



รายงานสหกิจศึกษา

สายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA
PCB CONVEYOR WITH SMEMA SIGNAL

ชาลิณี กันเทพา
CHALINEE KUNTEPA

หลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานสหกิจศึกษา

สายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA
PCB CONVEYOR WITH SMEMA SIGNAL

ชาลิณี กันเทพา
CHALINEE KUNTEPA

หลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2021

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PINCE OF CHUMPHON CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานสหกิจศึกษาบับสมบูรณ์
ประจำปีการศึกษา 2564

เรื่อง สายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA
PCB Conveyor with SMEMA Signal

ผู้จัดทำ นางสาวชาลิณี กั้นเทพา รหัสนักศึกษา 61511018

ปฏิบัติงาน บริษัท ฟอर्थ อีเอ็มเอส จำกัด
FORTH EMS COMPANY LIMITED

ที่อยู่ 77 หมู่ที่ 11 ถนน พุทธมณฑลสาย 5 ตำบล ไระชิง อำเภอสามพราน
จังหวัดนครปฐม 73210

พนักงานที่ปรึกษา นายกิตติศักดิ์ ศรีหมั่น
ตำแหน่ง SMT & Equipment Specialist

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์สั๊กกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์)

หนังสือส่งรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เรื่อง ขอส่งรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ตามที่ดิฉัน นางสาวชาลิณี กั้นเทพา นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ได้ปฏิบัติงานสหกิจศึกษาระหว่างวันที่ 2 สิงหาคม พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ในตำแหน่งนักศึกษาฝึกงานในแผนกวิศวกร (Engineer) ณ บริษัท ฟอर्थ อีเอ็มเอส จำกัด (FORTH EMS COMPANY LIMITED) ได้รับมอบหมายจากพนักงานที่ปรึกษาสหกิจศึกษาให้จัดทำโครงการสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและเพื่อตอบสนองความต้องการในไลน์ผลิต (Line SMT Production)

บัดนี้ การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้เสร็จสิ้นลงแล้ว จึงใคร่ขอส่งรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ดังกล่าว จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป จึงเรียนมาเพื่อพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

นางสาวชาลิณี กั้นเทพา

นักศึกษาสหกิจศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

หัวข้อสหกิจ	สายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA
ชื่อนักศึกษา	นางสาวชาลิณี กั้นเทพา รหัสนักศึกษา 61511018
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สักระพันธ์ คล้ายดอกจันทร์
พนักงานที่ปรึกษา	นายกิตติศักดิ์ ศรีหมั่น
ปีการศึกษา	2564

บทคัดย่อ

รายงานสหกิจศึกษามบสมบรูณ์เล่มนี้นำเสนอสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA โดยเครื่องจะทำการลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์จากเครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติ (SMT) ไปยังเครื่องอบตะกั่ว (Reflow, Oven) ระบบการทำงานจะออกเป็น 2 โหมด คือ 1. โหมดอัตโนมัติ (Auto mode) 2. โหมดแมนนวล (Manual mode) โดยเครื่องนี้ประกอบไปด้วย โฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ 3 ตัว มอเตอร์ขับเคลื่อนสายพานลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ 2 ชุด ชุดละ 2 ตัว ตัวหยุดแผ่นวงจรพิมพ์ 1 ตัว และใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนเมกะ 2560 ในการควบคุมการทำงานของเครื่องนี้การทำงานของระบบเริ่มจากเลือกโหมดการทำงาน ถ้าเป็นโหมดอัตโนมัติ โดยระบบจะทำการกระตุ้นสัญญาณ SMEMA1 จากเครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติเพื่อเรียกแผ่นวงจรพิมพ์จากเครื่องจักร แผ่นวงจรพิมพ์จะถูกลำเลียงมาบนสายพานลำเลียงโดยมีโฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ทั้ง 3 ตัว ทำหน้าที่ตรวจจับแผ่นวงจรพิมพ์ในแต่ละตำแหน่งของสายพานลำเลียง โดยมีตัวหยุดแผ่นวงจรพิมพ์ทำหน้าที่หยุดแผ่นวงจรพิมพ์ เมื่อโฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 3 มีการตรวจจับจะมีการกระตุ้นสัญญาณ SMEMA2 จากเครื่องอบตะกั่วเพื่อลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ไปยังเครื่องจักร ในส่วนการทำงานของโหมดแมนนวล จะทำงานเหมือนโหมดอัตโนมัติจะไม่มีตัวหยุดแผ่นวงจรพิมพ์และเมื่อโฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจเจอแผ่นวงจรพิมพ์ แผ่นวงจรพิมพ์จะหยุดรอเพื่อให้พนักงานเข้าตรวจสอบคุณภาพของแผ่นวงจรพิมพ์เมื่อตรวจสอบคุณภาพของแผ่นวงจรเสร็จแล้วทำการกดปุ่มบายพาส (Bypass) ให้ระบบทำงานต่อไป

จากการทดลองลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์จำนวน 10 บอร์ด ของสายพานลำเลียงชุดเก่าจะใช้เวลาอยู่ที่ 50.95 วินาทีและทดลองลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์จำนวน 10 บอร์ด ของสายพานลำเลียงชุดใหม่จะใช้เวลาอยู่ที่ 33.56 วินาที จะเห็นได้ว่าสายพานลำเลียงที่ออกแบบสามารถทำงานได้เร็วกว่าสายพานลำเลียงชุดเก่าที่ไม่ได้ควบคุมสัญญาณ SMEMA อยู่ที่ 17.39 วินาทีต่อ 10 บอร์ด และทดสอบสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA สามารถทำงานได้ถูกต้องตามที่ต้องการ

คำสำคัญ: สายพานลำเลียง, แผ่นวงจรพิมพ์, สัญญาณ SMEMA

Cooperative Title	PCB Conveyor with SMEMA Signal
Student	Miss. Chalinee Kuntepa ID. 61511018
Degree	Bachelor of Engineering
Program in	Electronics Engineering
Advisor	Mr. Sakapan Klaydokjan
Mentor	Mr. Kittisak Sriman
Academic Year	2021

ABSTRACT

This comprehensive co-education report presents a PCB conveyor using SMEMA signals, where printed circuit boards are transported from an SMT machine. To Reflow, Oven into 2 working modes 1. Auto mode 2. Manual mode It consists of 3 photoelectric sensors, 2 sets of 2 printed circuit board conveyor motors, 1 printed circuit board stopper, and used Arduino Mega 2560 microcontroller board. if auto mode The system will trigger the SMEMA1 signal from the SMT machine to retrieve the printed circuit board from the machine. Printed circuit boards are transported on a conveyor belt with three photoelectric sensors. It detects the printed circuit board in each position of the conveyor belt. There is a printed circuit board stopper to stop the printed circuit board. when the 3rd photoelectric sensor is detected, a SMEMA2 signal is triggered from the Reflow, Oven to transport the printed circuit board to the machine. Manual mode works like automatic mode. There is no printed circuit board stopper and when the 2nd photoelectric sensor detects the printed circuit board The printed circuit board will stop waiting for the operator to check the quality of the printed circuit board. Once the quality of the printed circuit board is checked, the Bypass button to continue

From the experiment of conveying 10 printed circuit boards the old conveyor lasts 50.95 s. and the new one takes 33.56 s. The designed conveyor can work faster than older conveyors out of control SMEMA signals at 17.39 s. per 10 boards and can work as designed

Keywords: Conveyor, Pinted Circuit Board, SMEMA Signal

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากบุคคลหลาย ๆ ท่าน ซึ่งผู้เขียนขอขอบพระคุณทุก ๆ ท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ บริษัท ฟอรัท อีเอ็มเอส จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อให้นักศึกษาได้มีโอกาสศึกษาและจัดทำโครงการสหกิจศึกษาร่วมกับบริษัท ตลอดจนสถานที่ที่ข้าพเจ้าใช้ในการปฏิบัติการและการช่วยเหลือการสนับสนุนจากพนักงานที่ปรึกษาในทุก ๆ ด้านเสมอมา

ขอขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ ผู้ซึ่งคอยให้การอบรมสั่งสอน เลี้ยงดู สนับสนุนการศึกษา ตลอดจนให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สั๊กกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้คำแนะนำแนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด จนโครงการเสร็จสมบูรณ์ ผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำ คอยช่วยเหลือเสมอมาและขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ ที่ช่วยให้คำแนะนำดี ๆ จนทำให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ชาลิณี กั้นเทพา
กรกฎาคม 2565

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	VII
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของการทำโครงการ	1
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	2
1.4.1 บริษัท.....	2
1.4.2 นักศึกษา	2
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	2
1.6 โครงสร้างของรายงานสหกิจศึกษา	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 รีเลย์ (Relay).....	5
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่เมกะ 2560 (Arduino Mega 2560)	5
2.3 ระบบการวัด GR&R (Gage Repeatability & Reproducibility)	7
2.4 กระบอกลมนิวเมติกส์ (Pneumatic Air Cylinder).....	9
2.5 มอเตอร์ (Motor).....	10
2.6 สัญญาณ SMEMA.....	11
2.6.1 การนำสัญญาณ SMEMA มาใช้งานร่วมกับเครื่องจักร	12
2.6.2 ขั้นตอนการลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA.....	13
2.7 โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ (Photoelectric sensor)	15
2.8 โซลินอยวาล์ว.....	18
บทที่ 3 การออกแบบ	20
3.1 บล็อกไดอะแกรม.....	20

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.1.1	บล็อกไดอะแกรมสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA.....	20
3.2	แผนผังการทำงานของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA	21
3.2.1	แผนผังการทำงานของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA ในโหมดอัตโนมัติ.....	21
3.2.2	แผนผังการทำงานของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA ในโหมดแมนนวล.....	24
3.3	การออกแบบวงจร.....	25
3.3.1	การออกแบบวงจรรวมทั้งหมดของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วย สัญญาณ SMEMA.....	25
3.3.2	การออกแบบวงจรภาคจ่ายไฟแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์.....	27
3.3.3	การออกแบบวงจรรีเลย์ที่ใช้งานร่วมกับสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วย สัญญาณ SMEMA.....	27
3.3.4	การออกแบบวงจรเซนเซอร์ตรวจจับแผ่นวงจรที่ใช้งานร่วมกับสายพาน ลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA.....	28
3.4	การออกแบบเลือกใช้งานกระบอกลมนิวเมติกส์.....	28
3.4.1	ระยะแกนชักของกระบอกลมนิวเมติกส์กับโครงสร้างที่ออกแบบ.....	29
3.4.2	แรงดันอากาศ.....	29
3.5	การออกแบบโครงสร้างสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA.....	31
3.5.1	การออกแบบโครงสร้างสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA.....	31
3.5.2	การออกแบบใช้งานร่วมกับเครื่องจักรในโหมดอัตโนมัติ.....	32
3.5.3	การออกแบบใช้งานร่วมกับเครื่องจักรในโหมดแมนนวล.....	33
3.5.4	การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วย สัญญาณ SMEMA.....	35
บทที่ 4	การทดลองและผลการทดลอง.....	38
4.1	การทดลองภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์.....	38
4.2	การทดลองการทำงานของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 1 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร.....	39
4.3	การทดลองการทำงานของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร.....	39

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.4 การทดลองการทำงานของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร.....	40
4.5 การทดลองการทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 1 เมื่อโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 1 ตรวจจับเจอวัตถุ.....	41
4.6 การทดลองการหยุดทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 1 เมื่อโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอวัตถุ.....	42
4.7 การทดลองการทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 2 เมื่อโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอวัตถุ.....	43
4.8 การทดลองการหยุดทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 2 เมื่อโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 ตรวจจับเจอวัตถุ.....	45
4.9 การทดลองระบบการทำงานของโหมคอัตโนมัติ.....	46
4.10 การทดลองระบบการทำงานของโหมคแมนนวล.....	47
4.11 การทดสอบการทำงานของสายพานลำเลียงโดยการจับเวลาเปรียบเทียบการทำงานของ สายพานลำเลียงชุดเก่าและสายพานลำเลียงชุดใหม่.....	49
4.12 การทดสอบ Gage R&R ของการทำงานในโหมคอัตโนมัติ.....	50
4.13 การทดสอบ Gage R&R ของการทำงานในโหมคแมนนวล.....	51
บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ.....	52
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	52
5.1.1 สรุปผลการทดลองภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์.....	52
5.1.2 สรุปผลการทดลองการทำงานของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 1 ที่ระยะ ตรวจจับ 3 เซนติเมตร.....	52
5.1.3 สรุปผลการทดลองการทำงานของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 ที่ระยะ ตรวจจับ 3 เซนติเมตร.....	53
5.1.4 สรุปผลการทดลองการทำงานของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 ที่ระยะ ตรวจจับ 3 เซนติเมตร.....	53
5.1.5 สรุปผลการทดลองการทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 1 เมื่อโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัว ที่ 1 ตรวจจับเจอวัตถุ.....	53

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.1.6	สรุปผลการทดลองการหยุดทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 1 เมื่อไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอวัตถุ.....	53
5.1.7	สรุปผลการทดลองการทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 2 เมื่อไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอวัตถุ.....	53
5.1.8	สรุปผลการทดลองการหยุดทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 2 เมื่อไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 ตรวจจับเจอวัตถุ.....	54
5.1.9	สรุปผลการทดลองระบบการทำงานของโหมดอัตโนมัติ	54
5.1.10	สรุปผลการทดลองระบบการทำงานของโหมดแมนนวล.....	54
5.1.11	สรุปผลการทดสอบการทำงานของสายพานลำเลียงโดยการจับเวลาเปรียบเทียบ การทำงานของสายพานลำเลียงชุดเก่าและสายพานลำเลียงชุดใหม่.....	54
5.1.12	สรุปผลการทดสอบ Gage R&R ของการทำงานในโหมดอัตโนมัติ.....	54
5.1.13	สรุปผลการทดสอบ Gage R&R ของการทำงานในโหมดแมนนวล	55
5.2	ปัญหาและอุปสรรค	55
5.3	การแก้ไขปัญหา	55
	เอกสารอ้างอิง	56
	ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุมระบบ	58
	ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งานสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA.....	72
	ภาคผนวก ค คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (datasheet).....	75

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	2
4.1 การทดลองแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์.....	38
4.2 การทดลองการทำงานของไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 1 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร.....	39
4.3 การทดลองการทำงานของไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร.....	40
4.4 การทดลองการทำงานของไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 3 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร.....	40
4.5 การทดลองการทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 1 เมื่อไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 1 ตรวจจับเจอวัตถุ.....	41
4.6 การทดลองการหยุดทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 1 เมื่อไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอวัตถุ.....	42
4.7 การทดลองการทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 2 เมื่อไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอวัตถุ.....	44
4.8 การทดลองการหยุดทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 2 เมื่อไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 3 ตรวจจับเจอวัตถุ.....	45
4.9 การทดลองระบบการทำงานของโหมดอัตโนมัติ.....	46
4.10 การทดลองระบบการทำงานของโหมดแมนนวล.....	47
4.11 การทดสอบการทำงานของสายพานลำเลียงโดยการจับเวลาเปรียบเทียบการทำงานของ สายพานลำเลียงชุดเก่าและสายพานลำเลียงชุดใหม่.....	49

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 สัญลักษณ์ภายในวงจรไฟฟ้ารีเลย์	4
2.2 สภาวะปกติและสภาวะจ่ายกระแส	5
2.3 ตำแหน่งขาและรูปร่างของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนเมกะ 2560	6
2.4 ความสามารถในการวัดซ้ำของคนวัด.....	7
2.5 ความสามารถในการวัดซ้ำของอุปกรณ์วัด	8
2.6 กระบอกลมนิวเมติกส์.....	10
2.7 มอเตอร์	10
2.8 ทิศทางการเคลื่อนที่ของอาร์เมเจอร์ (โรเตอร์).....	11
2.9 แสดงการลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ระหว่างเครื่องจักร.....	13
2.10 แผนภาพเวลา.....	14
2.11 สายเชื่อมต่อระหว่างเครื่องจักร.....	14
2.12 สายสัญญาณ SMEMA.....	15
2.13 โฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์.....	15
2.14 โฟโต้อิเล็กทรอนิกส์ชนิดเอาต์พุตแบบเอ็นพีเอ็น	16
2.15 โฟโต้อิเล็กทรอนิกส์ชนิดเอาต์พุตแบบพีเอ็นพี	16
2.16 โฟโต้อิเล็กทรอนิกส์ประเภทลำแสงผ่านตลอด.....	17
2.17 โฟโต้อิเล็กทรอนิกส์ประเภทแผ่นสะท้อน	17
2.18 โฟโต้อิเล็กทรอนิกส์ประเภทสะท้อนวัตถุโดยตรง.....	18
2.19 โซลินอยด์วาล์วลับด้วยสปริง	18
2.20 โซลินอยด์วาล์วลับด้วยโซลินอยด์วาล์ว	19
2.21 โซลินอยด์วาล์วต่างๆ.....	19
3.1 บล็อกไดอะแกรมสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA	20
3.2 แผนผังการทำงานของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA ในโหมดอัตโนมัติ	22
3.2 แผนผังการทำงานของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA ในโหมดอัตโนมัติ(ต่อ)	23
3.3 แผนผังการทำงานของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA ในโหมดแมนนวล.....	24
3.4 การออกแบบวงจรรวมของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA.....	25
3.5 วงจรภาคจ่ายไฟแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์.....	27
3.6 วงจรรีเลย์.....	27
3.7 วงจรเซนเซอร์ตรวจจับแผ่นวงจรพิมพ์.....	28
3.8 แสดงการออกแบบโครงสร้างตัววางรับขนาดแผ่นวงจรพิมพ์	31

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.9 แสดงการออกแบบโครงสร้างด้านข้าง	31
3.10 แสดงโครงสร้างที่ใช้งานจริง	32
3.11 แสดงการออกแบบใช้งานร่วมกับเครื่องจักรในโหมดอัตโนมัติ	32
3.12 แผ่นวงจรพิมพ์ถูกทำลายในโหมดอัตโนมัติ	33
3.13 แสดงการออกแบบใช้งานร่วมกับเครื่องจักรในโหมดแมนนวล	33
3.14 แผ่นวงจรพิมพ์ถูกทำลายในโหมดแมนนวล	34
3.15 สวิตช์บายพาสสายพานลำเลียง	35
3.16 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์	35
3.17 แสดงการติดตั้งสวิตช์ต่างๆ	35
3.18 แสดงการติดตั้งตัวหยุดแผ่นวงจร	36
3.19 แสดงการติดตั้งมอเตอร์สายพานลำเลียง	36
3.20 แสดงการติดตั้งสายพานลำเลียง	37
4.1 แผ่นวงจรผ่านไฟไดโอดเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 1	42
4.2 แผ่นวงจรผ่านไฟไดโอดเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2	43
4.3 แผ่นวงจรผ่านไฟไดโอดเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2	44
4.4 แผ่นวงจรผ่านไฟไดโอดเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3	45
4.5 การลำเลียงแผ่นวงจรในโหมดอัตโนมัติ	46
4.6 พนักงาน QC เข้าตรวจสอบคุณภาพของแผ่นวงจรพิมพ์	48
4.7 กดสวิตช์เริ่มการลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์	48
4.8 การทดสอบ Gage R&R ของการทำงานในโหมดอัตโนมัติ	50
4.9 การทดสอบ Gage R&R ของการทำงานในโหมดแมนนวล	51

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ ขอบเขตของการทำโครงการ ประโยชน์หรือผลที่คาดว่าจะได้รับ ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน และเค้าโครงของรายงานสหกิจศึกษาของโครงการสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA ณ บริษัท ฟอर्थ อีเอ็มเอส จำกัด (FORTH EMS COMPANY LIMITED)

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันกระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติได้มีบทบาทสำคัญต่อโรงงานอุตสาหกรรมไทยมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังทำให้กระบวนการผลิตเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและมีคุณภาพจึงต้องนำเครื่องมือที่สามารถลดเวลาในการผลิต และลดต้นทุนในการผลิตเข้ามาใช้ เพื่อเพิ่มศักยภาพของการผลิตให้สูงมากยิ่งขึ้นและเนื่องจากสายพานลำเลียงที่ใช้ลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB) ไปยังเครื่องจักรในปัจจุบันของโรงงานที่บริษัทฟอर्थ อี เอ็มเอส (Forth EMS) เกิดปัญหาในการลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์และสัญญาณ SMEMA ไม่มีความเสถียร จึงทำให้สายพานลำเลียงไม่สามารถส่งแผ่นวงจรพิมพ์ไปยังเครื่องจักรได้อย่างราบรื่น

ผู้จัดทำโครงการจึงได้มีการออกแบบสายพานลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ที่ควบคุมด้วยสัญญาณ SMEMA เพื่อเคลื่อนย้ายหรือลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนเมกะ 2560 (Arduino Mega 2560) เป็นตัวควบคุมการลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์และมีการปรับปรุงแก้ไขการลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ไปยังเครื่องจักรและสัญญาณ SMEMA มีความเสถียรโดยสามารถลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ได้อย่างราบรื่น โดยมี 2 โหมดการทำงาน 1) โหมดอัตโนมัติ (Auto mode) 2) โหมดแมนนวล (Manual mode)

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงการ

1. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของสายพานลำเลียง
2. เพื่อตอบสนองความต้องการในไลน์ผลิต (Line SMT Production)
3. เพื่อนำบอร์ดอาดูโนมาปรับปรุงแก้ไขข้อจำกัดของไมโครทรอเลอร์ที่ใช้อยู่

1.3 ขอบเขตของการทำโครงการ

1. สามารถเชื่อมต่อสัญญาณ SMEMA เพื่อนำไปควบคุมสายพานลำเลียงได้
2. สายพานลำเลียงสามารถรองรับแผ่นวงจรพิมพ์ ได้ 1-2 แผ่น

3. สามารถลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์จากเครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติ (SMT) ไปยังเครื่องอบตะกั่ว (Reflow, Oven)

4. มีระบบการทำงาน 2 โหมด คือระบบอัตโนมัติและระบบแมนนวล

5. สายพานลำเลียงมีขนาด กว้าง 50 เซนติเมตร x ยาว 100 เซนติเมตร x สูง 90 เซนติเมตร

6. เซนเซอร์สามารถตรวจจับแผ่นวงจรพิมพ์สีเขียวและแผ่นวงจรพิมพ์สีดำ

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 บริษัท

1. โครงการนี้สามารถช่วยลดเวลาในการเคลื่อนย้ายหรือการลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์จากเครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติไปยังเครื่องอบตะกั่ว

2. โครงการนี้ได้ปรับปรุงและใช้สัญญาณ SMEMA อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.4.2 นักศึกษา

1. มีความรู้ความเข้าใจในการเขียนโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุม

2. ได้พัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี

3. มีความรู้ความเข้าใจในการนำสัญญาณ SMEMA มาใช้ในกระบวนการผลิต

4. ได้เรียนรู้การทำงานในรูปแบบบริษัทจริงก่อนจบการศึกษา

1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานที่ผู้จัดทำได้วางแผนและฝึกสหกิจศึกษาแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 1.1 ดังนี้

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน															
	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. รับหัวข้อโครงการจากหัวหน้างาน																
2. เก็บข้อมูลความต้องการ																
3. ศึกษาการใช้งานสัญญาณ SMEMA																
4. ออกแบบโครงสร้าง																

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

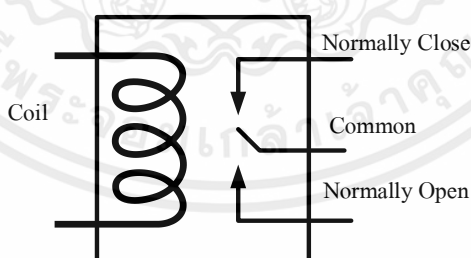
ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่นำมาใช้กับโครงงานนี้คือ ทฤษฎีเกี่ยวกับสัญญาณ SMEMA ทฤษฎีเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 2560 ทฤษฎีเกี่ยวกับระบบการวัด GR&R ทฤษฎีเกี่ยวกับโพโตอิเล็กทรอนิกส์ เซอร์ ทฤษฎีเกี่ยวกับรีเลย์ ทฤษฎีเกี่ยวกับมอเตอร์เกียร์ ทฤษฎีเกี่ยวกับโซลินอยด์วาล์ว และทฤษฎีเกี่ยวกับกระบอกลมนิวเมติกส์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 รีเลย์ (Relay)

รีเลย์ [1] เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการนำมาใช้ในวงการอิเล็กทรอนิกส์ โดยรีเลย์ทำหน้าที่เป็น สวิตช์ไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่ตัด-ต่อวงจร โดยการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าที่ขดลวดได้รับให้เป็นพลังงาน แม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะ รีเลย์จะเริ่มทำงานได้โดยมีการ ป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิด-เปิดในส่วนของหน้าสัมผัส และประกอบด้วยส่วน สำคัญ 2 ส่วนหลักคือ

1 ส่วนของขดลวด (coil) เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจึงทำให้เกิดการเหนี่ยวนำทำให้เกิด สนามแม่เหล็กไฟฟ้าดึงดูดหน้าสัมผัสแสดงดังรูปที่ 2.1

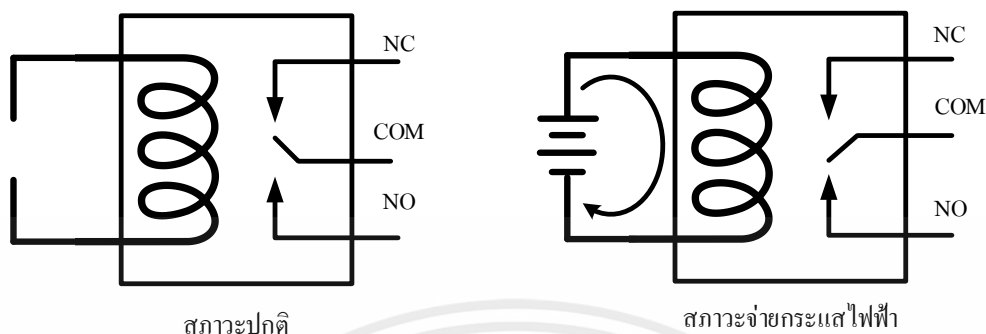
2 ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่นำมา ต่อใช้งานแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 สัญลักษณ์ภายในวงจรไฟฟารีเลย์
(ที่มา: <http://www.krurock.com/Arduino/Doc>)

ภายในรีเลย์จะประกอบไปด้วยขดลวดและหน้าสัมผัส โดยหน้าสัมผัสปกติปิด (Normally Close) ที่สภาวะปกติหน้าสัมผัสนี้จะต่อเข้ากับขาร่วม (Common) และไม่สัมผัสกันเมื่อมีกระแสไฟฟ้า ไหลผ่านขดลวด หน้าสัมผัสปกติเปิด (Normally Open) ที่สภาวะปกติจะไม่สัมผัสกับขาร่วมแต่จะ

สัมผัสกันเมื่อมีกระแสไฟไหลผ่านขดลวด ขาร่วมเป็นขาที่ถูกใช้งานร่วมกันระหว่างหน้าสัมผัสปกติปิด และหน้าสัมผัสปกติเปิดแสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 สภาวะปกติและสภาวะจ่ายกระแส
(ที่มา: <http://www.krurock.com/Arduino/Doc>)

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนเมกะ 2560 (Arduino Mega 2560)

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนเมกะ 2560 [2] คือบอร์ดกลุ่มบอร์ดอาดูโนที่ใช้ชิป Atmega 2560 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์หลัก สามารถเขียนโปรแกรมบนอาดูโนไอดีอี (Arduino IDE) และโปรแกรมผ่านยูเอสบี (USB)

2.2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนเมกะ 2560

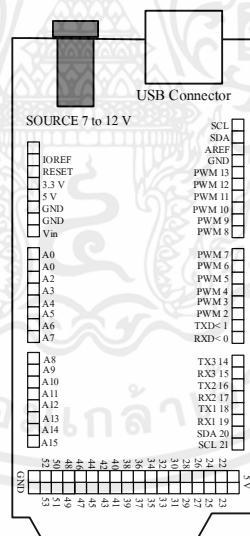
1. ขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ (Pin) ทั่วไป
 - ขา VIN เป็นแรงดันอินพุตของบอร์ดอาดูโนโดยใช้แหล่งจ่ายจากภายนอก
 - ขา 5 V เป็นขาเอาต์พุตที่มีแรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์
 - ขา 3V3 เป็นขาเอาต์พุตที่มีแรงดันไฟฟ้า 3.3 โวลต์ ที่สร้างขึ้นจาก วงจรรักษา ระดับแรงดัน (Voltage Regulator Circuit) บนบอร์ด และให้กระแสได้สูงสุด 50 มิลลิแอมป์
 - ขา IOREF เป็นขาที่ให้แรงดันคงที่ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเลือกค่าแรงดันให้กับอุปกรณ์เสริมที่มาเชื่อมต่อกับบอร์ด
2. หน่วยความจำ

ATmega2560 มีหน่วยความจำ 256 กิโลไบต์ 8 กิโลไบต์ ให้สำหรับเฟิร์มแวร์ (Firmware) ที่ทำหน้าที่ช่วยในการอัปโหลดโปรแกรม (bootloader) นอกจากนี้ยังมีอีก 8 กิโลไบต์ สำหรับ SRAM และ 4 กิโลไบต์ สำหรับอีเอ็ปรอม (EEPROM)
3. พอร์ตอินพุตและเอาต์พุต

เป็นพอร์ตดิจิทัลทั้งหมด 54 พอร์ต สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตโดยจะทำงานที่แรงดัน 5 โวลต์ และให้กระแสสูงสุด 40 มิลลิแอมป์

4. ฟังก์ชันอื่น ๆ

- อินเทอร์รัพท์ภายนอกมีอินเทอร์รัพท์ 0 ขา 2, อินเทอร์รัพท์ 1 ขา 3, อินเทอร์รัพท์ 2 ขา 21, อินเทอร์รัพท์ 3 ขา 20, อินเทอร์รัพท์ 4 ขา 19, อินเทอร์รัพท์ 5 ขา 18
- พอร์ต PWM 2 ถึง PWM 13 และ PWM 44 ถึง PWM 46 ให้ เอาต์พุต PWM เอาต์พุตขนาด 8 บิต
- พอร์ต SPI ขา 50 เป็นขา MISO, SPI ขา 51 เป็นขา MOSI, SPI ขา 52 เป็นขา SCK, SPI ขา 53 เป็นขา SS ใช้สำหรับรองรับการสื่อสารแบบ SPI
- พอร์ต แอลอีดี (LED) ขา 13 เป็นขาที่มีแอลอีดีที่อยู่บนบอร์ด (build-in LED) เมื่อขาพอร์ตเป็นลอจิก 1 แอลอีดีจะติด และเมื่อขาพอร์ตเป็นลอจิก 0 แอลอีดีจะดับ
- พอร์ต TWI ขา 20 เป็นขา SDA และขา 21 เป็นขา SCL รองรับการทำงานเชื่อมต่อแบบ I2C
- พอร์ตอนาล็อก (Analog) มีทั้งหมด 16 พอร์ต แต่ละขาให้มีความละเอียด 10 บิต
- ขาแรงดันอ้างอิง (AREF) เป็นแรงดันอ้างอิงสำหรับอินพุตอนาล็อก
- ขารีเซ็ต (Reset) ใช้ในการรีเซ็ตไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทั่วไปจะใช้โดยการเพิ่มปุ่มรีเซ็ต ไว้บนบอร์ดชิลด์ (shield) ด้วย โดยรูปที่ 2.3 เป็นตำแหน่งและรูปร่างของอาดูโน่เมกะ 2560



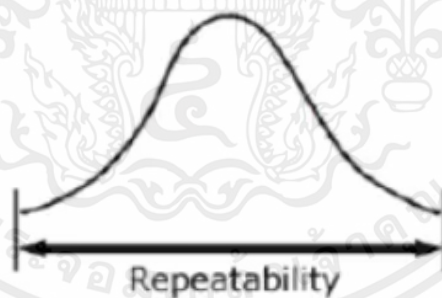
รูปที่ 2.3 ตำแหน่งขาและรูปร่างของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่เมกะ 2560

(ที่มา: <https://1th.me/6zAQr/>)

2.3 ระบบการวัด GR&R (Gage Repeatability & Reproducibility)

ระบบการวัด GR&R [3] เป็นเทคนิคในการวิเคราะห์ จากการแปรผันเนื่องจากกระบวนการผลิตจริงรวมกับการแปรผันเนื่องจากการวัด เครื่องมือวัดการตรวจสอบของช่างเทคนิคและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดซ้ำ ส่วนประกอบเหล่านี้สามารถนำไปสู่ความผันแปรที่เกิดในระบบการวัดได้ทั้งหมด ความผันแปรนี้ในระบบการวัดคือสิ่งที่สะท้อนแยกเป็นส่วนหนึ่งของความผันแปรโดยรวมทั้งหมดในการวิเคราะห์สร้างการควบคุมกระบวนการในการผลิตโดยใช้เทคนิคสถิติ (Statistical Process Control : SPC) เพื่อลดความผันแปรกระบวนการผลิต ทุกกระบวนการจะมีความผันแปรนี้แฝงอยู่ แหล่งความผันแปรเชื่อมโยงไปถึงลักษณะทางกลศาสตร์ของกระบวนการกับวัตถุดิบและเสถียรภาพของพนักงาน ซึ่งอาจเป็นไปได้ที่ความผันแปรจะมาจากกระบวนการวัดที่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญทำให้ความผันแปรทั้งหมดมีการวัดเพื่อจำแนกปัญหาที่พบในระบบการวัดซึ่งอาจมีสาเหตุมาจาก เช่น คน เครื่องมือ วิธีการ สภาพแวดล้อม เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงระบบการวัดและวิเคราะห์ด้วยกระบวนการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติการวัด (Measurement System Analysis : MSA) ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการประยุกต์ใช้การควบคุมคุณภาพในทุก ๆ ส่วน ความผันแปรแยกประเภทของความแม่นยำได้ดังนี้

1. ความสามารถในการวัดซ้ำของคนวัด (Gage Repeatability) โดยต้องใช้คนวัดเพียงคนเดียว ขึ้นงานชิ้นเดิม บนสภาวะแวดล้อมเดิม วัดซ้ำบนเครื่องมือหลายๆครั้งเพื่อดูค่าที่ได้จากการวัดแต่ละครั้งนั้นมีค่าใกล้เคียงกันทุกครั้ง เป็นการตรวจเช็คประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดแสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ความสามารถในการวัดซ้ำของคนวัด

(ที่มา: <https://www.datalyzer.com/th/knowledge/wat-is-msa/>)

ความสามารถในการวัดซ้ำของคนวัด (Gage Repeatability) มีการคำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{Repeatability - Equipment variation (EV)} = EV = \bar{R} \times k_1 \quad (2.1)$$

$$\%EV = (EV/TV) \times 100 \quad (2.2)$$

k_1 หมายถึง $1/d_2$

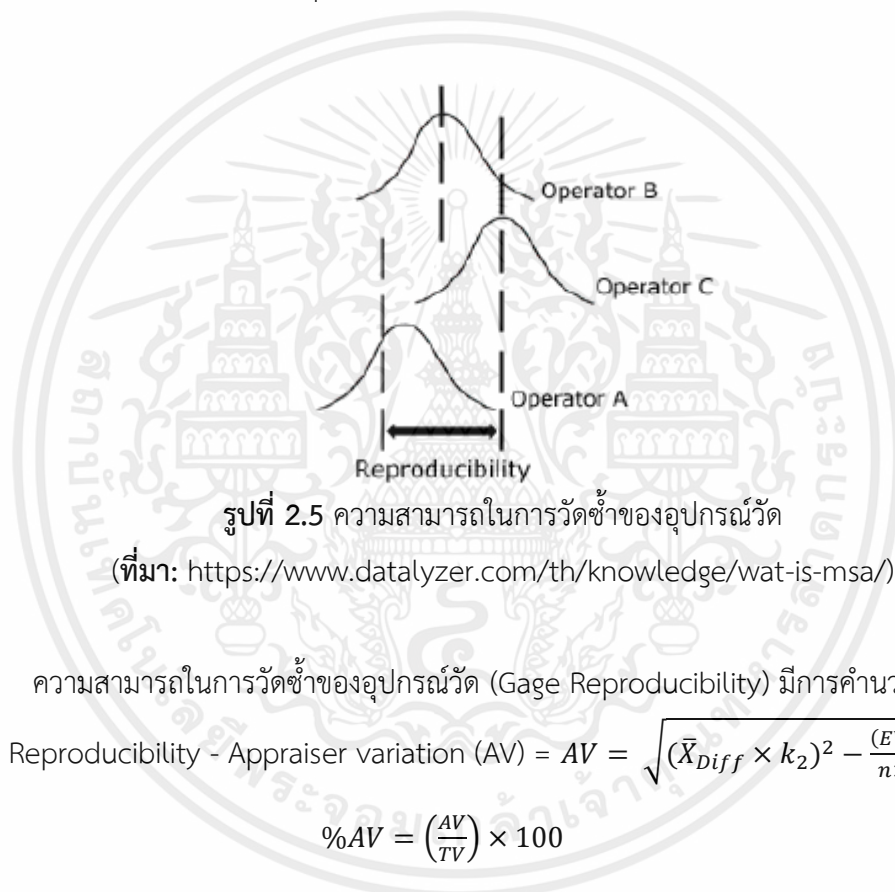
\bar{R} หมายถึง ค่าเฉลี่ยภายในระยะของในแต่ละชิ้นงาน

k หมายถึง ตัวเลขดัชนีที่ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงของค่างาน ณ ระยะเวลา

d_2 หมายถึง ค่าได้จากตารางตามขนาดกลุ่มย่อยๆและของจำนวนชิ้นงานและค่าที่ได้จากการวัด

EV หมายถึง ความแปรผันของอุปกรณ์การวัด

2. ความสามารถในการวัดซ้ำของอุปกรณ์วัด (Gage Reproducibility) คือ การวัดซ้ำแต่ทำการเปลี่ยนคนวัด ชิ้นงานชิ้นเดิม บนสภาวะแวดล้อมเดิม และเครื่องมือวัดเดิม ค่าที่วัดออกมาในการวัดแต่ละครั้งนั้นมีค่าใกล้เคียงกันทุกครั้งเป็นการตรวจเช็คประสิทธิภาพของคนวัดแสดงดังรูปที่ 2.5



ความสามารถในการวัดซ้ำของอุปกรณ์วัด (Gage Reproducibility) มีการคำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{Reproducibility - Appraiser variation (AV)} = AV = \sqrt{(\bar{X}_{Diff} \times k_2)^2 - \frac{(EV)^2}{n \times r}} \quad (2.3)$$

$$\%AV = \left(\frac{AV}{TV}\right) \times 100 \quad (2.4)$$

k_2 หมายถึง $1/d_2$

k หมายถึง ตัวเลขดัชนีที่ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงของค่างาน ณ ระยะเวลา

d_2 หมายถึง ค่าได้จากตารางตามขนาดกลุ่มย่อยๆและของจำนวนชิ้นงานและค่าที่ได้จากการวัด

n หมายถึง จำนวนชิ้นงาน

r หมายถึง จำนวนการวัดค่า

AV หมายถึง ค่าความผันแปรของของผู้วัด

ความสามารถในการวัดซ้ำของคนวัด (Gage Repeatability) กับ ความสามารถในการวัดซ้ำของอุปกรณ์วัด (Gage Reproducibility) มีการคำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{Repeatability \& Reproducibility (R\&R)} = RR = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2} \quad (2.5)$$

$$\%R\&R = (R\&R/TV) \times 100 \quad (2.6)$$

$$(TV) = TV = \sqrt{(R\&R)^2 + (PV)^2} \quad (2.7)$$

PV หมายถึง ชั้นงานทั้งหมด

TV หมายถึง ค่าความผันแปรทั้งหมดของระบบการวัด

ข้อเสนอแนะสำหรับค่าที่ยอมรับได้ของ GR&R ความผิดพลาด 10% - 30% เกณฑ์การยอมรับระบบการวัดจะให้ความสำคัญกับต้นทุนของการใช้เครื่องมือวัดเป็นสำคัญ ต้นทุนการซ่อมแซมหรือการปรับปรุงความสามารถกระบวนการที่เป็นอยู่ ถ้าหากความผิดพลาดของค่าวัดมากกว่า 30% ระบบการวัดจะต้องปรับปรุงทุกๆ ครั้ง เพื่อระบุปัญหาและทำให้ถูกต้องในทุก ๆ ครั้ง

2.4 กระบอกลมนิวเมติกส์

กระบอกลมนิวเมติกส์ (Pneumatic Air Cylinder) [4] อุปกรณ์ลมที่ใช้ลมทำให้ก้านกระบอกลม เคลื่อนที่ไปในแนวเส้นตรง หรือหมุน 90, 180, 270 หรือ 360 องศา อุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานในรูปแบบความดันลมให้เป็นพลังงานกลในรูปแบบของการเคลื่อนที่ โดยแบ่งตามลักษณะการทำงานหรือการเคลื่อนที่ได้และแบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามหลักการใช้งานดังนี้

1. กระบอกลมนิวเมติกส์ที่ใช้แรงดันในการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียว (Single Acting Cylinders : SAC) จะมีสปริงอยู่ภายในเพื่อดันลูกสูบกลับเข้าที่ให้พร้อมใช้งาน

2. กระบอกลมนิวเมติกส์ที่ใช้แรงดันอากาศทั้งสองทางในการเคลื่อนที่โดยทำงานสลับ(Double Acting Cylinders : DAC) เมื่อด้านหนึ่งผลิตแรงดัน อีกด้านจะเป็นตัวจ่าย แรงดันอากาศเหมาะสมกับงานที่ต้องการการเคลื่อนที่ในแนวตรงและระยะชักที่ยาว

