สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องใส่ตัวเก็บประจุอัตโนมัติ

PCB Assembly Automation

นายสันติ บุญชูช่วย

Mr. Santi Boonchuchuay

นายสุธรรม อารีรักษ์สกุล

Mr. Sutham Areeruksakool

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 49859
วัน,เดือน,ปี - 2 มิ.ย. 2547
.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องใส่ตัวเก็บประจุอัตโนมัติ
	PCB Assembly Automation
นักศึกษา	นายสันติ บุญชูช่วย
	นายสุธรรม อารีรักษ์สกุล
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2545
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	

(อ. พลชัย โชติปรายนกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องใส่ตัวเก็บประจุอัตโนมัติ
นักศึกษา	นายสันติ บุญชูช่วย
	นายสุธรรม อารีรักษ์สกุล
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2545
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	อ. พลชัย โชติปรายนกุล

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องใส่ตัวเก็บประจุอัตโนมัติ ซึ่งเครื่องจักรที่ทำการออกแบบนั้นประกอบไปด้วยชุดแขนกลทำหน้าที่ในการจับตัวเก็บประจุ ชุดป้อนตัวเก็บประจุสำหรับป้อนตัวเก็บประจุให้กับชุดแขนกลและชุดแท่นเลื่อนมีหน้าที่ในการเลื่อนแผ่นวงจรพิมพ์ โดยเครื่องจักรที่สร้างมีลักษณะการทำงานคือ ชุดป้อนตัวเก็บประจุทำการตัดขาของตัวเก็บประจุแล้วส่งให้กับชุดแขนกล ตัวแขนกลจะทำการจับตัวเก็บประจุจากนั้นชุดแท่นเลื่อน 2 แกนจะทำการเลื่อนแผ่นวงจรพิมพ์ไปยังตำแหน่งที่ต้องการแล้วชุดแขนกลก็จะทำการนำตัวเก็บประจุใส่ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ ซึ่งเครื่องจักรลักษณะนี้ในปัจจุบันมีขนาดใหญ่และมีราคาสูงจึงเป็นสาเหตุให้ทำการศึกษาและออกแบบสร้างเครื่องจักรประเภทนี้ขึ้น โดยในส่วนของการดำเนินโครงงานนั้นเริ่มจากการวางแผนและออกแบบตัวเครื่องจักร ศึกษาและออกแบบวงจรสำหรับควบคุม ศึกษาวิธีการควบคุมเครื่องจักรผ่านคอมพิวเตอร์ จากนั้นจึงดำเนินการประกอบเครื่องจักรที่สร้างแล้วทำการทดสอบเครื่องจักรที่ประกอบเพื่อหาข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นและสาเหตุของข้อผิดพลาดนั้นเพื่อนำไปวิเคราะห์หาวิธีดำเนินการแก้ไขข้อผิดพลาดเพื่อนำไปสู่การประยุกต์ใช้ในการพัฒนาสร้างเครื่องจักรที่สามารถนำไปใช้งานได้จริงในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	PCB Assembly Automation
Student	Mr. Santi Boonchuchuay
	Mr. Sutham Areeruksakool
Degree	Bachelor of Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Major	Industrial Engineering
Year	2002
Thesis Advisor	Mr. Pholchai Chotiprayanakul

ABSTRACT

The objective of this thesis is to study, design, and build a PCB automated assembly machine. This machine consists of three main parts. The first part is a mechanical arm for grasping and inserting a capacitor on a printed circuit board. The second part is a feeder for feeding and cutting capacitors. The third part is working table for moving a printed circuit board in X-Y axis. A typical machine in the current market is very big and relatively expensive. Therefore, this type of automated machine should be designed and constructed. After the machine and the control unit are assembled, they are tested for a specific working condition in order to search for a coordination error. Moreover, Causes of the error are solved and the machine can be implemented.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความร่วมมือของบุคคลหลายท่านทางผู้จัดทำจึงขอขอบคุณ

ขอบคุณ อาจารย์พรศักดิ์ อาจารย์สรรพสิทธิ์ ที่เป็นทั้งอาจารย์และคอยเป็นห่วงพวกเรามาโดยตลอด

ขอบคุณอาจารย์พลชัย อาจารย์ที่ปรึกษาโปรเจคและอาจารย์สิทธิพร พิมพ์สกุล ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำต่างๆ และโอกาสในการทำงานหลายๆ ครั้งตลอดจนตรวจทานแก้ไข ตลอดจนตรวจทานแก้ไขปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนสมบูรณ์เป็นอย่างดี

ขอบคุณพี่ติ่ง ที่กรุณาเปิดห้องให้พวกเราได้ทำงานจนดึกดื่น

ขอบคุณแป๊ะ พิช เต้ ที่ช่วย เขียนโปรแกรม ขอบคุณเพื่อน ๆที่แสนดีทุกคน ขอบคุณผู้ปกครองของพวกเราที่คอยให้กำลังใจในการทำงานครั้งนี้

และสุดท้ายขอบคุณคู่โปรเจคที่อดทนต่อสู้มาด้วยกันจนทำให้สามารถทำงานชิ้นนี้ได้สำเร็จ

สันติ บุญชูช่วย

สุธรรม อารีรักษ์สกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทที่

1. บทนำ

1.1 ที่มาโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตโครงงาน 1

1.4 ประโยชน์ที่คาดจะได้รับ 1

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 สวิทซ์ที่ใช้และหลักการทำงาน 2

2.2 โซลินอยด์ 5

2.3 สเต็ปมอเตอร์แบบยูนิโพล่าร์ 8

2.4 แผ่นภาพขั้นบันได 11

2.5 แผ่นภาพเหตุการณ์ 11

3. วิธีการดำเนินการศึกษา

3.1 การดำเนินงานด้านออกแบบโครงสร้าง 12

3.2 การดำเนินงานด้านวงจรไฟฟ้า 15

3.3 การดำเนินงานด้านโปรแกรมควบคุม 17

3.4 แผนการทดสอบ 18

4. ผลการศึกษา

4.1 ผลการดำเนินงานด้านโครงสร้าง 19

4.2 ผลการดำเนินงานด้านวงจรไฟฟ้าและโปรแกรม 20

4.3 ผลการทดสอบ 22

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา 23

5.2 แนวทางการพัฒนาในอนาคต 23

ภาคผนวก

บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างแสดงสวิทซ์ปุ่มกด 2
รูปที่ 2.2 สวิทซ์กดแบบปกติเปิด 2
รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้าง 3
รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ 3
รูปที่ 2.5 รีเลย์ 4
รูปที่ 2.6 โครงสร้างและการทำงานของรีเลย์ 4
รูปที่ 2.7 โซลินอยด์ 5
รูปที่ 2.8 วาล์ว 2/2 ปกติปิดเลื่อนด้วยโซลินอยด์กลับสู่สภาพเดิมด้วยแรงสปริง 5
รูปที่ 2.9 วาล์ว 3/2 (สภาวะปกติ) 6
รูปที่ 2.10 วาล์ว 3/2 (สภาวะทำงาน) 6
รูปที่ 2.11 วาล์ว 5/2 (สภาวะปกติ) 7
รูปที่ 2.12 วาล์ว 5/2 (สภาวะทำงาน) 7
รูปที่ 2.13 วาล์ว 5/2 โซลินอยด์เปิดทางลมเป็นตัวเลื่อนวาล์วทั้งสองด้าน(สภาวะปกติ) 8
รูปที่ 2.14 วาล์ว 5/2 โซลินอยด์เปิดทางลมเป็นตัวเลื่อนวาล์วทั้งสองด้าน (สภาวะทำงาน) 8
รูปที่ 2.15 แผ่นภาพขั้นบันได 11
รูปที่ 2.16 แผ่นภาพเหตุการณ์ 11
รูปที่ 3.1 การออกแบบโดยรวมทั้งหมด 12
รูปที่ 3.2 แท่นเลื่อน 2 แกน สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวแกน X และ Y 13
รูปที่ 3.3 ชุดแขนกล 13
รูปที่ 3.4 ชุดป้อนตัวเก็บประจุ 14
รูปที่ 3.5 โครงสร้างหลักของเครื่องจักร 15
รูปที่ 3.6 แผ่นภาพขั้นบันได 16
รูปที่ 3.7 แผ่นภาพเหตุการณ์ 16
รูปที่ 4.1 โครงสร้างเมื่อทำสำเร็จ 19
รูปที่ 4.2 วงจรไฟฟ้าเมื่อทำสำเร็จ 20
รูปที่ 4.3 หน้าต่างโปรแกรมสำหรับควบคุม 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาโครงงาน

เนื่องจากในช่วงฝึกงาน ได้พบกับเครื่องจักรใส่ตัวเก็บประจุอัตโนมัติ (PCB Assembly Automation) ซึ่งใช้ในการจับใส่ส่วนประกอบต่างๆของวงจรลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ (Print Circuit Board.; PCB) ทำให้เห็นลักษณะการทำงานของเครื่องจักรน่าสนใจมาก เครื่องจักรสามารถใส่ส่วนประกอบต่างๆของวงจร ได้อย่างรวดเร็ว มีความผิดพลาดในการทำงานต่ำและเนื่องจากราคาของเครื่องจักรยังมีราคาสูงมาก ทำให้เราเกิดความคิดว่าจะทำเครื่องใส่ตัวเก็บประจุอัตโนมัติขึ้นมาบ้างโดยทำให้มีขนาดเล็กกว่าเครื่องจริงและทำงานใกล้เคียงกับเครื่องจริง ราคาถูกกว่า ซึ่งสามารถพัฒนาเครื่องใส่ตัวเก็บประจุอัตโนมัติ ให้ขึ้นมาแทนที่เครื่องใส่ตัวเก็บประจุอัตโนมัติได้ด้วย ศักยภาพใกล้เคียงแต่ราคาของเครื่องใส่ตัวเก็บประจุอัตโนมัติที่สร้างมี ถูกกว่ามาก

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อทำการออกแบบเขียนโปรแกรมผ่านคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมเครื่องจักรได้
2. สามารถออกแบบและอ่านแบบได้

1.3 ขอบเขตโครงงาน

1. เป็นการสร้างเครื่องใส่ตัวเก็บประจุอัตโนมัติ(PCB Assembly Automation) แบบประหยัด
2. ชุดป้อนตัวเก็บประจุใช้สเต็ปมอเตอร์ เป็นต้นกำลัง
3. ชุดป้อนสามารถป้อนตัวเก็บประจุ ใช้ระบบนิวเมติก
4. แท่นเลื่อน2แกนใช้ บอลสกรูผนวกกับใช้คอมพิวเตอร์ควบคุม

ในส่วนของฮาร์ดแวร์

- ชุดแขนกลสำหรับจับตัวเก็บประจุ
- ชุดป้อนตัวเก็บประจุ
- แท่นเลื่อน2แกน
- วงจรควบคุมมอเตอร์

ในส่วนของซอฟแวร์

-โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของชุดแท่นเลื่อน2แกน

1.4 ประโยชน์ที่คาดจะได้รับ

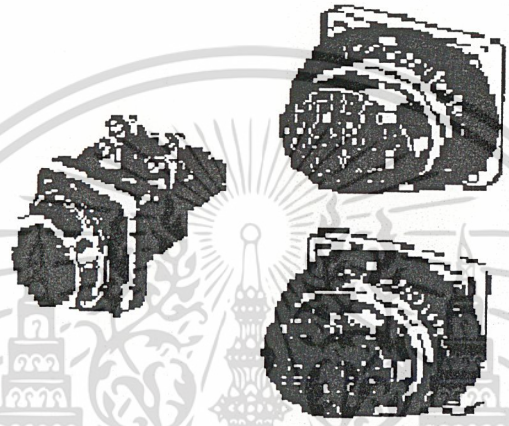
1. ได้รับความสะดวกสบายจากเครื่องจักรที่สร้างขึ้นมา
2. เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ที่เรียนมาผนวกกับการค้นคว้าเพิ่มเติมในการสร้างเครื่องจักร
3. ทำให้รู้ถึงการทำงานระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์
4. ทำให้รู้จักการแก้ปัญหาและวางแผนการแก้ปัญหาล่วงหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

