สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องชั่งอัตโนมัติ

นางสาวนฤมล จำนงค์ทรัพย์
นางสาวพัชรา สอตระกูล
นางสาวอรไท หีบแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 55640
วัน,เดือน,ปี 20 พ.ค. 2548
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
b.....
i.....

AUTOMATIC WEIGHING MACHINE

MS.NARUMOL JUMNONGSUP

MS.PATCHARA SOTRAKUL

MS.ORATHAI HEEBKAEW

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องชั่งอัตโนมัติ **Automatic Weighing Machine**		
นักศึกษา	นางสาวนฤมล	จำนงค์ทรัพย์	รหัสประจำตัว **43010661**
	นางสาวพัชรา	สอตระกูล	รหัสประจำตัว 43010708
	นางสาวอรไท	หีบแก้ว	รหัสประจำตัว 43010837
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์			

(อาจารย์พลชัย โชติปรายนกุล)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องชั่งอัตโนมัติ
นักศึกษา	นางสาวนฤมล จำนงค์ทรัพย์
	นางสาวพัชรา สอตระกูล
	นางสาวอรไท หีบแก้ว
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2546
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	อาจารย์พลชัย โชติปรายนกุล

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างเครื่องชั่งอัตโนมัติ(Automatic Weighing Machine) โดยการออกแบบให้สามารถชั่งวัสดุในรูปเม็ด อย่างเช่น ข้าวสาร เม็ดพลาสติก ที่มีน้ำหนักบรรจุไม่เกิน 5 กิโลกรัม โดยใช้โหลดเซลล์ เป็นตัววัดควบคุมน้ำหนักและใช้กระบอกลมทำการเปิดปิดช่องควบคุมการไหล(Shutter Valve)และแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมที่จัดทำขึ้นจากโปรแกรมภาษา Visual Basic จากการทดสอบเครื่องชั่งอัตโนมัติที่สร้างสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตและการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดบรรจุควบคุมจากโปรแกรมได้ที่ 1,2,3,4 และ 5 กิโลกรัม โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.02, 0.02, 0.05, 0.02 และ 0.01 กิโลกรัมตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	**Automatic Weighing Machine**
Student	**Ms.Narumol Jumnongsup**
	Ms.Patchara Sotrakul
	Ms.Orathai Heebkaew
Degree	**Bachelor of Engineering in Industrial Engineering**
	King Mongkut's Institue of Technology Ladkrabang
Academic Year	**2003**
Thesis Advisor	**Mr.Pholchai Chotipraynakul**

Abstract

This project concerns about design and constructing Autometic Weiching Machine. It is designed weighing material such as plastic pallet, rice. The maximum ability weighing of machine is 5 kilograms. It uses load-cell as transducer and uses pneumatic cylinder to open/close shutter valve. The machine working show working process on the computer that it write from Visual Basic programming. From the experiment. This machine is applied in production as packaging process. It is setup computer program at 1, 2, 3, 4 and 5 kilograms. After that ,the error of weighing are 0.02, 0.02, 0.05, 0.02 and 0.01 kilograms in according.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

จากการที่กลุ่มข้าพเจ้าได้ทำโครงงานหัวข้อ เครื่องชั่งอัตโนมัติ (Automatic Weighing Machine) สำเร็จไปได้ด้วยดีทั้งที่มีปัญหาและอุปสรรคในการทำงานมากมายนั้นก็ด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์และพี่ ๆ ซึ่งทางกลุ่มขอขอบคุณมาดังนี้

1. อาจารย์ พรศักดิ์ อรรถวานิช ช่วยชี้แนะจุดบกพร่องและวิธีแก้ไขจุดบกพร่อง
2. อาจารย์ พลชัย โชติปรายนกุล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ช่วยแนะนำการออกแบบ และการทำงาน
3. บริษัท แกรนด์ อินเตอร์ สเกล จำกัด
4. บริษัท ตงฉ่าง เครื่องชั่ง
5. พี่ ๆ 3ZN ที่ช่วยเหลือและให้คำปรึกษา

นางสาวนฤมล จำนงค์ทรัพย์
นางสาวพัชรา สอตระกูล
นางสาวอรไท หีบแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VI

สารบัญภาพ..... VII

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาของโครงงาน..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ..... 1

1.3 ขอบเขตของโครงการ..... 1

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 โหลดเซลล์..... 2

2.2 เซ็นเซอร์สำหรับทรานสดิวเซอร์..... 2

2.3 วงจรขยายสัญญาณ..... 5

2.4 การแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล..... 7

2.5 การเขียนโปรแกรมควบคุม..... 7

2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับพอร์ตขนาน..... 9

2.7 วาล์วควบคุมการทำงาน..... 12

2.8 กระบอกสูบ..... 13

บทที่ 3 การออกแบบ / การดำเนินการ

3.1 แผนการดำเนินการด้านฮาร์ดแวร์..... 16

3.2 แผนการดำเนินการด้านวงจรไฟฟ้า..... 21

3.3 แผนการดำเนินงานด้านโปรแกรมควบคุม..... 24

3.4 แผนการทดสอบ..... 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน
4.1 ผลการดำเนินงานด้านฮาร์ดแวร์ 27
4.2 ผลการดำเนินงานด้านซอฟแวร์ 31
4.3 ผลการทดสอบ 32

บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 36
5.2 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน 36
5.3 แนวทางในการพัฒนาและปรับปรุง 36

บรรณานุกรม

ภาคผนวก ก โค้ดคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องชั่งอัตโนมัติ ผ.1
ภาคผนวก ข โหลดเซลล์รุ่น 1022 ..... ผ.8
ภาคผนวก ค ลักษณะทั่วไปของบอร์ด อีที – เอดี 12 ..... ผ.11
ภาคผนวก ง ไอซี ไอเอ็นเอ 101 ..... ผ.13
ภาคผนวก จ แบบทางวิศวกรรมเครื่องชั่งอัตโนมัติ ผ.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดและการทำงานของกลุ่มสัญญาณควบคุม 8
ตารางที่ 2.2 แสดงรายละเอียดและการทำงานของกลุ่มสัญญาณควบคุม 8
ตารางที่ 2.3 แสดงรายละเอียดและการทำงานของกลุ่มสัญญาณ 9
ตารางที่ 2.4 หน้าที่และการทำงานของขาต่าง ๆ ของพอร์ตขนาน..... 10
ตารางที่ 2.4 หน้าที่และการทำงานของขาต่าง ๆ ของพอร์ตขนาน (ต่อ) 11
ตารางที่ 2.5 แสดงแอดเดรสของรีจิสเตอร์ของพอร์ตขนาน 11
ตารางที่ 2.6 แสดงแอดเดรสของพอร์ตขนาน 11
ตารางที่ 3.1 แสดงสัญญาณและจุดเชื่อมต่อที่ขาต่าง ๆ ของคอนเนกเตอร์ K2
ชนิด DB25PIN ตัวเมีย 22
ตารางที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ของบิต SGL/DIFF และ ODD/SIGN 23
ตารางที่ 3.3 แสดงผลการทดลองและค่าความคลาดเคลื่อนจากการชั่งน้ำหนัก 26
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองและค่าความคลาดเคลื่อนจากการชั่งน้ำหนัก 1 กิโลกรัม 32
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองและค่าความคลาดเคลื่อนจากการชั่งน้ำหนัก 1 กิโลกรัม (ต่อ) 33
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองและค่าความคลาดเคลื่อนจากการชั่งน้ำหนัก 2 กิโลกรัม 33
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองและค่าความคลาดเคลื่อนจากการชั่งน้ำหนัก 3 กิโลกรัม 34
ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองและค่าความคลาดเคลื่อนจากการชั่งน้ำหนัก 4 กิโลกรัม 34
ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองและค่าความคลาดเคลื่อนจากการชั่งน้ำหนัก 4 กิโลกรัม (ต่อ) 35
ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดลองและค่าความคลาดเคลื่อนจากการชั่งน้ำหนัก 5 กิโลกรัม 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 วงจรวีทสโตนบริดจ์(Wheatstone bride) ที่ใช้ในการแปลงค่าความต้านทานของสเตรนเก็จ 4
รูปที่ 2.2 สัญลักษณ์ของวงจรขยาย 5
รูปที่ 2.3 วงจรขยายอินสตรูเมนเตชั่น 6
รูปที่ 2.4 แสดงตำแหน่งของขาสัญญาณของพอร์ตขนาน 10
รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างของโซลินอยด์วาล์ว 12
รูปที่ 2.6 แสดงสภาวะปกติของโซลินอยด์วาล์ว 13
รูปที่ 2.7 แสดงสภาวะในขณะการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว 13
รูปที่ 2.8 แสดงลูกสูบชนิดทำงาน 2 ทาง 14
รูปที่ 2.9 แสดงลูกสูบชนิด RODLESS 15
รูปที่ 3.1 แสดงโหลดเซลล์รุ่น 1022 16
รูปที่ 3.2 แสดงขนาดและรายละเอียดของโหลดเซลล์รุ่น 1022 16
รูปที่ 3.3 แสดง ถังบรรจุ (HOPPER) 20 กิโลกรัม 19
รูปที่ 3.4 แสดง ถังบรรจุ (HOPPER) 5 กิโลกรัม 20
รูปที่ 3.5 แสดง วาล์วควบคุมการปิด/เปิดของช่องทางไหล 20
รูปที่ 3.6 วงจรขยายสัญญาณ (Instrument amplifier) 21
รูปที่ 3.7 แสดงไดอะแกรมการทำงานภายในของ LTC 1298 22
รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมแสดงระบบควบคุมการทำงานของเครื่องชั่งอัตโนมัติ 24
รูปที่ 3.9 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมเครื่องชั่งน้ำหนักอัตโนมัติ 25
รูปที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบของเครื่อง 27
รูปที่ 4.2 แสดงถังบรรจุ (Hopper) 20 กิโลกรัม 28
รูปที่ 4.3 แสดงถังบรรจุ (Hopper) 5 กิโลกรัม 28
รูปที่ 4.4 แสดงวาล์วควบคุมการปิด / เปิดของช่องทางไหล 29
รูปที่ 4.5 แสดงชุดติดตั้งโหลดเซลล์ 29
รูปที่ 4.6 แสดงช่องมองระดับข้าว 30
รูปที่ 4.7 แสดงแท่นวางถุงบรรจุ 30
รูปที่ 4.8 แสดงส่วนประกอบของตู้ควบคุม 31
รูปที่ 4.9 แสดงหน้าจอควบคุมการทำงาน 31
รูปที่ 4.10 แสดงน้ำหนักของข้าวที่ได้จากเครื่องชั่งอัตโนมัติ 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาของโครงงาน

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมและการควบคุมได้พัฒนาไปมากจากเดิมที่ส่วนใหญ่เป็นแบบธรรมดาไปเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติและแบบอัตโนมัติ ดังนั้นอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ใช้ประกอบการเหล่านี้ได้รับการพัฒนาตามไปด้วย เห็นได้ว่าในปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากไม่ว่างานด้านเอกสารหรืองานด้านการควบคุมอุตสากรรม โดยมีแนวทางการพัฒนาอุปกรณ์ส่วนใหญ่ไปในทิศทางเดียวกันคือการทำทุกอย่างให้ใช้งานร่วมกันได้โดยการใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวเชื่อมเข้าด้วยกัน

เครื่องชั่งน้ำหนักอัตโนมัติ (Automatic Weighing Machine) นี้มีหลักการทำงานคือ มีส่วนที่รับค่าน้ำหนักเข้ามาและมีส่วนแสดงผล ส่วนที่รับค่าน้ำหนักจะประกอบไปด้วย โหลดเซลล์ (Load Cell), วงจร-ขยายสัญญาณ (Instrument Amplifier) ทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณและกำหนดค่าสัญญาณที่เหมาะสมให้กับวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Converter ; ADC) เพื่อทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล แล้วส่งไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผลและแสดงผลทางจอคอมพิวเตอร์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- เพื่อสร้างเครื่องชั่งน้ำหนักโดยใช้ โหลดเซลล์ เป็นตัวเซ็นเซอร์และประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์
- ศึกษาการทำงานของโหลดเซลล์
- ศึกษาการเขียนโปรแกรมโดยโปรแกรมภาษา Visual Basic
- ศึกษาการทำงานของระบบนิวเมติก
- ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องชั่งน้ำหนัก

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- ชั่งวัสดุในรูปเม็ด เช่น ข้าวสาร เมล็ดพลาสติก
- ขนาดบรรจุไม่เกิน 5 กิโลกรัม
- ใช้โหลดเซลล์ เป็นตัวรับควบคุมน้ำหนัก
- ใช้อุปกรณ์นิวเมติกควบคุมการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 โหลดเซลล์ (Load cell)

โหลดเซลล์เป็นเครื่องมือวัดน้ำหนักที่ประยุกต์ใช้งานมาจากสเตรนเกจ โดยเป็นตัวปรับและประยุกต์แรงมาเป็นน้ำหนักในรูปของความแตกต่างในสัญญาณเอาท์พุท โหลดเซลล์แบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ได้ 3 ประเภท คือ

1. สเตรนเกจโหลดเซลล์ (Strain gage load cell)
2. ไฮดรอลิคโหลดเซลล์ (Hydraulic load cell)
3. นิวเมติกโหลดเซลล์ (Pneumatic load cell)

โดยโหลดเซลล์ชนิดที่ 1 เป็นโหลดเซลล์ที่ใช้วัดแรงดึงหรือความเครียด ซึ่งโหลดเซลล์ชนิดนี้จะมีส่วนประกอบเครื่องอิเล็กทรอนิกส์เปลี่ยนสัญญาณแรงที่ได้รับออกมาเป็นหน่วยน้ำหนัก โหลดเซลล์ชนิดที่2 และ3 ใช้สำหรับรับแรงดึง หรือความดันแล้วเปลี่ยนสัญญาณแรงที่ได้รับออกมาเป็นหน่วยน้ำหนักโดยตรง และโหลดเซลล์ทุกชนิดสามารถนำมาใช้ทำเครื่องมือวัดน้ำหนักได้ 2 กรณี คือ

- ใช้ทำเครื่องชั่งแบบโหลดเซลล์ โดยทำตัวรับน้ำหนักของ ของที่ชั่งหรือถาด หรือแท่นชั่งวางบนโหลดเซลล์โดยตรง

- ใช้ประกอบเป็นเครื่องช่วยในการทำเครื่องวัดน้ำหนักโดยเฉพาะ เครื่องชั่งที่ใช้ระบบคาน (Lever System) โดยจะใช้โหลดเซลล์เข้ามาช่วยเสริมในบางจุดของเครื่องชั่งที่เหมาะสมโดยอยู่ได้แท่นชั่งบนคาน ในโหลดเซลล์ทั้ง 2 แบบนี้จะเปลี่ยนสัญญาณแรงของวัตถุที่เครื่องชั่งได้รับไปเป็นรูปสัญญาณไฟฟ้า และส่งไปยังส่วนที่บอกน้ำหนักของเครื่องชั่ง อ่านค่าออกมาเป็นน้ำหนักของวัตถุที่ใช้ชั่ง

การเปลี่ยนแปลงของความต้านทานของวงจรโหลดเซลล์นี้ จะเป็นผลมาจากการชั่งน้ำหนักและจะสามารถทำการชั่งน้ำหนักได้ละเอียดถูกต้องขึ้น เมื่อใช้วงจรไฟฟ้าที่ออกแบบมาเป็นอย่างดี ซึ่งวงจรไฟฟ้าที่ว่านี้จะประกอบไปด้วยวงจรขยายแรงดันและวงจรบริดจ์ (Amplifier และ Wheatstone bridge) สำหรับที่จะทำให้เกิดการสมดุล และทำให้การหาน้ำหนักถูกต้องด้วย วงจรขยายแรงดันประกอบไปด้วยวงจรไฟฟ้าเพื่อขยายหรือเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้กับวงจรโหลดเซลล์เพื่อจะให้ได้แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าถูกต้องสำหรับในส่วนที่บอกน้ำหนักของเครื่องชั่ง แผ่นสเตรนเกจที่ติดอยู่กับแท่งเหล็กจะถูกห่อหุ้มด้วยสารที่ป้องกันอากาศภายนอกเพื่อที่จะลดผลของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้น นอกจากนี้ยังต้องมีที่ครอบหรือกล่องใส่วงจรสำหรับต่อเชื่อมสายไฟจากตัวสเตรนเกจไปยังส่วนอื่น ๆ

2.2 ความต้านทานของสเตรนเกจ

ทรานสดิวเซอร์เป็นอุปกรณ์เครื่องกลไฟฟ้า มีเอาท์พุทเป็นปริมาณไฟฟ้าที่มีการแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณทางกล เช่น ระยะการขจัดหรือแปลงแรงไปเป็นปริมาณทางไฟฟ้าที่สามารถตรวจวัดและแปลความหมายได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงของแรงดัน ความหลากหลายของทรานสดิวส์เตอร์ซึ่งรวมถึงแรงค์ (Range) ความเป็นเชิงเส้น ความไวและช่วงอุณหภูมิใช้งาน ซึ่งเป็นคุณลักษณะเบื้องต้นของเซ็นเซอร์ที่รวมอยู่ในทรานสดิวส์เตอร์เพื่อผลิตเอาท์พุททางไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเตรนเกจเป็นเซ็นเซอร์ที่มีคุณสมบัติต้านทานทางไฟฟ้ามีลักษณะเป็นเส้นหยักทำจากโลหะแผ่นบางมีรูปแบบต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งสามารถยึดติดกับผิวของส่วนประกอบเครื่องจักรกลหรือโครงสร้าง เมื่อส่วนประกอบเครื่องจักรกลหรือโครงสร้างรับภาระ (Load) เกิดความเครียดขึ้นและส่งผ่านไปยังสเตรนเกจ ความต้านทานของสเตรนเกจจะเปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนกับภาระที่ทำให้เกิดความเครียด ความไวต่อความเครียดของโลหะอธิบายได้โดยการวิเคราะห์อย่างดังต่อไปนี้

ความต้านทาน R ของโลหะตัวนำสม่ำเสมอสามารถอธิบายได้ด้วยสมการ

$$R = \rho \frac{L}{A} \tag{2.1}$$

เมื่อ ρ คือ ความต้านทานความถ่วงจำเพาะของโลหะ

L คือ ความยาวของตัวนำ

A คือ พื้นที่หน้าตัดของตัวนำ

ดิฟเฟอเรนเชียล สมการที่ 2.1 แล้วหารด้วยความต้านทาน R จะได้

$$\frac{dR}{R} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dL}{L} - \frac{dA}{A} \tag{2.2}$$

เทอม dA แทนการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ ซึ่งเป็นผลมาจากภาระ (Load) ที่กระทำสำหรับกรณีของสภาวะที่มีความเค้นดึงในแนวแกนเดียว จากการศึกษาในเรื่องของวิชากลศาสตร์ของแข็ง (Solid Mechanics)

$$\varepsilon_a = \frac{dL}{L} \text{ และ } \varepsilon_t = -\nu\varepsilon_a = -\nu\frac{dL}{L} \tag{2.3}$$

เมื่อ ε_a เป็นความเครียดตามแนวแกนของตัวนำ

ε_t เป็นความเครียดตามแนวขวางของตัวนำ

ν เป็นอัตราส่วนปัวซองของโลหะที่ใช้ทำตัวนำ

$$\nu = \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_a} \tag{2.4}$$

ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำ คือ d_0 ก่อนเกิดความเครียดตามแนวแกนและ d_f เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำขณะที่มีความเครียด โดย

$$d_f = d_0 - \nu\frac{dL}{L} \tag{2.5}$$

จากสมการที่ 2.4 จะได้ว่า

$$\frac{dA}{A} = -2\nu\frac{dL}{L} \tag{2.6}$$

แทนสมการที่ 2.5 ลงในสมการที่ 2.2 และจัดสมการใหม่จะได้

$$\frac{dR}{R} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dL}{L}(1+2\nu) \tag{2.7}$$

ซึ่งสามารถเขียนได้เป็น

$$S_a = \frac{dR/R}{\varepsilon_a} = \frac{d\rho/\rho}{\varepsilon_a} + (1+2\nu) \tag{2.8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ S_A คือ ความไวของโลหะหรือโลหะผสมที่ใช้สำหรับทำตัวนำ ในสมการที่ 2.7 ได้แสดงให้เห็นถึงความไวของโลหะหรือโลหะผสม ใน 2 แฟคเตอร์ กล่าวคือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำจะแสดงในเทอม $(1+2\nu)$ และการเปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะความต้านทานจะเป็นตัวแสดงในเทอมของ $[(d\rho/\rho)/\varepsilon_g]$ ในการทดลองศึกษาความไว S_A มีค่าอยู่ระหว่าง 2 และ 4 สำหรับโลหะผสมส่วนมากที่ใช้ในสเตรนเกจที่มีลักษณะเป็นโลหะแผ่นบาง ขณะที่ปริมาณ $(1+2\nu)$ มีค่าใกล้เคียง 1.6 สำหรับโลหะส่วนมากในการเปลี่ยนคุณสมบัติของความต้านทานที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนความเครียดจาก 0.4-2.4 การเปลี่ยนคุณสมบัติของความต้านทาน ก็คือ ความแตกต่างในจำนวนอิเล็กตรอนอิสระและทำให้เกิดการเคลื่อนที่ได้ง่ายนำความเครียดไปใช้

สเตรนเกจแสดงการเปลี่ยนแปลงความต้านทาน $\Delta R/R$ สัมพันธ์กับความเครียด ε โดยสมการ (2.8)

เมื่อ S_g คือ เกจแฟคเตอร์หรือค่าคงตัวปรับเทียบสำหรับเกจ

รูปที่ 2.1 วงจรวีทสโตนบริดจ์(Wheatstone bride) ที่ใช้ในการแปลงค่าความต้านทานของสเตรนเกจ

เอาท์พุทของ $\Delta R/R$ ของสเตรนเกจ โดยปกติถูกแปรผันโดยสัญญาณแรงดันด้วยวงจรวีทสโตนบริดจ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ถ้าเกจตัวเดียวถูกใช้ในแขนหนึ่งของวงจรวีทสโตนบริดจ์ตัวต้านทานที่มีค่าต้านทานคงที่และเท่ากันสเตรนเกจจะถูกใช้ในแขนที่เหลืออีก 3 แขน แรงดันเอาท์พุท คือ

$$V_o = \frac{V_s}{4} \frac{\Delta R_g}{R_g} \tag{2.9}$$

แทนค่าสมการที่ 2.9 ลงในสมการที่ 2.8 จะได้

$$V_o = \frac{1}{4} V_s S_g \varepsilon \tag{2.10}$$

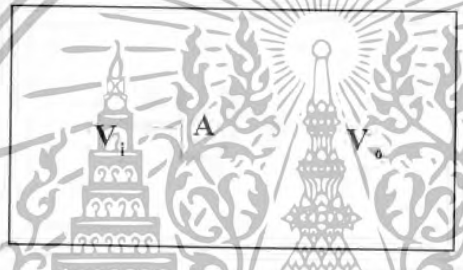
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันอินพุทถูกควบคุมด้วยขนาดของเกจ (กำลังที่เกจสามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนโดยที่เกจไม่ถูกทำลาย) และความต้านทานเริ่มต้นของเกจซึ่งมีผลให้ความไวโดยจะมีค่าในช่วง 1 ถึง 10μV/(μm/m)

$$S=\frac{V_o}{\varepsilon}=\frac{VS_g}{4} \qquad (2.11)$$

2.3 วงจรขยายสัญญาณ (Amplifier)

วงจรขยายเป็นวงจรสำคัญที่มีการใช้งานมากในระบบการวัด อันเนื่องมาจากสัญญาณส่วนใหญ่ที่ได้มาจากตัวแปลงมักมีขนาดเล็กมากหรือมีกำลังต่ำมากจึงมีความจำเป็นที่จะต้องขยายสัญญาณนั้นให้มีขนาดหรือกำลังที่เหมาะสมก่อนจะส่งไปยังส่วนต่อไป วงจรขยายนั้นมีหลายรูปแบบมากซึ่งต้องเลือกใช้ให้เหมาะกับสมกับงาน ตัวแปรที่จะใช้เลือกรูปแบบวงจรขยายมีมากมายเช่น ลักษณะของสัญญาณอินพุทว่าเป็นกระแสหรือแรงดัน รูปแบบการขยายสัญญาณว่าต้องการผลต่าง (Differentiate) หรือแบบอินทิเกรต (Integrate) และอัตราขยาย (Gain) รวมไปถึงรายละเอียดปลีกย่อยต่างๆ เช่น มีสัญญาณรบกวนต่ำ



รูปที่ 2.2 สัญลักษณ์ของวงจรขยาย

สัญลักษณ์ของวงจรขยายจะใช้ตามรูปที่ 2.1 และเขียนสมการสัมพันธ์ได้ว่า

$$V_o = AV_i \qquad (2.12)$$

เมื่อ A คือ อัตราขยายแรงดันวงจรขยาย

V_i คือ แรงดันอินพุท

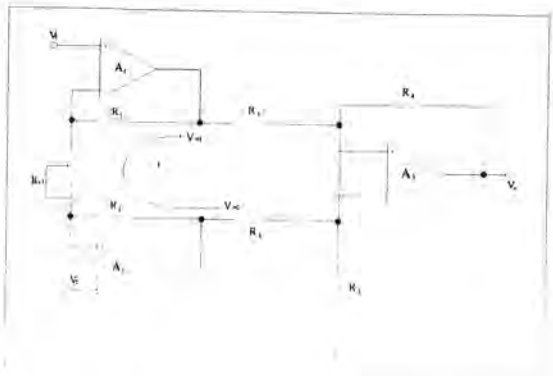
V_o คือ แรงดันเอาท์พุท

วงจรขยายอินสตรูเมนเตชั่น (Intrumentation Amplifier)

วงจรขยายอินสตรูเมนเตชั่นในรูปที่ 2.3 เป็นวงจรที่มีคุณสมบัติในการขยายสัญญาณดิฟเฟอเรนเชียลโหมดเช่นเดียวกับวงจรขยายผลต่างแต่มีคุณสมบัติที่ดีกว่า เพื่อแก้ข้อเสียของผลต่างทั้ง 2 ข้อ คือ

1. การปรับอัตราขยายที่ปรับได้ยาก
2. อินพุทอิมพิแดนซ์ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 วงจรขยายอินสตรูเมนเตชั่น

วงจรนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกประกอบด้วย ออปแอมป์ A1และ A2 ที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณและส่วนที่ 2 ประกอบด้วย ออปแอมป์ A3 ทำหน้าที่ขจัดสัญญาณคอมมอนโหมดวงจรนี้มีอินพุทแบบคู่ซึ่งจะแยกสัญญาณอินพุทเป็น V_1 ป้อนให้กับ A1 และ V_2 ป้อนให้กับ A2 จากเหตุผลที่อินพุททั้งสองของออปแอมป์เสมือนลัดวงจรทำให้ V_i จะมาปรากฏอยู่ที่อินพุทขาลบของ A1 และ V_2 จะปรากฏที่ขาลบของ A2 ดังนั้นสัญญาณอินพุททั้งหมด คือ $V_1 = V_2 - V_1$ ก็จะตกคร่อมที่ R_{v1} ทำให้สามารถหาค่ากระแสที่ไหลผ่าน R_{v1} ได้เป็น

$$i = \frac{V_2 - V_1}{R_{v1}} \tag{2.13}$$

กระแสนี้จะไม่มาจากอินพุทของออปแอมป์ทั้งสองตัวซึ่งมีค่าความต้านอินพุทสูงแต่จะไหลมาจากเอาท์พุทที่มีความต้านทานต่ำจากทิศทางกระแส ดังรูปที่ 2.3 ทำให้หาค่าความต่างศักย์ระหว่างเอาท์พุทของออปแอมป์ทั้ง 2 ได้ว่า

$$V_{o2} - V_{o1} = i(R_{v2} + 2R_2) \tag{2.14}$$

$$= \frac{V_2 - V_1}{R_{v1}}(R_{v1} + 2R_2) \tag{2.15}$$

$$V_{o2} - V_{o1} = (V_2 - V_1)\left(1 + \frac{2R_2}{R1}\right) \tag{2.16}$$

สัญญาณจากสมการนี้จะเป็นสัญญาณอินพุทของส่วนที่สองซึ่งเป็นวงจรขยายผลต่าง ทำให้ได้สัญญาณเอาท์พุทของ A3 เป็น

$$V_0 = \frac{R_4}{R_3}(V_{o2} - V_{o1}) \tag{2.17}$$

แทนค่าสมการ2.16 ลงในสมการ 2.17

$$V_0 = \frac{R4}{R3}\left(1 + \frac{2R_2}{R_{v1}}\right)(V_2 - V_1) \tag{2.18}$$