3. กระบอกลมนิวเมติกส์แบบใช้แรงดันในการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวหรือกระบอกลมนิวเมติกส์ที่ใช้แรงดันอากาศทั้งสองทางในการเคลื่อนที่ (Telescoping Cylinder) ถูกออกแบบมาให้มีกระบอกลมนิวเมติกส์หลาย ๆ ชั้นซ้อนอยู่ภายในจากตัวใหญ่แล้วเล็กลงเหมาะสำหรับการใช้งานที่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่เพราะสามารถยืด-หดความยาวของตัวกระบอกลมนิวเมติกส์ได้แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 กระบอกลมนิวเมติกส์

(ที่มา: <https://www.pneu-hyd.co.th/air-cylinder.html>)

2.5 มอเตอร์ (Motor)

มอเตอร์ [5] เป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่ง queเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานกลมีทั้งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงแสดงดังรูปที่ 2.7

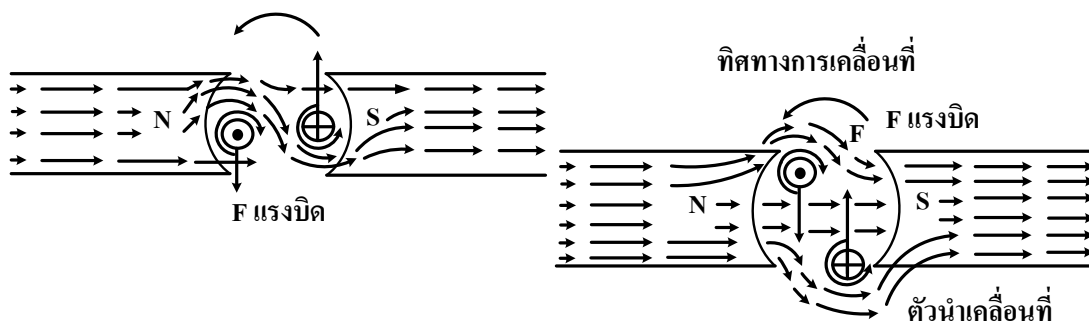


รูปที่ 2.7 มอเตอร์

(ที่มา: <https://jerrysartaramastores.com/>)

การทำงานของมอเตอร์ เมื่อแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะผ่านคอมมิวเตเตอร์ (Commutator) เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้นและกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือ-ใต้ขึ้นจะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กแล้วจะไม่มี การตัดกัน จะมีการหักล้างและการเสริมกัน ซึ่งทำให้เกิดแรงบิดในอาร์เมเจอร์ ทำให้อาร์เมเจอร์หมุนซึ่งในการหมุนนั้นจะเป็นไปตามกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming's left hand rule) การไหลของกระแสจากแหล่งจ่ายในกรณี queมอเตอร์ไม่ได้ต่อกับโหลดใดๆ จะมีการเสถไหลผ่านน้อยแต่ในกรณี queมีการใช้งานต่อกับโหลดแสดงดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ทิศทางการเคลื่อนที่ของอาร์เมเจอร์ (โรเตอร์)

(ที่มา: <http://www.research-system.siam.edu/images/coop/Design>)

จะมีปริมาณกระแสที่เพิ่มมากขึ้น การไหลของกระแสมีความจำเป็นเพราะถ้าหากกระแสไม่พอแล้วมอเตอร์จะไม่มีกำลังเพียงพอสำหรับการขับโหลด และกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์จะมีผลต่ออัตราเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ด้วย คือ ถ้าหากจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์มากอัตราเร็วและแรงบิดของมอเตอร์จะมากด้วย

อัตราเร็ว ซึ่งอัตราเร็วของมอเตอร์สามารถลดลงหรือเพิ่มขึ้นได้ตามความต้องการของผู้ใช้ ถ้าหากต้องการใช้งานที่ต้องการความเร็วมากก็ต้องเลือกมอเตอร์ที่มีอัตราเร็วสูง เป็นต้น

แรงบิด เป็นแรงที่มอเตอร์กระทำกับโหลดในการพิจารณาเลือกมอเตอร์นั้นถ้าหากมีแรงบิดน้อยจะใช้งานได้กับโหลดที่ไม่หนักมาก แต่ถ้ามีแรงบิดมากสามารถใช้งานกับโหลดที่มีน้ำหนักมากได้

2.6 สัญญาณ SMEMA (SMEMA Signal)

สัญญาณ SMEMA [6] คือ สัญญาณที่เป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องจักรทั้ง 2 เครื่องในสายงานการผลิตอัตโนมัติ เช่น การผลิตแม่แบบเครื่องพิมพ์ การผลิตแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งช่วยให้เครื่องจักรทั้ง 2 เครื่อง สามารถติดต่อสื่อสารว่ากำลังทำงานหรือรอชิ้นงาน เพื่อให้การทำงานเป็นไปตามลำดับ โดยแต่ละสายสัญญาณของสัญญาณ SMEMA จะถูกเชื่อมต่อระหว่างเครื่องจักรต้นทางและกับเครื่องจักรปลายทาง

ประวัติของสัญญาณ SMEMA ในปี ค.ศ. 1984 กลุ่มของผู้ผลิตอุปกรณ์ซึ่งมีประเทศอเมริกาเหนือเป็นนายทุนได้ทำการร่วมมือกันเพื่อทำการพัฒนาสัญญาณ SMEMA ให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1987 สัญญาณ SMEMA ได้เป็นที่ได้ยอมรับและได้รับรองจากบริษัท Dynapert, Zevatech, Universal Instruments, MPM and BTU. และปัจจุบันสัญญาณ SMEMA ได้มีเวอร์ชันการใช้ระดับมาตรฐานสากลคือ IPC/SMEMA 9851-2007 ซึ่งได้ออกฉบับแก้ไขและปรับปรุงแทนที่เวอร์ชันเก่า คือ เวอร์ชัน 1.2 และในปี ค.ศ 2017 ได้มีการกำหนดรูปแบบมาตรฐานเครื่องจักรที่เรียกว่า “Hermes protocol” มาแทนสัญญาณ SMEMA แบบเก่า และ ปลายปี ค.ศ 2018 สมาคมการค้าธุรกิจ (IPC) ได้กำหนดให้ใช้ “Hermes protocol” เป็นสัญญาณ SMEMA แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐาน (IPC-SMEMA-9851) ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ยอมรับทั่วโลกและใช้ในสายงานการผลิต “SMT” เรียกว่า “Surface Mount Technology”

2.6.1 การนำสัญญาณ SMEMA มาใช้งานร่วมกับเครื่องจักร

การนำสัญญาณ SMEMA มาใช้งานร่วมกับเครื่องจักรในระบบการเคลื่อนย้ายหรือการลำเลียงในสำหรับการลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ มีเงื่อนไขดังนี้

1. ความสูงของสายพานลำเลียง ที่อยู่ระหว่างแต่ละเครื่องจักรจะต้องมีความสูงของสายพานลำเลียงที่สามารถปรับความสูงได้ตั้งแต่ 93.98 เซนติเมตร ถึง 96.52 เซนติเมตร จากพื้นขึ้นมายังสายพานลำเลียง

2. สำหรับหน้ากว้างของสายพานลำเลียง โดยความกว้างรางด้านหน้าจะยึดอยู่กับที่ไม่สามารถปรับความกว้างของรางด้านหน้าได้และรางด้านหลังของสายพานลำเลียงสามารถปรับความกว้างได้ตามขนาดของแผ่นวงจรพิมพ์

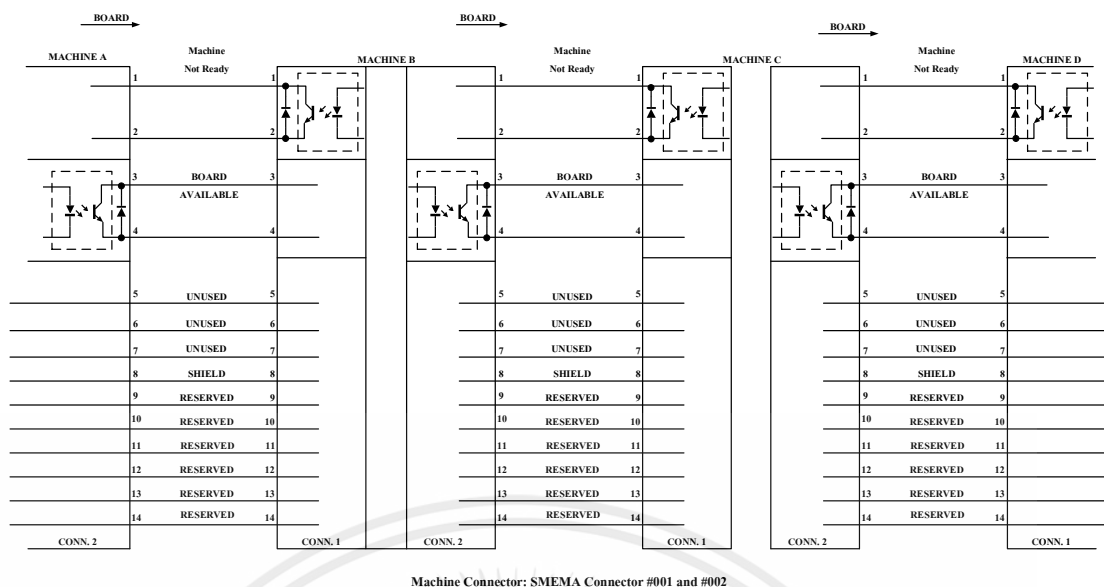
3. หมุดยึดเครื่องจักรเข้ากับสายพานลำเลียงด้านหน้า ระบุหมุดยึดมีเส้นผ่าศูนย์กลางแนะนำคือ 0.39 เซนติเมตร โดยระบุหมุดยึดควรห่างจากขอบเข้ามา 0.76 เซนติเมตร

4. ระยะห่างระหว่างสายพานลำเลียงกับเครื่องจักรควรสูงสุดไม่เกิน 0.95 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างสายพานลำเลียงกับเครื่องจักรควรต่ำสุดไม่เกิน 0.95 เซนติเมตร

5. เครื่องจักรแต่ละเครื่องควรมีการต่อสายไฟและสายกราวด์แยกต่างหาก และควรมีสวิตช์ควบคุมการเปิด-ปิด

6. เครื่องจักรแต่ละเครื่องควรใช้สายกราวด์ 1/4-20 นิ้ว ทั้งด้านซ้ายและด้านขวาของเครื่องจักร

การรับ-ส่งสัญญาณ SMEMA ระหว่างเครื่องจักร โดยเมื่อเครื่องจักร B ทำการส่งสัญญาณพร้อมรับแผ่นวงจรพิมพ์ไปยังเครื่องจักร A ผ่านทางขาเชื่อมต่อขา 1 และขา 2 และเมื่อเครื่องจักร A ได้รับสัญญาณพร้อมรับแผ่นวงจรพิมพ์จากเครื่องจักร B เครื่องจักร A จะส่งสัญญาณกลับไปเครื่องจักร B ว่าพร้อมส่งแผ่นวงจรพิมพ์ผ่านทางขาเชื่อมต่อขา 3 และขา 4 และเมื่อเครื่องจักร B ได้รับสัญญาณพร้อมส่งแผ่นวงจรพิมพ์จะถูกลำเลียงจากเครื่องจักร A ไปยังเครื่องจักร B โดยการรับ-ส่งสัญญาณ SMEMA ระหว่างเครื่องจักรแสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงการลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ระหว่างเครื่องจักร
(ที่มา: <http://www.dynamixtechnology.com/docs/smema1.2.pdf>)

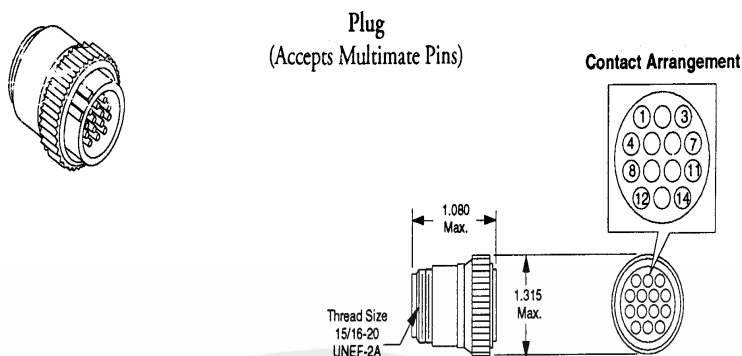
2.6.2 ขั้นตอนการลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA

การเชื่อมต่อสัญญาณไฟฟ้าระหว่างเครื่องจักรเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้แน่ใจว่าแผ่นวงจรเรียงลำดับได้ถูกต้องอย่างเหมาะสม การเชื่อมต่อที่ถูกใช้สำหรับการควบคุมเครื่องจักรที่ติดตั้งจะต้องเชื่อมต่อและควบคุมการทำงานอย่างอิสระโดยการเชื่อมต่อจะต้องมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แต่ละเครื่องควรมีการแยกการเชื่อมต่อกราวด์และสายไฟ และสามารถควบคุมการเปิด-ปิดได้อย่างอิสระ
2. น็อตเชื่อมต่อกราวด์ (Ground Stud) ควรมีขนาด 1/4-20 นิ้ว อยู่แต่ละด้านของเครื่องจักรทั้งซ้ายและขวา
3. การควบคุมระหว่างการลำเลียงแผ่นวงจรจากเครื่องหนึ่งไปยังเครื่องหนึ่ง เครื่องจะแจ้งสถานะว่ามีบอร์ดหรือไม่บอร์ดในระบบสายพานลำเลียง

สัญญาณ SMEMA จะต้องมีแรงดันสูงสุด 30 โวลต์ กระแส 10 มิลลิแอมป์ ที่ล่อจิก 1 และมีแรงดันไม่เกิน 0.8 โวลต์ กระแส 10 มิลลิแอมป์ ที่ล่อจิก 0 การลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์จะเริ่มเมื่อเครื่องจักร A และเครื่องจักร B อยู่ในสถานะพร้อมทำงาน ถึงแม้จะมีการส่งสัญญาณระหว่างเครื่องจักร A และเครื่องจักร B อยู่ตลอดเวลา โดยที่เครื่องจักร A จะส่งสัญญาณเรียกแผ่นวงจรพิมพ์ในครั้งต่อไปเมื่อแผ่นวงจรพิมพ์ถูกลำเลียงออกจากเครื่องจักร A และส่วนเครื่องจักร B จะพร้อมรับแผ่นวงจรพิมพ์ต่อเมื่อแผ่นวงจรพิมพ์ถูกลำเลียงมาถึง และการลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ในครั้งถัดไปจะหยุดลำเลียงจนกว่าเครื่องจักร A และเครื่องจักร B จะในสถานะพร้อมทำงานอีกครั้งอย่างน้อยเป็นเวลา 50 วินาที ดังแผนภาพเวลารูปที่ 2.10

แรงดันไฟได้ 600 ทั้งโวลต์เอซีและโวลต์ดีซี กระแสไฟฟ้าที่ 25 แอมป์ และทนอุณหภูมิได้ -55 องศาเซลเซียส ถึง 105 องศาเซลเซียส แสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 สายสัญญาณ SMEMA

(ที่มา: <http://www.dynamixtechnology.com/docs/smema1.2.pdf>)

2.7 โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ (Photoelectric sensor)

โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ [7] คือเซนเซอร์ที่ใช้ลำแสงในการตรวจจับวัตถุทั้งแบบที่มองเห็นและมองไม่เห็น จะอาศัยหลักการสะท้อนหรือการหักเหของแสง จากตัวส่งไปยังตัวรับ โดยภายในโครงสร้างของตัวโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ภาควส่งสัญญาณ (Emitter) และภาควรับสัญญาณ (Receiver) เมื่อแสงที่ถูกส่งออกมาจากตัวแอลอีดีของภาควส่งสัญญาณถูกสะท้อนไปยังภาควรับสัญญาณโดยภายในประกอบด้วยตัว โฟโตไดโอด (Photo Diode) ซึ่งทำหน้าที่ในการรับแสงและเปลี่ยนพลังงานแสงที่ได้รับให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยมีค่าสัญญาณเอาต์พุตเป็นดิจิตอล ลอจิก 0 กับ ลอจิก 1 เมื่อไม่มีการตรวจเจอวัตถุค่าสัญญาณเอาต์พุตจะเป็น ลอจิก 1 และเมื่อมีการตรวจเจอวัตถุค่าสัญญาณเอาต์พุตจะเป็น ลอจิก 0 แสดงดังรูปที่ 2.13



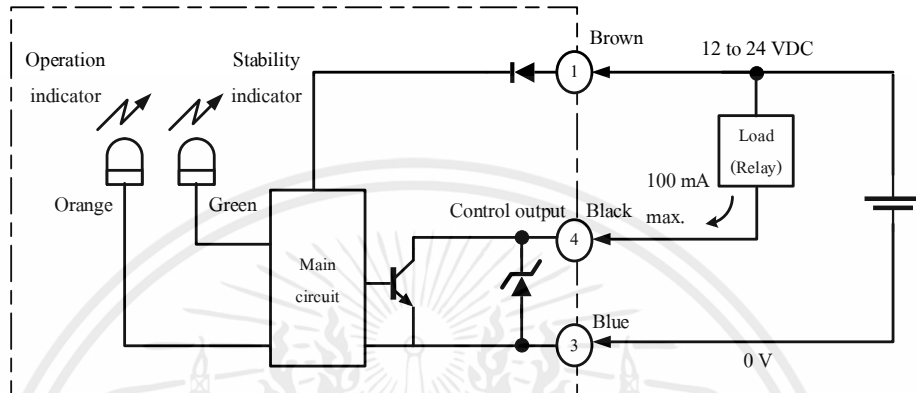
รูปที่ 2.13 โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์

(ที่มา: <https://www.indiamart.com/proddetail/photoelectric-sensor-8973017062.html>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยโพลีไดโอดีเล็กทรินเซนเซอร์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

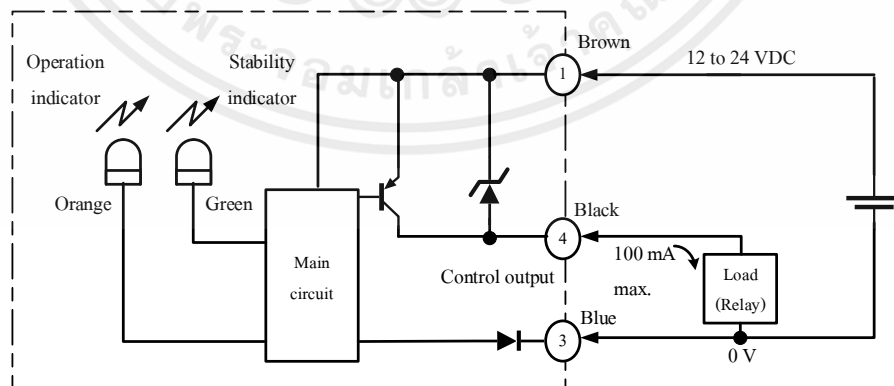
1. โพลีไดโอดีเล็กทรินเซนเซอร์ชนิดพีเอ็นพี (PNP) หลักการทำงานเมื่อแสงที่ถูกส่งออกมาจากตัวแอลอีดีของภาคส่งสัญญาณถูกสะท้อนไปยังภาครับสัญญาณ โดยมีค่าสัญญาณเอาต์พุตเป็นดิจิตอลลอจิก 0 กับ ลอจิก 1 เมื่อไม่มีการตรวจเจอวัตถุค่าสัญญาณเอาต์พุตจะเป็น ลอจิก 1 และเมื่อมีการตรวจเจอวัตถุค่าสัญญาณเอาต์พุตจะเป็น ลอจิก 0 แสดงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 โพลีไดโอดีเล็กทรินเซนเซอร์ชนิดเอาต์พุตแบบเอ็นพีเอ็น

(ที่มา: <https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/Omron%20PDFs/E3Z.pdf>)

2. โพลีไดโอดีเล็กทรินเซนเซอร์ชนิดเอ็นพีเอ็น (NPN) หลักการทำงานเมื่อแสงที่ถูกส่งออกมาจากตัวแอลอีดีของภาคส่งสัญญาณถูกสะท้อนไปยังภาครับสัญญาณ โดยมีค่าสัญญาณเอาต์พุตเป็นดิจิตอลลอจิก 0 กับ ลอจิก 1 เมื่อไม่มีการตรวจเจอวัตถุค่าสัญญาณเอาต์พุตจะเป็น ลอจิก 0 และเมื่อมีการตรวจเจอวัตถุค่าสัญญาณเอาต์พุตจะเป็น ลอจิก 1 แสดงดังรูปที่ 2.15

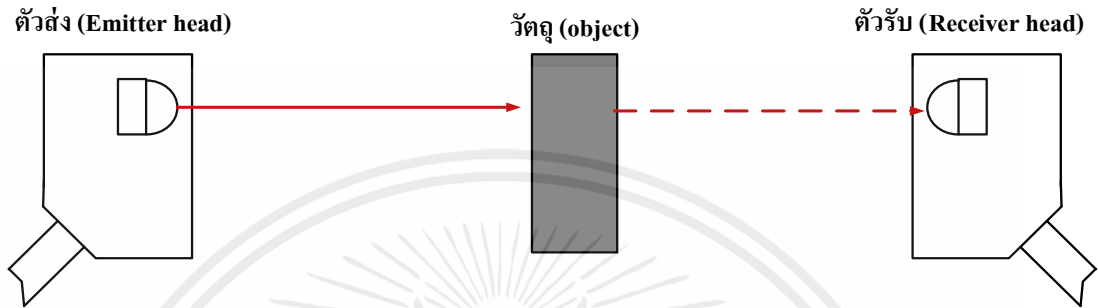


รูปที่ 2.15 โพลีไดโอดีเล็กทรินเซนเซอร์ชนิดเอาต์พุตแบบพีเอ็นพี

(ที่มา: <https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/Omron%20PDFs/E3Z.pdf>)

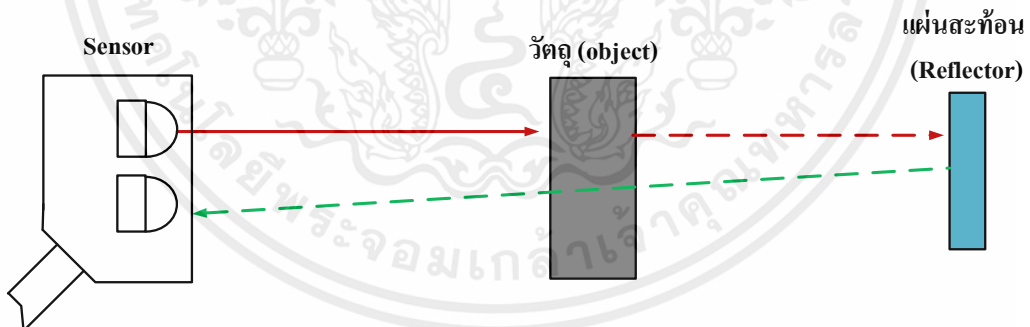
โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ (Photoelectric sensor) แบ่งตามลักษณะการตรวจจับและตำแหน่งการติดตั้งตัวรับแสงและตัวส่งแสงได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. ประเภทลำแสงผ่านตลอด (Through Beam) มีตัวรับและตัวส่งแยกกัน ด้านหนึ่งจะเป็นตัวส่งแสง และอีกด้านหนึ่งเป็นตัวรับแสง เมื่อมีวัตถุตัดผ่านตรงกลางระหว่างเซนเซอร์ทั้ง 2 ตัว จะทำให้ลำแสงจากด้านตัวส่งแสงไปยังด้านตัวรับแสงถูกบังด้วยวัตถุแสดงดังรูปที่ 2.16



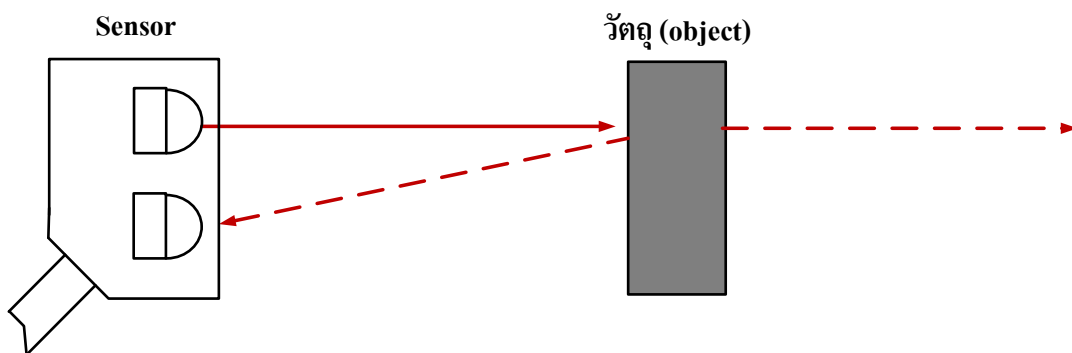
รูปที่ 2.16 โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ประเภทลำแสงผ่านตลอด
(ที่มา: <https://www.primusthai.com/primus/Knowledge>)

2. ประเภทแผ่นสะท้อน (Type Retro reflective) มีตัวรับและตัวส่งอยู่ในตัวเดียวกัน การตรวจจับวัตถุนี้จะอาศัยแผ่นสะท้อนเป็นตัวสะท้อนแสงกลับมายังตัวรับที่อยู่ภายในของเซนเซอร์ เมื่อมีวัตถุตัดผ่านตรงกลางระหว่างเซนเซอร์กับแผ่นสะท้อน จะทำให้ตัวรับแสงไม่ได้รับแสงแสดงดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ประเภทแผ่นสะท้อน
(ที่มา: <https://www.primusthai.com/primus/Knowledge>)

3. ประเภทสะท้อนวัตถุโดยตรง (Type Diffuse reflective)) มีตัวรับและตัวส่งอยู่ในตัวเดียวกัน การตรวจจับวัตถุนี้จะอาศัยแผ่นสะท้อนกับวัตถุโดยตรงกลับมายังตัวรับที่อยู่ภายในของเซนเซอร์ เมื่อมีวัตถุตัดผ่านด้านหน้าของเซนเซอร์ลำแสงจะตกกระทบกับวัตถุและสะท้อนกลับมายังตัวรับที่อยู่ภายในตัวรับแสงแสดงดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 โฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ประเภทสะท้อนวัตถุโดยตรง
(ที่มา: <https://www.primusthai.com/primus/Knowledge>)

2.8 โซลินอยด์วาล์ว

โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) [8] คือ วาล์วที่ใช้ควบคุมการเปิด-ปิด คือการใช้ระบบแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งโซลินอยด์คืออุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่คล้ายกับรีเลย์ คือใช้ในการเปิดหรือปิด โดยภายในโซลินอยด์จะประกอบด้วยขดลวดที่พันอยู่รอบๆ แท่งเหล็กโดยมีแท่งเหล็กทั้งหมด 2 ชุดคือ แท่งเหล็กชุดบนและแท่งเหล็กชุดล่างโดยเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในขดลวดจะทำให้เกิดอำนาจเหนี่ยวนำขึ้นโดยแท่งเหล็กทั้งสองเกิดการดึงดูดซึ่งกันและกันทำให้ระบบทำงานครบวงจรและเมื่อตัดกระแสไฟฟ้าทำให้แท่งเหล็กกลับสู่ตำแหน่งเดิมโดยนำไปใช้งานในระบบการเคลื่อนลิ้นวาล์วในระบบนิวเมตริกส์เรียกว่า โซลินอยด์วาล์ว

โซลินอยด์วาล์วแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ 1) เลื่อนวาล์วด้วยโซลินอยด์วาล์วกลับด้วยสปริง (Single Solenoid Valve) แสดงดังรูปที่ 2.19 และ 2) เลื่อนวาล์วด้วยโซลินอยด์วาล์วกลับด้วยโซลินอยด์วาล์ว (Double Solenoid Valve) แสดงดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.19 โซลินอยด์วาล์วกลับด้วยสปริง

(ที่มา: <https://www.factomart.com/th/factomartblog/pneumatics-control/>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 โซลินอยด์วาล์วกลับด้วยโซลินอยด์วาล์ว

(ที่มา: <https://www.factomart.com/th/factomartblog/pneumatics-control/>)

โซลินอยด์วาล์ว วาล์วที่ควบคุมทิศทางการไหลแบบ 2/2 ทาง โดยการสั่งงานด้วยขดลวดไฟฟ้า โซลินอยด์ วาล์วที่ควบคุมทิศทางการไหล (Directional Control Valve) คือ โดยการสั่งงานด้วยแรงลม หรือไฟฟ้า แบบ 3/2, 4/2, 5/2, 5/3 ทาง เป็นต้น โซลินอยด์วาล์ว (Pneumatic Solenoid Valve) วาล์วควบคุมทิศทางการไหลโดยการสั่งงานด้วยคอยล์ไฟฟ้าร่วมกับสปริงแสดงดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 โซลินอยด์วาล์วต่างๆ

(ที่มา: <https://www.airboyshop.com>)

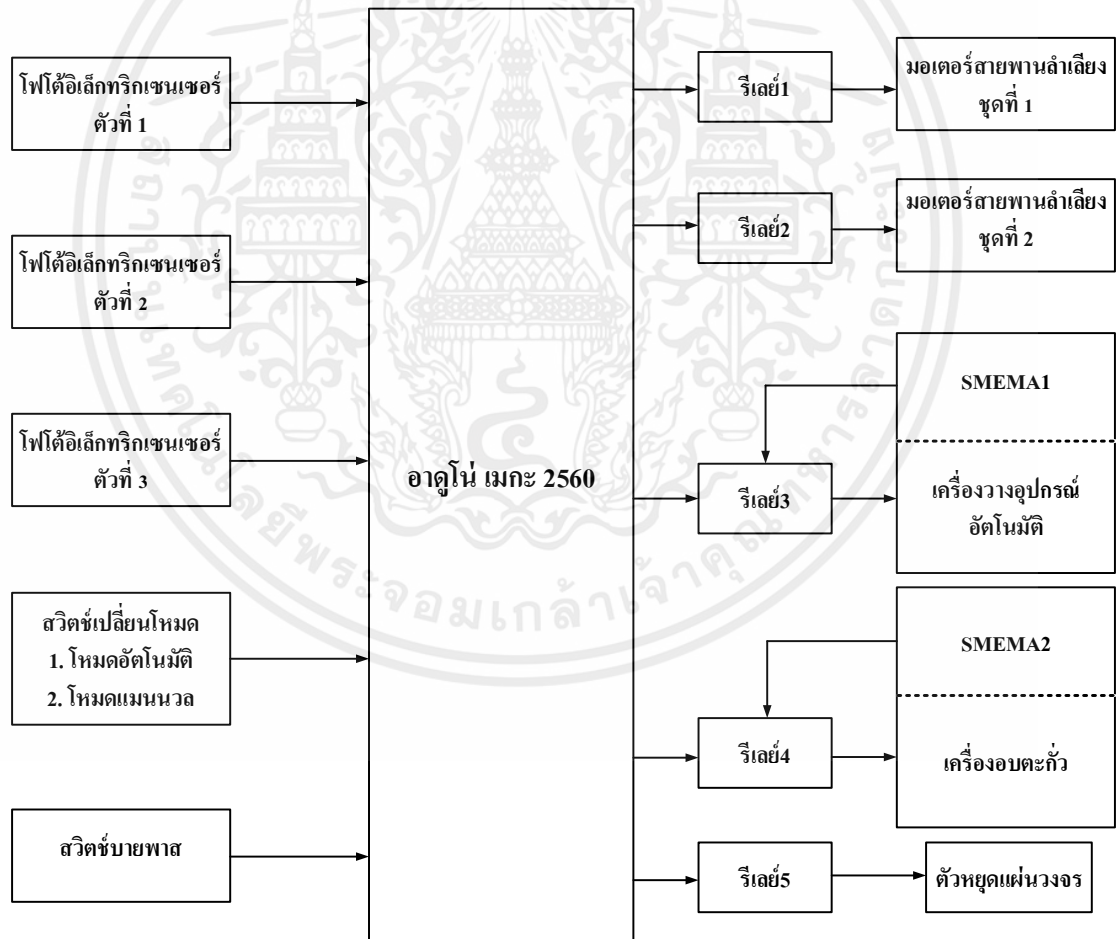
บทที่ 3

การออกแบบ

ในบทนี้กล่าวถึงการออกแบบ สายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA ซึ่งมีบล็อกไดอะแกรมการทำงานแผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบและการออกแบบโครงสร้าง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 บล็อกไดอะแกรม

3.1.1 บล็อกไดอะแกรมสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA

จากรูปที่ 3.1 เป็นการอธิบายบล็อกไดอะแกรมโดยรวมของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA ได้ดังนี้

1. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนเมกะ 2560 เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA เป็นส่วนประมวลผลกลางที่ทำหน้าที่รับค่าจากเซนเซอร์ ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่างๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย

2. มอเตอร์ ทำหน้าที่ขับเคลื่อนสายพานลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์จากเครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติไปยังเครื่องอบตะกั่ว โดยใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนสายพานลำเลียง 4 ตัว

3. เซนเซอร์ ทำหน้าที่ในการตรวจจับแผ่นวงจรที่ถูกลำเลียงบนสายพานลำเลียงถ้าตรวจจับเจอแผ่นวงจร เซนเซอร์จะส่งค่าสัญญาณออกมาโดยมีบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนเมกะ 2560 ทำหน้าที่ประมวลค่าสัญญาณและสั่งการทำงานในส่วนถัดไป

4. รีเลย์ ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่ตัด-ต่อการทำงานของมอเตอร์ของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA และทำหน้าที่ตัด-ต่อการทำงานของสัญญาณ SMEMA ที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณการลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์

5. โซลินอยด์วาล์ว เป็นอุปกรณ์สวิตช์ที่อาศัยหลักการทำงานของแม่เหล็กไฟฟ้าทำงานร่วมกับกลไกโดยใช้การป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ เป็นตัวกำหนดการทำงานควบคุมให้ลิ้นกลไกปิดหรือเปิดเพื่อควบคุมการไหลของแรงดันลมในการพลิกของกระบอกกลมนิวเมติกส์ของชุดตัวหยุดแผ่นวงจรพิมพ์ (Stopper)

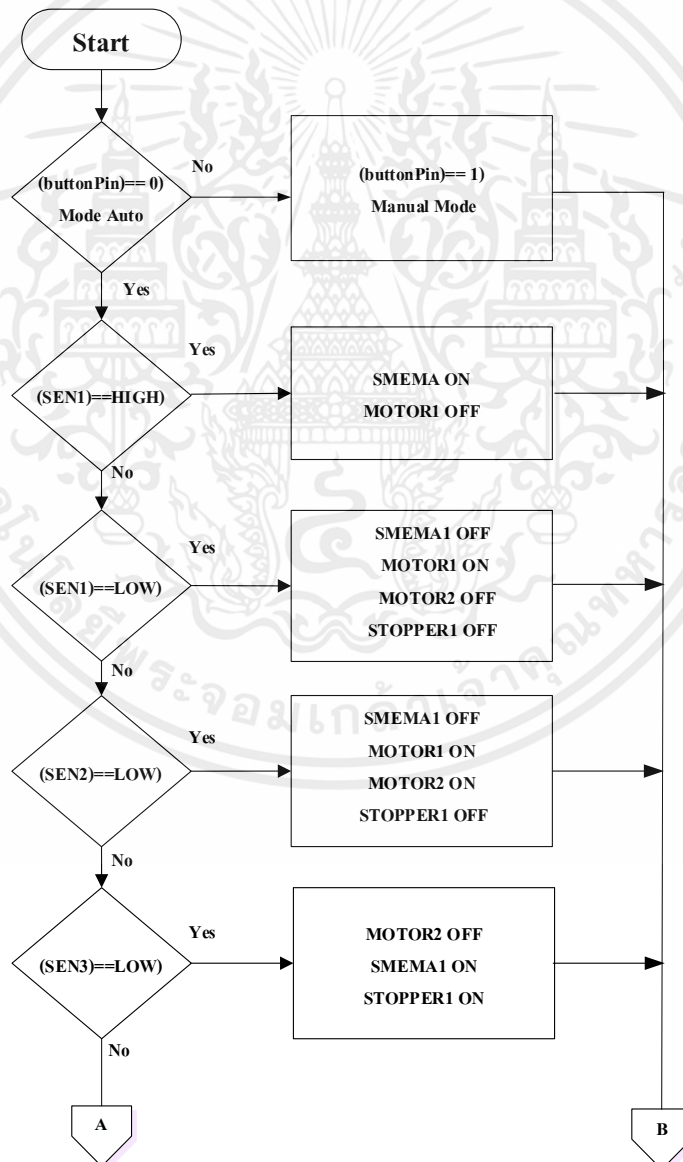
3.2 แผนผังการทำงานของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA

แผนผังการทำงานของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

3.2.1 แผนผังการทำงานของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA ในโหมดอัตโนมัติ

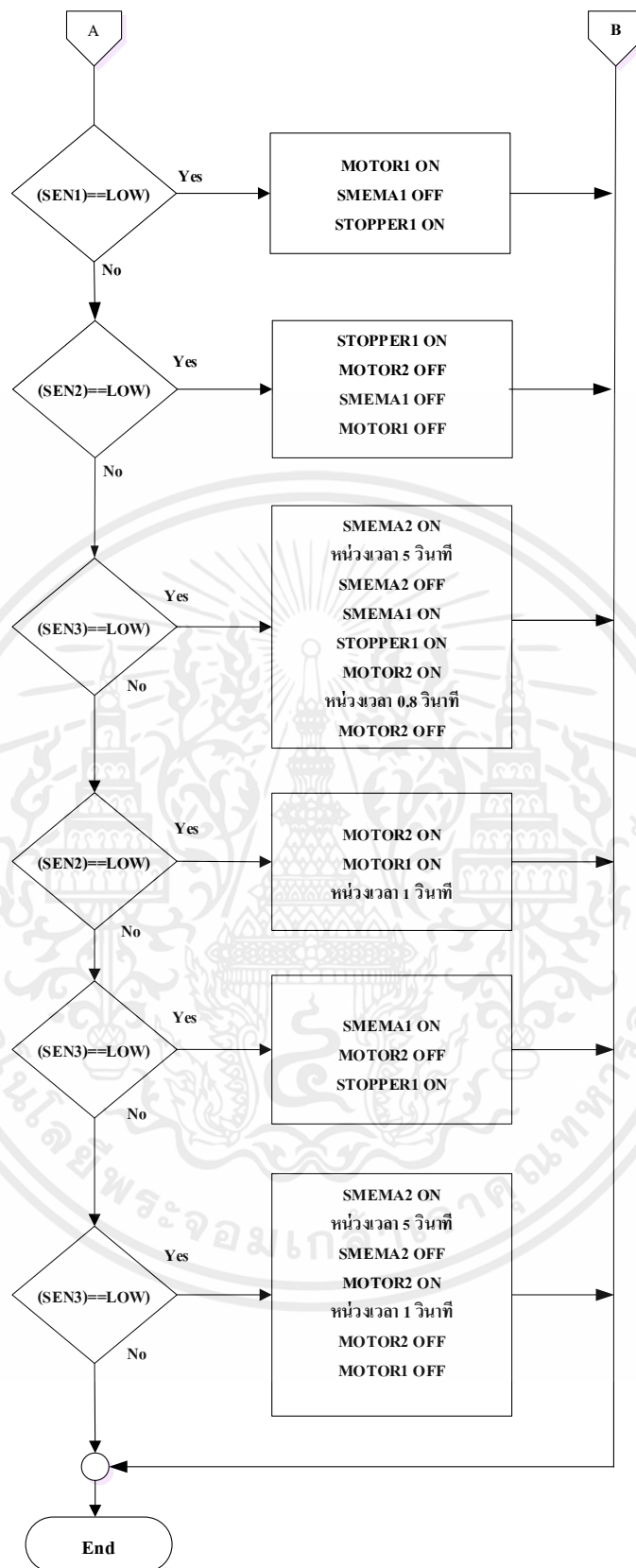
แผนผังการทำงานของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยสัญญาณ SMEMA ในโหมดอัตโนมัติ มีการทำงานตามลำดับขั้นตอนดังนี้ เมื่อการกดสวิตช์เลือกโหมดการทำงานเป็นโหมดอัตโนมัติแล้วบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนเมกะ 2560 จะทำการประมวลผลโดยให้วงจรรีเลย์ตัดต่อสัญญาณ SMEMA1 ไปยังเครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติเพื่อทำการส่งแผ่นวงจรพิมพ์มาบนสายพานลำเลียงและเมื่อโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 1 ตรวจจับเจอแผ่นวงจรพิมพ์ สั่งให้สัญญาณ SMEMA1 หยุดทำงานและสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 1 ทำงานจึงทำให้แผ่นวงจรพิมพ์ถูกลำเลียงไปบนสายพานลำเลียงและเมื่อโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอแผ่นวงจรพิมพ์จะสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 1 หยุดทำงานและสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 2 ทำงานจึงทำให้แผ่นวงจรพิมพ์ถูกลำเลียงไปบนสายพานลำเลียงและเมื่อโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 ตรวจจับเจอเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งจนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่นวงจรพิมพ์จะทำให้ตัวหยุดแผ่นวงจรพิมพ์ทำงานและสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 2 หยุดทำงานแล้วทำการส่งสัญญาณ SMEMA1 เรียกแผ่นวงจรพิมพ์แผ่นต่อไปมาและเมื่อโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 1 ตรวจจับเจอแผ่นวงจรพิมพ์ สั่งให้สัญญาณ SMEMA1 หยุดทำงานแล้วสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 1 ทำงานและเมื่อโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอแผ่นวงจรพิมพ์แผ่นที่ 2 จะสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 1 หยุดทำงาน เมื่อแผ่นวงจรพิมพ์แผ่นที่ 2 หยุดที่ตำแหน่งโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 2 และแผ่นวงจรพิมพ์แผ่นที่ 1 หยุดที่ตำแหน่งโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 3 ทำให้มีการส่งสัญญาณ SMEMA2 5 วินาที จึงทำให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 2 ทำงานแผ่นวงจรพิมพ์แผ่นที่ 1 ถูกลำเลียงเข้าเครื่องอบตะกั่ว ตัวหยุดแผ่นวงจรพิมพ์หยุดทำงานและเมื่อโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 3 ตรวจจับเจอแผ่นวงจรพิมพ์จะทำการส่งสัญญาณเรียกแผ่นวงจรพิมพ์แผ่นใหม่ แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA ในโหมดอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



