

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องป้องกันการดักฟังโดยใช้สัญญาณเคออส

(วงจรถิ่นแบบ)

CHAOTIC VOICE SCRAMBLES



T119248



นางสาวแสงอุษา พุ่มแพรพันธ์
Ms. SANGOUSA PHUMPRAPHAN
นายอนุพงศ์ เพ็ชรพวง
MR. ANUPONG PETPUANG
นายอานนท์ จิตติไชโย
MR. ARNON DHITICHAIYO

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119248
วัน,เดือน,ปี... - 6 S.ค. 2554

b. ๗๒๖๒๑๙ X
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHAOTIC VOICE SCRAMBLES



**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 2010
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องป้องกันการดักฟังโดยใช้สัญญาณเคออส (วงจรถ้นแบบ)
รายชื่อนักศึกษา นางสาวแสงอุษา พุ่มแพรพันธ์ รหัส 50011796
นายอนุพงศ์ เพ็ชรพวง รหัส 50011842
นายอานนท์ จูติไชโย รหัส 50011936
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมสารสนเทศ
พ.ศ. 2553
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผศ.กฤดากร กล่อมการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



(ผศ.กฤดากร กล่อมการ)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องป้องกันการดักฟังโดยใช้สัญญาณเคออส (วงจรถ้นแบบ)

ชื่อนักศึกษา นางสาวแสงอุษา พุ่มแพรพันธ์ รหัส 50011796

นายอนุพงศ์ เท็ชร์พวง รหัส 50011842

นายอานนท์ จูติไชโย รหัส 50011936

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.กฤดากร กล่อมการ

ระดับการศึกษา ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เสนอถึงการสร้างเครื่องป้องกันการดักฟังข้อมูล โดยใช้ทฤษฎีเคออส โดยผู้ส่งจะทำการใส่รหัสสัญญาณเคออส ซึ่งมีคุณสมบัติไม่สามารถทำนายรูปแบบในอนาคตได้ วิธีการนี้ใช้การประยุกต์สมการของLiu สำหรับกำเนิดรหัสซึ่งจะถูกนำไปยังเครื่องเข้ารหัส เพื่อรวมเข้ากับสัญญาณเสียงแล้วจึงทำการส่งไปยังผู้รับ หลังจากที่สัญญาณออกจากเครื่องเข้ารหัส มันจะถูกถอดรหัสจนกระทั่งเหลือเฉพาะข้อมูลเสียง ถึงแม้ว่าจะถูกดักฟังขณะที่สื่อสารอยู่ ก็จะทำให้ข้อมูลที่ถูกดักฟังไปนั้น ฟังไม่เข้าใจ เพราะฉะนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้ทฤษฎีเคออสสำหรับป้องกันการดักฟังข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Chaotic Voice Scrambles		
Student	Ms. Sangousa	Phumphraphan	ID. 50011796
	Mr. Anupong	Petpuang	ID. 50011842
	Mr. Arnon	Dhitichaiyo	ID. 50011936
Degree	Bachelor Degree of Information Engineer		
Program	Information Engineering		
Academic Year	2010		
Thesis Advisor	Assist.Prof.Kiddakorn Klomkarn		

ABSTRACT

In this thesis presents the Chaotic Voice Scrambles by sender will encode the signal chaos that features can't predict future patterns. This method is based on adaptive Liu's equation for generate code that will be taken to the encoder for combined with the audio and send to receiver. After the signal leaves the encoder, it will be decoded until have only sound signal. Although will be bug while communicating then the signal, which was bug, listen don't understand. Therefore, it is possible to use chaos theory for anti-eavesdrop the data.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ทางผู้จัดทำได้รับความอนุเคราะห์ทางด้านต่างๆ ทั้งคำปรึกษาทางด้านวิชาการ และคำแนะนำในการปฏิบัติงาน รวมถึงความช่วยเหลือทางด้านเครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ จากอาจารย์ กฤดากร กล่อมการ จนกระทั่งสำเร็จเป็นปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ ที่คอยห่วงใย และให้การสนับสนุนด้านการศึกษาเป็น อย่างดีโดยตลอด รวมทั้งขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษาทุกคนที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำทางด้านวิชาการ และการ ดำเนินงานในหลายๆด้าน

คุณประโยชน์ที่เกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 อุปกรณ์ที่ต้องใช้.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน.....	4
2.1 ความหมายของการสื่อสารข้อมูล.....	4
2.2 องค์ประกอบขั้นพื้นฐานของระบบ.....	4
2.3 ทฤษฎีเคออส.....	6
2.3.1 ประวัติความเป็นมาของทฤษฎีเคออส.....	7
2.3.2 คุณสมบัติของเคออส.....	8
2.3.3 ประโยชน์ของทฤษฎีความโกลาหล.....	9
2.3.4 ตัวดึงดูด Lorenz.....	10
2.3.5 ตัวดึงดูด Chen.....	11
2.3.6 ตัวดึงดูด Liu.....	12
2.4 วงจรออปแอมป์.....	13
2.4.1 คุณลักษณะของออปแอมป์ในอุดมคติ.....	15
2.4.2 วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส.....	16
2.4.3 วงจรขยายสัญญาณแบบรวมสัญญาณ.....	17
2.5 รายละเอียดของ IC แต่ละตัว.....	18
2.5.1 ไอซี LF351.....	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา IV และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.2 ไอซี AD633JN.....	18
2.6 การซิงโครไนซ์ของระบบเคออดิก.....	21
2.7 การซิงโครไนซ์ของระบบ simple	21
2.8 การซิงโครไนซ์ของระบบ self-feeding masking.....	22
บทที่ 3 ออกแบบการทดลอง.....	23
3.1 การออกแบบสร้างสัญญาณเคออด.....	23
3.1.1 ขั้นตอนการจำลองพฤติกรรม โดยใช้โปรแกรม Matlab.....	23
3.1.2 ขั้นตอนการจำลองพฤติกรรม โดยใช้โปรแกรม Pspice.....	26
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	31
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างวงจร.....	31
4.1.1 ด้านทาน.....	31
4.1.2 ตัวเก็บประจุ.....	31
4.1.3 ไดโอด.....	31
4.1.4 เซมิคอนดักเตอร์.....	31
4.2 ผลที่ได้จากการทดลอง.....	32
4.2.1 วงจรเคออดิก.....	32
4.2.2 วงจรที่ทำการซิงโครไนซ์แล้ว.....	37
บทที่ 5 สรุปการทดลอง.....	40
5.1 สรุปการพัฒนาโครงการ.....	40
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในด้านเทคนิค.....	40
5.2 แนวทางในการพัฒนาต่อ.....	40
บรรณานุกรม.....	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางที่แสดงคุณสมบัติของ IC LF351.....	19
2.2 แสดงคุณสมบัติของ IC AD633JN	20



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา VI และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 รูปแสดง Chaos secure Communicate.....	1
2.1 แสดงcommunication diagram.....	4
2.2 รูปประกอบ butterfly effect.....	6
2.3 Edward Lorenz, StephenSmale, Henri Poincare.....	7
2.4 แสดง Lorenz Attractor.....	8
2.5 สัญญาณเคออสจากตัวดึงดูด Lorenz ในลักษณะ 3 มิติ.....	10
2.6 สัญญาณเคออสจากตัวดึงดูด Lorenz ในลักษณะ 2 มิติระหว่างระนาบต่างๆ.....	11
2.7 แสดงสัญญาณ Chaos ในลักษณะ 3 มิติ.....	11
2.8 สัญญาณเคออสจากตัวดึงดูด Chen ในลักษณะ 2 มิติระหว่างระนาบต่างๆ.....	12
2.9 แสดงสัญญาณ Chaos ในลักษณะ 3 มิติ.....	12
2.10 สัญญาณเคออสจากตัวดึงดูด Liu ในลักษณะ 2 มิติระหว่างระนาบต่างๆ.....	13
2.11 สัญลักษณ์ของออปแอมป์.....	14
2.12 ลักษณะการทำงานของออปแอมป์.....	14
2.13 กราฟแสดงลักษณะแรงดันของออปแอมป์ในอุดมคติ.....	15
2.14 วงจรสมมูลของออปแอมป์ในอุดมคติ.....	16
2.15 วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส.....	16
2.16 วงจรขยายสัญญาณแบบรวมสัญญาณ.....	17
2.17 แสดงรูปIC LF351.....	18
2.18 แสดงรูปIC Ad633JN.....	18
2.19 ไดอะแกรมการชิงโครไนซ์ของระบบเคออสติก.....	21
2.20 ไดอะแกรมการชิงโครไนซ์ของระบบ simple masking.....	22
2.21 ไดอะแกรมการชิงโครไนซ์ของระบบ self-feeding masking.....	22
3.1 แบบจำลองการสร้างสัญญาณเคออสของสมการ.....	24
3.2 แบบจำลองการสร้างวงจรทั้งภาคส่งและภาครับ.....	24
3.3 กราฟที่ได้จากการรัน โปรแกรม Matlab.....	25
3.4 แสดงการสร้างNew Project.....	26
3.5 แสดงขั้นตอนการCreate PSpice Project.....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาVIIและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.6 แสดงขั้นตอนการ Simulation Setting.....	27
3.7 การจำลองวงจรจากสมการ โดยใช้โปรแกรม Pspice.....	27
3.8 การจำลองวงจรมอดูเลชัน โดยใช้โปรแกรม Pspice.....	28
3.9 การจำลองวงจรดีมอดูเลชัน โดยใช้โปรแกรม Pspice.....	28
3.10 การจำลองวงจรภาคส่ง โดยใช้โปรแกรม Pspice.....	29
3.11 การจำลองวงจรภาครับ โดยใช้โปรแกรม Pspice.....	29
3.12 กราฟที่ได้จากการวัดค่า x กับ x_r	30
3.13 กราฟที่ได้จากการวัดค่า $i(t)$ กับ $i_r(t)$ ขนาดแอมพลิจูด 0.5 V.....	30
3.14 กราฟสัญญาณข้อมูล $i(t)$ ที่มีอคูเลชันกับสัญญาณเคออดิค x	30
3.15 กราฟการซิงโครไนซ์ระหว่างสัญญาณเข้า $i(t)$ กับสัญญาณออก $i_r(t)$	30
4.1 แสดงวงจรเคออดที่ต่อกับโฟโตไดโอด.....	32
4.2 กราฟค่า x ที่ได้จากออสซิลโลสโคป.....	32
4.3 กราฟค่า y ที่ได้จากออสซิลโลสโคป.....	33
4.4 กราฟค่า z ที่ได้จากออสซิลโลสโคป.....	33
4.5 กราฟค่า $x-y$ ที่ได้จากออสซิลโลสโคป.....	34
4.6 กราฟค่า $x-z$ ที่ได้จากออสซิลโลสโคป.....	34
4.7 กราฟค่า $y-z$ ที่ได้จากออสซิลโลสโคป.....	35
4.8 แสดงการเปรียบเทียบค่า x, y, z จากผลที่ได้รับกับ โปรแกรม MATLAB และ PSPICE.....	35
4.9 แสดงการเปรียบเทียบค่า $x-y, x-z, y-z$ จากผลที่ได้รับกับ โปรแกรม MATLAB และ PSPICE.....	36
4.10 วงจรรวมทั้งภาคส่งและภาครับ.....	37
4.11 แสดงการเปรียบเทียบค่า x, x_r จากผลการทดลองจริง.....	37
4.12 กราฟแสดงการซิงโครไนซ์ระหว่าง x, x_r จากผลการทดลองจริง.....	38
4.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ $xt+ir, xt$ จากผลการทดลองจริง.....	38
4.14 วงจรต้นแบบที่สำเร็จแล้ว.....	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อ VIII และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

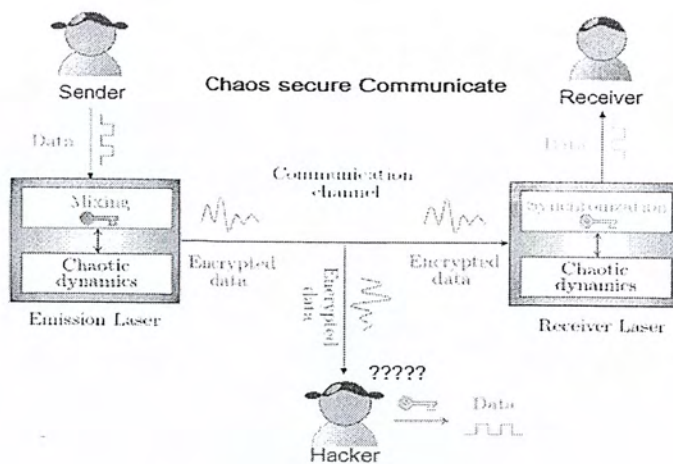
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากโลกในยุคปัจจุบัน ประเทศทั่วโลกตระหนักถึงภัยต่อการรั่วทางด้านข้อมูลข่าวสาร ซึ่งมีหลากหลายรูปแบบ อาทิเช่น การโจรกรรมข้อมูลทางการสื่อสารส่วนบุคคล ซึ่งถือเป็นหนึ่งในอาชญากรรมที่เติบโตอย่างรวดเร็วที่สุดในขณะนี้ และถึงแม้ว่าจะมีระบบป้องกันความปลอดภัยอยู่ในระดับหนึ่งแล้ว แต่ด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยเอื้ออำนวยให้การโจรกรรมข้อมูลในชีวิตประจำวันได้รวดเร็วและง่ายขึ้น ส่งผลให้เกิดความเสียหายทั้งต่อภาครัฐและเอกชน รวมไปถึงทางด้านธุรกิจการค้า ที่ต้องอาศัยการติดต่อสื่อสารที่เป็นความลับ

จากภัยคุกคามดังกล่าว รัฐบาลไทยได้มีแนวทางในการป้องกัน โดยการออก ระเบียบการรักษาความปลอดภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2552 ได้มีมาตรการและการดำเนินการที่กำหนดขึ้น เพื่อพิทักษ์รักษาและคุ้มครองป้องกันสิ่งที่เป็นความลับ ให้พ้นจากการรั่วไหลการจารกรรม การก่อวินาศกรรม การบ่อนทำลาย การก่อการร้าย การกระทำที่เป็นภัยต่อความมั่นคงของชาติ

ด้วยความตระหนักในปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น จึงมีเป้าหมายในการทำวิจัยเพื่อเป็นแนวทางหนึ่งการช่วยป้องกันการโจรกรรมข้อมูลทางการสื่อสารทางเสียง โดยการนำข้อดีของสัญญาณเคออสมาประยุกต์สร้างเป็นอุปกรณ์สำหรับการเข้ารหัสสัญญาณเสียงแล้วส่งไปยังเครื่องถอดรหัสปลายทาง ที่สามารถป้องกันการโจรกรรมข้อมูลระหว่างการสื่อสารได้



รูปที่ 1.1 แสดง Chaos secure Communicate

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อสร้างวงจรต้นแบบเพื่อใช้ในการเข้ารหัสลับที่สามารถใช้ป้องกันการถูกดักฟังขณะที่ทำการสื่อสารได้ โดยใช้ทฤษฎีของเคออส

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.สามารถนำสัญญาณเคออสมาทำการมอดูเลต (Modulate) เข้ากับสัญญาณเสียงให้เป็นรหัสลับได้
- 2.สามารถส่งข้อมูลเสียงที่ถูกเข้ารหัสแล้วส่งไปยังเครื่องรับสัญญาณปลายทางโดยไม่สามารถดักฟังได้

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถป้องกันการดักฟังทางสัญญาณเสียงจากผู้ไม่หวังดีในระหว่างการสื่อสารได้
2. สามารถนำเอาความรู้เรื่องนี้ไปประยุกต์ใช้ทางด้านระบบสารสนเทศต่อไป

1.5 อุปกรณ์ที่ต้องใช้

ฮาร์ดแวร์

- เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบวงจร
- แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์
- เครื่อง Oscilloscope
- เครื่องจ่ายไฟแรงดัน $\pm 15\text{ V}$
- เครื่อง Generate สัญญาณ