อัตราดิฟเฟอเรนเชียลโหมด คือ

$$\frac{V_0}{V_2 - V_1} = \frac{R_4}{R3}\left(1 + \frac{2R_2}{R_{v1}}\right) \tag{2.19}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ 2.19 จะเห็นว่าเพื่อความสะดวกในการปรับอัตราขยาย ก็ให้ความต้านทานอื่นมีค่าคงที่แล้วปรับ Rv1 เพียงตัวเดียว โดยทั่วไปมักจะให้อัตราขยายของส่วนที่สอง คือ วงจรขยายผลต่างมีค่าเท่ากับหนึ่งซึ่งก็จะได้ความต้านทานทุกตัวในส่วนนี้มีค่าเท่ากันหมดและในส่วนนี้ จะทำหน้าที่ในการขจัดสัญญาณคอม

2.4 การแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Converter;A/D)

การผสมผสานระหว่างระบบควบคุมแบบดิจิตอลกับวงจรภายนอกที่ทำงานแบบอนาล็อกเป็นเรื่องที่หลีกเลี่ยงได้อยากในปัจจุบันเพราะวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 2 แบบนี้ยังคงมีความเกี่ยวพันกันละยังจำเป็นจะต้องมีองค์ประกอบทั้งสองส่วนนี้ทำงานร่วมกันอยู่เสมอๆ การนำระบบคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือเครื่องพีซีที่มีใช้งานอยู่ตามบ้านหรือในออฟฟิศมาใช้ควบคุมหรือประมวลผลร่วมกับวงจรภายนอกจึงเป็นหนทางหนึ่งที่เริ่มมีการนำมาใช้งานกันอย่างภายนอกเข้ากับพีซี โดยตรงนั้นเป็นสิ่งที่ทำไม่ได้เนื่องจากระบบสัญญาณที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นข้อมูลดิจิตอล (A/D คอนเวอร์เตอร์) เป็นตัวอินเตอร์เฟสระหว่างพีซีและวงจร อนาล็อกภายนอก

บอร์ด A/D ที่จัดทำขึ้นเป็นอุปกรณ์ขนาดเล็กที่ใช้เปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิตอล ที่สามารถให้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลดิจิตอลขนาด 12 บิตได้ ตัวเครื่องถูกออกแบบให้เป็นบอร์ดขนาดเล็กใช้เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องพีซีผ่านทางพอร์ตขนานหรือพอร์ตเครื่องพิมพ์ (printer port) ทำให้การเชื่อมต่อทำได้โดยง่ายเพราะไม่ต้องเปิดฝาเครื่องคอมพิวเตอร์ ส่วนทางด้านการพัฒนาโปรแกรมสำหรับใช้งานสามารถทำได้ง่าย โดยเขียนโปรแกรมบนเครื่องพีซีได้หลายภาษา เช่น ภาษาซี ภาษาปาสคาล ภาษาเบสิก และภาษาแอสเซมบลีหรือภาษาอื่น ๆ ที่มีคำสั่งสนับสนุนการสั่งการพอร์ตเครื่องพิมพ์ได้คือมีคำสั่งสำหรับอ่านค่าข้อมูลออกจากพอร์ตและเขียนข้อมูลออกไปยังพอร์ต มอนโหมดเพียงอย่างเดียว การกำหนดอัตราขยายทั้งหมดจะไปอยู่ที่ออมแอมป์ A1 และ A2แพร่หลายแต่การเชื่อมต่อระหว่างสัญญานอนาล็อกจากวงจร

การติดตั้งบอร์ด A/D กับเครื่องคอมพิวเตอร์

การติดตั้งบอร์ด A/D ทำได้โดยเสียบเข้ากับพอร์ตเครื่องพิมพ์ซึ่งจะมีคอนเนกเตอร์เป็นแบบ DB25PIN ตัวเมีย ต้องนำแผงบอร์ดด้านที่เป็นคอนเนกเตอร์ตัวผู้ (K1) เสียบเข้าไป ส่วนคอนเนกเตอร์ DB25PIN ตัวเมีย (K2) ซึ่งอยู่ด้านท้ายจะใช้เป็นจุดสำหรับเชื่อมต่อสัญญาณอนาล็อกอินพุท และแหล่งจ่ายไฟจากภายนอก โดยสัญญาณอนาล็อกอินพุทที่ป้อนให้บอร์ด จะต้องมีระดับแรงดันอยู่ระหว่าง 0-5 โวลต์ดีซี

สำหรับในขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม หากไม่ต้องการเชื่อมสัญญาณอนาล็อกจากภายนอกสามารถทำการใส่ตัวต้านทานปรับค่าได้ VR1 และ VR2 เพื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุท ในกรณีที่ผู้ใช้ทำการลัดวงจรที่ขา 10 และ 13 ของ K2 เข้าด้วยกันสำหรับปรับแชนเนล 0 และทำการลัดวงจรที่ขา 8 และ 12 ของ K2 สำหรับปรับในแชนเนล 1 แต่เมื่อทดสอบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว หากต้องการที่จะเชื่อมต่อสัญญาณอนาล็อกภายนอก ก็ให้ทำการปิดวงจรที่ขา 8, 10, 12 และ 13 ออก

2.5 การเขียนโปรแกรมควบคุม

พอร์ตเครื่องพิมพ์หรือพอร์ตขนานของเครื่องพีซี ประกอบด้วยสายสัญญาณทั้งหมด 25 เส้น โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ตามลักษณะหน้าที่ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มสัญญาณข้อมูล (Data) ขนาด 8 บิต เป็นรีจิสเตอร์เอาท์พุทขนาด 8 บิต ซึ่งมีตำแหน่งพอร์ตในการติดต่อคือ 0378H (LPT1) หรือ 0278H (LPT2) เราสามารถส่งค่าข้อมูลออกได้โดยใช้คำส่ง OUT ซึ่งเมื่อเขียนข้อมูลออกไปพอร์ตนี้ จะทำให้สัญญาณมีค่าเหมือนกับข้อมูลที่เขียนออกไป เช่นถ้าเขียนข้อมูลเป็น "1" ออกไปที่บิตใดของพอร์ตนี้ จะทำให้ขาสัญญาณที่พอร์ตนั้นเป็น "1" ตามไปด้วยซึ่งในพอร์ตนี้สามารถอ่านค่าของข้อมูลที่เขียนออกไปแล้วกลับเข้ามาเพื่อตรวจสอบว่าสัญญาณที่ถูกส่งออกไปนั้นมีการถูกเปลี่ยนแปลงโดยอุปกรณ์ภายนอกหรือไม่ ดังแสดงรายละเอียดและการทำงานของกลุ่มสัญญาณข้อมูลนี้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดและการทำงานของกลุ่มสัญญาณควบคุม

บิตสัญญาณข้อมูลที่อ่าน/เขียน	สัญญาณที่พอร์ตเมื่อถูกเขียนด้วยลอจิก "1"	สัญญาณที่พอร์ตเมื่ออ่านด้วยลอจิก "1"	ขาสัญญาณของ DB25
0	HIGH	HIGH	2
1	HIGH	HIGH	3
2	HIGH	HIGH	4
3	HIGH	HIGH	5
4	HIGH	HIGH	6
5	HIGH	HIGH	7
6	HIGH	HIGH	8
7	HIGH	HIGH	9

กลุ่มสัญญาณควบคุม (Control) ขนาด 4 บิต โดยมีตำแหน่งค่าพอร์ตในการติดต่ออยู่ที่ 037H (LPT1) หรือ 027AH (LPT2) เราสามารถเขียน และอ่านข้อมูลพอร์ตนี้ได้ ซึ่งสัญญาณของบิต 0, 1 และ 3 จะถูกกลับสภาวะเป็นตรงกันข้ามจากค่าของข้อมูลที่เป็น "1" ออกไปที่บิตเหล่านี้จะทำให้สัญญาณกลับเป็น "0" หรือค่าสัญญาณที่คอนเนกเตอร์มีค่าเป็น "0" อยู่เมื่ออ่านค่าเข้ามาจะได้ค่าเป็น "1" ดังแสดงในตารางที่ 2.

ตารางที่ 2.2 แสดงรายละเอียดและการทำงานของกลุ่มสัญญาณควบคุม

บิตสัญญาณข้อมูลที่อ่าน/เขียน	สัญญาณที่พอร์ตเมื่อถูกเขียนด้วยลอจิก "1"	สัญญาณที่พอร์ตเมื่ออ่านด้วยลอจิก "1"	ขาสัญญาณของ DB25
0	LOW	LOW	1
1	LOW	LOW	14
2	HIGH	HIGH	16
3	LOW	LOW	17
4	ENABLE IRQ7	ENABLE IRQ7 BIT	-
5-7	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มสัญญาณควบคุมสถานะขนาด 5 บิต พอร์ตนี้มีตำแหน่งในการติดต่ออยู่ที่ 0379H (LPT1) หรือ (LPT2) ซึ่งสัญญาณข้อมูลจากพอร์ตนี้ใช้สำหรับอ่านสถานะของสัญญาณอินพุทแบบเรียลไทม์จากภายนอกเพื่อส่งค่าไปประมวลผลดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงรายละเอียดและการทำงานของกลุ่มสัญญาณ

บิตสัญญาณข้อมูลที่อ่าน/เขียน	สัญญาณที่พอร์ตเมื่ออ่านด้วยลอจิก "1"	ขาสัญญาณของ DB25
0	-	-
1	-	-
2	-	-
3	HIGH	15
4	HIGH	13
5	HIGH	12
6	HIGH	10
7	LOW	11

อย่างไรก็ตามสัญญาณที่นำมาใช้เชื่อมต่อเพื่อใช้ควบคุมและอ่านเขียนข้อมูลกับบอร์ด จะใช้สัญญาณจากพอร์ตเครื่องพิมพ์เพียง 4 สัญญาณเท่านั้นคือ

สัญญาณจากพอร์ตข้อมูลมีตำแหน่งของการติดต่ออยู่ที่ 0378H (LPT1) และ 0278H (LPT2) โดยใช้สัญญาณจากพอร์ตนี้จำนวน 3 เส้นเท่านั้น คือ D0, D1 และ D3 สัญญาณ D0 ถูกใช้สำหรับเป็นสัญญาณข้อมูลที่เขียนให้กับ LTC1298 ทางขาข้องมูลเข้า (D1) สัญญาณ D1 ถูกใช้สำหรับเป็นสัญญาณนาฬิกา (CLK) เพื่อใช้กำหนดการอ่าน เขียนข้อมูล ระหว่างเครื่องพีซีกับไอซีให้สัมพันธ์สอดคล้องกัน สำหรับสัญญาณ D3 ถูกใช้เป็นสัญญาณควบคุมเลือกการทำงาน (CS) ของ LTC1298

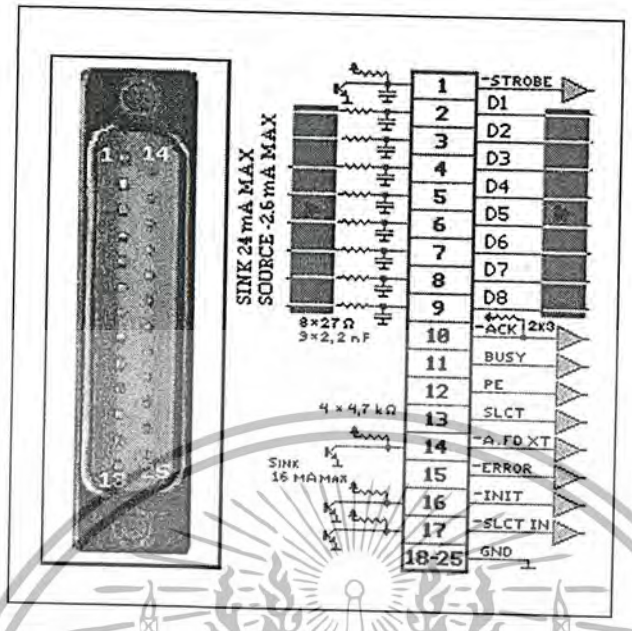
สัญญาณจากพอร์ตอินพุทสถานะมีตำแหน่งของการติดต่ออยู่ที่ 0379H (LPT1) หรือ 0279H (LPT2) โดยใช้สัญญาณจากพอร์ตนี้เพียง 1 เส้น คือบิตที่ 7 (BUSY) สัญญาณนี้จะใช้เพียง 1 เส้น คือบิตที่ 7 (BUSY) สัญญาณนี้จะใช้เป็นอินพุทสำหรับทำการอ่านค่าของข้อมูลที่ได้จากการแปลงที่ส่งออกจาก LTC1298 ที่ขา D0

2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับพอร์ตขนาน (Port Printer)

พอร์ตขนานหรือพอร์ตเครื่องพิมพ์ของคอมพิวเตอร์มีขั้วเป็นคอนแนกเตอร์แบบ D ขนาด 25 ขา (DB-25) มีหน้าที่การทำงานแสดงในตารางที่ 2.4 และตารางที่ 2.5 ภายในพอร์ตขนานประกอบด้วยรีจิสเตอร์พื้นฐานที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูล 3 ตัว คือรีจิสเตอร์ดาต้า (Data), สเททัส (Status) และคอนโทรล (Control) โดยแอดเดรสของรีจิสเตอร์ทั้ง 3 นี้มีตำแหน่งไหลเรียงกันไปตามลำดับขึ้นอยู่กับแอดเดรสของพอร์ตขนานเช่น ที่พอร์ตขนาน LPT1 แอดเดรสของรีจิสเตอร์ดาต้า อยู่ที่ &H378 (&H เป็นอักษรที่แสดงว่าข้อมูลนี้ว่าเป็นข้อมูลเลขฐาน 16) ในขณะที่แอดเดรสของรีจิสเตอร์สเททัส จะอยู่ที่ &H379 และแอดเดรสของรีจิสเตอร์คอนโทรล จะอยู่ที่ &H37A โดยความสัมพันธ์ระหว่างแอดเดรสพอร์ตขนานกับแอดเดรสของรีจิสเตอร์พื้นฐานทั้ง 3 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.4 สามารถแบ่งคุณสมบัติของพอร์ตขนานได้ 2 รูปแบบคือ พอร์ตที่ทำหน้าที่เป็นอินพุท และพอร์ตที่ทำหน้าที่เป็นเอาท์พุท ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.4 แสดงตำแหน่งของขาสัญญาณของพอร์ตขนาน (Port Printer)

ตารางที่ 2.4 หน้าที่และการทำงานของขาต่าง ๆ ของพอร์ตขนาน

ขา	หน้าที่	พอร์ต		ทิศทาง
		ชื่อ	บิท	
1	Strobe	Control	C0	เอาท์พุท
2	Data บิท 0	Data	D0	เอาท์พุท
3	Data บิท 1	Data	D1	เอาท์พุท
4	Data บิท 2	Data	D2	เอาท์พุท
5	Data บิท 3	Data	D3	เอาท์พุท
6	Data บิท 4	Data	D4	เอาท์พุท
7	Data บิท 5	Data	D5	เอาท์พุท
8	Data บิท 6	Data	D6	เอาท์พุท
9	Data บิท 7	Data	D7	เอาท์พุท
10	Ackowledge	Status	S6	อินพุท
11	Busy	Status	S7	อินพุท
12	Out of paper	Status	S5	อินพุท
13	Select	Status	S4	อินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 หน้าที่และการทำงานของขาต่าง ๆ ของพอร์ตขนาน (ต่อ)

ขา	หน้าที่	พอร์ต		ทิศทาง
		ชื่อ	บิท	
14	Line Feed	Control	C1	เอาท์พุท
15	Error	Status	S3	อินพุท
16	Initial	Control	C2	เอาท์พุท
17	Select In	Control	C3	เอาท์พุท
18-25	Ground			เอาท์พุท

ตารางที่ 2.5 แสดงแอดเดรสของรีจิสเตอร์ของพอร์ตขนาน

พอร์ตขนาน	แอดเดรสของ		
	Data	Status	Control
LPT1	&H378	&H379	&H37A
LPT2	&H3BC	&H3BD	&H3BE
LPT3	&H278	&H279	&H37A

การเขียนโปรแกรมติดต่อกับพอร์ตขนาน

พอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์จะมีลักษณะเช่นเดียวกับอุปกรณ์อินพุทและเอาท์พุตตัวอื่น ๆ คือ เมื่อต้องการติดต่อจะต้องกำหนดแอดเดรสที่ต้องการติดต่อด้วย ตารางที่ 2.5 แสดงแอดเดรสของพอร์ตขนาน โดยแบ่งออกเป็น 3 ตำแหน่งคือ แอดเดรสของรีจิสเตอร์ดาต้า แอดเดรสของรีจิสเตอร์สเทตัส และแอดเดรสของรีจิสเตอร์คอนโทรล โดยแอดเดรสนี้จะอยู่ทั้งหมด 3 ชุดสำหรับพอร์ตขนาน 3 ชุดคือ LPT1, LPT2, LPT3

ตารางที่ 2.6 แสดงแอดเดรสของพอร์ตขนาน

ชื่อพอร์ต	LPT1:		LPT2:		LPT3:	
	ฐานสิบ	ฐานสิบหก	ฐานสิบ	ฐานสิบหก	ฐานสิบ	ฐานสิบหก
Data	888	378H	956	3BCH	632	278H
Status	889	379H	957	3BDH	633	279H
Control	890	37AH	958	3BEH	634	27AH

การเขียนโปรแกรมติดต่อกับพอร์ตขนานด้วย Visual BASIC

การเขียนโปรแกรมด้วย Visual BASIC ชุดคำส่งส่วนใหญ่จะมีรูปแบบใกล้เคียงกับ QBASIC แต่ Visual BASIC จะไม่มีคำส่งสำหรับการติดต่อพอร์ตโดยตรงคือ คำส่ง Input และคำส่ง Out เหมือนกับ QBASIC ดังนั้นเพื่อให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถติดต่อกับพอร์ตขนานได้จึงจำเป็นต้องเพิ่มโปรแกรมบางตัวเข้าไป โดยโปรแกรมที่จะเพิ่มเข้าไปนี้จะอยู่ในรูปของ DLL(Dynamic Linked Libeary)

ไฟล์ DLL นี้จะมีอยู่ 2 ไฟล์ คือ inpout.dll และ inpout32.dll โดย inpout.dll นั้นใช้สำหรับระบบปฏิบัติ 16 บิต หรือวินโดวส์ 3.1 นั่นเอง ส่วน inpout32.dll จะใช้สำหรับระบบปฏิบัติการที่เป็น 32 บิต ซึ่งก็คือวินโดวส์ 95 หรือ วินโดวส์ 98

สำหรับตำแหน่งที่ใช้เก็บไฟล์ inpout.dll หรือ inpout32.dll นั้นจะต้องเก็บไว้ที่ไดเรกตอรี่ SYSTEM ซึ่งอยู่ภายในไดเรกตอรี่ที่เก็บโปรแกรมวินโดวส์

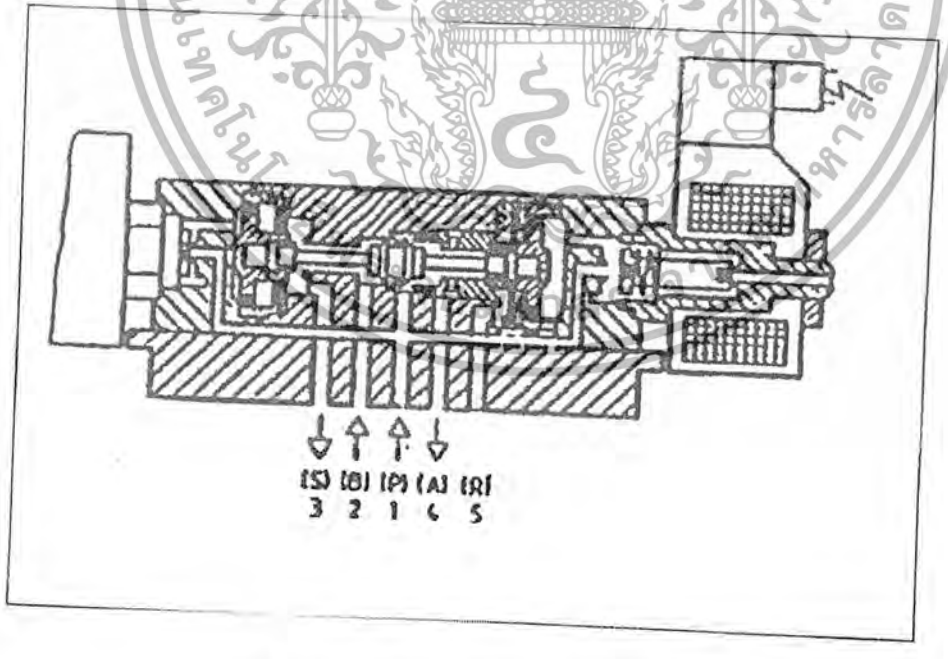
2.7 วาล์วควบคุมการทำงาน

ในการควบคุมอุปกรณ์ทำงานในระบบนิวเมติกให้ทำงานตามที่ต้องการนั้นอุปกรณ์ที่สำคัญที่ทำให้อุปกรณ์ทำงานเปลี่ยนตำแหน่งได้ก็คือ วาล์ว ซึ่งในการเลื่อนวาล์วควบคุมนั้นสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่นการเลื่อนวาล์วโดยใช้กล้ามเนื้อ การเลื่อนโดยใช้กลไก การเลื่อนโดยใช้ลมควบคุม การเลื่อนโดยใช้ไฟฟ้าควบคุม หรือการเลื่อนโดยใช้วิธีใดวิธีหนึ่งร่วมกัน ในที่นี้จะขอกล่าวถึงวาล์วที่ใช้ไฟฟ้าเป็นตัวควบคุมในการเปลี่ยนตำแหน่ง หรือเรียกอีกอย่างว่าโซลินอยด์วาล์ว

โครงสร้างและหลักการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว

โครงสร้างของวาล์วควบคุมโดยทั่วไปซึ่งในที่นี้จะหมายรวมถึงโซลินอยด์วาล์ว สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ วาล์วแบบนั่งบ่าและวาล์วแบบลูกสูบเลื่อน โดยที่วาล์วแต่ละประเภทจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน

วาล์วจะมีด้วยกันหลายแบบเช่น วาล์ว2/2 วาล์ว3/2 วาล์ว5/2 แต่จะขอกล่าวถึงวาล์ว5/2 ซึ่งใช้โซลินอยด์และลมเป็นตัวเลื่อนวาล์วกลับสู่สภาพเดิมด้วยแรงสปริง

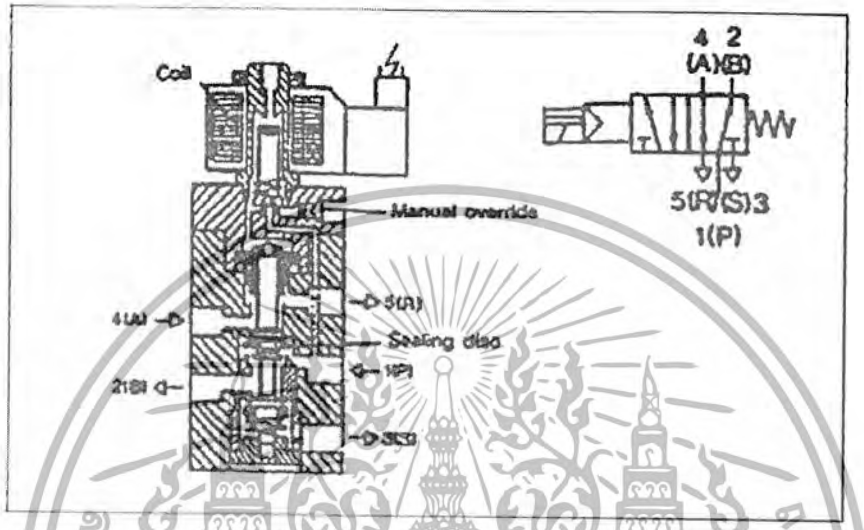


รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างของโซลินอยด์วาล์ว

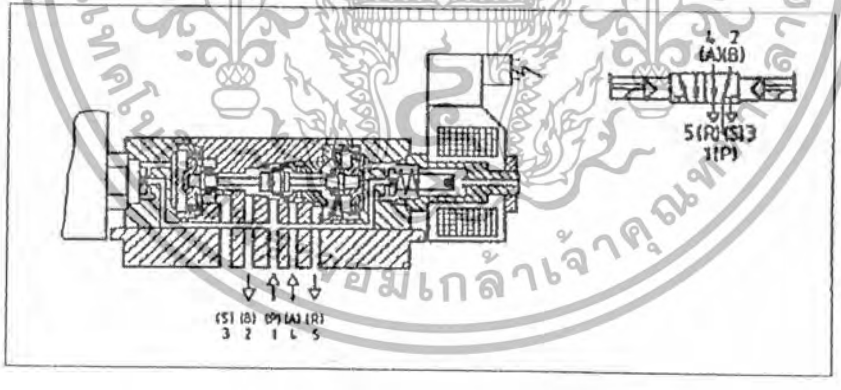
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะปกติ : เมื่อยังไม่มีกรแสไฟไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ โซลินอยด์จะยังไม่มีอำนาจแม่เหล็ก แรงสปริงจะดันลิ้นเล็กด้านบนปิดจากลม P ลิ้นใหญ่จะไม่ถูกเลื่อนเป็นผลทำให้รู P ต่อถึงรู B รู A จะต่อถึงรู R ส่วนรู S จะถูกปิด

สภาวะทำงาน : เมื่อมีกระแสไฟไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ จะทำให้โซลินอยด์ เกิดอำนาจแม่เหล็กเลื่อนลิ้นเล็กด้านบนให้เปิดทางลม ลมจากรู P จะผ่านลิ้นเล็กด้านบนไปเลื่อนลิ้นใหญ่ ทำให้แรงลมจาก P เปลี่ยนทิศทางคือ รู P จะต่อรู P จะต่อรู A รู B จะต่อรู S ส่วนรู R จะถูกปิด



รูปที่ 2.6 แสดงสภาวะปกติของโซลินอยด์วาล์ว



รูปที่ 2.7 แสดงสภาวะในขณะการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว

2.8 กระบอกสูบ (AIR CYLINDER)

เป็นอุปกรณ์การทำงานของนิวเมติกชนิดหนึ่งในจำนวนหลายแบบ ตัวกระบอกสูบลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนรูปพลังงานลมอัดให้อยู่ในรูปของพลังงานกล ลักษณะการเคลื่อนที่เป็นแบบเส้นตรง ตัวกระบอกสูบลมสักจะทำด้วยท่อชนิดไม่มีตะเข็บซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้

1.กระบอกสูบลมทำงานทางเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะใช้ลมดันทางด้านหัวของลูกสูบเพื่อดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ออกมา ส่วนในจังหวะลูกสูบลมเคลื่อนที่กลับนั้น เมื่อปล่อยลมทางด้านหัวลูกสูบระบายลมทิ้ง สปริงที่อยู่ภายในกระบอกสูบจะดันให้ก้านสูบเคลื่อนที่กลับมาเอง

2.กระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทาง

จะใช้ลมดันทางด้านหัวของลูกสูบเพื่อดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ออกและเคลื่อนที่กลับ ทำให้ได้แรงทั้งสองทิศทาง เหมาะกับงานที่จะต้อการใช้แรงในตอนลูกสูบเลื่อนออกและเลื่อนเข้ารวมทั้งงานที่ต้องการช่วงชักยาวปัญหาที่จะเกิดขึ้นในกรณีที่ช่วงชักอนุญาตให้ใช้งานได้ ซึ่งกระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทางแสดงไว้ดังรูปที่ 2.8

