

อุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาะรองนั่ง

PRESSURE MEASUREMENT DEVICE VIA A WIRELESS NETWORK
FOR SEAT CUSHION



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2566

KMITL-2023-EN-M-087-157

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRESSURE MEASUREMENT DEVICE VIA A WIRELESS NETWORK
FOR SEAT CUSHION



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2023
KMITL-2023-EN-M-087-157

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2023

SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาเรองนั่ง
นักศึกษา	นายชาญชัย เทวชัยภูมิ
รหัสประจำตัว	62601183
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมระบบควบคุม
พ.ศ.	2566
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริชัย ธรรมารักษ์วัฒน์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนออุปกรณ์วัดแรงกดทับไร้สายสำหรับเบาเรองนั่ง ซึ่งประกอบด้วย เบาะลมซึ่งช่วยลดโอกาสการเกิดแผลกดทับ ด้วยตัวต้านทานเซนเซอร์วัดแรงถูกวางไว้ในตำแหน่งที่มีโอกาสเกิดแรงดันได้มากที่สุด โดยเซนเซอร์ FSR วางอยู่ที่เบาะลมเพื่อช่วยกระจายแรงกดและลด ความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเซนเซอร์ เซนเซอร์จะส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino MEGA 2560) เพื่อประมวลผลผ่านการส่งข้อมูลผ่าน Bluetooth ไปยัง LabVIEW และแสดงผลบน หน้าจอมอนิเตอร์ในการบ่งบอกช่วงแรงดันที่วัดได้ซึ่งแบ่งเป็นสีต่างๆ หากมีการกดทับอย่างต่อเนื่อง เป็นระยะเวลา 30 นาที จะมีการแจ้งเตือนผ่าน LED เพื่อให้ผู้ใช้เปลี่ยนท่านั่งเพื่อลดโอกาสในการเกิด แผลกดทับอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Pressure Measurement Device Via a Wireless Network for Seat Cushion
Student	Mr.Chanchai Hewchaiyapum
Student ID.	62601183
Degree	Master of Engineering
Program	Control Engineering
Year	2023
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Sirichai Tammaruckwattana

ABSTRACT

This thesis presents wireless pressure measuring devices for seat cushion consisting of an air cushion which reduces the chances of developing a pressure ulcer. A force sensor resistor (FSR sensor) is placed in the position where pressure is most likely to occur. FSR sensor is put under air cushions to help distribute the pressure and reduce the damage which may happen to the sensor. The pressure is applied to the sensors, they will send the data to the microcontroller (Arduino MEGA 2560) and then transmit data via Bluetooth to LabVIEW for display on the monitor screen with the measured pressure range which is divided into different colors. If the pressure is continuously applied for a period of 30 minutes, there will be a notification via the LED light to allow the user to change their sitting positions to reduce the likelihood of pressure ulcers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และส่งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิริชัย ธรรมารักษ์วัฒน์ ที่ได้ให้ความรู้และแนะนำแนวทางการวิเคราะห์เนื้อหาสาระของงานวิจัยที่ เคยนำเสนอในอดีตเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการทำงานและศึกษางานวิจัย ตลอดจนให้คำปรึกษาและ แก้ปัญหาต่างๆ เพื่อนำความรู้และทฤษฎีต่างๆ มาประยุกต์ให้เกิดประโยชน์เพื่อนำมาใช้ในงานวิจัย ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ได้ให้โอกาสและ มอบสถานที่ในการศึกษาวิจัย ตลอดจนเหล่าคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุมที่เป็น กำลังใจและให้การสนับสนุนเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และบุคคลสำคัญในครอบครัวอีกหลายท่าน ที่คอย เป็นกำลังใจ เป็นแรงผลักดันให้ข้าพเจ้าด้วยดีเสมอมา ด้วยความซาบซึ้งและยินดียิ่ง

ชาญชัย เทวชัยภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และแจ้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคำย่อภาษาไทย.....	I
บทคำย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 หลักการใหม่ที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์.....	2
1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	2
1.5 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์.....	3
บทที่ 2 เซนเซอร์แบบความต้านทาน.....	4
2.1 กล่าวนำ.....	4
2.2 หลักการพื้นฐานของเซนเซอร์ตรวจจับแรงกดแบบความต้านทาน.....	4
2.3 การใช้วงจรแบ่งแรงดันกับเซนเซอร์.....	6
2.4 เซนเซอร์วัดแรงกดแบบตัวต้านทาน (FSR)	9
2.4.1 การเชื่อมต่อสำหรับเซนเซอร์วัดแรงกดแบบตัวต้านทาน.....	10
2.4.2 วงจรบัฟเฟอร์แบบปรับค่าได้.....	11
2.4.3 การเชื่อมต่อแบบหลายช่องสำหรับการแปลงสัญญาณจาก Force Sensing Resistor เป็นสัญญาณดิจิทัล.....	12
2.4.4 สวิตช์ที่ใช้เป็นตัวแปร FSR.....	14
2.4.5 สวิตช์รีเลย์ที่ใช้เป็นตัวแปรผัน FSR.....	15
2.4.6 การแปลงกระแสเป็นแรงดันด้วย FSR.....	16
บทที่ 3 การออกแบบอุปกรณ์วัดแรงกดที่ผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาเรองนั่ง.....	18
3.1 กล่าวนำ.....	18
3.2 ขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์.....	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ IV อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.1 ขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์สำหรับรถวีลแชร์.....	18
3.2.2 การออกแบบวงจร.....	19
3.3 การเลือกเบาะรองนั่งและเซนเซอร์.....	19
3.3.1 การเลือกเบาะรองนั่งของแต่ละประเภท.....	19
3.3.2 การเลือกอุปกรณ์เซนเซอร์ของแต่ละประเภท.....	20
3.4 การหาตำแหน่งของการวางเซนเซอร์.....	21
3.4.1 การหาตำแหน่งที่ต้องการวางเซนเซอร์.....	21
3.4.2 การออกแบบแผ่นอุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สาย.....	22
3.4.3 การประดิษฐ์อุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สาย.....	24
3.4.4 เบาะนั่งตามแม่แบบที่ได้ออกแบบไว้ตามตำแหน่งของเซนเซอร์.....	24
3.4.5 การติดตั้งสายไฟกับเซนเซอร์.....	25
3.4.6 การติดตั้งชุดอุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สาย.....	25
3.4.7 การติดตั้งเบาะลมบนรถเข็นผู้ป่วย.....	25
3.5 การออกแบบวงจรที่ใช้กับอุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สาย.....	26
3.5.1 การออกแบบวงจรที่ใช้กับอุปกรณ์วัดแรงกดผ่านเครือข่ายไร้สาย.....	26
3.5.2 วงจรที่ใช้กับอุปกรณ์วัดแรงกดผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาะรองนั่ง..	27
3.6 การเขียนโปรแกรม LabVIEW.....	27
3.6.1 การเขียนโปรแกรม LabVIEW.....	27
3.6.2 การสร้างบูตสแตรนด์แสดงสีตามการออกแรงกดที่เซนเซอร์.....	28
3.6.3 การสร้างช่วงของการแสดงสี.....	29
3.6.4 การสร้างกราฟแสดงผล.....	30
3.6.5 การใส่รูปในโปรแกรม LabVIEW.....	31
3.6.6 ขั้นตอนการทดลองการทำงานของเครื่องวัดแรงกดผ่านเครือข่ายไร้สาย.	31
3.7 ผลการประดิษฐ์อุปกรณ์วัดแรงกดทับและการทดสอบ.....	32
3.7.1 ผลการประดิษฐ์เครื่องวัดแรงกดผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาะรองนั่ง	32
3.7.2 การทดสอบการรับ - ส่งข้อมูลของ Bluetooth (HC-05).....	32

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย และการอภิปรายผล.....	33
4.1 ผลการทดลอง.....	33
4.1.1 ผลการทดลองเซนเซอร์ FSR.....	33
4.1.2 ผลการทดลองใช้เบาะลมในการลดแรงกด.....	34
4.1.3 การทดลองระบบป้อนลม.....	34
4.1.4 ผลการสั่งการด้วย Wifi.....	35
4.1.5 ผลการทดสอบเครื่องวัดแรงกดผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาะรองนั่ง.....	35
4.1.6 สรุปผลการทดลอง.....	37
บทที่ 5 อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะในการพัฒนา.....	39
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	39
5.2 ข้อจำกัด.....	39
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	39
เอกสารอ้างอิง.....	40
ภาคผนวก ก บทความวิจัยที่ได้เผยแพร่และตีพิมพ์.....	41
ภาคผนวก ข Round Force Sensitive Resistor.....	47
ภาคผนวก ค Arduino mega 2560 Wifi.....	53
ประวัติผู้เขียน.....	56

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 การเลือกเซนเซอร์ที่จะนำมาใช้พิจารณาจากทั้งหมด 6 แบบ.....	20
4.1 ผลการทดลองเซนเซอร์ FSR.....	33
4.2 ผลการทดลองใช้เบาะลมในการลดแรงกด.....	34
4.3 ผลการทดสอบเครื่องวัดแรงกดผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาะรองนั่งของผู้ทดลอง คนที่ 1 ผู้ทดสอบเป็นเพศหญิงอายุ 21 มีน้ำหนัก 50.8 กิโลกรัม.....	35
4.4 ผลการทดสอบเครื่องวัดแรงกดผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาะรองนั่งของผู้ทดลอง คนที่ 2 ผู้ทดสอบเป็นเพศชายอายุ 21 มีน้ำหนัก 53 กิโลกรัม.....	35
4.5 ผลการทดสอบเครื่องวัดแรงกดผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาะรองนั่งของผู้ทดลอง คนที่ 3 ผู้ทดสอบเป็นเพศหญิงอายุ 21 มีน้ำหนัก 48.3 กิโลกรัม.....	36
4.6 สรุปผลการทดสอบแรงกดของเซนเซอร์จากการนั่งของผู้ทดสอบทั้ง 3 คน.....	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และแจ้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	วงจรแบ่งแรงดัน.....	7
2.2	การไหลของกระแสในวงจรแบ่งแรงดัน ในกรณีที่ไม่มีโหลด.....	7
2.3	การเชื่อมต่อเซนเซอร์แบบความต้านทานโดยใช้วงจรแบ่งแรงดัน.....	8
2.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงและความต้านทาน.....	9
2.5	วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์ FSR.....	10
2.6	วงจรบัฟเฟอร์แบบปรับค่าได้.....	11
2.7	วงจรบัฟเฟอร์แบบปรับค่าได้แบบแยก offset.....	12
2.8	การเชื่อมต่อแบบหลายช่องสำหรับการแปลงสัญญาณจาก Force Sensing Resistor เป็นสัญญาณดิจิทัล.....	13
2.9	สวิตช์ที่ใช้เป็นตัวแปร FSR.....	14
2.10	สวิตช์รีเลย์ที่ใช้เป็นตัวแปรผัน FSR	15
2.11	วงจรแปลงกระแสเป็นแรงดันด้วย FSR.....	16
3.1	การออกแบบรถเข็นที่ติดตั้งระบบวัดแรงกด.....	18
3.2	การออกแบบลักษณะของเบาะและท่อลม (ด้านบน).....	19
3.3	การออกแบบลักษณะของเบาะและท่อลม (ด้านล่าง).....	19
3.4	แสดงตำแหน่งการวางเซนเซอร์.....	22
3.5	การลากสายไฟเลี้ยง.....	22
3.6	การลากสายกราวด์.....	23
3.7	การลากสายสัญญาณเข้าอุปกรณ์ควบคุม.....	23
3.8	การลากสายทั้งหมดภายในเครื่องวัดแรงกดสำหรับเบาะรองนั่ง.....	24
3.9	เบาะนั่งและการเดินสายไฟ.....	24
3.10	การติดตั้งสายไฟกับเซนเซอร์.....	25
3.11	การติดตั้งเบาะลมบนรถเข็นผู้ป่วย (ด้านหน้า).....	25
3.12	การติดตั้งเบาะลมบนรถเข็นผู้ป่วย (ด้านหลัง).....	26
3.13	วงจรต้นแบบที่ใช้ระหว่างเซนเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์.....	26
3.14	วงจรที่ใช้กับอุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สาย.....	27
3.15	การสร้างตัวแปรในโปรแกรม LabVIEW เพื่อเก็บข้อมูลที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์.....	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VIII อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.16	บูลีนแบบ Round LED จำนวน 5 รูป..... 28
3.17	การนำค่าตัวแปรที่รับค่าจากเซนเซอร์มาเชื่อมกับบูลีน..... 29
3.18	ช่วงสีที่แสดงในแต่ละบูลีน..... 29
3.19	ฟังก์ชัน Waveform Chart และ Bundle ที่เชื่อมกับตัวแปรทั้ง 10 ตำแหน่ง..... 30
3.20	Waveform Chart แสดงกราฟ..... 30
3.21	รูปแผ่นเบาะรองนั่งที่ใช้ในการแสดงผลหน้า Front Panel..... 31
3.22	แผนผังการทำงานของเครื่องวัดแรงกดผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาะรองนั่ง..... 31
3.23	เครื่องวัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาะรองนั่ง..... 32
3.24	การเลือกพอร์ตบลูทูธ..... 32
4.1	กราฟแสดงค่า analogRead เฉลี่ยของเซนเซอร์ FSR..... 33
ข.1	รายละเอียดของ Round Force Sensitive Resistor 0.5” 50
ข.2	โครงสร้างของ Round Force Sensitive Resistor 0.5” 51
ข.3	คุณสมบัติทั่วไปของ Round Force Sensitive Resistor..... 52
ค.1	คุณสมบัติของ Arduino mega 2560 Wifi..... 54
ค.2	คุณสมบัติของ Arduino mega 2560 Wifi (2)..... 55

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากการสำรวจความพิการในปี พ.ศ. 2560-2563 โดยสำนักงานสถิติในประเทศไทย พบว่ามีผู้พิการจำนวน 3.7 ล้านคน หรือคิดเป็นร้อยละ 5.5 ซึ่งร้อยละของ ประชากรในปี 2560 มีความแตกต่างกันตามลักษณะทางประชากร พบว่าร้อยละของผู้หญิงพิการสูงกว่าผู้ชายเล็กน้อย คือร้อยละ 5.7 และ 5.2 ของประชากรแต่ละเพศตามลำดับ กลุ่มผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปีขึ้นไป) มีผู้สูงอายุที่มีความพิการร้อยละ 20.6 ซึ่งสูงกว่าวัยอื่นประมาณร้อยละ 0.4 - 3.0 ของประชากรแต่ละวัย ผู้สูงอายุมักมีปัญหาสุขภาพที่มาจากอายุที่มากขึ้น จึงนับเป็นบุคคลทุพพลภาพด้วย ทุกวันนี้หลายคนไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ด้วยตัวเองและใช้รถวีลแชร์ซึ่งมีโอกาสเกิดแผลกดทับได้

แผลกดทับเกิดจากการที่ผิวหนังหรือเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังถูกทำลายจากการถูกกดทับจากน้ำหนักตัวเป็นเวลานานๆ [10] รวมถึงท่าทางของร่างกายเวลานั่งที่ทำให้เนื้อเยื่อกดทับกับกล้ามเนื้อหรืออาจเกิดจากการกดทับและการสั่นไถลซึ่งทำให้เกิดบาดแผลหรือผิวหนังฉีกขาดได้ สำหรับผู้ที่นั่งรถวีลแชร์มักเป็นแผลกดทับได้ มักพบบริเวณหลังและไหล่ ข้อศอก ก้นกบ และส้นเท้า ซึ่งเป็นบริเวณที่กดทับขณะนั่งรถวีลแชร์ หากผู้สูงอายุหรือผู้พิการนั่งรถวีลแชร์ในท่าเดิมเป็นเวลานาน โอกาสเกิดแผลกดทับจะเพิ่มขึ้น โอกาสเกิดแผลกดทับสามารถลดลงได้โดยการเปลี่ยนท่านั่งทุกๆ 15 – 30 นาที หรือเลือกเบาะรองที่เหมาะสมซึ่งช่วยลดแรงกดทับที่กระทำต่อร่างกายภายใต้แรงกด 35 มม.ปรอท หรือน้อยกว่า [2]

ในวิทยานิพนธ์นี้มุ่งเน้นไปที่การออกแบบและสร้างอุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาะรองนั่ง สามารถแสดงค่าแรงกดในแต่ละตำแหน่งการกดทับขณะนั่งและเตือนการกดทับนานๆได้โดยมีจอภาพแสดงสำหรับสังเกตข้อมูลความดัน และยังรองรับการทำงานเป็นแบบเครือข่ายไร้สาย ส่งผลให้ผู้ดูแลตรวจสอบข้อมูลได้ตลอดเวลาซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้ดูแลผู้ป่วยได้ เช่น บุคคล,บุคลากรทางการแพทย์ หรือแพทย์ที่ดูแลรักษาผู้ป่วยหรือผู้พิการที่ใช้รถเข็นสามารถเข้ามาช่วยเปลี่ยนท่านั่งได้เมื่อเห็นข้อมูลความดัน ถึงเขตอันตรายเพื่อลดโอกาสในการเกิดแผลกดทับ

ใน [10] การป้องกันแผลกดทับได้รับการวิจัยและทดลองแล้ว มีการใช้เซนเซอร์วัดแรงกดกับเตียงข้างเพื่อเปลี่ยนอัตโนมัติตำแหน่งของผู้ป่วย ข้อเสียของการวิจัยนี้คือประเภทของวิธีการควบคุมซึ่งเป็นการคำนวณแบบออนไลน์สูง ดังนั้นตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (DSP) ที่มีประสิทธิภาพจึงเป็นสิ่งจำเป็นซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีราคาแพง บทความนี้ปรับเซนเซอร์การใช้งานให้เป็นเซนเซอร์ความดันรถเข็นซึ่งมีส่วนประกอบราคาไม่แพง ซับซ้อนน้อยกว่า และมีส่วนต่อประสานข้อมูลกับการใช้ LabVIEW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน [9] การวิจัยเกี่ยวกับการใช้เซนเซอร์ FSR เป็นองค์ประกอบการวัดความต้านทานทางชีวภาพและการใช้เท้าเพื่อวัดความดัน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเซนเซอร์ FSR ซึ่งนักวิจัยนำไปใช้กับบทความนี้ และ [5] นอกจากนี้ ศึกษาแรงกดบนเตียงและวิธีป้องกันด้วยระบบควบคุมลม มีการใช้บอร์ด Arduino เป็นตัวควบคุมซึ่งมีต้นทุนต่ำและใช้งานง่าย การใช้กระดาษนี้ยังใช้ Arduino แต่โปรแกรมด้วย LabVIEW เพื่อให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบข้อมูลได้ง่าย การตรวจสอบกระบวนการเดินของผู้ใช้นี้ดัดแปลงโค้ดและโปรแกรมบางส่วนจาก [6] เพื่อสร้างอุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาเรองนั่ง

