เครื่องบันทึกปริมาณปัสสาวะอัตโนมัติ
URINE MONITOR AND RECORDER

สุรศักดิ์ คำวงศ์
Surasak Kumvong
เสาวลักษณ์ งามบุญชื่น
Saowaluck Ngambunchuen
อนุพงศ์ ธาลาทึก
Anupong Thalaikum

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2556

เครื่องบันทึกปริมาณปัสสาวะอัตโนมัติ

URINE MONITOR AND RECORDER

สุรศักดิ์ คำวงศ์
Surasak Kumvong

เสาวลักษณ์ งามบุญชื่น
Saowaluck Ngambunchuen

อนุพงศ์ ถาลายคำ
Anupong Thalaikum

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องบันทึกปริมาณปัสสาวะอัตโนมัติ

URINE MONITOR AND RECORDER

โดย

สุรศักดิ์ คำวงศ์

เสาวลักษณ์ งามบุญชื่น

อนุพงศ์ ถาลายคำ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.กิติพล ชิตสกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องบันทึกปริมาณปัสสาวะอัตโนมัติ
URINE MONITOR AND RECORDER

ผู้จัดทำ	นายสุรศักดิ์	คำวงศ์	รหัสประจำตัว 53011784
	นางสาวเสาวลักษณ์	งามบุญชื่น	รหัสประจำตัว 53011807
	นายอนุพงศ์	ถาลายคำ	รหัสประจำตัว 53011843

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิติพล ชิตสกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Urine monitor and recorder
Student	Mr. Surasak Kumvong Student ID 53011784
	Miss. Saowaluck Ngambunchuen Student ID 53011807
	Mr. Anupong Thalaikum Student ID 53011843
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Electronics Engineering
Year	2012
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Kitiphol Chitsakul

ABSTRACT

After operation, urine collecting in patient is needed for mornitoring the function of the kidney. It is difficult to ask the patient for time and quatity of urination.Therefore Urine Monitor and Recorder is needed of this duty. The principle of the device is presented in this report that was based on from weight of the urine in a standard collecting bag. The weight scale transducer was developed and interfaced to a microcontroller board. In this semester MATLAB has been used as programming languge for monitoring the urinating process.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์อย่างสูงจาก ผศ.ดร.กิติพล ชิตสกุล ที่ได้ให้คำปรึกษามาและคำแนะนำมาตลอดระยะเวลาที่ได้จัดทำปริญญานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณพี่ศุภกร สุวรรณ์ พี่นักศึกษาปริญญาโท ที่คอยช่วยเหลือในการหาอุปกรณ์ และให้คำแนะนำเรื่องของการเขียนโปรแกรม ตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆ

ขอขอบคุณพ่อ คุณแม่ ผู้ปกครองทุกท่านที่ให้การสนับสนุนในเรื่องต่างๆและคอยให้กำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณเพื่อนๆภาคอิเล็กทรอนิกส์ทุกคนที่คอยช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ และเป็นกำลังใจให้กันมาโดยตลอด

และสุดท้ายขอขอบคุณผู้ร่วมทำปริญญานิพนธ์นี้ที่อยู่ด้วยกันมาตลอด ช่วยกันแก้ปัญหาและช่วยกันทำจนปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุรศักดิ์ คำวงศ์
เสาวลักษณ์ งามบุญชื่น
อนุพงศ์ ถาลายคำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญแผนภูมิและตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ขั้นตอนการทำงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 ส่วนประกอบของรายงาน	3
บทที่ 2 องค์ประกอบและหลักการทำงาน	4
2.1 เซนเซอร์ความดัน	4
2.2 วงจรรักษาระดับแรงดัน	5
2.3 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	7
2.4 โปรแกรมMATLAB	8
2.5 LCD Module	10
2.6 Realtime Clock	13
2.7 Micro SD card	13
2.8 แหล่งจ่ายไฟตรง 7.5V และ 5V	14
บทที่ 3 เครื่องบันทึกปริมาณปัสสาวะ	15
3.1 เซ็นเซอร์วัดความดัน MPXV5004	15
3.2 ระบบประมวลผล	19
3.3 การออกแบบ HARDWARE	21
3.4 การออกแบบ SOFTWARE	22
บทที่ 4 การทดลอง	23
4.1 อุปกรณ์การทดลอง	23
4.2 วิธีการทดลอง	24
4.3 ผลการทดลอง	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 บทสรุป	26
5.1 สรุปผลการทดลอง	26
5.2 อภิปรายผลการทดลอง	26
5.3 แนวการพัฒนาและข้อเสนอแนะ	26
เอกสารอ้างอิง	27
ภาคผนวก	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแผนภูมิและตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของเซ็นเซอร์ FSRs รุ่น A201	17
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประมาณน้ำและแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย(ไฟฟ้า)	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่1.1 รูปผู้ป่วยหลังการผ่าตัดในโรงพยาบาล	1
รูปที่ 2.1 รูปตัวอย่าง Force Sensing Resistor รูปแบบต่างๆ	4
รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมของแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดัน	5
รูปที่ 2.3 รูปวงจรเรกกูเลเตอร์	5
รูปที่ 2.4 วงจรจ่ายไปโดยใช้ MC78XX	6
รูปที่ 2.5 บอร์ด STM32F4	7
รูปที่ 2.6 แสดงหน้าโปรแกรมของ MATLAB	8
รูปที่ 2.7 Matlab Simulink	9
รูปที่ 2.8 รูปร่างภายนอกของ LCD Module	10
รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างและขาสัญญาณต่าง ๆ ของ LCD	11
รูปที่ 2.10 หน่วยความจำ เก็บข้อมูลสำหรับแสดงผล (Display Data RAM :DDRAM)	12
รูปที่ 2.11 AMG High Precision Real Time Clock	13
รูปที่ 2.12 Micro SD card	13
รูปที่ 2.13 รูปแสดง Adapter ขนาด 5V	14
รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างภายในของเซ็นเซอร์ FSR	15
รูปที่ 3.2 ลักษณะเซ็นเซอร์ FlexiForce รุ่น A201 จาก Tekscan, Inc	16
รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและความต้านทานของเซนเซอร์	18
รูปที่ 3.4 ตัวอย่างวิธีการใช้งานเซ็นเซอร์จากบริษัทผู้ผลิต	18
รูปที่ 3.5 แสดงวงจรประมวลผลและแสดงผล	20
รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะของ Hardware	21
รูปที่ 3.7 การออกแบบซอฟแวร์ทั้งหมด	22
รูปที่ 4.1 รูปแสดงการ Calibrate ค่า	24
รูปที่ 4.2 รูปกราฟระหว่างปริมาณน้ำและแรงดันไฟฟ้า(เฉลี่ย)	25

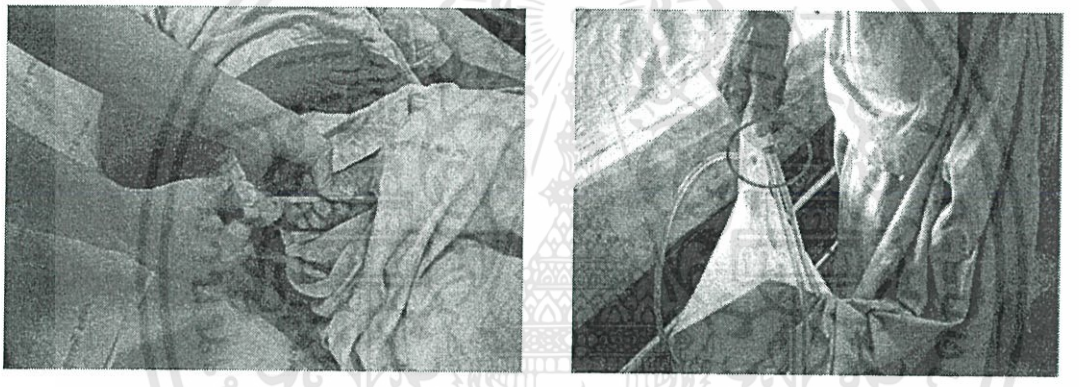
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

เนื่องจากในโรงพยาบาลมีผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดเกิดขึ้นทุกวัน ซึ่งผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดใหม่อาจมีความสามารถในการจดจำหรือควบคุมตัวเองได้ไม่ดีเท่าที่ควร จึงเป็นหน้าที่ของพยาบาลที่ต้องคอยเข้ามาดูแลคอยตรวจเช็คสภาพร่างกายเสมอ นั่นก็รวมไปถึงการคอยเก็บผลปริมาณปัสสาวะของผู้ป่วยหลังผ่าตัดด้วย เพื่อนำไปวิเคราะห์ดูการทำงานของไตหลังการผ่าตัดของผู้ป่วย แต่เนื่องด้วยผู้ป่วยอาจไม่ได้สติจดจำการฉี่ของการปัสสาวะแต่ละครั้ง ทางพยาบาลจึงได้แต่ปริมาณฉี่สุทธิเมื่อมาเปลี่ยนถุงปัสสาวะในตอนเช้า แต่ไม่ทราบถึงปริมาณฉี่แต่ละครั้ง ในแต่ละช่วงเวลา จึงยากที่จะนำไปวิเคราะห์ว่ามีการทำงานของไตที่เวลาใดมากที่สุด และมีการปัสสาวะบ่อยแค่ไหน



รูปที่1.1 รูปผู้ป่วยหลังการผ่าตัดในโรงพยาบาล

ผู้ทำการศึกษาจึงได้คิดและวิเคราะห์ว่าจะทำอย่างไรเพื่อที่จะสามารถบอกได้ว่าที่เวลาเท่านี้สามารถเก็บปริมาณปัสสาวะได้จำนวนเท่าใดโดยไม่ต้องมาคอยสอบถามผู้ป่วยว่ามีการปัสสาวะบ่อยเพียงใดและปัสสาวะในช่วงเวลาใดบ้าง

ดังนั้นเพื่อที่จะทำการพัฒนาการเรียนรู้และพัฒนาอุปกรณ์นี้ขึ้นมาผู้จัดทำต้องทำการศึกษาอุปกรณ์พื้นฐานโครงสร้างรวมถึงหลักการทำงานต่างๆโดยละเอียดเพื่อนำความรู้ที่ได้มาพัฒนาเพื่อสร้างสรรค์สิ่งที่เป็นประโยชน์ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. สามารถนำความรู้ที่ได้จากภาคทฤษฎีของวิชาต่างๆ ที่ได้ทำการศึกษามาปฏิบัติและประยุกต์ใช้เพื่อสร้างชิ้นงานขึ้นมาและสามารถนำมาใช้ได้จริง

2.ศึกษาความรู้เพิ่มเติมในเรื่องต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการทำปริญญานิพนธ์ เช่น ศึกษาการทำงานของเซนเซอร์การทำงานของโปรแกรมต่างๆ

3.ศึกษาการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมอุปกรณ์ให้ทำงานได้ตามที่เราต้องการ

4.ศึกษาความรู้ด้วยตัวเองอย่างมีประสิทธิภาพ

5.เพื่อนำความรู้ที่ได้ไปทดลองปฏิบัติงานจริง

6.เพื่อฝึกฝนทักษะการทำงานขั้นพื้นฐานในด้านอิเล็กทรอนิกส์

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. สร้างเซนเซอร์วัดแรงกด
2. ใช้ Board STM32F4 และ MATLAB ในการควบคุมการทำงาน
3. สามารถวัดปริมาณของปัสสาวะได้โดยแสดงค่าผ่านทางหน้าจอ LCD

1.4 ขั้นตอนการทำงาน

1.ทำการศึกษาหลักการทำงาน รูปแบบ และชนิดของเซนเซอร์

2.ออกแบบเครื่องวัดปริมารปัสสาวะ

3. ทำการศึกษาการเขียนโปรแกรมบนโปรแกรม MATLAB โดยใช้ร่วมกับ STM32F4

5.ทำการทดลอง และแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

6.สร้างชิ้นงานและประกอบชิ้นงานเข้าด้วยกัน และทำการทดลองว่าผลที่ได้เป็นไปตามคุณสมบัติที่ออกแบบเอาไว้หรือไม่

8.สรุปผลการทดลองและเขียนปริญญานิพนธ์

9.นำเสนอปริญญานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เรียนรู้การเขียนโปรแกรม เพื่อควบคุมวงจรและให้แสดงผลตามที่เราต้องการ
2. ได้รับความรู้เพิ่มเติมจากการปฏิบัติ หลังจากได้ศึกษาข้อมูลในภาคทฤษฎีมาแล้ว
3. สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป
4. เครื่องมือที่สร้างออกมาสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง
5.ได้รับความรู้เพิ่มเติมนอกเหนือจากหลักสูตรที่เรียน
6. รู้จักทำงานร่วมกับผู้อื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์

ปริญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รวบรวมแนวคิดของการทำงาน ทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวของ การทดลองและผลที่ได้ โดยรวมไว้เป็นบทดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมา วัตถุประสงค์ และขั้นตอนการทำงาน