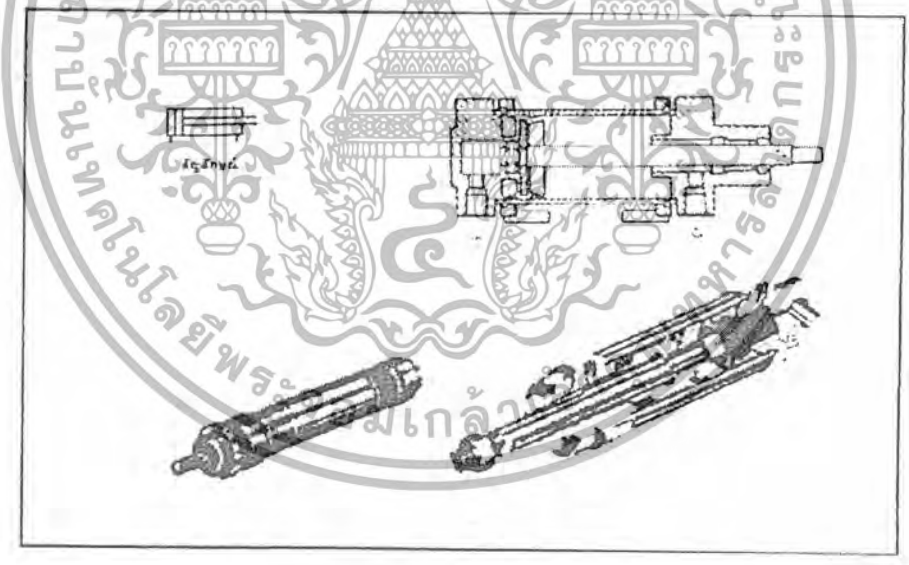
ลักษณะของกระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทางที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมมีอยู่หลายชนิด

- กระบอกสูบลมชนิดที่ไม่มีเบาะลมกันกระแทก

เหมาะกับงานที่ใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ไม่มากนัก ถ้านำไปใช้กับงานที่มีการเคลื่อนที่เร็ว จะทำให้ปลายช่วงชักและตอนกลับสุดขอลูกสูบเกิดการกระแทกกับผนังหัวท้ายของกระบอกสูบ

- กระบอกสูบชนิดที่มีเบาะลมกันกระแทก

เบาะกันกระแทกมีไว้เพื่อช่วยลดความเร็วหรืออัตราหน่วงของลูกสูบเมื่อสุดระยะชัก เป็นการป้องกันการกระแทกที่เกิดขึ้นระหว่างลูกสูบกับผนังหัวท้ายของกระบอกสูบ โดยการปรับสกรูกันกระแทกที่ติดตั้งไว้ที่หัวท้ายของสกระบอกสูบ เมื่อหัวลูกสูบเคลื่อนที่เข้ามาถึงเบาะกันกระแทกลมที่ถูกระบายทิ้งจะผ่านออกได้ยากมากจะต้องผ่านทาสกรูปรับกันกระแทกได้ทางเดียวเท่านั้น ทำให้เกิดความดันด้านกลับในตำแหน่งนี้ลูกสูบจะเคลื่อนที่ช้าลงเนื่องจากความดันด้านกลับในทำนองเดียวกันถ้าลูกสูบเคลื่อนที่กลับเมื่อใกล้สุดระยะชักเข้าก็จะเกิดอาการเดียวกัน

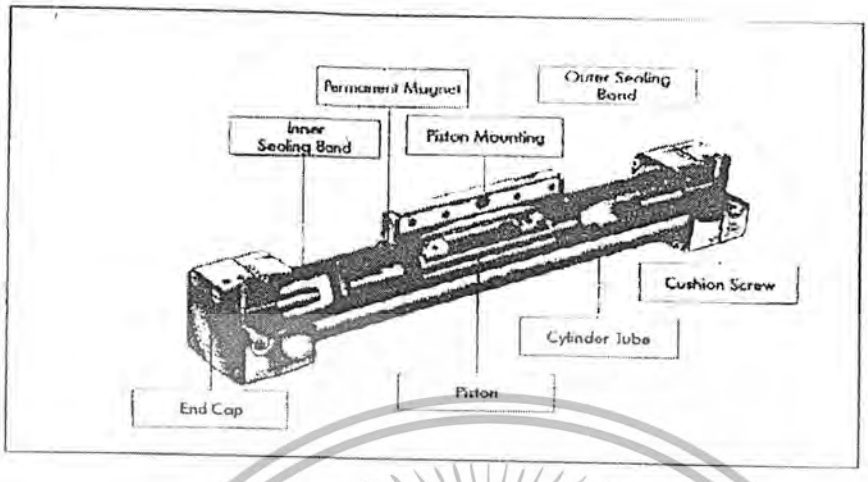


รูปที่ 2.8 แสดงลูกสูบชนิดทำงาน 2 ทาง

- กระบอกสูบแบบก้านสูบอยู่กับที่ลูกสูบเคลื่อนที่(RODLESS CYLINDER) กระบอกสูบอย่างนี้ตัวก้านสูบจะอยู่กับที่ ส่วนตัวลูกสูบนั้นจะเคลื่อนที่ เหมาะกับลักษณะงานที่ต้องการช่วงชักยาว แลสะถ้านพกระบอกลมชนิดนี้ทำงานสองทางมักจะเกิดปัญหาก้านสูบเล็กเกิดไป อาจเกิดการโก่งงอขึ้นได้ การทำงานของกระบอกสูบแบบนี้จะใช้ลมอัดไปดันให้แม่เหล็กเคลื่อนที่และตัวแม่เหล็กนี้จะดึงให้ลูกสูบเคลื่อนที่ตามไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วย ตัวอย่างงานที่ใช้กระบอกสูบประเภทนี้ได้แก่งานาที่ใช้กระบอกสูบประเภทนี้ได้แก่ งานประเภทเคลื่อนย้ายของจากจดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงลูกสูบชนิด RODLESS

ส่วนประกอบทั่วไปของสกระบอกสูบแบบก้านสูบอยู่กับที่ลูกสูบเคลื่อนที่ (RODLESS CYLINDER)

1.ฝาครอบหัวท้าย

2.ลูกสูบ

3.กระบอกสูบ

4.อุปกรณ์กันกระแทก

5.ซีลตัวนอก

6.อุปกรณ์ใช้ยึดกับลูกสูบ

7.แม่เหล็กถาวร

8.ซีลตัวในกระบอกสูบ

ข้อได้เปรียบของกระบอกสูบชนิดไม่มีก้านสูบ

1.แรงและความเร็วเท่ากัน

2.มีความยาวของกระบอกสูบหลายขนาด

3.ประหยัดเนื้อที่

4.รับแรงแนวตั้งฉากกับอุปกรณ์ใช้ยึดลูกสูบได้

5.มีความเที่ยงตรงอยู่ในตัว

6.แข็งแรงทนทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

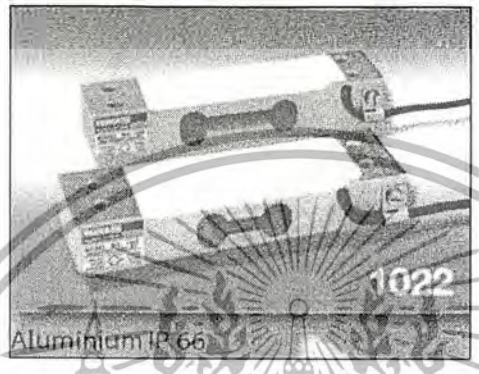
บทที่ 3

การออกแบบ / การดำเนินงาน

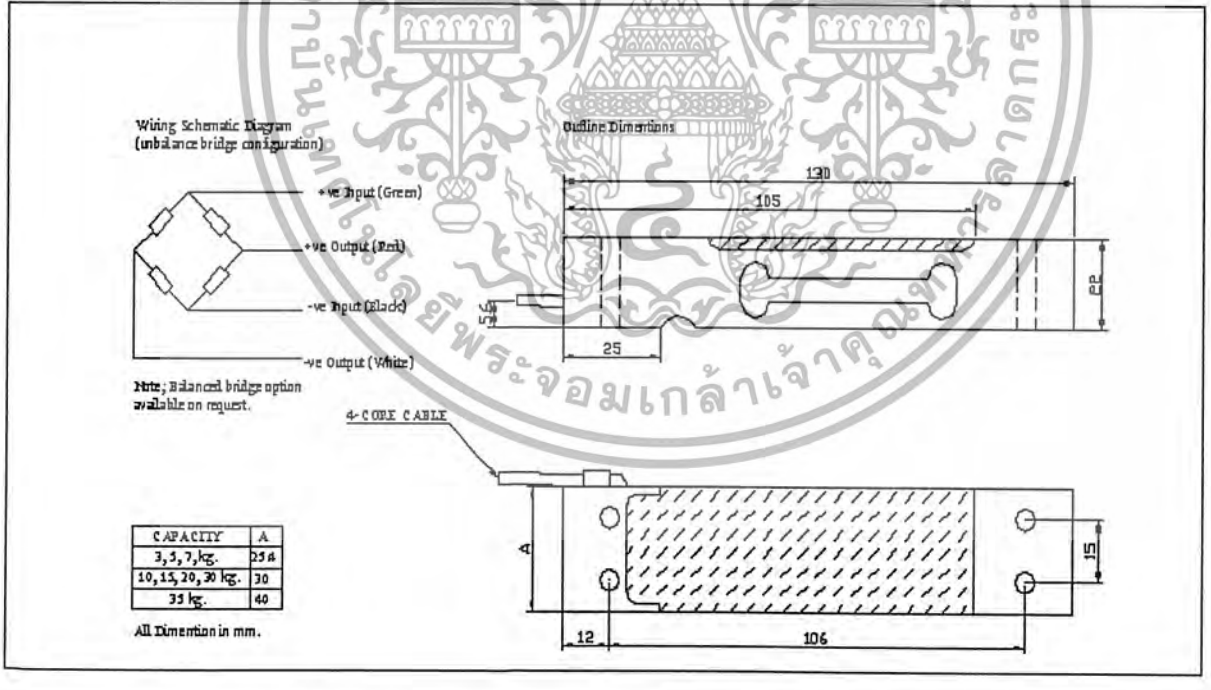
3.1 แผนการดำเนินการด้านฮาร์ดแวร์

3.1.1 โหลดเซลล์ (Load cell)

โหลดเซลล์ที่ใช้เป็นชนิดโหลดเซลล์แบบ Multicantilever beam ยี่ห้อ Tedea Huntleigh Model 1022 โดยมีคุณสมบัติ ดังนี้



รูปที่ 3.1 แสดงโหลดเซลล์รุ่น 1022



รูปที่ 3.2 แสดงขนาดและรายละเอียดของโหลดเซลล์รุ่น 1022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อัตรารับน้ำหนัก (Rated Capacities)	35	กิโลกรัม.
อัตราเอาท์พุท (Rated Output)	2.0 ± 10%	มิลลิโวลต์/โวลต์
ความคลาดเคลื่อนรวม (Total Error)*	0.0300	±% ของอัตราเอาท์พุท
ซีโร่รีเทิร์นหลังจาก 30 นาที (Zero Return after 30 mins)	0.0500	±% ของแอพพลายโหลด
ผลกระทบจากอุณหภูมิ (Temperature Effect) : ที่เอาท์พุท	0.0030	±% ของแอพพลายโหลด/องศาเซลเซียส
: ที่ซีโร่	0.0100	±% ของอัตราเอาท์พุท /องศาเซลเซียส
เอคเซนทริคโหลดดิ้ง (Eccentric Loading)	0.0085	±% ของแอพพลายโหลด /ซ.ม.
ซีโร่บาลานซ์ (Zero Balance)	10.0	±% ของอัตราเอาท์พุท
ช่วงอุณหภูมิ (Temperature range) : ดำเนินการ	-30 to +70	องศาเซลเซียส
: ชดเชย	-10 to +40	องศาเซลเซียส
เซฟโอเวอร์โหลด (Safe Overload)	150	±% ของอัตรารับน้ำหนัก
อัลติเมทโอเวอร์โหลด(Ultimate Overload)	300	±% ของอัตรารับน้ำหนัก
แรงดันกระตุ้น(Excitation) : แนะนำ	10	โวลต์ AC หรือ DC
: สูงสุด	15	โวลต์ AC หรือ DC
ความต้านทานต่อไฟฟ้าสลับอินพุท (Input Impedance)	415 ± 15	โอห์ม
ความต้านทานต่อไฟฟ้าสลับเอาท์พุท(Output Impedance)	350 ± 3	โอห์ม
ความต้านทานต่อไฟฟ้าสลับ(Insulation Impedance)	>2000	เมกกะโอห์ม
ความเบี่ยงเบน ณ อัตรารับน้ำหนัก (Deflection at Rated Capacity)	<0.4	มิลลิเมตร
น้ำหนัก (Weight)	0.15	กิโลกรัม
โครงสร้าง (Structor)	อลูมิเนียม	
การปกป้องจากสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection)	IP66	
เคเบิ้ล (Cable)	0.5 เมตร (มาตรฐาน), 4 เส้น,พีวีซี, สายหุ้มเดี่ยว	
ขนาดแพลตฟอร์ม(สูงสุด) Platform size (Max)	350 x 350	

*ความคลาดเคลื่อนรวม (Total Error) – ข้อมูลจาก OIML R60

3.1.1.1 แรงกระตุ้น (Excitation voltage)

แรงดันกระตุ้นสูงสุดที่จ่ายกับวงจรบริดจ์ภายในโหลดเซลล์มีค่าเท่ากับ15โวลต์ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ถูกกำหนดมาจากการออกแบบของโรงงานที่ผลิต โดยทำการจ่ายแรงดันให้ระหว่างขั้วต่อ +Exc และ –Exc ด้วยแหล่งจ่ายแรงดันที่มีเสถียรภาพในขณะใช้งานโดยที่ค่าของแรงดันที่จ่ายให้โหลดเซลล์ต้องส่งผลต่อการลดทอนของแรงดันไบแอสและเกิดความร้อนภายในน้อยที่สุด ในขณะเดียวกันค่าแรงดันไบแอสนี้ยังเป็นตัวกำหนดค่าความแตกต่างของแรงดันสูงสุดที่เอาท์พุท (ระหว่างขั้วต่อ +Signal กับ – Signal) ต่อน้ำหนักสูงสุด (Rated capacity : R_C) ซึ่งในการออกแบบนี้ได้เลือกค่าของแรงดันไบแอสที่ขั้วต่อ +Exc เท่ากับ $10V_{dc}$ หรือ ($V_B = 10V$)

3.1.1.2 อัตราส่วนเอาท์พุท (Rated output: R_0)

อัตราส่วนเอาท์พุทมีหน่วยเป็น mV/V เป็นตัวกำหนดค่าความแตกต่างของแรงดันเอาท์พุท (mV) ที่ค่าแรงดันไบแอส (V) และค่าน้ำหนักที่กำหนด (Rated capacity : R_C) สำหรับโหลดเซลล์ตัวนี้ (Model 1022) มีค่าอัตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

55640

เอาท์พุทเท่ากับ 2.0 ± 10% mV/V ดังนั้นค่าแรงดันเอาท์พุท (Full scale output : F_{SO}) ของโหลดเซลล์ที่น้ำหนักสูงสุดที่กำหนด (R_C = 35 kg) และค่าของ R_0 = 2 mV/V สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.1

$$F_{SO} = R_0 \times V_B \tag{3.1}$$
$$= 2\ \text{mV/V} \times 10\ \text{V}$$
$$= 20\ \text{มิลลิโวลต์}$$

โดยที่

F_{SO} คือ ค่าแรงดันเอาท์พุทสูงสุดของโหลดเซลล์ที่วัดได้จากขั้ว (+Sig กับ – Sig) (mV)

R_0 คือ อัตราส่วนเอาท์พุท (mV/V)

V_B คือ ค่าแรงดันไบแอส (V)

จากค่าที่คำนวณได้นี้ คือ ค่าที่โหลดเซลล์จะจ่ายค่าความแตกต่างของแรงดันเอาท์พุทเปรียบเทียบระหว่างขั้ว +Sig (Green)กับขั้ว –Sig (White) ซึ่งมีค่าเท่ากับ มิลลิโวลต์ ในสภาวะที่รับน้ำหนักสูงสุดเท่ากับ 35 กิโลกรัม จากความสัมพันธ์ดังกล่าวเราสามารถที่จะคำนวณ range ต่อ kg(m) ดังสมการที่ 3.2

$$\text{Sensitivity} = m = \frac{F_{so}}{R_C} \tag{3.2}$$
$$= \frac{20\text{mV}}{35\text{kg}}$$
$$= 0.571\ \text{mV/kg}$$

เนื่องจากเราต้องการที่จะใช้งานโหลดเซลล์ในย่านน้ำหนัก 0 – 5 กิโลกรัม ดังนั้นค่าแรงดันเอาท์พุทสูงสุด (F_{SO_I}) ที่ต้องการจึงเท่ากับ

$$F_{SO_I} = m \times R_{CI} \tag{3.3}$$
$$= 0.571\ \text{mV/kg} \times 5\ \text{kg}$$
$$= 2.855\ \text{มิลลิโวลต์}$$

จากค่าผิดพลาดที่ F_{SO} ที่กำหนดมา มีค่าผิดพลาดอยู่ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่สภาวะ full load สามารถคำนวณค่าของ F_{SO_0} ได้จากสมการที่ 3.4

$$F_{SO_0} = \frac{F_{SO} \times \%\text{Error}}{100} \tag{3.4}$$
$$= 20\text{mV} \times (\pm 0.1)$$
$$= \pm 2\ \text{มิลลิโวลต์}$$

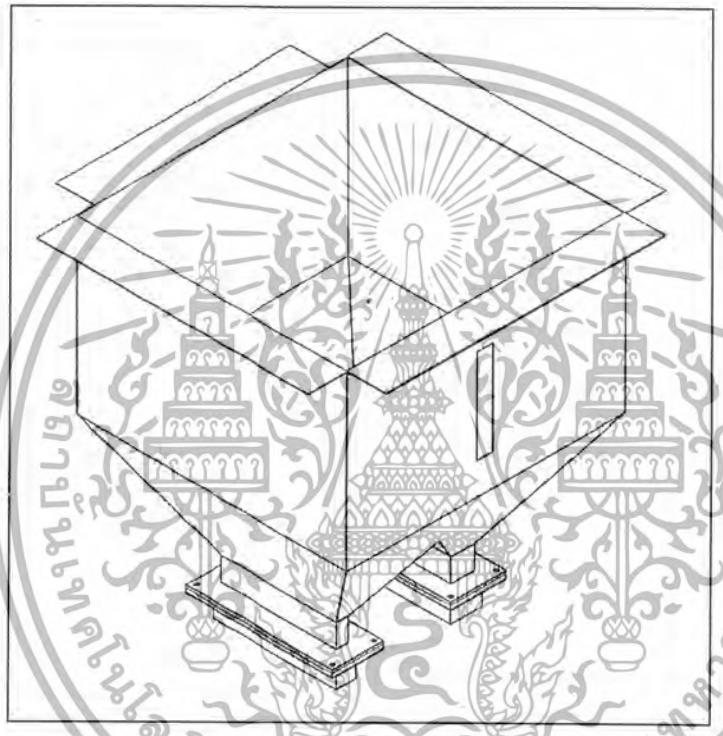
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ถังบรรจุ (HOPPER)

เครื่องชั่งอัตโนมัตินี้ถูกออกแบบให้มี ถังบรรจุ (HOPPER) ทั้งหมด 2 ชิ้น คือ

3.1.2.1 ถังบรรจุ (HOPPER) 20 กิโลกรัม

ถังบรรจุ (HOPPER) ชิ้นนี้ถูกออกแบบให้มี 2 ช่องทางไหล คือช่องทางไหลขนาด 30x150 mm และ 15x150 mm เพื่อเพิ่มความรวดเร็วและลดความคลาดเคลื่อนจากการชั่งน้ำหนักข้าวสารในขั้นตอนการชั่งน้ำหนักเครื่องชั่งอัตโนมัติจะถูกสั่งให้เปิดช่องทางไหลทั้งสองพร้อมกัน เมื่อชั่งข้าวสารได้ 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ต้องการ เครื่องชั่งอัตโนมัติจะถูกสั่งให้ปิดช่องทางไหลขนาด 30x150 mm แต่ยังเปิดช่องทางไหลขนาด 15x150 mm อยู่ และเมื่อได้น้ำหนักครบตามที่ต้องการเครื่องจะถูกสั่งให้ปิดช่องทางไหลขนาด 15x150 mm ข้าวสารที่ไหลผ่าน ถังบรรจุ (HOPPER) 20 กิโลกรัมนี้จะไหลลงสู่ถังบรรจุ (HOPPER) 5 กิโลกรัม ซึ่งจะเป็นตัววัดและควบคุมน้ำหนักข้าวสาร

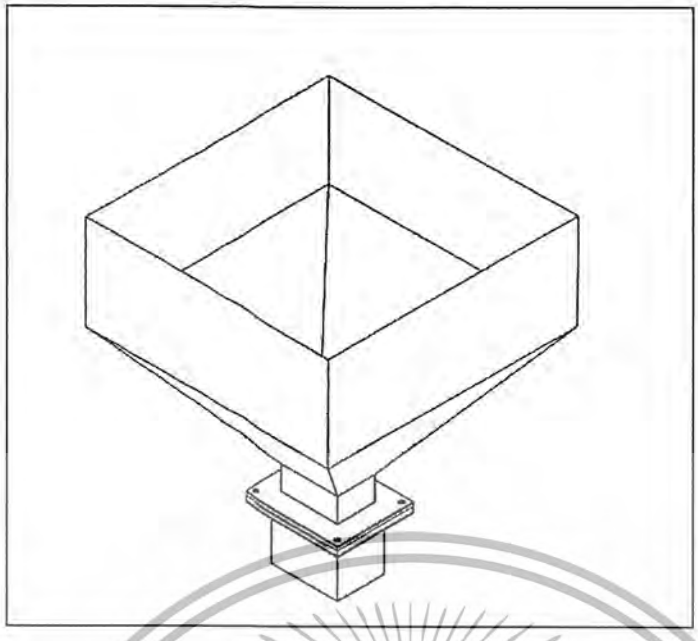


รูปที่ 3.3 แสดง ถังบรรจุ (HOPPER) 20 กิโลกรัม

3.1.2.2 ถังบรรจุ (HOPPER) 5 กิโลกรัม

ถังบรรจุ (HOPPER) 5 กิโลกรัมถูกออกแบบให้มี 1 ช่องทางไหล คือช่องทางไหลขนาด 40x60 mm ซึ่งถังบรรจุ (HOPPER) นี้จะอยู่ติดกับชุดขีดโหลดเซลล์ ซึ่งเป็นตัววัดค่าน้ำหนักข้าวสาร และเมื่อได้น้ำหนักบรรจุตามที่ต้องการแล้วข้าวสารจะไหลจากถังบรรจุ (HOPPER) 5 กิโลกรัมลงไปสู่ถุงบรรจุ

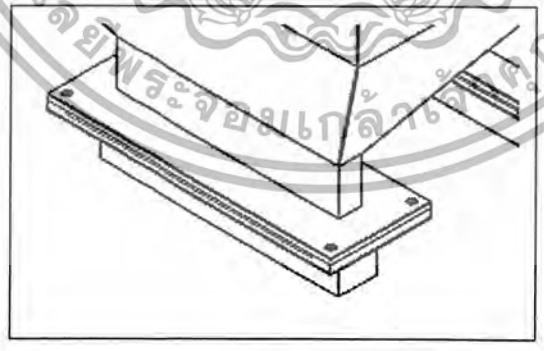
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดง ถังบรรจุ (HOPPER) 5 กิโลกรัม

3.1.3 วาล์วควบคุมการปิด เปิดของช่องทางไหล (SHUTTER VALVE)

เครื่องชั่งอัตโนมัตินี้ถูกออกแบบให้มี วาล์วควบคุมการปิด/เปิดของช่องทางไหล (SHUTTER VALVE) ทั้งหมด 3 ชิ้น ซึ่ง วาล์วควบคุมการปิด/เปิดของช่องทางไหล 2 ชิ้นแรกจะยึดติดกับช่องทางไหลของ ถังบรรจุ (HOPPER) 20 กิโลกรัม และ วาล์วควบคุมการปิด/เปิดของช่องทางไหล อีก 1 ชิ้นจะยึดติดกับช่องทางไหลของ ถังบรรจุ (HOPPER) 5 กิโลกรัม วาล์วควบคุมการปิด/เปิดของช่องทางไหล ทั้งหมดนี้ถูกออกแบบให้ทำการเปิด/ปิดช่องทางไหลในแนวระดับ ซึ่งแผ่นเปิด/ปิดของวาล์วควบคุมการปิด/เปิดของช่องทางไหล จะถูกควบคุมโดยกระบอกสูบ



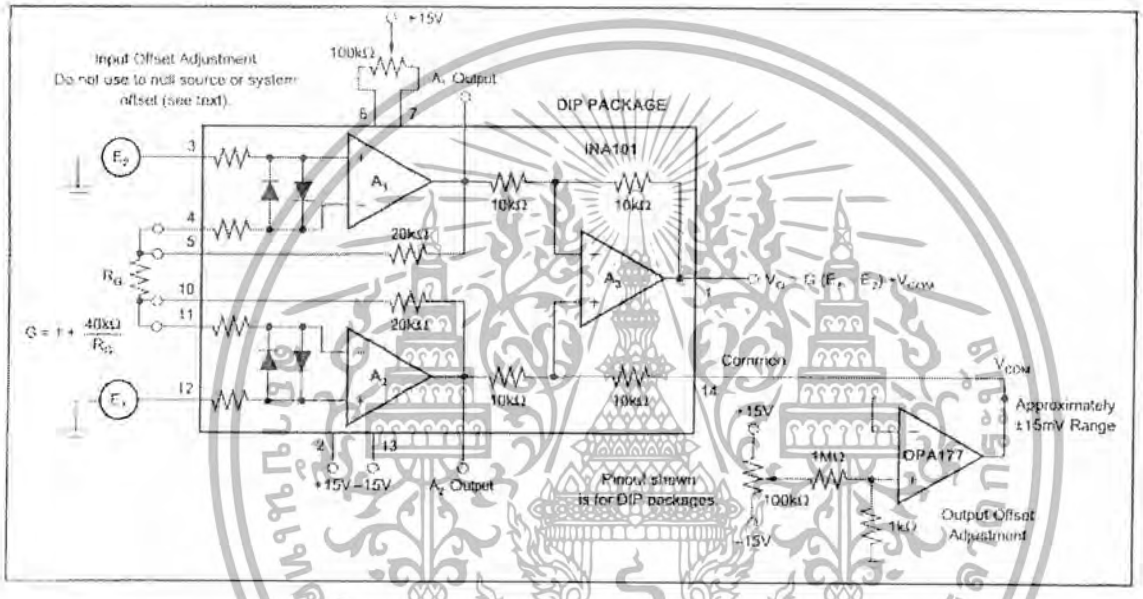
รูปที่ 3.5 แสดง วาล์วควบคุมการปิด/เปิดของช่องทางไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 แผนการดำเนินการด้านวงจรไฟฟ้า

3.2.1 การออกแบบวงจรขยายแรงดัน

เนื่องจากโหลดเซลล์เป็นเครื่องมือวัดที่สามารถเปลี่ยนแรงที่มากระทำกับโหลดเซลล์เป็นแรงดันไฟฟ้าที่ปล่อยออกมา แต่แรงดันที่ออกมานั้นมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมาก การจะนำแรงดันที่เปลี่ยนแปลงไปใช้งานนั้นจึงต้องผ่านอุปกรณ์ขยายแรงดัน เพื่อที่จะทำให้แรงดันเพิ่มขึ้นและเพิ่มเป็นอัตราส่วนที่สามารถปรับค่าได้ตามความต้องการ จึงต้องผ่านปกรณ์ชนิดอุปกรณ์ขยายสัญญาณ (Instrument amplifier) แล้วจะได้แรงดันที่มากขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้ ดังรูปที่ 3.6 แรงดันเมื่อออกจากอุปกรณ์ขยายสัญญาณ ผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่าอนาลอกทูดิจิตอล เพื่อที่จะเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลก่อนส่งเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปประมวลผล



รูปที่ 3.6 วงจรขยายสัญญาณ (Instrument amplifier)

3.2.2 การออกแบบวงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอล

วงจรที่สมบูรณ์ของเครื่อง A/D คอนเวอร์เตอร์สำหรับพีซีดังแสดงในรูปที่ 3.7 หัวใจของการทำงานของวงจรทั้งหมดอยู่ที่ไอซี1 เบอร์ LTC1298 ซึ่งเป็นไอซี A/D คอนเวอร์เตอร์ขนาด 12 บิต สัญญาณควบคุมและข้อมูลที่ได้จากการแปลงสัญญาณอนาล็อก จะถูกส่งออกผ่านทางพอร์ตเครื่องพิมพ์ ส่วนทางด้านขาอินพุทรับสัญญาณอนาล็อกจะมี C1-C2 และ ZD1-ZD2 ทำหน้าที่จำกัดแรงดันและกรองสัญญาณรบกวน จากนั้นจึงเชื่อมต่อไปยังคอนเนกเตอร์ K2 สำหรับสัญญาณอนาล็อกจากภายนอกที่ขา 11 (ช่อง 0) และที่ขา 9 (ช่อง 1) สำหรับ VR1 และ VR2 ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงปรับค่าได้ภายใน (เป็นอุปกรณ์เสริม) สำหรับทำการป้อนแรงดันทางอินพุทให้กับ IC1 เป็นการจำลองการทำงานขณะที่ยังไม่ได้ต่อสัญญาณอนาล็อกจากภายนอกจริงโดยต้องทำการลัดวงจรที่ขา 13 และ 10 เข้าด้วยกัน (ช่อง 0) และขาที่ 12 และ 8 เข้าด้วยกัน (ช่อง1) สำหรับการต่อใช้งานที่ขาต่าง ๆ ของคอนเนกเตอร์ K2 สามารถสรุปได้ดังในตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

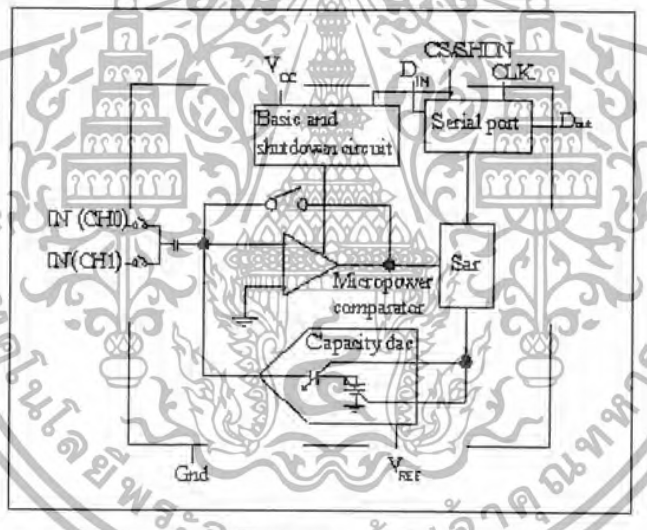
ตารางที่ 3.1 แสดงสัญญาณและจุดเชื่อมต่อที่ขาต่าง ๆ ของคอนเนกเตอร์ K2 ชนิด DB25PIN ตัวเมีย

ชื่อสัญญาณของบอร์ด A/D	ตำแหน่งของคอนเนกเตอร์ DB25PIN ตัวเมีย
สัญญาณอนาลอกอินพุทแชนเนล 0	ขา 11 ของคอนเนกเตอร์ DB25PIN ตัวเมีย
สัญญาณอนาลอกอินพุทแชนเนล 1	ขา 9 ของคอนเนกเตอร์ DB25PIN ตัวเมีย
ไฟเลี้ยงวงจร (+VCC = +9VCC)	ขา 25 ของคอนเนกเตอร์ DB25PIN ตัวเมีย
กราวด์	ขา 21, 22, 23, 24 ของคอนเนกเตอร์ DB25PIN ตัวเมีย

สำหรับวงจรภาคจ่ายไฟใช้ไอซีเบอร์ 7805 ทำหน้าที่เรกูเรตแรงดันไฟเลี้ยงจากภายนอก 9 โวลต์ให้เหลือเพียง 5 โวลต์สำหรับใช้เป็นไฟเลี้ยงวงจร โดยมี D1 ทำหน้าที่ป้องกันการต่อแรงดันผิดขั้วและ C3-C6 ทำหน้าที่เป็นฟิลเตอร์

ไอซี LTC 1298

ไอซี LTC 1298 ทำหน้าที่ใช้เปลี่ยนสัญญาณอนาล็อก เป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 12 บิต จำนวน 2 ช่อง โดยเป็นไอซีจัดอยู่ในตัวถังแบบดิพ (DIP) ขนาด 8 ขา



รูปที่ 3.7 แสดงไดอะแกรมการทำงานภายในของ LTC 1298

การทำงานของไอซี LTC 1298

ขา 1 (CS/SHDN) เป็นขาสัญญาณเลือกชิป (Chip Select) อินพุตใช้ควบคุมการทำงานของไอซีทำงานที่ลอจิก "0" เมื่อขานี้ได้รับลอจิก "1" จะทำให้ไอซีหยุดการทำงานและอยู่ในโหมด Shut Down

ขา 2 (CH 0)เป็นขาสัญญาณอนาล็อกอินพุทของแชนเนล 0

ขา 3 (CH 1) เป็นขาสัญญาณอนาล็อกอินพุทของแชนเนล 1

ขา 4 (GND) เป็นขากราวด์ของไอซี ซึ่งควรต่อโดยตรงกับกราวด์เพรนเพื่อลดสัญญาณรบกวน

ขา 5 (D_{IN})เป็นขาสัญญาณรับข้อมูลดิจิตอลอินพุทแบบอนุกรมเพื่อใช้กำหนดแชนเนล และรูปแบบ(Format) ของข้อมูลที่ต้องการอ่านค่ากลับออกมาทางขาสัญญาณ D_{OUT}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา 6 (D_{OUT})เป็นขาสัญญาณส่งข้อมูลดิจิตอลเอาท์พุทแบบอนุกรม ซึ่งค่าของข้อมูลที่อ่านได้จากการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลของไอซี

ขา 7 (CLK) เป็นขาสัญญาณนาฬิกาอินพุท ใช้เป็นสัญญาณอ้างอิงสำหรับอ่านหรือเขียนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับไอซี LTC 1298 โดยจะทำการอ่านและเขียนข้อมูลกับไอซีในช่วงขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกาเสมอ

ขา 8 (V_{CC}/V_{REF}) เป็นขารับแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับไอซี ซึ่งขานี้จะใช้เป็นขาแรงดันอ้างอิงในการแปลงค่าจากสัญญาณอนาล็อกเป็นข้อมูลดิจิตอลด้วย ดังนั้นที่ขานี้จึงควรทำการป้องกันและกำจัดสัญญาณให้กับไอซีด้วย เพราะถ้าขานี้ได้รับสัญญาณรบกวนมากหรือแรงดันไฟเลี้ยงไม่คงที่จะทำให้ค่าของข้อมูลเอาท์พุทเกิดการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

จากการทำงานของไอซี LTC1298 จะเห็นได้ว่าการจัดวงจรเพื่อเชื่อมต่อกับไอซีต้องใช้สัญญาณทั้งหมด 4 เส้น เป็นสัญญาณเอาท์พุทจากอุปกรณ์ภายนอกส่งไปให้ไอซีเพื่อควบคุมและสั่งงาน 3 สัญญาณ และเป็นสัญญาณเอาท์พุทส่งออกจากไอซีเพื่อใช้สำหรับอ่านค่าอีกหนึ่งสัญญาณ

สำหรับการเขียนข้อมูลให้กับ LTC1298 นั้น ไอซีจะต้องการสัญญาณข้อมูลอินพุทจำนวน 4 บิต เพื่อกำหนดการทำงานก่อน โดยก่อนที่จะเริ่มเขียนข้อมูลต้องกำหนดให้ขาสัญญาณ CS ถูกอีนาเบิ้ล โดยป้อนลอจิก “0” ก่อนแล้วจึงเขียนข้อมูลให้กับไอซี LTC1298 ในช่วงขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา โดยข้อมูลที่จะเขียนให้กับไอซีมีดังนี้

START	SGL/DIFF	ODD/SIGN	MSBF

บิต START เป็นข้อมูลที่กำหนดการเริ่มต้นโดยต้องส่งเป็นบิตแรก หลังจากสัญญาณ CS เป็นลอจิก “0” แล้วซึ่งค่าของบิต START นี้ต้องมีค่าเป็นลอจิก “1” เสมอ

บิต SGL/DIFF และบิต ODD/SIGN เป็นข้อมูลสำหรับกำหนดและเลือกแชนเนลของสัญญาณที่ต้องการให้ทำการแปลง และกำหนดรูปแบบของสัญญาณอนาล็อกอินพุทดังแสดงความสัมพันธ์ของทั้ง 2 บิต ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ของบิต SGL/DIFF และ ODD/SIGN

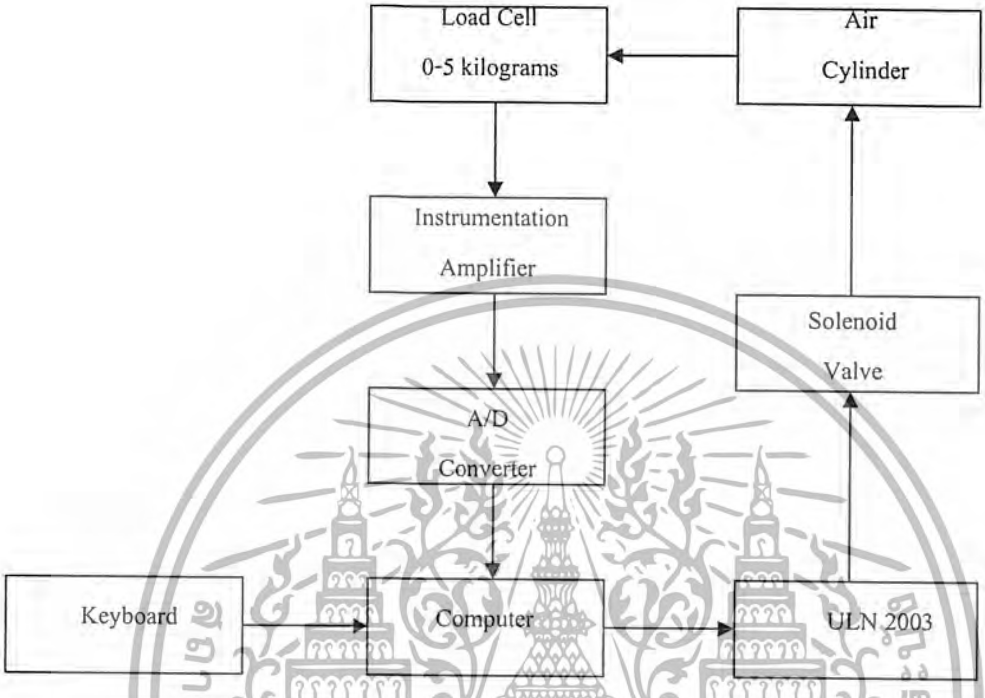
SGL/DIFF	ODD/SIGN	CH0	CH1	GND
1	0	+		-
0	1		+	-
0	0	+	-	
0	1	-	+	

บิต MSBF เป็นการกำหนดลำดับของข้อมูลเอาท์พุตที่อ่านไอซี LTC1298

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 แผนการดำเนินงานด้านโปรแกรมควบคุม

การออกแบบระบบการทำงานของเครื่องชั่งอัตโนมัติเป็นดังรูปที่ 3.8 ซึ่งเป็นบล็อกไดอะแกรมแสดงระบบควบคุมการทำงานของเครื่องชั่งอัตโนมัติสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมแสดงระบบควบคุมการทำงานของเครื่องชั่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมเครื่องชั่งน้ำหนักอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 แผนการทดสอบ

3.4.1 ขั้นตอนการทดสอบ

1. บรรจุข้างสารลงในฮอปเปอร์ขนาดบรรจุ 20 กิโลกรัม และเตรียมถุงบรรจุตามขนาดน้ำหนักมาตรฐาน
2. เตรียมความพร้อมการทำงานของเครื่องชั่งอัตโนมัติกับเครื่องคอมพิวเตอร์
3. กำหนดค่าน้ำหนักมาตรฐานที่จะทดสอบลงในโปรแกรม เพื่อให้คอมพิวเตอร์สั่งการและประมวลผลค่าเอาท์พุทของน้ำหนักที่ทดสอบ
4. ทำการทดสอบชั่งน้ำหนักโดยการสั่งงานผ่านคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องชั่งอัตโนมัติ
5. อ่านค่าผลการทดสอบที่ได้และทำการบันทึกผลเพื่อเป็นข้อมูลในการศึกษาและวิเคราะห์ผล

3.4.2 ตารางแสดงผลการทดสอบ

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการทดลองและค่าความคลาดเคลื่อนจากการชั่งน้ำหนัก

ทดลองครั้งที่	น้ำหนักมาตรฐาน (กิโลกรัม)	น้ำหนักที่ได้จากการทดสอบ (กิโลกรัม)	ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนัก(%)

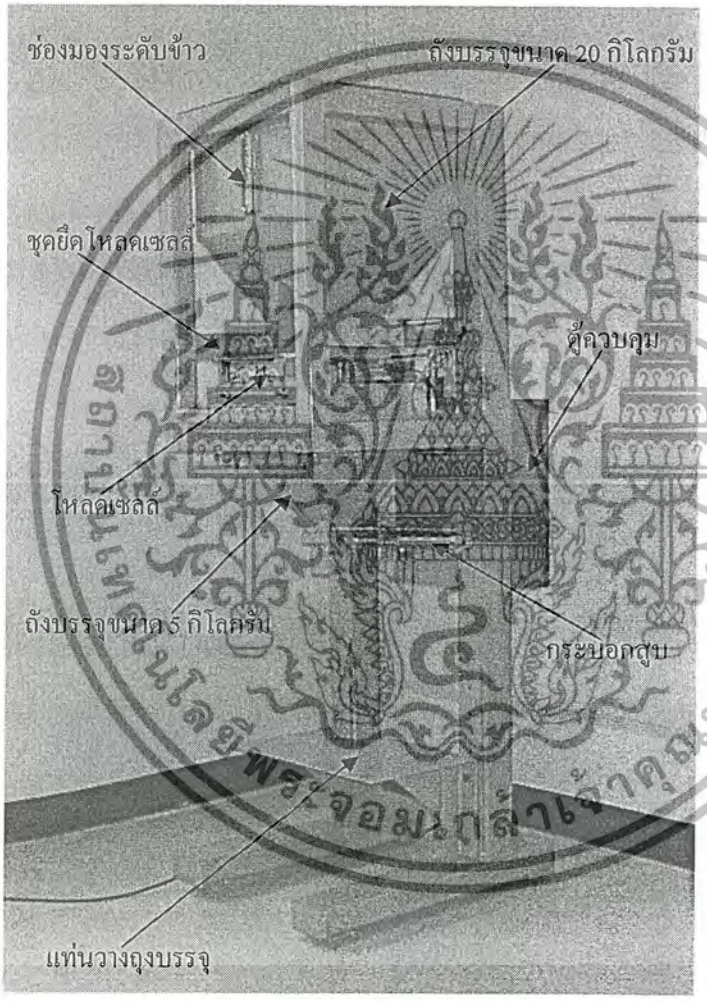
$$\text{ค่าความคลาดเคลื่อน} = \frac{\text{ค่าที่ทดสอบ} - \text{ค่าน้ำหนักมาตรฐาน}}{\text{ค่าที่ทดสอบ}} \times 100\ \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

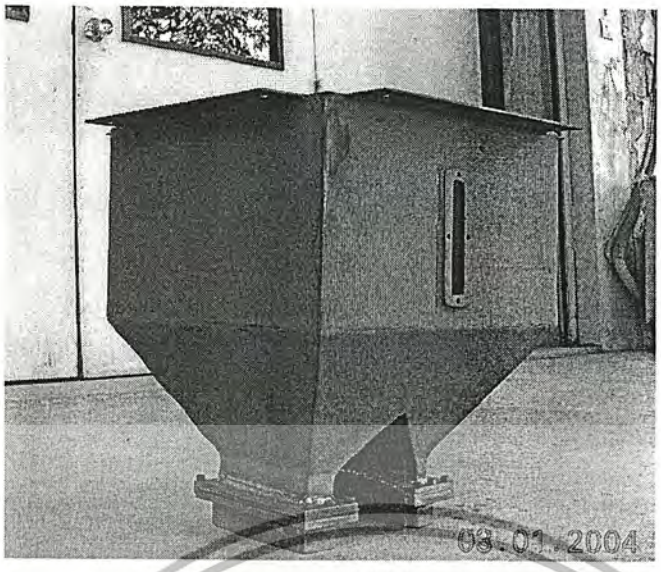
ในการจัดทำโครงงานเรื่องเครื่องชั่งอัตโนมัติ ส่วนนี้เป็นส่วนแสดงผลการจัดสร้างและทดสอบ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่วางไว้ โดยการจัดสร้างและทดสอบเครื่องชั่งรวมถึงรายละเอียดต่างๆ ของชิ้นส่วนเครื่องชั่ง เพื่อประโยชน์ในการนำไปเป็นแนวทางดัดแปลงและประยุกต์ใช้กับงานประเภทอื่นๆ

4.1 ผลการดำเนินงานด้านฮาร์ดแวร์



รูปที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบของเครื่อง

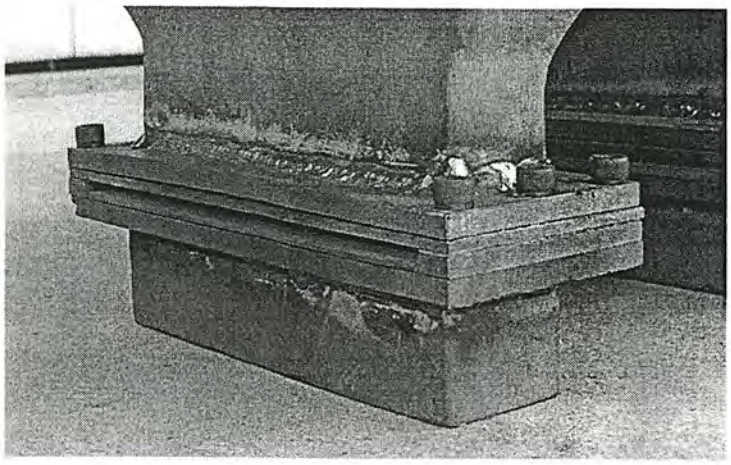
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงถังบรรจุ (Hopper) 20 กิโลกรัม

รูปที่ 4.3 แสดงถังบรรจุ (Hopper) 5 กิโลกรัม

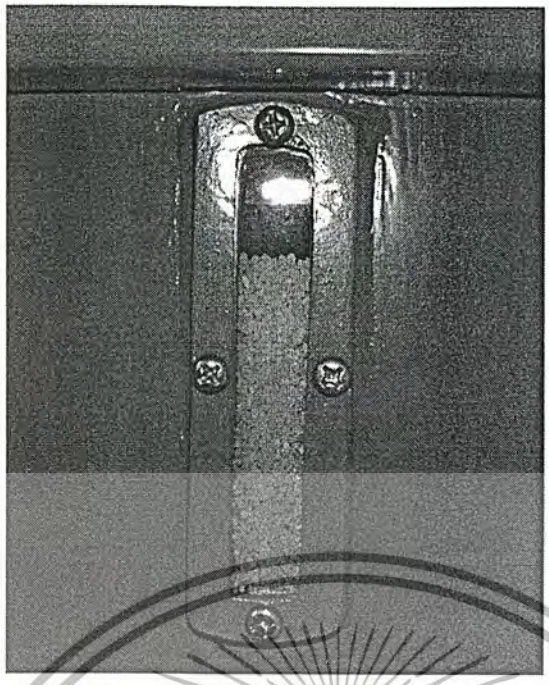
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงวาล์วควบคุมการปิด / เปิดของช่องทางไหล

รูปที่ 4.5 แสดงชุดติดตั้งโหลดเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

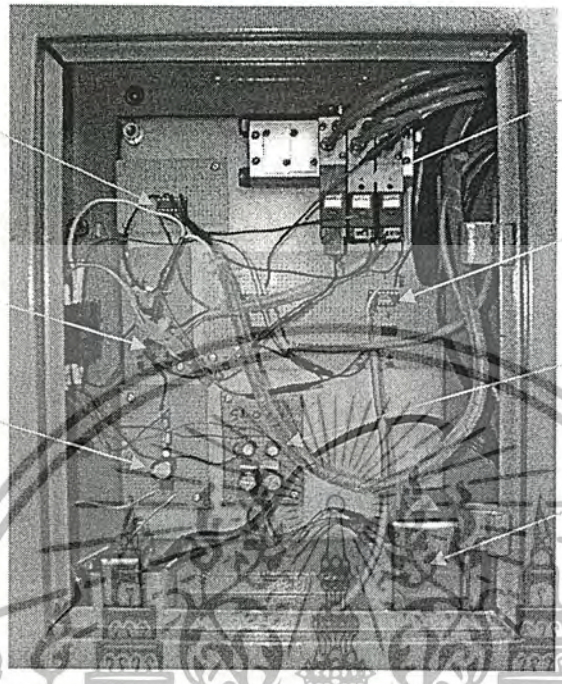


รูปที่ 4.6 แสดงช่องมองระดับข้าว

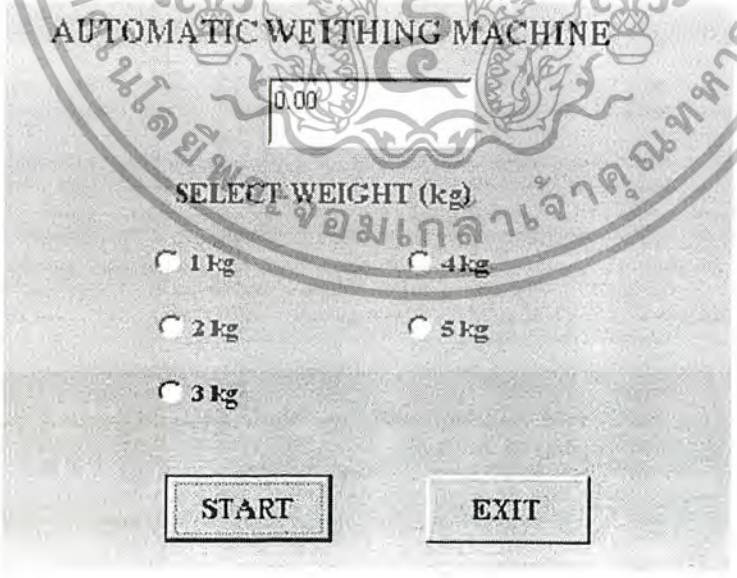
รูปที่ 4.7 แสดงแท่นวางถุงบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการดำเนินงานด้านซอฟแวร์



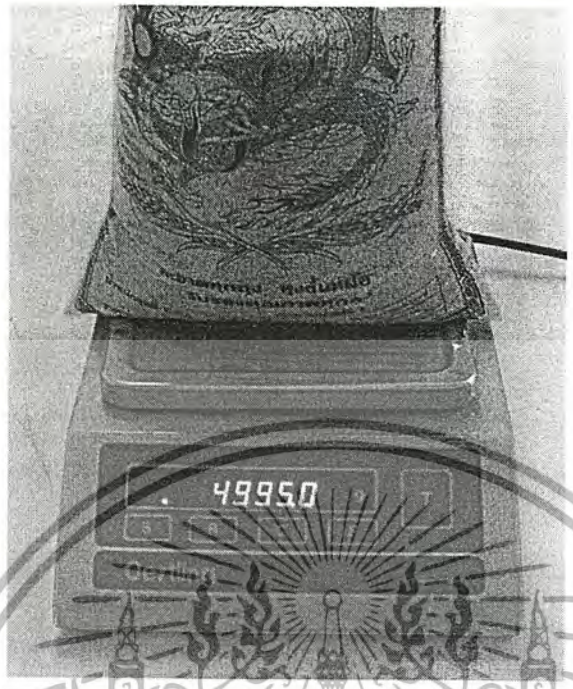
รูปที่ 4.8 แสดงส่วนประกอบของตู้ควบคุม



รูปที่ 4.9 แสดงหน้าจอควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดสอบ



รูปที่ 4.10 แสดงน้ำหนักของข้าวที่ได้จากเครื่องชั่งอัตโนมัติ

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองและค่าความคลาดเคลื่อนจากการชั่งน้ำหนัก 1 กิโลกรัม

ทดลองครั้งที่	น้ำหนักมาตรฐาน (กิโลกรัม)	น้ำหนักที่ได้จากการทดสอบ (กิโลกรัม)	ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนัก (% น้ำหนัก)
1	1	1	0
2	1	1.06	6
3	1	1.03	3
4	1	1.02	2
5	1	1.02	2
6	1	1	0
7	1	1.03	3
8	1	1.07	7
9	1	1.03	3
10	1	1.01	1
11	1	1.04	4
12	1	0.98	-2
13	1	1.03	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองและค่าความคลาดเคลื่อนจากการชั่งน้ำหนัก 1 กิโลกรัม (ต่อ)

ทดลองครั้งที่	น้ำหนักมาตรฐาน (กิโลกรัม)	น้ำหนักที่ได้จากการทดสอบ (กิโลกรัม)	ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนัก (% น้ำหนัก)
14	1	1.01	1
15	1	1	0
	เฉลี่ย	1.02	

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองและค่าความคลาดเคลื่อนจากการชั่งน้ำหนัก 2 กิโลกรัม

ทดลองครั้งที่	น้ำหนักมาตรฐาน (กิโลกรัม)	น้ำหนักที่ได้จากการทดสอบ (กิโลกรัม)	ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนัก (% น้ำหนัก)
1	2	2.04	2
2	2	2.05	2.5
3	2	2	0
4	2	2	0
5	2	2.01	0.5
6	2	2.04	2
7	2	2.06	3
8	2	2	0
9	2	1.99	-0.5
10	2	2.02	1
11	2	2.03	1.5
12	2	1.98	-1
13	2	2.02	1
14	2	1.96	-2
15	2	2.03	1.5
	ค่าเฉลี่ย	2.02	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองและค่าความคลาดเคลื่อนจากการชั่งน้ำหนัก 3 กิโลกรัม

ทดลองครั้งที่	น้ำหนักมาตรฐาน (กิโลกรัม)	น้ำหนักที่ได้จากการทดสอบ (กิโลกรัม)	ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนัก (% น้ำหนัก)
1	3	3.04	1.33
2	3	3.08	2.67
3	3	3	0.00
4	3	3.13	4.33
5	3	3.05	1.67
6	3	3.06	2.00
7	3	3.01	0.33
8	3	3.08	2.67
9	3	3.08	2.67
10	3	3.07	2.33
11	3	3.1	3.33
12	3	3.04	1.33
13	3	2.98	-0.67
14	3	2.99	-0.33
15	3	3.07	2.33
	เฉลี่ย	3.05	

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองและค่าความคลาดเคลื่อนจากการชั่งน้ำหนัก 4 กิโลกรัม

ทดลองครั้งที่	น้ำหนักมาตรฐาน (กิโลกรัม)	น้ำหนักที่ได้จากการทดสอบ (กิโลกรัม)	ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนัก (% น้ำหนัก)
1	4	4.04	1
2	4	3.98	-0.5
3	4	4.05	1.25
4	4	4.01	0.25
5	4	4.02	0.5
6	4	3.99	-0.25
7	4	4.03	0.75
8	4	4.02	0.5
9	4	3.98	-0.5
10	4	4.01	0.25
11	4	4	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองและค่าความคลาดเคลื่อนจากการชั่งน้ำหนัก 4 กิโลกรัม (ต่อ)

ทดลองครั้งที่	น้ำหนักมาตรฐาน (กิโลกรัม)	น้ำหนักที่ได้จากการทดสอบ (กิโลกรัม)	ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนัก (% น้ำหนัก)
12	4	4.01	0.25
13	4	4.03	0.75
14	4	4.02	0.5
15	4	4.04	1
	เฉลี่ย	4.02	

