

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องตรวจวัดปริมาตรปัสสาวะ

URINE VOLUME METER



T117489



เลขหมู่.....**117489**
เลขทะเบียน.....**5 ค.ค. 2554**
วัน,เดือน,ปี.....

15341198
b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตรวจวัดปริมาตรปัสสาวะ
URINE VOLUME METER

โดย

นาย วิรัช แซ่ลิ้ม รหัส 50011480
นาย วิษณุ พิพัฒน์วรากล รหัส 50011490
นาย ศุภกร สุวรรณ รหัส 50011582



อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร.กิติพล ชิตสกุล

ปริญญานิพนธ์นี้สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องตรวจวัดปริมาตรปัสสาวะ

URINE VOLUME METER

ผู้จัดทำ

1. นายวิรัช แซ่ลิ้ม รหัสนักศึกษา 50011480
2. นายวิษณุ พิพัฒน์วรากุล รหัสนักศึกษา 50011490
3. นายศุภกร สุวรรณ รหัสนักศึกษา 50011582



(ผศ.ดร.กิตติพล ชิตสกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

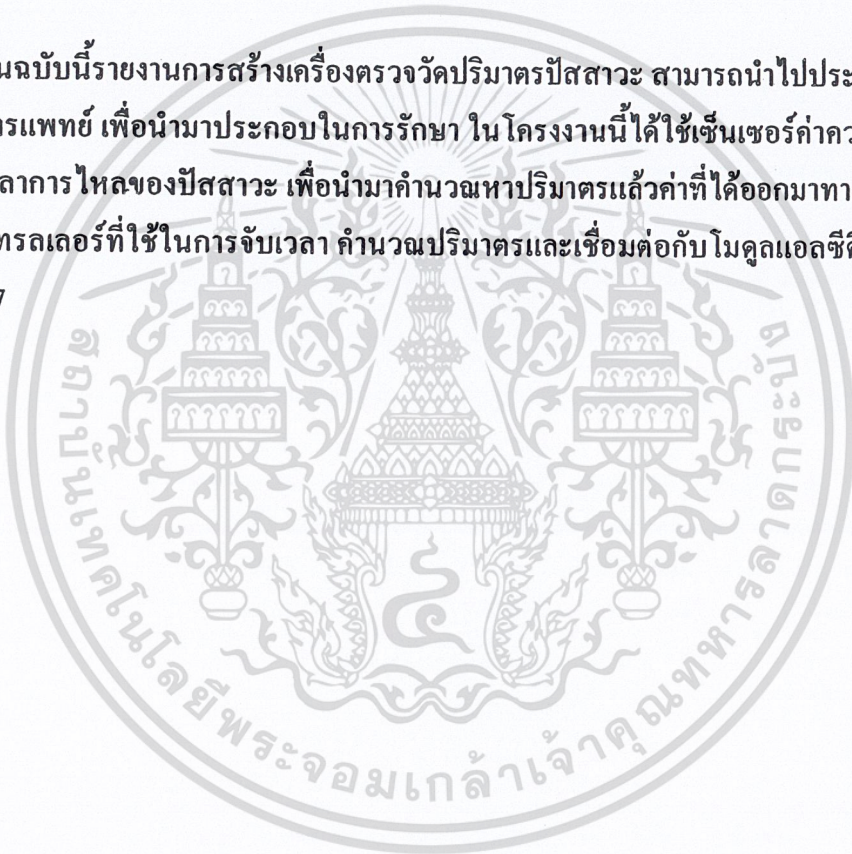
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตรวจวัดปริมาตรปัสสาวะ

นายวิรัช	แช่ลิ้ม	50011480
นายวิษณุ	พิพัฒน์วรากุล	50011490
นายศุภกร	สุวรรณ	50011582
ผศ.ดร.กิตติพล	จิตสกุล	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2553		

บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้รายงานการสร้างเครื่องตรวจวัดปริมาตรปัสสาวะ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานทางด้านการแพทย์ เพื่อนำมาประกอบในการรักษา ในโครงการนี้ได้ใช้เซ็นเซอร์ค่าความจุในการตรวจจับเวลาการไหลของปัสสาวะ เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาตรแล้วค่าที่ได้ออกมาทางโมดูลแอลซีดี คอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการจับเวลา คำนวณปริมาตรและเชื่อมต่อกับโมดูลแอลซีดีคือ เบอร์ PIC16F877



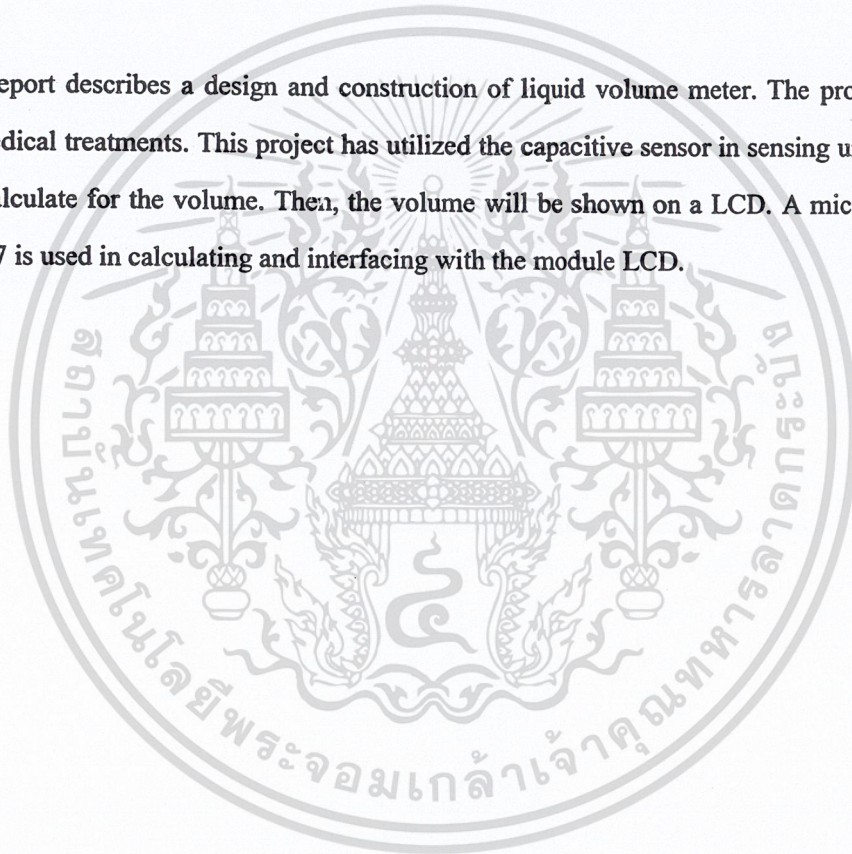
Urine Volume Meter

Mr. Wirachai	Sae-lim	50011480
Mr. Wisanu	Pipatvarakul	50011490
Mr. Supakorn	Suwan	50011582
Assist. Prof. Dr. Kitiphol Chitsakul	Advisor	

Academic Year 2010

Abstract

This report describes a design and construction of liquid volume meter. The project can be used in medical treatments. This project has utilized the capacitive sensor in sensing urine flow in order to calculate for the volume. Then, the volume will be shown on a LCD. A microcontroller PIC16F877 is used in calculating and interfacing with the module LCD.

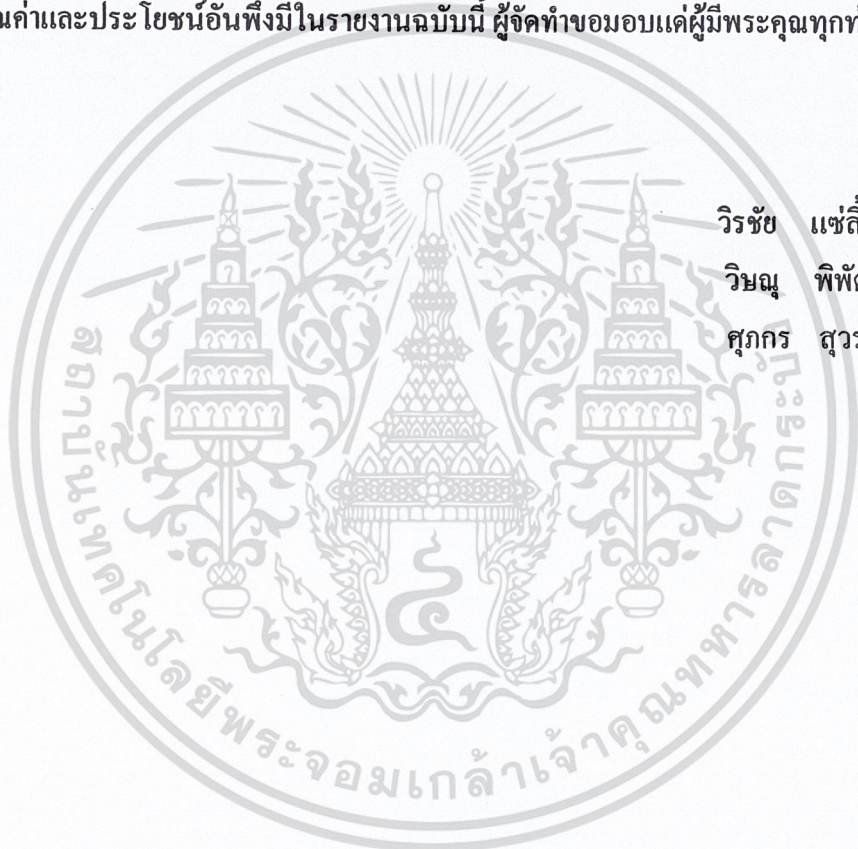


กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทั้งนี้เพราะได้รับคำแนะนำและคำปรึกษาจาก
อาจารย์กิตติพล ชิตสกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำรายงาน และ โครงการงาน ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้ง
ในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ขอขอบพระคุณ นายฉัฐพล นาคราช รวมถึงทุกๆท่านที่ให้ความช่วยเหลือ
ตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆจนทำให้รายงานฉบับนี้สำเร็จโดยสมบูรณ์ได้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีในรายงานฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน



วิรัช แซ่ลิ้ม

วิษณุ พิพัฒน์วรกุล

ศุภกร สุวรรณ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญภาพ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 ส่วนประกอบพื้นฐานของโครงการ.....	1
1.3 แนวคิดของโครงการ	1
1.4 โครงสร้างของรายงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและการนำไปใช้งานของเซ็นเซอร์ค่าความจุไฟฟ้า.....	4
2.1 ตัวเก็บประจุและความจุไฟฟ้า.....	4
2.2 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877	6
2.3 ส่วนแสดงผลทาง LCD Module.....	17
บทที่ 3 การออกแบบวงจร	18
3.1 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์	18
3.1.1 ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน	18
3.1.2 หลักการคำนวณค่า capacitance เพื่อนำมาสร้าง capacitor	18
3.1.3 โครงสร้างของตัว capacitor	19
3.1.4 วงจรกำเนิดสัญญาณ (Signal generator).....	19

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.1.5 วงจรดีเทคเตอร์ (Detector Circuit).....	20
3.1.6 วงจร DC Amplifier.....	21
3.1.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์	21
3.1.8 วงจรสร้างแรงดันไฟตรง.....	23
3.1.9 วงจร Comparator.....	23
3.2 การออกแบบในส่วนของโปรแกรม	23
3.2.1 โพลีชาร์ตการทำงานของโปรแกรม	27
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	28
4.1 การทดลองความไวของเซ็นเซอร์	28
4.2 ผลการทดลอง.....	30
4.3 การทดลองการคำนวณปริมาตรของเหลว	31
บทที่ 5 บทสรุป.....	34
ภาคผนวก.....	35
บรรณานุกรม	

สารบัญรูป

รูป	หน้า
1.1 หลักการวัดปริมาตรในหลอดขนาดเล็ก	2
1.2 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องวัดปริมาตรปีสภาวะ	2
2.1 การสะสมประจุระหว่างตัวนำให้เกิดค่าความจุ	4
2.2 ตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน	5
2.3 ตัวเก็บประจุแบบทรงกระบอก.....	5
2.4 ตัวเก็บประจุแบบทรงกลมร่วมศูนย์กลาง.....	5
2.5 ตัวเก็บประจุแบบทรงกลมเดี่ยว.....	6
2.6 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์PIC16F877.....	8
2.7 แสดงการจัดการหน่วยความจำของ PIC16F877	9
2.8 แสดงลักษณะการจัดขาของไอซี	10
2.9 บล็อกไดอะแกรมของPIN RA3-RA0 และ RA5.....	11
2.10 บล็อกไดอะแกรมของPIN RA4/TOCK.....	12
2.11 บล็อกไดอะแกรมของPIN RB3-RB0.....	13
2.12 บล็อกไดอะแกรมของ PIN RB7-RB4.....	13
2.13 บล็อกไดอะแกรมของพอร์ต C.....	15
2.14 บล็อกไดอะแกรมของพอร์ต D	16
2.15 แสดงการเชื่อมต่อแอลซีดีโมดูลกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์	17
3.1 แสดงลักษณะของตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน	18
3.2 แสดงโครงสร้างของตัว capacitor	19
3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณ (Triangle Wave Generator).....	20
3.4 วงจรดีเทคเตอร์	20
3.5 วงจร DC Amplifier	21

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
3.6 วงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	22
3.7 วงจรสร้างแรงดันไฟตรง 5 V.....	23
3.8 วงจร Comparator.....	23
3.9 วงจร Buzzer	23
3.10 ตำแหน่งขาไอซี RTC DS 1307.....	24
3.11 DS 1307 สำเร็จรูป.....	24
3.12 การเชื่อมต่อ DS1307 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยระบบบัสแบบ I2C	25
3.13 การรับส่งข้อมูลผ่านบัส I2C	26
4.1 สัญญาณเมื่อน้ำเกลือผ่านเซ็นเซอร์	30
4.2 การคำนวณปริมาตรในหลอดขนาดเล็ก	31
4.3 ค่าที่แสดงบนหน้าจอ แอลซีดี	31

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ฟังก์ชันของพอร์ต A	12
2.2 ฟังก์ชันของพอร์ต B.....	14
2.3 ฟังก์ชันของพอร์ต C	15
4.1 แสดงค่าแรงดันที่ค่า C ต่างๆ ที่ความถี่ 1KHz – 10KHz ของวงจร Detector	28
4.2 แสดงค่าแรงดันที่ค่า C ต่างๆ ที่ค่าความถี่ 4.761 KHz	29
4.3 แสดงค่าปริมาตรที่ได้จากการใช้เซ็นเซอร์ (ปริมาตรน้ำ 60 ml)	32
4.4 แสดงค่าปริมาตรที่ได้จากการใช้เซ็นเซอร์ (ปริมาตรน้ำ 80 ml)	33



