

เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบดิจิทัล

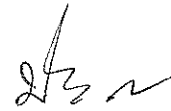
จัดทำโดย

นายวิชัยพล	พลมนตรี	รหัสประจำตัว	B5500185
นางสาวอัจฉรา	ลำแสง	รหัสประจำตัว	B5514861
นางสาวอรรรยา	ล.วีระพรรค	รหัสประจำตัว	B5525386

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 527499 โครงการวิศวกรรมโทรคมนาคม
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ประจำภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2558

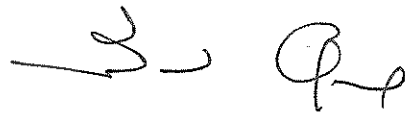
เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบดิจิตอล

คณะกรรมการสอบโครงการ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยาภรณ์ มีสวัสดิ์)

ที่ปรึกษาโครงการ



(รองศาสตราจารย์ ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล)

กรรมการ



(รองศาสตราจารย์ ดร.มนต์ทิพย์ภา อุฑารสกุล)

กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับรายงานฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม วิชา 527499 โครงการวิศวกรรมโทรคมนาคม
ประจำปีการศึกษา 2558

โครงการ	เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบดิจิตอล
จัดทำโดย	นายวิชัยพล พลมนตรี นางสาวอัจฉรา ลำแสง นางสาวอรรรยา ล.วีระพรรค
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยาภรณ์ มีสวัสดิ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
ปีการศึกษาที่	2/2558

บทคัดย่อ

การชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงเป็นเครื่องบอกความสมบูรณ์ของร่างกายว่า มีสภาพแข็งแรงสมบูรณ์ดี สามารถบ่งบอกสิ่งเกี่ยวกับสุขภาพดัชนีมวลกายของตัวเราได้หลาย ๆ อย่าง เช่น อ้วน ผอม สูง สำหรับการชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอลเราจะเห็นได้ทั่วไป แต่การวัดส่วนสูงในแต่ละครั้งนั้นมีความยุ่งยากลำบากและเสียเวลา จากความสำคัญจุดนี้จึงมีการคิดค้นและประยุกต์เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบดิจิตอลขึ้นมาให้อยู่ในโครงสร้างเดียวกันพร้อมยังบอกค่าดัชนีมวลกายให้อีกด้วย เพื่อให้สะดวกสบายมากยิ่งขึ้นและทำให้เกิดความผิดพลาดได้น้อยลง

โครงการนี้จึงได้ออกแบบเครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบดิจิตอล โดยอาศัยคุณสมบัติของคลื่นเสียงในการวัดส่วนสูง โดยการใช้คลื่นอัลตราโซนิกปล่อยลงมาจากด้านบนมากระทบกับศีรษะแล้วใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผล ในขณะที่เดียวกันจะวิเคราะห์น้ำหนักจากโหลดเซลล์ แล้วนำค่าน้ำหนักและส่วนสูงที่ได้มาคำนวณหาค่าดัชนีมวลกาย แล้วแสดงค่าน้ำหนัก ส่วนสูงและ BMI บนจอ LCD

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการนี้จะมีอาจสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ถ้าหากมีได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ปิยาภรณ์ มีสวัสดิ์ ผู้ที่ได้นำคำปรึกษาทั้งข้อมูลต่าง ๆ ในด้านวิชาการและให้ความช่วยเหลือในทุกด้าน อีกทั้งยังให้กำลังใจและคำแนะนำเมื่อเกิดปัญหาในการทำงาน ส่งผลให้คณะผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ต่าง ๆ อย่างมากมาย

นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณ พี่ๆและเพื่อนๆ สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องของการเขียนโปรแกรมและเครื่องมือในการทดลอง

สุดท้ายนี้ คณะนามความดีที่เกิดจากโครงการฉบับนี้ ขอมอบแก่บิดามารดา ผู้ที่คอยห่วงใย ให้กำลังใจ ให้โอกาส และให้การสนับสนุนทางการศึกษามาโดยตลอด



นายวิชัยพล	พลมนตรี
นางสาวอัจฉรา	ลำแสง
นางสาวอรรรยา	ล.วีระพรรค

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ช
 บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตงาน	3
1.4 ขั้นตอนการทำงาน	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 Ultrasonic Ranging Module HC-SR04	4
2.2 HX711 Weight Sensor Module Dual Channel	11
2.3 Load cell 200 kg	13
2.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับบอร์ด Arduino	17
2.5 การใช้งานโมดูล LCD	27
2.6 ดัชนีมวลกาย	28
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างวงจร	
3.1 บอร์ด Arduino	31
3.2 วงจรของคลื่นอัลตราโซนิกโดยใช้ไอซีเบอร์ TL949	33
3.3 วงจรโหลดเซลล์	38
3.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์และการเขียนโปรแกรม	41

บทที่ 4 การทดลอง	
4.1 บทนำ	59
4.2 ทดลองวัดส่วนสูงกับเครื่องชั่งน้ำหนักและส่วนสูงแบบดิจิตอล	60
4.3 ทดลองวัดส่วนสูงกับเครื่องชั่งน้ำหนักและส่วนสูงแบบดิจิตอล	64
4.4 การทดลองวัดส่วนสูงและชั่งน้ำหนักกับเครื่องทั่วไป	66
4.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง	68
บทที่ 5 บทสรุป และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลโครงการ	69
5.2 ปัญหาที่พบในระหว่างการทำโครงการและวิธีแก้ปัญหา	69
5.3 ข้อเสนอแนะ	70
เอกสารอ้างอิง	71
ภาคผนวก Datasheet	72
ประวัติผู้เขียน	89



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 การชั่งน้ำหนักในปัจจุบัน	1
รูปที่ 1.2 การวัดส่วนสูงในปัจจุบัน	2
รูปที่ 1.3 เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบดิจิทัล	2
รูปที่ 2.1 Ultrasonic Ranging Module HC-SR04	4
รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างการเขียนสัญลักษณ์ของอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบต่างๆ กัน	6
รูปที่ 2.3 หลักการทำงานของอัลตราโซนิก	8
รูปที่ 2.4 อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ วงจรส่งผ่าน/รับ	9
รูปที่ 2.5 อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ วงจรเวลาคงที่	9
รูปที่ 2.6 คุณสมบัติและการตรวจจับเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	10
รูปที่ 2.7 HX711	11
รูปที่ 2.8 โหลดเซลล์แบบสเตอร์นเกจ	15
รูปที่ 2.9 บอร์ด Arduino Uno R2	17
รูปที่ 2.10 บอร์ด Arduino Uno SMD	17
รูปที่ 2.11 การ Download โปรแกรม	19
รูปที่ 2.12 การ download Arduino software	19
รูปที่ 2.13 การติดตั้งโปรแกรมลง Windows	20
รูปที่ 2.14 การเปิด Device Manager	20
รูปที่ 2.15 การ Start device manager	21
รูปที่ 2.16 การ Arduino Device แต่ไม่สามารถติดตั้งได้	21
รูปที่ 2.17 การ Update Driver Software บน pop-up menu	22
รูปที่ 2.18 การ install Driver Software Manually	22
รูปที่ 2.19 การเปิด Folder ของ File Arduino	23
รูปที่ 2.20 การเปิด drivers folder ที่ download มา	23
รูปที่ 2.21 ทำการเลือก driver folder	24
รูปที่ 2.22 การ Install this driver software anyway	24
รูปที่ 2.23 dialog box เมื่อทำการ Install Drive เป็นที่เรียบร้อยแล้ว	25

รูปที่ 2.24 folder ของโปรแกรม Arduino	25
รูปที่ 2.25 การเลือกรุ่นของบอร์ดให้เป็น Arduino Uno	26
รูปที่ 2.26 ตัวอย่างการต่อใช้งานโมดูล LCD กับบอร์ด Arduino	27
รูปที่ 2.27 ค่าดัชนีมวลภายในเกณฑ์ต่าง ๆ	28
รูปที่ 3.1 การทำงานของเครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบดิจิตอล	29
รูปที่ 3.2 องค์ประกอบของเครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบดิจิตอล	30
รูปที่ 3.3 (ก) ไดอะแกรมของบอร์ด Arduino	31
(ข) บอร์ด Arduino จริง	
รูปที่ 3.4 การเชื่อมต่อบอร์ดกับจอ LCD	32
รูปที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรมภาคส่งคลื่นอัลตราโซนิก	33
รูปที่ 3.6 บล็อกไดอะแกรมของไอซีเบอร์ TL494	34
รูปที่ 3.7 วงจรสร้างความถี่ 40 kHz	34
รูปที่ 3.8 การต่อใช้งานบอร์ดกับเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	36
รูปที่ 3.9 การวางตำแหน่งของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	37
รูปที่ 3.10 เสาวัดส่วนสูงซึ่งทำจากท่อ PVC	37
รูปที่ 3.11 วงจร Bridge circuit	38
รูปที่ 3.12 วงจรโหลดเซลล์	38
รูปที่ 3.13 การต่อ Load Cell HX-711	39
รูปที่ 3.14 ค่า pulse ที่ต้องส่งให้ HX-711	39
รูปที่ 3.15 ไดอะแกรมวงจรขยายสัญญาณในภาครับและภาคส่งโหลดเซลล์	40
รูปที่ 3.16 การวางตำแหน่งของโหลดเซลล์และ HX-711	40
รูปที่ 3.17 โครงสร้างที่ใช้รับน้ำหนักทำจากเหล็ก	40
รูปที่ 3.18 (ก) การเชื่อมต่ออุปกรณ์กับบอร์ด Arduino	41
(ข) ไดอะแกรมวงจรต่อใช้งานของบอร์ด Arduino	
รูปที่ 3.19 flow chart	44
รูปที่ 3.20 การ calibrate code	45
รูปที่ 3.21 ค่าน้ำหนักที่นำมา calibrate	45
รูปที่ 3.22 การ Upload code ลงไปยัง board Arduino	46
รูปที่ 3.23 การเปิดหน้าต่าง Serial Monitor เพื่อเริ่มทำการ calibrate	46
รูปที่ 3.24 การตั้งค่าอัตราเร็วให้เป็น 115200 บิตต่อวินาที	46

รูปที่ 3.25 แผ่นรับน้ำหนักขณะที่ยังไม่ได้วางวัตถุ	47
รูปที่ 3.26 การส่งค่า a เพื่อทำการหา Zero Factor	47
รูปที่ 3.27 การนำวัตถุ 5 กิโลกรัม	48
รูปที่ 3.28 การส่งค่า b เพื่อหาค่า calibration factor	48
รูปที่ 3.29 การส่งค่า c เพื่อ หาค่าน้ำหนักที่แท้จริง	49
รูปที่ 3.30 ค่าน้ำหนักที่อ่านได้จากการวางวัตถุ 5 กิโลกรัม	49
รูปที่ 3.31 การเปิดใช้งานโปรแกรม Arduino	50
รูปที่ 3.32 การเปิด code รวมทั้งหมด	50
รูปที่ 3.33 นำค่า Zero Factor และค่า calibration factor มาใส่ในโค้ด	51
รูปที่ 3.34 ทำการ Upload code ลงไปยัง board Arduino	51
รูปที่ 4.1 การทดลองวัดส่วนสูงแบบไม่ใส่หมวก	60
รูปที่ 4.2 การทดลองวัดค่าส่วนสูงแบบใช้หมวกฟิวเจอร์บอร์ด	61
รูปที่ 4.3 กราฟการทดลองวัดค่าส่วนสูงแบบหมวกฟิวเจอร์บอร์ด	62
รูปที่ 4.4 การทดลองวัดค่าส่วนสูงแบบใช้หมวกนิรภัย แบบครึ่งใบ	62
รูปที่ 4.5 กราฟการทดลองวัดค่าส่วนสูงแบบใช้หมวกนิรภัย แบบครึ่งใบ	63
รูปที่ 4.6 แผ่นรับน้ำหนักยึดติดกับฐาน	64
รูปที่ 4.7 แผ่นรับน้ำหนักไม่ยึดติดกับฐาน	65
รูปที่ 4.8 กราฟการทดลองชั่งน้ำหนักแบบแผ่นรับน้ำหนักไม่ยึดติดกับฐาน	66
รูปที่ 4.9 การทดลองชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบเครื่องทั่วไป	66
รูปที่ 4.10 ค่าน้ำหนักและส่วนสูงที่อ่านได้จากชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบเครื่องทั่วไป	67
รูปที่ 4.11 ค่าน้ำหนักและส่วนสูงที่อ่านได้จากการทดลองชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบดิจิตอล	67

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ชื่อขาและหน้าที่ของ IIX711	12
ตารางที่ 4.1 การทดลองวัดค่าส่วนสูงแบบไมไล่หมวก	60
ตารางที่ 4.2 การทดลองวัดค่าส่วนสูงแบบหมวกฟิวเจอร์บอร์ด	61
ตารางที่ 4.3 การทดลองวัดค่าส่วนสูงแบบใช้หมวกนิรภัย แบบครึ่งใบ	63
ตารางที่ 4.4 การทดลองซึ่งน้ำหนักแบบแผ่นรับน้ำหนักยึดติดกับฐาน	64
ตารางที่ 4.5 การทดลองซึ่งน้ำหนักแบบแผ่นรับน้ำหนักไม่ยึดติดฐาน	65



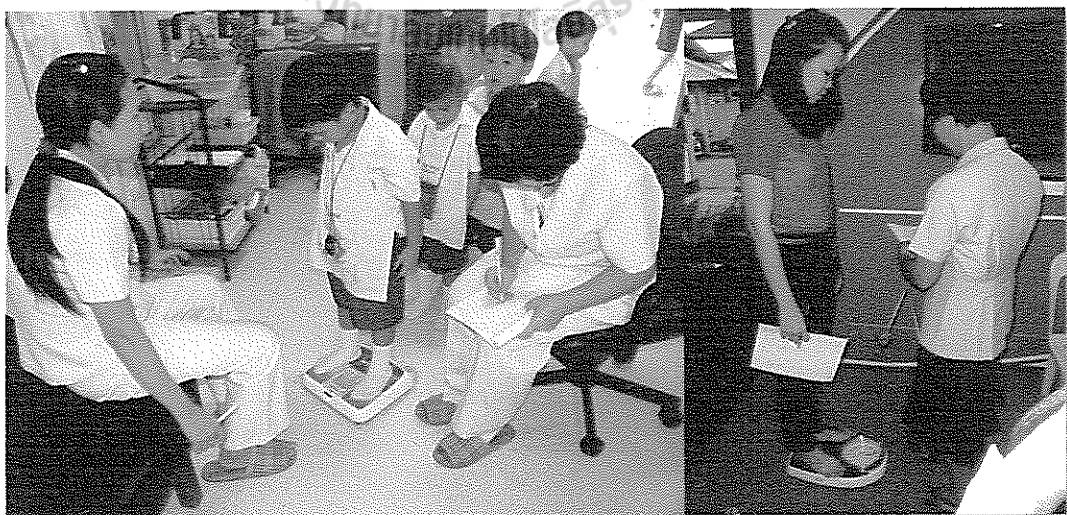
บทที่ 1

บทนำ

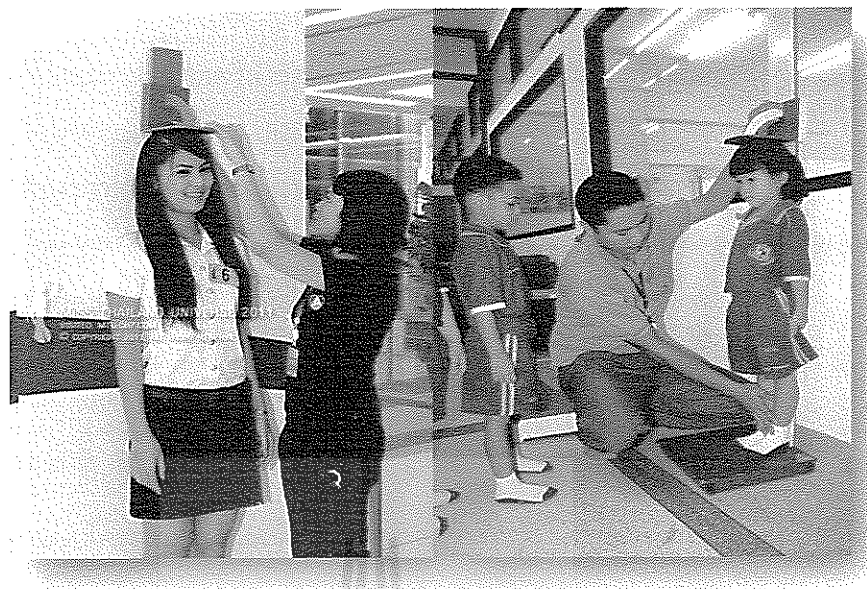
1.1 ความเป็นมา

ปัจจุบันในการวัดส่วนสูงและการชั่งน้ำหนักแต่ละครั้งเราต้องทำทีละอย่าง คือ เมื่อชั่งน้ำหนักเสร็จแล้วค่อยไปวัดส่วนสูง ทำให้ยุ่งยากและเสียเวลา โดยเฉพาะการวัดส่วนสูงในปัจจุบันซึ่งใช้สายตาในการคาดคะเน ทำให้ค่าการวัดอาจจะคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นโครงการนี้จึงคิดค้นและประยุกต์อุปกรณ์ที่มีชื่อว่า เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบดิจิตอลขึ้นมา โดยทำให้อยู่ในโครงสร้างเดียวกันสามารถใช้งานได้พร้อมกัน ทำให้ประหยัดเวลาในการชั่งน้ำหนักและการวัดส่วนสูง อีกทั้งยังทำให้เกิดความสะดวกสบายในการทำงานมากยิ่งขึ้น โดยเครื่องวัดส่วนสูงจะใช้ SRF-04 Ultrasonic เป็นตัวส่งและตัวรับคลื่น ส่วนเครื่องชั่งน้ำหนักจะใช้โหลดเซลล์เป็นตัวรับน้ำหนักแล้วใช้ HX-711 แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล และประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นแสดงค่าน้ำหนักและส่วนสูงออกทางจอ LCD และสามารถนำค่าน้ำหนักส่วนสูงที่ได้มาประมวลผลแสดงออกเป็นค่าดัชนีมวลกาย อีกทั้งยังทำให้เรารู้สัดส่วนของร่างกายโดยแสดงผลเป็นค่า BMI ส่วนการแสดงผลความสูงจะเป็นหน่วยเซนติเมตร (cm) น้ำหนักเป็นหน่วยกิโลกรัม (kg)

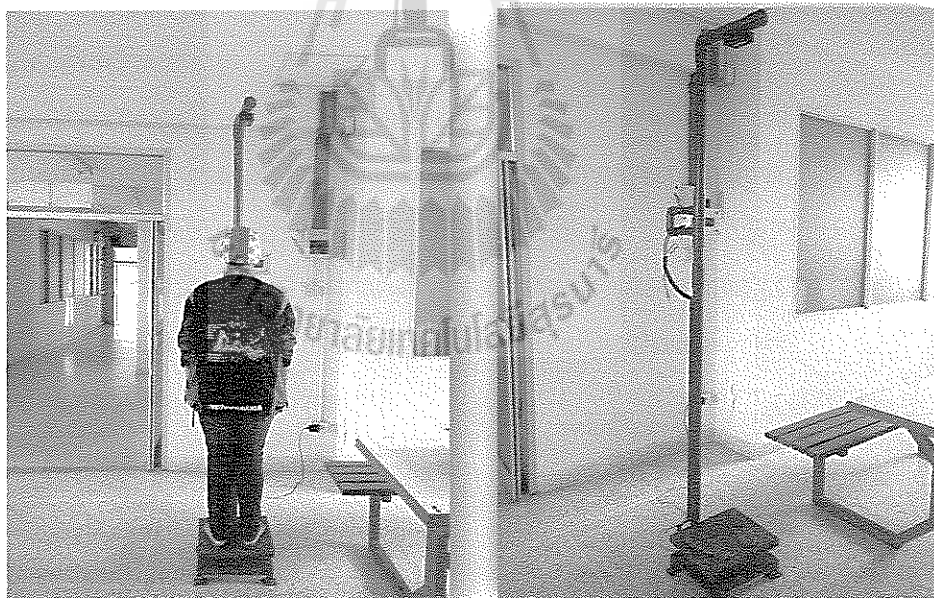
เราสามารถนำโครงการที่เราได้คิดค้นและประยุกต์ทำขึ้นมานี้ นำไปใช้ในทางการแพทย์ที่โรงพยาบาลหรือสถานประกอบการทางการแพทย์ ซึ่งทำให้ผู้ป่วยหรือผู้เข้ารับการรักษา มีความสะดวกสบาย เพราะสามารถวัดทั้งน้ำหนัก ส่วนสูง และดัชนีมวลกายได้ในเวลาเดียวกัน ทำให้ประหยัดเวลาและสะดวกต่อการให้บริการ



รูปที่ 1.1 การชั่งน้ำหนักในปัจจุบัน



รูปที่ 1.2 การวัดส่วนสูงในปัจจุบัน



รูปที่ 1.3 เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบดิจิตอล

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างและทดสอบเครื่องชั่งน้ำหนักและเครื่องวัดส่วนสูงแบบดิจิตอล
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของ Ultrasonic Wave
3. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมของบอร์ด Arduino
4. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของตัว HX-711 ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณโหลดเซลล์จากแอนาล็อกเป็นดิจิตอล

1.3 ขอบเขตงาน

1. ออกแบบโครงสร้างของเครื่องชั่งน้ำหนักและเครื่องวัดส่วนสูงแบบดิจิตอล
2. เขียนโปรแกรมประมวลค่าน้ำหนักและส่วนสูงเพื่อแสดงผลออกจากจอ LCD
3. สร้างอุปกรณ์ต้นแบบทั้งหมดและทดสอบเพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษา ค้นคว้าหาข้อมูล
2. เขียนโครงงานและเสนอโครงการกับอาจารย์ที่ปรึกษา
3. ออกแบบโครงสร้างของเครื่องชั่งน้ำหนักและเครื่องวัดส่วนสูงแบบดิจิตอล
4. หาซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงานนี้
5. เขียนโปรแกรมประมวลค่าน้ำหนักและส่วนสูงเพื่อแสดงผลออกจากจอ LCD
6. สร้างอุปกรณ์ต้นแบบทั้งหมดและทดสอบเพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์
7. สรุปผลการทดลองและเขียนรายงาน
8. นำเสนอโครงงาน

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

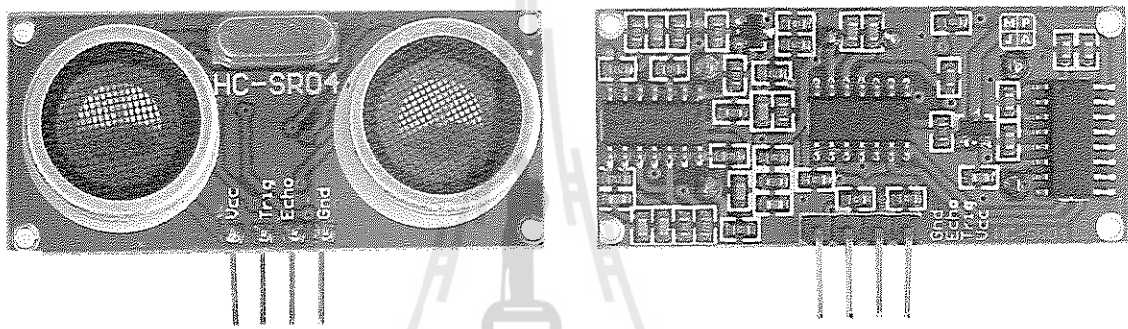
1. สามารถนำความรู้ที่ได้มาใช้ในการประกอบวิชาชีพ
2. สามารถนำความรู้ทางทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ทางปฏิบัติ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบวงจรและทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงงานเครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบดิจิตอล ประกอบด้วย ทฤษฎีอัลตราโซนิก HC-SR04 HX-711 โหลดเซลล์ขนาด 200 กิโลกรัม และ Arduino Uno SMD

2.1. Ultrasonic Ranging Module HC-SR04



รูปที่ 2.1 Ultrasonic Ranging Module HC-SR04

จากรูปที่ 2.1 แสดงจุดต่อใช้งานดังนี้

1. ขา Vcc ไฟเลี้ยง (+5V) สำหรับต่อไฟเลี้ยงแรงดัน 5 V
2. ขา Trigger เป็นขาอินพุตรับสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างอย่างน้อย 10 ไมโครวินาทีเพื่อกระตุ้นการสร้างคลื่น อัลตราโซนิกความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ ออกจากตัวส่ง
3. ขา Echo เป็นขาเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณพัลส์ออกจาก SRF04 ซึ่งการใช้งานขานี้จะนำไปต่อกับพอร์ตอินพุตของไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อตรวจสอบความกว้างของพัลส์ที่ปล่อยออกมาเพื่อแปลความหมายเป็นระยะทางอีกครั้งหนึ่ง
4. ขา GND สำหรับต่อกราวด์

เมื่อกล่าวถึงคำว่าอัลตราโซนิก (Ultrasonic) หมายถึง คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์โดยเฉลี่ยจะได้ยินเสียงสูงถึงเพียงแค่ประมาณ 15 กิโลเฮิร์ตซ์เท่านั้น แต่พวกที่อายุน้อย ๆ อาจจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่านี้ได้ ดังนั้นโดยปกติแล้วคำว่าอัลตราโซนิกจึงมักจะหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิร์ตซ์ขึ้นไป จะสูงขึ้นจนถึงเท่าใดไม่ได้ระบุจำกัดเอาไว้

สาเหตุที่มีการนำเอาคลื่นย่านอัลตราโซนิกมาใช้ก็เพราะว่าเป็นคลื่นที่มีทิศทางทำให้เราสามารถเล็งคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้โดยเจาะจง เรื่องนี้เป็นคุณสมบัติของคลื่นอย่างหนึ่ง ยิ่งคลื่นมีความถี่สูงขึ้นความยาวคลื่นก็จะยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิด (ที่ให้เสียงนั้นออกมา) ของตัวกำเนิดเสียงความถี่นั้นเช่น คลื่นความถี่ 300 เฮิร์ตซ์ ในอากาศจะมีความยาวถึงประมาณ 1 เมตรโดยประมาณ ซึ่งจะยาวกว่าช่องที่ให้คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดเสียง โดยทั่วไปคลื่นจะหักเบนที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียงทำให้เกิดการกระจายทิศทางคลื่น แต่ถ้าความถี่สูงขึ้นอยู่ในย่านอัลตราโซนิกอย่างเช่น 40 กิโลเฮิร์ตซ์ จะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียงประมาณ 8 มิลลิเมตรเท่านั้น ซึ่งเล็กกว่ารูเปิดของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นั้นมากคลื่นเสียงจะไม่มีกรเลี้ยวเบนที่ขอบ คลื่นจึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบ ๆ หรือที่เราเรียกว่า คลื่นมีทิศทาง

การมีทิศทางของคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิกทำให้เราสามารถนำไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น นำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกล (Ultrasonic remote control) เครื่องล้างอุปกรณ์ (Ultrasonic cleaner) โดยให้น้ำสั่นที่ความถี่สูง เครื่องวัดความหนาของวัตถุโดยส่งเกดระยะเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล ใช้ในเครื่องหาตำแหน่งอวัยวะบางส่วนในร่างกายใช้ทดสอบการรั่วไหลของท่อ เป็นต้น โดยความถี่ที่ใช้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น คลื่นเสียงต้องเดินทางผ่านอากาศแล้ว ความถี่ที่ใช้ก็มักจะจำกัดอยู่เพียงไม่เกิน 50 กิโลเฮิร์ตซ์ เพราะที่ความถี่สูงเกินกว่านี้ อากาศจะดูดกลืนคลื่นเสียงเพิ่มขึ้นมาก ทำให้ระดับความแรงของคลื่นเสียงที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนการใช้งานด้านการแพทย์ซึ่งต้องการรัศมีทำการสั้น ๆ ก็อาจใช้ความถี่ในช่วง 1 เมกกะเฮิร์ตซ์ ถึง 10 เมกกะเฮิร์ตซ์ ขณะที่ความถี่เป็น 1 จิกะเฮิร์ตซ์ (10^9 เฮิร์ตซ์) ก็มีใช้กันในหลายๆการใช้งานที่ตัวกลางที่คลื่นเสียงเดินทางผ่านที่ไม่ใช่อากาศ

อุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานในรูปอื่นให้มาเป็นพลังงานทางกลโดยการสั่นไปมา ซึ่งทำให้เกิดคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิกกระจายไปในอากาศได้หรือแปลงพลังงานทางกลให้มาเป็นพลังงานในรูปอื่นได้นั้น มีชื่อเรียกว่า อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ (Ultrasonic Transducer) ในปัจจุบันอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับหลักการที่ใช้ แบบที่นิยมใช้กันมากได้แก่