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดลองและค่าความคลาดเคลื่อนจากการชั่งน้ำหนัก 5 กิโลกรัม

ทดลองครั้งที่	น้ำหนักมาตรฐาน (กิโลกรัม)	น้ำหนักที่ได้จากการทดสอบ (กิโลกรัม)	ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนัก (% น้ำหนัก)
1	5	4.98	-0.4
2	5	5.01	0.2
3	5	5	0
4	5	4.99	-0.2
5	5	4.97	-0.6
6	5	4.99	-0.2
7	5	4.98	-0.4
8	5	5.02	0.4
9	5	4.99	-0.2
10	5	5	0
11	5	5.02	0.4
12	5	5.03	0.6
13	5	5.01	0.2
14	5	4.98	-0.4
15	5	4.98	-0.4
	เฉลี่ย	4.997	

* ค่าความคลาดเคลื่อน = $\frac{\text{ค่าที่ทดสอบ - ค่าน้ำหนักมาตรฐาน}}{\text{ค่าที่ทดสอบ}} \times 100\ \%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

สำหรับการจัดทำเครื่องชั่งอัตโนมัติในช่วงภาคเรียนที่ 1 จะเป็นการศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องชั่งอัตโนมัติ หาข้อมูลเกี่ยวกับโหลดเซลล์ การประกอบโหลดเซลล์เพื่อการใช้งาน ระบบนิวเมติกส์ การคำนวณออกแบบตัวเครื่องชั่ง จัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้ และในภาคเรียนที่ 2 จะเป็นการจัดทำตัวโครงสร้างของเครื่องชั่งน้ำหนัก จัดทำวงจรขยายสัญญาณ วงจรเพาว์เวอร์ซัพพลาย ประกอบตัวเครื่อง เขียนโปรแกรม ทดลองใช้งาน สำหรับผลการทดลองใช้งานเครื่องชั่งอัตโนมัติจะได้

ค่าเฉลี่ยของการชั่งน้ำหนัก 1 กิโลกรัมชั่งได้น้ำหนัก 1.02 กิโลกรัม คลาดเคลื่อน 0.02 กรัม
ค่าเฉลี่ยของการชั่งน้ำหนัก 2 กิโลกรัมชั่งได้น้ำหนัก 2.02 กิโลกรัม คลาดเคลื่อน 0.02 กรัม
ค่าเฉลี่ยของการชั่งน้ำหนัก 3 กิโลกรัมชั่งได้น้ำหนัก 3.05 กิโลกรัม คลาดเคลื่อน 0.05 กรัม
ค่าเฉลี่ยของการชั่งน้ำหนัก 4 กิโลกรัมชั่งได้น้ำหนัก 4.02 กิโลกรัม คลาดเคลื่อน 0.02 กรัม
ค่าเฉลี่ยของการชั่งน้ำหนัก 5 กิโลกรัมชั่งได้น้ำหนัก 4.99 กิโลกรัม คลาดเคลื่อน 0.01 กรัม

5.2 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

จากผลการทดลอง เครื่องชั่งน้ำหนักอัตโนมัติมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.10 กรัม ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ แต่สาเหตุที่ยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่อันเนื่องมาจาก

1. ระยะฟรีแลนด์ (ระยะที่ข้าวสารลอยอยู่กลางอากาศ)
2. สัญญาณรบกวนโหลดเซลล์ ซึ่งแก้ไขโดยประกอบสายไฟไม่ให้อยู่ใกล้สายส่งสัญญาณระหว่างโหลดเซลล์ไปเอทูดี
3. ตัวโปรแกรมที่ใช้งานโดยจะแปลงสัญญาณ12 บิตจากเอทูดีมาเป็นโวลต์ และแปลงโวลต์ที่ได้มาเป็นค่าน้ำหนักอีกที

สำหรับอุปสรรคที่เกิดในระหว่างการดำเนินงานจะเป็นเรื่องทางผู้จัดทำไม่มีความรู้ทางด้านการจัดทำเครื่องชั่งน้ำหนักอัตโนมัติมาก่อนทั้งความรู้ทางด้านการจัดทำตัวเครื่อง โหลดเซลล์ วงจรนิวเมติกส์ วงจรขยายสัญญาณ วงจรไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง โปรแกรมที่จะใช้ ทำให้ต้องเสียเวลาในการศึกษาหาข้อมูล

5.3 แนวทางในการพัฒนาและปรับปรุง

เครื่องชั่งน้ำหนักอัตโนมัตินี้เวลาใช้งานจะต้องใช้คอมพิวเตอร์สั่งงานเครื่องชั่งอย่างเดียว สำหรับการพัฒนาปรับปรุงอาจทำได้โดย

1. พัฒนาโปรแกรมให้มีการเก็บข้อมูลการชั่งน้ำหนัก เช่น ชั่งเมื่อเวลาใด ชั่งจำนวนเท่าใด
2. พัฒนาโปรแกรมให้มีความสามารถเชื่อมโยงกับระบบเน็ตเวิกส์ ทำให้สามารถสั่งงานทางอินเตอร์เน็ตได้
3. พัฒนาตัวโครงสร้างให้สามารถบรรจุข้าวสารเพื่อรอชั่งได้เพิ่มขึ้น โดยการต่อเพิ่มที่ถังบรรจุบน
4. พัฒนาตัวโครงสร้างให้สามารถบรรจุข้าวสารได้เร็วขึ้น โดยเพิ่มถังบรรจุล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ดร.วริทธ์ อึ้งภากรณ์ , ชาญ ถนัดงาน.*การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1* . บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

2. ดร.วริทธ์ อึ้งภากรณ์ , ชาญ ถนัดงาน. *การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2* . บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

3. ฉัททวุฒิ พืชผล, พิชิต สันติกุลานนท์,2544.*คู่มือเรียนVisual Basic6.*บริษัท โปรวิชั่น จำกัด

4. สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร , 2544. *คู่มือการเขียนโปรแกรมและใช้งาน Visual Basic6.* สำนักพิมพ์ อินโฟเพรส.

5. อภิชาต ภู่พลับ, 2546. *เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่อและควบคุมฮาร์ดแวร์ด้วย Visual Basic.* สำนักพิมพ์ อินโฟเพรส.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

โปรแกรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โค้ดคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องชั่งอัตโนมัติ

```
Private Sub cmdexit_Click()                'ปุ่ม EXIT
        End
End Sub

Private Sub Command1_Click()               'ปุ่ม START
        If (Option1.Value = False) And (Option2.Value = False) And (Option3.Value = False) And (Option4.Value = False)
And (Option5.Value = False) Then
                MsgBox "กรุณาเลือกน้ำหนักที่ต้องการ", vbOKOnly + vbCritical, "ผิดพลาด"
        Else
                Timer1.Enabled = True
        End If
End Sub

Private Sub Form_Load()
        Timer1.Enabled = False
        Option1.Value = False
        Option2.Value = False
        Option3.Value = False
        Option4.Value = False
        Option5.Value = False
        portwrite = &H378
        PORTREAD = &H379
        PortOut portwrite, &H0
        Text3.Text = "0.00"
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
        portwrite = &H378
        PORTREAD = &H379
        PortOut portwrite, &HB  'CS=1,CLK=1,DI=1 Initial Start Operation
        PortOut portwrite, &H3  'CS "0" = Start Operation
        PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = Start Clock
        PortOut portwrite, &H3
        PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = SGL
        PortOut portwrite, &H3
        PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = ODD
        PortOut portwrite, &H2
        PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = MSBF
        PortOut portwrite, &H2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ch0buff = 0
        PortOut portwrite, &H1      'CLK "0" = Start Clock
For READCOUNT = 1 To 12  'Ignore 12Bit First
        PortOut portwrite, &H3  'CLK "1" = Rising Clock
        PortOut portwrite, &H1  'CLK "0" = Falling Clock
Next READCOUNT
For READCOUNT = 1 To 12  'Read Data D0..D11 (12Bit)
        ADCBUFF = (PortIn(PORTREAD) And &H80) / (2 ^ 7)
ch0buff = ch0buff Or (ADCBUFF * (2 ^ (READCOUNT - 1)))
        PortOut portwrite, &H3  'CLK "1" = Rising Clock
        PortOut portwrite, &H1  'CLK "0" = Falling Clock
Next READCOUNT
        PortOut portwrite, &HB  'CS "1" Stop Operation
'Read ADC CH1
        PortOut portwrite, &HB  'CS=1,CLK=1,DI=1 Initial Start Operation
        PortOut portwrite, &H3  'CS "0" = Start Operation
        PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = Start Clock
        PortOut portwrite, &H3
        PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = SGL
        PortOut portwrite, &H3
        PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = ODD
        PortOut portwrite, &H3
        PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = MSBF
        PortOut portwrite, &H2
ch1buff = 0
        PortOut portwrite, &H1      'CLK "0" = Start Clock
For READCOUNT = 1 To 12  'Ignore 12Bit First
        PortOut portwrite, &H3  'CLK "1" = Rising Clock
        PortOut portwrite, &H1  'CLK "0" = Falling Clock
Next READCOUNT
For READCOUNT = 1 To 12  'Read Data D0..D11 (12Bit)
        ADCBUFF = (PortIn(PORTREAD) And &H80) / (2 ^ 7)
ch1buff = ch1buff Or (ADCBUFF * (2 ^ (READCOUNT - 1)))
        PortOut portwrite, &H3  'CLK "1" = Rising Clock
        PortOut portwrite, &H1  'CLK "0" = Falling Clock
Next READCOUNT
        PortOut portwrite, &HB  'CS "1" Stop Operation
        ttt0! = ttt0! + CInt(ch0buff)
        ttt1! = ttt1! + CInt(ch1buff)

For i = 0 To 5000           'เพิ่ม 5000
        a0 = (3.6486 * (5 - (ttt0! * (5 / 4095))) - 9.1322)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        a1 = (3.6006 * (5 - (ttt1! * (5 / 4095))) - 9.9642)
If a0 < 0 Then
        a0 = 0
End If
If a1 < 0 Then
        a1 = 0
End If
        b = ((a0 + a1) / 2)
DoEvents
Next i
        Text3.Text = Format(b, "0.00")
        Text2 = (Val(Text1) + Val(Text2)) / 2
'ชั่ง น.น 1 Kg รอบแรก
If Option1.Value = True Then
        If (Option1.Value = True) And (Text3 < 0.7) Then          'Text3<0.7
                For i = 1 To 60000      'เพิ่ม60000
                        PortOut portwrite, &H4
                DoEvents
                Next i
        Else
                PortOut portwrite, &H0          'Close
        End If
' 1 Kg รอบสอง
If (Option1.Value = True) And (Text3 < 0.95) Then
        For i = 1 To 20000      'เพิ่ม10000
                PortOut portwrite, &H4
        DoEvents
        Next I
Else
        PortOut portwrite, &H0          'Close
End If
'เปิดล่าง
If (Option1.Value = True) And (Text3 > 0.95) Then
        Option1.Value = False
                For i = 1 To 100000
                        PortOut portwrite, &H30
                DoEvents
                Next i
                Else
                        PortOut portwrite, &H0
                End If
        If (Option1.Value = False) And (Text3 > 0.1) Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                For i = 1 To 30000
                        PortOut portwrite, &H30
                DoEvents
                Next i
        Else
                PortOut portwrite, &H0
        End If
End If
jkjkj.Show
'ชั่ง 2 Kg รอบแรก
If Option2.Value = True Then
        Do While Text3 < 1.45
                For i = 1 To 30000              'เพิ่ม10000
                        PortOut portwrite, &H64
                DoEvents
                Next i
        Exit Do
        Loop
                For i = 1 To 2000               'เพิ่ม 1000
                        PortOut portwrite, &H0
                DoEvents
                Next I
End If
'เปิดล่าง
If (Option2.Value = True) And (Text3 > 1.95) Then
        Option2.Value = False
                For i = 1 To 100000
                        PortOut portwrite, &H30
                DoEvents
                Next I
Else
        PortOut portwrite, &H0
End If
If (Option2.Value = False) And (Text3 > 0.1) Then
        For i = 1 To 30000
                PortOut portwrite, &H30
        DoEvents
        Next I
Else
        PortOut portwrite, &H0
End If
jkjkj.Show
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'ชั่ง 3 kg
If Option3.Value = True Then
        Do While Text3 < 2.32
            For i = 1 To 47300          'เพิ่ม10000
                PortOut portwrite, &H64
            DoEvents
        Next i
        Exit Do
        Loop
        If Text3 < 2.65 Then
            For i = 1 To 40000          'เพิ่ม 1000
                PortOut portwrite, &H4
            DoEvents
            Next I
        End If
End If
        For i = 1 To 10000              'เพิ่ม 1000
            PortOut portwrite, &H0
        DoEvents
        Next i
        jkjkj.Show
'เปิดล่าง
If (Option3.Value = True) And (Text3 > 2.95) Then
        Option3.Value = False
            For i = 1 To 100000
                PortOut portwrite, &H30
            DoEvents
            Next I
Else
        PortOut portwrite, &H0
End If
If (Option3.Value = False) And (Text3 > 0.1) Then
        For i = 1 To 30000
            PortOut portwrite, &H30
        DoEvents
        Next I
Else
        PortOut portwrite, &H0
End If
        jkjkj.Show
'ชั่ง 4 kg
If Option4.Value = True Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Do While Text3 < 3.32
                For i = 1 To 46500              'เพิ่ม46500
                        PortOut portwrite, &H64
                DoEvents
                Next i
        Exit Do
        Loop
If Text3 < 3.65 Then
        For i = 1 To 15000              'เพิ่ม 15000
                PortOut portwrite, &H4
        DoEvents
        Next i
End If
End If
        For i = 1 To 10000              'เพิ่ม 10000
                PortOut portwrite, &H0
        DoEvents
        Next i
        jkjkj.Show
'เปิดล่าง
If (Option4.Value = True) And (Text3 > 4.95) Then
        Option4.Value = False
        For i = 1 To 100000
                PortOut portwrite, &H30
        DoEvents
        Next I
Else
        PortOut portwrite, &H0
End If
If (Option4.Value = False) And (Text3 > 0.1) Then
        For i = 1 To 30000
                PortOut portwrite, &H30
        DoEvents
        Next I
Else
        PortOut portwrite, &H0
End If
jkjkj.Show
' ชั่ง 5 kg
If Option5.Value = True Then
        Do While Text3 < 4.52
        For i = 1 To 79500          'เพิ่ม79000
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                PortOut portwrite, &H64
        DoEvents
        Next i
        Exit Do
        Loop
If Text3 < 4.88 Then
        For i = 1 To 20000          'เพิ่ม 20000
                PortOut portwrite, &H4
        DoEvents
        Next I
End If
End If
        For i = 1 To 10000          'เพิ่ม 10000
                PortOut portwrite, &H0
        DoEvents
        Next I
'เปิดล่าง
If (Option5.Value = True) And (Text3 > 4.95) Then
        Option5.Value = False
        For i = 1 To 100000
                PortOut portwrite, &H30
        DoEvents
        Next i
Else
        PortOut portwrite, &H0
End If
If (Option5.Value = False) And (Text3 > 0.11) Then
        For i = 1 To 30000
                PortOut portwrite, &H30
        DoEvents
        Next I
Else
        PortOut portwrite, &H0
End If
jkjkj.Show
End Sub
```

โมดูล

```
Public Declare Sub PortOut Lib "C:\IO.DLL" (ByVal Port As Integer, ByVal Data As Byte)
Public Declare Function PortIn Lib "C:\IO.DLL" (ByVal Port As Integer) As Byte
Public a0 As Single
Public a1 As Single
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

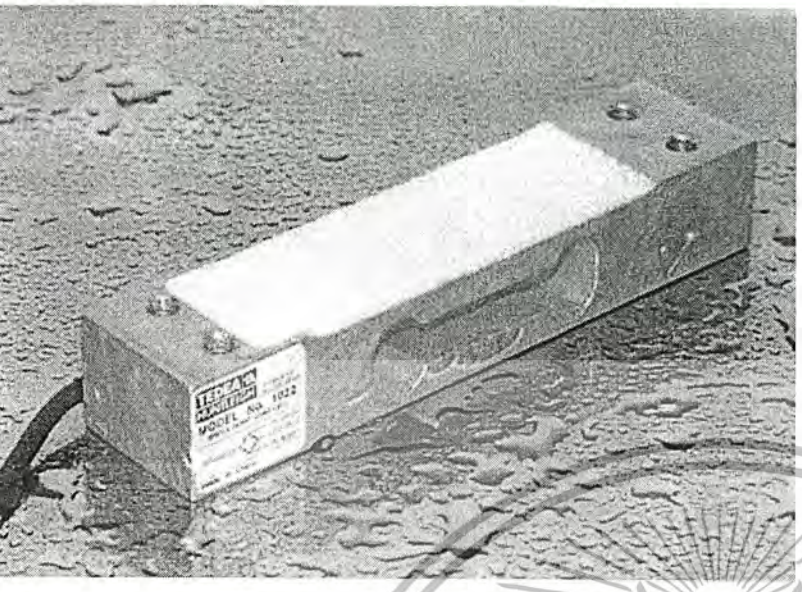
ภาคผนวก ข

โหลดเซลล์รุ่น 1022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Model 1022

Single Point Load Cells



Features

- Capacities: 3 - 100 kg (6.61 - 220 lbs)
- Only 22mm (.09 inch) high
- Aluminum Construction
- Single point 350mm x 350mm (13.78 inch x 13.78 inch) platform
- IP66 protection
- OIML R60 (Cert. TC 2792) and NTEP (Cert. 4430(a) -03) approved
- Class I, II, III Division 1 - FM (Factory Mutual)
- EEx ia IIC T4 - PTB

Model 1022 is a low profile single point load cell designed for direct mounting of low cost weighing platforms.

Its small physical size, combined with high accuracy and aluminum construction, makes this load cell ideally suited for retail, bench and counting scales where savings in parts and labor due to simpler scale construction can be made.

Available in a range of capacities, from 3 to 100kg and approved to OIML, R60 (4000d) or NTEP 5000d, single). Environmental protection to IP66 is provided as standard.

ภาควิชาเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

VISHAY
Transducers
EXCELLENCE IN LOAD CELLS

Contact Info
E-mail
sales@tedea-huntleigh.com
Website
www.tedea-huntleigh.com

urope
edea-Huntleigh
urope Ltd.
Portmanmoor
oad
rdiff
F24 SHE

International
Tedea-Huntleigh International Ltd.
5 Hozoran St.
New Industrial Zone
P.O. Box 8381, Netanya
42506

China
Beijing Tedea-Huntleigh
No. 16 Hong Da Bei Lu
Da Xing County, Beijing
Economic & Technology
Development Area,
Beijing 100176
Tel:+86-10-67881604-

Germany
Tedea-Huntleigh
GmbH.
Mumlingweg 18
D-64297
Darmstadt-
Eberstadt

France
SEEA sa
16 Rue Francis
Vovelle
28000 Chartres
France

20630 PLUMMER ST
CHATSWORTH CA 91311USA

TEL: 800.626.2616
FAX: 818.701.2799

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

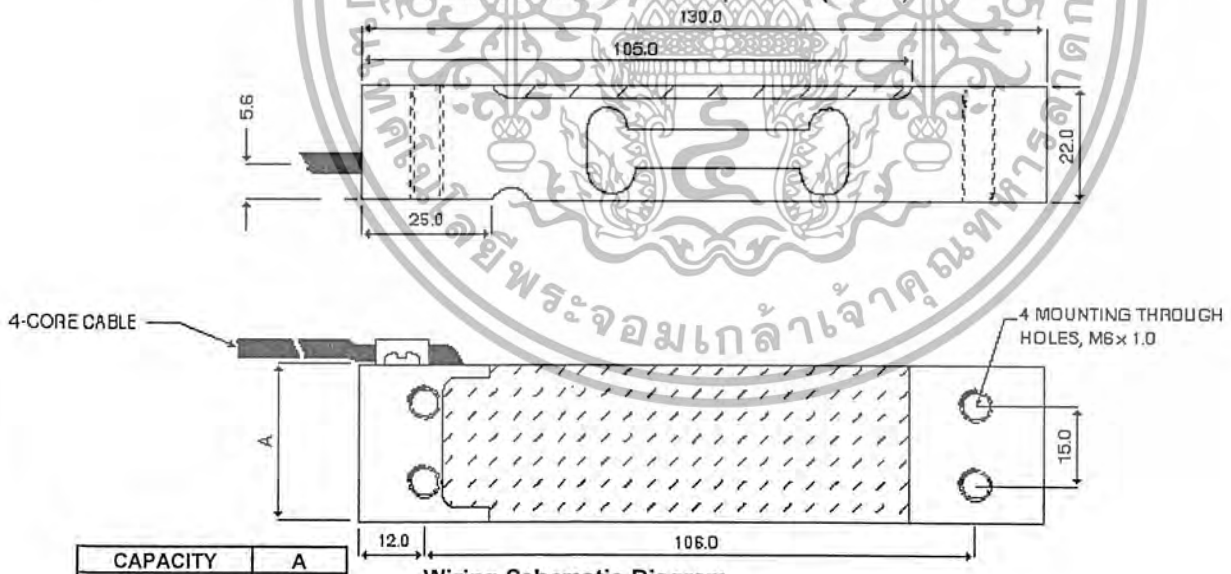
Model 1022

Single Point Load Cells

GRADE	E	F	G**	C3***	UNITS
Rated Capacities	3, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 35, 50, 75, 100				kg
Rated Output	2.0 ± 10%				mV/V
Total Error*	0.0300	0.0200	0.0200	0.0200	±% of Rated Output
Zero Return after 30 mins	0.0500	0.0250	0.0170	0.0170	±% of Rated Output
Temperature Effect : On Output	0.0030	0.0014	0.0010	0.0010	±% of Applied Load / °C
Temperature Effect : On Zero	0.0100	0.0060	0.0040	0.0023	±% of Rated Output / °C
Eccentric Loading	0.0085	0.0085	0.0057	0.0057	±% of Applied Load / cm
Zero Balance	10.0				±% of Rated Output
Temperature range : Operating	-30 to +70				°C
Temperature range : Compensated	-10 to +40				°C
Safe Overload	150				% of Rated Capacity
Ultimate Overload	300				% of Rated Capacity
Excitation: Recommended	10				Volts AC or DC
Excitation: Maximum	15				Volts AC or DC
Input Impedance	415 ± 15				Ohms
Output Impedance	350 ± 3				Ohms
Insulation Impedance	>2000				Mega Ohms
Deflection at Rated Capacity	<0.4				mm
Weight	0.15				kg
Construction	Aluminum				
Environmental Protection	IP66				
Cable	0.5 Meter (Standard), 4 Wire, PVC, Single Floating Screen				
Approvals	OIML R60 (Certificate TC 2792) and NTEP (Certificate 96 - 122)				

* Total Error - According to OIML R60 ** 85% utilization standard *** 50% min utilization. Consult factory for other utilization factors.
C4 Grade also available.

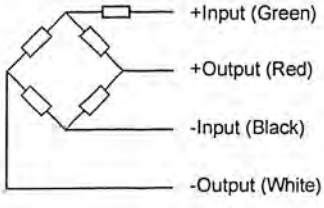
Outline Dimensions All Capacities (in mm)



CAPACITY	A
3, 5, 7 kg	25.4
10, 15, 20, 30 kg	30.0
35, 50, 75, 100 kg	40.0

Wiring Schematic Diagram

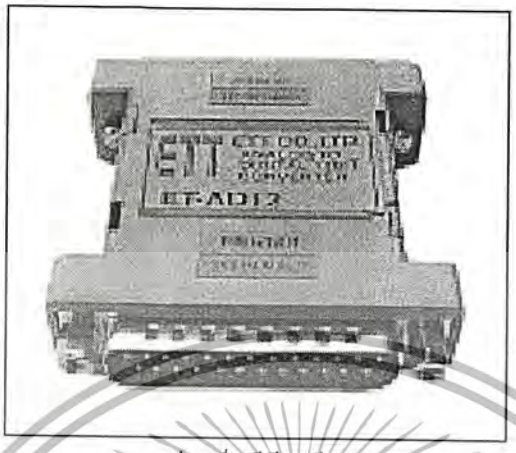
(unbalanced bridge configuration)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ลักษณะทั่วไปของบอร์ด อีที-เอดี 12(ET-AD12)



รูปบอร์ด อีที-เอดี 12

อีที-เอดี 12 เป็นบอร์ดใช้เปลี่ยนสัญญาณจาก อนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ขนาด 12 บิต โดยออกแบบให้เป็น บอร์ดขนาดเล็ก ใช้เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตขนานของเครื่องพิมพ์ (พรินเตอร์ พอร์ต) ทำให้การเชื่อมต่อเป็นไปได้โดยง่าย เพราะไม่ต้องเปิดฝาเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อติดตั้งแต่อย่างใด และสามารถพัฒนาโปรแกรมได้ง่าย โดยสามารถเขียน โปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ได้หลายภาษา เช่น ภาษาซี ภาษาปาสคาล ภาษาแอสแซมบลี ภาษาเบสิก หรือภาษาอื่น ๆ ที่มีคำสั่งสนับสนุนการทำงานกับพอร์ตได้

คุณสมบัติของบอร์ด อีที-เอดี 12

คอนเวอร์ชั่น ไทม์ (conversion time)	:	60US
แซมปลิ้ง เรต (sampling rate)	:	11.1 กิโลเฮร์ต
เอดีซี/ช่อง (ADC/channel)	:	2 ช่อง
ช่วงคลาดเคลื่อน (gain error)	:	+/-2 LSB
ช่วงอินพุทอนาล็อก (analog input range)	:	-0.05 โวลต์ ถึง +5.05 โวลต์
พาวเวอร์ซัพพลาย (+vcc supply)	:	+9 โวลต์ดีซี (VDC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไลบรารีที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมติดต่อพอร์ตขนาน

สำหรับการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมอุปกรณ์ภายนอกผ่านทางพอร์ตขนาน หรือพอร์ตเครื่องพิมพ์ เรียกอีกอย่างว่าเป็นการอินเตอร์เฟสกับฮาร์ดแวร์ ในการเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ภายนอกนั้น วิชชวลเบสิกไม่มีฟังก์ชั่นสำหรับติดต่อพอร์ตขนานโดยตรง แต่สามารถเขียนโปรแกรมให้ติดต่อกับพอร์ตได้โดยตรงโดยใช้ฟังก์ชั่นในรูปของ เอพีไอ (API ; Application Programming Interface) โดยเราสามารถติดต่อ อ่านข้อมูล และส่งข้อมูลไปยังพอร์ตที่ต้องการได้

สำหรับไฟล์ DLL ที่เก็บฟังก์ชั่นนั้นในที่นี้เลือกใช้ ไฟล์ที่ชื่อว่า IO.DLL โดยสามารถติดตั้งไว้ได้ที่ไดรว์ซีของคอมพิวเตอร์ได้เลย เมื่อต้องการใช้งานก็ประกาศไว้ในโมดูลของวิชชวลเบสิก รูปแบบประโยคที่ใช้ประกาศในโมดูลมีดังนี้

ในส่วนของ Output Port

```
Public Declare Sub PortOut Lib "C:\IO.DLL" (ByVal Port As Integer, ByVal Data As Byte)
```

ในส่วนของ Input Port

```
Public Declare Function PortIn Lib "C:\IO.DLL" (ByVal Port As Integer) As Byte
```

แต่ถ้าหากเขียนโปรแกรมใช้เพียงแค่ฟอร์มเดียวก็จำเป็นต้องใช้โมดูลก็ได้โดยเพียงแค่เปลี่ยนจากคำว่า Public ไปเป็น Private รูปแบบเป็นดังนี้

ในส่วนของ Output Port

```
Private Declare Sub PortOut Lib "C:\IO.DLL" (ByVal Port As Integer, ByVal Data As Byte)
```

ในส่วนของ Input Port