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ร่างกายมีกลไกหลายอย่างที่ทำหน้าที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบภายในของร่างกายให้อยู่ในสภาพที่สมดุล กลไกอย่างหนึ่ง คือ การขับถ่ายสารออกนอกร่างกายซึ่งได้แก่ การขับออกทางปัสสาวะ อุจจาระ ทางเหงื่อและลมหายใจ การขับถ่ายออกทางไตหรือทางปัสสาวะเป็นวิธีการที่สำคัญของขับสารออกนอกร่างกาย ทั้งการกำจัดของเสียจากเมตะบอลิสมออกนอกร่างกาย ควบคุมความสมดุลของน้ำ เกลือแร่ สมดุลของกรด-ด่างในร่างกาย รวมถึงการขับถ่ายสารอาหารหรือเมตะบอลิซึมที่มีปริมาณมากเกินไป

คนปกติจะถ่ายปัสสาวะประมาณ 1,000-1,500 มิลลิลิตรต่อวัน หากเกิดภาวะที่มีความผิดปกติ เช่น ปัสสาวะมาก (Polyuria) ปัสสาวะน้อย (Oliguria) หรือ ไม่มีปัสสาวะ (Anuria) ปริมาณปัสสาวะจึงเป็นสิ่งที่สามารถบ่งบอกถึงการทำงานของไตและระบบทางเดินปัสสาวะว่ามีการเกิดพยาธิสภาพหรือไม่ เพื่อให้ทราบความรุนแรงของพยาธิสภาพดังกล่าว การตรวจปริมาณปัสสาวะจึงมีความจำเป็นในการใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อตรวจวินิจฉัยโรคในทางการแพทย์ รวมถึงการใช้เป็นข้อมูลของการปรับขนาดยาในผู้ป่วยที่มีพยาธิสภาพของไตอีกด้วย

ในปัจจุบันนี้การวัดปริมาณปัสสาวะจะใช้เป็นถุงวัดที่มีสเกลปริมาณ ซึ่งในการอ่านค่านั้นจะทำให้ลำบากและจะต้องมีการถามเวลาจากผู้ป่วยด้วยว่าปัสสาวะเวลากี่โมง จึงได้ผลิตเครื่องวัดปริมาณปัสสาวะขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวก ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้

1.2 ส่วนประกอบพื้นฐานของโครงการ

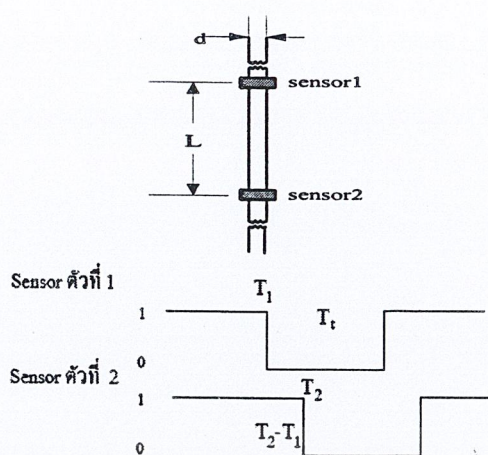
โครงการนี้สามารถแบ่งส่วนประกอบได้เป็นสามส่วน ดังนี้

1. จอ LCD ใช้ในการแสดงผลข้อมูล
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้ในการประมวลผลข้อมูล
3. คาปาซิทีฟเซ็นเซอร์ ทำงานโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความจุไฟฟ้า

1.3 แนวคิดของโครงการ

1.3.1 หลักการการวัดปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 หลักการวัดปริมาตรในหลอดขนาดเล็ก

จากรูปเราสามารถคำนวณปริมาตรได้จาก สูตรปริมาตร

$$V = \left(\frac{T_t}{T_2 - T_1} \right) \times 4.4275 \text{ ml}$$

T_t = เวลาทั้งหมด

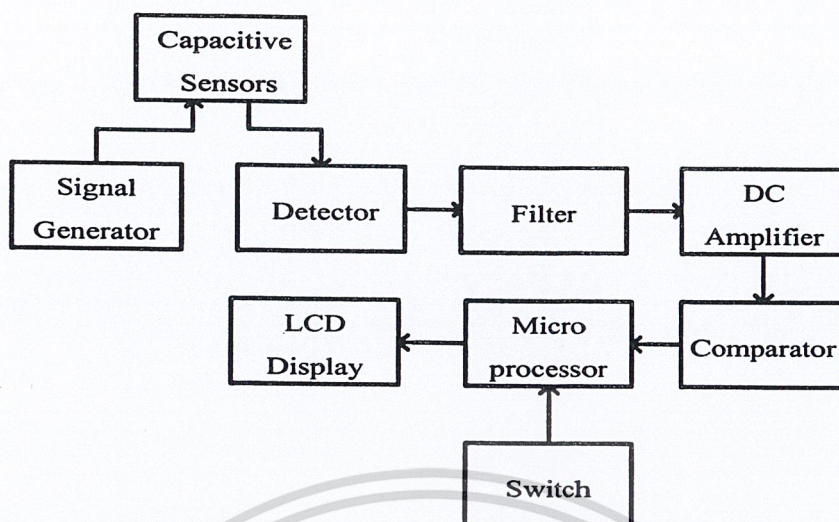
T_2 = เวลาที่ sensor คิวที่ 2 เริ่มจับ

T_1 = เวลาที่ sensor คิวที่ 1 เริ่มจับ

$$4.4275 = \pi r^2 L \text{ (} r = 0.35 \text{ cm, } L = 11.5 \text{ cm)}$$

1.3.2 ระบบอิเล็กทรอนิกส์

แนวคิดของการทำเครื่องวัดปริมาณปัสสาวะนี้จะใช้หลักการทำงานดังนี้ เมื่อมีปัสสาวะไหลผ่านตัวคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์ จะทำให้ค่าความจุทางไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะทำการแปรค่าเปลี่ยนแปลงไปด้วย จากนั้นผ่านวงจรแปลงกระแสเป็นแรงดัน แล้วนำแรงดันมาเข้าวงจรขยาย เมื่อได้แรงดันตามที่ต้องการแล้วนำมาป้อนให้กับไมโคร โพรเซสเซอร์เพื่อประมวลผลหาปริมาณปัสสาวะ แล้วนำค่าที่ได้แสดงออกทาง LCD Display โดยจะมีโครงสร้างของระบบดังนี้



รูปที่ 1.2 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องวัดปริมาณประจุ

1.4 โครงสร้างของรายงาน

รายงานฉบับนี้นำเสนอเนื้อหาประกอบด้วย

- 1.บทที่ 1 เป็นการเสนอถึงสาเหตุความเป็นมาที่ทำให้เกิด โครงงานนี้
- 2.บทที่ 2 จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและการนำไปใช้ในการออกแบบระบบ
- 3.บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบและ โครงสร้างของ โครงงาน
- 4.บทที่ 4 กล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองที่ได้
- 5.บทที่ 5 จะเป็นการสรุปและแนวทางในการพัฒนาโครงงาน

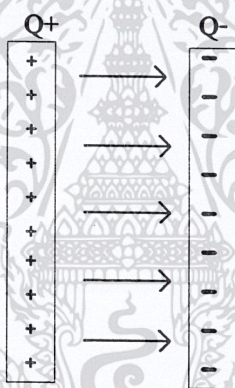
บทที่ 2

ทฤษฎีและการนำไปใช้งานของเซ็นเซอร์ค่าความจุไฟฟ้า

ตั้งแต่ปี 1965 เป็นต้นมาได้เริ่มมีการวิจัยนำค่าความจุมาทำเป็นตัวเซ็นเซอร์ในด้านต่างๆ เช่น วัดระดับดิสกรีในเหล้า วัดอุณหภูมิ เป็นต้น และได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ให้มีขนาดเล็กและความไวสูง ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความจุไฟฟ้าพอสังเขป

2.1 ตัวเก็บประจุและความจุไฟฟ้า

ตัวเก็บประจุถูกสร้างขึ้นมาเพื่อเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้าในรูปประจุไฟฟ้า ตัวเก็บประจุจะประกอบด้วยตัวนำรูปทรงใดๆ 2 ชิ้น วางอยู่ใกล้กัน ระหว่างตัวนำทั้งสองจะกั้นด้วย ไดอิเล็กทริก โดยตัวนำทั้งสองจะเก็บสะสมประจุในปริมาณเท่ากัน แต่เป็นชนิดตรงกันข้าม



รูปที่ 2.1 การสะสมประจุระหว่างตัวนำให้เกิดค่าความจุ

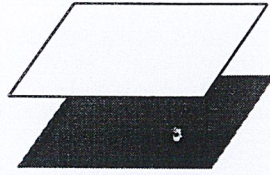
ความจุไฟฟ้าเป็นค่าคงที่บอกถึงความสามารถในการเก็บประจุหรือพลังงานไฟฟ้ากำหนดให้เป็นอัตราส่วนระหว่าง ปริมาณประจุบนตัวนำชิ้นใดชิ้นหนึ่ง กับความต่างศักย์ระหว่างตัวนำทั้งสองดังกล่าว

$$C = Q / V$$

หน่วย F = Columb / Volt

- ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน

ลักษณะเป็นแผ่นตัวนำรูปทรงเรขาคณิตวางขนานกันขึ้นระหว่างกันด้วยไดอิเล็กทริก ค่าความจุคำนวณคร่าว ๆ ได้โดยสมการ



รูปที่ 2.2 ตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน

$$\text{ได้ } C = Q / V = \epsilon S / d$$

C คือค่าความจุ

ϵ ค่าไดอิเล็กทริก

S พื้นที่แผ่นประจุ

d ระยะห่างระหว่างแผ่นประจุทั้งสอง

Q ปริมาณประจุบนตัวนำ

V ต่างศักย์ระหว่างตัวนำทั้งสอง

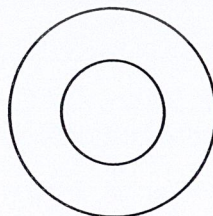
- ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแบบทรงกระบอก



รูปที่ 2.3 ตัวเก็บประจุแบบทรงกระบอก

$$\text{ได้ } C = 2\pi\epsilon L / \ln(a/b) = Q / V$$

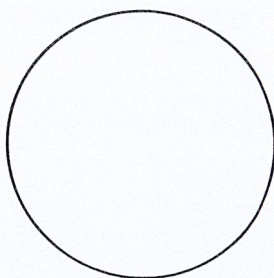
- ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแบบทรงกลมร่วมซ้อนจุดศูนย์กลาง



รูปที่ 2.4 ตัวเก็บประจุแบบทรงกลมร่วมซ้อนจุดศูนย์กลาง

$$\text{ได้ } C = 4\pi\epsilon / [(1/a) - (1/b)]$$

- ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแบบทรงกลมเดี่ยว



รูปที่ 2.5 ตัวเก็บประจุแบบทรงกลมเดี่ยว

$$C = 4\pi\epsilon_0 a$$

2.2 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

2.2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ หน่วยประมวลผลกลาง(Central Processing Unit:CPU) ส่วนของเพอริเฟอรัล (Peripheral) และคุณสมบัติพิเศษอื่นๆ

2.2.2 คุณสมบัติของหน่วยประมวลผลกลางภายในPIC16F877

- มีคำสั่งเพียง 35 คำสั่ง ขนาด 14 บิต
 - คำสั่งหนึ่งๆ ใช้เวลาทำงาน 1 ถึง 2 ไซเคิล
 - ทำงานได้สูงสุดที่ 20 เมกกะเฮิร์ต
 - ทำงานแบบ Pipe-line (มี 2 ท่อ) ทำให้ ณ เวลาหนึ่งทำงาน 2 อย่างพร้อมกันได้
 - มีสแต็กให้ใช้ได้สูงสุด 8 ระดับ
 - สัญญาณนาฬิกามีหลายโหมดให้เลือกใช้งาน คือ อาจจะใช้คริสตอลหรือวงจรรอาร์ชี ก็ได้
 - มีอินพุทพอร์ตทั้งหมด 5 พอร์ต
 - มีระบบตรวจระดับไฟเลี้ยง (Brown-out reset)
 - มี อนุาลอกทูลิจิตอลคอนเวอร์เตอร์ แบบ 10 บิต จำนวน 8 ช่องนำเข้า ในตัวเอง
 - มีระบบ USART สำหรับต่อกับ การสื่อสารแบบ RS232
 - มี ไทเมอร์เคาเตอร์ 3 ตัว
 - สามารถโปรแกรมด้วยไฟ +5 โวลต์ ดีซี ได้
 - มีแหล่งกำเนิดอินเตอร์ปต์ 14 แหล่งได้แก่
1. การเปลี่ยนแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอล
 2. เกิดไทเมอร์เอาต์ในการแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอล
 3. เกิดบัลลิสต์ชัน (Bus collision) หรือการชนกันของข้อมูลในระบบบัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. มีการกดปุ่มเกิดขึ้น
5. จากโมดูลตรวจจับหรือเปรียบเทียบ CPP
6. จากการเปรียบเทียบแรงดันอนาล็อกเป็นจริง
7. เขียนข้อมูลในหน่วยความจำอีพรอมเสร็จสมบูรณ์
8. จากสัญญาณอนาล็อกภายนอก
9. เกิดจากการใช้โมดูลแอลซีดี
10. เมื่อตรวจพบแรงดันไฟเลี้ยงต่ำกว่าที่กำหนด
11. มีข้อมูลเข้ามาที่พอร์ตขนานเสริมหรือ PSP
12. เมื่อพอร์ตมีการเปลี่ยนแปลงลอจิก
13. เมื่อมีการเริ่มต้นใช้งานระบบบัสSPI หรือไอสแควลซ์(I2C)
14. จากการโอเวอร์โพล์ของไทเมอร์

- หน่วยความจำข้อมูล(data memory) เป็นแบบอีพรอมสามารถลบและเขียนใหม่ได้
ประมาณล้านครั้งและเก็บข้อมูลได้ 40 ปี

- หน่วยความจำโปรแกรมมีโครงสร้างเป็นหน่วยความจำแบบแฟลช มีขนาด 8 กิโลไบต์
โดยใน 1 ไวลด์ของ PIC16F84 มีขนาด 14 บิต

- หน่วยความจำข้อมูลเป็นหน่วยความจำแบบอีพรอมขนาด 256 ไบต์

- หน่วยความจำแรมได้รับการกำหนดให้ทำงานรีจิสเตอร์กำหนดเพิ่มข้อมูลหรือรีจิสเตอร์
ไฟล์ขนาด 368 ไบต์

2.2.3 คุณสมบัติทางเทคนิคของ เพอริเฟอรัล(Peripheral)ใน PIC16F877

- มีขาอินพุตเอาต์พุต 13 ขา สามารถกำหนดเป็นขาอินพุตหรือเอาต์พุตได้อย่างอิสระ

- กระแสซิงก์/ซอร์สของแต่ละขาอินพุตเอาต์พุตสูงที่จะขับแอลอีดีได้โดยตรง

- กระแสซิงก์สูงสุด 25 มิลลิแอมป์ต่อขา

- กระแสซอร์สสูงสุด 25 มิลลิแอมป์ต่อขา

- มีไทเมอร์/เคาเตอร์ขนาด 8บิต คือ TMRO พร้อมกับ 프리สเกลเลอร์(prescaler)ขนาด 8 บิต
ที่สามารถโปรแกรมได้