ซอฟต์แวร์

- โปรแกรม Matlab สำหรับแสดงพฤติกรรมของสมการ
- โปรแกรม Pspice สำหรับออกแบบวงจร และ simulate ผลที่ได้



บทที่ 2

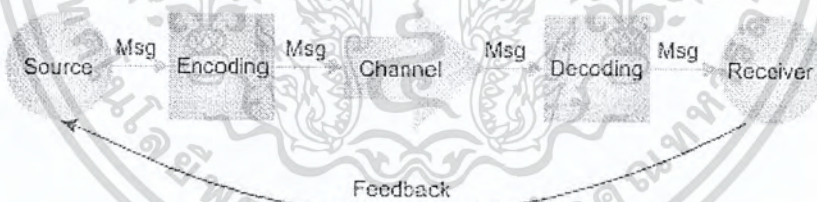
ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้

2.1 ความหมายของการสื่อสารข้อมูล (Data Communication)

การสื่อสารข้อมูล (Data Communications) หมายถึง กระบวนการถ่ายโอนหรือแลกเปลี่ยนข้อมูลกันระหว่างผู้ส่งและผู้รับ โดยผ่านช่องทางสื่อสาร เช่น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือคอมพิวเตอร์เป็นตัวกลางในการส่งข้อมูล เพื่อให้ผู้ส่งและผู้รับเกิดความเข้าใจซึ่งกันและกัน

วิธีการส่งข้อมูล จะแปลงข้อมูลเป็นสัญญาณ หรือรหัสเสียก่อนแล้วจึงส่งไปยังผู้รับ และเมื่อถึงปลายทางหรือผู้รับก็ต้องมีการแปลงสัญญาณนั้น กลับมาให้อยู่ในรูปที่มนุษย์ สามารถที่จะเข้าใจได้ ในระหว่างการส่งอาจจะมีอุปสรรคที่เกิดขึ้นก็คือ สิ่งรบกวน (Noise) จากภายนอกทำให้ข้อมูลบางส่วนเสียหาย หรือผิดเพี้ยนไปได้ซึ่งระยะทางก็มีส่วนเกี่ยวข้อง ด้วยเพราะถ้าระยะทางในการส่งยิ่งมากก็อาจจะทำให้เกิดสิ่งรบกวนได้มากเช่นกัน จึงต้องมีหาวิธีลดสิ่งรบกวน เหล่านี้ โดยการพัฒนาตัวกลางในการสื่อสารที่จะทำให้เกิดการรบกวนน้อยที่สุด

2.2 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบ



รูปที่ 2.1 แสดง communication diagram

องค์ประกอบพื้นฐานของระบบสื่อสารโทรคมนาคม สามารถจำแนกออกเป็นส่วนประกอบได้ดังต่อไปนี้

1. ผู้ส่งข่าวสารหรือแหล่งกำเนิดข่าวสาร (source) อาจจะเป็นสัญญาณต่าง ๆ เช่น สัญญาณภาพข้อมูล และเสียงเป็นต้น ในการติดต่อสื่อสารสมัยก่อนอาจจะใช้แสงไฟ คิวไฟ หรือท่าทางต่างๆก็นับว่าเป็นแหล่งกำเนิดข่าวสาร จัดอยู่ในหมวดหมู่นี้เช่นกัน

2. ผู้รับข่าวสารหรือจุดหมายปลายทางของข่าวสาร (sink) ซึ่งจะรับรู้จากสิ่งที่ผู้ส่งข่าวสาร หรือแหล่งกำเนิดข่าวสารส่งผ่านมาให้ทราบใด ที่การติดต่อสื่อสารบรรลุวัตถุประสงค์ ผู้รับสารหรือจุดหมายปลายทางของข่าวสารก็จะได้รับข่าวสารนั้นๆ ถ้าผู้รับสารหรือจุดหมายปลายทางไม่ได้รับข่าวสาร ก็แสดงว่าการสื่อสารนั้นไม่ประสบความสำเร็จ กล่าวคือไม่มีการสื่อสารเกิดขึ้นนั่นเอง

3. ช่องสัญญาณ (channel) ในที่นี้อาจจะหมายถึงสื่อกลางหรือตัวกลางที่ข่าวสารเดินทางผ่าน อาจจะเป็นอากาศ สายนำสัญญาณต่าง ๆ หรือแม้กระทั่งของเหลว เช่น น้ำ น้ำมัน เป็นต้น เปรียบเสมือนเป็นสะพานที่จะให้ข่าวสารข้ามจากฝั่งหนึ่งไปยังอีกฝั่งหนึ่ง

4. การเข้ารหัส (encoding) เป็นการช่วยให้ผู้ส่งข่าวสารและผู้รับข่าวสารมีความเข้าใจตรงกันในการสื่อความหมาย จึงมีความจำเป็นต้องแปลงความหมายนี้ การเข้ารหัสจึงหมายถึงการแปลงข่าวสารให้อยู่ในรูปพลังงาน ที่พร้อมจะส่งไปในสื่อกลาง ทางผู้ส่งมีความเข้าใจต้องตรงกันระหว่างผู้ส่งและผู้รับหรือมีรหัสเดียวกัน การสื่อสารจึงเกิดขึ้นได้

5. การถอดรหัส (decoding) หมายถึงการที่ผู้รับข่าวสารแปลงพลังงานจากสื่อกลางให้กลับไปอยู่ในรูปข่าวสารที่ส่งมาจากผู้ส่งข่าวสาร โดยมีความเข้าใจในหรือรหัสตรงกัน

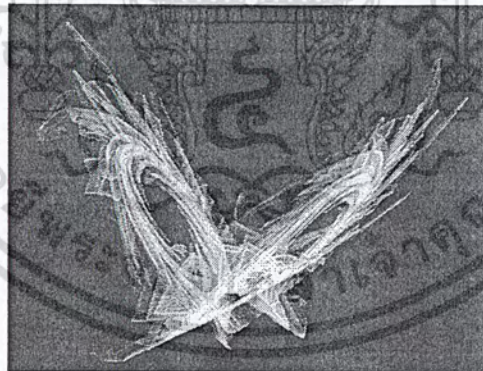
6. สัญญาณรบกวน (noise) เป็นสิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติ มักจะลดทอนหรือรบกวนระบบ อาจเกิดขึ้นได้ทั้งทางด้านผู้ส่งข่าวสาร ผู้รับข่าวสาร และช่องสัญญาณ แต่ในการศึกษาขั้นพื้นฐานมักจะสมมติให้ทางด้านผู้ส่งข่าวสารและผู้รับข่าวสารไม่มีความผิดพลาด ตำแหน่งที่ใช้วิเคราะห์ มักจะเป็นที่ตัวกลางหรือช่องสัญญาณ เมื่อไรที่รวมสัญญาณรบกวนด้านผู้ส่งข่าวสารและด้านผู้รับข่าวสาร ในทางปฏิบัติมักจะใช้ วงจรกรอง (filter) กรองสัญญาณแต่ต้นทาง เพื่อให้การสื่อสารมีคุณภาพดียิ่งขึ้นแล้วค่อยดำเนินการ เช่น การเข้ารหัสแหล่งข้อมูล เป็นต้น

2.3 ทฤษฎีเคออส (Chaos theory)

ทฤษฎีความอลวน (chaos theory) เป็นทฤษฎีที่อธิบายถึง ลักษณะพฤติกรรมของระบบพลวัต (คือ ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น เปลี่ยนแปลงตามเวลาที่เปลี่ยนไป) โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระบบที่เรียกว่าเคออสนี้ จะมีลักษณะที่ปั่นป่วนจนดูคล้ายว่า การเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นแบบสุ่มหรือไร้ระเบียบ (random/stochastic) แต่จริง ๆ แล้ว ระบบเคออสนี้เป็นระบบแบบไม่สุ่ม หรือระบบที่มีระเบียบ(deterministic)

ในทางคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ คำจำกัดความของระบบเคออส คือ ระบบแบบไม่เป็นเชิงเส้น (nonlinear system) ประเภทหนึ่ง ที่มีความไวต่อสภาวะเริ่มต้น กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ถ้าระบบ 2 ระบบนั้นเริ่มต้นจากสภาวะที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย คือเกือบจะเหมือนกันทุกประการ เมื่อระบบได้มีการเปลี่ยนไปสักระยะหนึ่ง สภาวะของระบบทั้งสองที่เราสังเกตได้เมื่อเวลาผ่านไปจะแตกต่างกันอย่างสังเกตเห็นได้ชัด

เรามักจะได้ยินคำพูดที่เป็นที่นิยมพูดกันอย่างกว้างขวางที่ว่า "เด็ดดอกไม้สะเทือนถึงดวงดาว" หรือ "ผีเสื้อขยับปีกทำให้เกิดพายุ" (จาก "butterfly effect") ซึ่งมีคนจำนวนไม่น้อยที่ตีความในลักษณะของขนาดความรุนแรงของผลลัพธ์เท่านั้น ระบบเคออสนั้นไม่จำเป็นจะต้องแตกต่างกันในแง่ของ ขนาด ของผลลัพธ์เสมอไป แต่อาจแตกต่างกันในแง่ของ พฤติกรรม การเปลี่ยนแปลงก็ได้



รูปที่ 2.2 รูปประกอบ butterfly effect

2.3.1 ประวัติความเป็นมาของทฤษฎีเคออส

จุดเริ่มต้นของทฤษฎีความอลวนนี้ สามารถสืบย้อนกลับไปได้ถึงในช่วงปี พ.ศ.2443 (ค.ศ. 1900) จากการศึกษาปัญหาวงโคจรของวัตถุสามชิ้นในสนามแรงดึงดูดระหว่างกัน ซึ่งมีชื่อเรียกเป็นทางการว่า ปัญหาสามวัตถุ (three-body problem) โดย อองรี ปวงกาเรซึ่งได้ค้นพบว่า วงโคจรที่ศึกษานั้นอาจจะมีลักษณะที่ไม่ได้เป็นวงรอบ (periodic) คือไม่ได้มีทางวิ่งซ้ำเป็นวงรอบ ยิ่งไปกว่านั้น วงโคจรนั้นก็ไม่ได้ขยายวงออกไปเรื่อย ๆ หรือมีลักษณะที่ลู่อื่นเข้าหาจุดใด ๆ



(ก)

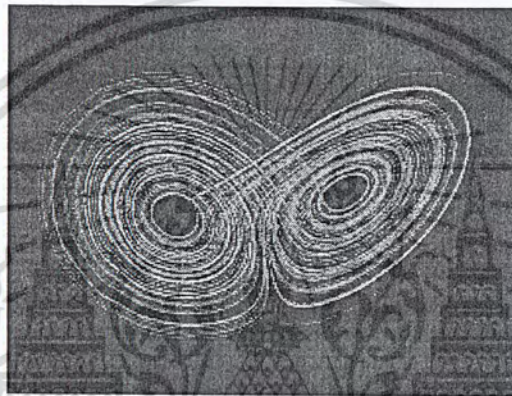
(ข)

(ค)

รูปที่ 2.3 (ก) Edward Lorenz , (ข) Stephen Smale, (ค) Henri Poincaré

สเมล (Stephen Smale) นั้นอาจเป็นนักคณิตศาสตร์คนแรก ที่ทำการศึกษาดังปัญหาทางด้านพลศาสตร์ ของระบบไม่เป็นเชิงเส้น ถึงแม้ว่าความอลวนของเส้นทางโคจรของดาว นั้นยังไม่ได้มีการทำการสังเกตบันทึกแต่อย่างใด แต่ก็ได้มีการสังเกตพบ พฤติกรรมความอลวนในความปั่นป่วนของการเคลื่อนที่ของของไหล และ ในการออสซิลเลท แบบไม่เป็นวงรอบของวงจรวิทยุ ซึ่งไม่มีทฤษฎีใดในขณะนั้นสามารถอธิบายพฤติกรรมเหล่านี้ได้ ความตื่นตัวในการพัฒนาทฤษฎีความอลวนนี้ เกิดขึ้นในช่วงกลางของศตวรรษที่ 20 เมื่อเป็นที่ประจักษ์ว่า ทฤษฎีของระบบเชิงเส้นนั้นไม่สามารถใช้อธิบายพฤติกรรมบางอย่าง แม้กระทั่งพฤติกรรมของระบบที่ไม่ซับซ้อนอย่าง แมพลอจิสติก (Logistic map) อีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้พัฒนาการของทฤษฎีความอลวน เป็นไปอย่างรวดเร็วก็คือ คอมพิวเตอร์ การคำนวณในทฤษฎีความอลวนนั้น โดยส่วนใหญ่จะมีลักษณะที่เป็นการคำนวณค่าแบบซ้ำ ๆ จากสูตรคณิตศาสตร์ และสามารถใช้อุปกรณ์ช่วยในการคำนวณได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอ็ดเวิร์ด รอลเลนซ์ (Edward Lorenz) เป็นผู้ริเริ่มบุกเบิกทฤษฎีความอลวน เขาได้สังเกตพฤติกรรมความอลวน ในขณะที่ทำการทดลองทางด้านการพยากรณ์อากาศในปี ค.ศ. 1961 ลอเรนซ์ใช้คอมพิวเตอร์ซิมูเลชันแบบจำลองสภาพอากาศ ซึ่งในการคำนวณครั้งถัดมาเขาไม่ต้องการเริ่มซิมูเลชันจากจุดเริ่มต้นใหม่ เพื่อประหยัดเวลาในการคำนวณ เขาจึงใช้ข้อมูลในการคำนวณก่อนหน้านี้เพื่อเป็นค่าเริ่มต้น ปรากฏว่าค่าที่คำนวณได้มีความแตกต่างไปจากเดิมอย่างสิ้นเชิง เขาพบว่าสาเหตุเกิดจากการปัดเศษ ของค่าที่พิมพ์ออกมา จากค่าที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีค่าน้อยมาก แต่สามารถนำไปสู่ความแตกต่างอย่างมากมาย เรียกว่า ไวต่อสภาวะเริ่มต้น



รูปที่ 2.4 แสดง Lorenz Attractor

2.3.2 คุณสมบัติของเคออส

1. มีคุณสมบัติแบบไม่เป็นเชิงเส้น (nonlinearly)

คุณสมบัติแบบไม่เป็นเชิงเส้นสามารถนิยามได้ว่าตรงกันข้ามกับ คุณสมบัติแบบเชิงเส้น โดยที่ฟังก์ชัน f จะมีคุณสมบัติเชิงเส้นก็ต่อเมื่อ $f(x+y) = f(x)+f(y)$ นั่นก็คือ ในระบบแบบไม่เป็นเชิงเส้นผลลัพธ์จากการรวมกัน ของส่วนย่อยจะไม่เท่ากับผลรวมของทั้งหมดนั่นเอง และการที่ระบบโกลาหลจำเป็นต้องเป็นระบบ ที่ไม่เป็นเชิงเส้นก็ไม่ได้หมายถึง ระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นทุกๆ ระบบจะเป็นระบบโกลาหลด้วยเสมอไป

2. ไม่ใช่เกิดแบบสุ่ม (คือเป็น deterministic ไม่ใช่ probabilistic)

หรือกล่าวอีกแบบหนึ่งก็คือ ในระบบเคออส พฤติกรรมทั้งหลายจะเกิดขึ้นภายใต้กฎเกณฑ์ที่แน่นอน เหตุการณ์ที่ไม่สามารถทำนายได้ล่วงหน้าแบบการทอดลูกเต๋า จึงไม่ใช่ ความเป็นเคออส แต่เป็นการสุ่ม

3. ไวต่อสภาวะเริ่มต้น (sensitivity to initial conditions)

คือการเริ่มต้นที่ต่างกันเพียงนิดเดียวอาจส่งผลให้ผลลัพธ์ต่างกันมาก เพราะว่าในระบบเคออสไวต่อค่าเริ่มต้นซึ่งจะขยายความแตกต่างให้เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเวลาผ่านไป ตัวอย่างหนึ่งที่เราเห็นได้ชัดเจนคือการขยายผลลัพธ์ให้ความแตกต่างรวดเร็วขึ้นของเลขยกกำลัง (exponential) นั้นเอง