```
Private Declare Function PortIn Lib "C:\IO.DLL" (ByVal Port As Integer) As Byte
```

การเขียนโปรแกรมโดยเรียกใช้ Function Out และ Inp

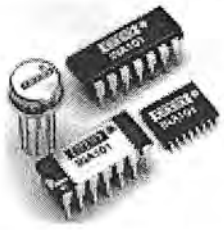
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

INA 101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BURR - BROWN®



INA101

High Accuracy INSTRUMENTATION AMPLIFIER

FEATURES

- LOW DRIFT: 0.25µV/°C max
- LOW OFFSET VOLTAGE: 25µV max
- LOW NONLINEARITY: 0.002%
- LOW NOISE: 13nV/√Hz
- HIGH CMR: 106dB AT 60Hz
- HIGH INPUT IMPEDANCE: $10^{10}\Omega$
- 14-PIN PLASTIC, CERAMIC DIP, SOL-16, AND TO-100 PACKAGES

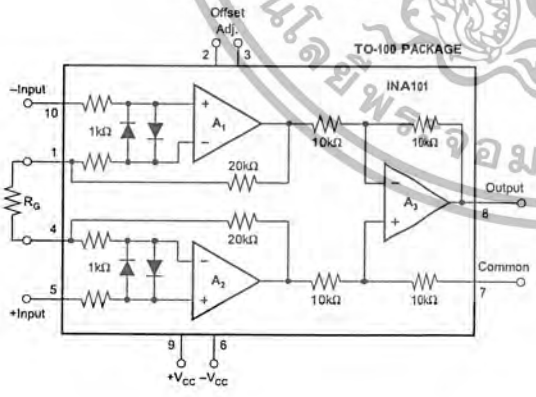
APPLICATIONS

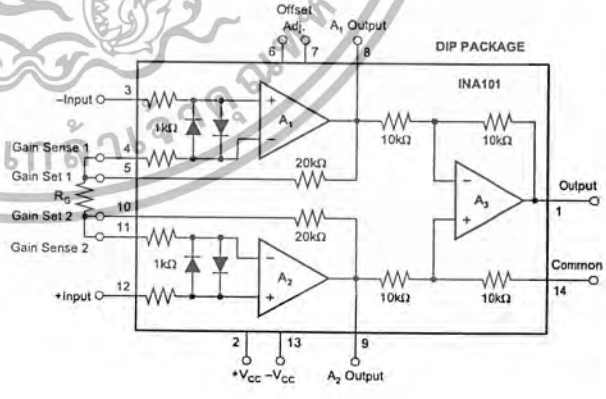
- STRAIN GAGES
- THERMOCOUPLES
- RTDs
- REMOTE TRANSDUCERS
- LOW-LEVEL SIGNALS
- MEDICAL INSTRUMENTATION

DESCRIPTION

The INA101 is a high accuracy instrumentation amplifier designed for low-level signal amplification and general purpose data acquisition. Three precision op amps and laser-trimmed metal film resistors are integrated on a single monolithic integrated circuit.

The INA101 is packaged in TO-100 metal, 14-pin plastic and ceramic DIP, and SOL-16 surface-mount packages. Commercial, industrial and military temperature range models are available.





International Airport Industrial Park • Mailing Address: PO Box 11400, Tucson, AZ 85734 • Street Address: 6730 S. Tucson Blvd., Tucson, AZ 85706 • Tel: (520) 746-1111 • Twx: 910-952-1111
Internet: http://www.burr-brown.com/ • FAXLine: (800) 548-6133 (US/Canada Only) • Cable: BBRCORP • Telex: 066-6491 • FAX: (520) 889-1510 • Immediate Product Info: (800) 548-6132

©1981 Burr-Brown Corporation

PDS-454K

Printed in U.S.A. July, 1998

OS133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PECIFICATIONS

LECTRICAL

-25°C with ±15VDC power supply and in circuit of Figure 1, unless otherwise noted.

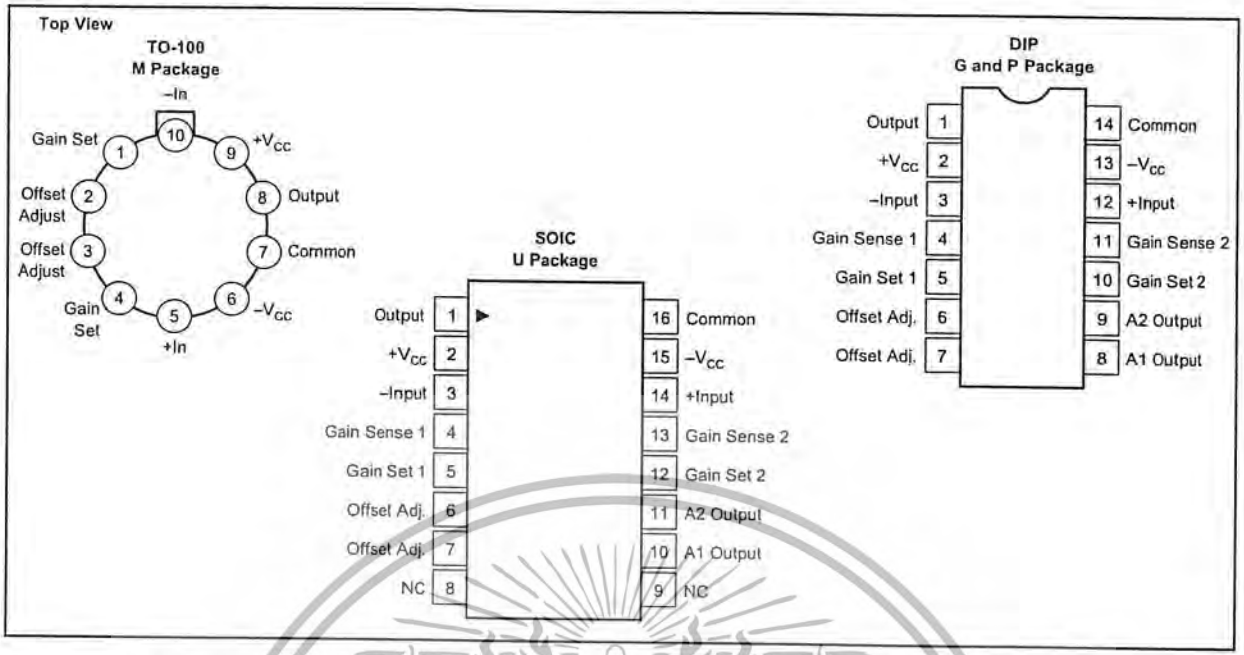
ARAMETER	INA101AM, AG			INA101SM, SG			INA101CM, CG			INA101HP, KU			UNITS
	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
AIN													
nge of Gain	1		1000	•	•	•	•	•	•	•	•	•	V/V
in Equation		G = 1 + (40k/R_G)			•			•			•		V/V
or from Equation, DC[1]		±(0.04 + 0.00016G	±(0.1 + 0.0003G		•	•		•	•		±(0.1 +	±(0.3 +	%
		−0.02/G)	−0.05/G)								0.00015G)	0.0002G)	
											−0.05/G	−0.10/G	
in Temp. Coefficient[3]													
G = 1		2	5		•	•		•	•		•	•	ppm/°C
G = 10		20	100		•	•		10	•		•	•	ppm/°C
G = 100		22	110		•	•		11	•		•	•	ppm/°C
G = 1000		22	110		•	•		11	•		•	•	ppm/°C
nlinearity, DC[2]		±(0.002 + 10^{-5} G)	±(0.005 + 2 x 10^{-5} G)		±(0.001	±(0.002		±(0.001	±(0.002		•	•	% of p-p FS
					+10^{-5} G)	+10^{-5} G)		+10^{-5} G)	+10^{-5} G)				
TED OUTPUT													
tage	±10	±12.5		•	•		•	•		•	•		V
rrent	±5	±10		•	•		•	•		•	•		mA
tput Impedance		0.2			•			•			•		Ω
pacitive Load		1000			•			•			•		pF
PUT OFFSET VOLTAGE													
al Offset at +25°C		±(25 + 200/G)	±(50 + 400/G)		±10+	±(25		±(10+	±(25 +		±(125 +	±(250 +	µV
					100/G)	+200/G)		100/G)	200/G)		450/G)	900/G)	
s Temperature			±(2 + 20/G)			±(0.75			±(0.25 +		±(2 + 20/G)		µV/°C
						+ 10/G)			10/G)				
s Supply		±(1 + 20/G)			•			•			•		µV/V
s Time		±(1 + 20/G)			•			•			•		µV/mo
PUT BIAS CURRENT													
al Bias Current													
each input)		±15	±30		±10	•		±5	±20		•	•	nA
s Temperature		±0.2			•			•			•		nA/°C
s Supply		±0.1			•			•			•		nA/V
al Offset Current		±15	±30		±10	•		±5	±20		•	•	nA
s Temperature		±0.5			•			•			•		nA/°C
UT IMPEDANCE													
erential		10^{10} || 3			•			•			•		Ω || pF
mmon-mode		10^{10} || 3			•			•			•		Ω || pF
UT VOLTAGE RANGE													
ge, Linear Response	±10	±12		•	•		•	•		•	•		V
R with 1kΩ Source Imbalance													
C to 60Hz, G = 1	80	90		•	•		•	•		85	85		dB
C to 60Hz, G = 10	96	106		•	•		•	•		90	95		dB
C to 60Hz, G = 100 to 1000	106	110		•	•		•	•		100	105		dB
UT NOISE													
t Voltage Noise													
= 0.01Hz to 10Hz		0.8			•			•			•		µV, p-p
sity, G = 1000													
= 10Hz		18			•			•			•		nV/√Hz
= 100Hz		15			•			•			•		nV/√Hz
= 1kHz		13			•			•			•		nV/√Hz
t Current Noise													
= 0.01Hz to 10Hz		50			•			•			•		pA, p-p
sity													
= 10Hz		0.8			•			•			•		pA/√Hz
= 100Hz		0.46			•			•			•		pA/√Hz
= 1kHz		0.35			•			•			•		pA/√Hz
AMIC RESPONSE													
ll Signal, ±3dB Flatness													
= 1		300			•			•			•		kHz
= 10		140			•			•			•		kHz
= 100		25			•			•			•		kHz
= 1000		2.5			•			•			•		kHz
ll Signal, ±1% Flatness													
= 1		20			•			•			•		kHz
= 10		10			•			•			•		kHz
= 100		1			•			•			•		kHz
= 1000		200			•			•			•		Hz
Power, G = 1 to 100		6.4			•			•			•		kHz
Rate, G = 1 to 100	0.2	0.4		•	•		•	•		•	•		V/µs
ng Time (0.1%)													
= 1		30	40		•	•		•	•		•	•	µs
= 100		40	55		•	•		•	•		•	•	µs
= 1000		350	470		•	•		•	•		•	•	µs
ng Time (0.01%)													
= 1		30	45		•	•		•	•		•	•	µs
= 100		50	70		•	•		•	•		•	•	µs
= 1000		500	650		•	•		•	•		•	•	µs
ER SUPPLY													
d Voltage		±15			•			•			•		V
ge Range	±5		±20	•	•	•	•	•	•	•	•	•	V
nt, Quiescent[2]		±6.7	±8.5		•	•		•	•		•	•	mA
PERATURE RANGE[5]													
ification	−25		+85	−55		+125	•		•	0		+70	°C
ation	−55		+125	•		•	•		•	−25		+85	°C
ge	−65		+150	•		•	•		•	−40		+85	°C

ications same as for INA101AM, AG.

(1) Typically the tolerance of R_G will be the major source of gain error. (2) Nonlinearity is the maximum peak deviation from the best straight-line as a percentage of peak-to-peak full scale output. (3) Not including the TCR of R_G. (4) Adjustable at any one gain. (5) θ_{JC} output stage = 113°C/W, θ_{JC} quiescent circuitry = 19°C/W, θ_{CA} = 83°C/W.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN CONFIGURATIONS



ORDERING INFORMATION

PRODUCT	PACKAGE	TEMPERATURE RANGE
INA101AM	10-Pin Metal TO-100	–25°C to +85°C
INA101CM	10-Pin Metal TO-100	–25°C to +85°C
INA101AG	14-Pin Ceramic DIP	–25°C to +85°C
INA101CG	14-Pin Ceramic DIP	–25°C to +85°C
INA101HP	14-Pin Plastic DIP	0°C to +70°C
INA101KU	SOL-16 Surface-Mount	0°C to +70°C
INA101SG	14-Pin Ceramic DIP	–55°C to +125°C
INA101SM	10-Pin Metal TO-100	–55°C to +125°C

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage	±20V
Power Dissipation	600mW
Input Voltage Range	±V_{CC}
