลือปริมาณที่กำหนดลงในหม้อให้ความร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิในเวลาที่กำหนด



ภาพที่ 3.11 V2 และ V3 ปล่อยข้าวโพดและเกลือ

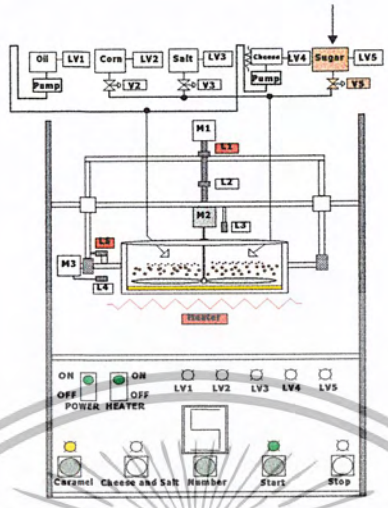
ขั้นตอนที่ 4.5) V4 ปล่อยเนยปริมาณที่กำหนดลงในหม้อให้ความร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิในเวลาที่กำหนด



ภาพที่ 3.12 V4 ปล่อยเนยปริมาณที่กำหนด

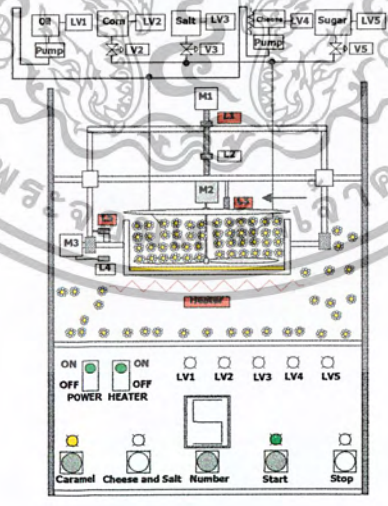
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4.6) V5 ปล่อยน้ำตาลปริมาณที่กำหนดลงในหม้อ แล้วรอจนกว่าข้าวโพดจะแตก



ภาพที่ 3.13 V5 ปล่อยน้ำตาลปริมาณที่กำหนด

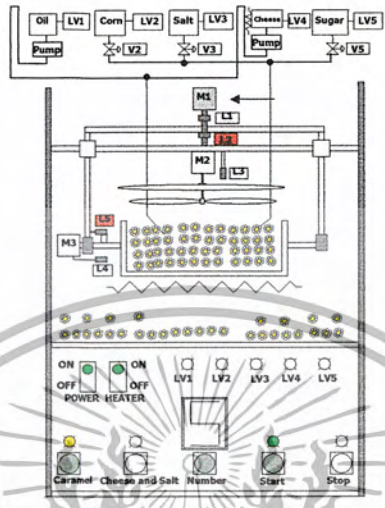
ขั้นตอนที่ 4.7) เมื่อข้าวโพดในหม้อแตกปริมาตรจะมากขึ้นใบกวนจะกวนทำให้ข้าวโพดคุกเคล้ากับเนยน้ำตาลจนทั่วและจะดันฝาหม้อไปชน L3 L3จะทำงานและข้าวโพดจะตกลงไปในถังพัก



ภาพที่ 3.14 ใบกวนจะกวนทำให้ข้าวโพดคุกเคล้ากับเนยน้ำตาล

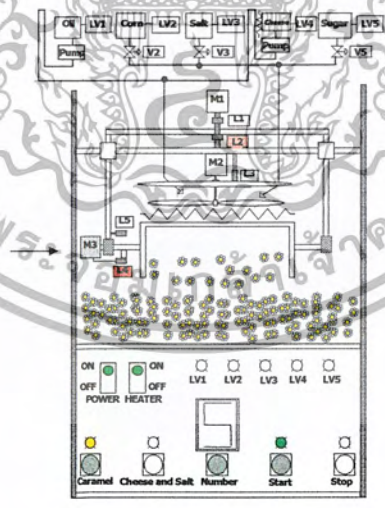
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4.8) เมื่อL3 หยุดทำงาน หน่วงเวลาค่าหนึ่งเพื่อให้ข้าวโพดในหม้อแตกหมดจริงๆ และจะต้องไม่ทำให้ข้าวโพดไหม้ ฮีทเตอร์จะหยุดทำงานและM1จะหมุนลงจนเกลียวคานเลื่อนไปจนชน L2



ภาพที่ 3.15 L3 หยุดทำงาน

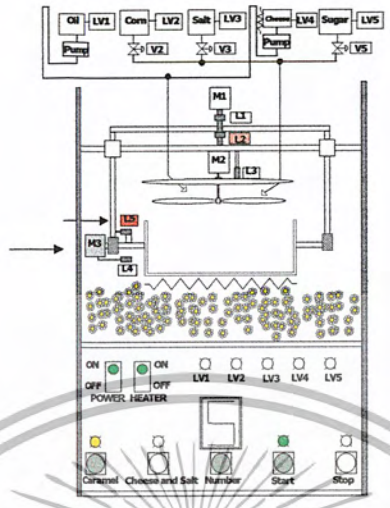
ขั้นตอนที่4.9) M3 จะหมุนลง(ทวนเข็ม)จนไปชน L4 ข้าวโพดก็จะเทลงในถังพัก



ภาพที่ 3.16 M3 จะหมุนลง(ทวนเข็ม)

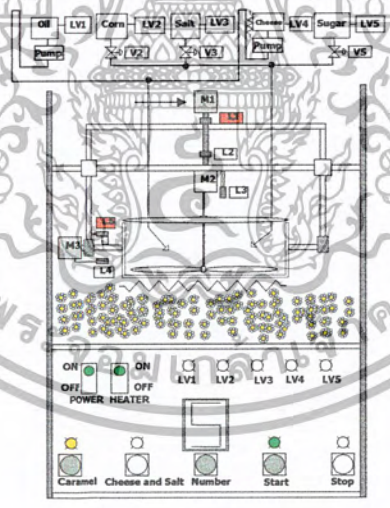
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่4.10) จากนั้น M3 จะหมุนขึ้น(ตามเข็ม)ไปจนชน L5



ภาพที่ 3.17 M3 จะหมุนขึ้น(ตามเข็ม)

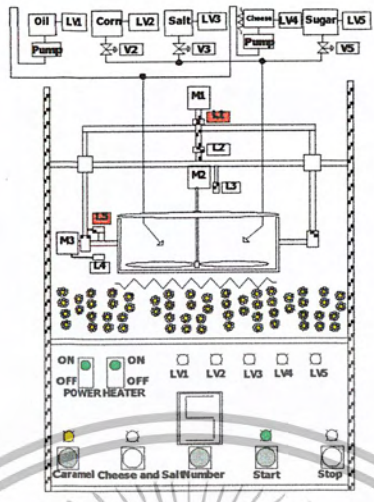
ขั้นตอนที่4.11) M1 จะหมุนจนเกลียวคานเลื่อนไปชน L1



ภาพที่ 3.18 M1 จะหมุนจนเกลียวคานเลื่อนไปชน L1

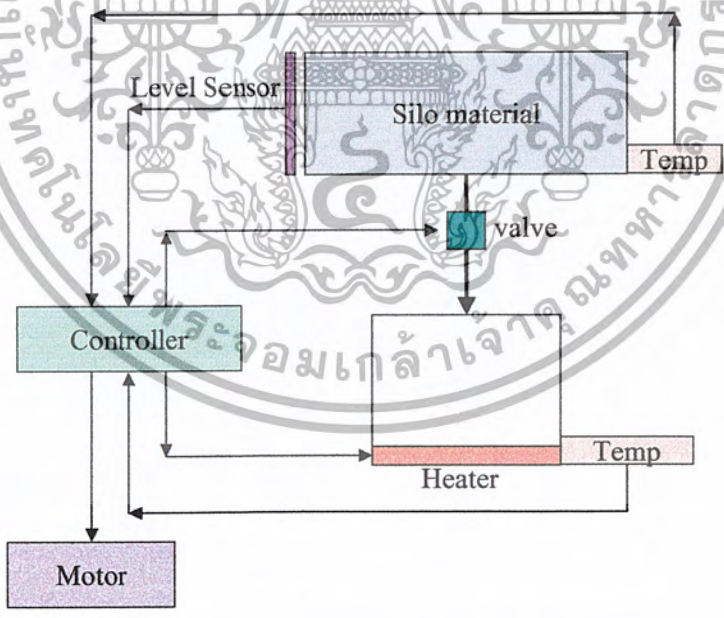
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4.12) ระบบพร้อมจะทำงานในครั้งต่อไป



ภาพที่ 3.19 ระบบพร้อมจะทำงานในครั้งต่อไป

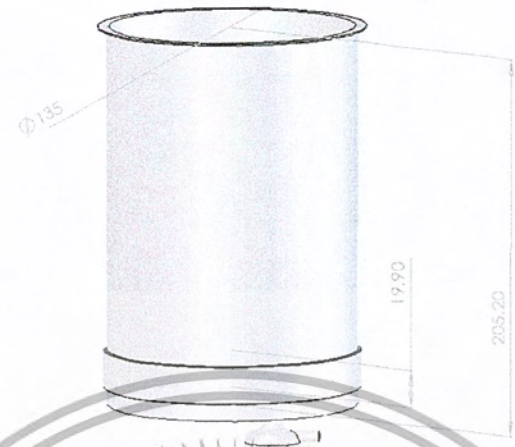
3.2 การออกแบบส่วนของเครื่องจักรอัตโนมัติ



ภาพที่ 3.20 ออกแบบส่วนของเครื่องจักรอัตโนมัติ

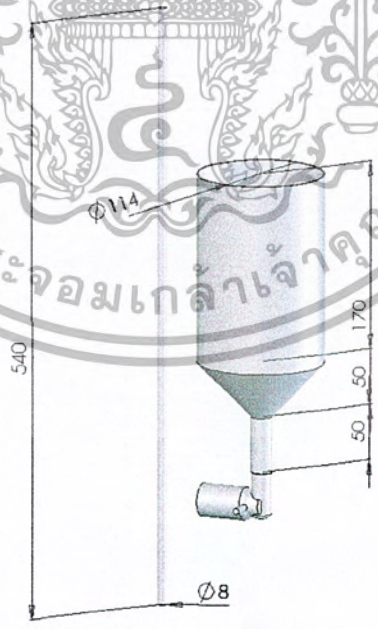
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การออกแบบถังพักเนย



ภาพที่ 3.21 ออกแบบถังพักเนย

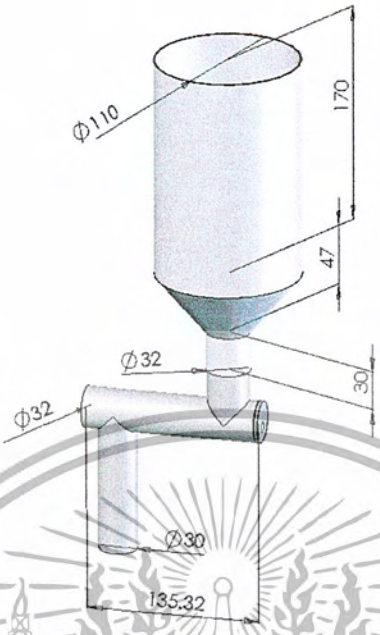
- การออกแบบถังพักน้ำมัน



ภาพที่ 3.22 ออกแบบถังพักน้ำมัน

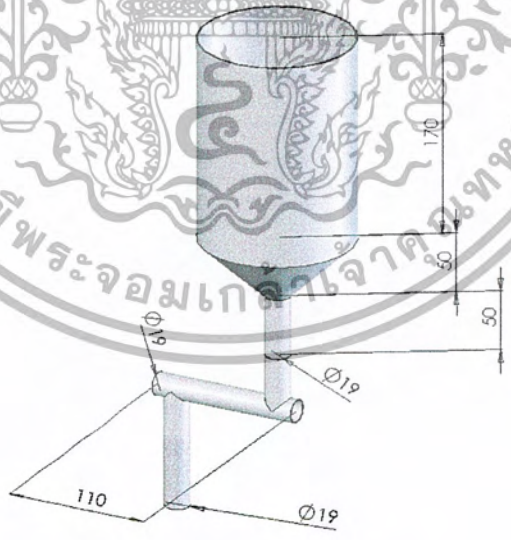
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การออกแบบถังพักข้าวโพด



ภาพที่ 3.23 ออกแบบถังพักข้าวโพด

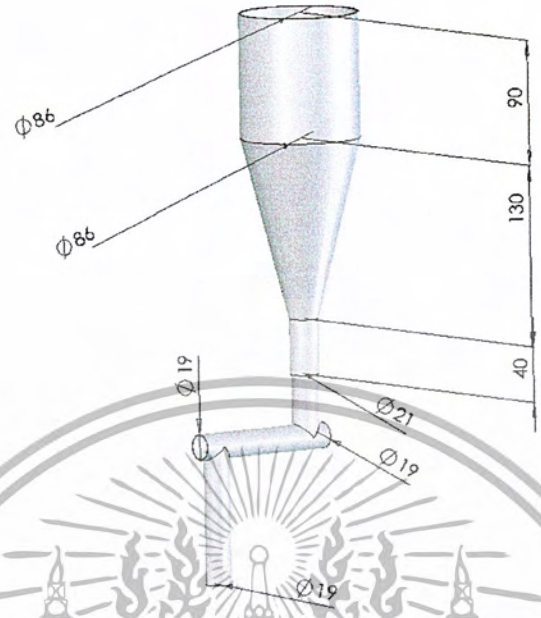
- การออกแบบถังพักน้ำตาล



ภาพที่ 3.24 ออกแบบถังพักน้ำตาล

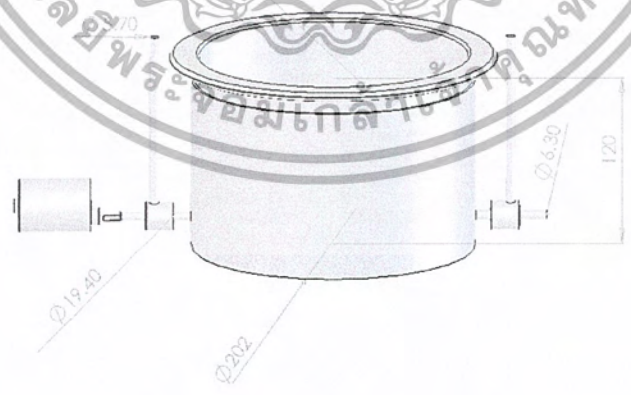
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การออกแบบถังพักเกลือ



