



ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อ เครื่องชั่งน้ำหนัก ๓๐๐ กิโลกรัม
300 Kilograms Digital Scales

ชื่อนักศึกษา 1. นายชาคริต ชานูณรงค์ รหัสประจำตัว 47035385
2. นายณัฐศักดิ์ วงษ์อนุชิตเมธา รหัสประจำตัว 47035388
3. นายศราพงศ์ ปราบราย รหัสประจำตัว 47035403
4. นายเอกวิทย์ จิตรเที่ยง รหัสประจำตัว 47035416

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา อ.ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อ.รววิทย์ สมหา

คณะกรรมการสอบปริญญาโท	ลายมือชื่อ
1. อ.อำพล ทองระอา	
2. อ.ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์	
3. อ.พรพิมล ฉายรัตน์	พรพิมล ฉายรัตน์
4. ผศ.กิตติพงศ์ มะโน	
5. อ.อมรชัย ชัยชนะ	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 27 เดือนเมษายน พ.ศ. 2549 เวลา 11.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.สุรสิทธิ์ รัตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 1 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2549



<BT481342>

เครื่องชั่งน้ำหนัก ๓๐๐ กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาบัตร

เครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม

300 KILOGRAMS DIGITAL SCALE



๖ ๕๕๖๖ ๗
๕๕๕๕

เลขที่.....
เลขทะเบียน..... **66691**
วัน,เดือน,ปี..... - ๘ พ.ย. ๒๕๕๙

b. 11660315
i.

ปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม
300 Kilograms Digital Scale

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการของเครื่องชั่งน้ำหนัก
2. เพื่อออกแบบแท่นชั่งน้ำหนัก วงจรแหล่งจ่ายไฟ วงจรขยายสัญญาณผลต่าง วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลและวงจรชุดประมวลผล
3. เพื่อสร้างแท่นชั่งน้ำหนัก วงจรแหล่งจ่ายไฟ วงจรขยายสัญญาณผลต่าง วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลและวงจรชุดประมวลผล
4. เพื่อทำการทดลองหาค่าผิดพลาดของเครื่องชั่งน้ำหนัก
5. เพื่อนำเครื่องชั่งน้ำหนักไปใช้งานเชิงสัตว์หรือสิ่งของต่างๆ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้ของเครื่องชั่งน้ำหนัก
2. ได้วงจรของเครื่องชั่งน้ำหนัก
3. ได้ต้นแบบเครื่องชั่งน้ำหนัก
4. ได้ผลการทดลองของเครื่องชั่งน้ำหนัก
5. ได้เครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 300 กิโลกรัม ไปใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	เครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม	
นักศึกษา	นายชาคริต	ชาตุนรงค์
	นายณัฐศักดิ์	วงษ์อนุชิตเมธา
	นายศราพงศ์	ปราบราย
	นายเอกวิทย์	จิตรเที่ยง
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ปิยะ	จิตธรรมมาภิรมย์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์วรวิทย์	สมหา
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2548	

บทคัดย่อ

ปริญญาโทฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 300 กิโลกรัม โดยเครื่องชั่งจะประกอบด้วย 4 ส่วน คือ โหลดเซลล์ ตัวแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ภาคประมวลผลและภาคแสดงผล โหลดเซลล์ทำหน้าที่เปลี่ยนค่าน้ำหนักให้เป็นแรงดันที่สัมพันธ์ ตัวแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลทำหน้าที่แปลงแรงดันที่แทนค่าน้ำหนักให้เป็นสัญญาณดิจิตอล ภาคประมวลผลทำหน้าที่นำสัญญาณดิจิตอลที่ได้จากตัวแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลมาทำการประมวลผลหาค่าน้ำหนักที่แท้จริงแล้วส่งออกไปแสดงผลที่ภาคแสดงผล

เครื่องชั่งที่สร้างขึ้นได้ถูกนำไปทดสอบโดยการวัดค่าน้ำหนักเปรียบเทียบกับเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล ยี่ห้อ SOEHNLE จำนวน 5 ครั้ง ผลปรากฏว่ามีค่าคลาดเคลื่อน 5 เปอร์เซ็นต์

Thesis Title	300 Kilograms Digital Scale
Students	Mr. Chakrit Channarong Mr. Nuttasak Wonganuchimata Mr. Sarapong Prabray Mr. Ekawit Jitting
Advisor	Mr. Piya Jitthamapirom
Co-Advisor	Mr. Worawit Somha
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education
Program in	Industrial Instrument Technology
Academic Year	2005

ABSTRACT

This thesis represents the designing and creating of the digital scale for 300 kilograms type. The digital scale consists of 4 components, load cell system, analog into digital converter system, processing system and resulting system. Specifically, load cell system functionally transforms the analog weight into digital weight system. Next, the analog into digital converter will systematically display the analog weight changed into digital weight result. Then, the processing system will be received the actual digital weight information and send to the display.

It has been tested by comparing to SOEHNLE for 5 times and has an error less than 5 percent

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ดีนั้น เนื่องมาจากความร่วมมือร่วมใจของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์ อาจารย์วรวิทย์ สมทา และอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านเป็นอย่างมากที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนข้อมูลและอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์ต่อการทดลองโครงการ และในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและสำนักหอสมุดกลางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าข้อมูล

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้มีพระคุณสำหรับพวกเราที่ได้ให้การสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่างทางด้านการศึกษาดลอดมาจนถึงปัจจุบัน และสุดท้ายต้องขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจให้เสมอมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 จุดมุ่งหมายของโครงการ	1
1.3 สมมุติฐานของการจัดทำโครงการ	1
1.4 ขีดความสามารถของโครงการ	1
1.5 ขั้นตอนการทำโครงการ	1
1.6 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ตัวเปลี่ยนน้ำหนักเป็นแรงดันไฟฟ้า	3
2.1.1 ชิ้นส่วนรับน้ำหนัก	3
2.1.2 สเตรนเกจแบบค่าความต้านทาน	11
2.2 การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล	12
2.3 อุปกรณ์แสดงผล LCD	14
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	19
3.1 กล่าวนำ	19
3.2 หลักการเครื่องชั่ง	19
3.3 การวัดสัญญาณเอาต์พุตที่ออกจากโพลดเซลล์	20
3.4 วงจรภาคขยายสัญญาณผลต่าง	22
3.5 วงจรภาคแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล	32
3.6 วงจรภาคประมวลผล	32
3.7 วงจรภาคแสดงผล	34
3.8 ซอฟต์แวร์	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	35
4.1 กล่าวนำ	35
4.2 การทดลองซึ่งน้ำหนักและบันทึกผลการทดลอง	35
บทที่ 5 บทสรุป	43
5.1 สรุป	43
5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข	43
5.3 แนวทางการพัฒนา	44
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	45
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	48
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	53
ภาคผนวก ง รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	56
ภาคผนวก จ ผังงาน และแสดงผังงานของโปรแกรม	61
ภาคผนวก ฉ รหัสต้นฉบับของโปรแกรม	63
ภาคผนวก ช คู่มือการใช้งาน	73
บรรณานุกรม	77
ประวัติผู้แต่ง	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คำสั่งของ LCD	15
2.2 คำสั่งลบการแสดงผลที่มีอยู่	15
2.3 คำสั่งย้ายเคอร์เซอร์ไปที่ตำแหน่งเริ่มต้น	16
2.4 คำสั่งเปิด/ปิด การแสดงผล	16
2.5 คำสั่งกำหนดวิธีการทำงานของ LCD	17
2.6 คำสั่งเขียนข้อมูลไปที่ LCD	17
2.7 คำสั่งกำหนดตำแหน่งของ DDRAM	18
2.8 หน้าทีของขาแต่ละขาของ LCD ที่ใช้งาน	18
3.1 แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากโพลเซลล์ที่ช่วงน้ำหนัก 0-10 กิโลกรัม	20
3.2 แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากโพลเซลล์ที่ช่วงน้ำหนัก 10-100 กิโลกรัม	21
3.3 แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากโพลเซลล์ที่ช่วงน้ำหนัก 50-300 กิโลกรัม	21
3.4 แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรรขยายสัญญาณผลต่าง 300 เทา ช่วงน้ำหนัก 1-10 กิโลกรัม	23
3.5 แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรรขยายสัญญาณผลต่าง 300 เทา ช่วงน้ำหนัก 10-100 กิโลกรัม	24
3.6 แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรรขยายสัญญาณผลต่าง 300 เทา ช่วงน้ำหนัก 50-300 กิโลกรัม	25
3.7 แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรรขยายสัญญาณผลต่าง 400 เทา ช่วงน้ำหนัก 1-10 กิโลกรัม	26
3.8 แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรรขยายสัญญาณผลต่าง 400 เทา ช่วงน้ำหนัก 10-100 กิโลกรัม	27
3.9 แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรรขยายสัญญาณผลต่าง 400 เทา ช่วงน้ำหนัก 50-300 กิโลกรัม	28
3.10 แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรรขยายสัญญาณผลต่าง 500 เทา ช่วงน้ำหนัก 1-10 กิโลกรัม	29
3.11 แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรรขยายสัญญาณผลต่าง 500 เทา ช่วงน้ำหนัก 10-100 กิโลกรัม	30
3.12 แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรรขยายสัญญาณผลต่าง 500 เทา ช่วงน้ำหนัก 50-300 กิโลกรัม	31
4.1 ผลการทดสอบเครื่องชั่งน้ำหนัก SOEHNLE เทียบกับเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม ซึ่งทำการชั่งคน 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยและค่าความผิดพลาดจากเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม	35
4.2 ผลการทดสอบเครื่องชั่งน้ำหนัก SOEHNLE เทียบกับเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม ซึ่งทำการชั่งคน 5 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยและค่าความผิดพลาดจากเครื่องชั่ง 300 กิโลกรัม	39
4.3 ผลการทดสอบเครื่องชั่งน้ำหนัก SOEHNLE เทียบกับเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม ซึ่งทำการชั่งลูกเหล็ก 5 ครั้ง ตั้งแต่ 1 - 50 กิโลกรัม และหาค่าเฉลี่ยและค่าความผิดพลาด จากเครื่องชั่ง 300 กิโลกรัม	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	4
2.2	7
2.3	13
2.4	14
2.5	15
3.1	19
3.2	20
3.3	21
3.4	22
3.5	23
3.6	24
3.7	25
3.8	26
3.9	27
3.10	28
3.11	29
3.12	30
3.13	31
3.14	31
3.15	32
3.16	33
3.17	34
3.18	34
4.1	37
4.2	38
4.3	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม เป็นที่ต้องการใช้ในงานหลายอย่าง เช่นชั่งของ ชั่งสัตว์ เป็นต้น แต่ยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศและยังมีราคาสูงอยู่มาก ทำให้เกิดการเสียดุลการค้าระหว่างประเทศ เครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ยังเป็นเครื่องชั่งแบบแอนะล็อก ซึ่งบางครั้งค่าที่ชั่งได้อาจผิดพลาด

ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องชั่งให้มีราคาถูกลง โดยยังคงมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเครื่องชั่งที่นำเข้า

1.2 จุดมุ่งหมายของโครงการ

คณะผู้จัดทำได้สร้างเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัมขึ้นมา เพื่อใช้ชั่งน้ำหนักสัตว์หรือสิ่งของที่มีน้ำหนักระหว่าง 0-300 กิโลกรัม

1.3 สมมุติฐานของการจัดทำโครงการ

เมื่อทำการสร้างเครื่องชั่งสำเร็จ ผู้ที่นำเครื่องชั่งไปใช้งานก็จะสามารถชั่งน้ำหนักวัตถุที่มีน้ำหนักระหว่าง 0-300 กิโลกรัม ได้

1.4 ขีดความสามารถของโครงการ

โครงการนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1. สามารถชั่งน้ำหนักได้ระหว่าง 0 ถึง 300 กิโลกรัม
2. สามารถแสดงผลน้ำหนักเป็นตัวเลข ผ่านจอ LCD
3. ค่าความผิดพลาดไม่เกิน ± 5 เปอร์เซ็นต์

1.5 ขั้นตอนการทำโครงการ

โครงการนี้จะประกอบด้วยฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ซึ่งการทำงานในระยะแรกจะเริ่มต้นจากการทำฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ควบคู่กันไป โดยเริ่มจากการศึกษาหลักการทางของโพลดเซลล์ วงจรขยายสัญญาณผลต่าง วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล และชุดประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อทำการศึกษาเสร็จจึงเริ่มการออกแบบแทนซึ่งพร้อมติดตั้งโพลดเซลล์ วงจรขยายสัญญาณผลต่าง วงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล และชุดประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์ หลังจากการออกแบบจะเป็น การสร้างเครื่องชั่งน้ำหนัก การทดลองเครื่องชั่งน้ำหนักและสรุปผล

1.6 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปฏิญญาพันธบัตรฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นและความสำคัญของปฏิญญาพันธบัตร ชี้ความสามารถของโครงการ และ เนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 ประกอบด้วย ทฤษฎีและหลักการของตัวเปลี่ยนน้ำหนักเป็นแรงดันไฟฟ้า การแปลงสัญญาณ แอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลและการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาเกี่ยวกับ การออกแบบและการสร้างเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัมและชุด ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

บทที่ 4 ประกอบด้วย การทดลองและผลการทดลองของวงจรต่างๆที่ใช้ในชุดทดลอง ที่สร้างขึ้นว่ามี ผลการทดลองการทำงานเป็นตามที่ออกแบบไว้ แล้วทำการทดสอบการทำงานและประสิทธิภาพของเครื่องชั่ง น้ำหนัก 300 กิโลกรัม

บทที่ 5 บทสรุปปัญหาแนวทางการแก้ไขปัญหาและการพัฒนา เป็นการสรุปข้อบกพร่องต่างๆที่เกิด ขึ้นกับเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม และการทำงานซึ่งรวมไปถึงด้านโปรแกรมด้วยอภิปรายถึงสาเหตุ ข้อบกพร่อง และแนวทางการแก้ไขและพัฒนาต่อไป

ภาคผนวกแสดงรายละเอียดของโปรแกรมชุดชั่งน้ำหนักชุดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์และทราบ รายละเอียดเกี่ยวกับอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้จัดทำโครงการดังต่อไปนี้

ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์

ภาคผนวก ง รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

ภาคผนวก จ ผังงาน และแสดงผังงานของโปรแกรม

ภาคผนวก ฉ รหัสต้นฉบับของโปรแกรม

ภาคผนวก ช คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ตัวเปลี่ยนน้ำหนักเป็นแรงดันไฟฟ้า (Load cell)

ตัวเปลี่ยนน้ำหนักเป็นแรงดันไฟฟ้าซึ่งต่อไปนี้จะขอเรียกว่า “โหลดเซลล์” เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำหนักของโหลดให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการทางกลศาสตร์และทางไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ร่วมกันกล่าวคือ เมื่อมีน้ำหนักมากระทำต่อโหลดเซลล์จะเกิดการยืดหรือหดตัวขึ้นในเนื้อวัสดุตามลักษณะการกระทำของแรงดึงหรือแรงกดจากการยืดหดตัวของวัสดุนี้จะทำให้เกิดความเค้น (Stress) ความเครียด (Strain) ขึ้นในวัสดุซึ่งเป็นไปตามกฎของฮุก (Hook's Law) จากนั้นจะใช้สเตรนเกจซึ่งติดอยู่บนตัวรับน้ำหนักทำหน้าที่เปลี่ยนความเครียดในวัสดุให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าซึ่งเมื่อผ่านการขยายและปรับแต่งสัญญาณแรงดันไฟฟ้าแล้วจะสามารถแสดงผลออกมาเป็นค่าน้ำหนักโดยตรงและที่สำคัญ ลักษณะข้อมูลที่อยู่ในรูปของสัญญาณแรงดันไฟฟ้ายังง่ายต่อการนำไปใช้งานจากหลักการทำงานของโหลดเซลล์จะเห็นว่าโครงสร้างจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือ

2.1.1 ชิ้นส่วนรับน้ำหนัก

ชิ้นส่วนรับน้ำหนักที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักของโหลดที่มากระทำต่อโหลดเซลล์ซึ่งจะเกิดการยืดหรือหดตัวในเนื้อวัสดุทำให้เกิดความเค้นหรือความเครียดขึ้นโดยทั่วๆ ไปแล้วชิ้นส่วนรับน้ำหนักต้องไม่มีการยืดหรือหดตัวอย่างถาวรขณะรับน้ำหนักจากกฎของฮุกจะให้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงหรือน้ำหนักที่มากระทำต่อชิ้นส่วนรับน้ำหนักกับค่าความเครียดได้ซึ่งความสัมพันธ์ได้แสดงไว้ดังนี้

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F/A}{\Delta L/L} \quad (2.1)$$

เมื่อ	E	คือ โมดูลัสความยืดหยุ่น (นิวตัน/มม. ²)
	σ	คือ ความเค้น
	F	คือ แรงที่กระทำ (นิวตัน)
	A	คือ พื้นที่หน้าตัด
	L	คือ ความยาวเดิมของชิ้นส่วนน้ำหนัก (มม. ²)
	ΔL	คือ ความยาวที่เปลี่ยนไปของชิ้นส่วนรับน้ำหนัก (มม.)

โดยการเลือกรูปร่างและชนิดของวัสดุที่ใช้ทำชิ้นส่วนรับน้ำหนักให้เหมาะสมแล้วจะให้ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดและแรงในลักษณะเชิงเส้นซึ่งวัสดุที่ใช้ควรมีคุณสมบัติดังนี้

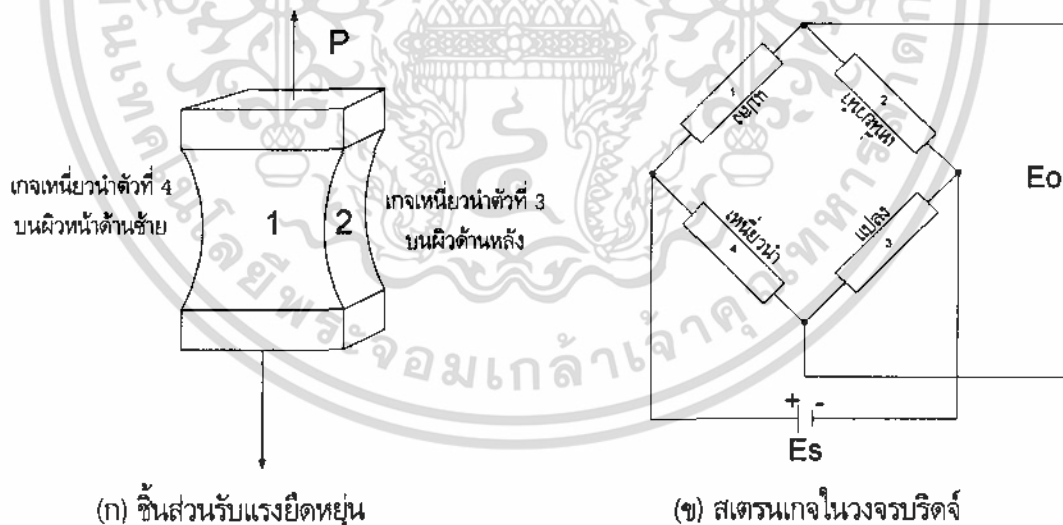
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดเป็นเชิงเส้นอยู่ในช่วงกว้างๆ
2. เมื่อสเตรนฮิสเตอร์รีซิส (Strain Hysterisis) ต่ำเมื่อรับโหลดซ้ำๆ กัน
3. เมื่อการเปลี่ยนแปลงของความเครียดต่อเวลาต่ำในขณะที่ความเค้นคงที่

การวัดแรง (Force Measurements) ตัวแปลงสัญญาณที่ใช้ในการวัดแรงบิดและแรงกดปกติจะประกอบด้วยชิ้นส่วนรับแรงยืดหยุ่นซึ่งจะแปรผันปริมาณไปเป็นการวัดการหักเหหรือความเครียดตัวตรวจจับการหักเหสเตรนเกจสามารถใช้ในการวัดปริมาณของผลที่วัดคุณลักษณะโดยทางอ้อมของตัวแปลงสัญญาณ เช่น ระยะเวลาเชิงเส้นและความไวซึ่งจะกำหนดโดยขนาดและตัวตรวจจับ (Sensor) เป็นต้น วัสดุที่ใช้ทำเป็นชิ้นส่วนรับน้ำหนักจะใช้เหล็กคาร์บอนปานกลางผสมโครเมียมและโมลิบดีม ส่วนรูปร่างของชิ้นส่วนรับน้ำหนักที่นิยมใช้กันนั้นจะมีรูปร่างแตกต่างกันออกไปตามขนาดของโหลดที่ใช้รับน้ำหนักซึ่งมีลักษณะใหญ่ๆ ดังนี้

1. แบบแกน

ชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบแกนเดี่ยวพร้อมด้วยสเตรนเกจซึ่งจะแสดงในรูปที่ 2.1 น้ำหนักของโหลด (P) สามารถที่จะเป็นน้ำหนักดึงหรือน้ำหนักกดซึ่งจะมีสเตรนเกจทั้งสี่ตัวติดอยู่กับแกนโดยจะมีสองตัวติดตรงกับแกนและอีกสองตัวจะติดตามขวางของแกนสเตรนเกจทั้งสี่ตัวเป็นขดลวดซึ่งจะอยู่ในวงจรบริดจ์แขนของสเตรนเกจตัวที่ 1 และตัวที่ 3 จะติดอยู่ตามแกนแขนของสเตรนเกจตัวที่ 2 และตัวที่ 4 จะติดอยู่ตามขวางดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบแกน

เมื่อน้ำหนักของโหลด (P) มากจะทำกับแกนความเครียดในแกน (E_s) และความเครียดตามขวาง (E_t) จะมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\epsilon_a = \frac{P}{AE} \quad \text{และ} \quad \epsilon_t = \frac{vP}{AE} \quad (2.2)$$

เมื่อ A คือ พื้นที่ตัดขวางของแกน

E คือ โมดูลัสความยืดหยุ่นของโลหะที่ใช้ทำแกน

v คือ อัตราส่วนปัวซองของโลหะที่ใช้ทำแกน

ปฏิบัติการตอบสนองของสเตรนแกนเมื่อน้ำหนักของโหลดมากระทำเท่ากับ

$$\frac{\Delta R1}{R1} = \frac{\Delta R3}{R3} = Sg\epsilon_a = \frac{SgP}{AE}$$

$$\frac{\Delta R2}{R2} = \frac{\Delta R4}{R4} = Sg\epsilon_t = \frac{v.SgP}{AE} \quad (2.3)$$

แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต E_o จากวงจรบริดจ์จะแสดงได้ในเทอมของน้ำหนักโหลด (P) โดยแทนค่าในสมการที่ (2.3) ถ้าสมมติให้ตัวสเตรนแกนทั้งสองมีค่าเหมือนกัน คือ $R1=R2$ จะได้

$$E_o = \frac{SgP(1+v)E_i}{2AE} \quad (2.4)$$

$$P = \frac{2AE}{Sg(1+v)E_i} E_o = CE_o \quad (2.5)$$

ซึ่งจะแสดงให้เห็นรูปของน้ำหนัก P เป็นสัดส่วนเชิงเส้นของแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต E_o และเป็นสัดส่วนที่คงที่หรือค่าคงที่การตรวจสอบ (C) คือ

$$C = \frac{2AE}{Sg(1+v)E_i} \quad (2.6)$$

ความไวของวงจรบริดจ์จัดห้โดยให้ $S = E_o/P$ ฉะนั้น

$$S = \frac{E_o}{P} = \frac{1}{C} = \frac{Sg(1+v)E_i}{2AE} \quad (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะแสดงถึงความไวของชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบแกนว่าขึ้นอยู่กับพื้นที่ทำตัดขวางของแกน (A) ค่าคงที่ความยืดหยุ่นของวัสดุที่ใช้ทำสเตรนเกจของแกน (E และ V) สเตรนเกจจะใช้เช่นเดียวกับตัวรับ (Sg) และแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานของแรงดันไฟฟ้าอินพุตของวงจรวัด (Ei) ระยะห่างของชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบแกนได้กำหนดโดยพื้นที่ตัวตั้งฉากกับแกนและความแข็งแรง Sf ของวัสดุที่ใช้ทำตัวสเตรนเกจ

$$P_{\max} = S_f A \quad (2.8)$$

อัตราส่วนแรงดันไฟฟ้าที่มีน้ำหนักสูงสุด $(E_o/E_i)_{\max}$ สำหรับชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบแกนคือ การแทนด้วยสมการที่ (2.8) ในสมการที่ (2.4) ดังนั้น

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{S_g S_f (1 + \nu)}{2E} \quad (2.9)$$

ชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบแกนส่วนมากวัสดุที่นำมาทำสเตรนเกจจะใช้วัสดุ AISI 4340 (E = 30,000,000 psi และ $\nu = 0.3$) Sf = 80,000 psi เมื่อ Sg = 2 สำหรับการใส่สเตรนเกจในชิ้นส่วนรับน้ำหนักสมการ (2.9) แสดงได้คือ

$$\left(\frac{E_o}{E_i}\right)_{\max} = \frac{2(80,000)(1 + 0.3)}{2(30,000,000)} = 3.47 \text{ mV/V}$$

ชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบแกนโดยทั่วไปมีค่าสูงสุดของอัตราแรงดันไฟฟ้า $(E_o/E_i)_{\max} = 3$ มิลลิโวลต์ต่อโวลต์ ค่าน้ำหนักสูงสุด (P = Pmax) เกี่ยวกับข้อกำหนดค่าสูงสุดของอัตราแรงดันไฟฟ้า $(E_o/E_i)_{\max}$ ค่าน้ำหนัก P บนชิ้นส่วนรับน้ำหนักจะแสดงได้โดย

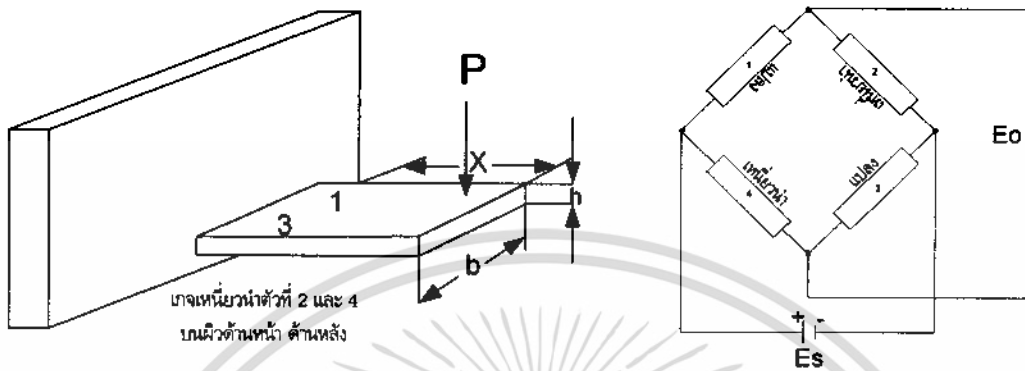
$$P = \frac{E_o / E_i}{(E_o / E_i)_{\max}} P_{\max} \quad (2.10)$$

แรงดัน Ei นี้เป็นชนิดสำหรับ 10 โวลต์ เพราะฉะนั้นค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบแกนที่มีค่าน้ำหนักสูงสุดจะมีค่าใกล้เคียง 3 มิลลิโวลต์ สัญญาณเอาต์พุตสามารถดูได้จากโวลต์มิเตอร์แบบดิจิตอลหรือถ้าสัญญาณเป็นสัญญาณไดนามิกจะสามารถแสดงผลได้บนเครื่องบันทึกออสซิลโลสโคป

2. แบบคาน

ชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบคานจะมีลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกับการวัดน้ำหนักที่ตำแหน่งเดียวกัน เมื่อชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบคานไม่สามารถทำได้ สำหรับชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบคานจะแสดงดังรูปที่ 2.2 (ก) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบด้วยตัวสเตรนเกจสองตัวอยู่บนผิวหน้าและตัวสเตรนเกจอีกสองตัวอยู่ที่ด้านใต้ของผิวหน้าวางตามความยาวของคานาสเตรนเกจเป็นขอลวดที่อยู่ภายในวงจรรบริดจ์ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.2 (ข)



(ก) ชั้นส่วนรับแรงยึดหยุ่น

(ข) สเตรนเกจในวงจรรบริดจ์

รูปที่ 2.2 ชั้นส่วนรับน้ำหนักแบบคาน

$$\epsilon_1 = -\epsilon_2 = \epsilon_3 = -\epsilon_4 = \frac{6M}{Ebh^2} = \frac{6Px}{Ebh^2} \quad (2.11)$$

เมื่อ b คือ ความกว้างหน้าตัดของคาน

h คือ ความสูงหน้าตัดของคาน

การตอบสนองของสเตรนเกจที่ได้รับจากสมการที่ (2.11) ดังนี้

$$\frac{\Delta R_1}{R_1} = -\frac{\Delta R_2}{R_2} = \frac{\Delta R_3}{R_3} = -\frac{\Delta R_4}{R_4} = \frac{6S_g Px}{Ebh^2} \quad (2.12)$$

แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต E_o จากวงจรรบริดจ์จะทำให้ทราบผลจากน้ำหนัก P ถ้าสเตรนเกจทั้งสี่ตัวบนคานจะสมมติให้มีค่า

$$E_o = \frac{6S_g Px E_i}{Ebh^2} \quad (2.13)$$

หรือ

$$P = \frac{Ebh^2}{6S_g x E_i} E_o = CE_o \quad (2.14)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ (2.14) แสดงค่าน้ำหนักของ P เป็นสัดส่วนเชิงเส้นกับแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตและค่าคงที่ของสัดส่วนหรือค่าคงที่ของการวัด (C) คือ

$$C = \frac{Ebh^2}{6S_g x E_i} \quad (2.15)$$

ความไวของวงจรถบรีดจ์โดยให้ $S = E_o/P$ เพราะฉะนั้น

$$S = \frac{E_o}{P} = \frac{1}{C} = \frac{6S_g P x E_i}{Ebh^2} \quad (2.16)$$

สมการที่ (2.16) ได้แสดงว่าความไวของชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบคานขึ้นขึ้นอยู่กับรูปร่างของภาพตัดขวางของคาน (b และ h) โมดูลัสความยืดหยุ่นของโลหะที่ใช้ทำตัวสเตรนเกจ (E) ตำแหน่งของน้ำหนักที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับ (x) สเตรนเกจ (S_g) และการมีแรงดันไฟฟ้าอินพุตของวงจรถบรีดจ์ (E_i)

ระยะของชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบคานขึ้นอยู่กับขนาดภาพตัดขวางของคานตำแหน่งของจุดที่ใช้ทำงานของน้ำหนักและความแข็งแรงการล้าของโลหะจากวัสดุที่ใช้ทำสเตรนเกจสมมติให้เกจอยู่ใกล้กับจุดรองรับของคาน $M_{\text{gage}} \approx M_{\text{max}}$ และ

$$P_{\text{max}} = \frac{S_f bh^2}{6x} \quad (2.17)$$

จากสมการที่ (2.15) และสมการที่ (2.16) ได้แสดงระยะทางความไวของชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบคานสามารถที่จะเปลี่ยนได้โดยการเปลี่ยนจุดน้ำหนักที่ใช้ในการใช้งานความไวสูงสุดและระยะที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับจุดยอดของน้ำหนักที่กระทำเคลื่อนที่ใกล้กับเกจ

อัตรา $(E_o/E_i)_{\text{max}}$ แรงดันไฟฟ้าที่น้ำหนักสูงสุดสำหรับชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบคานคือ การแทนสมการที่ (2.17) ลงในสมการที่ (2.13) ดังนั้น

$$\left(\frac{E_o}{E_i} \right)_{\text{max}} = \frac{S_g S_f}{E} \quad (2.18)$$

การเปรียบเทียบสมการที่ (2.18) กับสมการที่ (2.9) แสดงว่าชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบคานมีค่าความไวใกล้เคียงร้อยละ 50 มากกว่าชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบแกนโดยทั่วไปแล้วชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบคานจะมีอัตรา (E_o/E_i) อยู่ระหว่างที่ 4 ถึง 5 มิลลิโวลต์ต่อโวลต์ (mV/V) ที่ค่าเต็มสเกลของน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แบบวงแหวน

ชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบวงแหวนสามารถที่จะทำการออกแบบให้มีระยะต่างๆ ได้ตามน้ำหนักโดยการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ความหนา (t) และความกว้าง (w) ของขนาดวงแหวนทั้งสเตรนเกจหรือหม้อแปลงไฟฟ้าปรับความแตกต่างแบบเชิงเส้น (Linear Variable Diffent Tranformer หรือ LDT) ซึ่งต่อไปนี้จะขอเรียกว่า "LVDT" ซึ่งสามารถที่จะใช้ได้เช่นเดียวกับตัวตรวจจับ (Sensor) ถ้า LVDT เป็นตัวที่ใช้วัดแรงหรือการยืดตัวของวงแหวนความสัมพันธ์ระหว่างระยะที่เคลื่อนที่และน้ำหนัก P แสดงค่าโดยการประมาณค่าจะได้

$$\delta = 1.79 \frac{PR^3}{Ewt^3} \quad (2.19)$$

สมการที่ (2.19) เป็นค่าที่ใกล้เคียงเมื่อพื้นที่ที่เสริมแรงด้านบนด้านล่างของวงแหวนไม่มีน้ำหนักโหลดมากระทำแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต E_o ของ LVDT สามารถแสดงได้โดย

$$E_o = S \delta E_i \quad (2.20)$$

การแสดงค่าความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต E_o และค่าน้ำหนัก P โดยการแทนสมการที่ (2.19) ในสมการที่ (2.20) ดังนี้จะได้

$$E_o = 1.79 \frac{SPR^3 E_i}{Ewt^3} \quad (2.21)$$

$$P = 0.56 \frac{Ewt^3}{SR^3 E_i} E_o = CE_o \quad (2.22)$$

สมการที่ (2.22) ที่แสดงค่าน้ำหนักเป็นสัดส่วนเชิงเส้นกับแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต E_o หรือค่าสัดส่วนของค่าคงที่และค่าคงที่ของกราวด์ (C) จะมีค่าโดยประมาณเท่ากับ

$$C = 0.56 \frac{Ewt^3}{SR^3 E_i} \quad (2.23)$$

ความไวของวงแหวน LVDT ที่จัดให้ S, จะได้

$$S_i = \frac{E_o}{P} = \frac{1}{C} = 1.79 \frac{SR^3 E_i}{Ewt^3} \quad (2.24)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าความไวของชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบวงแหวนในการใช้ตัวรับแบบ LVDT จะขึ้นอยู่กับค่าต่างๆ ของวงแหวน (D , t และ w) วัสดุที่นำมาทำเป็นตัวสเตรนเกจ (E) และคุณลักษณะของ LVDT (S และ E)

ระยะของชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบวงแหวนได้ควบคุมโดยใช้ความแข็งของวัสดุที่ใช้ทำเป็นตัวสเตรนเกจถ้าใช้เป็นตัวในการวัดค่าน้ำหนักที่เป็นวัฏจักรความแข็งแรงของการล้าจะมีความสำคัญมากถ้าใช้ในกาวัดเฉพาะค่าน้ำหนักคงที่ข้อจำกัดสัดส่วนส่วนโลหะสามารถที่จะใช้การจัดตั้งระยะของชิ้นส่วนรับน้ำหนักที่ความดันสูงสุดในชิ้นส่วนของวงแหวนที่เสริมทั้งด้านบนและด้านล่างผิวหน้าด้านในจะมีค่าสูงมากกว่าของแหวนบนเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระยะตั้งฉากกับน้ำหนักที่กระทำการประเมินค่าที่ใกล้เคียงสำหรับความเค้นที่ตำแหน่งใดๆ ก็คือ

$$\sigma_o = 1.09 \frac{PR}{wt^2} \quad (2.25)$$

ดังนั้นจากสมการที่ (2.25) สำหรับการวัดน้ำหนักที่เป็นวัฏจักรจะได้

$$P_{\max} = 0.92 \frac{wt^3 S_f}{R} \quad (2.26)$$

อัตราแรงดันไฟฟ้าที่ค่าน้ำหนักสูงสุด (E_o/E_i)_{max} คือการแทนสมการที่ (2.25) ลงในสมการที่ (2.1) ดังนั้นจะได้

$$\left(\frac{E_o}{E_i} \right)_{\max} = 1.64 \frac{SR^2 S_f}{Et} \quad (2.27)$$

อัตราส่วนแรงดันไฟฟ้า (E_o/E_i) สำหรับชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบวงแหวนส่วนมากมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากสมการที่ (2.27) และไม่ทำงานที่ค่าเท่ากับระดับความเค้นความเสียหายของวัสดุอัตราส่วนแรงดันไฟฟ้า (E_o/E_i) และน้ำหนักในสมการที่ (2.10) สามารถที่จะทำให้น้ำหนักมีความเท่ากันในการวัดแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต

$$P = \frac{E_o / E_i}{(E_o / E_i)_{\max}} P_{\max} \quad (2.28)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของ LVDT ระยะสั้น (± 1.25 มิลลิเมตร) จะใช้สำหรับตัวรับซึ่งชิ้นส่วนรับน้ำหนักจะแสดงความไว 250 มิลลิโวลต์ต่อโวลต์มิเตอร์ ($mV/V.mm.$) ถ้าชิ้นส่วนของแหวนชิ้นส่วนรับน้ำหนักจะถูกออกแบบให้มีการหักเห $\delta_{max} = 1.25$ มิลลิโวลต์ ที่ Pmax ดังนั้นสมการที่ (2.20) แสดงได้ดังนี้

$$\left(\frac{E_o}{E_i}\right)_{max} = S\delta_{max} = 250(1.25) = 313mV/V \quad (2.29)$$

ชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบวงแหวนมีอัตรา (E_o/E_i) = 300 มิลลิโวลต์ต่อโวลต์คือการใช้ประโยชน์และมีความสามารถในการวัดทั้งแรงดึงและแรงอัด โดยใช้อัตราสัญญาณเอาต์พุตของชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบวงแหวนที่ใช้สเตรนเกจเป็นตัวตรวจจับ

2.1.2 สเตรนเกจแบบค่าความต้านทาน

สำหรับการใช้งานสเตรนเกจแบบค่าความต้านทานจะถูกยึดติดไว้กับผิวของชิ้นส่วนรับน้ำหนักในตำแหน่งที่มีความเครียดมากที่สุดเพื่อที่จะทำให้เกิดค่าเปลี่ยนแปลงที่ตัวต้านทานมากที่สุดอันเนื่องจากการยืดตัวหรือหดตัวของสเตรนเกจซึ่งจะถูกแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าก่อนนำไปใช้งาน

สเตรนเกจแบบค่าความต้านทานแบ่งออกเป็นสเตรนเกจแบบขดลวด (Wire resistance strain gauge) สเตรนเกจแบบโลหะบาง (Foil resistance strain gauge) และแบบสารกึ่งแผ่นตัวนำ (Semiconductor gauge)

แบบแรกคือสเตรนเกจแบบขดลวดและแบบท่อนโลหะบางซึ่งจะแสดง โดยมีหลักการทำงานเหมือนกันคือค่าความต้านทานของขดลวดหรือแผ่นโลหะบางจะมีค่าเปลี่ยนไปเพราะเกิดการเปลี่ยนแปลงความยาวขึ้นในสเตรนเกจซึ่งการเปลี่ยนแปลงความยาวนี้มีความสัมพันธ์กับความเครียดส่วนค่าความต้านทานของสเตรนเกจนั้นจะเป็นดังนี้

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.29)$$

- เมื่อ R คือ ค่าความต้านทานของสเตรนเกจ (โอห์ม)
 P คือ ความต้านทานจำเพาะของโลหะที่ใช้ทำสเตรนเกจ (โอห์ม-มม.)
 L คือ ความยาวเดิมของสเตรนเกจ (มม.)
 A คือ พื้นที่หน้าตัดของโลหะที่ใช้ทำสเตรนเกจ (มม²)

จากสมการที่ (2.29) จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานจะมากขึ้นหรือลดลงเมื่อความยาวเพิ่มขึ้นหรือลดลงสำหรับค่าความไวของสเตรนเกจหรือเกจแฟคเตอร์ (Gauge factor) นั้นจะเป็นอัตราส่วนของค่าความต้านทานที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยกับความยาวที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วย (ความเครียดของวัสดุ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$G = \frac{\Delta R / R}{\Delta L / L} = \frac{\Delta R / R}{\epsilon} \quad (2.30)$$

เมื่อ	G	คือ เกจแฟคเตอร์
	ΔR	คือ ค่าความต้านทานที่เปลี่ยนไปของสเตรนเกจ (โอห์ม)
	R	คือ ค่าความต้านทานของสเตรนเกจ (โอห์ม)
	L	คือ ความยาวที่เปลี่ยนไปของสเตรนเกจ (มม.)
	L	คือ ความยาวเดิมของสเตรนเกจ (มม.)
	ϵ	คือ ความเครียด(มม-มม.)

