



การควบคุมระบบบรรจุส้มโดยใช้พีแอลซี
PLC-BASED ORANGE PACKING SYSTEM CONTROL



นายปริญ ปวนใจชม รหัส 52361963
นายปูละระวัฒน์ ชูช่วย รหัส 52361970

ห้องเรียน คณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 12, ก.ย. 2556.....
เลขทะเบียน..... 16982022.....
เลขเรียกหนังสือ..... 45.....
มหาวิทยาลัยนเรศวร 1458 9

2555


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2555




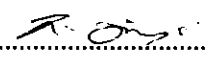
ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ การควบคุมระบบบรรจุส้ม โดยใช้พีแอลซี
ผู้ดำเนินโครงการ นายปริญ ปวนใจชม รหัส 52361963
นายปุณระวัฒน์ ชูช่วย รหัส 52361970
ที่ปรึกษาโครงการ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2555

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า


.....ที่ปรึกษาโครงการ
(ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์)


.....กรรมการ
(ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)


.....กรรมการ
(ดร. พันธ์ นัตถทัย)

ชื่อหัวข้อโครงการ การควบคุมระบบบรรจุส้มโดยใช้พีแอลซี
ผู้ดำเนินโครงการ นายปริญ ป่วนใจชม รหัส 52361963
นายปุณระวัฒน์ ชูช่วย รหัส 52361970
ที่ปรึกษาโครงการ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอการประยุกต์ใช้พีแอลซีในการควบคุมการลำเลียงและบรรจุส้มลงในกล่องเพื่ออำนวยความสะดวกและเพิ่มความแม่นยำในการบรรจุ โดยได้ออกแบบและสร้างแบบจำลองของระบบบรรจุส้มที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3-5 cm แบบจำลองประกอบด้วยส่วนลำเลียงกล่องและส่วนลำเลียงส้ม โดยส่วนลำเลียงกล่องมีหน้าที่เคลื่อนย้ายกล่องมายังตำแหน่งที่สอดคล้องกับการบรรจุส้ม ในขณะที่ส่วนลำเลียงส้มมีหน้าที่เคลื่อนย้ายผลส้มจากถังใส่ส้มเพื่อลำเลียงลงกล่อง โดยบรรจุจำนวนผลส้มให้เท่ากันในแต่ละกล่อง ในที่นี้ส่วนลำเลียงส้มต้องควบคุมทิศทางและจัดเรียงผลส้มให้เคลื่อนที่ผ่านตัวรับรู้แบบใช้แสงทีละผลเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการนับจำนวน โดยมีตัวรับรู้แบบใช้แสงทำหน้าที่ตรวจจับกล่องและผลส้มแล้วส่งสัญญาณให้พีแอลซีใช้ควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ การแสดงตัวเลขจำนวนกล่องและส้มในแบบจำลองนี้ใช้ส่วนแสดงผลเจ็ดส่วนซึ่งรับสัญญาณโดยตรงมาจากตัวรับรู้ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถลำเลียงส้มได้ต่อเนื่องในอัตรา 128 ผลต่อนาที การควบคุมโดยพีแอลซีช่วยให้สามารถปรับแก้โปรแกรมได้สะดวกเพื่อกำหนดจำนวนผลส้มที่ต้องการบรรจุลงในแต่ละกล่องรวมถึงการตั้งเวลาสำหรับช่วงที่ไม่มีวัตถุดัดผ่านตัวรับรู้เพื่อใช้หยุดการขับเคลื่อนมอเตอร์ในระบบ

Project title PLC-Based Orange Packing System Control
Name Mr. Parin Puanjaichom ID. 52361963
 Mr. Punrawat Choochuay ID. 52361970
Project advisor Mr. Niphat Jantharamin, Ph.D.
Major Electrical Engineering
Department Electrical and Computer Engineering
Academic year 2012

Abstract

This thesis presents a PLC application for orange packing control, so the packing process was implemented with ease and accuracy. Hereby, a packing system model for 3-5 cm diameter oranges was developed. The model consisted of a carton carrying part and an orange carrying part. The carton carrying part moved each carton to a position suitable for loading. The orange carrying part delivered the oranges for loading the cartons. In addition, the oranges were arranged to pass a photoelectric sensor and were put into the carton one by one. In this project, two photoelectric sensors were used for detecting the cartons and the oranges. The sensors then signaled to the PLC and the motor-drive circuit responded correspondingly. Numbers of cartons and oranges were shown via seven-segment displays, which directly obtained signals from the sensors. The experimental results showed that the model could continually deliver 128 oranges per minute on average. By means of the PLC programming the control scheme could be easily modified. This included the number of oranges per carton and a timer setting for stopping the motor drive in the absence of cartons or oranges.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยการดูแลจาก ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ โดยให้คำแนะนำในการแก้ไขและทดสอบชิ้นงาน ตลอดจนสอนหลักการเขียนปริญญาบัตรด้วยความใส่ใจในรายละเอียดของผลงาน จึงทำให้การดำเนินโครงการและการเขียนปริญญาบัตรสำเร็จลุล่วงไปได้ ผู้ดำเนินโครงการจึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้อบรมสั่งสอนตลอดการศึกษาเล่าเรียนในระดับปริญญาตรี ทำให้สามารถนำความรู้และทักษะในหลายๆด้านมาประยุกต์ใช้กับการดำเนินโครงการนี้ รวมทั้งขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ที่ให้อุปกรณ์ทดลอง ET-BOARD V5.0 จนกระทั่งดำเนินโครงการสำเร็จ

ขอขอบคุณรัฐบาลไทยที่จัดตั้งกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา (กยศ.) ซึ่งสนับสนุนให้ทุนการศึกษาแก่นายปริญ ปวนใจชม ตลอดช่วงการศึกษาระดับปริญญาตรี

ขอขอบคุณคุณมานนท์ ขันธทอง (พี่ฟิล์ม) และคุณกัญญาภัค สมพันธ์ (พี่ตาล) ที่ให้คำปรึกษาในการใช้งานชุดทดลอง ET-BOARD V5.0

ขอขอบคุณคุณเอริ นวลนาก (พี่โหน่ง) ที่ให้คำแนะนำในการออกแบบโครงสร้างส่วนเกลียวสำหรับใช้ลำเลียงสัมภาระ

ขอขอบคุณคุณสุรศักดิ์ จิตตรง (หน้อย) เพื่อนสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าที่ให้คำแนะนำการใช้ตัวรับรู้แสงและการวางแผนในการบัดกรีวงจรกำลังแบบเป็นระบบ

เหนือสิ่งอื่นใด ผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาที่มอบความรัก ความเข้าใจ และคอยเป็นกำลังใจให้อยู่เสมอจนทำให้ประสบความสำเร็จอย่างทุกวันนี้

นายปริญ ปวนใจชม

นายปณรวัฒน์ ชูช่วย

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ.....	3
1.6 งบประมาณของโครงการ.....	3
บทที่ 2 การใช้งานพีแอลซี มอเตอร์เกียร์ และตัวรับรู้แบบใช้แสง.....	4
2.1 พีแอลซี.....	4
2.1.1 ส่วนประกอบของพีแอลซี.....	6
2.1.2 ขั้นตอนการใช้งานพีแอลซี.....	7
2.1.3 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมพีแอลซี.....	9
2.1.4 คำสั่งพื้นฐานของพีแอลซี.....	9
2.2 ชุดทดลอง ET-BOARD V5.0.....	13
2.3 มอเตอร์ขับเคลื่อนในแบบจำลอง.....	15
2.3.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสตรง.....	15
2.3.2 มอเตอร์เกียร์.....	17
2.4 ตัวรับรู้แบบใช้แสง.....	17

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างแบบจำลองของระบบบรรจุส้ม.....	20
3.1 การออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบ	20
3.2 การออกแบบและสร้างแบบจำลองของระบบบรรจุส้ม	21
3.2.1 ส่วนลำเลียงกล่อง.....	21
3.2.2 ส่วนลำเลียงสับ	22
3.3 การควบคุมระบบบรรจุส้ม.....	25
3.3.1 การเขียน โปรแกรมควบคุมพีแอลซี	25
3.3.2 การเชื่อมต่อชุดทดลอง ET-BOARD V5.0 กับอุปกรณ์ภายนอก	30
3.4 ส่วนแสดงผล.....	31
บทที่ 4 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล	34
4.1 การลำเลียงส้มออกจากถาด	34
4.2 การลำเลียงในส่วนสายพาน	35
4.3 การลำเลียงสับในส่วนเกลียว.....	36
4.4 การทดสอบการทำงานของแบบจำลอง	37
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	39
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....	39
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข	39
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป.....	40
เอกสารอ้างอิง	41
ภาคผนวก ก รายละเอียดข้อมูลของทรานซิสเตอร์หมายเลข 2N3055	42
ภาคผนวก ข รายละเอียดข้อมูลของรีเลย์กำลังหมายเลข HRS4(H)	46
ภาคผนวก ค รายละเอียดข้อมูลของไอซีตัวนับหมายเลข CD4026B.....	50
ภาคผนวก ง รายละเอียดข้อมูลของไอซีตัวคุมค่าแรงดันหมายเลข LM7805.....	60
ประวัติผู้ดำเนิน โครงการ.....	71

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1	ขั้นตอนและแผนการดำเนินงานของ โครงการ.....2
2.1	การเปรียบเทียบระหว่างวงจรควบคุมที่ใช้พีแอลซีกับวงจรรีเลย์.....5
2.2	ข้อมูลของชุดทดลอง ET-BOARD V5.0 ในรูปแบบพีแอลซี..... 14



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบหลักและผังการทำงานของพีแอลซี.....	6
2.2 ขั้นตอนการใช้งานพีแอลซี.....	8
2.3 ชุดทดลอง ET-BOARD V5.0.....	14
2.4 โครงสร้างและส่วนประกอบพื้นฐานของมอเตอร์กระแสตรง.....	15
2.5 มอเตอร์เกียร์ 12 Vdc 50, 100 rpm แกนเพลา 6 mm.....	17
2.6 แผนภาพการใช้งานตัวรับรู้.....	18
2.7 ตัวรับรู้แบบใช้แสง ระยะตรวจจับ 0-10 cm.....	18
2.8 ส่วนประกอบหลักของตัวรับรู้แบบใช้แสง.....	19
3.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบบรรจุส้ม โดยใช้พีแอลซี.....	20
3.2 ส่วนลำเลียงกล่อง.....	21
3.3 ส่วนลำเลียงส้ม.....	22
3.4 ถาดใส่ส้มและอุปกรณ์จับเคลื่อน.....	23
3.5 สายพานลำเลียงส้มและอุปกรณ์จับเคลื่อน.....	24
3.6 ส่วนเกลียวลำเลียงส้ม.....	25
3.7 ลำดับการทำงานของระบบลำเลียงส้ม.....	26
3.8 แผนภาพขึ้นบันได.....	27
3.9 แผนภาพวงจรการเชื่อมต่อชุดทดลอง ET-BOARD V5.0 กับอุปกรณ์ภายนอก.....	30
3.10 วงจรสวิตช์และรีเลย์ที่ต่อกับพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตของ ET-BOARD V5.0.....	31
3.11 การเชื่อมต่อวงจรแสดงผล 7 ส่วน.....	32
3.12 ตัวคุมค่าแรงดันสำหรับสร้างไฟเลี้ยง 5 V.....	32
3.13 ส่วนแสดงผล 7 ส่วน เพื่อแสดงจำนวนกล่องและส้ม.....	33
4.1 การลำเลียงส้มออกจากถาด.....	34
4.2 การลำเลียงส้มในส่วนสายพาน.....	35
4.3 การลำเลียงส้มในส่วนเกลียว.....	36

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันสินค้าอุปโภคและบริโภคจำนวนมากถูกจัดลงในบรรจุภัณฑ์ก่อนนำไปยังจุดขาย ซึ่งบรรจุภัณฑ์มีประโยชน์ในการห่อหุ้มสินค้า รวบรวมสินค้าไว้ด้วยกัน ป้องกันความเสียหายและความเสื่อมคุณภาพของสินค้าจากน้ำ ความร้อน ความชื้น หรือแรงกระทบกระเทือน รวมทั้งอำนวยความสะดวกในการขนส่ง การตรวจสอบปริมาณสินค้า และการคำนวณราคาของสินค้า โดยมีการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการบรรจุสินค้าทั้งในภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมเพื่ออำนวยความสะดวกและเพิ่มความรวดเร็วในการบรรจุ ส่งผลให้เกิดการพัฒนาสร้างอุปกรณ์เพื่อช่วยในการบรรจุสินค้าขึ้นมากมายตามรูปแบบของสินค้า นั่นคือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ในปัจจุบันบรรจุภัณฑ์จึงถูกประยุกต์ใช้กับสินค้าหลากหลายชนิด เช่น ขาเม็ดยา ดิน ข้าว เมล็ดถั่วลิสง ผลไม้ น้ำดื่ม ยาสมุนไพร ก๊าซชีวภาพ เป็นต้น

ในทางปฏิบัติ การควบคุมกระบวนการบรรจุสินค้าสามารถใช้ตัวรับรู้ (Sensor) ชนิดต่างๆ ร่วมกับวงจรควบคุมซึ่งประกอบขึ้นจากอุปกรณ์ได้หลายประเภท ได้แก่ วงจรรีเลย์และสวิตช์แม่เหล็ก (Relay and magnetic contactor circuit) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และพีแอลซี (Programmable logic controller: PLC) อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันพีแอลซีได้รับความนิยมถูกนำมาใช้ควบคุมเครื่องจักรในกระบวนการต่างๆ โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมเนื่องจากระบบควบคุมมีขนาดเล็ก ใช้โปรแกรมแทนการเดินสายไฟ การเปลี่ยนแปลงวิธีการควบคุมจึงทำได้ง่าย เพิ่มความเร็วในการออกแบบและติดตั้ง สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้หลายชนิด ส่งผลให้สามารถประยุกต์ใช้ในงานที่ที่ซับซ้อนได้ดี

โครงการนี้จึงเกิดขึ้นจากแนวคิดในการประดิษฐ์เครื่องบรรจุสัมเพื่อส่งเสริมธุรกิจที่มีฐานการผลิตมาจากภาคเกษตรกรรม และใช้พีแอลซีควบคุมกระบวนการบรรจุเพื่อเพิ่มความสะดวก ความแม่นยำ และความต่อเนื่องในการทำงาน รวมถึงลดการใช้แรงงานคน โดยระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถลำเลียงผลสัมลงในถ่อและควบคุมจำนวนผลสัมที่มีในแต่ละถ่อให้เท่ากัน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้พีแอลซีในการควบคุมการลำเลียงสัมลงถ่อ โดยสามารถกำหนดจำนวนผลสัมที่ต้องการบรรจุลงในแต่ละถ่อได้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้ได้กำหนดขอบเขตการดำเนินงานดังนี้

- 1) ใช้พีแอลซีควบคุมการลำเลียงสัมล่ง
- 2) สามารถควบคุมการบรรจุผลสัมให้มีจำนวนเท่ากันในแต่ละถ່อง
- 3) แสดงตัวเลขจำนวนผลสัมในขณะที่ลำเลียงลงในแต่ละถ่ง และจำนวนถ่งที่บรรจุเสร็จแล้ว
- 4) สร้างแบบจำลองเพื่อนำเสนอรูปแบบการควบคุมที่ออกแบบขึ้น

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

โครงการนี้ได้กำหนดขั้นตอนและวางแผนการดำเนินงานดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงานของโครงการ

รายละเอียด	พ.ศ. 2555							พ.ศ. 2556		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1) ศึกษาวิธีใช้งานชุดทดลอง ET-BOARD V5.0 ในรูปแบบพีแอลซี										
2) ออกแบบวิธีการลำเลียงสัมและถ่งบรรจุ										
3) ออกแบบและสร้างแบบจำลอง										
4) เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานแบบจำลอง										
5) ทดสอบและปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน										
6) สรุปผลและจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์										

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

ระบบบรรจุสั้มนที่ออกแบบขึ้นสามารถลำเลียงเพื่อบรรจุสั้มนให้มีปริมาณเท่ากันในแต่ละกล่อง โดยยังสามารถประยุกต์ใช้บรรจุผลไม้หรือสินค้าที่มีลักษณะและขนาดใกล้เคียงกัน นอกจากนี้การใช้พีแอลซีในการควบคุมการลำเลียงนั้นทำให้เพิ่มความสะดวกสบายและประหยัดเวลาทำงานของเจ้าของธุรกิจ สามารถลดค่าใช้จ่ายเรื่องแรงงานคน

1.6 งบประมาณของโครงการ

1) โครงสร้างแบบจำลองเครื่องบรรจุสั้มน	6,400 บาท
2) มอเตอร์เกียร์ 12 V 100 rpm	590 บาท
3) มอเตอร์เกียร์ 12 V 50 rpm 2 ตัว	560 บาท
4) ตัวรับรู้แบบใช้แสง 10 cm 2 ตัว	1,300 บาท
5) วงจรควบคุมการบรรจุ	600 บาท
6) ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มปริญญาบัตร	1,000 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (หนึ่งหมื่นสี่ร้อยห้าสิบบาทถ้วน)	<u>10,450 บาท</u>
หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ	

บทที่ 2

การใช้งานพีแอลซี มอเตอร์เกียร์ และตัวรับรู้แบบไบ้แสง

โครงการนี้เป็น การนำพีแอลซีมาใช้ควบคุมการบรรจุส้มลงกล่อง จึงจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในหลักการ ทำงานของพีแอลซี รูปแบบการทำงาน ของพีแอลซี ภาษาที่ใช้ในการควบคุมพีแอลซี เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบวงจรควบคุมการบรรจุส้มลงกล่อง แล้วนำไปเขียนคำสั่งเพื่อป้อนให้พีแอลซี นอกจากนี้ยังได้เลือกใช้มอเตอร์กระแสตรง ในการขับเคลื่อนส่วนลำเลียงกล่อง และส่วนลำเลียงส้มในแบบจำลองของระบบบรรจุส้มที่สร้างขึ้น และมีการนำตัวรับรู้มาใช้ในส่วนของการนับจำนวนส้มและการนับจำนวนกล่อง โดยรายละเอียดของพีแอลซี มอเตอร์ และตัวรับรู้ที่ใช้ในแบบจำลองระบบบรรจุส้มมีดังต่อไปนี้

2.1 พีแอลซี

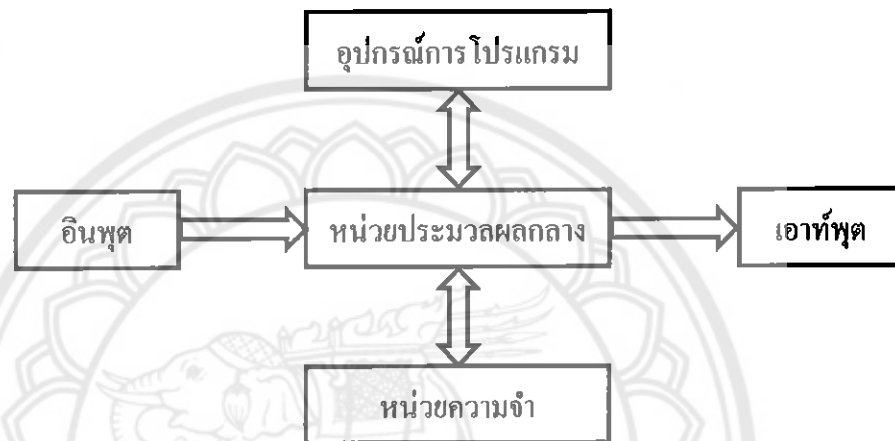
พีแอลซี (Programmable logic controller) คือ อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือระบบกระบวนการต่างๆที่มีลักษณะการทำงานเป็นแบบลอจิก คือเป็น “0” กับ “1” พีแอลซีเป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิดสเตตที่ทำงานแบบลอจิก (Solid-state digital logic element) คล้ายกับหลักการ ทำงานของคอมพิวเตอร์ [1] การใช้พีแอลซีในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆในโรงงานอุตสาหกรรมมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้วงจรรีเลย์ซึ่งจำเป็นต้องเดินสายไฟ ดังนั้นในระบบรีเลย์เมื่อจำเป็นต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่จึงต้องเดินสายไฟใหม่ ทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูง ในขณะที่การใช้พีแอลซีสามารถเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่ได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมคุณลักษณะของวงจรควบคุมที่ใช้พีแอลซีเปรียบเทียบกับ การใช้วงจรรีเลย์แสดงในตารางที่ 2.1 พีแอลซีสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆและยังสามารถต่อพีแอลซีหลายๆตัวเข้าด้วยกันเพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้การใช้งานพีแอลซี มีความยืดหยุ่นมากกว่าการใช้งานวงจรรีเลย์ดังนั้นในปัจจุบัน โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆจึงหันมาใช้งานพีแอลซีมากยิ่งขึ้น [1]

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบระหว่างวงจรควบคุมที่ใช้พีแอลซีกับวงจรรีเลย์ [2, 3]

ประเภท	พีแอลซี	วงจรรีเลย์
ระบบควบคุม	สามารถปรับเปลี่ยนแก้ไขเพิ่มเติมได้ง่าย	ปรับเปลี่ยนแก้ไขเพิ่มเติมทำได้ยาก
การซ่อมหรือการแก้ไข	ทำได้ง่าย	ทำได้ยาก
การติดตั้งกับอุปกรณ์ภายนอก	ทำได้ง่าย	ทำได้ยาก
อายุการใช้งาน	มากกว่า เพราะส่วนของการเคลื่อนที่มีน้อย	น้อยกว่า เพราะมีส่วนของการเคลื่อนที่มาก
การติดต่อกับอุปกรณ์ภายใน	ทำได้ง่าย การเดินสายไฟน้อย	ทำได้ยุ่งยากเพราะต้องเดินสายไฟยาวขึ้น
ความเร็วในการทำงาน	เร็ว	ช้า
ขนาด	เล็ก	ใหญ่
สัญญาณรบกวน	ดี	ดีมาก
การติดตั้ง	ใช้เวลาสั้น	ใช้เวลานาน
การทำงานกับระบบซับซ้อน	ง่าย สะดวก	ยาก ต้องใช้รีเลย์จำนวนมาก
ราคาค่าใช้จ่าย	ต่ำกว่า	สูงกว่า
ความทนทานต่อสัญญาณรบกวน	ดี	ดีมาก
การออกแบบระบบ	ออกแบบง่าย	มีความซับซ้อนในการออกแบบ
การเดินสายไฟ	เขียน โปรแกรมแทนการเดินสายไฟ	เดินสายไฟระหว่างรีเลย์กับอุปกรณ์ต่างๆ
ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงลำดับการควบคุม	เปลี่ยนแปลงง่าย	เปลี่ยนแปลงยาก

2.1.1 ส่วนประกอบของพีแอลซี

พีแอลซี เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับใช้งานในอุตสาหกรรม ส่วนประกอบหลักของพีแอลซีแสดงได้ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูลหรืออินพุต หน่วยส่งข้อมูลหรือเอาต์พุต และหน่วยป้อน โปรแกรม สำหรับพีแอลซีขนาดเล็ก ส่วนประกอบทั้งหมดของพีแอลซีรวมกันในเครื่องเดียว แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่สามารถแยกออกเป็นชิ้นส่วนย่อยมาประกอบกันได้ [2, 4]



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบหลักและผังการทำงานของพีแอลซี [2, 4]

1) หน่วยประมวลผลกลาง

หน่วยประมวลผลกลาง หรือซีพียู (Central processing unit: CPU) มีหน้าที่นำโปรแกรม ผู้ใช้มาปฏิบัติควบคุมการติดต่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุตและหน่วยความจำ ซีพียูทำหน้าที่คำนวณและควบคุมซึ่งเปรียบเสมือนสมองของระบบ ภายในซีพียูประกอบไปด้วยวงจรลอจิกเกตหลายชนิดและมีไมโครโปรเซสเซอร์ใช้แทนอุปกรณ์เพื่อออกแบบวงจร [2, 4]

2) หน่วยความจำ

หน่วยความจำของพีแอลซีทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล ภายในหน่วยความจำ 1 บิต มีค่าสถานะทางลอจิก "0" หรือ "1" แตกต่างกันขึ้นอยู่กับคำสั่ง โดยหน่วยความจำมี 2 ประเภท คือ แรม (Random access memory: RAM) และรอม (Read only memory: ROM) โดยรอมมี 2 ชนิด คือ อีพรอม (Erasable programmable read-only memory: EPROM) และอีอีพรอม (Electrically erasable programmable read-only memory: EEPROM)

เราสามารถแบ่งส่วนของหน่วยความจำออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือหน่วยความจำระบบ เป็นส่วนที่ใช้เก็บ โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องพีแอลซีในการติดต่อกับผู้ใช้ การแปลงคำสั่งบูลีนที่ผู้ใช้เขียนขึ้นให้อยู่ในรูปแบบที่หน่วยประมวลผลเข้าใจ โดยหน่วยความจำในส่วนนี้ ผู้ใช้ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้จึงอยู่ในรูปของรอมหรืออีพรอม อีกส่วนหนึ่ง คือ หน่วยความจำผู้ใช้ ซึ่งใช้เก็บ โปรแกรมบูลีนที่ผู้ใช้เขียนขึ้นเพื่อนำไปปฏิบัติงานตามเงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนดไว้โดยเป็นหน่วยความจำแบบแรมหรือรอม [2, 4]

3) อินพุต

อินพุตทำหน้าที่รับค่าทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ภายนอก แล้วเปลี่ยนเป็นสถานะทางตรรกะเพื่อเก็บไว้ในหน่วยความจำระบบที่กำหนดเป็นส่วนอินพุต โดยมีค่าเป็น “1” เมื่ออุปกรณ์อินพุตอยู่ในสถานะปิดวงจรไฟฟ้าและมีค่าเป็น “0” เมื่ออุปกรณ์อินพุตอยู่ในสถานะเปิดวงจรไฟฟ้า [5]

