ปริญญานิพนธ์

โปรแกรมวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูดด้วยคอมพิวเตอร์
Voice analysis And Recognition Program By Computer

นางสาวกมลทิพย์ กิ่งโก้

นายฉัตรชัย อุปพันธ์พงศ์ชัย

นายพงษ์ศักดิ์ ชูงาม

นายเอกภพ ชื่นโม

A021056

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 1288 021056
วัน เดือน ปี -3 พ.ย. 2538

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง **โปรแกรมวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูดด้วยคอมพิวเตอร์**

Voice analysis And Recognition Program By Computer

ผู้จัดทำ

นางสาวกมลทิพย์	กิ่งโก้
นายฉัตรชัย	อุปพันธ์พงศ์ชัย
นายพงษ์ศักดิ์	ชูงาม
นายเอกภพ	ชื่นโม

อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงนาม .....

(อาจารย์วรวิทย์ สมหา)

ลงนาม .....

(อาจารย์กิติพงศ์ มะโน)

ลงนาม .....

(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

หัวหน้าภาควิชา

ลงนาม.....

(ผศ.ดร.ธีรพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

โปรแกรมวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูดด้วยคอมพิวเตอร์

Voice analysis And Recognition Program By Computer

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาถึงกรรมวิธีในการวิเคราะห์และรู้จำเสียงของคอมพิวเตอร์

2. เพื่อให้สามารถจำลองขบวนการวิเคราะห์และรู้จำเสียงของคอมพิวเตอร์ โดยวิธีการเปรียบเทียบในโดเมนความถี่

3. เพื่อเปรียบเทียบขบวนการวิเคราะห์เสียงหลายๆ วิธี เพื่อหาข้อดีข้อเสีย

4. เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบของระบบวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูดของคอมพิวเตอร์

5. เพื่อเขียนโปรแกรมต้นแบบในการวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูดและเก็บผลลัพธ์ของ การวิเคราะห์ไว้ในรูปแบบที่แน่นอน

6. เพื่อวางแนวทางในการพัฒนาเครื่องต้นแบบ ให้สามารถใช้งานจริงได้อย่างสมบูรณ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำปริญญานิพนธ์

1. เข้าใจกรรมวิธีวิเคราะห์เสียงของคอมพิวเตอร์

2. ได้เครื่องต้นแบบของระบบวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูดด้วยคอมพิวเตอร์

3. สามารถวางแผนการพัฒนาเครื่องต้นแบบให้สามารถใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูดด้วยคอมพิวเตอร์

นางสาวกมลทิพย์ กิ่งโก้
นายฉัตรชัย อุปพันธ์พงศ์ชัย
นายพงษ์ศักดิ์ ชูงาม
นายเอกภพ ชื่นโม

อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา
อาจารย์ กิติพงค์ มะโน
อาจารย์ วรวิทย์ สมหา
ปีการศึกษา 2537

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เสนอระบบวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูดด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำการวิเคราะห์เสียงโดยอาศัยทฤษฎีของ ชอร์ท ไทม์ สเปกตรัม อนาไลซิส โดยอาศัยหลักการคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า ฟาสท์ ฟูริเยอร์ ทรานสฟอร์ม ซึ่งทำการเปลี่ยนสัญญาณเสียงที่ได้จากการสุ่มสัญญาณ (sampling) ซึ่งอยู่ในรูปของสัญญาณดิสครีทในโดเมนเวลา ให้อยู่ในโดเมนความถี่ และเก็บข้อมูลทั้งที่อยู่ในรูปโดเมนเวลา และโดเมนความถี่ ลงในแฟ้มข้อมูล และสามารถนำข้อมูลที่เก็บไว้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบหาความคล้ายคลึงกันของสัญญาณเสียงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VOICE ANALYSIS AND RECOGNITION PROGRAM BY COMPUTER

MISS.KAMONTIP KINGKO

MR.CHATCHAI OUPAPUNPONGCHAI

MR.PONGSAK CHOO-NGAM

MR.EKAPHOB CHUENMOO

ADVISER

ASSIT.DR.TERAPON TEPHASSADIN N AYUTAYA

MR.KITIPONG MANO

MR.WORAWIT SOMHA

1994

ABSTRACT

THIS THESIS PRESENT VOICE ANALYSIS AND RECOGNITION PROGRAM WHICH ANALYZES VOICES BASED ON SHORT TIME ANALYSIS USEING ARITHMETIC METHODOLOGY CALLED FAST FOURIER TRANSFORM, VOICE SIGNAL OBTAINED FROM SAMPLING DATA OR IN OTHER WORD IMPULSE SIGNAL WITHIN TIME DOMAIN,WILL BE TRANSFORMED INTO THE FORM OF FREQUENCY DOMAIN.

THE COLLECTED DATA IN BOTH FORMS OF TIME DOMAIN AND FREQUENCY DOMAIN WILL BE RECORDED INTO DATA FILE. THE COLLECTED DATA CAN THEN BE ANALYZED AND COMPARE TO SEEK THE RESEMBLANCE IN VOICE SIGNAL.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงมาได้เพราะพระคุณของ คุณแม่ คุณพ่อ และความกรุณาจากท่านอาจารย์ ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา อาจารย์ กิติพงค์ มะโน และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์ วรวิทย์ สมหา ซึ่งท่านได้ช่วยเหลือคณะผู้จัดทำเป็นอย่างมากทั้งให้คำแนะนำ ให้ข้อมูลมาศึกษา และให้โปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งในโอกาสนี้คณะผู้จัดทำโครงงานรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณของทุกๆ ท่าน จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 หลักการของการเข้าถึงข้อมูลและการแปลงข้อมูล	2
2.2 การแปลงฟาสท์ฟูริเยอร์	34
2.3 โครงสร้างของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์	49
2.4 โครงสร้างข้อมูล (Data Structure)	79
2.5 การสร้างโปรแกรมสำเร็จรูปด้วยวิชวลเบสิก	92
2.6 วินโดว์ API (Windows API)	104
บทที่ 3 การออกแบบ	127
3.1 หน่วยการจำเสียงพูด	127
3.2 วิธีการวิเคราะห์และศึกษาเสียงพูด	128
3.3 อัลกอริทึม	151
3.4 หลักการออกแบบโปรแกรมการวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูด	152
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	172
4.1 การทดลอง	172
4.2 ผลการทดลอง	184
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	187
5.1 ปัญหา	187
5.2 แนวทางพัฒนา	188
5.3 บทสรุป	188

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง		หน้า
ภาคผนวก ก	โปรแกรมวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูด	190
ภาคผนวก ข	คู่มือการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร	301
ภาคผนวก ค	การติดตั้งโปรแกรมวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูด	321
บรรณานุกรม		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพที่ หน้า

รูปที่ 2.24 แสดงฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรเปรียบเทียบ 24
รูปที่ 2.25 บล็อกไดอะแกรมของ ADC แบบใช้การนับ 24
รูปที่ 2.26 ADC แบบใช้การนับ 25
รูปที่ 2.27 บล็อกไดอะแกรมของวงจรแทรคกิง 26
รูปที่ 2.28 ไทม์มิงไดอะแกรมของวงจรแทรคกิง 27
รูปที่ 2.29 วงจรแปลงแบบสโลปเดี่ยว 27
รูปที่ 2.30 วงจรกำเนิดสัญญาณแรมพ์ 29
รูปที่ 2.31 ก) บล็อกไดอะแกรมของ ADC แบบสโลปคู่ 29
รูปที่ 2.31 ข) รูปคลื่นเอาท์พุทของ ADC แบบสโลปคู่ 30
รูปที่ 2.32 บล็อกไดอะแกรมของ ADC แบบใช้การประมาณค่าอย่างต่อเนื่อง 31
รูปที่ 2.33 ไทม์มิงไดอะแกรมของ SAR 32
รูปที่ 2.34 ADC แบบขนาน 33
รูปที่ 2.35 กราฟแสดงการไหลถึงวิธีการคำนวณตามสมการ 2.11 40
รูปที่ 2.36 หน่วยผีเสื้อของการคำนวณ ตามขั้นตอนวิธีลดทอนทางเวลา 43
รูปที่ 2.37 ก) แสดงขั้นตอนตามวิธีแบบ DIT สำหรับ DFT แบบ 8 จุด 45
รูปที่ 2.37 ข) แสดงขั้นตอนแบบ DIT สำหรับ DFT แบบ 8 จุด 45
รูปที่ 2.38 ก) กราฟการไหลของสัญญาณแสดงการคำนวณตามรูปที่ 2.37 46
รูปที่ 2.38 ข) แสดงการสลับตำแหน่งของลำดับ x(n) ด้วยการผันกลับบิท 46
รูปที่ 2.39 ภาพรวมแสดงขั้นตอนวิธีการคำนวณ DFT ขนาด N จุด แบบลดทอนทางเวลา 48
รูปที่ 2.40 กราฟสัญญาณการไหลแสดง FFT ลดทอนทางเวลา 50
รูปที่ 2.41 ลักษณะของสัญญาณไซน์ 52
รูปที่ 2.42 แซมปลิ้งเรทสูงและแซมปลิ้งเรทต่ำ 54
รูปที่ 2.43 เมนูหลักของ Vedit 57
รูปที่ 2.44 หน้าจอของ Scan Input 58
รูปที่ 2.45 การสุ่มตัวอย่างของบล็อกที่ใช้ส่งข้อมูล 60
รูปที่ 2.46 การแก้ไขบล็อกข้อมูล 61
รูปที่ 2.47 การสร้างเสียงก้อง 63
รูปที่ 2.48 แสดงหน้าจอของ Sequener Plus Junior 65

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพที่ **หน้า**

รูปที่ 2.49 เมนูตัวเลือก 66
รูปที่ 2.50 เมนู File 67
รูปที่ 2.51 เมนู View 68
รูปที่ 2.52 เมนู Edit 70
รูปที่ 2.53 แสดงโครงสร้างของไฟล์รูปคลื่น 80
รูปที่ 2.54 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเสียงและข้อมูล 82
รูปที่ 2.55 โครงสร้างของไฟล์ *.FFT 91
รูปที่ 2.56 ข้อความที่เกี่ยวกับวิชวลเบสิก 92
รูปที่ 2.57 ลักษณะของหน้าจเมื่อเรียกคำสั่ง RUN จาก Program Manager 93
รูปที่ 2.58 หน้าจอของวิชวลเบสิกขณะเลือกการติดตั้ง 94
รูปที่ 2.59 รูปจอภาพเมื่อทำการติดตั้งวิชวลเบสิกเรียบร้อยแล้ว 95
รูปที่ 2.60 แสดงลักษณะของโปรแกรมวิชวลเบสิก 96
รูปที่ 2.61 แสดงเมนูเครื่องมือ 96
รูปที่ 2.62 แสดงรายละเอียดของไอคอนต่าง ๆ 97
รูปที่ 2.63 แสดงลักษณะของฟอร์ม 97
รูปที่ 2.64 แสดงลักษณะของกล่องเครื่องมือและลักษณะของหน้าต่างโปรเจกต์ 98
รูปที่ 2.65 แสดงหน้าต่างของพรอพเพอร์ตีส์ 99
รูปที่ 2.66 แสดงการสร้างกรอบข้อความ 100
รูปที่ 2.67 แสดงลักษณะการสร้างปุ่มคำสั่งทั้ง 2 อัน 101
รูปที่ 2.68 แสงหน้าต่างของการตั้งค่าพรอพเพอร์ตีส์ 102
รูปที่ 2.69 หน้าต่างการเขียนโปรแกรม 103
รูปที่ 2.70 แสดงลักษณะของโปรแกรมเมื่อทำคำสั่ง RUN 104
รูปที่ 3.1 รูปคลื่นของการสุ่มสัญญาณเสียง 129
รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมของ Short Time Energy 130
รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมของ Short Time Average Energy 131
รูปที่ 3.4 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ Short Time Average Zero Crossing 132
รูปที่ 3.5 ค่าของ Average Zero Crossing ขณะมีสัญญาณเสียงและไม่มีสัญญาณเสียง 132
รูปที่ 3.6 แสดงค่าของ X(m) w(n-m) ที่ n ค่าง ๆ 135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพที่ **หน้า**

รูปที่ 3.7 แสดงค่าการวิเคราะห์สเปคตรัมของสัญญาณเสียง 137
รูปที่ 3.8 แสดงการวิเคราะห์สเปคตรัมของสัญญาณเสียง 138
รูปที่ 3.9 แสดงค่าการวิเคราะห์สเปคตรัมของสัญญาณเสียง 139
รูปที่ 3.10 แสดงค่าการวิเคราะห์สเปคตรัมของสัญญาณเสียง 140
รูปที่ 3.11 การแทนระบบด้วยหลักการของทฤษฎีทับซ้อน 141
รูปที่ 3.12 การแทนระบบโฮโมมอร์ฟิคสำหรับการคอนโวลูชัน 142
รูปที่ 3.13 รูปแบบของระบบสำหรับการแปลงกลับคอนโวลูชันของระบบโฮโมมอร์ฟิค 142
รูปที่ 3.14 การแทนในโดเมนความถี่โดยการคอนโวลูชันของระบบโฮโมมอร์ฟิค 143
รูปที่ 3.15 การแทนคุณลักษณะการแปลงกลับคอนโวลูชันของระบบโฮโมมอร์ฟิค 143
รูปที่ 3.16 การแทนกลับของระบบด้วยการแปลงกลับคอนโวลูชันของระบบโฮโมมอร์ฟิค 144
รูปที่ 3.17 คอมเพล็กซ์ เซ็พสตรัมและเซ็พสตรัม 146
รูปที่ 3.18 บล็อกไดอะแกรมของการสุ่มสัญญาณเสียง 148
รูปที่ 3.19 บล็อกไดอะแกรมของการวิเคราะห์โดยวิธีชอร์ตไทม์ การวิเคราะห์สเปคตรัม 151
รูปที่ 3.20 บล็อกไดอะแกรมของการวิเคราะห์ที่ใช้งานจริง 151
รูปที่ 3.21 โฟล์วชาร์ทแสดงการทำงานทั้งหมดของโปรแกรม 154
รูปที่ 3.22 แสดงลักษณะของเมนู 155
รูปที่ 3.23 แสดงลักษณะของฟอร์มการรับเสียง 156
รูปที่ 3.24 แสดงโฟล์วชาร์ทของเมนูรับเสียง 157
รูปที่ 3.25 แสดงโฟล์วชาร์ทของวิธีการรับเสียง 158
รูปที่ 3.26 แสดงการอีนาเบิ้ลเมนูการวิเคราะห์และรายงานผลข้อมูล 158
รูปที่ 3.27 แสดงฟอร์มการเปิดแฟ้ม 159
รูปที่ 3.28.แสดงการย์กเลิกแฟ้ม 159
รูปที่ 3.29 แสดงการลบแฟ้ม 160
รูปที่ 3.30 แสดงการทดลองฟังเสียง 161
รูปที่ 3.31 เมื่อทำการวิเคราะห์ 162
รูปที่ 3.32 แสดงโฟล์วชาร์ทขนตอนการคำนวณ FFT 164
รูปที่ 3.33 แสดงหลักการเก็บข้อมูล 166
รูปที่ 3.34 การแสดงข้อมูลด้านเวลา 166

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพที่ **หน้า**

รูปที่ 3.35 แสดงสัญญาณเสียงในรูปโดเมนทางความถี่ 167
รูปที่ 3.36 แสดงลักษณะหัวแฟ้ม WAVE FILE 168
รูปที่ 3.37 การรายงานผลข้อมูลของ WAVE FILE 168
รูปที่ 3.38 การแสดงผลออกทางเครื่องพิมพ์ 169
รูปที่ 3.39 แสดงลักษณะทั่วไปของโปรแกรม 170
รูปที่ 3.40 โฟล์วชาร์ทแสดงการทำงานของการเปรียบเทียบ 171
รูปที่ 4.1 การเลือกเมนูรับเสียง 172
รูปที่ 4.2 แสดงจอภาพที่ป้อนชื่อไฟล์ 173
รูปที่ 4.3 แสดงหน้าต่างของการรับเสียง 173
รูปที่ 4.4 แสดงหน้าต่างการวิเคราะห์ 174
รูปที่ 4.5 แสดงสเปคตรัมของสัญญาณเสียงที่ถูกวิเคราะห์ด้วย FFT 175
รูปที่ 4.6 แสดงลักษณะของสัญญาณเสียงที่อยู่ในรูปของ dB 176
รูปที่ 4.7 แสดงหน้าต่างการเปรียบเทียบ 177
รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบพร้อมการแสดงผล 178
รูปที่ 4.9 เมื่อทำการเลือกเมนูทดลองฟังเสียง 179
รูปที่ 4.10 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนูการวิเคราะห์ 180
รูปที่ 4.11 เมื่อทำการเลือกการแสดงผลทางด้านเวลา 180
รูปที่ 4.12 การแสดงผลทางด้านความถี่ 181
รูปที่ 4.13 สรุปข้อมูล 181
รูปที่ 4.14 แสดงผลออกทางเครื่องพิมพ์ 182
รูปที่ 4.15 แสดงการให้ความช่วยเหลือ 183
รูปที่ 4.16 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับโปรแกรม 183
รูปที่ 4.17 แสดงลักษณะของสัญญาณเสียง ที่พูดครั้งที่ 1 184
รูปที่ 4.18 แสดงลักษณะของสัญญาณเสียง ที่พูดครั้งที่ 2 185

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงลำดับของการอินเตอร์รัพต์	72
ตารางที่ 2.2 พอร์ทต่าง ๆ ของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์	73
ตารางที่ 2.3 พอร์ทของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร	74
ตารางที่ 2.4 รีจิสเตอร์ทั่ว ๆ ไป	75
ตารางที่ 2.5 ตัวเลือกทางอินพุท	75
ตารางที่ 2.6 การกำหนดรูปแบบมาตรฐานการทำงาน	105
ตารางที่ 2.7 รูปแบบของข้อมูลแบบ PCM	117
ตารางที่ 2.8 การย่อข้อมูลของ PCM 8 บิท แบบโมโน	117
ตารางที่ 2.9 การย่อข้อมูลของ PCM 8 บิท แบบสเตอริโอ	117
ตารางที่ 2.10 การย่อข้อมูลของ PCM 16 บิท แบบโมโน	118

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในการที่เราจะพยายามให้คอมพิวเตอร์สามารถส่งเสียงพูดและเข้าใจเสียงของมนุษย์นั้นในปัจจุบันมิได้เป็นเรื่องยากอีกต่อไปแล้ว และเราอาจจะเคยได้ทราบถึงความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในปัจจุบันกันมาบ้างแล้ว อย่างเช่น หุ่นยนต์รับใช้ที่กลุ่มประเทศผู้นำทางเทคโนโลยีทั้งหลายนั้นได้สร้างขึ้นมา สามารถรับฟังคำสั่งเป็นเสียงพูดได้โดยตรง

สิ่งประดิษฐ์ชิ้นแรกที่สามารถสร้างเสียงเลียนแบบมนุษย์ได้เป็นระบบแมคคานิคล้วน (Mechanical speaking machine) ในที่นี้จะเรียกว่า "เครื่องจักรสร้างเสียงเลียนแบบเสียงพูด" (เครื่องจักรนี้มีคุณสมบัติแตกต่างกับเครื่องจักรพูดได้ของเอดิสัน) เครื่องจักรนี้ได้รับรางวัลสิ่งประดิษฐ์ประจำปี อีกต่อมาเครื่องจักรสร้างเสียงได้รับการพัฒนามาอีกขั้นหนึ่ง เครื่องที่สองนี้สามารถออกเสียงสระได้ทั้งสระและพยัญชนะแต่เครื่องรับฟังก็ยังพูดไม่ได้เช่นกัน จากการที่ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างเสียงพูดกันอย่างกว้างขวาง ทำให้มีการเริ่มนำเอาวงจรไฟฟ้ามาแทนระบบแมคคานิคมากขึ้น ในที่สุดเครื่องสร้างเสียงระบบไฟฟ้าก็สร้างสำเร็จขึ้นที่นิวยอร์ค และเริ่มเป็นที่รู้จักกันในนามของ Vocoder หรือ ดนตรีพูดได้ และหลังจากที่ Vocoder ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายก็เป็นยุคของการพัฒนาทางอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์และขณะเดียวกันความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของเสียงก็พัฒนาขึ้นมาก จนสามารถที่จะรับฟังเสียงขึ้นมาได้บ้าง สิบกว่าปีมานี้ ก็สามารถจดจำเสียงพูดได้ (speech recognition) เริ่มจากการเปลี่ยนสัญญาณเสียงซึ่งอยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า ให้เป็นสัญญาณที่คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจได้ ก็คือ สัญญาณดิจิตอล แล้วอาศัยความเร็วของคอมพิวเตอร์ทำการคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้คณิตศาสตร์เข้าช่วย จนปัจจุบันนี้แทบจะไม่มีระบบแมคคานิคอยู่เลยนอกจากลำโพง

ดังนั้นในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ก็ได้ให้ความสนใจในเรื่องของเสียงเช่นเดียวกัน จึงได้พัฒนาโปรแกรมการวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไปได้โดยปริญญานิพนธ์ประกอบด้วย บทที่ 1 บทนำ หรือที่มาของการประยุกต์ใช้งานการจดจำเสียงพูดให้แก่คอมพิวเตอร์ บทที่ 2 เกี่ยวกับทฤษฎีและหลักการวิเคราะห์ข้อมูลเสียง บทที่ 3 นี้ก็จะเป็นการออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูด บทที่ 4 นี้จะเป็นการทดลองและผลการทดลองโปรแกรมซึ่งจะเป็นการรับเสียงเข้ามาเพื่อเปรียบเทียบและผลการเปรียบเทียบเสียงพูด ส่วนบทสุดท้ายนี้ก็ได้มีการสรุปผลปริญญานิพนธ์และยังได้แนะนำแนวทางการพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูดด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

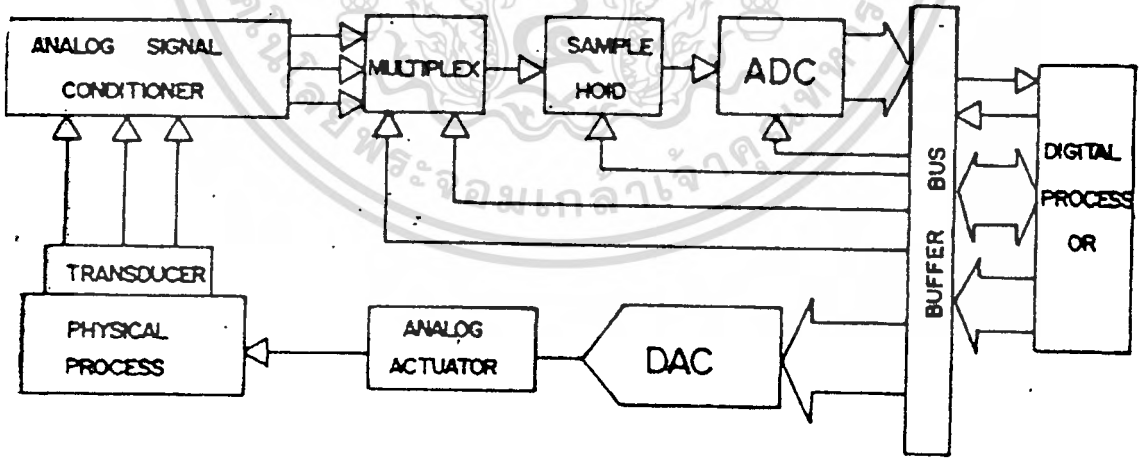
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการทำงาน

2.1 หลักการของการเข้าถึงข้อมูลและการแปลงข้อมูล

รูปแบบสัญญาณไฟฟ้าที่เราพบเห็นและคุ้นเคยในชีวิตประจำวันจะอยู่ในรูปแบบของสัญญาณที่ต่อเนื่องหรือที่เรียกว่าสัญญาณอนาล็อก ซึ่งแต่เดิมการจะนำเอาสัญญาณไฟฟ้าดังกล่าวมาประมวล (Processed) จะกระทำในแบบอนาล็อกนั่นเอง แต่เมื่อเริ่มมีเทคนิคการประมวลสัญญาณทางดิจิตอลได้รับการพิจารณาเนื่องจากพบว่า ในรูปแบบของดิจิตอลการประมวลผล การสื่อสารและการแสดงผล สมารถกระทำได้ง่ายกว่าและมีประสิทธิภาพมากกว่า ดังนั้นการเปลี่ยนรูปของสัญญาณ (conversion) จึงได้มีความจำเป็นขึ้น จากสัญญาณอนาล็อกที่มีอยู่ตามธรรมชาติถูกเปลี่ยนมาเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital convertors) หรือ ADC และนำมาประมวลโดยตัวประมวลทางดิจิตอล (Digital processors) เช่น คอมพิวเตอร์ จากนั้นจะถูกนำมาแสดงผลเลยหรือถูกเปลี่ยนกลับมาอยู่ในรูปอนาล็อกที่ใช้งานได้ง่ายกว่า โดยวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก (Digital to Analog convertors) หรือ DAC ในรูปที่ 2.1 แสดงระบบควบคุมโดยการประมวลข้อมูลในระบบดิจิตอล



รูปที่ 2.1 ระบบควบคุมที่มีการประมวลผลทางดิจิตอล

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพไม่ว่าในลักษณะใดๆ ก็ตาม (physical process) เช่นความดัน อุณหภูมิ ฯลฯ จะต้องถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าอนาล็อก โดยทรานสดิวเซอร์ที่มีคุณสมบัติที่

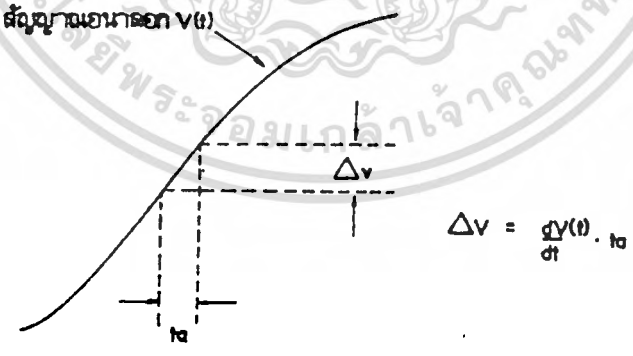
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสมกับรูปแบบทางกายภาพนั้นสัญญาณไฟฟ้านั้นจะถูกปรับให้อยู่ในรูปและขนาดที่เหมาะสม โดยวงจรจัดสัญญาณ เช่นวงจรขยาย หรือ ฟิลเตอร์ เป็นต้น

ในระบบข้อมูลที่ต้องการประมวลในเวลาเดียวกันมีหลายข้อมูล แต่เนื่องจาก ADC ทำงานได้เร็วพอจึงไม่สามารถจำเป็นต้องใช้ ADC หลายๆ ตัว ทำงานแยกกัน แต่จะใช้วิธีแบ่งเวลา (Time sharing) โดยวิธีมัลติเพล็กซ์ วงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ (Sample and Hold) จะสุ่ม (sample) ขนาดของสัญญาณอนาล็อกออกมาและเก็บ (hold) ไว้เพื่อรอให้ ADC รับไปเปลี่ยนเป็นกระแสดิจิตอล จนเรียบร้อยแล้วค่อยรับสัญญาณใหม่ ทั้งนี้เพื่อที่จะไม่จำเป็นต้องใช้ ADC ที่ทำงานได้เร็วมากนัก ข้อมูลทางดิจิตอลจะถูกส่งต่อไปยังเส้นทางส่งข้อมูล (system bus) แล้วจะทำการประมวณผล โดยตัวประมวลผล (Processor) แล้วจึงเปลี่ยนกลับมาเป็นสัญญาณอนาล็อกโดย DAC เพื่อที่ทำการควบคุมกิจกรรมทางกายภาพของระบบผ่านตัวดำเนินการทางอนาล็อก

2.1.1 ทฤษฎีการ สุ่มสัญญาณ (Sampling)

ในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลนั้น ADC จะต้องใช้เวลาช่วงหนึ่งในการจัดการ ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวนั้นมักจะขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัว เช่น ความละเอียดของการเปลี่ยนสัญญาณ เทคนิคของการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ และความเร็วในการทำงานของอุปกรณ์ร่วมอื่นๆ ความเร็วของการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจำเป็นในการประยุกต์ใช้งานเฉพาะอย่าง และความแม่นยำที่ต้องการ



รูปที่ 2.2 แสดงค่าผิดพลาดจากการวัดในช่วงเวลาที่เกิดความไม่แน่นอน

ช่วงเวลาในการแปลงสัญญาณบางครั้งอาจเรียกว่าช่วงเวลาเกิดความไม่แน่นอน ซึ่งโดยทั่วไปหมายถึงช่วงเวลาที่เกิดความไม่แน่นอนในการวัด และผลก็คือเกิดค่าผิดพลาดต่อค่าที่วัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.2 สัญญาณอนาล็อก V(t) มักมีอัตราการเปลี่ยน dv/dt ในช่วงของช่วงเวลาที่ไม่แน่นอน t_a ดังนั้นช่วงการเปลี่ยนแปลงอนาล็อกจะเท่ากับ V โดย

$$\Delta V = t_a \, dv(t)/dt$$

ดังนั้นหากเวลาที่ ADC ใช้ในการเปลี่ยนสัญญาณเวลา t_a นี้รหัสดิจิตอลที่ได้อาจจะตรงกับขนาดของสัญญาณอนาล็อกค่าใดค่าหนึ่งในช่วงนี้ และส่วนอื่นๆ ที่เหลือคือค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นซึ่งแน่นอนในบางครั้งเป็นไปได้ที่รหัสดิจิตอลจะตรงกับค่าอนาล็อกที่ถูกต้อง

ตัวอย่างในกรณีสัญญาณอินพุทเป็นรูปไซน์ อัตราการเปลี่ยนแปลงบนรูปคลื่นจะเกิดดีที่สุดตรงบริเวณจุดตัดแกนเวลารอบๆ จุดศูนย์โวลท์ (Zero Crossing) และในช่วงเวลาที่ไม่แน่นอนเพราะฉะนั้นค่าผิดพลาด คือ

$$\Delta V = t_a \, d(A\sin wt) = 0$$

$$= t_a \, Aw$$

และค่าผิดพลาดรวม คิดจากอัตราส่วนของขนาดเต็มสเกล คือ

$$\Sigma = V/2A = \pi f \, t_a$$

หากต้องการจะเปลี่ยนสัญญาณรูปไซน์ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ทให้เป็นสัญญาณดิจิตอล 10 บิท ซึ่งจะยอมให้ค่าผิดพลาดไม่เกินกว่าค่าความแม่นยำ คือ 1^{10} LSB หรือ 0.001 ดังนั้นช่วงเวลาที่ไม่แน่นอนจะต้องอยู่ในช่วง

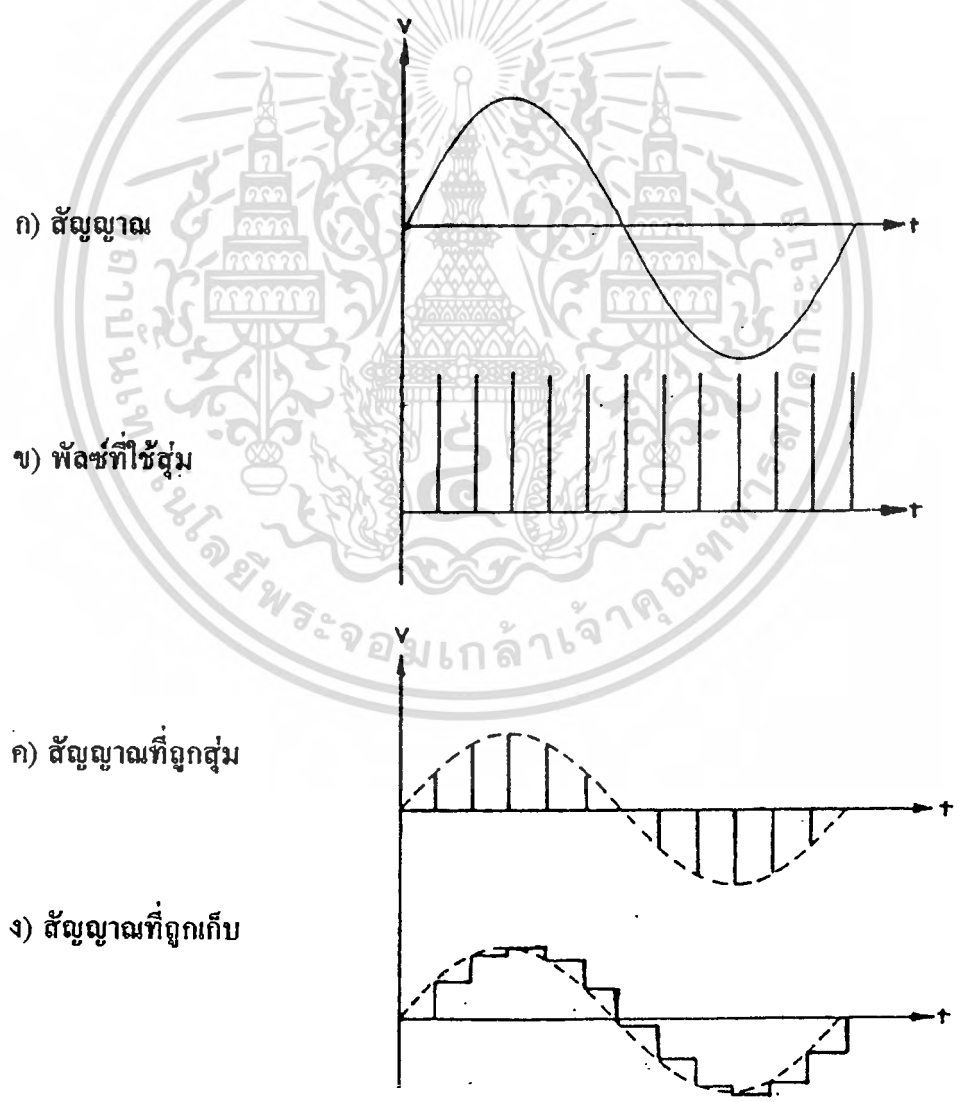
$$t_a = \Sigma/\pi f = 0.001/\pi \times 10^3 = 310 \times 10^{-9} \text{ sec}$$

จะเห็นว่าแม้สัญญาณ 1 กิโลเฮิร์ท จะไม่ใช้ความถี่สูงก็จริง แต่ ADC ที่ใช้ต้องการเวลาในการเปลี่ยนใน 230 นาโนวินาทีเป็นรหัส 10 บิท นั้นไม่ใช่หาได้ง่ายๆ ซึ่งวิธีอื่นที่ไม่จำเป็นต้องใช้ ADC ความเร็วสูงเช่นนั้นคือการใช้วงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ ซึ่งวงจรสุ่มและเก็บสัญญาณที่มีช่วงเวลาที่ไม่แน่นอนน้อยๆ นั้นทำได้ง่ายและราคาถูกกว่า

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 วงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ และค่าผิดพลาดจากช่วงเวลาไม่แน่นอน

วงจรสุ่มและเก็บสัญญาณจะสุ่มสัญญาณอินพุท และนำสัญญาณที่สุ่มนั้นมาเก็บไว้ในเวลาหนึ่ง ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้การประจุแรงดันไว้ในตัวเก็บประจุ เพื่อให้แรงดันอินพุทสามารถคงอยู่ได้นานพอ ดังนั้นช่วงเวลาที่ไม่แน่นอนของวงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ คือเวลาตั้งแต่เริ่มสุ่มสัญญาณจนเก็บประจุค่าแรงดันถึงค่าที่สุ่ม สำหรับวงจรสุ่มและเก็บสัญญาณแล้ว ช่วงเวลาที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับแบนด์วิดธ์ และเวลาในการกลับตัวของอุปกรณ์แอคทีฟที่ใช้ในวงจรซึ่งหาและสร้างได้ง่ายและราคาถูกกว่าการสร้าง ADC ความเร็วสูง



รูปที่ 2.3 การสุ่มสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

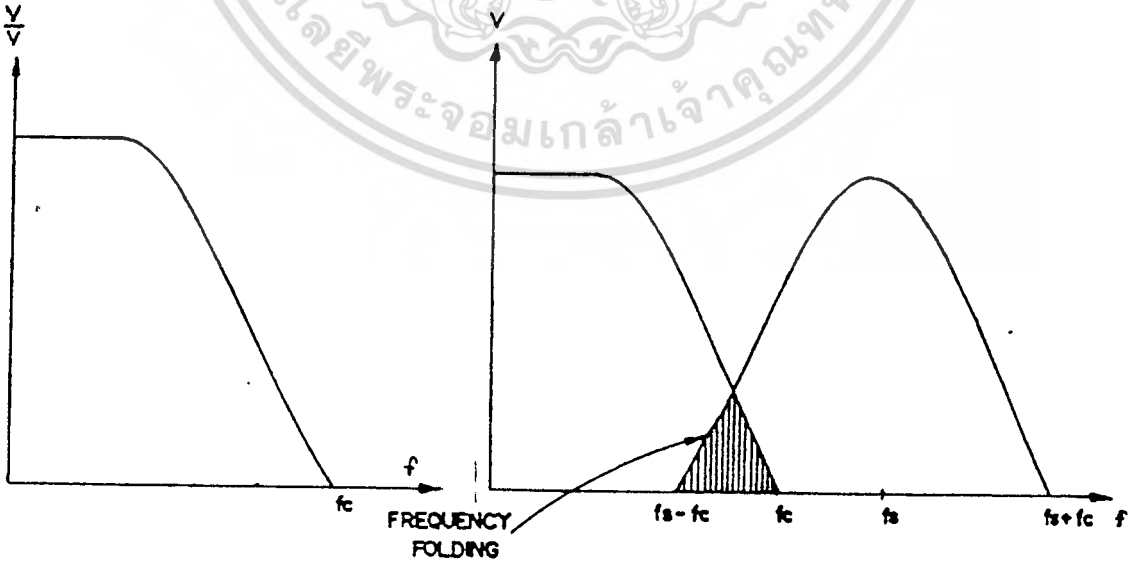
ระบบการสุ่มข้อมูล และทฤษฎีการสุ่ม

ในระบบการสุ่ม สัญญาณอนาล็อกจะถูกสุ่มเป็นระยะคงที่ตามรูปที่ 2.3 กลุ่มของสัญญาณ-สุ่มจะแทนแบนด์วิทธ์ที่ทำงานด้วยความเร็วสูง ซึ่งจะทำการตัดต่อสัญญาณอนาล็อกในช่วงเวลาอันสั้น

ผลของการสุ่มสัญญาณด้วยความเร็วจะเสมือนกับการคูณขบวนสัญญาณพัลซ์แคบๆ กับสัญญาณอนาล็อก ซึ่งจะได้เป็นสัญญาณที่เกิดการมอดูเลทระหว่างขบวนพัลซ์กับสัญญาณอนาล็อก ดังแสดงในรูป 2.3 ค โดยสัญญาณอนาล็อกจะขี่มาบนขบวนพัลซ์ถ้าหากเอาสวิทช์และตัวเก็บประจุแทนสวิทช์แล้วสัญญาณอนาล็อกที่ถูกสุ่มจะถูกเก็บไว้ในตัวเก็บประจุจนกว่าสัญญาณค่าใหม่ถูกสุ่มเข้ามาซึ่งลักษณะของเอาท์พุทที่แสดงในรูป 2.3 ง.

มีปัญหาที่ว่าอัตราการสุ่มสัญญาณนั้นควรมีขนาดเท่าใดนั้นจะไม่ทำให้ข้อมูลสูญเสียไปเมื่อสัญญาณนั้นถูกเปลี่ยนกลับมาเป็นเช่นเดิม คำตอบก็คือขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณอนาล็อก และทฤษฎีของการสุ่มกล่าวไว้ว่า"ถ้าสัญญาณต่อเนื่องซึ่งมีความถี่และฮาร์โมนิคไม่เกิน f_c แล้ว สัญญาณดังกล่าวจะสามารถเปลี่ยนกลับมาเป็นอย่างเดิมโดยไม่สูญเสียรายละเอียดหรือผิดเพี้ยนไป ถ้าอัตราการสุ่มไม่น้อยกว่า $2f_c$ ต่อวินาที "

การเกิดความถี่ซ้อน และ ความถี่เพี้ยน



รูป 2.4 ก) แสดงสเปคตรัมของสัญญาณอนาล็อกที่จะถูกสุ่ม รูป 2.4 ข) หลังจากการสุ่มเกิดความถี่ซ้อน

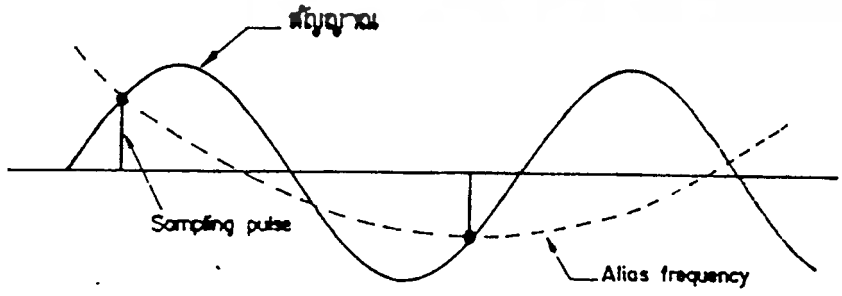
เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากทฤษฎีของการสุ่มสามารถอธิบายด้วยลักษณะรูปสเปคตรัมของสัญญาณในรูปที่ 2.4 ก แสดงให้เห็นสเปคตรัมของสัญญาณที่ถูกสุ่มซึ่งแบนด์วิดธ์ไม่เกิน f_c ในขณะที่สัญญาณนี้จะถูกสุ่มด้วยความถี่ f_s ขบวนการมอดูเลชั่นจะทำให้แถบสเปคตรัมของสัญญาณสุ่มขยายกว้างออกจาก f_s เป็น $2f_s$ $3f_s$... ได้เป็นดังรูป 2.4 ข

ถ้าความถี่ของสัญญาณสุ่ม (f_s) ไม่สูงพอหลังจากการสุ่มสเปคตรัมบางส่วนของสัญญาณสุ่มจะมาซ้อนกับสเปคตรัมของสัญญาณซึ่งเรียกว่าการเกิดความถี่ซ้อน หากเป็นเช่นนี้ก็จะทำให้เกิดความเพี้ยนแก่สัญญาณอนาล็อกจากการซ้อนของสเปคตรัมเมื่อสัญญาณถูกเปลี่ยนกลับไปอยู่ในรูปเดิม และถ้าเลือนความถี่ของการสุ่มให้สูงขึ้นจนโอกาสการซ้อนของสเปคตรัมหมดไป การเปลี่ยนกลับของสัญญาณหลังจากถูกสุ่มก็ยังคงเหมือนเดิมได้

จากที่กล่าวมาแล้วการสนับสนุนทฤษฎีการสุ่มที่ว่าให้ $f_s>2f_c$ นั่นคือการกำจัดการซ้อนกันของสเปคตรัมได้สองวิธีคือ หนึ่งด้วยการใช้อัตราการสุ่มที่สูงพอ และสองทำการฟิลเตอร์ความถี่ของสัญญาณอนาล็อกก่อนการสุ่มเพื่อให้แบนด์วิดธ์ไม่เกินไปกว่า $f_s/2$ ในทางปฏิบัติแล้วจะยังคงเกิดความถี่ซ้อนได้เสมอจากส่วนฮาร์โมนิคของสัญญาณรวมทั้งสเปคตรัมของสัญญาณรบกวนที่ยังคงอยู่แม้ว่าทำการฟิลเตอร์ก่อนหน้ามาแล้วก็ตามกำลังการจัดการซ้อนกันของสเปคตรัมดังนี้ วิธีที่ได้ผลคือพยายามให้การสุ่มสัญญาณเป็นไปอย่างรวดเร็วมากที่สุด ซึ่งปกติจะสูงกว่าความถี่ต่ำตามทฤษฎีการสุ่มคือ $2f_c$ เสมอ

ผลของการใช้อัตราการสุ่มที่ไม่เหมาะสมอีกประการหนึ่งที่เกิดสัญญาณรูปไซน์แสดงในรูปที่ 2.5 เรียกว่าการเกิดความถี่เพี้ยน (Alias Freqúency) ซึ่งเกิดกับสัญญาณที่เปลี่ยนกลับมาเช่นเดิมหลังจากถูกสุ่มแล้ว



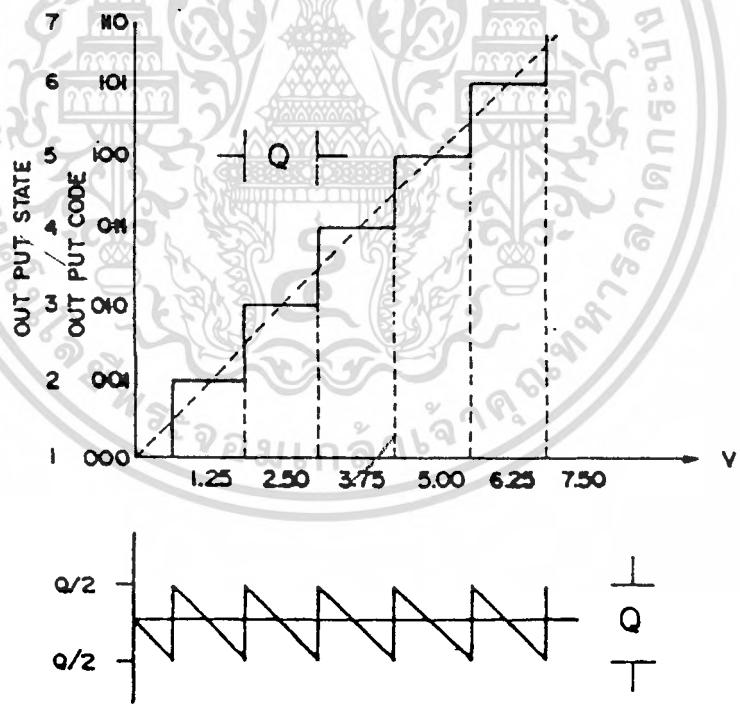
รูปที่ 2.5 การเกิดความถี่เพี้ยนจากการสุ่มความถี่ต่ำกว่า 2 เท่าของความถี่สัญญาณอนาล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีการสุ่มนี้ในอัตราที่ต่ำกว่าสองเท่าของสัญญาณอินพุทจะทำให้ได้สัญญาณไซน์ความถี่ต่ำๆ แสดงให้เป็นจุดไข่ปลาในรูปที่ 2.5 ซึ่งจะเห็นว่าความถี่ที่เพี้ยนอาจจะแตกต่างไปจากความถี่เดิมไปมาก

ทฤษฎีการควอนไตซ์ซิง (Quantizing Theory)

ขบวนการที่เปลี่ยนแปลงสัญญาณอนาล็อก เป็นสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่อง (disareste signal) จะเรียกว่าการควอนไตซิ่ง (Quantizing) ซึ่งจากนี้ก็จะผ่านขบวนการเข้ารหัส (Coding) จัดให้สัญญาณไม่ต่อเนื่องอยู่ในรูปที่ง่ายต่อการประมวล และเป็นสัดส่วนสัมพันธ์กับสัญญาณอนาล็อก เช่นอยู่ในรูปของรหัสไบนารีเป็นต้น หากนำเอาขนาดของสัญญาณอนาล็อก และสัญญาณดิจิตอลที่สัมพันธ์จากการควอนไตซิง และการถอดรหัส (encode) และนำมาเขียนกราฟก็จะได้กราฟแสดงฟังก์ชันถ่ายโอนดังในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ฟังก์ชันถ่ายโอนของการควอนไตซิ่ง 3 บิท ตามทฤษฎี

ในรูปกราฟแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันระหว่างการควอนไตซิ่งช่วง 0 ถึง +10 โวลท์ และการเข้ารหัสเป็นรหัสไบนารี 3 บิทได้ 8 ระดับจาก 000 ถึง 111 ในระบบไบนารีรหัสดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละค่าจะแทนขนาดของสัญญาณ อนาล็อกแต่ละค่าที่เป็นสัดส่วนกับค่าเต็มสเกลโดยค่าสูงสุดของรหัสดิจิตอล คือทุกบิทเป็น 1 จะเท่ากับสัญญาณอนาล็อกเต็มสเกลคูณด้วย $(1-2^{-n})$ โดย n เป็นจำนวนบิทของรหัสดิจิตอลและรหัสดิจิตอลแต่ละบิทที่เป็น 1 จะเท่ากับขนาดเต็มสเกลของอนาล็อกคูณกับค่าประจำหลัก (weighting) ของรหัสชนิดนั้นหารด้วย 2^n ตัวอย่าง เช่นค่าเต็มสเกลของสัญญาณอนาล็อกเป็น 10 โวลท์ รหัส 1011 จะแทนขนาดสัญญาณอนาล็อกอินพุท

$$V_{input} = R/\ 2\text{^}n\ (1x2^3) + (0x2^2) + (1x2^1) + (1x2^0)$$

$$= 10/\ 2\text{^}4\ (1x2^3) + (0x2^2) + (1x2^1) + (1x2^0)$$

จุดสำคัญที่เกี่ยวกับกราฟในรูปที่ 2.6 อันแรกได้แก่ค่าความแม่นยำของการควอนไตซิง ซึ่งสามารถกำหนดได้จากจำนวนบิทของรหัสดิจิตอลหรือจากกราฟ คือความกว้างของสเกลของแกนอนาล็อกว่าเป็นสัดส่วนเท่าใดระหว่างเต็มสเกลอนาล็อกกับค่า 2^n

จำนวนสถานะเอาท์พุทกำหนดได้จากจำนวนบิท คือเท่ากับ 2 สถานะ ตัวอย่าง กรณี ADC 8 บิท ควอนไตซิงจะให้เอาท์พุท 256 สถานะ และ 12 บิท หรือให้ 4096 สถานะต่อค่าเต็มสเกลของสัญญาณอนาล็อก ในไดอะแกรมแสดงทรานสเฟอร์ฟังชันจะเห็นจุดแบ่งระดับ (decision point หรือ Teshold level) สัญญาณอนาล็อกจะมีจำนวน 2^n -1 จุดที่อยู่ที่ 0.625, 1.875, 3.125, 4.375, 5.625, 6.875 และ 8.125 โวลท์ ระหว่างจุดดังกล่าวเป็นสัญญาณอนาล็อกซึ่งแปลงเป็นรหัสดิจิตอล 1 สถานะดังนั้นค่าเหล่านี้จะต้องปรับปรุงให้ถูกต้องมากที่สุดเพื่อจะแปลงขนาดของอนาล็อกให้ตรงกับค่าที่ทำการควอนไตซิง

แรงดันที่ 1.25, 2.50, 3.75, 5.0, 6.25, 7.2 และ 8.75 โวลท์ เป็นจุดกึ่งกลางในช่วงของสัญญาณอนาล็อกที่แสดง 1 สถานะเอาท์พุทดิจิตอลฟังก์ชันที่เป็นขั้นบันไดสามารถประมาณเป็นเส้นตรงโดยการโดยเส้นตรงระหว่างจุดเริ่มและจุดปลาย ณ จุดกึ่งกลางของรหัสดิจิตอลสถานะสุดท้าย สังเกตว่าในทางทฤษฎีแล้วเส้นตรงเส้นนี้จะต้องผ่านจุดกึ่งกลางของรหัสดิจิตอล

ค่าความแม่นยำของการควอนไตซิง และค่าผิดพลาด

ในแต่ละสถานะของสัญญาณดิจิตอลเอาท์พุทจะแทนขนาดช่องสัญญาณอนาล็อกค่าใดค่าหนึ่งในช่วงเล็กๆ ระหว่างจุดแบ่งระดับจุดเรียกช่วงเล็กๆ นี้ว่าเป็นขนาด 1 อนาล็อกควอนไตเซชัน (Analog Quantization) หรือ 1 ควันตัม (Quantum) หรือ 1 LSB (least significant bit) ของการเปลี่ยนสัญญาณ ตัวอย่างในรูปที่ 2.6 ก ซึ่งควันตัมคือ 1.25 โวลท์ ค่านี้ได้จากการคำนวณจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q = FSR/2^n$$

เมื่อ FSR คือ ช่วงเต็มสเกลของแรงดันอนาล็อก (Full Scale Range)

n คือ จำนวนบิทของรหัสดิจิตอล

จากสมการจะเห็นว่าหากจำนวนบิทมากขนาดของการควอนไตซิงซึ่งจัดทำการแก้ไขไม่ได้นอกจากการเพิ่มจำนวนบิทของการควอนไตซิงกวาดไปตลอดช่วงของสัญญาณอนาล็อก ก็จะเห็นช่วงของผลต่างของอนาล็อกอินพุท และดิจิตอลเอาท์พุทเป็นช่วงซึ่งพล็อตได้เป็นรูปฟันเลื่อยดังรูป 2.6 ข. เรียกว่าค่าผิดพลาดของการควอนไตซิง ซึ่งค่าผิดพลาดนั้นคือ 1 ช่วงสัญญาณอนาล็อกแปลงเป็นรหัสดิจิตอล 1 สถานะดังกล่าวมาแล้วนั่นเอง

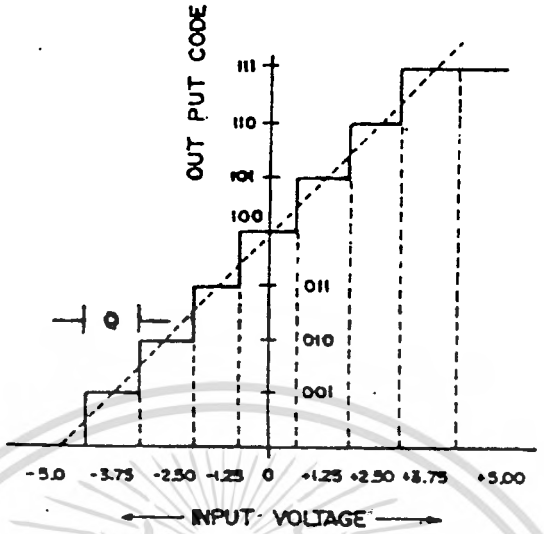
ค่าผิดพลาดนี้เป็นธรรมชาติของควอนไตซิง ซึ่งจัดทำการแก้ไขไม่ได้นอกจากเพิ่มจำนวนบิทของควอนไตซิงให้มากขึ้น และค่าผิดพลาดทางเอาท์พุท จะอยู่ระหว่าง 0-Q/2 โดยค่าผิดพลาดอาจจะเป็นศูนย์เมื่อสัญญาณอนาล็อกที่จุดกึ่งกลางของควันตัมพอดี ลักษณะค่าผิดพลาดของฟังก์ชันจะสามารถคิดเป็นสัญญาณรบกวนทางอินพุท ซึ่งมีค่าเป็น Q V_{p-p} และเฉลี่ยเป็นศูนย์ ค่า rms เป็น Q/2 ซึ่งจะได้จากการวิเคราะห์รูปคลื่นฟันเลื่อย

รหัสตัวเลขสำหรับการเปลี่ยนข้อมูล

รหัสตัวเลขที่มักนิยมนำไปใช้ในระบบเปลี่ยนข้อมูล ได้แก่รหัสไบนารี โดยที่รหัสไบนารีสถานะสูงสุดจะแทนสัญญาณอนาล็อก FSR ($1-2^n$) โวลท์ ดังตัวอย่าง เช่นหากสัญญาณอนาล็อกเต็มสเกล (FSR) เท่ากับ 20 โวลท์ สำหรับข้อมูลขนาด 12 บิท ดังนั้นรหัส 1111 1111 1111 จะแทนสัญญาณอนาล็อกขนาด 20 ($1-2^n$) = 19.9951171 โวลท์ นอกจากรหัสไบนารีธรรมดาดังกล่าวยังมีการใช้ระบบตัวเลขไบนารีแบบอื่นๆ ในระบบของการแปลงสัญญาณได้แก่ ออฟ-เซ็ทไบนารี, two's complement, ซึ่งแต่ละแบบมีข้อดี และความเหมาะสมที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่นระบบ BCD เหมาะสำหรับการแสดงเป็นตัวเลขหน้าปัทม์ หรือต่อเข้ากับดิจิตอลมิเตอร์ รหัส two's complement เหมาะสำหรับการคำนวณลอจิกทางคณิตศาสตร์ และระบบออฟ-เซ็ทไบนารี เหมาะสำหรับการแปลงสัญญาณอินพุทที่มีทั้งช่วงบวกและช่วงลบ ในรูปที่ 2.7 แสดงฟังก์ชันถ่ายโอน ของ ADC 3 บิทที่มีใช้รหัสออฟ-เซ็ทไบนารี

นอกจากมาตรฐานของการใช้รหัสตัวเลขแล้ว ยังมีมาตรฐานของการเลือกช่วงของขนาดแรงดันอินพุท สำหรับ ADC คือ หากเป็นสัญญาณช่วงบวกหรือลบเพียงอย่างเดียวจะใช้ 0-5 โวลท์ หรือ 0-10 โวลท์ แต่ถ้าเป็นช่วงลบจะใช้ -2.5 โวลท์, -5 โวลท์ และ -10 โวลท์ เป็นมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ฟังก์ชันถ่ายโอนของ ADC 3 บิทที่ใช้รหัสออฟเซ็ทไบนารี

วงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ (S/H)

ในตอนต้นได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการใช้วงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ และ ADC ต่อจากนี้จะได้กล่าวถึงรายละเอียดของวงจรสุ่มและเก็บสัญญาณบางวงจรที่ใช้ในปัจจุบัน

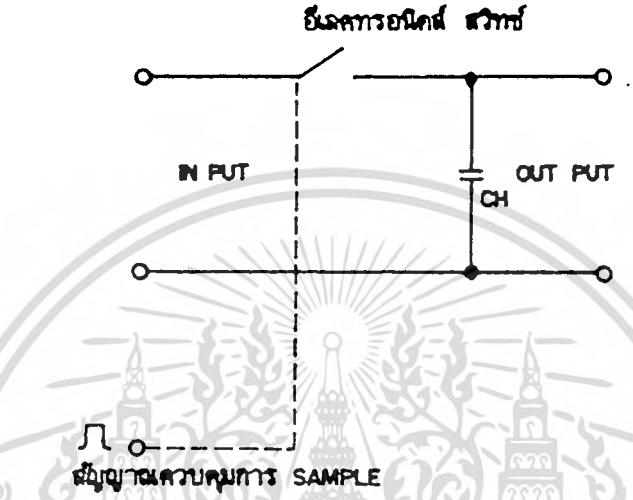
ความจริงแล้ววงจรสุ่มและเก็บสัญญาณมิได้ใช้เฉพาะกับ ADC เท่านั้นแต่ยังใช้กันทั่วๆ ไป เช่นในระบบ data distribution, sampling scope, DVM, reconstruction filter และอนาล็อก-คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

วงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ โดยพื้นฐานแล้วเป็นอุปกรณ์ หรือวงจรเก็บแรงดัน (Voltage memory) ซึ่งใช้อุปกรณ์ร่วมสำคัญคือตัวเก็บประจุ ในรูปที่ 2.8 ก แสดงพื้นฐานพัลซ์ที่ใช้สุ่ม ช่วงการตัดสวิทช์ และเวลาในการประจุแรงดันถึงค่าที่สุ่มเข้ามานั้นจะเรียกว่าช่วงเวลาคลาดเคลื่อนของวงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ จากลักษณะการทำงานดังกล่าววงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ จะมีจุดต่อสัญญาณเข้าออก 3 จุดด้วยกัน คือสัญญาณอนาล็อกอินพุท สัญญาณการสุ่ม และเอาท์พุท

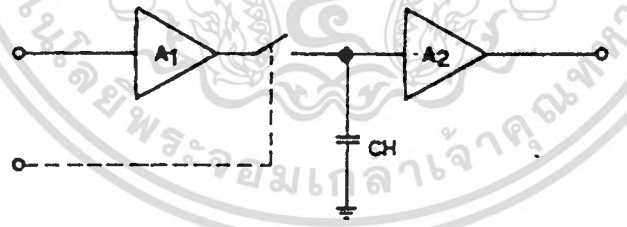
รูปที่ 2.8 ข แสดงวงจรที่ใกล้เคียงกับวงจรที่ใช้งานในทางปฏิบัติ โดยเพิ่มเติมวงจรขยายบัฟเฟอร์เข้าทางส่วนอินพุท และเอาท์พุทของวงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ พื้นฐานของวงจรขยายทางด้านอินพุทช่วยทำให้วงจรมีอินพุทอิมพีแดนซ์สูงสะดวกต่อการใช้งาน และสามารถเพิ่มกระแสเพื่อทำการประจุ C_H ได้เร็วขึ้น ส่วนทางเอาท์พุทช่วยทำให้เอาท์พุทอิมพีแดนซ์สามารถขับ ADC ได้ง่าย มีจุดสำคัญที่ต้องพิจารณาคือในส่วนของวงจรขยายเหล่านี้ ปกติแล้วจำเป็นต้องเป็นวงจรขยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ใช้กระแสอินพุทต่ำทั้งนี้เพื่อให้ดึงกระแสจากตัวเก็บประจุในช่วงที่เก็บ สัญญาณน้อยที่สุดมิฉะนั้นจะเกิดการสูญเสียแรงดันที่เก็บไว้ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ซึ่งปกติแล้วมักใช้วงจรขยายที่มีเฟทเป็นอินพุทเพราะการไบอัสด้วยแรงดันทำให้กระแสอินพุทต่ำด้วย



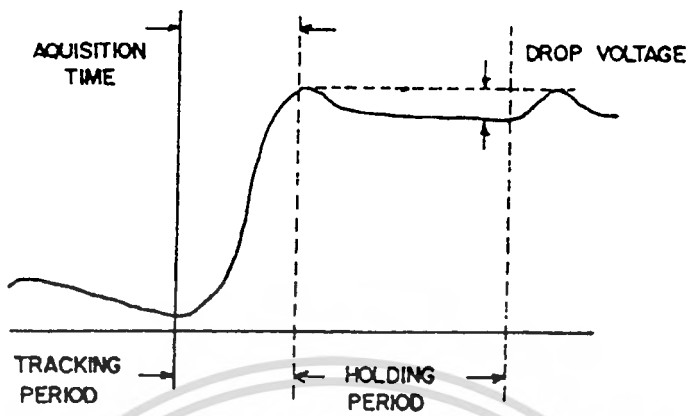
รูปที่ 2.8 ก แสดงพื้นฐานของ วงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ



รูปที่ 2.8 ข วงจรสุ่มและเก็บสัญญาณที่ใช้ในทางปฏิบัติทั่วๆ ไป

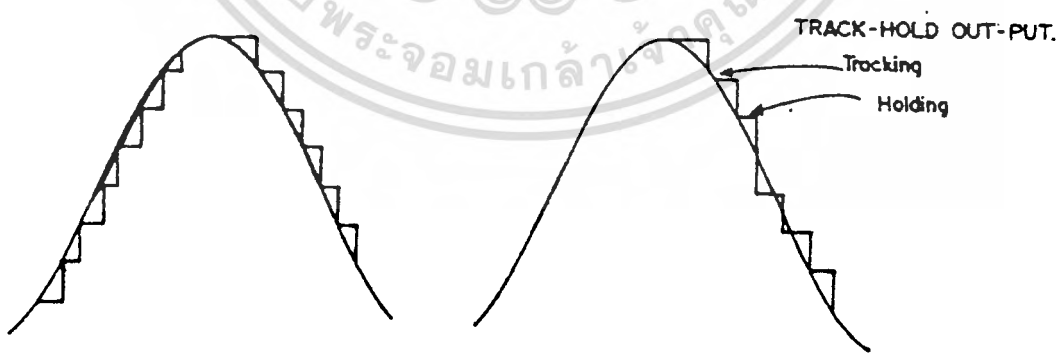
วงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ ต้องใช้ระบบการเข้าถึงข้อมูล ที่นิยมใช้มีสองแบบคือ วงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ กับวงจรจับและเก็บสัญญาณ วงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ จะใช้วิธีสุ่มสัญญาณอย่างรวดเร็วแล้วเข้าสู่ช่วงการเก็บสัญญาณ ซึ่งหมายความว่าสวิทช์ควบคุมจะต้องต่อในช่วงเวลาอันสั้นอย่างต่อเนื่อง ส่วนวงจรจับและเก็บสัญญาณ (track-hold) จะต้องต่อสวิทช์การสุ่มให้ช้ากว่าแต่ขณะที่ตัดสัญญาณออกวงจรจะจับสัญญาณอินพุทจนกว่าจะมีการสุ่มสัญญาณเข้ามาใหม่ ลักษณะเอาท์-พุทของวงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ และวงจรจับและเก็บสัญญาณ แสดงในรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงรูปคลื่นเอาท์พุทของวงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ

วงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ ต้องใช้ระบบการเข้าถึงข้อมูล ที่นิยมใช้มีสองแบบคือ วงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ กับวงจรจับและเก็บสัญญาณ วงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ จะใช้วิธีสุ่มสัญญาณอย่างรวดเร็วแล้วเข้าสู่ช่วงการเก็บสัญญาณ ซึ่งหมายความว่าสวิทช์ควบคุมจะต้องต่อในช่วงเวลาอันสั้นอย่างต่อเนื่อง ส่วนวงจรจับและเก็บสัญญาณ (track-hold) จะต้องต่อสวิทช์การสุ่มให้ช้ากว่าแต่ขณะที่ตัดสัญญาณออกวงจรจะจับสัญญาณอินพุทจนกว่าจะมีการสุ่มสัญญาณเข้ามาใหม่ ลักษณะเอาท์-พุทของวงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ และวงจรจับและเก็บสัญญาณ แสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ก) เอาท์พุทจากวงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ ข) เอาท์พุทจากวงจรจับและเก็บสัญญาณ

นอกจากวงจรสุ่มและเก็บสัญญาณทั้งสองแบบแล้วยังมีแบบอื่นๆ ที่มีนำมาใช้ แต่ในที่นี้ไม่นำมากล่าว ณ ที่นี้

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

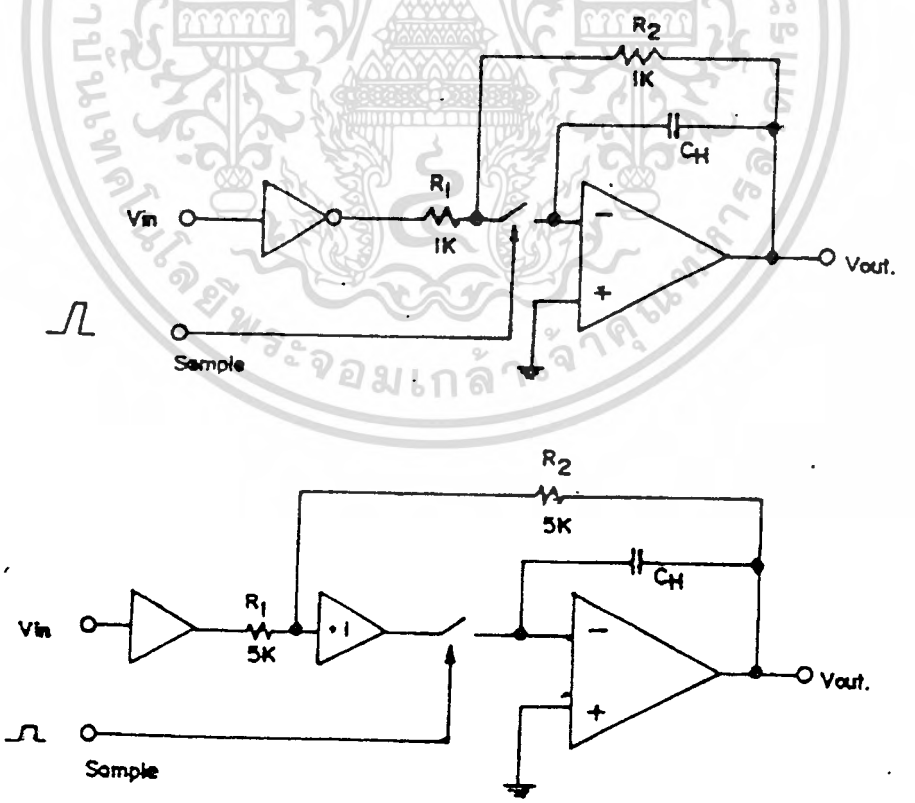
การจัดวงจรสุ่มและเก็บสัญญาณ สามารถที่จะจัดวงจรได้หลายลักษณะซึ่งอาจนำไอซี หรือทรานซิสเตอร์ มาประกอบเป็นวงจร ตลอดจนการสร้างวงจรทั้งหมดของวงจรสุ่มและเก็บสัญญาณลงบนชิปไอซีตัวเดียวกัน เช่นเบอร์ LF 398

วงจรกลับเฟสแบบลูปปิด

ในวงจรนี้ C จะประจุด้วยอัตรา RC ซึ่งสามารถเพิ่มความเร็วได้โดยเพิ่มวงจรขยายกระแสอยู่ในลูปป้อนกลับดังรูป 2.10 ข. โดยวงจรขยายนี้มีอัตราขยายเท่ากับ 1

วงจรไม่กลับเฟสแบบลูปปิด

แสดงในรูปที่ 2.12 ในวงจรนี้ A1 จะทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ และค่าผิดพลาดของวงจรขยายในตัวซึ่งจะทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันเอาท์พุทกับแรงดันอินพุทแล้วจะประจุ C จนค่าผิดพลาดเท่ากับศูนย์ A2 ในวงจรนี้จะมีอินพุทอิมพีแดนซ์สูง และการป้อนกลับใน A1 ด้วยไดโอดทำให้ A1 ไม่ต้องใช้ออปแอมป์ที่คุณภาพดีนัก ตัวต้านทาน R จะแยกอินพุทของ A1 และเอาท์พุทของ A2 ออกจากกันในช่วงเก็บสัญญาณ

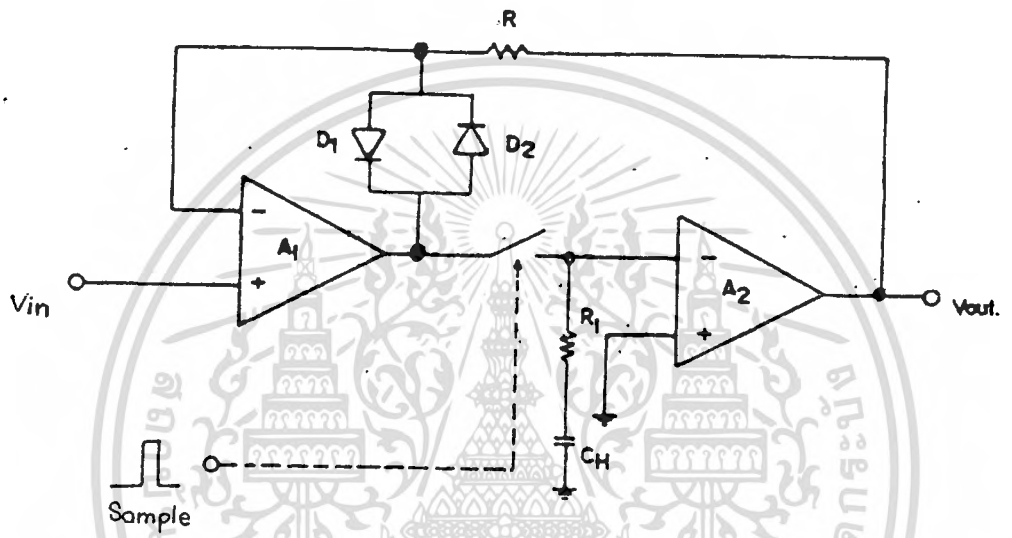


รูปที่ 2.11 วงจรกลับเฟสแบบลูปปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุด
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ข้อดีของวงจรนี้อยู่ที่สามารถทำงานได้รวดเร็วและแม่นยำ ความเร็วในการประจุได้ขึ้นอยู่กับความเร็วของ A1 และความสามารถในการจ่ายกระแสของมัน ไดโอดสองตัวจะทำหน้าที่ ยกระดับสัญญาณเอาท์พุทไปที่อินพุทอินเวอร์ติ้งของ A1 เพื่อยังคงให้วงจรมีเสถียรภาพดีเมื่อสวิทช์การสุ่มเปิดวงจร วงจรลักษณะนี้เป็นพื้นฐานของไอซีเบอร์ LF 398



รูปที่ 2.12 วงจรไม่กลับเฟสแบบลูปปิด

วงจรแรงดันอ้างอิง (Voltage referrence circuit)

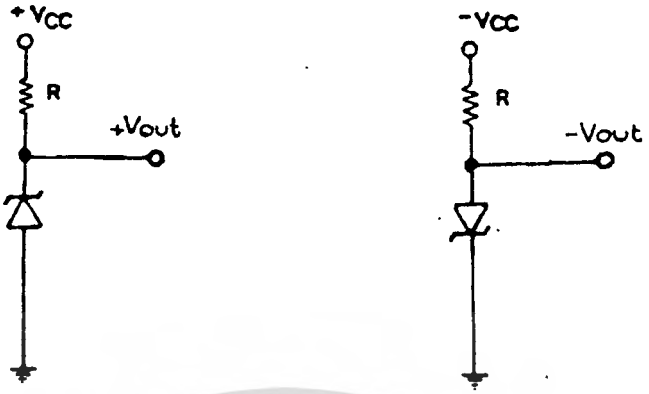
วงจรกระแสแรงดันอ้างอิงนั้นเป็นวงจรที่สำคัญวงจรหนึ่งในระบบการเข้าถึงข้อมูล เนื่องจากเป็นส่วนสำคัญในการกำหนดคุณภาพของวงจร ADC หรือ DAC บางเบอร์จะมีวงจรแรงดันอ้างอิงในตัวละบางแบบจะต้องเพิ่มเติมเข้าไป ในตอนนี้ได้กล่าวถึงแรงดันอ้างอิงแบบ

แรงดันอ้างอิงพื้นฐาน (Basic voltage referrennce)

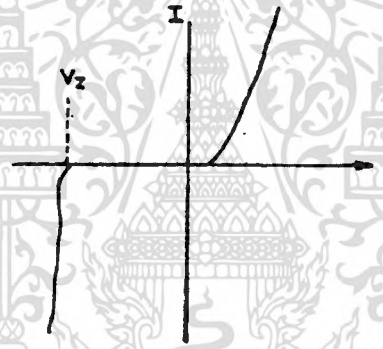
อุปกรณ์ที่นิยมโดยใช้เป็นแหล่งกำเนิดแรงดันอ้างอิงได้แก่ซีเนอร์ไดโอด ซึ่งเมื่อให้รีเวิร์ดไบอัสจนเกิดแรงดันเบรคดาวน์ แรงดันตกคร่อมซีเนอร์จะคงที่เท่ากับแรงดันเบรคดาวน์ R ที่ต่ออนุกรมกับซีเนอร์จะทำหน้าที่จ่ายกระแสไบอัสให้กับซีเนอร์ไดโอดให้เบรคดาวน์ และจำกัดค่ากระแสย้อนกลับไม่ให้ไหลมากจนเป็นอันตรายแก่ซีเนอร์ไดโอด แสดงในรูปที่ 2.13

ข้อเสียของวงจรนี้ คือแรงดันมักเปลี่ยนตามอุณหภูมิได้ง่าย หรือเรียกว่ามีสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิสูง และจ่ายกระแสได้จำนวนจำกัดจึงมักใช้วงจรนี้กับ ADC ที่ไม่ต้องการคุณภาพมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

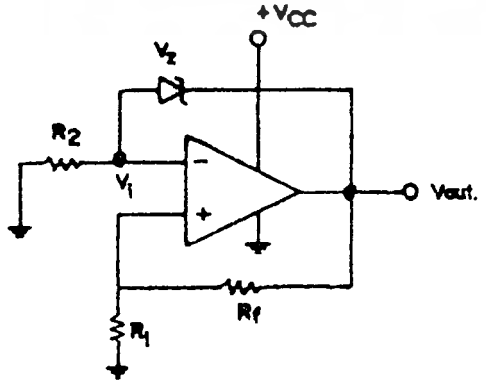


ก). แรงดันอ้างอิงบวก ข) แรงดันอ้างอิงลบ



ค) กราฟคุณสมบัติของซีเนอร์ไดโอด

รูปที่ 2.13 วงจรแรงดันอ้างอิงพื้นฐานและคุณสมบัติ

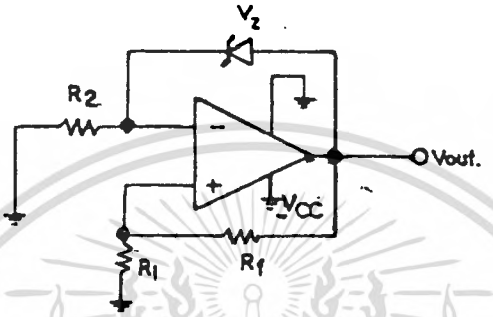


รูปที่ 2.14 ก) แรงดันอ้างอิงบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันอ้างอิงเที่ยงตรง (Precision voltage referrence)

แรงดันอ้างอิงที่มีคุณภาพดีกว่าจะใช้ออปแอมป์ร่วมกับซีเนอร์ไดโอด ซึ่งนอกจากจะใช้แรงดันที่คงที่มากกว่าแล้วยังสามารถปรับแรงดันเอาท์พุทได้มากหรือน้อยกว่าแรงดันซีเนอร์ไดโอดได้ด้วยลักษณะการจัดวงจรต่างๆ แสดงไว้ในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ข) แรงดันอ้างอิงลบ

ตามปกติแล้วแรงดันอ้างอิงที่ใช้ซีเนอร์ไดโอดจะให้คุณภาพได้ก็ต่อเมื่อ กระแสที่จ่ายให้แก่ซีเนอร์ไดโอดคงที่อยู่ตลอดเวลาและทุกช่วงของอุณหภูมิ ในวงจรรูปที่ 2.15 ออปแอมป์จะทำหน้าที่จ่ายกระแสคงที่ และมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำกว่ากระแสที่ผ่านซีเนอร์ไดโอดขึ้นอยู่กับการเลือกค่า R_1, R_2, R_f และค่า V_o กำหนดจาก R_1, R_f และ V_z การออกแบบต้องเลือกใช้ซีเนอร์ไดโอดซึ่งรู้ค่า I_z และ V_z ทำการเลือกค่า R_1 และหาค่าของ R_f จากสมการหา V_o

$$V_o = V_z (R_1 + R_f) / R_f$$

$$I_z = V_o R_1 / R_2(R_1+R_f)$$

$$V_1 = V_o R_1 / R_1+R_f = I_z R_2$$

แรงดันอ้างอิงแบบแบนด์แกป (Bandgap voltage referrence)

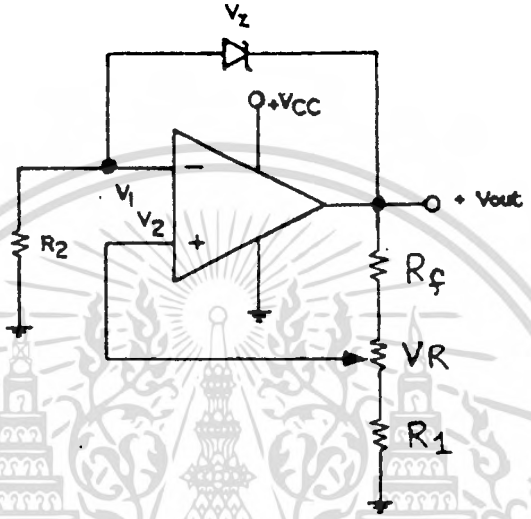
แรงดันอ้างอิงแบบแบนด์แกปได้รับการออกแบบเพื่อแก้ไขสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิโดยใช้ผลต่างของแรงดัน เบส-อิมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์สองตัวที่ทำงานที่กระแสต่างกัน

โดย $$V_{REF} = V_{BEQ3} + I_2 R_2$$

$$V_{REF} = V_{BEQ3} + T_1 k (R_2/R_1) \ln (I_1/I_2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันอ้างอิงแบบแบนด์แกปได้ถูกสร้างโดยใช้พื้นฐานในรูปที่ 2.16 และที่มีจำหน่ายจะเป็นตัวถังคล้ายทรานซิสเตอร์ เช่นเบอร์ LM 336 ซึ่งสามารถปรับขนาดของแรงดันเอาท์พุทได้



รูปที่ 2.15 แรงดันอ้างอิงปรับค่าได้

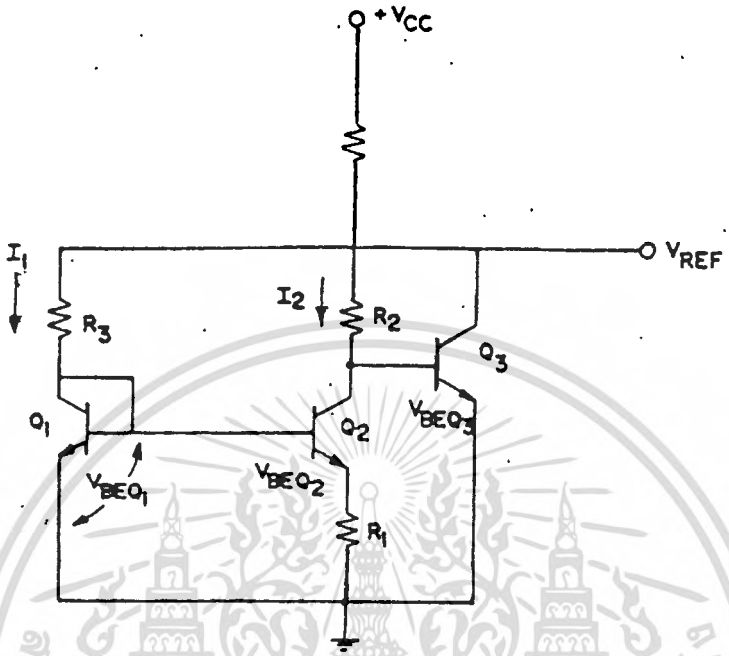
2.1.3 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก (DAC)

DAC นับเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่ทำให้ดิจิตอลคอมพิวเตอร์เชื่อมโยงกับอุปกรณ์ หรือวงจรอนาล็อกอื่นๆ ตัวอย่างการใช้งาน DAC คือระบบแสดงผลบนจอภาพ ระบบสังเคราะห์เสียง

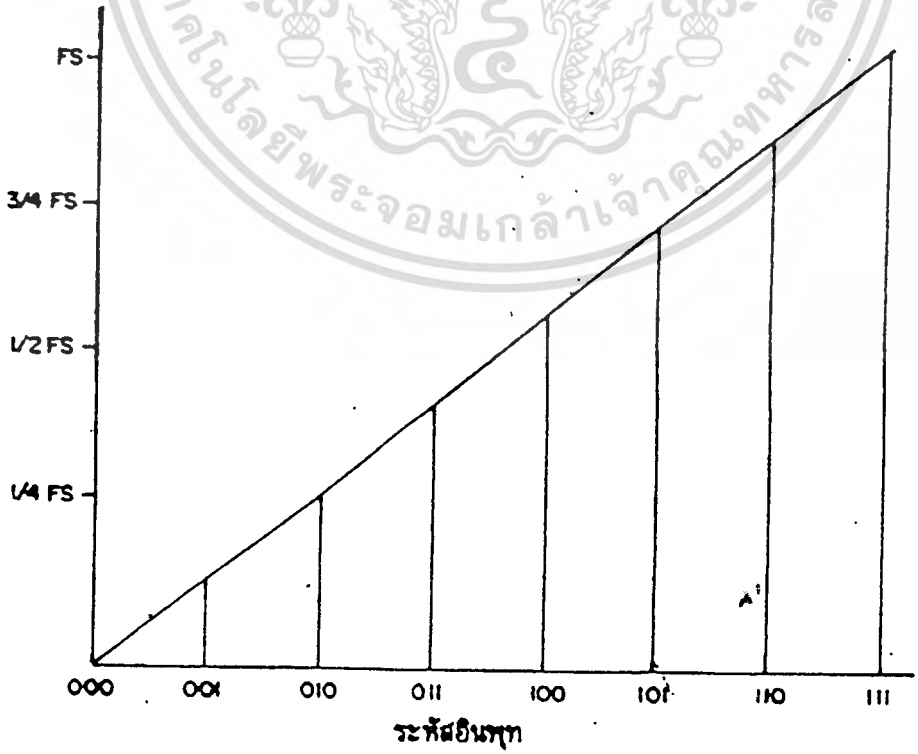
และที่สำคัญ DAC ยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่ใช้ในระบบ ADC ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ดังรูปที่ 2.17 แสดงฟังก์ชันถ่ายโอนของ DAC 3 บิท จะเห็นว่ารหัสดิจิตอล อินพุท 1 เวิร์ด (word) จะแปลงเป็นแรงดันอนาล็อก 1 ค่าลักษณะการจัดวงจรจะเป็นดังรูปที่ 2.18

หัวใจที่สำคัญของ DAC คืออาเรย์สวิทช์ที่ถูกควบคุมด้วยลอจิก ซึ่งมีจำนวน n ชุดเท่ากับจำนวนไบนารีบิท สวิทช์เหล่านี้จะตัดต่อแรงดันอ้างอิงขนาดเท่ากับวงจรอาเรย์รีซิสเตอร์ค่าต่างๆ ที่มีค่าประจำตามรหัสไบนารี บัฟเฟอร์เอาท์พุทของวงจรขยายจะทำหน้าที่เปลี่ยนกระแสที่ถูกให้ค่าโดยวงจรรีซิสเตอร์ให้เป็นแรงดันอนาล็อกที่สัมพันธ์ต่อกันใน DAC บางวงจรจะมีดิจิตอลรีจิสเตอร์อยู่ในตัวเพื่อคงค่ารหัสอินพุทไว้ในขณะที่ DAC กำลังทำการเปลี่ยนเป็นสัญญาณอนาล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

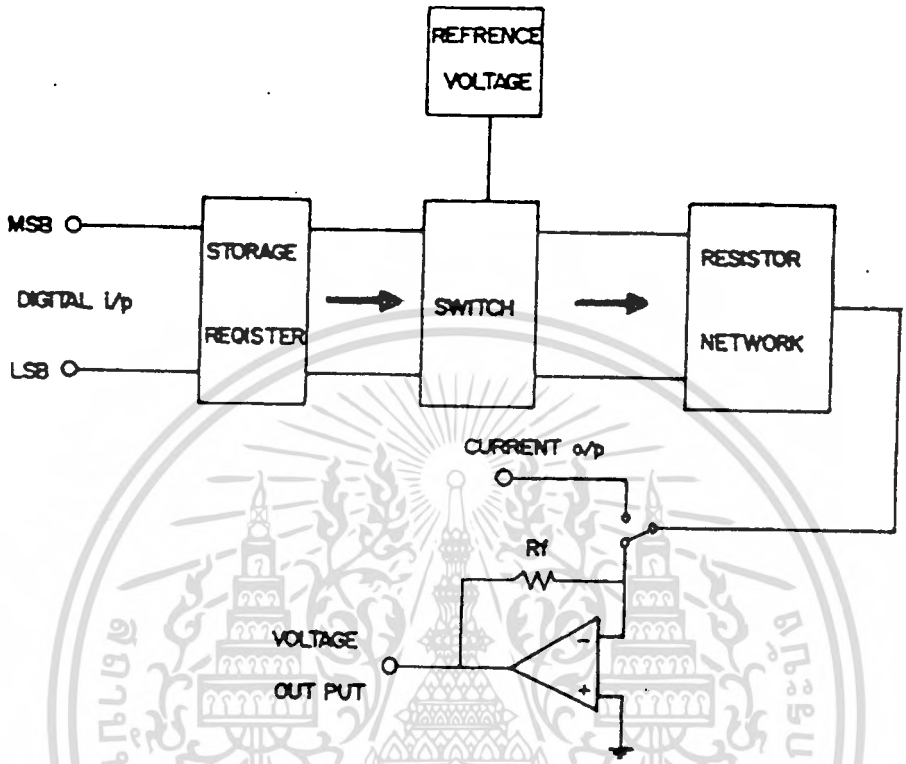


รูปที่ 2.16 วงจรแรงดันอ้างอิงพื้นฐานแบบแบนด์แกป

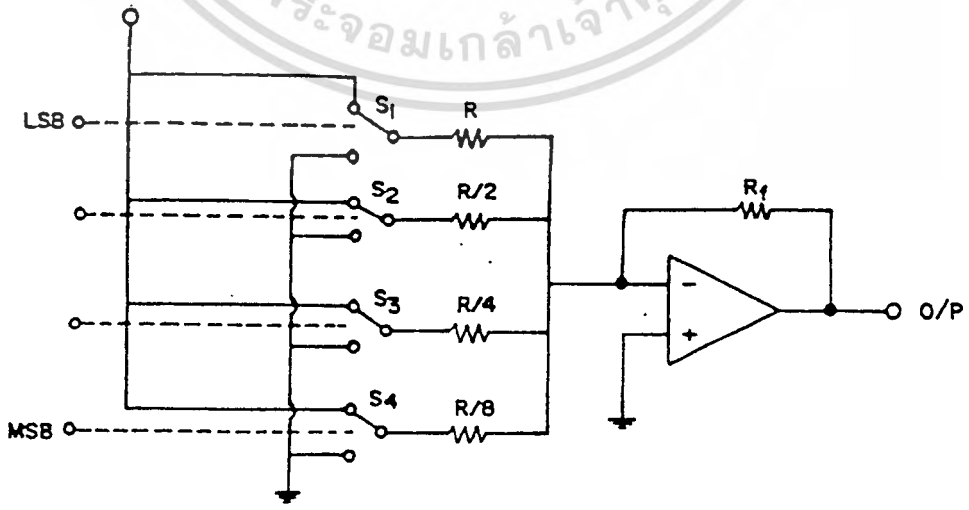


รูปที่ 2.17 ฟังก์ชันถ่ายโอนของ DAC 3 บิท ตามทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 บล็อกไดอะแกรมของ DAC



รูปที่ 2.19 DAC แบบไบนารีเวจท์แลดเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DAC แบบไบนารีเวจท์แลดเดอร์

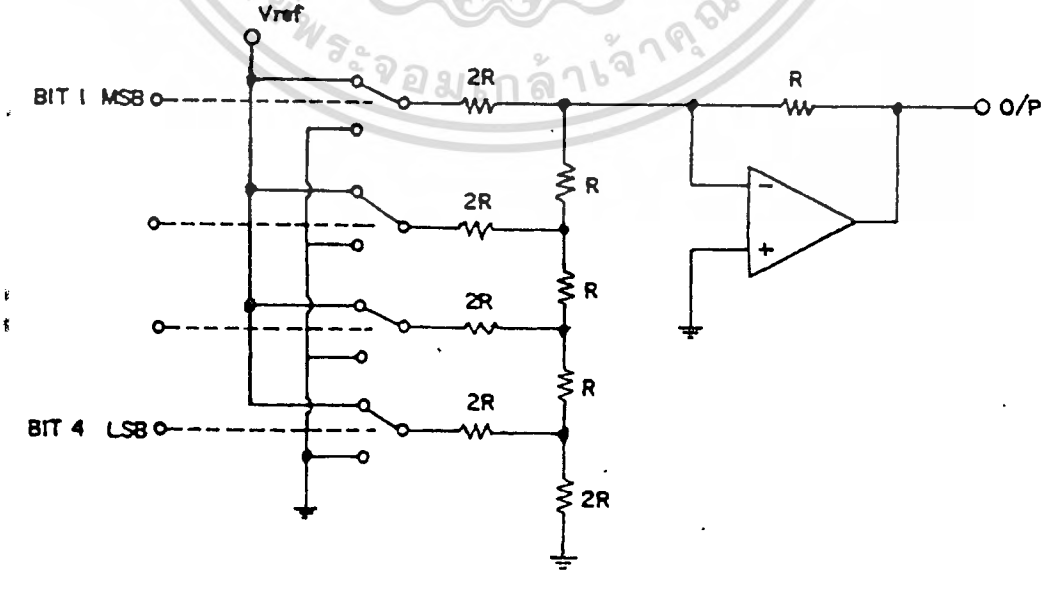
การจัดวงจรไบนารีเวจท์แลดเดอร์ (Binary weight ladder) มีลักษณะตามรูปที่ 2.19 สวิทช์ S_1-S_4 จะถูกควบคุมการเปิดปิดด้วยรหัสดิจิตอลเพื่อตัดต่อแรงดันอ้างอิงเข้ากับวงจรรีซิสเตอร์ที่มีค่า R, 2R, 4R.....,2^n R ตัวอย่างในกรณี DAC แบบ 4 บิท ใช้รีซิสเตอร์เป็น 10k, 20k, 40k และ 80 k เป็นต้น