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการตรวจวัดแรงกดของผู้สูงอายุและความดันของเบาเขลมรณเฐน และทำการป้องกันการเกิดแผลกดทับในผู้สูงอายุและผู้พิการ โดยการปรับระดับแรงดันของเบาเขลมให้มีการกระจายตัวของน้ำหนักที่เหมาะสมโดยอัตโนมัติ รวมถึงการส่งการผ่านเครือข่ายไร้สาย โดยเน้นให้มีการใช้งานที่ง่าย ต้นทุนของวัสดุและอุปกรณ์มีราคาถูก ขนาดกะทัดรัด และสามารถใช้ได้ในทุกสภาพแวดล้อม

1.3 หลักการใหม่ที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้มีการนำเสนอเทคนิคที่ใช้ในการปรับระดับแรงดันลมของเบาเขลมได้อัตโนมัติ ตรงกับตำแหน่ง ณ บริเวณที่ได้รับแรงกดที่มากบนเบาเขลมของรถวีลแชร์ที่จะมีแรงกดทับมากของกระดูกสะโพก โดยการให้บอร์ดคอนโทรลรับค่าข้อมูลมาจากเซนเซอร์ และประมวลผลหาแรงกดที่มีค่ามากที่สุด และปรับระดับแรงกดบริเวณนั้นจนเมื่อแรงกดบริเวณดังกล่าวเปลี่ยนแปลงน้อยลงไป ก็ จะทำการเพิ่มปรับระดับของเบาเขลม ณ ตำแหน่งใหม่ที่ได้รับแรงกดมากกว่าแทน จึงนำหลักการนี้มาใช้ ในการป้องกันการเกิดแผลกดทับได้อย่างตรงจุด

1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทำการศึกษาเทคนิคการตรวจจับแรงกดของเซนเซอร์ และนำมาพัฒนาในการออกแบบระบบปรับแรงกดทับที่จะปรับตามข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ และแสดงผลในโปรแกรม LabVIEW ให้สามารถใช้งานได้ง่าย วัสดุและอุปกรณ์สามารถหาซื้อได้ง่ายในตลาดอิเล็กทรอนิกส์ วงจรขนาดเล็กกะทัดรัด โดยได้อธิบายหลักการพื้นฐาน ขั้นตอนการทำงาน การออกแบบ และการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ของระบบที่นำเสนอ อีกทั้งยังทำการทดสอบการทำงานของระบบที่ออกแบบ เพื่อแสดงให้เห็นถึงการใช้งานจริงและสามารถใช้งานได้จริงมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้จัดแบ่งเนื้อหาเป็นทั้งหมด 5 บท โดยจะมีเนื้อหาที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์ เป็นดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ เป็นบทที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา หลักการใหม่ที่น่าเสนอในวิทยานิพนธ์ ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ และรายละเอียดของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 หลักการพื้นฐานของเซนเซอร์ตรวจจับแรงกดแบบความต้านทาน การใช้วงจรแบ่งแรงดันกับเซนเซอร์ เซนเซอร์วัดแรงกดแบบตัวต้านทาน

บทที่ 3 การออกแบบอุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาเรองนั่ง เป็นบทที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ขั้นตอนการสร้างอุปกรณ์ วิธีการดำเนินงาน

บทที่ 4 ผลการวิจัย และการอภิปรายผล เป็นบทที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับขั้นตอนการทดลอง การสรุปและประเมินผลการทดลอง

บทที่ 5 อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะในการพัฒนา เป็นบทที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ

บทที่ 2

เซนเซอร์แบบความต้านทาน

2.1 กล่าวนำ

อุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาเรองนั่ง เป็นระบบที่ใช้วีเคราะห์แรงกดที่เกิดจากผู้สูงอายุและผู้พิการที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ โดยงานวิจัยชิ้นนี้มุ่งเน้นไปที่การป้องกันการเกิดแผลกดทับในผู้สูงอายุและผู้พิการ จึงได้ทำการศึกษา คำนวณ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับพื้นฐานของเซนเซอร์ตรวจจับแรงกดแบบความต้านทาน การใช้งานจริงแบ่งแรงดันกับเซนเซอร์ และเซนเซอร์วัดแรงกดแบบตัวต้านทาน เพื่อออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาเรองนั่ง ซึ่งสามารถแบ่งเป็นหัวข้อต่าง ๆ ได้ดังนี้

2.2 หลักการพื้นฐานของเซนเซอร์ตรวจจับแรงกดแบบความต้านทาน [3]

เซนเซอร์ตรวจจับแรงกดแบบความต้านทาน หรือ Piezo-resistance คือการใช้วัสดุที่มีความต้านทานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงได้เมื่อเกิดแรงกดหรือความเครียดบริเวณพื้นผิวของเซนเซอร์ หลักการนี้มีข้อดีในการตรวจจับแรงกดหรือความเครียดเนื่องจากมันทำให้เราสามารถวัดแรงหรือความเครียดในสิ่งของได้โดยใช้การวัดความต้านทานไฟฟ้าเป็นตัวชี้วัด รวมถึงความแม่นยำในการวัดแรงหรือความเครียด และความไวในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงหรือความเครียดที่เกิดขึ้น ทำให้สามารถประยุกต์ใช้ต่างๆ ได้ อย่างการใช้หลักการของความต้านทานไฟฟ้าในการตรวจจับแรงกดทำให้เซนเซอร์นี้เป็นเครื่องมือสำคัญในการวัดแรงและความเครียดในหลายสถานการณ์ทางวิศวกรรมและอุตสาหกรรมต่าง ๆ

พื้นฐานของค่าความต้านทานของวัสดุจะขึ้นอยู่กับความยาวของวัตถุและความแตกต่างในพื้นที่ของวัตถุนั้นโดยตรง และขึ้นอยู่กับความต้านทานของวัสดุที่ใช้ หากวัตถุมีความต้านทานสูง แสดงว่าวัตถุนั้นมีความยาวที่มาก พื้นที่น้อย และแต่ละวัตถุจะมีค่าความต้านทานที่แตกต่างกัน สามารถคำนวณได้จากสมการที่เกี่ยวข้องกับความต้านทาน ซึ่งเป็นสัดส่วนกับค่าความยาว และขนาดของพื้นที่ของวัตถุที่นำไปใช้ต้านทานตามสูตรความต้านทานของวัตถุ ดังสมการที่ 2.1

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad (2.1)$$

เมื่อ	R	คือ ความต้านทานของวัตถุ
	ρ	คือ ค่าคงที่ความต้านทานของวัสดุ
	L	คือ ความยาวของวัตถุ
	A	คือ พื้นที่ของวัตถุ

เกจแฟกเตอร์เป็นค่าที่ใช้ในการบอกถึงความแปรผันของความต้านทาน เช่น เซอร์ความต้านทานต่อความเปลี่ยนแปลงในขนาดหรือแรงที่กระทำต่อเซนเซอร์นั้น ๆ ค่าเกจแฟกเตอร์มีความสำคัญในการหาค่าแรงหรือขนาดจากเซนเซอร์แบบความต้านทาน ซึ่งมักใช้ในแอปพลิเคชันทางวิศวกรรมและอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยทั่วไป เกจแฟกเตอร์ (GF) มีค่าประมาณ 2.0 ถึง 3.0 สำหรับเซนเซอร์ความต้านทานทั่วไป สามารถคำนวณด้วยสมการที่ 2.2

$$GF = \frac{\Delta R/R}{\epsilon} \quad (2.2)$$

โดย $\Delta R/R$ คือการเปลี่ยนแปลงความต้านทานแบบเศษส่วนตามความเครียด ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทาน เกิดจากทั้งผลกระทบทางเรขาคณิต ($1 + 2\nu$) และการเปลี่ยนแปลงความต้านทานแบบเศษส่วน ($\Delta\rho/\rho$) ของวัสดุที่มีความเครียด

$$\frac{\Delta R}{R} = (1 + 2\nu)\epsilon + \frac{\Delta\rho}{\rho} \quad (2.3)$$

เมื่อ	GF	คือ เกจแฟกเตอร์
	ΔR	คือ การเปลี่ยนแปลงในความต้านทานของเซนเซอร์เมื่อมีแรงหรือแรงกระทำ
	R	คือ ความต้านทานของวัตถุ
	$\Delta\rho$	คือ การเปลี่ยนแปลงในความต้านทานของวัสดุ
	ρ	คือ ค่าคงที่ความต้านทานของวัสดุ
	ν	คือ ค่าคงที่ของอัตราส่วนปัวซอง
	ϵ	คือ ความเครียดของวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบทางเรขาคณิตเพียงอย่างเดียวให้ค่า GF ประมาณ 1.4 ถึง 2.0 และการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานสำหรับโลหะขนาดเล็กมีค่าประมาณ 0.3 สำหรับซิลิคอนและเจอร์เมเนียมบางชนิด ค่าการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานของจะมีมากกว่าประมาณ 50–100 เท่า สำหรับสารกึ่งตัวนำที่มีความยืดหยุ่นและความต้านทานพวยไซริซิสต์จะขึ้นอยู่กับโหนด

เซนเซอร์แบบความต้านทานสามารถประยุกต์ใช้ในกระบวนการของระบบอุตสาหกรรมและอื่น ๆ ได้โดยจะให้สัญญาณเอาต์พุตมีค่าความต้านทานที่สอดคล้องกับปริมาณแรงกายภาพที่มีการตรวจจับของเซนเซอร์ โดยจะมีความสัมพันธ์ $R_{sens} = R_0 f(x)$ เมื่อกำหนดให้ $f(0) = 1$ ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการทางคณิตศาสตร์ที่ 2.4

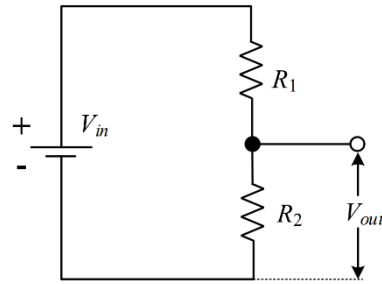
$$R_{sens} = R_0(1 + x) \quad (2.4)$$

เมื่อ R_{sens} คือ ความต้านทานเอาต์พุตของเซนเซอร์แบบความต้านทาน
 R_0 คือ ความต้านทานเริ่มต้นของเซนเซอร์แบบความต้านทาน
 x คือ ค่าคงที่ เปลี่ยนแปลงตามปริมาณที่ตรวจวัด

การวัดค่าความต้านทานเอาต์พุตของเซนเซอร์แบบความต้านทานจะช่วยให้เราสามารถตรวจวัดหรือควบคุมแรงหรือแรงกระทำที่มีผลต่อเซนเซอร์ได้ โดยการเชื่อมต่อเซนเซอร์กับวงจรไฟฟ้า เมื่อความเครียดหรือแรงที่กระทำเพิ่มขึ้นหรือลดลง เซนเซอร์จะส่งสัญญาณเป็นความต้านทานเอาต์พุตที่เปลี่ยนแปลงเข้าสู่วงจร เราสามารถวัดค่าความต้านทานนี้และใช้ในการควบคุมหรือวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ตามความต้องการของแอปพลิเคชันหรือระบบที่ใช้งานเซนเซอร์นั้น ๆ

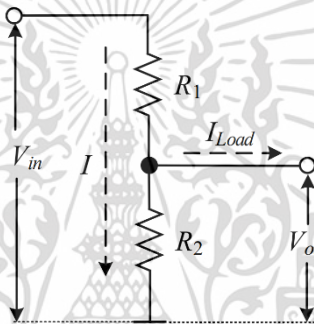
2.3 การใช้วงจรแบ่งแรงดันกับเซนเซอร์ [1]

วงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider Circuit) เป็นวงจรที่ใช้ในการแบ่งแรงดันไฟฟ้าออกเป็นสัดส่วนหรือค่าแรงดันย่อยๆ โดยวงจรพื้นฐานมีส่วนประกอบหลัก 2 ตัวต้านทานที่ต่อออกมาต่อกันในอนุกรม แรงดันจะถูกนำมาป้อนเข้าที่ขั้วของตัวต้านทานทั้ง 2 ตัว โดยตัวต้านทานหนึ่งจะทำหน้าที่เป็นเซนเซอร์แบบความต้านทานที่มีค่าคงที่ ส่วนอีกตัวจะเป็นตัวที่ต้องการวัดหรือแบ่งแรงดัน เมื่อแรงดันป้อนเข้าที่วงจรแบ่งแรงดัน ตัวต้านทานที่มีค่าคงที่จะกำหนดสัดส่วนหรือค่าแรงดันที่แบ่งออกมา ส่วนตัวต้านทานที่ต้องการวัดหรือแบ่งแรงดันจะมีค่าต้านทานที่เปลี่ยนแปลงตามแรงที่กระทำ ซึ่งส่วนของวงจรที่เป็นตัวต้านทานแบบความต้านทานจะมีแรงดันตกที่ตัวต้านทานนั้น ๆ และสามารถวัดหรืออ่านค่าแรงดันนี้ได้เพื่อวิเคราะห์หรือใช้ในแอปพลิเคชันหรือระบบที่ต้องการข้อมูลค่าแรงดันนั้น



รูปที่ 2.1 วงจรแบ่งแรงดัน

จากรูปที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าเมื่อแรงดันเอาต์พุตที่ได้คือแรงดันตกคร่อมของตัวต้านทาน R_2 โดยแรงดันเอาต์พุตจะน้อยกว่าแรงดันอินพุต เพราะเนื่องจากแรงดันรวมที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_1 และตัวต้านทาน R_2 จะต้องรวมกันแล้วได้เป็นแรงดันอินพุต



รูปที่ 2.2 การไหลของกระแสในวงจรแบ่งแรงดัน ในกรณีที่ไม่มีโหลด

พิจารณาจากรูปที่ 2.2 เมื่อไม่มีความต้านทานโหลด R_L หรือความต้านทานโหลดจะเป็นอนันต์ กระแสไหลมีค่าน้อยมากจนถึงประมาณ 0 แอมแปร์ กระแสทั้งหมดมาจากแหล่งจ่ายแรงดัน V_{in} ไหลลงกราวด์ผ่านตัวต้านทานที่ต่ออนุกรม R_1 และ R_2 กระแสนั้นคือกระแส I จากกฎของโอห์ม จะได้สมการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$V_{in} = I(R_1 + R_2) \quad (2.5)$$

กระแสที่ไหลในวงจรหาได้จากสมการที่ 2.5 และสามารถหาแรงดันเอาต์พุตได้จาก

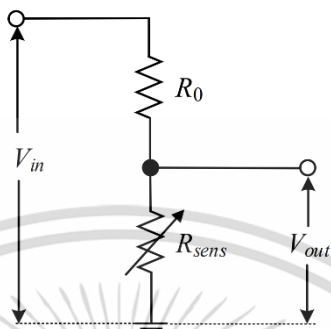
$$V_{out} = IR_2 \quad (2.6)$$

แทนสมการ 2.5 ลงในสมการ 2.6 จะได้

$$V_{out} = V_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการ 2.7 เป็นสมการทั่วไปที่ใช้เพื่อหาค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรแบ่งแรงดัน ซึ่งกรณีที่ความต้านทานโหลด R_L สูงมาก กระแสไหลจะเป็น 0 แอมแปร์ เมื่อนำมาประยุกต์ใช้งานกับการเชื่อมต่อเซนเซอร์แบบความต้านทาน วงจรการเชื่อมต่อเซนเซอร์แบบความต้านทานโดยใช้วงจรแบ่งแรงดัน แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การเชื่อมต่อเซนเซอร์แบบความต้านทานโดยใช้วงจรแบ่งแรงดัน

จากรูปที่ 2.3 แทน R_{sens} ด้วย ตามสมการที่ 2.4 โดยที่ x คือปริมาณที่ต้องการตรวจวัด และสามารถหาแรงดันเอาต์พุตของวงจรได้ดังสมการนี้

$$V_{out} = V_{in} \left(\frac{R_0(1+x)}{R_0 + R_0(1+x)} \right) \quad (2.8)$$

หรือ

$$V_{out} = V_{in} \left(\frac{1+x}{2+x} \right) \quad (2.9)$$

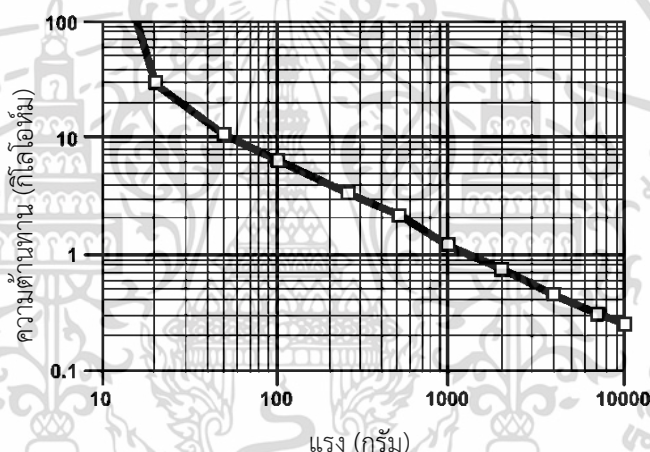
จากสมการที่ 2.9 จะเห็นได้ว่าแรงดันเอาต์พุตขึ้นอยู่กับแหล่งจ่ายแรงดันอินพุต V_{in} และปริมาณที่ต้องการตรวจวัด x โดยความต้านทานเริ่มต้นของเซนเซอร์ R_0 ไม่มีผลกับแรงดันเอาต์พุต V_{out}

โดยรวมแล้ววงจรแบ่งแรงดันเป็นวงจรพื้นฐานและมีความเป็นไปได้ในการใช้งานกับเซนเซอร์แบบความต้านทานเพื่อวัดหรือแบ่งแรงดันออกเป็นสัดส่วนที่ต้องการในแอปพลิเคชันหรือระบบต่าง ๆ อย่างง่ายและมีความเป็นไปได้ในการปรับค่าแรงดันตามความต้องการของงานและแอปพลิเคชันในการควบคุมหรือวัดค่าแรงดัน