4) เอาต์พุต

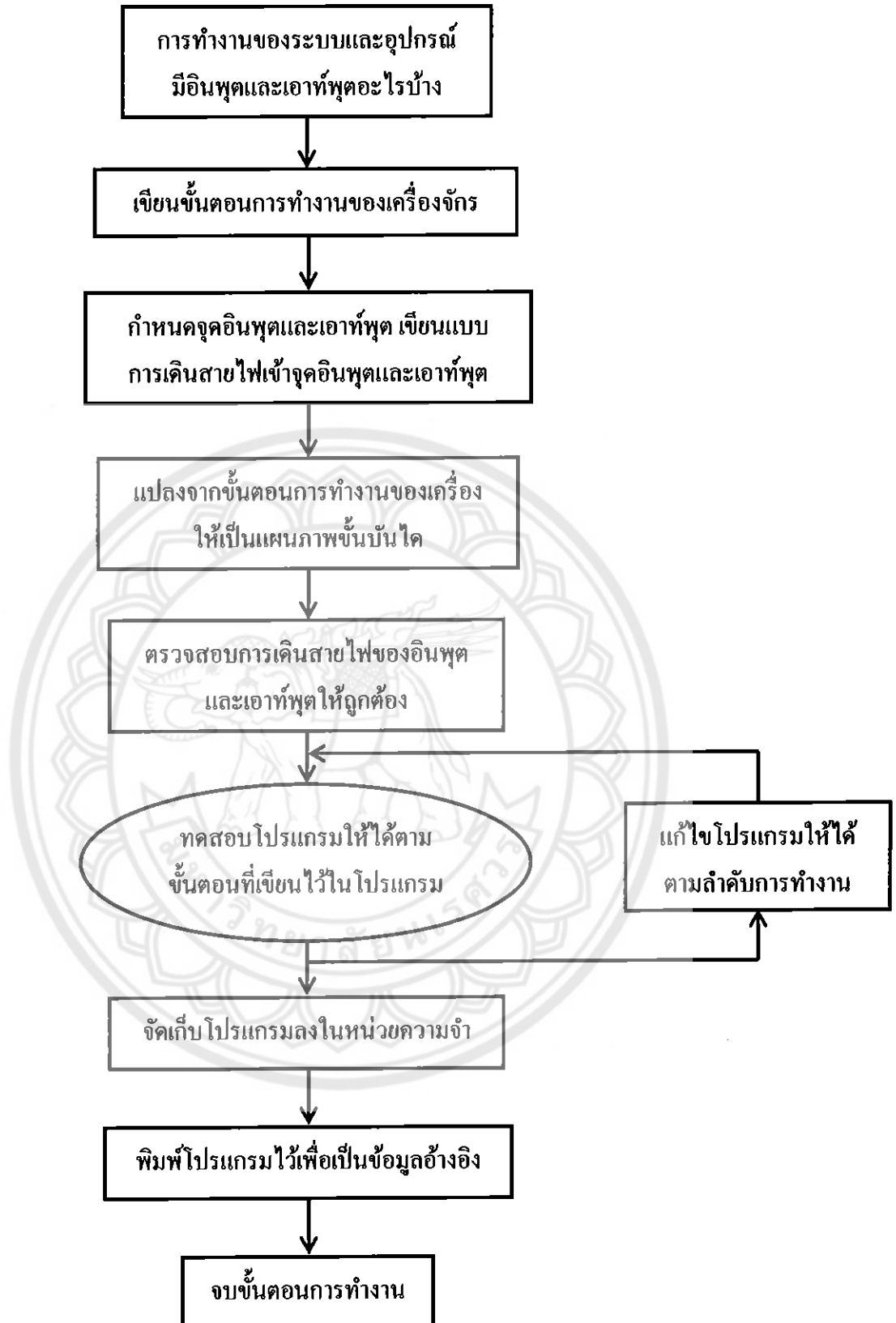
หน่วยเอาต์พุตรับสถานะทางตรรกะจากหน่วยความจำระบบที่กำหนดเป็นส่วนของเอาต์พุต แล้วเปลี่ยนเป็นค่าทางไฟฟ้าเพื่อควบคุมอุปกรณ์ภายนอกอีกทีหนึ่ง โดยค่า “1” หมายถึง การต่อวงจรไฟฟ้า ส่วนค่า “0” หมายถึง การตัดวงจรไฟฟ้า [5]

5) อุปกรณ์การโปรแกรม

หน้าที่ของอุปกรณ์การโปรแกรม คือ ควบคุมโปรแกรมของผู้ใช้ป้อนลงในหน่วยความจำของพีแอลซี นอกจากนั้นแล้วยังทำหน้าที่ติดต่อระหว่างผู้ใช้กับพีแอลซี เพื่อให้ผู้ใช้สามารถตรวจการปฏิบัติงานของพีแอลซี [2, 4]

2.1.2 ขั้นตอนการใช้งานพีแอลซี

การใช้งานพีแอลซีมีขั้นตอนการใช้งานโดยสรุปดังผังงานในรูปที่ 2.2 เริ่มต้นโดยการกำหนดอินพุตและเอาต์พุต คือ การกำหนดตำแหน่งของสวิตช์ปุ่มกดหรือแมกเนติกว่าอยู่ตำแหน่งที่เท่าใด เช่น สวิตช์ปุ่มกดต่อเข้าที่ขั้วต่อสาย 1 ก็คือบิต 00 เป็นต้น แล้วทำการเดินสายไฟจากอินพุตเข้าที่ขั้วต่อสายด้านอินพุตและต่อสายด้านเอาต์พุต เข้าที่โหลด จากนั้นเขียน โปรแกรมลงในซีพียูของพีแอลซี เขียนตามขั้นตอนการทำงานของเครื่องให้อยู่ในรูปแบบภาพขึ้นบนใด โดยหลังจากเขียนโปรแกรมจบแล้ว ให้ทำการสั่งโปรแกรมทำงาน คือ ให้เครื่องจักรทำงานตามขั้นตอนที่เขียนไว้ในโปรแกรมตามต้องการและดูสถานะการทำงานที่หน้าจอ [6]



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการใช้งานพีแอลซี [2, 5]

2.1.3 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมพีแอลซี

การควบคุมพีแอลซีให้ทำงานตามความต้องการ ได้นั้นต้องมีภาษาหรือคำสั่งที่ใช้ในการเขียน โปรแกรมควบคุมเครื่องพีแอลซี ซึ่งมีอยู่หลายภาษาด้วยกัน เช่น ภาษาแลดเดอร์ (Ladder diagram) ภาษาบูลีน (Boolean language) ภาษาบล็อก (Function block diagram) แต่ภาษาที่ใช้งานได้ง่ายและเป็นที่ยอมรับมากที่สุดคือ แผนภาพขั้นบันได และภาษาบูลีน โดยทั่วไปจะทำการเขียนแผนภาพขั้นบันไดขึ้นมาก่อน แล้วจึงแปลเป็นภาษาบูลีนเพื่อป้อนเข้าสู่เครื่องพีแอลซี [5]

แผนภาพขั้นบันไดเป็นภาษาเชิงรูปภาพและถูกออกแบบมาเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน ประกอบด้วยสัญลักษณ์หน้าสัมผัสซึ่งมีลักษณะคล้ายวงจรโดยการใช้โปรแกรมต้องระบุตำแหน่งหรือหมายเลขของอุปกรณ์ต่างๆ ให้ถูกต้อง แผนภาพขั้นบันไดไม่มีลักษณะคล้ายขั้นบันไดที่มีการอ่านหรือเขียนจากบนลงล่าง ส่วนภาษาบูลีนเป็นภาษาพื้นฐานของพีแอลซี มีรูปแบบหรือการสื่อความหมายที่เป็นตรรกะที่เข้าใจง่าย เช่น LD, OR, NOT, และ OUT เป็นต้น ในขณะที่ภาษาบล็อกเป็นการเขียนโปรแกรมคำสั่งของพีแอลซีโดยใช้สัญลักษณ์ต่างๆคล้ายแผนภาพขั้นบันไดแต่จัดไว้ในบล็อกรูปสี่เหลี่ยม ภาษาบล็อกนี้ใช้กับคำสั่งหรือการควบคุมที่ค่อนข้างซับซ้อนหรือมีข้อมูลที่เป็นตัวเลขเกี่ยวข้อง เช่นการคำนวณทางคณิตศาสตร์ และการควบคุมตำแหน่งเครื่องจักร โดยปกติภาษาบล็อกมักใช้ร่วมกับแผนภาพขั้นบันได คำสั่งภาษาบล็อกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มคำสั่งคือ คำสั่งหน่วยเวลาและนับจำนวน คำสั่งคำนวณทางคณิตศาสตร์ คำสั่งการจัดเก็บข้อมูล คำสั่งการเคลื่อนย้ายข้อมูล

2.1.4 คำสั่งพื้นฐานของพีแอลซี

คำสั่งพื้นฐานเพื่อนำไปใช้ในการเขียน โปรแกรมต่อไป คำสั่งพื้นฐานของพีแอลซีได้แก่

1) ภาษาบูลีน: NOT

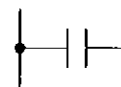
แผนภาพขั้นบันได:



NOT เป็นการกระทำลจิก NOT กับค่าสถานะปัจจุบันโดยสามารถเปรียบได้กับหน้าสัมผัสปกติปิดของอุปกรณ์คือ มีสถานะ ON อยู่ตลอดเวลา จึงเปรียบได้กับมีกระแสไหลผ่านไป ได้ตลอดเวลา ใช้ร่วมกับคำสั่ง LOAD, AND และ OR ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

2) ภาษาบูลีน: LD (LOAD)

แผนภาพขั้นบันได:



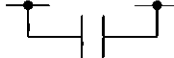
LD เป็นการนำค่าสถานะที่กำหนดเข้ามาสู่โปรแกรม โดยต้องกำหนดหมายเลขหรือตำแหน่งให้กับอุปกรณ์

3) ภาษาบูลีน: AND

แผนภาพขั้นบันได: 

AND เป็นการนำค่าสถานะของอุปกรณ์ต่างๆที่กำหนดเข้ามาทำลอจิก AND กัน โดยใช้เมื่อเงื่อนไขที่ต้องการเกิดขึ้นในลักษณะของการอนุกรมตั้งแต่สองขึ้นไป

4) ภาษาบูลีน: OR

แผนภาพขั้นบันได: 

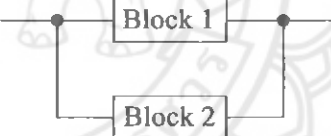
OR เป็นการนำค่าสถานะของอุปกรณ์ต่างๆที่กำหนดเข้ามาทำลอจิก OR กัน โดยใช้เมื่อเงื่อนไขที่ต้องการเกิดขึ้นในลักษณะของการขนานตั้งแต่สองขึ้นไป

5) ภาษาบูลีน: AND LD

แผนภาพขั้นบันได: 

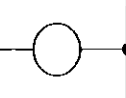
AND LD เป็นการนำค่าสถานะที่เก็บรักษาไว้มาทำลอจิก AND กัน โดยใช้เมื่อเงื่อนไขของการขนานสองชุดหรือมากกว่า เกิดขึ้นในลักษณะที่อนุกรมกัน

6) ภาษาบูลีน: OR LD

แผนภาพขั้นบันได: 


OR LD เป็นการนำค่าสถานะที่เก็บรักษาไว้มาทำลอจิก OR กัน โดยใช้เมื่อเงื่อนไขของการอนุกรมสองชุด หรือมากกว่าเกิดขึ้นในลักษณะขนานกัน

7) ภาษาบูลีน: OUT

แผนภาพขั้นบันได: 

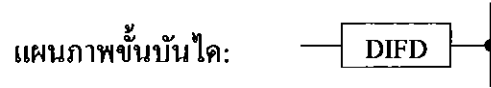
OUT ใช้เพื่อควบคุมสถานะของอุปกรณ์ปลายทางให้มีการทำงานตามเงื่อนไขข้างหน้า โดยใช้เมื่อต้องการนำค่าสถานะออกมาทางอุปกรณ์ปลายทางต่างๆ

8) ภาษาบูลีน: DIFU (FUNC 13)

แผนภาพขั้นบันได: 

DIFU ใช้เมื่อต้องการให้การทำงานของเอาต์พุตเป็นแบบพัลส์ที่เกิดขึ้นในคาบเวลาสั้นๆ โดยที่เอาต์พุต ON เมื่อสถานะที่เข้ามาเปลี่ยนจาก OFF ไปเป็น ON

9) ภาษาบูลีน: DIFD (FUNC 14)



DIFD ใช้เมื่อต้องการให้การทำงานของเอาต์พุต เป็นแบบพัลส์ที่เกิดขึ้นในคาบเวลาสั้นๆ โดยที่เอาต์พุต ON เมื่อสถานะที่เข้ามาเปลี่ยนจาก ON ไปเป็น OFF

10) ภาษาบูลีน: LATCH (FUNC 11)



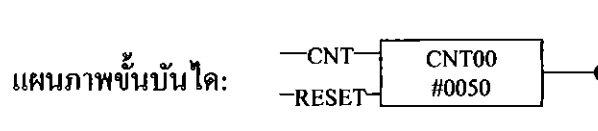
LATCH เป็นคำสั่งที่มีการทำงานเหมือน RS Flip-flop คือมีอินพุตหนึ่งที่ใช้สำหรับให้เอาต์พุตเกิดการค้างค่าสถานะที่ ON และอีกอินพุตหนึ่งสำหรับให้เอาต์พุตที่ถูกค้างค่าสถานะ ON เปลี่ยนเข้าสู่สถานะ OFF

11) ภาษาบูลีน: TIM (TIMER)



TIM เป็นการเรียกใช้ตัวตั้งเวลา ซึ่งสามารถหน่วงเวลาการทำงานหรือกำหนดค่าเวลาได้ โดยสามารถตั้งเวลาการหน่วงตั้งแต่ 000.0-999.9 s การกำหนดเวลาการหน่วงให้แก่เครื่องได้นั้น ต้องทราบว่า 1 หน่วยมีค่า 100 ms เช่น เมื่อต้องการหน่วงเวลาไป 5 s หลังจากเทียบค่าจะได้ว่า 5 s มีค่าเท่ากับ 50 หน่วย หลังจากนั้นเราจะนำค่านี้นำไปป้อนให้แก่เครื่อง 0050

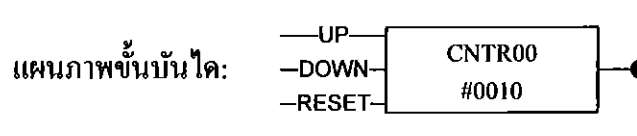
12) ภาษาบูลีน: CNT (COUNTER)



CNT เป็นตัวนับโดยรับสัญญาณที่ CNT และขกเลิกการนับที่รีเซต โดยที่ตัวเลข #0005 เป็นตัวเลขที่เรากำหนดให้ทำการนับซึ่งเป็นค่าเท่าใดก็ได้ เมื่อสัญญาณมีการเปลี่ยนแปลงหนึ่งครั้ง

จะนับเพิ่มหนึ่งจนกว่าสัญญาณเปลี่ยนแปลงครบตามจำนวนที่เรากำหนด ตัวนับจะหยุดนับและต้องทำการรีเซ็ตใหม่เพื่อให้ตัวนับรับต่อไป

13) ภาษาบูลีน: CNTR (REVERSIBLE COUNTER) (FUNC 12)



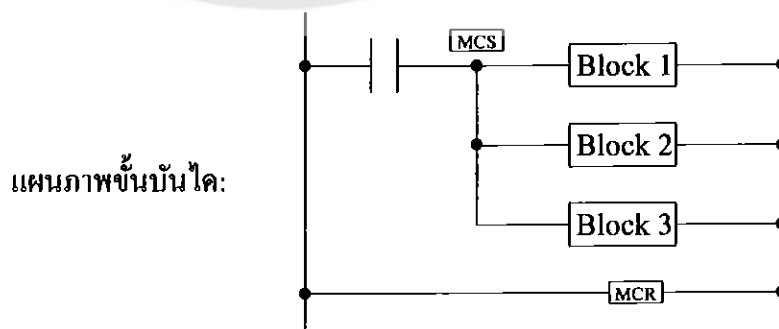
REVERSIBLE COUNTER หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า UP-DOWN COUNTER ทั้งนี้เพราะทำการนับขึ้นในกรณีที่มีสัญญาณเข้าที่ UP INPUT และทำการนับลงเมื่อมีสัญญาณเข้าที่ DOWN INPUT ซึ่งลักษณะของการนับมีการนับขึ้นและลงโดยอัตโนมัติ กล่าวคือ เมื่อมีสัญญาณอินพุตเข้าที่ UP INPUT 2 ครั้งก็จะขึ้นสองและถ้ามีสัญญาณเข้าที่ DOWN INPUT 1 ครั้งจะได้ว่าจำนวนสุทธิเป็น 1 แต่ถ้ามีสัญญาณเข้าที่ขา RESET จะทำให้ค่าจากการนับมีค่า 0000 ทันที

14) ภาษาบูลีน: SFT (SHIFT)



SFT เป็นคำสั่งที่ใช้เลื่อนข้อมูลของเอาต์พุต โดยเลื่อนจากบิตที่ 0 ไปหาบิตที่ 7 โดยมีขา CLK ควบคุมการเลื่อนข้อมูล เมื่อ DATA INPUT มีสถานะ ON SFT 07 ก็จะเริ่มเข้าสู่การนับและเมื่อ CLK INPUT มีสถานะ ON SFT 07 จะเลื่อนข้อมูลจากบิตแรกสุด และเมื่อ CLK INPUT มีสถานะ ON อีก SFT 07 จะเลื่อนข้อมูลไปหาบิตถัดไป

15) ภาษาบูลีน: MCS (FUNC 02), MCR (FUNC 03)



MCS ถูกใช้เมื่อต้องการสั่งให้มีการควบคุมหลัก ส่วน MCR เป็นตัวกำหนดจุดสิ้นสุดของการควบคุมหลัก

16) ภาษาบูลีน: JMP (FUNC 04), JME (FUNC 05)

JMP ใช้ในกรณีการย้ายบล็อกการทำงาน โดยที่ถ้าสถานะที่ให้กับ JMP เกิด OFF ขึ้น โปรแกรมจะกระโดดไปทำงานที่ตำแหน่งนั้นๆ ส่วน JME มีไว้ในการปิดการทำงานของ JMP โดยการใช้งานนั้นต้องการกำหนดลำดับที่ของการ JMP ไว้ด้วย ซึ่งมีการ JMP ทั้งหมด 8 JMP

17) ภาษาบูลีน: NOP

NOP หรือ NO OPERATION คือคำสั่งที่ไม่มีการให้เกิดการทำงานใด บางครั้งมีการใช้คำสั่ง NOP เพื่อให้เวลาสแกนเพิ่มขึ้นเพื่อประโยชน์ในการปรับค่าเวลาในแต่ละรอบ

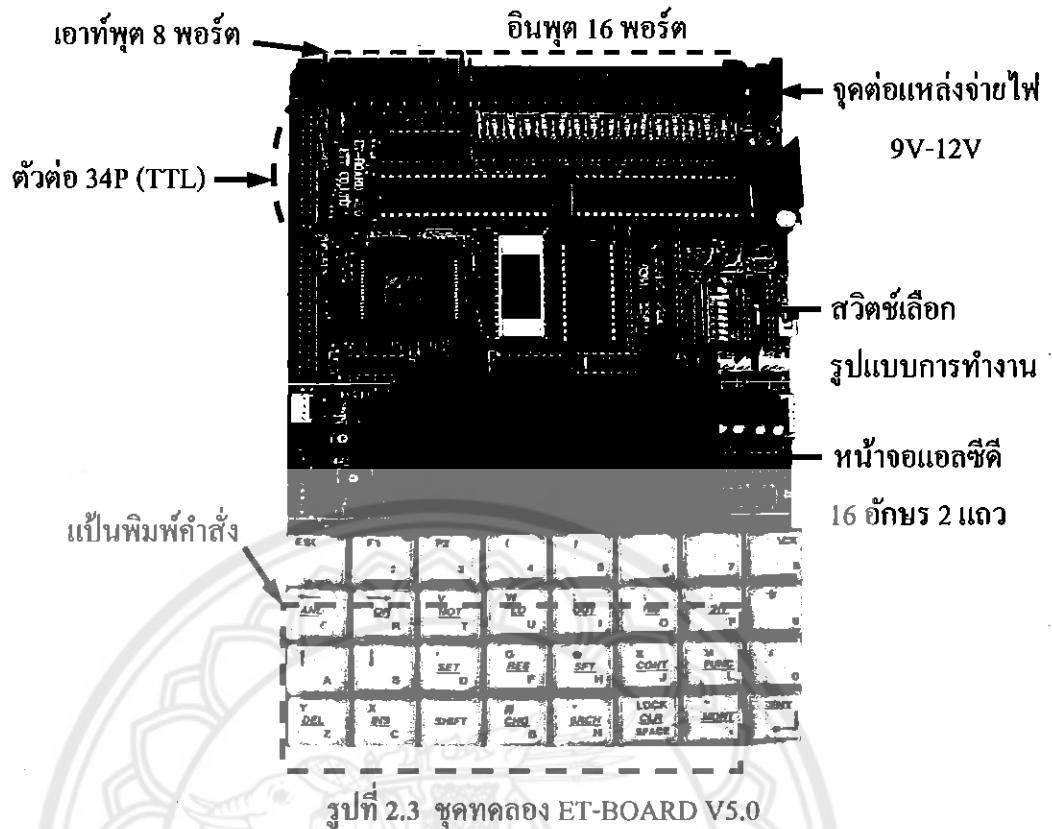
18) ภาษาบูลีน: END (FUNC 01)

END ใช้จบการทำงานของโปรแกรม ซึ่งจำเป็นต้องใส่คำสั่งนี้ทุกครั้งเพื่อบอกให้เครื่องทราบถึงตำแหน่งที่สิ้นสุดการทำงานในการสแกนรอบนั้นๆ [5]

2.2 ชุดทดลอง ET-BOARD V5.0

ลักษณะของชุดทดลอง ET-BOARD V5.0 แสดงในรูปที่ 2.3 ผลิตโดยบริษัท อีทีที จำกัด มีความสามารถในการทำงานเป็นพีแอลซี โดยสามารถป้อนคำสั่งควบคุมได้ที่ชุดทดลองหรือผ่านทางคอมพิวเตอร์ เมื่อต้องการใช้งานในรูปแบบพีแอลซี ให้ทำการปรับสวิตช์เลือกรูปแบบการทำงาน (Dip switch) ที่ชุดทดลองโดยปรับสวิตช์หมายเลข 2 ให้อยู่ที่ตำแหน่ง ON เพียงตัวเดียว รายละเอียดของ ET-BOARD V5.0 แสดงในตารางที่ 2.2

ชุดทดลอง ET-BOARD V5.0 มีตำแหน่งอินพุต 4 ตำแหน่ง โดยตำแหน่งที่เรียกใช้งานคือ 00 และ 01 ซึ่งแต่ละตำแหน่งมี 8 บิต ดังนั้นจึงมีอินพุต 16 จุด และที่เหลืออีก 2 ตำแหน่งเป็นส่วนขยาย คือ ตำแหน่งที่ 02 และ 03 แต่สัญญาณที่มาจากจุดนี้ต้องเป็นสัญญาณที่ที่แอล ทางด้านตำแหน่งเอาต์พุตมี 2 ตำแหน่ง โดยการเรียกเอาต์พุตมาใช้งานอยู่ที่ตำแหน่ง 07 และ 08 ซึ่ง 1 ตำแหน่งมี 8 บิต โดยตำแหน่งที่ 07 เป็นเอาต์พุตที่แรงดัน 10 V หรือ 24 V ให้กระแสไหลผ่านได้ 100 mA ส่วนในตำแหน่ง 08 เป็นส่วนขยายซึ่งมีระดับสัญญาณเป็นที่ที่แอล ส่วนตำแหน่งรีเลย์ภายในนั้นกำหนดตำแหน่งด้วยตัวเลข 4 หลัก คือ หลักแรกเป็นตำแหน่งของรีเลย์ภายในแล้วตามด้วยบิต ซึ่งมี 19 ตำแหน่งๆละ 8 บิต ดังนั้นรีเลย์ภายในจึงมีทั้งหมด 152 จุด รีเลย์ภายในไม่มีหน้าสัมผัสใช้งานจริง แต่เป็นหน่วยความจำหรือรีจิสเตอร์เก็บค่า



ตารางที่ 2.2 ข้อมูลของชุดทดลอง ET-BOARD V5.0 ในรูปแบบพีแอลซี [2, 5]

ภาษาที่ใช้ป้อนคำสั่ง	ภาษาบูลีน
คำสั่งที่ใช้ควบคุม	8 คำสั่งพื้นฐาน 14 คำสั่งพิเศษ 32 ปุ่มกด
หน้าจอแสดงผล	แอลซีดี 16 อักขร 2 แถว
ความจุของโปรแกรม	3 kbyte
หน่วยความจำ	แรม อีพรอม อีอีพรอม
อินพุต	16 จุด แบบ 24 V หรือ 10 V 16 จุด ในระดับสัญญาณ ทีทีแอล
เอาต์พุต	8 จุด แบบ 24 V หรือ 10 V 8 จุด ในระดับสัญญาณ ทีทีแอล
ตำแหน่งรีเลย์ภายใน	152 จุด
ตำแหน่งรีเลย์ตัวตั้งเวลา	48 จุด นับเวลาได้ตั้งแต่ 0-999.9 s
ตำแหน่งรีเลย์ตัวนับ	48 จุด นับได้ 0-9999
ตำแหน่งรีเลย์พิเศษ	6 จุด

ตำแหน่งรีเลย์พิเศษ เป็นรีเลย์ที่มีลักษณะพิเศษ โดยมีตำแหน่งต่างๆเริ่มตั้งแต่ตำแหน่ง 2800 ถึง 2805 เป็นรีเลย์ที่กำหนดความถี่ที่ 10 ms 100 ms 500 ms และ 1 s ตามลำดับ โดยที่ตำแหน่ง 2804 เป็นรีเลย์ที่เปิด ON ด้วยเวลา 1 รอบการทำงานของวงจรเริ่มโปรแกรมในรอบของการทำงานครั้งแรกและตำแหน่งที่ 2805 ซึ่งปกติจะเปิด OFF เมื่อทำให้ปิด ON ทำให้เอาต์พุตทั้งหมดที่ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าไม่มีกระแสไหลแต่สถานะของเอาต์พุตต่างๆยังทำงานปกติตามโปรแกรม

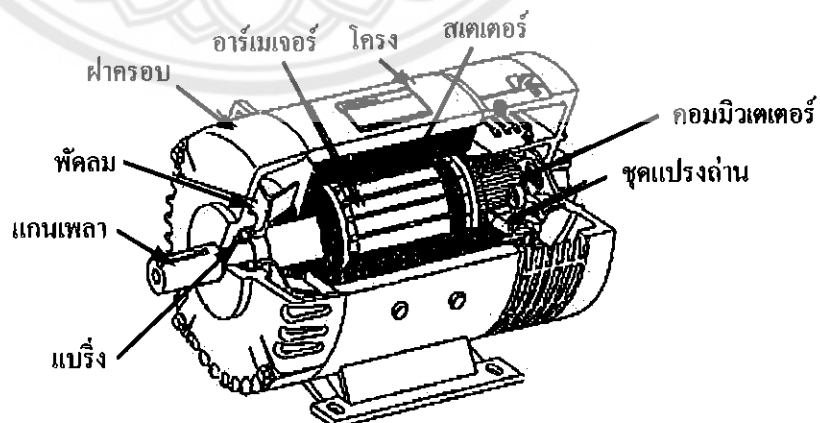
ตำแหน่งตัวตั้งเวลาและตัวนับ ในการเรียกใช้ประกอบด้วยตัวเลข 2 หลัก คือมีตำแหน่งไม่มีส่วนที่เป็นบิตซึ่งมีอย่างละ 48 ตำแหน่ง โดยที่ตัวตั้งเวลามีชื่อเรียกใช้ TIM ใช้เป็นตัวนับเวลาแบบนับถอยหลังได้ตั้งแต่ 0-999.9 s มีตำแหน่งเรียกใช้จาก 00-47 ส่วนตัวนับมีด้วยกัน 2 ชนิด มีชื่อเรียกใช้ CNT ใช้นับสัญญาณอินพุตแบบนับลงและ CNTR ทำงานได้ทั้งนับขึ้นและนับลง มีตำแหน่งเรียกใช้งานร่วมกันคือ 00-47 [5]

2.3 มอเตอร์ขับเคลื่อนในแบบจำลอง

ในการขับเคลื่อนส่วนลำเลียงกล่องและส่วนลำเลียงสัปดาห์ต้องใช้มอเตอร์ที่มีความเร็วรอบต่ำและมีแรงบิดสูงเพื่อขับโหลดซึ่งขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างของแบบจำลองและน้ำหนักของสัปดาห์ ในโครงการนี้ได้เลือกใช้มอเตอร์กระแสตรง (DC motor) เนื่องจากให้แรงบิดสูงและง่ายต่อการควบคุม

2.3.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์กระแสตรงนิยมใช้ในงานที่ต้องการควบคุมความเร็ว เช่น ในลิฟต์ รถไฟฟ้า ฯลฯ โดยมีโครงสร้างและส่วนประกอบพื้นฐานแสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 โครงสร้างและส่วนประกอบพื้นฐานของมอเตอร์กระแสตรง