บทที่ 2 กล่าวถึงองค์ประกอบและหลักการทำงาน

บทที่ 3 กล่าวถึงโครงสร้าง และการออกแบบ

บทที่ 4 กล่าวถึงการทดสอบการใช้งาน และผลการทดสอบ

บทที่ 5 กล่าวถึงบทสรุปของการทำปริญญานิพนธ์ทั้งหมดที่ทำมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

องค์ประกอบและหลักการทำงาน

เครื่องบันทึกปริมาณปัสสาวะนี้ถูกนำมาใช้ในการวัดหาปริมาณของการปัสสาวะในแต่ละครั้งว่ามีจำนวนเท่าใดจากนั้นก็จะแสดงผลออกมาเพื่อง่ายแก่การเก็บข้อมูล โดยตัวเครื่องวัดปริมาณน้ำปัสสาวะประกอบด้วยการทำงานร่วมกันของ

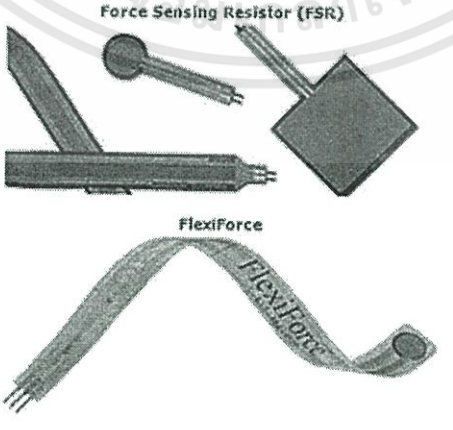
2.1 เซนเซอร์วัดแรงกด

อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณหรือปริมาณทางฟิสิกส์ต่างๆ เช่น อุณหภูมิ เสียง แสง แรงทางกล (force) ความดันบรรยากาศ(pressure) ระยะกระจัด(displacement) ความเร็ว(speed) อัตราเร่ง (acceleration) ระดับของๆเหลว(liquid level)และอัตราการไหล(flow rate) จากนั้นจะทำหน้าที่เปลี่ยนเป็นสัญญาณออกหรือปริมาณเอาต์พุตที่ได้จากการวัดในอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำไปประมวลผลต่อได้

ปัจจัยในการเลือกเซนเซอร์ใช้งานขึ้นอยู่กับปริมาณธรรมชาติของปริมาณทางฟิสิกส์ที่จะทำการวัดและควบคุมค่าเป็นสำคัญ รวมไปถึงราคา ความน่าเชื่อถือ ตลอดจนคุณภาพของข้อมูลที่ทำการวัด นอกจากนี้ยังมีปัจจัยสำคัญอื่นที่ควรพิจารณาอีก เช่น ความเหมาะสมของเซนเซอร์ที่จะนำไปใช้ในสภาพแวดล้อมนั้นๆ

Force Sensing Resistor เป็นเซ็นเซอร์วัดแรงกดประเภทหนึ่งซึ่งอาศัยหลักการของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานในกรณีที่มีแรงกดหรือแรงบีบอัดระหว่างตัวนำทั้ง 2 ด้านเกิดขึ้น ซึ่งอุปกรณ์ FSR นี้มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Force-Sensitive Resistor

Force sensitive Resistor (FSR): การตอบสนองของ FSR sensor เทียบกับโหลดแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ Resistance และ Conductance ซึ่ง Conductance มีข้อได้เปรียบตรงที่มีความเป็น Linearity มากกว่า ซึ่งค่าความต้านทานของ FSR จะเปลี่ยนแปลงไปตามแรงที่กระทำตั้งฉากกับพื้นผิวซึ่งโดยทั่วไปแล้วความต้านทานของFSRจะลดลงเมื่อload(Force)มากขึ้น



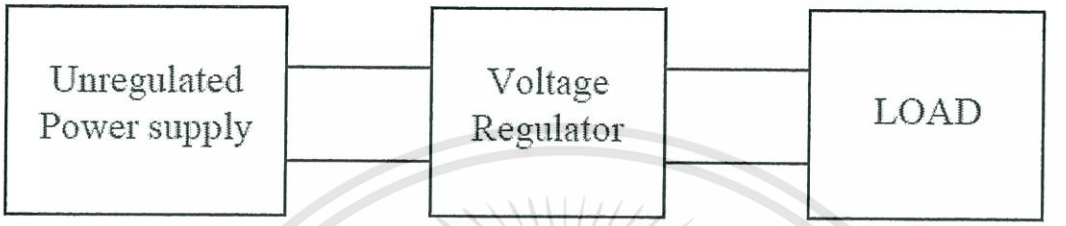
รูปที่ 2.1 รูปตัวอย่าง Force Sensing Resistor รูปแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วงจรรักษาระดับแรงดัน (Voltage Regulator Circuits)

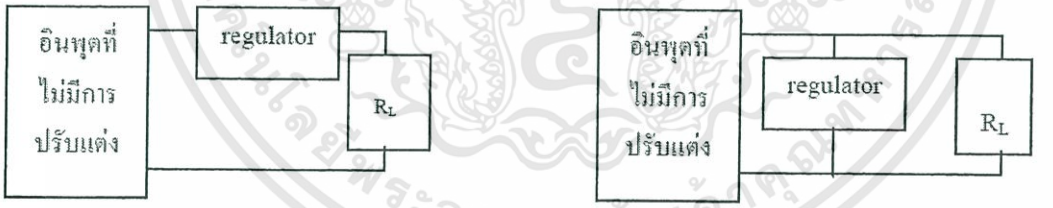
วงจรรักษาระดับแรงดันคือ วงจรที่ต่อระหว่างแหล่งจ่ายไฟตรงไม่คงค่า (Unregulator Power Supply) กับโหลด มีหน้าที่จ่ายไฟตรงให้กับโหลดและสามารถรักษาแรงดันให้คงตัวขณะที่

1. โหลดเปลี่ยน นั่นคือกระแสขาออกเปลี่ยนแปลง
2. แรงดันของแหล่งจ่ายไฟตรงไม่คงค่า เปลี่ยนแปลงทั้งนี้รวมถึงระลอกคลื่นด้วย (ripple)
3. อุณหภูมิของวงจรเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมของแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดัน

จากบล็อกไดอะแกรมจะเห็นได้ว่าสัญญาณที่ออกมาจากเอาต์พุตของวงจรกรองแรงดันคือบล็อกแรกในรูปที่2.2 ซึ่งยังไม่เรียบเท่าที่ควร ยังมีการเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ ในลักษณะคล้ายสัญญาณฟันเลื่อย เพราะว่าตัวเก็บประจุจะเก็บและคายประจุอยู่ตลอดเวลา ถ้าจะนำวงจรนี้ไปใช้งานเลยก็ได้ แต่ต้องใช้กับงานที่ไม่ต้องการความละเอียดของแหล่งจ่ายไฟมากนัก แต่ถ้าเป็นงานที่ต้องการความละเอียดของแหล่งจ่ายไฟ วงจรนี้จะใช้งานไม่ได้ หนทางที่จะนำมาแก้ไขคือ ใช้วงจรเรกกูเลเตอร์ซึ่งจะทำหน้าที่ปรับแต่งสัญญาณที่ไม่ราบเรียบอยู่นั้น ให้เรียบจนเกือบเป็นไฟ DC 100% การสร้างวงจรเรกกูเลเตอร์จะมีอยู่ 2 ลักษณะคือ การสร้างแบบอนุกรมกับโหลด และแบบขนานกับโหลดดังรูปที่ 2.3 โดยใช้ ซีเนอร์ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และไอซี



ก. แบบอนุกรมกับโหลด ข.แบบขนานกับโหลด

รูปที่ 2.3 รูปวงจรเรกกูเลเตอร์

ซึ่งในการทำการทดลองครั้งนี้ทางผู้จัดทำได้เลือกใช้วงจรเรกกูเลเตอร์โดยใช้ไอซี3ขาแบบแรงดันเอาต์พุตคงที่ โดยไอซี 3 ขา แบบแรงดันเอาต์พุตคงที่ที่นิยมใช้กันมากคือตระกูล MC78xx และตระกูล MC79xx โดยตระกูล 78xx จะใช้แรงดันแบบบวกที่คงที่ ส่วนตระกูล 79xx จะให้แรงดันแบบลบคงที่โดยที่ xx จะบอกขนาดแรงดัน ตัวอย่างเช่น MC7805 คือ ไอซีตระกูล MC78xx ที่ให้แรงดันแบบบวกคงที่ ขนาด 5 V และ MC7912 คือไอซีตระกูล MC79xx ที่ให้แรงดันแบบลบคงที่ ขนาด 12 V เป็นต้น

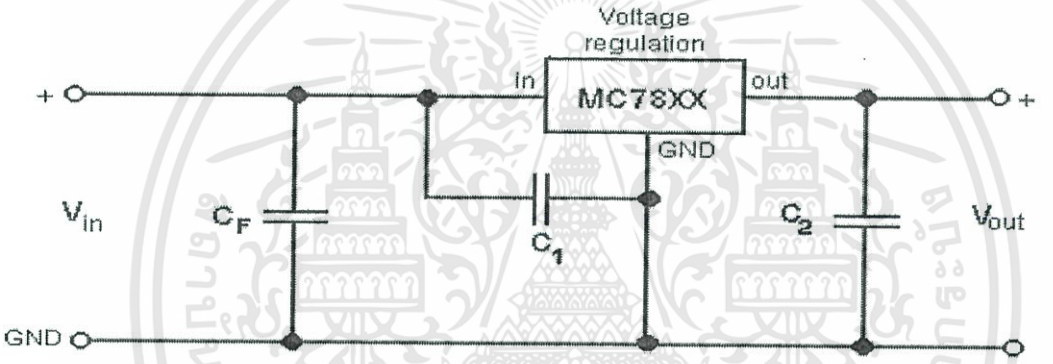
IC ตระกูล MC78xx และ MC79xx จะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกันมากจะแตกต่างกันเพียงการให้แรงดันคงที่บวกหรือลบเท่านั้น ฉะนั้นในหัวข้อนี้จะกล่าวเกี่ยวกับการออกแบบไอซี MC78xx เสียเป็นส่วนใหญ่ ส่วนถ้าต้องการออกแบบไอซีตระกูล MC79xx ก็นำหลักการจากการออกแบบ MC78xx ไปใช้ได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซีของบริษัทเนชั่นแนล ตระกูล LM140 – xx / LM340 – xx จะมีลักษณะคล้ายกับตระกูล MC78xx คือให้แรงดันแบบบวกที่คงที่เหมือนกัน ส่วนตระกูล LM120 – xx / LM320 – xx จะมีลักษณะคล้ายกับตระกูล MC79xx คือให้แรงดันแบบลบที่คงที่เหมือนกัน โดยที่ xx คือขนาดแรงดันเช่นเดียวกัน

1. วงจรเรกกูเลเตอร์พื้นฐานโดยใช้ไอซีตระกูล MC78xx และ MC79xx

ในรูปที่ 3.20 แสดงวงจรมาตรฐานของแหล่งจ่ายไฟแบบแรงดันเอาต์พุตคงที่โดยใช้ MC78xx เป็นวงจรเรกกูเลเตอร์ จะเห็นได้ว่าขา in ของ MC78xx จะต่อกับไฟบวกส่วนขา GND จะต่อกับไฟลบ 1 C ใส่ไว้เพื่อลดความเหนี่ยวนำภายในไอซี ซึ่งมักใช้ค่า 1 μF แบบแทนทาลัมหรือ 0.1 μF แบบเซรามิกส่วน 2 C มีไว้เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน ซึ่งมักใช้ค่า 1 μFแบบแทนทาลัม หรือ 0.1 μF แบบเซรามิกการป้องกันแรงดันที่ขา in และขา out ของ MC78xx จะต้องมีค่าต่างกันพอสมควรโดยดูจากค่า Vin –Vout ใน Data Sheet เช่น MC7805 ค่า in out V –V = 2 V ฉะนั้นแรงดันที่ขา in ต้องป้อนมากกว่า 7 V ขึ้นไปแต่ต้องน้อยกว่าค่า in(max) V ซึ่งจาก Data Sheet มีค่าเท่ากับ 35 V



รูปที่ 2.4 วงจรจ่ายไปโดยใช้ MC78XX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

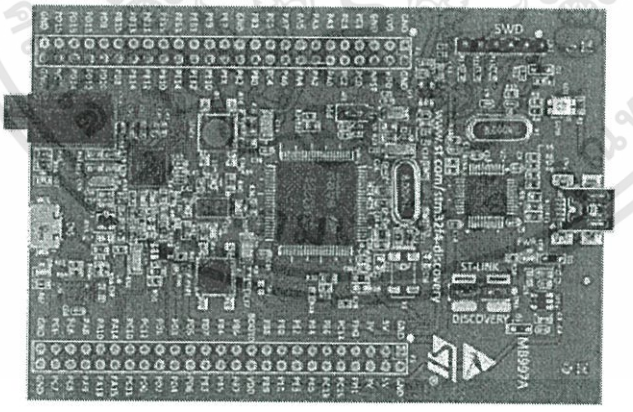
เป็นชุดพัฒนา MICROCONTROLLER ขนาด 32 BIT ของบริษัท ST ในตระกูลใหม่ STM32 ARM CORTEX-M4F โดยในบอร์ดจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ชุด ST-LINK/V2 ใช้ใน การ DOWNLOAD และ DEBUG ไปยัง MCU STM32F407VGT6 ที่อยู่ในบอร์ด ผ่านทาง PORT USB และส่วนของบอร์ดใช้งานSTM32F4 •