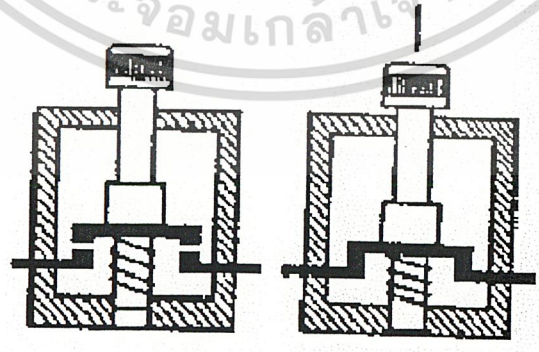
2.1 สวิทซ์ที่ใช้และหลักการทำงาน

2.1.1 สวิทซ์ปุ่มกด (Push button Switch)



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างแสดงสวิทซ์ปุ่มกด

สวิทซ์กดแบบปกติเปิด (N.O; Normally Open): หลักการทำงานสวิทซ์ปุ่มกดแบบนี้ในภาวะปกติสวิทซ์จะตัดวงจร กระแสไฟจะไม่สามารถไหลจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้แต่เมื่อสวิทซ์ถูกกดจากภายนอกจะทำให้หน้าสัมผัสต่อถึงกันกระแสไฟจึงสามารถไหลผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้และหากสวิทซ์ไม่ถูกกดสปริงจะดันให้หน้าสัมผัสแยกออกจากกันสู่สภาพเดิม

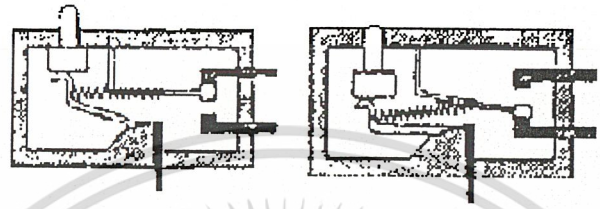


รูปที่ 2.2 สวิทซ์กดแบบปกติเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิทซ์ปุ่มกดแบบปกติปิด (N.C; Normally Close): หลักการทำงานสวิทซ์ปุ่มกดแบบนี้ในสภาวะปกติกระแสไฟจะสามารถไหลผ่านหน้าสัมผัสจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้แต่เมื่อสวิทซ์ถูกกดจากแรงภายนอกหรือสภาวะทำงานจะทำให้หน้าสัมผัสตัดวงจรไม่ให้กระแสไหลผ่านไปยังอีกด้านหนึ่งได้และหากสวิทซ์ไม่ถูกกดสปริงจะดันให้หน้าสัมผัสกลับสู่สภาพเดิม

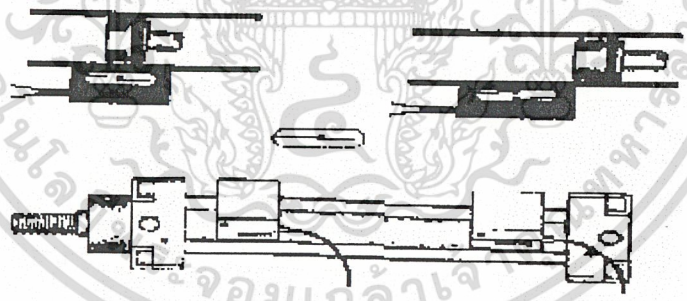
2.1.2 สวิทซ์ตำแหน่ง (Limit Switch)



รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้าง

หลักการทำงาน : สวิทซ์ประเภทนี้เป็นสวิทซ์ที่ทำงานทางกล คือ ใช้แทนเครื่องก้านสูบฝาปิดเครื่องจักร ฯลฯ เป็นตัวกดในการเปลี่ยนตำแหน่งหน้าสัมผัส

2.1.3 สวิทซ์แม่เหล็ก (Magnetic Switch)



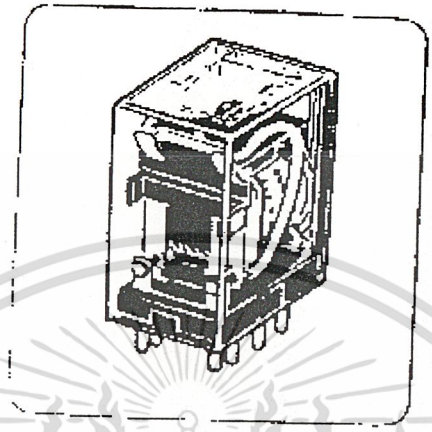
รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์

หลักการทำงาน : สวิทซ์แม่เหล็กหรือบางครั้งอาจเรียกว่า รีดสวิทซ์ (Reed Switch) เป็นที่ทำงานโดยไม่ต้องสัมผัส แต่จะอาศัยอำนาจแม่เหล็กเป็นตัวสั่งการให้ทำงาน รีดสวิทซ์นี้เหมาะสำหรับงานที่มีการตัดต่อสวิทซ์สูง และงานที่มีปัญหาการติดตั้งลิมิทสวิทซ์ในระบบควบคุม รีดสวิทซ์จะติดตั้งร่วมกับกระบอกสูบพิเศษที่มีแม่เหล็กถาวรติดอยู่ภายใน ในภาวะปกติยังไม่มีอำนาจแม่เหล็กเกิดขึ้นบริเวณที่ติดตั้งรีดสวิทซ์ หน้าสัมผัสทั้ง 2 ยังไม่ต่อถึงกัน แต่เมื่อกระบอกสูบที่มีแม่เหล็กถาวรติดอยู่ภายในเคลื่อนที่ผ่านจะเหนี่ยวนำให้หน้าสัมผัสทั้ง 2 ต่อถึงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

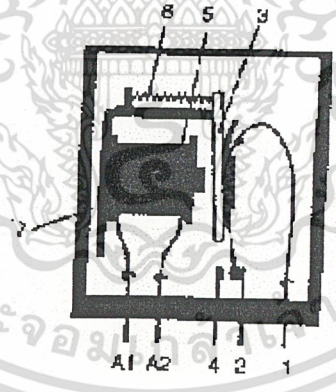
2.1.4 รีเลย์ (RELAY)

ในวงจรควบคุมที่ยุ่งยากในระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้าจะไม่สามารถใช้สวิทซ์เพียงอย่างเดียวในการควบคุม จำเป็นต้องนำรีเลย์เข้ามาช่วยเพราะภายในตัวของรีเลย์จะมีหน้าสัมผัสจำนวนหลายชุดอยู่ภายในจึงสามารถใช้ควบคุมงานที่ยุ่งยากได้ รีเลย์เป็นสวิทช์ที่อาศัยอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าช่วยให้เกิดการตัดต่อควบคุมวงจร



รูปที่ 2.5 รีเลย์

โครงสร้างและการทำงานของรีเลย์



รูปที่ 2.6 โครงสร้างและการทำงานของรีเลย์

โครงสร้างของรีเลย์ประกอบด้วยแกนเหล็ก 2 ชุด ชุดหนึ่งถูกยึดติดกับที่โดยมีขดลวดพันอยู่รอบๆเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กในกรณีที่ไฟไหลผ่านขดลวดและจะทำให้เกิดแรงดูดได้ สำหรับแกนเหล็กอีกส่วนจะเคลื่อนที่ได้ โดยแกนเหล็กชุดนี้หน้าสัมผัสติดอยู่

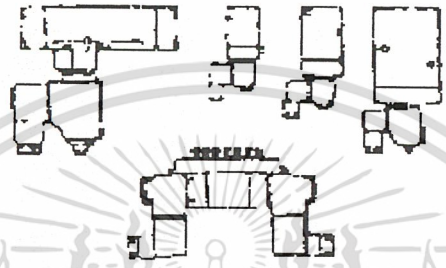
หลักการทำงาน ในสภาวะปกติเหล็ก 2 ชุดจะแยกออกจากกัน ด้วยแรงสปริง ชุดของหน้าสัมผัสในสภาวะนี้จะเรียกว่า ชุดหน้าสัมผัสปกติเปิดในกรณีที่หน้าสัมผัสแยกออกจากกันก็จะต่อถึงกันเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดลวดที่พันอยู่รอบ ๆ แกนเหล็ก จะทำให้แกนเหล็กเป็นแม่เหล็กดูดแกนเหล็กชุดเคลื่อนที่ ทำให้ชุดหน้าสัมผัสเปลี่ยนการทำงานทันที คือ ชุดหน้าสัมผัสที่ต่อถึงกันจะแยกออกจากกัน และชุดหน้าสัมผัสที่แยกจากกันก็จะต่อถึงกัน หรืออาจจะสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง่าย ๆ ได้ว่า ชุดหน้าสัมผัสเปิดจะเปลี่ยนเป็นปิดจากปิดจะเปลี่ยนเป็นเปิดและหากไม่มีกระแสไหลเข้าขดลวดชุดหน้าสัมผัสก็จะคืนกลับสู่ตำแหน่งเดิม

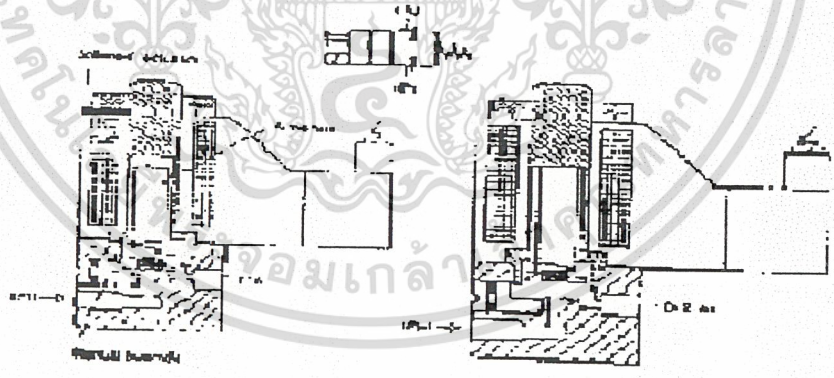
2.2 โซลินอยด์

ในการควบคุมอุปกรณ์ทำงานในระบบนิวแมติกส์ให้ทำงานตามที่ต้องการนั้นอุปกรณ์ที่ทำให้อุปกรณ์ทำงานเปลี่ยนตำแหน่งได้คือ วาล์ว ซึ่งในการเลื่อนวาล์วควบคุมนั้นสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น เลื่อนวาล์วโดยใช้กล้ามเนื้อ การเคลื่อนโดยใช้กลไก การเคลื่อนโดยใช้ลม ใช้ไฟฟ้าควบคุม หรือการเลื่อนโดยใช้วิธีใดวิธีหนึ่งร่วมกัน



รูปที่ 2.7 โซลินอยด์

โครงสร้างของวาล์วควบคุมโดยทั่วไปซึ่งในที่นี้หมายรวมถึงโซลินอยด์วาล์วด้วย สามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิดใหญ่ด้วยกัน คือ วาล์วแบบนั่งบ่า และวาล์วแบบลูกสูบเลื่อน โดยที่วาล์วแต่ละประเภทจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน



รูปที่ 2.8 วาล์ว 2/2 ปกติปิดเลื่อนด้วยโซลินอยด์กลับสู่สภาพเดิมด้วยแรงสปริง

วาล์ว 2/2 ปกติปิดเลื่อนด้วยโซลินอยด์กลับสู่สภาพเดิมด้วยแรงสปริง

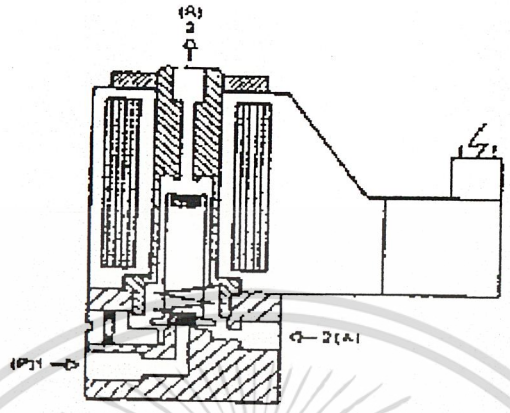
สภาวะปกติ : ยังไม่มีกระแสไฟไหลเข้าขดลวดโซลินอยด์ โซลินอยด์จึงไม่มีอำนาจแม่เหล็ก แรงสปริงจะดันให้ลิ้นของวาล์วปิดทางลมจาก P ไม่ให้ผ่านไปยัง A