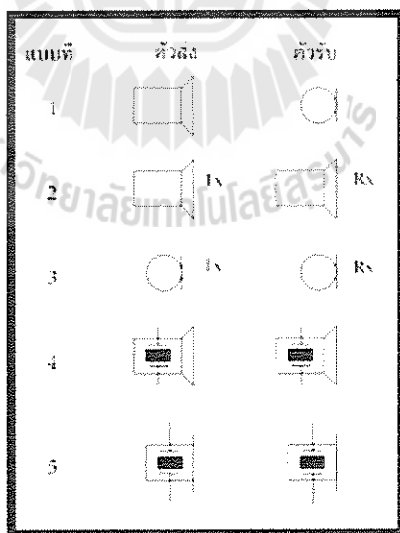
แบบเพียโซอิเล็กทริก (Piezo-electric Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานทางกล โดยมีความถี่เรโซแนนซ์คงที่อยู่ที่ค่าหนึ่ง

แบบแมกนีโตสตริกทีฟ (Magnetostrictive Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าในขดลวดกับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดนั้นอยู่

แบบอิเล็กโตรสตริกทีฟ (Electrostrictive Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานทางกล

2.1.1 ตัวส่งและตัวรับ

ทรานสดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริกที่ใช้สารเซรามิก (หรือที่ผู้ผลิตบางรายเรียกว่าอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเซรามิก) จะมีอยู่ 2 อย่าง คือ ตัวส่งหรือ Transmitter และ ตัวรับ (เสียง) หรือ Receiver ตัวส่งก็คืออัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์ที่ถูกออกแบบเจาะจงมาให้แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ให้แก่วัสดุให้ออกมาเป็นคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิก หน้าที่ของตัวส่งจึงคล้าย ๆ กับเป็นลำโพง ตัวรับ ก็คืออัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์ที่ถูกออกแบบเจาะจงมาให้แปลงคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิกที่มาตกกระทบตัวมันให้ออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้า หน้าที่ของตัวรับจึงคล้าย ๆ กับเป็นไมโครโฟน ด้วยเหตุนี้เวลาเขียนสัญลักษณ์ของอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์จึงนิยมเขียนตามหน้าที่ของมันคือถ้าเป็นตัวส่งก็เขียนสัญลักษณ์เป็นลำโพง ถ้าเป็นตัวรับก็เขียนสัญลักษณ์เป็นไมโครโฟน ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างการเขียนสัญลักษณ์ของอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบต่าง ๆ กัน

อัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเซรามิกที่มีจำหน่ายกันจะมีค่าความถี่เรโซแนนซ์ให้เลือกตั้งแต่ 23 กิโลเฮิร์ตซ์ ขึ้นไปจนถึง 40 กิโลเฮิร์ตซ์ แต่ที่พบเห็นกันบ่อยก็มี 23 กิโลเฮิร์ตซ์ 25 กิโลเฮิร์ตซ์ และ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ โดยความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ เป็นรุ่นที่นิยมใช้กันมากที่สุดเพราะมีทิศทางดีกว่า

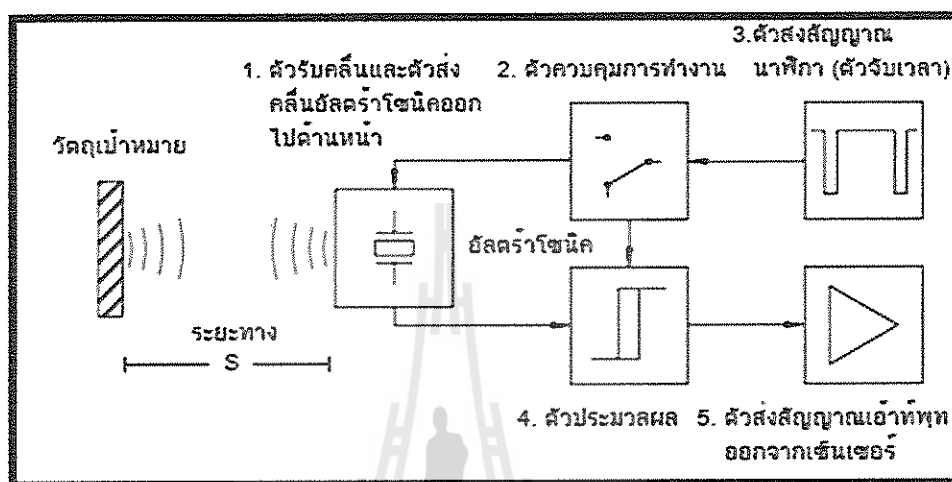
2.1.2 ข้อควรรู้ในการใช้งานตัวส่งและตัวรับ

เนื่องจากสเปกตรอลอดจนวนรายละเอียดต่าง ๆ ของอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ทำได้ยาก ดังนั้นจึงสามารถที่จะสรุปสิ่งที่ควรรู้ในขั้นต้นของอุปกรณ์อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์เพื่อเป็นแนวทางในการใช้งานดังนี้

1. ไม่ควรให้ตัวทรานสดิวเซอร์ได้รับการกระทบหรือตกจากที่สูง เพื่อป้องกันโครงสร้างภายในมิให้เสียหาย
2. ทรานสดิวเซอร์ที่มีขายกันโดยทั่วไปจะทนแรงดันตกคร่อมตัวมันสูงสุดได้ไม่เกินกว่า 20 V_{rms} ดังนั้นขนาดของสัญญาณที่จะป้อนให้กับทรานสดิวเซอร์ก็ควรจะอยู่ภายในขีดจำกัด
3. ความถี่เรโซแนนซ์ (ความถี่ที่ตัวมันทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด) ของทรานสดิวเซอร์ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่มีขายกันโดยทั่วไปจะผิดพลาดไปไม่เกิน ± 1 กิโลเฮิร์ตซ์ และมีแถบความถี่ (Bandwidth) ประมาณ 4.5 กิโลเฮิร์ตซ์ สำหรับตัวส่ง และมีแถบความถี่ประมาณ 5.0 กิโลเฮิร์ตซ์ สำหรับตัวรับ จะเห็นได้ว่าแถบความถี่ของตัวรับจะกว้างกว่าแถบของตัวส่งอยู่เล็กน้อย เพื่อให้แน่ใจว่าตัวรับจะสามารถรับความถี่ทั้งหมดที่ออกมาจากตัวส่งได้
4. อุณหภูมิใช้งานของตัวทรานสดิวเซอร์ควรอยู่ภายในช่วง -20°C ถึง $+60^{\circ}\text{C}$
5. ทั้งตัวส่งและตัวรับจะมีทิศทางคล้ายกันมากกล่าวคือที่ตำแหน่งจากแนวแกนของตัวส่งไปประมาณ 30°C ความแรงของคลื่นเสียงที่ถูกส่งออกไปจะลดลงจากแนวแกนประมาณ 10 dB ในทำนองเดียวกันถ้าคลื่นเสียงพุ่งเข้ามาในแนวที่เบี่ยงเบนไปจากแนวแกนของตัวรับไปประมาณ 30°C ความไวหรือขนาดแรงดันที่ออกมาจะลดลงไปประมาณ 10 dB ด้วยเช่นกัน ดังนั้นในการใช้งานที่เป็นการควบคุมระยะไกลในที่โล่งแจ้งจึงควรพยายามให้ทั้งตัวรับและตัวส่งอยู่ในแนวที่พุ่งตรงเข้าหากันให้มากที่สุด อย่างไรก็ตามในกรณีที่อยู่ในห้องอาจจะเบี่ยงเบนจากกันได้มากหน่อย เพราะคลื่นเสียงอัลตราโซนิกสามารถสะท้อนกับกำแพง พื้น และวัตถุที่อยู่ภายในห้อง ทำให้คลื่นเสียงเข้าไปหาตัวรับได้หลายทาง
6. ในกรณีที่ใช้งานตัวรับจะต้องมีตัวต้านทานต่อขนานกับตัวรับเพื่อทำหน้าที่เป็นโหลด ตามปกติแล้วตัวต้านทานตัวนี้ควรมีค่าอยู่ในช่วงจาก 10 กิโลวัตต์ ถึง 100 กิโลวัตต์ จากการทดลองพบว่าถ้าเปลี่ยนโหลดจาก 100 กิโลวัตต์ มาเป็น 10 กิโลวัตต์ความไวจะลดลงประมาณ 10 ถึง 20 dB แต่แถบความถี่จะกว้างขึ้น ถ้าใช้ค่าความต้านทานต่ำลงไปอีกความถี่เรโซแนนซ์ (ความถี่กลาง) จะลดลงไปจากที่ระบุไว้ ถ้าการใช้งานมีสัญญาณรบกวนมากควรใช้โหลดที่มีความต้านทานสูงสักหน่อย เพื่อให้ตัวส่งมีความไวสูงและมีแถบความถี่แคบ

2.1.3 อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์หน้าที่และการทำงาน

รูปแบบต่าง ๆ ของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกประกอบด้วย ตัวตรวจจับด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ชุดส่งสัญญาณ ชุดประมวลผล และชุดเอาต์พุต ดังรูปที่ 2.3

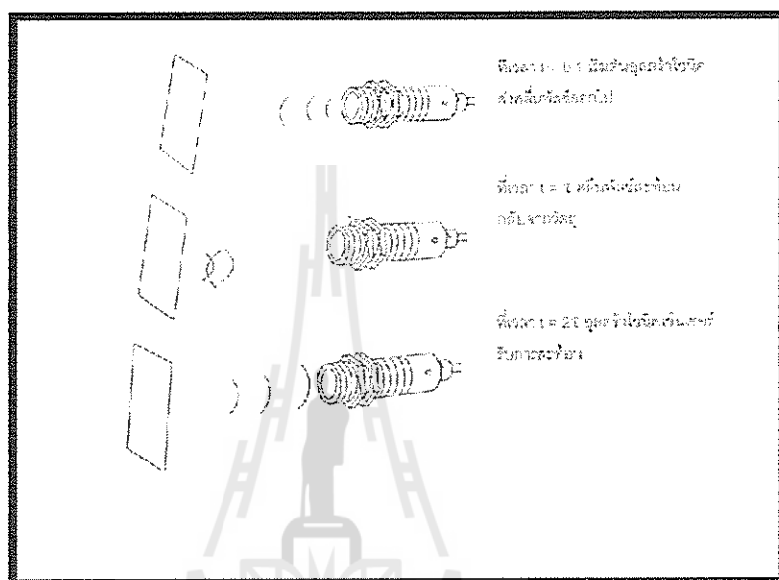


รูปที่ 2.3 หลักการทำงานของอัลตราโซนิก

ภาครับ และ ภาคส่ง มีระบบประกอบด้วยส่วนหลักๆ แยกกันอยู่ 2 ส่วน ในระหว่างการทำงาน เซ็นเซอร์จะทำการส่งสัญญาณเสียงซึ่งเรียกว่า “ซาวด์พาร์เซลส์” (Sound parcels) ให้ขบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ของเวลาทำงานไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีการรับการสะท้อนครั้งแรกเกิดขึ้น

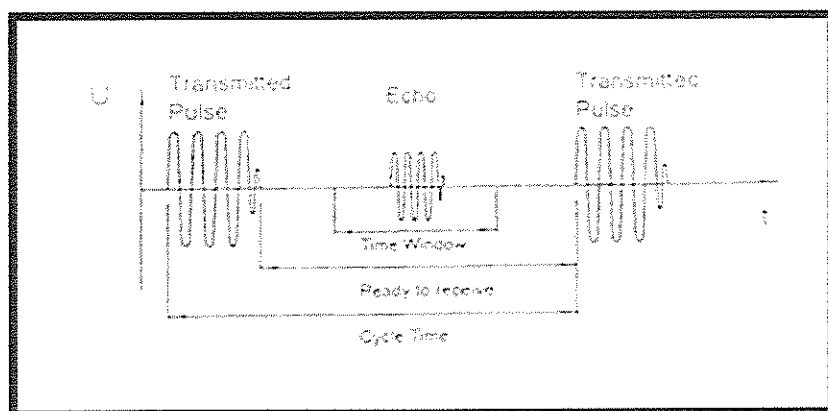
2.1.4 วงจรส่งผ่าน / รับ

สำหรับการทำงานเป็นวงจรของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก จะส่งผ่านคลื่นพัลส์เสียงในช่วงเวลาสม่ำเสมอ หรือช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลง คลื่นเสียงที่ปล่อยออกไปจะถูกสะท้อนได้โดยวัตถุที่เหมาะสม โดยเซ็นเซอร์ และระบบการทำงานจะรับการสะท้อนของคลื่นเสียงที่สะท้อนกลับมา ดังรูปที่ 2.4 ความกว้างของคลื่นพัลส์ของเสียงอยู่ในช่วง 2-200 ไมโครวินาที



รูปที่ 2.4 อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ วงจรส่งผ่าน/รับ

การทำงานของสวิตช์ (ระยะทาง) โดยตรงเซ็นเซอร์ทำงานด้วยวงจรเวลาที่คงที่ (เช่น $t = 20$ ms) จะส่งคลื่นเสียงออกมาอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นวงจรเวลาจะเป็นตัวกำหนดช่วงและวงจรการทำงานของสวิตช์ของเซ็นเซอร์ ดังรูปที่ 2.5

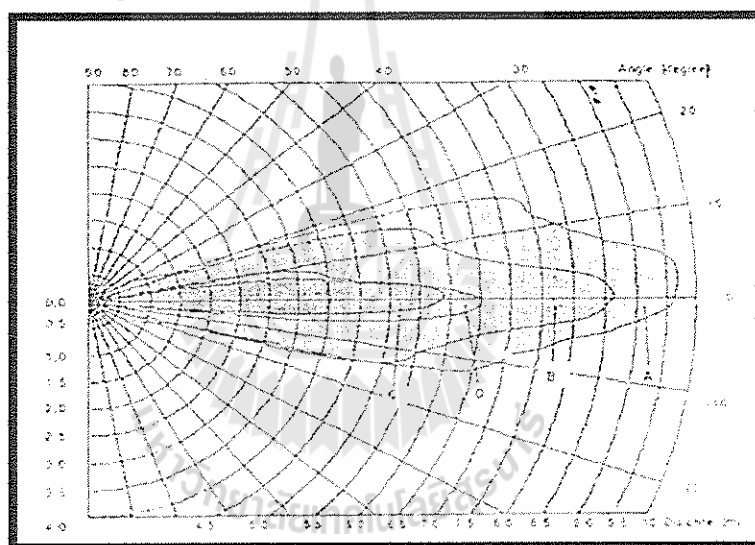


รูปที่ 2.5 อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ วงจรเวลาคงที่

ยกตัวอย่าง เช่นคลื่นเสียงที่มีความเร็ว $v = 340 \text{ m/s}$ (20องศา) ในช่วงเวลา $t = 20 \text{ ms}$ ($f=50 \text{ Hz}$) จะเดินทาง $S = Vxt = (340 \text{ m/s}) \times (0.02 \text{ s}) = 6.8 \text{ m}$ เนื่องจากระยะห่างระหว่างเซ็นเซอร์ และวัตถุที่ได้จากการทำงานของเซ็นเซอร์ คิดที่ไปและกลับจึงได้ระยะทางจริงสูงสุดสำหรับช่วงเวลานี้เป็น 3.4 m (มาจากระยะ $6.8/2$)

2.1.5 สถานะการทำงานและการลดสัญญาณรบกวน

ผลที่เกิดจากคลื่นรบกวนหรือสัญญาณแทรกสอด ในการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกคือ การตรวจจับวัตถุได้แต่ระยะที่ใกล้กับเซ็นเซอร์ และไม่สามารถตรวจจับวัตถุที่มีการสะท้อนได้ไม่ดี เนื่องจากความจริงที่ว่า คลื่นอัลตราโซนิกจะสะท้อนได้จากวัตถุเกือบทุกชนิด และง่ายต่อการเบี่ยงเบน วัตถุเหล่านั้นจะทำให้สวิตช์เปิด-ปิด เมื่อเข้าใกล้บริเวณที่เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับได้ ดังกราฟทำนายคุณลักษณะของเซ็นเซอร์ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 คุณลักษณะการตรวจจับเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก

เพื่อหาคุณลักษณะของวัตถุชนิดต่าง ๆ จะวางในตำแหน่งของวัตถุในระยะห่างเท่าๆ กันที่มุมตั้งฉากกับแนวแกนของเซ็นเซอร์ จุดที่สวิตช์ทำงานก็จะถูกกำหนดขึ้น ตัวอย่างวัสดุที่ใช้คือ

A : แผ่นจานโลหะขนาด $700 \times 700 \text{ mm}$

B : แผ่นจานขนาด $100 \times 100 \text{ mm}$.

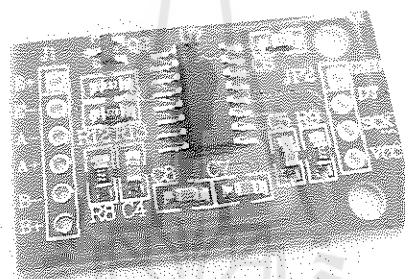
C : ท่อพลาสติก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 160 mm . คลุมด้วยสีกหลาด

D : แท่นไม้ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 mm . วัสดุทดสอบ

ในการตรวจจับวัตถุที่แตกต่างกันจะได้ขนาดของคลื่นที่สะท้อนกลับมามีความเข้มของสัญญาณที่แตกต่างกัน เมื่อทำการตรวจจับวัตถุทรงกลม หรือวัตถุผิวไม่เรียบ (ของเหลว, ของผสม) ก็จะทำให้เกิดปัญหาขึ้น

เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาในการทำงาน จะไม่ใช้วัตถุอื่นใดที่ไม่ใช่วัตถุเป้าหมาย ในทางกลับกันวัตถุเป้าหมายต้องอยู่ภายในบริเวณพื้นที่ที่สามารถตรวจจับได้ทั้งหมด รูปร่าง ดังนั้นเพื่อป้องกันปัญหาการตรวจจับคลื่นเสียง พื้นผิวของวัตถุนั้นควรมีขนาดใหญ่และราบเรียบมีมุมเอียงไม่เกิน 3 องศา กับแกนของเซ็นเซอร์

2.2 HX-711 Weight Sensor Module Dual Channel



รูปที่ 2.7 HX-711

Dual-Channel Weight Sensor Module HX-711 โมดูลขยายสัญญาณจาก load cell สำหรับส่งให้ Arduino เป็นสัญญาณแบบดิจิตอล 24 bit เป็นบอร์ดภาคขยายสัญญาณจาก load cell มีช่องอินพุตสำหรับกับต่อกับโหลดเซลล์ได้โดยตรง ใช้ไฟเลี้ยง 2.6-5.5 โวลต์

ตารางที่ 2.1 ชื่อขาและหน้าที่ของ HX-711

ชื่อ	หน้าที่
E+	สัญญาณอนาล็อกที่รับจากโหนดเซลล์
E-	สัญญาณอนาล็อกที่รับจากโหนดเซลล์
A-	สัญญาณอนาล็อกที่รับจากโหนดเซลล์
A+	สัญญาณอนาล็อกที่รับจากโหนดเซลล์
B-	สัญญาณอนาล็อกที่รับจากโหนดเซลล์ (ในที่นี้ไม่ได้ใช้)
B+	สัญญาณอนาล็อกที่รับจากโหนดเซลล์ (ในที่นี้ไม่ได้ใช้)
GND	กราวด์
DT	สัญญาณดิจิตอลขาออก
SCK	สัญญาณดิจิตอลขาเข้า
Vcc	ต่อไฟเลี้ยง 5 V

2.3 Load cell 200 kg

Load cell คืออุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าแรง หรือน้ำหนักที่กระทำกับ Load cell โดยที่ Load cell จะเปลี่ยนแรงหรือน้ำหนักให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า (mV/V) ซึ่งจะมีทั้งแบบ 1, 2, 3 mV/V แต่ในบ้านเราที่มีใช้กันอยู่ส่วนใหญ่จะเป็นแบบ 2 mV/V หรือ 3 mV/V

2.3.1 พื้นฐานที่ท่านต้องรู้ก่อนเลือกโหลดเซลล์

1. Capacity ความสามารถของโหลดเซลล์ที่ต้องการนำไปวัดค่า เช่น กิโลกรัม ตัน ปอนด์ มีหน่วยเป็น kg. or ton/ lbs./ N.
2. Rated Output สัญญาณที่ออกจากโหลดเซลล์เนื่องจากสัญญาณที่จะออกนั้นจะมีหน่วยเป็น mili-volt
3. Cable แบบ 4 สาย สัญญาณเข้าและออกของ load cell
4. Mechanical การติดตั้ง Mounting จะต้อง Balance จะต้องไม่มีสิ่งใดไปยันตัวถังเช่น โครงสร้าง, Stopper
5. Number of load cell จะต้องเลือกจำนวน Load cell ให้เหมาะสมกับรูปแบบและขนาดของถัง
6. Summing Box เพื่อให้เกิดความเรียบร้อยของการติดตั้งเดินสายสัญญาณและป้องกันระบบสายสัญญาณที่ติดต่อกับ Load Cell มากกว่า 2 ตัวขึ้นไปควรมีการแนะนำให้ใช้ summing box ร่วมด้วย

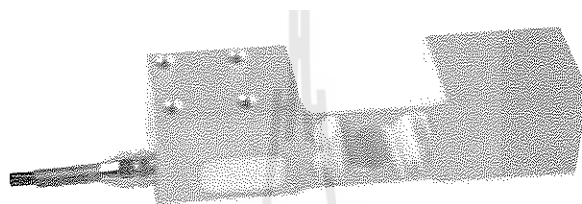
ในปัจจุบันเครื่องมือวัดน้ำหนักที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมคือโหลดเซลล์ (Load Cell) แบบสเตรนเกจ (Strain Gage) อย่างไรก็ตามก่อนที่จะโหลดเซลล์จะเป็นที่นิยม เราใช้ตาชั่งแบบคานเป็นเครื่องมือวัดน้ำหนักในงานอุตสาหกรรม โดยใช้ชั่งวัดตั้งแต่ยาเม็ดเล็ก ๆ จนกระทั่งในงานอุตสาหกรรมรถยนต์ ตาชั่งแบบคานเป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำและเชื่อถือได้ หากได้รับการสอบเทียบและบำรุงรักษาอย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตามในปัจจุบันได้มีการใช้ระบบชั่งวัดที่มีความทันสมัยมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งโหลดเซลล์แบบสเตรนเกจ ซึ่งวิวัฒนาการของโหลดเซลล์ได้เริ่มขึ้นจากการคิดค้นวงจรสะพานไฟฟ้าของ เซอร์ชาลส์วีทสโตน นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ วงจรที่เขาได้คิดค้นขึ้นเหมาะสำหรับใช้วัดการเปลี่ยนแปลงความต้านทานที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์วัดความเครียดหรือสเตรนเกจโดยที่อาศัยวงจรไฟฟ้าเพื่อเปลี่ยนค่าที่วัดเป็นค่าทางไฟฟ้าโหลดเซลล์ (Load Cell) ทฤษฎีที่กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงความต้านทานทางไฟฟ้าของโลหะจะเกิดขึ้นเมื่อโลหะนั้นถูกกระทำภายใต้โหลด เป็นทฤษฎีที่นิยมใช้ในการวัดค่าความเครียด (Strain) ซึ่งได้รับการพัฒนาต่อมาในคริสต์ศตวรรษ 1940 โดยได้มี

การวัดความเครียดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการใช้เส้นโลหะขนาดเล็กนำมาขดม้วนกันเป็นกลุ่ม (Bonded Metallic Wire Strain Gauge) หรือเรียกว่าเมทัลลิกสเตรนเกจ (Metallic Strain Gauge) ต่อมาตอนยุค 1950 ในช่วงการค้นคว้าทางด้านสารกึ่งตัวนำก็ได้มีการพัฒนาวัสดุประเภท (Piezoresistive) จนกระทั่งนำไปสู่ทรานซิสเตอร์ หลังจากนั้นวัสดุทางสารกึ่ง ตัวนำจึงได้ถูกนำมาใช้แทนเส้นลวดโลหะในการผลิตเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและให้เหมาะกับงานหลายประเภทมากยิ่งขึ้นมีชื่อเรียกว่า เซมิคอนดักเตอร์สเตรนเกจ (Semiconductor Strain Gauge) หรือ (Piezoresistive Sensor Strain Gauge) ไม่เพียงจะสามารถนำมาใช้วัดค่าความเครียดสำหรับหาค่าความเค้น(Stress) แต่สามารถนำมาใช้กับทรานสดิวเซอร์ (Transducer) สำหรับวัดค่าต่าง ๆ ได้หลายชนิด เช่น โหลดเซลล์ (Load Cell) สำหรับวัดแรงทรานสดิวเซอร์สำหรับวัดแรงดันทรานสดิวเซอร์สำหรับวัดแรงบิด เป็นต้น

แม้ในยุคเริ่มต้นการใช้ Strain gages มีความยุ่งยาก แต่ต่อมาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้ Strain gages กลายเป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานได้ง่ายขึ้นในขณะที่มีราคาถูกลง ปัจจุบันนี้แม้ในระดับห้องปฏิบัติการที่ต้องการวัดด้วยความแม่นยำสูง ยังคงมีความจำเป็นต้องใช้ตาชั่งแบบคานในการชั่งวัดอยู่ แต่ในงานอุตสาหกรรม ได้มีการใช้โหลดเซลล์แบบสเตรนเกจอย่างแพร่หลาย โหลดเซลล์แบบนิวแมติกมักจะใช้ในกรณีที่ต้องการความปลอดภัยและความสะอาดของสภาพการทำงาน อุปกรณ์ตรวจวัดแบบโหลดเซลล์ที่มีสเตรนเกจนี้มีความแม่นยำอยู่ในช่วง 0.03-0.25 % ของช่วงการวัดแบบเต็มสเกล (Full Scale) และเหมาะสมที่จะใช้ในงานอุตสาหกรรมเกือบทุกรูปแบบ ในการใช้งานที่ไม่ต้องการความแม่นยำมากนัก เช่น ในการขนถ่ายวัสดุที่เป็นก้อน ๆ หรือการตริงหรือตึงน้ำหนักบรรทุก แท่นชั่งน้ำหนักแบบที่มีขีดสเกลยังคงมีใช้อย่างกว้างขวาง อย่างไรก็ตามในการใช้งานแบบนี้ แรงที่กระทำต่อคานกลไกมักจะถูกวัดโดยโหลดเซลล์ ทั้งนี้เพราะโหลดเซลล์มีความเหมาะสมกับการใช้งานในระบบดิจิทัลซึ่งอาจถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์อีกทีหนึ่ง

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้โหลดเซลล์แบบสเตรนเกจ ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดน้ำหนักชนิดหนึ่งที่สามารถพบเห็นได้ในโรงงานอุตสาหกรรมเกือบทุกแห่ง ดังนั้นการศึกษาโครงสร้าง คุณสมบัติ หลักการทำงาน การนำไปใช้งาน และรายละเอียดอื่น ๆ จึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการปฏิบัติงานใน โรงงานอุตสาหกรรมโหลดเซลล์ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลากหลายประเภท ได้แก่ การชั่งน้ำหนัก การทดสอบแรงกดของชิ้นงาน การทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงาน การทดสอบการเข้ารูปชิ้นงาน (Press fit) ใช้สำหรับงานทางด้านวัสดุ โลหะ ทดสอบโลหะ ชิ้นส่วนรถยนต์ วิศวกรรมโยธา ทดสอบคอนกรีต ทดสอบไม้ ฯลฯ

2.3.2 โหลดเซลล์แบบสเตรนเกจ (Strain Gauge Load cell) หลักการของโหลดเซลล์ ประเภทนี้ก็คือ เมื่อน้ำหนักมากระทำ ความเครียด (Strain) จะเปลี่ยนเป็นความต้านทานทางไฟฟ้าในสัดส่วนโดยตรง กับแรงที่มากระทำ ปกติแล้วมักจะใช้เกจวัดความเครียด 4 ตัว (วงจร Wheatstone Bridge Circuit) ในการวัดโดยเกจตัวต้านทานทั้งสี่จะเชื่อมต่อเข้าด้วยกันเพื่อใช้แปลงแรงที่กระทำกับตัวของมันไม่ว่าจะเป็น แรงกดหรือแรงดึงส่ง สัญญาณออกมาเป็นแรงดันไฟฟ้า เราได้รู้กันมาแล้วว่า Load cell คืออุปกรณ์ที่ใช้ วัดค่าแรง หรือน้ำหนักที่กระทำกับ Load cell โดยที่ Load cell จะเปลี่ยนแรงหรือน้ำหนักให้เป็น สัญญาณทางไฟฟ้า (mV/V) ซึ่งจะมีทั้งแบบ 1, 2, 3 mV/V แต่ในบ้านเราที่มีใช้กันอยู่ส่วนใหญ่จะเป็น แบบ 2 mV/V หรือ 3 mV/V



รูปที่ 2.8 โหลดเซลล์แบบสเตรนเกจ

1.1 การเสียหายของ Load cell คือการที่ Load cell ไม่สามารถวัดค่าได้ หรือวัดค่าไม่ได้ไม่ ตรงโดยสัญญาณเอาต์พุตที่ส่งออกมาสูงเกินไป Overload หรือสัญญาณเอาต์พุตที่จ่ายออกมาไม่ถึง