โลหะที่ใช้ทำสเตรนเกจจะต้องมีคุณสมบัติคือจะต้องมีค่าเกจแฟคเตอร์สูงและมีค่าสัมประสิทธิ์ของความต้านทานโลหะที่นิยมใช้ทำสเตรนเกจกันมากในปัจจุบันคือดีบุก ทองแดงและทังสเตน

วัสดุที่ใช้ทำแผ่นรอง (Backing material) จะต้องเป็นวัสดุที่ยึดหยุ่นได้ดีมากและที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันได้แก่

กระดาษซึ่งบางมากนิยมใช้กับสเตรนเกจแบบขดลวด

โพลีไมด์มีความเหนียวและยึดหยุ่นดีใช้กับงานทั่วไป

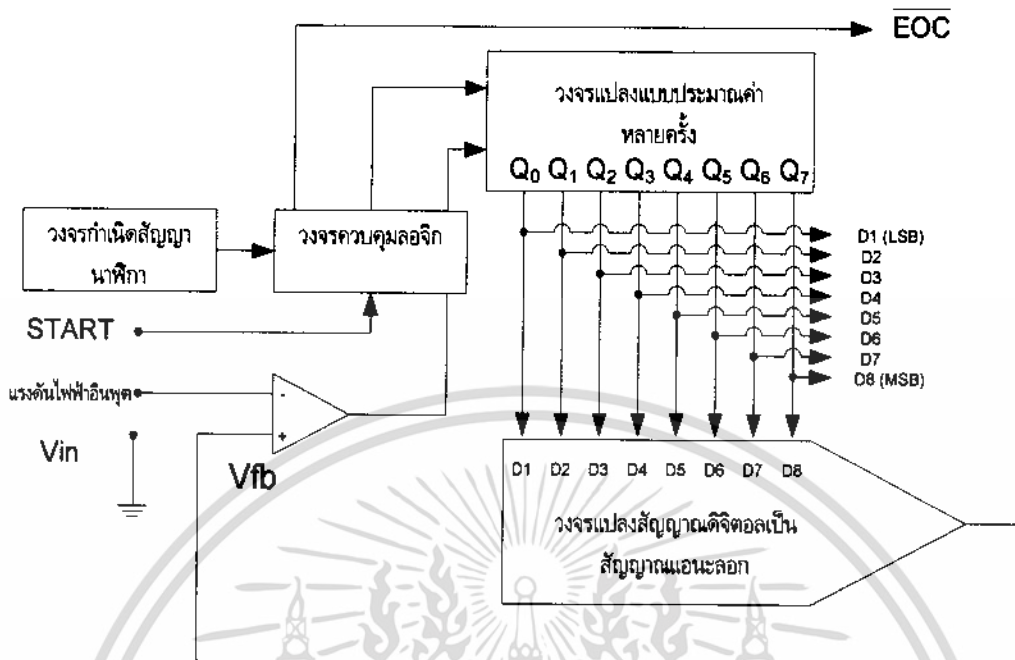
อีพ็อกซีและแก้วไฟโนลิกจะให้ความถูกต้องและความในเชิงเส้นที่ดีสามารถใช้กับอุณหภูมิได้สูงถึง 400 องศาเซลเซียสแต่มีจุดอ่อนคือค่อนข้างเปราะและแตกหักง่ายจึงต้องใช้ความระมัดระวังเป็นอย่างมากในการติดตั้งชิ้นงาน

อีกแบบหนึ่งคือสเตรนเกจแบบสารกึ่งตัวนำซึ่งมีหลักการทำงานเหมือนกับสเตรนเกจแบบขดลวดและแบบแผ่นโลหะบางแต่สเตรนเกจแบบสารกึ่งตัวนำจะประกอบผลึกเดี่ยวของซิลิกอนซึ่งทำเป็นชั้นสี่เหลี่ยมผืนผ้าค่อนข้างจะบางมากติดอยู่บนแผ่นรองเช่นเดียวกับแบบขดลวดและแบบแผ่นโลหะบางซึ่งสเตรนเกจแบบสารกึ่งตัวนำโดยทั่วไปแล้วค่าเกจแฟคเตอร์ของสเตรนเกจแบบสารกึ่งตัวนำนั้นจะมีค่าสูงกว่าแบบขดลวดและแบบแผ่นโลหะบางและค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานก็จะมีค่าสูงกว่าเช่นกัน นอกจากนี้สเตรนเกจแบบสารกึ่งตัวนำยังจะแบ่งออกเป็นชนิดพี (P-type) ซึ่งจะมีค่าเกจแฟคเตอร์เป็นบวกและชนิดเอ็น (N-type) ซึ่งมีค่าเกจแฟคเตอร์เป็นค่าลบ

2.2 การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลที่ใช้ในเครื่องชั่งน้ำหนักจะเป็นการแปลงแบบการประมาณค่าหลายครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การต่อวงจรแบบประมาณค่าหลายครั้ง

การแปลงสัญญาณแบบนี้มีส่วนต่างๆ ดังนี้

- วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (Clock)
- วงจรควบคุมลอจิก (Control logic)
- วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก (D/A)
- วงจรแปลงแบบประมาณค่าหลายครั้ง (Successive-Approximation Register หรือ SAR)

หลักการทำงานสามารถเขียนได้เป็นข้อๆ ดังต่อไปนี้โดยสมมุติกำหนดให้แรงดันไฟฟ้าอินพุต (V_{in}) มีค่าเท่ากับ 5.4 โวลต์

1. เมื่อ START มีค่าลอจิกเป็น "0" (Active) วงจรแปลงแบบประมาณค่าหลายครั้งก็จะถูกเคลียร์ให้แรงดันไฟฟ้าเปรียบเทียบ (V_{fb}) มีค่าเป็น 0 โวลต์ ซึ่งในขณะนั้นการแปลงสัญญาณได้เริ่มต้นขึ้นแล้ว

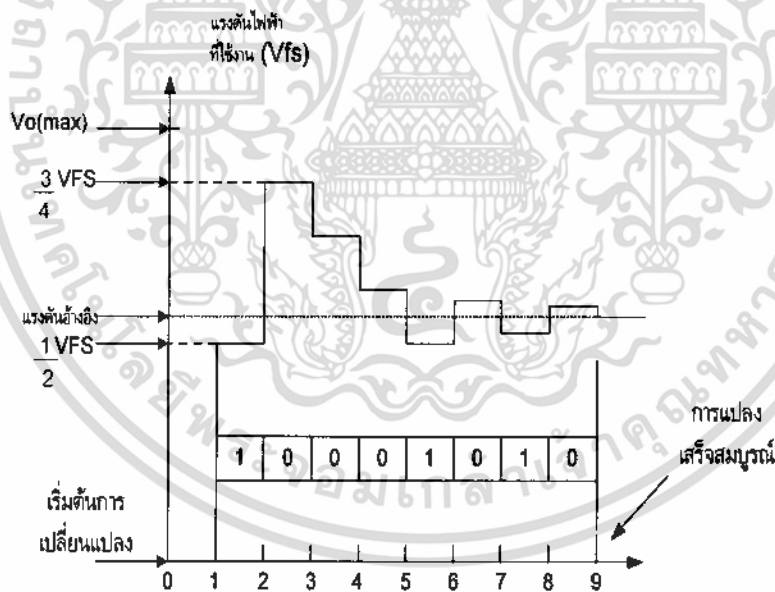
2. เมื่อมีสัญญาณนาฬิกาถูกแรกผ่านเข้ามาซึ่งในขณะนี้มีบิตแรกสุดของวงจรแปลงแบบประมาณค่าหลายครั้งได้ถูกกำหนดให้เป็นลอจิก "1" ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าเปรียบเทียบจะมีค่าน้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าอินพุต เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าจะมีค่าเป็นลอจิก "0" ซึ่งในขณะนั้นวงจรควบคุมลอจิกได้ตรวจสอบพบว่าขา Q_7 ของวงจรแปลงแบบประมาณค่าหลายครั้งเป็นลอจิก "0"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อมีสัญญาณนาฬิกาถูกส่งผ่านไปผ่านเข้ามาขา Q6 ของวงจรแปลงแบบประมาณค่าหลายครั้งจะถูกกำหนดให้เป็นลอจิก "1" ซึ่งตอนนี้แรงดันไฟฟ้าเปรียบเทียบกับ 7.5 โวลต์ โดยค่าแรงดันไฟฟ้าเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้าอินพุตเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้าจะมีค่าเป็นลอจิก "1" จากนั้นวงจรควบคุมลอจิกก็จะเคลียร์ขา Q6 เพราะว่าตอนนี้วงจรแปลงแบบประมาณค่าหลายครั้งส่งค่ามาเกินแรงดันไฟฟ้าอินพุตนั่นเอง

4. เมื่อสัญญาณนาฬิกาถูกส่งผ่านไปผ่านเข้ามาวงจรแปลงแบบประมาณค่าหลายครั้งก็จะกำหนดขาของ Q5 ให้เป็นลอจิก "0" และมีแรงดันไฟฟ้าเปรียบเทียบกับ 6.25 โวลต์ โดยค่าแรงดันไฟฟ้าเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้าอินพุตของเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้าก็จะเป็นลอจิก "1" และจากนั้นวงจรควบคุมลอจิกก็จะทำการเคลียร์ขาของ Q5 ให้มีลอจิก "0"

5. เมื่อสัญญาณนาฬิกาถูกส่งผ่านไปผ่านเข้ามาวงจรแปลงแบบประมาณค่าหลายครั้งจะกำหนดบิตต่อไปจนกระทั่งเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้าอินพุตแต่การแปลงสัญญาณจะใช้เวลาในการแปลงมากที่สุดตามจำนวนของสัญญาณนาฬิกาซึ่งจากวงจรที่ผ่านมาจะใช้เวลาในการแปลงสัญญาณช้าที่สุดเท่ากับ 8 สัญญาณนาฬิกา

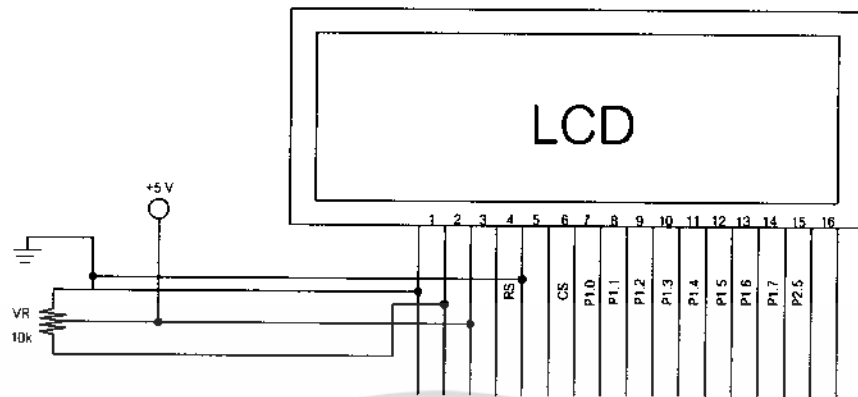


รูปที่ 2.4 กราฟการทำงานของวงจรแบบประมาณค่าหลายครั้ง

2.3 อุปกรณ์แสดงผล LCD

อุปกรณ์แสดงผลข้อมูลแบบ LCD (Liquid Crystal Display) สามารถแสดงผลเป็นตัวอักษรที่มีความละเอียดได้ โครงการนี้ใช้ LCD แบบตัวอักษร ความละเอียดแบบ 16 ตัวอักษร 2 แถว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ภาพ LCD แบบ 16 ตัวอักษร 2 แถว

โดยทั่วไป LCD มีองค์ประกอบด้วยกัน 3 ส่วน คือส่วนแสดงผลที่เป็นจอ LCD, ส่วนขับ (Driver) และส่วนควบคุมการทำงานของ LCD ในส่วนการควบคุมการทำงานของ LCD เป็นแบบ 16 ตัวอักษร 2 บรรทัดนั้น มีหน่วยความจำหลักๆ 3 ตัว คือ

1. Character Generator Rom (CGROM) ทำหน้าที่เก็บตัวอักษรสำหรับใช้แสดงผล
2. Character Generator Rom (CGRAM) มีไว้สำหรับสร้างตัวอักษรเองได้ มีพื้นที่ 512 ไบต์
3. Display Data Ram (DDRAM) เก็บค่าที่แสดงผลบนจอ LCD สำหรับ LCD นี้มีการจัด Address ของหน่วยความจำข้อมูล DDRAM ดังนี้

ตารางที่ 2.1 คำสั่งของ LCD

80	81	82	83	84	85	86	87	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

รายละเอียดของคำสั่งสำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุมการแสดงผลของ LCD ดังนี้

1. ลบการแสดงผลที่มีอยู่ (Clear display)

ตารางที่ 2.2 คำสั่งลบการแสดงผลที่มีอยู่

E	RS	R/W	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ย้ายเคอร์เซอร์ไปที่ตำแหน่งเริ่มต้น (Return home)

ตารางที่ 2.3 คำสั่งย้ายเคอร์เซอร์ไปที่ตำแหน่งเริ่มต้น

E	RS	R/W	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-

คำสั่งที่ทำการย้ายเคอร์เซอร์ให้มาอยู่จุดด้านซ้ายของบรรทัดนั้น ส่วนที่มีเครื่องหมาย “-” หมายความว่าไม่มีผลกับการส่งการ (จะมีค่าอะไรก็ได้)

3. เปิด/ปิด การแสดงผล (Display ON/OFF control)

ตารางที่ 2.4 คำสั่งเปิด/ปิด การแสดงผล

E	RS	R/W	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	C	B

คำสั่งนี้ควบคุมการทำงานเปิด/ปิด การแสดงผล, การแสดงเคอร์เซอร์และการกระพริบของเคอร์เซอร์โดยมีค่ากำหนดดังนี้

- D เปิด/ปิดควบคุมการทำงานเปิด/ปิดการแสดงผล (Display)
 ถ้าเป็น 1 หมายความว่า เปิดจอแสดงผล
 ถ้าเป็น 0 หมายความว่า ปิดจอแสดงผล
- C เป็นเปิดควบคุมการแสดงผลของเคอร์เซอร์
 ถ้าเป็น 1 หมายความว่า เปิดการแสดงผลของเคอร์เซอร์
 ถ้าเป็น 0 หมายความว่า ปิดจอการแสดงผลของเคอร์เซอร์
- B เป็นเปิดควบคุมการกระพริบของเคอร์เซอร์
 ถ้าเป็น 1 หมายความว่า เคอร์เซอร์กระพริบ
 ถ้าเป็น 0 หมายความว่า เคอร์เซอร์ไม่กระพริบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กำหนดวิธีการทำงานของ LCD (Function set)

ตารางที่ 2.5 คำสั่งกำหนดวิธีการทำงานของ LCD

E	RS	R/W	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0	0	0	0	1	DL	N	F	เป็นอะไรก็ได้	

คำสั่งเป็นการกำหนดวิธีการทำงานของ LCD ว่าใช้แบบ 1 บรรทัดหรือ 2 บรรทัด, ทำงานโหมด 8 บิตหรือ 4 บิต, ใช้ตัวอักษรแบบ 5x7 จุด โดยบิตต่างๆมีค่าดังนี้

- DL เป็นการกำหนดว่าจะให้ LCD ทำงานในโหมดใด
ถ้าเป็น 1 หมายความว่า ทำงานโหมด 8 บิต
ถ้าเป็น 0 หมายความว่า ทำงานโหมด 4 บิต
- N เป็นการกำหนดว่าจะใช้ LCD โหมด 8 ตัวอักษร หรือ 16 ตัวอักษร
ถ้าเป็น 1 หมายความว่า ทำงานโหมด 16 ตัวอักษร
ถ้าเป็น 0 หมายความว่า ทำงานโหมด 8 ตัวอักษร
- F เป็นการกำหนดว่าจะให้ LCD ใช้ชุดตัวอักษรความละเอียดเท่าใด
ถ้าเป็น 1 หมายความว่า ใช้ตัวอักษร 5 x 10 จุด
ถ้าเป็น 0 หมายความว่า ใช้ตัวอักษร 5 x 7 จุด

5. เขียนข้อมูลไปที่ LCD (Write data to DDRAM)

ตารางที่ 2.6 คำสั่งเขียนข้อมูลไปที่ LCD

E	RS	R/W	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	1	0	ข้อมูลขนาด 8 บิต							

คำสั่งนี้ใช้สำหรับเขียนข้อมูลไปที่ DD RAM ของ LCD การเขียนข้อมูลทำให้ค่าตำแหน่ง Address ของ DDRAM เพิ่มขึ้น การที่จะเขียนข้อมูลไปที่ DDRAM ได้นั้น ก่อนอื่นจะต้องทำการกำหนดตำแหน่ง Address ของ DDRAM ก่อน ข้อมูลที่ส่งไปยัง DD RAM เป็นข้อมูลขนาด 8 บิต ถ้าทำงานในโหมด 4 บิต ต้องส่งข้อมูลบิตสูง (D4-D7) ออกไปก่อน แล้วตามด้วยบิตต่ำ (D3-D0)

6. กำหนดตำแหน่งของ DDRAM (Set DDRAM Address)

ตารางที่ 2.7 คำสั่งกำหนดตำแหน่งของ DDRAM

E	RS	R/W	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0	0	ค่าตำแหน่งของ DD RAM ขนาด 8 บิต							

คำสั่งนี้ใช้สำหรับกำหนดตำแหน่ง Address ของ DDRAM ที่ต้องการเข้าถึง หลังจากนั้นค่อยใช้คำสั่งอ่านหรือเขียนข้อมูลจาก LCD

7. สั่งให้ LCD ทำการประมวลผล (Enable LCD)

การที่จะสั่งให้ LCD ทำงานนั้น จะต้องส่งแรงดันไฟฟ้าแก่ขา E แล้วเปลี่ยนเป็นแรงดันไฟสูง หรือเรียกได้ว่าสัญญาณพัลส์ (Pulse) รูปสี่เหลี่ยมไปที่ขา E ของ LCD นั้นเอง การสร้างคือส่งบิต 0 แล้วรอการทำงานของ LCD แล้วส่งบิต 1 ไปใหม่

ตารางที่ 2.8 หน้าที่ของขาแต่ละขาของ LCD ที่ใช้งาน

ขา 1 (GND)	เป็นกราวด์ใช้ต่อกับระบบกราวด์ของไมโครคอนโทรลเลอร์
ขา 2 (VCC)	เป็นไฟเลี้ยงวงจรของ LCD มีขนาด +5 VDC
ขา 3 (V_{ee})	เป็นขาสำหรับปรับความเข้มของจอ LCD โดยที่เมื่อต่อกับ VCC จะมีความเข้มต่ำสุด และเมื่อต่อกับกราวด์จะมีความเข้มมากที่สุด โดยปกติจะต่อกับกราวด์เสมอเพื่อสะดวกในการต่อ
ขา 4 (RS)	Register Select ใช้สำหรับบอก LCD ทราบว่าข้อมูลที่ส่งนั้นเป็น Instruction หรือ Data โดยเมื่อขา เป็น 0 หมายถึง Instruction เป็น 1 หมายถึง Data
ขา 5 (R/W)	ใช้สำหรับกำหนดว่าเป็นการอ่านหรือเขียนข้อมูลให้กับ LCD โดยเมื่อขา เป็น 0 หมายถึง การเขียนข้อมูล เป็น 1 หมายถึง การอ่านข้อมูล
ขา 6 (E)	เป็นขา Enable ขา เป็น 1 ใช้สำหรับบอก LCD ว่าอุปกรณ์ภายนอกต้องการติดต่อกับ เป็น 0 ตัว LCD จะไม่สนใจในสัญญาณ RS,R/W และ (DB ₇ -DB ₀)
ขา 7-14 (DB ₇ -DB ₀)	เป็นขา Data Bus สำหรับอ่านหรือเขียนข้อมูลให้กับตัว LCD

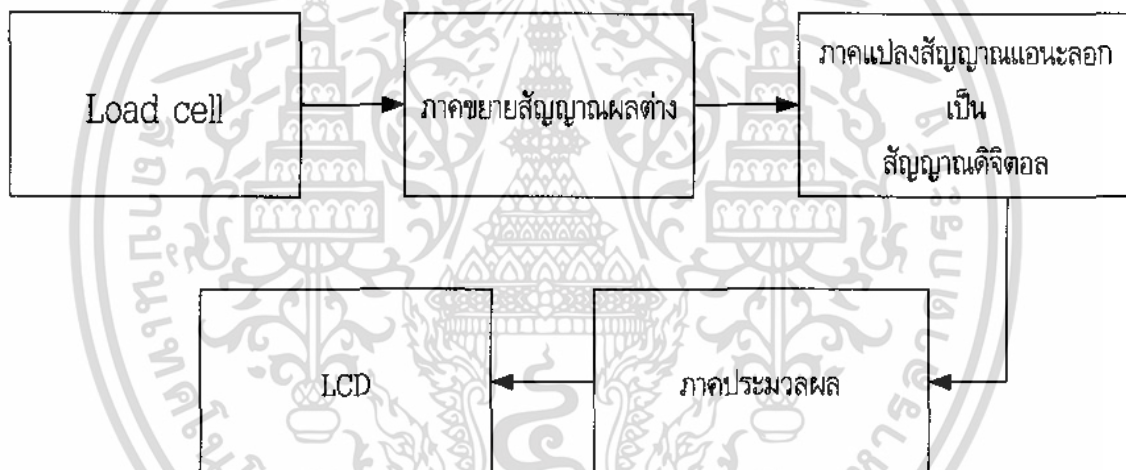
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

การออกแบบและการสร้างเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ เครื่องชั่ง และ ชุดประมวลผล ซึ่งในส่วนของเครื่องชั่งจะประกอบด้วยโหลดเซลล์มีหน้าที่เป็นตัวเซนเซอร์ วงจรขยายสัญญาณผลต่างมีหน้าที่ขยายสัญญาณให้มีขนาดใหญ่ขึ้น และวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลมีหน้าที่แปลงสัญญาณที่ได้มาเป็นสัญญาณดิจิตอล ในส่วนของชุดประมวลผลจะประกอบด้วย MCS-51 มีหน้าที่ประมวลผลเพื่อแสดงผลออกมาทาง LCD โครงสร้างแผนผังการทำงานแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม

3.2 หลักการเครื่องชั่ง

โหลดเซลล์เป็นส่วนที่รับแรงกระทำเนื่องจากน้ำหนักของวัตถุที่นำมาชั่งภายในโหลดเซลล์คือ สเตรนเกจถูกต่อในรูปของวงจรบริดจ์ แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของวงจรบริดจ์จะแปรผันตามแรงที่กระทำกับโหลดเซลล์ แรงดันเอาต์พุตนี้จะถูกขยายให้มีขนาดใหญ่ขึ้นคือ 0-5 โวลต์ แรงดันไฟฟ้าที่ขยายแล้วจะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลด้วยวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลและไมโครคอนโทรลเลอร์รับสัญญาณดิจิตอลนี้ประมวลผลและแสดงผลออกทาง LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การวัดสัญญาณแอด์พุดที่ออกจากโพลดเซลล์

การวัดสัญญาณแอด์พุดที่ออกจากโพลดเซลล์จะทำการต่อแหล่งจ่ายเข้ากับโพลดเซลล์ จ่ายแรงดันที่ 5 โวลต์ หลังจากนั้นใช้ดิจิตอลมัลติมิเตอร์วัดสัญญาณที่ออกจากโพลดเซลล์โดยมีค่าน้ำหนักดังตารางที่ 3.1 ตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.1 แรงดันแอด์พุดที่ได้จากโพลดเซลล์ในช่วงน้ำหนัก 0-10 กิโลกรัม

น้ำหนัก (kg)	แรงดันแอด์พุด (mV)
1	0.3
2	0.3
3	0.4
4	0.4
5	0.4
6	0.4
7	0.5
8	0.5
9	0.6
10	0.6