ที่มา: www.kmitl.ac.th

ส่วนประกอบหลักของมอเตอร์กระแสตรงมีดังนี้

- 1) ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) คือขดลวดที่ถูกพันอยู่กับขั้วแม่เหล็กที่ยึดติดกับโครงมอเตอร์ ทำหน้าที่ให้กำเนิดขั้วแม่เหล็กเหนือและใต้แทนแม่เหล็กถาวร ขดลวดที่ใช้เป็นขดลวดอาบนํ้ายาฉนวน สนามแม่เหล็กเกิดขึ้นเมื่อจ่ายแรงดันไฟตรงให้มอเตอร์
- 2) ขั้วแม่เหล็ก (Pole pieces) คือแกนสำหรับรองรับขดลวดสนามแม่เหล็ก ถูกยึดติดกับโครงมอเตอร์ด้านใน ขั้วแม่เหล็กถูกสร้างมาจากแผ่นเหล็กอ่อนบางๆอัดซ้อนกัน (Lamination sheet steel) เพื่อลดการเกิดกระแสไหลวน (Eddy current) ที่จะทำให้ความเข้มของสนามแม่เหล็กลดลง ขั้วแม่เหล็กทำหน้าที่ให้กำเนิดขั้วสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสูงสุดแทนขั้วสนามแม่เหล็กถาวร ผิวด้านหน้าของขั้วแม่เหล็กทำให้โค้งรับกับอาร์เมเจอร์พอดี
- 3) โครงมอเตอร์ (Motor frame) คือส่วนเปลือกหุ้มภายนอกของมอเตอร์และยึดส่วนอยู่กับที่ (Stator) ของมอเตอร์ไว้ภายในร่วมกับฝาปิดหัวท้ายของมอเตอร์ โครงมอเตอร์ทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กระหว่างขั้วแม่เหล็กให้เกิดสนามแม่เหล็กครบวงจร
- 4) อาร์เมเจอร์ (Armature) คือส่วนเคลื่อนที่ (Rotor) ถูกยึดติดกับเพลา (Shaft) และรองรับการหมุนด้วยที่รองรับการหมุน (Bearing) ตัวอาร์เมเจอร์ทำจากเหล็กแผ่นบางๆอัดซ้อนกัน ถูกเจาะร่องออกเป็นส่วนๆเพื่อไว้พันขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature winding) ขดลวดอาร์เมเจอร์เป็นขดลวดอาบนํ้ายาฉนวน ร่องขดลวดอาร์เมเจอร์จะมีขดลวดพันอยู่และมีลิ่มไฟเบอร์อัดแน่น ขึงขดลวดอาร์เมเจอร์ไว้ ปลายขดลวดอาร์เมเจอร์ต่อไว้กับคอมมิวเตเตอร์ อาร์เมเจอร์ผลัดกันของสนามแม่เหล็กทั้งสองทำให้อาร์เมเจอร์หมุน
- 5) คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ถูกยึดติดเข้ากับอาร์เมเจอร์และเพลา ทำหน้าที่เป็นขั้วรับแรงดันไฟตรงที่จ่ายมาจากแปรงถ่านเพื่อส่งไปให้ขดลวดอาร์เมเจอร์ โดยสร้างจากแท่งทองแดงแข็งประกอบเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอก แต่ละแท่งทองแดงถูกแยกออกจากกันด้วยฉนวนไมก้า (Mica)
- 6) แปรงถ่าน (Brush) ทำหน้าที่รับแรงดันไฟตรงจากแหล่งจ่ายผ่าน ไปให้คอมมิวเตเตอร์ ถูกผลิตเป็นแท่งสี่เหลี่ยมจากคาร์บอนหรือแกรไฟต์ผสมผงทองแดง เพื่อให้แข็งและนำไฟฟ้าได้ดี มีสายตัวนำเชื่อมต่อกับแปรงถ่านเพื่อรับแรงดันไฟตรงที่จ่ายเข้ามาแปรงถ่าน [7]

2.3.2 มอเตอร์เกียร์

ในการสร้างแบบจำลองของระบบบรรจุสั้มได้เลือกใช้มอเตอร์เกียร์ (Gear motor) ซึ่งเป็นมอเตอร์กระแสตรงเพราะสามารถควบคุมแรงบิดและความเร็วได้ดี รวมถึงการปรับความเร็วสามารถทำได้ในช่วงที่กว้าง และเหมาะสำหรับการใช้งานในระบบที่มีขนาดเล็ก มอเตอร์เกียร์ที่เลือกใช้ในการสร้างแบบจำลองระบบบรรจุสั้มถูกนำมาใช้เป็นตัวขับเคลื่อนทั้งในส่วนของการลำเลียงสั้มและส่วนลำเลียงกล่อง มอเตอร์เกียร์ดังแสดงในรูปที่ 2.5 มีขนาดตั้งแต่ 6-120 W โดยสามารถลดความเร็วรอบของมอเตอร์ได้ มีทั้งแบบธรรมดาและปรับรอบใช้กับงานตามที่ต้องการ การทรอบส่งผลให้ความเร็วรอบในการหมุนของมอเตอร์เกียร์ลดลงแต่ทำให้แรงบิดเพิ่มขึ้น [8]

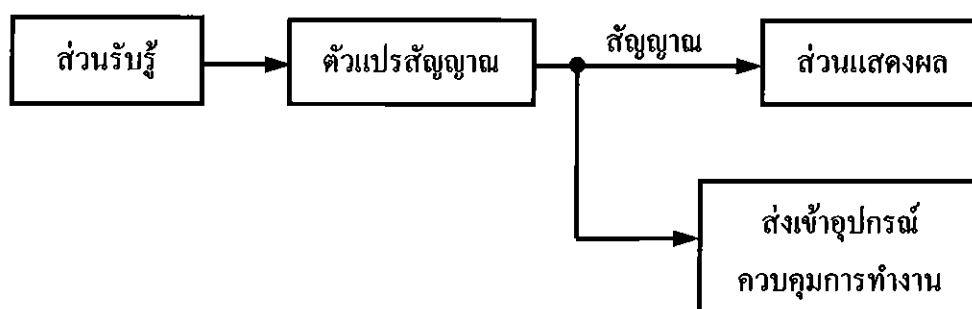


รูปที่ 2.5 มอเตอร์เกียร์ 12 Vdc 50, 100 rpm แกนเพลลา 6 mm

ที่มา: www.nattakit.com

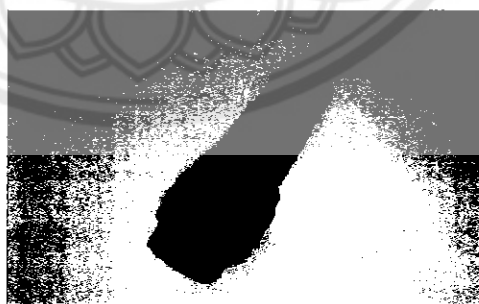
2.4 ตัวรับรู้แบบใช้แสง

ตัวรับรู้ (Sensor) ประกอบด้วยส่วนรับรู้ (Sensing part) ซึ่งทำหน้าที่ตรวจจับปริมาณของตัวแปรต่างๆที่ต้องการทราบค่า เช่น อุณหภูมิ การเคลื่อนที่ แสงสว่าง เป็นต้น แต่ส่วนรับรู้เพียงอย่างเดียวไม่สามารถบอกค่าที่ต้องการวัดได้ จึงจำเป็นต้องมีส่วนแปลงพลังงาน (Transducing part) ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ได้จากการตรวจจับมาเป็นปริมาณที่สามารถเข้าใจได้เรียกว่า ตัวแปรสัญญาณ (Signal converter) โดยทำหน้าที่แปลงพลังงานจากรูปหนึ่งให้อยู่ในอีกรูปแบบหนึ่ง เช่น แปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า ในการนำตัวรับรู้ไปใช้งานแสดงได้คังแผนภาพในรูปที่ 2.6 ส่วนรับรู้ทำการตรวจวัดและให้ตัวแปรสัญญาณเอาท์พุตเป็นสัญญาณไฟฟ้าซึ่งถูกส่งไปเข้ากระบวนการทางไฟฟ้าขั้นต่อไป เช่น การขยายสัญญาณ แล้วจึงได้เอาท์พุตออกมาแสดงผลหรือนำไปใช้งานในด้านอื่นๆตามต้องการ [9]



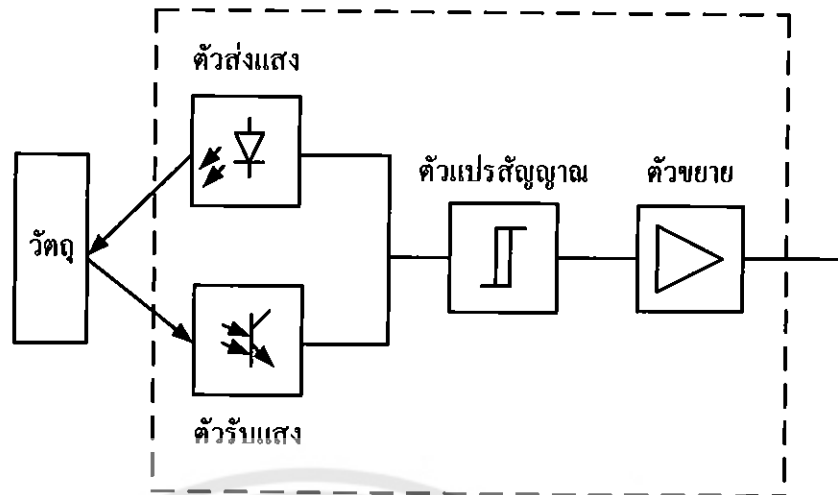
รูปที่ 2.6 แผนภาพการใช้งานตัวรับรู้ [9]

ในโครงการนี้ตัวรับรู้แบบใช้แสง (Photoelectric sensor) ซึ่งต้องการไฟเลี้ยงเป็นไฟกระแสตรงขนาด 6-36 Vdc ระยะการตรวจจับ 0-10 cm ขนาดยาว 7 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.8 cm ดังแสดงในรูปที่ 2.7 โดยมีตัวส่งแสงและตัวรับแสงอยู่ภายใน มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแสงที่มากระทบกับตัวรับแสง และส่งสัญญาณเอาท์พุทซึ่งสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงปริมาณแสงที่ได้รับผ่านตัวรับแสง ตัวรับรู้ชนิดนี้สามารถตรวจจับการปรากฏขึ้นหรือการหายไปของวัตถุ สามารถตรวจจับขนาด รูปร่าง การสะท้อนแสง และความโปร่งแสงหรือสีของวัตถุ โดยมีส่วนประกอบหลักแสดงดังรูปที่ 2.8 ในทางปฏิบัติสามารถสร้างให้ตัวรับรู้แบบใช้แสงสามารถตรวจจับได้ในระยะไกลถึง 100 m หรือตรวจจับวัตถุขนาดเล็ก (เช่น เล็กกว่า 1 mm) ได้ [9] โดยในโครงการนี้ใช้ตัวรับรู้ดังกล่าวในการตรวจจับสั้มและกล่อง ซึ่งสามารถตรวจจับวัตถุได้แม่นยำโดยไม่ต้องสัมผัสกับผลสั้มและกล่อง



รูปที่ 2.7 ตัวรับรู้แบบใช้แสง ระยะตรวจจับ 0-10 cm

ที่มา: www.sangtawan.org



รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบหลักของตัวรับรู้แบบใช้แสง [9]

ตัวรับรู้แบบใช้แสงสามารถตรวจจับวัตถุได้ทุกประเภท มีอายุการใช้งานได้ยาวนาน ระยะในการตรวจจับไกลที่สุดในบรรดาตัวรับรู้ชนิดอื่น เวลาในการตอบสนองดีที่สุดจึงเหมาะที่จะใช้ตรวจจับประเภทที่มีความถี่ในการตรวจจับสูง เช่น ใช้ในการวัดความเร็วในการเคลื่อนที่ทั้งเชิงเส้นและเชิงมุม อย่างไรก็ตามตัวรับรู้ชนิดนี้มีข้อจำกัดในการตรวจจับวัตถุโปร่งใสและวัตถุที่มีสีแตกต่างกันมากเนื่องจากความสามารถในการสะท้อนหรือดูดกลืนแสงในแต่ละสีแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังต้องระวังเรื่องความสะอาดของเลนส์ของตัวรับรู้ [9]

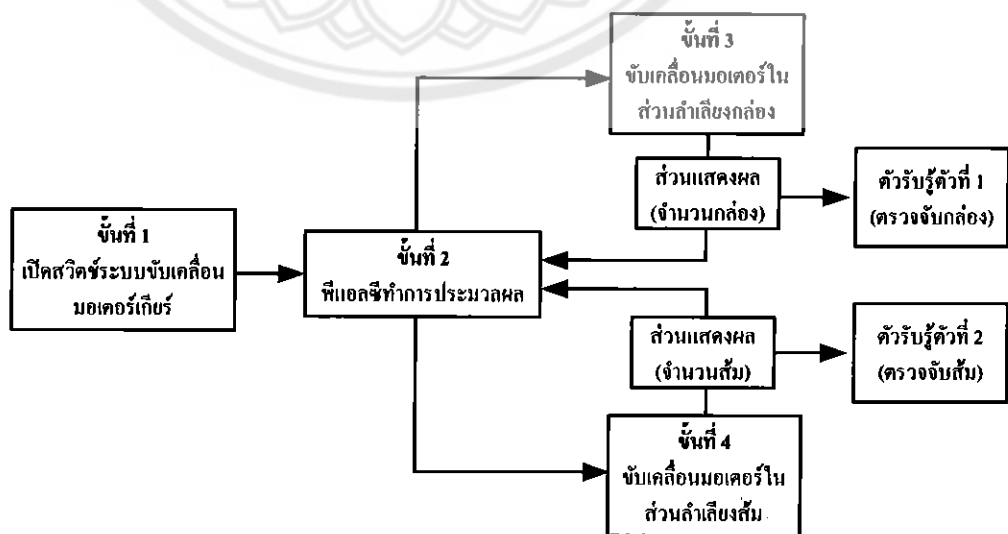
บทที่ 3

การออกแบบและสร้างแบบจำลองของระบบบรรจุสั้ม

หลังจากศึกษาหลักการการทำงานของพีแอลซี มอเตอร์เกียร์ และตัวรับรู้แบบใช้แสงแล้วได้ทำการออกแบบและสร้างแบบจำลองของระบบบรรจุสั้ม โดยเริ่มจากกำหนดลำดับขั้นตอนการทำงาน ของระบบแล้วออกแบบโครงสร้างของแบบจำลอง ทั้งในส่วนการลำเลียงสั้มและส่วนการลำเลียงกล่อง จากนั้นดำเนินการสร้างชิ้นงานตามทีออกแบบไว้ และเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน โดยใช้ชุดทดลอง ET-BOARD V5.0 ในรูปแบบการทำงานเป็นพีแอลซี

3.1 การออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบ

ขั้นตอนการทำงานของระบบบรรจุสั้มโดยใช้พีแอลซีดังรูปที่ 3.1 ผู้ใช้สามารถกดสวิทช์เปิดและปิดระบบขับเคลื่อนมอเตอร์เกียร์เพื่อเริ่มการทำงาน โดยเมื่อกดสวิทช์ สวิทช์ส่งสัญญาณให้กับพีแอลซีเพื่อสั่งให้ส่วนลำเลียงกล่องเริ่มทำการลำเลียงกล่องมาจนกระทั่งมีกล่องตัดแสงของตัวรับรู้ตัวที่ 1 ตัวรับรู้ส่งสัญญาณไปยังพีแอลซีเพื่อหยุดการทำงานในส่วนลำเลียงกล่องและสั่งเริ่มการทำงานในส่วนลำเลียงสั้มเพื่อลำเลียงสั้มลงกล่องในขณะที่ลำเลียงลงกล่องสั้มจะตัดผ่านตัวรับรู้ที่ติดตั้งในส่วนลำเลียงสั้มก่อนลงกล่องซึ่งเมื่อสั้มตัดผ่านตัวรับรู้ตัวที่ 2 ตัวรับรู้จะส่งสัญญาณให้กับพีแอลซีเพื่อนับจำนวนสั้มจนกระทั่งสั้มครบจำนวนที่กำหนดไว้ จากนั้นพีแอลซีจะสั่งให้ส่วนลำเลียงสั้มหยุดการทำงานและสั่งให้ส่วนลำเลียงกล่องที่มีสั้มบรรจุครบแล้วไปยังส่วนต่อไป ส่วนนี้จะทำงานจนกระทั่งมีกล่องถัดไปมาตัดตัวรับรู้ตัวที่ 1 จึงจะเริ่มกระบวนการใหม่อีกครั้ง



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบบรรจุสั้มโดยใช้พีแอลซี

3.2 การออกแบบและสร้างแบบจำลองของระบบบรรจุส้ม

ในโครงการนี้ได้ออกแบบและสร้างแบบจำลองของระบบบรรจุส้มขึ้นเพื่อให้นำเสนอหลักการที่พัฒนาขึ้นในโครงการสำหรับควบคุมการลำเลียงส้มและบรรจุลงในกล่อง โดยแบ่งส่วนประกอบของแบบจำลองออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือส่วนลำเลียงกล่องและส่วนลำเลียงส้ม

3.2.1 ส่วนลำเลียงกล่อง

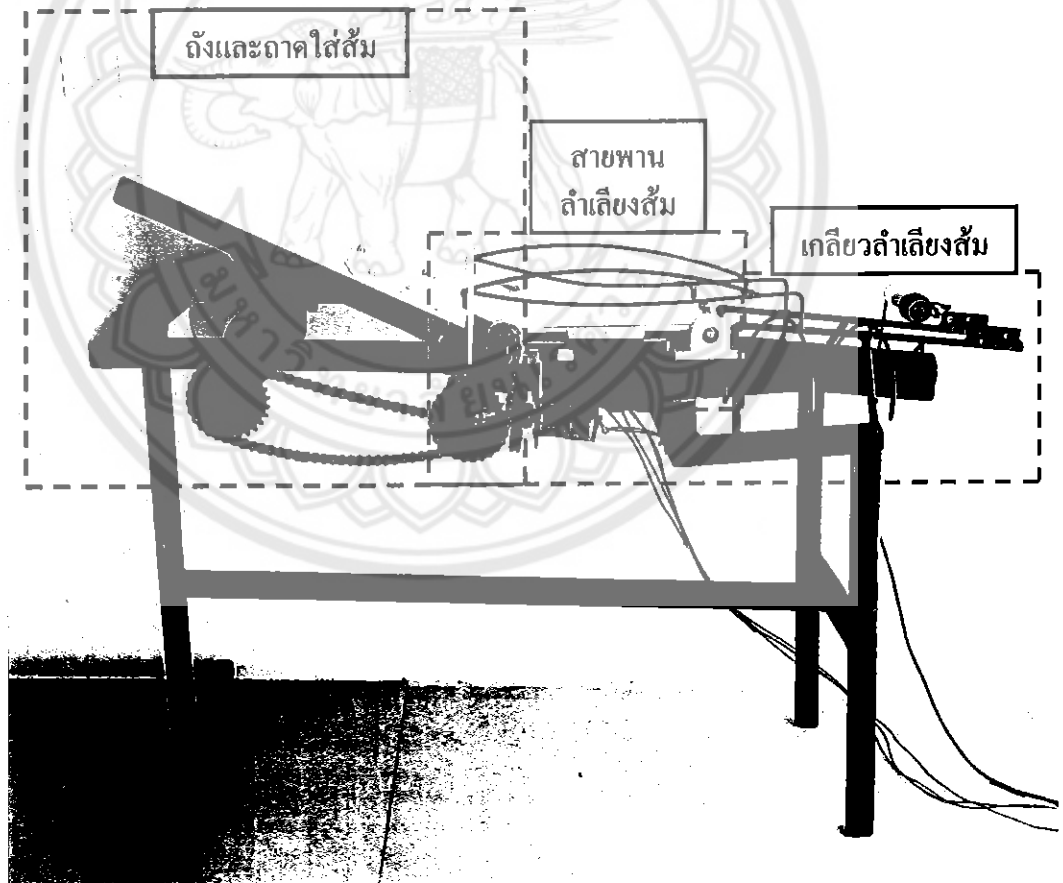
ในโครงการได้ดำเนินการออกแบบและสร้างส่วนลำเลียงกล่องขึ้นเป็นอันดับแรกเพื่อกำหนดระยะห่างในแนวตั้งระหว่างกล่องที่ใช้บรรจุส้มกับส่วนปลายของเกลียว โครงสร้างของส่วนลำเลียงกล่องมีขนาดกว้าง 23 cm ยาว 85 cm และสูง 22 cm ดังรูปที่ 3.2 โดยสร้างจากเหล็กกล่องสี่เหลี่ยม ในแบบจำลองนี้ กล่องบรรจุส้มจะถูกลำเลียงโดยใช้โซ่จำนวน 5 เส้นวางขนานกันทำหน้าที่เป็นสายพานลำเลียงกล่อง ทั้งนี้เพื่อความแข็งแรงของตัวสายพานซึ่งต้องรองรับน้ำหนักของกล่องที่มีส้มบรรจุอยู่ด้วยและเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการสร้างแบบจำลอง โดยใช้แผ่นอะคริลิก (Acrylic) วางซ้อนได้โซ่ส่วนบนเพื่อลดการหย่อนของโซ่ในขณะที่ลำเลียง โซ่ลำเลียงถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์เกียร์ (ตัวที่ 1) เพื่อลำเลียงกล่องให้เคลื่อนที่มาตัดผ่านตัวรับรู้แบบใช้แสง (ตัวที่ 1) ซึ่งทำหน้าที่ตรวจจับการมีอยู่ของกล่องและส่งสัญญาณให้ส่วนแสดงผล 7 ส่วนแสดงตัวเลขจำนวนกล่องที่บรรจุส้มเรียบร้อยแล้ว โดยการกำหนดตำแหน่งที่ติดตั้งตัวรับรู้ดังกล่าวจะพิจารณาจากบริเวณที่ต้องการให้กล่องหยุดบนโซ่ลำเลียงเพื่อรองรับผลส้มจากส่วนลำเลียงส้มนั่นเอง



รูปที่ 3.2 ส่วนลำเลียงกล่อง

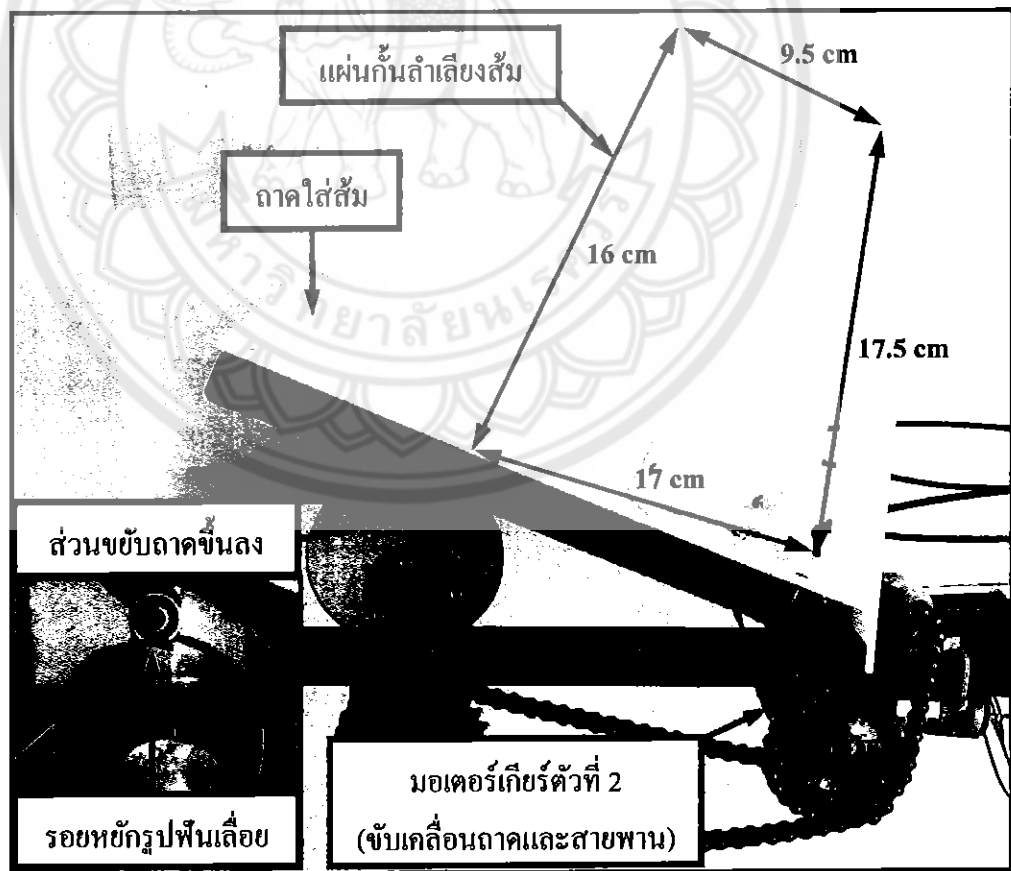
3.2.2 ส่วนลำเลียงสั้

ในแบบจำลองของระบบบรรจุสั้ การบรรจุสั้ลงในแต่ละกล่องต้องอาศัยส่วนลำเลียงสั้ซึ่งทำหน้าที่เคลื่อนย้ายผลสั้จากถังใส่สั้ นอกจากนี้การบรรจุให้มิจำนวนผลสั้เท่ากันในแต่ละกล่องจำเป็นต้องมีการนับผลสั้ซึ่งในที่นี้เป็นหน้าที่ของพีแอลซี ดังนั้นในระหว่างการลำเลียงจากถังใส่สั้ไปยังกล่องจึงจำเป็นต้องมีวิธีควบคุมทิศทางและการจัดเรียงผลสั้ให้เคลื่อนที่ผ่านตัวรับรู้แบบใช้แสงทีละผลเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการนับ การเคลื่อนที่ของสั้ผ่านตัวรับรู้ดังกล่าวทำให้พีแอลซีได้รับสัญญาณเป็นจำนวนครั้งเท่ากับจำนวนผลสั้ที่ถูกลำเลียงผ่านจึงทำให้เราสามารถกำหนดจำนวนผลสั้ที่ต้องการบรรจุลงในแต่ละกล่องได้ตามความต้องการและมีจำนวนเท่ากันทุกกล่อง ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลดังที่กล่าวมาข้างต้น โครงงานนี้จึงได้ออกแบบให้ส่วนลำเลียงสั้ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ถังและถาดใส่สั้ สายพานลำเลียงสั้ และเกลียวลำเลียงสั้ดังแสดงในรูปที่ 3.3