สภาวะทำงาน : เมื่อมีกระแสไฟไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์จะทำให้โซลินอยด์เกิดแรงดูดจากอำนาจแม่เหล็กเมื่อลิ้นของวาล์วที่เคลื่อนที่ขึ้นไปเปิดทางลมเป็นผลทำให้แรงดันลมจาก P ต่อถึง A ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

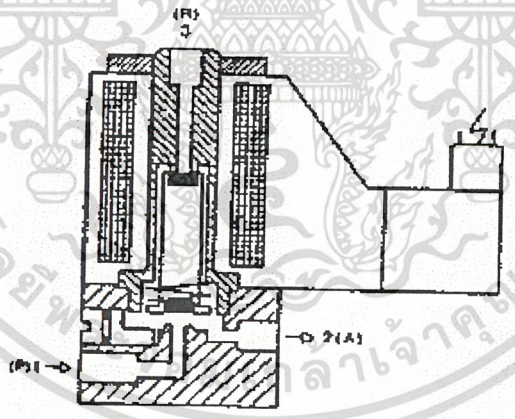
วาล์ว 3/2 ปกติปิดเลื่อนด้วยโซลินอยด์กลับสู่สภาพเดิมด้วยแรงสปริง

สภาวะปกติ : ยังไม่มีกระแสไฟไหลเข้าขดลวดโซลินอยด์ โซลินอยด์จึงไม่มีอำนาจแม่เหล็กดังนั้นสปริงจะดันให้ลิ้นวาล์วปิดทางลมที่มาจากรู P ส่วน A ต่อถึง R



รูปที่ 2.9 วาล์ว 3/2 (สภาวะปกติ)

สภาวะทำงาน : เมื่อมีกระแสไฟไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์จะทำให้โซลินอยด์เกิดแรงดูดจากอำนาจแม่เหล็ก เมื่อลิ้นของวาล์วที่เคลื่อนที่ขึ้นทำให้แรงดันลมจาก P ต่อถึง A ส่วนรู R จะถูกปิด

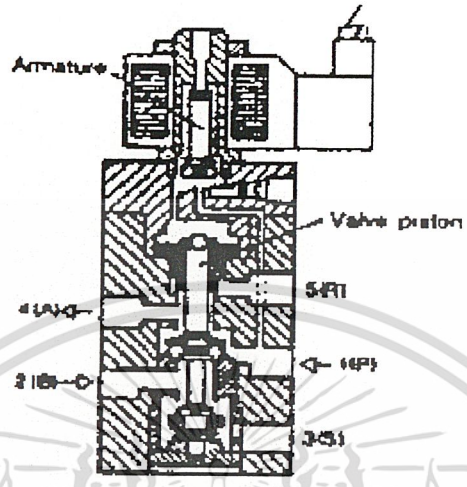


รูปที่ 2.10 วาล์ว 3/2 (สภาวะทำงาน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

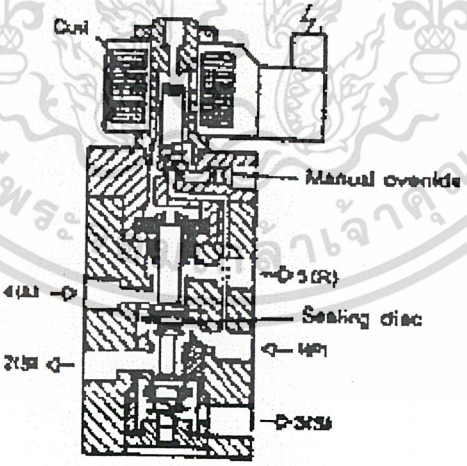
วาล์ว 5/2 ใช้โซลินอยด์และลมเป็นตัวเลื่อนวาล์วกลับสู่สภาพเดิมด้วยแรงสปริง

สภาวะปกติ : เมื่อยังไม่มีกระแสไฟไหลเข้าขดลวดโซลินอยด์ โซลินอยด์จึงไม่มีอำนาจแม่เหล็กแรงสปริงจะดันลิ้นเล็กด้านบนปิดทางลมจาก P ลิ้นใหญ่จะไม่ถูกเลื่อน เป็นผลทำให้รู P ต่อถึงรู B รู A จะต่อถึงรู R ส่วนรู S จะถูกปิด



รูปที่ 2.11 วาล์ว 5/2 (สภาวะปกติ)

สภาวะทำงาน : เมื่อมีกระแสไฟไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ จะทำให้โซลินอยด์เกิดแรงดูดจากอำนาจแม่เหล็ก เมื่อลิ้นเล็กด้านบนขึ้นให้เปิดทางลม ลมจากรู P จะผ่านลิ้นเล็กด้านบนไปเลื่อนลิ้นใหญ่ ทำให้แรงดันลมจาก P เปลี่ยนทิศทาง คือ รู P จะต่อรู A รู B จะต่อรู S ส่วนรู R จะถูกปิด



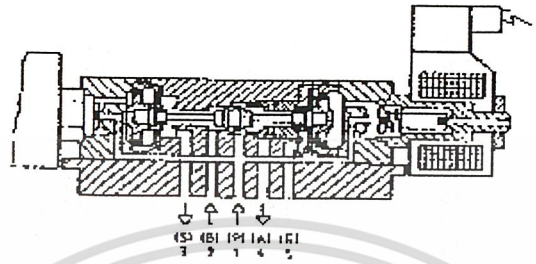
รูปที่ 2.12 วาล์ว 5/2 (สภาวะทำงาน)

สภาวะทำงาน : เมื่อมีกระแสไฟไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ จะทำให้โซลินอยด์เกิดแรงดูดจากอำนาจแม่เหล็ก เมื่อลิ้นเล็กด้านบนขึ้นให้เปิดทางลม ลมจากรู P จะผ่านลิ้นเล็กด้านบนไปเลื่อนลิ้นใหญ่ ทำให้แรงดันลมจาก P เปลี่ยนทิศทาง คือ รู P จะต่อรู A รู B จะต่อรู S ส่วนรู R จะถูกปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

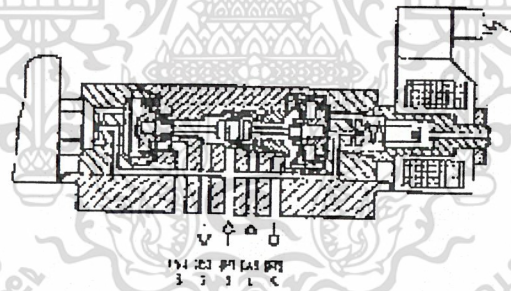
วาล์ว 5/2 โซลินอยด์เปิดทางลมเป็นตัวเลื่อนวาล์วทั้งสองด้าน

สภาวะปกติ : เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ด้านซ้ายมือ จะทำให้โซลินอยด์เกิดแรงดูดจากอำนาจแม่เหล็กเลื่อนลิ้นเล็กด้านซ้ายให้เปิดทางลม ลมจาก P จะไหลผ่านลิ้นเล็กไปเลื่อนลิ้นของเมนวาล์วให้เลื่อนไปทางขวามือ เป็นผลทำให้แรงดันลมจาก P ต่อถึง B และ A ต่อถึง R ส่วนรู S จะถูกปิด



รูปที่ 2.13 วาล์ว 5/2 โซลินอยด์เปิดทางลมเป็นตัวเลื่อนวาล์วทั้งสองด้าน(สภาวะปกติ)

สภาวะทำงาน : เมื่อกระแสไฟไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ด้านขวามือจะทำให้โซลินอยด์เกิดแรงดูดจากอำนาจแม่เหล็กเลื่อนลิ้นเล็กด้านขวามือให้เปิดทางลม ลมจาก P จะไหลผ่านลิ้นเล็กไปเลื่อนลิ้นของเมนวาล์วให้เลื่อนไปทางซ้ายมือ เป็นผลทำให้แรงดันลมจาก P เปลี่ยนทิศทางการไหล คือ รู P ต่อถึงรู A รู B ต่อถึงรู S ส่วนรู R จะถูกปิด



รูปที่ 2.14วาล์ว 5/2 โซลินอยด์เปิดทางลมเป็นตัวเลื่อนวาล์วทั้งสองด้าน (สภาวะทำงาน)

2.3 สเต็ปมอเตอร์แบบยูนิโพล่าร์

สเต็ปมอเตอร์เป็นมอเตอร์ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จนในปัจจุบันสเต็ปมอเตอร์ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายมากที่สุดและหาได้ง่ายคือ สเต็ปมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ (uni - polar stepper motor)

สเต็ปมอเตอร์แบบนี้มีการพันขดลวด 2 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ แต่ละขดแบ่งเป็น 2 เฟส รวมมอเตอร์แต่ละตัวจะมี 4 เฟส ทำให้สเต็ปมอเตอร์แบบนี้มีทั้งแบบ 5 สายและ 6 สาย ถ้าเป็นแบบ 5 สาย จะเป็นการนำไฟเลี้ยงจากขดลวดทั้งสองมาต่อรวมกันเป็นสายเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกระตุ้นและการควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์

การกระตุ้นและการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปแต่ละสเต็ปทำได้โดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขดลวดแต่ละขดบนสเตเตอร์ ซึ่งต้องป้อนเป็นลำดับตามรูปแบบที่ถูกต้อง สามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบคือ แบบฟูลสเต็ปหนึ่งเฟส (full-step 1 phase) แบบฟูลสเต็ปสองเฟส (full-step 2 phase) แบบฮาล์ปสเต็ป (half step)

แบบฟูลสเต็ปหนึ่งเฟสเป็นการกระตุ้นที่มีรูปแบบที่ง่ายที่สุด โดยทำการกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาไล่เรียงถัดกันไป เช่น เริ่มต้นที่ขดที่ 1, 2, 3, 4 แล้ววนกลับมาขดที่ 1 วนไปเรื่อย ๆ หรือเริ่มที่ขดที่ 1 แล้วย้อนไปยังขดที่ 4, 3, 2 แล้วกลับมายังขดที่ 1 อีกครั้งซึ่งทำให้ทิศทางของการหมุนสวนทางกัน ในการกระตุ้นรูปแบบนี้จึงมีขดลวดเพียงขดเดียวในเวลาหนึ่งที่ถูกกระตุ้นเท่านั้นวงจรกระตุ้นแบบเวฟจึงราคาถูกและง่าย ขั้นตอนการทำงานต่าง ๆแสดงดังตารางที่ ก.

ตาราง ก. แสดงรูปแบบการขับสเต็ปมอเตอร์แบบฟูลสเต็ปหนึ่งเฟส

สเต็ปที่	เฟสที่1	เฟสที่2	เฟสที่3	เฟสที่4
1	ทำงาน	-	-	-
2	-	ทำงาน	-	-
3	-	-	ทำงาน	-
4	-	-	-	ทำงาน

แบบฟูลสเต็ปสองเฟสมีลักษณะคล้ายหนึ่งเฟส แต่จะทำการกระตุ้นโดยจ่ายแรงดันไปที่ขดลวด 2 ขด ที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกัน และเรียงถัดกันไปเช่นเดียวกับแบบหนึ่งเฟส ขดลวดชุดแรกที่ถูกกระตุ้นจะเป็นขดที่ 1 และ 2 ตามด้วยการกระตุ้นขดที่ 2 และ 3 ต่อไปเป็นขดที่ 3 และ 4 ถัดไปเป็นขดที่ 4 และ 1 แล้วกลับมาขดที่ 1 และ 2 วนไปตามลำดับเช่นนี้หรือเริ่มที่ขด 1 และ 4 ตามด้วยขดที่ 4 แล 3 ถัดไปเป็นขดที่ 3 และ 2 ต่อไปเป็นขดที่ 2 และ 1แล้ววนกลับมาที่ขดที่ 1 และ 4 ทิศทางการหมุนจะสวนทางกัน ดังแสดงขั้นตอนการกระตุ้นในตาราง ข.

