

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เครื่องบันทึกปริมาณน้ำปัสสาวะอัตโนมัติ

Automatic Urine Collector



RDH
QP
211
ก 6 1 1 ค

ตขพญ.....
เลขทะเบียน..... 114486
วัน,เดือน,ปี..... 20 ส.ค. 2554

โครงการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ประจำปีงบประมาณปี2552

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

b. 12290968
i.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Automatic Urine Collector

Abstract

Recently urine collecting is an important procedure for planing of treatment after medical operating. Collecting bottle or sac with volumetric scale is usually employed. However the caretaker needs to ask the patient about exact drainage time. Of cause this procedure, sometimes disturbs so much the patient. To solve this problem, automatic urine collector is proposed. Based on capacitive sensor, a urine collecting bottle is placed between two conductive plates as dielectric material. The sensor constructed from PVC pipe of 15 centimeters in diameter together with 2 copper plates was tested with a standard 1000 cc. glass bottle actually used in hospital with electronic system of measurement constructed for showing urine volume on a liquid crystal display. A microcontroller type PIC18F8722 has been used as embedded processor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณปี 2552



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 แนวคิดของโครงการ	1
1.4 โครงสร้างของรายงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและการนำไปใช้งานของ เซ็นเซอร์ค่าความจุไฟฟ้า	3
2.1 ตัวเก็บประจุและความจุไฟฟ้า	3
2.2 ส่วนประกอบของน้ำปีสตาเว	5
บทที่ 3 การออกแบบวงจร	8
3.1 ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน	8
3.2 หลักการคำนวณค่าความจุ เพื่อนำมาสร้างตัวเก็บประจุ	8
3.3 โครงสร้างของตัวเก็บประจุ	9
3.4 วงจรกำเนิดสัญญาณ (Signal generator)	9
3.5 วงจรขยายประจุ (Charge Amplifier Circuit)	11
3.6 วงจร RMS to DC converter (RMS to DC converter Circuit)	12
3.7 วงจร AC Amplifier	12
3.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F8722	13
3.9 EEPROM เมอร์ 24LC128	15
3.10 Real Time Clock (RTC) เมอร์ DS1307	17
3.11 MCP3202 A to D 12 บิต	20
3.12 การออกแบบส่วน Software	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.13 Flow Chart การทำงานของโปรแกรม	22
3.14 รูปแสดงโครงสร้างรวมทั้งหมดทุกภาค	24
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	25
4.1 การทดลองของวงจรกำเนิดสัญญาณ (Signal generator)	25
4.2 การทดลองในส่วนของวงจรขยายประจุ (Charge Amplifier)	26
4.3 การทดลองการทำงานของ RMS-to-DC Converter	27
4.4 การทดลองการทำงานของวงจร DC Amplifier	28
4.5 การทดลองวัดค่าแรงดันเอาต์พุตที่ภาค Charge Amplifier	30
4.6 การทดลองหาค่าความ Sensitivity ของน้ำชนิดต่างๆ	31
บทที่ 5 บทสรุป	34
ภาคผนวก	
บรรณานุกรม	



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ในการดูแลคนชราซึ่งไม่สามารถควบคุมการถ่ายปัสสาวะได้ หรือผู้ป่วยหลังการผ่าตัด แพทย์ต้องการติดตามผลการรักษาโดยดูจากปริมาณน้ำปัสสาวะ ในช่วงเวลาที่แน่นอน เช่นทุก 2-8 ชั่วโมง การเก็บรวบรวมน้ำปัสสาวะจะใช้วิธีท่อสวนทางท่อปัสสาวะ และถ่ายลงในภาชนะเก็บซึ่งมีมาตรบอกระดับปริมาตรทั้งหมด ในรายซึ่งต้องการ บันทึกปริมาณน้ำปัสสาวะ ในเวลาที่แน่นอน จะมีกระเปาะบอกปริมาตรแบบละเอียด ก่อนถ่ายเทลงถุงหรือขวดรับน้ำ และพยาบาลต้องมาจดบันทึกตามเวลาที่แพทย์ต้องการ

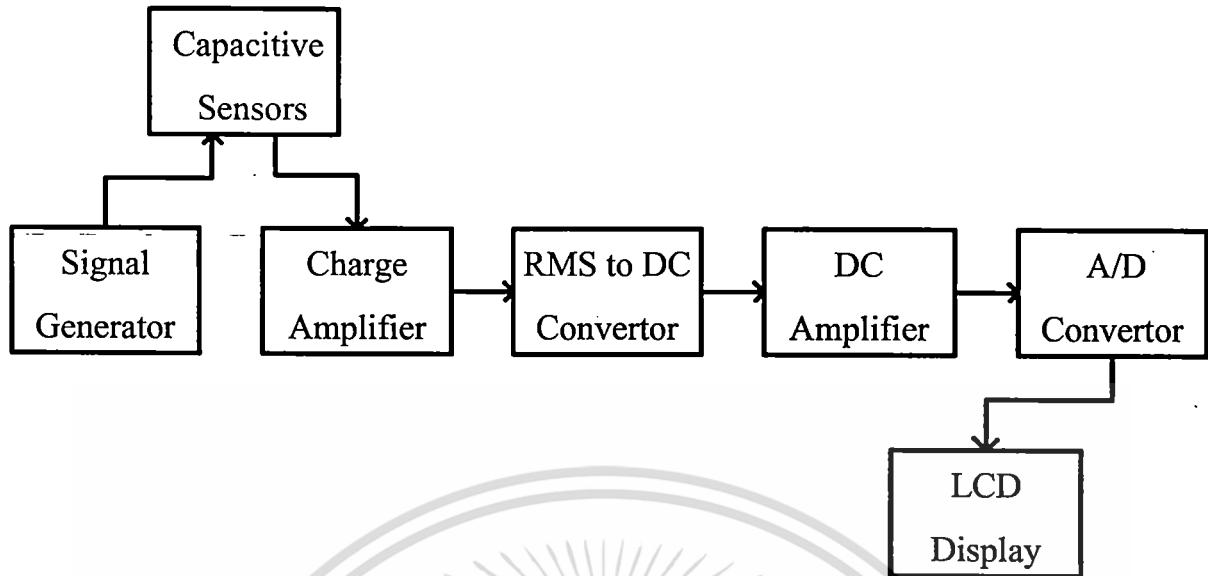
ปัญหาของการดูแลผู้ป่วยหรือคนชราในลักษณะดังกล่าว ต้องใช้แรงงานพยาบาลมาก บางครั้ง จำเป็นต้องรบกวนการพักผ่อนของผู้ป่วยเพื่อ สอบถามเวลา หรือปริมาณที่ถ่ายแต่ละครั้ง จึงมีแนวคิดในการ พัฒนาเครื่องบันทึกปริมาณน้ำปัสสาวะแบบอัตโนมัติ เพื่อ ช่วยแบ่งเบาภาระของผู้ดูแลผู้ป่วย และการบันทึกข้อมูลมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

สร้างต้นแบบเครื่องบันทึกปริมาณน้ำปัสสาวะที่สามารถไปใช้งานจริงในโรงพยาบาลที่สนใจ หรือกำลังประสบปัญหาที่เกี่ยวกับการปัสสาวะของผู้ป่วย

1.3 แนวคิดของโครงการ

แนวคิดของการทำเครื่องบันทึกปริมาณน้ำปัสสาวะนี้จะใช้หลักการของเซ็นเซอร์ตัวเก็บประจุ โดยอาศัยการเปลี่ยนค่าไดอิเล็กทริกของตัวเก็บประจุ ในภาชนะบรรจุเป็นขวดแก้วขนาดมาตรฐาน ซึ่งใช้ในโรงพยาบาล ค่าความจุจะเปลี่ยนเป็นค่าแรงดัน และปรับเทียบเป็นปริมาณน้ำปัสสาวะในหน่วยมิลลิลิตร ผลที่ได้ วัน เวลา ที่ได้นั้นจะนำมาแสดงค่าทาง LCD Display โดยจะมีโครงสร้างของระบบดังนี้



รูปที่ 1.1 โครงสร้างเครื่องบันทึกปริมาณน้ำปีสภาวะอัตโนมัติ

1.4 โครงสร้างของรายงาน

รายงานฉบับนี้นำเสนอเนื้อหาประกอบด้วย

- 1.บทที่ 1 เป็นการเสนอถึงสาเหตุความเป็นมาที่ทำให้เกิดโครงการนี้
- 2.บทที่ 2 จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและการนำไปใช้ในการออกแบบระบบ
- 3.บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบและ โครงสร้างของโครงการ
- 4.บทที่ 4 กล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองที่ได้
- 5.บทที่ 5 จะเป็นการสรุปและแนวทางในการพัฒนาโครงการ

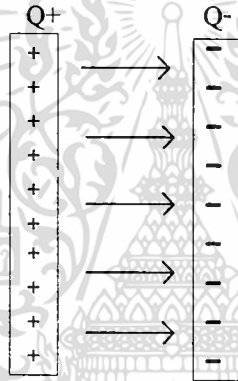
บทที่ 2

ทฤษฎีและการนำไปใช้งานของเซ็นเซอร์ค่าความจุไฟฟ้า

ตั้งแต่ปี 1965 เป็นต้นมาได้เริ่มมีการวิจัยนำค่าความจุมาทำเป็นตัวเซ็นเซอร์ในด้านต่างๆ เช่น วัดระดับดื่กริในเหล้า วัดอุณหภูมิ เป็นต้น และได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ให้มีขนาดเล็กและความไวสูง ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความจุไฟฟ้าพอสังเขป

2.1 ตัวเก็บประจุและความจุไฟฟ้า

ตัวเก็บประจุถูกสร้างขึ้นมาเพื่อเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้าในรูปประจุไฟฟ้า ตัวเก็บประจุจะประกอบด้วยตัวนำรูปทรงใดๆ 2 ชิ้น วางอยู่ใกล้กัน ระหว่างตัวนำทั้งสองจะกั้นด้วย ไดอิเล็กทริก โดยตัวนำทั้งสองจะเก็บสะสมประจุในปริมาณเท่ากัน แต่เป็นชนิดตรงกันข้าม



รูปที่ 2.1 การสะสมประจุระหว่างตัวนำให้เกิดค่าความจุ

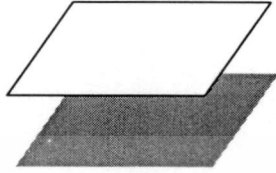
ความจุไฟฟ้าเป็นค่าคงที่บอกถึงความสามารถในการเก็บประจุหรือพลังงานไฟฟ้ากำหนดให้เป็นอัตราส่วนระหว่าง ปริมาณประจุบนตัวนำชิ้นใดชิ้นหนึ่ง กับความต่างศักย์ระหว่างตัวนำทั้งสองดังสมการ

$$C = Q / V$$

หน่วย F = Columb / Volt

- ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน

ลักษณะเป็นแผ่นตัวนำรูปทรงเรขาคณิตวางขนานกันชั้นระหว่างกันด้วยไดอิเล็กทริก 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

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

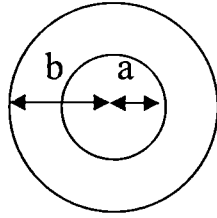
L ความยาวของทรงกระบอก

a รัศมีภายในวงกลม

b รัศมีภายนอกวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแบบทรงกลมร่วมซ้อนจุดศูนย์กลาง



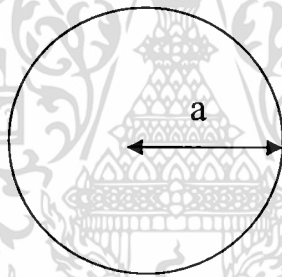
รูปที่ 2.4 ตัวเก็บประจุแบบทรงกลมร่วมซ้อนจุดศูนย์กลาง

$$\text{ได้ } C = 4\pi\epsilon \left[\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right]$$

a รัศมีภายในวงกลม

b รัศมีภายนอกวงกลม

- ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแบบทรงกลมเดี่ยว



รูปที่ 2.5 ตัวเก็บประจุแบบทรงกลมเดี่ยว

$$\text{ได้ } C = 4\pi\epsilon a$$

a รัศมีของทรงกลม

ส่วนประกอบของน้ำปัสสาวะ มีดังนี้

ดร.ฟารอน นักชีวเคมีได้วิจัยสารต่างๆ ในปัสสาวะพบว่า 95% เป็นน้ำ 2.5 % เป็นยูเรีย อีก 2.5% เป็นสารอื่นๆ ถ้าแยกส่วนประกอบที่เป็นมิลลิกรัมออกมาในน้ำปัสสาวะ 100 ซีซี (ลูกบาศก์เซนติเมตร) จะพบว่า

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (มิลลิกรัม)
1. Urea Nitrogen	682
2. Urea	1,459

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปดสิ่งเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Creatinin Nitrogen	36
4. Creatinin	97
5. Uric acid nitrogen	12.30
6. Uric acid	36.90
7. Amino nitrogen	9.70
8. Ammonia nit	57
9. Sodium	212
10. Potassium	137
11. Calcium	19.50
12. Magnesium	11.30
13. Chloride	314
14. Total sulphate	91
15. Inorganic sulphate	83
16. Inorganic phosphate	127

นอกจากนี้ยังมีสารอื่นๆ อีก ดังนี้

1. เอนไซม์ ได้แก่

- 1.1 Amylase(diastase)
- 1.2 Lactic dyhydrogenate(LDH)
- 1.3 Leucine amino-peptdase(LAP)
- 1.4 Urokinase เป็นสารละลายลิ่มเลือด รักษาเส้นเลือดอุดตัน

2. ฮอร์โมน ได้แก่

- 2.1 Catecholamines
- 2.2 17-Catosteroids
- 2.3 Hydroxysteroids
- 2.4 Erythropoietine สารกระตุ้นไขกระดูกให้สร้างเม็ดเลือดแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 Adenylate cyclase ประสานการทำงานของฮอร์โมนหลายชนิดในร่างกาย โดยผ่านการทำงานของสาร cyclic AMP