2.4 เซนเซอร์วัดแรงกดแบบตัวต้านทาน (FSR) [7]

เซนเซอร์วัดแรงกดแบบตัวต้านทาน หรือ Force-Sensing Resistor เป็นอุปกรณ์ฟิล์มหนาโพลีเมอร์ที่มีความพิเศษในการตรวจจับแรงที่กระทำต่อพื้นผิวของอุปกรณ์ โดยมีความต้านทานที่ลดลงเมื่อมีแรงกระทำตามแนวบนพื้นผิวของ FSR คุณสมบัตินี้ทำให้ FSR มีความไวต่อแรงและสามารถตรวจจับแรงที่กระทำโดยมนุษย์หรือสิ่งของได้โดยง่าย อย่างไรก็ตามการควบคุมการสัมผัสของมนุษย์ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ผลลัพธ์จากการทดสอบของอุปกรณ์ FSR ประเภทตัวอย่างที่มีหมายเลขชิ้นส่วนเซนเซอร์ 402 ซึ่งมีพื้นผิวที่ใช้งานขนาดวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น 0.5 นิ้ว และใช้ตัวกระตุ้นทำจากเหล็กสแตนเลสที่มีปลายที่เป็นทรงกลมเสมอที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น 0.4 นิ้ว และทำจากยางโพลียูรีเทนสีขาว



รูปที่ 2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงและความต้านทาน

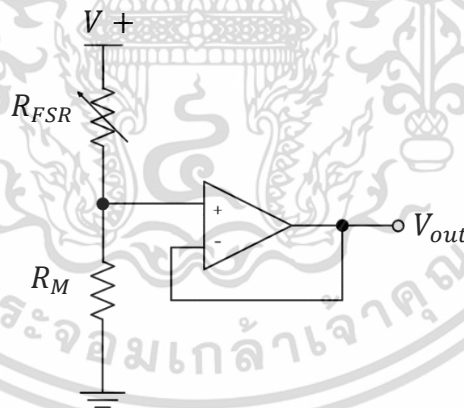
จากรูปที่ 2.4 นี้เสนอข้อมูลว่า FSR มีลักษณะการตอบสนองที่มีลักษณะเป็นอิสระที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงความต้านทานโดยแนบกับกฎกำลังก่ำลัง (inverse power-law) โดยรวมถึงที่มาของข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบนั้น สรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของ FSR เมื่อมีแรงกระทำส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์ที่เป็นกำลังส่วนเสมอ (inverse power-law) หรือกล่าวอีกความหนึ่งคือจะมีความสัมพันธ์ความแรงกับความต้านทานที่ลดลงเมื่อค่าความแรงเพิ่มขึ้น ($1/R$) โดยทั่วไปตัวต้านทานการตรวจจับแรงสามารถใช้ในการตรวจวัดแรงหรือแรงกระทำที่มีลักษณะเปลี่ยนแปลงเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าแรงที่กระทำบนพื้นผิวของ FSR

2.4.1 การเชื่อมต่อสำหรับเซนเซอร์วัดแรงกดแบบตัวต้านทาน

สำหรับการแปลงแรงกดที่กระทำลงบนแผ่นเซนเซอร์วัดแรงกดแบบตัวต้านทานเป็นแรงดันไฟฟ้าอย่างง่าย อุปกรณ์ FSR จะต้องเชื่อมต่อติดกับตัวต้านทานในวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าสามารถคำนวณได้ตามสมการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$V_{out} = (V+) / \left(1 + \frac{R_{FSR}}{R_M}\right) \quad (2.10)$$

ในการกำหนดค่าที่แสดงนี้ แรงดันไฟเอาต์พุตจะเพิ่มขึ้นตามแรงที่เพิ่มขึ้น หากมีการสลับ R_{FSR} และ R_M จะเกิดการสวิงเอาต์พุตจะลดลงตามแรงที่เพิ่มขึ้น แบบฟอร์มผลลัพธ์ทั้งสองนี้เป็นภาพสะท้อนเกี่ยวกับบรรทัด $V_{out} = (V+)/2$ ตัวต้านทานการวัด R_M ถูกเลือกเพื่อเพิ่มช่วงความไวต่อแรงที่ต้องการให้สูงสุดและเพื่อจำกัดกระแส ที่กระแสไฟที่ไหลผ่าน R_{FSR} ควรจำกัดให้น้อยกว่า 1 mA/cm^2 ของแรงที่ใช้โอปแอมป์ ที่แนะนำสำหรับการออกแบบการจ่ายไฟด้านเดียวคือ LM358 และ LM324 อุปกรณ์อินพุต FET เช่น LF355 และ TL082 เป็นต้น กระแสไบแอสต่ำของโอปแอมป์เหล่านี้ช่วยลดข้อผิดพลาดเนื่องจากอิมพีแดนซ์แหล่งที่มาของตัวแบ่งแรงดันไฟฟ้า ความสัมพันธ์ของแรงและ V_{out} จะแสดงบนกราฟรูปที่ 2.4 ด้านบนสำหรับ FSR มาตรฐานในตัวแบ่งแรงดันไฟฟ้า การกำหนดค่าด้วยตัวต้านทาน R_M ต่างๆ

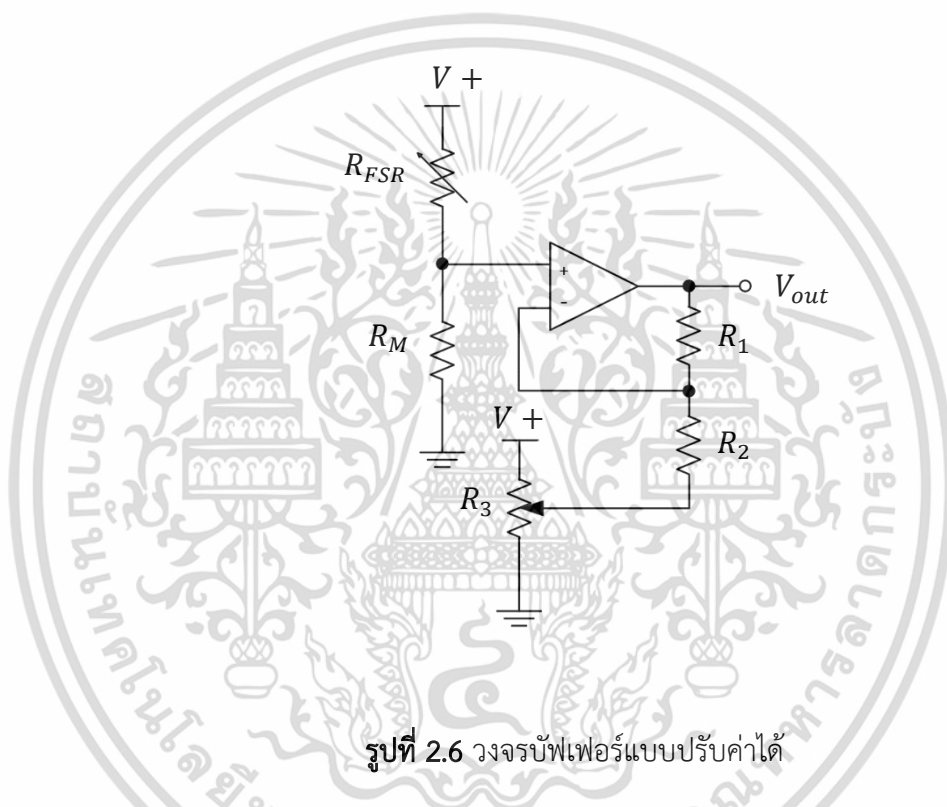


รูปที่ 2.5 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์ FSR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

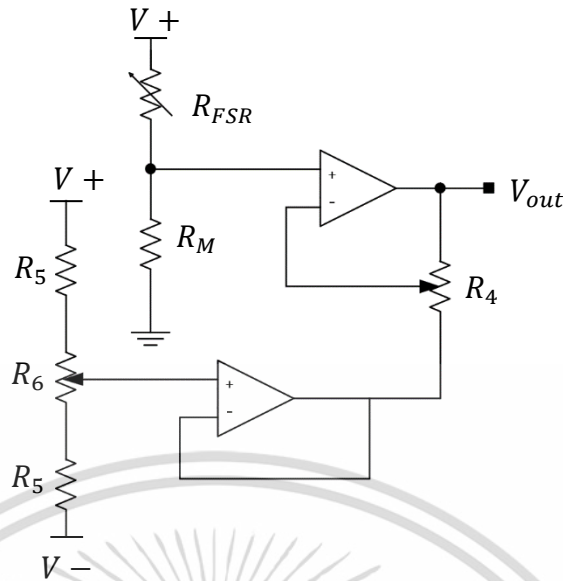
2.4.2 วงจรบัฟเฟอร์แบบปรับค่าได้

การเชื่อมต่อเหล่านี้จะแยกเอาต์พุตออกจากอิมพีแดนซ์สูงของตัวต้านทานตรวจจับแรง ทำให้สามารถปรับoffsetและgainเอาต์พุตได้ จากในรูปที่ 2.6 อัตราส่วนของตัวต้านทาน R_2 และ R_1 จะกำหนดอัตราขยายของเอาต์พุต offsetที่เกิดจากความไม่เสถียร R_{FSR} ที่แรงเป็นศูนย์ (หรือกระแสไบแอส) สามารถตัดออกได้ด้วยโพเทนชิโอเมเตอร์ R_3 และควรอยู่ที่ประมาณ 1 ใน 20 ของ R_1 หรือ R_2 การเพิ่มพอดเพิ่มเติมที่ R_2 ทำให้การปรับแต่งค่าgain ง่ายขึ้น และการปรับแต่งค่าgain ในช่วงที่กว้างสามารถทำได้โดยการแทนที่ R_2 และ R_1 ด้วยพอดเดียว



รูปที่ 2.6 วงจรบัฟเฟอร์แบบปรับค่าได้

จากวงจรในรูปที่ 2.7 ให้ผลลัพธ์ที่คล้ายกับวงจรก่อนหน้า แต่การปรับแต่งค่าoffset ถูกแยกจากการปรับแต่งค่าgainด้วย การแยกนี้ทำให้ไม่มีข้อจำกัดในค่าที่ใช้กับพอด นอกจากนี้ ค่า cal สำหรับ R_5 และพอดมักอยู่ในระยะประมาณ 10 k Ω



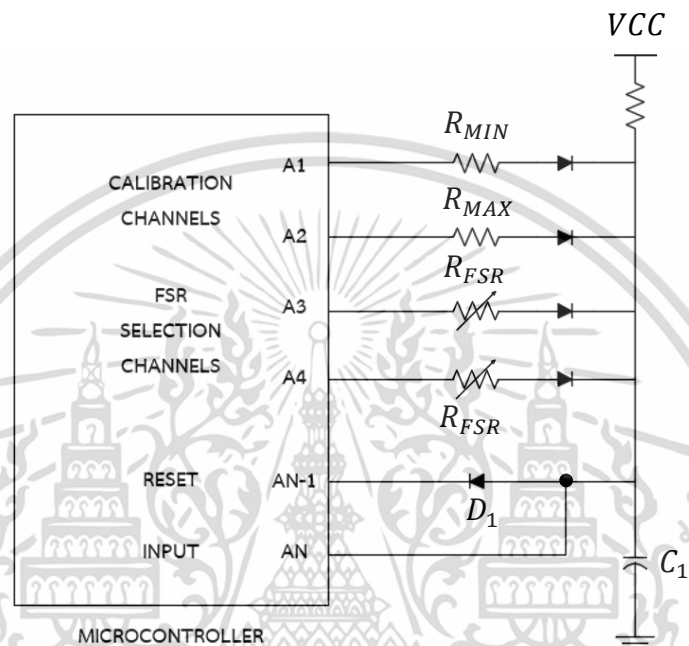
รูปที่ 2.7 วงจรบัฟเฟอร์แบบปรับค่าได้แบบแยก offset

2.4.3 การเชื่อมต่อแบบหลายช่องสำหรับการแปลงสัญญาณจาก Force Sensing Resistor เป็นสัญญาณดิจิทัล

ไมโครคอนโทรลเลอร์เปลี่ยนไปใช้ช่อง FSR ที่แน่นอนโดยกำหนดสถานะลอจิกเป็น High (Active high) ในช่องนั้น พร้อมกับที่สัญญาณในช่อง FSR อื่นๆ จะถูกกำหนดให้สถานะลอจิกเป็น Low (Active Low) ช่วงที่เรียกว่า RESET ถูกกำหนดให้สถานะลอจิกเป็น High (Active high) และนับเริ่มต้นเพื่อทำการจับเวลาจากนั้นตัวคอนดักเตอร์ C_1 จะเริ่มการชาร์จ โดยอัตราการชาร์จขึ้นอยู่กับความต้านทานของ FSR ($t \sim RC$) โดยการชาร์จนี้จะใช้เวลาเท่ากับ RC เมื่อคอนดักเตอร์ ถึงระดับสัญญาณดิจิทัลสูงที่เรียกว่า INPUT ตัวนับจะหยุดทำงาน และสัญญาณ RESET จะถูกกำหนดให้สถานะลอจิกเป็น Low (Active Low) หลังจากนั้นตัวคอนดักเตอร์จะเริ่มกระบวนการระบายพลังงานออก โดยการปล่อยกระแสไฟฟ้

จำนวนนับที่เกิดจากการสลับสถานะของสัญญาณ RESET จากสูงไปเป็นต่ำถึงการสลับสถานะของสัญญาณ INPUT ที่สูงเป็นสัญญาณที่มีสัดส่วนกับความต้านทานของ FSR โดยทั่วไป ตัวต้านทาน R_{MIN} และ R_{MAX} ถูกใช้ในการกำหนดค่าจำนวนนับขั้นต่ำและค่าจำนวนนับสูงสุด และด้วยนั้นการกำหนดช่วงของจำนวนนับ ขั้นต่ำและสูงสุด สามารถทำได้ โดยใช้พวกนี้เพื่อปรับปรุงการสอดคล้องกับค่าอ้างอิงเป็นระยะๆ บางระยะ ซึ่งจะช่วยในการปรับสมดุลอ้างอิงใหม่การเริ่มต้นด้วยรอบการเก็บข้อมูลสำหรับ R_{MIN} การรันจำนวนนับจะถูกเก็บไว้และใช้เป็นค่าศูนย์ใหม่ ๆ อย่างเหมาะสม อย่งเดียวกันการรันรอบการเก็บข้อมูลสำหรับ R_{MAX} และค่าจะถูกเก็บไว้เป็นช่วงสูงสุด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

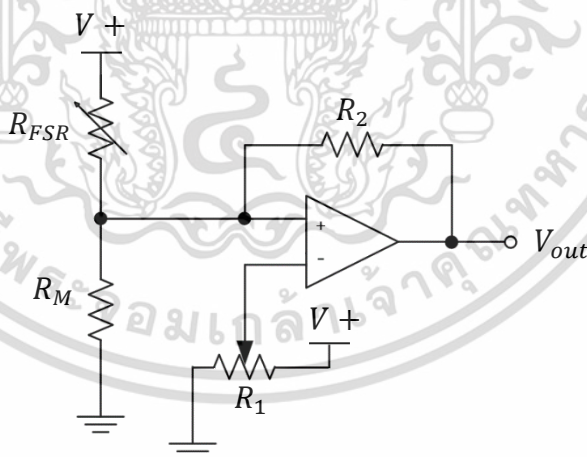
(โดยห้ค่า R_{MIN} ออก) การเปรียบเทียบ FSR ต่อไปจะถูกปรับสมดุลกับศูนย์ใหม่ ช่วงทั้งหมดจะถูกแบ่งเป็น "โซน" โดยการนำจำนวนนับสูงสุดที่ปรับสมดุลมาหารด้วยจำนวนโซนที่ต้องการ ซึ่งจะกำหนดขอบเขตของแต่ละโซนหรือความกว้างของแต่ละโซนไว้ โดยให้ค่าสูงสุดที่ปรับสมดุลถูกแบ่งเป็นโซนตามจำนวนที่ต้องการ การสุ่มตัวอย่างอย่างต่อเนื่องจะเสร็จสิ้นเพื่อบันทึกการเปลี่ยนแปลงของความต้านทาน FSR เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงแรง แล้วเลือก FSR แต่ละรายการแล้วตามลำดับ



รูปที่ 2.8 การเชื่อมต่อแบบหลายช่องสำหรับการแปลงสัญญาณจาก Force Sensing Resistor เป็นสัญญาณดิจิทัล

2.4.4 สวิตช์ที่ใช้เป็นตัวแปร FSR

วงจรสำหรับการใช้ในงานที่ต้องการการสลับสวิตช์เปิด-ปิดที่แรงที่กำหนดไว้ เช่น สวิตช์ที่ตอบสนองสัมผัสผิวกระจก, สวิตช์ตัดสั่นใจ, และสวิตช์จำกัดขอบเขต เป็นต้น สำหรับตัวแปรของวงจรนี้ที่ออกแบบมาเพื่อควบคุมการสลับสวิตช์รีเลย์ อุปกรณ์ Force Sensing Resistor (FSR) ถูกจัดเรียงในวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าร่วมกับค่าความต้านทาน R_M วงจรนี้ใช้ออปแอมป์ U1 เป็นตัวเปรียบเทียบเอาต์พุตของ U1 จะเป็น สัญญาณสถานะลอจิกเป็น Highหรือ low นี้ขึ้นอยู่กับของอุปกรณ์ FSR ขาของออปแอมป์ที่ไม่เชื่อมต่อกับขาลบของออปแอมป์ (non-inverting input) ถูกขับเคลื่อนโดยสัญญาณที่ออกจากวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า ซึ่งเป็นแรงดันไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นตามกับแรงที่กระทำกับ FSR ที่มีค่าต่ำเมื่อไม่มีแรงกระทำ การเมื่อแรงที่กระทำต่อ FSR ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขาเข้าของออปแอมป์เกินแรงดันที่ขาสัญญาณของออปแอมป์ (inverting input) แรงดันไฟฟ้าที่ขาเข้าของออปแอมป์ (non-inverting input) อินพุตจะเปลี่ยนสถานะไปสูง แรงที่กระทำเมื่อแรงที่กระทำต่อ FSR เกินแรงดันที่กำหนดไว้ที่ขาสัญญาณของออปแอมป์ (inverting input) สถานะสังเกตได้ด้วยค่าความต้านทานที่สามารถปรับได้ที่พอด R_1 ส่วนค่าความต้านทานที่มีลักษณะเป็นอ็อปเดตเป็น "debouncer" ที่เป็นส่วนของวงจร R_2 ใช้สำหรับขจัดการบั่นทกสถานะที่อาจเกิดขึ้นซ้ำซ้อนของสัญญาณเอาต์พุตที่อาจเกิดขึ้นได้ Op-amps LM358 และ LM324 โดย Comparator เช่น LM393 ก็ทำงานอย่างดีเช่นกัน การเรียงค่าความต้านทาน R_2 พร้อมกับ R_M เป็นการเลือกเพื่อจำกัดกระแสและเพื่อสูงสุดความไวต่อแรงที่ต้องการให้เป็นไปได้ ค่าความต้านทานรวมที่ใช้งานนี้อยู่ในระยะเวลาประมาณ 47 k Ω