ตาราง ข. รูปแสดงการขับสเต็ปมอเตอร์แบบฟูลสเต็ปสองเฟส

สเต็ปที่	เฟสที่1	เฟสที่2	เฟสที่3	เฟสที่4
1	ทำงาน	ทำงาน	-	-
2	-	ทำงาน	ทำงาน	-
3	-	-	ทำงาน	ทำงาน
4	ทำงาน	-	-	ทำงาน

การกระตุ้นสเต็ปมอเตอร์แบบนี้สามรถเพิ่มแรงบิดหรือทอร์ค(torque)ได้มากกว่าแบบหนึ่งเฟสแกนแม่เหล็กเคลื่อนที่หรือโรเตอร์(rotor) ภายในมอเตอร์จะเคลื่อนที่ด้วยแรงดึงอย่างเต็มแรงจาก 2 ขดลวดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน และหมุนต่อไปอีกด้วยแรงดึงจากอีก 2 ขดลวดถัดไป สำหรับข้อเสียคือใช้กำลังไฟฟ้ามากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฮาล์ฟสเต็ปเป็นรูปแบบที่ผสมผสานระหว่างการกระตุ้นแบบหนึ่งเฟสและสองเฟสเพื่อเพิ่มจำนวนและสเต็ปต่อรอบอีกเท่าตัวหนึ่ง ในระบบนี้จะทำการกระตุ้นขดลวดเรียงกันไปตามลำดับดังนี้ เริ่มจากขดลวดที่ 1, 1 และ 2, 2, 2 และ 3, 3, 3 และ 4, 4, 4 และ 1 แล้ววนกลับมาดังแสดงในตาราง ค. แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นแบบนี้จะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากช่วงของการเคลื่อนที่แต่ละสเต็ปมีระยะสั้นลง แต่ละสเต็ปเกิดจากแรงดึงของขดลวดสองขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกันความถูกต้องของตำแหน่งมีมากขึ้น แต่ต้องพึงระวังไว้อีกประการหนึ่งว่า เมื่อกระตุ้นให้ทำงานในรูปแบบนี้จะต้องทำการหมุนถึง 2 สเต็ป จึงจะได้ระยะเท่ากับการกระตุ้นแบบฟูลสเต็ป 1 สเต็ป สำหรับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต้องใช้เท่ากับแบบ 2 เฟสเป็นอย่างน้อย จึงจะเพียงพอ

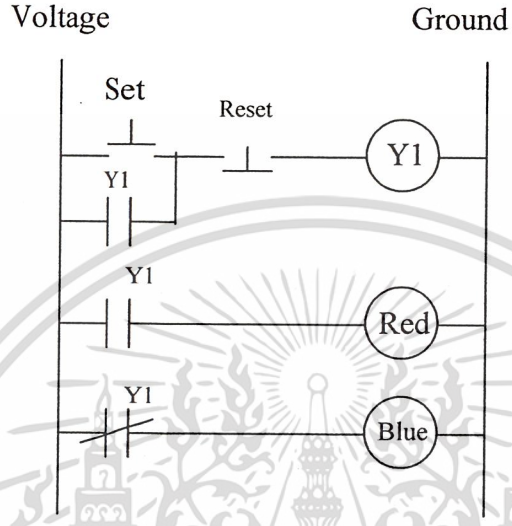
ตาราง ค. แสดงรูปแบบการขับสเต็ปมอเตอร์แบบฮาล์ฟสเต็ป

สเต็ปที่	เฟสที่1	เฟสที่2	เฟสที่3	เฟสที่4
1	ทำงาน	-	-	-
2	ทำงาน	ทำงาน	-	-
3	-	ทำงาน	-	-
4	-	ทำงาน	ทำงาน	-
5	-	-	ทำงาน	-
6	-	-	ทำงาน	ทำงาน
7	-	-	-	ทำงาน
8	-	-	-	ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 แผ่นภาพขั้นบันได (Ladder Diagram)

แผ่นภาพขั้นบันไดเป็นแผ่นภาพที่มีเส้นในแนวตั้ง 2 เส้น โดยเส้นทางซ้ายจะเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (Voltage source) ส่วนเส้นทางขวาจะต่อเข้ากับเส้นกราวด์ (ground) โดยระหว่างเส้นทั้งสองจะเชื่อมต่อกันด้วยเส้นในแนวนอนซึ่งเส้นนี้จะใช้สำหรับจัดวางตำแหน่งสัญญาลักษณ์ทางไฟฟ้า

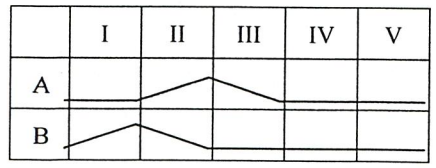


รูปที่ 2.15 แผ่นภาพขั้นบันได

สัญลักษณ์ใช้ในแผ่นภาพขั้นบันไดจะมีสัญลักษณ์อยู่ 2 กลุ่มคือ กลุ่มสัญลักษณ์หน้าสัมผัสทางไฟฟ้า(Electrical Contact) และสัญลักษณ์การทำงานที่ได้โดยที่ในส่วนของสัญลักษณ์หน้าสัมผัสทางไฟฟ้าจะเป็น สวิทช์เปิด-ปิด (Pushbutton Switch) สวิทช์ตำแหน่ง(Limit Switch) สวิทช์ความดัน สวิทช์อุณหภูมิหรือสวิทช์ตรวจจับชนิดอื่นๆ ส่วนสัญลักษณ์แสดงการทำงานได้แก่ กลไกขับเคลื่อน เช่น ขดลวดรีเลย์ โซลินอยด์ หลอดไฟ มอเตอร์หรือเครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกที่ทำการขับเคลื่อนด้วยวงจรทางไฟฟ้า

2.5 แผ่นภาพเหตุการณ์ (Sequence Diagram)

แผ่นภาพเหตุการณ์เป็นแผ่นภาพที่แสดงให้เห็นเหตุการณ์การสับเปลี่ยนระบบการทำงานของระบบโดยแผ่นภาพจะแสดงขั้นตอนการทำงานตามลำดับทีละขั้นตอน



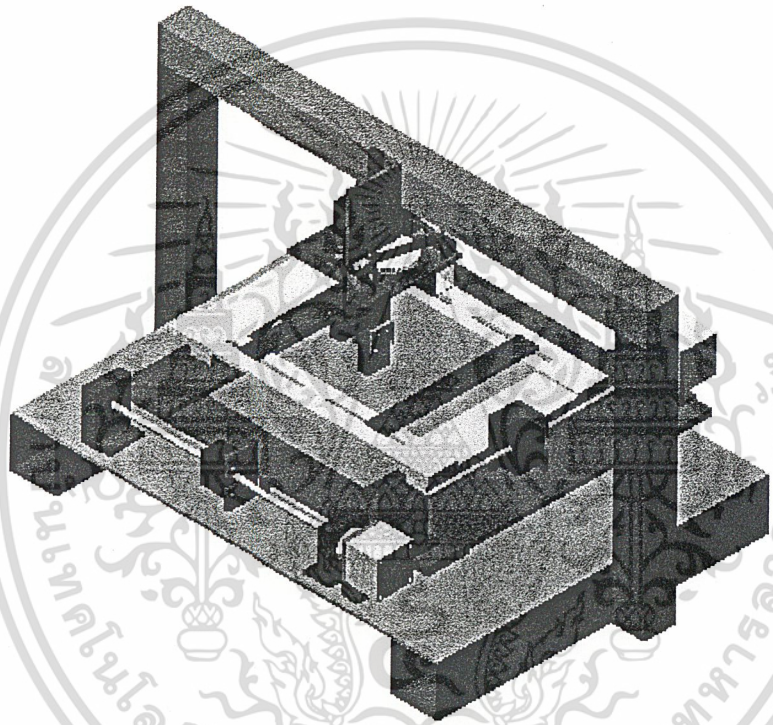
รูปที่ 2.16 แผ่นภาพเหตุการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินงาน

3.1 การดำเนินงานด้านการออกแบบโครงสร้าง

เริ่มจากการทำการศึกษาเก็บข้อมูลจากการเยี่ยมชมโรงงาน จากนั้นจึงเริ่มการออกแบบเครื่องจักร โดยแบ่งเครื่องจักรในการออกแบบออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ แท่นเลื่อน 2 แกน ชุดแขนกล ชุดป้อนตัวเก็บประจุ

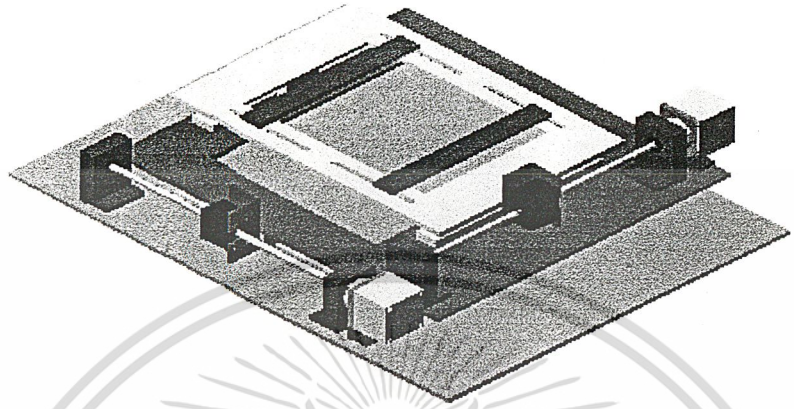


รูปที่ 3.1 การออกแบบโดยรวมทั้งหมด

แท่นเลื่อน 2 แกน สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวแกน X และ Y สามารถใช้กับแผ่นพีซีบีที่มีความหนาตั้งแต่ 1 มิลลิเมตร ถึง3 มิลลิเมตร โดยรองรับแผ่นพีซีบีมากสุดที่ขนาด 230x112 มิลลิเมตร โดยแบ่งออกเป็น 4 ชั้น ชั้นที่ 1 เป็นชั้นที่อยู่บนสุด โดยใช้สำหรับยึดจับแผ่นพีซีบี ชั้นที่ 2 เป็นชั้นที่อยู่ถัดจากชั้นที่ 1 ใช้สำหรับเคลื่อนที่ในแนวแกน Y และยังเป็นชั้นที่ใช้สำหรับติดตั้งชุดป้อนตัวเก็บประจุ และปรับขนาดที่ยึดจับแผ่นพีซีบี ชั้นที่ 2 ใช้สำหรับเคลื่อนที่ในแนวแกน Y ใช้สเต็ปมอเตอร์ในการขับเคลื่อนและยังเป็นชั้นที่ใช้สำหรับติดตั้งชุดป้อนตัวเก็บประจุ และปรับขนาดที่ยึดจับแผ่นพีซีบี ใช้เหล็กแผ่นหนา 6 มิลลิเมตร โดยตัดเป็น 4 ชิ้นให้มีขนาดดังรูป เจาะรู และขั้นตอนต่อไปเป็นการกัดร่องโดยใช้มีดกัดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร และทำการเจียรนัยเหล็กแผ่นทั้งสองด้าน โดยทำการเจียรนัยทั้งหมด 4 แผ่น จากนั้นก็นำมาประกอบเข้ากับชั้นที่ 1 และ สไลด์บาร์ซึ่งใช้สไลด์บาร์ 2 ตัว ในการนำพาชั้นที่ 3 เป็นชั้นที่อยู่ถัดจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นที่ 2 ใช้สำหรับเคลื่อนที่ในแนวแกน X โดยใช้ สเต็ปมอเตอร์เป็นต้นกำลังชั้นที่ 4 เป็นชั้นสุดท้ายซึ่งจะอยู่นิ่ง โดยยึดติดกับโครงสร้างหลักของเครื่องจักร โดยการเคลื่อนที่ต่างๆ ใช้สเต็ปมอเตอร์เก็บต้นกำลังในการขับเคลื่อน