ภาพที่ 3.25 ออกแบบถังพักเกลือ

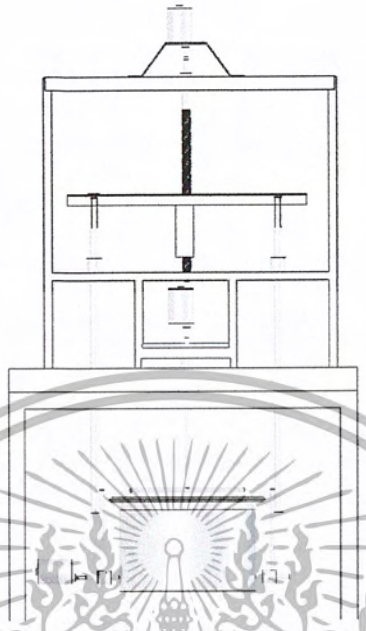
- การออกแบบฮีตเตอร์



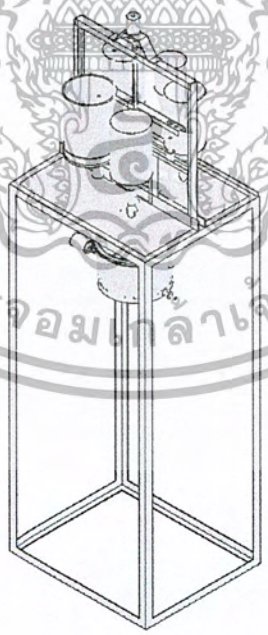
ภาพที่ 3.26 ออกแบบฮีตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การออกแบบแมคคานิกส์การเคลื่อนที่



ภาพที่ 3.27 ออกแบบแมคคานิกส์การเคลื่อนที่



ภาพที่ 3.28 การประกอบส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การสร้างส่วนของเครื่องจักรอัตโนมัติ

- การสร้างถังเนย

ภาพที่ 3.29 การสร้างถังเนย

- การสร้างถังน้ำมัน

ภาพที่ 3.30 การสร้างถังน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การสร้างถังพักข้าวโพด

ภาพที่ 3.31 การสร้างถังพักข้าวโพด

- การสร้างถังพักน้ำตาล

ภาพที่ 3.32 การสร้างถังพักน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การสร้างถังพักเกลือ

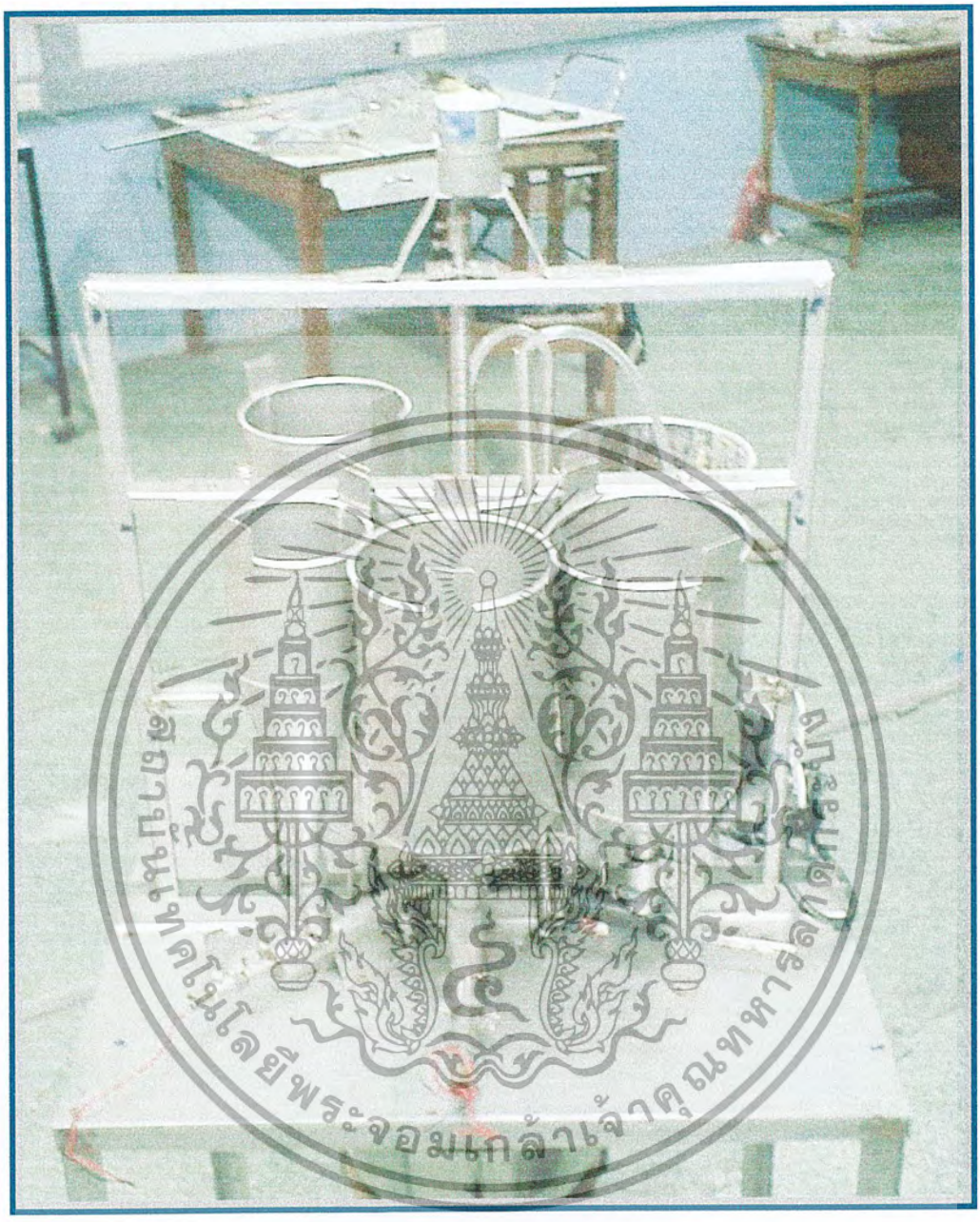
ภาพที่ 3.33 การสร้างถังพักเกลือ

- การสร้างฮีตเตอร์

ภาพที่ 3.34 การสร้างฮีตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องที่ประกอบเสร็จ



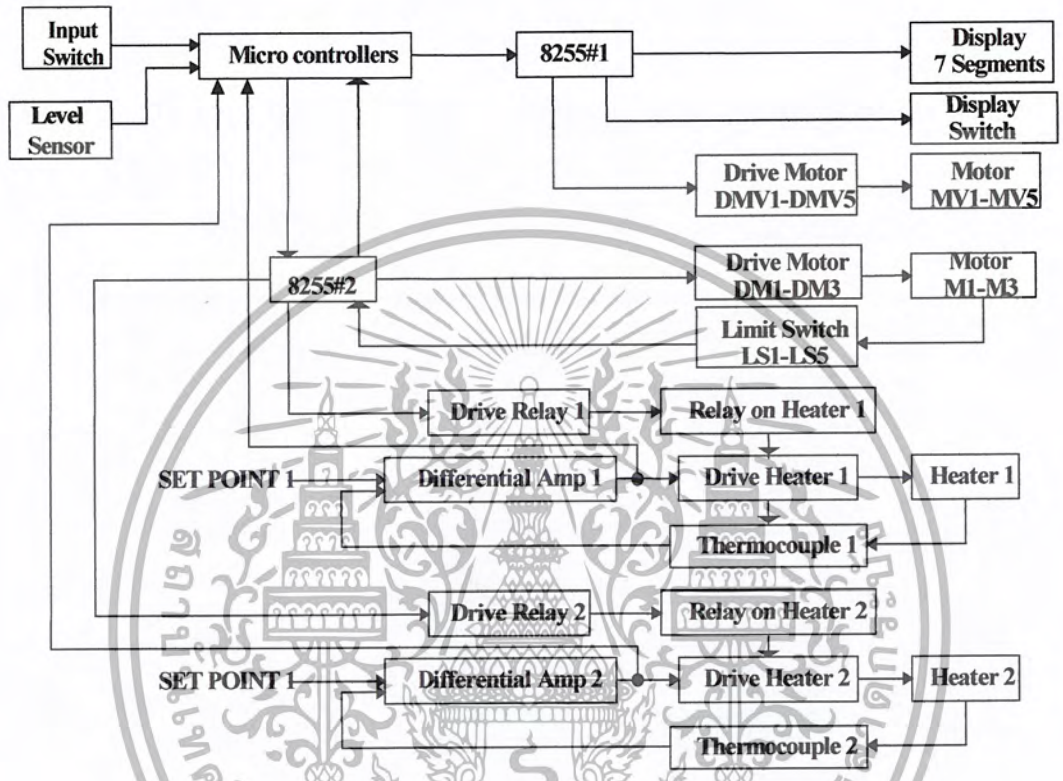
ภาพที่ 3.35 เครื่องที่ประกอบเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบวงจรควบคุมซีเคว้นการทำงานและอุณหภูมิ

3.4.1บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ

จากภาพที่ 3.36 ระบบประกอบด้วยส่วนประกอบ 4 ส่วนคือ



ภาพที่ 3.36 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ

3.4.1.1 ส่วนอินพุทจะประกอบด้วย

- Input Switch ทำหน้าที่รับการสั่งงานต่างๆผ่านทางแป้นหน้าปัดแล้วส่งไปให้คอนโทรลเลอร์

- Level Sensor ทำหน้าที่ตรวจวัดระดับของวัตถุดิบแล้วส่งไปให้คอลโทรลเลอร์ทำการประมวลผล

3.4.1.2 ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

ทำหน้าที่รับอินพุทที่มาจากส่วนต่าง ๆ ของระบบมาประมวลผลและส่งสัญญาณที่ประมวลผลได้ไปควบคุมเอาท์พุทของระบบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.3 ส่วนของการขยายพอร์ต

จะมี IC เบอร์ 8255, IC latch, IC Decoder ทำหน้าที่ขยายเอาท์พุทของระบบให้เพียงพอกับการใช้งาน

3.4.1.4 ส่วนของภาคขับและเอาท์พุท

ส่วนของภาคขับและเอาท์พุทประกอบด้วย

- ภาคขับ จะมีภาคขับมอเตอร์ , ภาคขับ Heater 1 ของหม้อเนย , ภาคขับ Heater 2 ของหม้อคั่ว ทำหน้าที่รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาขับอุปกรณ์เอาท์พุท

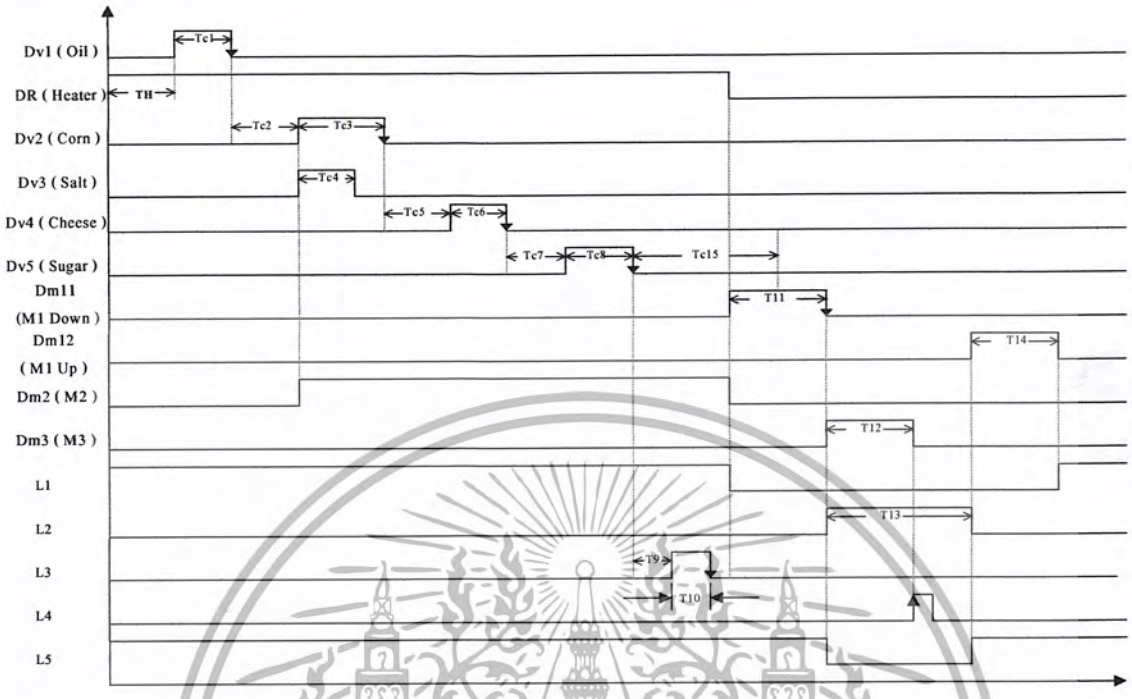
- เอาท์พุท มีมอเตอร์ MV1 – MV8 , Heater 1 และ Heater 2 ทำหน้าที่ขับเคลื่อนและให้ความร้อนกับเครื่อง

การทำงานของระบบ

เลือกการทำงานผ่านทาง Input Switch จะรับค่ามาประมวลผลโดยแสดงค่าการกดสวิทช์ , จำนวนครั้งการทำผ่านส่วนขยายพอร์ตแสดงผลที่ Display Switch, Display 7 segment ตามลำดับ จากนั้นเมื่อสั่งให้เครื่องเริ่มทำงาน คอนโทรลเลอร์จะสั่งเปิดอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านทาง IC ขยายพอร์ตโดยเปิดวาว์ลวัตถุดิบที่มอเตอร์ MV1 – MV5 ผ่านทางภาค Driver Motor DMV1 – DMV5 สั่งให้หมุนใบกวน , เครื่องที่หม้อขึ้น – ลง , พลิกหม้อที่มอเตอร์ M1 – M3 ผ่านทางภาค Driver Motor DM1 – DM3 ตรวจจับตำแหน่งโดยใช้ Limit Switch Ls1 – Ls5 สั่ง Heater หม้อเนย,หม้อคั่วให้ทำงานที่ Heater 1 ,Heater 2 ผ่านทางภาค Driver Heater 1 ,Heater 2 ควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ Thermocouple เป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 Timing Diagram ของระบบ