ค่าที่รีซิสเตอร์มีค่าตามรหัสดิจิตอลที่เพิ่มขึ้น จะทำให้กระแสไหลผ่านรีซิสเตอร์เข้าไปรวมกันก่อนเข้าออปแอมป์ แล้วลดลงด้วยแฟคเตอร์ 2 ตามค่า R ที่เพิ่มขึ้น เช่น หากใช้แรงดันอ้างอิงเป็น 10 โวลท์ในตัวอย่างนี้ กระแสที่ผ่านตัวต้านทานจะเป็น 1.0, 0.5, 0.25 และ 0.125 mA ตามลำดับออปแอมป์ที่เอาท์พุทจะทำหน้าที่เปลี่ยนกระแสรวมให้เป็นแรงดันเอาท์พุท

$$V_o = - V_{ref} \; R_f / R \; (8S_4 + 4S_3 + 2S_2 + S_1) \; S \text{ closed} = 1$$

DAC แบบ R-2R แลดเดอร์

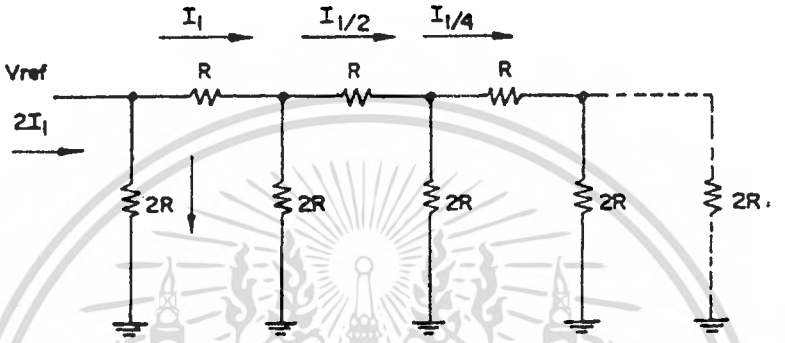
ถึงแม้ว่า DAC แบบไบนารีเวจท์แลดเดอร์ จะใช้ค่ารีซิสเตอร์เพียง 4 ค่าก็ตาม แต่ในการผลิต DAC แบบนี้บนชิปไอซีเดียวกันก็ยังเป็นปัญหายุ่งยากในการผลิตอยู่ดี ซึ่งรูปแบบที่ดีกว่า คือ การจัดวงจรแบบ R-2R แลดเดอร์ ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 วงจร DAC แบบ R-2R แลดเดอร์ขนาด 4 บิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

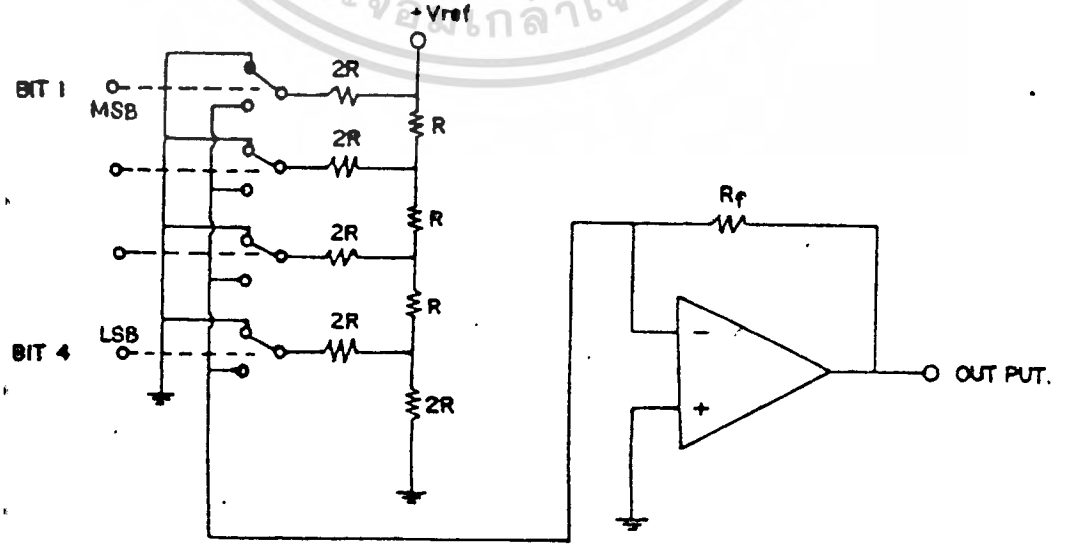
ในวงจรสวิทช์จะตัดต่อให้แรงดันอ้างอิงต่อเข้ากับวงจรแลดเดอร์ หรือต่อลงกราวด์ที่ขา 2R จะเห็นได้ว่าความต้านทานอินพุท (2R) มองเข้าไปจะเห็นคู่ของรีซิสเตอร์ระหว่างจุดต่อจุด R-2R ที่ติดกันกระแสจะถูกบั่นทอนไปในอัตรา 2/1 ซึ่งสอดคล้องกับรหัสไบนารี ดังแสดงในรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 วงจรรีซิสทีฟแลดเดอร์

DAC แบบ R/2R แลดเดอร์ที่กลับเฟส

ลักษณะการจัดวงจรแบบนี้คล้ายกับแบบ R/2R แลดเดอร์ แต่สวิทช์ตัดต่อขา R กับขาอินพุทของวงจรรวมและขยายสัญญาณ (summing Amplifier) จะไม่เป็นแรงดันอ้างอิง วิธีการนี้นิยมใช้ในการทำ DAC ในวงจรรวมเพราะสวิทช์จะตัดต่อที่แรงดันตกคร่อมต่ำกว่า ซึ่งสร้างได้ง่ายกว่า



รูปที่ 2.22 วงจร DAC แบบ R/2R แลดเดอร์ที่กลับเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_o = V_{ref} \; R_f/16R \; (8S_4 + 4S_3 + 2S_2 + S_1) \; S \text{ closed} = 1$$

$$S \text{ open} = 0$$

วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล หรือ ADC

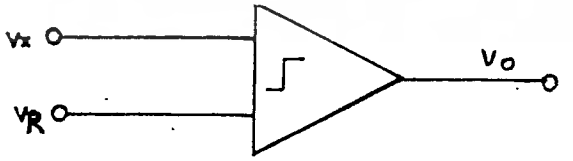
ลักษณะการจัดวงจร ADC มีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้มีเพียงไม่กี่แบบ และส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของวงจรรวม

ทฤษฎีการแปลงสัญญาณเบื้องต้น(Basic conversion method)

วิธีการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลที่แสดงในรูปที่ 2.23 แรงดันอินพุทที่ไม่ทราบค่า V_x จะต่อเข้ากับขาอินพุทขาหนึ่งของอนาล็อกวงจรเปรียบเทียบ และแรงดันอ้างอิงที่ขนาดแปรตามเวลา VR จะต้องต่อเข้ากับอีกอินพุทหนึ่งของวงจรวงจรเปรียบเทียบ ลักษณะของฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรเปรียบเทียบที่แสดงในรูปที่ 2.23 ถ้าแรงดันอินพุท V_1 มากกว่าอินพุท V_2 แล้วแรงดันเอาท์พุทจะเป็นลอจิก 1 ถ้าอินพุท V_1 มากกว่า V_2 แล้วเอาท์พุทจะเป็นลอจิกศูนย์

วิธีในการแปลงข้อมูลคือแรงดันอ้างอิงจะถูกแปรค่าจนกระทั่งรู้ค่าแรงดันอินพุทที่ผิดพลาดไม่เกินค่าผิดพลาดของการควอนไตซิ่งของวงจรดอนเวอร์เตอร์ ในแนวคิดแล้วลอจิกของ ADC คือการพยายามเลือกกลุ่มของสัมประสิทธิ์ไบนารี a_i เพื่อให้ผลต่างระหว่างแรงดันอินพุท V_x และค่าที่ควอนไตซิงได้ครั้งสุดท้ายน้อยกว่า 0.5 LSB เขียนเป็นสมการได้

$$\left| (V_x - V_{FSR} \quad a_i \, 2^{-i}) \right| < 0.5 \text{ LSB}$$

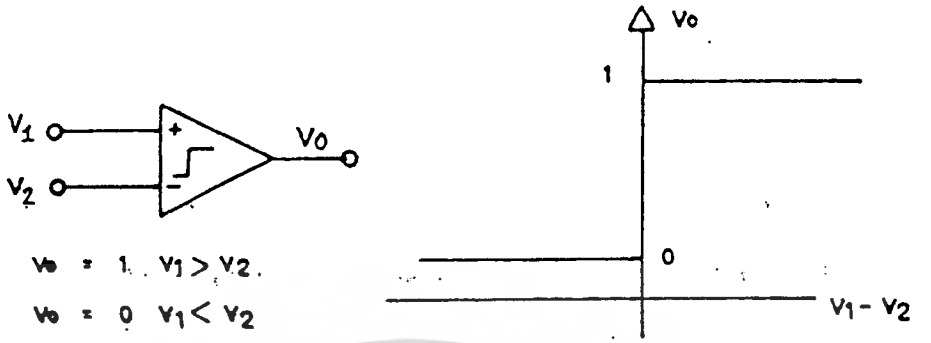


รูปที่ 2.23 แสดงวิธีการพื้นฐานของ ADC

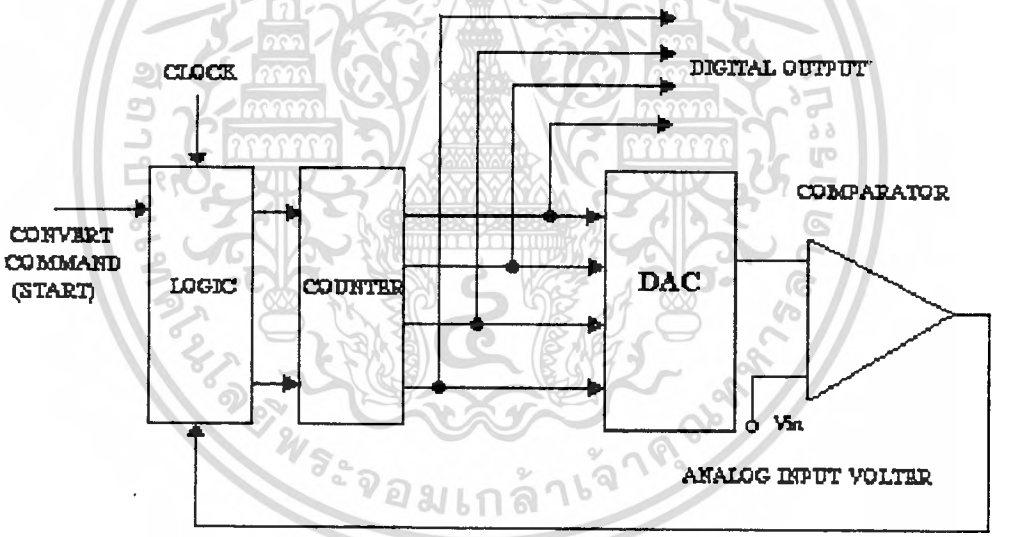
ADC แบบใช้การนับ

การจัดวงจร ADC ลักษณะนี้เป็น ADC ที่ใช้งานแบบง่ายที่สุดโดยการจัดวงจรสามารถแสดงได้ดังรูป 2.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 แสดงฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรเปรียบเทียบ

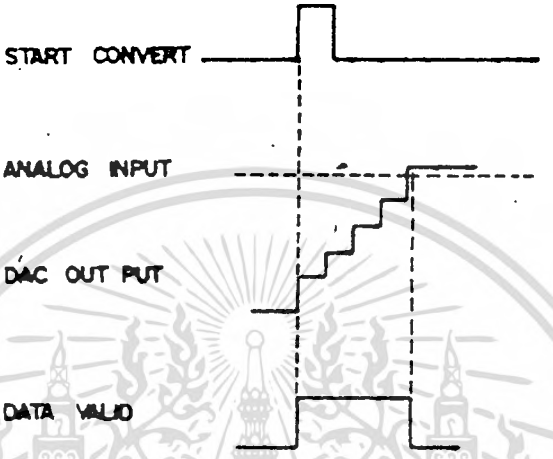


รูปที่ 2.25 บล็อกไดอะแกรมของ ADC แบบใช้การนับ

หลักการทำงานของวงจร คือ การเปรียบเทียบขนาดของแรงดันที่เอาท์พุทของ DAC กับสัญญาณอนาล็อกที่เป็นอินพุทไม่ทราบค่า การทำงานจะเริ่มโดยสัญญาณ start ลอจิกควบคุมจะรีเซ็ทวงจรนับให้เป็นศูนย์ แล้วเริ่มขึ้นจากศูนย์ เอาท์พุทของวงจรนับจะป้อนให้ DAC เพื่อแปลงเป็นสัญญาณอนาล็อกได้ลักษณะเป็นขั้นบันไดนำมาเปรียบเทียบกับสัญญาณอนาล็อกอินพุทที่วงจรเปรียบเทียบ โดยวงจรนับจะยังนับจนกว่าเอาท์พุทจะเท่ากับสัญญาณอนาล็อกอินพุทหรือต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่เกิน 1 LSB วงจรเปรียบเทียบจะเปลี่ยนสถานะไปหยุดการนับของวงจรนับและ จำค่าจากวงจรนับเพื่อรอการประมวลต่อไปและได้รับสัญญาณ start ใหม่



ไทม์มิงไดอะแกรม

รูปที่ 2.26 ADC แบบใช้การนับ

หลักการทำงานของวงจร คือ การเปรียบเทียบขนาดของแรงดันที่เอาท์พุทของ DAC กับสัญญาณอนาล็อกที่เป็นอินพุทไม่ทราบค่า การทำงานเริ่มโดยสัญญาณเริ่ม จะรีเซ็ทวงจรนับให้เป็นศูนย์ แล้วเริ่มนับขึ้นจากศูนย์ เอาท์พุทของวงจรนับจะป้อนให้กับ DAC เพื่อแปลงเป็นสัญญาณอนาล็อกได้ลักษณะเป็นขั้นบันได นำมาเปรียบเทียบกับสัญญาณอนาล็อกอินพุทที่วงจรเปรียบเทียบ โดยวงจรนับจะยังนับจนกว่าเอาท์พุทจะเท่ากับสัญญาณอนาล็อกอินพุท หรือต่างกันไม่เกิน 1 LSB วงจรเปรียบเทียบจะเปลี่ยนสถานะเป็นหยุดการนับ และจำค่าจากวงจรนับเพื่อรอการประมวลต่อไปและได้รับสัญญาณเริ่มใหม่

วงจรนี้มีข้อเสียคือการทำงานทำได้ช้าเพราะการแปลงสัญญาณแต่ละครั้งวงจรนับจะต้องถูกรีเซ็ท ดังนั้นในการแปลงสัญญาณเป็นดิจิตอล n บิทจะใช้จำนวนสัญญาณนาฬิกาถึง 2^n ลูก ส่วนข้อดีคือสร้างได้ง่ายและรวดเร็ว ราคาถูก แต่ความแม่นยำขึ้นอยู่กับ DAC ที่ใช้

ADC แบบแทรกกิ้ง (Tracking ADC)

ADC แบบจะปรับปรุงวงจรแบบใช้การนับทางด้านความเร็ว โดยใช้วงจรนับแบบขึ้นลงได้ ไม่จำเป็นต้องเริ่มจากนับศูนย์ทุกครั้ง แต่จะเริ่มนับค่าที่ได้จำไว้จากการเปลี่ยนสัญญาณครั้งหลังสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้ง

ดังนั้นส่วนควบคุมทางลอจิกจึงซับซ้อนมากกว่า การทำงานจะเป็นดังนี้เอาท์พุทจาก DAC จะเปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุท หากสัญญาณอินพุทมากกว่า ลักษณะทางลอจิกของวงจรเปรียบเทียบจะควบคุมให้วงจรนับนับขึ้น แต่ค่าสัญญาณอินพุทน้อยกว่า ค่าวงจรนับจะนับลงจนกว่าค่าหลังสุดของวงจรนับจะต่างจากสัญญาณอนาล็อกอินพุทไม่เกิน 1 LSB และค่าของวงจรนับจะถูกจำไว้จากนั้นวงจรนับจะทำงานแทรกตามอินพุทจนได้ค่าเท่ากันอีกก็จะจำค่าใหม่

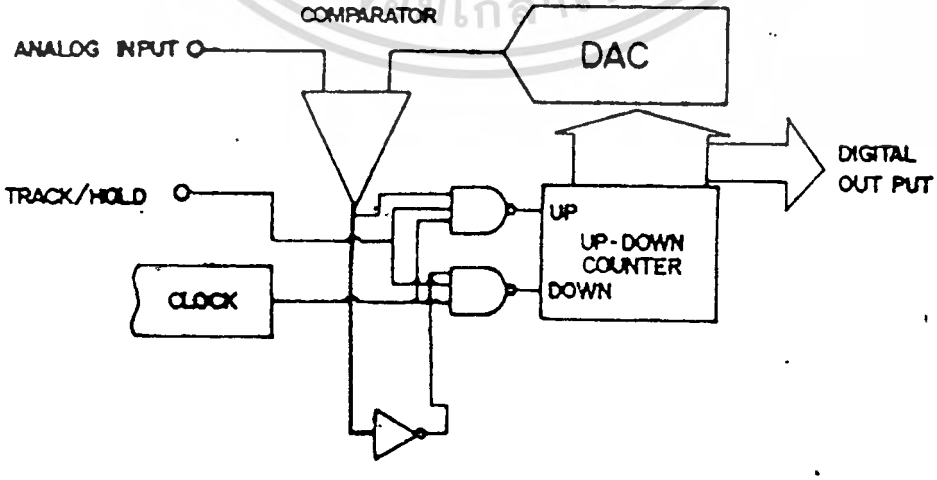
จากลักษณะการทำงานสัญญาณอินพุทจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงเร็วมากกว่าการทำงานของวงจรนับ มิฉะนั้นค่าเอาท์พุทที่ได้จะไม่ถูกต้องกับสัญญาณอินพุท ตัวอย่างในกรณีสัญญาณรูปไซน์ซึ่งเปลี่ยนแปลงขนาดได้มากที่สุดเท่ากับค่าเต็มสเกล อัตราการเปลี่ยนแปลงจะเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของเอาท์พุทของวงจรนับ คือ 1 LSB/คาบเวลาสัญญาณนาฬิกา ดังนั้นถ้าต้องการให้ ADC แทรกตามอินพุทได้จะต้องให้

$$V_{FS}\ W_o/2 \quad < \quad V_{FS}\ \text{“}f_c/2^n\text{”}$$

หรือ

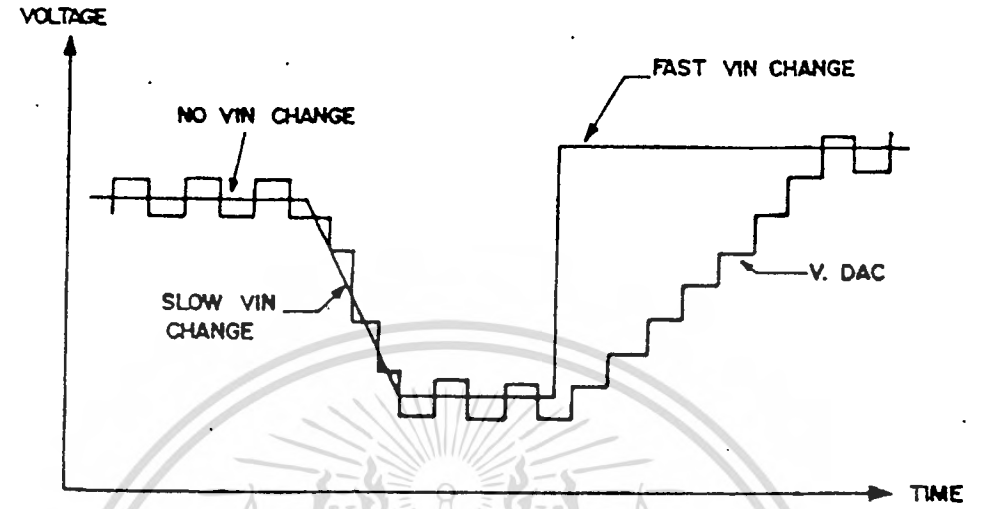
$$f_o \quad < \quad f_c/2^n$$

โดย f_c คือค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกา

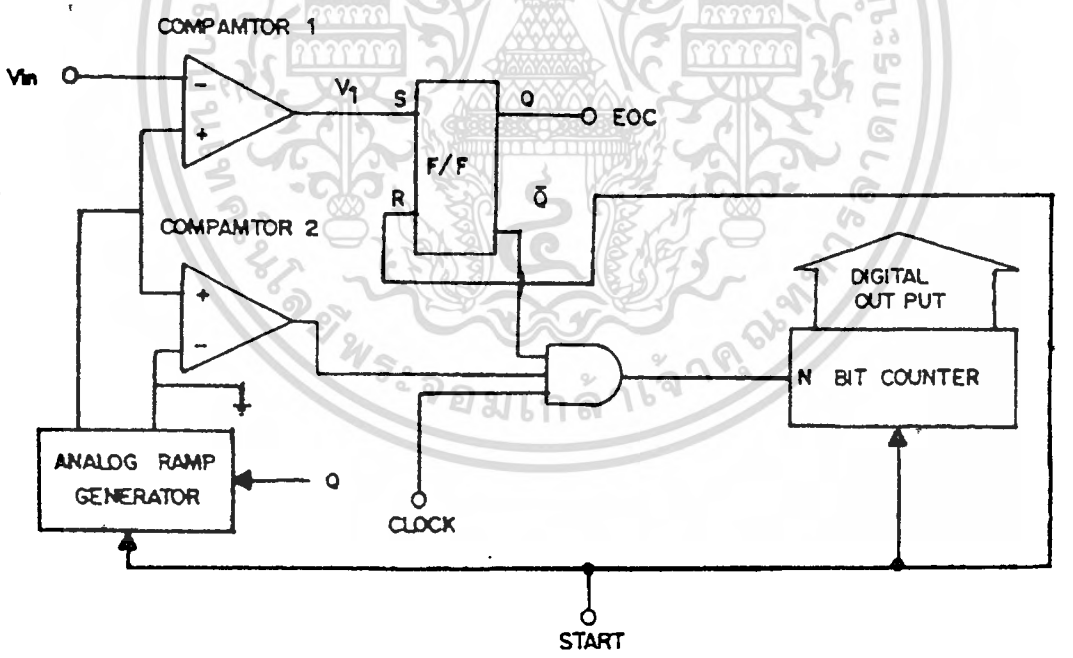


รูปที่ 2.27 บล็อกไดอะแกรมของวงจรแทรคกิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 ไทม์มิงไดอะแกรมของวงจรแทรคกิง



รูปที่ 2.29 วงจรแปลงแบบแบบสโลปเดี่ยว

ADC แบบใช้วงจรอินทิเกรติง

หัวใจสำคัญที่สุดของวงจร ADC ชนิดนี้คือวงจรอินทิเกรติง และเทคนิคสำคัญของ ADC แบบใช้วงจรอินทิเกรติง คือจะใช้สัญญาณแรมพ์ (แรมพ์) ต่อเนื่องแทนสัญญาณขั้นบันไดจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DAC ซึ่งแบ่งตามลักษณะการทำงานได้ 2 แบบ คือ ADC แบบสโลปเดี่ยว (Single slope) และ ADC แบบสโลปคู่ (Dual slope converter)

ADC แบบสโลปเดี่ยว

สัญญาณอนาล็อกแรมพ์ จะใช้เพื่อเป็นแรงดันอ้างอิงที่เพิ่มขึ้นอย่างคงที่จากค่าต่ำกว่าศูนย์เล็กน้อยจนถึงค่าที่สูงสุดกว่าค่าเต็มสเกลเล็กน้อย ซึ่งเวลาที่ใช้จากการสแกนของสัญญาณแรมพ์จำนวน n แรมพ์ จากศูนย์ถึงค่าแรงดันอินพุทจะเป็นสัดส่วนกับแรงดันอินพุท

การแปลงเริ่มด้วยสัญญาณเริ่ม (start) ทำการรีเซ็ทวงจรนับไบนารีและเริ่มสร้างสัญญาณแรมพ์จากแรงดันที่ต่ำกว่าศูนย์โวลท์ เมื่อสัญญาณแรมพ์ผ่านศูนย์โวลท์ เอาท์พุทจากวงจรเปรียบเทียบ 2 จะเป็นลอจิกสูง และเปิดเกทปล่อยพัลซ์เข้าสู่วงจรนับ

วงจรนับจะเริ่มนับจนกระทั่งสัญญาณแรมพ์มีขนาดเท่ากับแรงดันอนาล็อกอินพุท ในเวลานี้เอาท์พุทจากวงจรเปรียบเทียบ 1 จะเป็นลอจิกสูง และปิดเกทไม่ให้สัญญาณนาฬิกา เข้าสู่วงจรนับ จำนวนพัลซ์ จากวงจรนับจะเป็นสัดส่วนแรงดันกับอินพุท เนื่องจาก VR = KT โดย R เป็นสโลปของแรมพ์ในหน่วยโวลท์/วินาที และ T เป็นจำนวนในการวงจรนับหารด้วย f_c ซึ่งเป็นความถี่สัญญาณนาฬิกา ถ้าเลือกให้สโลปของแรมพ์ เป็น $V_{FSR}f_c/2^n$ จำนวนที่วงจรนับนับได้จะเท่ากับอัตราส่วนทางไบนารีหรือ V_{in}/V_{FSR}

เวลาในการเปลี่ยน T_c ของ ADC แบบนี้จะแปรเป็นสัดส่วนกับแรงดันที่อินพุท เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนมากที่สุดเมื่อ $V_{in} = V_{FSR}$ คือ $T_{MAX} = 2^n/f_c$ และเช่นเดียวกับใน ADC แบบวงจรนับแรมพ์ ค่าของรหัสเอาท์พุทสุดท้ายจะต่างจากค่าของแรงดันอินพุทไม่เกิน 0.5 LSB

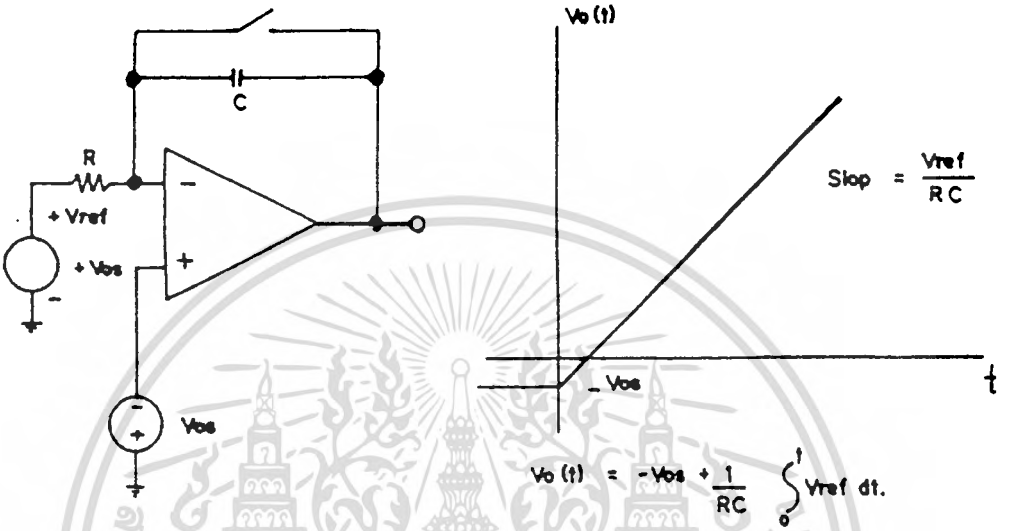
การกำเนิดแรงดันแรมพ์ กำเนิดโดยต่อแรงดันอ้างอิงที่อินทิเกรเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.30 เมื่อสวิทช์เปิดเอาท์พุท เอาท์พุทมีข้อเสียอย่างหนึ่งซึ่งหากใช้ไปนานๆ การเปลี่ยนแปลงค่า RC ตามอุณหภูมิจะทำให้สโลปคลาดเคลื่อน ด้วยเหตุนี้ ADC ชนิดนี้จึงไม่นิยมใช้ในปัจจุบัน

ADC แบบสโลปคู่

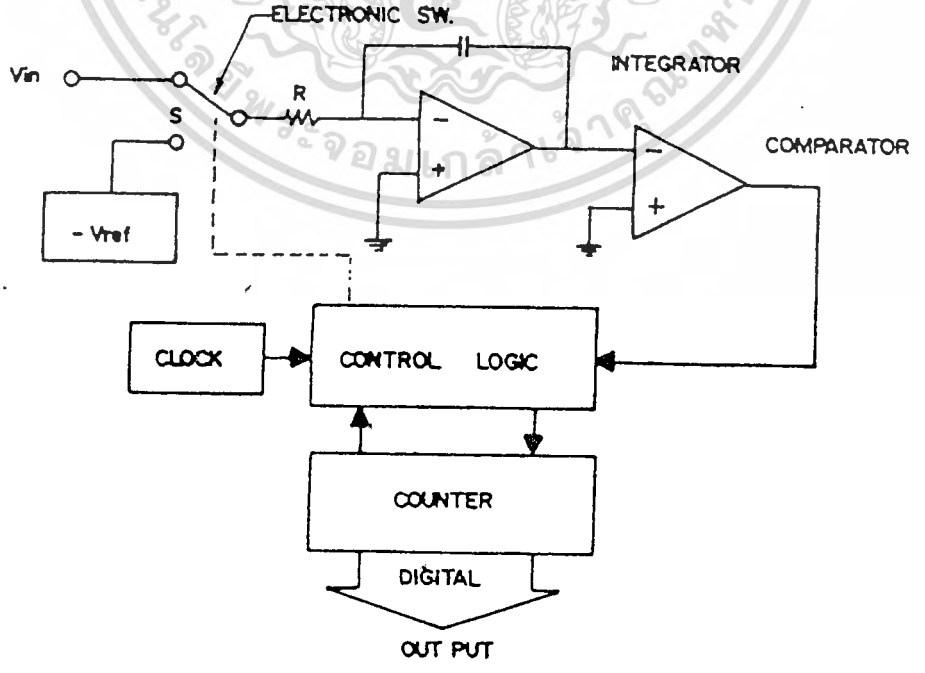
ADC แบบสโลปคู่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ไขจุดบกพร่องของ ADC แบบสโลปเดี่ยว การจัดวงจรแสดงในรูปที่ 2.31

ในไซเคิลการทำงานของวงจรจะมี 2 ช่วงคือ t_1 และ t_2 ในเวลา t_1 จะเป็นช่วงเวลาที่ได้รับการออกแบบให้มีค่าคงที่ในช่วงเวลานี้สัญญาณอินพุทจะต่อเข้ากับอินทิเกรเตอร์ ผ่านสวิทช์ S ซึ่งทำให้เอาท์พุทที่ถูกอินทิเกรท หรือ V_{int} เป็นรูปสัญญาณแรมพ์เพิ่มขึ้นทางบวก และสโลปขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดันอินพุท จนกระทั่ง V_{int} ถึงค่าหนึ่งเมื่อสิ้นสุดเวลา t_1

เอกสารนี้ได้รับการสงวนลิขสิทธิ์ ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

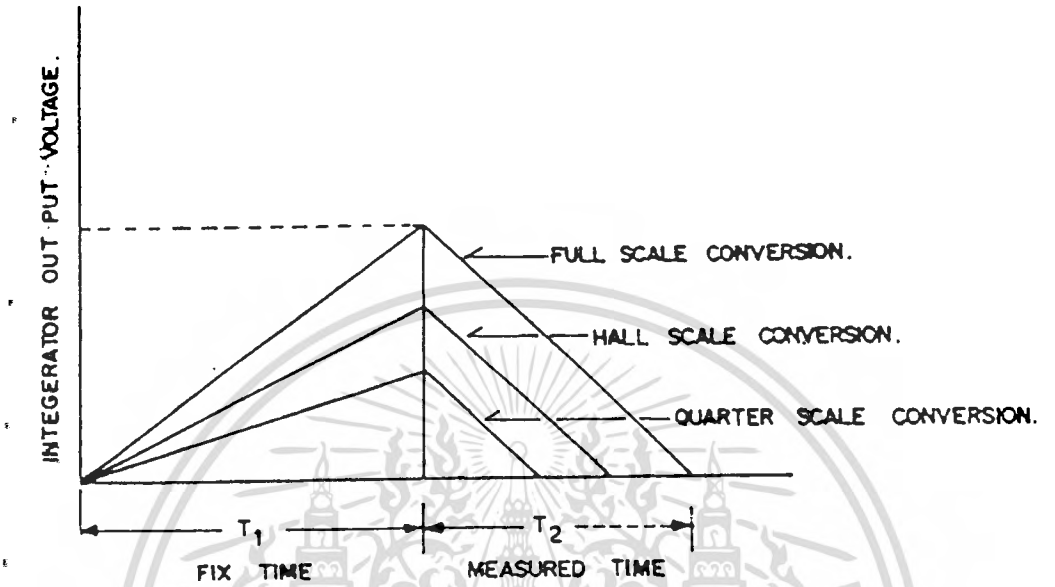


รูปที่ 2.30 วงจรกำเนิดสัญญาณแรมพ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.31 ก บล็อกไดอะแกรมของ ADC แบบสโลปคู่



รูปที่ 2.31 ข รูปคลื่นเอาท์พุทของ ADC แบบสโลปคู่

ในช่วงเวลา t_2 อินพุทจะถูกตัดออกจากอินทิเกรเตอร์และต่อเข้ากับแรงดันอ้างอิงซึ่งมีค่าเป็นลบเข้ากับอินพุทของอินทิเกรเตอร์ โดยผ่านการควบคุมทางลอจิก ในลักษณะเช่นนี้ทำให้ V_{int} ลดลงด้วย สโลปคงที่จากการคายประจุลง $-V_{ref}$ เมื่อเริ่มต้นเวลา t_2 วงจรนับจะรีเซ็ทและเริ่มนับจนเมื่อ V_{int} มีค่าลดลงถึงศูนย์ วงจรเปรียบเทียบจะเปลี่ยนสถานะไปบอกส่วนควบคุมลอจิกช่วงเวลากับแรงดันอินพุทจะเป็นไปตามสมการ

$$t_2 = t_1 \quad V_{in}/ Vref$$

ดังนั้นรหัสดิจิตอลที่แสดงค่า t_2 จะแสดงอัตราส่วนของแรงดันอินพุทต่อแรงดันอ้างอิงด้วย

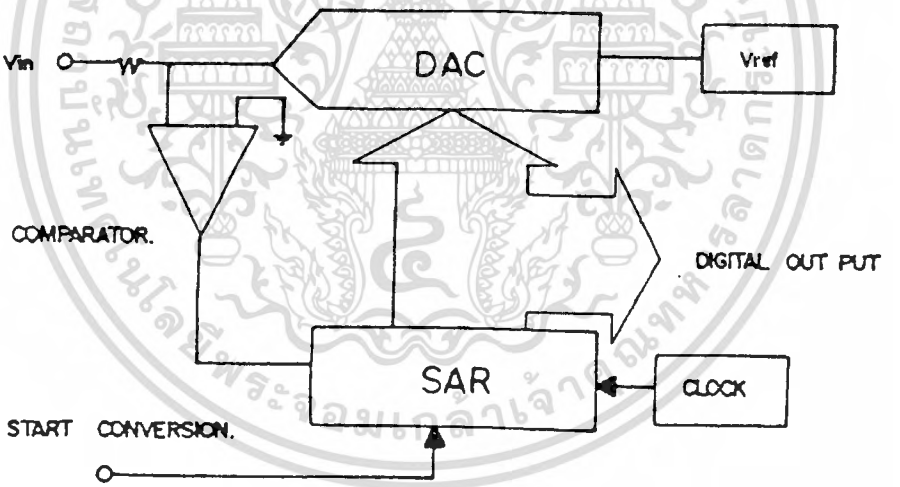
คุณลักษณะสำคัญของ ADC แบบสโลปคู่มีหลายประการคือ ประการแรกความแม่นยำของวงจรมันจะไม่ขึ้นอยู่กับเสถียรภาพของสัญญาณนาฬิกา และตัวเก็บประจุแต่ละตัวจะขึ้นอยู่กับค่าความเที่ยงตรงของแรงดันอ้างอิงและความเป็นเชิงเส้นของอินทิเกรเตอร์ประการที่สองการจำกัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวเองของวงจรสามารถกระทำได้ถ้าเซ็ทให้ t_1 มีขนาดเท่ากับคาบเวลาของสัญญาณรบกวน เช่นในการจำกัดสัญญาณ 50 เฮิร์ท t_1 จะมีค่า 20 mS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนข้อเสียที่สำคัญของ ADC นี้คือ ความเร็วในการแปลงสัญญาณค่อนข้างต่ำ ซึ่งมักนิยมใช้กับเครื่องมือวัดที่ไม่ต้องการความเร็วเช่นดิจิตอลมัลติมิเตอร์เป็นต้น

ADC แบบใช้การประมาณอย่างต่อเนื่อง

วงจร ADC ชนิดนี้เป็นชนิดที่ได้รับความนิยมในงานประยุกต์ที่ต้องการความเร็วสูงและปานกลางการจัดวงจะคล้ายกับแบบวงจรนับที่ทำงานในลักษณะการป้อนกลับ บล็อกไดอะแกรมดังในรูปที่ 2.32 แสดงฟังก์ชันต่างๆ ใน ADC ชนิดนี้ วงจรเปรียบเทียบจะคอยเปรียบเทียบเอาเอาท์พุทจาก DAC กับสัญญาณอนาล็อกอินพุท เอาท์พุทจะไปควบคุมรีจิสเตอร์ประมาณค่า (Sucessive Appoximation register) หรือ SAR ซึ่งเป็น ไอซี MSI ที่ได้รับการออกแบบเป็นพิเศษเพื่อทำหน้าที่นี้โดยเฉพาะ การทำงานของ SAR เป็นดังนี้

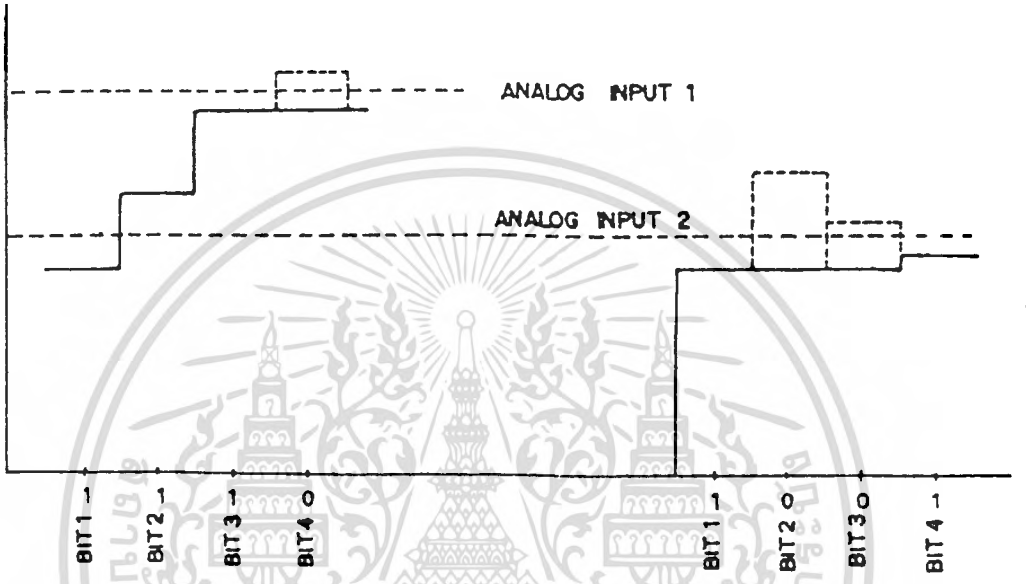


รูปที่ 2.32 บล็อกไดอะแกรมของ ADC แบบใช้การประมาณค่าอย่างต่อเนื่อง

ในรูปที่ 2.33 แสดงไทมิ่งไดอะแกรมของ ADC ที่มีระดับอนาล็อก 1 และ 2 ที่ระดับ 1 เมื่อสัญญาณนาฬิกาเข้าไปสู่ 1 ลูก จะทำให้ MSB บิท 1 เป็น 1 และบิทอื่น ๆ ยังคงเป็นศูนย์ DAC จะเปลี่ยนเอาท์พุทของ SAR เป็นอนาล็อกเปรียบเทียบกับสัญญาณอนาล็อกอินพุทถ้าผลการเปรียบเทียบที่วงจรเปรียบเทียบน้อยกว่าอินพุทให้คงบิทนั้นเป็น 1 ไว้ แต่ถ้ามากกว่าจะให้บิทนั้นเป็น 0 จากนั้นทำการทดสอบบิทถัดไป โดยทำให้เป็น 1 หากผลรวมของสองบิทหรือบิทหลังมากกว่าก็ให้ทำบิทนั้นเป็น 0 แต่ถ้าน้อยกว่าให้คง 1 ไว้ แล้วทดสอบบิทถัดไปอีก กรรมวิธีดังกล่าวจะกระทำต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปจนครบทุกบิทหรือจนกว่าเอาท์พุทจะต่างจากแรงดันอินพุท ไม่เกิน 1 LSB ในตัวอย่างแสดงการทำงานเมื่อแรงดันอินพุทต่ำลงมาอีกระดับหนึ่ง



รูปที่ 2.33 ไทม์มิงไดอะแกรมของ SAR

มีข้อจำกัดอีกประการหนึ่งสำหรับการแปลงสัญญาณ คือสัญญาณอนาล็อกอินพุท จะต้องคงที่ในช่วงเวลาที่ทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณโดยเปลี่ยนได้ไม่เกิน 1/2 LSB ในช่วงสุดท้ายของการเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเอาท์พุทจะออกมาขนานกันทุกบิท แต่บางแบบอาจจะให้เอาท์พุทออกมาในลักษณะอนุกรม

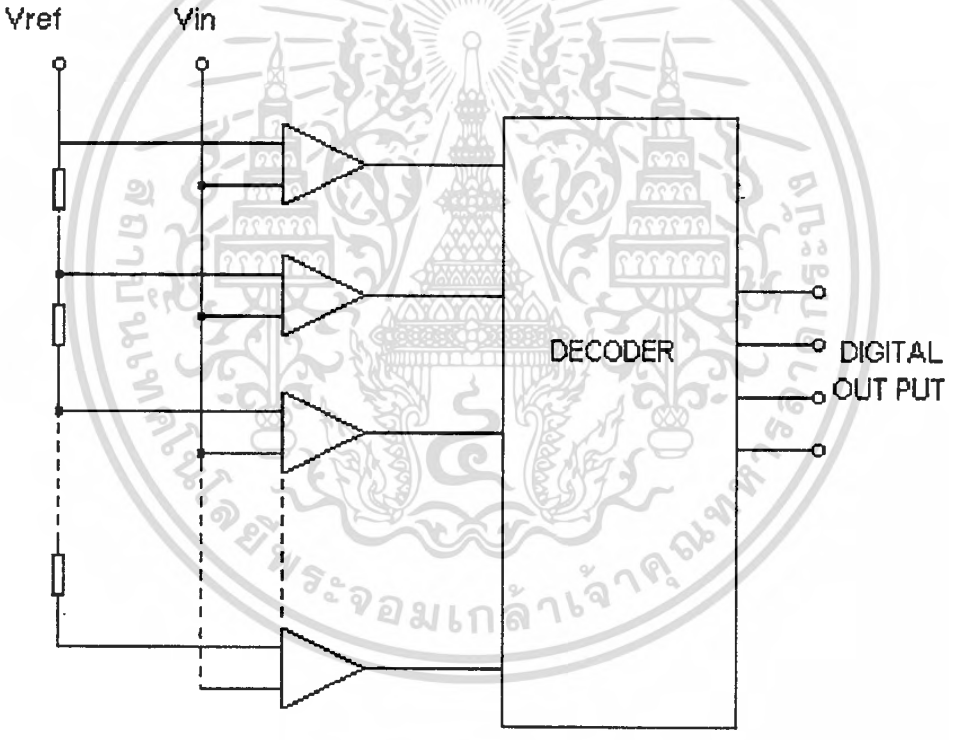
วงจร ADC แบบนี้สามารถทำงานได้ 2 โหมด คือ โหมดที่ทำงานอิสระ (Freerun) และโหมดที่รอคำสั่งเริ่มทำงานจากภายนอก เวลาที่ใช้ในการเปลงสัญญาณใช้สัญญาณนาฬิกา (n+1) ลูก โดยสัญญาณนาฬิกาลูกแรก จะใช้ในการรีเซ็ทรีจิสเตอร์ภายในและคุณภาพของระบบจะแย่ลงหาก DAC ไม่มีคุณภาพ

ADC แบบขนาน

สำหรับการแปลงสัญญาณที่ต้องการความเร็วสูงมากๆ เช่นในการแปลงสัญญาณภาพของโทรทัศน์และเรดาห์ จำเป็นต้องใช้ ADC แบบพิเศษที่เรียกว่า ADC แบบขนาน (Parallel ADC) ซึ่งแสดงบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 2.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน คือจะใช้วงจรเปรียบเทียบมาทำการเปรียบเทียบสัญญาณอนาล็อกอินพุท กับแรงดันอ้างอิงที่แบ่งแรงดันให้สอดคล้องกับรหัสดิจิตอล โดยใช้ตัวต้านทานและจะแปลงเอาท์-พุทจากวงจรเปรียบเทียบให้ตรงกับรหัสดิจิตอล ซึ่งจะเห็นว่าอุปสรรคทางด้านความเร็วจะถูกจำกัดเพียงคาบเวลาทำงาน (propagation time) ของวงจรเปรียบเทียบเท่านั้น และอุปสรรคที่สำคัญต่อการพัฒนาวงจรชิปไอซี คือวงจรที่ต้องการวงจรเปรียบเทียบมากถึง 2^n-1 ตัว สำหรับ ADC แต่ ADC ชนิดนี้ก็ยังทำงานได้เร็วที่สุด



รูปที่ 2.34 ADC แบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การแปลงฟาสท์ฟูริเยอร์ (Fast Fourier Transform or FFT)

อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในปัจจุบันมีราคาถูกและมีประสิทธิภาพสูง อีกทั้งความแม่นยำและความแน่นอนจากการคำนวณโดยใช้คอมพิวเตอร์ก็มีมาก จึงทำให้การวิจัย และพัฒนาของการประมวลสัญญาณเชิงเลข เพื่อนำไปใช้กับงานในสาขาวิชาต่างๆ โดยเฉพาะทางด้านสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์มีอย่างกว้างขวาง ตัวอย่างเช่น การประมวลสัญญาณเสียง (speech) การประมวลสัญญาณภาพ (image) การประมวลสัญญาณเรดาร์ และการประมวลสัญญาณชีวภาพ (biomedical signal) เป็นต้น การประมวลสัญญาณดังที่กล่าวมานี้มีการคำนวณ ผลการประสานสำคัญ โดยทั่วไปแล้วการแปลงฟูริเยอร์เต็มหน่วย (DFT) นั้นสามารถนำมาใช้ในการคำนวณการประสานได้แต่การคำนวณ DFT เองนั้นเมื่อจำนวนลำดับข้อมูลมีมากก็ใช้เวลาในการคำนวณของคอมพิวเตอร์มาก ตัวอย่างเช่น การคำนวณ DFT สำหรับลำดับสัญญาณเข้ายาว N ลำดับหรือจุดนั้น คอมพิวเตอร์ต้องทำการคำนวณจำนวนเชิงซ้อน ถึง N*N ครั้งและบวกจำนวนเชิงซ้อนอีก N(N-1) ครั้ง ซึ่งคอมพิวเตอร์ทั่วไปแล้วไม่มีคำสั่งภาษาเครื่องที่ใช้การคูณตัวเลข จึงต้องเขียนเป็นโปรแกรมย่อยหรือเพิ่มเติมวงจรคูณโดยเฉพาะเข้าไป ส่วนการบวกตัวเลขของคอมพิวเตอร์นั้นทำได้ง่ายและเร็ว จึงสามารถกล่าวได้ว่ากระบวนการคูณตัวเลขนั้นใช้เวลาคำนวณมากกว่าการบวกตัวเลขมาก จากผลอันนี้ทำให้เห็นชัดว่า ความเร็วในการคำนวณ DFT จึงขึ้นอยู่กับความเร็วและจำนวนครั้งในการคูณตัวเลขเป็นสำคัญ ถ้าหากสามารถหาวิธีการคำนวณ DFT ที่ใช้จำนวนครั้งในการคูณน้อยลงแล้วก็คูณตัวเลขเป็นสำคัญ ถ้าหากสามารถหาวิธีการคำนวณที่ใช้จำนวนครั้งในการคูณน้อยลงแล้ว ก็จะเป็นประโยชน์อย่างมาก โดยจะได้แสดงให้เห็นว่า DFT ใช้ช่วยในการคำนวณ การประสานคำนวณการแปลงแซด หรือ การทำสหสัมพันธ์ ดังนั้นถ้ามี DFT ที่คำนวณได้เร็ว ก็ทำให้การคำนวณที่กล่าวไปนี้เร็วขึ้นด้วย

ขั้นตอนวิธี หรือ ลำดับการ ในการคำนวณ DFT ให้เร็วที่มีชื่อเรียกว่า การแปลงฟาสท์-ฟูริเยอร์ (ต่อไปจะเรียกย่อว่า FFT) ที่ได้มีการพัฒนาวิธีการต่าง ๆ กันอย่างมากนั้น เป็นผลมาจากผลงานของ คูลีย์ (J.W. Cooley) กับทูคีย์ (J.W. Tukey)ที่เสนอไว้ในปี ค.ศ. 1965 หลังผลงานชิ้นนี้แล้ว ทำให้เกิดการพัฒนาวิธีการขึ้นมาอีกหลายวิธี ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป FFT จะทำให้การคำนวณ DFT ใช้การคูณเชิงซ้อนเพียง $N \log_2 N$ ครั้งเท่านั้น หรือจำนวนครั้งในการคูณตัวเลขลดลงไปถึง $N/(\log_2 N)$ เท่า ตัวอย่างเช่น สำหรับลำดับสัญญาณขนาด N = 1024 จุด การคูณจำนวนเชิงซ้อนลดลงไปได้ถึง 102 เท่า ผลดีอีกประการหนึ่งก็คือทำให้การสร้างวงจรเฉพาะเพื่อการคำนวณ DFT ทำได้ง่าย และคำนวณได้เร็วขึ้น เป็นผลให้การประมวลสัญญาณเชิงเลขสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบเวลาจริงได้ อย่างไรก็ตาม ถึงแม้จะมีชื่อเรียกว่า การแปลงฟาสท์ฟูริเยอร์แต่

เอกสารนี้ห้ามมิให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัว FFT เองนั้นไม่ใช่การแปลงฟูริเยอร์ แท้จริงแล้วเป็นเพียง วิธีการ หรือ ลำดับการ ในการคำนวณที่ช่วยให้การคำนวณ DFT ซึ่งเป็นการแปลงฟูริเยอร์ได้รวดเร็วขึ้น

จนถึงปัจจุบันนี้ได้มีการคิดค้น ดัดแปลง และเสนอผลงานเกี่ยวกับ FFT มากมายหลายแบบแต่ละแบบก็มีข้อดีข้อเสียต่างกันออกไป โดยทั่วไปแล้วเราอาจแบ่งออกได้เป็นชนิดใหญ่ ๆ ได้ 2 ชนิดด้วยกัน คือ ชนิดลดทอดทางเวลา (Decimation in Time หรือ DIT) กับ ชนิดลดทอนทางความถี่ (Decimation in Frequency หรือ DIF) ทั้งสองชนิดนี้โดยหลักการแล้วมีความคล้ายคลึงกัน ดังนั้นการอธิบายจะขออธิบายหลักการแบบ ลดทอนทางเวลา DIT อย่างละเอียดเพียงอย่างเดียว และอธิบายหลักการเบื้องต้นก่อน เพื่อให้เห็นถึงวิธีการว่า FFT สามารถลดการคำนวณลงได้อย่างไร ส่วนการดัดแปลงเพื่อให้ได้วิธีการแบบอื่นจะแสดงโดยการใช้ กราฟการไหล (flow graph) แทน

2.2.1 ฟาสท์ฟูริเยอร์แบบฐานสอง (Radix 2 FFT)

หลักการเบื้องต้นของ FFT

ในหัวข้อนี้เราได้กล่าวถึงคำนิยาม การแปลงฟูริเยอร์เต็มหน่วย รวมถึงคุณสมบัติต่างๆ ไว้อย่างละเอียด แต่เพื่อความสะดวกในการอธิบายจะขอนำคำนิยามมากล่าวไว้ก่อน การแปลงฟูริเยอร์แบบเต็มหน่วยสำหรับ ลำดับ x(m) ที่ยาว N จุด สามารถนิยามได้ดังนี้ คือ

$$X(k) = \sum_{m=0}^{N-1} x(m) \cdot w^{mk} \qquad (2.1)$$

โดยครรชนี k,m = 0,1,...,N-1 และ จำนวนเชิงซ้อน W = exp(j2/N) ในทางวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ลำดับ x(m) มักจะเกี่ยวข้องกับสัญญาณในโดเมนเวลา ส่วน X(k) เกี่ยวข้องกับสัญญาณในโดเมนความถี่ หรือเรียกว่าสเปคตรัมของสัญญาณ สำหรับการเขียนสมการ 2.1 นั้น ความจริงแล้ว การคำนวณหา DFT จะต้องมีพจน์ 1/N ประกอบด้วยเสมอ แต่ที่ละไว้ก็เพื่อความสะดวกในการอธิบาย ทั้งนี้เนื่องจากจุดที่สนใจก็คือต้องการหาวิธีการคำนวณ สมการ 2.1 ให้เร็วเท่านั้น

สมการ 2.1 สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการเมตริกซ์ได้คือ

$$X = \{A\} \cdot \{x\} \qquad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ X และ x เป็น เวกเตอร์แนวตั้ง (column vector) ที่ประกอบด้วยลำดับ X(k) และ x(m) ตามลำดับจำนวน N ลำดับ และ A เป็นเมตริกซ์จตุรัส (square matrix) ขนาด N*N ที่มีสมาชิกเป็นจำนวนเชิงซ้อน W^{mk} ตัวอย่างเช่น พิจารณาสำหรับกรณี N=4 ระบบสมการ 2.2 สมการสามารถเขียนแยกออกได้เป็น

$$\begin{bmatrix} X(0) \\ X(1) \\ X(2) \\ X(3) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W^o & W^o & W^o & W^o \\ W^o & W^1 & W^2 & W^3 \\ W^o & W^2 & W^4 & W^6 \\ W^o & W^3 & W^6 & W^9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(0) \\ x(1) \\ x(2) \\ x(3) \end{bmatrix} \qquad (2.3)$$

การคำนวณจากสมการ (2.3) นี้โดยตรงนั้น สังเกตเห็นได้ว่า ต้องใช้การคูณจำนวนเชิงซ้อน 4*4 หรือ 16 ครั้ง และต้องทำการบวกจำนวนเชิงซ้อน อีก N(N-1) = (4(4-1) = 12 ครั้ง ที่นี้มาดูหลักการสำคัญประการหนึ่งของการแปลงฟาสท์ฟูริเยอร์ หรือ FFT ที่ลดจำนวนครั้งในการคูณจำนวนเชิงซ้อนได้ก็โดยอาศัย คุณสมบัติของ ภาวะเป็นคาบ (periodicity) ของจำนวนเชิงซ้อน W คือ

$$W^{mk} = W^{[mk \bmod(N)]} \qquad (2.4)$$

ซึ่ง [mk mod(N)] หมายถึง ส่วนที่เหลือหลังจากการหารพจน์ mk ด้วย N โดยอาศัยคุณสมบัติความเป็นคาบนี้ทำ ให้สมการ (2.2) อาจเขียนได้เป็น

$$\begin{bmatrix} X(0) \\ X(1) \\ X(2) \\ X(3) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & W^1 & W^2 & W^3 \\ 1 & W^2 & W^0 & W^2 \\ 1 & W^3 & W^2 & W^1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(0) \\ x(1) \\ x(2) \\ x(3) \end{bmatrix} \qquad (2.5)$$

จากคุณสมบัติ ความเป็นคาบ นี้เองทำให้เราสามารถแยกตัวประกอบของเมตริกซ์ A ออกเป็นเมตริกซ์ย่อยหลายเมตริกซ์คูณกัน และ สมาชิกภายในเมตริกซ์ย่อยให้มีค่าเป็นศูนย์มากที่สุด วิธีการแยกตัวประกอบนี้อาจสามารถกระทำได้โดยวิธี ที่ได้อธิบายไว้ในเอกสารอ้างอิง วิธีการแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวประกอบนี้อาจจะไม่กระทำโดยตรงจาก A แต่จะมีการสลับตำแหน่งหรือจัดกลุ่มของเมตริกซ์ (อาจเป็นการสลับสมาชิกตามแนวตั้ง หรือสมาชิกตามแนวนอน อย่างใดอย่างหนึ่ง และ การสลับทั้งสองแบบนี้จะให้ผลต่างกัน) ด้วยวิธีการของ การผันกลับบิต (bit reversed) และเมตริกซ์หลังจัดการสลับแถวแล้วจะนำมาแยกตัวประกอบอีกครั้งหนึ่ง

ในที่นี้จะขออธิบายวิธีการแยกตัวประกอบด้วยการเขียนแทน ดรรชนี k และ m ของสมการ (2.1) ด้วย ตัวเลขฐานสอง (binary number) ซึ่งสำหรับกรณี N=4 ซึ่งดรรชนี k และ m จะมีค่าได้เพียง 0,1,2 และ 3 เท่านั้น เพราะฉะนั้นสามารถแทน ตัวเลข 4 ฐานสิบ ได้ด้วย ตัวเลขฐานสอง สองหลัก คือ

$$k = (k_1,k_0) \quad , \quad m = (m_1,m_0) \tag{2.6}$$

โดยที่ k_1,k_0,m_1 และ m_0 เป็นเลขโดดที่มีค่าได้แค่ 0 หรือ 1 เท่านั้น ดรรชนีในสมการ (2.6) นี้สามารถเขียนได้ใหม่เป็น

$$k = 2k_1 + k_0 \quad , \quad m = 2m_1 + m_0 \tag{2.7}$$

เมื่อนำค่าดรรชนี k และ m นี้ไปแทนลงในสมการ (2.1) ทำให้ได้

$$X(k1,k0) = \sum_{mo=0}^{1}\sum_{m1=0}^{1} x(m1,m0)W^{(2m1+mo)(2k1+k0)} \tag{2.8}$$

จากคุณสมบัติความเป็นคาบของ W ทำให้ได้ความสัมพันธ์

$$\begin{aligned} W^{(2m1+m0).(2k1+k0)} &= W^{(2k1+k0)2m1} \cdot W^{(2k1+k0)m0} \\ &= W^{4m1k1} \cdot W^{2m1k0} \cdot W^{(2k1+k0)m0} \\ &= W^{2m1k0} \cdot W^{(2k1+k0)m0} \end{aligned}$$

โดยที่ $W^{4m1k1} = 1$ เพราะฉะนั้นเขียนสมการได้ใหม่เป็น

$$\begin{aligned} X(k1,k0) &= \sum_{mo=0}^{1}\{\sum_{m1=0}^{1} x(m1,m0)W^{(2m1+mo)}\}W^{(2k1+ko)mo} \\ &= \sum_{mo=0}^{1}\{x_1(ko,m0)\}W^{(2k1+k0)m0} \end{aligned} \tag{2.9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการสมมุติให้ ตัวแปร $x_1(k_0,m_0)$ ในการคำนวณระหว่างกลาง ผลจากสมการ (2.9) อาจเขียนเป็นสมการเมตริกซ์ได้คือ

$$\begin{bmatrix} x_1(0,0) \\ x_1(0,1) \\ x_1(1,0) \\ x_1(1,1) \end{bmatrix}^{(k_1,k_0)} = \begin{bmatrix} 1 & W^0 & 0 & 0 \\ 1 & W^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & W^1 \\ 0 & 0 & 1 & W^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & W^0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & W^2 \\ 1 & 0 & W^2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & W^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(0,0) \\ x(0,1) \\ x(1,0) \\ x(1,1) \end{bmatrix}^{(m_1,m_0)} \quad (2.10)$$

โดยที่ ผลการคำนวณระหว่างกลาง และ ผลลัพธ์ สามารถหาได้ตามลำดับ

$$\begin{bmatrix} X(0,0) \\ X(1,1) \\ X(1,0) \\ X(1,1) \end{bmatrix}^{(k_1,k_0)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & W^2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & W^0 \\ 1 & 0 & W^2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & W^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(0,0) \\ x(0,1) \\ x(1,0) \\ x(1,1) \end{bmatrix}^{(k_0,m_0)} \quad (2.11)$$

และค่า DFT ของลำดับสัญญาณจะเป็น

$$\begin{bmatrix} X(0,0) \\ X(1,0) \\ X(0,1) \\ X(1,1) \end{bmatrix}^{(k_1,k_0)} = \begin{bmatrix} 1 & W^2 & 0 & 0 \\ 1 & W^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & W^1 \\ 0 & 0 & 1 & W^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(0,0) \\ x(0,1) \\ x(1,0) \\ x(1,1) \end{bmatrix}^{(k_0,m_0)} \quad (2.12)$$

ผลที่ได้จากสมการ (2.10) ซึ่งเป็นสมการแยกตัวประกอบของ A นี้จะเห็นว่าสมาชิกตามแนวนอนของเมตริกซ์ที่ได้จากการแยกตัวประกอบนั้นมีเพียง 2 ตัวเท่านั้น ที่มีค่าไม่เป็นศูนย์ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสองตัวนี้มีสมาชิกตัวหนึ่งมีค่าเป็นหนึ่งเสมอ ส่วนอีกตัวหนึ่งก็จะเป็นจำนวนเชิงซ้อน แต่ถ้าพิจารณาการคูณเมตริกซ์ย่อย แต่ละเมตริกซ์ของ (2.11) จะเห็นว่าต้องการการคูณจำนวนเชิงซ้อนเพียง N=4 ครั้ง โดยที่ N อยู่ในรูปของสองยกกำลังใดๆ ($N=2^r$) และถ้าลองเขียนสมการ (2.8) สำหรับกรณีนี้ดูจะเห็นได้ว่าสามารถเขียนแยกเป็นสมการย่อยได้ $\log_2 N = \log_2 4 = 2$ สมการ คือ (2.11) และ (2.12) เพราะฉะนั้นด้วยวิธีการนี้จำนวนครั้งของการคูณจำนวนเชิงซ้อนจึงมีเท่ากับ N $\log_2 N = 8$ ครั้ง และบวกจำนวนเชิงซ้อน 8 ครั้ง ซึ่งจำนวนนี้น้อยกว่ากรณีคำนวณโดยตรงซึ่งใช้การคูณจำนวนเชิงซ้อน 16 ครั้ง และบวกจำนวนเชิงซ้อน 12 ครั้ง มาถึงตอนนี้เห็นได้ว่า ในกรณีทั่วไป ถ้าหากเรามีกรรมวิธีในการแยกการคำนวณ DFT ให้เป็นเมตริกซ์ย่อยดังเช่นสมการ (2.14) ได้ ก็จะทำให้จำนวนครั้งในการคูณจำนวนเชิงซ้อนน้อยลง

ความจริงแล้วจำนวนครั้งในการคูณจำนวนเชิงซ้อนอาจลดทอนลงไปได้อีกมาดูการคำนวณสัญญาณระหว่างกลาง $x_1(0,0)$ และ $x_1(0,1)$ ซึ่ง

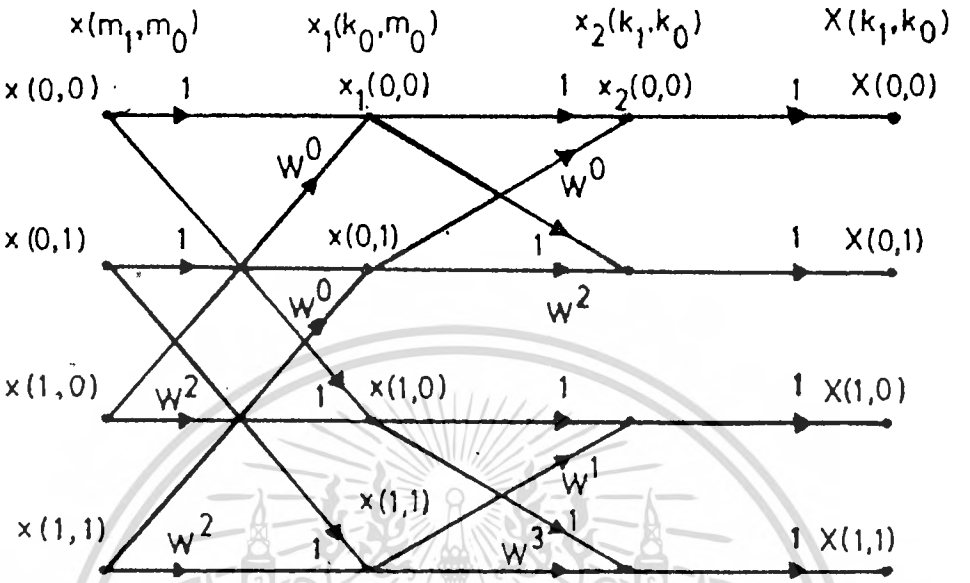
$$x_1(0,0) = x(0,0) + W^0 \cdot x(1,0) = x(0,0) + W^0 \cdot x(1,0) \qquad (2.13)$$

และ $$x_1(1,0) = x(0,0) + W^2 \cdot x(1,0) = x(0,0) - W^0 \cdot x(1,0)$$

ผลจากคุณสมบัติของจำนวนเชิงซ้อน $W^2 = -W^0$ ทำให้การคำนวณ $x_1(0,0)$ และ $x_1(0,1)$ ต้องการการคูณจำนวนเชิงซ้อนเพียงครั้งเดียวเท่านั้น ซึ่งทำได้โดยการคำนวณพจน์ W^0 x(1,0) ก่อน แล้วนำไปบวกและลบกับพจน์ x(0,0) เพื่อให้ได้ลำดับ $x_{1(0,0)}$ และ $x_1(1,0)$ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามสำหรับกรณีทั่วๆ ไปอาจกล่าวได้ว่า จำนวนครั้งในการคำนวณ DFT ขนาด N จุด โดยใช้ FFT ใช้การคูณจำนวนเชิงซ้อนเพียง N $\log_2$ N ครั้ง

ลำดับการคำนวณของ FFT ตามสมการ (2.9) เป็นผลงานที่เสนอโดย คูลีย์ และทูคีย์ ต่อมาก็ได้มีผู้เสนอวิธีการคำนวณ FFT แบบอื่นขึ้นมา ผลงานเหล่านี้หลักการใหญ่แล้วเหมือนกันต่างเพียงวิธีการในรายละเอียดย่อยเท่านั้น ในรูป เป็น กราฟการไหลสัญญาณ (Signal flow graph) ที่เขียนแสดงวิธีการคำนวณ FFT ตามสมการ (2.11) โดยที่หัวลูกศรชี้ทิศทางการคำนวณ ส่วนตัวอักษรกำกับเป็นตัวคูณค่าของสัญญาณที่ต้นทางของลูกศรนั้น และที่ บัพ หรือ ปม (Node) เป็นการรวมหรือบวกกันของสัญญาณ ส่วน $x_1(k_0,m_0)$ แทนลำดับการคำนวณระหว่างกลาง และ $X(k_1,k_0)$ เป็นค่า DFT ของลำดับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.35 กราฟการไหลแสดงถึงวิธีการคำนวณตามสมการ (2.11)

2.2.2 ขั้นตอนวิธีการลดทอนเวลา (Decimation in Time หรือ DIT)

วิธีการที่เสนอโดย คูลีย์ และ ทูคีย์ ซึ่งได้กล่าวมาแล้วนั้น ความเป็นจริงแล้ว เป็นการจัดแบ่งกลุ่มลำดับสัญญาณในโดเมนเวลา x(m) ที่มีขนาด N จุด ออกเป็นสองลำดับสัญญาณที่มีความยาว N/2 จุดเท่ากัน ทั้งสองลำดับนี้ให้เรียกชื่อว่า ลำดับสัญญาณคู่ และลำดับสัญญาณคี่ โดยที่ลำดับสัญญาณคู่เกิดจากการเอาลำดับในตำแหน่งเป็นเลขคู่มาเรียงกัน ที่เหลือก็เป็นลำดับสัญญาณคี่ ดังนั้นถ้าเรานิยามให้ $x_{E(m)}$ เป็นลำดับสัญญาณคู่ และ ลำดับคี่เป็น $x_O(m)$ ตามลำดับ เพราะฉะนั้น

$$x_E(m) = x(2m) \quad ; \ m = 0,1,\ldots,(N/2)-1 \qquad (2.14)$$

$$x_E(m) = x(2m + 1) \quad ; \ m = 0,1,\ldots,(N/2)-1$$

ด้วยการจัดแบ่งเช่นนี้ ถ้าให้ W_N แทนค่า W ของลำดับยาว N จุด ทำให้การคำนวณการแปลง DFT ของลำดับสัญญาณ x(m) ที่ยาว N จุดเขียนใหม่ได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$X(k) = \sum_{m=0}^{N-1} X_E(m)\left(w_N\right)^{km} + \sum_{m=0}^{N-1} X_o(m)\left(w_N\right)^{km}$$
$$= \sum_{m=0}^{(N/2)-1} X(2m)\left(w_N\right)^{2km} + \sum_{m=0}^{(N/2)-1} X(2m+1)\left(w_N\right)^{(2m+1)k} \qquad (2.15)$$

โดยที่เขียนให้พจน์ $(W_N)^2$ เป็น

$$(W_N)^2 = \exp(j2/N)^2 = \exp(j2/N/2) = W_{N/2}$$

ซึ่ง $W_{N/2}$ หรือค่า W ของลำดับยาว N/2 จุด เพราะฉะนั้น (2.15) จัดพจน์ใหม่ได้คือ

$$X(k) = \sum_{m=0}^{(N/2)-1} X_E(m)\left(w_{N/2}\right)^{km} + \left(W_N\right)^k \sum_{m=0}^{(N/2)-1} X_o(m)\left(w_{N/2}\right)^{km}$$

$$X(k) = X_1(k) + (W_N)^k \; X_2(k) \qquad (2.16)$$

โดยที่ $X_1(k)$ และ $X_2(k)$ แทนผลการแปลง DFT ขนาด N/2 จุด ของลำดับ $x_E(m)$ และ $X_0(m)$ ตามลำดับ สมการที่ (2.16) แสดงให้เห็นว่าการคำนวณ DFT ขนาด N จุด นั้นสามารถแบ่งคำนวณย่อยออกเป็นการคำนวณ DFT ขนาด N/2 จุดสองอันดับได้ และข้อสำคัญก็คือการคูณจำนวนเชิงซ้อนจะลดลงเหลือ $2(N/2)^2 = N^2/2$ ครั้ง ซึ่งจะเห็นได้ว่าลดเวลาการคำนวณลงไปได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ โดยอาศัยหลักการเดียวกันการแบ่งทอนลำดับ $x_E(m)$ และ $x_0(m)$ ออกเป็นลำดับคู่ลำดับคี่ลงไปตามลำดับ จนในที่สุดเหลือเป็นลำดับขนาด 2 จุด จำนวน N/2 ภาคด้วยกัน ข้อสังเกตที่สำคัญก็คือการชอย เพื่อแบ่งลำดับ x(n) ออกเป็นที่ละครึ่งจนเหลือการคำนวณ DFT ขนาด 2 จุด นี้ สำหรับสัญญาณขนาด N ลำดับ จะทำการแบ่งออกได้ $\log_2 N$ ครั้ง

ปัญหาต่อมาก็คือเมื่อแบ่งย่อยลงไปแล้วจะเอาการแปลง DFT ขนาด 2 จุด จำนวน N/2 ภาคนี้มาประกอบกัน หรือรวมตัวกันเพื่อให้เป็นการคำนวณ DFT ขนาด N จุดได้อย่างไร เพราะถ้าหากนำมาประกอบกันอย่างไม่มีหลักเกณฑ์ ผลการคำนวณ DFT ที่ได้ก็จะมีค่าผิดพลาดไป ตัวอย่างเช่น การนำเอา DFT ขนาด N/2 จุด มาต่อกันโดยตรงตามสมการ (2.16) ย่อมมีข้อผิดพลาด เพราะว่าทั้ง $X_1(k)$ และ $X_2(k)$ เป็น DFT ขนาด N/2 จุดที่นิยามเฉพาะสำหรับช่วง $0<k<N/2$ เท่านั้น การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมาประกอบกันสำหรับลำดับสัญญาณ N ลำดับอย่างถูกต้อง เราต้องทำการนิยามค่าของสมการ (2.16) สำหรับค่า k > N/2 ด้วยซึ่งทำได้โดยเขียน

$$X(k) = X_1(k) + (W_N)^k X_2(K) \qquad ; 0<k<(N/2)-1$$

$$= X_1(k-N/2) + (W_N)^k X_2(K-N/2) \; ; N/2<k<N-1 \qquad (2.17)$$

พจน์ $(W_N)^k$ ในสมการ (2.17) นี้มีชื่อเรียกว่า ตัวประกอบหมุน (twiddle factors หรือ phase หรือ rotation factors) พจน์นี้เป็นส่วนสำคัญร่วมกับ DFT ขนาด 2 จุด หรือ ขนาด N/2 จุด ที่จะนำมาประกอบกันเข้าเป็น DFT ขนาด N จุด ได้เหมือนเดิม

ในสมการนี้ (2.17) นี้ถ้าหากเรานำเอาความสัมพันธ์ $(W_N)^{k+N/2} = -(W_N)^k$ แทนลงไป แล้วสมการนี้สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$X(k) = X_1(k) + (W_N)^k X_2(K) \qquad ; 0<k<(N/2)-1 \qquad (2.2.18)$$

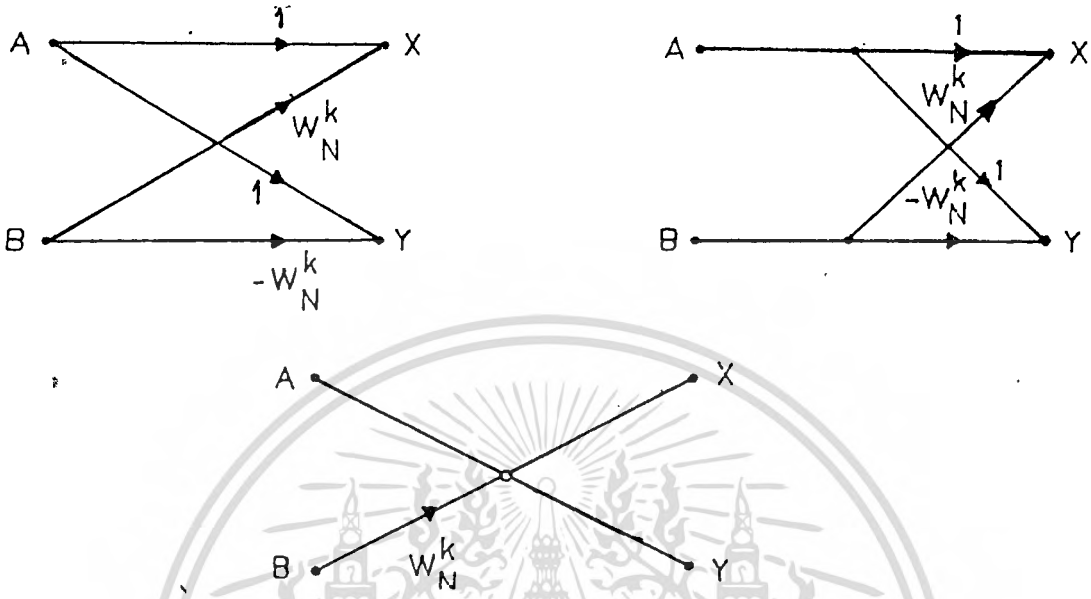
$$= X_1(k-N/2) - (W_N)^{k-N/2} X_2(K-N/2) \; ; N/2<k<(N/2)-1 \qquad (2.2.19)$$

สมการที่ได้เป็นหลักการสำคัญสำหรับ FFT แบบนี้ ซึ่งได้กล่าวถึงบ้างแล้วดังเช่นสมการ (2.13) เป็นต้น สมการ (2.19) บอกเราว่าในการคำนวณหา DFT ของลำดับคู่หนึ่ง จะประกอบไปด้วยลำดับ X(k) ในสมการ (2.18) และลำดับ X(k) ใน (2.19) ซึ่งห่างออกไปจากลำดับ X(k) ใน (2.18) ไป N/2 จุด นั้นสามารถคำนวณได้โดยใช้การคูณจำนวนเชิงซ้อนเพียงครั้งเดียวเท่านั้น จากผลนี้เราสามารถนำไปสร้างหน่วยคำนวณที่มีชื่อเรียกว่า หน่วยผีเสื้อ (butterfly unit) โดยหน่วยคำนวณนี้ (ซึ่งอาจสร้างอยู่ในรูปแบบของวงจรหรือโปรแกรม) มีข้อมูลเข้าสองข้อมูล คือ A และ B และให้ข้อมูลออกเป็น X และ Y เป็น

$$X = A + (W_N)^k \cdot B$$

$$X = A - (W_N)^k \cdot B \qquad (2.20)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.36 หน่วยผีเสื้อของการคำนวณตามขั้นตอนวิธีลดทอนทางเวลา

ต่อไปนี้ขอแสดงตัวอย่างการคำนวณ FFT แบบ 8 จุด โดยอาศัยวิธีการที่อธิบายมาแล้ว ขั้นตอนในการคำนวณได้แสดงอย่างเป็นลำดับไว้ด้วยกราฟการไหลของสัญญาณดังรูป (2.3) โดยในเบื้องแรก ลำดับของข้อมูลเข้า x(n) จะถูกแบ่งออกเป็นลำดับคู่ $X_E(m)$ และลำดับคี่ $X_0(m)$ อย่างละสี่ลำดับ ดังรูป 2.37 (ข) ซึ่งในที่สุดการคำนวณ DFT ขนาด 8 จุด ก็ถูกสับย่อยออกเป็นการคำนวณ DFT ขนาด 2 จุด 4 ภาคด้วยกัน ดังปรากฏอยู่ในรูป 2.38 (ก) ซึ่งเป็นกราฟการไหลของสัญญาณสำหรับการคำนวณ DFT ขนาด 8 จุดอย่างสมบูรณ์ สังเกตเห็นว่าในกรณีนี้ N=8 ทำให้ $\log_2 8 = 3$ การคำนวณจึงแบ่งเป็น 3 ภาคย่อย แต่ละภาคประกอบด้วยหน่วยผีเสื้ออยู่ N/2 = 4 หน่วย และหน่วยผีเสื้อแต่ละหน่วยใช้ในการคูณเลขเชิงซ้อน 1 ครั้ง เพราะฉะนั้นการคำนวณทั้งหมดมีการคูณเท่ากับ $(8/2)\log_2 8 = 12$ ครั้ง เมื่อเปรียบเทียบกับการคำนวณปกติที่ต้อง มีการคูณกันถึง 8*8 = 16 ครั้ง

ตามรูป 2.38 (ก) นี้มีข้อน่าสังเกตก็คือ ลำดับสัญญาณเข้า x(n) ไม่ได้ถูกจัดเรียงอย่างต่อเนื่อง หรือตามธรรมชาติ แต่ได้ถูกสลับตำแหน่ง กันอย่างมีหลักเกณฑ์ คือ การสลับตำแหน่ง หรือสลับอันดับ กันนี้จะเป็นไปตามวิธีการที่เรียกกันว่า การผันกลับบิต นั่นคือ ถ้าเราแทนดรรชนี n ของลำดับ x(n) ด้วยเลขฐานสอง โดยที่จำนวนบิตของเลขฐานสองต้องเพียงพอที่จะแทนค่า N ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

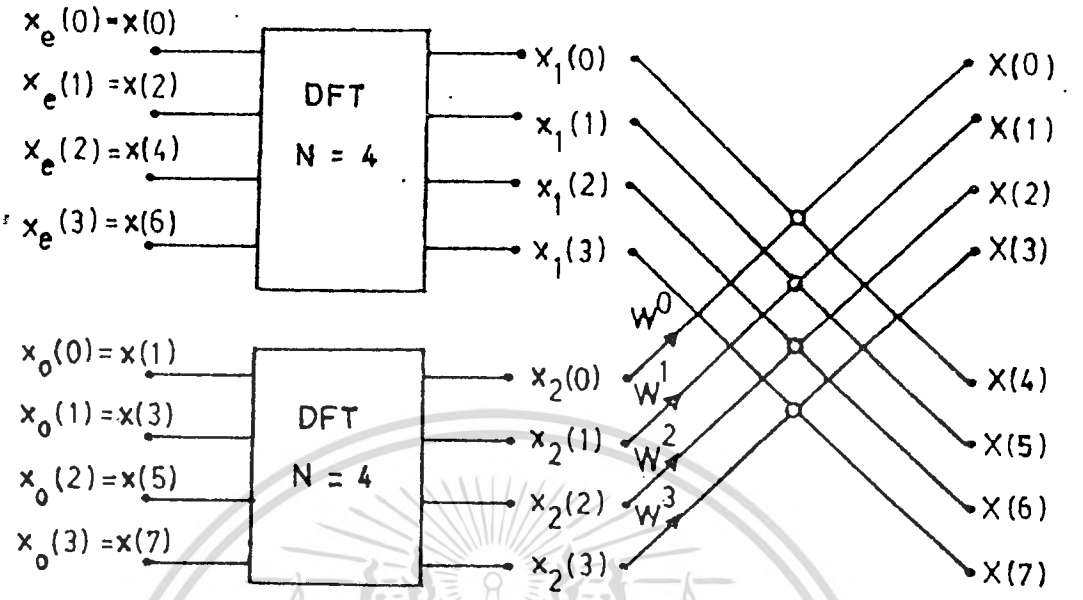
เช่น ในกรณี N=8 ก็ต้องแทนด้วยเลขฐานสอง 3 บิต จากนั้นการจัดลำดับ x(n) ใหม่จะได้จากการผันกลับบิตของเลขฐานสองที่แทนดรรชนี n ดังแสดงในรูป 2.2.4 (ข) คือ x(001) จะถูกแทนที่ด้วย x(100) และ x(110) ถูกแทนที่ด้วย x(011) เป็นต้น จากที่กล่าวมาแล้วปกติดรรชนี n มักเกี่ยวข้องกับเวลา และวิธีการของ FFT แบบนี้เป็นการลดเวลาการคำนวณโดยการ สับ หรือ ตัดทอน ลำดับในโดเมนเวลา หรือ x(n) ออกเป็นกลุ่มย่อยโดยที่แต่ละกลุ่มประกอบด้วยลำดับ x(n) เพียงสองลำดับที่เป็นปมคู่กัน การจัดกลุ่มนี้คล้ายกับการสุ่มตัวอย่างลำดับเดิมอีกครั้งหนึ่ง ด้วยอัตราการสุ่มตัวอย่างที่ต่ำกว่า และถ้าหากว่าเราถือดึงแต่ละกลุ่มลำดับข้อมูลใหม่ที่จัดทำขึ้นมา ต่างเป็นลำดับข้อมูลชุดหนึ่งแล้ว ก็เท่ากับว่าเราได้ตัดทอนลำดับในโดเมนเวลาลงไปเป็นกลุ่มลำดับกลุ่มข้อมูลย่อยหลายลำดับ ดังนั้นวิธีการคำนวณแบบนี้จึงมีชื่อเรียกว่าการลดทอนทางเวลา ถึงตอนนี้เราอาจเขียนแผนภาพแทนลำดับวิธีการของ DIT ได้ดังรูป 2.39 โดยที่ DFT ขนาด N จุดเดิมถูกแบ่งออกเป็น DFT ขนาด N/2 จุด จำนวน 2 ภาค นำมารวมกันโดยการใช้ ตัวประกอบหมุนและลำดับการนี้จะกระทำจนกระทั่งผลสุดท้ายเป็นการแปลง DFT ขนาด 2 จุด พึงสังเกตว่าการนำเอา DFT ขนาด N/2 จุดมาประกอบกัน อาจมีหลายวิธีการขึ้นอยู่กับการจัดเรียงตัวประกอบหมุน การจัดเรียงตัวประกอบหมุนที่ต่างกันออกไปก็จะได้ FFT ชนิดที่ต่างกันออกไปด้วยซึ่งจะได้แสดงให้เห็นต่อไปนี้

ที่ได้กล่าวไว้ว่า การคำนวณ DFT ขนาด N จุดโดยใช้ FFT นั้นจำนวนครั้งในการคูณจำนวณเชิงซ้อนมีเพียง $N \log_2 N$ นั้น ความเป็นจริงค่านี้เป็นเพียงค่าประมาณและใช้กับ FFT โดยทั่วๆ ไป

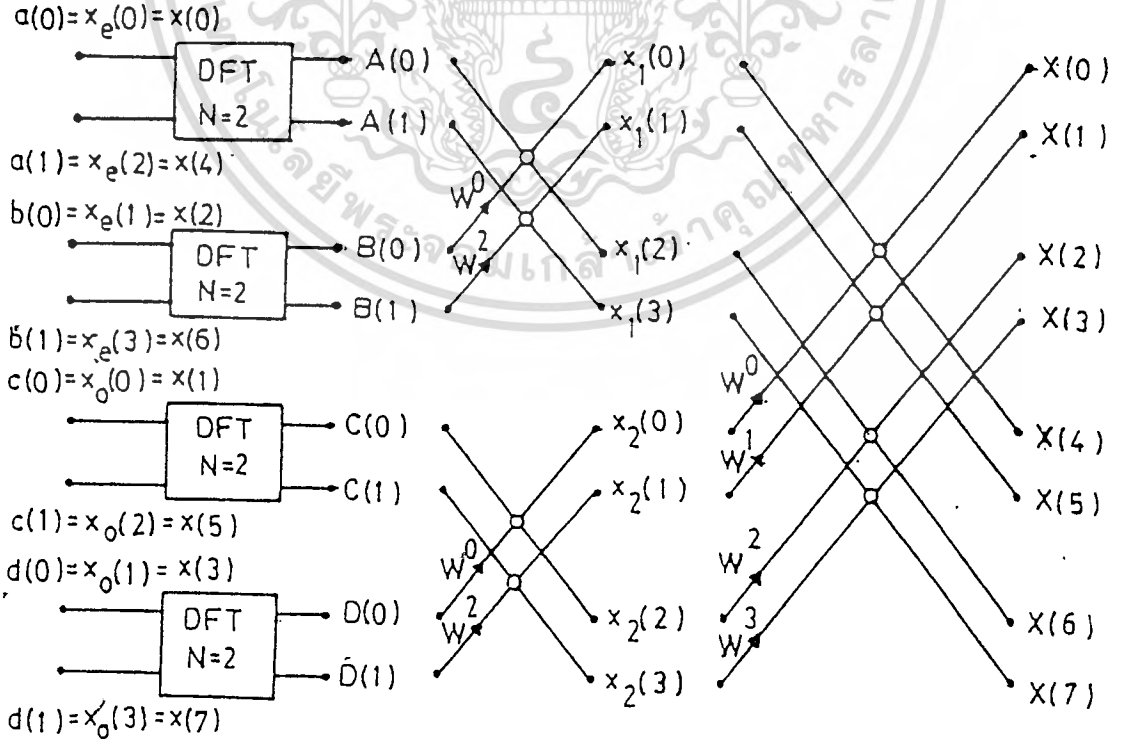
ทั้งนี้ลองย้อนกลับไปดูลำดับการคำนวณตามรูป 2.38 (ก) แล้วจะเห็นว่าส่วนแรกซึ่งเป็นขนาด 2 จุดนั้น การคำนวณมีเฉพาะการบวก และการลบ จำนวนซ้อนเท่านั้น ในส่วนที่สองก็เช่นเดียวกัน การคูณจำนวนเชิงซ้อนมีเฉพาะในส่วนที่สามและใช้ในการคำนวณเชิงซ้อนเพียง 2 ครั้งเท่านั้น แต่ถ้าใช้สูตรการคำนวณ $N \log_2 N$ ก็จะได้ 24 ครั้ง (หรือ 12 ครั้ง เมื่อใช้ความสัมพันธ์ของหน่วยผีเสื้อ) ผลที่ได้แตกต่างกันมาก

อย่างไรก็ตามสำหรับกรณี N มีค่าใหญ่มากการที่จะเขียนโปรแกรมหรือสร้างวงจรซึ่งสามารถใช้กับกรณีทั่วๆ ไปได้ด้วยนั้น ข้อสังเกตเหล่านี้จำต้องมีโปรแกรมหรือวงจรส่วนหนึ่งเพื่อมาวิเคราะห์ด้วย ทำให้เกิดความยุ่งยากโดยไม่จำเป็น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการคูณจำนวนเชิงซ้อนของลำดับ FFT จะมีปริมาณ $N \log_2 N$ ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

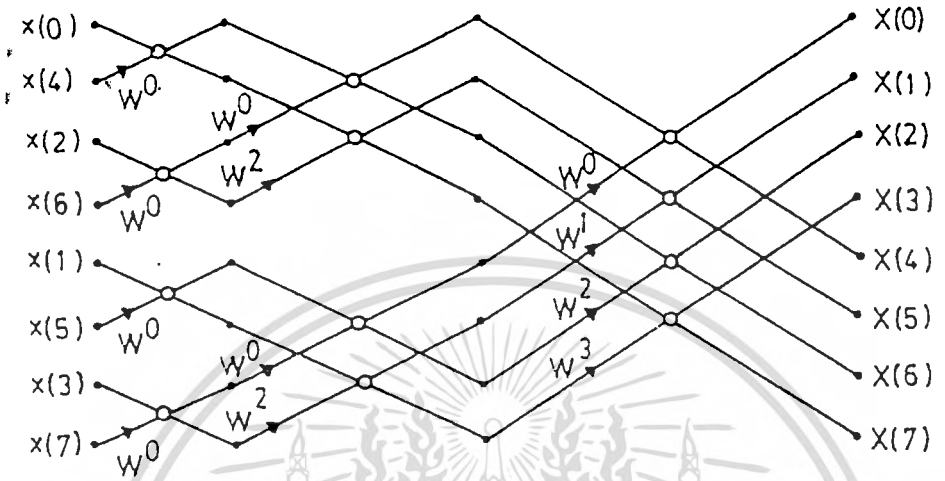


รูปที่ 2.37 (ก.) แสดงขั้นตอนตามวิธีแบบ DIT สำหรับ DFT แบบ 8 จุด

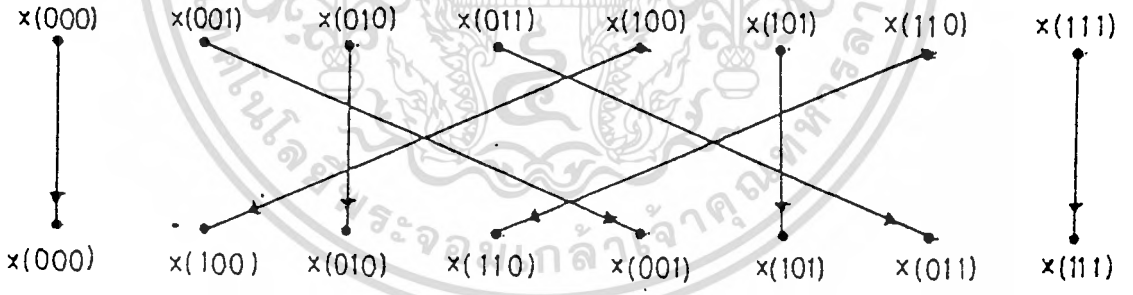


รูปที่ 2.37 (ข.) แสดงขั้นตอนตามวิธีแบบ DIT สำหรับ DFT แบบ 8 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]ใช้เพื่อประโยชน์ด้านการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้เพื่อประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.38 (ก.) กราฟการไหลสัญญาณแสดงการคำนวณตามรูปที่ 2.37