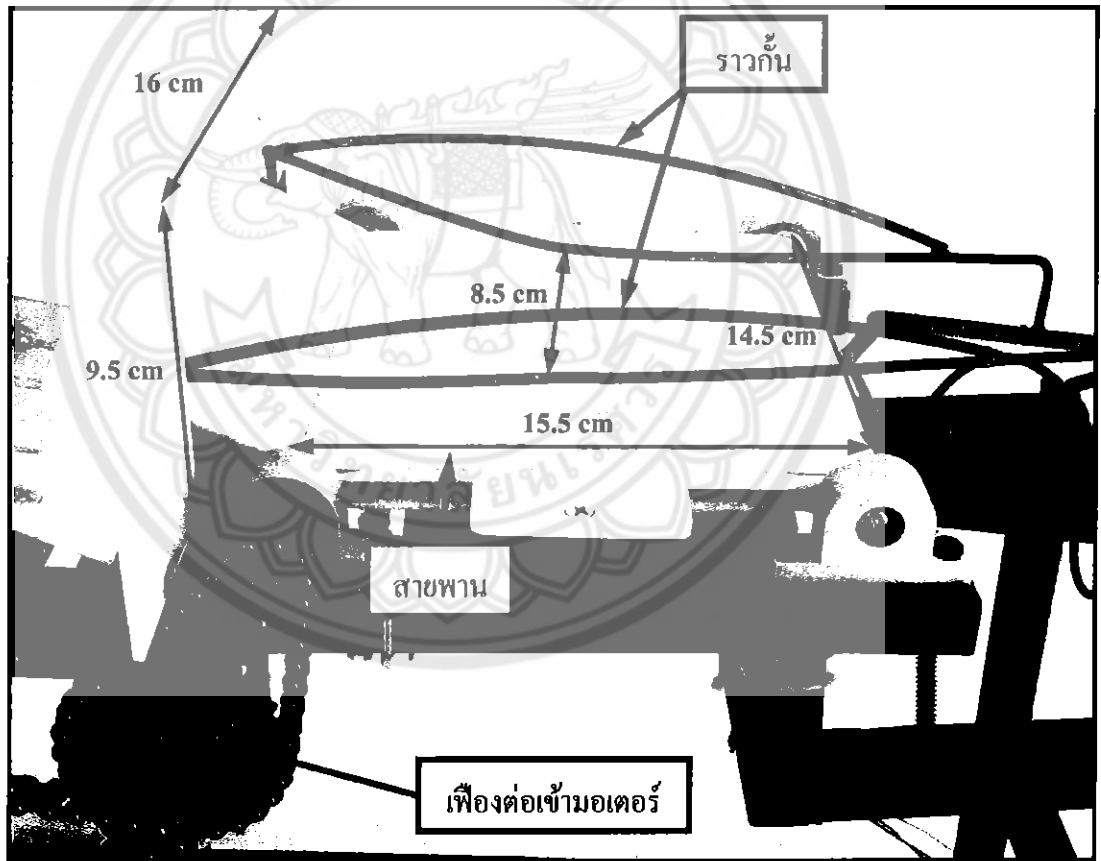
รูปที่ 3.3 ส่วนลำเลียงสั้

แบบจำลองที่สร้างขึ้นในโครงการนี้ถูกออกแบบให้ใช้ลำเลียงสั้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 3-5 cm โดยถังและถาดใส่สั้ที่สร้างขึ้นมีลักษณะดังรูปที่ 3.4 ถาดใส่สั้มีหน้าที่รองรับสั้และถูกออกแบบให้รองรับน้ำหนักสั้ได้ไม่เกิน 2.5 kg โดยสร้างจากเหล็กกลวงรูปสี่เหลี่ยม 4 ชั้นเชื่อมติดกันเป็นโครงสี่เหลี่ยมขนาด 27×27 cm จำนวน 2 ชั้นวางซ้อนกัน โดยมีด้านหนึ่งเชื่อมต่อกันด้วยบานพับเพื่อให้สามารถขยับถาดขึ้นลงได้ และใช้แผ่นอะคริลิกตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 27×27 cm ทำเป็นส่วนรองรับสั้ และตัดแผ่นอะคริลิกเป็นสี่เหลี่ยมคางหมูสร้างเป็นแผ่นกั้นเพื่อช่วยลำเลียงสั้ออกจากถัง ผนังโครงสร้างของถังใส่สั้ทำจากแผ่นอะคริลิกที่ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 27×21 cm จำนวน 4 แผ่นยึดติดกันเป็นโครง โดยรอบและมีถาดใส่สั้เป็นฐาน โดยผนังด้านที่ติดกับสายพานลำเลียงถูกเจาะเป็นช่องสี่เหลี่ยมขนาด 16×9.5 cm เพื่อเป็นช่องให้ผลสั้เคลื่อนออกจากถัง ไปยังสายพานลำเลียงได้ประมาณ 3 ลูก ถาดใส่สั้ถูกขยับให้ขึ้นลงด้วยลูกเบี้ยวซึ่งถูกขับเคลื่อนให้หมุนด้วยมอเตอร์เกียร์ ลูกเบี้ยวทำจากแผ่นอะคริลิกตัดเป็นวงกลมและมีรอยหยักรูปฟันเลื่อยอยู่ที่ส่วนหนึ่งของขอบเพื่อทำให้เกิดการสั่นในขณะถาดถูกยกขึ้นจึงช่วยให้ลำเลียงสั้ออกจากถาดได้สะดวกยิ่งขึ้น



รูปที่ 3.4 ถาดใส่สั้และอุปกรณ์ขับเคลื่อน

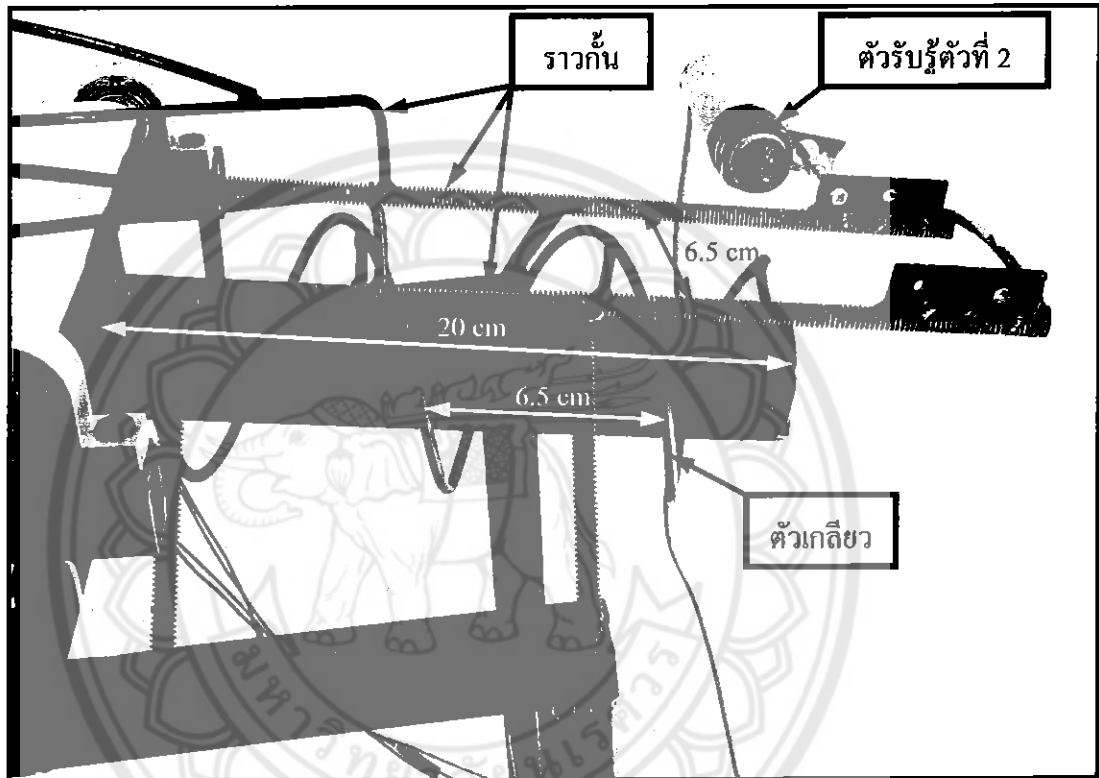
หลังจากสัมผัสเคลื่อนที่ออกจากถังและถาดแล้วจะถูกลำเลียงต่อด้วยสายพานซึ่งมีหน้าที่ลำเลียงผลส้มจากถาด ไปยังเกลียวลำเลียง ในที่นี้ได้นำแผ่นหนังสังเคราะห์มาทำเป็นสายพานเพราะมีความเหนียวจึงช่วยชะลอความเร็วของผลส้มขณะถูกลำเลียงออกจากถาด โดยในขณะที่สัมผัสเคลื่อนที่อยู่บนสายพานนั้นผลส้มจะถูกควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ด้วยราวกันคังแสดงในรูปที่ 3.5 ซึ่งทำจากสแตนเลสเสี้ยน (Stainless bar) เพื่อจัดเรียงให้ผลส้มถูกลำเลียงต่อไปทีละลูกอย่างต่อเนื่องก่อนถูกส่งไปยังเกลียวลำเลียง ฐานของสายพานลำเลียงมีขนาด 20×20 cm สร้างจากเหล็กกลวงสี่เหลี่ยมที่เชื่อมติดกัน สายพานถูกขึงด้วยแท่งเหล็ก 2 ท่อน โดยท่อนแรกมีความยาว 23 cm ติดตั้งอยู่ด้านที่ต่อจากถังและเชื่อมกับเฟืองเพื่อต่อเข้ากับมอเตอร์ตัวที่ 2 ในขณะที่แท่งเหล็กอีกท่อนมีความยาว 16 cm ซึ่งจะหมุนแบบอิสระและติดตั้งอยู่ด้านที่ต่อไปยังเกลียวลำเลียง แต่ละด้านของแท่งเหล็กทั้งสองมีการติดตั้งตลับลูกปืนเกือกมีขนาด 6 mm เพื่อรองรับการหมุน



รูปที่ 3.5 สายพานลำเลียงส้มและอุปกรณ์ขับเคลื่อน

เมื่อผลส้มถูกรวกันในส่วนของสายพานให้เคลื่อนที่แบบเรียงลำดับ ผลส้มแต่ละลูกจึงถูกลำเลียงเข้าสู่เกลียวซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 3.6 การออกแบบสร้างเกลียวลำเลียงในแบบจำลองได้พิจารณาจากขนาดส้มที่กำหนด ในที่นี้จึงเลือกใช้ท่อนเหล็กทรงกระบอกกลวงที่มีเส้นผ่าน

ศูนย์กลาง 3.5 cm และความยาว 20 cm จากนั้นนำสแตนเลสเส้นมาดัดให้โค้งเป็นเกลิยวรอบท่อนเหล็กค้ำกล่าวโดยติดตั้งห่างจากผิวนอกของท่อนเหล็กโดยรอบเป็นระยะ 2 cm แต่ละวงรอบมีระยะห่าง 6.5 cm โดยสามารถลำเลียงอยู่บนเกลิยวในแต่ละขณะได้มากที่สุด 3 ลูก ในบริเวณด้านข้างของเกลิยวได้ใช้เหล็กเส้นทำเป็นราวกันเพื่อประคองผลส้มให้อยู่บนเกลิยวในขณะที่ลำเลียง นอกจากนี้ที่ช่วงปลายของเกลิยวได้ติดตั้งตัวรับรู้แบบใช้แสงเพื่อนับจำนวนส้ม



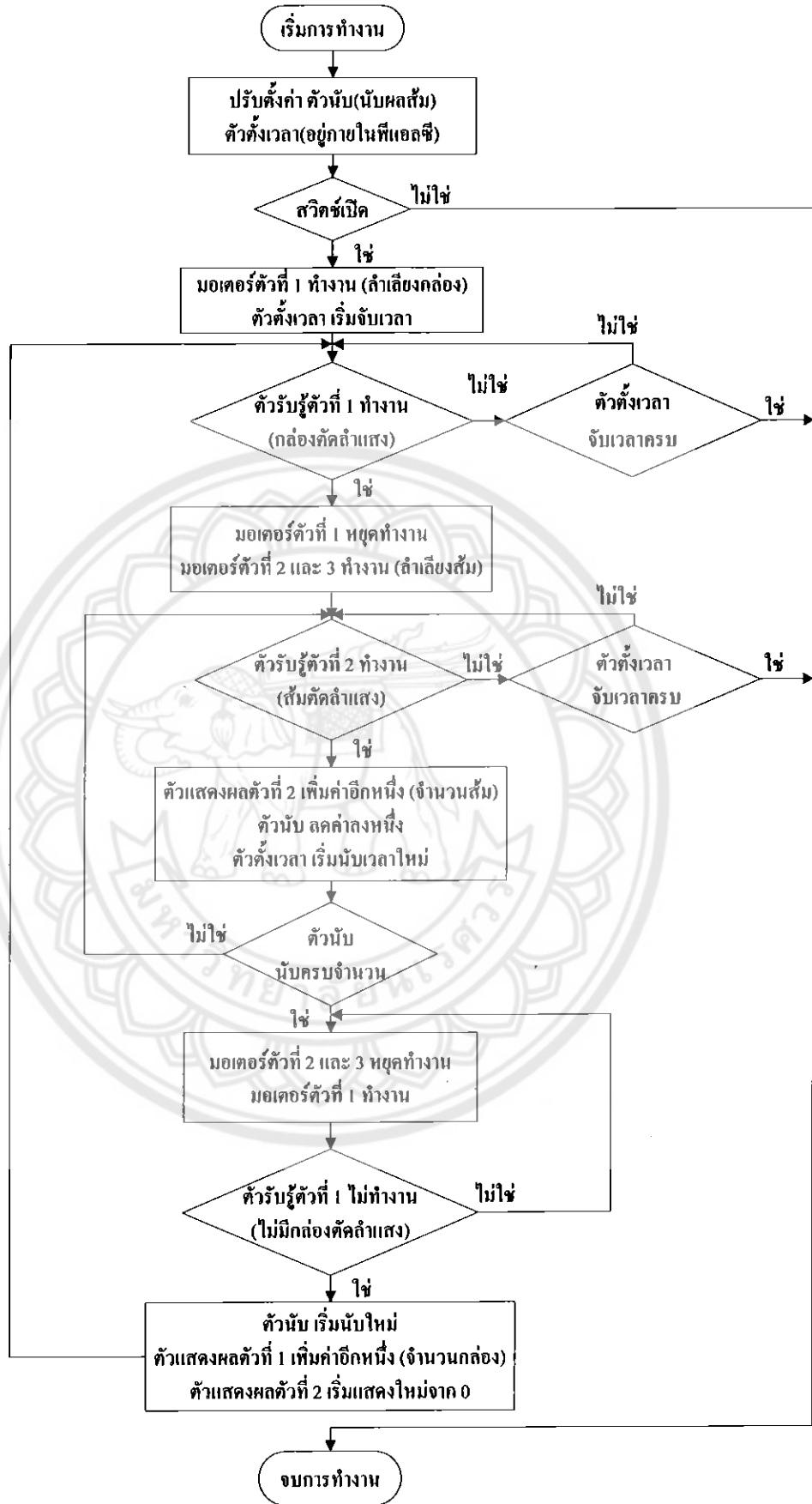
รูปที่ 3.6 ส่วนเกลิยวลำเลียงส้ม

3.3 การควบคุมระบบบรรจุส้ม

หลังจากที่ได้ออกแบบและสร้างแบบจำลองระบบบรรจุส้มแล้ว ระบบจะถูกควบคุมโดยพีแอลซี เนื่องจากเป็นที่นิยมในปัจจุบันและหาซื้อได้ง่าย ผู้ใช้งานสามารถนำมาประยุกต์การใช้งานได้สะดวก ระบบพีแอลซีที่เลือกใช้คือชุดทดลอง ET-BOARD V5.0 โดยเลือกใช้โหมดพีแอลซี

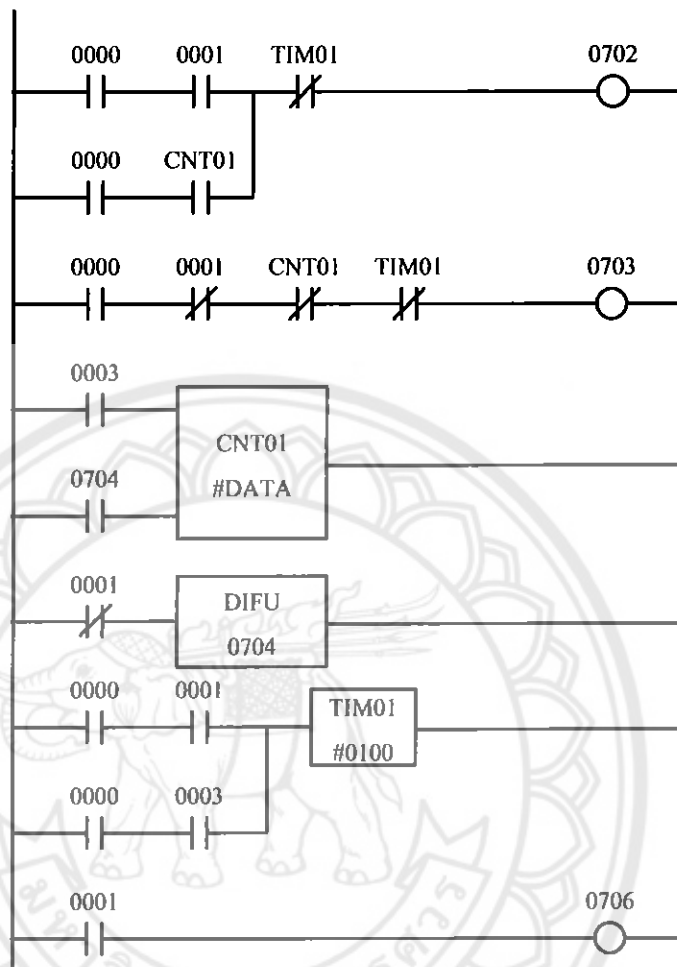
3.3.1 การเขียนโปรแกรมควบคุมพีแอลซี

ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมควบคุมพีแอลซีเริ่มจากการเขียนผังงานการออกแบบลำดับการทำงานของระบบบรรจุส้มดังรูปที่ 3.7 เพื่อให้เห็นการทำงานโดยรวมของระบบ



รูปที่ 3.7 ลำดับการทำงานของระบบลำเลียงสับ

จากผังงานแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบบรรจุส้ม นำมาเขียนในรูปแบบแผนภาพ
ขั้นบันไดได้ ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แผนภาพขั้นบันได

โดยที่

- 0000 คือ สวิตช์เปิดและปิดระบบจับเคลื่อนมอเตอร์เกียร์
- 0001 คือ ตัวรับรู้ตัวที่ 1
- 0003 คือ ตัวรับรู้ตัวที่ 2
- 0702 คือ มอเตอร์ตัวที่ 1
- 0703 คือ มอเตอร์ตัวที่ 2
- 0706 คือ เริ่มนับใหม่
- TIM01 คือ ตัวตั้งเวลาตัวที่ 1 ภายในพีแอลซี
- CNT01 คือ ตัวนับเวลาตัวที่ 1 ภายในพีแอลซี
- DIFU 0704 คือ เมื่อ 0001 เปลี่ยนจาก OFF ไปสู่ ON ที่ 0704 จะ ON ขึ้นมา

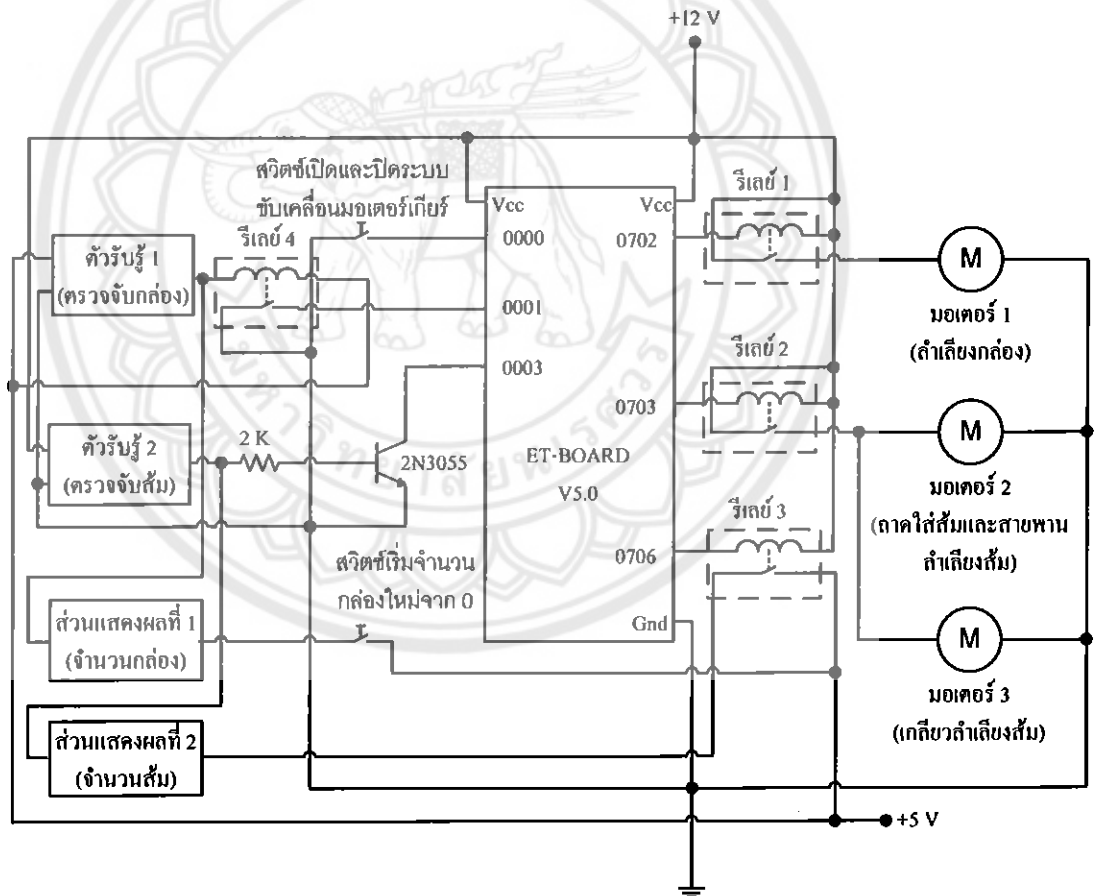
จากรูปที่ 3.7 และ 3.8 ลำดับการทำงานของระบบลำเลียงส้อมที่ออกแบบมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ เริ่มต้นให้ผู้ใช้ปรับตั้งค่าตัวนับตัวที่ 1 (CNT01) เป็นตัวนับจำนวนส้อม และค่าตัวตั้งเวลาตัวที่ 1 (TIM01) จากนั้นกดสวิทช์ (0000) เพื่อสั่งให้มอเตอร์ตัวที่ 1 (0702) เริ่มลำเลียงกล่อง ในขณะที่เดียวกันตัวตั้งเวลาตัวที่ 1 (TIM01) เริ่มจับเวลา ถ้าไม่มีการกดสวิทช์ (0000) ระบบไม่เริ่มการทำงาน ในกรณีที่กดสวิทช์ (0000) มอเตอร์ตัวที่ 1 (0702) เริ่มลำเลียงกล่อง ระบบจะตรวจสอบว่าถ้าไม่มีกล่องมาตัดลำแสงของตัวรับรู้ตัวที่ 1 (0001) ระบบจะตรวจสอบตัวตั้งเวลาตัวที่ 1 (TIM01) ว่าจับเวลาครบตามที่กำหนดหรือยัง ถ้ายังให้กลับไปตรวจสอบว่ามีกล่องตัดลำแสงของตัวรับรู้ตัวที่ 1 (0001) ถ้าตัวตั้งเวลาครบตามที่กำหนดแล้วระบบจะสั่งจบการทำงาน แต่ถ้ามีกล่องเคลื่อนที่มา ตัดลำแสงของตัวรับรู้ตัวที่ 1 (0001) มอเตอร์ตัวที่ 1 (0702) หยุดลำเลียงกล่อง และมอเตอร์ตัวที่ 2 และ 3 (0703) เริ่มลำเลียงส้อมลงกล่อง จากนั้นระบบมีการตรวจสอบว่าถ้าไม่มีส้อมมาตัดลำแสงของตัวรับรู้ตัวที่ 2 (0003) ระบบจะตรวจสอบตัวตั้งเวลาตัวที่ 1 (TIM01) ว่าจับเวลาครบตามที่กำหนดหรือยัง ถ้ายังให้กลับไปตรวจสอบว่ามีส้อมตัดลำแสงตัวรับรู้ตัวที่ 2 (0003) ถ้าตัวตั้งเวลาครบแล้วระบบจะสั่งจบการทำงานระบบจะสั่งจบการทำงาน แต่ถ้ามีส้อมตัดลำแสงตัวรับรู้ตัวที่ 2 (0003) มีการแสดงผลจำนวนส้อมออกทางตัวแสดงผลตัวที่ 2 เพิ่มค่าไปหนึ่ง ตัวนับเวลาตัวที่ 1 (CNT01) ลดค่าลงหนึ่ง และตัวตั้งเวลา 01 (TIM01) เริ่มนับใหม่ ส้อมถูกลำเลียงลงกล่องพร้อมกับการนับจำนวนส้อมและแสดงจำนวนส้อม จากนั้นระบบจะตรวจสอบตัวนับเวลาตัวที่ 1 (CNT01) ว่านับครบตามที่กำหนดให้หรือยัง ถ้ายังให้กลับไปตรวจสอบว่าส้อมตัดลำแสงตัวรับรู้ตัวที่ 2 (0003) แต่ถ้านับครบตามที่กำหนดแล้ว มอเตอร์ตัวที่ 2 และ 3 (0703) หยุดลำเลียงส้อม และมอเตอร์ตัวที่ 1 (0702) เริ่มลำเลียงกล่องที่มีส้อมบรรจุครบแล้ว ไปยังส่วนต่อไป จากนั้นระบบตรวจสอบว่ามีกล่องมาตัดลำแสงตัวรับรู้ตัวที่ 1 (0001) ถ้ามีกล่องตัดลำแสงตัวรับรู้ตัวที่ 1 (0001) มอเตอร์ตัวที่ 2 และ 3 (0703) หยุดลำเลียงส้อม และมอเตอร์ตัวที่ 1 (0702) เริ่มลำเลียงกล่อง แต่ถ้าไม่มีกล่องตัดลำแสงตัวรับรู้ตัวที่ 1 (0001) ตัวนับเวลาตัวที่ 1 (CNT01) เริ่มนับใหม่ ตัวแสดงผลตัวที่ 1 แสดงจำนวนกล่อง เพิ่มค่าหนึ่ง และตัวแสดงผลตัวที่ 2 เริ่มใหม่ จากนั้นจะกลับไปเริ่มใหม่ในส่วนตรวจสอบว่ามีกล่องมาตัดลำแสงของตัวรับรู้ตัวที่ 1 (0001) หรือไม่

จากนั้นทำการเขียนภาษาบูลีนซึ่งสอดคล้องกับแผนภาพขั้นบันไดดังแสดงในรูปที่ 3.8 เพื่อป้อนให้กับพีแอลดี โดยสามารถแสดงได้ดังนี้