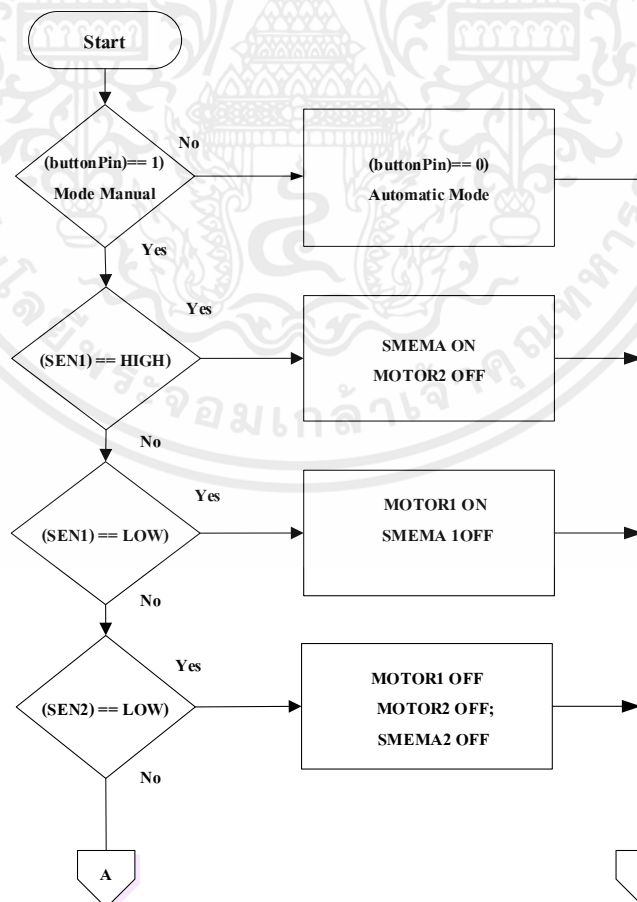
รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยสัญญาณ SMEMA ในโหมดอัตโนมัติ(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 แผนผังการทำงานของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA ในโหมด

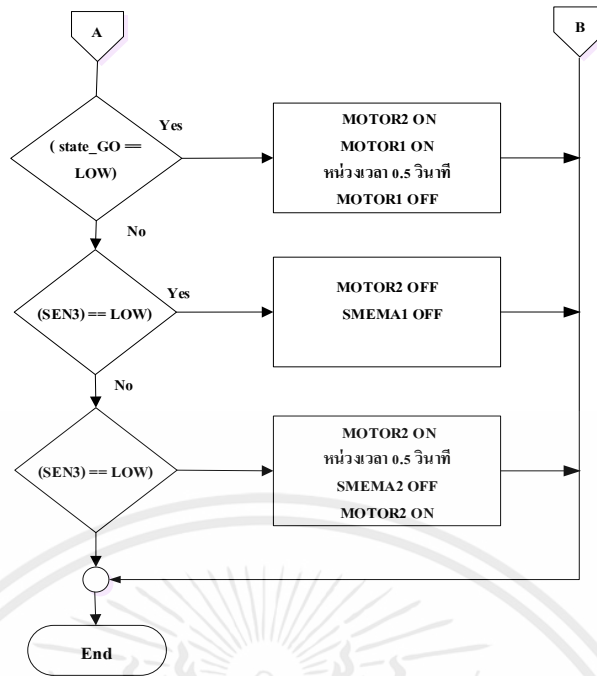
แมนนวล

แผนผังการทำงานของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA ในโหมดแมนนวลมีการทำงานตามลำดับขั้นตอนดังนี้ เมื่อการกดสวิทช์เลือกโหมดการทำงานเป็นโหมดแมนนวลแล้ว บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลโดยให้วงจรรีเลย์ตัดต่อสัญญาณ SMEMA1 ไปยังเครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติ เพื่อทำการส่งแผ่นวงจรพิมพ์มายังสายพานลำเลียงและเมื่อโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 1 ตรวจจับเจอแผ่นวงจรพิมพ์ จะหยุดส่งสัญญาณ SMEMA1 แล้วสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 1 ทำงานจึงทำให้แผ่นวงจรพิมพ์ถูกลำเลียงไปบนสายพานลำเลียงและเมื่อโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอแผ่นวงจรพิมพ์ จะสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 1 หยุดทำงาน และทำให้แผ่นวงจรพิมพ์หยุดที่ตำแหน่งโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซอร์ชุดที่ 2 เพื่อรอการตรวจสอบแผ่นวงจรพิมพ์และเมื่อตรวจสอบเสร็จแล้วจะทำการกดสวิทช์บายพาส จะสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 2 ทำงานจึงทำให้แผ่นวงจรพิมพ์ ถูกลำเลียงไปบนสายพานลำเลียงและเมื่อโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 3 ตรวจจับเจอแผ่นวงจรพิมพ์ จะสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 2 หยุดทำงาน ทำให้มีการส่งสัญญาณ SMEMA2 5 วินาที จึงให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 2 ทำงานทำให้แผ่นวงจรพิมพ์ถูกลำเลียงไปยังเครื่องอบตะกั่ว แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผนผังการทำงานของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA ในโหมดแมนนวล

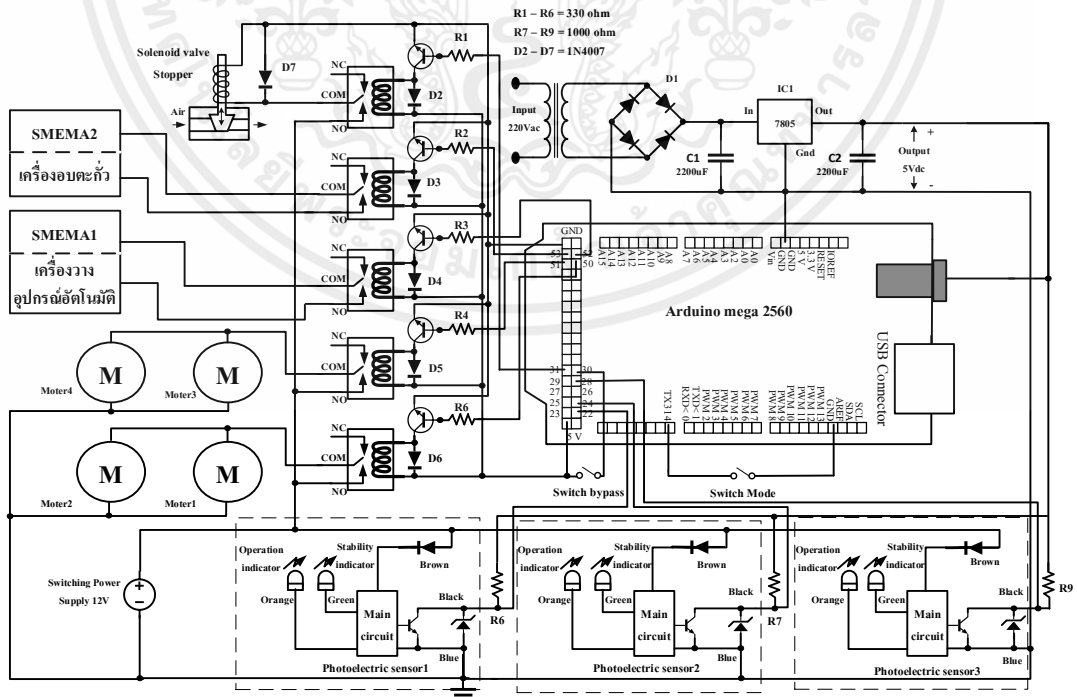
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แผนผังการทำงานของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA ในโหมดแมนนวล (ต่อ)

3.3 การออกแบบวงจร

3.3.1 การออกแบบวงจรรวมทั้งหมดของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA

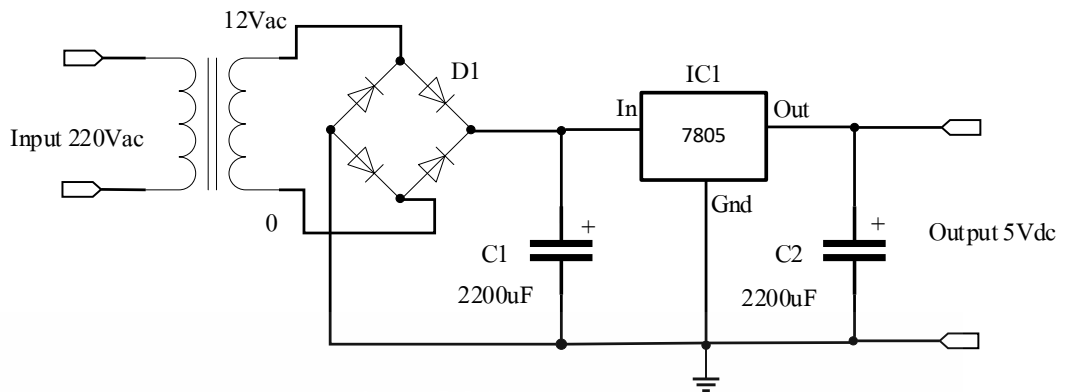


รูปที่ 3.4 การออกแบบวงจรรวมทั้งหมดของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.4 วงจรรวมของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA โดยมีบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนเมกะ 2560 เป็นตัวประมวลผลการทำงานที่รับค่าและส่งค่าต่างๆ ของอุปกรณ์ที่ต่อรวม มีการกดสวิทช์เลือกโหมดการทำงาน โดยมีโหมดการทำงาน 2 โหมด คือ 1) โหมดอัตโนมัติและ 2) โหมดแมนนวล เมื่อกดสวิทช์เลือกโหมดการทำงานให้เป็นโหมดอัตโนมัติแล้ว ส่งผลให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนเมกะ 2560 ทำการประมวลผลและสั่งให้วงจรีเลย์ตัดต่อสัญญาณ SMEMA1 ทำการส่งสัญญาณไปยังเครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติเพื่อทำการส่งแผ่นวงจรพิมพ์ มายังสายพานลำเลียงและเมื่อโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 1 ตรวจจับเจอแผ่นวงจรพิมพ์ ทำการตัดการทำงานวงจรีเลย์ของสัญญาณ SMEMA1 แล้วสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 1 ทำงานจึงทำให้แผ่นวงจรพิมพ์เคลื่อนที่และเมื่อโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอแผ่นวงจรพิมพ์ จะสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 1 หยุดทำงานและสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 2 ทำงานจึงทำให้แผ่นวงจรพิมพ์เคลื่อนที่ผ่านโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 ตรวจจับเจอแผ่นวงจรพิมพ์จะสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 2 หยุดทำงาน แล้วทำการส่งสัญญาณ SMEMA2 ไปยังเครื่องอบตะกั่ว 5 วินาที แล้วสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 2 ทำงานและทำงานวนซ้ำไปเรื่อยๆ และเมื่อทำการกดสวิทช์เลือกโหมดการทำงานเป็นโหมดแมนนวลแล้ว บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนเมกะ 2560 และสั่งให้วงจรีเลย์ตัดต่อสัญญาณ SMEMA1 ทำการส่งสัญญาณไปยังเครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติเพื่อทำการส่งแผ่นวงจรพิมพ์มาบนสายพานลำเลียงและเมื่อโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 1 ตรวจจับเจอแผ่นวงจรพิมพ์ทำการตัดการทำงานวงจรีเลย์ของสัญญาณ SMEMA1 แล้วสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 1 ทำงานจึงทำให้แผ่นวงจรพิมพ์เคลื่อนที่และเมื่อโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอแผ่นวงจรพิมพ์จะสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 1 หยุดทำงานและทำให้แผ่นวงจรพิมพ์ หยุดอยู่ที่ตำแหน่งโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 เพื่อบอกการตรวจสอบแผ่นวงจรพิมพ์ และเมื่อตรวจสอบเสร็จแล้วและการกดสวิทช์บายพาส จะสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 2 ทำงานจึงทำให้แผ่นวงจรพิมพ์เคลื่อนที่และเมื่อโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 ตรวจจับเจอแผ่นวงจรพิมพ์จะสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 2 หยุดทำงานแล้วทำการส่งสัญญาณ SMEMA2 ไปยังเครื่องอบตะกั่ว 5 วินาที แล้วสั่งให้มอเตอร์สายพานลำเลียงชุดที่ 2 ทำงานและทำงานวนซ้ำไปเรื่อยๆ

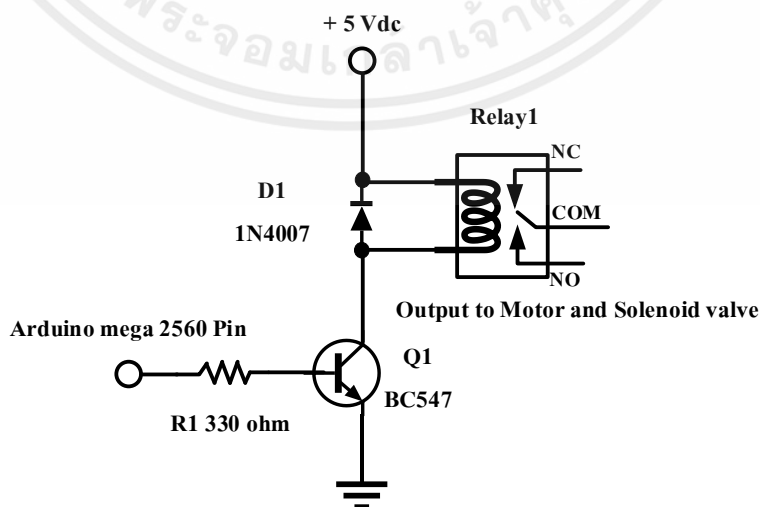
3.3.2 การออกแบบวงจรภาคจ่ายไฟแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 VDC



รูปที่ 3.5 วงจรภาคจ่ายไฟแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์

จากรูปที่ 3.5 การทำงานของวงจรภาคจ่ายไฟแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ เริ่มจากหม้อแปลงทำหน้าที่ลดระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ให้เหลืออยู่ที่ 12 โวลต์ และมีไดโอดบริดจ์ซึ่งทำหน้าที่เรียงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีแรงดันอยู่ที่ 16.178 โวลต์ดีซีและมีตัวเก็บประจุซึ่งทำหน้าที่ลดแรงดันกระเพื่อมและกรองความถี่และมีไอซีเรกูเลเตอร์เบอร์ 7805 ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันไฟฟ้าออกที่เอาต์พุต ดังนั้นแรงดันที่ออกเอาต์พุตจะได้ 5 โวลต์ดีซี

3.3.3 การออกแบบวงจรรีเลย์ที่ใช้งานร่วมกับสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA

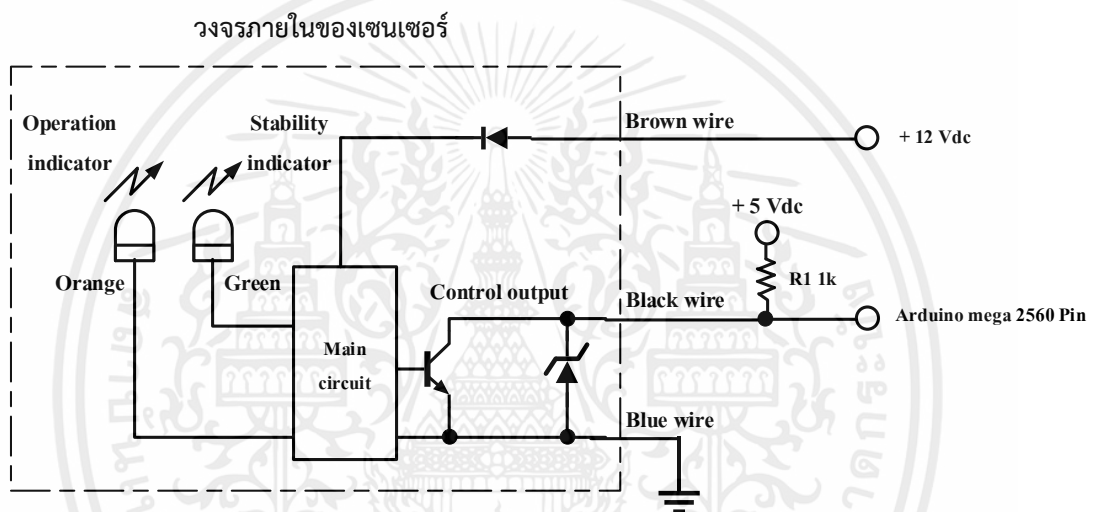


รูปที่ 3.6 วงจรรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.6 การทำงานของวงจรรีเลย์เมื่อมีการจ่ายแรงดันไฟ 5 โวลต์ให้กับขดลวดรีเลย์ และมีแรงดันที่ขา C ของทรานซิสเตอร์ จากนั้นเมื่อตัวประมวลผลบอร์ดอาดูโนเมกะ 2560 ตัวจ่ายแรงดันออกมาที่ขา B ของทรานซิสเตอร์ 5 โวลต์ ทำให้มีกระแส I_b ไหลส่งผลให้กระแส I_c ไหล จึงทำให้วงจรทำงานครบวงจรส่งผลให้ขดลวดรีเลย์ทำงาน ทำให้ขาปกติเปิดกับขาร่วมของรีเลย์ต่อถึงกันจึงทำให้แรงดันไหลผ่านไปยังมอเตอร์ที่ต่ออยู่ทำงาน

3.3.4 การออกแบบวงจรเซนเซอร์ตรวจจับแผ่นวงจรที่ใช้งานร่วมกับสายพานลำเลียง แผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA



รูปที่ 3.7 วงจรเซนเซอร์ตรวจจับแผ่นวงจรพิมพ์

จากรูปที่ 3.7 การทำงานของวงจรเซนเซอร์ตรวจจับแผ่นวงจรโดยตัวเซนเซอร์ที่นำมาใช้ในการตรวจจับแผ่นวงจรเป็นชนิดเอ็นพีเอ็น ซึ่งเมื่อยังไม่มี การตรวจจับแผ่นวงจรจะมีสถานะการทำงานเป็นลอจิก 1 และเมื่อมีการตรวจจับแผ่นวงจร จะมีสถานะเป็นลอจิก 0 และเมื่อตรวจจับเจอแผ่นวงจรจะส่งค่าที่มายังตัวประมวลผลคือบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนเมกะ 2560 ซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลและสั่งการทำงานของมอเตอร์

3.4 การออกแบบเลือกใช้งานกระบอกลมนิวเมติกส์

การออกแบบเลือกใช้งานกระบอกลมนิวเมติกส์ต้องเลือกโดยคำนึงถึงระยะแกนชักของกระบอกลมนิวเมติกส์กับโครงสร้างที่ออกแบบและแรงดันอากาศ

3.4.1 ระยะแกนชักของกระบอกกลมนิวเมติกส์กับโครงสร้างที่ออกแบบ

จากโครงสร้างที่ออกแบบการทำงานจะกำหนดขนาดของระยะการเคลื่อนที่ของกระบอกกลมนิวเมติกส์ คือ 50 มิลลิเมตร

3.4.2 แรงดันอากาศ

แรงดันอากาศโดยมาตรฐานระบบนิวเมติกส์จะต้องมีการออกแบบและติดตั้งให้มีการจ่ายและไหลของอากาศที่สม่ำเสมอ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความเร็วของงานให้เป็นไปตามค่าที่ออกแบบไว้ของระบบการใช้กระบอกกลมนิวเมติกส์ที่จ่ายแรงดันสูงเกินไปอาจจะทำให้ซีลชำรุดเสียหายได้ อีกทั้งยังสร้างแรงกดบนกระบอกสูบด้วยเช่นกัน แรงดันที่ไม่สม่ำเสมอจะส่งผลให้ระบบการทำงานผิดพลาดได้

การคำนวณหาแรงผลักและแรงดึงของกระบอกกลมนิวเมติกส์โดยแรงดันในระบบ 5 บาร์ (5.1182 กิโลเมตร/ตารางเซนติเมตร) ซึ่งกระบอกกลมนิวเมติกส์มี 1 ขนาด คือ ขนาดกระบอกกลมนิวเมติกส์ 17.5 มิลลิเมตร แกน 5 มิลลิเมตร มีการคำนวณโดยใช้สูตร

$$Area(a1) = \pi r^2 \quad (3.1)$$

$$Area(a2) = Area(a1) - \pi r^2 \quad (3.2)$$

$$Force(kg) = Area \times Pressure 5kg/cm^2 \quad (3.3)$$

r หมายถึง รัศมีของแกนและรัศมีของกระบอกกลมนิวเมติกส์

$Area(a1)$ หมายถึง พื้นที่หน้าตัดทรงกลมกระบอกกลมนิวเมติกส์แรงสูงสุดที่สามารถผลักได้

$Area(a2)$ หมายถึง พื้นที่หน้าตัดแกนกระบอกกลมนิวเมติกส์

$Force(kg)$ หมายถึง แรงสูงสุดที่กระบอกสูบสามารถผลักได้

คำนวณพื้นที่หน้าตัดของกระบอกกลมนิวเมติกส์ขณะดัน (ขนาดกระบอกกลมนิวเมติกส์ 17.5 มิลลิเมตร) มีการคำนวณแทนค่าโดยสมการที่ 3.1

$$\begin{aligned} Area(a1) &= \pi r^2 \\ &= 3.1416 \times 0.875^2 cm \\ &= 2.40 cm^2 \end{aligned}$$

คำนวณพื้นที่หน้าตัดของกระบอกกลมนิวเมติกส์ขณะดิ่งกลับ (ขนาดแกน 5 มิลลิเมตร) มีการคำนวณแทนค่าโดยสมการที่ 3.2

$$\begin{aligned} Area(a2) &= Area(a1) - \pi r^2 \\ &= 2.40 - (3.1416 \times 0.25^2 cm) \\ &= 2.20 cm^2 \end{aligned}$$

น้ำหนักที่กระบอกกลมนิวเมติกส์สามารถดันได้สูงสุด (ขนาดกระบอกกลมนิวเมติกส์ 17.5 มิลลิเมตร แกน 5 มิลลิเมตร) มีการคำนวณแทนค่าโดยสมการที่ 3.3

$$\begin{aligned} Force(kg) &= Area(a1) \times Pressure 6kg/cm^2 \\ &= 2.40 \times 5 \\ Force(kg) &= 12kg \end{aligned}$$

จึงสรุปน้ำหนักที่กระบอกกลมนิวเมติกส์สามารถดันได้สูงสุด 12 กิโลกรัม

น้ำหนักที่กระบอกกลมนิวเมติกส์สามารถดิ่งกลับได้สูงสุด (ขนาดกระบอกกลมนิวเมติกส์ 17.5 มิลลิเมตร แกน 5 มิลลิเมตร) มีการคำนวณแทนค่าโดยสมการที่ 3.4

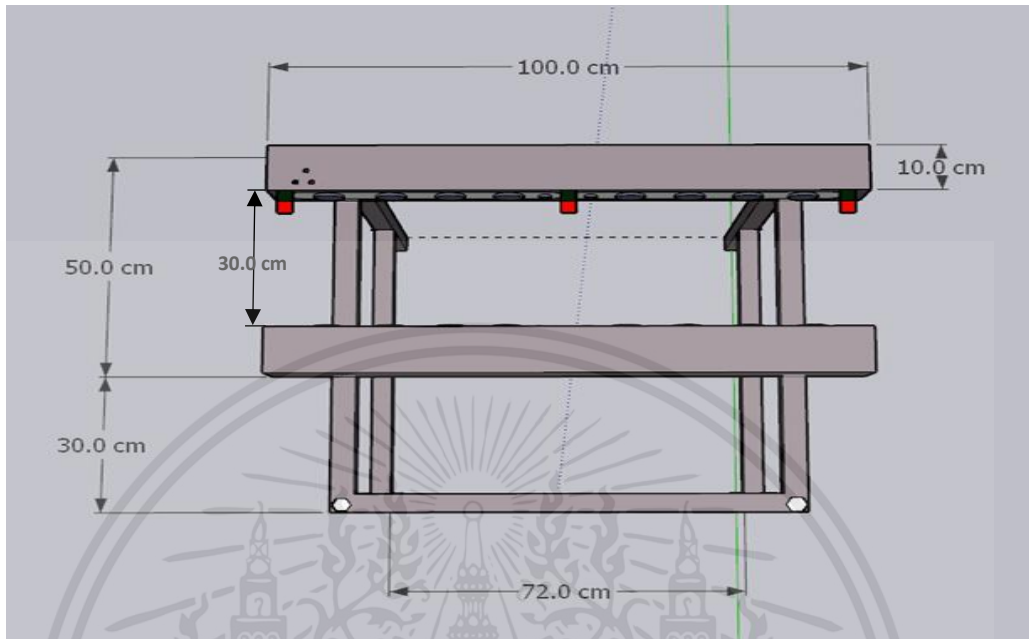
$$\begin{aligned} Force(kg) &= Area(a2) \times Pressure 6kg/cm^2 \\ &= 2.20 \times 5 \\ Force(kg) &= 11kg \end{aligned}$$

จึงสรุปน้ำหนักที่กระบอกกลมนิวเมติกส์สามารถดิ่งกลับได้สูงสุด 11 กิโลกรัม

จากการทดสอบกระบอกกลมนิวเมติกส์ น้ำหนักที่กระบอกกลมนิวเมติกส์สามารถดันได้สูงสุดไม่เกิน 12 กิโลกรัม และน้ำหนักที่กระบอกกลมนิวเมติกส์สามารถดิ่งกลับได้สูงสุดไม่เกิน 11 กิโลกรัม

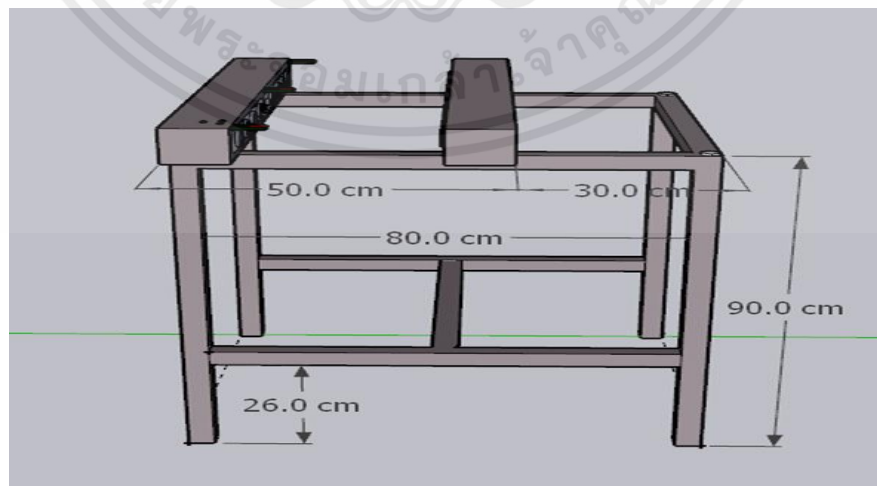
3.5 การออกแบบโครงสร้างสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA

3.5.1 การออกแบบโครงสร้างสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA



รูปที่ 3.8 แสดงการออกแบบโครงสร้างตัวรองรับขนาดแผ่นวงจรพิมพ์

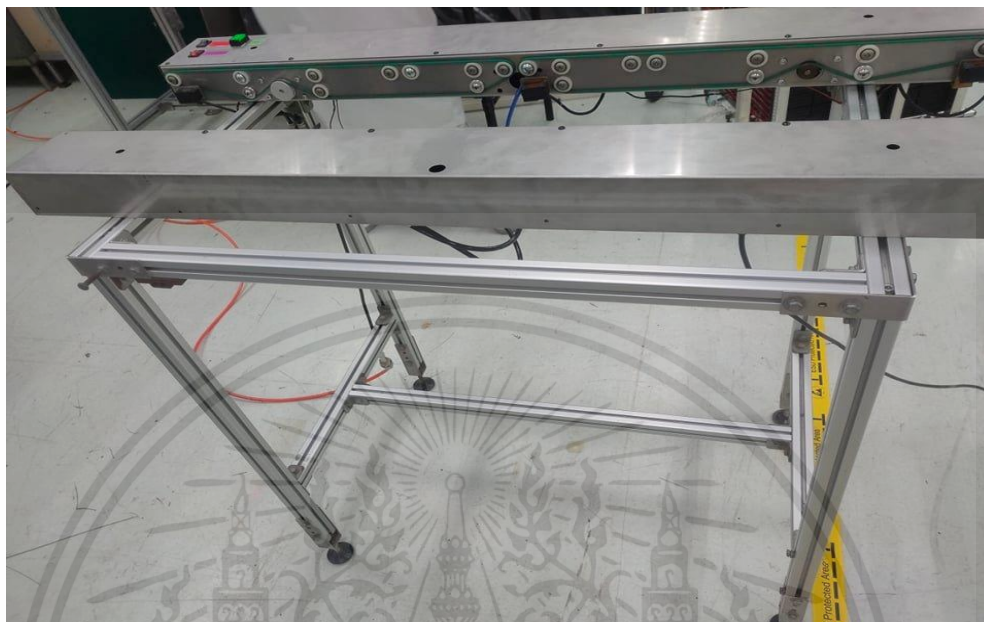
จากรูปที่ 3.8 เป็นการแสดงการออกแบบโครงสร้างแสดงการออกแบบโครงสร้างตัวรองรับขนาดแผ่นวงจรพิมพ์ของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA โดยสามารถปรับขนาดได้ขึ้นอยู่กับขนาดของแผ่นวงจรพิมพ์ที่ใช้งาน



รูปที่ 3.9 แสดงการออกแบบโครงสร้างด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

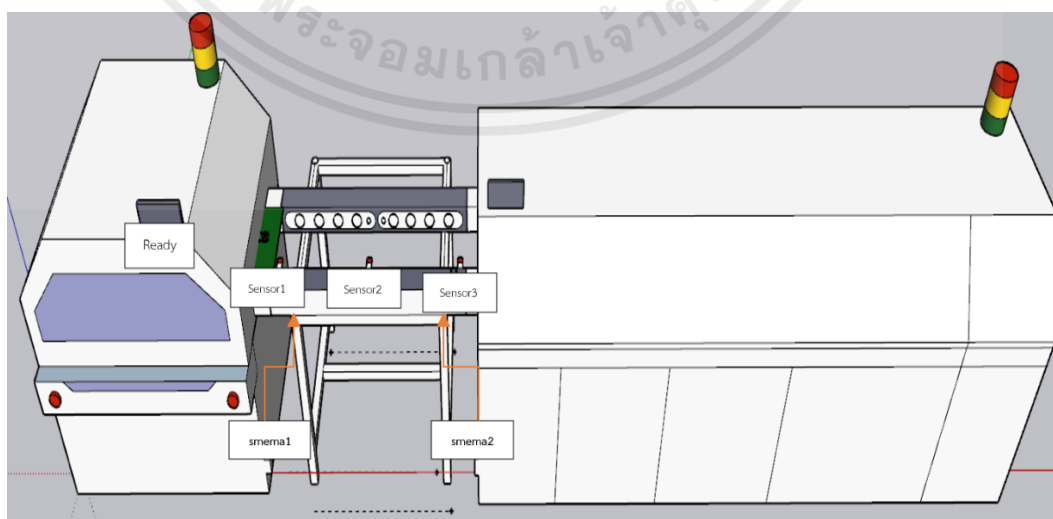
จากรูปที่ 3.9 เป็นการแสดงการออกแบบโครงสร้างของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA ด้านข้าง โดยมีขนาดความกว้าง 80 เซนติเมตร ความยาว 100 เซนติเมตร และ ความสูง 90 เซนติเมตร



รูปที่ 3.10 แสดงโครงสร้างที่ใช้งานจริง

จากรูปที่ 3.10 เป็นการแสดงโครงสร้างที่ใช้งานจริงของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA และแสดงตำแหน่งของโรลเลอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานลำเลียง

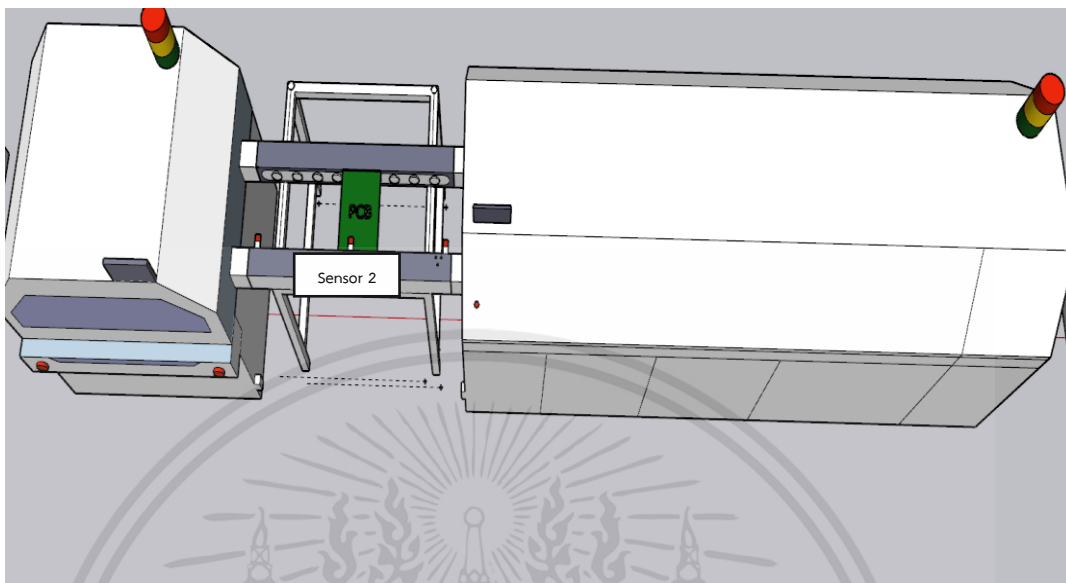
3.5.2 การออกแบบใช้งานร่วมกับเครื่องจักรในโหมดอัตโนมัติ



รูปที่ 3.11 แสดงการออกแบบใช้งานร่วมกับเครื่องจักรในโหมดอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

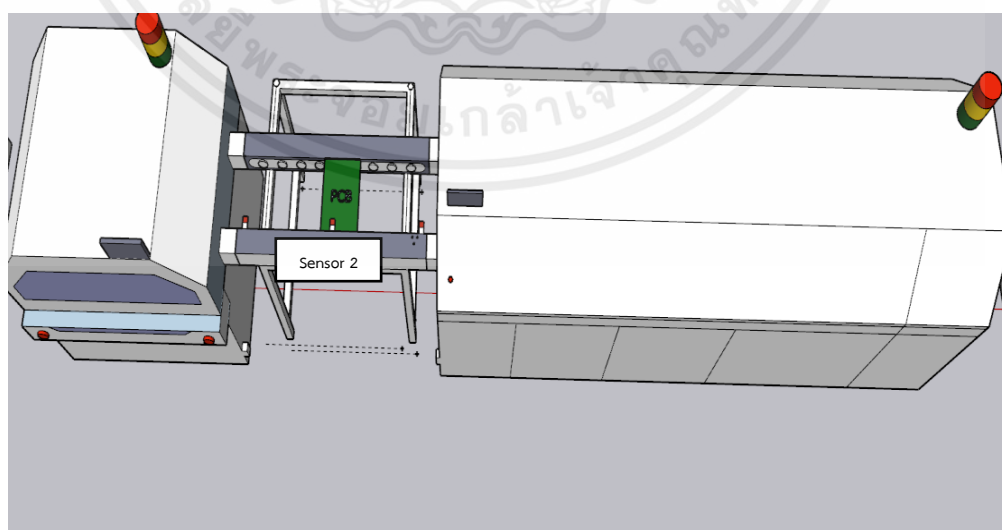
จากรูปที่ 3.11 เป็นการออกแบบการจำลองของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA กับเครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติไปยังเครื่องอบตะกั่วในโหมดอัตโนมัติ



รูปที่ 3.12 แผ่นวงจรพิมพ์ถูกลำเลียงในโหมดอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.12 เป็นการออกแบบการจำลองการลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ในโหมดอัตโนมัติ ขณะที่แผ่นวงจรพิมพ์กำลังถูกลำเลียงจากเครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติผ่านโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 เพื่อไปยังเครื่องอบตะกั่วในโหมดอัตโนมัติ

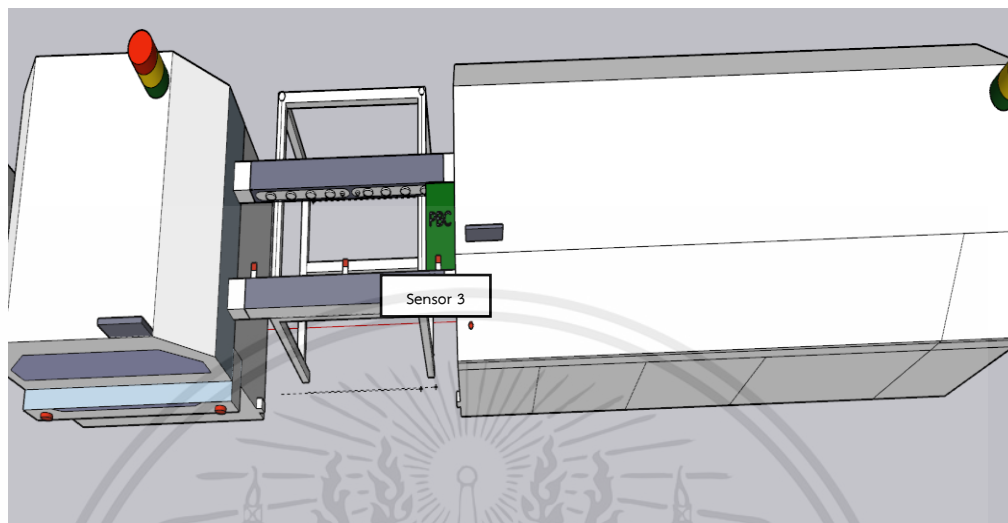
3.5.3 การออกแบบใช้งานร่วมกับเครื่องจักรในโหมดแมนนวล



รูปที่ 3.13 แสดงการออกแบบใช้งานร่วมกับเครื่องจักรในโหมดแมนนวล

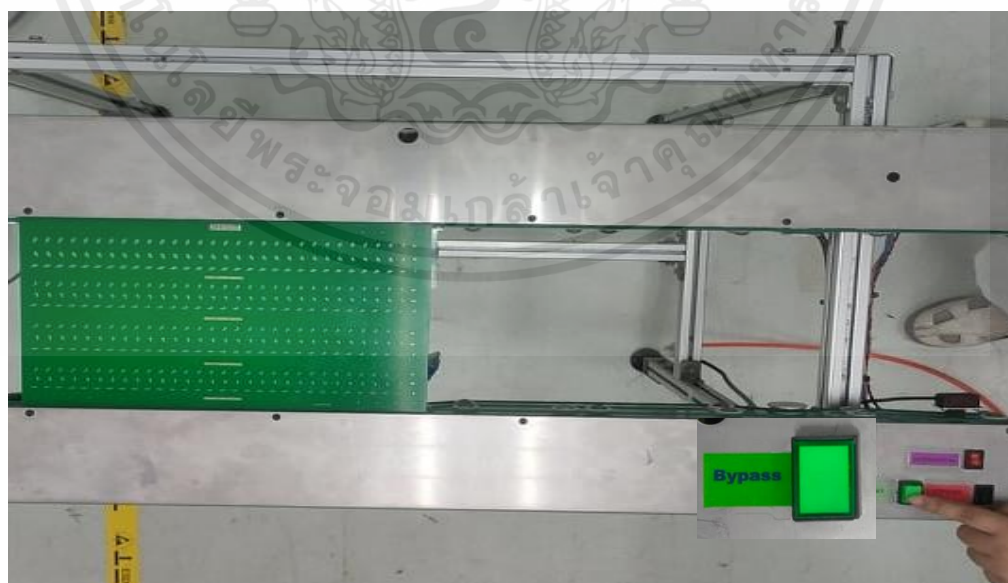
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.13 เป็นการออกแบบการจำลองของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA กับเครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติไปยังเครื่องอบตะกั่วในโหมดแมนนวล แผ่นวงจรพิมพ์จะหยุดอยู่ที่โฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 2 เพื่อรอการตรวจเช็คคุณภาพของแผ่นวงจรพิมพ์



รูปที่ 3.14 แผ่นวงจรพิมพ์ถูกลำเลียงในโหมดแมนนวล

จากรูปที่ 3.14 เป็นการออกแบบการจำลองการทำงานของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA ร่วมกับเครื่องจักรในโหมดแมนนวล เมื่อได้ทำการตรวจเช็คเสร็จเรียบร้อยแล้วจะทำการกดสวิตช์บายพาสสายพานลำเลียงต่อไป