รูปที่ 2.38 (ข.) แสดงการสลับตำแหน่งของลำดับ x(n) ด้วยการผันกลับบิต

2.2.3 การลดทอนทางเวลาแบบอื่น

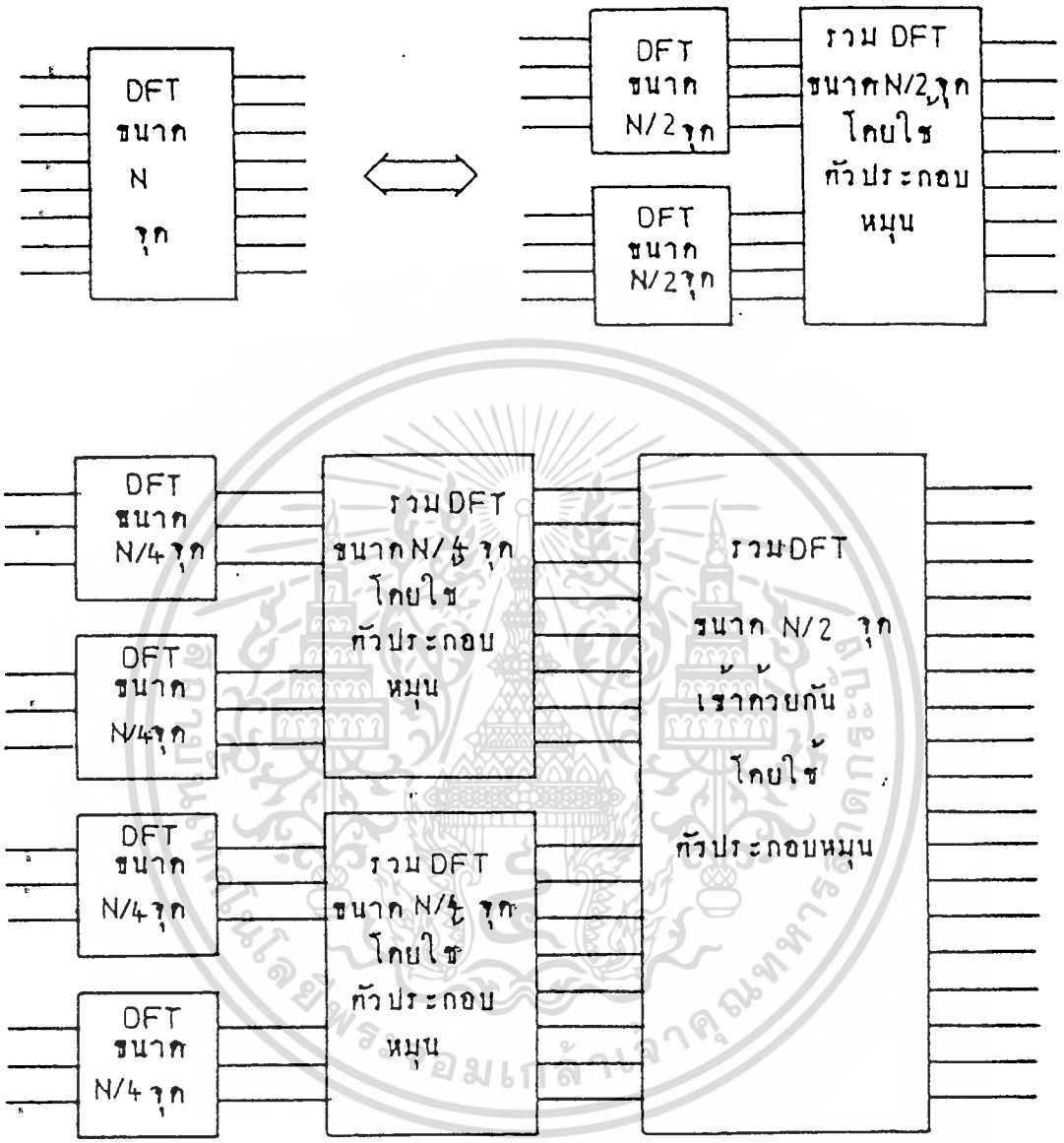
ขั้นตอนวิธีแบบการคำนวณซ้ำที่ คุณสมบัติบางประการซึ่งเป็นข้อดีของการแปลงฟาสท์-ฟูริเยอร์ ตามรูป 2.38 (ก.) โดยทั่วไปอาจกล่าวได้ว่าการคำนวณการแปลง DFT นั้น แท้จริงก็คือการนำกลุ่มลำดับจำนวนเชิงซ้อนที่มีอยู่ N ลำดับ มาทำการแปลงให้เป็นลำดับจำนวนเชิงซ้อนอีกกลุ่มหนึ่งที่มีอยู่ N ลำดับเช่นกัน โดยการใช้ FFT การแปลงนี้จะกระทำ $\log_2 N$ ขั้นตอนด้วยกัน ดังนั้นตามรูป 2.38 (ก) ซึ่ง N=8 ควรต้องมีหน่วยความจำถึง ($\log_2 N$) หรือ 3 แถวลำดับ (array) ด้วยกันสำหรับข้อมูลที่ ต้องใช้ในการคำนวณโดยที่ แถวลำดับแรกไว้เก็บลำดับข้อมูล x(n) สอง-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แถวลำดับต่อมาไว้เก็บผลการคำนวณระหว่างกลาง $x_1(k)$ และแถวลำดับสุดท้ายสำหรับผลลัพธ์ X(k) ที่นี้มาพิจารณาลำดับการคำนวณที่อธิบายด้วย กราฟการการไหล ตามรูป 2.38 (ก.) นั้นการคำนวณประกอบขึ้นด้วย หน่วยผีเสื้อ ซึ่งลักษณะการคำนวณของหน่วยผีเสื้อนี้ ถ้าหากเรามีหน่วยความจำต่างหากไว้สำหรับเก็บค่าผลคูณของจำนวนเชิงซ้อน $(W_N)^k.B$ ผลลัพธ์ X กับ Y ที่คำนวณสามารถเก็บแทนที่ไว้ในหน่วยความจำที่เก็บลำดับข้อมูลเข้า A และ B ได้ โดยลักษณะการคำนวณเช่นนี้จะเห็นได้ว่า ตามรูป 2.38 (ก.) ผลลัพธ์ในการคำนวณทางด้านขวามือสามารถบรรจุแทนที่ในหน่วยความจำทางด้านซ้ายมือได้โดยไม่มีผลต่อการคำนวณส่วนอื่น ๆ การคำนวณเหล่านี้จึงเรียกว่าการคำนวณซ้ำที่ (in place) ซึ่งข้อดีก็คือ ใช้หน่วยความจำเพียง 1 แถวลำดับหรือต้องการหน่วยความจำสำหรับเก็บจำนวนเชิงซ้อนเพียง N + 1 ค่าเท่านั้น วิธีการนี้จึงเหมาะกับ ลำดับข้อมูลที่ยาวมากๆ โดยการ คำนวณไม่เปลืองเนื้อที่หน่วยความจำ ข้อดีอีกประการหนึ่งของ DFT แบบคำนวณซ้ำที่ ก็คือ ตัวประกอบหมุน $W_N{}^K$ นั้นถูกเรียงอย่างเป็นลำดับคือ จากกำลังน้อยไปสู่กำลังมาก จึงทำให้การเขียนโปรแกรม หรือสร้างวงจรทำได้ง่าย อย่างไรก็ตามสำหรับการคำนวณรูป 2.38 (ก.) นั้นมีข้อเสียที่ว่า ก่อนทำการคำนวณลำดับ x(n) ต้องมีการสลับตำแหน่งกันตาม วิธีการผันกลับบิต นั่นหมายถึงว่าเราต้องมีโปรแกรม หรือ วงจร เพิ่มเติมเพื่อทำการจัดเรียงข้อมูลนี้ใหม่

ขั้นตอนวิธีข้อมูลทางเวลาเรียงตามธรรมชาติ วิธีการแบบนี้ทำโดย จากรูป 2.38 (ก.) จัดให้ลำดับ x(n) ถูกจัดเรียงกันตามธรรมชาติ โดยที่ปม ที่อยู่ในแถวเดียวกันกับ x(n) ก็ให้จัดเรียงอยู่ในแถวเดียวกันด้วย และกราฟการไหลจะเป็นดังรูป 2.40 (ก.) อย่างไรก็ตามถึงแม้วิธีนี้ให้ x(n) ที่เรียงกันตามธรรมชาติ แต่ลำดับของ X(k) กลับถูกจัดเรียงแบบผันกลับบิต และข้อเสียอีกประการหนึ่งก็คือ ดรรชนีชี้กำลังของตัวประกอบหมุน $W_N{}^k$ ไม่ได้จัดเรียงจากกำลังน้อยไปมาก จึงทำให้เพิ่มความยุ่งยากตอนนำไปสร้างใช้งาน รูป 2.40 (ก.) นี้ที่จริงก็คือวิธีการที่เสนอโดย คูลีย์ และทูคีย์ นั่นเอง ขั้นตอนวิธีอีกแบบหนึ่งที่เสนอโดย เยนเทิลแมน (W.M. Gentleman) กับ แซนดี (G. Sande) และ สทอคแฮม (T.G. Stockham) นั้น เป็นการจัดลำดับการคำนวณในรูป 2.38 (ก.) เสียใหม่เพื่อให้ได้ลำดับการคำนวณที่ ลำดับ x(n) และ X(k) ถูกจัดเรียงกันตามธรรมชาติโดยขั้นตอนวิธีแบบนี้สามารถเขียนเป็นกราฟการไหลได้ตามรูป 2.40 (ข.) ถึงแม้ผลที่ได้กำลังของตัวประกอบหมุน $(W_N)^k$ จะจัดเรียงค่าน้อยไปหาค่ามากก็ตาม แต่ผลลัพธ์การคำนวณระหว่างกลางได้สลับตำแหน่งไปจากแถวที่อยู่เดิม ทำให้การคำนวณทำแบบซ้ำที่ไม่ได้ ซึ่งหมายถึงลำดับการคำนวณแบบนี้ต้องมีหน่วยความจำสำหรับเก็บจำนวนเชิงซ้อน N ค่าถึงสองแถวลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.39 ภาพรวมแสดงขั้นตอนวิธีการคำนวณ DFT ขนาด N จุด แบบลดทอนทางเวลา

ขั้นตอนวิธีสำหรับการเก็บข้อมูลแบบต่อเนื่อง ในคอมพิวเตอร์นั้นปกติข้อมูลที่ต้องใช้บ่อยและหรือต้องการความเร็วในการอ่านค่า หรือ เก็บค่าสูงมาก ข้อมูลเหล่านี้จะบรรจุในหน่วยความจำประเภทที่มีชื่อเรียกว่า แรม (RAM : Random Access Memory) หน่วยความจำชนิดนี้มีราคาแพง ดังนั้นขนาดหน่วยความจำแบบนี้จึงมีจำกัด และมีจำนวนไม่มาก ส่วนข้อมูลที่สำคัญรองลงไปก็มักจะบรรจุในหน่วยความจำที่ต้องใช้เวลาในการอ่านค่าช้ากว่า ดังเช่น หน่วยความจำประเภทเทปแม่เหล็กเป็นต้น หน่วยความจำประเภทนี้เหมาะสำหรับข้อมูลที่ต้องการอ่านหรืออ่านบรรจุค่าไว้

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อเนื่องกันไปทีละมากๆ ข้อมูลหรือการคำนวณประเภทที่ต้องการอ่าน หรือ เก็บข้อมูลที่เก็บไว้อย่างไม่เป็นระเบียบ หรือ เรียงตามลำดับจึงไม่เหมาะกับหน่วยความจำประเภทนี้ ดังนั้นถ้าหาก N มีค่ามากลำดับข้อมูล x(n) ไม่อาจเก็บในแรมได้หมดที่เหลือจำเป็นต้องบรรจุในเทปแม่เหล็ก ถ้าพิจารณา FFT แบบต่างๆ ที่ได้กล่าวมานั้นต่างต้องการหน่วยความจำแบบเก็บไว้ได้อย่างไม่ต่อเนื่องได้ ตัวอย่างเช่น กราฟการไหลของรูป 2.38 (ก.) ข้อมูลเข้าของหน่วยผีเสื้อสำหรับการคำนวณสัญญาณระหว่างกลาง $x_1(n)$ จะถูกเก็บในหน่วยความจำตำแหน่งถัดไป แต่สำหรับข้อมูลเข้าของหน่วยผีเสื้อที่ใช้คำนวณ สัญญาณ x(n) นั้นอยู่ห่างข้ามถัดไปหนึ่งตำแหน่ง ถ้าหาก N มีค่ามากการคำนวณสัญญาณระหว่างกลางมีมากขึ้น ข้อมูลเข้าหน่วยผีเสื้อก็อยู่ถัดไปเรื่อย และเป็นไปได้ที่อาจจะถูกเก็บลงไปหน่วยความจำต่างชนิดกันได้

ซิงเกิลตัน (R.C. Singleton) ได้เสนอ FFT แบบที่สามารถใช้กับข้อมูลสัญญาณเข้า N ขนาดใหญ่ เช่น N=65536 เป็นต้น ลำดับการนี้สามารถใช้คำนวณกับข้อมูลที่เก็บอยู่บนเทปแม่เหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ รูป 2.40 (ค) เป็นกราฟการไหล แสดงวิธีการคำนวณของ FFT แบบนี้ จะเห็นว่า การคำนวณสัญญาณระหว่างกลาง หรือ ผลลัพธ์ มีขั้นตอนการคำนวณที่เหมือนกัน ดังนั้นถ้าหากเรามีเทปแม่เหล็กอยู่ 4 ม้วน การคำนวณก็ทำได้โดยการแบ่งลำดับสัญญาณออกเป็น 2 ส่วน ส่วนละ N/2 จุดเท่า ๆ กัน ข้อมูลเข้า N/2 จุดแรกจะเก็บไว้ในเทปแรกเป็นลำดับจากนั้นเมื่อคำนวณสัญญาณระหว่างกลางได้ ก็เก็บในเทปม้วนที่สองตามลำดับเช่นกัน เทปอีกสองม้วนก็ทำเช่นเดียวกันกับสองม้วนแรกแต่เป็นการคำนวณสำหรับ ข้อมูล N/2 จุดหลัง จากนั้นในการคำนวณสัญญาณระหว่างกลางต่อนถัดไป เทปแม่เหล็กที่เก็บผลลัพธ์ก็จะทำหน้าที่เป็นเทปข้อมูลเข้า และเทปสำหรับข้อมูลเข้าเดิมก็นำมาใช้สำหรับเก็บผลลัพธ์ต่อไป ด้วยการคำนวณตามรูป 2.37 และการสลับหน้าที่ไปมาของเทปแม่เหล็กนี้จึงทำให้การคำนวณทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 โครงสร้างของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์

การ์ดซาวน์บลาสเตอร์เป็นการรวมเอาการ์ด 5 การ์ดเข้าด้วยกัน คือ

CMS Game Blaster Card โดยนำเอา Sterio Chip มาใช้บนการ์ดซาวน์บลาสเตอร์

Adlib Music Synthesizer card โดยนำเอา FM Chip (หัวใจของ Adlib card) มาใช้บนการ์ดซาวน์บลาสเตอร์

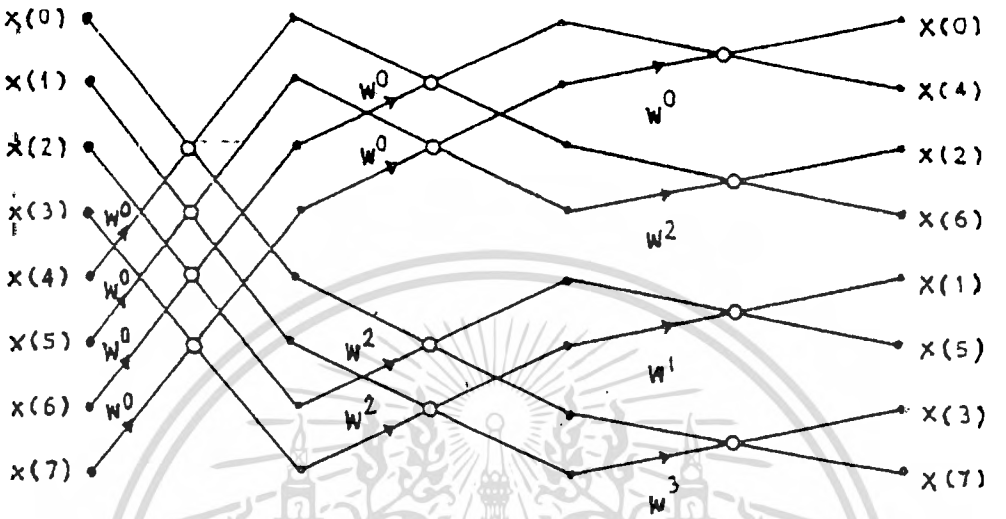
Digital Sound Procedding (DSP) Card เพื่อทำงานเกี่ยวกับเสียงแบบดิจิตอล และอนาล็อก

มิดี้ Card เพื่อใช้สื่อสารกับสัญญาณอื่น ๆ แบบ synthesizer

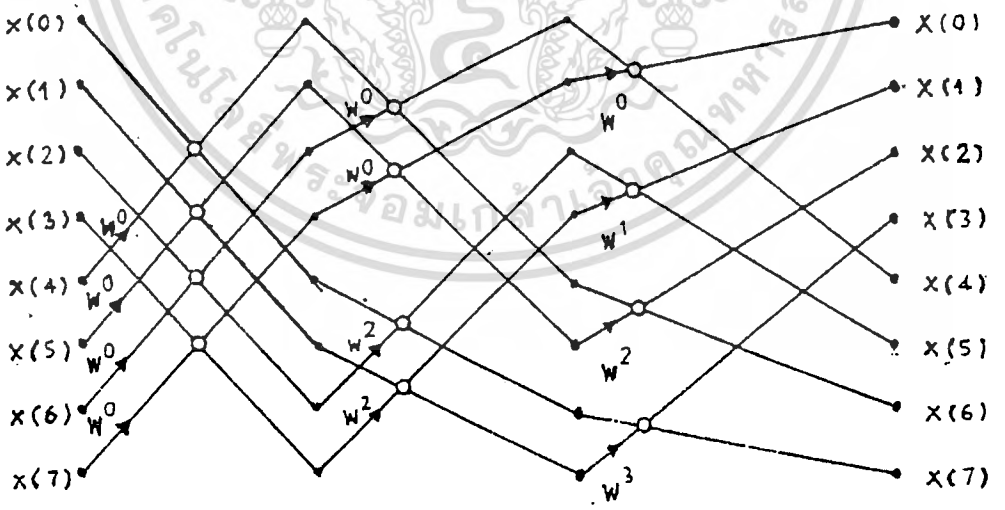
Joystick Card เพื่อเล่นเกมส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในที่นี้จะกล่าวถึงฟังก์ชันทั้งหมด และพื้นฐานทางกายภาพของเสียง

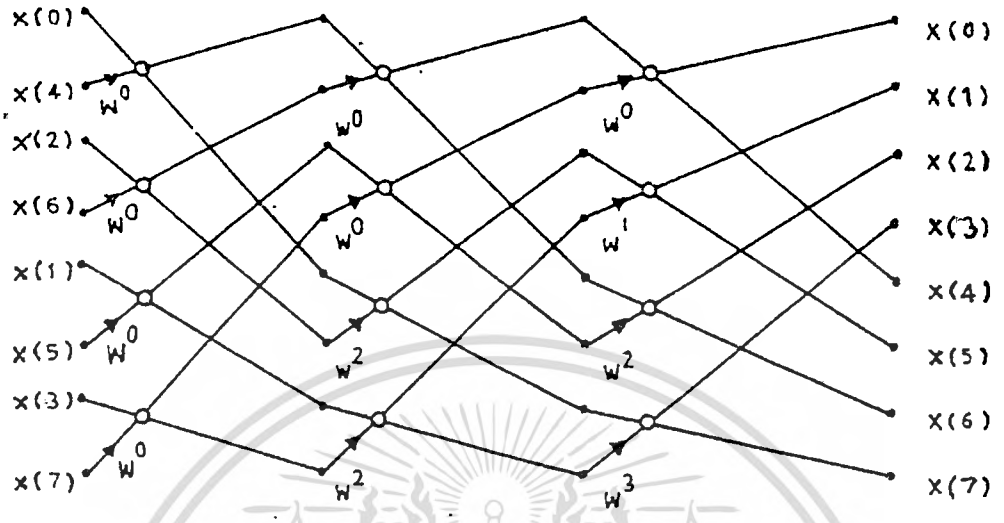


รูปที่ 2.40 (ก.) วิธีของคูลีย์ และ ทูคีย์



รูปที่ 2.40 (ข.) วิธีของ เยนเทิลแมน และ แนดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.40 (ค.) วิธีของ ซิงเกิลตัน

รูปที่ 2.40 กราฟสัญญาณไหลแสดง FFT แบบลดทอนทางเวลา

2.3.1 ลักษณะทางกายภาพของเสียง

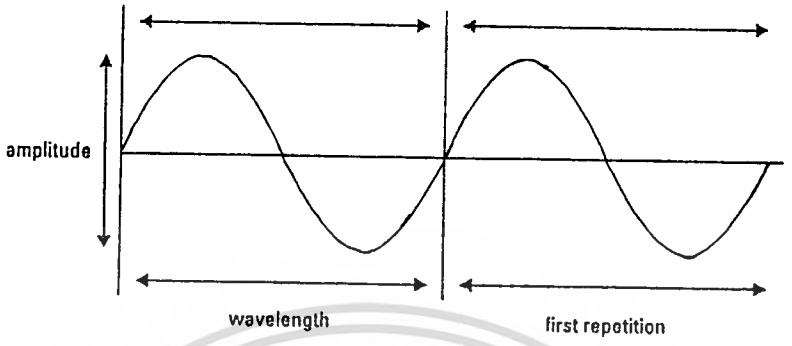
เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนเรียกว่า "คลื่นเสียง" เมื่อคลื่นเสียงถูกผลิตขึ้นซ้ำ ๆ กันเป็นจังหวะ ๆ จะเกิดเป็นเสียงความถี่คงที่ เมื่อคลื่นเสียงเกิดไม่เป็นจังหวะ จะเกิดเป็นระดับต่ำ ๆ หรือไม่เกิดเลยและให้กำเนิดเสียงที่ไม่คงที่เป็นเสียงปัง หรือ คลิก

ความถี่ของเสียงถูกกำหนดด้วยเลขที่เป็นจำนวนการเกิดคลื่นเสียงซ้ำในหนึ่งคาบเวลา ระดับเสียงถูกกำหนดโดยความถี่ ถ้าความถี่สูงระดับเสียงก็จะสูง หน่วยที่ใช้วัดความถี่เรียกว่า เฮิร์ท หรือเขียนย่อ ๆ ว่า Hz (Hertz) เป็นหน่วยของคลื่นเสียงต่อวินาที โดยหูของคนจะได้ยินเสียงในช่วง 20 Hz-20 KHz (สั่น 20,000 ครั้งต่อวินาที)

เพื่อที่จะได้มีความเข้าใจเกี่ยวกับคลื่นเสียงและการใช้งานคลื่นเสียงดูรูป 2.41 ซึ่งเป็นรูปของภาพของสัญญาณเสียงที่เป็นสัญญาณไซน์ (Sine Curve) ในรูปจะเป็นการพล็อตเมื่อสัญญาณเปลี่ยนตัวอย่างจากรูปเสียงนี้เกิดจากการเป่าฟลุต เข้าไมโครโฟนของออสซิลโลสโคป และจะปรากฏคลื่นจำลองบนออสซิลโลสโคป ดังรูป 2.41

ในรูปแกน n แสดงถึงเวลาและแกน y แสดงถึงขนาดแอมปลิจูดในการวัดสิ่งต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้นของคลื่นเสียง ความสูงของแอมปลิจูดจะแสดงถึงความดังของเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.41 ลักษณะของสัญญาณไซน์

2.3.2 ฟังก์ชันของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงฟังก์ชันของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โดยละเอียด แต่จอยสติกไม่ได้ใช้งานเกี่ยวกับงานทางเสียงจึงกล่าวถึงเพียงฟังก์ชัน CMS , FM , DSP และ มิดี้

CMS (Stereo chip)

การ์ดซาวน์บลาสเตอร์ไม่ใช่การ์ดทางเสียง (Sound Card) การ์ดแรกที่ผลิตขึ้นมา แต่การ์ดนี้ผลิตโดย CreativeLabs บริษัทแรกที่ผลิตการ์ดทางเสียง คือ Game Blaster การ์ดนี้ใช้วิธีวิเคราะห์แบบเอเอ็ม (AM) การ์ด Game Baster ถูกผลิตในปี 1987 และใช้เป็นการ์ดเสียงของ IBM PC และเครื่องเลียนแบบในด้านการตลาด การ์ดนี้ไม่สามารถใช้ได้กับ Adlib Card จึงไม่เป็นที่นิยม

อย่างไรก็ตามการ์ดซาวน์บลาสเตอร์ได้รับเอาอุปกรณ์มาจาก Game Blaster คือ CMS หรือ"Creative music system" ซึ่งเป็นชิพสเตอริโอ ชิพ CMS นี้ในเวอร์ชัน 1.0 ใช้ระบบเอเอ็มในการวิเคราะห์เสียง การทำงานร่วมกับชิพ CMS จึงใช้ได้ตั้งแต่เวอร์ชัน 1.5 ขึ้นไป

เมื่อชิพ CMS ได้รับเสียง 12 เสียงที่ไม่เหมือนกันในระบบสเตอริโอจะได้เสียงที่เกิดใหม่ซึ่งไม่เหมือนเดิมในชิพนี้ เราสามารถปรับวอลลุม และความถี่ได้ โดยสามารถปรับวอลลุมได้ทั้งเอาท์พุทแชนแนลซ้ายและขวา ด้วยการปรับให้วอลลุมซ้ายและขวาได้ เท่า ๆ กัน เพื่อสร้างเสียงใหม่และระบบสเตอริโอ

ชิพ CMS นี้แม้ไม่มีสัญญาณนาฬิกาติดตั้งอยู่ แต่ก็สามารถโปรแกรมได้โดยสามารถใช้ชิพสเตอริโอนี้ทำงานกับเสียงแบบเอฟเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าไม่ติดตั้ง CMS จะทำให้ขาดเครื่องทุ่นแรงใน 2 ลักษณะคือ

เมื่อเราต้องการเขียนโปรแกรมให้ซอฟแวร์ต้องใช้งานร่วมกับ CMS

เมื่อมีเกมส์ก็ต้องใช้งานร่วมกับ CMS

อย่างไรก็ตามมีการสำรองใช้งานชิพ CMS ไว้แล้ว เมื่อชิพ CMS ถูกนำมาใช้ในการ์ดซาวน์บลาสเตอร์ ซึ่งทำเลียนแบบ Game Blaster ซึ่งไม่มีการใช้ชิพ CMS ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้มัน

การแปลงความถี่เสียงด้วยชิพ FM

คำว่า "FM ย่อมาจาก Frequency Modulation" ด้วยชิพตัวนี้ เราสามารถแปลง ความถี่เสียงได้ด้วยการผสมสัญญาณไซน์กับสัญญาณเอฟเอ็ม ความถี่เสียงที่ผลิตขึ้นมานี้สามารถทำ ให้เกิดได้ 3 ลักษณะ คือการออกเสียง, timebre, ระดับสัญญาณ ดังนั้นเราสามารถตกแต่งแก้ไข เสียงทั้ง 3 นี้ได้ด้วยชิพเอฟเอ็ม

การกำหนดลักษณะของชิพ FM

กำหนดเสียงได้ 11 เสียง แบ่งเป็นเสียงพูด 6 เสียง และเสียงดนตรี 5 เสียง ซึ่งทั้ง 6 เสียงนี้เราสามารถสร้างได้ตามใจชอบ แต่เสียงดนตรี 5 เสียงจะมีข้อจำกัด

กำหนดเสียงเอฟเอ็มได้ 9 เสียง ทั้ง 9 เสียงสามารถกำหนดได้ตามใจชอบ

ชิพเอฟเอ็มสามารถผลิตเสียงทั้ง 11 เสียง ให้มีความถูกต้องและชัดเจนสูงในเวลาเดียวกัน

การประมวลผลสัญญาณดิจิตอลด้วยวิธีของ Hamding

โดยปรกติแล้วคลื่นเสียงจะเป็นแบบอนาล็อกการขึ้นลงของสัญญาณจะเปลี่ยนแปลงความถี่และแอมปลิจูดอ่อย่างต่อเนื่อง จะพบว่าคอมพิวเตอร์ไม่สามารถเก็บเสียงนี้ไว้ได้ ในการเก็บรักษาเสียง มีรูปแบบที่ต้องการให้คอมพิวเตอร์เก็บรักษาเสียงหรือผสมกับข้อมูลในหน่วยความจำได้ หรือกล่าวได้ว่า ต้องการสื่อความหมายแบบดิจิตอลโดยการแปลงสัญญาณอนาล็อก เป็นเลขดิจิตอลซึ่งคอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจได้

การทำคลื่นเสียงให้เป็นค่าดิจิตอล คอมพิวเตอร์จะต้องมีวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (ADC) มาจัดการกับเสียง ADC จะเปลี่ยนข้อมูลนี้เป็นเลขด้วยวิธีการนี้ คอมพิวเตอร์สามารถที่จะสร้างสัญญาณ แซมปลิ้ง ได้เป็น 1,000 Hz เพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

การแซมปลิ้ง บางครั้งก็ทำให้สัญญาณเกิดการสูญเสียได้เพราะ ADC แซมปลิ้งได้ไม่ต่อเนื่อง อาจจะเกิดการผิดเพี้ยนขึ้นในคาบสัญญาณระหว่างแซมปลิ้ง นี่คือเหตุผลที่ว่า ทำไมแซมปลิ้งเรทสูงๆ ทำงานได้ความแน่นอนสูงกว่า โดยแซมปลิ้งเรท คือการเรียกเลขของคาบเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อวินาทีที่สัญญาณเสียงถูกสุ่มมา เช่นสัญญาณเสียงถูกอ่านที่ 1/8000 ของวินาที ดังนั้นแซมปลิ้งเรทคือ 8000

เมื่อต้องการทำสัญญาณกลับมาอย่างเดิม เราต้องใช้การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก (DAC) หรือเรียกอีกอย่างว่า "dack" DAC เป็นการแปลงตัวเลขเป็น สัญญาณอนาล็อก (ระดับแรงดัน) และนำสัญญาณนี้ไปใช้งาน ขั้นแรกแรงดันจะผ่านไปที่จุดต่อเสียงออกจากนั้นจะผ่านไปที่วงจรขยายเสียงและสิ้นสุดลงที่ลำโพงซึ่งจะเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้า เป็นเสียง

อัตราการแซมปลิ้งเรทมีความสำคัญที่จะใช้ในการอ่านคลื่นเสียงดังรูป 2.42 แสดงรูปสัญญาณเดียวกันแต่มีอัตราการแซมปลิ้งต่างกัน จากรูปแซมปลิ้งเรทต่ำจะให้รูปร่างสัญญาณผิดเพี้ยนไปประโยชน์เพียงอย่างเดียวของแซมปลิ้งเรทต่ำคือใช้หน่วยความจำน้อย

ADC ที่ทำหน้าที่บันทึกและเก็บสัญญาณอนาล็อก และ DAC ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่บันทึกไว้ กลับมา สามารถรวมเข้าด้วยกันเป็น DSP (Digital Sound Processor)

รูปที่ 2.42 แซมปลิ้งเรทสูง และ แซมปลิงเรทต่ำ

อุปกรณ์ที่ใช้ติดต่อกับมิดี้

มิดี้ (Music Instrument Digital Interface) หรืออีกชื่อหนึ่งคือ "middy" เป็นอินเตอร์เฟสแบบอนุกรมแบบมาตรฐานเพื่อใช้วิเคราะห์เสียง สร้างเสียงดนตรีและคอมพิวเตอร์ มิดี้เป็นอุปกรณ์มาตรฐานที่ช่วยในการเข้ารหัสดนตรีและเสียงได้อย่างถูกต้อง เพื่อติดต่อกันระหว่างอุปกรณ์ด้วยกัน

ในปัจจุบันนี้นักแต่งเพลงมักจะทำงานด้วยซีนทิไซเซอร์ในความเป็นจริงแล้วเพลงที่แต่งขึ้นทั่วๆ ไปคอมพิวเตอร์ และซีนทิไซเซอร์ เป็นสิ่งที่จำเป็น เพราะนักดนตรีและนักแต่งเพลง มักจะใช้ซีนทิไซเซอร์เสมอๆ ด้วยมิดี้เราสามารถสร้างเสียงที่แตกต่างจากเสียง ธรรมดา อย่างไรก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิดี้ก็ได้รับการยอมรับจากทั่วโลก นี่คือเหตุผลที่มิดี้เป็นหัวใจ ของคนตรีและการ์ดเสียงทั้งหมด และเหตุนี้การ์ดซาวน์บลาสเตอร์จึงนำเอามิดี้มาใช้

ขั้วต่อของมิดี้สามารถเสียบจอยสติกและสามารถใช้ มิดี้ ได้กับ 6 ข้อมูลในเวลาเดียวกัน 5 ใน 6 ข้อมูลจะรับข้อมูลมาจากมิดี้ ข้อมูลทั้ง 5 นี้จะเรียกว่า "slave" เพราะสามารถใช้ข้อมูลนี้แบบเดี่ยวๆ ด้วยการรับข้อมูลมาที่มิดี้ สัญญาณที่ 6 ของ มิดี้ เรียกว่า "master" เราสามารถใช้มันได้ตามใจเรา

เมื่อมีการเล่นเพลง master จะแปลงโน้ตเป็นรหัสของมิดี้และจะส่งข้อมูลนี้ไปที่ขั้วต่อสัญญาณของมิดี้ จากนั้นก็จะเข้าสู่การ์ดซาวน์บลาสเตอร์

มิดี้จะมีพอร์ทอยู่ 2 พอร์ท คือ

MIDI In ใช้รับรหัสของมิดี้

MIDI Out ใช้ส่งรหัสของมิดี้

สายสัญญาณมาตรฐานที่ใช้ต่อมิดี้จะเป็นสายต่อแบบ 5-pin DIN

มิดี้สามารถสร้างโปรแกรมด้วยซีนทีไซเซอร์ เช่นการสร้างเสียงขึ้นมาด้วยซีนทีไซเซอร์ และเล่นด้วยมิดี้

2.3.3 ฟังก์ชันของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร

ข้อแตกต่างของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์กับการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร คือ การ์ดซาวน์-บลาสเตอร์โปรออกแบบมาใช้กับเสียงระบบสเตอริโอ ฟังก์ชันที่เหมือนกันของการ์ดซาวน์บลาส-เตอร์ และการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร ถ้าไม่นับชิพ CMS แล้วมีดังนี้

ชิพเอฟเอ็ม 2 ตัว ซึ่งเรียกว่าชิพเอฟเอ็มสเตอริโอ ซึ่งทำให้มันแตกต่างจากชิพโมโนของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์

ชิพ DSP สามารถบันทึกและเล่นเสียงระบบสเตอริโอ

ปรับปรุงการอินเทอร์เฟสมิดี้ใหม่

มีฮาร์ดแวร์สำหรับซีดี-รอม

มีขั้วต่อพิเศษเพื่อต่อสัญญาณเข้าจากภายนอก หรือจากซีดี-รอม โดยสามารถผสมเสียงเข้าด้วย กันได้โดยการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FM แบบสเตอริโอ

การผลิตเสียงระบบสเตอริโอ มีการนำเอาชิพเอฟเอ็ม 2 ตัวที่เหมือนกันมาใส่บนการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร โดยชิพแรกใช้กับแชนแนลซ้ายและอีกชิพหนึ่งใช้กับแชนแนลขวา เพราะการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร มีการทำงานเหมือนกับการ์ดซาวน์บลาสเตอร์แบบธรรมดา ดังนั้นการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร จึงสามารถทำงานแบบโมโน ในโหมดการทำงานแบบโมโนจะใช้คำสั่งเหมือนกัน และข้อมูลที่ถูกส่งไปทั้งที่แชนแนลขวาและซ้าย เราสามารถปรับวอลลุมของแต่ละแชนแนลเพื่อปรับให้เป็นเสียงสเตอริโอ

บนชิพเอฟเอ็มทั้งสองตัวนั้นสามารถรับสัญญาณเข้ามาที่แชนแนลซ้ายและขวาได้แชนแนลละ 9 สัญญาณแตกต่างกัน รวมเป็น 18 สัญญาณ ในการกำหนดเสียงทั้ง 11 เสียงนั้น แต่ละเสียงสามารถมีสัญญาณร่วมกันได้ 6 สัญญาณ ดังนั้นจึงมีการกำหนดสัญญาณรวมกันจาก 2 แชนแนลเป็น 2 สัญญาณ

เราสามารถสร้างเสียงสเตอริโอจากเสียงโมโน เช่นจะสร้างเสียง ปิ๊ง และเสียง ดิ๊ง เพื่อใช้ในเกมส์เขาวงกต

ชิพ SP ของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร

การ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปรใช้ชิพ DSP ที่พัฒนามาจากของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์ ชิพ DSP ของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร สามารถบันทึกเสียงสเตอริโอและสร้างเสียงสเตอริโอขึ้นมาได้ เมื่อปรับปรุงเสียงแล้วจะประหยัดหน่วยความจำ การแซมปลิ้งของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร จะอ่านหรือจะจัดทำสัญญาณ 1 ไบท์ ของแชนแนลซ้ายสลับกับ 1 ไบท์ของแชนแนลขวา ดังนั้นระหว่างหน่วยความจำสองส่วนนี้จะต้องมีช่องว่างอยู่ การ์ดซาวน์บลาสเตอร์ จะมีขีดจำกัดของแซมปลิ้งเรท เช่นการบันทึกที่ 13 KHz และ การทำเสียงที่ 23 KHz ในโหมดโมโนจะต้องมีแซมปลิ้งเรท ถึง 44 KHz แต่ในโหมดสเตอริโอแซมปลิ้งเรท คือ 22 KHz ซึ่งเป็นครึ่งหนึ่ง ของโหมดโมโน

ความสามารถของมิดี้บนการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร

ในส่วนของมิดี้ (มิดี้) ได้อินเทอร์เฟสให้การ์ดซาวน์บลาสเตอร์ สามารถอ่าน หรือแปลงสัญญาณเดิมที่รับมาจากภายนอกโดยตัวมิดี้เอง อย่างไรก็ตามความแตกต่างจากการ์ดซาวน์บลาส-เตอร์โปร คือการ์ดซาวน์บลาสเตอร์ไม่สามารถอ่านและแปลงสัญญาณในเวลาเดียวกันได้ เมื่อพิจารณาดูจะพบว่าการ์ดซาวน์บลาสเตอร์ทำงานแบบฮาร์ฟดูเพล็กซ์ และการที่อินเทอร์เฟสจะเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ได้นั้นจะต้องสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่เป็นฟูลดูเพล็กซ์

การอินเทอร์เฟสของมีดี้บนการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร จะเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ซึ่งเราสามารถสลับการอ่านและเขียนด้วย มิดี้ ไปมาได้ มันจึงเป็นสิ่งที่ดีสำหรับคนเขียนโปรแกรม

ความสัมพันธ์ของ CD-ROM กับการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร

หัวอ่านซีดีรอม (CD-ROM) ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะมีแพร่หลายในเร็วๆ นี้ ถ้าราคาของซีดีรอมถูกลงมาจน ผู้ใช้ส่วนมากสามารถซื้อได้

การผลิตหัวอ่านซีดีรอม จะต้องให้ราคาต่ำลงกว่านี้ เพราะการผลิตเกมส์โดย Sierra and Lucas Arts เริ่มที่จะมีเกมส์บนซีดีรอม ถ้าต้องการเล่นเกมส์แบบนี้จึงต้องติดตั้งหัวอ่านซีดีรอม

ซีดีรอมมีการทำงานเหมือนกับคอมแพคดิสก์ (CD) ดังนั้นดิสก์นี้จึงเก็บข้อมูลมากถึง 552 Mb แต่ซีดีรอมไม่สามารถเขียนข้อมูลลงไปได้สามารถอ่านได้อย่างเดียว

คุณสมบัติของเครื่องที่จะใช้งานซีดีรอมร่วมกับการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร

หัวอ่านซีดีรอมสามารถที่จะต่อใช้งานกับการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปรได้ แต่ฮาร์ดแวร์จะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

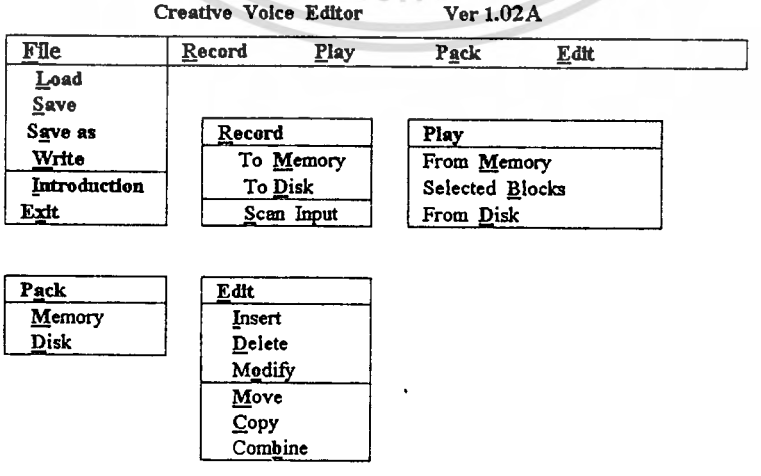
ต้องสามารถเล่นสัญญาณเสียงของคอมแพคดิสก์

จะต้องมีหัวอ่าน High Sierra standard ซึ่งใช้กับซีดีรอม

ต้องมีขั้วต่อที่สามารถอินเทอร์เฟสซีดีรอมกับการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปรแต่เจ้าของลิขสิทธิ์นี้คือ Creative Labs CD_ROM drives ซึ่งไม่ใช่การอินเตอร์เฟสแบบ SCSI

ต้องมีขั้วต่อเสียง 4 ขั้วซึ่งใช้ต่อสัญญาณเสียงของซีดีกับการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร

ต้องมีโปรแกรมไดรเวอร์ซึ่งทำให้หัวอ่านซีดีรอมอ่านข้อมูลได้



รูปที่ 2.43 เมนูหลักของ Vedit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ์ดซาวน์บลาสเตอร์กับการสร้างเสียง

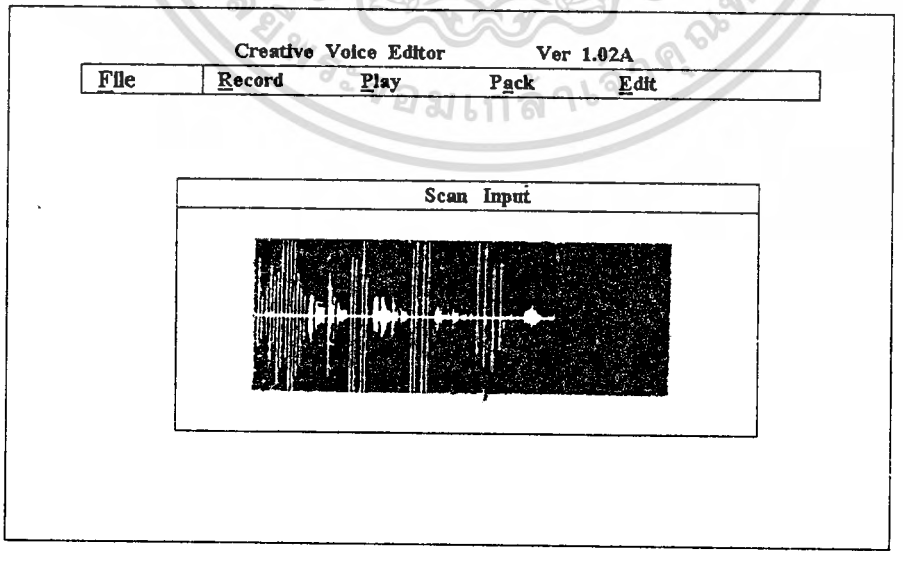
การบันทึก,การเล่นและการแก้ไข

เมื่อเรียกใช้โปรแกรม Vedit จะปรากฏเมนูหลัก (main menu) ซึ่งประกอบด้วย 5 ส่วน คือ File Record, Play, Pack และ Edit ดังรูป 2.43

การเรียกใช้ และการเก็บข้อมูล

ในเมนู File สามารถเรียกใช้ (load) และบันทึก (Save) สัญญาณ มีรายละเอียดดังนี้คือ

ตัวเลือก	การใช้งาน
Load	นำเอาสัญญาณจากดิสก์ออกมาใช้เมื่อเลือกที่ตัวนี้จะเห็นไดเร็กตอรี ซึ่งแสดงไฟล์ .VOC เมื่อเลือกไฟล์แล้วบล็อกของไฟล์จะปรากฏขึ้นมาก็จะสามารถลบ เคลื่อนย้าย เล่น หรือปรับปรุง
Save	จะเขียนไฟล์ที่เรียกออกมากลับไปที่เดิม
Save as	จะเหมือนกับ Save แต่สามารถเขียนชื่อไฟล์เป็นอะไรก็ได้
Write	เขียน vlock ของสัญญาณลงใน
Introdution	จะแสดงข้อมูลของตัวมันออกมา
Exit	กลับสู่ดอส



รูปที่ 2.44 หน้าจอของ Scan Input

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบันทึกสัญญาณ

ในเมนูนี้มี 3 ฟังก์ชัน คือ To Memory, To Disk และ Scan Input ชื่อของ menu หมายความว่า สามารถบันทึกเสียงบนหน่วยความจำ(memory)หรือดิสก์

เมื่อเลือก Scan Input ก่อนจะเริ่มบันทึกก็จะตรวจสอบว่ามีอินพุทเข้ามาที่ไมโครโฟน ของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์หรือไม่ถ้าไม่มีสัญญาณเข้ามาจะไม่ปรากฏอะไรเลยแต่จะปรากฏเส้นตรงในกรอบของอินพุท แต่ถ้ามีสัญญาณเข้ามาก็จะแสดงรูปลักษณะสัญญาณในกรอบ ดังรูป 2.44

เมื่อการ์ดซาวน์บลาสเตอร์รับสัญญาณเข้ามาแล้วเราเลือก To Memory หรือ To Disk ก็จะบันทึกสัญญาณไปที่นั้น และการ์ดซาวน์บลาสเตอร์ก็จะกำหนดแซมปลิ้งเรท และถ้าเลือก To Disk ก็จะต้องกำหนดชื่อไฟล์ข้อมูล

เมื่อการบันทึกข้อมูลสำเร็จแล้วและต้องการเรียกสัญญาณออกมาจะแสดงกรอบซึ่งแสดงบล็อกของสัญญาณดังรูป 2.45 ในการแสดงรูปเมื่อแสดงสัญญาณแล้วที่บรรทัดสุดท้ายจะแสดงคำว่า "terminator"

เราสามารถเลือกบล็อกโดยการใช้เมาท์ชี้บนบล็อก เช่นต้องการเลือกบล็อกสำหรับเล่นให้ไปเลือกที่ Select block บนเมนู play จากนั้นจึงสามารถเล่นได้

การเลือกบล็อกกดปุ่มเมาส์ทางซ้ายของบล็อกที่เลือกจะเป็นแถบสว่าง ถ้าจะเลือกบล็อกอื่นให้ลากเมาส์ลงมาจนถึงบล็อกที่ต้องการ

การเล่นกลับเสียง (Playing Sample)

เราสามารถจะแสดงผลบล็อกที่เลือกได้โดยการเลือกไปที่ Select block ของเมนู Play เช่น เมื่อเราจะแสดงผลของบล็อกที่เลือกจากเมนู Play เราสามารถแสดงผล สัญญาณที่เก็บไว้ในหน่วยความจำหรือจากดิสก์

ตัวเลือกสำหรับการจัดเก็บสัญญาณ

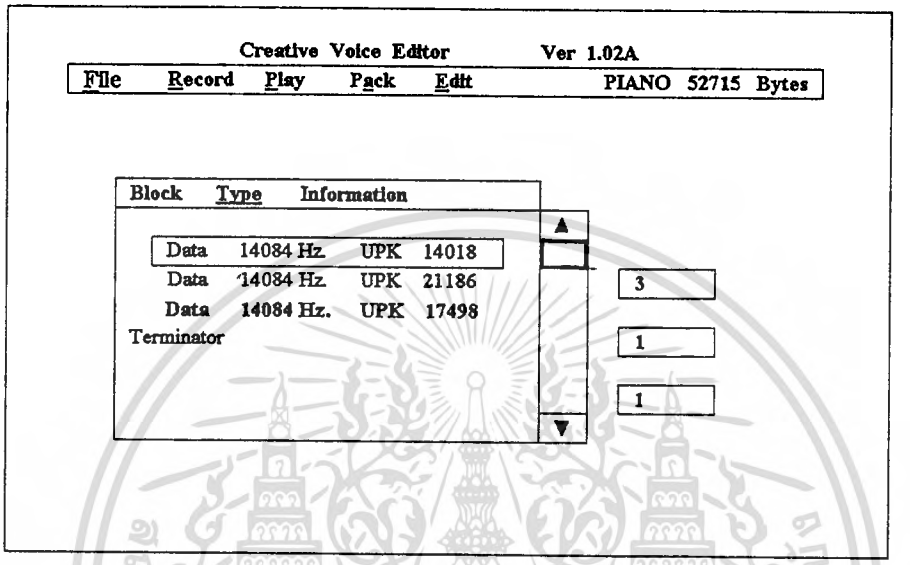
เราสามารถเก็บสัญญาณไว้บนดิสก์ว่างๆ ได้ ดังนั้น Vedit จึงมีเมนู Pack เพื่อที่จะเก็บข้อมูลลงบนดิสก์ว่าง เราสามารถรวมสัญญาณ (Packing) 2 , 3 หรือ 4 สัญญาณ ซ้ำ ๆ กันโดยย่อลงมาเป็นค่า ๆ เดียวการรวมสัญญาณนี้สามารถลดขนาดของไฟล์ข้อมูลได้ มากกว่า 2/3 ของขนาดไฟล์เดิม ในเมนู Pack จะมีตัวเลือกอยู่ 2 ตัวเลือก

Memory เป็นการรวมสัญญาณเสียงระบบดิจิตอลเก็บในหน่วยความจำ

Disk เป็นการสัญญาณเสียงระบบดีจิตอลเก็บเป็นไฟล์ลงบนดิสก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรวมสัญญาณ มี 2 ชนิด คือ "Silence block packing" และ "Data block packing" การทำงานของ Silece block packing เป็นการย่อคำ และการทำงานของ Data block packing เป็นการย่อไฟล์



รูปที่ 2.45 การสุ่มตัวอย่างบล็อกที่ใช้ส่งข้อมูล

การแก้ไขและการบันทึกสัญญาณ

เมนู Edit เป็นเมนูสุดท้ายของเมนูหลักเมนูนี้ใช้ตัดหรือเพิ่มข้อมูลเดิมที่มีอยู่แล้วเมนู Edit มีฟังก์ชัน ดังนี้

ตัวเลือก	การใช้งาน
Insert	เมื่อจะใช้ ASCII หรือการนำเอาบล็อกมารวมกับบล็อกที่ใช้งานให้อยู่ในกรอบของบล็อกที่ใช้ส่งข้อมูล (block Information)
Deleate	ลบบล็อกที่กำลังใช้งานอยู่ออก
Modify	เมื่อเปิดเมนู Modify ออกมาสามารถเปลี่ยนรูปร่างของสัญญาณ
Move	เปลี่ยนตำแหน่งของบล็อกที่ถูกเลือก
Copy	คัดลอกบล็อกที่ถูกเลือกไปไว้ที่ท้ายบล็อกปัจจุบัน
Combine	รวมหลายบล็อกมาเป็นบล็อกเดียว แต่ไม่ใช่กรณีมาผสมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของบล็อก

มีบล็อกอยู่ 4 ชนิด ที่สามารถแทรกลงไปในบล็อกที่กำลังใช้งานซึ่งอยู่บนกรอบบล็อกที่ใช้ส่งข้อมูล

บล็อก Silence เป็นคาบเวลาของ Silence โดยการนำเอาเสียงระดับต่ำมา แทนที่บล็อก Silence เพื่อรักษาดิสก์ที่ว่างไว้

บล็อก ASCII เป็นการนำเอารหัสของ ASCII เข้ามาเพื่อเป็นรหัสของบล็อกเสียง

บล็อก Repeat เป็นการนำเอาสัญญาณมาใช้งานซ้ำๆ

บล็อก Marker ใช้เพื่อทำให้เกิดภาพในมัลติมีเดีย (multimedia) โดยมัลติมีเดียนี้สามารถอ่านบล็อกนี้และทำการซิงโครไนซ์เสียงกับภาพ

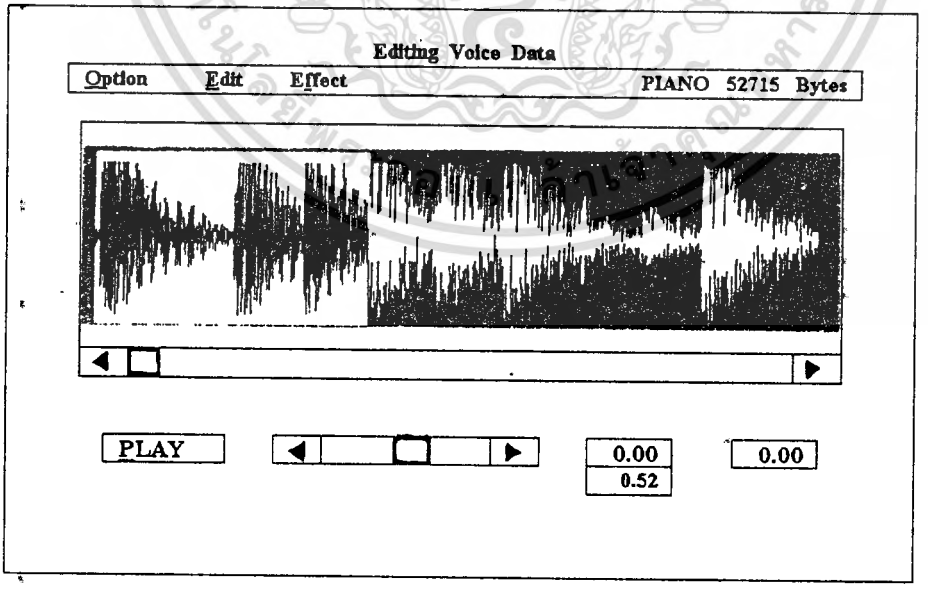
การเลือกบล็อกข้อมูล

เมื่อเลือกไปที่ Modify ของเมนู Edit หน้าจอจะแสดงดังรูป 2.46 จากหน้าจอนี้สามารถเลือกที่จะนำบล็อกข้อมูลนั้นมาแก้ไขได้ การเลือก และการแก้ไขบล็อกข้อมูลทำได้ดังนี้

เลื่อนเมาส์ไปตรงตำแหน่งที่ต้องการของรูปสัญญาณ

กดเมาส์ด้านซ้ายจะปรากฏเส้นทางแนวตั้ง

การเลือกบล็อกข้อมูลกดเมาส์ แล้วลากเมาส์ไปยังท้ายตำแหน่งที่ต้องการ



รูปที่ 2.46 การแก้ไขบล็อกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแก้ไขบล็อกข้อมูล

เมื่อเราเลือกบล็อกข้อมูลแล้วก็เริ่มแก้ไขได้เลย ข้อควรระวังคือ ตรงคำว่า Play และแถบคำว่า Zoom บนจอภาพ (ดูรูป 2.46)

Play คือ การแสดงรูปสัญญาณ

Zoom คือ การขยายรูปสัญญาณ เมื่อเลื่อนแถบไปทางซ้ายและเป็นการลดขนาด เมื่อเลื่อนแถบไปทางขวา

อุปกรณ์เหล่านี้ใช้เมื่อดูและแสดงรูปสัญญาณของเมนูที่ต้องการจะแก้ไข

เพื่อเป็นการช่วยให้การแก้ไขรูปสัญญาณทำได้ง่ายเข้า จอภาพ Editing จะมีเมนู ให้เลือกอีก 3 ตัวคือ ตัวเลือก , Edit และ Effect

ตัวอย่าง ตัวเลือก ยังมีเมนูอีก 3 ตัว คือ

ตัวเลือก	**การใช้งาน**
Split block	แบ่งรูปสัญญาณออกเป็น 2 บล็อกตรงจุดที่เลือก
Edit sampling rate	จะให้เลือกใส่ค่าแซมปลิ้งเรทใหม่
Exit	กลับสู่เมนูหลัก

ตัวอย่าง Edit ยังมีเมนูให้เลือกดังนี้

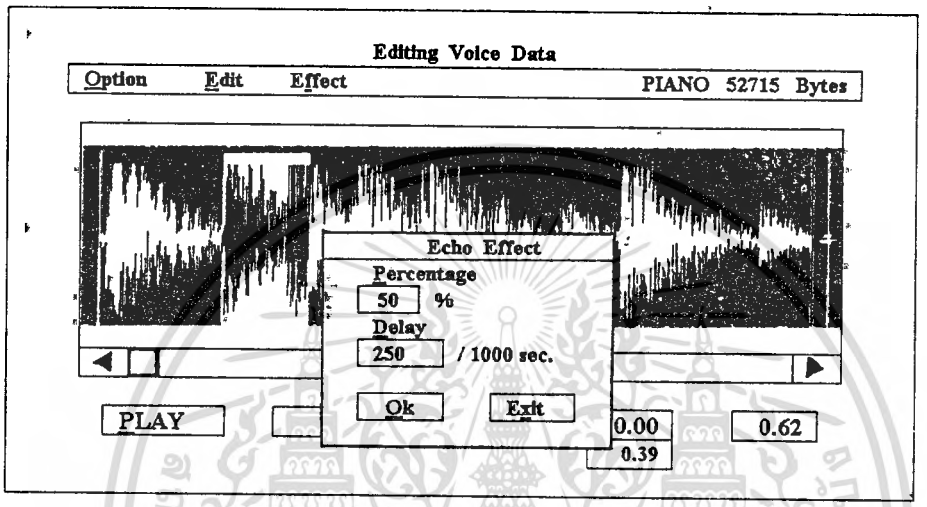
ตัวเลือก	**การใช้งาน**
Save	เขียนบล็อกข้อมูลเก็บไว้เป็นไฟล์
Cut	ย้ายบางส่วนของรูปสัญญาณไปเก็บไว้ในบัฟเฟอร์ และนำไปใช้ที่อื่นได้
Paste	นำข้อมูลจากบัฟเฟอร์แทรกตรงจุดที่ต้องการ
Fill	เติมข้อมูลลงบนบล็อกข้อมูลด้วยค่าใดค่าหนึ่ง
Insert	ทำงานเหมือน Fill แต่เป็นการเติมลงในไฟล์ที่เก็บรูปสัญญาณ

ตัวอย่าง ของ Effect มีดังนี้คือ

ตัวเลือก	**การใช้งาน**
Amplity	เมื่อเลือกที่จะขยายบล็อก เพื่อทำให้เกิดเสียงดังยิ่งขึ้น เมื่อเราเลือก ตัวเลือกนี้ จะปรากฏกรอบไดอะล็อก (dialog box) เล็กๆ ขึ้นมาให้ใส่ค่าเปอร์เซ็นต์ของอัตราขยายที่ต้องการเช่น 50% จะต่ำลงคือการขยายครึ่งเท่า และ 200%คือขยายเป็น 2 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Echo ถ้าจะใส่เสียงก้อง (echo) เมื่อเลือก ตัวเลือก นี้ จะปรากฏกรอบไดอะล็อก เพื่อใส่พารามิเตอร์ 2 ตัวคือ เปอร์เซ็นต์ และ ดีเลย์ ดังรูปที่ 2.47 โดย พารามิเตอร์ตัวแรกจะเป็นวอลลุมของเสียงก้อง และพารามิเตอร์ตัวที่ 2 จะเป็นเวลาที่จะให้เสียงแรกผ่านไปเท่าใดจึงจะเกิดเสียงก้องซ้ำ



รูปที่ 2.47 การสร้างเสียงก้อง

2.3.5 Sequencer Plus Junior

Sequencer Plus Junior (SpJr) สร้างขึ้นมาโดยบริษัท Voyetra และเป็นซอฟแวร์ของมิดี้ โดยโปรแกรมสามารถบันทึก,จัดเรียง,ผสม และผลิตข้อมูลของมิดี้

Sequencer Plus Jonior สามารถใช้งานได้ครอบคลุมเพราะใช้งานได้กับการ์ดซาวน์บลาส-เตอร์ มิดี้คิท

ถ้าต้องการสร้างเสียงทุ้ม และเสียงสูงในเวลาเดียวกัน ด้วยแป้นพิมพ์เพียงแป้นเดียวเป็นเรื่องยาก แต่ปัญหานี้แก้ไขได้ง่าย เช่นต้องการเสียงเปียโนที่มีกระบวนการ คือเล่นเสียงเดียวแต่หลายครั้ง จะพบว่ามันไม่ใช่ปัญหาใหญ่ SpJr ประกอบด้วยเสียงดนตรี 64 k แทรค ซึ่งแทรคเหล่านี้จะเหมือนกับแทรคที่พบในเทปเสียง แต่ละแทรคสามารถบันทึกได้ 1 เสียงซึ่งเหมือนกับแทรค Sequencer ใน มิดี้ เราสามารถบันทึกเสียงลงแต่ละแทรคเช่นเดียวกัน

มิดี้ มีแชลแนลอยู่ 16 แชลแนล ดังนั้นจึงไม่สามารถรับส่งเสียงได้เกิน 16 เสียงใน เวลาเดียวกัน แต่ Sequencer Plus Junior มี 16 แทรคเราจะจัดการโดยให้แทรค 1-4 เป็น มิดี้แชลแนล 1 ตัวอย่างเช่น แทรค 1 เป็นเสียงเบส,แทรค 2 เป็นเสียงกลองแทร็ก,แทรค 3 เป็นกลองทอม และแทรค 4 เป็นขลุ่ย เมื่อเวลาผ่านไป 1/4 วินาที กำหนดให้เครื่องดนตรีที่ 1 เป็น แทรค 1 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องดนตรีที่ 2 เป็น แทรค 2 ฯลฯ ซึ่งสามารถเล่นมิดี้ได้ 1 แชลแนลด้วย 4 แทรค นี้ แต่ถ้ามีมิดี้หลายแชลแนลก็ใช้ ได้ทั้ง 64 แทรค

จอภาพหลัก (Main Screen)

เมื่อเริ่มใช้ SpJr จะมีหน้าจอดังรูป 2.48 ตัวเลือกของเมนูจะอยู่ด้านบน ขอบบนด้านขวาจะเป็นเลขแทรค และชื่อดนตรีแทรคถัดๆ ไปจะเป็นตัวเลือกที่จะเลือกกำหนดได้เองแถบสถานะด้านบนจะแสดงชื่อของเพลงและข้อมูลทั่วๆ ไป

BPM เป็นจังหวะของดนตรีจังหวะนี้สามารถฟังได้ตั้งแต่ 16-255 BPM

MIDI IN หรือ MIDI OUT จะแสดงสถานะของมิดี้

REC จะปรากฏขึ้นเมื่อมีการบันทึก

การบันทึกกด R ,แถบสถานะจะแสดงคำว่า REC การบันทึกได้นั้นจะต้องเป็น MIDI IN เมื่อเงื่อนไขต่างๆ ถูกต้องก็จะสามารถใช้งานมิดี้และเก็บแทรคด้วยข้อมูลมิดี้

ในส่วนของโปรแกรมหลักจะมี 4 ตัวเลือกคือ Edit,File,ตัวเลือก และ View

เมนู ตัวเลือก ที่แสดงดังรูป 2.49 มีดังนี้

ตัวเลือก	การใช้งาน
Metronome	เมื่อคอมพิวเตอร์ได้ยินเสียงเคาะจังหวะ Metronome จะทำจังหวะตามได้
lead-In	เป็นการแสดงจำนวนการเล่น และบันทึกที่ SpJr นับไว้
TS (Time Signal)	เป็นการแสดงจำนวนแทรคที่ซิงโครไนซ์เมื่อเล่น และบันทึก
มิดี้	เป็นการแสดงอุปกรณ์ที่เพิ่มเติมซึ่งนำมาใช้ร่วมกับมิดี้
มิดี้ TRUN	เป็นการรับข้อมูลเข้ามาทางพอร์ทของมิดี้ เพื่อส่งให้ชิพเอฟเอ็ม เมื่อมีการใช้ มิดี้ TRUN สามารถได้ยินเสียงที่บันทึกโดยชิพเอฟเอ็มทั้งคู่ผ่านทางการ์ดซาวน์บลาสเตอร์
VELOCITY FILTER	เป็นการกำหนดความเร็วสูงสุด มิดี้ส่วนแป้นพิมพ์นั้นไม่มีความเร็วและความไวที่แน่นอน เพราะไม่มีรีจิสเตอร์รองรับเมื่อมีการกดแป้น การใช้ ตัวเลือก นี้เพื่อกำหนดความเร็วสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Song BRANDIAD **STOP** **MEM 224648**

Tk 2- ---------- -BPM 90 MIDI : IN 1 : 0 THRU : OFF

Trk	Name	Port	Chan	Prg	Transpose	Quantize	Loop	Mute
1	TRUMPET	3	5	37	0: 5	-------	-------	-------
2	----------	1	1	2	------	-------	-------	MUTE
3	FRUTE	2	5	4	------	-------	-------	-------
4	OBOE	3	4	21	------	-------	-------	-------
5	----------	1	1	2	------	-------	-------	MUTE
6	VIOLIN SOLO	2	4	40	------	-------	-------	-------
7	----------	1	1	2	------	-------	-------	MUTE
8	VIOLIN I	3	3	10	------	-------	-------	-------
9	VIOLIN II	2	3	2	------	-------	-------	-------
10	VIOLA	3	2	11	------	------	------	------
11	VIOLONE	2	2	3	------	------	------	------
12	CELLO	3	1	3	1: 0	------	------	------
13	----------	1	1	2	------	------	------	MUTE
14	HARPHICHORD	2	1	17	------	------	------	------
15	harp (double)	3	6	17	------	------	------	------
16	----------	1	1	2	------	------	------	------
17	----------	1	1	2	------	------	------	------
18	----------	1	1	2	------	------	------	------
19	----------	1	1	2	------	------	------	------
20	----------	1	1	2	------	------	------	------
21	----------	1	1	2	------	------	------	------
22	----------	1	1	2	------	------	------	------
23	----------	1	1	2	------	------	------	------

Main Menu

Delete Loop Mute Name Quit Record Solo Tempo EDIT FILES OPTIONS VIEW

รูปที่ 2.48 แสดงหน้าจอของ Sequener Plus Junior

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Song BRANDIAD STOP MEM 224648
Tk 2 ———— -BPM 90 MIDI : IN 1 : 0 THRU : OFF

Trk	Name	Port	Chan	Prg	Transpose	Quantize	Loop	Mute
1	TRUMPET	3	5	37	0: 5	-------	-------	-------
2	_____	1	1	2	-------	-------	-------	MUTE
3	FRUTE	2	5	4	-------	-------	-------	-------
4	OBOE	3	4	21	-------	-------	-------	-------
5	_____	1	1	2	-------	-------	-------	MUTE
6	VIOLIN SOLO	2	4	40	-------	-------	-------	-------
7	_____	1	1	2	-------	-------	-------	MUTE
8	VIOLIN I	3	3	10	-------	-------	-------	-------
9	VIOLIN II	2	3	2	-------	-------	-------	-------
10	VIOLA	3	2	11	-------	-------	-------	-------
11	VIOLONE	2	2	3	-------	-------	-------	-------
12	OPTIONS						-------	-------
13			OPTIONS				-------	MUTE
14	Metronome OFF	M	BENDER	etc		NO PRESS	-------	-------
15		I					-------	-------
16	Lead-in OFF	D	PROGRAMS			ON	-------	-------
17		I					-------	-------
18	SOURCE SMART	X-	PEDALS	Up			-------	-------
19	T S		MIDI THRU				-------	-------
20	i i DEFAULT 4/4						-------	-------
21	m g		VELOCITY filter				-------	-------
22	e FIXED Trk 1						-------	-------
23	_____	1	1	2	-------	-------	-------	-------
24	_____	1	1	2	-------	-------	-------	-------
25	_____	1	1	2	-------	-------	-------	-------
26	_____	1	1	2	-------	-------	-------	-------

Options Menu
Bender Default Fixed Kill-Controllers Lead-in Metronome Omni-Off
Prgrms Source Thru Velocity Xped HARDWARE

รูปที่ 2.49 เมนูตัวเลือก

เมนู File

เมนู File แสดงดังรูป 2.50 ใช้เพื่อเก็บ และเรียกใช้ดนตรี ที่เมนูนี้ สามารถประมวลผลทุกๆ ฟังก์ชัน การจัดเก็บทุกไฟล์ทำด้วยการกลับไปทำที่คอสโดยตัวเลือกของเมนูสามารถอธิบายได้ดังนี้

SpJr มีรูปแบบ (format) ของดนตรี 3 ชนิด คือ SNG, MID,และ ROL

SGN เป็นรูปแบบดนตรีของ Voytra

MID เป็นรูปแบบมาตรฐานของ มิดี้

ROL เป็นรูปแบบซึ่งใช้สร้างโดยการ์ด Adlib

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Files
BRANDIAD C:\VOYETA\SONGS
Mem' 221648 Ext.SNG BMP 90 MIDI : IN 1 : 0 THRU : OFF

SONG	Size	Date	Time	SONG	Size	Date	Time
[A:]				TEST	19610	8/16/91	16:58
[B:]							
[C:]							
[D:]							
7/25/91	2 : 28						
7/25/91	2 : 28						
2GUITARS	15819	12/24/90	0 : 49				
ALLTIME	16907	12/15/90	21 : 55				
BRAND-AD	17531	5/29/90	16 : 53				
BRANDIAD	80619	5/30/90	12 : 14				
CANCAN	21259	12/08/90	21 : 30				
CHEERS3.	22091	2/24/91	22 : 37				
CMLCHEER	15163	7/17/90	12 : 16				
CMLDISCO	15467	2/19/91	14 : 00				
CMLJING	18075	7/17/90	12 : 22				
CMLNUTS	13096	7/17/90	13 : 19				
CMLSATIN	27400	7/17/90	13 : 34				
CMLSWING	18059	5/31/90	13 : 58				
CMLTECH	13355	5/30/90	17 : 46				
DAARGAAT	51531	2/24/91	16 : 37				
DEMO	9707	3/09/91	12 : 08				
DEMOSONG	22379	10/16/90	14 : 04				
FANTASIA	7707	12/08/90	16 : 14				
HAPPY #42	21611	3/13/91	12 : 25				
HAVANAG	13387	12/02/90	18 : 32				
HOLDHAND	14333	1/25/90	15 : 51				
HOLYCITY	16619	12/28/90	23 : 05				
HORN	22763	5/27/91	18 : 13				
HORNSBY	22333	6/04/90	17 : 54				
INVITE	23499	3/09/91	12 : 08				
LARGO	10203	12/05/90	0 : 47				
LAVIE	24155	12/18/90	0 : 20				
LDYDONA	15869	12/21/90	18 : 24				
LEFREAKC	56315	2/24/91	16 : 32				
LETITBE	29965	8/15/89	20 : 48				
LIT_HELP	15677	8/15/89	22 : 21				
LONESOME	19229	1/20/90	17 : 32				
LUCY_SKY	16258	8/19/89	14 : 03				
MAPLERAG	17883	11/29/90	11 : 09				
MINUETG	13003	11/29/90	11:10				
SPTUTOR	5915	11/29/90	9:07				

Files Menu
Buffers-clear Create-dir Delete Free Load Mode New Part Quick-find Rename Save

รูปที่ 2.50 เมนู File

- **เมนู View**

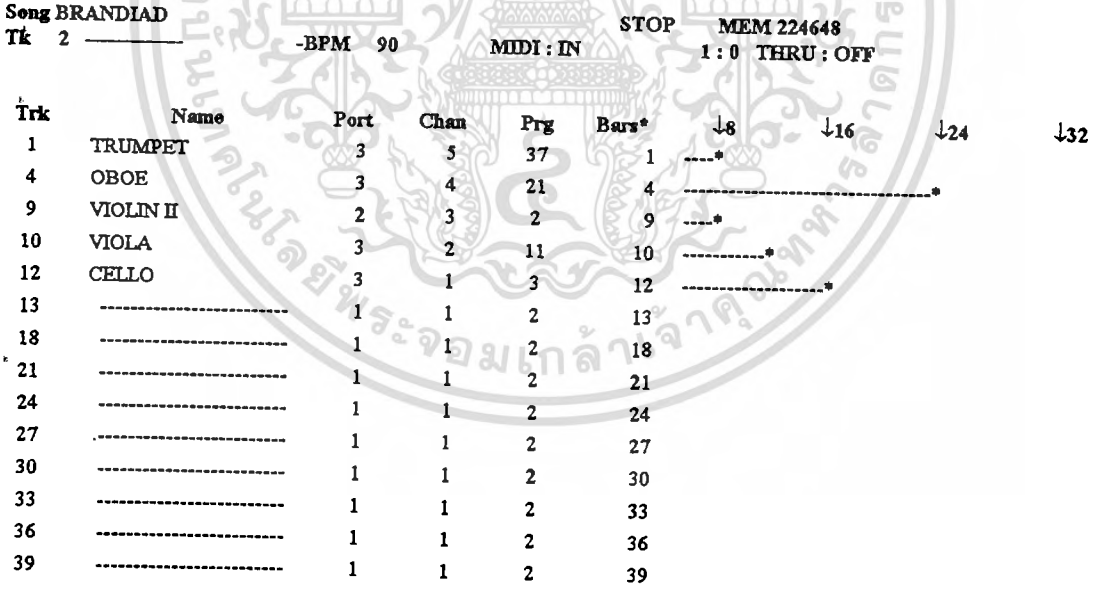
เมนู view แสดงดังรูปที่ 2.51 ถ้าต้องการดูแทรคทั้งหมด แถบเลือกจะชี้อยู่ที่ด้านขวาของแทรคถ้าในแถบเลือกไปอยู่ตรงเครื่องหมายลบที่มุมสี่เหลี่ยมจะแสดง ว่าขณะนี้ไม่สามารถจะบันทึกได้

ในเมนู View นี้มีหมายเลขของฟังก์ชันกำกับอยู่ โดย ตัวเลือก เหล่านี้สามารถนำเอา ไปใช้บนเมนูหลักในเมนูมีตัวเลือกดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเลือก	การใช้งาน
Goto-bar	เลื่อนแทรคที่ถูกเลือกออกไป
Width	ให้แสดงเฉพาะตัวที่ถูกเลือกเต็มหน้าจอ
Copy	คัดลอกตัวที่ถูกเลือกไปไว้ที่ 1 ใน 3 ของบัฟเฟอร์ บัฟเฟอร์นี้เรียกว่า 0,1 และ temp
Zap	ทำงานเช่นเดียวกับ Copy แต่ตัวที่ถูกเลือกเป็นคัดลอกเป็นการลบ
Delete	ทำงานแบบ Zap แต่กรณีนี้ตัวชี้การลบที่ชี้ด้านขวาจะมาอยู่ด้านซ้าย
Inser	แทรกด้วยค่าในบัฟเฟอร์ ที่เคอร์เซอร์ชี้อยู่
Replace	แทนส่วนที่ถูกเลือกด้วยค่าในบัฟเฟอร์
Add	รวมเข้ากับช่องว่างที่เลือก

การบันทึก และการเล่นในเมนู View เริ่มที่ตำแหน่งของเคอร์เซอร์ ถ้าต้องการเก็บเป็นไฟล์ SNG,บัฟเฟอร์ 0,1 และ temp จะเป็นตัวที่ไฟล์มาบันทึกอยู่



View Menu
Add Copy Delete Goto-bar Insert Loop Mute Name Replace Solo With Zap EDIT FILES OPTIONS

รูปที่ 2.51 เมนู View

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแก้ไขเสียง

จากเมนู View สามารถไปที่เมนู Edit ได้โดยตรง ตัวอย่างเช่นถ้าเราอยู่ที่เมนู View เราต้องการขยายส่วนของแทรคก็สามารถกด E ไปที่ Edit

เมนู Edit ระดับเสียงของโน้ตจะถูกแสดงเป็นค่าทางแนวตั้งที่ด้านซ้ายในหน้าจอ ของ Edit เราสามารถรวมหรือย้ายโน้ตได้ เช่นเดียวกับในเมนู View เราสามารถ เลือกโน้ต โน้ต มาเพื่อคัดลอก,เคลื่อนย้าย หรือแทนที่ได้

การเลือกโน้ตจะใช้วิธี "คลิก" การคลิกใช้เวลาน้อยมาก สามารถทำงานด้วยความไว 1/92 ของคาบเวลาของเรท สามารถให้ค่าความยาวระดับเสียงและจุดเริ่มของโน้ตได้หลายๆ ครั้งโดยความยาวและจุดเริ่มเลือกโดยการ "คลิก"

หน้าจอตัวจะเล็กมากเพื่อที่สามารถแสดงโน้ตทั้งหมดให้เลือกคลิ๊กดังนั้นจึงสามารถเลือกตัวเลือกแทนได้การใช้ตัวเลือกนี้คือการบอกตำแหน่งการคลิ๊กที่เคอร์เซอร์ชี้อยู่ให้ SpJr รู้แทรคที่เราจะใช้เป็นฟังก์ชัน คือการให้ใส่หมายเลขของแทรคที่จะแก้ไข

เมนู Note Edit

มันจะไม่เหมือนกับเมนู Edit เพราะหน้าจอจะแสดงเฉพาะโน้ตที่เลือกไว้เมนู Note Edit เมนูแสดงดังรูป 2.52 เมนู Note Edit มีตัวเลือกต่างๆ ดังนี้

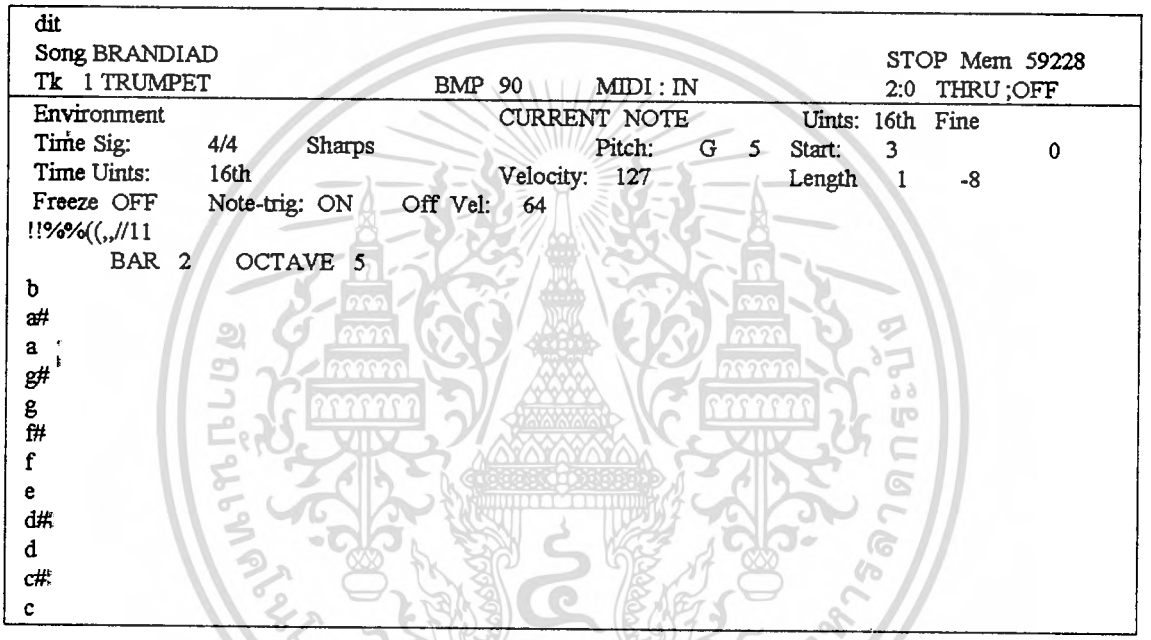
ตัวเลือก	การใช้งาน
Length ofPitch	ตัวเลือก นี้เหมือนกับ namesakes ในเมนู Edit
Start	ให้ใส่ชื่อโน้ต และคลิ๊ก ตัวอย่างเช่น 10:+6 หมายถึงโน้ตนี้จะเริ่มคลิก 6 คลิก หลังจากโน้ตที่ 10 ผ่านไป
Velocity	เป็นการเลือกวอลลุมของ โน้ต "Velocity" จะถูกใช้งานเพื่อเลือกกดที่โน้ตดังนั้นจึงเป็นการกำหนดวอลลุมของโน้ต
Off Velocity	ถ้ากดแป้นนี้ค่าของ Velocity จะถูกลดลง
Accidental	ถ้าเปลี่ยนระดับเสียงที่ทางด้านซ้าย สามารถเลือกระหว่างแสดงแป้น piano,หมายเลข,โน้ต และ flats
Freeze	เป็นการป้องกันจากการ scall up หรือ down จะเป็นการทำงานแบบ 1 octave
Note-trig	เป็นการเล่นทุกโน้ตที่เลือกโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Qwerty ซินทีไซเซอร์

สามารถเรียก Qwerty ซินทีไซเซอร์ได้จากทุกเมนูที่ทำงานบน SpJr ถ้าจะให้ซินที-ไซเซอร์ทำงานกด Shift-F1 แล้ว Qwerty ซินทีไซเซอร์ก็จะกลายเป็นซินทีไซเซอร์ที่เล่นด้วยแป้นพิมพ์ของคอมพิวเตอร์และสามารถใช้แป้นพิมพ์เหมือนกับมิดี้ สามารถบันทึกโน้ตและเล่นเพลงได้ทั้งเพลง

แต่จะต้องเซ็ท Velocity,duration และ octave ของโน้ต



รูปที่2.52 เมนู Edit

2.3.6 แชลแนลของการเข้าสู่หน่วยความจำโดยตรง

เมื่อจะใช้การ์ดซาวน์บลาสเตอร์ทำการบันทึกหรือเล่นสัญญาณเสียงดิจิตอลมันจะใช้การเข้าสู่หน่วยความจำโดยตรง (DMA) ในคอมพิวเตอร์เพื่อทำการเคลื่อนย้ายสัญญาณเสียงระหว่างตัวมันกับหน่วยความจำชั่วคราวของคอมพิวเตอร์โดยจะไม่ต้องผ่านตัวประมวลผลของคอมพิวเตอร์ และทำให้การส่งข้อมูลมีความเร็วขึ้น

การ์ดซาวน์บลาสเตอร์ใช้ DMA คอมพิวเตอร์ 2 ช่องทางจาก 6 ช่องทาง สองช่องทางแรกสำหรับขนาด 8-bit (ช่องทางหมายเลข 1) ช่องทางที่ 2 สำหรับเสียงขนาด 16-bit (ช่องหมายเลข 5) สำหรับอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้งานกับคอมพิวเตอร์ก็จะใช้ DMA ได้เช่นกัน โดยตัวอ่านจาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม่เหล็กแบบอ่อนและแบบแข็ง จะใช้ช่องทางหมายเลข 2 หรือ 3 และอุปกรณ์อื่นๆ ต่อไปนี้จะใช้ช่องทางหมายเลข 1

การ์ดคอนโทรลเลอร์ SCSI
การ์ดเนตเวอร์ค
การ์ดสแกนเนอร์
การ์ดโพสสคริป และเครื่องพิมพ์

เพราะเสียงแบบดิจิตอลมีข้อมูลจำนวนมาก ในการส่งครั้งหนึ่งๆ มันมีความสำคัญที่จะต้องให้การ์ดซาวน์บลาสเตอร์ทำงานได้กับช่องทางการเข้าสู่หน่วยความจำโดยตรง และยังสามารถใช้ได้กับอุปกรณ์อื่นด้วย เช่นเมื่อเราจะเล่น หรือบันทึกเสียง และถ้าเราต้องการใช้อุปกรณ์ SCSI หรือเครือข่าย,เครื่องพิมพ์ และตัวควบคุมแบบอื่นเพื่อเล่นหรือบันทึกเสียง การทำไว้แบบนี้จึงสมบูรณ์แล้ว

เราจะรู้ว่าช่อง DMA นี้ขัดกันเมื่อเราได้ยินเสียง แน เมื่อเราเล่น,พยายามเล่นสัญญาณเสียงหรือมันไม่สามารถเล่นได้ ถ้าเราใช้การ์ดซาวน์บลาสเตอร์ 16 และเกิดช่อง DMA นี้ขัดกัน ให้ทำการเรียกใช้โปรแกรม setup และทำการยกเลิกพารามิเตอร์ต่างๆ ของ DMA โปรแกรม setup จะทำการปรับปรุงระบบโดยการติดตั้งใหม่ แต่ถ้าใช้การ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร ให้ถอดแผงวงจรและเปลี่ยนตำแหน่งของ DMA แต่ถ้าใช้รุ่นอื่นๆ ก็ไปที่อุปกรณ์ของตัวนั้นแล้วเปลี่ยนตำแหน่งของ DMA

2.3.7 ลำดับของอินเตอร์รัพพ์

เมื่อมีการนำอุปกรณ์ติดตั้งกับเครื่องคอมพิวเตอร์ และเราต้องการให้หน่วยประมวลผลของคอมพิวเตอร์ทำฟังก์ชันบางอย่าง ต้องทำการอินเตอร์รัพต์ให้หน่วยประมวลผลไม่ว่าจะทำงานอะไรอยู่ ก็จะโดดมาทำงานที่กำหนดแทนซึ่งงานเหล่านี้ได้แก่ การรับโน้ตจากมิดี้การเขียนจานแม่เหล็ก การรับแป้นพิมพ์ หรืองานอื่นๆ การที่จะบริการความต้องการนี้ อุปกรณ์ที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์จะต้องมีหมายเลขอินเตอร์รัพต์ประจำตัวด้วยวิธีนี้ถ้าตัวประมวลผลได้รับการเรียกขออินเตอร์รัพต์พร้อมกันตั้งแต่ 2 อินเตอร์รัพต์ขึ้นไป มันจะให้บริการกับอินเตอร์รัพต์ที่ตัวเลขต่ำก่อน

ลำดับของอินเตอร์รัพต์ (IRQ) จะถูกกำหนดออกจากโรงงาน โดยจะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ การ์ดซาวน์บลาสเตอร์ 16 กำหนดไว้ที่ IRQ5 และการ์ดซาวน์บลาสเตอร์กำหนดไว้ที่ IRQ7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงลำดับของอินเตอร์รัพพ์

ลำดับอินเตอร์รัพท์	อุปกรณ์
0	ตัวตั้งเวลา (Timer)
1	แป้นพิมพ์
2	ใช้งานกับ IRQ9
3	พอร์ทอนุกรม 2: (COM2) และ 4 (modem)
4	พอร์ทอนุกรม 1: (COM1) และ 3
5	พอร์ทเครื่องพิมพ์แบบขนาน 2
6	หัวอ่านจานแม่เหล็กแบบอ่อน
7	พอร์ทเครื่องพิมพ์แบบขนาน 1
8	สัญญาณนาฬิกา
9	IRQ2
10	ไม่กำหนดการใช้งาน
11	ไม่กำหนดการใช้งาน
12	ไม่กำหนดการใช้งาน
13	ตัวช่วยประมวลผลขนาด 80 x 87
14	จานแม่เหล็กแบบแข็ง
15	ไม่กำหนดการใช้งาน

2.3.8 ตำแหน่งอินพุท/เอาท์พุท

อุปกรณ์ทุกๆ ตัวของคอมพิวเตอร์จะต้องมีตำแหน่งอินพุท/เอาท์พุทซึ่งจะช่วยให้ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ ตำแหน่งอินพุท/เอาท์พุท คือ หมายเลขของช่องเสียบในคอมพิวเตอร์ที่อุปกรณ์ไปอยู่ เมื่อหน่วยประมวลผลของคอมพิวเตอร์ที่อุปกรณ์ต้องการรับส่งข้อมูลกับการ์ดซาวน์บลาสเตอร์หรืออุปกรณ์อื่นๆ มันจะส่งตำแหน่งอินพุท/เอาท์พุทไปที่อุปกรณ์ เมื่ออุปกรณ์เจ้าของตำแหน่งรับรู้ถึงตำแหน่งที่ส่งมา มันจะรู้ว่าหน่วยประมวลผลจะต้องการติดต่อกับมัน มันจะทำให้ตำแหน่งอื่นๆ ไม่สนใจข้อมูลที่ส่งมา จะเห็นว่าจะใช้งานอุปกรณ์ได้ทีละตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์บางตัวในการ์ดซาวน์บลาสเตอร์จะมีย่านของตำแหน่ง เช่นอุปกรณ์ตัวหนึ่งต้องการมีอยู่ 10 ตำแหน่ง ถ้าเรากำหนดตำแหน่งอินพุท/เอาท์พุทไว้ 330 มันจะเริ่มใช้ตั้งแต่ตำแหน่ง 330 จนถึง 339 แต่การ์ดซาวน์บลาสเตอร์ และอุปกรณ์อื่นๆ จะมีฟังก์ชันมากกว่า 1 ฟังก์ชัน ซึ่งมีความต้องการตำแหน่งที่อยู่ของแต่ละฟังก์ชันแตกต่างกัน

การ์ดซาวน์บลาสเตอร์ต้องการตำแหน่งฟังก์ชันทั้งหมด และอีกบางส่วนสำหรับมิดี้ ตำแหน่งทั้งหมดเริ่มจาก 220H ไปจนถึง 233H และของมิดี้จาก 330H ไปจนถึง 331H

ตารางที่ 2.2 พอร์ทต่าง ๆ ของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์

พอร์ท	อุปกรณ์	การทำงาน
200H-207H	จอยสติกแบบอนาล็อก	Write/Read
Port + 00H	รีจิสเตอร์ข้อมูล C/MS 1.6	Write
Port + 01H	รีจิสเตอร์เลือก C/MS 1.6	Write
Port + 03H	รีจิสเตอร์ข้อมูล C/MS 7.12	Write
Port + 06H	รีเซ็ท DSP	Write
Port + 08HFM	รีจิสเตอร์เลือกและรีจิสเตอร์สถานะ	Write/Read
Port + 09H	ข้อมูลรีจิสเตอร์ FM	Write
Port + 0AH	อ่านข้อมูลของ DSP	Write
Port + 0CH	คำสั่งหรือข้อมูลของ DSP และสถานะบัฟเฟอร์	Write
Port + 0EH	สถานะของข้อมูล DSP	Write
388H	รีจิสเตอร์เลือก FM และแสดงสถานะ	Write/Read
389H	รีจิสเตอร์ข้อมูลของ FM	Write

2.3.9 ตำแหน่งพอร์ทของรีจิสเตอร์

ตารางที่ 2.2 แสดงตำแหน่งพอร์ทของรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมส่วนแปรผันของการ์ดซาวน์-บลาสเตอร์ ตารางที่ 2.3 แสดงเช่นเดียวกับตารางที่ 2.2 แต่เป็นของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร โดยพอร์ทพื้นฐานของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์ คือ 210H,220H,230H,240H,250H และ 260H และพอร์ทพื้นฐานของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร คือ 220H และ 240H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 พอร์ทของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร

พอร์ท	อุปกรณ์	การทำงาน
20H-207H	จอยสติกแบบอนาล็อก	Read/Write
port + 00H	รีจิสเตอร์เลือก FM และแสดงสถานะช่องซ้าย	Read/Write
Port + 01H	ข้อมูลรีจิสเตอร์ FM ช่องซ้าย	Write
Port + 02H	รีจิสเตอร์เลือก FM และแสดงสถานะช่องขวา	Write/Read
Port + 03H	ข้อมูลรีจิสเตอร์ FM ช่องขวา	Write
Port + 04H	เลือกรีจิสเตอร์ของชิพผสมสัญญาณ	Write
Port + 05H	ข้อมูลรีจิสเตอร์ของชิพผสมสัญญาณ	Write/Read
Port + 06H	รีเซ็ท DSP	Write
Port + 08H	รีจิสเตอร์เลือก FM และแสดงสถานะสองช่อง	Write/Read
Port + 09H	ข้อมูลรีจิสเตอร์ FM สองช่อง	Write
Port + 0AH	อ่านข้อมูล DSP	Read
Port + 0CH	คำสั่งหรือข้อมูลของ DSP และสถานะบัฟเฟอร์	Write/
Port + 0EH	สถานะของข้อมูล DSP	Read
Port + 10H	รีจิสเตอร์คำสั่งและข้อมูลของ CD-ROM	Write/Read
Port + 11H	รีจิสเตอร์สถานะของ CD-ROM	Read
Port + 12H	รีจิสเตอร์รีเซ็ทของ CD-ROM	Write
Port + 13H	รีจิสเตอร์อ้างอิงของ CD-ROM	Write
388H	รีจิสเตอร์เลือก FM และแสดงสถานะ	Write/Read

2.3.10 รีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการรวมกันของชิพ

ในส่วนนี้จะแสดงถึงรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการรวมกันของชิพตาราง 2.4 จะแสดงรีจิสเตอร์ทั่วไป และตาราง 2.5 แสดงตัวเลือกอินพุท ข้างล่างนี้คือความหมายของตัวย่อที่ใช้ในตาราง 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 รีจิสเตอร์ทั่ว ๆ ไป

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
00H	Data Register							
02H		DSP Volume l			DSP Volume r			xx
0AH	xx	xx	xx	xx	Mic Vol			xx
0CH	xx	xx	FINP	xx	TFIL	Select		xx
0EH	xx	xx	FOUT	xx	xx	xx	ST	xx
22H		General volume l		xx	General volume r			xx
26H		FM volume l		xx	FM volume r			xx
28H		CD volume l		xx	CD volume l			xx
2EH		Line volume l		xx	Line volume l			xx

ตารางที่ 2.5 ตัวเลือกทางอินพุท

ตัวเลือก	อินพุท
0	Microphone
1	CD-ROM
2	Line

ตัวย่อ	ความหมาย
xx	ไม่ใช้
l	ซ้าย
r	ขวา
vol	วอลลุ่ม
FINP	ตัวกรองอินพุท
TFIL	ชนิดของตัวกรองอินพุท
FOUT	ตัวกรองเอาท์พุท
ST	โหมดสเตอริโอ/โมโน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.11 คำสั่งของ DSP

ในส่วนนี้แสดงถึงคำสั่งของ DSP ทั้งหมด บางคำสั่งอาจจะเกินเนื้อหา แต่อาจจะใช้อ้างอิงได้ ถ้าเกิดมีแนวคิดที่จะใช้พอร์ท 2XCH ซึ่งใช้เขียน DSP พอร์ท 2XAH ซึ่งใช้อ่าน DSP

คำสั่งเล่น (play)

คำสั่ง 10H,การเล่น 8 บิทโดยตรง

ขั้นที่ 1 กำหนดคำสั่ง 10H

ขั้นที่ 2 ส่งไบท์ข้อมูล

ขั้นที่ 3 ทำซ้ำขั้น 1 และ 2 ที่ความเร็วเดิม

คำสั่ง 14H,การเล่น 8 บิท โดยใช้ via DMA

ขั้นที่ 1 กำหนดการควบคุม DMA และอินเตอร์รัพท์

ขั้นที่ 2 กำหนดอัตราการแซมปลิ้ง

ขั้นที่ 3 เริ่มใช้คำสั่ง 14H

ขั้นที่ 4 ส่งไบท์นัยสำคัญต่ำสุดของช่วงสุ่มที่ 1

ขั้นที่ 5 ส่งไบท์นัยสำคัญสูงสุดของช่วงสุ่มที่ 1

ขั้นที่ 6 เริ่มสุ่มเอาท์พุทหลังจากขั้นที่ 5 ผ่านมาแล้ว ที่จุดสิ้นสุดของ DSP ที่อินเตอร์รัพท์ via ช่วงข้อมูลความยาวสูงสุดที่สามารถส่ง via ได้คือ 64KB ดังนั้นการสุ่มตัวสุดท้าย ต้องเสร็จสิ้นภายในนี้

คำสั่ง 91H,การเล่น 8 บิท โดยใช้ via DMA เป็นแบบความไวสูง

ขั้นที่ 1 กำหนดค่าควบคุม DMA และกำหนดอินเตอร์รัพท์

ขั้นที่ 2 กำหนดอัตราการแซมปลิ้ง

ขั้นที่ 3 เริ่มใช้คำสั่ง 48H

ขั้นที่ 4 ส่งไบท์นัยสำคัญต่ำสุดของช่วงสุ่มที่ 1

ขั้นที่ 5 ส่งไบท์นัยสำคัญสูงสุดของช่วงสุ่มที่ 1

ขั้นที่ 6 เริ่มใช้คำสั่ง 91H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 7 เริ่มสุ่มเอาท์พุท หลังจากผ่านขั้นที่ 6 ที่จุดสิ้นสุดของการอินเตอร์รัพท์ทำการเรียกการอินเตอร์รัพต์ช่วงข้อมูลความยาวสูงสุดที่สามารถที่สามารถส่ง via ได้คือ 64K ดังนั้นการสุ่มตัวสุดท้ายต้องเสร็จภายในนี้

คำสั่งการเล่นโดยการลดการสุ่ม

คำสั่ง 16H,คำสั่งที่ลดการสุ่ม 2 บิท โดยใช้ via DMA

เป็นการพัฒนามาจากคำสั่ง 14H การใช้งานเหมือนกัน

คำสั่ง 17H,ย่อ 2 บิท via DMA ด้วยไบท์อ้างอิง

เป็นวิธีที่พัฒนามาจากคำสั่ง 14H ไบท์แรกของข้อมูลกลุ่มจะเป็นไบท์อ้างอิงของข้อมูลการสุ่มทั้ง 8-bit ถ้ามีการเล่นชุดข้อมูลต่างกัน คำสั่ง 16H สามารถใช้กับชุดข้อมูลถัดไปได้เพราะชุดข้อมูลเหล่านี้ ไม่ได้กำหนดไบท์อ้างอิงไว้

คำสั่ง 74H,ย่อ 4 บิท via DMA

ดูคำสั่ง 16H

คำสั่ง 75H,ย่อ 4 บิท via DMA ด้วยไบท์อ้างอิง

ดูคำสั่ง 17H

คำสั่ง 76H,ย่อ 2-บิท via DMA

ดูคำสั่ง 16H

คำสั่ง 77H,ย่อ 2.6-บิท via DMA ด้วยไบท์อ้างอิง

ดูคำสั่ง 17H

คำสั่งบันทึก (Recording)

คำสั่ง 20H,บันทึกโดยตรง

ขั้นที่ 1 เรียกคำสั่ง 20H

ขั้นที่ 2 อ่านไบท์ข้อมูลแล้วเก็บ

ขั้นที่ 3 ทำซ้ำขั้นตอน 1,2 ด้วยความเร็วเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง 24H,บันทึกโดยใช้ via DMA

ขั้นที่ 1 ตั้งตัวควบคุม DMA แล้วกำหนดอินเตอร์รัพท์

ขั้นที่ 2 กำหนดอัตราการแซมปลิ้ง

ขั้นที่ 3 เรียกคำสั่ง 24H

ขั้นที่ 4 ส่งไบท์นัยสำคัญต่ำสุดของช่วงกลุ่มที่ 1

ขั้นที่ 5 ส่งไบท์นัยสำคัญสูงสุดของช่วงกลุ่มที่ 1

ขั้นที่ 6 เริ่มสุ่มอินพุท หลังจากผ่านขั้นที่ 5 ที่จุดสิ้นสุดการอินเตอร์รัพท์ ทำการเรียกอินเตอร์รัพท์

คำสั่ง 99H,บันทึก 8-บิท โดยใช้ via DMA และมีความไวสูง

ขั้นที่ 1 กำหนดตัวควบคุม DMA แล้วกำหนดอินเตอร์รัพท์

ขั้นที่ 2 กำหนดอัตราการสุ่ม

ขั้นที่ 3 เรียกคำสั่ง 48H

ขั้นที่ 4 ส่งไบท์นัยสำคัญต่ำสุดของช่วงกลุ่มที่ 1

ขั้นที่ 5 ส่งไบท์นัยสำคัญสูงสุดของช่วงกลุ่มที่ 1

ขั้นที่ 6 เรียกคำสั่ง 99H

ขั้นที่ 7 เริ่มสุ่มอินพุท หลังจากผ่านขั้นที่ 6 ที่จุดสิ้นสุดการอินเตอร์รัพท์ ทำการเรียกอินเตอร์รัพท์

คำสั่งของลำโพง (Speaker)

คำสั่ง D1H,เปิดลำโพง

หลังจากใช้คำสั่งนี้แล้ว สัญญาณของ DSP จะส่งไปที่ตัวขยาย โดยใช้เวลา 112 มิลลิวินาที

คำสั่ง D3H,ปิดลำโพง

หลังจากใช้คำสั่งนี้ DSP จะไม่สามารถส่งสัญญาณไปที่ตัวขยาย คำสั่งนี้ต้องการเวลา 320 มิลลิวินาที เพื่อทำการประมวลผลคำสั่ง

คำสั่ง D8H,ตรวจสอบการติดตั้งลำโพง

ขั้นที่ 1 เรียกคำสั่ง D8H

ขั้นที่ 2 อ่านไบท์ใดไบท์หนึ่งจาก DSP ถ้าไบท์นี้มีค่าเป็น 0 ลำโพงจะปิด ถ้าไฟล์นี้มีค่า 255 ลำโพงจะเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โครงสร้างข้อมูล

บางคนซึ่งเคยทำงานเกี่ยวกับการโปรแกรมบนวินโดว์มาบ้างคงจะพอมองเห็นเทคนิคอย่างหนึ่งก็คือการศึกษาเกี่ยวกับตัวเลข การโปรแกรมมัลติมีเดียก็เช่นกัน มันจะสะดวกที่จะอธิบายบางสิ่งบางอย่างเช่น ฟังก์ชันของการเล่นเสียง ซึ่งจะทำให้คุณมีความเข้าใจเพียงพอเกี่ยวกับเสียงตามฟังก์ชันต่างๆ

2.4.1 ไฟล์รูปคลื่น (WAVE FILE)

ในการเล่นไฟล์รูปคลื่นในการอินเทอร์เฟสกับ MCI และโดยเฉพาะการเรียกข้อมูลออกมาจะสามารถดูข้อมูลเฉพาะของโครงสร้างของไฟล์รูปคลื่นได้ และสามารถจะเล่นเสียงโดยฟังก์ชัน MessageBeep และฟังก์ชัน SndPlaySound ซึ่งเป็นฟังก์ชันภายใต้วินโดว์

ไฟล์รูปคลื่นเป็นไฟล์พิเศษที่ใช้กันมากในฟังก์ชันมัลติมีเดียของวินโดว์ เริ่มด้วยไฟล์ RIFF ชื่อย่อ RIFF นั้นมาจาก RESOURCE INTERCHANGE FILE FORMAT

รูปแบบของไฟล์ RIFF คือกลุ่มข้อมูล (chunk) ซึ่งเป็นพื้นฐานของไฟล์ ไฟล์ RIFF ประกอบไปด้วยกลุ่มข้อมูล 1 หรือมากกว่า 1 กลุ่มข้อมูล ซึ่งแต่ละกลุ่มข้อมูลจะชี้ถึงกลุ่มข้อมูลต่อไป แต่ละกลุ่มข้อมูลนั้นจะประกอบด้วยข้อมูลการอ่านไฟล์จาก RIFF ซึ่งสามารถผ่านไปแต่ละกลุ่มข้อมูลได้โดยสามารถอ่านสิ่งที่ต้องการ หรือจะสร้างขึ้นใหม่ได้ และสามารถข้ามบางสิ่งที่เราไม่สนใจได้กลุ่มข้อมูลของไฟล์ RIFF จะมีส่วนหัวไฟล์ดังนี้

```
Typedef Struct
FOURCC ckID;
Dword ckSize;
ck;
```

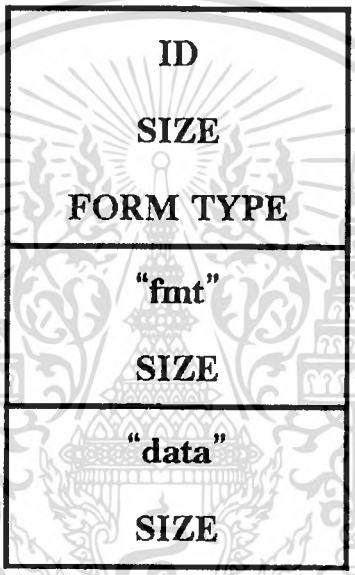
ข้อมูล FOURCC จะเป็นฟิลด์ขนาด 4 ไบท์ ซึ่งจะบอกชื่อของกลุ่มข้อมูลฟิลด์จะมีคำว่า "Wave" สำหรับไฟล์รูปคลื่น ในกรณีที่ชนิดของกลุ่มข้อมูลถูกบอกด้วยตัวอักษรที่น้อยกว่า 4 ไบท์ ส่วนมากจะใส่เพิ่มด้วยช่องว่าง (20H)

สิ่งสำคัญในการเก็บอักขระลงใน FOURCC ในเรื่องความไว คือบางฟังก์ชันได้เช็คค่าของ FOURCC โดยเปรียบเทียบกับตัวแปร long int ซึ่งจะเร็วกว่าการเปรียบเทียบโดยตัวแปรสตริง (string)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ckSize เป็นบอกขนาดของข้อมูลสำหรับกลุ่มข้อมูลนั้น หลังจากส่วนหัวไฟล์นี้จะบอกขนาดค่ ckSize ของข้อมูล

กลุ่มข้อมูลนี้สามารถจะมีกลุ่มข้อมูลย่อย (subchunk) ได้ โดยโครงสร้างของไฟล์รูปคลื่นขั้นพื้นฐานจะมีกลุ่มข้อมูลของรูปคลื่น ซึ่งจะประกอบด้วยกลุ่มข้อมูล fmt ตามด้วยกลุ่มข้อมูลเฉพาะข้อมูล และอาจจะมีกลุ่มข้อมูลอื่น ๆ ตามหลังกลุ่มข้อมูลรูปคลื่น รูป 2.53 แสดงโครงสร้างของไฟล์ RIFF



รูปที่ 2.53 แสดงโครงสร้างของไฟล์รูปคลื่น

กลุ่มข้อมูลย่อยในกลุ่มข้อมูลรูปคลื่น มีข้อมูลพิเศษเกี่ยวกับเสียงไฟล์รูปคลื่นและข้อมูลของเสียงกลุ่มข้อมูล fmt จะเป็นบิทที่ยุ่งยากซับซ้อนซึ่งจะบอกถึงลักษณะต่าง ๆ ซึ่งมีโครงสร้างดังรูปแบบของไฟล์รูปคลื่นจะมีรูปแบบ คือ

```
Typedef struct waveformat_tag
        WORD wFormatTag;
        WORD nChannels;
        DWORD nSamplespersec;
        DWORD nAvgBytesPerSec;
        WORD nBlockAlign;
        WAVEFORMAT;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

wFormatTag นี้จะมีค่าคงที่ของ WAVE_FORMAT_PCM ซึ่งกำหนดอยู่ใน MMSYSTEM.H เช่น

```
# define Wave_FORMAT_PCM 1
```

ค่าของ Wave_FORMAT_PCM จะบอกให้ซอฟแวร์ที่อ่านไฟล์รูปคลื่นว่าเสียงถูกเข้ารหัสอย่างไร ดังที่แสดงจะแทนเพียงว่าเสียงในไฟล์รูปคลื่นสามารถเข้ารหัสได้

nChannels ของ WAVEFORMAT จะบอกเป็นแชนแนลเสียง จะเป็น 1 สำหรับเสียงโมโน่และเป็น 2 สำหรับเสียงสเตอริโอ

nSamplesPerSec จะบอกเป็นตัวเล่นถึงอัตราการแซมปลิ้งของเสียงเดิม ซึ่งสามารถเล่นกลับด้วยความเร็วที่ใกล้เคียงกัน ค่าที่จะเป็นไปได้ คือ

11025-11.025 KHz.
22050-22.05 KHz.
44100-44.1 KHz.

nAvgBytesPerSec ของ WAVEFORMAT จะบอกค่าเฉลี่ยของไบท์ข้อมูลต่อวินาทีที่ต้องการในการเล่นกลับบางกรณี มันจะมีค่าไม่เหมือนกับ nSamplesPerSec เพราะบางรูปแบบในการแซมปลิ้ง 1 ครั้ง จะมีข้อมูลไม่เท่ากับ 1 ไบท์

nBlockAlign จะบอกจำนวนไบท์ที่ต้องการในการเก็บ 1 สัญญาณ การแซมปลิ้งด้วย 8 บิท หรือต่ำกว่า 8 บิทสามารถเก็บลง 1 ไบท์ แซมปลิ้งระหว่าง 9-16 บิทจะเก็บ 2 ไบท์ ระบบสเตอริโอจะใช้จำนวนไบท์ 2 เท่าของจำนวนไบท์ในระบบโมโน

ข้อมูลข้างต้นทั้งหมดจะกำหนดจำนวนบิทต่อการแซมปลิ้งของข้อมูลเสียงของไฟล์รูปคลื่นเราสามารถได้ข้อมูลคร่าวๆ โดยอ้างอิงกับ nBlockAlign และ nChannels ที่จริงแล้วไฟล์รูปคลื่นจะมีตัวเลขบอกจำนวนของบิทของการแซมปลิ้งข้อมูลที่อยู่ด้านท้ายของโครงสร้าง WAVEFORMAT ในภาษาซี โครงสร้างจะสามารถกำหนดได้ดังนี้

```
Typedef Struct PCMWaveformat_tag
        WAVEFORMAT wf;
        WORD wBitPerSample;
        PCMWAVEFORMAT;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

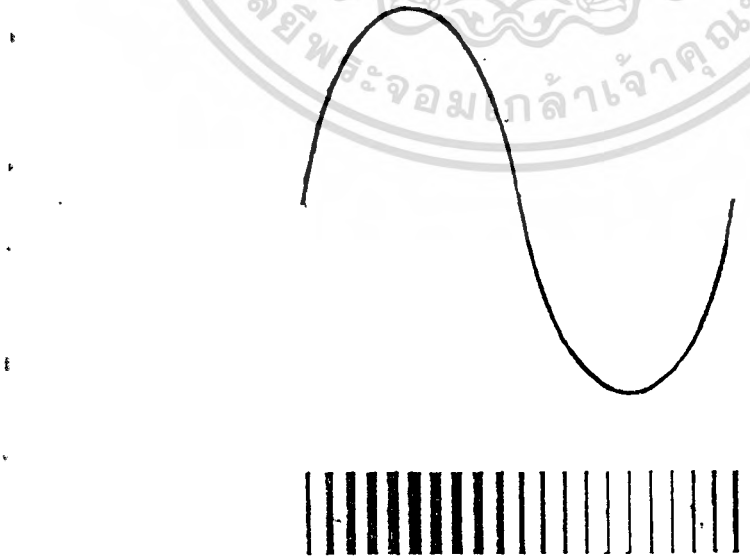
ในการทำงานกับข้อมูลในกลุ่มข้อมูลย่อยของกลุ่มข้อมูลประเภทรูปคลื่นควรใช้ PCMWAVEFORMAT มากกว่าใน WAVEFORMAT ส่วนของ wBitsPerSample ใน PCMWAVEFORMAT จะบอกจำนวนบิทในการแซมปลิ้ง ซึ่งข้อมูลยังคงเก็บอยู่ในรูปไบท์ หรือเวิร์ด ไฟล์รูปคลื่นจะมีอัตราการแซมปลิ้ง 12 บิทต่อแซมปลิ้ง จะมีข้อมูล 4 บิท ที่ถูกทิ้งไป เมื่อเก็บอยู่ในรูป 16 บิท

ข้อมูลของกลุ่มข้อมูลย่อยของไฟล์รูปคลื่นประกอบด้วยข้อมูลการแซมปลิ้งเกี่ยวกับเสียง ข้อมูลเสียงนี้จะง่ายต่อการเข้าใจดังรูป 2.54 แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลเสียงโมโน 8 บิท

ในเสียง 8 บิท แต่ละแซมปลิ้งจะอยู่ในช่วง 0 ถึง 255 ถ้าเป็น 16 บิท จะอยู่ในช่วง -32768 ถึง 32767 ซึ่งไม่ได้หมายความว่าไฟล์รูปคลื่น 16 บิท จะเล่นได้ดังกว่า 8 บิท ฮาร์ดแวร์ของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์จะชดเชยตามการแซมปลิ้ง ดังนั้นจะหมายความว่ารูปสัญญาณ 16 บิท จะมีความแม่นยำ 256 เท่า เมื่อเทียบกับ 8 บิท ซึ่งสามารถเห็นข้อแตกต่างได้จากการฟัง

ในการแซมปลิ้ง 8 บิทแบบโมโนข้อมูลของกลุ่มข้อมูลที่เก็บข้อมูลอย่างเดียว จะประกอบด้วยสตริงก์ 1 ไบท์ของการแซมปลิ้ง แบบสเตอริโอก็มีด้วย คือตัวแรกสำหรับแชนแนลซ้าย ตัวที่ 2 สำหรับแชนแนลขวา ดังนั้นในสเตอริโอ 8 บิท แต่ละการแซมปลิ้งจะมีขนาด 2 ไบท์ ไบท์คู่สำหรับแชนแนลซ้ายไบท์คี่สำหรับแชนแนลขวา

สำหรับแบบโมโน 16 บิท 1 แซมปลิ้งจะประกอบไปด้วย 2 ไบท์ (16 บิท) ถ้าเป็นเสียงสเตอริโอ แชนแนลซ้ายและขวาก็จะสลับกันไป ดังนั้น 1 แซมปลิ้งจะมีข้อมูล 4 ไบท์



รูปที่ 2.54 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเสียงและข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอ่านไฟล์ RIFF

โครงสร้างของไฟล์ RIFF สามารถนำมาเขียนเป็นรหัสเพื่อทำการตรวจสอบดูไฟล์ .RIFF อย่างง่ายๆ

ในการทำงานด้วยไฟล์ RIFF คุณจะต้องเปิดไฟล์และก็ไปยังกลุ่มข้อมูลที่คุณต้องการ และชี้ตำแหน่งของไฟล์ที่จุดเริ่มข้อมูล เมื่อเสร็จแล้วอาจจะออกจากกลุ่มข้อมูลนี้แล้วไปสู่กลุ่มข้อมูลอื่นๆ อาจจะคิดได้ว่าไฟล์ RIFF จะเริ่มต่อๆ กันไปคล้ายๆ หลุมแต่ละหลุมจะแทน 1 กลุ่มข้อมูล ในแต่ละหลุมจะมีหลุมเล็กๆ อีกซึ่งจะแทนกลุ่มข้อมูลย่อย คุณสามารถที่จะลงไปเพื่อหาข้อมูล และออกมาเพื่อไปหลุมต่อไป

ไฟล์ RIFF จะมีฟังก์ชัน mmio ซึ่งทำงานเกี่ยวกับไฟล์โดยประกาศ HMMIO ในตอนเริ่มต้น การเปิดไฟล์ RIFF จะแสดงดังข้างล่าง

```
HMMIO h;
        if( (h=mmioOpen(path,NNULL,MMIO_READ))==NULL
        /* เมื่อทำงานผิดพลาด */
        return(0);
```

โดย path เป็นเส้นทางของไฟล์รูปคลื่นที่จะเปิด

MMIO_READ จะบอก mmioOpen เพื่อเปิดไฟล์สำหรับอ่าน ดังนั้นเราสามารถเปิดไฟล์สำหรับเขียนโดยใช้ MMIO_READWRITE และใช้ MMIO_CREATE เพื่อเปิดไฟล์ใหม่

ถ้าเปิดไฟล์สำเร็จ mmioOpen จะส่งค่า MMIO กลับถ้าไม่สำเร็จจะส่งค่า NULL เมื่อสำเร็จแล้วก็ต้องไปที่กลุ่มข้อมูลรูปคลื่น ซึ่งสามารถทำได้คือ

```
MMCKINFO mmParent;
        mmParent fccType=mmioFOURCC ('W','A','V','E');
        if(mmioDescend.(h, (LPMMCKINFO)&mmParent,NULL,
        MMIO_FINDRIFF))
        mmioClose(h,o);        /* เมื่อ error  */
        return (o);
        MMCKINFO;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อลงไปยังกลุ่มข้อมูลควรจะเซ็ท ckid ของ MMCKINFO ให้เป็นชนิดของกลุ่มข้อมูลที่ต้องการ ซึ่งมีมาโครให้ คือ mmioFOURCC ถ้าทำอันนี้จะต้องเรียก mmioDescend ดังรูปแบบซึ่งจะส่งกลับค่า "0" ถ้ากลุ่มข้อมูลที่คุณต้องการถูกตั้งขึ้นในกรณีที่ MMCKINFO จะผ่านไปยัง mmioDescend ซึ่งจะมีข้อมูลเกี่ยวกับกลุ่มข้อมูล

cksize ของ MMCKINFO จะบอกขนาดของกลุ่มข้อมูลเป็นไบท์ตัวอย่างถ้าอ่าน fmt จากกลุ่มข้อมูลรูปคลื่นขนาดของข้อมูล ก็จะเป็นขนาดของ (PCMWAVEFORMAT) ในหลักการ มันสามารถที่จะเป็นขนาดของ (WAVEFORMAT) ซึ่งเล็กกว่ากัน 2 ไบท์ หรือสามารถที่จะใหญ่กว่าได้ถ้าเพิ่มข้อมูลตอนท้ายลงในท้ายของ PCMWAVEFORMAT ของ Custom Application

mmioDescend ที่เป็น Flag MMIO_FINDRIFF จะสั่งให้ mmiodscend ไปหากลุ่มข้อมูลด้วย ID RIFF และกลุ่มข้อมูลชนิดพิเศษโดยฟิลด์ ckid ของ MMCKINFO ผ่านค่าไปให้ตัวเลือกอื่น ๆ ที่ต้องการ คือ MMIO_FINDCHUNK ซึ่งจะมองหากลุ่มข้อมูลที่กำหนด

การเรียก mmioClose เป็นสิ่งที่จำเป็นเมื่อคุณทำงานเกี่ยวกับ RIFF เมื่อทำงานในเงื่อนไขความผิดพลาดของ mmioDescend ก่อนบัฟเฟอร์ที่ว่าง และการทำงานกับหน่วยความจำอื่น ๆ ที่ร่วมใน HMMO จะเรียก fclose เพื่อปิดไฟล์

จากกลุ่มข้อมูลรูปคลื่น ถ้าต้องการลงไปยัง fmt กลุ่มข้อมูลย่อยทำได้โดย

```
MMCKINFO mmSub;
        mmSub.ckid=mmioFOERCC ('f','m','t',' ');
        f(mmioDescend (h,(LPMMCKINFO)&mmSub),
        (LPMMCKINFO)&mmParent,MMIO_FINDCHUNK))
        mmioclose(h,o);                          /* ERROR */
        return (0);
```

ใช้คำสั่ง mmioDescend เพื่อหากลุ่มข้อมูลย่อยของ fmt ภายในกลุ่มข้อมูลที่กำหนดโดย mmParent ซึ่งก็คือ MMCKINFO จะส่งค่ากลับตอนต้นของการเรียก mmioDescend

มีวิธีที่ไปยังกลุ่มข้อมูลของไฟล์ RIFF ตัวอ่านไฟล์รูปคลื่นจะอ่านข้อมูลบางตัวได้ ที่เป็นวิธีการอ่าน PCMWAVEFORMAT จากกลุ่มข้อมูล fmt

```
PCMWAVEFORMAT  waveformat;
        int n;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
n=min((unsigned int)mmSub.cksize,sizeof(PCMWAVEFORMAT));
if(mmioRead (h.(LRSTR)&waveformat,(long)n)!=(long)n)
mmioClose(h,o);
return(o);

if (wave format,wf.wFormatTag!=WAVE_FORMAT_PCM)
mmioClose (h,o);
return(o);
```

ในการเรียก mmioRead อาร์กิวเมนต์ตัวแรกก็คือ HMMIO ใช้ในการอ้างชื่อไฟล์ที่จะอ่าน อาร์กิวเมนต์ที่ 2 เป็น far หรือ Hung จะชี้ไปยังบัฟเฟอร์ เมื่อบางข้อมูลถูกคาดว่าจะแสดง อาร์กิวเมนต์ที่ 3 เป็น long integer ซึ่งแทนจำนวนของไบท์ที่จะอ่านฟังก์ชัน mmioRead จะส่งค่ากลับด้วยค่าของไบท์ที่ทำการอ่าน ซึ่งจะยอมถ้าค่าของอาร์กิวเมนต์ทั้งหมดถูกต้องเมื่อมีการอ่านค่า และจะออกจากกลุ่มข้อมูลเพื่อเตรียมรายการครั้งต่อไป

```
mmioAscend(h,(LPMMCKINFO)&mmSub,o);
```

อาร์กิวเมนต์แรก คือ mmioAscend คือหลักของ HMMIO เพื่ออ้างชื่อไฟล์ที่จะอ่านต่อมา เป็นตัวชี้ไปยัง MMCKINFO ซึ่งกำหนดกลุ่มข้อมูลที่จะขึ้นมาอาร์กิวเมนต์ที่ 3 ให้เป็นแบบตัวช่วย แทนมันจะมีแฟลกที่ตรงกับ mmioAscend

ดังนั้นรหัสที่ต้องการจะถูกอ่านไปเก็บอยู่ในหน่วยความจำความสามารถพิเศษนี้สามารถใช้เพื่อเรียก mmioDescend และ mmioRead ไปยังตำแหน่งและอ่านข้อมูลการแซมปลิ้งค่า cksize จะส่งค่ากลับโดย mmioDescend ซึ่งจะใช้เพื่อบอกขนาดบัฟเฟอร์ในการเรียก Globalalloc

```
GLOBALHANDLE wavehandle;
HPSTR wavepointer;
mmSub ckid = mmioFOURCC('d','a','t','a');
if (mmioDescend(h,(LPMMCKINFO)&mmSub;
(LPMMCKINFO)&mmParent,MMIO_FINDCHUNK))
mmioClose(h,o);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                /*ข้อความเมื่อ error*/
return(o);

                if ((wavehandle = GlobalAlloc(GMEM_MOVEABLE|
                GMEM_SHARE,mmSub.cksize)) == NULL)
                mmioClose(h,o);
                /* ข้อความแสดง error */
                return(o);

                if ((wavepointer = (HPSTR)Globallock(wavehandle))==NULL)
                GlobalFree(wavehandle);
                mmioClose(h,o);
                /* ข้อความแสดง error */
                return(o);

                if (mmioRead(h,wavepointer,mmSub.cksize)!=mmSub.cksize)
                GlobalUnlock(wavehandle);
                GlobalFree (wavehandle);
                mmioClose(h,o);
                /* ข้อความแสดง error */
                return(o);
        GlobalUnlock(wavehandle);
```

เพื่อความปลอดภัยของข้อมูล คุณควรจะปิดไฟล์ RIFF File ดังนี้

```
        mmioClose(h,o);
```

อาร์กิวเมนต์ตัวแรกของ mmioclose คือ HMMIO ซึ่งเวลาที่ไฟล์ถูกปิด อาร์กิวเมนต์ตัวที่ 2 มีค่าขึ้นแฟลกจะถูกกำหนดสำหรับ mmioClose MMIO_FHOPEN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 โครงสร้างของการแซมปลิ้ง

การแซมปลิ้งจะประกอบไปด้วยไบท์ใช้งานขนาด 8 บิท มีย่านตั้งแต่ 0-255

128 เป็นค่าย่านการแสดงผลทั้งทางบวกและลบ

ค่า 0 ถึง 255 เป็นค่าสูงสุดของการเป็นไปได้ของแรงดันบวกและลบที่ส่งไปยังลำโพง

การแซมปลิ้งแบบสเตอริโอ ข้อมูลทางแชนแนลขวาและซ้ายจะเข้ามาสลับกันตามรูปแบบนี้ ข้อมูลที่เป็นแอดเดรสคู่กำหนดให้เป็นแชนแนลซ้ายและข้อมูลแอดเดรสคี่เป็นแชนแนลขวา

ในการแซมปลิ้งของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์ จะทำการย่อข้อมูลลงเพื่อประหยัดหน่วยความจำ เช่นจะทำการแซมปลิ้งข้อมูลขนาด 8 บิท ก็สามารถแปลงเป็น 4 , 5.6 หรือ 2 บิท (การแซมปลิ้งแบบ 2.6 บิท ค่า 2 ค่าจะเปลี่ยนเป็น 3 บิท และอีก 1 ค่าจะถูกเปลี่ยนเป็น 3 บิท) การแปลงข้อมูลนี้สามารถเลือกที่จะลดขนาดของข้อมูลเป็น 2 , 3 หรือ 4 ช่วงเวลาการแซมปลิ้งในขณะเดียวกันการ์ดซาวน์บลาสเตอร์นี้ก็สามารถแปลงข้อมูลกลับเป็น 8 บิท ได้

การลดขนาดของข้อมูลเพื่อการประหยัดหน่วยความจำ แต่คุณภาพของสัญญาณก็ลดลงด้วย จึงต้องพิจารณาว่าตัวอะไรเป็นตัวทำให้ข้อมูลแซมปลิ้งที่ถูกย่อเกิดการสูญเสีย ข้อมูลบางประเภทเมื่อทำการย่อแล้ว จะมีคุณสมบัติดีกว่าข้อมูลชนิดอื่น เช่นถ้าเป็นเสียงก็ไม่ต้องการประสิทธิภาพสูงนักก็สามารถเข้าใจได้ ดังนั้นจึงสามารถใช้โปรแกรม VEDIT และ VOXKIT เปลี่ยนข้อมูล 8 บิท เป็น 4 , 2.6 หรือ 2 บิท ก็ได้

2.4.3 การบันทึกและการแสดงผล

การบันทึกและการแสดงผลสัญญาณทำได้ 2 แบบคือ โดยตรงและใช้วิธี DMA

การ DMA เมื่อเป็นการประมวลผลสัญญาณเวลาขนาดเล็ก การใช้ DMA นี้จะแน่นอนกว่าการใช้โปรแกรม

การบันทึกและการแสดงผลโดยตรงสามารถใช้งานได้ทุกลักษณะไม่ว่าจะเป็นการกระทำเสียงแบบสะท้อน วงจรกรอง การเปลี่ยนระดับเสียงและวอลลุ่ม แต่กระนั้นวิธีกระทำก็มีความสำคัญมากกว่าการประมวลเวลา แต่ฟังก์ชันการทำงานอื่นๆ ของโปรแกรมจะทำงานช้าลงมากเมื่อใช้วิธีนี้

การใช้งาน DMA จะต้องใช้ CT_VOICE.DRV เพื่อเป็นไดรเวอร์ให้การ์ดซาวน์บลาสเตอร์ โดยที่ไดรเวอร์ตัวนี้จะพบได้ในไดเร็กตอรี VOXKIT หรือไดเร็กตอรี DRV โดยจะบันทึกและจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงผลในรูปของ VOC ก่อนที่เราจะเรียนรู้ไดรเวอร์ก็ควรจะรู้จักกับรูปแบบ (format) ของ VOC โดยใช้รูปแบบนี้เป็นเวอร์ชัน 1.10 ซึ่งใช้ในการ์ดซาวน์บลาสเตอร์ และการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร

2.4.4 ลักษณะของรูปแบบ VOC

ไฟล์ VOC ประกอบด้วยส่วนหัวไฟล์ และบล็อกข้อมูล จึงจะเป็นรูปแบบของ VOC ที่แท้จริง

ส่วนหัวไฟล์

ส่วนหัวไฟล์จะประกอบไปด้วยข้อมูลทั่วๆ ไป ข้อมูลนี้ไดรเวอร์ของ CT-VOICE จะไม่นำไปใช้โดยส่วนหัวไฟล์ นี้จะใช้เพื่อบอกแนวทางในกรณีที่เรานำข้อมูลไปใช้เดี่ยว ๆ โดยส่วนหัวไฟล์นี้จะสามารถเปลี่ยนโครงสร้างได้

ไบท์ที่	ความหมาย
00H-13H	บอกชนิดของไฟล์โดยตัวอักษร 19 ไบท์ดังนี้ Creative Voice File และตามไปด้วย EOF ที่ไบท์ 1AH
14H-15H	ไฟล์จุดเริ่มของบล็อกข้อมูลเวิร์ดนี้ (2 ไบท์) กำหนดได้ เพราะเวอร์ชันในอนาคตขนาดของส่วนหัวไฟล์จะเปลี่ยนไป โดยปกติไบท์เหล่าจะมีค่า 001AH
16H-17H	ไฟล์บอกเวอร์ชัน โดยไบท์แรกจะเป็นค่าหลังจุดทศนิยมไบท์สองจะเป็นค่าหน้าจุดทศนิยมในเวอร์ชัน 1.10 นี้ไบท์แรกจะเป็นค่า 0AH (=10) และไบท์ 2 จะเป็นค่า 1
18H-19H	รหัสแสดงความเหมือน รหัสนี้ใช้เพื่อตรวจสอบว่าไฟล์นี้เป็นไฟล์ VOC จริงหรือไม่ ค่าของ 16H และ 17H จะเป็นค่าตัวเลขเวอร์ชันนำมาเป็น 1 คอมพลีเมนต์ แล้วบวกด้วย 1234H เวอร์ชัน 1.10 การทำ 1 คอมพลีเมนต์ของ 010AH แล้วจะได้ FEF5H ; จะได้เป็น FEF5H+1234H = 1129H

บล็อกข้อมูล

บล็อกข้อมูลจะประกอบด้วยบล็อกย่อยตั้งแต่ 1 บล็อกย่อยขึ้นไป แต่ละบล็อกย่อยจะเป็นสัญญาณที่แซมปลิ้งหรือข้อมูลอื่นๆ ด้วยเหตุนี้จะสามารถเก็บสัญญาณได้หลายครั้งโดยวิธีการใช้สัญญาณแซมปลิ้งที่ต่างกันใน 1 ไฟล์

ทุกๆ บล็อกย่อยจะประกอบด้วยส่วนหัวย่อย และข้อมูล ในส่วนหัวย่อยจะเป็นข้อมูลชนิดของบล็อกความยาวของบล็อก และข้อมูลชนิดอื่นๆ โดย 4 ไบท์แรกจะเหมือนกัน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไบท์แรกบอกชนิดของบล็อก 3 ไบท์ถัดมาบอกความยาวของบล็อก (ขนาดของข้อมูลหลังจาก 4 ไบท์นี้) ถ้าเราไม่รู้จักชนิดของบล็อกก็จะไม่สามารถเข้าสู่บล็อกได้

หลังจาก 4 ไบท์แรก ความแตกต่างของบล็อกที่เป็นไปได้ มีดังนี้

บล็อกชนิด 0 และจุดสิ้นสุดของบล็อกข้อมูล

บล็อกชนิด 0 ซึ่งเป็นชนิดเดียวที่ไม่มีข้อมูลแสดงความยาว

บล็อกแบบนี้ใช้กำหนดจุดสิ้นสุดของบล็อกย่อย ถ้าไดรเวอร์ CT-VOICE ทำงานมาถึงบล็อกนี้ ก็จะหยุดการประมวลผลบล็อกย่อย

บล็อกชนิด 1,ข้อมูลที่แซมปลิ้งเข้ามาใหม่

บล็อก ชนิดนี้สัญญาณ Sample ใหม่จะเริ่มทำงาน ในการรวบรวมข้อมูล Sample,บล็อก นี้จะประกอบข้อมูลเกี่ยวกับเสียงและวิธีการย่อเสียง

ขอบเขต ความยาวของ บล็อก ประกอบด้วยฟิลด์ SR และ pack ดังนั้นจึงมีขนาดเท่ากับ DATA+2 SR เพื่อใช้เป็นอัตราการ sampling โดยค่าจะถูกำหนดจากสูตร

SR = 256-1000000/sampling rate

ที่ sampling rate 10000 Hz SR จะมีค่า 156 เพราะ 1000000/10000=100 และ 256-100=156

โดยค่า sampling rate ของ Sound Blaster สูงสุดคือ 26000 Hz และ Sound Blaster Pro คือ 44100 Hz

PACK ประกอบด้วยทฤษฎี packing ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงไปที่เป็นไปได้คือ

0: 8-bitsnormal,unpacked sample

1: 4-bitspacked

2: 2.6-bitspacked

3: 2-bits packed

ข้อมูลประกอบด้วยข้อมูลที่ถูกสุ่มเข้ามา ขนาดของข้อมูลจะมีค่าเท่ากับความยาวบล็อกหารด้วย 2

บล็อกชนิด 2 ,การสุ่มข้อมูล

ถ้าต้องการแสดงผลสัญญาณที่สุ่มแล้วที่แซมปลิ้งเรทเดียวกันหลายๆ ค่าโดยใช้ค่าทฤษฎี packing เดียวกันจะสามารถใช้ชนิดบล็อกนี้ได้ การสุ่มข้อมูลของบล็อกนี้จะแสดงผลโดยการเซ็ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าการสุ่มตามบล็อกสุดท้าย ด้วยวิธีนี้สามารถเปลี่ยนค่าการแซมปลิ้งเรทของบล็อกใดบล็อกหนึ่ง และจะมีผลต่อบล็อกอื่นทั้งหมด

ขอบเขตความยาวของบล็อกจะเท่ากับขนาดของข้อมูล ข้อมูล (DATA) จะประกอบด้วยข้อมูลการสุ่ม

บล็อกชนิด 3,Silence

บล็อกที่สำหรับใช้ปิดเสียงของการ์ดซาวน์บลาสเตอร์เพื่อตรวจสอบคาบเวลา โดยสามารถแทรกการปิดเสียงได้ตลอด ด้วยการเข้าแทนในช่องว่างในข้อมูลของสัญญาณที่ถูกแซมปลิ้งด้วยบล็อก silence ข้อมูลนี้จะกินเนื้อที่หน่วยความจำเพียงเล็กน้อย โปรแกรมที่จะใช้ในการทำงานนี้ก็คือ VEDIT

ขอบเขต ความยาวบล็อกมีค่า 3

คาบเวลา (Period) ประกอบด้วยค่าขนาด 16 บิทค่านี้จะเพิ่มขึ้น 1 เพื่อแสดงว่าอยู่ในช่วงการปิดเสียง การเพิ่มขึ้นจากเลขจำนวนของแซมปลิ้งเรท

SR คือแซมปลิ้งเรท

ตัวอย่างการคำนวณ มีแซมปลิ้งเรทเท่ากับ 4000 Hz และค่าการประมวลผล 4000 คาบเวลาใน 1 วินาที คาบเวลาเท่ากับ 8000 ค่า silence อย่างละเอียดที่ถูกต้องใน 2 วินาทีคือ (8000/4000) ในคำอื่นๆ และในเวิร์ดอื่นๆ ถ้าการประมวลผลคือ 8000 คาบเวลาค่าของคาบเวลาคือ 8000-1 หรือ 7999 ที่แซมปลิ้งเรทที่สูงกว่านี้ ก็จะมีค่า duration ที่ถูกต้องยิ่งขึ้น แต่ค่า duration สูงสุดจะลดลง

บล็อกชนิด 4,Marker

บล็อกนี้จะทำให้เราสามารถให้ค่าเวิร์ดสถานะใหม่ได้ ด้วยวิธีการนี้จะทำให้โปรแกรมเกิดการรอ จนกระทั่งที่สัญญาณแซมปลิ้งที่ต้องการเข้ามา และสามารถตรวจสอบเวิร์ดสถานะได้

ขอบเขตความยาวของบล็อกมีค่า 2

MARKER เป็นค่าที่อยู่ระหว่าง 1-65534(FFFEH) ค่า 0 และ 65535 ถูกกำหนดไว้ว่าให้ไดรเวอร์ของ CT-VOICE ทำงานด้วยตัวเอง

บล็อกชนิด 5,ASCII Text

บล็อกนี้เราสามารถใส่คำสั่งไปที่ Vocblock คำนี้จะจบลงที่ไบท์ 0

ขอบเขตความยาวของบล็อกประกอบด้วยความยาวรวมของคำจนถึง 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บล็อกชนิด 6,Start of a Repetition

บล็อกชนิด 6 นี้จะแสดงการเริ่มทำงานซ้ำของไดรเวอร์ CT-VOICE จะทำงานซ้ำอยู่ระหว่างบล็อกถึงบล็อกชนิด "end of repetition" ซึ่งใช้ค่าแสดงค่าของเวลา

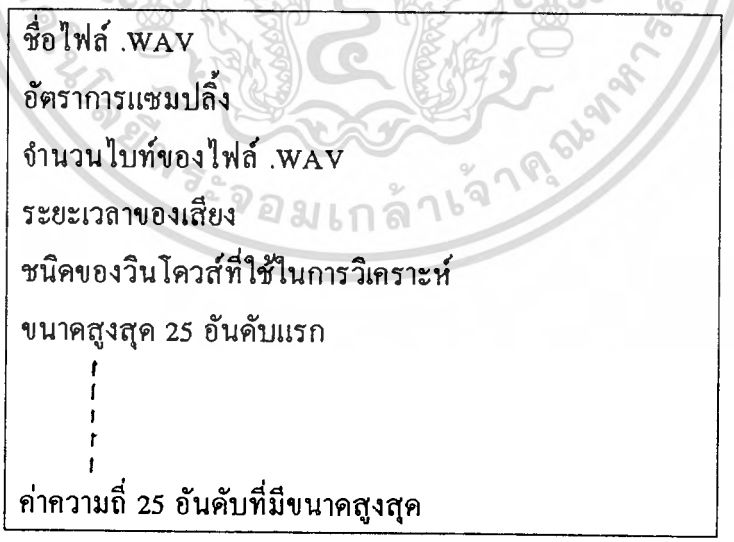
ขอบเขตความยาวของบล็อกมีค่า 2

ตัวนับ (counter) แสดงเลขจำนวนการทำซ้ำ การทำงานจะทำซ้ำและทำให้ ตัวนับ +1 ถ้าตัวนับมีค่า 65535(FFFFH) บล็อกจะทำงานวนไม่มีที่สิ้นสุด

2.4.5 รูปแบบ FFT File

FFT File เป็นไฟล์ที่ใช้สำหรับเก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธี ฟาสท์ ฟูริเยอร์ ทรานสฟอร์ม (FFT) ของแฟ้มสัญญาณเสียงที่เป็นไฟล์ที่มีนามสกุล *.WAV

หลังจากที่เราได้วิเคราะห์ FFT จากไฟล์ *.WAV แล้วจะเกิดข้อมูลสำคัญคือ ค่าของขนาดและค่าความถี่ ซึ่งอยู่ในโดเมนความถี่ เราจะนำเอาข้อมูลใหม่มาเก็บโดยการเก็บจะทำการเรียงทั้งขนาดและความถี่ โดยจัดลำดับข้อมูลที่มีขนาดสูงสุด 25 อันดับแรก และความถี่ 25 อันดับนั้น แล้วนำมาเก็บลงสู่ไฟล์ โดยรูปแบบการเก็บลงสู่ไฟล์นั้น จะเก็บไฟล์แบบ RANDOM โดยมีรูปแบบดังนี้



รูปที่ 2.55 โครงสร้างของไฟล์ *.FFT

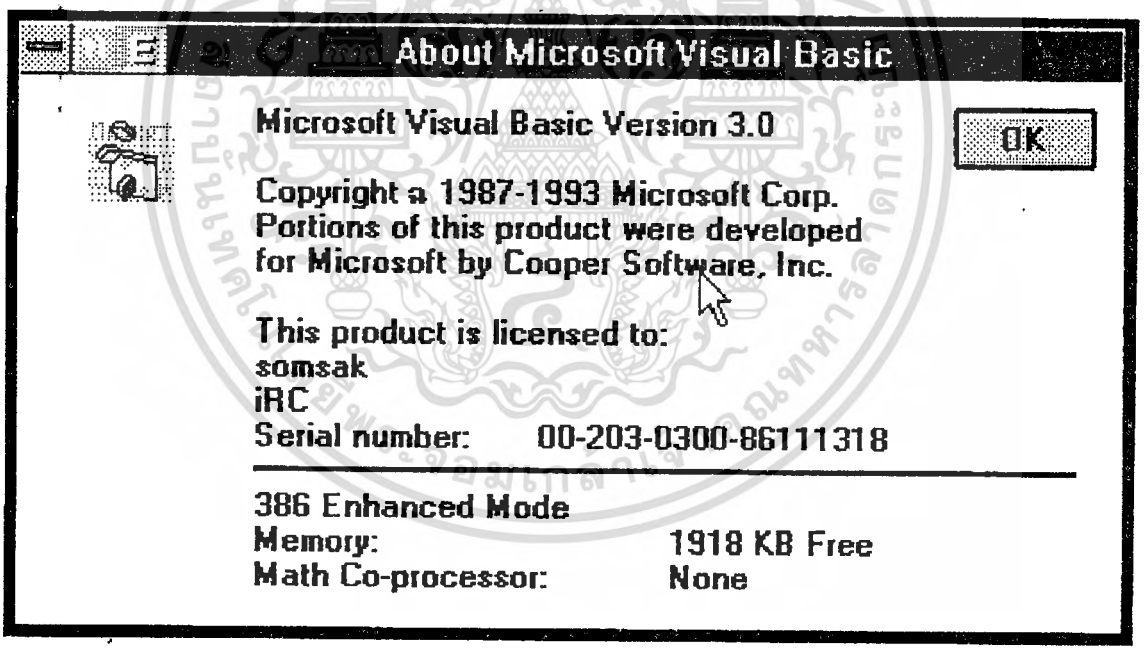
การเก็บข้อมูลในรูปแบบนี้ก็เพื่อให้เกิดความสะดวกรวดเร็วในการเปรียบเทียบเพื่อหาความคล้ายระหว่างแฟ้มต้นทาง (SOURCE) และแฟ้มปลายทาง (DISTINATION)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การสร้างโปรแกรมสำเร็จรูปด้วยวิชวลเบสิก

เราสามารถเขียนโปรแกรมบนวินโดว์ได้อย่างง่ายดาย โดยเราสามารถจัดการโต้ตอบกับผู้ใช้ในลักษณะรูปภาพหรือสัญลักษณ์ โดยใช้เมาส์เป็นเครื่องมือในการเขียนโปรแกรม และสามารถใช้เครื่องมือ (Tools) ที่เป็นมาตรฐานของวินโดว์ เช่นกรอบข้อความ (Text Box) หรือปุ่มคำสั่ง (Command Buttons) เพียงแต่กำหนดค่าของเครื่องมือเหล่านั้น โดยใช้ภาษาเบสิกที่เราคุ้นเคยกันเป็นอย่างดี เพียงเท่านี้เราก็ได้โปรแกรมที่สามารถทำงานภายใต้วินโดว์ที่ทำงานได้อย่างสมบูรณ์และรวดเร็ว

เราจะมาดูว่าวิชวลเบสิก (Visual Basic) ฟอร์วินโดว์ เวอร์ชัน 3.0 มีลักษณะเป็นอย่างไรและถ้าจะเริ่มทำงานได้นั้นจะต้องทำอย่างไร ถ้าต้องการจะสร้างโปรแกรมสักโปรเกรมเราจะต้องทำอย่างไร โดยจะแบ่งหัวข้อเป็น ข้อแรกคือการเริ่มต้นกับวิชวลเบสิก ข้อที่สองคือส่วนต่างๆ ของวิชวลเบสิก ข้อสุดท้ายคือขั้นตอนและตัวอย่างในการสร้างโปรแกรมสำเร็จรูป



รูปที่ 2.56 ข้อความที่เกี่ยวกับวิชวลเบสิก

เริ่มต้นกับวิชวลเบสิก

วิชวลเบสิกฟอร์วินโดว์ เป็นของบริษัท Microsoft Coperation เป็นโปรแกรมที่ออกมาให้ง่ายต่อการออกแบบและเขียนโปรแกรมบนวินโดว์โดยวิชวลเบสิกมีจำหน่ายอยู่ 2 รุ่น คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รุ่นมาตรฐาน (Standard Version)

รุ่นมืออาชีพ (Profission Version)

โดยในรุ่นมืออาชีพจะมีการควบคุมระบบฐานข้อมูลของ Microsoft Access ด้วย โดยจะอยู่ในแผ่นดิสค์ขนาด 3 1/2 นิ้ว จำนวน 9 แผ่น

คุณสมบัติของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จำเป็นในการใช้งานโปรแกรมวิชวลเบสิกคือ

เครื่องคอมพิวเตอร์ระดับ 80286 ขึ้นไป โดยมีแรม 1 MB ขึ้นไป

ฮาร์ดดิสค์ที่มีเนื้อที่ว่างประมาณ 32 MB

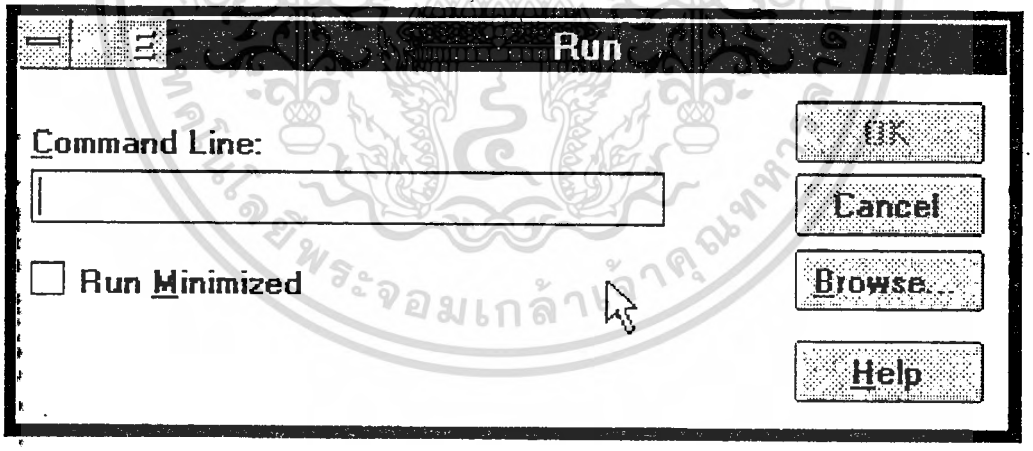
ดอสเวอร์ชั่น 3.1 ขึ้นไป

โปรแกรมวินโดว์เวอร์ชัน 3.0 ขึ้นไป

การติดตั้ง

เปิดเครื่องและเรียกโปรแกรมวินโดว์

เรียกคำสั่ง RUN จากเมนู FILE จาก Program Manager จะปรากฏจอภาพ ดังรูปที่ 2.57



รูปที่ 2.57 ลักษณะของหน้าจอเมื่อเรียกคำสั่ง RUN จาก Program Manager

ใส่แผ่นวิชวลเบสิกแผ่นที่ 1 ในดิสค์ไดรว์ A: หรือ B: (ที่เป็นขนาด 3 1/2 นิ้ว) พิมพ์คำว่า

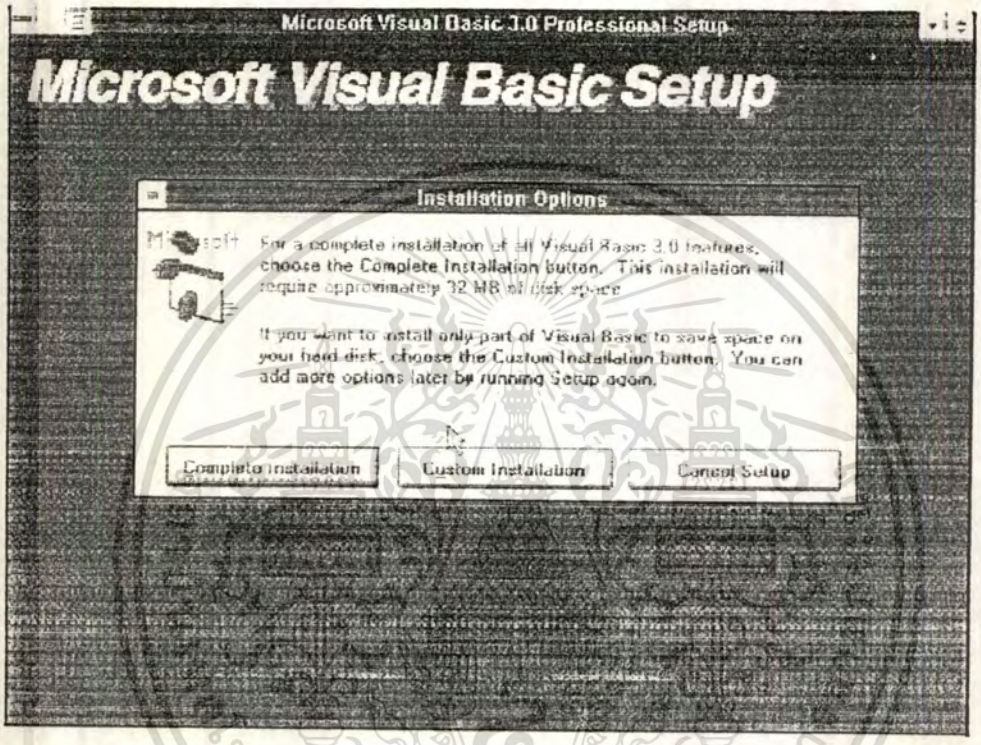
A:\SETUP

หรือ

B:\ SETUP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจะเริ่มทำการติดตั้งวิชวลเบสิกในระหว่างการติดตั้งเครื่องจะถามถึงไดเร็กตอรีที่ใช้เก็บโปรแกรมวิชวลเบสิกรวมทั้งถามการติดตั้งว่าต้องการติดตั้งทั้งหมดหรือไม่ดังรูปที่ 2.58



รูปที่ 2.58 หน้าจอของวิชวลเบสิกขณะเลือกการติดตั้ง

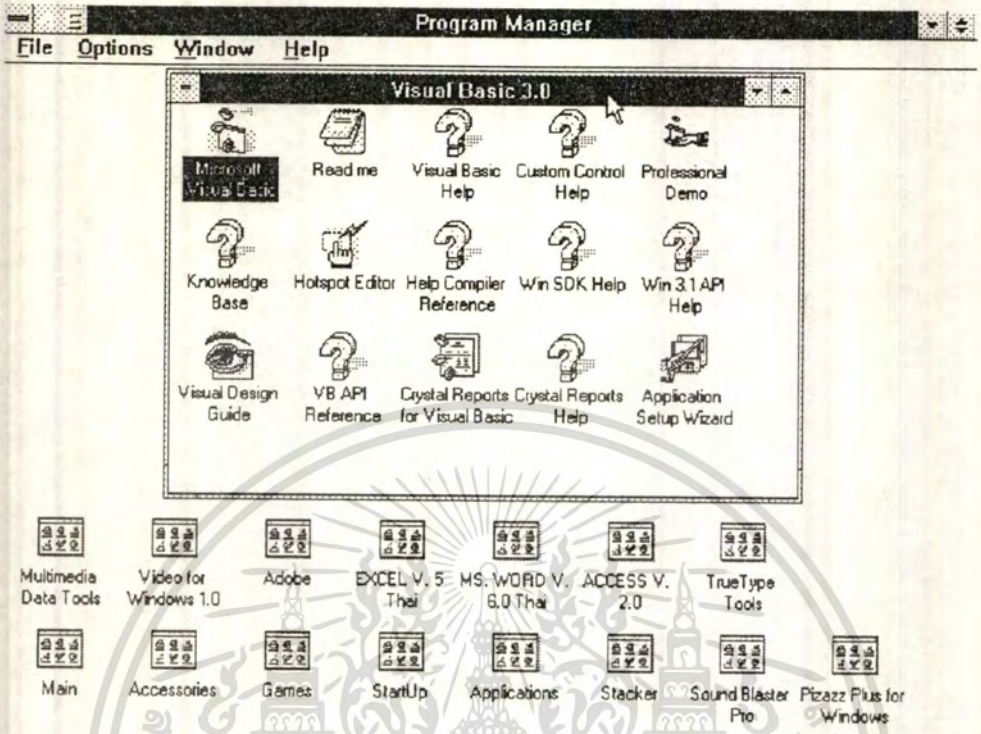
เมื่อโปรแกรมติดตั้งเสร็จจะได้กลุ่มโปรแกรมดังรูปที่ 2.59

เมื่อต้องการใช้โปรแกรมวิชวลเบสิก ให้ทำการดับเบิ้ลคลิกที่ไอคอนของวิชวลเบสิก ถ้าโปรแกรมเรียบร้อยจะได้หน้าจอ ดังรูปที่ 2.60

หมายเหตุ

การใช้วิชวลเบสิกกับวินโดว์รุ่นสามารถใช้งานกับภาษาไทย (Thai Edition) ในโหมดที่ใช้กับจอภาพแบบวีจีเอ (VGA Mode) จะต้องทำการเปลี่ยนไฟล์ VGAFIX.FON ของวินโดว์รุ่นสามารถใช้งานกับภาษาไทยไปเป็นไฟล์ VGAFIX.FON ของ TSM หรือของวินโดว์รุ่นภาษาอังกฤษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.59 รูปจอภาพเมื่อทำการติดตั้งวิชวลเบสิกเรียบร้อยแล้ว

ส่วนต่างๆ ของ วิชวลเบสิก

เครื่องมือและเมนู (Tool Bar and Menu Bar)

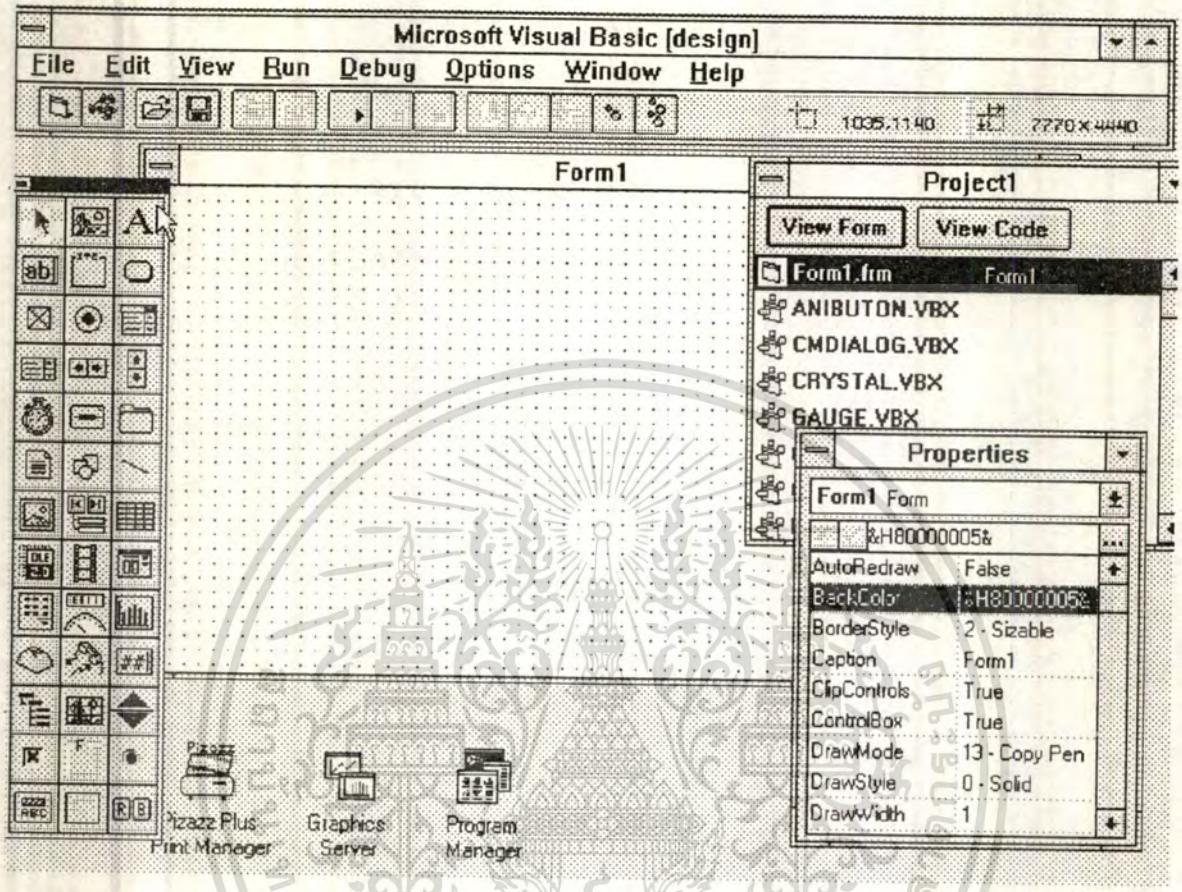
เครื่องมือ (Tool Bar) เป็นปุ่มที่ทำหน้าที่ใดหน้าที่หนึ่งแทนการเลือกผ่านทางเมนู ซึ่งเครื่องมือนี้เป็นไอคอนที่จะช่วยให้เราสามารถสั่งงานวิชวลเบสิกได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยจะประกอบด้วยไอคอนดังรูปที่ 2.62

เมนู (Menu Bar) จะแสดงคำสั่งที่จำเป็นในการสร้างโปรแกรมบางคำสั่งจะมีอยู่ในไอคอนด้วย

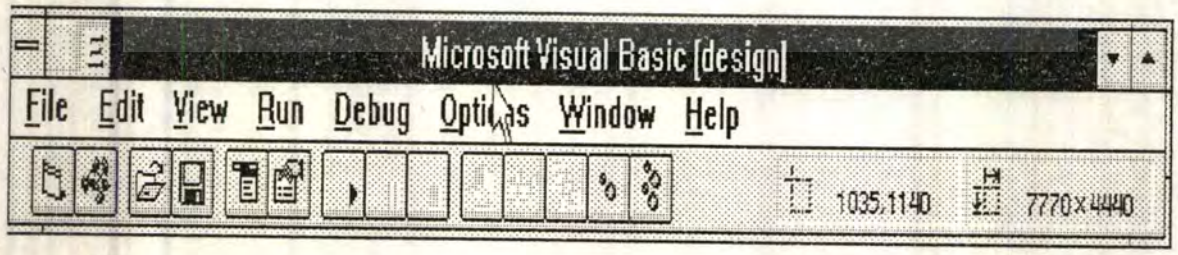
ฟอร์ม (Form)

เป็นส่วนของรูปแบบหน้าต่างที่เราต้องออกแบบ เพื่อให้ผู้ใช้ติดต่อกับโปรแกรมโดยเรานำส่วนควบคุมมาวางในฟอร์ม ผู้ใช้จะใช้งานและติดต่อโปรแกรมโดยผ่านส่วนควบคุมนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.60 แสดงลักษณะของโปรแกรมวิชวลเบสิก

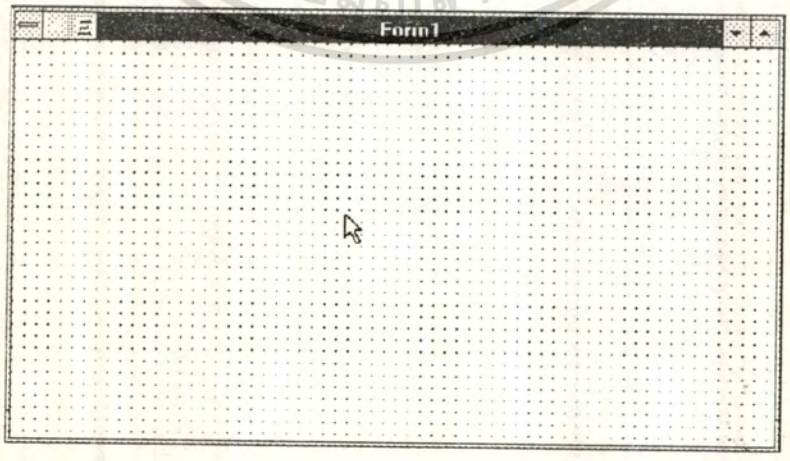


รูปที่ 2.61 แสดงเมนูและเครื่องมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Icon	Action	Menu equivalent
	Creates a new form	New Form command on the File menu
	Create a new Module	New module command on the File menu
	Opens an existing project	Open Project command on the File menu
	Display the menu design window	Menu Design Command on the window menu
	Didplay the properties Window	Properties command on the window menu
	Satrt an applicaion in design mode	Start command on the Run menu
	Stop execution of a Program while it's running	Break command on the Run menu
	Stop execution of an application and return to design mode	End command on the Run menu
	Toggle breakpoint on the current line	Toggle breakpoint on the Debug menu
	Display the value of the current selection in the Code window	Instant Watch on the Debug menu
	Display the structure of active calls	Call command on the Debug menu
	Executes code one statement at a time in the Code window	Single step command on the Debug menu
	Executes code one procedure or statement at a time in the Code window	Procedure Step command on the Debug menu

รูปที่ 2.62 แสดงรายละเอียดของไอคอนต่าง ๆ

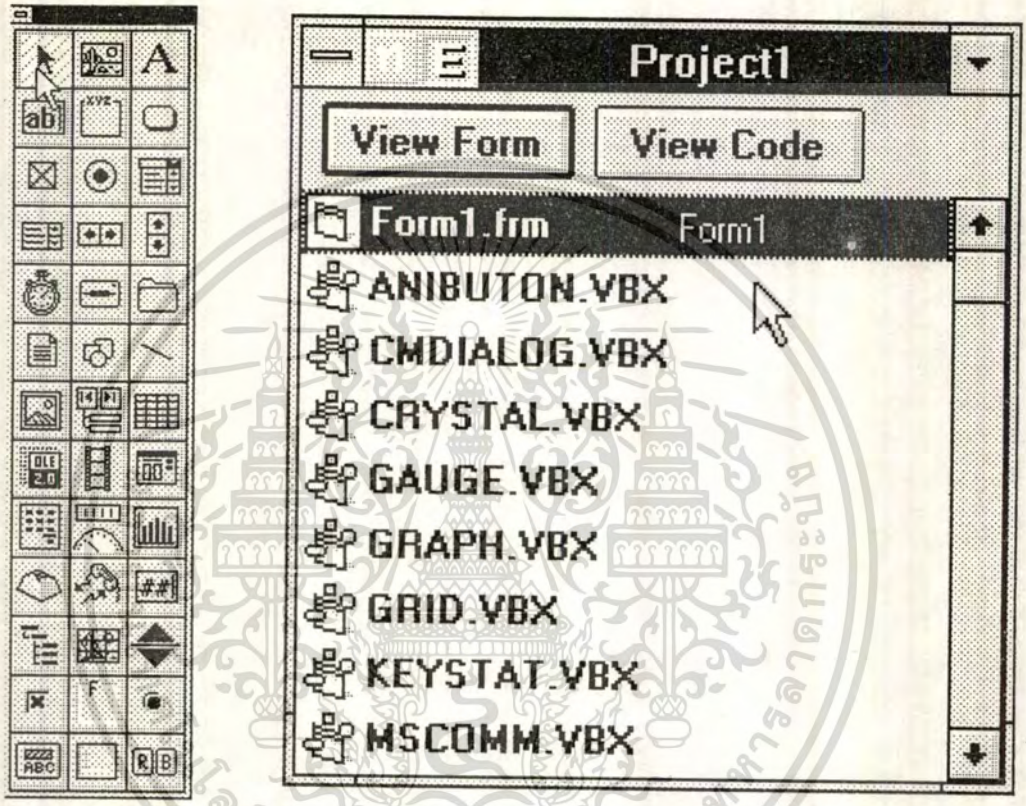


รูปที่ 2.63 แสดงลักษณะของฟอร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่องเครื่องมือ (Tool Box)

เป็นหน้าต่างที่เก็บส่วนควบคุมโดยมีให้เลือกโดยการคลิก และนำมาวางไว้ในฟอร์มตามที่ผู้เขียนโปรแกรมต้องการ ซึ่งมีลักษณะดังรูป 2.64



รูปที่ 2.64 แสดงลักษณะของกล่องเครื่องมือ และ แสดงลักษณะของหน้าต่างโปรเจกต์

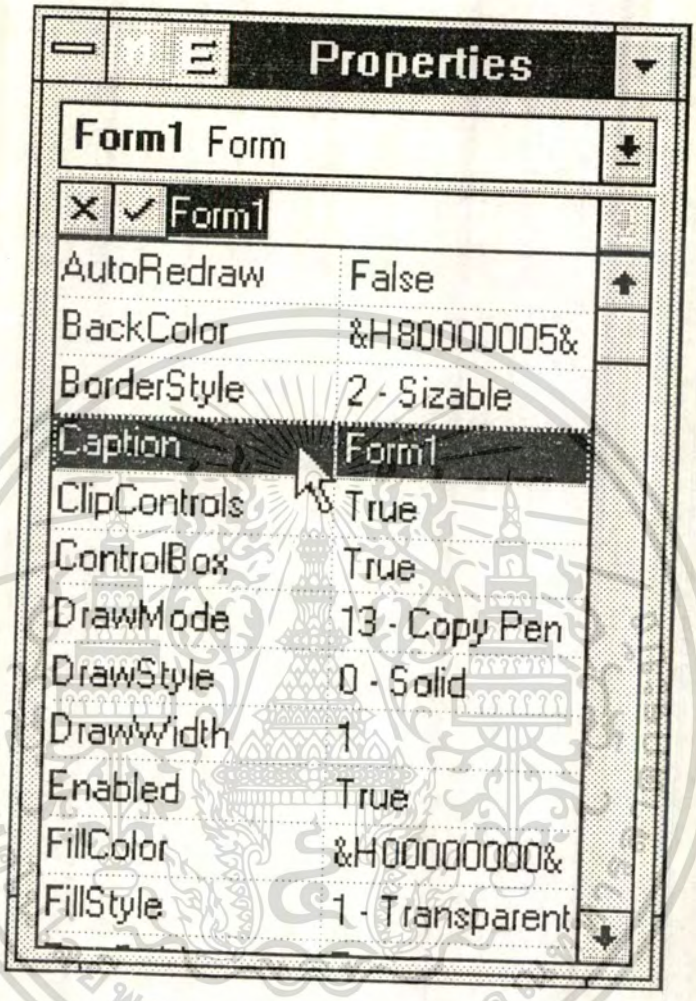
หน้าต่างโปรเจกต์ (Project)

เป็นหน้าต่างที่ใช้เก็บรายชื่อของฟอร์มต่างๆ ที่ผู้เขียนโปรแกรมออกแบบมาใช้ในโปรแกรม และยังสามารถเก็บรายชื่อของส่วนควบคุมที่มีนามสกุล .VBX เราสามารถที่จะเลือกดูฟอร์มหรือดูคำสั่ง โดยการเลือก View From หรือเลือก View Code ได้ตามลำดับ

หน้าต่างพรอพเพอร์ตีส์ (Properties)

เป็นหน้าต่างที่แสดงถึงลักษณะและคุณสมบัติต่างๆ ของส่วนควบคุม ที่นำไปวางไว้ในฟอร์ม ซึ่งในส่วนนี้สามารถที่จะปรับปรุงแก้ไขค่าต่างๆ ได้ตามความต้องการ ดังรูป 2.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.65 แสดงหน้าต่างของพรอพเพอร์ตีส์

ขั้นตอนและตัวอย่างในการสร้างโปรแกรมสำเร็จรูปโดยใช้วิชวลเบสิก

ในการที่เราต้องการจะสร้างโปรแกรมสำเร็จรูปโดยใช้โปรแกรมวิชวลเบสิกนั้นเราต้องมีขั้นตอนอยู่ 3 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ 1 สร้างส่วนการติดต่อกับผู้ใช้

ขั้นตอนที่ 2 ตั้งค่าพรอพเพอร์ตีส์ของส่วนควบคุม

ขั้นตอนที่ 3 เขียนโปรแกรมภาษาเบสิกเพื่อควบคุมส่วนควบคุมต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากขั้นตอนดังกล่าวที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น เราจะอาศัยขั้นตอนเหล่านี้ในการสร้างโปรแกรม คือ

ขั้นที่ 1 สร้างส่วนการติดต่อกับผู้ใช้

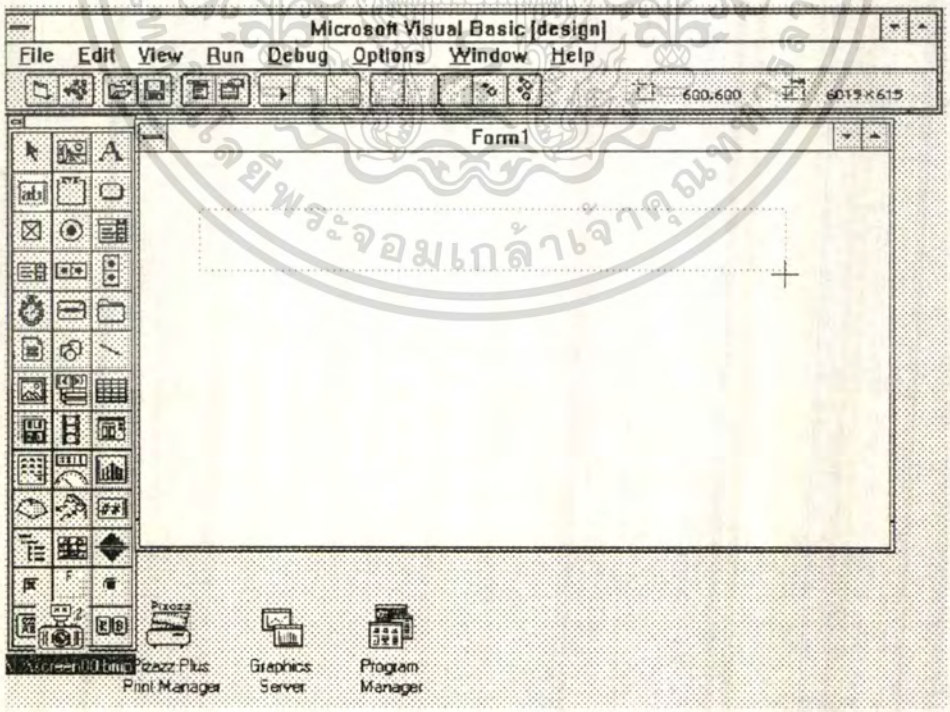
กำหนดขนาดของฟอร์มตามต้องการ

เลือกส่วนควบคุมในที่นี้สมมุติว่าต้องการใช้ ส่วนควบคุม 2 ตัว คือ

กรอบข้อความ

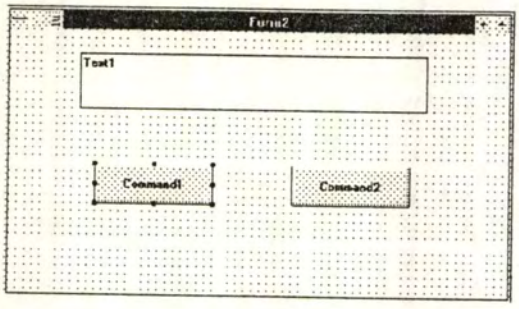
ปุ่มคำสั่ง

โดยขั้นแรกใช้เมาส์คลิกที่รูปกรอบข้อความในกล่องเครื่องมือและเลื่อนเมาส์มาในฟอร์มซึ่งเมาส์จะเปลี่ยนรูปเป็นรูปกากบาด ทำการเลื่อนไปยังตำแหน่งที่ต้องการวางแล้วกดแช่แล้วลากให้ได้ขนาดตามต้องการ แล้วจึงปล่อยเมาส์เราก็จะได้กรอบข้อความ ซึ่งใช้แสดงอักษรดังรูปที่ 2.66 และใช้เมาส์กดที่ปุ่มคำสั่งในกล่องเครื่องมือ แล้วเลื่อนเมาส์มาในฟอร์ม และทำตามขั้นตอนเดียวกับกรอบข้อความ โดยเราสามารถทำปุ่มคำสั่งได้ 2 อัน ซึ่งจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.67



รูปที่ 2.66 แสดงการสร้างกรอบข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.67 แสดงลักษณะของการสร้างปุ่มคำสั่งทั้ง 2 อัน

ขั้นที่ 2 ตั้งค่าพรอพเพอร์ตีส์ของส่วนควบคุม

ตัวควบคุม (Object) ทุกๆ ตัวนั้นจะต้องมีการตั้งค่าพรอพเพอร์ตีส์ของตัวควบคุมให้เหมาะสมกับโปรแกรมที่เราจะเขียนโดยวิธีตั้งค่า คือ

ใช้เมาส์ชี้ไปที่ตัวควบคุมที่อยู่ในฟอร์ม (ทดลองใช้กับปุ่ม Command 1)

พรอพเพอร์ตีส์จะขึ้นชื่อของตัวควบคุมนั้น (บริเวณด้านบน)

ใช้เมาส์เลือกหัวข้อต่างๆในตารางคุณสมบัติ (Properties List)

ลองเลือกหัวข้อ Caption

เลื่อนเมาส์มาที่บริเวณด้านบน (Setting Box) ซึ่งจะสามารถใส่ข้อมูลลงไปได้ ทดลองลบคำว่า Command 1 ออกและใส่คำว่า"Hello"

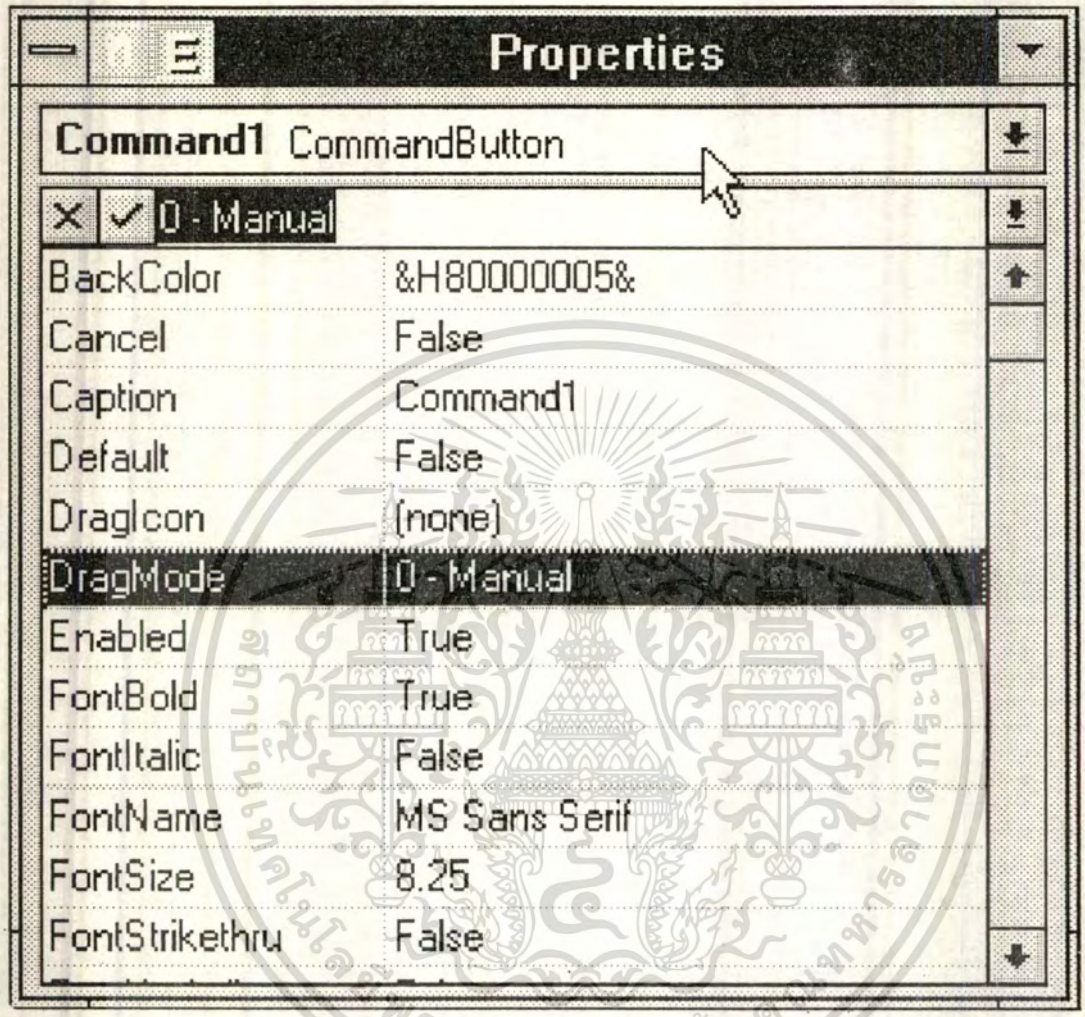
จะสังเกตเห็นว่าตัวอักษรที่ปุ่ม Command 1 เปลี่ยนไปเป็น Hello

ในส่วนของตารางพรอพเพอร์ตีส์จะมีรายละเอียดมากจะกล่าวเฉพาะบางส่วนเท่านั้น

จากนั้นทดลองป้อนค่าต่างๆ ดังนี้

ตัวควบคุม	พรอพเพอร์ตีส์	ตั้งค่าเป็น
FORM	Caption	Hello World!
TEXT BOX	Text	
COMMAND1	Caption	OK
COMMAND2	CAption	END

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.68 แสดงหน้าต่างของการตั้งค่าพรอพเพอร์ตีส์

ขั้นที่ 3 เขียนโปรแกรมภาษาเบสิกเพื่อควบคุมส่วนตวบคุมต่าง ๆ

จะเป็นการแจ้งให้ตัวควบคุมรู้ว่าถ้ามีการกระทำใดๆ กับตนเองแล้วจะต้องตอบสนองอย่างไร เช่นถ้ามีการคลิกเมาส์ 1 ครั้งจะต้องทำอะไรบ้าง ถ้าคลิกเมาส์ 2 ครั้ง (Double Click) จะต้องทำอะไรบ้าง การเขียนโปรแกรมนั้นไม่จำเป็นจะต้องเขียนให้ตอบสนองทุกสถานการณ์ บางตัวอาจมี 1 พฤติกรรม บางตัวอาจมีมากกว่า 1 พฤติกรรมหรือบางตัวอาจจะไม่ตอบสนองเลยก็ได้ซึ่งวิธีการเขียนสามารถทำได้โดย

คลิกเมาส์ที่ฟอร์ม 2 ครั้งจะปรากฏหน้าต่างดังรูป 2.69

เลือกตัวควบคุมที่ต้องการเขียนคำสั่ง สมมุติเลือก Command 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกสถานการณ์ที่ต้องตอบสนอง ให้เป็นคลิก (ด้านบนขวา) จะปรากฏข้อความ

```
Sub Command1_Click
End Sub
```

เลื่อนเมาส์มาอยู่ที่ตำแหน่งระหว่างข้อความเพื่อแทรกคำสั่งลงไป

ป้อนคำสั่งที่เป็นภาษาเบสิกลงไป เช่นเขียนว่า