ภาพที่ 3.37 Timing Diagram ของระบบ

ความหมายของค่าเวลาใน Timing Diagram

TH คือ ค่าเวลาให้ความร้อนของ Heater จนถึงอุณหภูมิที่กำหนด

Tc1 คือ ค่าเวลาในการปล่อยน้ำมัน

Tc2 คือ ค่าเวลาในการอุ่นน้ำมันในเวลาที่กำหนด

Tc3 คือ ค่าเวลาในการปล่อยข้าวโพด

Tc4 คือ ค่าเวลาในการปล่อยเกลือ

Tc6 คือ ค่าเวลาในการปล่อยเนย

Tc7 คือ ค่าเวลาในการให้ความร้อน ข้าวโพด เกลือ น้ำมัน

Tc8 คือ ค่าเวลาในการปล่อยน้ำตาล

T9 คือ ค่าเวลาในการแตกของข้าวโพดแล้วดันฝาหม้อไปจนถึง L3

T10 คือ ค่าเวลาที่ฝาหม้อโดน L3 แล้วกลับมาที่ตำแหน่งเดิม

T11 คือ ค่าเวลาที่ M1 ทำงานจนเกลียวคานไปจนถึง L2

T12 คือ ค่าเวลาที่ M3 ทำงานจนไปโดน L4

T13 คือ ค่าเวลาที่เกลียวคานโดน L2

T14 คือ ค่าเวลาที่ M1 ทำงานจนเกลียวคานไปถึง L1

T15 คือ ค่าเวลาในการควบคุมระบบว่า ถ้าเลยเวลานี้ แล้ว L3 ไม่ทำงานให้ข้ามไปทำที่ Dm11 เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

เนื่องจากอุปกรณ์อินพุท / เอาท์พุทที่ใช้งานมีจำนวนมาก Port ของ mcs – 51 ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน จึงต้องทำการขยาย Port เพิ่มเติม โดยใช้ IC4 , IC5 (8255) เป็น ICที่ใช้ในการขยาย Port IC2 (74LS138) เป็น IC ในการ Latch นำสัญญาณ และIC3 (74LS138)เป็น IC ถอดรหัส เข้าช่วยในการขยาย Port IC6 (74LS47) เป็น IC ถอดรหัส BCD to7 Segmentและ IC7 (74LS573) เป็น IC ที่ใช้ขับ LED และ BZ แสดงในภาพที่ 3.38 วงจรการเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรเลอร์

3.4.4 วงจรขับและควบคุมอุณหภูมิถังเนย

จะประกอบด้วยส่วนให้ความร้อนและส่วนควบคุมอุณหภูมิ ส่วนให้ความร้อนประกอบด้วย Q5 เป็น Triac ทำหน้าที่รับสัญญาณที่ทริกจาก Q1 แล้วขับ Heater1 เพื่อให้ความร้อนกับหม้อเนย Q1,Q2, Q3, Q4, R11, R12, R13, R14, R15, R16 เป็นส่วนของวงจรจับการตัดศูนย์ ซึ่งจะลดผลของการเกิดสัญญาณรบกวน IC12 เป็น IC เชื่อมโยงทางแสง ระหว่าง ภาคขับ Heater และภาคตรวจจับอุณหภูมิ ภาคตรวจจับอุณหภูมิประกอบด้วย Thermocouple เป็น sen sor วัดอุณหภูมิ IC9, IC10, IC11, ต่อร่วมกับ R เพื่อเป็นวงจรขยายผลต่อระหว่างแรงดันจาก VR1 และแรงดันจาก Thermocouple. Q6 เป็นตัวรับสัญญาณจากส่วนควบคุมอุณหภูมิ เพื่อส่งสัญญาณให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ IC8 (ULN2003) รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรเลอร์ เพื่อควบคุมการจ่ายไฟ 220 VAC ให้กับ Heater 1 แสดงในภาพที่ 3.39 วงจรขับและควบคุมอุณหภูมิถังเนย

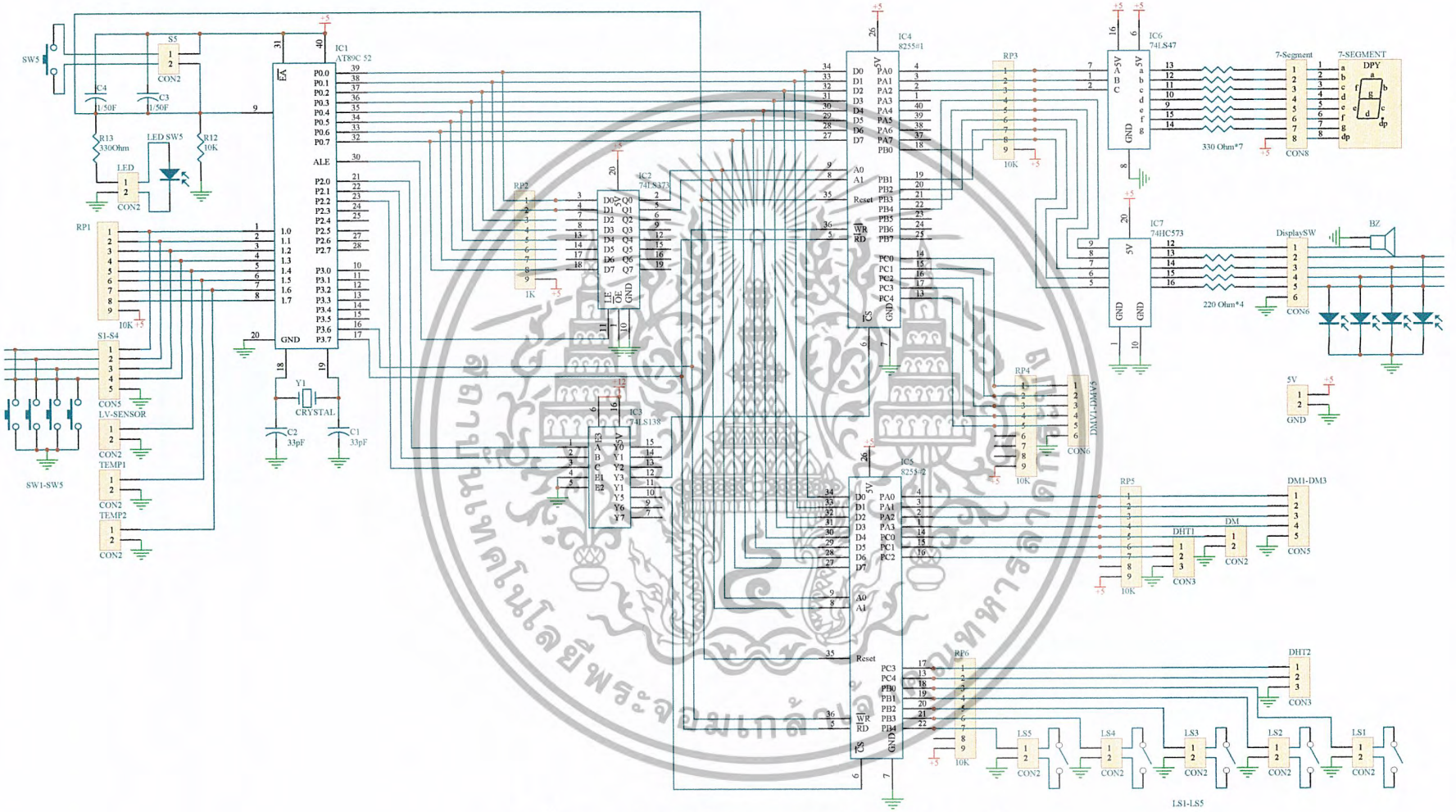
3.4.5 วงจรขับและควบคุมอุณหภูมิหม้อต้ม

จากวงจรมีการทำงานลักษณะเดียวกับวงจรขับและควบคุมถังเนยแสดงในภาพที่ 3.40 วงจรขับและควบคุมอุณหภูมิหม้อต้ม

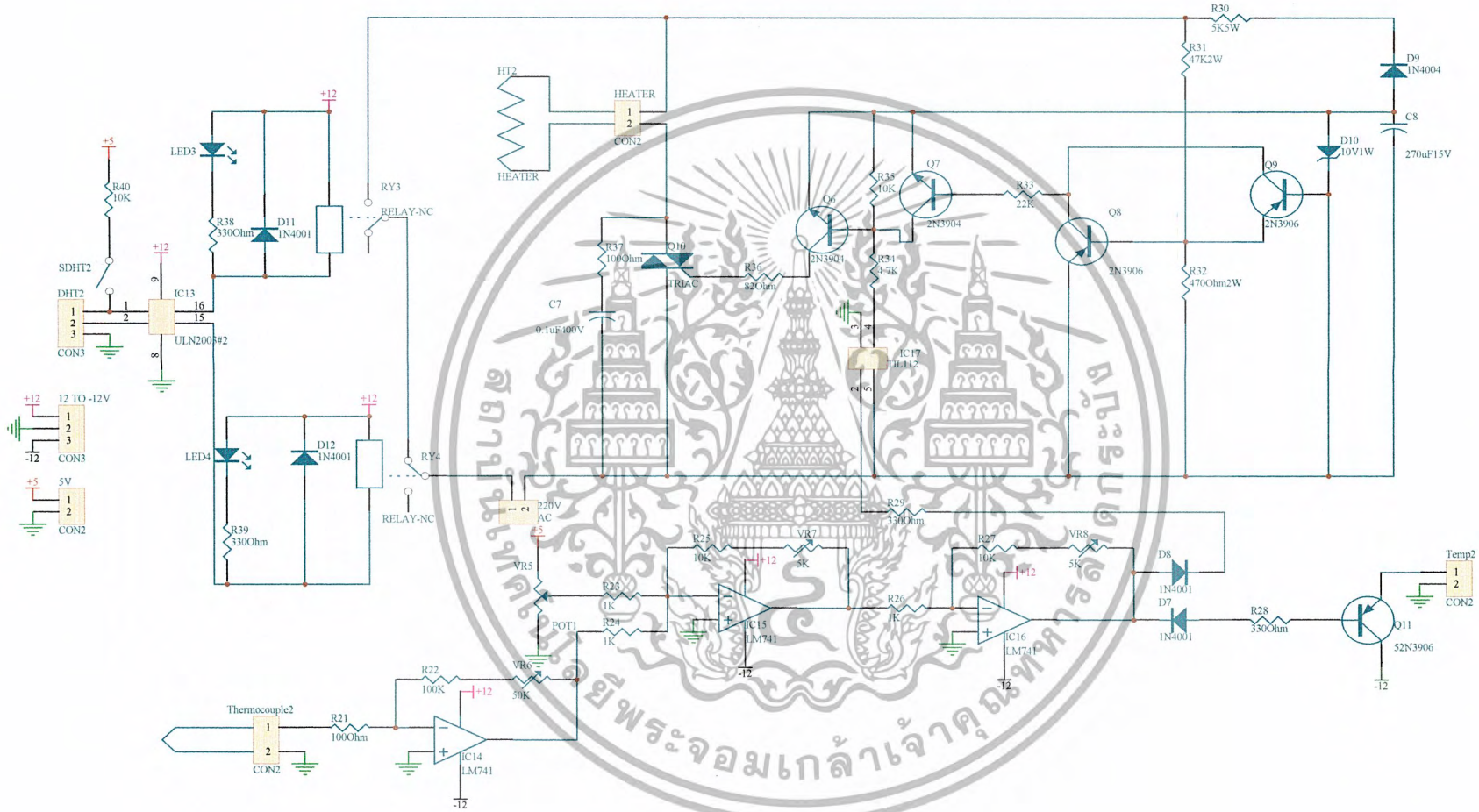
3.4.6 วงจรขับมอเตอร์

IC18, IC19, (ULN2003) ทำหน้าที่รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์และSDMV1-5 , SDM1-3 ในการรับ Relay5 - Relay14 ให้ทำงาน LED5 - LED14 ทำหน้าที่แสดงการทำงานของ RY5 – RY14 D13 – D22 ทำหน้าที่ป้องกันกระแสไหลย้อนกลับเนื่องจากสนามแม่เหล็กจากขดลวด Relay LS6NC ติดตั้งตำแหน่งเดียวกับ LS4 LS7NC ติดตั้งตำแหน่งเดียวกับ LS5 แสดงในภาพที่ 3.41 วงจรขับมอเตอร์

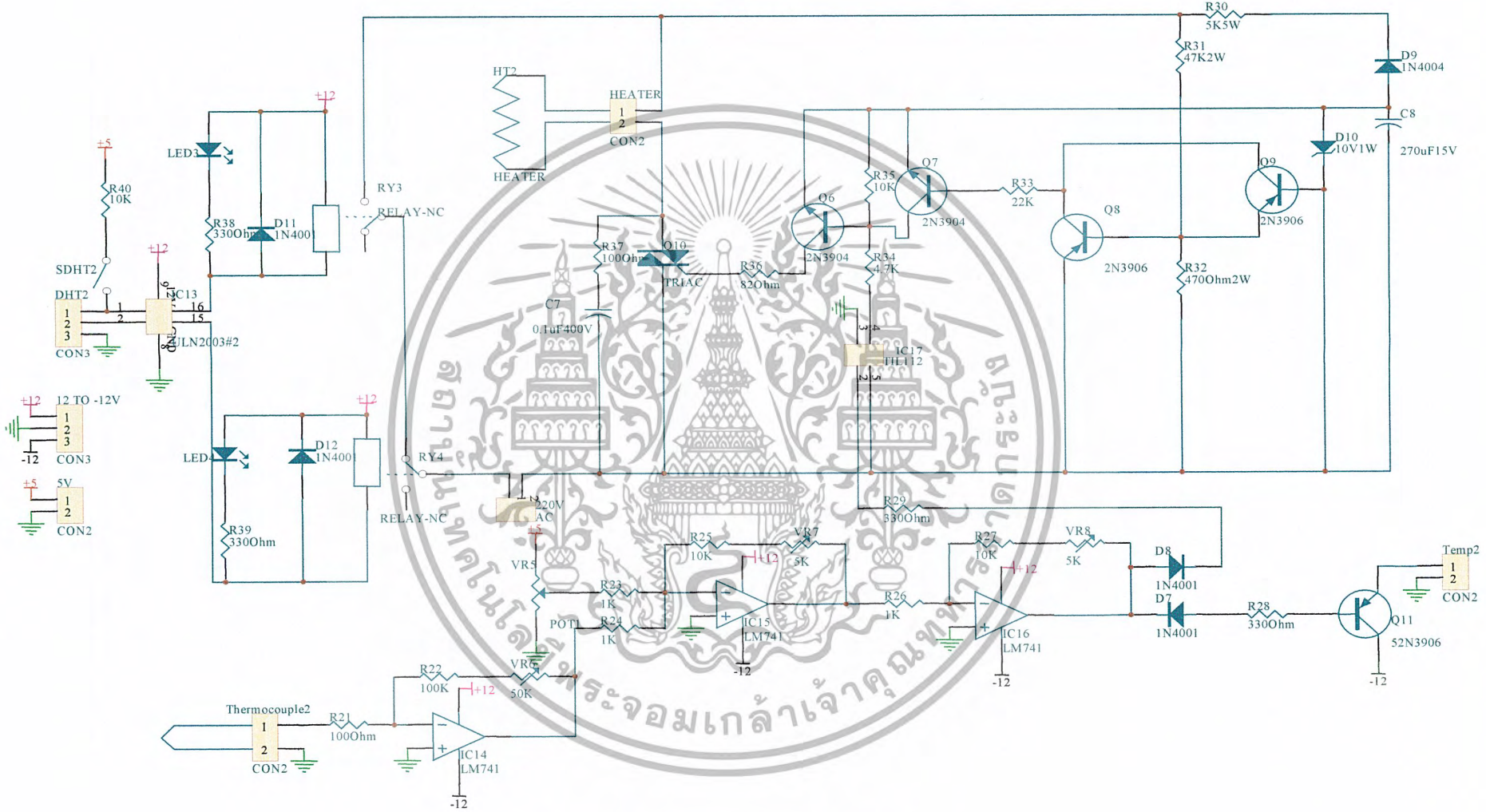
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



