

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อุปกรณ์ปรับแต่งเสียงกีตาร์โดยใช้เคออสคอนโทรล

A Guitar Sound Effects using Chaos control



โดย
นายพิรัช ชงชัยชาวสอาด
นายรพีพันธ์ มากพงศ์
นายเอกกรินทร์ เจียมอุย

ร.พ.
ท ๗๑๑๑
๒๕๔๙

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72240
วัน,เดือน,ปี...1.2...ค.ย...2550

b. 117๖๕๕๑๘
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำรงหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา ๒๕๔๙

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Guitar Sound Effects using Chaos control



**A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาบัตร

อุปกรณ์ปรับแต่งเสียงกีตาร์โดยใช้เลเซอร์คอนโทล

ชื่อนักศึกษา

นายพีรรัช	ธงชัยขาวสะอาด	รหัสนักศึกษา	47015575
นายรพีพันธ์	มากพงศ์	รหัสนักศึกษา	47015579
นายเอกรินทร์	เจียมอุย	รหัสนักศึกษา	47015591

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. คลชัย สุขเจริญผล

ระดับการศึกษา

ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ

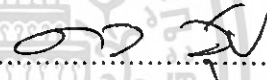
ภาควิชา

วิศวกรรมสารสนเทศ

ปีการศึกษา

2549

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
นับปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต



(ผศ. คลชัย สุขเจริญผล)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการ	อุปกรณ์ปรับแต่งเสียงกีตาร์โดยใช้เคออสคอนโทล		
นักศึกษา	นายพีรรัช	ธงชัยขาวสอาด	47015575
	นายรพีพันธ์	มากพงศ์	47015579
	นายเอกรินทร์	เจียมอุย	47015591
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศศ.คตชัย สุขเจริญผล		
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ		
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ		
ปีการศึกษา	2549		

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการสร้างกีตาร์เอฟเฟคโดยใช้ปรากฏการณ์ไม่เป็นเชิงเส้นของเคออสนำมาใช้ร่วมกับตัวประมวลผลสำหรับสัญญาณจากกีตาร์ไฟฟ้า โดยวิธีนี้มีข้อดีคือ วงจรมีความซับซ้อนน้อยราคาถูก แต่สามารถปรับแต่งลักษณะของเสียงตามที่ต้องการได้หลากหลาย ทำให้ลดการนำเข้าเอฟเฟคกีตาร์จากต่างประเทศที่มีราคาสูง นอกจากนี้ได้ออกแบบให้สามารถปรับแต่งเอฟเฟคได้ทั้งจากแผงควบคุมหรือใช้บนหน้าจอแสดงผล

Thesis Title	A Guitar Sound Effects using Chaos control		
Student	Mr.Peratuch	Thongchaikawsaard	ID 47015575
	Mr.Rapeepun	Markpong	ID 47015579
	Mr.Eakarin	Jiamouy	ID 47015591
Advisor	Assistant Prof. Dolchai Sukcharoernphol		
Graduate Level	Bachelor Degree of Information Engineering		
Department	Information Engineering		
Academic Year	2006		

ABSTRACT

This project present implementation of guitar a novel guitar effects which base on non-linear phenomenon of a simple oscillator circuit. This process is called "Chaos process". An electric guitar signal is process by time multiplier and square-law circuit to obtain the guitar effect circuit signal. Therefore, a navel sound effect can be easily selected by control either on panel control or on GUI control. In addition, the proposed process is low complexity circuit and also inexpensive.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์คลชัย สุขเจริญผล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทผู้ริเริ่มโครงการนี้ขึ้นมาคอยให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษา ตลอดระยะเวลาที่ทำปริญญาโทนี้ ขอขอบคุณอาจารย์และเพื่อน ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดาและมารดา ที่ให้กำลังใจ และสนับสนุนเสมอมา

คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ(ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ(ภาษาอังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตและลักษณะของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ของโครงการ	2
1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีต่างๆ เกี่ยวกับโครงการ	4
2.1 องค์ประกอบของเสียงดนตรี	4
2.2 การสังเคราะห์เสียงด้วยการมอดูเลชันเชิงความถี่	6
2.3 สัญญาณรบกวนขาว (White noise)	14
บทที่ 3 การออกแบบโครงสร้าง	19
3.1 โปรแกรมสังเคราะห์เสียงด้วยเทคนิคมอดูเลชันเชิงความถี่อย่างง่ายบน (Matlab)	19
3.2 การออกแบบโปรแกรมสังเคราะห์เสียงด้วยเทคนิคมอดูเลชันเชิงความถี่	20
3.3 เอฟเฟกต์สทอซัน (distortion)	20
3.4 วงจรกำเนิดสัญญาณ (White noise)	21
3.5 วงจรทวีความถี่กำลังสอง (Frequency doubler)	23
3.6 การประยุกต์ใช้งานเป็นวงจรมอดูเลชัน (Balanced Modulation)	24
3.7 วงจรมอดูเลชันกำลังสองแบบ (White noise double frequency modulation)	25
3.8 วงจรมอดูเลชันกำลังสองแบบ (Chaos noise double modulation)	25
3.9 วงจรมอดูเลชันกำลังสองแบบ (Pink noise double modulation)	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.10 วงจรบาลานซ์มอดูเลชันแบบ (White noise balance modulation)	26
3.11 วงจรบาลานซ์มอดูเลชันแบบ (Chaos noise balance modulation)	26
3.12 วงจรบาลานซ์มอดูเลชันแบบ (Pink noise balance modulation)	27
3.13 การทำงานของโปรแกรม Control sound effects	27
3.14 การออกแบบ Volume Control	28
บทที่ 4 การใช้งานและผลการทดลอง	30
4.1 สัญญาณเสียงกีตาร์ที่ไม่ผ่านวงจรที่วัดด้วยสโคป	29
4.2 วงจรเอฟเฟคกีตาร์	33
4.3 สัญญาณเสียงกีตาร์ที่ผ่านวงจรเอฟเฟค (distortion)	35
4.4 วงจรกำเนิดสัญญาณอลวน (Chaos)	38
4.5 วงจรกำเนิดสัญญาณรบกวนขาว (White noise)	39
4.6 วงจร Balance modulation	41
4.7 วงจร Frequency doubler	43
4.8 เอฟเฟคกีตาร์	45
4.9 การทำงานของโปรแกรม Control Sound Effects	46
4.10 ไอซีที่ใช้แทนค่าความต้านทานปรับค่าได้	50
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน ของโครงการ	51
5.1 ปัญหาที่พบในระหว่างการดำเนิน โครงการ	51
5.2 แนวทางการแก้ไข	52
5.3 แนวทางสำหรับการพัฒนาโครงการต่อไปสำหรับผู้สนใจ	52
บรรณานุกรม	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 2.1 ความถี่ระดับเสียงเปียโน	5
รูปที่ 2.2 เครื่องดนตรีกลองและขลุ่ยซึ่งมีความยาวเสียงต่างกัน	6
รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมวงจรสร้างสัญญาณเอฟเอ็มอย่างง่าย	8
รูปที่ 2.4 การสั้นของสายกีตาร์	12
รูปที่ 2.5 การเคลื่อนตัว	13
รูปที่ 2.6 รูปกราฟิกของคลื่นเสียง	14
รูปที่ 2.7 ลักษณะของ White Gaussign noise	15
รูปที่ 2.8 ตัวอย่างของสัญญาณรบกวนแบบ White Noise	16
รูปที่ 2.9 Gaussian distribution	16
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมวงจรสังเคราะห์เสียงแบบมอดูเลชันเชิงความถี่อย่างง่าย	19
รูปที่ 3.2 เอฟเฟกต์สทอซัน (distortion)	20
รูปที่ 3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณไวคีน้อยส์	21
รูปที่ 3.4 รูปสัญญาณรบกวนขาว (White noise)	21
รูปที่ 3.5 วงจรเอฟเฟกต์	22
รูปที่ 3.6 วงจรวีซีโอ (Voltage Controlled Oscillators)	22
รูปที่ 3.7 วงจร Frequency Doubler	22
รูปที่ 3.8 รูปแบบของวงจร Frequency doubler	23
รูปที่ 3.9 รูปวงจร Frequency doubler สเต็ปครัมของสัญญาณ	23
รูปที่ 3.10 วงจร Balanced Modulator	24
รูปที่ 3.11 ผลตอบสนองของวงจรความถี่สองเท่า	24
รูปที่ 3.12 ผลตอบสนองของวงจรผสมสัญญาณ	25
รูปที่ 3.13 วงจรมอดูเลชันกำลังสองแบบ (White noise double frequency modulation)	25
รูปที่ 3.14 วงจรมอดูเลชันกำลังสองแบบ (Chaos noise double modulation)	25
รูปที่ 3.15 วงจรมอดูเลชันกำลังสองแบบ (Pink noise double modulation)	26
รูปที่ 3.16 วงจรบาลานซ์มอดูเลชันแบบ(White noise balance modulation)	26
รูปที่ 3.17 วงจรบาลานซ์มอดูเลชันแบบ(Chaos noise balance modulation)	26
รูปที่ 3.18 วงจรบาลานซ์มอดูเลชันแบบ (Pink noise balance modulation)	27
รูปที่ 3.19 การทำงานของโปรแกรม Control sound effects	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 3.20 หน้าจอแสดงผล	28
รูปที่ 3.21 ปุ่ม Volume ที่ใช้ในการควบคุมเสียง	28
รูปที่ 3.22 แสดงหน้าการติดต่อ MCS 51 กับ โปรแกรม Microsoft Visual Studio 6	29
รูปที่ 3.23 แสดงหน้าจอการรับส่งข้อมูลของโปรแกรม และ IC เบอร์ MCP41XXX	29
รูปที่ 4.1 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต โด หรือ คอร์ด C ที่วัดด้วยสโคป	30
รูปที่ 4.2 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต เร หรือคอร์ด D ที่วัดด้วยสโคป	30
รูปที่ 4.3 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต มิ หรือ คอร์ด E ที่วัดด้วยสโคป	31
รูปที่ 4.4 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต ฟา หรือคอร์ด F ที่วัดด้วยสโคป	31
รูปที่ 4.5 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต ซอล หรือ คอร์ด G	32
รูปที่ 4.6 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต รา หรือคอร์ด A	32
รูปที่ 4.7 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต ซี หรือ คอร์ด B	33
รูปที่ 4.8 วงจรเอฟเฟกกีตาร์ไฟฟ้า	34
รูปที่ 4.9 วงจรเอฟเฟกกีตาร์ไฟฟ้า	34
รูปที่ 4.10 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต โด หรือ คอร์ด C ที่ผ่านเอฟเฟค	35
รูปที่ 4.11 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต เรหรือคอร์ด D ที่ผ่านเอฟเฟค	35
รูปที่ 4.12 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต มิหรือ คอร์ด E ที่ผ่านเอฟเฟค	36
รูปที่ 4.13 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต ฟา หรือคอร์ด F ที่ผ่านเอฟเฟค	36
รูปที่ 4.14 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต ซอล หรือ คอร์ด G ที่ผ่านเอฟเฟค	37
รูปที่ 4.15 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต รา หรือคอร์ด A ที่ผ่านเอฟเฟค	37
รูปที่ 4.16 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต ซี หรือ คอร์ด B ที่ผ่านเอฟเฟค	38
รูปที่ 4.17 วงจรกำเนิดสัญญาณอลวนแบบความถี่ต่ำที่ใช้ในการทดลอง	38
รูปที่ 4.18 ผลการทดลอง 4.1.1 แกน Y เทียบกับแกน X เป็นเวลา	39
รูปที่ 4.19 วงจรรบกวนขาว(White noise)	39
รูปที่ 4.20 สัญญาณรบกวนขาว (white noise)	40
รูปที่ 4.21 สัญญาณรบกวน (Pink noise)	40
รูปที่ 4.22 วงจร Balance modulation	41
รูปที่ 4.23 สัญญาณเสียงกีตาร์ คอร์ด C ที่ใช้สัญญาณ Pink noise modulation	41
ผ่านวงจร Balance modulation	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 4.24 สัญญาณเสียงกีตาร์ คอร์ด C ที่ใช้สัญญาณ White noise modulation ผ่านวงจร Balance modulation	42
รูปที่ 4.25 สัญญาณเสียงกีตาร์ คอร์ด C ที่ใช้สัญญาณChaos noise modulation ผ่านวงจร Balance modulation	42
รูปที่ 4.26 วงจร Frequency doubler	43
รูปที่ 4.27 สัญญาณเสียงกีตาร์ คอร์ด C ที่ใช้สัญญาณ White noise modulation ผ่านวงจร Frequency double modulation	43
รูปที่ 4.28 สัญญาณเสียงกีตาร์ คอร์ด C ที่ใช้สัญญาณPink noise modulation ผ่านวงจร Frequency double modulation	44
รูปที่ 4.29 สัญญาณเสียงกีตาร์ คอร์ด C ที่ใช้สัญญาณChaos noise modulation ผ่านวงจร Frequency double modulation	44
รูปที่ 4.30 โครงสร้างภายในของตัวเอฟเฟคกีตาร์	45
รูปที่ 4.31 โครงสร้างภายนอกของตัวเอฟเฟคกีตาร์	45
รูปที่ 4.32 การทำงานของโปรแกรม Control Sound Effects	46
รูปที่ 4.33 โปรแกรม Control Sound Effects	47
รูปที่ 4.34 การติดต่อ MCS 51 กับโปรแกรม Microsoft Visual Studio 6	48
รูปที่ 4.35 ผู้ใช้โปรแกรมไม่ได้ ติดต่อโปรแกรมกับ MCS-51	48
รูปที่ 4.36 การเชื่อมต่ออนุกรม กับMCS-51	49
รูปที่ 4.37 ปุ่มควบคุมเสียง	49
รูปที่ 4.38 การรับและส่งค่าของการปรับปุ่มควบคุมเสียง	50
รูปที่ 4.39 ไอซี MCP41100	50
รูปที่ 4.40 ไอซี MCP41100 ใสต่อกับ MCS-51	50

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

เสียง เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ เมื่อวัตถุสั่นสะเทือน ก็จะทำให้เกิดการอัดตัวและขยายตัวของคลื่นเสียง และถูกส่งผ่านตัวกลาง เช่น อากาศไปยังหู แต่เสียงที่สามารถเดินทางผ่านก๊าซของเหลว และ ของแข็งก็ได้ แต่ไม่สามารถเดินทางผ่านสุญญากาศได้

คุณลักษณะเฉพาะของเสียงได้แก่ ความถี่ ความยาวคลื่น แอมพลิจูด และความเร็ว เสียงแต่ละเสียงมีความแตกต่างกัน เสียงสูง-ต่ำ เสียงดัง-เบา หรือคุณภาพของเสียงลักษณะต่างๆทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดเสียง และจำนวนรอบต่อวินาทีของการสั่นสะเทือน

ระดับเสียง หมายถึง เสียงสูงเสียงต่ำ สิ่งที่ทำให้เสียงแต่ละเสียงสูงต่ำแตกต่างกันนั้นขึ้นอยู่กับความเร็วในการสั่นสะเทือนของวัตถุ วัตถุที่สั่นเร็วเสียงจะสูงกว่าวัตถุที่สั่นช้า โดยจะมีหน่วยวัดความถี่ของการสั่นสะเทือนต่อวินาที เช่น 60 รอบต่อวินาที เป็นต้น และนอกจากวัตถุที่มีความถี่ในการสั่นสะเทือนมากกว่าจะมีเสียงสูงกว่าแล้ว หากความถี่มากขึ้นเท่าตัว ก็จะมีระดับสูงขึ้นเท่ากับ 1 ออฟเตฟ (Octave) ภาษาไทยเรียกว่า 1 ช่วงคู่แปด

เครื่องดนตรีในโลกนี้มีจำนวนมากหลายร้อยชนิด เป็นการประดิษฐ์คิดค้นจากมันสมองและจินตนาการของมนุษย์หลายเผ่าพันธุ์ด้วยกัน เครื่องดนตรีสามารถสร้างคลื่นเสียงซึ่งมีทำนองสูงต่ำสลับซับซ้อน และมีแบบแผนแตกต่างกันไปตามรสนิยม และสำนวนภาษาของแต่ละท้องถิ่น เราเรียกเสียงเหล่านี้ว่า เสียงดนตรี

เสียงดนตรีคือเสียงที่มนุษย์ฟังแล้วรู้สึกว่ามีไพเราะและมีความประทับใจ เสียงดนตรีเกิดขึ้นได้ด้วยสิ่งต่างๆมากมายหลายชนิดเช่น เสียงจากไม้ เสียงจากหิน เสียงจากโลหะ เสียงจากแผ่นหนัง เสียงจากลม หรือแม้แต่เสียงที่เกิดจากอวัยวะของมนุษย์เช่นการเปล่งเสียงออกมาจากปาก เป็นต้น สิ่งที่ทำให้กำเนิดเสียงดนตรีเราเรียกว่า "เครื่องดนตรี"

การแบ่งประเภทเครื่องดนตรีนั้น สามารถแบ่งออกไปได้หลายวิธีแล้วแต่จุดประสงค์ของการแบ่ง แต่ถ้าแบ่งโดยถือเอาการกำเนิดเสียงเป็นหลักแล้วเครื่องดนตรีอาจแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้คือ

- 1 เครื่องดีด
- 2 เครื่องสี
- 3 เครื่องตี
- 4 เครื่องเป่า

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีด้านเสียงได้มีการพัฒนาไปเป็นรูปแบบของสัญญาณดิจิทัลมากขึ้น ไม่เพียงแต่การบันทึกตัดต่อและแก้ไขแต่ยังสามารถทำการสังเคราะห์เสียงดนตรีขึ้นได้ โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องดนตรีสด รวมไปถึงการสร้างเสียงสังเคราะห์อื่นๆเช่น ซาวนด์เอฟเฟกต์ แต่ในการสังเคราะห์เสียงดนตรีขึ้นนั้นจะต้องมีการวิเคราะห์เสียงที่ได้จากเครื่องดนตรีจริง เพื่อนำมาสร้างเป็นรูปแบบของเสียง และนำไปเป็นต้นแบบสำหรับการสังเคราะห์เสียง

อย่างไรก็ตาม การสังเคราะห์เสียงดนตรีทั้งจากโปรแกรมซอฟต์แวร์หรือจากเครื่องสังเคราะห์เสียงเมื่อทำการออกแบบจะต้องคำนึงถึงโครงสร้างของสัญญาณไฟฟ้าซึ่งในทางปฏิบัติเราจะทำการประมาณสัญญาณไฟฟ้าแบบที่ต้องการขึ้นมาและไม่สามารถหลีกเลี่ยงความผิดพลาดของสัญญาณที่เราสังเคราะห์โดยการประมาณจากฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อสร้างเสียงสังเคราะห์ดนตรีที่สามารถควบคุมลักษณะของเสียง ด้วยการปรับค่าตัวแปรทางความถี่และขนาด

1.2.2 สร้างเครื่องมือในการปรับแต่งเสียง และสามารถให้บุคคลทั่วไปได้ใช้การปรับแต่งเสียงกีตาร์ได้

1.2.3 สร้างตัวอย่างในการสังเคราะห์เสียงกีตาร์

1.2.4 สร้างอุปกรณ์ปรับแต่งเสียงกีตาร์ (Effect Guitar)

1.3 ขอบเขตความสามารถของโครงการ

1.3.1 สร้างเสียงกีตาร์ (Guitar signal) โดยเลือกรูปแบบของสัญญาณเสียงและค่าตัวแปรต่างๆจากการสังเคราะห์

1.3.2 สามารถใช้เอฟเฟกต์กีตาร์ (Effect Guitar) ในการปรับแต่งเสียงกีตาร์

1.3.3 จะได้เสียงกีตาร์ ที่ออกมาจากอุปกรณ์ปรับแต่งเสียงกีตาร์ (Effect Guitar) ที่มีลักษณะเสียงที่แตกต่างจากเสียงกีตาร์เดิม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถเข้าใจหลักการทำงานของอุปกรณ์ปรับแต่งเสียงกีตาร์ (Effect Guitar)

1.4.2 สามารถเข้าใจหลักการออกแบบการทำงานของอุปกรณ์ปรับแต่งเสียงกีตาร์

1.4.4 เพื่อนำอุปกรณ์ปรับแต่งเสียงกีตาร์ (Effect Guitar) ไปใช้ในการปรับแต่งเสียงของคนเล่นกีตาร์

1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานในโครงการ

1.5.1 ฮาร์ดแวร์

- เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับใช้สังเคราะห์เสียงกีตาร์	จำนวน 1 เครื่อง
- การ์ดเสียง	จำนวน 1 การ์ด
- กีตาร์ไฟฟ้า	จำนวน 1 ตัว
- ออสซิลโลสโคป	จำนวน 1 เครื่อง
- บอร์ดทดลอง	จำนวน 1 บอร์ด
- แหล่งจ่ายไฟ	จำนวน 1 เครื่อง
- เอฟเฟกกีตาร์	จำนวน 1 เครื่อง
- วงจร White noise	จำนวน 1 วงจร
- วงจร Pink noise	จำนวน 1 วงจร

1.5.2 ซอฟต์แวร์

- โปรแกรม Pspice เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบวงจรสัญญาณอนาล็อกและใช้ในการจำลองรูปแบบสัญญาณ
- โปรแกรม MATLAB
- โปรแกรมปรับแต่งภาพ Adobe Photoshop

บทที่ 2

ทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการงาน

2.1 องค์ประกอบของเสียงดนตรี

เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ เมื่อวัตถุสั่นสะเทือนจะทำให้เกิดการอัดตัวและการขยายตัวของคลื่นเสียง เช่น การสั่นของส้อมเสียง สายกีตาร์ สายไวโอลิน ทำให้โมเลกุลของอากาศข้างเคียงเคลื่อนที่กลับไปกลับมา คลื่นเสียงเป็นคลื่นกลตามยาวที่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ เสียงสามารถเคลื่อนที่ผ่านของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ได้ แต่ผ่านสุญญากาศไม่ได้

ดังนั้นเสียงที่ได้ยินก็เป็นผลจากการที่คลื่นเสียงถูกส่งจากวัตถุที่สั่นสะเทือน ไปยังหูนั่นเอง เสียงที่ได้ยินจะเป็นเสียงสูง เสียงต่ำ เสียงดัง เสียงเบา หรือมีคุณภาพเสียงในลักษณะต่าง ๆ อย่งไร นั้น จะขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดเสียงและจำนวนรอบต่อวินาทีของการสั่นสะเทือนที่ทำให้เกิดเสียงนั้น เสียงแต่ละเสียงมีคุณสมบัติซึ่งสามารถแยกแยะ ได้ดังนี้

2.1.1 ระดับเสียง (Pitch)

ระดับเสียง หมายถึง เสียงสูง เสียงต่ำ เราสามารถเปรียบเทียบเสียง 2 เสียงได้ว่า เสียงไหนมีระดับสูงกว่า เสียงไหนมีระดับต่ำกว่า โดยการฟัง ถ้าระดับเสียงต่างกันมากก็จะฟังง่าย ถ้าต่างกันเพียงเล็กน้อยก็จะฟังยากกว่า