2.6 Prostaglandin เป็นสารประจำถิ่นในเนื้อเยื่อหลายชนิด ควบคุมการอักเสบ การรับรู้ความปวด การจับตัวของลิ่มเลือด ช่วยการทำงานของมดลูก

3. ฮอร์โมนเพศ ช่วยสร้างความกระชุ่มกระชวย ผิวพรรณดี ลดรอยย่นและความหย่อนยาน สร้างสุขภาพจิตที่ดี ลดคอเลสเตอรอลในเลือด ป้องกันกระดูกผุ

4. อินซูลิน คนที่เป็นเบาหวานจะได้อินซูลินเข้าไปช่วยเสริมสร้างการเจริญอาหาร

5. ฮอร์โมนเมลาโทนิน (Melatonin) พบในปัสสาวะตอนเช้า สารนี้ช่วยให้จิตใจสงบ ลดความกระวนกระวาย หลับสบาย

ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ค่าปกติ 4.6 - 8.0 เป็นการบอกความสามารถของไตในการควบคุมสมดุลกรด - ด่างของร่างกาย เปลี่ยนแปลงไปตามกระบวนการเผาผลาญอาหาร ชนิดของอาหาร โรค และการใช้ยา ค่าความเป็นกรด และด่างของปัสสาวะมีผลต่อการออกฤทธิ์ของยาบางอย่าง และการตกตะกอนของสารบางอย่าง ในปัสสาวะทำให้เกิดนิ่วได้

- ปัสสาวะเป็นกรด พบในภาวะ อดอาหาร รับประทานโปรตีนมากไป การติดเชื้อ ยาบางชนิด
- ปัสสาวะเป็นด่าง พบในภาวะกินเจ ยาบางชนิด

ที่มา : <http://www.icphysics.com/modules.php?name=News&file=article&sid=77>

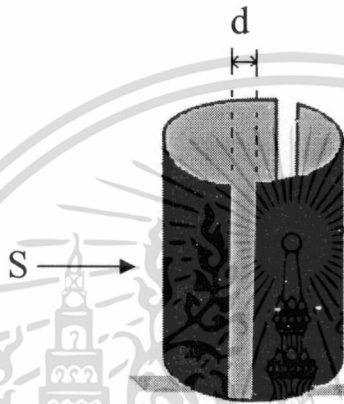
บทที่ 3

การออกแบบวงจร

3.1 ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน

ตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน มีลักษณะเป็นแผ่นตัวนำสองแผ่นที่จะแยกจากกัน โดยฉนวนที่เรียกว่า ไดอิเล็กทริก และสามารถคำนวณหาค่าความจุได้จาก

$$C = \epsilon S / d$$



C คือค่าความจุ

ϵ ค่าไดอิเล็กทริก

S พื้นที่แผ่นประจุ

d ระยะห่างระหว่างแผ่นประจุทั้งสอง

รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน

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

3.2 หลักการคำนวณค่า capacitance เพื่อนำมาสร้าง capacitor

ในการสร้างตัวเก็บประจุในโครงงานนี้กำหนดให้มีระยะ $d = 11 \text{ cm}$, พื้นที่แผ่นตัวนำ กว้าง 15 cm ยาว 15 cm และตัวไดอิเล็กทริกที่ใช้ในการคำนวณเริ่มต้นคือ อากาศ ซึ่งมีค่า $\epsilon = 1$ เพราะฉะนั้น จะได้ค่าความจุเริ่มต้นดังนี้

$$C = \epsilon S / d$$

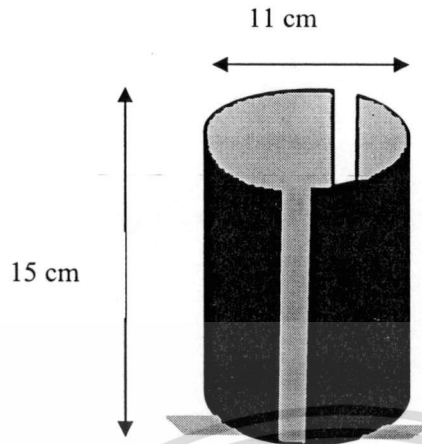
$$C = [8.854 \times 10^{-12} \times 1 \times 15 \times 10^{-2} \times 15 \times 10^{-2}] / [11 \times 10^{-2}]$$

$$C = 1.81 \text{ pF}$$

คือค่าความจุที่นำมาใช้เป็นตัวทดสอบ (C Test) ในการทดลอง และสาเหตุที่กำหนดให้ตัว capacitor เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า มีขนาดตามนี้ก็เพราะการใช้งานของเราเป็นแค่การสู่วัดเท่านั้น ไม่ได้ทำการวัดทั้งหมด

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุตบแต่งเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 โครงสร้างของตัว capacitor



รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างของตัว capacitor

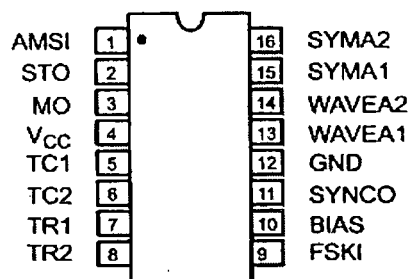
3.4 วงจรกำเนิดสัญญาณ (Signal generator)

วงจรถ่ายกำเนิดสัญญาณ แสดงในรูปที่ 3 ใช้ไอซี XR-2206 เป็นไอซีกำเนิดสัญญาณ ความถี่สูง โดยมีช่วงความถี่ตั้งแต่ 0.01 Hz – 1 MHz โดยสามารถสร้างสัญญาณความถี่สูงได้หลายแบบ สัญญาณสามเหลี่ยม สัญญาณฟันเลื่อย สัญญาณไซน์ และสัญญาณสี่เหลี่ยม



รูปที่ 3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณ (Signal generator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



16 Lead PDIP, CDIP (0.300")

รูปที่ 3.4 แสดงขาไอซีเบอร์ XR-2206

ตารางที่ 3.1 แสดงหน้าที่การทำงานแต่ละขาของ ไอซีเบอร์ XR-2206

Pin	Symbol	Description
1	AMSI	Amplitude Modulating Signal Input
2	STO	Sine or Triangle Wave Output
3	MO	Multiplier Output
4	Vcc	Positive Power Supply
5	TC1	Timing Capacitor Input
6	TC2	Timing Capacitor Input
7	TR1	Timing Resistor 1 Output
8	TR2	Timing Resistor 2 Output
9	FSKI	Frequency Shift Keying Input
10	BIAS	Internal Voltage Reference
11	SYNCO	Sync Output
12	GND	Ground
13	WAVE1	Wave From Adjust Input 1
14	WAVE2	Wave From Adjust Input 2
15	SYMA1	Wave Symetry Adjust 1
16	SYMA2	Wave Symetry Adjust 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซี XR-2206 สามารถผลิตความถี่ได้ในช่วง 0.01 Hz – 1 MHz สำหรับในวงจรดังรูปที่ 3.3 ค่าความถี่ของวงจรควบคุมโดย ค่า R รวมที่ขา 7 และค่า C ระหว่างขา 5,6 ดังคำนวณจากสมการที่ (3.1)

$$F = 1 / [RC] \quad (3.1)$$

จากวงจรดังรูปที่ 3.3 ต้องการความถี่สูงสุด $F = 125 \text{ KHz}$ ใช้ค่า $C = 1 \text{ nF}$ โดยการปรับค่า VR1

3.5 วงจร ขยายประจุ (Charge Amplifier Circuit)

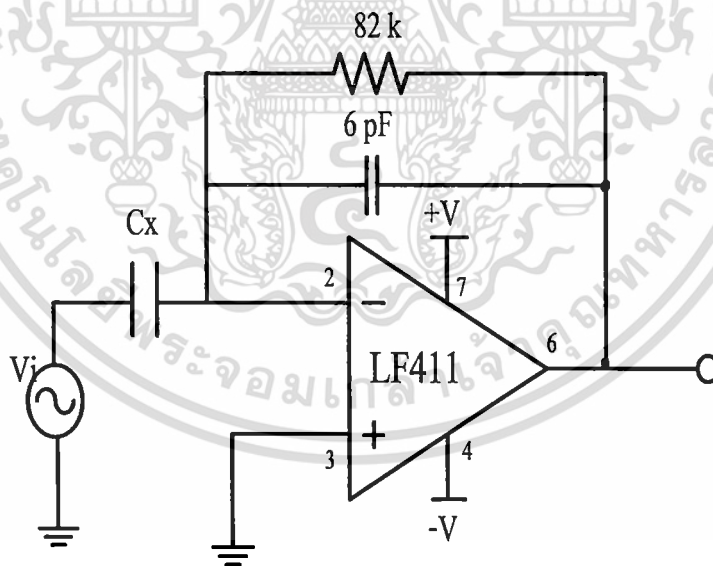
วงจร Charge Amplifier แสดงในรูปที่ 3.5 ใช้หลักการของวงจรขยายประจุ ซึ่งสะสมอยู่บนแผ่นประจุของตัวเก็บประจุ C_x ที่คั่นด้วยไดอิเล็กทริกจากการประจุโดย V_i โดย V_o หาได้จากสมการที่ (3.2)

$$V_o = -[j\omega C_x R_f] / [j\omega C_f R_f + 1] \quad (3.2)$$

โดย ω เป็นค่าความถี่เชิงมุมของแรงดันไฟฟ้า

หากเลือกให้ $1 / (\omega C_f) \ll R_f$ จากสมการที่ (3.2) ทำให้ง่ายลงเป็น สมการที่ (3.3)

$$V_o = -(C_x / C_f) V_i \quad (3.3)$$

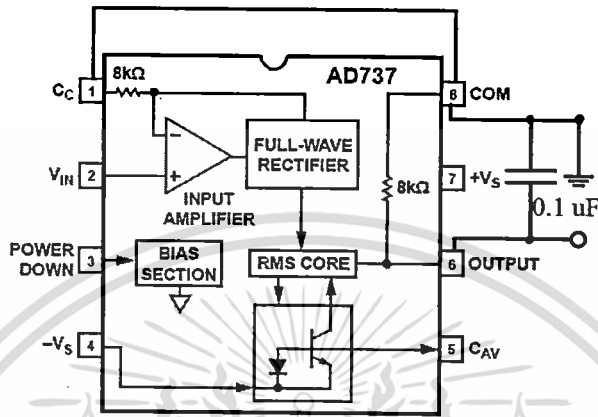


รูปที่ 3.5 วงจร Charge Amplifier

จากสมการที่ 3.3 จะเห็นว่าแรงดันเอาต์พุตจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของขนาดของ C_x ต่อ C_f

3.6 วงจร RMS to DC converter (RMS to DC converter Circuit)

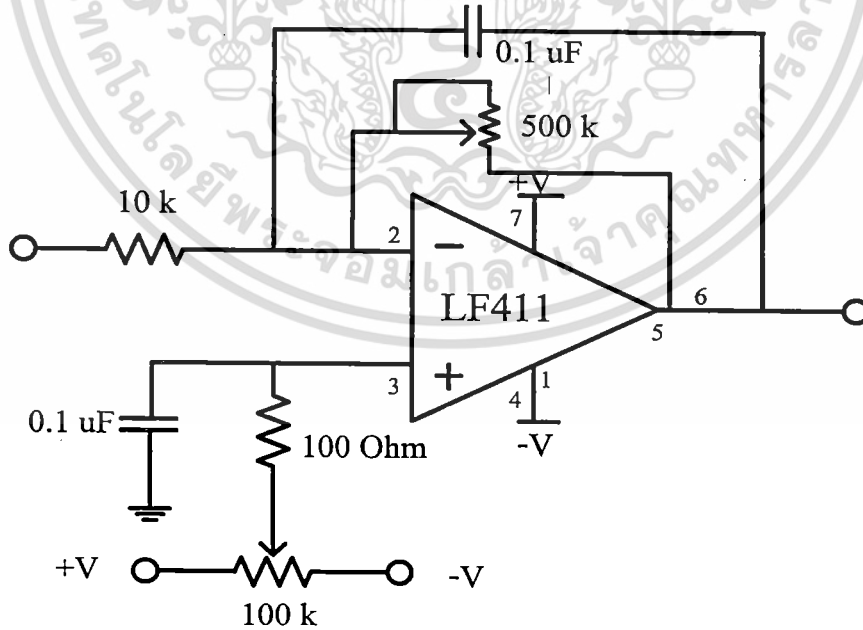
วงจร RMS to DC converter แสดงในรูปที่ 3.6 ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณ AC ให้เป็นสัญญาณ DC ในรูปของแรงดัน



รูปที่ 3.6 วงจร RMS to DC converter

3.7 วงจร DC Amplifier

วงจร DC Amplifier แสดงในรูปที่ 3.7 เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่รับเข้ามาจากวงจร RMS to DC converter และเนื่องจากสัญญาณที่ วงจร RMS to DC converter ส่งมานั้นเล็กมาก จึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณให้มีค่าเพียงพอกับการใช้งาน



รูปที่ 3.7 วงจร DC Amplifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F8722