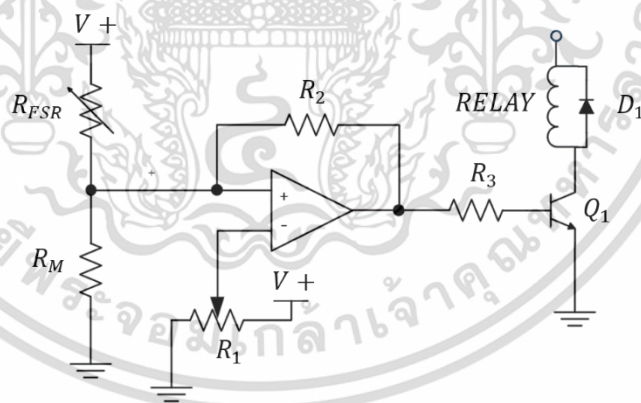


รูปที่ 2.9 สวิตช์ที่ใช้เป็นตัวแปร FSR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 สวิตช์รีเลย์ที่ใช้เป็นตัวแปรผัน FSR

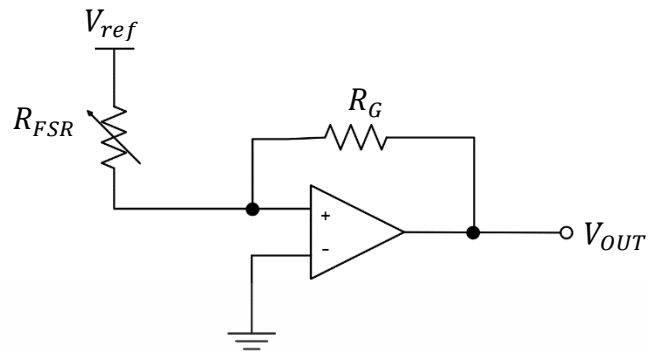
วงจรนี้เป็นการดัดแปลงจากวงจร FSR Variable Force Threshold Switch ที่อยู่ในหน้าก่อนหน้านี้นี้ มันมีประโยชน์ในกรณีที่ต้องการประกอบที่ต้องการให้เปิด-ปิดต้องการกระแสที่สูงกว่า เช่น รีเลย์ควบคุมรถยนต์และอุตสาหกรรม อุปกรณ์ Force Sensing Resistor (FSR) ถูกจัดเรียงในวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าร่วมกับค่าความต้านทาน R_M ในวงจรนี้ มีการใช้ออปแอมป์ U1 เป็นตัวควบคุมค่าเปรียบเทียบ ผลลัพธ์ของ U1 จะเป็นสัญญาณสูงหรือต่ำ สัญญาณสูงหรือต่ำนี้ขึ้นกับสัญญาณที่ออกจากวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า ขาของออปแอมป์ที่ไม่เชื่อมต่อกับขาของออปแอมป์ (non-inverting input) จะเห็นสัญญาณที่ออกจากการแบ่งแรงดันซึ่งเป็นแรงดันไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นตามกับแรงที่กระทำต่อ FSR แต่ละสถานการณ์ การเมื่อแรงที่กระทำต่อ FSR ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขาเข้าของออปแอมป์เกินแรงดันที่ขาสัญญาณของออปแอมป์ (inverting input) แรงดันไฟฟ้าที่ขาเข้าของออปแอมป์ (non-inverting input) จะเริ่มเปลี่ยนสถานะไปเป็นสูง แรงกระทำและด้วยนั้นค่าความแข็งแรงที่ถูกกำหนดไว้ที่ขาสัญญาณของออปแอมป์ (inverting input) ถูกกำหนดโดยพอด R_1 ทรานซิสเตอร์ Q_1 ถูกเลือกให้เข้ากันกับคุณสมบัติกระแสที่ต้องการสำหรับรีเลย์ ทรานซิสเตอร์ NPN กำลังกลายเป็นอุปกรณ์ที่มีกำลังกลายเป็นสามารถใช้งานในระดับกลางได้ ตัวอย่างเช่น NTE272 สามารถรับกระแสได้ 2 แอมป์ และ NTE291 สามารถรับกระแสได้ 4 แอมป์ ค่าความต้านทาน R_3 จำกัดกระแสฐาน (ค่าความต้านทานแนะนำคือ 4.7 k Ω) ส่วนความแข็งแรงที่เป็นฮิสเทอรีซิสต์ R_2 ทำหน้าที่เป็น "debouncer" โดยจัดการสถานะที่เกิดขึ้นได้หลายครั้งของสัญญาณเอาต์พุตที่อาจเกิดขึ้นได้



รูปที่ 2.10 สวิตช์รีเลย์ที่ใช้เป็นตัวแปรผัน FSR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6 การแปลงกระแสเป็นแรงดันด้วย FSR



รูปที่ 2.11 วงจรแปลงกระแสเป็นแรงดันด้วย FSR

ในวงจรนี้ FSR เป็นอุปกรณ์นำเข้าของแปลงกระแสเป็นแรงดัน สัญญาณเอาต์พุตของอุปกรณ์เรียกว่าอธิบายด้วยสมการดังนี้

$$V_{out} = V_{ref} \left(\frac{-R_G}{R_{FSR}} \right) \quad (2.11)$$

เมื่อ V_{OUT} คือ แรงดันเอาต์พุต
 V_{ref} คือ แรงดันอ้างอิง
 R_{FSR} คือ ความต้านทานของเซนเซอร์ FSR
 R_G คือ ความต้านทานคงที่จากภายนอก

เมื่อใช้แรงดันอ้างอิงบวก (positive reference voltage) สัญญาณเอาต์พุตของออปแอมป์จะต้องสามารถส่งสถานะได้ต่ำกว่าชั้นต่ำจากพื้นดิน (ground) คือต้องสามารถเปลี่ยนสถานะไปจาก 0V ไปยัง $-V_{ref}$ ดังนั้นจำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายแรงดันที่มีข้างบวกและข้างลบ (dual-sided supplies) และในกรณีที่ใช้แรงดันอ้างอิงลบ (negative reference voltage) จะทำให้สัญญาณเอาต์พุตเปลี่ยนสถานะไปในทิศทางบวก คือจาก 0V ไปยัง $+V_{ref}$ ได้

$$V_{out} = \frac{(-R_G * R_{ref})}{R_{FSR}} \quad (2.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V_{out} สัมพันธ์กับ R_{FSR} แบบสัมพันธ์กลับคือเมื่อ R_{FSR} เพิ่มขึ้น V_{out} จะลดลง การเปลี่ยนค่าของ R_G และ R_{ref} จะเปลี่ยนค่าความชันของการตอบสนอง ต่อไปนี้คือตัวอย่างของ ลำดับการเลือกค่าของอุปกรณ์และการสั่งสถานะสัญญาณเอาต์พุต สำหรับอุปกรณ์ควบคุมแบบมนุษย์ กับเครื่องจักรเช่นจอยสติ๊ก แรงที่มากที่สุดที่กระทำต่อ FSR ประมาณ 1 กิโลกรัม การทดสอบของ FSR ตัวอย่างแสดงให้เห็นว่าค่าความต้านทาน R_{FSR} ที่สอดคล้องกับแรง 1 กิโลกรัมคือประมาณ 4.6 k Ω หาก R_{ref} คือ -5V และต้องการช่วงสัญญาณเอาต์พุตที่สามารถสลับสถานะได้ตั้งแต่ 0V ไปยัง +5V จากนั้น R_G ควรเป็นประมาณค่า R_{FSR} ขั้นต่ำนี้ จึงจะตั้งค่า R_G เป็น 4.7 k Ω การสลับสถานะไปตามแนวตั้ง 0V ไปยัง +5V นี้ถูกเป็นจริงในวงจรแปลงกระแสเป็นแรงดันด้วย FSR รูปที่ 15 ใช้สำเร็จรูปแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับสัญญาณเอาต์พุต สำหรับ FSR รุ่นมาตรฐานโดยใช้การเชื่อมต่อพร้อมค่า R_G ต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบอุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาเรองนั่ง

3.1 กล่าวนำ

ปัจจุบันเซนเซอร์แบบความต้านทานได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการด้านอุตสาหกรรมกันอย่างกว้างขวาง เพื่อใช้วัดและควบคุมอุณหภูมิในระบบการทำงานต่างๆ ที่เหมาะสม ด้วยการประมวลผล และโปรแกรม LabVIEW เพื่อทำการวิเคราะห์ แสดงผล และทำการเพิ่ม-ลดความดันของเบาเรองรถเข็นโดยอัตโนมัติ เพื่อให้การทำงานของระบบมีประสิทธิภาพ และราคาต้นทุนที่ไม่แพงสามารถหาซื้อได้ตามร้านค้าอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป

3.2 ขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์

3.2.1 ขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์สำหรับรถวีลแชร์

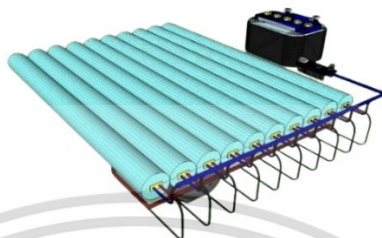
ในการออกแบบอุปกรณ์สำหรับรถวีลแชร์ผู้ป่วย จะติดตั้งระบบวัดแรงกดไว้บนที่นั่งรถวีลแชร์จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเซนเซอร์วัดแรงกด และส่วนที่เป็นระบบถูกลมช่วยลดแรงกด ทั้งนี้เพื่อความสามารถในการตรวจจับแรงกดเพื่อหาตำแหน่งและป้องกันการเกิดแผลกดทับของผู้ป่วยที่นั่งบนรถวีลแชร์ เช่น ผู้สูงอายุและผู้พิการตั้งแต่ช่วงล่างลงไป และนอกจากนี้ระบบวัดแรงกดสำหรับรถวีลแชร์สามารถแสดงผลพร้อมออกมาในรูปแบบของไดอะแกรมแรงกดทับ ณ ตำแหน่งต่างๆ ที่ได้รับแรงกดทับผ่านทางจอโทรศัพท์ได้ ดังรูปที่ 3.1



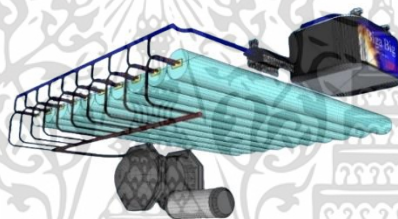
รูปที่ 3.1 การออกแบบรถวีลแชร์ที่ติดตั้งอุปกรณ์ระบบวัดแรงกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นด้านล่างของอุปกรณ์เซนเซอร์จะมีถุงลมที่ถูกจัดวางเรียงกัน โดยถุงลมจะช่วยในการกระจายแรงกดไม่ให้ผิวหนังของผู้ป่วยถูกกดทับมากเกินไปเพื่อป้องกันโอกาสเกิดแผลกดทับ ทั้งนี้จะมีการติดตั้งปั๊มลมขนาดเล็กเพื่อรักษาระดับความดันในถุงลมได้อย่างเหมาะสมตลอดเวลา ดังรูปที่ 3.2 และ 3.3



รูปที่ 3.2 การออกแบบลักษณะของเบาะและท่อลม (ด้านบน)



รูปที่ 3.3 การออกแบบลักษณะของเบาะและท่อลม (ด้านล่าง)

3.2.2 การออกแบบวงจร

ในการออกแบบวงจรจะใช้บอร์ด Arduino mega 2560 Wifi เป็นตัวประมวลผลของเซนเซอร์ FSR ทั้งหมด 10 ตัว โดยตำแหน่งการวางของเซนเซอร์จะวางเน้นไปบริเวณจุดที่มีโอกาสการเกิดแผลกดทับสูงอย่างสะโพกหรือกระดูกก้นกบ [2] โดยอุปกรณ์เซนเซอร์จะถูกจัดวางด้านบนถุงลม

3.3 การเลือกเบาะรองนั่งและเซนเซอร์

3.3.1 การเลือกเบาะรองนั่งของแต่ละประเภท

เบาะทุกประเภท มีคุณสมบัติในการกระจายน้ำหนักและลดการเสียดสีกับจุดสัมผัส และระบายความร้อน ได้เหมือนกัน ซึ่งช่วยยืดเวลาที่ผิวหนังจะเป็นแผลกดทับ แต่ราคาและคุณภาพของเบาะแต่ละประเภทในท้องตลาด มีความแตกต่างกัน ปัจจุบันมีการประยุกต์ทำเบาะลม และเบาะน้ำเอง โดยมีการตัดเย็บเบาะเป็นช่องๆ เพื่อบรรจุ ถุงลม ถุงน้ำ หรือเม็ดเจลจะได้เบาะที่มีลักษณะเป็นลอนๆคล้ายรางระนาด โดยถุงบรรจุลม น้ำ หรือเม็ดเจลจะทำจากวัสดุที่มีความทนทานสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยคุณสมบัติต่างๆ ที่กล่าวมา ผู้วิจัยเลือกใช้อุปกรณ์เบาะรองนั่งแบบถุงลม เนื่องจากมีความเหมาะสมในการใช้งานรวมถึงการจัดซื้อและราคาที่เหมาะสม ตลอดจนการทำความสะอาดง่าย ไม่อับชื้น และสามารถเติมลมเพื่อรักษาระดับความดันให้เหมาะสมได้ง่าย เมื่อจะเคลื่อนย้ายอุปกรณ์นำไปติดตั้งบนรถยนต์ก็สามารถทำได้ง่าย

3.3.2 การเลือกอุปกรณ์เซนเซอร์ของแต่ละประเภท

การเลือกเซนเซอร์วัดแรงกดทับของร่างกายเป็นกระบวนการที่สำคัญเพื่อใช้สำหรับบริดจิลเซ็นเซอร์ให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย การเลือกเซนเซอร์ที่เหมาะสมจะช่วยให้บอกตำแหน่งแรงกดทับของร่างกายได้ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น ต่อไปนี้เป็นการแสดงอุปกรณ์เซนเซอร์ของแต่ละประเภทที่สามารถติดตั้งสำหรับบริดจิลเซ็นเซอร์ได้ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การเลือกอุปกรณ์เซนเซอร์ที่จะนำมาใช้พิจารณาจากทั้งหมด 6 แบบ

No.	Name	Thickness	Sensing area	Pressure Measuring Range
1	Thin Film Pressure Sensor (แบบขาสั้น สีเหลืองจัตุรัส 40x40mm)	0.45 mm	36x36 mm	20g ~ 10kg
2	Round Thin Film Pressure Sensor (แบบขายาว เส้นผ่าน)	0.40 mm	12.7 mm (เส้นผ่านศูนย์กลาง)	20g ~ 6kg
3	Round Thin Film Pressure Sensor (แบบขายาว เส้นผ่านศูนย์กลาง 7.6mm)	0.30 mm	5.6 mm (เส้นผ่านศูนย์กลาง)	30g ~ 1.5kg
4	Force Sensitive Resistor FSR - Square	0.40 mm	40x38 mm	100g ~ 10 kg
5	Round Force Sensitive Resistor 0.5"	0.46 mm	14.5 mm (เส้นผ่านศูนย์กลาง)	100g ~ 10 kg
6	MAT Sensor	0.35 mm	50x50 mm	200g - 8kg

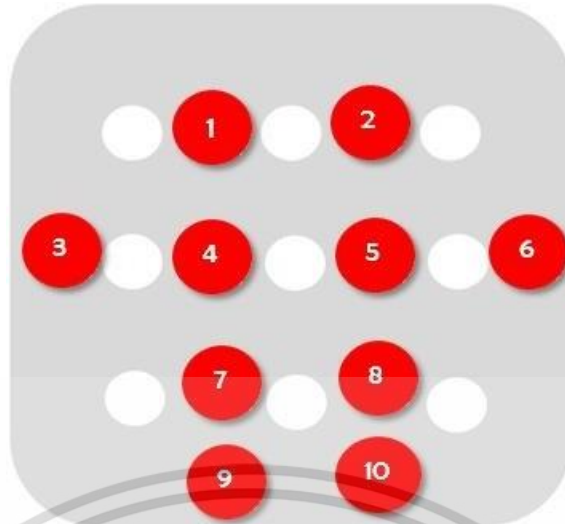
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าความเหมาะสมในการเลือกใช้พื้นที่รับแรงกด คือ ความเหมาะสมในการรับค่าเมื่อได้รับแรงกระทำที่ เซนเซอร์ อันดับ 1 คือแบบที่ 2 และ 5 ซึ่งมีพื้นที่ในการรับแรงกดเหมาะสมกับชนิดเบาะรองนั่งที่เลือกใช้งาน และ รองลงมาคือ แบบที่ 3 ซึ่งมีพื้นที่ในการรับแรงกดน้อยกว่าแบบที่ 2 และ 5 เล็กน้อย โดยเซนเซอร์แบบที่ 1 และ 4 มีพื้นที่ในการรับแรงกดมากเกินไปซึ่งไม่เหมาะสมกับชนิดของเบาะรองนั่งที่เลือกใช้งาน ความสามารถในการรับน้ำหนัก คือ ความสามารถในการรับน้ำหนักและการแสดงค่าเมื่อได้รับแรงกด อันดับ 1 คือ แบบที่ 1, 4 และ 5 มีความสามารถในการรับน้ำหนัก ในช่วง 20 กรัม ถึง 10 กิโลกรัม และรองลงมาคือ แบบ ที่ 2 และ 3 ที่มีความสามารถในการรับน้ำหนัก ในช่วง 20 กรัม ถึง 6 กิโลกรัม และ 30 กรัม ถึง 1.5 กิโลกรัม ตามลำดับ เพราะสามารถรับน้ำหนักเมื่อออกแรงกดกับเซนเซอร์ แม้เพียงเล็กน้อย อันดับ 2 และ อันดับสุดท้าย คือ แบบที่ 2 และ 3 ตามลำดับ มีความสามารถในการรับน้ำหนักประสิทธิภาพสู้อันดับที่ 1 คือแบบที่ 1, 4 และ 5 ไม่ได้ถึงแม้ตัวเบาะรองนั่งที่เลือกใช้จะมีคุณสมบัติในการทนแรงกดที่ได้รับ แต่ต้องเผื่อในกรณีที่เซนเซอร์ได้รับแรง กดในปริมาณที่มากกว่าปกติ เช่น ในการทดลองนี้ ผู้ทดลองมีน้ำหนักมาก จากเซนเซอร์ทั้ง 6 แบบที่นำมาพิจารณาในการใช้งาน จะเลือกใช้เป็นเซนเซอร์ตัวที่ 5 Round Force Sensitive Resistor 0.5 ซึ่งช่วงการวัดอยู่ที่ 100g-10kg และขนาดของเซนเซอร์ที่มีขนาดเล็กเหมาะกับการใช้งานสำหรับอุปกรณ์วัดแรง ภายในเบาะรองนั่ง