ระดับเสียง เกิดจากความถี่ของการสั่นสะเทือนของวัตถุ หรืออาจกล่าวได้ว่า ความถี่ของการสั่นสะเทือนเป็นตัวกำหนดระดับเสียง วัตถุที่สั่นสะเทือนเร็วกว่าทำให้เกิดระดับเสียงสูงกว่า ในขณะที่วัตถุที่สั่นสะเทือนช้ากว่าทำให้เกิดระดับเสียงต่ำกว่า ความถี่ซึ่งเป็นตัวกำหนดระดับเสียง ได้มาจากการวัดความถี่ของการสั่นสะเทือนของวัตถุ โดยมีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที วัตถุที่สั่นสะเทือนมากกว่าจะมีความถี่มากกว่าทำให้เกิดระดับเสียงสูงกว่า ถ้าความถี่มากขึ้นเท่าตัวระดับเสียงจะสูงขึ้น 1 ช่วงคู่แปด (Octave) เช่น โน้ตที่มีความถี่ 220 รอบต่อวินาที จะมีระดับเสียงสูงกว่าโน้ตที่มีความถี่ 110 รอบต่อวินาทีอยู่ 1 ช่วงคู่แปด และในทำนองเดียวกันกรณีที่มีความถี่น้อยลง 1 เท่าตัว ระดับเสียงจะต่ำลง 1 ช่วงคู่แปด ฉะนั้น โน้ตที่มีความถี่ 440 รอบต่อวินาที จะมีระดับเสียงต่ำกว่าโน้ตที่มีความถี่ 880 รอบต่อวินาทีเป็นระยะ 1 ช่วงคู่แปด

2.1.2 ความเข้มเสียง (Volume or Intensity)

ความเข้มเสียง หมายถึง เสียงเบา เสียงดัง ความเข้มเสียงเกิดจากแรงสั่นสะเทือนของวัตถุที่เป็นแหล่งกำเนิดเสียง ถ้าวัตถุสั่นสะเทือนมากเสียงจะดัง และในทางตรงกันข้ามถ้าวัตถุสั่นสะเทือนน้อยเสียงก็จะเบา ความเข้มเสียงขึ้นอยู่กับความแรงที่ส่งจากแหล่งกำเนิดเสียง ไปยังหู เวลาที่เรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตะโกนเส้นเสียงจะสั่นสะเทือนมากทำให้เกิดเสียงดัง ถ้าเราตีกลองโดยการออกแรงมากขึ้นหนึ่ง กลองจะสั่นมากขึ้นทำให้เสียงก้องดังขึ้น ความเข้มเสียงวัดจากความกว้างคลื่นเสียง (Amplitude) ถ้า คลื่นเสียงยิ่งกว้าง เสียงก็จะยิ่งดัง ในขณะที่เสียงเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศนั้นความเข้มเสียงจะ น้อยลงตามลำดับ กล่าวคือ เสียงจะเบาลง ดังนั้นระยะทางที่เสียงต้องเดินทางก็จะมีผลต่อความเข้ม เสียงด้วย

2.1.3 สีต้นเสียง (Timbre or Tone Color)

สีต้นเสียง หมายถึง เสียงที่มาจากแหล่งกำเนิดเสียงต่าง ๆ กัน เช่น เสียงเปียโน เสียงกีตาร์ เสียงลม เสียงร้อง ฯลฯ คลื่นเสียงที่เกิดจากแหล่งที่มีสีต้นเสียงต่างกันจะมีรูปร่างลักษณะต่างกัน เช่น คลื่นเสียงของไวโอลิน จะมีรูปร่างต่างจากคลื่นเสียงของทรัมเป็ต สื่อดนตรีที่ต่างกันจะทำให้ เกิดสีต้นเสียงต่างกัน สื่อดนตรี ก็คือ เครื่องดนตรีหรือเส้นเสียงในกรณีของการขับร้อง เครื่องดนตรี ต่างชนิดกันจะทำให้เกิดสีต้นเสียงต่างกัน เพลงเดี่ยวที่บรรเลงโดยเครื่องดนตรีต่างชนิดกันจะทำให้ เกิดรสชาติต่างกันเพราะสีต้นเสียงต่างกัน

สิ่งสำคัญที่สุดที่เป็นตัวกำหนดเสียง ก็คือ พาร์เชียล (Partial) ซึ่งเป็นระดับเสียงจำนวน หนึ่ง ที่ประกอบกันเป็นเสียงที่เราได้ยิน เพราะฉะนั้น จำนวนระดับเสียงของพาร์เชียล ความเข้ม เสียงของพาร์เชียล และการกระจายของพาร์เชียล จะเป็นตัวกำหนดสีต้นเสียงทั้งสิ้น เสียงที่มีจำนวน พาร์เชียลน้อยจะมีเสียงใส เช่น เสียงของฟลูตที่เล่นโน้ตสูง ๆ ส่วนเสียงที่มีจำนวนพาร์เชียลมาก จะมี เสียงที่หนักแน่นกว่า เช่น เสียงของ เชลโล่ เสียงที่ ไม่มีจำนวนพาร์เชียลเลย หรือ เสียงบริสุทธิ์เกิดขึ้น ได้จากเครื่องดนตรีไฟฟ้า และจะเป็นช่วงเสียงสูงมาก ๆ ที่ไม่ไพเราะสำหรับหูคนทั่วไป



รูปที่ 2.1 แหล่งกำเนิดเสียงที่ต่างกัน เช่น กีตาร์ และเปียโน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 คุณภาพเสียง (Tone Quality)

คุณภาพเสียง หมายถึง เสียงดีมาก ดีน้อย เช่น เสียงโน้ตตัวเดียวกันที่เกิดจากเปียโน 2 ตัว จะมีคุณภาพเสียงไม่เหมือนกันทีเดียว แม้จะมีระดับเสียง ความเข้มเสียง และสีต้นเสียงเหมือนกันทุกประการ เสียงร้องหรือเสียงพูดของคนก็เช่นเดียวกัน บางคนมีคุณภาพเสียงที่ทุ้มนุ่มนวล ในขณะที่อีกคนหนึ่งมีคุณภาพเสียงที่ก้องกังวาน ในการปฏิบัติเครื่องดนตรี นักดนตรีต้องคำนึงอย่างมากถึงคุณภาพเสียง เพื่อให้ได้น้ำเสียงที่ไพเราะน่าฟัง

2.1.5 ความยาวเสียง (Duration)

ความยาวเสียง เป็นพื้นฐานของดนตรีที่เกี่ยวข้องกับระยะเวลา เสียงแต่ละเสียงที่เกิดขึ้นต้องมีระยะเวลาซึ่งทำให้เกิดเสียงยาว เสียงสั้น เสียงไม่ว่าจะมีระดับเสียงที่แน่นอนหรือไม่ ก็ต้องมีความยาวเข้ามาเกี่ยวข้อง ความยาวเสียงเป็นที่มาของจังหวะ ซึ่งมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในดนตรีของทุกชาติทุกภาษา ความยาวเสียงในที่นี้ หมายถึงรวมถึง ความเงียบของของตัวหยุดด้วย เนื่องจากดนตรีเป็นผลของกระบวนการเกิดเสียง (Sound) สลับกับความเงียบ (Silence) ไม่ว่าจะเสียงหรือความเงียบย่อมต้องมีความยาวหรือระยะเวลาทั้งสิ้น



รูปที่ 2.2 เครื่องดนตรีกลองและขลุ่ย ซึ่งมีความยาวเสียงต่างกัน

2.2 การสังเคราะห์เสียงด้วยการมอดูเลชันเชิงความถี่ (Frequency Modulation)

การสังเคราะห์เสียงด้วยกระบวนการมอดูเลชันเชิงความถี่ เริ่มมีตั้งแต่ ค.ศ. 1960 โดยผู้ประพันธ์ John Chowning ณ มหาวิทยาลัย Stanford กระบวนการมอดูเลชันเชิงความถี่ มีพื้นฐานมาจากการส่งสัญญาณวิทยุในระบบ FM การทดลองแรกๆของ John คือใช้ สัญญาณเสียง (Audio Signal) เป็นมอดูเลเตอร์ (Modulator) ไปควบคุมความถี่และฮาร์โมนิกของความถี่พื้นฐาน (Fundamental Frequency) เพื่อที่จะผลิตเสียงออกมา การทดลองต่อมา เมื่อใช้เสียงที่เป็นสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ต่ำ (Low Frequency Signal) หรือเสียงที่หูคนได้ยินที่ความถี่ 20 เฮิรต์มาเป็นมอดูเลเตอร์ จะได้เสียงที่มีความเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ แต่ถ้านำเสียงที่มีความถี่มากกว่า 20 เฮิรต์มาเป็นมอดูเลเตอร์เปรียบเสมือนการเพิ่มสเปกตรัมของความถี่พื้นฐาน

การมอดูเลชันเชิงความถี่ คือ การมอดูเลชันที่ความถี่ของสัญญาณความถี่พื้นฐานและฮาร์โมนิกเปลี่ยนแปลงตามขนาดของสัญญาณความถี่เสียง โดยมีรูปสมการทั่วไปดังนี้

$$x(t) = A \cdot \sin[\theta(t)] \quad (\text{Volt}) \quad (2.1.1)$$

$$\theta(t) = [2\pi f_c t + I \cdot \sin(2\pi f_m t)] \quad (2.1.2)$$

$$f(t) = \frac{d\theta}{dt} \quad (2.1.3.1)$$

$$= 2\pi f_c + 2\pi I f_m \cos(2\pi f_m t) \quad (2.1.3.2)$$

เมื่อ $\theta(t)$ = มุมที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง (radian)

$f(t)$ = อัตราการเปลี่ยนแปลงมุมต่อเวลา (radian/sec)

f_c = ความถี่พื้นฐาน (Hz.)

f_m = ความถี่มอดูเลชัน (Hz.)

π = ค่าคงที่ 3.142

A = แอมพลิจูดของสัญญาณ (Volt)

I = อัตราการมอดูเลชัน

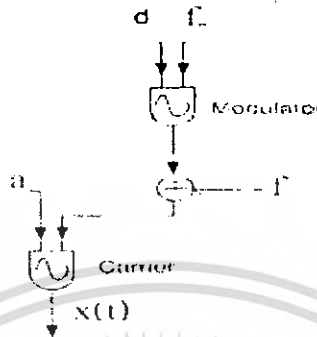
2.2.1 การกระจายสเปกตรัมของ FM

เมื่อนำสัญญาณที่ได้จากการมอดูเลชันเชิงความถี่ตามสมการที่ 2.1.1 มาวิเคราะห์แยกองค์ประกอบสเปกตรัมของสัญญาณจะได้สมการดังนี้

$$\begin{aligned} x(t) &= \sin[\theta(t)] = \sin[2\pi f_c t + I \sin(2\pi f_m t)] \\ &= J_0(I) \sin(2\pi f_c t) \\ &\quad + J_1(I) \sin(2\pi f_c t + 2\pi f_m t) - J_1(I) \sin(2\pi f_c t - 2\pi f_m t) \\ &\quad + J_2(I) \sin(2\pi f_c t + 2 \cdot 2\pi f_m t) + J_2(I) \sin(2\pi f_c t - 2 \cdot 2\pi f_m t) \\ &\quad + J_3(I) \sin(2\pi f_c t + 3 \cdot 2\pi f_m t) - J_3(I) \sin(2\pi f_c t - 3 \cdot 2\pi f_m t) \quad (2.2) \end{aligned}$$

2.2.2 การสร้างสัญญาณ FM อย่างง่าย (Simple FM Generation)

การสร้างสัญญาณ FM อย่างง่ายดังสมการที่ 2.1.1 นั้น เราสามารถแทนได้ด้วย บล็อกโคเดแกรมย่อ ดังรูปที่ 2.8 ซึ่งประกอบด้วยบล็อกย่อย 3 บล็อกดังนี้



รูปที่ 2.3 บล็อกโคเดแกรมวงจรสร้างสัญญาณ FM อย่างง่าย

บล็อกแรกเป็นมอดูเลเตอร์ ซึ่งจะรับสัญญาณความถี่มอดูเลชันและค่าความถี่เบี่ยงเบนป้อนเข้ามา และให้สัญญาณมอดูเลชันออกมาแล้วจะป้อนเข้าสู่บล็อกที่สอง ซึ่งจะนำสัญญาณมอดูเลชันไปรวมกับสัญญาณความถี่พื้นฐานส่งต่อไปยังบล็อกที่สาม คือ แคร리어 (Carrier) ที่บล็อกนี้ จะรับค่าแอมพลิจูดและสัญญาณที่มาจากบล็อกที่สอง โดยค่าแอมพลิจูดที่ป้อนเข้าคือ แอมพลิจูดของสัญญาณมอดูเลชันเชิงความถี่ คือสัญญาณ $x(t)$ ในรูป 2.8

จากรูป 2.8 ค่าต่าง ๆ อธิบายได้ดังนี้

d = ความถี่แปรผัน (Frequency Deviation) หรือแอมพลิจูดของมอดูเลเตอร์

f_m = ความถี่มอดูเลเตอร์ (Modulator Frequency)

a_c = แอมพลิจูดคลื่นพาห์ (Fundamental Amplitude)

f_c = ความถี่พื้นฐาน (Fundamental Frequency)

การเปลี่ยนแปลงความถี่ของคลื่นพาห์ขึ้นกับ ความถี่แปรผัน และความถี่มอดูเลเตอร์ดังนี้

- ถ้าความถี่มอดูเลเตอร์เป็นค่าคงที่ แล้วความถี่แปรผันเพิ่มขึ้น เอาท์พุทของ Carrier จะมีคาบเวลา (Period) กว้างขึ้น หรือความถี่น้อยลงตามสมการ $f = 1/T$
- ถ้าความถี่มอดูเลเตอร์เพิ่มขึ้น แล้วความถี่แปรผันคงที่ เอาท์พุทของ Carrier จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงความถี่มากขึ้น

2.2.3 สเปกตรัมของสัญญาณเสียง มอดูเลชันเชิงความถี่

ในการมอดูเลชันเชิงความถี่ รูปแบบของคลื่นพาห์และคลื่นมอดูเลชันที่นิยมใช้คือ Sine Wave โดยทั่วไปไม่จำเป็นต้องใช้รูปแบบของคลื่นแบบอื่น เช่น Pulse หรือ Sawtooth มาใช้ในการสร้างเสียงให้มีลักษณะแตกต่างไปจากเสียงของเครื่องดนตรีทั่วไป ซึ่งนับเป็นข้อหนึ่งของวิธีการสังเคราะห์เสียงด้วยการมอดูเลชันเชิงความถี่

2.2.4 การคำนวณองค์ประกอบของความถี่ฮาร์โมนิก (Frequency of the Partials)

สเปกตรัมของเสียงที่เกิดจากการมอดูเลชันเชิงความถี่ประกอบด้วย ความถี่คลื่นพาห์คงที่ และจำนวนฮาร์โมนิก (Harmonic) ซึ่งห่างกันเท่ากับความถี่มอดูเลเตอร์ (f_m) ในทุก ๆ ฮาร์โมนิกโดยฮาร์โมนิกที่ไม่ใช่ความถี่คลื่นพาห์จะเรียกว่า ความถี่ข้างเคียง (Sideband Frequency) หาได้จากสมการ

$$\text{Sideband Frequency} = f_c \pm kf_m \quad (2.3)$$

; k = จำนวนเต็มที่มีมากกว่า 0

คามทฤษฎีของการมอดูเลชันเชิงความถี่มีอัตราการมอดูเลชัน (Modulation Index = I) ควบคุมจำนวนความถี่ข้างเคียง โดยที่ อัตราการมอดูเลชันเป็นอัตราส่วนระหว่าง ความถี่แปรผันกับความถี่มอดูเลเตอร์ตามสมการ $I = d/m$ โดยที่จำนวนคู่ของความถี่ข้างเคียงเท่ากับอัตราการมอดูเลชันบวกหนึ่ง

2.2.5 การคำนวณแอมพลิจูดของความถี่พาร์เชียล (Amplitude of the Partials)

ในการสังเคราะห์เสียงด้วยวิธีมอดูเลชันเชิงความถี่ โดยปกติแล้วความถี่คลื่นพาห์ (Carrier Frequency; f_c) จะเป็นส่วนสำคัญที่จะระบุระดับเสียง (Pitch) ของเสียงสังเคราะห์ที่จะได้จากการบวนการสังเคราะห์เสียง วิศวกรเสียง (Sound Engineer) จะเรียกความถี่นี้ว่า ความถี่พื้นฐาน (Fundamental Frequency)

ทั้งนี้ ในการสังเคราะห์เสียงด้วยวิธีมอดูเลชันเชิงความถี่ มีบางกรณีที่มีความถี่พาห์ (f_c) ไม่ได้เป็นส่วนที่จะระบุระดับเสียง (Pitch) ได้โดยตรง ซึ่งในการคำนวณนี้จะไม่ได้กล่าวถึง

การคำนวณแอมพลิจูดของความถี่พาร์เชียล จะใช้ฟังก์ชันเบสเซล (Bessel Function) ในการหาค่าสัมประสิทธิ์แอมพลิจูดของแต่ละฮาร์โมนิก

ฟังก์ชันเบสเซล เป็นฟังก์ชันที่แสดงสัมประสิทธิ์แอมพลิจูดของแต่ละฮาร์โมนิก เกิดจากการกระจายสเปกตรัมความถี่พื้นฐานออกไปยังความถี่ข้างเคียง (Sideband Frequency or Partials) โดยเป็น ได้ทั้งค่าบวกและค่าลบ ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าของอัตราการมอดูเลชัน (Modulation Index = I) โดย

$$J_0(I) \quad \text{แสดงสัมประสิทธิ์แอมพลิจูดของ } f_c$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$J_1(I)$ แสดงสัมประสิทธิ์แอมพลิจูดของ $f_c \pm f_m$

$J_n(I)$ แสดงสัมประสิทธิ์แอมพลิจูดของ $f_c \pm nf_m$

(สัมประสิทธิ์เบสเซลฟังก์ชัน แสดงในตารางที่ 2.1)

ตัวอย่าง 1 การวิเคราะห์สเปกตรัมของสัญญาณ FM อย่างง่าย

กำหนดให้ $f_m(t) = \cos(2\pi * 1000t)$; $I = 1$

$F_c(t) = 10\sin(2\pi * 500 * 10^3 t)$

$A_c = 10$

$f_m = 1$ Hz.

$f_c = 500$ Hz.

$N = 0, 1, 2, 3$

จากตาราง Bessel Function (ตารางที่ 2.1);

$I = 1, J_0 = 0.77, J_1 = 0.44, J_2 = 0.11, J_3 = 0.02$

Spectrum = $A_c \left[\sum_{i=0}^n J_n(f_c \pm nf_m) \right]$

จะได้

$AJ_0 = 10 * 0.77 = 7.7$

$AJ_1 = 10 * 0.44 = 4.4$

$AJ_2 = 10 * 0.11 = 1.1$

$AJ_3 = 10 * 0.02 = 0.2$

นอกจากนี้ การวิเคราะห์แอมพลิจูดของความถี่พาร์เซียล ในการสังเคราะห์เสียงด้วยวิธีมอดูเลชันเชิงความถี่ เบื้องต้นมีข้อพิจารณาสองประการ คือ

1. จากสัมประสิทธิ์ฟังก์ชันเบสเซล แสดงให้เห็นว่า บางพาร์เซียลอาจมีสัมประสิทธิ์เป็นค่าลบ ซึ่งในความเป็นจริงแอมพลิจูดไม่สามารถเป็นค่าลบ (Negative) ได้ ความหมายของค่าลบในกรณีนี้คือ การกลับเฟสของพาร์เซียลหรือฮาร์โมนิกนั้น ๆ (Out of Phase)

ในกรณีที่ไม่มีควมถี่ฮาร์โมนิกเดียวกันเกิดขึ้น จากการที่มีการเล่น (Play) เสียงอื่นอยู่ในเวลาเดียวกัน ปรากฏการณ์นี้จะไม่ส่งผลกระทบต่อสัญญาณเสียงในฮาร์โมนิกนั้น ๆ แต่หากมีฮาร์โมนิกเดียวกันเกิดขึ้นพร้อมกัน แอมพลิจูดอาจเสริมกันหรือหักล้างกันเอง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับเฟสว่าแตกต่างกันเท่าไร

2. ปรากฏการณ์เมื่อความถี่คลื่นพาร์เซียลมีค่าต่ำแต่อัตราการมอดูเลชันมีค่าสูง กรณีนี้การมอดูเลชันอาจทำให้เกิดความถี่ข้างเคียง (Sideband) หรือพาร์เซียล ในช่วงความถี่ที่เป็นลบ (Negative Frequency) ในการคำนวณแอมพลิจูดของพาร์เซียลจะต้องทำการกลับพาร์เซียลที่อยู่ในช่วงความถี่ที่เป็นลบมาอยู่ในช่วงความถี่ที่เป็นบวก (Positive Frequency) โดยยึดแกน 0 เฮิร์ต เป็นหลัก โดยพาร์

เขี่ยลที่กลับมาแล้ว จะมีเฟสตรงกันข้ามกับของเดิม จากนั้นหากมีพาร์เขี่ยลที่ตรงกันอยู่ จะต้องทำการรวมค่าแอมพลิจูดใหม่ ดังแสดงตามตัวอย่างที่ 2

ตัวอย่าง 2 การวิเคราะห์สัญญาณ FM เมื่อความถี่หลัก $f_c = 440$ Hz. , ความถี่สัญญาณเสียง $f_m = 440$ Hz. และค่าดัชนีการมอดูเลท $I = 3$

2.2.6 สเปกตรัมของการสังเคราะห์เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลง (Synthesizing Time-Varying Spectra)

ส่วนสำคัญในการสังเคราะห์เสียงอีกส่วน คือ ความสามารถในการควบคุมองค์ประกอบสเปกตรัมของเสียงให้เปลี่ยนแปลงได้ในแต่ละช่วงเวลาของความยาวเสียง (Duration) ต่อการเล่นเครื่องดนตรีในหนึ่งตัวโน้ต เนื่องจากแอมพลิจูดของพาร์เขี่ยลต่าง ๆ ที่กำเนิดจากเครื่องดนตรีคู่สตริกจะมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปภายในระยะเวลาความยาวเสียง ซึ่งลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันนี้ จะเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยในการสร้างเอกลักษณ์ของสีต้นของเสียง (Timbre) จากเครื่องดนตรีแต่ละชนิดให้แตกต่างกันออกไป

การสังเคราะห์เสียงด้วยวิธีการมอดูเลชันเชิงความถี่ มีจุดเด่นกว่าวิธีอื่น คือสามารถจะปรับพารามิเตอร์เพื่อสร้างเสียงที่มีแอมพลิจูดของพาร์เขี่ยลต่าง ๆ ให้มีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลาของความยาวเสียงได้ โดยการกำหนดอัตราการมอดูเลชัน (Modulation Index) ในแบบกรอบของโทนเสียง (Sound Envelope) ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละระยะเวลา ภายในช่วงความยาวเสียง

2.2.7 กรอบของโทนเสียง (Sound Envelope)

ในเทคนิคการสังเคราะห์เสียงด้วยการมอดูเลชันเชิงความถี่ เพื่อให้ได้เสียงใกล้เคียงกับเครื่องดนตรีจริง เราสามารถกำหนดอัตราการมอดูเลชันให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าน้อยได้ในแต่ละช่วงเวลาของความยาวเสียง โดยอาศัยการประมาณจากการวิเคราะห์สเปกตรัมของเสียงเครื่องดนตรีจริงแต่ละชนิด ลักษณะกรอบโทนเสียงทั่ว ๆ มีรูปร่างแบบเอดีเอสอาร์ (ADSR shape) ดังรูปที่ 2.12 ไปสามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วนได้ดังนี้