คุณสมบัติของบอร์ด

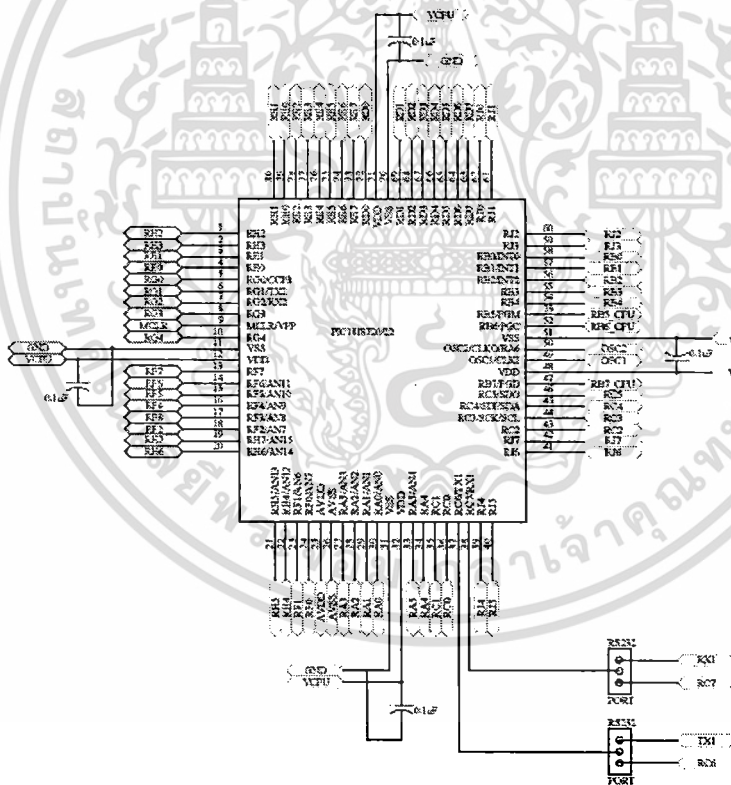
- รองรับการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 80 PIN คือ PIC18F8722
- สัญญาณนาฬิกาคริสตัลลออสซิลเลเตอร์ขนาด 10 MHz สำหรับ PIC18F8722 (สามารถใช้ x4 จาก PLL ได้ 40 MHz)
- I/O Port ขนาด 10 PIN (จัดเรียงตามมาตรฐานของ อีทีที) จำนวน 7 พอร์ต
- I/O Port ขนาด 2 PIN จำนวน 3 พอร์ต
- ชุดวงจรไคร์เวอร์ RS232 จำนวน 2 พอร์ต
- พอร์ตสำหรับต่อ LCD เรียงตามมาตรฐานของ อีทีที (ET-CLCD) จำนวน 1 พอร์ต
- พอร์ตควาน์โทลด์แบบ ICD2 รองรับเครื่องโปรแกรมจากภายนอก (ET-PGM PIC USB)
- ขั้วต่อแรงดันไฟ VCC และ GND

ตารางแสดงคุณสมบัติไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F8722

คุณสมบัติ	PIC18F8722
Operating Frequency	DC – 40 MHz
Program Memory (Bytes)	128K
Data Memory (Bytes)	3936
Data EEPROM Memory (Bytes)	1024
Interrupt Sources	29
I/O Ports	Ports A, B, C, D, E, F, G, H, J
Timers	5
Capture/Compare/PWM Modules	2
Enhanced Capture/Compare/ PWM Modules	3
Enhanced USART	2
Serial Communications	MSSP, Enhanced USART

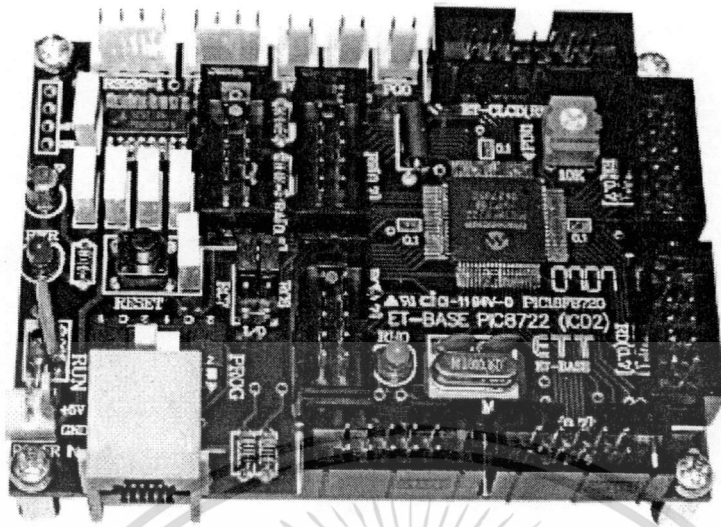
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Parallel Communications (PSP)	Yes
10-bit Analog-to-Digital Module	16 Input Channels
Resets (and Delays)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT
Programmable High/Low-Voltage Detect	Yes
Programmable Brown-out Reset	Yes
Instruction Set	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled
Packages	80-pin TQFP



ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงคุณสมบัติไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F8722

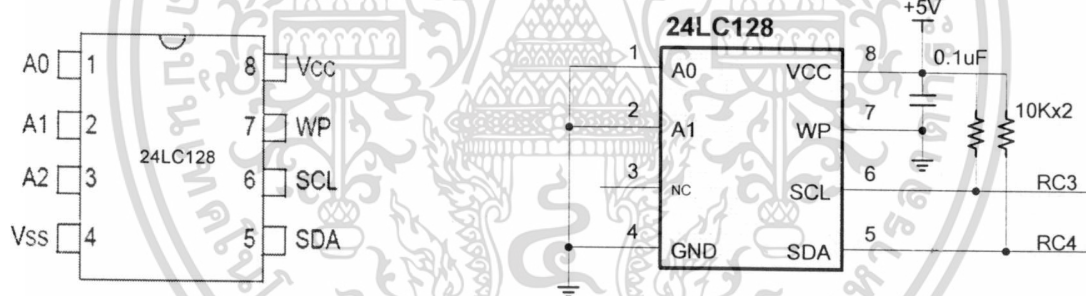
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 รูปไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F8722

3.9 EEPROM เบอร์ 24LC128

การจัดขาและหน้าที่ของ 24LC128



รูปที่ 3.9 รูปแสดงขา EEPROM เบอร์ 24LC128

คุณสมบัติของ 24LC128

- ใช้แรงดัน 4.5 – 5.5 V
- ขนาดหน่วยความจำ 16K ไบท์ (0x0000 – 0x3FFF)
- มีขา WP (Write protect) ป้องกันการเขียน
- การติดต่อสื่อสารแบบ I2C
- ความถี่ของสัญญาณพิกาสสูงสุดที่ 1 MHz ที่ 5V
- เขียนทับได้จำนวน 100000 ครั้ง
- เวลาในการเขียนข้อมูล 5 mSec
- สามารถเขียนข้อมูลได้ต่อเนื่อง 64 ไบท์/ page

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ขาต่าง ๆ ของ 24LC128

SCA = เป็นขาสัญญาณนาฬิกา (Clock) ของ I2C Bus

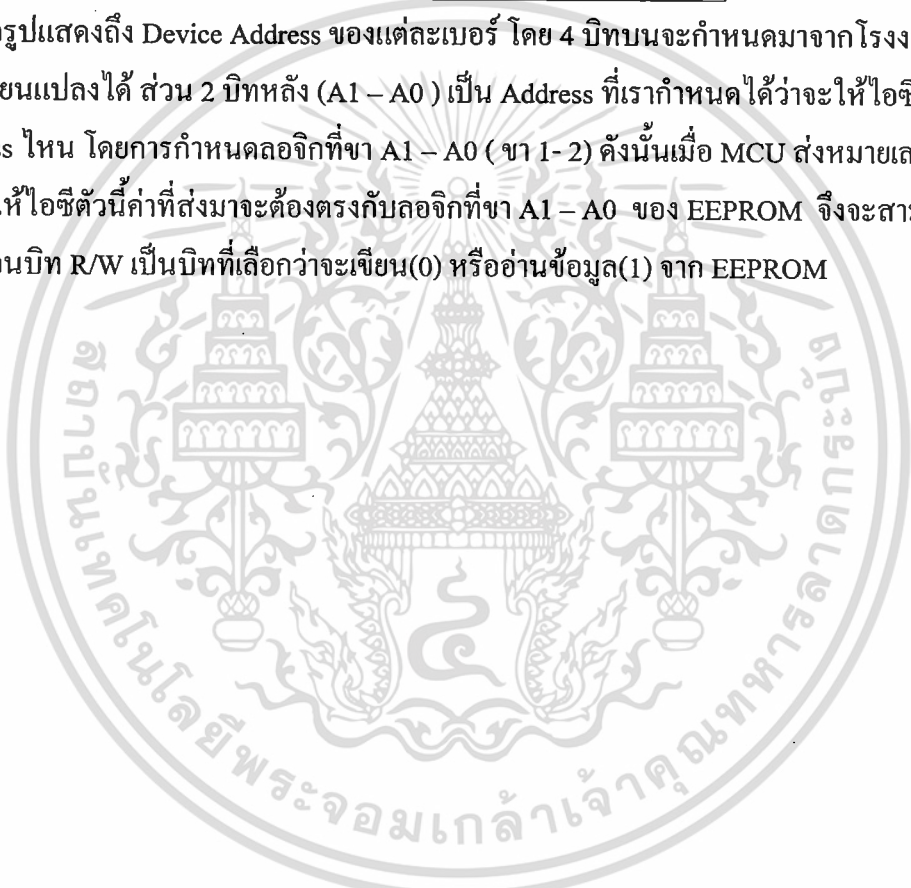
SDA = เป็นขาข้อมูล (Data) ของ I2C Bus

WP = เป็นขาป้องกันการเขียนข้อมูลเมื่อต่อ Vcc

A1-A0 = เป็นขา Address ของ 24LC128 เราสามารถให้ไอซีเบอร์นี้อยู่ที่ Address ไหนก็สามารถกำหนดลอจิกที่ขานี้ได้ ซึ่งเราให้อยู่ที่ Address "00"

1	0	1	0	0	A1	A0	R/W
---	---	---	---	---	----	----	-----

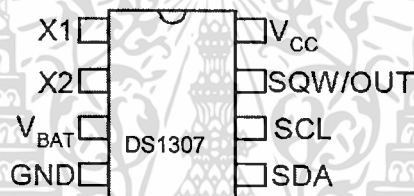
จากรูปแสดงถึง Device Address ของแต่ละเบอร์ โดย 4 บิตบนจะกำหนดมาจากโรงงานไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ส่วน 2 บิตหลัง (A1 – A0) เป็น Address ที่เรากำหนดได้ว่าจะให้ไอซีตัวนี้อยู่ที่ Address ไหน โดยการกำหนดลอจิกที่ขา A1 – A0 (ขา 1-2) ดังนั้นเมื่อ MCU ส่งหมายเลขอุปกรณ์ มาให้ไอซีตัวนี้ค่าที่ส่งมาจะต้องตรงกับลอจิกที่ขา A1 – A0 ของ EEPROM จึงจะสามารถติดต่อได้ ส่วนบิต R/W เป็นบิตที่เลือกว่าจะเขียน(0) หรืออ่านข้อมูล(1) จาก EEPROM



3.10 Real Time Clock (RTC) เบอร์ DS1307

คุณสมบัติทั่วไปของ RTC เบอร์ DS1307

- สามารถเป็นนาฬิกาและปฏิทิน เก็บข้อมูลเป็น วินาที,นาท้,ชั่งโมง,วัน,เดือน,ปี,วันที่
- มีหน่วยความจำภายใน 56 ไบท์
- สามารถใช้ไฟเลี้ยงในช่วง 2.0V – 5.5V
- กินกระแสไฟฟ้าต่ำกว่า 500 nV ในโหมดแบตเตอรี่สำรอง
- สามารถสร้างสัญญาณนาฬิกา ที่โปรแกรมความถี่ได้
- สื่อสารแบบ I2C Bus



รูปที่ 3.10 รูปแสดงขา Real Time Clock (RTC) เบอร์ DS1307

หน้าที่ของแต่ละขาของ DS1307

Vbat ขานี้จะใช้ในการต่อแบตเตอรี่สำรอง เพื่อใช้ในกรณีที่ไฟดับ DS1307 จะเอาไฟจากขานี้มาเลี้ยงวงจรแทนไฟเลี้ยงหลัก เพื่อให้ข้อมูลและนาฬิกายังคงเดินต่อไปไม่หยุดชะงัก

X1,X2 (XTAL) ขานี้จะต่อกับคริสตอลที่มีความถี่ 32.786 KHz ทำหน้าที่เป็นฐานเวลาให้กับ RTC

SQW/OUT ขานี้ทำหน้าที่ส่งสัญญาณนาฬิกา ซึ่งเราสามารถที่จะเลือกความถี่ที่ออกมาได้

SCL ขานี้ทำหน้าที่รับสัญญาณนาฬิกาจาก MCU เพื่อใช้ในการรับส่งข้อมูล

SDA ขานี้ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลระหว่าง DS1307 กับ MCU

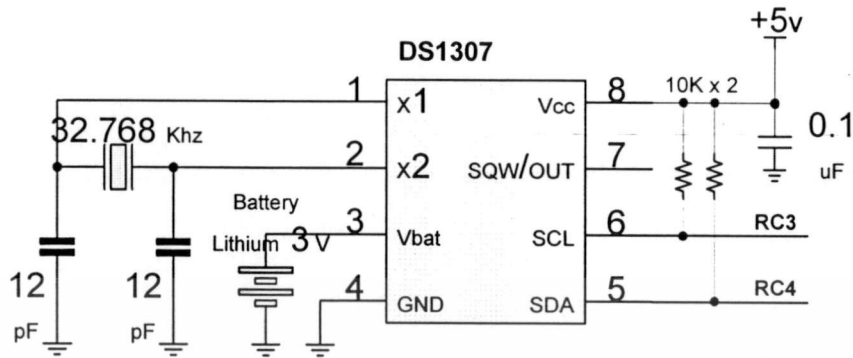
หน่วยความจำภายในของ DS1307 ขนาด 64 Byte (00h-3FH)