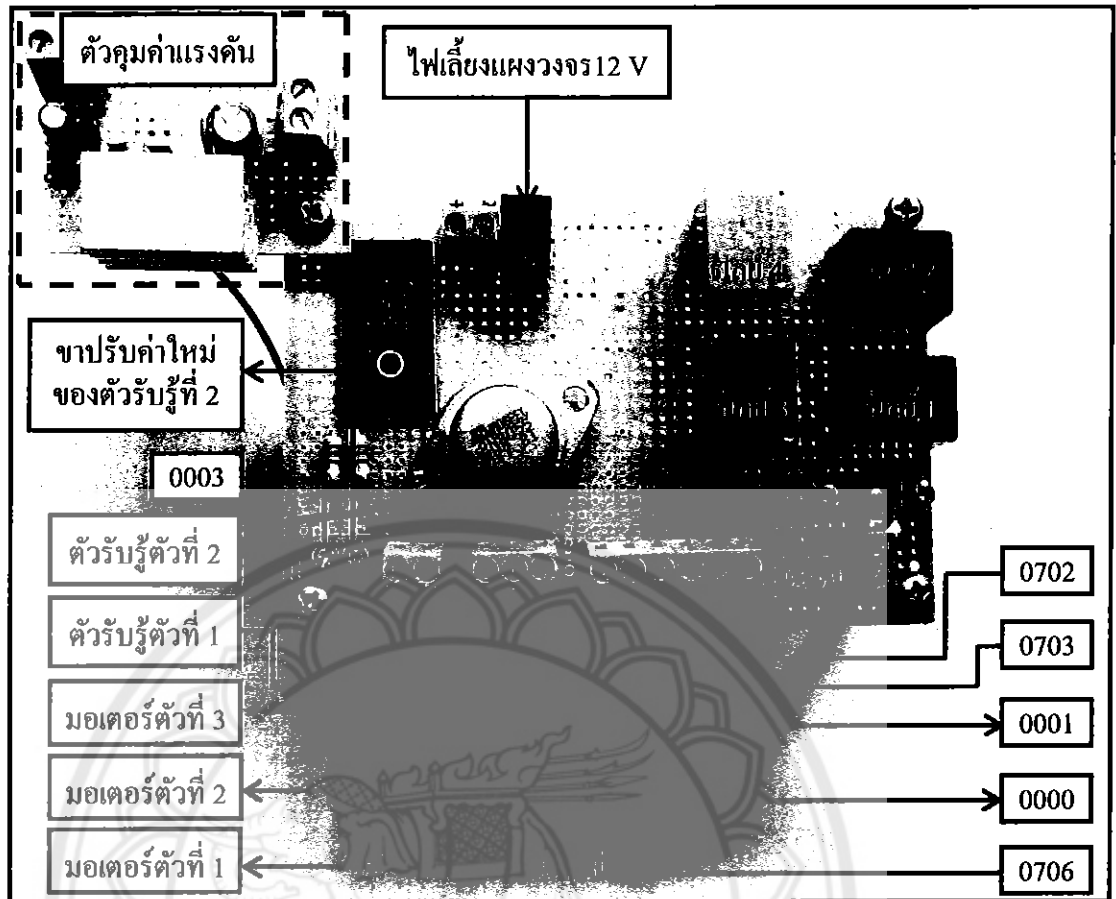
LD	0000	}	ควบคุมส่วนลำเลียงกล่อง
AND	0001		
LD	0000		
AND CNT	01		
OR LD			
AND NOT TIM	01		
OUT	0702		
LD	0000	}	ควบคุมส่วนลำเลียงส้ม
AND NOT	0001		
AND NOT CNT	01		
AND NOT TIM	01		
OUT	0703		
LD	0003	}	นับจำนวนส้ม
LD	0704		
CNT	01		
CNT DATA	#0005		กำหนดจำนวนส้ม เช่น 5 ผล)
LD NOT	0001	}	ควบคุมการเริ่มนับใหม่
DIFU (13)	0704		
LD	0000	}	ควบคุมการจับเวลาของตัวตั้งเวลา
AND	0001		
LD	0000		
AND	0003		
OR LD			
TIM	01		
TIM DATA	#0100		กำหนดระยะเวลา (เช่น 10 s) หากยังไม่มีวัตถุตัดผ่านตัวรับรู้ ให้สั่งหยุดมอเตอร์
LD	0001	}	ควบคุมการเริ่มแสดงผลใหม่
OUT	0706		
END			จาก 0 ของส่วนแสดงผลตัวที่ 2

3.3.2 การเชื่อมต่อชุดทดลอง ET-BOARD V5.0 กับอุปกรณ์ภายนอก

เนื่องจากชุดทดลอง ET-BOARD V5.0 ทุนกระแสน้อย ในการเชื่อมต่อกับมอเตอร์ จำเป็นต้องนำรีเลย์ภายนอกเข้ามาช่วยในการต่อควบคุม เนื่องจากในขณะที่มอเตอร์ทำงาน อาจใช้กระแสสูงจนทำให้ชุดทดลอง ET-BOARD V5.0 เกิดความเสียหายได้ การเชื่อมต่อชุดทดลอง ET-BOARD V5.0 กับอุปกรณ์ภายนอกแสดงผังแผนภาพในรูปที่ 3.9 โดยต่อผ่านวงจรสวิตช์และรีเลย์ดังแสดงในรูปที่ 3.10 ในโครงงานนี้ใช้ตัวรับรู้แบบใช้แสงเป็นตัวส่งสัญญาณอินพุตให้กับชุดทดลอง ET-BOARD V5.0 แต่เนื่องจากในการรับสัญญาณอินพุตของชุดทดลองสามารถรับได้เพียงลอจิก 0 เท่านั้น โครงงานนี้จึงใช้รีเลย์และทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อในการส่งสัญญาณลอจิก 0 ให้กับชุดทดลอง โดยใช้รีเลย์เป็นตัวเชื่อมต่อกับตัวรับรู้แบบใช้แสงที่ตรวจจับกล่อง และใช้ทรานซิสเตอร์ 2N3005 ทำหน้าที่เป็นสวิตช์เพื่อเชื่อมต่อกับตัวรับรู้แบบใช้แสงที่ตรวจจับผลส้ม เนื่องจากทรานซิสเตอร์ตอบสนองไวและแม่นยำ



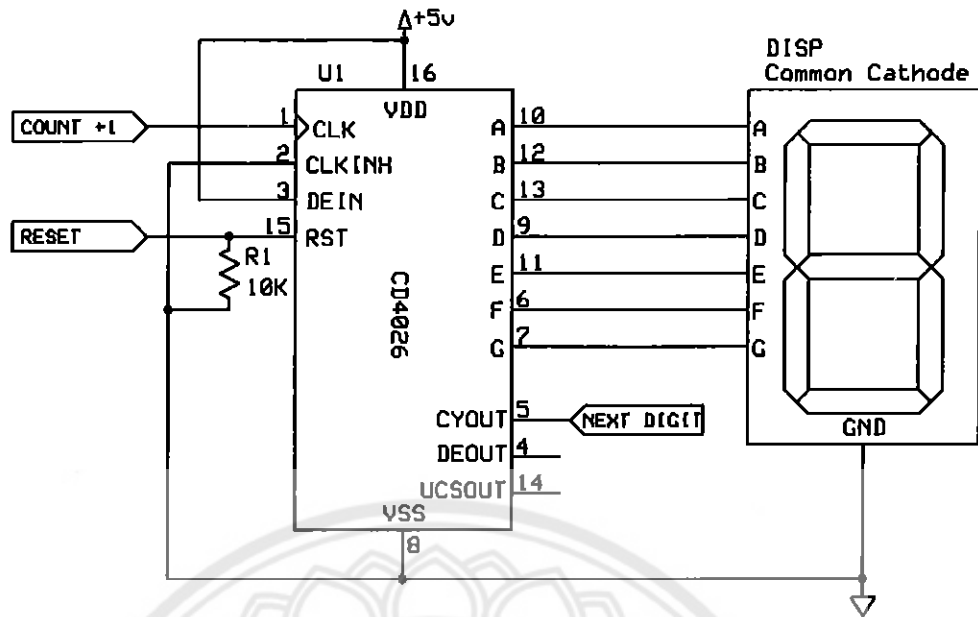
รูปที่ 3.9 ผังภาพวงจรการเชื่อมต่อชุดทดลอง ET-BOARD V5.0 กับอุปกรณ์ภายนอก



รูปที่ 3.10 วงจรสวิทช์และรีเลย์ที่ต่อกับพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตของ ET-BOARD V5.0

3.4 ส่วนแสดงผล

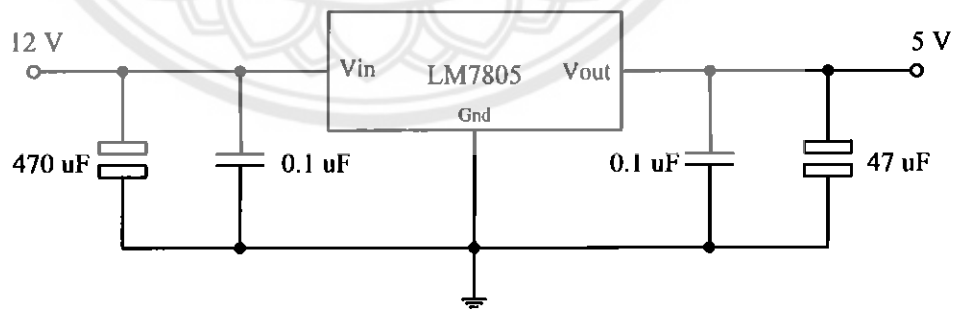
การแสดงผลจำนวนผลสัมและจำนวนกล่องบรรจุในโครงการนี้ใช้ตัวแสดงผลแบบ 7 ส่วน (7-segment display) โดยใช้ไอซีหมายเลข CD4026 เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวรับรู้แล้วแปลงไปให้ตัวแสดงผลแบบ 7 ส่วน เพื่อแสดงจำนวนกล่องและสัมภาระเชื่อมต่อวงจรในส่วนแสดงผลดังรูปที่ 3.11 โดยไอซีหมายเลข CD4026 รับสัญญาณอินพุตจากเอาต์พุตของตัวรับรู้เข้าที่ขา 1 (CLK) ในกรณีของการแสดงผลจำนวนผลสัม ขาปรับตั้งใหม่ (RST) ของไอซีหมายเลข CD4026 จะเชื่อมต่อกับเอาต์พุตของ ET-BOARD V5.0 ที่พอร์ต 0706 โดยผ่านรีเลย์



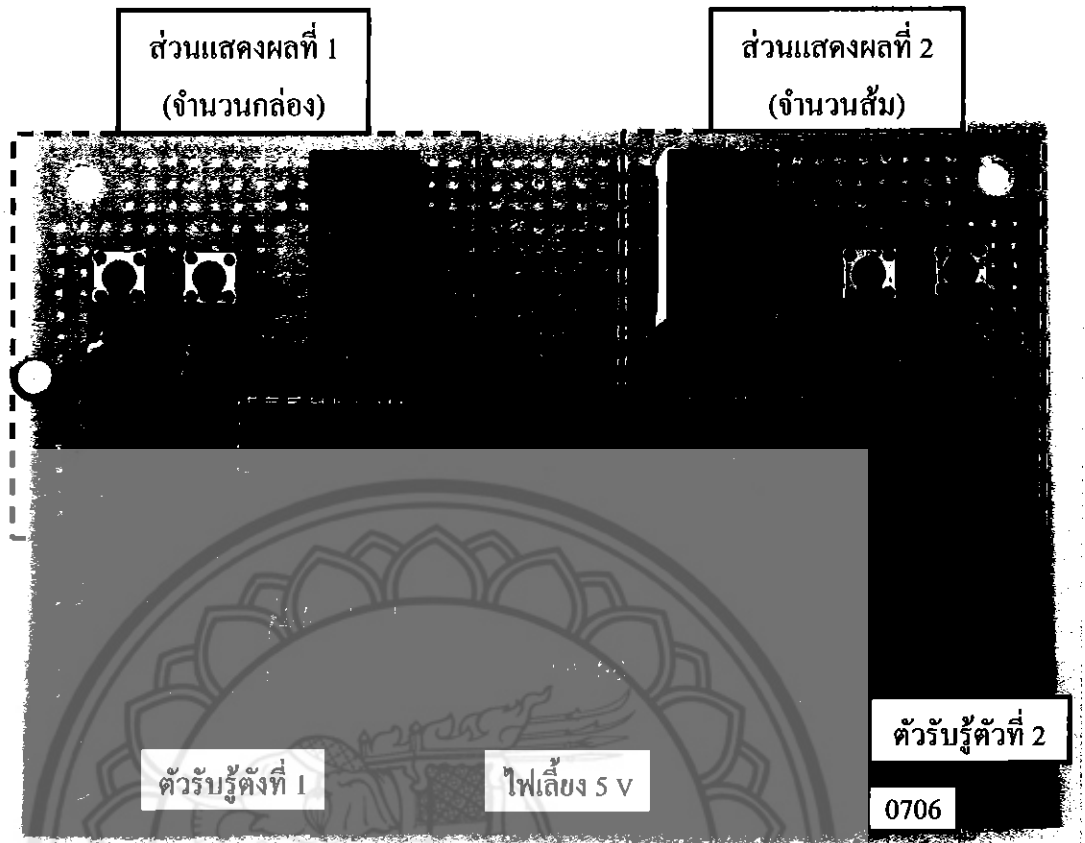
รูปที่ 3.11 การเชื่อมต่อวงจรแสดงผล 7 ส่วน

ที่มา: [www. http://www.electroniczone.net46.net](http://www.electroniczone.net46.net)

ในวงจรของส่วนแสดงผลต้องการแรงดันเพียง 5 V ซึ่งในโครงการนี้สร้างจากตัวคุมค่าแรงดัน (Voltage regulator) หมายเลข LM7805 โดยรับแรงดันอินพุต 12 V ดังแสดงในรูปที่ 3.12 มาจากเอาต์พุตของตัวรับรู้แบบใช้แสง ตัวคุมค่าแรงดันจะสร้างแรงดันเอาต์พุตมีค่าคงที่เท่ากับ 5 V ซึ่งจะถูกนำไปป้อนให้กับขา CLK ของไอซีหมายเลข CD4026 ต่อไป



รูปที่ 3.12 ตัวคุมค่าแรงดันสำหรับสร้างไฟเลี้ยง 5 V



รูปที่ 3.13 ส่วนแสดงผล 7 ส่วน เพื่อแสดงจำนวนกล่องและส้ม

บทที่ 4

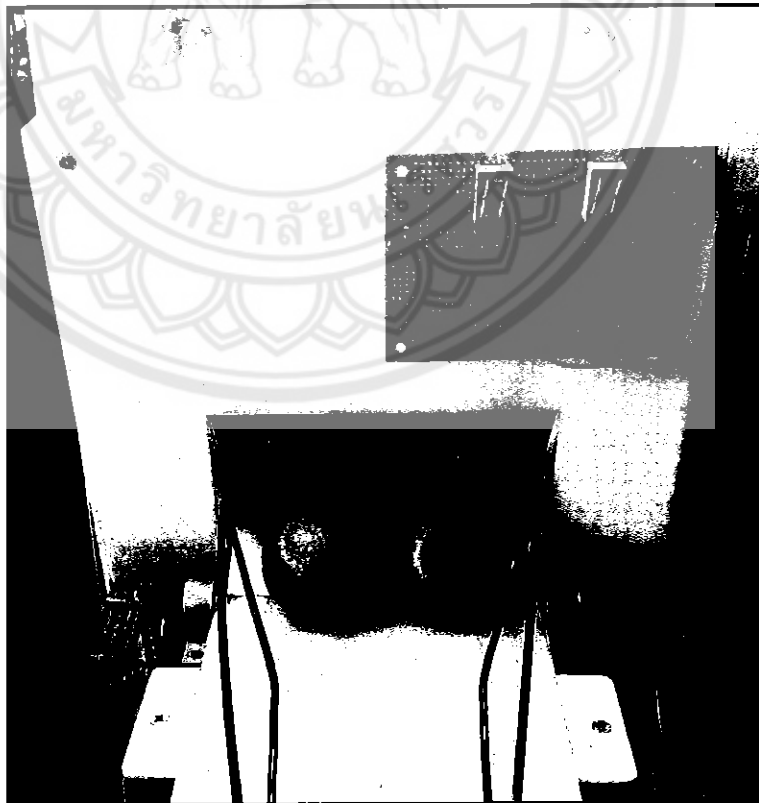
ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

หลังจากออกแบบและสร้างระบบบรรจุสั้ม โดยใช้พีแอลซี ขึ้นต่อไปเป็นการทดสอบการทำงาน ความสามารถ และขีดจำกัดในการทำงานของระบบ โดยแบ่งการทดสอบเป็น 3 ส่วน ดังนี้

- 1) การทดสอบส่วนถาดใส่สั้ม
- 2) การทดสอบส่วนสายพานลำเลียงสั้ม
- 3) การทดสอบส่วนเกลียวลำเลียงสั้ม

4.1 การลำเลียงสั้มออกจากถาด

ลักษณะการลำเลียงสั้มออกจากถาดแสดงได้ดังรูปที่ 4.1 โดยทำการทดสอบด้วยการใส่สั้มลงในถาดจำนวน 18 ผลซึ่งมีน้ำหนักรวมประมาณ 2 kg แล้วเริ่มการทำงานของระบบจำลองรวมทั้งทดสอบว่าสามารถลำเลียงผลสั้มออกจากถาดได้พร้อมกันมากที่สุดเป็นจำนวนเท่าใด



รูปที่ 4.1 การลำเลียงสั้มออกจากถาด

จากการทดสอบพบว่าแบบจำลองสามารถลำเลียงผลส้มออกจากถาดได้พร้อมกันมากที่สุดเป็นจำนวน 3 ผลแม้ว่าในบางครั้งจะเกิดการซ้อนทับกันของผลส้มก็ตาม

4.2 การลำเลียงในส่วนสายพาน

ลักษณะการลำเลียงส้มในส่วนสายพานแสดงในรูปที่ 4.2 โดยทำการทดสอบปล่อยให้ส้มถูกลำเลียงอย่างต่อเนื่องออกจากถาดใส่ส้ม



รูปที่ 4.2 การลำเลียงส้มในส่วนสายพาน

จากการทดสอบพบว่า แม้มีส้มหลายผลถูกลำเลียงเข้าสู่สายพานพร้อมกัน สเตนเลสเส้นซึ่งถูกสร้างเป็นราวกันในบริเวณนี้จะทำหน้าที่ควบคุมทิศทางและจำกัดจำนวนผลส้มที่จะเคลื่อนที่ต่อไปบนสายพาน รวมทั้งการหมุนของสายพานซึ่งช่วยให้ส้มเคลื่อนที่ต่อไปแบบเรียงตัวทีละผลเข้าไปสู่เกลียวลำเลียง

4.3 การลำเลียงส้มในส่วนเกลียว

ลักษณะการลำเลียงผลส้มบนเกลียวแสดงดังรูปที่ 4.3 การทดสอบในส่วนนี้นอกจากจะใช้คุณลักษณะการเคลื่อนที่ของผลส้มบนเกลียวก่อนหล่นไปสู่กล่องแล้วยังใช้เพื่อคำนวณหาความเร็วในการลำเลียงส้มบนเกลียว จากการทดสอบการลำเลียงส้มจำนวน 10 ผลลงในกล่อง โดยทดสอบ 10 ครั้ง พบว่าใช้เวลาเฉลี่ยในการลำเลียง 4.68 s นั้นหมายความว่าระบบจำลองสามารถลำเลียงส้มได้อย่างต่อเนื่องด้วยอัตรานาที่ละ 128 ผล



รูปที่ 4.3 การลำเลียงส้มในส่วนเกลียว

เนื่องจากมอเตอร์เกียร์นี้มีความเร็วรอบพิกัด 50 rpm ซึ่งเชื่อมต่อกับเฟือง 27 T แล้วขับเคลื่อนเฟือง 9 T ที่ต่อกับเกลียวลำเลียงส้ม ดังนั้นในขณะที่มอเตอร์ (และเฟือง 27 T) หมุน 1 รอบจะทำให้เฟือง 9 T หมุน 3 รอบ (ซึ่งสอดคล้องกับการลำเลียงส้มได้ 3 ผล) แสดงว่าระบบจำลองควรลำเลียงส้มได้นาทีละ 150 ผล อย่างไรก็ตาม การทดสอบแสดงให้เห็นว่าอัตราการลำเลียงส้มบนเกลียวมีค่าน้อยลง 14.6% จากค่าที่พิกัด โดยมิสาเหตุมาจากการขับเคลื่อนโหลดและความฝืดของการเชื่อมต่ออุปกรณ์

4.4 การทดสอบการทำงานของแบบจำลอง

กรณีที่ 1 เป็นการทดสอบการทำงานในสภาวะปกติ โดยมีการทดสอบ 2 ครั้งซึ่งครั้งแรกได้กำหนดจำนวนสั้มที่ต้องการบรรจุลงในแต่ละกล่องให้มีจำนวน 3 ผล และในครั้งที่สองได้กำหนดให้มี 7 ผล ในแต่ละการทดสอบเมื่อกดสวิตช์เพื่อเปิดระบบขับเคลื่อนแล้ว มอเตอร์ตัวที่ 1 จะลำเลียงกล่องมาจนกระทั่งตัดลำแสงของตัวรับรู้ตัวที่ 1 พีแอลซีจึงสั่งให้มอเตอร์ตัวที่ 1 หยุดทำงาน พร้อมกับสั่งให้มอเตอร์ตัวที่ 2 และ 3 เริ่มลำเลียงสั้มลงกล่อง โดยในขณะที่สั้มตัดผ่านพื้นลำแสงของตัวรับรู้ตัวที่ 2 นั้นส่วนแสดงผลชุดที่ 2 จะแสดงค่าตัวเลข (จำนวนสั้ม) เพิ่มขึ้นอีกหนึ่ง หลังจากลำเลียงสั้มลงกล่องครบตามจำนวนที่กำหนดแล้วพีแอลซีสั่งให้มอเตอร์ตัวที่ 2 และ 3 หยุดทำงาน พร้อมกับสั่งให้มอเตอร์ตัวที่ 1 ทำงานเพื่อลำเลียงกล่องที่บรรจุสั้มครบแล้วไปยังส่วนต่อไป หลังจากทีกล่องเคลื่อนที่พื้นลำแสงของตัวรับรู้ที่ 1 แล้วส่วนแสดงผลชุดที่ 1 จะแสดงค่าตัวเลข (จำนวนกล่อง) เพิ่มขึ้นอีกหนึ่ง จนกระทั่งมีกล่องใบใหม่เคลื่อนที่มาตัดผ่านตัวรับรู้ตัวที่ 1 จึงเกิดกระบวนการลำเลียงสั้มตามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้นซ้ำอีกครั้ง

กรณีที่ 2 เป็นการทดสอบการทำงานเมื่อไม่มีกล่องบนโซ่ลำเลียงเลย โดยตั้งค่าของตัวตั้งเวลาไว้ที่ 10 s ซึ่งหมายความว่าหากไม่มีกล่องหรือสั้มเคลื่อนที่ผ่านลำแสงของตัวรับรู้พีแอลซีจะสั่งให้มอเตอร์ทั้งสามตัวหยุดทำงาน เมื่อเริ่มการทดสอบด้วยการกดสวิตช์เพื่อเปิดระบบขับเคลื่อนแล้ว มอเตอร์ตัวที่ 1 หมุนโซ่ลำเลียงที่ไม่มีกล่องวางอยู่เลย หลังจากนั้นประมาณ 10 s พีแอลซีจึงสั่งให้มอเตอร์ตัวที่ 1 หยุดทำงานแม้จะมีสั้มอยู่ในถังก็ตาม เนื่องจากมอเตอร์ในส่วนลำเลียงสั้มจะเริ่มทำงานหลังจากกล่องเคลื่อนที่ตัดลำแสงของตัวรับรู้ที่ 1 เสียก่อน ดังนั้นถ้านำกล่องมาวางบนโซ่ลำเลียงแล้วต้องการให้ระบบเริ่มทำงานอีกครั้งต้องกดปิดสวิตช์แล้วเปิดใหม่

กรณีที่ 3 เป็นการทดสอบการทำงานเมื่อไม่มีสั้มในถังเลย โดยยังคงตั้งค่าของตัวตั้งเวลาไว้ที่ 10 s เช่นเดิม เมื่อเริ่มการทดสอบด้วยการกดสวิตช์เพื่อเปิดระบบขับเคลื่อนแล้ว มอเตอร์ตัวที่ 1 ลำเลียงกล่องมาตัดลำแสงตัวรับรู้ตัวที่ 1 พีแอลซีสั่งให้มอเตอร์ตัวที่ 1 หยุดทำงาน พร้อมทั้งสั่งให้มอเตอร์ตัวที่ 2 และ 3 เริ่มลำเลียงสั้มลงกล่อง แต่เนื่องจากไม่มีสั้มเคลื่อนที่ตัดผ่านตัวรับรู้ตัวที่ 2 เป็นเวลานานประมาณ 10 s พีแอลซีจึงสั่งให้มอเตอร์ตัวที่ 2 และ 3 หยุดทำงานถึงแม้จะมีกล่องวางรออยู่ที่ตาม ถ้านำสั้มมาใส่ในถังแล้วต้องการให้ระบบทำงานต่อต้องกดปิดสวิตช์แล้วเปิดใหม่จึงจะทำให้ระบบเริ่มทำงานต่ออีกครั้ง

กรณีที่ 4 เป็นการทดสอบการทำงานเมื่อกล่องหมดระหว่างบรรจุ โดยยังคงตั้งค่าของตัวตั้งเวลาไว้ที่ 10 s เช่นเดิม ขั้นตอนการทำงานของระบบจะเป็นไปตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในกรณีที่ 1 โดยส่วนแสดงผลชุดที่ 1 จะแสดงค่าตัวเลข (จำนวนกล่อง) เพิ่มขึ้นทุกครั้งหลังจากทีแต่ละกล่องเคลื่อนที่ผ่านตัวรับรู้ตัวที่ 1 จนกระทั่งไม่เหลือกล่องบน โซ่ลำเลียง (ในขณะที่ยังมีสั้มเหลืออยู่ในถัง) มอเตอร์ตัวที่ 1 จะยังคงทำงานต่อไปจนครบ 10 s พีแอลซีจึงสั่งให้มอเตอร์ตัวที่ 1 หยุดทำงาน โดย

ในขณะที่ส่วนแสดงผลชุดที่ 1 ยังคงแสดงเลขจำนวนกล่องล่าสุดอยู่ หลังจากนำกล่องมาวางเพิ่ม แล้วต้องการให้ระบบทำงานต่อต้องกดปิดสวิตช์แล้วเปิดใหม่จึงจะทำให้ระบบเริ่มทำงานต่ออีกครั้ง

กรณีที่ 5 เป็นการทดสอบการทำงานเมื่อสับหมักระหว่างบรรจุ โดยยังคงตั้งค่าของตัวตั้งเวลาไว้ที่ 10 s เช่นเดิม ขั้นตอนการทำงานของระบบจะเป็นไปตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในกรณีที่ 1 โดยส่วนแสดงผลชุดที่ 1 จะแสดงค่าตัวเลข (จำนวนกล่อง) เพิ่มขึ้นทุกครั้งหลังจากที่แต่ละกล่องเคลื่อนที่ผ่านตัวรับรู้ตัวที่ 1 จนกระทั่งสับในถังหมดแต่จำนวนผลสับในกล่องใบล่าสุดยังไม่ครบตามจำนวนที่ต้องการ ในขณะที่ส่วนแสดงผลชุดที่ 1 แสดงค่าตัวเลขจำนวนกล่องที่บรรจุสับครบตามจำนวนที่ต้องการและกล่องถูกลำเลียงไปยังส่วนต่อไปแล้ว ในขณะที่ส่วนแสดงผลชุดที่ 2 ยังคงแสดงค่าตัวเลขจำนวนสับที่บรรจุอยู่ในกล่องปัจจุบัน (ยังไม่ครบตามจำนวนที่ต้องการ) ในระหว่างนี้มอเตอร์ตัวที่ 2 และ 3 ยังคงทำงานต่อไปจนกระทั่งครบ 10 s พีแอลซีจึงสั่งให้มอเตอร์ทั้งสองหยุดทำงาน โดยตัวเลขของส่วนแสดงผลทั้งสองชุดจะยังมีค่าคงเดิมอยู่ หลังจากนั้นถ้านำสับมาใส่เพิ่มในถังแล้วต้องการให้ระบบทำงานต่อต้องกดปิดสวิตช์แล้วเปิดใหม่ เมื่อมีสับถูกลำเลียงมาและตัดพีนลำแสงของตัวรับรู้ตัวที่ 2 (ภายใน 10 s) ตัวเลขของส่วนแสดงผลชุดที่ 2 จึงเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งซึ่งแสดงการนับจำนวนผลสับต่อจากค่าตัวเลขเดิมนั่นเอง