1. ช่วงแอทแท็ค (Attack) เป็นช่วงที่เสียงมีการเปลี่ยนแปลงทางขนาดในรูปของสัญญาณไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างกะทันหัน (Transient) ในช่วงเวลาอันรวดเร็ว
2. ช่วงดีเคย์ (Decay) เป็นช่วงที่เสียงมีขนาดของสัญญาณเสียงลดลงอย่างมีนัยสำคัญจากขนาดสูงสุดของสัญญาณในช่วงแอทแท็ค
3. ช่วงซัสเทน (Sustain) เป็นช่วงที่เสียงมีขนาดของสัญญาณคงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงลดลงเพียงเล็กน้อย อยู่ในช่วงเวลาหลังจากช่วงดีเคย์จนถึงเวลาหยุดเล่นเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

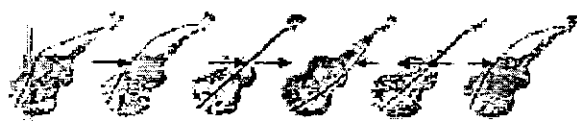
4. ช่วงรีลีส (Release) เป็นช่วงที่ขนาดสัญญาณเสียงลดลงจากช่วงซัสเทนภายหลังการหยุดเล่นเสียงจนขนาดของสัญญาณเสียงมีค่าเป็นศูนย์

รูปร่างและระยะเวลาของส่วนแอทแท็คและดีเคย์ มีอิทธิพลอย่างมากกับสีต้นเสียง ในเครื่องดนตรีหรือคูสติค โดยทั่วไปจะมีระยะเวลาของช่วงแอทแท็คที่ค่อนข้างสั้นกว่าช่วงดีเคย์ ช่วงแอทแท็คที่สั้นมากจะเป็นลักษณะเฉพาะของเสียงจากเครื่องดนตรีประเภทตีหรือเคาะ (Percussive Sounds) ในขณะที่ช่วงแอทแท็คที่ยาวกว่าจะพบในเครื่องดนตรีหรือคูสติค เช่น ออร์แกน ซึ่งสร้างเสียงจากกระแสอากาศที่รุนแรงข้ามผ่านขอบของพื้นผิว เครื่องดนตรีหรือคูสติคหลายชนิดมีช่วงแอทแท็คที่ยาวกว่าเมื่อเล่นที่ระดับเสียงต่ำกว่า การสังเคราะห์เสียงด้วยช่วงดีเคย์ที่สั้นเมื่อเทียบกับช่วงแอทแท็คที่ยาวกว่า จะสร้างเสียงที่มีลักษณะคล้ายกับเสียงจากการเล่นเทปบันทึกย้อนหลัง

รูปร่างแบบเอดีเอสอาร์ เป็นการพยายามที่จะเลียนแบบกรอบของเสียงที่พบในเครื่องดนตรีหรือคูสติค และใช้อย่างแพร่หลายในคีย์บอร์ดสังเคราะห์เสียงอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป

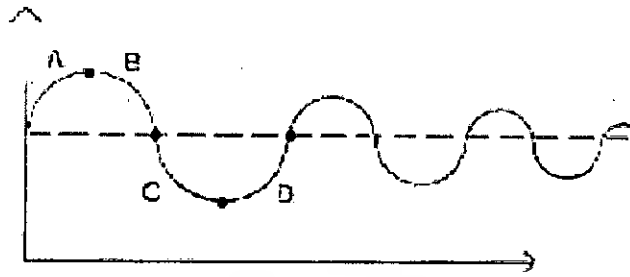
2.2.8 พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับเสียง

เสียงนั้นจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อโมเลกุลของอากาศ ถูกรบกวนด้วยระบบการเคลื่อนไหวยาวบางอย่าง ซึ่งเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ อาจเป็นสายกีตาร์ เส้นเสียงของคน มันถูกทำให้เคลื่อนไหว เพราะมีการใช้พลังงานทำให้มันเกิดการเคลื่อนไหว เช่น สายกีตาร์ถูกดีดโดยใช้ปิ๊ก หรือนิ้วดีด หรือเส้นเสียงสั่นเมื่อเราใช้ลมผ่านที่เส้นเสียงทำให้เกิดเสียง ซึ่งทั้งสองลักษณะจะเกิดเสียงได้ ก็ต่อเมื่อมีการสั่นสะเทือนด้วยอัตราที่เร็วและแรงพอ จนทำให้เกิดเสียงให้เราได้ยิน แต่ถ้ามันไม่เร็วและแรงพอเราก็จะไม่ได้ยินเสียงเลย แต่ถ้าเกิดการสั่นสะเทือนนั้นอย่างน้อย 20 ครั้งต่อวินาทีและโมเลกุลของอากาศมีการเคลื่อนไหวพอเราก็จะได้ยินเสียง เพื่อความเข้าใจขอบข่ายการนี้ให้ดีขึ้น เราจะมาดูให้ใกล้ซิดเข้าไปถึงการสั่นของสายกีตาร์ สายกีตาร์ทั้งสายจะเคลื่อนตัวกลับไป-มาในอัตราที่แน่นอน ซึ่งอัตรานี้เราเรียกว่าความถี่ของการสั่นสะเทือน (Frequency of Vibration) เพราะว่าการเคลื่อนไหวกลับไป-มาเรียกว่ารอบ (Cycle) ซึ่งเราใช้วัดความถี่ ที่มีหน่วยวัดว่ารอบต่อวินาที (Cycles per Second) หรือมีตัวย่อว่า cps. ซึ่งการวัดแบบนี้ที่เรารู้จักกันที่เรียกว่าเฮิรตซ์ (Hertz) มีตัวย่อว่า Hz บ่อยครั้งความถี่ของจุดกำเนิดเสียงสั่นเร็วมากเป็นพันรอบต่อวินาทีที่เราเรียกว่ากิโลเฮิรตซ์หรือkHz



รูปที่ 2.4 การสั่นของสายกีตาร์

ระยะของการเคลื่อนตัวของสายกีตาร์เราเรียกว่า การเคลื่อนตัว (Displacement) ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการดีดสายอย่างไร ถ้าการดีดทำให้มีการเคลื่อนตัวที่กว้างก็จะได้เสียงที่ดังกว่า การดีดที่ทำให้เกิดกา



เคลื่อนตัวแคบ ๆ และการเคลื่อนตัวของสายกีตาร์จะเปลี่ยนไปขณะที่สายกีตาร์สั่น

รูปที่ 2.5 การเคลื่อนตัว (Displacement)

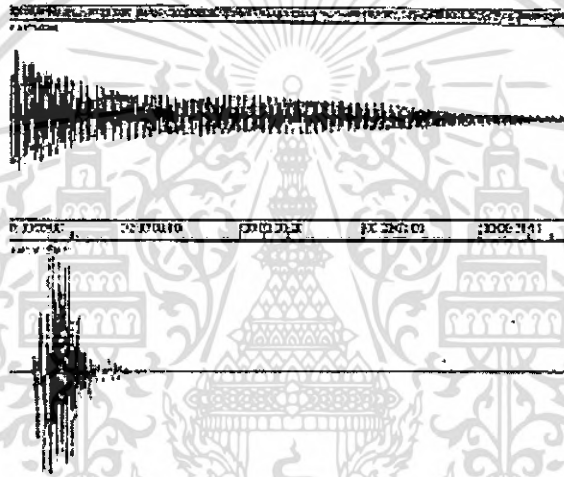
ในส่วนที่จุด A แทนตำแหน่งที่สายกีตาร์ เคลื่อนตัวกลับไปหลังจากใช้นิ้วดีดสาย จุด B แสดงการเคลื่อนตัวกลับมาที่จุดหยุดนิ่งของสาย จุด C แสดงตำแหน่งที่สายเคลื่อนตัวกลับมา และจุด D แสดงการเคลื่อนตัวของสายกลับมาที่จุดหยุดนิ่งของสายอีกครั้ง ซึ่งลักษณะการเกิดในรูปแบบนี้จะเกิดซ้ำ ๆ และต่อเนื่อง จนกว่าความแรงของโมเลกุลในอากาศค่อย ๆ ลดลง จนทำให้สายกีตาร์หยุดนิ่งในขณะที่สายกีตาร์สั่นมันเป็นสาเหตุทำให้โมเลกุลของอากาศรอบ ๆ สายเกิดการสั่นด้วย ซึ่งการสั่นสะเทือนนี้จะถูกผ่านไปในอากาศทำให้เกิดเป็นลักษณะคลื่น ที่เราเรียกว่า คลื่นเสียง (sound Wave) เมื่อการสั่นสะเทือนเข้ามาที่หูของคุณ มันทำให้แก้วหูของคุณสั่นและคุณก็จะได้ยินเสียง ในลักษณะเดียวกัน ถ้าการสั่นของอากาศกระทบกับไมค์ มันเป็นเหตุให้ไมค์สั่นและส่งสัญญาณไฟฟ้าออกมาเป็นเสียงตามหลักทฤษฎีของเสียง คนเราจะได้ยินเสียงที่มีย่านความถี่ในช่วง 20Hz ถึง 20kHz แต่ในความเป็นจริงในช่วงความถี่สูงนั้นเราจะได้ยินประมาณที่ความถี่ 15 หรือ 17kHz ส่วนในสัตว์ต่าง ๆ และ ไมโคร โฟนมีย่านความถี่ที่แตกต่างกันออกไปการเคลื่อนไหวกลับไปมาของสายกีตาร์นั้นเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ รวมทั้งรูปแบบของการสร้างเสียงดังนั้น เครื่องดนตรีประเภทสายทั้งหมด ก็จะมีลักษณะการเกิดเสียงเหมือนกัน แต่ละในกฎเกณฑ์ทางฟิสิกส์การเกิดของเสียงมัน ไม่ง่ายแบบนี้ซึ่งในความเป็นจริงการ สั่นสะเทือนนั้นไม่ได้ที่ความถี่เท่ากันตลอดทั้งสายของกีตาร์ แต่จะเกิดที่ $1/2$, $1/3$, $1/4$, $1/5$ และต่อ ๆ ไป ซึ่งการสั่นสะเทือนนั้นจะมากขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้เกิดเสียงที่เรารู้จักกันในลักษณะของ โอเวอร์ โทน (Overtones) ซึ่งความถี่ที่เกิดทีหลังจะมากกว่าความถี่ตอนเริ่มต้นสั่นสะเทือน (Fundamental Frequency) ซึ่งมันสั่นไม่แรงพอจึงทำให้หูของเราไม่ได้ยินย่านความถี่ของความถี่ใดความถี่หนึ่งโดยเฉพาะ ถ้าหูของเราได้ยินแต่ความถี่ชัดเจนก็คงวุ่นวายน่าดู เพราะแต่ละครั้งที่สายกีตาร์เส้นเดียวถูกดีดเราจะได้ยินเสียงตัวโน้ตหลาย ๆ ตัว คงจะสนุกไปอีกแบบ ก็ถือเป็นความโชคดีที่ธรรมชาติที่ทำให้ความถี่ทั้งหมดรวมกันออกมาให้เราได้ยินเป็น โน้ตตัวเดียวคลื่นเสียงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นนั้นเราจะไม่ได้ยิน ถ้าไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบที่เราเรียกว่าที่ดูดซับเสียง (Resonator) ตัวอย่างเช่น กีตาร์ก็จะมีตัวกีตาร์เป็นกล่องไม้กลวง ๆ ไขว้มาดูดซับเสียงที่เกิดจากการสั่นสะเทือนทำให้เรายินเป็นเสียงกีตาร์ออกมาเมื่อเราดีดสายกีตาร์

2.2.10 คลื่นเสียง (Waveform)

คลื่นเสียงสามารถแสดงออกในหลาย ๆ ลักษณะที่แตกต่างกัน อาจเป็นในรูปแบบของคณิตศาสตร์, ลำดับของตัวเลขหรือเป็นลักษณะรูปกราฟิกของคลื่นเสียง (Waveform) ซึ่งจะแสดงขนาด หรือแอมพลิจูด (Amplitude) หรือความดังของการสั่นสะเทือนตามระยะเวลาดังรูป



รูปที่ 2.6 รูปกราฟิกของคลื่นเสียง (Waveform)

2.3 สัญญาณรบกวนขาว (White noise)

สัญญาณรบกวนขาว(White noise) เรียกชื่อให้สอดคล้องกับแสงสีขาว ที่ประกอบด้วยแสงทุกความถี่ โดยเป็นสัญญาณรบกวนที่มีการกระจายของกำลังอย่างมีรูปแบบและครอบคลุมช่วงความถี่ที่กว้างมาก ซึ่งมีค่าประมาณ 10^{13} Hz ที่อยู่ในช่วงของรังสีอัลตราไวโอเล็ต นอกนั้นกำลังจะลดต่ำลง White Noise จะมีลักษณะการกระจายแบบเกาส์เซียน ดังนั้นจึงเรียกชื่อกันว่า White Gaussian Noise ถ้ากำหนดให้ P_0 เป็นความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังต่อเฮิรตซ์ (คิดเฉพาะความถี่ด้านบวก) และเมื่อเราคิดความถี่ด้านลบด้วยก็จะได้ความหนาแน่นสเปกตรัมเป็น

$$|S_n(\omega) = \frac{P_0}{2}$$

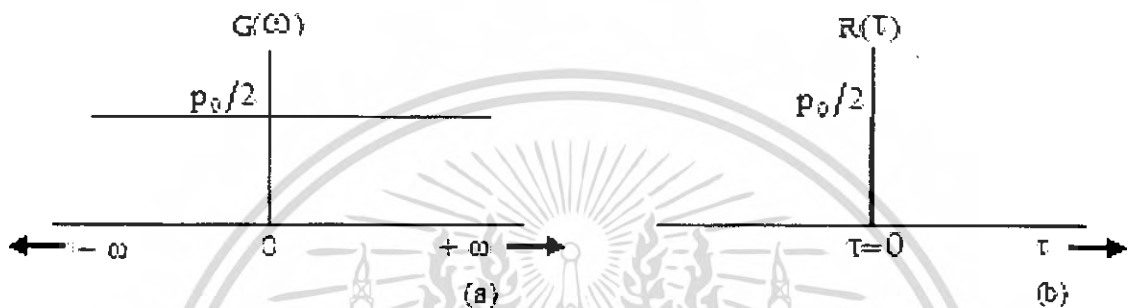
และจะได้ Autocorrelation เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} G(\omega) e^{j\omega\tau} d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{p_0 e^{j\omega}}{2} d\omega = \frac{p_0}{2} \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} 1 \cdot e^{j\omega} d\omega$$

$$R(\tau) = \frac{p_0}{2} \delta(\tau)$$

เมื่อกำหนดให้ $\delta(\tau)$ เป็น Direct delta function แสดงดังรูป โดยจะมีค่าที่ $\tau = 0$ นอกนั้นจะมีค่าเป็นศูนย์

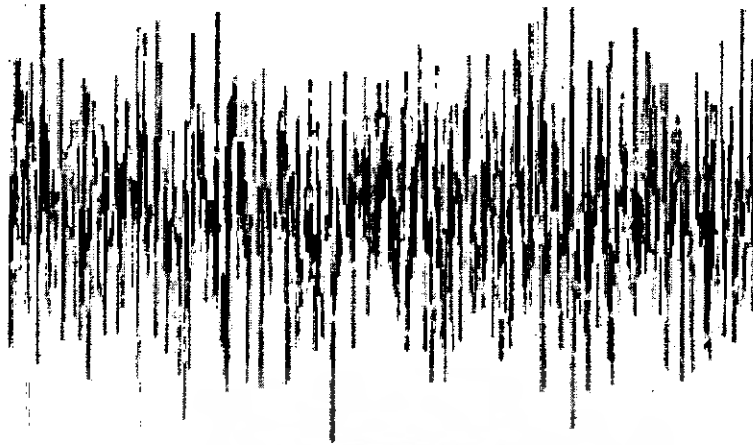


รูป 2.7 ลักษณะของ White Gaussian noise

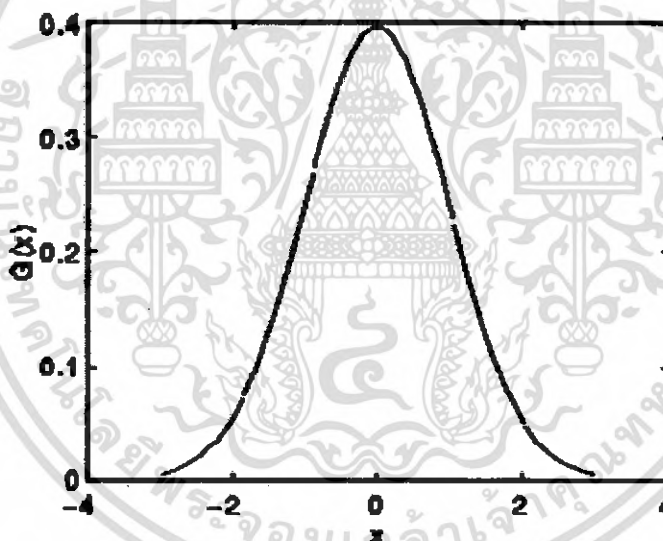
(a) แสดงความหนาแน่นสเปกตรัมกำลัง

(b) แสดง Autocorrelation

ในความเป็นจริงแล้วเราไม่สามารถอธิบายสมการของความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของ White noise ให้เป็นรูปธรรมได้ กล่าวคือถ้าเป็นไปตาม สมการ นี้จริงสัญญาณรบกวนก็จะมีกำลังไม่จำกัด คือถ้าทำการอินทิเกรตตลอดทุกความถี่ก็จะได้ค่าสเปกตรัมกำลังเป็นอนันต์ ซึ่งไม่สามารถเป็นจริงได้ แต่แบนด์วิดท์ของอุปกรณ์ที่ใช้วัดมักจะมีค่าแบนด์วิดท์น้อยกว่าแบนด์วิดท์ของสิ่งที่กำลังสังเกตอยู่ ค่าที่วัดได้จึงเป็นค่าในแบนด์วิดท์ที่จำกัด สัญญาณรบกวนขาวที่วัดได้นี้จะเรียกว่า band-limited white noise ดังนั้นสัญญาณรบกวนใดที่มีความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังเท่ากันตลอดช่วงแบนด์วิดท์นั้น จึงคิดเป็น white noise ได้



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างของสัญญาณรบกวนแบบ White Noise



รูปที่ 2.9 Gaussian distribution ซึ่งจะมี mean = 0 standard deviation = 1

สัญญาณรบกวนก็คือสัญญาณที่ไม่ต้องการ เกิดจากแหล่งกำเนิดมากมายทั้งจากธรรมชาติ และมนุษย์สร้างขึ้น สัญญาณรบกวนที่มนุษย์สร้างขึ้นอาจมาจากระบบการสื่อสารอื่น จากการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ จากสัญญาณ 50 Hz ของสายส่งกำลังเป็นต้น ส่วนที่เกิดจากธรรมชาติมีทั้งที่เกิดในชั้นบรรยากาศและเกิดจากภายนอกโลก รวมถึงสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเนื่องจากความร้อนซึ่งจะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงสัญญาณรบกวนที่มีความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังคงที่ตลอดทุกความถี่เรียกว่า สัญญาณรบกวนขาว (White Noise) เรียกชื่อให้สอดคล้องกับแสงสีขาว (White Light) ที่ประกอบด้วยแสงทุกความถี่ ถ้าให้ความเอกซารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนาแน่นสเปกตรัมกำลัง เป็น η มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อเฮิรตซ์ และถ้าสัญญาณรบกวน $n(t)$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์แล้ว ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของ White Noise จะเท่ากับ

$$S_n(\omega) = \frac{\eta}{2} \quad \text{for all } \omega$$

ที่หารสองเนื่องจากคิดเฉพาะความถี่ที่เป็นบวกเท่านั้น สำหรับกรณีของตัวต้านทานเมื่อคูณด้วย R จะเปลี่ยนความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังเป็นค่าเฉลี่ยกำลังสองของแรงดัน และถ้าหารด้วย R จะได้ค่าเฉลี่ยกำลังสองของกระแส ในความเป็นจริงสมการนี้ไม่สามารถอธิบายในรูปขรรรมได้ กล่าวคือ ถ้าเป็นไปตามสมการนี้จริงสัญญาณรบกวนก็จะมีกำลังไม่จำกัด คือ ถ้าอินทิเกรตตลอดทุกความถี่ก็จะได้ค่าเข้าสู่ ∞ ซึ่งเป็นไปไม่ได้ แต่อย่างไรก็ตามแบนด์วิธของอุปกรณ์ใช้วัดมักจะมีค่าน้อยกว่าแบนด์วิธของสิ่งที่กำลังสังเกตอยู่ ค่าที่วัดได้จึงเป็นค่าในแบนด์วิธที่จำกัด สัญญาณรบกวนขาวที่วัดได้นี้ก็จะเรียกว่าเป็น Band-limited White Noise หรือกล่าวได้ว่าถ้าสัญญาณรบกวนใดที่มีความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังเท่ากันตลอดช่วงแบนด์วิธนั้น คิดเป็น White Noise ได้

สัญญาณรบกวนขาวนี้จะไม่ขึ้นอยู่กับความถี่ที่ใช้งานคือ มีความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังเท่ากับ $\eta/2$ [W/Hz] ตลอดช่วงแบนด์วิธ B กำลังของสัญญาณรบกวน $n(t)$ คือ P_n มีค่า

$$P_n = \frac{1}{2\pi} \int_{-2\pi B}^{2\pi B} \frac{\eta}{2} d\omega = \eta B \quad [W]$$

ถ้ากำลังนี้ตกคร่อมตัวต้านทาน R หากค่าเฉลี่ยกำลังสองของแรงดันรบกวนนี้ได้เป็น

$$\overline{n^2(t)} = RP_n = \eta RB \quad [V^2]$$

และถ้า $n(t)$ เป็นกระแส

$$\overline{n^2(t)} = \frac{P_n}{R} = \eta GB \quad [A^2]$$

72240

โดย G เป็นความนำ จะเห็นว่าสัญญาณรบกวนขาเข้ามีความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังเท่ากันทุกความถี่ กล่าวคือมีส่วนประกอบแต่ละความถี่เท่ากันทุกความถี่ จากคุณสมบัตินี้สามารถนำไปใช้วัดระบบเชิงเส้นหาการตอบสนองขนาด (Amplitude Response) และหาผลตอบสนองอิมพัลส์ (Impulse Response) ได้



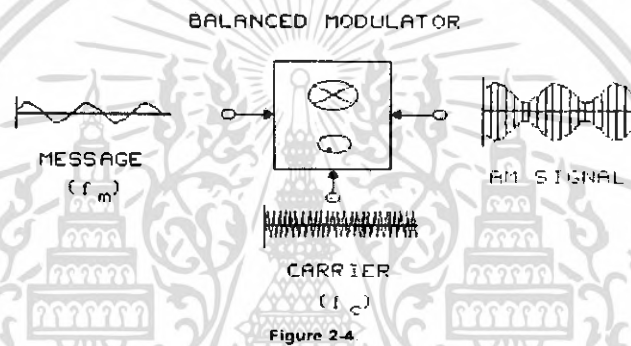
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบโครงสร้าง