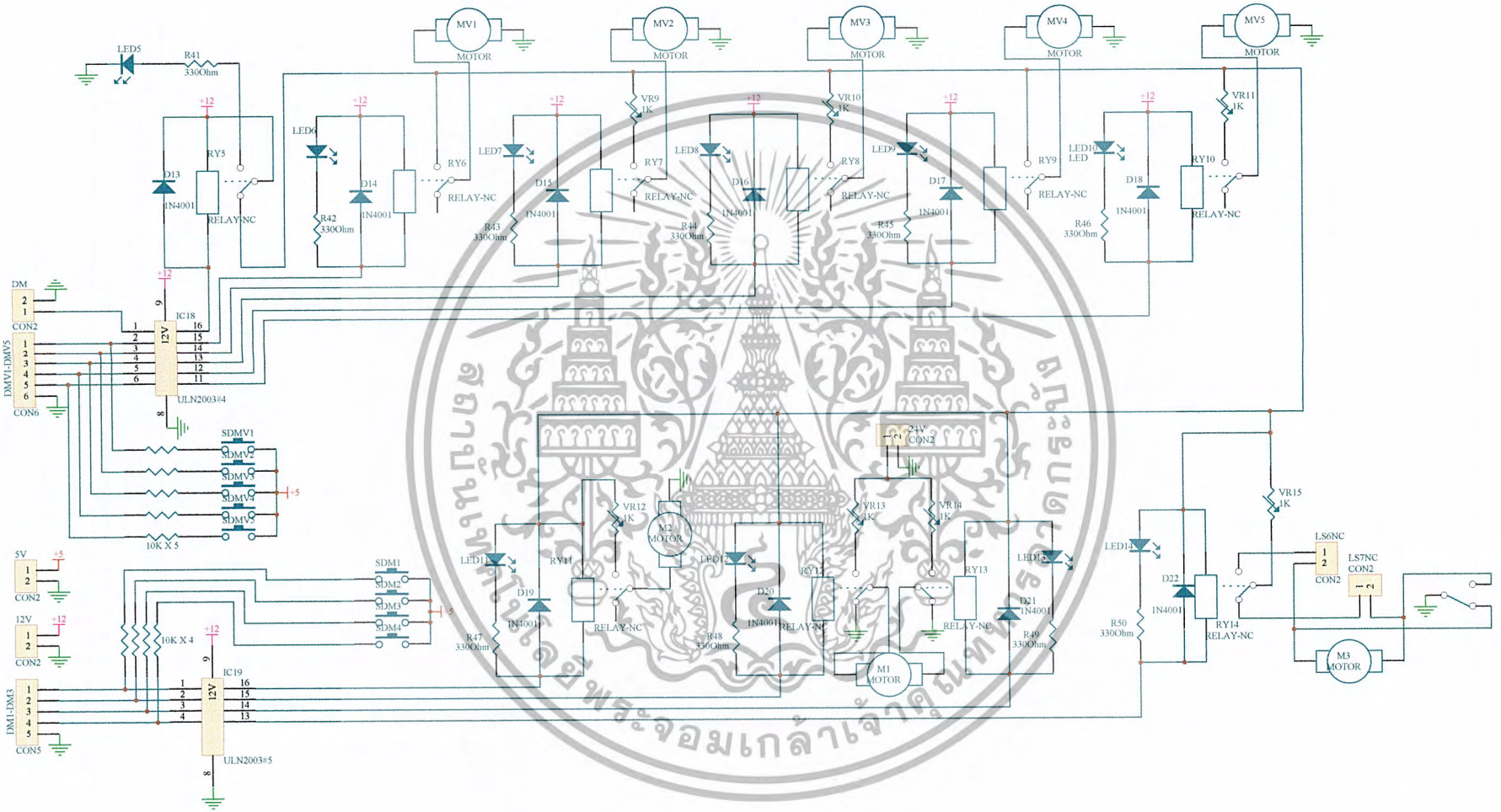
ภาพที่ 3.38 วงจรการเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรเลอร์



ภาพที่ 3.39 วงจรขับและควบคุมอุณหภูมิถังเนย



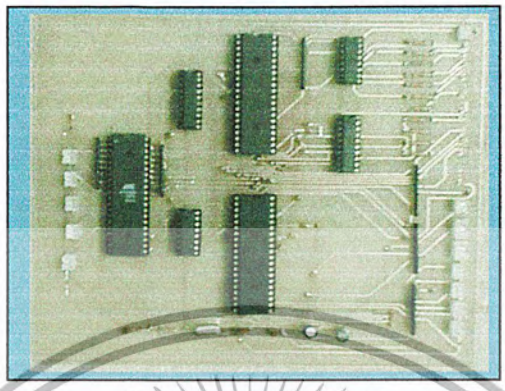
ภาพที่ 3.40 วงจรขับและควบคุมอุณหภูมิหม้อคั่ว



ภาพที่ 3.41 วงจรขับมอเตอร์

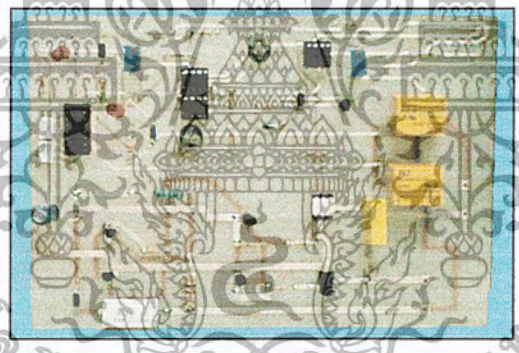
3.5 การสร้างวงจรควบคุมซีเควันการทำงานและอุณหภูมิ

3.5.1 บอร์ดวงจรส่วนของไมโครคอนโทรเลอร์



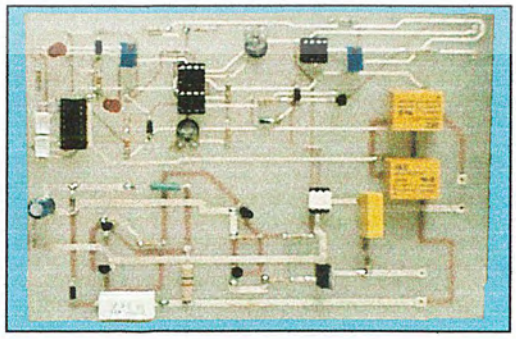
ภาพที่ 3.42 บอร์ดวงจรการเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรเลอร์

3.5.2 บอร์ดวงจรขับและควบคุมอุณหภูมิถังเนย



ภาพที่ 3.43 บอร์ดวงจรขับและควบคุมอุณหภูมิถังเนย

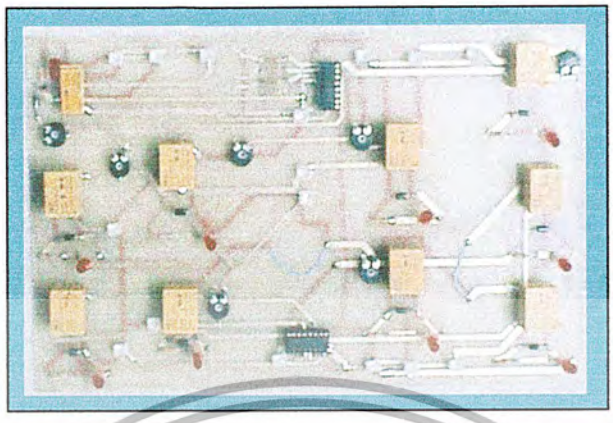
3.5.3 บอร์ดวงจรขับและควบคุมอุณหภูมิหม้อคั่ว



ภาพที่ 3.44 บอร์ดวงจรขับและควบคุมอุณหภูมิหม้อคั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

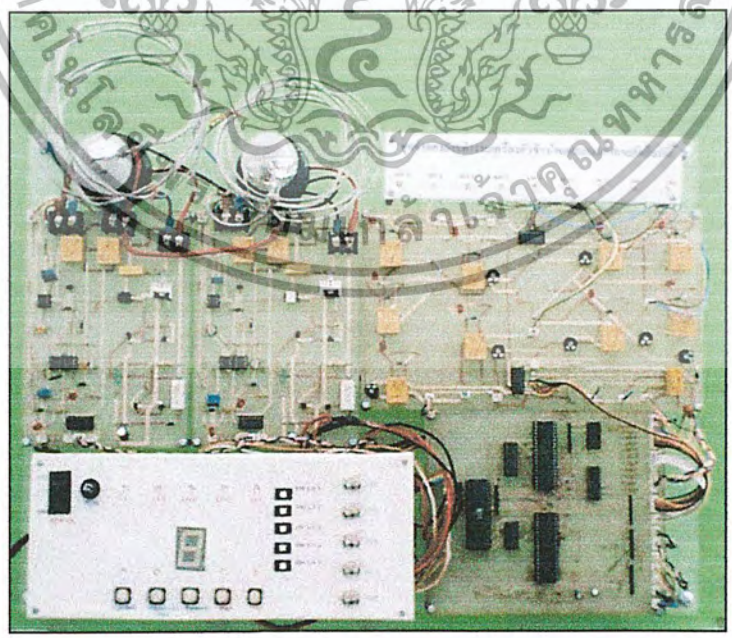
3.5.4 บอร์ดวงจรขับมอเตอร์



ภาพที่ 3.45 บอร์ดวงจรขับมอเตอร์

3.5.5 บอร์ดจำลองการทำงานเครื่องคั่วข้าวโพดอบเนยน้ำตาลอัตโนมัติ

บอร์ดนี้จะเป็นการนำเอาบอร์ดในส่วนต่างๆมาประกอบกันเพื่อจะทดลองการทำงานของระบบ เนื่องจากเครื่องต้องพัฒนาต่อไปจึงไม่ได้ทำการติดตั้งบอร์ดควบคุมประกอบกับเครื่อง แต่ทำการจำลองการทำงานโดยสั่งงานผ่านทางสวิตช์หน้าปัดโดยการตรวจวัดระดับจะใช้สวิตช์ SW Lv1 – SW Lv 5 เป็นสวิตช์จำลองการวัดระดับโดยแสดงผลทาง Lv1 – Lv5 ดังภาพที่ 3.46