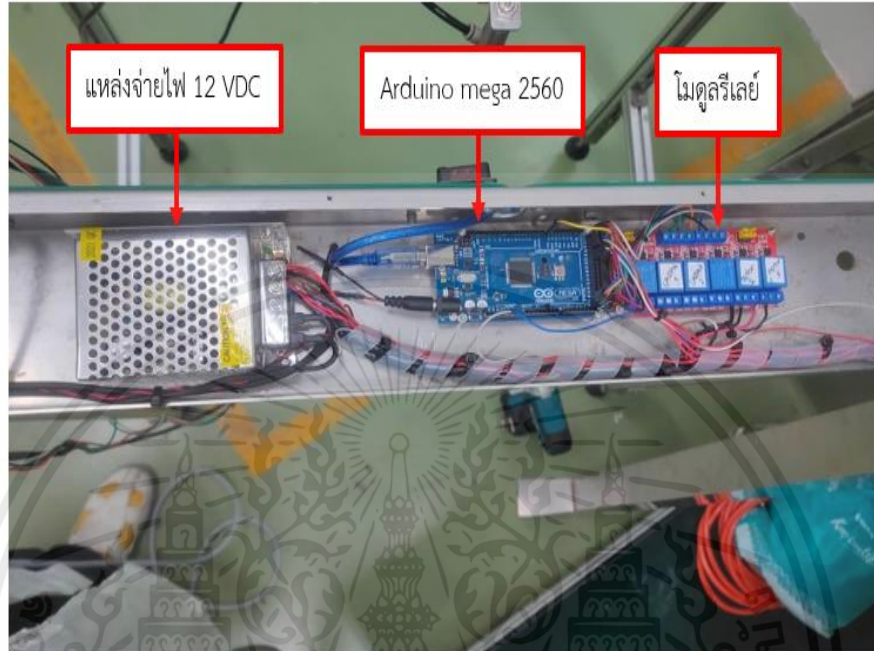


รูปที่ 3.15 สวิตช์บายพาสสายพานลำเลียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.15 แสดงการกดสวิตช์บายพาสสายพานลำเลียง เมื่อมีการตรวจเช็คคุณภาพของแผ่นวงจรพิมพ์ได้ทำการตรวจเช็คเสร็จเรียบร้อยแล้ว

3.5.4 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA



รูปที่ 3.16 การติดตั้งอุปกรณ์

จากรูปที่ 3.16 แสดงตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ร่วมกับสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA



รูปที่ 3.17 แสดงการติดตั้งสวิตช์ต่างๆ

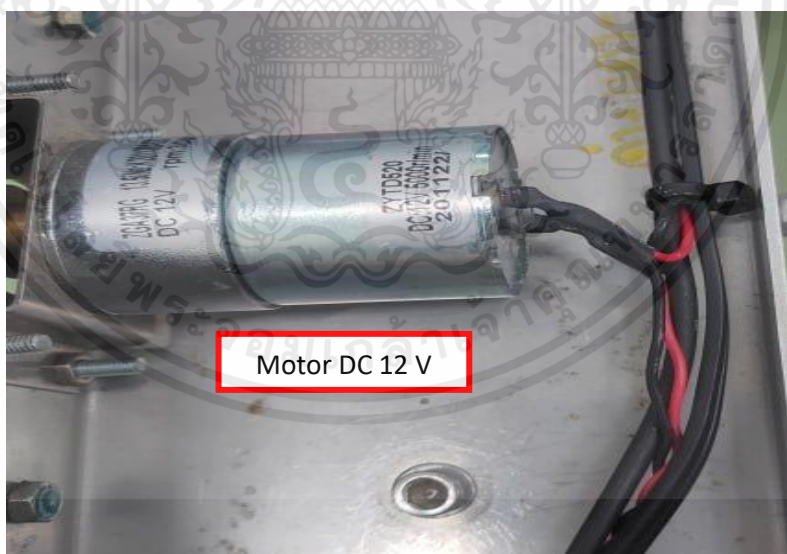
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.17 แสดงตำแหน่งการติดตั้งสวิทช์ต่างๆ ที่ใช้ร่วมกับสายพานลำเลียงแผ่นวงจร ด้วยสัญญาณ SMEMA



รูปที่ 3.18 แสดงการติดตั้งตัวหยุดแผ่นวงจร (Stopper)

จากรูปที่ 3.18 แสดงตำแหน่งการติดตั้งตัวหยุดแผ่นวงจรพิมพ์ ที่ใช้ร่วมกับสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA



รูปที่ 3.19 แสดงการติดตั้งมอเตอร์สายพานลำเลียง

จากรูปที่ 3.19 แสดงตำแหน่งการติดตั้งมอเตอร์สายพานลำเลียง ที่ใช้ร่วมกับสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 แสดงการติดตั้งสายพานลำเลียง

จากรูปที่ 3.20 แสดงตำแหน่งการติดตั้งสายพานลำเลียง ที่ใช้ร่วมกับสายพานลำเลียง
แผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA โดยมีการทดลองภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ การทดลองการทำงานของโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซอร์ทั้ง 3 ตัว ที่ระยะ 3 เซนติเมตร การทดลองการทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 1 เมื่อโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 1 ตรวจจับเจอวัตถุ การทดลองการหยุดทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 1 เมื่อโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอวัตถุ การทดลองการทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 2 เมื่อโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอวัตถุ การทดลองการหยุดทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 2 เมื่อโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 3 ตรวจจับเจอวัตถุ การทดลองระบบการทำงานของโหมดอัตโนมัติและโหมดแมนนวล การทดสอบการทำงานของสายพานลำเลียงโดยการจับเวลาเปรียบเทียบการทำงานของสายพานลำเลียงชุดเก่าและสายพานลำเลียงชุดใหม่ การทดสอบ Gage R&R ของการทำงานในโหมดอัตโนมัติและโหมดแมนนวล

4.1 การทดลองภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์

4.1.1 ทดลองการจ่ายแรงดันและกระแสขณะมีโหลดและไม่มีโหลด

การทดลองภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ 5 โวลต์ 1 แอมป์ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยใส่โหลดที่มีความต้านทาน 5 โอห์ม ทดลองขณะมีโหลดและไม่มีโหลด มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

- นำตัวต้านทาน 5 โอห์มมาต่อคร่อมระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ
- บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การทดลองแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์

แรงดันคงที่	แรงดันขณะไม่มีโหลด	เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อน	แรงดันขณะมีโหลด	เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อน
5 โวลต์	5 โวลต์	0 เปอร์เซ็นต์	4.90 โวลต์	2 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 4.1 วงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ โดยขณะที่ไม่มีโหลดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่เอาต์พุตวัดได้ 5 โวลต์ และขณะที่มีโหลดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่เอาต์พุตวัดได้ 4.90 โวลต์ โดยขณะมีโหลดมีเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อน 2 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อมาใช้งานจริงกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บอร์ดอาควโนเมกะ 2560 ที่ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์และกระแส ที่ใช้ 300 มิลลิแอมป์ สามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้

4.2 การทดลองการทำงานของโฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 1 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร

โดยใช้แผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีดำ สีขาว สีเขียว และแผ่นรองวงจรพิมพ์อลูมิเนียมโดยมีการทดลองทั้งหมด 25 ครั้ง มีหน้าที่ตรวจจับแผ่นวงจรพิมพ์ที่ถูกลำเลียงมาบนสายพานลำเลียง เพื่อการทดลองประสิทธิภาพในการตรวจจับของโฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 1 บันทึกในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การทดลองการทำงานของโฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 1 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร

แผ่นวงจรที่ทดลอง	จำนวนครั้งที่โฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 1 ตรวจจับได้ (จากทั้งหมด 25 ครั้ง)	ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (%)
แผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีดำ	25	0%
แผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีขาว	22	12%
แผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีเขียว	25	0%
แผ่นรองวงจรพิมพ์อลูมิเนียม	21	16%

จากตารางที่ 4.2 จากการทดลองการทำงานของโฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 1 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร ของแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีดำ สีขาว สีเขียว และแผ่นรองวงจรพิมพ์อลูมิเนียม (JIG) พบว่าโฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 1 มีการตรวจจับแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีดำและสีเขียวได้ดีที่สุดมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ 0 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่แผ่นวงจรพิมพ์สีขาวมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ 12 เปอร์เซ็นต์และแผ่นรองวงจรพิมพ์อลูมิเนียมมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ 16 เปอร์เซ็นต์

4.3 การทดลองการทำงานของโฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 2 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร

การทดลองการทำงานของโฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 2 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร โดยใช้แผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีดำ สีขาว สีเขียว และแผ่นรองวงจรพิมพ์อลูมิเนียมโดยมีการทดลองทั้งหมด 25 ครั้ง มีหน้าที่ตรวจจับแผ่นวงจรพิมพ์ที่ถูกลำเลียงมาบนสายพานลำเลียง เพื่อการทดลองประสิทธิภาพในการตรวจจับของโฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 2 บันทึกในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การทดลองการทำงานของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร

แผ่นวงจรที่ทดลอง	จำนวนครั้งที่โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับได้ (จากทั้งหมด 25 ครั้ง)	ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (%)
แผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีดำ	25	0%
แผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีขาว	23	8%
แผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีเขียว	25	0%
แผ่นรองวงจรพิมพ์อลูมิเนียม	24	4%

จากตารางที่ 4.3 จากการทดลองการทำงานของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร ของแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีดำ สีขาว สีเขียว และแผ่นรองวงจรพิมพ์อลูมิเนียม (JIG) พบว่าโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 มีการตรวจจับแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีดำและสีเขียวได้ดีที่สุดมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ 0 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่แผ่นวงจรพิมพ์สีขาวมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ 8 เปอร์เซ็นต์และแผ่นรองวงจรพิมพ์อลูมิเนียมมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ 4 เปอร์เซ็นต์

4.4 การทดลองการทำงานของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร

การทดลองการทำงานของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร โดยใช้แผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีดำ สีขาว สีเขียว และแผ่นรองวงจรพิมพ์อลูมิเนียมโดยมีการทดลองทั้งหมด 25 ครั้ง มีหน้าที่ตรวจจับแผ่นวงจรพิมพ์ที่ถูกลำเลียงมาบนสายพานลำเลียง เพื่อทดลองประสิทธิภาพในการตรวจจับของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 บันทึกในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การทดลองการทำงานของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร

แผ่นวงจรที่ทดลอง	จำนวนครั้งที่โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 ตรวจจับได้ (จากทั้งหมด 25 ครั้ง)	ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (%)
แผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีดำ	25	0%
แผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีขาว	24	4%
แผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีเขียว	25	0%
แผ่นรองวงจรพิมพ์อลูมิเนียม	24	4%

จากตารางที่ 4.4 จากการทดลองการทำงานของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร ของแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีดำ สีขาว สีเขียว และแผ่นรองวงจรพิมพ์อลูมิเนียม (JIG) พบว่าโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 มีการตรวจจับแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีดำและสีเขียวได้ดีที่สุดมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ 0 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่แผ่นวงจรพิมพ์สีขาวและแผ่นรองวงจรพิมพ์อลูมิเนียมมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ 4 เปอร์เซ็นต์

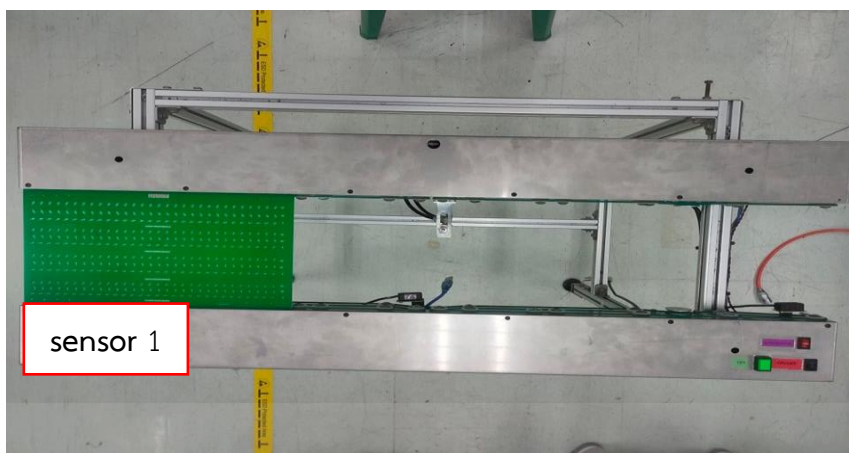
4.5 การทดลองการทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 1 เมื่อโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 1 ตรวจจับเจอวัตถุ

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองการทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 1 เมื่อโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 1 ตรวจจับเจอวัตถุ โดยใช้เงื่อนไขถ้าเมื่อโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 1 ตรวจจับวัตถุจะสั่งให้มอเตอร์ชุดที่ 1 ทำงาน เพื่อทดลองประสิทธิภาพการทำงานของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 1 และโปรแกรมและกับมอเตอร์ชุดที่ 1 บันทึกในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การทดลองการทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 1 เมื่อโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 1 ตรวจจับเจอวัตถุ

จำนวนครั้งที่ทดลอง	ผลการทดลอง
1	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
2	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
3	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
4	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
5	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

จากตารางที่ 4.5 จากการทดลองพบว่าเมื่อโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 1 ตรวจจับเจอวัตถุ โดยใช้เงื่อนไขถ้าเมื่อโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 1 ตรวจจับวัตถุจะสั่งให้มอเตอร์ชุดที่ 1 ทำงาน ตัวโปรแกรมกับโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 1 และมอเตอร์ชุดที่ 1 สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องได้ตามที่ออกแบบไว้ ทั้ง 5 ครั้งที่ได้ทำการทดลอง



รูปที่ 4.1 แผ่นวงจรพิมพ์ผ่านไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 1

จากรูที่ 4.1 แสดงการลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA เมื่อไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 1 ตรวจจับแผ่นวงจรพิมพ์จะสั่งให้มอเตอร์ชุดที่ 1 ทำงาน โดยตำแหน่งไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 1 อยู่ใต้แผ่นวงจรพิมพ์

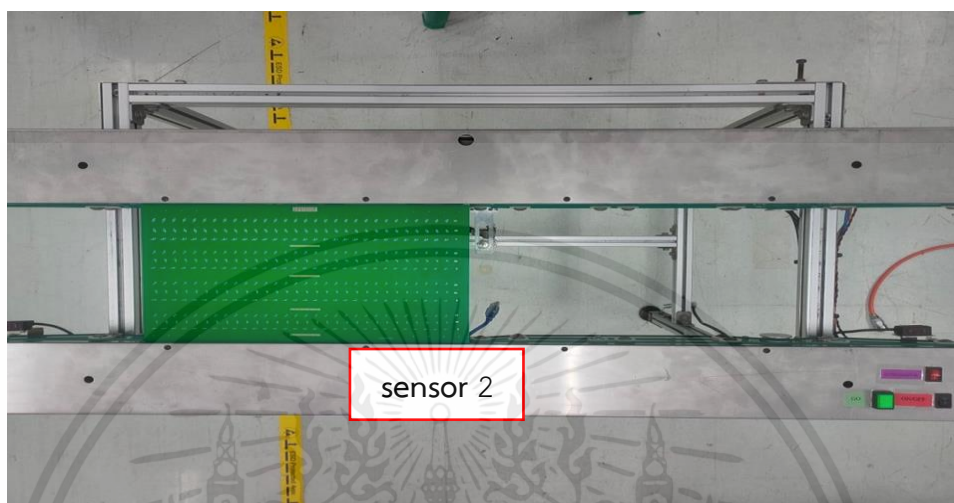
4.6 การทดลองการหยุดทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 1 เมื่อไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอวัตถุ

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองการหยุดทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 1 เมื่อไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอวัตถุ โดยใช้เงื่อนไขถ้าเมื่อไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับวัตถุ จะสั่งให้มอเตอร์ชุดที่ 1 หยุดทำงาน เพื่อทดลองประสิทธิภาพการทำงานของไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 และโปรแกรมและกับมอเตอร์ชุดที่ 1 บันทึกในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การทดลองการหยุดทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 1 เมื่อไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอวัตถุ

จำนวนครั้งที่ทดลอง	ผลการทดลอง
1	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
2	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
3	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
4	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
5	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

จากตารางที่ 4.6 จากการทดลองพบว่าเมื่อโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอวัตถุ โดยใช้เงื่อนไขถ้าเมื่อโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับวัตถุจะสั่งให้มอเตอร์ชุดที่ 1 หยุดทำงาน ตัวโปรแกรมกับโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 และมอเตอร์ชุดที่ 1 สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องได้ตามที่ออกแบบไว้



รูปที่ 4.2 แผ่นวงจรพิมพ์ผ่านโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2

จากรูปที่ 4.2 แสดงการลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA เมื่อโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับแผ่นวงจรพิมพ์จะสั่งให้มอเตอร์ชุดที่ 1 หยุดทำงาน โดยตำแหน่งโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 อยู่ใต้แผ่นวงจรพิมพ์

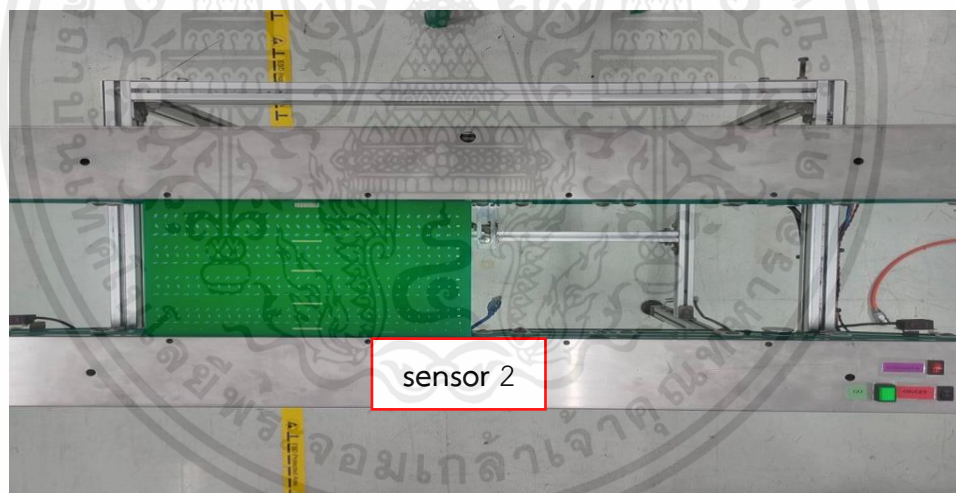
4.7 การทดลองการทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 2 เมื่อโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอวัตถุ

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองการทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 2 เมื่อโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอวัตถุ โดยใช้เงื่อนไขถ้าเมื่อโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับวัตถุจะสั่งให้มอเตอร์ชุดที่ 2 ทำงาน เพื่อทดลองประสิทธิภาพการทำงานของโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 และโปรแกรมและกับมอเตอร์ชุดที่ 2 บันทึกในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การทดลองการทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 2 เมื่อไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอวัตถุ

จำนวนครั้งที่ทดลอง	ผลการทดลอง
1	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
2	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
3	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
4	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
5	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

จากตารางที่ 4.7 จากการทดลองพบว่าเมื่อไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอวัตถุ โดยใช้เงื่อนไขถ้าเมื่อไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับวัตถุจะสั่งให้มอเตอร์ชุดที่ 2 ทำงาน ตัวโปรแกรมกับไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 และมอเตอร์ชุดที่ 2 สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องได้ตามที่ออกแบบไว้ ทั้ง 5 ครั้งที่ได้ทำการทดลอง



รูปที่ 4.3 แผ่นวงจรพิมพ์ผ่านไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2

จากรูปที่ 4.3 แสดงการลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA เมื่อไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับแผ่นวงจรพิมพ์จะสั่งให้มอเตอร์ชุดที่ 2 ทำงาน โดยตำแหน่งไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 อยู่ใต้แผ่นวงจรพิมพ์

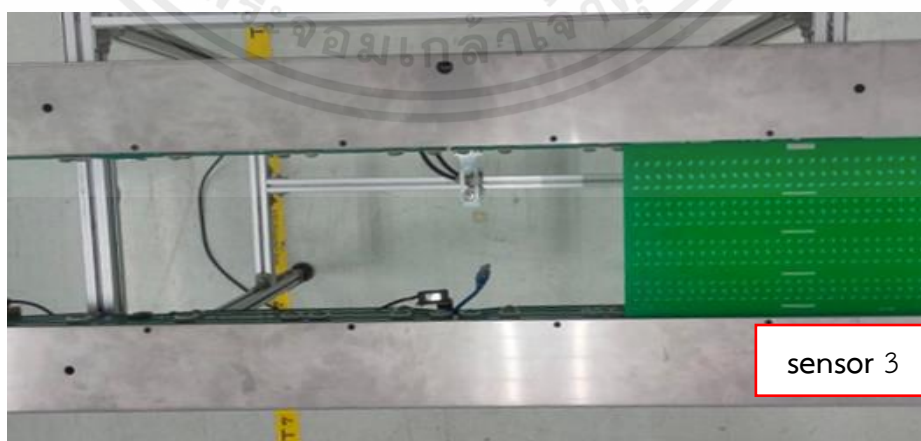
4.8 การทดลองการหยุดทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 2 เมื่อไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 ตรวจจับเจอวัตถุ

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองการหยุดทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 2 เมื่อไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 ตรวจจับเจอวัตถุ โดยใช้เงื่อนไขถ้าเมื่อไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 ตรวจจับวัตถุ จะสั่งให้มอเตอร์ชุดที่ 2 หยุดทำงาน เพื่อทดลองประสิทธิภาพการทำงานของไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 และโปรแกรมและกับมอเตอร์ชุดที่ 2 บันทึกในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การทดลองการหยุดทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 2 เมื่อไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 ตรวจจับเจอวัตถุ

จำนวนครั้งที่ทดลอง	ผลการทดลอง
1	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
2	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
3	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
4	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
5	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

จากตารางที่ 4.8 จากการทดลองพบว่าเมื่อไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 ตรวจจับเจอวัตถุ โดยใช้เงื่อนไขถ้าเมื่อไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 ตรวจจับวัตถุจะสั่งให้มอเตอร์ชุดที่ 2 หยุดทำงาน ตัวโปรแกรมกับไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 และมอเตอร์ชุดที่ 2 สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องได้ตามที่ออกแบบไว้ ทั้ง 5 ครั้งที่ได้ทำการทดลอง



รูปที่ 4.4 แผ่นวงจรพิมพ์ผ่านไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3

จากรูที่ 4.4 แสดงการลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA เมื่อโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 3 ตรวจจับแผ่นวงจรพิมพ์จะสั่งให้มอเตอร์ชุดที่ 2 หยุดทำงาน โดยตำแหน่งโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซอร์ตัวที่ 3 อยู่ใต้แผ่นวงจรพิมพ์

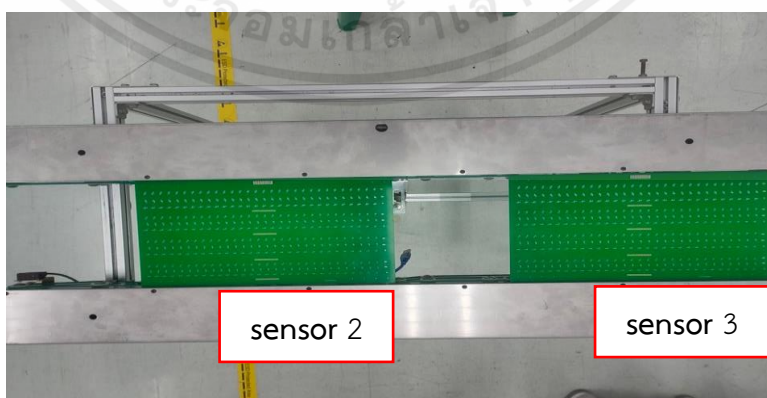
4.9 การทดลองระบบการทำงานของโหมดอัตโนมัติ

การทดลองนี้เป็นการทดลองระบบการทำงานของโหมดอัตโนมัติ โดยเป็นการตรวจจับแผ่นวงจรพิมพ์ที่ถูกลำเลียงมาบนสายพานลำเลียงและเพื่อเป็นการทดลองการทำงานของโปรแกรมกับโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซอร์ทั้ง 3 ตัว และการทำงานของมอเตอร์ทั้ง 2 ชุด บันทึกในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 การทดลองระบบการทำงานของโหมดอัตโนมัติ

จำนวนครั้งที่ทดลอง	ผลการทดลอง
1	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
2	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
3	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
4	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
5	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

จากตารางที่ 4.9 จากการทดลองระบบการทำงานของโหมดอัตโนมัติโดยเป็นการตรวจจับแผ่นวงจรพิมพ์ที่ถูกลำเลียงมาบนสายพานลำเลียงและเพื่อเป็นการทดลองการทำงานของโปรแกรมกับโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซอร์ทั้ง 3 ตัว และการทำงานของมอเตอร์ทั้ง 2 ชุด โดยการทำงานทั้งระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ทั้ง 5 ครั้งที่ได้ทำการทดลอง



รูปที่ 4.5 การลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ในโหมดอัตโนมัติ

จากรูที่ 4.5 แสดงการลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ 2 แผ่น ของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA ขณะที่แผ่นวงจรพิมพ์เคลื่อนที่ผ่านโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 และเคลื่อนที่ผ่านโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 โดยตำแหน่งโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 และโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3 อยู่ใต้แผ่นวงจรพิมพ์

4.10 การทดลองระบบการทำงานของโหมตแมนนวล

การทดลองนี้เป็นการทดสอบระบบการทำงานของโหมตแมนนวล โดยเป็นการตรวจจับแผ่นวงจรพิมพ์ที่ถูกลำเลียงมาบนสายพานลำเลียงและเพื่อเป็นการทดลองการทำงานของโปรแกรมกับโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ทั้ง 3 ตัว และการทำงานของมอเตอร์ทั้ง 2 ชุด และมีพนักงาน QC เข้าตรวจสอบคุณภาพของแผ่นวงจรพิมพ์

ตารางที่ 4.10 การทดสอบระบบการทำงานของโหมตแมนนวล

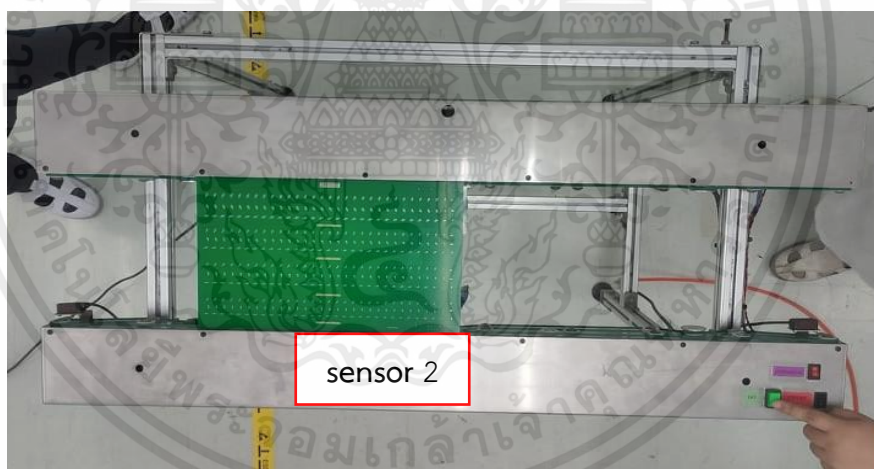
จำนวนครั้งที่ทดลอง	ผลการทดลอง
1	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
2	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
3	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
4	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
5	สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

จากตารางที่ 4.10 จากการทดลองระบบการทำงานของโหมตแมนนวลโดยเป็นการตรวจจับแผ่นวงจรพิมพ์ที่ถูกลำเลียงมาบนสายพานลำเลียงและเพื่อเป็นการทดลองการทำงานของโปรแกรมกับโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ทั้ง 3 ตัว และการทำงานของมอเตอร์ทั้ง 2 ชุด โดยการทำงานทั้งระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง และมีพนักงาน QC เข้าตรวจสอบคุณภาพของแผ่นวงจรพิมพ์ ทั้ง 5 ครั้งที่ได้ทำการทดลอง



รูปที่ 4.6 พนักงาน QC เข้าตรวจสอบคุณภาพของแผ่นวงจรพิมพ์

จากรูปที่ 4.6 เมื่อแผ่นวงจรพิมพ์หยุดตรงตำแหน่งโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 พนักงาน QC เข้าตรวจสอบคุณภาพของแผ่นวงจรพิมพ์



รูปที่ 4.7 กดสวิทช์เริ่มการลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์

จากรูปที่ 4.7 เมื่อพนักงาน QC ตรวจสอบเช็คแผ่นวงจรพิมพ์เรียบร้อยแล้ว ได้ทำการกดสวิทช์บายพาส เริ่มการลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ โดยตำแหน่งโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 อยู่ใต้แผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11 การทดสอบการทำงานของสายพานลำเลียงโดยการจับเวลาเปรียบเทียบการทำงานของสายพานลำเลียงชุดเก่าและสายพานลำเลียงชุดใหม่

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบการทำงานของสายพานลำเลียงโดยการจับเวลาเปรียบเทียบการทำงานของสายพานลำเลียงชุดเก่าและการทำงานของสายพานลำเลียงชุดใหม่ โดยสายพานลำเลียงชุดเก่าและสายพานลำเลียงชุดใหม่มีความยาว 1 เมตรเท่ากัน

ตารางที่ 4.11 การทดสอบการทำงานของสายพานลำเลียงโดยการจับเวลาเปรียบเทียบการทำงานของสายพานลำเลียงชุดเก่าและสายพานลำเลียงชุดใหม่

จำนวนครั้งที่ทดสอบ	เวลาที่ใช้ลำเลียงของสายพานลำเลียงชุดเก่า (วินาที)	เวลาที่ใช้ลำเลียงของสายพานลำเลียงชุดใหม่ (วินาที)
1	5.09	3.36
2	5.10	3.39
3	5.09	3.35
4	5.09	3.32
5	5.09	3.34
6	5.10	3.35
7	5.09	3.36
8	5.10	3.36
9	5.11	3.37
10	5.09	3.36
รวมเวลาที่ใช้ในการลำเลียง	50.95	33.56

จากตารางที่ 4.11 พบว่าชุดเก่าจะใช้เวลาลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ อยู่ที่ 50.95 วินาทีและสายพานลำเลียงแผ่นวงจร ชุดใหม่จะใช้เวลาอยู่ที่ 33.56 วินาทีจะเห็นได้ว่าสายพานลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ชุดใหม่ใช้เวลาลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ได้เร็วกว่าสายพานลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ชุดเก่าอยู่ที่ 17.39 วินาทีต่อ 10 บอร์ด

4.12 การทดสอบ Gage R&R ของการทำงานในโหมตอัตโนมัติ

การทดสอบ Gage R&R ของการทำงานในโหมตอัตโนมัติเป็นการทดสอบการทำงานของโหมตอัตโนมัติในระบบการวัด Gage R&R เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานและมีผู้ทำการทดสอบ 3 คน กับชิ้นงานเดิมโดยมีวิธีการทดสอบเหมือนเดิม

conveyor		Attribute Gage R & R Effectiveness										
SCORING REPORT												
Attribute Legend ⁵ (Must Enter Information)				DATE: 20-w. B. -2021		NAME: Test Conveyor Auto		All operators agree with and between each other		All Operators agree with Standard		
1	GOOD			PRODUCT: DELTA W.								
2	NG			M/C Type: Conveyor								
Optional: Enter Operator Name or use Default												
Known Population		Operator #1			Operator #2			Operator #3			Y/N	Y/N
Sample #	Standard	Try #1		Try #1		Try #1		Try #1		Agree	Agree	
1	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD		GOOD	GOOD	Y	Y	
2	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD		GOOD	GOOD	Y	Y	
3	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD		GOOD	GOOD	Y	Y	
4	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD		GOOD	GOOD	Y	Y	
5	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD		GOOD	GOOD	Y	Y	
6	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD		GOOD	GOOD	Y	Y	
7	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD		GOOD	GOOD	Y	Y	
8	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD		GOOD	GOOD	Y	Y	
9	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD		GOOD	GOOD	Y	Y	
10	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD		GOOD	GOOD	Y	Y	
11	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD		GOOD	GOOD	Y	Y	
12	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD		GOOD	GOOD	Y	Y	
13	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD		GOOD	GOOD	Y	Y	
14	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD		GOOD	GOOD	Y	Y	
15	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD		GOOD	GOOD	Y	Y	
16	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD		GOOD	GOOD	Y	Y	
17	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD		GOOD	GOOD	Y	Y	
18	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD		GOOD	GOOD	Y	Y	
19	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD		GOOD	GOOD	Y	Y	
20	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD		GOOD	GOOD	Y	Y	
% APPRAISER SCORE ⁽¹⁾ →		100.00%			100.00%			100.00%				
% SCORE VS. ATTRIBUTE ⁽²⁾ →		100.00%			100.00%			100.00%				
SCREEN % EFFECTIVE SCORE ⁽³⁾ →										100.00%		
SCREEN % EFFECTIVE SCORE vs. ATTRIBUTE ⁽⁴⁾ →										100.00%		
Try #1		PCB (GREEN)										
		PCB (BLACK)										

รูปที่ 4.8 การทดสอบ Gage R&R ของการทำงานในโหมตอัตโนมัติ

จากรูปที่ 4.8 พบว่าระบบทดสอบ Gage R&R ของการทำงานในโหมตอัตโนมัติได้ทำการทดสอบกับคน 3 คน ทดสอบคนละ 20 ครั้ง กับชิ้นงานเดิมและมีการทดสอบเหมือนเดิมโดยใช้แผ่นวงจรพิมพ์สีเขียวและสีดำ โดยมีผลการทดสอบที่ไม่มีความผิดพลาดจะแสดงสถานะ (GOOD) ใน Gage R&R และสามารถทำงานถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

4.13 การทดสอบ Gage R&R ของการทำงานในโหมตแมนนวล

การทดสอบ Gage R&R ของการทำงานในโหมตแมนนวลเป็นการทดสอบการทำงานของโหมตแมนนวลในระบบการวัด Gage R&R เพื่อตรวจเช็คประสิทธิภาพของชิ้นงานและมีผู้ทำการทดสอบ 3 คน กับชิ้นงานเดิมโดยมีวิธีการทดสอบเหมือนเดิม

conveyor											
Attribute Gage R & R Effectiveness											
SCORING REPORT											
Attribute Legend⁵ (Must Enter Information)			DATE: 20-พ.ย.-2021			All operations agree with and between each other			All Operators agree with Standard		
1 GOOD			NAME: Test Conveyor Manual								
2 NG			PRODUCT: DELTA W.								
			MIC Type: Conveyor								
Optional: Enter Operator Name or use Default											
Known Population	Operator #1			Operator #2			Operator #3			Y/N	Y/N
Sample #	Standard	Try #1		Try #1		Try #1			Agree	Agree	
1	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Y	Y	
2	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Y	Y	
3	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Y	Y	
4	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Y	Y	
5	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Y	Y	
6	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Y	Y	
7	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Y	Y	
8	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Y	Y	
9	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Y	Y	
10	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Y	Y	
11	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Y	Y	
12	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Y	Y	
13	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Y	Y	
14	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Y	Y	
15	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Y	Y	
16	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Y	Y	
17	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Y	Y	
18	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Y	Y	
19	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Y	Y	
20	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Y	Y	
% APPRAISER SCORE ¹⁰ →			100.00%			100.00%			100.00%		
% SCORE VS. ATTRIBUTE ¹⁰ →			100.00%			100.00%			100.00%		
SCREEN % EFFECTIVE SCORE ¹⁰ →									100.00%		
SCREEN % EFFECTIVE SCORE vs. ATTRIBUTE ¹⁰ →									100.00%		
Try #1		PCB (GREEN)		PCB (BLACK)							

รูปที่ 4.9 การทดสอบ Gage R&R ของการทำงานในโหมตแมนนวล

จากรูปที่ 4.9 พบว่าระบบทดสอบ Gage R&R ของการทำงานในโหมตแมนนวลได้ทำการทดสอบกับคน 3 คน ทดสอบคนละ 20 ครั้ง กับชิ้นงานเดิมและมีการทดสอบเหมือนเดิมโดยใช้แผ่นวงจรพิมพ์สีเขียวและสีดำ โดยมีผลการทดสอบที่ไม่มีความผิดพลาดจะแสดงสถานะ (GOOD) ใน Gage R&R และสามารถทำงานถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองของสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA สามารถสรุปผลการทดลอง ปัญหาและอุปสรรค และข้อเสนอแนะได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

สายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA ที่ออกแบบสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ การเลือกอุปกรณ์อย่างละเอียดส่งผลให้ตัวชิ้นงานสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการทดลองผลปรากฏว่าบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนเมกะ 2560 สามารถรับค่าอินพุตจากโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ทั้ง 3 ตัว และสวิตช์เปลี่ยนโหมดการทำงานได้ แล้วสามารถนำไปประมวลผลเพื่อควบคุมการทำงานของเอาต์พุต โดยโปรแกรมสามารถทำงานได้โดยไม่เกิดความผิดพลาด จึงทำให้สายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA สามารถทำงานตามลำดับขั้นตอน

5.1.1 สรุปผลการทดลองภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์

วงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ โดยขณะที่ไม่มีโหลดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่เอาต์พุตวัดได้ 5 โวลต์ และขณะที่มีโหลดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่เอาต์พุตวัดได้ 4.90 โวลต์ โดยขณะที่มีโหลดมีเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อน 2 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อมาใช้งานจริงกับบอร์ดอาดูโนเมกะ 2560 ที่ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์และกระแสที่ใช้ 300 มิลลิแอมป์ สามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้

5.1.2 สรุปผลการทดลองการทำงานของโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 1 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร

จากการทดลองการทำงานของโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 1 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร ของแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีดำ สีขาว สีเขียว และแผ่นรองวงจรพิมพ์อลูมิเนียม (JIG) โดยพบว่าโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 1 มีการตรวจจับแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีดำและสีเขียวได้ดีที่สุด มีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ 0 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่แผ่นวงจรพิมพ์สีขาวมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ 12 เปอร์เซ็นต์และแผ่นรองวงจรพิมพ์อลูมิเนียมมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ 16 เปอร์เซ็นต์

5.1.3 สรุปผลการทดลองการทำงานของไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร

จากการทดลองการทำงานของไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร ของแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีดำ สีขาว สีเขียว และแผ่นรองวงจรพิมพ์อลูมิเนียม (JIG) โดยพบว่าไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 มีการตรวจจับแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีดำและสีเขียวได้ดีที่สุดมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ 0 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่แผ่นวงจรพิมพ์สีขาวมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ 8 เปอร์เซ็นต์และแผ่นรองวงจรพิมพ์อลูมิเนียมมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ 4 เปอร์เซ็นต์

5.1.4 สรุปผลการทดลองการทำงานของไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 3 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร

จากการทดลองการทำงานของไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 3 ที่ระยะตรวจจับ 3 เซนติเมตร ของแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีดำ สีขาว สีเขียว และแผ่นรองวงจรพิมพ์อลูมิเนียม (JIG) โดยพบว่าไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 3 มีการตรวจจับแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสีดำและสีเขียวได้ดีที่สุดมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ 0 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่แผ่นวงจรพิมพ์สีขาวและแผ่นรองวงจรพิมพ์อลูมิเนียมมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ 4 เปอร์เซ็นต์

5.1.5 สรุปผลการทดลองการทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 1 เมื่อไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 1 ตรวจจับเจอวัตถุ 1 ตรวจจับเจอวัตถุ

จากการทดลองพบว่าเมื่อไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 1 ตรวจจับเจอวัตถุ โดยใช้เงื่อนไขถ้าไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 1 ตรวจจับวัตถุจะสั่งให้มอเตอร์ชุดที่ 1 ทำงาน ตัวโปรแกรมกับไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 1 และมอเตอร์ชุดที่ 1 สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องได้ตามที่ออกแบบไว้ ทั้ง 5 ครั้งที่ได้ทำการทดสอบ

5.1.6 สรุปผลการทดลองการหยุดทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 1 เมื่อไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอวัตถุ

จากการทดลองพบว่าเมื่อไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอวัตถุ โดยใช้เงื่อนไขถ้าไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับวัตถุจะสั่งให้มอเตอร์ชุดที่ 1 หยุดทำงาน ตัวโปรแกรมกับไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 และมอเตอร์ชุดที่ 1 สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องได้ตามที่ออกแบบไว้

5.1.7 สรุปผลการทดลองการทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 2 เมื่อไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอวัตถุ

จากการทดลองพบว่าเมื่อไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอวัตถุ โดยใช้เงื่อนไขถ้าไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับวัตถุจะสั่งให้มอเตอร์ชุดที่ 2 ทำงาน ตัวโปรแกรม

กับโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์ตัวที่ 2 และมอเตอร์ชุดที่ 2 สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องได้ตามที่ ออกแบบไว้ ทั้ง 5 ครั้งที่ได้ทำการทดลอง

5.1.8 สรุปผลการทดลองการหยุดทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 2 เมื่อโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์ตัวที่ 3 ตรวจจับเจอวัตถุ

จากการทดลองพบว่าเมื่อโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์ตัวที่ 2 ตรวจจับเจอวัตถุ โดยใช้ เ็นอนโซล่าเมื่อโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์ตัวที่ 2 ตรวจจับวัตถุจะสั่งให้มอเตอร์ชุดที่ 2 ทำงาน ตัว โปรแกรมกับโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์ตัวที่ 2 และมอเตอร์ชุดที่ 2 สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องได้ ตามที่ออกแบบไว้ ทั้ง 5 ครั้งที่ได้ทำการทดลอง

5.1.9 สรุปผลการทดลองระบบการทำงานของโหมดอัตโนมัติ

จากการทดลองระบบการทำงานของโหมดอัตโนมัติโดยเป็นการตรวจจับ แผ่นวงจรพิมพ์ที่ถูกลำเลียงมาบนสายพานลำเลียงและเพื่อเป็นการทดสอบการทำงานของโปรแกรม กับโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 3 ตัว และการทำงานของมอเตอร์ทั้ง 2 ชุด โดยการทำงานทั้งระบบ สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ทั้ง 5 ครั้งที่ได้ทำการทดลอง

5.1.10 สรุปผลการทดลองระบบการทำงานของโหมดแมนนวล

จากการทดลองระบบการทำงานของโหมดแมนนวลโดยเป็นการตรวจจับ แผ่นวงจรพิมพ์ที่ถูกลำเลียงมาบนสายพานลำเลียงและเพื่อเป็นการทดสอบการทำงานของโปรแกรม กับโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 3 ตัว และการทำงานของมอเตอร์ทั้ง 2 ชุด โดยการทำงานทั้งระบบ สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง และมีพนักงาน QC เข้าตรวจสอบคุณภาพของแผ่นวงจรพิมพ์ ทั้ง 5 ครั้งที่ได้ทำการทดลอง