โครงการนี้ใช้โปรแกรมแมทแลป (MATLAB) เวอร์ชัน 6.5 ในการออกแบบและซิมูเลต (Simulate) วงจรสังเคราะห์สัญญาณเสียง โดยออกแบบวงจรสังเคราะห์เสียง 2 แบบ คือวงจรสังเคราะห์เสียงด้วยเทคนิคมอดูเลชันเชิงความถี่อย่างง่ายและวงจรสังเคราะห์เทคนิคแอดดิทีฟ มาใช้การพัฒนาโปรแกรมสังเคราะห์เสียง

3.1 โปรแกรมสังเคราะห์เสียงด้วยเทคนิคมอดูเลชันเชิงความถี่อย่างง่ายบน (MATLAB)



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมวงจรสังเคราะห์เสียงแบบมอดูเลชันเชิงความถี่อย่างง่าย

จากวงจรดังรูปที่ 3.1 เมื่อนำไปออกแบบเป็น โปรแกรมสังเคราะห์เสียงในโปรแกรม (MATLAB) จะต้องเติมบล็อกที่สามารถกำหนดค่าทั้งขนาดและความยาวของสัญญาณทั้งสองค่าที่ได้ จะเป็นแบบการเอนเวโลปกัน คือ แอมพลิจูดเอนเวโลป และมอดูเลชัน ซึ่งจะได้ค่าทั้งสองมีขนาดเปลี่ยนแปลงได้ ในช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งจะทำให้สัญญาณที่สังเคราะห์ได้มีการประมาณเสียงที่ออกมาจะแตกต่างจากเสียงที่เข้ามาหรือเสียงต้นฉบับยิ่งลักษณะทางสัญญาณแตกต่างจากต้นฉบับ ก่อจะฟังได้ชัด

รูปที่ 3.2 จะแสดงโปรแกรมสังเคราะห์เสียงกิตาร์ในโปรแกรม MATLAB โดยการมอดูเลชันเชิงความถี่อย่างง่ายเป็นหลักการการออกแบบ ทั้งนี้มีการเพิ่มค่าของความถี่ เพื่อให้สัญญาณที่สร้างสอดคล้องกับสัญญาณของกิตาร์ที่ได้ลักษณะเสียงที่แตกต่างกันออกไป

3.2 การออกแบบโปรแกรมสังเคราะห์เสียงด้วยเทคนิคมอดูเลชันเชิงความถี่อย่างง่าย

การออกแบบโปรแกรมสังเคราะห์เสียง ด้วยเทคนิคมอดูเลชันเชิงความถี่อย่างง่าย ประกอบด้วย

3.2.1 ส่วนของการทำงานของโปรแกรม (Run) เมื่อคลิกจะทำงานในส่วนของวงจรที่ได้ต่อไว้

3.2.2 ส่วนของบล็อกสัญญาณ ซายน์เวฟ (Sine wave) สามารถกำหนดความถี่ของสัญญาณและแอมพลิจูดและคาบเวลาในการเกิดคลื่นสัญญาณ ซายน์

3.2.3 ส่วนของบล็อกสัญญาณที่มีลักษณะการสุ่ม (Random number)

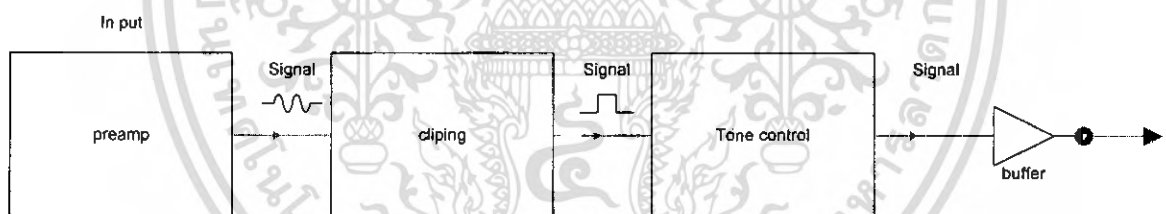
3.2.4 ส่วนของบล็อกเวลา (Clock) สามารถกำหนดค่าของเวลาใช้การทดลอง

3.2.5 ส่วนของบล็อกการบวก (Sum) เป็นตัวที่นำสัญญาณมารวมกันในรูปการบวกกัน

3.2.6 ส่วนของบล็อกการคูณ (Product) เป็นตัวที่นำสัญญาณมาคูณกัน

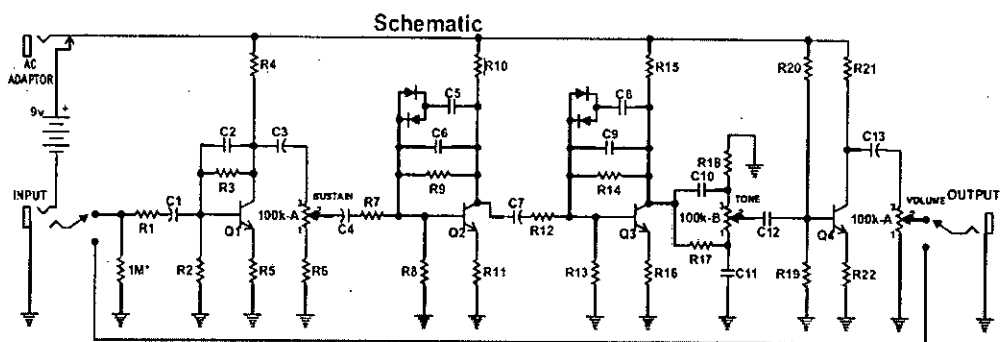
3.2.7 ส่วนของบล็อกการวัดสัญญาณ (Scope) เป็นตัววัดสัญญาณที่ได้จากการทดลอง เราสามารถปรับแต่งช่วงสัญญาณที่ใช้ในการมอดูเลชันได้และสามารถออกแบบวงจรในการนำสัญญาณเข้ามาได้

3.3 เอฟเฟกต์สทอรอนัน (distortion)

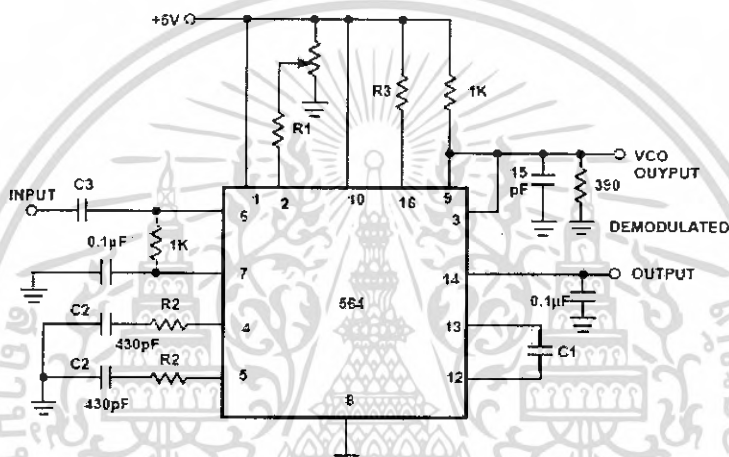


รูปที่ 3.2 เอฟเฟกต์สทอรอนัน (distortion)

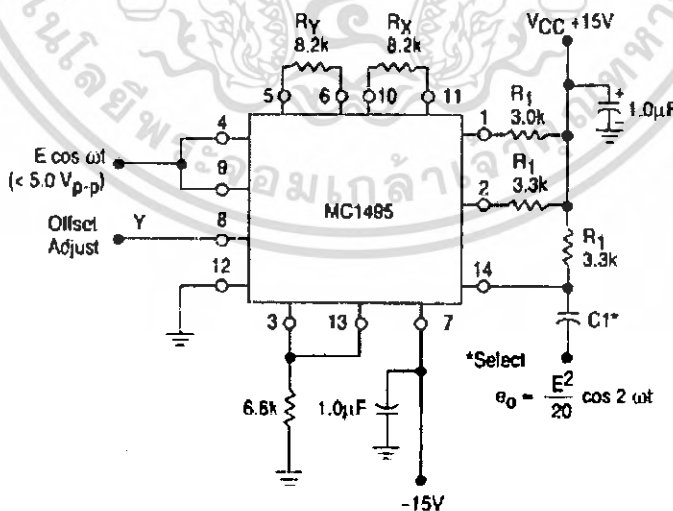
หลักการการทำงานคือเมื่อส่งสัญญาณอนาลอก ซายน์เวฟเข้ามาจะทำให้การลดค่าของสัญญาณให้เป็นแบบสแควเวฟ เพื่อให้ได้ลักษณะสัญญาณที่ผิดเพี้ยนไปใช้งาน



รูปที่ 3.5 วงจรออปเฟค



รูปที่ 3.6 วงจรวีซีโอ (Voltage Controlled Oscillator)



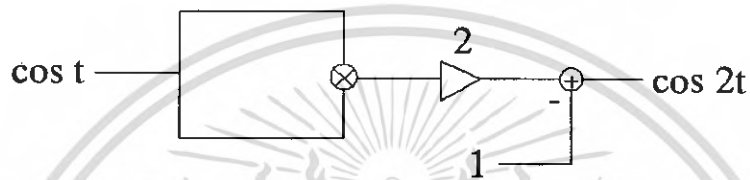
รูปที่ 3.7 วงจร Frequency Doubler

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วงจรทวีความถี่กำลังสอง (Frequency doubler)

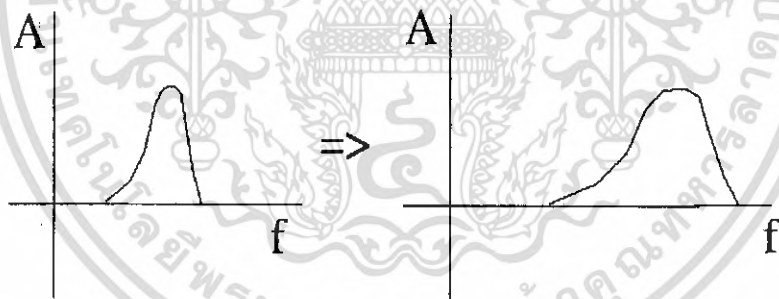
สมการเชิงมุม

$$\cos^2 t = \frac{1 + \cos 2t}{2}$$



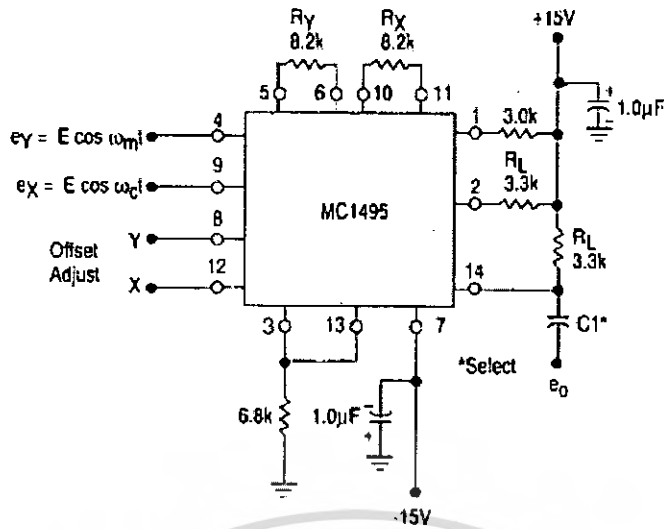
รูปที่ 3.8 รูปแบบของวงจร Frequency doubler

จากรูปวงจร Frequency doubler สเปกตรัมของสัญญาณจะกว้างขึ้น ดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 3.9 รูปวงจร Frequency doubler สเปกตรัมของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 วงจร Balanced Modulator

3.6 การประยุกต์ใช้งานเป็นวงจรผสมสัญญาณ (Balanced Modulation)

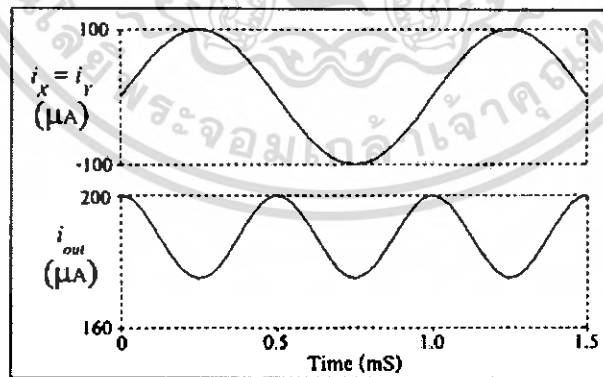
การนำวงจรคูณไปประยุกต์ใช้งานเป็นวงจรผสมสัญญาณ ทำได้โดยการป้อนกระแสอินพุต i_x เป็นสัญญาณชาयน์ทีและ i_y เป็นสัญญาณชาयน์ นั่นคือ

$$i_x = I_m \sin \omega_1 t$$

และ $i_y = I_m \sin \omega_2 t$

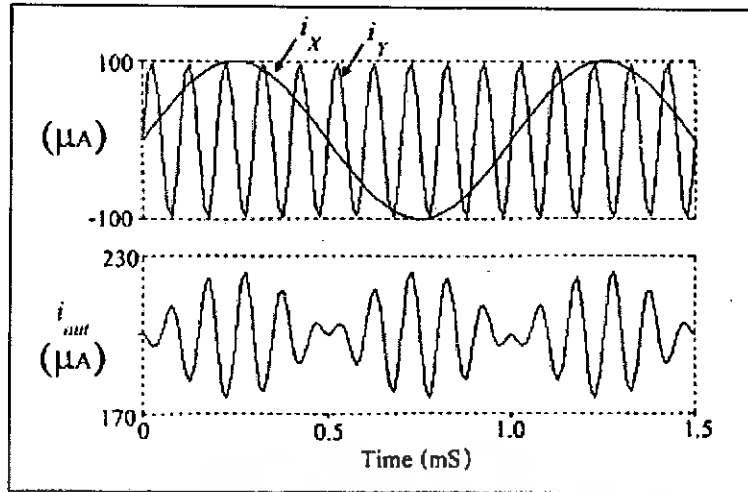
ตั้งนั้นจากสมการที่

$$i_{out} = \frac{K I_m^2}{2} \left[\cos (\omega_1 - \omega_2) t - \cos (\omega_1 + \omega_2) t \right]$$



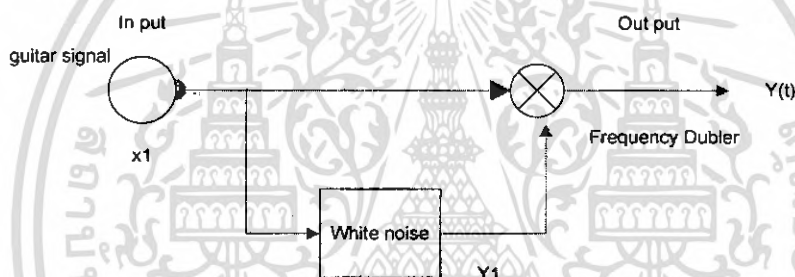
รูปที่ 3.11 ผลตอบสนองของวงจรความถี่สองเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



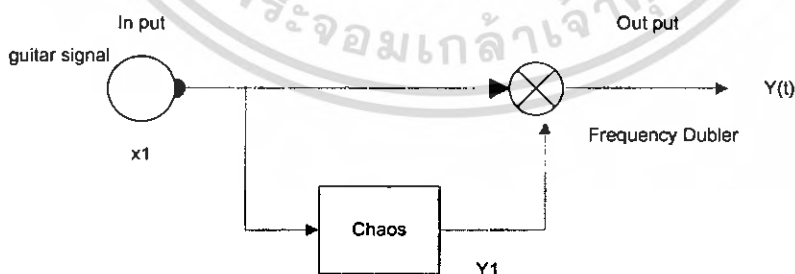
รูปที่ 3.12 ผลตอบสนองของวงจรผสมสัญญาณ

3.7 วงจรมอดูเลชันกำลังสองแบบ (White noise double frequency modulation)



รูปที่ 3.13 วงจรมอดูเลชันกำลังสองแบบ (White noise double frequency modulation)

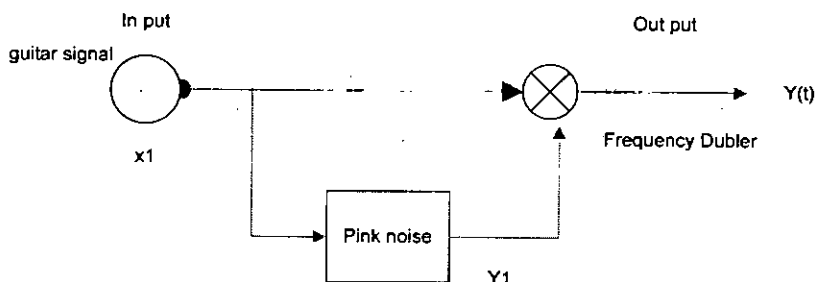
3.8 วงจรมอดูเลชันกำลังสองแบบ (Chaos noise double modulation)



รูปที่ 3.14 วงจรมอดูเลชันกำลังสองแบบ (Chaos noise double modulation)

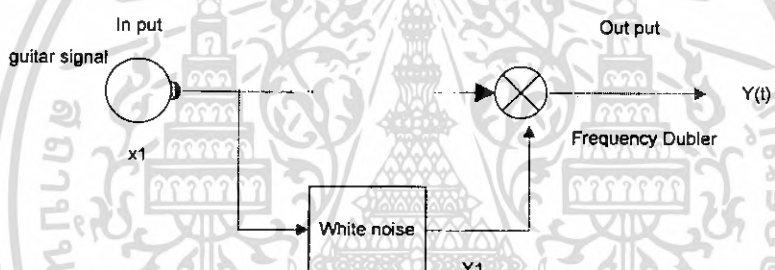
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 วงจรมอดูเลชันกำลังสองแบบ (Pink noise double modulation)



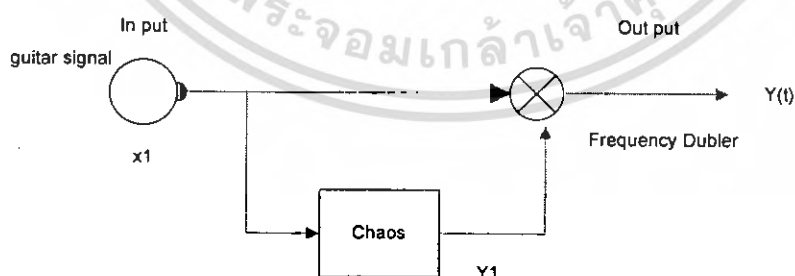
รูปที่ 3.15 วงจรมอดูเลชันกำลังสองแบบ (Pink noise double modulation)

3.10 วงจรบาลานซ์มอดูเลชันแบบ (White noise balance modulation)



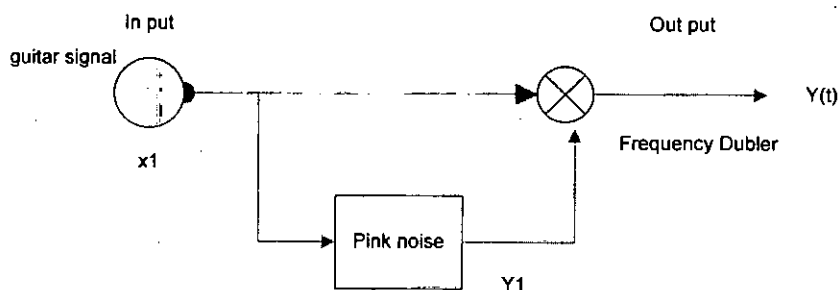
รูปที่ 3.16 วงจรบาลานซ์มอดูเลชันแบบ (White noise balance modulation)

3.11 วงจรบาลานซ์มอดูเลชันแบบ (Chaos noise balance modulation)



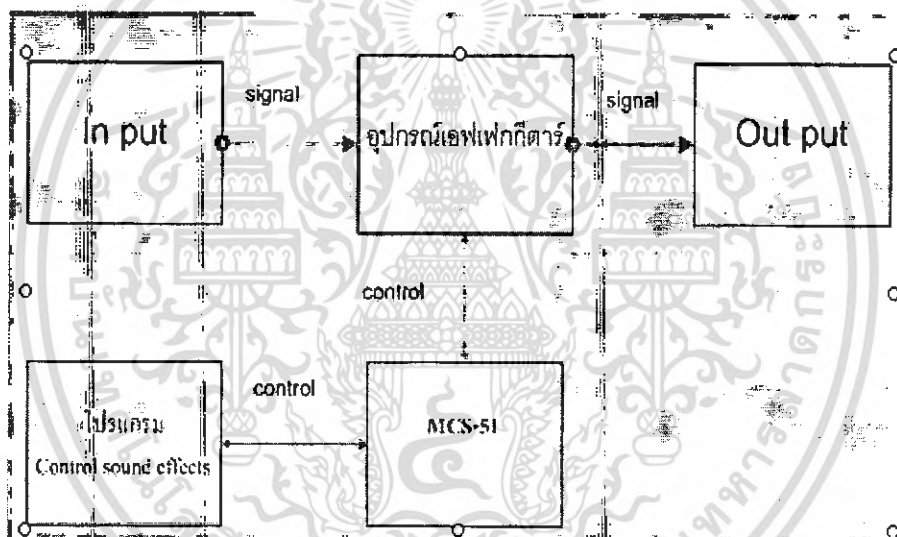
รูปที่ 3.17 วงจรบาลานซ์มอดูเลชันแบบ (Chaos noise balance modulation)

3.12 วงจรบาลานซ์มอดูเลชันแบบ (Pink noise balance modulation)



รูปที่ 3.18 วงจรบาลานซ์มอดูเลชันแบบ (Pink noise balance modulation)

3.13 การทำงานของโปรแกรม Control sound effects

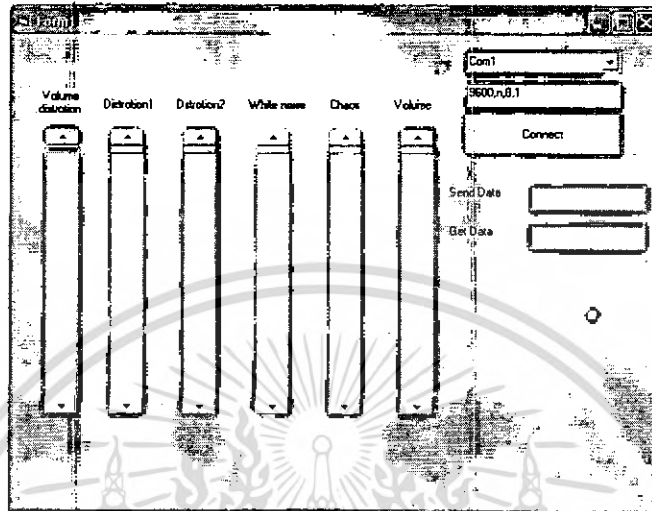


รูปที่ 3.19 การทำงานของโปรแกรม Control sound effects

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

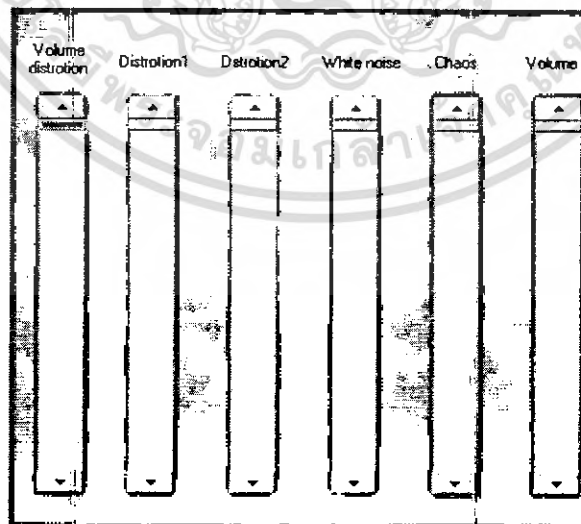
3.14 การออกแบบ Volume Control

หลักการออกแบบเพื่อให้ง่ายต่อผู้ใช้งาน ในการควบคุม วอลุ่ม (Volume) เสียงเอฟเฟคเสียงกิตาร์ โดยการให้ผู้ใช้งานเลื่อนปุ่มคอนโทรล เพิ่มและลดเสียง