•ส่วนของ ST-LINK/V2 ใช้ MCU เบอร์ STM32F103 มาเป็นตัวเชื่อมต่อการทำงานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ PC ผ่านทาง USB PORT

- สามารถทำการ IN-CIRCUIT DEBUG และ PROGRAM กับตัว MCU STM32F4 ที่อยู่บนบอร์ด
- ขั้วต่อ 6 PIN SWD ต่อออกใช้งาน DEBUG และ PRGRAM ได้นอกบอร์ด

•ส่วนบอร์ดใช้งานSTM32F4

- ใช้ MCU เบอร์ STM32F407VGT6, 32 BIT ARM CORTEX-M4F 1MB FLASH, 192KB RAM,LQFP100TYPE
- ตัวบอร์ดสามารใช้ไฟ +5V จากขั้วต่อ USB หรือจาก POWER 5V ภายนอกได้ในการใช้งาน
- มีส่วน 3-AXIS ACCELEROMETER เบอร์ LIS302DL อยู่บนบอร์ด
- มีส่วน DIGITAL MICROPHONE เบอร์ MP45DT02 อยู่บนบอร์ด
- USB OTG FS พร้อมขั้วต่อ MICRO-AB
- ตัวบอร์ดทำเป็นขั้วต่อแบบ PIN HEADER ใต้ PCB 25 x 2 จำนวน 2 ชุด



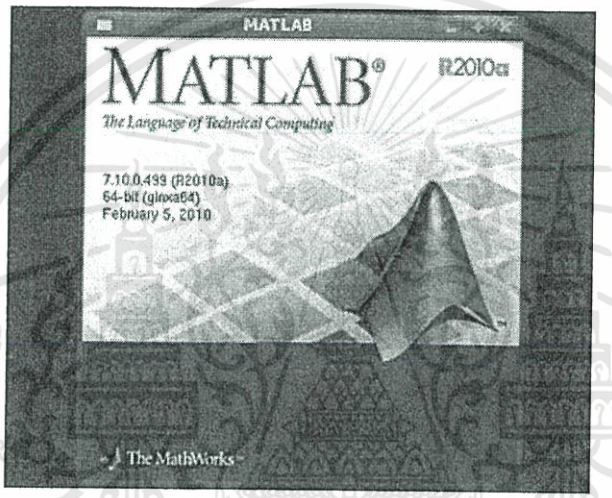
รูปที่ 2.5 บอร์ด STM32F4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โปรแกรมMATLAB

MATLAB เปนภาษาคอมพิวเตอรชั้นสูง (High-level Language) สำหรับการคำนวณทางเทคนิคที่ประกอบดวยการคำนวณเชิงตัวเลข กราฟกที่ซับซอน และการจำลองแบบเพื่อใหมองเห็นภาพพจนไดงายขึ้น ชื่อของ MATLAB ยอมาจาก matrix laboratory เดิมโปรแกรม MATLAB ไดเขียนขึ้นเพื่อใชในการคำนวณทาง matrix หรือเปน matrix software

MATLAB ไดพัฒนามาดวยการแกปญหาที่สงมาจากหลาย ๆ ผูใชเปนระยะเวลาหลายป จึงทำให โปรแกรม MATLAB มีฟงกชันตาง ๆ ใหเลือกใชมากมาย ในมหาวิทยาลัยไดใชโปรแกรม MATLAB เป็นหลักสูตรพื้นฐานในการศึกษาทางดานคณิตศาสตร วิศวกรรม และวิทยาศาสตรแขนงตาง ๆ ตลอดจนในดานอุตสาหกรรมไดใชโปรแกรม MATLAB เปนเครื่องมือสำหรับใชในการทำงานวิจัย



รูปที่2.6 แสดงหน้าโปรแกรมของ MATLAB

-โครงสร้างของโปรแกรม MATLAB ประกอบด้วย 5 ส่วนใหญ่ คือ

1.ภาษาโปรแกรม MATLAB (The MATLAB language)

MATLAB เป็นโปรแกรมภาษาชั้นสูงที่ใช้ควบคุม flow statement ฟังก์ชัน โครงสร้างข้อมูลอินพุท/เอาท์พุท และลักษณะโปรแกรม Object-Oriented Programming ทำให้การเขียนโปรแกรมไม่ยุ่งยากเมื่อเทียบกับการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาอื่นๆ เช่น C, Fortran, Basic เป็นต้น

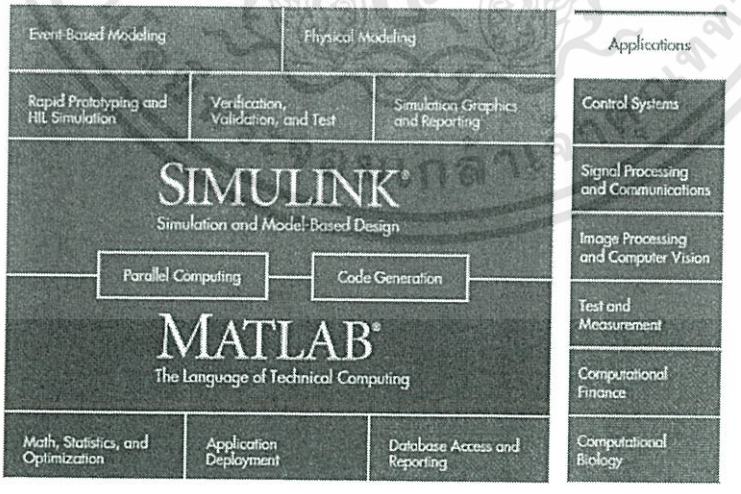
2.สถาปัตยกรรมในการทำงานของ MATLAB (The MATLAB working environment)

MATLAB จะมีกลุ่มของเครื่องมือที่เป็นประโยชน์สำหรับการทำงานของผู้ใช้โปรแกรม หรือโปรแกรมเมอร์ ประโยชน์ที่กล่าวนี้ก็คือการจัดการตัวแปรใน workspace การนำข้อมูลหรือการผ่านค่าตัวแปรเข้า/ออกและกลุ่มของเครื่องมือต่างๆ นี้ก็จะใช้สำหรับพัฒนา จัดการ ตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรม (debugging) ที่ได้เขียนขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ฟังก์ชันในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (The MATLAB mathematical function library)
MATLAB จะมีไลบรารีทั่วไปที่ใช้ในการคำนวณอย่างกว้าง เช่น sine, cosine และพีชคณิตเชิงซ้อนโดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นฟังก์ชันหรือไลบรารีเพิ่มเติมขึ้นจากไลบรารีที่ใช้กันโดยทั่วไป เช่น ฟังก์ชันในการหา eigenvalues และ eigenvectors การแยกตัวประกอบและส่วนประกอบของเมตริกซ์ด้วยวิธีต่างๆ การวิเคราะห์ข้อมูล การหาความน่าจะเป็น และการแก้ปัญหาระบบของสมการเชิงเส้นที่เป็นพื้นฐานของสาขาวิชาต่างๆ เป็นต้น ทำให้โปรแกรม MATLAB มีฟังก์ชันสำหรับใช้งานค่อนข้างมากและครอบคลุมในรายละเอียดของการคำนวณสาขาต่างๆ ได้มากขึ้น
4.Handle Graphics
ระบบกราฟิกของ MATLAB จะประกอบด้วยคำสั่งชั้นสูงสำหรับการพล็อตกราฟโดยมีพื้นฐานอยู่บนแนวความคิดที่ว่าทุกๆ สิ่งบนหน้าต่างรูปภาพของโปรแกรม MATLAB จะเป็นวัตถุ (Object) ซึ่งมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว Handle Graphics ประกอบด้วยคำสั่งชั้นสูงให้คุณได้เลือกใช้ในการสร้าง Graphic User Interface บนพื้นฐานการประยุกต์ใช้งานของคุณ นอกจากนี้โปรแกรม MATLAB ยังมีฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการแสดงภาพสองมิติ ภาพสามมิติ และการสร้างภาพเคลื่อนไหว
5.The MATLAB Application Program Interface (API)
API จะใช้เพื่อสนับสนุนการติดต่อจากภายนอกโดยใช้โปรแกรมที่เป็น mex ไฟล์ซึ่งเป็นไฟล์ซึ่งเป็นไฟล์ที่เขียนขึ้นโดยใช้ mex ฟังก์ชันใน MATLAB ซึ่งจะเรียกใช้รูทีนจากโปรแกรมภาษา C และ Fortran หรืออาจกล่าวได้ว่า API เป็นไลบรารีที่เขียนด้วยโปรแกรมภาษา C และ Fortran ที่มีการเชื่อมต่อกับโปรแกรม MATLAB ด้วยไฟล์ที่เป็น mex ฟังก์ชันอีกทั้ง MATLAB API นี้ยังมีความสามารถสำหรับการเรียก routine จาก MATLAB (dynamic linking) ก็ได้

นอกจากลักษณะเด่นของโปรแกรม MATLAB ทั้ง 5 ข้อที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้วโปรแกรม MATLAB ยังมีเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์และทดสอบระบบโดยการจำลองขึ้นมาซึ่งก็คือ Simulink



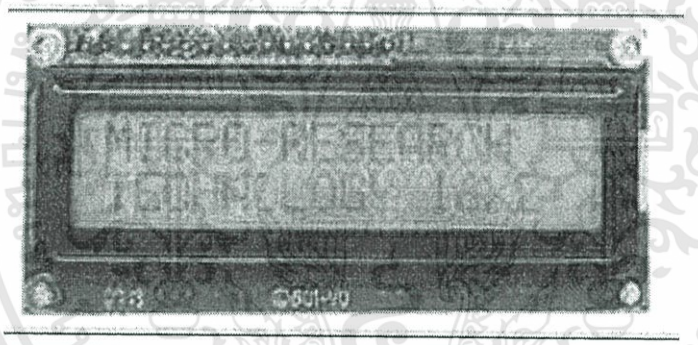
รูปที่ 2.7 Matlab Simulink

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Simulink เป็นซอฟต์แวร์ที่ทำงานอยู่บน Matlab ใช้ในการจำลองแบบทางคณิตศาสตร์ด้วยรูปภาพ สนับสนุนเครื่องมือสร้างแบบจำลอง การเลียนแบบ และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล โดยสามารถทำแบบจำลองด้วยรูปภาพได้อย่างรวดเร็วเพื่อแสดงถึงการออกแบบแนวความคิดของระบบด้วยความพยายามเพียงเล็กน้อย นั่นคือ Simulink ติดต่อกับผู้ใช้ผ่านทางรูปภาพ หรือ GUI (Graphic User Interface) ในการสร้างไดอะแกรมของแบบจำลอง นอกจากนั้น Simulink ยังประกอบด้วยไลบรารีบล็อกพื้นฐานและขั้นสูงเฉพาะสาขาวิชา ทั้งระบบเชิงเส้น(Linear System) ระบบไม่เชิงเส้น(Nonlinear System) ระบบเวลาต่อเนื่อง(Continuous-time) ระบบที่เวลาแบบแซมปิ้ง(Sample time) ระบบไฮบริด (Hybrid) Simulink สนับสนุนการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ได้ขณะที่เรากำลังเลียนแบบระบบอยู่ ทำให้เราเห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ทันที ว่าอะไร ที่ไหน อย่างไร กับแบบจำลองระบบของเรา สุดท้าย Simulink สามารถเชื่อมต่อข้อมูลกับ Matlab ได้โดยตรง ทำให้สามารถเชื่อมต่อกับซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ภายนอกได้

โดยมี Blocksets ซึ่งเป็นสิ่งที่เพิ่มเติมใน Simulink โดยจะเป็นไลบรารีของบล็อกสำหรับการประยุกต์เฉพาะ เช่น การติดต่อสื่อสาร (Communications) การประมวลผลข้อมูล (Signal processing) และระบบไฟฟ้ากำลัง (power systems) Real-time Workshop เป็นโปรแกรมที่สร้าง c code จากบล็อกไดอะแกรมของและสามารถกระทำกับบล็อกไดอะแกรมได้หลากหลายด้วยระบบเวลาจริง (real-time systems)