1.2 อาการผิดปกติของ Load cell

1.2.1 Overload การที่สัญญาณเอาต์พุตที่จ่ายออกจาก Load cell มีค่ามาก เกินกว่า Rang output ของ Load cell ที่มีเอาต์พุต 2 mV/V ใช้ Excitation 10 VDC จะต้อง มีเอาต์พุตไม่เกิน 20 mV ซึ่งอาการนี้จะทำให้ Controller ที่รับสัญญาณ จาก Load cell ไม่สามารถอ่าน ค่าได้

1.2.2 Drifting output สัญญาณเอาต์พุตที่ส่งออกมาจาก Load cell ไม่นิ่งในขณะ ที่มีน้ำหนัก หรือไม่มีน้ำหนักกดอยู่ก็ตาม (ไม่มีแรงสั่นสะเทือน) ซึ่งอาการนี้จะทำให้ Controller อ่านค่า ไม่ตรงตัวเลขวิ่งไปวิ่งมา

1.2.3 Non-repeatability problem คือ หลังจากที่เราเอาน้ำหนักออกแล้วน้ำหนักที่ หน้าจอ Controller ไม่กลับไปที่ยุ่สัญญาณไม่กลับไปที่ยุ่เดิม ซึ่งอาการนี้จะทำให้น้ำหนักที่ชั่งหรือ แรงที่เกิดในแต่ละครั้งไม่มีความแม่นยำ

1.2.4 Negative voltage output คือ การที่สัญญาณเอาต์พุตที่จ่ายออกมาจาก Load cell มีค่าเป็นลบ ซึ่งอาการนี้จะทำให้ Controller อ่านค่าน้ำหนักเป็นลบ หรือ Controller บาง ยี่ห้อที่รับสัญญาณอินพุตเป็นบวกเท่านั้นจะไม่สามารถอ่านค่าน้ำหนักได้หรือหน้าจออาจจะแสดง Error

1.3 วิธีการป้องกันไม่ให้ Load Cell เสียหาย No output คือ การที่ไม่มีสัญญาณเอาต์พุตออกมาจากตัว Load cell ซึ่งอาการนี้จะทำให้ Controller ไม่สามารถอ่านค่าน้ำหนักได้

1.4 สาเหตุที่ทำให้ Load Cell เสีย

1.4.1 Over Weighing (Overload)

- การใช้น้ำหนัก หรือแรงกด เกินพิกัดของ Load cell
- การที่มีแรงกระแทกลงบน Load cell เกินพิกัดของ Load cell

1.4.2 Humidity, Noise (Drifting output) การที่มีความชื้นในสาย Load cell หรือ Summing box การที่มีสัญญาณรบกวนเข้ามาในสาย Load cell เกิดจากการเดินสาย Load cell ใกล้สาย Power

1.4.3 Mechanical error (Non-repeatability problem) การติดตั้ง Load cell ไม่สมดุล การที่มีโครงสร้างค้ำยัน หรือท่อที่มาต่อกับถัง แข็งเกินไปไม่สามารถให้ตัวได้

1.4.4 Mistake installation or mistake wiring (Negative voltage output)

- การติดตั้ง Load cell ในทิศทางกลับกัน
- การต่อสายสัญญาณสลับกัน

1.4.5 Electric welding and Lightning (No output) การเชื่อมโครงสร้างด้วยการเชื่อมไฟฟ้าโดยที่มี Load cell ติดตั้งอยู่ การเกิดฟ้าผ่า

1.5 การป้องกัน Load cell ไม่ให้เสียหาย

1.5.1 Design ออกแบบและเลือกขนาดพิกัดของ Load cell ให้ถูกต้องและเหมาะสม ถ้าเลือกพิกัดน้อยเกินไป โอกาสที่น้ำหนักจะเกินและสร้างความเสียหายแก่ Load cell มีสูง แต่ถ้าเลือกพิกัดมากเกินไป ก็จะทำให้ความละเอียดน้อยลง ค่าน้ำหนักมีโอกาสผิดพลาดมากขึ้น ดังนั้นในการออกแบบ ติดตั้ง Load cell จึงควรปรึกษาผู้ขายที่มีความรู้เกี่ยวกับ Load cell เพื่อที่จะได้เลือกใช้งาน Load cell ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

1.5.2 Electrical installation การติดตั้งอุปกรณ์ Summing box ควรติดตั้งในที่ที่ไม่มีฝนสาดหรือเลือกอุปกรณ์ที่มีการ Seal อย่างดี สามารถกันน้ำได้ดี ควรหลีกเลี่ยงการเดินสายสัญญาณ Load cell ใกล้กับสาย Power เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนที่มาจากสาย Power

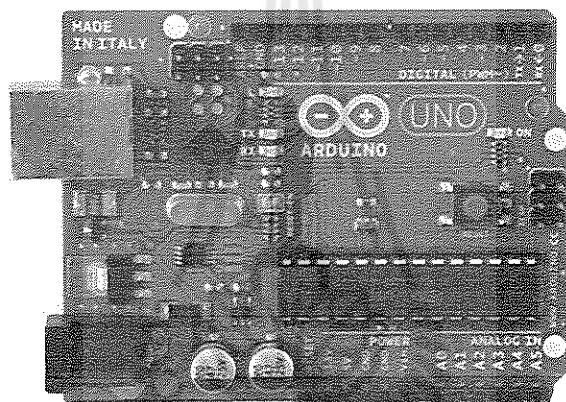
1.5.3 Mechanical installation การติดตั้ง Load cell จะต้องสมดุลกันทุกจุด กรณีที่มีการต่อท่อเข้ากับตัวถังจะต้องเป็นท่ออ่อนที่สามารถให้ตัวได้เพื่อให้ถังเป็นอิสระไม่มีอะไรมาค้ำยัน

1.5.4 Load cell installation and wiring การติดตั้ง Load cell ควรติดตั้งให้ถูกทิศทางซึ่งจะถูกสรุปบอกทิศทางที่ตัว Load cell หรือคู่มือ การต่อสาย Load cell เข้ากับ Controller จะต้อง ต่อให้ถูกขั้วตาม code สี ของแต่ละยี่ห้อ

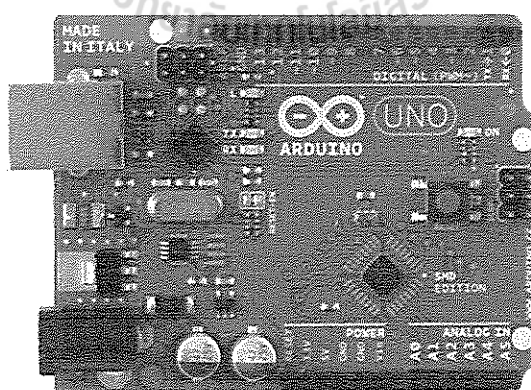
1.5.5 Shield and Lightning arrester ควรติดตั้งสาย Shield ระหว่าง Mounting บนและล่างของ Load cell เพื่อเป็นการ Bypass กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการเชื่อมเพื่อป้องกัน Load cell ไม่ให้เกิดความเสียหาย

2.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับบอร์ด Arduino

คำว่า Uno เป็นภาษาอิตาลี ซึ่งแปลว่าหนึ่ง เป็นบอร์ด Arduino รุ่นแรกที่ยังคงมีขนาดประมาณ 68.6 x 53.4 mm เป็นบอร์ดมาตรฐานที่นิยมใช้งานมากที่สุด เนื่องจากเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการเริ่มต้นเรียนรู้ Arduino และมี Shields ให้เลือกใช้งานได้มากกว่าบอร์ด Arduino รุ่นอื่น ๆ ที่ออกแบบมาเฉพาะมากกว่า โดยบอร์ด Arduino Uno ได้มีการพัฒนาเรื่อยมา ตั้งแต่ R2 R3 และรุ่นย่อยที่เปลี่ยนชิปไอซีเป็นแบบ SMD



รูปที่ 2.9 บอร์ด Arduino Uno R2



รูปที่ 2.10 บอร์ด Arduino Uno SMD

2.4.1 ข้อมูลจำเพาะ

ชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์	ATmega328
ใช้แรงดันไฟฟ้า	5V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่แนะนำ)	7 – 12V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่จำกัด)	6 – 20V
พอร์ต Digital I/O	14 พอร์ต (มี 6 พอร์ต PWM output)
พอร์ต Analog Input	6 พอร์ต
กระแสไฟที่จ่ายได้ในแต่ละพอร์ต	40mA
กระแสไฟที่จ่ายได้ในพอร์ต 3.3V	50mA
พื้นที่โปรแกรมภายใน	32KB พื้นที่โปรแกรม, 500B ใช้โดย Bootloader
พื้นที่แรม	2KB
พื้นที่หน่วยความจำถาวร (EEPROM)	1KB
ความถี่คริสตัล	16MHz
ขนาด	68.6x53.4 mm
น้ำหนัก	25 กรัม

2.4.2 คุณสมบัติของบอร์ด

เป็นบอร์ดที่มีคุณสมบัติและการทำงานเหมือนกับบอร์ด Arduino UNO R3 ทุกประการ แต่จะแตกต่างกับที่ Package ของ MCU ซึ่งบอร์ดนี้จะมี MCU ที่เป็น Package SMD (Arduino UNO R3 มี MCU ที่เป็น Package DIP)

2.4.3 ขั้นตอนการติดตั้งและเซตค่าเริ่มต้นของโปรแกรม

ก่อนทำการ installing Driver ของ Arduino ทุกชนิด ต้อง Disable อุปกรณ์ Bluetooth เพราะว่า Arduino และ อุปกรณ์ Bluetooth นั้นไม่ Compatible กัน เพราะฉะนั้น ต้องปิดอุปกรณ์ Bluetooth ก่อนการ Install เสมอ

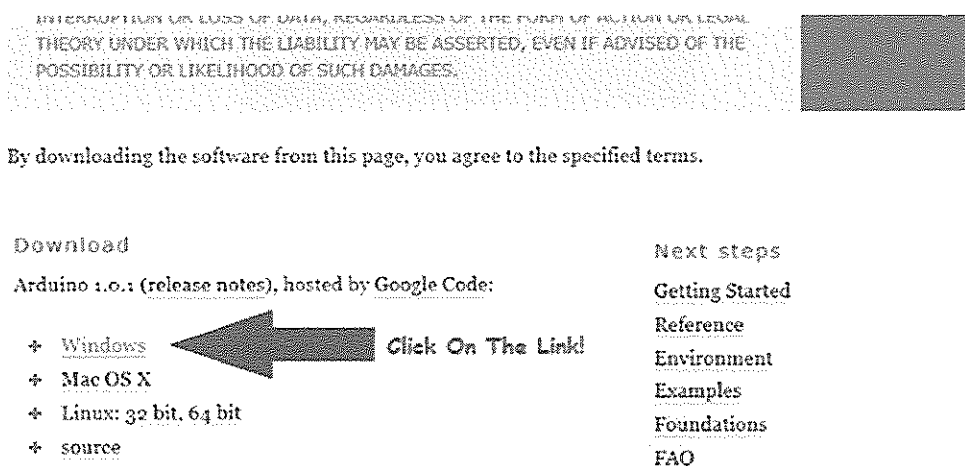
1. Download and Install the Arduino Software

1.1 Download ให้ไปที่ <http://arduino.cc/en/Main/Software> และ กด click ที่ download เพื่อเข้าสู่ the download page แสดงดังรูปที่ 2.11



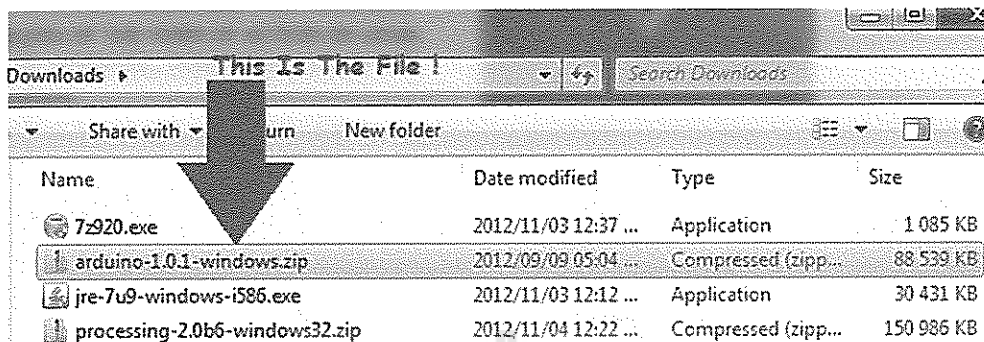
รูปที่ 2.11 การ Download โปรแกรม

ที่หน้า download ให้ Click ไปที่ Windows link เพื่อที่จะ download Arduino software สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows แสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 การ download Arduino software

1.2 Install หลังจาก download แล้วให้เลือกที่อยู่ของ downloaded file บนระบบ และ ทำการ extract the folder จาก zipped file วางลงบนตำแหน่งที่เหมาะสมแสดงดังรูปที่ 2.13

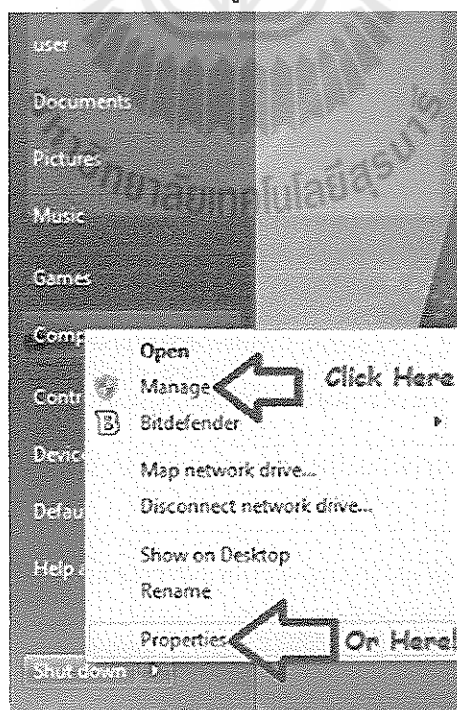


รูปที่ 2.13 การติดตั้งโปรแกรมลง Windows

2. Install the Arduino Windows Drivers

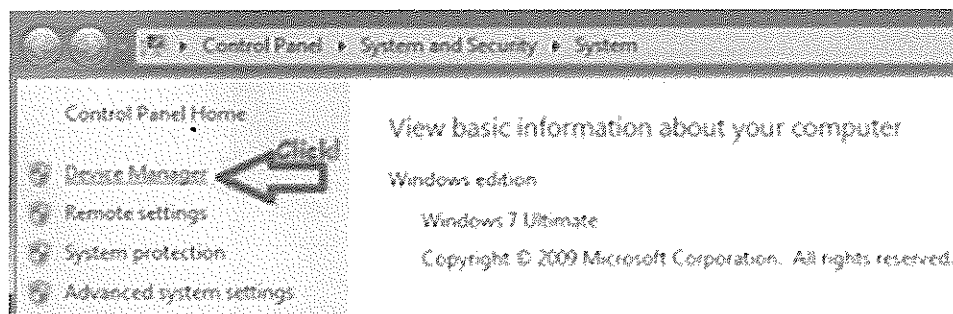
2.1. ทำการ Plug the Arduino Board ลงบนเครื่อง PC ทำการ Plug the Arduino board ลงบนเครื่อง PC. Windows จะพยายาม install drivers แต่สุดท้ายก็จะไม่สำเร็จ

2.2. Start the Windows Device Manager ให้ Click ไปที่ปุ่ม Start menu คลิกขวาที่ My Computer บน Start menu แล้วก็ click Properties or Manage จาก pop-up menu เพื่อทำการเปิด Device Manager แสดงดังรูปที่ 2.14



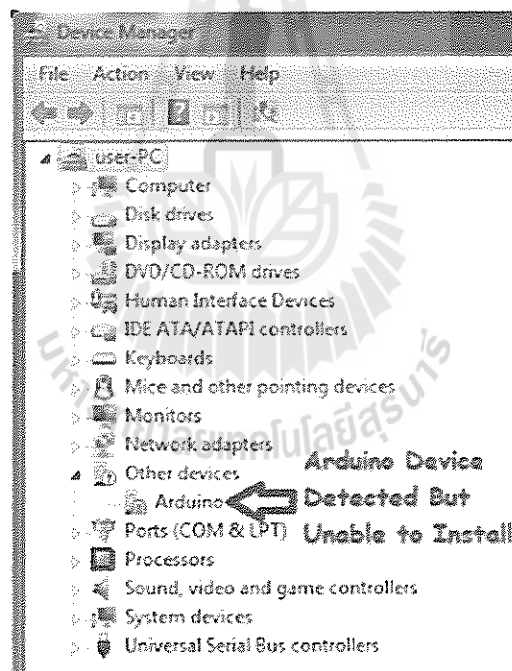
รูปที่ 2.14 การเปิด Device Manager

Click ไปที่ Device Manager link เพื่อ Start device manager แสดงดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การ Start device manager

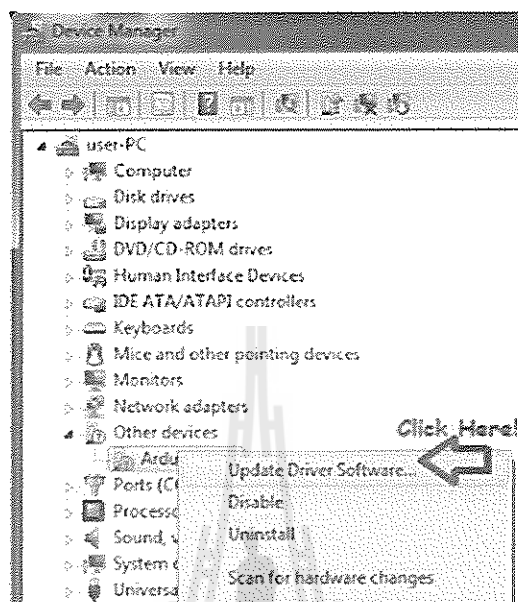
Device Manager จะเปิด และแสดง Arduino Device ที่เราทำการ Connect ไว้
แสดงรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การ Arduino Device แต่ไม่สามารถติดตั้งได้

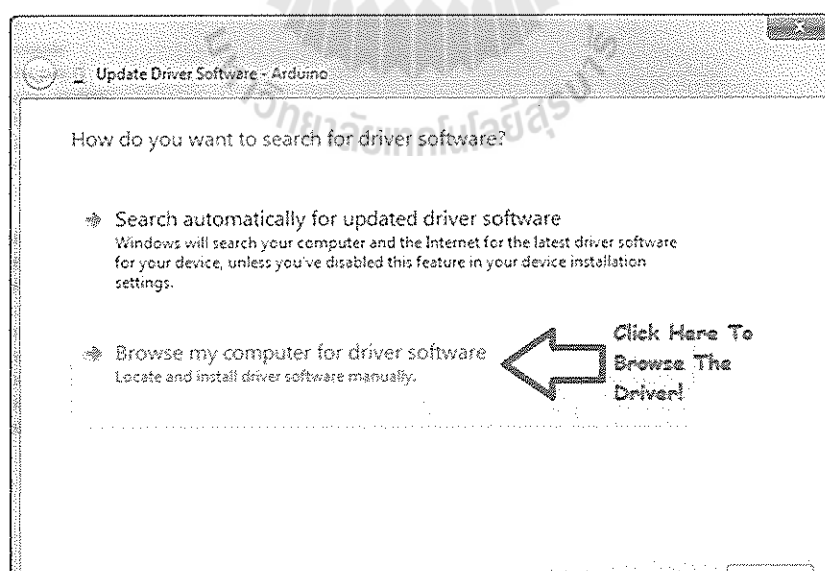
ที่นี่เราจะเจอ เครื่องหมายตกใจ ขึ้นสีเหลืองๆ ซึ่งแสดงว่า อุปกรณ์ Arduino นั้น ไม่สามารถทำการ Install

2.3. Installing the Device Driver ในหน้าต่างของ Device Manager ให้คลิกขวาไปที่ Arduino board แล้วก็ click Update Driver Software บน pop-up menu แสดงดังรูปที่ 2.17



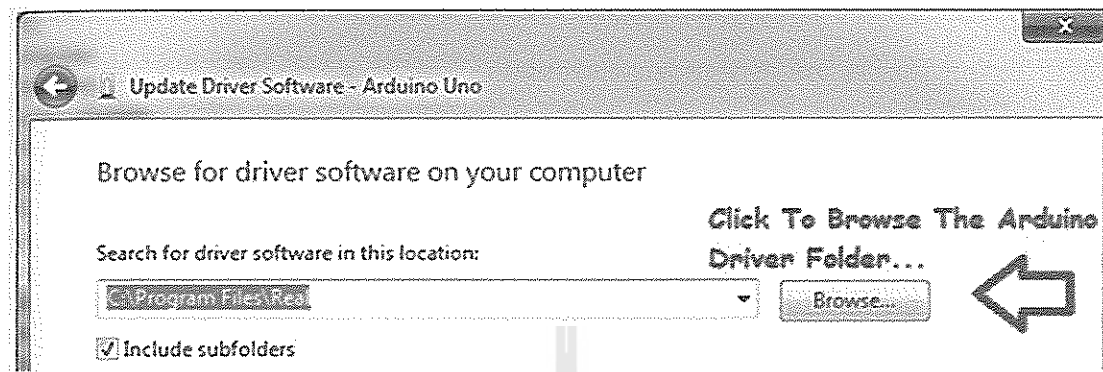
รูปที่ 2.17 การ Update Driver Software บน pop-up menu

ณ ขณะนี้ จะมีกล่องขึ้น pop-up มาชื่อว่า Update Driver Software ให้คลิกที่ Browse my computer for driver software เพื่อที่จะ install Driver Software Manually แสดงดังในรูปที่ 2.18



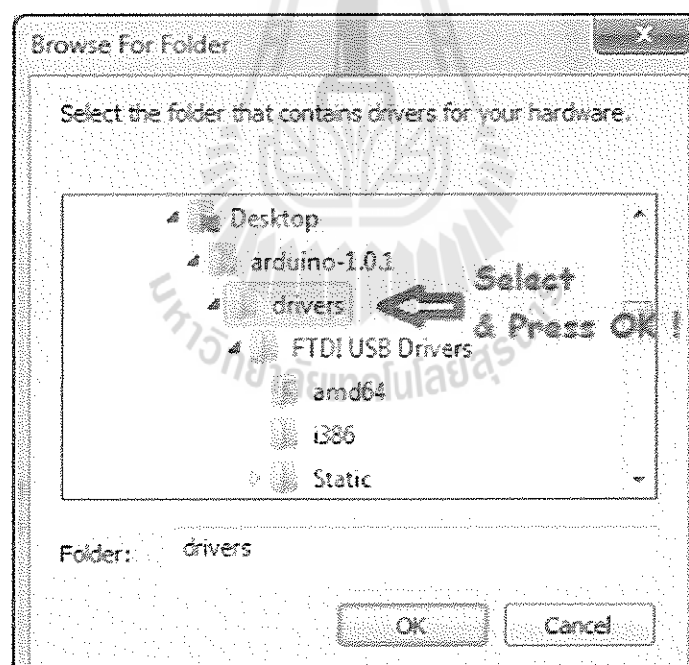
รูปที่ 2.18 การ install Driver Software Manually

ต่อไปก็ click the Browse button แสดงดังรูปที่ 2.19



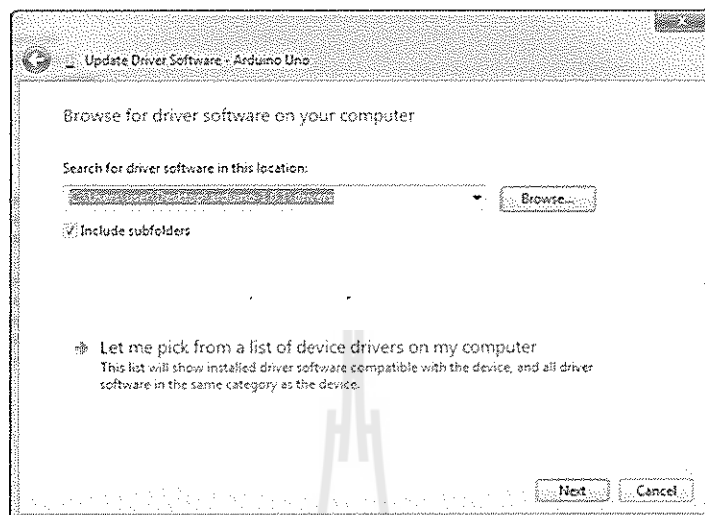
รูปที่ 2.19 การเปิด Folder ของ File Arduino

เลือกไปที่ drivers folder ใน Arduino folder ที่ได้ download มา แสดงดังรูปที่ 2.20



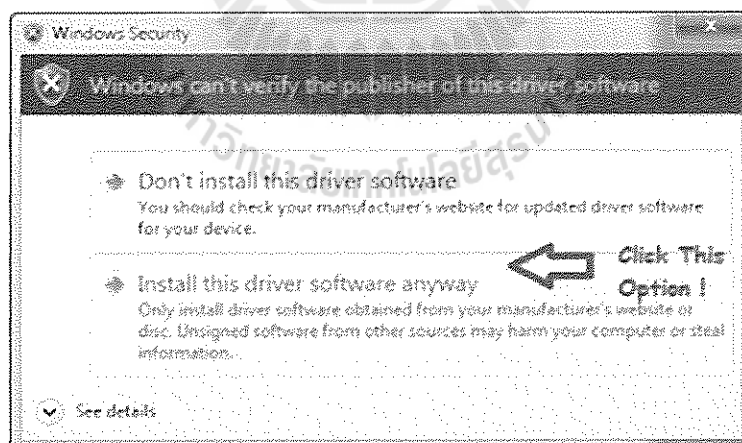
รูปที่ 2.20 การเปิด drivers folder ที่ download มา

หลังจากเลือกไปที่ driver folder เรียบร้อยแล้ว ให้ click Next แสดงดังรูปที่ 2.21



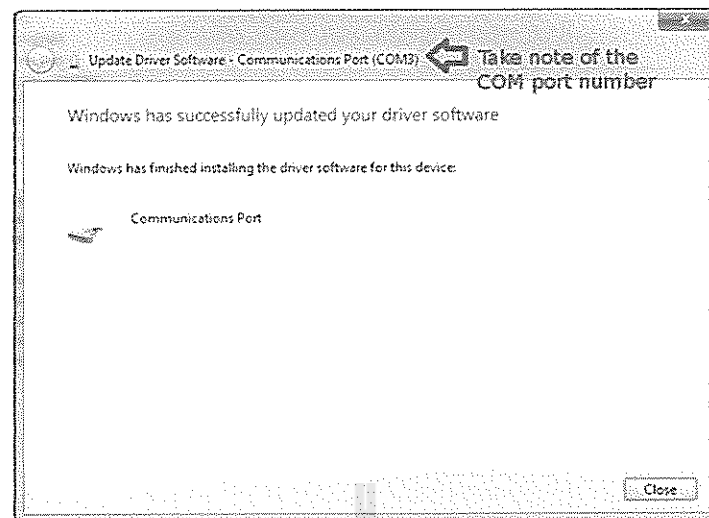
รูปที่ 2.21 ทำการเลือก driver folder

จะมี กล่อง pops up ขึ้นมา click Install this driver software anyway to continue the Arduino Board Drivers แสดงดังรูปที่ 2.22



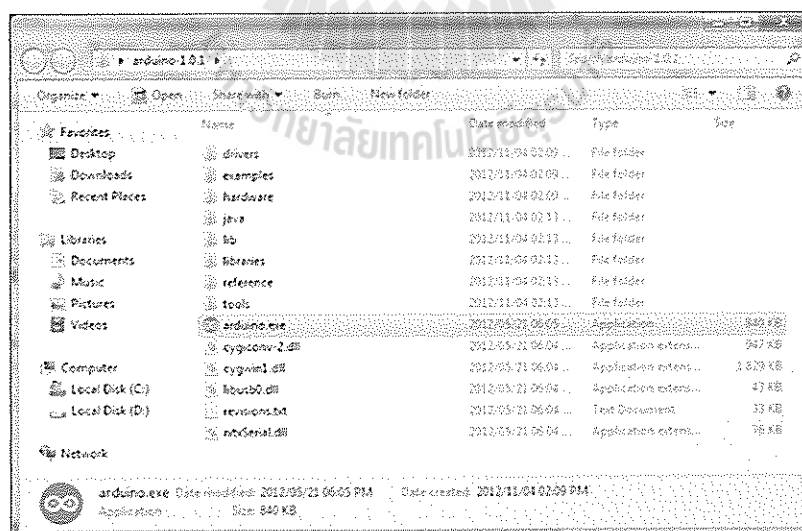
รูปที่ 2.22 การ Install this driver software anyway

เมื่อทำการ Install Drive เป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะมี dialog box แสดงดังรูปที่ 2.23 เราต้องทราบ port number ที่ บอร์ด Arduino เราทำการเชื่อมต่ออยู่ในตัวอย่างนี้คือ Port COM3 แต่บอร์ดที่ใช้จริง อาจจะเป็น Port COM อื่น ๆ