ภาพที่ 3.46 บอร์ดจำลองการทำงานเครื่องคั่วข้าวโพดอบเนยน้ำตาลอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.6 โปรแกรมการทำงานของระบบ

```
PA_1    EQU 0FB00H
PB_1    EQU 0FB01H
PC_1    EQU 0FB02H
PCON_1          EQU 0FB03H
PA_2    EQU 0FC00H
PB_2    EQU 0FC01H
PC_2    EQU 0FC02H
PCON_2          EQU 0FC03H
ORG     8000H
MOV     A,#80H
MOV     DPTR,#PCON_1
MOVX  @DPTR,A
MOV     A,#82H
MOV     DPTR,#PCON_1
MOVX  @DPTR,A
S1_CARAMEL:  JB P1.0,S2_CHEESEANDSALT          ;P1.0=0 yes or no
ACALL   DELAY_10mS                             ;DELAY_10mS
JB    P1.0,S2_CHEESEANDSALT                    ;P1.0=0 yes or no
MOV R1,#00000001B                              ;R1=00000001B
MOV A,R1
MOV DPTR,#PB_1
MOVX    @DPTR,A                                ;PB_1=R1
JNB         P1.0,$                             ;P1.0=1 yes or no
AJMP      S1_CARAMEL                           ;TO S1_CARAMEL
;.....
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
S2_CHEESEANDSALT:  JB    P1.1,S3_NUMBER      ;P1.1=0 yes or no
ACALL  DELAY_10mS                            ;DELAY_10mS
JB         P1.1,S3_NUMBER                    ;P1.1=0 yes or no
MOV   R1,#00000010B                          ;R1=000000010B
MOV   A,R1
MOV   DPTR,#PB_1
MOVX   @DPTR,A                               ;PB_1=R1
JNB        P1.1,$                            ;P1.1=1 yes or no
AJMP  S1_CARAMEL                             ;TO S1_CARAMEL
;.....

S3_NUMBER: JB    P1.2,S4_START               ;P1.2=0 yes or no
ACALL  DELAY_10mS                            ;DELAY_10mS
JB    P1.2,S4_START                          ;P1.2=0 yes or no
INC  R2                                      ;R2=R2+1
CJNE   A,#05H,Display_7_segment              ;R2=5 yes or no
MOV R2,00H                                   ;R2=00H
Display_7_segment: MOV  A,R2
MOV  DPTR,#PA_1
MOVX @DPTR,A                                 ;Display 7 segment Number
JNB  P1.2,$                                  ;P1.2=1 yes or no
AJMP   S1_CARAMEL                            ;TO S1_CARAMEL
;.....
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
S4_START: JB P1.3,S1_CARAMEL     ;P1.3=0 yes or no
          ACALL DELAY_10mS       ;DELAY_10mS
          JB    P1.3,S1_CARAMEL  ;P1.3=0 yes or no
          MOV   A,R1             ;A=R1
          ADD   A,#04H           ;A=A+04H
          MOV   DPTR,#PB_1
          MOVX  @DPTR,A          ;Display S4
;.....

AUTO:     JB P1.5,CHACK_NUMBER   ;P1.5=0 yes or no
          ADD  A,#10H            ;A=A+10H
          MOV  DPTR,#PB_1
          MOVX @DPTR,A           ;PB_1=A
          ACALL DELAY_3S         ;DELAY_3S
          MOV  A,00H             ;A=00H
          MOV  DPTR,#PB_1
          MOVX @DPTR,A           ;PB_1=00H
          MOV  R2,00H            ;R2=00H
          MOV  A,R2
          MOV  DPTR,#PA_1
          MOVX @DPTR,A           ;Display 7 segment=0
          AJMP S1_CARAMEL
;.....
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CHACK_NUMBER:  CJNE R2,#00H,START        ;R2=00 yes or no
                    AJMP S1_CARAMEL
START: MOV   A,#00001011B                ;A1=00001011B
       MOV   DPTR,#PC_2
       MOVX  @DPTR,A                     ;PC_2=00001011;Start HT1 And HT2
       ACALL DELAY_5S                    ;DELAY 5S
       JB    P1.5,$                      ;P1.5=0 yes or no
       JB    P1.6,$                      ;P1.6=0 yes or no
       ACALL DELAY_TH                    ;DELAY_TH
       MOV   A,#00000001B                ;A=00000001B
       MOV   DPTR,#PC_1
       MOVX  @DPTR,A                     ;PC_1=00000001B;Start MV1
       ACALL DELAY_TC1                   ;DELAY_TC1
       MOV   A,#00000000B                ;A=00000000B
       MOV   DPTR,#PC_1
       MOVX  @DPTR,A                     ;PC_1=00000000B;Stop MV1
       ACALL DELAY_TC2                   ;DELAY_TC2
       MOV   A,#00000001B                ;A=00000001B
       MOV   DPTR,#PA_2
       MOVX  @DPTR,A                     ;PA_2=00000001B;Start M2
       MOV   A,#00000110B                ;A=00000110B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV   DPTR,#PC_1
MOVX  @DPTR,A                ;PC_1=00000110B;Start MV2,MV3
ACALL DELAY_TC4              ;DELAY_TC4
MOV A,#00000010B             ;A=00000010B
MOV   DPTR,#PC_1
MOVX  @DPTR,A                ;PC_1=00000110;Stop MV3
ACALL DELAY_TC3_TC4          ;DELAY_TC3_TC4
MOV A,#00000000B             ;A=000000000B
MOV   DPTR,#PC_1
MOVX  @DPTR,A                ;PC_1=00000000B;STOP MV2
ACALL DELAY_TC5              ;DELAY_TC5
MOV A,#00001000B             ;A=00001000B
MOV   DPTR,#PC_1
MOVX  @DPTR,A                ;PC_1=00001000B;Start MV4
ACALL DELAY_TC6              ;DELAY_TC6
MOV A,#00000000B             ;A=00000000B
MOV   DPTR,#PC_1
MOVX  @DPTR,A                ;PC_1=00000000;Stop MV4
CJNE  R1,#00000001B,WAIT_LS3 ;R1=00000001B yes or no
CALAMEL: ACALL DELAY_TC7     ;DELAY_TC7
MOV   A,#00010000B           ;A=00010000B
MOV   DPTR,#PC_1
MOVX  @DPTR,A                ;PC_1=00010000B ;Start MV5
ACALL DELAY_TC8              ;DELAY_TC8
;.....
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
WAIT_LS3: MOV   DPTR,#PB_2
          MOVX  A,@DPTR
          XRL   A,0EAH
          JNZ   WAIT_LS3              ;PB_2=11101010 yes or no;LS3 ON yes or no
          ACALL DELAY_POPCORN ;DELAY_POPCORN
          MOV A,#00000010B            ;A=00000010B
          MOV   DPTR,#PA_2
          MOVX  @DPTR,A               ;PA_2=00000010B;M1 ON DOWN
WAIT_LS2: MOV   DPTR,#PB_2