2.5 LCD Module



รูปที่ 2.8 รูปร่างภายนอกของ LCD Module

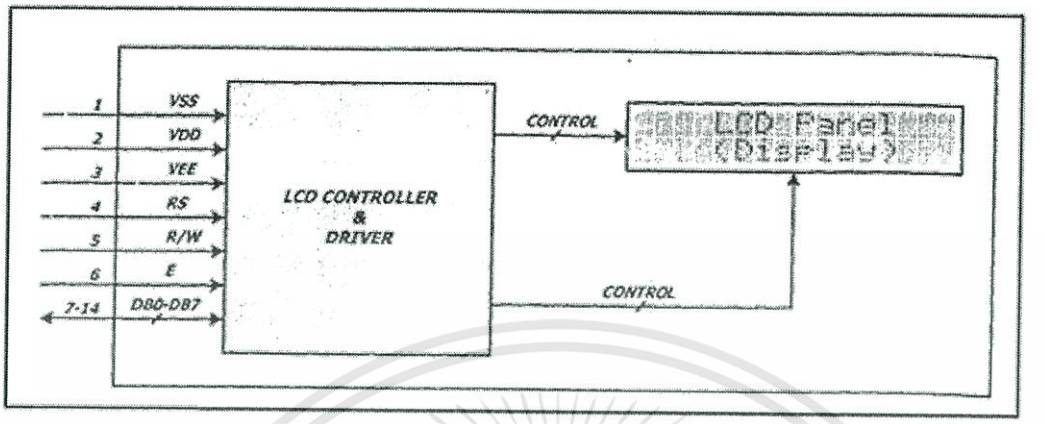
จอแสดงผลแบบ LCD ที่แสดงในรูป นั้นเป็นจอแสดงผลแบบ dot-matrix ขนาด 2x16 ตัวอักษร (2 บรรทัด บรรทัดละ 16 ตัวอักษร) ความละเอียดในแต่ละตัวอักษรเท่ากับ 5x8 ซึ่งในการทดลองนี้จะใช้จอ LCD ลักษณะดังกล่าวมาใช้อ้างอิงในการเรียนรู้และการเขียนโปรแกรมควบคุม

-โครงสร้างภายในและการจัดขาสัญญาณของ LCD Module

จอแสดงผลแบบ LCD จะมีส่วนประกอบหลักอยู่ส่วน คือส่วนแสดงผล (หน้าจอ) ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า LCD Panel และส่วนควบคุมซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า LCD Controller เมื่อทั้ง 2 ส่วนนี้มารวมกันจะเรียกว่า LCD Module สำหรับ LCD Controller จะเป็น IC ที่ถูกออกแบบมาให้ทำหน้าที่ควบคุมการแสดงผลทั้งหมดของ LCD Panel ในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการแสดงผลของ LCD Panel จะเป็นการเข้าถึง IC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LCD Controller ตัวนี้เพื่อทำการรับส่งข้อมูลกันกับ Microcontroller โดย Microcontroller จะเป็นผู้ควบคุมจังหวะการทำงานต่างๆ ทั้งหมด



รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างและขาสัญญาณต่าง ๆ ของ LCD

จากรูปที่ 2.6 จะเห็นได้ว่าสายสัญญาณที่ถูกต่อออกมาภายนอก LCD Module จะต่อเข้ากับ LCD Controller ทั้งหมด ส่วน LCD Panel ไม่ได้มีการต่อสายสัญญาณใดๆออกมาภายนอก ซึ่งนั่นก็หมายความว่าเราไม่สามารถเข้าถึง LCD Panel ได้โดยตรง ดังนั้นการควบคุมต่างๆ จะต้องกระทำผ่าน LCD Controller โดยการรับส่งข้อมูลและสัญญาณควบคุมต่างๆ ผ่านทางขาสัญญาณ

-รีจิสเตอร์และหน่วยความจำของ LCD Controller

เนื่องจากการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการแสดงผลของ LCD Panel จะกระทำผ่าน LCD Controller ในที่นี้จะใช้รายละเอียดของเบอร์ HD44780U เป็นตัวอ้างอิง ดังนั้นก่อนที่จำเริ่มต้อนการเขียนโปรแกรมควรศึกษาถึงรายละเอียดต่างๆของ LCD Controller ก่อนดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1.รีจิสเตอร์ (Register)

LCD Controller มีรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตที่สามารถเข้าถึงเพื่ออ่านและเขียนข้อมูลได้ 2 ตัว คือรีจิสเตอร์ IR และรีจิสเตอร์ DR รีจิสเตอร์ทั้ง 2 ตัวนี้มีรายละเอียดการทำงานที่แตกต่างกันออกไปดังนี้

รีจิสเตอร์ IR (Instruction Register) ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่เป็นรหัสคำสั่งเช่น การเคลียร์การแสดงผล การควบคุมการเคลื่อนที่ของ Cursor และอื่นๆ นอกจากนี้แล้วยังทำหน้าที่เป็นตัวเก็บรายละเอียดต่างๆ ของการแสดงผล ณ ขณะนั้นด้วย ยกตัวอย่างเช่นตำแหน่งของ Cursor หรือตำแหน่งของ CGRAM และ DDRAM เป็นต้น DDRAM เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ DRที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลชั่วคราวสำหรับการทำงานภายในลักษณะต่าง ข้อมูลที่ถูกเก็บในรีจิสเตอร์ตัวนี้อาจเป็นที่รอเขียนลงไปยัง CGRAM หรือ DDRAM หรืออาจจะเป็นข้อมูลที่ถูกอ่านมาจาก CGRAM หรือ DDRAM การอ่านและเขียนข้อมูลกับรีจิสเตอร์ตัวนี้จะกระทำโดย LCD

2.แฟล็กแสดงสถานะไม่ว่าง (BUSY Flag :BF)

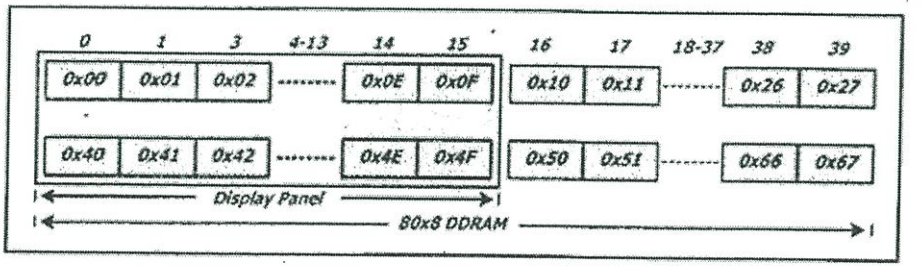
เมื่อ LCD Controller ได้รับคำสั่งมาจาก Microcontroller LCD Controller จะต้องใช้เวลาในการถอดรหัสคำสั่ง และในช่วงเวลานี้เอง LCD Controller จะทำการเซต BF (Busy flag) เพื่อแจ้งให้ Microcontroller รับรู้ว่าในตอนนี้กำลังทำการประมวลคำสั่งอยู่ ไม่สามารถรับคำสั่งต่อไปได้ ดังนั้นหาก Microcontroller ต้องการสั่งคำสั่งต่อไปมาได้ LCD Controller จะต้องทำการรอไปจนกว่า LCD Controller พร้อมรับคำสั่ง ซึ่งก็คือการรอให้ BF เคลียร์นั่นเอง สถานะของ BF สามารถตรวจสอบได้โดยการเข้าไปอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์ IR ข้อมูลที่อ่านมาจากรีจิสเตอร์ IR จะเป็นขอมูลของ BF และ AC รวมกันอยู่โดยข้อมูลของ BF จะอยู่ในตำแหน่ง บิตที่ 7 (DB7) ดังนั้นการตรวจสอบสถานะไม่ว่างของ LCD Controller จะต้องตรวจสอบที่บิต DB7

3 ตัวนับตำแหน่งหน่วยความจำ (Address Counter: AC)

Address Counter เป็นตัวเก็บตำแหน่งของหน่วยความจำ CGRAM และ DDRAM เมื่อ LCD Controller ได้รับคำสั่ง เพื่ออ่านหรือเขียนข้อมูลใน CGRAM และ DDRAM ค่าของ AC จะเพิ่มค่าขึ้นโดยอัตโนมัติเพื่อไปชี้ตำแหน่งหน่วยความจำถัดไป ดังนั้นเราสามารถทราบตำแหน่งของ Cursor หรือตำแหน่งของหน่วยความจำถัดไปที่ถูกเขียนหรืออ่าน ได้โดยการอ่านค่าจาก AC นั่นเอง

4 หน่วยความจำ เก็บข้อมูลสำหรับแสดงผล (Display Data RAM :DDRAM)

DDRAM ทำหน้าที่เก็บข้อมูลหรือรหัสสำหรับการแสดงผลไปยัง LCD Panel DDRAM สามารถเก็บตัวอักษรได้ในเวลาเดียวกันถึง 80 ตัวอักษร (ตัวอักษรหรืออักขระแต่ละตัวจะมีขนาด 8 บิต)แต่ไม่สามารถนำตัวอักษรเหล่านี้มาแสดงผลได้เพียง 32 ตัวอักษรเท่านั้น (บรรทัดบน 16 ตัวและบรรทัดล่าง 16 ตัว) ดังนั้นการแสดงผลในบรรทัดที่ 1 จะอยู่ที่ตำแหน่ง 00x00-0x0F และบรรทัดที่ 2 จะอยู่ที่ตำแหน่ง 0x40-0x4F ดังแสดงในรูปที่ 2.7

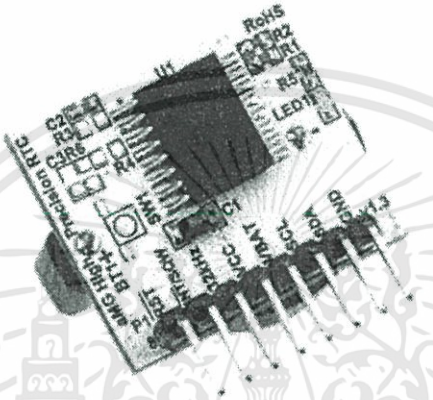


รูปที่ 2.10 หน่วยความจำ เก็บข้อมูลสำหรับแสดงผล (Display Data RAM :DDRAM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ที่บรรทัดแรกของหน้าจอ LCD จะเป็นส่วนที่แสดงเวลาโดยการทำงานของ Real Time Clock ส่วนบรรทัดที่ 2 จะเป็นการแสดงปริมาณของน้ำปัสสาวะ ซึ่งบรรทัดนี้จะเป็นการทำงานผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

2.6 Realtime Clock



รูปที่ 2.11 AMG High Precision Real Time Clock

ในการวิจัยครั้งนี้ เลือกใช้ AMG High Precision Realtime Clock โดยใช้ในการแสดงค่า วัน/เดือน/ปี เวลา ในการบันทึกค่าในExcelและแสดงผลที่บรรทัดแรกของจอLCD

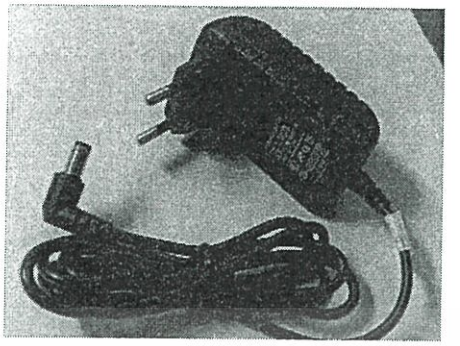
2.7 Micro SD card

รูปที่ 2.12 Micro SD card

โดยในการบันทึกค่าทุกครั้ง จะทำการบันทึกข้อมูลลงไปใน Micro SD Card เพื่อที่จะนำข้อมูลที่บันทึกได้ไปเปิดใน Excel เพื่อดูค่าทั้งหมดว่ามีการปัสสาวะไปเมื่อเวลาเท่าใดและปริมาณเท่าใดบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 แหล่งจ่ายไฟตรงขนาด 7.5V และ 5V



รูปที่ 2.13 รูปแสดง Adapter ขนาด 5V

ในที่นี้เลือกใช้ Adapter ขนาด 7.5V และ 5V โดยใช้ตัวAdapterขนาด 5V ต่อเข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และ ต่อAdapter 7.5V ผ่านวงจรเรกกูเลเตอร์ 5V จากนั้นจึงจ่ายไฟไปที่ตัวเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

เครื่องบันทึกปริมาณปัสสาวะ

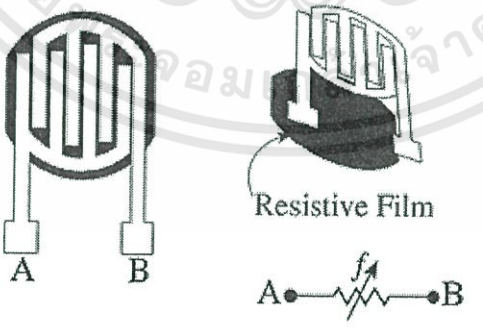
ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีเกี่ยวกับหลักการออกแบบระบบเซ็นเซอร์ในการวัดปริมาณน้ำปัสสาวะ ซึ่งเป็นหัวใจของงานวิจัยนี้ การออกแบบระบบเซ็นเซอร์ในการวัดปริมาณน้ำปัสสาวะนั้น ส่วนสำคัญคือ เซ็นเซอร์วัดแรงกดที่ใช้วัดน้ำหนัก ซึ่งควรจะต้องมีความแม่นยำและตอบสนองเพียงพอกับการวัดเชิงพลศาสตร์ และมีสัญญาณรบกวนต่ำ เพื่อที่จะสามารถนำสัญญาณดังกล่าวไปประมวลผลผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และโปรแกรมMATLABต่อไปได้อย่างถูกต้อง ซึ่งการออกแบบนั้นควรออกแบบให้ง่ายต่อการใช้งาน และสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้