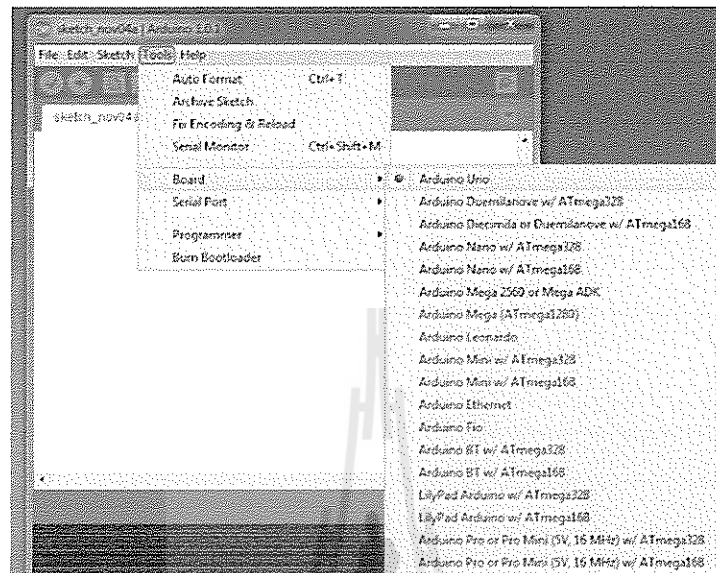
รูปที่ 2.23 dialog box เมื่อทำการ Install Driver เป็นที่เรียบร้อยแล้ว
ถ้าเห็นข้อความนี้แสดงว่าได้ทำการ Install Driver เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็ทำการ "Close" ได้เลย

2.4. ทำการ Set up Arduino Software หลังจาก Installation แล้ว การ set นี้ทำแค่ครั้งเดียวเป็นอันเสร็จ นอกเสียจากต้องการเปลี่ยน รุ่นของ Board หรือ เปลี่ยน port ที่ทำการเชื่อมต่อกับ Board เท่านั้น เพียงแค่ เลือกไปที่ folder ที่เก็บ Arduino IDE ไว้ และทำการ start Software ของ Arduino IDE โดยทำการ double-clicking ไปที่ Arduino application แสดงดังในรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 folder ของโปรแกรม Arduino

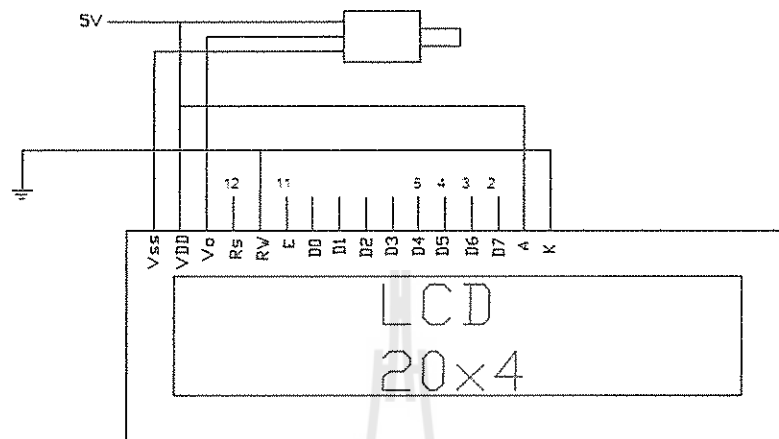
Double Click ที่ "Arduino.exe" เพื่อ Start Arduino IDE จากนั้นเลือกรุ่นของ Arduino board ที่ทำการเชื่อมต่อให้ถูกต้องจากใน list ทำการเปลี่ยน ถ้าจำเป็น แสดงดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 การเลือกรุ่นของบอร์ดให้เป็น Arduino Uno

ทีนี้ก็ทำการ check ว่า serial port ที่ต่ออยู่ได้ถูกเลือกอย่างถูกต้อง เลือกไปที่ Computer Serial Port ที่ Arduino ทำการต่อเชื่อมอยู่

2.5 การใช้งานโมดูล LCD (Liquid Crystal Display module) หน่วยแสดงผลโมดูล LCD แบบตัวอักษร 4 แถว แถวละ 20 ตัวอักษร มีการต่อใช้งานดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 ตัวอย่างการต่อใช้งานโมดูล LCD กับบอร์ด Arduino

รายละเอียดของขาสัญญาณโมดูล LCD มีดังนี้

ขาที่ 1 คือ GND สำหรับต่อขากราวด์ของวงจร

ขาที่ 2 คือ +Vcc ต่อกับไฟเลี้ยง 5 V

ขาที่ 3 คือ Vo สำหรับปรับความสว่างของหน้าจอ

ขาที่ 4 คือ Rs (Register Select) ขาเลือกการติดต่อกับรีจิสเตอร์คำสั่งหรือข้อมูล ถ้าเป็น 0 จะติดต่อกับคำสั่งและถ้าเป็น 1 จะติดต่อข้อมูล

ขาที่ 5 คือ R/W (Read/Write control) ขาอ่านหรือเขียนข้อมูลกับโมดูล LCD

ขาที่ 6 คือ E (Enable) ขาป้อนสัญญาณพัลส์ Enable ให้โมดูล LCD เริ่มทำงาน

ขาที่ 7 ถึง 14 คือ D0 – D7 เป็นขาข้อมูล

ขาที่ 15 คือ A ต่อกับไฟเลี้ยง 5V

ขาที่ 16 คือ K สำหรับต่อขากราวด์วงจร

2.6 ดัชนีมวลกาย

การวัดดัชนีมวลร่างกาย (Body Mass Index , BMI) คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อส่วนสูง ที่ใช้บ่งว่าอ้วนหรือผอม ในผู้ใหญ่ตั้งแต่อายุ 20 ปีขึ้นไป ความสำคัญของการรู้ค่าดัชนีมวลร่างกาย เพื่อดูอัตราการเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ ถ้าเป็นโรคอ้วนแล้วจะมีภาวะเสี่ยงต่อการเป็นโรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคหัวใจขาดเลือด และโรคนี้ในถุงน้ำดี แต่ในขณะเดียวกัน ผู้ที่ผอมเกินไป ก็เสี่ยงต่อการติดเชื้อ ประสิทธิภาพในการทำงานของร่างกายลดลง ดังนั้นควรรักษาระดับน้ำหนักให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ

วิธีคำนวณดัชนีมวลกาย (BMI)

สูตรคำนวณดัชนีมวลกายคือ [ดัชนีมวลกาย= น้ำหนักตัว / ความสูง ยกกำลังสอง]

40 หรือมากกว่านี้ : โรคอ้วนขั้นสูงสุด

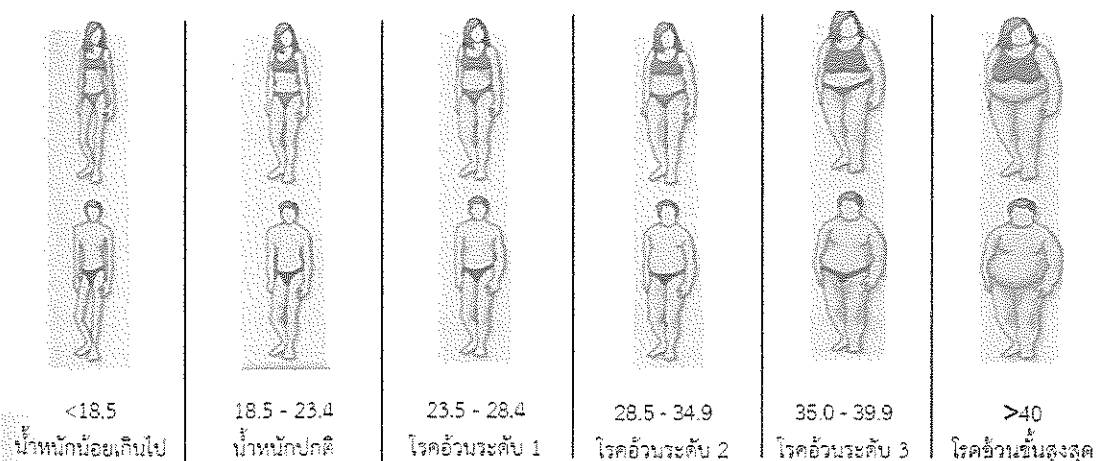
35.0 - 39.9: โรคอ้วนระดับ3 คุณเสี่ยงต่อการเกิดโรคที่มากับความอ้วน หากคุณมีเส้นรอบเอวมากกว่าเกณฑ์ปกติคุณจะเสี่ยงต่อการเกิดโรคสูง คุณต้องควบคุมอาหาร และออกกำลังกายอย่างจริงจัง

28.5 - 34.9: โรคอ้วนระดับ2 และหากคุณมีเส้นรอบเอวมากกว่า 90 ซม.(ชาย) 80 ซม.(หญิง) คุณจะมีความเสี่ยงเกิดโรคความดัน เบาหวานสูง จำเป็นต้องควบคุมอาหาร และออกกำลังกาย

23.5 - 28.4: โรคอ้วนระดับ1 (น้ำหนักเกิน) หากคุณมีกรรมพันธุ์เป็นโรคเบาหวานหรือไขมันในเลือดสูงต้องพยายามลดน้ำหนักให้ดัชนีมวลกายต่ำกว่า 23

18.5 - 23.4: น้ำหนักปกติ และมีปริมาณไขมันอยู่ในเกณฑ์ปกติ มักจะไม่ค่อยมีโรคภัย อุบัติการณ์ของโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูงต่ำกว่าผู้ที่อ้วนกว่านี้

น้อยกว่า 18.5: น้ำหนักน้อยเกินไป ซึ่งอาจจะเกิดจากนักกีฬาที่ออกกำลังกายมาก และได้รับสารอาหารไม่เพียงพอ วิธีแก้ไขต้องรับประทานอาหารที่มีคุณภาพ และมีปริมาณพลังงานเพียงพอ และออกกำลังกายอย่างเหมาะสม

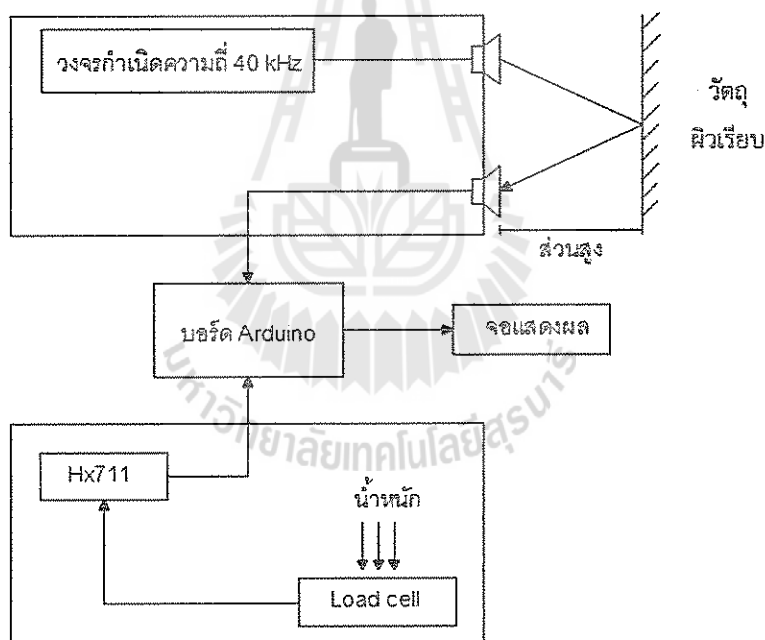


รูปที่ 2.27 ค่าดัชนีมวลกายในเกณฑ์ต่าง ๆ

บทที่ 3

การออกแบบและสร้างวงจร

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและการสร้างวงจรเครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบดิจิทัล ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ เซ็นเซอร์วัดส่วนสูง โหลดเซลล์ชั่งน้ำหนัก และบอร์ด Arduino สำหรับประมวลผลให้กับหน้าจอ LCD หลังจากนั้นแล้วจึงทำการทดสอบการใช้งานได้จริงของอุปกรณ์แต่ละตัวที่นำมาประกอบ โดยมีหลักการทำงานคือในส่วนของตัวชั่งน้ำหนักจะใช้โหลดเซลล์เป็นตัวรับน้ำหนักแล้วใช้ HX-711 แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล และประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนเครื่องวัดส่วนสูงจะใช้ SRF-04 Ultrasonic เป็นตัวส่งและตัวรับคลื่น จากนั้นแสดงค่าน้ำหนักและส่วนสูงออกทางจอ LCD ดังแสดงในรูปที่ 3.1

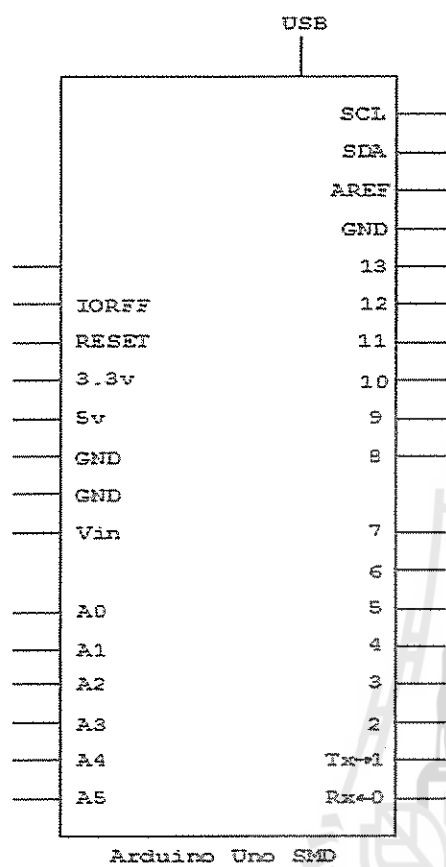


รูปที่ 3.1 การทำงานของเครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบดิจิทัล

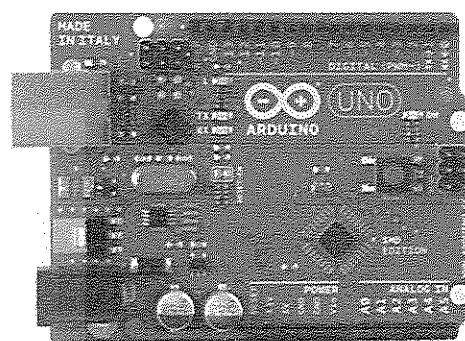


รูปที่ 3.2 องค์ประกอบของเครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบดิจิทัล

3.1 บอร์ด Arduino



(ก)



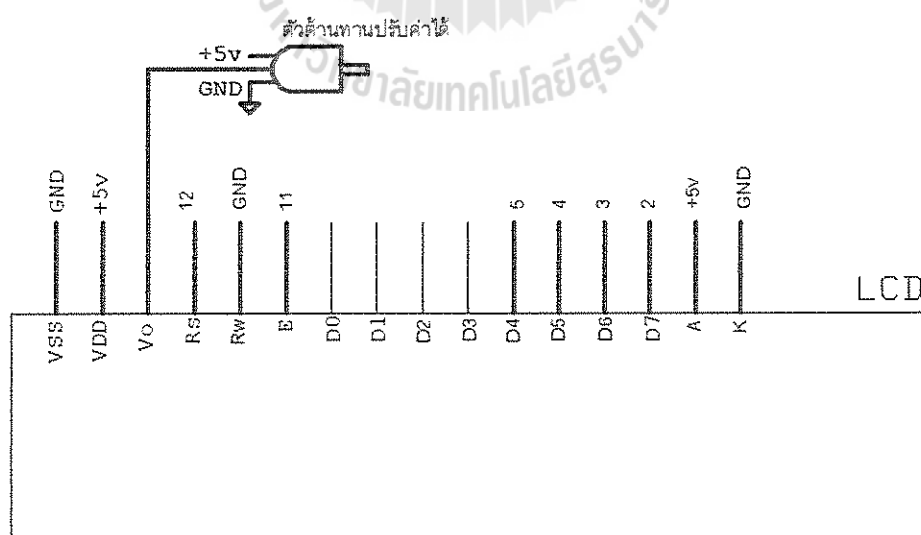
(ข)

รูปที่ 3.3 (ก) ไดอะแกรมของบอร์ด Arduino

(ข) บอร์ด Arduino จริง

การต่อขาของบอร์ดเชื่อมกับอุปกรณ์ต่าง ๆ

- การเชื่อมบอร์ดกับเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก
Vcc ต่อกับไฟเลี้ยง 5 V
ขา 6 ต่อกับ Trig ของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก
ขา 7 ต่อกับ Echo ของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก
GND ต่อกับ GND
- การเชื่อมบอร์ดกับ Hx711
Vcc ต่อกับไฟเลี้ยง 5 V
ขา 8 ต่อกับ DT ของ Hx711
ขา 9 ต่อกับ SCK ของ Hx711
GND ต่อกับ GND
- การเชื่อมต่อบอร์ดกับจอ LCD
ขา 2 ต่อเข้ากับ D7 ของจอ LCD
ขา 3 ต่อเข้ากับ D6 ของจอ LCD
ขา 4 ต่อเข้ากับ D5 ของจอ LCD
ขา 5 ต่อเข้ากับ D4 ของจอ LCD
GND ต่อเข้ากับ Vss ของจอ LCD
5 V ต่อเข้ากับ VDD ของจอ LCD

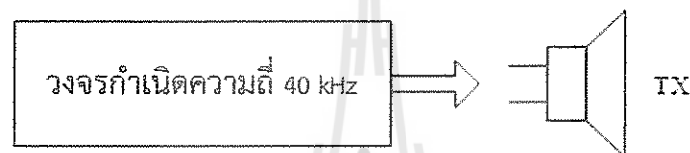


รูปที่ 3.4 การเชื่อมต่อบอร์ดกับจอ LCD

3.2 วงจรของคลื่นอัลตราโซนิกโดยใช้ไอซีเบอร์ TL494

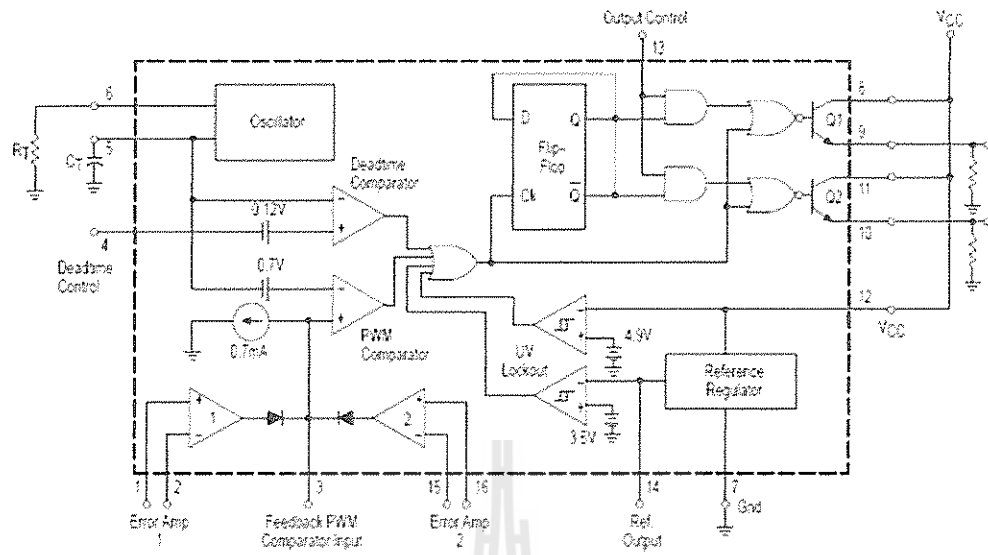
การออกแบบวงจรของภาคส่งนั้นจะต้องรู้หลักการทำงานของวงจรภาคส่งก่อนว่ามีการทำงานอย่างไร และใช้วงจรอะไรบ้างในการออกแบบ เพราะว่าแต่ละวงจรจะมีความง่ายในการออกแบบต่างกัน ดังนั้นเราจะต้องเลือกวงจรที่มีประสิทธิภาพ และมีความเสถียรภาพที่สุด

วงจรภาคส่งสัญญาณคลื่นอัลตราโซนิกทำหน้าที่ผลิตความถี่สัญญาณสี่เหลี่ยมไป ขับ (Drive) ตัวส่งคลื่นอัลตราโซนิก เพื่อให้สามารถแพร่กระจายคลื่นเสียงไปยังภาครับได้ ซึ่งความถี่ของสัญญาณที่ใช้ในการ ขับ (Drive) ตัวส่งคลื่นอัลตราโซนิกนั้นมีค่าเท่ากับ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ โดยแสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของภาคส่งคลื่นอัลตราโซนิกดังรูปที่ 3.5

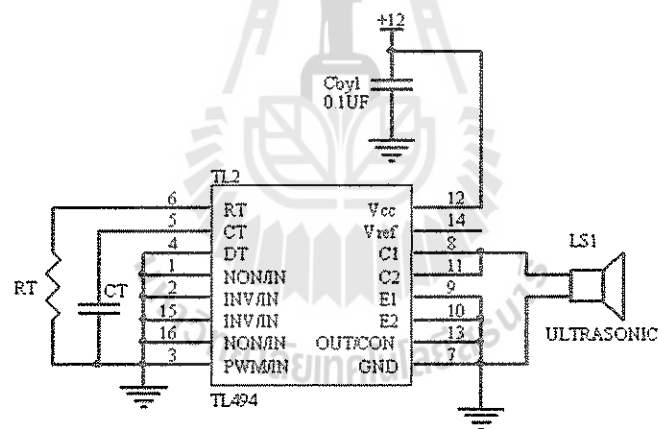


รูปที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรมภาคส่งคลื่นอัลตราโซนิก

วงจรภาคส่งคลื่นอัลตราโซนิกจะใช้ไอซีเบอร์ TL494 ในการสร้างความถี่ให้กับตัวอัลตราโซนิก เพื่อให้สามารถแพร่กระจายหรือส่งคลื่นอัลตราโซนิกไปยังภาครับโดยบล็อกไดอะแกรมของไอซีเบอร์ TL494 นั้นเป็นดังรูปที่ 3.6 ซึ่งวงจรที่ใช้สร้างความถี่ให้กับตัวอัลตราโซนิกนั้นมีอยู่หลายวงจรและใช้ไอซีที่ผลิตความถี่ได้หลายเบอร์ เช่น ไอซีเบอร์ 555 วงจรที่ใช้ทรานซิสเตอร์สลับกันทำงานเพื่อผลิตความถี่และอื่น ๆ แต่ในที่นี้โครงงานนี้จะใช้วงจรที่สร้างความถี่โดยใช้ไอซีเบอร์ TL494 เป็นตัวผลิตความถี่ เพราะมีความเสถียรภาพกว่าวงจรอื่น ๆ



รูปที่ 3.6 บล็อกไดอะแกรมของไอซีเบอร์ TL494



รูปที่ 3.7 วงจรสร้างความถี่ 40 kHz

จากรูปที่ 3.6 ตัวต้านทาน RT และ CT ทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดความถี่ของตัวไอซี TL494 ว่าต้องการความถี่เท่าไรก็สามารถที่จะคำนวณจากค่า RT และ CT นี้ได้ดังสมการที่ด้านล่างนี้

$$T = (RT * CT) / 1.1 \text{ และ } F_{osc} = 1 / T$$

จากสมการด้านบน กำหนดให้ความถี่ออสซิลเลชันมีค่าเท่ากับ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ แล้วย้ายข้างสมการหา T จะได้ดังด้านล่าง(เนื่องจากเราต้องการความถี่นี้ไปขับตัวส่งคลื่นอัลตราโซนิกเพื่อแพร่กระจายคลื่นเสียงออกไป)

$$40 \text{ kHz} = 1 / T$$

$$T = 1 / 40 \text{ kHz}$$

$$T = 25 \text{ uS}$$

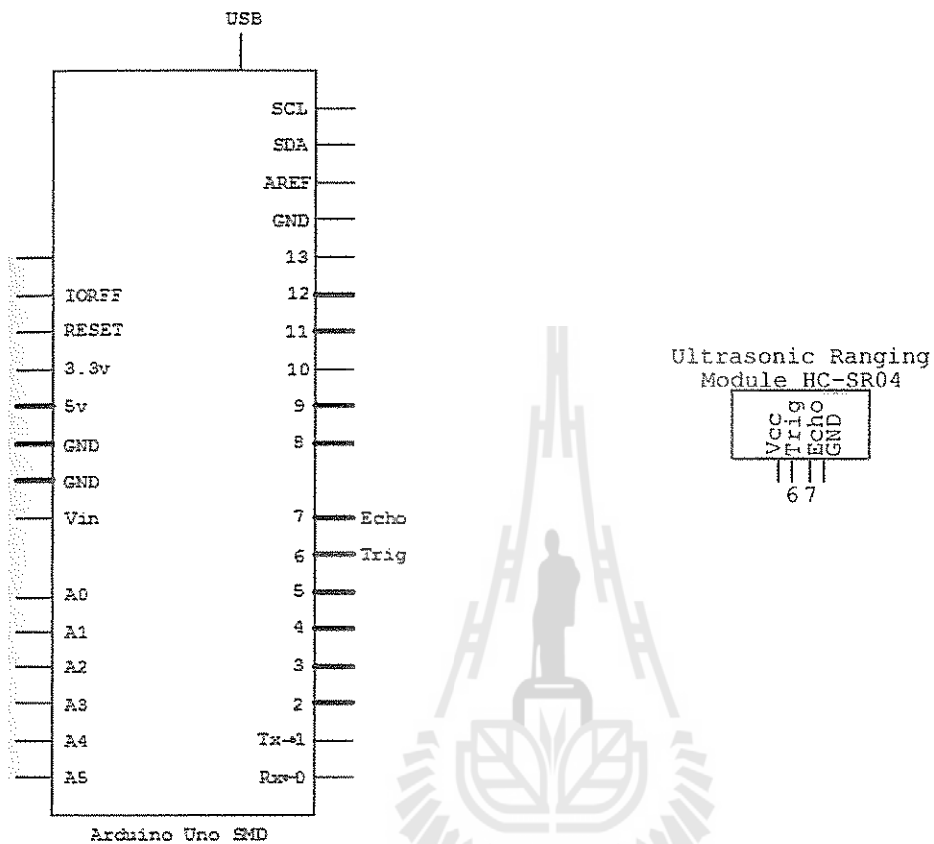
จากนั้นนำค่า T ไปแทนค่าในสมการหาค่า RT โดยการใช้งานของไอซีเบอร์ TL494 ได้กำหนดให้ CT = 0.001 uF แล้วย้ายข้างสมการหาค่า RT จะได้ดังนี้

$$25 \text{ uS} = (RT * 0.001 \text{ uF}) / 1.1$$

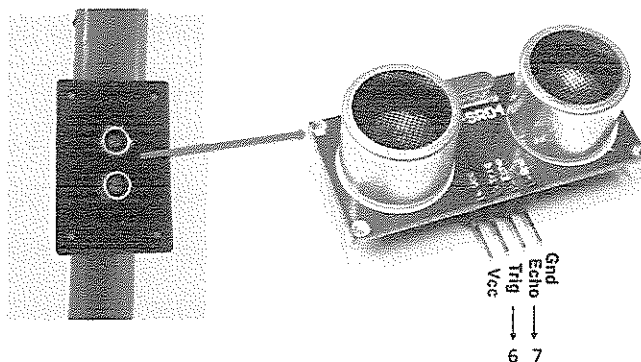
$$RT = (25 \text{ uS} * 1.1) / 0.001 \text{ uF}$$

$$RT = 27.5 \text{ k}\Omega$$

โดยมีการเชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino ดังนี้



รูปที่ 3.8 การต่อใช้งานบอร์ดกับเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก



รูปที่ 3.9 การวางตำแหน่งของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก

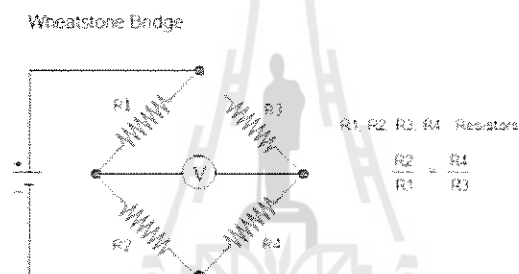


รูปที่ 3.10 เสาวัดส่วนสูงซึ่งทำจากท่อ PVC

3.3 วงจรโหลดเซลล์

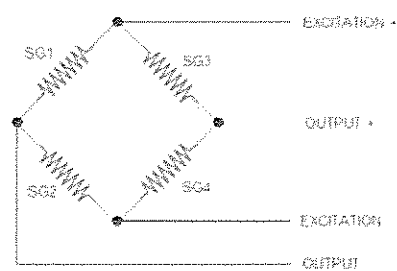
เนื่องจากสัญญาณจากโหลดเซลล์ที่รับได้มีขนาดเล็กจึงต้องมีการขยายสัญญาณจาก HX-711 เพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล ในตัว Load Cell จะมีวงจรขนาดเล็กอยู่ ซึ่งประกอบไปด้วย Strain gauge 4 ตัว ต่อกันแบบ Bridge circuit เมื่อเกิดแรงกดตัว Strain gauge แต่ละตัวก็จะหดขยายแตกต่างกันไป จึงทำให้เกิดค่า V ที่ออกมานั้นแตกต่างกันไปตามน้ำหนัก ซึ่งหลักการของ Bridge circuit มันก็คือการแบ่งแรงดันอย่างหนึ่ง ตามสูตรข้างล่างนี้

$$V_0 = \left[\frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] V_{in}$$



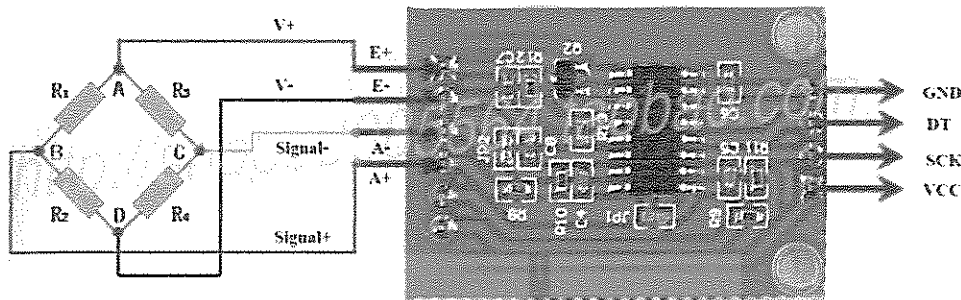
รูปที่ 3.11 วงจร Bridge circuit

LOAD CELL WIRING



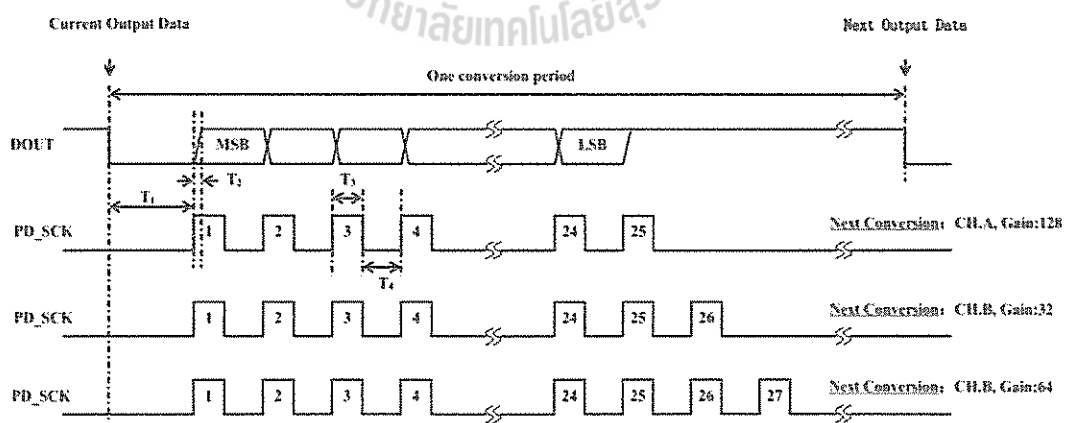
รูปที่ 3.12 วงจรโหลดเซลล์

การนำไปใช้งานกับ Microcontroller (MCU) นั้นต้องนำสายไฟทั้ง 4 ที่ออกมาจาก Load Cell (แต่ละเส้นมีสีเฉพาะ และมีหน้าที่แตกต่างกัน) ต่อเข้ากับ Microchip HX-711 ก่อน ซึ่งเป็น ADC 21 bits หลังจากต่อแล้วเราก็ต้องไปเขียนตัวโปรแกรมเพื่อส่งและรับค่าจาก HX-711

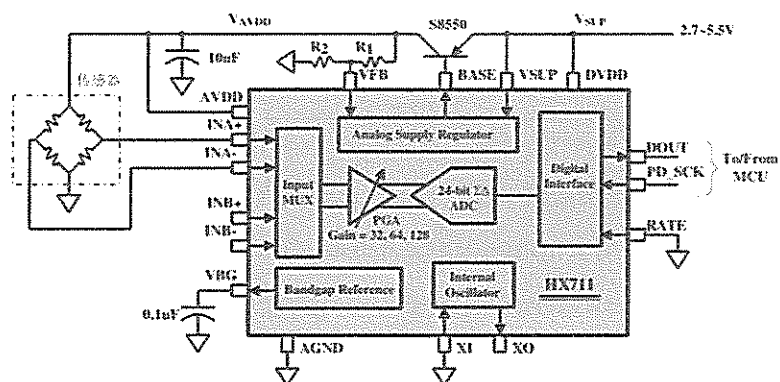


รูปที่ 3.13 การต่อ Load Cell HX-711

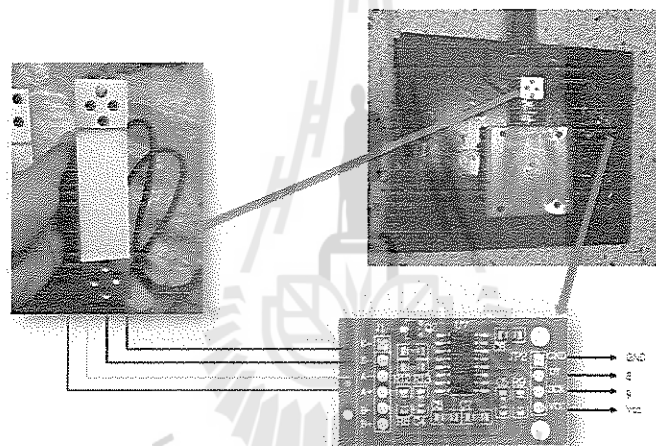
จากรูปที่ 3.13 จะต่อโหลดเซลล์เข้ากับ HX-711 โดย V+ ต่อเข้า E+ ,V- ต่อเข้า E- ,Signal- ต่อเข้า A- ,Signal+ ต่อเข้า A+ , ต่อ GND กับ VCC รวมเข้ากับบอร์ด Arduino ส่วน DT กับ SCK ต่อเข้ากับขาใดก็ได้ของ PIC ที่เป็นขา Input/Output แล้วทำการส่ง pulse ไปให้กับตัว HX-711 เป็นจำนวน 25 pulse และรับค่าในทุก ๆ ครั้งที่ส่ง ก็จะได้ค่าจากตัว Load Cell ที่แตกต่างกันตามน้ำหนัก หลักการก็คือเมื่อเกิด pulse ตัว HX-711 จะทำการอ่านค่ามา 1 ตัวซึ่งเป็นฐาน 2 คือ มีกับไม่มี เมื่อรับเสร็จก็จะทำการชิฟบิตไปทางซ้าย 1 บิต เพื่อรอรับค่าจนครบ 25 pulse หลังจากนั้นค่าที่ได้ก็จะถูกแปลงให้เป็นฐาน 10 ไว้ในตัวแปรตามประเภทที่เราสร้างไว้เพื่อใช้ในการคำนวณค่าต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.14



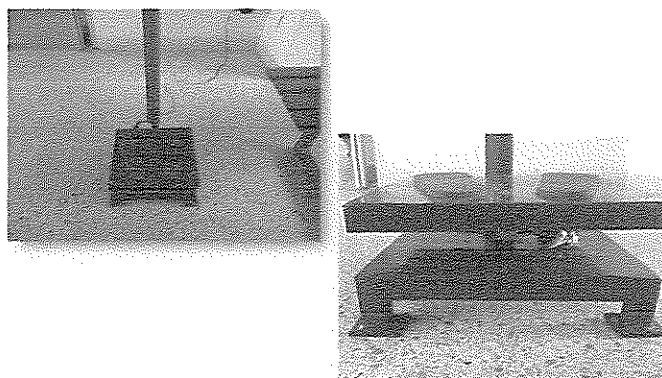
รูปที่ 3.14 ค่า pulse ที่ต้องส่งให้ HX-711



รูปที่ 3.15 ไดอะแกรมวงจรขยายสัญญาณในภาครับและภาคส่งโหลดเซลล์



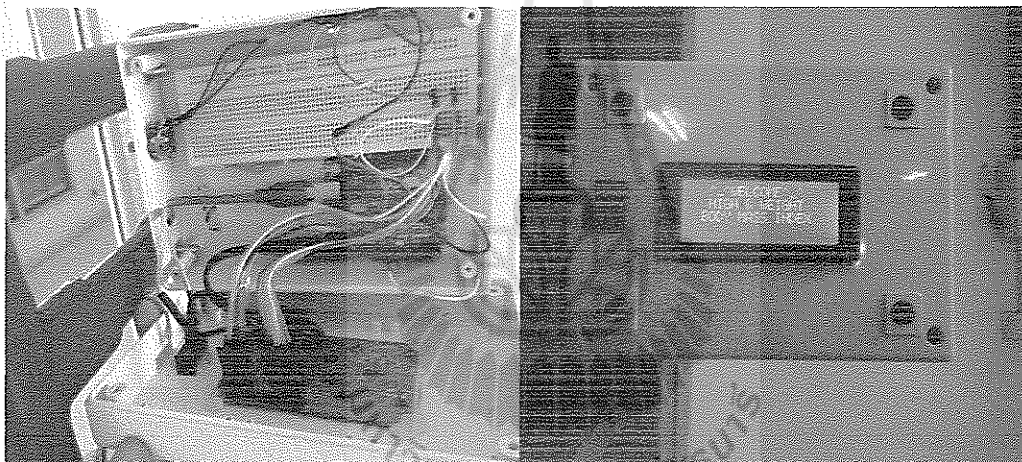
รูปที่ 3.16 การวางตำแหน่งของโหลดเซลล์และ HX-711



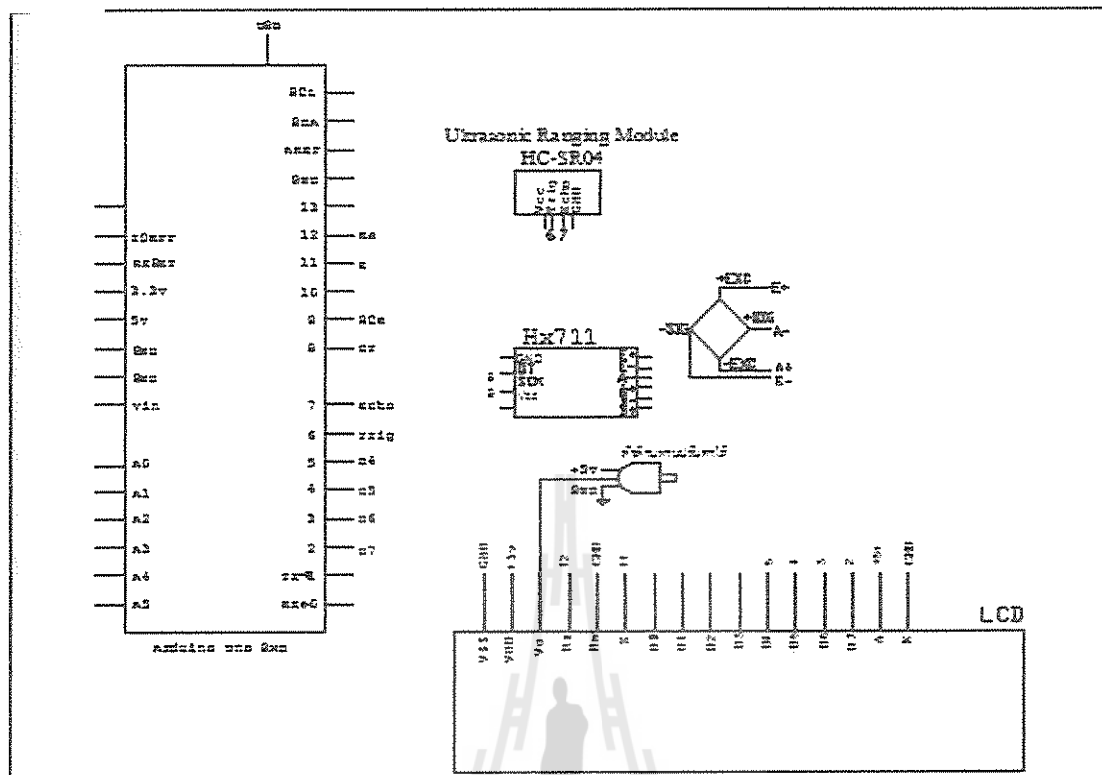
รูปที่ 3.17 โครงสร้างที่ใช้รับน้ำหนักทำจากเหล็ก

3.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์และการเขียนโปรแกรม

จะคำนวณส่วนสูงและชั่งน้ำหนักโดยใช้บอร์ด Arduino Uno SMD วงจรมีการต่อใช้งานดังรูปที่ 3.18 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์โดยเขียนโปรแกรมคำสั่งภาษาซีให้สร้างสัญญาณและจับเวลาในการรับส่งคลื่นอัลตราโซนิกและเป็นตัวรับสัญญาณจาก HX-711 ที่ใช้ในการขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์แล้วนำมาคำนวณส่วนสูงและน้ำหนัก จากนั้นแสดงผลออกทางจอ LCD การทำงานจะเริ่มจากการส่งคลื่นออกไปจะถูกใช้งานเป็นสัญญาณเปรียบเทียบกับแรงดันแบบแอนล็อกแล้วจะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน เมื่อได้ระยะเวลาก็จะสามารถคำนวณระยะทางได้ ส่วนตัวโหลดเซลล์เมื่อได้รับน้ำหนักมากระทำ ความเครียด (Strain) จะเปลี่ยนเป็นความต้านทานทางไฟฟ้าในสัดส่วนโดยตรงกับแรงที่มากระทำแล้วนำการแปลงแรงที่กระทำกับตัวของมันไม่ว่าจะเป็นแรงกดหรือแรงดึงส่งสัญญาณออกมาเป็นแรงดันไฟฟ้า จากรูปที่ 3.18 (ข) แสดงการต่อใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งประกอบด้วยไฟเลี้ยง 5 V วงจรต่อเซนเซอร์ วงจรต่อ LCD และวงจรต่อโหลดเซลล์



(ก)



(ข)

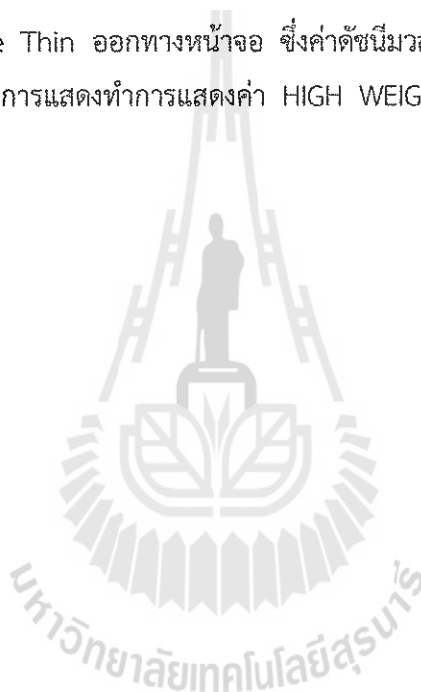
รูปที่ 3.18 (ก) การเชื่อมต่ออุปกรณ์กับบอร์ด Arduino

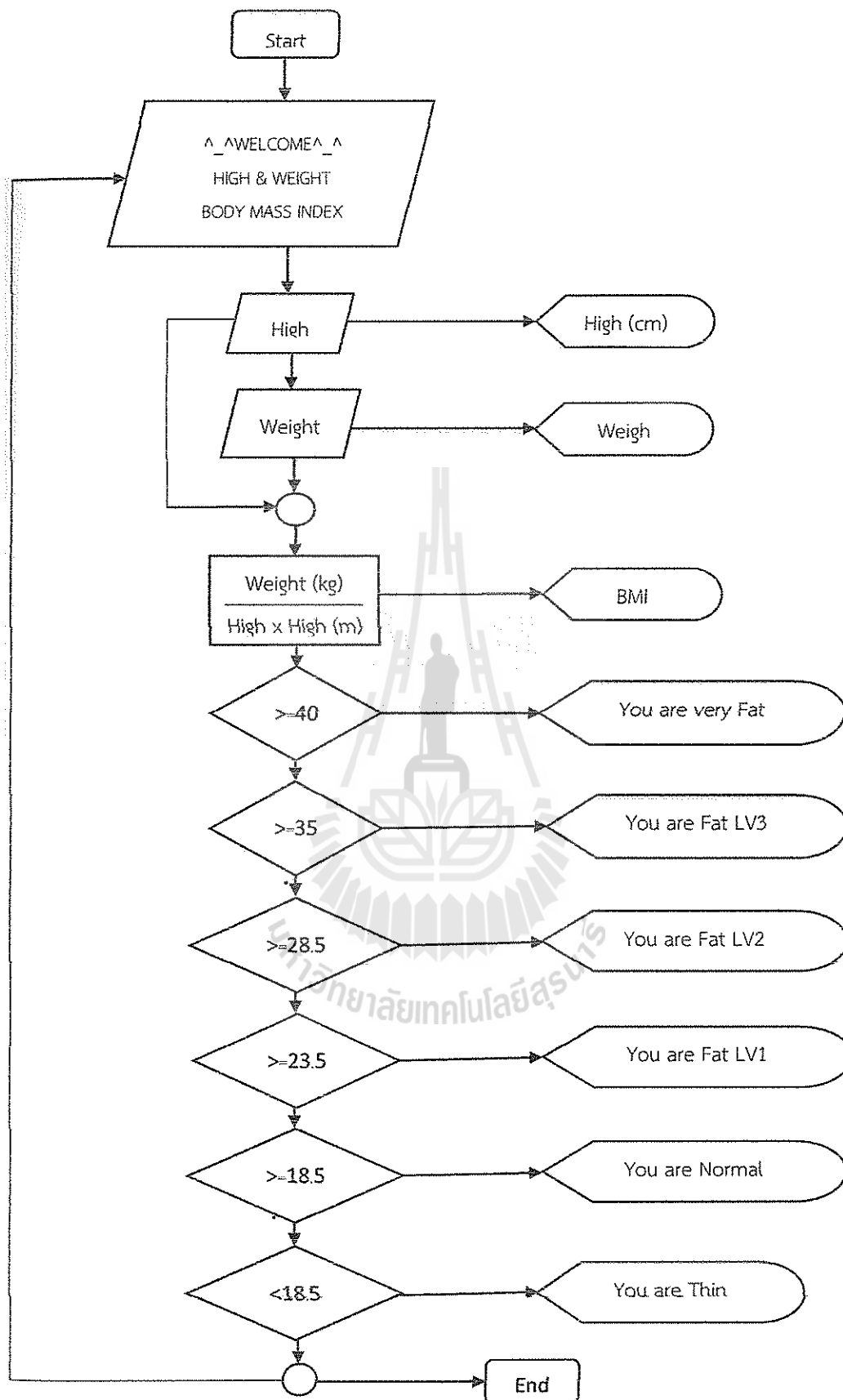
(ข) ไดอะแกรมวงจรต่อใช้งานของบอร์ด Arduino

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3.1 การเขียนโปรแกรม

การเขียนโปรแกรมมีลำดับการเขียนดัง flow chart ในรูปที่ 3.19 เริ่มต้นการทำงานของโปรแกรม เมื่อกดปุ่มเปิดสวิตช์ จอ LCD จะแสดงตัวหนังสือ Welcome ออกมาทางจอภาพเมื่อขึ้นไปเหยียบตรงแผ่นชั่งน้ำหนักและใส่หมวก เครื่องจะเก็บค่าน้ำหนักและส่วนสูงเพื่อไปคำนวณค่าดัชนีมวลกาย เมื่อได้ค่าดัชนีมวลกายแล้วโปรแกรมจะทำการตรวจสอบเงื่อนไขว่าค่าดัชนีมวลกายอยู่ขอบเขตไหน คือเมื่อ ค่าดัชนีมวลกาย >40 จะแสดง You are very Fat ออกทางหน้าจอ 35.0 - 39.9 จะแสดง You are Fat LV3 ออกทางหน้าจอ 28.5 - 34.9 จะแสดง You are Fat LV2 ออกทางหน้าจอ 23.5 - 28.4 จะแสดง You are Fat LV1 ออกทางหน้าจอ 18.5 - 23.4 จะแสดง You are Normal ออกทางหน้าจอ และ <18.5 จะแสดง You are Thin ออกทางหน้าจอ ซึ่งค่าดัชนีมวลกายนี้ได้ค่ามาตรฐานทางด้านสุขภาพ จากนั้นโปรแกรมก็จะทำการแสดงทำการแสดงค่า HIGH WEIGHT และค่า BMI ออกทางจอ LCD





รูปที่ 3.19 flow chart

3.3.2 ขั้นตอนการเริ่มต้นใช้โปรแกรม Arduino ในการเขียนโปรแกรมภาษาซีในโครงการ เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบดิจิทัล

การ calibrate



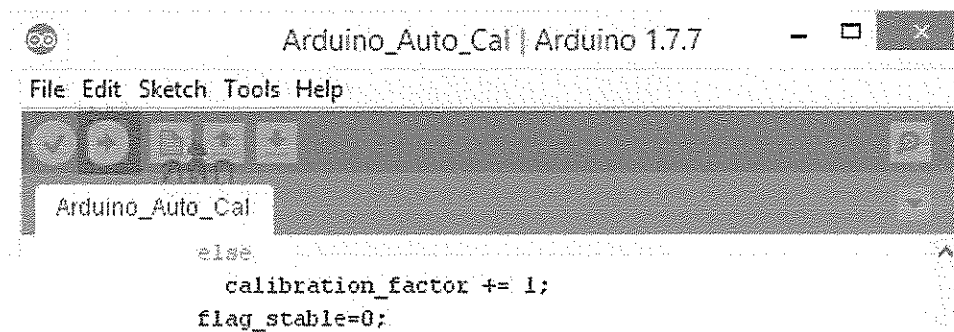
รูปที่ 3.20 การ calibrate code

1. ติดตั้ง Load Cell เข้ากับแผ่นชั่งน้ำหนัก
2. เชื่อมต่อ Load Cell และ HX-711 เข้ากับบอร์ด Arduino
3. Download Library สำหรับใช้กับ HX-711 >> <https://github.com/bogde/HX-711>
4. ติดตั้ง Library HX-711 ให้กับ Arduino IDE (Copy Folder Library HX-711 ลงใน Folder libraries ที่อยู่ใน Folder ของ Arduino IDE)
5. Download Code Auto Calibrate >> File แบน (Arduino_Auto_Cal)
6. เปิดโค้ด Arduino IDE และ เปิด File Arduino_Auto_Cal.ino ขึ้นมา
7. แก่ค่าในตัวแปร real_weight ให้เป็นค่าน้ำหนักจริงของ load ที่จะใช้นำมา Calibrate (หน่วยเป็น กิโลกรัม) ในที่นี้คือค่าน้ำหนักของ weight คือ 5 กิโลกรัม แสดงดังรูปที่ 3.21

```
float offset=0;
float calibration_factor = 1;
float real_weight = 5.0;//kg
```

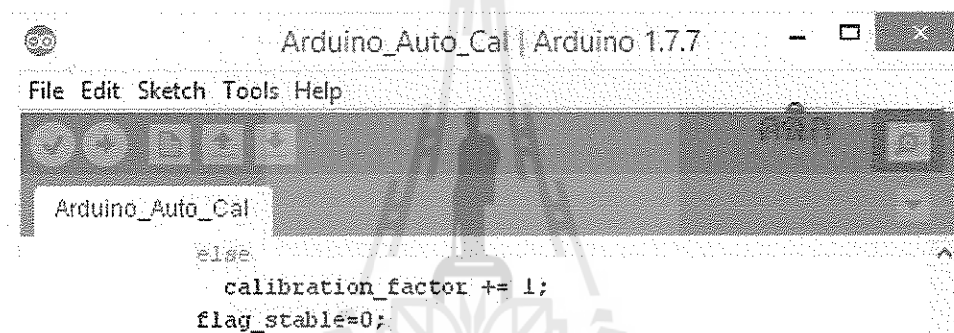
รูปที่ 3.21 ค่าน้ำหนักที่นำมา calibrate

8. โปรแกรม Arduino_Auto_Cal ลงไปยัง board Arduino แสดงดังรูปที่ 3.22



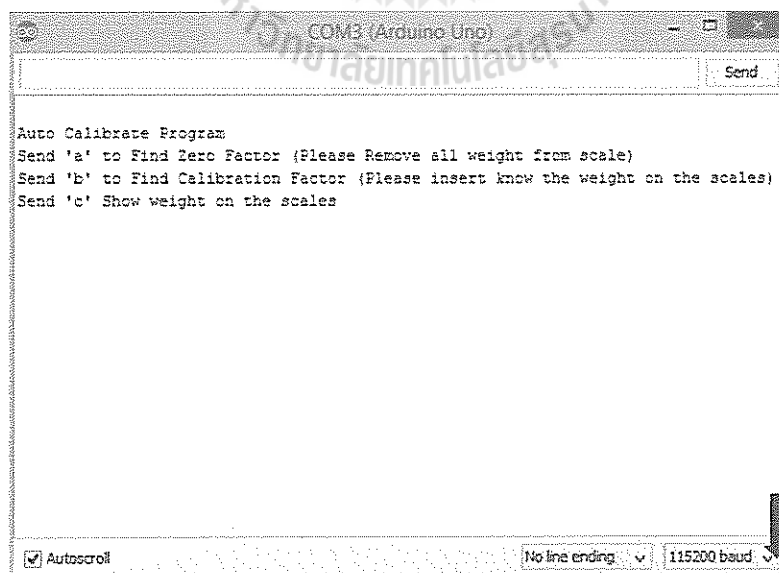
รูปที่ 3.22 การ Upload code ลงไปยัง board Arduino

9. เปิด หน้าต่าง Serial Monitor ขึ้นมา แสดงดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 การเปิดหน้าต่าง Serial Monitor เพื่อเริ่มทำการ calibrate

10. ตั้งค่า Baud rate เป็น 115200 แสดงได้ดังรูปที่ 3.24



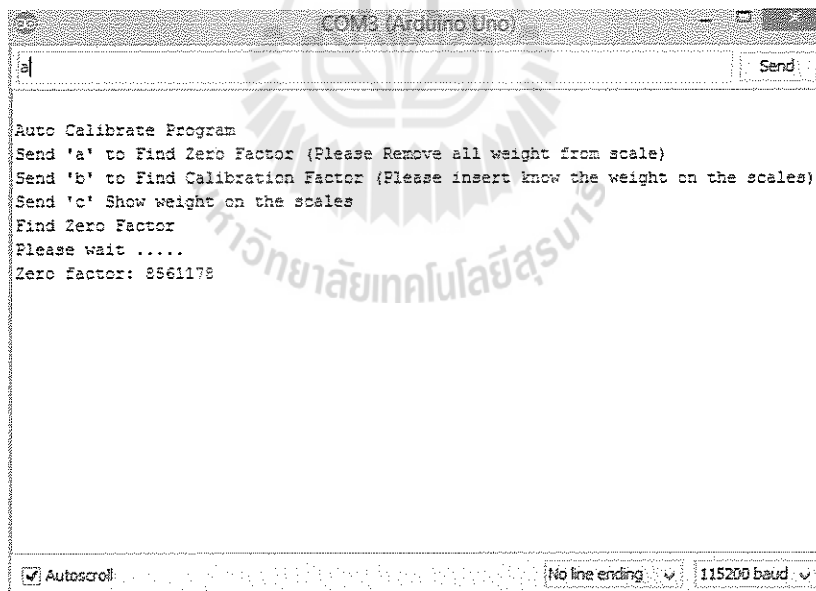
รูปที่ 3.24 การตั้งค่าอัตราเร็วให้เป็น 115200 บิตต่อวินาที

11. นำสิ่งของทุกอย่างออกจากแผ่นชั่งน้ำหนัก แสดงดังรูปที่ 3.25



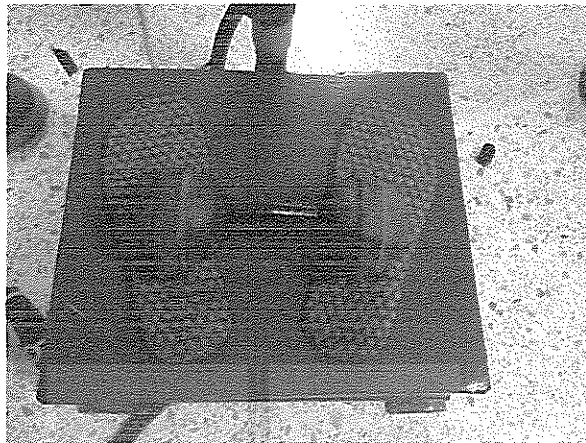
รูปที่ 3.25 แผ่นรับน้ำหนักขณะที่ยังไม่ได้วางวัตถุ

12. ส่ง ตัว 'a' ไป เพื่อหาค่า zero รอสักครู่โปรแกรม จะแสดงค่า Zero Factor ออกมาให้ ให้เรา จดบันทึกค่านี้เอาไว้ใช้งาน (ในการทดลองนี้คือ 8561178) แสดงดังรูปที่ 3.26



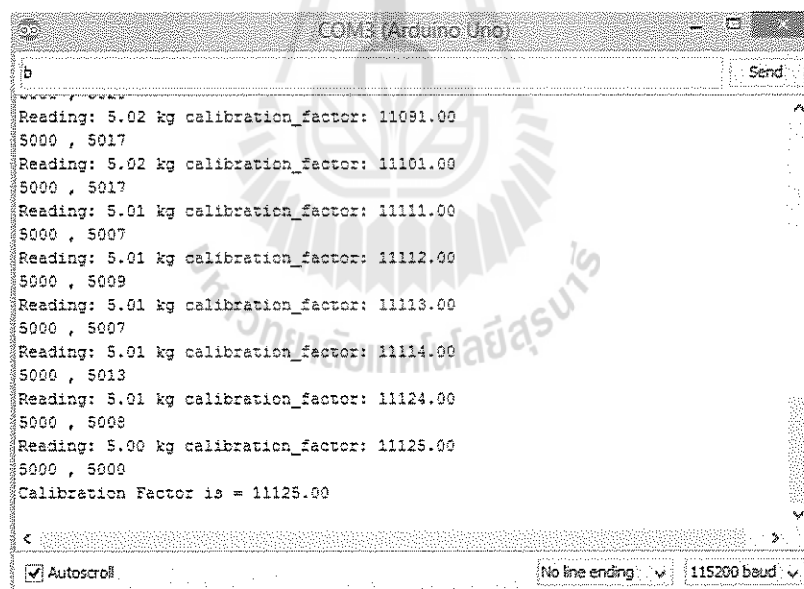
รูปที่ 3.26 การส่งค่า a เพื่อทำการหา Zero Factor