3.4 การหาตำแหน่งของการวางเซนเซอร์

3.4.1 การหาตำแหน่งที่ต้องการวางเซนเซอร์

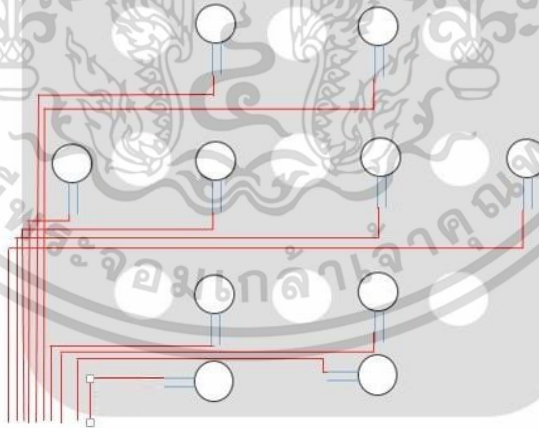
จากการศึกษาข้อมูลตำแหน่งที่เกิดผลกดทับที่พบบ่อยจากการนั่งของผู้ป่วยนั้นมีจุดสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกดทับจากการนั่งเป็นเวลานานหลายจุดด้วยกัน ดังรูปที่ 3.4 จะพบตำแหน่งที่มักก่อให้เกิดผลกดทับ จากข้อมูลที่ได้ศึกษามาผู้วิจัยจึงทำการจัดวางอุปกรณ์เซนเซอร์ตามตำแหน่งการก่อให้เกิดผลกดทับโดยเลือกตำแหน่งการจัดวางจากข้อมูล [2] ทางกายภาพ น้ำหนักตัวและลักษณะท่าทางขณะนั่ง โดยข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์แล้วสามารถสรุปออกมาได้ทั้งหมด 10 ตำแหน่ง



รูปที่ 3.4 ตำแหน่งการวางเซนเซอร์

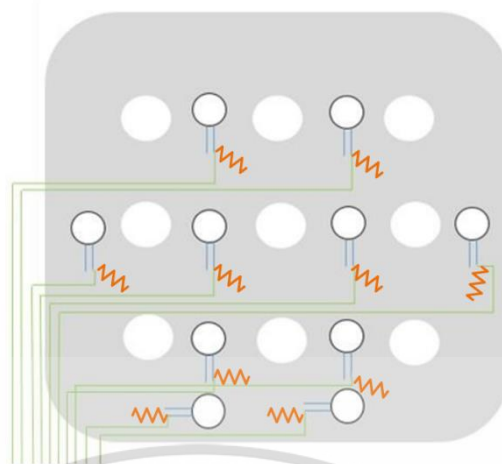
3.4.2 การออกแบบแผ่นอุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สาย

เป็นออกแบบแผ่นอุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สาย โดยจะเป็นการแสดงรายละเอียดของการลากสายไฟเลี้ยง สายไฟกราวด์ และการลากสายสัญญาณเข้าอุปกรณ์ควบคุมดังแสดงในรูปที่ 3.5, 3.6 และ 3.7



รูปที่ 3.5 การลากสายไฟเลี้ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



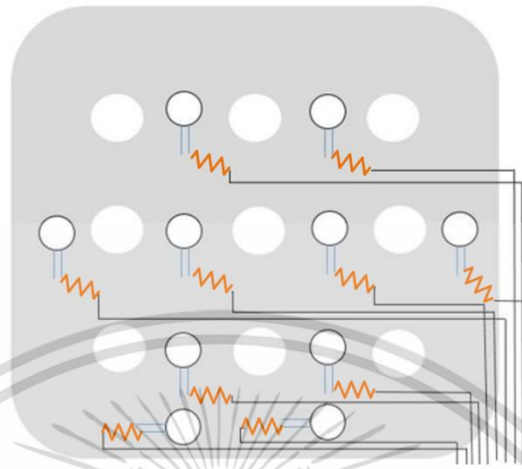
รูปที่ 3.6 การลากสายกราวด์



รูปที่ 3.7 การลากสายสัญญาณเข้าอุปกรณ์ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.8 การโยงสายจริงจะนำสายกราวด์และสายไฟเลี้ยงลวดไปด้านข้าง (ด้านซ้ายของรูป) ของเครื่องวัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาะรองนั่งรวมถึงสายสัญญาณด้วย



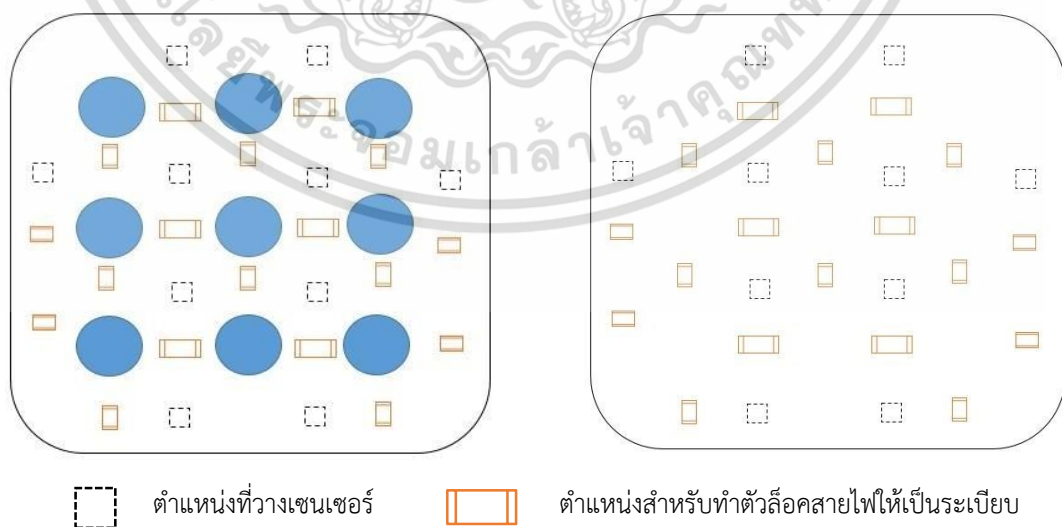
รูปที่ 3.8 การลากสายทั้งหมดภายในเครื่องวัดแรงกดสำหรับเบาะรองนั่ง

3.4.3 การประดิษฐ์อุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สาย

อุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สาย ภายในจะประกอบด้วยแผ่นเซนเซอร์วัดแรงกด และชุดถุงลมถูกสวมคลุมด้วยปกผ้ากันน้ำและกันชื้นได้ดี ทั้งทำความสะอาดได้ง่าย

3.4.4 เบาะนั่งตามแม่แบบที่ได้ออกแบบไว้ตามตำแหน่งของเซนเซอร์

เพื่อเตรียมสำหรับการติดตั้งเซนเซอร์และการเดินสายไฟ ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 เบาะนั่งและการเดินสายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 การติดตั้งสายไฟกับเซนเซอร์

การติดตั้งสายไฟเลี้ยงจะบัดกรีสายไฟเลี้ยงไว้ที่ด้านซ้ายของเซนเซอร์ การเชื่อมสายกราวด์จะบัดกรีตัวต้านทาน 10 k Ω ไว้ที่ด้านขวาของเซนเซอร์และบัดกรีเชื่อมสายไฟเข้าที่ปลายของ R 10 k Ω และสายสัญญาณเข้ากับตัวควบคุมจะบัดกรีไว้ที่ด้านขวาของเซนเซอร์ ณ ตำแหน่งเดียวกับที่บัดกรี R 10 k Ω ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การติดตั้งสายไฟกับเซนเซอร์

3.4.6 การติดตั้งชุดอุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สาย

แสดงการติดตั้งชุดอุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาะรองนั่ง โดยเมื่อสวมตัวปกผ้าเรียบร้อยแล้วจะมีจุดสำหรับใช้เชื่อมต่อกับกล่องควบคุมการทำงานที่ออกแบบมาด้วยขนาดเล็กกระทัดรัดสามารถจัดเก็บไว้ด้านหลังในกระเป๋าตำแหน่งคนนั่งได้ ดังรูปที่ 3.11 และ 3.12 ตามลำดับ

3.4.7 การติดตั้งเบาะลมบนรถเข็นผู้ป่วย

ทำการวางเบาะลมบนรถเข็นผู้ป่วย เก็บสายไฟเลี้ยงเพื่อเป็นความระเบียบ ดูเรียบร้อย และพร้อมใช้งาน ดังรูปที่ 3.11 และรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.11 การติดตั้งเบาะลมบนรถเข็นผู้ป่วย (ด้านหน้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 การติดตั้งเบาะลมบนรถเข็นผู้ป่วย (ด้านหลัง)

3.5 การออกแบบวงจรที่ใช้กับอุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สาย

3.5.1 การออกแบบวงจรที่ใช้กับอุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สาย

วงจรต้นแบบที่ใช้ระหว่างเซนเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ พร้อมทั้งประยุกต์วงจรต้นแบบมาใช้กับเซนเซอร์ทั้งหมด 10 ตัว

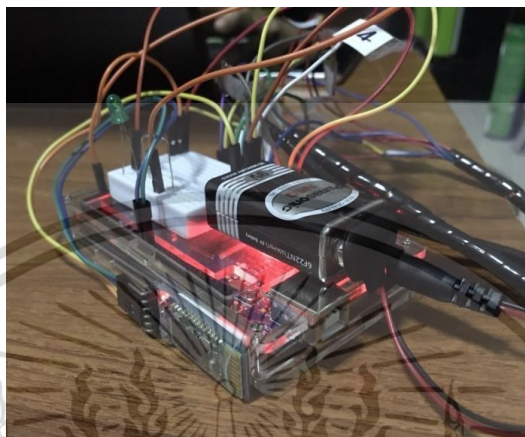


รูปที่ 3.13 วงจรต้นแบบที่ใช้ระหว่างเซนเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 วงจรที่ใช้กับอุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาะรองนั่ง

ภายในวงจรนี้จะประกอบด้วยตัวควบคุม Arduino Mega 2560 และ Battery 9V โดยสามารถไต่วงจรได้ดังนี้ Battery 9V ส่งไฟเลี้ยงโดยตรงไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนบลูทูธได้รับไฟ 5V จากไมโครคอนโทรลเลอร์ และต่อเซนเซอร์เข้ากับช่องอนาล็อก Input ขาที่ A0 - A9 ดังรูปที่ 3.14

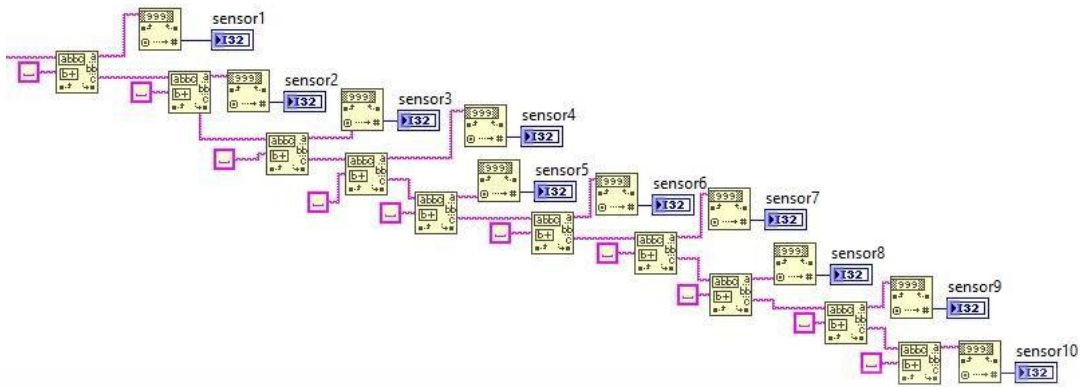


รูปที่ 3.14 วงจรที่ใช้กับอุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สาย

3.6 การเขียนโปรแกรม LabVIEW

3.6.1 การเขียนโปรแกรม LabVIEW

ในขั้นตอนนี้เป็นการเขียนโปรแกรม LabVIEW เพื่อใช้ในการแสดงผล การเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรม LabVIEW หน้าจอการทำงานของโปรแกรม LabVIEW และหน้าจอการทำงาน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรก เรียกว่า Front Panel เป็นหน้าสำหรับใช้แสดงผล และส่วนที่สอง เรียกว่า Block Diagram เป็นหน้าสำหรับเขียนคำสั่งต่างๆ เพื่อเก็บข้อมูลที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ในขั้นตอนนี้จะต้องสร้างตัวแปรทั้งหมด 10 ตัวแปร ซึ่งจำนวนตัวแปรนี้มาจากจำนวนเซนเซอร์ที่มีทั้งหมด 10 ตัว โดยใช้ชื่อตัวแปร sensor 1 – sensor 10 ตามลำดับโดยใช้ฟังก์ชัน Match Pattern และ Decimal String To Number

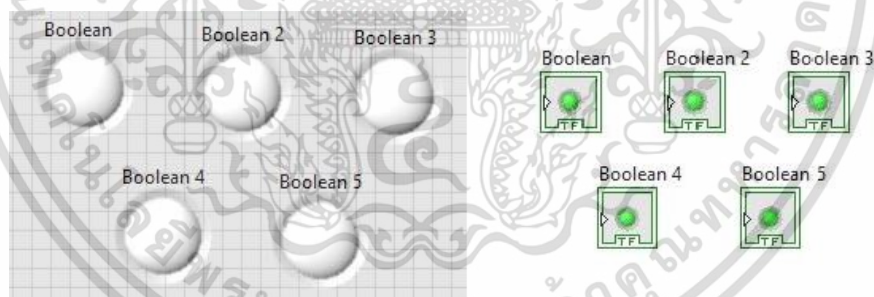


รูปที่ 3.15 การสร้างตัวแปรในโปรแกรม LabVIEW เพื่อเก็บข้อมูลที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์

3.6.2 การสร้างบูลีนแสดงสีตามการออกแรงกดที่เซนเซอร์

จากการทดสอบค่าที่ได้จากเซนเซอร์พบว่าค่าจะอยู่ระหว่าง 0-1000 จากแรงกดน้อยไป มาก จึงได้ทำการแบ่งช่วงออกเป็น 5 ช่วง ดังนี้ สีขาว -> สีเขียว -> สีฟ้า -> สีเหลือง -> สีส้ม -> สีแดง

การสร้างบูลีนขึ้นมาทั้งหมด 5 รูป และกำหนดขนาดให้เท่ากัน การสร้างบูลีน >> คลิกขวาที่ Front Panel -> Boolean -> Round LED การกำหนดขนาด >> คลิกขวาที่บูลีน -> Properties -> Height และ width

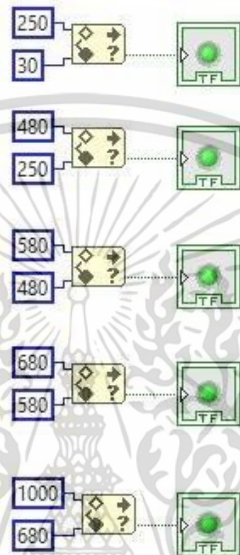


รูปที่ 3.16 บูลีนแบบ Round LED จำนวน 5 รูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 การสร้างช่วงของการแสดงสี

สร้างช่วงให้บูลีน 5 ช่วงคือ 30-250, 250-480, ... , 680-1000 เพื่อกำหนดสีทั้งหมด 6 สี การใช้ฟังก์ชันเปรียบเทียบ >> คลิกขวาที่หน้าจอ Block Diagram -> Comparison -> In Range and Coerce การใส่ตัวเลขช่วง >> คลิกขวาที่ In Range and Coerce -> Numeric Palette -> Numeric Constant ดังรูปที่ 2.17 หลังจากกำหนดช่วงให้กับแต่ละบูลีนแล้ว จะทำการใส่สีให้กับช่วงที่ตั้งไว้ของแต่ละบูลีน การใส่สีให้กับบูลีน >> คลิกขวาที่บูลีน -> Properties ดังรูปที่ 2.18



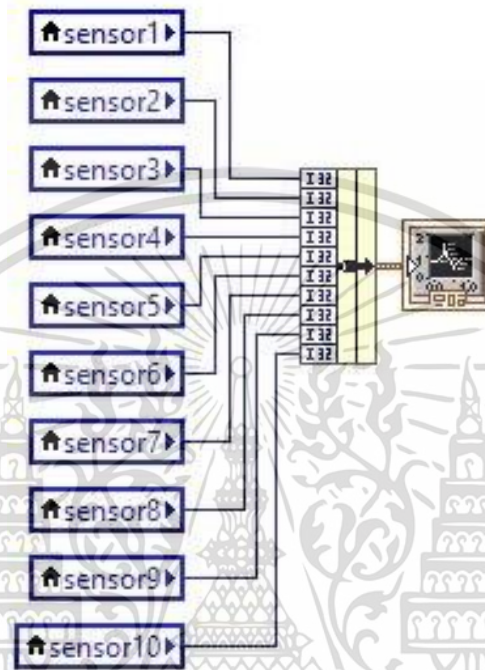
รูปที่ 3.17 การนำค่าตัวแปรที่รับค่าจากเซนเซอร์มาเชื่อมกับบูลีน