3.1 เซ็นเซอร์วัดแรงกดแบบ Force Sensing Resistors (FSRs)

Force Sensing Resistor เป็นเซ็นเซอร์วัดแรงกดประเภทหนึ่งซึ่งอาศัยหลักการของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานในกรณีที่มีแรงกดหรือแรงบีบอัดระหว่างตัวนำทั้ง 2 ด้านเกิดขึ้น ซึ่งอุปกรณ์ FSR นี้มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Force-Sensitive Resistor

3.1.1 โครงสร้างของเซ็นเซอร์ FSRs

เซ็นเซอร์ FSRs ประกอบด้วยชั้นของตัวนำโพลิเมอร์ที่เป็นตัวนำทางไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งมีสามารถในการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานในกรณีที่มีแรงมากระทำต่อพื้นผิว ซึ่งระหว่างตัวนำโพลิเมอร์ทั้ง 2 ด้านนั้น จะประกอบด้วยตัวนำทางไฟฟ้าแบบแผ่นฟิล์ม (Resistive Film) ที่เป็นลักษณะอนุภาคเล็กในระดับไมโครเมตร จัดเรียงตัวกันแบบเมตริกซ์ ซึ่งหากมีแรงที่มากระทำต่อพื้นผิวของตัวนำโพลิเมอร์ทั้ง 2 ด้าน จะทำให้ อนุภาคดังกล่าวเกิดการสัมผัสตัวนำไฟฟ้า ซึ่งเป็นสาเหตุให้มีการเปลี่ยนแปลงความต้านทานเกิดขึ้น



รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างภายในของเซ็นเซอร์ FSR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของเซ็นเซอร์ประเภท FSRs นั้นคือความบางของตัวเซ็นเซอร์ ซึ่งโดยปกติแล้วมักจะมีขนาดน้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตร ขึ้นอยู่กับความสามารถในการรับแรงกดและอนุภาคภายในของตัวเซ็นเซอร์ นอกจากนี้การกดหรือบีบอัดตัวเซ็นเซอร์เป็นระยะเวลานานจนเกินไป (เช่นอาจเกิน 1 ชั่วโมงติดต่อกัน) อาจทำให้เซ็นเซอร์ FSRs เสียหายได้ นอกจากนี้เซ็นเซอร์ประเภท FSRs ในปัจจุบันมีบริษัทผู้ผลิตที่ผลิตเซ็นเซอร์ FSRs ให้มีความสามารถรับแรงกดที่แตกต่างกันหลายรุ่น เช่น Interlink Electronics, Inc และ Tekscan, Inc เป็นต้น

3.1.2 คุณสมบัติของเซ็นเซอร์ประเภท FSRs ที่เลือกใช้ในงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้เซ็นเซอร์วัดแรงกด (Foce Sensor) รุ่น A201 ดังแสดงในรูป 3.2จาก Teckscan, Inc เพื่อนำมาติดบริเวณใต้Loadcellและวัดข้อมูลปริมาณแรงกดในขณะที่อยู่บนLoadcell ซึ่งมีความหนาเพียง 0.203 มิลลิเมตร และสามารถวัดแรงกดอยู่ในช่วง 0 – 100 ปอนด์/ตารางเซนติเมตร หรือประมาณ 45.35 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (1 ปอนด์มีค่าประมาณ 0.45 กิโลกรัม) นอกจากนี้ยังสามารถรองรับแรงกดได้จำนวนมากถึง 1 ล้านครั้ง แสดงในตารางที่ 3.1

รูปที่ 3.2 ลักษณะเซ็นเซอร์ FlexiForce รุ่น A201 จาก Tekscan, Inc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

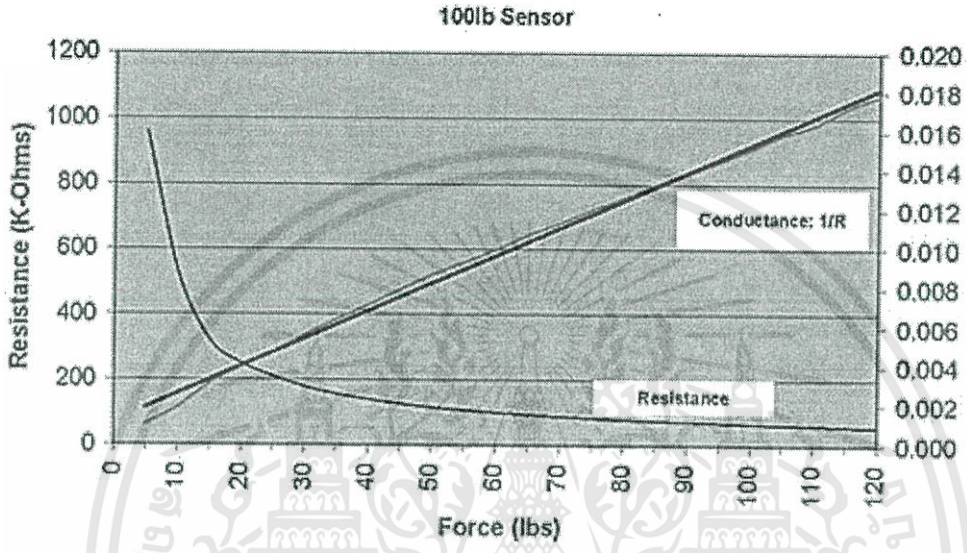
ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของเซ็นเซอร์ FSRs รุ่น A201

คุณสมบัติของเซนเซอร์	
ความหนา (Thickness)	0.008 นิ้ว (0.203 มิลลิเมตร)
ความยาว (Length)	ขนาด 7.75 นิ้ว (197 มิลลิเมตร) ขนาด 6 นิ้ว (152 มิลลิเมตร) ขนาด 4 นิ้ว (102 มิลลิเมตร) ขนาด 2 นิ้ว (51 มิลลิเมตร)
ความกว้าง (Width)	0.55 นิ้ว (14 มิลลิเมตร)
พื้นที่รับแรงกด (Sensing Area)	1 ตารางเซนติเมตร
ความสามารถของเซ็นเซอร์	
ช่วงการวัด (Force Range)	0 – 100 ปอนด์ (0 - 45.35 กิโลกรัม)
ความผิดพลาดเชิงเส้น (Linearity Error)	น้อยกว่า 3%
จำนวนการกดซ้ำ (Repeatability)	มากกว่า 1,000,000 ครั้ง (สภาพการกดแนวตั้งฉาก)
อัตราการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Rates)	สูงสุด 20,000 Hz (High Speed Interface)
ช่วงความต้านทาน (Resistance Range)	มากกว่า 5 MΩ ในกรณีที่ไม่มีโหลดมากระทำ และ น้อยกว่า 200 KΩ กรณีที่รับแรงกดสูงสุด
ความเร็วในการตอบสนอง (Response Time)	น้อยกว่า 5 ไมโครวินาที
ช่วงอุณหภูมิใช้งาน (Operating Temperatures)	-9°C ถึง 60°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

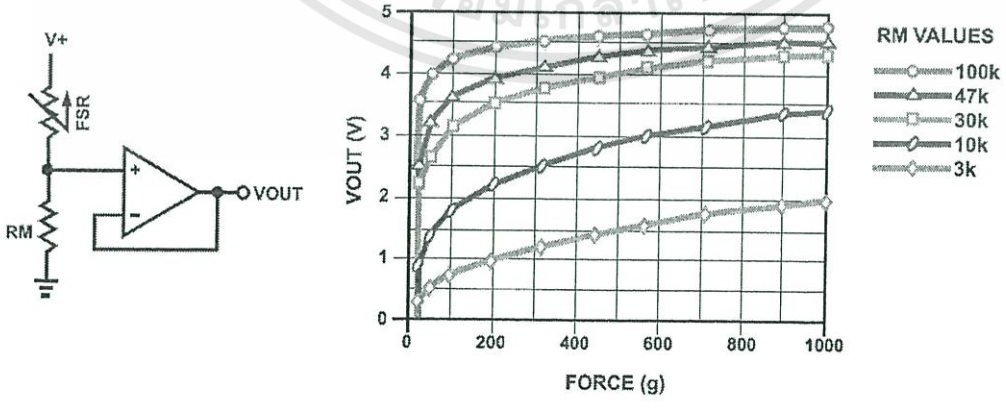
3.1.3 การตอบสนองของเซ็นเซอร์ และ การใช้งานเซ็นเซอร์ FSRs

เซ็นเซอร์ FSRs นั้นมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานภายในในกรณีที่มีการบีบอัดระหว่างตัวนำทั้ง 2 ด้านเกิดขึ้น ซึ่งเซ็นเซอร์ที่ได้เลือกใช้ในงานวิจัยนี้ สามารถรองรับแรงกดได้สูงถึง 100 ปอนด์ จากรูปที่ 3.3 เป็นข้อมูลจากผู้ผลิต แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงกด (แกนนอน) และความต้านทานที่เกิดขึ้น (แกนตั้งซ้ายมือ)



รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและความต้านทานของเซนเซอร์

ลักษณะของเซ็นเซอร์ภายในวงจรเปรียบเสมือนตัวต้านทานที่สามารถปรับค่าได้ระหว่าง 5 MΩ (ในกรณีที่ไม่มีโหลดมากระทำ) จนถึง 200 KΩ (กรณีรับแรงกดสูงสุด) ซึ่งจากรูปที่ 3.4 แสดงตัวอย่างวิธีการใช้งานเซ็นเซอร์ชนิดนี้อย่างง่ายจากบริษัทผู้ผลิต ซึ่งจากรูปแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดที่เกิดขึ้นและแรงดันขาออก VOUT ที่ถูกเปลี่ยนแปลงไปจากอัตราส่วนระหว่าง R_{FSR} และ R_M



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างวิธีการใช้งานเซ็นเซอร์จากบริษัทผู้ผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ระบบประมวลผล

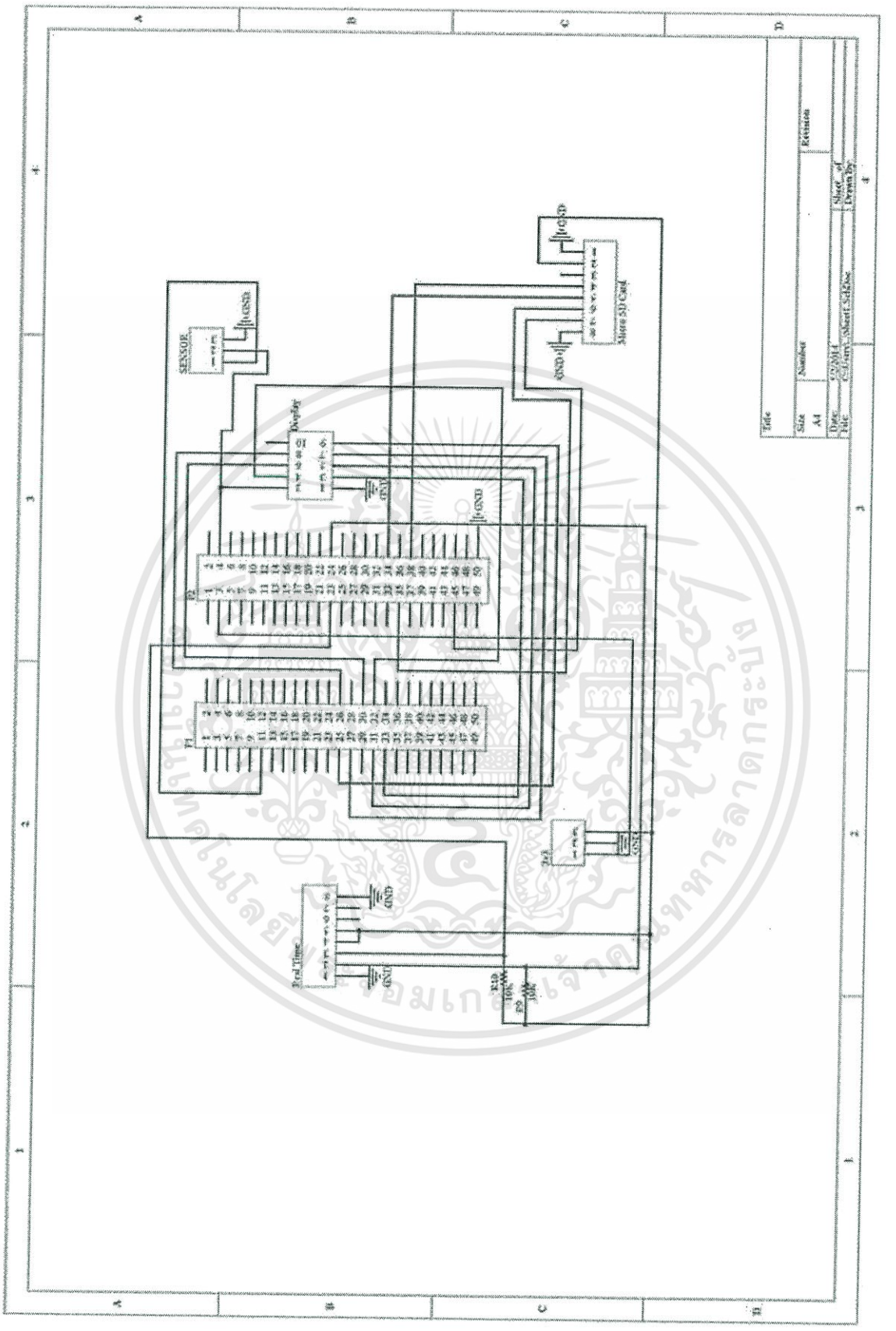
ภาพรวมของระบบประมวลผล จะเห็นว่าระบบที่ออกแบบไว้เบื้องต้นประกอบด้วยเซ็นเซอร์แรงกด 1 ชุด ซึ่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์จะถูกนำไปประมวลผลโดยผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F4 ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นข้อมูลดิจิตอล จากนั้นจะส่งผ่านข้อมูลไปยังโปรแกรมMATLABเพื่อทำการประมวลผลจากนั้นแสดงผลลัพธ์ผ่านทางหน้าจอLCD และนำข้อมูลทั้งหมดไปเก็บลงในแผ่น Micro SD Card