13. นำวัตถุที่ทราบค่าน้ำหนักที่แน่นอนมาวางลงบนแผ่นชั่งน้ำหนัก (น้ำหนักของวัตถุที่ใส่ลงในตัวแปร `real_weight` ใน `Arduino_Auto_Calino`) แสดงดังรูปที่ 3.27



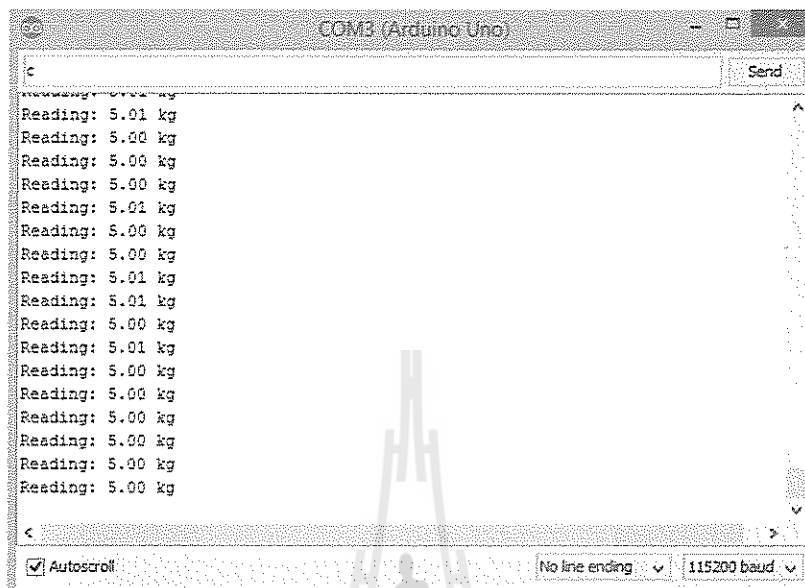
รูปที่ 3.27 การนำวัตถุ 5 กิโลกรัม

14. ส่ง ตัว 'b' ไป เพื่อหาค่า calibration factor รอนโปรแกรมสามารถหาค่า calibration factor ได้สำเร็จ ให้เราจดบันทึกค่านี้เอาไว้ใช้งาน (ในการทดลองนี้คือ 11125.00) แสดงดังรูปที่ 3.28



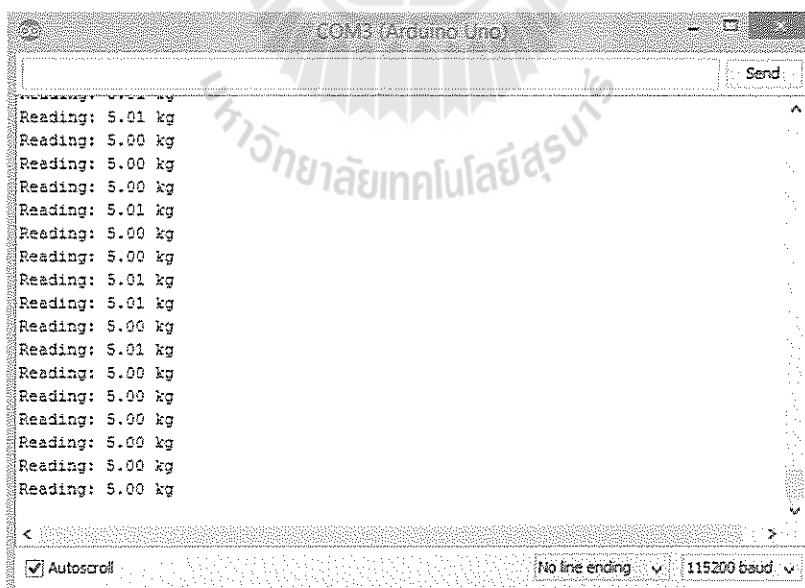
รูปที่ 3.28 การส่งค่า b เพื่อหาค่า calibration factor

15. ส่ง ตัว 'c' ไป เพื่อทดลองอ่านค่าน้ำหนักโดยใช้ Zero Factor และ calibration factor ที่ใช้
โปรแกรมหาค่ามา ดังแสดงในรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 การส่งค่า c เพื่อ หาค่าน้ำหนักที่แท้จริง

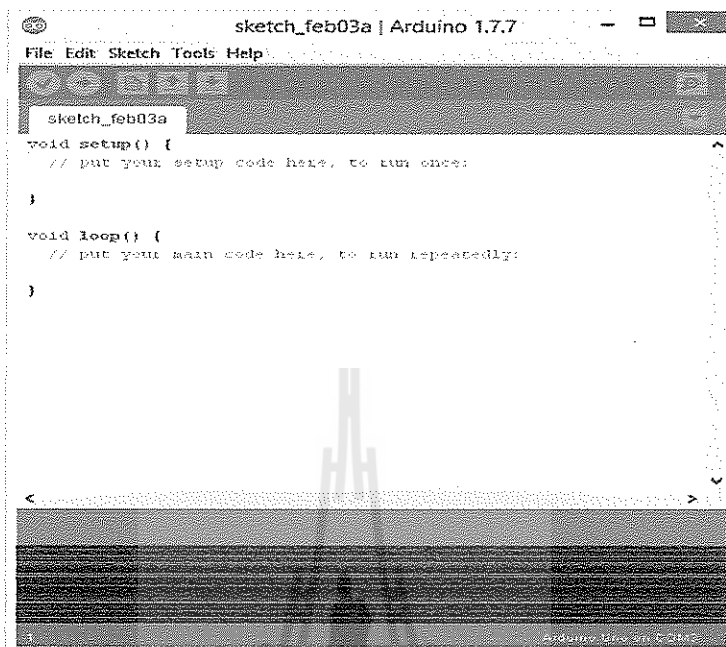
16. ผลการทดลองอ่านค่า แสดงดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 ค่าน้ำหนักที่อ่านได้จากการวางวัตถุ 5 กิโลกรัม

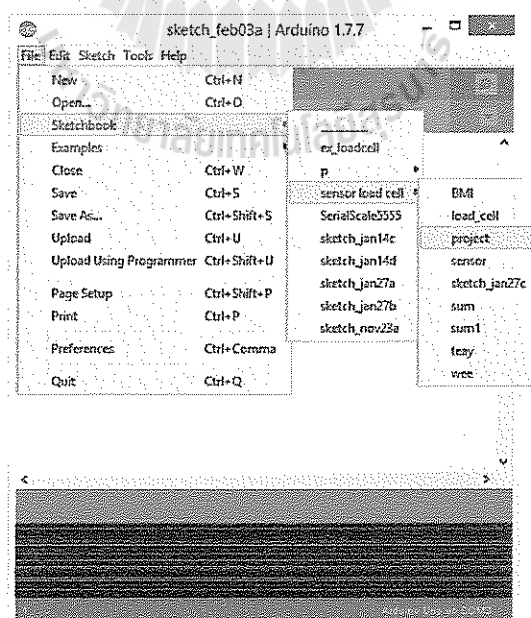
3.3.3 การคอมไพล์เข้าบอร์ด Arduino

1. เปิดใช้งานโปรแกรม Arduino เมื่อหน้าต่างโปรแกรมถูกเปิดโปรแกรมขึ้นมา แสดงดังรูปที่ 3.31



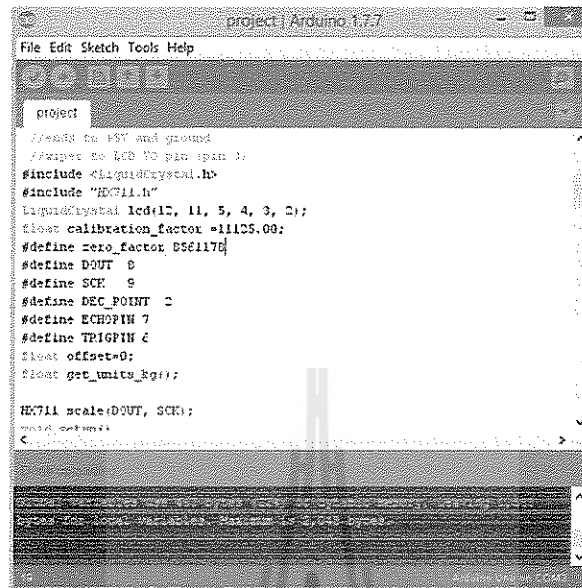
รูปที่ 3.31 การเปิดใช้งานโปรแกรม Arduino

2. คลิกที่เมนู file เลือก Sketchbook จากนั้นเลือก sensor load call และเลือก project แสดงดังรูปที่ 3.32



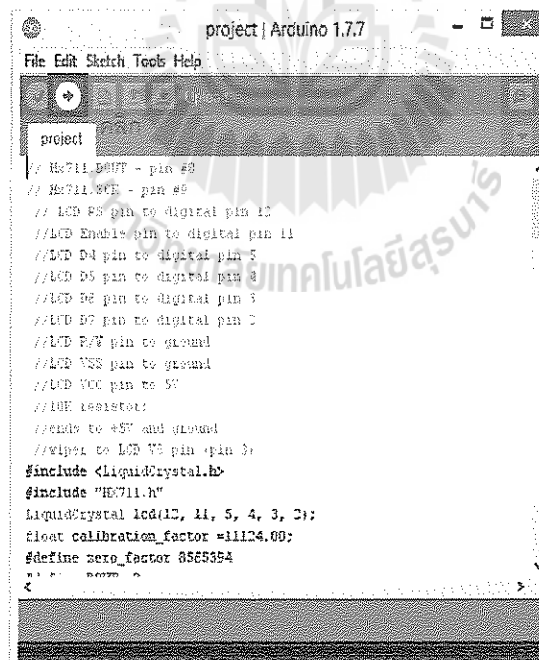
รูปที่ 3.32 การเปิด code รวมทั้งหมด

3. จะได้หน้าต่าง แสดงดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 นำค่า Zero Factor และค่า calibration factor มาใส่ในโค้ด

4. คลิกเพื่อทำการ upload โค้ดผ่าน port USB เข้าไปยังตัวบอร์ด Arduino แสดงดังรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.34 ทำการ Upload code ลงไปยัง board Arduino

3.3.4 จากนั้นใช้โปรแกรม Arduino เพื่อคอมไพล์ซึ่งมีโค้ดโปรแกรมและคำอธิบายดังนี้

```

1      // Hx711.DOUT - pin #8
2      // Hx711.SCK - pin #9
3      // LCD RS pin to digital pin 12
4      //LCD Enable pin to digital pin 11
5      //LCD D4 pin to digital pin 5
6      //LCD D5 pin to digital pin 4
7      //LCD D6 pin to digital pin 3
8      //LCD D7 pin to digital pin 2
9      //LCD R/W pin to ground
10     //LCD VSS pin to ground
11     //LCD VCC pin to 5V
12     //10K resistor:
13     //ends to +5V and ground
14     //wiper to LCD VO pin (pin 3)
15     #include <LiquidCrystal.h>
16     #include "HX711.h"
17     LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
18     float calibration_factor =11124.00;
19     #define zero_factor 8565394
20     #define DOUT  8
21     #define SCK   9
22     #define DEC_POINT 2

```

```
23      #define ECHOPIN 7
24      #define TRIGPIN 6
25      float offset=0;
26      float get_units_kg();
27      HX711 scale(DOUT, SCK);
28      void setup()
29      {
30          Serial.begin(115200);
31          scale.set_scale(calibration_factor);
32          scale.set_offset(zero_factor);
33          lcd.begin(20, 4);
34          pinMode(TRIGPIN, INPUT);
35          pinMode(ECHOPIN, OUTPUT);
36      }
37      void loop()
38      {
39          int h=207;
40          int i; // Read in times pulse
41          float bmi,high,distance;
42          float Weight[1];
43          while(get_units_kg())<0.05){
44              lcd.setCursor(1, 0);
45              lcd.print(" ^_^WELCOME^_^ ");
```

```
46     lcd.setCursor(1, 1);
47     lcd.print("  HIGH & WEIGHT  ");
48     lcd.setCursor(1, 2);
49     lcd.print(" BODY MASS INDEX ");
50     delay(2000);
51     }
52     for(i=0;i<2;i++){
53         lcd.setCursor(1, 0);
54         digitalWrite(TRIGPIN, LOW);
55         delayMicroseconds(2);
56         digitalWrite(TRIGPIN, HIGH);
57         delayMicroseconds(10);
58         digitalWrite(TRIGPIN, LOW);
59         distance= pulseIn(ECHOPIN, HIGH);
60         distance= h-distance/58;
61         lcd.print("HIGH : ");
62         lcd.print(distance);
63         lcd.print("  Cm  ");
64         String data = String(get_units_kg()+offset, DEC_POINT);
65         Weight[i] = (get_units_kg());
66         lcd.setCursor(1, 1);
67         lcd.print("WEIGHT: ");
68         lcd.print(data);
```

```
69     lcd.print(" kg");
70     lcd.setCursor(1, 2);
71     high=distance/100;
72     bmi=Weight[i]/(high*high);
73     lcd.print("BMI is : ");
74     lcd.print(bmi);
75     if(bmi>=40)
76     {
77         lcd.setCursor(1, 3);
78         lcd.print("You are very Fat");
79     }
80     else if(bmi>=35)
81     {
82         lcd.setCursor(1, 3);
83         lcd.print("You are Fat lv3");
84     }
85     else if(bmi>=28.5)
86     {
87         lcd.setCursor(1, 3);
88         lcd.print("You are Fat lv2");
89     }
90     else if(bmi>=23.5)
91     {
```

A large, light gray watermark of the Suranaree University of Technology logo is centered on the page. The logo features a stylized figure standing on a lotus flower, with the university's name in Thai script, "มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี", written in a circular arc below it.

```
92     lcd.setCursor(1, 3);
93     lcd.print("You are Fat lv1");
94     }
95     else if(bmi>=18.5)
96     {
97         lcd.setCursor(1, 3);
98         lcd.print("You are normal");
99     }
100    else if(bmi>=0)
101    {
102        lcd.setCursor(1, 3);
103        lcd.print("You are thin");
104    }
105    else
106    {
107        lcd.setCursor(1, 3);
108        lcd.print("Error   ");
109    }
110    delay (3000);
111    lcd.clear();
112    }
113    }
114    float get_units_kg()
```

```

115      {
116          return(scale.get_units()*0.453592);
117      }

```

บรรทัดที่ 1-14

กำหนดค่าคำสั่งต่าง ๆ ในการทำงาน

บรรทัดที่ 15-16

นำเข้าคำสั่งจาก library LiquidCrystal.h และ HX711

บรรทัดที่ 17

กำหนดขาของจอ LCD ต่อเข้าบอร์ด Arduino

บรรทัดที่ 18-19

ค่าที่ได้รับจากการ calibration จากตัวโครงสร้างและค่า calibration จากการวางวัตถุ 5 กิโลกรัม

บรรทัดที่ 20-24

กำหนดขาของตัว sensor และ load cell เพื่อต่อเข้าบอร์ด Arduino

บรรทัดที่ 25-27

กำหนดค่าเริ่มต้นให้เป็น 0 และกำหนดให้เป็นหน่วยกิโลกรัม ส่วนตัว HX711 มีขาที่ใช้งานคือ DT กับ SCK

บรรทัดที่ 28-36

ตั้งค่าเริ่มต้นเพื่อติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์อัตราเร็ว 115200 บิตต่อวินาที ส่วนของหน้าจอ มี 4 แถวๆละ 20 ตัวอักษร ให้ขา TRIGPIN เป็นอินพุตของ sensor ให้ขา ECHOPIN เป็นเอาต์พุตของ sensor

บรรทัดที่ 37-39

ขึ้นรูปใหม่กำหนดให้ตัวแปร h เก็บตัวเลข โดยเริ่มต้นที่ 207

บรรทัดที่ 40-42

ให้ตัวแปร l เก็บค่าตัวเลข ให้ตัวแปร bmi,high,distance เก็บค่าตัวแปรทศนิยม

บรรทัดที่ 43

ค่าที่แสดงบนหน้าจอแสดงผลก่อนรับค่าน้ำหนักและวัดส่วนสูงเมื่อน้ำหนักมีค่าน้อยกว่า 50 กรัม

บรรทัดที่ 44-51

กำหนดให้ LCD บรรทัดแรกแสดง Welcome บรรทัดที่ 2 แสดง HIGH & WHIGHT บรรทัดที่ 3 แสดง BODY MASS INDEX

บรรทัดที่ 52-63

วนลูปรับค่าส่วนสูงและคำนวณส่วนสูงจากส่วนสูงทั้งหมดลบกับค่าที่ sensor อ่านได้แล้วหาร 58 แล้ว
แสดงค่าส่วนสูงออกทางจอ LCD ในหน่วยเซนติเมตร

บรรทัดที่ 64-69

กำหนดค่าน้ำหนักให้เป็นหน่วยกิโลกรัมแล้วแสดงผลออกทางจอ LCD ในบรรทัดที่ 2

บรรทัดที่ 70-71

นำค่าส่วนสูงที่ได้แล้วนำมาหาร 100 เพื่อแสดงเป็นหน่วยเซนติเมตร

บรรทัดที่ 72-74

คำนวณค่า bmi จาก น้ำหนักหารส่วนสูงยกกำลังสองแล้วแสดงผลออกทางจอ LCD

บรรทัดที่ 75-109

ถ้าค่า bmi ≥ 40 จะแสดง You are very Fat ออกทางหน้าจอ

ถ้าค่า bmi ≥ 35 จะแสดง You are Fat lv3 ออกทางหน้าจอ

ถ้าค่า bmi ≥ 28.5 จะแสดง You are Fat lv2 ออกทางหน้าจอ

ถ้าค่า bmi ≥ 23.5 จะแสดง You are Fat lv1 ออกทางหน้าจอ

ถ้าค่า bmi ≥ 18.5 จะแสดง You are normal ออกทางหน้าจอ

ถ้าค่า bmi ≥ 0 จะแสดง You are thin ออกทางหน้าจอ

บรรทัดที่ 110-111

หน่วงเวลาก่อนเริ่มคำสั่งต่อไป 3000 มิลลิวินาที และทำการเคลียร์จอ LCD

บรรทัดที่ 114-117

ค่าน้ำหนักที่ได้จะได้เป็นปอนด์แล้วเปลี่ยนค่าน้ำหนักโดยการนำมาคูณ 0.453592

บทที่ 4

การทดลอง

4.1 บทนำ

ในการวัดส่วนสูงและชั่งน้ำหนักนี้เป็นการทดลองโปรแกรมในส่วนแสดงผล เพื่อทดสอบว่าจะสามารถแสดงผลในการวัดส่วนสูงและชั่งน้ำหนักได้ถูกต้องหรือไม่ โดยการวัดส่วนสูงและชั่งน้ำหนัก จะทำการวัดค่าทั้งหมด 5 ครั้ง แล้วนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าจริงเพื่อคำนวณหาค่า ส่วนสูงเฉลี่ย (cm) น้ำหนักเฉลี่ย (kg) ค่าความผิดพลาดของส่วนสูง (cm) ค่าความผิดพลาดของน้ำหนัก (kg) ค่าความผิดพลาดของส่วนสูงและชั่งน้ำหนัก (%)

$$\text{ส่วนสูงเฉลี่ย} = \left(\frac{\text{ส่วนสูงรวม}}{\text{จำนวนครั้งที่ทำการวัด}} \right)$$

$$\text{น้ำหนักเฉลี่ย} = \left(\frac{\text{น้ำหนักรวม}}{\text{จำนวนครั้งที่ทำการวัด}} \right)$$

$$\text{ค่าความผิดพลาด(\%)} = \left| \frac{\text{ค่าจริง} - \text{ค่าที่วัดได้}}{\text{ค่าจริง}} \right| \times 100$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2 ทดลองวัดส่วนสูงกับเครื่องชั่งน้ำหนักและส่วนสูงแบบดิจิตอล

4.2.1 การทดลองวัดค่าส่วนสูงแบบพื้นผิวไม่เรียบ

- การทดลองวัดค่าส่วนสูงแบบไม่ใส่หมวก



รูปที่ 4.1 การทดลองวัดส่วนสูงแบบไม่ใส่หมวก

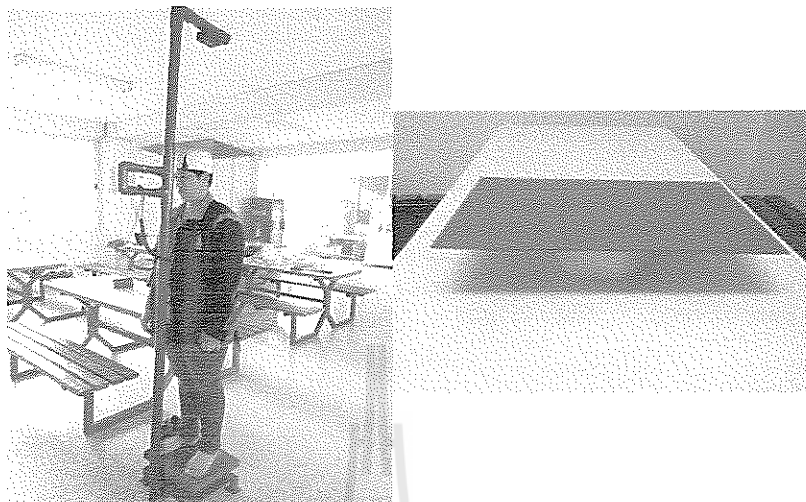
ตารางที่ 4.1 การทดลองวัดค่าส่วนสูงแบบไม่ใส่หมวก

ส่วนสูง จริง (cm)	ผลวัดครั้งที่ 1 ส่วนสูง	ผลวัดครั้งที่ 2 ส่วนสูง	ผลวัดครั้งที่ 3 ส่วนสูง	ผลวัดครั้งที่ 4 ส่วนสูง	ผลวัดครั้งที่ 5 ส่วนสูง	ส่วนสูง เฉลี่ย (cm)	ค่าความ ผิดพลาด (cm)	ค่าความ ผิดพลาด (%)
151.0	-3229	149	-3230.6	145.88	-342	-	-	-
155.0	-2217.53	153.17	-322.50	152.81	151.43	-	-	-
160.5	-3208.17	152.07	-3108.6	154.07	-3226.0	-	-	-
162.0	-3226.84	161.81	162.48	-3767	-3347.6	-	-	-
166.0	-3239	159.03	-3368.2	158.29	130.48	-	-	-
176.0	-3190.90	175.86	-3209.7	176.4	176	-	-	-

หมายเหตุ : การที่เซ็นเซอร์ส่งคลื่นผ่านไปที่กระดูกพบวัตถุผิวไม่เรียบจะมีค่า Error ทำให้หาค่าส่วนสูงเฉลี่ยไม่ได้เราจึงไม่ใช้วิธีนี้

4.2.2 การทดลองวัดค่าส่วนสูงแบบพื้นผิวเรียบ

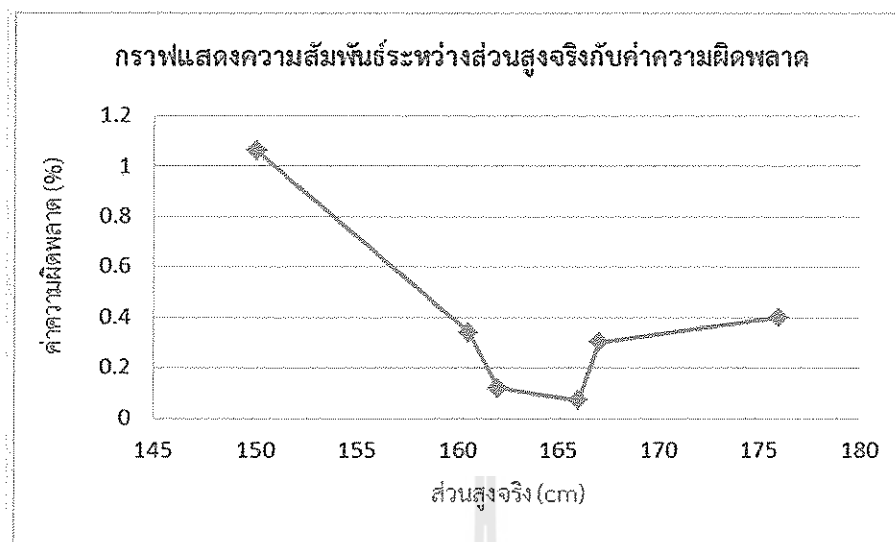
- การทดลองวัดค่าส่วนสูงแบบใช้หมวกฟิวเจอร์บอร์ด



รูปที่ 4.2 การทดลองวัดค่าส่วนสูงแบบใช้หมวกฟิวเจอร์บอร์ด

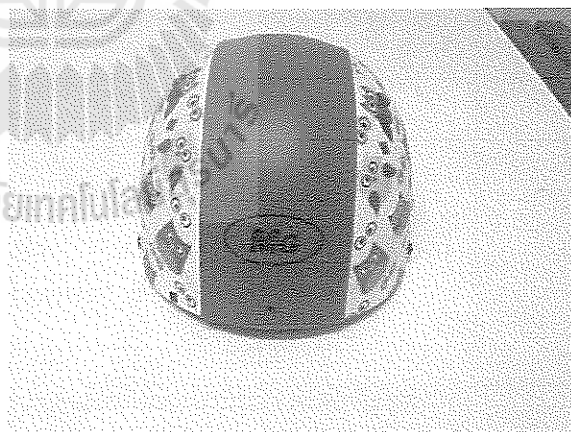
ตารางที่ 4.2 การทดลองวัดค่าส่วนสูงแบบหมวกฟิวเจอร์บอร์ด

ส่วนสูง จริง (cm)	ผลวัด ครั้งที่ 1	ผลวัด ครั้งที่ 2	ผลวัด ครั้งที่ 3	ผลวัด ครั้งที่ 4	ผลวัด ครั้งที่ 5	ส่วนสูง เฉลี่ย (cm)	ค่าความ ผิดพลาด (cm)	ค่าความ ผิดพลาด (%)
150.0	151.72	151.69	151.16	151.88	151.57	151.60	1.60	1.06
160.5	160.11	160.17	160.04	160.10	159.40	159.96	0.54	0.34
162.0	162.5	162.18	161.83	162.29	162.17	162.19	0.19	0.12
166.0	166.21	166.00	166.43	165.95	166.02	166.12	0.12	0.07
167.0	167.34	167.93	167.14	167.19	167.67	167.45	0.45	0.30
176.0	176.67	176.24	176.62	176.88	177.02	176.69	0.69	0.40



รูปที่ 4.3 กราฟการทดลองวัดค่าส่วนสูงแบบหมวกฟิวเจอร์บอร์ด

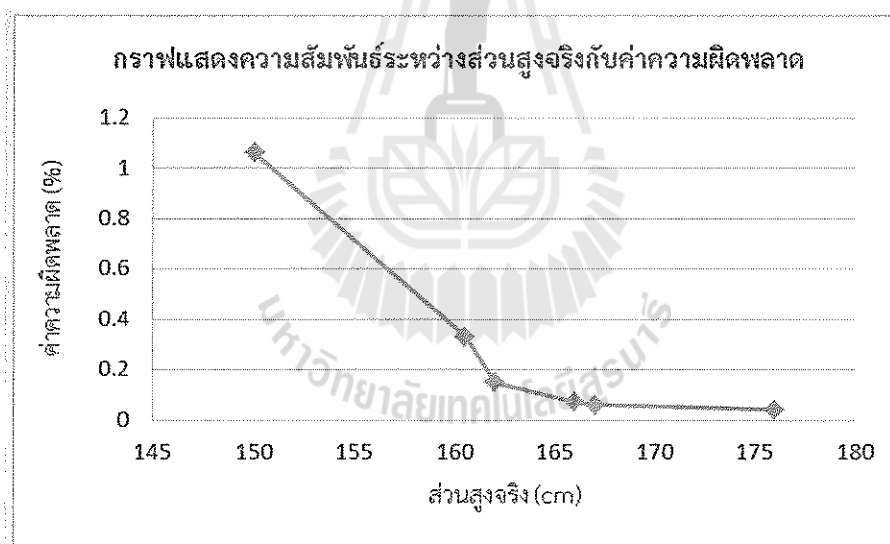
- การทดลองวัดค่าส่วนสูงแบบใช้หมวกนิรภัย แบบครึ่งใบ