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ในโครงการนี้ได้นำพีแอลซีมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมการลำเลียงและบรรจุสัมลงในกล่องเพื่ออำนวยความสะดวกและเพิ่มความแม่นยำในการบรรจุ โดยได้ออกแบบและสร้างแบบจำลองของระบบบรรจุสัมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3-5 cm เพื่อให้นำเสนอหลักการควบคุมที่พัฒนาขึ้น แบบจำลองประกอบด้วยส่วนลำเลียงกล่องและส่วนลำเลียงสัม โดยส่วนลำเลียงกล่องมีหน้าที่เคลื่อนย้ายกล่องมายังตำแหน่งที่สอดคล้องกับการบรรจุสัมและแสดงตัวเลขจำนวนกล่องที่บรรจุสัมครบตามจำนวนที่กำหนด รวมทั้งเคลื่อนย้ายกล่องออกไปยังพร้อมกับการเคลื่อนย้ายกล่องใบถัดไปเข้ามาแทนที่โดยมีตัวรับรู้แบบใช้แสง (ตัวที่ 1) ทำหน้าที่ตรวจจับและส่งสัญญาณให้พีแอลซีใช้ควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์เกียร์ (ตัวที่ 1) ในขณะที่ส่วนลำเลียงสัมมีหน้าที่เคลื่อนย้ายผลสัมจากถังใส่สัมเพื่อลำเลียงลงกล่องโดยบรรจุจำนวนผลสัมให้เท่ากันในแต่ละกล่อง ในที่นี้ส่วนลำเลียงสัมประกอบขึ้นจาก 3 ส่วนคือ ส่วนถังและถาดใส่สัม ส่วนสายพาน และส่วนเกลียวลำเลียง ซึ่งใช้ควบคุมทิศทางและจัดเรียงผลสัมให้เคลื่อนที่ผ่านตัวรับรู้แบบใช้แสง (ตัวที่ 2) ทีละผลเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการนับจำนวน ตัวรับรู้นี้ส่งสัญญาณให้พีแอลซีใช้ควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์เกียร์ (ตัวที่ 2 และ 3) การแสดงตัวเลขจำนวนกล่องและสัมในแบบจำลองนี้ใช้ส่วนแสดงผลเจ็ดส่วนซึ่งรับสัญญาณโดยตรงจากการตรวจจับวัตถุของตัวรับรู้แบบใช้แสง ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถลำเลียงสัมได้ต่อเนื่องในอัตรา 128 ผลต่อนาที การควบคุมโดยพีแอลซีช่วยให้สามารถปรับแก้โปรแกรมได้สะดวกเพื่อกำหนดจำนวนผลสัมที่ต้องการบรรจุลงในแต่ละกล่อง รวมถึงการตั้งเวลาสำหรับช่วงที่ไม่มีวัตถุค้ำผ่านตัวรับรู้เพื่อใช้หยุดการขับเคลื่อนมอเตอร์ในระบบ

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

- 1) เกิดแรงเฉื่อยของมอเตอร์เกียร์ขณะหยุดหมุน ทำให้บางครั้งสัมที่ลำเลียงอยู่บนเกลียวถูกบรรจุลงกล่องเกินกว่าจำนวนที่ต้องการ แนวทางการแก้ปัญหาคือการติดตั้งตัวรับรู้โดยปรับตำแหน่งให้สัมพันธ์กับระยะการหมุนเกินรอบซึ่งเกิดจากแรงเฉื่อย
- 2) เนื่องจากแบบจำลองถูกออกแบบให้ใช้ลำเลียงสัมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3-5 cm ถ้าสัมมีขนาดเล็กกว่า 3 cm จะหล่นออกนอกเส้นทางลำเลียง หรือถูกลำเลียงไปบนสายพานและเกลียวได้ที่ละ 2 ผลทำให้เกิดความผิดพลาดในการนับ ถ้าสัมมีขนาด

ใหญ่กว่า 5 cm จะทำให้สัปดาห์ที่ส่วนปลายเกลียว ดังนั้นหากต้องการใช้งานกับสัปดาห์ที่แตกต่างจากค่าที่ออกแบบ จำเป็นต้องปรับขนาด โครงสร้างในส่วนสายพาน และเกลียวลำเลียงให้รองรับขนาดของสัปดาห์ที่ต้องการ

- 3) เนื่องจากในโครงการนี้ใช้โซ่ลำเลียงกลอง โดยมีเหตุผลในการประหยัดค่าใช้จ่ายในการสร้าง จึงทำให้ฐานกลองสกรปรกบ้าง การเปลี่ยนไปใช้สายพานลำเลียงแทนโซ่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ แต่จะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นตามมา
- 4) เนื่องจากจากสัปดาห์ที่ใช้ในการทดสอบมีขนาดไม่เท่ากันทุกผล และมีรูปทรงที่ไม่กลมนัก จึงต้องมีความละเอียดรอบคอบในการติดตั้งระยะความสูงของตัวรับรู้เพื่อให้สามารถตรวจจับสัปดาห์ได้โดยไม่ให้ลำแสงของตัวรับรู้ตัด โคนเกลียว
- 5) เนื่องจากหน้าสัมผัสของรีเลย์ภายในชุดทดลอง ET-BOARD V 5.0 ทำงานโดยได้รับอินพุตลอจิก 0 และให้เอาต์พุตลอจิก 1 เท่านั้น จึงมีข้อจำกัดในการเลือกชนิดของอุปกรณ์ที่เหมาะสมนำต่อกับพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต โดยบางครั้งจำเป็นต้องมาร่วมกับรีเลย์ภายนอกเพื่อเปลี่ยนลอจิกให้สอดคล้องกับอุปกรณ์ที่นำมาต่อกับชุดทดลองดังกล่าว

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

จากหลักการและแบบจำลองระบบบรรจุสัปดาห์โดยใช้พีแอลซีที่สร้างขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการบรรจุสินค้าอื่นที่มีลักษณะและขนาดใกล้เคียงกันได้ ในการประยุกต์ใช้งานบรรจุสินค้าหรือวัตถุที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าหรือมากกว่าที่ออกแบบในโครงการนี้เราสามารถออกแบบเพื่อปรับขนาดของโครงสร้างให้สามารถรองรับได้โดยใช้รูปแบบเดียวกันนี้ได้ หากต้องการหลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดจากแรงเฉื่อยของมอเตอร์เกียร์ขณะหยุดหมุน เราสามารถเลือกใช้มอเตอร์ที่ไม่มีแรงเฉื่อย เช่น มอเตอร์แบบขั้น (Stepping motor) นอกจากนี้หลักการทำงานของตัวรับรู้แบบใช้แสงและส่วนแสดงผลสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อตรวจจับและแสดงจำนวนวัตถุในกระบวนการอื่นได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ณรงค์ ต้นชีวะวงศ์. ระบบ PLC (Programmable Logic Control). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. 2541.
- [2] รุปนัท จรรยาภิสังข์, ฐนิศร์ สมฤทธิ์. “การควบคุมสัญญาณไฟจราจรด้วยพีแอลซีโดยใช้ตัวตรวจจับแบบวงรอบเหนี่ยวนำ.” วิทยุยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2553.
- [3] ฉัฐพล พันธุ์บัว, วนัส สุขเกษม และ โดมร นันทนพิบูล. “การควบคุมการทำงานของลิฟต์โดยใช้พีแอลซี.” วิทยุยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2543.
- [4] อนุชิต พาลี, ธนากร ปิ่นขางคอน และเอกสิทธิ์ เชื้อวงษ์ดี. “แบบจำลองระบบการทำงานของโรงงานน้ำแข็งด้วยพีแอลซี.” วิทยุยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2549.
- [5] บริษัท อีทีที จำกัด. ET-BOARD V5.0 USER’S MANUAL PLC & BASIC 180. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์อีทีที.
- [6] ธนากร ทาจันทร์, นพพล ปรีดาภิรมย์ และสมคิด ไชยวงศ์. “การควบคุมระบบลิฟต์ด้วยพีแอลซี.” วิทยุยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2546.
- [7] สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, จาก <http://www.rmutphysics.com>, สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2555
- [8] บริษัท เมเซอร์โทรนิคส์ จำกัด, จาก <http://www.9engineer.com>, สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2555
- [9] ทีมงานสมาร์ตเลิร์นนิ่ง. “เซนเซอร์ ทรานสดิวเซอร์และการใช้งาน.” กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ห้างหุ้นส่วนสามัญสมาร์ตเลิร์นนิ่ง. 2552.
- [10] อนุชา หิรัญวัฒน์, นฤพนธ์ พนากุลชัยวิทย์ และสมชัย ศรีรัตนจารุ. “การควบคุมอัตโนมัติและการประยุกต์ใช้พีแอลซี.” นนทบุรี: สำนักพิมพ์ธนิษต์. 2551.
- [11] วิทยาลัยเทคนิคลำพูน, จาก <http://elec.ltc.ac.th>, สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2555



ภาคผนวก ก

รายละเอียดข้อมูลของทรานซิสเตอร์หมายเลข 2N3055



2N3055
MJ2955

COMPLEMENTARY SILICON POWER TRANSISTORS

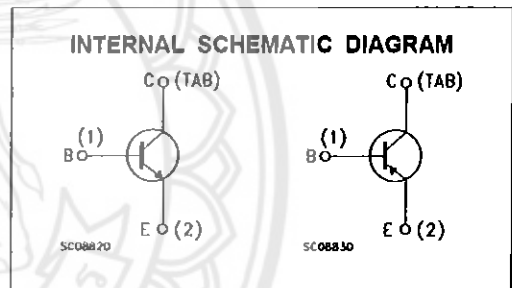
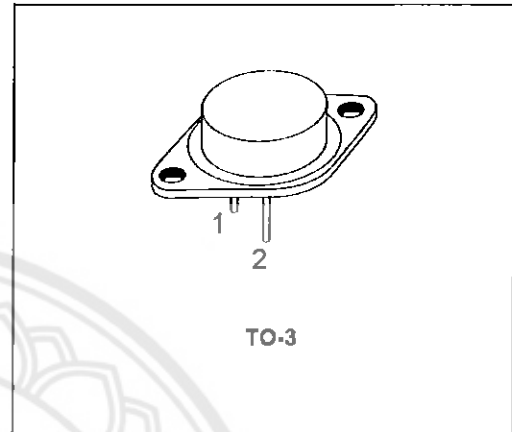
- STMicroelectronics PREFERRED SALESTYPES
- COMPLEMENTARY NPN-PNP DEVICES

DESCRIPTION

The 2N3055 is a silicon Epitaxial-Base Planar NPN transistor mounted in Jedec TO-3 metal case.

It is intended for power switching circuits, series and shunt regulators, output stages and high fidelity amplifiers.

The complementary PNP type is MJ2955.



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value		Unit
		NPN	MJ2955	
V_{CBO}	Collector-Base Voltage ($I_E = 0$)		100	V
V_{CER}	Collector-Emitter Voltage ($R_{BE} \leq 1(M)\Omega$)		70	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage ($I_B = 0$)		60	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage ($I_C = 0$)		7	V
I_C	Collector Current		15	A
I_B	Base Current		7	A
P_{tot}	Total Dissipation at $T_c \leq 25^\circ C$		115	W
T_{stg}	Storage Temperature		-65 to 200	$^\circ C$
T_j	Max. Operating Junction Temperature		200	$^\circ C$

For PNP types voltage and current values are negative.

2N3055 / MJ2955

THERMAL DATA

$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	1.5	$^{\circ}C/W$
----------------	----------------------------------	-----	-----	---------------

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{case} = 25^{\circ}C$ unless otherwise specified)

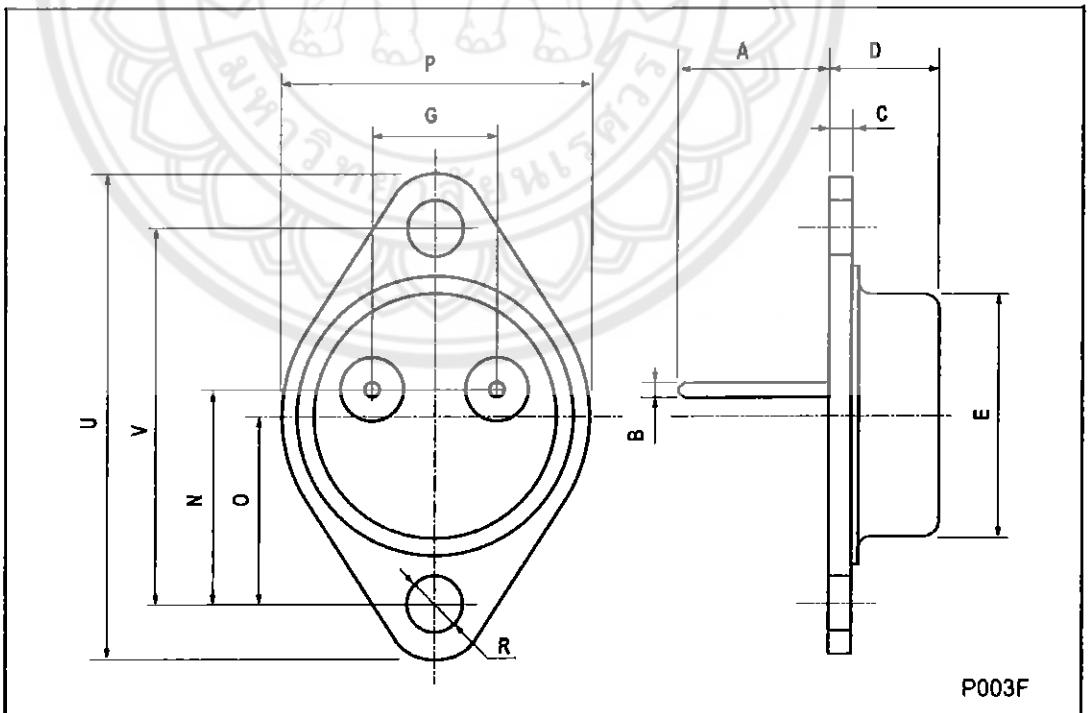
Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CEX}	Collector Cut-off Current ($V_{BE} = -1.5V$)	$V_{CE} = 100V$			1	mA
		$V_{CE} = 100V$ $T_j = 150^{\circ}C$			5	mA
I_{CEO}	Collector Cut-off Current ($I_B = 0$)	$V_{CE} = 30V$			0.7	mA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current ($I_C = 0$)	$V_{EB} = 7V$			5	mA
$V_{CEO(sus)*}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage ($I_B = 0$)	$I_C = 200mA$	60			V
$V_{CER(sus)*}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage ($R_{BE} = 100\Omega$)	$I_C = 200mA$	70			V
$V_{CE(sat)*}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 4A$ $I_B = 400mA$			1	V
		$I_C = 10A$ $I_B = 3.3A$			3	V
V_{BE*}	Base-Emitter Voltage	$I_C = 4A$ $V_{CE} = 4A$			1.8	V
h_{FE*}	DC Current Gain	$I_C = 4A$ $V_{CE} = 4A$	20		70	
		$I_C = 10A$ $V_{CE} = 4A$	5			
f_T	Transition frequency	$I_C = 0.5A$ $V_{CE} = 10V$	3			MHz
$I_{s/b*}$	Second Breakdown Collector Current	$V_{CE} = 40V$	2.87			A

* Pulsed: Pulse duration = 300 μs , duty cycle 1.5 %
For PNP types voltage and current values are negative.

2N3055 / MJ2955

TO-3 MECHANICAL DATA

DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	11.00		13.10	0.433		0.516
B	0.97		1.15	0.038		0.045
C	1.50		1.65	0.059		0.065
D	8.32		8.92	0.327		0.351
E	19.00		20.00	0.748		0.787
G	10.70		11.10	0.421		0.437
N	16.50		17.20	0.649		0.677
P	25.00		26.00	0.984		1.023
R	4.00		4.09	0.157		0.161
U	38.50		39.30	1.515		1.547
V	30.00		30.30	1.187		1.193





ภาคผนวก ข
รายละเอียดข้อมูลของรีเลย์กำลังหมายเลข HRS4(H)

HRS4(H) Relay

1.COIL DATA

1-1.Nominal Voltage	3 VDC to 48 VDC
1-2.Coil Resistance	Refer to Table 1
1-3.Operate Voltage	Refer to Table 1
1-4.Release Voltage	Refer to Table 1
1-5.Nominal Power Consumption	360 to 450 mW

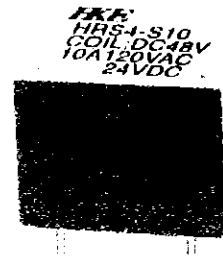
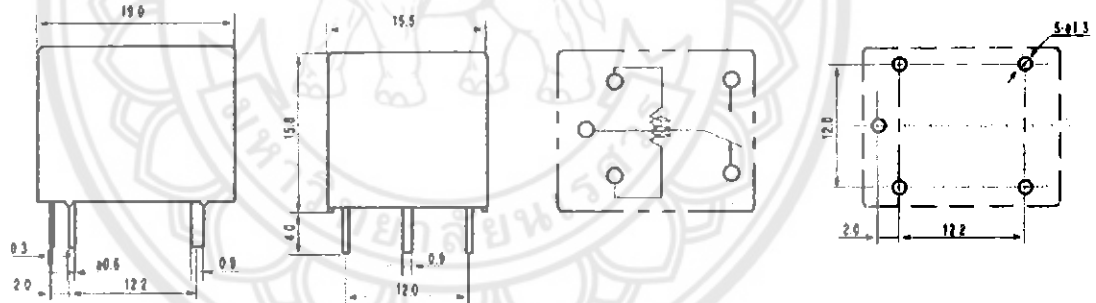
2.CONTACT DATA

2-1.Contact Arrangement	1 Form A , 1 Form C
2-2.Contact Material	AgCdo
2-3.Contact Rating	10A 120VAC / 24 VDC (1C) 15A 120VAC / 24 VDC (1A)
2-4.Max. Switching Voltage	110 VDC / 240 VAC
2-5.Max. Switching Current	15A
2-6.Max. Switching Power	1800 VA , 360W
2-7.Contact Resistance (Initial)	50 mΩ, at 6 VDC 1A
2-8.Life Expectancy	Electrical 100,000 operations at nominal load Mechanical 10,000,000 operations

3.GENERAL DATA

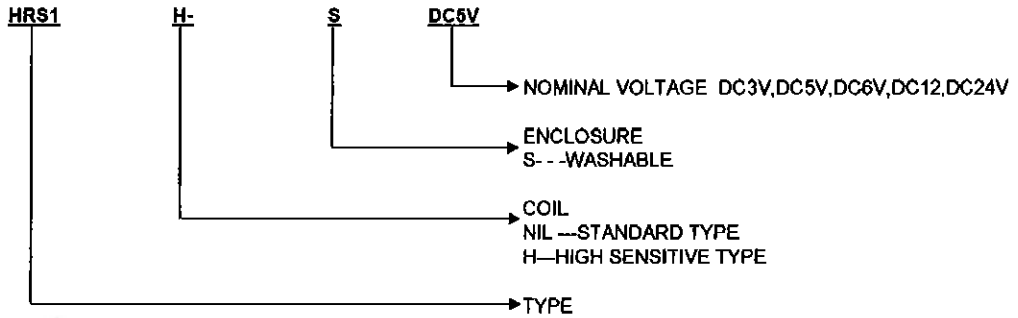
3-1.Insulation Resistance	Min.100MΩ, at 500 VDC
3-2.Dielectric Strength	750VAC , 1min between open contacts 1,500VAC , 1min between contacts and coil
3-3.Operate Time	Max 8ms
3-4.Release Time	Max. 5ms
3-5.Temperature Range	-30 to +85 °C
3-6.Shock Resistance	10G
3-7.Vibration Resistance	10 - 55 Hz , Amplitude 1.5mm
3-8.Weight	10 gr.
3-9.Safety Standard	UL NO. E164730

4.DIMENSIONS (In mm)



HRS4(H) Relay

5. ORDERING CODE

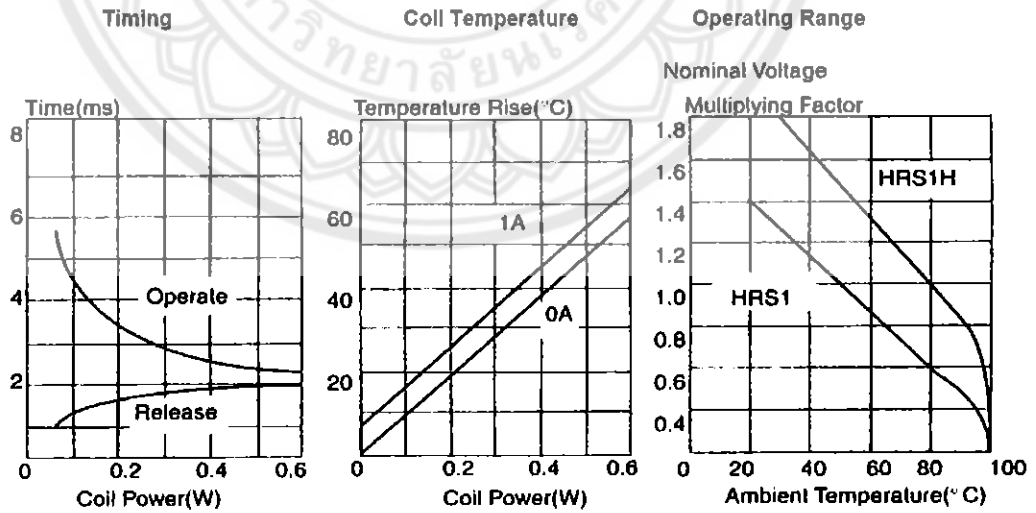


6. COIL DATA CHART

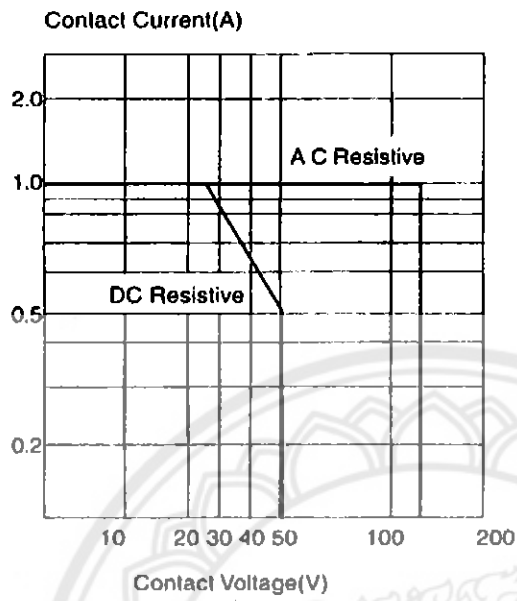
ORDERING CODE	COIL NOMINAL VDC	COIL RESISTANCE +/-10%	OPERATE VOLTAGE VDC	RELEASE VOLTAGE VDC	COIL NOMINAL mW
HRS1-S DC3V	3	25	2.25	0.30	360
HRS1-S DC5V	5	70	3.75	0.50	
HRS1-S DC6V	6	100	4.50	0.60	
HRS1-S DC9V	9	220	6.75	0.90	
HRS1-S DC12V	12	400	9.00	1.20	
HRS1-S DC24V	24	1600	18.00	2.40	200
HRS1H-S DC3V	3	45	2.25	0.30	
HRS1H-S DC5V	5	120	3.75	0.50	
HRS1H-S DC6V	6	180	4.50	0.60	
HRS1H-S DC9V	9	400	6.75	0.90	
HRS1H-S DC12V	12	700	9.00	1.20	
HRS1H-S DC24V	24	2800	18.00	2.40	

Table 1

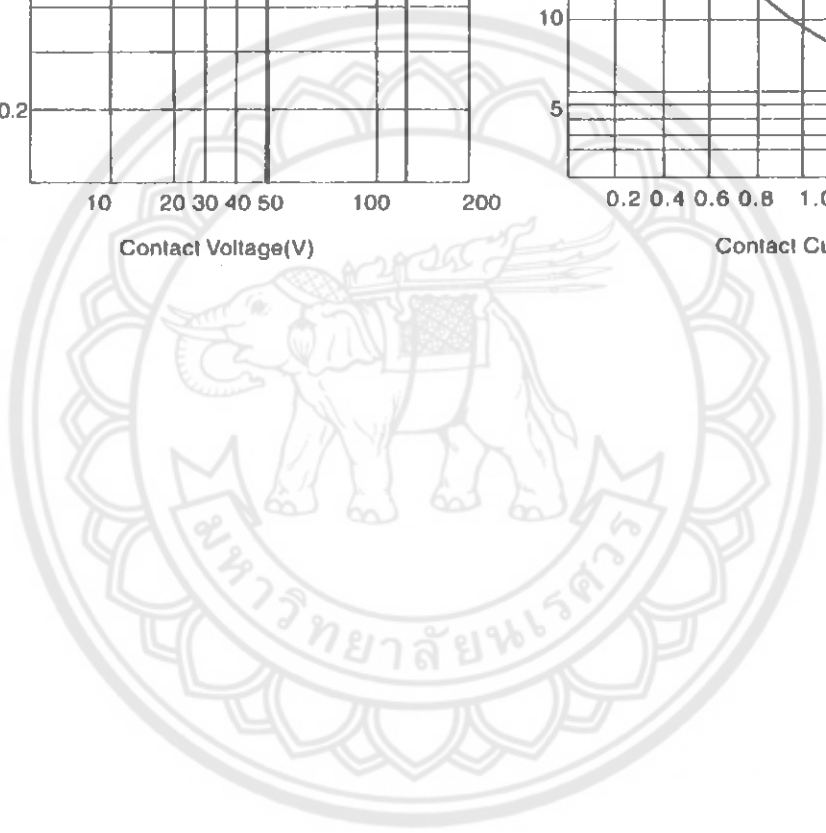
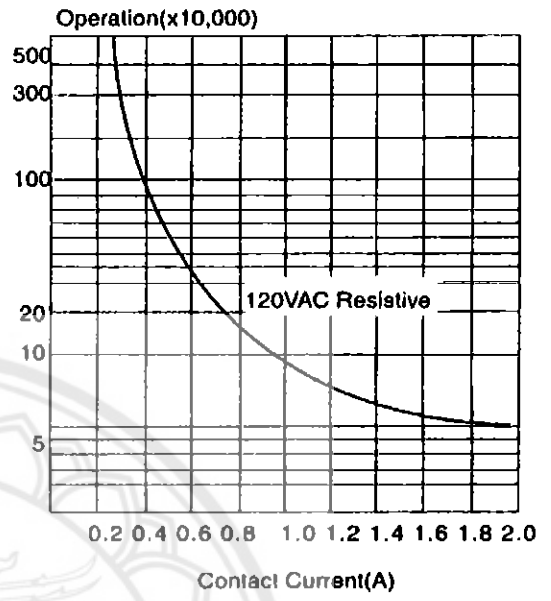
7. HRS1(H) CHARACTERISTIC DATA



Maximum Switching Power



Life Curve





ภาคผนวก ค
รายละเอียดข้อมูลของไอซีดีตัวนี้หมายเลข CD4026B



Data sheet acquired from Harris Semiconductor
SCHS031B - Revised July 2003

CD4026B, CD4033B Types

CMOS Decade Counters/Dividers

High-Voltage Types (20-Volt Rating)
With Decoded 7-Segment Display Outputs and:
Display Enable - CD4026B
Ripple Blanking - CD4033B

■ CD4026B and CD4033B each consist of a 6-stage Johnson decade counter and an output decoder which converts the Johnson code to a 7-segment decoded output for driving one stage in a numerical display.

These devices are particularly advantageous in display applications where low power dissipation and/or low package count are important.