Output Short Circuit (to ground)	Continuous
Operating Temperature M, G Package	–55°C to +125°C
P, U Package	–25°C to +85°C
Storage Temperature M, G Package	–65°C to +150°C
P, U Package	–40°C to +85°C
Lead Temperature (soldering, 10s) M, G, P Package	+300°C
Lead Temperature (wave soldering, 3s) U Package	+260°C

PACKAGE INFORMATION

PRODUCT	PACKAGE	PACKAGE DRAWING NUMBER(1)
INA101AM	10-Pin Metal TO-100	007
INA101CM	10-Pin Metal TO-100	007
INA101AG	14-Pin Ceramic DIP	169
INA101CG	14-Pin Ceramic DIP	169
INA101HP	14-Pin Plastic DIP	010
INA101KU	SOL-16 Surface-Mount	211
INA101SG	14-Pin Ceramic DIP	169
INA101SM	10-Pin Metal TO-100	007

NOTE: (1) For detailed drawing and dimension table, please see end of data sheet, or Appendix D of Burr-Brown IC Data Book.

ELECTROSTATIC DISCHARGE SENSITIVITY

This integrated circuit can be damaged by ESD. Burr-Brown recommends that all integrated circuits be handled with appropriate precautions. Failure to observe proper handling and installation procedures can cause damage.

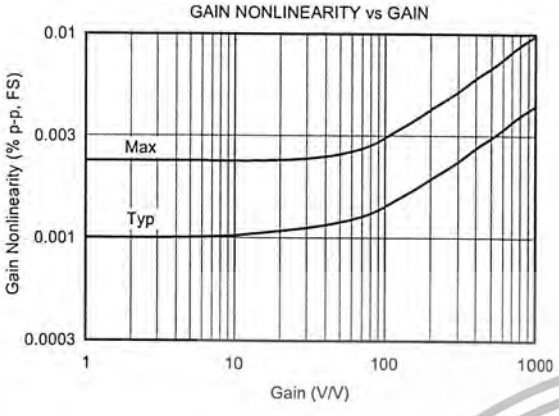
ESD damage can range from subtle performance degradation to complete device failure. Precision integrated circuits may be more susceptible to damage because very small parametric changes could cause the device not to meet its published specifications.

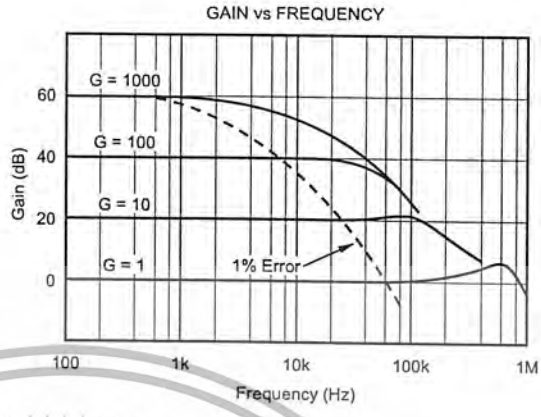
The information provided herein is believed to be reliable; however, BURR-BROWN assumes no responsibility for inaccuracies or omissions. BURR-BROWN assumes no responsibility for the use of this information, and all use of such information shall be entirely at the user's own risk. Prices and specifications are subject to change without notice. No patent rights or licenses to any of the circuits described herein are implied or granted to any third party. BURR-BROWN does not authorize or warrant any BURR-BROWN product for use in life support devices and/or systems.

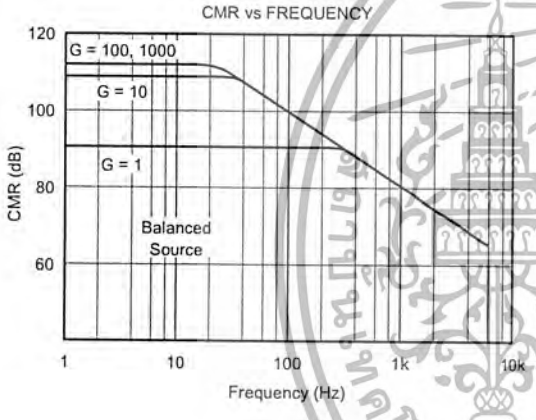
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

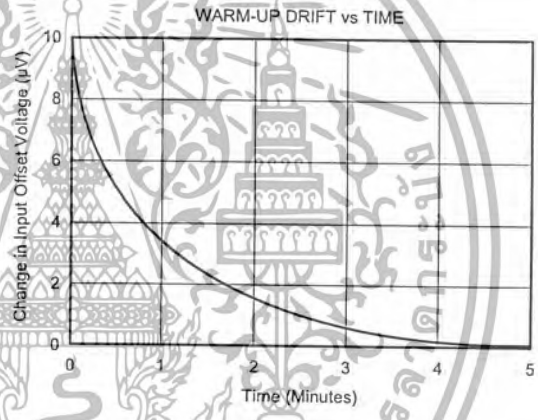
TYPICAL PERFORMANCE CURVES

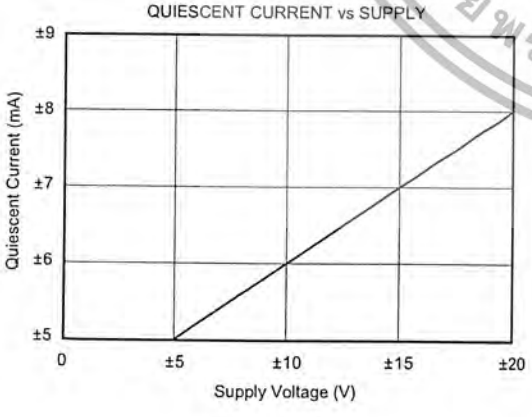
At +25°C, V_{CC} = ±15V unless otherwise noted.

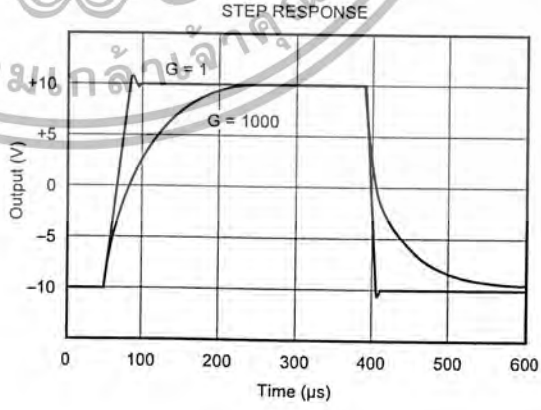








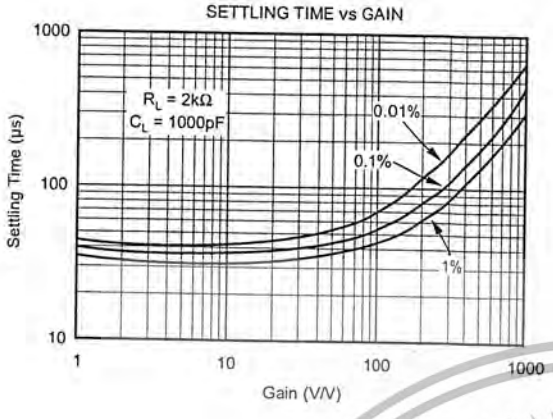


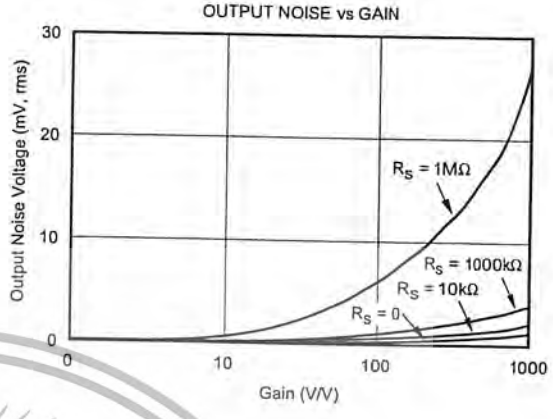


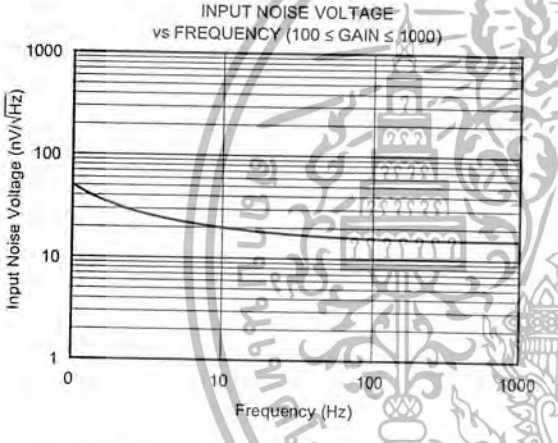
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PERFORMANCE CURVES (CONT)

At +25°C, V_{CC} = ±15V unless otherwise noted.







APPLICATION INFORMATION

Figure 1 shows the basic connections required for operation of the INA101. (Pin numbers shown are for the TO-100 metal package.) Applications with noisy or high impedance power supplies may require decoupling capacitors close to the device pins as shown.

The output is referred to the output Common terminal which is normally grounded. This must be a low-impedance connection to assure good common-mode rejection. A resistance greater than 0.1Ω in series with the Common pin will cause common-mode rejection to fall below 106dB.

SETTING THE GAIN

Gain of the INA101 is set by connecting a single external resistor, R_G:

$$G = 1 + \frac{40k\Omega}{R_G} \qquad (1)$$

The 40kΩ term in equation (1) comes from the sum of the two internal feedback resistors. These are on-chip metal film resistors which are laser trimmed to accurate absolute values. The accuracy and temperature coefficient of these resistors are included in the gain accuracy and drift specifications of the INA101.

The stability and temperature drift of the external gain setting resistor, R_G, also affects gain. R_G's contribution to gain accuracy and drift can be directly inferred from the gain equation (1). Low resistor values required for high gain can make wiring resistance important. Sockets add to the wiring resistance which will contribute additional gain error (possibly an unstable gain error) in gains of approximately 100 or greater. The gain sense connections on the DIP and SOL-16 packages (see Figure 2) reduce the gain error produced by wiring or socket resistance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OFFSET TRIMMING

The INA101 is laser trimmed for low offset voltage and drift. Most applications require no external offset adjustment. Figure 2 shows connection of an optional potentiometer connected to the Offset Adjust pins for trimming the input offset voltage. (Pin numbers shown are for the DIP package.) Use this adjustment to null the offset voltage in high gain (G ≥ 100) with both inputs connected to ground. Do not use this adjustment to null offset produced by the source or other system offset since this will increase the offset voltage drift by 0.3µV/°C per 100µV of adjusted offset.

Offset of the output amplifier usually dominates when the INA101 is used in unity gain (G = 1). The output offset voltage can be adjusted with the optional trim circuit connected to the Common pin as shown in Figure 2. The voltage applied to Common terminal is summed with the output. Low impedance must be maintained at this node to assure good common-mode rejection. The op amp connected as a buffer provides low impedance.

THERMAL EFFECTS ON OFFSET VOLTAGE

To achieve lowest offset voltage and drift, prevent air currents from circulating near the INA101. Rapid changes in temperature will produce a thermocouple effect on the package leads that will degrade offset voltage and drift. A shield or cover that prevents air currents from flowing near the INA101 will assure best performance.

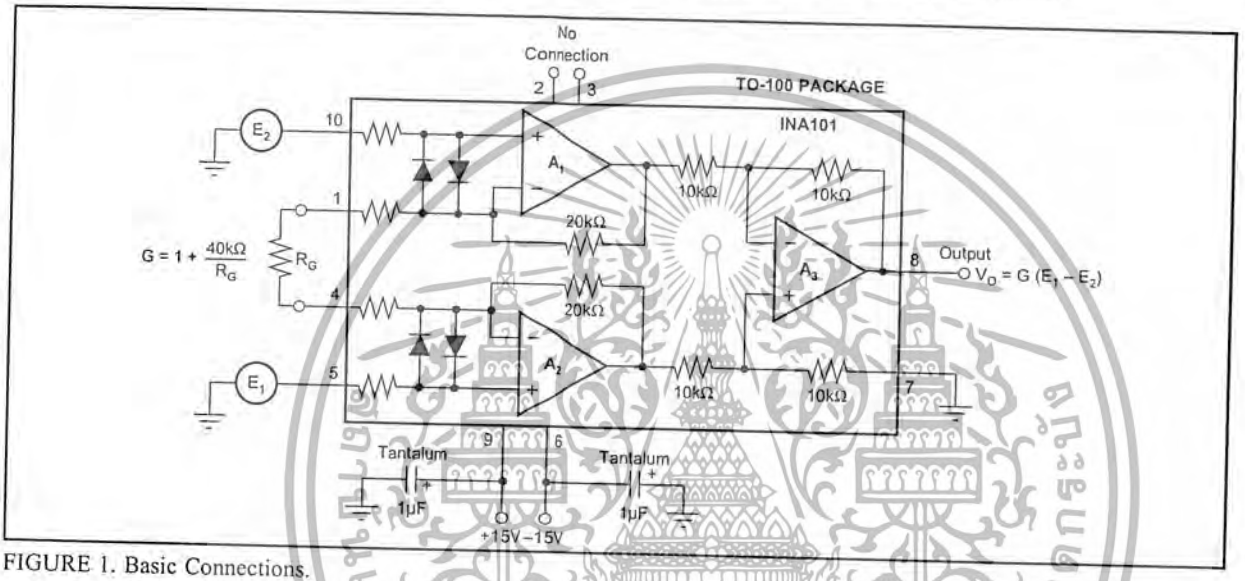


FIGURE 1. Basic Connections.

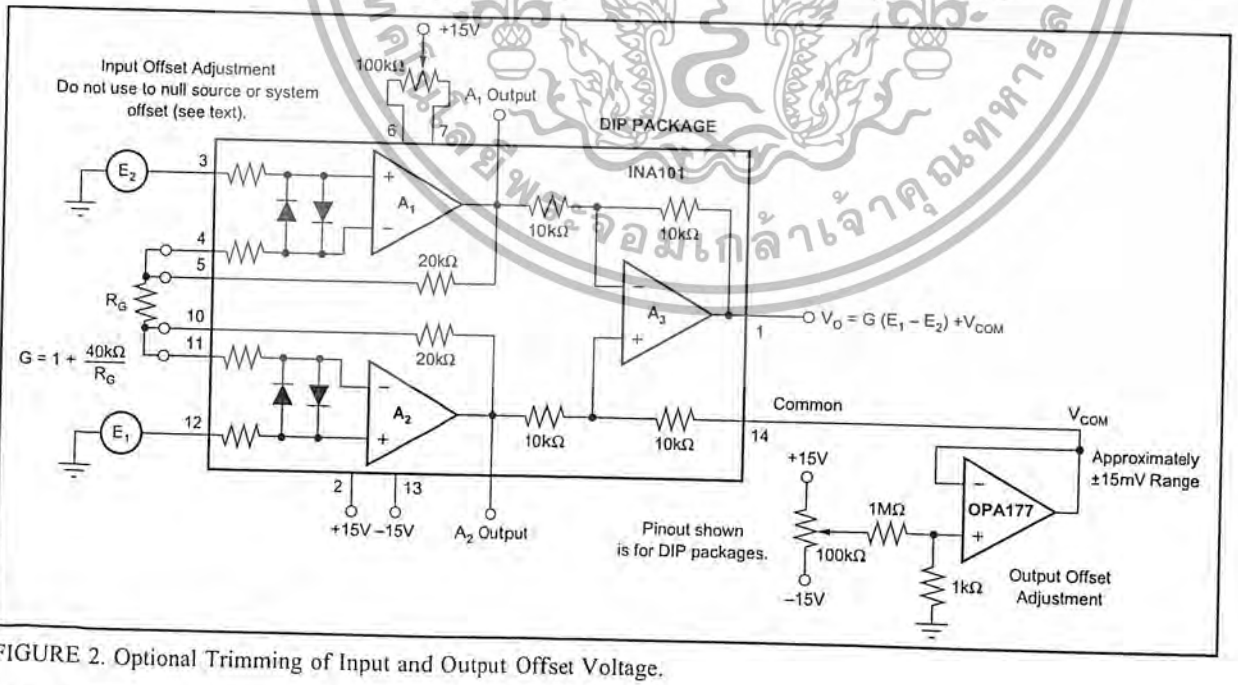


FIGURE 2. Optional Trimming of Input and Output Offset Voltage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGING INFORMATION

ORDERABLE DEVICE	STATUS(1)	PACKAGE TYPE	PACKAGE DRAWING	PINS	PACKAGE QTY
INA101AG	NRND	CDIP SB	JD	14	27
INA101AM	NRND	TO/SOT	LME	10	20
INA101AM2	OBSOLETE	TO/SOT	LME	10	
INA101CM	NRND	TO/SOT	LME	10	20
INA101CM1	OBSOLETE	TO/SOT	LME	10	
INA101HP	ACTIVE	PDIP	N	14	25
INA101KU	ACTIVE	SOIC	DW	16	48
INA101KU/1K	ACTIVE	SOIC	DW	16	1000
INA101SG1	OBSOLETE	TO/SOT	LME	10	
INA101SM	NRND	TO/SOT	LME	10	20