รูปที่ 3.2 แท่นเลื่อน 2 แกน สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวแกน X และ Y

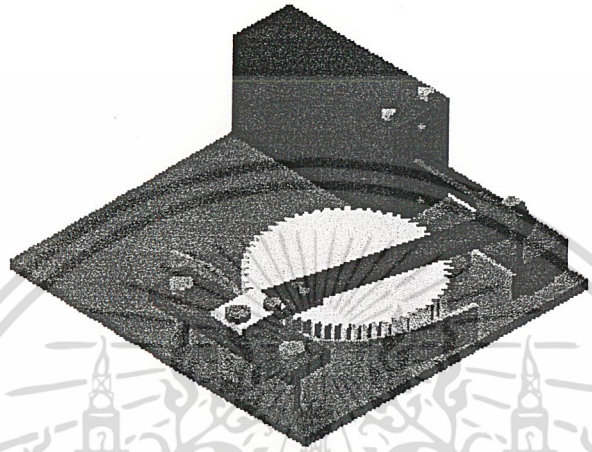
ชุดแขนกล สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวแกน Z หนีบจับตัวเก็บประจุ โดยจะประกอบด้วยกระบอกลมนิวเมติก 2 ตัว ตัวที่อยู่ข้างบนใช้สำหรับเคลื่อนที่ในแนวแกน Z ส่วนตัวที่อยู่ข้างล่างใช้สำหรับหนีบจับตัวเก็บประจุ โดยมีลูกปืนสไลด์เป็นตัวพยุง

รูปที่ 3.3 ชุดแขนกล

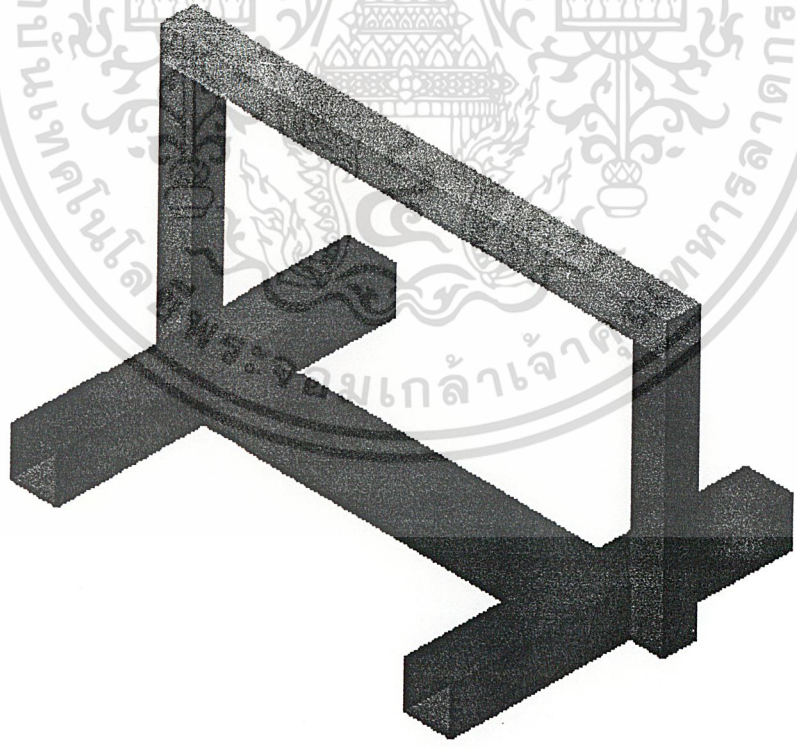
ชุดป้อนตัวเก็บประจุ สำหรับนำพาสายตัวเก็บประจุเข้ามาในตำแหน่งเริ่มต้นของเครื่องจักร โดยจะประกอบด้วยตัวนำพาสายของตัวเก็บประจุ ใช้สเต็ปมอเตอร์เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนตำแหน่งของตัวเก็บประจุ และมีชุดมีดตัดที่ใช้ในการตัดขาตัวเก็บประจุให้มีขนาดที่ต้องการ โดยใช้กระบอกลมนิวเมติกเป็นต้นกำลังในการตัดชุดป้อนตัวเก็บประจุแบ่งเป็น2ส่วน 1.ชุดลำเลียงตัวเก็บประจุ โดยจะมีเพลาที่มีลักษณะดังรูป3.4ใช้การควบคุมตำแหน่ง

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ของสายตัวเก็บประจุ ใช้สเต็ปมอเตอร์ในการส่งกำลัง โดยจะมีขอบที่ทำจากพลาสติกใช้ในการนำพาสายตัวเก็บประจุให้เคลื่อนที่ไปตามเส้นรอบวงของเพลาที่ใช้ในการนำพาสายตัวเก็บประจุ 2.ชุดมีดตัดขาตัวเก็บประจุ โดยเหล็กที่นำมาทำมีดตัดจะมีความหนา 3 มิลลิเมตร มี 2 ชิ้น ทำการเจาะรูและเจียรนัยทั้งสองด้าน จากนั้นทำส่วนยึดของใบมีดเพื่อใช้นำพาในการขยับมีดตัด โดยใช้กระบอกลมนิวเมติก ในการขยับมีเพื่อตัดขาตัวเก็บประจุโดยความสูงทั้งหมดของตัวเก็บประจุเท่ากับ 32 มิลลิเมตร เมื่อถูกตัดขาจะเหลือประมาณ 10 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.4 ชุดป้อนตัวเก็บประจุ



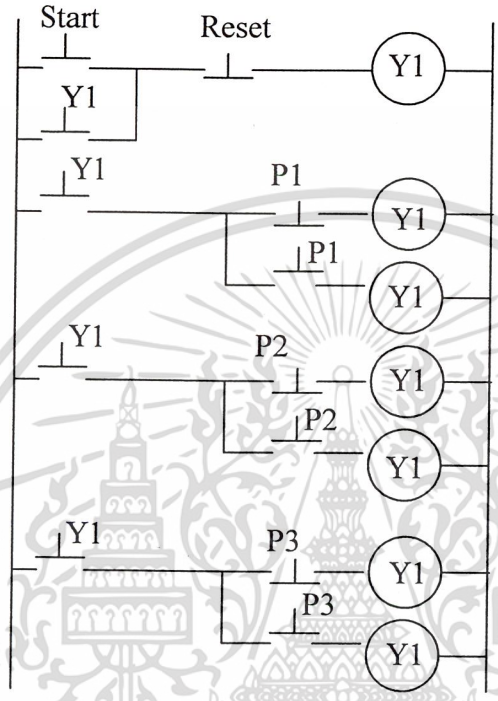
รูปที่ 3.5 โครงสร้างหลักของเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การดำเนินงานด้านวงจรไฟฟ้า

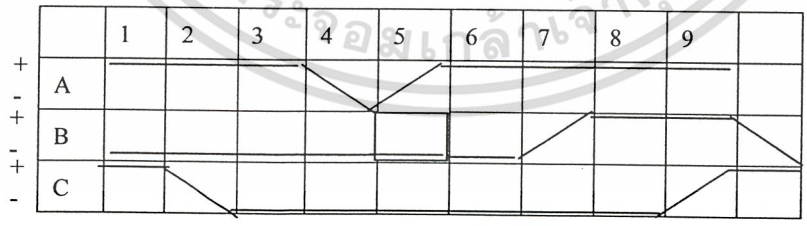
ใช้ออพโตสวิตช์ในการสั่งตัดต่อเพื่อขับเคลื่อนสเต็ปมอเตอร์ โดยสั่งผ่านทางพอร์ตขนานหรือพอร์ตเครื่องพิมพ์ และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการควบคุมชุดแขนกลและชุดป้อนตัวเก็บประจุ โดยจะมีโซลินอยด์วาล์ว ในการเลือกทิศทางของลม ใช้ไฟฟ้า 12 โวลต์ ชุดแขนกลเป็นระบบนิวเมติก

การออกแบบระบบนิวเมติก



รูปที่ 3.6 แผ่นภาพขั้นบันได

แผ่นภาพเหตุการณ์



รูปที่ 3.7 แผ่นภาพเหตุการณ์

ให้กระบอกลมนิวเมติกใช้ในการขับเคลื่อนในการตัดขาตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับAกระบอกลมนิวเมติกใช้ในการขับเคลื่อนแกน Z มีค่าเท่ากับB กระบอกลมนิวเมติกใช้ในการขับเคลื่อนในการหนีบจับตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับการทำงาน

1. กระบอกลมนิวเมติกใช้ในการขับเคลื่อนในการหนีบจับตัวเก็บประจุจะถูกสั่งให้อ้าออกเพื่อรับตัวเก็บประจุแล้วก็จะทำการหนีบจับตัวเก็บประจุในเวลาต่อมา
2. จากนั้นกระบอกลมนิวเมติกใช้ในการขับเคลื่อนในการตัดขาตัวเก็บประจุ แล้วเลื่อนมีดกลับ
3. เมื่อเครื่องจักรหาพิกัดที่ต้องการเจอแล้วกระบอกลมนิวเมติกใช้ในการขับเคลื่อนแกน Z จะนำตัวเก็บประจุลงมาใส่บอร์ด
4. กระบอกลมนิวเมติกที่ใช้ในการขับเคลื่อนและหนีบจับตัวเก็บประจุจะทำการอ้าแล้วกระบอกลมนิวเมติกใช้ในการขับเคลื่อนในแนวดิ่งจะดึงกระบอกลมนิวเมติกใช้ในการขับเคลื่อนในการหนีบจับตัวเก็บประจุขึ้นสู่ตำแหน่งเดิม

3.3 การดำเนินงานด้านโปรแกรมควบคุม

โปรแกรมที่ใช้ในการคอนโทรลคือ Visual Basic 6 จะทำการติดต่อทางพอร์ตขนาน โดยจะสามารถทำงานอย่างต่อเนื่องได้ 14 ตัวในการสั่งเพียง 1 ครั้ง ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

1. ใส่พิกัดที่ต้องการใส่ตัวเก็บประจุ ลงในช่องที่จัดสร้างขึ้นโดยตั้งชื่อว่า XY
2. ใส่จำนวนที่ตัวเก็บประจุที่ต้องการลงในช่องล่างซ้ายสุดของโปรแกรมโดยโปรแกรมนี้ถูกจำกัดจำนวนตัวเก็บประจุทั้งหมดเพียง 14 ตัว
3. คลิก OK ก็จะทำการใส่ตัวเก็บประจุอัตโนมัติ สำหรับช่องข้างขวาที่สร้างขึ้นจะใช้ในการปรับตั้งค่าต่างๆ เช่น ปรับความเร็วป้อน ใช้ในการหาพิกัดที่ต้องการ เมื่อเครื่องจักรเริ่มทำงานโดยตำแหน่งตัวเก็บประจุตำแหน่งแรกเป็นจุดเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.4 แผนการทดสอบ