2.2.4 คุณสมบัติอื่นๆ

- มีเพาเวอร์ออนรีเซตในตัว(POR:Power-on Reset)

- มีเพาเวอร์อัปไทเมอร์ในตัว(PWRT:Power-up Timer)

- มีออสซิลเลเตอร์สตาร์ทอัปไทเมอร์(OST:Oscillator Start-up Timer)

- มีวอตช์ดอกไทเมอร์(WDT:Watch Dog Timer)พร้อมกับวงจรออสซิลเลเตอร์ RC ภายใน

เพื่อช่วยให้การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์มีเสถียรภาพยิ่งขึ้น

- ป้องกันการคัดลอกข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

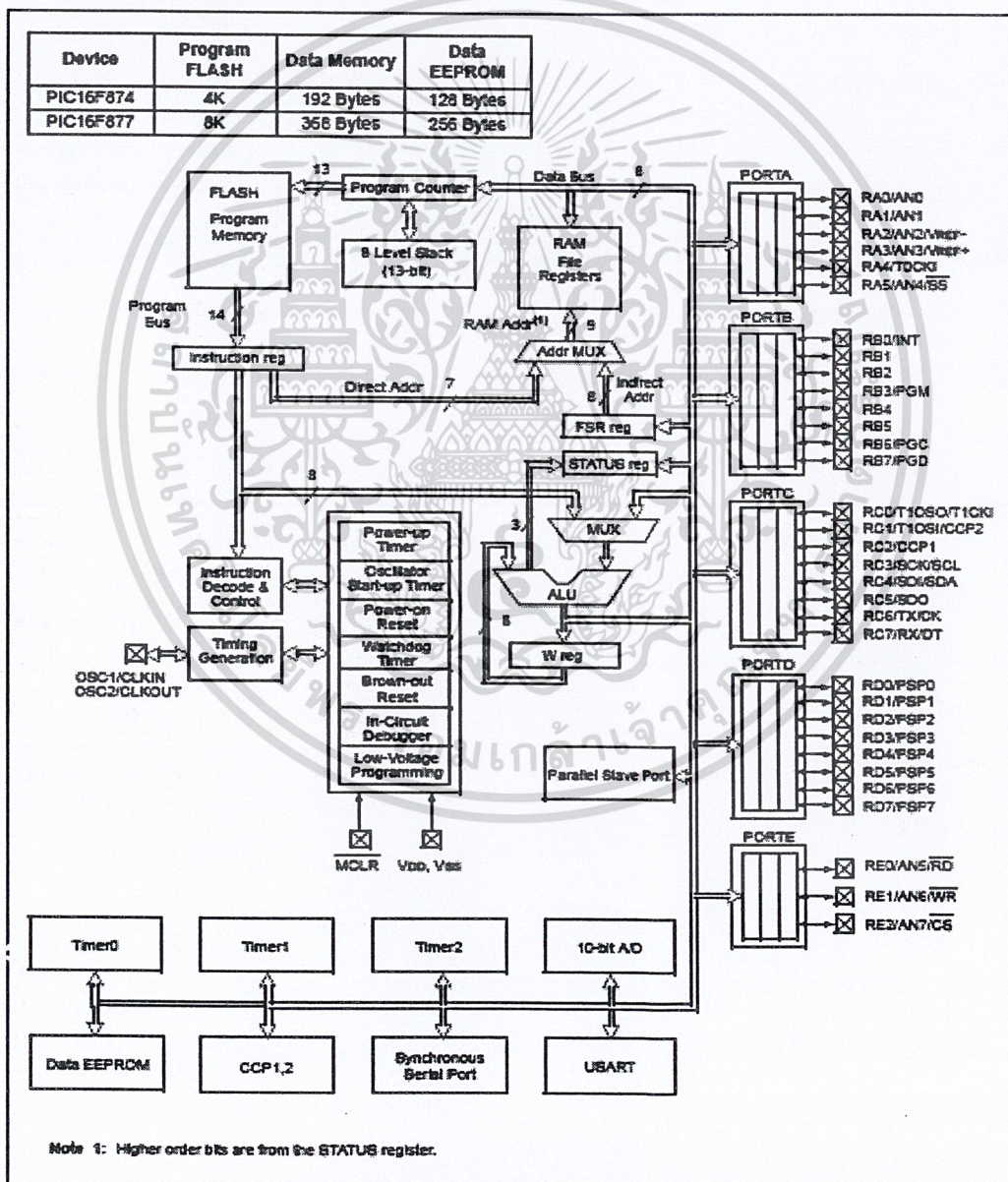
- มีโหมดประหยัดพลังงานหรือ โหมดสลีป(Sleep mode)
- สามารถเลือกวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้กำหนดการทำงานได้
- การเขียนข้อมูลเข้าสู่หน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบอนุกรมผ่านขา

ใช้งานเพียง 2 ขา

-เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับการพัฒนาภายใต้เทคโนโลยีซีมอสแฟลช/อีอีพรม ความเร็วสูง สูญเสียพลังงานต่ำ

- ย่านไฟเลี้ยง 2.0-5.5 V.

2.2.5 สถาปัตยกรรมของ PIC16F877



รูปที่ 2.6 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์PIC16F877

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F877 มีการจัดสรรหน่วยความจำดังนี้

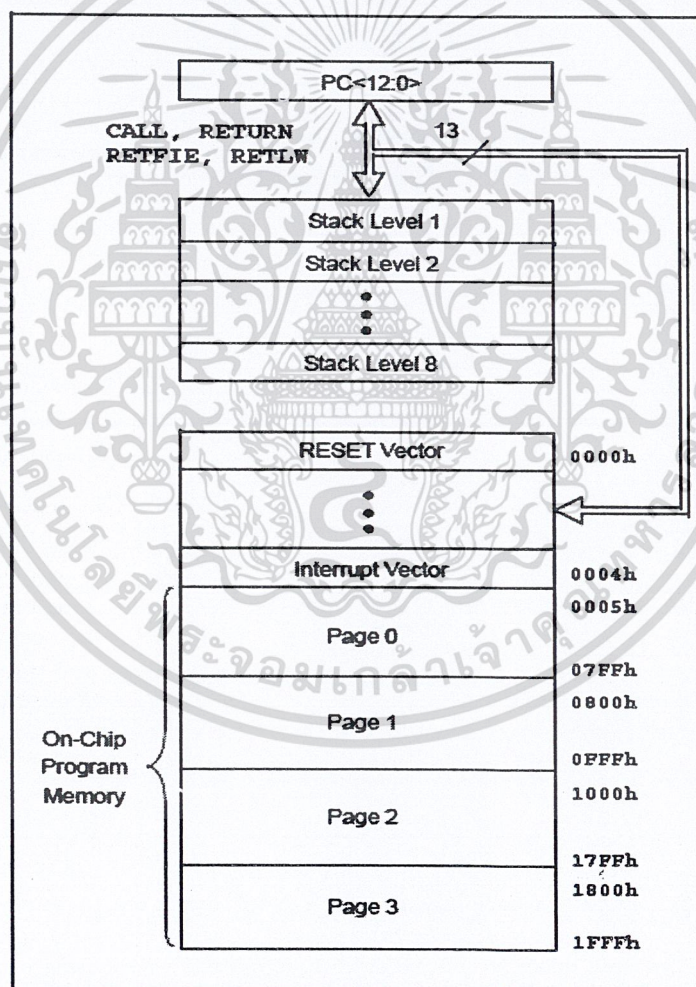
- หน่วยความจำโปรแกรม มีโครงสร้างเป็นหน่วยจำแบบแฟลช มีขนาด 8 กิโลเวิร์ด โดยใน 1 เวิร์ดของ PIC16F877 มีขนาด 14 บิต

- หน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม ขนาด 256 ไบต์

- หน่วยความจำข้อมูลแรม ได้รับการกำหนดให้ทำงานเป็นรีจิสเตอร์กำหนดเพิ่มข้อมูล หรือรีจิสเตอร์ไฟล์ขนาด 368 ไบต์ การเข้าถึงหน่วยความจำทั้งหมดของหน่วยประมวลผลกลางหรือ ซีพียูภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์นี้สามารถทำได้ทั้งลักษณะโดยตรง และ โดยอ้อม

2.2.6 การจัดการหน่วยความจำของ PIC16F877

การจัดการหน่วยความจำของ PIC16F877 ถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ หน่วยความจำโปรแกรม , หน่วยความจำข้อมูล และหน่วยความจำส่วนของ EEPROM



รูปที่ 2.7 แสดงการจัดการหน่วยความจำของ PIC16F877

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ได้รับการบรรจุหน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และหน่วยอินพุตไว้พร้อมสรรพ อีกทั้งยังมีไทมเมอร์และวอตช์ดีคอกครบถ้วนสมบูรณ์ ดังแสดงสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ในรูปที่แสดง

2.2.7 หน่วยความจำโปรแกรม

PIC 16F877 มี Program Counter(PC) ขนาด 13 บิต ที่สามารถอ้างตำแหน่งหน่วยความจำได้ $8k \times 14$ ตำแหน่ง โดยมีตำแหน่ง Reset Vector ที่ 0000h และ Interrupt Vector ที่ตำแหน่ง 0004h และมีโครงสร้างคิงรูปที่ 3.9 ซึ่งจากรูปที่แสดงจะเห็นว่า PIC 16F877 มีความลึกของ Stack ทั้งหมด 8 ระดับ

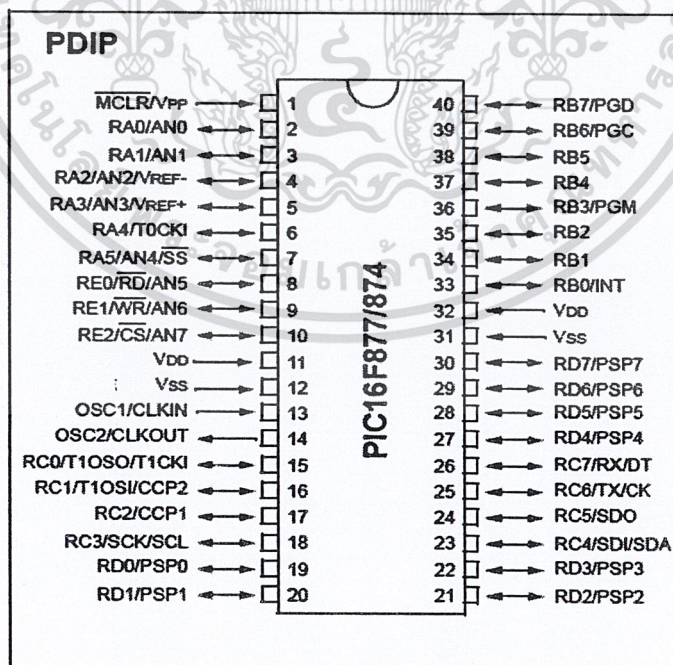
2.2.8 หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูลถูกแบ่งออกเป็น 4 Bank ซึ่งเป็นที่อยู่ของ General Purpose Register และ Special Function Register เราสามารถเปลี่ยน Bank ได้โดยการเลือกที่บิต PR0 และ PR1 โดยในแต่ละ Bank มีถึง 128 bytes และส่วนต่างๆ ของแต่ละ Bank จะเป็นที่อยู่ของ Special Function Register และส่วนที่อยู่ถัดไปเป็นที่อยู่ของ General Purpose Register ซึ่งถูกใช้เหมือน RAM ทั่วไป

2.2.9 General Purpose Register File

Register File เป็นส่วนที่เข้าถึงได้โดยตรงหรือทางอ้อมอย่างใดอย่างหนึ่งโดย File Select Register หรือ โดย FSR

2.2.10 การจัดขาของ PIC16F877



รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะการจัดขาของไอซี

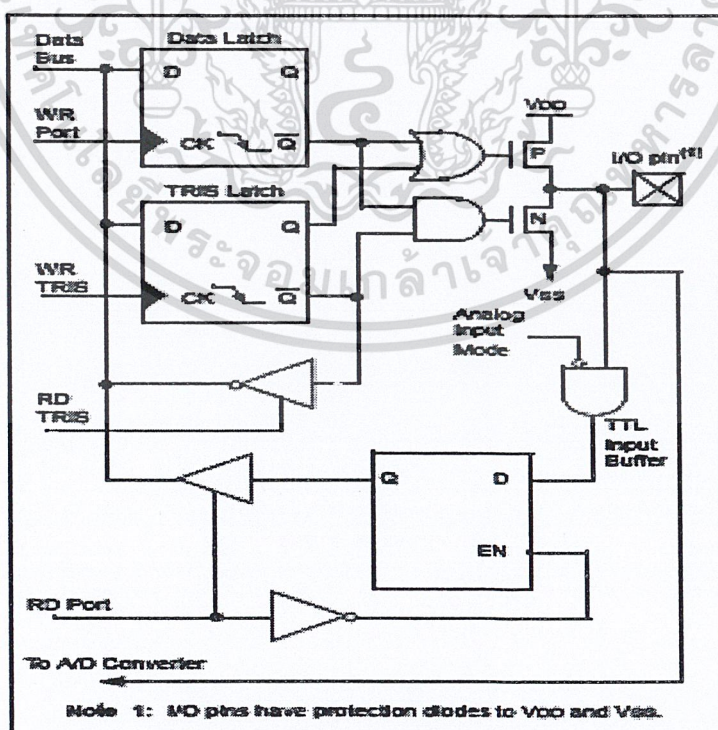
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อขาใช้งานของ PIC16F84A สามารถต่อใช้งานได้เป็น 4 กลุ่ม คือ

กลุ่มสัญญาณนาฬิกามี 2 ขา คือ OSC1/CLKIN (ขา 13) และ OSC2/CLKOUT(ขา 14),
กลุ่มขาควบคุม มี 1 ขา คือ ขา 4 และ กลุ่มขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุต แบ่งออกเป็น 5 พอร์ต คือ