4. ไม่สามารถทำนายล่วงหน้าในระยะยาวได้ (Long-term prediction is impossible)

ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากข้อ 3 เพราะการที่ไวต่อสภาวะเริ่มต้น จะทำให้เราไม่รู้ว่า ระบบนั้นจะเป็นอย่างไรในระยะยาว อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติข้อนี้ ไม่ได้แปลว่าการทำนายระยะสั้น (Short-term Prediction) จะเป็นสิ่งที่เป็นไปได้

2.3.3 ประโยชน์ของทฤษฎีเคออส

1. ใช้ในการวิเคราะห์ระบบและทำนายอนาคต

อย่างที่กล่าวมาข้างต้นว่า แม้เราจะไม่สามารถทำนายอนาคตของระบบเคออสในระยะยาวได้ แต่เราก็สามารถทำนายอนาคตของสัญญาณในระยะสั้นได้ หากเราสามารถหาโมเดลที่อธิบายพฤติกรรมของระบบนั้นและทราบสภาวะเริ่มต้นอย่างแม่นยำพอควร เช่น ในปัจจุบัน ได้ใช้เคออสในการวิจัยเพื่อทำนายอนุกรมตามลำดับเวลา (Time-series Data)

2. ใช้ในการสร้างระบบ โกลาหล

มีผู้เชื่อว่า “ในธรรมชาติ ความโกลาหลเป็นสิ่งสากลมากกว่าและดีกว่าระเบียบแบบง่าย ๆ” เช่น การที่บริษัทที่มีชื่อเสียงยังใช้ทฤษฎีโกลาหลควบคุมหัวฉีดของเครื่องล้างจาน ซึ่งพบว่าสามารถล้างจานได้สะอาดโดยประหยัดน้ำได้กว่าเครื่องล้างจานแบบอื่นๆ ทั้งนี้เพราะเส้นทางการเคลื่อนที่ของหัวฉีดที่ดูเหมือนไร้ระเบียบทำให้ครอบคลุมพื้นที่ได้ดีกว่าการเคลื่อนที่ตามแบบแผนปกติ

3. ใช้ในการควบคุม-สร้างความเสถียรให้กับระบบ

ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้ตามแนว ความคิดนี้ได้แก่ การที่องค์การนาซา (NASA) สามารถควบคุมยานอวกาศ ISEE-3 ให้ลอยไปสู่ดาวหางที่ต้องการสำรวจได้โดยใช้เชื้อเพลิงเพียงเล็กน้อย

2.3.4 ตัวดึงดูด Lorenz (Lorenz attractor)

ตัวดึงดูด Lorenz (Lorenz attractor) คิดขึ้นโดย เอ็ดเวิร์ด ลอเรนซ์ (Edward Lorenz) ในปี ค.ศ. 1963 เป็นระบบพลวัตไม่เป็นเชิงเส้น 3 มิติ ทฤษฎีดังกล่าวใช้อธิบายการเคลื่อนตัวของก๊าซ และของเหลว สมการที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ Lorenz Attractor นี้คือ ตัวดึงดูด Lorenz เขียนในรูปสมการทางคณิตศาสตร์เชิงอนุพันธ์ได้ดังต่อไปนี้

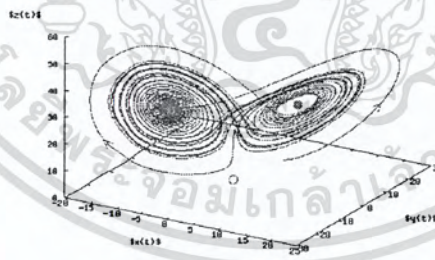
$$\frac{dx}{dt} = \sigma(y - x)$$

$$\frac{dy}{dt} = \rho x - y - xz$$

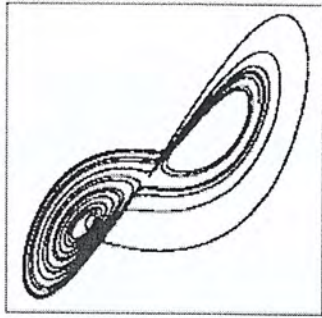
$$\frac{dz}{dt} = xy - \beta z$$

σ คือค่าอัตราส่วนระหว่างแรงต้านของของเหลวและแรงดันของก๊าซหรือของเหลว, ρ คือค่าความต่างของอุณหภูมิระหว่างช่วงบนสุดกับล่างสุดของตัวกลาง และ β คืออัตราส่วนระหว่างความกว้างกับความยาวของภาชนะที่ใช้บรรจุ เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า The Butterfly Effect เนื่องด้วยลักษณะการกระจายตัวของค่าที่ได้มีลักษณะคล้ายกับปีกผีเสื้อ ถ้าเราเปลี่ยนแปลงค่า σ , ρ หรือ β เพียงตัวเดียว ถึงแม้ว่าจะเป็นเพียงเล็กน้อยก็ตาม ผลลัพธ์ที่ได้จะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมโดยสิ้นเชิง

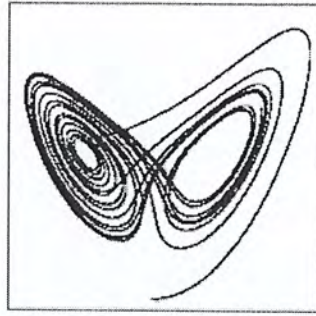
จากสมการของ Lorenz เมื่อพล็อตความสัมพันธ์ลงบนแกน x, y, z จะได้ดังรูปที่ 2.4



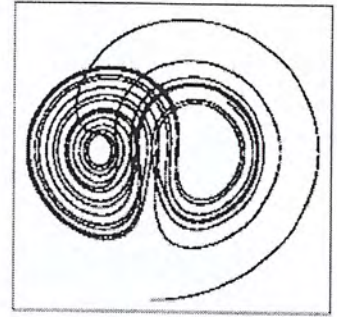
รูปที่ 2.5 สัญลักษณ์แสดงจากตัวดึงดูด Lorenz ในลักษณะ 3 มิติ



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 2.6 สัญญาณเคออสจากตัวดึงดูด Lorenz ในลักษณะ 2 มิติระหว่างระนาบต่างๆ

(a) ระนาบ x,y (b) ระนาบ x,z (c) ระนาบ y,z

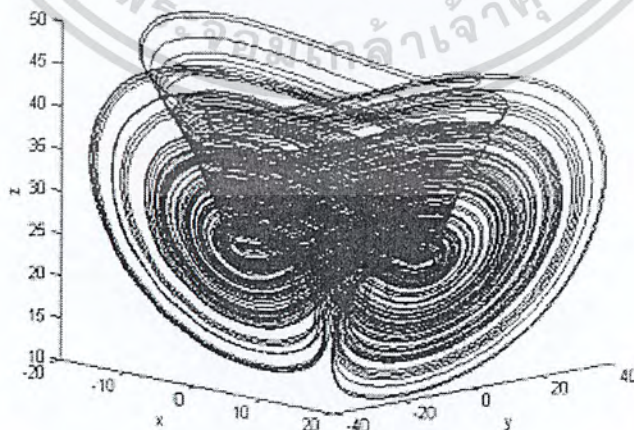
2.3.5 ตัวดึงดูด Chen (Chen attractor)

หลังจากปี ค.ศ.1999 เมื่อศาสตราจารย์ Guanrong Chen แห่ง City University of Hongkong ได้ค้นพบตัวดึงดูดแบบใหม่ที่เกิดจากการควบคุมสมการของ Lorenz ได้รับการอธิบายโดยสมการอนุพันธ์ไม่เป็นเชิงเส้นดังสมการนี้

$$\begin{aligned} \dot{x} &= a(y-x) \\ \dot{y} &= (c-a)x - xz + cy \\ \dot{z} &= xy - bz \end{aligned}$$

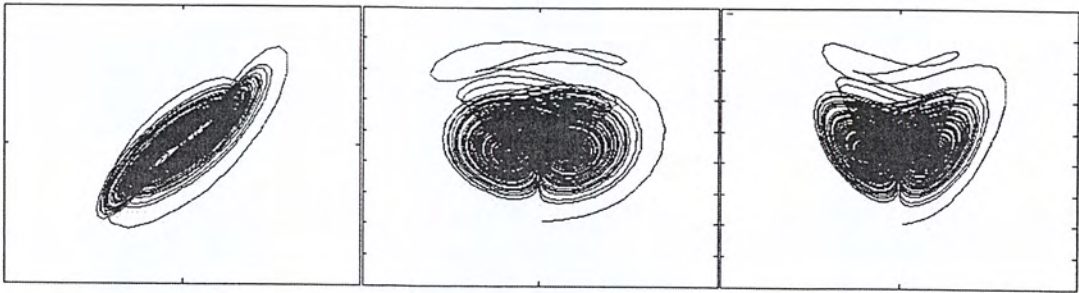
เมื่อ $(a, b, c) = (35, 3, 28)$

จากสมการของ Chen เมื่อพล็อตความสัมพันธ์ลงบนแกน x, y, z จะได้รูปที่ 2.6



รูปที่ 2.7 แสดงสัญญาณ Chaos ในลักษณะ 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)

(b)

(c)

รูปที่ 2.8 สัญลักษณ์เคออสจากตัวดึงดูด Chen ในลักษณะ 2 มิติระหว่างระนาบต่างๆ

(a) ระนาบ x ,y

(b) ระนาบ y ,z

(c) ระนาบ x ,z

2.3.6 ตัวดึงดูด Liu (Liu attractor)

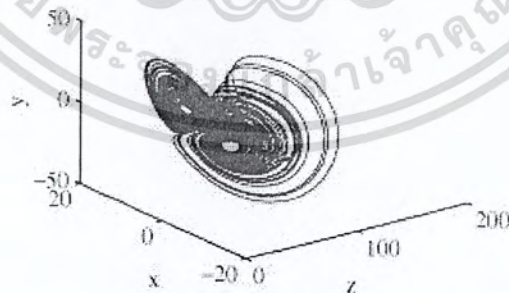
ระบบของ Liu เป็นระบบ Chaos รูปแบบใหม่ ซึ่งจะเกี่ยวเนื่องมาจากระบบ Lorenz และระบบ Chen และแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งอีกด้วย ระบบตัวแปร 3 มิติ ที่ได้รับการศึกษาเมื่อเร็ว ๆ นี้ ซึ่งสามารถสร้างพฤติกรรม Chaos ที่แตกต่างกัน หนึ่งในนั้นซึ่งเสนอโดย Liu et al ได้รับการอธิบายโดยสมการอนุพันธ์ไม่เป็นเชิงเส้นดังสมการนี้

$$x' = 10(y - x)$$

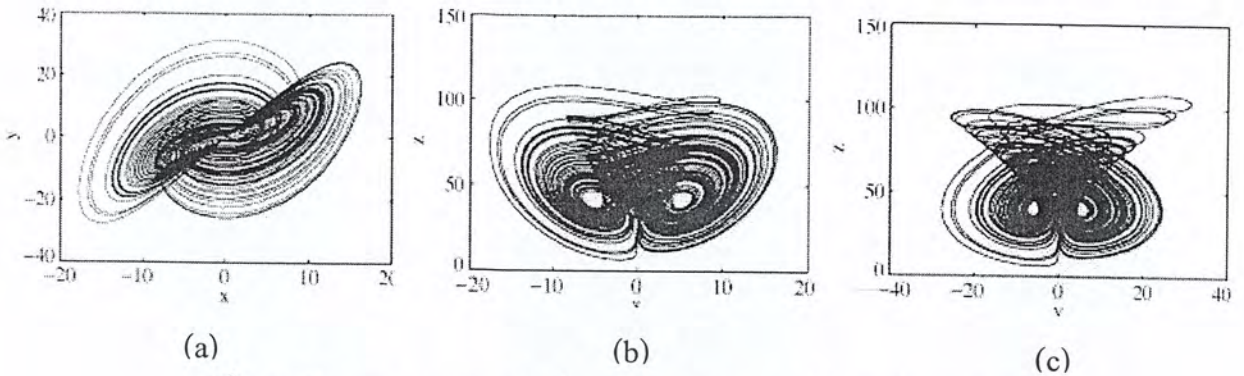
$$y' = 40x - xz$$

$$z' = -2.5z + 4x^2$$

จากสมการของ Liu เมื่อพล็อตความสัมพันธ์ลงบนแกน x,y,z จะได้ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.9 แสดงสัญลักษณ์ Chaos ในลักษณะ 3 มิติ

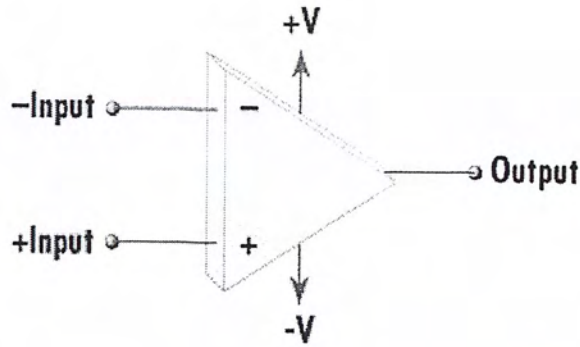


รูปที่ 2.10 สัญญาณเคออสจากตัวดึงดูด Liu ในลักษณะ 2 มิติระหว่างระนาบต่างๆ

(a) ระนาบ x, y (b) ระนาบ x, z (c) ระนาบ y, z

2.4 วงจรออปแอมป์ (Op-Amp)

ออปแอมป์ (Operation Amplifier, Op-Amp) หรือวงจรรขยายเชิงดำเนินการ เป็นอุปกรณ์ วงจรรวมหรือไอซีประเภทเชิงเส้น (Linear Integrated Circuit) ซึ่งมีการนำไปใช้งานประยุกต์ ต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง ออปแอมป์ถูกออกแบบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1948 เพื่อช่วยปฏิบัติการด้าน คณิตศาสตร์ในเครื่องอนาลอกคอมพิวเตอร์ (Analog Computer) ตั้งนั้น จึงใช้ชื่อว่า Operational Amplifier ซึ่งหมายถึง วงจรรขยายดำเนินการ นอกจากนี้ ออปแอมป์ยังได้ถูกนำไปใช้งาน ประยุกต์ต่าง ๆ มากมาย ทั้งนี้ก็เนื่องจากเป็นวงจรรขยายผลต่าง (Differential Amplifier) ที่มี อัตราขยายที่สูงมาก และการออกแบบและวิเคราะห์วงจรที่ใช้ ออปแอมป์ก็ทำได้ง่าย งาน ประยุกต์ที่ใช้ออปแอมป์จะพบได้ในวงจรเครื่องวัด, วงจรแสดงผล, วงจรปรับสัญญาณ, วงจร สื่อสาร, วงจรระบบเตือนภัย, วงจรอิเล็กทรอนิกส์ทางการแพทย์, ด้านวิทยาศาสตร์ และใน ระบบคอมพิวเตอร์ เป็นต้น จะเห็นได้ว่าออปแอมป์ได้ถูกนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง ดังนั้นจึง อาจเรียกออปแอมป์ได้ว่าเป็นวงจรรขยายเชิงเส้นอเนกประสงค์



รูปที่ 2.11 สัญลักษณ์ของออปแอมป์

สัญลักษณ์ของออปแอมป์เป็นดังรูป 2.10 ซึ่งใช้แหล่งจ่ายกระแสตรง คือ $+V_{ss}$ และ $-V_{ss}$ จ่ายให้กับออปแอมป์ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ไม่เกิน ± 15 V ทางด้านอินพุต จะมี 2 ขั้วคือ อินพุตทางลบและอินพุตทางบวก