เป็นการนำตัวเก็บประจุมาใส่แผ่นวงจรพิมพ์ เริ่มต้นโดยนำสายของตัวเก็บประจุมารอที่ชุดป้อนตัวเก็บประจุ โปรแกรมที่ใช้ในการคอนโทรลคือ Visual Basic 6 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม ใส่พิกัดที่ต้องการใส่ตัวเก็บประจุลงในช่อง X,Y ใส่จำนวนที่ตัวเก็บประจุที่ต้องการลงในช่องล่างซ้าย โดยโปรแกรมนี้ถูกจำกัดที่ 14 ตัว คลิก OK ก็จะทำการใส่ตัวเก็บประจุอัตโนมัติ โดยตัวเก็บประจุตัวแรกที่รออยู่ในชุดป้อนตัวเก็บประจุจะเป็นตำแหน่งเริ่มต้นการทำงาน ชุดแขนกลจะหนีบจับตัวเก็บประจุ จากนั้นชุดมีดตัดจะทำการตัดขาของตัวเก็บประจุทั้งสองข้าง ชุดขับเคลื่อน X,Y ก็จะหาพิกัดที่ต้องการลงในแผ่นวงจรพิมพ์ จะเป็นวงรอบการทำงานไปเรื่อยๆ จนครบ 14 ตัวจากการศึกษาค้นคว้าเก็บข้อมูลและการเยี่ยมชมโรงงาน ทำให้ทราบถึงกระบวนการทำงานของเครื่องจักรส่วนประกอบต่างในการทำงานของเครื่องใส่ตัวเก็บประจุอัตโนมัติตัวเก็บประจุ ซึ่งมีลักษณะเป็นสายของตัวเก็บประจุหลายตัวต่อกัน ความสูงทั้งหมด 32 มิลลิเมตร ความหนาของตัวเก็บประจุ 2 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางของขาตัวเก็บประจุ 0.6 มิลลิเมตร พีซีบี ขนาด 150x80 มิลลิเมตร ขนาดของรู 0.8 มิลลิเมตร เครื่องใส่ตัวเก็บประจุอัตโนมัติหม้อแปลงไฟฟ้า 12 โวลต์ 1 แอมป์ ขึ้นไป คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการวินโดวส์และ Visual Basic 6 สายเชื่อมต่อ ไอดีซี-101 เส้นบอร์ดเชื่อมต่อพอร์ตขนาน 1 แผ่น สำหรับการทดสอบ

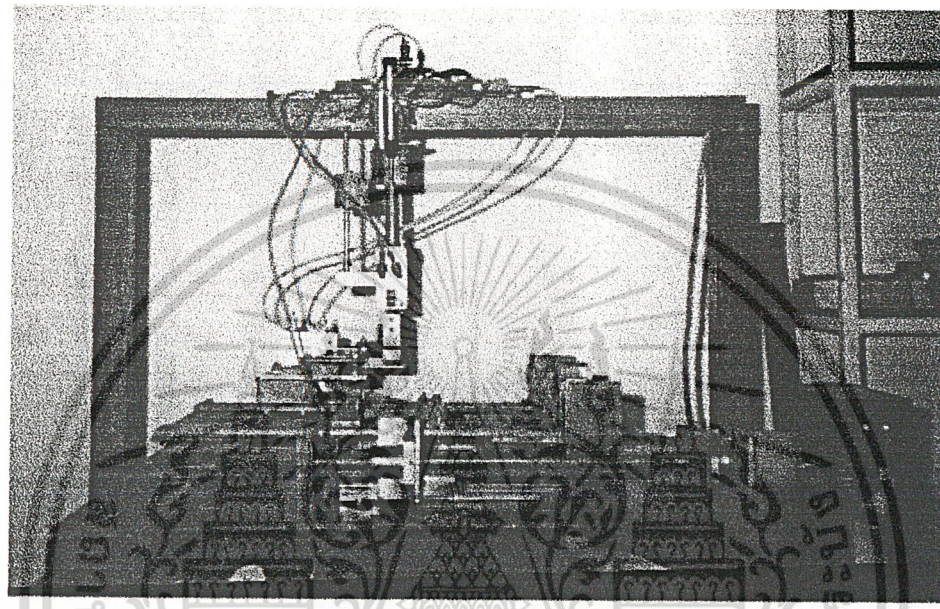
1. เตรียมเครื่องจักรให้พร้อมโดยต่อกับพอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์ให้เรียบร้อยและเครื่องจักรต้องอยู่ในสภาพพร้อมคือ ตำแหน่งของตัวเก็บประจุต้องอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น
2. เตรียมแผ่นวงจรพิมพ์
3. นำสายตัวเก็บประจุซึ่งมีตัวเก็บประจุประมาณ 20 ตัวมาใส่ที่ชุดป้อนตัวเก็บประจุ
4. กรอกค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ลงในโปรแกรมซึ่งเขียนโดย Visual Basic 6
5. คลิก OK จากนั้นเครื่องจะทำงานอัตโนมัติจนใส่ตัวเก็บประจุลงแผ่นวงจรพิมพ์ 14 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

49859

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการดำเนินงานด้านโครงสร้าง

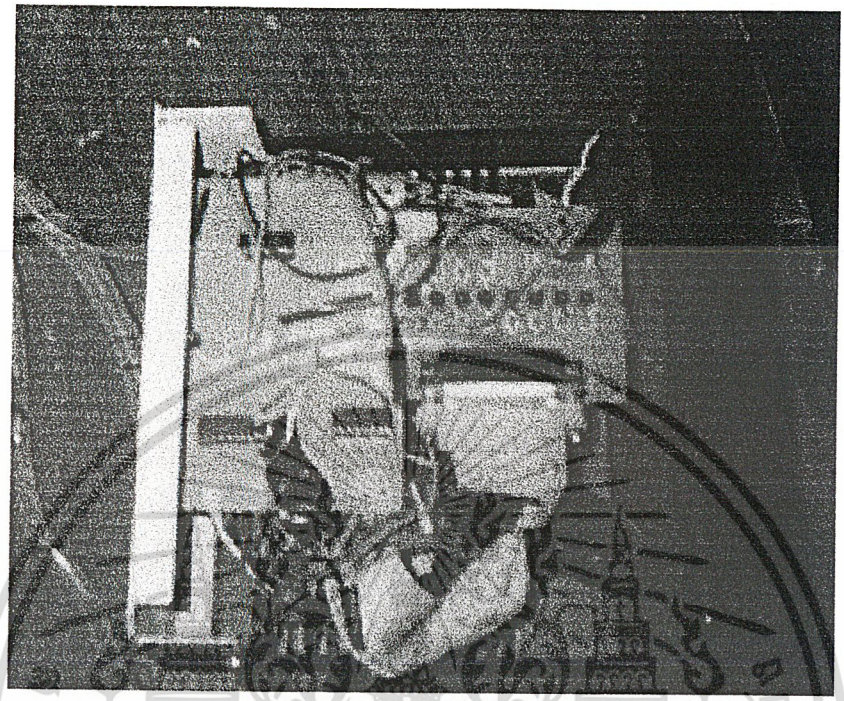


รูปที่ 4.1 โครงสร้างเมื่อทำสำเร็จ

จากรูปแสดงเครื่องจักรที่ทำการสร้างจากการออกแบบ โดยโครงสร้างของเครื่องจักรจะประกอบด้วย 4 ส่วน โดยส่วนที่ 1 เป็นส่วนของชุดป้อนตัวเก็บประจุ ส่วนที่ 2 คือชุดแขนกลสำหรับจับตัวเก็บประจุ ส่วนที่ 3 คือ ชุดแท่นเลื่อนแผ่นวงจรพิมพ์ และส่วนสุดท้ายคือ โครงสร้างที่ใช้ยึดโครงสร้างทั้ง 3 ส่วนเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

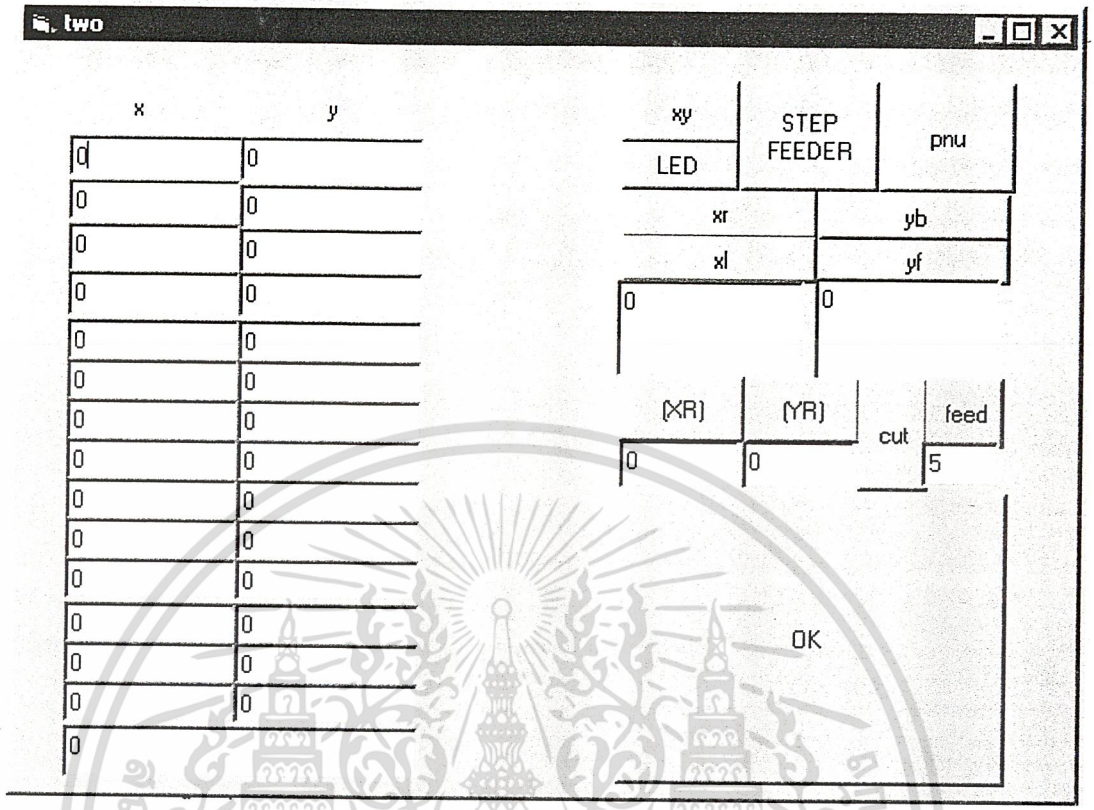
4.2 ผลการดำเนินงานด้านวงจรไฟฟ้าและโปรแกรม



รูปที่ 4.2 วงจรไฟฟ้าเมื่อทำสำเร็จ

จากรูปด้านบนแสดงวงจรที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรที่สร้างขึ้น โดยวงจรจะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนวงจรที่เชื่อมต่อจากคอมพิวเตอร์โดยใช้พอร์ตขนานโดยประกอบด้วยหลอดไดโอดเปล่งแสงทั้งหมด 12 หลอดเพื่อทำการตรวจสอบสถานะของสัญญาณที่ส่ง วงจรที่ใช้ในการขับสเต็ปมอเตอร์และวงจรที่ใช้ในการควบคุมโซลินอยด์วาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 หน้าต่างโปรแกรมสำหรับควบคุม

จากรูปด้านบนเป็นการใช้โปรแกรม Visual Basic6 เขียนขึ้นมาเพื่อใช้ควบคุมเครื่องจักร โดยขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมนั้นจะต้องทำการใส่ค่าพิกัดที่ต้องการลงในช่อง X, Y และใส่จำนวนตัวเก็บประจุที่ต้องการลงในช่องล่างซ้าย โดยโปรแกรมนี้ถูกจำกัดที่จำนวนตัวเก็บประจุทั้งหมด14 ตัวเมื่อใส่ข้อมูลครบเครื่องจักรจะทำการใส่ตัวเก็บประจุอัตโนมัติหลังจากกดปุ่มOK สำหรับช่องข้างขวาใช้ในการหาพิกัดที่ต้องการ โดยยึดตำแหน่งตัวเก็บประจุตำแหน่งแรกเป็นจุดเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดสอบ

เมื่อทำการทดสอบพบว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้น มีความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่ตัวเก็บประจุจะลง ทำให้มีผลต่อการทำงานของเครื่องจักรซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่มาจากการสร้างฮาร์ดแวร์ที่เป็นไปไม่สมบูรณ์ มีการเปลี่ยนคุณสมบัติของโลหะเมื่อถูกความร้อน จากการทดสอบพบว่าเครื่องจักรสามารถใส่ตัวเก็บประจุตัวแรกได้อย่างแม่นยำ แต่ตัวที่สอง และต่อๆไปเรื่อยๆจะเกิดค่าความผิดพลาดแบบสะสม โดยค่าความผิดพลาดจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เป็นผลทำให้เครื่องจักรไม่สามารถใส่ตัวเก็บประจุในตำแหน่งที่ต้องการ