```
Text1.Text ="Hello world"
```

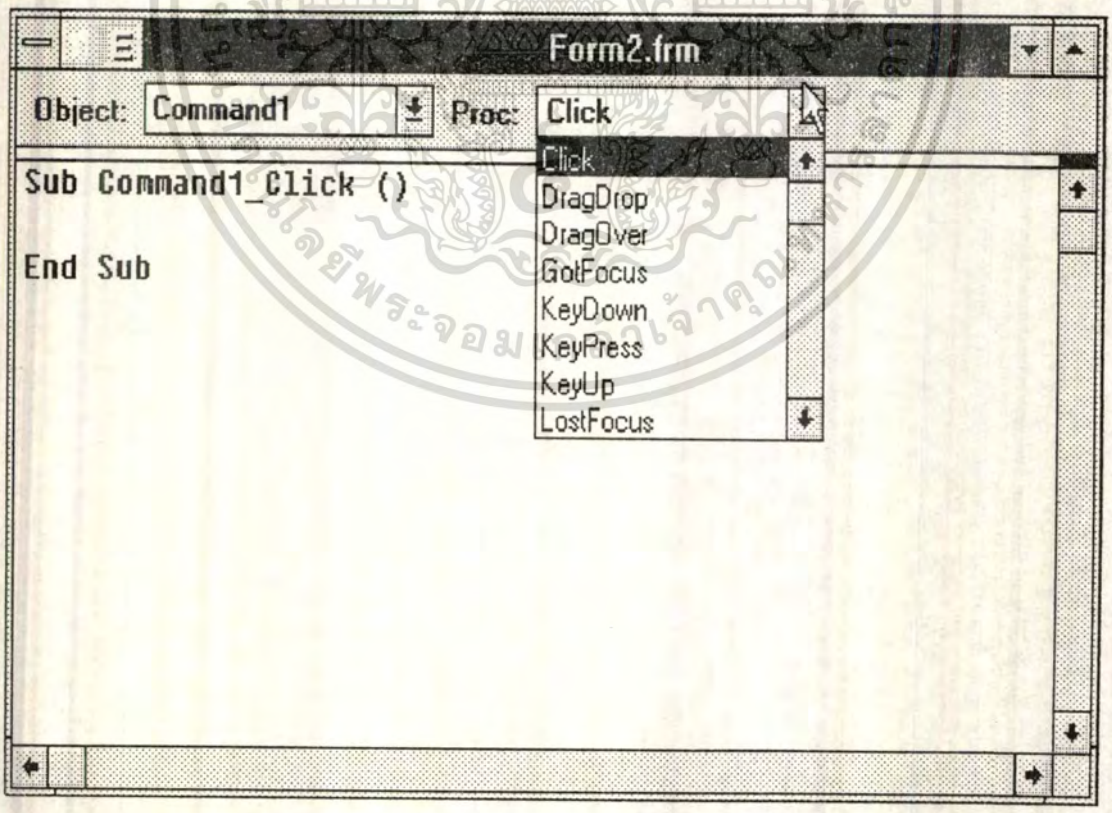
ทดลองเลือกตัวควบคุมมาเป็น Command2

เลือกสถานการณ์ที่ต้องตอบสนองให้เป็นคลิก

ทดลองพิมพ์ คำสั่งดังนี้

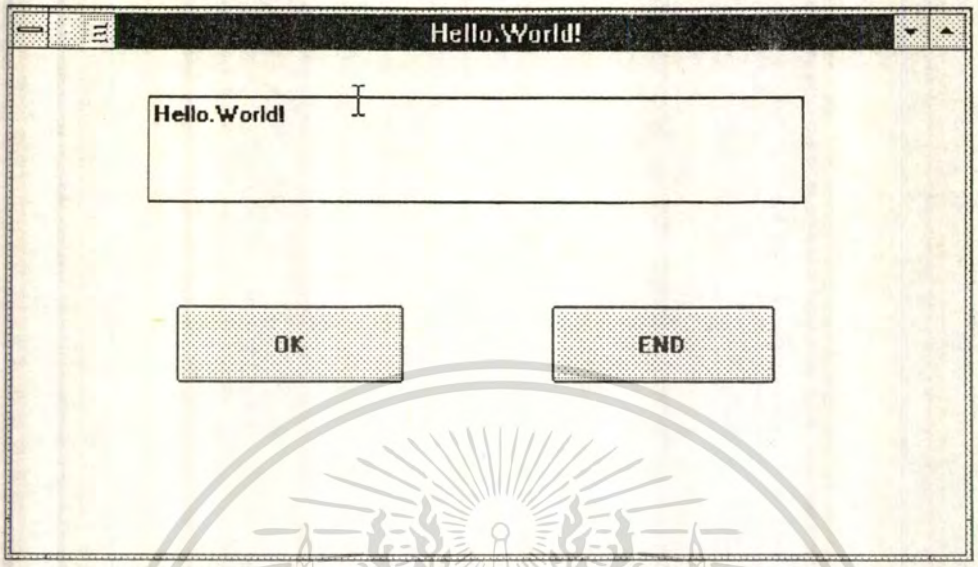
```
End
```

เมื่อทำตามขั้นต้อนเรียบร้อยแล้ว ก็ทดสอบโปรแกรมโดยเลื่อนเมนูไปที่เมนู RUN และเลือกคำสั่ง RUN จะได้โปรแกรมดังรูป 2.70



รูปที่ 2.69 หน้าต่างในการเขียนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.70 แสดงลักษณะของโปรแกรมเมื่อทำคำสั่ง RUN

เมื่อใช้เมาส์คลิกไปที่ปุ่ม OK ในกรอบของ Text ก็จะปรากฏข้อความ "Hello World!" เมื่อเราคลิกที่ปุ่ม END โปรแกรมก็จะหยุดทำงาน และส่งการควบคุมให้กลับสู่วิชวลเบสิกอีกครั้ง ตัวอย่างที่ยกมานี้เป็นตัวอย่างง่ายๆ ในการสร้างโปรแกรมสำเร็จรูปโดยใช้วิชวลเบสิก ซึ่งในการใช้งานจริงๆ จะมีตัวควบคุมมากขึ้น โปรแกรมก็จะมีความซับซ้อนมากขึ้นด้วย

2.6 วินโดว์ API

ในหน่วยนี้จะกล่าวถึงการเล่นสัญญาณเสียง รูปแบบของสัญญาณเสียงที่จะเล่น การบันทึกสัญญาณเสียง การใช้งานไฟล์อินพุทและไฟล์เอาท์พุท และการเข้าสู่หน่วยความจำ

2.6.1 การเล่นกลับสัญญาณเสียง

ถ้าโปรแกรมประยุกต์ (application) ต้องการเล่นกลับเสียง เราสามารถใช้ Media Control Interface (MCI) เพื่อควบคุมอุปกรณ์เอาท์พุท ถ้าตัวจัดการเล่นกลับ MCI ไม่พบโปรแกรมประยุกต์ที่เราต้องการ เราสามารถจัดการเล่นกลับ โดยใช้ low-level waveform service

ชนิดของรูปแบบข้อมูล

MMSYSTEM.H จะอยู่ที่หัวไฟล์จะเป็นตัวกำหนดชนิดของข้อมูล และเป็นรากฐานฟังก์ชันของฟังก์ชันเสียงทั้งหมด เราจะต้องกำหนดหัวไฟล์แบบนี้ในส่วนของโปรแกรมต้นฉบับ (source-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

code) ซึ่งจะเรียกใช้ฟังก์ชันเหล่านี้ MMSYSTEM.H สามารถกำหนดชนิดข้อมูลต่างๆ กันเพื่อเป็นฟังก์ชันของเอาท์พุทดังนี้

ชนิด	หน้าที่
HWAVEOUT	เป็นเครื่องมือที่ใช้เปิดอุปกรณ์เอาท์พุท
WAVEOUTCAPS	เป็นโครงสร้าง ที่ใช้ถามถึงความจุเฉพาะตัวของอุปกรณ์จัดการเอาท์พุท
WAVEFORMAT	เป็นโครงสร้างที่ใช้กำหนดรูปแบบของข้อมูลที่ใช้กับ อุปกรณ์จัดการเอาท์-พุท โครงสร้างนี้ใช้กับอุปกรณ์จัดการอินพุทได้ด้วย
WAVEHDR	เป็นโครงสร้าง ซึ่งเป็นส่วนหัวของบล็อกข้อมูลเอาท์พุท และโครงสร้างนี้ใช้กับอุปกรณ์จัดการอินพุทได้ด้วย

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุปกรณ์จัดการทางเอาท์พุท

การเล่นสัญญาณเสียงต้องเรียกฟังก์ชัน waveoutGetDevCops เพื่อกำหนดความสามารถของการเล่นกลับฟังก์ชันนี้จะชี้ไปที่ WAVEOUTCAPS ซึ่งรับค่าเกี่ยวกับความสามารถของอุปกรณ์ ข้อมูลนี้จะเป็นข้อมูลของการสร้างและชื่อชิ้นงานของอุปกรณ์และหมายเลขแสดงเวอร์ชันของไดรเวอร์อุปกรณ์ WAVEOUTCAPS จะมีข้อมูลที่มีรูปแบบของสัญญาณ แบบมาตรฐานและจะต้องใช้งานได้กับไดรเวอร์อุปกรณ์

การกำหนดรูปแบบมาตรฐานการทำงาน

รูปแบบ dw Format ของ WAVEOUTCAPS จะกำหนดรูปแบบมาตรฐานให้ใช้งานได้กับอุปกรณ์ ส่วนหัวไฟล์ที่ชื่อ MMSYSTEM.H จะเป็นตัวกำหนดรูปแบบของสัญญาณมาตรฐานให้กับ dwFormats

ตารางที่ 2.6 การกำหนดรูปแบบมาตรฐานการทำงาน

รูปแบบที่กำหนด	รูปแบบสัญญาณที่ได้
WAVE_FORMAT_1M08	โมโน 8 บิทที่ความถี่ 11.025 KHz
WAVE_FORMAT_1S08	สเตอริโอ 8 บิทที่ความถี่ 11.025 KHz
WAVE_FORMAT_1M16	โมโน 16 บิทที่ความถี่ 11.025 KHz
WAVE_FORMAT_1S16	สเตอริโอ 16 บิทที่ความถี่ 11.025 KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบที่กำหนด	รูปแบบสัญญาณที่ได้
WAVE_FORMAT_2S08	สเตอริโอ 8 บิทที่ความถี่ 22.05 KHz
WAVE_FORMAT_2M16	โมโน 16 บิทที่ความถี่ 22.05 KHz
WAVE_FORMAT_2S16	สเตอริโอ 16 บิทที่ความถี่ 22.05 KHz
WAVE_FORMAT_4M08	โมโน 8 บิทที่ความถี่ 44.1 KHz
WAVE_FORMAT_4S08	สเตอริโอ 8 บิทที่ความถี่ 44.1 KHz
WAVE_FORMAT_4M16	โมโน 16 บิทที่ความถี่ 44.1 KHz
WAVE_FORMAT_4S16	สเตอริโอ 16 บิทที่ความถี่ 44.1 KHz

ค่าของ dwFormats เป็นผลของการ OR กันของแฟลกกับบิทที่สูงกว่า

ข้อมูลของรูปแบบมาตรฐานซึ่งทำการปรับแต่งโดย WAVEINCAPS จะถูกใช้งานกับอุปกรณ์อินพุท

การที่จะกำหนดให้สามารถใช้รูปแบบอื่นๆ ใช้งานได้กับอุปกรณ์ต่างๆ นั้นต้องใช้ฟังก์ชัน WAVEOUTOPEN ของแฟลก WAVE_FORMAT_QUERY

การกำหนดรูปแบบที่ไม่เป็นมาตรฐานเพื่อการใช้งาน

อุปกรณ์สามารถใช้งานได้กับรูปแบบซึ่งไม่ได้มาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 2.7 การจะดูว่ารูปแบบใด ทั้งมาตรฐานและไม่มาตรฐานสามารถใช้งานกับอุปกรณ์ได้ ซึ่งจะสามารถเรียกดูได้จากฟังก์ชัน waveOutopen ของแฟลก WAVE_FORMAT_QUERY แฟลกจะบอกให้ waveOutOpen ตรวจสอบว่ารูปแบบนี้ใช้งานได้หรือไม่ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเปิดรูปแบบสัญญาณก่อน ตัวที่เลือกนี้จะถูกกำหนดโดยโครงสร้างให้ชี้โดยพารามิเตอร์ lpformat เพื่อผ่านสู่ WaveOutOpen

ตัวอย่างการใช้เทคนิคในการกำหนดอุกรณ์ เพื่อให้ใช้งานกับรูปแบบที่กำหนด

```
/*
* Determines whether the given waveform output device supports
* a given wave-form format. Returns 0 if the format is supported.
* WAVEERR_BADFORMAT if the format is not supported. and one of
* the MMSYSERR_ error codes if there are other errors in opening
* the given waveform device.
*/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
UINT IsFormatSupported(LPPCMWAVEFORMAT lpPCMWaveFormat, UINT
wDeviceID)
{
        return (waveOutOpen)
        NULL                                    //NULL for query
        wDeviceID,                              //vice identifier
        (LPWAVEFORMAT)lpPCMWaveFormat           //requested format
        NULL,                                   //no callback
        NULL,                                   //no instance data
        WAVE_FORMAT_QUERY));/                   /query only
}
```

เทคนิคนี้ใช้เพื่อกำหนดรูปแบบที่ไม่มาตรฐานเพื่อใช้งานกับอุปกรณ์อินพุท มีข้อแตกต่างเพียงข้อเดียวที่มีก็คือฟังก์ชัน waveInOpen ถูกใช้ในตำแหน่งของ waveOutOpen เพื่อถามถึงรูปแบบที่จะทำงานด้วย

การกำหนดขอบเขตการทำงานของอุปกรณ์ทางเอาท์พุท

อุปกรณ์เอาท์พุท จะต้องมีประสิทธิภาพเปลี่ยนไปตามงานที่จะทำ โดยที่ dwSupport ของ WAVEOUTCAPS จะแสดงความสามารถของอุปกรณ์เมื่อใช้งาน เช่นการจะเปลี่ยนความดัง และระดับเสียงโดยที่ MMSYSTEM.H เป็นตัวกำหนดแฟลกต่างๆ ให้กับ dwSupport

แฟลก	การทำงาน
WAVECAPS_PITCH	เปลี่ยนระดับเสียง
WAVECAPS_PLAYBACKRATE	เปลี่ยนอัตราการเล่นกลับ
WAVECAPS_VOLUME	ตัวควบคุมความดัง
WAVECAPS_LRVOLUME	ตัวควบคุมความดัง 2 แชลแนลทั้งแชลแนลซ้ายและแชลแนลขวาพร้อมกัน

dwSuppórt คือการกระทำการ OR ของแฟลกดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปิดอุปกรณ์ทางเอาท์พุท

การใช้ฟังก์ชัน WaveOutOpen เพื่อเปิดอุปกรณ์เอาท์พุทเพื่อที่จะทำการเล่นกลับ ฟังก์ชันนี้จะเปิดอุปกรณ์ประเภทเดียวกันและกำหนดคุณสมบัติของอุปกรณ์ และย้อนกลับมายังที่จุดซึ่งเปิดอุปกรณ์ด้วยการเขียนจุดเริ่มของตำแหน่งของหน่วยความจำ

การเลือกอุปกรณ์ทางเอาท์พุท

คอมพิวเตอร์มัลติมีเดียบางเครื่องจะมีอุปกรณ์เอาท์พุทหลายตัว เว้นแต่เรารู้ว่าเราต้องการเปิดอุปกรณ์เอาท์พุทที่มีคุณสมบัติอย่างไรในระบบ เราสามารถใช้ WAVE_MAPPER เพื่อให้ค่าคงที่แก่อุปกรณ์ เมื่อจะเปิดอุปกรณ์ฟังก์ชัน waveOutOpen จะเป็นผู้เลือกอุปกรณ์ในระบบที่มีความสามารถดีที่สุดในการเล่นรูปแบบของข้อมูล

การกำหนดรูปแบบของข้อมูล

เมื่อเราเรียกฟังก์ชัน waveOutOpen เพื่อเปิดไดรเวอร์อุปกรณ์เพื่อจะเล่นกลับ หรือจะทำการกำหนดอุปกรณ์เพื่อให้ใช้งานได้กับรูปแบบของข้อมูล จะต้องใช้พารามิเตอร์ lpFormat เพื่อกำหนดให้ชี้ไปที่ส่วนประกอบของโครงสร้างของรูปแบบข้อมูลที่ต้องการ

WAVEFORMAT จะเป็นตัวกำหนดรูปแบบของรูปแบบข้อมูลทุกชนิดปัจจุบันรูปแบบที่ใช้งานอยู่มีเพียงรูปแบบเดียวคือ pulse code modulated (PCM) แต่ในอนาคตชนิดอื่นๆ เช่น adaptive differential pulse code modulation (ADPCM) ก็จะมีใช้

การสื่อสารแบบทั่วๆ ไปของ WAVEFORMAT ต้องการใช้งานรูปแบบข้อมูลของ PCM สำหรับรูปแบบข้อมูล PCM นั้นจะมีโครงสร้างของ PCMWAVEFORMAT ซึ่งจะประกอบด้วย WAVEFORMAT ทั้งหมดรวมกันส่วนประกอบของ PCM

การใช้งาน PCMWAVEFORMAT

รูปแบบข้อมูล PCM จะใช้ PCMWAVEFORMAT กำหนดรูปแบบของข้อมูลในตัวอย่างเป็นการแสดงขั้นตอนการเซ็ท PCMWAVEFORMAT ให้ใช้งานที่ความถี่ 11.025 KHz ให้เป็นแบบ 8 บิทแบบโมโน และใช้งานที่ความถี่ 44.1 KHz ให้เป็นแบบ 16 บิทแบบสเตอริโอ หลังจากทำการเซ็ท PCMWAVEFORMAT แล้วตามตัวอย่างจะทำการเรียกฟังก์ชัน ISFormat Supported เพื่อกำหนดอุปกรณ์เอาท์พุทของ PCM ที่ใช้งานได้กับรูปแบบนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
UINT wReturn;
PCMWAVEFORMAT pcmWaveFormat;

/*  Set up PCMWAVEFORMAT for 11Khz 8-bit mono. */
pcmWaveFormat.wf.wFormatTag = WAVE_FORMAT_PCM;
pcmWaveFormat.wf.nChannels = 1;
pcmWaveFormat.wf.nSamplesPerSec = 11025L;
pcmWaveFormat.wf.nAvgBytesPerSec = 11025L;
pcmWaveFormat.wf.nBlockAlign = 1;
pcmWaveFormat.wf.wBitsPerSample = 8;

/* See if format is supported by any device in system. */
wReturn = IsFormatSupported(&pcmWaveFormat. WAVE_MAPPER);
/* Report result. */
if (wReturn == 0)
MessageBox(hMainWnd. "11KHz 8-bit mono is supported.",
  ",  MB_ICONINFORMATION);
else if (wReturn == WAVERR_BADFORMAT)
  MessageBox(hMainWnd. "11KHz 8-bit mono NOT supported.",
  "Error", MB_ICONINFORMATION);
else
  MessageBox(hMainWnd,  "Error opening waveform devie.",
  "Error", MB_ICONEXCLAMATION);
/* Set up PCMWAVEFORMAT for 44.1 KHz 16-bit stero. */
pcmWaveFormat.wf.wFormatTag = WAVE_FORMAT_PCM;
pcmWaveFormat.wf.nChannels = 2;
pcmWaveFormat.wf.nSamplesPerSec = 44100L;
pcmWaveFormat.wf.nAvgBytesPerSec = 176400L;
pcmWaveFormat.wf.nBlockAlign = 4;
pcmWaveFormat.wf.wBitsPerSample = 32;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/* See if format is supported by any device in the system. */
wReturn = IsFormatSupported(&pcmWaveFormat, WAVE_MAPPER);
/* Report result. */
if (wReturn == 0)
  MessageBox(hMainWnd. "44.1 KHz 16-bit stereo is supported.",
   "", MB_ICONINFORMATTON);
else if (wReturn ==WAVEER_BADFORMAT)
  MessageBox(hMainWnd, "44.1 KHz 16-bit stereo NOT supported.",
  "", MB_ICONINFORMATION);
else
  MessageBox(hMainWnd, "Error opening waveform device.",
  "Error", MB_ICONEXCLAMATION);
```

การส่งข้อมูลรูปแบบจากไฟล์ .WAVE

หนทางที่ง่ายที่สุดที่จะได้รูปแบบสัญญาณจากไฟล์ .WAVE คือ การใช้การทำงานของอุปกรณ์อินพุทเอาท์พุทของไฟล์มัลติมีเดีย การทำเช่นนี้จะใช้ฟังก์ชัน mmiaDescend เพื่อกำหนดกลุ่มข้อมูล fmt ซึ่งประกอบด้วยรูปแบบสื่อสาร และฟังก์ชัน mmioRead เพื่อจะอ่านรูปแบบของกลุ่มข้อมูลสู่โครงสร้างของข้อมูลที่เหมาะสม ตัวอย่างจะแสดงให้เห็นเทคนิค

```
void GetFormatInfo(void)

.
HMMIO          hmmio;
MMCKINFO       mmckinfoParent;
MMCKINFO       mmckinfoSubchunk;
DWORD          dwFmtSize;
HANDLE         hFormat;
WAVEFORMAT     *pFormat;
.
/*Open the given file reading using buffered I/O. */
...
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*
* Locate a "RIFF chunk with a "WAVE" form type
* to make sure it's a WAVE  file.
*/
...
/*
*Now, find the format chunk (form type "fmt"). It should be
*a subchunk of the "RIFF" parent chunk,
*/
mmckinfoSubchunk.ckid = mmioFOURCC('f', 'm', ");'
if (mmioDescend(hmmio, &mmckinfoSubchunk, &mmckinfoParent,
  MMIO_FINDCHUNK)
MessageBox(hwndApp. "WAVE file is corrupted.".
NULL,MB_OK | MB_ICONEXCLAMAATION);
mmioClose(hmmio, 0);
return;
/*
*Get the size of the format chunk;
* allocate and lock memory for it.
*/
dwFmtSize = mmckinfoSubchunk.cksize;
hFormat = LocalAlloc(LMEM_MOVEABLE.dwFmtSize);
if (hFormat = NULL)
MessageBox(hwndApp, "Out of memory."),
NULL, MB_OK | MB_ICONEXCLAMATION);
mmioClose(hmmio, 0);
return;

pFormat = (WAVEFORMAT *) LocalLock(hFormat);
if (pFormat == NULL)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MessageBox(hwndApp, "Failed to lock memory for format chunk.",
NULL,MB_OK| MB_ICONEXCLAMATION);
LocalFree(hFormat);
mmioClose(hmmio, 0);
return;

/*Read the format chunk. */
if (mmioRead(hmmio, (LPSTR(pFormat,
dwFmtSize) != (LRESULT)dwFmtSize)
MessageBox(hwndApp, "Failed to read format chunk.",
NULL,MB_OK| MB_ICONEXCLAMATION);
LocallUnlock(hFormat);
LocalFree(hFormat);
mmioClose(hmmio,0);
return;

/*Makke sure it's a PCM file. */
if (pFormat ->wFormatTag != WAVE_FORMAT_PCM)
LocalUnlock(hFormat);
LocalFree(hFormat);
mmioClose(hmmio,0);
MessageBox(hwndApp, "The file is not a PCM file.",
NULL,MB_OK| MB_ICONEXCLAMATION);
return;

/*
*Make sure the system has a waveform output
*device capable of เล่นing this format
*/
if (waveOutOpen(&hWaveOut, WAVE_MAPPER, (LPWAVEFORMAT)pFormat,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
NULL, 0L, WAVE_FORMAT_QUERY))
LocalUnlock(hFormat);
LocalFree(hFormat);
mmioClose(hmmio,0);
MessageBox(hwndApp, "The waveform device can't เล่น this format.",
NULL,MB_OK| MB_ICONEXCLAMATION);
return;
---------
---------
---------
```

การเขียนข้อมูล

หลังจากเปิดไดรเวอร์อุปกรณ์เอาท์พุทสำเร็จแล้ว ก็จะเริ่มการ เล่นกลับสัญญาณ

ฟังก์ชัน Wave OutWrite จะเริ่มเขียนบล็อกข้อมูลสู่อุปกรณ์เอาท์พุทโดยใช้ WAVEHDR กำหนดบล็อกข้อมูลก็จะทำให้โครงสร้างนี้ประกอบด้วยตัวชี้ข้อมูลของบล็อกข้อมูลซึ่งชี้ได้ตลอดบล็อก ความยาวของบล็อกข้อมูล และแฟลกที่เข้าชุดกัน

หลังจากส่งบล็อกข้อมูลไปที่อุปกรณ์เอาท์พุทโดยใช้ waveOutWrite จะต้องคอยจนกระทั่งไดรเวอร์อุปกรณ์ทำงานเสร็จบล็อกข้อมูลจึงจะเป็นอิสระ ถ้ามีการส่งหลายๆ ข้อมูลหลายบล็อก จะต้องแสดงระบบว่าบล็อกข้อมูลแต่ละตัวทำงานสมบูรณ์แล้ว

ตัวอย่างการเขียนข้อมูล

ตัวอย่างแสดงขั้นตอนที่จะต้องทำเพื่อกำหนด และเซ็ทโครงสร้างของข้อมูล WAVEHDR และเขียนบล็อกข้อมูลไปที่อุปกรณ์เอาท์พุท

```
/*
* Global variables. Must be visible to window-procedure function
*so it can unlock and free the data block after it has been เล่นed.
*/
HANDLE hData = NULL;  //handle of waveform data memory
HPSTR lpData=NULL;  //pointer to waveform data memory
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void WriteWaveData(void)

HWAVOUT        hWaveOut;
HGLOBAL        hWaveHdr
LPWAVEHDR      lpWaveHdr
HMMIO          hmmio;
UINT           wResult;
HANDLE         hFormat;
WAVEFORMAT     *pFormat;
DWORD          dwDataSize;

/* Open a waveform device for output using window callback. */
if (waveOutOpen((LPHWAVEOUT)&hWaveOut,WAVE_MAPPER,
(LPWAVEFORMAT)pFormat,
(LONG)hwndApp,0L,CALLBACK_WINDOW))
MessageBox(hwndApp,
"Failed to open waveform output device.",
NULL,MB_OK | MB_ICONEXCLAMATION);
LocalUnlock(hFormat);
LocalFree(hFormat);
mmioClose(hmmio, 0);
return;

/*
*Allocate and lock memory for the waveform data. The memory
*for waveform data must be globally allocated with
*GMEM_MOVEABLE and GMEM_SHARE flags.
*/
hData=GlobalAlloc(GMEM_MOVEABLE | GMEM_SHARE,dwDataSize);
if (!hData)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MessageBox(hwndApp, "Out of memory.",
        NULL,MB_OK | MB_ICONEXCLAMATION);
        mmioClose(hmmio, 0);
        return;

    if ((lpData = GlobalLock(hData)) == NULL)
        MessageBox(hwndApp, "Failed to lock memory for data chunk.",
        NULL,MB_OK | MB_ICONEXCLAMATION);
        GlobalFree(hData);
        mmioClose(hmmio, 0);
        return;

        /* Read the waveform data subchunk. */
        if(mmioRead(hmmio. (HPSTR) lpData, dwData, dwDataSize) != (LRESULT)
dwDataSize)
        MessageBox(hwndApp, "Failed to read data chunk.",
        NULL,MB_OK | MB_ICONEXCLAMATION);
        globalUnlock(hData);
        GlobalFree(hData);
        mmioClose(hmmio, 0);
        return;

        /*
        *Allocate and lock memory for the header. This memory must
        *also be globally allocated with GMEM_MOVEABLE and
        *GMEM_SHARE flags.
        */
        hWaveHdr = GloballAlloc(GMEM_MOVEABLE | GMEM_SHARE,
        (DWORD) sizeof(WAVEHDR));
        if (hWaveHdr == NULL)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
GlobalUnlock(hData);
GlobalFree(hData);
MessageBox(hwndApp, "Not enough memory for header.",
NULL,MB_OK | MB_ICONEXCLAMATION);
return;
lpWaveHdr = (LPWAVEHDR) globalLock(hWaveHdr);
if (lpWaveHdr == NULL)
GlobalUnlock(hData);
GlobalFree(hData);
MessageBox(hwndApp,
"Failed to lock memory for header.",
NULL,MB_OK | MB_ICONEXCLAMATION);
return;
/*After allocation. set up and prepare header. */
lpWaveHdr->lpData = lpData;
lpWaveHdr->          dwBufferLength = dwDataSize;
lpWaveHdr->dwFlags = 0L;
lpWaveHdr->dwLoops = 0L;
waveOutPrepareHeader(hWaveOut, lpWaveHdr, sizeof(WAVEHDR));
/*
 * Now the data block can be sent to the output device. The
 * waveOutWriter function returns immediately and waveform data is sent
 * to the output device in the background.
*/
wResult = waveOutWrite(hWaveOut, lpWaveHdr, sizeof(WAVEHDR));
if(wResult !=0)
    waveOutUnprepareHeader(hWaveOut, lpWaveHdr, sizeof(WAVEHDR));
    GlobalUnlock(hData);
    GlobalFree(hData);
    MessageBox(hwndApp, "Failed to write block to device",
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                NULL, MB_OK | MB_ICONEXCLAMATION);
        return;
```

รูปแบบของข้อมูลแบบ PCM

ตัว IpData ใน WAVEHDR จะเป็นตัวรับข้อมูลการแซมปลิ้ง สำหรับข้อมูล PCM ขนาด 8 บิท สัญญาณแต่ละสัญญาณจะถูกแทนด้วยไบท์ของข้อมูลแบบที่ไม่มีเครื่องหมาย สำหรับข้อมูล PCM ขนาด 16 บิท สัญญาณแต่ละสัญญาณจะถูกแทนด้วยค่าขนาด 16 บิท ตารางข้างล่างนี้จะรวบรวมค่าสูงสุด ต่ำสุด และค่ากลางของข้อมูล PCM

ตารางที่ 2.7 ตารางรูปแบบข้อมูลแบบ PCM

รูปแบบข้อมูล	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่ากลาง
PCM แบบ 8 บิท	255(0xFF)	0	128(0x80)
PCM แบบ 16 บิท	32767(0x7FF)	-32767(0x8000)	0

ลำดับของไบท์ข้อมูลจะมีค่าเปลี่ยนแปลงระหว่าง 8 บิท กับ 16 บิท และมีรูปแบบเปลี่ยนแปลงระหว่างโมโนกับสเตอริโอ ตารางข้างล่างนี้แสดงชุดข้อมูล 4 คำแรกของรูปแบบข้อมูล PCM แบบต่างๆ กัน

ตารางที่ 2.8 การย่อข้อมูลของ PCM 8 บิท แบบโมโน

สัญญาณตัวที่ 1	สัญญาณตัวที่ 2	สัญญาณตัวที่ 3	สัญญาณตัวที่ 4
แชลแนล 10	แชลแนล 10	แชลแนล 10	แชลแนล 10

ตารางที่ 2.9 การย่อข้อมูลของ PCM 8 บิท แบบสเตอริโอ

สัญญาณตัวที่ 1		สัญญาณตัวที่ 2	
แชลแนล 10 (ซ้าย) ไบท์ต่ำ	แชลแนล 11 (ขวา) ไบท์สูง	แชลแนล 10 (ซ้าย) ไบท์ต่ำ	แชลแนล 11 (ขวา) ไบท์สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 การย่อข้อมูลของ PCM 16 บิท แบบโมโน

สัญญาณตัวที่ 1		สัญญาณตัวที่ 2	
แชลแนล 10 (ซ้าย) ไบท์ต่ำ	แชลแนล 11 (ขวา) ไบท์สูง	แชลแนล 10 (ซ้าย) ไบท์ต่ำ	แชลแนล 11 (ขวา) ไบท์สูง

ตารางที่ 2.11 การย่อข้อมูลของ PCM 16 บิท แบบสเตอริโอ

สัญญาณตัวที่1			
แชลแนล 10 (ไบท์ซ้าย)	แชลแนล 10 (ไบท์ซ้าย)	แชลแนล 11 (ไบท์ขวา)	แชลแนล 11 (ไบท์ขวา)

การกำหนดการวนรอบของรูปสัญญาณ

การจะทำการวนรอบของรูปสัญญาณซ้ำๆ สามารถควบคุมได้โดย dwLoops และ dwFlags ซึ่งจะอยู่ใน WAVEHDR และต้องผ่านค่าไปที่อุปกรณ์ด้วย waveOutWrite การที่ต้องใช้งานแฟลก WHDR_BEGINLOOP และ WHDR_ENDLOOP ใน dwFlags ก็เพื่อกำหนดค่าเริ่มต้นและค่าสุดท้ายของการวนรอบ

การวนรอบซ้ำแบบวงรอบเดียว จะต้องกำหนดแฟลกทั้งสองให้มีค่าเหมือนกันการกำหนดหมายเลขวงรอบนั้นใช้ dwloops ใน WAVEHDR ทำงานในบล็อกแรกของวงรอบ

เราจะหยุดการวนรอบ ด้วยฟังก์ชัน waveOutBreakLoop จะทำให้บล็อกที่ใช้ทำวนรอบนั้นมาอยู่ที่จุดสุดท้ายจึงทำให้การวนรอบนั้นหยุด

การใช้คำสั่งของวินโดว์เพื่อจัดการการเล่นกลับสัญญาณ

ข้อมูลต่างๆ เหล่านี้สามารถส่งไปที่ฟังก์ชันวินโดว์เพื่อที่จะทำการเล่นกลับ

คำสั่ง	การทำงาน
MM_WOM_CLOSE	ส่งเมื่ออุปกรณ์นั้นเปิดโดยใช้ waveOutClose
MM_WOM_DONE	ส่งเมื่อ ไดรเวอร์อุปกรณ์เสร็จจากการทำงานกับบล็อกข้อมูล ซึ่งส่งโดย WaveOutWrite
MM_WOM_OPEN	ส่งเมื่ออุปกรณ์นั้นเปิดโดยใช้ WaveOutOpen

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พารามิเตอร์ wParam และ lParam จะถูกนำมาใช้ร่วมกับข้อมูลเหล่านี้ ซึ่งโดยปกติแล้ว พารามิเตอร์ wPararm จะเป็นตัวกำหนดการเปิดอุปกรณ์ สำหรับข้อมูลแบบ MM_WOM_DONE นั้น lParam จะชี้ไปที่ WAVEHDR เพื่อจะทำให้บล็อกข้อมูลนี้สมบูรณ์และ พารามิเตอร์ lParam จะไม่ใช้กับข้อมูล MM_WOM_CLOSE และ MM_WOM_OPEN