รูปที่ 3.20 หน้าจอแสดงผล

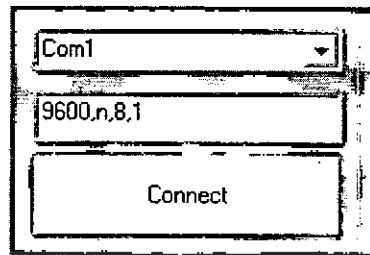
เนื่องจากการควบคุมด้วยการใช้มือบิดเพื่อควบคุมเสียง เอฟเฟคกิตาร์ไฟฟ้า ผู้ใช้จะต้องก้มหรือต้องเสียเวลาในการตั้งค่าของเสียงในเอฟเฟค เพื่อให้ง่ายต่อการปรับแต่งเสียงของเอฟเฟคไฟฟ้าจึงทำปุ่มแบบสไลซ์ขึ้นในโปรแกรมเพื่อให้ผู้ใช้ไม่ต้องเสียเวลามากไปหรือไม่ต้องมากก็ปรับแต่งด้วยมือของผู้ใช้เอง ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.21 ปุ่ม Volume ที่ใช้ในการควบคุมเสียง

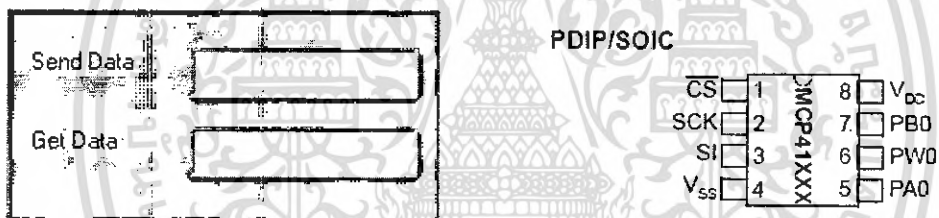
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 3.22 แสดงหน้าการติดต่อ MCS 51 กับ โปรแกรม Microsoft Visual Studio 6 โดยผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 เป็นตัวติดต่อโปรแกรมกับฮาร์ดแวร์



รูปที่ 3.22 แสดงหน้าการติดต่อ MCS 51 กับ โปรแกรม Microsoft Visual Studio 6

ในรูปที่ 3.23 แสดงหน้าจอการรับส่งข้อมูลของโปรแกรมในการควบคุมอุปกรณ์โดยค่าที่ส่งไปและการรับค่าของโปรแกรมจะต้องมีค่าเท่ากัน หากข้อมูลหรือการส่งค่าไม่เท่ากันแสดงว่าผู้ใช้ได้ทำการเชื่อมต่อ MCS-51 ไม่ถูกต้องให้ทำการตรวจสอบในส่วนของ IC เบอร์ MCP41XXX ที่ต่อว่าได้ถูกต้องหรือไม่



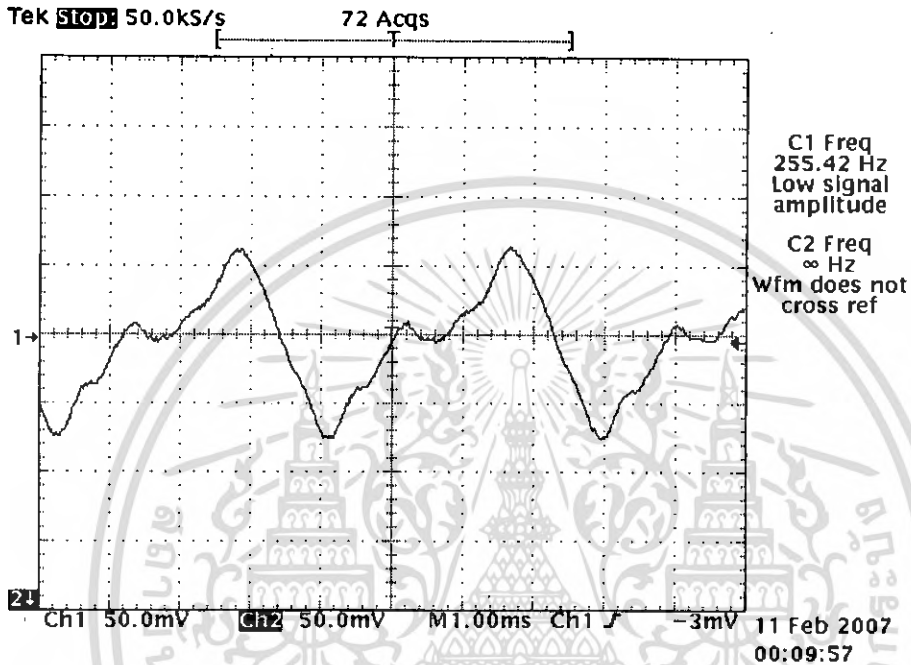
รูปที่ 3.23 แสดงหน้าจอการรับส่งข้อมูลของโปรแกรม และ IC เบอร์ MCP41XXX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

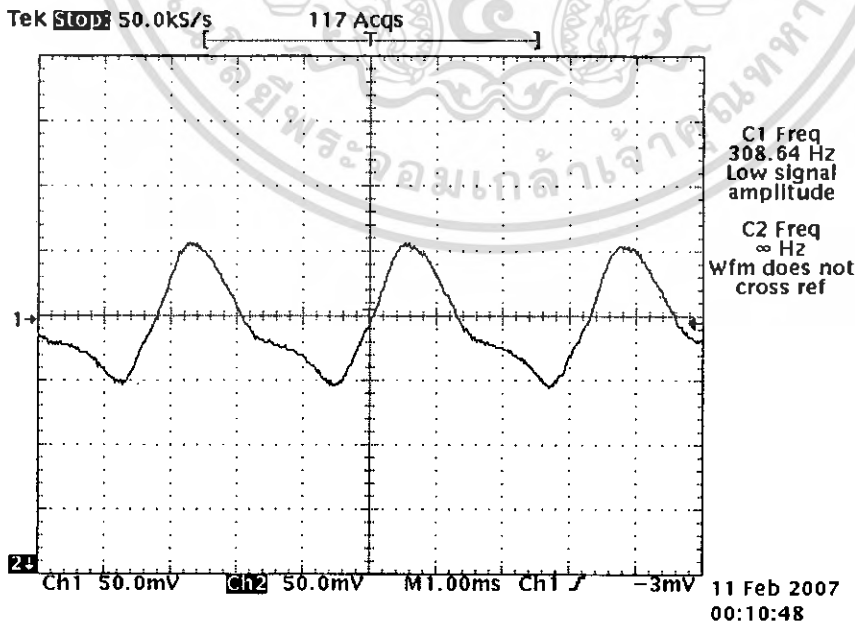
บทที่ 4

การใช้งานและผลการทดลอง

4.1 สัญญาณเสียงกีตาร์ที่ไม่ผ่านวงจรที่วัดด้วยสโคป

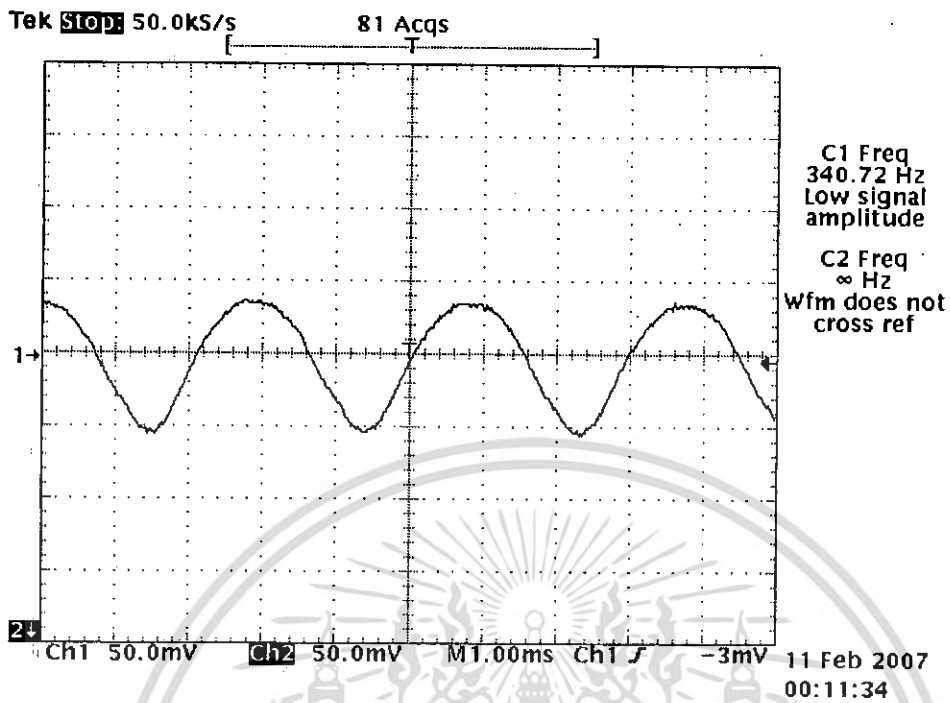


รูปที่ 4.1 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต โด หรือ คอร์ด C ที่วัดด้วยสโคป

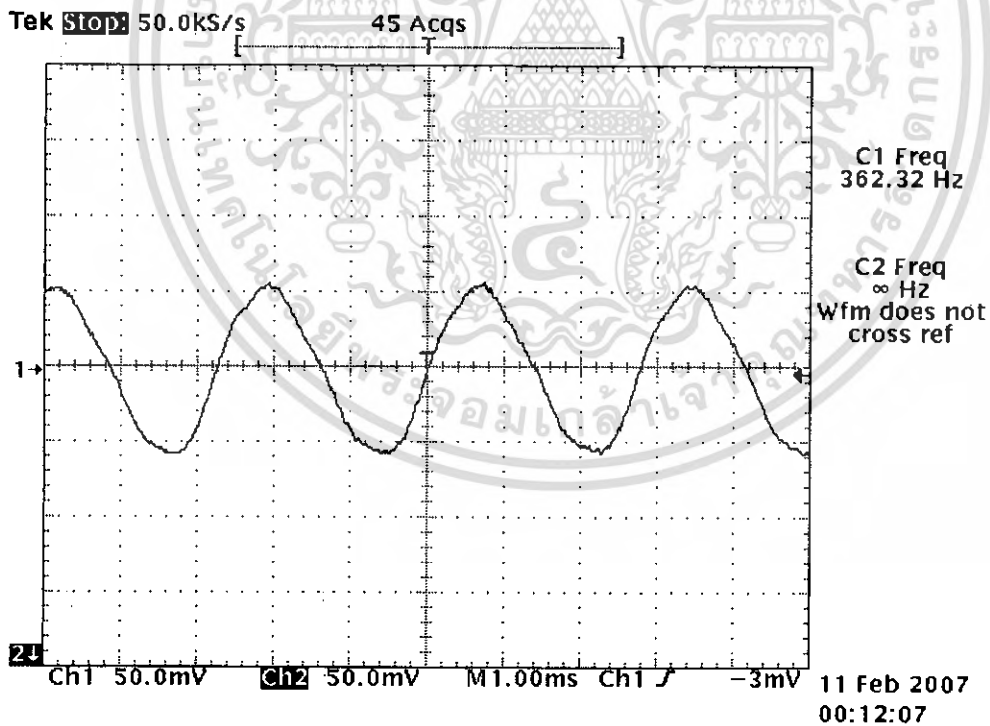


รูปที่ 4.2 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต เร หรือ คอร์ด D ที่วัดด้วยสโคป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

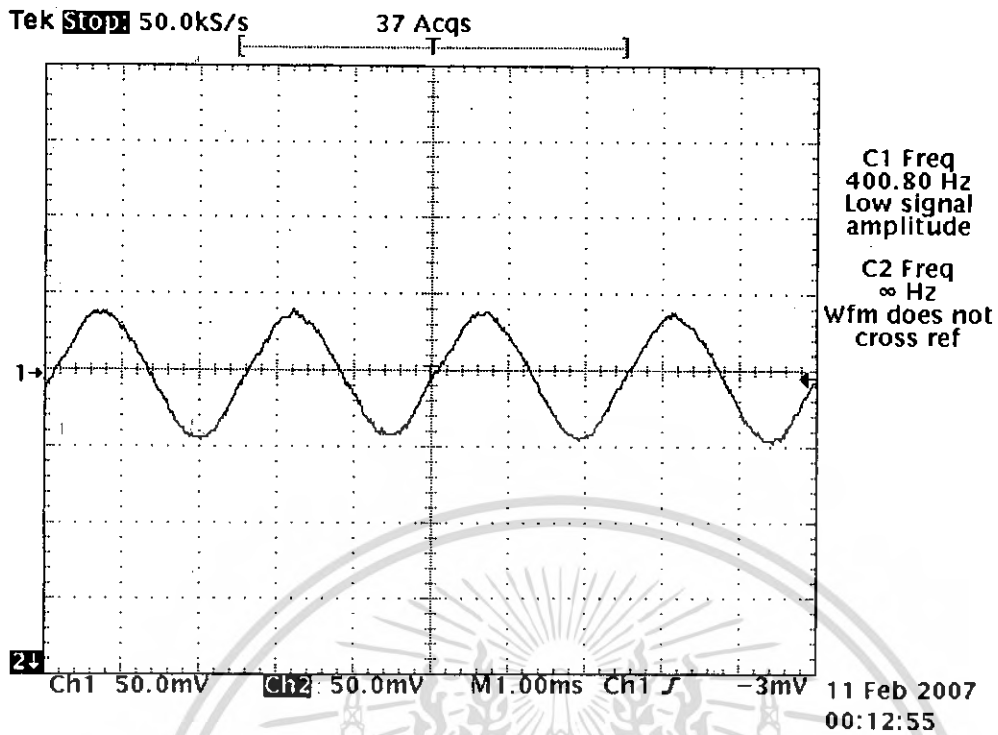


รูปที่ 4.3 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต มี หรือ คอร์ด E ที่วัดด้วยสโคป

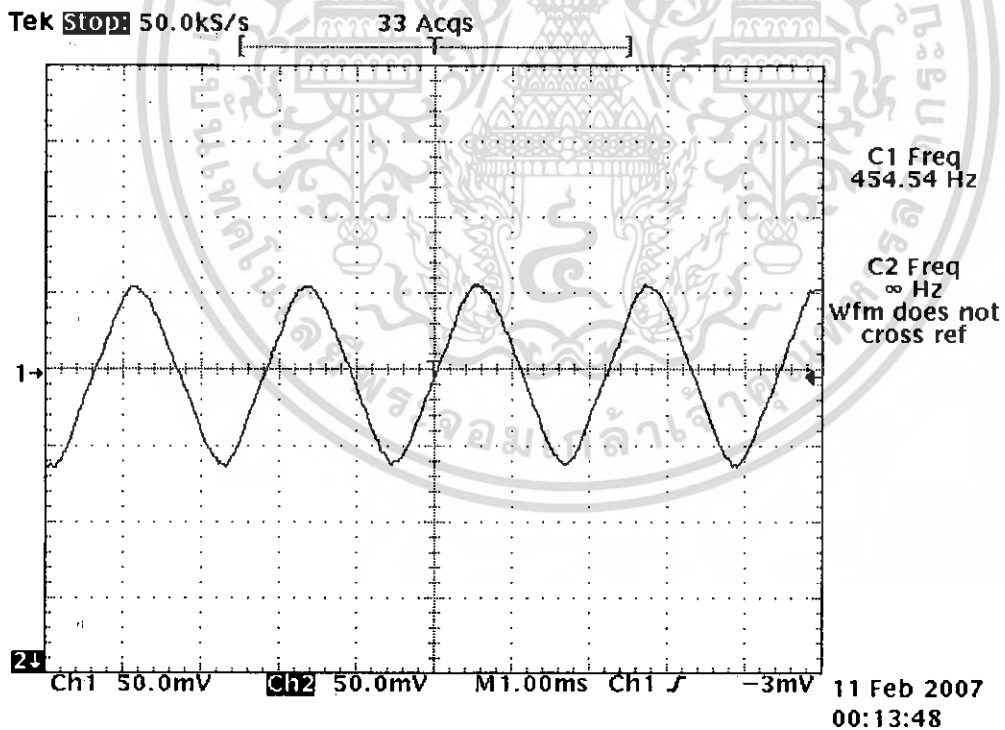


รูปที่ 4.4 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต ฟา หรือ คอร์ด F ที่วัดด้วยสโคป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

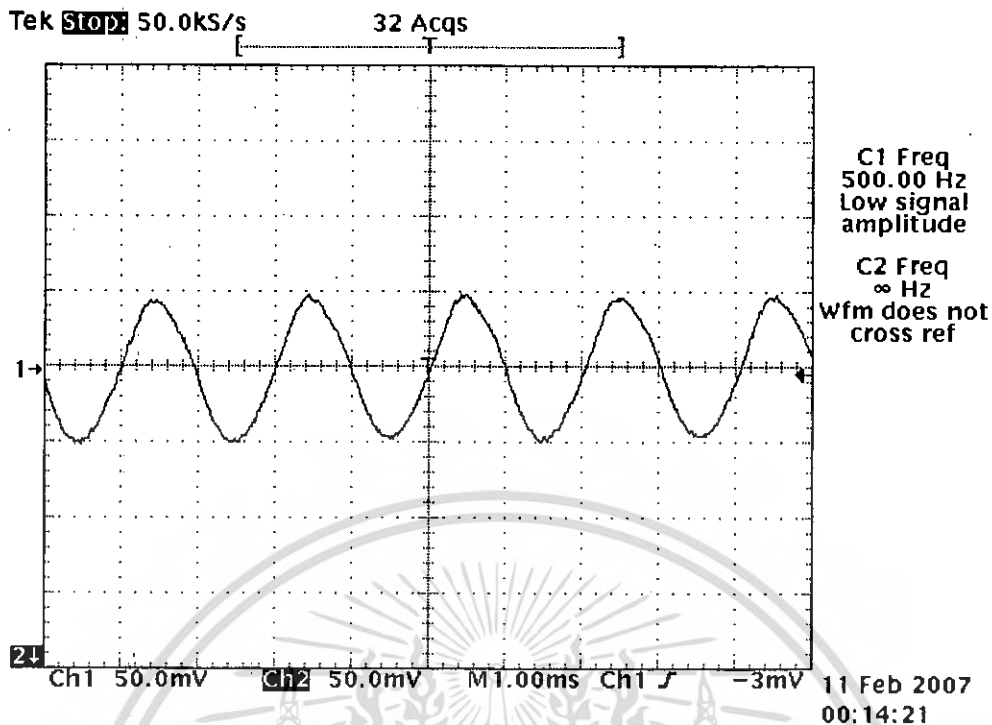


รูปที่ 4.5 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต ซอล หรือ คอร์ด G ที่วัดด้วยสโคป



รูปที่ 4.6 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต รา หรือคอร์ด A ที่วัดด้วยสโคป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



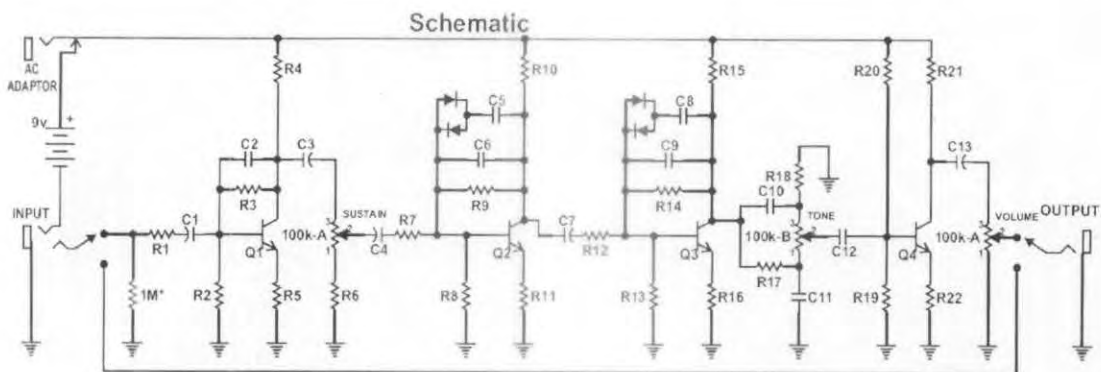
รูปที่ 4.7 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต ซี หรือ คอร์ด B ที่วัดด้วยสโคป

4.2 วงจรเอฟเฟกต์กีตาร์

เป็นเอฟเฟกต์กีตาร์เป็นลักษณะเสียงแตก (Distortion) โดยมีการทำงาน 3 ฟังก์ชันในการปรับแต่งเสียง มี

1. ปุ่มปรับควบคุมเสียงกีตาร์ Control Volume โดยใช้ค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ 100 k Ω แต่จะเปลี่ยนเป็นไอซี เบอร์ MCP41100 แทนเพื่อให้ติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้
 2. ปุ่มปรับควบคุมเสียงกีตาร์ Tone Volume โดยใช้ค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ 100 k Ω แต่จะเปลี่ยนเป็นไอซี เบอร์ MCP41100 แทนเพื่อให้ติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้
 3. ปุ่มปรับควบคุมเสียงกีตาร์ Sustain Volume โดยใช้ค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ 100 k Ω แต่จะเปลี่ยนเป็นไอซี เบอร์ MCP41100 แทนเพื่อให้ติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้
- โดยลักษณะการใช้งานเหมือนกับเอฟเฟกต์กีตาร์แบบลูก ทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 วงจรเอฟเฟกกีตาร์ไฟฟ้า