รูปที่ 10.12 ลักษณะการต่อใช้งานของออปแอมป์

จากรูป 10.11 จะเห็นว่า เอาท์พุต V_o ที่ออกจากออปแอมป์จะผ่านตัวต้านทาน R_L ลงกราวด์และอินพุตทางบวก แทนด้วยขั้วของ V_p ส่วนอินพุตทางลบแทนด้วยขั้วของ V_n ซึ่งผลต่างระหว่างทั้งสองขั้วของออปแอมป์จะเป็น V_D

$$V_D = V_p - V_n$$

ในออปแอมป์อุดมคตินั้น เราจะสามารถหาอัตราขยาย (μ) ได้ จาก

$$\mu = \frac{1}{1_t}$$

จากสองสมการข้างต้น จะได้ว่า

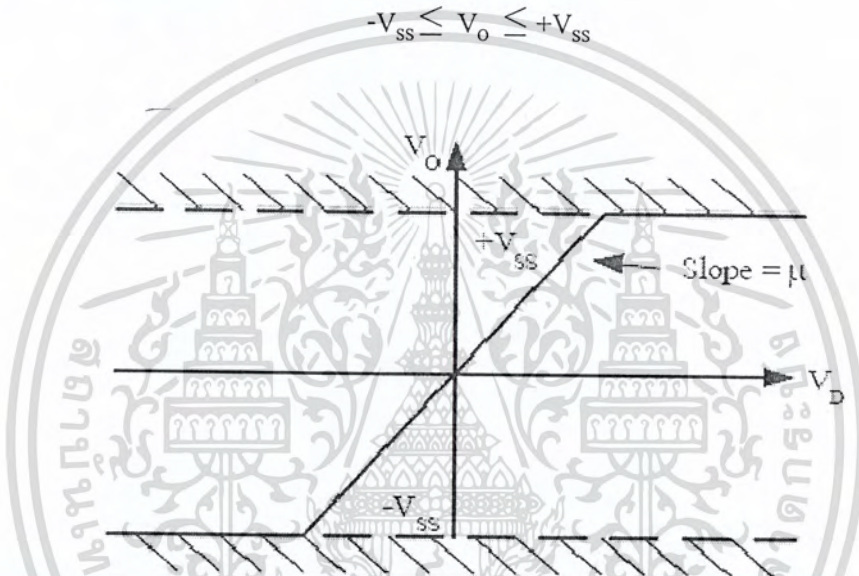
$$V_O = \mu(V_P - V_N)$$

2.4.1 คุณลักษณะของออปแอมป์ในอุดมคติ

จะมีคุณลักษณะพื้นฐานอยู่ 4 แบบคือ

1. แรงดันเอาต์พุตจะไม่เกินแรงดันที่จ่ายให้กับออปแอมป์

จากกราฟดังรูป 2.12 ทำให้ทราบว่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากออปแอมป์นั้นจะมีค่าไม่เกินแรงดันที่ป้อนให้กับออปแอมป์ นั่นก็คือ



รูป 2.13 กราฟแสดงลักษณะแรงดันของออปแอมป์ในอุดมคติ

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

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

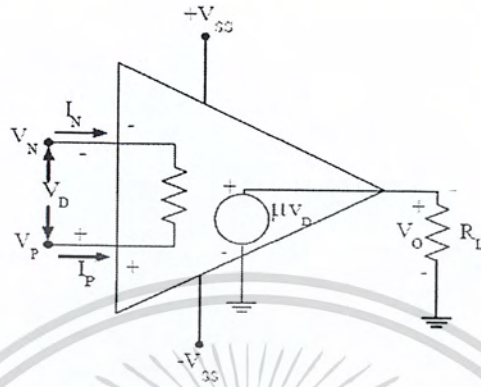
3. ขาอินพุตทั้งสองเสมือนเชื่อมติดกัน ($V_D = 0$)

เราสามารถเขียนสมการได้เป็น

$$V_D = \frac{V_P - V_N}{1}$$

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

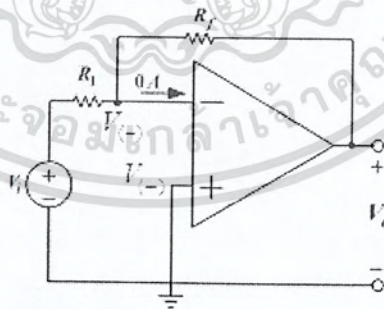
4. กระแสของอินพุตทั้งสองเป็นศูนย์ ($I_N = I_P = 0$)
 เนื่องจาก ความต้านทานภายใน (R_p) ของออปแอมป์มีค่าสูงมาก (\square) นั่นคือ จะทำให้กระแสที่ไหลเข้าขาทั้งสองมีค่าเป็น 0



รูปที่ 2.14 วงจรสมมูลของออปแอมป์ในอุดมคติ

2.4.2 วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส (Inverting Amplifier)

วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส คือวงจรออปแอมป์ที่กลับสัญญาณอินพุตให้มีเครื่องหมายตรงกันข้ามกับของเดิม



รูปที่ 2.15 วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส

พิจารณาจากรูปด้านบนเราจะได้ความสัมพันธ์ของแรงดันอินพุต คือ

$$V_{(-)} = 0 = V_{(+)}$$

(ขั้วบวกของออปแอมป์ต่อลงกราวด์ แรงดันที่ขั้วบวกจึงมีค่าเท่ากับศูนย์)

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

พิจารณาที่ โหนด $V_{(-)}$ จาก KCL;

$$\frac{V_{(-)} - V_i}{R_1} + \frac{V_{(-)} - V_o}{R_f} = 0$$

เมื่อแทนค่า $V_{(-)} = 0$ ในสมการข้างต้น จะได้สมการความสัมพันธ์ คือ

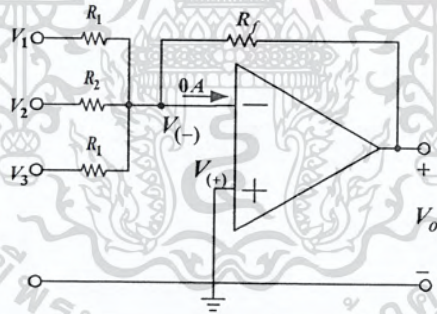
$$-\frac{V_i}{R_1} - \frac{V_o}{R_f} = 0$$

$$V_o = -\frac{R_f}{R_1} V_i$$

ซึ่ง $-\frac{R_f}{R_1}$ คือ ค่า voltage gain จะเห็นได้ว่าค่า voltage gain มีค่าติดลบซึ่งเป็นการบ่งบอกถึงวงจรดังกล่าวทำหน้าที่กลับสัญญาณ

2.4.3 วงจรขยายสัญญาณแบบรวมสัญญาณ (Summing Amplifier)

วงจรขยายสัญญาณแบบรวมสัญญาณ คือ วงจรออปแอมป์ที่รวมอินพุตตั้งแต่ 2 อินพุตขึ้นไปมารวมกัน



รูปที่ 2.16 วงจรขยายสัญญาณแบบรวมสัญญาณ

พิจารณาจากรูป(สังเกตที่ขั้วบวก) จะได้

$$V_{(+)} = 0 = V_{(-)}$$

พิจารณาที่ โหนด $V_{(-)}$ จาก KCL;

$$\frac{V_{(-)} - V_1}{R_1} + \frac{V_{(-)} - V_2}{R_2} + \frac{V_{(-)} - V_3}{R_3} + \frac{V_{(-)} - V_o}{R_f} = 0$$

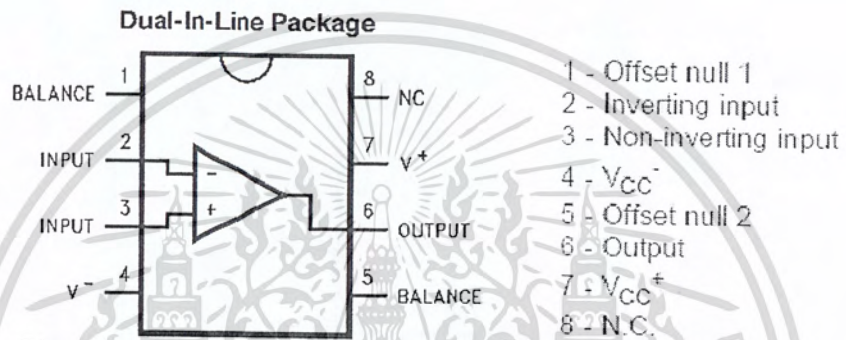
เมื่อแทนค่า $V_{(-)} = 0$ ในสมการข้างต้น จะได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุต คือ

$$-\frac{V_1}{R_1} - \frac{V_2}{R_2} - \frac{V_3}{R_3} - \frac{V_o}{R_f} = 0$$

$$v_o = -\left(\frac{R_f}{R_1}v_1 + \frac{R_f}{R_2}v_2 + \frac{R_f}{R_3}v_3\right)$$

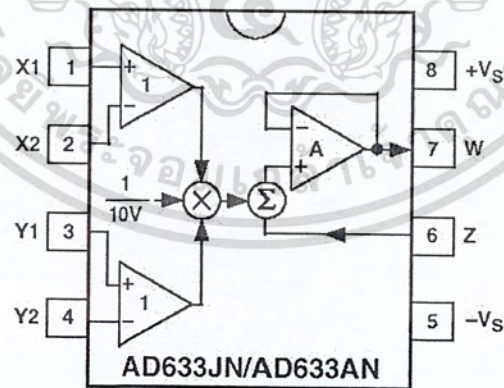
2.5 รายละเอียดของ IC แต่ละตัว

2.5.1 ไอซี LF351



รูปที่ 2.17 แสดงรูป IC LF351

2.5.2 ไอซี AD633JN



รูปที่ 2.18 แสดงรูป IC Ad633JN

ขา 1 Input +

ขา 3 Input +

ขา 5 ไฟเข้าลบ

ขา 7 Output

ขา 2 Input -

ขา 4 Input -

ขา 6 Input

ขา 8 ไฟเข้าบวก

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติของ IC LF351

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_{io}	Input Offset Voltage ($R_S = 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		3	10 13	mV
DV_{io}	Input Offset Voltage Drift		10		$\mu V/^\circ C$
I_{io}	Input Offset Current- note 1) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		5	100 4	pA nA
I_{ib}	Input Bias Current -note 1 $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		20	200 20	nA
A_{vd}	Large Signal Voltage Gain ($R_L = 2k\Omega, V_o = \pm 10V$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	50 25	200		V/mV
SVR	Supply Voltage Rejection Ratio ($R_S = 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	80 80	86		dB
I_{CC}	Supply Current, no load $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		1.4	3.4 3.4	mA
V_{icm}	Input Common Mode Voltage Range	± 11	+15 -12		V
CMR	Common-Mode Rejection Ratio ($R_S = 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	70 70	86		dB
I_{OS}	Output Short-circuit Current $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	10 10	40	60 60	mA
$\pm V_{opp}$	Output Voltage Swing $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $R_L = 2k\Omega$ $R_L = 10k\Omega$ $R_L = 2k\Omega$ $R_L = 10k\Omega$	10 12 10 12	12 13.5		V
SR	Slew Rate $V_i = 10V, R_L = 2k\Omega, C_L = 100pF, T_{amb} = +25^\circ C, \text{unity gain}$	12	16		V/ μs
t_r	Rise Time $V_i = 20mV, R_L = 2k\Omega, C_L = 100pF, T_{amb} = +25^\circ C, \text{unity gain}$		0.1		μs
K_{ov}	Overshoot $V_i = 20mV, R_L = 2k\Omega, C_L = 100pF, T_{amb} = +25^\circ C, \text{unity gain}$		10		%
GBP	Gain Bandwidth Product $f = 100kHz, T_{amb} = +25^\circ C, V_{in} = 10mV, R_L = 2k\Omega, C_L = 100pF$	2.5	4		MHz
R_i	Input Resistance		10^{12}		Ω
THD	Total Harmonic Distortion ($f = 1kHz, A_v = 20dB$ $R_L = 2k\Omega, C_L = 100pF, T_{amb} = +25^\circ C, V_o = 2V_{pp}$)		0.01		
e_n	Equivalent Input Noise Voltage $R_S = 100\Omega, f = 1KHz$		15		$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$
ϕ_m	Phase Margin		45		Degrees

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของ IC AD633JN

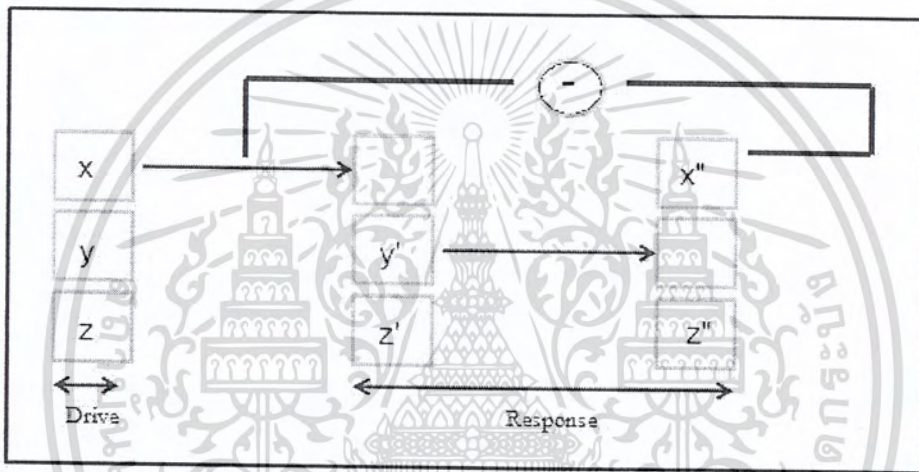
AD633—SPECIFICATIONS ($T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{ V}$, $R_L > 2\text{ k}\Omega$)

Model	AD633J, AD633A				
TRANSFER FUNCTION		$W = \frac{(X_1 - X_2)(Y_1 - Y_2)}{10 V} + Z$			
Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
MULTIPLIER PERFORMANCE					
Total Error	$-10\text{ V} \leq X, Y \leq +10\text{ V}$	± 1		± 2	% Full Scale
T_{MIN} to T_{MAX}		± 3			% Full Scale
Scale Voltage Error	SF = 10.00 V Nominal	$\pm 0.25\%$			% Full Scale
Supply Rejection	$V_S = \pm 14\text{ V}$ to $\pm 16\text{ V}$	± 0.01			% Full Scale
Nonlinearity, X	$X = \pm 10\text{ V}$, $Y = +10\text{ V}$	± 0.4		± 1	% Full Scale
Nonlinearity, Y	$Y = \pm 10\text{ V}$, $X = +10\text{ V}$	± 0.1		± 0.4	% Full Scale
X Feedthrough	Y Nulled, $X = \pm 10\text{ V}$	± 0.3		± 1	% Full Scale
Y Feedthrough	X Nulled, $Y = \pm 10\text{ V}$	± 0.1		± 0.4	% Full Scale
Output Offset Voltage		± 5		± 50	mV
DYNAMICS					
Small Signal BW	$V_O = 0.1\text{ V rms}$		1		MHz
Slew Rate	$V_O = 20\text{ V p-p}$		20		V/ μs
Settling Time to 1%	$\Delta V_O = 20\text{ V}$		2		μs
OUTPUT NOISE					
Spectral Density	$f = 10\text{ Hz}$ to 5 MHz		0.8		$\mu\text{V}/\sqrt{\text{Hz}}$
Wideband Noise	$f = 10\text{ Hz}$ to 10 kHz		1		mV rms
			90		$\mu\text{V rms}$
OUTPUT					
Output Voltage Swing		± 11			V
Short Circuit Current	$R_L = 0\ \Omega$		30	40	mA
INPUT AMPLIFIERS					
Signal Voltage Range	Differential	± 10			V
	Common Mode	± 10			V
Offset Voltage X, Y			± 5	± 30	mV
CMRR X, Y	$V_{\text{CM}} = \pm 10\text{ V}$, $f = 50\text{ Hz}$	60	80		dB
Bias Current X, Y, Z			0.8	2.0	μA
Differential Resistance			10		$\text{M}\Omega$
POWER SUPPLY					
Supply Voltage			± 15		V
Rated Performance					V
Operating Range		± 8		± 18	V
Supply Current	Quiescent		4	6	mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การซิงโครไนซ์ของระบบเคออดิก