		BIT									
		7	6	5	4	3	2	1	0		
00H	CH	10 SECONDS				SECONDS				00-59	
01H	X	10 MINUTES				MINUTES				00-59	
02H	X	12 / 24	10 HR A/P	10 HR		HOURS				01-12 / 00-23	
03H	X	X	X	X	X	DAY				1-7	
04H	X	X	10 DATE		DATE				01-28/29 / 01-30 / 01-31		
05H	X	X	X	10 MONTH	MONTH				01-12		
06H	10 YEAR				YEAR				00-99		
07H	OUT	X	X	SQWE	X	X	RS1	RS0	Control Register		
08H	RAM 56 BYTE								USER RAM		
3FH											

ความหมายของตัวแปรต่าง ๆ

- CH** (Clock Halt) เป็นบิตที่ทำให้เวลาหยุดเดินถ้าบิตนี้เป็น "1"
- 12/24** เป็นบิตที่เลือกการนับชั่วโมงว่าเป็นแบบ 12 ชม. (1) 24 ชม. (0)
- A/P** ในกรณีที่เรเลือกการนับแบบ 12 ชม. บิตนี้จะเป็นตัวบอกว่าเป็น AM(0) หรือ PM(1)
- DAY** เป็นบิตแสดงวันอาทิตย์ - เสาร์ (01 - 07)
- WP** (Write Protect) เป็นบิตที่ป้องกันการเขียนทับ เมื่อบิตนี้เป็น "1"
- SQWE** (Square Wave Enabled) เป็นบิตที่ควบคุมการสร้างสัญญาณนาฬิกาที่ขา SQWE โดยความถี่ที่สร้างจะมีค่าตามการ เซตสถานะของบิต RS1 - RS0
- RS1-0** (Rate Selector) เป็นการเลือกความถี่ที่จะออกที่ขา SQWE

วงจรใช้งานของ DS1307

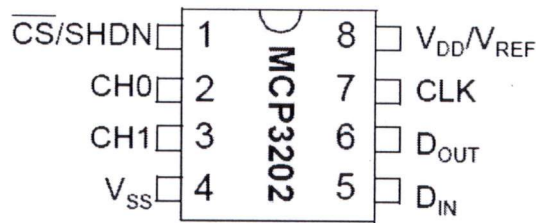


ข้อมูลที่เก็บอยู่ในรีจิสเตอร์ 00H-06H จะเป็นแบบ BCD (Binary Code Decimal)

Address	Name	DESCRIPTION															
00H	SECOND	เก็บค่าวินาที โดยบิตที่สำคัญ คือบิต 7 CH (Clock Halt) เมื่อบิต 7 นี้เป็น 1 จะทำให้สัญญาณ นาฬิกา หยุดเดิน															
01H	MINUTES	เก็บค่านาที 00-59															
02H	HOUR	เก็บค่าชั่วโมง เมื่อบิต 6 เป็นบิตที่กำหนดการแสดงผลแบบ 12/24 ชม เมื่อบิต 6 =1 จะเก็บค่า 01-12, เมื่อบิต 6 =0 จะเก็บค่า 01-24															
03H	DAY	เก็บค่าวัน 1-7															
04H	DATE	เก็บค่าที่ 01-31															
05H	MONTH	เก็บค่าเดือน 01-12															
06H	YEAR	เก็บค่าปี 00-99															
07H	Control Register	รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของขา SQW OUT ถ้าบิต 4 SQWE =1 กำหนดให้ขา SQW OUT กำหนดความถี่ ตามความถี่ที่กำหนดโดย RS1,RS0 ถ้าบิต 4 SQWE =0 กำหนดให้ขา SQW OUT จะมีค่าตามบิต 7 คือขา OUT															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>RS1</th> <th>RS0</th> <th>ความถี่ output ที่ขา SQW/OUT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1Hz</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>4.096 kHz</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>8.192 kHz</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>32.768 kHz</td> </tr> </tbody> </table>	RS1	RS0	ความถี่ output ที่ขา SQW/OUT	0	0	1Hz	0	1	4.096 kHz	1	0	8.192 kHz	1	1	32.768 kHz
RS1	RS0	ความถี่ output ที่ขา SQW/OUT															
0	0	1Hz															
0	1	4.096 kHz															
1	0	8.192 kHz															
1	1	32.768 kHz															
08H-3FH	UserRam	หน่วยความจำใช้งานทั่วไป 56 byte															

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11 MCP3202 A to D 12 บิต



รูปที่ 3.11 รูปแสดงขา MCP3202 A to D 12 บิต

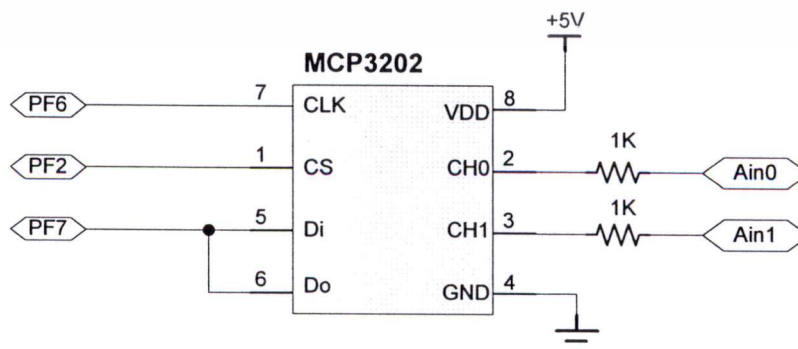
คุณสมบัติทั่วไปของ MCP3202

- ใช้แหล่งจ่ายไฟแบบเดี่ยวตั้งแต่ 2.7 – 5.5 V
- กินกระแสเพียง 500 nA ขณะ Standby
- อินเทอร์เฟซแบบอนุกรม SPI บัส
- Analog to Digital 2 ช่อง ขนาด 12 บิต
- ความเร็วในการ Sampling ที่ 100 KHz ที่ Vcc 5 V

หน้าที่ของขาต่าง ๆ ของ MCP3202

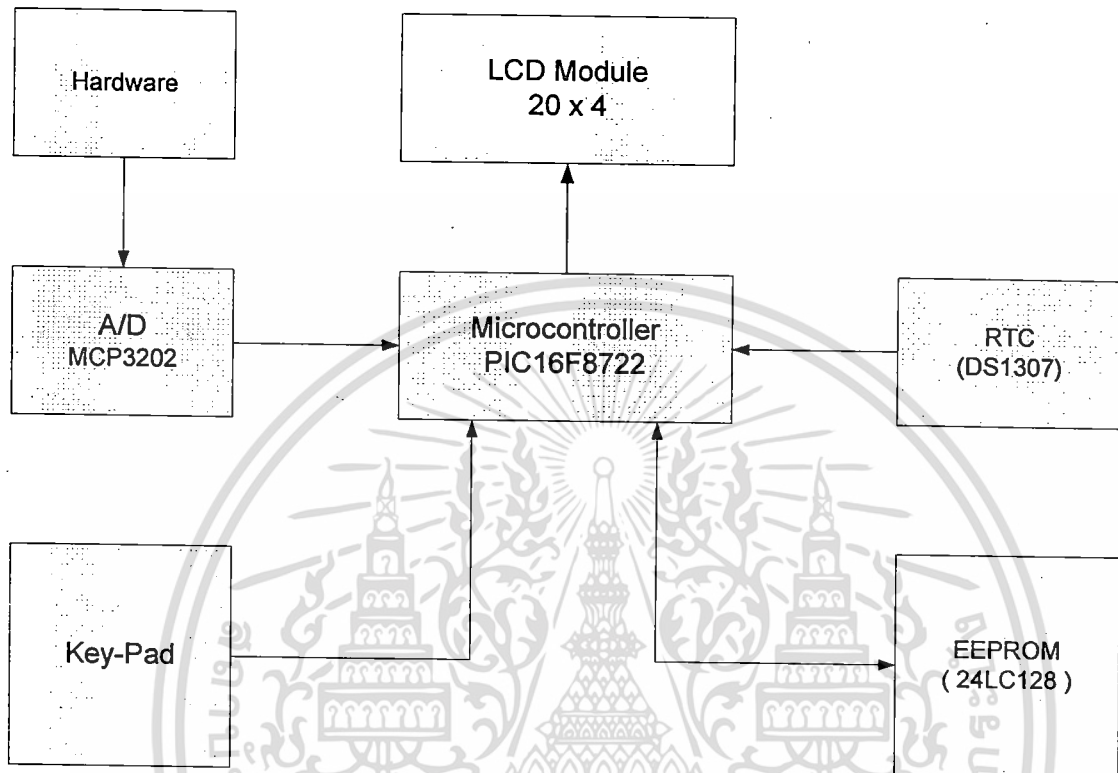
- CS เป็นขาที่สั่งให้ไอซีทำงาน ซึ่งทำงานที่ลอจิก “0”
- CH0 – 1 เป็นขาสัญญาณ Analog
- CLK เป็นสัญญาณนาฬิกาเพื่อการติดต่อกับ ไอซีแบบ SPI
- Do เป็นขาเอาต์พุตข้อมูล
- Di เป็นขาอินพุตข้อมูล
- Vdd – Vss ไฟเลี้ยง

วงจรของ MCP3202



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

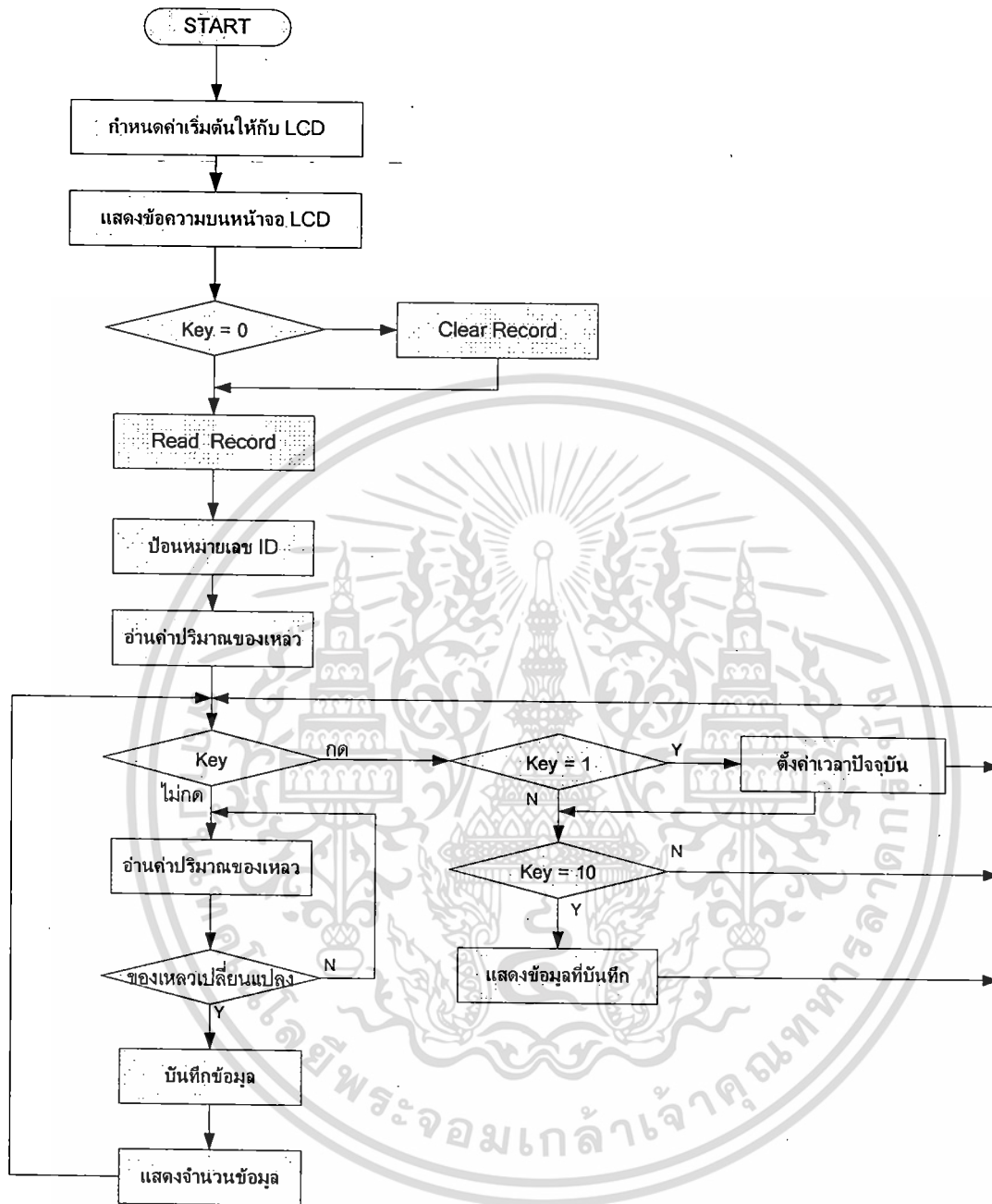
3.12 การออกแบบส่วน Software



รูปที่ 3.12 รูปแสดงการออกแบบส่วน Software

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

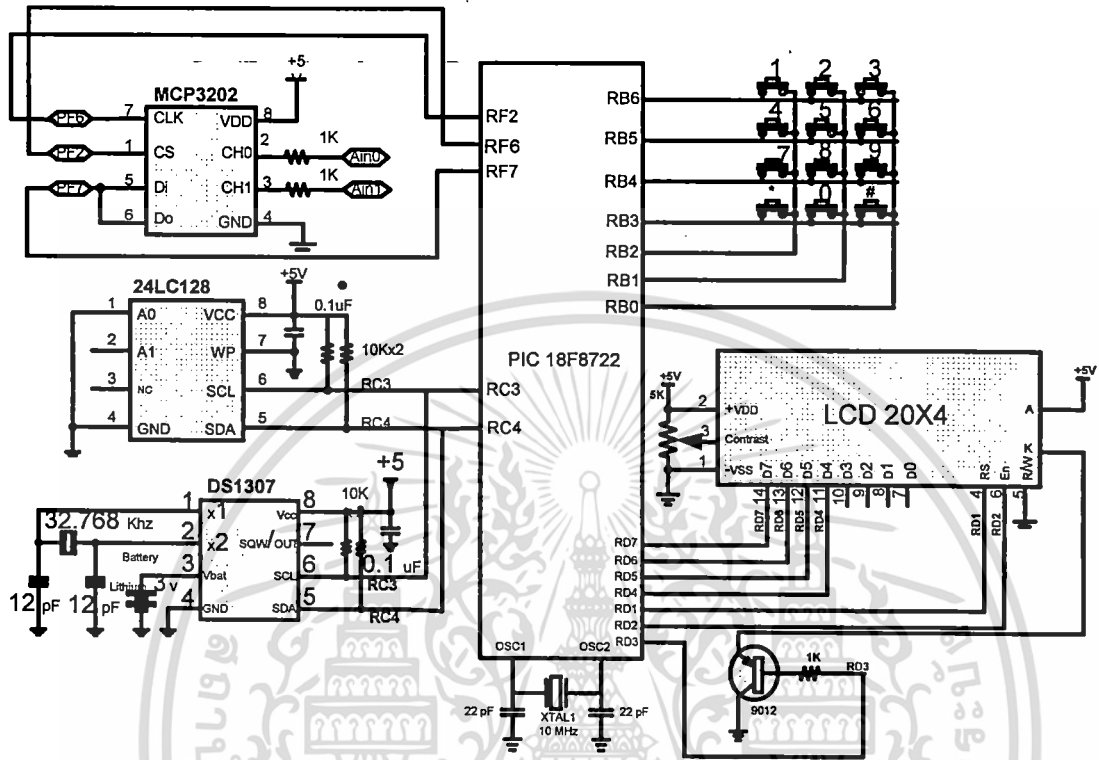
3.13 Flow Chart การทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 3.13 รูปแสดง Flow Chart การทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