ข้อมูลที่ใช้มักเป็น MM_WOM_DONE เมื่อต้องการที่จะทำการเล่นกลับข้อมูลของบล็อกข้อมูลที่สมบูรณ์เราสามารถนำข้อมูลออกมาเล่น และสามารถทำให้บล็อกข้อมูลว่างได้ เว้นแต่เราต้องกำหนดค่าที่หน่วยความจำ หรือต้องกำหนดค่าตัวแปรถึงจะใช้ข้อมูล MM_WOM_OPEN หรือ MM_WOM_CLOSE ตัวอย่างนี้จะแสดงว่าเราประมวลผลข้อมูล MM_WOM_OPEN ได้อย่างไร จากตัวอย่างถือว่าโปรแกรมประยุกต์ไม่สามารถเล่นบล็อกข้อมูลหลายๆ ตัวได้ดังนั้นจะปิดอุปกรณ์เอาท์พุทหลังจากเล่นบล็อกข้อมูลไปแล้ว 1 บล็อก

```
/*WndProc--Main window-procedure function. */
LRESULT wndProc(HWND hWnd, UINT msg, WPARAM wParam. LPARAM lParam)

  switch (msg)
-----------------
-----------------
-----------------
case MM_WOM_DONE:
/*A data block has been เล่นed and can now be free. */
waveOutUnprepareHeader((HWAVEOUT) wParam.
(LPWAVEHDR) lParam, sizeof(WAVEHDR) );
GlobalUnlock(hData);
GlobalFree(hData);
waveOutClose((HWAVEOUT) wParam);
break;

return DefWindProc(hWnd.msg,wParam,lParam);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานฟังก์ชัน Low-level callback เพื่อการจัดการเล่นกลับสัญญาณ

ความสัมพันธ์ของ Low_level callback กับอุปกรณ์เอาท์พุทมีดังนี้

voidCALLBACKwaveOutCallback(LWaveOut,wMsg,dwInstance,
dwParam1,dwParam2)

คำสั่งข้างล่างนี้สามารถส่งในพารามิเตอร์ wMsg ของฟังก์ชัน waveform Output callback

คำสั่ง	การทำงาน
WOM_CLOSE	ส่งเมื่ออุปกรณ์ปิดโดยใช้ฟังก์ชัน waveOutClose
WOM_DONE	ส่งเมื่อไดรเวอร์อุปกรณ์เสร็จจากการทำงานกับบล็อกข้อมูลซึ่งส่งโดยฟังก์ชัน waveOutWrite
WOM_OPEN	WOM_OPEN

สำหรับข้อมูลที่เหมือนกันที่จะส่งไปยังฟังก์ชันของวินโดว์พารามิเตอร์จะต้องต่างกัน การเปิดอุปกรณ์เพื่อ เป็นการผ่านพารามิเตอร์ให้กับฟังก์ชันเรียกกลับ (callback) เช่นเดียวกับการทบคำของข้อมูลตัวอย่างที่ต้องส่งผ่านโดยใช้ waveOutOpen ฟังก์ชันเรียกกลับจะมีพารามิเตอร์ ซึ่งเป็นข้อมูลที่แปรตามอยู่ 2 ตัวคือ dwParn1 และ dwParan2 สำหรับข้อมูล WOM_DONE,dwParan1 และกำหนดให้ชี้ไปที่ WAVEHDR เพื่อให้ได้บล็อกข้อมูลที่สมบูรณ์และ dwParan2 ไม่ต้องใช้กับ WOM_OPEN และ WOM_CLOSE เพราะไม่มีพารามิเตอร์ใดใช้ด้วยได้เลย

การกำหนดตำแหน่งของการเล่นกลับที่เป็นปัจจุบัน

เมื่อทำเล่นกลับรูปสัญญาณเราสามารถดูที่ตำแหน่งที่กำลังเล่นกลับอยู่ได้ใน Win32API ได้จัดให้ฟังก์ชัน waveOut GetPosition เพื่อใช้งานนี้

ฟังก์ชันนี้มีพารามิเตอร์ 3 ตัว ได้แก่ส่วนเบื้องต้นของอุปกรณ์เอาท์พุท ตัวชี้ข้อมูลซึ่งชี้ไปที่ MMTIME และตัวแปรจำนวนเต็มบวกซึ่งบอกขนาดของ MMTIME

สำหรับอุปกรณ์จัดการสัญญาณ มีรูปแบบของเวลาซึ่งแสดงตำแหน่งปัจจุบันของสัญญาณ ดังนั้นตำแหน่งที่เป็นปัจจุบันของอุปกรณ์จัดการสัญญาณ ถูกกำหนดเป็นตัวเลขแทนสัญญาณแทน 1 แซนแนลที่จุดเริ่มต้นของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเข้าถึงตำแหน่งในปัจจุบันของอุปกรณ์จัดการสัญญาณ ให้เซ็ท wTypemember ของ MMTIME ไปที่ TIME_SAMPLES และส่งผ่านไปยัง waveOutGetPosition

การหยุด การหยุดชั่วคราว และการเล่นกลับต่อไป

เราสามารถหยุดการเล่นกลับ หรือการหยุดชั่วคราวเมื่อกำลังเล่นได้ แต่ถ้าเป็นการหยุดชั่วคราว เราสามารถให้เล่นต่อไปได้ เพราะ Win32API ประกอบด้วยฟังก์ชันสำหรับควบคุมสัญญาณเล่นกลับ ดังนี้

ฟังก์ชัน	การทำงาน
waveOutPause	หยุดการเล่นกลับของอุปกรณ์เอาท์พุทชั่วคราว
waveOutReset	หยุดการเล่นกลับของ อุปกรณ์เอาท์พุท และทำให้บล็อกข้อมูลหายไป
waveOutRestar	กลับมาเล่นกลับต่อจากจุดที่หยุดชั่วคราว

การใช้ฟังก์ชัน waveOutPause ก็เพื่อหยุดอุปกรณ์จัดการสัญญาณ ที่กำลังเล่นอยู่ การที่จะกลับมาเล่นต่อจากจุดที่หยุดชั่วคราวนั้น ใช้ฟังก์ชัน waveOutRestart ฟังก์ชันเหล่านี้มีพารามิเตอร์เดียว โดยอุปกรณ์เอาท์พุทเริ่มด้วยใช้ฟังก์ชัน waveOutOpen และการหยุดอุปกรณ์จัดการสัญญาณไม่ได้เป็นตามตัวอย่าง สามารถเลือกการเล่นด้วยการใช้หยุดชั่วคราว เล่นกลับ ในลักษณะเดียวกันบล็อกข้อมูลสัญญาณ ที่เป็นตัวแรกจะถูกส่งโดยใช้ฟังก์ชัน waveOutWrite จากนั้นอุปกรณ์จัดการสัญญาณ จะเริ่มเล่นถ้าไม่ต้องการที่จะทำการเล่นโดยตรงทันทีก็จะให้เรียกฟังก์ชัน waveOutPause ก่อนที่จะเรียก waveOutWrite และเมื่อต้องการเล่นจึงจะทำการเรียกฟังก์ชัน waveOutRestart การหยุดการเล่นจะใช้ฟังก์ชัน waveOutReset ฟังก์ชันนี้แตกต่าง waveOutPause ในข้อของการจดจำตำแหน่งของข้อมูลที่ทำงานค้างอยู่เราไม่สามารถใช้ฟังก์ชัน waveOutRestart เพื่อจะทำงานต่อไป ถ้าเราหยุดการทำงานด้วยฟังก์ชัน waveOutReset เราต้องใช้ฟังก์ชัน waveOutWrite เพื่อส่งบล็อกข้อมูลตั้วแรกเพื่อที่จะทำการเล่นได้ใหม่

การปิดอุปกรณ์ทางเอาท์พุท

หลังจากที่การเล่นเสร็จสิ้นลงจะต้องทำการเรียกฟังก์ชัน waveOutClose เพื่อทำการยกเลิกอุปกรณ์จัดการสัญญาณ ถ้ามีการเรียกฟังก์ชัน waveOutClose ขณะที่มีการเล่นการยกเลิกนี้จะไม่เกิดขึ้น และฟังก์ชันจะกลับไปที่รหัสความผิดพลาดเพื่อแสดงว่าไม่มีการยกเลิกถ้าไม่ต้องการรอจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเล่นเสร็จแต่ต้องการยกเลิกให้เรียกฟังก์ชัน waveOutReset ก่อนทำการยกเลิก ก็จะเป็นการหยุดการเล่นและยกเลิกอุปกรณ์ไปด้วย

การเปลี่ยนระดับความดังของการเล่นกลับ

ในวินโดว์ฟังก์ชันข้างล่างนี้เพื่อดู และกำหนดค่าความดังของอุปกรณ์เอาท์พุท

ฟังก์ชัน	หน้าที่
waveOutGetVolume	กำหนดให้ใช้วอลลุม
waveOutSetVolume	กำหนดระดับความดัง

อุปกรณ์จัดการสัญญาณที่สามารถเปลี่ยนความดังได้นั้นมีเพียงบางตัวซึ่งบางอุปกรณ์สามารถใช้ควบคุมวอลลุมได้ทั้งแชนแนลซ้ายและขวา

วอลลุมนี้จะถูกกำหนดค่าเป็นเวิร์ดคู่ โดยที่ 16 บิท สูงจะกำหนดความดังของแชนแนลขวา และ 16 บิท ต่ำจะกำหนดความดังของแชนแนลซ้าย (หรือแบบโมโน)

สำหรับบางอุปกรณ์ที่มีการแยกการควบคุมแชนแนลขวาและซ้ายออกจากกัน ค่า 16 บิทต่ำจะเป็นตัวกำหนดระดับความดัง และ 16 บิท สูงจะไม่ไม่ใช้ โดยมีค่าของย่านอยู่ในระดับความดังจาก OXO (เงียบ) จนถึง OXFFFF (วอลลุมสูงสุด) การเพิ่มความดังจะมีลักษณะเป็นแบบคงที่เช่น เพิ่มจาก OX5000 เป็น OX6000 จะมีการเพิ่มเท่ากับเพิ่มจาก OX4000 เป็น OX5000

การเปลี่ยนระดับเสียงและอัตราการเล่นกลับ

ระดับของการเล่นอุปกรณ์เอาท์พุทบางตัวสามารถเปลี่ยนระดับเสียงและเปลี่ยนอัตราการเล่นกลับ แต่กระนั้นก็ไม่สามารถเปลี่ยนได้ทุกตัว ข้างล่างนี้คือความแตกต่างของการเปลี่ยนระดับเสียงและการเปลี่ยนระดับการเล่น

การเปลี่ยนระดับการเล่น คือการเปลี่ยนแปลงที่ไดรเวอร์อุปกรณ์ แต่ฮาร์ดแวร์จะไม่เปลี่ยนอัตราการสุ่มไม่เปลี่ยน แต่ไดรเวอร์จะแทรกสัญญาณสุ่มลงไป

การเปลี่ยนระดับเสียงเป็นการเปลี่ยนทางฮาร์ดแวร์ ระดับของการเล่น และอัตราการสุ่มจะไม่เปลี่ยน

ในวินโดว์จะมีฟังก์ชันที่แสดงข้างล่างนี้เพื่อใช้สำหรับดูและกำหนดระดับเสียงและระดับการเล่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชัน	หน้าที่
waveOutGetPitch	ตั้งระดับเสียง
waveOutGet PlaybackRate	ตั้งระดับการเล่น
waveOutSetPitch	กำหนดระดับเสียง
waveOutsetPlaybackRate	กำหนดระดับการเล่น

ระดับของเสียงและระดับการเล่นกลับนี้ จะถูกเปลี่ยนค่าโดยค่าแฟคเตอร์ตัวหนึ่งซึ่งเป็นตัวเลขจำนวนเต็มและทศนิยมรวมอยู่ในเวิร์ดคู่โดย 16 บิทสูงเป็นค่าจำนวนเต็มและ 16 บิทต่ำเป็นค่าย่อย ดังเช่นค่า 1.5 ก็จะได้เป็นค่า OX00018000L ค่า 0.75 ก็จะได้เป็นค่า OX00B0C000L และค่า 1.0 ก็จะได้เป็นค่า OX00010000 หมายถึงไม่มีการเปลี่ยน

การบันทึกสัญญาณเสียง

ถ้าส่วนของการบันทึกสัญญาณของ MCI ไม่พบโปรแกรมประยุกต์ที่ต้องการเราก็สามารถบันทึกรูปสัญญาณโดยใช้ low-level waveform

ชนิดของข้อมูลอินพุท

MMSYSTEM.H ที่อยู่ส่วนหัวของไฟล์จะกำหนดชนิดของข้อมูลและฟังก์ชันที่เป็นรากเดิมของฟังก์ชันทางเสียงทั้งหมดเราต้องทำการกำหนดหัวไฟล์ตัวนี้ไว้ในทุกส่วนที่จะต้องใช้ฟังก์ชันนี้ MMSYSTEM.H จะกำหนดชนิดของข้อมูลได้ดังนี้

ชนิด	การทำงาน
HWAVEIN	เครื่องมือในการเปิดอุปกรณ์อินพุท
WAVEINCAPS	เป็นโครงสร้างของข้อมูลที่ใช้กำหนดความสามารถของข้อมูลที่จะใช้งานกับอุปกรณ์อินพุท
WAVEFORMAT	โครงสร้างซึ่งได้กำหนดรูปแบบของข้อมูล ที่จะใช้งานกับอุปกรณ์อินพุทเป็นตัวเดียวกับที่ใช้ในอุปกรณ์เอาท์พุท
WAVEHDR	โครงสร้างนี้เป็นส่วนหัวของข้อมูลสัญญาณอินพุท เป็นตัวเดียวกับที่ใช้ในอุปกรณ์เอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุปกรณ์จัดการทางอินพุท

การจะทำการบันทึกสัญญาณเราจะต้องเรียกฟังก์ชัน waveInGetDevCops เพื่อกำหนดความสามารถของสัญญาณทางอินพุทของระบบ ฟังก์ชันนี้เรียกมาจาก WAVEINCAPS โดยมันจะรับข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถของอุปกรณ์ที่จะกำหนด ข้อมูลนี้จะเป็นข้อมูลการสร้าง ชื่องานของอุปกรณ์ และหมายเลขเวอร์ชันของไดร์เวอร์อุปกรณ์ โดยรวมมาแล้ว WAVEINCAPS จะใช้ข้อมูลที่มีรูปแบบของสัญญาณแบบมาตรฐานซึ่งอุปกรณ์นั้นใช้งานได้

การเปิดอุปกรณ์จัดการทางอินพุท

การใช้ฟังก์ชัน WaveInOpen เพื่อเปิดอุปกรณ์อินพุท เพื่อที่จะทำการบันทึกฟังก์ชันที่ใช้เปิดอุปกรณ์จะต้องสัมพันธ์กับความสามารถของอุปกรณ์ และจะต้องดึงค่านี้เอาไว้ โดยการเขียนไปเก็บไว้ที่หน่วยความจำ

การเลือกอุปกรณ์การจัดการทางอินพุท

คอมพิวเตอร์มัลติมิเดียบางตัวจะสามารถใช้ได้กับอุปกรณ์อินพุทหลายตัวเว้นแต่ว่าเราต้องการใช้อุปกรณ์อินพุทแบบใดในระบบเราจะใช้ค่าคงที่ WAVE_MAPPER เพื่อเป็นตัวกำหนดอุปกรณ์ เมื่อจะเปิดอุปกรณ์ฟังก์ชัน waveOutOpen จะเลือกอุปกรณ์ที่ดีที่สุดในระบบ เพื่อใช้บันทึกรูปแบบข้อมูลที่กำหนด

การจัดการบันทึกสัญญาณ

การเปิดอุปกรณ์อินพุทในครั้งหนึ่งๆ เราสามารถบันทึกข้อมูลรูปคลื่น ข้อมูลรูปคลื่นจะถูกบันทึกไว้ที่ตัวเก็บข้อมูลซึ่งจะถูกกำหนดโดย WAVEHDR โดยหน่วยความจำของ WAVEHDR นี้จะประกอบด้วยตัวเก็บข้อมูลที่ถูกกำหนดให้เตรียมพร้อมไว้

ในวินโดว์กำหนดให้ฟังก์ชันต่อไปนี้เป็นตัวจัดการการบันทึกรูปคลื่น

ฟังก์ชัน	หน้าที่
waveInAddBuffer	ตัวเก็บข้อมูลให้ไดรเวอร์อุปกรณ์ไว้สำหรับบันทึกรูปสัญญาณ
waveInReset	หยุดการบันทึกสัญญาณ และกำหนดตัวเก็บข้อมูลที่ยังเหลือเพื่อใช้งาน
waveInStart	เริ่มการบันทึกสัญญาณ
waveInStop	หยุดการบันทึกสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ฟังก์ชัน waveInAddBuffer เพื่อส่งตำแหน่งตัวเก็บข้อมูลให้ไดรเวอร์อุปกรณ์ ตัวเก็บข้อมูลนี้จะสามารถรับการบันทึกข้อมูลสัญญาณ จากนั้นโปรแกรมประยุกต์จะแจ้งไปที่คำสั่งของวินโดว์ หรือเรียกคำสั่งตัวใดตัวหนึ่งซึ่งจะถูกกำหนดไว้ที่แฟลกตอนปิดอุปกรณ์

การใช้ฟังก์ชัน waveInStart เพื่อเริ่มบันทึก สำหรับการเริ่มบันทึกจะส่งข้อมูลล่าสุดให้กับไดรเวอร์ไม่เช่นนั้นข้อมูลที่เข้ามาจะสูญเสียไปการจะหยุดการบันทึกก็โดยใช้ฟังก์ชัน waveInStop

การปิดอุปกรณ์โดยใช้ฟังก์ชัน waveOutClose ให้เรียกฟังก์ชัน waveOutReset เพื่อทำการกำหนดตำแหน่งของตัวเก็บข้อมูลที่ใช้จนมาถึงตรงนั้น

การใช้คำสั่งวินโดว์เพื่อการจัดการบันทึกสัญญาณ

คำสั่งเหล่านี้สามารถส่งไปที่ฟังก์ชันโปรแกรมย่อยของวินโดว์ เพื่อที่จะจัดการบันทึกรูปสัญญาณ

ฟังก์ชัน	หน้าที่
MM_WIM_CLOSE	จะส่งเมื่อจะปิดอุปกรณ์โดยใช้ฟังก์ชัน waveInClose
MM_WIM_DATA	จะส่งเมื่อไดรเวอร์อุปกรณ์นี้เสร็จสิ้นจากการทำงานกับตัวเก็บข้อมูลที่จะส่งโดยฟังก์ชัน waveInAddbuffer
MM_WIM_OPEN	จะส่งเมื่อจะเปิดอุปกรณ์โดยใช้ฟังก์ชัน waveInOpen

มีพารามิเตอร์สองตัวคือ wParam และ lParam ที่มีความสัมพันธ์กับแต่ละคำสั่งซึ่งโดยปกติแล้ว wParam จะใช้เพื่อเปิดอุปกรณ์ และ lParam ก็ไม่ได้ใช้กับคำสั่ง MM_WIM_CLOSE และ MM_WIM_OPEN

สำหรับคำสั่ง MM_WIM_DATA,lParam จะเป็นตัวกำหนดให้ชี้ไปที่ WAVEHDR ซึ่งจะเป็นตัวบอกคุณลักษณะของตัวเก็บข้อมูล ตัวเก็บข้อมูลนี้บางครั้งอาจจะไม่สามารถเก็บข้อมูลที่เป็นรูปคลื่นได้อย่างสมบูรณ์ เพราะการบันทึกไม่สามารถหยุดตัวเก็บข้อมูล ที่จะนำไปใส่การใช้กับการบันทึกด้วย dwByte ของ WAVEHDR เพื่อที่ที่จะสามารถรวมข้อมูลที่ถูกต้องส่งไปเก็บในที่เก็บข้อมูล

คำสั่งที่มีประโยชน์มากในการที่จะใช้ในการเขียนงานคือคำสั่ง MM_WIM_DATA เว้นแต่เราต้องการที่จะกำหนดหน่วยความจำ หรือต้องการจะกำหนดตัวแปรเราจึงไม่จำเป็นต้องใช้คำสั่ง MM_WIM_OPEN และ MM_WIM_CLOSE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ฟังก์ชัน Low-level Callback เพื่อจัดการบันทึกสัญญาณ

ความสัมพันธ์ของฟังก์ชัน low-level callback กับอุปกรณ์อินพุทมีดังนี้

void CALLBACK waveInCallback (LWaveIn,wMsg,dwInstance,dwParam1,dwParan2)

คำสั่งข้างล่างนี้จะส่งไปที่พารามิเตอร์ wMsg ของฟังก์ชัน wave inputcallback

คำสั่ง	การทำงาน
WIM_CLOSE	จะส่งเมื่อจะปิดอุปกรณ์โดยใช้ฟังก์ชัน waveINClose
WIM_DONE	จะส่งเมื่อไดรเวอร์อุปกรณ์เสร็จสิ้นการทำงานกับข้อมูลเป็นการส่งโดยใช้ฟังก์ชัน waveInAddBuffer
WIM_OPEN	จะส่งเมื่อจะเปิดอุปกรณ์โดยใช้ฟังก์ชัน waveInOpen

คำสั่งนี้เหมือนกับคำสั่งที่ส่งไปฟังก์ชันโปรแกรมย่อยของวินโดว์แต่พารามิเตอร์จะต่างกัน การเปิดอุปกรณ์ต้องผ่านทางพารามิเตอร์ไปที่ฟังก์ชันเรียกกลับผ่านทางค่าเวิร์ดคู่ทั้งของข้อมูลคงที่ ซึ่งจะผ่านได้โดย waveInOpen ฟังก์ชันเรียกกลับจะมีพารามิเตอร์ข่าวสารเปลี่ยนแปลง 2 ตัวคือ dwParam1 และ dwParan2 สำหรับคำสั่ง WIM_CLOSE และ WIM_OPEN พารามิเตอร์นี้จะไม่ใช้ และสำหรับคำสั่ง WIM_DONE,dwParan1 จะกำหนดให้ชี้ไปที่ WAVEHDR เพื่อให้ข้อมูลนั้นสมบูรณ์ส่วน dwParan2 จะไม่ใช้

หลังจากไดรเวอร์ทำงานกับข้อมูลเรียบร้อยแล้วเราสามารถลบข้อมูลออก และได้ที่เก็บข้อมูลว่างๆ เพราะว่าข้อจำกัดของฟังก์ชัน law-level audio callback ไม่สามารถที่จะเรียกฟังก์ชันนี้ซ้ำได้เราจะต้องทำการเรียกใช้จากภายนอกฟังก์ชันเรียกกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 หน่วยการจำเสียงพูด

มีการจำแนกตามลักษณะการพูดไว้ 4 แบบ คือ

3.1.1 ผู้พูดคนคนเดิมหรือผู้พูดคนเดียวกัน และ วิธีการพูดจะต้องพูดแบบคำแยกจากกัน (discrete utterance) คือการพูดเป็นหน่วยเสียง หน่วยพยางค์ หน่วยคำ หรือหน่วยวลี สิ่งที่จะต้องทำก็คือ เมื่อฟังจากเสียงผู้พูดแล้วจะบันทึกรูปแบบของเสียงตามวิธีของเสียงตามวิธีของเครื่องเอง และเครื่องจะรู้เองว่าหากพูดให้ฟังอีกครั้งจะเหมือนกับคำที่ผู้พูดคนเดิมไว้สอนไว้ด้วยหรือไม่ โดยอาศัยขั้นตอนดังนี้

เมื่อผู้ใช้ต้องการสอนให้เครื่องรู้จักคำโดยพูดผ่านไมโครโฟน สัญญาณเสียงซึ่งขณะนี้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า จะถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณดิจิตอลก่อน จากนั้นก็จะนำข้อมูลดิจิตอลไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ชุดหนึ่ง ซึ่งจะบอกถึงลักษณะเฉพาะของคำนั้นๆ และเก็บข้อมูลต้นแบบนี้ไว้ในหน่วยความจำหรือในแผ่นแม่เหล็กก็ได้ข้อมูลต้นแบบของคำๆ นี้เรียกว่า เทมเพลทต้นแบบ (templates) ขบวนการจนถึงขั้นนี้เรียกว่า การสอนเครื่องให้รู้จักจำคำ (training) การทำงานของเครื่องจะมีความเชื่อถือได้มากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับยุทธวิธี (algorithm) ที่ใช้ในการวิเคราะห์สำหรับความจุของจำนวนคำ ขึ้นกับขนาดของหน่วยความจำ (memory) เครื่องในระดับไมโครคอมพิวเตอร์ 8 บิท สามารถจำได้นับ 100 คำ เวลาของการค้นหาคำที่รู้จักแล้ว จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนคำที่สอนไว้ด้วย ถ้ามีจำนวนคำมากยุทธวิธีที่จะใช้ค้นหาคำให้ได้รวดเร็วก็จะยุ่งยากและซับซ้อนขึ้น

3.1.2 ผู้พูดเป็นใครก็ได้ วิธีการพูดยังเป็นแบบแยกจากกัน (discrete unterrance) สำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ขนาดเดียวกัน วิธีในแบบที่ 2 นี้ จะสามารถจำคำได้น้อยกว่าวิธีในแบบที่ 1 มาก วิธีนี้ไม่ต้องการเทมเพลทต้นแบบ จะถูกโปรแกรมไว้ล่วงหน้าแล้วใช้ยุทธวิธีจัดเข้ากลุ่มเพื่อที่จะฟังเสียงคนใดก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 สอนให้เครื่องได้รู้จักคำในลักษณะของหน่วยเสียงหรืออย่างมากหน่วยพยางค์ เป็นเทคนิคที่เริ่มใช้มาก่อน ใช้กับระบบที่ไม่แพง ตัวเทมเพลทต้นแบบจะถูกเก็บไว้เป็นหน่วยเสียงหรือหน่วยพยางค์เท่านั้น ต่างกับ 2 แบบแรกซึ่งจะเป็นหน่วยเสียง หน่วยพยางค์ หน่วยคำ หรือหน่วยวลีก็ได้

3.1.4 ผู้พูดสามารถพูดแบบต่อเนื่องเหมือนการพูดปกติ เครื่องจะต้องสามารถรู้จัก และจำแนกคำที่มีการออกเสียงเชื่อมต่อกัน การพูดแบบนี้สำหรับมนุษย์ รู้สึกเป็นของง่ายเพราะไม่ต้องตระเตรียมเป็นพิเศษ แต่สำหรับเครื่องเป็นสิ่งที่ยากมาก เพราะการพูดแบบต่อเนื่องทำความยุ่งยากให้กับเครื่องมาก เวลาที่มีเสียงควบกล้ำ (coarticulation) การพูดแบบนี้ไม่สามารถหาเส้นแบ่งเขตระหว่างคำ หรือระหว่างพยางค์ได้อย่างแม่นยำ ดังนั้นการรู้จักคำโดยวิธีเอาเทมเพลทที่กำลังได้ยินไปเปรียบเทียบกับเทมเพลทต้นแบบจึงไม่ใช่ของง่าย วิธีการนี้ใช้ได้กับคอมพิวเตอร์ระดับมินิขึ้นไปเท่านั้น

3.2 วิธีการวิเคราะห์และศึกษาเสียงพูด

วิธีการวิเคราะห์เสียงพูด (Speech analysis methods) มีหลายวิธีใหญ่ ๆ ดังนี้

วิธีที่ 1. การวิเคราะห์เสียงโดยวิธีโดเมนเวลา (Time Domain Analysis Methods)

วิธีที่ 2. การวิเคราะห์จุดตัดศูนย์ของสัญญาณ (Zero crossing Analysis Methods)

วิธีที่ 3. การวิเคราะห์โดยวิธีชอร์ตไทม์สเปคตรัม (Short-Time Spectrum Analysis Methods)

วิธีที่ 4. การวิเคราะห์แบบโฮโมมอร์ฟิค (Homomophic Speech Processing)

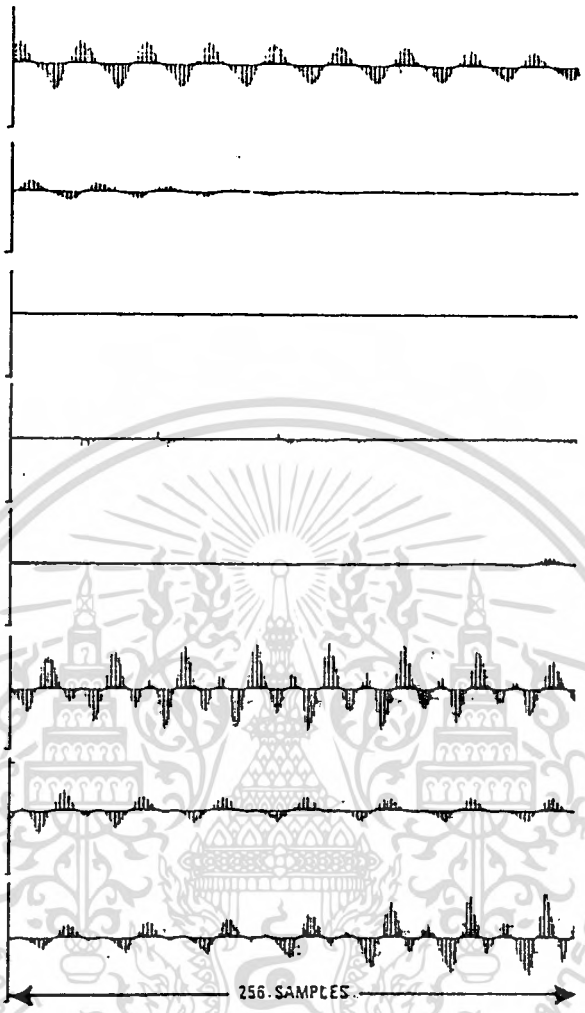
วิธีที่ 5. การวิเคราะห์แบบการคาดเดาเชิงเส้น (Linear Predictive Analysis)

ซึ่งแต่ละวิธีมีหลักการวิเคราะห์ดังนี้

3.2.1. การวิเคราะห์เสียงโดยวิธีโดเมนเวลา

การวิเคราะห์สัญญาณเสียงที่แปรตามเวลา สัญญาณเสียงจะถูกแทนด้วยลำดับการแซมปลิ้ง ประมาณ 8000 ครั้ง/วินาที ดังรูป 3.1 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติของเสียงที่เปลี่ยนตามเวลา ดังตัวอย่าง มีการเปลี่ยนเสียงระหว่างมีสัญญาณเสียงและไม่มีสัญญาณเสียง การเปลี่ยนแปลงของแอมปลิจูดสูงสุด (peak Amplitude) และการเปลี่ยนแปลงของความถี่พื้นฐานการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดจะเห็นอย่างชัดเจนเมื่อพล็อตรูปคลื่น การแซมปลิ้งทางด้านเวลา ซึ่งแทนลักษณะของสัญญาณเสียงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 รูปคลื่นของการสุ่มสัญญาณเสียง

โดยมากการวิเคราะห์สัญญาณมักจะใช้วิธี short-time Fourier ซึ่งสามารถแทนด้วยสมการดังนี้

$$Q_n = \sum_{m=-\infty}^{\infty} T[x(m) \cdot w(n-m)] \qquad (3.1)$$

สัญญาณเสียงจะถูกแปลงรูปโดย T[ ] ซึ่งอาจจะเป็นแบบเชิงเส้นหรือไม่เชิงเส้นขึ้นอยู่กับการตั้งค่าของพารามิเตอร์ซึ่งผลคือการคูณตามลำดับการแซมปลิ้งที่เวลา n ใด ๆ

short-time energy ของสัญญาณเสียงสามารถหาได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E = \sum_{n=\infty}^{\infty} x^2(m) \qquad (3.2)$$

ถ้าเป็นสัญญาณเสียงที่ถูกแซมปลิ้ง

$$E(n) = \sum_{m=n-N+1}^{n} x^2(m) \qquad (3.3)$$

ซึ่งมันจะหมายถึง short-time energy ที่ n จะเป็นการรวมของ N แซมปลิ้ง ตั้งแต่ n-N+1 จนถึง n

short-time energy และขนาดเฉลี่ย เราจะสังเกตเห็นว่าแอมปลิจูดของสัญญาณเสียงจะเปลี่ยนตามเวลา และแอมปลิจูด ขณะไม่มีเสียงจะต่ำกว่าขณะมีเสียงแต่ short-time energy จะให้ผลของการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูดไว้แล้ว ซึ่งสามารถเขียนได้

$$E(n) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} [x(m)w(n-m)]^2$$

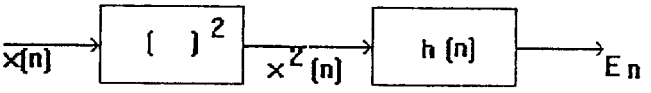
หรือ

$$E(n) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x^2(m) \cdot h(n-m) \qquad (3.4)$$

โดยที่

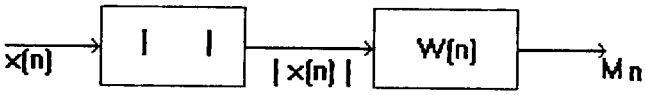
$$h(n) = w^2(n)$$

ซึ่งสามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูป



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมของ Short Time Energy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมของ Short Time Average Energy

จากสมการข้างบน จะมีความไวสูงในกรณีสัญญาณมีขนาดใหญ่มาก เนื่องจากสัญญาณจะถูกยกกำลัง 2 ซึ่งมีวิธีแก้ คือ

$$M(n) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} |x(m)| \cdot w(n-m) \qquad (3.5)$$

3.2.2. การวิเคราะห์จุดตัดศูนย์ของสัญญาณ

ในสัญญาณดิสครีท จุดตัดศูนย์จะเกิดขึ้นเมื่อเกิดการเปลี่ยนเครื่องหมาย ซึ่งอัตราการเกิดจุดตัดศูนย์จะขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณเสียง ตัวอย่างเช่น สัญญาณไซน์ความถี่ Fo มีอัตราการแซมปลิ้งเท่ากับ FS

เพราะฉะนั้น

จุดตัดศูนย์ = 2Fo/FS จุดตัดต่อวินาที

ดังนั้นอัตราเฉลี่ยของจุดตัดศูนย์จะเป็นหลักการหนึ่งในการคาดเดาความถี่ของรูปคลื่นไซน์

สัญญาณเสียงเป็นสัญญาณที่เป็นแถบความถี่ การแสดงถึงอัตราจุดตัดศูนย์เฉลี่ยจะมีความแน่นอนน้อยมาก แต่อย่างไรก็ตามก็สามารถคาดเดาคุณสมบัติคร่าว ๆ ได้ ซึ่งก่อนอื่นเราควรศึกษาหลักการของจุดตัดศูนย์ก่อน ซึ่งมีสมการดังนี้

$$Z(n) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} |\mathrm{sgn}[x(m)] - \mathrm{sgn}[x(m-1)]| w(n-m) \qquad (3.6)$$

เมื่อ

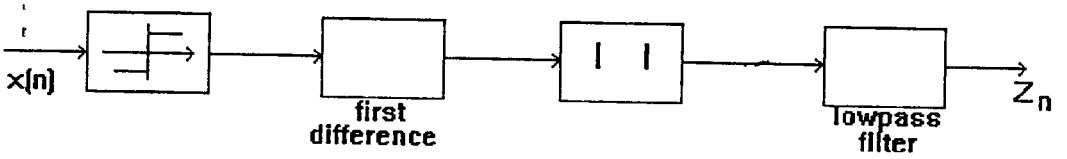
$$\mathrm{sgn}[X(n)] = 1 \quad ; X(n) \geq 0$$
$$= -1 \quad ; X(n) < 0$$

และ

$$W(n) = 1/2N \quad ; 0 \leq n \leq N-1$$
$$= 0 \quad ; \text{กรณีอื่น ๆ}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยบล็อกไดอะแกรม

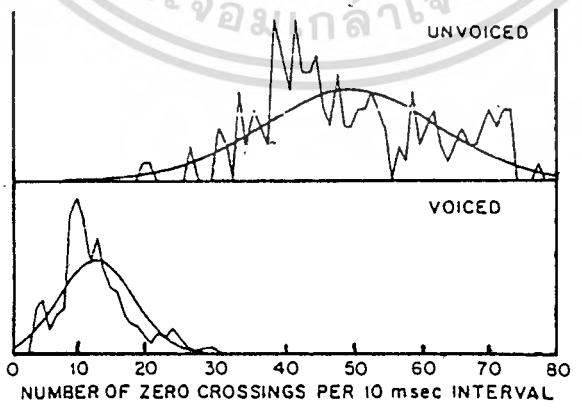


รูปที่ 3.4 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ Short Time Average Zero Crossings

จากรูปแสดงการหาอัตราจุดตัดศูนย์เฉลี่ย ซึ่งประกอบด้วย การหาพลังงาน การหาค่าขนาดเฉลี่ย โดยค่าที่ได้อยู่ใน Z(n) ซึ่งจะต้องหารด้วย N ซึ่งจะกลายเป็นอัตราเฉลี่ย

การนำเอาอัตราจุดตัดศูนย์เฉลี่ยมาประยุกต์ใช้งานกับสัญญาณเสียงนั้น เราทราบว่าสัญญาณเสียงนั้นจะมีความถี่ต่ำกว่า 3KHz ขณะที่ไม่มีสัญญาณเสียงเราจะพบว่าจะมีสัญญาณรบกวนที่ความถี่ที่สูงกว่าดังนั้น สรุปว่าถ้าอัตราจุดตัดศูนย์มีค่ามากๆ แสดงว่าไม่ใช่เสียงพูด ถ้าจุดตัดศูนย์น้อยแสดงว่าอยู่ในช่วงเสียงพูด แต่อย่างไรก็ตาม ก็ยังคงไม่มีความแน่นอนมากนัก

จากรูป 3.5 แสดงฮิสโตแกรมของอัตราจุดตัดศูนย์เฉลี่ยของทั้งขณะที่มีแสดงและขณะที่ไม่มีเสียง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าขณะไม่มีเสียงมีค่าอัตราจุดตัดศูนย์เฉลี่ยที่ประมาณ 49 ครั้ง ต่อ 10 วินาที และขณะมีเสียงพูดจะมีอัตราจุดตัดศูนย์เฉลี่ยประมาณ 14 ครั้ง ต่อ 10 วินาที และจะมีบางส่วนที่ซ้อนกัน ดังนั้นจึงเป็นไปไม่ได้ที่จะวิเคราะห์เสียงโดยใช้วิธีอัตราจุดตัดศูนย์เฉลี่ยวิธีนี้เพียงอย่างเดียว



รูปที่ 3.5 ค่าของ Average Zero Crossings ขณะมีสัญญาณเสียงและไม่มีสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การวิเคราะห์โดยวิธีชอร์ตไทม์สเปคตรัม

ในทางวิทยาศาสตร์และทางวิศวกรรม จะแทนสัญญาณต่างๆ ให้อยู่ในรูปของผลรวมของสัญญาณรูปไซน์ (Sinusoid) หรือสัญญาณเอกโปเนนเชียล (exponential) เพื่อในการแก้ปัญหาและเพื่อจะเข้าใจอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับลักษณะทางฟิสิกส์มากขึ้นกว่าเดิม เช่น การแทนด้วยฟูริเยอร์ ซึ่งใช้ในการประมวลสัญญาณ ซึ่งมีเหตุผล 2 ประการ

ประการที่ 1. ใช้กับระบบที่เป็นเชิงเส้น เพื่อสะดวกในการหาผลตอบสนองโดยใช้ทฤษฎีทับซ้อน (superposition) ของสัญญาณรูปไซน์หรือสัญญาณเอ็กซ์โปเนนเชียล

ประการที่ 2.การแทนด้วยฟูริเยอร์จะช่วยให้มองเห็นคุณสมบัติของสัญญาณได้ชัดเจนมากกว่าสัญญาณเดิม

การวิจัยด้านการสื่อสารทางเสียง จะใช้หลักการของฟูริเยอร์ในการแก้ไข เพราะฟูริเยอร์จะช่วยในการสร้างรูปแบบสำหรับสัญญาณเสียงของระบบเชิงเส้น ที่เป็นคาบเวลาหรือการสุ่มของสัญญาณที่แปรตามเวลา โดยทั่วไปสเปคตรัม (Spectrum) ของสัญญาณที่ออกมาจะอยู่ในรูปของผลตอบสนองทางด้านความถี่ ดังนี้ มันจึงสามารถคาดเดาได้ว่าสเปคตรัม ของเอาท์พุทจะสะท้อนให้เห็นคุณสมบัติของความถี่ของเสียง แต่อย่างไรก็ตาม รูปแบบของเสียงนี้จะยุ่งยากมากกว่าในเรื่องสระของเสียงและการออกเสียง ดังนั้นการแทนด้วยฟูริเยอร์จะเหมาะสมสำหรับ สัญญาณคาบ, ทรานเซียนต์ (transient) หรือสัญญาณสุ่มที่ไม่ใช้สำหรับเป็นเสียงพูดที่ต่อเนื่อง ซึ่งคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงเป็นฟังก์ชันของเวลา อย่างไรก็ตาม เราจะสามารถเห็นคุณสมบัติของเสียงได้มากกว่าการวิเคราะห์โดยวิธีชอร์ตไทม์ ยกตัวอย่างเช่น คุณสมบัติของพลังงาน จุดตัดศูนย์ ซึ่งสามารถประมาณเวลาประมาณ 10 ถึง 30 มิลลิวินาที

ในการศึกษาคุณสมบัติของสัญญาณเสียง เราสามารถศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบ หลักการของฟูริเยอร์ ของสัญญาณที่เปลี่ยนตามเวลา เราจะกำหนด การแปลงฟูริเยอร์ (Fourier Transform) และการกระทำของการวิเคราะห์ของ การแปลงฟูริเยอร์เราสามารถใช้เทคนิคการคำนวณพื้นฐานโดยใช้อัลกอริทึมที่เร็วกว่า ดิสครีทฟูริเยอร์ทรานสฟอร์ม (Discrete Fourier Transform) การใช้งาน และวิเคราะห์เสียงพูดการแสดงสเปคตรัม

ข้อกำหนดและคุณสมบัติ การแปลงฟูริเยอร์ ที่แปรผันตามเวลา เนื่องมาจากมีความต้องการที่จะสะท้อนถึงคุณสมบัติแปรผันตามเวลาของรูปคลื่นเสียง การกำหนดรูปแบบการแปลงฟูริเยอร์ของสัญญาณเสียง ซึ่งฟูริเยอร์ที่แปรผันตามเวลา คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Xn\ (e^{jw}) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} w(n-m)x(m)e^{-jwm} \qquad (3.7)$$

ในสมการ (3.7) W(n-m) จะเป็นค่าจริงของลำดับของสัญญาณซึ่งใช้กำหนดกลุ่มของสัญญาณอินพุทที่รับเข้ามาที่เวลาใดๆ n ฟูริเยอร์ทรานสฟอร์มที่ขึ้นอยู่กับเวลาจะเป็นฟังก์ชันของสองตัวแปร คือตัวแปร เวลาใดๆ (n) และตัวแปรทางความถี่ (W) ซึ่งจะต่อเนื่องกันไป การเปลี่ยนรูปแบบของสมการ (3.1) โดยเปลี่ยนดัชนีการรวมตัวกัน (summation) ดังสมการ

$$Xn\ (e^{jw}) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} w(m)x(n-m)e^{-jw(n-m)} \qquad (3.8)$$

$$= e^{jwn} \sum_{m=-\infty}^{\infty} x(n-m)w(m)e^{-jwm} \qquad (3.9)$$

ถ้าเรากำหนดให้

$$Xn(e^{jw}) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} x(n-m)w(m)e^{-jwn} \qquad (3.10)$$

จะได้ว่า

$$Xn(e^{jw}) = e^{-jwn}\ X(n)\ e^{-jw}) \qquad (3.11)$$

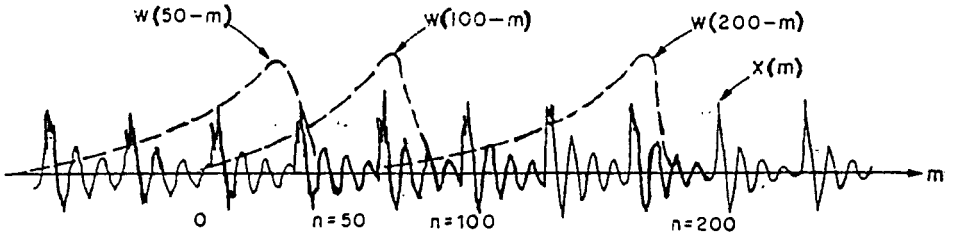
จากสมการนี้ สามารถแปลไปได้ 2 ทาง คือ

ทางที่ 1. ถ้า n คงที่ เรากำหนดให้ เป็นการแปลงฟูริเยอร์ของ W(n-x)X(m) ดังนั้นการกำหนดให้ n,$Xn(e^{jw})$ คงที่จะทำให้มีคุณสมบัติเหมือนการแปลงฟูริเยอร์ธรรมดา

ทางที่ 2. ถ้าพิจารณา $Xn(e^{jw})$ เป็นฟังก์ชันของเวลาใดๆ (n) และ W คงที่ ในกรณีนี้เราจะลดสมการ (3.7) และ (3.9) อยู่ในรูปของการคอนโวลูชัน

การแปลงฟูริเยอร์ พิจารณา $Xn(e^{jw})$ ซึ่งเป็นการแปลงฟูริเยอร์ของ W (n-m) X(m) เมื่อ $-\infty<m<\infty$ การแปลงฟูริเยอร์ จะเป็นฟังก์ชันของเวลา ณ เวลา n ซึ่งสามารถทำเป็นตัวเลขได้ตามรูปที่ 3.6 ซึ่งแสดง X(m)และ W(n-m) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของ m สำหรับ n ค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงค่าของ X(m) w(n-m) ที่ n ค่าต่างๆ

สภาพการมีอยู่ของ การแทนการแปลงฟูริเยอร์ (Fourier transform repesentation) จะยังคงเป็นจริง ถ้าเราสามารถนำเอาสภาวะที่เพียงพอสำหรับการแปลงฟูริเยอร์ซึ่งมันก็คือการบวกของค่าสัมบูรณ์ ในกรณีนี้เราต้องการ X(m) W(n-m) ที่เป็นผลรวมทั้งหมดของทุก ๆ ค่าของ n ซึ่ง W(n-m) จะอยู่ในช่วงจำกัด ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสม

สมการของ การแปลงฟูริเยอร์ ของ W(n-m) X(m) สามารถเขียนได้ดังนี้

$$w(n-m)x(m) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi} x_n\left(e^{jw}\right)e^{jwn}\,dw \qquad (3.12)$$

และจากคุณสมบัติของวินโดว์แบบต่างๆ ซึ่งมีผลทำให้ความกว้างของโหลปหลักจะเป็นสัดส่วนกลับกับความกว้างของหน้าต่าง และระดับของโหลปข้างจะไม่ขึ้นอยู่กับความกว้างของวินโดว์

ผลการใช้วินโดว์ในการหาสเปคตรัม ดังแสดงในรูป 3.7 ถึง 3.9 รูป a ของแต่ละรูปจะแสดงวินโดว์ของสัญญาณ X(n) W(n-m) รูป b จะแสดง log magnitude ของ $x_n(e^{jw})$ รูป c จะแสดงการใช้หน้าต่างแบบสี่เหลี่ยม และรูป d จะแสดงสเปคตรัมของ log magnitude Spectrum รูป 3.7 จะแสดงผลของวินโดว์ ที่ 500 แซมเปิล (50mS ที่ความถี่ การแซมปลิ้ง 10kHz) ซึ่งสัญญาณรายคาบสามารถดูได้จาก รูป a รูป b จะเห็นความถี่พื้นฐานและความถี่ ฮาร์โมนิค ที่แสดงเป็นยอดแหลมเล็กๆ นอกจากนี้ยังเห็นยอดสูงสุดที่ 300-400 Hz และยอดเรียบที่ประมาณ 2200 Hz และที่ 3800 Hz สุดท้ายสเปคตรัมที่แสดงก็จะตกไปที่ความถี่สูงๆ

เปรียบเทียบ รูป 3.7 a และ 3.7 d ซึ่งเป็น หน้าต่าง แบบแฮมมิ่ง และแบบ สี่เหลี่ยม ตามลำดับ โดยพิจารณากลุ่มของฮาร์โมนิค โครงสร้างและความเด่นชัดของยอดแหลมซึ่งแตกต่างกัน ที่เห็นเด่นชัดคือการเพิ่มของยอดแหลมของฮาร์โมนิค ในรูป 3.7 d ความแตกต่างอันอื่นก็คือความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว้างของ โหลปข้าง และอีกสิ่งหนึ่ง คือวินโดว์แบบสี่เหลี่ยมจะมีปลายยอดแหลมมากกว่า หรือมีสเปคตรัมของสัญญาณรบกวนมากกว่านั่นเอง

รูป 3.8 แสดงการเปรียบเทียบที่ 50 สัญญาณแซมปลิ้ง ของสัญญาณเสียงพิจารณา สเปค-ตรัม รูป 3.8 ,b และ 3.8 d เทียบกับ รูป 3.7 รูป 3.8 จะแสดงเพียงค่าสูงสุดกว้างๆ ที่ประมาณ 400 Hz ,1400 HZ และ 2200 Hz

รูป 3.9 และ 3.10 ก็แสดงผลของวินโดว์ขณะไม่มีเสียงพูดที่ 500 สัญญาณสุ่ม และ 50 สัญญาณสุ่มตามลำดับ จากรูปจะเห็นสเปคตรัมแสดงการเปลี่ยนทิศทางของยอดแหลมอย่างช้าๆ ความกว้างของยอดแหลมและสเปคตรัมของทั้งคู่จะเป็นการสุ่มสัญญาณแบบธรรมชาติของเสียงรบกวน และการใช้วินโดว์แบบแฮมมิงจะดูเรียบกว่าแบบสี่เหลี่ยม

จากตัวอย่างรูป 3.7 ถึงรูป 3.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาของวินโดว์ 2 และคุณสมบัติของการแปลงฟูริเยอร์ นั่นคือ การกระจายความถี่จะแปรปรวนกลับกับความยาวของวินโดว์ และจุดประสงค์ของวินโดว์ เพื่อจำกัดเวลาระหว่างการวิเคราะห์เพื่อคุณสมบัติของรูปคลื่นไม่เปลี่ยนแปลงไป

3.2.4. วิธีการวิเคราะห์แบบโฮโมมอร์ฟิค

ระบบโฮโมมอร์ฟิคสำหรับการคอนโวลูชัน ในส่วนของระบบโฮโมมอร์ฟิคที่ใช้สำหรับการคอนโวลูชันจะใช้หลักการพื้นฐานของทฤษฎีทับซ้อนหลักการ ซึ่งทฤษฎีทับซ้อนนี้จะใช้ได้เฉพาะระบบที่เป็นเชิงเส้นดังสมการ

$$L[X(n)] = L[x_1(n) + X_2(n)]$$

$$= L[x_1(n)] + L[X_2(n)]$$

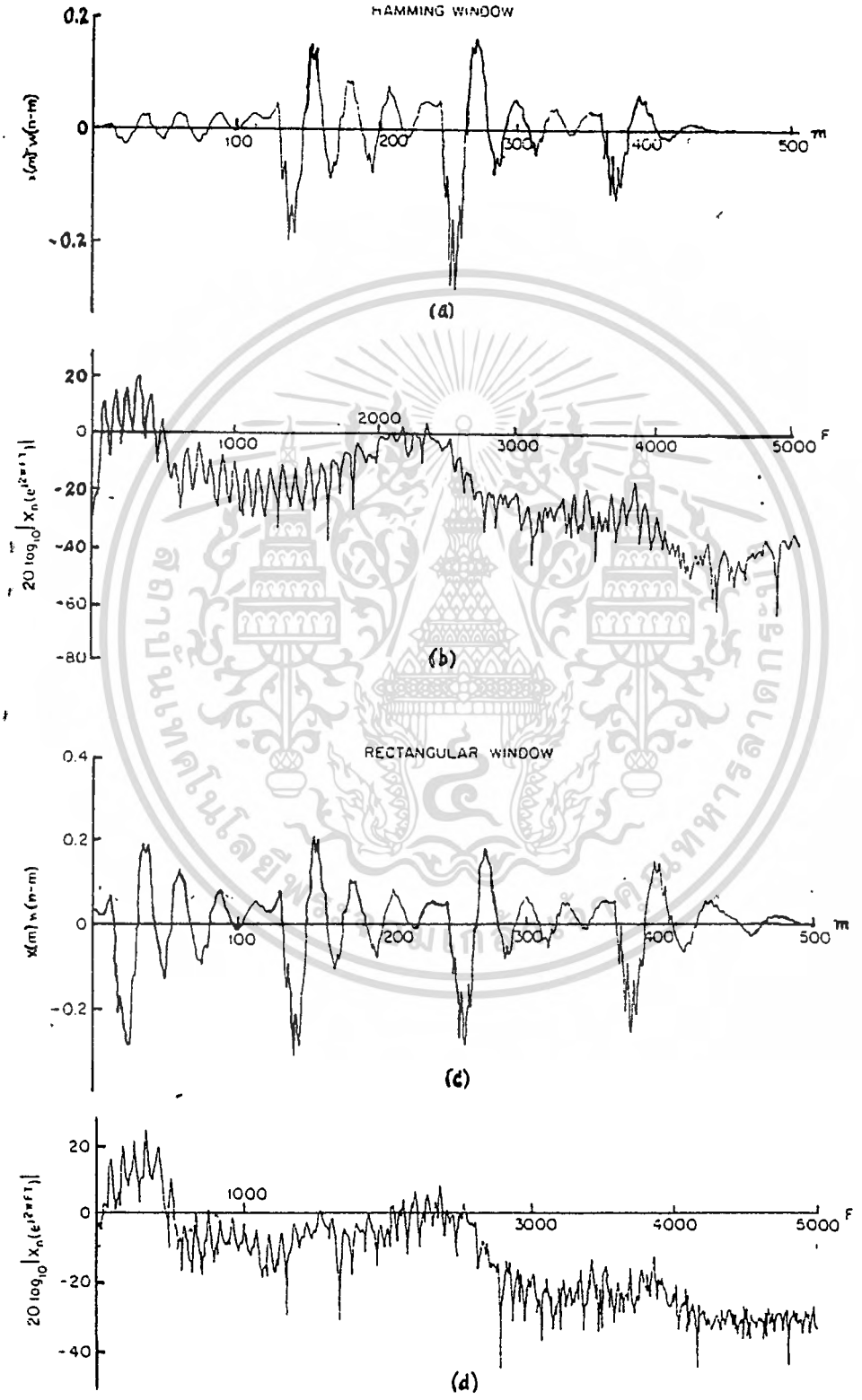
$$= Y_1(n) + Y_2(n) = Y(n) \qquad (3.13)$$

และ $$L[X(n)] = aL[X(n)] = aY(n) \qquad (3.14)$$

เมื่อ L แทนโอปะเรเตอร์ที่เป็นเชิงเส้น

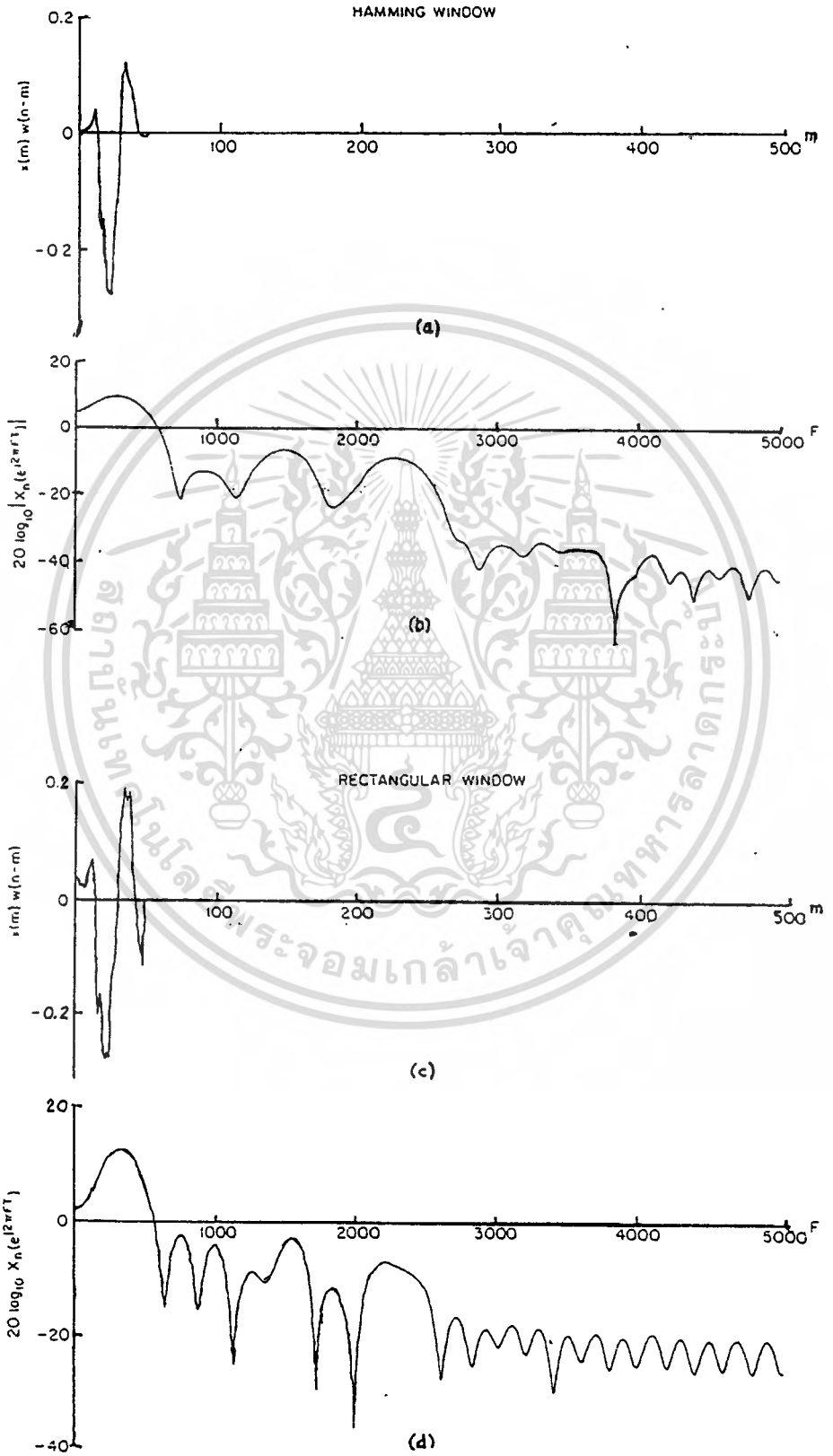
หลักการของ ทฤษฎีทับซ้อน คือ ถ้าสัญญาณอินพุทประกอบด้วยสัญญาณหลาย ๆ สัญญาณรวมกันแล้ว สัญญาณเอาท์พุททั้งหมดจะรวมกันอย่างเป็นเชิงเส้นกลายเป็นผลตอบสนองเอาท์พุท ดังรูป 3.11 เมื่อเครื่องหมาย "+" ที่อินพุทและเอาท์พุท จะทำการรวมสัญญาณที่อินพุท แล้วสร้างผลรวมของเอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



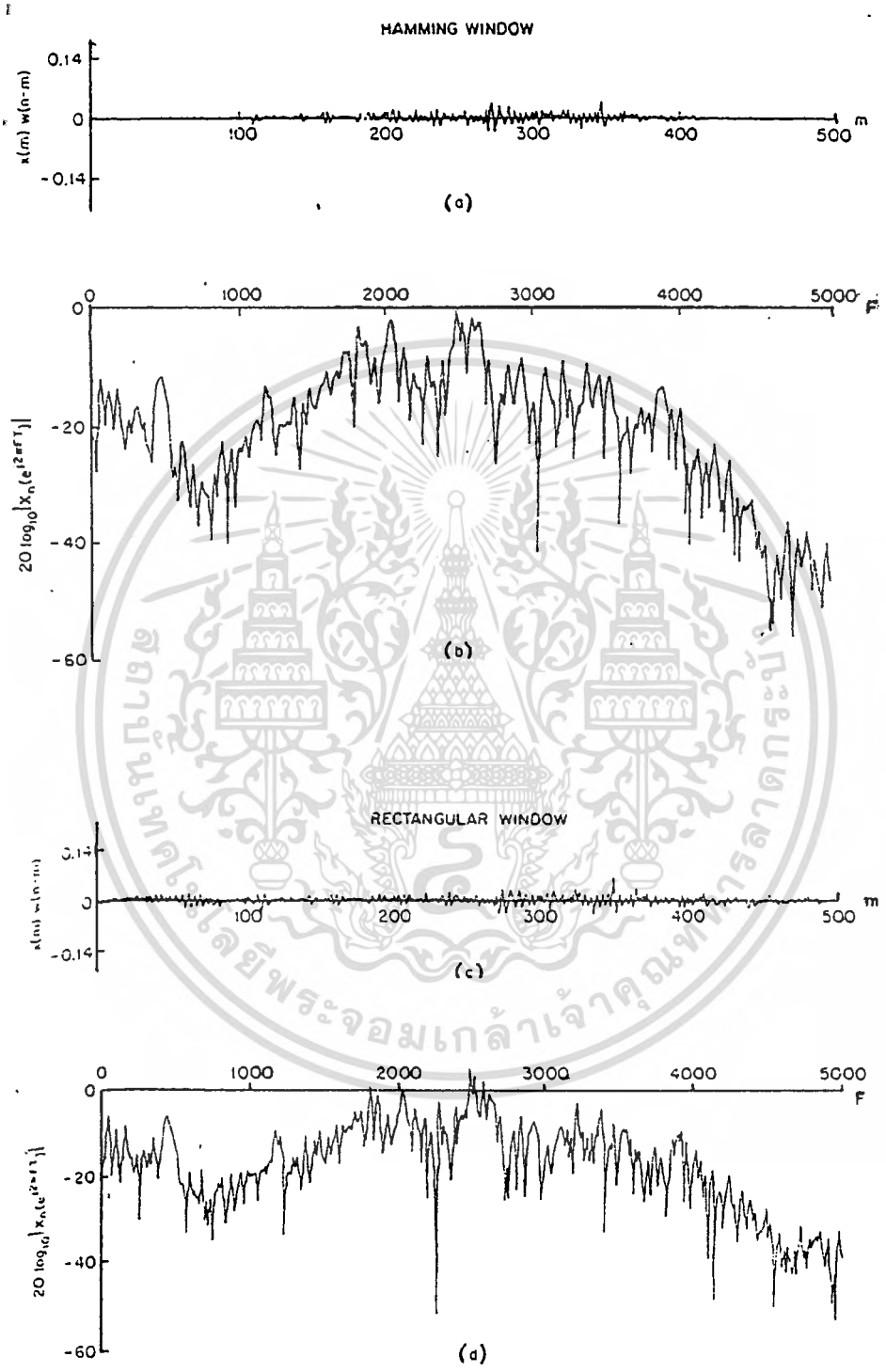
รูป ที่ 3.7 แสดงค่าการวิเคราะห์สเปคตรัมของสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



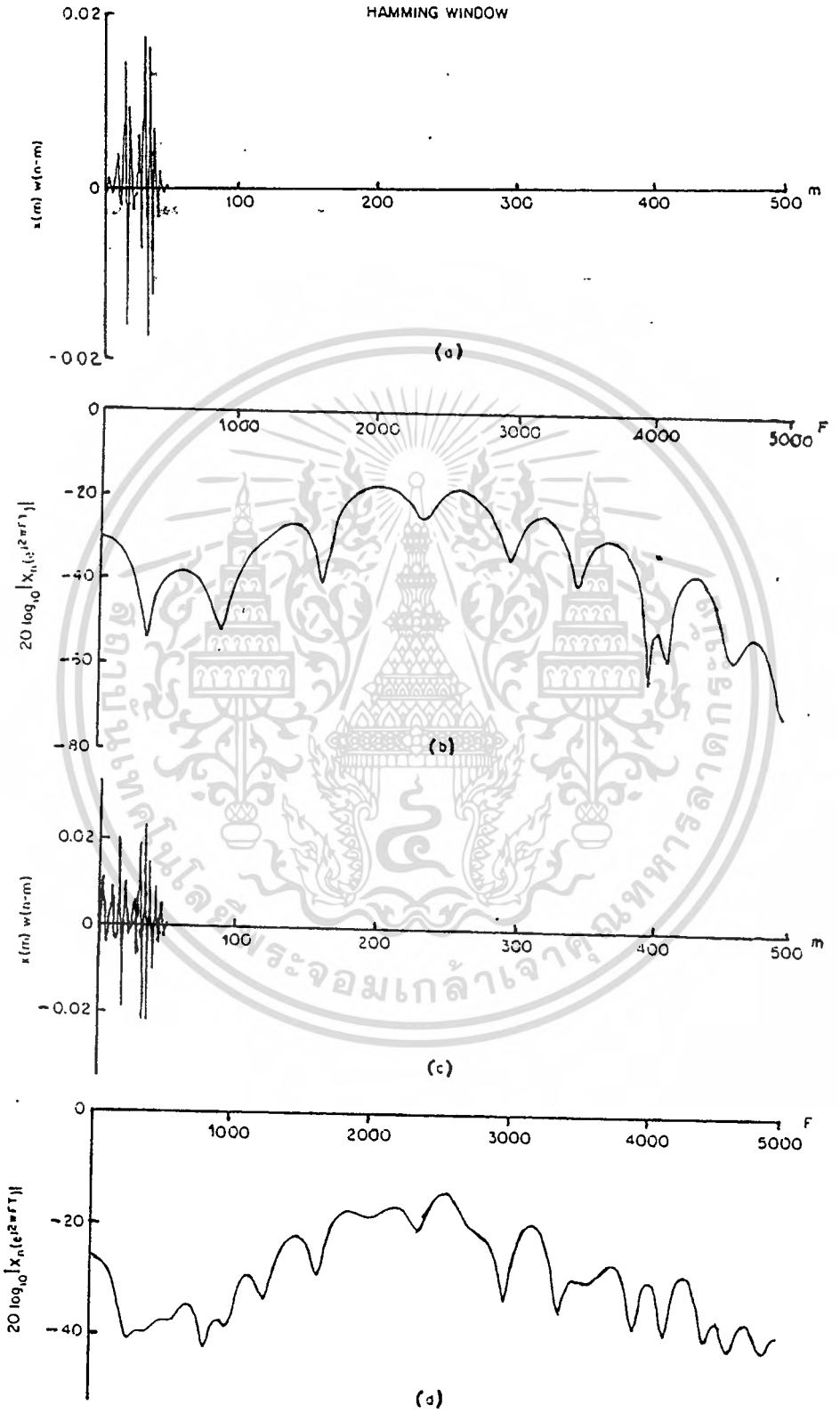
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ที่ 3.8 แสดงค่าการวิเคราะห์สเปคตรัมของสัญญาณเสียง



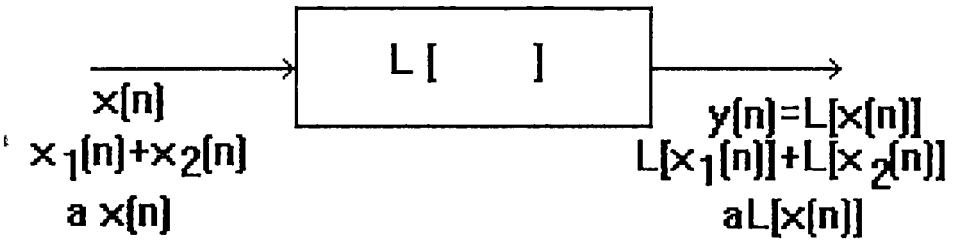
รูป ที่ 3.9 แสดงค่าการวิเคราะห์สเปคตรัมของสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ที่ 3.10 แสดงค่าการวิเคราะห์สเปคตรัมของสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 การแทนระบบด้วยหลักการของทฤษฎีทับซ้อน

จากสมการ การคอนโวลูชัน

$$Y(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} h(n-k)x(k) = h(n) * X(n) \qquad (3.15)$$

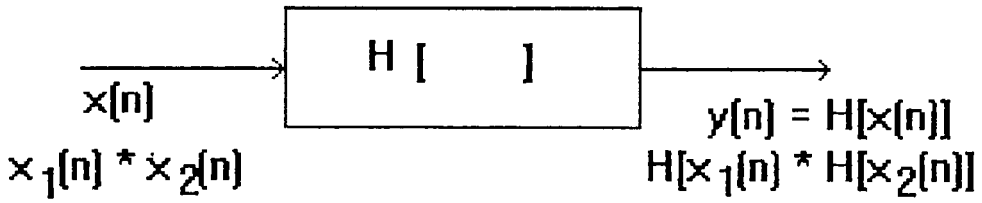
โดย * แทนสัญลักษณ์ของการคอนโวลูชัน

จากหลักการ ทฤษฎีทับซ้อน สำหรับระบบที่เป็นเชิงเส้น เราสามารถกำหนดระดับชั้นของระบบ ซึ่งปฏิบัติตามหลักการของ ทฤษฎีทับซ้อน โดยการเปลี่ยนการคอนโวลูชันดังนี้

$$\begin{aligned} H[X(n)] &= H[x_1(n) + X_2(n)] \\ &= H[x_1(n)] + H[X_2(n)] \\ &= Y_1(n) + Y_2(n) \quad = Y(n) \end{aligned} \qquad (3.16)$$

สมการนี้จะเหมือนกับสมการ 3.14 ซึ่งแสดงการคูณค่าคงที่ลงไป แต่อย่างไรก็ตาม การคูณค่าคงที่ไม่เป็นที่ต้องการสำหรับใช้งานที่เราจะพิจารณา ระบบที่มีคุณสมบัติตามสมการ 3.16 จะเป็นเทอมของระบบโฮโมมอร์ฟิค สำหรับการคอนโวลูชันในระบบนี้มาจากความจริงที่ว่าวิธีการแปลงต่างๆ สามารถแสดงเป็นการแปลงแบบโฮโมมอร์ฟิค ของเวคเตอร์เชิงเส้นดังระบบรูป 3.12 ซึ่งการกระทำของการคอนโวลูชันจะอธิบายที่อินพุทและเอาท์พุทของระบบตัวกรองโฮโมมอร์ฟิค จะเป็นตัวอย่างของระบบโฮโมมอร์ฟิคที่มี 1 อุปกรณ์ ตลอดจนระบบพิเศษที่ไม่เปลี่ยนแปลง ขณะที่อุปกรณ์ที่ไม่ต้องการถูกเอาออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 การแทนระบบโฮโมมอร์ฟิคสำหรับการคอนโวลูชัน

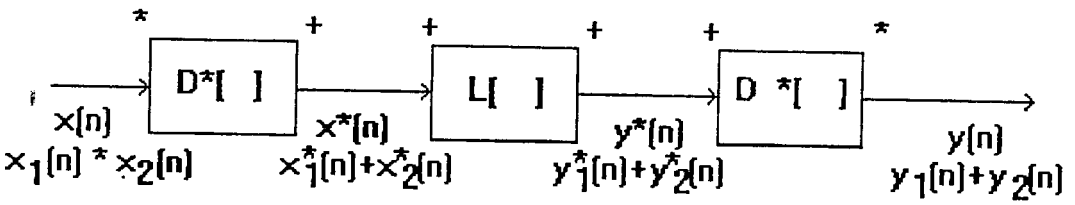
หลักการสำคัญของระบบโฮโมมอร์ฟิค คือ ระบบโฮโมมอร์ฟิคทุกระบบ สามารถแทนด้วยระบบโฮโมมอร์ฟิค 3 ตัวต่อแบบคาสเคดกัน ดังรูป 3.13

ระบบที่ 1 จะนำอินพุทเข้ามาและรวมโดยคอนโวลูชันและการแปลงอินพุทไปที่เอาท์พุท

ระบบที่ 2 จะเป็นระบบที่เป็นเชิงเส้นโดยอาศัยหลักการทฤษฎีทับซ้อน ดังสมการ(3.13)

ระบบที่ 3 จะเป็นการอินเวอร์สกับระบบแรก คือมันจะแปลงกลับสัญญาณรวม โดยบวกสัญญาณกลับโดยวิธีการคอนโวลูชันส่วนสำคัญของการมีอยู่ของรูปแบบโฮโมมอร์ฟิค ในความเป็นจริง คือการออกแบบให้ลดปัญหาในการออกแบบระบบเชิงเส้นดังรูป 3.13 คุณสมบัติของการแปลงกลับคอนโวลูชัน (Deconvolution) นี้จะใช้หลักการทฤษฎีทับซ้อน ซึ่งเมื่ออินพุทเป็นการทำคอนโวลูชันและเอาท์พุทเป็นของเดิม ให้ D*[ ] เป็นคุณสมบัติของการแปลงกลับคอนโวลูชันของระบบโฮโมมอร์ฟิคคุณสมบัติของระบบคือ

$$
\begin{aligned}
D^*[X(n)] &= D^*[\,X_1(n) + X_2(n)\,] \\
&= D^*[\,X_1(n)\,] + D^*[\,X_2(n)\,] \\
&= \overline{x_1}(n) + \overline{x_2}(n) = \overline{x}(n) \qquad (3.17)
\end{aligned}
$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

รูปที่ 3.13 รูปแบบของระบบสำหรับการการแปลงกลับคอนโวลูชันของระบบโฮโมมอร์ฟิค

ลักษณะเดียวกันคุณสมบัติการแปรกลับ $D^{-1}*$ กำหนดโดย

$$D^{-1}*[Y(n)] = D^{-1} * [\, Y_1(n) + Y_2(n) \,]$$

$$= D^{-1} * [\, Y_1(n) \,] + D^{-1} * Y_2(n) \,] \quad (4.5)$$

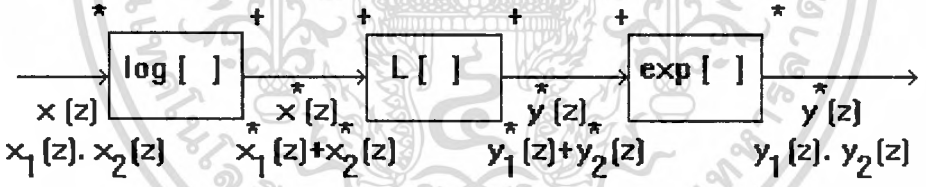
$$= Y_1(n) + Y_2(n) = Y(n) \quad (3.18)$$

การแทนด้วยคณิตศาสตร์ของระบบ จะขึ้นอยู่กับว่าถ้าอินพุทเป็นการคอนโวลูชัน

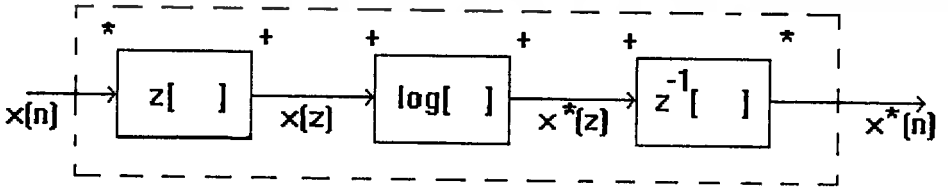
$$X(n) = X_1(n) * X_2(n) \quad (3.19)$$

แล้วการแปลง Z ของอินพุทจะเป็นผลของการแปลง Z จุดนั้น ๆ

$$X(z) = X_1(z) * X_2(z) \quad (3.20)$$



รูปที่ 3.14 การแทนในโดเมนความถี่โดยการคอนโวลูชันของระบบโฮโมมอร์ฟิค



รูปที่ 3.15 การแทนคุณลักษณะการแปลงกลับคอนโวลูชันของระบบโฮโมมอร์ฟิค

สมการ 3.17 จะหมดไป เมื่อการแปลง Z ของเอาท์พุทของระบบก็จะต้องนำมารวมกับการแปลง Z ตอนแรก ดังนั้น โดเมนทางความถี่จะปฏิบัติตัวตามลักษณะของระบบ สำหรับการ

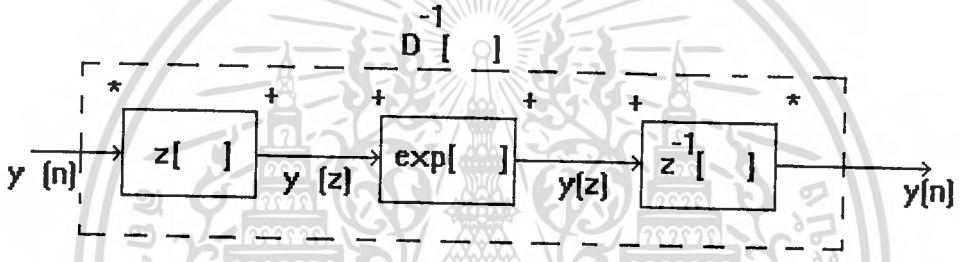
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนโวลูชัน จะต้องมีคุณสมบัติ ซึ่งถ้าสัญญาณถูกแทนด้วยผลของการแปลง Z ที่อินพุทแล้วเอาท์พุท จะต้องเป็นผลรวมของผลตอบสนองของการแปลง Z ทาง เอาท์พุทดังรูป 3.14

$$X(z) = \log[X(z)] = \log[X_1(n) \cdot x_2(n)]$$

$$= \log[X_1(z)] + \log[X_2(z)] \qquad (3.21)$$

ถ้าเราแทนสัญญาณด้วยลำดับสัญญาณระบบสามารถแทนได้ดังรูป 3.15 และการแปลงกลับของระบบสามารถแทนได้โดย รูป 3.15



รูปที่ 3.16 การแทนกลับของระบบด้วยการแปลงกลับคอนโวลูชันของระบบโฮโมมอร์ฟิค

การแทนด้วยระบบและการแปลงกลับดังรูปที่ 3.15 และรูปที่ 3.16 นั้นจะขึ้นอยู่กับสมการ 3.21 นั่นคือลอการิทึมของผลลัพธ์ จะเท่ากับผลบวกของลอการิทึมซึ่งจะเป็นจริงเมื่อเป็นค่าจำนวนเต็มบวก อย่างไรก็ตามการแปลง Z จะเป็นจำนวนเชิงซ้อนและมีความสำคัญในการพิจารณาลักษณะเด่น เมื่อทำกับลอการิทึมของจำนวนเชิงซ้อนในการคำนวณเราจะสนใจเกี่ยวกับความแน่นอนของสมการ (3.21) ซึ่งจะถูกต้องเมื่อค่าอยู่ในวงกลม 1 หน่วยจากคอมเพล็กซ์ลอการิทึม

$$X(e^{jw}) = \log X(e^{jw}) + \arg[X(e^{jw})] \qquad (3.22)$$

จากสมการส่วนของจำนวนจริงจะไม่มีปัญหาปัญหาจะอยู่ที่ส่วนจินตภาพ ซึ่งค่าของมุมเฟสของการแปลง Z ต้องอยู่บนวงกลม 1 หน่วย

เพื่อให้สามารถคำนวณค่าคอมเพล็กซ์ ลอการิทึมของสมการ 3.21 ให้เป็นที่น่าพอใจการแปลงกลับของคอมเพล็กซ์ ลอการิทึม โดยการแปลงฟูริเยอร์ของอินพุทจะเป็นเอาท์พุทของระบบที่คอนโวลูชันกัน

$$x(n) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi} \bar{x}\left(e^{jw}\right) e^{jwn} dw \qquad (3.23)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอาท์พุทของระบบ (X(n)) จะถูกเรียกว่าคอมเพล็กซ์ เซ็พสตรัม (Complex Cepstrum) เราจะใช้เทอมเซ็พสตรัมสำหรับจำนวน

$$c(n) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi} \log\left|x\left(e^{jw}\right)\right| e^{jwn}\,dw \qquad (3.24)$$

จากการอธิบายเราสามารถจะกำหนดระบบที่มีคุณสมบัติสำหรับโฮโมมอฟิก คอนโวลูชัน และกำหนดรูปแบบสำหรับส่วนที่เป็นเชิงเส้นของระบบตัวเลือกของระบบเชิงเส้นจำเป็นในการออกแบบระบบ

การพิจารณาการคำนวณ การแทนด้วยคณิตศาสตร์ของระบบและการแปลงกลับระบบในรูป 3.14 และ 3.15 ตามลำดับนั้น มีคำแนะนำสำหรับระบบโฮโมมอฟิกที่คอนโวลูชัน คือถ้าเราจำกัดจำนวนลำดับอินพุทที่จะทำการรวมกันแล้วจะทำให้การแปลง Z ของสัญญาณอินพุทจะอยู่ในย่านวงกลม 1 หน่วยนั่น คือลำดับสัญญาณจากการ แปลงฟูริเยอร์ในกรณีเดียวกันมันจะแทนโอปะเรเตอร์การแปลง Z ในรูป 3.14 และ 3.15 ด้วยสำหรับกรณีพิเศษของลำดับอินพุทที่มีความยาวจำกัด การแทนด้วยคณิตศาสตร์ของระบบโดยการคอนโวลูชันจะเป็น

$$X(e^{jw}) = \sum_{n=0}^{N-11} x(n)e^{-jwn} \qquad (3.25)$$

$$\begin{aligned} x(e^{jw}) &= \log[\, x(e^{jw})\,] \\ &= \log\, X(e^{jw}) + j\, \arg[\, X(e^{jw})\,] \end{aligned} \qquad (3.26)$$

$$X(n) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi} \bar{x}\left(e^{jw}\right) e^{jwn}\,dw \qquad (3.27)$$

สมการ 3.25 จะเป็นการแปลงฟูริเยอร์ของลำดับอินพุทสมการ 3.26 จะเป็นคอมเพล็กซ์ ลอการิทึมของการแปลงฟูริเยอร์ของอินพุท และสมการ 3.27 จะเป็นการแปลงกลับฟูริเยอร์ของคอมเพล็กซ์ ลอการิทึม เราสังเกตว่าในการหาคอมเพล็กซ์ ลอการิทึมจากสมการ 3.25 เราจะต้องกำหนดคอมเพล็กซ์ ลอการิทึมของการแปลงฟูริเยอร์ ซึ่งจะช่วยกำหนดข้อบังคับของ คอมเพล็กซ์ เซ็พสตรัม ของลำดับอินพุทที่เป็นแต่จำนวนจริง การแปลงฟูริเยอร์ของลำดับจำนวนจริงจะเป็นฟังก์ชันคู่ ส่วนของจำนวนจินตภาพจะเป็นฟังก์ชันคี่ ดังนั้นถ้าคอมเพล็กซ์ เซ็พสตรัม เป็นลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

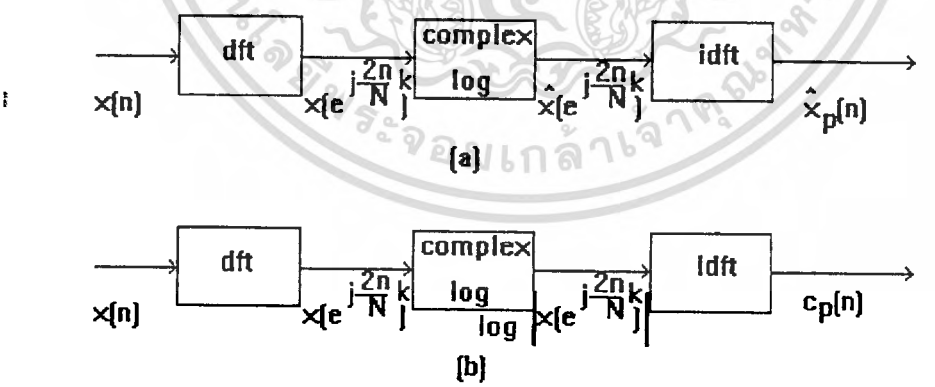
ของจำนวนจริง เราจะต้องกำหนดให้ฟังก์ชันของลอก แมกนีจูด เป็นฟังก์ชันคู่ของ w และเฟสจะต้องกำหนดเป็นฟังก์ชันคี่ของ w ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นสภาพของคอมเพล็กซ์ ลอการิทึม ซึ่งเฟสจะเป็นฟังก์ชันคาบต่อเนื่องของ w กับคาบของ 2π

สมการ (3.25) ยังไม่ใช่สมการที่ใช้คำนวณ เราสามารถประมาณสมการ 3.25 โดยใช้ การแปลงดิสครีทฟูริเยอร์ (DFT) ที่ขณะจำกัดเพื่อให้เหมือนกับการสุ่มสัญญาณของ การแปลงฟูริเยอร์ ที่สำดับเดียวกัน เนื่องจาก DFT สามารถคำนวณโดย FFT ดังนี้ การทำให้สำเร็จก็โดยการแทนตัวกระทำของการแปลงฟูริเยอร์ โดยจะตรงกับตัวกระทำของ DFT ซึ่งผลของสมการจะเป็น

$$Xp(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j\frac{2\pi kn}{N}} \qquad (3.28)$$

$$Xp(k) = \log [\, Xp(k) \,] \qquad ; N<k<N-1 \qquad (3.29)$$

$$Xp(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \bar{x}_p(k) e^{\frac{j2\pi kn}{N}} \qquad (3.30)$$



รูปที่ 3.17 (a) คอมเพล็กซ์ เซ็พสตรัม (b) เซ็พสตรัม

สมการ 3.30 จะแทนการแปลงกลับของดิสครีทฟูริเยอร์ (IDFT) ของ คอมเพล็กซ์ ลอการิทึม ของดิสครีทฟูริเยอร์ ที่จำกัดความยาวของลำดับอินพุท ตัวห้อย p เป็นผลของลำดับ ซึ่งไม่แน่นอนเท่ากับคอมเพล็กซ์ เซ็พสตรัมจากสมการ 3.25 นี้จะทำให้เกิดความจริง ซึ่งคอมเพล็กซ์ ลอการิทึมใช้ใน DFT ซึ่งเป็นเวอร์ชันที่ใช้การสุ่ม ของ $x(e^{jw})$ และผลของแปลงกลับ จะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อไลส์เวอร์ชันของค่าจริงของคอมเพล็กซ์ เซ็พสตรัม นั่นคือคอมเพล็กซ์ เซ็พสตรัมคำนวณโดย สมการ 3.28 จะอ้างอิงไปยังคอมเพล็กซ์ เซ็พสตรัมโดย

$$Xp(n) = \sum_{r=-\infty}^{\infty} \bar{x}(n+rN) \qquad (3.31)$$

โอปะเรเตอร์การคำนวนสำหรับระบบการคอนโวลูชันดังแสดงในรูป 3.17

เราสามารถสังเกตว่าคอมเพล็กซ์ เซ็พสตรัม ประกอบด้วยการใช้คอมเพล็กซ์ ลอการิทึม และเซ็พสตรัม

3.2.5.การวิเคราะห์แบบการคาดเดาเชิงเส้น

การวิเคราะห์แบบการคาดเดาเชิงเส้น (Linear Predictive Coding) หรือ LPC นี้เป็นเทคนิคอย่างหนึ่งในการวิเคราะห์เกี่ยวกับเสียง วิธีนี้เป็นเทคนิคที่ดีกว่าในการตัดพารามิเตอร์พื้นฐานออกไป เช่นการออกเสียงระดับความดังของเสียง ส่วนสำคัญของวิธีนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถที่ให้ความแม่นยำในการตัดพารามิเตอร์ต่าง ๆ และขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของความเร็วในการคำนวณ

ความคิดพื้นฐานของการวิเคราะห์แบบ LPC คือการสุ่มสัญญาณซึ่งสามารถประมาณว่าเป็นการรวมเชิงเส้นของสัญญาณสุ่มเดิม โดยลดผลบวกของความแตกต่างระหว่างสัญญาณสุ่มจริงกับสัญญาณที่คาดว่าเป็นเชิงเส้น

ปรัชญาของการคาดเดาแบบเชิงเส้น จะเกี่ยวข้องกับรูปแบบในการสังเคราะห์เสียงพื้นฐาน เช่นความเป็นเชิงเส้น ระบบที่แปรผันตามเวลาทั้งขณะมีเสียง และขณะไม่มีเสียง วิธี LPC นี้จะให้ความแม่นยำ ความเชื่อมันในการตัดพารามิเตอร์

หลักการของ LPC พิจารณาการวิเคราะห์การคาดเดาเชิงเส้น ดังแสดงในรูป 3.18

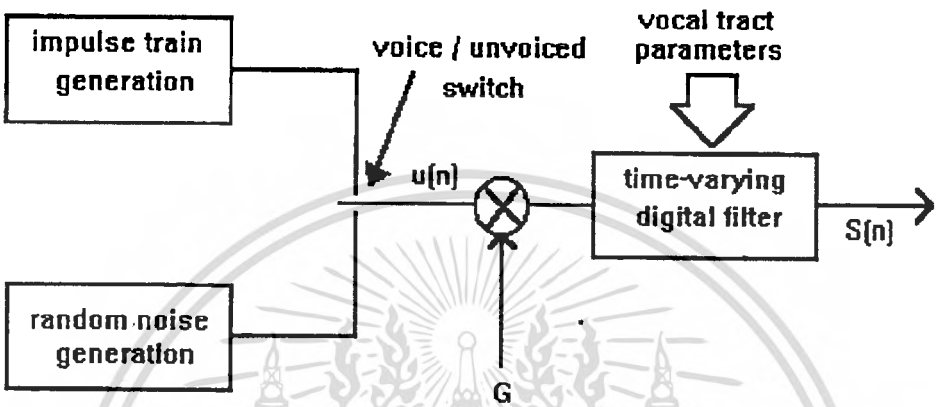
จากรูป ผลของสเปคตรัมของการแพร่กระจาย (radiation) กลุ่มการออกเสียงจะถูกแทนด้วยตัวกรองที่แปรผันตามเวลา ซึ่งฟังก์ชันของระบบที่ภาวะคงที่จะอยู่ในรูปที่ 3.18

$$H(Z) = \frac{S(z)}{U(z)} = \frac{G}{1-\sum_{k=1}^{p} akz^{-k}} \qquad (3.32)$$

ระบบนี้จะถูกกระตุ้นโดยขบวนอิมพัลส์ ของเสียงพูดหรือสัญญาณรบกวน ในกรณีที่ไม่มีเสียงพูด ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ของรูปแบบนี้คือ การแยกระหว่าง มีเสียง กับ ไม่มีเสียง ตามเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการใช้

ของระดับเสียง อัตราขยายเสียง (G) และค่าสัมประสิทธิ์ (ak) ของดิจิตอลฟิลเตอร์ ค่าพารามิเตอร์จะเปลี่ยนแปลงช้า ๆ ตามกาลเวลา



รูปที่ 3.18 บล็อกไดอะแกรมของการสุ่มสัญญาณเสียง

จากรูปที่ 3.18 สัญญาณสุ่มของเสียงพูด S(n) จะสัมพันธ์กับ U(n) โดยสมการดังนี้

$$S(n) = \sum_{k=1}^{p} a_k s(n-k) + Gu(n) \qquad (3.33)$$

สัมประสิทธิ์การคาดเดา αk จะกำหนดเมื่อเอาท์พุทเป็น

$$S(n) = \sum_{k-1}^{p} \alpha_k s(n-k) \qquad (3.34)$$

เพื่อที่จะลดการเปลี่ยนของสัญญาณของระบบที่อันดับ P ซึ่งเป็นโพลิโนเมียล

$$\bar{s}(n) = \sum_{k=1}^{p} \alpha_k Z^{-k} \qquad (3.35)$$

ค่าความผิดพลาดจากการคาดเดา e(n) หาได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$e(n) = S(n) - S(n) = s(n) - \sum_{k=1}^{p} \alpha k s(n-k) \qquad (3.36)$$

จากสมการ 3.36 สามารถเห็นได้ว่า ลำดับการผิดพลาดของการทำนายจะเป็นเอาท์พุทของระบบ ซึ่งทรานสเฟอร์ฟังก์ชัน คือ

$$A(z) = 1 - \sum_{k=1}^{p} \alpha k Z^{-k} \qquad (3.37)$$

เปรียบเทียบสมการ (3.33) และ (3.36) ถ้าสัญญาณเสียงเปลี่ยนแปลงตามสมการ (3.33) และถ้า $\alpha k = ak$ แล้ว $e(n) = GU(n)$ ดังนั้น ตัวกรองความผิดพลาดการคาดเดา (Predicpion error filter) และA(z) จะเป็นการกรองกลับ (inverse filter) ของระบบ H(z) นั่นคือ

$$H(z) = \frac{G}{A(Z)} \qquad (3.38)$$

ปัญหาพื้นฐานพื้นฐานของการวิเคราะห์แบบนี้ คือ ในการกำหนดชุดของสัมประสิทธิ์การคาดเดา (αk) โดยตรงจากสัญญาณเสียง โดยการประมาณที่ดีของคุณสมบัติของสัญญาณเสียงตามสมการ 3.38 เพราะธรรมชาติของการแปรผันตามเวลาของสัมประสิทธิ์การคาดเดา จะต้องประมาณค่าจากส่วนเล็ก ๆ ของเสียง หลักพื้นฐานก็คือการหาชุดสัมประสิทธิ์การคาดเดาจะลดการผิดพลาดการคาดเดากำลังสอง (mean-squared prediction error) ในส่วนสั้น ๆ ของเสียง ผลของพารามิเตอร์จะถือเป็นพารามิเตอร์ของฟังก์ชันระบบ H(z) ในโมดูลของการคาดเดาเสียง

ถ้า $\alpha k = ak$ แล้ว $e(n) = GU(n)$ หมายความว่า e(n) จะประกอบด้วยขบวนของอิมพัลซ์ คือ e(n) จะมีเวลาสั้น ๆ ดังนั้น การหา αk จะลดความผิดพลาดการคาดเดา

กระตุ้นตามความจริง คือถ้าสัญญาณถูกสร้างมาจากสมการที่ 3.33 ด้วยสัมประสิทธิ์ไม่แปรตามเวลาและกระตุ้นทั้งสัญญาณอิมพัลส์ และสัญญาณรบกวนแล้ว มันจะแสดงให้เห็นว่าสัมประสิทธิ์การคาดเดาเป็นผลมาจากการลดการผิดพลาดการคาดเดากำลังสองทุกๆ เวลา

เหตุผลที่ยุ่งยากสำหรับการใช้การผิดพลาดการคาดเดากำลังสองเป็นเกณฑ์สำหรับประมาณพารามิเตอร์ซึ่งจะเซ็ทของสมการเชิงเส้นให้สามารถวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์

การผิดพลาดการคาดเดากำลังสองจะหาค่าได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$S(n) = \sum_{m} e_n^2(m) \quad (3.38)$$

$$= \sum_{m} \left(s_n(m) - \bar{s}_n(m) \right) \quad (3.39)$$

$$= \sum_{m} \left[s_n(m) - \sum_{k=1}^{p} \alpha k s_n(m-k) \right]^2 \quad (3.40)$$

เมื่อ $S_n(m)$ เป็นส่วนของเสียงที่ถูกเลือกจากความใกล้เคียงของการแซมปลิ้ง n เช่น

$$S_n(m) = S(M+n) \quad (3.41)$$

ในการรวม ในสมการ 3.39 ถึง สมการ 3.41 ไม่เจาะจงว่าจะต้องเป็นด้านซ้ายเสมอไป แต่เนื่องจากเราใช้วิธีวิเคราะห์ร่วมกับแบบชอร์ตไทม์ ซึ่งอาจทำให้ผลบวกเกินจุดที่เรากำหนดไว้ อย่างไรก็ตามค่านี้ไม่ได้อยู่ในสมการเชิงเส้น เราสามารถที่จะละทิ้งไปได้ จากนั้นเราก็จะสามารถหาค่าของสัมประสิทธิ์การคาดเดา αk โดยการลดค่า E_n ในสมการที่ 3.41 โดยให้ $dE_n/d\alpha i = 0$ โดยที่ I = 1 , 2 , 3,.....p ตามสมการ

$$\sum_{k=1}^{p} s_n(m-i)s_n(m) = \sum_{k=1}^{p} \bar{\alpha} k \sum_{m} s_n(m-i)s_n(m-k) \quad (3.42)$$

เมื่อ αk เป็นค่าของ αk ที่ลดค่าของ E_n ถ้าเราหา

$$\Phi_{n(i,k)} = \sum_{m} s_n(m-i)s_n(m-k) \quad (3.43)$$

แล้วสมการ 3.43 สามารถเขียนเป็น

$$\sum_{k=1}^{p} \alpha k \Phi_n(i,k) = \Phi_{n(i,k)} \qquad ; i = 1\ 2.....p \quad (3.44)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเรารู้ค่า P ก็สามารถจะวิเคราะห์หาค่า ของสัมประสิทธิ์การคาดเดา (αk) และสมการผิดพลาดการคาดเดากำลังสองของ $S_n(m)$ โดยใช้สมการ 3.41 ถึง 3.43 คือ การผิดพลาดการคาดเดากำลังสอง จะเป็น

$$E_n = \sum_m s_n^2(m) - \sum_{k=1}^{p} \alpha k \sum_m s_{n(m-k)} \qquad (3.45)$$

และใช้สมการที่ 3.45 เราสามารถหา E_n โดย

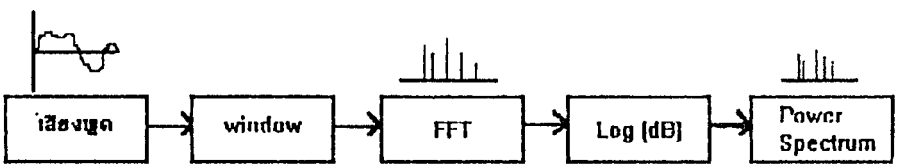
$$E_n = \Phi_{n(0,0)} - \sum_{k=1}^{p} \alpha_k \Phi_n(0,k) \qquad (3.46)$$

3.3 อัลกอริทึม

โครงงานการสร้างระบบวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูด โดยคอมพิวเตอร์นี้ อาศัยทฤษฎีการวิเคราะห์สัญญาณเสียง คือวิธีชอร์ตไทม์และการวิเคราะห์สเปคตรัม ซึ่งก็สามารถแสดงเป็นบล็อก-ไดอะแกรม ได้ดังนี้

รูปที่ 3.19 บล็อกไดอะแกรมของการวิเคราะห์โดยวิธีชอร์ตไทม์ การวิเคราะห์สเปคตรัม

แต่ในกระบวนการวิเคราะห์จริงในโครงงานนี้ ได้เพิ่มเติมขั้นตอนเข้าหลายขั้นตอน ดังรูป



รูปที่ 3.20 บล็อกไดอะแกรมของการวิเคราะห์ที่ใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ผลลัพธ์ในขั้นสุดท้ายก็จะจัดเก็บข้อมูลลงแฟ้ม เพื่อสามารถนำไปเปรียบเทียบต่อไป

3.4 หลักการออกแบบโปรแกรมการวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูด

จากการวิเคราะห์ทั้ง 5 แบบ ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นซึ่งแต่ละวิธีก็จะมีข้อดี ข้อเสียที่ต่างกัน จากการค้นคว้าศึกษาวิเคราะห์ จึงได้วิธีการวิเคราะห์เสียงแบบชอร์ตไทม์ การวิเคราะห์สเปคตรัม เนื่องจากสามารถแสดงให้เห็นคุณสมบัติต่างๆ ของสัญญาณเสียงได้มากเช่น สามารถบอกได้ว่าเสียงที่วิเคราะห์อยู่นั้นประกอบด้วยความถี่อะไรบ้าง แต่ละความถี่มีขนาดเท่าไร ความถี่ใดเป็นความถี่หลัก และความถี่ใดเป็นความถี่ฮาร์โมนิค ซึ่งจะเป็นประโยชน์มากในการวิเคราะห์เปรียบเทียบสัญญาณเสียง

กระบวนการทำงานนั้นจะมีอยู่ด้วยกัน 2 กระบวนการใหญ่ ๆ คือ

กระบวนการในการเรียนรู้เสียง เป็นกระบวนการที่นำเสียงจากไมโครโฟนโดยการแซมปลิ้ง หรือจากแฟ้มข้อมูลไปวิเคราะห์ และเก็บเป็นแฟ้มต้นแบบสำหรับการเปรียบเทียบเสียง

กระบวนการในการรับเสียงเพื่อเปรียบเทียบ เป็นกระบวนการที่นำเอาเสียงมาจากไมโครโฟนนำไปวิเคราะห์เพื่อหาค่าแล้วเปรียบเทียบ กับแฟ้มต้นแบบว่าเหมือนกับแฟ้มต้นแบบใดบ้าง

เสียงที่ได้รับจากไมโครโฟนจะถูกนำมาตัดสัญญาณขณะไม่มีเสียงให้เหลือเฉพาะสัญญาณเสียงเท่านั้นแล้วจึงเก็บในรูปของแฟ้มชนิด .WAV ซึ่งมีรูปแบบดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 จากนั้นเสียงจะถูกวิเคราะห์ โดยการแปลงฟาส์ทฟูริเยอร์โดยสามารถเรียกวินโดว์แบบต่าง ๆในการวิเคราะห์ ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 4 แบบคือ

แบบที่ 1. แบบสี่เหลี่ยม (RectangIe)
แบบที่ 2. แบบฮาน (Hann)
แบบที่ 3. แบบแฮมมิ่ง (Haming)
แบบที่ 4. แบบแบล็คแมน (Blackman)

ซึ่งมีคุณสมบัติดังตารางที่ 3.1

เมื่อทำการวิเคราะห์ FFT เรียบร้อยแล้ว จึงนำเอาผลลัพธ์ที่ได้มาทำการบันทึก โดยการนอร์มอลไลซ์ (nomallize) ขนาดของผลลัพธ์ให้มีกำลังสูงสุด = 100 แล้วจึงนำเอาขนาดผลลัพธ์ 25 อันดับสูงสุดและความถี่ที่ 25 อันดับสูงสุดไปเก็บไว้ในแฟ้มชนิด .FFT ซึ่งมีรูปแบบดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ซึ่งการเก็บจะเก็บตามลักษณะวินโดว์ในการวิเคราะห์ เช่น การทำการวิเคราะห์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วินโดว์แบบแบล็คแมน ก็จะอยู่ในไดเร็กตอรีย่อยของแบล็คแมน เป็นต้น เพื่อสะดวกในการที่จะนำข้อมูลนี้ไปเปรียบเทียบต่อไป

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของวินโดว์ชนิดต่าง ๆ

ชนิดของวินโดว์	ความกว้างของโหลปหลัก	Ripple Ratio	ความสูงของโหลปข้าง (dB)	อัตราลดลง (dB)
สี่เหลี่ยม	2 Ws/N	21.80	-13	-21
ฮันน์	4 Ws/N	2.67	-31	-44
แฮมมิ่ง	4 Ws/N	0.93	-41	-53
แบล็กแมน	6Ws/N	0.12	-57	-74

ขบวนการเปรียบเทียบ จะเลือกโดยชื่อแฟ้มที่ต้องการจะเปรียบเทียบโดยเลือกชนิดของวินโดว์แบบต่าง ๆ ด้วยการเปรียบเทียบจะทำการเปิดแฟ้มในไดเร็กตอรีย่อยนั้น แล้วทำการเปรียบเทียบ พร้อมทั้งแสดงเปอร์เซ็นต์ของความใกล้เคียง เพื่อเปรียบเทียบครบทุกแฟ้มแล้วจะทำการแสดงชื่อแฟ้มที่มีความใกล้เคียงมากที่สุด และเปอร์เซ็นต์ของความถูกต้องนั้นด้วย

จากที่ได้กล่าวมาแล้วทั้งหมดก็สามารถเขียนเป็น โฟลว์ชาร์ต ได้ดังรูป 3.21

3.4.1 รูปแบบโปรแกรม

โปรแกรมการวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูดนี้ เป็นโปรแกรมที่ทำงานบนวินโดว์ ซึ่งจะให้ความสามารถที่เกี่ยวกับการจัดหน่วยความจำรวมทั้งด้านกราฟฟิค การแสดงรูปคลื่นต่าง ๆ โดยโปรแกรมที่เขียนขึ้นจะทำงานโดยใช้เมนูแบบพูลดาวน์ (Pull down menu) โดยแบ่งเมนูได้ดังรูปที่ 3.22

เมนูหลัก ประกอบด้วย 5 เมนูย่อย คือ

เมนูเกี่ยวกับแฟ้ม

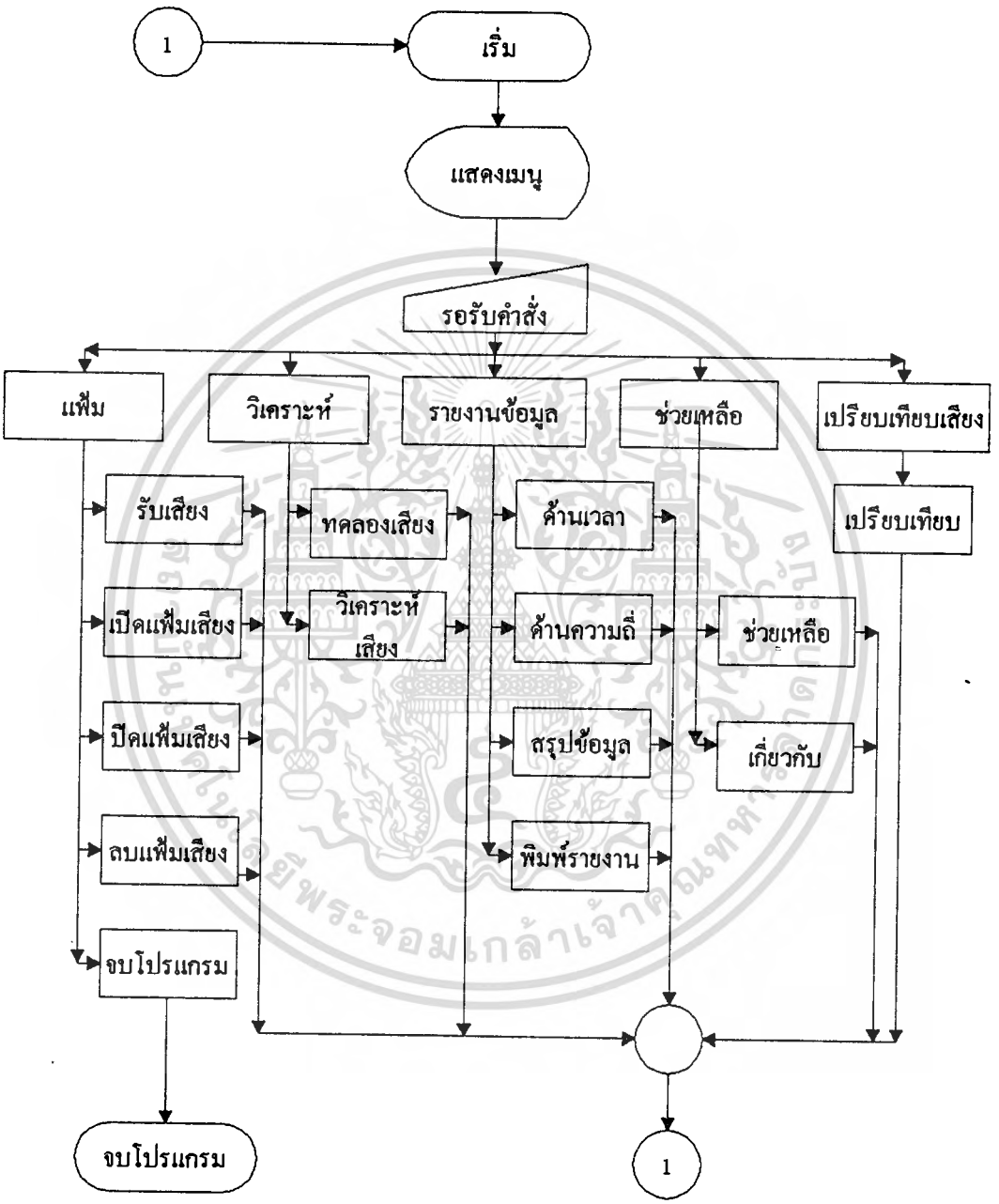
เมนูการวิเคราะห์

เมนูการรายงานข้อมูล

เมนูช่วยเหลือ

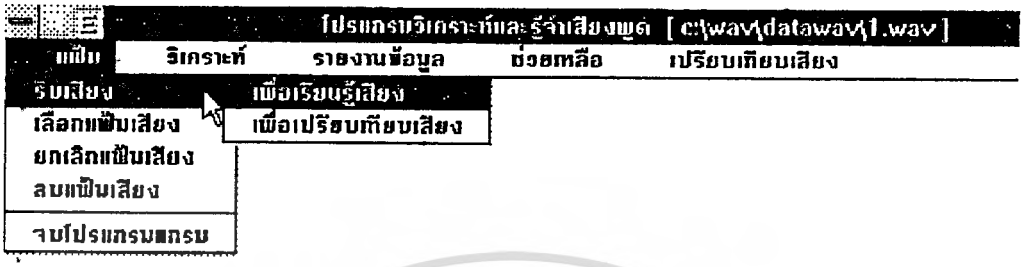
เมนูการเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานทั้งหมดของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 แสดงลักษณะของเมนู

เมนูเกี่ยวกับแฟ้ม ประกอบด้วย 5 เมนูย่อย คือ

เมนูรับเสียง

เมนูเลือกแฟ้มเสียง

เมนูยกเลิกแฟ้มเสียง

เมนูลบแฟ้มเสียง

เมนูจบโปรแกรม

เมนูการวิเคราะห์ ประกอบด้วย 2 เมนูย่อย คือ

เมนูทดสอบเสียง

เมนูวิเคราะห์เสียง

เมนูรายงานข้อมูล ประกอบด้วย 4 เมนูย่อย คือ

ด้านเวลา

ด้านความถี่

สรุปข้อมูล

พิมพ์ข้อมูล

เมนูช่วยเหลือ ประกอบด้วย 2 เมนูย่อย คือ

เมนูช่วยเหลือ

เมนูเกี่ยวกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมนูการวิเคราะห์เปรียบเทียบ

เป็นเมนูที่ใช้ในการเปรียบเทียบความคล้ายของข้อมูล

การทำงานของแต่ละเมนูย่อย

เกี่ยวกับแฟ้มและการรับเสียง

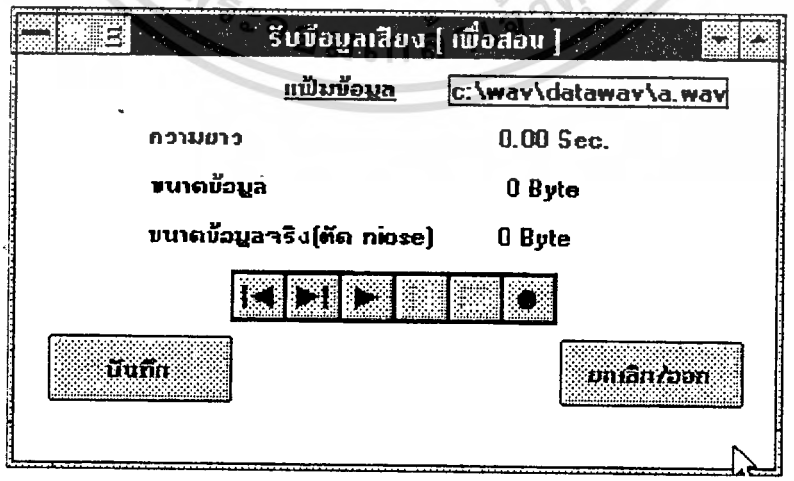
เมนูการรับเสียง เป็นเมนูเพื่อที่จะเลือกรับเสียงจากไมโครโฟน ซึ่งประกอบด้วย 2 เมนูย่อย คือ

เมนูการรับเสียงเพื่อการเรียนรู้ เป็นเมนูรับเสียงและวิเคราะห์ไว้เป็นแบบ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ

เมนูการรับเสียงเพื่อเปรียบเทียบ เป็นเมนูรับเสียงมาแล้วทำการวิเคราะห์ เพื่อหาแฟ้มที่มีลักษณะคล้ายกับเสียงนี้มากที่สุด

การรับเสียงที่ต้องมีเมนูย่อย 2 เมนูนี้ ก็เพื่อตรวจสอบว่าเสียงที่รับเข้ามานั้นมีจุดประสงค์เพื่ออะไร เมื่อทำการวิเคราะห์แล้วจึงจะได้เก็บข้อมูลนั้นได้อย่างถูกต้อง

การรับเสียง จะกระทำการเปิดฟอร์มของ Vinput ซึ่งมีลักษณะ ดังรูป 3.23



รูปที่ 3.23 แสดงลักษณะของฟอร์มการรับเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมนูการรับเสียง จะมีกระบวนการทำงานตามโฟลว์ชาร์ต ดังรูป 3.24

รูปที่ 3.24 แสดงโฟลว์ชาร์ตของเมนูการรับเสียง

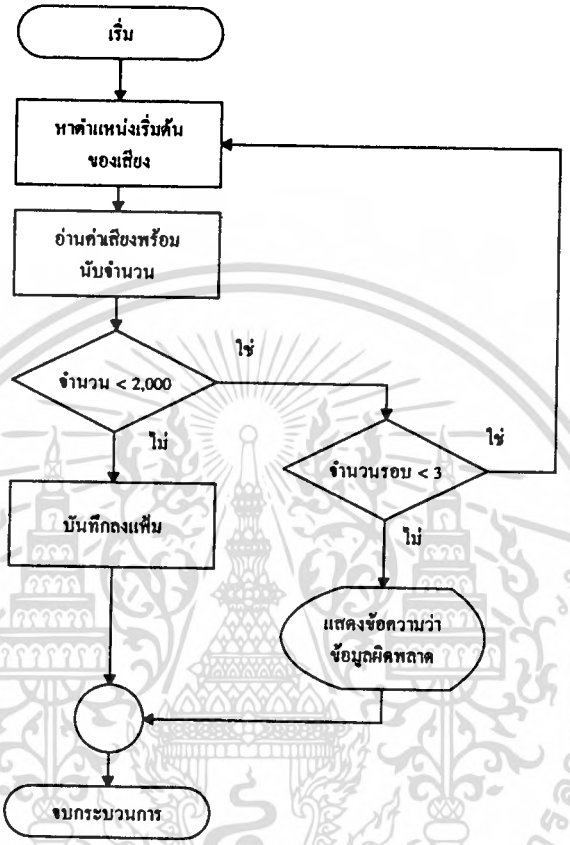
วิธีการรับเสียง

จะทำการรับเสียงที่ผ่านการแซมปลิ้งโดยการ์ด SOUND BLASTER แล้วนำมาเก็บไว้เป็นแฟ้มชนิด .WAV โดยใช้ MCI CONTROL จากนั้นก็ทำการตัดเสียง โดยเอาเฉพาะเสียงพูด โดยมีการทำงานตามโฟลว์ชาร์ต ดังรูป 3.25

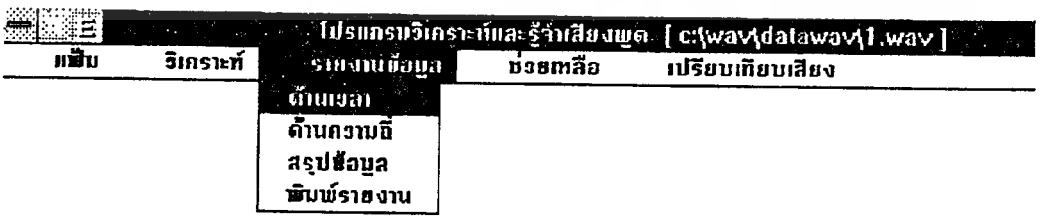
เมนูเปิดแฟ้ม เป็นเมนูซึ่งใช้ในการค้นหาชื่อแฟ้ม *.WAV โดยทำการลดฟอร์มของการเปิดแฟ้ม ซึ่งมีรายละเอียด ดังรูป 3.27

การทำงานของเมนูย่อยนี้ จะทำการเปิดแฟ้ม *.WAV ที่ผู้ใช้ป้อนชื่อแฟ้ม นำไปแสดงที่ด้านบนของเมนูหลัก แล้วทำการอีนาเบิ้ล เมนูการวิเคราะห์ และเมนูการแสดงผล ดังรูป 3.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

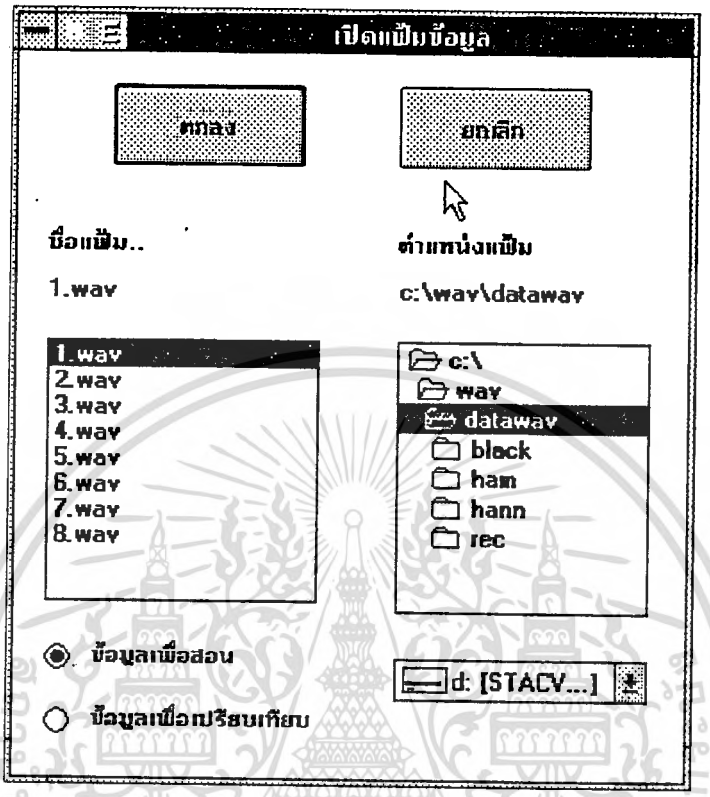


รูปที่ 3.25 แสดงโฟลว์ชาร์ตของวิธีการรับเสียง



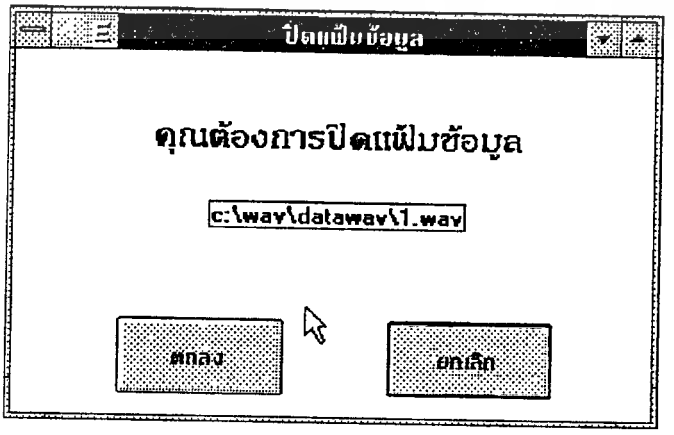
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

รูปที่ 3.26 แสดงการอินาเบิ้ลเมนูการวิเคราะห์และการรายงานข้อมูล



รูปที่ 3.27 แสดงฟอร์มการเปิดแฟ้ม

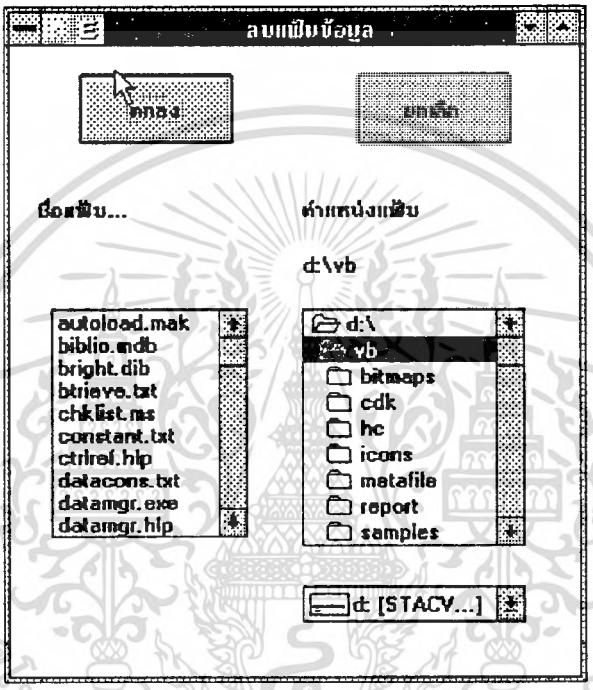
เมนูยกเลิกแฟ้ม เป็นเมนูซึ่งทำการยกเลิกแฟ้ม *.WAV ที่กำลังเปิดอยู่ โดยการลบชื่อแฟ้มที่ปรากฏอยู่บนเมนูหลักและทำการดิสเอเบิ้ล เมนูการวิเคราะห์ และเมนูการแสดงผล ดังรูป 3.28



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.28 แสดงการยกเลิกแฟ้ม

เมนูการลบแฟ้ม เป็นเมนูทำให้การลบแฟ้มที่ไม่ต้องการจะใช้งานทิ้งไป โดยเมื่อทำการเลือกเมนูนี้แล้วโปรแกรมจะทำการแสดงรายชื่อแฟ้มให้ผู้ใช้เลือกเพื่อที่จะลบแฟ้มข้อมูลนั้น โดยผู้ใช้สามารถที่จะกำหนดช่องทาง (Path) ได้ ดังรูป 3.29



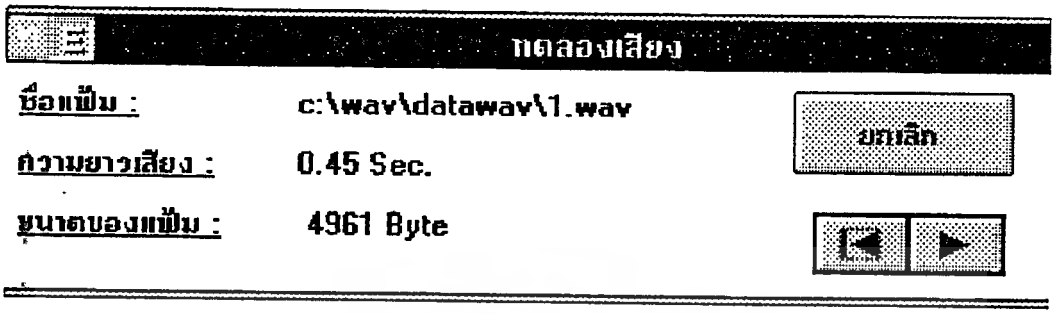
รูปที่ 3.29 แสดงการลบแฟ้ม

เมนูออกจากโปรแกรม เป็นเมนูในการเลิกทำงานทุก ๆ อย่างของโปรแกรม และคืนการควบคุมกลับให้แก่วินโดว์

เมนูการวิเคราะห์ เป็นเมนูที่ใช้สำหรับวิเคราะห์สัญญาณ ซึ่งมาจากการเปิดแฟ้ม เมนูนี้จะประกอบด้วย 2 เมนูย่อยคือ

เมนูทดลองเสียง เป็นเมนูที่ทำการนำเอาเสียงของแฟ้มที่เปิดอยู่นั้น มาทดลองฟังเสียงดูว่ามีความชัดเจนและความถูกต้อง โดยสัญญาณที่อ่านนั้นจะถูกแปลงเป็นสัญญาณเสียงโดยผ่านทางการ์ดซาวน์บลาสเตอร์ออกสู่ลำโพง ผู้ฟังสามารถที่จะให้โปรแกรมทำการเล่นเสียงซ้ำกันหลาย ๆ ครั้งได้ซึ่งโปรแกรมจะมีปุ่มการเล่นกลับ ซึ่งถูกควบคุมโดยการทำงานของ MCI Control ดังรูป

เอกสารนี้ได้รับการสนับสนุนให้เผยแพร่ออนไลน์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.30 แสดงการการทดลองฟังเสียง

เมนูวิเคราะห์เสียง เป็นเมนูที่เป็นหัวใจสำคัญเมนูหนึ่งของโปรแกรม โดยจะทำการเปลี่ยนสัญญาณเสียงซึ่งเป็นสัญญาณการแซมปลิ้งที่อยู่ในโดเมนเวลา ให้ไปอยู่ในโดเมนความถี่ โดยอาศัยหลักการของ ฟาสท์ ฟูริเยอร์ ทรานสฟอร์ม การทำงานจะทำการโหลดฟอร์มการวิเคราะห์พร้อมทั้งแสดงลักษณะรูปคลื่นของเสียงดังรูป 3.31

การทำงานจะมีการให้เลือกชนิดของวินโดว์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 4 แบบคือ

แบบ Rectangle โดยจะทำการคูณสัญญาณด้วยค่าองค์ประกอบ W_R (nT)

W_R (nT) = 1 สำหรับ n < (N-1)/2

= 0 สำหรับ n ค่าอื่น ๆ

แบบ Hann ก็จะทำการคูณสัญญาณด้วยค่าองค์ประกอบ $W_H(n)$ ซึ่งมีค่า

$W_H(n) = 0.5 + 0.5 \cos(2n\pi/N)$ สำหรับ n < (n-1)/2

= 0 สำหรับ n ค่าอื่น ๆ

แบบ hamming

$W_{Hm}(n) = 0.54+0.46\cos(2n\pi/N)$ สำหรับ n < (n-1)/2

= 0 สำหรับ n ค่าอื่น ๆ

แบบ Blackman

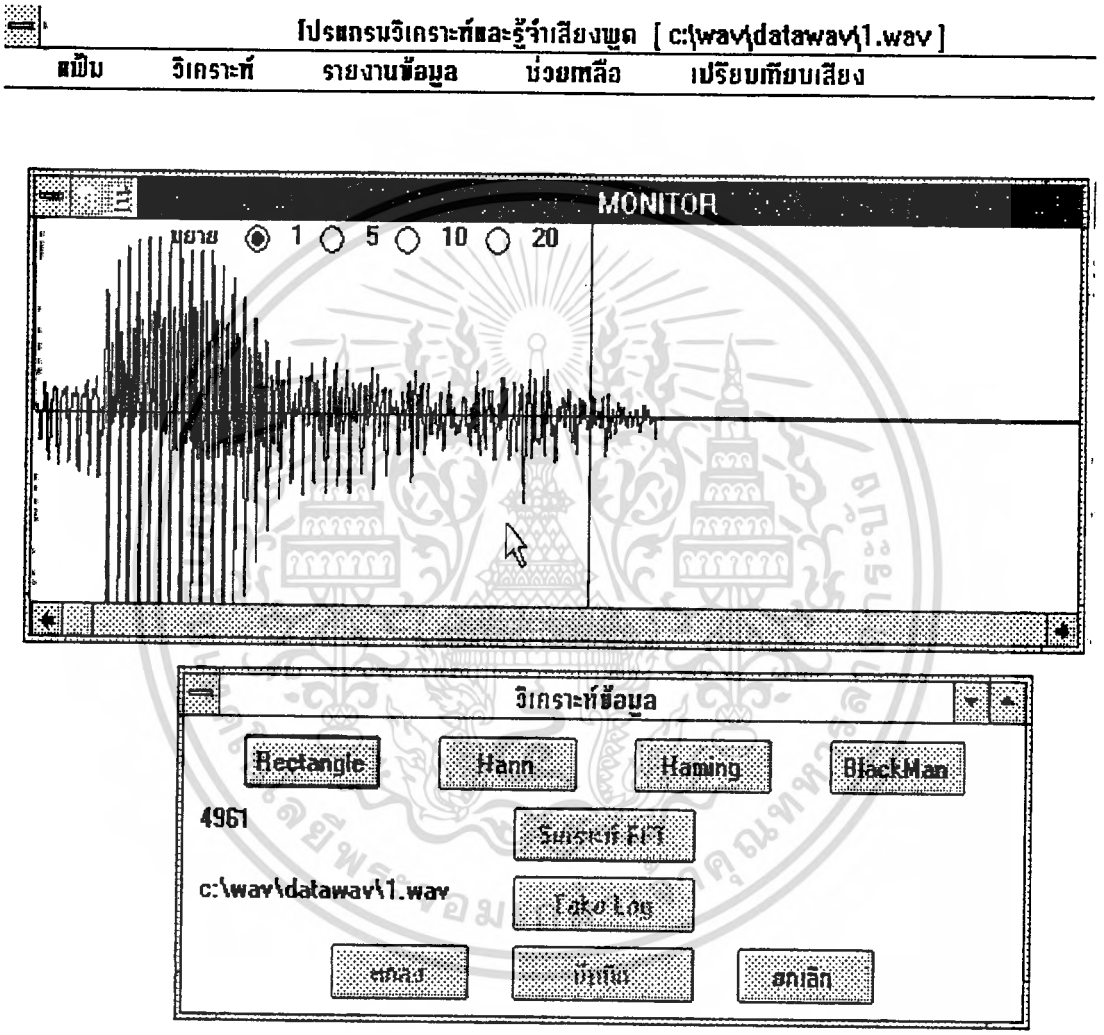
$W_B(n) = 0.42+0.5 \cos(2n\pi/N)+0.08\cos(4\pi n/N)$ สำหรับ n < (n-1)/2

= 0 สำหรับ n ค่าอื่น ๆ

จากนั้น ก็จะเข้าสู่กระบวนการ FFT ซึ่งเป็นกระบวนการที่จะเปลี่ยนสัญญาณที่อยู่ในโดเมนเวลา ให้อยู่ในโดเมนความถี่ ซึ่งได้จัดทำโปรแกรมวิเคราะห์ FFT ให้เป็นฟังก์ชันเพื่อสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการ เรียกใช้งาน การแปลง FFT ที่ใช้นี้จะเป็นการคำนวณที่อันดับ (order) 11 (2048 จุด) ที่ความถี่การแซมปลิ้ง 11.025 kHz.



รูปที่ 3.31 เมื่อทำการวิเคราะห์

การทำงานของโปรแกรมคำนวณ FFT จะใช้วิธีการคำนวณแบบหน่วยผีเสื้อ (Butterfly) ซึ่งจะช่วยลดทอนทางเวลาลงได้ เพื่อทำให้การคำนวณมีความเร็วมากยิ่งขึ้น ซึ่งมีโฟลว์ชาร์ตดังรูป 3.32

การผันกลับบิท (bit reverse) จะเป็นการสลับตำแหน่งค่าของสัญญาณที่อยู่ในโดเมนเวลา เพื่อให้ความสามารถนำเข้าสู่การคำนวณแบบหน่วยผีเสื้อได้ง่าย โดยการเปลี่ยนหลักของเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไบนารี เช่น

n = 001 จะถูกกลับบิทเป็น n = 100

หรือ n = 110 จะถูกกลับบิทเป็น n = 011

เมื่อกลับบิทเรียบร้อยแล้วต่อไปนี้จะนำข้อมูลเข้าสู่วงรอบ (Loop) การคำนวณของหน่วยผีเสื้อ ตามจำนวนอันดับที่กำหนดไว้ (อันดับ 11) ซึ่งผลลัพธ์จะประกอบด้วยส่วนของจำนวนจริง (real) และจำนวนจินตภาพ (Imaginary) ขั้นต่อมาคือการหาขนาดจากสูตร

$$|A| = \sqrt{(real)^2 + (imaginary)^2}$$

จากโปรแกรมเราได้ออกแบบให้คำนวณ FFT จำนวน 2048 จุด และใช้ความถี่ในการแซมปลิ้ง 11.25 KHz.ซึ่งมีคาบเวลาจำนวนการแซมปลิ้ง = 1/f = 90.7 μsec. สามารถหาความละเอียด (Resolution) ได้โดย

Resolution = Fs / n

= 11025 / 2048

= 5.383 Hz/Sampling

หรือ

Resolution = $1 /(T_s \times n)$

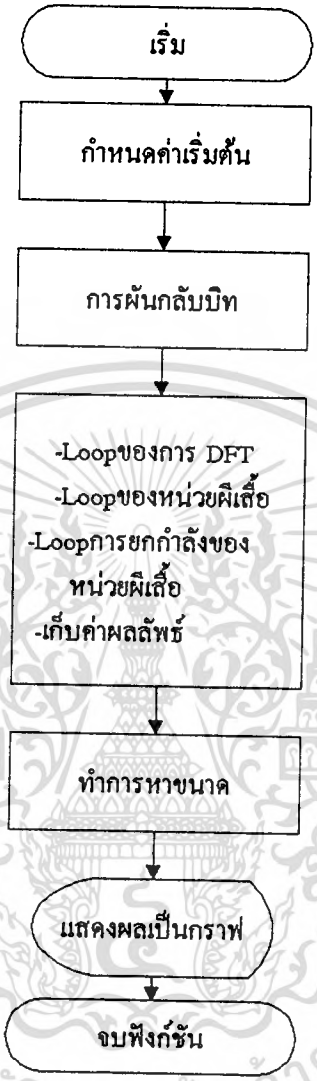
= $1 / (90.7 \times 10^{-6} \times 2048)$

= 5.3833 Hz/Sampling

เนื่องจากสัญญาณสเปคตรัมที่ได้นี้มีขนาดสูงมาก เราสามารถจะเปลี่ยนขนาดให้อยู่ในรูปของ decibles (dB) โดย

$$A\ (dB) = 20 \log |A|$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.32 โฟลว์ชาร์ตขั้นตอนการคำนวณ FFT

การบันทึกแฟ้ม .FFT เมื่อทำการวิเคราะห์ FFT ทุกขั้นตอนแล้วขั้นตอนต่อไปคือการบันทึก การบันทึกนี้จะทำการบันทึกข้อมูลไว้ในไดเร็กตอรีย่อยตามลักษณะของการเลือกจากชนิดของวินโดว์และจุดประสงค์ของการวิเคราะห์

ขั้นตอนการบันทึก เนื่องจากสัญญาณเสียงจะมีความถี่อยู่ประมาณ 250Hz ถึง 3000 Hz เนื่องจากเราสามารถหา Resolution ได้คือ 5.3 Hz/Sampling ซึ่งเพื่อให้ครอบคลุมความถี่ 3000 Hz ฉะนั้นจำนวนข้อมูลคือประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

n = 3000Hz / 5.3

= 566

หรือประมาณ 600 ชุดข้อมูล

เนื่องจากข้อมูล 600 ชุดข้อมูล จะทำให้การเปรียบเทียบเกิดความล่าช้า จึงได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลโดยนำเอา 25 อันดับสูงสุด โดยนำทั้งขนาดและอันดับ (ความถี่) 25 ชุดข้อมูลสูงสุดนี้เก็บลงสู่แฟ้ม ซึ่งจะทำให้การเปรียบเทียบเสียงเกิดความรวดเร็วมากขึ้นกว่าเดิมมาก และยังช่วยลดขนาดข้อมูลของแฟ้ม *.FFT อีกด้วย การทำงานสามารถเขียนเป็นโฟลว์ชาร์ตได้ดังรูป 3.33

= 5.383 Hz/Sampling

หรือ

Resolution = 1/(Ts x n)

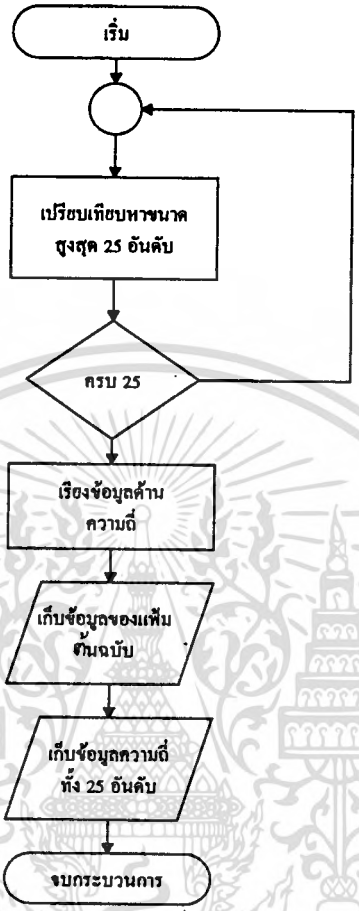
= 1/(0.0000907x2048)

= 5.3833 Hz/Sampling

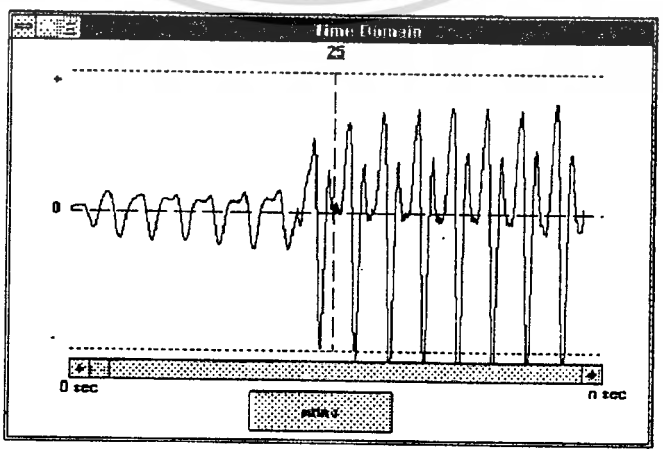
เมนูรายงานข้อมูล เป็นเมนูที่ใช้แสดงข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับแฟ้มที่เปิดไว้ ซึ่งแบ่งเป็นเมนูย่อย 4 เมนูย่อย คือ

เมนูย่อยด้านเวลา เป็นการนำข้อมูลจาก WAV File มาพลอตกราฟ แสดงบนหน้าจอ ซึ่งเป็นข้อมูลทางด้านโดเมนเวลา ซึ่งสามารถใช้ scroll bar ในการเลื่อนข้อมูลตั้งแต่ต้นข้อมูลจนจบข้อมูลดังรูป 3.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.33 แสดงหลักการเก็บข้อมูล



รูปที่ 3.34 การแสดงข้อมูลด้านเวลา

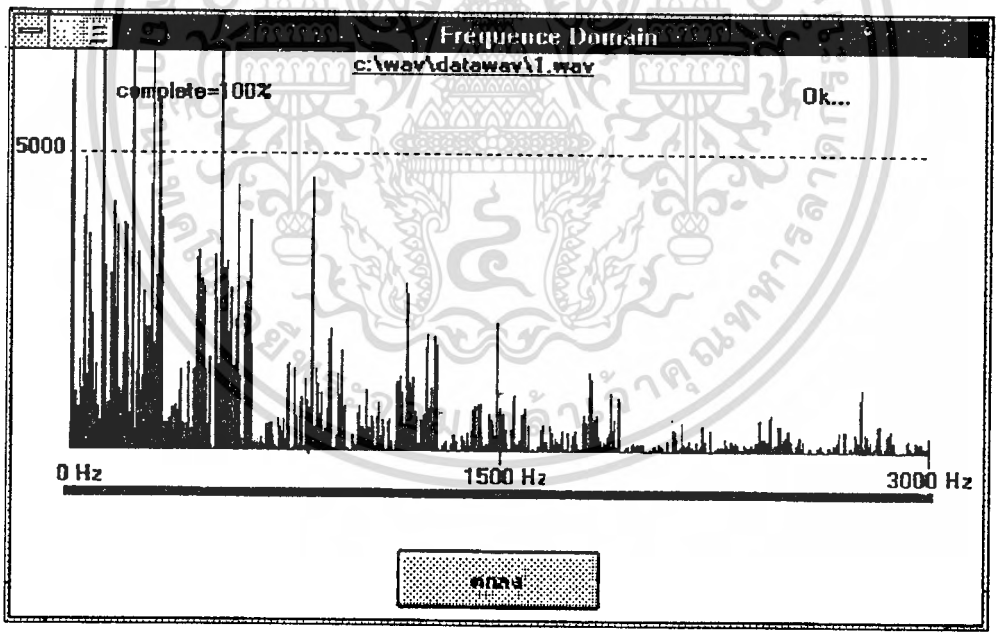
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ ที่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมนูด้านความถี่ จะเป็นการนำเอาข้อมูลจากแฟ้ม .WAV ที่ถูกเปิดมาทำการวิเคราะห์และแสดงสเปคตรัมโดยแสดงที่ความถี่ 0Hz จนถึง 3000Hz (ประมาณ 600 ชุดข้อมูล) ซึ่งการวิเคราะห์จะใช้ฟังก์ชัน FFT ที่เก็บเป็นฟังก์ชันเพื่อจะสะดวกในการเรียกใช้งาน ดังรูป 3.35

เมนูสรุปข้อมูล เป็นการนำเอาหัวแฟ้ม (Header) ของแฟ้ม .WAV ที่เปิดอยู่มาแสดง ซึ่งลักษณะการเก็บของหัวแฟ้มของแฟ้ม .WAV แสดงดังรูป 3.36

การอ่านค่าโดยการนำเอาค่าที่อยู่ด้านบนสุดของแฟ้ม .WAV จำนวน 44 ไบท์ และนำค่าต่าง ๆ เหล่านี้มาแปลงเป็นตัวเลขฐาน 10 โดยวิธีการแปลงเลขฐาน โดยการคูณค่าประจำหลัก

ผลที่ได้จากโปรแกรม ก็จะนำออกสู่จอภาพโดยการโหลดฟอร์ม INFOFORM ซึ่งมีรายละเอียดดังรูป 3.37



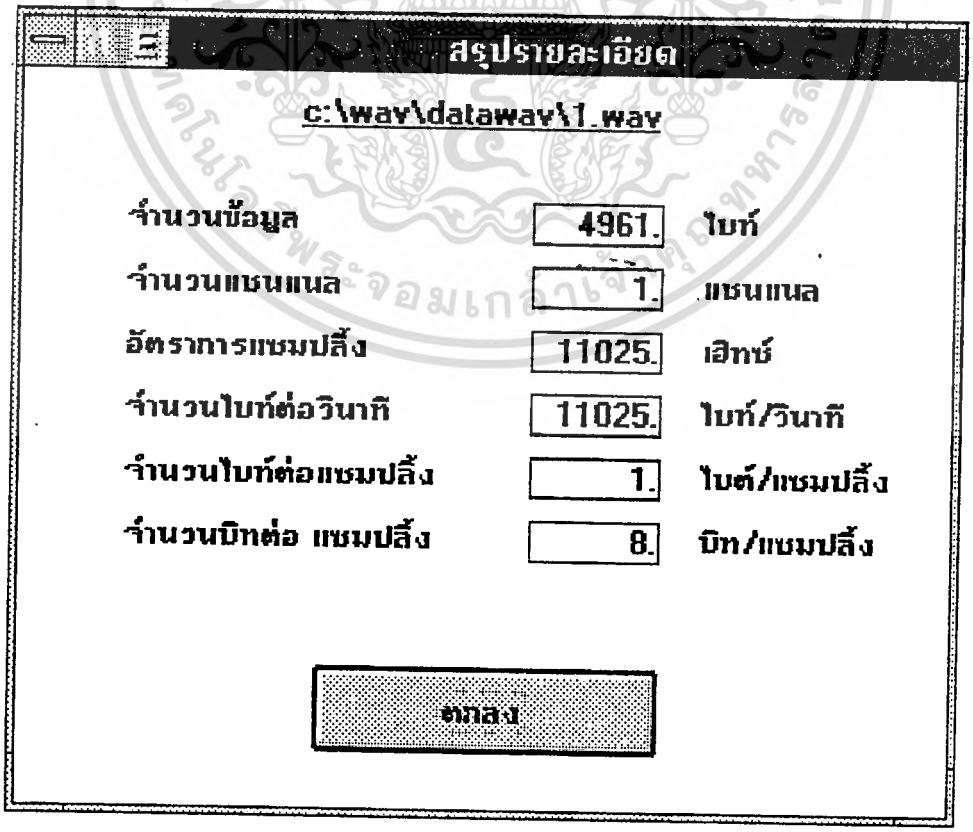
รูปที่ 3.35 แสดงสัญญาณเสียงในรูปโดเมนความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R	I	F	$				
W	A	V	E	f	m	t	
จำนวนข้อมูลในแฟ้ม				รูปแบบ		แชนแนล	
จำนวนการแซมปลิ้งต่อวินาที				จำนวนไบท์ต่อวินาที			
ไบท์ต่อแซมปลิ้ง		บิทต่อแซมปลิ้ง		D	A	T	A
data	data	data	data	data	data	data	data

R	I	F	F	$	0	0	0
W	A	V	E	f	m	t	20
10	00	00	00	01	00	01	00
11	2B	00	00	11	2B	00	00
01	00	80	00	d	a	t	a
7f	7f	7f	7f	7f	7f	7f	7f

รูปที่ 3.36 แสดงลักษณะหัวแฟ้มของ WAVE FILE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.37 การรายงานผลข้อมูลของ WAVE FILE

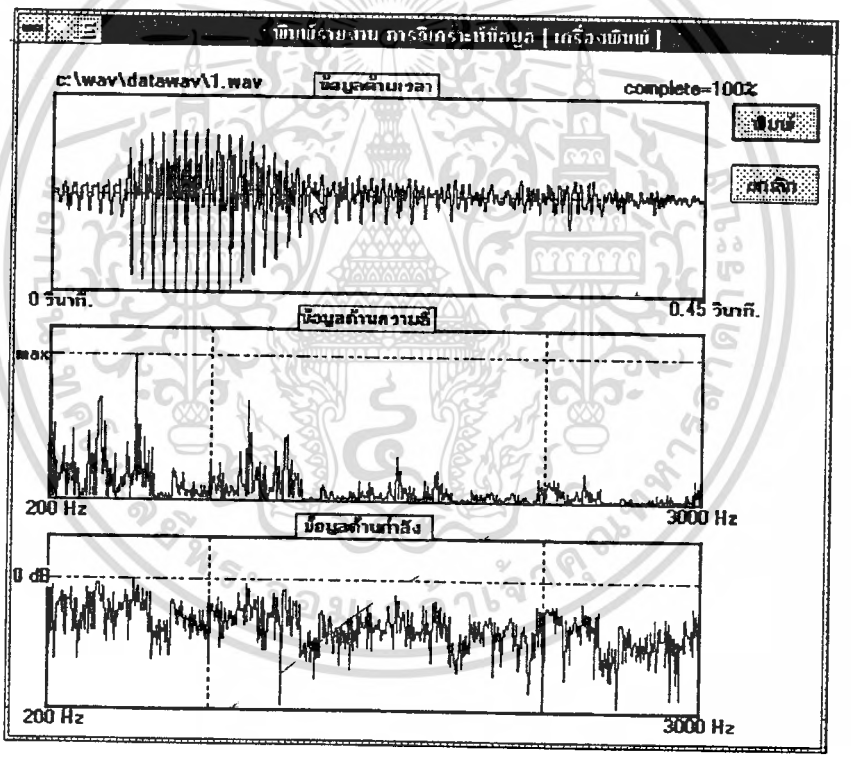
เมนูพิมพ์รายงาน เป็นเมนูที่นำแฟ้มผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ FFT แสดงออกสู่เครื่องพิมพ์ (printer) ซึ่งข้อมูลที่นำออกสู่เครื่องพิมพ์ประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

รูปคลื่นในโดเมนเวลา

สเปคตรัมของคลื่นในโดเมนความถี่

สเปคตรัมที่อยู่ในรูปของ dB (decible)

ดังแสดงในรูป 3.38



รูปที่ 3.38 การแสดงผลออกทาง printer

เมนูช่วยเหลือ เป็นเมนูที่ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับการทำงาน รวมทั้งอธิบายขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ รวมทั้งหน้าที่ของแต่ละเมนูด้วย ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 เมนูย่อยคือ

เมนูช่วยเหลือ เป็นเมนูที่ใช้อธิบายการใช้งานโปรแกรมแต่ละส่วนอย่างคร่าวๆ

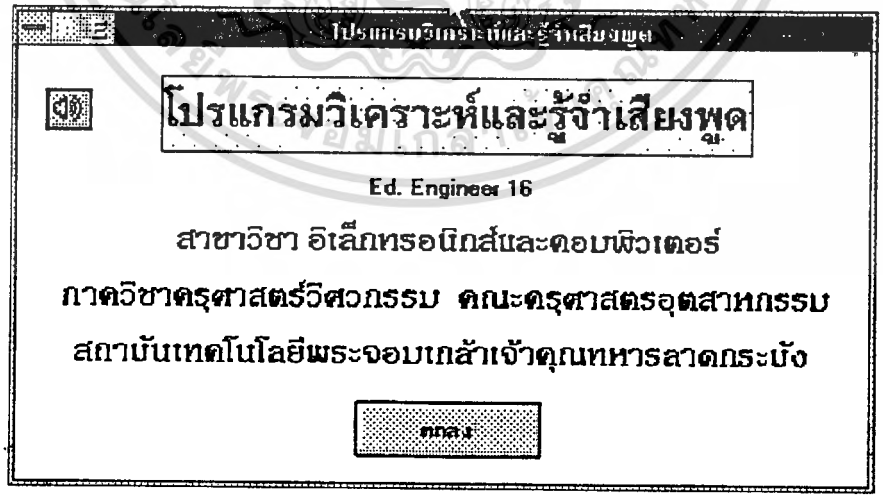
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมนูเกี่ยวกับ จะแสดงชื่อของโปรแกรม ชื่อภาควิชา ชื่อสาขา ชื่อคณะ และชื่อสถาบัน โดยทำการโหลดฟอร์มเกี่ยวกับ (About) มาแสดงบนหน้าจอดังรูป 3.39

เมนูเปรียบเทียบเสียง เมนูนี้จัดเป็นเมนูที่สำคัญเมนูหนึ่งของโปรแกรม เพราะจะแสดงถึงการเปรียบเทียบความคล้ายระหว่างเสียงที่จะเปรียบเทียบกับเสียงที่เก็บไว้เป็นแบบ

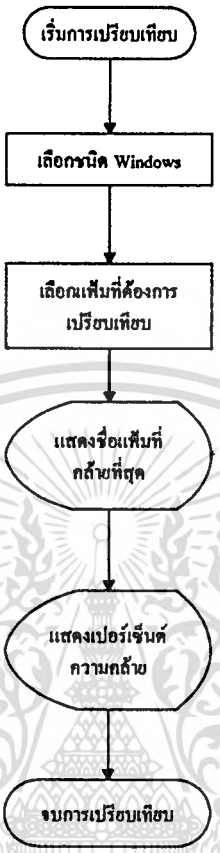
วิธีการเปรียบเทียบนั้นจะทำการเปิดแฟ้มที่เป็นข้อมูลที่จะเปรียบเทียบ โดยนำข้อมูลทั้ง 50 ชุด (25 ชุดของขนาด และ 25 ชุดความถี่ จากแฟ้ม .FFT) ไปเก็บไว้ในอะเรย์ (Array) ต่อจากนั้นทำการเปิดแฟ้มต้นแบบทุกแฟ้มที่ทำการวิเคราะห์ด้วยวินโดว์ชนิดเดียวกัน โดยกำหนดความคลาดเคลื่อนสำหรับขนาด (Amplitude Error) ไว้เท่ากับ ± 3 dB และความคลาดเคลื่อนสำหรับความถี่ไว้เท่ากับ ± 5 Hz เมื่อทำการเปรียบเทียบแฟ้มต้นแบบของเสียง ครบทุกแฟ้มแล้วจึงทำการค้นหาแฟ้มที่มีความใกล้เคียงมากที่สุด และเปอร์เซ็นต์ความใกล้เคียงนั้น ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความใกล้เคียงจะช่วยในการพิจารณาว่า เสียงที่มีความใกล้เคียงมากที่สุดนั้นเป็นเสียงเดียวกับเสียงที่กำลังเปรียบเทียบหรือไม่

ลักษณะการทำงานสามารถเขียนเป็นโฟลว์ชาร์ตได้ดังรูป 3.40



รูปที่ 3.39 แสดงลักษณะทั่วไปของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.40 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของการเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลอง

โปรแกรมการวิเคราะห์และรู้จำเสียง เป็นโปรแกรมที่พัฒนาเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถรับรู้และแยกแยะเสียงพูดของคนที่พูดผ่านระบบเสียงของคอมพิวเตอร์เข้าไปในการใช้งาน โปรแกรมเราจะแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

สอนให้คอมพิวเตอร์รู้จักเสียงต้นแบบ

ให้รับเสียงแล้วนำไปวิเคราะห์และเปรียบเทียบหาความคล้ายคลึงกับเสียงต้นแบบ

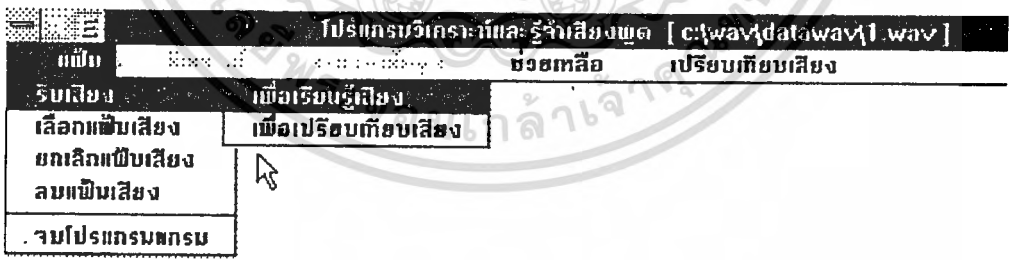
การสอนให้เครื่องคอมพิวเตอร์รู้จักเสียงต้นแบบ มีขั้นตอนดังนี้

ติดตั้งโปรแกรมและอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เรียบร้อย

เริ่มจากเรียกโปรแกรม VR

เลือกคำสั่งรับเสียงจากเมนูแฟ้ม

เลือกคำสั่งย่อย เพื่อเรียนรู้เสียง

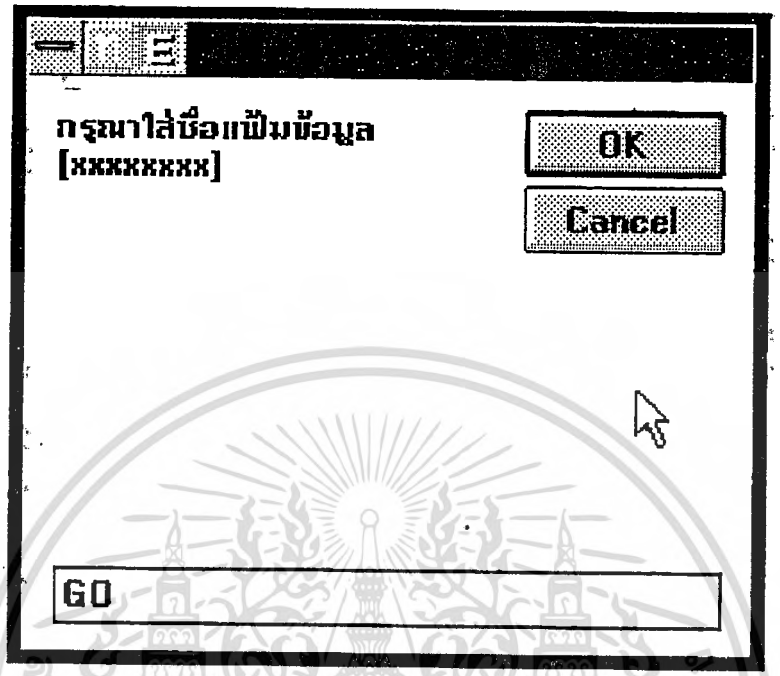


รูปที่ 4.1 แสดงการเลือกเมนูรับเสียง

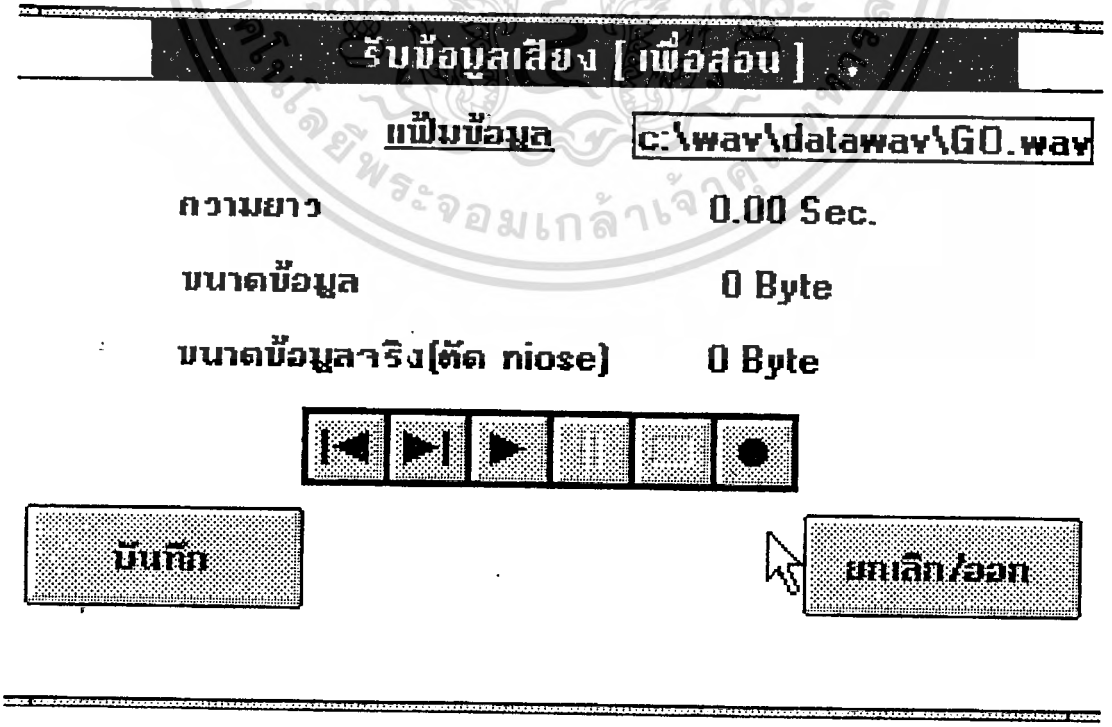
เครื่องจะให้ป้อนชื่อของเสียงเป็นตัวอักษระไม่เกิน 8 ตัวอักษร

เครื่องจะแสดงชื่อของเสียงและมีหน้าต่างการทำงานดังรูป 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงจอภาพที่ให้ป้อนชื่อไฟล์



รูปที่ 4.3 แสดงหน้าต่างของการรับเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้กดปุ่มอัดแล้วให้พูดเสียงที่จะสอนทันที (อย่าปล่อยไว้นาน)

เมื่อพูดจบให้กดปุ่มหยุด (Stop Button)

เครื่องจะแสดงขนาดของข้อมูลเสียงรวมทั้งเวลาที่ใช้อัดเสียง

ให้กดปุ่ม **วิเคราะห์** เครื่องจะทำการตัดสัญญาณรบกวนออกให้เหลือแต่เสียงคำจริง ๆ

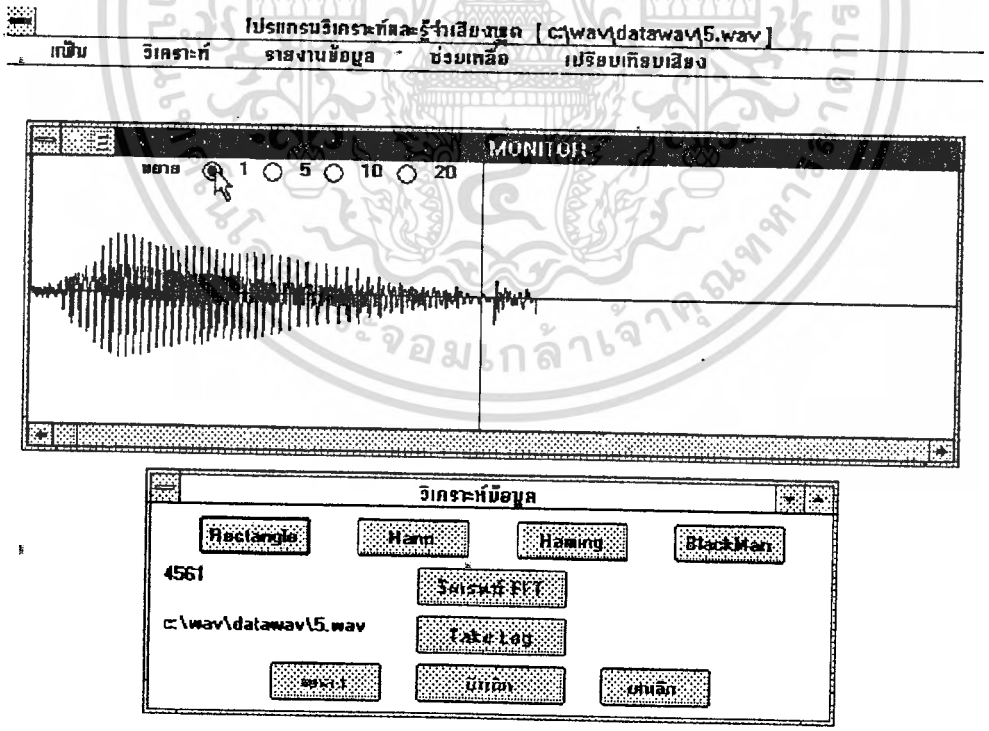
ข้อควรระวังในการบันทึกเสียงซึ่งจะทำให้ข้อมูลผิดพลาด คือ

เสียงลมหายใจ

เสียงรบกวนจากสิ่งแวดล้อม

ถ้าเสียงที่ผ่านการวิเคราะห์ได้ต่ำกว่า 2 kB เครื่องจะไม่ยอมรับ (คำพูดปกติประมาณ 4kB - 8 kB ต่อคำ) เครื่องจะถือว่าเป็นสัญญาณรบกวน และจะตัดทิ้งจึงจะวิเคราะห์ต่อ ถ้ามีสัญญาณรบกวนเกิน 3 ครั้ง เครื่องจะยกเลิกการสอนคำ

กดปุ่ม **ตกลง** เครื่องจะแสดงหน้าต่างดังรูป 4.4



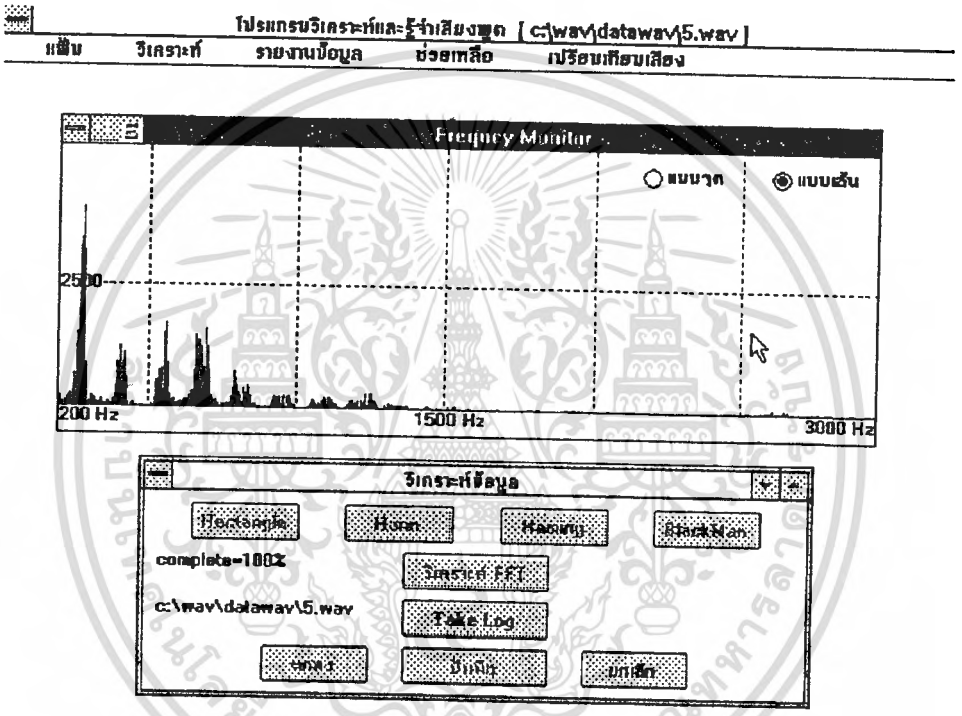
รูปที่ 4.4 แสดงหน้าต่างการวิเคราะห์

ในหน้าต่างมอนิเตอร์ จะแสดงรูปของสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในหน้าต่างวิเคราะห์จะรอให้เลือกลักษณะหน้าต่าง (Window) มี 4 แบบคือ Rec, Hann, Ham, Blackman ให้เลือกกดอย่างใดอย่างหนึ่ง

ให้กดปุ่ม FFT เครื่องจะคำนวณหาสเปคตรัมของสัญญาณ ให้รอสักครู่ และเครื่องจะแสดงสเปคตรัมออกมาที่หน้าต่างมอนิเตอร์ดังรูป 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงสเปคตรัมของสัญญาณเสียงที่ถูกวิเคราะห์ด้วย FFT

กดปุ่ม log เครื่องจะคำนวณหากำลังในหน่วยของ dB และแสดงให้เห็นดังรูป 4.6

กดปุ่ม **บันทึก**

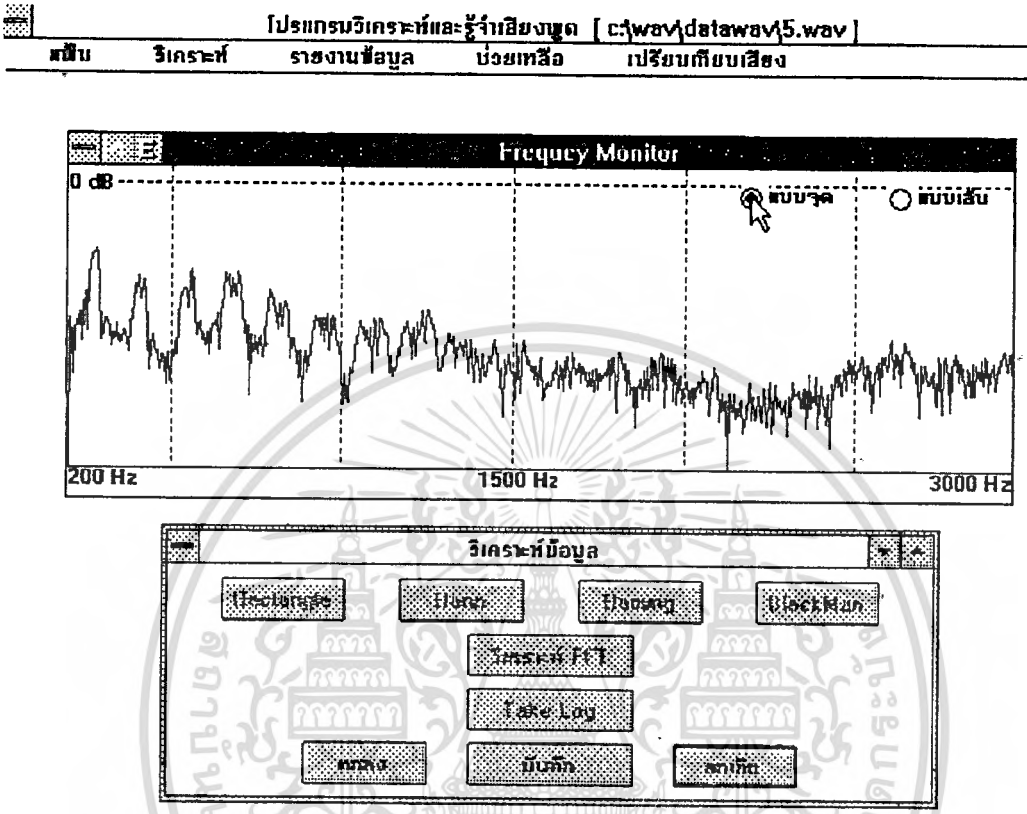
กดปุ่มตกลงเมื่อกลับไปเมนูหลัก และจบสิ้นกระบวนการสอนให้เครื่องคอมพิวเตอร์รู้จักเสียง

ปุ่มยกเลิกจะเป็นการขัดจังหวะกระบวนการวิเคราะห์และกลับไปเมนูหลัก

รับเสียงเพื่อนำไปวิเคราะห์กับเสียงต้นแบบ

จะเหมือนกับแบบแรกแต่ว่าจะแตกต่างกันที่ตำแหน่งแฟ้มที่จะนำไปเก็บโดย ตำแหน่งแฟ้มข้อมูลจะแบ่งดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงลักษณะของสัญญาณเสียงที่อยู่ในรูปของ Decible (dB)

แฟ้มข้อมูลต้นแบบ

C:\WAV\DATAWAV (เก็บแฟ้มเสียง .WAV)

- Rec (เก็บแฟ้มที่วิเคราะห์แล้ว ผ่าน Rectangle Windows)
- Hann (เก็บแฟ้มที่วิเคราะห์แล้ว ผ่าน Hann Windows)
- Ham (เก็บแฟ้มที่วิเคราะห์แล้ว ผ่าน Hamming Windows)
- Black (เก็บแฟ้มที่วิเคราะห์แล้ว ผ่าน Blackman Windows)

แฟ้มข้อมูลต้นแบบ

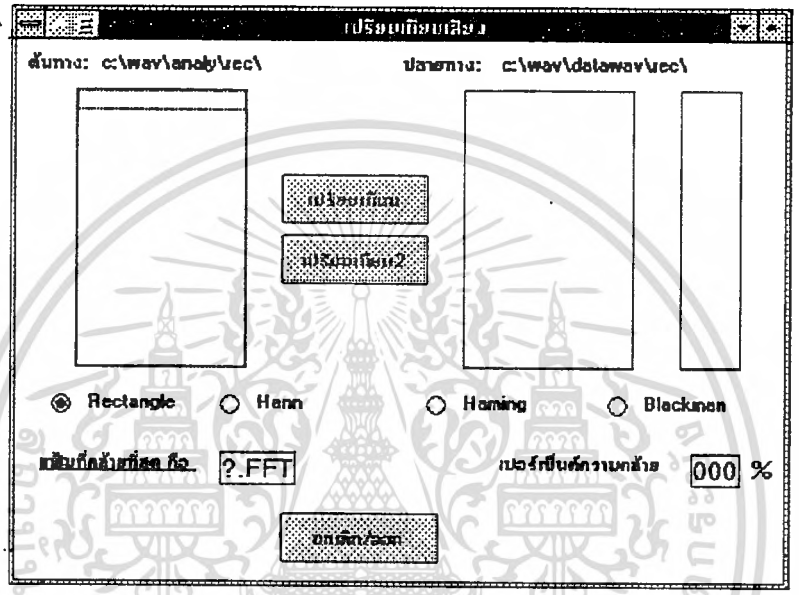
C:\WAV\ANALY (เก็บแฟ้มเสียง *.WAV)

- Rec (เก็บแฟ้มที่วิเคราะห์แล้ว ผ่าน Rectangle Windows)
- Hann (เก็บแฟ้มที่วิเคราะห์แล้ว ผ่าน Hann Windows)
- Ham (เก็บแฟ้มที่วิเคราะห์แล้ว ผ่าน Hamming Windows)
- Black (เก็บแฟ้มที่วิเคราะห์แล้ว ผ่าน Blackman Windows)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่วิเคราะห์ต่างวินโดว์ ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้

เมื่อเราสอนให้เครื่องรู้จักเสียงและมีเสียงที่จะนำไปเปรียบเทียบ เราก็สามารถเรียกคำสั่งเปรียบเทียบจากเมนูเปรียบเทียบเมื่อเราเลือกคำสั่งเปรียบเทียบจะปรากฏหน้าต่างคำสั่งดังรูป 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงหน้าต่างการเปรียบเทียบ

หน้าต่างจะแสดงรายละเอียด คือ

ตำแหน่งแฟ้มต้นแบบ

ตำแหน่งแฟ้มเปรียบเทียบ

วินโดว์ที่ใช้

แฟ้มเปรียบเทียบเหมือนแฟ้มใดมากที่สุด กี่เปอร์เซ็นต์

การใช้งานคำสั่งการเปรียบเทียบ

เลื่อนตัวชี้ไปเลือกชนิดของวินโดว์ก่อน

เมื่อเลือกวินโดว์ได้ เครื่องก็จะเปลี่ยนตำแหน่งแฟ้มเอง

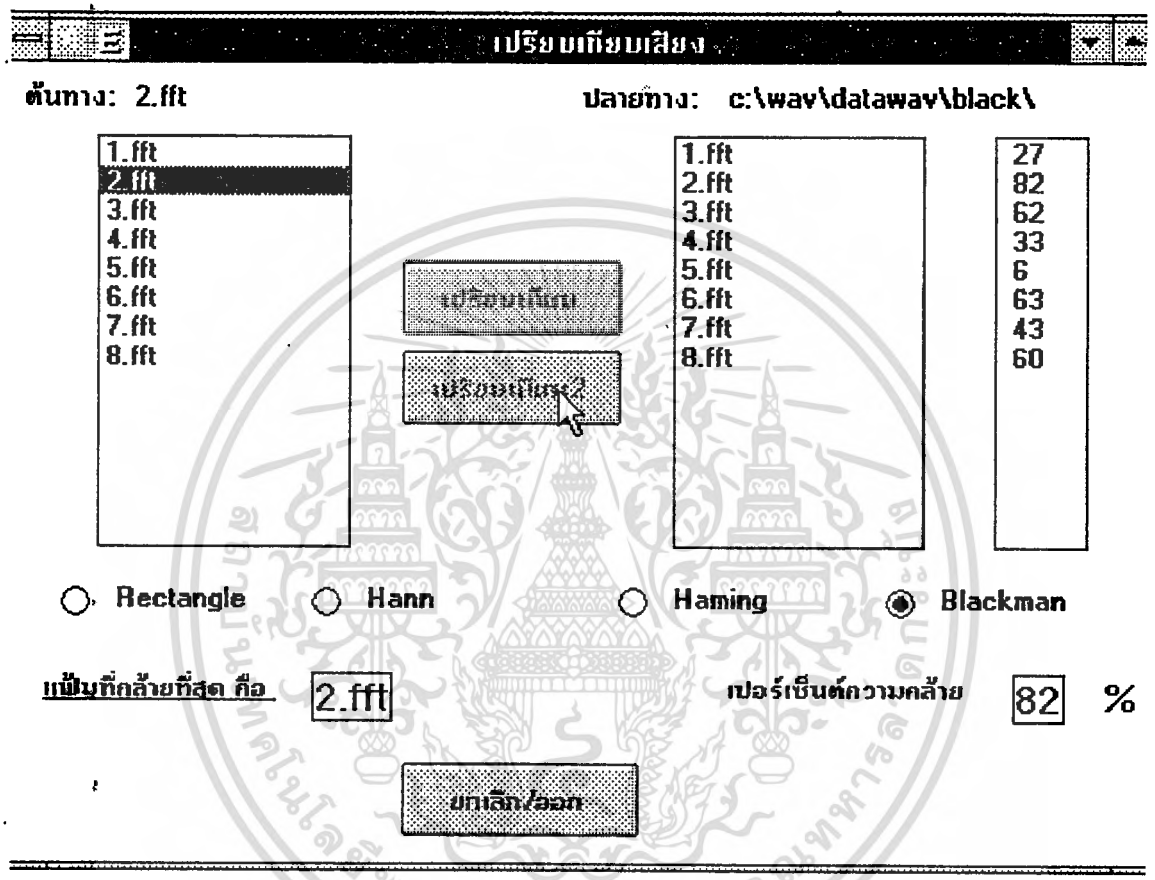
เลื่อนตัวชี้ไปที่แฟ้มเปรียบเทียบ และกดเลือกแฟ้มที่ต้องการจะนำไปเปรียบเทียบ ให้เกิดแถบสีดำขึ้นที่ชื่อแฟ้มเปรียบเทียบดังกล่าว

กดปุ่มเปรียบเทียบ และรอสักครู่

เครื่องจะแสดงเปอร์เซ็นต์ความคล้ายไว้หลังชื่อแฟ้มต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจะสรุปแฟ้มให้ว่าแฟ้มที่ต้องการเปรียบเทียบคล้ายกับแฟ้มต้นแบบใดมากที่สุดและกี่เปอร์เซ็นต์ดังรูป 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบพร้อมแสดงผล

นอกจากคำสั่งที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีอีกหลายคำสั่งที่เป็นเครื่องมือ ช่วยในการทดสอบและวิเคราะห์ หรือรายงานข้อมูลได้ ดังนี้

ในเมนูแฟ้มข้อมูล

เปิดแฟ้ม จะเลือกแฟ้มเสียงที่จะนำมาวิเคราะห์หรือทดสอบ

ปิดแฟ้ม จะเป็นการยกเลิกการเลือกแฟ้มที่จะนำมาวิเคราะห์หรือทดสอบ

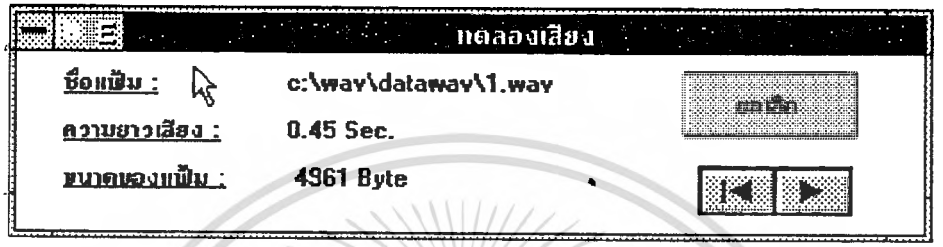
ลบแฟ้ม จะเป็นการลบแฟ้มข้อมูลใด ๆ ก็ได้ออกจากแผ่นดิสก์หรือฮาร์ดดิสก์

จบโปรแกรม ใช้เมื่อต้องการที่ยกเลิกการใช้งานโปรแกรม VB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเมนูวิเคราะห์

ทดลองเสียง จะนำแฟ้มข้อมูลที่เปิดโดยคำสั่งเปิดแฟ้ม มาลองฟังผ่านลำโพงดู และเครื่องจะแจ้งขนาดแฟ้มและความยาวเสียงด้วยโดยจะปรากฏดังรูป 4.9



รูปที่ 4.9 เมื่อทำการเลือกเมนูทดลองฟังเสียง

เมื่อกด **Play** แล้วและต้องการ **Play** ซ้ำต้องกดปุ่ม **Rew** ก่อนทุกครั้ง

การวิเคราะห์เสียง จะเป็นการนำแฟ้มเสียงที่เปิดด้วยคำสั่ง เปิดแฟ้ม มาทำการวิเคราะห์ตามแฟ้ม ให้คำสั่งรับเสียงเมื่อวิเคราะห์แล้วก็สามารถบันทึกไว้ในแฟ้ม *.FFT ได้เช่นกัน จะมีหน้าต่างทำงานแบบเดียวกัน ดังรูป 4.10

ในเมนูแสดง

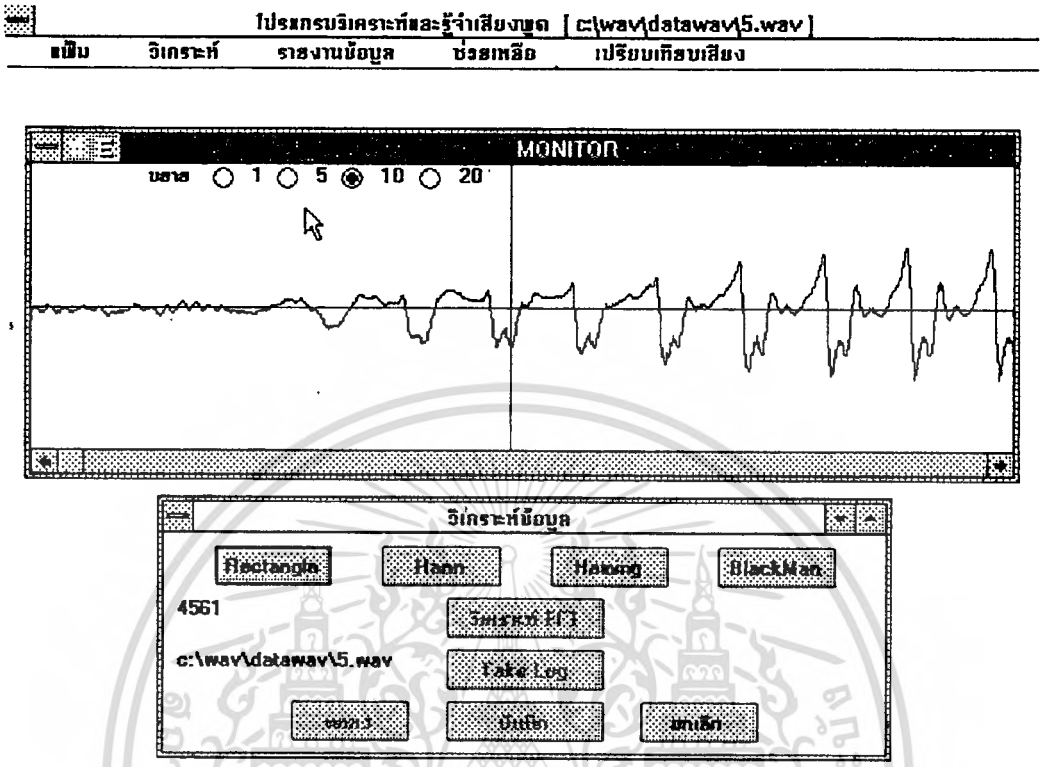
ด้านเวลา จะนำแฟ้มที่เปิดโดยคำสั่งเปิดแฟ้มมาแสดงข้อมูลทางหน้าจอ ในรูปของสัญญาณเสียง ดังรูป 4.11

ด้านความถี่ จะนำแฟ้มเสียงที่เปิดโดยคำสั่งเปิดแฟ้มมาแสดงข้อมูลโดยผ่านกระบวนการทางคณิตศาสตร์ คือ FFT ก่อน แล้วจึงมาแสดงให้เห็นที่หน้าจอดังรูป 4.12

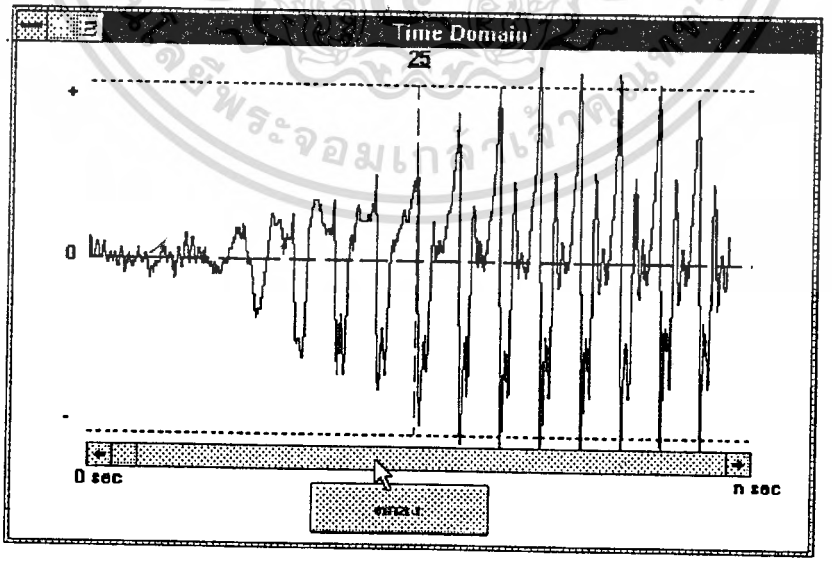
สรุปข้อมูล จะสรุปลักษณะของแฟ้มข้อมูลเสียงที่เปิดไว้โดยจะรายงานตามโครงสร้างของแฟ้มเสียงมาตรฐานของโปรแกรมเสียง WAV โดยจะรายงานข้อมูล ดังรูป 4.13

พิมพ์ข้อมูล จะนำข้อมูลในแฟ้มที่เปิดมาวิเคราะห์ในโดเมนเวลา โดเมนความถี่และการหากำลังของความถี่และสามารถพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ได้เลยโดยมีลักษณะที่แสดงดังรูป 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

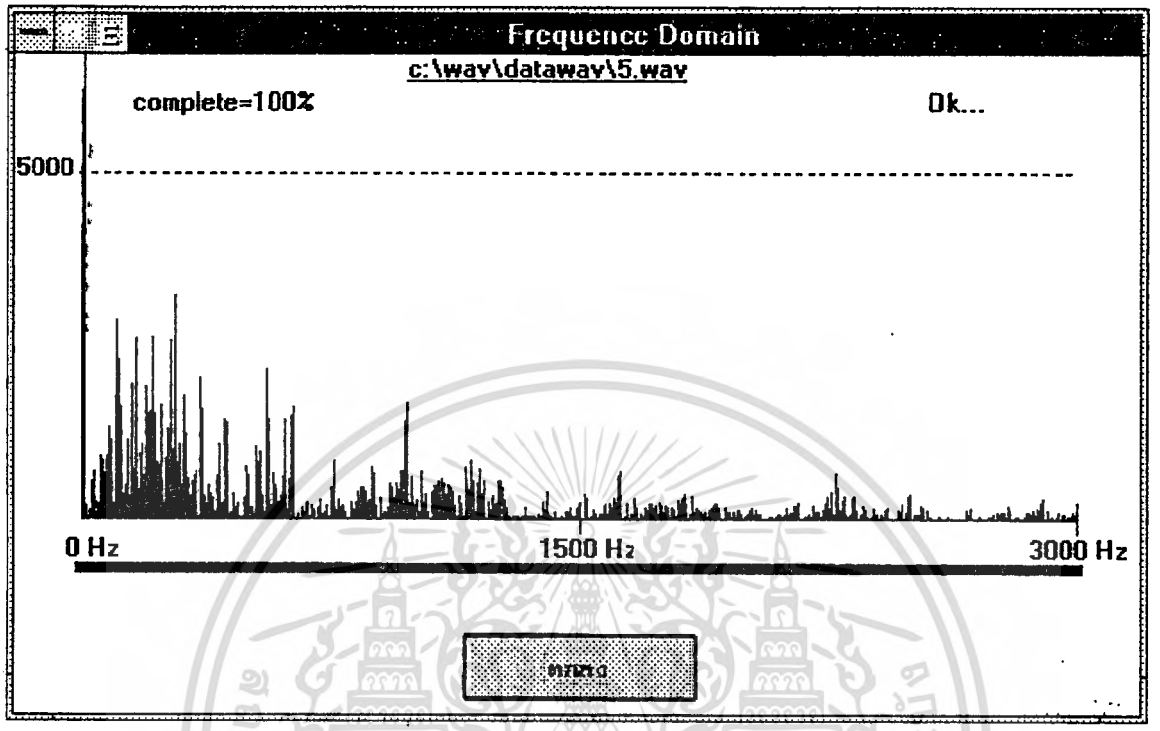


รูปที่ 4.10 แสดงหน้าต่างเมื่อเลือกเมนูการวิเคราะห์

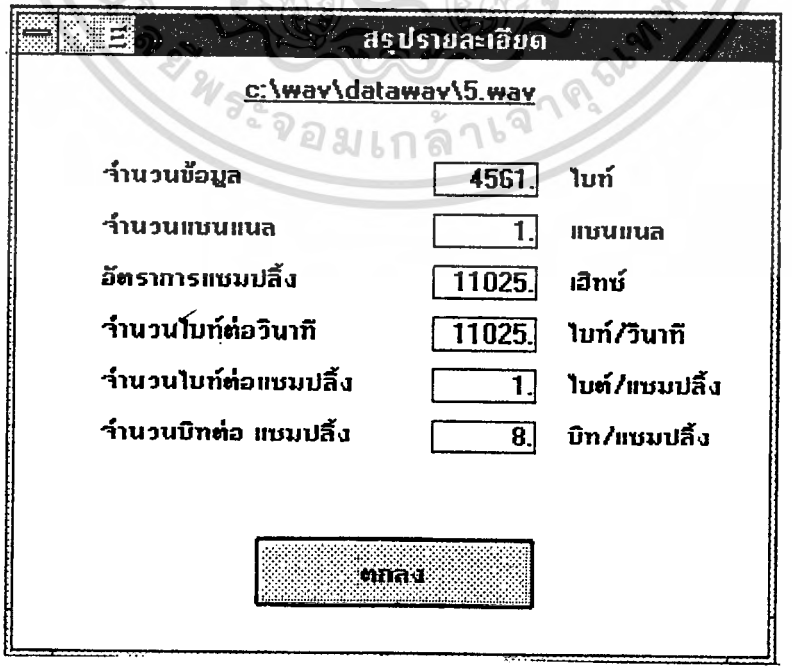


รูปที่ 4.11 เมื่อทำการเลือกการแสดงผลทางด้านเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

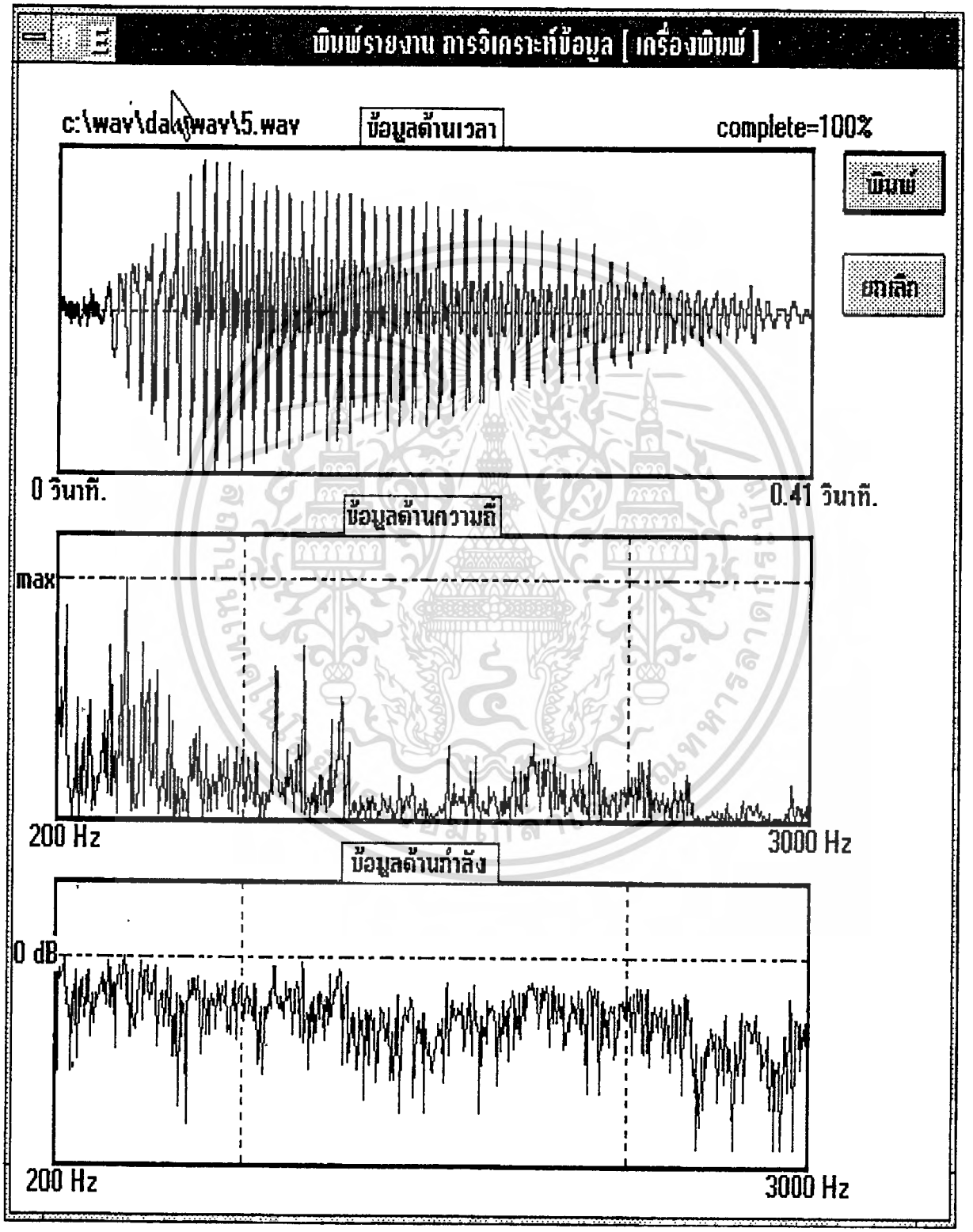


รูปที่ 4.12 การแสดงผลทางด้านความถี่



รูปที่ 4.13 สรุปข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงผลการพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์

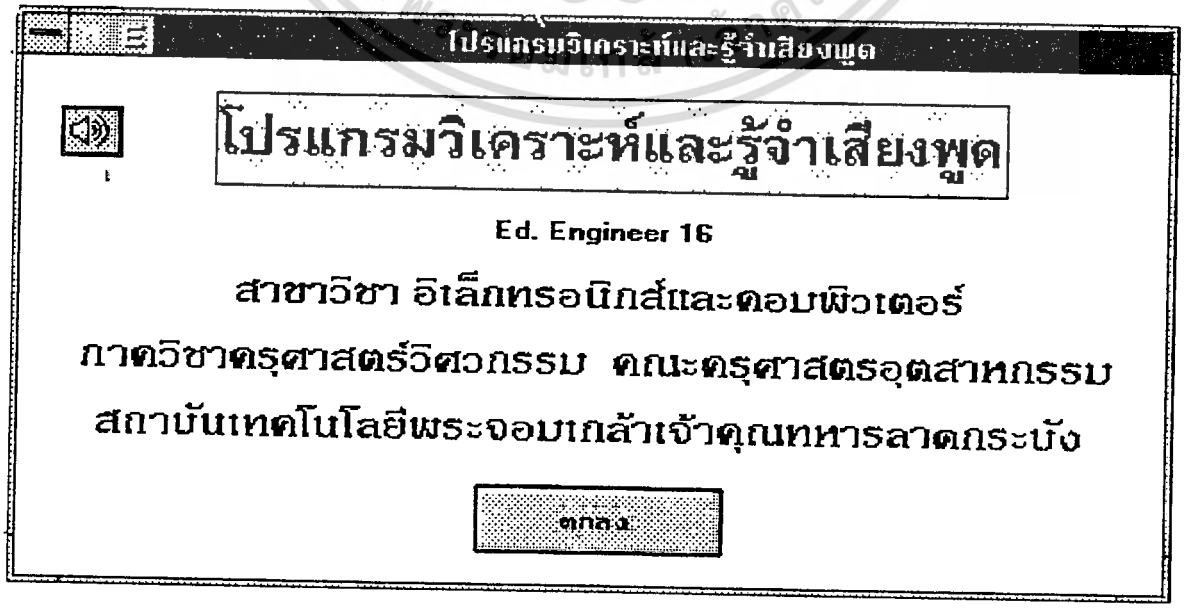
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเมนูช่วยเหลือ

ช่วยเหลือ จะมีคำอธิบายในส่วนต่าง ๆ ของโปรแกรมมาพอสังเขป เราสามารถกดปุ่มต่าง ๆ ในหน้าต่างเมื่อขอดูรายละเอียดในส่วนนั้น ๆ ได้

เกี่ยวกับ จะเป็นส่วนที่แสดงรายละเอียดของผู้ผลิต ดังรูป 4.16

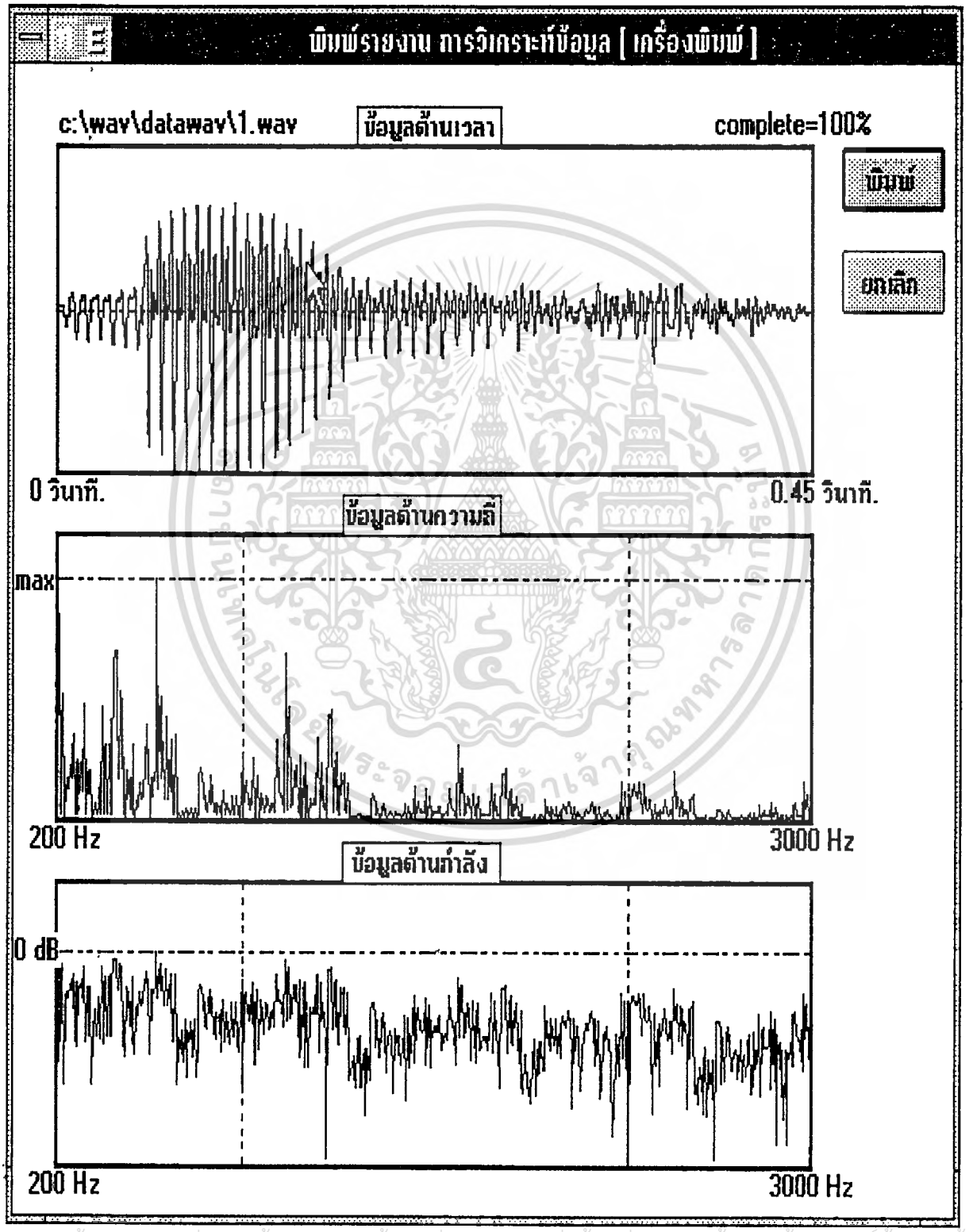
รูปที่ 4.15 แสดงการให้ความช่วยเหลือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

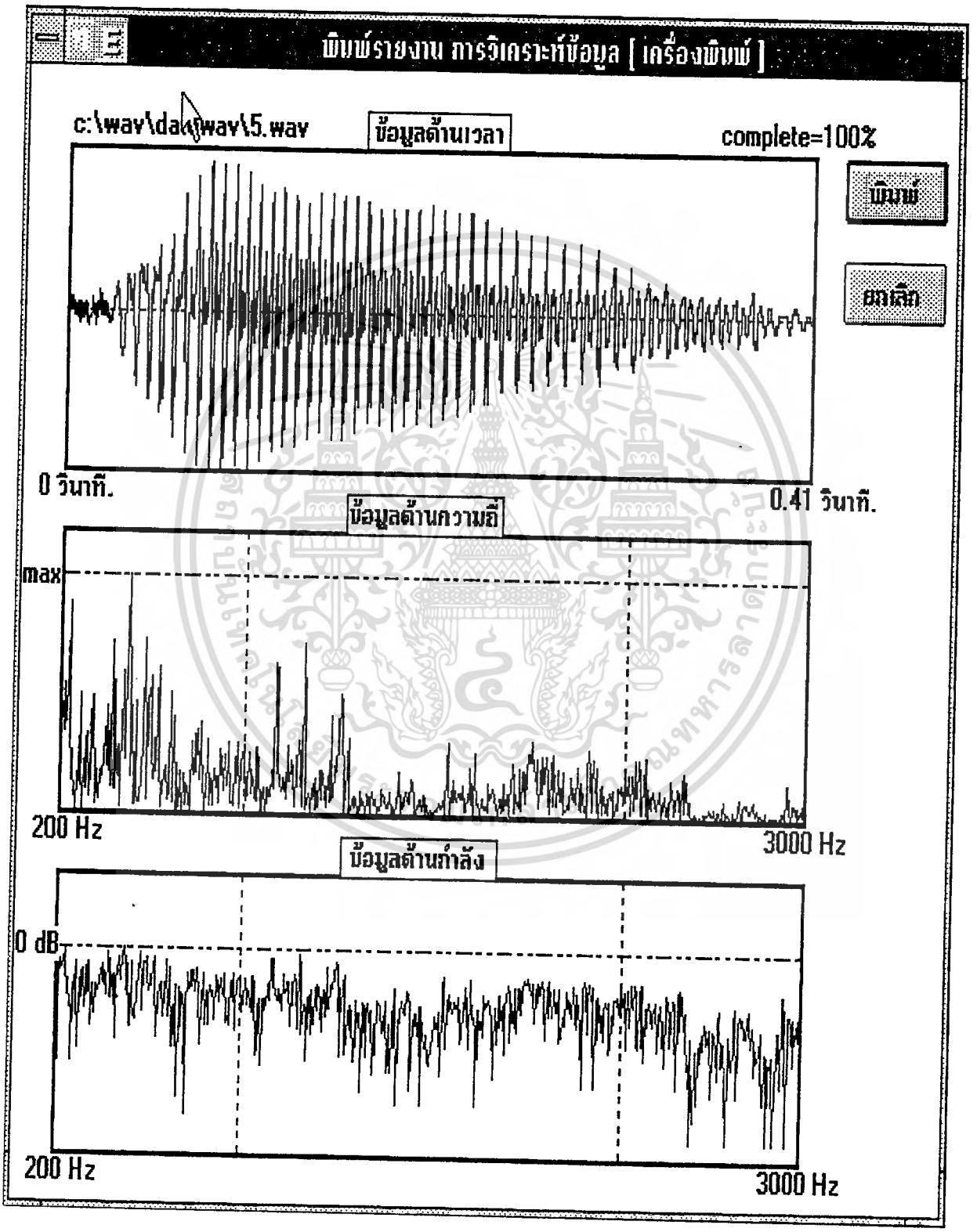
รูปที่ 4.16 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับโปรแกรม

4.2 ผลการทดลอง



รูปที่ 4.17 แสดงลักษณะของสัญญาณของเสียง ที่พูดครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 แสดงลักษณะของสัญญาณของเสียง ที่พูดครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลองเราป้อนเสียงเหมือนกัน 2 ครั้ง ครั้งแรกจะเป็นการสอนโดยผ่านเมนู **สอน** และครั้งที่ 2 เป็นการรับเสียงโดยผ่านเมนู **รับเสียงเปรียบเทียบ** โดยเสียงเดียวกันพูด 2 ครั้ง โดยมีลักษณะการวิเคราะห์ข้อมูล ดังรูปที่ 4.17 และ รูปที่ 4.18

ข้อมูลทั้งในส่วนของโดเมนเวลา และในโดเมนความถี่ของทั้งสองครั้ง จะมีส่วนคล้ายกันมากดังแสดงในรูป 4.17 และ 4.18

สรุป

เสียงแต่ละครั้งจะประกอบไปด้วยความถี่ต่าง ๆ ในอัตราส่วนที่คงที่ เช่น เสียงโด ถึงแม้ว่าจะเป็น โดสูง หรือ โดต่ำ ก็จะมีระยะ ดังนั้น ถ้าสมมุติเสียง A ประกอบด้วยเสียง เร และ ที ถ้าเราผสมเสียง เร และ ที ในอัตราที่พอเหมาะเราก็จะได้ยินเสียงที่เป็น A ได้

จากข้อ 1 จะเห็นว่า เสียงทุกเสียงจะประกอบด้วยความถี่ต่างๆ ผสมกันออกมาพร้อมๆ กัน ดังนั้น ถ้าเราสามารถแยกแยะความถี่ที่ประกอบขึ้นมาเป็นเสียง ก็จะทำให้เราสามารถวิเคราะห์และกำหนดค่าของเสียงต่างๆได้โดยไม่ต้องจำเสียงทั้งหมด

เครื่องมือที่จะใช้แยกความถี่ต่างๆ ในเสียง ก็คือ FFT ซึ่งก็เป็นเพียง 1 ใน หลายๆ วิธีในการจดจำลักษณะจำเพาะของเสียงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุป

5.1. ปัญหา

ในการจัดทำโครงงาน สร้างระบบรู้จำและวิเคราะห์เสียงพูดในคอมพิวเตอร์ ซึ่งจริงๆ แล้วเป็นโครงงาน ที่ผู้จัดทำต้องการทดสอบกระบวนการที่ผู้จัดทำคิดว่าน่าจะเป็นไปได้ ดังการวิเคราะห์ทางสเปคตรัมของสัญญาณเสียง ถึงแม้ว่าจะมีทฤษฎีที่กล่าวในเรื่องนี้อยู่แล้วก็ตามแต่ก็ไม่มีต้นแบบให้ศึกษามีแต่ทฤษฎี ดังนั้นการจัดทำโครงการนี้ จึงเหมือนกับการทำสิ่งที่ไม่อาจคาดผลสำเร็จได้เต็มที่นัก แต่เมื่อทำจนสำเร็จก็ปรากฏว่า มีความเป็นไปได้สูงพอสมควร และในระหว่างจัดทำก็ประสบปัญหามากมาย พอกล่าวเป็นประเด็นสำคัญได้ดังนี้

แหล่งของข้อมูล ในการจัดทำโครงการนี้ เรามีข้อมูลทางทฤษฎีน้อยมาก และไม่มีต้นแบบให้ศึกษาเป็นแนวทาง แต่ต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์ วรวิทย์ สมหา (อาจารย์ที่ปรึกษา) เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้คำแนะนำ เอกสาร และโปรแกรม สนับสนุนผู้จัดทำอย่างเต็มที่

เครื่องมือทดสอบทฤษฎีและกระบวนการ ในการจัดทำผู้จัดทำต้องเสียเวลามากกว่าครึ่งในการทดสอบความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติของทฤษฎีและกระบวนการวิเคราะห์ตามทฤษฎี อีกทั้งไม่มีเครื่องมือในการวิเคราะห์จริงว่า ในการปฏิบัติตามทฤษฎีนี้ แต่ละขั้นตอนมีผลลัพธ์ทางปฏิบัติอย่างไร เราต้องอาศัยการจำลอง และลองผิดลองถูกในการวิเคราะห์ ทำให้ยุ่งยาก และเสียเวลามากกว่าเราจะได้กระบวนการที่เป็นไปได้มากที่สุด

เครื่องมือที่ใช้ในการจัดทำโครงงาน ดังที่ทราบแล้วว่าทฤษฎีที่เราใช้ในการวิเคราะห์นี้ ต้องอาศัยคณิตศาสตร์ชั้นสูงในการวิเคราะห์ ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมวิเคราะห์ส่วนนี้ จะต้องอาศัยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถสูง จึงจะทำให้การทดลองทำได้อย่างรวดเร็ว แต่ในการจัดทำโครงงาน ผู้จัดทำใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีตัวประมวลผลเป็นเบอร์ 80386-25 ไม่มีตัวช่วยประมวลผลคณิตศาสตร์ (Math - Co processor) ทำให้การทดลองใช้งาน (RUN) ทุกครั้งซึ่งมีคำสั่งมากมายเครื่องต้องใช้เวลาประมาณ 2 นาที ในการวิเคราะห์และแสดงผลลัพธ์ ซึ่งผู้จัดทำต้องทดลองใช้งาน (RUN) โปรแกรมหลายร้อยครั้ง ทำให้เวลาสูญเปล่าไปมากมายเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 แนวทางพัฒนา

ในอนาคตแนวโน้มของการสั่งงานระบบคอมพิวเตอร์ด้วยเสียงมีสูงมาก ดังนั้นโครงการนี้น่าจะได้รับการพัฒนาจากผู้สนใจในรุ่นต่อไป ซึ่งจากโครงการนี้ก็ทำให้เราทราบถึงความเป็นไปได้ในทฤษฎี และปฏิบัติ ดังนั้นในการพัฒนาต่อไปนั้น สามารถสรุปได้เป็นข้อๆ ดังนี้

เลือกภาษาที่มีความเร็วมากกว่า VISUAL BASIC อาจจะใช้ ภาษา ASSEMBLY หรือ ภาษา C หรือเรียกใช้ฟังก์ชัน Windows API ก็จะทำให้โปรแกรมทำงานได้เร็วขึ้น

จัดโปรแกรมให้กระชับขึ้น เนื่องจากโปรแกรมที่ใหญ่ทำให้โปรแกรมทำงานได้ช้า ถ้าเราทำรหัส (code) ให้น้อยลง แต่ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง เครื่องสามารถวิเคราะห์ และเปรียบเทียบได้เร็วขึ้นมาก

จัดทำวงจรช่วยประมวลผล โดยอาศัยตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal Processing หรือ DSP) ในการช่วยหน่วยประมวลผล (CPU) ของคอมพิวเตอร์ ทำการประมวลผลสัญญาณอินพุท จะทำให้เราได้ระบบวิเคราะห์สัญญาณเสียงที่ Real-Time ที่สุด

5.3 บทสรุป

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้จัดทำขึ้นโดยรวบรวมทฤษฎี หลักการ และตัวอย่าง ในการพัฒนาส่วนอินพุทข้อมูลของคอมพิวเตอร์ขึ้นอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งแต่เดิมเราใช้เป็นพิมพ์ (keyboard) ในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ แต่ยังมีข้อจำกัดอยู่พอสมควร และเสียงก็เป็นอีกทางหนึ่งซึ่งกำลังได้รับการพัฒนาเป็นอย่างมาก ทั้งในและต่างประเทศ แม้บริษัทยักษ์ใหญ่อย่าง IBM ยังกำหนดนโยบายในการพัฒนาในเรื่องของการรู้จำเสียงพูด (Voice Regocnating) เป็นอีกหนึ่งหัวข้อที่ต้องพัฒนาสำหรับอนาคต

ดังนั้นโครงการนี้นอกจากจัดทำตามหน่วยการเรียนการสอนแล้ว ยังหวังว่าจะกระตุ้นความสนใจให้เข้ามาศึกษาซึ่งโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาเป็นตัวอย่างนี้จะแสดงให้เห็นถึงกระบวนการตั้งแต่รับเสียงเข้าแสดงรูปแบบของสัญญาณเสียงนั้นและนำสัญญาณดังกล่าวผ่านเข้าไปในกระบวนการวิเคราะห์หาสเปคตรัมของเสียงและแสดงองค์ประกอบทางความถี่ของเสียงนั้นออกมาที่หน้าจอ จากนั้น ก็จะคำนวณหากำลังงานของสัญญาณในแต่ละความถี่ และจึงจัดเก็บเป็นข้อมูลเอาไว้ใช้เปรียบเทียบกับเสียงอื่นๆ ต่อไป นอกจากนี้ในโปรแกรมจะมีเครื่องมือช่วยในการทดลองเสียง และ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงข้อมูลของเสียงมาให้ด้วย หรือเราอาจใช้โปรแกรมอื่นๆ ที่สามารถอ่านแฟ้มเสียงมาตรฐาน ทดลองฟังเสียงที่บันทึกได้เป็นรูปธรรมมากที่สุด ในการศึกษาและพัฒนาระบบวิเคราะห์และรู้จำเสียงของคอมพิวเตอร์ซึ่งผู้จัดทำก็หวังว่าจะเป็นแนวทางให้ผู้ที่กำลังสนใจในด้านนี้ไม่มากก็น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
โปรแกรมการวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
โปรแกรมการวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูด

โปรแกรมหลัก