การออกแบบระบบประมวลผลและแสดงผล

ในงานวิจัยนี้ ได้เลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F4 เพื่อทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาล็อกจากวงจรส่วนหน้าให้เป็นข้อมูลดิจิตอล ผ่านทางช่องสัญญาณแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอล (Analog-to-Digital Converter : A/D) โดยเมื่อมีการแปลงสัญญาณแล้วจะมีการส่งข้อมูลที่ผ่านเข้าไปในโปรแกรม Matlab เพื่อทำการประมวลผลและแสดงค่าที่ต้องการทราบ

โดยสำหรับระบบประมวลผลที่ได้ออกแบบนั้น ได้ทำการเชื่อมต่อวงจรส่วนหน้าโดยต่อเอ้าพุทของวงจรส่วนหน้าเข้ากับขา PA1 ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นจึงส่งข้อมูลที่ผ่านการ A/D แล้วเข้าไปยังโปรแกรม Matlab ที่ทำงานผ่าน Simulink ซึ่งได้ทำการออกแบบการประมวลผลไว้เพื่อแปลงค่าแรงดันเป็นค่าปริมาณน้ำปัสสาวะโดยใช้สูตรสมการเส้นตรงที่ทำการคำนวณเพื่อใช้หาค่าที่ต้องการ จากนั้นจึงแสดงผลผ่านหน้าจอLCD และนำค่าที่แสดงผลนั้นไปเก็บไว้ใน Excel โดยผ่านตัว Micro SD Card ซึ่งในส่วนประมวลผลและแสดงผลที่ได้ออกแบบไว้จะแสดงตัว Block Diagram ที่ได้ออกแบบใน Simulink ให้ดูต่อไปในส่วนของการออกแบบ software ในหัวข้อ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

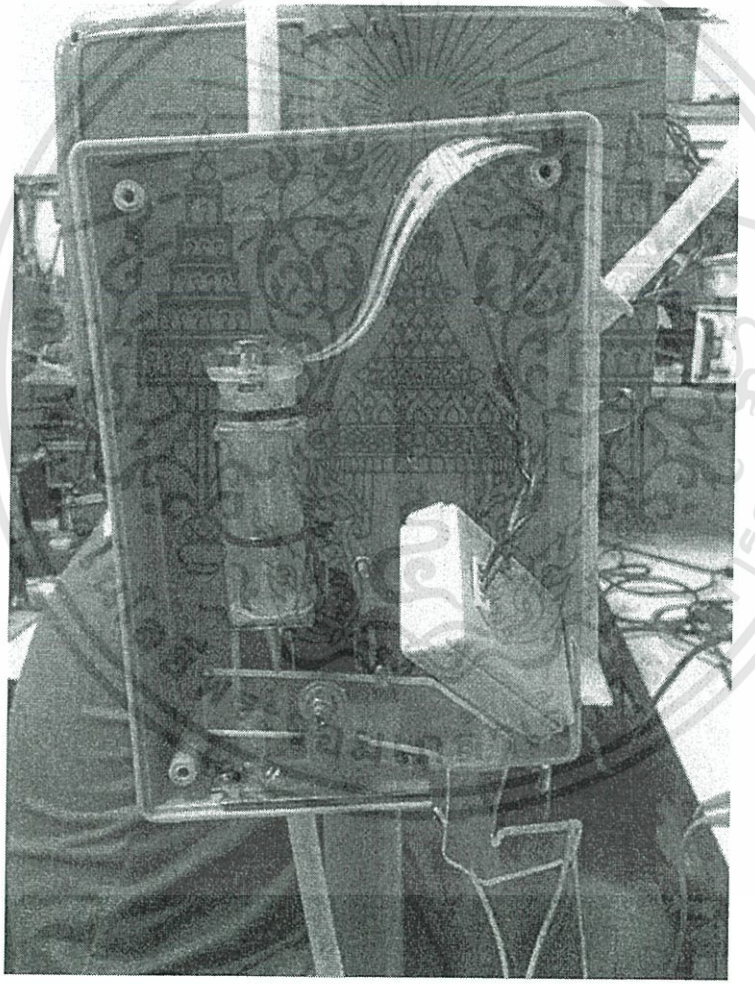


รูปที่ 3.5 แสดงวงจรประมวลผลและแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบ HARDWARE

การออกแบบ Hardware ที่ได้ออกแบบเป็นดังรูป โดยมีตัวกระบอกฉีดยาเป็นโครงสร้างหลัก ซึ่งภายในกระบอกนั้นจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทำให้แรงดันดันเปลี่ยนแปลงไปตามแรงกดซึ่งก็คือตัว FSRs โดยจะมีแท่งเหล็กแหลมยื่นออกมาจากปลายกระบอก ซึ่งปลายกระบอกนั้นจะเชื่อมกับ**ตัวเซนเซอร์** โดยที่มีแผ่นอคิลิคอีกแผ่นประกบด้านหลังเอาไว้ ซึ่งหลักการทำงานของตัวอุปกรณีนี้ก็คือเมื่อแขวนถุงที่จะใช้บรรจุน้ำปัสสาวะไว้ที่ตะขอ จากนั้นจะเกิดการถ่วงน้ำหนังทำให้คานที่ยึดกับแท่งเหล็กเกิดการขยับ โดยปลายเหล็กอีกด้านจะติดกับตัวเซนเซอร์แรงกดพอดี เมื่อแรงที่แขวนลงไปจะทำให้แท่งเหล็กมีแรงกระทำกับแผ่นเซนเซอร์ จนทำให้เกิดความต้านทานที่ต่างกันในแต่ละครั้งที่ถ่วงน้ำหนัก ซึ่งค่าความต้านทานที่ออกมานั้นสามารถวัดได้รับรูปแบบของแรงดันต่อไป

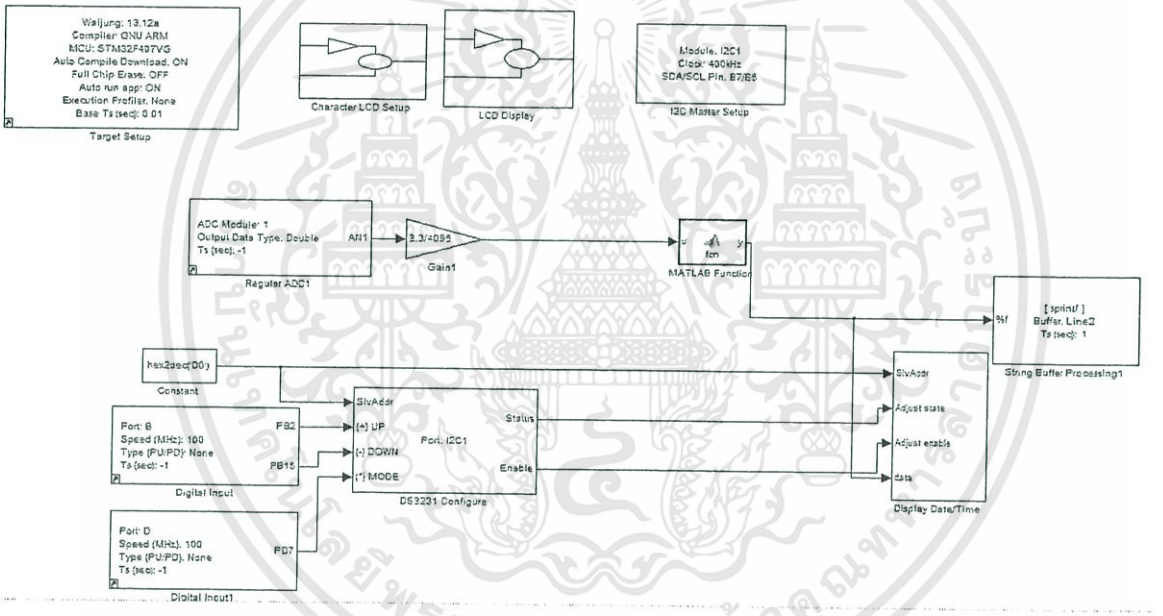


รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะของ Hardware

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบ Software

หลักการทำงานของ Software นี้คือ โปรแกรม Matlab โดยใช้ Simulink เริ่มจากการเลืออกบล็อก target setup เป็นการตั้งค่าคุณสมบัติให้ตรงกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ เลือกบล็อก character LCD Setup ใช้เก็บข้อมูลที่จะนำไปแสดงที่หน้าจอ LCD เลือกบล็อก LCD Display ใช้แสดงผลที่หน้าจอ LCD เลือกบล็อก I2C Master Setup ใช้ตั้งพอร์ต I2C เพื่อใช้ Realtime Clock การทำงานของโปรแกรมเริ่มจากเมื่อแปลงข้อมูลผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งได้ข้อมูลมาเป็น A/D แล้วนำไปคำนวณใน function ที่ได้ออกแบบไว้ มีหลักการทำงานดังนี้ เมื่อรับข้อมูลที่แปลงเป็นดิจิตอลแล้ว จึงนำไปคำนวณในสมการเพื่อแปลงค่าจากแรงดันไฟฟ้า(v)ไปเป็นปริมาตร(cc) จากนั้นนำค่าที่ได้ไปแสดงผลในบรรทัดที่2ของจอ LCD ส่วนในบรรทัดที่1ของจอLCD จะแสดงผลเวลาจาก Realtime Clock



รูปที่ 3.7 การออกแบบซอฟแวร์ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

การทดลอง

4.1 อุปกรณ์การทดลอง

1. เซนเซอร์วัดแรงกด FSR	1 อัน
2. บอร์ด STM32F4	1 อัน
3. แผ่นอคิลิค	1 แผ่นใหญ่
4. กระบอกฉีดยา	1 อัน
5. ขาตั้ง+เสา	1 ชุด
6. Realtime Clock	1 อัน
7. จอ LCD	1 อัน
8. แผ่น Micro SD Card	1 อัน
9. แหล่งจ่ายไฟตรงขนาด 5 V	1 อัน
10. ถุงบรรจุน้ำปัสสาวะพร้อมสาย	1 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วิธีการทดลอง

1.ต่อวงจรส่วนหน้าเข้ากับบอร์ดAVRจากนั้นประมวลผลและแสดงผลที่ต้องการผ่านโปรแกรม Matlab

2. ทำการ calibrate ค่า ดังรูป

รูปที่ 4.1 รูปแสดงการ Calibrate ค่า

3. นำผลการ calibrate ที่ได้มาพล็อตกราฟระหว่างปริมาณน้ำกับแรงดันไฟฟ้า

4. นำค่า สมการเส้นตรงที่ได้ ไปคำนวณหาค่าปริมาณน้ำปัสสาวะที่เราต้องการ

5. เพิ่มส่วนของRealtime Clock เข้าไป

6.เมื่อได้ค่าที่ต้องการแล้วนำค่าที่ผ่านสมการแล้วไปแสดงผลที่หน้าจอLCD โดยที่กำหนดให้บรรทัดแรกเป็นการแสดงเวลาของตัว Realtime Clock และบรรทัดที่สองเป็นการแสดงค่าจากปริมาณน้ำปัสสาวะ

7.เพิ่มส่วนของการรับค่าไปที่ Micro SD Card เพื่อนำไปเปิดดูที่โปรแกรม Excel ในภายหลัง

8.เก็บผลการทดลองโดยเปรียบเทียบน้ำหนักจริงกับน้ำหนักที่วัดได้จากตัวเครื่องสร้างขึ้นมา