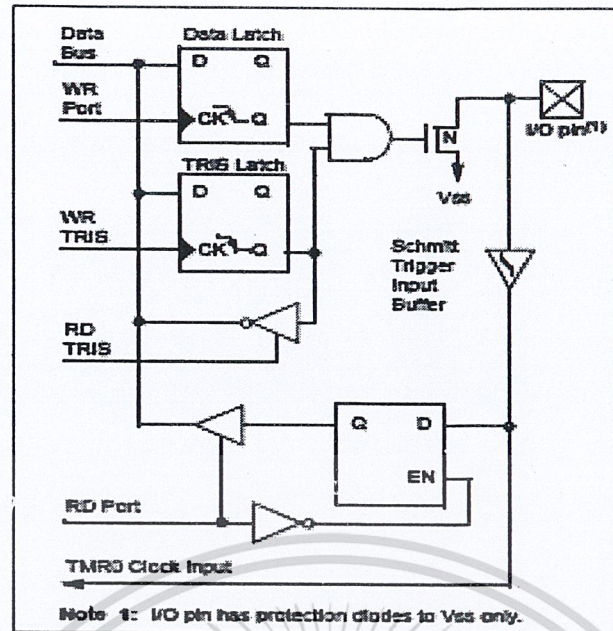
- พอร์ต A มีขนาด 6 บิต ซึ่งเป็นพอร์ตที่เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต โดยต้องเลือกแบบใดแบบหนึ่ง สามารถเลือกได้จากรีจิสเตอร์ ที่มีชื่อว่า TRISA ซึ่งถ้า TRISA bit ถูกเซต เป็น '1' พอร์ต A ที่มีหมายเลขบิตเดียวกันนั้นก็ทำงานเป็นอินพุต (ทำให้ port นั้นอยู่ในสถานะ hi-impedance) ส่วนถ้า TRISA bit ถูกเซต เป็น '0' พอร์ต A ที่มีหมายเลขบิตเดียวกันนั้นก็ทำงานเป็น เอาต์พุต (พอร์ตจะอยู่ในสถานะ output latch) การอ่านค่า พอร์ต A รีจิสเตอร์คือการอ่านค่าสถานะของ ขา PORTA ในขณะนั้น ส่วนการเขียนค่าไปยังพอร์ต A คือการเขียนไปยัง latch ของ port ลักษณะการเขียนจะเป็นแบบ Read-Modify-Write Operations ซึ่งหมายความว่า ในการเขียนไปยัง Port จะเริ่มด้วยการอ่านค่า Port นั้นมาก่อนแล้วทำการเปลี่ยนแปลงค่า จากนั้นก็ทำการเขียนกลับ ไปยัง Port Latch อีกครั้งหนึ่ง

ขา RA4 จะ Multiplexed กับ Timer0 Module Clock Input ซึ่งจะเรียกรวมๆ ว่า RA4/T0CKI โดยที่ ขา RA4/T0CKI จะเป็นลักษณะอินพุต แบบ Schmitt Trigger และเอาต์พุต แบบ Open Drain. Port RA ทั้งหมด จะมี TTL Input Level และมีเอาต์พุตแบบ full CMOS Drivers ส่วน PORTA ขาอื่นๆ จะ Multiplex กับ Analog Inputs และ Vref ของ A/D Input ซึ่งการกำหนดการทำงานของแต่ละขา สามารถเลือกได้โดย Clear หรือ Set Control bits ใน ADCON1 Register



รูปที่ 2.9 บล็อกไดอะแกรมของ PIN RA3-RA0 และ RA5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 บล็อกโคอะแกรมของPIN RA4/TOCK1

ในขณะที่เกิด Power-on Reset ขาเหล่านี้จะถูก config ให้เป็น analog input และจะอ่านค่าได้เป็น '0' TRISA register มีหน้าที่ควบคุมว่าขา PORTA โคจะเป็น input/output ในกรณีที่ใช้ PORTA เป็น analog input TRISA register จะต้องถูก set

Name	Bit#	Buffer	Function
RA0/AN0	bit0	TTL	Input/output or analog input.
RA1/AN1	bit1	TTL	Input/output or analog input.
RA2/AN2	bit2	TTL	Input/output or analog input.
RA3/AN3/REF	bit3	TTL	Input/output or analog input or VREF.
RA4/TOCK1	bit4	ST	Input/output or external clock input for Timer0. Output is open drain type.
RA5/SS/AN4	bit5	TTL	Input/output or slave select input for synchronous serial port or analog input.

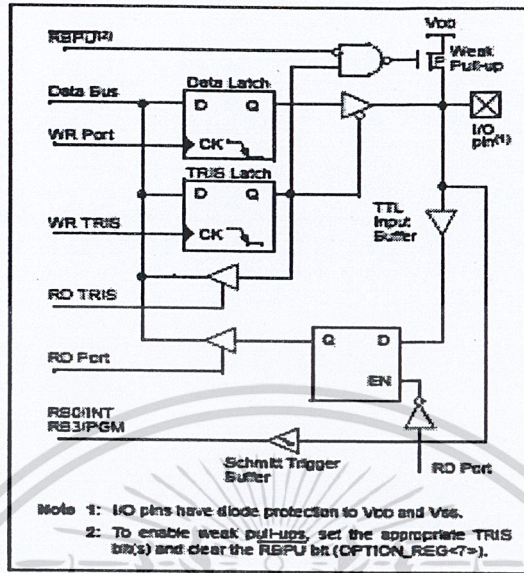
Legend: TTL = TTL input, ST = Schmitt Trigger input

ตารางที่ 2.1 ฟังก์ชันของพอร์ต A

- พอร์ต B เป็นลักษณะแบบ Port แบบสองทิศทาง ซึ่ง register ที่จะเป็นตัวกำหนดว่า port โคจะเป็นแบบ input/output จะถูกกำหนดโดย TRISB register ถ้า set TRISB bit โค (=1) PORTB ที่บิตนั้นก็จะเป็น input ถ้า clear TRISB bit โค (=0) PORTB ที่บิตนั้นก็จะเป็น output ขาสามขาของ PORTB จะ multiplexed กับ Low Voltage Programming function ซึ่งได้แก่ RB3/PGM, RB6/PGC และ RB7/PGD แต่ละ port จะมี weak pull-up อยู่ภายใน (ถ้าต้องการ pull-up แข็งๆ ต้องต่อวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

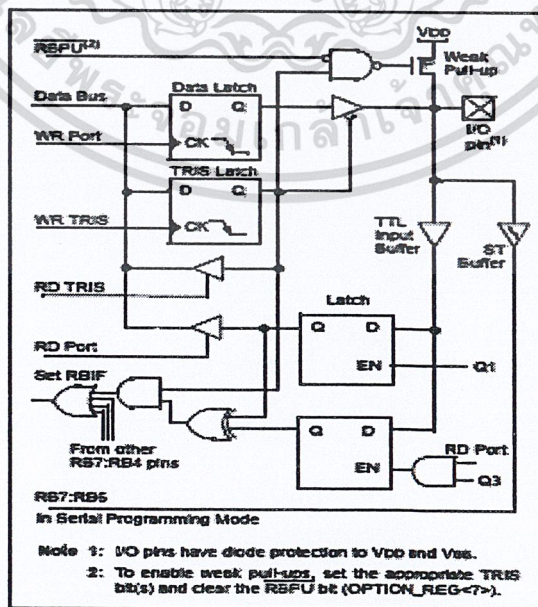
ภายนอก) เราสามารถกำหนดว่าจะใช้ pull-up ภายในหรือไม่จากการ set หรือ clear RBPU (OPTION register บิต 7)



รูปที่ 2.11 บล็อกไดอะแกรมของ PIN RB3-RB0

โดยถ้าเรา clear RBPU จะหมายถึง เราทำการ disable pull-up ภายใน และถ้าเรากำหนดให้ PORTB เป็น OUTPUT แล้ว pull-up จะถูก disable โดยอัตโนมัติ

สำหรับ พอร์ต B นั้น ขา RB4-RB7 จะมี feature เพิ่มเติมก็คือ การกำหนดให้เกิด Interrupt เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของสถานะของสัญญาณไฟฟ้าที่ขา RB4-RB7 (โดยถ้าขาใดขาหนึ่งเกิดเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น)



รูปที่ 2.12 บล็อกไดอะแกรมของ PIN RB7-RB4

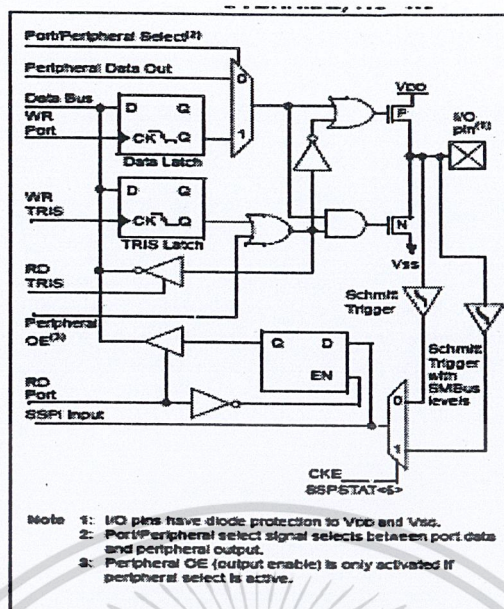
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานะก็จะทำให้เกิด RB Port Change Interrupt ขึ้น ซึ่งจะทำให้ RBIF (INTCON.0) flag ถูก set โดยที่ Interrupt ประเภทนี้สามารถทำการ “wake” microcontroller จากสถานะ sleep mode ได้ RBIF flag จะถูก Clear ได้ 2 กรณี คือ ทำการอ่านหรือเขียน พอร์ต B และ ทำการ clear RBIF flag โดยตรง ถ้าหากเราใช้ interrupt on PORTB Change แล้วไม่ควรจะ Enable Pull-Up ของ PORTB

Name	Bit#	Buffer	Function
RB0/INT	bit0	TTL/ST ⁽¹⁾	Input/output pin or external interrupt input. Internal software programmable weak pull-up.
RB1	bit1	TTL	Input/output pin. Internal software programmable weak pull-up.
RB2	bit2	TTL	Input/output pin. Internal software programmable weak pull-up.
RB3/PGM ⁽³⁾	bit3	TTL	Input/output pin or programming pin in LVP mode. Internal software programmable weak pull-up.
RB4	bit4	TTL	Input/output pin (with interrupt-on-change). Internal software programmable weak pull-up.
RB5	bit5	TTL	Input/output pin (with interrupt-on-change). Internal software programmable weak pull-up.
RB6/PGC	bit6	TTL/ST ⁽²⁾	Input/output pin (with interrupt-on-change) or In-Circuit Debugger pin. Internal software programmable weak pull-up. Serial programming clock.
RB7/PGD	bit7	TTL/ST ⁽²⁾	Input/output pin (with interrupt-on-change) or In-Circuit Debugger pin. Internal software programmable weak pull-up. Serial programming data.

ตารางที่ 2.2 ฟังก์ชันของพอร์ต B

- พอร์ต C เป็นลักษณะแบบ Port แบบสองทิศทาง ซึ่ง register ที่จะเป็นตัวกำหนดว่า Port ใดจะเป็นแบบ Input/Output จะถูกกำหนดโดย TRISC Register ถ้า set TRISC Bit ใด (=1) PORTC ที่บิตนั้นก็จะเป็น Input ถ้า Clear TRISC Bit ใด (=0) PORTC ที่บิตนั้นก็จะเป็น Output ที่ PORTC จะมีคุณสมบัติเพิ่มเติม เช่น IIC, UART, SPI, PWM, CAPTURE ขึ้นอยู่กับการใช้งาน โดยเมื่อเราทำการ enable คุณสมบัติเพิ่มเติมต่างๆ ที่ PORTC เราต้องระวังในเรื่องของการตั้งค่า TRISC ของแต่ละขาของ PORTC เพราะในการ Enable คุณสมบัติบางตัวที่อยู่ที่ PORTC (เช่น UART) ตัวมันเองจะทำการเปลี่ยน bit TRISC โดยอัตโนมัติ ดังนั้นเราจึงไม่ควรที่จะตั้งค่า TRISC โดยตรงกับขาใดของ PORTC ที่ทำการ Enable คุณสมบัติเพิ่มเติม PORTC แต่ละ Port จะ Schmitt Trigger input buffers อยู่ภายในแต่ละขา ลักษณะโครงสร้างของ PORT จะแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ PORTC0-2,5-7 และอีกกลุ่มหนึ่งก็คือ PORTC3-4

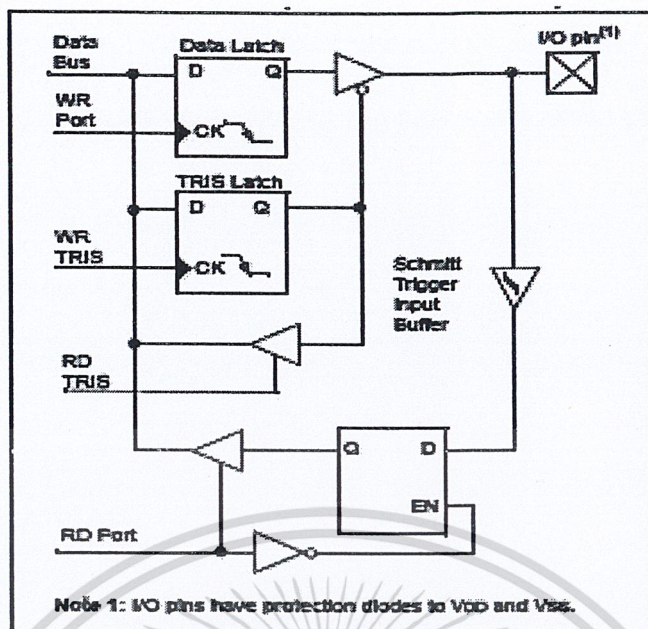


รูปที่ 2.13 บล็อกไดอะแกรมของพอร์ต C

Name	Bit#	Buffer Type	Function
RC0/T1OSO/T1CKI	bit0	ST	Input/output port pin or Timer1 oscillator output/Timer1 clock input.
RC1/T1OSI/CCP2	bit1	ST	Input/output port pin or Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output.
RC2/CCP1	bit2	ST	Input/output port pin or Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output.
RC3/SCK/SCL	bit3	ST	RC3 can also be the synchronous serial clock for both SPI and I ² C modes.
RC4/SDI/SDA	bit4	ST	RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I ² C mode).
RC5/SDO	bit5	ST	Input/output port pin or Synchronous Serial Port data output.
RC6/TX/CK	bit6	ST	Input/output port pin or USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock.
RC7/RX/DT	bit7	ST	Input/output port pin or USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.