คุณลักษณะของเอฟเฟกที่ทำขึ้นมานี้มี

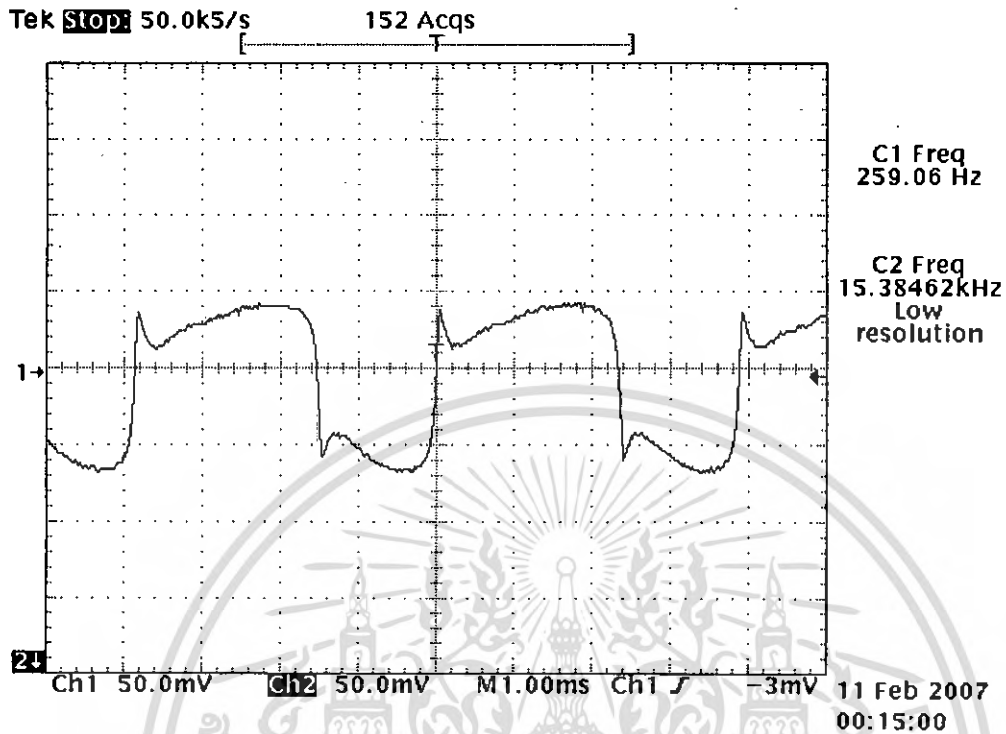
- ใช้ Dc 9 v. หรือ ต่อกับ adaptor 12 V.
- มี jack 2 ช่อง In put ,Out put
- มีปุ่มปรับเสียง 3 channels
- มีปุ่มเหยียบ 1 ปุ่มเพื่อใช้ Distortion
- มีหลอด LED บอกสถานะการทำงานของการใช้งานเสียง Distortion



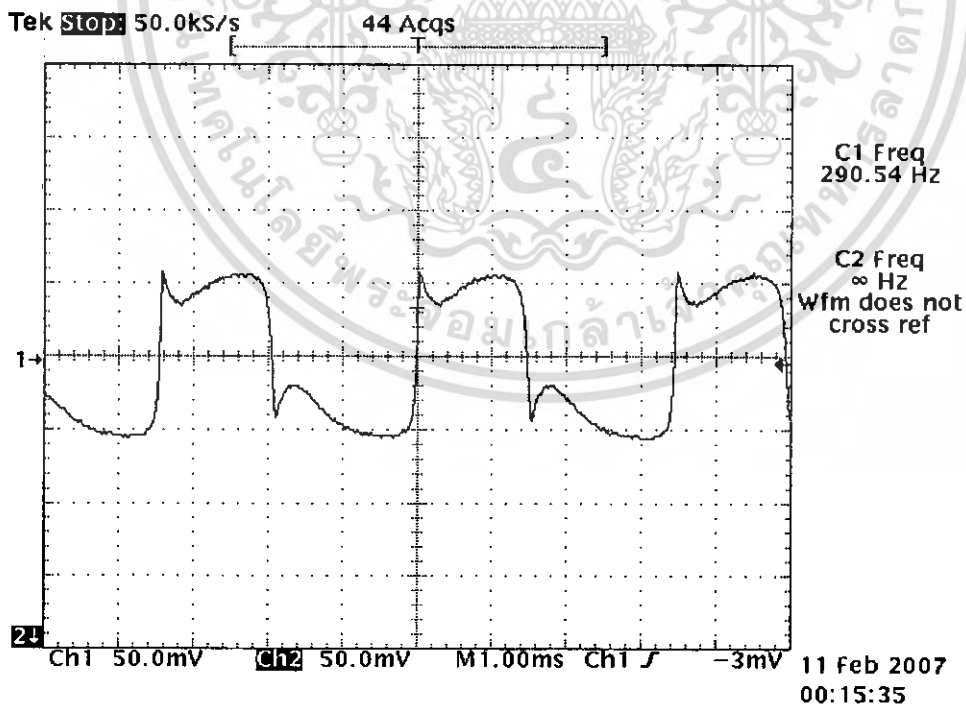
รูปที่ 4.9 วงจรเอฟเฟกกีตาร์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 สัญญาณเสียงกีตาร์ที่ผ่านวงจรออปเฟค (distortion)

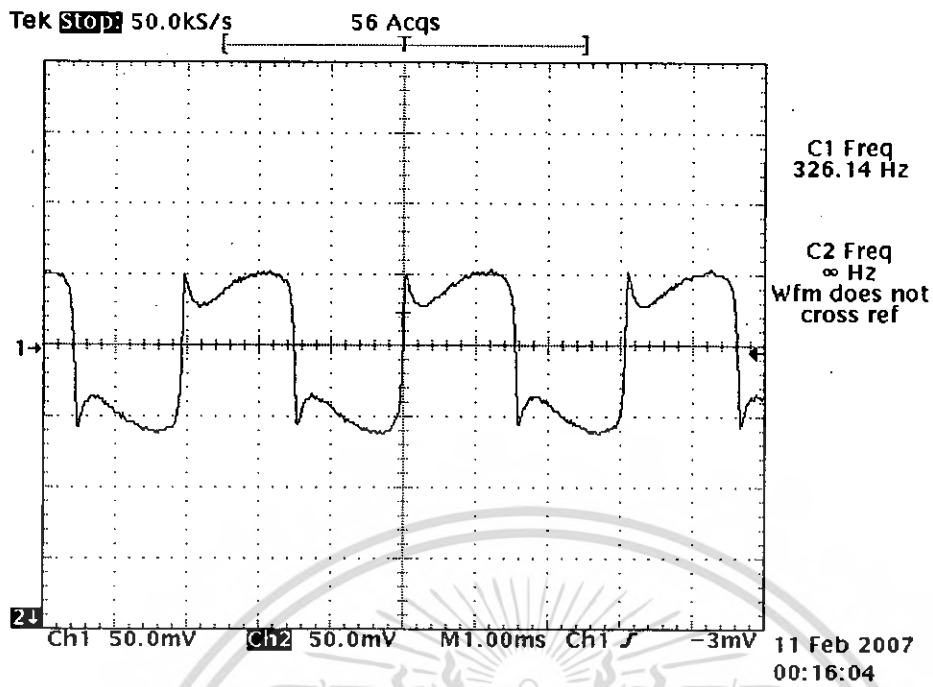


รูปที่ 4.10 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต โด หรือ คอร์ด C ที่ผ่านออปเฟค

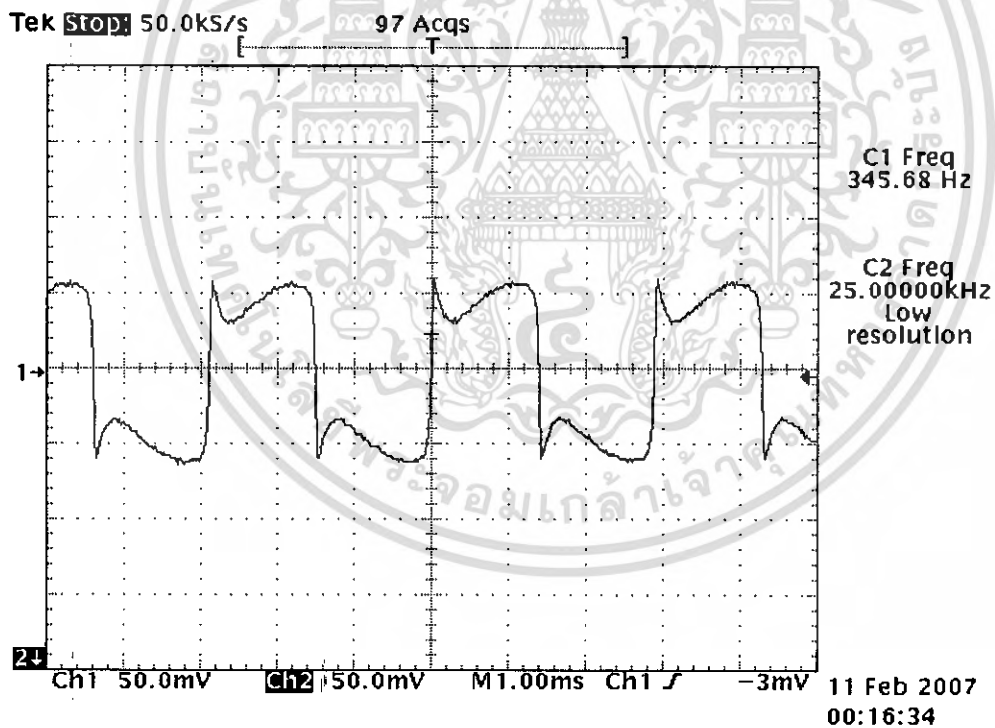


รูปที่ 4.11 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต เร หรือ คอร์ด D ที่ผ่านออปเฟค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

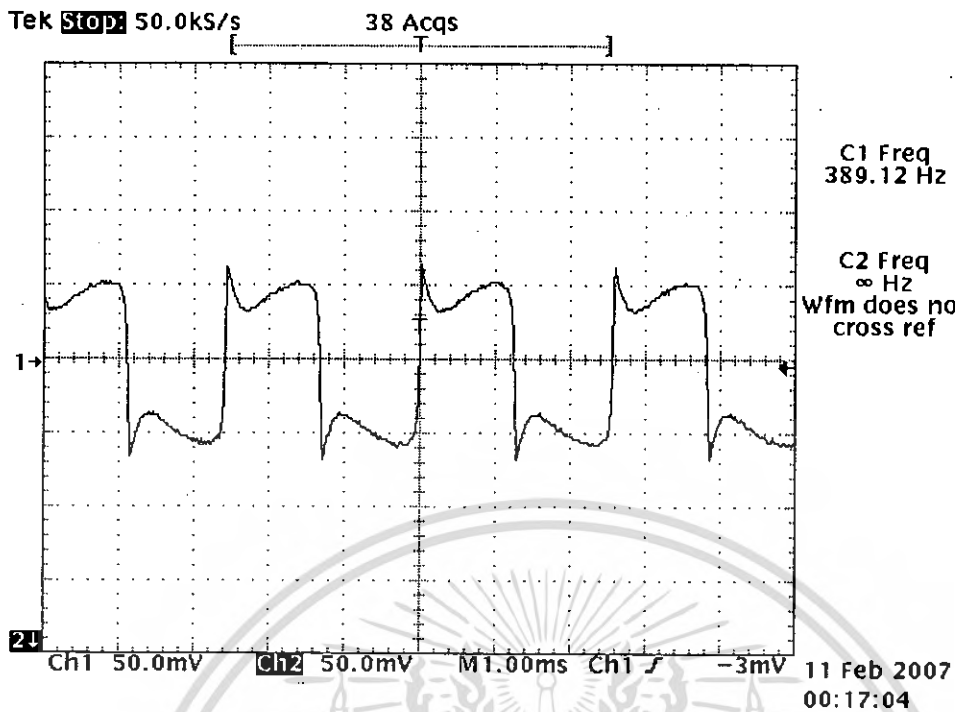


รูปที่ 4.12 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต มี หรือ คอร์ด E ที่ผ่านเอฟเฟค

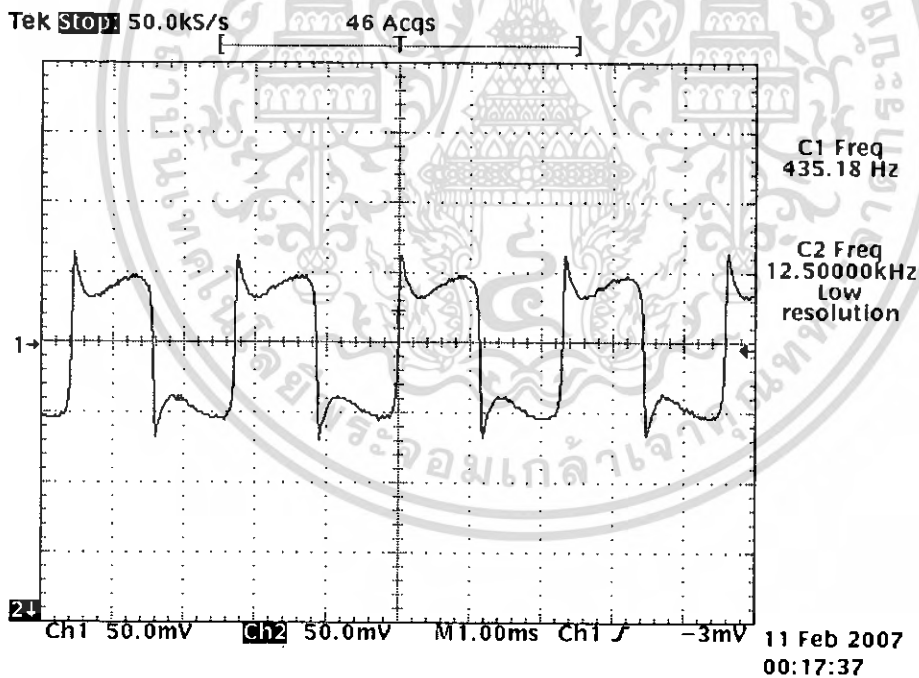


รูปที่ 4.13 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต ฟา หรือ คอร์ด F ที่ผ่านเอฟเฟค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

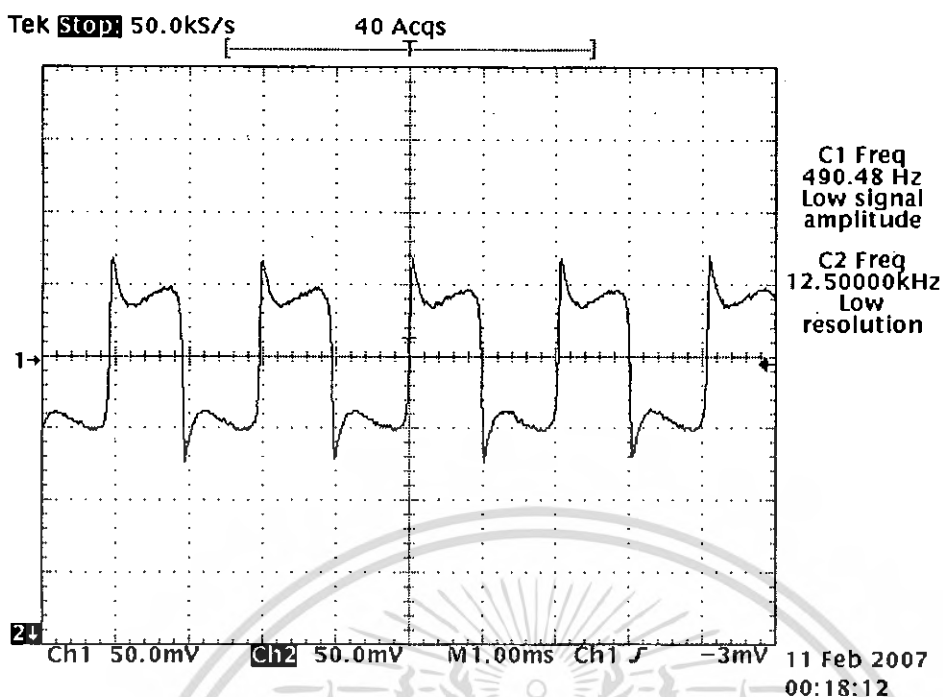


รูปที่ 4.14 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต ซอล หรือ คอร์ด G ที่ผ่านเอฟเฟค



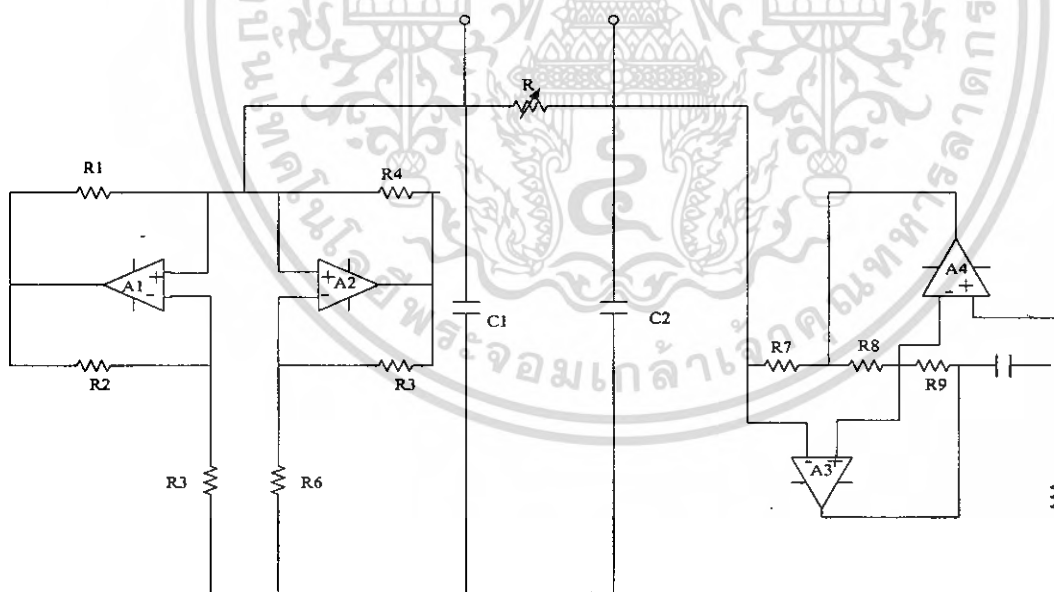
รูปที่ 4.15 สัญญาณเสียงกีตาร์ตัวโน้ต รา หรือ คอร์ด A ที่ผ่านเอฟเฟค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 สัญญาณเสียงกีตาร์โน้ต ซี หรือ คอร์ด B ที่ผ่านเอฟเฟค

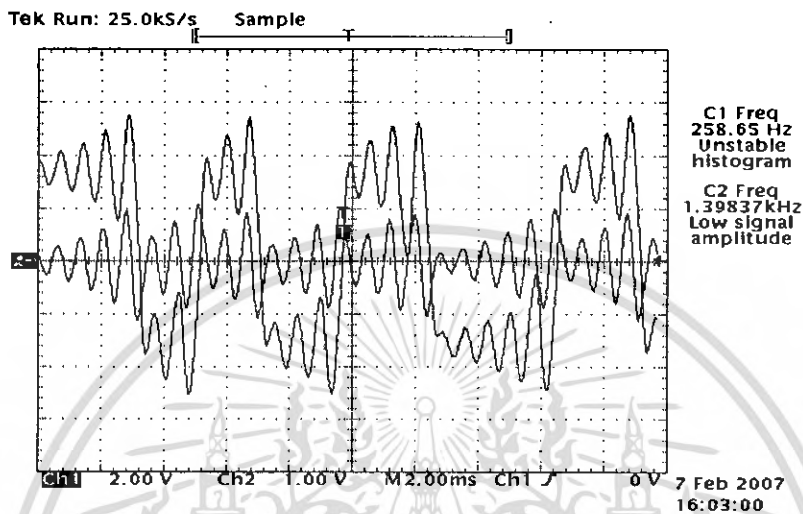
4.4 วงจรกำเนิดสัญญาณอลวน (Chaos)



รูปที่ 4.17 วงจรกำเนิดสัญญาณอลวนแบบความถี่ต่ำที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่การณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

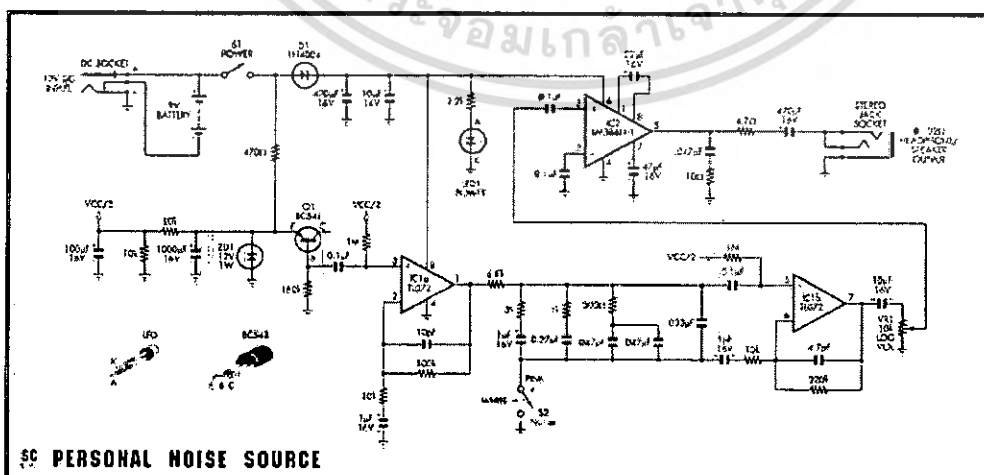
เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ของวงจรในรูป 4.1 เป็นดังนี้ $R1 = 220 \Omega$, $R2 = 220 \Omega$, $R3 = 2.2 \text{ k}\Omega$, $R4 = 22 \text{ k}\Omega$, $R5 = 22 \text{ k}\Omega$, $R6 = 3.3 \text{ k}\Omega$, $R7 = 1.0 \text{ k}\Omega$, $R8 = 1.0 \text{ k}\Omega$, $R9 = 1.0 \text{ k}\Omega$, $R10 = 1.8 \text{ k}\Omega$, $C1 = 22 \mu\text{F}$, $C2 = 220 \mu\text{F}$ และ $C3 = 22 \mu\text{F}$ จะได้ผลของสัญญาณจาก ออสซิลโลสโคป ดังรูปที่ 4.2 และ 4.3



รูปที่ 4.18 ผลการทดลอง 4.1.1 แกน Y เทียบกับแกน X เป็นเวลา

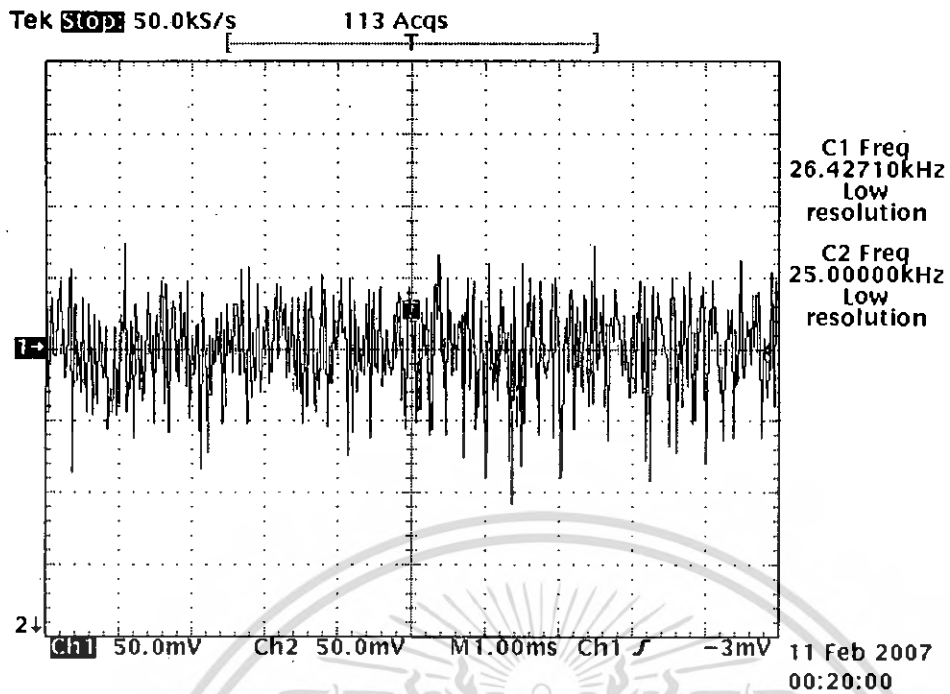
4.5 วงจรกำเนิดสัญญาณรบกวนขาว (White noise)