รูปที่ 4.4 การทดลองวัดค่าส่วนสูงแบบใช้หมวกนิรภัย แบบครึ่งใบ

ตารางที่ 4.3 การทดลองวัดค่าส่วนสูงแบบใช้หมวกนิรภัย แบบครึ่งใบ

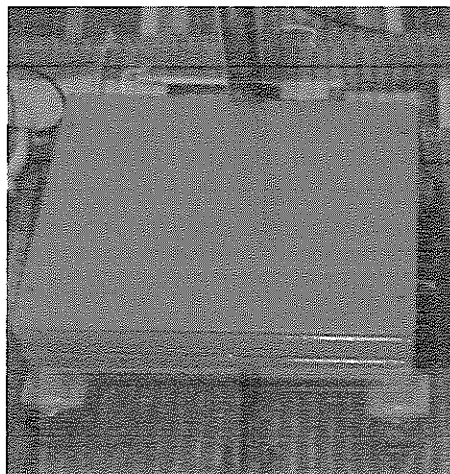
ส่วนสูง จริง (cm)	ผลวัด ครั้งที่ 1	ผลวัด ครั้งที่ 2	ผลวัด ครั้งที่ 3	ผลวัด ครั้งที่ 4	ผลวัด ครั้งที่ 5	ส่วนสูง เฉลี่ย	ค่าความ ผิดพลาด	ค่าความ ผิดพลาด
	ส่วนสูง	ส่วนสูง	ส่วนสูง	ส่วนสูง	ส่วนสูง	(cm)	(cm)	(%)
150.0	151.72	151.69	151.16	151.88	151.57	151.60	1.60	1.06
160.5	160.21	160.07	160.16	160.05	159.40	159.97	0.53	0.33
162.0	162.5	161.81	162.48	162.29	162.17	162.25	0.25	0.15
166.0	166.21	166.00	166.43	165.95	166.02	166.12	0.12	0.07
167.0	167.24	167.44	166.45	167.53	166.84	167.10	0.10	0.06
177.0	175.93	175.62	176.24	176.26	176.32	176.07	0.07	0.04



รูปที่ 4.5 กราฟการทดลองวัดค่าส่วนสูงแบบใช้หมวกนิรภัย แบบครึ่งใบ

4.3 ทดลองวัดน้ำหนักกับเครื่องชั่งน้ำหนักและส่วนสูงแบบดิจิตอล

4.3.1 การทดลองวัดน้ำหนักแบบแผ่นรับน้ำหนักยึดติดกับฐาน



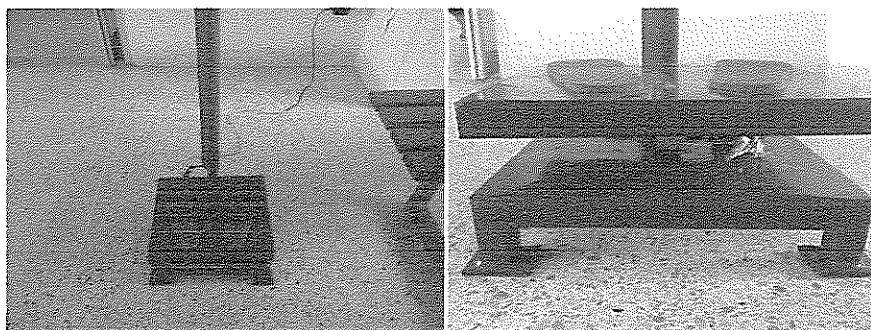
รูปที่ 4.6 แผ่นรับน้ำหนักยึดติดกับฐาน

ตารางที่ 4.4 การทดลองชั่งน้ำหนักแบบแผ่นรับน้ำหนักยึดติดกับฐาน

น้ำหนัก จริง (kg)	ผลวัด ครั้งที่ 1 น้ำหนัก	ผลวัด ครั้งที่ 2 น้ำหนัก	ผลวัด ครั้งที่ 3 น้ำหนัก	ผลวัด ครั้งที่ 4 น้ำหนัก	ผลวัด ครั้งที่ 5 น้ำหนัก	น้ำหนัก เฉลี่ย (kg)	ค่าความ ผิดพลาด (kg)	ค่าความ ผิดพลาด (%)
5	0	0	0	0	0	0	Error	Error
52.0	47.11	43.67	35.35	45.27	53.13	44.91	7.09	13.63
52.4	40.9	32.90	45.89	37.47	41.54	39.74	12.66	24.16
60.0	55.24	56.98	55.39	48.97	48.12	52.94	7.06	11.77
63.0	55.21	55.54	45.80	49.67	51.13	51.47	11.53	18.3
85.0	70.23	71.47	75.09	78.47	56.39	70.30	14.7	17.29
89.0	80.11	79.12	81.19	73.15	73.20	77.34	11.66	13.1

หมายเหตุ : การที่แผ่นรับน้ำหนักยึดติดกับฐานทำให้ค่าน้ำหนักที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนจึงไม่สามารถใช้กับวิธีนี้ได้

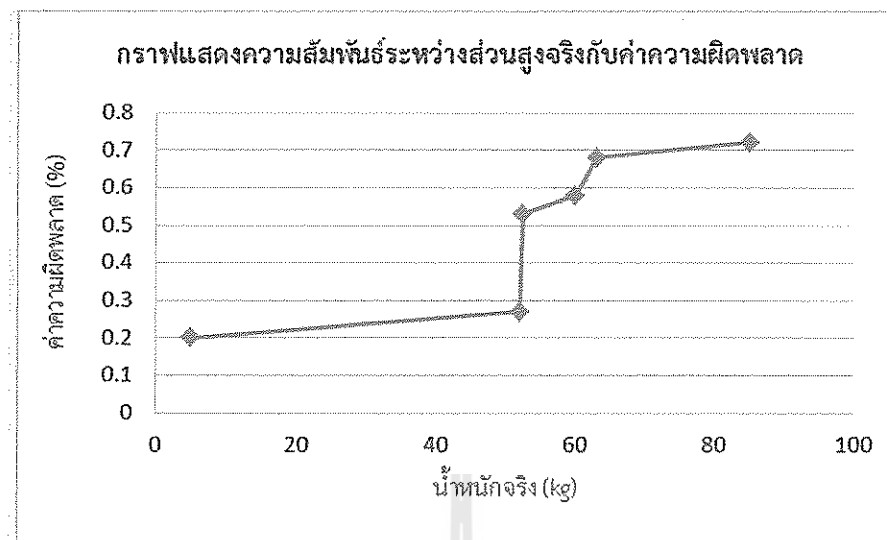
4.2.1 การทดลองชั่งน้ำหนักแบบแผ่นรับน้ำหนักไม่ยึดติดกับฐาน



รูปที่ 4.7 แผ่นรับน้ำหนักไม่ยึดติดกับฐาน

ตารางที่ 4.5 การทดลองชั่งน้ำหนักแบบแผ่นรับน้ำหนักไม่ยึดติดฐาน

น้ำหนัก จริง (kg)	ผลวัด ครั้งที่ 1	ผลวัด ครั้งที่ 2	ผลวัด ครั้งที่ 3	ผลวัด ครั้งที่ 4	ผลวัด ครั้งที่ 5	น้ำหนัก เฉลี่ย (kg)	ค่าความ ผิดพลาด (kg)	ค่าความ ผิดพลาด (%)
	น้ำหนัก	น้ำหนัก	น้ำหนัก	น้ำหนัก	น้ำหนัก			
5.0	5.07	5.01	4.98	5.00	4.99	5.01	0.01	0.2
52.0	52.17	52.09	52.12	52.19	52.11	52.14	0.14	0.27
52.4	51.98	52.01	52.43	51.94	52.23	52.12	0.28	0.53
60.0	59.80	59.72	60.21	59.24	59.47	59.65	0.35	0.58
63.2	63.70	63.86	63.56	63.88	63.80	63.63	0.43	0.68
85.0	84.32	85.57	85.83	85.94	86.37	85.61	0.61	0.72
89.0	88.07	87.18	87.15	88.15	88.20	88.15	0.85	0.96

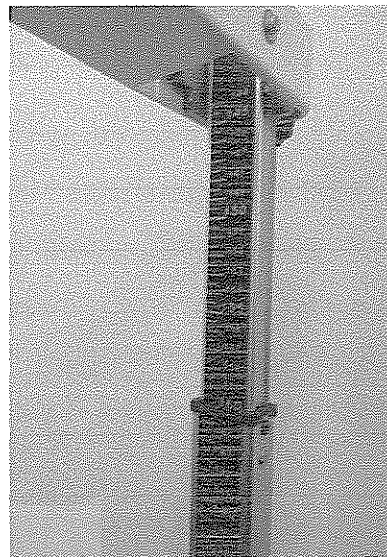


รูปที่ 4.8 กราฟการทดลองชั่งน้ำหนักแบบแผ่นรับน้ำหนักไม่ยึดติดกับฐาน

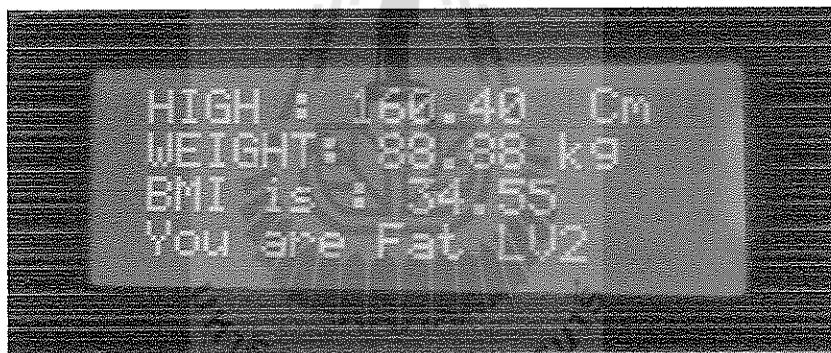
4.4 การทดลองชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงกับเครื่องทั่วไป



รูปที่ 4.9 การทดลองชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบเครื่องทั่วไป



รูปที่ 4.10 ค่าน้ำหนักและส่วนสูงที่อ่านได้จากชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบเครื่องทั่วไป



รูปที่ 4.11 ค่าน้ำหนักและส่วนสูงที่อ่านได้จากการทดลองชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบดิจิทัล

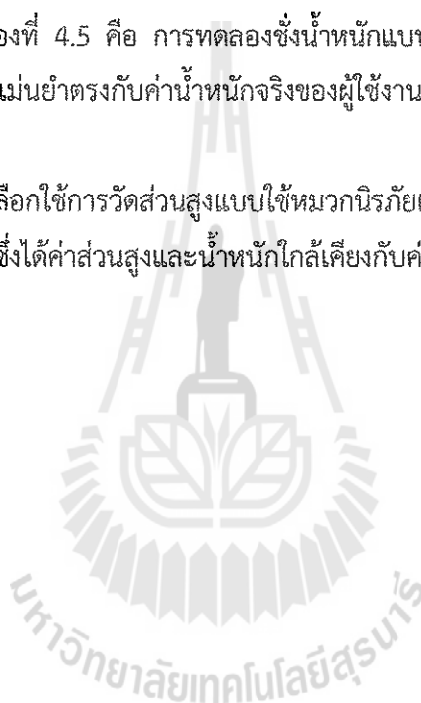
4.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากตารางผลการทดลองที่ 4.2 คือ การทดลองวัดส่วนสูงโดยการใช้หมวกพีวเจอร์บอร์ดจะเห็นว่าค่าที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำแต่มีอยู่ช่วงหนึ่งที่ค่าส่วนสูงเกิดค่าความผิดพลาด สำหรับกรณีนี้ถือว่าสามารถใช้งานได้จริงแต่เกิดความยุ่งยากมาก อีกทั้งเวลาสวมใส่แล้วทำให้หมวกเอียงอาจทำให้เกิดค่าความผิดพลาดได้

จากตารางผลการทดลองที่ 4.3 คือ การทดลองวัดค่าส่วนสูงแบบใช้หมวกนิรภัยแบบครึ่งใบ จะเห็นว่าค่าที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำมากกว่าการทดลองที่ผ่านมา อีกทั้งค่าความผิดพลาดยังน้อยทำให้สามารถใช้งานได้จริง

จากตารางผลการทดลองที่ 4.5 คือ การทดลองชั่งน้ำหนักแบบแผ่นรับน้ำหนักไม่ยึดติดกับฐาน จะเห็นว่าค่าที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำตรงกับค่าน้ำหนักจริงของผู้ใช้งาน ทำให้สามารถชั่งน้ำหนักได้ถูกต้องแม่นยำ

ดังนั้นโครงการนี้จึงได้เลือกใช้การวัดส่วนสูงแบบใช้หมวกนิรภัยและเลือกใช้การชั่งน้ำหนักแบบแผ่นรับน้ำหนักไม่ยึดติดกับฐานซึ่งได้ค่าส่วนสูงและน้ำหนักใกล้เคียงกับค่าน้ำหนักจริงของผู้ใช้งาน



บทที่ 5

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงบทสรุปของเครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบดิจิตอล โดยจะได้อธิบายปัญหาที่พบในระหว่างการทำโครงการ วิธีแก้ปัญหา ข้อเสนอแนะ และแนวทางการพัฒนาต่อไป

5.1 สรุปผลโครงการ

เนื่องจากผลการสำรวจสัดส่วนรูปร่างของแต่ละบุคคลในประเทศ โครงการ SizeThailand ได้ทำการสำรวจกลุ่มตัวอย่างทั้งชายและหญิงทั่วประเทศ จำนวน 13,442 คน หลายช่วงอายุกล่าวคือ 16-25 ปี 26-35 ปี 36-45 ปี 46-59 ปี และ 60 ปีขึ้นไป เพศชายจะมีค่าน้ำหนักเฉลี่ย 68.83 กิโลกรัม และมีค่าส่วนสูงอยู่ที่ 169.46 เซนติเมตร ส่วนเพศหญิงจะมีค่าน้ำหนักเฉลี่ย 57.40 กิโลกรัม และมีค่าส่วนสูงอยู่ที่ 157.00 เซนติเมตร ดังนั้นโครงการเครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบดิจิตอลนี้จึงสามารถชั่งน้ำหนักได้ตั้งแต่ 2 กิโลกรัมถึง 160 กิโลกรัม และวัดส่วนสูงได้ตั้งแต่ 2 เซนติเมตร ถึง 190 เซนติเมตร โครงการเครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแบบดิจิตอลนี้สามารถนำไปชั่งและวัดได้โดยใกล้เคียงกับค่าจริง และยังสามารถแก้ไขโปรแกรมได้โดยการอัปเดตโปรแกรมใหม่ลงในบอร์ด Arduino ได้ การประยุกต์ใช้งานสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานสำหรับการแสดงผลค่าน้ำหนักและส่วนสูงตามโรงพยาบาล ซึ่งทำให้สะดวกสบายในการใช้งานและสามารถวัดค่าน้ำหนักและส่วนสูงแล้วนำค่าน้ำหนักและส่วนสูงที่ได้มาคำนวณหาค่า BMI ได้ในเวลาเดียวกัน ซึ่งทำให้ประหยัดเวลามากยิ่งขึ้น

5.2 ปัญหาที่พบในระหว่างการทำโครงการและวิธีแก้ปัญหา

1. เมื่อทดลองตัวเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกไม่สามารถวัดกับศีรษะของคนได้เพราะเกิดการบดบังของคลื่น เพราะคลื่นเจอพื้นผิวที่ไม่เรียบจึงทำให้ได้ค่าที่ไม่แม่นยำ จึงได้แก้ไขโดยการใส่หมวกนิรภัยแบบครึ่งใบเพราะจะทำให้วัตถุที่คลื่นอัลตราโซนิกไปตกกระทบมีผิวเรียบแล้วทำให้ได้ค่าที่แม่นยำมากกว่าเดิม
2. อุปกรณ์เกิดการชำรุดและเสียบ่อย อย่างเช่น สาย jump ซึ่งมีการทดลองต้องถอดเข้า-ออกบ่อย จึงเกิดการชำรุดได้ง่าย จึงแก้ไขโดยการบัดกรีให้ติดกันและการบัดกรีควรระมัดระวังเรื่องความร้อนในการบัดกรีเพราะเวลาบัดกรีอาจจะติดกัน ทำให้เกิดการ Shot Circuit ได้ เพราะอาจทำให้สายไฟพังได้

3. มีปัญหาในการวางโครงสร้างของโพลีเซลล์ซึ่งทำให้ค่าไม่ขึ้นและมีคาร์บอนออกมามากซึ่งทำให้เกิดค่าผิดพลาดอย่างมาก จึงได้แก้ไขโดยศึกษาหลักการทำงานของโพลีเซลล์ว่าโพลีเซลล์ทำงานแบบไหน แล้วจึงได้ออกแบบโครงสร้างแบบแผ่นรับน้ำหนักไม่ยึดติดกับฐาน ซึ่งทำให้ค่าน้ำหนักที่ออกมามีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

การปรับปรุงให้เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงโดยต้องการให้ชั่งน้ำหนักได้มากกว่า 200 กิโลกรัมขึ้นไปและวัดส่วนสูงโดยไม่ต้องอาศัยหมวกหรือวัตถุผิวเรียบทำได้โดย ตัวน้ำหนักต้องเปลี่ยนขนาดโพลีเซลล์ขนาดต่าง ๆ อย่างเช่น 300 400 500 กิโลกรัม หรือเป็นต้น ๆ แต่ผลของการปรับปรุงดังกล่าวจะต้องแก้ไขโครงสร้างของตัววางโพลีเซลล์ด้วยและคำนึงว่าตัวที่ใช้วางหรือชั่งน้ำหนักสามารถรับน้ำหนักตามที่กำหนดได้หรือไม่ ส่วนตัววัดส่วนสูงทำโดยการเพิ่มตัว Laser เข้าไป ซึ่ง Laser นั้นมีทิศทางที่แน่นอน โดยลำแสงเลเซอร์จะขนานกันไปตลอดระยะทางไกลๆ ไม่มีบานปลายออกจึงสามารถยิงกระทบศีรษะได้โดยโดย ไม่มีคาร์บอนเข้ามาแทรกได้



เอกสารอ้างอิง

1. บุญธรรม ภัทรจารกุล,งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เบื้องต้น : Basic Electrical and Electronics (Bilingual Book),ซีเอ็ด
2. <http://www.compomax.co.th/application>
3. <http://www.arduinoall.com/product/646/hx711-weight-sensor-amplifier-module-dual-channel-hx711-for-load-cell>
4. <http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/how-to-use-load-cell-and-hx711-amplifier-module.html>
5. <http://www.arduitronics.com/product/20/ultrasonic-sensor-module-hc-sr04>
6. http://www.sizethailand.org/region_all.html





HC-SR04 User Guide

1. Ultrasonic Distance Measurement Principles

The transmitter emits a 8 bursts of an directional 40KHz ultrasonic wave when triggered and starts a timer. Ultrasonic pulses travel outward until they encounter an object, The object causes the the wave to be reflected back towards the unit. The ultrasonic receiver would detect the reflected wave and stop the stop timer. The velocity of the ultrasonic burst is 340m/sec. in air. Based on the number of counts by the timer, the distance can be calculated between the object and transmitter The TRD Measurement formula is expressed as: $D = C \times T$ which is know as the time/rate/distance measurement formula where D is the measured distance, and R is the propagation velocity (Rate) in air (speed of sound) and T represents time. In this application T is divided by 2 as T is double the time value from transmitter to object back to receiver.

2. Product Features

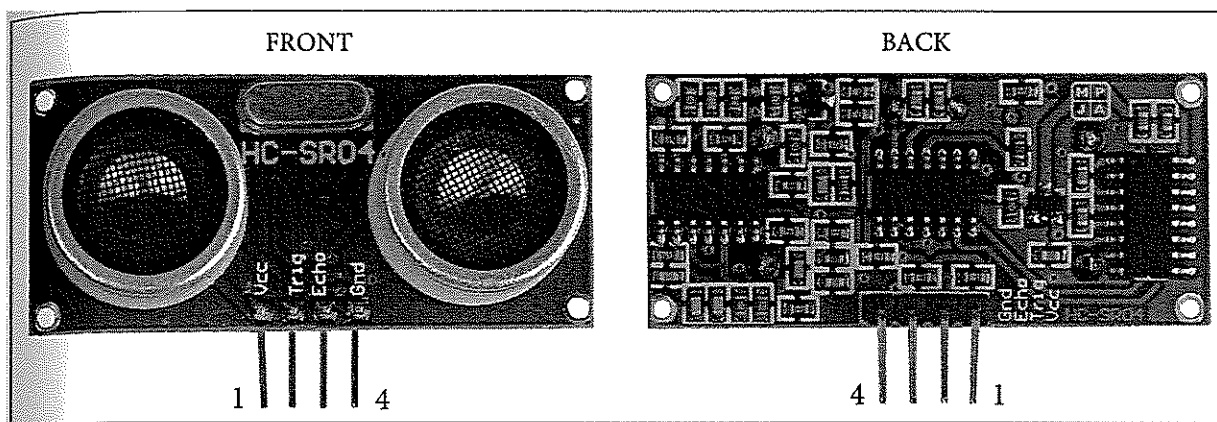
Features

- Stable performance (Xtal.)
- Accurate distance measurement
- High-density SMD Board
- Close Range (2cm)

Uses

- Robotics barrier
- Object distance measurement
- Level detection
- Security systems
- Vehicle detection/avoidance

3. Product Views



4. Module Pin Assignments

	Pin Symbol	Pin Function Description
1	VCC	5V power supply
2	Trig	Trigger Input pin
3	Echo	Receiver Output pin
4	GND	Power ground

5. Electrical Specifications

WARNING

Do Not connect Module with Power Applied! Always apply power after connecting Connect "GND" Terminal first

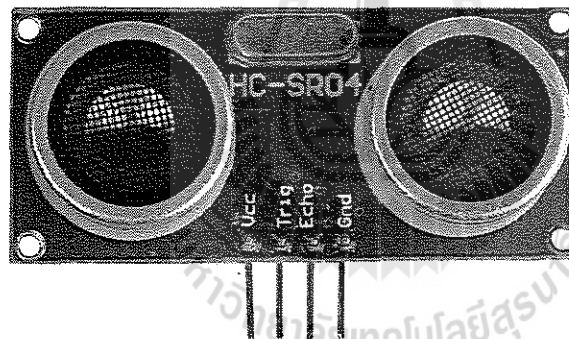
Electrical Parameters	HC-SR04 Ultrasonic Module
Operating Voltage	5VDC
Operating Current	15mA
Operating Frequency	40KHz
Max. Range	4m
Nearest Range	2cm
Measuring Angle	15 Degrees
Input Trigger Signal	10us min. TTL pulse
Output Echo Signal	TTL level signal, proportional to distance
Board Dimensions	1-13/16" X 13/16" X 5/8"
Board Connections	4 X 0.1" Pitch Right Angle Header Pins

6. Module Operation

Set Trig and Echo Low to initialize module. Place a minimum 10us High level pulse to "Trigger" (module will automatically send eight 40KHz acoustic bursts). At the same time, Gate the microcontroller timer to start timing.

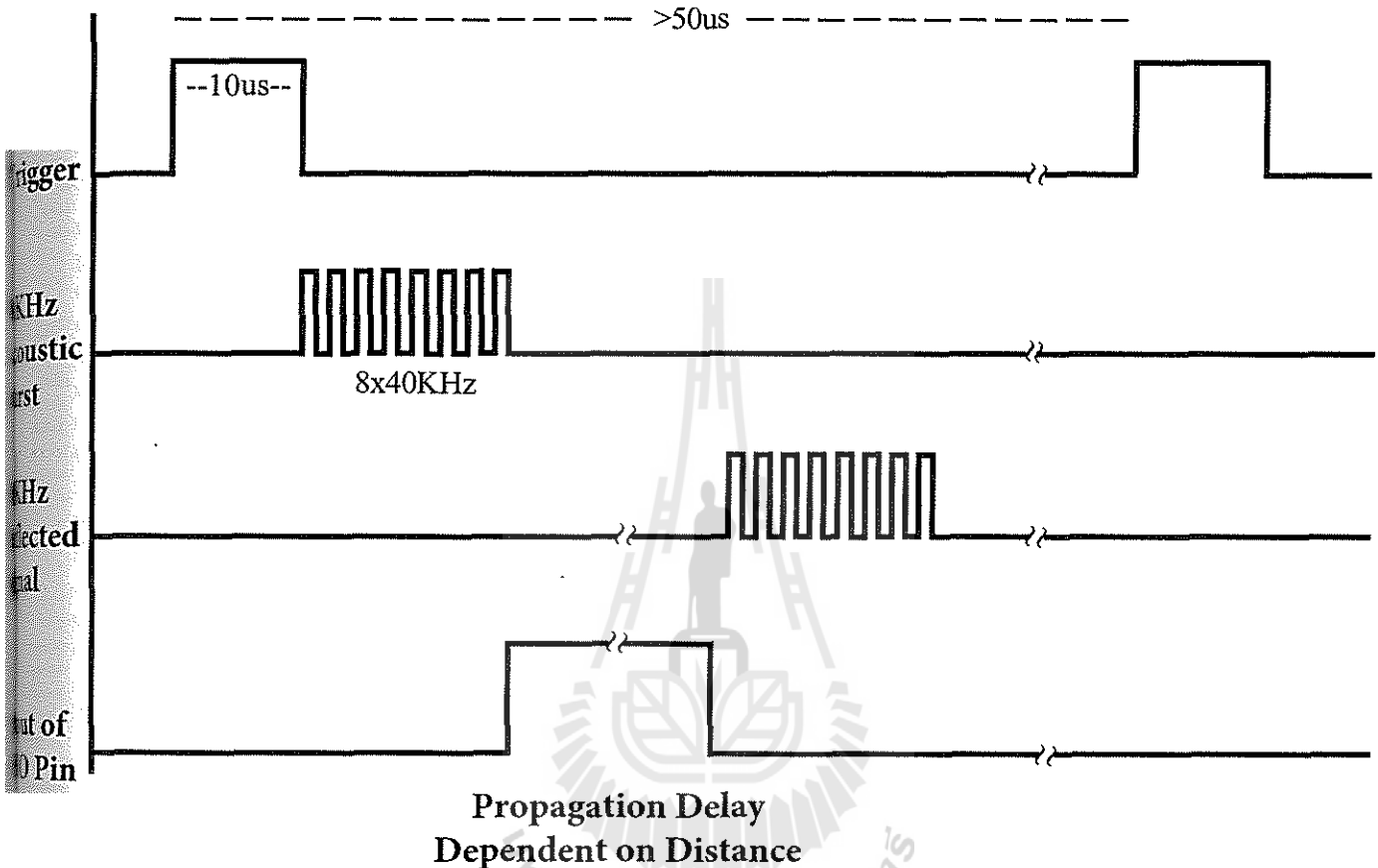
Wait to capture the rising edge output of ECHO port to stop the timer. Now read the time of the counter, which is the ultrasonic propagation time in the air. According to the formula: Distance = (ECHO high level time X ultrasonic velocity (Speed of Sound in air 340m/sec) / 2, you can calculate the distance to the obstacle.

For best results and maximum range, the Object should be larger than 0.5M² the nearer the target object, the smaller it may be



7. Module Timing

HC-SR04 ULTRASONIC MODULE



Trigger 10us min. start measurement from microcontroller.

Max Rep. Rate: 50us

ECHO Output pulse to microcontroller, width is the time from last of 8 40KHz bursts to detected reflected signal (microcontroller Timer gate signal)

Distance in cm = echo pulse width in $\mu s / 58$

Distance in inch = echo pulse width in $\mu s / 148$

Information obtained from or supplied by Mpja.com or Marlin P. Jones and Associates inc. is supplied as a service to our customers and accuracy is not guaranteed nor is it definitive of any particular part or manufacturer. Use of information and suitability for any application is at users own discretion and user assumes all risk.



24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales

DESCRIPTION

Based on Avia Semiconductor's patented technology, HX711 is a precision 24-bit analog-to-digital converter (ADC) designed for weigh scales and industrial control applications to interface directly with a bridge sensor.

The input multiplexer selects either Channel A or B differential input to the low-noise programmable gain amplifier (PGA). Channel A can be programmed with a gain of 128 or 64, corresponding to a full-scale differential input voltage of $\pm 20\text{mV}$ or $\pm 40\text{mV}$ respectively, when a 5V supply is connected to AVDD analog power supply pin. Channel B has a fixed gain of 32. On-chip power supply regulator eliminates the need for an external supply regulator to provide analog power for the ADC and the sensor. Clock input is flexible. It can be from an external clock source, a crystal, or the on-chip oscillator that does not require any external component. On-chip power-on-reset circuitry simplifies digital interface initialization.

There is no programming needed for the internal registers. All controls to the HX711 are through the pins.