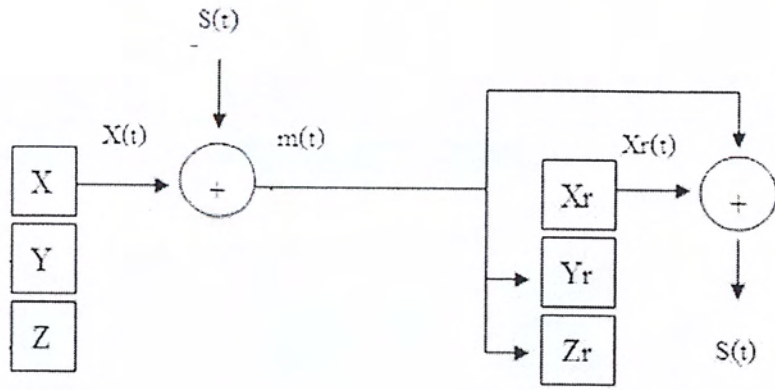
ระบบเคออดิกนั้นมีความสามารถทางการสื่อสารและทางการประมวลผลสัญญาณ (Signal processing) ดังนั้นในระบบเคออดิกจึงต้องมีการซิงโครไนซ์เกิดขึ้น ปกติแล้วระบบเคออดิกจะมีความสามารถในการซิงโครไนซ์ด้วยตัวของมันเอง โดยเมื่อมันถูกแยกออกเป็นระบบย่อย 2 ระบบ คือ ตัวส่งข้อมูล (Transmitter) หรือเรียกว่าระบบไดรฟ์ (Drive system) และตัวรับข้อมูล (Receiver) หรือเรียกว่าระบบเรสปอนส์ (Response system) ซึ่งจะทำให้การซิงโครไนซ์กันด้วยสัญญาณที่ใช้ในระบบร่วมกัน ความสามารถในการซิงโครไนซ์ของระบบเคออดิกนั้นมีความแข็งแกร่งมาก (Robust)



รูปที่ 2.19 ไดอะแกรมการซิงโครไนซ์ของระบบเคออดิก

2.7 การซิงโครไนซ์ของระบบ simple masking

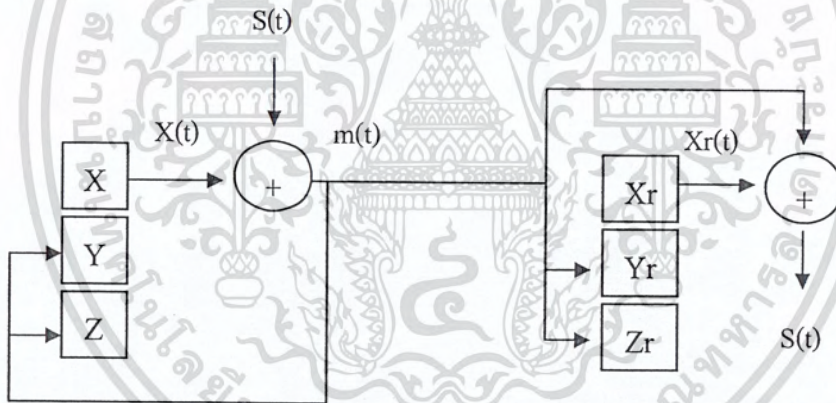
เมื่อเราต้องการนำสัญญาณข้อมูลมาทำการเข้ารหัส (Encryption) เราจะนำระบบ masking มาใช้ในการซิงโครไนซ์



รูปที่ 2.20 ไดอะแกรมการซิงโครไนซ์ของระบบ simple masking

2.8 การซิงโครไนซ์ของระบบ self-feeding masking

เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ simple masking โดยจะมีการส่งกลับของสัญญาณรวมไปยังภาคส่ง



รูปที่ 2.21 ไดอะแกรมการซิงโครไนซ์ของระบบ self-feeding masking

บทที่ 3

ออกแบบการทดลอง

3.1 การออกแบบสร้างสัญญาณเคออส

ในการออกแบบวงจรสำหรับสร้างสัญญาณเคออสแบบอนาล็อกสามารถสร้างได้ง่ายโดยการใช้แอมพลิฟายเออร์ของ Lorenz เมื่อตั้งเกดค่า x , y แล้วมีค่าใกล้เคียงกันดังนั้นจึงมีการเสนอรูปแบบแอมพลิฟายเออร์ใหม่ โดยประมาณค่าของ $xy \approx |x|$ และตัวเทอมของ y ออกจากสมการ y' ซึ่งแสดงระบบใหม่ได้ดังนี้

$$x' = -ax + ay$$


$$y' = rx - kxz$$

$$z' = -bz + k|x|$$

โดยค่า k เป็นค่าคงที่เพื่อใช้ scale ขนาดของแอมพลิฟายเออร์ ที่พารามิเตอร์ $a = 10$, $r = 20$, $b = 3$, $k = 10$ ระบบจะแสดงลักษณะแอมพลิฟายเออร์เป็นแบบ Lorenz แต่เมื่อปรับค่า $r = 50$ พารามิเตอร์อื่นมีค่าเท่าเดิม ระบบจะแสดงแอมพลิฟายเออร์แบบ Chen

3.1.1 ขั้นตอนการจำลองพฤติกรรมโดยใช้โปรแกรม Matlab

จากสมการ เราสามารถที่จะจำลองพฤติกรรมโดยใช้โปรแกรม Matlab ตามขั้นตอนดังนี้

1. หลังจากเปิดโปรแกรม คลิกปุ่ม Simulink ดังรูป 
2. เลือก File => New => Model
3. เลือกใช้เครื่องมือดังนี้ ในการจำลองตามสมการ



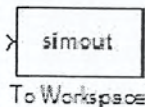
XY Graph

ใช้พล็อตกราฟ XY



Gain

ใช้สำหรับคูณกับค่าคงที่กับตัวแปร



simout
To Workspace

ใช้ส่งค่าไปยัง Workspace



Product

ใช้สำหรับการคูณ



Abs

ใช้เป็นตัว Absolute



Integrator

ใช้เป็นตัวอินทิเกรต

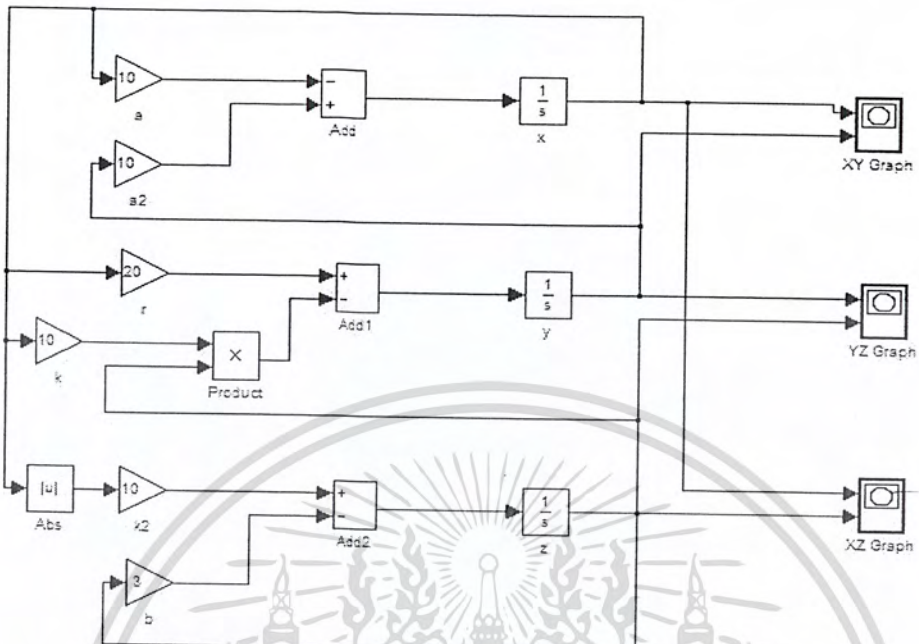


Add

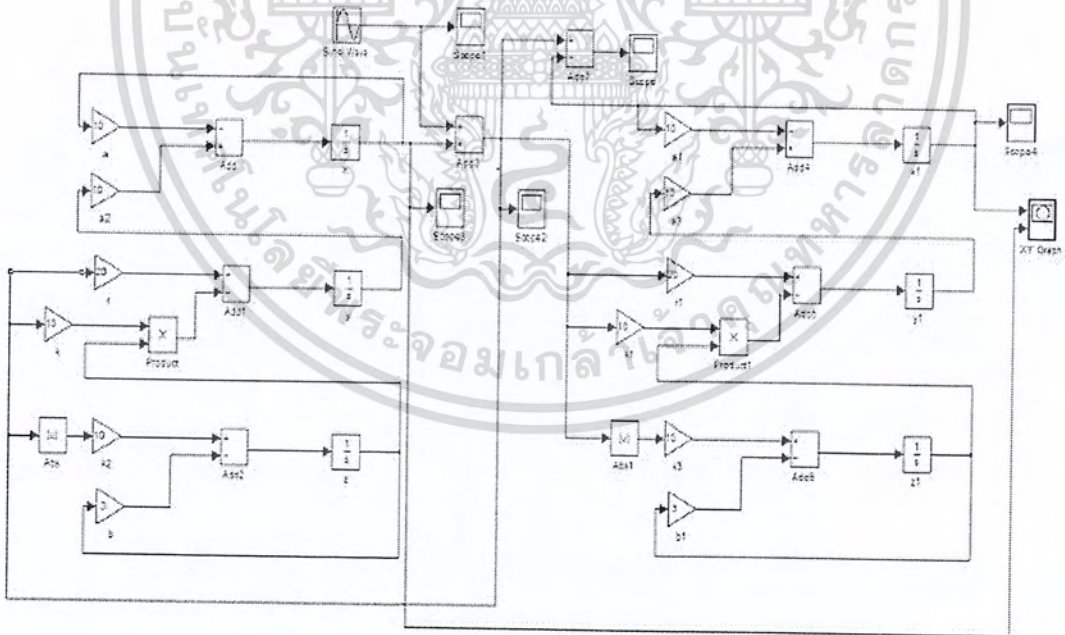
ใช้สำหรับบวกหรือลบ

4. เมื่อทำเสร็จแล้วจะได้ดังรูปที่ 3.1

5. ทำการrun ได้โดย คลิกที่ Simulation => Start

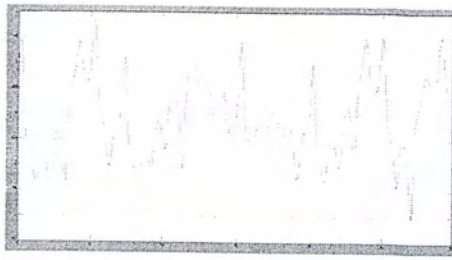


รูปที่ 3.1 แบบจำลองการสร้างสัญญาณเคออสของสมการ

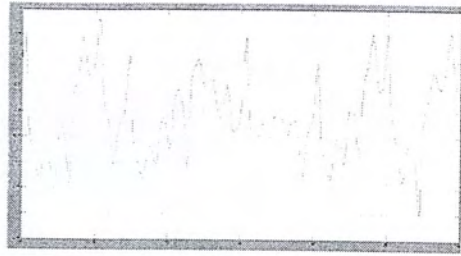


รูปที่ 3.2 แบบจำลองการสร้างวงจรทั้งภาคส่งและภาครับ

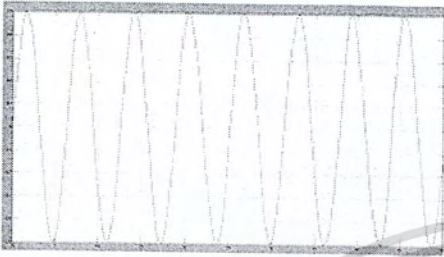
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



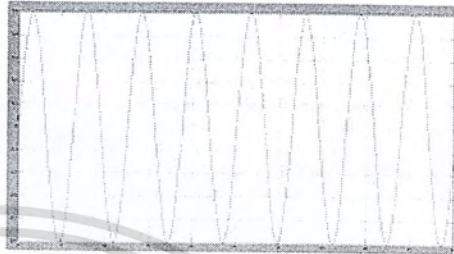
ก



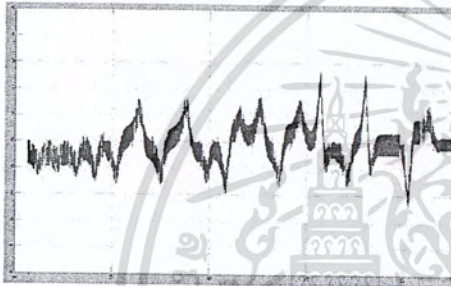
ข



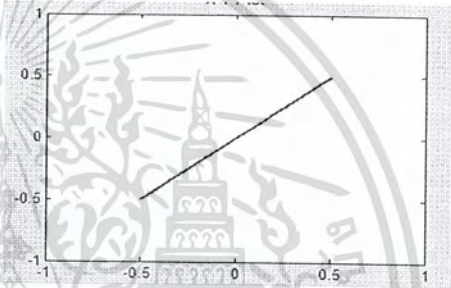
ค



ง



จ



ฉ

รูปที่ 3.3 กราฟที่ได้จากการรัน โปรแกรม Matlab

ก. กราฟที่ได้จากการวัดค่า x

ข. กราฟที่ได้จากการวัดค่า x

ค. กราฟสัญญาณข้อมูลที่รับเข้า $i_r(t)$

ง. กราฟสัญญาณข้อมูลที่รับเข้า $i_r(t)$

จ. กราฟสัญญาณข้อมูลที่มอดูเลชันกับสัญญาณเคออดคิก

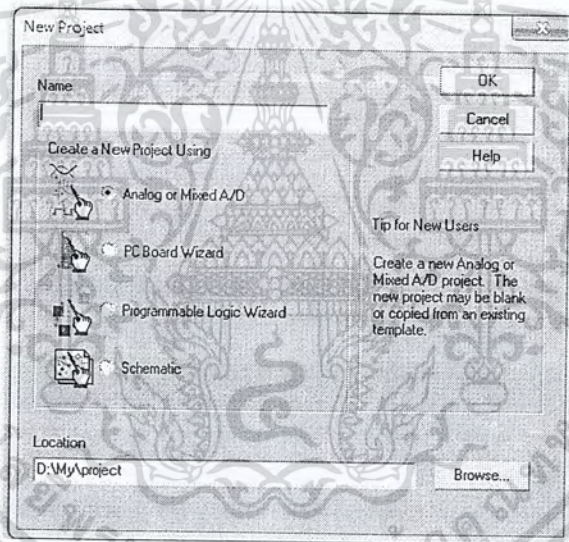
ฉ. กราฟการซิงโครไนซ์ระหว่างสัญญาณเข้า $i_r(t)$

กับสัญญาณออก $i_o(t)$

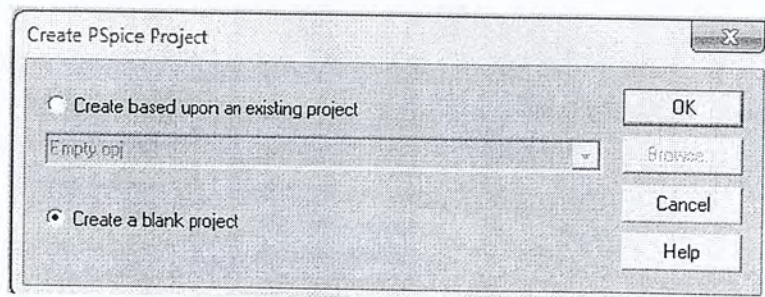
3.1.2 ขั้นตอนการจำลองพฤติกรรมโดยใช้โปรแกรม Pspice

จากสมการเราสามารถที่จะจำลองพฤติกรรมโดยใช้โปรแกรม Pspice ตามขั้นตอนดังนี้

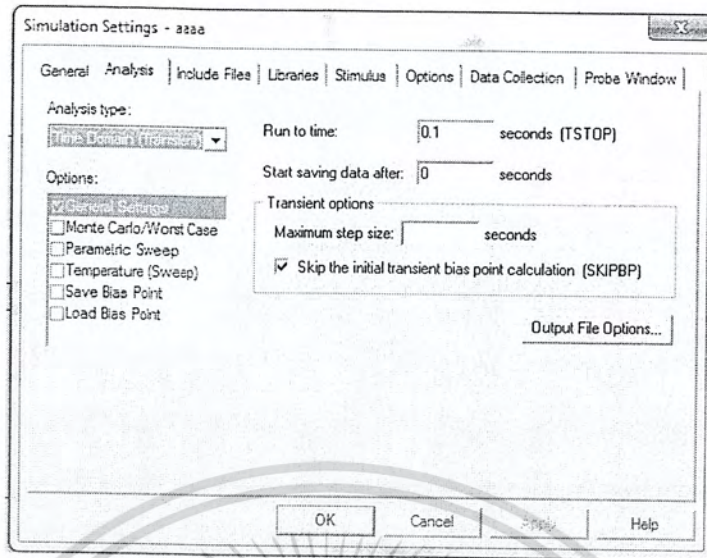
1. เข้าโปรแกรม Capture ใน โฟลเดอร์ Orcad Unison Suite
2. ทำการเลือก File => New => Project
3. ใส่ชื่อ Project ในช่อง Name แล้วเลือก Analog or Mixed A/D เสร็จแล้วกำหนด Location ในการเก็บไฟล์ ดังรูปที่ 3.2
4. เลือก Create a blank project แล้วกด OK ดังรูปที่ 3.3
5. กด Place => Part... เพื่อเลือกใช้เครื่องมือที่ต้องการ จะได้รูปวงจрдังรูปที่ 3.4
6. เมื่อออกแบบวงจรเสร็จ จะทำการ Simulate ได้โดยคลิกที่ New Simulation Profile แล้วตั้งชื่อ แล้วกด Create
7. กด Edit Simulate Setting เพื่อตั้งค่า Simulate แล้วเลือกช่วงเวลาดังรูป



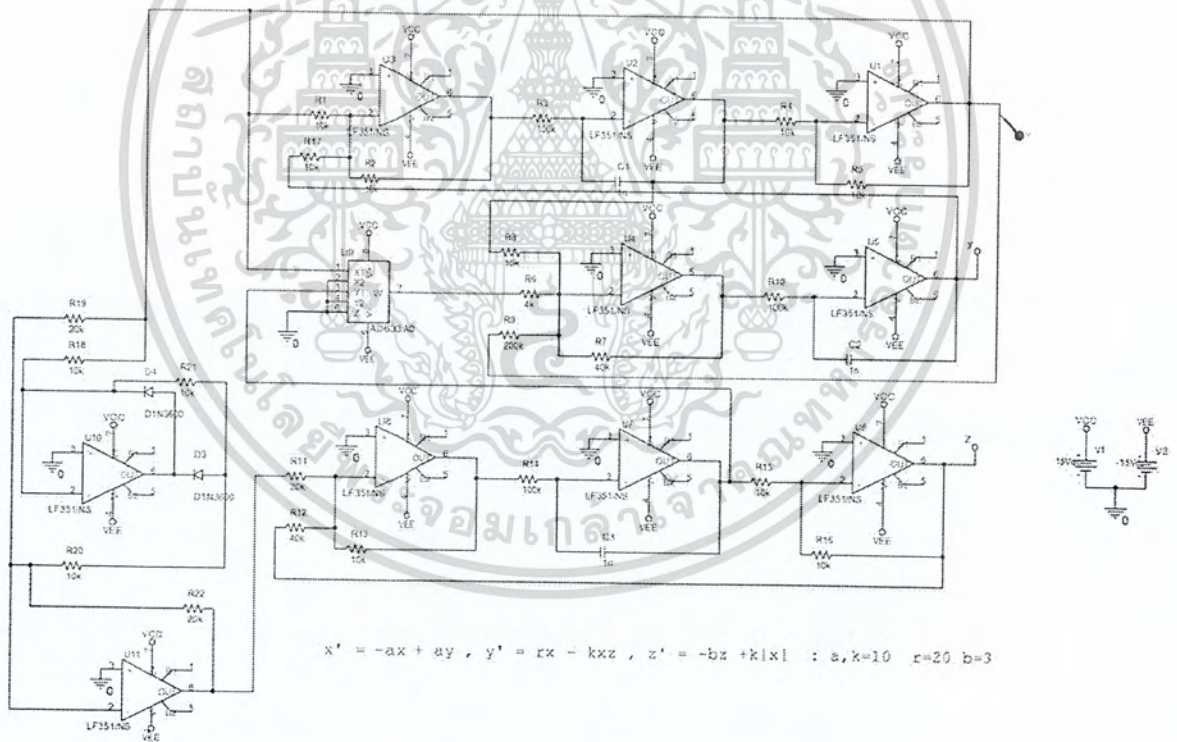
รูปที่ 3.4 แสดงการสร้าง New Project



รูปที่ 3.5 แสดงขั้นตอนการ Create PSpice Project

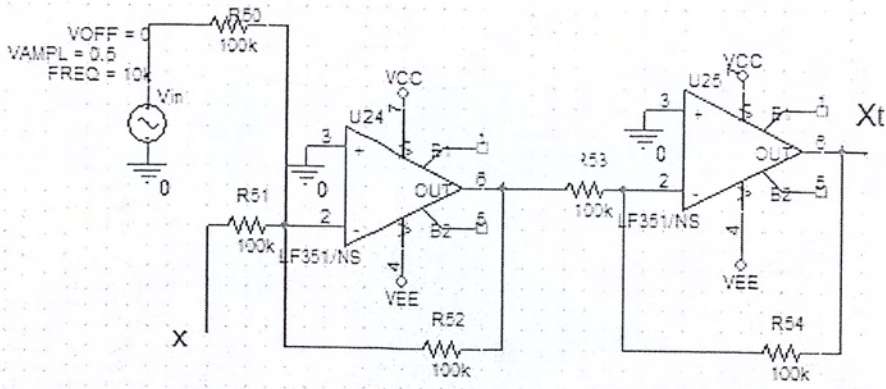


รูปที่ 3.6 แสดงขั้นตอนการ Simulation Setting



รูปที่ 3.7 การจำลองวงจรจากสมการ โดยใช้โปรแกรม Pspice

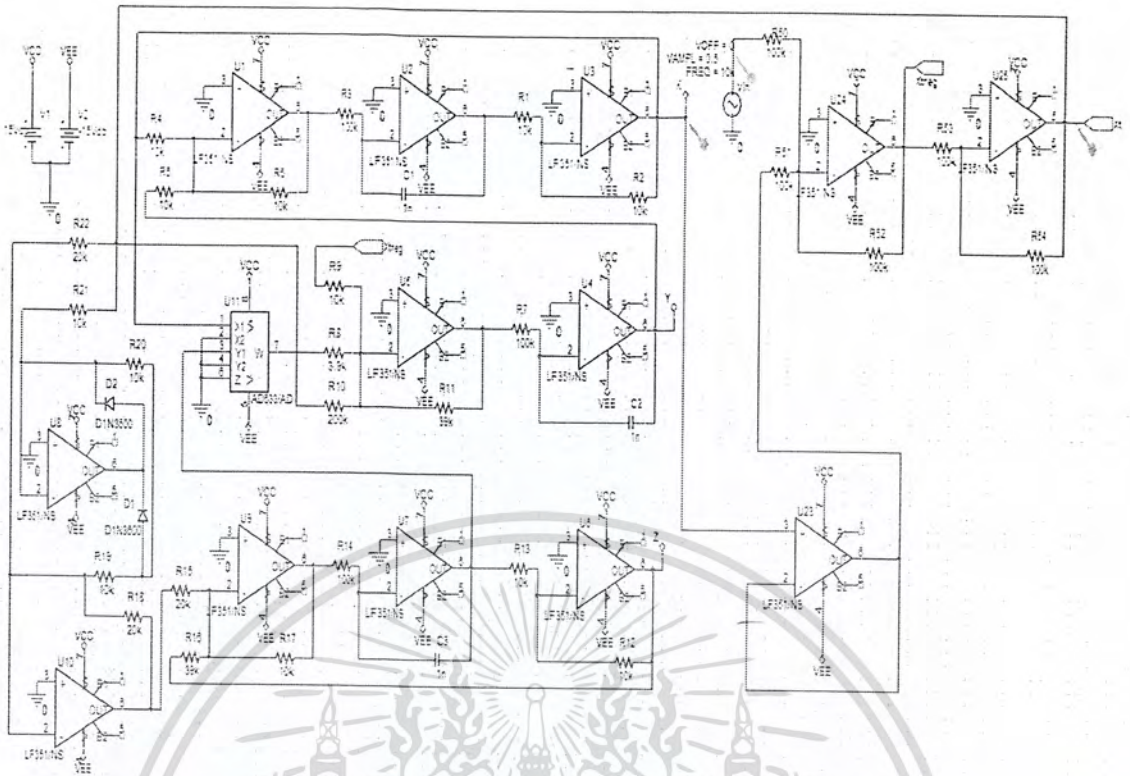
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 27
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



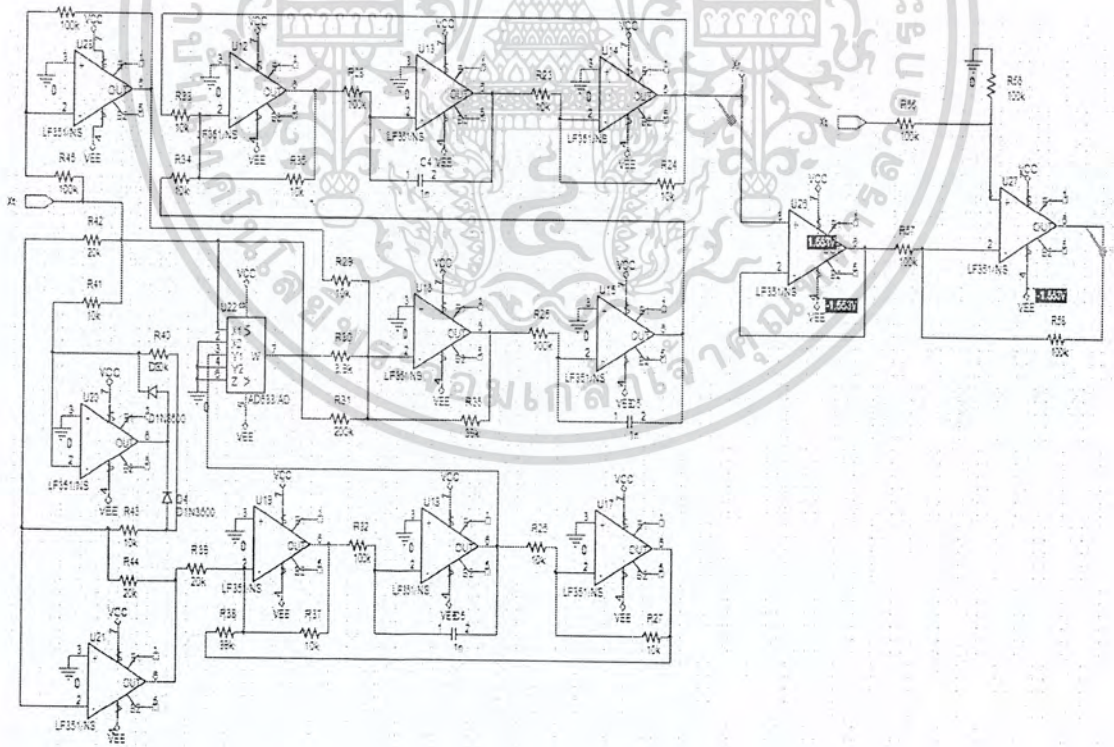
รูปที่ 3.8 การจำลองวงจรมอดูเลชัน โดยใช้โปรแกรม Pspice



รูปที่ 3.9 การจำลองวงจรดีมอดูเลชัน โดยใช้โปรแกรม Pspice

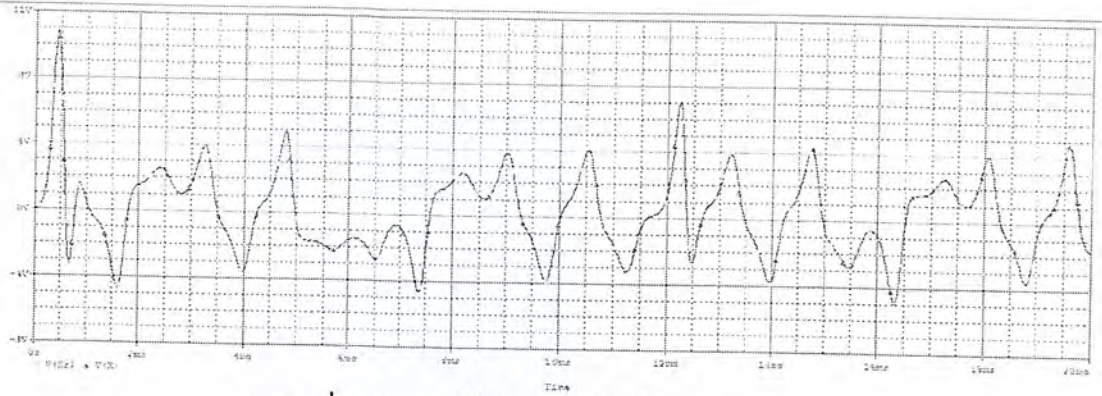


รูปที่ 3.10 การจำลองวงจรภาคส่ง โดยใช้โปรแกรม Pspice

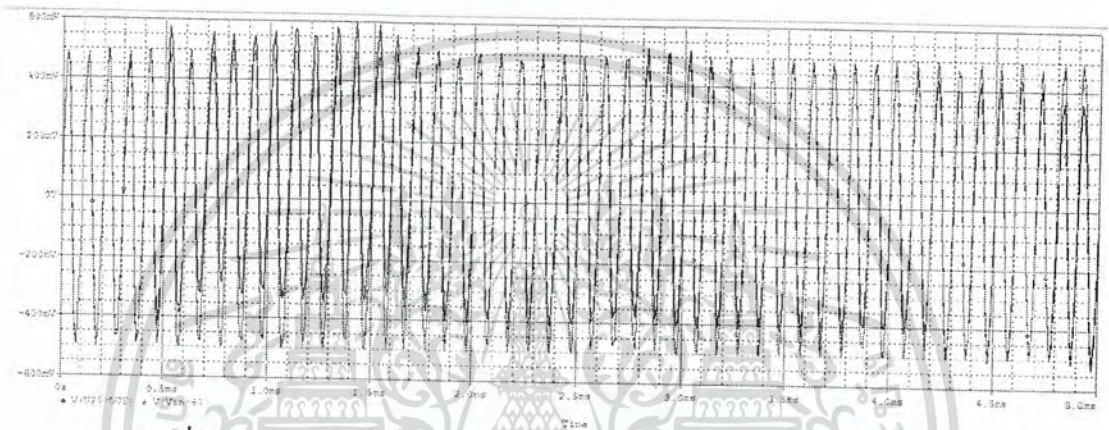


รูปที่ 3.11 การจำลองวงจรภาครับ โดยใช้โปรแกรม Pspice

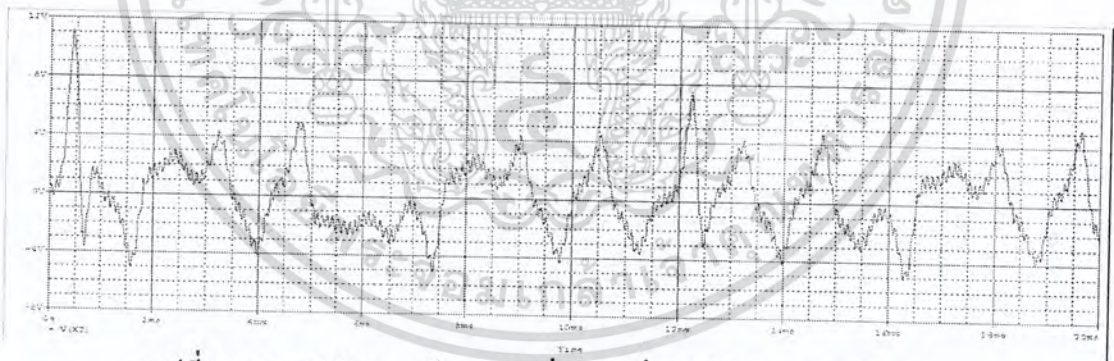
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 29
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



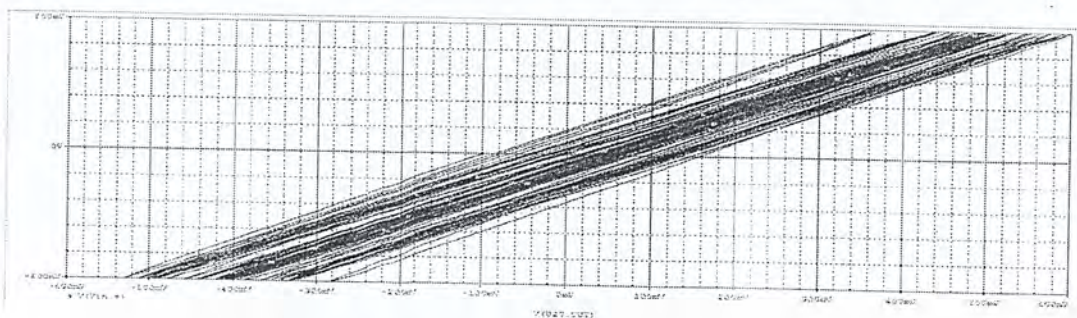
รูปที่ 3.12 กราฟที่ได้จากการวัดค่า x กับ x_r



รูปที่ 3.13 กราฟที่ได้จากการวัดค่า $i(t)$ กับ $i_r(t)$ ขนาดแอมพลิจูด 0.5 V



รูปที่ 3.14 กราฟสัญญาณข้อมูล $i(t)$ ที่มอดูเลชันกับสัญญาณเคออดิค x



รูปที่ 3.15 กราฟการชิงโครไนซ์ระหว่างสัญญาณเข้า $i(t)$ กับสัญญาณออก $i_r(t)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างวงจร

จากการออกแบบและสร้างวงจรในทางทฤษฎี สามารถสร้างวงจรในทางปฏิบัติได้ดังนี้
ค่าที่ใช้ทางทฤษฎี

4.1.1 ตัวต้านทาน (Resistor)

- ตัวต้านทาน 200 k Ω	2 ตัว
- ตัวต้านทาน 100 k Ω	3 ตัว
- ตัวต้านทาน 39 k Ω	2 ตัว
- ตัวต้านทาน 20 k Ω	15 ตัว
- ตัวต้านทาน 10 k Ω	22 ตัว
- ตัวต้านทาน 3.9 k Ω	2 ตัว

4.1.2 ตัวเก็บประจุ (Capacitive)

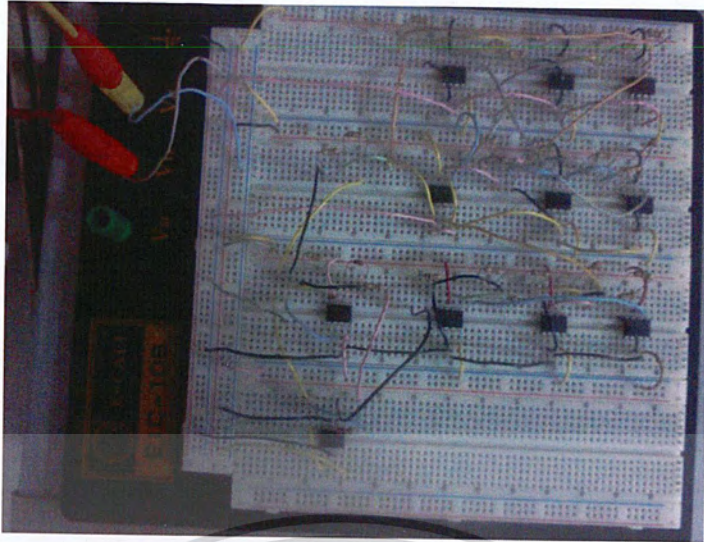
- ตัวเก็บประจุ 1 nF	6 ตัว
---------------------	-------

4.1.3 ไดโอด (Diode)

- ไดโอด D1N3600	4 ตัว
-----------------	-------

4.2.4 เซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor)

- IC LF351	28 ตัว
- IC AD633JN	2 ตัว

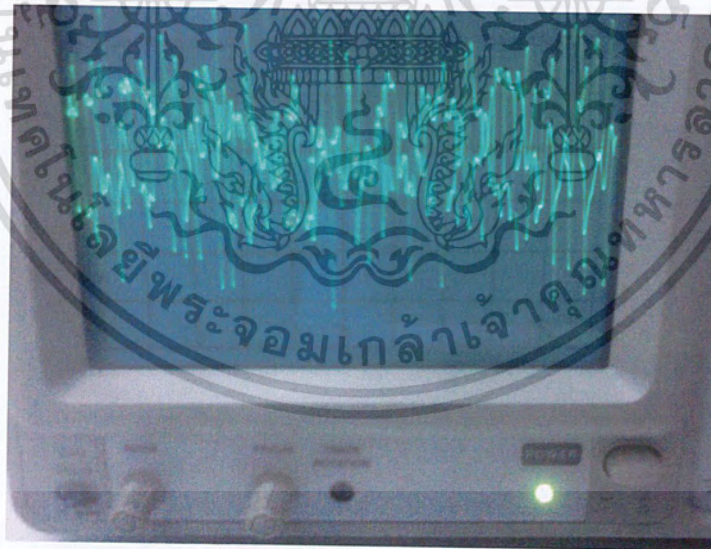


รูปที่ 4.1 แสดงวงจรเคออสที่ต่อกับไฟได้บอร์ด

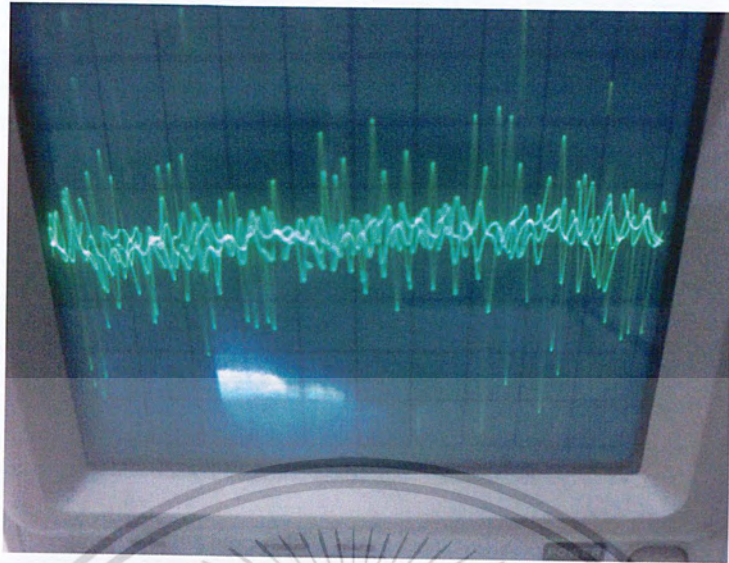
4.2 ผลที่ได้จากการทดลอง

4.2.1 วงจรเคออสติก

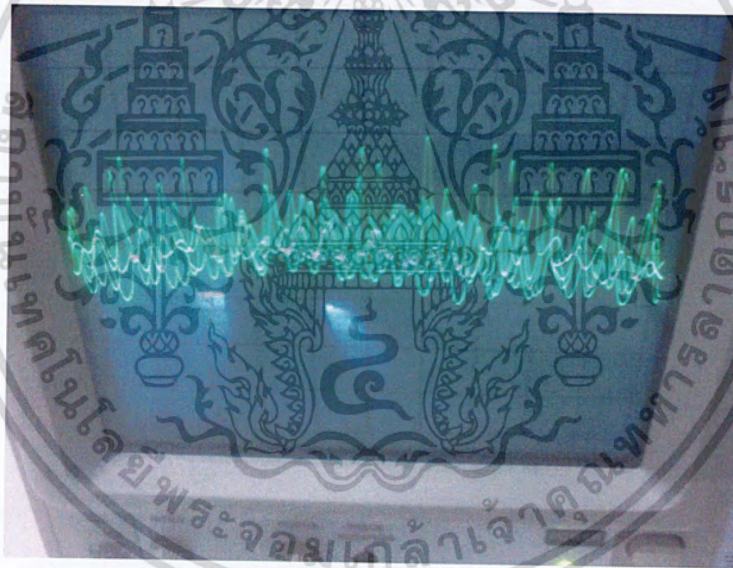
ใช้ออสซิลโลสโคปวัดค่า V-Output จาก OP-AMP ทั้ง x,y,z



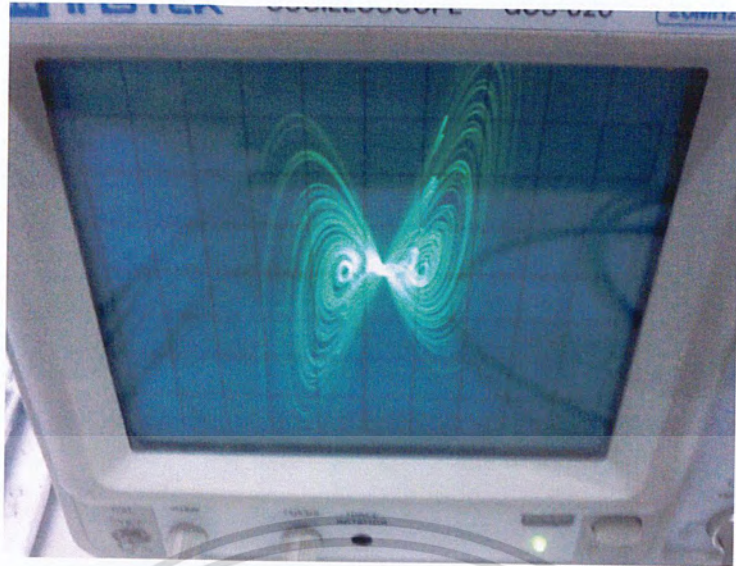
รูปที่ 4.2 กราฟค่า x ที่ได้จากออสซิลโลสโคป



รูปที่ 4.3 กราฟค่า y ที่ได้จากออสซิลโลสโคป



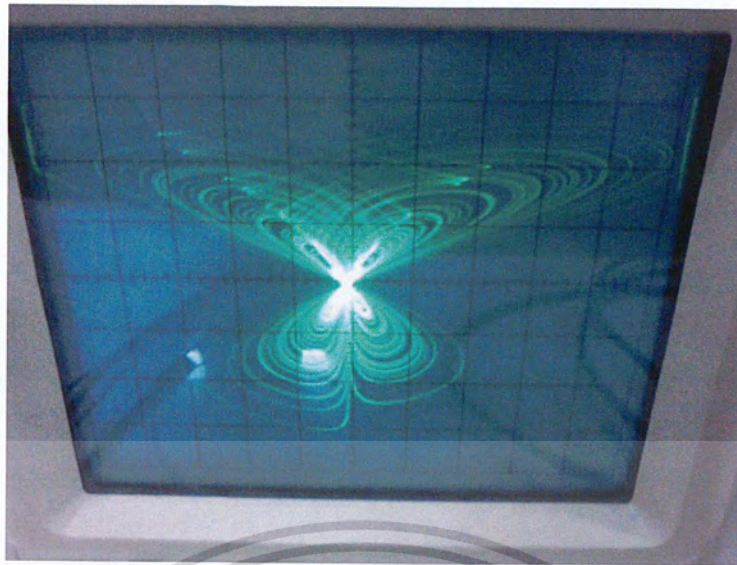
รูปที่ 4.4 กราฟค่า z ที่ได้จากออสซิลโลสโคป



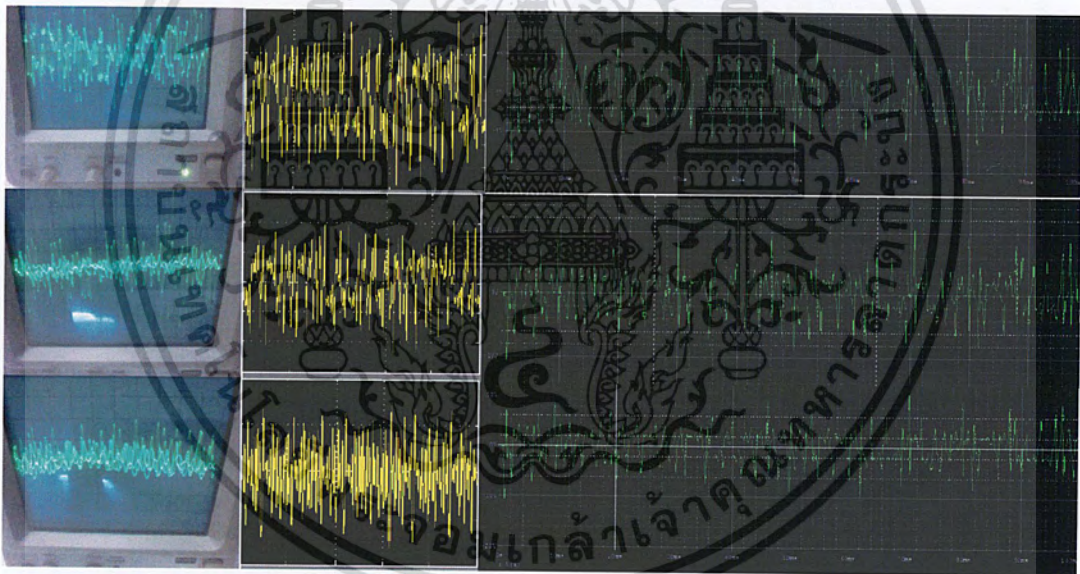
รูปที่ 4.5 กราฟค่า x-y ที่ได้จากออสซิลโลสโคป



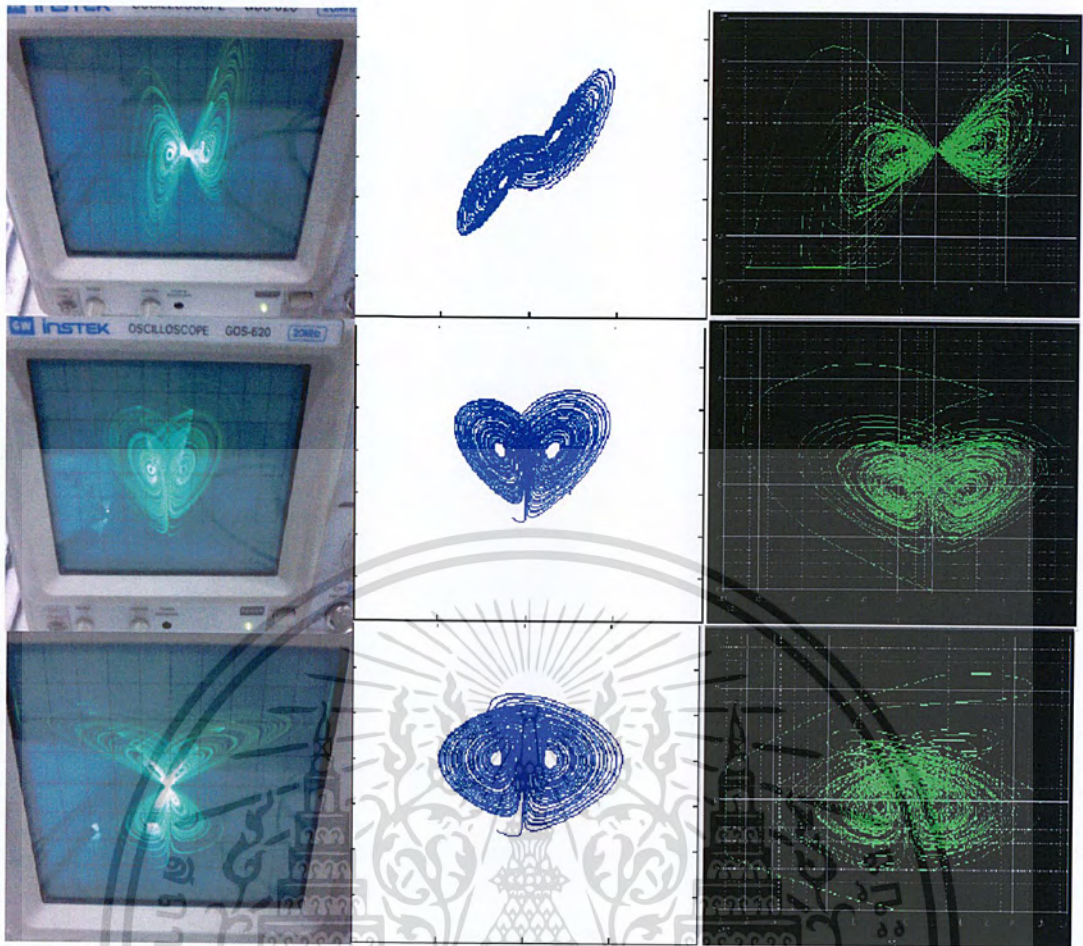
รูปที่ 4.6 กราฟค่า x-z ที่ได้จากออสซิลโลสโคป



รูปที่ 4.7 กราฟค่า y-z ที่ได้จากออสซิลโลสโคป

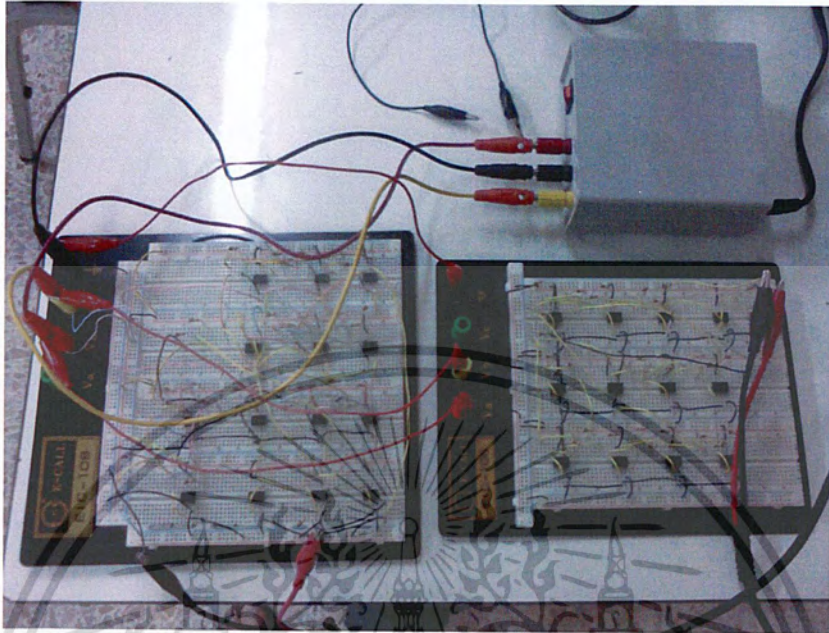


รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบค่า x, y, z จากผลที่ได้รับกับ โปรแกรม MATLAB และ PSPICE

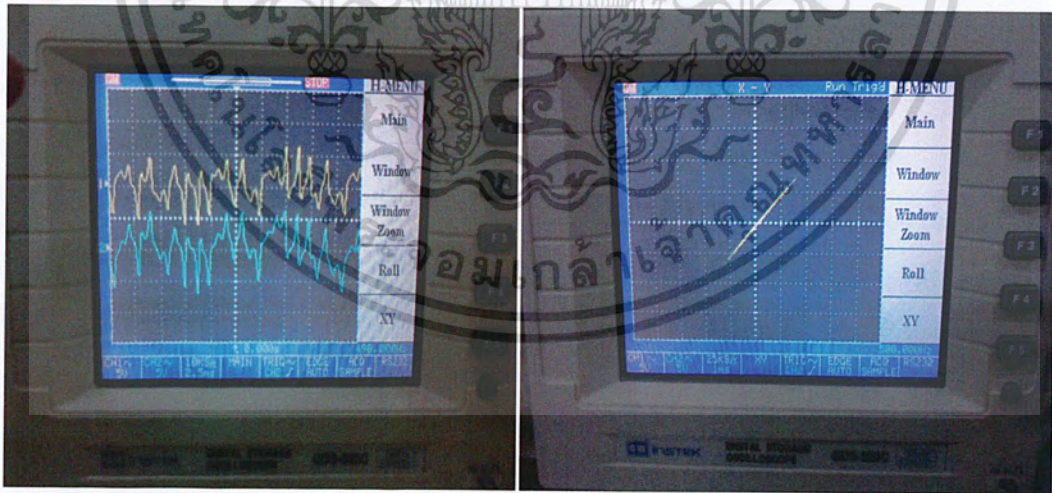


รูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบค่า x-y, x-z, y-z จากผลที่ได้รับกับโปรแกรม MATLAB และ PSPICE

4.2.2 วงจรที่ทำการซิงโครไนซ์แล้ว

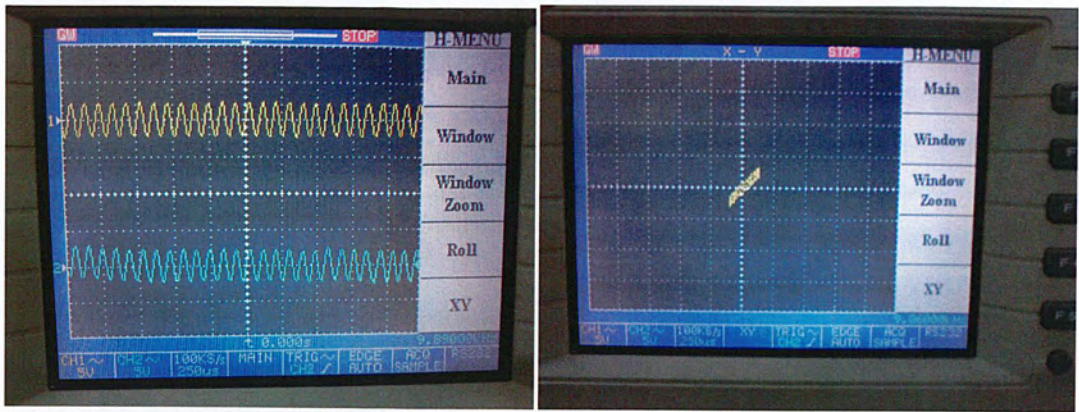


รูปที่ 4.10 วงจรรวมทั้งภาคส่งและภาครับ

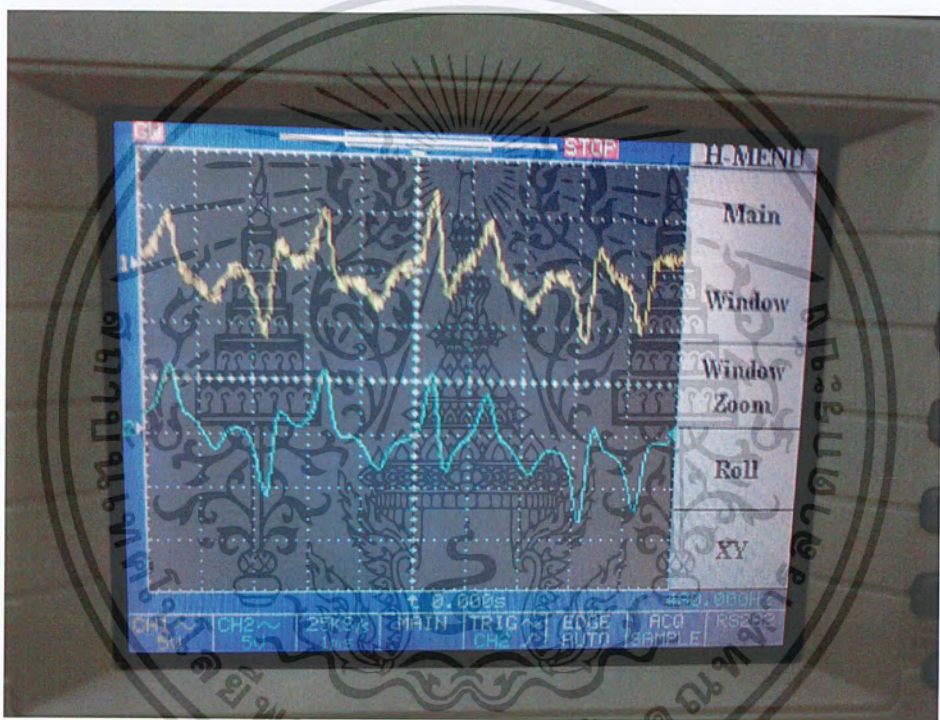


รูปที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบค่า x , x_r จากผลการทดลองจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

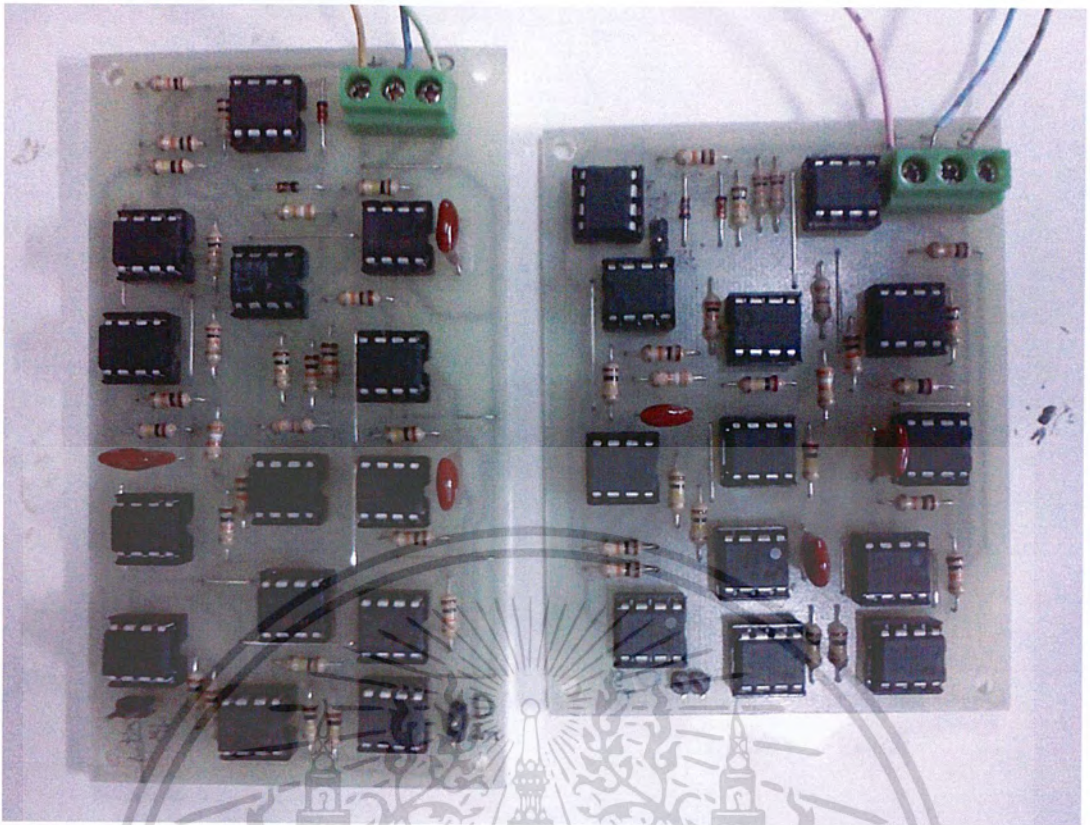


รูปที่ 4.12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ i, ir จากผลการทดลองจริง



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ $xt+ir, xt$ จากผลการทดลองจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 38
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 วงจรต้นแบบที่สำเร็จแล้ว

บทที่ 5

สรุปการทดลอง

5.1 สรุปการพัฒนาโครงการ

จากการศึกษาโครงการนี้ เราสามารถสร้างสัญญาณ เคออสที่มีลักษณะคล้ายคลื่น เช่นเดียวกันกับตัวตั้งคูดของ Liu อีกทั้งยังใช้ต้นทุนต่ำกว่า และยังสามารถสร้างวงจรถ่ายและส่งและ ภาครับไว้ใช้ในการรับส่งสัญญาณข้อมูล ประกอบไปด้วยระบบการซิงโครไนซ์ โดยพบว่า สัญญาณข้อมูลที่ถูกเข้ารหัสจากภาคส่งและสัญญาณข้อมูลที่ออกมาจากภาครับมีรูปแบบสัญญาณ ที่ตรงกัน

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในด้านเทคนิค

ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดลองคือ ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลองกับทฤษฎี ซึ่ง เกิดจากการใช้อุปกรณ์ที่ใช้ทดลองมีค่าไม่เท่ากับการทดลองใน โปรแกรมORCAD PSPICE และ ปัญหาที่เกิดจากการต่อวงจรผิดพลาดจึงทำให้ผลที่แสดงออกมาไม่เป็นสัญญาณเคออส

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ

การศึกษาและพัฒนาเครื่องระบบป้องกันการดักฟังด้วยทฤษฎีเคออสนั้น เราได้ ทำการศึกษาการเข้ารหัสลับด้วยสัญญาณเสียงเพียงอย่างเดียว ซึ่งเราสามารถนำระบบเคออสต่างๆ นั้นไปเข้ารหัสสัญญาณรูปแบบอื่นๆ เช่น เอกสารข้อมูล สัญญาณภาพ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้การส่ง ข้อมูลที่เป็นความลับ มีความปลอดภัยมากขึ้น

บรรณานุกรม

- [1] ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี ว่าด้วยการรักษาความปลอดภัยแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๕๒
<http://www.nia.go.th/FileRoom/CABFRM01/DRAWER01/GENERAL/DATA0012/00012716.PDF>
- [2] จากวิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี
<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>
- [3] Chaos Synchronization
<http://www.phy.duke.edu/~illing/research/synchronization.html>
- [4] ประวัติทฤษฎีความอลวน
<http://th.wikipedia.org/wiki/ทฤษฎีความอลวน>
- [5] Datasheet IC AD633JN
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/analogdevices/AD633AN.pdf>
- [6] Datasheet IC LF 351
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/SGSThompsonMicroelectronics/mXwqus.pdf>
- [7] Data Communications
<http://article.konmun.com/Data-Communications-know526.htm>
- [8] Lorenz Attractor
http://www.google.co.th/imgres?imgurl=http://harold.teerun.de/media/lorenz.gif&imgrefurl=http://harold.teerun.de/article/make/&usq=__I8ubfAZ8dIJynnihSk0LaGjTHQU=&h=375&w=500&sz=22&hl=th&start=60&sig2=DIqnoeD15kltF5DSIOOY4A&zoom=1&tbnid=-uHOS7SBuJg5sM:&tbnh=98&tbnw=130&ei=cOSdTJibOY_EvQOsm7ixDQ&prev=/images%3Fq%3Dlorenz%2Battractor%26um%3D1%26hl%3Dth%26client%3Dflock%26sa%3DN%26channel%3Dcds%26biw%3D997%26bih%3D565%26tbs%3Disch:10,1870&um=1&itbs=1&iact=rc&dur=365&oei=XOSdTPqIAY7vQPpkYyHDQ&esq=5&page=5&ndsp=15&ved=1t:429,r:5,s:60&tx=56&ty=51&biw=997&bih=565

[9] Liu attractor

http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TJ4-4M2WP07-1&_user=1750352&_coverDate=05/31/2008&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1473419125&_rerunOrigin=google&_acct=C000054435&_version=1&_urlVersion=0&_userid=1750352&md5=7eb772b0303f2e63130a07cb92819d69&searchtype=a

[10] Pecora, L.M., and Carroll, T.L.: 'Synchronization'

[16] Lorenz, E.N.: 'Deterministic non-periodic flow', *J. Atm. Sci.*, 1963, 20, pp.130-141

[17] Bai E, Longren K, Sport J (2002). On the synschronixation of a class electronic circuits that exhibit chaos. *Chaos, Solitons, and Fractals.*, 13: 1515-1521

[18] Pecora L. Carroll T (1990). Synchronization in Chaos Systems. *Phy. Rev. Lett.*, 64: 821-823