สัญญาณรบกวนรบกวนขาว (White noise) ที่ใช้ในโครงการสร้างขึ้นมาเพื่อมารวมกับสัญญาณเสียงกีตาร์ที่มีลักษณะเป็นแบบเชิงเส้นเพื่อให้ได้รูปของสัญญาณออกมาที่เปลี่ยนแปลงค่าในเชิงความถี่ และนำค่าของสัญญาณนั้นไปใช้งาน โดยในวงจรหากผู้ใช้ต้องการใช้สัญญาณก่อนให้เปิดสวิชในตำแหน่ง On โดยมี Ic LM386N1 เป็นตัวกำเนิดสัญญาณ

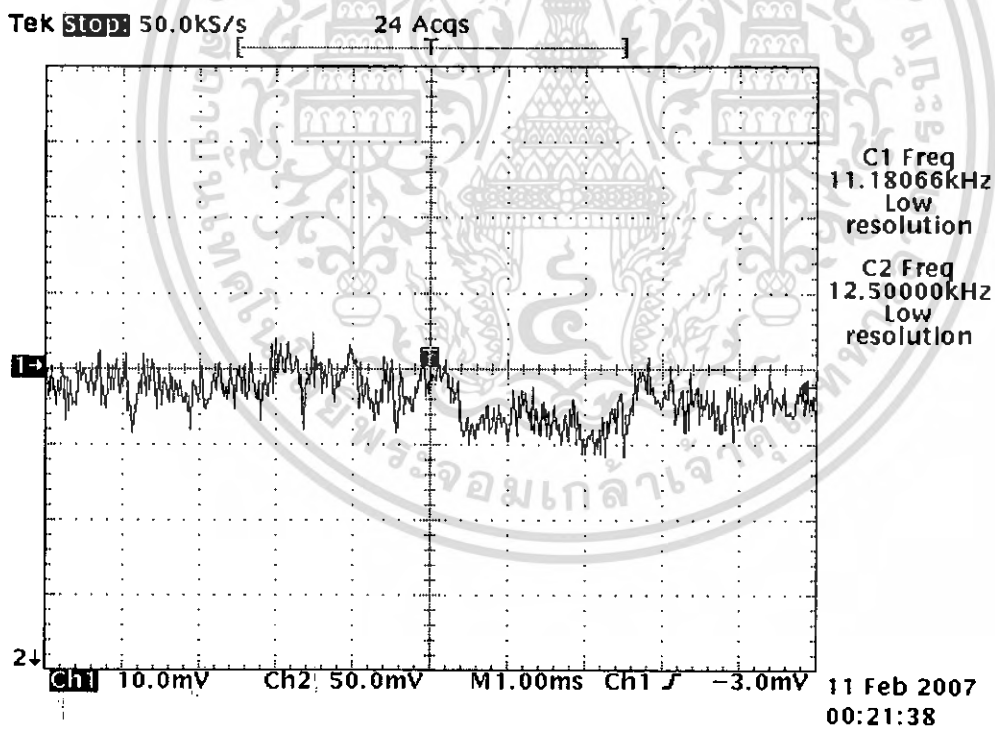


รูปที่ 4.19 วงจรรบกวนขาว (White noise)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 สัญญาณรบกวนขาว (white noise)

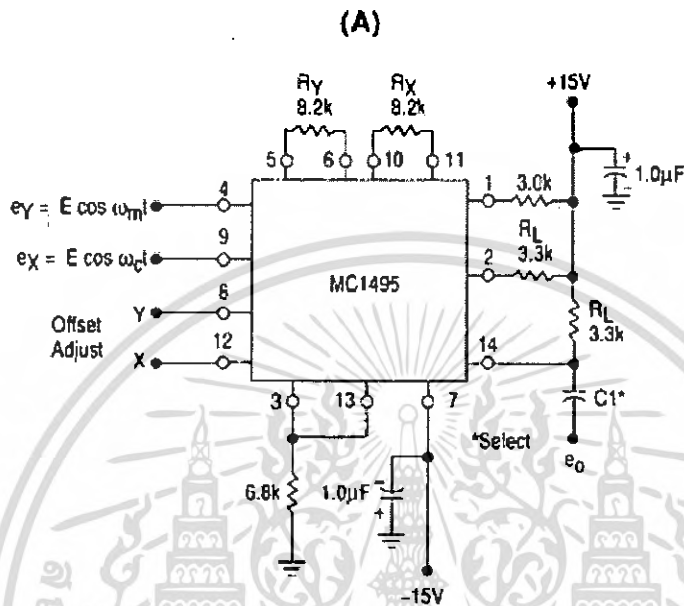


รูปที่ 4.21 สัญญาณรบกวน (Pink noise)

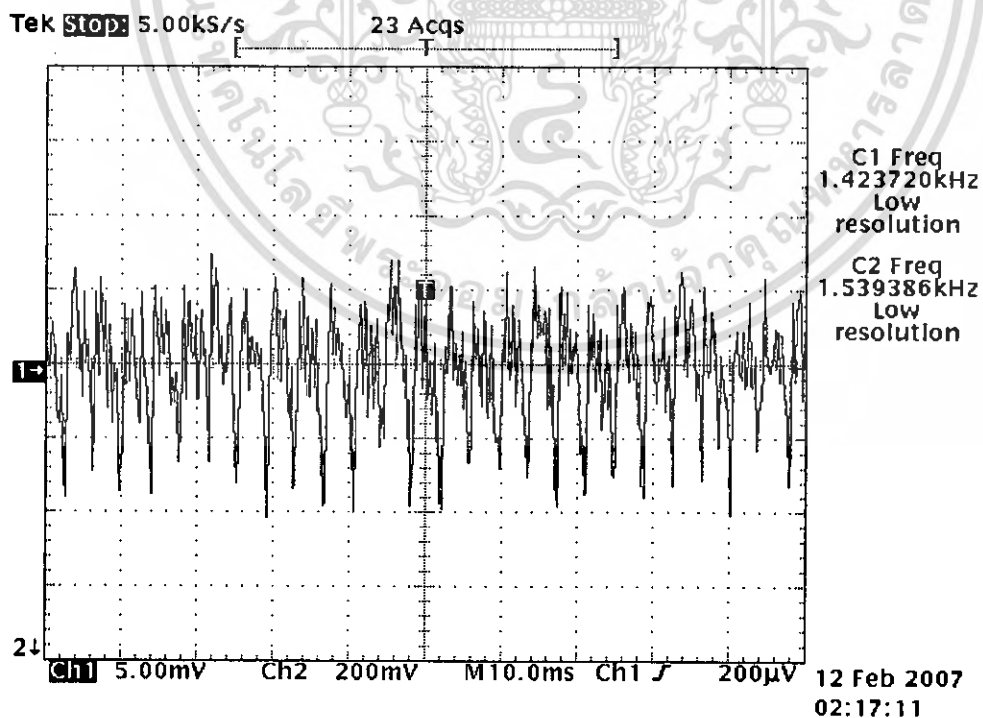
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 วงจร Balance modulation

เป็นวงจรที่สร้างขึ้นเพื่อนำสัญญาณเสียงที่ได้จากวงจรที่กำเนิดสัญญาณนามาออกดูผล ให้ได้สัญญาณเสียงใหม่ที่มีการเพิ่มขนาดของความถี่และสัญญาณ ดังรูป



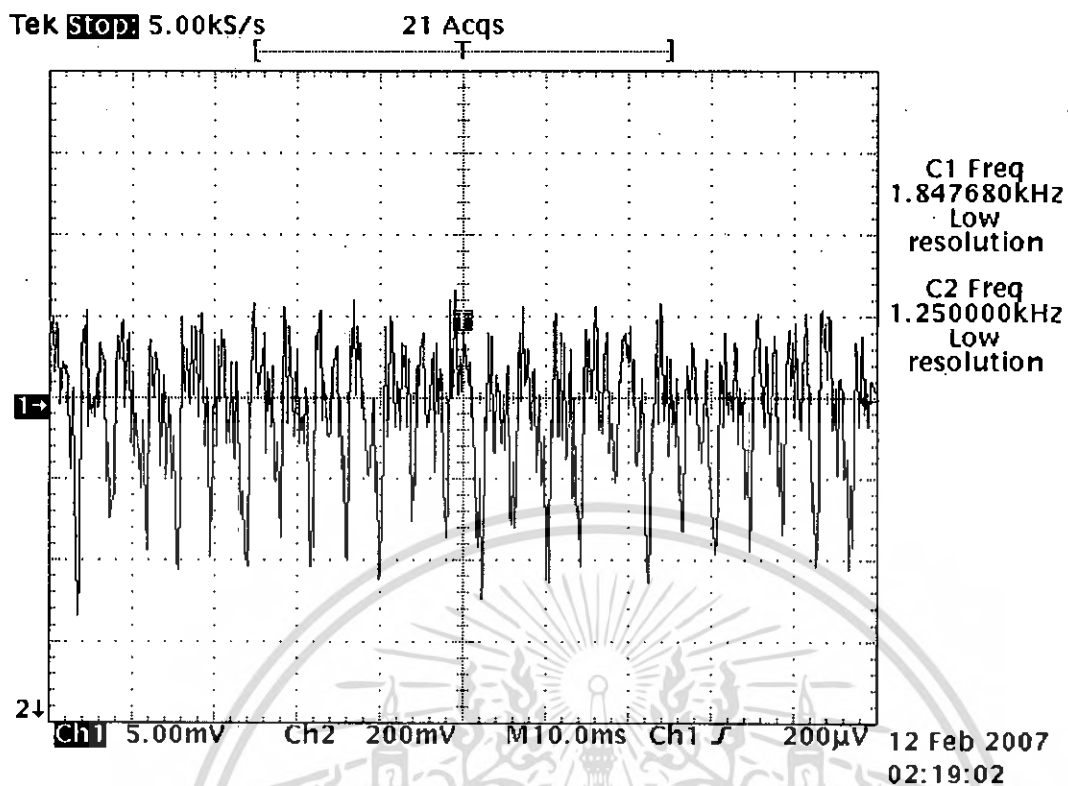
รูปที่ 4.22 วงจร Balance modulation



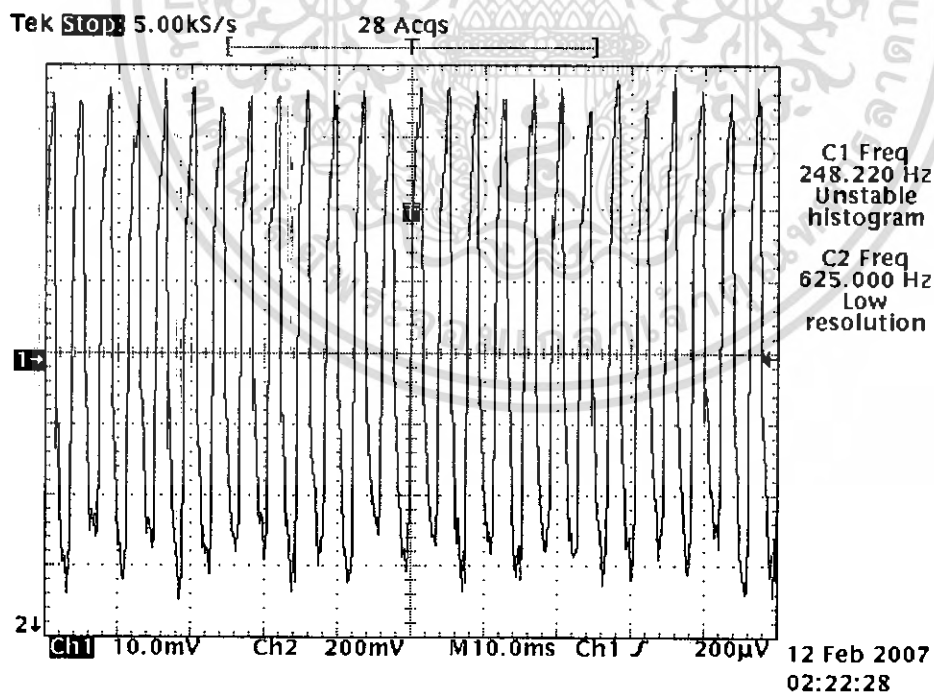
รูปที่ 4.23 สัญญาณเสียงกีตาร์ คอร์ด C ที่ใช้สัญญาณ Pink noise modulation

ผ่านวงจร Balance modulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 สัญญาณเสียงกิตาร์ คอร์ด C ที่ใช้สัญญาณ White noise modulation ผ่านวงจร Balance modulation

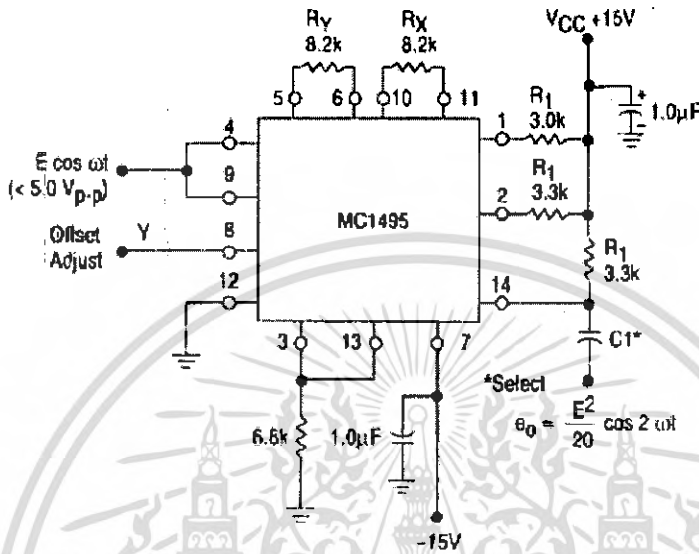


รูปที่ 4.25 สัญญาณเสียงกิตาร์ คอร์ด C ที่ใช้สัญญาณ Chaos noise modulation ผ่านวงจร Balance modulation

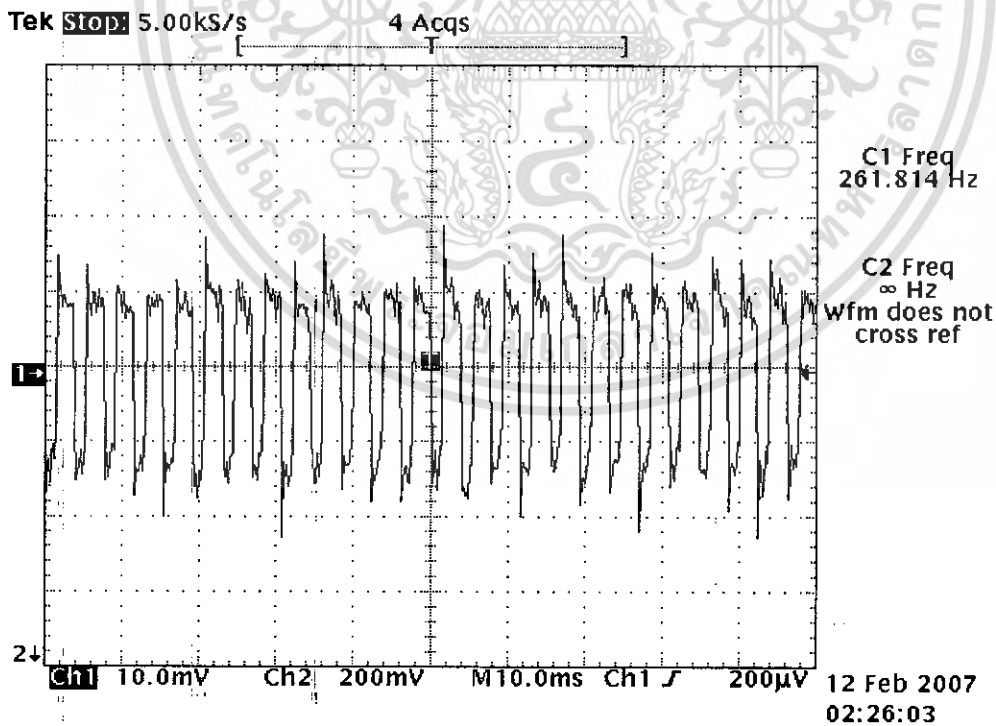
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 วงจร Frequency doubler

เป็นวงจรที่สร้างขึ้นมานำสัญญาณมาเพียงค่าในทางความถี่ของสัญญาณแล้วนำค่าที่ได้ไปใช้งาน

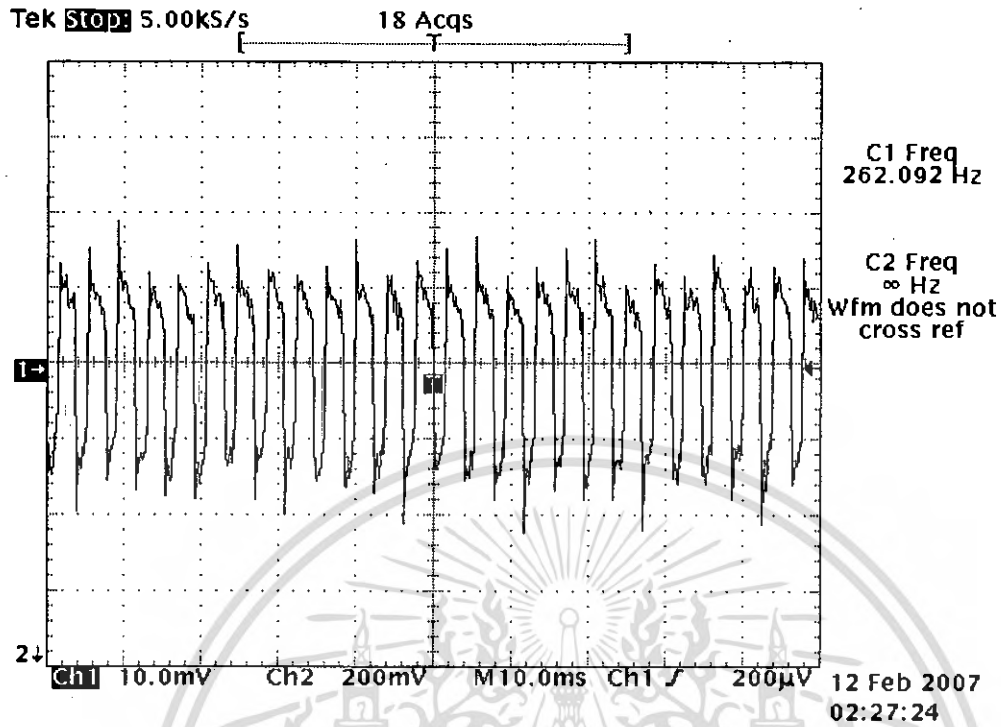


รูปที่ 4.26 วงจร Frequency doubler

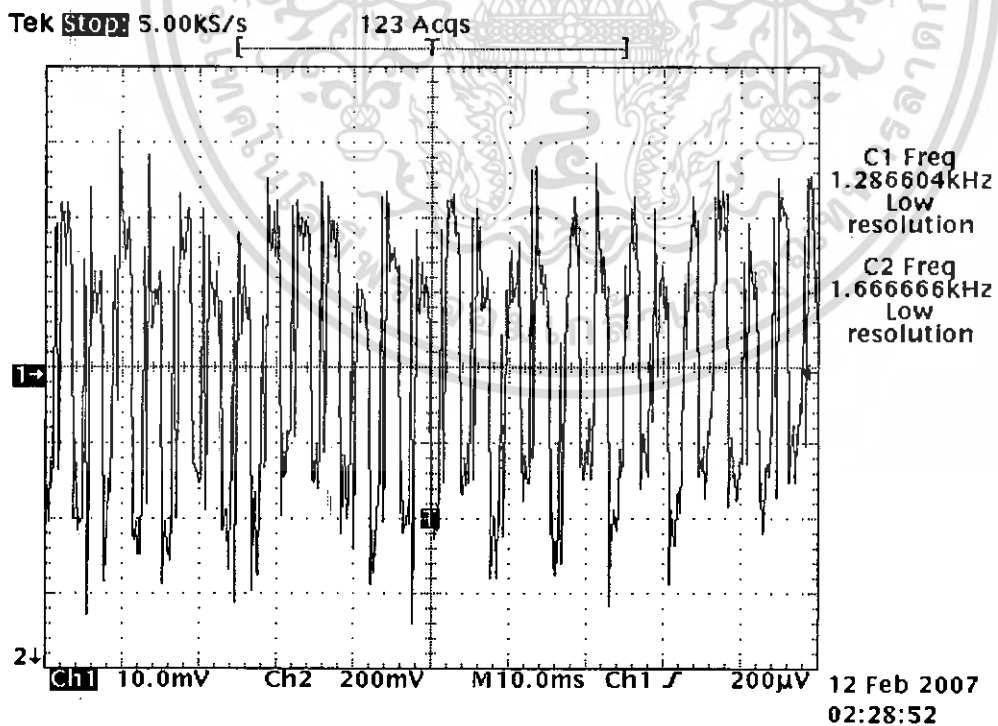


รูปที่ 4.27 สัญญาณเสียงกีตาร์ คอร์ด C ที่ใช้สัญญาณ White noise modulation ผ่านวงจร Frequency double modulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.28 สัญญาณเสียงกีตาร์ คอร์ด C ที่ใช้สัญญาณ Pink noise modulation ผ่านวงจร Frequency double modulation

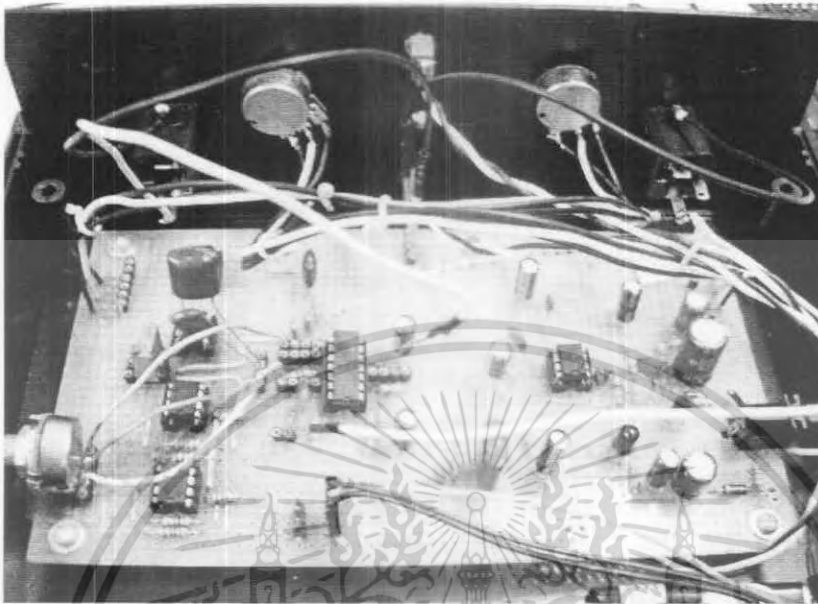


รูปที่ 4.29 สัญญาณเสียงกีตาร์ คอร์ด C ที่ใช้สัญญาณ Chaos noise modulation ผ่านวงจร Frequency double modulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 เอฟเฟคกีตาร์