(1) The marketing status values are defined as follows:
ACTIVE: Product device recommended for new designs.
LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.
NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.
PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.
OBSOLETE: TI has discontinued the production of the device.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its hardware products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by government requirements, testing of all parameters of each product is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation.

Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Following are URLs where you can obtain information on other Texas Instruments products and application solutions:

Products		Applications	
Amplifiers	amplifier.ti.com	Audio	www.ti.com/audio
Data Converters	dataconverter.ti.com	Automotive	www.ti.com/automotive
DSP	dsp.ti.com	Broadband	www.ti.com/broadband
Interface	interface.ti.com	Digital Control	www.ti.com/digitalcontrol
Logic	logic.ti.com	Military	www.ti.com/military
Power Mgmt	power.ti.com	Optical Networking	www.ti.com/opticalnetwork
Microcontrollers	microcontroller.ti.com	Security	www.ti.com/security
		Telephony	www.ti.com/telephony
		Video & Imaging	www.ti.com/video
		Wireless	www.ti.com/wireless

Mailing Address: Texas Instruments
Post Office Box 655303 Dallas, Texas 75265

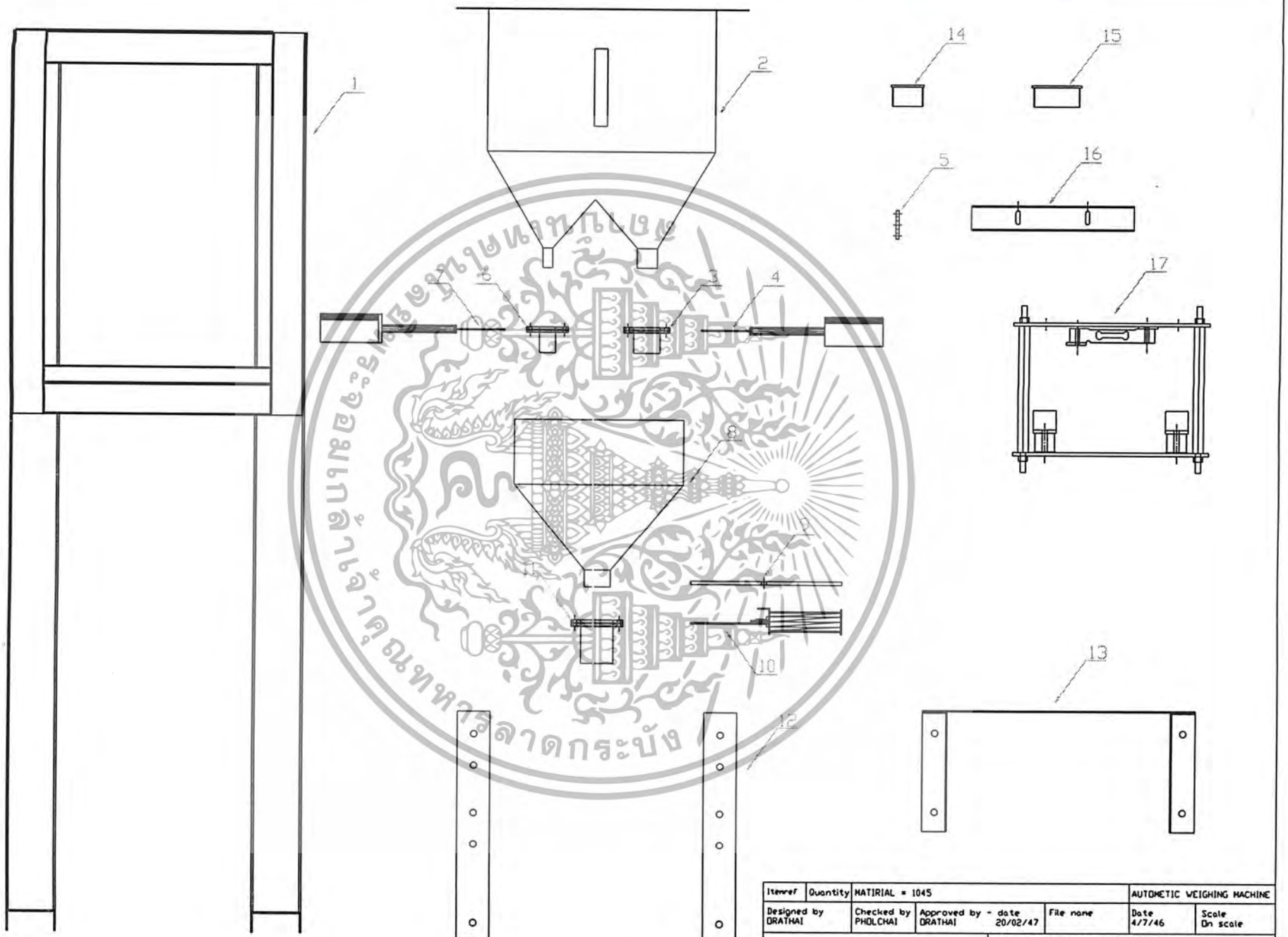
Copyright © 2003, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

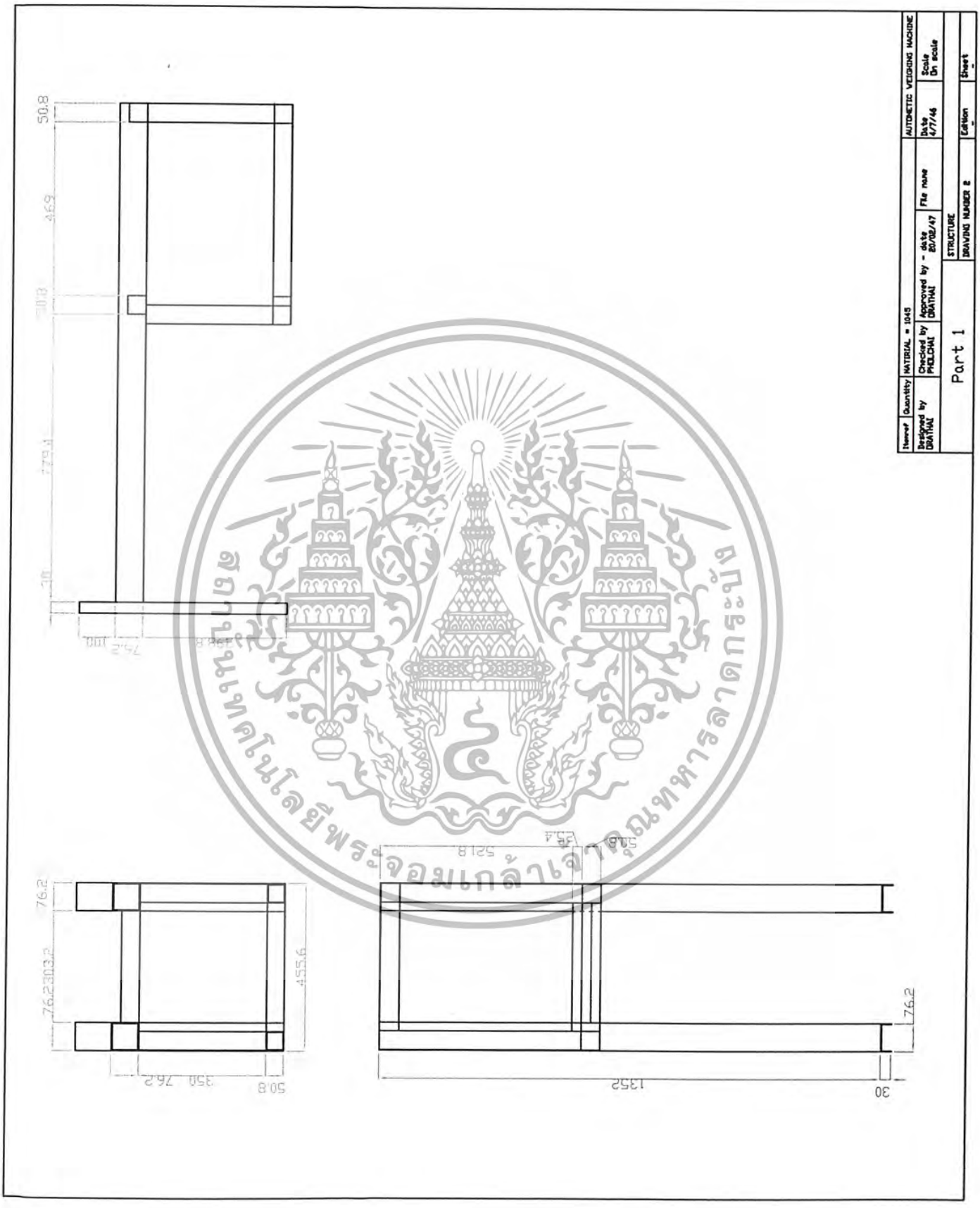
แบบทางวิศวกรรมเครื่องชั่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

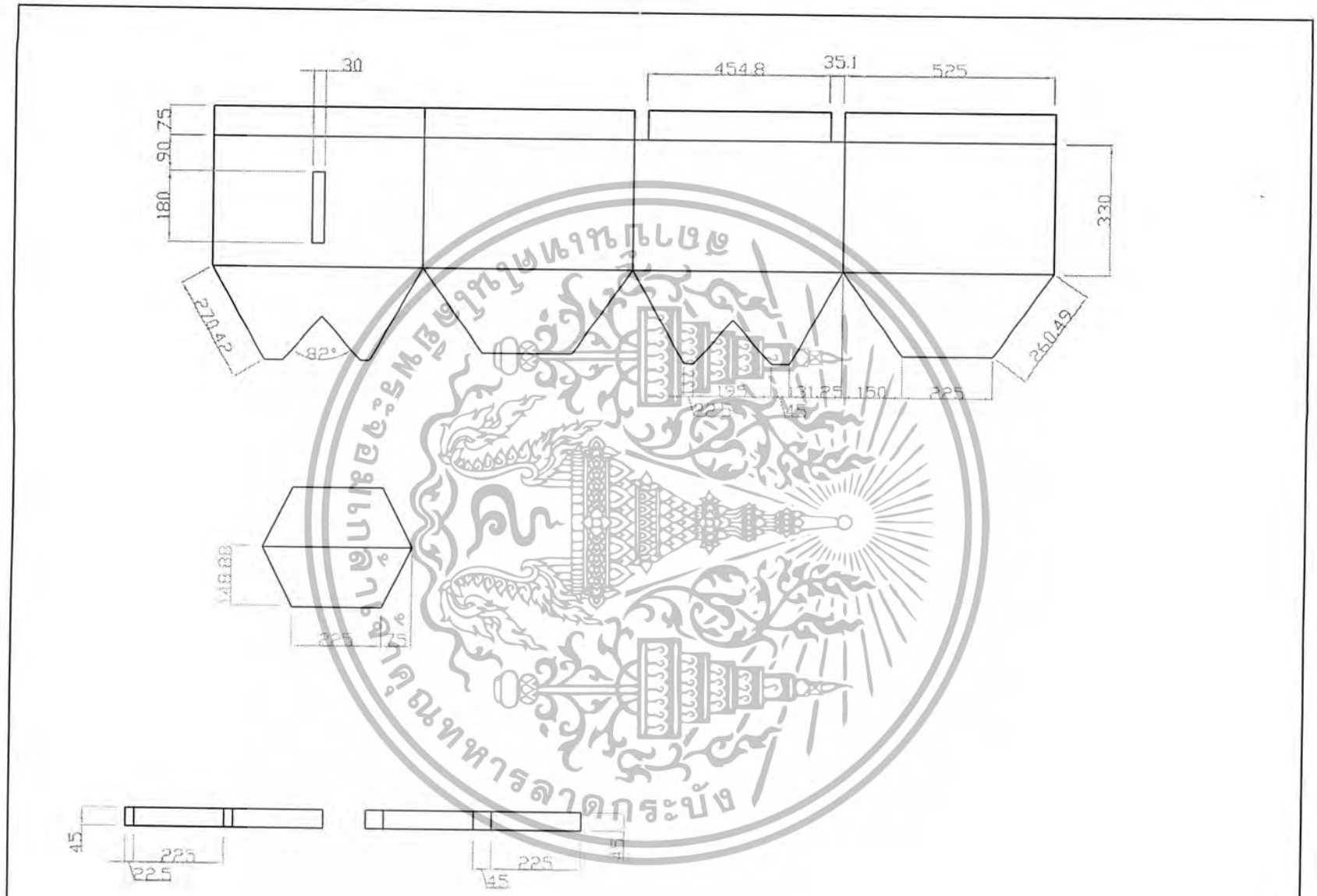


Item ref	Quantity	MATIRIAL = 1045			AUTOMETIC WEIGHING MACHINE	
Designed by DRATHAI	Checked by PHOLCHAI	Approved by - date DRATHAI 20/02/47	File name		Date 4/7/46	Scale Dn scale
Part 1 - 17		AUTOMETIC WEIGHING MACHINE				
		DRAWING NUMBER 2			Edition -	Sheet -

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือเผยแพร่ ไม่ว่ากรณีใดๆ โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

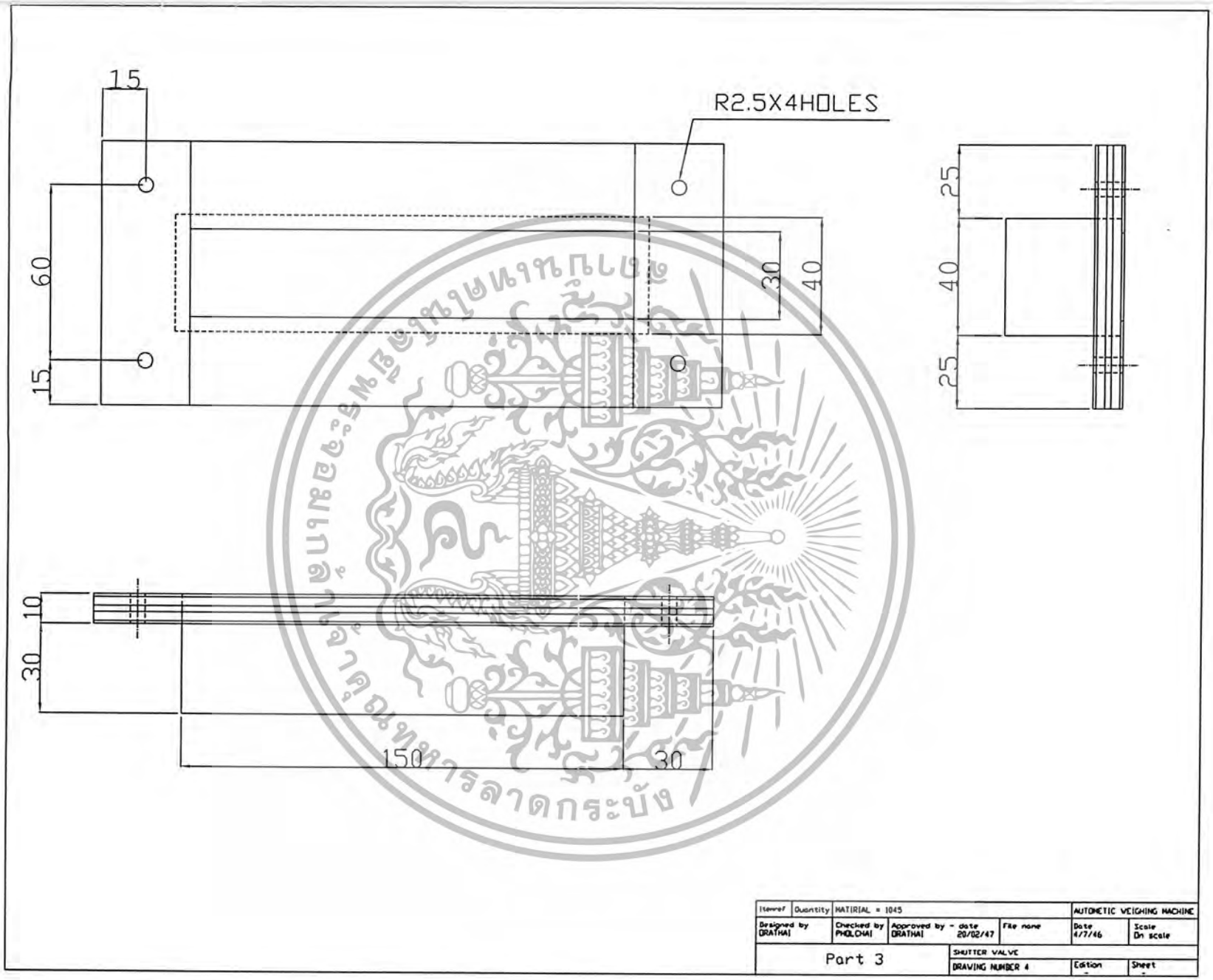


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



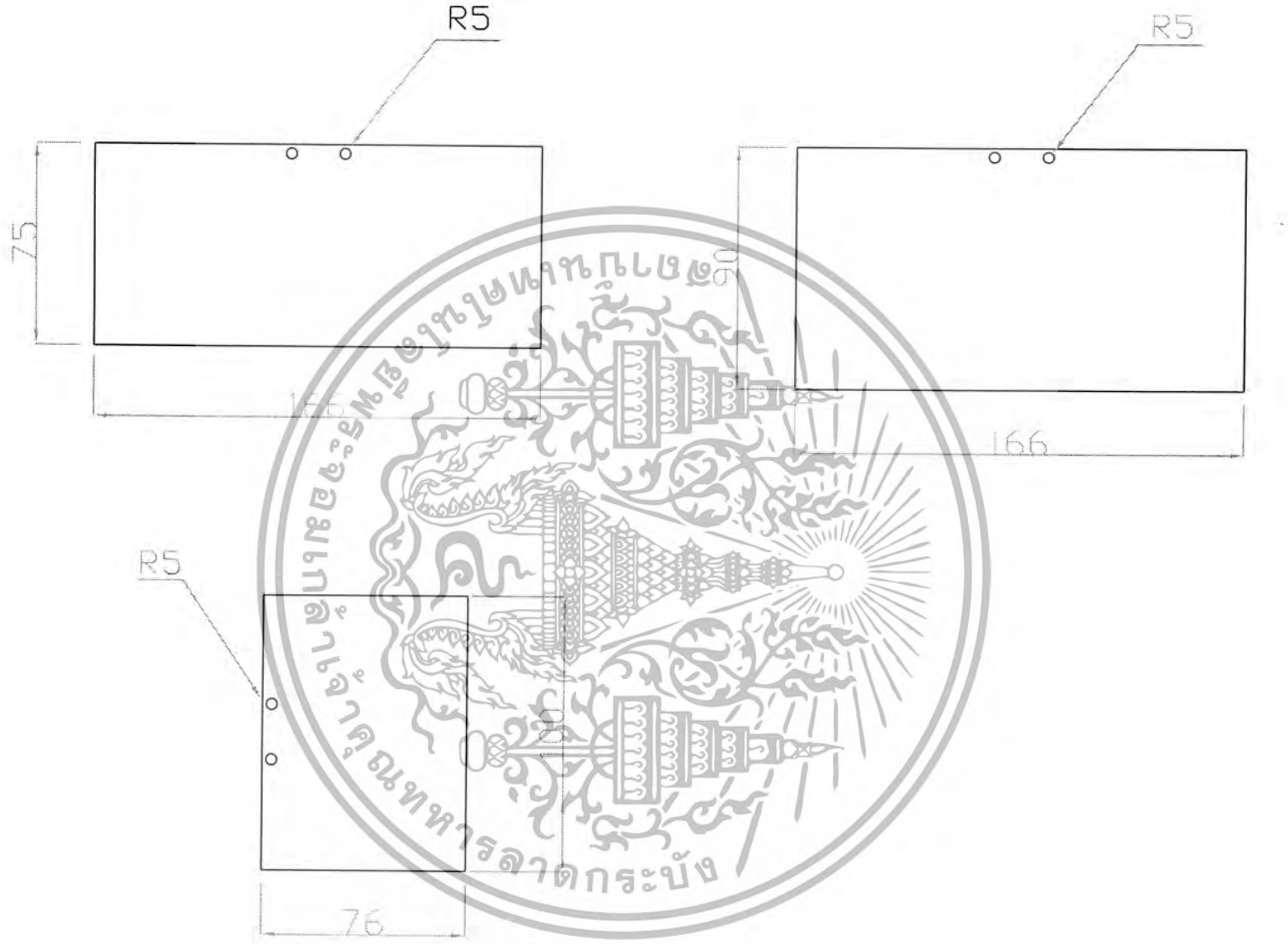
Item ref	Quantity	MATIRIAL = 1045			AUTOMETIC WEIGHING MACHINE	
Designed by DRATHAI		Checked by PHOLCHAI	Approved by - date DRATHAI 20/02/47	File name	Date 4/7/46	Scale On scale
Part 2		HOPPER				
		DRAWING NUMBER 3			Edition -	Sheet -

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี



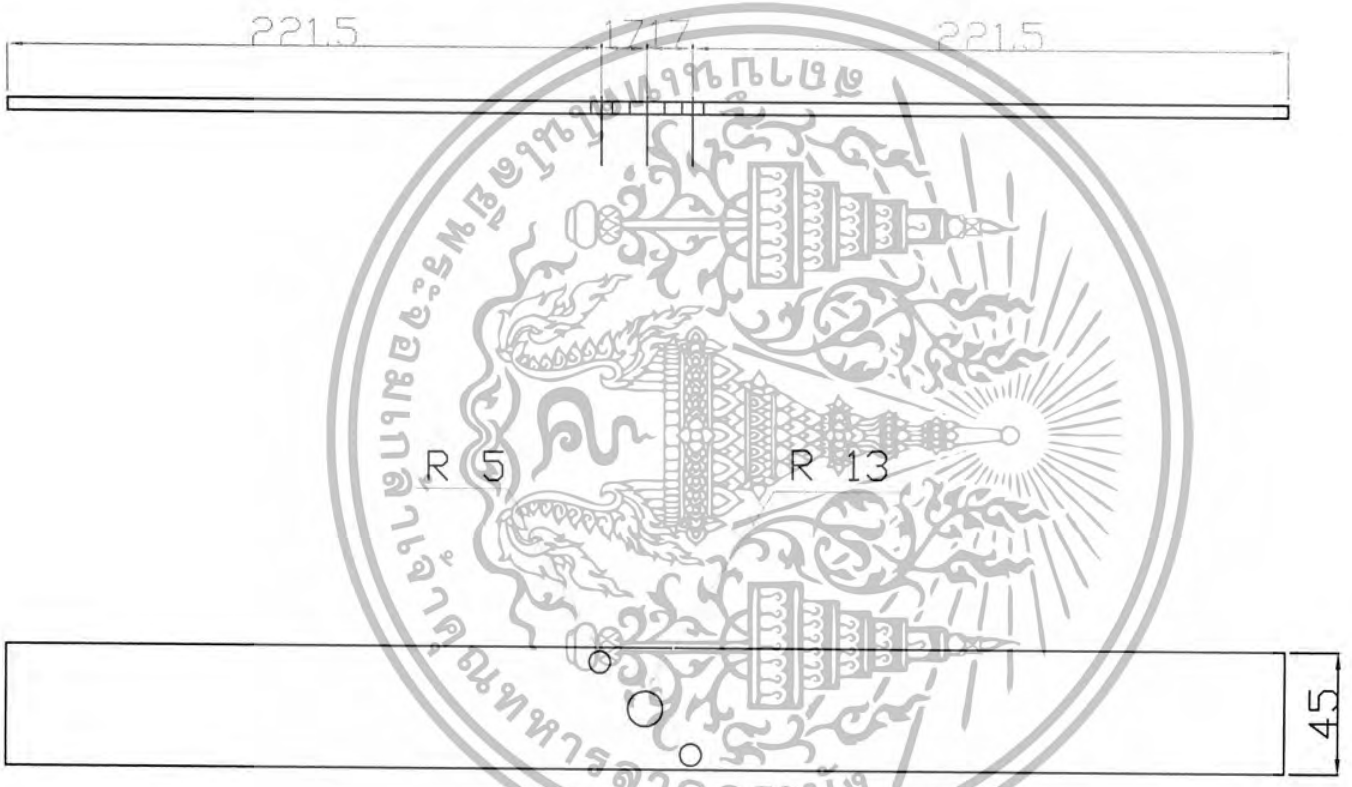
Item no	Quantity	MATIRIAL = 1045			AUTOMETIC WEIGHING MACHINE	
Designed by ORATHAI		Checked by PHOLCHAI	Approved by - date ORATHAI 20/02/47	File name	Date 4/7/46	Scale On scale
Part 3		SHUTTER VALVE				
		DRAWING NUMBER 4			Edition -	Sheet -

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ห้ามนำไปใช้ในการค้าหรือแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้าโดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัย

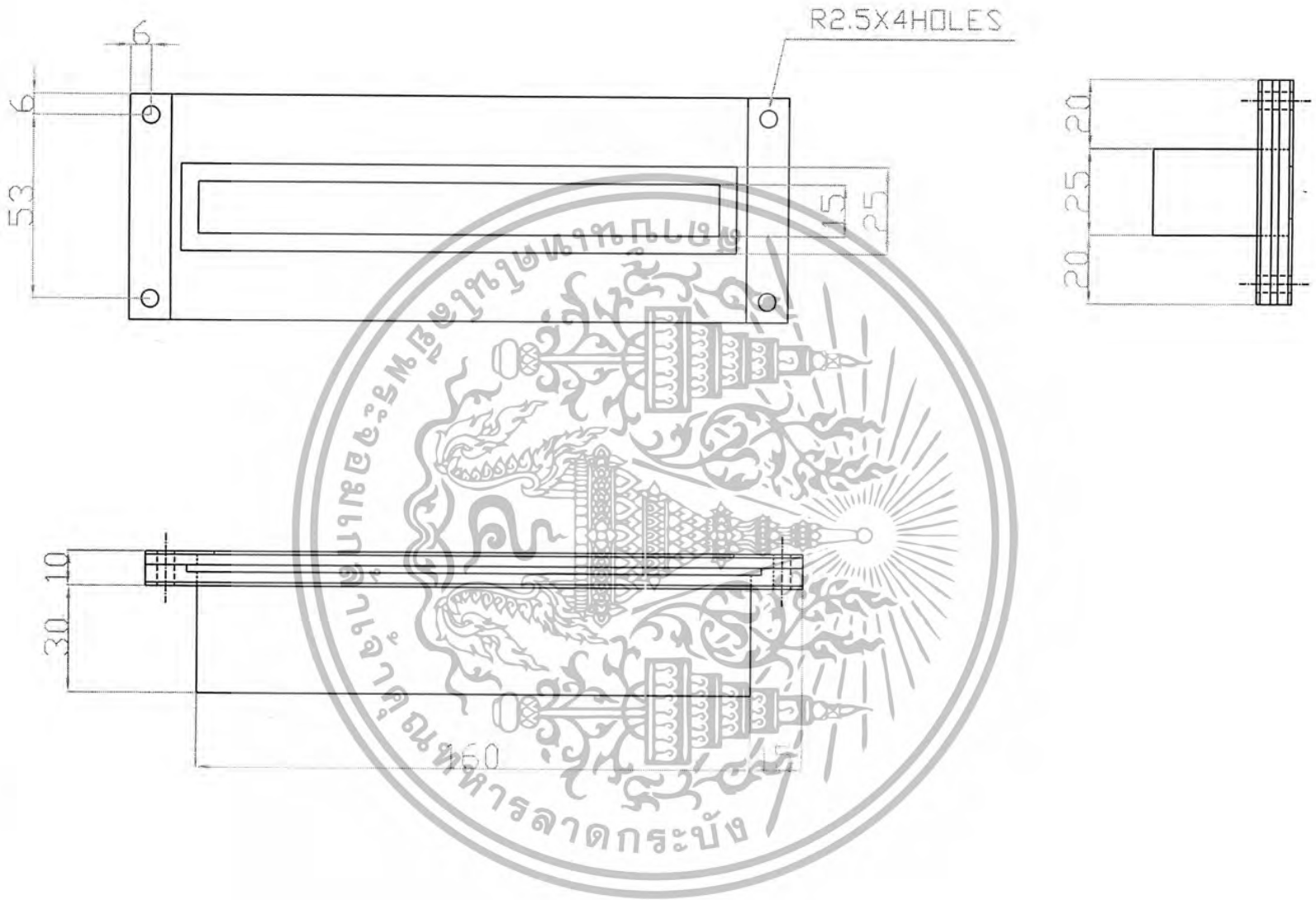


Item ref	Quantity	MATIRIAL = 1045			AUTOMETIC WEIGHING MACHINE
Designed by DRATHAI	Checked by PHOLCHAI	Approved by - date DRATHAI 20/02/47	File name	Date 4/7/46	Scale On scale
Part 4,7,10	SHUTTER VALVE PLATE				
	DRAWING NUMBER 5			Edition -	Sheet -

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ เว้นแต่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

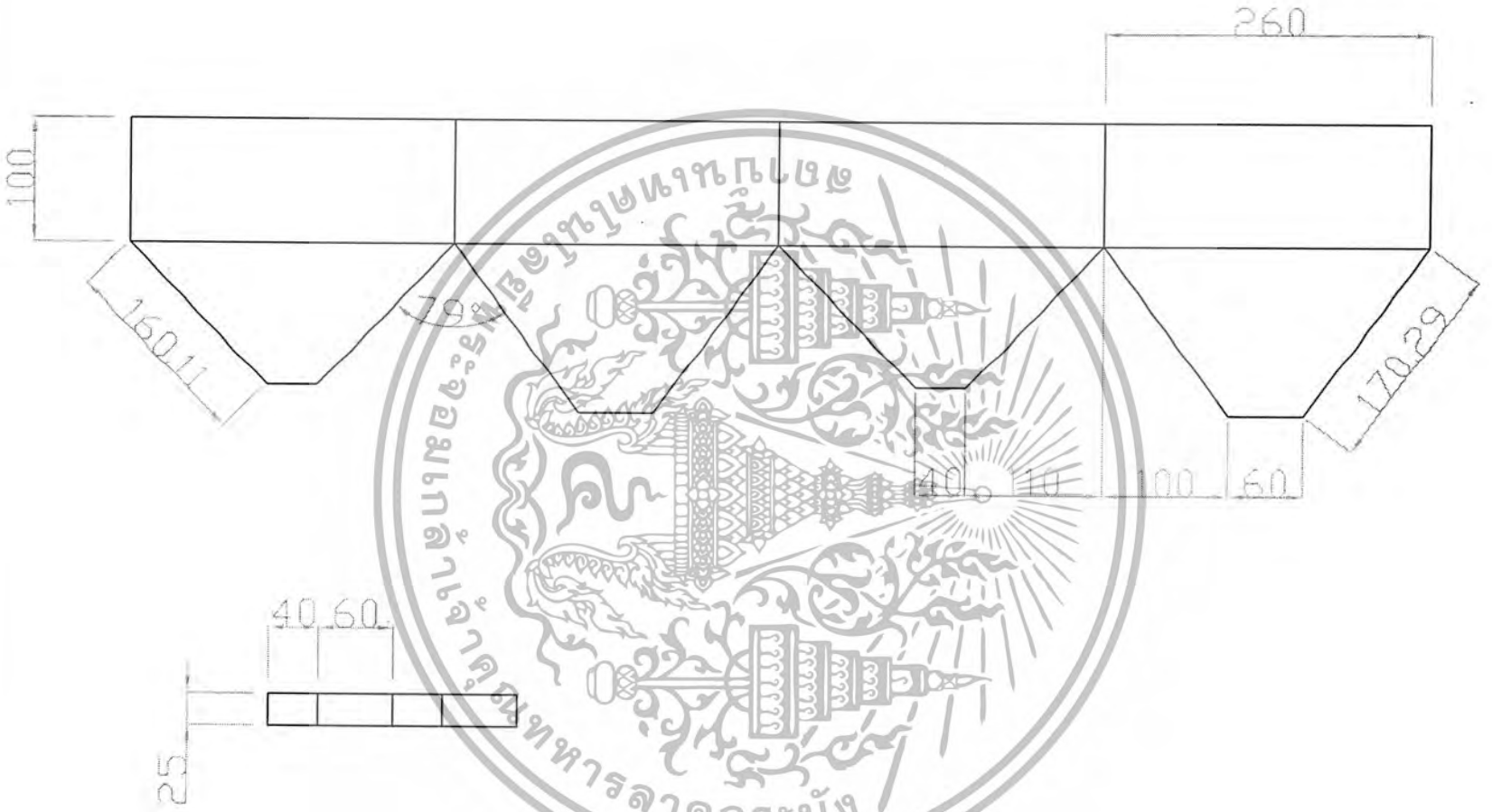


Item ref	Quantity	MATIRIAL = 1045			AUTONETIC WEIGHING MACHINE	
Designed by DRATHAI		Checked by PHOLCHAI	Approved by - date DRATHAI 20/02/47	File name	Date 4/7/46	Scale On scale
Part 5		CYLINDER SUPPORT				
		DRAWING NUMBER 6			Edition -	Sheet -



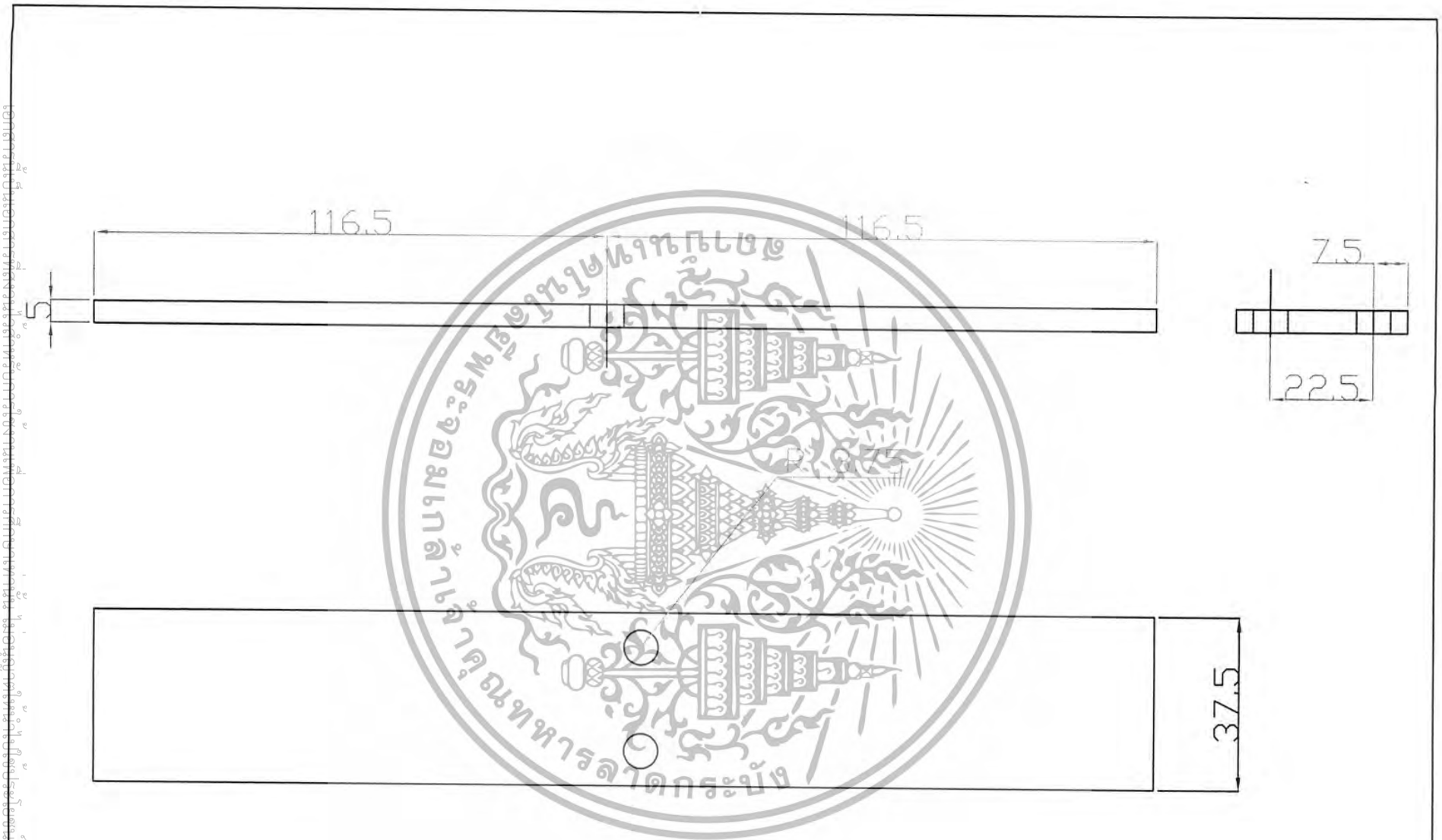
Item ref	Quantity	MATIRIAL = 1045			AUTOMETIC WEIGHING MACHINE	
Designed by ORATHAI		Checked by PHOLCHAI	Approved by - date ORATHAI 20/02/47	File name	Date 4/7/46	Scale On scale
Part 6		SHUTTER VALVE				
		DRAVING NUMBER 7			Edition -	Sheet -

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

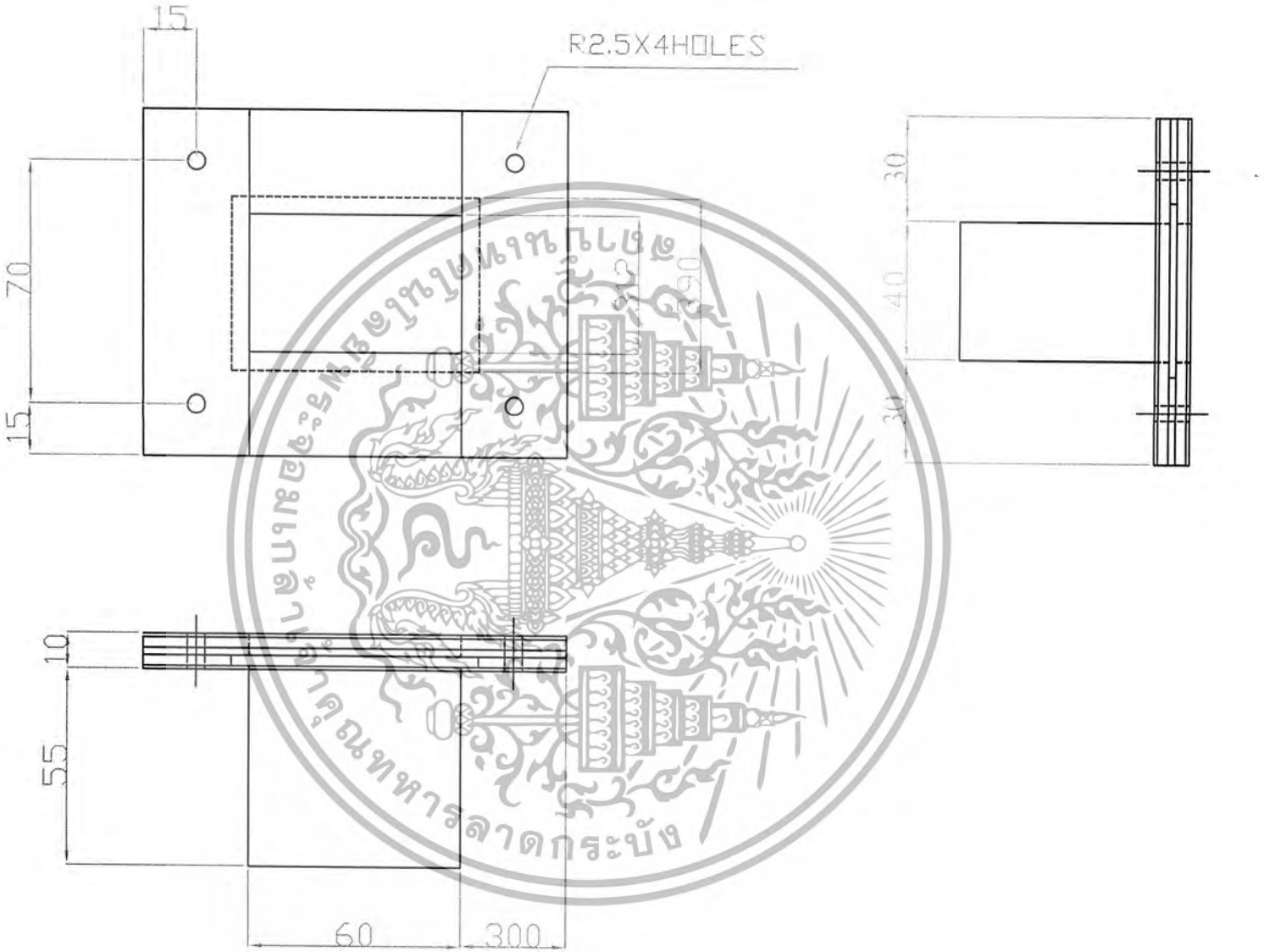


Item ref	Quantity	MATIRIAL = 1045			AUTOMETIC WEIGHING MACHINE	
Designed by DRATHAI	Checked by PHOLCHAI	Approved by - date DRATHAI 20/02/47	File name		Date 4/7/46	Scale On scale
Part 8		HOPPER				
		DRAWING NUMBER 2			Edition -	Sheet -

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
ห้ามนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

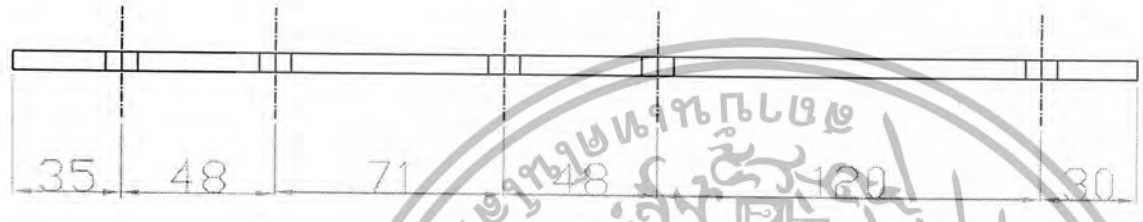


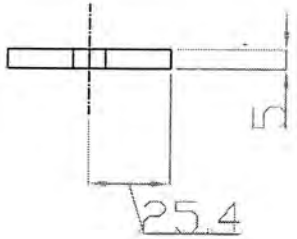
Item ref	Quantity	MATIRIAL = 1045			AUTOMETIC WEIGHING MACHINE	
Designed by DRATHAI		Checked by PHOLCHAI	Approved by - date DRATHAI 20/02/47	File name	Date 4/7/46	Scale On scale
Part 9			CYLINDER SUPPORT			
			DRAWING NUMBER 9		Edition -	Sheet -



Item ref	Quantity	MATIRIAL = 1045			AUTOMETIC WEIGHING MACHINE	
Designed by DRATHAI	Checked by PHOLCHAI	Approved by - date DRATHAI 20/02/47	File name		Date 4/7/46	Scale On scale
Part 11		SHUTTER VALVE				
		DRAWING NUMBER 12			Edition -	Sheet -

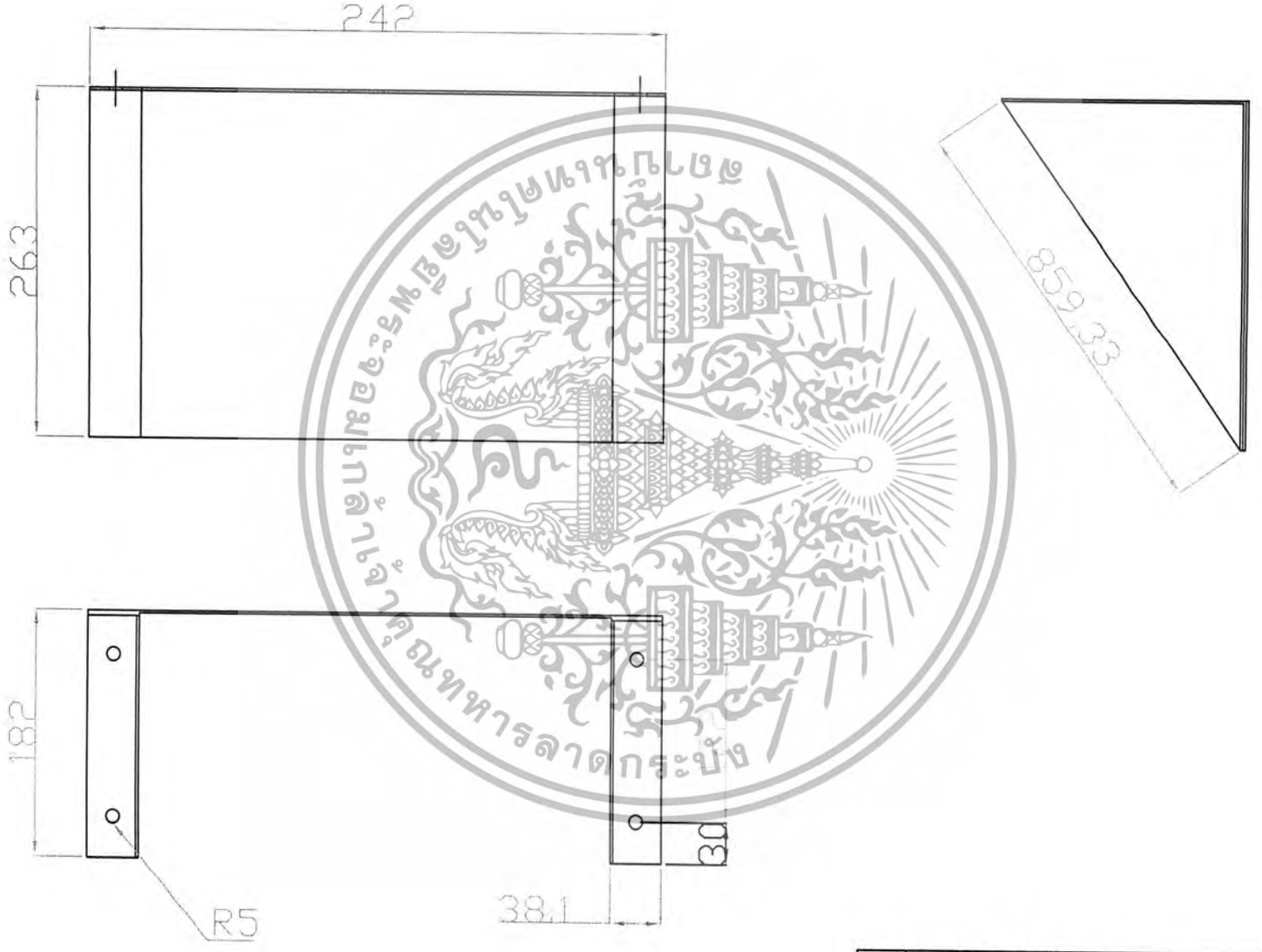
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ยกเว้นได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเท่านั้น



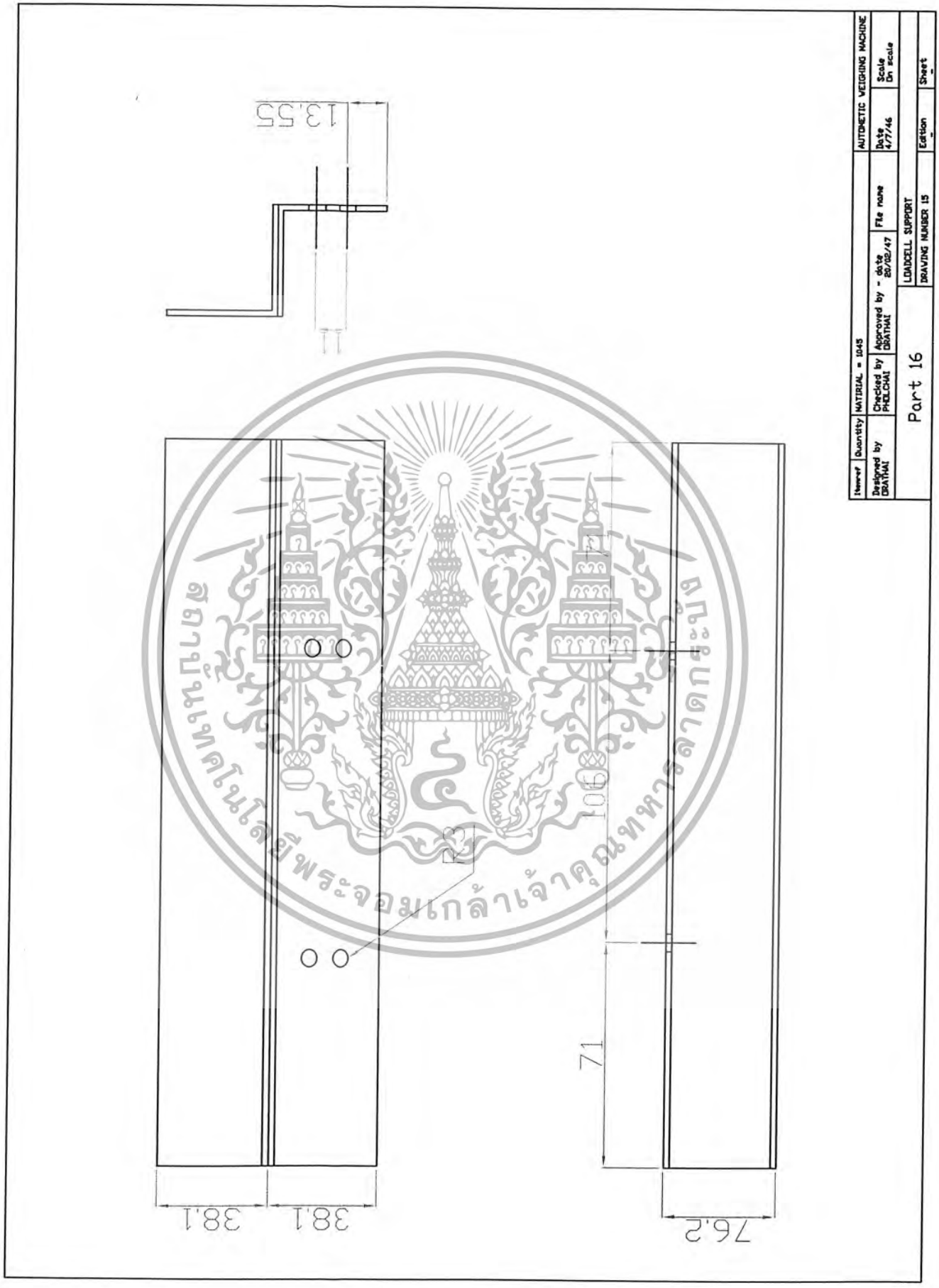


Item ref	Quantity	MATIRIAL = 1045			AUTOMETIC WEIGHING MACHINE	
Designed by ORATHAI		Checked by PHOLCHAI	Approved by - date ORATHAI 20/02/47	File name	Date 4/7/46	Scale On scale
Part 12		STRUCTURE				
		DRAWING NUMBER 11			Edition -	Sheet -

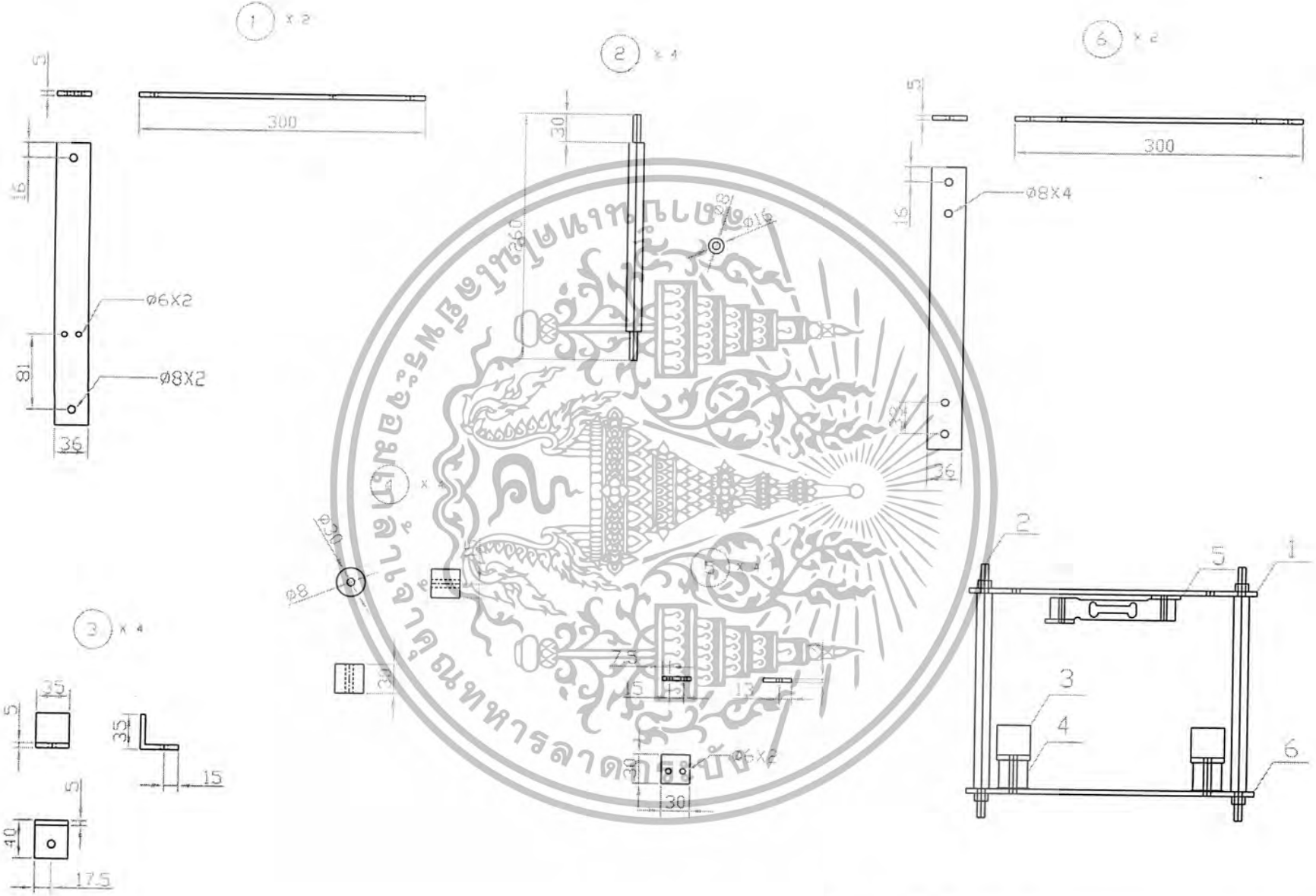
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



Item ref	Quantity	MATIRIAL = 1045			AUTOMETIC WEIGHING MACHINE	
Designed by DRATHAI		Checked by PHOLCHAI	Approved by - date DRATHAI 20/02/47	File name	Date 4/7/46	Scale On scale
Part 13		PLATE				
		DRAWING NUMBER 12			Edition -	Sheet -



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ห้ามมิให้ผู้ใดนำไปใช้ในการค้าหรือแสวงหาผลประโยชน์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

Itemref	Quantity	MATIRIAL = 1045			AUTOMETIC WEIGHING MACHINE	
Designed by DRATHAI		Checked by PHOLCHAI	Approved by - date DRATHAI 20/02/47	File name	Date 4/7/46	Scale On scale
Part 17		STRUCTURE				
		DRAWING NUMBER 16			Edition -	Sheet -