          MOVX  A,@DPTR
          XRL   A,0EDH
          JNZ   WAIT_LS2              ;PB2=11101101 yes or no;LS2 ON yes or no
          MOV   A,#00001000B          ;A=00001000B
          MOV   DPTR,#PA_2
          MOVX  @DPTR,A               ;PA_2=00001000B;Stop M1;Start M3
WAIT_LS4: MOV   DPTR,#PB_2
          MOVX  A,@DPTR
          XRL   A,0F5H
          JNZ   WAIT_LS4              ;PB_2=11110101B yes or no;LS4 ON yes or no
          MOV   A,#00000000B          ;A=00000000B
          MOV   DPTR,#PA_2
          MOVX  @DPTR,A               ;PA_2=00000000B;Stop M3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
WAIT_LS5: MOV   DPTR,#PB_2
          MOVX  A,@DPTR
          XRL   A,0EDH
          JNZ   WAIT_LS5              ;PB_2=11101101 yes or no;LS5 ON yes or no
          MOV   A,#00000100B          ;A=00000100B
          MOV   DPTR,#PA_2
          MOVX  @DPTR,A               ;PA_2=00000100B;M1 ON UP
WAIT_LS1: MOV   DPTR,#PB_2
          MOVX  A,@DPTR
          XRL   A,0EEH
          JNZ   WAIT_LS1              ;PB_2=11101110 yes or no;LS1 ON yes or no
          DEC   R2                    ;R2=R2-1
          ACALL DELAY_5S              ;DELAY_5S
          AJMP  AUTO
;.....;.....
DELAY_10mS:   MOV  R7,#10H            ;Start DELAY_10mS
DELAY_10mS_1: MOV  R6,#0E6H
DELAY_10mS_2: NOP
              NOP
          DJNZ R6,DELAY_10mS_2
          DJNZ R7,DELAY_10mS_1
          RET                         ;Stop  DELAY_10mS
;.....
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY_3S:  MOV  R5,#15H                    ;Start DELAY_3S
DELAY_3S_3: MOV  R4,#00H
DELAY_3S_2: MOV  R3,#00H
DELAY_3S_1: DJNZ R3,DELAY_3S_1
            DJNZ R4,DELAY_3S_2
            DJNZ R5,DELAY_3S_3
            RET                ;Stop  DELAY_3S
;.....
DELAY_5S:  MOV  R5,#23H                    ;Start DELAY_3S
DELAY_5S_3: MOV  R4,#00H
DELAY_5S_2: MOV  R3,#00H
DELAY_5S_1: DJNZ R3,DELAY_3S_1
            DJNZ R4,DELAY_3S_2
            DJNZ R5,DELAY_3S_3
            RET                        ;Stop  DELAY_3S
;.....
DELAY_TH:  MOV  R5,#23H                    ;Start DELAY_TH
DELAY_TH_3: MOV  R4,#00H
DELAY_TH_2: MOV  R3,#00H
DELAY_TH_1: DJNZ R3,DELAY_TH_1
            DJNZ R4,DELAY_TH_2
            DJNZ R5,DELAY_TH_3
            RET                        ;Stop  DELAY_TH
;.....
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY_TC1:  MOV  R5,#06H                    ;Start DELAY_TC1
DELAY_TC1_3: MOV  R4,#00H
DELAY_TC1_2: MOV  R3,#00H
DELAY_TC1_1: DJNZ R3,DELAY_TC1_1
             DJNZ R4,DELAY_TC1_2
             DJNZ R5,DELAY_TC1_3
             RET                            ;Stop  DELAY_TC1
;.....

DELAY_TC2:  MOV  R6,#06H                    ;Start DELAY_TC2
DELAY_TC2_4: MOV  R5,#00H
DELAY_TC2_3: MOV  R4,#00H
DELAY_TC2_2: MOV  R3,#00H
DELAY_TC2_1: DJNZ R3,DELAY_TC2_1
             DJNZ R4,DELAY_TC2_2
             DJNZ R5,DELAY_TC2_3
             DJNZ R6,DELAY_TC2_4
        RET                                 ;Stop  DELAY_TC2
;.....
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY_TC3_TC4:   MOV  R5,#6FH              ;Start DELAY_TC3_TC4
DELAY_TC3_TC4_3: MOV  R4,#00H
DELAY_TC3_TC4_2: MOV  R3,#00H
DELAY_TC3_TC4_1: DJNZ R3,DELAY_TC3_TC4_1
                 DJNZ R4,DELAY_TC3_TC4_2
                 DJNZ R5,DELAY_TC3_TC4_3
                 RET                       ;Stop  DELAY_TC3_TC4
;.....

DELAY_TC5:   MOV  R6,#23H              ;Start DELAY_TC5
DELAY_TC5_4: MOV  R5,#00H
DELAY_TC5_3: MOV  R4,#00H
DELAY_TC5_2: MOV  R3,#00H
DELAY_TC5_1: DJNZ R3,DELAY_TC5_1
             DJNZ R4,DELAY_TC5_2
             DJNZ R5,DELAY_TC5_3
             DJNZ R6,DELAY_TC5_4
             RET                       ;Stop DELAY_TC5
;.....
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY_TC6:  MOV  R5,#01H                ;Start DELAY_TC6
DELAY_TC6_3: MOV  R4,#4AH
DELAY_TC6_2: MOV  R3,#00H
DELAY_TC6_1: DJNZ R3,DELAY_TC6_1
             DJNZ R4,DELAY_TC6_2
             DJNZ R5,DELAY_TC6_3
             RET                        ;Stop  DELAY_TC6
;.....
DELAY_TC7:  MOV  R6,#23H                ;Start DELAY_TC7
DELAY_TC7_4: MOV  R5,#00H
DELAY_TC7_3: MOV  R4,#00H
DELAY_TC7_2: MOV  R3,#00H
DELAY_TC7_1: DJNZ R3,DELAY_TC7_1
             DJNZ R4,DELAY_TC7_2
             DJNZ R5,DELAY_TC7_3
             DJNZ R6,DELAY_TC7_4
             RET                        ;Stop DELAY_TC7
;.....
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY_TC8:      MOV R6,#0CH                    ;Start DELAY_TC8
DELAY_TC8_4 :   MOV  R5,#64H
DELAY_TC8_3:    MOV  R4,#00H
DELAY_TC8_2:    MOV  R3,#00H
DELAY_TC8_1:    DJNZ R3,DELAY_TC8_1
                DJNZ R4,DELAY_TC8_2
                DJNZ R5,DELAY_TC8_3
                DJNZ R6,DELAY_TC8_4
        RET                                    ;Stop  DELAY_TC8
;.....
DELAY_POPCORN:  MOV  R5,#23H                   ;Start DELAY_POPCORN
DELAY_POPCORN_3: MOV  R4,#00H
DELAY_POPCORN_2: MOV  R3,#00H
DELAY_POPCORN_1: DJNZ R3,DELAY_POPCORN_1
                 DJNZ R4,DELAY_POPCORN_2
                 DJNZ R5,DELAY_POPCORN_3
                 RET                           ;Stop  DELAY_POPCORN
;.....
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.8 สรุปผลการทดลองออกแบบและสร้าง

การสร้างเครื่องจักรอัตโนมัติจะใช้สแตนเลสในการสร้างทั้งหมดโดยมีถังพักวัตถุดิบ หม้อคั่ว ชุดขับเคลื่อนสำหรับพลิกหม้อ ส่วนลิมิตสวิตซ์ยังไม่สามารถติดได้ เนื่องจากมีปัญหาทางด้านเครื่องมือและเวลาในการวิจัยส่งผลให้ชุดวงจรควบคุมซีเคว้นซ์การทำงานและอุณหภูมิต้องทำเป็นชุดจำลองการทำงาน เพื่อรอการพัฒนาในโอกาสต่อไป