โครงสร้างภายในของตัวเอฟเฟคกีตาร์



รูปที่ 4.30 โครงสร้างภายในของตัวเอฟเฟคกีตาร์

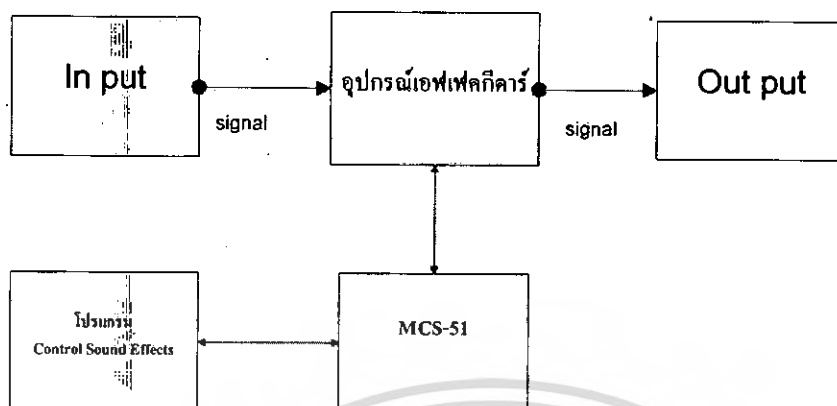
โครงสร้างภายนอกของตัวเอฟเฟค



รูปที่ 4.31 โครงสร้างภายในของตัวเอฟเฟคกีตาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 การทำงานของโปรแกรม Control Sound Effects



รูปที่ 4.32 การทำงานของโปรแกรม Control Sound Effects

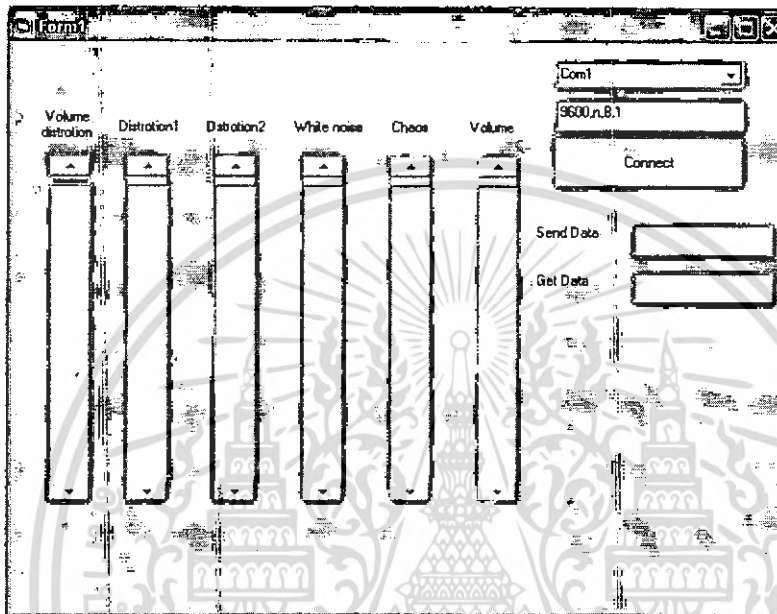
4.9.1 การใช้งานโปรแกรม Control Sound Effects

เริ่มผู้ใช้เข้าไปเปิดโปรแกรม Control Sound Effects เพื่อเข้าใช้งาน โดยแสดงดังรูปที่ 4.2 โดยที่ผู้ใช้สามารถเลือกที่ปรับแต่งเสียงเอฟเฟคทีวาร์ ตามที่ผู้ใช้ต้อง โดยมีปุ่มที่ ผู้ใช้สามารถปรับแต่งได้ด้วยกัน 6 ปุ่มได้แก่

1. Volume distortion โดยสามารถปรับค่าตั้งค่า 0-10 k Ω เป็นปุ่มที่ผู้ใช้สามารถปรับเลื่อนเพื่อให้ได้เสียงที่เบาหรือดังตามความต้องการของผู้ใช้งาน จากเอฟเฟคทีวาร์ของผู้ใช้
2. Distortion1 โดยสามารถปรับค่าตั้งแต่ 0-50 k Ω เป็นปุ่มที่ผู้ใช้สามารถปรับเลื่อนเพื่อให้ได้เสียงที่เบาหรือดังตามความต้องการของผู้ใช้งาน เสียงที่ได้จะเป็นลักษณะเสียงแตกจากเอฟเฟคทีวาร์ของผู้ใช้
3. Distortion2 โดยสามารถปรับค่าตั้งแต่ 0-50 k Ω เป็นปุ่มที่ผู้ใช้สามารถปรับเลื่อนเพื่อให้ได้เสียงที่เบาหรือดังตามความต้องการของผู้ใช้งาน เสียงที่ได้จะเป็นลักษณะเสียงแตกจากเอฟเฟคทีวาร์ของผู้ใช้
4. White noise โดยสามารถปรับค่าตั้งแต่ 0-10 k Ω เป็นปุ่มที่ผู้ใช้สามารถปรับเลื่อนเพื่อให้ได้เสียงที่เบาหรือดังตามความต้องการของผู้ใช้งาน เสียงที่ได้จะเป็นลักษณะสัญญาณคลื่นรบกวน เพื่อให้ได้เสียงที่แตกต่างจากเอฟเฟคทีวาร์ทุก ๆ ไป จากเอฟเฟคทีวาร์ของผู้ใช้
5. Chaos โดยสามารถปรับค่าตั้งแต่ 0-100 k Ω เป็นปุ่มที่ผู้ใช้สามารถปรับเลื่อนเพื่อให้ได้เสียงที่เบาหรือดังตามความต้องการของผู้ใช้งาน เสียงที่ได้จะเป็นแบบเสียงแตกที่ไม่เหมือนเอฟเฟคทีวาร์ที่ใช้ทั่ว ๆ ไปจากเอฟเฟคทีวาร์ของผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

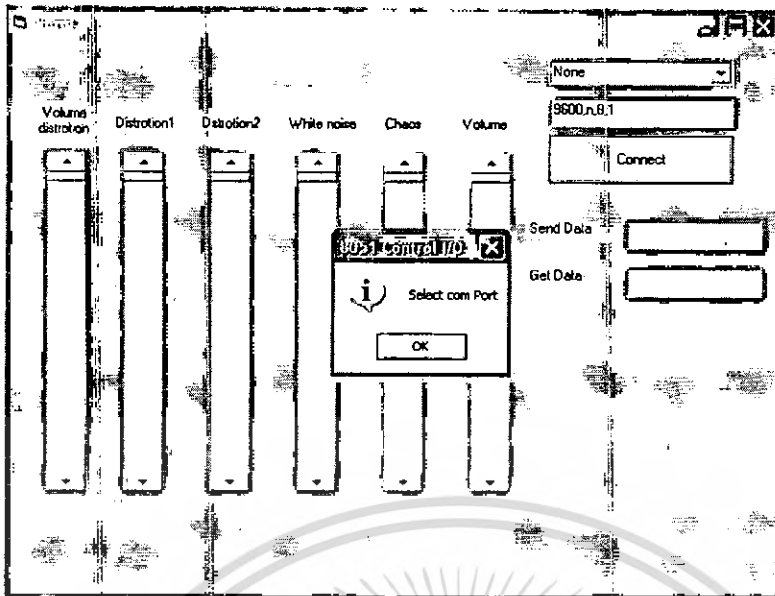
6. Volume โดยสามารถปรับค่าตั้งแต่ 0-100 kΩ เป็นปุ่มที่ผู้ใช้สามารถปรับเลื่อนเพื่อจะให้ได้เสียงที่เบาหรือดังตามความต้องการของผู้ใช้งาน จากเอฟเฟกต์กึ่งตัวของผู้ใช้ในการออกแบบปุ่มสามารถจะเพิ่มตามความต้องการของผู้ใช้และเหมาะสมกับการใช้งานเพื่อจะใช้ในการทดลองหรืองานจริง ตามลักษณะของผู้ใช้ ผู้ออกแบบโปรแกรมมีความต้องการให้ผู้ใช้ไม่ต้องเสียเวลาในการปรับแต่งค่าของ ปุ่มคอนโทรลเสียง



รูปที่ 4.33 โปรแกรม Control Sound Effects

4.9.2 การใช้งานโปรแกรม Control Sound Effects ในการติดต่อกับพอร์ตอนุกรม

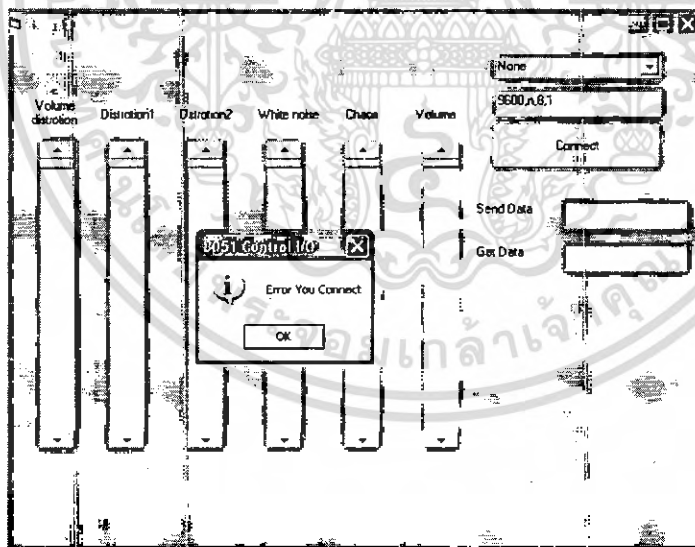
เมื่อผู้ใช้ต้องการใช้งานโปรแกรม Control Sound Effects ร่วมกับ อุปกรณ์เอฟเฟกต์กึ่งตัว จะต้องไปทำการติดต่อโดยเลือก com port ที่มี com1,com2,com3 เพื่อใช้ในการรับส่งค่าติดต่อ MCS 51 กับโปรแกรม Microsoft Visual Studio 6 โดยผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 หากผู้ใช้ไม่ได้ต่อพอร์ตอนุกรม โปรแกรม Control Sound Effects จะเตือน ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.34 การติดต่อ MCS 51 กับ โปรแกรม Microsoft Visual Studio 6

4.9.3 การเชื่อมต่อโปรแกรม Control Sound Effects กับ MCS-51

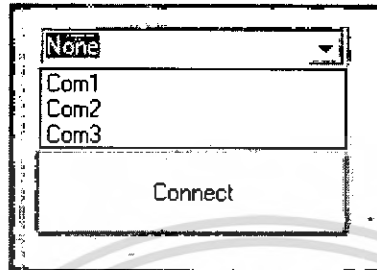
เมื่อเริ่มใช้งานหากผู้ใช้โปรแกรมไม่ได้ต่อ พอร์ตอนุกรมและลืมกดปุ่ม connect โปรแกรม Control Sound Effects ก็จะเตือนผู้ใช้ให้ต่อ com port ก่อนจึงจะทำงานได้ ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.35 ผู้ใช้โปรแกรมไม่ได้ ติดต่อโปรแกรมกับ MCS-51

การเชื่อมต่อโปรแกรม Control Sound Effects กับ MCS-51 ผู้ใช้สามารถเลือกที่จะต่อพอร์ตอนุกรม โดยโปรแกรมจะให้ผู้ใช้เลือก COM1,COM2,COM3 และอาจมากกว่านี้ตามจำนวนของพอร์ตอนุกรมดังรูปที่ 4.5 โดยการติดระหว่างโปรแกรม Control Sound Effects กับ MCS-51 จะต่อผ่านสาย RS-232 หากเป็นเครื่อง PC ให้นำสายไปต่อที่ ช่อง พอร์ตอนุกรม หรือ ช่องพอร์ตปลั๊กเตอร์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

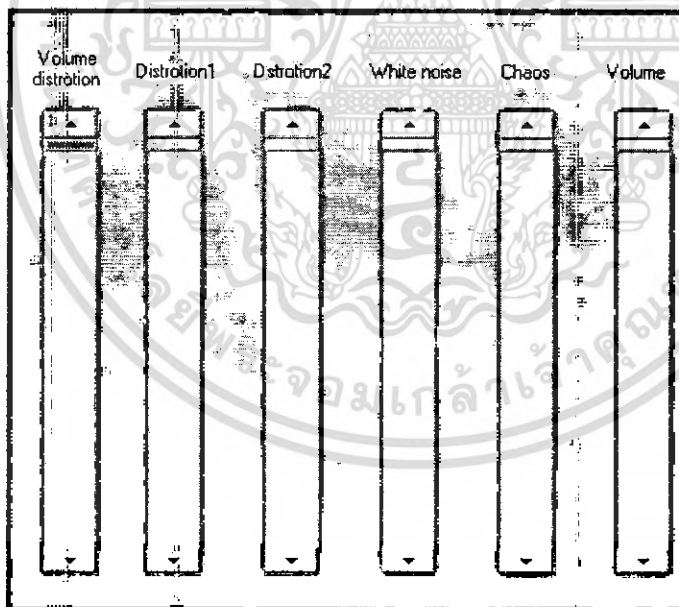
หากเป็นโน้ตบุ๊กจะเป็นช่อง USB เมื่อเชื่อมต่อเสร็จผู้ใช้โปรแกรมต้อง เลือก COM1,COM2,COM3 และอาจมากกว่านี้ตามจำนวนของพอร์ตอนุกรม ให้ตรงกัน แล้วทำการติดต่อ (connect) เมื่อเชื่อมต่อโปรแกรม Control Sound Effects กับ MCS-51 ได้แล้ว ก่อให้ปรับปุ่ม ควบคุมโดยการเลื่อนลงมาจะได้ยินเสียงเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.36 การเชื่อมพอร์ตอนุกรม กับMCS-51

4.9.4 การใช้งานปุ่มควบคุมเสียง

การใช้งานปุ่มควบคุมเสียงคือ ใช้การเลื่อนขึ้นหรือลง เพื่อให้ได้เสียงหรือการตั้งค่าตามที่ผู้ใช้งานต้องการ โดยค่าในการปรับเลื่อน มีค่าตั้งแต่ 0-255 แสดงดังรูปที่ 4.6



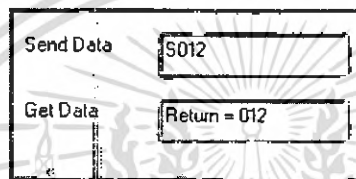
รูปที่ 4.37 ปุ่มควบคุมเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีปุ่มในการควบคุม ด้วยกันดังนี้

1. Volume distortion
2. Distrotion1
3. Dstrotion2
4. White noise
5. Chaos
6. Volume

เมื่อผู้ใช้ได้ทำการปรับค่าของการปรับจะแสดงบอกในรูปที่ 4.6 จะบอกการส่งค่าจาก โปรแกรมและการรับค่าของโปรแกรมที่ควบคุม Volume



รูปที่ 4.38 การรับและส่งค่าของการปรับปุ่มควบคุมเสียง

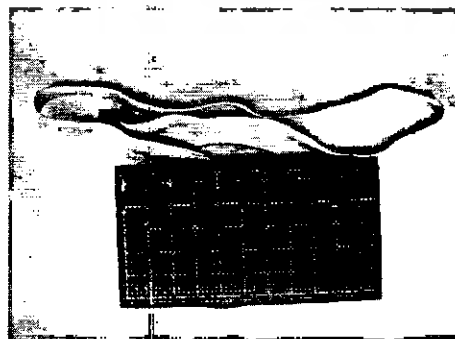
4.10 ไอซีที่ใช้แทนค่าความต้านทานปรับค่าได้

ไอซีที่ใช้ในโครงงานนี้คือ IC MCP41100 โดยมีค่า ตั้งแต่ 10 k Ω , 50 k Ω , 100 k Ω มา
 ต่อแทนตัว R ปรับค่าได้

PDIP/SOIC

CS	1	8	V _{CC}
SCK	2	7	PB0
SI	3	6	PW0
V _{SS}	4	5	PA0

รูปที่ 4.39 ไอซี MCP41100



รูปที่ 4.40 ไอซี MCP41100 ไซ้ต่อกับ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน ของโครงการ

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า สัญญาณอลวนที่สร้างจากวงจร Chaos นั้นจะแปรตามค่าของอุปกรณ์ เนื่องจากเป็นสัญญาณไม่เชิงเส้นเมื่อมารวมกับสัญญาณเสียงกีตาร์ นั้นทำให้เกิดเสียงที่แตกออกมามีลักษณะไม่คงที่ของสัญญาณ และสัญญาณรบกวนขาว (White noise) กำเนิดสัญญาณควาถี่แบบไม่เชิงเส้น เข้ามารวมสัญญาณกับเสียงกีตาร์เพื่อจะได้เสียงสัญญาณที่ออกมามีลักษณะผิดเพี้ยนไปและจะได้เป็นเสียงเอฟเฟกกีตาร์เฉพาะ โครงการนี้เป็นติดต่อสื่อสารกันระหว่างโปรแกรมและอุปกรณ์ปรับแต่งเสียงกีตาร์ไฟฟ้า เพื่อจะทำให้การใช้งานของผู้ปรับแต่งเสียงกีตาร์ได้ทำงานง่ายขึ้น ซึ่งเป็นการนำความรู้ทั้งทางการพัฒนาซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์มาใช้เกิดประโยชน์ และแนวความคิดใหม่ ๆ ในโลกแห่งเทคโนโลยี ที่ได้ราคาไม่แพงจนเกินไป

5.1 ปัญหาที่พบในระหว่างการดำเนินโครงการ

เนื่องจากเป็น โครงการมีโปรแกรมและซอฟต์แวร์จึงมีปัญหาทั้งสองด้านหาก ในการสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณอลวน ปัญหาที่พบโดยทั่วไปคือ ถ้าเราเอาค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากทฤษฎี มาทำการปรับแต่งให้กับอุปกรณ์แล้วสัญญาณที่ได้ไม่ตรงตามทฤษฎี เป็นเพราะค่าอุปกรณ์ต่าง ๆ มีความผิดเพี้ยนอยู่ในตัวอุปกรณ์ นั้น ๆ อยู่แล้วภายใน และสัญญาณอลวนเป็นสัญญาณที่มีความละเอียดอ่อนมากในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมให้กับวงจรเพราะถ้าเราทำการปรับค่าพารามิเตอร์เพียงเล็กน้อยก็จะทำให้รูปแบบของสัญญาณเปลี่ยนแปลง ไม่ออกมาตามทฤษฎี ต้องทำการปรับค่าพารามิเตอร์ใหม่ อีกทั้งวงจรขยายที่เรานำมาใช้ขยายสัญญาณอลวนนั้นไม่สามารถขยายสัญญาณออกมาได้เกินค่าความต่างศักย์ที่ไปเลี้ยงให้กับวงจรขยาย ดังนั้นทำให้มีขอบเขตในการขยายสัญญาณอลวน ทำให้สัญญาณที่ได้จากวงจรขยายสัญญาณอลวน (Chaos) นอกจากนี้ยังพบว่าค่าของสัญญาณ ที่ป้อนให้กับอุปกรณ์เอฟเฟกกีตาร์นั้น จะมีคลื่นสอดแทรกเข้ามาในตัวเอฟเฟกจึงทำให้เสียงที่ได้ยินไม่ชัดพอ ปัญหาที่การเชื่อมต่อไอซี ที่เป็นค่าความต้านทานปรับค่าได้ของวงจรมันพบว่ามันปรับได้ไม่สมดุลเพราะติดที่การส่งค่าจาก MCS-51 ค่าของสัญญาณรบกวนขาว (White noise) นั้นมีค่าความถี่ของสัญญาณที่สูงเมื่อนำมารวมกับสัญญาณกีตาร์ทำให้เสียงแตกไม่สมบรูณ์พอ สุดท้ายนี้ทางผู้จัดทำโครงการยังพบว่าอุปกรณ์ในการทดลองเครื่องกำเนิดสัญญาณนั้นมีไม่เพียงพอกับนักศึกษาหากมีก็ ซ้ำหุดนำมาวัดค่าได้ไม่เที่ยงตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 แนวทางการแก้ไข

1. ทำการกำหนดรายละเอียดแอปพลิเคชันที่ต้องการจะพัฒนา เพื่อเป็นการจำกัดขอบเขตของการพัฒนา และสามารถพัฒนาได้ควบคุมอุปกรณ์เหล่านั้น
2. นักพัฒนาทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ สามารถใช้งานจากอินเทอร์เน็ต และง่ายต่อการใช้งาน
3. พัฒนาโปรแกรมต่อไปเพื่อให้การติดต่อน้อยลงกว่านี้ และง่ายแก่ผู้มาใช้
4. Distortion (ความคิดเพี้ยนในการส่ง) เช่น Nonlinear, Frequency Response
5. Noise กับ Interference (สัญญาณรบกวนกับสัญญาณสอดแทรก)
6. ในการติดตั้งโปรแกรมในคอมพิวเตอร์อาจมีบางเครื่องที่ไม่สามารถใช้โปรแกรมได้เนื่องจาก ขาด .dll บางส่วนของ system32
7. วงจรขยายสัญญาณอลวน (Chaos) นั้นไม่สามารถขยายสัญญาณออกมาได้เกินค่าความต่างศักย์ที่ไปเลี้ยงให้กับวงจรขยาย

5.3 แนวทางสำหรับการพัฒนาโครงการต่อไปสำหรับผู้สนใจ

1. สามารถใช้พัฒนาวงจรสัญญาณ ให้มีความหลากหลายทางด้านเสียงมากขึ้น
2. สามารถออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณไม่เชิงเส้นได้ และพัฒนาต่อไป
3. เพื่อที่จะศึกษาค้นหาความแตกต่างของเสียงในการปรับแต่งและการพัฒนาโปรแกรมที่ผู้ใช้นำเข้าถึงการใช้งานได้มากขึ้น และเพิ่มฟังก์ชันในการติดต่อระหว่าง โปรแกรมและฮาร์ดแวร์ที่มีอยู่ในรูปของกราฟฟิค เพื่อให้เห็นการทำงาน ได้สมจริง
4. สามารถจะ ได้ใช้งานง่ายและราคาไม่แพงจนเกินไป

เอกสารอ้างอิง

Reference

- [1.] โครงการงานหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตเรื่องอุปกรณ์กำเนิดเลขสุ่ม
นายปรเมศวร์ เทพท้วม และนายนภดล รักเกียรติยศ
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ พ.ศ. 2548
- [2.] รายงานเรื่องการทดสอบประสิทธิภาพของAlgorithm ต่างๆในการ Train เพื่อลด
สัญญาณรบกวนโดยใช้ Neurall Network
นายปรีชัช วิสุทธิเมธากุล
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- [3.] **Motolora Semiconductor Technical Data**
- [4.] Ramakant A. Gayakwad., **“Op-am and line integrated circuits”**
- [5.] Joel Naumann and James D. Wagoner., **“Analog Electronic Music Techniques”**

ข้อมูลจากเว็บไซต์

www.discovercircuits.com/N/noisegen.htm

www.ciphersbyritter.com/NOISE/NOISRC.HTM

www.maxim-ic.com/an3469

www.web-ee.com/Schematics/Pink%20Noise/pink.htm

www.web-ee.com/Schematics/Noise%20Generator/noise.htm

www.hobbyprojects.com/W/white_noise_generators.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้