Inputs common to both types are CLOCK, RESET, & CLOCK INHIBIT; common outputs are CARRY OUT and the seven decoded outputs (a, b, c, d, e, f, g). Additional inputs and outputs for the CD4026B include DISPLAY ENABLE input and DISPLAY ENABLE and UNGATED "C" SEGMENT outputs. Signals peculiar to the CD4033B are RIPPLE-BLANKING INPUT AND LAMP TEST INPUT and a RIPPLE-BLANKING OUTPUT.

A high RESET signal clears the decade counter to its zero count. The counter is advanced one count at the positive clock signal transition if the CLOCK INHIBIT signal is low. Counter advancement via the clock line is inhibited when the CLOCK INHIBIT signal is high. The CLOCK INHIBIT signal can be used as a negative-edge clock if the clock line is held high. Antilock gating is provided on the JOHNSON counter, thus assuring proper counting sequence. The CARRY-OUT (C_{OUT}) signal completes one cycle every ten CLOCK INPUT cycles and is used to clock the succeeding decade directly in a multi-decade counting chain. The seven decoded outputs (a, b, c, d, e, f, g) illuminate the proper segments in a seven

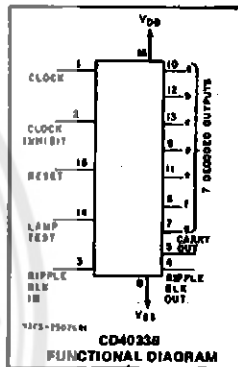
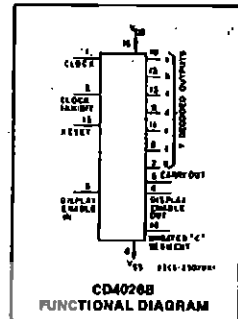
Features:

- Counter and 7-segment decoding in one package
- Easily interfaced with 7-segment display types
- Fully static counter operation: DC to 8 MHz (typ.) at V_{DD}=10V
- Ideal for low-power displays
- Display enable output (CD4026B)
- "Ripple blanking" and lamp test (CD4033B)
- 100% tested for quiescent current at 20V
- Standardized, symmetrical output characteristics
- 5-V, 10-V, and 15-V parametric ratings
- Schmitt-triggered clock inputs
- Meets all requirements of JEDEC Tentative Standard No. 13B, "Standard Specifications for Description of 'B' Series CMOS Devices"

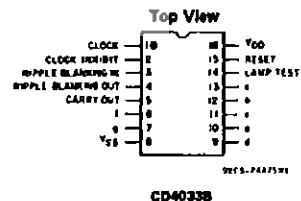
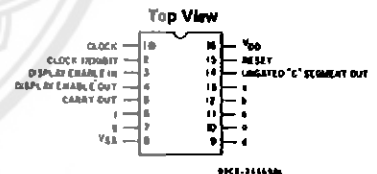
Applications

- Decade counting 7-segment decimal display
- Frequency division 7-segment decimal displays
- Clocks, watches, timers (e.g. ±80, ±60, ±12 counter/display)
- Counter/display driver for meter applications

segment display device used for representing the decimal numbers 0 to 9. The 7-segment outputs go high on selection in the CD4033B; in the CD4026B these outputs go high only when the DISPLAY ENABLE IN is high.



TERMINAL DIAGRAMS



MAXIMUM RATINGS, Absolute-Maximum Values:

DC SUPPLY-VOLTAGE RANGE, (V _{DD})	-0.5V to +20V
Voltages referenced to V _{SS} Terminal	
INPUT VOLTAGE RANGE, ALL INPUTS	-0.5V to V _{DD} +0.5V
DC INPUT CURRENT, ANY ONE INPUT	±10mA
POWER DISSIPATION PER PACKAGE (P _D):	
For T _A = -55°C to +100°C	500mW
For T _A = +100°C to +125°C	Derate Linearly at 12mW/°C to 200mW
DEVICE DISSIPATION PER OUTPUT TRANSISTOR	
For T _A = FULL PACKAGE-TEMPERATURE RANGE (All Package Types)	100mW
OPERATING-TEMPERATURE RANGE (T _A)	-55°C to +125°C
STORAGE-TEMPERATURE RANGE (T _{stg})	-65°C to +150°C
LEAD TEMPERATURE (DURING SOLDERING):	
At distance 1/16 ± 1/32 inch (1.59 ± 0.79mm) from case for 10s max	+265°C

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability, nominal operating conditions should be selected so that operation is always within the following ranges:

CHARACTERISTIC	VDD (V)	LIMITS		UNITS
		MIN.	MAX.	
Supply-Voltage Range (For T _A = Full Package Temperature Range)		3	18	V
Clock Input Frequency, f _{CL}	5 10 15	— — —	2.5 5.5 8	MHz
Clock Pulse Width, t _{WCL}	5 10 15	220 100 80	— — —	
Clock Rise and Fall Time, t _{rCL} , t _{fCL}	5 10 15	— — —	Unlimited	
Clock Inhibit Set Up Time, t _{SU}	5 10 15	200 50 30	— — —	ns
Reset Pulse Width, t _W	5 10 15	200 100 50	— — —	
Reset Removal Time	5 10 15	30 15 10	— — —	

STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

CHARACTERISTIC	CONDITIONS			LIMITS AT INDICATED TEMPERATURES (°C)							UNITS			
	V _O (V)	V _{IH} (V)	V _{DD} (V)	-55		-40		+65		+125		+28		
				Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.		Typ.	Max.	
Quiescent Device Current, I _{DD} Max.	—	0.5	5	5	5	150	150	—	0.04	5	μA			
	—	0.10	10	10	10	300	300	—	0.04	10				
	—	0.15	15	20	20	600	600	—	0.04	20				
Output Low (Sink) Current, I _{OL} Min.	0.4	0.5	5	0.64	0.61	0.42	0.38	0.61	1	—	mA			
	0.5	0.10	10	1.6	1.5	1.1	0.9	1.3	2.6	—				
	1.5	0.15	15	4.2	4	2.8	2.4	3.4	6.8	—				
Output High (Source) Current, I _{OH} Min.	4.8	0.5	5	-0.64	-0.61	-0.42	-0.38	-0.61	-1	—	mA			
	2.5	0.5	5	-2	-1.8	-1.3	-1.15	-1.6	-3.2	—				
	9.5	0.10	10	-1.6	-1.5	-1.1	-0.9	-1.3	-2.6	—				
Output Voltage: Low-Level, V _{OL} Max.	—	0.5	5	—	—	0.05	—	—	0	0.05	V			
	—	0.10	10	—	—	0.05	—	—	0	0.05				
	—	0.15	15	—	—	0.05	—	—	0	0.05				
Output Voltage: High-Level, V _{OH} Min.	—	0.5	5	—	—	4.95	—	—	4.95	5	V			
	—	0.10	10	—	—	9.95	—	—	9.95	10				
	—	0.15	15	—	—	14.95	—	—	14.95	15				
Input Low Voltage, V _{IL} Max.	0.5, 4.5	—	5	—	—	1.5	—	—	—	1.5	V			
	1, 9	—	10	—	—	3	—	—	—	3				
	1.5, 13.5	—	15	—	—	4	—	—	—	4				
Input High Voltage, V _{IH} Min.	0.5, 4.5	—	5	—	—	3.5	—	—	3.8	—	V			
	1, 9	—	10	—	—	7	—	—	7	—				
	1.5, 13.5	—	15	—	—	11	—	—	11	—				
Input Current I _{IH} Max.	—	0.18	18	±0.1	±0.1	±1	±1	—	±10 ⁻⁵	±0.1	μA			

CD4026B

When the DISPLAY ENABLE IN is low the seven decoded outputs are forced low regardless of the state of the counter. Activation of the display only when required results in significant power savings. This system also facilitates implementation of display-character multiplexing.

The CARRY OUT and UNGATED "C-SEGMENT" signals are not gated by the DISPLAY ENABLE and therefore are available continuously. This feature is a requirement in implementation of certain divider functions such as divide-by-60 and divide-by-12.

CD4033B

The CD4033B has provisions for automatic blanking of the non-significant zeros in a multi-digit decimal number which results in an easily readable display consistent with normal writing practice. For example, the number 0060.0700 in an eight digit display would be displayed as 50.07. Zero suppression on the integer side is obtained by connecting the RBI terminal of the CD4033B associated with the most significant digit in the display to a low-level voltage and connecting the RBO terminal of that stage to the RBI terminal of the CD4033B in the next-lower significant position in the display. This procedure is continued for each succeeding CD4033B on the integer side of the display.

On the fraction side of the display the RBI of the CD4033B associated with the least significant bit is connected to a low-level voltage and the RBO of that CD4033B is connected to the RBI terminal of the CD4033B in the next more-significant-bit position. Again, this procedure is continued for all CD4033B's on the fraction side of the display.

In a purely fractional number the zero immediately preceding the decimal point can be displayed by connecting the RBI of that stage to a high level voltage (instead of to the RBO of the next more-significant-stage). For example: optional zero → 0.7348. Likewise, the zero in a number such as 783.0 can be displayed by connecting the RBI of the CD4033B associated with it to a high-level voltage.

Ripple blanking of non-significant zeros provides an appreciable savings in display power.

The CD4033B has a LAMP TEST input which, when connected to a high-level voltage, overrides normal decoder operation and enables a check to be made on possible display malfunctions by putting the seven outputs in the high state.

The CD4026B- and CD4033B-series types are supplied in 16-lead dual-in-line plastic packages (E suffix), 16-lead small-outline packages (HSR suffix), and 16-lead thin shrink small-outline packages (PW and PWR suffixes).

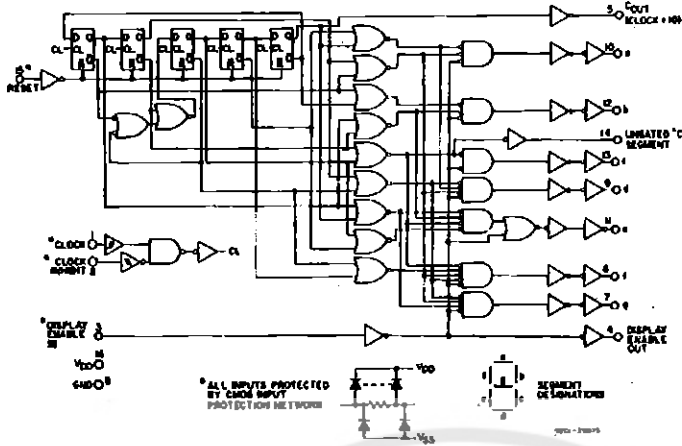


Fig. 1 - CD4028B logic diagram.

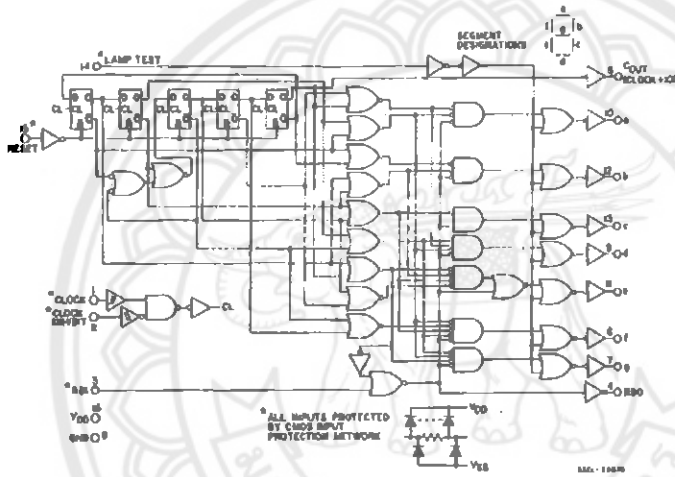


Fig. 2 - CD4033B logic diagram.

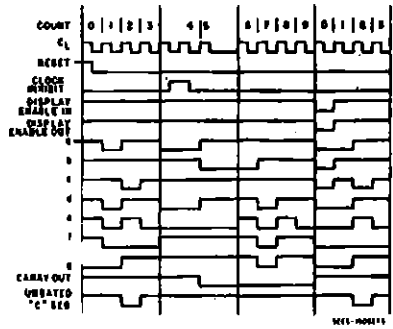


Fig. 3 - CD4028B timing diagram.

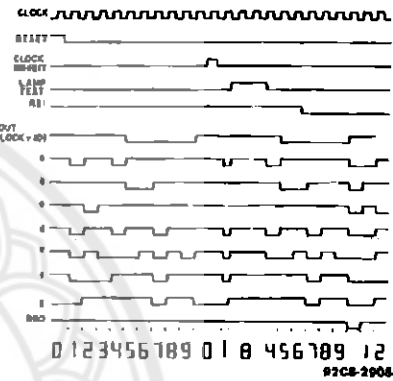


Fig. 4 - CD4033B timing diagram.

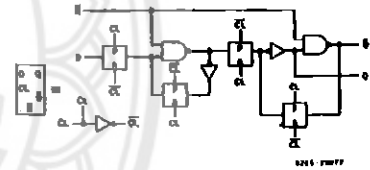


Fig. 5 - Detail of typical flip-flop stage for both types.

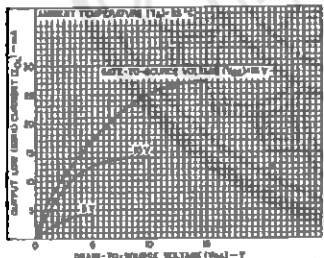


Fig. 6 - Typical n-channel output low (sink) current characteristics.

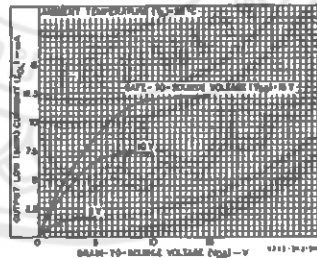


Fig. 7 - Minimum n-channel output low (sink) current characteristics.

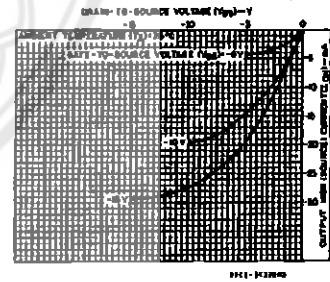


Fig. 8 - Typical p-channel output high (source) current characteristics.

DYNAMIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS at $T_A = 25^\circ\text{C}$, Input $t_p, t_f = 20\text{ ns}$, $C_L = 50\text{ pF}$, $R_L = 200\text{ k}\Omega$

CHARACTERISTIC	TEST CONDITIONS	LIMITS			UNITS	
		VDD (V)	Min.	Typ.		Max.
CLOCKED OPERATION						
Propagation Delay Time; Carry-Out Line t_{PLH}, t_{PHL}		5	—	250	500	ns
		10	—	100	200	
		15	—	75	150	
Decode Outlines		5	—	350	700	ns
		10	—	125	250	
		15	—	90	180	
Transition Time; Carry-Out Line t_{THL}, t_{TLH}		5	—	100	200	ns
		10	—	50	100	
		15	—	25	50	
Maximum Clock Input Frequency, f_{CL}^A		5	2.5	5	—	MHz
		10	5.5	11	—	
		15	8	16	—	
Min. Clock Pulse Width, t_W		5	—	110	220	ns
		10	—	50	100	
		15	—	40	80	
Clock and Clock Inhibit Rise or Fall Time; t_{rCL}, t_{fCL}		5	Unlimited			ns
		10				
		15				
Average Input Capacitance, C_{IN}	Any Input	—	5	7	pF	
RESET OPERATION						
Propagation Delay Time; To Carry-Out Line, t_{PLH}		5	—	275	550	ns
		10	—	120	240	
		15	—	80	160	
To Decode Out Lines, t_{PHL}, t_{PLH}		5	—	300	600	ns
		10	—	125	250	
		15	—	90	180	
Min. Reset Pulse Width, t_W		5	—	100	120	ns
		10	—	50	100	
		15	—	25	50	
Min. Reset Removal Time		5	—	0	30	ns
		10	—	0	15	
		15	—	0	10	

^A Measured with respect to carry-out line.

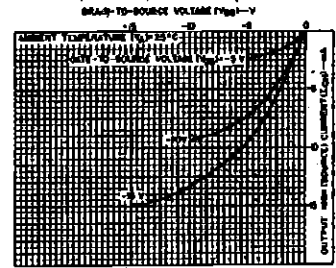


Fig. 9 - Minimum p-channel output high (source) current characteristics.



Fig. 10 - Typical propagation delay time as a function of load capacitance for decoded outputs.

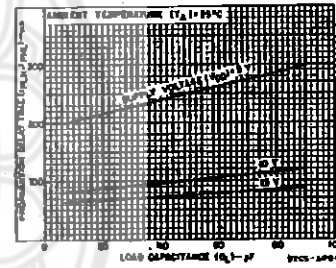


Fig. 11 - Typical propagation delay time as a function of load capacitance for carry-out outputs.

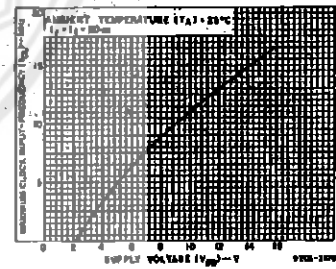


Fig. 12 - Typical maximum clock input frequency as a function of supply voltage.

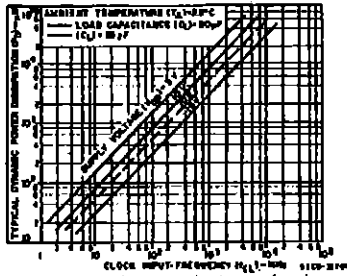


Fig. 13 - Typical power dissipation as a function of clock input frequency.

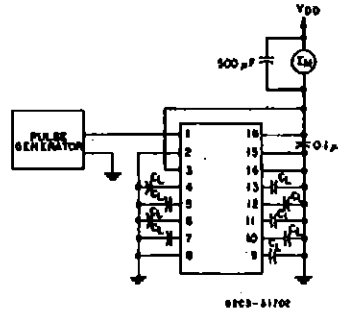


Fig. 14 - Dynamic power dissipation test circuit for CD4033B.

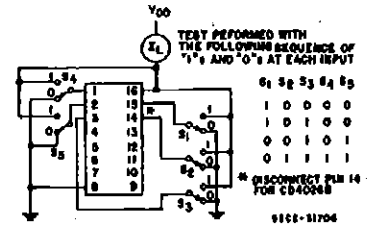


Fig. 15 - Quiescent device current.

INTERFACING THE CD4028B AND CD4033B WITH COMMERCIALY AVAILABLE LIGHT EMITTING DIODE DISPLAYS

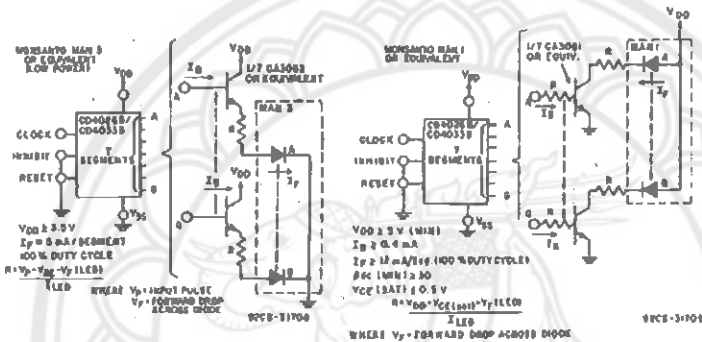


Fig. 16 - Input voltage.

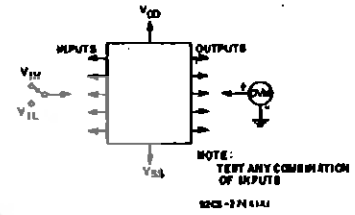


Fig. 16 - Input voltage.

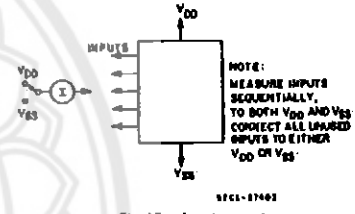
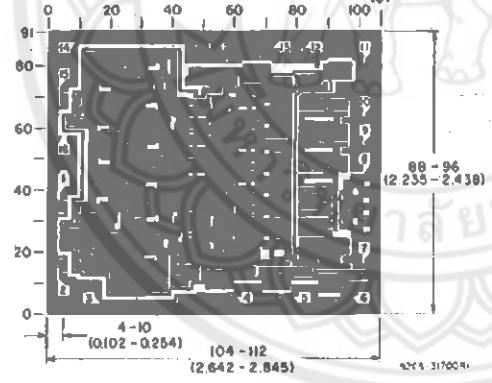
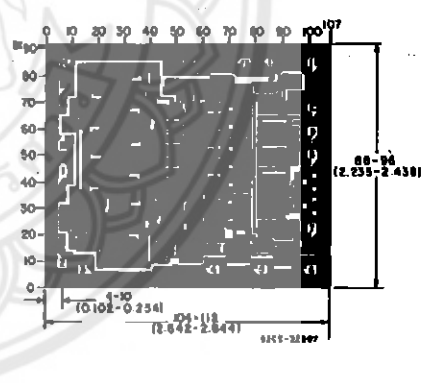


Fig. 17 - Input current.

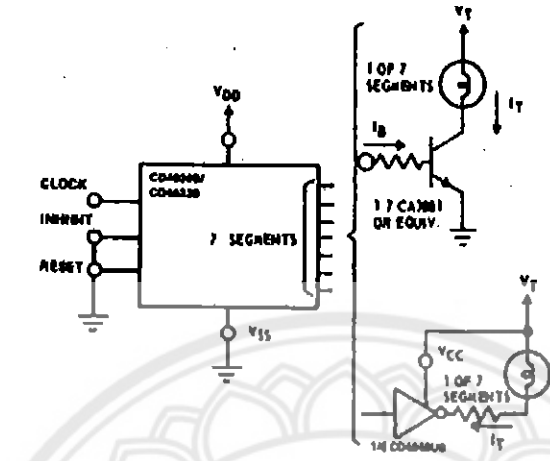


Chip dimensions and pad layout for CD4028B
Dimensions in parentheses are in millimeters and are derived from the basic inch dimensions as indicated. Grid graduations are in mils (10⁻³ inch).



Chip dimensions and pad layout for CD4033B

INTERFACING THE CD4026B AND CD4033B WITH COMMERCIALY AVAILABLE 7-SEGMENT DISPLAY DEVICES*



**INDEPENDENT 2 (A) BOUTS
RCA Numbered DR2000 Series
TUBE REQUIREMENTS**

$V_T = 3.5-5V$
 $I_T = 24 \text{ mA Segment}$

**ASSUMED
TRANSISTOR
CHARACTERISTICS**

$\beta_{dc} (\text{min.}) \geq 20$
 $V_{CE(\text{sat.})} \leq 0.3V$
 $V_{DD} = 5V (\text{min.})$
 $I_B = 1 \text{ mA (min.)}$
 $I_T = 24 \text{ mA (min.)}$

COMMON

@ $V_{CC} = 10V (\text{min.})$
 $V_o \leq 5.5V$
 $I_T = 1 \text{ mA (min.)}$
 $V_T \leq 1.5V \text{ TO } 2V$

COMMON

@ $V_{CC} = 10V (\text{min.})$
 $V_o \leq 6.1V$
 $I_T = 1 \text{ mA (min.)}$

@ $V_{CC} = 8V (\text{min.})$
 $V_o \leq 5.1V$
 $I_T = 3 \text{ mA (min.)}$
 $V_T \leq 1.5V \text{ TO } 1.5V$

92CM-3170T

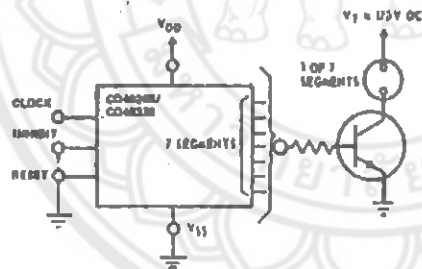
**LOW-POWER INCANDESCENT READOUTS
PINLIGHTS (INC-Series O and R)**

TUBE REQUIREMENTS	$V_T (V)$	mA/Segment
O-00-15	1.5	8
O-04-30	3	8
O-08-30	3	8
R-R3-20	2	4.3
R-R4-30	3	4.3

**ASSUMED
TRANSISTOR
CHARACTERISTICS**

$\beta_{dc} (\text{min.}) \geq 30$
 $V_{CE(\text{sat.})} \leq 0.3V$
 $V_{CC} \geq 3.5V (\text{min.})$
 $I_B \geq 0.25 \text{ mA (min.)}$
 $I_T \leq 7.5 \text{ mA (min.)}$

* The interfacing buffers shown, while a necessity with the CD4026A and CD4033A, are not required when using the "B" devices; the "B" outputs (≈ 10 times the "A" outputs) can drive most display devices directly especially at voltages above 10 V.



NEON READOUT (NIXIE TUBE^A)

- Alco Electronics - MQ19
- Burroughs - B5971, B7971, B8971

TUBE REQUIREMENTS	$V_T (V_{dc})$	mA Segment
Alco MQ19	180	0.5
Burroughs B5971	170	3
Burroughs B7971, B8971	170	6

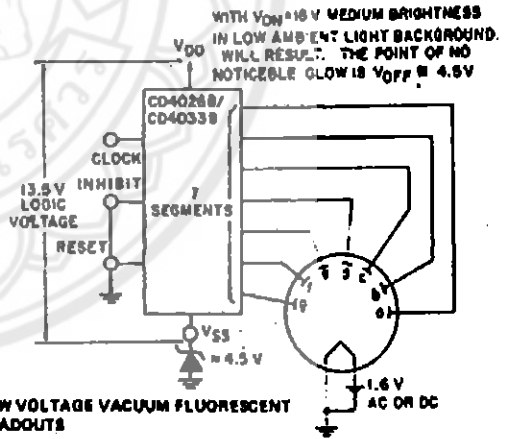
^A (Trademark) Burroughs Corp.

TRANSISTOR CHARACTERISTICS

Leakage with transistor cutoff - 0.05 mA

$V_{(BR)CER} > V_T$
 $\beta_{dc} (\text{min.}) > 30$

92CS-31710



**LOW VOLTAGE VACUUM FLUORESCENT
READOUTS**

- Tung Sol DIGIVAC S/G † Type DT1704A or DT-1705C
- Nippon Electric (NEC); Type DG12E or LD915

TUBE REQUIREMENTS: 100 to 300 μA /segment at tube voltage of 12 V to 25 V depending on required brightness. Filament requirement 45 mA at 1.6 V, ac or dc.

† (Trademark) Wagner Electric Co.