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

กล่าวนำ

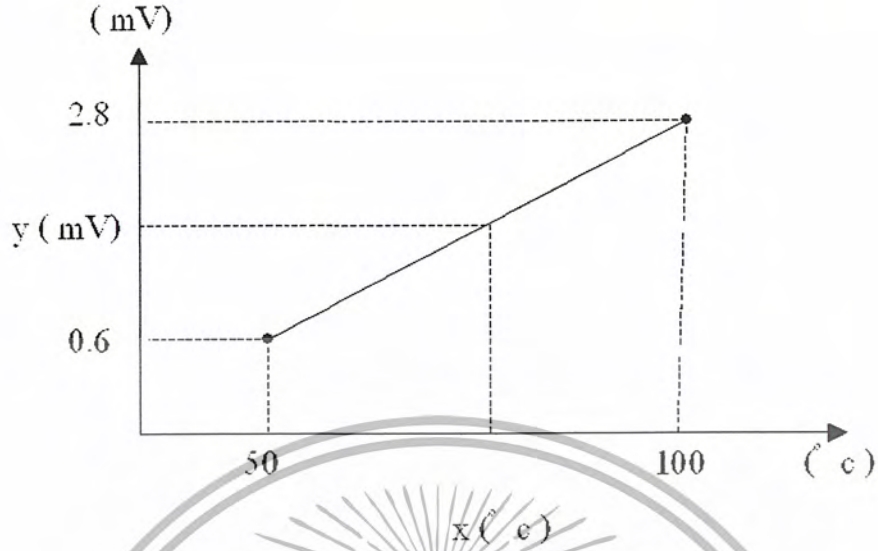
ในบทนี้จะอธิบายถึงรายละเอียดของผลที่ได้จากการออกแบบและสร้างขึ้น ว่ามีผลเป็นอย่างไร และควรมีแนวทางแก้ไขแบบไหนโดยจะมีการทดลองในลักษณะต่างๆคือ การสอบเทียบเทอร์โมคับเปิ้ล ผลทางอุณหภูมิของเนย การทดลองทางด้านวงจงควบคุมซีเคว้นการทำงานและควบคุมอุณหภูมิ

4.1 การทดลองการสอบเทียบเทอร์โมคับเปิ้ล

อุณหภูมิ (°C)	ค่าแรงดัน (mV)
50	0.6
53.4	0.8
56	1
60.6	1.2
71.1	1.3
75	1.8
77.3	1.9
80.8	2.1
85.4	2 .2
87.2	2 .4
90.7	2 .5
96	2 .7
100	2 . 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถนำผลการสอบเทียบมาพล็อตกราฟได้ดังนี้



ดังนั้น $x(^{\circ}C) = (100 - 50)(y\ (mV) - 0.6)/(2.8 - 0.6) + 50$

4.2 การทดลองผลทางอุณหภูมิของเนย

การทดลองการทำงานของเครื่องจักรอัตโนมัติ

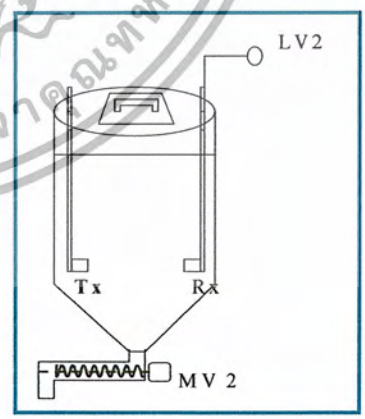
- จุดหลอมเหลวของเนย 55 (° c)
- จุดเดือดของเนย 70 (° c)

4.3 การทดลองการทำงานของเครื่องจักรอัตโนมัติ

4.3.1การทดลองอัตราไหลของวาล์ว

4.3.1.1 ทดสอบวาล์วข้าวโพด

- ใส่ข้าวโพดปริมาตร 331.3398 cm3
- ให้แรงดัน MV2 = 12 V
- ใช้เวลาปล่อยข้าวโพด = 28 S
- ดังนั้นอัตราการไหล = 11.833 cm3/S

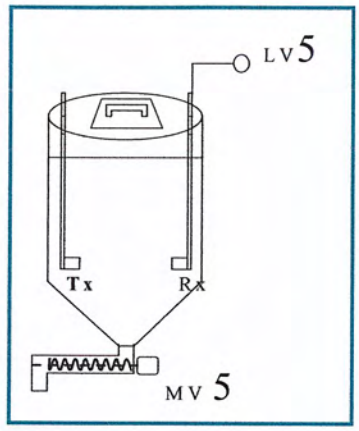


ภาพที่ 4.1 ถังพักข้าวโพดในการทดสอบอัตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.2 ทดสอบวาล์วน้ำตาล

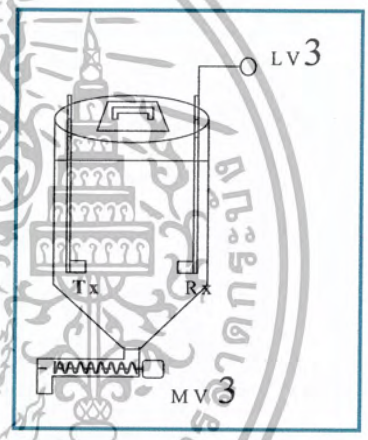
- ใส่น้ำตาลปริมาตร 331.3398 cm3
- ให้แรงดัน MV2 = 12 V
- ใช้เวลาปล่อยข้าวโพด = 210 S
- ดังนั้นอัตราการไหล = 1.577 cm3/S



ภาพที่ 4.2 ถังพักน้ำตาลในการทดสอบอัตราการไหล

4.3.1.3 ทดสอบวาล์วเกลือ

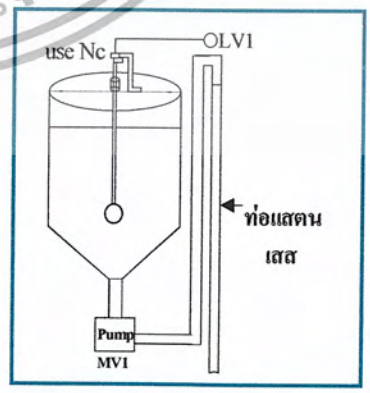
- ใส่น้ำตาลปริมาตร 331.3398 cm3
- ให้แรงดัน MV2 = 6 V
- ใช้เวลาปล่อยข้าวโพด = 285 S
- ดังนั้นอัตราการไหล = 1.162 cm3/S



ภาพที่ 4.3 ถังพักเกลือในการทดสอบอัตราการไหล

4.3.1.4 ทดสอบปั๊มน้ำมัน

- ใส่น้ำมันปริมาตร 331.3398 cm3
- ให้แรงดัน MV2 = 12 V
- ใช้เวลาปล่อยข้าวโพด = 45 S
- ดังนั้นอัตราการไหล = 7.363 cm3/S

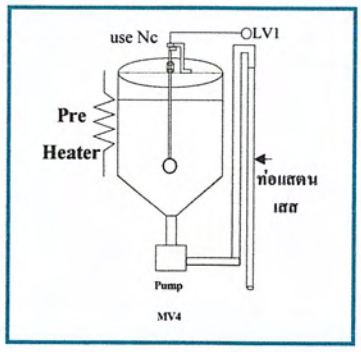


ภาพที่ 4.4 ถังพักน้ำมันในการทดสอบอัตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.5 ทดสอบปั๊มเนย

- ใส่เนยแล้วให้ความร้อนปริมาตร 331.3398 cm3
- ให้แรงดัน MV2 = 12 V
- ใช้เวลาปล่อยข้าวโพด = 25 S
- ดังนั้นอัตราการไหล = 22.22 cm3/S



ภาพที่ 4.5 ถังพักเนยในการทดสอบอัตราการไหล

ภาพที่ 4.6 ถ้วยตวงที่ใช้ทดสอบอัตราการไหลของ ข้าวโพด น้ำตาล เกลือและน้ำมัน

หมายเหตุ ขนาดถ้วยตวงที่ใช้ทดสอบวาล์ว ข้าวโพด น้ำตาล เกลือ และน้ำมัน ใช้ขนาดดังภาพที่ 4.6

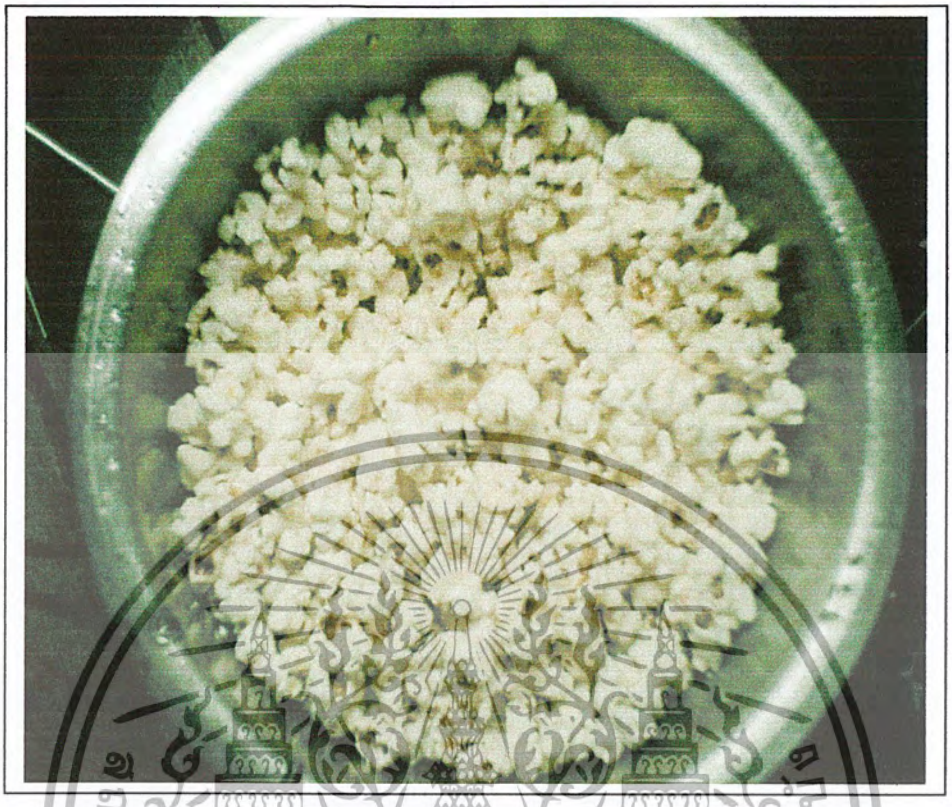
4.3.2 การทดลองการคั่วข้าวโพด

4.3.2.1 ทดลองหาอัตราการขยายตัวของเม็ดข้าวโพด

- ใส่ข้าวโพดปริมาตร 110.4466 cm3 แล้วคั่วให้แตก
- ปริมาตรข้าวโพดที่แตก 2199.114 cm3
- ดังนั้น อัตราการขยายตัวของข้าวโพดเท่ากับ 1:19.91
- ประมาณ 1:20 โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงข้าวโพดที่คั่วแล้วเพื่อทดสอบอัตราการขยายตัว



ภาพที่ 4.7 แสดงข้าวโพดที่คั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.2 การทดลองทำข้าวโพดอบเนยน้ำตาล

ก) ครั้งที่ 1

- ข้าวโพด 35 %
- น้ำตาล 50.7 %
- น้ำมัน + เนย 11.5 %
- เกลือ 2 %

ทำงานตามกระบวนการ ควบคุมอุณหภูมิที่ประมาณ 150 ˚C (5 mV)ผลที่ได้ข้าวโพดไหม้ อาจเป็นเพราะน้ำมันน้อยเกินไป จึงทำการทดลองใหม่

ข) ครั้งที่ 2 และครั้งต่อไป

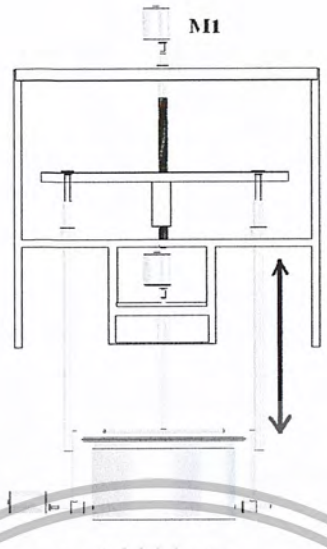
- ข้าวโพด 30 %
- น้ำตาล 30 %
- น้ำมัน 30 %
- เนย 7 %
- เกลือ 2 %

ทำงานตามกระบวนการ ควบคุมอุณหภูมิที่ประมาณ 150 ˚c (5 mV)ผลที่ได้ข้าวโพดไหม้ ไม่สามารถควบคุมให้ได้ตามเป้าหมายที่ต้องการ และทำการทดลองอีกหลายครั้งทั้งการเปลี่ยนปริมาตรและอุณหภูมิแต่ก็ยังไม่สำเร็จ ซึ่งจุดนี้จำเป็นที่จะต้องแก้ไข หาจุดปกพร่องต่อไป

4.3.3 สรุปผลการทำงานของเครื่องจักรอัตโนมัติและแนวทางแก้ไข

การทำงานของเครื่องในส่วนของแมคคานิกส์การออกแบบนั้นค่อนข้างที่จะยุ่งยาก เกิดปัญหาของมอเตอร์ที่แรงไม่พอหรือ การทำงานแมคคานิกส์ไม่เร็วทำให้ข้าวโพดที่คั่วแล้วไหม้ได้ ดังภาพที่4.8การขึ้นลงเคลื่อนที่ได้จาก Motor M1นั้นไม่เร็วซึ่งเป็นผลทำให้อุณหภูมิช่วงสุดท้ายที่ข้าวโพดแตกตัวจนหมดจะทำให้ไหมได้ เราอาจแก้ไขโดยการเปลี่ยนมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็ว และสามารถเปลี่ยนเป็น ball screwจะทำให้การเคลื่อนที่นั้นลดแรงเสียดทานลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 ปัญหาแมคคานิกส์

1) ความชื้นมีผลต่อวัตถุดิบส่งผลให้วาล์วลำเลียงวัตถุดิบมีปัญหาได้

2) เมื่ออุณหภูมิลดลงเนยเกิดการแข็งตัวบริเวณท่อด้านนอกถังส่งผลให้การปั้มเนยไม่มีประสิทธิภาพ

3) ปั๊มเนยและน้ำมันไม่สามารถควบคุมให้ได้ประมาณที่ต้องการได้เนื่องจากประมาณที่ต้องการใช้วัตถุดิบมีค่าน้อย

4) ไม่มีความรู้ที่ชัดเจนในการที่จะใช้ปริมาณวัตถุดิบว่าควรจะใช้ปริมาณเท่าใด ควรจะใส่วัตถุดิบแต่ละชนิดเมื่อไร อุณหภูมิแต่ละขั้นตอนใช่เท่าไร จึงต้องทดลองเองทั้งหมดส่งผลให้การทดลองไม่ได้ผลเท่าที่ควร เราจึงต้องศึกษาต่อ ไปซึ่งจะสามารถพัฒนาได้ในภายหลัง

5) แมคคานิกส์ใบกวนเกิดปัญหา ส่งผลให้การทดลองไม่มีประสิทธิภาพ มีผลมาจากแรงของมอเตอร์ที่ไม่แรงพอที่กวนให้ข้าวโพดที่แตกตัวแล้วหมุนในหม้อฮีตเตอร์ได้ จะไม่สามารถระบายความร้อนได้ทันซึ่งอุณหภูมิที่ข้าวโพดแตกหมดต้องระบายความร้อนออกอย่างรวดเร็วไม่ให้ความร้อนสะสม ความร้อนสะสมจะทำให้ข้าวโพดไหม้จุดนี้เป็นจุดที่สำคัญที่ต้องแก้ไขอีกจุดหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

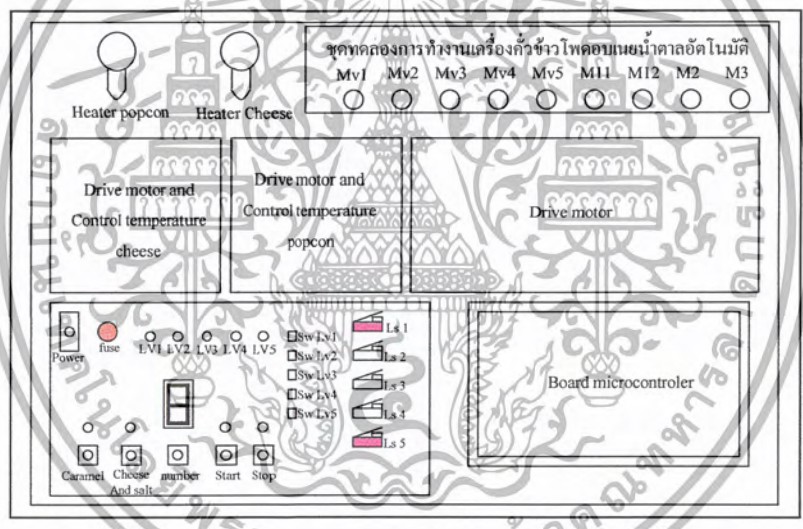
4.4 การทดลองการทำงานของวงจรควบคุมแบบซีเคว้น และควบคุมอุณหภูมิ

การทดลองนี้เป็นการทดลองการทำงานของวงจรและโปรแกรมที่ออกแบบไว้หรือไม่ โดยมีลำดับขั้นการทดลองดังต่อไปนี้

1) ก่อนการทำงานเครื่อง

จะอยู่ในลักษณะดั้งรูป จะเริ่มทำการทดลองตามส่วนผสมตามการทดลองทำข้าวโพดครั้งที่ 1 โดยปริมาตรของหม้อคั่วเท่ากับ 3438.28 cm3 โดยจะใส่ส่วนผสมเพิ่ม 10 เปอร์เซ็นต์ คือ ปริมาตรส่วนผสมทั้งหมดเท่ากับ 3782.108 cm3 ดังนั้นวาล์วแต่ละตัวจะต้องเปิดเวลาดังต่อไปนี้

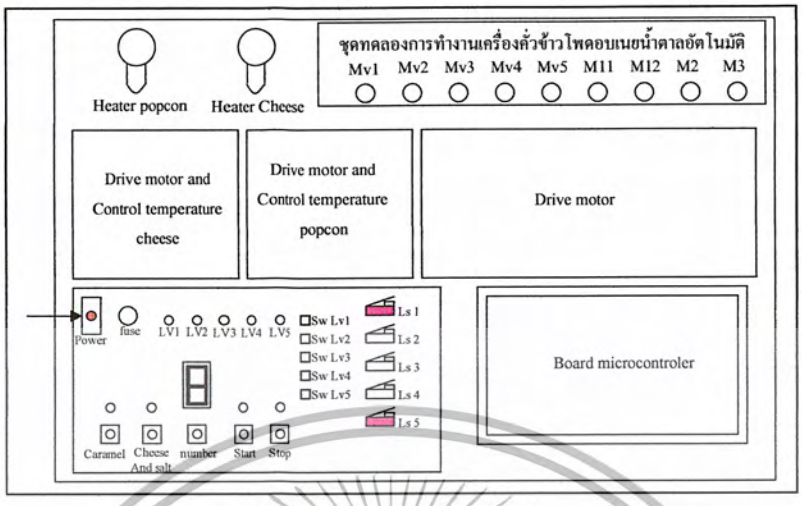