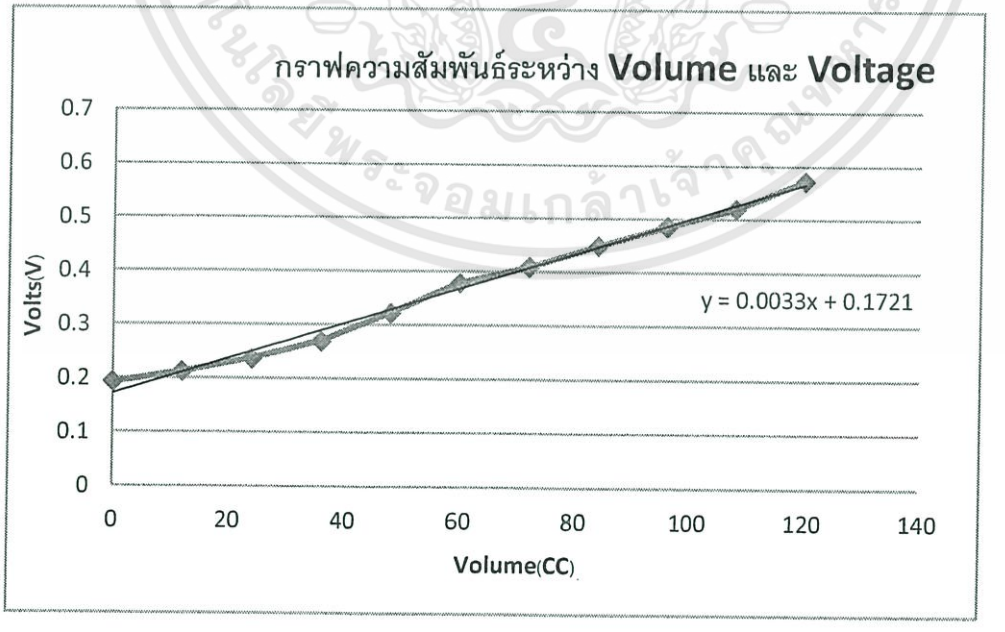
9. คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประมาณน้ำและแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย(ไฟฟ้า)

ปริมาณน้ำ (CC)	แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (Volts)
0	0.193
12	0.213
24	0.237
36	0.27
48	0.323
60	0.38
72	0.41
84	0.45
96	0.487
108	0.52
120	0.573



รูปที่ 4.2 รูปกราฟระหว่างปริมาณน้ำและแรงดันไฟฟ้า(เฉลี่ย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

5.1 อภิปรายผลการทดลอง

จากการทำการทดลองเรื่องเครื่องบันทึกปริมาณปัสสาวะนำเซนเซอร์มาประยุกต์ใช้งาน โดยนำ Force Sensing Resistors sensor มา เพื่อใช้วัดปริมาณน้ำ โดยการทดลองจะเปรียบเทียบน้ำหนักจากการใช้แขวนถุงบรรจุน้ำปัสสาวะ โดยค่อยๆเพิ่มปริมาณขึ้นครั้งละ 12 ซีซี จากนั้นนำค่าที่ได้จากการทดลองมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับแรงดันไฟฟ้า โดยเมื่อพล็อตเสร็จจะได้กราฟที่มีสมการเส้นตรงตามรูปที่ 4.2 จากนั้นนำสมการเส้นตรงไปหาค่าปริมาณน้ำจากค่าแรงดันที่เราทราบค่าได้

จากการทดลองพบว่าปริมาณน้ำช่วง 0 – 60 ซีซี จะมีความผิดพลาดค่อนข้างสูง แต่ที่ปริมาณ 60 ซีซีขึ้นไปจะค่อนข้างเป็นไปตามสมการ $y = 0.0033X + 0.1721$ อีกทั้งเมื่อทำการตรวจสอบวงจรอย่างละเอียดพบว่าภายในวงจรมีสัญญาณรบกวนภายในวงจรค่อนข้างสูง ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูงเช่นกัน

5.2 สรุปผลการทดลอง

1.เครื่องบันทึกปริมาณปัสสาวะสามารถแสดงค่าเวลาและปริมาณน้ำปัสสาวะที่มาจากการประมวลผลผ่านทางโปรแกรมแมทแลปผ่านทางหน้าจอแอลซีดี

2.จากการทดลองทั้งหมดพบค่าความคลาดเคลื่อนที่ค่อนข้างสูงในหลายๆจุด ทั้งที่มาจากสัญญาณรบกวนของวงจรอะนาล็อก การเลือกใช้เซนเซอร์ที่ไม่เหมาะสมกับการใช้งานเพราะเซนเซอร์ตัวนี้ที่เลือกใช้มีอิมพีแดนซ์สูง จึงทำให้มีสัญญาณรบกวนได้ง่าย และเซนเซอร์ตัวนี้เหมาะแก่การใช้งานกับน้ำหนักที่มากๆ ไม่ใช่การวัดน้ำหนักในปริมาณน้อยแบบนี้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้ออสซิโลสโคปในการวัดค่าตั้งแต่เริ่มต้น

2. ควรปรับoffsetให้ปริมาณน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 0 ซีซีให้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] http://www.123microcontroller.com/Hardware-Interfacing/SPI-Serial-Peripheral-Interface-communication

[2] http://www.warf.com/view.Breakout_Board_for_microSD_Transflash-268.html

[3]http://aimagin.com/blog

[4] http://waijung.aimagin.com

[5] http://xn--42cgal0e4cc4ftb6cvfqc5be.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OVERVIEW

This section outlines Sensor Construction and Application.

FLEXIFORCE SENSORS

The ***FlexiForce*** sensor is an ultra-thin and flexible printed circuit, which can be easily integrated into most applications. With its paper-thin construction, flexibility and force measurement ability, the ***FlexiForce*** force sensor can measure force between almost any two surfaces and is durable enough to stand up to most environments. ***FlexiForce*** has better force sensing properties, linearity, hysteresis, drift, and temperature sensitivity than any other thin-film force sensors. The "active sensing area" is a 0.375" diameter circle at the end of the sensor.

The sensors are constructed of two layers of substrate. This substrate is composed of polyester film (or Polyimide in the case of the High-Temperature Sensors). On each layer, a conductive material (silver) is applied, followed by a layer of pressure-sensitive ink. Adhesive is then used to laminate the two layers of substrate together to form the sensor. The silver circle on top of the pressure-sensitive ink defines the "active sensing area." Silver extends from the sensing area to the connectors at the other end of the sensor, forming the conductive leads.

FlexiForce sensors are terminated with a solderable male square pin

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

High-Temperature FlexiForce Sensors

The High-Temperature HT201 sensor is available in the following force ranges* (as tested with the sample drive circuit).

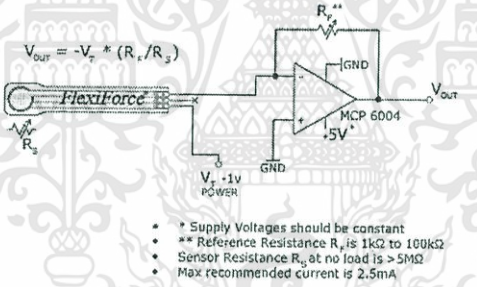
- Sensor HT201-L Low: 0-30lb (133N) force range
- Sensor HT201-H High: 0-100lb (445N) force range

**** In order to measure forces outside specified ranges, use recommended circuit and adjust drive voltage and/or reference resistance***

APPLICATION

There are many ways to integrate the ***FlexiForce*** sensor into an application. One way is to incorporate it into a force-to-voltage circuit. A means of calibration must then be established to convert the output into the appropriate engineering units. Depending on the setup, an adjustment could then be done to increase or decrease the sensitivity of the sensor.

An example circuit is shown below. In this case, it is driven by a -5 V DC excitation voltage. This circuit uses an inverting operational amplifier arrangement to produce an analog output based on the sensor resistance and a fixed reference resistance (R_F). An analog-to-digital converter can be used to change this voltage to a digital output. In this circuit, the sensitivity of the sensor could be adjusted by changing the reference resistance (R_F) and/or drive voltage (VT); a lower reference resistance and/or drive voltage will make the sensor less sensitive, and increase its active force range.



In the circuit shown, the dynamic force range of the sensor can be adjusted by changing the reference resistor (R_F) or by changing the Drive Voltage (V_O). Refer to the Saturation section for additional information.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SENSOR LOADING CONSIDERATIONS

The following general sensor loading guidelines can be applied to most applications, and will help you achieve the most accurate results from your tests. It is important that you read the ***Sensor Performance Characteristics*** section for further information on how to get the most accurate results from your sensor readings.

SENSOR LOADING

The entire sensing area of the ***FlexiForce*** sensor is treated as a single contact point. For this reason, the applied load should be distributed evenly across the sensing area to ensure accurate and repeatable force readings. Readings may vary slightly if the load distribution changes over the sensing area.

Note that the sensing area is the silver circle on the top of the sensor only.

It is also important that the sensor be loaded consistently, or in the same way each time.

If the footprint of the applied load is smaller than the sensing area, the load should not be placed near the edges of the sensing area, to ensure an even load distribution.

It is also important to ensure that the sensing area is the entire load path, and that the load is not supported by the area outside of the sensing area.

If the footprint of the applied load is larger than the sensing area, it may be necessary to use a "puck." A puck is a piece of rigid material (smaller than the sensing area) that is placed on the sensing area to ensure that the entire load path goes through this area. The puck must not touch any of the edges of the sensing area, or these edges may support some of the load and give an erroneous reading.

The ***FlexiForce*** sensor reads forces that are perpendicular to the sensor plane. Applications that impart "shear" forces could reduce the life of the sensor. If the application will place a "shear" force on the sensor, it should be protected by covering it with a more resilient material.

If it is necessary to mount the sensor to a surface, it is recommended that you use tape, when possible. Adhesives may also be used, but make sure that the adhesive will not degrade the substrate (polyester) material of the sensor before using it in an application. Adhesives should not be applied to the sensing area; however, if it is necessary, ensure that the adhesive is spread evenly. Otherwise, any high spots may appear as load on the sensor.

SATURATION

The **Saturation** force is the point at which the device output no longer varies with applied force. The saturation force of each sensor is based on the maximum recommended force specified by Tekscan, which is printed on the system packaging or the actual sensor, along with the "Sensitivity."

The saturation value is based on using the circuit and the values shown in the example circuit in the ‘

Application’ section. In this example, the saturation force (maximum force) of each sensor is related to the RF (reference resistance), and can be altered by changing the sensitivity. The

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

sensitivity of the sensor would be adjusted by changing the reference resistance (RF); a lower reference resistance will make the system less sensitive, and increase its active force range.
It is essential that the sensor(s) do not become saturated during testing.

CONDITIONING SENSORS

Exercising, or **Conditioning** a sensor before calibration and testing is essential in achieving accurate results. It helps to lessen the effects of *drift* and *hysteresis*. Conditioning is required for new sensors, and for sensors that have not been used for a length of time.
To condition a sensor, place 110% of the test weight on the sensor, allow the sensor to stabilize, and then remove the weight. Repeat this process four or five times. The interface between the sensor and the test subject material should be the same during conditioning as during calibration and actual testing.
IMPORTANT! Sensors must be properly conditioned prior to calibration and use.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CALIBRATION GUIDELINES

The following guidelines should be considered when calibrating a sensor:

• Apply a calibration load that approximates the load to be applied during system use, using dead weights or a testing device (such as an ***MTS*** or ***Instron***). If you intend to use a "puck" during testing, also use it when calibrating the sensor. See Sensor Loading Considerations for more information on using a puck.

• Avoid loading the sensor to near saturation when calibrating. If the sensor saturates at a lower load than desired, adjust the "Sensitivity."

• Distribute the applied load evenly across the sensing area to ensure accurate force readings. Readings may vary slightly if the load distribution changes over the sensing area.

• Sensors should be calibrated at the same temperature for which testing will occur. This is especially important for High-Temp Sensors, as these sensors have a wide operating temperature range. If multiple temperatures are used during testing, calibrate the sensors at those same multiple temperatures.

Note: Read the Sensor Performance Characteristics section before performing a Calibration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SENSOR PERFORMANCE CHARACTERISTICS

There are a number of characteristics of sensors, which can affect your results. This section contains a description of each of these conditions, and recommendations on how to lessen their effects.

REPEATABILITY

Repeatability is the ability of the sensor to respond in the same way to a repeatedly applied force. As with most measurement devices, it is customary to exercise, or "condition" a sensor before calibrating it or using it for measurement. This is done to reduce the amount of change in the sensor response due to repeated loading and unloading. A sensor is conditioned by loading it to 110% of the test weight four or five times. Follow the full procedure in the **Conditioning Sensors** section.

LINEARITY

Linearity refers to the sensor's response (digital output) to the applied load, over the range of the sensor. This response should ideally be linear; and any non-linearity of the sensor is the amount that its output deviates from this line. A calibration is performed to "linearize" this output as much as possible. ***FlexiForce*** standard sensors are linear within +/- 3%. ***FlexiForce*** High-Temperature sensors have a linearity that is 1.2% of full scale.

HYSTERESIS

Hysteresis is the difference in the sensor output response during loading and unloading, at the same force. For static forces, and applications in which force is only increased, and not decreased, the effects of hysteresis are minimal. If an application includes load decreases, as well as increases, there may be error introduced by hysteresis that is not accounted for by calibration.

DRIFT

Drift is the change in sensor output when a constant force is applied over a period of time. If the sensor is kept under a constant load, the resistance of the sensor will continually decrease, and the output will gradually increase. It is important to take drift into account when calibrating the sensor, so that its effects can be minimized. The simplest way to accomplish this is to perform the sensor calibration in a time frame similar to that which will be used in the application.