```
VERSION 2.00
Begin Form MainForm
   Caption        =  "โปรแกรมวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูด"
   ClientHeight   =  3540
   ClientLeft     =  2430
   ClientTop      =  2010
   ClientWidth    =  6675
   Height         =  4515
   Left           =  2370
   LinkTopic      =  "Form1"
   MaxButton      =  0   'False
   MinButton      =  0   'False
   ScaleHeight    =  3540
   ScaleWidth     =  6675
   Top            =  1095
   Width          =  6795
   WindowState    =  2   'Maximized
   Begin Label Label1
      Caption        =  "โปรแกรมวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูด"
      Height         =  255
      Left           =  2160
      TabIndex       =  0
      Top            =  3480
      Visible        =  0   'False
      Width          =  3015
   End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Begin Menu Menu1
  Caption       =  "    แฟ้ม"
  Begin Menu Menu11
    Caption     =  "รับเสียง"
    Begin Menu Menu111
      Caption   =  "เพื่อเรียนรู้เสียง"
    End
    Begin Menu Menu112
      Caption   =  "เพื่อเปรียบเทียบเสียง"
    End
  End
  Begin Menu Menu12
    Caption     =  "เลือกแฟ้มเสียง"
  End
  Begin Menu Menu13
    Caption     =  "ยกเลิกแฟ้มเสียง"
  End
  Begin Menu Menu14
    Caption     =  "ลบแฟ้มเสียง"
  End
  Begin Menu Menusp
    Caption     =  "-"
  End
  Begin Menu Menu15
    Caption     =  "จบโปรแกรมแกรม"
  End
End
Begin Menu Menu2
  Caption       =  "    วิเคราะห์"
  Begin Menu Menu21
    Caption     =  " ทดลองเสียง"
  End
  Begin Menu Menu22
    Caption     =  "วิเคราะห์เสียง"
  End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    End
    Begin Menu MENU3
      Caption        =  "    รายงานข้อมูล"
      Begin Menu Menu31
        Caption      =  "ด้านเวลา"
      End
      Begin Menu Menu32
        Caption      =  "ด้านความถี่"
      End
      Begin Menu Menu33
        Caption      =  "สรุปข้อมูล"
      End
      Begin Menu Menu34
        Caption      =  "พิมพ์รายงาน"
      End
    End
    Begin Menu MENU4
      Caption        =  "    ช่วยเหลือ"
      Begin Menu Menu41
        Caption      =  "ช่วยเหลือ"
      End
      Begin Menu Menu42
        Caption      =  "เกี่ยวกับ"
      End
    End
    Begin Menu Menu5
      Caption        =  "    เปรียบเทียบเสียง"
    End
End

Sub CU_FFT ()
Dim real_n() As Integer
Dim imag_n() As Integer
Dim ans_n()  As Double
size = 2100
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ReDim real_n(size)
ReDim imag_n(size)
ReDim ans_n(size)
'clear result
        Cls
        For n = 1 To size
                real_n(n) = 0
                imag_n(n) = 0
        Next n
'input signal  5
        m = 10
        m1 = 1
'fft
        p = 3.141592654
        n = 2 ^ m
        Print n
        For i = 1 To n
                real_n(i) = Sin(180 * i / p)
        Next i
'hant
        For i = 1 To n
                v = .5 * (1 - Cos(2 * p * i / n))
                real_n(i) = real_n(i) * v
                imag_n(i) = imag_n(i) * v
        Next i
        n1 = n - 1
        n2 = n / 2
'bit reverse
        j = 1
        For i = 1 To n1
                If i <= j Then
                        r1 = real_n(j)
                        r2 = imag_n(j)
                        real_n(j) = real_n(i)
                        imag_n(j) = imag_n(i)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                real_n(i) = r1
                imag_n(i) = r2
            End If
            k = n2
            Do While k < j
                j = j - k
                k = k / 2
            Loop
            j = j + k
    Next i
    For l = 1 To m
            y = l
            z = 2
            If y = 1 Then
                z = 2
            Else
                For k = 1 To y - 1
                    z = z * 2
                Next k
            End If
            l0 = z
            l1 = l0 / 2
            u1 = 1
            u2 = 0
            w1 = Cos(p / l1)
            w2 = -m1 * Sin(p / l1)
    For j = 1 To l1
    For i = j To n Step l0
            i1 = i + l1
            r1 = real_n(i1) * u1 - imag_n(i1) * u2
            r2 = real_n(i1) * u2 + imag_n(i1) * u1
            real_n(i1) = real_n(i) - r1
            imag_n(i1) = imag_n(i) - r2
            real_n(i) = real_n(i) + r1
            imag_n(i) = imag_n(i) + r2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Next i
                    u9 = u1
                    u1 = u1 * w1 - u2 * w2
                    u2 = u9 * w2 + u2 * w1
            Next j
            Next l
            For i = 1 To n
                    ans_n(i) = Sqr(real_n(i) ^ 2 + imag_n(i) ^ 2)
            Next i
            For i = 1 To n
                    Line (i * 10, 5000)-(i * 10, 5000 - ans_n(i) * 10)
            Next i
End Sub

Function FFT ()
Dim real() As Integer
Dim imag() As Integer
Dim ans()  As Integer
size = 2000
ReDim real(size)
ReDim imag(size)
ReDim ans(size)

'           clear result
            Cls
            For n = 1 To 2048
                    real(n) = 0
                    imag(n) = 0
            Next n
'input signal
            m = 11
            m1 = 1
'fft
            p = 3.141592654
            n = 2 ^ m
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    For i = 1 To n
        real(i) = Sin(180 * i / p)
    Next i
    n1 = n - 1
    n2 = n / 2
'bit reverse
    j = 1
    For i = 1 To n1
        If i <= j Then
            r1 = real(j)
            r2 = imag(j)
            real(j) = real(i)
            imag(j) = imag(i)
            real(i) = r1
            imag(i) = r2
        End If
        k = n2
        Do While k < j
            j = j - k
            k = k / 2
        Loop
        j = j + k
    Next i
    For l = 1 To m
        y = 1
        z = 2 ^ y
        l0 = z
        l1 = l0 / 2
        u1 = 1
        u2 = 0
        w1 = Cos(p / l1)
        w2 = -m1 * Sin(p / l1)
    For j = 1 To l1
    For i = j To n Step l0
        i1 = i + l1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                r1 = real(i1) * u1 - imag(i1) * u2
                r2 = real(i1) * u2 + imag(i1) * u1
                real(i1) = real(i) - r1
                imag(i1) = imag(i) - r2
                real(i) = real(i) + r1
                imag(i) = imag(i) + r2
        Next i
                u9 = u1
                u1 = u1 * w1 - u2 * w2
                u2 = u9 * w2 + u2 * w1
        Next j
        Next l
        For n = 1 To n
                ans(n) = Sqr(real(n) ^ 2 + imag(n) ^ 2)
        Next n
        Cls
        For i = 10 To n
                Line -(i, 1420 - ans(i) * 3)
        Next i
        End
End Function

Sub Form_Activate ()
        If FileName = "" Then
                menu2.Enabled = False
                menu3.Enabled = False
        End If
End Sub

Sub Menu111_Click ()
        type_use = "WT"
        MainForm.Enabled = False
        vinput.Visible = True
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub Menu112_Click ()
        type_use = "CP"
        MainForm.Enabled = False
        vinput.Visible = True
End Sub

Sub Menu12_Click ()
        MainForm.Enabled = False
        fileform.Visible = True
End Sub
Sub Menu13_Click ()
        MainForm.Enabled = False
        cloform.Visible = True
        cloform.Label2.Caption = FileName
End Sub

Sub Menu14_Click ()
        MainForm.Enabled = False
        delform.Visible = True
End Sub

Sub Menu15_Click ()
        End
End Sub

Sub Menu21_Click ()
        MainForm.Enabled = False
        Testform.Visible = True
End Sub

Sub Menu22_Click ()
        MainForm.Enabled = False
        Analy.Visible = True
        MONITOR1.Visible = True
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub Menu31_Click ()
        MainForm.Enabled = False
        TimeForm.Visible = True
End Sub

Sub Menu32_Click ()
        MainForm.Enabled = False
        FreqForm.Visible = True
        FreqForm.Label1.Caption = FileName
End Sub
 Sub Menu33_Click ()
        infoForm.Visible = True
        MainForm.Enabled = flase
End Sub

Sub Menu34_Click ()
        ReportForm.Visible = True
        MainForm.Enabled = False
End Sub

Sub Menu42_Click ()
        MainForm.Enabled = False
        aboutform.Visible = True
End Sub

Sub Menu5_Click ()
        MainForm.Enabled = flase
        CPform.Visible = True
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อยฟอร์ม รับเสียง

```
VERSION 2.00
Begin Form Vinput
   AutoRedraw      =  -1  'True
   Caption         =  "รับข้อมูลเสียง [ เพื่อสอน ]"
   ClientHeight    =  2970
   ClientLeft      =  2250
   ClientTop       =  1755
   ClientWidth     =  5520
   Height          =  3375
   Left            =  2190
   LinkTopic       =  "Form1"
   ScaleHeight     =  2970
   ScaleWidth      =  5520
   Top             =  1410
   Width           =  5640
   Begin CommandButton Command2
      Caption         =  "ยกเลิก/ออก"
      Height          =  495
      Left            =  3960
      TabIndex        =  2
      Top             =  2040
      Width           =  1335
   End
   Begin CommandButton Command1
      Caption         =  "บันทึก"
      Height          =  495
      Left            =  240
      TabIndex        =  1
      Top             =  2040
      Width           =  1335
   End
   Begin MMControl MMControl1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    BackVisible    =  0   'False
    EjectVisible   =  0   'False
    Height         =  375
    Left           =  1560
    PlayEnabled    =  -1  'True
    PrevEnabled    =  -1  'True
    RecordEnabled  =  -1  'True
    RecordMode     =  1   'Overwrite
    StepVisible    =  0   'False
    TabIndex       =  0
    Top            =  1560
    UpdateInterval =  50
    Width          =  2370
  End
  Begin Label Label8
    AutoSize       =  -1  'True
    Caption        =  "0"
    Height         =  210
    Left           =  3480
    TabIndex       =  10
    Top            =  1200
    Width          =  105
  End
  Begin Label Label7
    AutoSize       =  -1  'True
    Caption        =  "ขนาดข้อมูลจริง(ตัด niose)"
    Height         =  210
    Left           =  960
    TabIndex       =  9
    Top            =  1200
    Width          =  2025
  End
  Begin Label Label6
    AutoSize       =  -1  'True
    Caption        =  "0"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Height          =  210
    Left            =  3480
    TabIndex        =  8
    Top             =  840
    Width           =  135
End
Begin Label Label5
    Alignment       =  2  'Center
    AutoSize        =  -1  'True
    Caption         =  "ขนาดข้อมูล"
    Height          =  210
    Left            =  960
    TabIndex        =  7
    Top             =  840
    Width           =  885
End
Begin Label Label4
    AutoSize        =  -1  'True
    Caption         =  "0.00"
    Height          =  210
    Left            =  3480
    TabIndex        =  6
    Top             =  480
    Width           =  375
End
Begin Label Label3
    AutoSize        =  -1  'True
    Caption         =  "ความยาว"
    Height          =  210
    Left            =  960
    TabIndex        =  5
    Top             =  480
    Width           =  750
End
Begin Label Label2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      AutoSize      =   -1  'True
      BorderStyle   =   1  'Fixed Single
      Height        =   240
      Left          =   3120
      TabIndex      =   4
      Top           =   120
      Width         =   105
   End
   Begin Label Label1
      Alignment     =   2  'Center
      AutoSize      =   -1  'True
      Caption       =   "แฟ้มข้อมูล"
      FontBold      =   -1  'True
      FontItalic    =   0   'False
      FontName      =   "MS Sans Serif"
      FontSize      =   7.5
      FontStrikethru =  0   'False
      FontUnderline =   -1  'True
      Height        =   210
      Left          =   1920
      TabIndex      =   3
      Top           =   120
      Width         =   855
   End
End

Sub Command1_Click ()
        screen.MousePointer = 11
        command1.Enabled = False
        d$ = "RIFF$" + Chr$(0) + Chr$(0) + Chr$(0) + "WAVEfmt " + Chr$(&H10) + Chr$(0) + Chr$
(0) +
                Chr$(0) + Chr$(1) + Chr$(0) + Chr$(1) + Chr$(0) + Chr$(&H11) + Chr$(&H2B) +
Chr$(0)
                + Chr$(0) + Chr$(&H11) + Chr$(&H2B) + Chr$(0) + Chr$(0) + Chr$(1) + Chr$(0) +
                Chr$(8) + Chr$(0) + "data"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim sample()  As String
Dim byte() As Integer
ReDim byte(4)
ReDim sample(10000)
MMControl1.Command = "Save"
Dim msec As Double
MMControl1.TimeFormat = MCI_FORMAT_MILLISECONDS
msec = (CDbl(MMControl1.Length) / 1000)
Label4.Caption = Format$(msec, "0.00") + " Sec."
Label6.Caption = Str$(Int(msec * 11025)) + " Byte"
MMControl1.Command = "close"
Open FileName For Binary As #1
For i = 1 To 44
        a = Input$(1, 1)
Next i
counter = 0
again:
x = 1
a = 0
Do While Abs(a) < 3
        a = Input$(1, 1)
        a = Asc(a) - 127
Loop
a1 = 20
Do While a1 > 6
        a1 = 0
        For i = 1 To 20
                a = Input$(1, 1)
                sample(x) = a
                SamData(x) = Abs(Asc(a) - 127)
                a1 = a1 + SamData(x)
                Label8.Caption = x + " byte"
                x = x + 1
        Next i
Loop
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        counter = counter + 1
        If x < 2000 Then
                If counter < 3 Then
                        GoTo again
                Else
                        MsgBox (" THIS VOICE HAVE VERY NOISE PLEASE INPUT VOICE
AGAIN")
                        Close #1
                        Kill FileName
                        MainForm.Enabled = True
                        vinput.Visible = False
                        Exit Sub
                End If
        End If
        Close #1
        Label8.Caption = x + " byte"
        x1 = x
        For i = 4 To 1 Step -1
                If x < 256 ^ (i - 1) Then
                        byte(i) = 0
                Else
                        byte(i) = Int(x / 256 ^ (i - 1))
                        x = x Mod 256 ^ (i - 1)
                End If
        Next i
        d$ = d$ + Chr$(byte(1)) + Chr$(byte(2)) + Chr$(byte(3)) + Chr$(byte(4))
        Open FileName For Binary As #1
        Put #1, , d$
        For i = 1 To x1
                Put #1, , sample(i)
        Next i
        Close #1
        screen.MousePointer = 0
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub Command2_Click ()
        analy.Visible = True
        MONITOR1.Visible = True
        vinput.Visible = False
        Unload vinput
End Sub

Sub DisplayErrorMessageBox ()
Select Case Err
        Case MCIERR_CANNOT_LOAD_DRIVER
                Msg$ = "Error load media device driver."
        Case MCIERR_DEVICE_OPEN
                Msg$ = "The device is not open or is not known."
        Case MCIERR_INVALID_DEVICE_ID
                Msg$ = "Invalid device id."
        Case MCIERR_INVALID_FILE
                Msg$ = "Invalid filename."
        Case MCIERR_UNSUPPORTED_FUNCTION
                Msg$ = "Action not available for this device."
        Case Else
                Msg$ = "Unknown error (" + Str$(Err) + ")."
End Select
MsgBox Msg$, 48, "Wave Player"
End Sub

Sub Form_Activate ()
        FileName = InputBox$("Input Filename..  [xxxxxxxx] ")
        FileName1 = FileName
        If FileName = "" Or Len(FileName) > 8 Then
                MsgBox (" FILE NAME IS CANNOT USE")
                MainForm.Enabled = True
                vinput.Visible = False
                Exit Sub
        End If
        If type_use = "WT" Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            FileName = "c:\wav\datawav\" + FileName + ".wav"
        Else 'type_use = "CP"
            FileName = "c:\wav\analy\" + FileName + ".wav"
        End If
        vinput.Label2 = FileName
        Open FileName For Output As #1
        d$ = "RIFF$" + Chr$(0) + Chr$(0) + Chr$(0) + "WAVEfmt " + Chr$(&H10) + Chr$(0) + Chr$
(0) +
            Chr$(0) + Chr$(1) + Chr$(0) + Chr$(1) + Chr$(0) + Chr$(&H11) + Chr$(&H2B) + Chr$
(0) +
            Chr$(0) + Chr$(&H11) + Chr$(&H2B) + Chr$(0) + Chr$(0) + Chr$(1) + Chr$(0) + Chr$
(8) +
            Chr$(0) + "data" + Chr$(1) + Chr$(0) + Chr$(0) + Chr$(0)
        Print #1, d$
        Close #1
    ' ------------------------------------------
        vinput.MMControl1.FileName = FileName
        vinput.Label2.Caption = vinput.MMControl1.FileName
        vinput.MMControl1.UpdateInterval = 50
        vinput.MMControl1.Command = "Open"
        Dim msec As Double
        vinput.MMControl1.TimeFormat = MCI_FORMAT_MILLISECONDS
        msec = (CDbl(vinput.MMControl1.Length) / 1000)
        vinput.Label4.Caption = Format$(msec, "0.00") + " Sec."
        vinput.Label6.Caption = Str$(Int(msec * 11025)) + " Byte"
        vinput.Label8.Caption = "0" + " Byte"
        PauseFlag = False
        CurrentValue = 0#
End Sub

Sub MMControl1_PlayClick (Cancel As Integer)
        If PauseFlag Then PauseFlag = False
        MMControl1.UpdateInterval = INTERVAL
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub MMControl1_RecordClick (Cancel As Integer)
        command1.Enabled = True
End Sub

Sub MMControl1_StatusUpdate ()
Dim Value As Integer
        If Not MMControl1.Mode = MCI_MODE_PLAY Then
                MMControl1.UpdateInterval = 0
                Exit Sub
        End If
End Sub

Sub MMControl1_StopClick (Cancel As Integer)
'       mmcontrol1.UpdateInterval = 0
'       mmcontrol1.Command = "Close"
'       mmcontrol1.Command = "Open"
'       Hscroll1.Value = 0
'       PauseFlag = False
'       CurrentValue = 0#
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อยฟอร์ม เปิดแฟ้มเสียง

```
VERSION 2.00
Begin Form FileForm
  Caption        =  "เปิดแฟ้มข้อมูล"
  ClientHeight   =  5475
  ClientLeft     =  2565
  ClientTop      =  1440
  ClientWidth    =  5100
  Height         =  5880
  Left           =  2505
  LinkTopic      =  "Form1"
  MaxButton      =  0   'False
  MinButton      =  0   'False
  ScaleHeight    =  5475
  ScaleWidth     =  5100
  Top            =  1095
  Width          =  5220
  Begin OptionButton Option2
    Caption      =  "Option2"
    Height       =  255
    Left         =  240
    TabIndex     =  10
    Top          =  4920
    Width        =  255
  End
  Begin OptionButton Option1
    Caption      =  "Option1"
    Height       =  255
    Left         =  240
    TabIndex     =  9
    Top          =  4440
    Value        =  -1  'True
    Width        =  255
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End
Begin DirListBox Dir1
   Height          =   2190
   Left            =   2880
   TabIndex        =   4
   Top             =   2160
   Width           =   1935
End
Begin FileListBox File1
   Height          =   2130
   Left            =   240
   Pattern         =   "*.wav"
   ReadOnly        =   0   'False
   TabIndex        =   3
   Top             =   2160
   Width           =   2055
End
Begin DriveListBox Drive1
   Height          =   330
   Left            =   2880
   TabIndex        =   2
   Top             =   4560
   Width           =   1935
End
Begin CommandButton Command2
   Caption         =   "ยกเลิก"
   Height          =   615
   Left            =   2880
   TabIndex        =   1
   Top             =   240
   Width           =   1455
End
Begin CommandButton Command1
   Caption         =   "ตกลง"
   Height          =   615
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   Left            =  720
   TabIndex        =  0
   Top             =  240
   Width           =  1455
End
Begin Label Label6
   Caption         =  "ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบ"
   Height          =  255
   Left            =  600
   TabIndex        =  12
   Top             =  4920
   Width           =  1815
End
Begin Label Label5
   Caption         =  "ข้อมูลเพื่อสอน"
   Height          =  255
   Left            =  600
   TabIndex        =  11
   Top             =  4440
   Width           =  1695
End
Begin Label Label4
   Height          =  255
   Left            =  2880
   TabIndex        =  8
   Top             =  1680
   Width           =  2055
End
Begin Label Label3
   Height          =  255
   Left            =  240
   TabIndex        =  7
   Top             =  1680
   Width           =  2055
End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Begin Label Label2
      Caption         =   "ตำแหน่งแฟ้ม"
      Height          =   255
      Left            =   2880
      TabIndex        =   6
      Top             =   1320
      Width           =   2055
    End
    Begin Label Label1
      Caption         =   "ชื่อแฟ้ม.."
      Height          =   255
      Left            =   240
      TabIndex        =   5
      Top             =   1320
      Width           =   1935
    End
End

Sub Command1_Click ()
        title = mainform.Label1.Caption
        If Right(file1.Path, 1) <> "\" Then
                FileName = file1.Path & "\" & file1.FileName
        Else
                FileName = file1.Path & file1.FileName
        End If
        FileName1 = file1.FileName
        s = InStr(FileName1, ".")
        newname1 = Left$(FileName1, s - 1)
        FileName1 = newname1
        mainform.Enabled = True
        mainform.Menu2.Enabled = True
        mainform.MENU3.Enabled = True
        mainform.Caption = title + "  " + "[ " + FileName + " ]"
        fileform.Visible = False
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub Command2_Click ()
        FileName = ""
        mainform.Enabled = True
        fileform.Visible = False
End Sub

Sub Dir1_Change ()
        file1.Path = dir1.Path
        If Right(file1.Path, 1) <> "\" Then
                label4.Caption = file1.Path & "\"
        Else
                label4.Caption = file1.Path
        End If
End Sub

Sub Drive1_Change ()
        dir1.Path = drive1.Drive
End Sub

Sub File1_Click ()
        label3.Caption = file1.FileName
End Sub

Sub Form_Load ()
        type_use = "WT"
        dir1.Path = "c:\wav\datawav\"
        label3.Caption = file1.FileName
        label4.Caption = file1.Path
End Sub

Sub Option1_Click ()
        Option1.Value = True
        Option2.Value = False
        type_use = "WT"
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub Option2_Click ()
        Option1.Value = False
        Option2.Value = True
        type_use = "CP"
End Sub
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อยฟอร์ม ปิดแฟ้มเสียง

```
VERSION 2.00
Begin Form CloForm
   Caption        =  "ปิดแฟ้มข้อมูล"
   ClientHeight   =  2940
   ClientLeft     =  2025
   ClientTop      =  2535
   ClientWidth    =  5145
   FontBold       =  -1  'True
   FontItalic     =  0   'False
   FontName       =  "KodchiangUPC"
   FontSize       =  7.5
   FontStrikethru =  0   'False
   FontUnderline  =  0   'False
   Height         =  3345
   Left           =  1965
   LinkTopic      =  "Form2"
   ScaleHeight    =  2940
   ScaleWidth     =  5145
   Top            =  2190
   Width          =  5265
   Begin CommandButton Command2
      Caption        =  "ยกเลิก"
      Height         =  615
      Left           =  3000
      TabIndex       =  1
      Top            =  2160
      Width          =  1335
   End
   Begin CommandButton Command1
      Caption        =  "ตกลง"
      Height         =  615
      Left           =  840
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      TabIndex        =  0
      Top             =  2160
      Width           =  1335
   End
   Begin Label Label2
      Alignment       =  2  'Center
      AutoSize        =  -1  'True
      BorderStyle     =  1  'Fixed Single
      Height          =  240
      Left            =  2535
      TabIndex        =  3
      Top             =  1200
      Width           =  105
   End
   Begin Label Label1
      Alignment       =  2  'Center
      AutoSize        =  -1  'True
      BackStyle       =  0  'Transparent
      Caption         =  "คุณต้องการปิดแฟ้มข้อมูล"
      FontBold        =  -1  'True
      FontItalic      =  0  'False
      FontName        =  "JasmineUPC"
      FontSize        =  18
      FontStrikethru  =  0  'False
      FontUnderline   =  0  'False
      Height          =  405
      Left            =  1095
      TabIndex        =  2
      Top             =  480
      Width           =  2985
   End
End

Sub Command1_Click ()
   filename = ""
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Close
        MainForm.Enabled = True
        MainForm.Menu2.Enabled = False
        MainForm.MENU3.Enabled = False
        MainForm.Caption = MainForm.Label1.Caption
        CloForm.Visible = False
End Sub

Sub Command2_Click ()
        MainForm.Enabled = True
        CloForm.Visible = False
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อยฟอร์ม ลบแฟ้มข้อมูล

```
VERSION 2.00
Begin Form Delform
   Caption        =  "ลบแฟ้มข้อมูล"
   ClientHeight   =  5460
   ClientLeft     =  2250
   ClientTop      =  1440
   ClientWidth    =  4935
   Height         =  5865
   Left           =  2190
   LinkTopic      =  "Form3"
   ScaleHeight    =  5460
   ScaleWidth     =  4935
   Top            =  1095
   Width          =  5055
   Begin FileListBox File1
      Height         =  2130
      Left           =  360
      TabIndex       =  4
      Top            =  2280
      Width          =  1695
   End
   Begin DriveListBox Drive1
      Height         =  330
      Left           =  2520
      TabIndex       =  3
      Top            =  4680
      Width          =  1935
   End
   Begin DirListBox Dir1
      Height         =  2190
      Left           =  2520
      TabIndex       =  2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Top             =   2280
    Width           =   1935
End
Begin CommandButton Command2
    Caption         =   "ยกเลิก"
    Height          =   615
    Left            =   3000
    TabIndex        =   1
    Top             =   240
    Width           =   1335
End
Begin CommandButton Command1
    Caption         =   "ตกลง"
    Height          =   615
    Left            =   600
    TabIndex        =   0
    Top             =   240
    Width           =   1335
End
Begin Label Label4
    Height          =   255
    Left            =   2520
    TabIndex        =   8
    Top             =   1800
    Width           =   2175
End
Begin Label Label3
    Height          =   255
    Left            =   240
    TabIndex        =   7
    Top             =   1800
    Width           =   2055
End
Begin Label Label2
    Caption         =   "ตำแหน่งแฟ้ม"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Height          =  255
    Left            =  2520
    TabIndex        =  6
    Top             =  1320
    Width           =  2055
  End
  Begin Label Label1
    Caption         =  "ชื่อแฟ้ม..."
    Height          =  255
    Left            =  240
    TabIndex        =  5
    Top             =  1320
    Width           =  1935
  End
End

Sub Command1_Click ()
    On Error GoTo Errhandler
    FileName1 = label3.Caption
    If Len(FileName1) Then     ' Check for entry.
        Ansr = MsgBox("Sure you want to delete " & FileName1 & "?", 4)
        If Ansr = 6 Then     ' User chose "Yes."
            Msg = "Deleting " & FileName1 & " from your disk."
            Kill filename     ' Delete file from disk.
        Else
            Msg = FileName1 & " was not deleted."
        End If
    Else
        Msg = "You didn't enter a file name."
    End If
    MsgBox Msg  ' Display message.
Errhandler:
    If Err = 53 Then     ' Error 53 is "File not Found".
        Msg = "Sorry, the file you named could not be found."
    Else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Msg = "Sorry, unable to delete file."
        End If
        Resume Next
End Sub

Sub Command2_Click ()
        mainform.Enabled = True
        Delform.Visible = False
End Sub

Sub Dir1_Change ()
        file1.Path = dir1.Path
        If Right(file1.Path, 1) <> "\" Then
                label4.Caption = file1.Path & "\"
        Else
                label4.Caption = file1.Path
        End If
End Sub

Sub Dir1_Click ()
        file1.Path = dir1.Path
        If Right(file1.Path, 1) <> "\" Then
                label4.Caption = file1.Path & "\"
        Else
                label4.Caption = file1.Path
        End If
End Sub

Sub Drive1_Change ()
        dir1.Path = drive1.Drive
End Sub

Sub File1_Click ()
        label3.Caption = file1.FileName
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub Form_Load ()
        label3.Caption = file1.FileName
        label4.Caption = file1.Path
End Sub
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อยฟอร์ม ทดลองเสียง

```
VERSION 2.00
Begin Form TestForm
   Caption        =  "ทดลองเสียง"
   ClientHeight   =  1350
   ClientLeft     =  1410
   ClientTop      =  2970
   ClientWidth    =  6870
   Height         =  1755
   Left           =  1350
   LinkTopic      =  "Form1"
   MaxButton      =  0   'False
   MinButton      =  0   'False
   ScaleHeight    =  1350
   ScaleWidth     =  6870
   Top            =  2625
   Width          =  6990
   Begin CommandButton Command1
      Caption        =  "ยกเลิก"
      Height         =  495
      Left           =  5040
      TabIndex       =  7
      Top            =  120
      Width          =  1335
   End
   Begin MMControl MMControl1
      BackVisible    =  0   'False
      EjectVisible   =  0   'False
      Height         =  375
      Left           =  5160
      NextVisible    =  0   'False
      PauseVisible   =  0   'False
      RecordVisible  =  0   'False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    StopVisible     =  0   'False
    StopVisible     =  0   'False
    TabIndex        =  0
    Top             =  840
    UpdateInterval  =  50
    Width           =  1170
End
Begin Label Label6
    AutoSize        =  -1  'True
    Height          =  210
    Left            =  2040
    TabIndex        =  6
    Top             =  840
    Width           =  60
End
Begin Label Label5
    AutoSize        =  -1  'True
    Caption         =  "ขนาดของแฟ้ม :"
    FontBold        =  -1  'True
    FontItalic      =  0   'False
    FontName        =  "MS Sans Serif"
    FontSize        =  7.5
    FontStrikethru  =  0   'False
    FontUnderline   =  -1  'True
    Height          =  210
    Left            =  360
    TabIndex        =  5
    Top             =  840
    Width           =  1245
End
Begin Label Label4
    AutoSize        =  -1  'True
    Height          =  210
    Left            =  2040
    TabIndex        =  4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Top             =  480
    Width           =  60
End
Begin Label Label3
    AutoSize        =  -1  'True
    Caption         =  "ความยาวเสียง :"
    FontBold        =  -1  'True
    FontItalic      =  0   'False
    FontName        =  "MS Sans Serif"
    FontSize        =  7.5
    FontStrikethru  =  0   'False
    FontUnderline   =  -1  'True
    Height          =  210
    Left            =  360
    TabIndex        =  3
    Top             =  480
    Width           =  1275
End
Begin Label Label2
    AutoSize        =  -1  'True
    Height          =  210
    Left            =  2040
    TabIndex        =  2
    Top             =  120
    Width           =  60
End
Begin Label Label1
    Caption         =  "ชื่อแฟ้ม :"
    FontBold        =  -1  'True
    FontItalic      =  0   'False
    FontName        =  "MS Sans Serif"
    FontSize        =  7.5
    FontStrikethru  =  0   'False
    FontUnderline   =  -1  'True
    Height          =  255
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Left            =   360
    TabIndex        =   1
    Top             =   120
    Width           =   1095
  End
End
Sub Command1_Click ()
        mmcontrol1.Command = "Close"
        MainForm.Enabled = True
        TestForm.Visible = False
        Unload TestForm
End Sub

Sub Form_Activate ()
        Label2.Caption = FileName
        mmcontrol1.FileName = FileName
        mmcontrol1.Command = "Open"
        Dim msec As Double
        msec = (CDbl(mmcontrol1.Length) / 1000)
        label4.Caption = Format$(msec, "0.00") + " Sec."
        label6.Caption = Str$(Int(msec * 11025)) + " Byte"
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อยฟอร์ม วิเคราะห์เสียง

```
VERSION 2.00
Begin Form Analy
  Caption        =  "วิเคราะห์ข้อมูล"
  ClientHeight   =  2040
  ClientLeft     =  1485
  ClientTop      =  4875
  ClientWidth    =  6720
  Height         =  2445
  Left           =  1425
  LinkTopic      =  "Form1"
  ScaleHeight    =  2040
  ScaleWidth     =  6720
  Top            =  4530
  Width          =  6840
  Begin CommandButton Command9
    Caption      =  "Take Log"
    Height       =  375
    Left         =  2640
    TabIndex     =  9
    Top          =  1080
    Width        =  1455
  End
  Begin CommandButton Command8
    Caption      =  "ตกลง"
    Height       =  375
    Left         =  1200
    TabIndex     =  7
    Top          =  1560
    Width        =  1095
  End
  Begin CommandButton Command7
    Caption      =  "ยกเลิก"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Height          =  375
    Left            =  4440
    TabIndex        =  6
    Top             =  1560
    Width           =  1095
End
Begin CommandButton Command6
    Caption         =  "บันทึก"
    Height          =  375
    Left            =  2640
    TabIndex        =  5
    Top             =  1560
    Width           =  1455
End
Begin CommandButton Command5
    Caption         =  "วิเคราะห์ FFT"
    Height          =  375
    Left            =  2640
    TabIndex        =  4
    Top             =  600
    Width           =  1455
End
Begin CommandButton Command4
    Caption         =  "BlackMan"
    Height          =  375
    Left            =  5160
    TabIndex        =  3
    Top             =  120
    Width           =  1095
End
Begin CommandButton Command3
    Caption         =  "Haming"
    Height          =  375
    Left            =  3600
    TabIndex        =  2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Top             =   120
    Width           =   1095
End
Begin CommandButton Command2
    Caption         =   "Hann"
    Height          =   375
    Left            =   2040
    TabIndex        =   1
    Top             =   120
    Width           =   1095
End
Begin CommandButton Command1
    Caption         =   "Rectangle"
    Height          =   375
    Left            =   480
    TabIndex        =   0
    Top             =   120
    Width           =   1095
End
Begin Label Label2
    AutoSize        =   -1  'True
    Height          =   210
    Left            =   120
    TabIndex        =   10
    Top             =   1080
    Width           =   60
End
Begin Label Label1
    AutoSize        =   -1  'True
    Height          =   210
    Left            =   120
    TabIndex        =   8
    Top             =   600
    Width           =   60
End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End