FEATURES

- Two selectable differential input channels
- On-chip active low noise PGA with selectable gain of 32, 64 and 128
- On-chip power supply regulator for load-cell and ADC analog power supply
- On-chip oscillator requiring no external component with optional external crystal
- On-chip power-on-reset
- Simple digital control and serial interface: pin-driven controls, no programming needed
- Selectable 10SPS or 80SPS output data rate
- Simultaneous 50 and 60Hz supply rejection
- Current consumption including on-chip analog power supply regulator:
normal operation $< 1.5\text{mA}$, power down $< 1\mu\text{A}$
- Operation supply voltage range: $2.6 \sim 5.5\text{V}$
- Operation temperature range: $-40 \sim +85^\circ\text{C}$
- 16 pin SOP-16 package

APPLICATIONS

- Weigh Scales
- Industrial Process Control

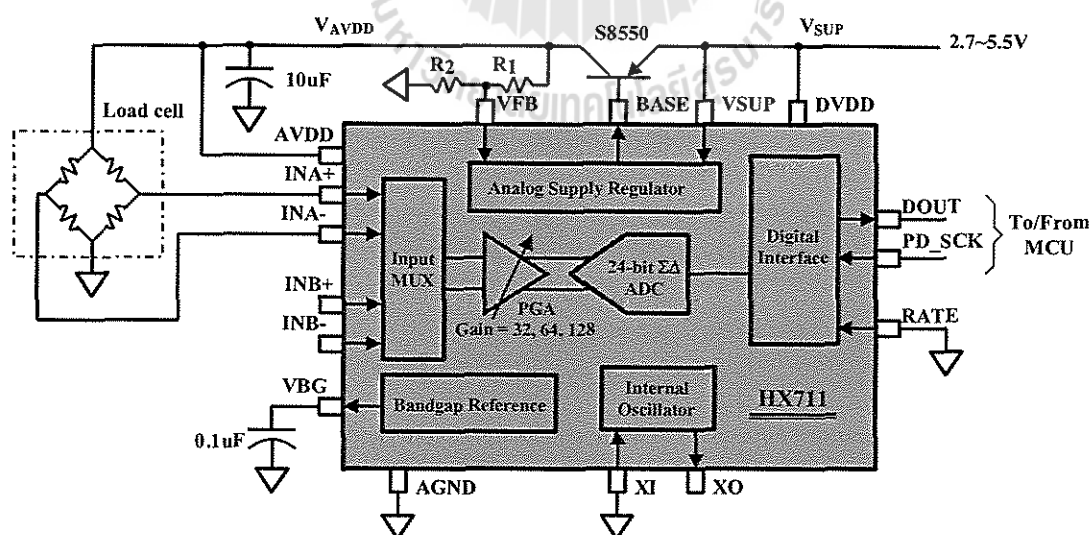


Fig. 1 Typical weigh scale application block diagram

Pin Description

Regulator Power	VSUP	1	16	DVDD	Digital Power
Regulator Control Output	BASE	2	15	RATE	Output Data Rate Control Input
Analog Power	AVDD	3	14	XI	Crystal I/O and External Clock Input
Regulator Control Input	VFB	4	13	XO	Crystal I/O
Analog Ground	AGND	5	12	DOUT	Serial Data Output
Reference Bypass	VBG	6	11	PD_SCK	Power Down and Serial Clock Input
Ch. A Negative Input	INNA	7	10	INPB	Ch. B Positive Input
Ch. A Positive Input	INPA	8	9	INNB	Ch. B Negative Input

SOP-16L Package

Pin #	Name	Function	Description
1	VSUP	Power	Regulator supply: 2.7 ~ 5.5V
2	BASE	Analog Output	Regulator control output (NC when not used)
3	AVDD	Power	Analog supply: 2.6 ~ 5.5V
4	VFB	Analog Input	Regulator control input (connect to AGND when not used)
5	AGND	Ground	Analog Ground
6	VBG	Analog Output	Reference bypass output
7	INA-	Analog Input	Channel A negative input
8	INA+	Analog Input	Channel A positive input
9	INB-	Analog Input	Channel B negative input
10	INB+	Analog Input	Channel B positive input
11	PD_SCK	Digital Input	Power down control (high active) and serial clock input
12	DOUT	Digital Output	Serial data output
13	XO	Digital I/O	Crystal I/O (NC when not used)
14	XI	Digital Input	Crystal I/O or external clock input, 0: use on-chip oscillator
15	RATE	Digital Input	Output data rate control, 0: 10Hz; 1: 80Hz
16	DVDD	Power	Digital supply: 2.6 ~ 5.5V

Table 1 Pin Description

KEY ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Parameter	Notes	MIN	TYP	MAX	UNIT
Full scale differential input range	$V(\text{inp}) - V(\text{inn})$	$\pm 0.5(\text{AVDD}/\text{GAIN})$			V
Common mode input		AGND+1.2		AVDD-1.3	V
Output data rate	Internal Oscillator, RATE = 0		10		Hz
	Internal Oscillator, RATE = DVDD		80		
	Crystal or external clock, RATE = 0		$f_{\text{clk}}/1,105,920$		
	Crystal or external clock, RATE = DVDD		$f_{\text{clk}}/138,240$		
Output data coding	2's complement	800000		7FFFFFFF	HEX
Output settling time ⁽¹⁾	RATE = 0		400		ms
	RATE = DVDD		50		
Input offset drift	Gain = 128		0.2		mV
	Gain = 64		0.4		
Input noise	Gain = 128, RATE = 0		50		nV(rms)
	Gain = 128, RATE = DVDD		90		
Temperature drift	Input offset (Gain = 128)		± 6		nV/°C
	Gain (Gain = 128)		± 5		ppm/°C
Input common mode rejection	Gain = 128, RATE = 0		100		dB
Power supply rejection	Gain = 128, RATE = 0		100		dB
Reference bypass (V _{BG})			1.25		V
Crystal or external clock frequency		1	11.0592	20	MHz
Power supply voltage	DVDD	2.6		5.5	V
	AVDD, VSUP	2.6		5.5	
Analog supply current (including regulator)	Normal		1400		μA
	Power down		0.3		
Digital supply current	Normal		100		μA
	Power down		0.2		

(1) Settling time refers to the time from power up, reset, input channel change and gain change to valid stable output data.

Table 2 Key Electrical Characteristics

Analog Inputs

Channel A differential input is designed to interface directly with a bridge sensor's differential output. It can be programmed with a gain of 128 or 64. The large gains are needed to accommodate the small output signal from the sensor. When 5V supply is used at the AVDD pin, these gains correspond to a full-scale differential input voltage of $\pm 20\text{mV}$ or $\pm 40\text{mV}$ respectively.

Channel B differential input has a fixed gain of 32. The full-scale input voltage range is $\pm 80\text{mV}$, when 5V supply is used at the AVDD pin.

Power Supply Options

Digital power supply (DVDD) should be the same power supply as the MCU power supply.

When using internal analog supply regulator, the dropout voltage of the regulator depends on the external transistor used. The output voltage is equal to $V_{AVDD} = V_{BG} * (R1 + R2) / R1$ (Fig. 1). This voltage should be designed with a minimum of 100mV below VSUP voltage.

If the on-chip analog supply regulator is not used, the VSUP pin should be connected to either AVDD or DVDD, depending on which voltage is higher. Pin VFB should be connected to Ground and pin BASE becomes NC. The external 0.1uF bypass capacitor shown on Fig. 1 at the VBG output pin is then not needed.

Clock Source Options

By connecting pin XI to Ground, the on-chip oscillator is activated. The nominal output data rate when using the internal oscillator is 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1).

If accurate output data rate is needed, crystal or external reference clock can be used. A crystal can be directly connected across XI and XO pins. An external clock can be connected to XI pin, through a 20pF ac coupled capacitor. This external clock is not required to be a square wave. It can come directly from the crystal output pin of the MCU chip, with amplitude as low as 150 mV.

When using a crystal or an external clock, the internal oscillator is automatically powered down.

Output Data Rate and Format

When using the on-chip oscillator, output data rate is typically 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1).

When using external clock or crystal, output data rate is directly proportional to the clock or crystal frequency. Using 11.0592MHz clock or crystal results in an accurate 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1) output data rate.

The output 24 bits of data is in 2's complement format. When input differential signal goes out of the 24 bit range, the output data will be saturated at 800000h (MIN) or 7FFFFFFh (MAX), until the input signal comes back to the input range.

Serial Interface

Pin PD_SCK and DOUT are used for data retrieval, input selection, gain selection and power down controls.

When output data is not ready for retrieval, digital output pin DOUT is high. Serial clock input PD_SCK should be low. When DOUT goes to low, it indicates data is ready for retrieval. By applying 25~27 positive clock pulses at the PD_SCK pin, data is shifted out from the DOUT output pin. Each PD_SCK pulse shifts out one bit, starting with the MSB bit first, until all 24 bits are shifted out. The 25th pulse at PD_SCK input will pull DOUT pin back to high (Fig.2).

Input and gain selection is controlled by the number of the input PD_SCK pulses (Table 3). PD_SCK clock pulses should not be less than 25 or more than 27 within one conversion period, to avoid causing serial communication error.

PD_SCK Pulses	Input channel	Gain
25	A	128
26	B	32
27	A	64

Table 3 Input Channel and Gain Selection

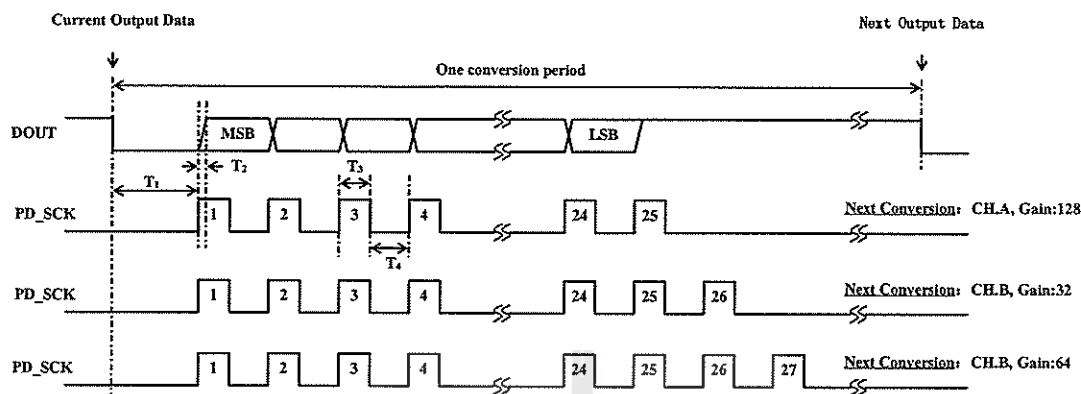


Fig.2 Data output, input and gain selection timing and control

Symbol	Note	MIN	TYP	MAX	Unit
T ₁	DOUT falling edge to PD_SCK rising edge	0.1			μs
T ₂	PD_SCK rising edge to DOUT data ready			0.1	μs
T ₃	PD_SCK high time	0.2	1	50	μs
T ₄	PD_SCK low time	0.2	1		μs

Reset and Power-Down

When chip is powered up, on-chip power on reset circuitry will reset the chip.

Pin PD_SCK input is used to power down the HX711. When PD_SCK Input is low, chip is in normal working mode.

powered down. When PD_SCK returns to low, chip will reset and enter normal operation mode.

After a reset or power-down event, input selection is default to Channel A with a gain of 128.

Application Example

Fig.1 is a typical weigh scale application using HX711. It uses on-chip oscillator (XI=0), 10Hz output data rate (RATE=0). A Single power supply (2.7~5.5V) comes directly from MCU power supply. Channel B can be used for battery level detection. The related circuitry is not shown on Fig. 1.

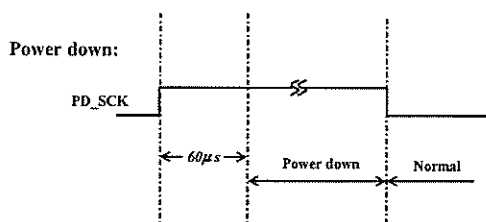


Fig.3 Power down control

When PD_SCK pin changes from low to high and stays at high for longer than 60μs, HX711 enters power down mode (Fig.3). When internal regulator is used for HX711 and the external transducer, both HX711 and the transducer will be

Reference PCB Board (Single Layer)

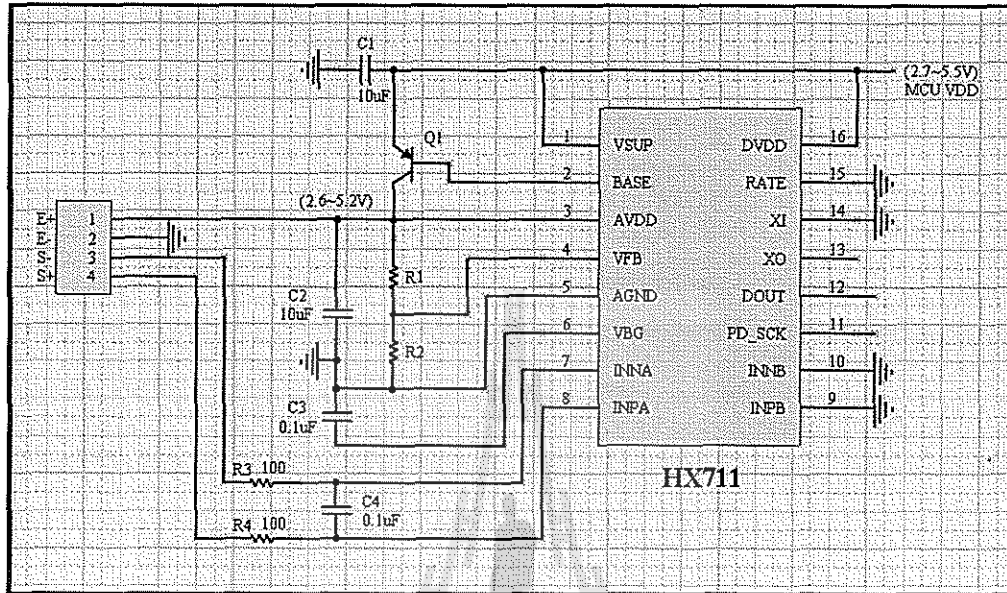


Fig.4 Reference PCB board schematic

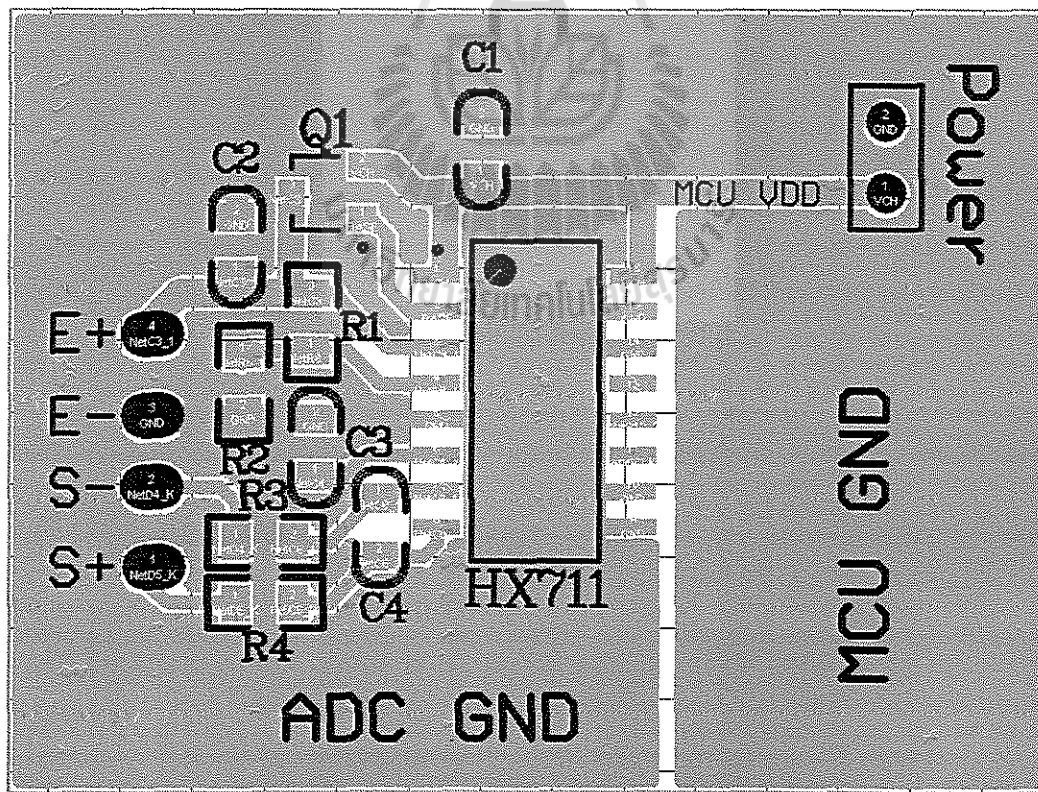


Fig.5 Reference PCB board layout

Reference Driver (Assembly)

```

/*-----
Call from ASM:      LCALL   ReaAD
Call from C:      extern unsigned long ReadAD(void);
.
.
.      unsigned long data;
.      data=ReadAD();
.
.
-----*/

PUBLIC      ReadAD
HX711ROM    segment code
rseg        HX711ROM

sbit        ADD0 = P1.5;
sbit        ADSK = P0.0;
/*-----
OUT:   R4, R5, R6, R7   R7=>LSB
-----*/

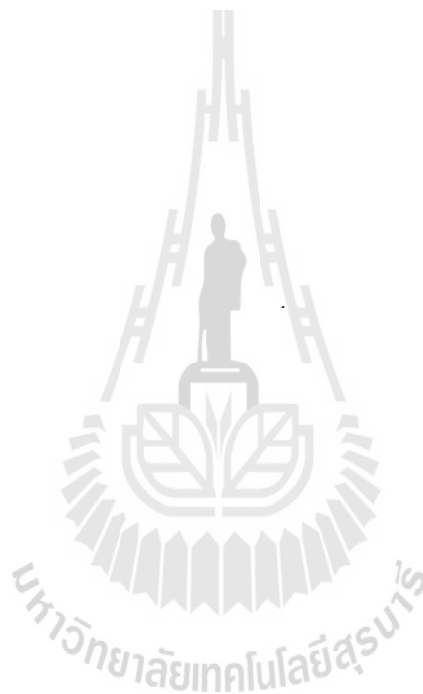
ReadAD:
    CLR     ADSK           //AD Enable (PD_SCK set low)
    SETB    ADD0           //Enable 51CPU I/O
    JB      ADD0,$         //AD conversion completed?
    MOV     R4,#24

ShiftOut:
    SETB    ADSK           //PD_SCK set high (positive pulse)
    NOP
    CLR     ADSK           //PD_SCK set low
    MOV     C,ADD0         //read on bit
    XCH     A,R7           //move data
    RLC     A
    XCH     A,R7
    XCH     A,R6
    RLC     A
    XCH     A,R6
    XCH     A,R5
    RLC     A
    XCH     A,R5
    DJNZ    R4,ShiftOut    //moved 24BIT?
    SETB    ADSK
    NOP
    CLR     ADSK
    RET
END

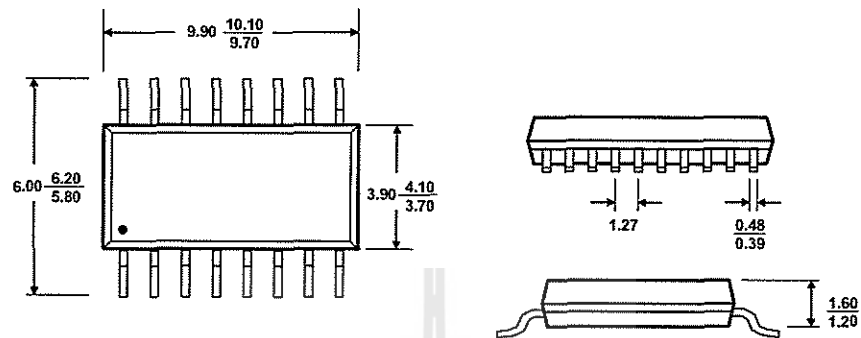
```

Reference Driver (C)

```
//-----  
sbit ADD0 = P1^5;  
sbit ADSK = P0^0;  
unsigned long ReadCount(void){  
    unsigned long Count;  
    unsigned char i;  
    ADD0=1;  
    ADSK=0;  
    Count=0;  
    while(ADD0);  
    for (i=0;i<24;i++){  
        ADSK=1;  
        Count=Count<<1;  
        ADSK=0;  
        if(ADD0) Count++;  
    }  
    ADSK=1;  
    Count=Count^0x800000;  
    ADSK=0;  
    return (Count);  
}
```



Package Dimensions



Typ $\frac{\text{MAX}}{\text{MIN}}$ Unit: mm

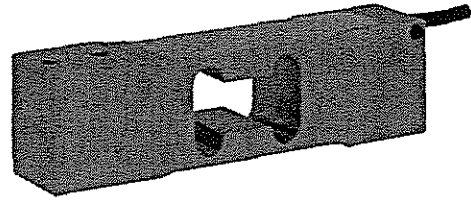
SOP-16L Package

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Low Profile Aluminum Load Cell

FEATURES

- Capacities 1–200 kg
- Aluminum construction
- Single-point 400 x 400 mm platform
- OIML R60 and NTEP approved
- IP66 protection
- Available with metric and UNC threads
- **Optional**
 - EEx ia IIC T4 hazardous area approval
 - FM approval available
 - High stiffness version available for dynamic weighing applications



APPLICATIONS

- Bench scales
- Counting scales
- Grocery scales

DESCRIPTION

Model 1042 is a low profile single-point load cell designed for direct mounting in weighing platforms.

Its small physical size, combined with high accuracy and low cost, makes this load cell ideally suited for retail, bench and counting scales.

Capacities of 5 kg and above are supplied as standard in anodized aluminum. This high accuracy load cell is approved to NTEP and other stringent approval standards, including OIML R60.

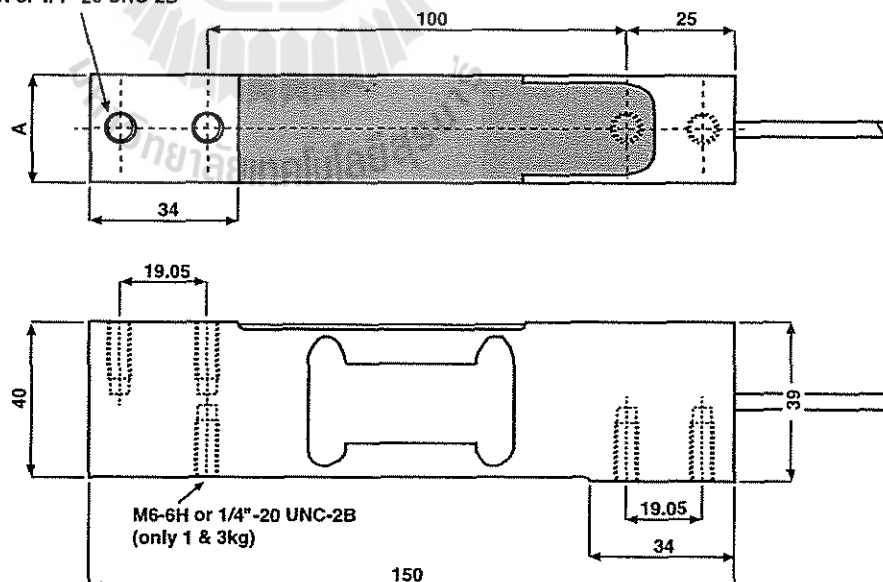
A humidity resistant protective coating assures long-term stability over the entire compensated temperature range.

The two additional sense wires feed back the voltage reaching the load cell. Complete compensation of changes in lead resistance due to temperature change and/or cable extension, is achieved by feeding this voltage into the appropriate electronics.

OUTLINE DIMENSIONS in millimeters

Capacity, kg	A
1–30	20
50–200	25.4

4 Mounting holes
M6-6H or 1/4"-20 UNC-2B



Low Profile Aluminum Load Cell

SPECIFICATIONS					
PARAMETER	VALUE				UNIT
Rated capacity—R.C. (E _{max})	1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200***				kg
NTEP/OIML accuracy class	NTEP	Non-Approved	C3*	C6**	
Maximum no. of intervals (n)	5000 single	1000	3000	6000*****	
$Y = E_{max}/V_{min}$	10000	1400	6000	10000	Maximum available 20000
Rated output—R.O.	2.0				mV/V
Rated output tolerance	0.2				±mV/V
Zero balance	0.2				±mV/V
Zero return, 30 min.	0.0330	0.0300	0.0170	0.0083	±% of applied load
Total error (per OIML R60)	0.0200	0.0500	0.0200	0.0100	±% of rated output
Temperature effect on zero	0.0023	0.0100	0.0023	0.0014	±% of rated output/°C
Temperature effect on output	0.0010	0.0030	0.0010	0.00058	±% of applied load/°C
Eccentric loading error	0.0049	0.0074	0.0049	0.0024	±% of rated load/cm
Temp. range, compensated	-10 to +40				°C
Temp. range, safe	-20 to +70				°C
Maximum safe central overload	150				% of R.C.
Ultimate central overload	300				% of R.C.
Excitation, recommended	10				VDC or VAC RMS
Excitation, maximum	15				VDC or VAC RMS
Input impedance	415±20				Ω
Output impedance	350±3				Ω
Insulation resistance	>2000				MΩ
Cable length	1****				m
Cable type	6 wire, PVC, single floating screen				Standard
Construction	Plated (anodize) aluminum				
Environmental protection	IP65				
Platform size (max)	400 x 400				mm
Recommended torque	Up to 30 kg: 7.0 35 kg and above: 10.0				N*m

* 50% utilization

** 60% utilization

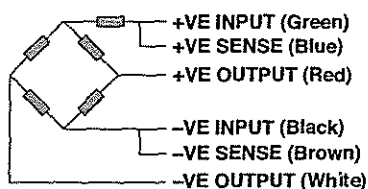
*** 1 kg is not approved by OIML, 150 and 200 kg are not approved by NTEP

**** 20-200 kg are of balanced bridge configuration, and have side cable entry

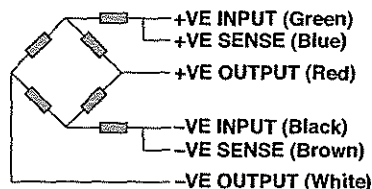
***** 6000 divisions from 20 kg to 100 kg

†† specifications subject to change without notice.

WIRING SCHEMATIC DIAGRAM
(Unbalanced bridge configuration)



WIRING SCHEMATIC DIAGRAM
(Balanced bridge configuration)





Legal Disclaimer Notice

Vishay Precision Group, Inc.

Disclaimer

ALL PRODUCTS, PRODUCT SPECIFICATIONS AND DATA ARE SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE.

Vishay Precision Group, Inc., its affiliates, agents, and employees, and all persons acting on its or their behalf (collectively, "VPG"), disclaim any and all liability for any errors, inaccuracies or incompleteness contained herein or in any other disclosure relating to any product.

The product specifications do not expand or otherwise modify VPG's terms and conditions of purchase, including but not limited to, the warranty expressed therein.

VPG makes no warranty, representation or guarantee other than as set forth in the terms and conditions of purchase. **To the maximum extent permitted by applicable law, VPG disclaims (i) any and all liability arising out of the application or use of any product, (ii) any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages, and (iii) any and all implied warranties, including warranties of fitness for particular purpose, non-infringement and merchantability.**

Information provided in datasheets and/or specifications may vary from actual results in different applications and performance may vary over time. Statements regarding the suitability of products for certain types of applications are based on VPG's knowledge of typical requirements that are often placed on VPG products. It is the customer's responsibility to validate that a particular product with the properties described in the product specification is suitable for use in a particular application. You should ensure you have the current version of the relevant information by contacting VPG prior to performing installation or use of the product, such as on our website at vpgsensors.com.

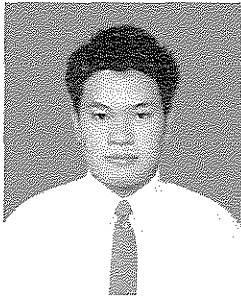
No license, express, implied, or otherwise, to any intellectual property rights is granted by this document, or by any conduct of VPG.

The products shown herein are not designed for use in life-saving or life-sustaining applications unless otherwise expressly indicated. Customers using or selling VPG products not expressly indicated for use in such applications do so entirely at their own risk and agree to fully indemnify VPG for any damages arising or resulting from such use or sale. Please contact authorized VPG personnel to obtain written terms and conditions regarding products designed for such applications.

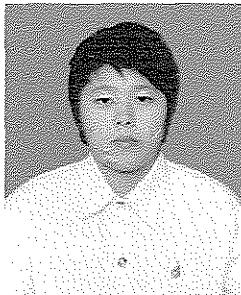
Product names and markings noted herein may be trademarks of their respective owners.

Copyright Vishay Precision Group, Inc., 2014. All rights reserved.

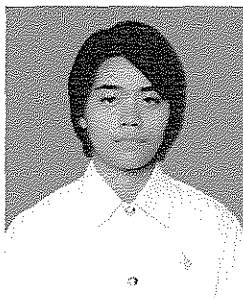
ประวัติผู้เขียน



นายวิชญ์พล พลมนตรี เกิดเมื่อวันที่ 26 มกราคม พ.ศ.2537 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลแม่พริก อำเภอแม่พริก จังหวัดลำปาง สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนแม่พริกวิทยา อำเภอแม่พริก จังหวัดลำปาง เมื่อปี พ.ศ. 2554 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



นางสาวอจรร่า ลำแสง เกิดเมื่อวันที่ 19 กันยายน พ.ศ.2536 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลปงคำ อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนไชยปราการ อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อปี พ.ศ. 2554 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



นางสาวอรรรยา ล.วีระพรรค เกิดเมื่อวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ.2536 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลตาดทอง อำเภอเมือง จังหวัดยโสธร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนยโสธรพิทยาสรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดยโสธร เมื่อปี พ.ศ. 2554 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี