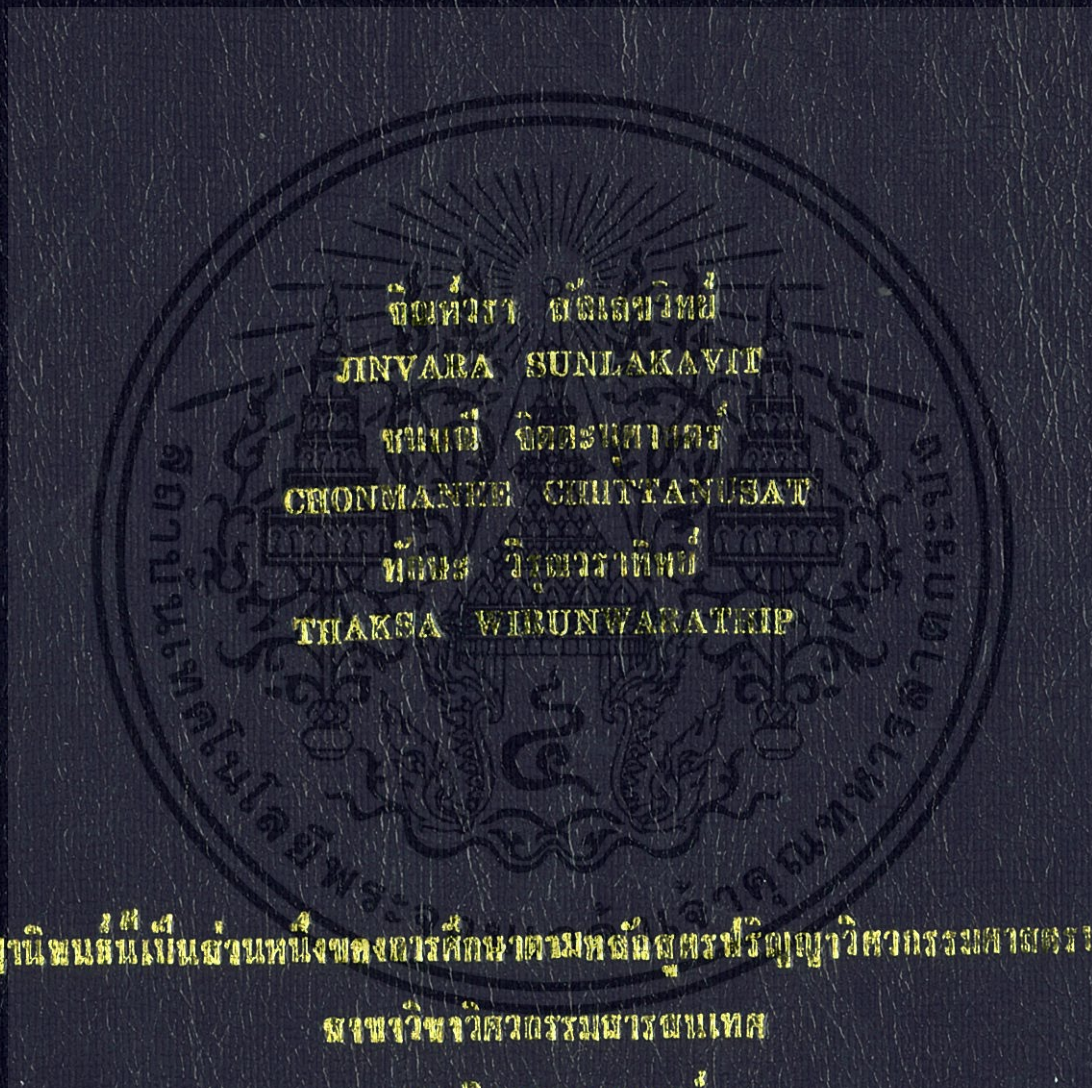


อุปกรณ์ตรวจวัดขณะขณะการหนีไขว้ทาง  
HEALTH PROTECTOR TOOL BY CHAOTIC SENSOR



ที่วิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตรสารสนเทศ

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

อุปกรณ์ตรวจวัดสถานะและสารเคมีในอาหาร  
HEALTH PROTECTOR TOOL BY CHAOTIC SENSOR



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# HEALTH PROTECTOR TOOL BY CHAOTIC SENSOR



THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาานิพนธ์  
รายชื่อนักศึกษา

อุปกรณ์ตรวจวัดสถานะและสารเคมีในอาหาร

นางสาวจินห์วรา สัลเลขวิทย์

รหัสนักศึกษา 53010199

นางสาวชนมณี จิตตะนุศาสตร์

รหัสนักศึกษา 53010292

นายทัชชะ วิรุณวราทิพย์

รหัสนักศึกษา 53010584

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมสารสนเทศ

พ.ศ.

2556

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ผศ.ดร.กฤตากร กล่อมการ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาานิพนธ์	อุปกรณ์ตรวจวัดสถานะและสารเคมีในอาหาร	
รายชื่อนักศึกษา	นางสาวจิณห์วรา สัลเลขวิทย์	รหัสนักศึกษา 53010199
	นางสาวชนมณี จิตตะนุศาสตร์	รหัสนักศึกษา 53010292
	นายทักษะ วิรุณวราทิพย์	รหัสนักศึกษา 53010584
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
พ.ศ.	2556	
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์	ผศ.ดร.กฤตากร กล่อมการ	

### บทคัดย่อ

ปริญญาานิพนธ์นี้ทำขึ้นเพื่อออกแบบและทดลองสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดสถานะและสารเคมีในอาหารที่จัดทำขึ้นเพื่อสร้างสรรอุปกรณ์ที่สามารถส่งเสริมให้ผู้คนหันมาสนใจสุขภาพมากขึ้น โดยอุปกรณ์นี้จะนำพาความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้งานในการวัดสถานะและสารเคมีในอาหารซึ่งคือ อุณหภูมิและความเค็ม โดยแสดงผลออกมาเป็นสัญญาณความถี่ต่ำ และได้นำบางส่วนของทฤษฎีเคออสมาใช้เป็นส่วนประกอบในโครงงานเพื่อขยายภาพของการเปลี่ยนแปลงจึงทำให้ผู้ใช้งานแยกความแตกต่างของแต่ละช่วงความถี่ได้ง่ายขึ้น หลังจากนั้นจึงจะส่งสัญญาณเสียงความถี่ต่ำเข้าสู่ช่องทางรับสัญญาณเสียงของสมาร์ตโฟน ที่จะทำการรับสัญญาณเสียงเปรียบเทียบกับไมโครโฟนแล้วแสดงผลออกมาเป็นสัญญาณเสียงความถี่ต่ำที่ผ่านการแปลงแล้วโดยวงจรเคออส บนแอปพลิเคชันที่เขียนขึ้นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

Thesis Title	Health Protector Tool by Chaotic Sensor		
Student	Miss Jinvara	Sunlakavit	Student ID. 53010199
	Miss Chonmanee	Chittanusat	Student ID. 53010292
	Mr. Thaksa	Wirunwarathip	Student ID. 53010584
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Information Engineering		
Year	2013		
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Kitdakorn Klomkarn		

## ABSTRACT

This project was built for designs and implements the kidney protector tool. It should help many people to recognize the caring of health because this tool brings the hygienic comfortable train and easy for user to measure the status and chemical which is temperature and salinity in every meal by showing low frequency signal image. Sometimes the different of signal at each point are nearly the same so it pulls some of chaos theory to enlarge the different by changing graph form. Accordingly that problem solving the user will be easier to identify the graph. After that the final low frequency signal output was sent into smart phone soundcard like microphone signal then it will be showing sound on the application that running on android operating system.

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทางคณะผู้จัดทำได้รับความอนุเคราะห์ทางด้านต่างๆมากมาย ทั้งคำปรึกษาทางด้านวิชาการ และคำแนะนำในการปฏิบัติงาน รวมถึงความช่วยเหลือทางด้านอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ จากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดอกเตอร์กฤตากร กล่อมการ จนกระทั่งสำเร็จเป็นปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณครอบครัว ที่ให้กำลังใจในการทำงาน และเป็นแรงผลักดันไม่ให้อ่อนท้อต่ออุปสรรคที่เจอในการทำงาน และขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษาทุกคนที่คอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการทำโครงงานครั้งนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีที่สุด

นางสาวจินห์วรา สัลเลขวิทย์  
นางสาวชนมณี จิตตะนุศาสตร์  
นายทักษะ วิรุณวราทิพย์  
คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	II
กิตติกรรมประกาศ .....	III
สารบัญ .....	IV
สารบัญตาราง .....	VII
สารบัญรูป .....	VIII
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ .....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ .....	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ .....	1
1.5 อุปกรณ์ที่ต้องใช้ .....	2
1.5.1 ฮาร์ดแวร์ .....	2
1.5.2 ซอฟต์แวร์ .....	2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน .....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ .....	3
2.1 ทฤษฎีความอลวน .....	3
2.1.1 ประวัติและความเป็นมา .....	3
2.1.2 คุณสมบัติของความอลวน .....	5
2.2 ออปแอมป์ .....	5
2.2.1 ออปแอมป์ในอุดมคติ .....	6
2.2.2 คุณสมบัติของออปแอมป์ .....	7
2.2.3 วงจรขยายแบบกลับเฟส .....	8
2.2.4 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส .....	9
2.3 วงจรแบ่งแรงดัน .....	9
2.3.1 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบไม่มีภาระไฟฟ้า .....	9
2.3.2 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบมีภาระไฟฟ้า .....	10
2.4 IC Temperature Sensors .....	12
2.4.1 Voltage Output .....	12
2.4.2 Current Output .....	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.3	ข้อดีและข้อเสียของ IC Temperature Sensors .....	12
2.5	Voltage to Frequency Converter .....	13
2.5.1	Current-Steering Multi-vibrator Voltage to Frequency Converter .....	13
2.5.2	Charge-balance Voltage to Frequency Converter .....	14
2.6	การนำไฟฟ้าของสารละลาย .....	14
2.7	ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ .....	16
2.7.1	แอนดรอยด์ .....	16
2.7.2	สถาปัตยกรรมระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ .....	16
บทที่ 3	ออกแบบการทดลอง .....	19
3.1	การออกแบบสร้างวงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นความถี่ .....	19
3.1.1	ขั้นตอนการจำลองพฤติกรรมโดยใช้โปรแกรม .....	19
3.2	การออกแบบสร้างสัญญาณเคออส .....	20
3.2.1	ขั้นตอนการจำลองพฤติกรรมโดยใช้โปรแกรม .....	20
3.3	การออกแบบสร้างสัญญาณเคออส โดยการเลื่อนตำแหน่งของข้อมูล .....	23
3.3.1	ขั้นตอนการจำลองพฤติกรรมโดยใช้โปรแกรม .....	23
บทที่ 4	ผลการทดลอง .....	24
4.1	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง .....	24
4.1.1	วงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นความถี่ .....	24
4.1.2	วงจรสร้างสัญญาณเคออส .....	24
4.1.2	วงจรเปลี่ยนกระแสเป็นความถี่ .....	25
4.2	ผลที่ได้จากการทดลอง .....	26
4.2.1	วงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นความถี่ .....	26
4.2.2	วงจรสร้างสัญญาณเคออส .....	29
4.2.3	วงจรเปลี่ยนกระแสเป็นความถี่ .....	32
4.2.4	วงจรสร้างสัญญาณเคออส .....	34
4.2.5	แอปพลิเคชันแอนดรอยด์ .....	36
บทที่ 5	สรุปผลการทดลอง ปัญหา และแนวทางการแก้ปัญหา .....	42
5.1	สรุปผลการทดลอง .....	42
5.2	ปัญหา .....	42
5.3	แนวทางการแก้ปัญหา .....	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม .....	43
ภาคผนวก.....	44



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
2.1 ตัวอย่างอิเล็กทรอนิกส์แก่ และอิเล็กทรอนิกส์อ่อนบางชนิด .....	16
4.1 ผลการทดลองวงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นความถี่.....	26
4.2 ผลการทดลองวงจรเปลี่ยนกระแสเป็นความถี่ .....	32



# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 นักวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาพฤติกรรมมอลาน	4
2.2 สัญลักษณ์ของออปแอมป์	6
2.3 ลักษณะการใช้งานของออปแอมป์	6
2.4 ลักษณะแรงดันของออปแอมป์ในอุดมคติ	7
2.5 วงจรสมมูลของออปแอมป์ในอุดมคติ	8
2.6 วงจรขยายแบบกลับเฟส	8
2.7 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส	9
2.8 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบไม่มีภาระไฟฟ้า	10
2.9 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบมีภาระไฟฟ้า	11
2.10 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบต่างๆ	12
2.11 Voltage to Frequency Converter Diagram	13
2.12 Current-Steering Multi-vibrator Voltage to Frequency Converter	13
2.13 Charge-balance Voltage to Frequency Converter	14
2.14 การนำไฟฟ้าระหว่าง สารละลายอิเล็กโทรไลต์ และสารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์	15
2.15 การนำไฟฟ้าของสารละลาย NaCl ซึ่งประกอบด้วย $\text{Na}^+$ และ $\text{Cl}^-$	15
2.16 สถาปัตยกรรมระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	17
3.1 การออกแบบระบบโดยรวม	19
3.2 การจำลองวงจรเปลี่ยนจากแรงดันเป็นความถี่	19
3.3 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่อุณหภูมิ 10°C	20
3.4 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่อุณหภูมิ 60°C	20
3.5 การสร้างหน้าโปรเจค	21
3.6 ขั้นตอนการ Create Pspice Project	21
3.7 การจำลองวงจรสร้างสัญญาณเคออส	22
3.8 กราฟที่ได้จากการวัดค่าระหว่าง $V_{\text{OUT}U3}$ กับ $V_{\text{OUT}U1}$	22
3.9 กราฟที่ได้จากการวัดค่าระหว่างสัญญาณเข้ากับสัญญาณออก	22
3.8 กราฟที่ได้จากการวัดค่าระหว่าง $V_{\text{OUT}U3}$ กับ $V_{\text{OUT}U1}$	22
3.9 กราฟที่ได้จากการวัดค่าระหว่างสัญญาณเข้า กับสัญญาณออก	22
3.10 กราฟที่ได้จากการสร้างสัญญาณเคออสที่อุณหภูมิ 30°C	23
3.11 กราฟที่ได้จากการสร้างสัญญาณเคออสที่อุณหภูมิ 60°C	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่อุณหภูมิ 0°C.....	26
4.2 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่อุณหภูมิ 10°C.....	27
4.3 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่อุณหภูมิ 20°C.....	27
4.4 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่อุณหภูมิ 30°C.....	27
4.5 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่อุณหภูมิ 40°C.....	28
4.6 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่อุณหภูมิ 50°C.....	28
4.7 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่อุณหภูมิ 60°C.....	28
4.8 กราฟเคออสที่อุณหภูมิ 0°C.....	29
4.9 กราฟเคออสที่อุณหภูมิ 10°C.....	29
4.10 กราฟเคออสที่อุณหภูมิ 20°C.....	30
4.11 กราฟเคออสที่อุณหภูมิ 30°C.....	30
4.12 กราฟเคออสที่อุณหภูมิ 40°C.....	30
4.13 กราฟเคออสที่อุณหภูมิ 50°C.....	31
4.14 กราฟเคออสที่อุณหภูมิ 60°C.....	31
4.15 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่ปริมาณเกลือ 0g.....	32
4.16 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่ปริมาณเกลือ 2g.....	32
4.17 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่ปริมาณเกลือ 4g.....	33
4.18 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่ปริมาณเกลือ 6g.....	33
4.19 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่ปริมาณเกลือ 8g.....	33
4.20 กราฟเคออสที่ปริมาณเกลือ 0g.....	34
4.21 กราฟเคออสที่ปริมาณเกลือ 2g.....	34
4.22 กราฟเคออสที่ปริมาณเกลือ 4g.....	35
4.23 กราฟเคออสที่ปริมาณเกลือ 6g.....	35
4.24 กราฟเคออสที่ปริมาณเกลือ 8g.....	35
4.25 ตัวอย่างอุปกรณ์ต้นแบบ.....	36
4.26 หน้าเริ่มต้นในแอปพลิเคชัน.....	36
4.27 เมนูการใช้งานแอปพลิเคชัน.....	37
4.28 เริ่มการบันทึกเสียง หยุดการบันทึกเสียง และเล่นเสียงเคออส.....	37
4.29 ตัวอย่างสัญญาณเสียงและรูปกราฟในการวัดอุณหภูมิ.....	38
4.30 ตัวอย่างรูปกราฟในการวัดอุณหภูมิที่อุณหภูมิปกติ( $\approx 30^{\circ}\text{C}$ ).....	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.31 ตัวอย่างรูปภาพในการวัดอุณหภูมิที่อุณหภูมิปกติ( $\approx 60^{\circ}\text{C}$ )	39
4.32 ตัวอย่างสัญญาณเสียงและรูปภาพในการวัดความเค็ม	39
4.33 ตัวอย่างรูปภาพในการวัดความเค็ม( $\approx 2\text{g}$ )	40
4.34 ตัวอย่างรูปภาพในการวัดความเค็ม( $\approx 6\text{g}$ )	40
4.35 อธิบายการใช้งานในแอปพลิเคชัน	41



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากสถิติในยุคปัจจุบันพบว่ามากกว่าร้อยละ 80 ของผู้ป่วยมักเสียชีวิตเพราะป่วยเป็นโรคจากการรับประทานอาหารที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพร่างกายเช่น อาหารที่ร้อนเกินไป มีสารตกค้างหรือรสจัดมากเกินไป หนทางสำคัญที่สามารถป้องกันปัญหาร้ายแรงนี้คือ การควบคุมคุณภาพของอาหารให้พอเหมาะ ดังนั้นมาพบกับทางเลือกหนึ่งคือ อุปกรณ์ตรวจวัดสถานะ และสารเคมีในอาหารที่เป็นสารละลายด้วยระบบตรวจจับ แล้วแปลงเป็นสัญญาณอลวน โดยส่งสัญญาณไร้คาบเข้าสู่ช่องรับสัญญาณเสียงบนสมาร์ตโฟน ทำให้สะดวกต่อการพกพามากยิ่งขึ้น

### 1.2 วัตถุประสงค์

1. สร้างสรูปกรณ์ที่สะดวกต่อการตรวจวัดสถานะ และสารเคมีในอาหารที่เป็นสารละลาย โดยระบบตรวจวัดและแปลงเป็นสัญญาณอลวน แล้วส่งสัญญาณไร้คาบเข้าสู่ช่องรับสัญญาณเสียงบนสมาร์ตโฟน
2. เพื่อเผยแพร่แนวคิดและวิธีการให้ผู้คนได้รับรู้ สามารถนำไปศึกษาและพัฒนาต่อได้
3. เพื่อให้ผู้ใช้งานมีสุขภาพที่แข็งแรงและมีความเสี่ยงที่จะเสียชีวิตลดน้อยลง

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. สามารถตรวจวัดสถานะ และสารเคมีในอาหารที่เป็นสารละลายได้
2. สามารถแสดงค่าตัวแปรอาหารบนแอปพลิเคชันได้
3. สามารถส่งข้อมูลผ่านช่องรับสัญญาณเสียงได้

### 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถแยกแยะ อาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดอันตรายต่อสุขภาพได้
2. ระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเผยแพร่คุณภาพอาหารเพื่อเป็นการแนะนำกับบุคคลอื่นๆ
3. ระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยเพิ่มความสะดวกสบายต่อการรักษาสุขภาพร่างกาย

## 1.5 อุปกรณ์ที่ต้องใช้

### 1.5.1 ฮาร์ดแวร์

- เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับพัฒนาโปรแกรม ที่มีการต่อเชื่อมกับเน็ตเวิร์ค จำนวน 3 เครื่อง
- อุปกรณ์วัดสถานะ และสารเคมีในอาหาร จำนวน 1 ชิ้น
- สมาร์ทโฟนระบบแอนดรอยด์ จำนวน 1 เครื่อง
- ช่องรับสัญญาณเสียง จำนวน 1 ชิ้น

### 1.5.2 ซอฟต์แวร์

- โปรแกรม Eclipse สำหรับเขียน Application Android
- โปรแกรม Proteus สำหรับออกแบบวงจรในการกักตายนรีน
- โปรแกรม Pspice สำหรับออกแบบวงจร และ simulate ดูผลที่ได้
- โปรแกรม Matlab สำหรับจำลองโค้ด

## 1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ID	Task Name	2013						2014				
		Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	
1	Project Proposal	[Gantt bar spanning Jun 2013]										
2	Research and Relization	[Gantt bar spanning Jun 2013]										
	• Chaostic Theory	[Gantt bar spanning Jun 2013]										
	• Salinity Sensor	[Gantt bar spanning Jun 2013]										
	• Android Application	[Gantt bar spanning Jun 2013]										
3	Design	[Gantt bar spanning Jul 2013]										
	• Device	[Gantt bar spanning Jul 2013]										
	• Application	[Gantt bar spanning Jul 2013]										
	• Signal Tranformation	[Gantt bar spanning Jul 2013]										
4	Implementation	[Gantt bar spanning Aug 2013]										
	• Device	[Gantt bar spanning Aug 2013]										
	• Application	[Gantt bar spanning Aug 2013]										
5	Test and Debug	[Gantt bar spanning Sep 2013]										
6	Documentation	[Gantt bar spanning Oct 2013]										

## บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้

### 2.1 ทฤษฎีความอลวน(Chaos Theory)

ทฤษฎีความอลวน(Chaos theory) เป็นทฤษฎีที่อธิบายถึงลักษณะพฤติกรรมของระบบพลวัต (คือ ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น เปลี่ยนแปลงตามเวลาที่เปลี่ยนไป) โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระบบที่เรียกว่าเคออส นั้น จะมีลักษณะที่ปั่นป่วนจนดูคล้ายว่า การเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นแบบสุ่มหรือไร้ระเบียบ(random/stochastic) แต่จริง ๆ แล้ว ระบบเคออสนี้เป็นระบบแบบไม่สุ่ม หรือระบบที่มีระเบียบ(deterministic)

ในทางคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ คำจำกัดความของระบบเคออส คือ ระบบไม่เชิงเส้น (nonlinear system) ประเภทหนึ่ง ที่มีความไวต่อสภาวะเริ่มต้น กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ถ้าระบบ 2 ระบบนั้นเริ่มต้นจากสภาวะที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย คือเกือบจะเหมือนกันทุกประการ เมื่อระบบได้มีการเปลี่ยนไปสู่ระยะหนึ่ง สภาวะของระบบทั้งสองที่สังเกตได้เมื่อเวลาผ่านไปจะแตกต่างกันอย่างสังเกตเห็นได้ชัด

คำพูดที่นิยมพูดกันอย่างกว้างขวางว่า "เด็ดดอกไม้สะเทือนถึงดวงดาว" หรือ "ผีเสื้อขยับปีกทำให้เกิดพายุ"(จาก "butterfly effect") ซึ่งมีคนจำนวนไม่น้อยที่ตีความคำพูดนี้ในลักษณะของขนาดความรุนแรงของผลลัพธ์เท่านั้น ระบบเคออสนั้นไม่จำเป็นจะต้องแตกต่างกันในแง่ของขนาดของผลลัพธ์เสมอไป แต่อาจแตกต่างกันในแง่ของพฤติกรรม การเปลี่ยนแปลงก็ได้ จากตัวอย่างข้างต้น การเปลี่ยนแปลงของระบบทั้งสองนั้นจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันมากในขณะเริ่มต้น เมื่อเวลาผ่านไป การเปลี่ยนแปลงนั้นแทบจะเรียกได้ว่าไม่มีอะไรที่เหมือนกันเลย

#### 2.1.1 ประวัติและความเป็นมา

ประมาณ ค.ศ. 1900 ได้มีการศึกษาสนามแรงดึงดูดระหว่างกันของวัตถุสามชิ้นที่เรียกว่า ปัญหาสามวัตถุ(three-body problem) โดย ปวงกาเร(Poincare, J.H.) ซึ่งได้ทำการศึกษาและค้นพบว่าวงโคจรของวัตถุมีลักษณะที่ไม่เป็นรายคาบ นั่นคือไม่มีทางวิ่งซ้ำเป็นวงรอบโดยอาจจะขยายเป็นวงกว้างขึ้นเรื่อยๆ หรือลู่เข้าหาจุดใดจุดหนึ่งของปริภูมิ ต่อมาได้มีการศึกษาถึงปัญหาสมการเชิงอนุพันธ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นที่เกี่ยวกับทฤษฎีเคออสโดย เบิร์คออฟ(Birkhoff, G.D.) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับวัตถุสามชิ้น คอลโมโกรอฟ(Kolmogorov, A.N.) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความปั่นป่วนและปัญหาเกี่ยวกับดาราศาสตร์ ส่วนคาร์ทไรท์(Cartwright, M.L.) และลิตเติลวูด(Littlewood, J.E.) ได้ทำการศึกษาปัญหาทางวิศวกรรมการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ

ลอเรนซ์ (Lorenz, E.N.) เป็นผู้บุกเบิกทฤษฎีเคออส โดยได้สังเกตพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในขณะทำการทดลองทางด้านพยากรณ์อากาศ ในปี ค.ศ. 1961 ลอเรนซ์ได้นำคอมพิวเตอร์มาสร้างแบบจำลองสภาพอากาศ ซึ่งในการคำนวณครั้งถัดมาไม่ต้องการเริ่มการจำลองจากจุดเริ่มต้น เพื่อประหยัดเวลาในการคำนวณ โดยใช้ข้อมูลก่อนหน้าเป็นค่าเริ่มต้น ซึ่งผลที่ได้ปรากฏว่าค่าที่คำนวณมีความแตกต่างจากเดิมโดยสิ้นเชิง เขาพบว่าสาเหตุเกิดจากการปัดเศษของการคำนวณซึ่งมีขนาดน้อยมาก แต่กลับนำไปสู่ความแตกต่างอย่างมากมายซึ่งเรียกว่า ไวต่อสภาวะเริ่มต้น



ก) Jules Henri Poincaré  
(1854-1912)



ข) George David Birkhoff  
(1884-1944)



ค) Andrey Nikolaeovich Kolmogorov  
(1903-1987)



ง) Mary Lucy Cartwright  
(1900-1998)



จ) John Edensor Littlewood  
(1885-1977)



ฉ) Edward Norton Lorenz  
(1917-2008)

รูปที่ 2.1 นักวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาพฤติกรรมอลวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน<sup>4</sup>เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.1.2 คุณสมบัติของความอลวน(Chaos)

1. มีคุณสมบัติแบบไม่เป็นเชิงเส้น(nonlinearly) คุณสมบัติแบบไม่เป็นเชิงเส้นสามารถนิยามได้ว่าตรงกันข้ามกับคุณสมบัติแบบเชิงเส้น โดยที่ฟังก์ชัน  $f$  จะมีคุณสมบัติเชิงเส้นก็ต่อเมื่อ  $f(x+y) = f(x) + f(y)$  นั่นก็คือ ในระบบแบบไม่เป็นเชิงเส้น ผลลัพธ์จากการรวมกันของส่วนย่อยจะไม่เท่ากับผลรวมของทั้งหมดนั่นเอง และการที่ระบบอลวนจำเป็นต้องเป็นระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นก็ไม่ได้หมายถึง ระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นทุกๆ ระบบจะเป็นระบบอลวนเสมอ

2. เกิดขึ้นภายใต้กฎเกณฑ์ที่แน่นอน(deterministic) ในระบบเคออส พฤติกรรมทั้งหลายจะเกิดขึ้นภายใต้กฎเกณฑ์ที่แน่นอน เหตุการณ์ที่ไม่สามารถทำนายได้ล่วงหน้าแบบการทอดลูกเต๋า จึงไม่ใช่คุณสมบัติของเคออสแต่เป็นการสุ่ม

3. ไวต่อสภาวะเริ่มต้น(sensitivity to initial conditions) การเริ่มต้นที่ต่างกันเพียงนิดเดียวอาจส่งผลให้ได้ผลลัพธ์ที่ต่างกันมาก เพราะว่าในระบบเคออสไวต่อค่าเริ่มต้นซึ่งจะขยายความแตกต่างให้เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเวลาผ่านไป ตัวอย่างหนึ่งที่ได้เห็นได้ชัดเจนคือ การขยายความแตกต่างให้เร็วขึ้นในระดับเลขยกกำลัง(exponential) ของเวลา

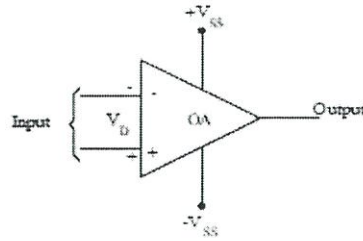
4. ไม่สามารถทำนายล่วงหน้าในระยะยาวได้(long-term prediction is impossible) ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากคุณสมบัติในข้อที่3 เพราะการไวต่อสภาวะเริ่มต้น จะทำให้ไม่รู้ว่าจะระบบที่สนใจอยู่จะเป็นอย่างไรในระยะยาว อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติข้อนี้ไม่ได้แปลว่า การทำนายระยะสั้น(short-term prediction) จะเป็นสิ่งที่เป็นไปได้

## 2.2 ออปแอมป์(Operation Amplifier)

ออปแอมป์(Operation Amplifier, Op-Amp) หรือวงจรรขยายเชิงดำเนินการ เป็นอุปกรณ์วงจรรวมหรือไอซีประเภทเชิงเส้น(Linear Integrated Circuit) ซึ่งมีการนำไปใช้ในงานประยุกต์ต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง ออปแอมป์ถูกออกแบบครั้งแรกในปี 1948 เพื่อช่วยปฏิบัติการด้านคณิตศาสตร์ในเครื่องอนาล็อกคอมพิวเตอร์(Analog Computer) ดังนั้น จึงใช้ชื่อว่า Operational Amplifier ซึ่งหมายถึง วงจรรขยายดำเนินการ นอกจากนี้ ออปแอมป์ยังได้ถูกนำไปใช้ในงานประยุกต์ต่าง ๆ มากมาย ทั้งนี้ก็เนื่องจากเป็นวงจรรขยายผลต่าง(Differential Amplifier) ที่มีอัตราขยายที่สูงมาก และการออกแบบและวิเคราะห์วงจรที่ใช้ ออปแอมป์ก็สามารถทำได้ง่าย

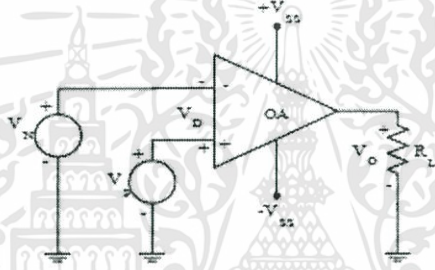
งานประยุกต์ที่ใช้ออปแอมป์จะพบได้ในวงจรเครื่องวัด, วงจรแสดงผล และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมกระบวนการ, วงจรปรับสัญญาณ, วงจรสื่อสาร, ระบบเตือนภัย, วงจรอิเล็กทรอนิกส์ทางการแพทย์, ด้านวิทยาศาสตร์ และในระบบคอมพิวเตอร์ เป็นต้นจะเห็นได้ว่าออปแอมป์ได้ถูกนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง ดังนั้นจึงอาจเรียกออปแอมป์ได้ว่า เป็นวงจรรขยายเชิงเส้นอเนกประสงค์

## 2.2.1 ออปแอมป์ในอุดมคติ



รูปที่ 2.2 สัญลักษณ์ของออปแอมป์

สัญลักษณ์ของออปแอมป์เป็นดังรูป 2.2 ซึ่งใช้แหล่งจ่ายกระแสตรง คือ  $+V_{SS}$  และ  $-V_{SS}$  จ่ายให้กับออปแอมป์ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ไม่เกิน  $\pm 15$  V ทางด้านอินพุต จะมี 2 ขั้วคือ อินพุตทางลบและอินพุตทางบวก



รูปที่ 2.3 ลักษณะการต่อใช้งานของออปแอมป์

จากรูป 2.3 จะเห็นว่า เอาท์พุท  $V_O$  ที่ออกจากออปแอมป์จะผ่านตัวต้านทาน  $R_L$  ลงกราวด์และอินพุตทางบวก แทนด้วยขั้วของ  $V_P$  ส่วนอินพุตทางลบแทนด้วยขั้วของ  $V_N$  ซึ่งผลต่างระหว่างทั้งสองขั้วของออปแอมป์จะเป็น  $V_D$

$$V_D = V_P - V_N \quad (2.1)$$

ในออปแอมป์อุดมคตินั้น สามารถหาอัตราขยาย ( $\mu$ ) ได้ จาก

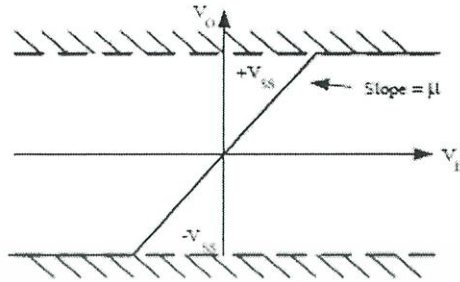
$$\mu = \frac{V_O}{V_D} \quad (2.2)$$

จากสองสมการข้างต้น จะได้ว่า

$$V_O = \mu(V_P - V_N) \quad (2.3)$$

## 2.2.2 คุณสมบัติของออปแอมป์

คุณสมบัติของออปแอมป์ในอุดมคติ แสดงดังรูป 2.4 ซึ่งอัตราขยายเป็นไปตามสมการ (2.2) และแรงดันเอาต์พุตจะไม่เกินค่าของแรงดันที่ป้อนให้กับออปแอมป์ ( $+V_{SS}$  และ  $-V_{SS}$ )



รูปที่ 2.4 ลักษณะแรงดันของออปแอมป์ในอุดมคติ

ในออปแอมป์แบบอุดมคตินั้น จะมีคุณลักษณะพื้นฐานอยู่ 4 แบบคือ

1. แรงดันเอาต์พุตจะไม่เกินแรงดันที่จ่ายให้กับออปแอมป์

จากกราฟดังรูป 2.4 ทำให้ทราบว่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากออปแอมป์นั้นจะมีค่าไม่เกินแรงดันที่ป้อนให้กับออปแอมป์ นั่นก็คือ

$$-V_{SS} \leq V_O \leq +V_{SS} \quad (2.4)$$

2. อัตราขยายมีค่าเป็นอนันต์ ( $\mu = \infty$ )

ในทางอุดมคติ ออปแอมป์จะมีอัตราขยายได้เป็นอนันต์ ในทางปฏิบัติอัตราขยายจะไม่เป็นอนันต์ แต่มีค่าสูงมาก ตั้งแต่ 20,000 ถึง 2,000,000 เท่า

3. ขาอินพุตทั้งสองเสมือนเชื่อมติดกัน ( $V_D = 0$ )

$$V_D = \frac{V_O}{\mu} \quad (2.5)$$

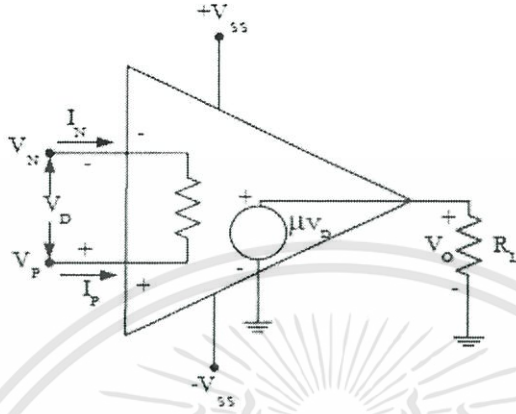
เมื่ออัตราขยายมีค่าเป็นอนันต์ และ  $V_O$  มีค่าไม่เกิน  $+V_{SS}$  จะทำให้  $V_D = 0$  นั่นคือไม่มีผลต่างของแรงดันระหว่างขา  $V_P$  และขา  $V_N$  นั่นเอง

4. กระแสของอินพุตทั้งสองเป็นศูนย์ ( $I_N = I_P = 0$ )

เนื่องจาก ความต้านทานภายใน ( $R_L$ ) ของออปแอมป์มีค่าสูงมาก ( $\infty$ ) นั่นคือ จะทำให้กระแสที่ไหลเข้าขาทั้งสองมีค่าเป็น 0

สามารถสรุปเป็นสมการได้ดังนี้

1.  $-V_{SS} \leq V_O \leq +V_{SS}$
2.  $\mu = \infty$
3.  $V_D = 0$
4.  $I_N = I_P = 0$

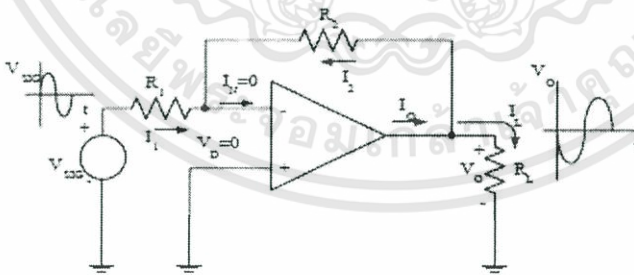


รูปที่ 2.5 วงจรสมมูลของออปแอมป์ในอุดมคติ

### 2.2.3 วงจรขยายแบบกลับเฟส(Inverting Amplifier)

วงจรขยายแบบกลับเฟส จะมีการต่อ  $R_1$  และ  $R_2$  ดังรูป 2.6 เพิ่มเข้ามาด้วย โดย  $R_2$  จะต่อแบบมีการป้อนกลับทางลบ(Negative Feedback) โดยการนำเอาที่พุดที่ได้ต่อเข้ากับตัวต้านทาน  $R_2$  แล้วนำไปเข้าที่ขาอินพุตทางลบ (จึงเรียกว่าการป้อนกลับทางลบ) ซึ่งวงจรขยายแบบกลับเฟสจะมีอัตราขยายเท่ากับ

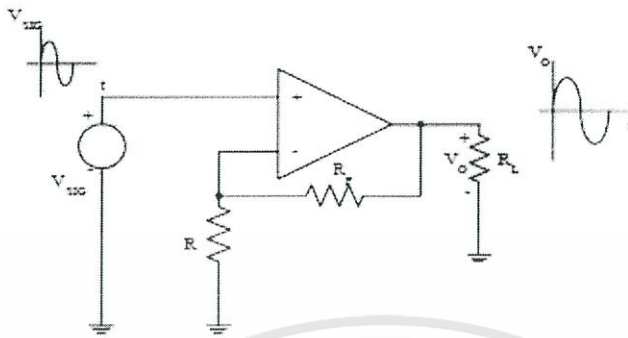
$$A_V = \frac{V_O}{V_{SIG}} = -\frac{R_2}{R_1} \quad (2.6)$$



รูปที่ 2.6 วงจรขยายแบบกลับเฟส

## 2.2.4 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส(Noninverting Amplifier)

วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส จะมีเฟสเดียวกันกับอินพุตที่เข้ามา โดยที่ขาอินพุตจะถูกป้อนเข้าทางอินพุตบวกแต่  $R_F$  ก็ยังคงต่อเข้าทางอินพุตลบ ดังรูป 2.7



รูปที่ 2.7 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

$$\text{กำหนดให้ } I_1 = \frac{V_{SIG}}{R} \text{ และ } I_F = \frac{V_O - V_{SIG}}{R_F}$$

เมื่อ  $I_N = 0$  ทำให้  $I_1 = I_F$  จะได้

$$\frac{V_{SIG}}{R} = \frac{V_O - V_{SIG}}{R_F}$$

นั่นคือ อัตราขยายสำหรับวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส คือ

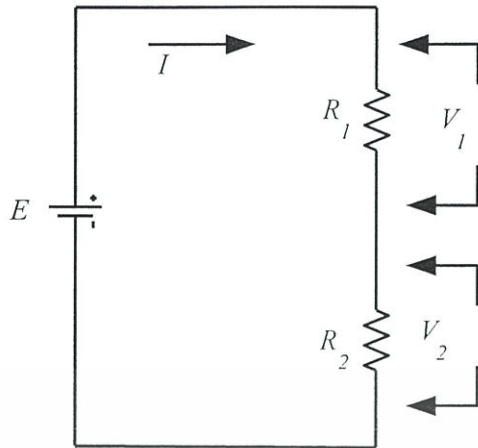
$$A_V = \frac{V_O}{V_{SIG}} = 1 + \frac{R_F}{R}$$

## 2.3 วงจรแบ่งแรงดัน(Voltage Divider)

วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเป็นวงจรที่ทำหน้าที่แบ่งแรงดันไฟฟ้าออกเป็นระดับต่างๆ ตามความต้องการ วงจรมีลักษณะเป็นวงจรแบบอนุกรมสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดด้วยกันคือ วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบไม่มีภาระไฟฟ้า(Unloaded Voltage Divider) และวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบมีภาระไฟฟ้า(Loaded Voltage Divider)

### 2.3.1 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบไม่มีภาระไฟฟ้า(Unloaded Voltage Divider)

วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบไม่มีภาระไฟฟ้าเป็นวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าที่ยังไม่ได้ต่อภาระไฟฟ้า สามารถที่จะออกแบบการแบ่งแรงดันไฟฟ้าได้ตามความต้องการใช้งานในการคำนวณจึงไม่ต้องนำค่าภาระไฟฟ้ามารคำนวณด้วย



รูปที่ 2.8 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบไม่มีภาระไฟฟ้า

จากรูป  $R_1$  และ  $R_2$  ทำหน้าที่แบ่งแรงดันไฟฟ้าออกเป็น 2 ช่วงคือ  $V_1$  และ  $V_2$  การคำนวณหาค่า  $V_1$  และ  $V_2$  ถ้าใช้สูตรการคำนวณแบบวงจรอนุกรมจำเป็นต้องคำนวณหาค่าความต้านทานรวม ( $R_T$ ) และกระแสไฟฟ้า ( $I_T$ ) ของวงจรเสียก่อน ซึ่งทำให้เสียเวลา สามารถประยุกต์สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ตัวต้านทานมาใช้ในการคำนวณหาค่า  $V_1$  และ  $V_2$  ได้โดยไม่ใช่ค่าของกระแสไฟฟ้าของวงจรได้ดังนี้

$$V_1 = IR_1 \quad \text{เมื่อ} \quad I = \frac{E}{R_T}$$

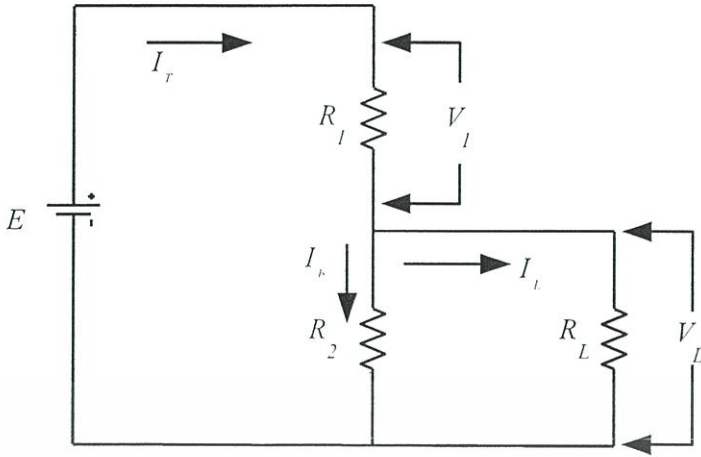
แทนค่า  $I = \frac{E}{R_T}$  ในสมการ จะได้  $V_1 = \frac{E}{R_T} R_1$  แต่  $R_T = R_1 + R_2$

แทนค่า  $R_T = R_1 + R_2$  ในสมการ จะได้  $V_1 = E \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

ทำนองเดียวกัน  $V_2 = E \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

### 2.3.2 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบมีภาระไฟฟ้า (Loaded Voltage Divider)

วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบมีภาระไฟฟ้าจะคล้ายกับวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบไม่มีภาระไฟฟ้าเพียงแต่มีการต่อภาระไฟฟ้าเข้าไปในส่วนที่แบ่งแรงดันไฟฟ้าไว้ ดังนั้นการคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าในวงจรจึงต้องคำนึงถึงค่าความต้านทานของภาระไฟฟ้าที่นำไปต่อด้วย โดยการให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานที่ต่อขนานกับภาระไฟฟ้านั้นมีค่าประมาณ 10% - 20% ของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านภาระไฟฟ้าทั้งหมด



รูปที่ 2.9 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบมีภาระไฟฟ้า

จากวงจรยู่บรวม  $R_1$  และ  $R_L$  ได้ตั้งสูตร  $R_{T1} = \frac{R_2 \times R_L}{R_2 + R_L}$

คำนวณหาค่า  $R_T$  ได้จากสูตร  $R_T = R_1 + R_{T1}$

จากสูตรการคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าในวงจร

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{E}{R_1 + R_{T1}} \quad \text{และ} \quad V_{T1} = I_T R_{T1}$$

แทนค่า  $I_T$  ในสูตร  $V_{T1} = I_T R_{T1}$

$$\text{จะได้} \quad V_L = \frac{E}{R_1 + R_{T1}} \times R_{T1} \quad \text{หรือ} \quad V_L = E \times \frac{R_{T1}}{R_T}$$

เมื่อ  $R_T = R_1 + R_{T1}$

ดังนั้นจึงสามารถใช้สูตร  $V_L = E \times \frac{R_{T1}}{R_T}$  คำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าของภาระไฟฟ้าได้

## 2.4 IC Temperature Sensors

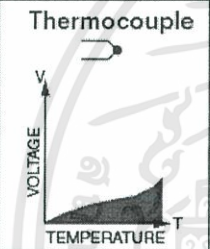


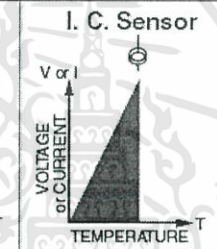
การตรวจวัดอุณหภูมิที่ใช้รูปแบบการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันไฟฟ้า ที่ตัวเซนเซอร์สามารถใช้งานได้ทันทีโดยไม่ต้องการวงจรเพิ่มเติม และมีกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Input และ Output เป็นกราฟเส้นตรง โดย Input ที่เป็นอุณหภูมิความร้อน เปลี่ยนเป็น Output ที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิได้ 2 แบบคือ

### 2.4.1 Voltage Output(Output ที่เป็นแรงดันไฟฟ้า)

1. อัตราการเปลี่ยนแปลงระหว่างอุณหภูมิและแรงดันเท่ากับ  $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$
2. เซนเซอร์บางตัวสามารถวัดค่าอุณหภูมิที่ต่ำกว่า  $0^{\circ}\text{C}$  ได้โดยไม่ต้องกลับขั้วแหล่งจ่ายไฟ
3. กราฟความสัมพันธ์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ถ้าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมีค่าน้อยกว่า  $1^{\circ}\text{C}$

### 2.4.2 Current Output(Output ที่เป็นกระแสไฟฟ้า)

1. ค่า Output ที่ ณ อุณหภูมิห้อง( $25^{\circ}\text{C}$ ) เท่ากับ  $298\ \mu\text{A}$
2. อัตราการเปลี่ยนแปลงระหว่างอุณหภูมิและกระแสเท่ากับ  $1\ \mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$

	Thermocouple	RTD	Thermistor	I. C. Sensor
				
Advantages	<ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Self-powered</li> <li>☐ Simple</li> <li>☐ Rugged</li> <li>☐ Inexpensive</li> <li>☐ Wide variety</li> <li>☐ Wide temperature range</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Most stable</li> <li>☐ Most accurate</li> <li>☐ More linear than thermocouple</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☐ High output</li> <li>☐ Fast</li> <li>☐ Two-wire ohms measurement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Most linear</li> <li>☐ Highest output</li> <li>☐ Inexpensive</li> </ul>
Disadvantages	<ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Non-linear</li> <li>☐ Low voltage</li> <li>☐ Reference required</li> <li>☐ Least stable</li> <li>☐ Least sensitive</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Expensive</li> <li>☐ Current source required</li> <li>☐ Small <math>\Delta R</math></li> <li>☐ Low absolute resistance</li> <li>☐ Self-heating</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Non-linear</li> <li>☐ Limited temperature range</li> <li>☐ Fragile</li> <li>☐ Current source required</li> <li>☐ Self-heating</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☐ <math>T &lt; 200^{\circ}\text{C}</math></li> <li>☐ Power supply required</li> <li>☐ Slow</li> <li>☐ Self-heating</li> <li>☐ Limited configurations</li> </ul>

รูปที่ 2.10 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบต่างๆ

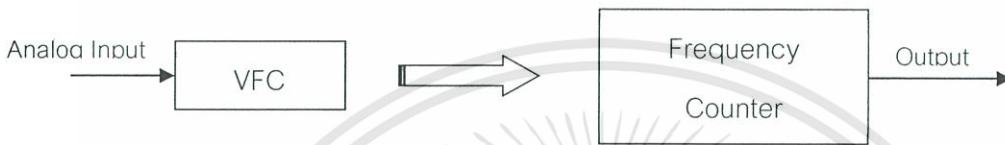
### 2.4.3 ข้อดีและข้อเสียของ IC Temperature Sensors

- ข้อดี:
1. Output สามารถเป็นได้ทั้ง Analog และ Digital
  2. ราคาต่ำ
  3. สามารถใช้งานได้ทันที โดยไม่ต้องมีวงจรเพิ่มเติม
  4. กราฟความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง
  5. การแปลงค่าไม่ซับซ้อน( $1.000 = 100^{\circ}\text{C}$  และ  $298\ \mu\text{A} = 298\text{K}$  หรือ  $25^{\circ}\text{C}$ )
  6. สามารถนำไปประยุกต์กับวงจรอื่นๆ ได้หลายรูปแบบ

- ข้อเสีย: 1. ช่วงในการวัดอุณหภูมิมีน้อย คือ -55 ถึง 150°C  
 2. ต้องการการเชื่อมต่อหลายจุด  
 3. IC แต่ละตัวมีการกำหนดค่าความแม่นยำที่แตกต่างกันไป

## 2.5 Voltage to Frequency Converter(VFC)

การเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้เป็นความถี่คือ การให้ Output ออกเป็นความถี่โดยมีความสัมพันธ์เป็นสมการเส้นตรงตามสัดส่วนที่แม่นยำกับแรงดันไฟฟ้า และแสดงผล Output ออกเป็นสัญญาณ Digital

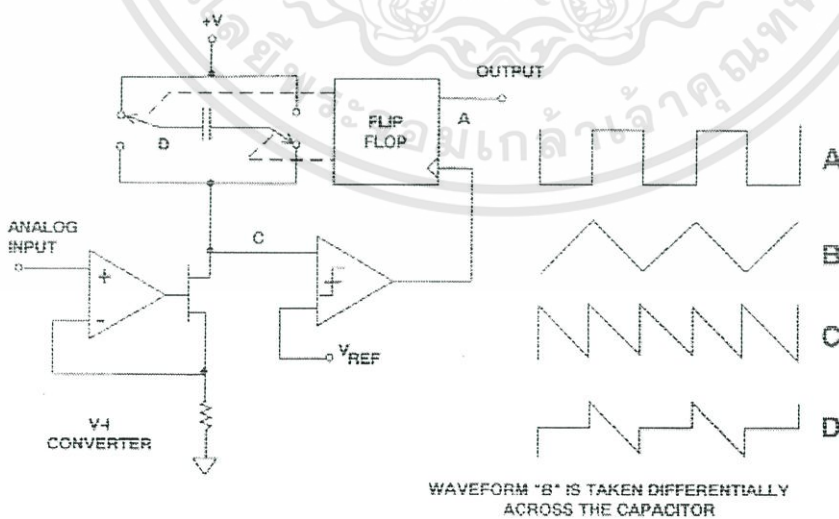


รูปที่ 2.11 Voltage to Frequency Converter Diagram

Voltage to Frequency Converter สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ

### 2.5.1 Current-Steering Multi-vibrator Voltage to Frequency Converter

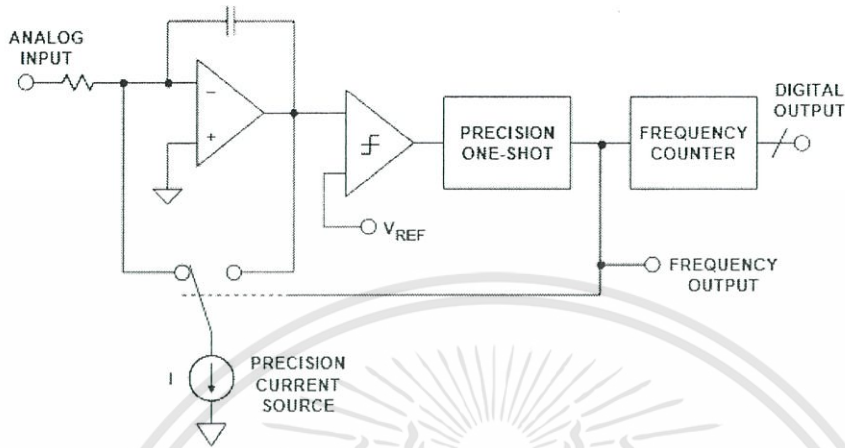
เป็นการเปลี่ยนจากกระแสไฟฟ้าเป็นความถี่มากกว่า Voltage to Frequency Converter เมื่อกระแสไหลเข้าไปในตัวเก็บประจุจนถึงค่าที่กำหนดไว้ และเมื่อเกิดการกลับขั้วของ terminal จะทำให้ครึ่งหนึ่งของ Circle ข้ามค่าเต็ม รูปสัญญาณที่ผ่านตัวเก็บประจุเป็นสมการเส้นตรงสามเหลี่ยม



รูปที่ 2.12 Current-Steering Multi-vibrator Voltage to Frequency Converter

## 2.5.2 Charge-balance Voltage to Frequency Converter

สัญญาณคลื่นของ Charge-balance Voltage to Frequency Converter เป็นตามรูปแบบของสัญญาณนาฬิกา



รูปที่ 2.13 Charge-balance Voltage to Frequency Converter

## 2.6 การนำไฟฟ้าของสารละลาย(Conductivity of solution)

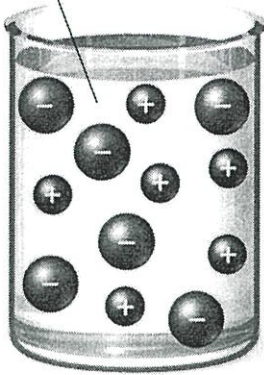
สารละลายสามารถนำไฟฟ้าได้ เนื่องจากตัวถูกละลายแตกตัวเป็นไอออนในน้ำ และไอออนจะเคลื่อนที่ได้ในสารละลาย เรียกตัวถูกละลายที่แตกตัวเป็นไอออนในสารละลายว่า สารอิเล็กโทรไลต์ และเรียกสารละลายที่นำไฟฟ้าได้ว่า สารละลายอิเล็กโทรไลต์

อิเล็กโทรไลต์(Electrolyte) หมายถึง สารที่เมื่อละลายในน้ำจะนำไฟฟ้าได้ เนื่องจากมีไอออนซึ่งอาจจะเป็นไอออนบวก หรือไอออนลบเคลื่อนที่อยู่ในสารละลาย สารละลายอิเล็กโทรไลต์นี้อาจเป็นสารละลายกรด เบส หรือเกลือก็ได้ ตัวอย่างเช่น สารละลายกรดเกลือ(HCl) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH) และสารละลายของเกลือ  $KNO_3$  เป็นต้น โดยในสารละลายดังกล่าวประกอบด้วยไอออน  $H^+$ ,  $Cl^-$ ,  $OH^-$ ,  $K^+$  และ  $NO_3^-$  ตามลำดับ

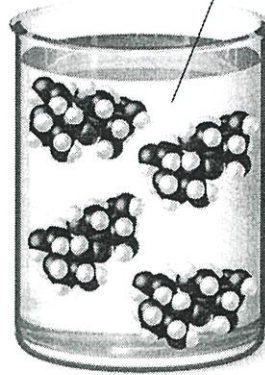
นอนอิเล็กโทรไลต์(Non-electrolyte) หมายถึง สารที่ไม่สามารถนำไฟฟ้าได้เมื่อละลายน้ำ ทั้งนี้เนื่องจาก สารพวกนอนอิเล็กโทรไลต์ จะไม่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้ เช่น น้ำบริสุทธิ์ น้ำตาล แอลกอฮอล์ เป็นต้น ความแตกต่างของสารอิเล็กโทรไลต์และนอน-อิเล็กโทรไลต์ พิจารณาจากสาร 2 ชนิด เมื่อละลายน้ำจะรวมกับน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้

Dissolved ions (NaCl)

Dissolved molecules (sugar)



Electrolyte solution

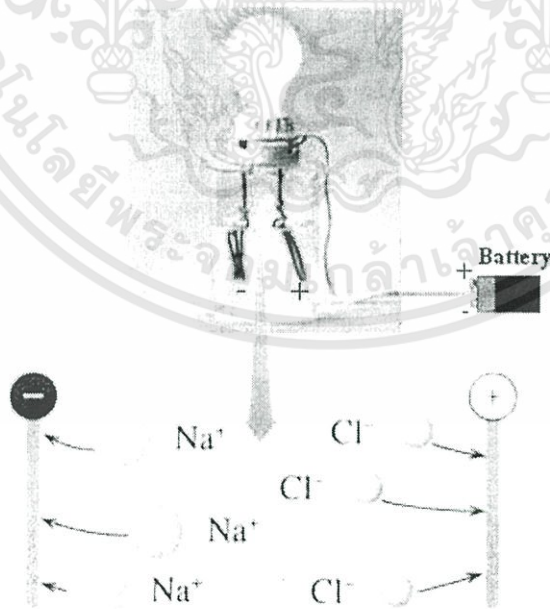


Nonelectrolyte solution

รูปที่ 2.14 การนำไฟฟ้าระหว่าง สารละลายอิเล็กโทรไลต์ และสารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์

สารละลายอิเล็กโทรไลต์ต่างๆ นำไฟฟ้าได้ไม่เท่ากัน เนื่องจากการแตกตัวเป็นไอออนของอิเล็กโทรไลต์ไม่เท่ากัน อิเล็กโทรไลต์ที่แตกตัวเป็นไอออนได้มากกว่า ก็จะนำไฟฟ้าได้ดีกว่าอิเล็กโทรไลต์ที่แตกตัวเป็นไอออนได้น้อยกว่า อิเล็กโทรไลต์แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. อิเล็กโทรไลต์แก่(strong electrolyte) หมายถึง สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็นไอออนได้มาก อาจจะแตกตัวได้ 100% และนำไฟฟ้าได้ดีมาก เช่น กรดแก่ และเบสแก่ และเกลือส่วนใหญ่จะแตกตัวได้ 100% เป็นต้น
2. อิเล็กโทรไลต์อ่อน(weak electrolyte) หมายถึง สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวได้บางส่วน นำไฟฟ้าได้น้อย



รูปที่ 2.15 การนำไฟฟ้าของสารละลาย NaCl ซึ่งประกอบด้วย Na<sup>+</sup> และ Cl<sup>-</sup>

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างอิเล็กโทรไลต์แก่ และอิเล็กโทรไลต์อ่อนบางชนิด

อิเล็กโทรไลต์แก่(นำไฟฟ้าได้ดี)	อิเล็กโทรไลต์อ่อน(นำไฟฟ้าได้ไม่ดี)
เกลือที่ละลายนำทั้งหมด	CH <sub>3</sub> COOH
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
HNO <sub>3</sub>	HNO <sub>2</sub>
HCl	H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>
HBr	H <sub>2</sub> S
HClO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
NaOH	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
KOH	HClO
Ca(OH) <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> OH
Ba(OH) <sub>2</sub>	HF

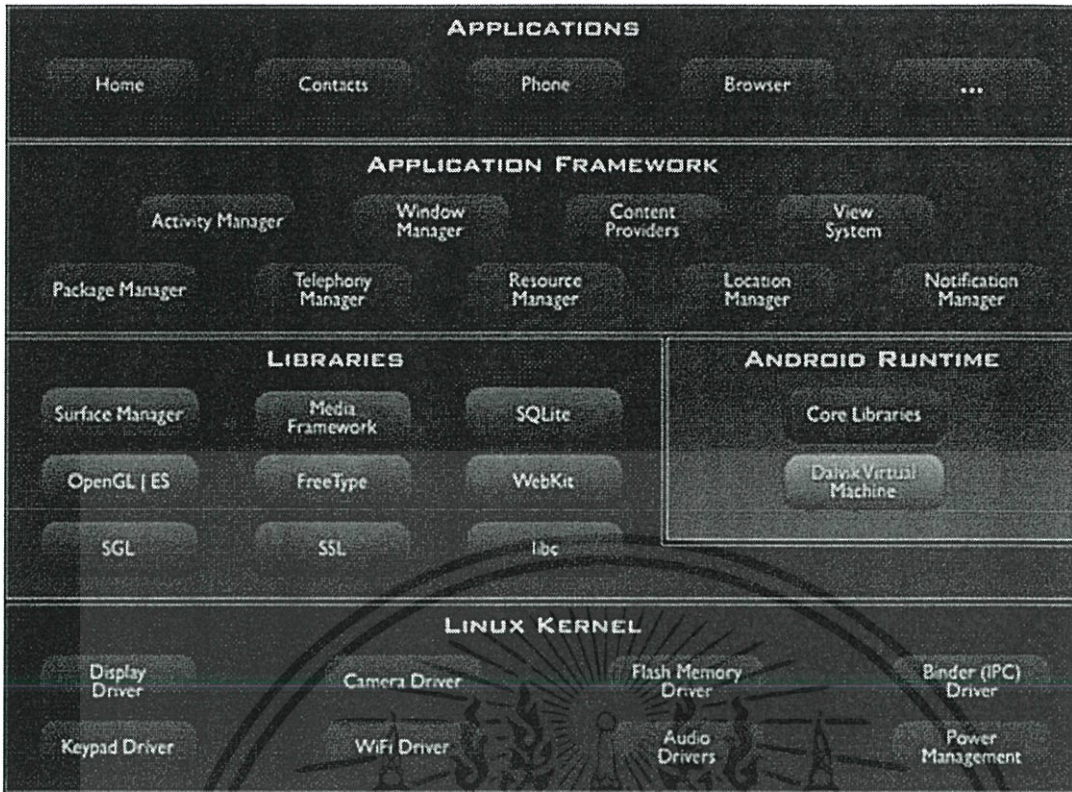
## 2.7 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์(Android Operating System)

### 2.7.1 แอนดรอยด์

แอนดรอยด์(Android) หรือกูเกิลแอนดรอยด์(Google Android) เป็นชื่อเรียกชุดซอฟต์แวร์หรือแพลตฟอร์ม(Platform) สำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีหน่วยประมวลผลเป็นส่วนประกอบ เช่น คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์(Telephone) อุปกรณ์เคลื่อนที่(Cell phone) อุปกรณ์เล่นอินเทอร์เน็ต ขนาดพกพา เป็นต้น แอนดรอยด์ถือกำเนิดอย่างเป็นทางการในปี 2005 โดยบริษัทกูเกิล ที่ได้นำเอา ระบบปฏิบัติการลินุกซ์(Linux Operating System) ซึ่งนำไปใช้งานกับเครื่องแม่ข่าย(Server) เป็นหลัก โดยนำมาพัฒนาให้มีขนาดเล็กลงเพื่อให้เหมาะสมแก่การนำไปติดตั้งบนอุปกรณ์พกพา ที่มีขนาดพื้นที่จัดเก็บข้อมูลที่จำกัด

### 2.7.2 สถาปัตยกรรมระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

สถาปัตยกรรมระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สามารถแบ่งการทำงาน 5 ส่วน คือ Applications, Application Framework, Library, Android Runtime และ Linux Kernel แสดงดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 สถาปัตยกรรมระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

จากโครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จะสังเกตได้ว่า มีการแบ่งออกมาเป็นส่วนๆ ที่มีความเกี่ยวเนื่องกัน โดยส่วนบนสุดจะเป็นส่วนที่ผู้ใช้งานทำการติดต่อโดยตรงซึ่งก็คือส่วนของ (Applications) จากนั้นก็จะลำดับลงมาเป็นองค์ประกอบอื่นๆตามลำดับ และสุดท้ายจะเป็นส่วนที่ติดต่อกับอุปกรณ์โดยผ่านทาง Linux Kernel โครงสร้างของแอนดรอยด์ พอที่จะอธิบายเป็นส่วนๆ ได้ดังนี้

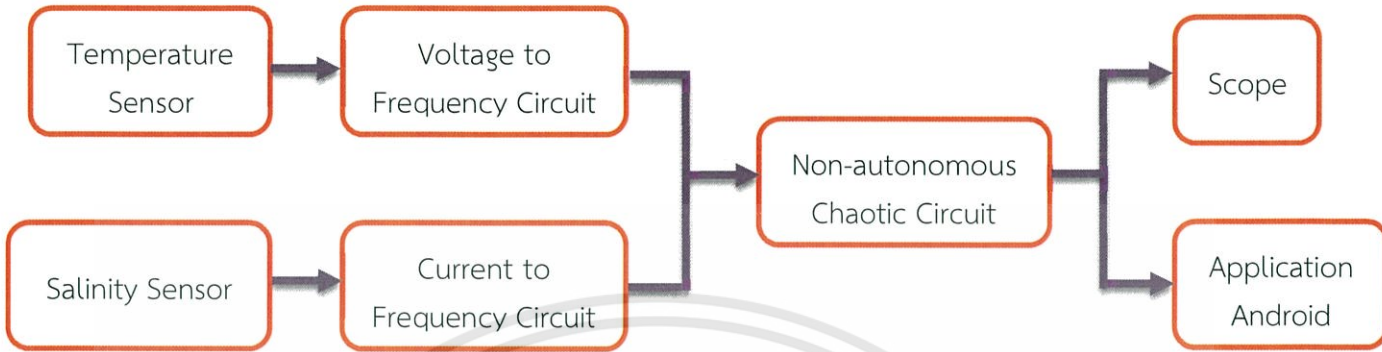
- Applications ส่วน Application หรือส่วนของโปรแกรมที่มีมากับระบบปฏิบัติการ หรือเป็นกลุ่มของโปรแกรมที่ผู้ใช้งานได้ทำการติดตั้งไว้ โดยผู้ใช้งานสามารถเรียกใช้โปรแกรมต่างๆได้โดยตรง ซึ่งการทำงานของแต่ละโปรแกรมจะเป็นไปตามที่ผู้พัฒนาโปรแกรมได้ออกแบบและเขียนโค้ดโปรแกรมเอาไว้
- Application Framework เป็นส่วนที่มีการพัฒนาขึ้นเพื่อให้นักพัฒนาสามารถพัฒนาโปรแกรมได้สะดวก และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยนักพัฒนาไม่จำเป็นต้องพัฒนาในส่วนที่มีความยุ่งยากมากๆ เพียงแค่ทำการศึกษาถึงวิธีการเรียกใช้งาน Application Framework ในส่วนที่ต้องการใช้งาน แล้วนำมาใช้งาน ซึ่งมีหลายกลุ่มด้วยกัน ตัวอย่างเช่น
  - Activities Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่จัดการเกี่ยวกับวงจรการทำงานของหน้าต่างโปรแกรม(Activity)
  - Content Providers เป็นกลุ่มของชุดคำสั่ง ที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลของโปรแกรมอื่น และสามารถแบ่งปันข้อมูลให้โปรแกรมอื่นเข้าถึงได้
  - View System เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่เกี่ยวกับการจัดการโครงสร้างของหน้าจอที่แสดงผลในส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน(User Interface)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน 17 การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Telephony Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลด้านโทรศัพท์ เช่นหมายเลขโทรศัพท์ เป็นต้น
- Resource Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งในการเข้าถึงข้อมูลที่เป็น ข้อความ, รูปภาพ
- Location Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่เกี่ยวกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ ที่ระบบปฏิบัติการได้รับค่าจากอุปกรณ์
- Notification Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่จะถูกเรียกใช้เมื่อโปรแกรม ต้องการแสดงผลให้กับผู้ใช้งาน ผ่านทางแถบสถานะ(Status Bar) ของหน้าจอ
- Libraries เป็นส่วนของชุดคำสั่งที่พัฒนาด้วย C/C++ โดยแบ่งชุดคำสั่งออกเป็นกลุ่มตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น Surface Manage จัดการเกี่ยวกับการแสดงผล, Media Framework จัดการเกี่ยวกับการแสดงผลภาพและเสียง, Open GL | ES และ SGL จัดการเกี่ยวกับภาพ 3มิติ และ 2มิติ, SQLite จัดการเกี่ยวกับระบบฐานข้อมูล เป็นต้น
- Android Runtime จะมี Dalvik Virtual Machine ที่ถูกออกแบบมา เพื่อให้ทำงานบน อุปกรณ์ที่มี หน่วยความจำ(Memory), หน่วยประมวลผลกลาง(CPU) และพลังงาน (Battery)ที่จำกัด ซึ่งการทำงานของ Dalvik Virtual Machine จะทำการแปลงไฟล์ที่ต้องการทำงาน ไปเป็นไฟล์ .DEX ก่อนการทำงาน เหตุผลก็เพื่อให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เมื่อใช้งานกับ หน่วยประมวลผลกลางที่มีความเร็วไม่มาก ส่วนต่อมาก็คือ Core Libraries ที่เป็นส่วนรวบรวมคำสั่งและชุดคำสั่งสำคัญ โดยถูกเขียนด้วยภาษาจาวา(Java Language)
- Linux Kernel เป็นส่วนที่ทำหน้าที่หัวใจสำคัญ ในจัดการกับบริการหลักของระบบปฏิบัติการ เช่น เรื่องหน่วยความจำ พลังงาน ติดต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ความปลอดภัย เครือข่าย โดยแอนดรอยด์ได้นำเอาส่วนนี้มาจากระบบปฏิบัติการลินุกซ์ รุ่น 2.6(Linux 26. Kernel) ซึ่งได้มีการออกแบบมาเป็นอย่างดี

# บทที่ 3

## ออกแบบการทดลอง



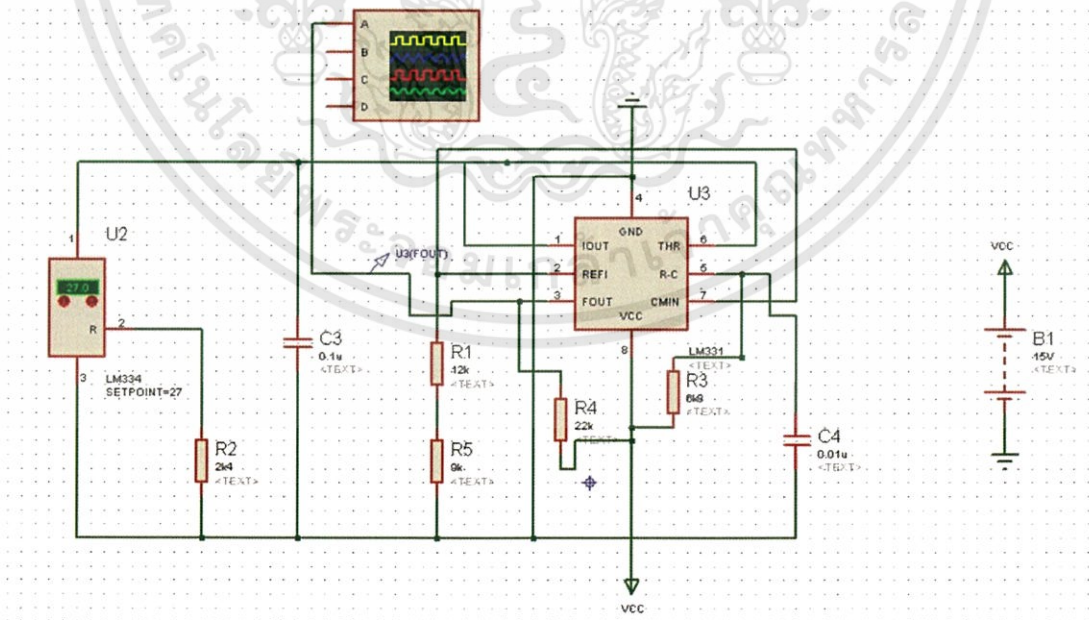
รูปที่ 3.1 การออกแบบระบบโดยรวม

### 3.1 การออกแบบสร้างวงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นความถี่

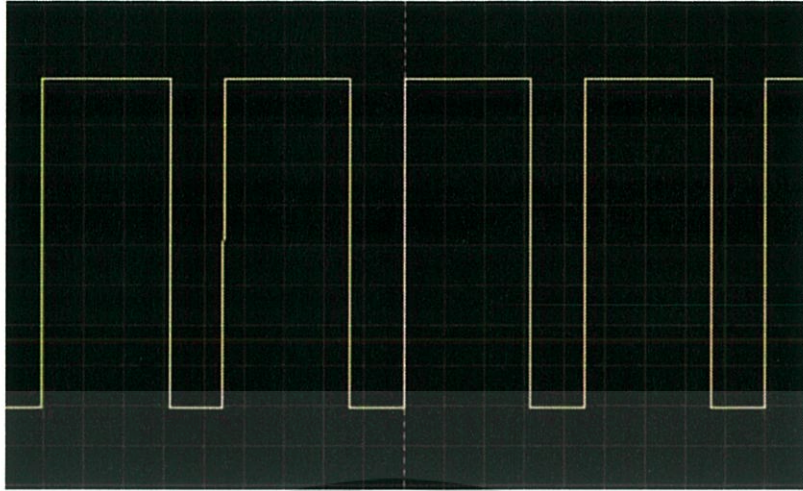
#### 3.1.1 ขั้นตอนการจำลองพฤติกรรมโดยใช้โปรแกรม

สามารถที่จะจำลองพฤติกรรมโดยใช้โปรแกรม Proteus ตามขั้นตอนดังนี้

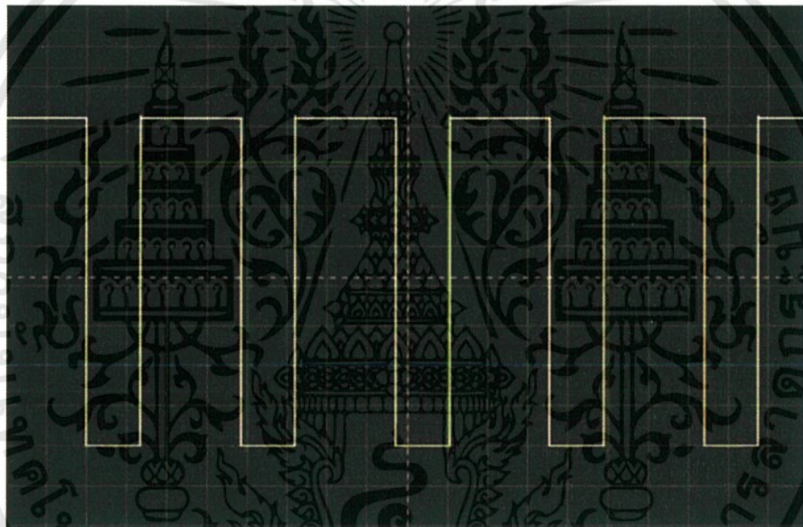
1. เข้าโปรแกรม ISIS 7 Professional ในโฟลเดอร์ Proteus 7 Professional
2. ทำการเลือก File => New Design => Default => OK
3. เมื่อออกแบบวงจรเสร็จ ทำการ Run the simulation



รูปที่ 3.2 การจำลองวงจรเปลี่ยนจากแรงดันเป็นความถี่



รูปที่ 3.3 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่อุณหภูมิ 10°C



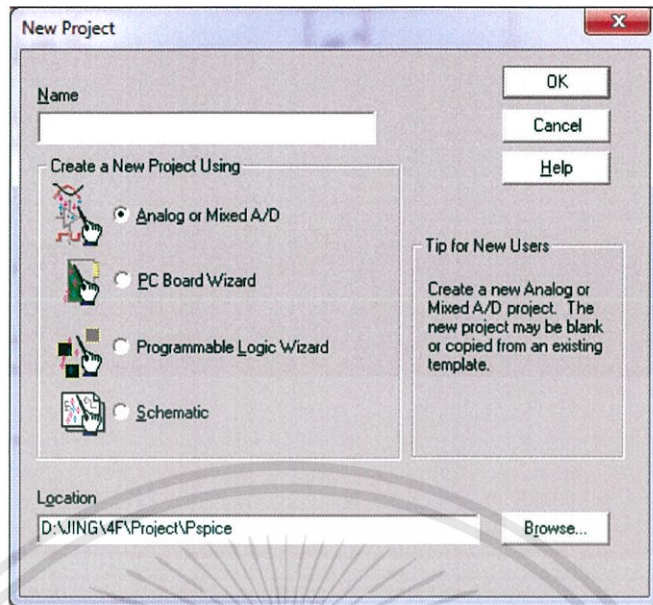
รูปที่ 3.4 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่อุณหภูมิ 60°C

### 3.2 การออกแบบสร้างสัญญาณเคอส

#### 3.2.1 ขั้นตอนการจำลองพฤติกรรมโดยใช้โปรแกรม

สามารถที่จะจำลองพฤติกรรมโดยใช้โปรแกรม Pspice ตามขั้นตอนดังนี้

1. เข้าโปรแกรม Capture ในโฟลเดอร์ Orcad Unison Suite
2. ทำการเลือก File => New => Project
3. ใส่ชื่อโปรเจค ในช่อง Name แล้วเลือก Analog or Mixed A/D แล้วกำหนด Location ในการเก็บไฟล์ ดังรูปที่ 3.4
4. เลือก Create a blank project แล้วกด OK ดังรูปที่ 3.5
5. เมื่อออกแบบวงจรเสร็จ ทำการ simulate



รูปที่ 3.5 การสร้างหน้าโปรเจค



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการ Create Pspice Project

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

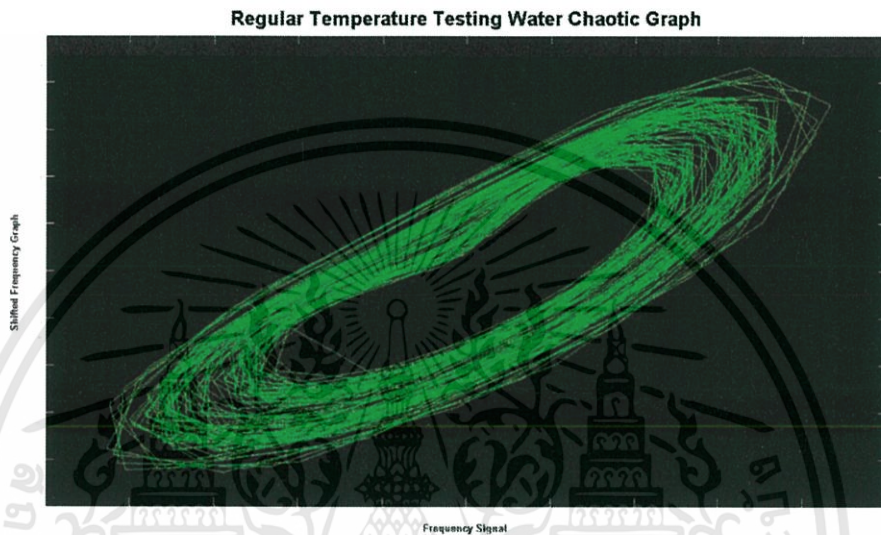


### 3.3 การออกแบบสร้างสัญญาณเคออส โดยการเลื่อนตำแหน่งของข้อมูล

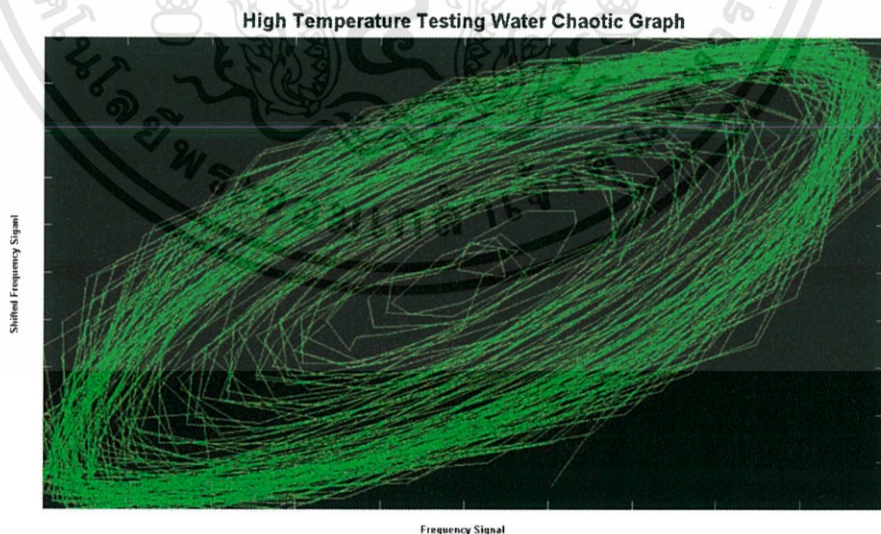
#### 3.3.1 ขั้นตอนการจำลองพฤติกรรมโดยใช้โปรแกรม

สามารถที่จะจำลองพฤติกรรมโดยใช้โปรแกรม Matlab ตามขั้นตอนดังนี้

1. เข้าโปรแกรม Matlab
2. ทำการเลือก New => Script
3. เมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จ ทำการ run



รูปที่ 3.10 กราฟที่ได้จากการสร้างสัญญาณเคออสที่อุณหภูมิ 30°C



รูปที่ 3.11 กราฟที่ได้จากการสร้างสัญญาณเคออสที่อุณหภูมิ 60°C

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

##### 4.1.1 วงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นความถี่

1. ไอซี(integrated circuit)
  - LM 334(Temperature Sensor) 1 ตัว
  - LM 331 1 ตัว
2. ตัวต้านทาน(Resistor)
  - ตัวต้านทาน 22 k $\Omega$  1 ตัว
  - ตัวต้านทาน 12 k $\Omega$  1 ตัว
  - ตัวต้านทาน 9 k $\Omega$  1 ตัว
  - ตัวต้านทาน 6.81 k $\Omega$  1 ตัว
  - ตัวต้านทาน 2.32 k $\Omega$  1 ตัว
3. ตัวเก็บประจุ(Capacitive)
  - ตัวเก็บประจุ 0.1  $\mu$ F 1 ตัว
  - ตัวเก็บประจุ 0.01  $\mu$ F 1 ตัว

##### 4.1.2 วงจรสร้างสัญญาณเคออส

1. ไอซี(integrated circuit)
  - LF 351/NS 5 ตัว
2. ตัวต้านทาน(Resistor)
  - ตัวต้านทาน 80 k $\Omega$  1 ตัว
  - ตัวต้านทาน 20 k $\Omega$  1 ตัว
  - ตัวต้านทาน 10 k $\Omega$  5 ตัว
  - ตัวต้านทาน 5 k $\Omega$  1 ตัว
  - ตัวต้านทาน 1.5 k $\Omega$  1 ตัว
3. ตัวเก็บประจุ(Capacitive)
  - ตัวเก็บประจุ 3 nF 2 ตัว

#### 4.1.3 วงจรเปลี่ยนกระแสเป็นความถี่

##### 1. ไอซี(integrated circuit)

- LM 331 1 ตัว

##### 2. ตัวต้านทาน(Resistor)

- ตัวต้านทาน 10 k $\Omega$  1 ตัว

- ตัวต้านทาน 6.81 k $\Omega$  1 ตัว

- ตัวต้านทาน 5 k $\Omega$  1 ตัว

- ตัวต้านทาน 3.3 k $\Omega$  1 ตัว

- ตัวต้านทาน 3 k $\Omega$  1 ตัว

##### 3. ตัวเก็บประจุ(Capacitive)

- ตัวเก็บประจุ 330 pF 1 ตัว

- ตัวเก็บประจุ 0.001  $\mu$ F 1 ตัว

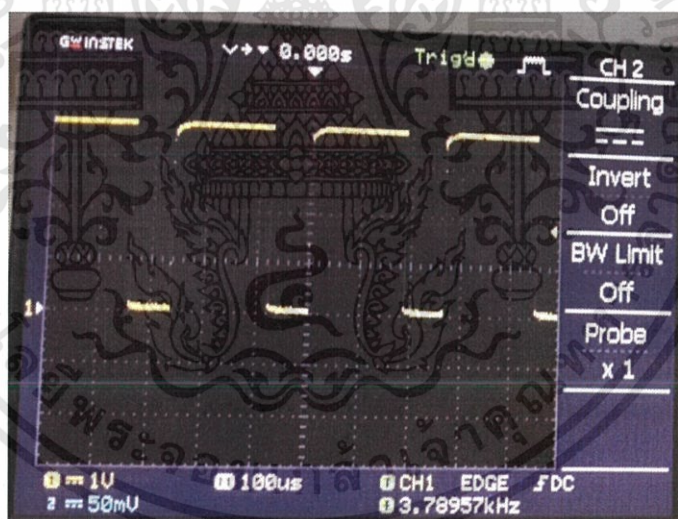


## 4.2 ผลที่ได้จากการทดลอง

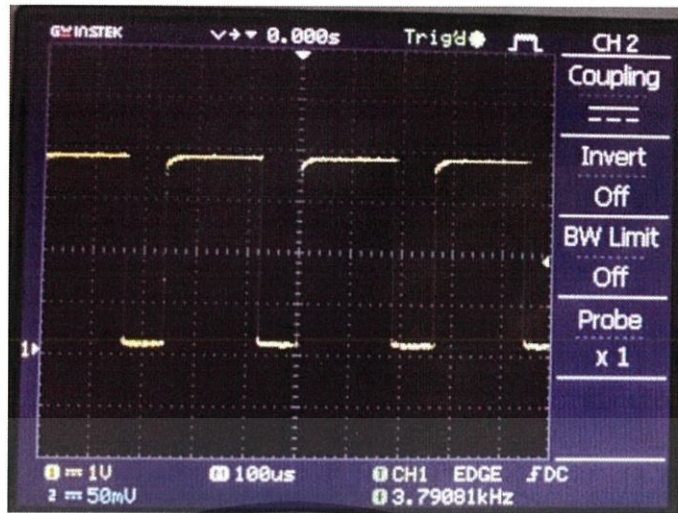
### 4.2.1 วงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นความถี่(V to F Temperature Sensor Circuit)

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นความถี่

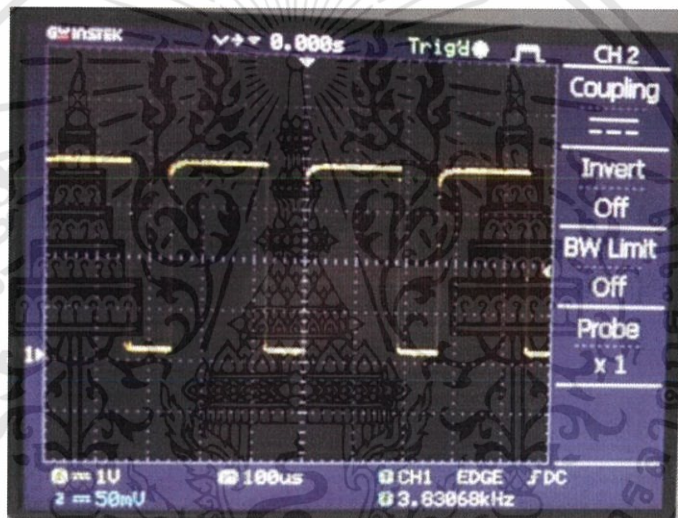
การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		การทดลองครั้งที่ 3		ผลการทดลองเฉลี่ย	
อุณหภูมิ (°C)	ความถี่ (kHz)	อุณหภูมิ (°C)	ความถี่ (kHz)	อุณหภูมิ (°C)	ความถี่ (kHz)	อุณหภูมิ (°C)	ความถี่ (kHz)
0	3.790	0	3.743	0	3.711	0	3.748
10	3.791	10	3.785	10	3.776	10	3.784
20	3.831	20	3.851	20	3.871	20	3.851
30	4.001	30	4.003	30	3.942	30	3.982
40	4.128	40	4.142	40	4.146	40	4.139
50	4.209	50	4.213	50	4.243	50	4.222
60	4.277	60	4.334	60	4.326	60	4.312



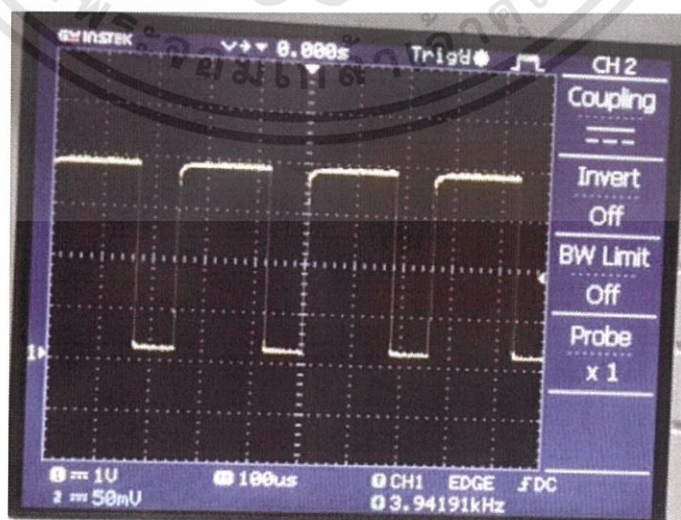
รูปที่ 4.1 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่อุณหภูมิ 0°C



รูปที่ 4.2 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่อุณหภูมิ 10°C

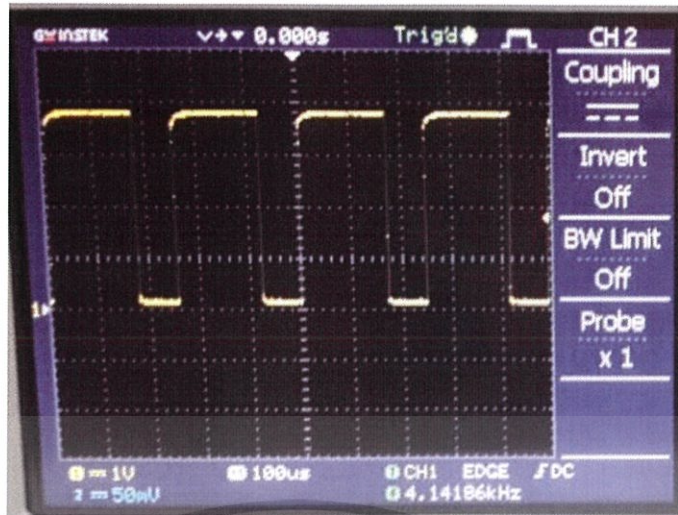


รูปที่ 4.3 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่อุณหภูมิ 20°C

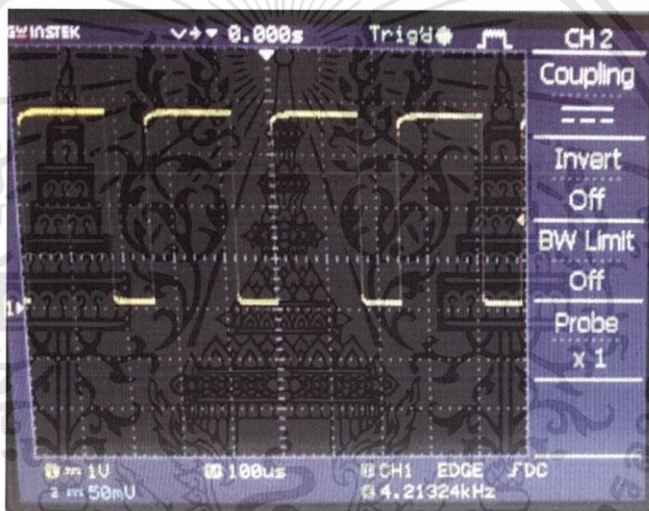


รูปที่ 4.4 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่อุณหภูมิ 30°C

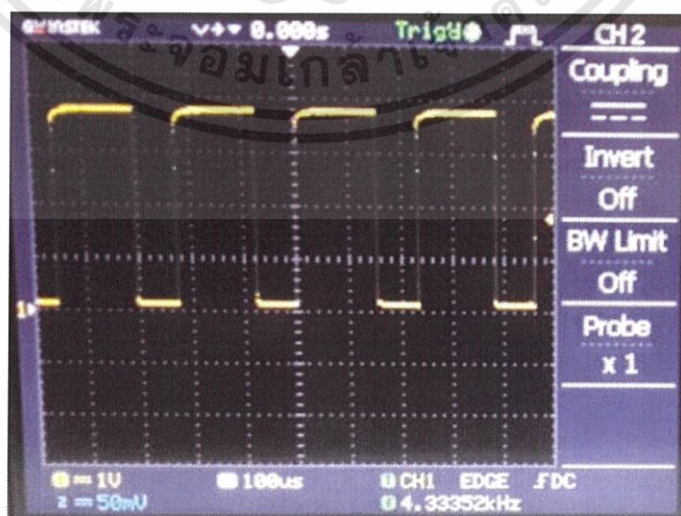
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 27  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่อุณหภูมิ 40°C



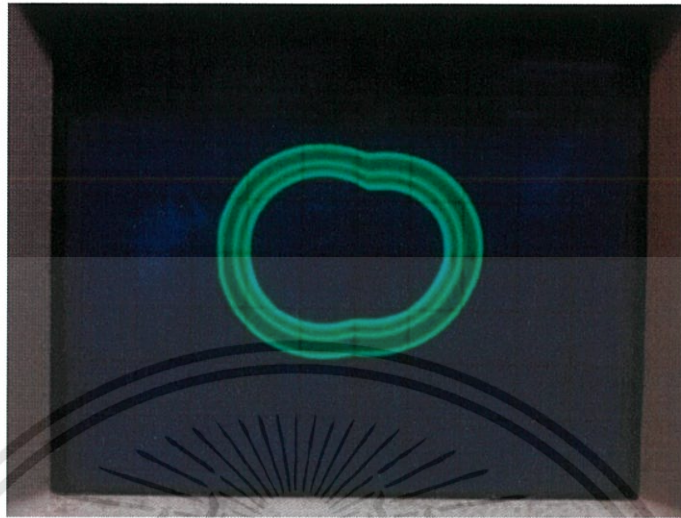
รูปที่ 4.6 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่อุณหภูมิ 50°C



รูปที่ 4.7 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่อุณหภูมิ 60°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 28  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

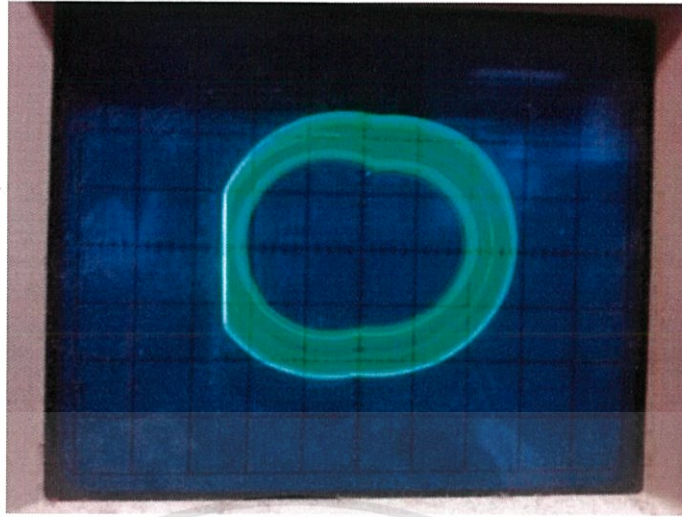
#### 4.2.2 วงจรสร้างสัญญาณเคออส(Temperature Sensor through Chaos Circuit)



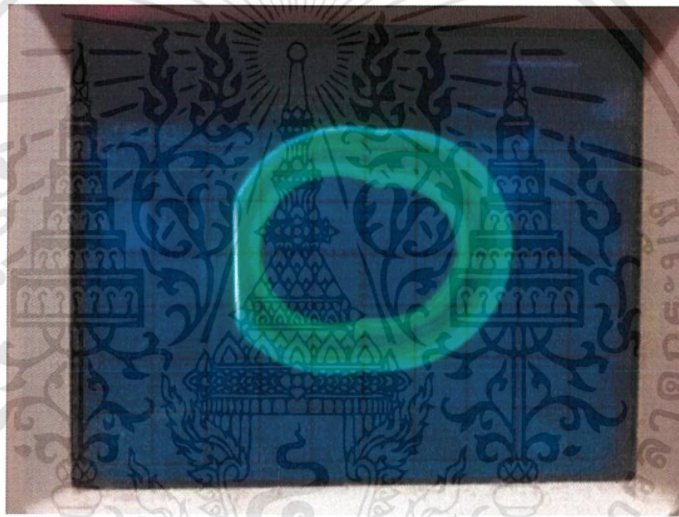
รูปที่ 4.8 กราฟเคออสที่อุณหภูมิ 0°C



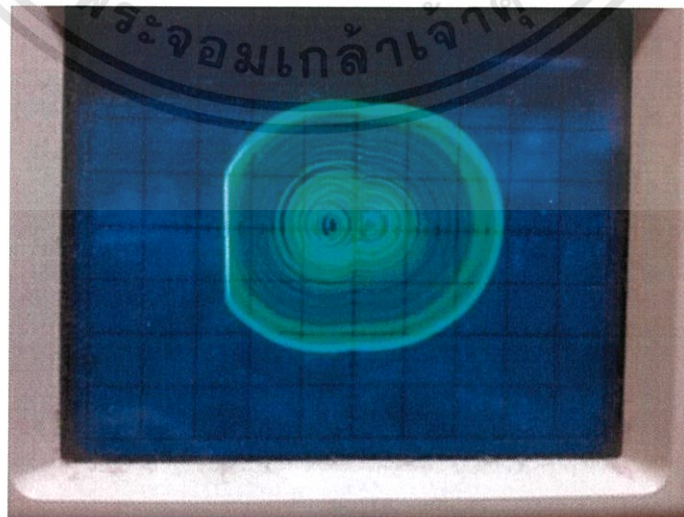
รูปที่ 4.9 กราฟเคออสที่อุณหภูมิ 10°C



รูปที่ 4.10 กราฟเคออสที่อุณหภูมิ 20°C

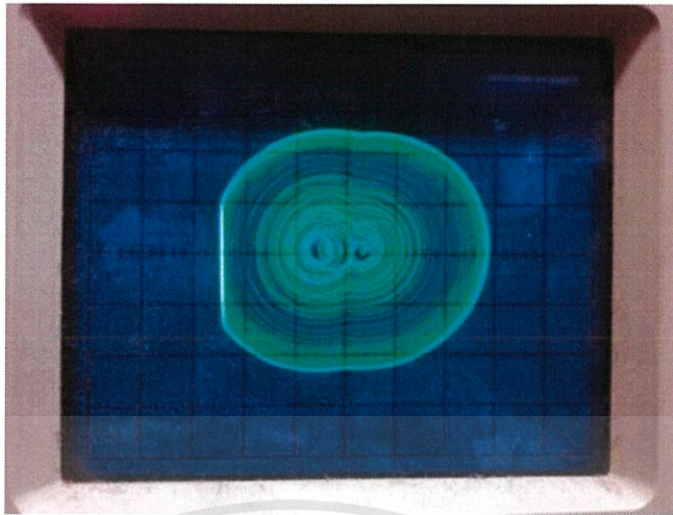


รูปที่ 4.11 กราฟเคออสที่อุณหภูมิ 30°C



รูปที่ 4.12 กราฟเคออสที่อุณหภูมิ 40°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 กราฟเคออสที่อุณหภูมิ 50°C

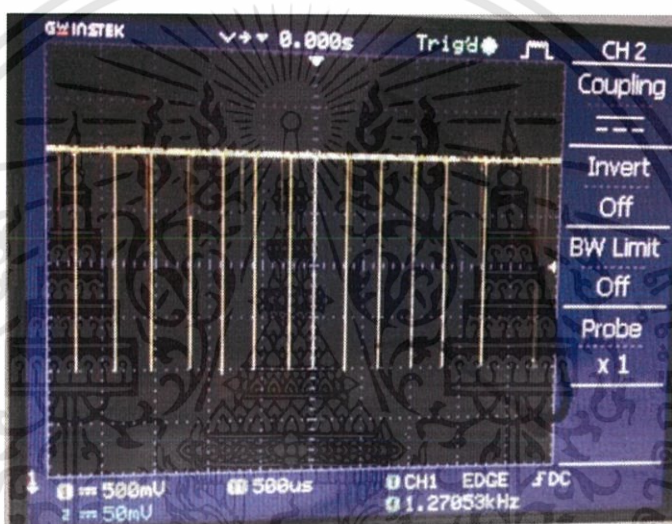


รูปที่ 4.14 กราฟเคออสที่อุณหภูมิ 60°C

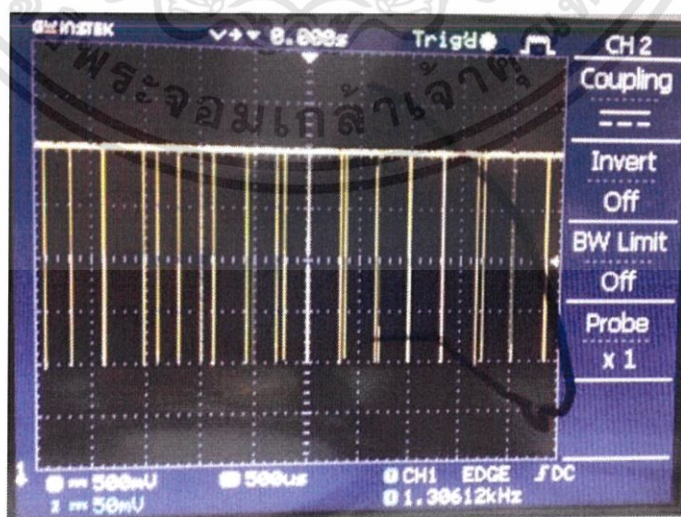
### 4.2.3 วงจรเปลี่ยนกระแสเป็นความถี่(C to F Salinity Sensor Circuit)

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองวงจรเปลี่ยนกระแสเป็นความถี่

การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		การทดลองครั้งที่ 3		ผลการทดลองเฉลี่ย	
ปริมาณเกลือ (g.)	ความถี่ (kHz)	ปริมาณเกลือ (g.)	ความถี่ (kHz)	ปริมาณเกลือ (g.)	ความถี่ (kHz)	ปริมาณเกลือ (g.)	ความถี่ (kHz)
0	1.270	0	1.274	0	1.241	0	1.261
2	1.306	2	1.325	2	1.310	2	1.313
4	1.561	4	1.554	4	1.566	4	1.560
6	1.626	6	1.593	6	1.612	6	1.610
8	1.945	8	1.926	8	1.894	8	1.922



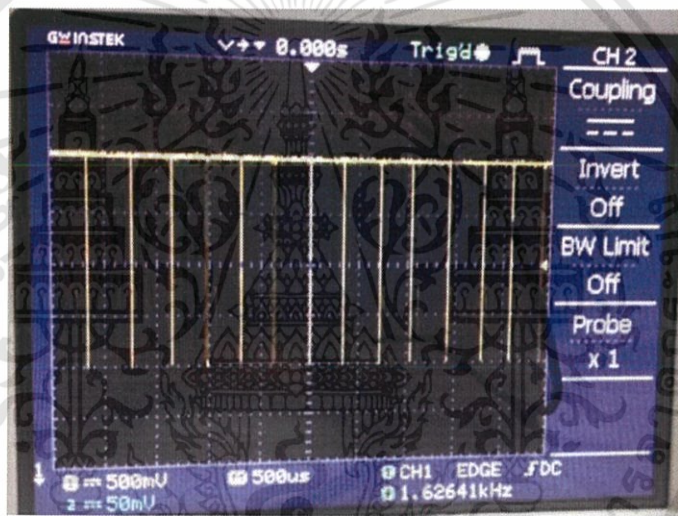
รูปที่ 4.15 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่ปริมาณเกลือ 0g.



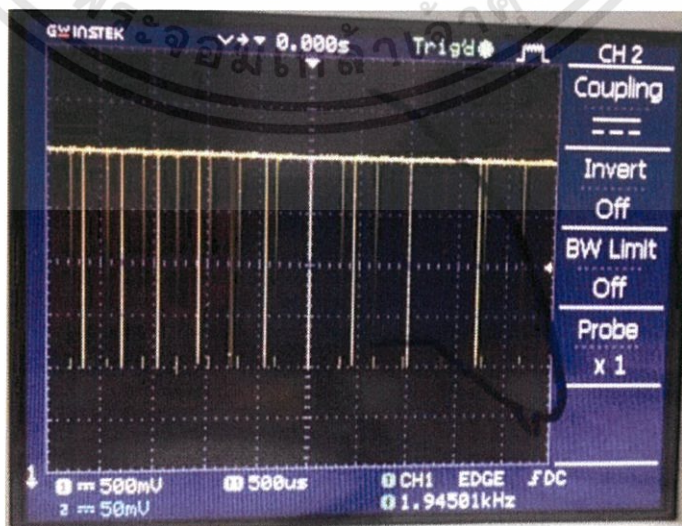
รูปที่ 4.16 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่ปริมาณเกลือ 2g.



รูปที่ 4.17 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่ปริมาณเกลือ 4g.



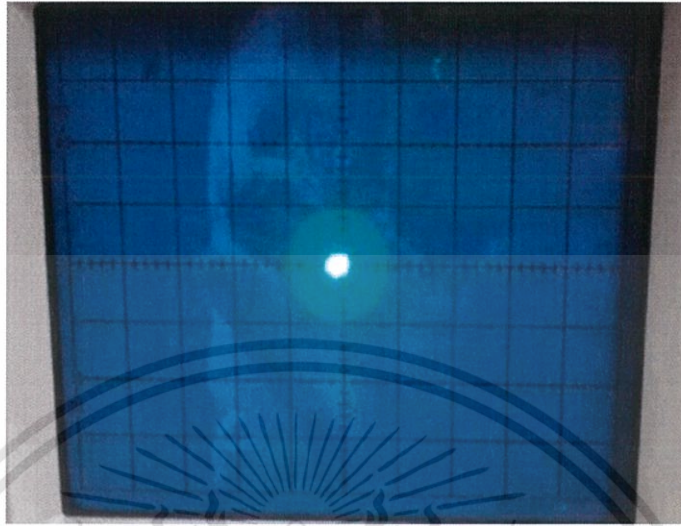
รูปที่ 4.18 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่ปริมาณเกลือ 6g.



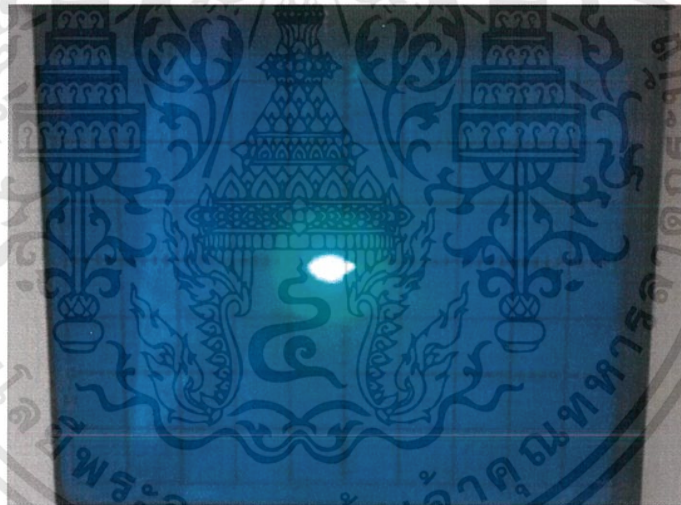
รูปที่ 4.19 กราฟที่ได้จากการวัดความถี่ที่ปริมาณเกลือ 8g.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 33  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

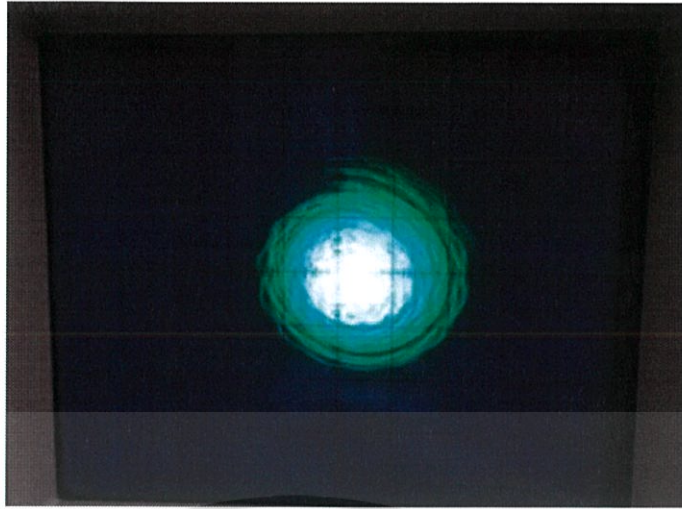
#### 4.2.4 วงจรสร้างสัญญาณเคออส(Salinity Sensor through Chaos Circuit)



รูปที่ 4.20 กราฟเคออสที่ปริมาณเกลือ 0g.



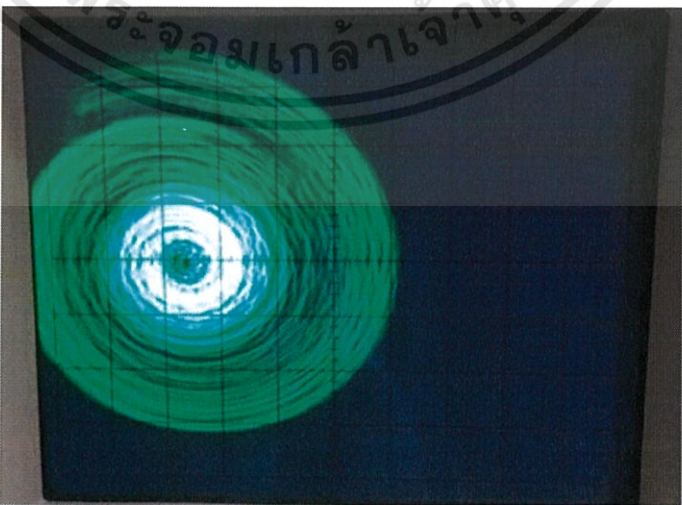
รูปที่ 4.21 กราฟเคออสที่ปริมาณเกลือ 2g.



รูปที่ 4.22 กราฟเคออสที่ปริมาณเกลือ 4g.



รูปที่ 4.23 กราฟเคออสที่ปริมาณเกลือ 6g.



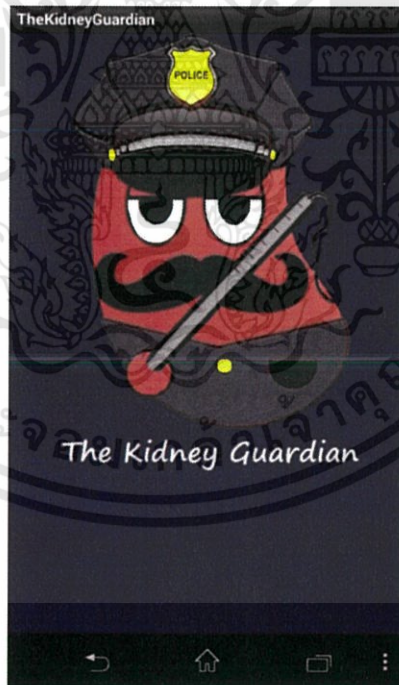
รูปที่ 4.24 กราฟเคออสที่ปริมาณเกลือ 8g.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

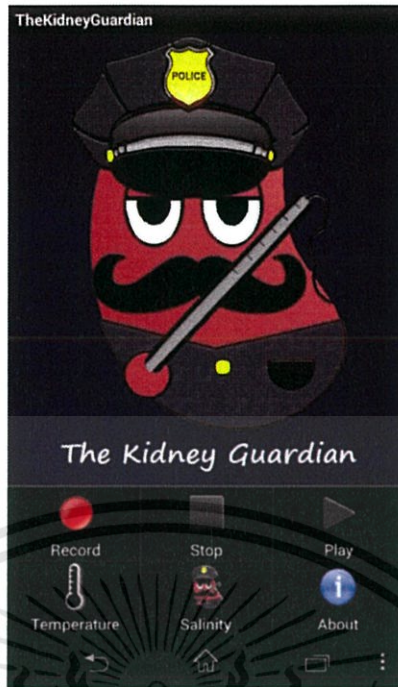


รูปที่ 4.25 ตัวอย่างอุปกรณ์ต้นแบบ

#### 4.2.5 แอปพลิเคชันแอนดรอยด์



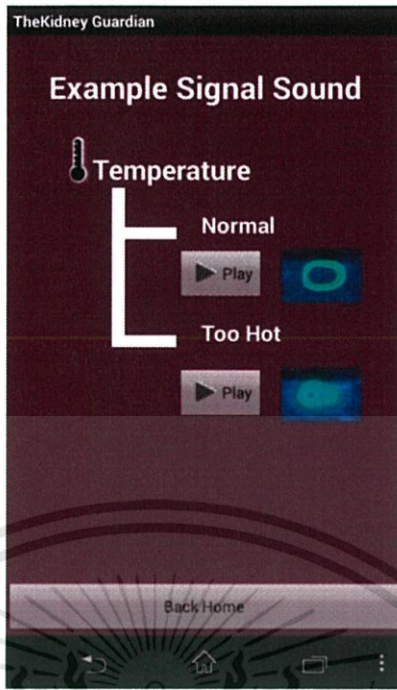
รูปที่ 4.26 หน้าเริ่มต้นในแอปพลิเคชัน



รูปที่ 4.27 เมนูการใช้งานแอปพลิเคชัน



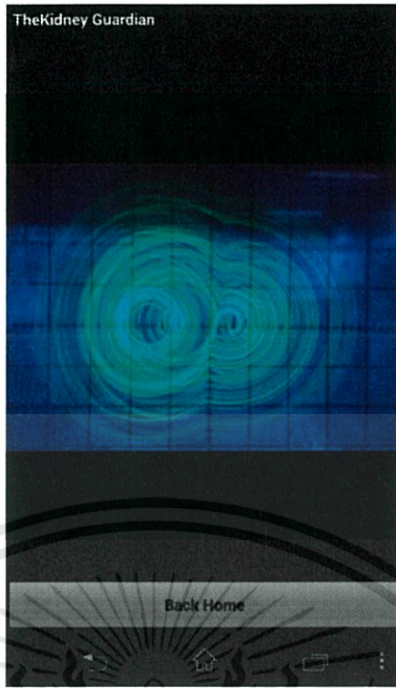
รูปที่ 4.28 เริ่มการบันทึกเสียง หยุดการบันทึกเสียง และเล่นเสียงเคออส



รูปที่ 4.29 ตัวอย่างสัญญาณเสียงและรูปภาพในการวัดอุณหภูมิ



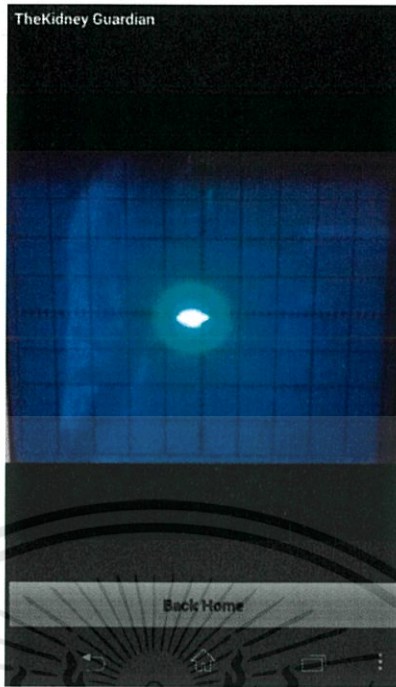
รูปที่ 4.30 ตัวอย่างรูปภาพในการวัดอุณหภูมิที่อุณหภูมิปกติ( $\approx 30^{\circ}\text{C}$ )



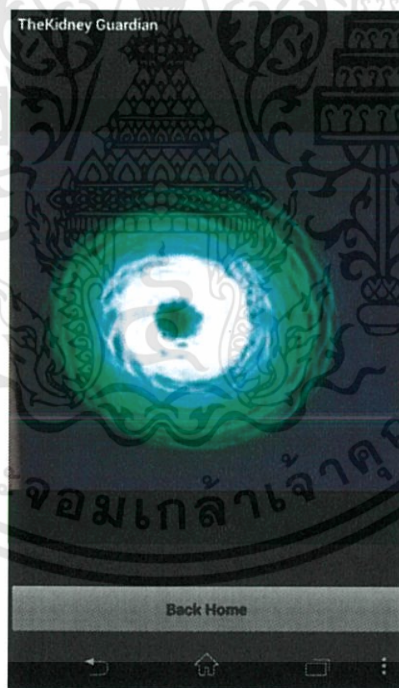
รูปที่ 4.31 ตัวอย่างรูปภาพในการวัดอุณหภูมิที่อุณหภูมิสูง( $\approx 60^{\circ}\text{C}$ )



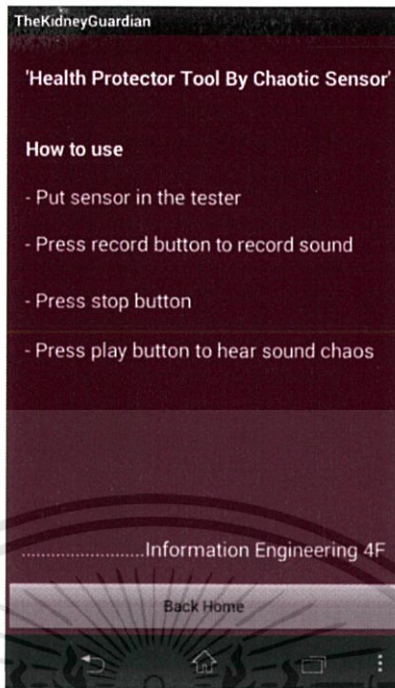
รูปที่ 4.32 ตัวอย่างสัญญาณเสียงและรูปภาพในการวัดความเค็ม



รูปที่ 4.33 ตัวอย่างรูปภาพในการวัดความเค็ม ( $\approx 2g$ )



รูปที่ 4.34 ตัวอย่างรูปภาพในการวัดความเค็ม ( $\approx 6g$ )



รูปที่ 4.35 อธิบายการใช้งานในแอปพลิเคชัน

## บทที่ 5

# สรุปผลการทดลอง ปัญหา และแนวทางการแก้ปัญหา

### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง สามารถวัดค่าอุณหภูมิและค่าความเค็ม ในสารละลายได้ ซึ่งค่าที่ได้เมื่อนำสัญญาณผ่านวงจรเคออสแล้วจะได้รูปกราฟเคออสที่ขยายภาพของการเปลี่ยนแปลงจึงทำให้ผู้ใช้งานแยกความแตกต่างของแต่ละช่วงความถี่ที่สถานะต่างๆ ได้อย่างชัดเจน โดยในการวัดอุณหภูมิจากอุณหภูมิต่ำไปอุณหภูมิสูง ความถี่จะมีค่าสูงขึ้นและกราฟเคออสจะมีการสั่นมากขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นตามลำดับ และในการวัดความเค็มจากการนำไฟฟ้า ปริมาณเกลือที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้มีค่าการนำไฟฟ้าที่มากขึ้น ความถี่จะมีค่าสูงขึ้นและกราฟเคออสจะมีการสั่นมากขึ้นตามปริมาณเกลือที่เพิ่มขึ้นตามลำดับเช่นเดียวกับการวัดอุณหภูมิ โดยแสดงผลผ่านออสซิลโลสโคปในรูปแบบของกราฟหรือส่งสัญญาณผ่านเข้าช่องรับสัญญาณเสียงบนระบบสมาร์ตโฟนแล้วแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ แล้วออกมาในรูปเสียงที่มีความแตกต่างกัน ที่ช่วงอุณหภูมิและความเค็มต่างกัน

### 5.2 ปัญหา

1. การออกแบบสายวงจรนั้นออกแบบได้ไม่ดีเนื่องจากขาดความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ จึงทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้น
2. ในการวัดความเค็มได้นำทฤษฎีการนำไฟฟ้ามาใช้ ซึ่งเมื่อนำมาใช้จริงในวงจร ทำให้ได้ค่าความนำไฟฟ้าที่ไม่คงที่มากนัก
3. ในอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ ใช้ไอซีเบอร์ LM334 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ค่อนข้างมีความเปราะบาง จึงทำให้เกิดการเสียหายในอุปกรณ์ได้ง่าย

### 5.3 แนวทางการแก้ปัญหา

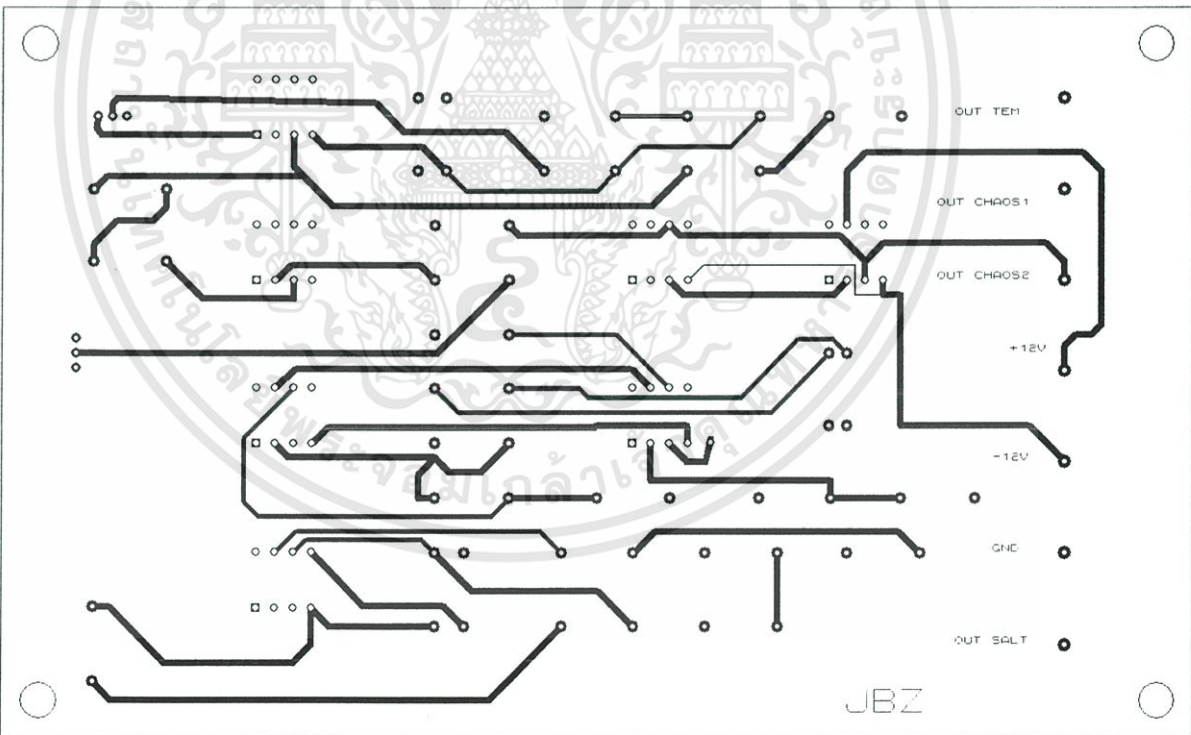
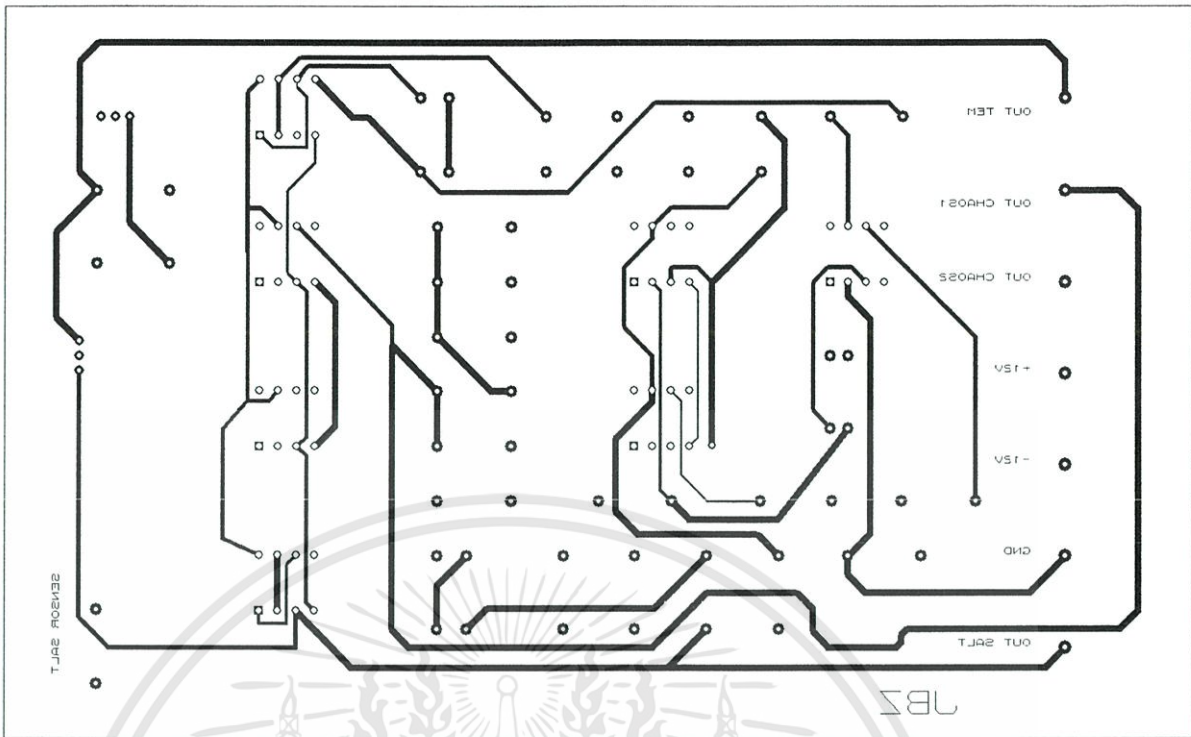
1. แก้ไขสายวงจรให้มีความถูกต้องและไม่เกิดความผิดพลาดขึ้น
2. เปลี่ยนค่าความจุไฟฟ้า(Capacity) ในวงจรให้มีค่ามากขึ้น
3. เพิ่มความทนทานให้กับอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ โดยการนำวัสดุที่สามารถกันน้ำมาห่อหุ้มตัวอุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิ

## บรรณานุกรม

- [1] เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ(ออนไลน์) แหล่งที่มา:  
<http://garwwy.blogspot.com/2011/07/temperature-sensor-3-1-thermocouples.html>
- [2] IC Temperature Sensor(ออนไลน์) แหล่งที่มา:  
<http://www.omega.com/prodinfo/Integrated-Circuit-Sensors.html>
- [3] วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า(ออนไลน์) แหล่งที่มา:  
[http://www.tatc.ac.th/files/110528099420636\\_11062312120245.pdf](http://www.tatc.ac.th/files/110528099420636_11062312120245.pdf)
- [4] ทฤษฎีความอลวน(ออนไลน์) แหล่งที่มา:  
<http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%97%E0%B8%A4%E0%B8%A9%E0%B8%8E%E0%B8%B5%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%AD%E0%B8%A5%E0%B8%A7%E0%B8%99>
- [5] Discrete and Integrated Circuit Electronics(ออนไลน์) แหล่งที่มา: Donald P. Leach, Discrete and Integrated Circuit Electronics. Santa Clara University, 1992
- [6] การนำไฟฟ้า(ออนไลน์) แหล่งที่มา:  
<http://vichakarn.triamudom.ac.th/comtech/studentproject/sci/cheme/atom/Untitled-3.html>
- [7] สารละลายอิเล็กโทรไลต์(ออนไลน์) แหล่งที่มา:  
<http://www.scimath.org/socialnetwork/groups/viewbulletin/1451-%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88+1+%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B8%A5%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%AD%E0%B8%B4%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B9%87%E0%B8%81%E0%B9%82%E0%B8%97%E0%B8%A3%E0%B9%84%E0%B8%A5%E0%B8%95%E0%B9%8C?groupid=269>
- [8] LM331 Datasheet(ออนไลน์) แหล่งที่มา: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/8641/NSC/LM331.html>
- [9] LM334 Datasheet(ออนไลน์) แหล่งที่มา: <http://www.alldatasheet.net/datasheet-pdf/pdf/8644/NSC/LM334.html>
- [10] LF351 Datasheet(ออนไลน์) แหล่งที่มา: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/89989/NSC/LF351.html>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 45  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้