รูปที่ 3.18 ช่วงสีที่แสดงในแต่ละบูลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.4 การสร้างกราฟแสดงผลกราฟแสดงผล จะมีทั้งหมด 10 เส้น โดยสีที่แตกต่างกัน แสดงค่าของเซนเซอร์ทั้ง 10 ตัวโดยใช้ฟังก์ชัน waveform Chart เพื่อแสดงกราฟ และใช้ฟังก์ชัน Bundle ในการรวมตัวแปรหลายๆ ตัว เพื่อส่งไปยังฟังก์ชัน waveform Chart การเรียกใช้ฟังก์ชัน Bundle >> คลิกขวาที่ Front Panel -> Graph -> waveform Chart การเรียกใช้ฟังก์ชัน Bundle >> คลิกขวาที่ Block Diagram -> Cluster, Class & Variant -> Bundle



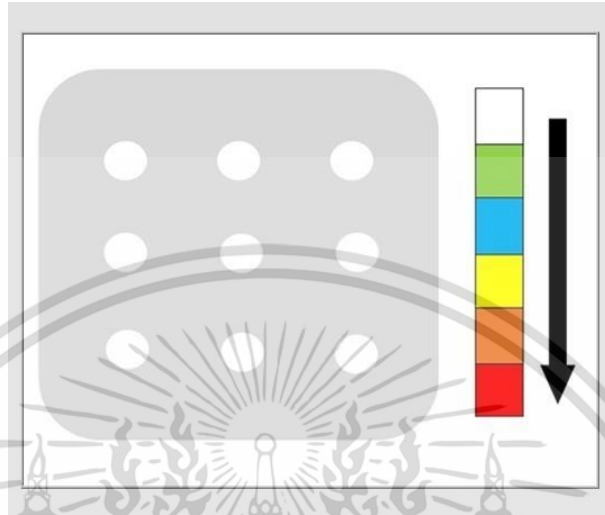
รูปที่ 3.19 ฟังก์ชัน waveform Chart และ Bundle ที่เชื่อมกับตัวแปรทั้ง 10 ตำแหน่ง



รูปที่ 3.20 Waveform Chart แสดงกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.5 การใส่รูปในโปรแกรม LabVIEW ในขั้นตอนนี้จะเป็นการใส่รูปแผ่นเบาะรองนั่งเพื่อช่วยให้การจัดวางบูลีนแสดงตำแหน่งของเซนเซอร์แต่ละ ตัวเพื่อให้สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยใช้ฟังก์ชัน Read JPEG File.vi และ Draw Flattened Pixmap.vi



รูปที่ 3.21 รูปแผ่นเบาะรองนั่งที่ใช้ในการแสดงผลหน้า Front Panel

3.6.6 ขั้นตอนการทดลองการทำงานของเครื่องวัดแรงกดผ่านเครือข่ายไร้สาย

ผลการออกแบบโปรแกรมแสดงผลภายในหน้าจอแสดงผล จะประกอบด้วยทั้งหมด 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่เป็นรูปเบาะรองนั่ง ในส่วนนี้จะแสดงให้เห็นถึงระดับการออกแรงทั้งหมด 6 ตำแหน่งจากตำแหน่งจริงของเครื่องวัด แรงกด ผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาะรองนั่ง ซึ่งสามารถแสดงค่าให้เห็นแบบ Real-Time

ส่วนที่เป็นกราฟ ในส่วนนี้จะแสดงกราฟทั้งหมด 6 เส้น โดยใช้สีในการบ่งบอกถึงตำแหน่งทั้ง 6 ตำแหน่งที่ ด้านขวาของ กราฟ ซึ่งค่าของกราฟก็สามารถแสดงในรูปแบบของ Real-Time เช่นกัน

ส่วนของการเลือกพอร์ตเพื่อเชื่อมต่อบลูทูธ สามารถทำการเลือกพอร์ตในการติดต่อสื่อสารของบลูทูธได้ที่ช่อง COM Port



รูปที่ 3.22 แผนผังการทำงานของเครื่องวัดแรงกดผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาะรองนั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ผลการประดิษฐ์อุปกรณ์วัดแรงกดทับและการทดสอบ

3.7.1 ผลการประดิษฐ์เครื่องวัดแรงกดผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาะรองนั่ง

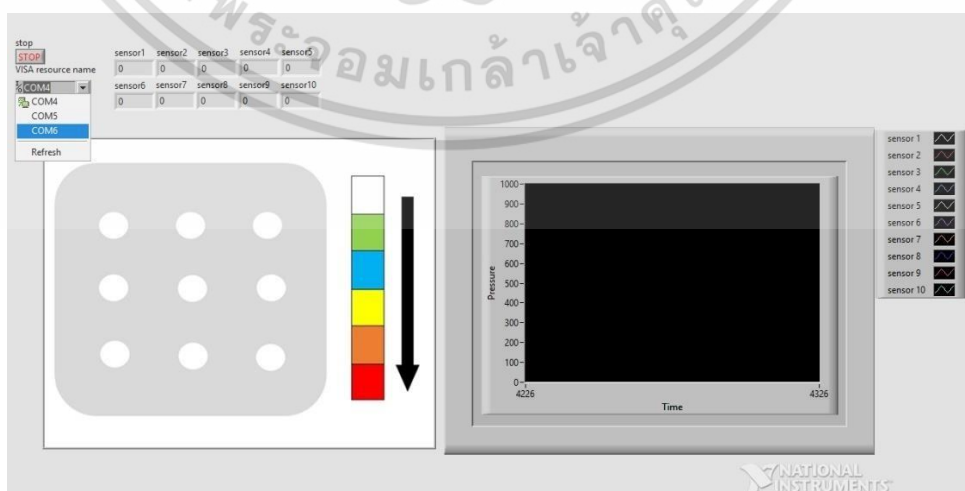
ภายในเครื่องวัดแรงกดผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาะรองนั่ง จะประกอบด้วยเบาะที่นั่งภายใน ประกอบไปด้วยเซนเซอร์ทั้งหมด 10 ตำแหน่งตามจุดต่างๆ และเชื่อมโยงสายมายังวงจรของเครื่องวัด แรงกดผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาะรองนั่ง



รูปที่ 3.23 อุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาะรองนั่ง

3.7.2 การทดสอบการรับ - ส่งข้อมูลของ Bluetooth (HC-05)

จากการทดสอบพบว่าโมดูล Bluetooth ที่ทำหน้าที่เป็น Client และโปรแกรม LabVIEW ที่ทำหน้าที่เป็น Server สามารถรับส่งข้อมูลถึงกันได้ โดยที่ค่าของ Client ที่ส่งไปนั้นจะไปแสดงยังโปรแกรม LabVIEW โดยสามารถรับ-ส่งข้อมูลได้แบบ Real-Time สามารถรับส่งค่าได้ทันที ซึ่งบางครั้งอาจเกิดปัญหาในการเชื่อมต่อบลูทูธ เนื่องจากแบตเตอรี่ที่ใช้นั้นอ่อนลง



รูปที่ 3.24 การเลือกพอร์ตบลูทูธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

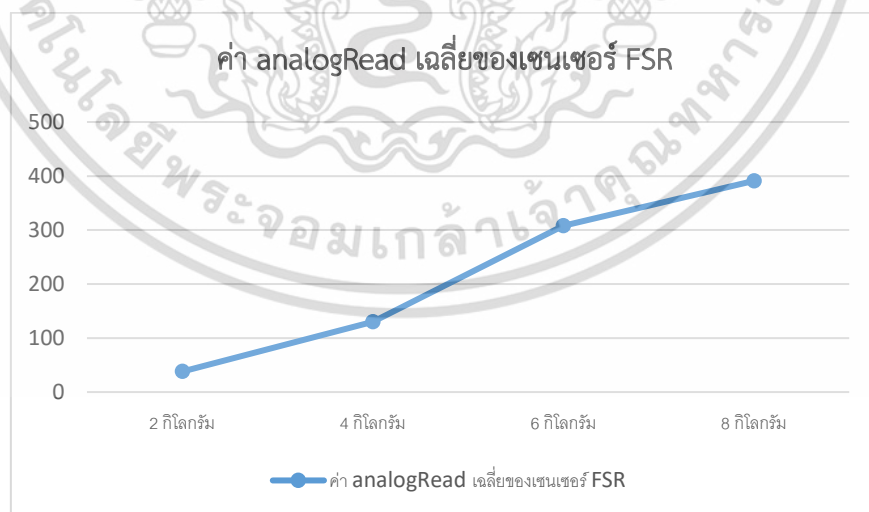
4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 ผลการทดลองเซนเซอร์ FSR

เมื่อทดลองจะใช้บอร์ด Arduino ที่จ่ายแรงดัน 5V และใช้ตัวต้านทาน 1 Ω ให้กับเซนเซอร์ FSR ที่มีการรับน้ำหนักตั้งแต่ 2 กิโลกรัม, 4 กิโลกรัม, 6 กิโลกรัม และ 8 กิโลกรัม และบันทึกค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองเซนเซอร์ FSR

น้ำหนัก	ค่า analogRead ของเซนเซอร์ FSR			ค่า analogRead เฉลี่ยของเซนเซอร์ FSR
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
2 กิโลกรัม	38	37	40	38
4 กิโลกรัม	126	127	139	130
6 กิโลกรัม	306	308	311	308
8 กิโลกรัม	390	391	393	391



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่า analogRead เฉลี่ยของเซนเซอร์ FSR

จากการทดลองให้เซนเซอร์ FSR รับน้ำหนักตั้งแต่ 2 กิโลกรัม, 4 กิโลกรัม, 6 กิโลกรัม และ 8 กิโลกรัม จะได้ค่า analogRead เฉลี่ยของเซนเซอร์ FSR คือ 38, 130, 308 และ 391 ตามลำดับ ดังเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าเมื่อเซนเซอร์รับน้ำหนักจาก 4 กิโลกรัม ไป 6 กิโลกรัม จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าอย่างมาก ทั้งนี้การทำงานของเซนเซอร์ FSR ยังคงมีประสิทธิภาพและสามารถวัดน้ำหนักได้

4.1.2 ผลการทดลองใช้เบาะลมในการลดแรงกด

เมื่อทำการทดสอบโดยใช้เบาะลมเพื่อลดแรงกดทับ โดยจะเป็นการทดลองทั้งหมดสองครั้ง โดยครั้งแรกจะไม่มีเบาะลม ครั้งที่สองจะมีเบาะลม และทำการบันทึกค่าความต้านทานของเซนเซอร์ที่เปลี่ยนแปลงไปทั้งสองครั้ง

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองใช้เบาะลมในการลดแรงกด

มี/ไม่มีเบาะลม	ค่า analogRead ของเซนเซอร์ FSR			ค่า analogRead เฉลี่ยของเซนเซอร์ FSR
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ไม่มีเบาะลม	141	138	139	139
มีเบาะลม	0	0	0	0

จากการทดสอบโดยใช้เบาะลมเพื่อลดแรงกดทับ โดยจะเป็นการทดลองทั้งหมดสองครั้ง โดยครั้งแรกจะไม่มีเบาะลม ครั้งที่สองจะมีเบาะลม จะเห็นได้ว่าเมื่อไม่มีเบาะลมจะมีแรงกดทับเซนเซอร์ และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 139 แต่เมื่อมีการติดตั้งเบาะลม จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการใช้เบาะลมสามารถใช้ในการลดแรงกดทับที่เกิดขึ้นได้

4.1.3 การทดลองระบบปั๊มลม

เมื่อทำการทดสอบจะวางน้ำหนักลงบนเซนเซอร์ เซนเซอร์ FSR ที่มีการรับน้ำหนักตั้งแต่ 2 กิโลกรัม, 4 กิโลกรัม, 6 กิโลกรัม และ 8 กิโลกรัม จากการทดลองเมื่อเซนเซอร์ได้รับน้ำหนักตั้งแต่ 2 – 6 กิโลกรัม ปั๊มลมจะยังไม่มีการทำงาน และเมื่อได้รับน้ำหนัก 8 กิโลกรัม ปั๊มลมจะมีการทำงาน นั่นคือเมื่อ 8 กิโลกรัม จะเป็นน้ำหนักที่เกินค่าน้ำหนักสูงสุดที่ตั้งไว้ จึงมีการทำงานของปั๊มลม เพื่อลดน้ำหนักที่มากจนเกินไป และเมื่อน้ำหนักลดลงต่ำกว่าค่าน้ำหนักสูงสุดที่ตั้งไว้ การทำงานของปั๊มลมก็จะหยุดทำงาน

4.1.4 ผลการสั่งการด้วยเครือข่ายไร้สาย

การทดสอบจะทำการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายให้กับบอร์ด Arduino และคอมพิวเตอร์ โดยเครือข่ายไร้สายที่ใช้จะต้องเป็นเครือข่ายเดียวกัน โดยเมื่อเชื่อมต่อแล้วก็จะทำการเข้าเว็บไซต์ด้วยเลขไอพีจากบอร์ด Arduino และทำการสั่งการปั๊มลม เมื่อมีการสั่งการให้ปั๊มลมทำงานด้วยเว็บไซต์ผ่านเครือข่ายไร้สาย พบว่าปั๊มลมมีการทำงาน และเมื่อมีการสั่งการให้ปั๊มลมหยุดการทำงานด้วยเว็บไซต์

ผ่านเครือข่ายไร้สาย พบว่าป้ล้มหยุดการทำงาน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการส่งการด้วยเว็บไซต์ผ่านเครือข่ายไร้สายสามารถทำงานได้

4.1.5 ผลการทดสอบเครื่องวัดแรงกดผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาะรองนั่ง

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบแรงกดของเซนเซอร์จากการนั่งของผู้ทดสอบคนที่ 1 ผู้ทดสอบเป็นเพศหญิงอายุ 21 ปี มีน้ำหนัก 50.8 กิโลกรัม

ผู้ทดสอบ	ตำแหน่ง	ลำดับการนั่ง					ค่าเฉลี่ย
		ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้ง	
		1	2	3	4	5	
คนที่ 1	1	535	519	520	564	500	527.60
	2	468	434	282	423	461	413.60
	3	551	532	604	482	520	448.67
	4	647	438	484	448	497	419.67
	5	487	391	430	350	420	347.17
	6	713	637	637	401	591	497.50
	7	365	482	448	363	434	349.83
	8	447	506	518	447	490	402.67
	9	30	20	23	22	16	20.00
	10	34	28	31	18	18	23.17

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบแรงกดของเซนเซอร์จากการนั่งของผู้ทดสอบคนที่ 2 ผู้ทดสอบเป็นเพศชายอายุ 21 ปี มีน้ำหนัก 53 กิโลกรัม

ผู้ทดสอบ	ตำแหน่ง	ลำดับการนั่ง					ค่าเฉลี่ย
		ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้ง	
		1	2	3	4	5	
คนที่ 2	1	530	394	446	396	472	373.17
	2	336	585	606	493	390	402.00
	3	575	74	92	29	188	160.17
	4	669	454	456	422	479	414.00
	5	516	366	344	319	388	323.00
	6	671	631	639	634	650	538.50
	7	484	499	474	460	530	409.00
	8	491	493	528	476	534	421.67
	9	28	22	11	34	27	21.83
	10	34	20	16	60	38	29.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบแรงกดของเซนเซอร์จากการนั่งของผู้ทดสอบ คนที่ 3 ผู้ทดสอบเป็นเพศหญิงอายุ 21 ปี มีน้ำหนัก 48.3 กิโลกรัม

ผู้ทดสอบ	ตำแหน่ง	ลำดับการนั่ง					ค่าเฉลี่ย
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
คนที่ 3	1	546	319	432	396	288	330.33
	2	438	396	359	222	13	238.33
	3	512	503	529	538	471	426.00
	4	349	541	519	499	530	407.00
	5	573	445	384	388	391	364.33
	6	689	542	524	464	529	459.00
	7	396	572	507	548	492	420.33
	8	547	596	571	593	543	476.33
	9	40	30	22	20	25	24.33
	10	47	36	26	24	31	29.00

ตารางที่ 4.6 สรุปผลการทดสอบแรงกดของเซนเซอร์จากการนั่งของผู้ทดสอบทั้ง 3 คน

ตำแหน่งของเซนเซอร์	ผู้ทดสอบ			ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
1	527.60	373.17	330.33	308.03
2	413.60	402.00	238.33	263.98
3	448.67	160.17	426.00	259.46
4	419.67	414.00	407.00	311.17
5	347.17	323.00	364.33	259.88
6	497.50	538.50	459.00	375.25
7	349.83	409.00	420.33	296.54
8	402.67	421.67	476.33	327.17
9	20.00	21.83	24.33	18.79
10	23.17	29.67	29.00	22.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดสอบผลการทดสอบเครื่องวัดแรงกดผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาสรองนั่ง ผลการทดสอบแรงกดของเซนเซอร์จากการนั่งของผู้ทดสอบคนที่ 1 ผู้ทดสอบมีเป็นเพศหญิงอายุ 21 ปี มีน้ำหนัก 50.8 กิโลกรัม ได้ค่าเฉลี่ยของบริเวณตำแหน่งที่เซนเซอร์ได้รับแรงกดสูงที่สุด อันดับที่ 1 คือ ตำแหน่งที่ 1 และอันดับรองลงมาคือ ตำแหน่งที่ 6 , 3 , 4 , 2 , 8 , 7 , 5 , 10 และ 9 ตามลำดับ

จากผลการทดสอบผลการทดสอบเครื่องวัดแรงกดผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาสรองนั่ง ผลการทดสอบ แรงกดของเซนเซอร์จากการนั่งของผู้ทดสอบคนที่ 2 ผู้ทดสอบมีเป็นเพศชายอายุ 21 ปี มีน้ำหนัก 53 กิโลกรัม ได้ ค่าเฉลี่ยของบริเวณตำแหน่งที่เซนเซอร์ได้รับแรงกดสูงที่สุด อันดับที่ 1 คือ ตำแหน่งที่ 6 และอันดับรองลงมาคือ ตำแหน่งที่ 8 , 4 , 7 , 2 , 1 , 5 , 3 , 10 และ 9 ตามลำดับ