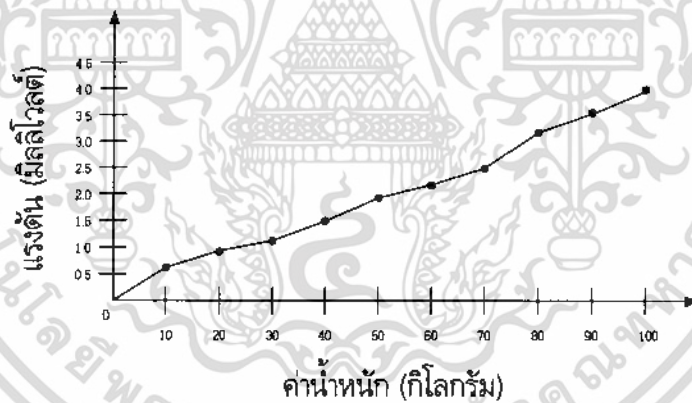


รูปที่ 3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าน้ำหนักกับแรงดัน ช่วง 1-10 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากโพลีเซลล์ในช่วงน้ำหนัก 10-100 กิโลกรัม

น้ำหนัก (kg)	แรงดันเอาต์พุต (mV)
10	0.6
20	0.9
30	1.2
40	1.5
50	1.9
60	2.2
70	2.5
80	2.8
90	3.1
100	3.5



รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าน้ำหนักกับแรงดัน ช่วง 10-100 กิโลกรัม

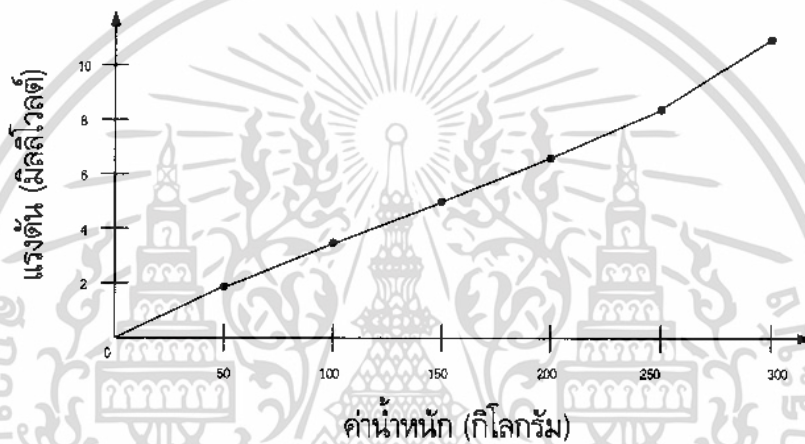
ตารางที่ 3.3 แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากโพลีเซลล์ในช่วงน้ำหนัก 50-300 กิโลกรัม

น้ำหนัก (kg)	แรงดันเอาต์พุต (mV)
50	1.9
100	3.5
150	5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 (ต่อ) แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากโพลเซลล์ที่ช่วงน้ำหนัก 50-300 กิโลกรัม

น้ำหนัก (kg)	แรงดันเอาต์พุต (mV)
200	6.7
250	8.4
300	10.1

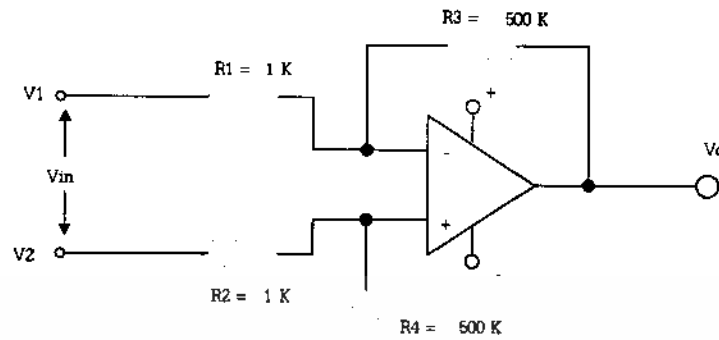


รูปที่ 3.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าน้ำหนักกับแรงดัน ช่วง 50-300 กิโลกรัม

3.4 วงจรภาคขยายสัญญาณผลต่าง

เนื่องจากโพลเซลล์ของโครงการนี้จะประยุกต์การชั่งน้ำหนักสำหรับวัตถุที่มีน้ำหนักระหว่าง 0-300 กิโลกรัม ดังนั้นจึงใช้โพลเซลล์ชนิดคาน เป็นอุปกรณ์สำหรับการใช้ในการแปลงค่าน้ำหนักมาเป็นค่าแรงดันทางไฟฟ้า ซึ่งมีโครงสร้างภายในเป็นแบบบริดจ์ ใช้การจ่ายแรงดันไฟตรง 5 โวลต์ ที่สายสีแดง และสีดำ จะได้แรงดันเอาต์พุตที่โพลเซลล์ที่สายสีเขียว และสีขาว มาใช้ขยายต่อไป

การวัดสัญญาณเอาต์พุตที่ออกจากวงจรขยายสัญญาณผลต่าง ที่ 300 เท่า 400 เท่า และ 500 เท่า ตามลำดับ โดยจ่ายแรงดันให้กับวงจรและใช้ดิจิตอลมัลติมิเตอร์วัดสัญญาณที่ออกจากวงจรขยายสัญญาณผลต่างโดยมีค่าน้ำหนักดังตารางที่ 3.4 - ตารางที่ 3.12

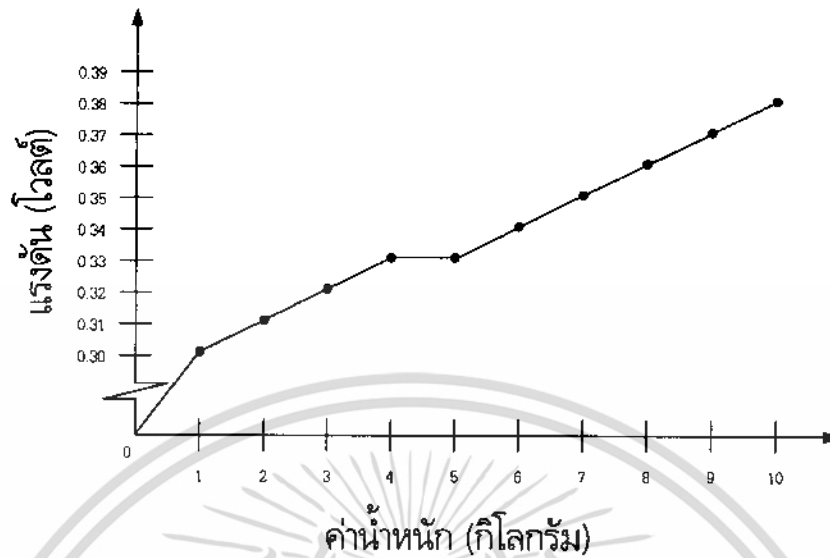


รูปที่ 3.5 วงจรขยายสัญญาณผลต่าง

ตารางที่ 3.4 แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรขยายสัญญาณผลต่าง 300 เท่า ช่วงน้ำหนัก 1-10 กิโลกรัม

น้ำหนัก (kg)	แรงดันเอาต์พุต (V)
1	0.01
2	0.02
3	0.03
4	0.04
5	0.04
6	0.05
7	0.06
8	0.07
9	0.08
10	0.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

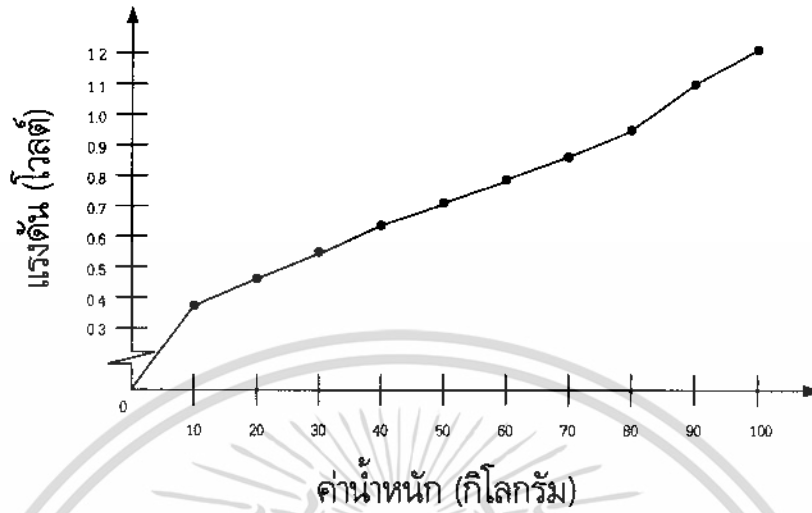


รูปที่ 3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าน้ำหนักกับแรงดัน ช่วง 1-10 กิโลกรัม
ที่อัตราขยาย 300 เท่า

ตารางที่ 3.5 แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรขยายสัญญาณผลต่างที่ 300 เท่า ช่วงน้ำหนัก 10-100 กิโลกรัม

น้ำหนัก (kg)	แรงดันเอาต์พุต (V)
10	0.07
20	0.16
30	0.25
40	0.33
50	0.41
60	0.49
70	0.57
80	0.65
90	0.74
100	0.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

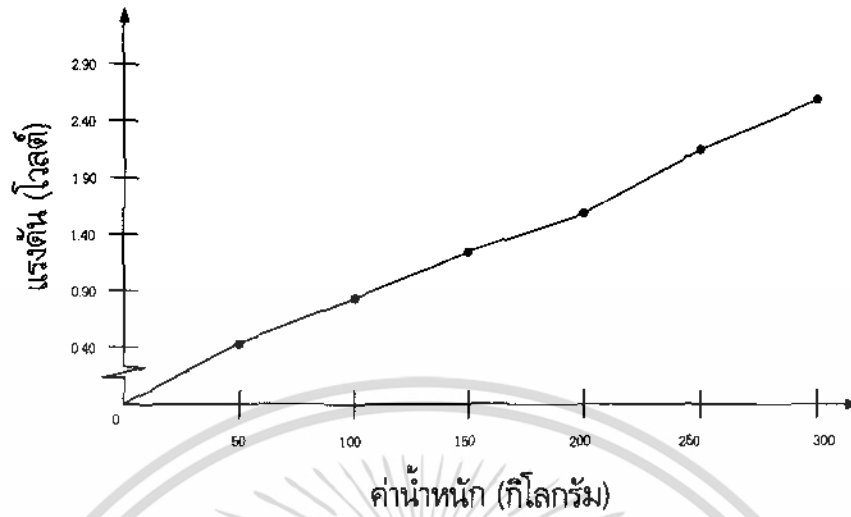


รูปที่ 3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าน้ำหนักกับแรงดัน ช่วง 10-100 กิโลกรัม
ที่อัตราขยาย 300 เท่า

ตารางที่ 3.6 แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรขยายสัญญาณผลต่างที่ 300 เท่า ช่วงน้ำหนัก 50-300 กิโลกรัม

น้ำหนัก (kg)	แรงดันเอาต์พุต (V)
50	0.41
100	0.83
150	1.25
200	1.65
250	2.08
300	2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

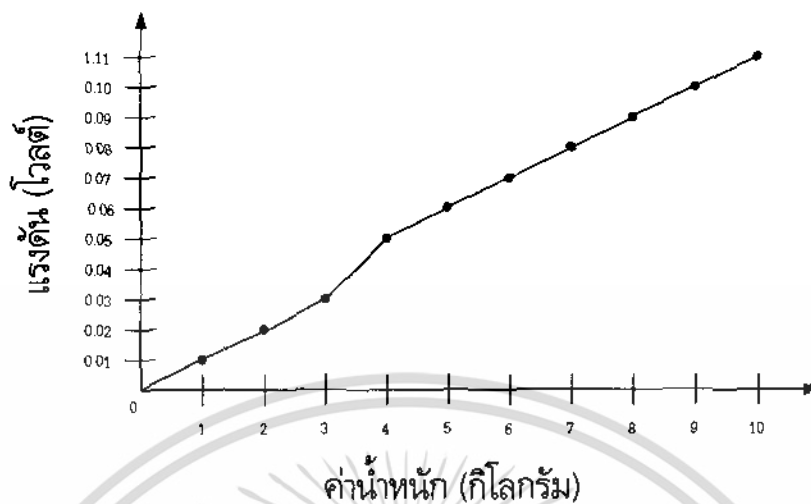


รูปที่ 3.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าน้ำหนักกับแรงดัน ช่วง 50-300 กิโลกรัม ที่อัตราขยาย 300 เท่า

ตารางที่ 3.7 แรงดันแอดพัทที่ได้จากวงจรขยายสัญญาณผลต่าง 400 เท่า ช่วงน้ำหนัก 1-10 กิโลกรัม

น้ำหนัก (kg)	แรงดันแอดพัท (V)
1	0.01
2	0.02
3	0.03
4	0.05
5	0.06
6	0.07
7	0.08
8	0.09
9	0.10
10	0.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

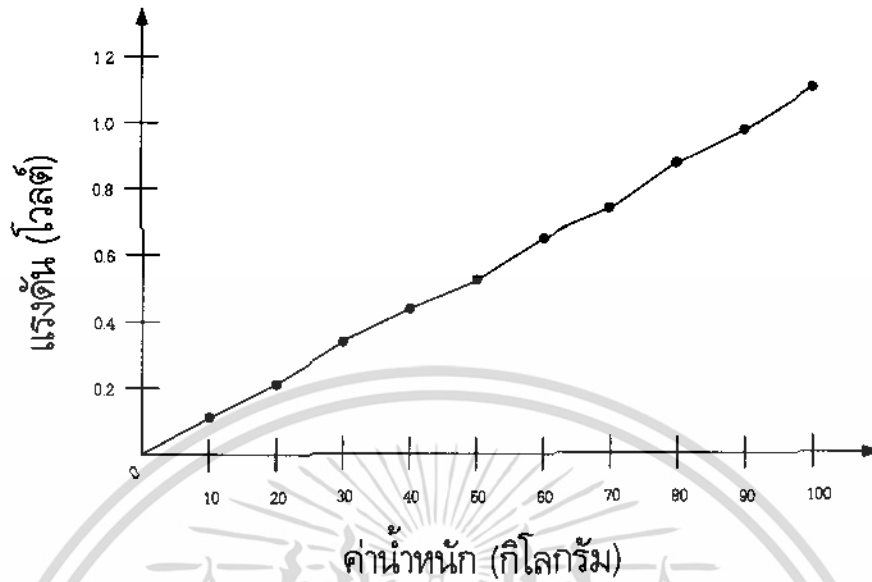


รูปที่ 3.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าน้ำหนักกับแรงดัน ช่วง 1-10 กิโลกรัม ที่อัตราการขยาย 400 เท่า

ตารางที่ 3.8 แรงดันแอคต์ฟุตที่ได้จากวงจรขยายสัญญาณผลต่างที่ 400 เท่า ช่วงน้ำหนัก 10-100 กิโลกรัม

น้ำหนัก (kg)	แรงดันแอคต์ฟุต (V)
10	0.11
20	0.21
30	0.33
40	0.43
50	0.54
60	0.65
70	0.76
80	0.87
90	0.98
100	1.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

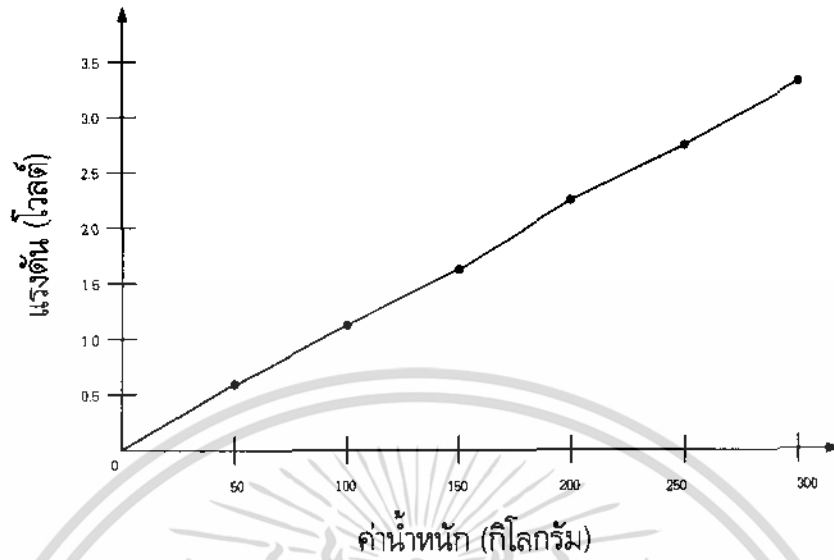


รูปที่ 3.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าน้ำหนักกับแรงดัน ช่วง 10-100 กิโลกรัม ที่อัตราการขยาย 400 เทา

ตารางที่ 3.9 แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรขยายสัญญาณผลต่างที่ 400 เทา ช่วงน้ำหนัก 50-300 กิโลกรัม

น้ำหนัก (kg)	แรงดันเอาต์พุต (mV)
50	0.54
100	1.10
150	1.63
200	2.21
250	2.81
300	3.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

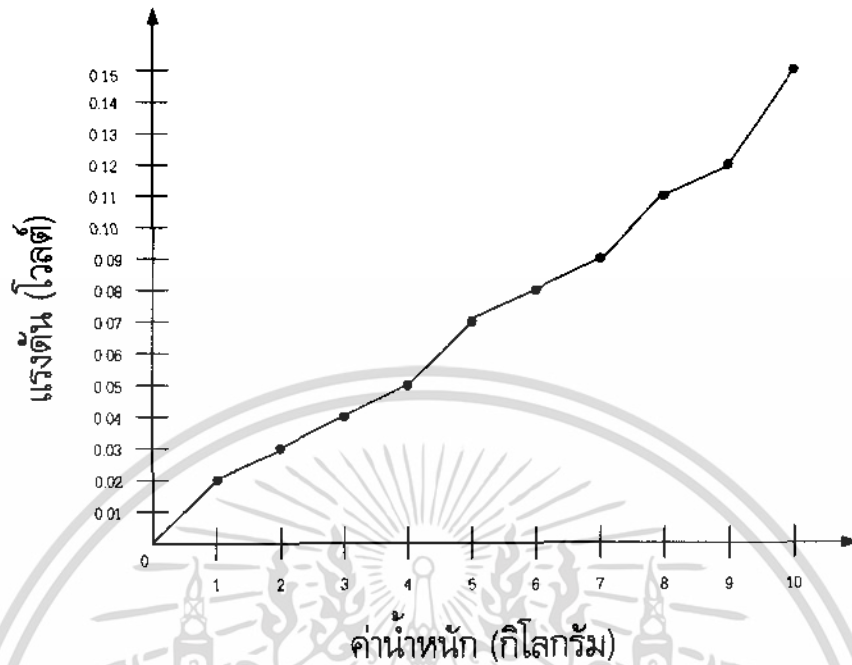


รูปที่ 3.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์น้ำหนักกับแรงดัน ช่วง 50-300 กิโลกรัม
ที่อัตราการขยาย 400 เท่า

ตารางที่ 3.10 แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรขยายสัญญาณผลต่าง 500 เท่า ช่วงน้ำหนัก 1-10 กิโลกรัม

น้ำหนัก (kg)	แรงดันเอาต์พุต (V)
1	0.02
2	0.03
3	0.04
4	0.05
5	0.07
6	0.08
7	0.09
8	0.11
9	0.12
10	0.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

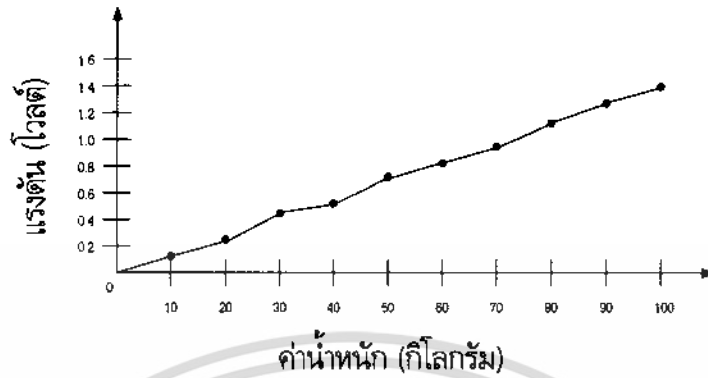


รูปที่ 3.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์น้ำหนักกับแรงดัน ช่วง 1-10 กิโลกรัม ที่อัตราการขยาย 500 เท่า

ตารางที่ 3.11 แรงดันแอมป์ที่ได้จากวงจรขยายสัญญาณผลต่างที่ 500 เท่า ช่วงน้ำหนัก 10-100 กิโลกรัม

น้ำหนัก (kg)	แรงดันแอมป์ (mV)
10	0.15
20	0.28
30	0.42
40	0.57
50	0.71
60	0.85
70	0.98
80	1.12
90	1.26
100	1.40

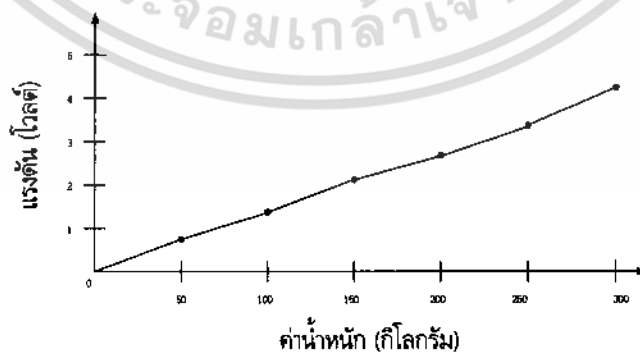
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าน้ำหนักกับแรงดัน ช่วง 10-100 กิโลกรัม
ที่อัตราการขยาย 500 เท่า

ตารางที่ 3.12 แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรขยายสัญญาณผลต่างที่ 500 เท่า ช่วงน้ำหนัก 50-300 กิโลกรัม

น้ำหนัก (kg)	แรงดันเอาต์พุต (V)
50	0.71
100	1.40
150	2.06
200	2.76
250	3.46
300	4.14