TEMPERATURE SENSITIVITY

In general, your results will vary if you combine high loads on the sensor with high temperatures. To ensure accuracy, calibrate the sensor at the temperature at which it will be used in the application. If the sensor is being used at different temperatures, perform a calibration at each of these temperatures, save the calibration files, then load the appropriate calibration file when using the sensor at that temperature.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SENSOR LIFE / DURABILITY

Sensor life depends on the application in which it is used. Sensors are reusable, unless used in applications in which they are subjected to severe conditions, such as against sharp edges, or shear forces. ***FlexiForce*** sensors have been successfully tested at over one million load cycles using a 50 lb. force.

Rough handling of a sensor will also shorten its useful life. For example, a sensor that is repeatedly installed in a flanged joint will have a shorter life than a sensor installed in the same joint once and used to monitor loads over a prolonged period. After each installation, visually inspect your sensors for physical damage.

It is also important to keep the sensing area of the sensor clean. Any deposits on this area will create uneven loading, and will cause saturation to occur at lower applied forces.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SENSOR PROPERTIES

STANDARD FLEXIFORCE SENSOR (MODEL A201)

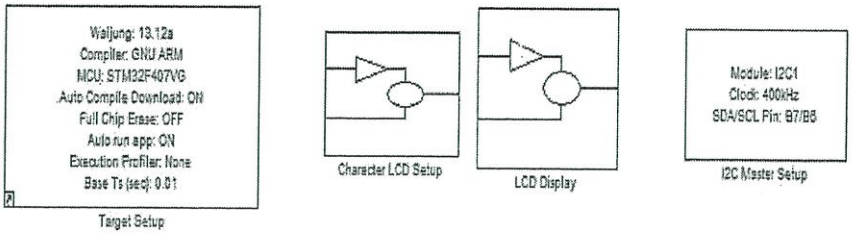
Thickness	0.008 (0.208 mm)
Length	8" (203 mm) 6" (152 mm) 4" (102 mm) 2" (51 mm)
Width	0.55" (14 mm)
Sensing Area	0.375" (9.53 mm) diameter
Connector	3-pin male square pin (center pin is inactive)
Force Ranges	0-1 lb (4.4 N) 0-25 lbs (110 N) 0-100 lbs (440 N)*
Operating Temperature Range	15°F to 140°F (-9°C to 60°C)
Linearity (Error)	+/- 3%
Repeatability	+/- 2.5% of full scale (conditioned sensor, 80% force applied)
Hysteresis	<4.5% of full scale (conditioned sensor, 80% force applied)
Drift	<5% per logarithmic time scale (constant load of 90% sensor rating)
Response Time	<5 microseconds
Output Change/Degree F	Up to 0.2% (~0.36% / °C). Loads <10 lbs, operating temperature can be increased to 185°F (74°C).

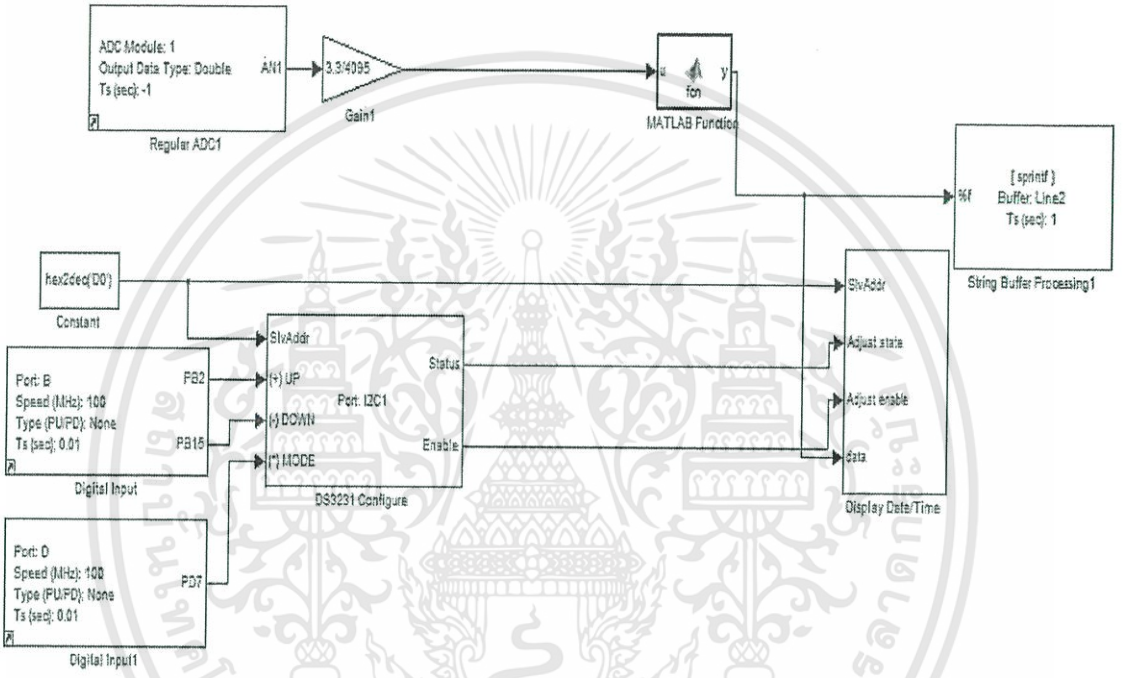
HIGH-TEMPERATURE FLEXIFORCE SENSOR (MODEL HT201)

Thickness	0.008" (0.203 mm)
Length	7.75" (197 mm) 6" (152 mm) 4" (102 mm) 2" (51 mm)
Width	0.55" (14 mm)
Sensing Area	0.375" (9.53 mm) diameter
Connector	3-pin Male Square Pin (center pin is inactive)
Substrate	Polyimide (ex: Kapton)
Force Ranges	0-30 lbs (133N) 0-100 lbs (445N)
Operating Temperature Range	15°F to 400°F (-9°C to 204°C)
Repeatability	+/- 3.5% of full scale
Linearity	+/- 1.2% of full scale
Hysteresis	3.6% of full scale
Drift	3.3% per log time
Output Change/Degree F	0.16%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

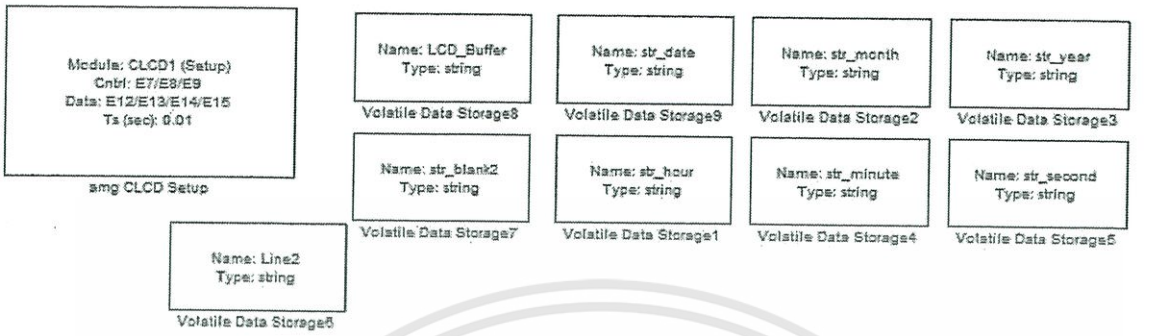
PROGRAM



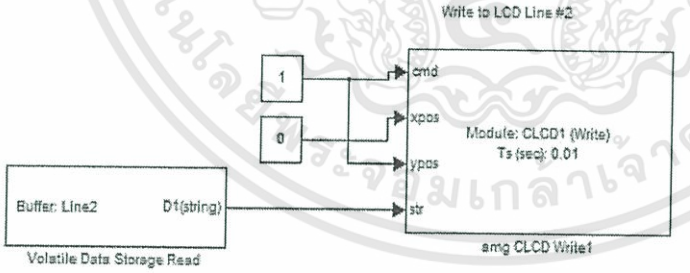


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHARACTER LCD SETUP



LCD DISPLAY



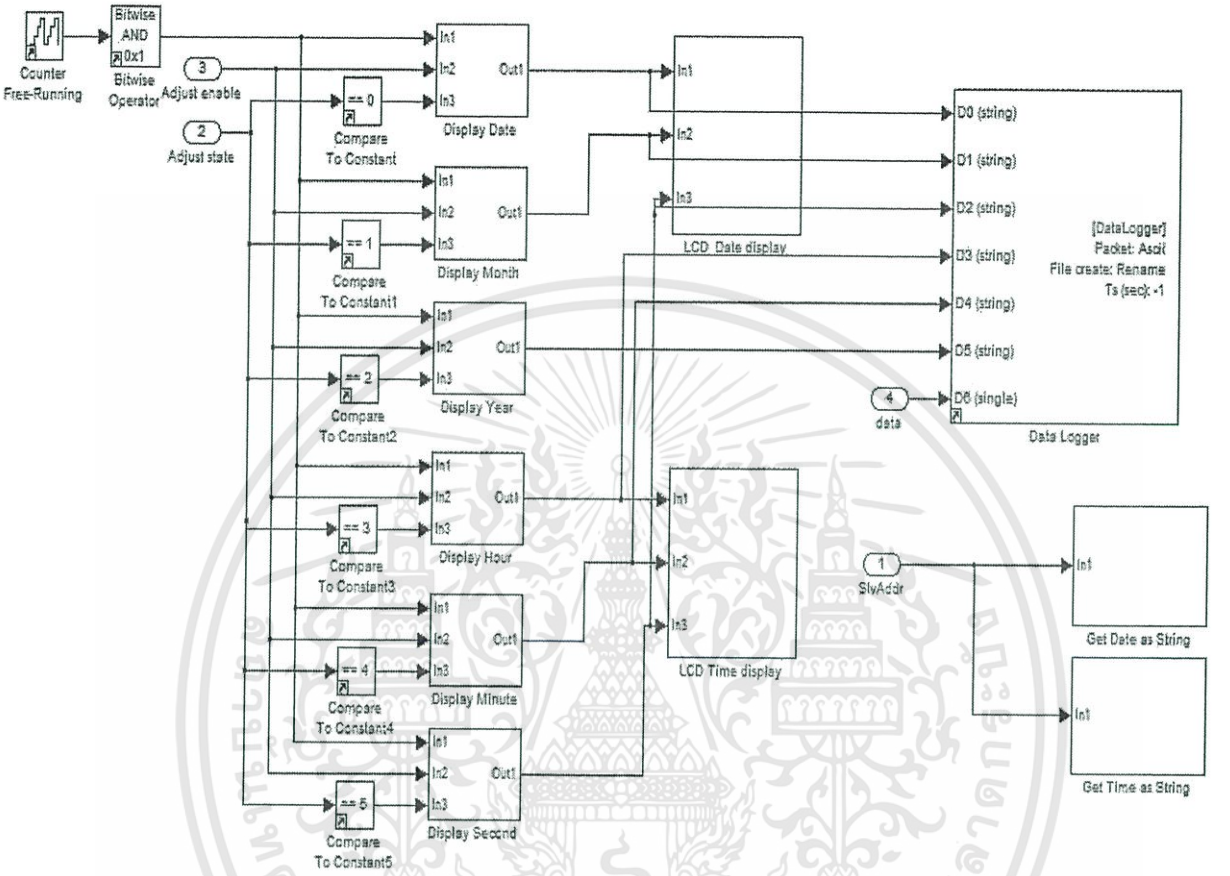
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MATLAB FUNCTION

```
Function y = fcn (u)

y = u;

    if ( u =< 0.1721);
        y = 0;
    elseif (u > 0.1721)
        y = ( u – 0.1721)/0.0033;

    end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

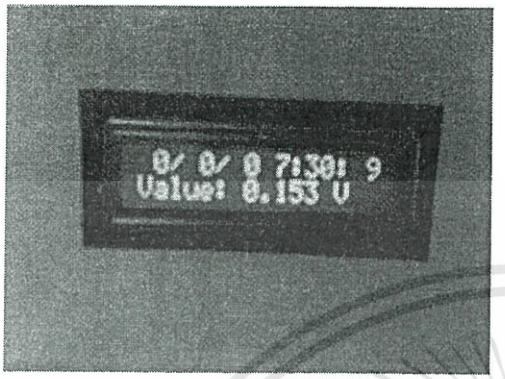
DISPLAY DATE AND TIME



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน

1. เสียบปลั๊กเพื่อเปิดเครื่อง
2. ที่หน้าจอจะแสดงเวลาและวันที่



3. ถ้าเวลาไม่ตรง สามารถปรับตั้งค่าได้ที่ปุ่มกดภายในกล่อง
4. เมื่อมีปริมาณปัสสาวะลงไปที่ถุงเครื่องจะบันทึกได้ทันที
5. เมื่อครบเวลาที่กำหนดสามารถถอด sd card เพื่อไปตรวจสอบข้อมูลได้
6. ถ้าต้องการปิดการใช้งานของตัวเครื่องให้ถอดปลั๊กออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้