Sub Command1_Click ()
        command2.Enabled = False
        command3.Enabled = False
        command4.Enabled = False
        command5.Enabled = True
        command1.Enabled = False
        window = "rectangle"
        mypath = "rec\"
End Sub

Sub Command2_Click ()
        screen.MousePointer = 11
        command1.Enabled = False
        command3.Enabled = False
        command4.Enabled = False
        Label1.Caption = "please wait"
        For i = 1 To numdata
                v = .5 * (1 + Cos(2 * p * i / numdata))
                real(i) = real(i) * v
                imag(i) = imag(i) * v
        Next i
        Label1.Caption = ""
        command5.Enabled = True
        command2.Enabled = False
        window = "Hann"
        mypath = "hann\"
        screen.MousePointer = 0
End Sub

Sub Command3_Click ()
        screen.MousePointer = 11
        command1.Enabled = False
        command2.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        command4.Enabled = False
        Label1.Caption = "please wait"
        For i = 1 To numdata
                v = .54 + .46 * Cos(2 * p * i / numdata)
                real(i) = real(i) * v
                imag(i) = imag(i) * v
        Next i
        Label1.Caption = ""
        window = "Haming"
        mypath = "ham\"
        command5.Enabled = True
        command3.Enabled = False
        screen.MousePointer = 0
End Sub

Sub Command4_Click ()
        screen.MousePointer = 11
        command1.Enabled = False
        command2.Enabled = False
        command3.Enabled = False
        Label1.Caption = numdata'"please wait"
        For i = 1 To numdata
                v = .42 + .5 * (Cos(2 * p * i / numdata)) + .08 * (Cos(2 * p * i / numdata))
                real(i) = real(i) * v
                imag(i) = imag(i) * v
        Next i
        Label1.Caption = " "
        window = "Blackman"
        mypath = "black\"
        command5.Enabled = True
        command4.Enabled = False
        screen.MousePointer = 0
End Sub

Sub Command5_Click ()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        screen.MousePointer = 11
        MONITOR1.Visible = False
        FreqMonitor.Visible = True
        FreqMonitor.Line7.Y1 = 2640 - 1250
        FreqMonitor.Line7.Y2 = 2640 - 1250
        FreqMonitor.Label5.Top = 2640 - 1350
        FreqMonitor.Label5.Caption = "2500"
        PFFT
        pt = 2200 / max
        command9.Enabled = True
        command5.Enabled = False
        screen.MousePointer = 0
End Sub

Sub Command6_Click ()
        Dim hi()  As Double
        Dim freq()  As Double
        ReDim hi(50)
        ReDim freq(50)
        sampersec = 11025
        Length = numdata / 11025
        newname = Left$(Filename, 6)
        If type_use = "WT" Then
                newname = newname + "\datawav\" + mypath + FileName1
        Else ' type_use ="CP"
                newname = newname + "\analy\" + mypath + FileName1
        End If
        newname = newname + "." + "fft"
        Analy.Label1.Caption = newname
'-------------------------------------------
' start sort
        For i = 1 To 50   ' amount of data
                For j = i To 600
                        If ans(i) < ans(j) Then
                                r = ans(i)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    ans(i) = ans(j)
                    ans(j) = r
                    s = b(i)
                    b(i) = b(j)
                    b(j) = s
                End If
            Next j
        Next i
'-------------------------------------------------------
        a = ans(1)
        For i = 1 To 50
            ans(i) = ans(i) * 100 / a
        Next i
        For i = 1 To 25   ' amount of data
            For j = i To 25
                If b(i) > b(j) Then
                    r = b(i)
                    b(i) = b(j)
                    b(j) = r
                End If
            Next j
        Next i
        Analy.Label2.Caption = "finish"
'-------------------------------------------------------
        Open newname For Output As #1
        Print #1, Filename
        Print #1, sampersec
        Print #1, numdata
        Print #1, Length
        Print #1, window
        For i = 1 To 25
            Print #1, ans(i)
        Next i
        For i = 1 To 25
            Print #1, b(i)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Next i
        Close #1
        command6.Enabled = False
End Sub

Sub Command7_Click ()
        MainForm.Enabled = True
        Analy.Visible = False
        FreqMonitor.Visible = False
        Unload MONITOR1
        Unload Analy
        Unload FreqMonitor
End Sub

Sub Command8_Click ()
        MainForm.Enabled = True
        Analy.Visible = False
        FreqMonitor.Visible = False
        Unload MONITOR1
        Unload Analy
        Unload FreqMonitor
End Sub

Sub Command9_Click ()
        FreqMonitor.Cls
        FreqMonitor.Line7.Y1 = 2640 - 2500
        FreqMonitor.Line7.Y2 = 2640 - 2500
        FreqMonitor.Label5.Top = 2640 - 2600
        FreqMonitor.Label5.Caption = "0 dB"
        FreqMonitor.Line (0, 2640)-(0, 2640)
        For i = 41 To 600
                ans(i) = Format(20 * (Log(ans(i)) / Log(10#)), "0.00")
                FreqMonitor.Line -((i - 40) * 15, 2640 - ans(i) * 25)
        Next i
        pt = 25
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'--------------------------------clear ans 1 to 40
        For i = 1 To 40
                ans(i) = 0
        Next i
        Analy.Label1.Caption = ""
        Analy.Label2.Caption = ""
        command9.Enabled = False
        command6.Enabled = True
        command8.Enabled = True
End Sub

Sub Form_Load ()
        Dim info() As Integer
        Dim SamData() As Integer
        ReDim info(44)
        ReDim SamData(10000)
        screen.MousePointer = 11
        Open Filename For Binary As #1
        For i = 1 To 44
                a = Input$(1, 1)
                info(i) = Asc(a)
        Next i
        numdata = info(41) * 1 + info(42) * 16 ^ 2 + info(43) * 16 ^ 4 + info(44) * 16 ^ 6
        Label1.Caption = numdata
        Label2.Caption = Filename
        ReDim SamData(numdata)
        max = 0
        For i = 1 To numdata
                a = Input$(1, 1)
                real(i) = (Asc(a) - 127)
                If Abs(real(i)) > max Then max = Abs(real(i))
                        imag(i) = 0
        Next i
        Close #1
        command5.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        command6.Enabled = False
        command8.Enabled = False
        command9.Enabled = False
        screen.MousePointer = 0
End Sub
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อยฟอร์ม แสดงด้านเวลา (Time Form)

```
VERSION 2.00
Begin Form TimeForm
   Caption        =  "Time Domain"
   ClientHeight   =  4785
   ClientLeft     =  1095
   ClientTop      =  1380
   ClientWidth    =  7650
   Height         =  5190
   Left           =  1035
   LinkTopic      =  "Form1"
   MaxButton      =  0  'False
   MinButton      =  0  'False
   ScaleHeight    =  4785
   ScaleWidth     =  7650
   Top            =  1035
   Width          =  7770
   Begin HScrollBar HScroll1
      Height       =  240
      LargeChange  =  1024
      Left         =  720
      TabIndex     =  2
      Top          =  3840
      Width        =  6375
   End
   Begin CommandButton Command1
      Caption      =  "ตกลง"
      Height       =  495
      Left         =  2880
      TabIndex     =  0
      Top          =  4200
      Width        =  1695
   End
   Begin Label Label6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Caption         =   "0"
    Height          =   255
    Left            =   480
    TabIndex        =   7
    Top             =   1920
    Width           =   135
End
Begin Label Label5
    Caption         =   "-"
    Height          =   255
    Left            =   480
    TabIndex        =   6
    Top             =   3480
    Width           =   135
End
Begin Label Label4
    Caption         =   "+"
    Height          =   255
    Left            =   480
    TabIndex        =   5
    Top             =   360
    Width           =   135
End
Begin Label Label3
    Alignment       =   2  'Center
    AutoSize        =   -1  'True
    Caption         =   "n sec"
    Height          =   210
    Left            =   6900
    TabIndex        =   4
    Top             =   4080
    Width           =   495
End
Begin Label Label2
    Alignment       =   2  'Center
```

เอกสารนี้มีการที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    AutoSize        =   -1  'True
    Caption         =   "0 sec"
    Height          =   210
    Left            =   600
    TabIndex        =   3
    Top             =   4080
    Width           =   465
End
Begin Label Label1
    Alignment       =   2  'Center
    AutoSize        =   -1  'True
    Caption         =   "FileName"
    FontBold        =   -1  'True
    FontItalic      =   0   'False
    FontName        =   "MS Sans Serif"
    FontSize        =   7.5
    FontStrikethru  =   0   'False
    FontUnderline   =   -1  'True
    Height          =   210
    Left            =   3450
    TabIndex        =   1
    Top             =   0
    Width           =   795
End
Begin Line Line6
    BorderStyle     =   2  'Dash
    X1              =   3840
    X2              =   3840
    Y1              =   360
    Y2              =   3720
End
Begin Line Line5
    BorderStyle     =   2  'Dash
    X1              =   720
    X2              =   7080
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Y1          =  2040
    Y2          =  2040
  End
  Begin Line Line4
    BorderStyle    =  3  'Dot
    X1          =  720
    X2          =  7080
    Y1          =  3720
    Y2          =  3720
  End
  Begin Line Line2
    BorderStyle    =  3  'Dot
    X1          =  720
    X2          =  7080
    Y1          =  360
    Y2          =  360
  End
End

Dim numdata  As Integer

Sub Command1_Click ()
    MainForm.Enabled = True
    TimeForm.Visible = flase
End Sub

Sub Command2_Click ()
    TimeForm.Enabled = False
    InfoForm.Visible = True
End Sub

Sub Form_Activate ()
    screen.MousePointer = 11
    Open FileName For Binary As #1
    TimeForm.PSet (720, 2040)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        For i = 1 To 44
                a = Input$(1, 1)
                info(i) = Asc(a)
        Next i
        numdata = info(41) * 1 + info(42) * 16 ^ 2 + info(43) * 16 ^ 4 + info(44) * 16 ^ 6
        Max = 0
        For i = 1 To numdata
                a = Input$(1, 1)
                SamData(i) = (Asc(a) - 127)
                If Max < Abs(SamData(i)) Then Max = Abs(SamData(i))
        Next i
        Close #1
        For i = 1 To numdata
                SamData(i) = SamData(i) * 100 / Max
        Next i
        For i = 1 To 1200
                TimeForm.Line -((720 + (i * 5)), 2040 - (SamData(i)))
        Next i
        HScroll1.Max = numdata - 1000
        screen.MousePointer = 0
End Sub

Sub Form_Load ()
        label1.Caption = FileName
        Dim info()  As Integer
        Dim SamData()  As Integer
        ReDim info(44)
End Sub

Sub HScroll1_Change ()
        Cls
        TimeForm.PSet (720, 2040)
        pl = HScroll1.Value
        label1.Caption = pt
        For i = 1 To pt + 1200
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        TimeForm.Line -((720 + (i * 5)), 2040 - SamData(i + p1) * 20)
    Next i
End Sub
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อยฟอร์ม แสดงด้านความถี่ (Frequence Form)

```
VERSION 2.00
Begin Form FreqForm
   Caption        =  "Frequence Domain"
   ClientHeight   =  4785
   ClientLeft     =  975
   ClientTop      =  1920
   ClientWidth    =  8130
   Height         =  5190
   Left           =  915
   LinkTopic      =  "Form1"
   MaxButton      =  0   'False
   MinButton      =  0   'False
   ScaleHeight    =  4785
   ScaleWidth     =  8130
   Top            =  1575
   Width          =  8250
   Begin CommandButton Command1
      Caption        =  "ตกลง"
      Height         =  495
      Left           =  3240
      TabIndex       =  0
      Top            =  4200
      Width          =  1695
   End
   Begin Line Line4
      X1             =  7680
      X2             =  7680
      Y1             =  3240
      Y2             =  3480
   End
   Begin Line Line2
      X1             =  4080
      X2             =  4080
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น มีห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Y1              =  3240
    Y2              =  3480
End
Begin Line Line1
    X1              =  480
    X2              =  480
    Y1              =  3360
    Y2              =  240
End
Begin Label Label7
    AutoSize        =  -1  'True
    Height          =  210
    Left            =  840
    TabIndex        =  7
    Top             =  240
    Width           =  15
End
Begin Label Label6
    Alignment       =  2  'Center
    AutoSize        =  -1  'True
    Height          =  210
    Left            =  6810
    TabIndex        =  6
    Top             =  240
    Width           =  75
End
Begin Label Label5
    AutoSize        =  -1  'True
    Caption         =  " 1500 Hz"
    Height          =  210
    Left            =  3720
    TabIndex        =  5
    Top             =  3480
    Width           =  750
End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Begin Label Label4
   AutoSize        =   -1  'True
   Caption         =   "5000"
   Height          =   210
   Left            =   0
   TabIndex        =   4
   Top             =   720
   Width           =   420
End
Begin Label Label3
   Alignment       =   2  'Center
   AutoSize        =   -1  'True
   Caption         =   "3000 Hz"
   Height          =   210
   Left            =   7320
   TabIndex        =   3
   Top             =   3480
   Width           =   735
End
Begin Label Label2
   AutoSize        =   -1  'True
   Caption         =   "0 Hz"
   Height          =   210
   Left            =   360
   TabIndex        =   2
   Top             =   3480
   Width           =   390
End
Begin Label Label1
   Alignment       =   2  'Center
   AutoSize        =   -1  'True
   Caption         =   "FileName"
   FontBold        =   -1  'True
   FontItalic      =   0   'False
   FontName        =   "MS Sans Serif"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      FontSize      =  7.5
      FontStrikethru =  0  'False
      FontUnderline  =  -1  'True
      Height        =  210
      Left          =  3450
      TabIndex      =  1
      Top           =  0
      Width         =  795
   End
   Begin Line Line6
      BorderStyle   =  3  'Dot
      X1            =  460
      X2            =  7680
      Y1            =  860
      Y2            =  860
   End
   Begin Line Line5
      X1            =  480
      X2            =  7680
      Y1            =  3360
      Y2            =  3360
   End
   Begin Line Line3
      BorderWidth   =  5
      X1            =  460
      X2            =  7680
      Y1            =  3720
      Y2            =  3720
   End
End

Sub Command1_Click ()
        MainForm.Enabled = True
        FreqForm.Visible = False
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub FFT ()
        Dim real() As Double
        Dim imag() As Double
        Dim ans() As Double
        ReDim real(10000)
        ReDim imag(10000)
        ReDim ans(10000)
        label6.Caption = "Please Wait..."
        label7.Caption = "complete= 0 %"
        m = 10
        m1 = 1
        n = 2 ^ m
'-------------------------------------------------
        Open FileName For Binary As #1
        For i = 1 To 44
                a = Input$(1, 1)
        Next i
        For i = 1 To 2048
                a = Input$(1, 1)
                real(i) = Asc(a)
        Next i
        Close #1
' -------------------------------------------------
        For i = 1 To n
                imag(i) = 0
        Next i
'FFT
        n1 = n - 1
        n2 = n / 2
'bit reverse
        j = 1
        For i = 1 To n1
                If i <= j Then
                        r1 = real(j)
                        r2 = imag(j)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                real(j) = real(i)
                imag(j) = imag(i)
                real(i) = r1
                imag(i) = r2
            End If
            k = n2
            Do While k < j
                j = j - k
                k = k /"2
            Loop
            j = j + k
        Next i
        For l = 1 To m
            y = l
            z = 2 ^ y
            l0 = z
            l1 = l0 / 2
            u1 = 1
            u2 = 0
            w1 = Cos(p / l1)
            w2 = -m1 * Sin(p / l1)
            For j = 1 To l1
                For i = j To n Step l0
                    i1 = i + l1
                    r1 = real(i1) * u1 - imag(i1) * u2
                    r2 = real(i1) * u2 + imag(i1) * u1
                    real(i1) = real(i) - r1
                    imag(i1) = imag(i) - r2
                    real(i) = real(i) + r1
                        imag(i) = imag(i) + r2
                Next i
                u9 = u1
                u1 = u1 * w1 - u2 * w2
                u2 = u9 * w2 + u2 * w1
            Next j
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            label7.Caption = "complete=" + Int((l * 100) / m) + "%"
        Next l
        label6.Caption = "Ok... "
' find amplitude
        For i = 1 To 600
            ans(i) = Sqr(real(i) ^ 2 + imag(i) ^ 2)
            Line (480 + (i * 12), 3360)-(480 + (i * 12), 3360 - (ans(i) / 2))
        Next i
End Sub

Sub Form_Activate ()
        screen.MousePointer = 11
        FFT
        screen.MousePointer = 0
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อยฟอร์ม สรุปรายละเอียด

```
VERSION 2.00
Begin Form InfoForm
   Caption        =  "สรุปรายละเอียด"
   ClientHeight   =  4170
   ClientLeft     =  2325
   ClientTop      =  2130
   ClientWidth    =  5250
   Height         =  4575
   Left           =  2265
   LinkTopic      =  "Form2"
   MaxButton      =  0   'False
   MinButton      =  0   'False
   ScaleHeight    =  4170
   ScaleWidth     =  5250
   Top            =  1785
   Width          =  5370
   Begin CommandButton Command1
      Caption        =  "ตกลง"
      Height         =  495
      Left           =  1680
      TabIndex       =  0
      Top            =  3360
      Width          =  1935
   End
   Begin Label Label19
      AutoSize       =  -1  'True
      Caption        =  "บิท/แชมปลิ้ง"
      Height         =  210
      Left           =  3840
      TabIndex       =  19
      Top            =  2520
      Width          =  1020
   End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Begin Label Label18
   AutoSize        =  -1  True
   Caption         =  "ไบต์/แซมปลิ้ง"
   Height          =  210
   Left            =  3840
   TabIndex        =  18
   Top             =  2160
   Width           =  1125
End
Begin Label Label17
   AutoSize        =  -1  True
   Caption         =  "ไบต์/วินาที"
   Height          =  210
   Left            =  3840
   TabIndex        =  17
   Top             =  1800
   Width           =  870
End
Begin Label Label16
   AutoSize        =  -1  True
   Caption         =  "เฮิทซ์"
   Height          =  210
   Left            =  3840
   TabIndex        =  16
   Top             =  1440
   Width           =  450
End
Begin Label Label15
   AutoSize        =  -1  True
   Caption         =  "แชนแนล"
   Height          =  210
   Left            =  3840
   TabIndex        =  15
   Top             =  1080
   Width           =  735
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End
Begin Label Label14
   AutoSize        =  -1  'True
   Caption         =  "ไมที่"
   Height          =  210
   Left            =  3840
   TabIndex        =  14
   Top             =  720
   Width           =  345
End
Begin Label Label13
   Alignment       =  1  'Right Justify
   BorderStyle     =  1  'Fixed Single
   Caption         =  " "
   Height          =  240
   Left            =  2880
   TabIndex        =  13
   Top             =  2520
   Width           =  735
End
Begin Label Label12
   Alignment       =  1  'Right Justify
   BorderStyle     =  1  'Fixed Single
   Caption         =  " "
   Height          =  240
   Left            =  2880
   TabIndex        =  12
   Top             =  2160
   Width           =  735
End
Begin Label Label11
   Alignment       =  1  'Right Justify
   BorderStyle     =  1  'Fixed Single
   Caption         =  " "
   Height          =  240
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Left            =   2880
    TabIndex        =   11
    Top             =   1800
    Width           =   735
End
Begin Label Label10
    Alignment       =   1  'Right Justify
    BorderStyle     =   1  'Fixed Single
    Caption         =   " "
    Height          =   240
    Left            =   2880
    TabIndex        =   10
    Top             =   1440
    Width           =   735
End
Begin Label Label9
    Alignment       =   1  'Right Justify
    BorderStyle     =   1  'Fixed Single
    Height          =   240
    Left            =   2880
    TabIndex        =   9
    Top             =   1080
    Width           =   735
End
Begin Label Label8
    Alignment       =   1  'Right Justify
    BorderStyle     =   1  'Fixed Single
    Height          =   240
    Left            =   2880
    TabIndex        =   8
    Top             =   720
    Width           =   735
End
Begin Label Label7
    Caption         =   "จำนวนบิทต่อ แซมปลิ้ง"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Height          =  255
    Left            =  600
    TabIndex        =  7
    Top             =  2520
    Width           =  1815
End
Begin Label Label6
    AutoSize        =  -1  'True
    Caption         =  "จำนวนไบท์ต่อแซมปลิ้ง"
    Height          =  210
    Left            =  600
    TabIndex        =  6
    Top             =  2160
    Width           =  1800
End
Begin Label Label5
    Caption         =  "จำนวนไบท์ต่อวินาที"
    Height          =  255
    Left            =  600
    TabIndex        =  5
    Top             =  1800
    Width           =  1695
End
Begin Label Label4
    Caption         =  "อัตราการแซมปลิ้ง"
    Height          =  255
    Left            =  600
    TabIndex        =  4
    Top             =  1440
    Width           =  1575
End
Begin Label Label3
    Caption         =  "จำนวนแชนแนล"
    Height          =  255
    Left            =  600
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    TabIndex        =   3
    Top             =   1080
    Width           =   1575
  End
  Begin Label Label2
    Caption         =   "จำนวนข้อมูล"
    Height          =   255
    Left            =   600
    TabIndex        =   2
    Top             =   720
    Width           =   1455
  End
  Begin Label Label1
    Alignment       =   2  'Center
    AutoSize        =   -1  'True
    FontBold        =   -1  'True
    FontItalic      =   0   'False
    FontName        =   "MS Sans Serif"
    FontSize        =   7.5
    FontStrikethru  =   0   'False
    FontUnderline   =   -1  'True
    Height          =   210
    Left            =   2550
    TabIndex        =   1
    Top             =   120
    Width           =   75
  End
End
Sub Command1_Click ()
        mainform.Enabled = True
        InfoForm.Visible = False
        Unload InfoForm
End Sub
Sub Form_Load ()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Dim info()  As Integer
        ReDim info(44)
        Open FileName For Binary As #1
        For i = 1 To 44
                a = Input$(1, 1)
                info(i) = Asc(a)
        Next i
        Close #1
        Label1.Caption = FileName
        label8.Caption = Format((info(41) * 1 + info(42) * 16 ^ 2 + info(43) * 16 ^ 4 + info(44) * 16 ^
6), "0.")
        label9.Caption = Format(info(23), "0.")
        label10.Caption = Format((info(25) * 1 + info(26) * 16 ^ 2 + info(27) * 16 ^ 4), "0.")
        label11.Caption = Format((info(29) * 1 + info(30) * 16 ^ 2 + info(31) * 16 ^ 4), "0.")
        label12 = Format(info(33), "0.")
        label13.Caption = Format(info(35), "0.")
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อยฟอร์ม พิมพ์รายงาน (Report Form)

```
VERSION 2.00
Begin Form ReportForm
   AutoRedraw      =  -1  'True
   Caption         =  "พิมพ์รายงาน การวิเคราะห์ข้อมูล [ เครื่องพิมพ์ ]"
   ClientHeight    =  6765
   ClientLeft      =  705
   ClientTop       =  345
   ClientWidth     =  7905
   Height          =  7170
   Left            =  645
   LinkTopic       =  "Form1"
   MaxButton       =  0   'False
   MinButton       =  0   'False
   ScaleHeight     =  6765
   ScaleWidth      =  7905
   Top             =  0
   Width           =  8025
   Begin CommandButton Command2
      Caption         =  "ยกเลิก"
      Height          =  375
      Left            =  6960
      TabIndex        =  4
      Top             =  1080
      Width           =  855
   End
   Begin CommandButton Command1
      Caption         =  "พิมพ์"
      Height          =  375
      Left            =  6960
      TabIndex        =  1
      Top             =  480
      Width           =  855
   End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Begin Line Line2
   BorderWidth    =  2
   Index          =  2
   X1             =  360
   X2             =  6720
   Y1             =  6480
   Y2             =  6480
End
Begin Line Line2
   BorderWidth    =  2
   Index          =  1
   X1             =  360
   X2             =  6720
   Y1             =  2400
   Y2             =  2400
End
Begin Line Line2
   BorderWidth    =  2
   Index          =  0
   X1             =  360
   X2             =  6720
   Y1             =  4440
   Y2             =  4440
End
Begin Label Label13
   AutoSize       =  -1  'True
   Caption        =  "0 dB"
   Height         =  210
   Left           =  0
   TabIndex       =  14
   Top            =  5280
   Width          =  390
End
Begin Label Label12
   AutoSize       =  -1  'True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Caption         =   "max"
    Height          =   210
    Left            =   0
    TabIndex        =   13
    Top             =   3240
    Width           =   330
End
Begin Label Label11
    AutoSize        =   -1  'True
    Caption         =   "Label11"
    Height          =   210
    Left            =   6360
    TabIndex        =   12
    Top             =   2400
    Width           =   645
End
Begin Label Label10
    AutoSize        =   -1  'True
    Caption         =   "0 วินาที."
    Height          =   210
    Left            =   120
    TabIndex        =   11
    Top             =   2400
    Width           =   660
End
Begin Label Label9
    AutoSize        =   -1  'True
    Caption         =   "200 Hz"
    Height          =   210
    Left            =   120
    TabIndex        =   10
    Top             =   6480
    Width           =   600
End
Begin Label Label8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    AutoSize        =   -1  'True
    Caption         =   "3000 Hz"
    Height          =   210
    Left            =  6360
    TabIndex        =   9
    Top             =   6480
    Width           =   705
End
Begin Line Line19
    BorderStyle     =   5  'Dash-Dot-Dot
    X1              =   360
    X2              =   6720
    Y1              =   5400
    Y2              =   5400
End
Begin Line Line18
    BorderStyle     =   5  'Dash-Dot-Dot
    X1              =   360
    X2              =   6720
    Y1              =   3360
    Y2              =   3360
End
Begin Label Label7
    AutoSize        =   -1  'True
    Caption         =   "3000 Hz"
    Height          =   210
    Left            =  6360
    TabIndex        =   8
    Top             =   4440
    Width           =   705
End
Begin Label Label6
    AutoSize        =   -1  'True
    Caption         =   "200 Hz"
    Height          =   210
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   Left          =  120
   TabIndex      =  7
   Top           =  4440
   Width         =  600
End
Begin Line Line17
   BorderStyle   =  3  'Dot
   X1            =  5160
   X2            =  5160
   Y1            =  4800
   Y2            =  6480
End
Begin Line Line16
   BorderStyle   =  3  'Dot
   X1            =  1920
   X2            =  1920
   Y1            =  4800
   Y2            =  6480
End
Begin Label Label5
   Alignment     =  2  'Center
   BorderStyle   =  1  'Fixed Single
   Caption       =  "ข้อมูลด้านกำลัง"
   Height        =  255
   Left          =  2760
   TabIndex      =  6
   Top           =  4560
   Width         =  1335
End
Begin Label Label4
   Alignment     =  2  'Center
   BorderStyle   =  1  'Fixed Single
   Caption       =  "ข้อมูลด้านความถี่"
   Height        =  255
   Left          =  2760
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    TabIndex        =  5
    Top             =  2520
    Width           =  1335
  End
  Begin Line Line15
    BorderWidth     =  2
    X1              =  360
    X2              =  360
    Y1              =  4800
    Y2              =  6480
  End
  Begin Line Line14
    BorderWidth     =  2
    X1              =  360
    X2              =  360
    Y1              =  2760
    Y2              =  4440
  End
  Begin Line Line13
    BorderWidth     =  2
    X1              =  6720
    X2              =  6720
    Y1              =  4800
    Y2              =  6480
  End
  Begin Line Line12
    BorderWidth     =  2
    X1              =  6720
    X2              =  6720
    Y1              =  2760
    Y2              =  4440
  End
  Begin Line Line11
    BorderWidth     =  2
    X1              =  360
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  X2          =  6720
  Y1          =  4800
  Y2          =  4800
End
Begin Line Line10
  BorderWidth    =  2
  X1          =  360
  X2          =  6720
  Y1          =  2760
  Y2          =  2760
End
Begin Line Line9
  BorderStyle    =  3  'Dot
  X1          =  5160
  X2          =  5160
  Y1          =  2760
  Y2          =  4440
End
Begin Line Line8
  BorderStyle    =  3  'Dot
  X1          =  1920
  X2          =  1920
  Y1          =  2760
  Y2          =  4440
End
Begin Line Line7
  BorderWidth    =  2
  X1          =  6720
  X2          =  6720
  Y1          =  480
  Y2          =  2400
End
Begin Line Line6
  BorderWidth    =  2
  X1          =  360
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  End
  Begin Label Label1
    Alignment      =  2  'Center
    AutoSize       =  -1  'True
    BorderStyle    =  1  'Fixed Single
    Caption        =  "ข้อมูลด้านเวลา"
    Height         =  240
    Left           =  2880
    TabIndex       =  0
    Top            =  240
    Width          =  1215
  End
End

Sub Command1_Click ()
        command1.Visible = flase
        command2.Visible = flase
        PrintForm
        command1.Visible = True
        command2.Visible = True
        MainForm.Enabled = True
        reportform.Visible = flase
        Unload reportform
End Sub

Sub Command2_Click ()
        MainForm.Enabled = True
        reportform.Visible = flase
        Unload reportform
End Sub

Sub Form_Activate ()
        screen.MousePointer = 11
        Dim info() As Integer
        Dim SamData() As Integer
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ReDim info(44)
ReDim SamData(10000)
Open FileName For Binary As #1
For i = 1 To 44
        a = Input$(1, 1)
        info(i) = Asc(a)
Next i
numdata = info(41) * 1 + info(42) * 16 ^ 2 + info(43) * 16 ^ 4 + info(44) * 16 ^ 6
label2 = FileName
label11 = Format(numdata / 11025, "0.00") + " วินาที."
label3 = "กำลังคำนวน"
scal = Format(6350 / numdata, "0.00")
ReDim SamData(numdata)
max = 0
For i = 1 To numdata
        a = Input$(1, 1)
        real(i) = (Asc(a) - 127)
        If Abs(real(i)) > max Then max = Abs(real(i))
                imag(i) = 0
Next i
Close #1
For i = 1 To numdata
        real(i) = real(i) * 100 / max
Next i
PSet (360, 1440)
For i = 1 To numdata
        Line -((360 + (i * scal)), 1440 - real(i) * (9.6))
Next
m = 11
m1 = 1
n = 2 ^ m
'-------------------------------------------------------
FFT
n1 = n - 1
n2 = n / 2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'bit reverse
        j = 1
        For i = 1 To n1
                If i <= j Then
                        r1 = real(j)
                        r2 = imag(j)
                        real(j) = real(i)
                        imag(j) = imag(i)
                        real(i) = r1
                        imag(i) = r2
                End If
                k = n2
                Do While k < j
                        j = j - k
                        k = k / 2
                Loop
                j = j + k
        Next i
        For l = 1 To m
                y = l
                z = 2 ^ y
                l0 = z
                l1 = l0 / 2
                u1 = 1
                u2 = 0
                w1 = Cos(p / l1)
                w2 = -m1 * Sin(p / l1)
                For j = 1 To l1
                        For i = j To n Step l0
                                i1 = i + l1
                                r1= real(i1) * u1 - imag(i1) * u2
                                r2 = real(i1) * u2 + imag(i1) * u1
                                real(i1) = real(i) - r1
                                imag(i1) = imag(i) - r2
                                real(i) = real(i) + r1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                imag(i) = imag(i) + r2
            Next i
            u9 = u1
            u1 = u1 * w1 - u2 * w2
            u2 = u9 * w2 + u2 * w1
        Next j
        label3.Caption = "complete=" + Int((l * 100) / m) + "%"
    Next l
' find amplitude
    max = 0
    For i = 1 To 600
        ans(i) = Format(Sqr(real(i) ^ 2 + imag(i) ^ 2), "0.00")
        If max < ans(i) Then max = ans(i)
            b(i) = i
    Next i
'show graph
    max1 = 4420 - 1400
    line18.Y1 = 3020'max1
    line18.Y2 = 3020'max1
    label12.Top = 2920'1300
    PSet (360, 4420)
    For i = 40 To 600
        Line -(360 + ((i - 40) * 11.357), 4420 - (ans(i) * 1400 / max))
    Next i
'-------------------------------------------------
    max = 0
    line19.Visible = flase
    label13.Visible = flase
    PSet (360, 6480)
    For i = 41 To 600
        ans(i) = Format(20 * (Log(ans(i)) / Log(10#)), "0.00")
        If max < ans(i) Then max = ans(i)
        Line -(360 + ((i - 40) * 11.357), 6480 - ans(i) * 15)
    Next i
    max = 6480 - max * 15
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        line19.Y1 = max
        line19.Y2 = max
        label13.Top = max - 100
        line19.Visible = True
        label13.Visible = True
        screen.MousePointer = 0
End Sub

Sub Form_Load ()
        label1.Caption = "ข้อมูลด้านเวลา"
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อยฟอร์ม เกี่ยวกับ

```
VERSION 2.00
Begin Form AboutForm
   AutoRedraw      =  -1  'True
   BackColor       =  &H00FFFFFF&
   Caption         =  "โปรแกรมวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูด"
   ClientHeight    =  3705
   ClientLeft      =  1470
   ClientTop       =  1500
   ClientWidth     =  7230
   Height          =  4110
   Left            =  1410
   LinkTopic       =  "Form2"
   MaxButton       =  0   'False
   MinButton       =  0   'False
   ScaleHeight     =  3705
   ScaleWidth      =  7230
   Top             =  1155
   Width           =  7350
   Begin CommandButton Command1
      Caption         =  "ตกลง"
      Height          =  495
      Left            =  2880
      TabIndex        =  0
      Top             =  3000
      Width           =  1575
   End
   Begin Label Label5
      Alignment       =  2  'Center
      AutoSize        =  -1  'True
      BackStyle       =  0  'Transparent
      Caption         =  "สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง"
      FontBold        =  -1  'True
      FontItalic      =  0   'False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    FontName        =  "JasmineUPC"
    FontSize        =  18
    FontStrikethru  =  0   'False
    FontUnderline   =  0   'False
    Height          =  405
    Left            =  480
    TabIndex        =  5
    Top             =  2400
    Width           =  6255
End
Begin Label Label4
    Alignment       =  2  'Center
    AutoSize        =  -1  'True
    BackStyle       =  0  'Transparent
    Caption         =  "ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม  คณะครุศาสตรอุตสาหกรรม"
    FontBold        =  -1  'True
    FontItalic      =  0   'False
    FontName        =  "JasmineUPC"
    FontSize        =  18
    FontStrikethru  =  0   'False
    FontUnderline   =  0   'False
    Height          =  405
    Left            =  360
    TabIndex        =  4
    Top             =  1920
    Width           =  6555
End
Begin Label Label3
    Alignment       =  2  'Center
    AutoSize        =  -1  'True
    BackStyle       =  0  'Transparent
    Caption         =  "สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์"
    FontBold        =  -1  'True
    FontItalic      =  0   'False
    FontName        =  "JasmineUPC"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    FontSize      =  18
    FontStrikethru =  0   'False
    FontUnderline  =  0   'False
    Height        =  405
    Left          =  1350
    TabIndex      =  3
    Top           =  1440
    Width         =  4635
End
Begin Label Label2
    Alignment     =  2   'Center
    AutoSize      =  -1  'True
    BackStyle     =  0   'Transparent
    Caption       =  "Ed. Engineer 16"
    Height        =  210
    Left          =  3000
    TabIndex      =  2
    Top           =  1080
    Width         =  1350
End
Begin Label Label1
    Alignment     =  2   'Center
    AutoSize      =  -1  'True
    BackColor     =  &H00E0FFFF&
    BorderStyle   =  1   'Fixed Single
    Caption       =  "โปรแกรมวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูด"
    FontBold      =  -1  'True
    FontItalic    =  0   'False
    FontName      =  "BrowalliaUPC"
    FontSize      =  24
    FontStrikethru =  0   'False
    FontUnderline  =  0   'False
    Height        =  660
    Left          =  1215
    TabIndex      =  1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Top             =  240
    Width           =  5025
  End
  Begin Image Image1
    BorderStyle     =  1  Fixed Single
    Height          =  360
    Left            =  240
    Picture         =  ABOUT.FRX:0000
    Top             =  360
    Width           =  390
  End
End

Sub Command1_Click ()
        MainForm.Enabled = True
        AboutForm.Visible = False
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อยฟอร์ม เปรียบเทียบ

```
VERSION 2.00
Begin Form CPform
   Caption        =  "เปรียบเทียบเสียง"
   ClientHeight   =  5355
   ClientLeft     =  1095
   ClientTop      =  1500
   ClientWidth    =  7650
   Height         =  5760
   Left           =  1035
   LinkTopic      =  "Form3"
   ScaleHeight    =  5355
   ScaleWidth     =  7650
   Top            =  1155
   Width          =  7770
   Begin CommandButton Command2
      Caption        =  "ยกเลิก/ออก"
      Height         =  495
      Left           =  2640
      TabIndex       =  18
      Top            =  4680
      Width          =  1575
   End
   Begin CommandButton Command1
      Caption        =  "เปรียบเทียบ"
      Height         =  495
      Left           =  2640
      TabIndex       =  13
      Top            =  1320
      Width          =  1455
   End
   Begin OptionButton Option4
      Caption        =  "Option4"
      Height         =  255
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   Left          =  5880
   TabIndex      =  8
   Top           =  3480
   Width         =  255
End
Begin OptionButton Option3
   Caption       =  "Option3"
   Height        =  255
   Left          =  4080
   TabIndex      =  7
   Top           =  3480
   Width         =  255
End
Begin OptionButton Option2
   Caption       =  "Option2"
   Height        =  255
   Left          =  2040
   TabIndex      =  6
   Top           =  3480
   Width         =  255
End
Begin OptionButton Option1
   Caption       =  "Option1"
   Height        =  255
   Left          =  360
   TabIndex      =  5
   Top           =  3480
   Value         =  -1  'True
   Width         =  255
End
Begin ListBox List1
   Height        =  2760
   Left          =  6600
   TabIndex      =  4
   Top           =  480
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   Width          =  615
End
Begin FileListBox File2
   Height         =  2760
   Left           =  4440
   Pattern        =  "*.fft"
   TabIndex       =  1
   Top            =  480
   Width          =  1695
End
Begin FileListBox File1
   Height         =  2760
   Left           =  600
   Pattern        =  "*.fft"
   TabIndex       =  0
   Top            =  480
   Width          =  1695
End
Begin Label Label13
   AutoSize       =  -1  'True
   Caption        =  "ปลายทาง:"
   Height         =  210
   Left           =  3840
   TabIndex       =  21
   Top            =  120
   Width          =  795
End
Begin Label Label12
   AutoSize       =  -1  'True
   Caption        =  "ต้นทาง:"
   Height         =  210
   Left           =  120
   TabIndex       =  20
   Top            =  120
   Width          =  600
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End
Begin Label Label11
   AutoSize        =  -1  'True
   Caption         =  "%"
   FontBold        =  -1  'True
   FontItalic      =  0   'False
   FontName        =  "MS Sans Serif"
   FontSize        =  12
   FontStrikethru  =  0   'False
   FontUnderline   =  0   'False
   Height          =  300
   Left            =  7320
   TabIndex        =  19
   Top             =  4080
   Width           =  240
End
Begin Label Label10
   AutoSize        =  -1  'True
   BorderStyle     =  1   'Fixed Single
   Caption         =  "000"
   FontBold        =  -1  'True
   FontItalic      =  0   'False
   FontName        =  "MS Sans Serif"
   FontSize        =  12
   FontStrikethru  =  0   'False
   FontUnderline   =  0   'False
   Height          =  330
   Left            =  6720
   TabIndex        =  17
   Top             =  4080
   Width           =  495
End
Begin Label Label9
   AutoSize        =  -1  'True
   Caption         =  "เปอร์เซ็นต์ความคล้าย"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Height          =   210
    Left            =   4800
    TabIndex        =   16
    Top             =   4080
    Width           =   1725
End
Begin Label Label8
    AutoSize        =   -1  'True
    BorderStyle     =   1  'Fixed Single
    Caption         =   "?.FFT"
    FontBold        =   -1  'True
    FontItalic      =   0   'False
    FontName        =   "MS Sans Serif"
    FontSize        =   12
    FontStrikethru  =   0   'False
    FontUnderline   =   0   'False
    Height          =   330
    Left            =   2040
    TabIndex        =   15
    Top             =   4080
    Width           =   750
End
Begin Label Label7
    AutoSize        =   -1  'True
    Caption         =   "แฟ้มที่คล้ายที่สุด คือ "
    FontBold        =   -1  'True
    FontItalic      =   0   'False
    FontName        =   "MS Sans Serif"
    FontSize        =   7.5
    FontStrikethru  =   0   'False
    FontUnderline   =   -1  'True
    Height          =   210
    Left            =   240
    TabIndex        =   14
    Top             =   4080
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Width          =  1635
End
Begin Label Label6
    Caption        =  "Blackman"
    Height         =  255
    Left           =  6240
    TabIndex       =  12
    Top            =  3480
    Width          =  1215
End
Begin Label Label5
    Caption        =  "Haming"
    Height         =  255
    Left           =  4440
    TabIndex       =  11
    Top            =  3480
    Width          =  1215
End
Begin Label Label4
    Caption        =  "Hann"
    Height         =  255
    Left           =  2400
    TabIndex       =  10
    Top            =  3480
    Width          =  1455
End
Begin Label Label3
    Caption        =  "Rectangle"
    Height         =  255
    Left           =  720
    TabIndex       =  9
    Top            =  3480
    Width          =  1095
End
Begin Label Label2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Caption         =   " "
    Height          =   255
    Left            =   4800
    TabIndex        =   3
    Top             =   120
    Width           =   2175
  End
  Begin Label Label1
    Caption         =   " "
    Height          =   255
    Left            =   840
    TabIndex        =   2
    Top             =   120
    Width           =   1935
  End
End

Sub Command1_Click ()
    Dim dis() As String
    numfile = file2.ListCount
    ReDim dis(numfile)
    For i = 0 To numfile
        dis(i) = file2.List(i)
    Next i
    Dim result() As Integer
    Dim source() As Integer
    Dim dist()  As Integer
    ReDim result(50)
    ReDim source(50)
    ReDim dist(50)
    list1.Clear
    newname = "c:\wav\analy\" + mypath1 + newname
    Open newname For Input As #1
    For i = 1 To 5
        Input #1, source(i)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Next i
        For i = 1 To 50
                Input #1, source(i)
        Next i
        Close #1
'---------------------------------------compare
        For j = 0 To numfile - 1
        DistFile = "c:\wav\datawav\" + mypath1 + dis(j)
        x = 0
        Open DistFile For Input As #1
        For i = 1 To 5
                Input #1, dist(i)
        Next i
        For i = 1 To 25
                Input #1, dist(i)
                If Abs(source(i) - dist(i)) < 4 Then
                        x = x + 2
                End If
        Next i
        For i = 26 To 50
                Input #1, dist(i)
                If Abs(source(i) - dist(i)) < 2 Then
                        x = x + 2
                End If
        Next i
        result(j) = x
        list1.AddItem Str(result(j))
        Close #1
        Next j
'---------------------------------------end of compare
        max = result(0)
        For i = 1 To numfile - 1
                If max < result(i) Then
                        max = result(i)
                        a = i
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                End If
        Next i
        label8.Caption = dis(a)
        label10.Caption = max
End Sub

Sub Command2_Click ()
        MainForm.Enabled = True
        CPform.Visible = False
        Unload CPform
End Sub

Sub File1_Click ()
        label1 = file1.List(file1.ListIndex)
        newname = file1.List(file1.ListIndex)
        command1.Enabled = True
End Sub

Sub Form_Activate ()
        command1.Enabled = False
        Option1.Value = True
        mypath1 = "rec\"
        file1.Path = "c:\wav\analy\" + mypath1
        file2.Path = "c:\wav\datawav\" + mypath1
        label1 = "c:\wav\analy\" + mypath1
        label2 = "c:\wav\datawav\" + mypath1
End Sub

Sub Option1_Click ()
        Option1.Value = True
        Option2.Value = False
        Option3.Value = False
        Option4.Value = False
        mypath1 = "rec\"
        file1.Path = "c:\wav\analy\" + mypath1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        file2.Path = "c:\wav\datawav\" + mypath1
        label1 = "c:\wav\analy\" + mypath1
        label2 = "c:\wav\datawav\" + mypath1
End Sub

Sub Option2_Click ()
        Option1.Value = False
        Option2.Value = True
        Option3.Value = False
        Option4.Value = False
        mypath1 = "hann\"
        file1.Path = "c:\wav\analy\" + mypath1
        file2.Path = "c:\wav\datawav\" + mypath1
        label1 = "c:\wav\analy\" + mypath1
        label2 = "c:\wav\datawav\" + mypath1
End Sub

Sub Option3_Click ()
        Option1.Value = False
        Option2.Value = False
        Option3.Value = True
        Option4.Value = False
        mypath1 = "ham\"
        file1.Path = "c:\wav\analy\" + mypath1
        file2.Path = "c:\wav\datawav\" + mypath1
        label1 = "c:\wav\analy\" + mypath1
        label2 = "c:\wav\datawav\" + mypath1
End Sub

Sub Option4_Click ()
        Option1.Value = False
        Option2.Value = False
        Option3.Value = False
        Option4.Value = True
        mypath1 = "black\"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        file1.Path = "c:\wav\analy\" + mypath1
        file2.Path = "c:\wav\datawav\" + mypath1
        label1 = "c:\wav\analy\" + mypath1
        label2 = "c:\wav\datawav\" + mypath1
End Sub
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อยฟอร์ม หน้าต่างด้านเวลา (MONITOR1)

```
VERSION 2.00
Begin Form MONITOR1
  Caption        =  "MONITOR"
  ClientHeight   =  2865
  ClientLeft     =  255
  ClientTop      =  1455
  ClientWidth    =  9120
  Height         =  3270
  Left           =  195
  LinkTopic      =  "Form1"
  MaxButton      =  0   'False
  MinButton      =  0   'False
  ScaleHeight    =  2865
  ScaleWidth     =  9120
  Top            =  1110
  Width          =  9240
  Begin OptionButton Option4
    Caption      =  "Option4"
    Height       =  255
    Left         =  3600
    TabIndex     =  5
    Top          =  0
    Width        =  255
  End
  Begin OptionButton Option3
    Caption      =  "Option3"
    Height       =  255
    Left         =  2880
    TabIndex     =  4
    Top          =  0
    Width        =  255
  End
  Begin OptionButton Option2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   Caption         =  "Option2"
   Height          =  255
   Left            =  2280
   TabIndex        =  3
   Top             =  0
   Width           =  255
End
Begin OptionButton Option1
   Caption         =  "Zoom 1"
   Height          =  255
   Left            =  1680
   TabIndex        =  2
   Top             =  0
   Width           =  255
End
Begin HScrollBar HScroll1
   Height          =  255
   LargeChange     =  1000
   Left            =  0
   Max             =  10000
   Min             =  45
   SmallChange     =  5
   TabIndex        =  0
   Top             =  2640
   Value           =  45
   Width           =  9135
End
Begin Label Label7
   AutoSize        =  -1  'True
   Height          =  210
   Left            =  6720
   TabIndex        =  11
   Top             =  0
   Width           =  60
End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Begin Label Label6
   AutoSize        =   -1  'True
   Caption         =   "20"
   Height          =   210
   Left            =   3960
   TabIndex        =   10
   Top             =   0
   Width           =   210
End
Begin Label Label5
   Caption         =   "10"
   Height          =   255
   Left            =   3240
   TabIndex        =   9
   Top             =   0
   Width           =   255
End
Begin Label Label4
   Caption         =   "5"
   Height          =   255
   Left            =   2640
   TabIndex        =   8
   Top             =   0
   Width           =   135
End
Begin Label Label3
   Caption         =   "1"
   Height          =   255
   Left            =   2040
   TabIndex        =   7
   Top             =   0
   Width           =   135
End
Begin Label Label2
   AutoSize        =   -1  'True
```

เอกสารนี้เป็นการที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Caption         =  "ขยาย"
    Height          =  210
    Left            =  1080
    TabIndex        =  6
    Top             =  0
    Width           =  435
  End
  Begin Label Label1
    AutoSize        =  -1  'True
    Height          =  210
    Left            =  7440
    TabIndex        =  1
    Top             =  0
    Width           =  60
  End
  Begin Line Line2
    X1              =  4440
    X2              =  4440
    Y1              =  0
    Y2              =  2880
  End
  Begin Line Line1
    X1              =  9240
    X2              =  0
    Y1              =  1320
    Y2              =  1320
  End
End


Sub Command1_Click ()
        Open FileName For Binary As #1
        For i = 1 To 11024
                a = Input$(1, 1)
                SamData(i) = (Asc(a) - 127)
                pr = i / 11024
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            label1.Caption = "Press Wait.." + Format$(pr, "0 %")
        Next i
End Sub

Sub Form_Activate ()
        Hscroll1.LargeChange = 10000 / sc
        Cls
        pl = Hscroll1.Value
        MONITOR1.PSet (0, 1440)
        For i = Hscroll1.Value To (Hscroll1.Value + (10000 / sc))
        MONITOR1.Line -(((i - pl) * (sc)), 1340 - real(i) * (15))
        Next
End Sub

Sub Form_Load ()
        Option3.Value = True
        sc = 10
End Sub

Sub HScroll1_Change ()
        Cls
        pl = Hscroll1.Value
        MONITOR1.PSet (0, 1440)
        If sc = 1 Then
                For i = 1 To Hscroll1.Max
                        MONITOR1.Line -(((i - pl) * (sc)), 1320 - real(i) * (15))
                Next
        Else
                For i = Hscroll1.Value To (Hscroll1.Value + (12000 / sc))
                        MONITOR1.Line -(((i - pl) * (sc)), 1320 - real(i) * (15))
                Next
        End If
End Sub

Sub Option1_Click ()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Option1.Value = True
        Option2.Value = False
        Option3.Value = False
        Option4.Value = False
        sc = 1
        Hscroll1.LargeChange = 10000
        Cls
        MONITOR1.Label7.Caption = "please wait"
        For i = 1 To Hscroll1.Max
                MONITOR1.Line -(((i - pl) * (sc)), 1340 - real(i) * (15))
        Next i
        MONITOR1.Label7.Caption = ""
End Sub

Sub Option2_Click ()
        Option1.Value = False
        Option2.Value = True
        Option3.Value = False
        Option4.Value = False
        sc = 5
        Hscroll1.LargeChange = 11024 / sc
        Cls
        MONITOR1.Label7.Caption = "please wait"
        pl = Hscroll1.Value
        MONITOR1.PSet (0, 1440)
        For i = Hscroll1.Value To (Hscroll1.Value + (12000 / sc))
                MONITOR1.Line -(((i - pl) * (sc)), 1340 - real(i) * (15))
        Next
        MONITOR1.Label7.Caption = ""
End Sub

Sub Option3_Click ()
        Option1.Value = False
        Option2.Value = False
        Option3.Value = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Option4.Value = False
        sc = 10
        Hscroll1.LargeChange = 11024 / sc
        Cls
        MONITOR1.Label7.Caption = "please wait"
        pl = Hscroll1.Value
        MONITOR1.PSet (0, 1440)
        For i = Hscroll1.Value To (Hscroll1.Value + (12000 / sc))
                MONITOR1.Line -(((i - pl) * (sc)), 1340 - real(i) * (15))
        Next
        MONITOR1.Label7.Caption = ""
End Sub

Sub Option4_Click ()
        Option1.Value = False
        Option2.Value = False
        Option3.Value = False
        Option4.Value = True
        sc = 20
        Hscroll1.LargeChange = 11024 / sc
        Cls
        MONITOR1.Label7.Caption = "please wait"
        pl = Hscroll1.Value
        MONITOR1.PSet (0, 1440)
        For i = Hscroll1.Value To (Hscroll1.Value + (12000 / sc))
                MONITOR1.Line -(((i - pl) * (sc)), 1340 - real(i) * (15))
        Next
        MONITOR1.Label7.Caption = ""
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อยฟอร์ม หน้าต่างด้านความถี่ (Freqmoni)

```
VERSION 2.00
Begin Form FreqMonitor
   BorderStyle    =  1  Fixed Single
   Caption        =  "Frequcy Monitor"
   ClientHeight   =  2910
   ClientLeft     =  600
   ClientTop      =  1380
   ClientWidth    =  8280
   Height         =  3315
   Left           =  540
   LinkTopic      =  "Form1"
   MaxButton      =  0  False
   MinButton      =  0  False
   ScaleHeight    =  2910
   ScaleWidth     =  8280
   Top            =  1035
   Width          =  8400
   Begin OptionButton Option2
      Caption     =  "Option2"
      Height      =  255
      Left        =  7200
      TabIndex    =  3
      Top         =  120
      Width       =  255
   End
   Begin OptionButton Option1
      Caption     =  "Option1"
      Height      =  255
      Left        =  5880
      TabIndex    =  2
      Top         =  120
      Width       =  255
   End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Begin Line Line6
   X1          =  0
   X2          =  8280
   Y1          =  2640
   Y2          =  2640
End
Begin Label Label6
   AutoSize    =  -1  'True
   Caption     =  "1500 Hz"
   Height      =  210
   Left        =  3600
   TabIndex    =  7
   Top         =  2640
   Width       =  690
End
Begin Label Label5
   AutoSize    =  -1  'True
   Height      =  210
   Left        =  0
   TabIndex    =  6
   Top         =  360
   Width       =  60
End
Begin Line Line7
   BorderStyle =  3  'Dot
   X1          =  0
   X2          =  8280
   Y1          =  600
   Y2          =  600
End
Begin Label Label4
   AutoSize    =  -1  'True
   Caption     =  "แบบเส้น"
   Height      =  210
   Left        =  7440
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    TabIndex        =  5
    Top             =  120
    Width           =  690
End
Begin Label Label3
    AutoSize        =  -1  'True
    Caption         =  "แบบจุด"
    Height          =  210
    Left            =  6120
    TabIndex        =  4
    Top             =  120
    Width           =  600
End
Begin Label Label2
    AutoSize        =  -1  'True
    Caption         =  "3000 Hz"
    Height          =  210
    Left            =  7560
    TabIndex        =  1
    Top             =  2640
    Width           =  825
End
Begin Label Label1
    AutoSize        =  -1  'True
    Caption         =  "200 Hz"
    Height          =  210
    Left            =  0
    TabIndex        =  0
    Top             =  2640
    Width           =  600
End
Begin Line Line5
    BorderStyle     =  3  'Dot
    X1              =  6900
    X2              =  6900
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Y1              =  2640
    Y2              =  0
  End
  Begin Line Line4
    BorderStyle     =  3  'Dot
    X1              =  5400
    X2              =  5400
    Y1              =  0
    Y2              =  2640
  End
  Begin Line Line3
    BorderStyle     =  3  'Dot
    X1              =  3900
    X2              =  3900
    Y1              =  0
    Y2              =  2640
  End
  Begin Line Line2
    BorderStyle     =  3  'Dot
    X1              =  2400
    X2              =  2400
    Y1              =  0
    Y2              =  2640
  End
  Begin Line Line1
    BorderStyle     =  3  'Dot
    DrawMode        =  1  'Blackness
    X1              =  900
    X2              =  900
    Y1              =  0
    Y2              =  2640
  End
End
Dim st As Double
Sub Form_Load ()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        option1.Value = True
        option2.Value = flase
End Sub

Sub Option1_Click ()
        FreqMonitor.Cls
        option2.Value = False
        option1.Value = True
        FreqMonitor.PSet (0, 2640)
        For i = 40 To 600
                FreqMonitor.Line -((i - 40) * 15, 2640 - (ans(i) * pt))
        Next i
End Sub

Sub Option2_Click ()
        FreqMonitor.Cls
        option1.Value = False
        option2.Value = True
        FreqMonitor.PSet (0, 2640)
        For i = 40 To 600
                FreqMonitor.Line ((i - 40) * 15, 2640)-((i - 40) * 15, 2640 - (ans(i) * pt))
        Next i
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมส่วนหัวโปรแกรม

```
Global CountSec As Integer
Global numdata As Integer
'Global numdata1 As Integer
Global window As String
Global newname As String
Global FileName As String
Global FileName1 As String
Global mypath As String
Global mypath1 As String
Global title1 As String
Global title2 As String
Global SamData(1 To 10000) As Double
Global sc As Integer
Global pt As Double
Global real(1 To 10000) As Double
Global imag(1 To 10000) As Double
Global n As Integer
Global ans(1 To 10000) As Double
Global b(1 To 10000) As Double
Global info(1 To 44) As Integer
Global max As Double
Global type_use As String

Const OFN_FILEMUSTEXIST = &H1000&
Const OFN_READONLY = &H4&
Const MCIERR_INVALID_DEVICE_ID = 30257
Const MCIERR_DEVICE_OPEN = 30263
Const MCIERR_CONNOT_LOAD_DRIVER = 30266
Const MCIERR_UNSUPPORTED_FUNCTION = 30274
Const MCIERR_INVALID_FILE = 30304
Const MCI_MODE_NOT_OPEN = 524
Const MCI_MODE_PLAY = 526
Const MCI_FORMAT_MILLISECONDS = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Const INTERVAL = 50
Const INTERVAL_PLUE = 55
Const p = 3.141592654
Dim CurrentValue As Double
Dim PauseFlag As Integer

Sub PFFT ()
        Analy.Label1.Caption = "complete= 0 %"
        m = 11
        m1 = 1
    '   p = 3.141592654
        n = 2 ^ m
'-------------------------------------------------------


'FFT
        n1 = n - 1
        n2 = n / 2
'bit reverse
        j = 1
        For i = 1 To n1
                If i <= j Then
                r1 = real(j)
                r2 = imag(j)
                real(j) = real(i)
                imag(j) = imag(i)
                real(i) = r1
                imag(i) = r2
                End If
                k = n2
                Do While k < j
                        j = j - k
                        k = k / 2
                Loop
                j = j + k
        Next i
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        For l = 1 To m
            y = l
            z = 2 ^ y
            l0 = z
            l1 = l0 / 2
            u1 = 1
            u2 = 0
            w1 = Cos(p / l1)
            w2 = -m1 * Sin(p / l1)
            For j = 1 To l1
                For i = j To n Step l0
                    i1 = i + l1
                    r1 = real(i1) * u1 - imag(i1) * u2
                    r2 = real(i1) * u2 + imag(i1) * u1
                    real(i1) = real(i) - r1
                    imag(i1) = imag(i) - r2
                    real(i) = real(i) + r1
                    imag(i) = imag(i) + r2
                Next i
            u9 = u1
            u1 = u1 * w1 - u2 * w2
            u2 = u9 * w2 + u2 * w1
            Next j
            Analy.Label1.Caption = "complete=" + Int((l * 100) / m) + "%"
        Next l
    ' find amplitude
        max = 0
        For i = 1 To 600
            ans(i) = Format(Sqr(real(i) ^ 2 + imag(i) ^ 2), "0.00")
            If Abs(ans(i)) > max Then max = Abs(ans(i))
            b(i) = i
        Next i
    'show graph
        FreqMonitor.PSet (0, 2640)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    For i = 40 To 600
        FreqMonitor.Line -((i - 40) * 15, 2640 - ((ans(i) * 2200) / max))
    Next i
End Sub
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
คู่มือการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

คู่มือการ์ดซาวน์บลาสเตอร์โปร

■ Introduction

This guide is intended for individuals who will be installing and configuring the audio card in a PC/AT host system. Throughout this guide, the audio card refers to our range of 8-bit audio cards.

This guide is arranged as follows:

Chapter 1, "Before You Begin"
Describes a list of system requirements and where to get the latest information not available at the time of printing.

Chapter 2, "Installing the Audio Card"
Instructions for installing and testing the card.

Chapter 3, "Connecting External Devices"
Instructions for connecting external devices to the card.

Appendices
Topics covered include general specifications, relevant hardware information, troubleshooting tips and strategies, and what you need to know when changing hardware settings.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chapter 1 Before You Begin

The information in this chapter covers the minimum system requirements and how to get the latest information.

Checking System Requirements

You need to verify that your system meets the following requirements:

- ☐ IBM AT, 286, 386, 486, PS/2 (models 25 and 30), Tandy AT, or 100% compatibles.
- ☐ EGA or VGA card (VGA recommended).
- ☐ 4 MB of hard-disk space for the software.
- ☐ Windows 3.1 for Windows applications.

Note: Except MMPLAY which requires a VGA card, all other applications require at least an EGA card.

Obtaining Latest Information

The README file on the diskette labeled Audio Card Installation Disk #1 contains the latest information and changes not available at the time of printing. Please read the file before you continue. To view the file, insert the diskette in your disk drive and type **README**.

Making a Backup

If you have not made a backup copy of the original diskettes that come with your package, you should do so before installing the software in your system. Store your original diskettes in a safe place.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Align the card's gold-stripped connector with the expansion slot and gently lower the card into the free slot as shown in Figure 2.1.

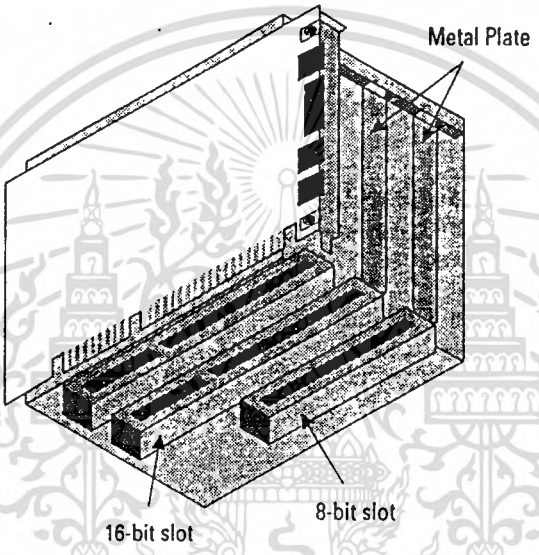


Figure 2.1: Installing the Audio Card.

8. Secure the card to the expansion slot with the screw you removed from the metal plate.
9. Connect speakers to your card's audio output connector (see Figure 3.1).

   Note: If your package comes with a CD-ROM drive, you should install it before replacing the cover. Refer to your *CD-ROM Drive User's Guide* for installation instructions.

10. Replace the cover of your system and turn it on.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ Chapter 2 Installing the Audio Card

This chapter guides you through the process of installing the audio card in your system. It also explains how to run the test program to ensure the card has been installed properly.

Checking the Hardware Settings

Before you install the card in your system, you should take note of the following factory default settings on the card:

Audio Interface		
Base I/O address	:	220H
DMA channel	:	1
Interrupt	:	5
Joystick Port	:	Enabled

You need to change the factory default settings of your audio card if:

- ☐ Hardware conflict occurs between your audio card and another peripheral card.
- ☐ Joystick/Game Port is already in use.

If you need to change those settings, you should do so before installing the card in your system (see Appendix C on how to change the settings).

Installing the Card

Installing the audio card in your system is simple. However, please follow the instructions carefully before installing the card.

To install the card:

1. Turn off your system and all peripheral devices.
2. Leave the power cable connected to the grounded outlet so that your system is grounded.
3. Touch a metal plate on your system to ground yourself and discharge any static electricity that might damage the card's components.
4. Remove the cover from your system.
5. Find a free 16-bit expansion slot in your system.
6. Remove the metal plate from the slot you have chosen and put the screw aside.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Testing the Installation

Once you have installed the card, run the test program TEST-SBP to make sure the card has been installed properly. This program checks the base I/O address, interrupt, and DMA channel used by the card, and then displays a menu to let you test the card's sound and music output.

To run the test program:

1. Insert Audio Card Installation Disk #1 into your disk drive.
2. Change to the drive containing the disk.
3. Type **TEST-SBP** and press <Enter>.
4. Follow the instructions on the screen to complete the test.

If the test program stops or displays an error message when it is checking the card's base I/O address, interrupt, and DMA channel, it may be due to a conflict between the audio card and another peripheral card. To resolve the conflict, you have to change the jumper settings on the audio card. (See Appendix C on how to change the settings and Appendix E on how to resolve the conflicts.)

Sometimes, hardware conflicts will hang the test program. To prevent that from happening, you can use the /m switch. The /m switch changes the way the test program operates. Normally, the test program checks each possible setting automatically. When you use the /m switch, the test program prompts you to enter the settings of the card. To use the /m switch, type **TEST-SBP /m** at the DOS prompt and press <Enter>.

If there is no sound output during the test, check the following:

1. Speakers are connected to the card's audio output connector.
2. Volume control knob is set at mid-range.
3. No hardware conflicts between the audio card and another peripheral card.

Caution: The built-in stereo power amplifier has a maximum output power of four watts per channel for four ohm speakers and two watts per channel for eight ohm speakers. Do not play at maximum if your speakers cannot handle this power.

Installing the Software

After testing your audio card, you can install the software. Several DOS and Windows applications are provided with the package that comes with your audio card. (For a detailed description of the applications provided, refer to your audio card's *User Reference Manual.*) If you have Windows 3.1 and have not installed it, it is advisable that you install it before installing the software.

To install the software:

1. Insert Audio Card Installation Disk #1 into your disk drive.
2. Change to the drive containing the disk.
3. Type **INSTALL** and press <Enter>.
4. Follow the instructions on the screen to complete the installation.

The installation program allows you to add a command to the WIN.INI file to run WINSETUP.EXE. The program automatically sets up the card's audio drivers and Windows applications when you run Windows the next time.

If you choose not to add the command to the WIN.INI file, you can set up the card's audio drivers and Windows applications yourself by running WINSETUP.EXE (see Appendix D).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ Chapter 3 Connecting External Devices

This chapter describes the various devices such as speakers, microphone, joystick, and so on that can be connected to your audio card (see Figure 3.1).

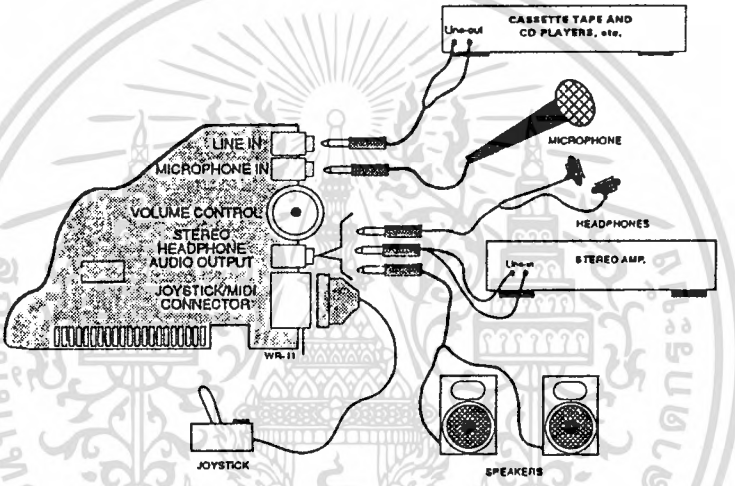


Figure 3.1: Connecting external devices to the audio card.

Installing CD-ROM Drive

The audio card has a built-in CD-ROM drive interface that can be connected to an internal or external CD-ROM drive. Detailed installation instructions and the necessary cables are provided when you purchase the drive.

Joystick/MIDI Port

The joystick port on the audio card is identical to that on a standard PC game control adapter or game I/O port. You can connect any analog joystick with a 15-pin D-sub connector to it. It also works well with any application that is compatible with the standard PC joystick. To use two joysticks, you need a Y-cable.

If there is a game card in your system, it will conflict with the joystick port on your audio card. To avoid the conflict, remove either the game card or disable the joystick port on your audio card by removing the jumper block from JP4 (see Appendix C).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MIDI Kit

To make use of the joystick's MIDI function, you need a MIDI Kit. The Kit contains a MIDI adapter with a joystick port so that you can plug in a joystick and connect a MIDI instrument simultaneously. The Kit also comes with a sequencing software that allows you to record, playback, and edit MIDI files.

Internal Speaker

It is possible to redirect the PC sounds that normally come from the PC speakers to the external speakers connected to the audio card. To do that:

1. Locate the PC speaker connection on the motherboard.
2. Remove the speaker connection from the motherboard.
3. From the motherboard, connect a wire from the +5Vdc pin on the speaker connector to pin 1 of jumper JP1 on the card (see Appendix C).
4. Connect another wire from the data-out pin on the motherboard speaker to pin 2 of JP1 on the card (see Appendix C).

Note: You may need an experienced PC technician or the help of your dealer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ Appendix A General Specifications

FM stereo music synthesizer producing 11 voices with 4 operators, 20 voices with 2 operators.

Built-in 4 watts stereo power amplifier that can drive the headphones or speakers.

Stereo digitized audio playback capability
- ❒ Plays back all kinds of digitized sounds such as speech, music and special effects through the two 8-bit Digital-to-Analog Converters (DACs).
- ❒ Variable sampling rate from 4 kHz to 44.1 kHz.
- ❒ Hardware ADPCM decompression (2:1, 3:1, and 4:1).
- ❒ DMA or CPU transfer mode.

Stereo digitized audio record capability
- ❒ Digitizes and records any kind of sound through the microphone, line-in, and CD-audio.
- ❒ Sampling rate from 4 kHz to 44.1 kHz (mono) or 11 kHz to 22.05 kHz (stereo).
- ❒ DMA or CPU transfer mode.

Built-in Digital/Analog Mixer
- ❒ Software programmable digital/analog mixer.
- ❒ Mixes stereo DAC, FM music, CD-audio, Line-In, Microphone input, and Master Volume during playback.

Built-in Microphone Jack and Amplifier
- ❒ Automatic Gain Control that automatically adjusts sound input level.

Built-in Master Volume Control

Software Selectable Sound Input
- ❒ Microphone input (mono)
- ❒ Line input (mono or stereo)
- ❒ CD-audio (mono or stereo)

CD-ROM Drive Interface
- ❒ Built-in interface for CD-ROM drive.

Joystick Port
- ❒ Built-in standard Game I/O port for PC analog joystick.

MIDI Interface
- ❒ Built-in MIDI interface for connection to MIDI instruments or keyboards.
- ❒ 64-byte FIFO buffer for high speed transfer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ Appendix B Hardware Information

This appendix provides you with the hardware information on the I/O addresses, interrupt line, and DMA channel used by the audio card. It also provides the information you need to resolve conflicts between the audio card and other peripheral cards.

I/O Addresses

I/O addresses are used by the audio card, Game Port, and FM Music Synthesizer for data transfer. Only the I/O addresses of the audio card can be selected. The I/O address for the Game Port ranges from 220H to 207H and FM Music Synthesizer from 388H to 389H.

The audio card occupies 20 consecutive addresses from the base I/O address 220H or 240H. The factory default is 220H. The following table shows the base I/O addresses of the audio card and its I/O address ranges.

Audio Interface	
Base I/O Address	**I/O Address Range**
220H (default)	220H to 233H
240H	240H to 253H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Interrupt Lines

The factory default interrupt setting for the audio card is interrupt 5. The following table shows the interrupt assignments for the PC.

Interrupt	Description
IRQ 0	System Timer
IRQ 1	Keyboard
IRQ 2	Second interrupt controller. Free if not used by adapter or software.
IRQ 3	Free or (COM Port 2)
IRQ 4	COM Port 1
IRQ 5	Audio Card
IRQ 6	Diskette Controller
IRQ 7	Free
IRQ 10	Free

DMA Channels

The factory default DMA channel setting for the audio card is DMA channel 1. The following table shows the DMA channel assignments for the PC.

DMA Channel	Description
DMA Channel 0	Free
DMA Channel 1	Audio Card
DMA Channel 2	Diskette Controller
DMA Channel 3	Free

Audio-in Pin Assignments

PC Speaker Connector (JP1)		
Pin	Signal	I/O
1	+5V	IN
2	Spk	IN

Audio CD Connector (J2)		
Pin	Signal	I/O
1	Ground	IN
2	CD Left Channel	IN
3	Ground	IN
4	CD Right Channel	IN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Audio Extension Pin Assignments

Connector JP2		
Pin		**Description**
1	MICR	Mic input: Right channel. Input ranges from 0.004 to 0.7 V rms.
2	MICGEN	Mic input: Ground
3	MICL	Mic input: Left channel. Input ranges from 0.004 to 0.7 V rms.
4	SPKGND	Speaker output: Ground
5	SPKR	Speaker output: Right channel. Maximum output voltage is 3 V rms at 4 ohms.
6	SPKL	Speaker output: Left channel. Maximum output voltage is 3 V rms at 4 ohms.
7	SPKRL	Speaker output return signal: Left channel.
8	SPKRR	Speaker output return signal: Right channel.

Connector JP3		
Pin		**Description**
1	SPKR	Speaker output: Right channel. Maximum output voltage is 3 V rms at 4 ohms
2	SPKRR	Speaker output return signal: Right channel.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ Appendix C Changing Hardware Settings

This appendix shows you how to change the configuration of the jumpers on the card and run SET-ENV.EXE, a program that allows you to update the BLASTER environment when you change the settings of your card. We strongly suggest, however, you avoid changing the card's hardware settings because many applications are designed to work with those settings.

Changing Configuration of Jumpers

To change the jumpers' configuration:

1. Turn off your computer and all other peripheral devices.
2. Remove the system's cover and card from your system.
3. Select the settings for the card by placing the jumper block on the desired pair of pins. A jumper block is a removable plastic hood that fits over a pair of pins.

The following sections show you how to change the jumper settings of your audio card. The location of each jumper is shown in Figure C-1.

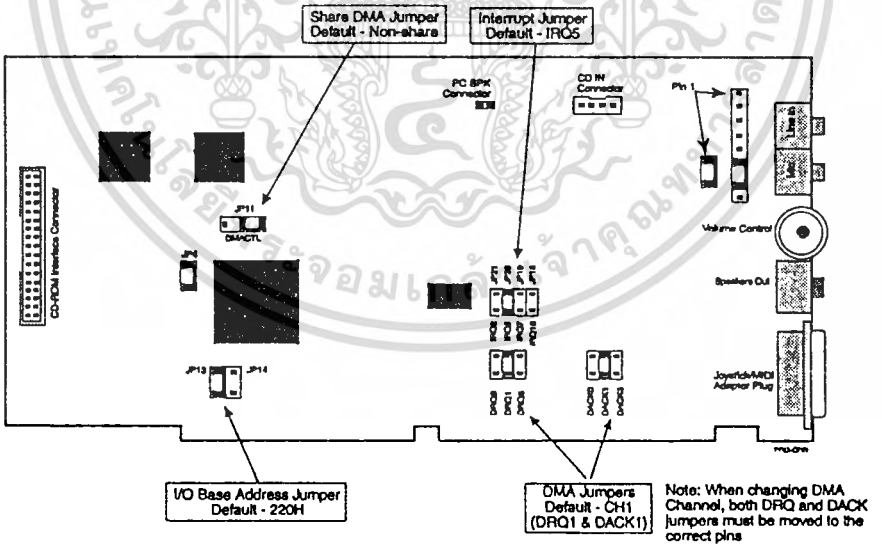


Figure C-1: The location of Jumpers on the audio card.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Changing the I/O Address

The I/O (input/output) address is the address used by your computer's microprocessor to distinguish this audio card from other peripheral devices in your system when sending or receiving data. Two base I/O addresses are available: 220 hex (factory default setting) and 240 hex. To change the base I/O address, place the jumper block on the pins labeled 22X for base I/O address 220 hex and 24X for base I/O address 240 hex (see Figure C-2).

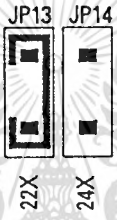


Figure C-2: The default base I/O address setting.

Changing the IRQ Line

The IRQ (interrupt) line is the signal line your audio card uses to notify your computer's central processor that it wants to send or receive data for processing. Four interrupts are available: 2, 5 (factory default setting), 7, and 10. To change the interrupt, place the jumper block on the pins labeled IRQ2 for interrupt 2, IRQ5 for interrupt 5, IRQ7 for interrupt 7, and IRQ10 for interrupt 10 (see Figure C-3).

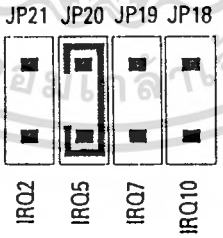


Figure C-3: The default interrupt setting.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Changing the DMA Channel

The DMA (direct memory access) channel is the signal line your audio card uses for data transfer directly to the system memory. Three DMA channels are available: 0, 1 (factory default setting), and 3. The DMA channel is controlled by two jumpers, one for the DRQ setting and the other for the DACK setting. Both settings must be the same. To change the DMA channel, place the jumper block on the pins labeled DRQ0 and DACK0 for DMA channel 0, DRQ1 and DACK1 for DMA channel 1, and DRQ3 and DACK3 for DMA channel 3 (see Figure C-4).

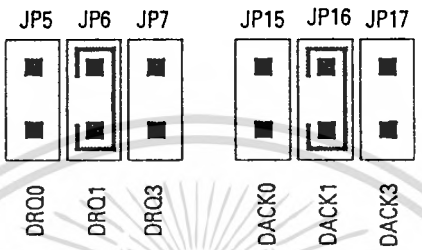


Figure C-4: The default DMA channel setting.

This audio card can share the DMA channel with another peripheral device. Sharing is controlled by the DMACTL pins. The factory default setting prevents the sharing of DMA channel with another peripheral device. To enable this card to share its DMA channel, place the jumper block on pins 2-3 of jumper JP11 (see Figure C-5).

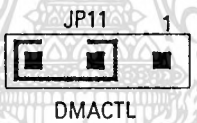


Figure C-5: Jumper JP11 setting for DMA sharing.

Running SET-ENV

When you change the hardware settings of the card, you need to update the BLASTER environment string in the AUTOEXEC.BAT file with the new hardware settings. SET-ENV is program that allows you to update the BLASTER environment.

To run SET-ENV:

1. Enter **SET-ENV** from the \SBPRO directory.
2. Press <Enter>.
3. Follow the instructions on the screen.

When prompted to select the I/O address, interrupt, and DMA channel, you should select the ones that match those on the card. Remember to reboot your system for the changes to take effect..

If the program reports an error while you are selecting the settings, it might be due to a conflict between the audio card and another peripheral card. To resolve the conflict, you need to change the settings of your audio card or the peripheral card (see the section "Changing Configuration of Jumpers" in this Appendix).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Appendix D Running WINSETUP

The program WINSETUP allows you to set up the card's audio drivers and Windows applications.

To run WINSETUP:

1. Choose run from the File menu in the Program Manager.
   The Run dialog box similar to Figure D-1 appears.

Figure D-1: The Run dialog box.

2. Type **C:\SBPRO\WINSETUP** in the Command Line text box.
3. Choose OK.
4. Follow the instructions on the screen to complete the installation process.
5. Restart Windows for the changes to take effect.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ Appendix E Troubleshooting

This appendix provides some tips and strategies for some of the problems you might encounter with the audio card either during installation or normal use.

Problems in DOS

Problem : Sound or/and Blaster environment string could not be found.
Cause : The command to set up the Sound or/and Blaster environment may not be included in the AUTOEXEC.BAT file.
The Sound environment specifies the directory location of the audio card while Blaster environment specifies the I/O address, interrupt, and DMA channel settings of the audio card. Both environment strings need to be set up in the DOS environment. When you install the audio card's software, the commands to set up the environment are automatically added to the AUTOEXEC.BAT file so that both environment strings are set up whenever your system is started or restarted. Whenever changes to the environment strings are made, it is advisable that the changes are reflected in the AUTOEXEC.BAT file. The sound environment is SOUND=C:\SBPRO while the Blaster environment is BLASTER=A220 I5 D1 T4.
Solution : To add the command to set up the Sound environment in the AUTOEXEC.BAT file, use a text editor such as MS-DOS Editor. To add the command to set up the Blaster environment in the AUTOEXEC.BAT file, type **SET-ENV** at the \SBPRO directory. Remember to reboot the system for the new settings to take effect.

Problem : Some third party software report an error when detecting the I/O, interrupt, or DMA channel setting.
Cause : These software do not support the Blaster environment string.
Solution : You need to reconfigure the three drivers–CT-VOICE.DRV, SBFMDRV.COM and ORGAN.DRV–to ensure that the hard-coded settings on the drivers correspond with the ones on the card.

To reconfigure SBFMDRV.COM's I/O setting:

1. Change to \SBPRO directory.
2. Type **INST-DRV**.
3. Specify the hardware settings according to the ones on the card.
4. Press <Enter>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

To reconfigure CT-VOICE.DRV's and ORGAN.DRV 's I/O, interrupt, or DMA channel setting:

1. Change to \SBPRO directory.
2. Type **INST-DRV DRV**.
3. Specify the hardware settings according to the ones on the card.
4. Press <Enter>.

Problems in Windows

Problem : No sound when running some Windows applications.
Cause : One or more of the sound drivers may not be included in the SYSTEM.INI file.
Solution : Check the SYSTEM.INI file by following the steps below:

1. Choose RUN from the File menu in Program Manager.
2. Type **SYSEDIT** in the Command Line text box and choose OK.
   You should see the following:

```
[drivers]
timer=timer.drv
midimapper=midimap.drv
Aux=sbpaux.drv
MIDI=sbp2fm.drv
Wave=sbpsnd.drv
MIDI1=sbpsnd.drv

[sndblst.drv]
port=220
int=5
dmachannel=1
```

If one or more of the drivers are missing, run WINSETUP by following the steps below:

1. Choose Run from the File menu in the File Manager.
2. Type **C:\SBPRO\WINSETUP** in the Command Line text box.
3. Choose OK.
4. Follow the instructions on the screen to complete the installation process.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Problems with the Joystick

Problem : Joystick is not working.
Cause : The joystick port on the audio card conflicts with the existing joystick port in your system.
Solution : Remove either the additional joystick in your system or remove the jumper block from JP4 to disable the joystick port on the card.

Problem : Joystick is working erratically in some programs.
Cause : The CPU speed of your system is too fast.
Solution : Some applications depend on the CPU timing to calculate the joystick position. One solution is to reduce the speed of your system.

Problems with Sound

Problem : Background noise from speakers or headphones.
Cause : The noise from the computer power supply may be picked up and amplified to an audible level when the power amplifier is set at a high level.
Solution : Lower the level of the volume. If a louder volume is desired, try to amplify the sound using an external amplifier.

Problem : No sound.
Cause : Audio equipment is not connected properly or the volume is not adjusted to an audible level.
Solution : Check to see that your speakers or headphones are connected to the correct connector on the audio card and the volume control knob is set to mid-range. If you are using powered speakers, make sure that your speakers are plugged into an AC outlet and the speakers are turned on.

Resolving Hardware Conflicts

Hardware conflicts occur when two or more peripheral devices contend for the same signal lines or channels. Conflicts between the audio card and another peripheral device might be due to the settings of the I/O address, interrupt, or DMA channel.

The audio card's factory default settings are:

Base I/O address : 220H
Interrupt : 5
DMA channel : 1

To resolve hardware conflicts:

1. Change the hardware settings of the audio or peripheral card in your system if the peripheral card is using the audio card's setting. (See Appendix B for the available settings on the audio card and Appendix C on how to change the hardware settings of the audio card.)
2. If you are unsure of the settings of the peripheral cards, you can isolate the source of the problem by temporarily removing all cards except the audio card and other essential cards such as disk controller. After that, add the card back one at a time until the card that is causing the conflict is found.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ Appendix F Technical Support

We are committed to giving you the best product as well as technical support. When you call, fax or write, please have the following information:

- ❑ Port address used by your card.
- ❑ Error message on the screen and how it came about.
- ❑ Information on the adapter card that conflicts with your card.

Inside U.S.A., Canada and South America, contact:

CREATIVE LABS, INC. Technical Support
1523 Cimarron Plaza,
Stillwater, OK 74075.
U.S.A.

: (405) 742 6622

: (405) 742 6633

: (408) 428 6660

Operating Hours (Central Time)

Mon-Thu	:	9:00 am-9:00 pm
Fri	:	9:00 am-3:00 pm
Sat	:	9:00 am-9:00 pm
Sun	:	12:00 pm-9:00 pm
Public Holidays	:	Close

Outside USA, Canada and South America, contact:

CREATIVE TECHNOLOGY LTD Technical Support
67 Ayer Rajah Crescent,
#03-18.
Singapore 0513.

: (65) 870 0433

: (65) 773 0353

: (65) 776 2423

Operating Hours (Singapore Time)

Mon-Fri	:	9:00 am-6:00 pm
Sat	:	9:00 am-1:00 pm
Sun & Public Holidays	:	Close

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การติดตั้งโปรแกรมวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูด

ภาคผนวก ค
การติดตั้งโปรแกรมวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูด

โปรแกรมการวิเคราะห์และรู้จำเสียง เขียนขึ้นโดยใช้ภาษาวิชวลเบสิก เวอร์ชัน 3.0 ที่ใช้งานบนวินโดว์ และได้คอมไพล์เป็นไฟล์ EXE และในการติดตั้งจะมีข้อกำหนดดังนี้

ตำแหน่งแฟ้มข้อมูล

สร้างไดเรคทอรี **WAV** โดยป้อนดังนี้

C :\> MD WAV

C :\> CD WAV

C :\WAV> MD DATAWAV

C :\WAV> MD ANALY

C :\WAV> CD DATAWAV

C :\WAV\DATAWAV> MD REC

C :\WAV\DATAWAV> MD Hann

C :\WAV\DATAWAV> MD Ham

C :\WAV\DATAWAV> MD Black

C :\WAV\DATAWAV> CD ..

C :\WAV> CD ANLY

C :\WAV\ANALY> MD REC

C :\WAV\ANALY> MD Hann

C :\WAV\ANALY> MD Ham

C :\WAV\ANALY> MD Black

C :\WAV\ANALY> CD..

Copy โปรแกรม **VR.EXE** จากแผ่นโปรแกรมมาไว้ในไดเรคทอรี **WAV** เช่นถ้าแผ่นโปรแกรมอยู่ไดรฟ์ **A**

C :\WAV> COPY A:\VR.EXE

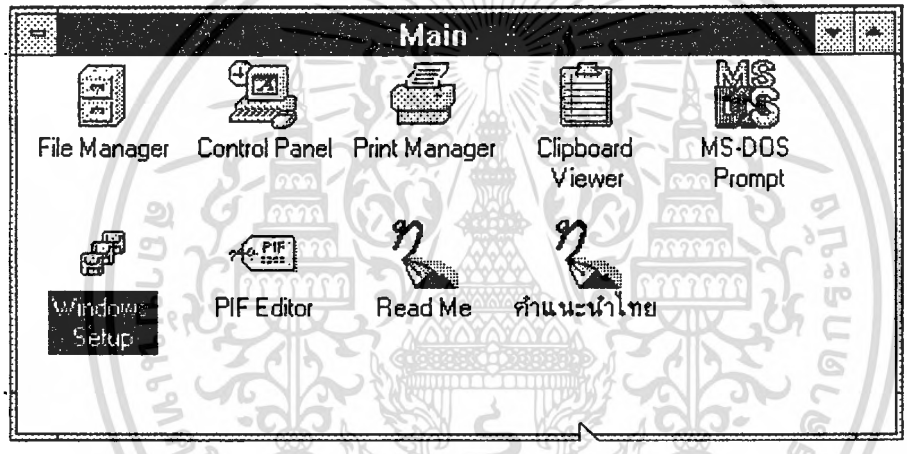
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแต่ละไดเรคทอรีจะมีความสำคัญทั้งสิ้น หากสร้างไดเรคทอรีผิด โปรแกรมจะผิดพลาดทันที เพราะฉะนั้นต้องตรวจสอบให้เรียบร้อยก่อนเข้าไปติดตั้งโปรแกรมในวินโดว์

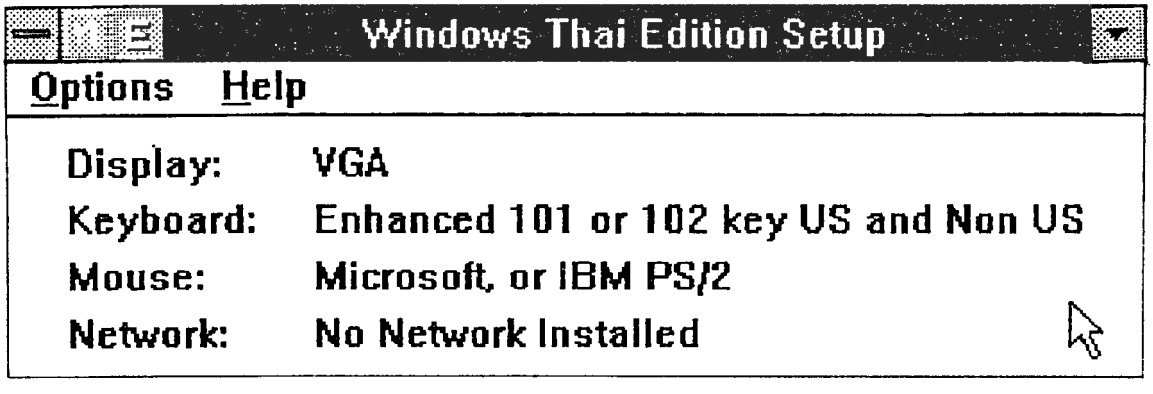
ส่วนของโปรแกรมวินโดว์จะต้องผ่านการติดตั้งโปรแกรมวิชวลเบสิกก่อนเพื่อให้ได้แฟ้มส่วนควบคุม ที่มีนามสกุลไฟล์เป็น *.VBX ในไดเรคทอรี Windows\System ก่อน

การติดตั้งโปรแกรมการวิเคราะห์และรู้จำเสียงลงใน Windows ทำได้โดย

เปิดหน้าต่าง Main



ดับเบิ้ลคลิกที่ Icon Setup จะได้ดังรูป



เลือกเมนู Option ใน Windows Setup

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือก Setup Application จะปรากฏหน้าต่างดังรูป่

เลือก Otion เพื่อให้คุณกำหนดโปรแกรมที่ต้องการ

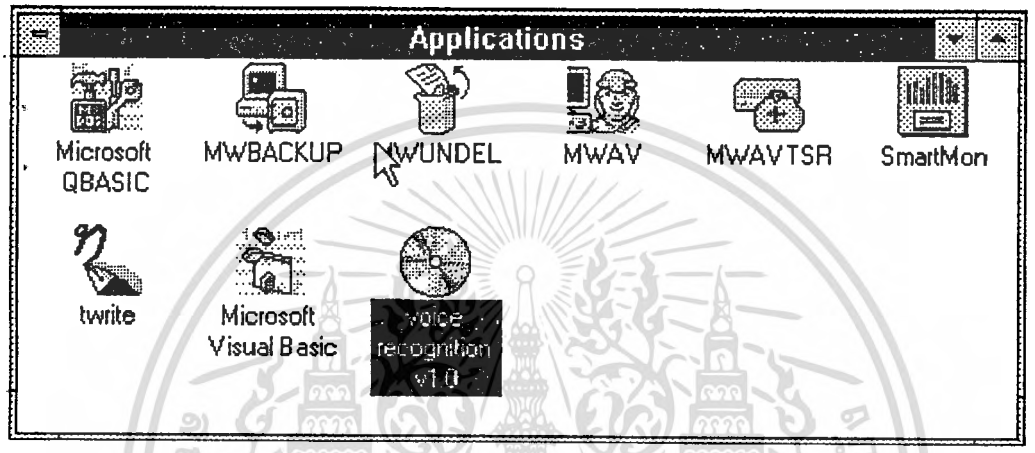
กด ตกลง จะปรากฏดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ป้อน C:\WAV\VR.EXE

กด ตกลง

จะได้ Icon ของโปรแกรมวิเคราะห์และรู้จำเสียงพูดในหน้าต่าง Application ดังรูป



ในการเรียกโปรแกรมมาทำงานก็เพียงแค่ ดับเบิ้ลคลิกที่ Icon เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

วัลลภ สุระกำพลธร."การประมวลผลสัญญาณเชิงเลขและการแปลง" กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2533.

Creative Lbs :"SOUND BLASTER PRO" Creative Technology Ltd., 1993, pp.24

Josha Munnik ,and Eric Costendrop : "THE SOUND BLASTER BOOK" , Tech Publications PTE LTD., 1994

Lawrence R.Rabiner ,and Ronard W.Schafer: "DIGITAL PROCESSIN OF SPEECH SIGNAL", Prentice-Hall, Inc ,1978

Microsoft Coperation : "MICROSOFT VITUAL BASIC" ,Microsoft Coporation, 1993

Steve Rimmer : "MULTIMEDIA PROGRAMMING FOR WINDOWS" , McGraw-Hill, 1994.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้