ตารางที่ 2.3 ฟังก์ชันของพอร์ต C

- พอร์ต D จะเป็น port ขนาด 8 bits ซึ่งจะมี Schmitt Trigger input buffer อยู่ในตัว โดยที่เราสามารถกำหนดแต่ละบิตของ port ให้เป็น input หรือ output ได้โดยอิสระจากกัน PORTD สามารถที่จะทำตัวเป็น parallel slave port ได้อีกด้วย โดยทำได้โดยการ set PSPMODE bit (TRISE<4>) ซึ่งใน mode นี้ buffer ภายในจะกลายเป็นแบบ TTL



รูปที่ 2.14 บล็อกไดอะแกรมของพอร์ต D

- พอร์ต E จะมีทั้งหมด 3 ขา คือ RE0/(RD)/AN5, RE1/(WR)/AN6 และ RE2/(CS)/AN7 ซึ่งจะมี Schmitt Trigger Input Buffer อยู่ในตัว โดยที่เราสามารถกำหนดแต่ละบิตของพอร์ตให้เป็น อินพุต หรือเอาต์พุต I/O PORTE สามารถกลายเป็น Control Input สำหรับ Microprocessor Port เมื่อทำการเซต PSPMODE(TRISE<4>) bit ข้อควรระวังเมื่ออยู่ในโหมดนี้ก็คือ ต้องตรวจสอบให้ดูว่า TRISE ตั้งแต่บิต 0-2 ถูกเซต (อยู่ในสถานะอินพุต) และต้องแน่ใจว่า ADCON1 ถูกเซตให้อยู่ใน โหมดดิจิทัล I/O ซึ่งในโหมดนี้อินพุตบัฟเฟอร์ จะเป็น TTL

พอร์ต E จะมีลักษณะคือ จะ Multiplex กับ Analog Inputs โดยเมื่อ PORTE ถูกเซตเป็น Analog Inputs แล้ว ขาเหล่านี้เมื่อทำการอ่านค่าจะมีค่าเป็น 0 ส่วน TRISE ซึ่งเป็น Control Register นั้นจะต้องเซตให้เป็นอินพุต เมื่อเซตให้อยู่ใน Mode Analog Input

-กลุ่มขาไฟเลี้ยง มี 4 ขาคือ ขา Vss (ขา 12 , ขา 31) หรือขาต่อกราวด์และขา Vdd(ขา 11 , ขา 32) หรือขาต่อไฟเลี้ยง ปกติ +5V

2.2.11 การป้อนสัญญาณนาฬิกาให้แก่ PIC16F877 สามารถเลือกได้ 3 วิธี ดังนี้

- RC เป็นการใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุร่วมกับแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายใน ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์
- XT ใช้คริสตัลหรือเซรามิกเรโซเนเตอร์ (เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด
- HS ใช้คริสตัลความถี่สูง(มากกว่า 4 เมกกะเฮิร์ต)

2.3 ส่วนแสดงผลทาง LCD Module

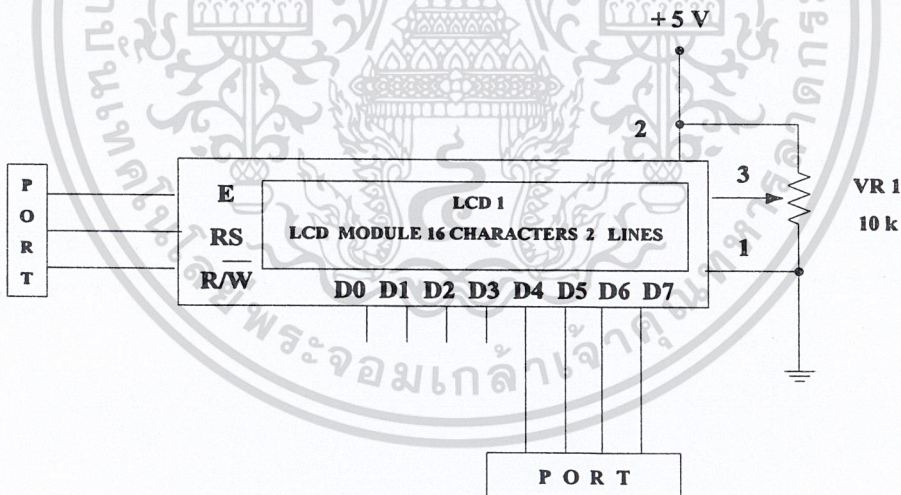
เป็นจอแสดงผลแบบผลึกเหลวซึ่งเป็นสารที่รวมตัวกันอย่างได้สัดส่วนระหว่างของเหลวกับผลึก LCD มีข้อดีหลายประการ

- กินพลังงานน้อย ต้องการกำลังงานน้อย แรงดันต่ำ
- เชื้อถั่วได้ใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้างและมีอายุการใช้งาน
- ราคาถูก ใช้งานได้กว้างขวาง

ซึ่งด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้แอลซีดีกลายเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ผลิตออกสู่ท้องตลาดในยุคปัจจุบัน

ในยุคแรกๆ จะเป็นส่วนประกอบของนาฬิกา เครื่องคิดเลข หรือเครื่องมือวัดต่างๆ และต่อได้มีการพัฒนาเข้ามามีบทบาทในระบบคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในส่วนของแสดงผลข้อมูล ในปัจจุบันแอลซีดีได้เข้ามาแทนที่จอภาพแบบซีอาร์ที (Cathode Ray Tube) ในการแสดงผลกราฟฟิก ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเข้ามาแทนที่จอภาพแบบซีอาร์ทีในที่สุด

ในโครงการนี้จะใช้ตัวแสดงผลแบบแอลซีดี โมดูลแบบแสดงผลตัวอักษร (Characters) ขนาด 16 X 2 (ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด) ต่อใช้งานดังรูปที่แสดง



รูปที่ 2.15 แสดงการเชื่อมต่อแอลซีดีโมดูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์

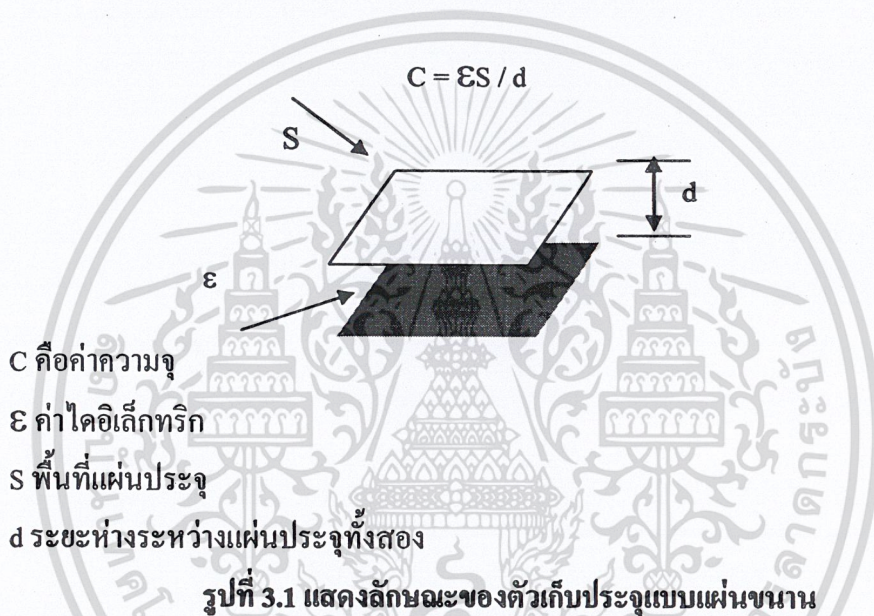
บทที่ 3

การออกแบบวงจร

3.1 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์

3.1.1 ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน

ตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน มีลักษณะเป็นแผ่นตัวนำสองแผ่นที่จะแยกจากกันโดยฉนวนที่เรียกว่า ไดอิเล็กทริก และสามารถคำนวณหาค่าความจุได้จาก



C คือค่าความจุ

ε ค่าไดอิเล็กทริก

S พื้นที่แผ่นประจุ

d ระยะห่างระหว่างแผ่นประจุทั้งสอง

รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน

ตัวเก็บประจุจะมีพื้นที่แผ่นประจุ (S) และระยะห่างระหว่างแผ่นประจุ (d) ประจุในตัวเก็บประจุจะขึ้นกับคุณสมบัติของสาร ไดอิเล็กทริก (ε) ซึ่งค่า ε ของไดอิเล็กทริกแต่ละแบบจะไม่เท่ากัน โดย ε ของสุญญากาศ = 1, ε ของน้ำที่อุณหภูมิ 0 องศา = 81 เป็นต้น

3.1.2 หลักการคำนวณค่า capacitance เพื่อนำมาสร้าง capacitor

ในการสร้างตัวเก็บประจุในโครงการนี้กำหนดให้มีระยะ $d = x$ cm, พื้นที่แผ่นตัวนำ กว้าง x cm ยาว 10 cm และตัวไดอิเล็กทริกที่ใช้ในการคำนวณเริ่มต้นคือ อากาศ ซึ่งมีค่า $\epsilon = 1$ เพราะฉะนั้น จะได้ค่าความจุเริ่มต้นดังนี้

$$C = \epsilon S / d$$

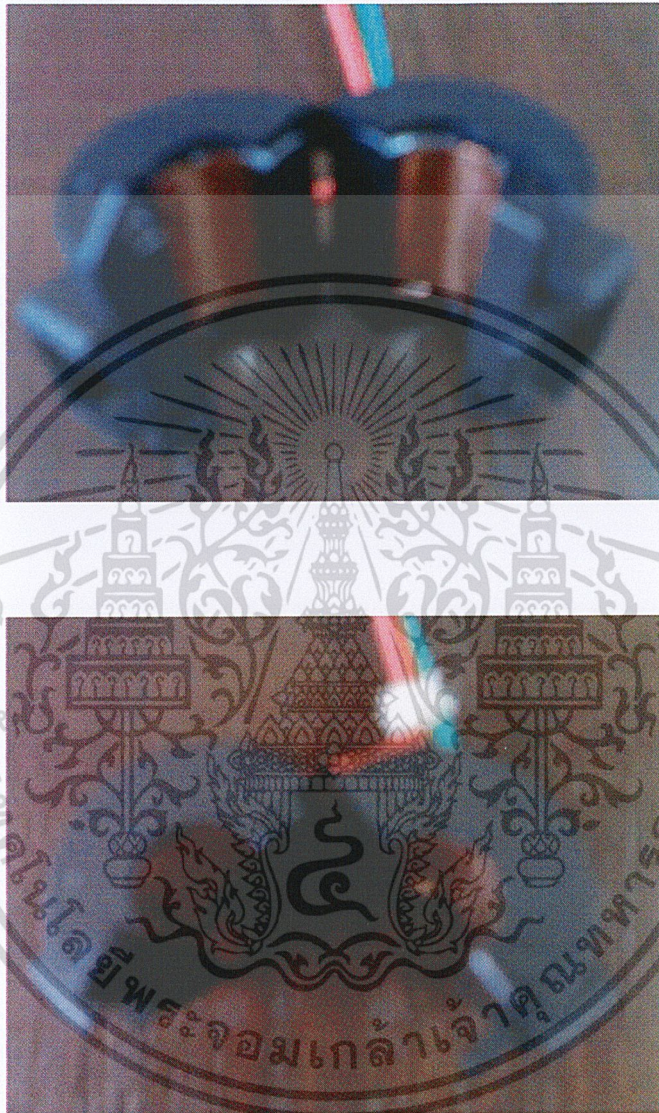
$$C = xx/x$$

$$C = x \text{ pF}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือค่าความจุที่นำมาใช้เป็นตัวทดสอบ (C Test) ในการทดลอง และสาเหตุที่กำหนดให้ตัว capacitor มีขนาดตามนี้ก็เพราะการใช้งานของเราเป็นแค่การสุ่มวัดเท่านั้น ไม่ได้ทำการวัดทั้งหมด

3.1.3 โครงสร้างของตัว capacitor

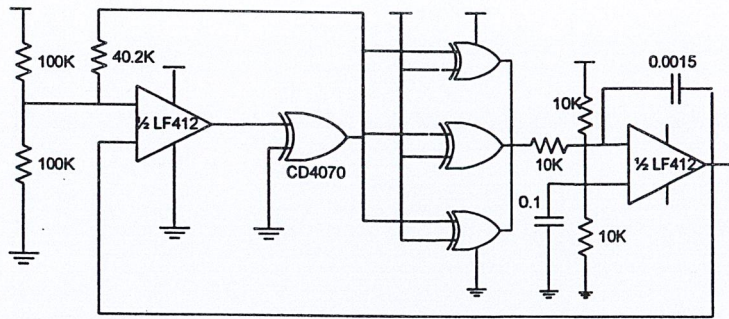


รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างของตัว capacitor

3.1.4 วงจรกำเนิดสัญญาณ (Signal generator)

ทำหน้าที่สร้างสัญญาณสามเหลี่ยม $\left(\frac{dv}{dt}\right)$ เพื่อป้อนเข้าสู่วงจรดีเทคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



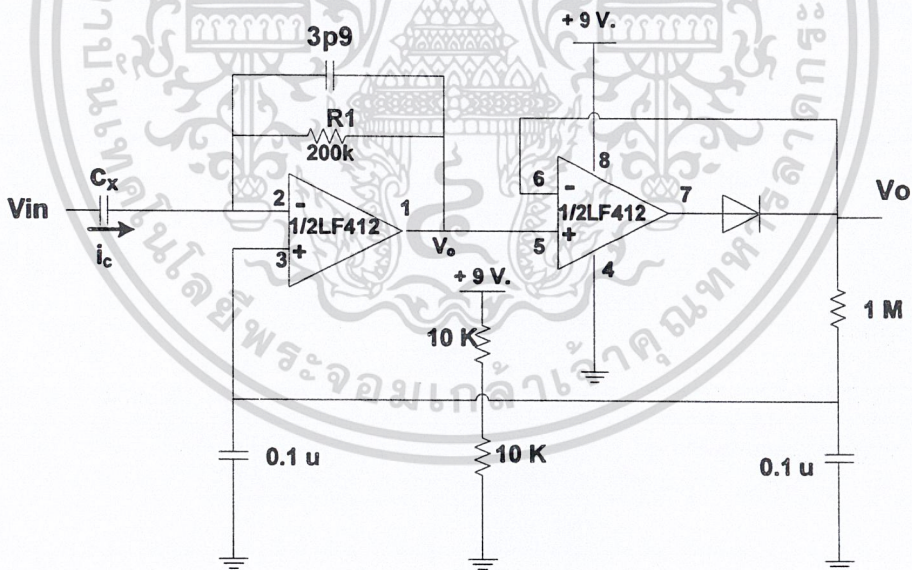
รูปที่ 3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณ (Triangle Wave Generator)

3.1.5 วงจรดีเทคเตอร์ (Detector Circuit)