จากผลการทดสอบผลการทดสอบเครื่องวัดแรงกดผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาสรองนั่ง ผลการทดสอบ แรงกดของเซนเซอร์จากการนั่งของผู้ทดสอบคนที่ 3 ทดสอบมีเป็นเพศชายอายุ 21 ปี มีน้ำหนัก 48.3 กิโลกรัม ได้ ค่าเฉลี่ยของบริเวณตำแหน่งที่เซนเซอร์ได้รับแรงกดสูงที่สุด อันดับที่ 1 คือ ตำแหน่งที่ 8 และอันดับรองลงมาคือ ตำแหน่งที่ 6 , 3 , 7 , 4 , 5 , 1 , 2 , 10 และ 9 ตามลำดับ

จากผลการทดสอบผลการทดสอบเครื่องวัดแรงกดผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาสรองนั่ง ผลการทดสอบ แรงกดของเซนเซอร์จากการนั่งของผู้ทดสอบทั้ง 3 คน ผู้ทดสอบทั้งหมดมีน้ำหนักเฉลี่ย 50.7 กิโลกรัม ได้ค่าเฉลี่ย ของบริเวณตำแหน่งที่เซนเซอร์ได้รับแรงกดสูงที่สุด อันดับที่ 1 คือ ตำแหน่งที่ 6 และอันดับรองลงมาคือ ตำแหน่งที่ 8 , 4 , 1 , 7 , 2 , 5 , 3 , 10 และ 9 ตามลำดับ

บทที่ 5

อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะในการพัฒนา

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการสร้างอุปกรณ์วัดแรงกดทับผ่านเครือข่ายไร้สายสำหรับเบาะรองนั่ง อุปกรณ์นี้สามารถทำงานได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยเมื่อมีน้ำหนักมากตกลงบนแผ่นเซนเซอร์ แผ่นเซนเซอร์จะสามารถวัดแรงกดได้ตามตำแหน่งที่เกิดมีแรงมากได้ หากแรงกดทับมีน้ำหนักที่มากจนเกินไปจะส่งผลให้มีลมไปเติมเข้าไปในเบาะลม จนบริเวณนั้นได้รับแรงกดที่น้อยลง และสามารถป้องกันการเกิดแผลกดทับได้

5.2 ข้อจำกัด

1. เซนเซอร์ FSR สามารถใช้วัดแรงกดได้เฉพาะจุดบนพื้นผิวเซนเซอร์เท่านั้น ไม่สามารถวัดตำแหน่งนอกเหนือจากบริเวณของแผ่นเซนเซอร์ได้
2. เครื่องวัดแรงกดสามารถทำงานได้แค่ 6 – 8 ชั่วโมงเท่านั้น เนื่องจากแบตเตอรี่ที่จ่ายให้กับระบบอาจหมดได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. พัฒนาเป็นระบบ IoT โดยทำการส่งการเบาะลมด้วยเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชันผ่านเครือข่ายไร้สาย
2. พัฒนาชิ้นงานที่สามารถตรวจจับแรงกดได้ละเอียดมากขึ้น
3. พัฒนาชิ้นงานให้มีความคงทนต่อการใช้งานมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] จาตุรนต์ ทองปากพั่ง, “การออกแบบวงจรเชื่อมต่อสำหรับเซนเซอร์แบบความต้านทาน”, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2559.
- [2] พบแพทย์ (2017). “ความหมาย ผลกตทัต”. สืบค้นเมื่อ 7 ธันวาคม 2564 <https://www.pobpad.com/>
- [3] A. Alvin Barlian, Woo-Tae Park, Joseph R. Mallon Jr, Ali J. Rastegar, and Beth L. Pruitt, “Semiconductor Piezoresistance for Microsystems”, IEEE Inst Electr Electron Eng., 2009, vol.97, pp.513–552.
- [4] FA402 FORCE SENSING RESISTOR (2021). สืบค้นเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2565 <https://www.fsrtek.com/standard-sensor/fa402-force-sensing-resistor>
- [5] Instructables (2019). “Pressure sensor”. สืบค้นเมื่อ 7 ธันวาคม 2564 <https://www.instructables.com/O-mat/>
- [6] Jeremy Behreandt. “Color Gradients in Processing (2017)”. สืบค้นเมื่อ 7 ธันวาคม 2564 <https://behreajj.medium.com/color-gradients-in-processing-v-2-0-e5c0b87cdfd2>
- [7] Manuals+, FSR Force Sensing Resistor Integration Guide and Evaluation Parts Catalog, Retrieved April 9, 2022, from [h https://manuals.plus/th/fsr/fsr-force-sensing-resistor-integration-guide-and-evaluation-parts-catalog?expand_article=1](https://manuals.plus/th/fsr/fsr-force-sensing-resistor-integration-guide-and-evaluation-parts-catalog?expand_article=1)
- [8] Mega 2560 R3+Wifi ESP8266 Development (2017). สืบค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2565 <https://hubtronics.in/mega-plus-Wifi>
- [9] MODERN MANUFACTURING (2019). “4 เซนเซอร์ตรวจวัดแรงที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม”. สืบค้นเมื่อ 7 ธันวาคม 2564 <https://www.mmthailand.com/4-force-sensor/>
- [10] US National Library of Medicine National Institutes of Health (2020). “The Incidence of Pressure Ulcers ผลกระทบของผลกตทัต”. สืบค้นเมื่อ 7 ธันวาคม 2564 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7716611>



ภาคผนวก ก

บทความวิจัยที่ได้เผยแพร่และตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทความวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่และตีพิมพ์ในวารสารวิชาการและการประชุมวิชาการระดับนานาชาติในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีรายละเอียดดังนี้

- [1] S. Tammaruckwattana, C. Hewchaiyapum, N. Seangsuwan, P. Techahongsa and N. Tammarugwattana, “Pressure measurement device via a wireless network for the seat cushion”, ICCAS 2022, Nov. 27~Dec. 01, 2022, 1469



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ICCAS 2022

2022 22nd International Conference on Control, Automation and Systems

» PROCEEDINGS

November 27(SUN) ~ December 01(THU), 2022
BEXCO, Busan, Korea

IEEE Catalog number: CFP2210D-USB
 ISBN: 978-89-93215-25-0
 ISSN: 2093-7121

<https://2022.iccas.org>

- Welcome Message
- Conference Organization
- Table of Contents
- Author Index
- E-proceeding Search
- Sponsors
- Exit

Copyright © 2022 Institute of Control, Robotics and Systems (ICROS)
 Tel: +82-2-6949-5801 / Fax: +82-2-6949-5807 / E-mail: conference@icros.org

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pressure measurement device via a wireless network for the seat cushion

S. Tamaruckwattana¹, C. Hewchaiyapum², N. Seangsuwan³, P. Techahongsa⁴ and N. Tamarugwattana^{5*}

¹ School of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Bangkok, 10520, Thailand (sirichai.ta@kmit.ac.th)

² School of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Bangkok, 10520, Thailand (62601183@kmit.ac.th)

³ School of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Bangkok, 10520, Thailand (62601255@kmit.ac.th)

⁴ School of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Bangkok, 10520, Thailand (61010819@kmit.ac.th)

⁵ School of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Bangkok, 10520, Thailand (narin.ta@kmit.ac.th) * Corresponding author

Abstract: This paper presents wireless pressure measuring devices for the seat cushion consisting of an air cushion which reduces the chances of developing a pressure ulcer. A force sensor resistor (FSR sensor) is placed in the position where pressure is most likely to occur. FSR sensor is put under air cushions to help distribute the pressure and reduce the damage which may happen to the sensor. The pressure is applied to the sensors, they will send the data to the microcontroller (Arduino MEGA 2560) and then transmit data via Bluetooth to LabVIEW for display on the monitor screen with the measured pressure range which is divided into different colors. If the pressure is continuously applied for a period of 30 minutes, there will be a notification via the LED light to allow the user to change their sitting positions to reduce the likelihood of pressure ulcers.

Keywords: FSR Sensor, Pressure ulcers, Pressure Sensor

1. INTRODUCTION

From the disability survey in 2017-2020 by the statistical office in Thailand obtain by asking people of all age groups in a sample of 109,000 households, it was found that there were 3.7 million people with disabilities, or 5.5%, of which the percentage of the population in 2017 had different by demographic characteristics. It was found that the percentage of women with disabilities was slightly higher than that of men, at 5.7% and 5.2 of the population of each gender, respectively. The elderly group (60 years and over) has 20.6% of the elderly population that has disabilities which is higher than other ages around 0.4 - 3.0 percent of the population each age. Elderly people usually have health problems that come from increasing age. Therefore, it is also counted as being a disabled person. Nowadays, many people cannot move on their own and use wheelchairs prone to pressure ulcers.

Pressure ulcers are caused by the destruction of the skin or subcutaneous tissue from being crushed by pressure come from body weight for a long time [1], including the body position when sitting that causes the tuberosity to rub with the muscles or may be caused by pressure and slipping which cause wounds or torn skin. For those in wheelchairs, pressure ulcers can often be

found in the back and shoulder area, elbows, coccyx, and heels, which are the areas where tuberosity is pressed while in a wheelchair. If the elderly or a disabled person sits in a wheelchair in the same position for a long time, the likelihood of developing pressure ulcers will increase. The chance of having pressure ulcers can be reduced by changing the sitting position every 15 - 30 minutes or choosing an appropriate cushion that reduced the pressure applied to the body under the pressure of 35mmHg or less [2].

This research focuses on the design and construction of pressure measuring devices via wireless networks for mattresses. This seat can show the pressure value in each position of compression while sitting and warn of prolonged compression. The program has a monitor to observe the pressure data. Also because of the wireless network. The person who monitors the data doesn't have to be near the wheelchair user which means the person or doctor who takes care of the elderly or disabled who use a wheelchair can come in and assist in changing the sitting position when they see the pressure data is reached it danger zone to reduce the likelihood of pressure ulcers.

In [1], the pressure sore prevents bed has been researched and experimented with. There uses a pressure sensor with the mechanic bed to automatically change the

position of the patients. The downside of this research is their type of control method, which is the high online computation, so an efficient digital signal processor (DSP) is a need which is an expensive element. This paper adapts their use sensor into a wheelchair pressure sensor which less expensive component, less complex, and has a data interface with the use of LabVIEW.

Akitsugu and co. [2] proposed the body pressure sensing mattress for preventing bedsores. The idea of placing the sensor on the mattress and the air cell is the main point. Our research is focused on sensors on mattresses and putting them in a wheelchair since the patient can travel with a wheelchair, unlike a bed.

In [3], the research is about the use of an FSR sensor as a bioimpedance measurement element and use on foot to measure pressure. There also studied FSR sensors which the researchers applied to this paper.

Priyanka and co. [4] also, study pressure on the bed and the way to prevent it with pneumatic system controls. There use an Arduino board as a controller which is low cost and easy to use. This paper use also uses an Arduino

board but programs it with LabVIEW so that the user can monitor the data easily.

The [5] is the researcher's previous project. The main point is to monitor the walking process of the user. This paper adapts some of [5] code and programs to make a pressure measurement device via a wireless network for the seat cushion

2. THE PROPOSED SYSTEM

2.1 System Summary

Fig. 1 shows the system overview starting from when pressure is applied through 10 sensors, then the sensor converts the pressure data received from all 10 sensors to voltage (V) signal. The pressure value is inverse proportional to the resistance of the sensor. Then the data will transfer to the microcontroller Arduino which will calculate the result and forward it to the Wireless Module to send the signal to the computer which contains the LabVIEW program to calculate the value and display the results on the monitor screen as shown in Fig. 1.

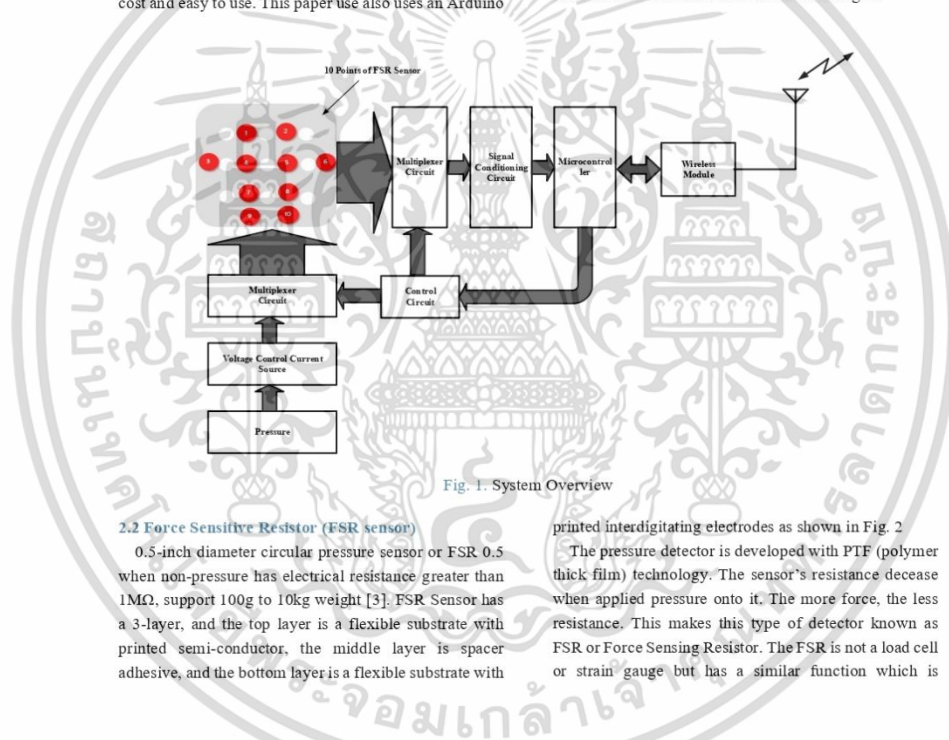


Fig. 1. System Overview

2.2 Force Sensitive Resistor (FSR sensor)

0.5-inch diameter circular pressure sensor or FSR 0.5 when non-pressure has electrical resistance greater than 1M Ω , support 100g to 10kg weight [3]. FSR Sensor has a 3-layer, and the top layer is a flexible substrate with printed semi-conductor, the middle layer is spacer adhesive, and the bottom layer is a flexible substrate with

printed interdigitating electrodes as shown in Fig. 2

The pressure detector is developed with PTF (polymer thick film) technology. The sensor's resistance decrease when applied pressure onto it. The more force, the less resistance. This makes this type of detector known as FSR or Force Sensing Resistor. The FSR is not a load cell or strain gauge but has a similar function which is

pressure sensing, but the FSR provides a tendency. Therefore, it is appropriate to detect if there is pressure on the detector or not. The FSR is not suitable for use in weighing scales area of 12.7 mm (diameter).

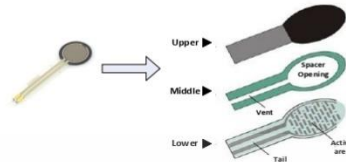


Fig. 2. Force Sensitive Resistor (FSR Sensor)

2.3 Find the pressure point

The researchers performed repeated sitting tests on a wheelchair to gather information about the position with high pressure and a high risk of pressure ulcers. From the gathered data, many important points cause pressure ulcers from sitting for a long time, as shown in Fig. 3. Due to limitations in the size of the wheelchair, the placement of the sensor has to be selected by choosing where most people apply their weight while sitting. From the analysis, 10 positions have been selected as shown in Fig. 4. Then, the researchers installed the FSR Sensor onto the air cushions [4] as shown in Fig. 5 which was used to reduce the pressure on the sensor since the sensor's maximum weight suppose is 10kg.



Fig. 3. Location of the most common pressure ulcers point



Fig. 4. Position of the sensor under the seat cushion

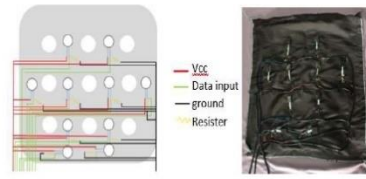


Fig. 5. Wiring route

2.4 Control system

Arduino is an Italian name that is the name of the development project AVR family of microcontrollers in an open-source format, which is exposed to both hardware and software. The Arduino board is designed to be easy to use. Therefore, it is suitable for beginners. However, users also can further modify and can continue to develop both the board and the program. The ease of the Arduino board in connecting various accessories is that users can connect electronic circuits from external and then connect to the I/O pin of the board as shown in Fig. 6.

The researchers have connected the Arduino to the additional board, the Bluetooth Serial Module (HC-05 Master/Slave mode) to send data. HC-05 is a Bluetooth module that is used to connect to various smart devices. The smart device can communicate with microcontrollers such as Arduino AVR PICs, etc. by communicating via a serial port. It can be used in both Master mode (Other connect to it) and Slave mode (It connects to another). The settings process such as device name, and password can be done via AT Command, which requires a special pin connecting to allow the module to enter setting mode, or in other way is to press and hold the button on the module.



Fig. 6. Prototype circuit

2.5 LabVIEW Program

LabVIEW is a program created for use in measurement and measurement tools for engineering. LabVIEW stands for Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench, which means a program that can create virtual measuring instruments in an engineering laboratory. Therefore, the main purpose of the function of this program is to manage measurements and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

measuring instruments effectively and the built-in program contains many measurement functions. LabVIEW is a completely GUI (Graphic User Interface) type program, meaning there is no need to write any code or instructions [5]. The language used in this program is called an image language, also known as G (Graphic Language), which replaces line programming with images or symbols. LabVIEW programs can also create variables to display the results on the monitor screen so that it can be displayed as a separate graph for each pressure point according to all 10 pressure point that has been installed as shown in Fig. 7.

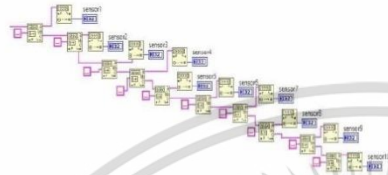


Fig. 7. Creating variables in LabVIEW to store data from the microcontroller.

In addition, the researchers have divided the display on the screen into gradient colors based on the strength of pressure data in 10 pressure points from Arduino that have been processed according to the system. The output value is 0-1024 through the Bluetooth Wireless system to the LabVIEW program. It is displayed as 10 points in the program called Boolean, as shown in Fig. 8. According to the pressure scale, 0-30 is white, 31-250 is green, 251-480 is blue, 481-580 is yellow, 581-680 is orange, and 681 onwards is red, as shown in Fig. 9.