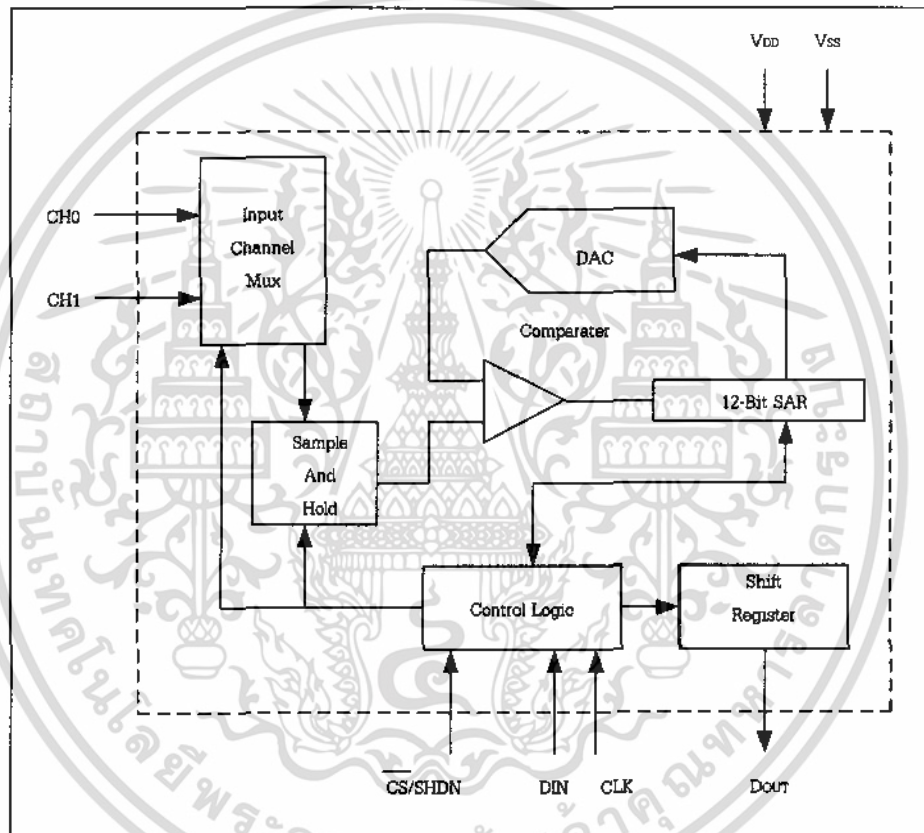
รูปที่ 3.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าน้ำหนักกับแรงดัน ช่วง 50-300 กิโลกรัม
ที่อัตราการขยาย 400 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วงจรภาคแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

วงจรการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (A to D) ใช้ไอซีเบอร์ MCP3202 ขนาด 12 Bit เป็นตัวแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยวิธีการ Successive Approximation Resister (SAR) ได้รวม วงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ (Sampling/Hold) ไว้ภายใน

โครงสร้างการทำงานแสดงดังรูปที่ 3.15 โดย MCP 3202 ต้องการแรงดันอ้างอิงและสัญญาณนาฬิกา จากภายนอก สามารถทำงานโดยใช้แหล่งจ่ายไฟเพียงแหล่งเดียวในช่วง 2.7V - 5.5V



รูปที่ 3.15 โครงสร้างการทำงานของ MCP 3202

3.6 วงจรภาคประมวลผล

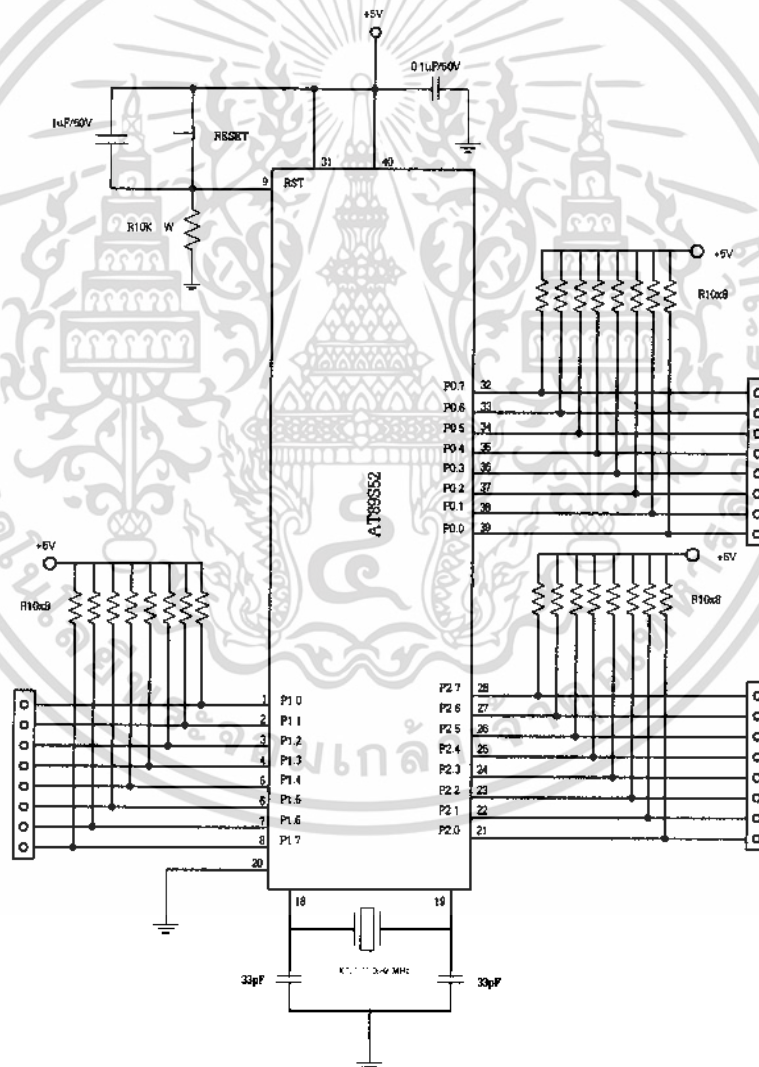
ภาคประมวลผลกลางหรือ CPU ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ของ Atmel เบอร์ AT89S52 ประมวลผลตามทีโปรแกรมไว้ คุณสมบัติที่สำคัญของ AT89S52 มีดังนี้

1. มี Flash Memory 8 KBytes
2. มี RAM ภายใน 256 Bytes 8 Bit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. มีพอร์ต I/O ขนาด 8 บิต 4 พอร์ต
4. มี Timer/Counters 16 บิต 3 ตัว
5. สามารถอินเทอร์รัพต์ได้ 9 แหล่ง
6. ทำงานที่ความถี่ 0 Hz ถึง 24 MHz
7. สามารถประมวลผลทีละบิตได้
8. โฟลตึง 4.0V- 5.0 V
9. สามารถเขียนโปรแกรมและลบโปรแกรมได้ 1,000 ครั้ง

การต่อวงจรของภาคประมวลผลกลางดังนี้



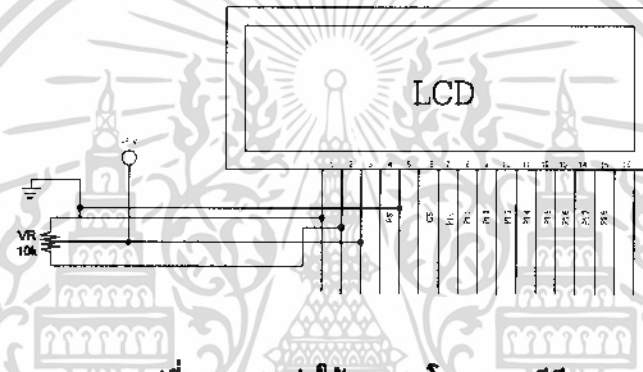
รูปที่ 3.16 วงจรประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 วงจรภาคแสดงผล

วงจรแสดงผลจะใช้ LCD ในการแสดงผลมีขนาดแสดงได้แถวละ 20 ตัวอักษร 2 แถว โดยต่อผ่านพอร์ต P1.0-P1.7 และ P2.5 ของพอร์ต CPU ใช้การเขียนโปรแกรมในการสร้างสัญญาณให้แสดงผลออกหน้าจอแสดงผล

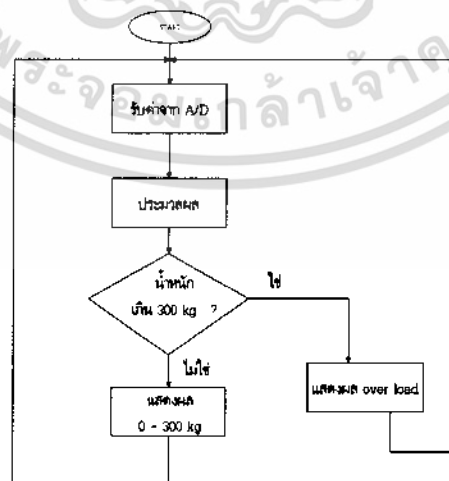
การควบคุมเป็นการรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาควบคุมการทำงานของโมดูล LCD เช่น ลบจอภาพ แสดงตัวอักษร หรือเลื่อนเคอร์เซอร์ เป็นต้น ตัวควบคุมนี้ใช้ชิปควบคุมโดยเฉพาะชิปที่ใช้คือ เบอร์ HD44780 และ HD61830 โดย HD44780 จะใช้ควบคุมแอลซีดี แบบอักษร ส่วน HD61830 ใช้ควบคุม LCD แบบกราฟฟิก



รูปที่ 3.17 การต่อใช้งานของโมดูลแอลซีดี

3.8 ซอฟต์แวร์

ในส่วนซอฟต์แวร์แสดงถึงการทำงานของเครื่องชั่งน้ำหนัก 0-300 กิโลกรัม ดังนี้



รูปที่ 3.18 แผนผังการทำงานของเครื่องชั่งน้ำหนัก 0-300 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

ในส่วนของบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม ซึ่งจะแสดงผลของน้ำหนักจากเครื่องชั่ง SOEHNLE เทียบกับเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม ซึ่งทำการชั่งคน 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยและค่าความผิดพลาดจากเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม

4.2 การทดลองชั่งน้ำหนักและบันทึกผลการทดลองเพื่อหาข้อผิดพลาดของเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัมกับเครื่องชั่งน้ำหนัก SOEHNLE

ขั้นตอนการทดลอง

1. เสียบปลั๊กจ่ายไฟ 220 โวลต์ ให้กับเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม
2. เปิดสวิตช์ รอให้จอ LCD แสดงค่า 000.0 kg
3. ชั่งน้ำหนัก
4. บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเครื่องชั่งน้ำหนัก SOEHNLE เทียบกับเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม ซึ่งทำการชั่งคน 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยและค่าความผิดพลาดจากเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม

ชื่อ-นามสกุล	เครื่องชั่งน้ำหนัก SOEHNLE	เครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม			ค่าเฉลี่ยจากการชั่งน้ำหนัก ทั้ง 3 ครั้ง	ค่าความผิดพลาด (เปอร์เซ็นต์)
		การชั่งครั้งที่ 1	การชั่งครั้งที่ 2	การชั่งครั้งที่ 3		
นายณัฐศักดิ์ วงษ์อนุชิตเมธา	70.9 กก.	70.9 กก.	70.8 กก.	70.7 กก.	70.8 กก.	0.14
นายเอกวิทย์ จิตรเที่ยง	65.9 กก.	65.9 กก.	65.7 กก.	65.8 กก.	65.8 กก.	0.15
น.ส.จุฑาภรณ์ ตั้งจิตรชอบ	44.3 กก.	44.4 กก.	44.1 กก.	44.1 กก.	44.2 กก.	0.22
นายอรรถพล แก้วคงยืน	59.7 กก.	59.5 กก.	59.3 กก.	59.3 กก.	59.3 กก.	0.56
น.ส.กรรณิการ์ สุภาพันธ์	72.1 กก.	72.0 กก.	72.0 กก.	71.9 กก.	71.9 กก.	0.19
นายชินภัทร อินทमार	100.2 กก.	100.2 กก.	100.0 กก.	100.2 กก.	100.1 กก.	0.06
นายพิทยา วิษณุวรกุล	102.3 กก.	101.9 กก.	102.6 กก.	102.3 กก.	102.6 กก.	0.29
นายศราวุธ สิมชื่น	75.2 กก.	75.0 กก.	75.1 กก.	75.2 กก.	75.1 กก.	0.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

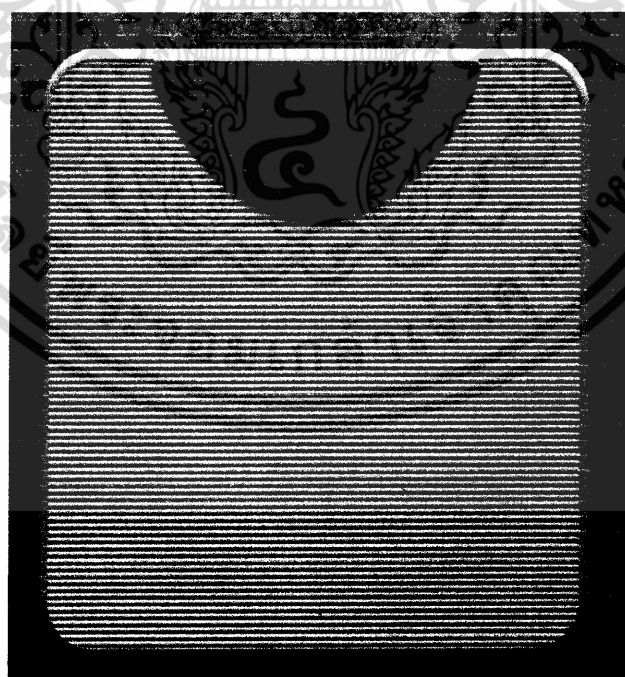
ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ผลการทดสอบเครื่องชั่งน้ำหนัก SOEHNLE เทียบกับเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม
ซึ่งทำการชั่งคน 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยและค่าความผิดพลาดจากเครื่องชั่ง 300 กิโลกรัม

ชื่อ-นามสกุล	เครื่องชั่ง น้ำหนัก SOEHNLE	เครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม			ค่าเฉลี่ยจาก การชั่งน้ำหนัก ทั้ง 3 ครั้ง	ค่าความ ผิดพลาด (เปอร์เซ็นต์)
		การชั่งครั้งที่ 1	การชั่งครั้งที่ 2	การชั่งครั้งที่ 3		
นายอนุวัตร นคร	104.6 กก.	104.2 กก.	104.3 กก.	104.6 กก.	104.3 กก.	0.22
นายเอกรัฐ เมธยาภา	68.5 กก.	68.3 กก.	68.6 กก.	68.2 กก.	68.3 กก.	0.20
นายสาโรจน์ รอดปาน	89.7 กก.	90.5 กก.	90.3 กก.	89.6 กก.	90.1 กก.	0.44
นายอาทิตย์ แพงงูงา	55.2 กก.	55.1 กก.	55.0 กก.	55.0 กก.	55.0 กก.	0.30
นายคณาทร พ้อหลาน	53.9 กก.	53.8 กก.	53.5 กก.	53.9 กก.	53.7 กก.	0.37
นายชาคริต ชาญณรงค์	58.3 กก.	58.2 กก.	58.2 กก.	58.2 กก.	58.2 กก.	0.17
นายภาณุพงศ์ ประจงการ	50.1 กก.	50.5 กก.	50.5 กก.	50.7 กก.	50.9 กก.	0.07
นายวัชรพงศ์ มีนา	93.5 กก.	93.7 กก.	93.8 กก.	93.8 กก.	93.7 กก.	0.24
นายอานนท์ เอี่ยมอาจ	61.2 กก.	61.3 กก.	61.2 กก.	61.4 กก.	61.3 กก.	0.16
นายชวลิต มีซ่า	58.3 กก.	58.0 กก.	57.9 กก.	58.0 กก.	57.9 กก.	0.68
นายกิตติศักดิ์ เจริญสุข	50.2 กก.	50.0 กก.	50.3 กก.	50.0 กก.	50.1 กก.	0.19
น.ส.พรทิพย์ พูลสวัสดิ์	50.0 กก.	49.8 กก.	49.7 กก.	49.8 กก.	49.7 กก.	0.60
นายวีระชัย อินทรพร	67.3 กก.	67.1 กก.	67.0 กก.	67.0 กก.	67.0 กก.	0.44
นายภูมิกิจ เดชบุรีรัมย์	61.7 กก.	61.5 กก.	61.5 กก.	61.8 กก.	61.6 กก.	0.32
นายศราพงศ์ ปราบราย	49.1 กก.	49.0 กก.	49.0 กก.	49.2 กก.	49.0 กก.	0.20
นายประนต์ ให้อ้อย	75.4 กก.	75.2 กก.	75.1 กก.	75.2 กก.	75.1 กก.	0.30
นายเหมราช วรรณเสวต	53.1 กก.	53.0 กก.	52.9 กก.	53.0 กก.	52.9 กก.	0.37
นายปริญญา สิงห์งาม	63.5 กก.	63.2 กก.	63.1 กก.	63.2 กก.	63.1 กก.	0.62
นายปฏิพัทธ์ ชวนานนท์	72.0 กก.	71.8 กก.	71.8 กก.	71.9 กก.	71.8 กก.	0.27
นายพงษ์ศักดิ์ ชูก้อนทอง	56.2 กก.	56.0 กก.	56.0 กก.	56.0 กก.	56.0 กก.	0.35
นายพิศณ ตองอ่อน	70.3 กก.	70.1 กก.	70.1 กก.	70.1 กก.	70.1 กก.	0.28
นายภูวนาท ประปัญญา	55.7 กก.	55.4 กก.	55.4 กก.	55.2 กก.	55.3 กก.	0.71
นายวรฉัตร ยีนาง	56.1 กก.	55.7 กก.	55.8 กก.	55.8 กก.	55.7 กก.	0.71
นายวิชัย คำดี	70.3 กก.	70.0 กก.	70.0 กก.	70.0 กก.	70.0 กก.	0.42
นายวิรัตน์ บุญจันทร์	54.6 กก.	54.2 กก.	54.2 กก.	54.2 กก.	54.2 กก.	0.73
นายวิระยุทธ ปลื้มบุญ	64.2 กก.	64.0 กก.	63.8 กก.	63.8 กก.	63.8 กก.	0.62
นายวิระเวทย์ สุวรรณรัตน์	64.8 กก.	64.5 กก.	64.4 กก.	64.3 กก.	64.4 กก.	0.61
นายเสกสรร ภูระยา	66.2 กก.	66.0 กก.	65.8 กก.	66.0 กก.	65.9 กก.	0.45
นายสุระสิทธิ์ แสงคราม	55.9 กก.	55.5 กก.	55.6 กก.	55.5 กก.	55.5 กก.	0.71
นายอดิศร สุดใจ	60.8 กก.	60.5 กก.	60.4 กก.	60.5 กก.	60.4 กก.	0.65
นายอนุวัฒน์ ศรีสุวรรณ	50.5 กก.	50.3 กก.	50.2 กก.	50.2 กก.	50.2 กก.	0.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ผลการทดสอบเครื่องชั่งน้ำหนัก SOEHNLE เทียบกับเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม ซึ่งทำการชั่งคน 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยและค่าความผิดพลาดจากเครื่องชั่ง 300 กิโลกรัม

ชื่อ-นามสกุล	เครื่องชั่ง น้ำหนัก SOEHNLE	เครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม			ค่าเฉลี่ยจาก การชั่งน้ำหนัก ทั้ง 3 ครั้ง	ค่าความ ผิดพลาด (เปอร์เซ็นต์)
		การชั่งครั้งที่ 1	การชั่งครั้งที่ 2	การชั่งครั้งที่ 3		
นายทัตศักดิ์ ศิริธร	59.4 กก.	59.3 กก.	59.3 กก.	59.2 กก.	59.2 กก.	0.33
น.ส.สัจจิ สุทธิ	55.0 กก.	54.8 กก.	54.8 กก.	54.8 กก.	54.8 กก.	0.36
นายวันชัย พุ่มพัว	58.5 กก.	58.2 กก.	58.5 กก.	58.3 กก.	58.2 กก.	0.51
นายสมนึก พุฒซ้อน	62.3 กก.	62.2 กก.	62.1 กก.	62.0 กก.	62.0 กก.	0.48
นายกอบชัย แสงอำไพ	65.0 กก.	64.8 กก.	64.9 กก.	64.8 กก.	64.8 กก.	0.30
นายฉัตรชัย นาคจันทร์	49.5 กก.	49.2 กก.	49.1 กก.	49.2 กก.	49.1 กก.	0.80
นายประดิษฐ์พงศ์ วงศ์ศิริ	69.4 กก.	69.2 กก.	69.2 กก.	69.3 กก.	69.2 กก.	0.28
น.ส.ชฎารัตน์ รัตนโชเต	52.2 กก.	52.1 กก.	52.1 กก.	52.0 กก.	52.0 กก.	0.38
นายสุรจิต วงศ์ศิริ	63.6 กก.	63.3 กก.	63.3 กก.	63.2 กก.	63.2 กก.	0.62
นายอพิสิทธิ์ กำภู	62.2 กก.	61.9 กก.	62.2 กก.	62.2 กก.	62.1 กก.	0.16
นายชาติชาย ระวีวงศ์	41.1 กก.	41.1 กก.	41.0 กก.	41.0 กก.	41.0 กก.	0.17



รูปที่ 4.1 รูปเครื่องชั่งน้ำหนัก SOEHNLE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การชั่งน้ำหนักกับเครื่องชั่งน้ำหนัก SOEHNLE



รูปที่ 4.3 การชั่งน้ำหนักกับเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบเครื่องชั่งน้ำหนัก SOEHNLE เทียบกับเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม ซึ่งทำการ
การชั่งคน 5 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยและค่าความผิดพลาดจากเครื่องชั่ง 300 กิโลกรัม เปรียบเทียบ
กับเครื่องชั่งน้ำหนัก SOEHNLE

ชื่อ-สกุล	ครั้งที่ 1 (กิโลกรัม)		ครั้งที่ 2 (กิโลกรัม)		ครั้งที่ 3 (กิโลกรัม)		ครั้งที่ 4 (กิโลกรัม)		ครั้งที่ 5 (กิโลกรัม)		ค่าเฉลี่ย 5 ครั้ง ของ เครื่องชั่ง 300 กก. (กิโลกรัม)	ค่าความ ผิดพลาด (เปอร์เซ็นต์)
	SOEHN	300 กก.	SOEHN	300 กก.	SOEHN	300 กก.	SOEHN	300 กก.	SOEHN	300 กก.		
นายสุวิทย์ เสง	104.6	104.2	104.7	104.3	104.6	104.4	104.6	104.5	104.6	104.5	104.92	-0.26
นายวิเศษ พันธ์	93.5	93.7	93.5	93.6	93.6	93.6	93.5	93.6	93.5	93.7	93.64	0.12
นายอนันต์ เข็มทอง	61.2	61.3	61.4	61.2	61.2	61.2	61.2	61.3	61.2	61.2	61.24	0.00
นายวิเศษ พันธ์	64.2	64.0	64.2	64.1	64.2	64.1	64.2	64.1	64.2	64.3	64.12	-0.24
นายวิเศษ พันธ์	58.5	58.2	58.5	58.3	58.5	58.4	58.7	58.3	58.5	58.3	58.30	-0.41
นายสมนึก พันธ์	62.3	62.2	62.4	62.3	62.3	62.4	62.3	62.3	62.3	62.3	62.30	-0.03
นายอภิสิทธิ์ แสงอำไพ	66.0	64.8	66.0	64.9	66.0	65.0	66.0	66.0	66.1	66.0	66.02	-0.12
นายสุวิทย์ วงศ์ศิริ	63.6	63.3	63.6	63.4	63.6	63.4	63.7	63.6	63.6	63.4	63.40	-0.34
นายสาโรจน์ รอดปาน	60.8	60.5	60.9	60.6	60.8	60.7	60.8	60.6	60.8	60.6	60.60	-0.36
นายสาโรจน์ รอดปาน	89.7	90.5	89.7	90.6	89.9	90.7	89.7	90.6	89.7	90.6	90.60	0.94
นายอภิรัฐ เมฆงาม	68.5	68.2	68.5	68.3	68.5	68.2	68.7	68.3	68.5	68.3	68.26	-0.41
นายคณาทร พันธ์	53.9	53.9	53.9	54.0	53.9	53.9	53.9	53.9	54.0	53.9	53.92	0.00
นายวิเศษ อิ่มนราศ	67.4	67.2	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3	67.2	67.3	67.3	67.26	-0.08
นายสวัสดิ์ รัต	58.2	58.1	58.3	58.2	58.3	58.4	58.3	58.2	58.3	58.2	58.22	-0.10
นายกรวิทย์ ยืนาง	56.1	55.6	56.1	56.7	56.1	56.9	56.1	56.9	56.1	56.9	56.10	-0.53
นายอภิสิทธิ์ เมฆงาม	55.2	55.3	55.2	55.4	55.4	55.3	55.2	55.4	55.2	55.4	55.36	0.21
นายวิเศษ พันธ์	63.5	63.4	63.5	63.5	63.5	63.4	63.6	63.5	63.2	63.5	63.46	-0.09
นายวิเศษ อ่ำดี	70.3	70.2	70.4	70.2	70.3	70.2	70.3	70.1	70.3	70.2	70.18	-0.19
นายวิเศษ พันธ์	54.6	54.3	54.6	54.3	54.6	54.3	54.7	54.3	54.6	54.2	54.28	-0.62
นายประจักษ์ ใต้เฉย	75.4	75.3	75.4	75.4	75.4	75.4	75.4	75.4	75.5	75.4	75.38	-0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบเครื่องชั่งน้ำหนัก SOEHNLE เทียบกับเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม ซึ่งทำการชั่งลูกเหล็ก 5 ครั้ง ตั้งแต่ 1 - 50 กิโลกรัม และหาค่าเฉลี่ยและค่าความผิดพลาดจากเครื่องชั่ง 300 กิโลกรัม เปรียบเทียบกับเครื่องชั่งน้ำหนัก SOEHNLE

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	เครื่องชั่งน้ำหนัก SOEHNLE (กิโลกรัม)					ค่าเฉลี่ย (กิโลกรัม)	เครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม (กิโลกรัม)					ค่าเฉลี่ย (กิโลกรัม)	ค่าความ ผิดพลาด (เปอร์เซ็นต์)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5		
1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.10	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.90	-22.22
2	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.02	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.78	-13.48
3	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.10	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.76	-12.31
4	4.0	4.1	4.0	4.0	4.0	4.02	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.80	-5.78
5	4.9	5.0	4.9	4.9	5.0	4.94	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.70	-5.10
6	5.9	6.0	6.0	5.9	5.9	5.94	5.9	5.8	5.8	5.8	5.7	5.80	-2.41
7	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	6.8	6.8	6.8	6.8	6.7	6.76	-3.55
8	7.9	7.9	7.9	8.0	7.9	7.92	7.7	7.7	7.7	7.7	7.8	7.70	-2.85
9	9.1	9.0	9.1	9.1	9.1	9.08	9.0	8.8	8.8	8.8	8.8	8.86	-2.48
10	10.0	10.0	10.0	10.1	10.0	10.02	9.7	9.7	9.8	9.8	9.9	9.78	-2.06
11	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.90	10.8	10.8	10.9	10.9	10.9	10.86	-0.36
12	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.90	11.9	11.9	11.7	11.7	11.7	11.84	-0.50
13	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.00	12.7	12.7	12.8	12.8	12.7	12.72	-2.20
14	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.90	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.70	-1.45
15	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9	14.90	14.7	14.8	14.9	14.9	14.8	14.80	-0.57
16	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.00	15.8	15.8	15.8	15.8	15.9	15.84	-1.01
17	17.0	16.9	17.0	17.0	16.9	16.96	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.80	-0.96
18	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.90	17.7	17.7	17.7	17.7	17.8	17.74	0.90
19	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	18.90	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	18.90	0.00
20	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	20.0	20.0	20.0	20.0	19.9	19.94	0.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ผลการทดสอบเครื่องชั่งน้ำหนัก SOEHNLE เทียบกับเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม ซึ่งทำการชั่งลูกเหล็ก 5 ครั้ง ตั้งแต่ 1 - 50 กิโลกรัม และหาค่าเฉลี่ยและค่าความผิดพลาดจากเครื่องชั่ง 300 กิโลกรัม เปรียบเทียบกับเครื่องชั่งน้ำหนัก SOEHNLE

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	เครื่องชั่งน้ำหนัก SOEHNLE (กิโลกรัม)					ค่าเฉลี่ย (กิโลกรัม)	เครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม (กิโลกรัม)					ค่าเฉลี่ย (กิโลกรัม)	ค่าความ ผิดพลาด (เปอร์เซ็นต์)
	ชั่งครั้งที่ 1	ชั่งครั้งที่ 2	ชั่งครั้งที่ 3	ชั่งครั้งที่ 4	ชั่งครั้งที่ 5		ชั่งครั้งที่ 1	ชั่งครั้งที่ 2	ชั่งครั้งที่ 3	ชั่งครั้งที่ 4	ชั่งครั้งที่ 5		
21	20.9	20.9	20.8	20.9	20.9	20.88	20.7	20.8	20.7	20.7	20.7	20.72	-0.77
22	22.1	22.1	22.0	22.1	22.1	22.08	21.9	21.9	22.0	21.9	21.9	21.92	-0.72
23	23.0	23.0	23.0	23.1	23.1	23.04	22.9	22.9	23.0	22.9	23.0	22.94	-0.43
24	24.1	24.1	24.1	24.2	24.1	24.12	23.8	23.9	23.9	23.8	23.8	23.82	-1.25
25	25.0	25.0	25.0	25.1	25.0	25.02	24.9	24.8	24.8	24.8	24.8	24.82	-0.80
26	26.1	26.1	26.1	26.2	26.1	16.12	25.8	25.9	25.8	25.8	25.8	25.82	-1.16
27	27.1	27.1	27.2	27.1	27.1	27.12	27.0	26.9	27.0	26.9	27.0	26.96	-0.59
28	27.9	27.9	27.9	27.9	28.0	27.92	27.9	27.8	27.9	27.8	27.8	27.84	-0.28
29	29.1	29.1	29.1	29.2	29.1	29.12	29.0	29.0	29.0	28.9	28.9	28.96	-0.55
30	30.0	30.0	30.0	30.1	30.0	30.02	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.00	-0.06
31	31.1	31.1	31.1	31.2	31.1	32.12	31.0	31.1	31.1	31.1	31.1	31.08	-0.12
32	32.2	32.2	32.2	32.3	32.2	32.22	32.0	32.1	32.0	32.1	32.0	32.02	-0.62
33	32.9	32.9	32.9	33.0	32.9	32.92	32.8	32.8	32.8	32.7	32.8	33.78	-0.42
34	33.9	33.9	33.9	33.9	34.0	33.92	34.1	33.8	34.1	33.8	33.9	33.94	0.05
35	35.0	35.1	35.0	35.0	35.0	36.02	34.9	34.9	34.8	34.9	34.9	34.88	-0.40
36	36.0	36.0	36.0	36.1	36.0	36.02	35.8	35.8	36.0	35.8	35.8	35.82	-0.50
37	36.8	36.8	36.9	36.8	36.8	36.82	36.9	36.8	36.9	36.8	36.8	36.86	0.10
38	38.1	38.2	38.1	38.1	38.1	38.12	37.8	37.7	37.8	37.8	37.8	37.78	-0.89
39	39.0	39.0	39.1	39.0	39.0	39.02	39.0	39.0	38.9	38.9	39.0	28.96	-0.15
40	40.1	40.1	40.1	40.1	40.2	40.12	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.00	-0.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ผลการทดสอบเครื่องชั่งน้ำหนัก SOEHNLE เทียบกับเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม ซึ่งทำการชั่งลูกเหล็ก 5 ครั้ง ตั้งแต่ 1 - 50 กิโลกรัม และหาค่าเฉลี่ยและค่าความผิดพลาดจากเครื่องชั่ง 300 กิโลกรัม เปรียบเทียบกับเครื่องชั่งน้ำหนัก SOEHNLE

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	เครื่องชั่งน้ำหนัก SOEHNLE (กิโลกรัม)					เครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม (กิโลกรัม)					ค่าเฉลี่ย (กิโลกรัม)	ค่าความ ผิดพลาด (เปอร์เซ็นต์)	
	ชั่งครั้งที่ 1	ชั่งครั้งที่ 2	ชั่งครั้งที่ 3	ชั่งครั้งที่ 4	ชั่งครั้งที่ 5	ชั่งครั้งที่ 1	ชั่งครั้งที่ 2	ชั่งครั้งที่ 3	ชั่งครั้งที่ 4	ชั่งครั้งที่ 5			
41	41.1	41.1	41.1	41.1	41.2	40.8	40.9	40.9	40.9	40.8	40.8	40.86	-0.63
42	42.5	42.6	42.5	42.5	42.5	41.9	41.8	41.9	41.8	41.9	41.9	41.70	-1.96
43	43.2	43.2	43.2	43.3	43.2	42.8	42.8	42.9	42.8	42.9	42.9	42.84	-0.88
44	44.1	44.0	44.0	44.0	44.0	43.8	43.8	43.8	43.8	43.9	43.9	43.82	-0.46
45	45.2	45.3	45.2	45.2	45.2	44.8	44.8	44.8	44.8	44.9	44.9	44.84	-0.84
46	46.1	46.2	46.1	46.1	46.1	45.8	45.8	45.9	45.8	45.8	45.8	45.82	-0.65
47	47.2	47.2	47.2	47.3	47.2	46.8	46.7	46.8	46.9	46.8	46.8	46.80	-0.89
48	48.2	48.2	48.2	48.2	48.3	47.9	47.7	47.7	47.8	47.8	47.8	47.78	-0.92
49	49.2	49.3	49.2	49.2	49.2	48.8	48.9	49.0	48.8	48.8	48.8	48.86	-0.73
50	50.1	50.2	50.1	50.1	50.1	50.0	50.0	49.9	49.9	49.9	49.9	49.94	-0.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุป

วัตถุประสงค์ของการทำโครงการเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม นี้เพื่อใช้ชั่งน้ำหนักสิ่งของที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 0 - 300 กิโลกรัม เช่น ชั่งของ และอื่นๆ แต่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและยังมีราคาอยู่สูงมากทำให้เกิดการเสียดุลการค้าระหว่างประเทศ และแก้ปัญหาความคลาดเคลื่อนของการอ่านสเกลของเครื่องชั่งน้ำหนักแบบเข็มชี้ เครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม จะมีส่วนประกอบอยู่ 2 ส่วน ดังนี้

1. เครื่องชั่ง จะมีส่วนประกอบหลักๆ คือ โหลดเซลล์ ซึ่งจะมีหน้าที่ในการเปลี่ยนแรงกดของน้ำหนักเป็นแรงดันไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าจะแปรผันไปตามน้ำหนักที่มากขึ้นก็จะทำให้แรงดันมากขึ้นตามไปด้วยแต่แรงดันไฟฟ้าที่ได้จะไม่เป็นเชิงเส้นทำให้ยากต่อการประมวลผล แรงดันที่ได้จากโหลดเซลล์จะมีระดับที่ต่ำมากจึงต้องทำการขยายแรงดันให้สูงขึ้นโดยใช้ไอซีเบอร์ LF 351 เพื่อปรับอัตราการขยายให้พอเหมาะสม ในวงจรภายในไอซีเบอร์นี้สามารถขยายสัญญาณที่ได้มาพร้อมทั้งแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นดิจิตอล ดังนั้นสามารถนำสัญญาณที่ได้มาไปใช้งานได้

2. ชุดประมวลผล จะมี MCS-51 ทำหน้าที่รับสัญญาณที่ได้มาจากไอซีเบอร์ MCP3202 มาประมวลผลและแสดงผลออกไปที่ LCD

5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม มีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ไม่มีตุ้มน้ำหนักในการสอบเทียบน้ำหนัก ทำให้ค่าน้ำหนักที่ได้ไม่เป็นไปตามน้ำหนักมาตรฐาน
แนวทางแก้ไข หาค่าน้ำหนักที่มีค่าใกล้เคียงกับน้ำหนักมาตรฐานมากที่สุดมาใช้ในการสอบเทียบเพื่อที่จะได้ค่าที่ถูกต้องมากที่สุด เช่น ลูกเหล็กที่ใช้ในการออกกำลังกาย

2. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองไม่มีความเที่ยงตรง แม่นพอ พอที่จะวัดค่าแรงดันที่มีสัญญาณแรงดันน้อยๆ

แนวทางแก้ไข ขอยืมมิเตอร์ที่มีคุณภาพมาใช้ในการทดลองแทนตัวที่ใช้อยู่

3. เครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม ไม่สามารถคืบตัวเนื่องจากโครงสร้างของเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม ไม่สามารถยึดหยุ่นตัว

แนวทางแก้ไข ใช้มีดยกแทนซึ่งขึ้นมาเล็กน้อย ค่าจะกลับมาที่ 0.00 kg

5.3 แนวทางการพัฒนา

เพื่อพัฒนาขีดความสามารถให้สูงขึ้นอาจเพิ่มเติมโดยการพัฒนาให้สามารถทำสิ่งต่อไปนี้

1. สามารถพิมพ์ค่าที่ซึ่งได้ออกมาจากกล่องควบคุม
2. สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อจัดเก็บข้อมูลการชั่งน้ำหนักเข้าฮาร์ดดิสก์
3. ทำให้เครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ชัยวัฒน์ ลีมพรจิตรวิไล และวรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล. 2540. **เรียนรู้และปฏิบัติการ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51**. กรุงเทพฯ : บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด.

ชัยวัฒน์ ลีมพรจิตรวิไล และนคร ภักดีชาติ. 2521. **ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยโปรแกรมภาษาซี**. กรุงเทพฯ : บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด.

ธีรวัฒน์ ประกายผล. 2544. **การประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

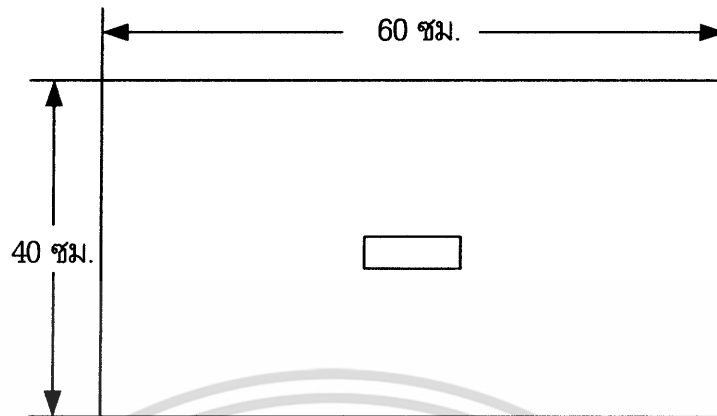
วรพงศ์ ตั้งศิริรัตน์. 2548. **เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



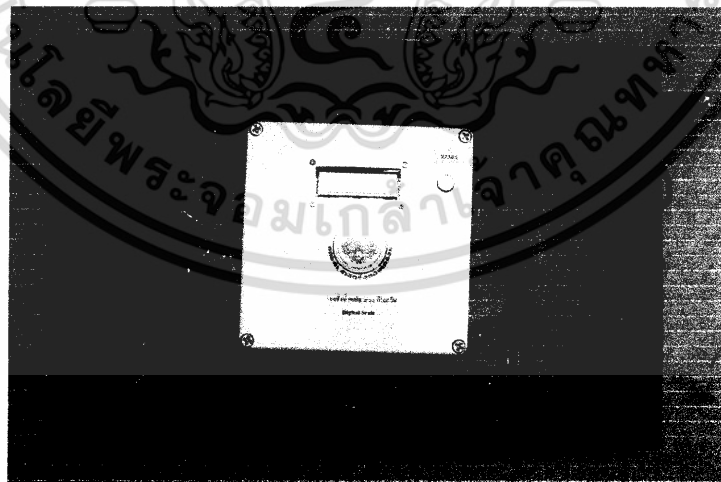
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.1 การออกแบบด้านบนของแท่นชั่ง

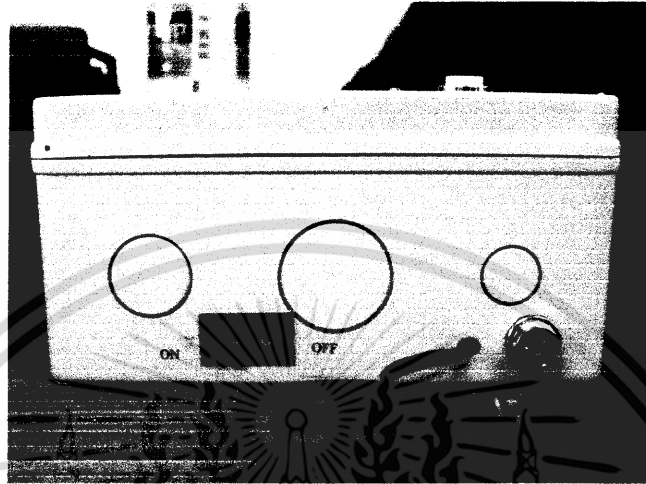


รูปที่ ก.2 การออกแบบด้านข้างของแท่นชั่ง



รูปที่ ก.3 ภาพด้านบนของเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.4 ภาพด้านขวาของกล่องแสดงผล

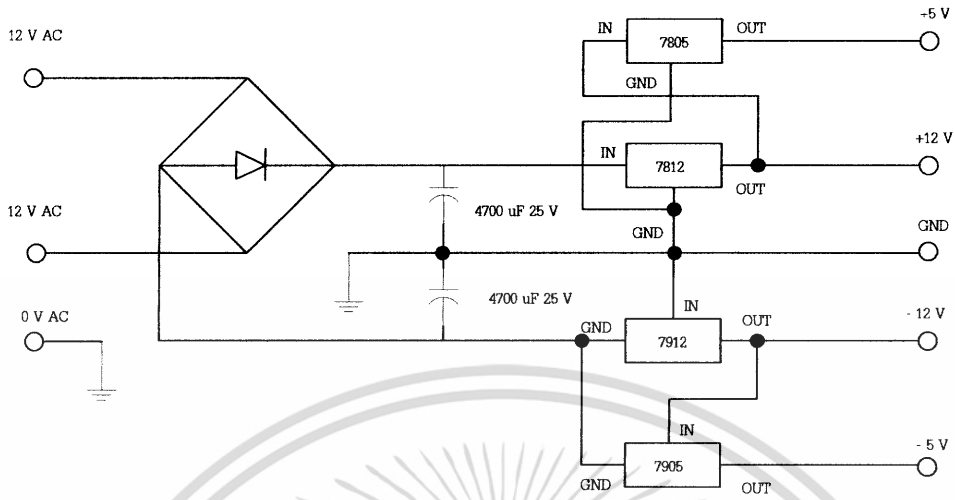


รูปที่ ก.4 ภาพด้านซ้ายของกล่องแสดงผล

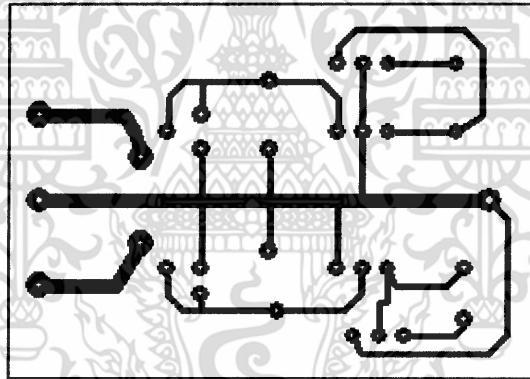
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



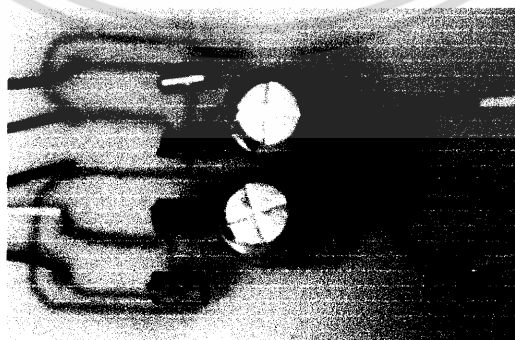
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

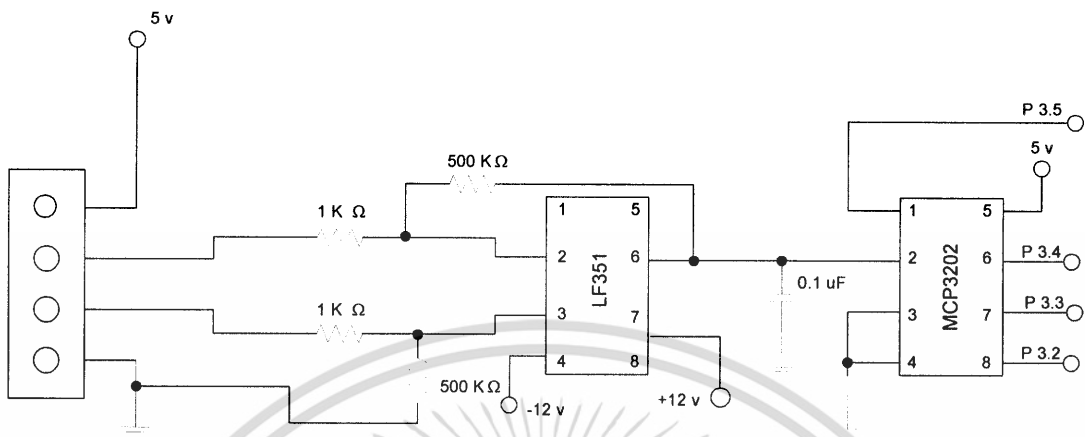


รูปที่ ข.2 ลายวงจรพิมพ์วงจรแหล่งจ่าย

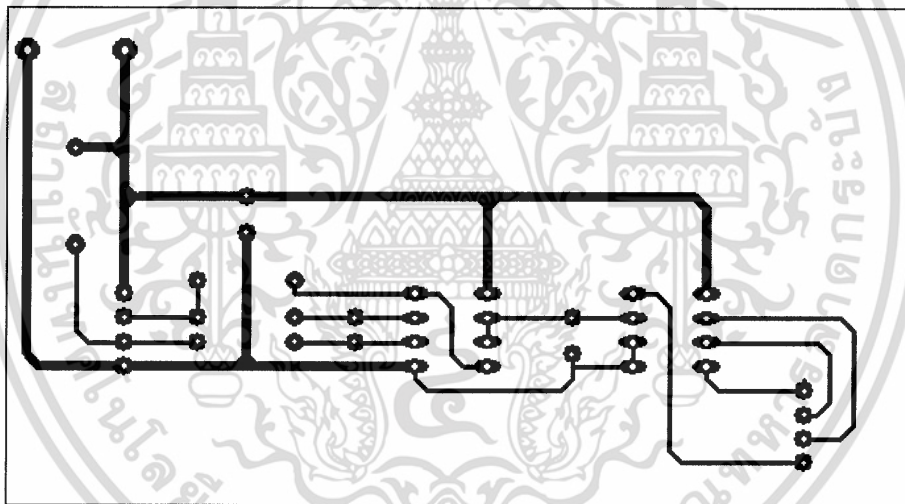


รูปที่ ข.3 แผงวงจรแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

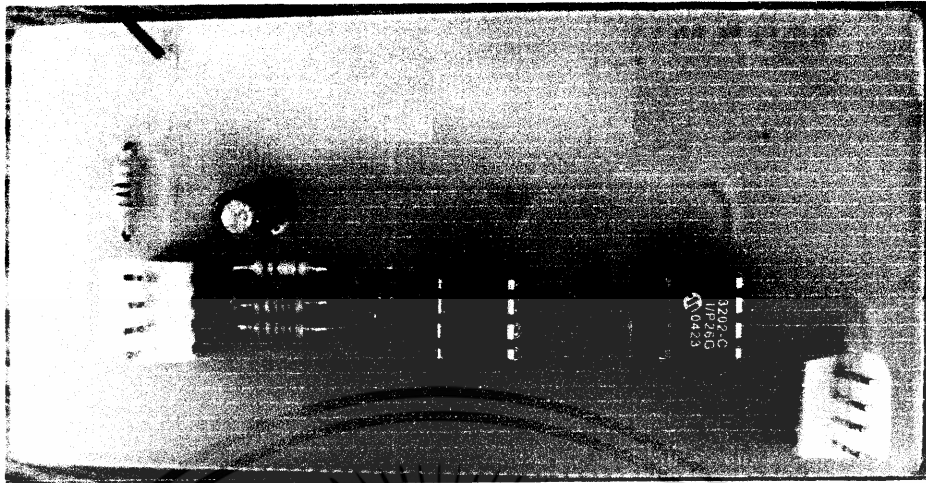


รูปที่ ๒.๔ วงจรขยายสัญญาณและภาคแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

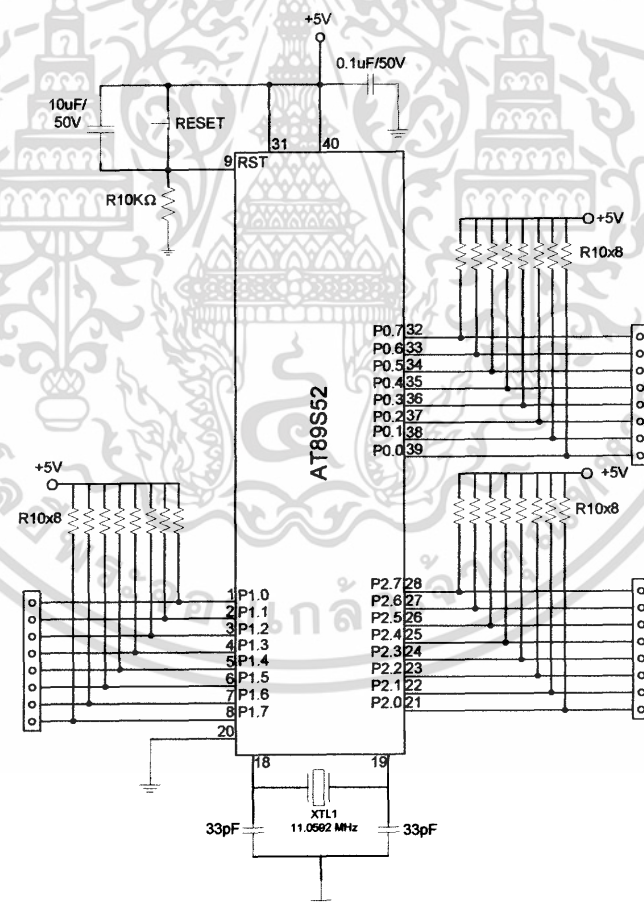


รูปที่ ๒.๕ ลายวงจรพิมพ์วงจรขยายสัญญาณและภาคแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

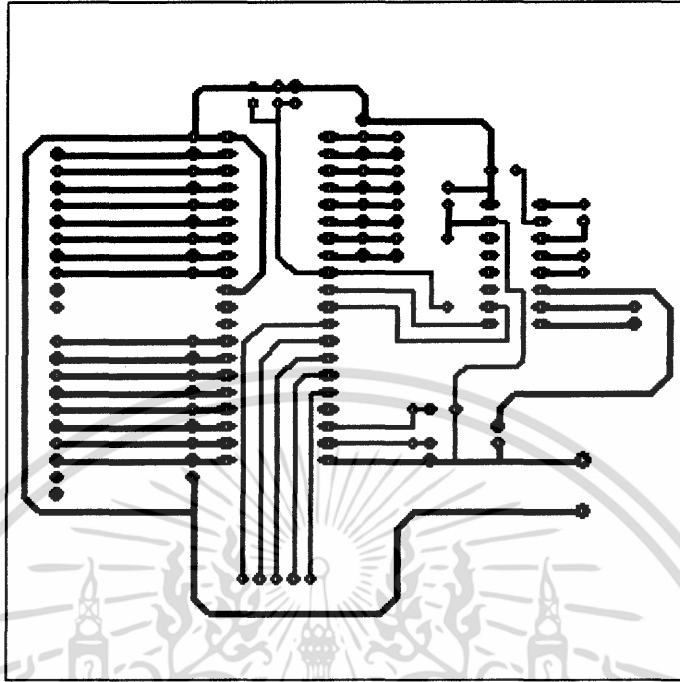


รูปที่ ข.6 แผงวงจรขยายสัญญาณและภาคแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

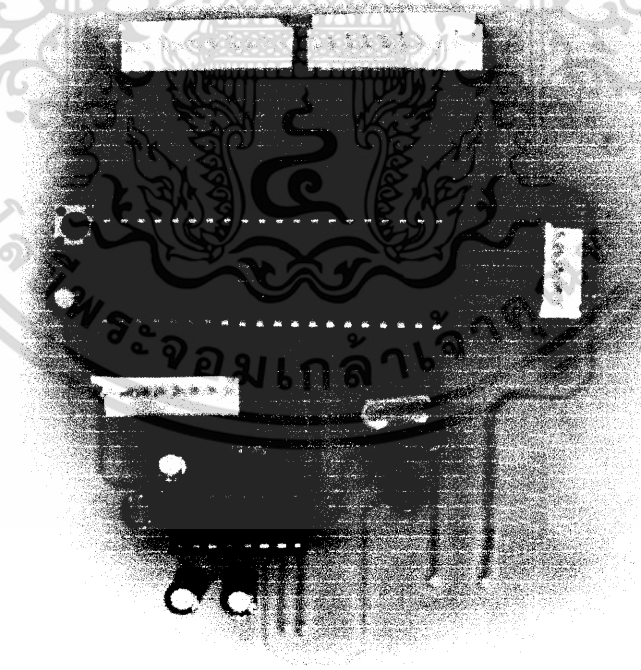


รูปที่ ข.7 วงจรภาคประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑.๘ ลายวงจรพิมพ์วงจรชุดประมวลผล



รูปที่ ๑.๙ แผ่นวงจรชุดประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรภาคจ่ายไฟกระแสตรง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	LM 7812	1 ตัว
IC2	LM 7912	1 ตัว
IC3	LM 7805	1 ตัว
IC4	LM 7905	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
ไดโอดบริดจ์	KVL 404	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1,C2	220 μ F 25 V	2 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
T1	หม้อแปลง 220 / 12 - 0 - 12 V 1 A	1 ตัว

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรขยายสัญญาณและแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	LF351	1 ตัว
IC2	MCP 3202	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1 - C3	0.1 μ F 50 V	3 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1,R2	1.5 K Ω 1/4 W 5%	2 ตัว
R3	250 K Ω 1/4 W 5%	1 ตัว
VR1	810 Ω 1/4 W 5%	1 ตัว
อุปกรณ์ต่างๆ		
J1 - J3	Connector 10 pin	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรชุดประมวลผล

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	AT89S52	1 ตัว
IC2	MAX 232	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	10 μ F 16 V	1 ตัว
C2 - C6	10 μ F 50 V	5 ตัว
C7 - C8	30 pF 16 V	2 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	10 Ω 1/4 W 5%	1 ตัว
R2 - R4	R pack 10 K Ω x 8	3 ตัว
อุปกรณ์ต่างๆ		
คริสตอล	11.0592 MHz	1 ตัว
สวิตช์กดติดปล่อยดับ		1 ตัว
J1 - J3	Connecter 10 pin	3 ตัว
J4	Connecter 5 pin	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MCP3202

2.7V Dual Channel 12-Bit A/D Converter with SPI™ Serial Interface

Features

- 12-bit resolution
- ± 1 LSB max DNL
- ± 1 LSB max INL (MCP3202-B)
- ± 2 LSB max INL (MCP3202-C)
- Analog inputs programmable as single-ended or pseudo-differential pairs
- On-chip sample and hold
- SPI™ serial interface (modes 0,0 and 1,1)
- Single supply operation: 2.7V - 5.5V
- 100 ksp/s max. sampling rate at $V_{DD} = 5V$
- 50 ksp/s max. sampling rate at $V_{DD} = 2.7V$
- Low power CMOS technology
 - 500 nA typical standby current, 5 μA max.
 - 550 μA max. active current at 5V
- Industrial temp range: $-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$
- 8-pin MSOP, PDIP, SOIC and TSSOP packages

Applications

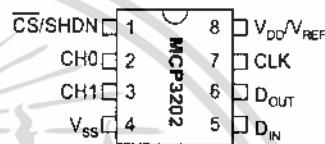
- Sensor Interface
- Process Control
- Data Acquisition
- Battery Operated Systems

Description

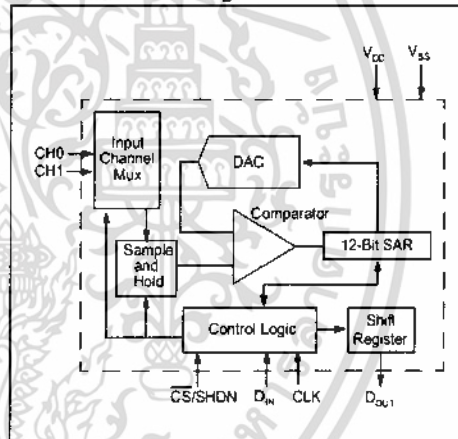
The Microchip Technology Inc. MCP3202 is a successive approximation 12-bit Analog-to-Digital (A/D) Converter with on-board sample and hold circuitry. The MCP3202 is programmable to provide a single pseudo-differential input pair or dual single-ended inputs. Differential Nonlinearity (DNL) is specified at ± 1 LSB, and Integral Nonlinearity (INL) is offered in ± 1 LSB (MCP3202-B) and ± 2 LSB (MCP3202-C) versions. Communication with the device is done using a simple serial interface compatible with the SPI protocol. The device is capable of conversion rates of up to 100 ksp/s at 5V and 50 ksp/s at 2.7V. The MCP3202 device operates over a broad voltage range (2.7V - 5.5V). Low current design permits operation with typical standby and active currents of only 500 nA and 375 μA , respectively. The MCP3202 is offered in 8-pin MSOP, PDIP, TSSOP and 150 mil SOIC packages.

Package Types

PDIP, MSOP, SOIC, TSSOP



Functional Block Diagram



MCP3202

1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

1.1 Maximum Ratings*

V_{DD}7.0V

All inputs and outputs w.r.t. V_{SS}-0.6V to V_{DD} +0.6V

Storage temperature-65°C to +150°C

Ambient temp. with power applied-65°C to +125°C

ESD protection on all pins (HBM)..... > 4 kV

*Notice: Stresses above those listed under "Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operational listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

PIN FUNCTION TABLE

Name	Function
V_{DD}/V_{REF}	+2.7V to 5.5V Power Supply and Reference Voltage Input
CH0	Channel 0 Analog Input
CH1	Channel 1 Analog Input
CLK	Serial Clock
D_{IN}	Serial Data In
D_{OUT}	Serial Data Out
CS/SHDN	Chip Select/Shutdown Input

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

All parameters apply at $V_{DD} = 5.5V$, $V_{SS} = 0V$, $T_{AMB} = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$, $f_{SAMPLE} = 100$ ksp/s and $f_{CLK} = 18 * f_{SAMPLE}$ unless otherwise noted.

Parameter	Sym	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
Conversion Rate:						
Conversion Time	t_{CONV}	—	—	12	clock cycles	
Analog Input Sample Time	t_{SAMPLE}	—	1.5	—	clock cycles	
Throughput Rate	f_{SAMPLE}	—	—	100	ksp/s	$V_{DD} = V_{REF} = 5V$
		—	—	50	ksp/s	$V_{DD} = V_{REF} = 2.7V$
DC Accuracy:						
Resolution		—	12	—	bits	
Integral Nonlinearity	INL	—	± 0.75	± 1	LSB	MCP3202-B
		—	± 1	± 2	LSB	MCP3202-C
Differential Nonlinearity	DNL	—	± 0.5	± 1	LSB	No missing codes over temperature
Offset Error		—	± 1.25	± 3	LSB	
Gain Error		—	± 1.25	± 5	LSB	
Dynamic Performance:						
Total Harmonic Distortion	THD	—	-82	—	dB	$V_{IN} = 0.1V$ to $4.9V@1$ kHz
Signal to Noise and Distortion (SINAD)	SINAD	—	72	—	dB	$V_{IN} = 0.1V$ to $4.9V@1$ kHz
Spurious Free Dynamic Range	SFDR	—	86	—	dB	$V_{IN} = 0.1V$ to $4.9V@1$ kHz
Analog Inputs:						
Input Voltage Range for CH0 or CH1 in Single-Ended Mode		V_{SS}	—	V_{DD}	V	
Input Voltage Range for IN+ in Pseudo-Differential Mode	IN+	IN-	—	$V_{DD} + IN-$		See Sections 3.1 and 4.1
Input Voltage Range for IN- in Pseudo-Differential Mode	IN-	$V_{SS} - 100$	—	$V_{SS} + 100$	mV	See Sections 3.1 and 4.1
Leakage Current		—	.001	± 1	μA	
Switch Resistance	R_{SS}	—	1 k	—	Ω	See Figure 4-1

Note 1: This parameter is established by characterization and not 100% tested.

Note 2: Because the sample cap will eventually lose charge, effective clock rates below 10 kHz can affect linearity performance, especially at elevated temperatures. See Section 6.2 for more information.

3.0 PIN DESCRIPTIONS

3.1 CH0/CH1

Analog inputs for channels 0 and 1 respectively. These channels can be programmed to be used as two independent channels in single-ended mode or as a single pseudo-differential input where one channel is IN+ and one channel is IN-. See Section 5.0 for information on programming the channel configuration.

3.2 Chip Select/Shutdown (CS/SHDN)

The CS/SHDN pin is used to initiate communication with the device when pulled low and will end a conversion and put the device in low power standby when pulled high. The CS/SHDN pin must be pulled high between conversions.

3.3 Serial Clock (CLK)

The SPI clock pin is used to initiate a conversion and to clock out each bit of the conversion as it takes place. See Section 6.2 for constraints on clock speed.

3.4 Serial Data Input (DIN)

The SPI port serial data input pin is used to clock in input channel configuration data.

3.5 Serial Data Output (DOUT)

The SPI serial data output pin is used to shift out the results of the A/D conversion. Data will always change on the falling edge of each clock as the conversion takes place.

4.0 DEVICE OPERATION

The MCP3202 A/D Converter employs a conventional SAR architecture. With this architecture, a sample is acquired on an internal sample/hold capacitor for 1.5 clock cycles starting on the second rising edge of the serial clock after the start bit has been received. Following this sample time, the input switch of the converter opens and the device uses the collected charge on the internal sample and hold capacitor to produce a serial 12-bit digital output code. Conversion rates of 100 ksps are possible on the MCP3202. See Section 6.2 for information on minimum clock rates. Communication with the device is done using a 3-wire SPI-compatible interface.

4.1 Analog Inputs

The MCP3202 device offers the choice of using the analog input channels configured as two single-ended inputs or a single pseudo-differential input. Configuration is done as part of the serial command before each conversion begins. When used in the pseudo-differential mode, CH0 and CH1 are programmed as the IN+ and IN- inputs as part of the command string transmitted to the device. The IN+ input can range from IN- to V_{REF} ($V_{DD} + IN-$). The IN- input is limited to ± 100 mV from the V_{SS} rail. The IN- input can be used to cancel small signal common-mode noise which is present on both the IN+ and IN- inputs.

For the A/D Converter to meet specification, the charge holding capacitor (C_{SAMPLE}) must be given enough time to acquire a 12-bit accurate voltage level during the 1.5 clock cycle sampling period. The analog input model is shown in Figure 4-1.

In this diagram, it is shown that the source impedance (R_S) adds to the internal sampling switch (R_{SS}) impedance, directly affecting the time that is required to charge the capacitor, C_{SAMPLE} . Consequently, larger source impedances increase the offset, gain, and integral linearity errors of the conversion.

Ideally, the impedance of the signal source should be near zero. This is achievable with an operational amplifier such as the MCP601 which has a closed loop output impedance of tens of ohms. The adverse effects of higher source impedances are shown in Figure 4-2.

When operating in the pseudo-differential mode, if the voltage level of IN+ is equal to or less than IN-, the resultant code will be 000h. If the voltage at IN+ is equal to or greater than $(V_{DD} + (IN-)) - 1$ LSB, then the output code will be FFFh. If the voltage level at IN- is more than 1 LSB below V_{SS} , then the voltage level at the IN+ input will have to go below V_{SS} to see the 000h output code. Conversely, if IN- is more than 1 LSB above V_{SS} , then the FFFh code will not be seen unless the IN+ input level goes above V_{DD} level.

4.2 Digital Output Code

The digital output code produced by an A/D Converter is a function of the input signal and the reference voltage. For the MCP3202, V_{DD} is used as the reference voltage. As the V_{DD} level is reduced, the LSB size is reduced accordingly. The theoretical digital output code produced by the A/D Converter is shown below.

$$\text{Digital Output Code} = \frac{4096 \cdot V_{IN}}{V_{DD}}$$

where:

V_{IN} = analog input voltage

V_{DD} = supply voltage

MCP3202

6.2 Maintaining Minimum Clock Speed

When the MCP3202 initiates the sample period, charge is stored on the sample capacitor. When the sample period is complete, the device converts one bit for each clock that is received. It is important for the user to note that a slow clock rate will allow charge to bleed off the sample cap while the conversion is taking place. At 85°C (worst case condition), the part will maintain proper charge on the sample capacitor for at least 1.2 ms after the sample period has ended. This means that the time between the end of the sample period and the time that all 12 data bits have been clocked out must not exceed 1.2 ms (effective clock frequency of 10 kHz). Failure to meet this criteria may induce linearity errors into the conversion outside the rated specifications. It should be noted that during the entire conversion cycle, the A/D Converter does not require a constant clock speed or duty cycle, as long as all timing specifications are met.

6.3 Buffering/Filtering the Analog Inputs

If the signal source for the A/D Converter is not a low impedance source, it will have to be buffered or inaccurate conversion results may occur. It is also recommended that a filter be used to eliminate any signals that may be aliased back into the conversion results. This is illustrated in Figure 6-3 below where an op amp is used to drive the analog input of the MCP3202. This amplifier provides a low impedance output for the converter input and a low pass filter, which eliminates unwanted high frequency noise.

Low pass (anti-aliasing) filters can be designed using Microchip's interactive FilterLab™ software. FilterLab will calculate capacitor and resistor values, as well as, determine the number of poles that are required for the application. For more information on filtering signals, see the application note AN699 "Anti-Aliasing Analog Filters for Data Acquisition Systems".

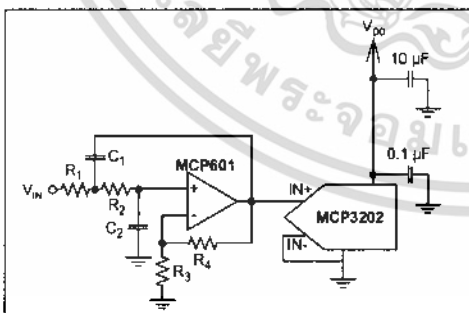


FIGURE 6-3: The MCP601 Operational Amplifier is used to implement a 2nd order anti-aliasing filter for the signal being converted by the MCP3202.

6.4 Layout Considerations

When laying out a printed circuit board for use with analog components, care should be taken to reduce noise wherever possible. A bypass capacitor should always be used with this device and should be placed as close as possible to the device pin. A bypass capacitor value of 0.1 µF is recommended.

Digital and analog traces should be separated as much as possible on the board and no traces should run underneath the device or the bypass capacitor. Extra precautions should be taken to keep traces with high frequency signals (such as clock lines) as far as possible from analog traces.

Use of an analog ground plane is recommended in order to keep the ground potential the same for all devices on the board. Providing V_{DD} connections to devices in a "star" configuration can also reduce noise by eliminating current return paths and associated errors. See Figure 6-4. For more information on layout tips when using A/D Converters, refer to AN688 "Layout Tips for 12-Bit A/D Converter Applications".

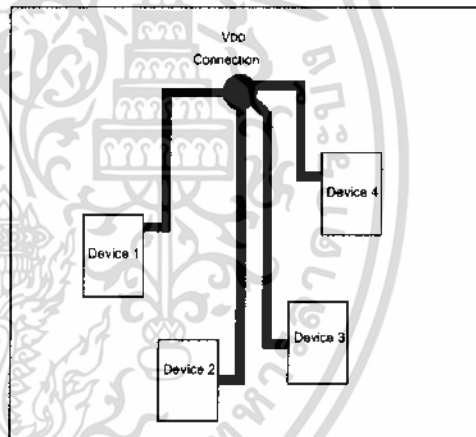
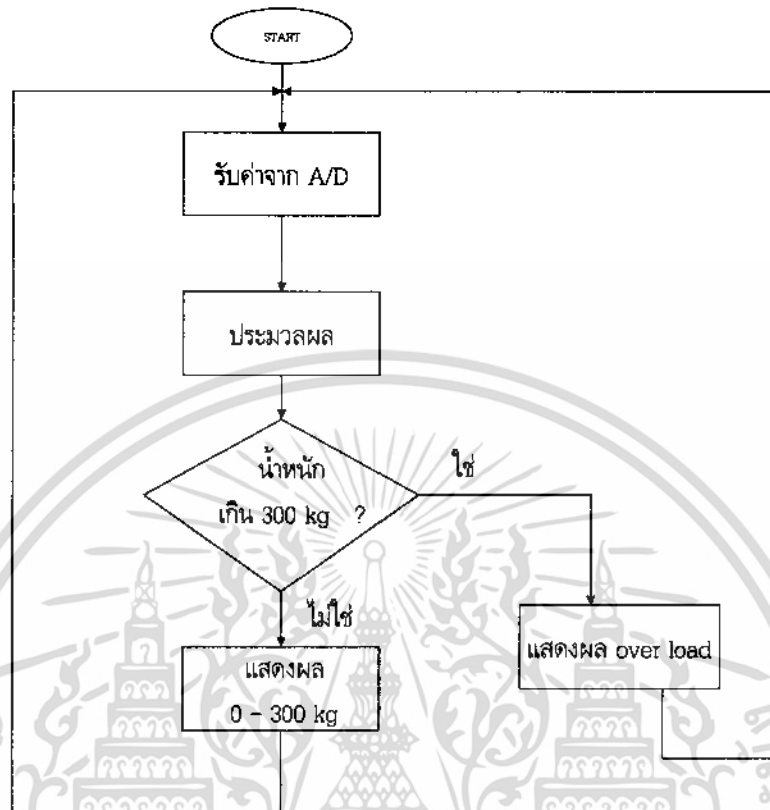


FIGURE 6-4: V_{DD} traces arranged in a "Star" configuration in order to reduce errors caused by current return paths.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.1 ผังงานของโปรแกรมเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ฉ
รหัสต้นฉบับของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง

```

// Header: load_cell 1.0
// File Name: load_cell.c

#include <REG52.H>

// Include Function For Keil51
#include <stdio.h>

#include <intrins.h>
#include <STDLIB.H>

// Test Program
sbit test1 = P2^0,

// Analog To Digital 4 bit
sbit D0 = P3^2, // Pin 5
sbit D1 = P3^3, // Pin 6
sbit D2 = P3^4, // Pin 7
sbit D3 = P3^5, // Pin 1

//-----
sbit BEEP = P1^6;
//-----load cel

float v,out;
unsigned int ADCBUF[8];

unsigned int dd1,car1,out1;
unsigned char id,jd,co;
bit d1,d2;
unsigned int d;
//-----Function Delay-----
void delay (unsigned int i) { for(i=1;i>=1;i--); }
void delay1 (unsigned int i) { for(i=1;i>=1,i--); }
void dmssec (unsigned int count)
{ // mSec Delay 11.0592 Mhz
  unsigned int i;
  while (count)
  {
    i = 115; while (i>0) i--;
    count--;
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
//-----
void ipdel (void) {          /* I2C delay */
    _nop_ ();
    _nop_ ();
    _nop_ ();
    _nop_ ();
    _nop_ ();
    _nop_ ();
    _nop_ ();
    _nop_ ();
    _nop_ ();
    _nop_ ();
}

void ipchigh (void) {      /* I2C clock high */
    IPSCL = 1;
    ipdel ();
}

void ipclow (void) {      /* I2C clock low */
    IPSCL = 0;
    ipdel ();
}

void ipstart (void) {     /* start condition */
    IPSDA = 1;
    IPSCL = 1;
    _nop_ ();
    _nop_ ();
    _nop_ ();
    _nop_ ();

    IPSDA = 0;
    ipdel ();
    IPSCL = 0;
    IPSDA = 1;
}

void ipstop (void) {     /* stop condition */
    IPSDA = 0;
    IPSCL = 1;
    ipdel ();
    IPSDA = 1;
}

bit ipwbyte (unsigned char dat) /* write one byte */
{
    unsigned char i;      /* return 0 = ok */
    bit outbit;          /* return 1 = error */
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for (i=1;i<=8;i++)
{
    outbit = dat & 0x80;
    IPSDA = outbit;
    dat = dat << 1;
    ipchigh ();
    ipclow ();
}
IPSDA = 1;
ipchigh ();
outbit = IPSDA;
ipclow ();
return (outbit);
}

unsigned char iprbyte (void)
{
    unsigned char i,dat;          /* read one byte */
    bit inbit;                   /* return 0xff = error */
    dat = 0;
    for (i=1;i<=8;i++)
    {
        ipchigh ();
        inbit = IPSDA;
        dat = dat << 1;
        dat = dat | inbit;
        ipclow ();
    }
    IPSDA = 1;
    ipchigh ();
    inbit = IPSDA;
    ipclow ();
    if (~inbit) dat = 0xff;
    return (dat);
}

//-----Start Set Four bit&pin for LCD16x2 -----
// Header: Led16x2.h
// File Name: Led16x2.h

#define ON 1
#define OFF 0

bdata unsigned char buf;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

sbit buf_0 = buf^0;
sbit buf_1 = buf^1;
sbit buf_2 = buf^2;
sbit buf_3 = buf^3;
sbit buf_4 = buf^4;
sbit buf_5 = buf^5;
sbit buf_6 = buf^6;
sbit buf_7 = buf^7;

void hi(void) { D4=buf_4; D6=buf_6; D7=buf_7; }
void low(void){ D4=buf_0; D6=buf_1; D7=buf_3; }

void write_command(unsigned char dat)
{
    buf=dat;
    hi();
    RS=0;
    delay(5);
    ENABLE=1;
    delay(10);
    ENABLE=0;
    delay(10);
    low();
    ENABLE=1;
    delay(10);
    ENABLE=0;
    delay(10);
}

void write_data(unsigned char dat)
{
    buf=dat;
    hi();
    RS=1;
    delay(5);
    ENABLE=1;
    delay(10);
    ENABLE=0;
    delay(10);
    low();
    ENABLE=1;
    delay(10);
    ENABLE=0;
    delay(10);
}

void write_line1(void) { write_command(0x80); }
void write_line2(void) { write_command(0xc0); }

void print_lcd2(unsigned char dat[])

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    unsigned char count=0x00;
    char *string_ptr=dat;
    write_line2();
    while(*string_ptr != 0x00)
    {
        write_data(*string_ptr);
        count++;
        string_ptr++;
    }
}

void print_led1(unsigned char dat[])
{
    unsigned char count=0x00;
    char *string_ptr=dat;
    write_line1();
    while(*string_ptr != 0x00)
    {
        write_data(*string_ptr);
        count++;
        string_ptr++;
    }
}

void print_data3 (unsigned char add,dat)
{
    write_command(add);
    write_data(patt_c((dat/1000)%10));
    add++;

    write_command(add);
    write_data(patt_c((dat/100)%10));
    add++;

    write_command(add);
    write_data(patt_c((dat/10)%10));
    add++;
    write_data('.');
    add++;
    write_command(add);
    write_data(patt_c((dat/1)%10));
}

void print_data2 (unsigned char add,dat)
{
    write_command(add);
    write_data(patt_c((dat/100)%10));
    add++;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

write_data('.');
add++;
write_command(add);
write_data(patt_c[(dat/10)%10]);
add++;

write_command(add);
write_data(patt_c[(dat/1)%10]);
}

void print_data1 (unsigned char add,dat)
{
write_command(add);
write_data(patt_c[(dat/1)%10]);
}

//-----
//-----End Display lcd16x2-----
//-----print out rs232 hiperterminal-----
void print_dat(unsigned int dat)
{
printf("%c%c%c%c" patt_c[(dat/1000)%10],patt_c[(dat/100)%10],patt_c[(dat/10)%10],patt_c[dat%10]);
//else{ printf("%c%c%c%c%c" patt_c[(dat/10000)%10],patt_c[(dat/1000)%10],patt_c[(dat/100)%10],patt_c[(dat/10)%10],patt_c[dat%10]; }
}

//-----End Print Hyperterminal-----

/***** I/O PORT *****/

sbit ADCS = P3^6;
sbit ADCK = P3^4;
sbit ADDO = P3^3;
sbit ADDI = P3^2;

/***** RAM WORKING *****/

unsigned int ADCBUF[8];

/***** SUB FUNCTION *****/

unsigned int mcp3202r0 (void) { // read mcp3202 a/d channel 0
unsigned char i;
unsigned int x;
x = 0;
ADCK = 0; // clk low first
ADCS = 0; // chip select
ADDI = 1; ADCK = 1; ADCK = 0; // start bit
ADDI = 1; ADCK = 1; ADCK = 0; // SGL/DIFF = 1
ADDI = 0; ADCK = 1; ADCK = 0; // ODD/SIGN = 0
ADDI = 1; ADCK = 1; ADCK = 0; // MSBF = 1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

_nop_ ();
_nop_ ();
for (i=0;i<=11;i++) {          // 12 bit data
    ADCK = 1; ADCK = 0;
    x <<= 1;
    x = x | ADD0;
}
ADCS = 1;
return (x);
}

unsigned int mcp3202a0 (void) { // read a/d (ave buffer)
    unsigned char i;
    unsigned long x;
    ADCBUF[7] = ADCBUF[6];
    ADCBUF[6] = ADCBUF[5];
    ADCBUF[5] = ADCBUF[4];
    ADCBUF[4] = ADCBUF[3];
    ADCBUF[3] = ADCBUF[2];
    ADCBUF[2] = ADCBUF[1];
    ADCBUF[1] = ADCBUF[0];
    ADCBUF[0] = mcp3202r0 ();
    x = 0;
    for (i=0;i<=7;i++) x += ADCBUF[i];
    x = x / 8;
    return (x);
}

/***** MAIN FUNCTION *****/

void start (void) { // speed x 1
    SCON = 0x52; // set RS232 parameter
    TMOD = 0x20;
    TH1 = 0xfd; PCON |= 0x80; // 19200
    TR1 = 1;
}

unsigned char gt;
//bit bed =P3^3;
void bed (void)
{
    BEEP=0;

    BEEP=1;

    if(gt < 20){gt=10;}else{ gt=gt-20;}
    dmaac(gt);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//-----
//-----Function main program-----
void main (void)
{
//-----Initial set org rs232 -----
    dmsec(1000);
    SCON=0x52; // rs232
    TMOD=0x21; // auto reload timer 0
    PCON=0x80; // rs232 * 2
    TH1=0xd; // 11.059 Mhz at 9600b/s
    TR1=1;
//-----Int set start timer0-----
// TH0=0xd8; // 100 usec 11.059 * 2
// TL0=0xcc;
    TH0=0x47; // 100 usec 11.059 * 1
    TL0=0x47;
    TR0=1;
    ET0=1;
//-----Int EX0 P3.2-----
    EX0=1;
    IT0=1;
//-----Int EX1 P3.3-----
    EX1=1;
    IT1=1;
//-----Run interup all-----
    EA=1;

    printf("\n Print Start Power ON");
    delay(65000);
    initial_lcd();
//-----
    d1=0;d2=0;

    print_lcd1("Weight kg");
    print_lcd2("Instrument kmit");

    while(1)
    {

        d = mcp3202a0 ();
        print_data3(136 out);//address LCD
        id++;
        if(id==30){id=0;d2=1;}

        if(d > (dd1+40)){dd1=d;}
        if((d+40) < dd1){dd1=d;}

        if(d > (dd1+5)){dd1++;dmsec(100);} // swing set
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if((d+5) < dd1){dd1--;dmsec(100);} //

        if(d > (dd1+100)){dd1=d;}
if((d+100) < dd1){dd1=d;}

out1=dd1-car1;

        if(out1 <= 3){out1=0;}

if(out1 > 5000){out1=0;}

        if(cou > 100){BEEP=0;dmsec(50);BEEP=1;cou=0;}
cou++;

        out=out/1.3; //add just
if(out >30)
{
    print_lcd2("over rang");
}
else
{
    print_lcd2("Instrument kmid");
}
printf("\n");
    printf("#");print_dat(out);    printf("0");
    printf(" out1 ");    print_dat(out1);
    printf(" dd ");    print_dat(dd1);

if(test1==0){car1=dd1;}
if(d1==0)
{
    if(d2==1){car1=dd1; d1=1;}
}

}

//-----
void Ex0(void) interrupt 0 //---P3.2
{
}

//-----
void timer0(void) interrupt 1 //---Timer0
{
}

//-----
void Exint1(void) interrupt 2 //---P3.3

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งานเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม



สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์วิศวกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

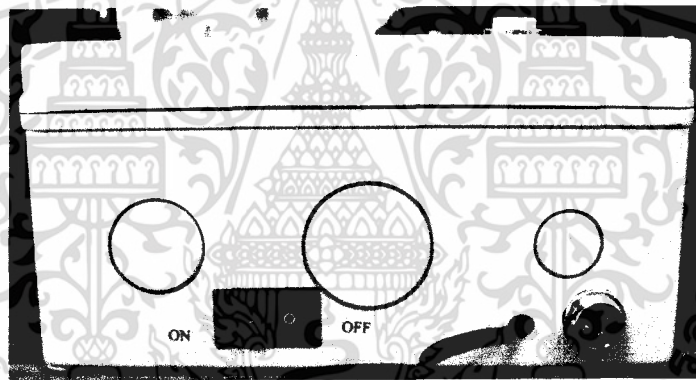
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำแนะนำเบื้องต้น

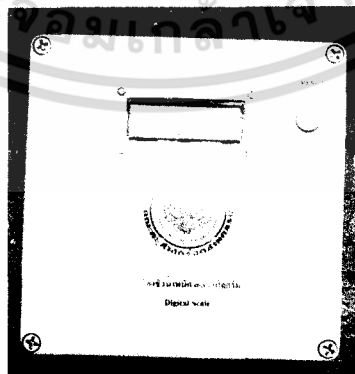
ก่อนที่จะลงมือใช้เครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม ด้วยตนเอง ควรทำการศึกษาการใช้งานจากคู่มือให้เข้าใจ เพื่อการใช้งานที่ถูกต้อง และเป็นการป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดกับเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม

คู่มือการใช้งาน

1. เสียบปลั๊กไฟเพื่อจ่ายไฟให้กับเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม
2. เปิดสวิตซ์เครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม
3. ให้น้ำจอ LCD ปรากฏคำว่า weight 000.0 kg
Instrument kmitl
4. ถ้าน้ำจอ LCD ไม่ขึ้นตามข้อ 3. ให้กดปุ่ม Reset (สี่เหลี่ยม) 1 ครั้ง
5. สามารถนำสิ่งของที่มีน้ำหนัก 0 - 300 กิโลกรัม มาชั่งน้ำหนักได้



รูปที่ ข.1 ภาพสวิตซ์ของเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม



รูปที่ ข.2 ภาพจอแสดงผลและปุ่ม Reset ของเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการบำรุงรักษา

1. ไม่ควรวางเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม โดนแสงแดด
2. ไม่ควรวางเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม อยู่ในที่เปียกและชื้น
3. ไม่วางวัตถุที่จะชั่งน้ำหนักลงบนเครื่องชั่ง 300 กิโลกรัม แรงๆ
4. ในการเคลื่อนย้ายเครื่องชั่งน้ำหนัก 300 กิโลกรัม ควรทำอย่างระมัดระวัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปฏิญานិพนธ์	นายชาคริต ชาญณรงค์
วันเดือนปีเกิด	11 กุมภาพันธ์ 2527
ภูมิลำเนา	97 หมู่ 5 ตำบลเขาเขน อำเภอปลายพระยา จังหวัดกระบี่ 81160 โทรศัพท์ 0-5820-8235
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดเกาะจาก
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนโคกนาคณาภรณ์
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการต่อเรือนครศรีธรรมราช
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคปัตตานี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ผลงานที่ได้รับ	-
ทุนการศึกษา	-
ความสนใจพิเศษ	-
คติพจน์	อยู่สูงให้นอนคว่ำ อยู่ต่ำให้นอนหงาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปริญญาโท	นายณัฐศักดิ์ วงษ์อนุชิตเมธา
วันเดือนปีเกิด	11 มิถุนายน 2527
ภูมิลำเนา	127/3 ถนนนิพัทธ์อุทิศ3 อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110 โทรศัพท์ 0-6560-7120
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนแสงทองวิทยา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนแสงทองวิทยา
ประกาศนียบัตร	วิทยาลัยเทคนิคเทคนิคหาดใหญ่
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ผลงานที่ได้รับ	-
ทุนการศึกษา	-
ความสนใจพิเศษ	-
คติพจน์	รู้อะไรไม่รู้รู้วิชา รู้ภาษาตัวรอดเป็นยอดดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปฏิญานิพนธ์	นายศราพงศ์ ปราบราย
วันเดือนปีเกิด	15 เมษายน 2525
ภูมิลำเนา	15 หมู่3 ตำบลเขาพระ อำเภอพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช 80270 โทรศัพท์ 0-9133-5350
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดหน้าเขา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนพิบูลสังฆรักษ์ประชาอุทิศ
ประกาศนียบัตร	วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ผลงานที่ได้รับ	-
ทุนการศึกษา	-
ความสนใจพิเศษ	-
คติพจน์	พ่ายแพ้เป็นบทเรียน ทำจากเล็กไปใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปฏิญานิพนธ์	นายเอกวิทย์ จิตรเที่ยง
วันเดือนปีเกิด	13 กันยายน 2526
ภูมิลำเนา	51/1 หมู่ 7 ตำบลสุไหง อำเภอบะเหลียน จังหวัดตรัง 92120 โทรศัพท์ 0-9587-0084
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนทุ่งไทรทอง
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนปะเหลียนผดุงศิษย์
ประกาศนียบัตร	วิทยาลัยเทคนิคตรัง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคตรัง
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ผลงานที่ได้รับ	-
ทุนการศึกษา	-
ความสนใจพิเศษ	-
คติพจน์	ทำทุกอย่างด้วยใจที่รักเพื่อคนที่รักเรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้