5.1.11 สรุปผลการทดสอบการทำงานของสายพานลำเลียงโดยการจับเวลาเปรียบเทียบ การทำงานของสายพานลำเลียงชุดเก่าและสายพานลำเลียงชุดใหม่

พบว่าชุดเก่าจะใช้เวลาลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ อยู่ที่ 50.95 วินาทีและสายพาน ลำเลียงแผ่นวงจร ชุดใหม่จะใช้เวลาอยู่ที่ 33.56 วินาทีจะเห็นได้ว่าสายพานลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ชุด ใหม่ใช้เวลาลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ได้เร็วกว่าสายพานลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์ชุดเก่าอยู่ที่ 17.39 วินาที ต่อ 10 บอร์ด

5.1.12 สรุปผลการทดสอบ Gage R&R ของการทำงานในโหมดอัตโนมัติ

จากการทดสอบพบว่าระบบทดสอบ Gage R&R ของการทำงานในโหมดอัตโนมัติได้ ทำการทดสอบกับคน 3 คน ทดสอบคนละ 20 ครั้ง กับชิ้นงานเดิมและมีการทดสอบเหมือนเดิมโดยใช้ แผ่นวงจรพิมพ์สีเขียวและสีดำ โดยมีผลการทดสอบที่ไม่มีความผิดพลาดจะแสดงสถานะ (GOOD) ใน Gage R&R และสามารถทำงานถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

5.1.13 สรุปผลการทดสอบ Gage R&R ของการทำงานในโหมดแมนนวล

จากการทดสอบพบว่าระบบทดสอบ Gage R&R ของการทำงานในโหมดแมนนวลได้ทำการทดสอบกับคน 3 คน ทดสอบคนละ 20 ครั้ง กับชิ้นงานเดิมและมีการทดสอบเหมือนเดิมโดยใช้แผ่นวงจรพิมพ์สีเขียวและสีดำ โดยมีผลการทดสอบที่ไม่มีความผิดพลาดจะแสดงสถานะ (GOOD) ใน Gage R&R และ สามารถทำงานถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. การทำงานในโหมดแมนนวลไม่มีการแจ้งเตือนว่าแผ่นวงจรพิมพ์มาหยุดรอที่ตำแหน่งรอเช็คคุณภาพของแผ่นวงจรพิมพ์
2. ทางทีมไลน์ผลิต (Line SMT Production) ทำงานไม่สะดวกเนื่องจากบางไลน์ผลิตมีสายพานลำเลียงแค้โหมดอัตโนมัติจึงไม่สะดวกต่อการตรวจเช็คแผ่นวงจรพิมพ์
3. ไม่มีการแสดงสถานะในการส่งสัญญาณ SMEMA ไปยังเครื่องจักร

5.3 การแก้ไขปัญหา

1. ทำการติดตั้งสัญญาณไฟแจ้งเตือนเมื่อมีแผ่นวงจรพิมพ์มาหยุดรอที่ตำแหน่งรอเช็คคุณภาพของแผ่นวงจรพิมพ์
2. เพิ่มการทำงานของสายพานลำเลียงให้เป็น 2 โหมดการทำงานมีทั้งระบบอัตโนมัติและแมนนวลเพื่อสะดวกต่อการทำงานของทีมไลน์ผลิต (Line SMT Production)
3. ทำการติดตั้งสัญญาณไฟแสดงสถานะเมื่อมีการส่งสัญญาณ SMEMA

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชัชชัย สุมิตร, “รีเลย์ป้องกันระบบพลังไฟฟ้า”, พิมพ์ครั้งที่ 4, กรุงเทพมหานคร, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2529. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 25 ธันวาคม 2564.
- [2] ผศ.ดร. เดชฤทธิ์ มณีธรรม, “คัมภีร์การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino”, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.บมจ, 2560. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 6 มกราคม 2565.
- [3] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, “การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA)”, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2548. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 26 ธันวาคม 2564.
- [4] ขวัญชัย สินทร์พิทยสมบุรณ์, “นิวแมติกอุตสาหกรรม”, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.บมจ, 2542. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 5 มกราคม 2565.
- [5] ธนเจต สครรัมย์, “มอเตอร์ไฟฟ้าและการควบคุม”, พิมพ์ครั้งที่ 1, นนทบุรี, สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ, 2558. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 25 ธันวาคม 2564.
- [6] “SMEMA Signal” (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: <https://en.wikipedia.org/wiki/SMEM>. และ <http://www.dynamixtechnology.com/docs/smema1.2.pdf>. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 14 ตุลาคม 2564.
- [7] “โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์” (Photoelectric sensor) (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: <https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/Omron%20PDFs/E3Z.pdf>. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 1 กรกฎาคม 2564.
- [8] “โซลินอยวาล์ว” แหล่งที่มา: <https://www.factomart.com/th/factomartblog/pneumatics-control/> เข้าถึงครั้งสุดท้าย 12 พฤศจิกายน 2564.
- [9] “ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนเมกะ 2560” (Arduino Mega 2560) (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: <https://www.myarduino.net/>. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 15 สิงหาคม 2564.
- [10] “ระบบการวัด GR&R” (Gage Repeatability & Reproducibility) (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: <https://www.datalyzer.com/th/knowledge/wat-is-msa/>. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 30 ตุลาคม 2564.
- [11] “รีเลย์” (Relay) (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: <http://www.krurock.com/Arduino/Doc>. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 1 กรกฎาคม 2564.
- [12] “มอเตอร์” (Motor) แหล่งที่มา: <https://jerrysartaramastores.com/> เข้าถึงครั้งสุดท้าย 26 สิงหาคม 2564.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [13] “กระบอกลมนิวเมติกส์” แหล่งที่มา: <https://www.pneu-hyd.co.th/air-cylinder.html>
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 12 พฤศจิกายน 2564.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#define SEN1 22 //กำหนดค่าคงที่ SEN1 เท่ากับขา 22 รับค่าจากโฟโต้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 1
#define SEN2 24 //กำหนดค่าคงที่ SEN2 เท่ากับขา 24 รับค่าจากโฟโต้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2
#define SEN3 26 //กำหนดค่าคงที่ SEN3 เท่ากับขา 26 รับค่าจากโฟโต้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 3
#define SMEMA1 51 //กำหนดค่าคงที่ SMEMA1 เท่ากับขา 51 รับค่าจาก SMEMA1
#define SMEMA2 53 //กำหนดค่าคงที่ SMEMA2 เท่ากับขา 53 รับค่าจาก SMEMA1
#define MOTOR1 50 //กำหนดค่าคงที่ MOTOR1 เท่ากับขา 50
#define MOTOR2 52 //กำหนดค่าคงที่ MOTOR2 เท่ากับขา 52
#define stopper1 32 //กำหนดค่าคงที่ stopper1 เท่ากับขา 32
int buttonPin = 1; //ประกาศตัวแปร buttonPin ให้มีค่าเท่ากับ 1
int buttonState = buttonPin; //ประกาศตัวแปร buttonPin ให้มีค่าเท่ากับ buttonPin
int Sw_Bypass = 1; //ประกาศตัวแปร Sw_Bypass ให้มีค่าเท่ากับ 1
int State_Bypass = Sw_Bypass; //ประกาศตัวแปร State_Bypass ให้มีค่าเท่ากับ Sw_Bypass
void setup()
{
  pinMode(SEN1, INPUT); //กำหนดขา SEN1 เป็นอินพุต
  pinMode(SEN2, INPUT); //กำหนดขา SEN2 เป็นอินพุต
  pinMode(SEN3, INPUT); //กำหนดขา SEN3 เป็นอินพุต
  pinMode(SMEMA1, OUTPUT); // Request IN //กำหนดขา SMEMA1 เป็นเอาต์พุต
  pinMode(SMEMA2, OUTPUT); // Request OUT //กำหนดขา SMEMA2 เป็นเอาต์พุต
  pinMode(MOTOR1, OUTPUT); //กำหนดขา MOTOR1 เป็นเอาต์พุต
  pinMode(MOTOR2, OUTPUT); //กำหนดขา MOTOR1 เป็นเอาต์พุต
  pinMode(stopper1, OUTPUT); //กำหนดขา stopper1 เป็นเอาต์พุต
  pinMode(30, INPUT); //กำหนดขา 30 เป็นอินพุต
  pinMode(14, INPUT_PULLUP); //กำหนดขา 30 เป็นสถานะของสวิตช์ให้เป็น 1 ตลอด
}
void loop()
{
  loopsw1:
  buttonPin = digitalRead(14); //กำหนด buttonPin อ่านค่าอนาล็อกที่ขา 14
  buttonState = buttonPin; //กำหนดให้ buttonState มีค่าเท่ากับ buttonPin

```

```

if ( buttonState == 0) //ตรวจสอบเงื่อนไขเป็นจริงโดย buttonState มีค่าเป็นลอจิก 0
{
    goto loopA; //ไปยัง ลูป A โหมดอัตโนมัติ
}
else //ถ้าเงื่อนไขเป็นเท็จ
{
    goto loopAA; //ไปยัง ลูป AA โหมดแมนนวล
}

if ( buttonState == 1) //ตรวจสอบเงื่อนไขเป็นจริงโดย buttonState มีค่าเป็นลอจิก 1
{
    goto loopAA; //ไปยัง ลูป AA
}
else //ถ้าเงื่อนไขเป็นเท็จ
{
    goto loopA; //ไปยัง ลูป A
}

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
loopA:
{
    {
        buttonPin = digitalRead(14); //กำหนด buttonPin อ่านค่าอนาล็อกที่ขา 14
        buttonState = buttonPin; //กำหนดให้ buttonState มีค่าเท่ากับ buttonPin
        if ( buttonState == 1) //ตรวจสอบเงื่อนไขเป็นจริงโดย buttonState มีค่าเป็นลอจิก 1
        {
            goto loopAA; //ไปยัง ลูป AA
        }
    }
    if (digitalRead(SEN1) == LOW) //ตรวจสอบเงื่อนไขเป็นจริงโดยอ่านค่าอนาล็อกที่ SEN1 มีค่า
    ลอจิกเท่ากับ 0
    {
        digitalWrite(SMEMA1, LOW); //กำหนดให้ขา SMEMA1 มีค่าสถานะลอจิก 0
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

digitalWrite(MOTOR1, HIGH); //กำหนดให้ขา MOTOR1 มีค่าสถานะลอจิก 0
digitalWrite(MOTOR2, LOW); //กำหนดให้ขา MOTOR2 มีค่าสถานะลอจิก 0
digitalWrite(stopper1, LOW); //กำหนดให้ขา stopper1 มีค่าสถานะลอจิก 0
delay(50); //หน่วงเวลา 0.05 วินาที

goto loop1;
}
else
{
digitalWrite(SMEMA1, HIGH);
}
}
loop1:
{
if (digitalRead(SEN2) == LOW)
{
digitalWrite(SMEMA1, LOW);
digitalWrite(MOTOR1, HIGH);
delay(500);
digitalWrite(MOTOR2, HIGH);
digitalWrite(stopper1, LOW);
delay(50);
goto loop2;
}
else
{
goto loop1;
}
}
buttonPin = digitalRead(14);
buttonState = buttonPin;
if ( buttonState == 1)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    {
        goto loopAA;
    }
}
loop2:
{
    if (digitalRead(SEN3) == LOW)
    {
        digitalWrite(SMEMA1, HIGH);
        digitalWrite(MOTOR2, LOW);
        digitalWrite(stopper1, HIGH);
        delay(50);
        goto loop3;
    }
    else
    {
        goto loop2;
    }
    buttonPin = digitalRead(14);
    buttonState = buttonPin;
    if ( buttonState == 1)
    {
        goto loopAA;
    }
}
loop3:
{
    if (digitalRead(SEN1) == LOW)
    {
        digitalWrite(SMEMA1, LOW);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

digitalWrite(MOTOR1, HIGH);
digitalWrite(stopper1, HIGH);
delay(50);
goto loop4;
}
else
{
digitalWrite(SMEMA1, HIGH);
goto loop3;
}
buttonPin = digitalRead(14);
buttonState = buttonPin;
if ( buttonState == 1)
{
goto loopAA;
}
}
loop4:
{
if (digitalRead(SEN2) == LOW)
{
digitalWrite(SMEMA1, LOW);
digitalWrite(MOTOR2, LOW);
digitalWrite(stopper1, HIGH);
digitalWrite(MOTOR1, LOW); ///เพิ่ม
delay(50);
goto loop5;
}
else
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    goto loop4;
}
buttonPin = digitalRead(14);
buttonState = buttonPin;
if ( buttonState == 1)
{
    goto loopAA;
}
}
loop5:
{
    if (digitalRead(SEN3) == LOW)
    {
        digitalWrite(SMEMA2, HIGH);
        delay(5000);
        digitalWrite(SMEMA2, LOW);
        digitalWrite(SMEMA1, HIGH);
        digitalWrite(stopper1, LOW); //เพิ่ม
        digitalWrite(MOTOR2, HIGH);
        delay(800);
        digitalWrite(MOTOR2, LOW);
        goto loop6;
    }
    else
    {
        goto loop5;
    }
    buttonPin = digitalRead(14);
    buttonState = buttonPin;
    if ( buttonState == 1)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    {
        goto loopAA;
    }
}
loop6:
{
    if (digitalRead(SEN2) == LOW)
    {
        digitalWrite(MOTOR2, HIGH);
        digitalWrite(MOTOR1, HIGH); ///เพิ่ม
        delay(1000);
        goto loop7;
    }
    else
    {
        goto loop6;
    }
    buttonPin = digitalRead(14);
    buttonState = buttonPin;
    if ( buttonState == 1)
    {
        goto loopAA;
    }
}
loop7:
{
    if (digitalRead(SEN3) == LOW)
    {
        digitalWrite(SMEMA1, HIGH);
        digitalWrite(MOTOR2, LOW);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

digitalWrite(stopper1, HIGH);
delay(50);
goto loop8;
}
else
{
    goto loop7;
}
buttonPin = digitalRead(14);
buttonState = buttonPin;
if ( buttonState == 1)
{
    goto loopAA;
}
}
loop8:
{
    if (digitalRead(SEN3) == LOW)
    {
        digitalWrite(SMEMA2, HIGH);
        delay(5000);
        digitalWrite(SMEMA2, LOW);
        digitalWrite(MOTOR2, HIGH);
        delay(1000);
        digitalWrite(MOTOR2, LOW);
        digitalWrite(MOTOR1, LOW);
        goto loopsw1;
    }
}
else
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    goto loop8;
}
buttonPin = digitalRead(14);
buttonState = buttonPin;
if ( buttonState == 1)
{
    goto loopAA;
}
}
}
////////////////////////////////////
loopAA:
{
{
    buttonPin = digitalRead(14);
    buttonState = buttonPin;
    if ( buttonState == 0)
    {
        goto loopA;
    }
    if (digitalRead(SEN1) == HIGH)
    {
        digitalWrite(SMEMA1, HIGH);
        digitalWrite(MOTOR2, LOW);
        goto loopAA;
    }
}
else
{
    goto loop11;
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
loop11:
    {
        if (digitalRead(SEN1) == LOW)
        {
            digitalWrite(MOTOR1, HIGH);
            digitalWrite(SMEMA1, LOW);
            delay(50);
            goto loop22;
        }
        else
        {
            goto loop11;
        }
        buttonPin = digitalRead(14);
        buttonState = buttonPin;
        if ( buttonState == 0)
        {
            goto loopA;
        }
    }
loop22:
    {
        if (digitalRead(SEN2) == LOW)
        {
            digitalWrite(MOTOR1, LOW);
            digitalWrite(MOTOR2, LOW);
            digitalWrite(SMEMA1, LOW);
            goto loop88;
        }
    }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else
{
    goto loop22;
}
buttonPin = digitalRead(14);
buttonState = buttonPin;
if ( buttonState == 0)
{
    goto loopA;
}
}
loop88:
{
    Sw_Bypass = digitalRead(30);
    State_Bypass = Sw_Bypass;
    if (State_Bypass == LOW)
    {
        digitalWrite(MOTOR2, HIGH);
        digitalWrite(MOTOR1, HIGH);
        delay(500);
        digitalWrite(MOTOR1, LOW);
        goto loop33;
    }
    else
    {
        goto loop88;
    }
    buttonPin = digitalRead(14);
    buttonState = buttonPin;
    if ( buttonState == 0)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    {
        goto loopA;
    }
}
loop33:
{
    if (digitalRead(SEN3) == LOW)
    {
        digitalWrite(MOTOR2, LOW);
        digitalWrite(SMEMA1, LOW);
        delay(50);
        goto loop44;
    }
    else
    {
        digitalWrite(MOTOR2, HIGH);
        delay(50);
        goto loop33;
    }
    buttonPin = digitalRead(14);
    buttonState = buttonPin;
    if ( buttonState == 0)
    {
        goto loopA;
    }
}
loop44:
{
    if (digitalRead(SEN3) == LOW)
    {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