- เม็ดข้าวโพด 35 % (189.10 cm3) เท่ากับ 15.98 sec
- น้ำตาล 50.7 % (273.93 cm3) ,, 173.70 sec
- น้ำมัน + เนย 11.5 % (62.134 cm3) ,, 0.843,0.0419 sec
- เกลือ 2 % (10.806 cm3) ,, 0.0419 sec



ภาพที่ 4.9 แป้นหน้าปัดก่อนการทำงานเครื่อง

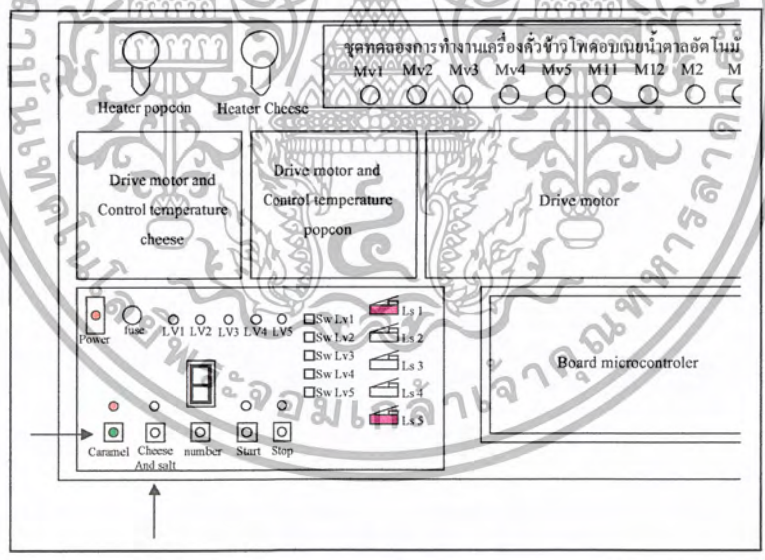
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กด Switch Power และHeaterมาที่ตำแหน่ง ON



ภาพที่ 4.10 แป้นหน้าปัดกด Switch Power และHeaterมาที่ตำแหน่ง ON

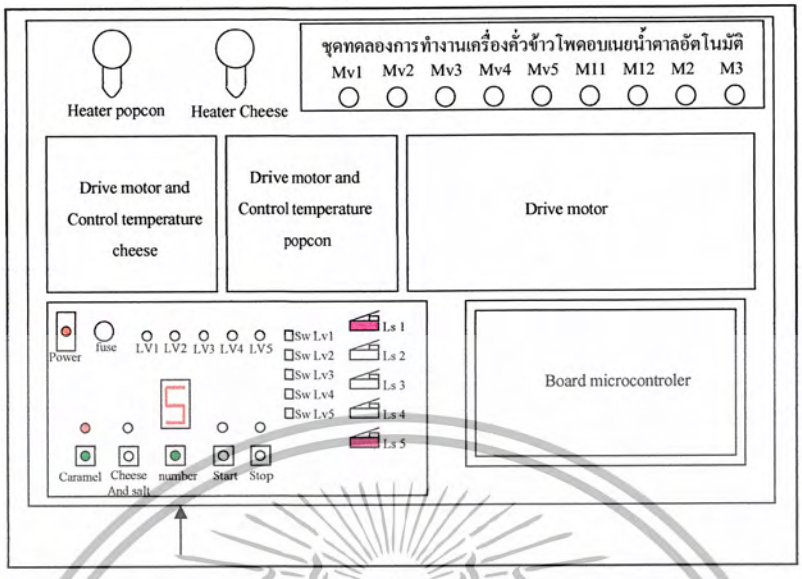
3. กด SW เลือกว่าจะทำแบบ Caramel หรือ Cheese and Salt



ภาพที่ 4.11 แป้นหน้าปัดกด SW เลือกว่าจะทำแบบ Caramel หรือ Cheese and Salt

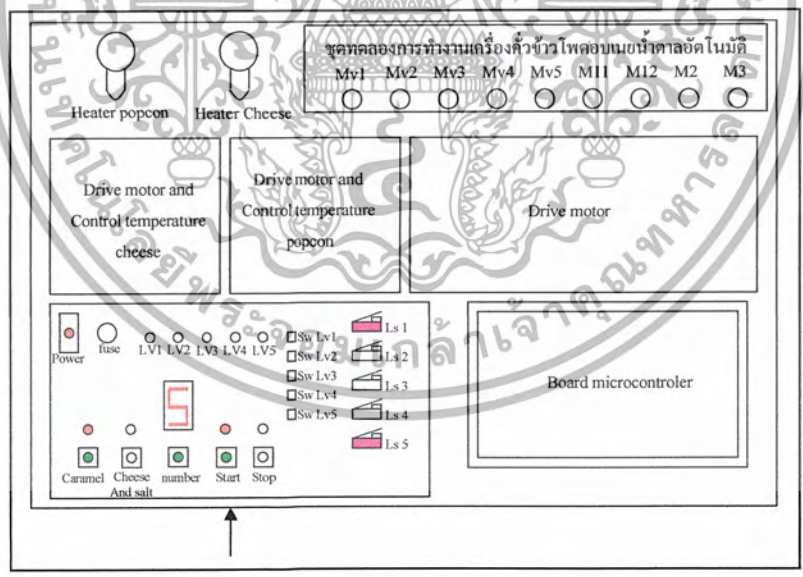
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กด SW เลือกจำนวนครั้งที่จะทำ



ภาพที่ 4.12 แป้นหน้าปัดกดกด SW เลือกจำนวนครั้งที่จะทำ

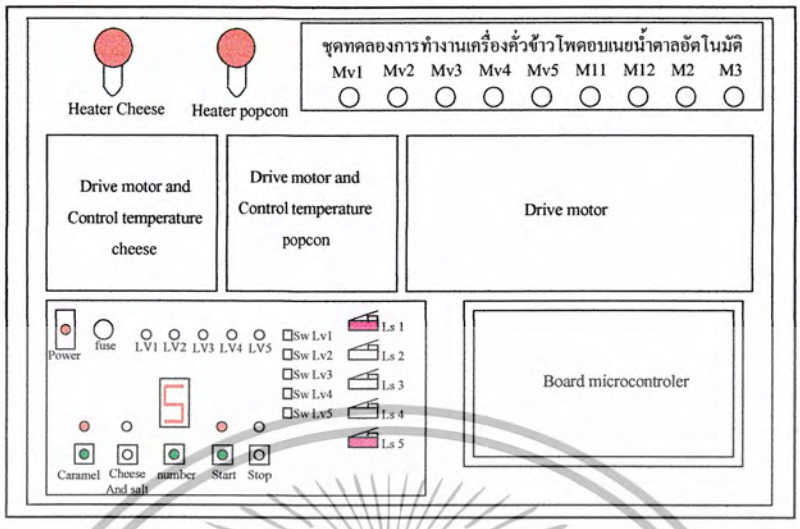
5. กด SW Start เครื่องจะเริ่มทำงานตามขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 4.13 แป้นหน้าปัดกด SW Start

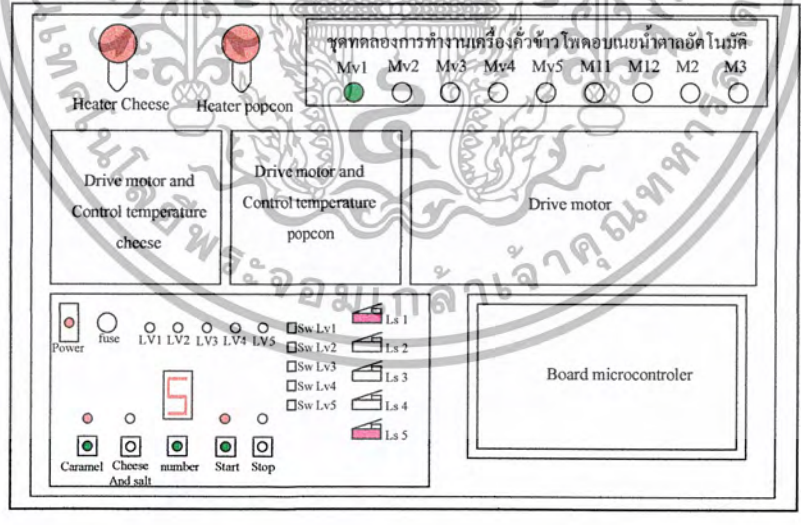
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่1 ฮีทเตอร์ทำงานจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด



ภาพที่ 4.14 แป้นหน้าปัดเมื่อฮีทเตอร์ทำงานจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด

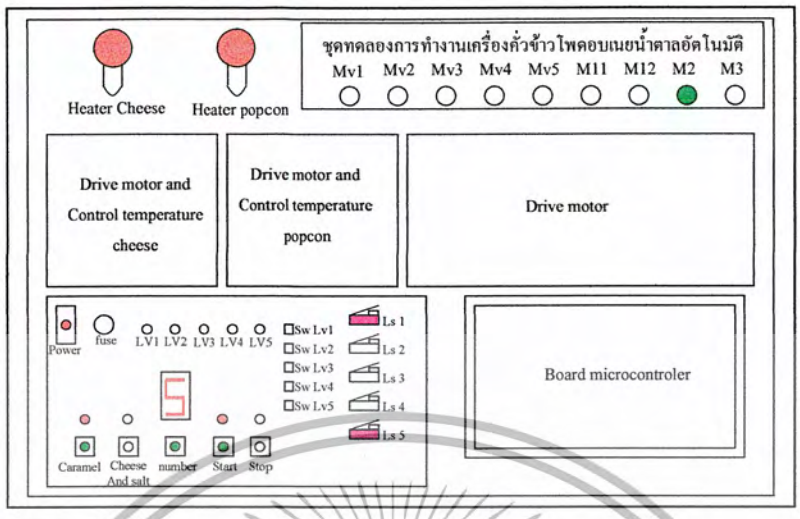
ขั้นตอนที่2 MV1ทำงานปล่อยน้ำมันปริมาณที่กำหนด (0.843 sec)ลงในหม้อ ให้ความร้อนจนถึงเวลาที่กำหนด



ภาพที่ 4.15 แป้นหน้าปัดเมื่อ MV1ทำงานปล่อยน้ำมันปริมาณที่กำหนด

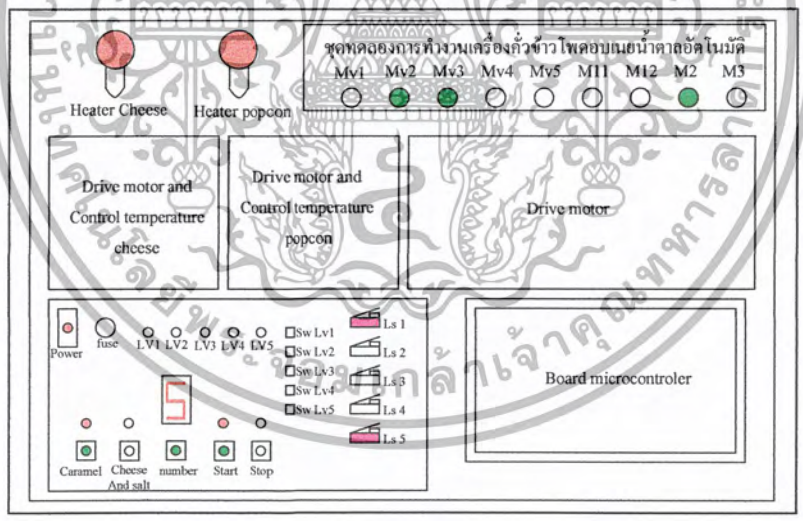
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 M2 หมุนเพื่อกวนวัตถุดิบภายในหม้อ



ภาพที่ 4.16 แป้นหน้าปัดเมื่อ M2 หมุนเพื่อกวนวัตถุดิบภายในหม้อ

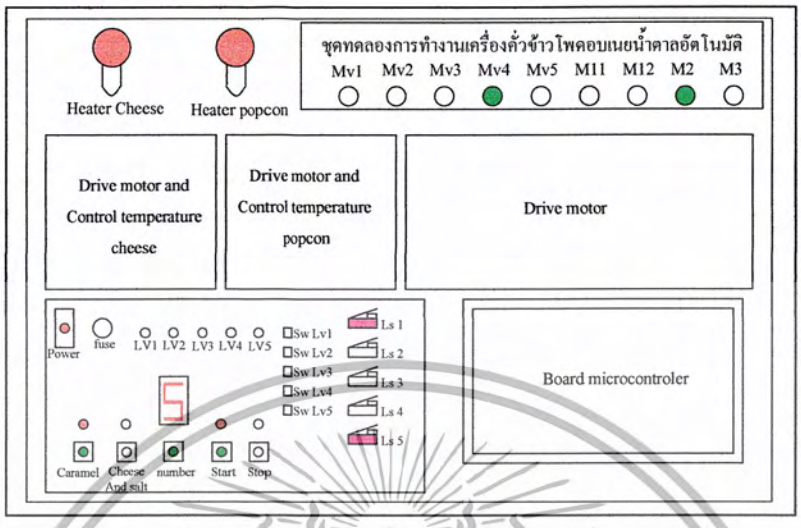
ขั้นตอนที่ 4 MV2 และ MV3 ปล่อยข้าวโพดและเกลือปริมาณที่กำหนด (15.98 sec,0.0419 sec ตามลำดับ)ลงในหม้อให้ความร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิในเวลาที่กำหนด



ภาพที่ 4.17 แป้นหน้าปัดเมื่อ MV2 และ MV3 ปล่อยข้าวโพดและเกลือปริมาณที่กำหนด

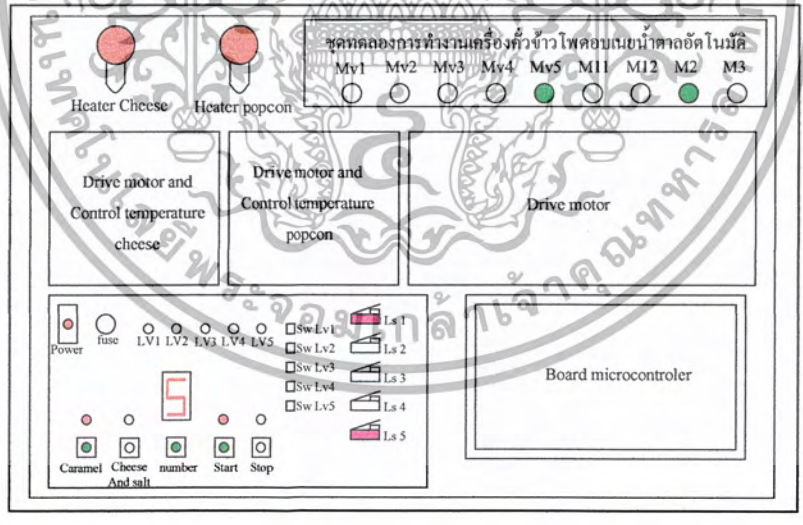
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 5 MV4 ปล่อยเนยปริมาณที่กำหนด (0.0419 sec) ลงในหม้อให้ความร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิในเวลาที่กำหนด



ภาพที่ 4.18 แป้นหน้าปัดเมื่อ MV4 ปล่อยเนยปริมาณที่กำหนด

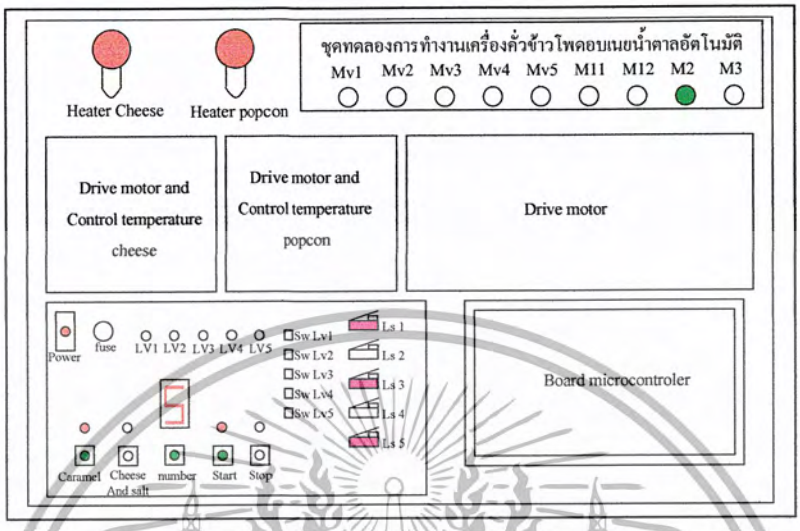
ขั้นตอนที่ 6 MV5 ปล่อยน้ำตาลปริมาณที่กำหนด (173.7 sec) ลงในหม้อ แล้วรอจนกว่าข้าวโพดจะแตก



ภาพที่ 4.19 แป้นหน้าปัดเมื่อ MV5 ปล่อยน้ำตาลปริมาณที่กำหนด

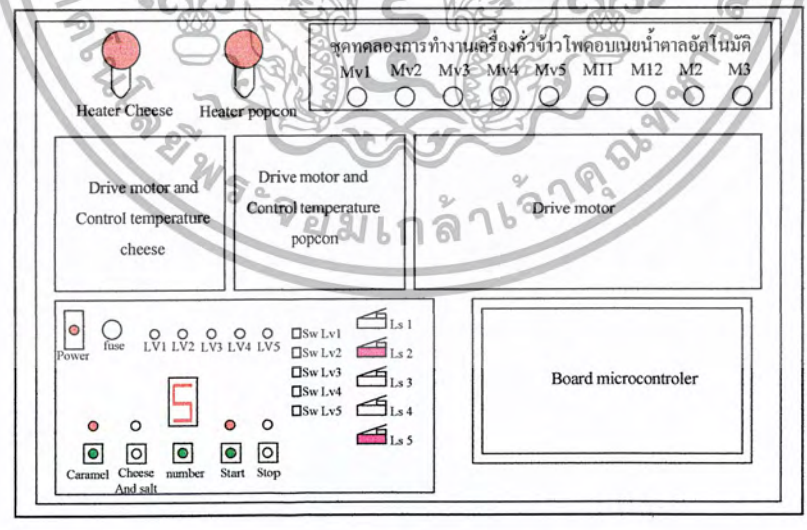
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 7 เมื่อข้าวโพดในหม้อแตกปริมาตรจะมากขึ้นใบกวนจะกวนทำให้ข้าวโพดคุกเคล้ากับเนยน้ำตาลจนทั่วและจะดันฝาหม้อไปชน L3 L3จะทำงานและข้าวโพดจะตกลงไปในถังพัก



ภาพที่ 4.20 แป้นหน้าปัดเมื่อฝาหม้อไปชน L3

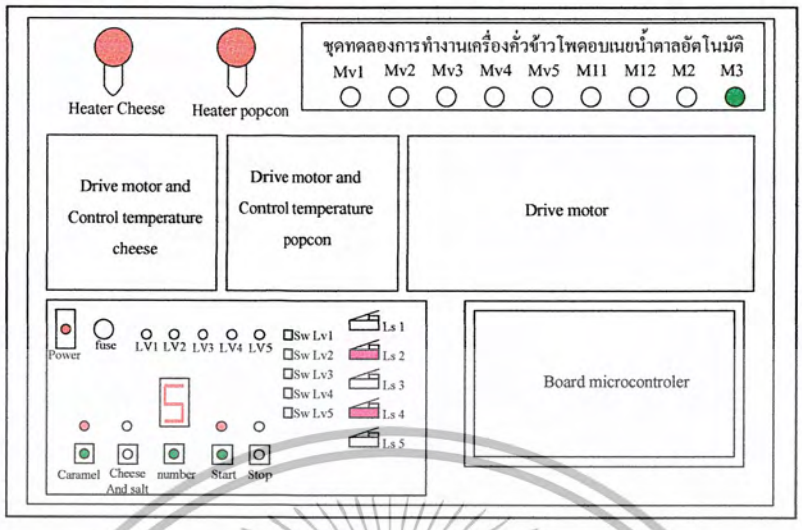
ขั้นตอนที่ 8 เมื่อ L3 หยุดทำงาน หน่วงเวลาค่าหนึ่งเพื่อให้ข้าวโพดในหม้อแตกหมดจริงๆ และจะต้องไม่ทำให้ข้าวโพดไหม้ ฮีทเตอร์จะหยุดทำงานและM1จะหมุนลงจนเกลียวคานเลื่อนไปจนชน L2



ภาพที่ 4.21 แป้นหน้าปัดเมื่อ L3 หยุดทำงาน

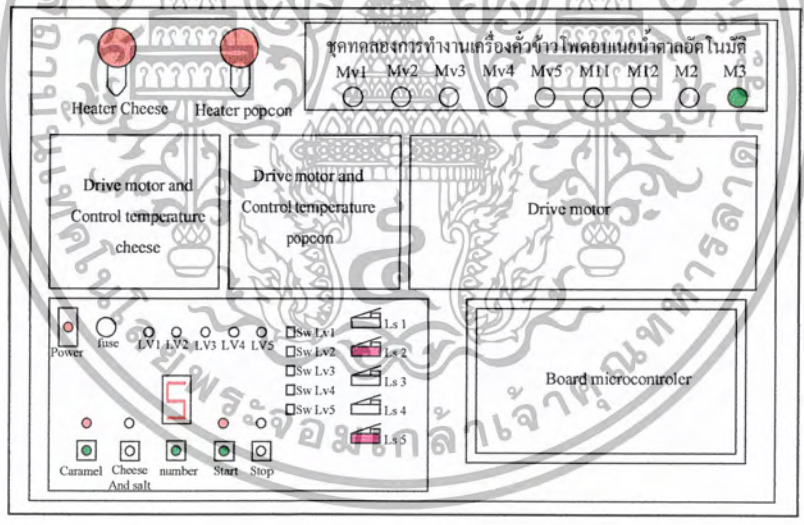
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 9 M3 จะหมุนลง(ทวนเข็ม)จนไปชน L4 ข้าวโพดก็จะเทลงในถังพัก



ภาพที่ 4.22 แป้นหน้าปัดเมื่อ M3 จะหมุนลง(ทวนเข็ม)จนไปชน L4 ข้าวโพดก็จะเทลงในถังพัก

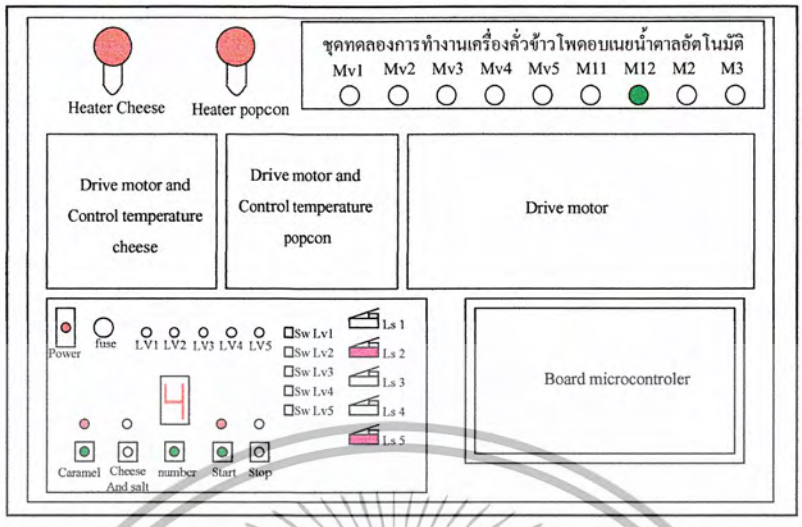
ขั้นตอนที่ 10 จากนั้น M3 จะหมุนขึ้น(ตามเข็ม)ไปจนชน L5



ภาพที่ 4.23 แป้นหน้าปัดเมื่อ M3 จะหมุนขึ้น(ตามเข็ม)ไปจนชน L5

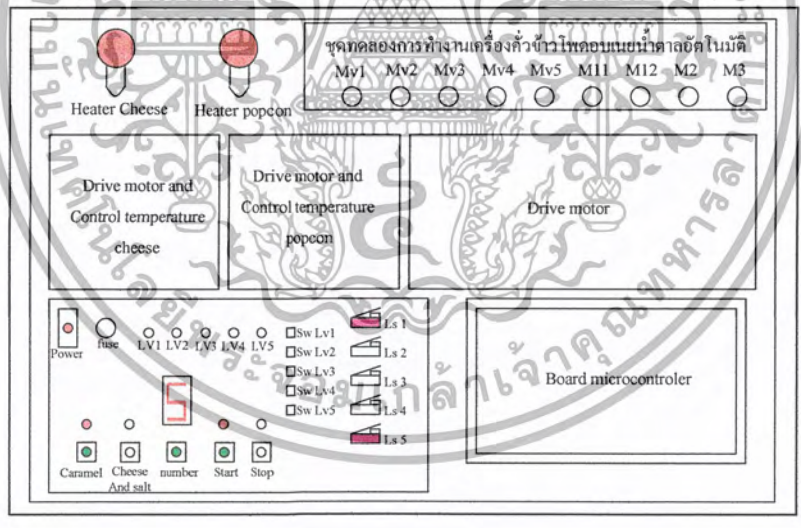
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 11 M1 จะหมุนจนเกลียวคานเลื่อนไปชน L1



ภาพที่ 4.24 แป้นหน้าปัดเมื่อ M1 จะหมุนจนเกลียวคานเลื่อนไปชน L1

ขั้นตอนที่12 ระบบพร้อมจะทำงานในครั้งต่อไป



ภาพที่ 4.25 แป้นหน้าปัดเมื่อระบบพร้อมจะทำงานในครั้งต่อไป

หมายเหตุ เมื่อ SW LV1 – SW LV5 ทำงานแสดงว่าวัตถุดิบในถังพักไม่ได้ระดับต้องเพิ่มระดับในถังพังให้ได้ระดับที่กำหนดถึงจะสั่งเครื่องให้ทำงานต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 สรุปผลการทดลองการทำงานของวงจรซีเคว้นการทำงานและควบคุมอุณหภูมิ

การทดลองนี้เป็นชุดทดลองการทำงานเครื่องคั่วข้าวโพดอบเนยน้ำตาลอัตโนมัติ โดยผลที่ได้จะแสดงโดยใช้ LED แทน Motor ต่าง ซึ่งมีแนวทางที่จะพัฒนาชุดทดลองเข้าไปติดตั้งกับเครื่องจักรอัตโนมัติ ให้ใช้ได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์

5.1 สรุป

โครงงานนี้เป็นการออกแบบเครื่องคั่วข้าวโพดอบเนยน้ำตาลอัตโนมัติโดยศึกษากระบวนการผลิต การออกแบบเครื่องจักรอัตโนมัติ การออกแบบระบบควบคุมซีเคว้นซ์และควบคุมอุณหภูมิให้ทั้งระบบทำงานสอดคล้องกัน

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

ปัญหาและแนวทางแก้ไขในการออกแบบเครื่องจักรอัตโนมัติไม่สามารถจะออกแบบระบบแล้วไปหาอุปกรณ์ได้เพราะจะทำให้ไม่สามารถหาอุปกรณ์ได้ครบ การจ้างร้านทำก็ราคาแพง จึงต้องออกแบบโดยคิดหาอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วมาประยุกต์ใช้งาน กระบวนการผลิตเกี่ยวกับอาหารจึงต้องใช้สแตนเลสเกือบทั้งหมด เครื่องมือที่ใช้ในการทำงานต้องอาศัยเครื่องมือจากภาคเครื่องกลและภาคอุตสาหกรรม จึงทำให้การดำเนินงานค่อนข้างช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- **รวมบทความ ทฤษฎีและประยุกต์ใช้งาน อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ.** Thailand : ซีเอ็ด , 2538
- ร.ศ. สมยศ จุณณะปิยะ. **การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์.** Thailand : คณะวิศรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546
- วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล,ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. **เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชฉบับ AT89C5X ของAtmel.** Thailand : Inex

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้