วงจรดีเทคเตอร์แสดงในรูปที่ 3.4 ใช้หลักการของวงจรถายประจุ ซึ่งสะสมอยู่บนแผ่นประจุของตัวเก็บประจุ C_x ที่คั่นด้วยไดโอดเล็กที่รีจิกจากการประจุโดย V_i โดย V_o หาได้จากสมการที่ (3.2)

$$i_c = C_x \left(\frac{dv}{dt} \right)$$

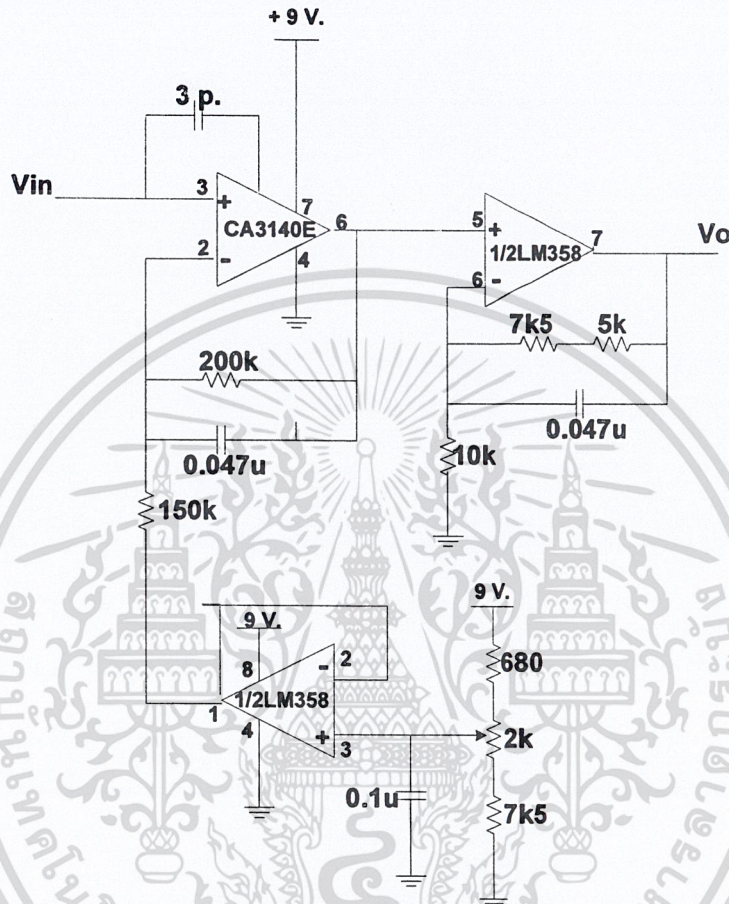
$$v_o = -i_c R_1 \tag{3.2}$$



รูปที่ 3.4 วงจรดีเทคเตอร์

3.1.6 วงจร DC Amplifier

วงจร DC Amplifier แสดงในรูปที่ 3.5 เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่รับเข้ามาจากวงจร Filter และเนื่องจากสัญญาณที่ วงจร Filter ส่งมานั้นเล็กมาก จึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณให้มีค่าเพียงพอกับการใช้งาน



รูปที่ 3.5 วงจร DC Amplifier

3.1.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์

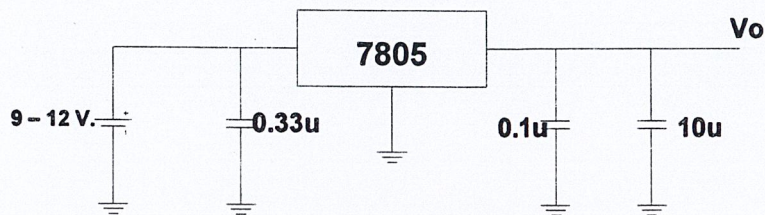
เลือกใช้ PIC เบอร์ 16F877 ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

1. มีคำสั่งให้ใช้งาน 35 คำสั่ง
2. คำสั่งหนึ่งๆใช้เวลาทำงาน 1 ถึง 2 Cycle
3. ทำงานได้สูงสุดที่ 20MHz (PIC16F877-20/P นะครับ ไม่ใช่ 16F877-04/p)
4. ทำงานแบบ Pipe-line (มี 2 ท่อ) ทำให้ ณ เวลาหนึ่งทำงาน 2 อย่างพร้อมๆกันได้
5. หน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบ Flash มีขนาด 8KWord (1 word=14 บิต)
6. มี RAM ขนาด 368 ไบต์ ให้เราใช้งาน
7. มี EEPROM ขนาด 256 ไบต์
8. ตอบสนองกับอินเทอร์รัพได้ทั้งหมด 14 แหล่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ประโยชน์เท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.8 วงจรสร้างแรงดันไฟตรง

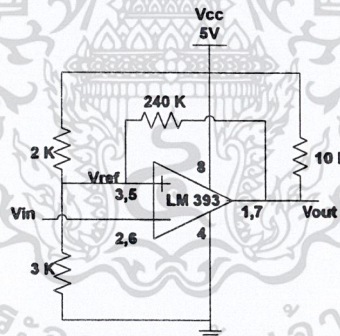
เนื่องจาก PIC 16F877 ต้องใช้แรงดันไฟตรง 5 V. ในการทำงาน จึงได้นำแรงดันไฟตรง 12 V. มาแปลงเป็นแรงดันไฟตรง 5 V. โดยผ่านวงจร Regulator ที่ใช้ IC เบอร์ 7805 ซึ่งมีรูปวงจรถัดนี้



รูปที่ 3.7 วงจรสร้างแรงดันไฟตรง 5 V.

3.1.9 วงจร Comparator

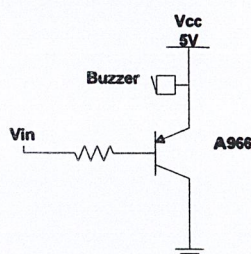
ทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันที่ได้จาก output ของวงจร Amplifier กับแรงดันอ้างอิงที่กำหนดไว้ ถ้าแรงดัน output ของ Amplifier มากกว่า แรงดันอ้างอิง จะได้ output เป็น 0 V. และถ้าแรงดัน output ของ Amplifier น้อยกว่า แรงดันอ้างอิง จะได้ output เป็น 5 V.



รูปที่ 3.8 วงจร Comparator

3.1.10 วงจร Buzzer

จะส่งเสียงเมื่อ Capacitive Sensor ตรวจจับน้ำได้



รูปที่ 3.9 วงจร Buzzer

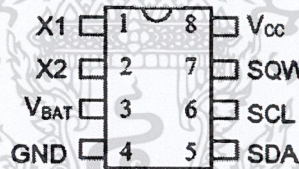
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบในส่วนของโปรแกรม

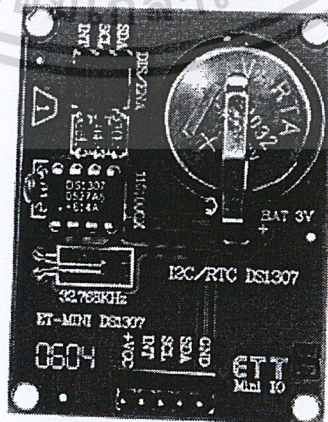
การทำงานของเครื่องวัดปริมาณปีศาจจะมีการทำงานดังนี้คือ เมื่อมีปีศาจไหลผ่านตัวคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์ จะทำให้ค่าความจุทางไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะทำให้ค่ากระแสเปลี่ยนแปลงไป จากนั้นผ่านวงจรแปลงกระแสเป็นแรงดัน แล้วนำแรงดันมาเข้าวงจรขยาย เมื่อได้แรงดันตามที่ต้องการแล้วนำมาป้อนให้กับไมโครโพรเซสเซอร์เพื่อประมวลผลหาปริมาณปีศาจ แล้วนำค่าที่ได้แสดงออกทาง LCD Display

ในส่วนของการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์จะเลือกใช้งาน Real Time Clock (RTC) ซึ่งใช้ DS1307 เป็น IC ฐานเวลา ในการคำนวณเวลาที่ปีศาจไหลผ่านคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์

DS1307 เป็น IC ฐานเวลาของดัลลัสเซมิคอนดักเตอร์ (Dallas Semiconductor) มีบัสรับส่งข้อมูลแบบ I2C ซึ่งเป็นแบบ 2 wire สามารถสื่อสารได้ 2 ทิศทาง (bi-direction bus) ฐานเวลาของ DS1307 นั้นสามารถเก็บข้อมูล วินาที, นาที, ชั่วโมง, วัน, วันที่, เดือน และปี ได้ ระบบเวลาสามารถทำงานโหมดรูปแบบ 24 ชั่วโมง หรือ 12 ชั่วโมง AM/PM ก็ได้ ภายในมีระบบตรวจจับแหล่งจ่ายไฟ โดยถ้าแหล่งจ่ายไฟหลักถูกตัดไป DS1307 สามารถสวิตช์ไปใช้ไฟจากแบตเตอรี่ และทำงานต่อไป โดยที่ยังสามารถรักษาข้อมูลไว้ได้ โครงสร้างมีขาทั้งหมด 8 ขาดังแสดงในรูปที่ 3.8 และมีรายละเอียดการทำงานของขาต่าง ๆ ดังนี้



รูป 3.10 ตำแหน่งขาไอซี RTC DS1307



รูป 3.11 DS1307 สำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VCC: ใช้ต่อไฟเลี้ยง +5V

GND: ใช้ต่อกราวด์

VBAT: ใช้ต่อกับแบตเตอรี่ 3V เพื่อรักษาการทำงาน ในกรณีที่ไม่มีไฟเลี้ยงจ่าย

SDA: ขารับส่งข้อมูลด้วยระบบบัส I2C

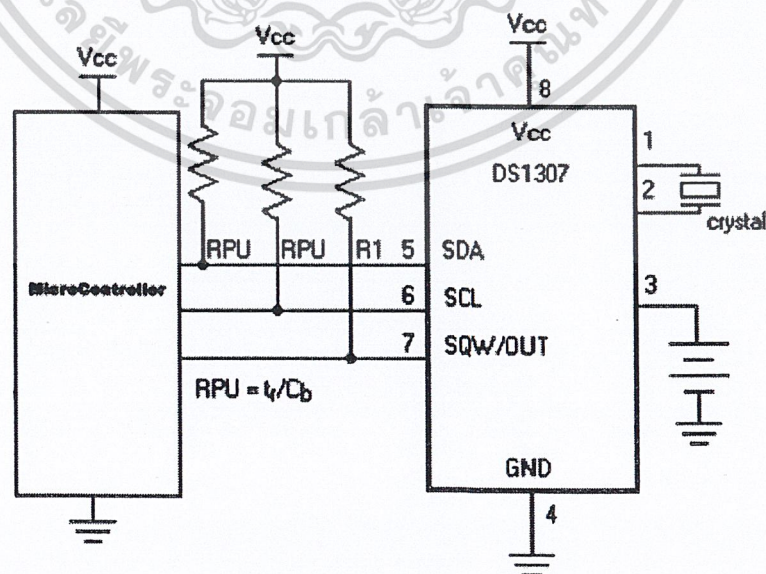
SCL: ขาสัญญาณนาฬิกาสำหรับการรับส่งข้อมูลด้วยระบบบัส I2C

SQW/OUT: ขาเอาต์พุตสัญญาณ Square Wave สามารถเลือกความถี่ได้

X1, X2: ใช้ต่อกับคริสตอลความถี่มาตรฐาน 32.768 kHz เพื่อสร้างฐานเวลาจริงให้กับ IC

ระบบบัสข้อมูลแบบ I2C (Inter-IC Communication) ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัทฟิลิปส์ (Phillips) การรับส่งข้อมูลใช้สายสัญญาณเพียงแค่ 2 เส้น คือสายสัญญาณข้อมูล SDA (Serial Data line) และสายสัญญาณนาฬิกา SCL (Serial Clock line) มีการทำงานเป็นแบบ Master, Slave โดยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น Master (ไมโครคอนโทรลเลอร์) จะควบคุมการรับส่งข้อมูล และควบคุมสัญญาณนาฬิกาบน SCL ส่วนอุปกรณ์ Slave (DS1307) นั้นจะทำงานภายใต้การควบคุมของอุปกรณ์ Master

การต่อใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยระบบบัส I2C นั้นสามารถทำได้โดยต่อตัวต้านทาน Pull up ดังแสดงในรูปที่ 3.10 ในกรณีที่ต้องการต่อร่วมกับอุปกรณ์ Slave หลายตัว ก็สามารถทำได้โดยต่ออุปกรณ์ Slave ขนานกันไป การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ Master กับ Slave แต่ละตัวนั้น จะถูกแยกโดย Address ของอุปกรณ์ Slave ซึ่งจะถูกส่งจากอุปกรณ์ Master ไปยังอุปกรณ์ Slave ก่อนเริ่มการรับส่งข้อมูล



รูปที่ 3.12 การเชื่อมต่อ DS1307 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยระบบบัสแบบ I2C

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่ในเชิงพาณิชย์ การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรับส่งข้อมูลแบบ I2C นั้นมีข้อกำหนดอยู่ 2 ประการด้วยกันคือ

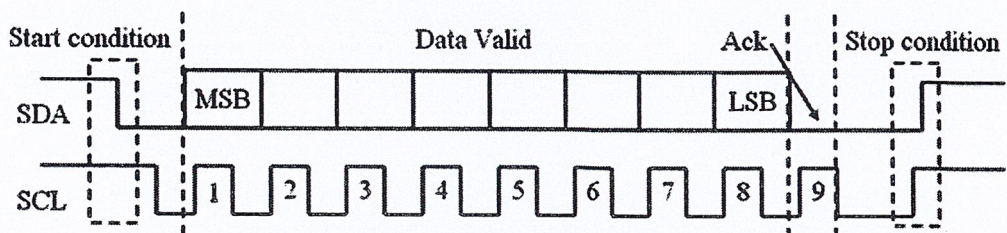
1. การรับส่งข้อมูลจะเริ่มขึ้นได้เมื่อบัสมีสถานะว่างเท่านั้น
2. ในช่วงที่ทำการรับส่งข้อมูลอยู่ สายสัญญาณ SDA ต้องไม่เปลี่ยนสถานะในช่วงที่ SCL มีสถานะเป็นลอจิก “1” ถ้า SDA มีการเปลี่ยนสถานะในช่วงที่ SCL เป็นลอจิก “1” จะถือว่าเป็นสัญญาณควบคุมการรับส่งข้อมูล

สถานะของการรับส่งข้อมูลแบบ I2C สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 สถานะด้วยกันดังแสดงในรูปที่ 3.11 และมีรายละเอียดดังนี้

1. สถานะว่าง (Bus not busy): สัญญาณ SDA และ SCL มีระดับสัญญาณเป็น High
2. เริ่มส่งข้อมูล (Start data transfer): มีการเปลี่ยนระดับสัญญาณของ SDA จาก High เป็น Low ในขณะที่ SCL มีระดับสัญญาณเป็น High ค้างไว้
3. หยุดส่งข้อมูล (Stop data transfer): มีการเปลี่ยนระดับสัญญาณของ SDA จาก Low เป็น High ในขณะที่ SCL มีระดับสัญญาณเป็น High ค้างไว้
4. รับส่งข้อมูล (Data valid): มีการรับส่งข้อมูลผ่านสายสัญญาณ SDA โดยข้อมูลแต่ละบิตจะถูกส่งในช่วงที่ SCL มีระดับเป็น High โดยในช่วงที่ SCL มีสถานะเป็น High อยู่ นั้น SDA จะต้องไม่เกิดการเปลี่ยนระดับสัญญาณ