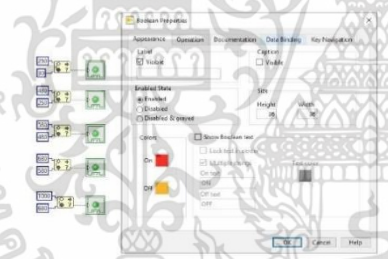


Fig. 8. Assigning colors to Booleans in the range of 680-1000.



Fig. 9. The display color range on the monitor

4. EXPERIMENTAL RESULT

From the invention of the pressure detector device which receives data from FSR Sensor, then sent to Arduino and transmitted data via Bluetooth Wireless to the computer which contains LabVIEW program as shown in Fig. 10. Pressure can be detected at all 10 points. The sensor can withstand the weight and can detect when pressure is applied at each point and show the position of the pressure of high and low pressure by dividing the display of the pressure weight range into 6 color ranges. It was found that the sensor can show the compression well and there is an LED notification when the pressure occurs for a long time. The air cushion used is durable as well. The Bluetooth system also worked very well in sending values from the sensor to a computer for display on the monitor screen and the said system was installed in the wheelchair as shown in Fig. 11.

The researchers test the experimental system with real patients for a long period and the data to the doctor for further consideration after the actual test. The system can provide alerts signal to better prevent pressure ulcers in people with disabilities and the elderly. The system is effective also depending on the user's body weight.



Fig. 10. Working diagram of a wireless pressure gauge for a seat cushion.



Fig. 11. Experimental system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. CONCLUSION

This paper presents a method to prevent pressure ulcers for the elderly or people with disabilities who sit in a wheelchair by using force sensors to detect the pressure.

The experimental system can display the pressure in the position of the potential for compression while sitting and warn of the occurrence of prolonged compression. This will enable people caring for the elderly or the handicapped to come in and assist in changing the sitting position of the elderly or handicapped to reduce the likelihood of pressure ulcers and can also collect data for further analysis by specialized doctors.

REFERENCES

- [1] A. Ezzet, A. El-shenawy and E. El-Din Zakzouk "A New Approach for Pressure Sore Prevention," *2018 28th International Conference on Computer Theory and Applications (ICCTA)*, 2018.
- [2] A. Misaki, K. Imanishi, S. Takasugi, M. Wada, S. Fukagawa and M. Furue, "Body Pressure Sensing Mattress for Bedsore Prevention," *SEI TECHNICAL REVIEW*, no. 78, pp. 95-99, 2014.
- [3] I. Morales, R. González-Landaeta and F. Simini, "Pressure sensors used as bioimpedance plantar," *2021 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)*, 2021.
- [4] P. Nair, S. Mathur, R. Bhandare and G. Narayanan, "Bed sore Prevention using Pneumatic controls," *2020 IEEE International Conference on Electronics, Computing and Communication Technologies (CONECCT)*, 2020.
- [5] N. Seangsuwan and S. Tammaruckwattana, "Wireless Pressure Measurement Prototype for the Elderly," *2020 6th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST)*, 2020.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

Round Force Sensitive Resistor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Membrane Force Sensor

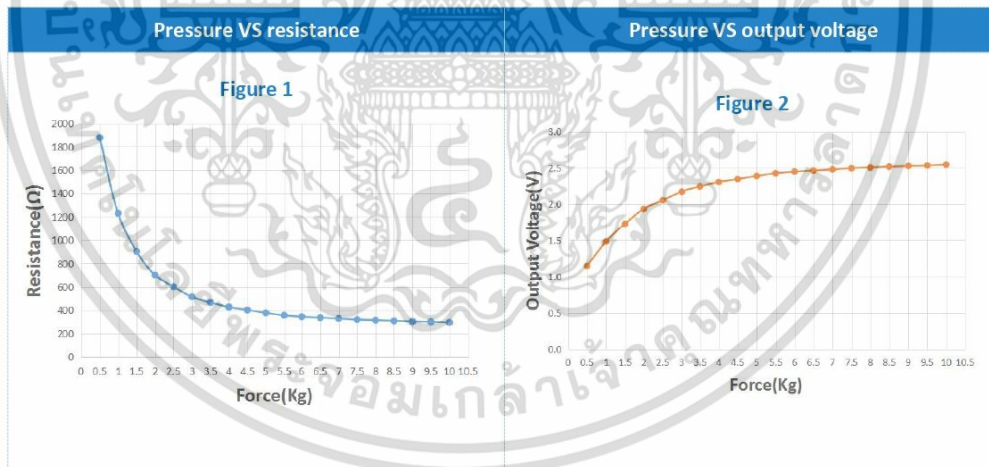
Description :

Flexible pressure sensor (also called FSR) is an ultra-thin (thickness usually around 0.3mm), high-sensitivity resistive pressure sensor. When pressure is applied to the sensing area, the resistance of the sensor changes. The greater the pressure, the lower the resistance. At the same time it will cause the output voltage to change, the greater the pressure, the greater the output voltage. This type of sensor is mainly used to measure the pressure change trend and the pressure distribution in a region (pressure map). There are many applications for this pressure sensor, such as robotic grip sensing, human and animal gait measurement, wheelchair sitting measurement, electronic musical instruments, smart boxing gloves, pressure measurement insoles and more. However, because the pressure detection is not very accurate, it is not recommended to use the situation where the accurate pressure detection is required.

Features and Benefits :

- Actuation force as low as 50g and sensitivity range to 10KG
 - Cost effective
 - Ultra thin
 - Long life, more than 2 million times work life
 - Simple and easy to integrate
- **Model:** FA402
 - **Type:** Single point force sensor
 - **Use:** To measure continuously changing force, or use several sensors to measure pressure distribution at different locations

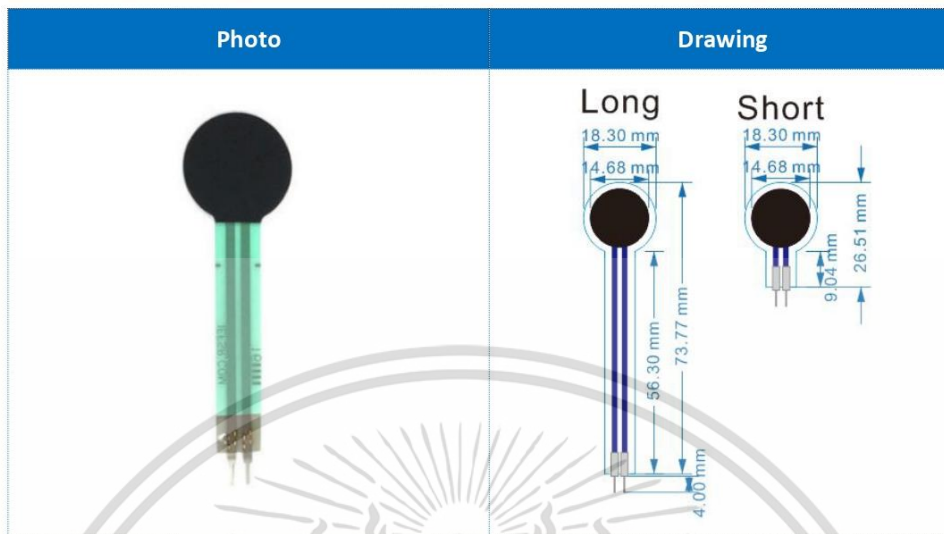
Performance:



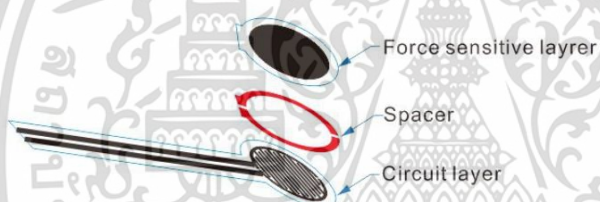
รูปที่ ข.1 รายละเอียดของ Round Force Sensitive Resistor 0.5”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Size:



Structure:



Connector Information



รูปที่ ข.2 โครงสร้างของ Round Force Sensitive Resistor 0.5”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specification:

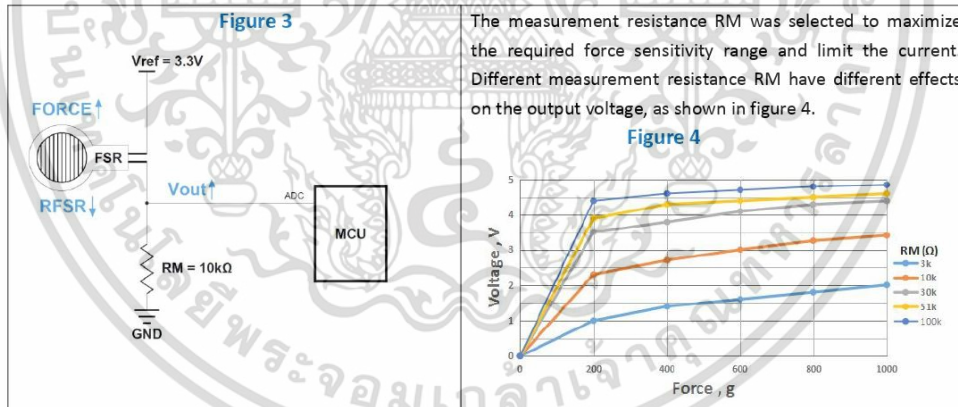
Item	Data
Sensing Area	Diameter 14.68mm
Force measure range	100g ~ 10KG
Thickness	≤0.3mm
Force repeatable (single part)	±2.5%, 8KG applied,10 times
Force repeatable (part to part)	±20%
Hysteresis	10% average
Drift	5%,10KG 24hours,logarithmic 10 time
Off resistance	>2MΩ
Force resolution	Continuous
Response time	<1 ms
Operating temperature	-30℃~60℃
Life time	> 2 million
Connector	Female 2.54mm / Male Pin 2.54mm /ZIF 1.0mm,2.54mm

Integration and usage methods:

According to the characteristic that FSR resistance value is inversely proportional to the pressure applied on its surface, a basic circuit connection diagram is provided in figure 3 (the selection of Vref and RM values in the figure is a reference value, which can be adjusted by the user according to the actual situation).We put FSR and shunt resistor RM in series in the circuit, apply Vref reference voltage at both ends of the circuit, connect the ADC pin of MCU between FSR and RM, and use the ADC function of MCU to detect the Vout voltage value.

The calculation formula of the output voltage is as follows:

$$RFSR = \frac{RM}{Vout} (Vref - Vout)$$



If you have any questions about FSR, please feel free to contact our engineer .

Email: thomson@flexkys.com

Nanjing Momao Electronic Technology Co.,Ltd

Add: Room 207,Building 3,Tongxinyuan technology innovation center,

No.402, Yinfu street,Jiangning District,Nanjing,China

Tel : +86 25-52104047 Ex 808 Fax:+86 25-52104047 Ex 800 ;

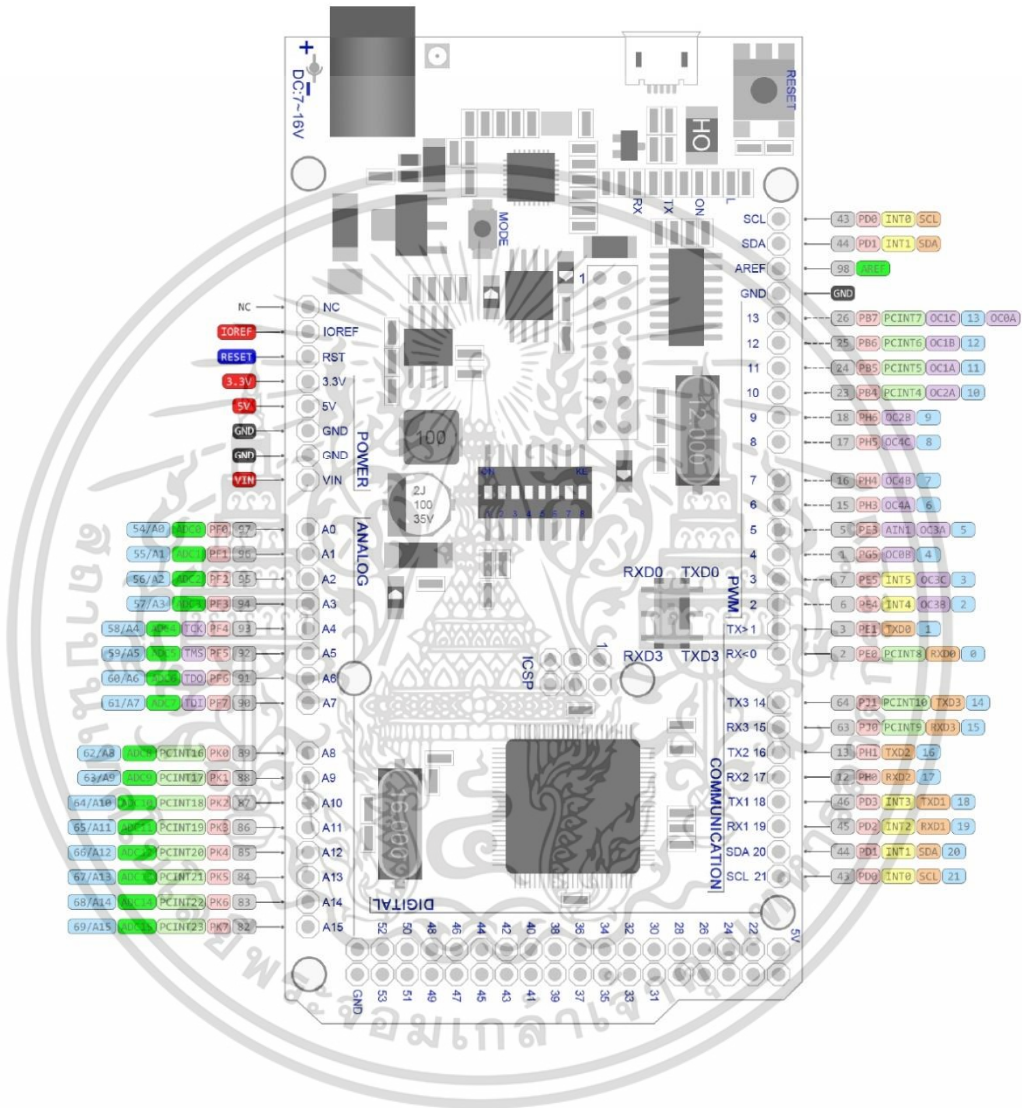
รูปที่ ข.3 คุณสมบัติทั่วไปของ Round Force Sensitive Resistor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MEGA+WiFi R3 ATmega2560+ESP8266,
flash 32MB, USB-TTL CH340G, Micro-USB

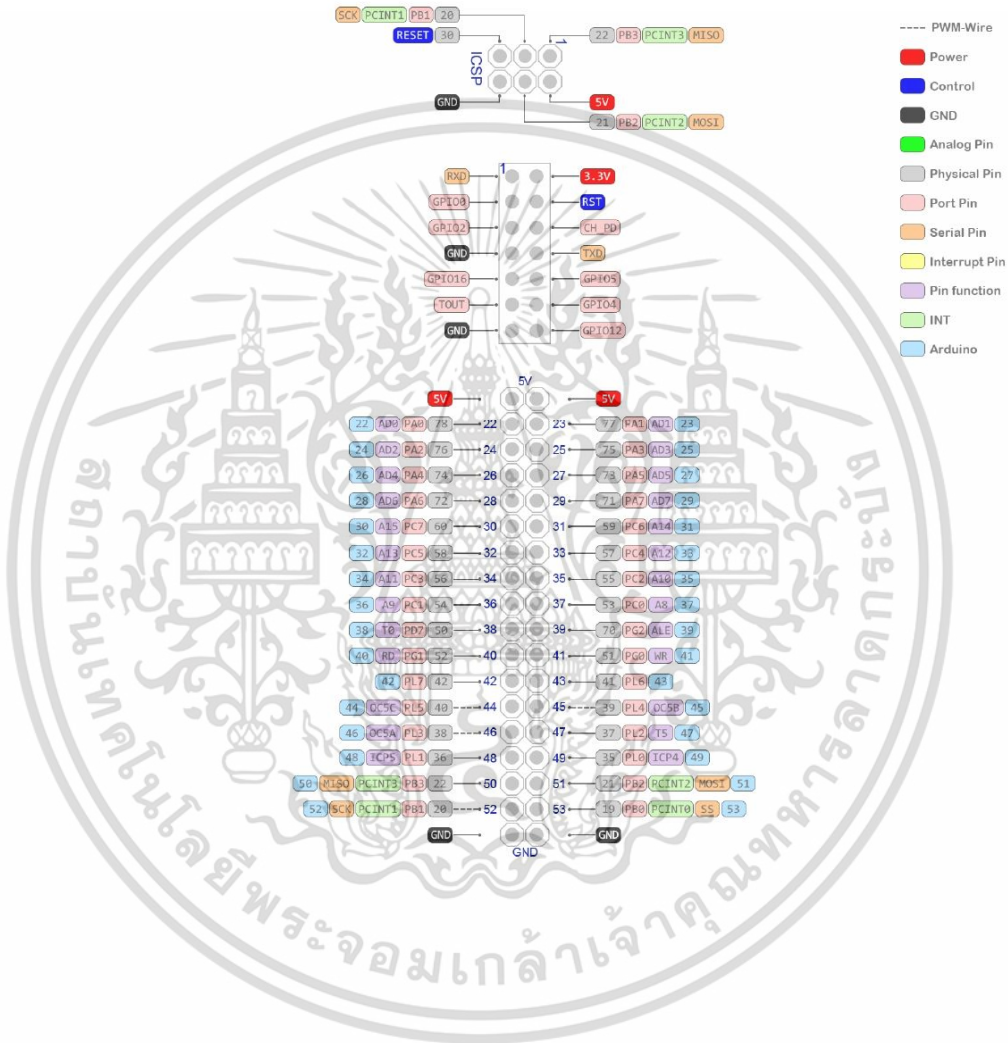


รูปที่ ค.1 คุณสมบัติของ Arduino mega 2560 Wifi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RobotDyn®
www.robotdyn.com
PINOUT DIAGRAM

MEGA+WiFi R3 ATmega2560+ESP8266,
flash 32MB, USB-TTL CH340G, Micro-USB



RobotDyn®
28 Jul 2017

รูปที่ ค.2 คุณสมบัติของ Arduino mega 2560 Wifi (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล นาย ชาญชัย เหวชัยภูมิ
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 19 ตุลาคม 2535
 ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน ปีการศึกษา 2557 และในปีการศึกษา 2562 ได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้