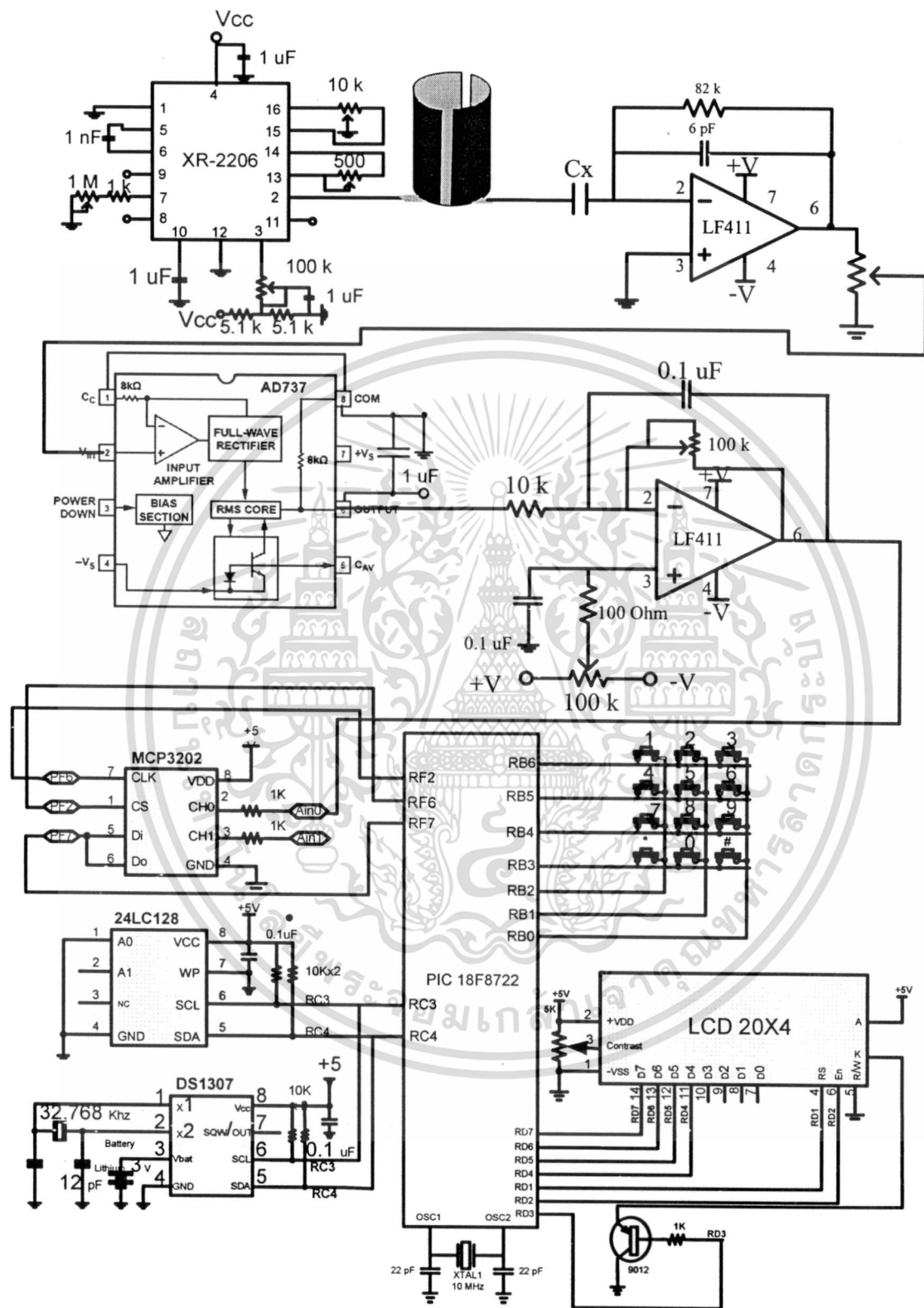
วงจรในส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.14 รูปแสดงวงจรในส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.14 รูปแสดงโครงสร้างรวมทั้งหมดทุกภาค



รูปที่ 3.15 รูปแสดงโครงสร้างรวมทั้งหมดทุกภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

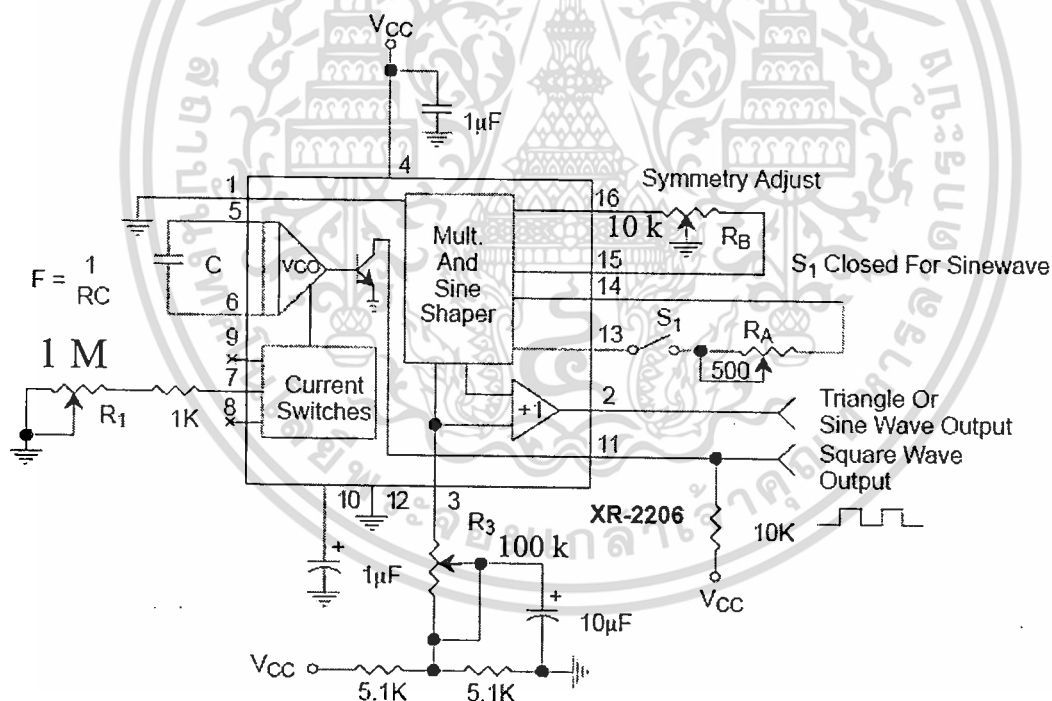
บทที่ 4

วงจรและการทดลอง

ในบทนี้จะแสดงผลการทดลองฟังก์ชันการทำงานของแต่ละส่วนของวงจรที่ใช้ และวัดค่าแรงดันเอาต์พุตที่ภาค Charge Amplifier จากตัวเก็บประจุที่รู้ค่าโดยใช้ค่าความจุ C_x ตั้งแต่ 0.5pF – 46pF ก่อนที่จะใช้ค่า C_x ของตัวเซ็นเซอร์ ที่สร้างขึ้นมาเพื่อทดลองหาค่าแรงดันที่ได้อิเล็กทริกต่างๆ ที่ความถี่ 140KHz

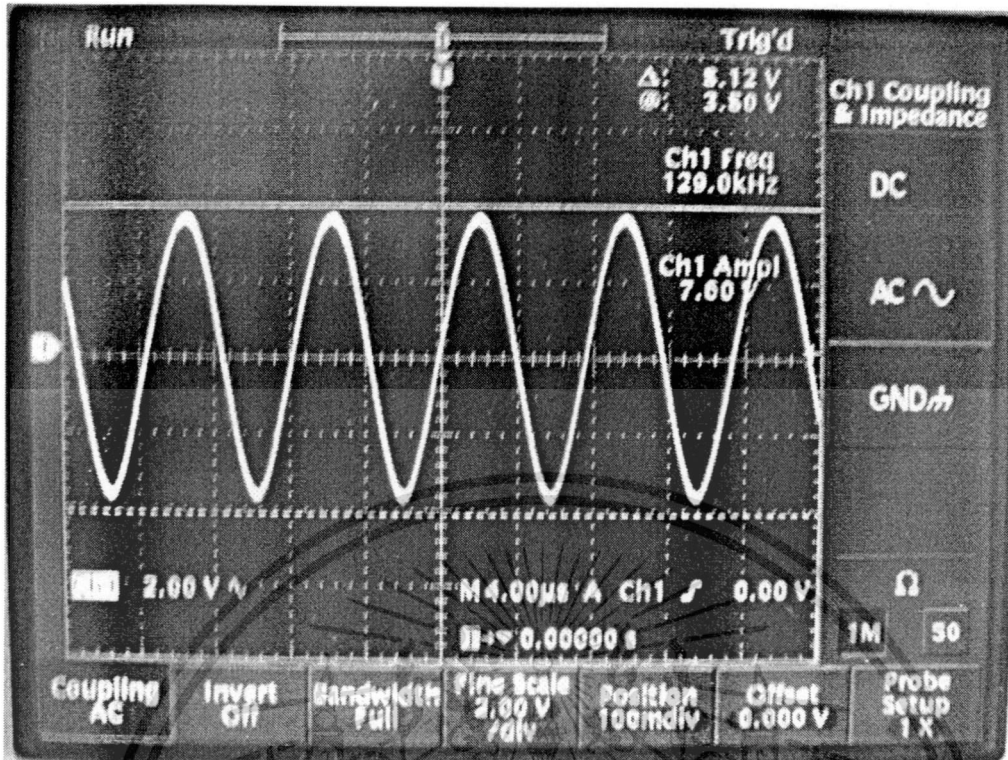
4.1 การทดลองและตรวจสอบการทำงานของวงจรถูกกำเนิดสัญญาณ (Signal generator)

จากรูป 3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณ เมื่อใช้ออสซิลโคปวูดแรงดันที่เอาต์พุตของวงจรแล้วทำการปรับค่าความถี่ ค่าแอมพลิจูด และปรับคกแต่งรูปสัญญาณให้ได้ตามที่ต้องการ ด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้แต่ละตัวในวงจร จะได้แรงดันเอาต์พุตของวงจรที่มีค่าความถี่เท่ากับ 140kHz ขนาด 7.4Vp-p ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณ

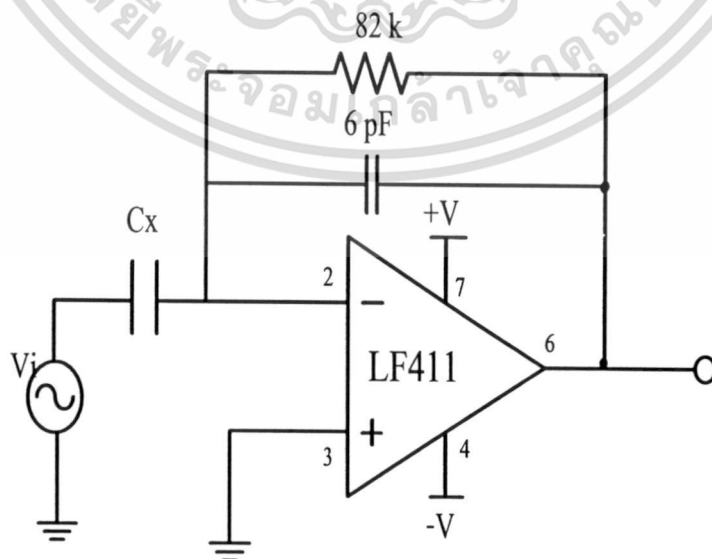
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณ

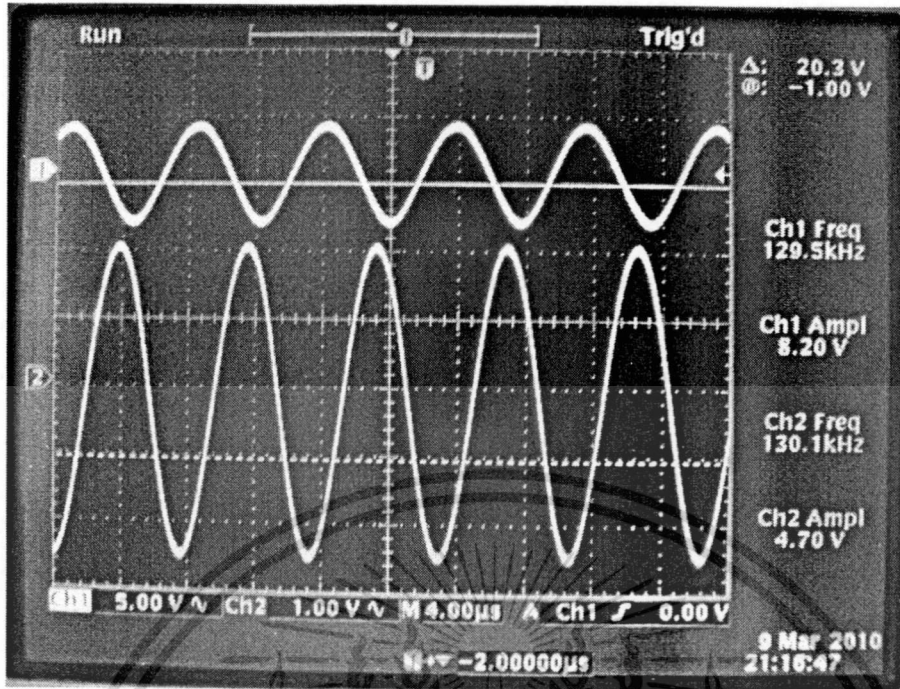
4.2 การทดลองในส่วนของวงจรขยายประจุ (Charge Amplifier)

เมื่อทดลองต่อวงจรขยายประจุในรูปที่ 3.4 แล้วทำการวัดค่าเอาต์พุตของวงจร จะได้รูปคลื่นสัญญาณที่มีขนาด 22 Vp-p ความถี่เท่าเดิม (140 kHz) ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 3.4 วงจรขยายประจุ (Charge Amplifier)

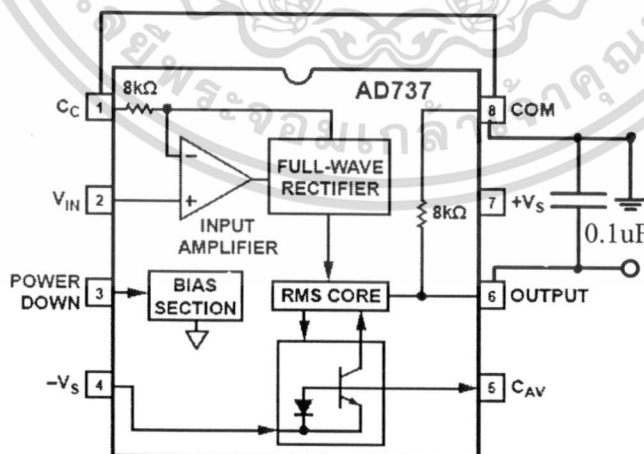
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณเอาต์พุตของวงจรขยายประจุ ที่มีค่าโดยประมาณของ $C_x = 1.81 \text{ pF}$ และเป็นค่า C_x ที่สร้างขึ้น โดยใช้ค่าไดโอดเล็กทริกของอากาศ

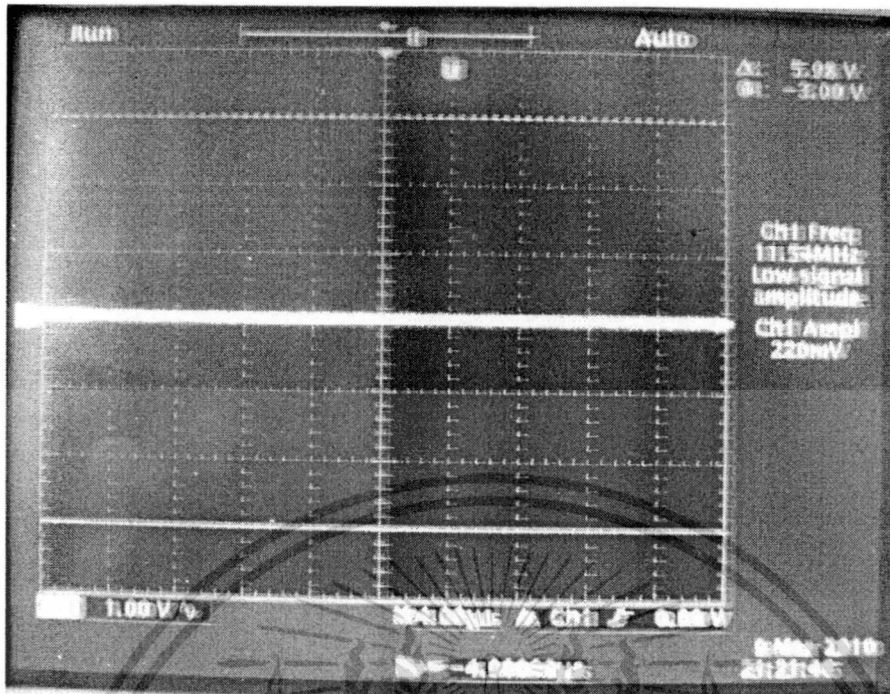
4.3 การทดลองการทำงานของ RMS-to-DC Converter

เมื่อได้สัญญาณจากวงจรขยายประจุที่เป็น AC มาแล้ว ได้มีการแปลงสัญญาณ AC ให้เป็นสัญญาณ DC ในรูปของแรงดัน โดยใช้วงจรจากรูปที่ 3.6 จะได้แรงดันเอาต์พุตดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 3.6 วงจร RMS-to-DC Converter

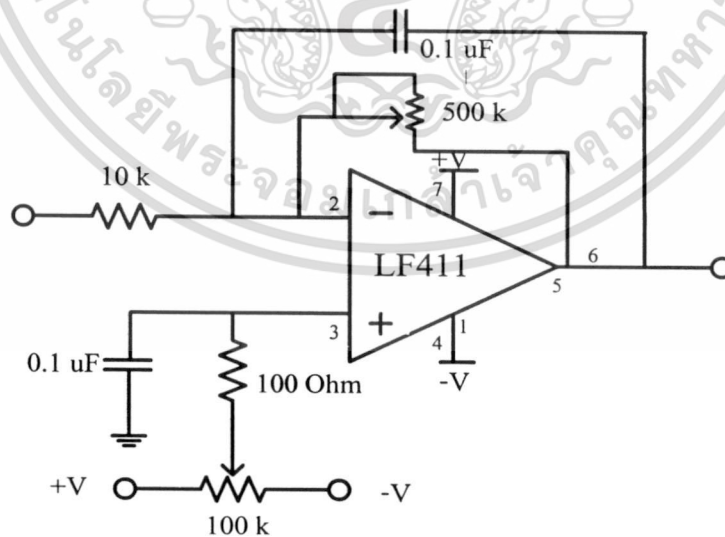
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณเอาต์พุตของวงจร RMS-to-DC Converter

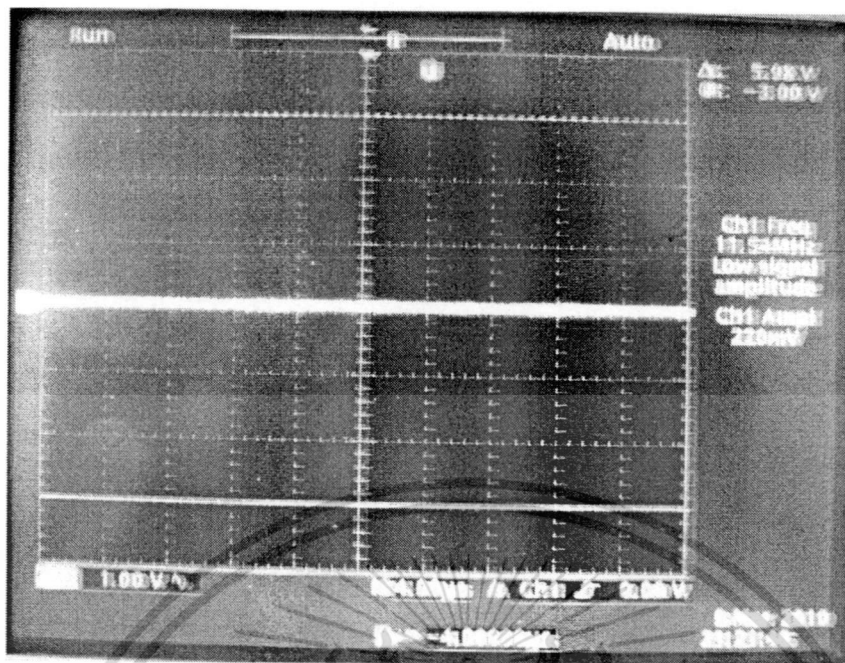
4.4 การทดลองการทำงานของวงจร DC Amplifier

ในรูปที่ 3.7 เป็นวงจรขยายสัญญาณ DC และสามารถปรับออฟเซตได้ด้วย โดยในการทดลองนี้ ได้มีการปรับออฟเซตให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นศูนย์ในกรณีที่ไม่มีปริมาณน้ำเปล่าที่ใช้ในการทดลอง(ขวดเปล่า) สัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้ในกรณีที่เป็นขวดเปล่าแสดงดังในรูปที่ 4.4



รูปที่ 3.7 วงจร DC Amplifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณเอาต์พุตของวงจร DC Amplifier (ขวดเปล่า)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดลองวัดค่าแรงดันเอาต์พุตที่ภาค Charge Amplifier

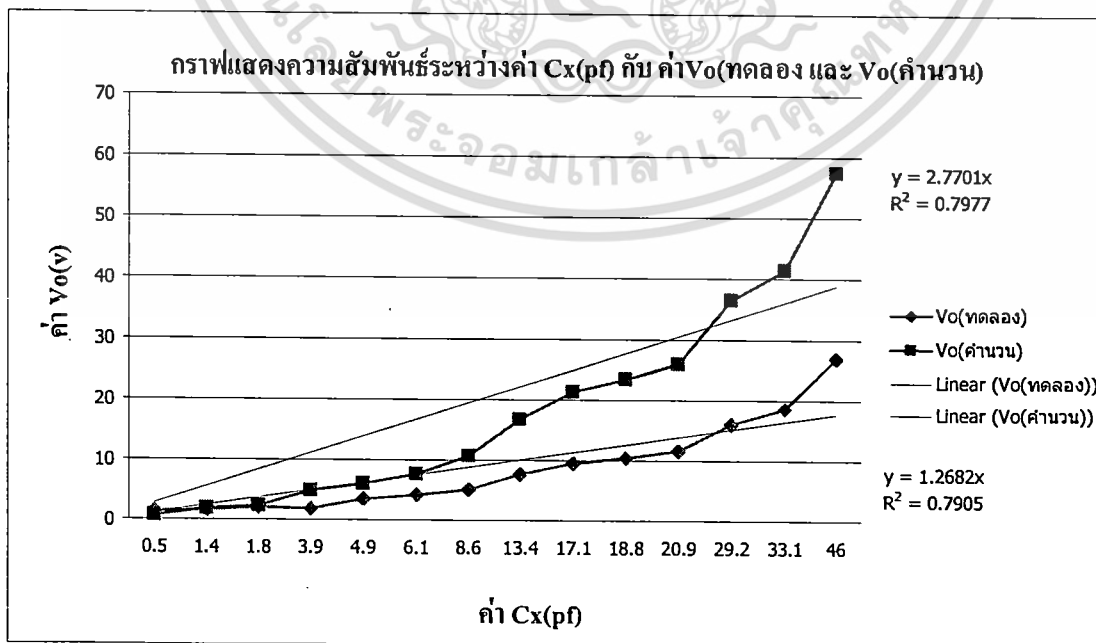
วัดค่าแรงดันเอาต์พุตที่ภาค Charge Amplifier จากตัวเก็บประจุที่รู้ค่าโดยใช้ค่าความจุ C_x ตั้งแต่ 0.5pF – 46pF ก่อนที่จะใช้ค่า C_x ของตัวเซ็นเซอร์ ที่สร้างขึ้นมาเพื่อทดลองหาค่าแรงดันที่ได้อิเล็กทริกต่างๆ ที่ความถี่ 140 KHz

ผลการทดลอง

ตารางแสดงการทดลองหาค่า V_o โดยการเปลี่ยนค่า C_x ที่รู้ค่าตั้งแต่ 0.5pf – 46pf

C_x	V_o (ทดลอง)	V_o (คำนวณ)
0.5	1.3	0.625
1.4	1.7	1.75
1.8	2	2.25
3.9	1.9	4.87
4.9	3.6	6.125
6.1	4.2	7.625
8.6	5.2	10.75
13.4	7.6	16.75
17.1	9.6	21.375
18.8	10.4	23.5
20.9	11.6	26.125
29.2	16	36.5
33.1	18.5	41.375
46	27	57.5

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า C_x ที่รู้ค่ากับค่า V_o (ทดลอง) และ ค่า V_o (คำนวณ)



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า C_x (pF) กับค่า V_o (ทดลอง) และค่า V_o (คำนวณ)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