ลำดับตัวเก็บประจุ	พิกัด (X,Y)	การทดลองครั้งที่				ค่าพิดพลาดของการทดลองครั้งที่			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1	91,18	91.0,18.0	91.0,18.0	91.0,18.0	91.0,18.0	0.0,0.0	0.0,0.0	0.0,0.0	0.0,0.0
2	45,16	45.3,16	45.3,16.3	45.3,16.3	45.3,16.1	0.3,0.0	0.3,0.3	0.3,0.3	0.3,0.1
3	54,49	54.4,49	54.2,49.4	54.8,49.1	54.4,49.3	0.4,0.3	0.2,0.4	0.8,0.1	0.4,0.3
4	81,52	81.4,52.3	81.1,52.8	81.8,52.4	81.4,52.3	0.4,0.3	0.1,0.8	0.8,0.4	0.4,0.3
5	44,66	44.5,66.4	44.7,66.5	44.3,66.5	44.5,66.4	0.5,0.4	0.7,0.5	0.3,0.5	0.5,0.4
6	89,97	89.4,97.4	89.1,97.8	90.1,97.3	89.4,97.4	0.4,0.4	0.1,0.8	1.1,0.3	0.4,0.4
7	44,55	44.6,55.3	44.7,55.8	45.1,55.6	44.6,55.5	0.6,0.5	0.7,0.8	1.1,0.6	0.6,0.5
8	12,26	12.7,26.6	12.8,26.4	12.7,26.8	12.7,26.6	0.7,0.6	0.8,0.4	0.7,0.8	0.7,0.6
9	18,71	18.8,71.7	18.8,71.6	18.2,71.7	18.8,71.7	0.8,0.7	0.8,0.6	0.2,0.7	0.8,0.7
10	41,18	41.9,18.6	42.3,18.8	41.9,18.3	41.9,18.5	0.9,0.6	1.3,0.8	0.9,0.3	0.9,0.5
11	23,68	24.0,67.8	24.6,68.4	24.0,69.1	24.0,68.5	1.0,0.8	1.6,0.4	1.0,1.1	1.0,0.5
12	20,50	21.1,50.9	21.5,50.3	21.1,51.0	21.1,50.6	1.1,0.9	1.5,0.3	1.1,1.0	1.1,0.6
13	45,120	46.2,121	45.9,121	46.2,122	46.2,123	1.2,1.0	0.9,1.1	1.2,2.0	1.2,3.0
14	80,50	81.3,51.1	81.6,51.6	81.3,51.9	81.3,51.8	1.3,1.1	1.6,1.6	1.3,1.9	1.3,1.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาและทำโครงงานนี้มีหลายวิธีที่จะนำไปสู่ความสำเร็จไม่ว่าจะเป็นการออกแบบ ออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์หรือการออกแบบทางด้านซอฟแวร์ จากการศึกษาเก็บข้อมูล และการเยี่ยมชมโรงงานเพื่อให้ง่ายต่อการสร้างเครื่องจักร ที่ถูกต้องตามหลักทฤษฎี และเป็นการสะดวกต่อการวางแผนดำเนินงานและช่วยย่นระยะเวลาการทำงานให้กระชับขึ้น จึงได้เลือกออกแบบดังที่กล่าวมาแล้ว และปฏิบัติตามขั้นตอนอย่างถูกต้อง จนกระทั่งได้ผลสำเร็จออกมา ทำให้รู้ปัญหาต่างๆในการทำ ซึ่งมีผลต่อการทำโครงงาน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นปัญหาทางด้านฮาร์ดแวร์

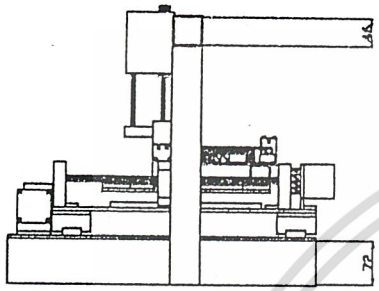
5.2 แนวทางการพัฒนาในอนาคต

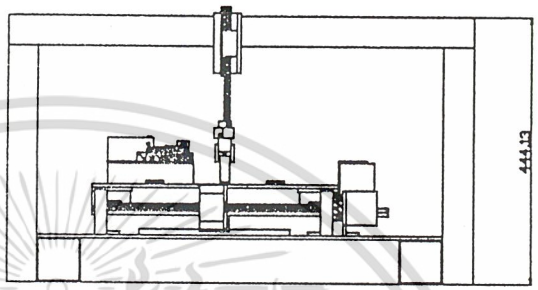
เนื่องการทำโครงงานนี้เป็นลักษณะโอเพนลูปซึ่งเป็นผลทำให้ถ้ามีการผิดพลาดเกิดขึ้นจะทำให้มีความผิดพลาดแบบสะสม เป็นผลทำให้เครื่องจักรทำงานได้ดีในระยะแรก และจะมีความผิดพลาดของเครื่องจักรเกิดขึ้นในระยะหลัง ถ้ามีการปรับปรุงให้โครงงานมีการทำงานแบบมี(Feedback Control System) เช่นการติดตั้งเซนเซอร์ที่จุดเริ่มต้น(Origin) หรือติดตั้งลิมิตสวิตช์ที่จุดเริ่มต้น(Origin) จะทำให้ไม่เกิดค่าความผิดพลาดแบบสะสมเครื่องจักรจะสามารถทำงานได้ดีในระยะเวลานาน ๆ ได้

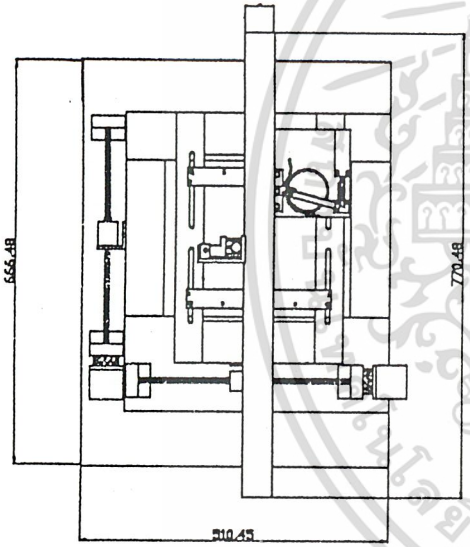
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

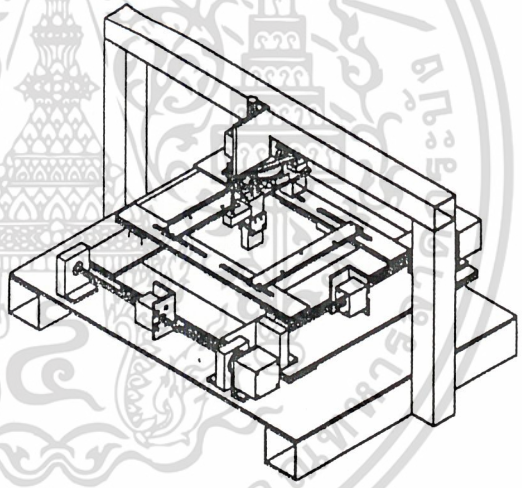
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

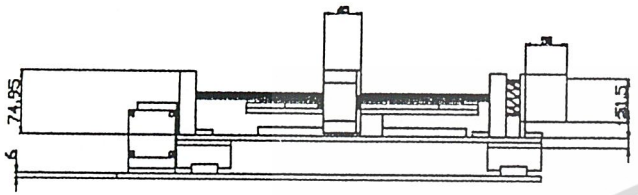


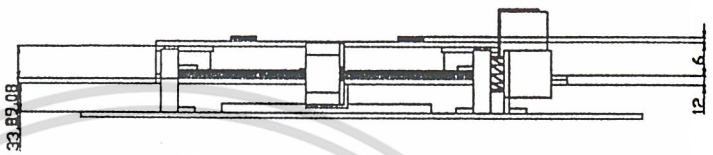


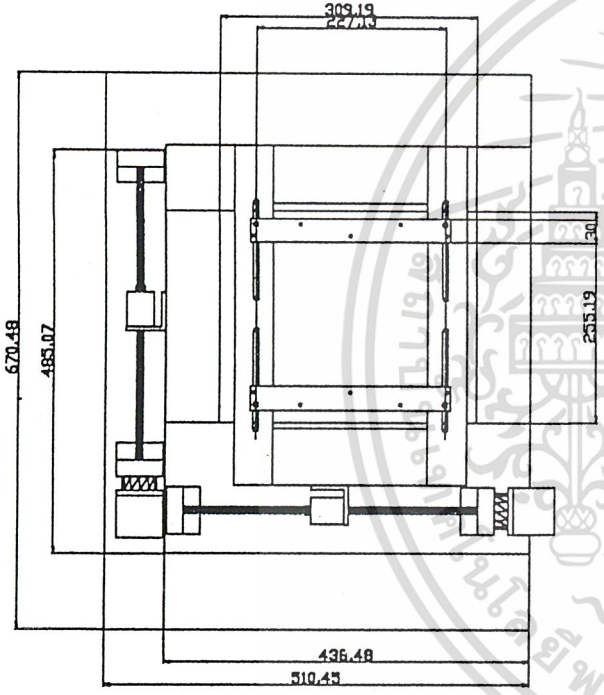


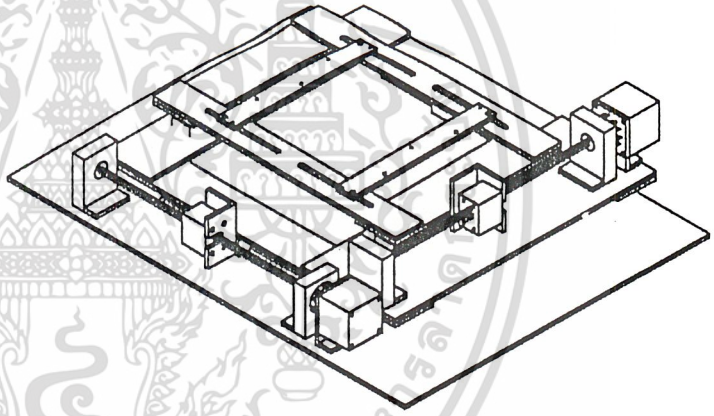


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โครงสร้างของเครื่องจักร
โครงงานเครื่องใส่ตัวเก็บประจุอัตโนมัติ

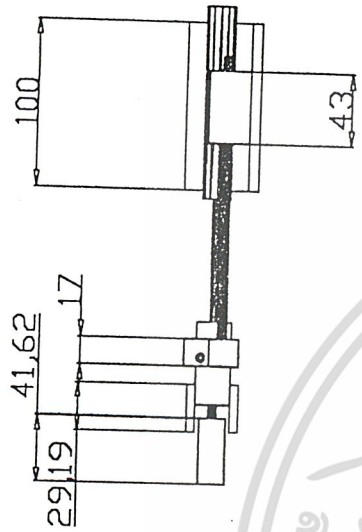


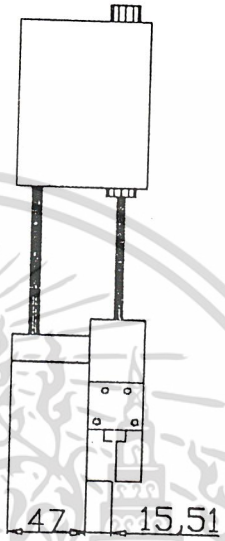


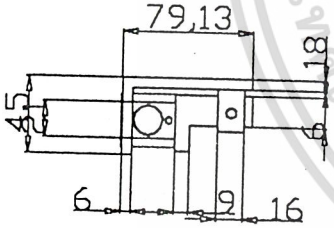


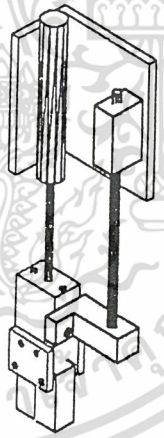


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ชุดแท่นเลื่อน 2 แกน
โครงงานเครื่องใส่ตัวเก็บประจุอัตโนมัติ