digitalWrite(SMEMA2, HIGH);
delay(5000);
digitalWrite(SMEMA2, LOW);
digitalWrite(MOTOR2, HIGH);
delay(1000);
goto loopsw1;
}
else
{
goto loop44;
}
buttonPin = digitalRead(14);
buttonState = buttonPin;
if ( buttonState == 0)
{
goto loopA;
}
}
}
}
}
}
}
}

```



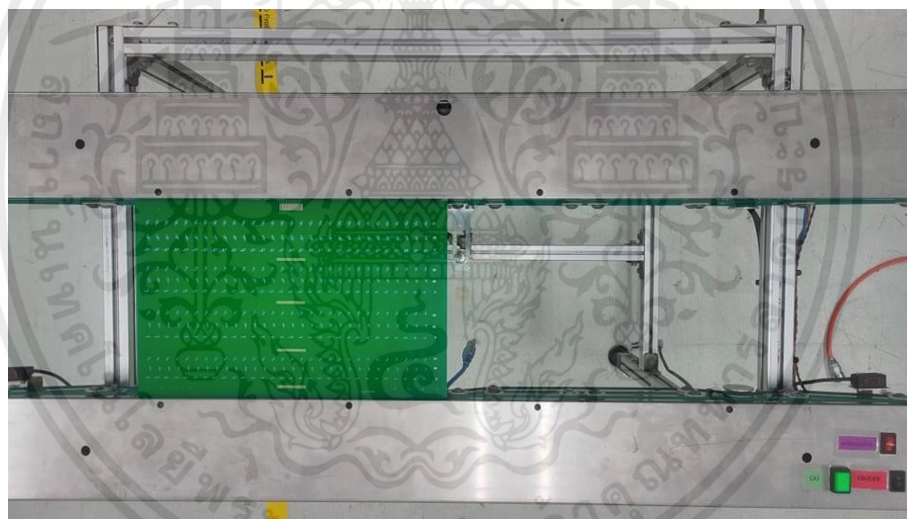
ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้งานสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMEMA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



คู่มือการใช้งานสายพานลำเลียงแผ่นวงจรด้วยสัญญาณ SMD



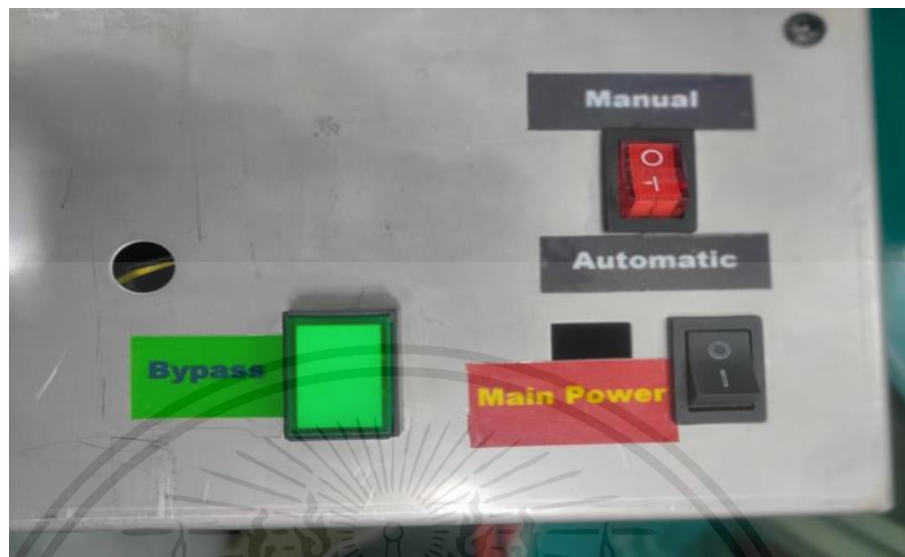
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2564

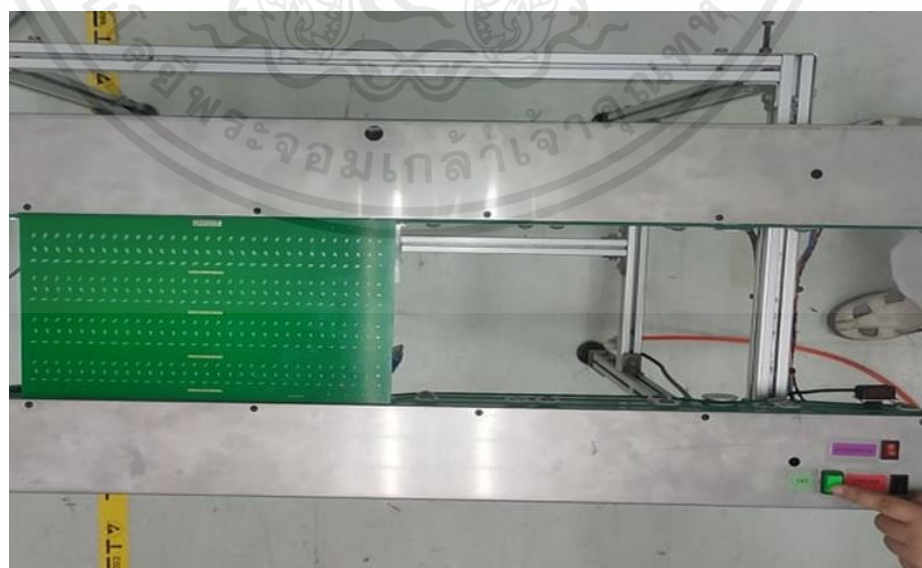
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เสียบปลั๊กแล้วทำการเปิดเครื่องโดยกดสวิตช์เปิด (Main Power) ดังรูปที่ ข.1



รูปที่ ข.1 สวิตช์เปิด (Main Power)

2. กดสวิตช์เลือกโหมดการทำงานได้ 2 โหมดอัตโนมัติและโหมดแมนนวล
3. ในโหมดของแมนนวล เมื่อแผ่นวงจรหยุดตรงไฟได้อิเล็กทริกเซนเซอร์ตัวที่ 2 และพนักงาน QC ตรวจสอบเช็คแผ่นวงจรเรียบร้อยแล้วให้กดสวิตช์บายพาสเพื่อเริ่มการลำเลียง ดังรูปที่ ข.2



รูปที่ ข.2 สวิตช์บายพาส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OMRON

Photoelectric Sensor with Built-in Amplifier with New Connector Options

E3Z

Compact Sensor Offers Long Sensing Distance and Superior Noise-Immunity

- Photo-IC provides long sensing distance: 15 m and 10 m for through-beam, 4 m for retroreflective, and 1 m for diffuse.
- Integrated Photo-IC improves noise immunity to interference from inverters and other inductive loads.
- New injection molding technology assures IP67 rating to withstand water and dust.
- Switch-selectable, Light-ON/Dark-ON operation.
- M8 connector-ready and 2 m, pre-wired models.
- NPN or PNP output models available.

1200 psi
washdown rated

Ordering Information

■ Sensors

Stock Note: Shaded models are normally stocked.

Sensing method	Light source	Appearance	Connection method	Sensing distance	Model	
					NPN output	PNP output
Through-beam	IR/RED		Pre-wired	15 m (IR) 10 m (RED) (See Note 1.)	E3Z-T61(A)	E3Z-T81(A)
			Connector		E3Z-T66(A)	E3Z-T86(A)
			Pigtail 3 pin (M8)		E3Z-T61(A)-M5J	E3Z-T81(A)-M5J
			Pigtail 4 pin (M8)		E3Z-T61(A)-M3J	E3Z-T81(A)-M3J
			Pigtail 4 pin (M12)		E3Z-T61(A)-M1J	E3Z-T81(A)-M1J
Polarized retroreflective	RED	(See Note 2.)	Pre-wired	100 mm to 4 m 100 mm to 3 m (See Note 3.)	E3Z-R61	E3Z-R81
			Connector		E3Z-R66	E3Z-R86
			Pigtail 3 pin (M8)		E3Z-R61-M5J	E3Z-R81-M5J
			Pigtail 4 pin (M8)		E3Z-R61-M3J	E3Z-R81-M3J
			Pigtail 4 pin (M12)		E3Z-R61-M1J	E3Z-R81-M1J
Diffuse reflective	IR		Pre-wired	5 to 100 mm (wide view)	E3Z-D61	E3Z-D81
			Connector		E3Z-D66	E3Z-D86
			Pigtail 3 pin (M8)		E3Z-D61-M5J	E3Z-D81-M5J
			Pigtail 4 pin (M8)		E3Z-D61-M3J	E3Z-D81-M3J
			Pigtail 4 pin (M12)		E3Z-D61-M1J	E3Z-D81-M1J
			Pre-wired	1 m	E3Z-D62	E3Z-D82
			Connector		E3Z-D67	E3Z-D87
			Pigtail 3 pin (M8)		E3Z-D62-M5J	E3Z-D82-M5J
			Pigtail 4 pin (M8)		E3Z-D62-M3J	E3Z-D82-M3J
			Pigtail 4 pin (M12)		E3Z-D62-M1J	E3Z-D82-M1J

Note: 1. Model numbers that end with (A) are red LED versions.

2. The Reflector is sold separately. Select the Reflector model most suited to the application.

3. Sensing distance can be extended to 4 meters when the E39-R1S reflector is used. The sensing distance is 3 meters when the E39-R1 reflector is used.

■ Accessories (order separately)

Stock Note: Shaded models are normally stocked.

Slit for Through-beam Models (E3Z-T□□)

Order a slit for each emitter and receiver.

Slit width	Sensing distance (typical)	Minimum sensing object (typical)	Model
0.5 mm dia.	50 mm	0.5 mm dia.	E39-S65A
1 mm dia.	200 mm	1 mm dia.	E39-S65B
2 mm dia.	800 mm	2 mm dia.	E39-S65C
0.5 × 10 mm	1 m	0.7 mm dia.	E39-S65D
1 × 10 mm	2.2 m	1.2 mm dia.	E39-S65E
2 × 10 mm	5 m	2.4 mm dia.	E39-S65F

■ Reflectors for Retroreflective Models

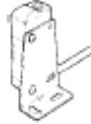










Stock Note: Shaded models are normally stocked.

Name	Sensing distance (typical)	Model
Reflector	100 mm to 3 m	E39-R1
	100 mm to 4 m	E39-R1S
	100 mm to 5 m	E39-R2
	100 mm to 2.5 m	E39-R9
	100 mm to 3.5 m	E39-R10
Miniature Reflector	50 mm to 1.5 m	E39-R3
Tape Reflector	150 mm to 700 mm	E39-RS1
	150 mm to 1.1 m	E39-RS2
	150 mm to 1.4 m	E39-RS3

Note: The actual sensing distance may be reduced to approximately 70% of the typical sensing distance when using a Reflector other than the E39-R1 or the E39-R1S.

■ Mounting Brackets

Stock Note: Shaded models are normally stocked.

Appearance	Description	Model	Appearance	Description	Model
	L-bracket, horizontal	E39-L104		Adjustable height and angle bracket for sensors; horizontal mounting rotates every 45 degrees Mounted to the aluminum frame rails of conveyors, easily adjustable	E39-L93FH
	L-bracket, vertical	E39-L44		Adjustable height and angle bracket for sensors; vertical mounting rotates every 45 degrees	E39-L93FV
	Open top, 20° angle adjustability	E39-L43		Adjustable height and angle bracket for sensors; fixed horizontal base mounting	E39-L93H
	Protected top 5° angle adjustability	E39-L144		Adjustable height and angle bracket for sensors; fixed vertical base mounting	E39-L93V
	Compact vertical protective cover bracket	E39-L142		Adjustable height and angle bracket for sensors; free range of X and Y axis positioning; no base included for vertical post	E39-L93XY
	Vertical protective cover bracket	E39-L98			

Note: If a through-beam model is used, order two Mounting Brackets — one for the emitter and one for the receiver.

■ M8 CONNECTORS

Appearance	Cable type		Model
Straight	2 m (6.56 ft)	Four-wire type	XS3F-M421-402-A
	5 m (16.40 ft)		XS3F-M421-405-A
Right angle	2 m (6.56 ft)		XS3F-M422-402-A
	5 m (16.40 ft)		XS3F-M422-405-A
Straight	2 m (6.56 ft)	Three-wire type	Y96E-M833SD2
	5 m (16.40 ft)		Y96E-M833SD5
Right angle	2 m (6.56 ft)		Y96E-M833RD2
	5 m (16.40 ft)		Y96E-M833RD5

■ M12 CONNECTORS

Appearance	Cable type		Model
Straight	2 m (6.56 ft)	Four-wire type	Y96E-44SD2
	5 m (16.40 ft)		Y96E-44SD5
Right angle	2 m (6.56 ft)		Y96E-44RD2
	5 m (16.40 ft)		Y96E-44RD5

Specifications

Item	Sensing method		Through-beam	Polarized retroreflective	Diffuse reflective	
		NPN output		E3Z-T81/T88 (A) (Note 3)	E3Z-R81/R88	E3Z-D81/D88
	PNP output		E3Z-T81/T88 (A) (Note 3)	E3Z-R81/R88	E3Z-D81/D88	E3Z-D82/D87
Sensing distance			15 m 10 m (A) (Note 3)	100 mm (4 m Note 1) (when using E39-R1S) 100 mm (3 m Note 2) (when using E39-R1)	White paper (100 × 100 mm): 100 mm	White paper (300 × 300 mm): 1 m
Standard sensing object			Opaque: 12 mm (dia. min.)	Opaque: 75 mm (dia. min.)	---	---
Hysteresis			---	---	20% max. of setting distance	
Directional angle			Both emitter and re- ceiver: 3 to 15°	2 to 10°	---	
Light source (wave length)			Infrared LED (870 nm)	Red LED (660 nm)	Infrared LED (880 nm)	
Power supply voltage			12 to 24 VDC ±10% including 10% (p-p) max. ripple			
Current consumption			Emitter: 15 mA Receiver: 20 mA	30 mA max.		
Control output			100 mA max. at 26.4 VDC, open collector output (residual voltage: 2 V max.) < 10 mA (residual voltage: 1 V max.) L-ON/D-ON, switch selectable			
Circuit protection			Load short-circuit, re- versed power supply protection, and output reverse protection	Reversed power supply connection, output short-circuit, and mutual interference protection, and output reverse protection		
Response time			1 ms max.			
Sensitivity adjustment			One-turn potentiometer			
Ambient illumination (receiver side)	Incandescent lamp		3,000 ℓ max.			
	Sunlight		10,000 ℓ max.			
Ambient temperature	Operating		-25°C to 55°C (-13°F to 131°F)			
	Storage		-40°C to 70°C (-40°F to 158°F) with no icing or condensation			
Ambient humidity	Operating		35% to 85%			
	Storage		35% to 85% with no condensation			
Insulation resistance			20 MΩ min. at 500 VDC			
Dielectric strength			1,000 VAC, 50/60 Hz for 1 min			
Vibration resistance			10 to 55 Hz, 1.5-mm double amplitude or 300 m/s ² for 2 hours each in X, Y, and Z axes			
Shock resistance	Destruction		500 m/s ² 3 times each in X, Y, and Z axes			
Enclosure rating			IP67 (IEC60529) 1200 PSI Washdown (NEMA ICS5, ANNEX F)			
Approvals			CE			
Connection method			2 m cable or M8 connector			
Indicator			Operation indicator (orange) Stability indicator (green) Emitter has power indicator (orange) only			
Weight (packed state)	Pre-wired cable (2 m)		Approx. 120 g (4.2 oz)	Approx. 65 g (2.3 oz)		
	Connector		Approx. 30 g (1.1 oz)	Approx. 20 g (0.7 oz)		
Material			Case: PBT (polybutylene terephthalate); Lens: Denatured polyallylate			
Accessories			Instruction manual (Order Reflector and Mounting Bracket separately.)			

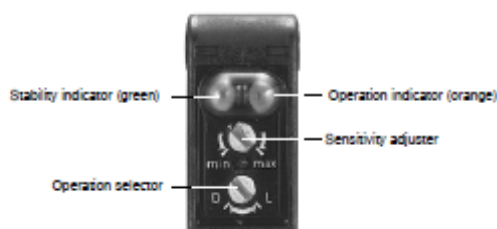
- Note: 1. Sensing distance can be extended up to 4 meters when the E39-R1S reflector is used.
2. Sensing distance can be extended up to 3 meters when the E39-R1 reflector is used.
3. Sensing distance is 10 meters when using the (A) versions (visible red LED, 660 nm).

Nomenclature

Through-beam Models
E3Z-T6□ Receiver

Retroreflective Models
E3Z-R6□

Diffuse-reflective Models
E3Z-D6□



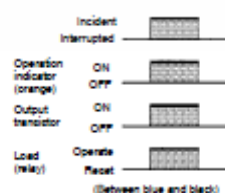
Operation

Output Circuits

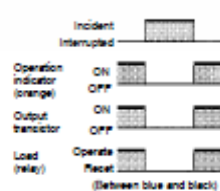
Model	E3Z-T61/-T66/-R61/-R66/-D61/-D66/-D62/-D67	
NPN output	Through-beam receiver Retroreflective model Diffuse reflective model	Through-beam emitter
Model	E3Z-T81/-T86/-R86/-D81/-D86/-D82/-D87	
PNP output	Through-beam receiver Retroreflective model Diffuse reflective model	Through-beam emitter
Connector pin arrangement	<p>Pin 2 is open.</p>	<p>Pins 2, 4 are open.</p>

Timing Charts

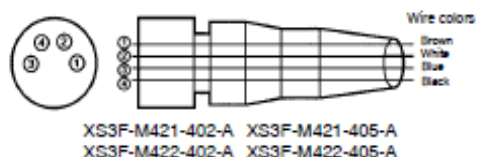
Light-ON (L-ON) Operation



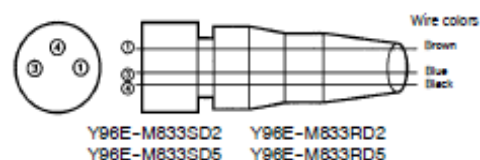
Dark-ON (D-ON) Operation



■ M8 Connector PIN-OUT (4-Pin)



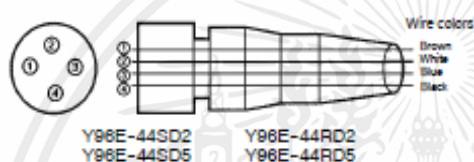
(3-Pin)



Classification	Wire color	Connector pin No.	Description
DC	Brown	1	Power supply (+V)
	White	2	Pin 2 is not used.
	Blue	3	Power supply (0 V)
	Black	4	Output

Note: The through-beam emitter does not use pins 2 and 4.

■ M12 Connector PIN-OUT (4-Pin)



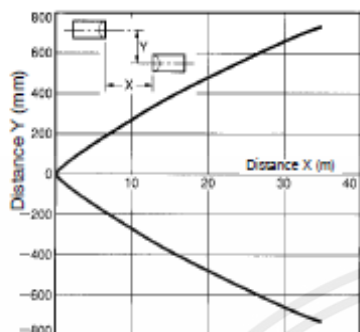
Classification	Wire color	Connector pin No.	Description
DC	Brown	1	Power supply (+V)
	White	2	Pin 2 is not used.
	Blue	3	Power supply (0 V)
	Black	4	Output

Note: The through-beam emitter does not use pins 2 and 4.

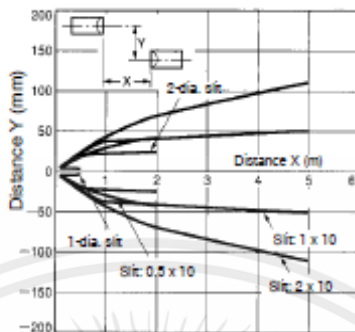
Engineering Data

■ Parallel Operating Range (typical)

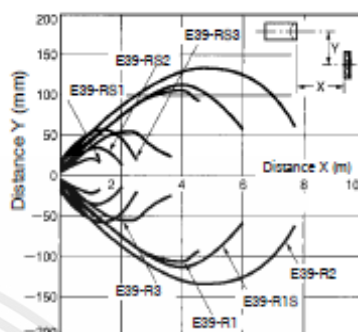
Through-beam Models
E3Z-T□1 (T□6)



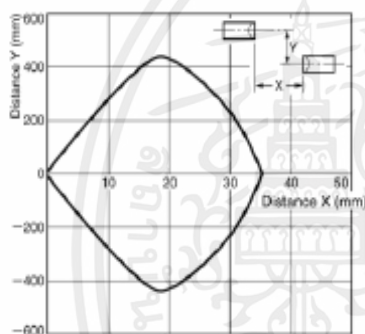
Through-beam Models
E3Z-T□1 (T□6) and Slit



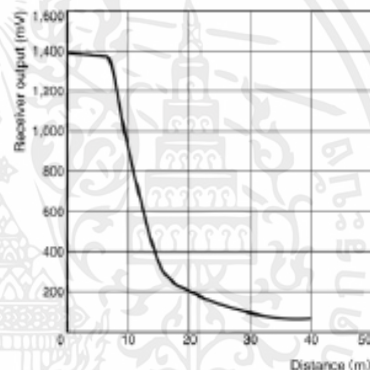
Retroreflective Models
E3Z-R□1 (R□6) and Reflector



Parallel Operating Range (Typical)
E3Z-T□A

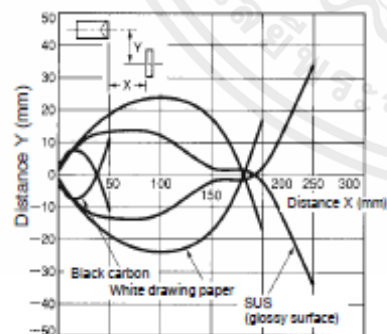


Receiver Output vs. Distance (Typical)
E3Z-T□A

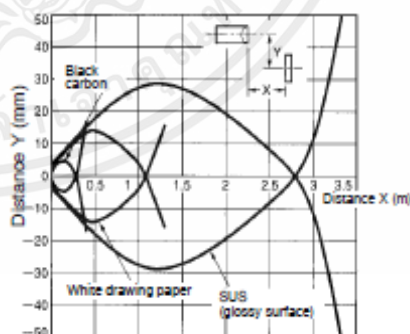


■ Operating Range (typical)

Diffuse Reflective Models
E3Z-D□1 (D□6)

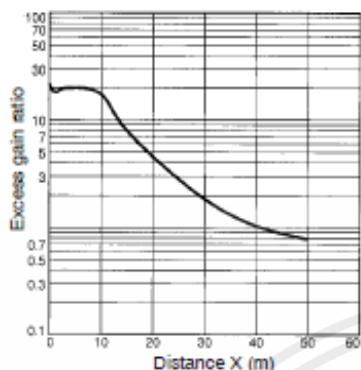


Diffuse Reflective Models
E3Z-D□2 (D□7)

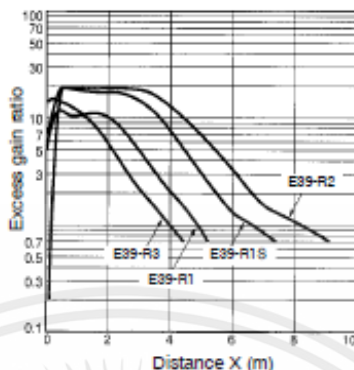


■ Excess Gain Ratio vs. Distance (typical)

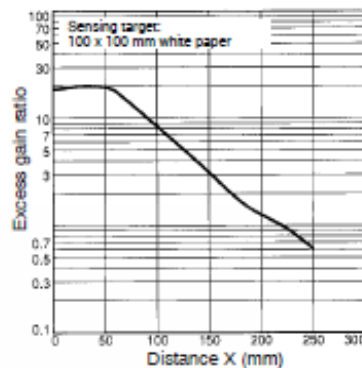
Through-beam Models
E3Z-T□1 (T□6)



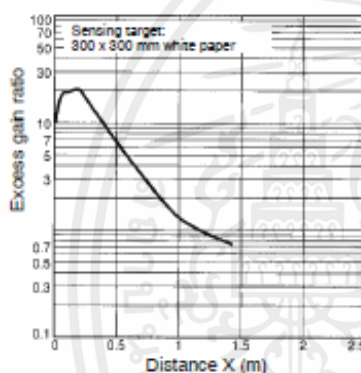
Retroreflective Models
E3Z-R□1 (R□6) and Reflector



Diffuse Reflective Models
E3Z-D□1 (D□6)

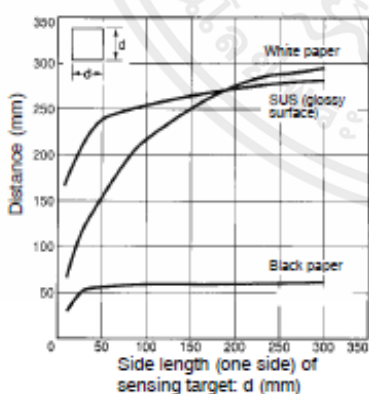


Diffuse Reflective Model
E3Z-D□2 (D□7)

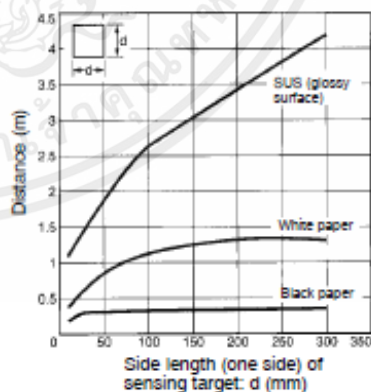


■ Sensing Target Size vs. Sensing Distance (typical)

Diffuse Reflective Models
E3Z-D□1 (D□6)



Diffuse Reflective Models
E3Z-D□2 (D□7)



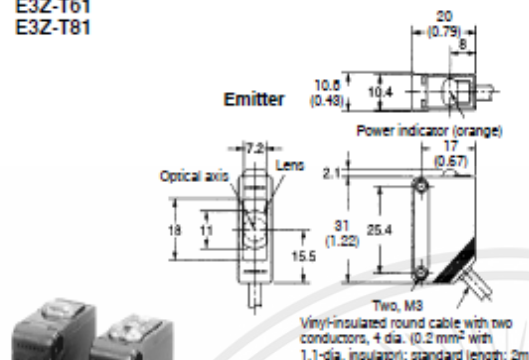
Dimensions

Unit: mm (inch)

■ Sensors

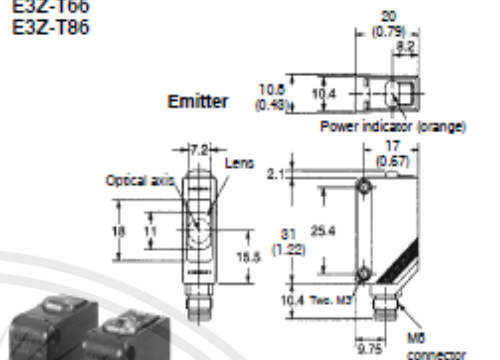
Through-beam (Pre-wired Models)

E3Z-T61
E3Z-T81



Through-beam (Connector Models)

E3Z-T66
E3Z-T86

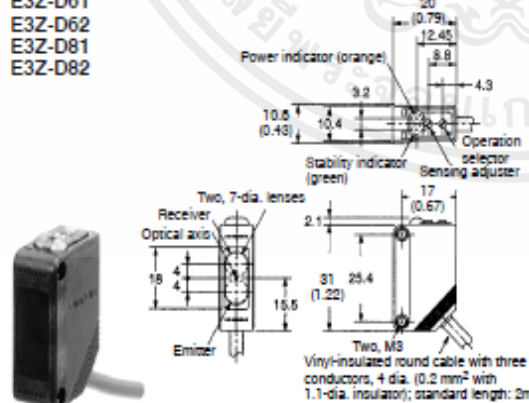


Retroreflective Models (Pre-wired Models)

E3Z-R61
E3Z-R81

Diffuse Reflective Models (Pre-wired Models)

E3Z-D61
E3Z-D62
E3Z-D81
E3Z-D82

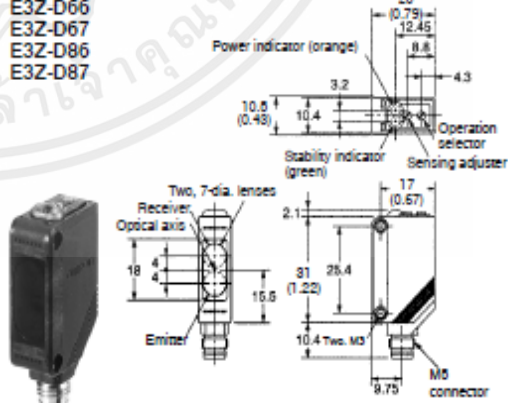


Retroreflective Models (Connector Models)

E3Z-R66
E3Z-R86

Diffuse Reflective Models (Connector Models)

E3Z-D66
E3Z-D67
E3Z-D86
E3Z-D87

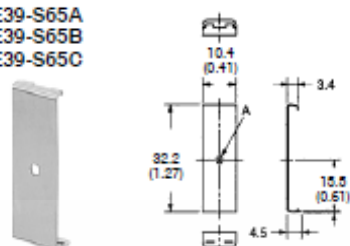


Note: Length of pigtaills: 0.3 m

Unit: mm (inch)

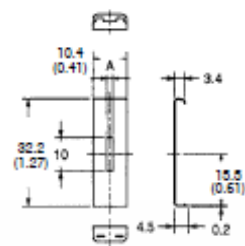
■ Slits

E39-S65A
E39-S65B
E39-S65C



Model	Side A	Material
E39-S65A	0.5 dia.	SUS301 stainless steel
E39-S65B	1.0 dia.	
E39-S65C	2.0 dia.	

E39-S65D
E39-S65E
E39-S65F



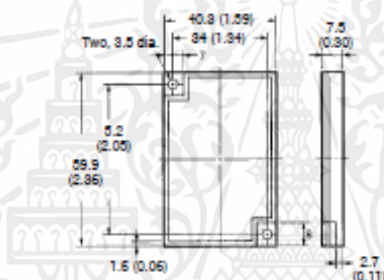
Model	Side A	Material
E39-S65D	0.5	SUS301 stainless steel
E39-S65E	1.0	
E39-S65F	2.0	

■ Reflectors

E39-R1
E39-R1S



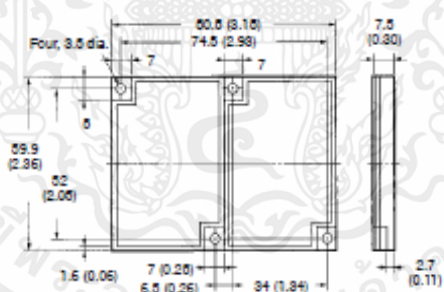
Material
Surface: Acrylic resin
Backside: ABS resin



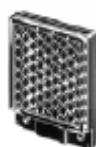
E39-R2



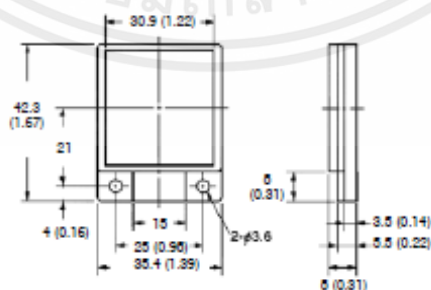
Material
Surface: Acrylic resin
Backside: ABS resin



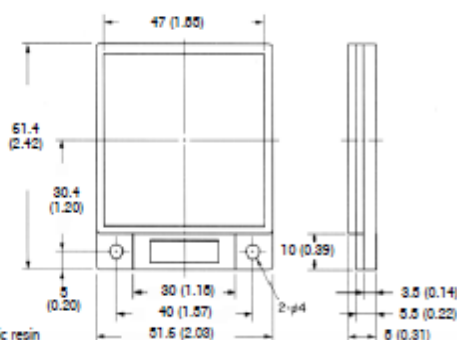
E39-R9



Material
Reflecting surface: Acrylic resin
Back: ABS resin



E39-R10



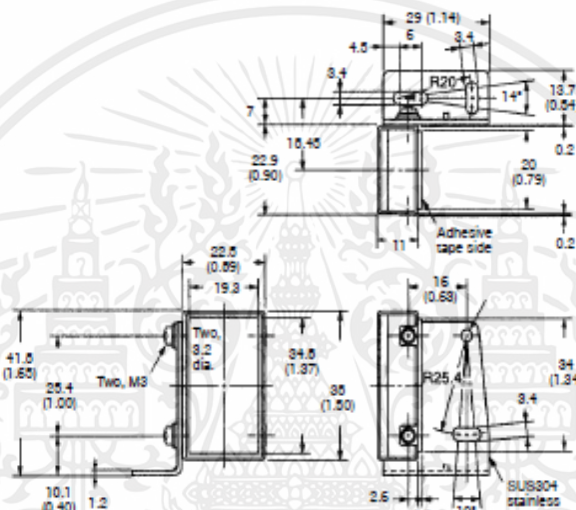
Material
Reflecting surface: Acrylic resin
Back: ABS resin

■ Miniature Reflector

E39-R3



Material
Surface: Acrylic resin
Backside: ABS resin



■ Tape Reflectors

E39-RS1



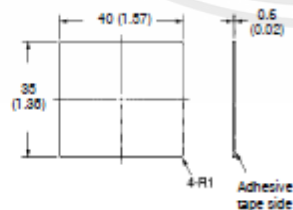
Material:
Acrylic resin



E39-RS2



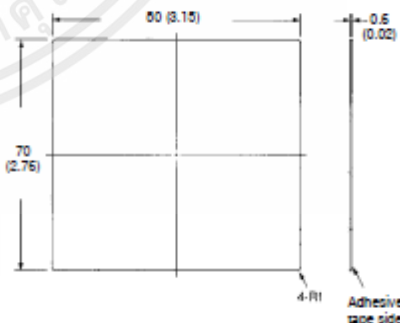
Material:
Acrylic resin



E39-RS3



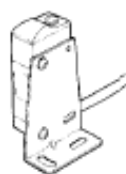
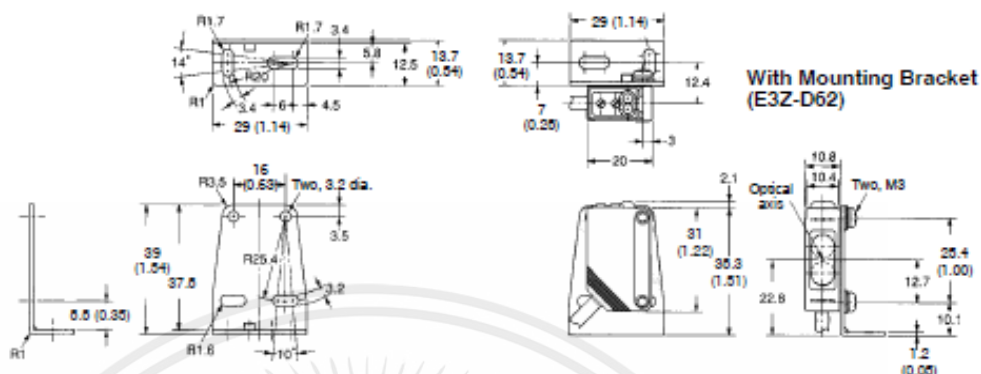
Material:
Acrylic resin



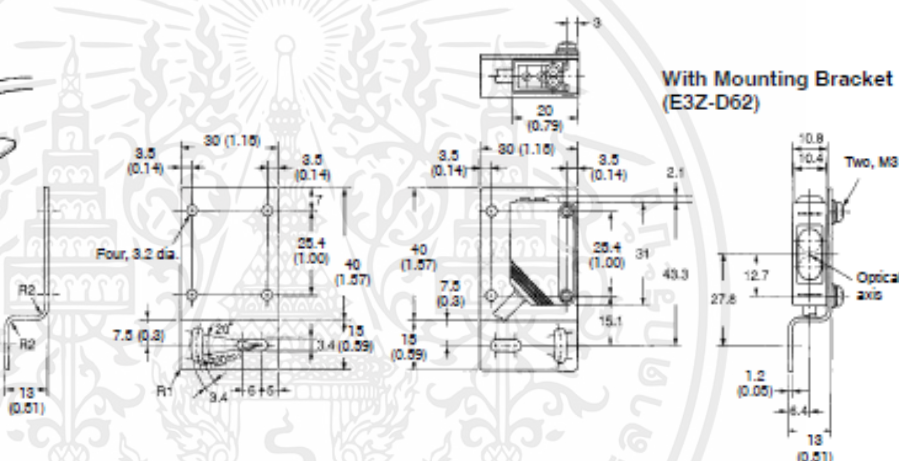
Unit: mm (inch)

■ Mounting Brackets

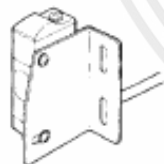
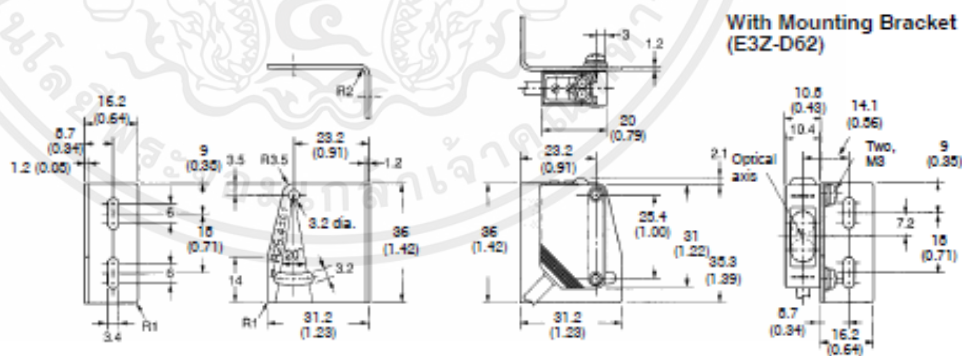
E39-L104

Material:
SUS304
stainless steelWith Mounting Bracket
(E3Z-D62)

E39-L43

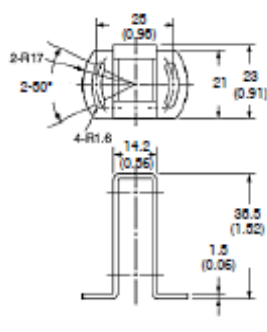
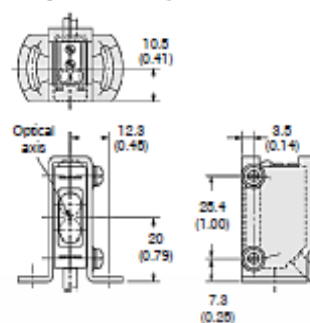
Material:
SUS304
stainless steelWith Mounting Bracket
(E3Z-D62)

E39-L44

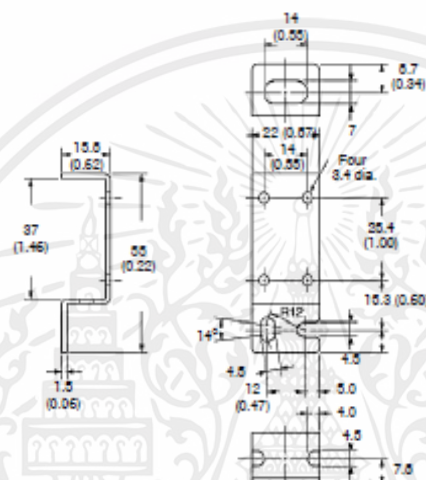
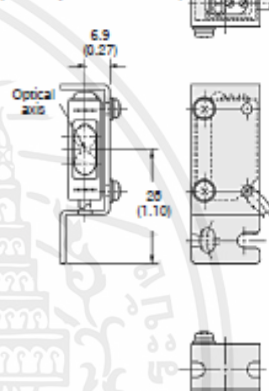
Material:
SUS304
stainless steelWith Mounting Bracket
(E3Z-D62)

OMRON

E39-L144

Material:
SUS304 stainless steelWith Sensor
(Example: E3Z-L61)

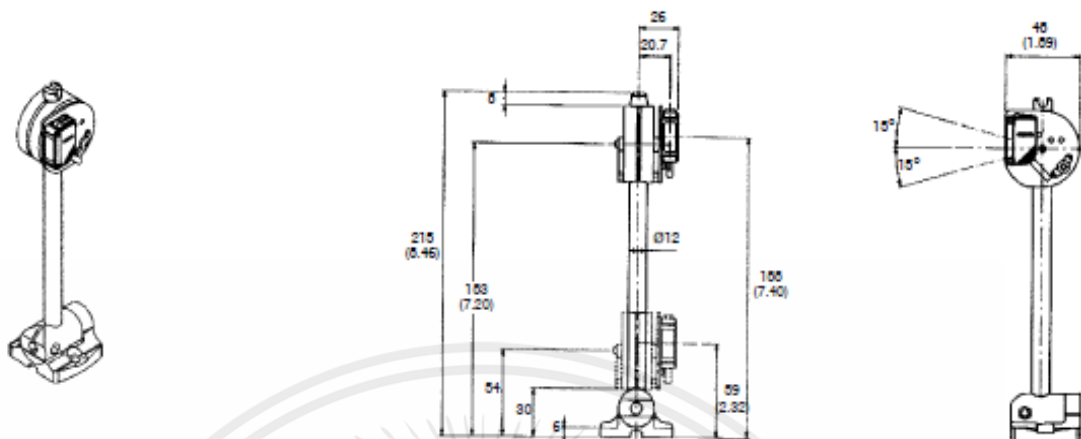
E39-L142

Material:
SUS304 stainless steelWith Sensor
(Example: E3Z-L61)

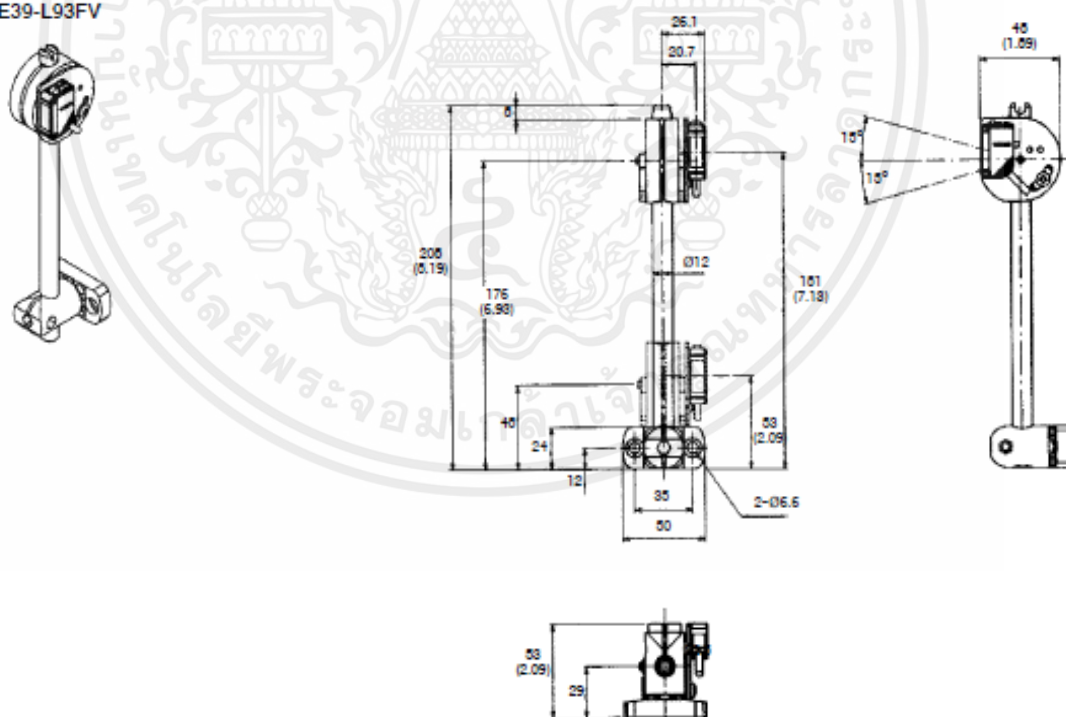
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Unit: mm (inch)

E39-L93FH

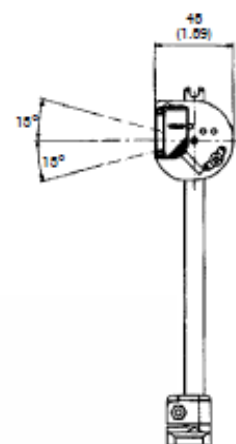
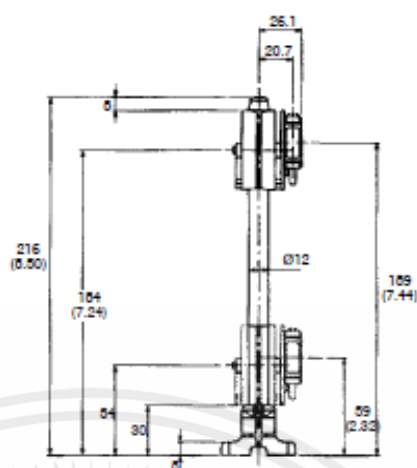


E39-L93FV

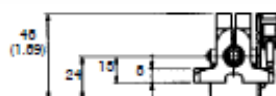
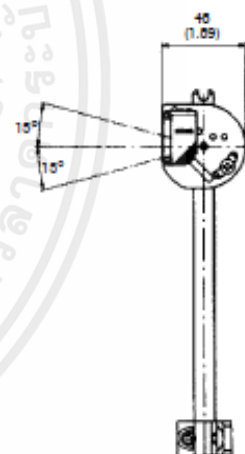
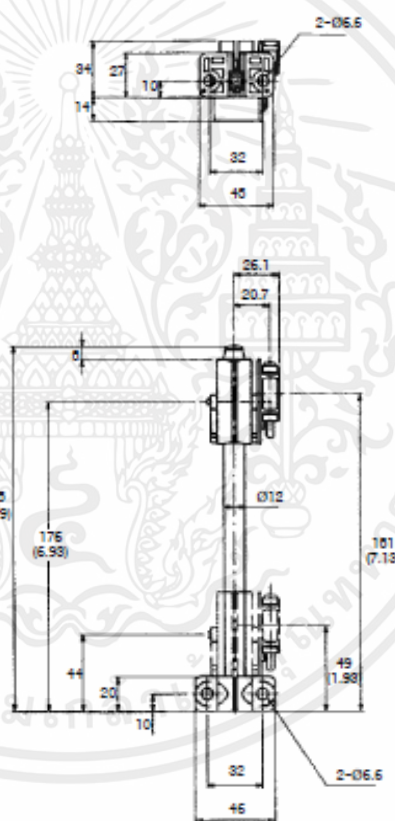


OMRON

E39-L93H



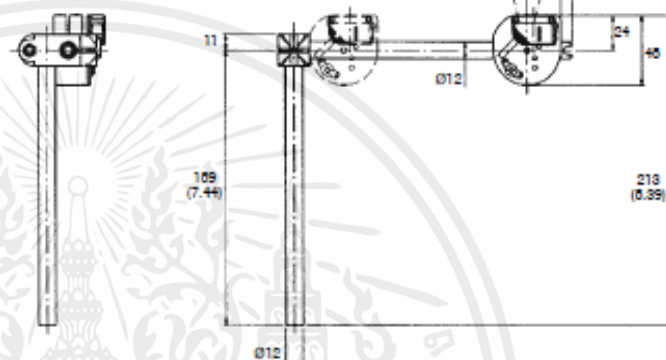
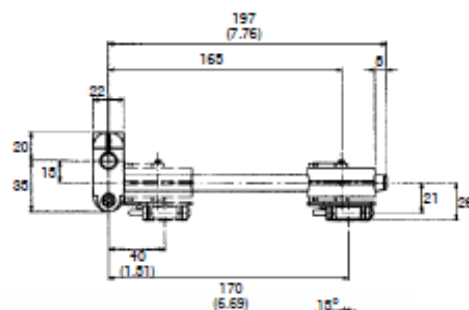
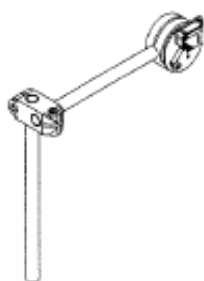
E39-L93V



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

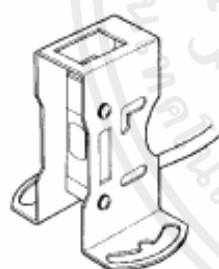
Unit: mm (inch)

E39-L93XY

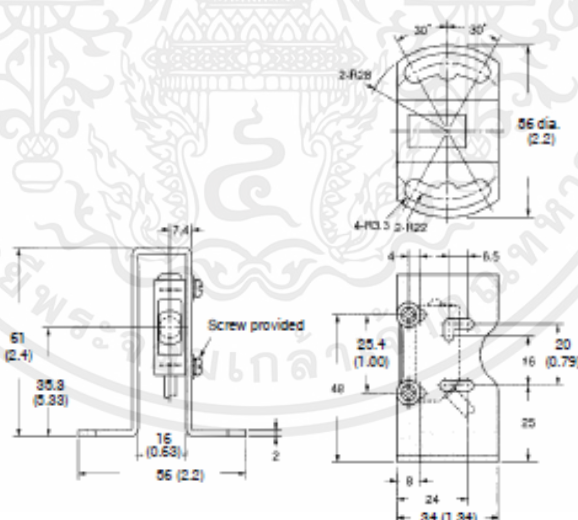


Note: The E39-L93XY consists of a vertical post, x-y joint, 2 nuts, 2 bolts and sensor mounting attachment. There is no base for the bottom of the vertical post.

E39-L98

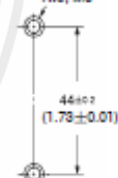


Material:
SUS304 stainless steel



Mounting Holes

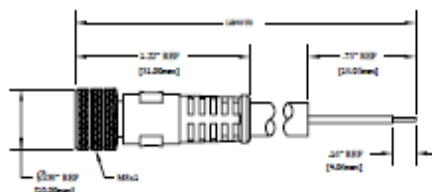
Two, M5



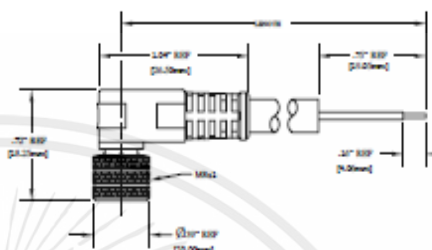
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ M8 Connector Cordsets (3-Pin)

Straight
Y96E-M833SD2
Y96E-M833SD5

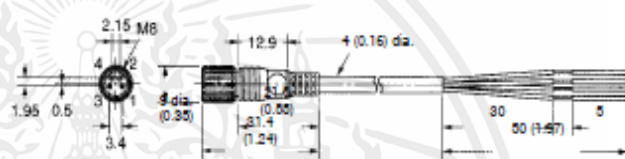


Right Angle
Y96E-M833RD2
Y96E-M833RD5

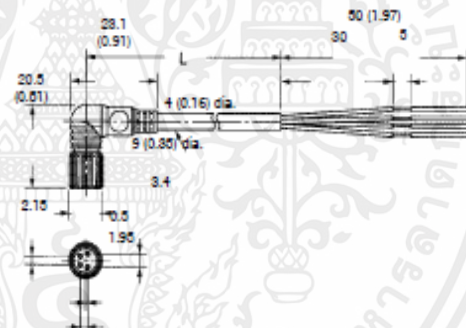


■ M8 Connector Cordsets (4-Pin)

Straight
XS3F-M421-402-A (L=2 m)
XS3F-M421-405-A (L=5 m)

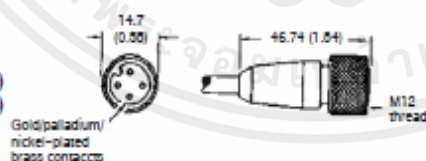


Right Angle
XS3F-M422-402-A (L=2 m)
XS3F-M422-405-A (L=5 m)

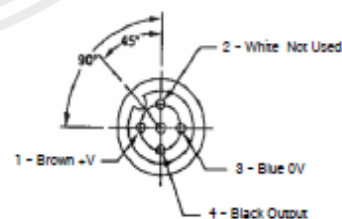
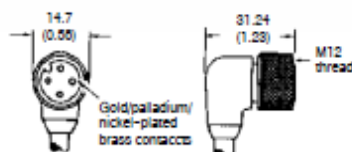


■ M12 Connector Cordsets (4-Pin)

Straight
Y96E-44SD2 (L=2 m)
Y96E-44SD5 (L=2 m)



Right Angle
Y96E-44RD2 (L=2 m)
Y96E-44RD5 (L=2 m)



Precautions

To ensure safe sensor operation, please follow the following precautions:

■ Wiring

Power Supply Voltage

Make sure that the power supply to the Sensor is within the rated voltage range.

Load Short-circuiting

Do not short-circuit the load, or the Sensor may be damaged.

Polarity

Correct polarity wiring is required to prevent damage to the sensor.

Connection Without Load

Do not connect power supply to the Sensor with no load connected, or the internal elements may explode or burn.

■ Operating Environment

Do not use the Sensor in locations with explosive or flammable gas.

■ Settings

Power Reset Time

The Sensor is ready to operate 100 ms after the Sensor is turned ON. If the load and Sensor are connected to independent power supplies respectively, be sure to turn ON the Sensor before turning the load ON.

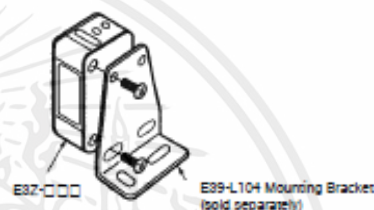
■ Connections

M8 Metal Connector

- Turn off power before disconnecting the sensor.
- Remove the connector cover before connecting or disconnecting the metal connector.
- Secure the connector cover by hand. Do not use any pliers, or the connector may be damaged.
- The proper tightening torque range is between 0.3 and 0.4 N • m. Be sure to tighten the connector securely in order to maintain the the specified degree of protection and to keep the connector from loosening due to vibration.

■ Mounting

Use M3 screws to mount the sensor and tighten each screw to a maximum torque of 0.53 N • m.



■ Adjustment

Slits for Through-beam Models (E39-S65A/B/C/D/E/F) Sold Separately

<p>Mounting Method</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hook the upper protruding portion of the Slit to the upper indented mounting portion of the Sensor and adjust the position of the Slit so that the Slit will be in parallel to the lens side of the Sensor. 2. Press the lower protruding portion of the Slit onto the indented mounting portion of the Sensor until the Slit snaps in. 	
<p>Mounting Condition</p>	<p>Side View Front View</p>
<p>Removal Method</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Press the upper portion of the Slit. 2. Disconnect the lower protruding portion of the Slit from the Sensor and remove the Slit. 	

Air Cylinder

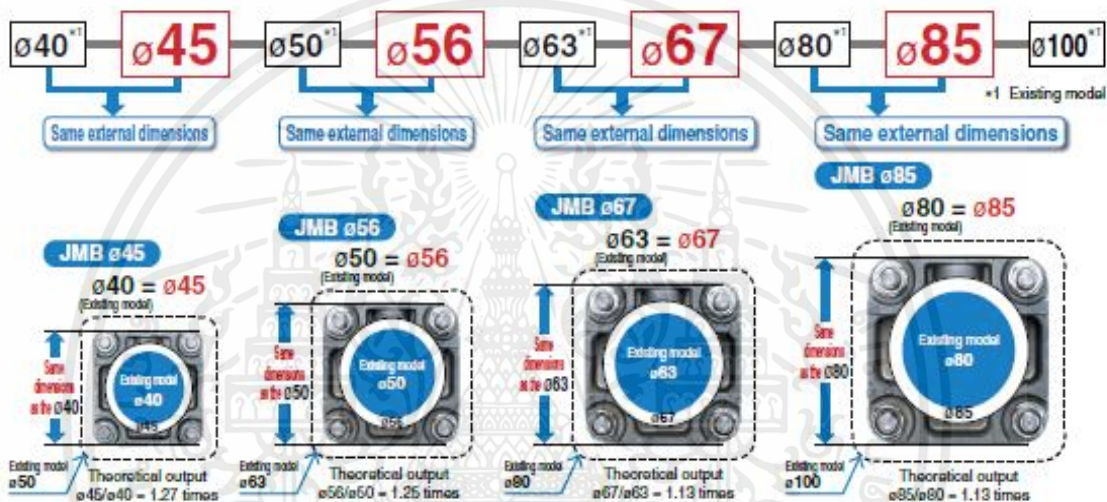
ø32, ø40, **ø45**, ø50, **ø56**, ø63, **ø67**, ø80, **ø85**, ø100 (RoHS)

Intermediary Bore Sizes

New A *foot type* and a *flange type* have been added.



- Air saving
- Space saving



Overall length shortened



Max. **Weight 36% lighter** 1.56 kg → 1.00 kg
(Compared with the existing MB series model, ø50, 100 mm stroke)

JMB Series

SMC
CAT.ES20-240E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

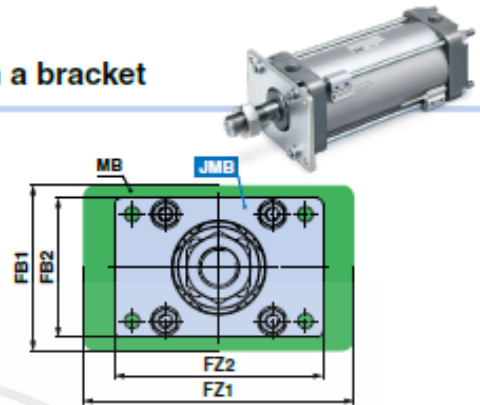
Lightweight and compact

Weight comparison between cylinders with a bracket

Flange bracket

Weight: Max. **49%** reduction Weight comparison (When mounted on the cylinder, 100 mm stroke) [kg]

Bore size [mm]	MB	JMB	Weight difference	Reduction rate [%]
ø32	0.95	0.49	0.46	49
ø40	1.28	0.71	0.57	45
ø50	2.01	1.11	0.9	45
ø63	2.62	1.49	1.13	43
ø80	4.7	2.53	2.17	46
ø100	7.79	4.08	3.71	48



Width: Max. **20%** reduction, Height: **16%** reduction

Dimension comparison (When mounted on the cylinder) [mm]

Bore size	Width				Height			
	MB: FZ1	JMB: FZ2	Reduction	Reduction rate [%]	MB: FB1	JMB: FB2	Reduction	Reduction rate [%]
ø32	79	65	14	18	50	42	8	16
ø40	80	72	18	20	55	48	7	13
ø50	110	89	21	19	70	60	10	14
ø63	120	100	20	17	80	70	10	13
ø80	153	127	26	17	100	90	10	10
ø100	178	154	24	13	120	110	10	8

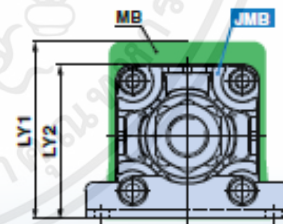
Foot bracket

Weight: Max. **35%** reduction Weight comparison (When mounted on the cylinder, 100 mm stroke) [kg]

Bore size [mm]	MB	JMB	Weight difference	Reduction rate [%]
ø32	0.78	0.52	0.26	33
ø40	1.05	0.74	0.31	30
ø50	1.78	1.16	0.62	35
ø63	2.11	1.56	0.55	26
ø80	3.75	2.7	1.05	28
ø100	5.14	4.21	0.93	18

Height: **11%** reduction Dimension comparison (When mounted on the cylinder) [mm]

Bore size	Height			
	MB: LY1	JMB: LY2	Reduction	Reduction rate [%]
ø32	53	47	6	11
ø40	59	53	6	10
ø50	72.5	66	6.5	9
ø63	82.5	77	5.5	7
ø80	102.5	98	4.5	4
ø100	122	121	1	1



New Part numbers for products with a rod end bracket are available. Example) JMDBB40-50-**V**-M9BW

It is not necessary to order a bracket for the applicable cylinder separately.

- The rod end bracket is shipped together with the product but does not come assembled.
- Rod end brackets are the same as those for the MB series.

Rod end bracket	
Nil	No bracket
V	Single knuckle joint
W	Double knuckle joint

With rod end bracket
V: Single knuckle joint W: Double knuckle joint



CONTENTS

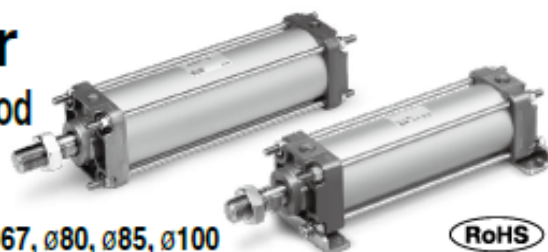
How to Order	p. 3	Prior to Use: Auto Switch Connections and Examples	p. 9
Specifications	p. 4	Specific Product Precautions	p. 10
Dimensions	p. 6	Safety Instructions	Back cover
Auto Switch Mounting	p. 8		

Air Cylinder

Double Acting, Single Rod

JMB Series

ø32, ø40, ø45, ø50, ø56, ø63, ø67, ø80, ø85, ø100



RoHS

How to Order

With auto switch **JMDB B 32** **50** **M9BW**

With auto switch (Built-in magnet)
• Not available without a magnet

Mounting

B	Basic
L	Axial foot
F	Rod flange
G	Head flange

• "L," "F," and "G" cannot be selected for bore sizes ø45, ø56, ø67, and ø85.

Bore size

32	32 mm
40	40 mm
45	45 mm
50	50 mm
56	56 mm
63	63 mm
67	67 mm
80	80 mm
85	85 mm
100	100 mm

Port thread type

Nil	Rc
TN	NPT
TF	G

Number of auto switches

Nil	2
S	1
3	3
n	n

Auto switch

Nil	Without auto switch
-----	---------------------

• For applicable auto switches, refer to the table below.

Rod end bracket

Nil	No bracket
V	Single knuckle joint
W	Double knuckle joint

• A knuckle joint pin is not provided with the single knuckle joint.
• The rod end bracket is shipped together with the product.

Cylinder stroke [mm]
Refer to page 4 for standard strokes.

Applicable Auto Switches. Refer to the Web Catalog for further information on auto switches.

Type	Special function	Electrical entry	Wiring (Output)	Load voltage		Auto switch model		Load wire length [m]				Pre-wired connector	Applicable load
				DC	AC	Popandouler	In-line	0.5 (Nil)	1 (M)	3 (L)	5 (Z)		
Solid state auto switch	—	Grommet	3-wire (NPN)	24 V	5 V, 12 V	—	M9NV	M9N	●	●	●	○	Relay, PLC
			3-wire (PNP)				M9PV	M9P	●	●	●	○	
			2-wire				M9BV	M9B	●	●	●	○	
			3-wire (NPN)				M9NWV	M9NW	●	●	●	○	
			3-wire (PNP)				M9PWV	M9PW	●	●	●	○	
			2-wire				M9BWV	M9BW	●	●	●	○	
	Diagnostic indication (2-color indicator)	Grommet	3-wire (NPN)	24 V	5 V, 12 V	—	M9NAV ^{*1}	M9NA ^{*1}	○	○	●	○	Relay, PLC
			3-wire (PNP)				M9PAV ^{*1}	M9PA ^{*1}	○	○	●	○	
			2-wire				M9BAV ^{*1}	M9BA ^{*1}	○	○	●	○	
			3-wire (NPN)						○	○	○	○	
			3-wire (PNP)						○	○	○	○	
			2-wire						○	○	○	○	
Water resistant (2-color indicator)	Grommet	3-wire (NPN)	24 V	5 V, 12 V	—			○	○	○	○	Relay, PLC	