SDA จะเปลี่ยนระดับของสัญญาณ ในช่วงที่ SCL มีระดับสัญญาณเป็น Low เท่านั้น ตามมาตรฐานการส่งข้อมูล แบบ I2C นี้สามารถส่งข้อมูลด้วยความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงสุด 100 kHz ที่โหมดการทำงานธรรมดา และ 400 kHz ที่โหมดการทำงานแบบเร็ว แต่สำหรับ DS1307 สามารถทำงานได้ในโหมดธรรมดาเท่านั้น

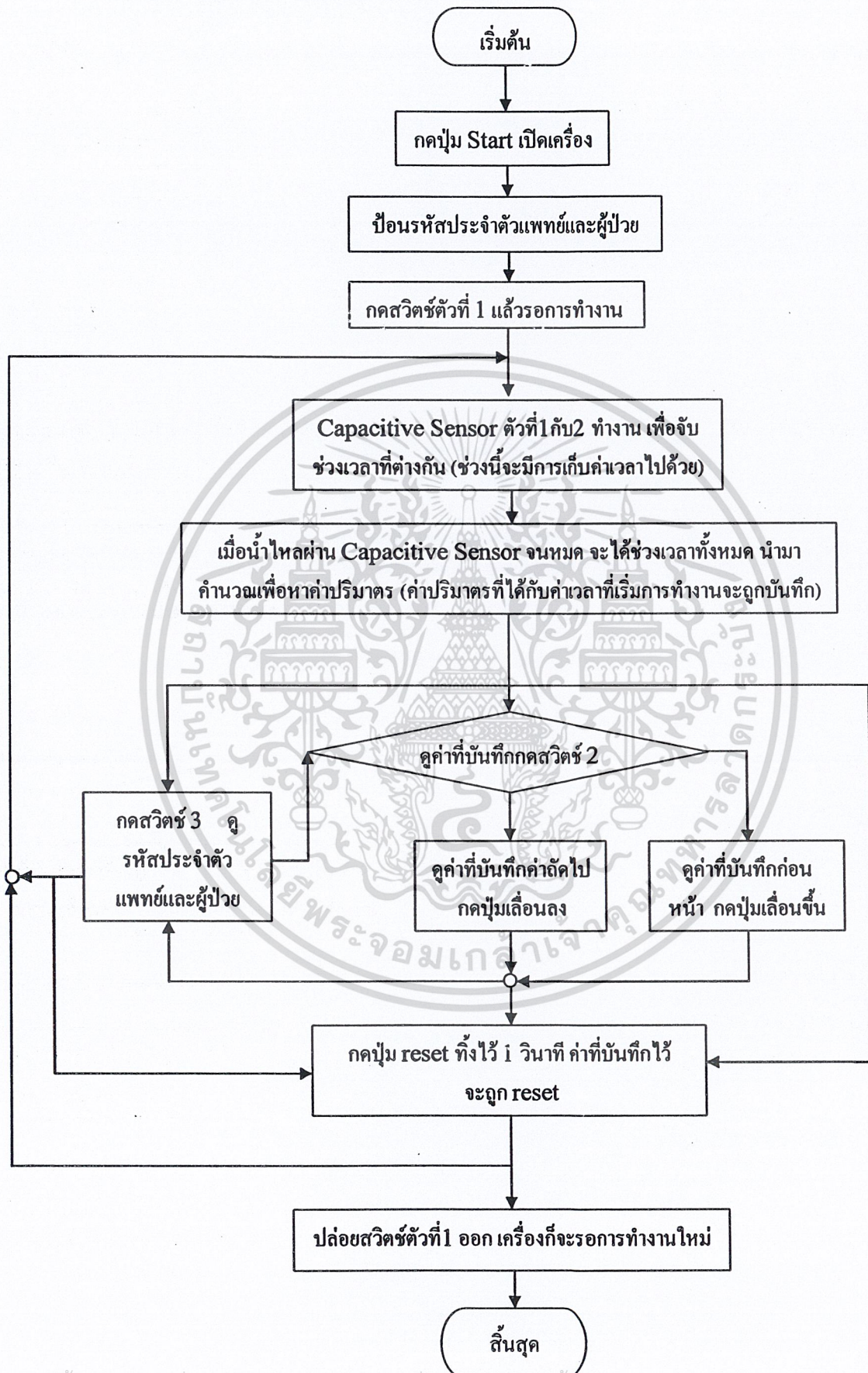
ตอบรับ (Acknowledge): เกิดขึ้นหลังจากที่มีการรับส่งข้อมูลครบแล้ว โดยอุปกรณ์ Master ต้องสร้างสัญญาณ Clock บน SCL เพิ่มอีกลูก อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับข้อมูลจะดึงระดับสัญญาณบน SDA ให้เป็น Low เพื่อให้ตัวส่งรับรู้ว่าตัวรับได้รับข้อมูลครบแล้ว



รูปที่ 3.13 การรับส่งข้อมูลผ่านบัส I2C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

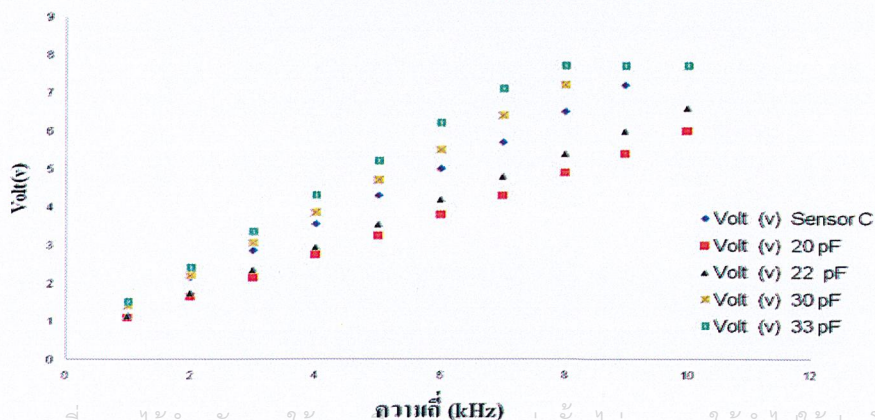
4.1 การทดลองความไวของเซ็นเซอร์

ทดลองโดยเปลี่ยนค่า C ไปเรื่อยๆ ที่ความถี่ 1-10 KHz จากนั้นบันทึกค่าแรงดันที่เข้าที่พุด ซึ่งผลที่ได้เป็นดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าแรงดันที่ค่า C ต่างๆ ที่ความถี่ 1KHz – 10KHz ของวงจร Detector

ความถี่ (KHz)	Volt (v)				
	Sensor C	20 pF	22 pF	30 pF	33 pF
1	1.4	1.1	1.15	1.4	1.5
2	2.15	1.65	1.75	2.2	2.4
3	2.85	2.15	2.35	3.05	3.35
4	3.55	2.75	2.95	3.85	4.3
5	4.3	3.25	3.55	4.7	5.2
6	5	3.8	4.2	5.5	6.2
7	5.7	4.3	4.8	6.4	7.1
8	6.5	4.9	5.4	7.2	7.7
9	7.2	5.4	6	7.7	7.7
10	7.7	6	6.6	7.7	7.7

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่(KHz) กับ Volt(v) ที่ C ต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการร้ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

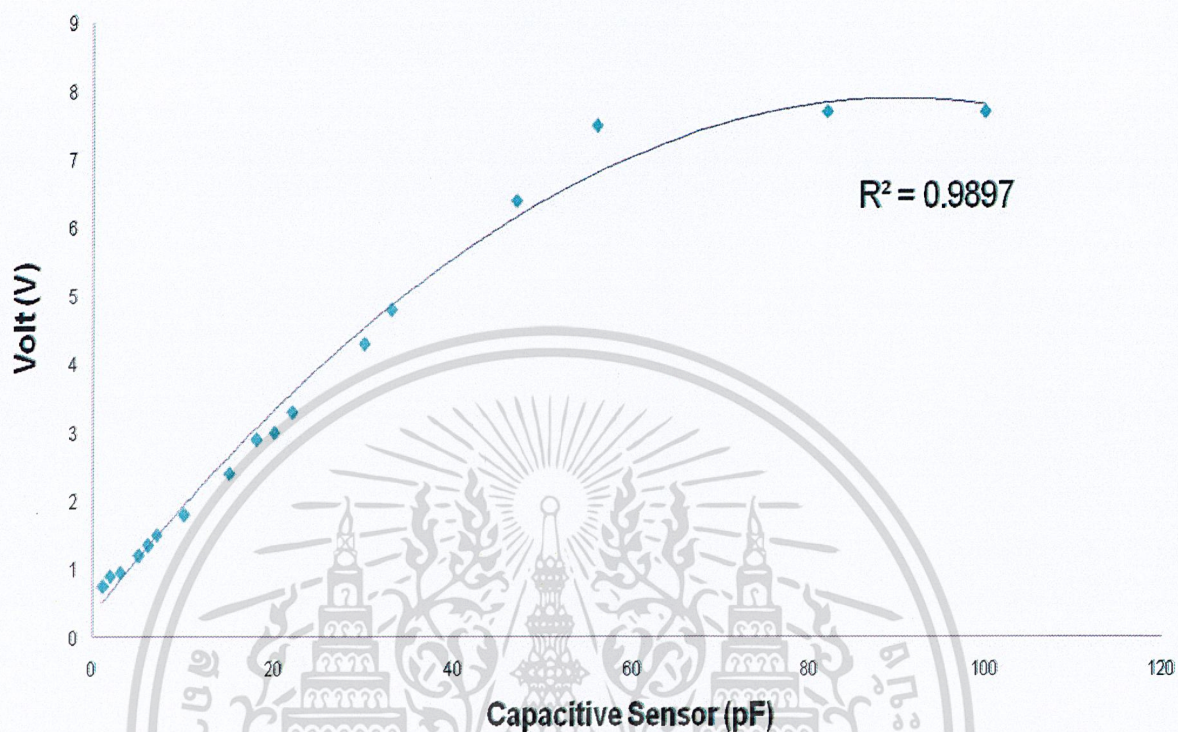
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าแรงดันที่เข้าที่พุดที่ค่า C ต่างๆ ที่ค่าความถี่ 4.761 KHz เพื่อหาค่าความจุของ

Capacitive Sensor

Capacitive (pF)	Volt (v)
Capacitive Sensor	4.30
1	0.75
1.8	0.90
3	0.95
5	1.20
6	1.35
7	1.50
10	1.80
15	2.40
18	2.90
20	3.00
22	3.30
30	4.30
33	4.80
47	6.40
56	7.50
82	7.70
100	7.70

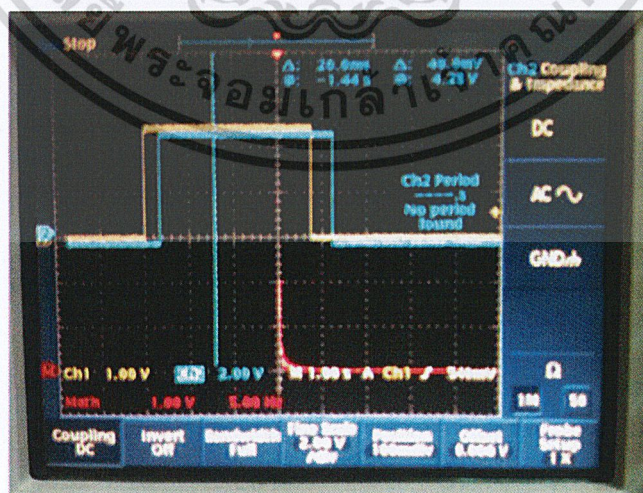
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
Capacitive Sensor(pF) กับ Volt(v) ที่(f=4.761kHz)



4.2 ผลการทดลอง

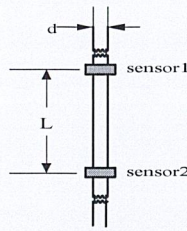
จากการทดลองโดยใช้ capacitive sensor เป็นตัวตรวจจับสัญญาณ ทำให้ได้สัญญาณ output เป็นดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 สัญญาณเมื่อมีสารละลายน้ำเกลือผ่านเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองการคำนวณปริมาตรของเหลว



รูปที่ 4.2 การคำนวณปริมาตรในหลอดขนาดเล็ก

- เมื่อสารละลายน้ำเกลือไหลผ่าน sensor ตัวที่หนึ่งจะทำการบันทึกเวลาไว้ที่ T_1
- เมื่อสารละลายน้ำเกลือไหลผ่าน sensor ตัวที่สองจะทำการบันทึกเวลาไว้ที่ T_2
- เมื่อสารละลายน้ำเกลือไหลผ่าน sensor ตัวที่หนึ่งหมดแล้วจะทำการบันทึกเวลาไว้ที่ T_3
- นำค่า $T_2 - T_1$ ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่สารละลายน้ำเกลือไหลผ่าน sensor ตัวที่หนึ่งและตัวที่สอง
- นำค่า $T_3 - T_1$ ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ทั้งหมดที่สารละลายน้ำเกลือไหลผ่าน sensor ตัวที่หนึ่ง
- นำค่า $(T_3 - T_1) / (T_2 - T_1)$ ซึ่งจะได้ค่าเป็นจำนวนเท่าของระยะห่างระหว่าง sensor ตัวที่หนึ่งและสอง
- สามารถคำนวณปริมาตรที่อยู่ในช่วง sensor ตัวที่หนึ่งและสองได้จากสูตร $\pi r^2 L$ ซึ่ง ($r = 0.35 \text{ cm}$, $L = 11.5 \text{ cm}$)
- ทำให้ได้ปริมาตรรวมมีค่า $V = (T_3 / T_2 - T_1) \times \pi r^2 L \text{ ml}$