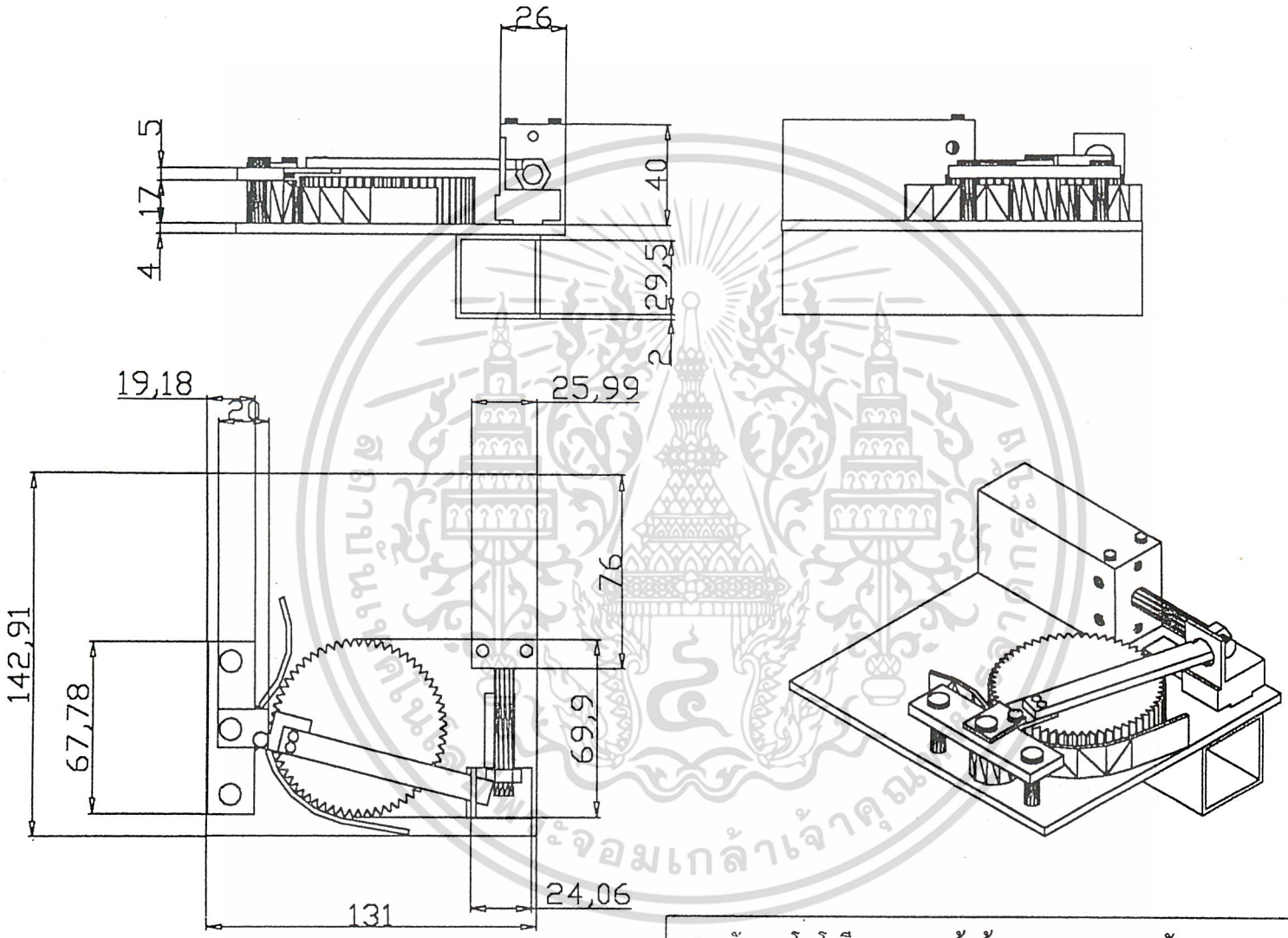








สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ชุดแขนกล
โครงงานเครื่องใส่ตัวเก็บประจุอัตโนมัติ



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ชุดป้อนตัวเก็บประจุ
โครงงานเครื่องใส่ตัวเก็บประจุอัตโนมัติ

```
Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim l As Integer
Private Sub Command1_Click()
Dim i As Integer
Dim j As Integer
For j = 1 To 500
Debug.Print j
For i = 1 To 14500
Out &H37A, &HA
Next i
For i = 1 To 14500
Out &H37A, &H9
Next i
For i = 1 To 24500
Out &H37A, &HF
Next i
For i = 1 To 24500
Out &H37A, &H3
Next i
Next j
End Sub
Private Sub Command10_Click()
Out &H37A, &H9
For r = 1 To m.Text
For i = 1 To 6000
Out &H378, &H10
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H30
Next i
For i = 1 To 6000
Out &H378, &H20
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H60
Next i
For i = 1 To 6000
Out &H378, &H40
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &HC0
Next i
For i = 1 To 6000
Out &H378, &H80
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H90
Next i
Next r
End Sub
Private Sub Command11_Click()
Out &H37A, 0
End Sub
Private Sub Command2_Click()
Dim i As Integer
Dim r As Integer
Out &H37A, &HA
For r = 1 To 800
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H1
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H2
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H4
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H8
Next i
Next r
End Sub
Private Sub Command3_Click()
Out &H37A, &H9
For r = 1 To 10000
For i = 1 To 6000
Out &H378, &H10
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H30
Next i
For i = 1 To 6000
Out &H378, &H20
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H60
Next i
For i = 1 To 6000
Out &H378, &H40
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &HC0
Next i
For i = 1 To 6000
Out &H378, &H80
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H90
Next I
Next r
End Sub
Private Sub Command4_Click()
Dim i As Integer
Dim r As Integer
Out &H37A, &H9
For r = 1 To 2000
For i = 1 To 4000
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Out &H378, &H8
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H4
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H2
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H1
Next i
Next r
End Sub
Private Sub Command5_Click()
For r = 1 To 100
For i = 1 To 2000
Out &H37A, &HA
Out &H378, 0
Next i
Next r
For r = 1 To 100
For i = 1 To 2000
Out &H378, 0
Next i
Next r ' 40up down   10 arr    cut 20
For r = 1 To 100
For i = 1 To 2000
Out &H378, &H10
Next i
Next r
For r = 1 To 100
For i = 1 To 2000
Out &H378, 0
Next i
Next r
For r = 1 To 100
For i = 1 To 2000
Out &H378, &H20
Next i
Next r
For r = 1 To 100
For i = 1 To 2000
Out &H378, 0
Next i
Next r
For r = 1 To 100
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H40
Next i
Next r
For r = 1 To 100
For i = 1 To 2000
Out &H378, &H10
Next i
Next r
Out &H378, 0
End Sub
Private Sub Command6_Click()
Dim i As Integer
Dim r As Integer
Out &H37A, &H9
For r = 1 To 2000
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H1
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H2
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H4
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H8
Next i
Next r
End Sub
Private Sub Command7_Click()
Dim i As Integer
Dim r As Integer
Out &H37A, 0
For r = 1 To 4000
For i = 1 To 2500
Out &H378, &H9
Next i
For i = 1 To 2500
Out &H378, &H8
Next i
For i = 1 To 2500
Out &H378, &HC
Next i
For i = 1 To 2500
Out &H378, &H4
Next i
For i = 1 To 2500
Out &H378, &H6
Next i
For i = 1 To 2500
Out &H378, &H2
Next i
For i = 1 To 2500
Out &H378, &H3
Next i
For i = 1 To 2500
Out &H378, &H1
Next i
Next r
End Sub
Private Sub Command8_Click()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Out &H37A, &HA
For r = 1 To 1
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H1
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H2
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H4
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H8
Next i
n = n + 1
Next r
w.Text = w.Text + n
End Sub
Private Sub Command9_Click()
Out &H37A, &HA
' 40up down    10 arr     cut 20
For r = 1 To 100
For i = 1 To 2000
Out &H378, 0
Next i
Next r
For r = 1 To 100
For i = 1 To 2000
Out &H378, &H20
Next i
Next r
For r = 1 To 100
For i = 1 To 2000
Out &H378, 0
Next i
Next r
End Sub
Private Sub Form_Load()
Out &H378, 0
Out &H37A, &HB
End Sub
Private Sub OK_Click()
Dim i As Integer
Dim r As Integer
Dim l As Integer
Dim o As Integer
Dim h As Integer
Dim r1 As Integer
Dim k1 As Integer
Dim k2 As Integer
Dim s As Integer
'****************
d = g.Text
For s = 0 To d - 1
'*****************
Out &H37A, &HA
' 40up down    10 arr     cut 20
For r = 1 To 100
For i = 1 To 2000
Out &H378, &H10
Next i
Next r
For r = 1 To 100
For i = 1 To 2000
Out &H378, 0
Next i
Next r
Out &H37A, 0
For r = 1 To 100
For i = 1 To 2000
Out &H378, &H20
Next i
Next r
'*****************
c = Val(b.Text)
For i1 = 1 To 3
c = Val(b.Text)
l = x(s).Text
h = l - c
Out &H37A, &HA
If h < 0 Then
f = c - l
For r1 = 1 To f
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H8
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H4
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H2
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H1
Next i
b.Text = Val(x(s).Text)
Next r1
Else
For r = 1 To h
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H1
Next i
For i = 1 To 4000
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Out &H378, &H2
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H4
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H8
Next i
b.Text = Val(x(s).Text)
Next r
End If
Out &H37A, 0
'*****
r = 0
r1 = 0
i = 0
c = Val(b1.Text)
l = y(s).Text
h = l - c
Out &H37A, &H9
If h < 0 Then
f = c - l
For r1 = 1 To f
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H1
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H2
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H4
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H8
Next i
b1.Text = Val(y(s).Text)
Next r1
Else
For r = 1 To h
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H8
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H4
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H2
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H1
Next i
b1.Text = Val(y(s).Text)
Next r
End If
Out &H37A, 0
Next i1
'**********
For r = 1 To 100
For i = 1 To 2000
Out &H37A, &HA
Out &H378, 0
Next i
Next r
For r = 1 To 100
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H40
Next i
Next r
For r = 1 To 100
For i = 1 To 2000
Out &H378, &H10
Next i
Next r
Out &H37A, 0
'**********
r = 0
r1 = 0
i = 0
Out &H37A, &H9
For r1 = 1 To Val(y(s))
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H1
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H2
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H4
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H8
Next i
Next r1
r = 0
r1 = 0
i = 0
Out &H37A, &HA
For r1 = 1 To Val(x(s))
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H8
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H4
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H2
Next i
For i = 1 To 4000
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Out &H378, &H1
Next i
Next r1
Out &H37A, 0
b.Text = 0
b1.Text = 0
'***************
Next s
End Sub
Private Sub one_Click()
Dim i As Integer
Dim r As Integer
Out &H37A, &HA
For r = 1 To 800
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H8
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H4
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H2
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H1
Next i
Next r
End Sub
Private Sub yr_Click()
Out &H37A, &H9
For r = 1 To 1
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H8
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H4
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H2
Next i
For i = 1 To 4000
Out &H378, &H1
Next i
n = n + 1
Next r
w1.Text = w1.Text + n
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- ฉัททวุฒิ พืชผล, พิชิต สันติกุลานนท์; “Visual Basic 6”, Provision.
- รศ. มนตรี พิรุณเกษตร; “กลศาสตร์ของวัสดุ”, ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- รศ. กิตติ ตีรเศรษฐ, รศ. วิทยา ทิพย์สุวรรณพร; “วิศวกรรมระบบควบคุม”.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้