		3-wire (PNP)						○	○	○	○		

*1 Water-resistant type auto switches can be mounted on the above models, but SMC cannot guarantee water resistance.

Please contact SMC regarding water-resistant types with the above model numbers.

• Load wire length symbols: 0.5 m..... Nil (Example) M9NW • Solid state auto switches marked with "O" are produced upon receipt of order.

1 m..... M (Example) M9NWM

3 m..... L (Example) M9NWL

5 m..... Z (Example) M9NWZ

• For details on auto switches with pre-wired connectors, refer to the Web Catalog.

• Auto switches and auto switch mounting brackets are shipped together with the product but do not come assembled.

Air Cylinder Double Acting, Single Rod **JMB Series**



Specifications

Bore size [mm]	32	40	45	50	56	63	67	80	85	100
Action	Double acting, Single rod									
Fluid	Air									
Proof pressure	1.0 MPa									
Max. operating pressure	0.7 MPa*2									
Min. operating pressure	0.05 MPa									
Ambient and fluid temperatures	5 to 60°C									
Lubrication	Not required (Non-lube)									
Piston speed*1	50 to 500 mm/s*2									
Stroke length tolerance	±0.2									
Cushion	Non-adjustable air cushion + rubber bumper									
Port size (Rc, NPT, G)	1/8			1/4			3/8			3/8
Mounting	Basic									

*1 Depending on the system configuration selected, the specified speed may not be satisfied.
*2 Max. operating pressure and piston speed are different from those of the existing model (MB series).

Standard Strokes

Bore size [mm]	Standard stroke [mm]	Max. manufacturable stroke
32	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300	300
40	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300	300
45	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300	300
50	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400	400
56	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400	400
63	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400	400
67	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400	400
80	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500	500
85	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500	500
100	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500	500


⚠ Precautions

Be sure to read this before handling the products. Refer to the back cover for safety instructions. For actuator and auto switch precautions, refer to the "Handling Precautions for SMC Products" and the "Operation Manual" on the SMC website: <https://www.smcworld.com>

Refer to page 8 for cylinders with auto switches.

- Auto Switch Proper Mounting Position (Detection at stroke end) and Mounting Height
- Minimum Stroke for Auto Switch Mounting
- Operating Range
- Auto Switch Mounting Brackets/Part Nos.

Theoretical Output

(Unit: N) 

Bore size [mm]	Rod size [mm]	Operating direction	Piston area [mm ²]	Operating pressure [MPa]					
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
32	10	OUT	904	161	241	322	402	483	563
		IN	726	145	218	290	363	435	508
40	14	OUT	1257	251	377	503	628	754	880
		IN	1103	221	331	441	551	662	772
45	14	OUT	1590	318	477	636	795	954	1113
		IN	1436	287	431	575	718	862	1006
50	18	OUT	1963	393	589	785	982	1178	1374
		IN	1709	342	513	684	855	1025	1196
56	18	OUT	2463	493	739	985	1232	1478	1724
		IN	2209	442	663	883	1104	1325	1546
63	18	OUT	3117	623	935	1247	1559	1870	2182
		IN	2863	573	859	1145	1431	1718	2004
67	18	OUT	3526	705	1058	1410	1763	2115	2468
		IN	3271	654	981	1308	1636	1963	2290
80	22	OUT	5027	1005	1508	2011	2513	3016	3519
		IN	4646	929	1394	1859	2323	2788	3252
85	22	OUT	5675	1135	1702	2270	2837	3405	3972
		IN	5294	1059	1588	2118	2647	3177	3706
100	26	OUT	7854	1571	2356	3142	3927	4712	5498
		IN	7323	1465	2197	2929	3662	4394	5126

* Theoretical output [N] = Pressure [MPa] x Piston area [mm²]

JMB Series

Mounting Brackets/Part Nos.

Mounting bracket	Min. order quantity	Bore size [mm]										Contents
		32	40	45	50	56	63	67	80	85	100	
Foot bracket*1	2	JMB-L032	JMB-L040	—	JMB-L050	—	JMB-L063	—	JMB-L080	—	JMB-L100	1 foot bracket, 2 hexagon nuts, 2 flat washers
Flange bracket	1	JMB-F032	JMB-F040	—	JMB-F050	—	JMB-F063	—	JMB-F080	—	JMB-F100	1 flange bracket, 4 hexagon nuts, 4 flat washers
Single knuckle joint	1	I-03M	I-04M	—	I-05M	—	I-06M	—	I-08M	—	I-10M	1 single knuckle joint
Double knuckle joint	1	Y-03M	Y-04M	—	Y-05M	—	Y-06M	—	Y-08M	—	Y-10M	1 double knuckle joint, 1 pin, 2 split pins, 2 flat washers

*1 Order two foot brackets per cylinder.

Mounting Brackets/Material, Surface Treatment

Segment	Description	Material	Surface treatment
Mounting brackets	Foot bracket	Carbon steel	Zinc chromating
	Flange bracket	Carbon steel	Zinc chromating
Accessories	Single knuckle joint	Free cutting carbon steel	Zinc chromating
	Double knuckle joint	Cast Iron	Metallic silver color painting
	Knuckle joint pin	Carbon steel	(None)

Weight

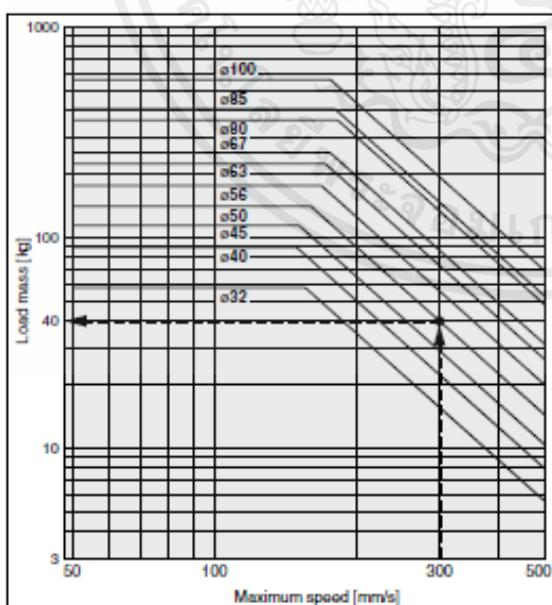
	Bore size [mm]	[kg]									
		32	40	45	50	56	63	67	80	85	100
Basic weight	Basic	0.21	0.30	0.32	0.62	0.69	0.88	1.03	1.54	1.91	2.56
Additional weight per 50 mm of stroke		0.11	0.17	0.18	0.19	0.20	0.20	0.24	0.32	0.38	0.46
Additional weight for mounting bracket	Foot bracket	0.04	0.05	—	0.08	—	0.14	—	0.26	—	0.36
	Flange bracket	0.06	0.07	—	0.11	—	0.21	—	0.35	—	0.60
Accessories	Single knuckle joint	0.15	0.23	0.23	0.26	0.26	0.26	0.26	0.60	0.60	0.83
	Double knuckle joint (with pin)	0.22	0.37	0.37	0.43	0.43	0.43	0.43	0.87	0.87	1.27

Calculation example) JMDBL50-100

- Basic weight 0.62 (Basic, ø50)
- Additional weight 0.19/50 mm stroke
- Stroke 100 mm stroke
- Foot bracket (2 pcs.) 0.08 x 2

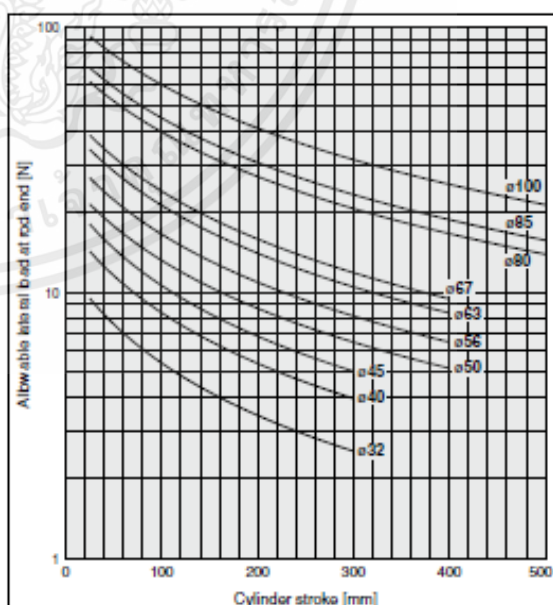
$$0.62 + (0.19 \times 100/50) + (0.08 \times 2) = 1.16 \text{ kg}$$

Allowable Kinetic Energy



Example) Load limit at rod end when the air cylinder ø50 is actuated at 300 mm/s
 Extend upward from 300 mm/s on the horizontal axis of the graph to the intersection point with the line for a tube bore size of 50 mm, and then extend leftward from this point to find the load of 40 kg.

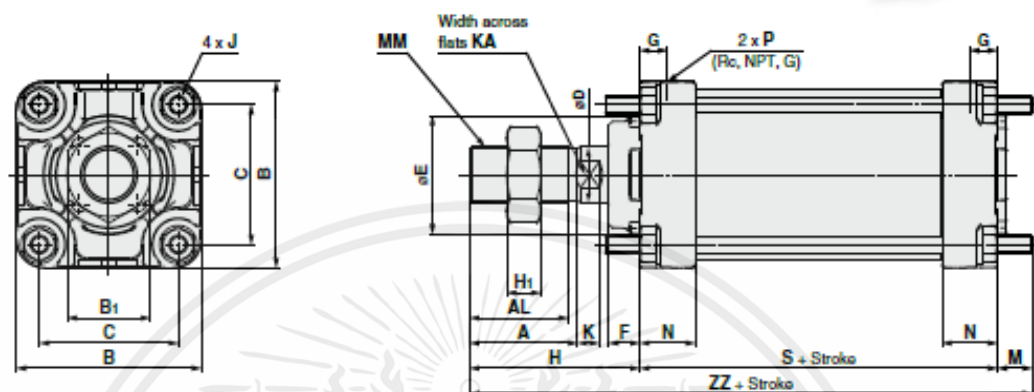
Allowable Lateral Load at Rod End



Air Cylinder Double Acting, Single Rod **JMB Series**

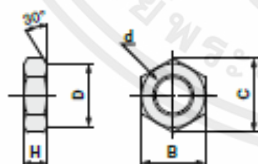
Dimensions

Basic: JMDBB



Bore size	Stroke range	A	AL	B	B ₁	C	D	E	F	G	H	H ₁	J	K	KA	M	MM	N	P	S	ZZ
32	Up to 300	22	19.5	42	17	31	10	24	8	9	38	6	M5 x 0.8	5.5	8	8	M10 x 1.25	18	1/8	63	109
40	Up to 300	24	21	48	22	37	14	32	9	9	44	8	M5 x 0.8	8	12	8	M14 x 1.5	18	1/8	62	114
45	Up to 300	24	21	52	22	41	14	32	9	9	44	8	M5 x 0.8	8	12	8	M14 x 1.5	18	1/8	62	114
50	Up to 400	35	32	60	27	45	18	38	10	9	55	11	M6 x 1	7	16	11	M18 x 1.5	18	1/8	63	129
56	Up to 400	35	32	65	27	50	18	38	10	9	55	11	M6 x 1	7	16	11	M18 x 1.5	18	1/8	63	129
63	Up to 400	35	32	70	27	55	18	38	6	11	51	11	M6 x 1	7	16	11	M18 x 1.5	22	1/4	73	135
67	Up to 400	35	32	75	27	58	18	38	6	11	51	11	M6 x 1.25	7	16	11	M18 x 1.5	22	1/4	73	135
80	Up to 500	40	37	88	32	69	22	45	12	13	62	13	M8 x 1.25	7	19	13	M22 x 1.5	26	1/4	83	158
85	Up to 500	40	37	95	32	74	22	45	12	13	62	13	M10 x 1.25	7	19	14	M22 x 1.5	26	1/4	83	159
100	Up to 500	40	37	110	41	87	26	50	10	14	66	16	M10 x 1.25	12	23	14	M26 x 1.5	28	3/8	88	168

Rod end nut (Standard)



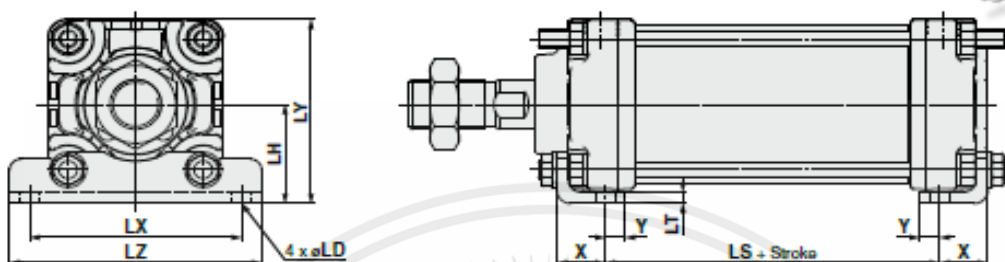
Part no.	Bore size	d	H	B	C	D
NT-03	32	M10 x 1.25	6	17	19.6	16.5
NT-04	40, 45	M14 x 1.5	8	22	25.4	21
NT-05	50, 56, 63, 67	M18 x 1.5	11	27	31.2	26
NT-08	80, 85	M22 x 1.5	13	32	37.0	31
NT-10	100	M26 x 1.5	16	41	47.3	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

JMB Series

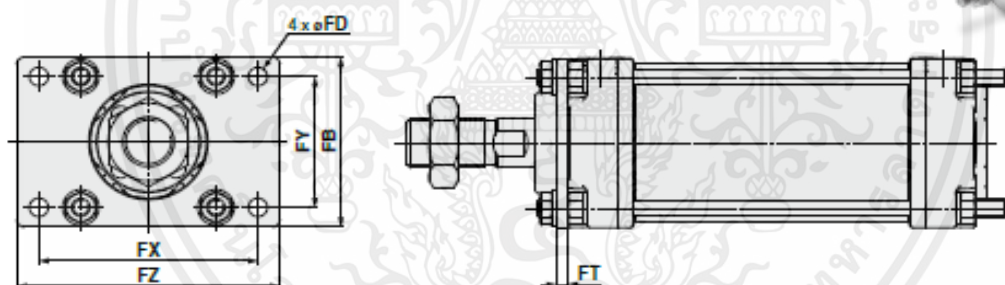
Dimensions

Axial foot: JMBL

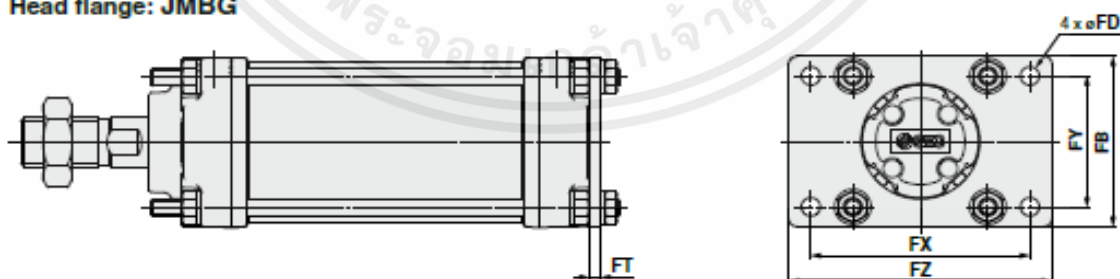


Bore size	LD	LH	LS	LT	LX	LY	LZ	X	Y
32	5.5	26	48	3.2	52	47	64	12	6.3
40	5.5	29	44	3.2	58	53	69	12	5.5
50	6.5	36	41	3.2	75	68	90	14	6.8
63	6.5	42	51	4.5	86	77	100	16	7.5
80	9	54	55	4.5	114	98	136	19	10
100	11	66	58	4.5	138	121	160	20.5	11.5

Rod flange: JMBF



Head flange: JMBG



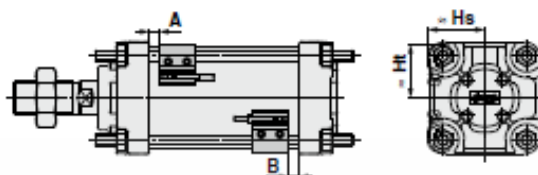
Bore size	FB	FD	FT	FX	FY	FZ
32	42	5.5	3.2	54	31	65
40	48	5.5	3.2	60	37	72
50	60	6.5	3.2	74	46	89
63	70	6.5	4.5	85	55	100
80	90	9	4.5	108	70	127
100	110	11	5	133	87	154

JMB Series Auto Switch Mounting

Auto Switch Proper Mounting Position (Detection at stroke end) and Mounting Height

<Tie-rod mounting>

D-M9□/M9□V
D-M9□W/M9□WV
D-M9□A/M9□AV



Auto Switch Proper Mounting Position [mm]

Auto switch model Bore size	D-M9□/M9□V D-M9□W/M9□WV D-M9□A/M9□AV	
	A	B
32	7.5	7
40	6.5	7
45	6.5	7
50	7	6.5
56	7	6.5
63	8	8
67	8	8
80	9	9
85	9	9
100	9	10

* Adjust the auto switch after confirming the operating conditions in the actual setting.

Auto Switch Mounting Height [mm]

Auto switch model Bore size	D-M9□ D-M9□A		D-M9□V D-M9□WV D-M9□AV	
	Hs	Ht	Hs	Ht
32	24.5	22.5	30.5	22.5
40	28.5	25.5	34	25.5
45	30.5	27.5	36	27.5
50	33	30	38.5	30
56	35	32.5	41	32.5
63	38.5	36	43	36
67	45.5	45	49.5	45
80	46.5	45	52	45
85	54	53.5	57.5	53.5
100	54	53.5	59.5	53.5

Minimum Stroke for Auto Switch Mounting

n: Number of auto switches [mm]

Auto switch model	Number of auto switches	σ32, σ40, σ45, σ50, σ56, σ63, σ67, σ80, σ85, σ100
D-M9□ D-M9□W	2 (Different surfaces, Same surface), 1	15
	n	$15 + 40 \frac{(n-2)}{2}$ $(n = 2, 4, 6, 8, \dots)^{*1}$
D-M9□V D-M9□WV	2 (Different surfaces, Same surface), 1	10
	n	$10 + 30 \frac{(n-2)}{2}$ $(n = 2, 4, 6, 8, \dots)^{*1}$
D-M9□A	2 (Different surfaces, Same surface), 1	15
	n	$15 + 40 \frac{(n-2)}{2}$ $(n = 2, 4, 6, 8, \dots)^{*1}$
D-M9□AV	2 (Different surfaces, Same surface), 1	15
	n	$15 + 30 \frac{(n-2)}{2}$ $(n = 2, 4, 6, 8, \dots)^{*1}$

*1 When "n" is an odd number, an even number that is one larger than the odd number is to be used for the calculation.

Operating Range

[mm]

Auto switch model Bore size	D-M9□/M9□V D-M9□W/M9□WV D-M9□A/M9□AV
32	3.5
40	4
45	4
50	4
56	4.5
63	5
67	4.5
80	5
85	5.5
100	5.5

* Values which include hysteresis are for reference purposes only. They are not a guarantee (assuming approximately ±30% dispersion) and may change substantially depending on the ambient environment.

Auto Switch Mounting Brackets/Part Nos.

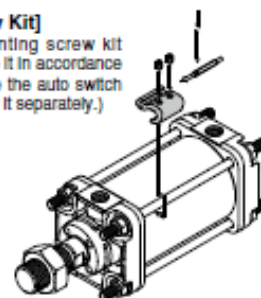
[mm]

Auto switch model Bore size	D-M9□/M9□V D-M9□W/M9□WV D-M9□A/M9□AV
32	BMB10-032
40	BMB10-032
45	BMB10-032
50	BMB5-032
56	BMB5-032
63	BMB5-032
67	BA7-040
80	BA7-040
85	BA7-063
100	BA7-063

[Stainless Steel Mounting Screw Kit]

The following stainless steel mounting screw kit (including set screws) is available. Use it in accordance with the operating environment. (Since the auto switch mounting bracket is not included, order it separately.)

* When using the D-M9□A(V), do not use the steel set screws which are included with the auto switch mounting brackets shown to the left (BMB10-032, BMB5-032, BA7-040, BA7-063). Order a stainless steel screw kit (BBA1) separately, and use the M4 x 6 L stainless steel set screws included in the BBA1.

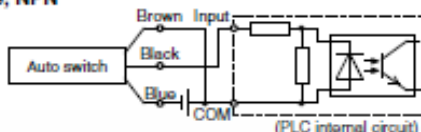


Prior to Use

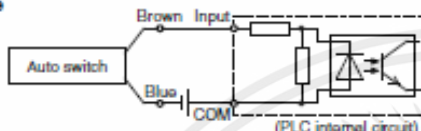
Auto Switch Connections and Examples

Sink Input Specifications

3-wire, NPN

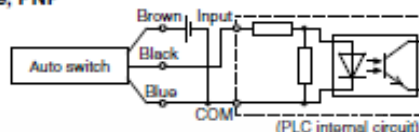


2-wire

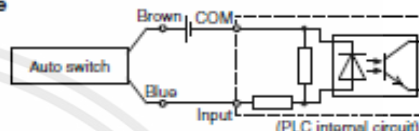


Source Input Specifications

3-wire, PNP



2-wire



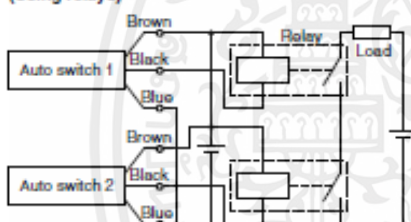
Connect according to the applicable PLC Input specifications, as the connection method will vary depending on the PLC Input specifications.

Examples of AND (Series) and OR (Parallel) Connections

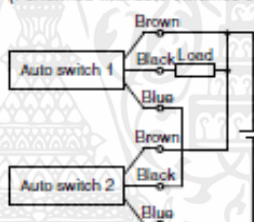
- When using solid state auto switches, ensure the application is set up so the signals for the first 50 ms are invalid. Depending on the operating environment, the product may not operate properly.

3-wire AND connection for NPN output

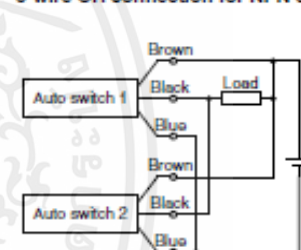
(Using relays)



(Performed with auto switches only)

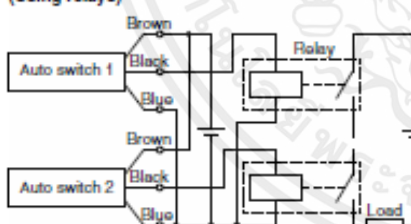


3-wire OR connection for NPN output

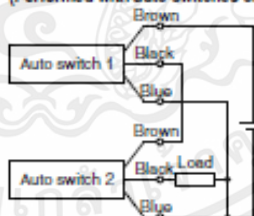


3-wire AND connection for PNP output

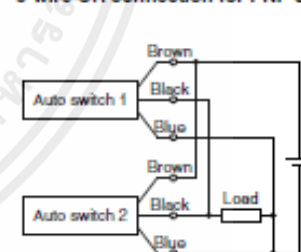
(Using relays)



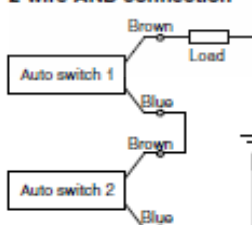
(Performed with auto switches only)



3-wire OR connection for PNP output



2-wire AND connection

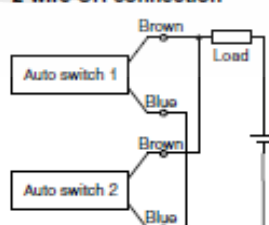


When two auto switches are connected in series, a load may malfunction because the load voltage will decline when in the ON state. The indicator lights will light up when both of the auto switches are in the ON state. Auto switches with a load voltage less than 20 V cannot be used. Please contact SMC if using AND connection for a heat-resistant solid state auto switch or a trimmer switch.

Example) Load voltage at ON
Power supply voltage: 24 VDC
Internal voltage drop: 4 V

Load voltage at ON = Power supply voltage -
Internal voltage drop x 2 pcs.
= 24 V - 4 V x 2 pcs.
= 16 V

2-wire OR connection



(Solid state)

When two auto switches are connected in parallel, malfunction may occur because the load voltage will increase when in the OFF state.

(Reed)

Because there is no current leakage, the load voltage will not increase when turned OFF. However, depending on the number of auto switches in the ON state, the indicator lights may sometimes grow dim or not light up, due to the dispersion and reduction of the current flowing to the auto switches.

Example) Load voltage at OFF
Leakage current: 1 mA
Load impedance: 3 kΩ
Load voltage at OFF = Leakage current x 2 pcs. x
Load impedance
= 1 mA x 2 pcs. x 3 kΩ
= 6 V



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

IPC-SMEMA-9851



Mechanical Equipment
Interface Standard

IPC-SMEMA-9851

February 2007

A standard developed by IPC

Supersedes SMEMA 1.2

3000 Lakeside Drive, Suite 309S, Bannockburn, IL 60015-1249
Tel. 847.615.7100 Fax 847.615.7105
www.ipc.org

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Principles of Standardization

In May 1995 the IPC's Technical Activities Executive Committee (TAEC) adopted Principles of Standardization as a guiding principle of IPC's standardization efforts.

Standards Should:

- Show relationship to Design for Manufacturability (DFM) and Design for the Environment (DFE)
- Minimize time to market
- Contain simple (simplified) language
- Just include spec information
- Focus on end product performance
- Include a feedback system on use and problems for future improvement

Standards Should Not:

- Inhibit innovation
- Increase time-to-market
- Keep people out
- Increase cycle time
- Tell you how to make something
- Contain anything that cannot be defended with data

Notice

IPC Standards and Publications are designed to serve the public interest through eliminating misunderstandings between manufacturers and purchasers, facilitating interchangeability and improvement of products, and assisting the purchaser in selecting and obtaining with minimum delay the proper product for his particular need. Existence of such Standards and Publications shall not in any respect preclude any member or nonmember of IPC from manufacturing or selling products not conforming to such Standards and Publication, nor shall the existence of such Standards and Publications preclude their voluntary use by those other than IPC members, whether the standard is to be used either domestically or internationally.

Recommended Standards and Publications are adopted by IPC without regard to whether their adoption may involve patents on articles, materials, or processes. By such action, IPC does not assume any liability to any patent owner, nor do they assume any obligation whatever to parties adopting the Recommended Standard or Publication. Users are also wholly responsible for protecting themselves against all claims of liabilities for patent infringement.

IPC Position Statement on Specification Revision Change

It is the position of IPC's Technical Activities Executive Committee that the use and implementation of IPC publications is voluntary and is part of a relationship entered into by customer and supplier. When an IPC publication is updated and a new revision is published, it is the opinion of the TAEC that the use of the new revision as part of an existing relationship is not automatic unless required by the contract. The TAEC recommends the use of the latest revision. Adopted October 6, 1998

Why is there a charge for this document?

Your purchase of this document contributes to the ongoing development of new and updated industry standards and publications. Standards allow manufacturers, customers, and suppliers to understand one another better. Standards allow manufacturers greater efficiencies when they can set up their processes to meet industry standards, allowing them to offer their customers lower costs.

IPC spends hundreds of thousands of dollars annually to support IPC's volunteers in the standards and publications development process. There are many rounds of drafts sent out for review and the committees spend hundreds of hours in review and development. IPC's staff attends and participates in committee activities, typesets and circulates document drafts, and follows all necessary procedures to qualify for ANSI approval.

IPC's membership dues have been kept low to allow as many companies as possible to participate. Therefore, the standards and publications revenue is necessary to complement dues revenue. The price schedule offers a 50% discount to IPC members. If your company buys IPC standards and publications, why not take advantage of this and the many other benefits of IPC membership as well? For more information on membership in IPC, please visit www.ipc.org or call 847/597-2872.

Thank you for your continued support.

©Copyright 2007. IPC, Bannockburn, Illinois. All rights reserved under both international and Pan-American copyright conventions. Any copying, scanning or other reproduction of these materials without the prior written consent of the copyright holder is strictly prohibited and constitutes infringement under the Copyright Law of the United States.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechanical Equipment Interface Standard

1 EQUIPMENT INTERFACE

1.1 Introduction The SMEMA machine interface standards were developed to facilitate the interface of equipment used in the manufacture of surface-mounted printed circuit boards. This standard is for mechanical and electrical interfaces.

1.2 Purpose The purpose of this standard is to provide an equipment interface specification for board transfer manufacturing systems of surface-mounted printed circuit boards. This specification provides the minimum requirement that conveyor-to-conveyor equipment **shall** meet, and does not represent a complete specification for the equipment's interface. Conformance to the standard may be achieved by the appropriate design of the equipment or by providing special adapters that enable the equipment to meet the standard.

1.3 Interpretation "Shall," the emphatic form of the verb, is used throughout this specification whenever a requirement is intended to express a provision that is binding. The words "should" and "may" are used whenever it is necessary to express nonmandatory provisions. "Will" is used to express a declaration of purpose. To assist the reader, the word **shall** is presented in bold characters.

2 SINGLE LANE MECHANICAL INTERFACE REQUIREMENTS

The mechanical specifications that follow are for single board transfer systems with conveyor transports. These

systems can be assembled next to each other without any interface hardware. The printed circuit board is assumed to move from left to right in the diagrams that follow; however, the same standard applies for systems when the board moves from right to left. An equipment manufacturer **shall** clearly state the direction of board movement.

2.1 Conveyor Height Each machine **shall** have the transport conveyor height adjustable from 940 to 965 mm [37 to 38 in] from the floor to the bottom of the PC board.

2.2 Fixed Rail For the purposes of this standard, the front rail is defined as the fixed rail.

2.3 Conveyor Width For equipment with an adjustable conveyor width, the front rail is fixed and the rear rail is adjustable. The range of adjustment will vary with the equipment manufacturer.

2.4 Edge Clearance The conveyor should require no more than 5 mm [0.197 in] of clear board space at the side edges.

2.5 Tooling Pins Tooling pins, if used, should be on the front edge of the board (next to the fixed transport rail). A recommended hole diameter is 4 mm [0.16 in]. Distance from the edge should be 7.6 mm [0.299 in].

2.6 Maximum Gap The maximum unsupported gap as defined by G in Figure 2-1 is 19 mm [0.748 in].

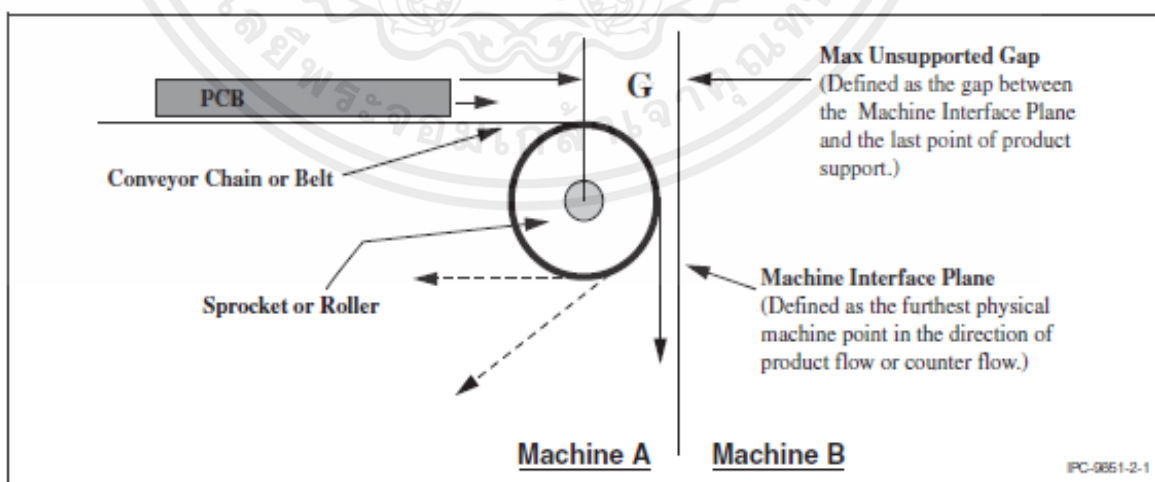


Figure 2-1 Maximum Gap

IPC-9851-2-1

2.7 Lead-in The minimum lead-in on the track ends of the conveyor is 3 mm [0.118 in] and the angle shall not be greater than 30° as shown in Figure 2-2.

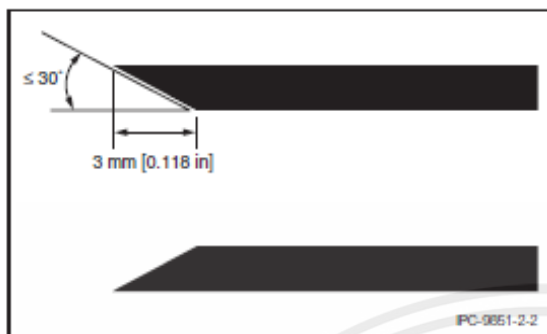


Figure 2-2 Lead-In

3 DUAL-LANE MECHANICAL INTERFACE REQUIREMENTS

The specifications that follow are for dual-lane transfer systems with conveyor transports. These systems can be assembled next to each other without any interface hardware. The printed circuit board is assumed to move from left to right in the diagrams; however, the same standard applies for systems when the board moves from right to left. An equipment manufacturer shall clearly state the direction of movement.

This standard provides for variations in dual-lane conveyor rail spacing configurations. The equipment documentation shall clearly state whether the conveyor rail spacing conforms to Configuration A, B or C, as defined in Table 3-1. For Configuration C, the conveyor rail spacing (rails 1 to 3) and minimum center lane spacing (rails 2 to 3) shall be specified on equipment documentation.

Rail 1 shall be fixed position, rails 2 and 4 shall be adjustable, and rail 3 may be fixed or adjustable. For the purposes of this standard, the rail closest to the front of the equipment is defined as fixed rail as shown in Figure 3-1 (1).

Table 3-1 Dual-Lane Configurations

Configuration Type	Conveyor Rail Spacing Rails 1 to 3 ¹	Minimum Center Lane Spacing Rails 2 to 3 ²
A	251 mm [9.88 in]	35 mm [1.38 in]
B	266 mm [10.47 in]	50 mm [1.97 in]
C	As defined in equipment manufacturer's documentation	

Note 1: Rail spacing is measured from transport edge to transport edge, see Figure 3-1 (7).

Note 2: See Figure 3-1 (8)

3.1 Conveyor Height Each machine shall have the transport conveyor height adjustable from 940 to 965 mm [37 to 38 in] from the floor to the bottom of the PC board.