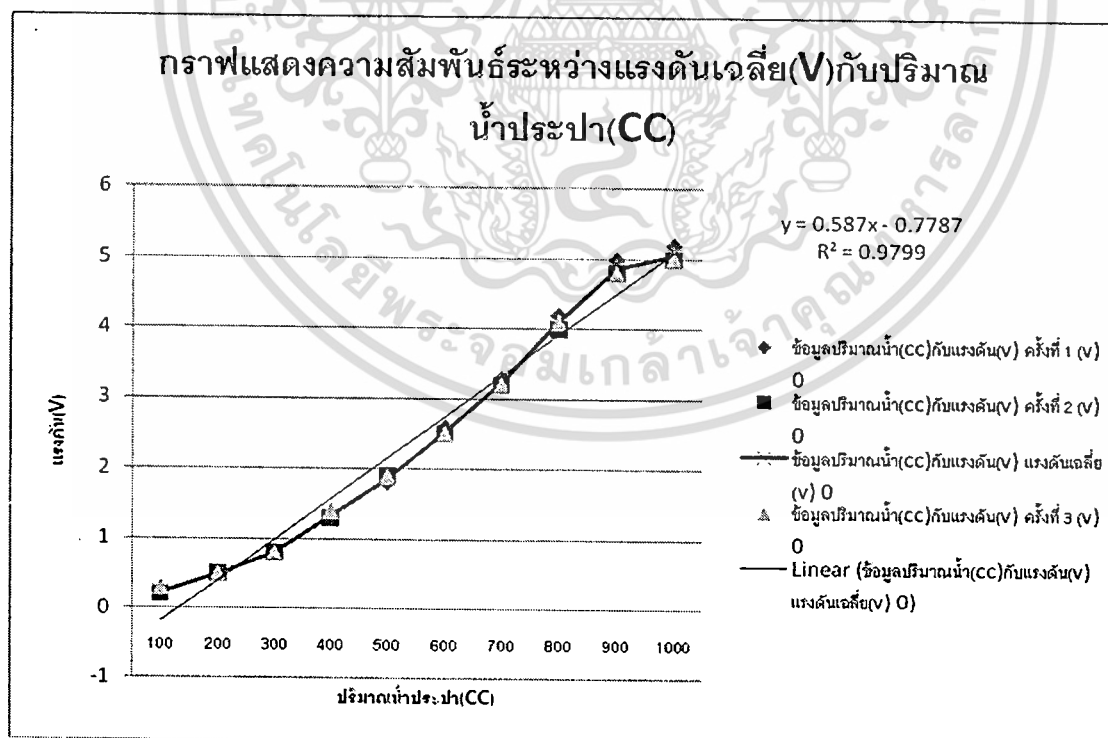
4.6 ผลการทดลองหาค่าความ Sensitivity ของน้ำชนิดต่างๆ

ผลการทดลองโดยใช้น้ำประปา

ในตารางแสดงผลการทดลองนี้ ได้มีการใช้น้ำประปาในการทดลองเพื่อต้องการตรวจสอบว่าเซนเซอร์ทำงานเป็นอย่างไร

ปริมาณน้ำ(CC)	ครั้งที่ 1 (V)	ครั้งที่ 2 (V)	ครั้งที่ 3 (V)	แรงดันเฉลี่ย(V)
ขวดเปล่า	0	0	0	0
100	0.2	0.2	0.3	0.23
200	0.5	0.5	0.5	0.5
300	0.8	0.8	0.8	0.8
400	1.3	1.3	1.4	1.33
500	1.8	1.9	1.9	1.86
600	2.6	2.5	2.5	2.53
700	3.3	3.2	3.2	3.23
800	4.2	4	4.1	4.1
900	5	4.8	4.8	4.86
1000	5.2	5	5	5.06

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณน้ำประปาในขวดที่เพิ่มขึ้น(CC)และค่าเอาต์พุตของวงจร DC Amplifier



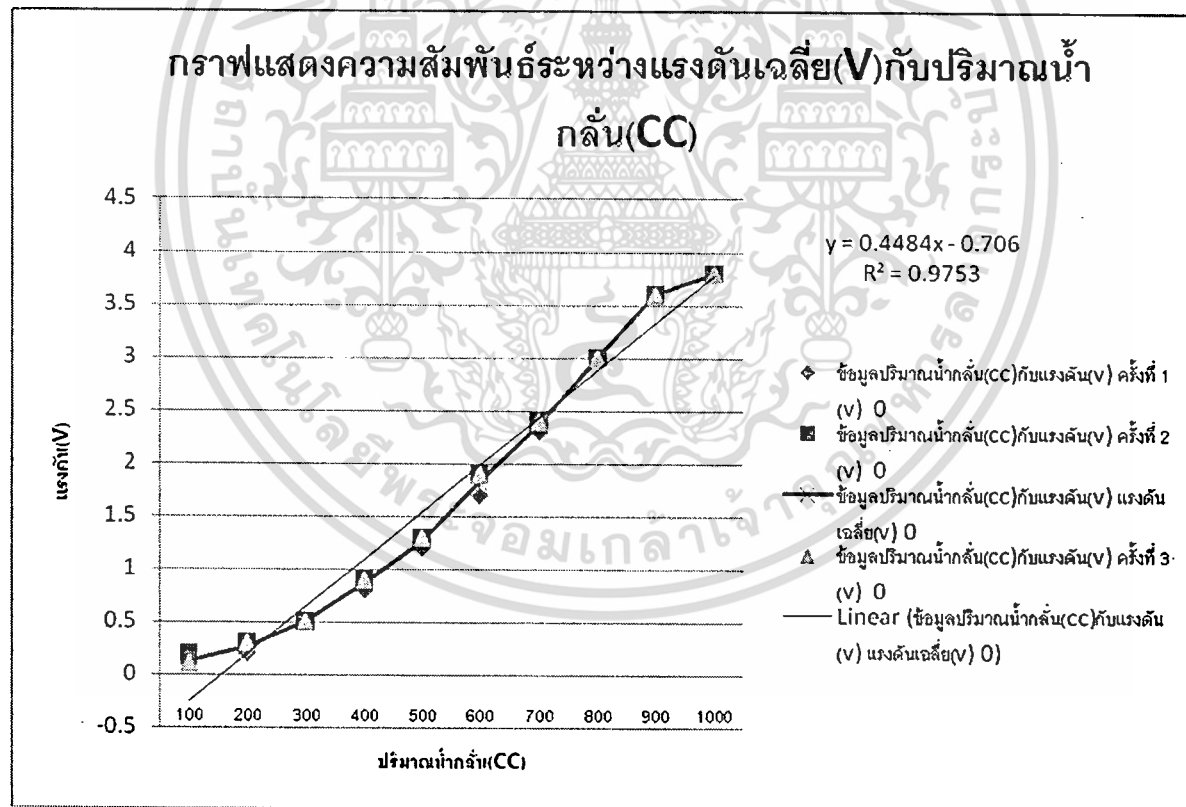
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเฉลี่ย(v)กับปริมาณน้ำประปา(cc)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองโดยใช้น้ำกลั่น

ปริมาณน้ำ(CC)	ครั้งที่ 1 (V)	ครั้งที่ 2 (V)	ครั้งที่ 3 (V)	แรงดันเฉลี่ย(V)
ขวดเปล่า	0	0	0	0
100	0.1	0.2	0.1	0.13
200	0.2	0.3	0.3	0.26
300	0.5	0.5	0.5	0.5
400	0.8	0.9	0.9	0.86
500	1.2	1.3	1.3	1.26
600	1.7	1.9	1.9	1.83
700	2.3	2.4	2.4	2.36
800	3	3	3	3
900	3.6	3.6	3.6	3.6
1000	3.8	3.8	3.8	3.8

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณน้ำกลั่นในขวดที่เพิ่มขึ้น(CC)และค่าเอาต์พุตของวงจร DC Amplifier



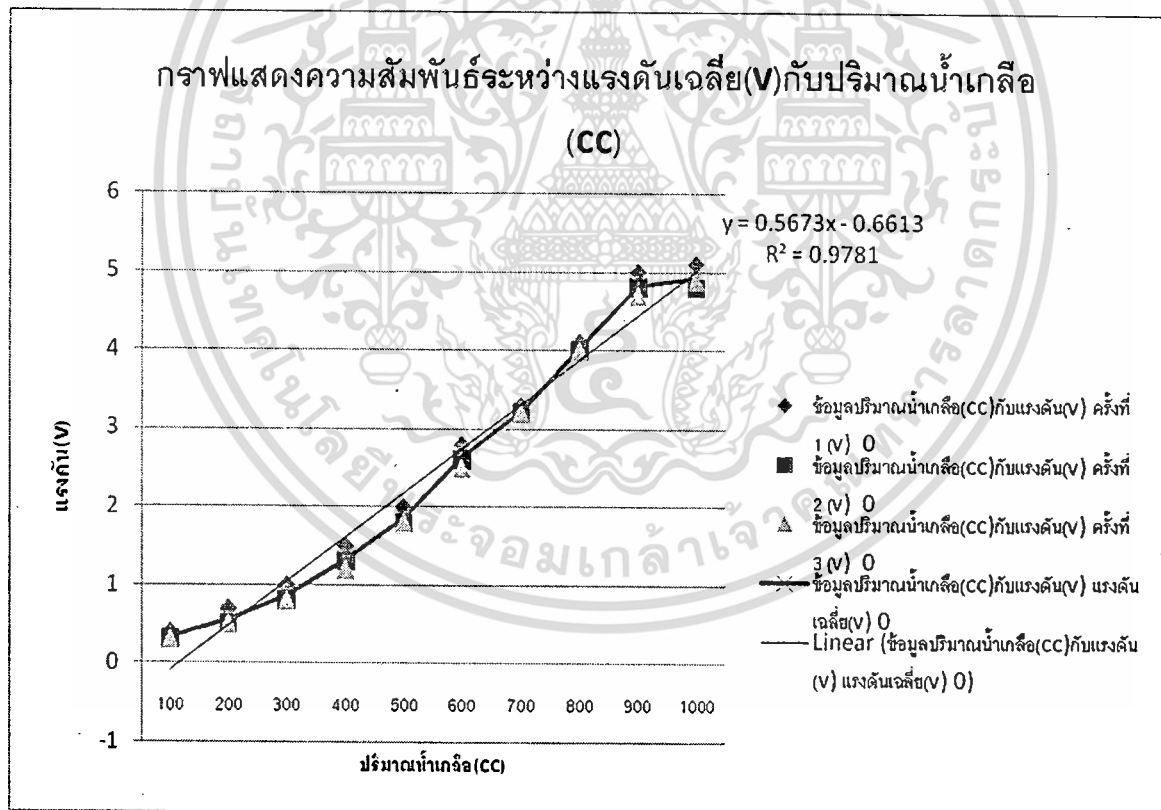
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเฉลี่ย(v)กับปริมาณน้ำกลั่น(cc)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองโดยใช้น้ำเกลือ

ปริมาณน้ำ(CC)	ครั้งที่ 1 (V)	ครั้งที่ 2 (V)	ครั้งที่ 3 (V)	แรงดันเฉลี่ย(V)
ขวดเปล่า	0	0	0	0
100	0.4	0.3	0.3	0.33
200	0.7	0.5	0.5	0.56
300	1	0.8	0.8	0.86
400	1.5	1.3	1.2	1.33
500	2	1.8	1.8	1.86
600	2.8	2.6	2.5	2.63
700	3.3	3.2	3.2	3.23
800	4.1	4	4	4.03
900	5	4.8	4.7	4.83
1000	5.1	4.8	4.9	4.93

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณน้ำเกลือในขวดที่เพิ่มขึ้น(CC)และค่าเอาต์พุตของวงจร DC Amplifier



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเฉลี่ย(v)กับปริมาณน้ำเกลือ(cc)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 บทสรุป

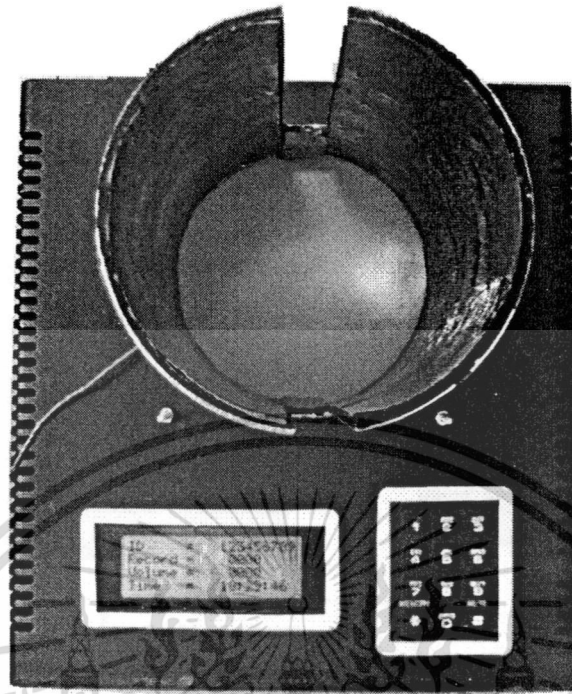
ในการทำงานของวงจรโดยใช้ตัว Capacitor เป็นตัวเซ็นเซอร์ เพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันที่เปลี่ยนไปตามค่าของไดอิเล็กทริกแต่ละชนิด โดยในวงจรจะใช้ความถี่คงที่ ที่ค่าเดียวกันตลอด โดยจะใช้ IC XR-2206 ให้สัญญาณรูป sine ที่มีความถี่ 140 KHz

โดย XR-2206 กำหนดค่าความถี่ที่แน่นอนคือ 140 KHz ขนาด Amplitude 7.4 Vp-p ป้อนเข้าตัวเซ็นเซอร์ความจุไฟฟ้าแล้วส่งออกไปที่ส่วนวงจรขยายประจุ แล้วแปลงเป็นแรงดัน DC โดยวงจร RMS to DC converter แล้วส่งต่อให้ วงจร A/D Converter เพื่อแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแล้วทำการประมวลผลด้วย microcontroller PIC18F8722 แล้วแสดงผลออก LCD Display และใช้ IC เวลา เบอร์ DS1307 เพื่อสร้างเวลาปัจจุบันขึ้นมา

5.2 สรุปผลการทดลอง

ในการทดลองครั้งแรกได้มีการหาค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจร Charge Amplifier เพื่อเปรียบเทียบแรงดันที่ได้จากการคำนวณและจากการทดลองแล้วนำค่าที่ได้ไปพล็อตกราฟ โดยใช้ค่าตัวเก็บประจุที่ทราบค่าตั้งแต่ 0.5pF – 46pF แทนค่า C_x ผลการทดลองที่ได้พบว่าค่าแรงดันที่ได้จากการคำนวณและค่าแรงดันที่ได้จากการทดลองมีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก เนื่องจากค่าตัวเก็บประจุจะมีค่า error ค่อนข้างสูง แต่กราฟที่ได้มีลักษณะเป็นเชิงเส้นเหมือนกัน และความชันที่ได้จากการคำนวณจะมีค่ามากกว่าการทดลอง ดังนั้นค่า Sensitivity จากการทดลองจะต่ำกว่าการคำนวณ โดยแรงดันเอาต์พุตที่ได้ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของขนาดของค่า C_x ต่อ C_f

จากการทดลองครั้งที่สองวัดปริมาณน้ำต่างๆ เพื่อศึกษาว่าที่น้ำต่างชนิดกันจะมีผลที่แตกต่างกันอย่างไร โดยทำการวัดค่าปริมาณน้ำต่าง ๆ (cc) เทียบกับค่าแรงดัน (v) แล้วนำค่าที่ได้ไปพล็อตกราฟเพื่อหาค่าความชันออกมาแล้วนำค่าความชันที่ได้มาเปรียบเทียบกันว่าปริมาณน้ำแต่ละชนิดมีค่าความชันแตกต่างกันอย่างไร ชนิดแรกที่ทำทดลองคือน้ำประปา จากผลการทดลองพบว่าความ Sensitivity ที่ได้มีมากที่สุดได้จากค่าความชันที่ได้จากกราฟมีค่าเท่ากับ 0.587 น้ำชนิดที่สองที่ทดลองคือน้ำกลั่น จากผลการทดลองที่ได้พบว่าน้ำกลั่นมีความ Sensitivity เท่ากับ 0.4484 ซึ่งค่าที่ได้นี้น้อยกว่าน้ำประปา และน้ำชนิดสุดท้ายที่ทำทดลองคือน้ำเกลือ จากผลการทดลองที่ได้พบว่าความ Sensitivity ของน้ำเกลือมีค่าเท่ากับ 0.5673 ซึ่งผลที่ได้นี้มีค่าความ Sensitivity น้อยกว่าของน้ำประปา จากการทดลองวัดค่าความ Sensitivity ของปริมาณน้ำทั้งสามชนิดพบว่า น้ำประปามีความ Sensitivity มากที่สุดรองลงมาคือน้ำเกลือ และน้ำกลั่นมีค่าความ Sensitivity น้อยที่สุด



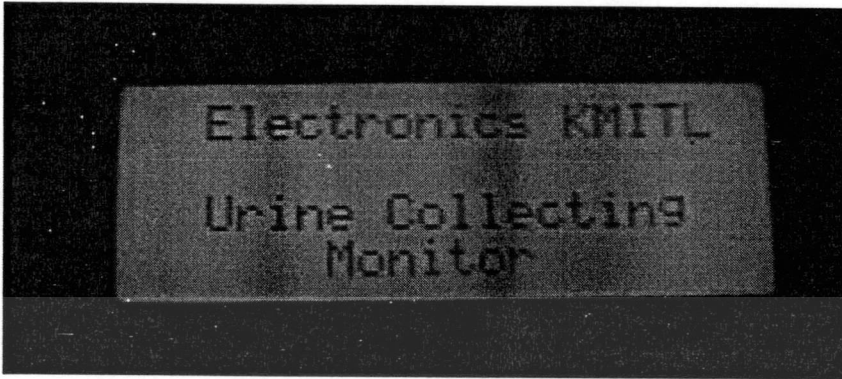
รูปที่ 3 ด้านบนของเครื่องวัดปริมาณน้ำปัสสาวะ



รูปที่ 4 ด้านหลังของเครื่องวัดปริมาณน้ำปัสสาวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เมื่อทำการเปิดเครื่องจะแสดงข้อความ “Electronics KMITL Urine Collecting Monitor”



2. เมื่อทำการเปิดเครื่องแล้วจะมีการป้อนรหัสประจำตัวของผู้ป่วยดังรูปด้านล่าง



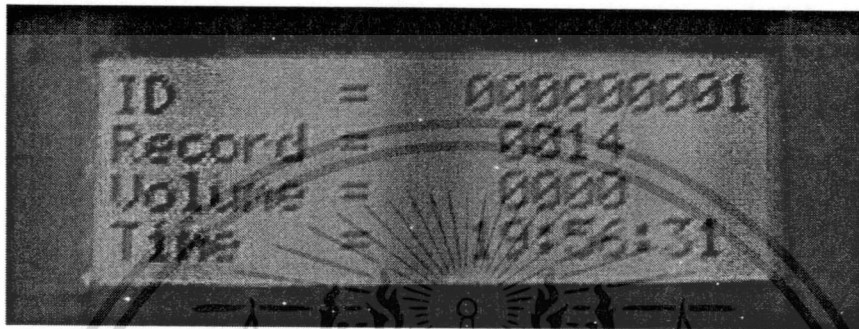
3. ทำการป้อนรหัสเข้าไปโดยใช้ **Matrix-Switch** ในการป้อนรหัสเมื่อป้อนรหัสเสร็จแล้วกดปุ่ม “#” เพื่อเป็นการตกลงกับการป้อนรหัส ถ้าป้อนรหัสผิดให้กดปุ่ม “*” เพื่อลบรหัสที่ผิด



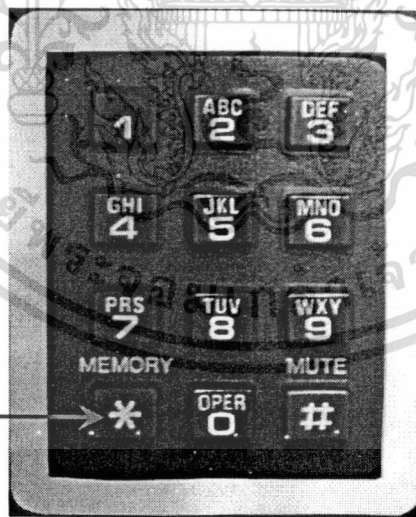
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.เมื่อป้อนรหัสเสร็จแล้วจะเข้าสู่หน้าจอ LCD ใหม่โดยหน้านี้จะแสดง 4 ข้อมูลให้ผู้ใช้ได้รับทราบ

- คือ 1.รหัสของผู้ป่วย
- 2.จำนวนครั้งที่ผู้ป่วยปัสสาวะ
- 3.ปริมาณน้ำปัสสาวะ
- 4.เวลาในปัจจุบัน

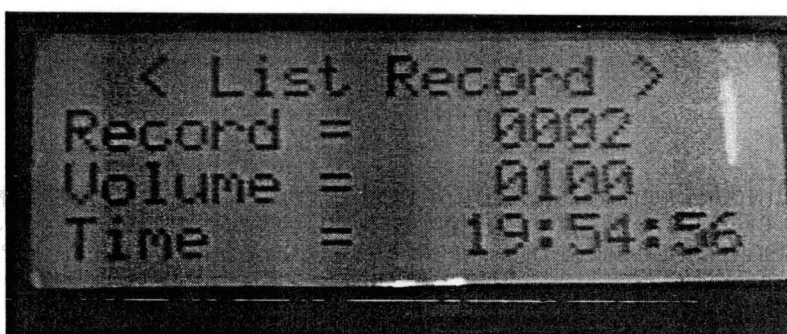


5.เมื่อต้องการทราบว่าผู้ป่วยได้ปัสสาวะมาแล้วกี่ครั้ง และครั้งละปริมาณเท่าไร พร้อมกับเวลาที่ผู้ป่วยปัสสาวะสามารถดูข้อมูลเหล่านั้นได้โดยกดปุ่ม “*” ค้างไว้



กดปุ่ม “*” ค้างไว้จนหน้าจอเปลี่ยน
เพื่อดูข้อมูลที่บันทึกไว้

จะปรากฏหน้าจอดังนี้

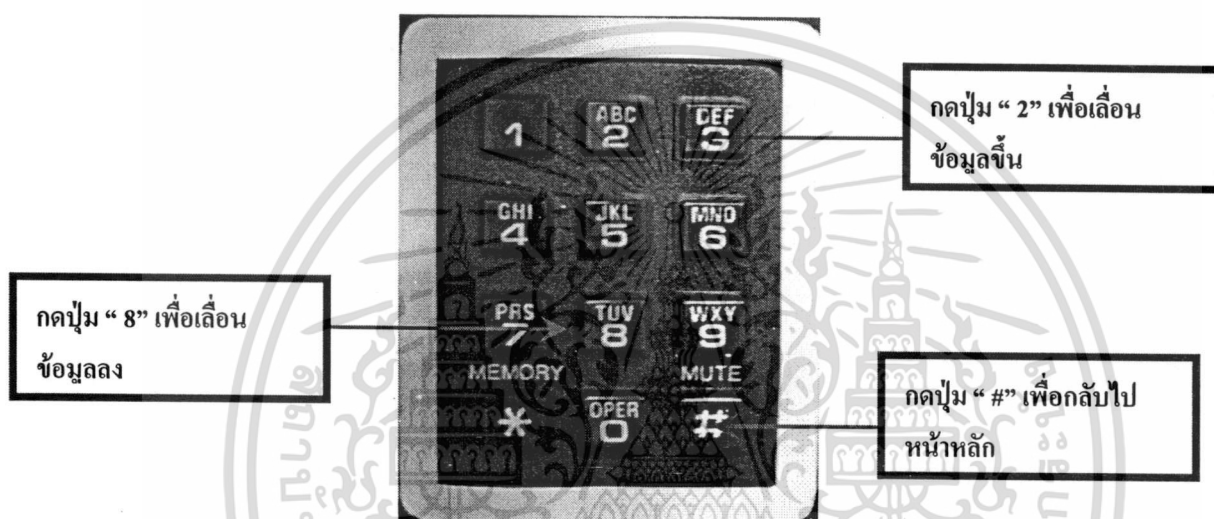


เอกสารนี้เป็นเอกสาร
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

ประโยชน์ด้านการค้า
ที่มีการนำไปใช้

จากหน้าจอ LCD จะแสดงข้อมูล 3 ข้อมูลคือ

- 1.จำนวนครั้งที่ทำการบันทึกปริมาณน้ำปัสสาวะและสามารถเลื่อนดูได้ว่ามีปริมาณน้ำปัสสาวะกี่ครั้งโดยการกดปุ่ม “ 2 “ เพื่อเลื่อนไปข้างหน้า และปุ่ม “ 8 “ เพื่อเลื่อนลง
- 2.แสดงจำนวนปริมาณน้ำปัสสาวะ
- 3.แสดงเวลาที่บันทึกปริมาณน้ำปัสสาวะในแต่ละครั้ง
- 4.กลับไปหน้าหลักให้กด” # ”



- 6.ถ้าเวลาที่แสดงในปัจจุบันมีการคลาดเคลื่อนไปจากเวลาจริงสามารถตั้งเวลาได้โดยทำการกดปุ่ม “ 1 ” จะแสดงหน้าจอดังนี้ แล้วก็กดหมายเลขตามเวลาจริงได้จาก **Matrix-Switch** แล้วกดปุ่ม “ # “ เพื่อแสดงการตกลงตั้งเวลา

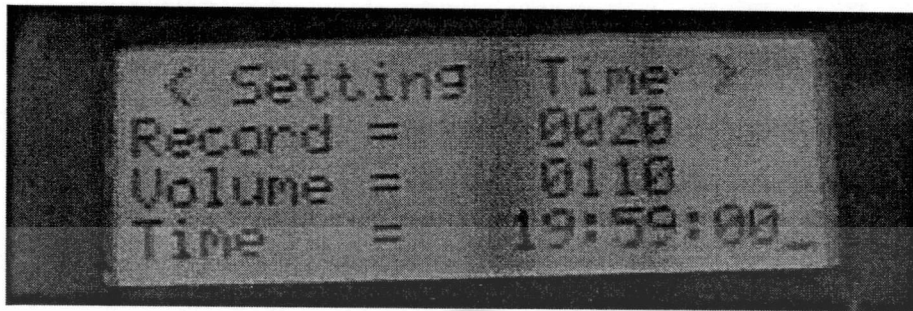
1.กดปุ่ม “ 1 ” ค้างไว้จนหน้าจอเปลี่ยน เพื่อทำการตั้งเวลา



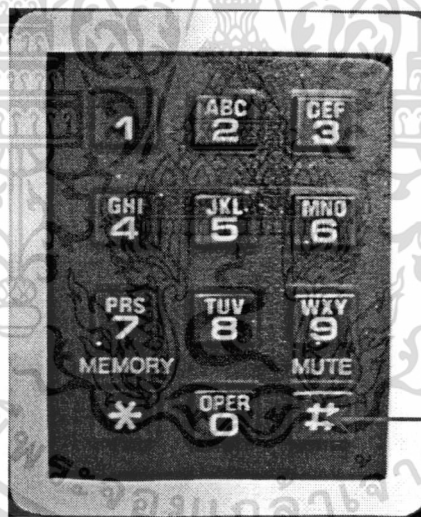
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้าม

นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะปรากฏหน้าจอดังนี้



เมื่อทำการตั้งเวลาเสร็จแล้วให้กดปุ่ม “#” เพื่อกลับหน้าหลัก



กดปุ่ม “#” เพื่อกลับไป
หน้าหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- 1.เกษร โพธิ์รักษา “เครื่องวัดความชื้นลำไยอบแห้ง” ปรียญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขา สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2547.
2. Larry K. Baxter. “Capacitive Sensors Design and Applications.” IEEE Press Series on Electronics Technology Robert J. Herrick, Series Editor. 1997.
3. ประจัน พลังสันติกุล “PIC Work ”, แอพซอพต์เทค จำกัด, 303 หน้า ,2537
4. อภินัย ฤกษ์รัตน์ “การสร้างภาพตัดขวางความต้านทานไฟฟ้าภายในวัตถุ.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2545.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้