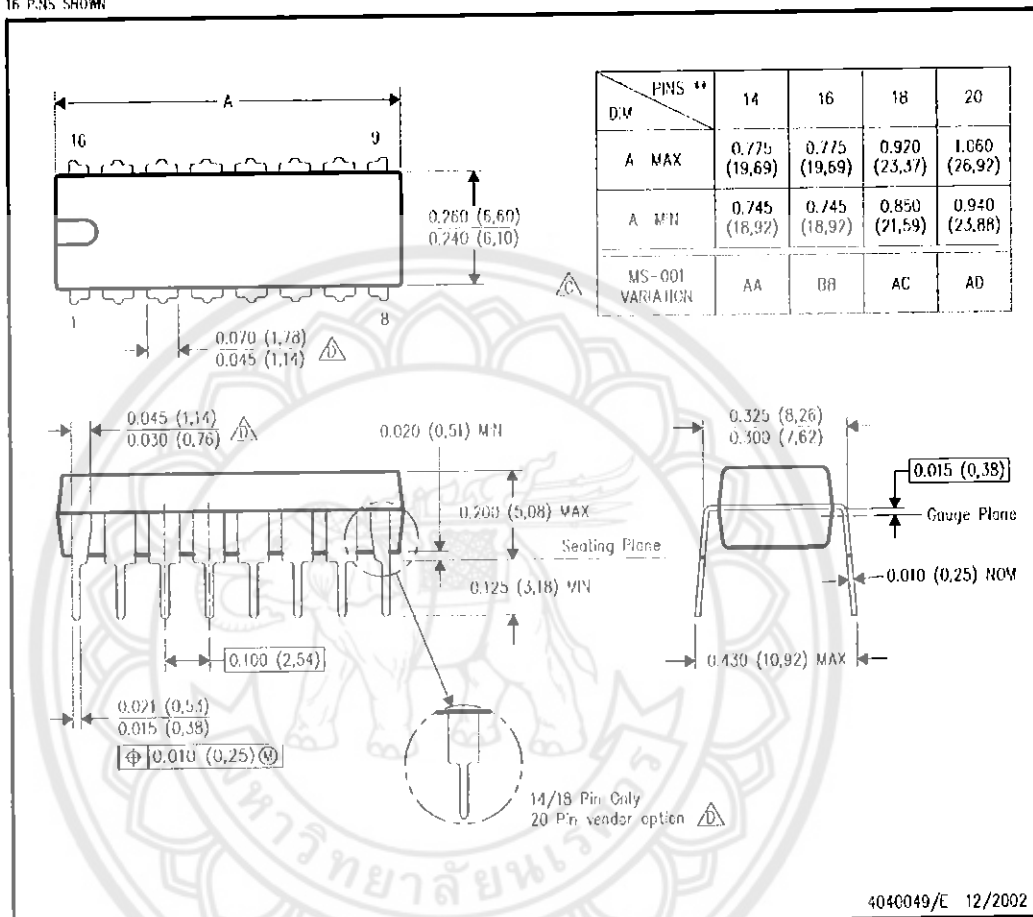
92CB-31711

MECHANICAL DATA

N (R-PDIP-T**)

16 PINS SHOWN

PLASTIC DUAL-IN-LINE PACKAGE



4040049/E 12/2002

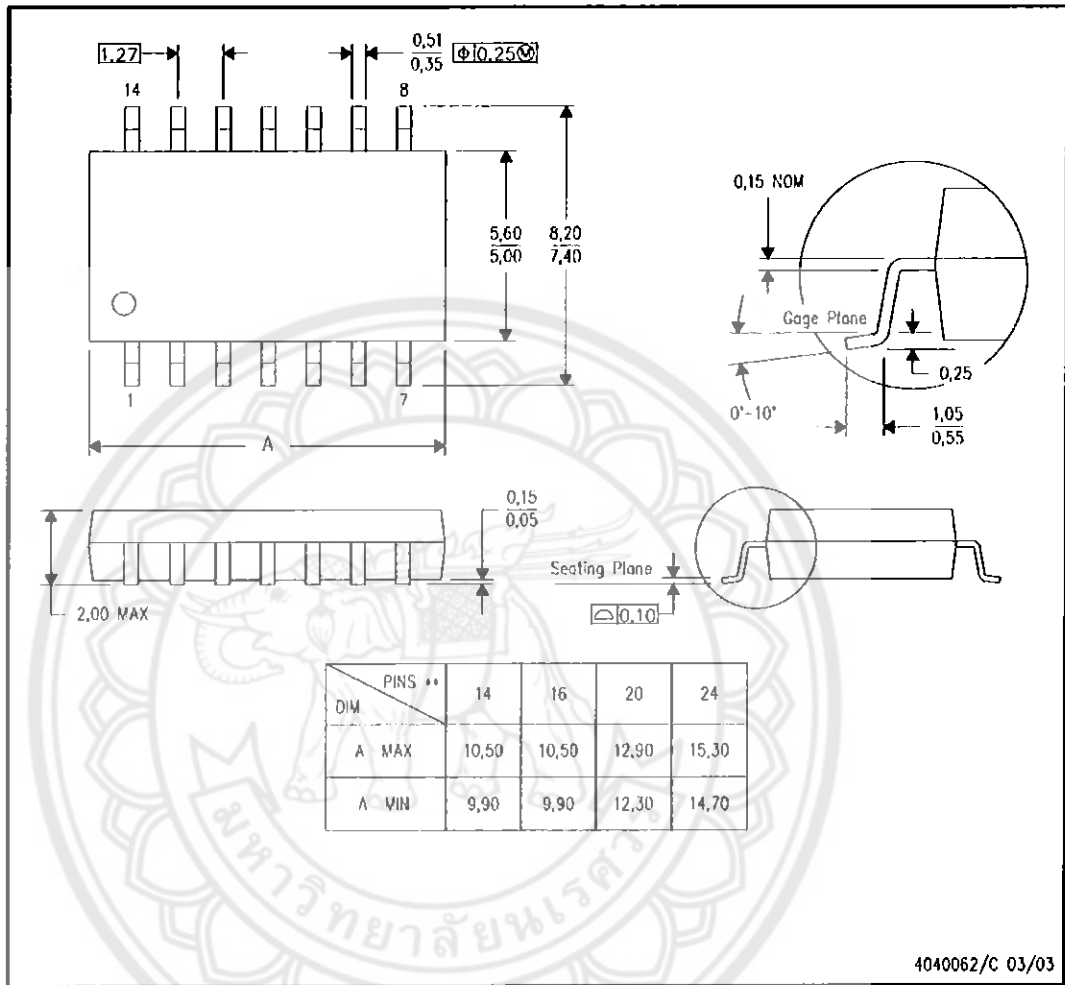
- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - \triangle Falls within JEDEC MS-001, except 18 and 20 pin minimum body length (Dim A).
 - \triangle The 20 pin end lead shoulder width is a vendor option, either half or full width.

MECHANICAL DATA

NS (R-PDSO-G**)

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE

14-PINS SHOWN



4040062/C 03/03

- NOTES:
- A. All linear dimensions are in millimeters.
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion, not to exceed 0,15.

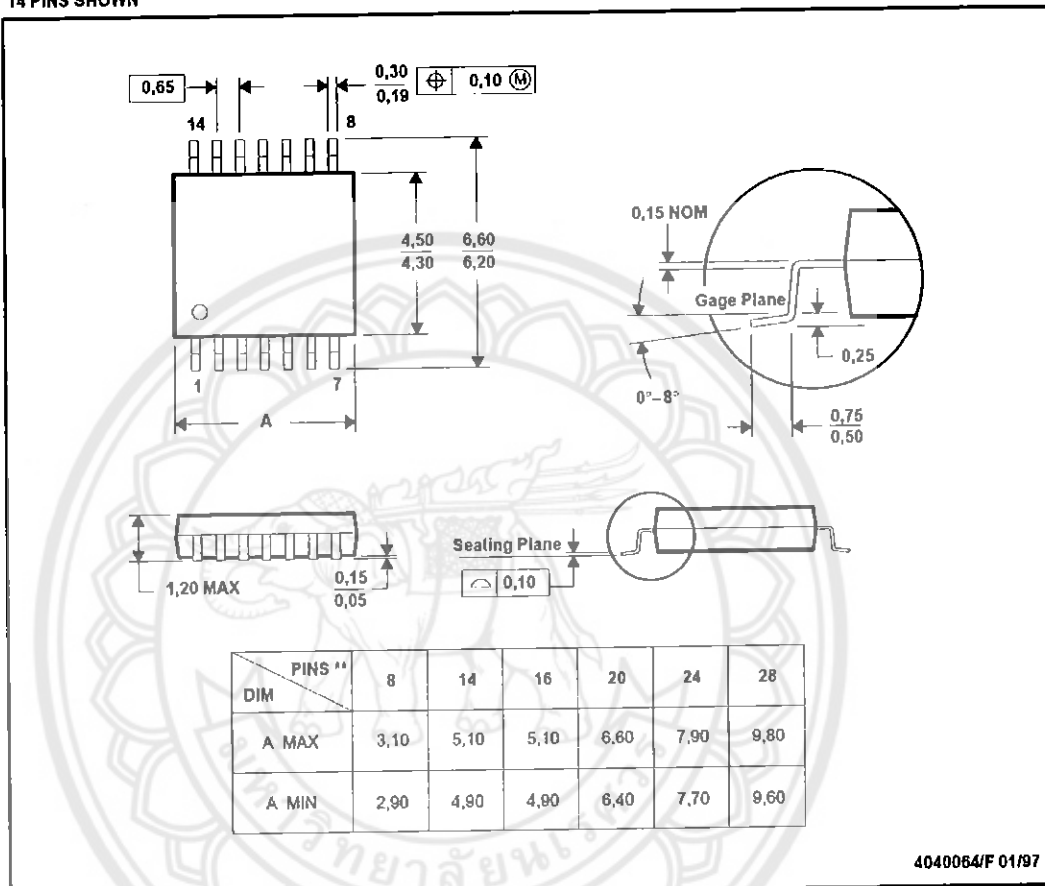
MECHANICAL DATA

MTSS001C - JANUARY 1995 - REVISED FEBRUARY 1999

PW (R-PDSO-G**)

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE

14 PINS SHOWN



4040064/F 01/97

- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.
 B. This drawing is subject to change without notice.
 C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion not to exceed 0,15.
 D. Falls within JEDEC MO-153



ภาคผนวก ง
รายละเอียดข้อมูลของไอซีตัวคุมค่าแรงดันหมายเลข LM7805



August 2012

LM78XX/LM78XXA

3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

Features

- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

General Description

The LM78XX series of three terminal positive regulators are available in the TO-220 package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

Ordering Information

Product Number	Output Voltage Tolerance	Package	Operating Temperature
LM7805CT	±4%	TO-220 (Single Gauge)	-40°C to +125°C
LM7806CT			
LM7808CT			
LM7809CT			
LM7810CT			
LM7812CT			
LM7815CT			
LM7818CT			
LM7824CT			
LM7805ACT			
LM7806ACT			
LM7808ACT			
LM7809ACT			
LM7810ACT			
LM7812ACT			
LM7815ACT			
LM7818ACT			
LM7824ACT			

Block Diagram

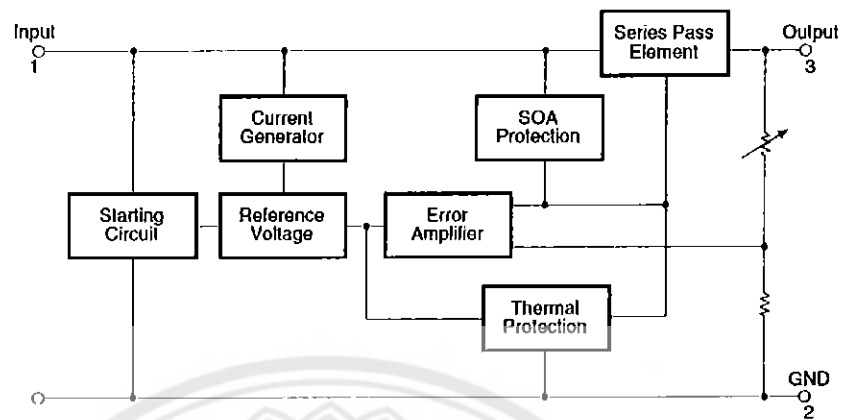


Figure 1.

Pin Assignment



Figure 2.

Absolute Maximum Ratings

Absolute maximum ratings are those values beyond which damage to the device may occur. The datasheet specifications should be met, without exception, to ensure that the system design is reliable over its power supply, temperature, and output/input loading variables. Fairchild does not recommend operation outside datasheet specifications.

Symbol	Parameter	Value	Unit	
V_I	Input Voltage	$V_O = 5V$ to $18V$	35	V
		$V_O = 24V$	40	V
$R_{\theta JC}$	Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	5	$^{\circ}C/W$	
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	65	$^{\circ}C/W$	
T_{OPR}	Operating Temperature Range	LM78xx	-40 to +125	$^{\circ}C$
		LM78xxA	0 to +125	
T_{STG}	Storage Temperature Range	-65 to +150	$^{\circ}C$	

Electrical Characteristics (LM7805)

Refer to the test circuits. $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 10\text{V}$, $C_I = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	
V_O	Output Voltage	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	4.8	5.0	5.2	V	
		$5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 7\text{V to } 20\text{V}$	4.75	5.0	5.25		
Regline	Line Regulation ⁽¹⁾	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_O = 7\text{V to } 25\text{V}$	–	4.0	100	mV
			$V_I = 8\text{V to } 12\text{V}$	–	1.6	50.0	
Regload	Load Regulation ⁽¹⁾	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$	–	9.0	100	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	4.0	50.0	
I_Q	Quiescent Current	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.0	8.0	mA	
ΔI_Q	Quiescent Current Change	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$ $V_I = 7\text{V to } 25\text{V}$	–	0.03	0.5	mA	
			–	0.3	1.3		
$\Delta V_O/\Delta T$	Output Voltage Drift ⁽²⁾	$I_O = 5\text{mA}$	–	-0.8	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
V_N	Output Noise Voltage	$f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	42.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
RR	Ripple Rejection ⁽²⁾	$f = 120\text{Hz}$, $V_O = 8\text{V to } 18\text{V}$	62.0	73.0	–	dB	
V_{DROP}	Dropout Voltage	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
r_O	Output Resistance ⁽²⁾	$f = 1\text{kHz}$	–	15.0	–	m Ω	
I_{SC}	Short Circuit Current	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	230	–	mA	
I_{PK}	Peak Current ⁽²⁾	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

Notes:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.
2. These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Typical Performance Characteristics

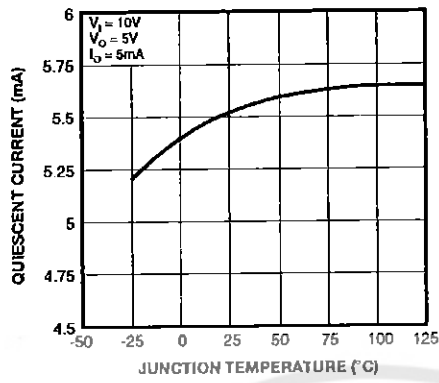


Figure 3. Quiescent Current

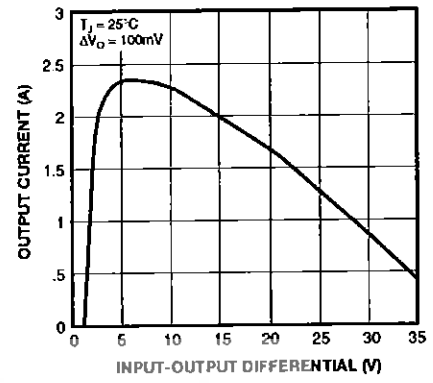


Figure 4. Peak Output Current

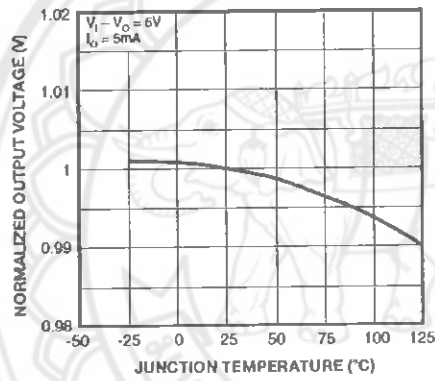


Figure 5. Output Voltage

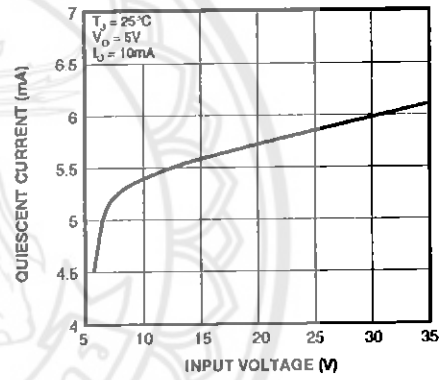


Figure 6. Quiescent Current

Typical Applications

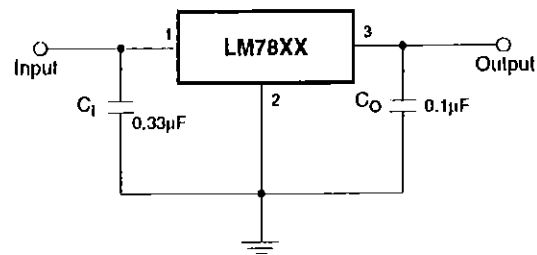


Figure 7. DC Parameters

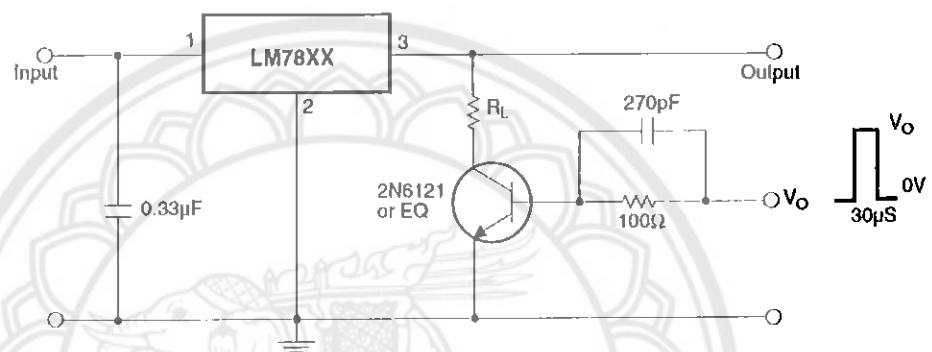


Figure 8. Load Regulation

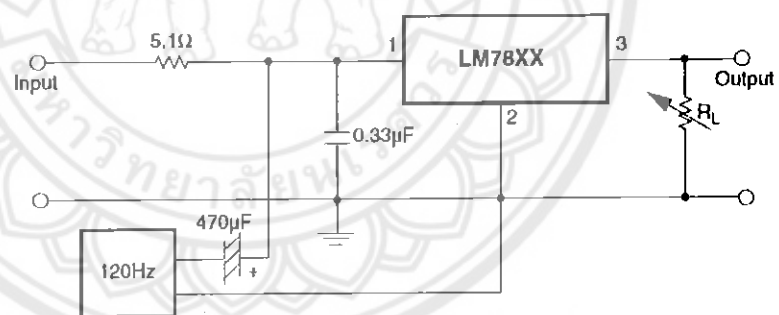


Figure 9. Ripple Rejection

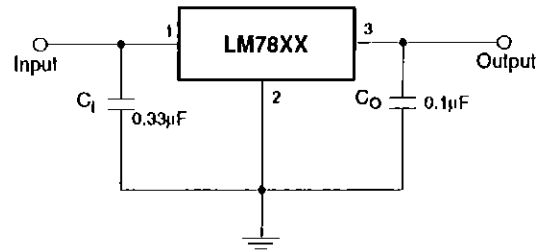
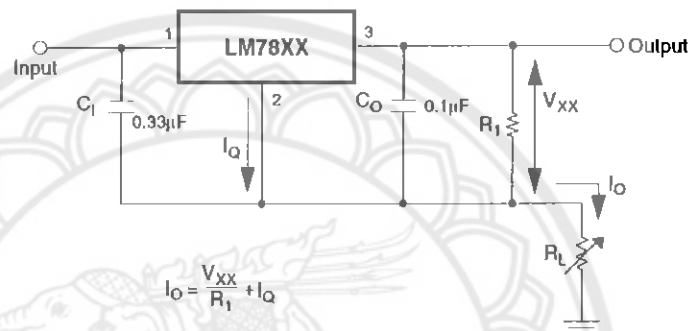


Figure 10. Fixed Output Regulator



Notes:

1. To specify an output voltage, substitute voltage value for "XX." A common ground is required between the input and the output voltage. The input voltage must remain typically 2.0V above the output voltage even during the low point on the input ripple voltage.
2. C_1 is required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter.
3. C_0 improves stability and transient response.

Figure 11.

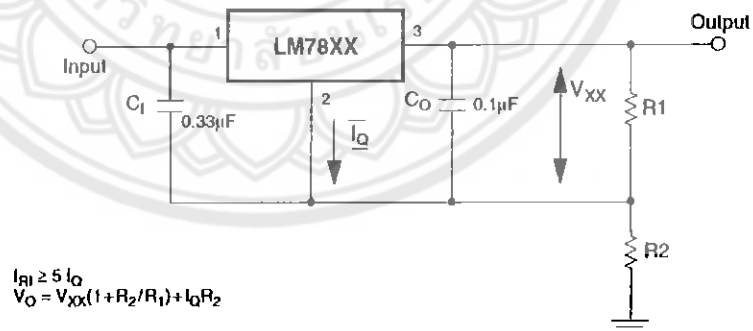


Figure 12. Circuit for Increasing Output Voltage

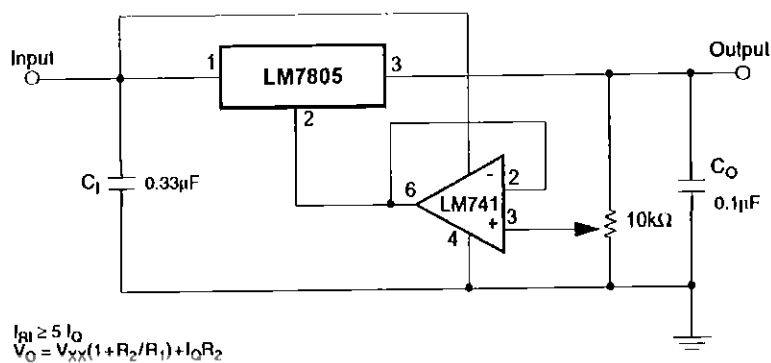


Figure 13. Adjustable Output Regulator (7V to 30V)

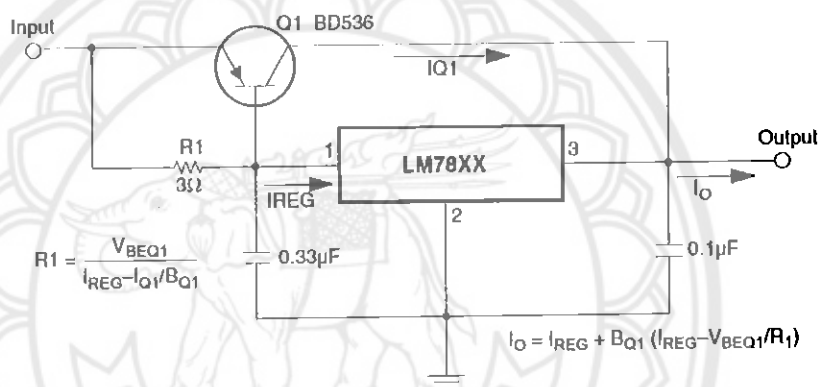


Figure 14. High Current Voltage Regulator

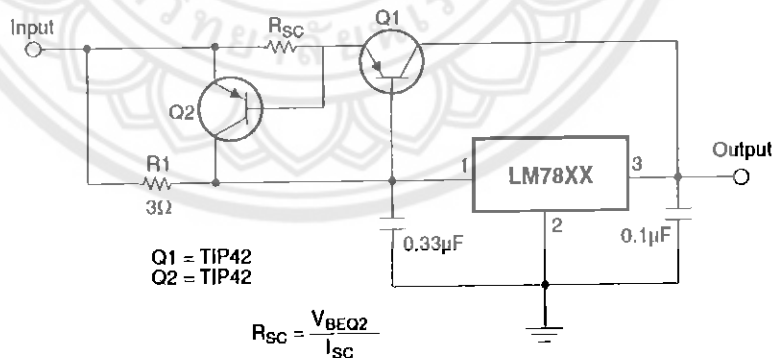


Figure 15. High Output Current with Short Circuit Protection

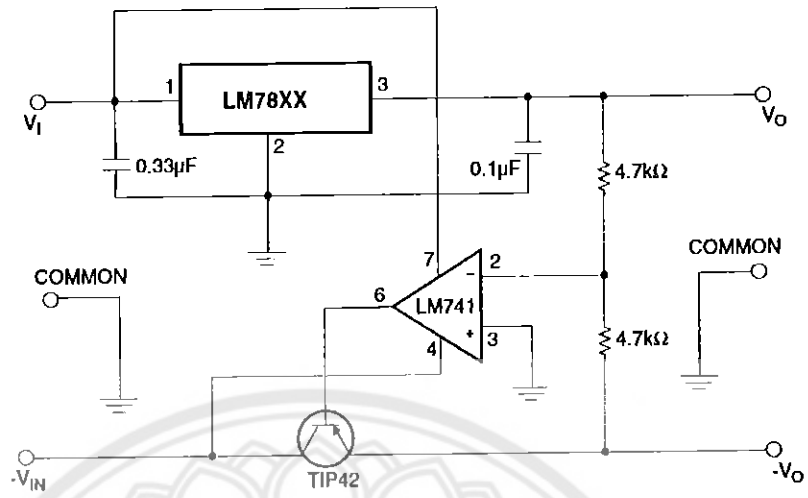


Figure 16. Tracking Voltage Regulator

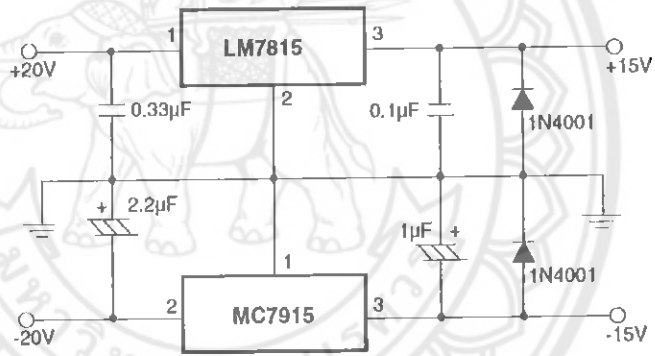


Figure 17. Split Power Supply ($\pm 15V - 1A$)

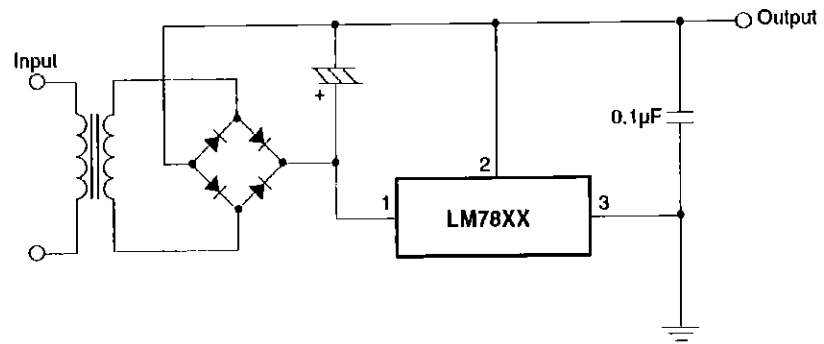


Figure 18. Negative Output Voltage Circuit

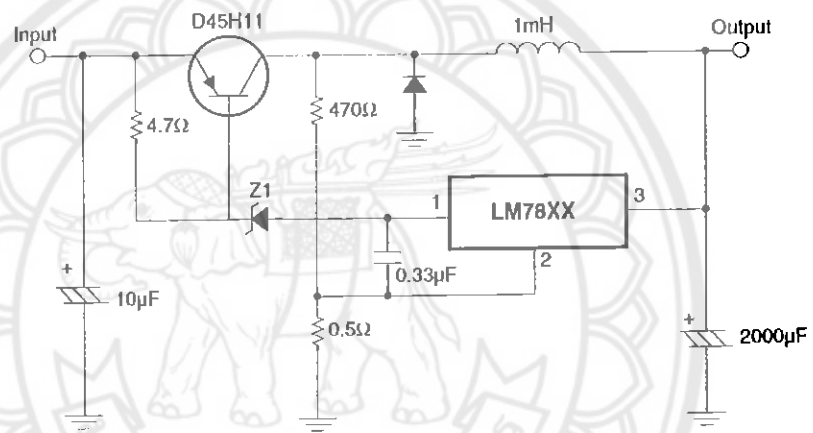


Figure 19. Switching Regulator

Mechanical Dimensions
 Dimensions in millimeters

TO-220 [SINGLE GAUGE]