3.2 Conveyor Width Each Lane Each conveyor shall be able to be independently adjusted for printed circuit boards as small as 50 mm [1.97 in] and at least as wide as 216 mm [8.5 in] wide boards (see Figure 3-1).

3.3 Asynchronous Control Asynchronous control of the two lanes shall be available. Asynchronous control is defined as the ability to move and control each conveyor independent from the other.

3.4 Edge Clearance The conveyors should require no more than 5 mm [0.197 in] of clear board space at the side edges.

3.5 Maximum Gap The maximum unsupported gap as defined by G in Figure 2-1 is 19 mm [0.748 in].

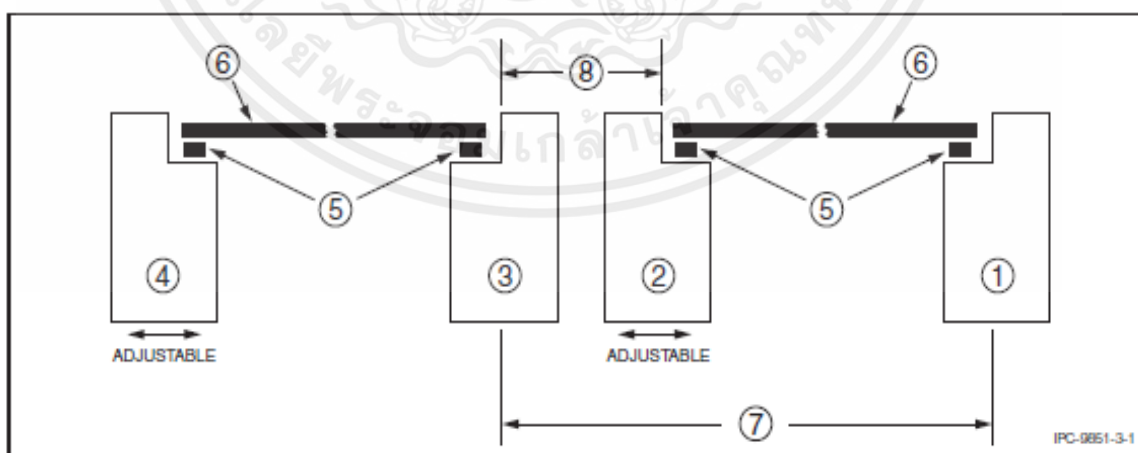


Figure 3-1 Dual Lane Conveyor

- | | | | |
|------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 1. Rail 1, fixed in position | 3. Rail 3, may be fixed or adjustable | 5. Conveyor system | 7. Rail 1 to Rail 3 spacing |
| 2. Rail 2, adjustable | 4. Rail 4, adjustable | 6. Circuit board/assembly | 8. Center lane spacing |

3.6 Lead-in The minimum lead-in on the track ends of the conveyor is 3 mm [0.118 in] and the angle **shall not** be greater than 30° as shown in Figure 2-2.

3.7 Electrical Interface Each lane **shall** have independent transfer interface control. Each lane **shall** have independent connectors for input and output control (total of 4) (see 4 Electrical Interface Requirements).

4 ELECTRICAL INTERFACE REQUIREMENTS

A machine-to-machine electrical interface is required to insure proper sequencing of PC boards. The interface is used for "Local" control and **shall** operate independently of the cell controller.

These requirements are applicable to single and dual lane systems.

4.1 Inter-Machine Control To sequence boards properly from machine-to-machine, the "Board Available" and "Machine Ready" signal lines will be used and "Board Pass/Fail" signal line is optional.

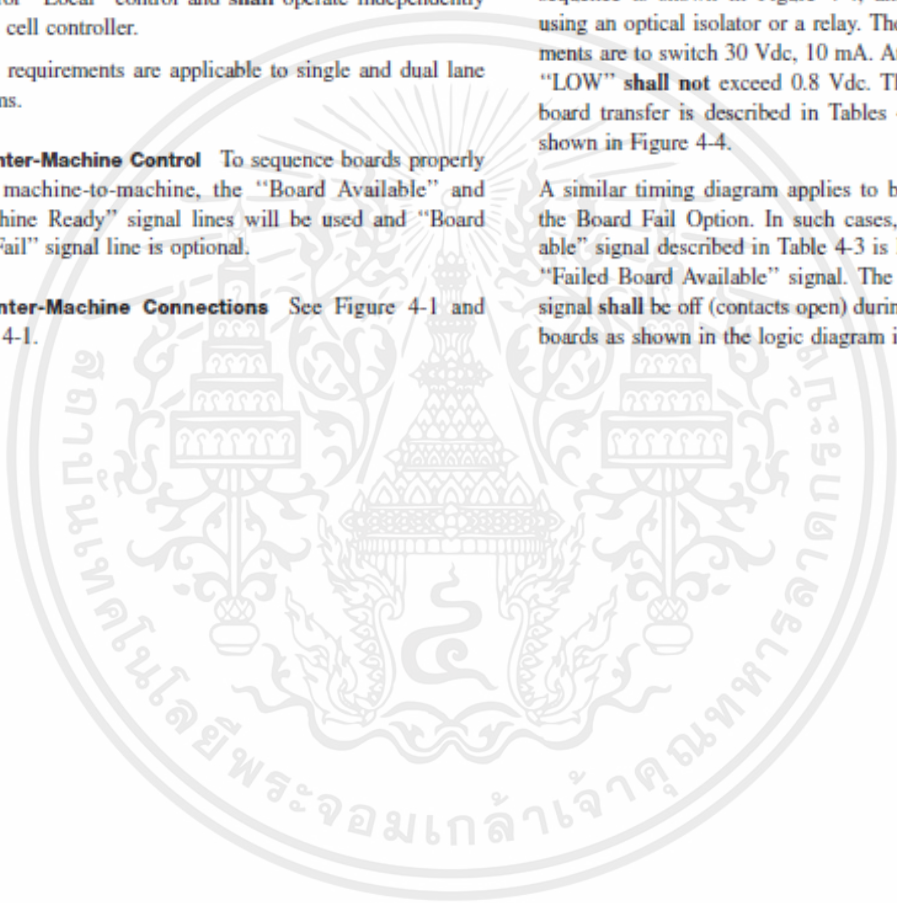
4.2 Inter-Machine Connections See Figure 4-1 and Table 4-1.

4.2.1 Connectors All interface connectors on a machine **shall** be female. Figures 4-2 and 4-3 provide interface connector information.

4.2.2 Cable Each machine **shall** include the downstream/output signal cable and mating connectors. Wire color code needs to comply with established standards specific to the country of manufacture such as NFPA 79, EN60204-1 or as otherwise defined in the procurement documentation.

4.3 Interface Signal Logic The electrical interface signal sequence is shown in Figure 4-4, and may be obtained using an optical isolator or a relay. The minimum requirements are to switch 30 Vdc, 10 mA. At 10 mA, the output "LOW" **shall not** exceed 0.8 Vdc. The logic for normal board transfer is described in Tables 4-2 and 4-3 and is shown in Figure 4-4.

A similar timing diagram applies to boards passed under the Board Fail Option. In such cases, the "Board Available" signal described in Table 4-3 is REPLACED by the "Failed Board Available" signal. The "Board Available" signal **shall** be off (contacts open) during transfers of failed boards as shown in the logic diagram in Figure 4-5.



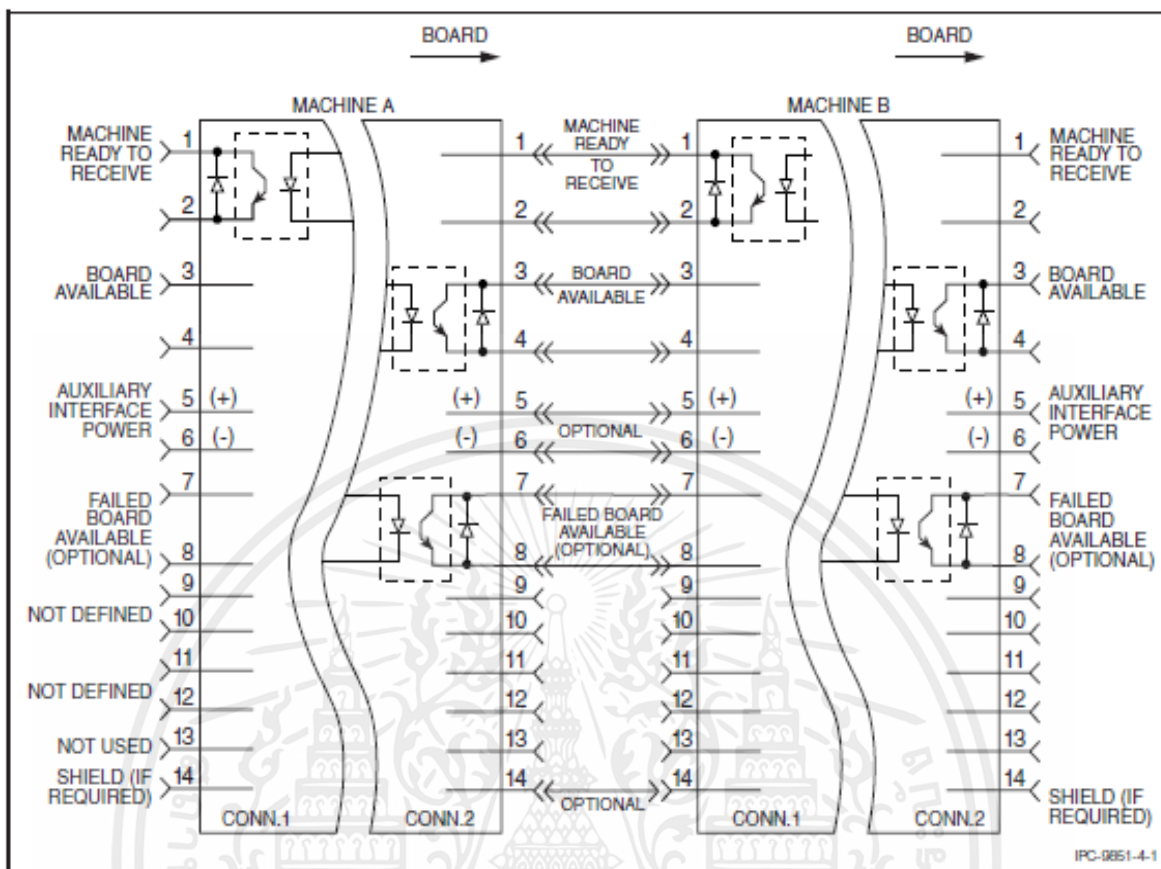


Figure 4-1 Electrical Interface Schematic

Table 4-1 Electrical Interface Connector/Cable Functional Description

Connector/Cable	Function	Condition	Description
Pair 1-2 (Note 1)	Machine Ready to Receive	Contacts Closed (Notes 2,3)	Machine is ready to receive next board.
Pair 3-4 (Note 1)	Board Available	Contacts Closed (Notes 2,3)	Machine has a good board ready to send. All boards are considered to be "good" if the Board Fail option is not being used.
Pair 5-6	Auxiliary Interface Power (optional)		Available; user to document purpose and operating parameters.
Pair 7-8 (Note 1)	Failed Board Available (Optional)	Contacts Closed (Notes 2,3)	Default (no connection or, if used, contacts are open) is that the incoming board is good and suitable for use. Optional use is to provide closed contacts when it has been determined that the board should stop transfer or be diverted. In such cases, these contacts shall be closed in lieu of (and not in addition to) the normal Good Board Available contacts.
Pair 9-10	Not defined		Available; user to document purpose and operating parameters.
Pair 11-12	Not defined		Available; user to document purpose and operating parameters.
13	Not used	Not used	Not used.
14	Cable shield (Optional)		Cable shield attachment if required; follow good engineering practices (connect at only one end).

Note 1: Minimum requirements are to switch 30 Vdc, 10 mA.

Note 2: At 10 mA, the output "LOW" or contact closure **shall not** exceed 0.8 Vdc.

Note 3: Assure proper polarity if using optional optoisolator.

Note 4: Existing equipment not built to this standard may require modified pin-out on the connector and/or the interface cable.

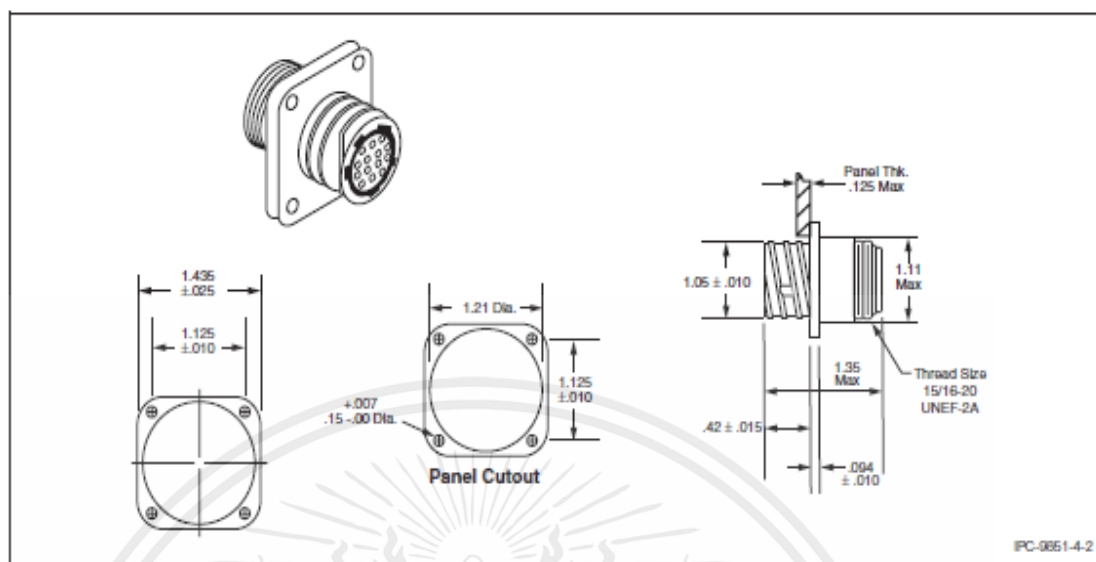


Figure 4-2 Square Flange Receptacle, Accepts Multimate Sockets

Note 1: These are manufacturers drawings and do not reflect metric dimensions.

Note 2: All connectors shown are manufactured by AMP®. The following are AMP part numbers.

- 14 position, square flange, receptacle; P/N 206043-1
- Cable Clamp; P/N 206070-1
- Socket; P/N 66594-1

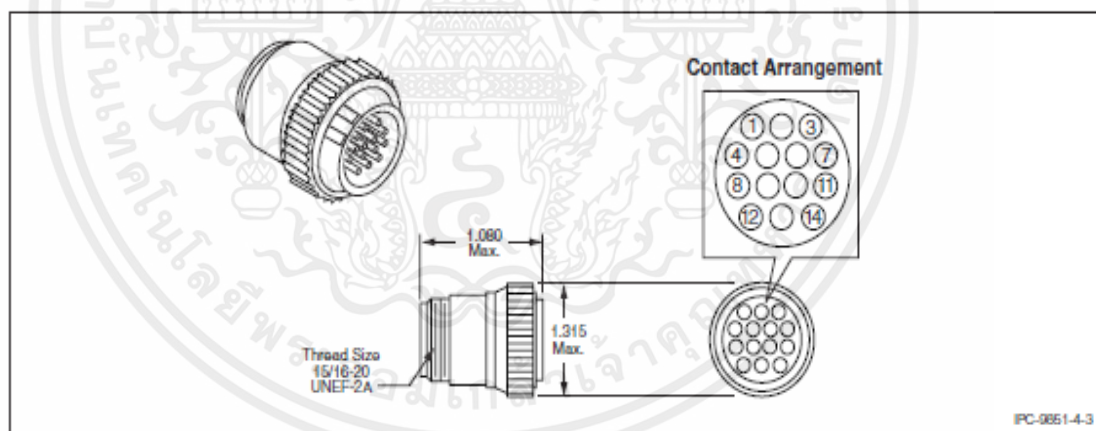


Figure 4-3 Cable Connector¹

Note 1. All connectors shown are manufactured by AMP®. The following are AMP part numbers.

- 14 position, plug; P/N 206044-1
- Cable Clamp; P/N 206070-1
- Pin; P/N 66593-1

Table 4-2 Signal Logic

Board transfer occurs when Machine A has a BOARD AVAILABLE (contact closed), and Machine B is MACHINE READY TO RECEIVE (contact closed).
The signals can occur at any time, but board transfer does not occur until both contacts are closed.
The BOARD AVAILABLE signal from Machine A will remain closed until the board has left Machine A.
The MACHINE READY TO RECEIVE signal will remain closed until Machine B has positive control of the board.
Board transfer cannot occur again until each signal opens for at least 50 ms.
Optional: Once both Machine A and Machine B signals are closed, and the board has neither left A nor arrived at B, an error message will be generated (to be defined by users).

Table 4-3 Timing

Time	Action/Condition
T ₀	Up-line board not available ; down-line machine not ready to receive .
T ₁	Up-line machine has a board available to send ; down-line machine not ready to receive .
T ₂	Up-line machine has a board available to send ; down-line machine ready to receive , transfer starts.
T ₃ (variable)	Board has completely left control of up-line machine; still moving into down-line machine.
T ₄	Transfer complete; down-line machine is completely in control of board. Board not available , down-line machine not ready to receive .
T ₅	Up-line board not available , down-line machine ready to receive .
T ₆	Up-line machine has a board available to send , down-line machine ready to receive , transfer starts.
T ₇ (variable)	Board has completely left control of up-line machine; still moving into down-line machine.
T ₈	Transfer complete; down-line machine is completely in control of board. Board not available , down-line machine not ready to receive .
T ₉	Up-line board not available , down-line machine ready to receive .
T ₁₀	Up-line machine has a board available to send , down-line ready to receive , transfer starts.

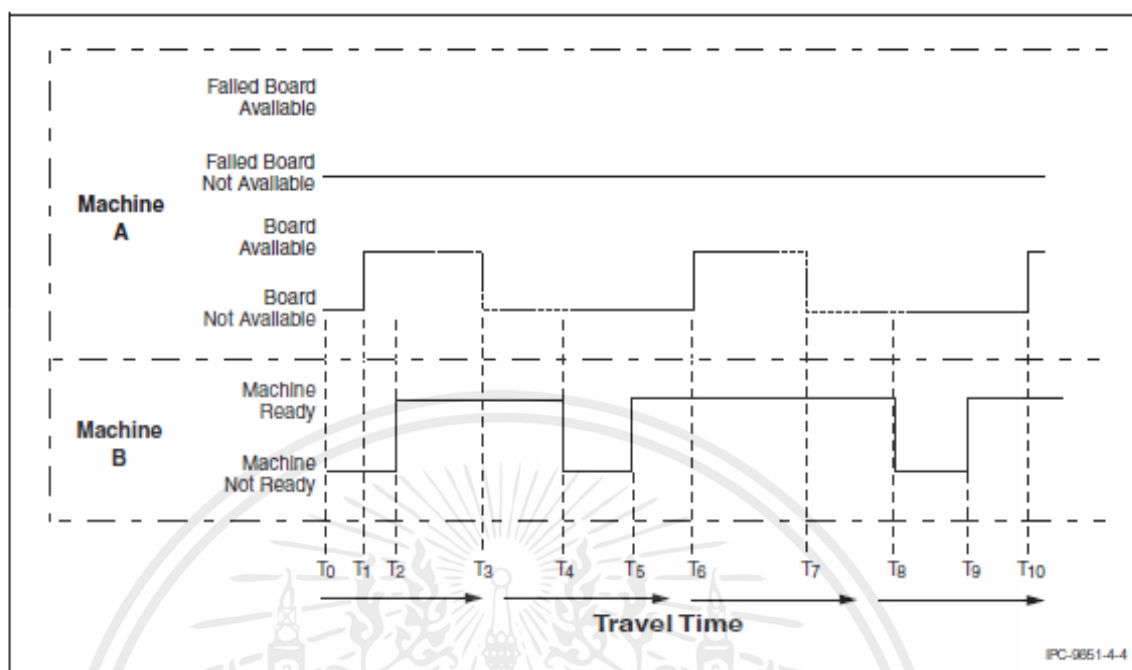


Figure 4-4 Timing Logic Diagram for Normal Transfer

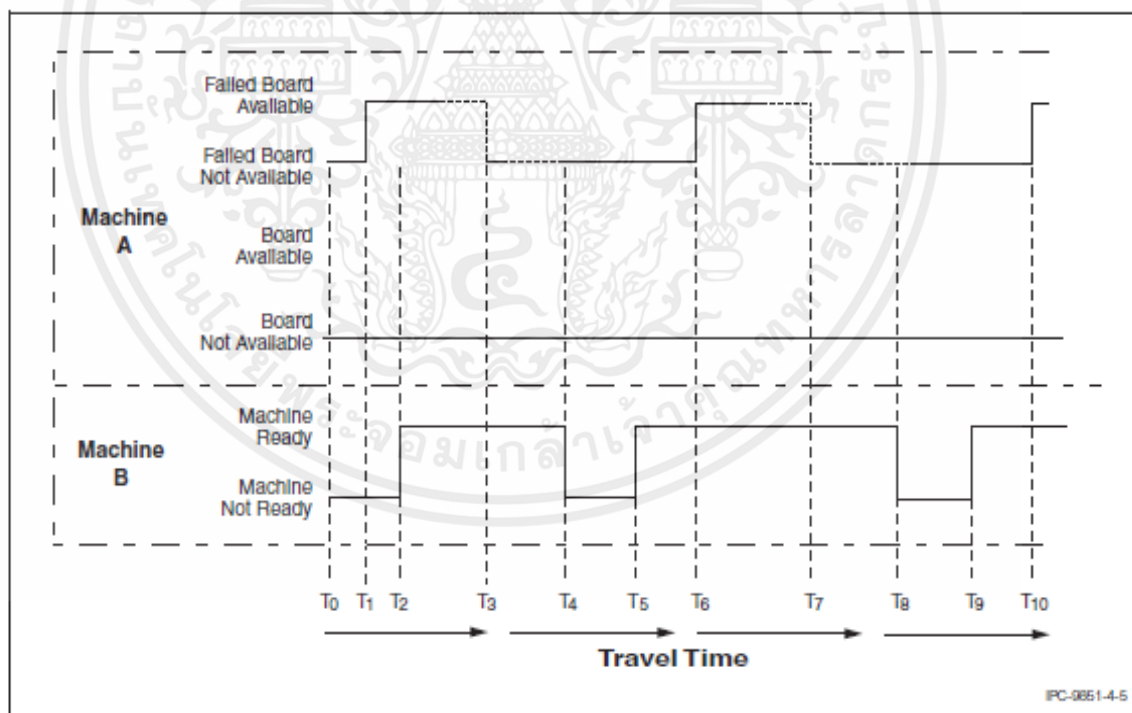


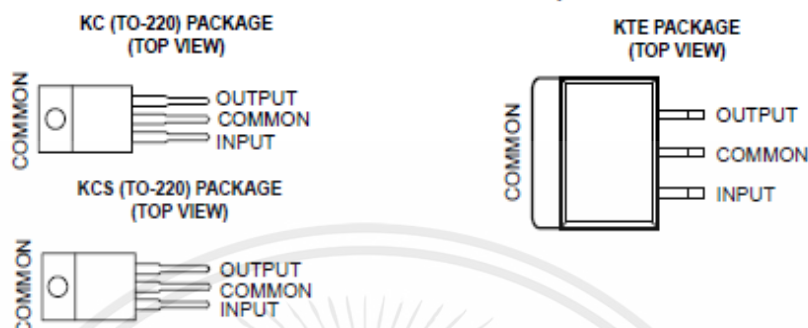
Figure 4-5 Timing Logic Diagram for Failed Board Option

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

μA7800 SERIES POSITIVE-VOLTAGE REGULATORS

SLVS056J – MAY 1976 – REVISED MAY 2003

- 3-Terminal Regulators
- Output Current up to 1.5 A
- Internal Thermal-Overload Protection
- High Power-Dissipation Capability
- Internal Short-Circuit Current Limiting
- Output Transistor Safe-Area Compensation



description/ordering information

This series of fixed-voltage integrated-circuit voltage regulators is designed for a wide range of applications. These applications include on-card regulation for elimination of noise and distribution problems associated with single-point regulation. Each of these regulators can deliver up to 1.5 A of output current. The internal current-limiting and thermal-shutdown features of these regulators essentially make them immune to overload. In addition to use as fixed-voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable output voltages and currents, and also can be used as the power-pass element in precision regulators.

ORDERING INFORMATION

T _J	V _{O(NOM)} (V)	PACKAGE†	ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING	
0°C to 125°C	5	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7805CKTER	μA7805C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7805CKC	μA7805C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	μA7805CKCS	
	8	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7808CKTER	μA7808C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7808CKC	μA7808C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	μA7808CKCS	
	10	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7810CKTER	μA7810C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7810CKC	μA7810C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	μA7810CKCS	
	12	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7812CKTER	μA7812C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7812CKC	μA7812C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	μA7812CKCS	
15	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7815CKTER	μA7815C	
	TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7815CKC	μA7815C	
	TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	μA7815CKCS		
24	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7824CKTER	μA7824C	
	TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7824CKC	μA7824C	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

TEXAS
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2003, Texas Instruments Incorporated

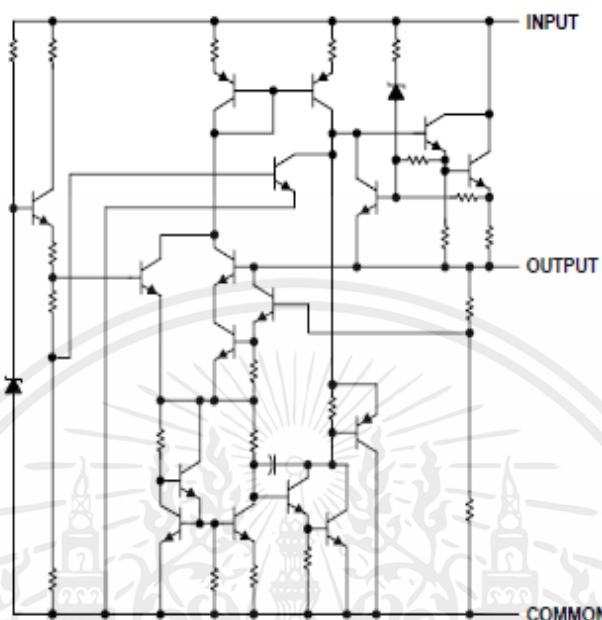
1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

μA7800 SERIES POSITIVE-VOLTAGE REGULATORS

SLVS056J – MAY 1976 – REVISED MAY 2003

schematic



absolute maximum ratings over virtual junction temperature range (unless otherwise noted)†

Input voltage, V_i : μA7824C	40 V
All others	35 V
Operating virtual junction temperature, T_J	150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C
Storage temperature range, T_{stg}	-65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

package thermal data (see Note 1)

PACKAGE	BOARD	θ_{JC}	θ_{JA}
POWER-FLEX (KTE)	High K, JESD 51-5	3°C/W	23°C/W
TO-220 (KC/KCS)	High K, JESD 51-5	3°C/W	19°C/W

NOTE 1: Maximum power dissipation is a function of $T_J(\max)$, θ_{JA} , and T_A . The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_D = (T_J(\max) - T_A)/\theta_{JA}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.

μA7800 SERIES POSITIVE-VOLTAGE REGULATORS

SLVSD56J – MAY 1976 – REVISED MAY 2003

recommended operating conditions

		MIN	MAX	UNIT	
V _I	Input voltage	μA7805C	7	25	V
		μA7808C	10.5	25	
		μA7810C	12.5	28	
		μA7812C	14.5	30	
		μA7815C	17.5	30	
		μA7824C	27	38	
I _O	Output current		1.5	A	
T _J	Operating virtual junction temperature	μA7800C series	0	125	°C

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, V_I = 10 V, I_O = 500 mA (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T _J †	μA7805C			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
Output voltage	I _O = 5 mA to 1 A, P _D ≤ 15 W, V _I = 7 V to 20 V	25°C	4.8	5	5.2	V
		0°C to 125°C	4.75		5.25	
Input voltage regulation	V _I = 7 V to 25 V	25°C		3	100	mV
	V _I = 8 V to 12 V			1	50	
Ripple rejection	V _I = 8 V to 18 V, f = 120 Hz	0°C to 125°C	62	78		dB
Output voltage regulation	I _O = 5 mA to 1.5 A	25°C		15	100	mV
	I _O = 250 mA to 750 mA			5	50	
Output resistance	f = 1 kHz	0°C to 125°C	0.017			Ω
Temperature coefficient of output voltage	I _O = 5 mA	0°C to 125°C	-1.1			mV/°C
Output noise voltage	f = 10 Hz to 100 kHz	25°C	40			μV
Dropout voltage	I _O = 1 A	25°C	2			V
Bias current		25°C	4.2			8 mA
Bias current change	V _I = 7 V to 25 V	0°C to 125°C				1.3 mA
	I _O = 5 mA to 1 A					
Short-circuit output current		25°C	750			mA
Peak output current		25°C	2.2			A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

μA7800 SERIES POSITIVE-VOLTAGE REGULATORS

SLV6056J – MAY 1976 – REVISED MAY 2003

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, $V_I = 14\text{ V}$, $I_O = 500\text{ mA}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T_J †	μA7808C			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
Output voltage	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$	25°C	7.7	8	8.3	V
		0°C to 125°C	7.6		8.4	
Input voltage regulation	$V_I = 10.5\text{ V to }25\text{ V}$	25°C		6	160	mV
	$V_I = 11\text{ V to }17\text{ V}$			2	80	
Ripple rejection	$V_I = 11.5\text{ V to }21.5\text{ V}$, $f = 120\text{ Hz}$	0°C to 125°C	55	72		dB
Output voltage regulation	$I_O = 5\text{ mA to }1.5\text{ A}$	25°C		12	160	mV
	$I_O = 250\text{ mA to }750\text{ mA}$			4	80	
Output resistance	$f = 1\text{ kHz}$	0°C to 125°C	0.018			Ω
Temperature coefficient of output voltage	$I_O = 5\text{ mA}$	0°C to 125°C	-0.8			mV/°C
Output noise voltage	$f = 10\text{ Hz to }100\text{ kHz}$	25°C	52			μV
Dropout voltage	$I_O = 1\text{ A}$	25°C	2			V
Bias current		25°C	4.3			8 mA
Bias current change	$V_I = 10.5\text{ V to }25\text{ V}$	0°C to 125°C	1			mA
	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$		0.5			
Short-circuit output current		25°C	450			mA
Peak output current		25°C	2.2			A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, $V_I = 17\text{ V}$, $I_O = 500\text{ mA}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T_J †	μA7810C			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
Output voltage	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$	25°C	9.6	10	10.4	V
		0°C to 125°C	9.5	10	10.5	
Input voltage regulation	$V_I = 12.5\text{ V to }28\text{ V}$	25°C		7	200	mV
	$V_I = 14\text{ V to }20\text{ V}$			2	100	
Ripple rejection	$V_I = 13\text{ V to }23\text{ V}$, $f = 120\text{ Hz}$	0°C to 125°C	55	71		dB
Output voltage regulation	$I_O = 5\text{ mA to }1.5\text{ A}$	25°C		12	200	mV
	$I_O = 250\text{ mA to }750\text{ mA}$			4	100	
Output resistance	$f = 1\text{ kHz}$	0°C to 125°C	0.018			Ω
Temperature coefficient of output voltage	$I_O = 5\text{ mA}$	0°C to 125°C	-1			mV/°C
Output noise voltage	$f = 10\text{ Hz to }100\text{ kHz}$	25°C	70			μV
Dropout voltage	$I_O = 1\text{ A}$	25°C	2			V
Bias current		25°C	4.3			8 mA
Bias current change	$V_I = 12.5\text{ V to }28\text{ V}$	0°C to 125°C	1			mA
	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$		0.5			
Short-circuit output current		25°C	400			mA
Peak output current		25°C	2.2			A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.

μA7800 SERIES POSITIVE-VOLTAGE REGULATORS

SLVS056J – MAY 1976 – REVISED MAY 2003

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, $V_I = 19\text{ V}$, $I_O = 500\text{ mA}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T_J †	μA7812C			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
Output voltage	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$	25°C	11.5	12	12.5	V
		0°C to 125°C	11.4		12.6	
Input voltage regulation	$V_I = 14.5\text{ V to }30\text{ V}$	25°C		10	240	mV
	$V_I = 18\text{ V to }22\text{ V}$			3	120	
Ripple rejection	$V_I = 15\text{ V to }25\text{ V}$, $f = 120\text{ Hz}$	0°C to 125°C	55	71		dB
Output voltage regulation	$I_O = 5\text{ mA to }1.5\text{ A}$	25°C		12	240	mV
	$I_O = 250\text{ mA to }750\text{ mA}$			4	120	
Output resistance	$f = 1\text{ kHz}$	0°C to 125°C		0.018		Ω
Temperature coefficient of output voltage	$I_O = 5\text{ mA}$	0°C to 125°C		-1		mV/°C
Output noise voltage	$f = 10\text{ Hz to }100\text{ kHz}$	25°C		75		μV
Dropout voltage	$I_O = 1\text{ A}$	25°C		2		V
Bias current		25°C		4.3	8	mA
Bias current change	$V_I = 14.5\text{ V to }30\text{ V}$	0°C to 125°C			1	mA
	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$				0.5	
Short-circuit output current		25°C		350		mA
Peak output current		25°C		2.2		A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, $V_I = 23\text{ V}$, $I_O = 500\text{ mA}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T_J †	μA7815C			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
Output voltage	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$	25°C	14.4	15	15.8	V
		0°C to 125°C	14.25		15.75	
Input voltage regulation	$V_I = 17.5\text{ V to }30\text{ V}$	25°C		11	300	mV
	$V_I = 20\text{ V to }28\text{ V}$			3	150	
Ripple rejection	$V_I = 18.5\text{ V to }28.5\text{ V}$, $f = 120\text{ Hz}$	0°C to 125°C	54	70		dB
Output voltage regulation	$I_O = 5\text{ mA to }1.5\text{ A}$	25°C		12	300	mV
	$I_O = 250\text{ mA to }750\text{ mA}$			4	150	
Output resistance	$f = 1\text{ kHz}$	0°C to 125°C		0.019		Ω
Temperature coefficient of output voltage	$I_O = 5\text{ mA}$	0°C to 125°C		-1		mV/°C
Output noise voltage	$f = 10\text{ Hz to }100\text{ kHz}$	25°C		90		μV
Dropout voltage	$I_O = 1\text{ A}$	25°C		2		V
Bias current		25°C		4.4	8	mA
Bias current change	$V_I = 17.5\text{ V to }30\text{ V}$	0°C to 125°C			1	mA
	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$				0.5	
Short-circuit output current		25°C		230		mA
Peak output current		25°C		2.1		A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

μA7800 SERIES POSITIVE-VOLTAGE REGULATORS

SLVS056J – MAY 1976 – REVISED MAY 2003

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, $V_I = 33$ V, $I_O = 500$ mA (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T_J †	μA7824C			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
Output voltage	$I_O = 5$ mA to 1 A, $V_I = 27$ V to 38 V, $P_D \leq 15$ W	25°C	23	24	25	V
		0°C to 125°C	22.8		25.2	
Input voltage regulation	$V_I = 27$ V to 38 V	25°C		18	480	mV
	$V_I = 30$ V to 36 V			6	240	
Ripple rejection	$V_I = 28$ V to 38 V, $f = 120$ Hz	0°C to 125°C	50	66		dB
Output voltage regulation	$I_O = 5$ mA to 1.5 A	25°C		12	480	mV
	$I_O = 250$ mA to 750 mA			4	240	
Output resistance	$f = 1$ kHz	0°C to 125°C		0.028		Ω
Temperature coefficient of output voltage	$I_O = 5$ mA	0°C to 125°C		-1.5		mV/°C
Output noise voltage	$f = 10$ Hz to 100 kHz	25°C		170		μV
Dropout voltage	$I_O = 1$ A	25°C		2		V
Bias current		25°C		4.6	8	mA
Bias current change	$V_I = 27$ V to 38 V	0°C to 125°C			1	mA
	$I_O = 5$ mA to 1 A				0.5	
Short-circuit output current		25°C		150		mA
Peak output current		25°C		2.1		A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.

APPLICATION INFORMATION

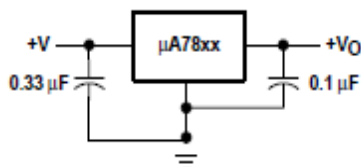
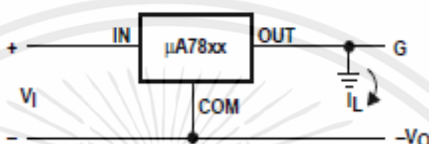
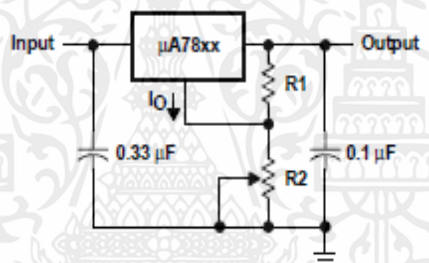


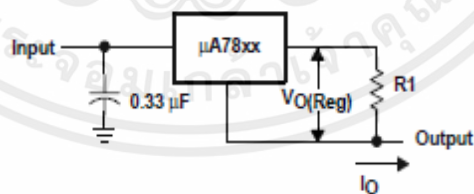
Figure 1. Fixed-Output Regulator

Figure 2. Positive Regulator in Negative Configuration (V_1 Must Float)

NOTE A: The following formula is used when V_{xx} is the nominal output voltage (output to common) of the fixed regulator.

$$V_O = V_{xx} + \left(\frac{V_{xx}}{R1} + I_O \right) R2$$

Figure 3. Adjustable-Output Regulator



$$I_O = (V_O/R1) + I_O \text{ Bias Current}$$

Figure 4. Current Regulator

μ A7800 SERIES POSITIVE-VOLTAGE REGULATORS

SLVS056J – MAY 1976 – REVISED MAY 2003

APPLICATION INFORMATION

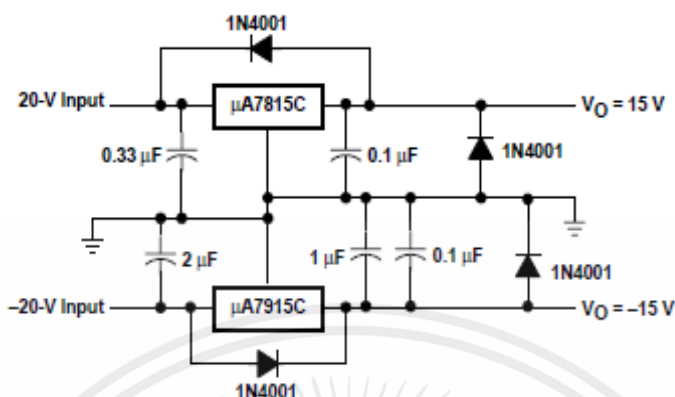


Figure 5. Regulated Dual Supply

operation with a load common to a voltage of opposite polarity

In many cases, a regulator powers a load that is not connected to ground but, instead, is connected to a voltage source of opposite polarity (e.g., operational amplifiers, level-shifting circuits, etc.). In these cases, a clamp diode should be connected to the regulator output as shown in Figure 6. This protects the regulator from output polarity reversals during startup and short-circuit operation.

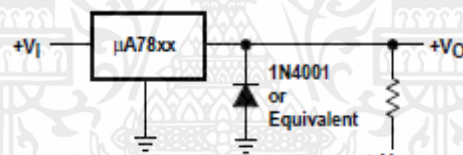


Figure 6. Output Polarity-Reversal-Protection Circuit

reverse-bias protection

Occasionally, the input voltage to the regulator can collapse faster than the output voltage. This can occur, for example, when the input supply is crowbarred during an output overvoltage condition. If the output voltage is greater than approximately 7 V, the emitter-base junction of the series-pass element (internal or external) could break down and be damaged. To prevent this, a diode shunt can be used as shown in Figure 7.

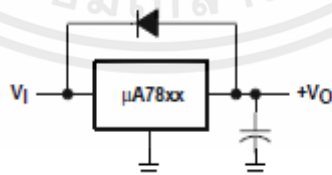


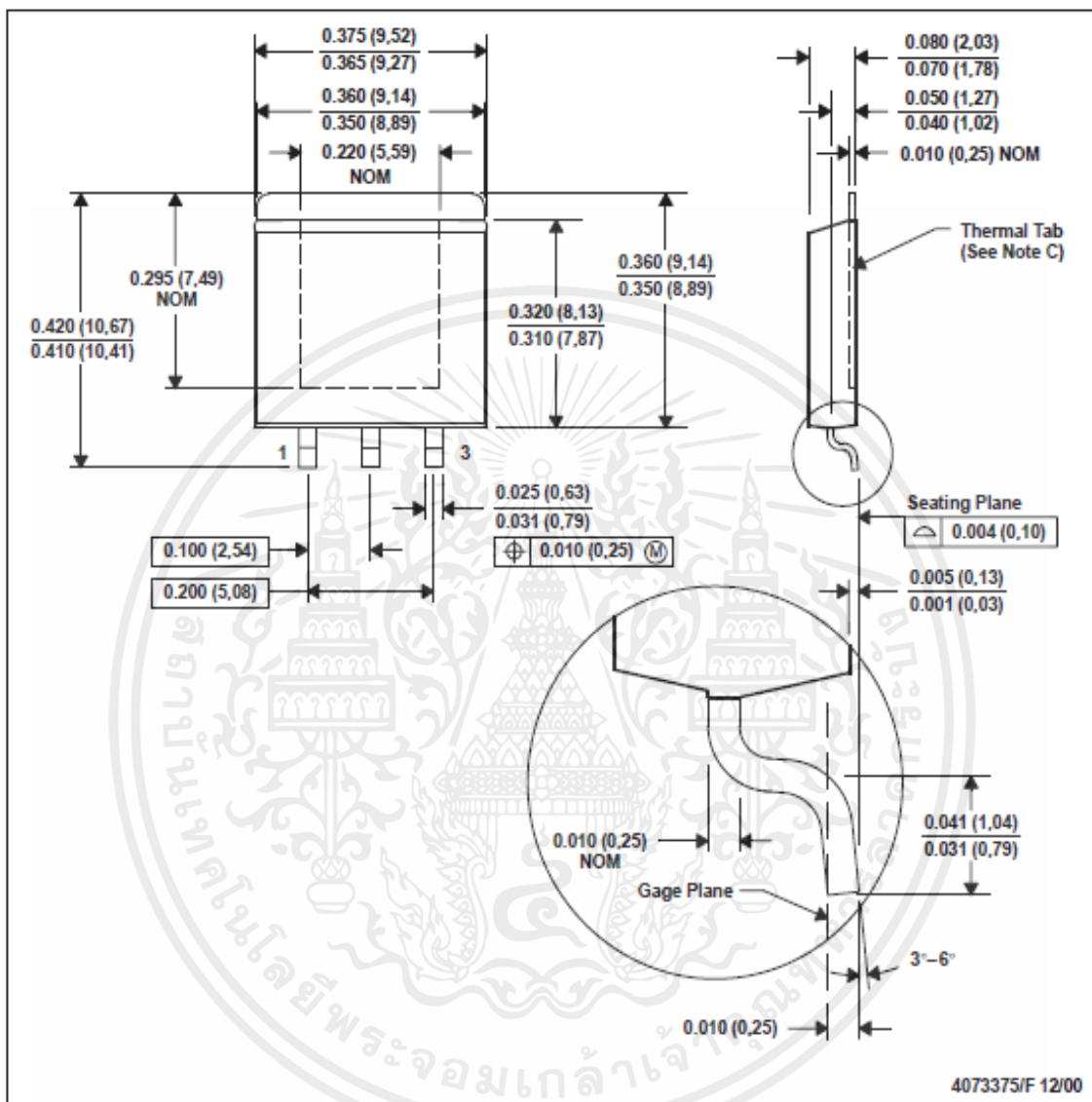
Figure 7. Reverse-Bias-Protection Circuit

MECHANICAL DATA

MPFM001E – OCTOBER 1994 – REVISED JANUARY 2001

KTE (R-PSFM-G3)

PowerFLEX™ PLASTIC FLANGE-MOUNT



- NOTES: A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 B. This drawing is subject to change without notice.
 C. The center lead is in electrical contact with the thermal tab.
 D. Dimensions do not include mold protrusions, not to exceed 0.006 (0,15).
 E. Falls within JEDEC MO-189

PowerFLEX is a trademark of Texas Instruments.

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

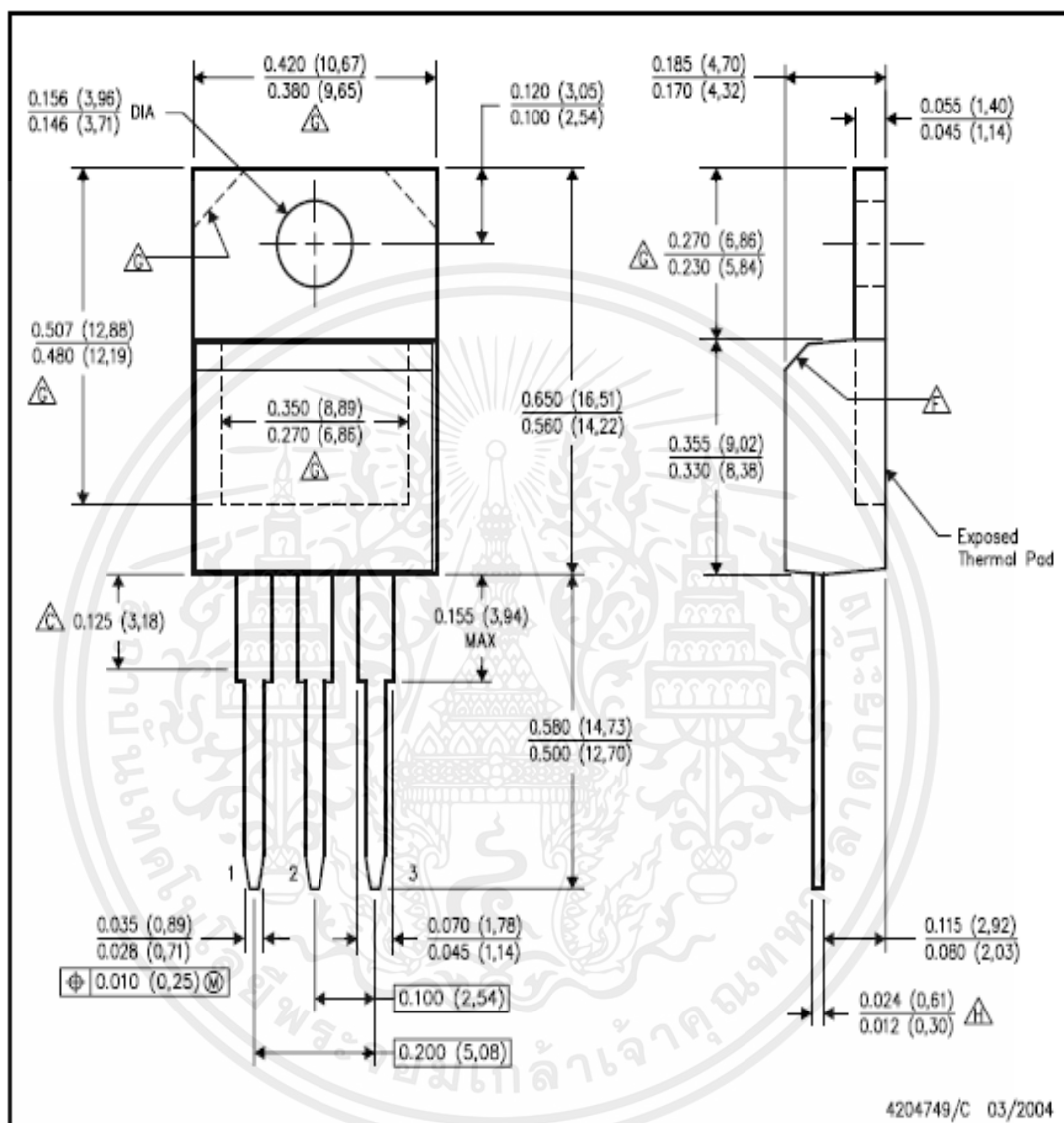
1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MECHANICAL DATA

KCS (R-PSFM-T3)

PLASTIC FLANGE-MOUNT PACKAGE

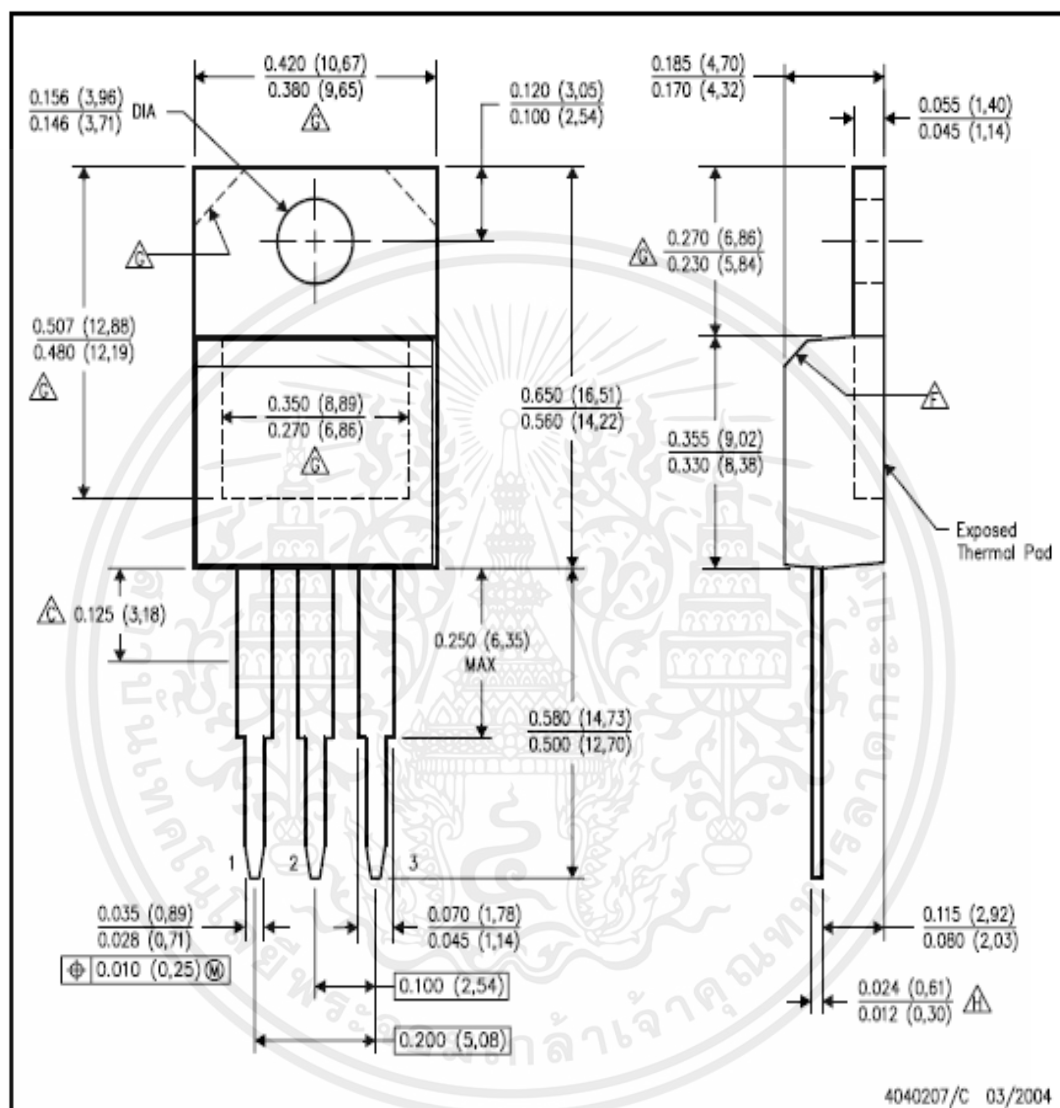


- NOTES:
- All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - This drawing is subject to change without notice.
 - Lead dimensions are not controlled within this area.
 - All lead dimensions apply before solder dip.
 - The center lead is in electrical contact with the mounting tab.
 - The chamfer is optional.
 - Thermal pad contour optional within these dimensions.
 - Falls within JEDEC TO-220 variation AB, except minimum lead thickness.

MECHANICAL DATA

KC (R-PSFM-T3)

PLASTIC FLANGE-MOUNT PACKAGE



- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - Lead dimensions are not controlled within this area.
 - D. All lead dimensions apply before solder dip.
 - E. The center lead is in electrical contact with the mounting tab.
 - The chamfer is optional.
 - Thermal pad contour optional within these dimensions.
 - Falls within JEDEC TO-220 variation AB, except minimum lead thickness.

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล	นางสาว ชาลิณี กันเทพา
วัน เดือน ปีเกิด	20 กรกฎาคม 2542
ที่อยู่ปัจจุบัน	14 หมู่ 1 ตำบลชั้นเงิน อำเภอลำสนธิ จังหวัดชุมพร 86110
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2557 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนสวนศรีวิทยา จังหวัดชุมพร พ.ศ.2560 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสวนศรีวิทยา จังหวัดชุมพร Tel. 0936142747 Email : 61511018@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้