รูปผลการทดลอง

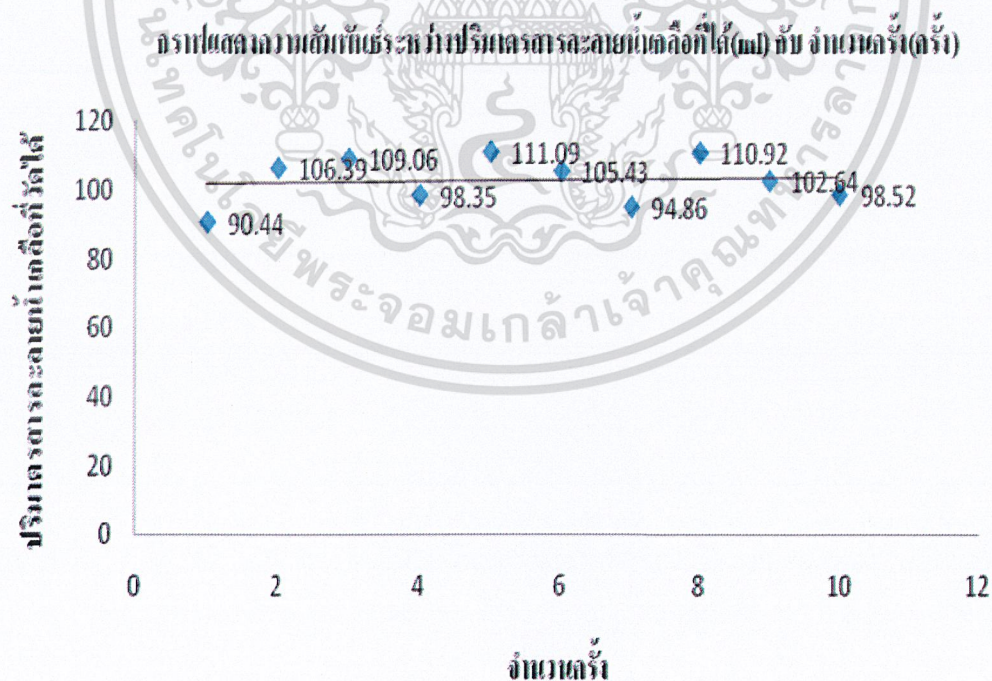


รูปที่ 4.3 ค่าที่แสดงบนหน้าจอ แอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าปริมาตรสารละลายน้ำเกลือที่ได้จากการใช้เซ็นเซอร์
(ปริมาตรสารละลาย น้ำเกลือ 60 ml)

ครั้งที่	ปริมาตรสารละลาย น้ำเกลือที่วัดได้โดยการ ใช้เซ็นเซอร์(ml)	ปริมาตรสารละลายน้ำเกลือที่ วัดได้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าจริง 60ml (ml)	%ความผิดพลาด
1	99.44	+39.44	65.73
2	106.39	+46.39	77.32
3	109.06	+49.06	81.77
4	98.35	+38.35	63.91
5	111.09	+51.09	85.15
6	105.43	+45.43	75.72
7	94.86	+34.86	58.10
8	110.94	+50.94	84.90
9	102.64	+42.64	71.07
10	98.52	+38.52	64.20

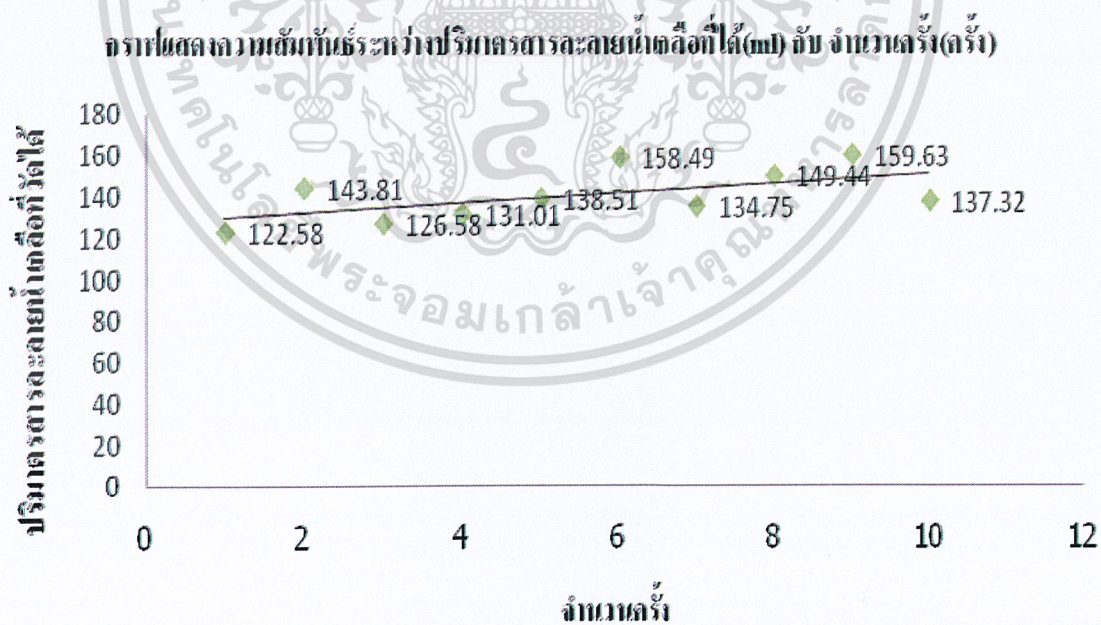


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าปริมาตรสารละลายน้ำเกลือที่ได้จากการใช้เซ็นเซอร์

(ปริมาตรสารละลายน้ำเกลือ 80 ml)

ครั้งที่	ปริมาตรสารละลายน้ำเกลือที่วัดได้โดยการใช้เซ็นเซอร์(ml)	ปริมาตรสารละลายน้ำเกลือที่วัดได้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าจริง 80ml (ml)	%ความผิดพลาด
1	122.58	+42.58	53.23
2	143.81	+63.81	79.76
3	126.58	+46.58	58.23
4	131.01	+51.01	63.76
5	138.51	+58.51	73.14
6	158.49	+78.49	98.11
7	134.75	+54.75	68.44
8	149.44	+69.44	86.80
9	159.63	+79.63	99.54
10	137.32	+57.32	71.65



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและการสร้างเครื่องตรวจวัดปริมาตรของของเหลวบางชนิดซึ่งไหลผ่านท่อขนาดเล็ก สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานทางด้านการแพทย์ เพื่อนำมาบันทึกปริมาตรและเวลา ในการถ่ายปัสสาวะ โครงการนี้ได้ใช้เซ็นเซอร์ค่าความจุในการตรวจจับเวลาการไหลของปัสสาวะในท่อเพื่อนำมาคำนวณหาปริมาตรแล้วแสดงค่าที่ได้ออกมาทางโมดูลแอลซีดี คอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการจับเวลา คำนวณปริมาตรและเชื่อมต่อกับโมดูลแอลซีดีคือ PIC เบอร์ 16F877 จึงได้ศึกษาถึงพื้นฐานของเซ็นเซอร์ค่าความจุถึงการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณซึ่งมีความจำเป็นในการออกแบบในส่วนฮาร์ดแวร์ รวมทั้งศึกษาถึง โครงสร้างของซอฟต์แวร์ ที่เขียนโดยภาษาซี ในโปรแกรม CCS Compiler ซึ่งทำให้สามารถทำการประมวลผลและแสดงผลออกมาเป็นปริมาตรปัสสาวะและเวลาที่เริ่มทำการปัสสาวะในแต่ละครั้งได้

จากการทดลองการทำงานทำให้ทราบว่าโครงการนี้ สามารถทำงานได้ดีในระดับหนึ่งตามแนวคิดที่ได้วางไว้ โดยใช้สารละลายน้ำเกลือในการทดลองแทนน้ำปัสสาวะ ที่ปริมาตร 60 ml มีเปอร์เซ็นต์ความ ผิดผลาคอยู่ที่ 72.79% และที่ปริมาตร 80 ml มีเปอร์เซ็นต์ความ ผิดผลาคอยู่ที่ 75.27% ต้นแบบนี้ยังมีจุดบกพร่องบ้าง เท่าที่พบมีดังนี้

- มีฟองอากาศภายในท่อทำให้ค่าปริมาตรที่ได้เปลี่ยนแปลงไปจากค่าจริง
- การไหลของน้ำที่ไม่สม่ำเสมอต่อการทดสอบละลายน้ำเกลือหนึ่งครั้ง จะทำให้ระบบไม่สามารถบันทึกค่าปริมาตรได้ แต่จะบันทึกได้เฉพาะเวลาที่เริ่มทำการปัสสาวะ



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

วิธีใช้เครื่องวัดปริมาตรปีศาจ

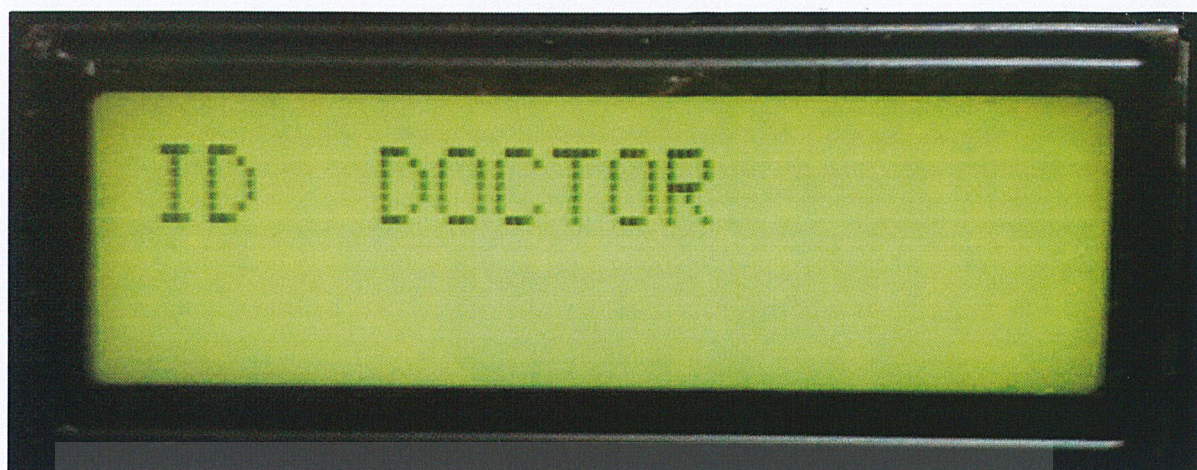


รูป ก.1 เครื่องวัดปริมาตรปีศาจะด้านตรง

รูป ก.2 เครื่องวัดปริมาตรปีศาจะด้านข้าง

- วิธีใช้เครื่องวัดปริมาตร

1. กด Switch เปิดเครื่อง
2. ป้อนรหัสประจำตัวแพทย์และผู้ป่วยผ่านทาง Keypad (รูป ก.3)



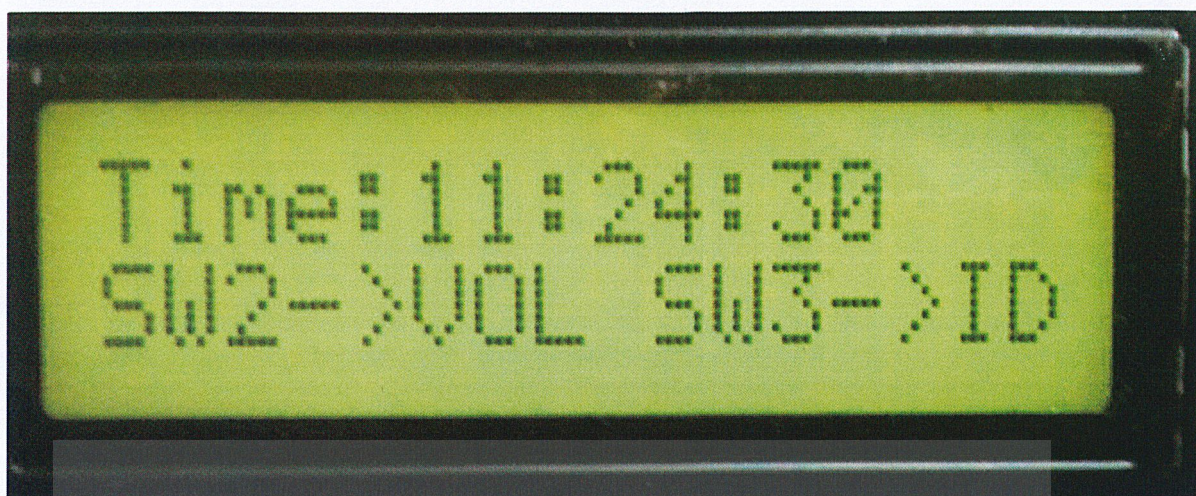
รูป ก.3

3. กด SW1 เพื่อเริ่มการทำงานของเครื่อง (จะเปลี่ยนจากรูป ก.4 เป็นรูป ก.5)



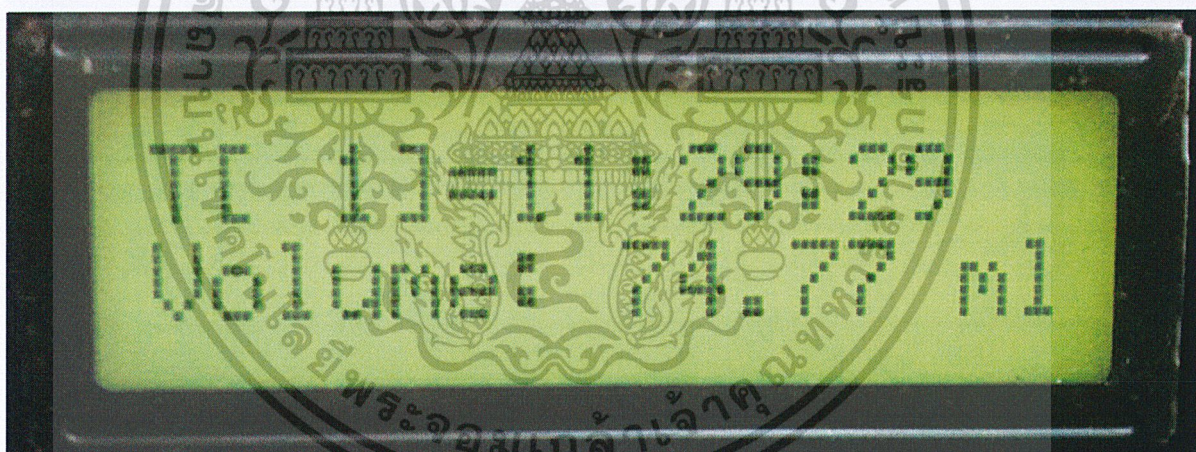
รูป ก.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.5

4. กด SW2 เพื่อแสดงค่าปริมาตรปีศาจและเวลาที่เริ่มปีศาจ (รูป ก.6)
 - 4.1 กดปุ่มเลื่อนขึ้นเพื่อแสดงค่าที่บันทึกถัดไป
 - 4.2 กดปุ่มเลื่อนลงเพื่อแสดงค่าที่บันทึกก่อนหน้านี้



รูป ก.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กด SW3 เพื่อแสดงรหัสประจำตัวแพทย์และผู้ป่วย (รูป ก.7)



รูป ก.7

6. กด Reset เพื่อ Reset เวลาเก็บค่าปริมาณปีศาจวะที่ถูกบันทึก (รูป ก.8)



รูป ก.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ประจัน พลังสันติกุล , “PIC Works Example and C Source Code.”, Appsofttech,

ประจัน พลังสันติกุล , “PIC C Programming กับ CCS C คอมไพเลอร์”, Appsofttech,

อภิชาติ ภูพลับ. 2552., “เขียน โปรแกรมควบคุม Microcontroller ด้วยภาษา C, Assembly และ VB”,

Larry K. Baxter. “Capacitive Sensors Design and Applications.” IEEE Press Series on Electronics Technology Robert J. Herrick, Series Editor. 1997.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้